

Université de Montréal

**La réalisation d'instruments de mesure électroniques :  
une intervention didactique pour l'apprentissage  
interdisciplinaire en science expérimentale, en  
mathématique et en technologie**

par

David Pellerin

Département de didactique

Faculté des sciences de l'éducation

Thèse présentée à la Faculté des études supérieures  
en vue de l'obtention du grade de Philosophiæ Doctor (Ph.D.)  
en sciences de l'éducation option didactique

Février 2016

© David Pellerin, 2016

Université de Montréal  
Faculté des études supérieures et postdoctorales

Cette thèse intitulée

**La réalisation d'instruments de mesure électroniques :  
une intervention didactique pour l'apprentissage  
interdisciplinaire en science expérimentale, en  
mathématique et en technologie**

présentée par  
David Pellerin

a été évaluée par un jury composé des personnes suivantes :

Marcel Thouin, président-rapporteur  
Pierre Nonnon, directeur de recherche  
Yves Boudreault, membre du jury  
Mourad Gharbi, examinateur externe  
Serge J. Larivée, représentant de la doyenne

## Résumé

Notre recherche de développement en didactique s'est articulée autour de deux pôles : l'engagement actif des élèves dans les paradigmes constructivistes de l'apprentissage par compétences et l'amélioration technologique d'un environnement de laboratoire utilisant la nouvelle technologie des systèmes *MicrolabExAO*.

Pour ce faire, nous nous sommes intéressés aux possibilités didactiques offertes par ce nouvel environnement *MicrolabExAO* qui permet aux apprenants de réaliser leurs propres instruments de mesure électroniques avec l'expérimentation assistée par ordinateur (ExAO). En développant une intervention didactique appropriée, nous voulions permettre à l'élève non seulement de construire ses instruments, mais aussi d'en comprendre le fonctionnement. Par la réalisation concrète de quatre instruments de mesure, l'élève s'est approprié progressivement une démarche de résolution de problèmes complexes mobilisant des savoirs et savoir-faire en sciences expérimentales, en mathématique et en technologie.

Dans l'activité finale de l'intervention didactique, pour vérifier le niveau d'intégration de cette démarche technoscientifique, nous avons demandé aux apprenants de transférer leurs apprentissages en situation nouvelle en construisant un manomètre de manière autonome. Ce faisant, les apprenants ont déployé leurs savoirs et savoir-faire en sciences expérimentales, en mathématique et en technologie pour construire l'instrument de mesure et en expliciter le fonctionnement, effectuant ainsi un apprentissage interdisciplinaire. Comme ils n'ont obtenu aucune directive de la part de l'enseignant ni aucun protocole de manipulations, nous pouvons dire qu'ils étaient placés dans une situation adidactique qui leur a permis de manifester une expertise de traitement interdisciplinaire.

**Mots-clés :** Recherche de développement, expérimentation assistée par ordinateur, instrument de mesure, apprentissage interdisciplinaire, situation adidactique, intervention didactique

## **Abstract**

Our developmental research in didactics has focused on two distinct aspects : The students' active engagement under the constructivist paradigms of competency-based learning and the technological enhancement of laboratory settings using the new *MicrolabExAO* environment.

Towards these ends, we have explored the teaching possibilities offered by *MicrolabExAO* which allows learners to design their own electronic measuring tools with the computer assisted experimentation. By developing an appropriated teaching intervention, we wanted to enable the student not only to build his/her tools, but also to understand how they work. Through the actual implementation of four measuring tools, the student has progressively developed his/her own approach to resolving complex problems which call upon knowledge and skills in experimental sciences, mathematics and technology.

In the final activity of the teaching intervention, with the objective of assessing the level of integration of this technoscientific approach, we have asked the learners to apply their new knowledge within the framework of building a manometer on their own. In doing so, the learners have deployed their knowledge and skills in experimental sciences, mathematics and technology in order to build the measuring tool and to explain its functioning, thereby achieving interdisciplinary learning. Since they have been given neither instructions from the teacher, nor operating protocols, we can say that they have been put in an adidactical situation which allowed them to demonstrate interdisciplinary expertise in their approach.

**Keywords :** Developmental research, computer assisted experimentation, measuring tool, interdisciplinary learning, adidactical situation, teaching intervention



# Table des matières

<b>Introduction</b> .....	p.1
<b>Chapitre 1. Problématique</b> .....	p.4
1.1. Problème de recherche.....	p.4
1.2. Idée de développement.....	p.11
<b>Chapitre 2. Considérations théoriques et pratiques</b> .....	p.12
2.1. L'apprentissage par compétences.....	p.12
2.2. La didactique.....	p.16
2.2.1. Définition de la didactique.....	p.16
2.2.2. Définition de la situation adidactique.....	p.18
2.3. Le processus de résolution de problème.....	p.19
2.4. Définition de l'interdisciplinarité.....	p.22
2.5. Les démarches en sciences expérimentales.....	p.27
2.5.1. La démarche algorithmique.....	p.28
2.5.2. La démarche heuristique.....	p.29
2.5.3. Les approches déductive et inductive.....	p.30
2.6. Le rôle de la mesure en sciences expérimentales.....	p.33
2.6.1. Le concept de mesure.....	p.33
2.6.2. L'évolution des trois enjeux du mesurage.....	p.35
2.6.3. Les systèmes de mesure traditionnels et les systèmes de mesure modernes.....	p.37
2.6.3.1. Les caractéristiques métrologiques d'un instrument de mesure.....	p.37
2.6.3.2. Comparaison du recueil des données.....	p.39
2.6.3.3. Comparaison du traitement des données.....	p.43
2.7. La métaphore de la lunette cognitive.....	p.44
2.8. La chaîne de mesure des systèmes <i>MicrolabExAO</i> .....	p.47
2.9. La technologie comme objet d'apprentissage et moyen d'apprentissage.....	p.51
2.9.1. L'éducation technologique comme objet d'apprentissage.....	p.51
2.9.2. La technologie comme moyen d'apprentissage.....	p.53
2.10. La réalisation d'instruments de mesure avec la capsule universelle <i>MicrolabExAO</i> .....	p.54
2.11. Conclusion de la section.....	p.58
Nota Bene sur le développement des systèmes <i>MicrolabExAO</i> .....	p.59
<b>Chapitre 3. Méthodologie</b> .....	p.60
3.1. Un modèle d'apprentissage.....	p.60
3.2. La recherche de développement en éducation.....	p.62
3.3. Le modèle de recherche-développement technologique de Nonnon et le modèle de recherche-développement en éducation de Harvey et Loïsele.....	p.65
3.4. Modèle de recherche de développement adapté à cette recherche.....	p.70
3.5. Le <i>design experiment</i> .....	p.74
3.6. L'ingénierie didactique.....	p.78
3.6.1. L'ingénierie didactique comme méthodologie de recherche.....	p.79
3.7. Déroulement prévu des mises à l'essai.....	p.83
3.8. Triangulation des méthodes pour l'analyse des données.....	p.86

<b>Chapitre 4. Développement</b> .....	p.89
4.1. Élaboration de l'idée.....	p.89
4.1.1. Réalisation des quatre instruments de mesure.....	p.89
4.1.2. Le devis didactique des connaissances.....	p.92
4.1.3. Le devis technique.....	p.97
4.1.3.1. Les fonctions du logiciel <i>MicrolabExAO</i> utilisées par l'élève.....	p.97
4.1.4. Mise à niveau sur l'utilisation des systèmes <i>MicrolabExAO</i> .....	p.104
4.1.5. Formation sur l'activité de réalisation d'un capteur.....	p.104
4.2. Modèle d'action.....	p.106
4.2.1. Manipulations pour la réalisation du thermomètre.....	p.107
4.2.2. Manipulations pour la réalisation du luxmètre.....	p.111
4.2.3. Manipulations pour la réalisation du détecteur de position.....	p.113
4.2.4. Manipulations pour la réalisation du manomètre.....	p.115
<b>Chapitre 5. Analyse et interprétation des résultats</b> .....	p.123
5.1. Analyse et interprétation des résultats de la mise à l'essai fonctionnelle.....	p.123
5.1.1. Commentaires des experts sur l'environnement d'apprentissage.....	p.123
5.2. Analyse et interprétation des résultats de la mise à l'essai empirique.....	p.126
5.2.1. Évaluation de l'apprentissage interdisciplinaire en situation adidactique.....	p.126
5.2.1.1. Catégorie 1 : Construction autonome du manomètre.....	p.127
5.2.1.1.1. Rapports écrits d'examen pratique de laboratoire.....	p.128
5.2.1.1.2. Observations des enregistrements vidéo.....	p.130
5.2.1.2. Catégorie 2 : Capacité d'exploiter l'ExAO en situation nouvelle.....	p.143
5.2.1.3. Catégorie 3 : Habiletés de résolution de problème.....	p.148
5.2.1.4. Catégorie 4 : La compréhension du fonctionnement d'un instrument de mesure électronique.....	p.151
5.2.1.5. Apprentissage interdisciplinaire en situation adidactique.....	p.156
5.2.2. Évaluation des améliorations à apporter à l'environnement d'apprentissage sur les plans didactique et technologique.....	p.161
5.2.2.1. Évaluation technologique du prototype.....	p.162
5.2.2.1.1. Exactitude des manomètres construits.....	p.162
5.2.2.1.2. Problèmes techniques liés au prototype.....	p.167
5.2.2.2. Évaluation technologique du logiciel.....	p.168
5.2.2.2.1. Problèmes liés au logiciel.....	p.168
5.2.2.3. Évaluation didactique du premier protocole, du rapport écrit d'examen pratique de laboratoire et de la formation préalable.....	p.171
5.2.2.3.1. Protocole de réalisation du premier instrument de mesure.....	p.171
5.2.2.3.2. Formation sur les notions clés de la réalisation d'instruments de mesure.....	p.171
5.2.2.3.3. Rapport écrit d'examen pratique.....	p.172
5.2.2.4. Améliorations que nous voulons apporter à l'environnement d'apprentissage.....	p.173
5.2.3. Perception des sujets sur les savoirs et savoir-faire mobilisés.....	p.175
5.2.4. Commentaires généraux sur l'activité de réalisation d'un instrument de mesure.....	p.182
5.3. Conclusion de la section.....	p.184
<b>Conclusion</b> .....	p.185
<b>Prospectives</b> .....	p.189
<b>Bibliographie</b> .....	p.191

<b>Annexe I</b> : Conception initiale et conception suite à l'intervention didactique concernant le fonctionnement d'un instrument de mesure électronique.....	i
Clé de correction.....	ii
Groupe E1.....	iii
Groupe E2.....	xviii
Groupe E3.....	xxx
<b>Annexe II</b> : Codage des données.....	xxxvi
Liste des codes utilisés pour le codage des données.....	xxxvii
Tableau I : Compilation de toutes les actions menées.....	xliv
Description du tableau I.....	xliv
<b>Annexe III</b> : Listes chronologiques des actions et tableaux de codage.....	xlvi
Groupe E1.....	xlix
Groupe E2.....	xciii
Groupe E3.....	cxxvii
<b>Annexe IV</b> : Grilles d'observations de la capacité d'exploiter l'ExAO en situation nouvelle et des habiletés de résolution de problème.....	cxlviii
Groupe E1.....	cxlix
Groupe E2.....	clxxix
Groupe E3.....	cciii
<b>Annexe V</b> : Perception des sujets sur les savoirs et savoir-faire mobilisés.....	ccxv
Légende.....	ccxvi
Groupe E1.....	ccxvii
Groupe E2.....	ccxxi
Analyse des caractéristiques soulevées par les étudiants (autres que les savoirs et savoir-faire) en lien avec le programme de formation.....	ccxxv
Analyse des perceptions des élèves du secondaire sur les savoirs et savoir-faire mobilisés.....	ccxxx
<b>Annexe VI</b> : Graphiques de validation avec <i>modélisation et incertitudes</i> .....	ccxxxi
<b>Annexe VII</b> : Description du fonctionnement des instruments de mesure par les élèves du secondaire dans les rapports de laboratoire.....	ccxxxvii
Questions tirées des rapports de laboratoire.....	ccxxxviii
Groupe E3.....	ccxxxix
<b>Annexe VIII</b> : Commentaires des experts lors de la mise à l'essai fonctionnelle.....	ccxlv
<b>Annexe IX</b> : Réponses aux questionnaires d'évaluation.....	ccxlix
Questionnaire d'évaluation (Groupe E1/E2).....	ccl
Questionnaire d'évaluation (Groupe E3).....	ccliv
Tableau II : Compilation des réponses avec échelle numérique (Groupe E1/E2).....	cclx
Compilation des réponses écrites (Groupes E1/E2).....	cclxi
Tableau III : Compilation des réponses avec échelle numérique (groupe E3).....	cclxix
Compilation des réponses écrites (Groupe E3).....	cclxx
<b>Annexe X</b> : Rapports écrits corrigés d'examen pratique de laboratoire.....	cclxxv
Groupe E1.....	cclxxvi
Groupe E2.....	cccl
Groupe E3.....	cdiii

## Liste des tableaux

<b>Tableau I</b> : Les compétences disciplinaires et leurs composantes en <i>Science et technologie</i> (MELS, 2010).....	p.14
<b>Tableau II</b> : La compétence transversale 6 et ses composantes (MELS, 2007a).....	p.15
<b>Tableau III</b> : Liste des instruments de mesure réalisables avec les systèmes <i>MicrolabExAO</i> .....	p.56
<b>Tableau IV</b> : Modèle d'action pour la réalisation du manomètre.....	p.117
<b>Tableau V</b> : Compilation par sujet des résultats des différentes parties du rapport écrit d'examen pratique de laboratoire.....	p.126
<b>Tableau VI</b> : Liste chronologique des actions posées par le sujet 31.....	p.130
<b>Tableau VII</b> : Le codage des actions posées dans l'environnement par le sujet 31.....	p.132
<b>Tableau VIII</b> : Liste chronologique des actions posées par le sujet 32.....	p.133
<b>Tableau IX</b> : Le codage des actions posées dans l'environnement par le sujet 32.....	p.137
<b>Tableau X</b> : Les lignes 41 à 43 de la liste des actions posées par le sujet 32.....	p.138
<b>Tableau XI</b> : Compilation par sujet des manipulations clés lors de la réalisation du manomètre électronique.....	p.140
<b>Tableau XII</b> : Grille d'observations de la <i>capacité d'exploiter l'ExAO en situation nouvelle</i> du sujet 32.....	p.143
<b>Tableau XIII</b> : Compilation de l'évaluation de la capacité d'exploiter l'ExAO en situation nouvelle de chaque sujet.....	p.145
<b>Tableau XIV</b> : Évaluation des habiletés de résolution de problème du sujet 27.....	p.149
<b>Tableau XV</b> : Compilation de l'évaluation des habiletés de résolution de problème pour chaque sujet...p.150	
<b>Tableau XVI</b> : Compilation de l'évaluation de la compréhension de chaque sujet du fonctionnement d'un instrument de mesure électronique.....	p.155
<b>Tableau XVII</b> : Compilation des résultats obtenus aux évaluations par chaque sujet.....	p.157
<b>Tableau XVIII</b> : Les erreurs relatives des instruments de mesure construits par les sujets.....	p.165
<b>Tableau XIX</b> : Problèmes techniques liés au prototype (tirés des enregistrements vidéo).....	p.167
<b>Tableau XX</b> : Problèmes avec le logiciel (tirés des enregistrements vidéo).....	p.168
<b>Tableau XXI</b> : Comparaison entre les savoirs et savoir-faire identifiés par le chercheur dans le devis didactique des connaissances et ceux identifiés par les étudiants universitaires dans l'examen final... p.180	

## Liste des figures

<b>Figure 1</b> : Le processus de résolution de problème en <i>Science et technologie</i> (MEQ, 2006).....	p.5
<b>Figure 2</b> : Le triangle didactique.....	p.14
<b>Figure 3</b> : Modélisation de la situation adidactique (Brousseau, 1998).....	p.18
<b>Figure 4</b> : Les trois niveaux de l'interdisciplinarité scolaire dans notre intervention didactique.....	p.26
<b>Figure 5</b> : Boucle induction-déduction (Nonnon, 1986).....	p.32
<b>Figure 6</b> : Les trois enjeux du mesurage (Séré, 2008).....	p.34
<b>Figure 7</b> : Construction et validation d'un modèle en sciences expérimentales (Nonnon, 1999).....	p.46
<b>Figure 8</b> : La chaîne de mesure en laboratoire moderne informatisé d'ExAO.....	p.47
<b>Figure 9</b> : La chaîne de mesure des systèmes <i>MicrolabExAO</i> .....	p.48
<b>Figure 10</b> : Le traitement des signaux électriques (Fournier, 2001).....	p.48
<b>Figure 11</b> : Les différentes entrées de la capsule universelle.....	p.55
<b>Figure 12</b> : Le carré didactique.....	p.60
<b>Figure 13</b> : Modèle de recherche-développement technologique (Nonnon, 1993).....	p.65
<b>Figure 14</b> : Modèle de recherche-développement en éducation (Harvey et Loïselles, 2009).....	p.69
<b>Figure 15</b> : Modèle de recherche de développement dans notre recherche.....	p.73
<b>Figure 16</b> : Le cycle du design (Middleton <i>et al.</i> , 2008).....	p.75
<b>Figure 17</b> : Démarche générale de réalisation d'un instrument de mesure.....	p.91
<b>Figure 18</b> : La fenêtre de la page d'accueil.....	p.97
<b>Figure 19</b> : La fenêtre du module <i>vumètres</i> .....	p.98
<b>Figure 20</b> : La fenêtre du module <i>graphiques</i> .....	p.99
<b>Figure 21</b> : La fonction de transformation.....	p.100
<b>Figure 22</b> : La fenêtre de définition d'un instrument de mesure extérieur à l'ExAO.....	p.100
<b>Figure 23</b> : Les outils mathématiques pour traiter les données du graphique.....	p.102
<b>Figure 24</b> : La fenêtre de l'outil <i>modélisation et incertitude</i> .....	p.103
<b>Figure 25</b> : La fonction appliquer une fonction de transformation.....	p.103
<b>Figure 26</b> : Résultats obtenus au rapport écrit d'examen pratique de laboratoire en fonction du nombre de sujets.....	p.128
<b>Figure 27</b> : Comparaison entre la capacité d'exploiter l'ExAO et le coefficient d'efficacité pour chaque sujet.....	p.146

**Figure 28** : Graphique de validation du sujet 1 en utilisant le modéliseur..... p.162

**Figure 29** : Graphique de validation du sujet 16 en utilisant le taux de variation (pente)..... p.163

**Figure 30** : Modélisation avec incertitude des données du sujet 1..... p.164

## Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réussite de ce palpitant projet intellectuel :

Merci au Professeur Pierre Nonnon, mon directeur de recherche, de m'avoir montré la voie. La pertinence de ses idées, son support indéfectible, ses encouragements et sa joie de vivre ont rendu ce projet stimulant et agréable.

Merci au Professeur Marcel Thouin pour ses judicieux conseils et ses ouvrages de référence qui ont permis l'amélioration de ce travail.

Merci à Manon Beaulieu qui a toujours été ma première lectrice et dont les remarques et commentaires m'ont poussé à aller plus loin.

Merci à Claire Amiaud, Ayoub Meliani et Thomas Jodoin-Fontaine qui ont rendu possible la mise à l'essai de l'intervention didactique développée dans cette thèse.

Merci aux étudiants universitaires et aux élèves du secondaire qui ont participé à ma recherche en tant que sujets.

Merci à Julien Teigny pour les modifications apportées au logiciel *MicrolabExAO*.

Merci à Nicole Gaboury pour sa gentillesse et son support technique durant mes études.

Un merci spécial à mes parents, à ma femme Camille et à mon fils Damien de m'avoir donné le temps nécessaire à la réalisation de cette thèse.

## Introduction

Dans les années 60, lors de la mise en place du curriculum de technologie en France, Jean Capelle disait que « *l'initiation technologique a pour objet de faire connaître à l'enfant le monde des machines dans lequel il vit* » (Capelle, cité dans Lebeaume, 2000). À cette époque, les machines étaient à la fine pointe de la technologie utilisée dans l'industrie. Aujourd'hui, l'élève a moins l'impression de vivre dans le monde des machines que dans le monde des applications technologiques. Pourtant, il est possible de constater dans les programmes de formation que les objets d'étude en technologie ne correspondent pas beaucoup à cette nouvelle réalité des élèves du secondaire, sans doute parce que le fonctionnement de ces applications technologiques peut paraître inaccessible à ces élèves.

Dans cette recherche, nous nous inspirerons des travaux préliminaires de Fournier (2001) qui a modifié et mis à l'essai un environnement technologique en expérimentation assistée par ordinateur (ExAO) permettant aux apprenants de construire leurs propres instruments de mesure électroniques. Nous partirons de cette activité pour amener l'élève du secondaire à comprendre le fonctionnement des instruments de mesure électroniques. Cet objet d'apprentissage nécessite la compréhension interdisciplinaire d'une technologie complexe. Il répond à l'esprit du programme de formation en *Science et technologie* qui demande l'intégration de savoirs et savoir-faire de différentes disciplines. Pour ce faire, nous développerons une intervention didactique qui, par la réalisation de différents instruments de mesure, permettra aux élèves d'intégrer progressivement une démarche de résolution de problème leur demandant de mobiliser des savoirs et savoir-faire en sciences expérimentales, en mathématique et en technologie. Ils développeront ainsi une expertise de traitement interdisciplinaire permettant de résoudre des problèmes complexes et favorisant le transfert des apprentissages.

Nous poursuivrons deux objectifs de recherche, l'un portant sur l'apprentissage des élèves et l'autre sur le développement d'outils pour favoriser cet apprentissage. D'une part, nous allons vérifier l'apprentissage des élèves concernant l'intégration de la démarche de construction d'instruments de mesure électroniques et la compréhension du fonctionnement de ceux-ci. D'autre part, nous améliorerons sur les plans didactique et



technologique l'environnement d'apprentissage des systèmes *MicrolabExAO* dans lequel les élèves seront placés. Pour répondre à ces deux objectifs, nous nous inscrirons dans une recherche de développement en didactique.

Les systèmes *MicrolabExAO* sont développés au *Laboratoire de robotique pédagogique* du département de didactique de l'Université de Montréal. Ce laboratoire s'intéresse aux innovations didactiques qu'il est possible de créer par le développement technologique de l'ExAO. Actuellement, pour favoriser la compréhension des élèves en sciences expérimentales, les recherches qui y sont menées portent sur l'amélioration et le développement des systèmes informatisés d'acquisition de données *MicrolabExAO*. Le principe de fonctionnement de ces systèmes repose sur la métaphore de la lunette cognitive (Nonnon, 1986) selon laquelle, pour favoriser la compréhension d'une interaction de variables physiques, il faut permettre à l'élève d'observer à la fois le phénomène physique et les mesures de celui-ci exprimées en temps réel sur un graphique par l'ordinateur. Les recherches des dernières années ont conduit au développement de différents environnements d'apprentissage permettant, par exemple, la construction d'instruments de mesure électroniques (Fournier, 2001), la combinaison de la simulation assistée par ordinateur et de l'ExAO pour appréhender la chute libre (Riopel, 2005), la modélisation algébrique (Touma, 2006), l'étude du transfert des énergies (Boutros, 2012) ou encore l'expérimentation en ExAO à distance (Lalancette, 2014). L'élaboration de ces environnements tient compte à la fois d'aspects didactiques et technologiques.

Ce travail est divisé en cinq chapitres. Dans le *Chapitre 1. Problématique*, nous poserons notre problème de recherche sous la forme d'une question générale dans la section *Problème de recherche* et proposerons une idée de développement permettant de résoudre ce problème dans la section *Idée de développement*. Dans le *Chapitre 2. Considérations théoriques et pratiques*, nous soutiendrons et enrichirons cette idée de développement de différentes théories et pratiques concernant la didactique, les sciences expérimentales, la métrologie, la technologie et l'ExAO. À la fin de ce chapitre, nous présenterons les deux objectifs de recherche que nous nous sommes fixés pour répondre à notre question générale. Dans le *Chapitre 3. Méthodologie*, nous situerons notre méthodologie de recherche de développement par rapport à l'ingénierie didactique et au *design experiment*, nous présenterons le déroulement de nos mises à l'essai ainsi que les différentes méthodes

et outils de collecte de données utilisés pour atteindre nos deux objectifs de recherche. Dans le *Chapitre 4. Développement*, dans la section *Élaboration de l'idée*, nous présenterons la démarche générale de construction et validation d'un modèle par l'élève qui réalise un instrument de mesure, le devis didactique des connaissances mobilisées par l'apprenant ainsi que le devis technique de l'environnement d'apprentissage des systèmes *MicrolabExAO*. Dans la section *Modèle d'action*, nous décrirons de façon détaillée les manipulations attendues de l'apprenant lors de la réalisation de chaque instrument de mesure. Dans le chapitre 5, *Analyse et interprétation des résultats*, nous discuterons des principaux résultats que nous aurons obtenus lors des différentes mises à l'essai et vérifierons si nos deux objectifs de recherche ont été atteints.

# Chapitre 1. Problématique

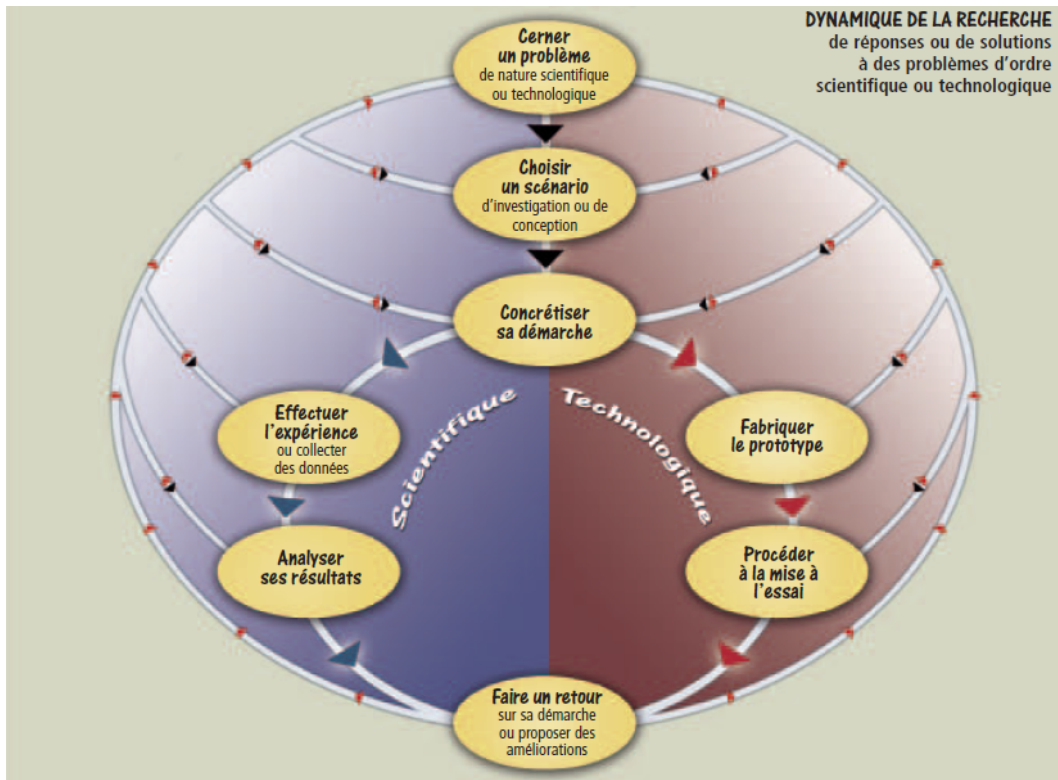
Dans ce chapitre, nous présenterons notre problème de recherche, qui prend la forme d'une question générale, et nous proposerons une idée de développement pour apporter une solution à ce problème.

## 1.1. Problématique

Avec le renouveau pédagogique, la formation par objectifs a cédé sa place à la formation par compétences dans les écoles du Québec. Ce nouveau paradigme d'apprentissage par compétences vise « *à mieux outiller les élèves à faire face aux multiples défis qu'ils auront à surmonter au cours du vingt et unième siècle* » (Dionne, 2014, p.90). La principale différence entre ces approches réside dans le fait que dans la formation par objectif, l'élève faisait l'acquisition séquentielle de différents savoirs et savoir-faire pour lesquels il démontrait sa maîtrise dans des tâches spécifiques, tandis que dans la formation par compétence, il développe des savoir-agir, ou compétences, qui l'amènent à intégrer ces savoirs et savoir-faire dans une situation d'apprentissage globale contextualisée en s'engageant dans une tâche complexe. Suite à cette situation d'apprentissage, avec l'aide de l'enseignant, les savoirs et savoir-faire devraient être décontextualisés dans une activité de structuration pour faciliter l'intégration des apprentissages de l'élève qui les relie, par exemple, à ses connaissances antérieures.

Le renouveau pédagogique a aussi amené une refonte complète du curriculum des matières scientifiques et technologiques, passant d'une approche disciplinaire à une approche interdisciplinaire. Le contenu de formation qui était, dans les anciens programmes, abordé séparément dans les disciplines *biologie, sciences physiques, initiation à la technologie, écologie*, etc. a été redistribué dans un même curriculum interdisciplinaire de *Science et technologie* offert de la première à la quatrième secondaire. Comme le mentionne le programme de formation de l'école québécoise, « *ce regroupement est notamment motivé par le besoin fréquent de faire appel aux contenus et aux méthodes de plusieurs de ces champs pour résoudre des problèmes* » (MELS, 2010, p.2). Ainsi, lorsqu'il résout un problème, l'élève emprunte souvent aux savoirs et savoir-faire de plusieurs disciplines scientifiques et technologiques. Ce processus de résolution de problème est au cœur de l'apprentissage de l'élève en *Science et technologie* et

correspond à la compétence disciplinaire 1, soit *chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique*. Comme le présente la figure 1, il se manifeste de deux manières, soit par la démarche d'investigation scientifique ou par la démarche technologique de conception.



**Figure 1 :** Le processus de résolution de problème en *Science et technologie* (MEQ, 2006, p.276)

En science, lorsqu'il se place dans une démarche d'investigation, l'élève doit cerner un problème qui s'exprime généralement sous la forme d'une question. Il choisit un scénario, tel un schème de contrôle des variables en sciences expérimentales, pour répondre à son questionnement avant de concrétiser sa démarche en effectuant une expérimentation. Au deuxième cycle, la situation proposée à l'élève est plus ouverte qu'au premier cycle, ce qui devrait se refléter par un protocole de manipulations idéalement peu ou pas dirigé, construit par l'apprenant. L'élève analyse ensuite ses résultats pour tenter de répondre à sa question et effectue un retour sur sa démarche en y proposant, entre autres, des améliorations.

En technologie, lorsqu'il se place dans une démarche de conception, l'élève cerne un problème qui peut prendre la forme d'un besoin auquel il devra répondre. Suite à cette

recherche technologique, il choisit un scénario de conception avant de concrétiser sa démarche en fabriquant un prototype. Au deuxième cycle, l'élève devrait élaborer son propre scénario en réalisant sa gamme de fabrication et son plan de construction. Il met finalement à l'essai son prototype en vérifiant s'il répond au besoin identifié, ce qui lui permet d'effectuer un retour sur sa démarche et d'y apporter éventuellement des améliorations.

En fonction des aléas de son processus de résolution de problème, la démarche empruntée par l'élève n'est pas forcément linéaire, ce dernier pouvant passer d'une étape à l'autre, et elle peut emprunter autant à la technologie qu'à la science. En ce sens, en traitant du processus de résolution de problème de la figure 1, le programme mentionne que :

*Les flèches de rétroaction montrent que la dynamique n'est pas nécessairement une procédure linéaire, comme une suite rigide d'opérations, mais qu'elle constitue plutôt un processus complexe où les remises en question sont possibles. La démarche devient alors l'occasion d'apprendre à partir de ses erreurs et de proposer des améliorations. Ce réseau de flèches montre également qu'il est possible de passer d'une démarche à l'autre, dans le cas, par exemple, d'une expérimentation permettant de déterminer le meilleur matériau à utiliser dans la conception d'un objet technique. De la même façon, la démarche d'investigation pourra être facilitée par la conception d'un objet technique comme un instrument de mesure (MEQ, 2006, p.275).*

L'interdisciplinarité se reflète ainsi dans la démarche de l'élève qui emprunte à la fois à l'investigation scientifique et à la conception technologique pour résoudre son problème. La conception d'un objet technique comme un instrument de mesure pour mener une investigation scientifique en serait un exemple. Les instruments de mesure sont indissociables de la démarche d'investigation scientifique. Ils permettent à l'élève d'appréhender des variables physiques qui peuvent être invisibles à l'œil nu, comme la température ou l'intensité du courant. Nous pensons que la compréhension de ces variables physiques nécessite la compréhension du fonctionnement de l'instrumentation utilisée. La conception d'instruments de mesure, comme un baromètre anéroïde, pourrait être une avenue intéressante pour ce faire. Dans les écoles, les instruments de mesure traditionnels, comme ce baromètre anéroïde ou le thermomètre à alcool, font de plus en plus place aux instruments de mesure électroniques. La plupart du temps, le fonctionnement des instruments de mesure traditionnels peut être plus facilement

appréhendé par les élèves que celui des appareils électroniques. Par exemple, dans le thermomètre traditionnel, l'alcool se dilate suite au transfert de chaleur avec le milieu extérieur. Les instruments de mesure traditionnels révèlent en quelque sorte leur fonctionnement à l'expérimentateur, contrairement aux instruments de mesure électroniques. Après avoir consulté le matériel des maisons d'édition, nous n'avons pas trouvé d'activité d'apprentissage qui permettrait d'appréhender le fonctionnement des instruments de mesure électroniques.

Cet effort d'intégration des matières ne s'est pas limité au cours de *Science et technologie*, mais il s'est étendu avec le regroupement des disciplines *Mathématique* et *Science et technologie* dans un même domaine d'apprentissage. Le langage mathématique est un outil incontournable pour l'élève qui déploie une démarche d'investigation scientifique ou une démarche technologique de conception, comme le mentionne le programme :

*La mathématique est étroitement liée aux programmes à caractère scientifique et technologique. D'une part, elle présente un ensemble de connaissances dans lequel la science et la technologie puisent abondamment. Ainsi, les élèves qui entreprennent une démarche scientifique ou technologique sont souvent amenés à mesurer, à dénombrer, à calculer des moyennes, à appliquer des notions de géométrie, à visualiser dans l'espace et à choisir divers modes de représentation. Dans la conception d'objets techniques ou de systèmes technologiques, la mathématique est souvent utile, notamment pour aider les élèves à modéliser les relations qui existent entre certaines variables déterminantes. De plus, par le vocabulaire, le graphisme, la notation et les symboles auxquels elle recourt, la mathématique offre un langage rigoureux dont peuvent tirer profit la science et la technologie. D'autre part, la mathématique sollicite le développement de compétences axées sur le raisonnement, la résolution de problèmes et la communication, car elles présentent une parenté avec celles qui sont au cœur du programme de science et technologie. Leur exercice conjoint ne peut que favoriser le transfert et s'avère particulièrement propice au développement des compétences transversales, notamment celles d'ordre intellectuel. La science et la technologie contribuent en outre à rendre concrets certains savoirs mathématiques, comme la notion de variable, les relations de proportionnalité, les principes de la géométrie ou les concepts associés aux statistiques. (MELS, 2010, p.6).*

Ainsi, la mathématique, la science et la technologie sont intrinsèquement reliées et leur interdisciplinarité est incontournable (MEQ, 2006, p.61). De plus, cette interdisciplinarité permettrait de favoriser le transfert, lors de la mise en œuvre adéquate, par exemple,

d'une démarche de résolution de problème, une compétence que l'élève doit développer aussi bien en *Science et technologie* qu'en *Mathématique*.

Dans un contexte où l'éducation secondaire souhaite aider chaque élève à devenir un citoyen capable d'être confronté aux enjeux complexes de notre siècle, nécessitant l'intégration et le transfert des connaissances dans des situations changeantes (MELS, 2007b, p.1), il nous semble incontournable que les enseignants proposent à leurs élèves des activités interdisciplinaires. Toutefois, en consultant le matériel des maisons d'édition, rares sont les activités d'apprentissage qui permettent à l'élève de déployer dans une même activité de résolution de problème des savoirs et savoir-faire en mathématique, en science et en technologie. Cette situation est particulièrement préoccupante au deuxième cycle du secondaire où ces disciplines sont plus spécialisées comme le mentionne le programme :

*Le deuxième cycle du secondaire se caractérise par une plus grande spécialisation disciplinaire qui découle de l'évolution même des disciplines. Si elle permet des approfondissements, cette caractéristique comporte néanmoins le risque d'entraîner un morcellement des savoirs. Une (...) exigence au cours de ce cycle concerne donc l'intégration, en dépit de cette spécialisation, tant des savoirs disciplinaires que des savoirs théoriques et pratiques (MELS, 2007b, p.4).*

Nous pensons que certaines pratiques enseignantes ne respectant pas l'esprit du programme peuvent aussi être un obstacle à la mise en œuvre de situations d'apprentissage interdisciplinaires. En nous basant sur notre expérience comme enseignant en *Science et technologie* au secondaire et sur la consultation de manuels scolaires, nous avons relevé certaines de ces pratiques enseignantes.

D'une part, l'enseignement demeure parfois strictement monodisciplinaire au sein même du cours de *Science et technologie*, ce qui ne correspond pas à l'esprit du programme. Par exemple, le cours de 4<sup>e</sup> secondaire porte sur des notions distinctes d'écologie, de sciences physiques, de chimie et de technologie. Dans plusieurs manuels scolaires utilisés par l'élève, il est possible de remarquer qu'il y a un découpage notionnel qui s'effectue la plupart du temps par chapitre, un chapitre portant sur la technologie, un autre sur la chimie, etc. Ce découpage par matière ne peut que se refléter dans la pratique enseignante. En effet, pour enseigner les contenus notionnels, les enseignants suivent souvent le manuel ou le cahier d'exercices de l'élève. Ces ouvrages, se voulant des références sur les connaissances, deviennent alors l'un des seuls moyens d'enseignement

utilisé dans les classes au détriment de situations d'apprentissage qui intégreraient ces différents contenus notionnels dans un problème à résoudre.

D'autre part, certaines pratiques enseignantes proposent des démarches de résolution de problèmes incomplètes aux élèves en *Science et technologie*, en ce sens où ces derniers n'ont pas à effectuer les deux premières étapes *cerner un problème* et *choisir un scénario* (voir figure 1). En science, les enseignants fournissent trop souvent aux élèves un protocole détaillé de manipulations que ces derniers n'ont qu'à exécuter sans avoir à organiser eux-mêmes l'ensemble de leur démarche. L'enseignant se contente alors d'évaluer le rapport de laboratoire final qui se limite souvent à l'analyse et l'interprétation des résultats. En technologie, les enseignants ont tendance à donner la gamme de fabrication de l'objet à développer à l'élève, de sorte que celui-ci n'effectue pas réellement de conception. Ainsi, comme l'apprenant ne cerne pas le problème et ne choisit pas de scénario, il ne développe pas le processus complet de la résolution de problèmes en technologie. Il ne fait qu'exécuter un ensemble de tâches techniques. Les enseignants se contentent alors d'évaluer l'objet final sans être en mesure de porter un jugement sur toutes les étapes de la démarche de conception de l'élève. L'apprenant ne peut donc pas développer sa compétence en résolution de problème puisqu'il n'intervient pas dans toutes les étapes du processus. Le fait de ne pas pouvoir intégrer une démarche complète de résolution de problème rend par la suite difficile le transfert des apprentissages en situation nouvelle.

Finalement, force est de constater que les activités de structuration sont peu demandées aux élèves par les enseignants. Par exemple, dans une situation d'apprentissage, l'élève pourrait devoir faire du pain pour se familiariser aux savoirs portant sur les levures, les lipides, les glucides et les protéines, et aux savoir-faire comme suivre ou inventer un protocole expérimental et mesurer des quantités d'ingrédients. Suite à cette mise en contexte de savoirs et savoir-faire dans une activité concrète, soit celle de faire du pain, l'apprenant devrait structurer ces différents savoirs dans une activité de structuration pour faire émerger une organisation des connaissances porteuse de sens. Manon Beaulieu, consultante en éducation que nous avons rencontrée, mentionnait que « *les enseignants de Science et technologie, en fin de situation d'apprentissage, ont souvent des difficultés à préparer et à faire vivre des activités de structuration des*



*connaissances factuelles, conceptuelles et procédurales. Pourtant, ces activités d'organisation du contenu sont essentielles pour que l'élève intègre ces connaissances aux schémas existant dans sa mémoire. Ces activités sont donc essentielles au transfert » (2013).*

Il est possible de se demander si les nouveautés amenées par le renouveau pédagogique ont eu l'effet escompté sur le succès des élèves en *Science et technologie*. En effet, dans une évaluation pancanadienne, le Conseil supérieur de l'éducation (CSE, 2013) mentionnait qu'il y avait une baisse de rendement en science et technologie des élèves francophones du Québec au premier cycle du secondaire entre 2007 et 2010. De nombreux facteurs pourraient expliquer cette baisse de rendement des élèves. Outre le facteur inhérent au changement de programme avec le renouveau pédagogique, nous pensons que des pratiques enseignantes non actualisées, comme celles que nous avons présentées, ainsi que le manque de ressources didactiques soulevé précédemment pourraient être du nombre.

Les éléments abordés dans cette problématique nous amènent à nous poser la question générale de recherche suivante :

Serait-il possible de développer une intervention didactique qui permettrait à l'élève du deuxième cycle du secondaire d'appréhender le fonctionnement des instruments de mesure électroniques en intégrant une démarche complète de résolution de problème qui nécessite le déploiement de savoirs et savoir-faire en science, en mathématique et en technologie?

## 1.2. Idée de développement

Dans cette recherche, comme le souligne notre question générale, nous souhaitons développer une intervention didactique qui permettrait à un élève d'appréhender le fonctionnement des instruments de mesure électroniques en intégrant une démarche technoscientifique de résolution de problème nécessitant le déploiement de ses savoirs et savoir-faire en science, en mathématique et en technologie.

Nous pensons que c'est dans l'action, en concevant et en construisant un instrument de mesure, que l'élève peut appréhender ce fonctionnement. Ainsi, nous souhaitons l'amener progressivement à intégrer une démarche interdisciplinaire de réalisation d'instruments de mesure qui aurait la particularité d'utiliser les outils mathématiques, l'investigation scientifique et la conception technologique pour résoudre un problème complexe. Au fur et à mesure de l'intervention didactique, nous le guiderons de moins en moins dans la réalisation de ses instruments de mesure jusqu'à ce qu'il puisse, une fois devenu autonome, transférer ses apprentissages dans la réalisation d'un nouvel instrument.

Dans le prochain chapitre, *considérations théoriques et pratiques*, nous vérifierons la pertinence de cette idée de développement en la confrontant aux théories et pratiques actuelles en éducation, particulièrement en didactique et en expérimentation assistée par ordinateur (ExAO). Nous déterminerons aussi les éléments dont il faut tenir compte dans l'élaboration de notre intervention didactique pour que celle-ci puisse répondre à notre question générale de recherche.

## Chapitre 2. Considérations théoriques et pratiques

Dans ce chapitre, nous vérifierons la pertinence de notre idée de développement. Pour ce faire, nous la confronterons aux théories et pratiques actuelles en éducation. De plus, nous présenterons les éléments dont il faudra tenir compte dans le développement de notre intervention didactique. À la fin de ce chapitre, nous présenterons deux objectifs de recherche, déterminés à partir de ces éléments, qui nous aideront à répondre à notre question générale.

### 2.1. L'apprentissage par compétences

Une des nouveautés apportées par la formation par compétences a été d'intégrer aux théories de l'apprentissage, jusqu'alors principalement dominées par le courant béhavioriste, des éléments issus des approches cognitiviste et constructiviste (Lasnier, 2000). Avec la formation par objectifs, l'élève devait atteindre des objectifs d'apprentissage formulés avec des mot-consignes (verbes d'action) correspondant à des manifestations de comportements observables comme définir un terme, comparer des théories, illustrer un concept, rappeler un fait ou exécuter une procédure. En sciences, l'enseignement se faisait généralement par des exposés théoriques suivis de démonstrations, en simulation ou en laboratoire, visant à vérifier la validité d'une loi apprise en classe lors de l'exposé théorique. L'élève y apprenait des savoirs, savoir-faire et savoir-être sans que l'utilisation de ces différents savoirs soit intégrée dans des situations complexes et contextualisée. Ainsi, l'enseignant n'offrait pas de support à l'apprenant pour intégrer ces différents savoirs dans des activités contextualisées, entraînant ainsi un certain morcellement des connaissances et ne favorisant pas le transfert des apprentissages dans des situations interdisciplinaires de plus en plus complexes (MELS, 2010). En ce sens, le programme actuel de formation de l'école québécoise mentionne que

*les programmes d'études des années 80 et 90, qui étaient conçus par objectifs, (...) faisaient la promotion du développement d'habiletés et d'attitudes, mettant (...) en évidence l'importance des savoir-faire et des savoir-être. Cependant, le découpage du contenu en une multitude d'objectifs généraux, terminaux et intermédiaires a entraîné un certain morcellement des savoirs et favorisé une approche éclatée de l'apprentissage et de l'enseignement. Or, le citoyen du XXI<sup>e</sup> siècle est confronté à des enjeux de plus en plus complexes, où l'intégration des connaissances et la capacité de les transférer dans des contextes changeants deviennent incontournables (MELS, 2007b, p1).*

C'est pour pallier à ces difficultés que le renouveau pédagogique a vu le jour. Dans le programme actuel, les concepts prescrits sont sensiblement les mêmes que dans l'ancien

programme, mais ils sont organisés autour de situations d'apprentissage qui sont contextualisées et demandent à l'élève de mettre en action les différents savoirs et savoir-faire pour accomplir une tâche complexe comme résoudre un problème non familier ou apporter des solutions à une problématique. La compétence se définit alors comme « *un savoir-agir fondé sur la mobilisation et l'utilisation efficaces d'un ensemble de ressources* » (MELS, 2010, p.11). Pour montrer qu'il est compétent, l'élève devrait manifester de manière dynamique et non linéaire les trois aspects de la compétence, soit la mobilisation de sa compétence en contexte, la sélection des ressources adéquates dans un répertoire diversifié et la capacité d'effectuer un retour réflexif sur sa démarche (MELS, 2007b, p.12). La mobilisation en contexte signifie la manifestation par l'élève de sa compétence par une action efficace dans la réalisation de tâches en fonction des contraintes d'une situation. La sélection des ressources implique le choix par l'élève des ressources adéquates parmi celles dites internes et externes. Les savoirs et savoir-faire de l'élève sont des exemples de ressources internes, tandis que les cahiers d'exercices, les manuels scolaires ou les technologies de l'information et de la communication (TIC) sont des exemples de ressources externes. Finalement, le retour réflexif correspond à l'explicitation et l'analyse par l'élève, avec ou sans aide de l'enseignant, de sa démarche tout au long d'une situation pour « *réguler efficacement son agir* » (MELS, 2007b, p.13).

Dans une situation d'apprentissage qui a été conçue en respectant l'approche de la formation par compétence, l'élève devrait avoir l'opportunité de développer et de manifester ces trois aspects comme le souligne l'extrait suivant :

*La conception des situations doit porter sur l'agencement d'un ensemble d'activités, de tâches et de problèmes signifiants, se préoccuper des ressources internes ou externes requises ou pertinentes, et prévoir des moments d'explicitation, de rétroaction et de régulation sur les démarches construites ou adoptées par les élèves* (MELS, 2007b, p. 20).

Au secondaire, l'élève est appelé à développer des compétences disciplinaires et transversales. Les compétences disciplinaires sont associées aux matières scolaires enseignées, tandis que les compétences transversales, plus générales, peuvent être développées dans toutes les disciplines. Dans le cadre des cours *Science et technologie*, il y a trois compétences disciplinaires. Celles-ci peuvent être décomposées en plusieurs composantes et manifestations observables comme le présente le tableau I (MELS, 2010).

<b>Compétence disciplinaire</b>	<b>Composantes</b>	<b>Manifestations observables</b>
1) Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique	Cerner un problème	Considérer le contexte de la situation • S'en donner une représentation • Identifier les données initiales • Identifier les éléments qui semblent pertinents et les relations qui les unissent • Reformuler le problème en faisant appel à des concepts scientifiques et technologiques • Proposer des explications ou des solutions possibles
	Élaborer un plan d'action	Explorer quelques-unes des explications ou des solutions provisoires • Sélectionner une explication ou une solution • Déterminer les ressources nécessaires • Planifier les étapes de sa mise en œuvre
	Concrétiser le plan d'action	Mettre en œuvre les étapes planifiées • Faire appel aux techniques et aux autres ressources appropriées • Procéder à des essais, s'il y a lieu • Recueillir des données ou noter des observations pouvant être utiles • Apporter, si cela est nécessaire, des corrections liées à l'élaboration ou à la mise en œuvre du plan d'action • Mener à terme le plan d'action
	Analyser les résultats	Rechercher les tendances ou les relations significatives • Juger de la pertinence de la réponse ou de la solution apportée • Établir des liens entre les résultats et les concepts scientifiques et technologiques • Proposer des améliorations, si cela est nécessaire • Tirer des conclusions
2) Mettre à profit ses connaissances scientifiques ou technologiques	Situer une problématique scientifique ou technologique dans son contexte	Identifier des aspects du contexte (social, environnemental, historique, etc.) • Établir des liens entre ces divers aspects • Dégager, s'il y a lieu, des enjeux éthiques liés à la problématique • Anticiper des retombées à long terme
	Comprendre des principes scientifiques ou technologiques liés à une problématique	Reconnaître des principes scientifiques • Décrire ces principes de manière qualitative ou quantitative • Mettre en relation ces principes en s'appuyant sur des concepts, des lois ou des modèles • Cerner la fonction globale d'un objet, d'un système, d'un produit ou d'un procédé • En identifier les diverses composantes et déterminer leurs fonctions respectives • En décrire des principes de fonctionnement et de construction • Mettre en relation ces principes en s'appuyant sur des concepts, des lois ou des modèles • Représenter schématiquement des principes de fonctionnement et de construction
	Construire son opinion sur la problématique à l'étude	Chercher diverses ressources et considérer différents points de vue • Déterminer les éléments qui peuvent aider à construire son opinion • Justifier son opinion en s'appuyant sur les éléments considérés • Nuancer son opinion en prenant en considération celle des autres
3) Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et technologie	Participer à des échanges d'information à caractère scientifique ou technologique	Faire preuve d'ouverture • Valider son point de vue ou sa solution en les confrontant avec ceux d'autres personnes • Intégrer à sa langue orale et écrite un vocabulaire scientifique et technologique approprié
	Interpréter des messages à caractère scientifique ou technologique	Faire preuve de vigilance quant à la crédibilité des sources • Repérer des informations pertinentes • Saisir le sens précis des mots, des définitions ou des énoncés • Établir des liens entre des concepts et leurs diverses représentations graphiques ou symboliques • Sélectionner les éléments significatifs
	Produire et transmettre des messages à caractère scientifique ou technologique	Tenir compte du destinataire et du contexte • Structurer son message • Utiliser les formes de langage appropriées dans le respect des normes et des conventions établies • Recourir aux formes de présentation appropriées • Démontrer de la rigueur et de la cohérence

**Tableau I** : Les compétences disciplinaires et leurs composantes en *Science et technologie* (MELS, 2010)

Il y a neuf compétences transversales. Ces compétences « *sont de divers ordres, soulignant ainsi différentes facettes du savoir-agir : facettes intellectuelles, méthodologiques, personnelles, sociales et communicationnelles* » (MELS, 2007a, p.1).

Voici les neuf compétences transversales :

- Compétence 1 : Exploiter l'information ;
- Compétence 2 : Résoudre des problèmes ;
- Compétence 3 : Exercer son jugement critique ;
- Compétence 4 : Mettre en œuvre sa pensée créatrice ;
- Compétence 5 : Se donner des méthodes de travail efficaces ;
- Compétence 6 : Exploiter les technologies de l'information et de la communication ;
- Compétence 7 : Actualiser son potentiel ;
- Compétence 8 : Coopérer ;
- Compétence 9 : Communiquer de façon appropriée ;

Ces compétences comportent aussi des composantes que l'élève est appelé à manifester pour en démontrer le développement. Par exemple, le tableau II présente la compétence transversale 6 relative à la capacité d'exploiter les technologies de l'information et de la communication (TIC).

<b>Compétence transversale</b>	<b>Composantes</b>	<b>Manifestations observables</b>
6) Exploiter les technologies de l'information et de la communication	S'approprier les technologies	Connaître différents outils technologiques • Diversifier leur usage • Choisir les outils les mieux adaptés à la situation • Prendre conscience des valeurs et des codes relatifs à la propriété intellectuelle et au respect de la vie privée
	Évaluer l'efficacité de l'utilisation de la technologie	Cerner les possibilités et les limites des technologies • Confronter ses façons de faire avec celles des autres • S'interroger sur la pertinence de recourir aux technologies dans une tâche donnée • Adapter sa pratique
	Mettre la technologie au service de ses apprentissages	Réaliser des tâches variées en recourant à des ressources et fonctions technologiques • Reconnaître et utiliser dans un nouveau contexte les concepts et processus déjà connus • Appliquer des stratégies d'interaction, de communication et de dépannage, selon les besoins de la tâche • Anticiper de nouvelles utilisations

**Tableau II:** La compétence transversale 6 et ses composantes (MELS, 2007a)

Dans notre intervention didactique, nous voulons placer l'élève dans un environnement d'apprentissage dans lequel il devrait pouvoir manifester le développement de compétences transversales et disciplinaires de *Science et technologie* en faisant appel à ses ressources internes et externes pour résoudre un problème.

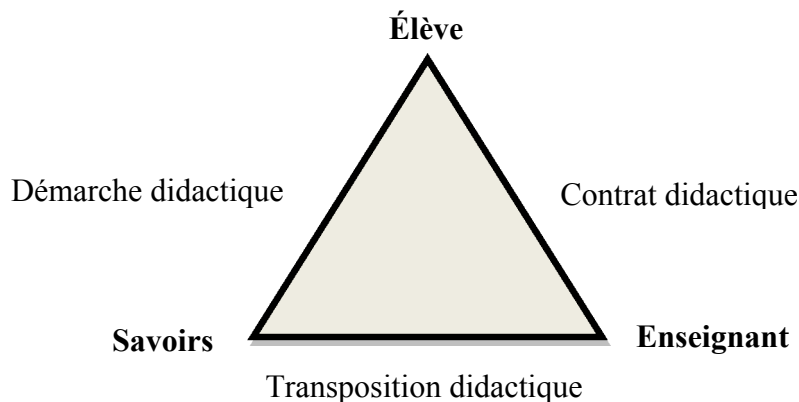
## 2.2. La didactique

### 2.2.1. Définition de la didactique

Comme nous souhaitons développer une intervention didactique, nous effectuerons une recherche de développement en didactique<sup>1</sup>. Thouin définit la didactique comme

*une branche des sciences de l'éducation qui a pour objet la planification de situations pédagogiques qui favorisent l'apparition, le fonctionnement et la remise en question des conceptions successives de l'élève. La didactique étudie les problèmes particuliers que posent l'enseignement et l'apprentissage de diverses disciplines scolaires et s'intéresse tout particulièrement aux situations d'enseignement et d'apprentissage et s'appuie sur une analyse précise des savoirs (Thouin, 2009).*

Pour mieux comprendre la didactique, Chevallard (1985) propose de cerner ses domaines d'intérêts avec le schéma du triangle didactique, présenté à la figure 2, dont les sommets correspondent à l'élève, l'enseignant et les savoirs. Comme le mentionne Germain (2000), ce triangle didactique s'inspire du triangle pédagogique, représenté entre autres par Houssaye (1988). L'originalité du triangle didactique est d'inclure les relations didactiques qui s'installent entre l'enseignant, l'élève et les savoirs dans une situation d'enseignement et d'apprentissage.



**Figure 2 :** Le triangle didactique

Tout d'abord, la relation entre l'élève et les savoirs concerne la démarche didactique. Cette dernière correspond aux stratégies d'apprentissage déployées par l'apprenant pour, par exemple, résoudre un problème et faire ainsi progresser ses conceptions. Ensuite, la relation

---

<sup>1</sup> Notre méthodologie de recherche sera décrite dans le chapitre 3, *méthodologie*.

entre l'élève et l'enseignant implique le contrat didactique. Celui-ci, généralement implicite, correspond à l'ensemble des comportements attendus de l'enseignant par l'élève et de ceux attendus de l'élève par l'enseignant. Par exemple, l'élève s'attend à ce que l'enseignant lui propose des situations didactiques qui lui permettront d'effectuer des apprentissages. Il s'attend aussi à ce que les évaluations auxquelles il sera soumis reflètent les notions enseignées. De son côté, l'enseignant s'attend de l'élève qu'il s'engage dans les situations préparées pour lui et qu'il complète les évaluations en respectant les consignes. Finalement, la relation entre les savoirs et l'enseignant concerne la transposition didactique, c'est-à-dire le travail de gestion de l'information par l'enseignant qui, dans les situations d'apprentissage qu'il élabore, propose aux apprenants des savoirs adaptés à leur niveau. En d'autres termes, il effectuera la transposition didactique du savoir savant en savoir assimilable par l'élève.

Dans le développement de notre intervention didactique, nous nous assurerons de pouvoir faire évoluer progressivement les conceptions de l'apprenant. Nous nous intéresserons aussi aux trois relations du triangle didactique, car, comme le souligne Thouin,

*une attention exclusive accordée à la relation entre l'enseignant et le savoir risque de conduire à une pédagogie encyclopédique peu stimulante. Une attention exclusive accordée à la relation entre l'enseignant et l'élève risque de mener à une pédagogie sociale qui tourne à vide. Une attention exclusive accordée à la relation entre l'élève et le savoir risque de se traduire par une pédagogie exploratoire qui manque d'encadrement (Thouin, 2009).*

Nous effectuerons la transposition didactique des savoirs savants, comme le fonctionnement d'un instrument de mesure électronique, en savoirs scolaires, nous étudierons la démarche didactique déployée par les élèves pour réaliser un instrument de mesure, et, par les activités d'apprentissage que nous leur proposerons, nous amènerons ces élèves à intégrer progressivement une démarche générale de réalisation d'instruments de mesure. En d'autres termes, le contrat didactique qui s'établit entre le chercheur et l'élève dans notre intervention didactique privilégie l'autonomie de l'apprenant. C'est par ses interactions avec l'environnement d'apprentissage que l'élève peut résoudre le problème posé et manifester cette autonomie en situation adidactique, dépourvue de consignes ou de directives, lors de la réalisation d'un dernier et nouvel instrument de mesure.





quand il est en mesure de « *la mettre en œuvre de lui-même dans des situations qu'il rencontrera en dehors de tout contexte d'enseignement et en l'absence de toute indication intentionnelle* » (Brousseau, 1998, p.59). En entrant dans une situation adidactique, l'élève développe des stratégies qui l'aideront à transférer ses apprentissages dans des contextes scolaires et non scolaires.

Ensuite, la situation adidactique est aménagée à des fins didactiques. En effet, les problèmes sont « *choisis de façon à ce que l'élève puisse les accepter* » (Brousseau, 1998, p.59). En ce sens, l'enseignant doit s'assurer que l'élève est outillé pour résoudre le problème qu'il lui propose. Il veut amener l'élève à développer certaines connaissances, mais sans lui transmettre ces connaissances. Il doit effectuer la dévolution du bon problème, c'est-à-dire obtenir de l'élève qu'il se place dans la situation adidactique en acceptant la responsabilité et les conséquences de sa démarche, ce qui fait partie du contrat didactique. L'élève construit ainsi ses connaissances et l'enseignant est médiateur de cette construction dans le déroulement de l'activité. Cela ne signifie pas que l'enseignant n'intervient pas auprès de l'élève. Zaragosa souligne en effet que, « *le comportement médiateur de l'enseignant dans le processus de dévolution se fonde sur l'interaction. C'est surtout une interaction verbale didactique, caractéristique de la profession* » (2005, p. 421). Il peut par exemple attirer l'attention de l'élève sur telle donnée du problème ou tel aspect du résultat pour l'amener à réfléchir. Aussi, Zaragosa mentionne que l'enseignant « *est un médiateur en action (...) : le processus de dévolution nécessite une activité avec des prises de décisions, car la part de l'imprévue est grande* » (2005, p.420).

### **2.3. Le processus de résolution de problème**

Le processus de résolution de problème est central dans une situation adidactique. Pour comprendre ce dernier, il nous semble important de clarifier certains termes car, « *dans l'enseignement, les termes problème ou recherche sont souvent galvaudés* » (De Vecchi et Carmona-Magnaldi, 2002, p. 19). Pour y voir plus clair, nous définirons les termes suivants : exercice, problème, problématique, situation-problème et situation problématique.

Tout d'abord, les termes *exercice* et *question* sont souvent considérés comme synonymes. Tardif définit l'exercice comme étant une démarche plutôt technique dans laquelle l'élève « *doit appliquer un algorithme, toujours le même, dans une suite de questions qui exigent toutes la même demande cognitive* » (1992, p.232). L'algorithme est un raisonnement déterminé et ordonné à l'avance qui, s'il est exécuté correctement, permet « *de parvenir à coup sûr au résultat* » (Astolfi *et al.*, 2008, p.139). En ce sens, De Vecchi et Carmona-Magnaldi définissent l'exercice en mathématique comme étant « *l'application d'un modèle de résolution (opération, théorème, règle), c'est-à-dire d'une procédure toute faite* » (2002, p. 22). Les auteurs soulignent d'ailleurs que les enseignants de cette discipline confondent souvent les termes *exercice* et *problème*, les utilisant comme synonymes auprès des élèves.

Ensuite, contrairement à l'exercice, le problème implique une démarche d'investigation et de construction (Astolfi, Peterfalvi et Vérin, 2006). Il demande d'entrer dans une dynamique de recherche, d'inventer une stratégie. De Vecchi et Carmona-Magnaldi présentent les différentes facettes d'un problème en disant qu'il constitue

*une situation initiale, comportant certaines données, qui impose un but à atteindre, qui oblige à élaborer une suite d'actions, qui mobilise une activité intellectuelle, qui fait entrer dans une démarche de recherche, en vue d'aboutir à un résultat final. Ce résultat est initialement inconnu et la solution n'est pas immédiatement disponible (De Vecchi et Carmona-Magnaldi, 2002, p.22).*

En d'autres termes, la résolution de problème est une démarche de recherche dans laquelle l'élève va suivre son propre raisonnement et inventer son cheminement, contrairement à la démarche algorithmique de l'exercice dont le raisonnement est déterminé *a priori*.

On qualifie souvent les problèmes d'ouverts ou de fermés. Dans un problème fermé, le but sera explicite, les données complètes et les contraintes mentionnées à l'élève. Dans un problème ouvert, le problème est mal défini, le but à atteindre reste vague, les contraintes à respecter non précisées, les données incomplètes et exigeant une recherche de l'élève. « *C'est en réalité justement l'imprécision de certaines caractéristiques qui va provoquer l'utilisation accrue des habiletés intellectuelles de base et des stratégies de pensée et de métacognition* » (Tremblay, 2009, p.9). Plus l'élève peut faire des choix et

élaborer par lui-même les étapes de sa démarche pour résoudre un problème, plus celui-ci est ouvert et provoque l'utilisation de stratégies de pensée et de métacognition.

En *Science et technologie*, le programme de formation de l'école québécoise distingue les problèmes ouverts des problèmes fermés en demandant aux enseignants de proposer aux élèves, au début du premier cycle, des problèmes dont les caractéristiques rappellent le problème fermé, et, à la fin du deuxième cycle, le problème ouvert (MELS, 2010, p.15). L'élève devrait être confronté à des problèmes de plus en plus ouverts, dont les étapes de la résolution de problème ne lui sont pas communiquées, mais à inventer.

Dans une situation-problème, « *le problème devient le moyen de l'apprentissage : il permet l'engagement de l'élève dans une résolution qui le conduira à construire, chemin faisant, les instruments intellectuels nécessaires* » (Astolfi et al., 2008, p.137). La situation-problème conserve les caractéristiques du problème ouvert, auquel s'ajoutent certains éléments. Pour distinguer le *problème* de la *situation-problème*, nous retiendrons les critères de De Vecchi et Carmona-Magnaldi (2002). Ces auteurs mentionnent que la situation-problème devrait :

- *Être liée à un obstacle repéré ;*
- *Faire naître un questionnement chez l'élève ;*
- *Créer une ou des ruptures pour transformer ses conceptions initiales ;*
- *Correspondre à une situation complexe ;*
- *Déboucher sur un savoir d'ordre général ;*
- *Faire l'objet de moments de métacognition ;*

L'envergure de l'obstacle et de la rupture, de même que la complexité de la situation, demeurent, selon nous, les caractéristiques qui permettent de distinguer adéquatement le problème de la situation-problème.

Les enseignants de *Science et technologie* doivent mettre en place des activités demandant aux apprenants de pratiquer la résolution de problème. En effet, le programme mentionne que

*pour favoriser le développement de la compétence Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique, l'enseignant doit proposer aux élèves des situations d'apprentissage et d'évaluation qui suscitent leur engagement dans la résolution de problèmes faisant appel à une démarche expérimentale ou de conception (MELS, 2010, p.9).*

Le problème dont il est question ici est en fait une situation-problème dans laquelle l'élève peut développer tous les aspects de sa compétence. La résolution de ce problème demande des manipulations qui peuvent s'insérer dans une démarche expérimentale en laboratoire ou dans une démarche technologique de conception en atelier. Ainsi, en *Science et technologie*, l'élève pratique la résolution de problèmes en résolvant des problèmes pratiques et non pas seulement théoriques, comme c'est généralement le cas dans la plupart des autres disciplines. Nous pensons qu'il est à l'avantage des sciences et de la technologie que de pouvoir démontrer le caractère concret et contextualisé d'un problème posé.

L'intervention didactique que nous devons mettre en place ne doit pas seulement proposer une situation-problème dans laquelle l'élève mobilise ses savoirs et savoir-faire en sciences et en technologie, mais doit aussi inclure la mobilisation d'outils mathématiques. Ainsi, en plus d'avoir un caractère concret qui nécessite la manipulation de l'élève en laboratoire, cette situation-problème<sup>2</sup> sera par nature interdisciplinaire.

## **2.4. Définition de l'interdisciplinarité**

Pour cerner la nature interdisciplinaire du problème posé dans notre intervention didactique, il est nécessaire de distinguer l'interdisciplinarité des approches disciplinaire, multidisciplinaire, pluridisciplinaire et transdisciplinaire.

Tout d'abord, à l'ordre d'enseignement secondaire, les cours sont organisés en disciplines scolaires. Cette approche disciplinaire de l'enseignement permet de produire des « *savoirs organisés autour des traditions d'une discipline scientifique* » (Fourez, dans Maingain et Dufour, 2002, p.11). En tant que spécialistes d'un domaine particulier, les enseignants du secondaire sont à l'aise dans cette approche. Toutefois, tous s'entendent pour dire que cette approche disciplinaire est inefficace pour aborder certaines problématiques complexes ou certains problèmes concrets qui nécessitent l'apport de

---

<sup>2</sup> Nous utiliserons le terme problème dans la suite du texte pour reprendre la terminologie du programme de formation. Toutefois, la réalisation d'un instrument de mesure est une situation-problème.

plusieurs disciplines pour établir une représentation adéquate de la situation. En effet, comme le souligne Fourez, l'inconvénient des approches disciplinaires est « *que les représentations et interprétations qu'elles nous donnent restent toujours trop partielles (voire trop partial) pour convenir au contexte concret. Ainsi, la réponse d'une seule discipline est-elle généralement trop courte pour résoudre un problème concret, toujours posé, initialement, dans sa globalité* » (Fourez, dans Maingain et Dufour, 2002, p.10). Une approche intégrant les savoirs de différentes disciplines est ainsi nécessaire pour convenir à un contexte concret ou à une problématique complexe. Rappelons que, lors du renouveau pédagogique, le regroupement des matières scientifiques et technologiques a été fait en ce sens dans le curriculum de *Science et technologie*.

Ensuite, l'approche multidisciplinaire consiste à regrouper les savoirs de différentes disciplines autour d'un thème sans qu'il y ait d'objectif commun (Maingain et Dufour, 2002, p.57). Par exemple, une exposition sur le thème de la guerre pourrait regrouper une réalisation artistique représentant un combat (arts), un kiosque informatif sur les armes chimiques utilisées durant un conflit (chimie) et un essai de fiction qui décrit une histoire d'amour impossible en temps de guerre (français). Lenoir mentionne que « *le thème (...) ne fait pas l'interdisciplinarité* » (Lenoir, 2008, p.21) en soulignant que l'addition de contenus autour d'une thématique est la principale dérive observée dans l'enseignement quand il s'agit de mettre en place des activités interdisciplinaires.

Pour continuer, l'approche pluridisciplinaire consiste à organiser les savoirs autour d'une finalité commune pour traiter une question (Maingain et Dufour, 2002, p.57). Par exemple, un élève pourrait devoir répondre à la question *qu'est-ce que l'être humain* selon le point de vue de différentes disciplines. Les réponses dégagées des points de vue de la philosophie, de la religion ou de la biologie seraient complètement différentes. Tant qu'il n'y a pas d'interrelations entre les disciplines pour comprendre cette question, il n'y a pas d'interdisciplinarité. Toutefois, le pas pourrait se franchir si l'élève venait à intégrer ces différents points de vue dans une prise de position originale et cohérente sur l'être humain. En d'autres termes, la multidisciplinarité et la pluridisciplinarité consistent à traiter une question en juxtaposant les apports disciplinaires sans qu'il y ait de véritables interrelations entre les savoirs pour comprendre une problématique complexe ou résoudre un problème concret, contrairement à l'interdisciplinarité.

Concernant la transdisciplinarité, elle vise à favoriser le transfert d'un concept, d'une démarche ou d'une méthode d'une discipline à l'autre (Fourez, dans Maingain et Dufour, 2002, p.12). Par exemple, il est possible d'utiliser la démarche d'observation en laboratoire de biologie ou dans l'analyse d'une œuvre d'art. Un enseignant pourrait ainsi proposer « *à ses élèves d'apprendre et de mettre en pratique les techniques de l'observation de l'artiste pour examiner plus attentivement les organismes. (...) De cette façon, les élèves commencent à appliquer des méthodes rigoureuses des arts visuels à leur étude des organismes vivants* » (Boix-Mansilla, 2010, p. 79). De plus, un concept pourrait être transféré d'un domaine à l'autre en changeant de définition. Par exemple, le concept de respiration prend un sens différent s'il est utilisé en biologie humaine, en musique, en écologie ou en biochimie.

Les différents termes définis précédemment peuvent différer quelque peu d'un auteur à l'autre. Par exemple, Lenoir (2008) parle d'approches pluridisciplinaires, sans distinguer la multidisciplinarité et la pluridisciplinarité, tandis que Boix-Mansilla (2010) ne traite pas explicitement de transdisciplinarité, parlant plutôt d'un outil transversal facilitant l'intégration des savoirs dans l'enseignement interdisciplinaire.

Maingain et Dufour (2002) distinguent plusieurs types d'interdisciplinarité : scientifique, professionnelle et scolaire. L'interdisciplinarité scientifique s'applique à construire de nouveaux savoirs en recherche universitaire et à proposer des réponses à des problèmes concrets. Celle dite professionnelle s'intéresse plutôt aux situations de vie réelle qui demande, par exemple, un traitement interdisciplinaire pour aider les décideurs à mettre en œuvre un grand projet.

En ce qui concerne l'interdisciplinarité scolaire, elle vise à intégrer des savoirs de différentes disciplines pour comprendre une problématique complexe ou résoudre un problème concret. Par le traitement interdisciplinaire d'une situation, les élèves développent une nouvelle vision de celle-ci, plus nuancée et complète. En ce sens, Boix-Mansilla nomme ce traitement *l'apprentissage interdisciplinaire* en le définissant comme « *le processus par lequel les élèves comprennent progressivement les ensembles de connaissances et les modes de pensée d'au moins deux disciplines ou groupe de matières et les intègrent pour créer un nouveau niveau de compréhension* » (Boix-Mansilla, 2010, p.15). En d'autres termes, dans l'apprentissage interdisciplinaire, l'élève met en œuvre une

expertise de traitement interdisciplinaire en développant une vision globale d'une situation complexe par l'utilisation de ses savoirs et savoir-faire associés à plus d'une discipline. Fourez mentionne aussi que « *l'interdisciplinarité ne vise donc nullement à supplanter les disciplines ; son objectif est, au contraire, l'utilisation de celles-ci dans des situations concrètes* » (Fourez, dans Maingain et Dufour, 2002, p.11). Ainsi, l'approche disciplinaire n'est pas évacuée, mais intégrée dans l'interdisciplinarité scolaire.

Lenoir amène certaines précisions au concept d'interdisciplinarité scolaire en le définissant comme

*la mise en relation de deux ou de plusieurs matières scolaires qui s'exerce à la fois aux plans curriculaire, didactique et pédagogique et qui conduit à l'établissement de liens de complémentarité ou de coopération, d'interpénétrations ou d'actions réciproques entre elles sous divers aspects, en vue de favoriser l'intégration des apprentissages et des savoirs chez l'élève* (Lenoir, 2008, p.26).

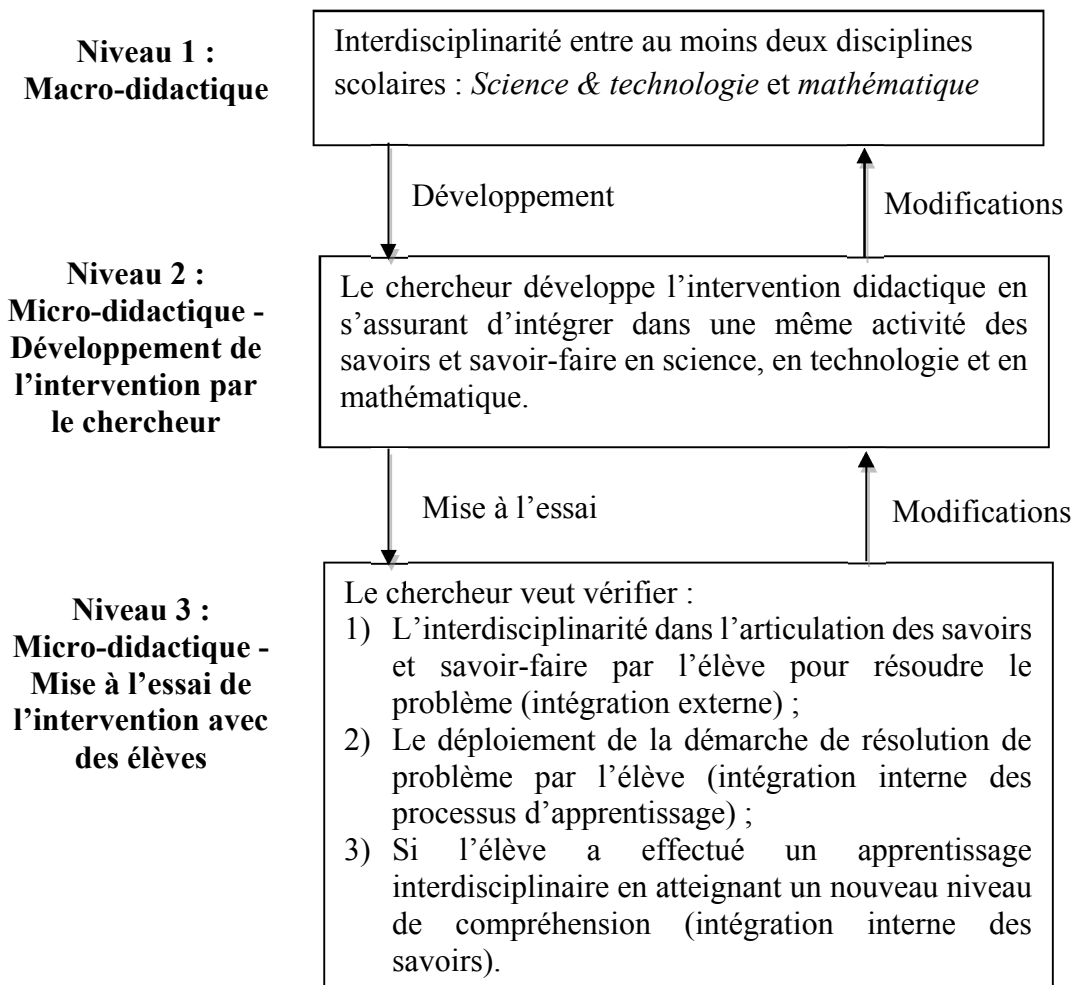
Cette définition présente les interrelations entre les disciplines en précisant qu'elles s'effectuent au niveau curriculaire, didactique et pédagogique. Sur le plan curriculaire, une attention particulière est portée à l'articulation d'au moins deux matières scolaires. Sur le plan didactique, il s'agit de planifier et d'organiser les savoirs dans une situation d'apprentissage interdisciplinaire, tandis que sur le plan pédagogique, il s'agit de tester la situation d'apprentissage interdisciplinaire dans l'action auprès des élèves en activité.

Un autre élément intéressant de la définition de Lenoir concerne l'intégration des savoirs. Il mentionne en effet que les différents liens entre les disciplines scolaires s'établissent dans l'optique de favoriser l'intégration des savoirs et des apprentissages de l'élève. Lenoir (2008) distingue ainsi deux types d'intégration, soit l'intégration externe et l'intégration interne. L'intégration externe s'intéresse à la façon d'intégrer les disciplines, soit sur le plan curriculaire par un curriculum intégrateur comme le cours de *Science et technologie*, soit sur le plan didactique par des situations d'apprentissage nécessitant les mathématiques et les sciences pour réaliser un apprentissage interdisciplinaire. Pour sa part, l'intégration interne renvoie, sur le plan pédagogique, à l'intégration des processus d'apprentissage lorsque l'élève utilise adéquatement dans l'action les démarches apprises, de même qu'à l'intégration des savoirs suite à un apprentissage, favorisant le transfert. Ainsi, l'enseignant met en place des situations interdisciplinaires permettant l'intégration externe des disciplines pour favoriser l'intégration interne des apprentissages chez l'élève.



Nous allons reprendre les niveaux de l'interdisciplinarité scolaire de Lenoir et les adapter à notre intervention didactique en y ajoutant l'intégration interne et externe. La figure 4 représente ces niveaux dans le cadre de cette recherche.

Au niveau 1 macro-didactique, nous avons choisi de développer une intervention didactique qui permettrait l'interdisciplinarité scolaire entre les disciplines *Science et technologie*<sup>3</sup> et *Mathématique*. Ainsi, nous souhaitons intégrer dans une même intervention la science, la technologie et la mathématique.



**Figure 4** : Les trois niveaux de l'interdisciplinarité scolaire dans notre intervention didactique

<sup>3</sup> Il est à noter que la discipline *Science et technologie* regroupe en fait plusieurs disciplines scientifiques ou technologiques, comme la biologie, les sciences physiques, l'écologie, l'éducation technologique, etc.

Au niveau 2 micro-didactique, nous allons organiser cette intervention didactique pour qu'elle permette l'articulation de savoirs et savoir-faire en science, en mathématique et en technologie par l'élève. Au niveau 3 micro-didactique, nous allons mettre à l'essai l'intervention didactique développée pour vérifier si celle-ci permet effectivement l'articulation par l'élève de savoirs et savoir-faire dans les disciplines visées. Nous vérifierons aussi l'intégration interne de sa démarche de résolution de problème comme processus d'apprentissage ainsi que l'intégration interne de ses savoirs et savoir-faire avec l'apprentissage interdisciplinaire.

Nous pensons que le champ qui permettrait le mieux l'intégration des savoirs et savoir-faire en science, en mathématique et en technologie dans une même activité serait celui des sciences expérimentales. En effet, en sciences expérimentales, les outils cognitifs du langage mathématique, comme les graphiques ou les équations algébriques, sont utilisés pour exprimer l'interaction entre les variables physiques. De plus, les sciences expérimentales intègrent de plus en plus les nouvelles technologies dans la prise de mesures. En effet, dans les écoles secondaires, les instruments de mesure traditionnels font de plus en plus place aux instruments de mesure électroniques qui utilisent des capteurs pour prendre les données. Ces instruments de mesure électroniques sont souvent employés par les élèves en laboratoires informatisés d'expérimentation assistée par ordinateur (ExAO). Toutefois, tel que nous l'avons mentionné dans le chapitre *Problématique*, les élèves ne comprennent pas le fonctionnement de ces instruments de mesure électroniques.

## **2.5. Les démarches en sciences expérimentales**

Pour mieux comprendre le rôle de l'apprenant en laboratoire, il nous semble pertinent de présenter quelques démarches utilisées en sciences expérimentales. Nous pourrions cerner de cette manière la démarche expérimentale<sup>4</sup> que l'élève pourra mettre en œuvre dans notre intervention didactique.

---

<sup>4</sup> Dans le programme de formation et dans notre recherche, la démarche expérimentale est synonyme de la démarche d'investigation scientifique présentée dans la section *Problème de recherche*.

### 2.5.1. La démarche algorithmique

La démarche expérimentale en laboratoire a longtemps été présentée à l'élève comme une suite logique d'étapes à suivre, c'est-à-dire comme une démarche algorithmique qui « *s'effectue en respectant une succession de "pas" de raisonnement, déterminés et ordonnés a priori* » (Astolfi, Peterfalvi et Vérin, 2006, p. 247). La démarche OHERIC est peut-être celle qui a été la plus enseignée aux élèves. Elle suggère que la méthode du scientifique est séquentielle. Le scientifique ferait l'observation (O) d'un phénomène physique, émettrait une hypothèse (H) sur la nature de l'observation, mènerait une expérience (E) pour vérifier son hypothèse, obtiendrait des résultats (R) suite à son expérimentation, ferait l'analyse de ses résultats dans l'interprétation (I), reviendrait sur son hypothèse et évaluerait sa démarche dans la conclusion (C).

En laboratoire scolaire, comme les expérimentations peuvent être guidées et contrôlées par l'enseignant, la démarche de l'élève pourrait souvent être modélisée par OHERIC. En effet, l'élève ne pourrait alors qu'emprunter une seule voie pour mener son expérimentation. Pourtant, la méthode du scientifique n'est souvent pas séquentielle comme pourrait le suggérer la démarche OHERIC. Elle peut passer d'une étape à l'autre en fonction des aléas de la recherche et de l'expérimentation. Par exemple, le scientifique pourrait changer son hypothèse de départ si une nouvelle variable apparaissait en cours d'expérience. Les travaux de Giordan (1978) décrivent les allers-retours qui peuvent se faire entre ces différentes étapes dans le travail scientifique. Enseignée comme une démarche expérimentale, OHERIC pourrait fausser la compréhension que se ferait l'élève du travail du scientifique et de la recherche en sciences expérimentales. En ce sens, Astolfi *et al.* mentionnaient que « *les travaux historiques de Mirko D. Grmek ont montré que le schéma OHERIC n'était qu'une reconstruction a posteriori de la démarche scientifique, gommant les tâtonnements expérimentaux, les changements d'hypothèses et surtout les obstacles qu'il a fallu surmonter* » (Astolfi *et al.*, 2008, p.25). Cependant, cette reconstruction a posteriori pourrait s'avérer utile au scientifique qui veut résumer sa recherche sous la forme d'un article scientifique ou à l'élève qui souhaite présenter un rapport de laboratoire.

## 2.5.2. La démarche heuristique

Comme elles ne représentent pas le travail du scientifique, les démarches algorithmiques font de plus en plus place aux démarches heuristiques dans l'enseignement des sciences expérimentales. Une démarche heuristique « *suit un cheminement qui n'est pas entièrement descriptible à l'avance, incluant des tâtonnements, des essais-erreurs, des digressions et impasses. (...) Les démarches expérimentales sont profondément heuristiques dans leur déroulement* » (Astolfi, Peterfalvi et Vérin, 2006, p.252). Cette méthode semble refléter plus adéquatement que la démarche algorithmique le travail du scientifique.

Toutefois, certaines considérations pratiques pourraient rendre difficile la mise en œuvre d'une démarche heuristique par les élèves en laboratoire. En effet, les enseignants sont souvent contraints à effectuer des laboratoires avec une trentaine d'élèves qui doivent mener leurs expérimentations dans un temps restreint. Pour que les élèves obtiennent dans le temps imparti des résultats qu'ils pourront par la suite interpréter, l'enseignant doit souvent diriger leurs démarches en les aidant parfois à contourner les obstacles qu'ils pourraient rencontrer, obstacles qui, pour le didacticien, sont essentiels à l'apprentissage. Dans ce contexte, peu de place semble accordée aux allers-retours des élèves pour contrôler, par exemple, une nouvelle variable apparue en cours d'expérience ou tester une nouvelle hypothèse. Pourtant, ces allers-retours sont fréquents dans la démarche expérimentale du scientifique. De plus, si l'élève n'arrive pas au résultat attendu, sa démarche est souvent considérée comme erronée. En ce sens, Nonnon souligne que

*l'obtention d'un résultat expérimental différent du résultat escompté par la théorie entraîne l'incrimination de la démarche expérimentale elle-même, non seulement par l'élève, mais par le professeur, ce dernier ressentant (...) les aléas expérimentaux comme des contrariétés d'ordre pédagogique. Cette attitude est dramatique pour la formation d'un esprit scientifique* (Nonnon, 1986, p. 25).

Pourtant, l'obtention de résultats expérimentaux différents de ceux attendus a souvent mené les scientifiques à effectuer de nouvelles recherches leur permettant de faire des découvertes inattendues.

Le programme de formation de l'école québécoise présente la démarche expérimentale de l'élève comme une démarche heuristique :

*La démarche expérimentale implique tout d'abord la formulation de premières explications. Elle permet d'amorcer une tentative de réponse et de définir le cadre dans lequel se fera l'expérimentation. L'élève doit ensuite s'engager dans l'élaboration d'un protocole expérimental dans lequel il reconnaîtra un certain nombre de variables en vue de les manipuler. Le but du protocole sera de faire émerger des éléments observables ou quantifiables, de les mettre en relation et de les confronter aux hypothèses. Les interactions entre les diverses phases de la démarche expérimentale permettent de soulever de nouveaux questionnements, de formuler de nouvelles hypothèses, d'apporter des ajustements à sa mise en œuvre et de prendre en compte les limites de l'expérimentation (MELS, 2010, p.25).*

En faisant référence aux interactions entre les phases de la démarche de l'élève, à la possible formulation en cours de route de nouveaux questionnements ou hypothèses, le programme valorise un enseignement des sciences expérimentales reflétant le travail du scientifique.

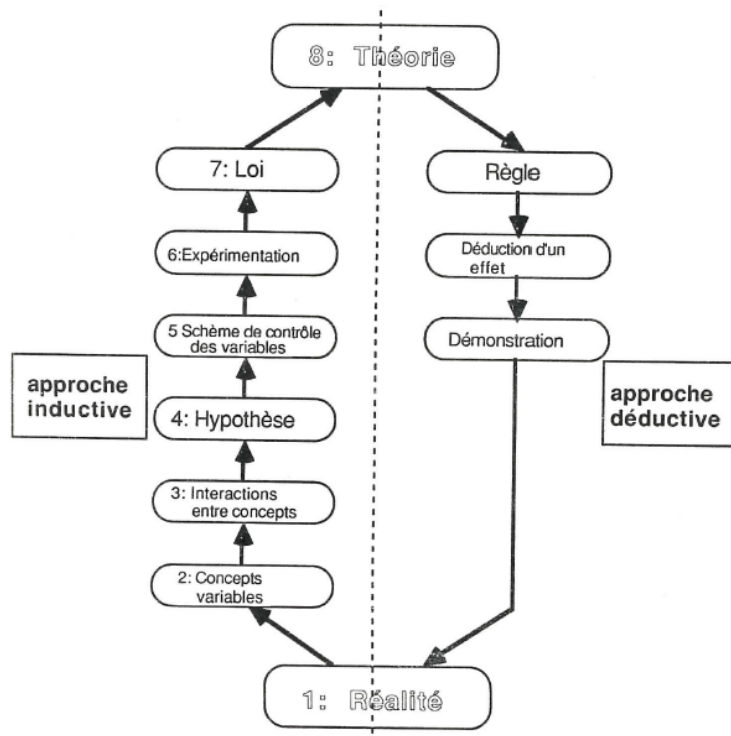
Dans notre intervention didactique, nous ferons acquérir *a priori* à l'élève une démarche séquentielle algorithmique pour qu'il puisse l'appliquer, la critiquer et la modifier en fonction du contexte expérimental. C'est, selon nous, une façon de lui transmettre le savoir-faire expérimental. Cela lui permettra ensuite d'être efficace dans sa mise en œuvre d'une démarche heuristique. De la même façon, c'est par la pratique répétée du processus de résolution de problème dans les activités précédentes la réalisation du dernier instrument de mesure que nous permettrons à l'élève de résoudre par lui-même le problème en situation adidactique.

### **2.5.3. Les approches déductive et inductive**

En sciences expérimentales, l'approche déductive passe de la théorie à la pratique. Le travail de l'élève en laboratoire consiste alors à vérifier expérimentalement une loi physique qu'il a apprise en classe. Par exemple, si « *l'élève part d'une loi apprise pour déduire une idée d'expérience et la vérifier* » (Nonnon, 1986, p. 25), il se place dans une approche déductive. Souvent, l'élève connaît le résultat théorique qu'il cherche à atteindre expérimentalement. Il émet d'abord une hypothèse, élaborée à partir de cette loi apprise en classe, décrivant l'effet d'une variable sur une autre variable. Ensuite, en laboratoire, il teste son hypothèse. S'il obtient le résultat attendu, il aura en quelque sorte démontré expérimentalement que la loi est valide dans le domaine où il l'a expérimentée.

De son côté, l'approche inductive part de la réalité pour aller vers la théorie. L'élève se situe dans une approche inductive en laboratoire lorsqu'il tente de construire une théorie à partir d'une expérience qu'il réalise sans avoir de « *connaissances explicites sur le résultat* » (Nonnon, 1986, p. 25). Comme le présente Nonnon, l'élève « *est engagé dans un processus de construction théorique, partant d'une pure exploration puis de l'élaboration de concepts quantitatifs* » (Nonnon, 1986, p.26). Par exemple, c'est par son expérimentation sur les différentes variables d'un phénomène physique que l'élève pourra déterminer la relation causale qui les unit et prédire l'effet de la manipulation d'une variable sur une autre. À partir de ses résultats, il tentera de dégager une loi. Dans cette approche, « *il va provoquer des interactions entre ces concepts et formuler des hypothèses qui pourraient exprimer ces interactions, élaborer et conduire des expérimentations pour établir des lois et, peut-être enfin, tenter une synthèse explicative de ces lois ou constructions théoriques* » (Nonnon, 1986, p.26). C'est dans une approche inductive que se situe le travail du scientifique sur le point de faire une découverte expérimentale.

Finalement, selon Séré (2008), l'enseignement des sciences expérimentales s'organise désormais autour de la situation-problème. Les approches inductive et déductive deviennent alors complémentaires en concourant toutes deux à résoudre le problème. Par exemple, une situation-problème pourrait exiger de l'élève qu'il propose une solution élaborée par induction et qu'il valide cette solution par déduction. Nonnon (1986) propose une boucle induction-déduction, illustrée à la figure 5, qui permettrait l'élaboration et la validation en laboratoire d'une solution prenant la forme d'un modèle théorique en sciences expérimentales. En induction, l'élève devrait identifier les variables physiques en jeu, dire comment elles interagissent, c'est-à-dire si elles sont dépendantes, indépendantes ou contrôlées, élaborer une hypothèse, déterminer les paramètres et le déroulement de l'expérimentation, effectuer l'expérimentation et dégager une loi physique. Il aurait ainsi utilisé l'interaction entre les variables physiques en cours d'expérimentation pour construire des savoirs théoriques à partir de la réalité. La loi physique obtenue devrait lui permettre d'effectuer des prédictions expérimentales qu'il chercherait à valider en déduction par une démonstration en laboratoire. Il démontrerait ainsi que les savoirs qu'il a construits sont valides, partant de la théorie pour aller vers la réalité.



**Figure 5 :** Boucle induction-dédution (Nonnon, 1986, p. 29)

Il serait intéressant d'établir un parallèle entre la boucle induction-dédution et le processus de construction des savoirs en situation adidactique. En effet, dans la situation adidactique, l'élève construit un savoir à partir de ses interactions avec le milieu, passant ainsi de l'action au savoir ou, en d'autres termes, de la réalité à la théorie. Par la suite, il doit démontrer la validité de ce savoir en le recontextualisant dans une nouvelle situation, passant de la théorie à la réalité.

Par exemple, un problème pourrait amener l'élève à décrire la relation entre le volume et la pression d'un gaz. L'apprenant aurait alors du matériel de laboratoire à sa disposition comme une seringue et un manomètre électronique. En faisant varier le volume de la seringue connectée au manomètre, il serait ainsi en mesure d'obtenir des données qui, une fois modélisées graphiquement et algébriquement, lui indiqueraient une relation mathématique inversement proportionnelle entre le volume et la pression d'un gaz. Il aurait ainsi construit un savoir prenant la forme d'une loi physique. À partir de cette loi, il pourrait prédire quelle est la pression du gaz pour tel volume et vice-versa. Il n'aurait ensuite qu'à effectuer une nouvelle expérience pour confirmer ou infirmer sa prédiction expérimentale,

recontextualisant ainsi le savoir construit. Il y a ainsi une phase de construction du savoir en induction et une phase de validation du savoir construit en déduction.

Dans notre intervention didactique, nous pourrions demander à l'élève de construire un instrument de mesure électronique en induction et de valider celui-ci en le mettant à l'essai en déduction pour voir s'il permet de prendre des mesures exactes. Une telle activité serait adidactique si l'apprenant élabore lui-même son protocole de manipulations en déterminant les étapes de la construction et de la validation de son instrument de mesure. Il mettrait ainsi à l'essai ses propres choix dans une démarche heuristique de laboratoire.

## **2.6. Le rôle de la mesure en sciences expérimentales**

Dans cette section, nous prendrons le temps de comprendre le principal outil utilisé par les élèves dans notre intervention didactique et en sciences expérimentales, soit l'instrument de mesure. En effet, l'utilisation d'instruments de mesure en sciences expérimentales est nécessaire étant donné la nature empirique des phénomènes physiques étudiés. Nous nous intéresserons à la mesure en tant que telle et à son évolution avant de comparer le recueil et le traitement des données des systèmes de mesures traditionnels et des systèmes de mesure modernes.

### **2.6.1. Le concept de mesure**

Le terme mesure est polysémique dans le langage courant. En effet, il représente soit une action ou une grandeur. Dans le dictionnaire *Le Petit Robert* (2002), le premier sens de mesure est « *action de déterminer la valeur de certaines grandeurs par comparaison avec une grandeur constante de même espèce, prise comme terme de référence (étalon, unité)* ». Son deuxième sens est « *grandeur déterminée par la mesure* ». Ceci revient en quelque sorte à dire que la mesure est une grandeur déterminée par une mesure. Pour clarifier cette situation, nous utiliserons le terme *mesurage* lorsqu'il est question de l'action de mesurer. Himbert (1997) mentionne que mesurer,

*c'est comparer une grandeur physique inconnue avec une grandeur de même nature prise comme référence, à l'aide d'un instrument. C'est exprimer le résultat de cette comparaison à l'aide d'une valeur numérique, associée à une unité qui rappelle la nature de référence, et assortie d'une incertitude qui dépend à la fois des qualités de*



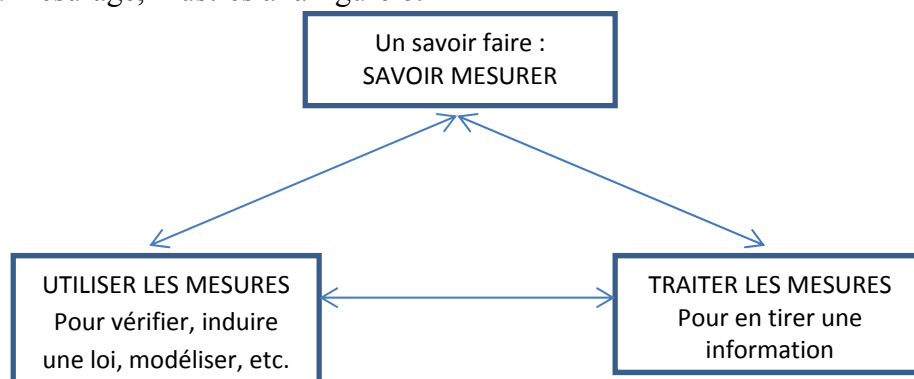
*l'expérience effectuée et de la connaissance que l'on a de la référence et de ses conditions d'utilisation (Himbert, 1997).*

Cette définition rappelle l'aspect quantitatif de la mesure. En effet, celle-ci permet de distinguer l'attribut d'un phénomène qui est « *susceptible d'être distingué et déterminé quantitativement* » (Bindi, 2006). Ainsi, une grandeur physique mesurable peut être décrite par un nombre. La distance entre deux points, l'intensité lumineuse, la température d'un corps ou l'intensité d'un champ magnétique sont des exemples de grandeurs physiques auxquelles il est possible d'attribuer, via des instruments de mesure, des valeurs numériques. Cette attribution est possible par la comparaison de la grandeur physique avec un étalon de même nature. Par exemple, une distance inconnue peut être obtenue en comparant celle-ci au mètre, étalon de référence. La définition de Himbert rappelle aussi l'aspect probabiliste de la mesure. En effet, le résultat d'un mesurage est un ensemble de valeurs indissociables de l'incertitude de mesure, un « *paramètre (...) qui caractérise la dispersion des valeurs* » (Bindi, 2006) qui pourraient être attribuées à la grandeur physique inconnue qu'on désire mesurer.

Pour sa part, Séré souligne que

*mesurer, c'est d'abord un savoir-faire, c'est relever des données quantitatives avec soin, c'est utiliser des appareils correctement. C'est aussi extraire une information des données directement accessibles, tel que les sens ou les appareils les fournissent. Enfin, il y a utilisation des mesures dans un cadre où interviennent des lois et des modèles qu'elles soient admises ou à élaborer (Séré, 2008, p. 28-29).*

Cette définition permet de mettre en lumière que mesurer, en plus d'être un savoir-faire, est aussi la capacité d'extraire les caractéristiques d'une distribution de données expérimentales pour ensuite y donner une signification. En ce sens, l'auteur parle de trois enjeux du mesurage, illustrés à la figure 6.



**Figure 6 :** Les trois enjeux du mesurage (Séré, 2008, p.29)

Pour nous, comme pour Séré, le savoir-mesurer suppose de maîtriser la technique de mesurage propre à un instrument de mesure, de reconnaître, contrôler et réduire autant que possible les sources d'erreurs expérimentales et de savoir estimer les incertitudes de mesure. Le traitement des mesures implique pour sa part la modélisation graphique et algébrique des données expérimentales ainsi que l'utilisation d'outils statistiques pour en faire ressortir des informations, non seulement sur la grandeur physique, mais aussi sur la qualité du mesurage. L'utilisation des mesures, quant à elle, permet d'induire et de vérifier des lois de même que de construire des modèles pouvant être mis à l'épreuve. La démarche expérimentale nécessite l'interaction de ces trois enjeux pour résoudre un problème complexe.

### **2.6.2. L'évolution des trois enjeux du mesurage**

Il est intéressant de constater que, dans l'enseignement en France, la place accordée au savoir-mesurer, au traitement des mesures et à leur utilisation a évolué avec la modernisation des instruments de mesure. Tout d'abord, selon Séré (2008), dans la première moitié du 20<sup>e</sup> siècle, les élèves étaient invités à développer les techniques du mesurage comme savoir-faire. *« C'est l'instrument qu'on étudie pour lui-même, c'est le savoir-faire que l'on fait pratiquer aux élèves. Pour eux, l'obtention du résultat constitue l'étape ultime et n'est généralement suivie d'aucune utilisation »* (Séré, 2008, p.47). Cette situation pourrait peut-être s'expliquer par les considérations techniques impliquées dans la prise de mesures de l'élève. De plus, les mesures nécessitaient parfois des corrections étant donné leur manque d'exactitude. L'élève devait ainsi porter une attention particulière à sa prise de mesures en se concentrant sur les aspects techniques qu'elle impliquait.

Ensuite, entre 1970 et 1990, l'accent était plutôt mis sur le traitement des mesures, l'élève s'employant à utiliser des méthodes statistiques pour tirer des informations de ses données. Comme le suppose Séré (2008), cette situation a peut-être été favorisée par la venue des appareils<sup>5</sup> de mesure électroniques qui ont permis d'augmenter la fidélité de l'instrumentation. En ce sens, Séré souligne que *« l'erreur à craindre, la dispersion à traiter, viennent alors, non de l'appareil, mais de ce que, en recommençant la mesure, ou*

---

<sup>5</sup> Dans ce travail, nous considérons les termes appareil de mesure et instrument de mesure comme synonyme.

*en utilisant une autre méthode, on trouve un autre résultat* » (Séré, 2008, p.32). Ainsi, l'élève qui utilise des instruments de mesure électroniques est souvent moins soumis aux contraintes techniques qu'impliquaient généralement les appareils de mesure traditionnels. De ce fait, l'élève pouvait davantage se concentrer sur le traitement de ses mesures et la recherche d'informations.

Finalement, après 1990, l'élève apprend à utiliser ses données pour construire ou valider des modèles scientifiques. Il est appelé à utiliser ses mesures pour comprendre une interaction de variables en mettant le traitement de données et son savoir-mesurer au service de la compréhension du phénomène. L'exemple de la construction et de la validation de la loi physique selon laquelle la pression d'un gaz est inversement proportionnelle à son volume correspond à cette situation. La possibilité qu'a apportée l'ordinateur d'automatiser la prise de mesures pourrait expliquer ce nouveau rôle de l'élève en sciences expérimentales. Séré souligne d'ailleurs que *« les possibilités d'utiliser des mesures pour travailler sur la relation théorie-expérience, se multiplient avec l'avènement de l'ordinateur en travaux pratiques »* (2008, p.33). Comme l'ordinateur enregistre les mesures prises via des capteurs, l'apprentissage du savoir-mesurer par l'élève est facilité. De plus, le traitement des mesures est simplifié par des outils informatiques de traitement statistique et des logiciels de modélisation graphique et algébrique. L'élève est ainsi libéré des contraintes techniques qu'imposait le mesurage. Il a les outils nécessaires pour pouvoir se concentrer sur l'utilisation de ses mesures pour interpréter ses résultats, induire ou vérifier des lois, construire et valider des modèles. En s'appuyant sur les travaux de Milot et Beaufile (1998), Magneron et Munier (2008) résument cette situation en disant que

*actuellement, aussi bien dans les pratiques de chercheurs que dans les pratiques de classe (au niveau lycée), le traitement des données ne peut être séparé de l'ordinateur puisqu'il est présent dans toute chaîne de mesure. Au-delà d'une acquisition des données plus rapide par une automatisation, il permet une analyse quantitative des données accompagnée d'un traitement statistique des incertitudes, une optimisation des modèles, une confrontation plus facile des mesures avec un modèle. (...) L'ordinateur est aujourd'hui intégré aux activités expérimentales en classe notamment avec l'Expérimentation assistée par ordinateur (ExAO), aussi bien pour le recueil que pour le traitement des données* (Magneron et Munier, 2008, p.15).

Cet extrait présente le rôle important que joue l'expérimentation assistée par ordinateur en sciences expérimentales pour aider l'élève à construire et à valider des modèles à partir des mesures issues d'une interaction de variables.

Ainsi, de l'appareil traditionnel à l'expérimentation assistée par ordinateur, l'évolution technologique des instruments de mesure semble avoir contribué au passage du savoir-mesurer, au traitement et à l'utilisation des mesures dans l'apprentissage des sciences expérimentales à l'école. De ce fait, au gré de ce passage, le rôle de l'élève en laboratoire s'est aussi transformé, passant d'un travail technique à un travail de modélisation scientifique.

### **2.6.3 Les systèmes de mesure traditionnels et les systèmes de mesure modernes**

Dans cette section, nous dirons que l'élève utilise un système de mesure traditionnel lorsqu'il manipule des instruments de mesure traditionnels. Nous dirons qu'il utilise un système de mesure moderne lorsqu'il manipule des instruments de mesure électroniques. Les systèmes de mesure modernes peuvent être informatisés lorsqu'ils utilisent l'expérimentation assistée par ordinateur<sup>6</sup> (ExAO). Cette section nous permettra de cerner les avantages didactiques à utiliser l'environnement d'apprentissage des systèmes *MicrolabExAO* pour favoriser la compréhension et la mise en place de savoir-faire en sciences expérimentales et en métrologie.

#### **2.6.3.1. Les caractéristiques métrologiques d'un instrument de mesure**

Nous définissons ici certaines caractéristiques métrologiques des instruments de mesure qui nous seront utiles pour comparer le recueil et le traitement des données des systèmes de mesures traditionnels et modernes. Nous utilisons les définitions données par le *Bureau international des poids et mesures* (2012).

- *La résolution : Plus petite variation de la grandeur mesurée qui produit une variation perceptible de l'indication correspondante ;*
- *La stabilité : Propriété d'un instrument de mesure selon laquelle celui-ci conserve ses propriétés métrologiques constantes au cours du temps ;*

---

<sup>6</sup> Dans cette recherche, nous traitons de l'ExAO en parlant particulièrement de l'expérimentation assistée par ordinateur qu'il est possible de mener avec les systèmes *MicrolabExAO* développés au *Laboratoire de robotique pédagogique* de l'Université de Montréal.

- *La justesse* : Étroitesse de l'accord entre la moyenne d'un nombre infini de valeurs mesurées répétées et une valeur de référence ;
- *La fidélité* : Étroitesse de l'accord entre les valeurs mesurées obtenues par des mesurages répétés du même objet dans des conditions spécifiées ;
- *Le temps de réponse* : Durée entre l'instant où une valeur d'entrée d'un instrument de mesure subit un changement brusque d'une valeur constante et l'instant où l'indication correspondante se maintient autour de sa valeur finale.

Pour plus de clarté, il convient de donner quelques compléments d'information sur la justesse, la fidélité et le temps de réponse. Les erreurs systématiques sont les principales responsables de la diminution de la justesse d'un instrument de mesure. Ces erreurs systématiques « *peuvent avoir des origines diverses : l'observateur, l'instrument de mesure, le principe et l'objet du mesurage* » (Magneron et Munier, 2008, p.15). Il ne faut pas confondre la justesse avec la fidélité. Bien que fidèle, un instrument de mesure pourrait ne pas être juste si la valeur qu'il mesure fidèlement ne correspond pas à la valeur de référence de l'étalon.

Le temps de réponse est la rapidité à laquelle une mesure est affichée lorsqu'il y a variation rapide d'une grandeur physique. Par exemple, un capteur de température affichera plus rapidement les nouvelles mesures lors d'un changement brusque de température qu'un thermomètre à alcool étant donné que la dilatation de l'alcool s'effectue plus lentement que la variation de la résistance de la thermistance associée au capteur. Ainsi, si la température passait brusquement de 10 à 80°C, le thermomètre électronique afficherait presque aussitôt la nouvelle valeur de 80°C.

À partir de ces définitions, nous pouvons distinguer la précision et l'exactitude. Comme il existe plusieurs définitions de ces termes, nous utiliserons celles qui nous semblent les plus accessibles aux élèves du secondaire. Tout d'abord, un instrument de mesure est dit exact lorsqu'il mesure une valeur correspondante à celle de l'étalon. Par exemple, « *une balance est exacte si elle donne la même masse que la valeur d'une masse étalon* » (Boisclair et Pagé, 2004, p.46). Si l'expérimentateur mesure à trois reprises une masse étalon de 100,00g à l'aide d'une balance électronique en obtenant 100,01g, 99,99g et 100,00g, cette balance est exacte,  $\bar{x}=100,00\text{g}$  avec une erreur de mesure de 0,01g.

Ensuite, selon Magneron et Munier (2008), un instrument de mesure est dit précis lorsqu'il est fidèle et juste, c'est-à-dire lorsqu'il donne constamment la même valeur

mesurée pour la même grandeur physique (*fidélité*) et que cette valeur mesurée correspond à la valeur de référence qui devrait effectivement être mesurée (*justesse*). Toutefois, Boisclair et Pagé (2004) pensent qu'il faudrait ajouter la résolution à ces deux caractéristiques pour pouvoir qualifier de précis un instrument de mesure. Pour soutenir cette idée, les auteurs ont pesé une carte de crédit à quatre reprises avec deux balances différentes. La première balance, qui a une résolution de  $\pm 1$  g, affiche les valeurs 5g, 5g, 5g et 5g. La deuxième balance, qui a une résolution de  $\pm 0,002$ g, affiche les valeurs 4,961g, 4,960g, 4,961g et 4,962g. Comme les valeurs de la première balance ne fluctuent pas, un élève pourrait penser que celle-ci est plus précise que la deuxième étant donné qu'elle semble plus fidèle. « *Cela n'aurait pas de sens! La première balance donne  $(5 \pm 1)$  g, soit 5 g à 20 % près. La deuxième donne  $(4,961 \pm 0,003)$  g, soit 4,961 g à 0,06 % près* » (Boisclair et Pagé, 2004, p.46). En sciences expérimentales, que ce soit pour induire une loi ou valider une règle par la pratique, les instruments de mesure devraient être le plus précis et exacts possibles pour donner aux élèves la possibilité d'interpréter des données significatives.

Avec la description de ces caractéristiques métrologiques, nous pouvons comparer le recueil et le traitement des données des systèmes de mesure traditionnels et modernes.

### **2.6.3.2. Comparaison du recueil des données**

Coquidé (2003) définit le recueil des données comme une prise de mesures qui implique de circonscrire la grandeur physique inconnue, de déterminer l'instrument approprié, de choisir le degré d'exactitude de la mesure et de mettre en œuvre un protocole pour prendre plusieurs mesures.

Dans un premier temps, il est possible de comparer la prise de mesures et la lecture avec les systèmes de mesure traditionnels et modernes. Dans les systèmes de mesure traditionnels, à chaque grandeur physique de nature différente à mesurer correspond un instrument de mesure différent. L'élève utilise un thermomètre à alcool pour mesurer une température, un baromètre ou un manomètre pour la pression, un ampèremètre pour le courant électrique, un voltmètre pour la tension, un chronomètre à étincelle pour évaluer la vitesse, du papier pH pour le potentiel hydrogène, etc. Ainsi, l'élève devrait connaître le fonctionnement de chaque instrument pour recueillir ses données, que ce soit pour prendre

la mesure ou en faire la lecture. Par exemple, pour peser une masse, il doit savoir calibrer à zéro une balance à fléau et en utiliser le système de contrepoids. La valeur mesurée ne se lit pas directement sur la balance, mais se calcule à partir de la position des différentes masses étalons de la balance. Aussi, la lecture d'un manomètre peut se faire sur un cadran circulaire, celle d'un voltmètre sur un cadran semi-circulaire, etc. La lecture de certains instruments peut aussi être alourdie par la possibilité d'utiliser plusieurs échelles. Par exemple, sur un ampèremètre, il peut y avoir deux ou trois échelles de graduations différentes utilisées en fonction de la grandeur de l'intensité du courant. L'élève devra sélectionner l'échelle qui lui donnera la meilleure résolution, en déterminer la graduation et lire la valeur mesurée en l'approximant si elle se trouve entre deux graduations.

Dans les systèmes de mesure modernes, le nombre de manipulations techniques diminue lors de la prise de mesures. Par exemple, en utilisant une balance électronique, l'élève peut calibrer la balance à zéro en pesant sur le bouton approprié et n'a qu'à poser un objet sur le plateau pour que la masse de l'objet s'affiche automatiquement sur un écran. Dans les systèmes qui n'utilisent pas l'ordinateur, à chaque grandeur physique correspond un instrument de mesure différent. Certains appareils peuvent toutefois mesurer plus d'une grandeur physique. Par exemple, le multimètre peut mesurer la tension, l'intensité du courant et la résistance. Bien que le nombre d'instruments de mesure se voit diminué avec le multimètre, la complexité de ses différentes échelles peut en rendre l'utilisation plus difficile pour l'élève.

Dans les systèmes de mesure modernes informatisés, l'utilisation des instruments de mesure est uniformisée avec l'expérimentation assistée par ordinateur. En effet, tous les capteurs se branchent à une même interface et nécessitent la manipulation du même logiciel pour mener une expérimentation et lire les données. Il serait possible de considérer qu'il n'y a qu'un seul instrument de mesure à utiliser, l'expérimentateur changeant le capteur utilisé sur cet instrument en fonction de la nature de la grandeur physique mesurée. Ceci pourrait faciliter le mesurage par l'élève en le rendant plus spontané, étant donné que l'apprenant n'a pas à se remémorer l'utilisation technique d'une panoplie d'instruments différents. De plus, ceci n'enlève pas la nécessité de certaines manipulations techniques

bénéfiques à la compréhension de la grandeur physique mesurée, comme le fait de brancher le voltmètre en parallèle aux bornes d'une résistance pour mesurer la tension.

Dans les systèmes de mesure modernes, en ExAO ou non, la lecture des mesures est facilitée étant donné que les appareils affichent une valeur numérique dont les unités de mesure s'ajustent automatiquement en fonction du capteur détecté ou, parfois, selon l'intensité de la grandeur physique mesurée. De plus, les valeurs mesurées ne sont pas arrondies à la graduation supérieure ou inférieure comme c'est souvent le cas avec les systèmes de mesure traditionnels gradués par intervalles. L'élève n'a pas non plus à déterminer l'échelle à utiliser ou à lire la graduation étant donné que les mesures s'affichent directement sur l'écran de l'appareil de mesure ou de l'ordinateur.

Ainsi, nous pensons que la prise de mesures est facilitée avec les systèmes de mesure modernes étant donné la diminution du nombre de contraintes techniques lors du mesurage. De plus, avec les systèmes informatisés en ExAO, cette prise de mesures est uniformisée.

Dans un deuxième temps, il est possible de comparer la précision des instruments de mesure. La justesse, la fidélité et la résolution d'un instrument de mesure déterminent la précision de son mesurage. D'une part, nous pensons que la fidélité des instruments électroniques est plus grande que celle des instruments de mesure traditionnels. C'est d'ailleurs ce qui était mentionné précédemment par Séré (2008).

D'autre part, il nous semble que les appareils de mesure modernes peuvent parfois avoir une justesse plus grande que ceux traditionnels étant donné que la justesse d'un instrument dépend des erreurs systématiques causées, entre autres, par l'observateur. En effet, comme mentionné précédemment, les manipulations de l'expérimentateur avec les instruments de mesure modernes sont souvent facilitées. Il est plus simple de mesurer une masse avec une balance électronique qu'avec une balance à fléau. Ceci pourrait diminuer les erreurs systématiques liées aux manipulations techniques de l'observateur. De plus, il nous semble que la lecture des valeurs du mesurage sur un écran numérique ou d'ordinateur, au lieu des cadrans décrits précédemment, pourrait permettre de diminuer le



nombre d'erreurs systématiques liées au repérage visuel de l'observateur sur les instruments de mesure traditionnels.

Finalement, il nous semble que la résolution des instruments est meilleure avec les systèmes de mesure modernes, particulièrement en ExAO. En effet, les thermomètres à alcool 0-100°C, généralement gradués au degré Celsius, ne peuvent distinguer la différence entre 22,2°C et 22,4°C. Comme l'ExAO exploite les possibilités de l'ordinateur, il est possible d'amplifier et de décaler le signal électrique reçu par l'interface grâce à un amplificateur analogique. Ceci permet d'augmenter la résolution des instruments de mesure électroniques. Il serait ainsi possible de quantifier une plus petite variation de la grandeur physique mesurée. Le capteur de température pourrait afficher sur l'écran d'ordinateur des températures variant au dixième de degré Celsius. L'élève pourrait ainsi apprécier la différence entre 22,2°C et 22,4°C.

Étant donné leur plus grande fidélité, résolution et justesse, la prise de mesures avec les appareils modernes est plus précise que celle des instruments de mesure traditionnels. Nous pensons que ceci peut contribuer à améliorer le recueil des données.

Dans un troisième temps, il est possible de comparer le recueil des données lorsqu'il y a plusieurs données prises en expérimentation. Par exemple, avec les systèmes de mesure traditionnels, si un élève veut évaluer la pression d'un gaz en fonction de la température de ce gaz, il pourrait utiliser un thermomètre à alcool et un manomètre à cadran. À chaque augmentation de la température du gaz de 5°C, il pourrait noter la pression. Le temps entre chaque prise de mesures doit être suffisant pour permettre de noter les différentes mesures. De plus, l'élève devrait observer à la fois les valeurs du thermomètre et celles du manomètre. Dans ce contexte, le nombre d'erreurs systématiques commises par l'observateur est susceptible d'augmenter. Si l'intervalle de temps entre chaque prise de mesures n'est pas suffisant pour permettre la prise de mesures à la main, le recueil des données ne pourrait simplement pas avoir lieu. Dans le même contexte, avec les systèmes de mesure modernes qui n'utilisent pas l'ordinateur, l'utilisation d'un thermomètre électronique ou celle d'un manomètre électronique n'améliorerait pas la situation étant donné que c'est l'expérimentateur qui doit, comme précédemment mentionné, noter successivement les données à la main. Toutefois, avec les systèmes de mesure informatisés

en ExAO, l'utilisation d'un capteur de température et d'un capteur de pression facilite le travail de l'élève. En effet, c'est l'ordinateur qui enregistre les données mesurées par les capteurs. Par exemple, pour chaque intervalle de 5°C, l'ordinateur note simultanément la température et la pression. Il les note en temps réel sur un plan cartésien mettant en relation ces deux variables.

Le recueil des données dans une expérimentation nécessitant plusieurs mesures est facilité avec les systèmes de mesure modernes en ExAO étant donné que c'est l'ordinateur qui enregistre, au bénéfice de l'élève, les mesures et les représente graphiquement en temps réel. La lecture des données est aussi facilitée en ExAO étant donné que les valeurs des mesures sont affichées automatiquement sous forme de tableaux ou de graphiques.

### **2.6.3.3. Comparaison du traitement des données**

Coquidé (2003) mentionne que le traitement des données vise à rendre les mesures utilisables en les manipulant, que ce soit, par exemple, par une modélisation graphique, une modélisation algébrique ou un traitement statistique. Les mesures sont ainsi converties en résultats qui peuvent servir entre autres à induire une loi.

Avec les systèmes de mesure traditionnels ou modernes qui n'utilisent pas l'ordinateur, le traitement graphique des données s'effectue après le recueil des données. En effet, l'élève doit d'abord mener une expérimentation et inscrire ses données dans un tableau. Il doit ensuite modéliser graphiquement ses données en les plaçant sur un graphique et effectuer à la main la modélisation algébrique de ses données s'il utilise du papier millimétrique. Bien qu'il comprenne comment traiter ses données, il nous semble que cette modélisation peut être approximative, l'élève traçant sa courbe à main levée. Pour que les informations tirées des données puissent être utilisées adéquatement par l'élève lors de l'interprétation de celles-ci, la modélisation algébrique devrait être la plus représentative possible de la réalité physique mesurée. L'utilisation d'un logiciel de traitement de données comme *Excel* pourrait permettre de rapprocher modélisation et réalité physique. En effet, l'ordinateur effectue la modélisation algébrique de la courbe à partir d'un tableau de données. Il associe à la courbe expérimentale l'équation mathématique qui y correspond.

Toutefois, ce calcul dans *Excel* est inaccessible à la compréhension de l'élève qui utilise ce type de logiciel, car ce n'est pas l'élève qui modélise les données, mais le logiciel.

Nous pensons qu'il est important que l'élève sache comment traiter ses données pour pouvoir en tirer les informations pertinentes lors de la modélisation algébrique. Pour ce faire, l'élève devrait être en mesure d'effectuer lui-même cette modélisation.

Avec les systèmes *MicrolabExAO*, l'ordinateur enregistre les mesures et les place simultanément dans un plan cartésien. Ainsi, vu les possibilités de l'ordinateur, la construction du graphique sous forme d'un nuage de points est effectuée en même temps que le recueil des mesures. Le logiciel utilisé combine aussi représentation adéquate du phénomène physique et modélisation par l'élève. En effet, suite à son expérimentation, les données à modéliser prennent la forme d'un nuage de points. Le logiciel permet alors à l'élève de modéliser algébriquement ses mesures en appliquant sur son nuage de points une courbe théorique qu'il peut ajuster visuellement en fonction des écarts entre les points de son expérience et les points de la courbe théorique. Il peut ainsi diminuer par lui-même l'écart-type de ses mesures. En d'autres termes, si l'élève comprend comment modéliser ses mesures en utilisant correctement le logiciel, il peut obtenir une modélisation graphique et algébrique aussi représentative que celle obtenue avec un logiciel comme *Excel*.

Ainsi, nous pensons que le traitement des données avec le système de mesure *MicrolabExAO* permettrait à l'élève de comprendre comment traiter ses mesures sans négliger la correspondance de la modélisation avec la réalité physique. Le fait que, lors du recueil des mesures, l'ordinateur place les données recueillies en ExAO directement dans le plan cartésien ne fait pas que simplement faciliter la prise de mesures par l'élève. En effet, il est bénéfique pour la compréhension du phénomène physique de visualiser en même temps l'expérimentation et sa représentation symbolique sur l'écran d'ordinateur. C'est la métaphore de la lunette cognitive de Nonnon (1986), explicitée dans la section suivante.

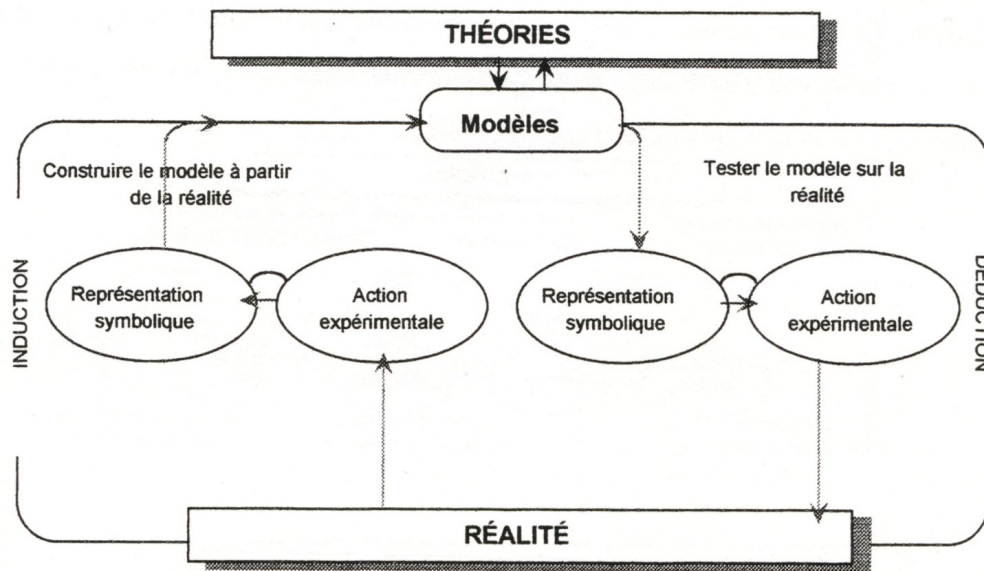
## 2.7. La métaphore de la lunette cognitive

En sciences expérimentales, le langage graphique est la représentation symbolique couramment utilisée pour représenter les données d'une expérimentation. En observant la modélisation graphique de la relation entre le volume et la pression d'un gaz dans un plan cartésien, il est possible d'appréhender en un seul coup d'œil la relation inversement proportionnelle qui unit ces deux variables. Le plan cartésien permet de faire la synthèse de beaucoup d'informations sur le phénomène physique observé. Ces informations sont accessibles selon le niveau de compréhension du langage graphique que détient l'observateur. Ces niveaux ont été décrits par Rogers (1995) et repris par Fournier (2001) :

1. *Voir le graphique qualitativement ;*
2. *Lire les valeurs ;*
3. *Décrire les variables ;*
4. *Rattacher les variables dans une modélisation graphique ;*
5. *Faire des prédictions ;*
6. *Traduire les descriptions sous une forme mathématique.*

Ainsi, en fonction du niveau de compréhension du langage graphique qu'ils détiennent, les apprenants peuvent décoder les informations contenues dans un graphique. À la fin du secondaire, ils devraient détenir ces six différents niveaux. Cependant, notre expérience en enseignement nous a démontré que les élèves ont des difficultés aux niveaux 4, 5 et 6 lorsqu'ils effectuent la modélisation graphique et la modélisation algébrique à partir d'un tableau de données une fois l'expérience terminée. En effet, ils doivent alors se remémorer le déroulement de leur expérience. L'ExAO peut diminuer ces difficultés et faciliter l'apprentissage du langage graphique. Comme l'apprenant est libéré des contraintes techniques liées à sa prise de mesures, il peut se concentrer sur la compréhension de l'interaction des variables qu'il observe dans le plan cartésien. Nonnon pense que ceci peut permettre de « *libérer la mémoire durant une activité de résolution de problèmes* », l'écran d'ordinateur étant le « *support où sera conservée l'information sous forme graphique* » pour « *faciliter l'acquisition de stratégies cognitives liées à la résolution de problèmes, telle la stratégie du schème de contrôle des variables dans le*

contexte d'une expérimentation en science » (Nonnon, 1986, p.16). Il appelle *métaphore de la lunette cognitive* le fait de pouvoir visualiser simultanément, en ExAO, une expérimentation et la représentation graphique de l'interaction de ses variables dans le plan cartésien. L'ExAO est ainsi un outil qui facilite l'apprentissage du langage de codage graphique. La figure 7 intègre la boucle induction-déduction et la métaphore de la lunette cognitive pour présenter le travail de l'élève, en sciences expérimentales, qui construit et valide un modèle scientifique comme une loi physique.



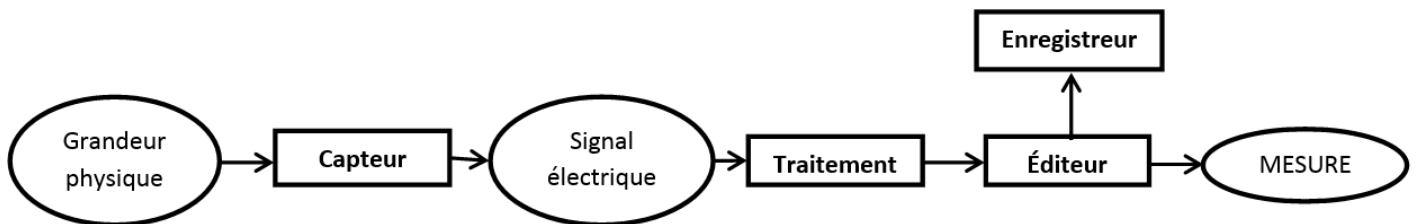
**Figure 7 :** Construction et validation d'un modèle en sciences expérimentales (Nonnon, 1999).

En induction, l'élève part de la réalité pour construire un modèle. Pour ce faire, il peut mener une expérimentation (action expérimentale) dont les données s'affichent directement sous forme graphique dans un plan cartésien (représentation symbolique) grâce à l'ordinateur selon la métaphore de la lunette cognitive. Ceci permet de s'appropriier le graphique comme outil cognitif pour appréhender une interaction de variables en physique. À partir de ses données, l'élève peut alors proposer un modèle théorique pour expliquer le phénomène physique mesuré. En déduction, il met à l'essai le modèle construit. Pour ce faire, il peut prédire une interaction de variables à partir de sa représentation symbolique et la mettre à l'essai par une action expérimentale. Si les résultats de cette expérimentation sont en accord avec sa prédiction, ceci soutient la validité du modèle construit par l'élève.

Dans notre intervention didactique, nous souhaitons que l'élève construise et valide ses propres instruments de mesure. L'instrument de mesure devient en quelque sorte le modèle construit par l'élève avec l'ExAO. Ce modèle peut ensuite être testé dans une validation où l'élève compare la prise de mesure de l'instrument construit avec celle de l'étalon pour en dégager les caractéristiques métrologiques.

## 2.8. La chaîne de mesure des systèmes *MicrolabExAO*

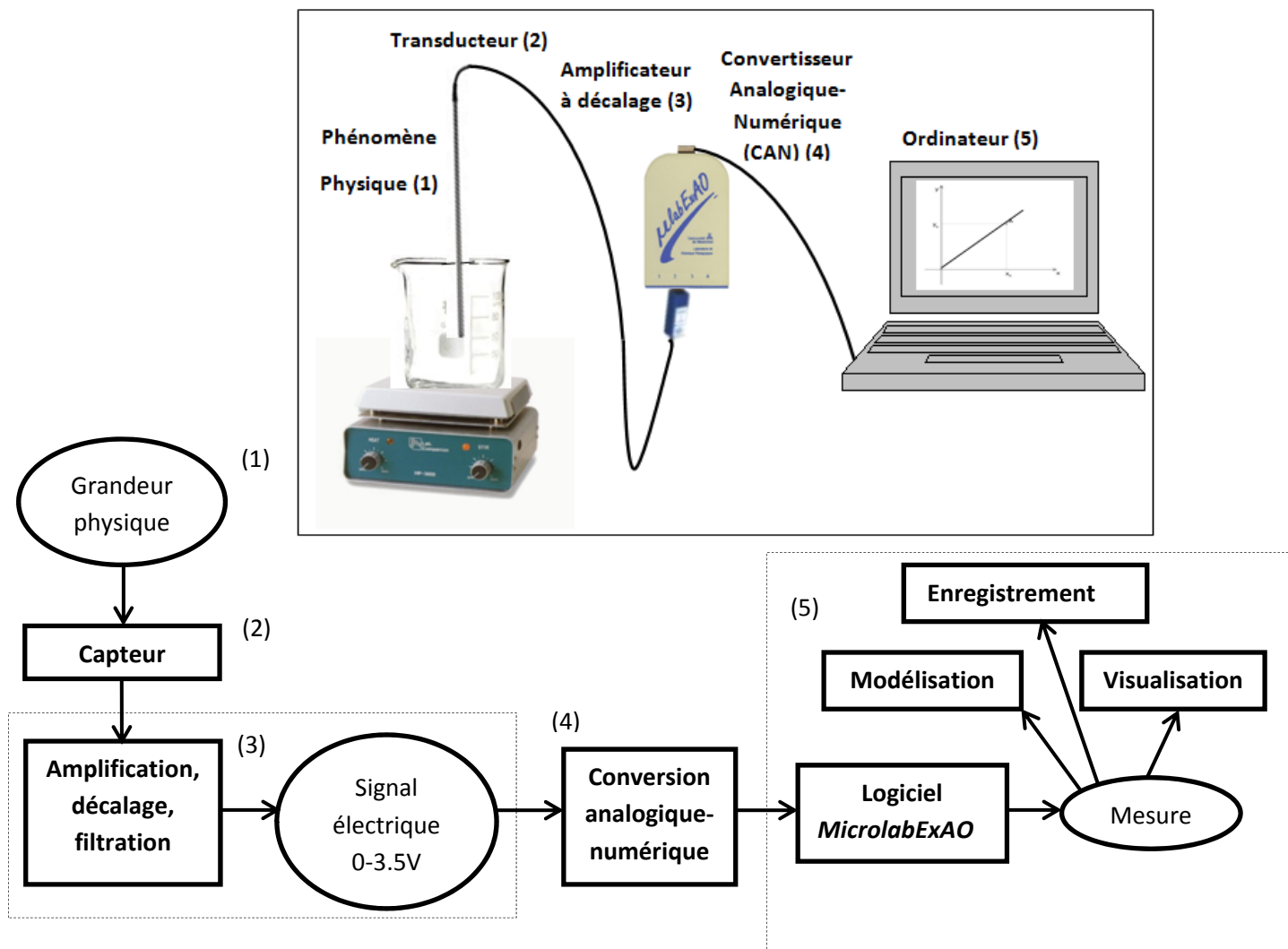
La chaîne de mesure est le dispositif qui permet à un appareil de capter une grandeur physique et de la convertir en mesure. Elle fait partie du processus d'acquisition de données. En ExAO, ce dispositif comprend plusieurs éléments qui peuvent être regroupés en quatre catégories : le capteur, le traitement, l'éditeur et l'enregistreur. La figure 8, inspirée de Perdijon (2004, p.27), permet de visualiser le passage de la grandeur physique à la mesure à travers la chaîne de mesure classique en ExAO.



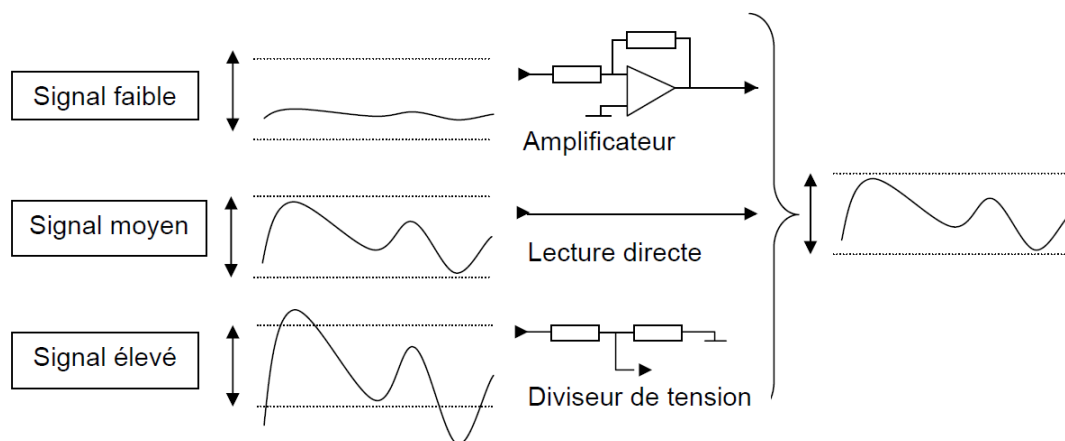
**Figure 8** : La chaîne de mesure en laboratoire informatisé d'ExAO

Pour expliciter ce dispositif de mesurage, nous utiliserons la chaîne de mesure des systèmes *MicrolabExAO* qui seront utilisés par l'apprenant dans notre intervention didactique. La figure 9 présente cette chaîne de mesure en établissant un parallèle entre les composantes physiques du système et son fonctionnement.

Tout d'abord, le phénomène physique (1) et sa variable peuvent être étudiés par un ou plusieurs capteurs dont la composante principale est le transducteur électronique (2), c'est-à-dire un composant qui permet de transformer une grandeur physique en une nouvelle grandeur physique. Par exemple, un thermistor est un transducteur qui transforme la variation de température en variation de tension. Ainsi, en ExAO, cette nouvelle grandeur physique est un signal électrique. Ce signal subit un traitement via un amplificateur à décalage (3) ou est diminué par un diviseur de tension pour se situer entre 0 et 3,5V. La figure 10 présente ce traitement du signal électrique.



**Figure 9 :** La chaîne de mesure de *MicrolabExAO*



**Figure 10 :** Le traitement des signaux électriques (Fournier, 2001, p.137)

Lorsque le signal électrique est transformé, il peut ensuite être converti en signal numérique via le convertisseur analogique-numérique (4). Celui-ci permet de convertir le signal électrique en signal numérique avec une résolution de 10 bits. Le capteur peut ainsi détecter  $2^{10}$  états de variation de la variable mesurée, soit 1024 états ( $2^{10}=1024$ ). Par exemple, il est possible de mesurer la pression absolue entre 0 et 1500 hPa. Ceci signifie que le capteur peut prendre une mesure à chaque  $(1500/1024)$  hPa, soit à chaque 1,46hPa. Pour le capteur de température 0 à 100°C, le capteur pourra prendre des données à chaque  $(100/1024)^\circ\text{C}$ , soit avec une résolution théorique de  $0,1^\circ\text{C}$ <sup>7</sup>. Le signal numérique pourra ensuite être affiché sur l'écran et enregistré par l'ordinateur (5).

Nous pensons que ces explications sur la résolution sont accessibles à l'élève en fin de 4<sup>e</sup> secondaire ou 5<sup>e</sup> secondaire et peuvent même l'aider à comprendre l'erreur de mesure associée à un instrument. Par exemple, si le thermomètre électronique mesure 35,2°C, comme il sait que la résolution théorique de ce thermomètre est de 0,1°C, l'intervalle de sa mesure sera alors de 35,1°C à 35,3°C.

Il est possible de s'interroger sur la complexité de la compréhension de cette chaîne de mesure pour un élève du secondaire. De prime abord, le fonctionnement d'un appareil de mesure électronique pourrait être plus difficile à comprendre que celui d'un instrument de mesure traditionnel. Nous pourrions reprendre l'exemple du capteur de température et du thermomètre à alcool. Le thermomètre à alcool permet d'afficher des mesures de température à cause du phénomène de dilatation et de contraction de l'alcool suite à un transfert de chaleur avec le milieu extérieur. Pour prendre des mesures justes, lors de sa fabrication, ce thermomètre peut être étalonné avec un autre thermomètre à alcool. Suite à sa fabrication, il serait possible de tester ce thermomètre avec des valeurs de référence comme les températures de fusion et de vaporisation de l'eau à température ambiante et pression normale qui sont respectivement de 0 et de 100°C. Cette explication est accessible

---

<sup>7</sup> L'amplificateur à décalage de *MicrolabExAO* pourrait aussi permettre de placer le signal dans une plus petite fenêtre de variation et de l'amplifier pour augmenter la résolution de ce capteur de température. Par exemple, il serait possible d'amplifier le signal pour prendre des données entre 25 et 35°C. Dans ce cas, la résolution du capteur sera théoriquement de  $(10/1024)^\circ\text{C}$ , soit  $0,01^\circ\text{C}$ .



à l'élève du secondaire. Le fonctionnement de ce thermomètre grâce à la dilatation et à la contraction de l'alcool pourrait même lui être intuitif au deuxième cycle.

Le fonctionnement d'un thermomètre électronique pourrait être plus difficile à cerner. Tout d'abord, une thermistance capte la température. La résistance interne de la thermistance, composant électronique de la famille des semi-conducteurs, varie proportionnellement au changement de température du milieu extérieur. Le changement de cette résistance interne fait varier la tension aux bornes de la thermistance selon la loi d'Ohm  $U=RI$  :  $U$  est la tension aux bornes de la thermistance,  $R$  la résistance de la thermistance au moment où la mesure est prise et  $I$  l'intensité du courant passant par la thermistance. La tension aux bornes de la thermistance subit ensuite un traitement qui lui permet d'être utilisée comme signal numérique via le convertisseur analogique-numérique. Ce signal numérique, la tension, est reconnu par l'ordinateur qui le convertit en mesure en utilisant une équation algébrique de transfert  $T=aU+b$ , enregistrée dans le logiciel :  $U$  est la tension aux bornes de la thermistance après le traitement,  $T$  la température qui sera affichée sur l'écran d'ordinateur,  $a$  la pente de la relation directement proportionnelle qui unit  $T$  et  $U$ , et  $b$  l'ordonnée à l'origine de cette droite. Le tout, de la prise d'une mesure à l'aide du thermomètre électronique à l'affichage d'une valeur de température sur l'écran d'ordinateur, se fait instantanément sans qu'il y ait de délai perceptible à l'œil. L'ordinateur pourrait enregistrer plusieurs mesures dans une même acquisition sous la forme graphique.

Toute cette description détaillée pour comprendre que le fonctionnement d'un thermomètre électronique n'est pas intuitif pour l'élève du secondaire. Cependant, il serait envisageable qu'un élève en fin de 4<sup>e</sup> secondaire ou en 5<sup>e</sup> secondaire comprenne le fonctionnement tel qu'expliqué précédemment. Pour ce faire, nous pensons qu'il doit concevoir et construire cet instrument de mesure. En reprenant les travaux préliminaires de Fournier (2001), c'est l'élève qui devra déterminer l'équation algébrique de transfert. Par exemple, pour construire un thermomètre électronique, il mettra en relation de causalité la tension d'un transducteur avec la mesure d'un thermomètre à alcool. En faisant chauffer de l'eau lors d'une expérimentation en ExAO, l'élève associera la température affichée par le thermomètre à alcool pour chaque valeur de tension délivrée par le transducteur. Après avoir fait l'acquisition d'au moins une dizaine de mesures, affichées sur le graphique,

l'élève pourra modéliser algébriquement son nuage de points, obtenant ainsi une équation algébrique de transfert  $T=aU+b$ . En attribuant cette équation à la tension délivrée par le transducteur, il permet à celui-ci de prendre des mesures de température.

Une telle activité en ExAO ajoute un 7<sup>e</sup> niveau au langage graphique (voir section 2.7 pour les six niveaux du langage graphique), soit le fait d'utiliser l'expression mathématique déterminée lors de la modélisation algébrique, c'est-à-dire l'équation algébrique de transfert, pour transformer une variable détectée (la tension) en une variable calculée (la température) et affichée sur l'écran d'ordinateur. Cette activité demande aussi à l'élève de mobiliser des savoirs et savoir-faire en sciences expérimentales, en technologie et en mathématique pour réaliser son instrument. La technologie est alors ici un objet d'apprentissage, car l'élève développe des savoirs et savoir-faire sur le fonctionnement des instruments de mesure électroniques, ainsi qu'un moyen d'apprentissage, étant donné que c'est par l'utilisation et l'exploitation des systèmes *MicrolabExAO* que l'élève peut construire ces savoirs et savoir-faire.

## **2.9. La technologie comme objet d'apprentissage et moyen d'apprentissage**

### **2.9.1. L'éducation technologique comme objet d'apprentissage**

L'enseignement de la technologie au secondaire à la formation générale des jeunes est présent depuis les années 60 au Québec. Ses objectifs ont évolué au fil du temps, passant de l'acquisition d'habiletés par l'élève dans une formation manuelle et technique au développement de compétences en *Science et technologie*.

Tout d'abord, en éducation, le terme objet d'apprentissage est polysémique. Il peut être considéré comme une ressource pédagogique. En effet, « *a learning object is defined by the IEEE<sup>8</sup> LTSC (2000) as any entity, digital or non digital, that can be used, reused or referenced during technology supported learning, eg, exercises, cases, study tasks, etc.* » (Koper et Manderveld, 2004, p.538). Cette définition met en lumière qu'un objet d'apprentissage peut être aussi une ressource numérique pouvant être utilisée et réutilisée pendant un apprentissage supporté par la technologie.

---

<sup>8</sup> Institute of Electrical and Electronics Engineers

Nous utiliserons la définition de Vienneau (2011) qui définit les objets d'apprentissage comme « *les différents types ou contenus d'apprentissage visés par les programmes de formation* ». Ainsi, les savoirs et savoir-faire sont des exemples d'objets d'apprentissage.

Legendre mentionne que « *dans une société qui évolue rapidement, les objectifs doivent être régulièrement réévalués et modifiés au besoin* » (1983, p. 274). Dans le même sens, les objets d'apprentissage devraient aussi évoluer avec l'évolution de la société. Dans une certaine mesure, il est possible de le constater en éducation technologique au Québec. Avant les années 70, ce qui pourrait s'apparenter le plus à l'apprentissage de la technologie au secondaire était la formation manuelle et technique. Cette formation était offerte aux élèves qui désiraient exercer un métier. À partir des années 70, « *un premier programme de technologie fut offert à l'ensemble des élèves du secondaire* » pour correspondre davantage à leur réalité (MEQ, 1993, p.15) en les préparant au marché du travail en plein virage technologique avec l'apparition des ordinateurs et l'automatisation des machines. Ce programme, comme le mentionnait le *Conseil supérieur de l'éducation*, faisait partie de la formation de base pour aider les élèves à « *s'intégrer harmonieusement et avec compétence dans la vie de la cité* » (CSE, 1983, p5). En 1982, la technologie fut officiellement reconnue comme une composante culturelle de l'élève, valorisant ainsi son apprentissage du primaire au secondaire. En 3<sup>e</sup> secondaire, le cours obligatoire d'*Initiation à la technologie* plaçait l'élève devant des problèmes concrets à résoudre en lui demandant de s'investir dans une démarche de « *résolution d'un problème technologique, qui se matérialise généralement par un objet technique* » (MEQ, 1995). Par exemple, avec des outils, un élève pouvait fabriquer un haut-parleur (objet technique) pour écouter la radio (problème à résoudre). En 4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> secondaire, les cours optionnels d'*Éducation technologique* ajoutaient l'étude de la production en série et les étapes de mise en marché d'un objet. Avec le renouveau pédagogique des années 2000, le programme actuel favorise une approche qui intègre les sciences et la technologie.

Dans le sens où les objets d'apprentissage devraient évoluer avec la société, nous pensons qu'il serait intéressant de bonifier le programme de formation en *Science et technologie* en ajoutant des concepts prescrits en technologie qui permettraient à l'élève de démystifier les applications technologiques qu'il utilise. Nous pensons au concept de

transformation d'une grandeur physique en une autre grandeur physique via le transducteur, qui permettrait à l'élève de comprendre le fonctionnement des instruments de mesure électroniques tel que nous l'avons précédemment décrit. De plus, le pas serait facile à franchir pour amener l'élève à comprendre des objets technologiques tels le radar de vitesse ou le détecteur de mouvement dont le fonctionnement s'apparente à celui des instruments de mesure électroniques utilisés en laboratoire par l'élève. De plus, il y a déjà des références à ces technologies dans le programme qui identifient comme systèmes technologiques les sondes, le sonar et le radar (MELS, 2010, p.49) et comme repères culturels la télédétection, la robotique et la domotique (MELS, 2010, p.68).

Dans notre intervention didactique, lors de la réalisation d'instruments de mesure, nous allons donc proposer aux élèves des objets d'apprentissage en technologie qu'ils peuvent appréhender concrètement par des manipulations expérimentales et qui leur permettraient de mieux comprendre des applications technologiques qu'ils utilisent au quotidien.

### **2.9.2. La technologie comme moyen d'apprentissage**

Dans le dictionnaire actuel de l'éducation (Legendre, 2005), un moyen d'enseignement est un outil pédagogique qui favorise la relation entre l'élève (sujet) et les savoirs (objet). Les technologies de l'information et de la communication (TIC) sont des moyens d'enseignement qui nécessitent des applications technologiques comme celles de l'ordinateur. Le tableau blanc interactif, les logiciels de traitement de texte, les tableurs ou les logiciels de visualisation tridimensionnelle en sont des exemples. Dans cette recherche, nous utiliserons plutôt le terme *moyen d'apprentissage*, qui n'est pas défini dans le dictionnaire actuel de l'éducation. Ce terme pourrait en effet être considéré comme un synonyme de *moyen d'enseignement*, car il désigne aussi un outil pédagogique servant à favoriser l'apprentissage des savoirs par l'élève. Toutefois, nous pensons qu'il a sa place particulière dans la modélisation de la situation adidactique qui met en relation l'élève, les savoirs et le milieu (voir figure 3). En effet, le moyen d'apprentissage devient alors le principal outil pédagogique offert par le milieu pour aider l'élève à construire et mobiliser ses savoirs et savoir-faire de façon autonome. Parmi les moyens d'apprentissage en technologie particulièrement utiles pour l'élève en situation adidactique, notons la

simulation assistée par ordinateur, la robotique pédagogique et l'expérimentation assistée par ordinateur.

La simulation assistée par ordinateur consiste à simuler la réalité grâce à un logiciel. Elle permet à l'apprenant d'influer sur un ensemble de variables d'un système pour en observer la réponse. Un des avantages de la simulation assistée par ordinateur est de pouvoir simuler des environnements dangereux ou impossibles d'accès en classe. Le simulateur de vol en est un bon exemple.

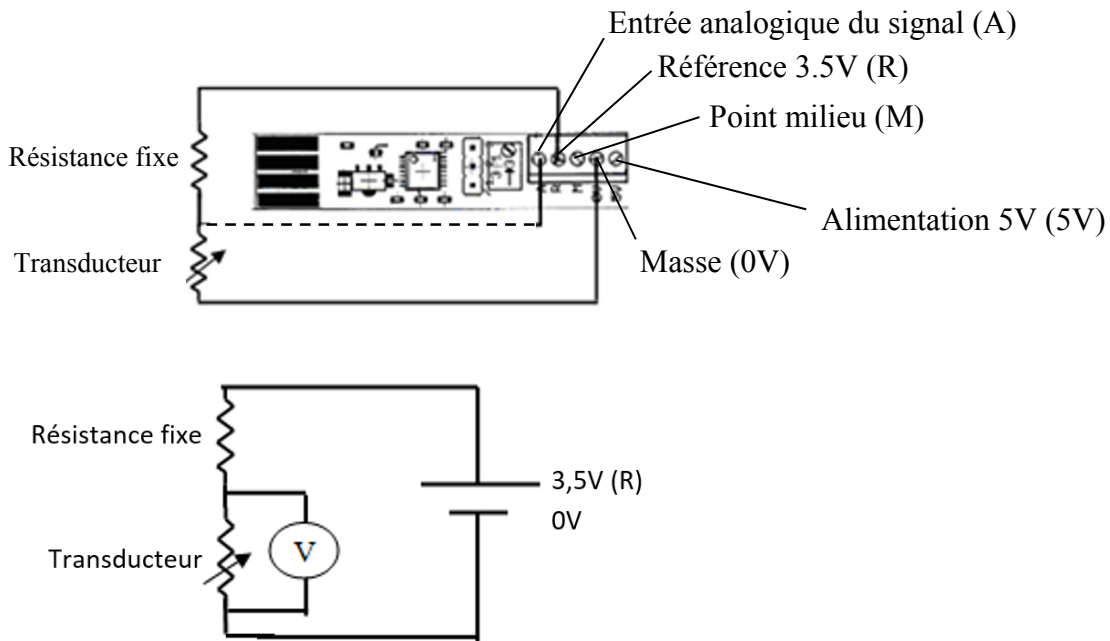
La robotique pédagogique permet à l'élève d'effectuer des apprentissages qui intègrent plusieurs champs d'expertise comme la mécanique, l'électronique, l'électricité et l'informatique. Elle permet à l'élève de contrôler avec l'ordinateur les actions et les mouvements d'un robot qu'il pourrait lui-même concevoir et construire, prenant la forme d'un train miniature, d'une petite voiture électrique, etc. Les robots *LEGO Mindstorms* sont actuellement utilisés dans plusieurs écoles secondaires. La créativité de l'élève dans la réalisation et la conception du prototype est importante (Fournier, 2007).

En ExAO, que nous avons décrit comme un système de mesures permettant d'effectuer une expérimentation et d'en visualiser les résultats simultanément (Nonnon, 2007), l'élève se centre sur les dimensions critiques et créatrices de sa démarche expérimentale plutôt que sur les contraintes techniques de sa prise de mesures (Nonnon et Laurencelle, 1984). Toutefois, les systèmes *MicrolabExAO* sont plus qu'un système d'acquisition de mesures étant donné qu'ils sont développés par des didacticiens. Pour notre intervention didactique, nous nous intéressons aux fonctions de ces systèmes qui permettent à l'élève de concevoir et construire ses propres instruments de mesure électroniques en utilisant les fonctionnalités de la capsule universelle.

## **2.10. La réalisation d'instruments de mesure avec la capsule universelle *MicrolabExAO***

La capsule universelle se connecte directement à l'interface d'acquisition *MicrolabExAO*. Elle est munie de différentes entrées qui permettent de connecter des transducteurs électroniques commerciaux : L'entrée analogique du signal (A), la référence, qui est une alimentation de 3,5V (R), le point milieu (M), la masse (0V) et une autre

alimentation de 5V (5V). Ces entrées sont représentées à la figure 11. Cette figure montre aussi un diviseur de tension (voir figure 10) composé du transducteur et de la résistance fixe qui sont connectés à la capsule universelle.



**Figure 11 :** Les différentes entrées de la capsule universelle

La figure 11 indique aussi le même circuit que celui de la capsule universelle, mais avec la représentation utilisée par les élèves en sciences au secondaire. Il est ainsi possible de constater que le diviseur de tension est simplement une résistance fixe et un transducteur placé dans le même circuit en série. Le fil en pointillé représente le voltmètre qui mesure le signal électrique, c'est-à-dire la tension délivrée par le transducteur. Sur la capsule universelle, ce fil est connecté à l'entrée nommée *entrée analogique du signal (A)* et permet à l'ordinateur de connaître la valeur de la tension aux bornes du transducteur. De plus, le transducteur est alimenté par la capsule universelle avec soit 5V, soit 3,5V, selon le transducteur utilisé. Lorsqu'une grandeur physique mesurée varie, la nouvelle tension aux bornes du transducteur est acheminée à l'ordinateur.

Dans notre intervention didactique, ces différentes notions seront explicitées aux élèves lors d'une formation sur les éléments clés à considérer pour réaliser un instrument

de mesure électronique. Ces notions, en plus d'être accessibles aux élèves en fin de 4<sup>e</sup> secondaire et en 5<sup>e</sup> secondaire, permettent d'appliquer des savoirs et savoir-faire sur les circuits électriques et sur la loi d'Ohm dans la réalisation d'un objet technologique concret.

Le tableau III représente les différents instruments de mesure qu'il est possible de réaliser avec la capsule universelle des systèmes *MicrolabExAO* à partir de transducteurs électroniques commerciaux.

<b>Grandeur physique mesurée</b>	<b>Transducteur commercial utilisé</b>
Pression absolue	Manomètre 0 à 1500hPa
Pression relative	Manomètre -20 à 20 hPa
Température	Thermistance 0 à 100°C
	Thermistor -10 à 110°C
Position	Potentiomètre 0 à 6 cm
	Capteur optique 20 à 70 cm
Intensité lumineuse	Photorésistance 0 à 40 w/m <sup>2</sup>
Potentiel hydrogène	pH-mètre 0 à 14
Force	Jauge de contrainte 0 à 20 N
Taux d'humidité	Hygromètre 0 à 100 %
Tension	Voltmètre
Intensité du courant	Ampèremètre
Résistance	Ohmmètre avec un capteur virtuel
Champ magnétique	Cellule à effet Hall 0 à 40 Gauss
Intensité du son	Microphone
Angle	Potentiomètre

**Tableau III** : Liste des instruments de mesure réalisables avec les systèmes *MicrolabExAO*

Dans notre intervention didactique, parmi ces instruments de mesure électroniques, nous demanderons aux élèves de construire ceux qu'ils pourraient réutiliser dans des activités de laboratoire dans leurs cours de physique et de chimie en 5<sup>e</sup> secondaire. Ils réaliseront en quelque sorte leur propre trousse de laboratoire. Ainsi, nous incluons dans l'intervention didactique la construction d'un thermomètre et d'un manomètre, utilisés en chimie, ainsi que celle d'un luxmètre et d'un détecteur de position, utilisés en physique.

Une autre particularité des recherches de développement menées au *Laboratoire de robotique pédagogique*, qui développe les systèmes *MicrolabExAO*, est d'utiliser les résultats de ces recherches pour contribuer à l'amélioration didactique et technologique de ces systèmes, autant au niveau du matériel que du logiciel. Ainsi, ces recherches ne se contentent pas d'évaluer la pédagogie d'un matériel technologique conçu et développé ailleurs, mais elles adaptent cette technologie à la pédagogie. Cette situation est particulièrement intéressante dans le cadre de cette recherche, car elle nous permettrait d'améliorer les systèmes *MicrolabExAO* pour que ceux-ci répondent aux exigences particulières de notre intervention didactique.



## 2.11. Conclusion du chapitre

Ainsi, dans cette recherche de développement, nous voulons mettre à l'essai un environnement d'apprentissage utilisant les systèmes *MicrolabExAO* dans une intervention didactique particulière permettant aux élèves de construire différents instruments de mesure et d'en appréhender le fonctionnement. Suite à cette mise à l'essai, nous pourrions améliorer cet environnement d'apprentissage. Cette intervention didactique que nous voulons mettre sur pied devrait permettre à l'élève d'intégrer la démarche de résolution de problème et lui permettre d'effectuer un apprentissage interdisciplinaire en situation adidactique.

À partir de ces considérations théoriques et pratiques, nous allons définir deux objectifs de recherche qui nous permettront de réaliser notre idée de développement et de répondre ainsi à notre question générale de recherche. Notre façon d'évaluer ces objectifs sera précisée à la fin de la prochaine section, *méthodologie*.

- 1) Le premier objectif concerne l'apprentissage des apprenants dans notre intervention didactique. Il consiste à amener ces apprenants à réaliser un apprentissage interdisciplinaire en situation adidactique en leur demandant de réaliser leurs propres instruments de mesure à l'aide de l'environnement d'apprentissage des systèmes *MicrolabExAO*.
- 2) Le second objectif concerne l'amélioration didactique et technologique de l'environnement d'apprentissage des systèmes *MicrolabExAO* qui inclut les protocoles, les rapports de laboratoire, les prototypes d'instruments de mesure électroniques et le logiciel utilisé.

Ces deux objectifs de recherche sont intrinsèquement liés étant donné que l'apprentissage interdisciplinaire en situation adidactique ne serait possible que si l'environnement d'apprentissage *MicrolabExAO* permet aux élèves de déployer une démarche interdisciplinaire de résolution de problème. Dans la prochaine section, *méthodologie*, nous présenterons la recherche de développement que nous allons mettre en œuvre.

## **Nota Bene sur le développement des systèmes *MicrolabExAO* :**

Les systèmes utilisés lors de la thèse de Fournier (2001) étaient différents des systèmes actuels. En effet, le *Laboratoire de robotique pédagogique* utilisait à l'époque le matériel *Orphy* de Micrelec et le logiciel *MicrolabACQ* développé dans ce laboratoire et utilisé par Micrelec. Les systèmes *Orphy* ont été développés dans les années 80 à partir des travaux du directeur du *Laboratoire de robotique pédagogique*, Pierre Nonnon. Ce dernier a créé les systèmes *MicrolabExAO* dans les années 2000. Le matériel *Orphy* de Micrelec est ainsi compatible avec les systèmes *MicrolabExAO* et vice-versa. Le logiciel *MicrolabExAO* est une version améliorée du logiciel *MicrolabACQ*.

Ainsi, depuis les 15 dernières années, il y a eu plusieurs avancements technologiques, avec le développement des systèmes *MicrolabExAO* qui, à la différence des systèmes *Orphy*, intègrent un amplificateur programmable pour améliorer la résolution des instruments de mesure et utilisent la capsule universelle pour construire des capteurs. De plus, le nombre de transducteurs commerciaux compatibles avec les systèmes *MicrolabExAO* a grandement augmenté. Ainsi, lors du dépôt de sa thèse en 2001, Fournier pouvait réaliser seulement quelques instruments de mesure avec la première version de la capsule universelle et le logiciel *MicrolabACQ*. Il est important de mentionner que la réalisation de ces instruments à l'époque n'était pas vraiment accessible aux élèves du secondaire étant donné qu'elle nécessitait des savoir-faire en électronique et en programmation. Le nouvel environnement *MicrolabExAO* développé au cours des dernières années a été conçu pour permettre aux apprenants de s'affranchir des contraintes liées à l'électronique et à la programmation et permet de construire beaucoup plus d'instruments de mesure avec une version améliorée de la capsule universelle et du logiciel *MicrolabExAO* qui intègre maintenant un module de régression visuelle et graphique pour la modélisation algébrique.

## Chapitre 3. Méthodologie

### 3.1. Un modèle didactique

En nous inspirant du triangle didactique (Chevallard, 1985) et du carré pédagogique de Rézeau (2001), nous avons élaboré un modèle didactique pour notre recherche, que nous avons appelé le carré didactique. Ce modèle explicite la relation entre le chercheur, l'apprenant, l'environnement d'apprentissage et les savoirs qui constituent les quatre sommets de ce carré. L'originalité de ce modèle est d'attribuer une place importante au milieu, c'est-à-dire à l'environnement en ExAO qui constitue le moyen d'apprentissage privilégié de notre intervention didactique. Ce modèle est représenté à la figure 12.

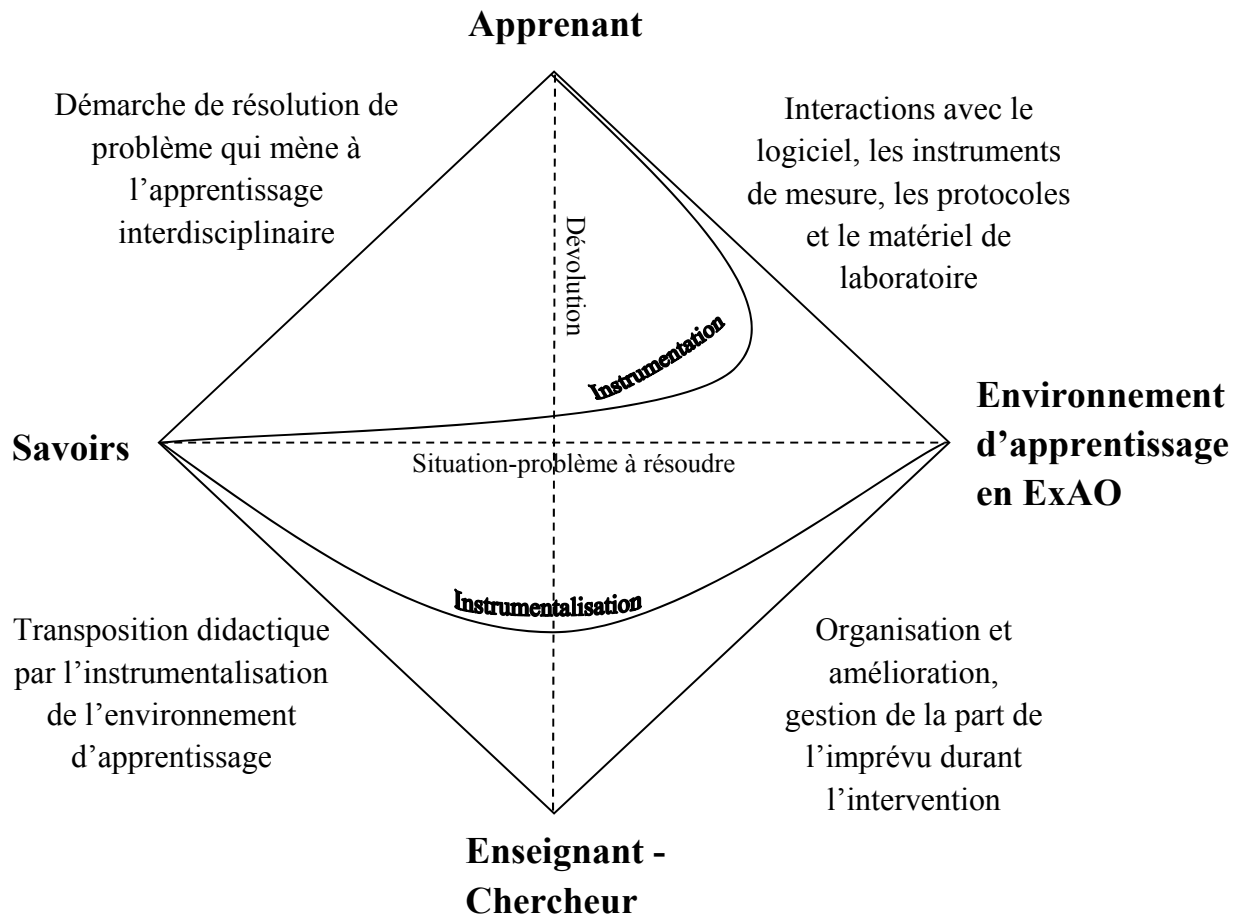


Figure 12 : Le carré didactique

Cette figure contient plusieurs nouvelles informations. Tout d'abord, dans notre intervention didactique, l'élève construira son savoir par ses interactions avec l'environnement d'apprentissage par un processus nommé instrumentation. Rézeau (2002) définit celle-ci comme un processus par lequel l'apprenant utilise des instruments pour faciliter provisoirement son appropriation du savoir. Nous dirons que l'instrumentation est le processus de construction du savoir par l'élève en interaction avec les instruments de notre environnement d'apprentissage, soit le logiciel, les protocoles, le matériel de laboratoire et les instruments de mesure.

Ensuite, le processus d'instrumentation par l'élève n'est possible qu'après un processus d'instrumentalisation par l'enseignant-chercheur qui consiste à concevoir et réaliser les instruments qui seront utilisés. Rézeau (2002) définit l'instrumentalisation comme étant une opération consistant à sélectionner, transformer, transposer des savoirs culturels ou scientifiques pour les rendre appréhendables par l'élève à travers l'utilisation d'instruments. Nous dirons que l'instrumentalisation consiste ainsi à adapter, développer et améliorer le logiciel, les protocoles, le matériel de laboratoire et les instruments de mesure pour que l'élève puisse construire ses savoirs dans l'environnement *MicrolabExAO*. Ainsi, l'instrumentalisation est un cas particulier de transposition didactique qui rend le savoir accessible à l'élève par l'utilisation d'instruments.

Dans notre recherche, les processus d'instrumentation et d'instrumentalisation seront particulièrement importants. En effet, par un processus d'instrumentalisation, nous adapterons, en développant entre autres de nouveaux protocoles, l'environnement d'apprentissage *MicrolabExAO* permettant à l'apprenant de construire ses propres instruments de mesure. Nous mettrons ensuite à l'essai cet environnement avec des apprenants. Par le processus d'instrumentation, ces apprenants pourront construire leurs savoirs en réalisant différents instruments de mesure jusqu'à être capable de mobiliser dans une démarche interdisciplinaire leurs savoirs et savoir-faire en situation adidactique lors de la construction d'un nouvel instrument. En considérant les résultats de cette mise à l'essai, nous améliorerons l'environnement d'apprentissage en agissant sur ses différents composants. Ce modèle d'apprentissage, qui demande au chercheur la conception et la réalisation d'instruments, appelle une méthodologie de recherche de développement.

## 3.2. La recherche de développement en éducation

Dans notre recherche, nous souhaitons utiliser une méthodologie de recherche de développement pour élaborer notre intervention didactique. Thouin mentionne que la recherche de développement est l'un des types de recherche les plus importants en didactique. Il en donne la définition suivante :

*La recherche de développement consiste à concevoir, mettre à l'essai et à améliorer une séquence didactique, un manuel scolaire, un didacticiel, une méthode d'enseignement, un programme d'études, un test ou tout autre matériel didactique au sens large du terme. Elle peut comporter des volets qui s'inspirent d'autres types de recherche (exemples : un volet théorique et un volet expérimental) (Thouin, 2014, p.74-75).*

Ainsi, avec le développement d'une intervention didactique, ainsi que l'adaptation et l'amélioration de l'environnement d'apprentissage des systèmes MicrolabExAO, notre recherche s'inscrit bel et bien dans cette méthodologie.

Thouin (2014) de même que Loïse et Harvey (2007) soulignent le fait qu'en sciences de l'éducation cette méthodologie de recherche reste encore marginale. Ceci se constate par le peu d'ouvrages méthodologiques qui en traitent. Il nous semble que la perception de la recherche de développement qu'ont parfois les chercheurs pourrait expliquer en partie cette marginalisation. En effet, nous pensons que ce type de recherche s'apparente à un processus d'ingénierie que Tchounikine définit comme « *l'ensemble des activités nécessaires à la définition, la conception et la réalisation de projets centrés sur la conception d'artefact* » (2009, p. 21). Tchounikine s'intéresse à l'ingénierie pédagogique. Pourtant, une perception pourrait opposer la recherche et l'ingénierie :

*Dans une certaine acception, la notion d'ingénierie se définit par opposition à la recherche : la recherche a vocation à comprendre les phénomènes, l'ingénierie a vocation à appliquer cette compréhension des phénomènes à la réalisation de projets (Tchounikine, 2009, p.21).*

Cette opposition pourrait décourager les chercheurs à s'engager dans une recherche de développement qui, dans ce cas, n'est pas considérée comme scientifique, mais comme une application technique des connaissances de la recherche fondamentale. Plusieurs auteurs s'opposent à cette perception (Nonnon, 1993 ; Fournier, 2001 ; Loïse et Harvey, 2007 ;

Tchounikine, 2009). Ceci nous amène à traiter de l'origine d'une recherche de développement.

Il existe au moins deux postures épistémologiques quant à la façon d'amorcer une recherche de développement. La première serait de la considérer dans une logique séquentielle où son objectif serait de trouver des applications pratiques pour résoudre une situation problématique mise en lumière par les connaissances scientifiques de la recherche fondamentale (Van der Maren, 1996 ; De Landsheere, 1982). Par exemple, en recherche fondamentale, il serait envisageable de démontrer que certains élèves ne comprennent pas les applications d'une loi physique particulière lorsqu'ils sont placés en situation d'enseignement magistral. La recherche de développement pourrait consister, dans ce cas, à élaborer une intervention didactique qui placerait l'élève en laboratoire pour expérimenter concrètement les applications de cette loi physique et à mettre en lumière les conditions optimales d'une telle intervention didactique. Par contre, en sciences, cette logique séquentielle n'est pas toujours valide. Par exemple, c'est en inventant le microscope (recherche de développement) qu'on a observé les micro-organismes (recherche fondamentale). Le chercheur qui effectue un développement dans ce paradigme doit s'inscrire dans le cadre conceptuel de la recherche fondamentale de laquelle découle le développement et respecter ses postulats ou ses hypothèses. Il doit faire émerger son développement d'une analyse déductive initiée par la situation problème. Cette contrainte peut limiter la créativité du chercheur dans la mesure où celui-ci ne se penche pas sur certains aspects qui, dépassant le cadre conceptuel, auraient toutefois pu être intéressants.

Par opposition à ce paradigme, Loisel et Harvey soutiennent que

*les recherches centrées vers l'action n'ont pas pour but premier de vérifier l'applicabilité d'éléments théoriques à un contexte particulier. En effet, elles peuvent très bien étudier une expérience vécue dans un contexte particulier, permettant ainsi de soulever des questions spécifiques et de conduire à des résultats qui ont également une incidence sur l'évolution du corpus théorique associé à une discipline (Loiselle et Harvey, 2007, p.46).*

Dans la même optique, Tchounikine présente l'ingénierie comme une *science de l'artificiel*, au sens de Herbert A. Simon, qui met

*en évidence que la conception d'objets artificiels complexes ne relève pas simplement de l'application de connaissances (...) il s'agit de s'intéresser aux choses telles qu'elles pourraient être, de s'intéresser à des buts et aux moyens de les atteindre. Les*

*problèmes de conception d'artefacts complexes (...) ne requièrent pas uniquement des travaux de recherche et des connaissances élaborées par ailleurs, mais également des travaux et des connaissances spécifiques (Tchounikine, 2009).*

Basque ajoute que « *des connaissances théoriques sont développées et des recherches empiriques sont menées dans cette science de l'ingénierie : il ne s'agit donc pas seulement d'un domaine d'application, mais également d'un domaine scientifique de recherche* » (Basque, 2010).

Nonnon (1993) présente un modèle de recherche de développement pour l'éducation qui va dans le sens de cette *science de l'ingénierie*. Cette deuxième posture épistémologique ne considère pas la recherche de développement comme une recherche appliquée découlant de la recherche fondamentale. L'origine d'une telle recherche serait alors une idée de départ innovante (Harvey et Loïselle, 2009 ; Nonnon, 1993). Dans cette logique, le chercheur reste libre des contraintes théoriques durant la conception et met sa créativité au service du développement de son idée d'innovation. Cependant, suite à la proposition de son idée, celle-ci doit être confrontée à des considérations théoriques et pratiques « *pour s'inscrire à l'intérieur d'une recherche scientifique* » (Harvey et Loïselle, 2009, p.102). En effet, ces différentes considérations permettront d'appuyer, d'enrichir ou même de rejeter l'idée d'innovation. Nonnon soutient que cette étape

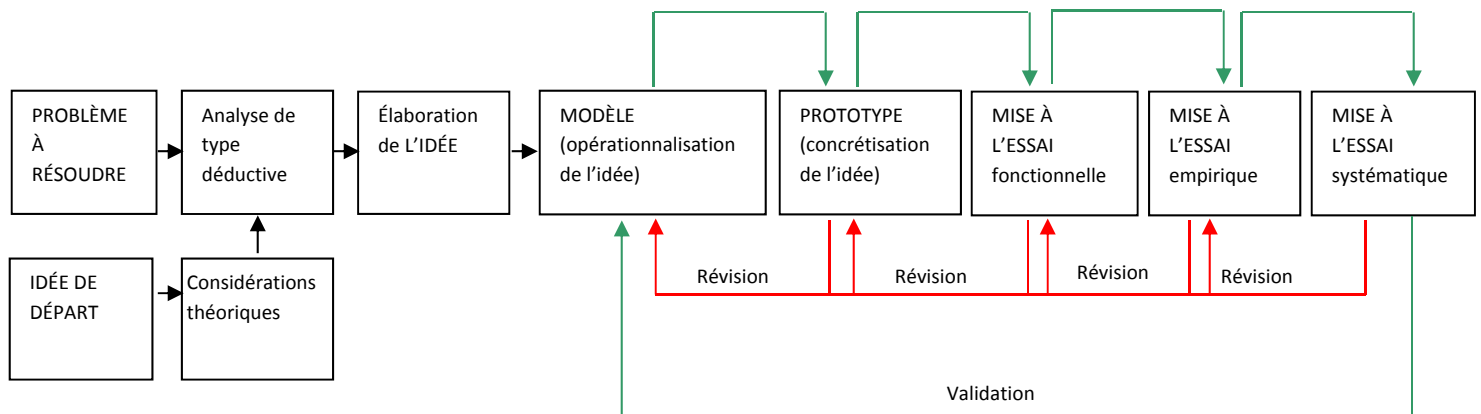
*prospective et théorique est très importante, elle doit être pour la recherche-développement ce qu'est le contexte théorique pour la recherche expérimentale, et c'est principalement par l'ampleur et la qualité de cette étape de considérations et de justifications théoriques qu'on va pouvoir distinguer une recherche-développement universitaire d'une recherche-développement industrielle (Nonnon, 1993).*

Par exemple, le chercheur pourra amorcer son travail de recherche en proposant une idée d'innovation, comme la mise au point d'un dispositif permettant tel apprentissage, avant d'aller consulter la théorie pour soutenir ou abandonner son idée. Ainsi, il pourrait imaginer un prototype n'étant pas supporté ou dérivé de connaissances issues de la recherche fondamentale parce qu'il juge que son idée est intéressante et qu'il peut en démontrer la pertinence pour l'apprentissage.

### 3.3. Le modèle de *recherche-développement technologique* de Nonnon et le modèle de *recherche-développement en éducation* de Harvey et Loisel

Le modèle de Nonnon (1993) est particulièrement conçu pour les chercheurs qui veulent concevoir de nouveaux outils technologiques en technologie éducative et en robotique pédagogique. Les étapes de ce modèle sont représentées à la figure 13.

Le modèle de Nonnon rappelle les deux points de départ d'une recherche de développement. D'une part, il pose un *problème à résoudre* qui sera suivi d'une *analyse de type déductive* des connaissances et des faits de la théorie. C'est en s'appuyant sur cette analyse que l'idée de développement sera présentée.



**Figure 13 :** Modèle de recherche-développement technologique (Nonnon, 1993)

D'autre part, il suggère d'amorcer la recherche à partir d'une *idée de départ*, sans analyse déductive préalable. Cette idée devra ensuite être soutenue par des *considérations théoriques* démontrant sa pertinence pour le domaine de l'éducation pour pouvoir être élaborée. Ces considérations peuvent permettre d'appuyer l'idée de développement, de l'enrichir, ou de la rejeter.

Ces deux points de départ de la recherche se rejoignent à l'étape de l'*élaboration de l'idée* dans laquelle le chercheur amorce la conception de l'objet en explicitant certains aspects de l'outil qu'il souhaite mettre au point selon les aspects théoriques et pratiques qu'il a mis de l'avant dans les étapes précédentes. La conception continue avec le *modèle* qui opérationnalise le développement en décrivant les fonctionnalités du prototype ainsi que les actions que pourrait poser l'élève en utilisant le dispositif. Par la suite, le chercheur



réalise le prototype qui sera testé avec trois types de mises à l'essai. En fonction de l'évaluation faite à la suite de chacune de ces mises à l'essai, il peut modifier le prototype ou le modèle.

La *mise à l'essai fonctionnelle* permet d'abord de tester le prototype auprès d'experts comme des technologues, des didacticiens ou des enseignants. L'objectif est de tester l'utilisation, l'ergonomie et le caractère pédagogique de l'outil technologique développé. Ensuite, la *mise à l'essai empirique* consiste à tester le prototype avec un petit groupe d'élèves. À cette étape, les interactions entre l'élève, l'outil développé, les savoirs et l'enseignant ou le chercheur sont observées et analysées. Durant cette mise à l'essai,

*le chercheur n'impose pas d'emblée les objectifs ni les variables à considérer, les données réelles et leur modélisation devant apparaître au fur et à mesure de la mise à l'essai. (...) Il s'agit ici de provoquer des interactions entre les élèves, le chercheur et le prototype de manière à induire des activités structurantes (Nonnon, 1993).*

Pour provoquer ces interactions, Nonnon propose d'utiliser la méthode dialectique entre l'élève et le « *professeur-chercheur* » pour faire ressortir les interventions pédagogiques qui permettent de faire apparaître

*d'une part chez l'élève, des explications sur le phénomène expérimenté. Celui-ci doit alors anticiper ce qui va se passer, le vérifier ensuite, et comparer son anticipation à la vérification subséquente. D'autre part, chez le professeur, nous allons évaluer les attitudes et les suggestions utiles à guider l'élève dans sa démarche (Nonnon, 1993).*

Le chercheur pourra comparer les actions de l'élève avec celles attendues dans le *modèle* et pourra distinguer quelles sont les interventions de l'enseignant ou du chercheur qui permettraient de guider l'élève utilisant l'outil technologique développé. Nonnon précise que, suite à cette mise à l'essai, une des améliorations apportées pourrait être de diminuer le nombre d'interventions de l'enseignant pour augmenter l'autonomie de l'élève. Toutefois, il mentionne aussi que

*il faut se garder de trop minimiser des interventions pédagogiques cruciales et créatives. Au contraire, si le besoin se fait sentir de soutenir, voire provoquer un dialogue avec le professeur, nous provoquerons des situations cognitives conflictuelles de façon à maintenir un contact pédagogique sain et valorisant entre tous les intervenants (Nonnon, 1993).*

La mise à l'essai empirique est cruciale dans le modèle de Nonnon étant donné qu'elle devrait permettre de cerner concrètement l'utilisation par l'élève de l'outil développé en

relation avec l'enseignant. Elle devrait aussi amener le chercheur à constater si l'outil permet effectivement de résoudre le problème initial ou d'appuyer l'idée de départ et ses considérations théoriques. Finalement, la *mise à l'essai systématique* consiste à tester le prototype auprès d'un grand nombre d'élèves pour valider ou rejeter le *modèle*. Il s'agit en quelque sorte de l'évaluation sommative du développement. Cette mise à l'essai est pertinente si l'on envisage la mise en marché à grande échelle du dispositif.

Chacune des mises à l'essai peut être réalisée à plusieurs reprises si le chercheur le juge pertinent. De plus, il faut noter que les mises à l'essai fonctionnelle et empirique servent plutôt à améliorer le prototype jusqu'à satisfaction tandis que la mise à l'essai systématique vise plutôt à valider le modèle pour une mise en marché. Comme représenté à la figure 13, ces mises à l'essai sont itératives. Une boucle de rétroaction permet au chercheur de réviser et d'améliorer le prototype ou le modèle en fonction des résultats de chacun des tests effectués. En proposant son modèle de recherche-développement technologique, Nonnon veut proposer au chercheur une méthodologie qui valorise la conception et la mise à l'essai de technologies éducatives sans négliger les aspects théoriques qui mènent à l'élaboration du développement.

Nous pensons que le modèle de recherche-développement de Nonnon est intéressant pour plusieurs raisons. Tout d'abord, le fait de proposer au chercheur d'amorcer la recherche par une *idée de départ* nous paraît original. En effet, nous pensons que la créativité du chercheur est valorisée, ce dernier peut proposer une idée de développement qu'il juge intéressante pour l'apprentissage. Malgré tout, il devra appuyer cette idée par des considérations théoriques et pratiques permettant de montrer, par exemple, qu'elle s'inscrit dans un courant pédagogique, qu'elle est réalisable ou qu'elle viendra répondre à un besoin de la pratique enseignante. De plus, ce modèle est opportuniste, c'est-à-dire qu'il part des nouvelles innovations technologiques pour inventer des innovations didactiques. La métaphore de la lunette cognitive en est un exemple, en ce sens où le développement de l'ordinateur a rendu possible l'idée de l'expérimentation assistée par ordinateur pour favoriser l'apprentissage des sciences expérimentales et du langage graphique.

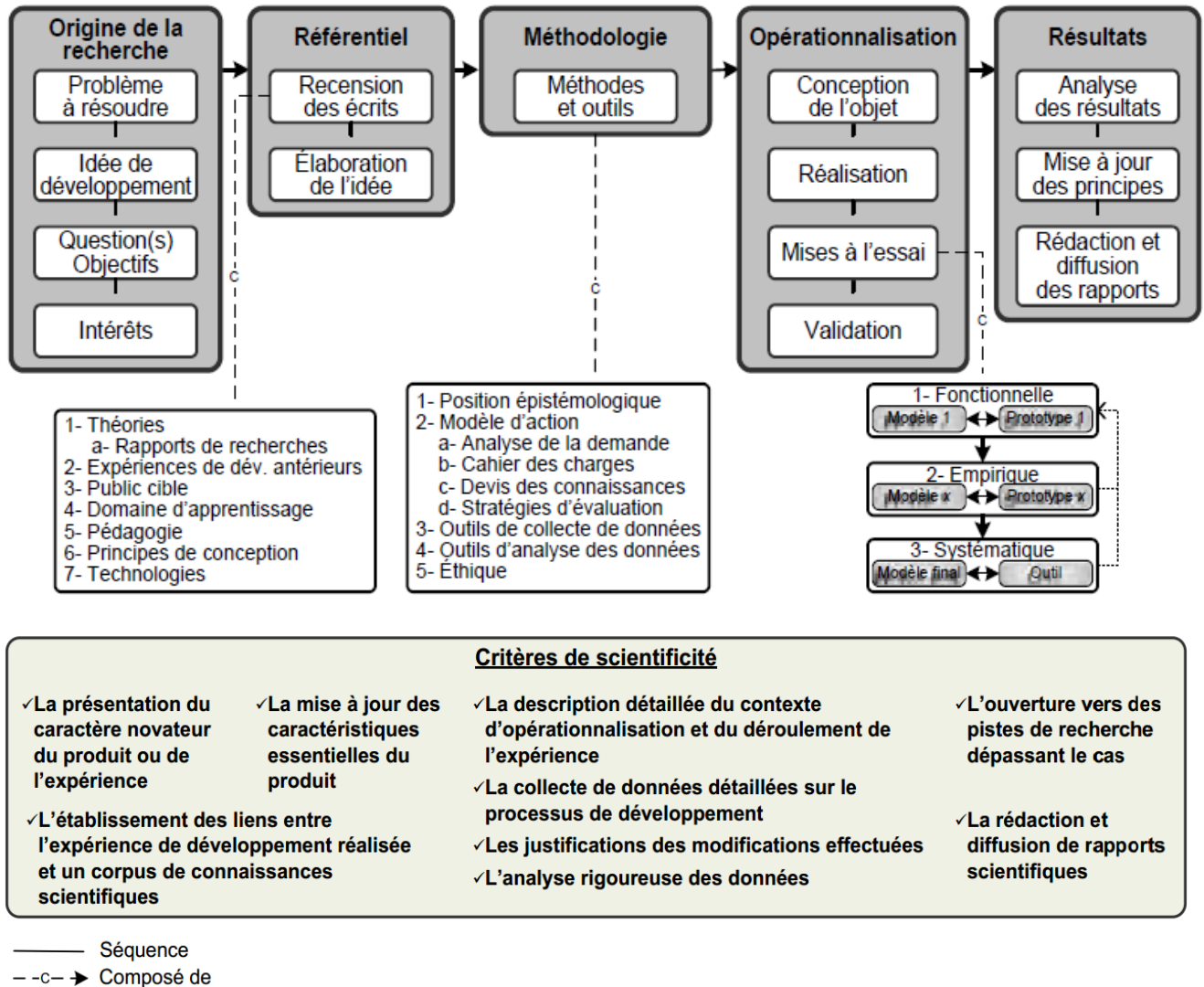
Les différents types de mises à l'essai obligent le chercheur à porter une attention particulière à l'amélioration du matériel qu'il conçoit en vérifiant son utilisation avec des

experts et des apprenants. Nous croyons que ces mises à l'essai offrent au chercheur une méthode efficace pour tester le prototype. Par exemple, lors de la mise à l'essai fonctionnelle, un expert en informatique pourrait détecter un problème dans le logiciel avant que les élèves ne l'utilisent dans la mise à l'essai empirique. Aussi, nous trouvons intéressant que Nonnon ait traité dans son modèle de la méthode dialectique. Celle-ci devient un outil permettant de mettre en évidence des données issues de l'interaction entre le chercheur et l'élève. Nous pourrions comparer cette méthode aux interactions verbales didactiques de Zaragova (2005), présentées précédemment (voir section 2.2.2).

Le modèle de Nonnon a été repris et amélioré par d'autres chercheurs en éducation. En effet, Harvey et Loïselle ont proposé un modèle de recherche-développement en éducation en s'inspirant de la « *vision de Nonnon (1993) à laquelle ont été intégrées certaines étapes* » (Harvey et Loïselle, 2009, p. 110). Ce modèle a été développé suite à l'analyse, d'une part, de différentes démarches de développement comme le design et l'ingénierie pédagogique et, d'autre part, de différentes méthodologies de recherche de développement. Il comporte  *cinq phases macroscopiques*  pour lesquelles  *plusieurs étapes microscopiques*  ont été élaborées. La figure 14 représente ce modèle.

Il y a quelques différences que nous avons relevées entre ce modèle et celui de Nonnon (1993). Tout d'abord, Harvey et Loïselle (2009) ont détaillé le contenu de la recension des écrits, qui correspond grosso modo à l'étape des considérations théoriques et pratiques de Nonnon. Ils soulignent que ce référentiel de connaissances n'est pas définitif, qu'il peut continuer à être élaboré tout au long de la recherche pour tenir compte des orientations et décisions du chercheur durant le développement.

Ensuite, Harvey et Loïselle ont ajouté les phases  *Méthodologie*  et  *Résultats*  qui ne sont pas décrites dans le modèle de Nonnon, bien que présentes dans le travail de recherche du chercheur. La phase  *Méthodologie*  permet de mieux cerner le cadre méthodologique dans lequel s'effectue la recherche en présentant les méthodes et les outils utilisés. Comme indiqué à la figure 14, le chercheur présente sa  *position épistémologique* , le  *modèle d'action*  qu'il propose, les  *outils de collecte de données* , les  *outils d'analyse de données*  ainsi que l' *éthique*  de sa recherche.



**Figure 14 :** Modèle de recherche-développement en éducation (Harvey et Loisel, 2009)

Le modèle d'action comprend certains des éléments retrouvés dans plusieurs méthodes de développement, comme la *Méthode d'ingénierie des systèmes d'apprentissage* (Paquette et al., 2011), soit l'*analyse de la demande*, le *cahier des charges*, le *devis des connaissances* et les *stratégies d'évaluation*. De plus, Harvey et Loisel soulignent que durant cette phase, les devis pédagogique et médiatique ainsi que le plan de diffusion sont aussi élaborés (2009, p.112). Ils définissent le devis des connaissances comme permettant « d'identifier les connaissances à acquérir ou à enseigner, de même que les compétences à développer » et le devis pédagogique comme regroupant « l'ensemble des phases prévues pour l'enseignement-apprentissage » et présentant « les

*spécifications du produit afin de permettre l'atteinte des objectifs (résultats attendus) »* (Harvey et Loïselle, 2009, p. 112). Le devis médiatique et le plan de diffusion correspondent à la livraison du produit, aux échéances, au budget, aux normes de qualité et au format des différents matériels qui composeront le développement.

La phase *Résultats* comprend l'*analyse des résultats*, la *mise à jour des principes* et la *rédaction et diffusion des rapports*. À cette étape, le chercheur analyse les données recueillies durant la démarche pour justifier les décisions modifiant le développement.

L'analyse permet de

*dégager de l'expérience de développement un ensemble de principes émergeant de la démarche. Ces principes font ressortir les caractéristiques essentielles du produit réalisé et constituent un élément important des résultats de la recherche. Les principes dégagés de la démarche de recherche développement sont alors confrontés aux corpus de connaissances recensés dans l'établissement du référentiel, ce qui conduit à la mise à jour de principes de conception relatifs à ce type d'expérience* (Harvey et Loïselle, 2009, p. 113).

Il est pertinent de remarquer que cette étape de confrontation des principes dégagés durant la démarche à ceux établis dans le *Référentiel* n'est pas définie dans le modèle de Nonnon. Par cette confrontation, de nouveaux principes pourraient être mis en lumière, enrichissant ainsi de nouvelles connaissances le corpus scientifique. La rédaction et la diffusion des rapports consistent à rendre disponibles les résultats de la recherche de développement. Ceci pourrait se faire par un article ou tout autre type de communication.

Finalement, Harvey et Loïselle proposent aussi quelques critères de scientificité pour guider le chercheur et s'assurer qu'il demeure dans une démarche orientée vers la recherche scientifique de nouvelles connaissances empiriques et non uniquement une démarche de développement.

### **3.4. Modèle de recherche de développement adapté à cette recherche**

Dans cette recherche, nous sommes partis des problèmes rencontrés dans les pratiques enseignantes et de besoins particuliers en matériel didactique et nous avons proposé l'idée qu'il serait possible de développer une intervention didactique dans laquelle les élèves pourraient construire leurs instruments de mesure et en comprendre le fonctionnement. La question générale posée dans le chapitre *Problématique* nous a ainsi

guidés dans la proposition de notre idée de développement. Cette idée est similaire à une idée d'innovation telle que proposée dans les modèles de Nonnon ainsi que de Harvey et Loisel. Ensuite, nous avons confronté cette idée de développement à des considérations théoriques et pratiques, comme le suggère Nonnon. Nous avons, entre autres, dégagé dans ces considérations que, en demandant aux élèves de réaliser plusieurs instruments de mesure, il serait possible de les amener à réaliser un apprentissage interdisciplinaire en situation adidactique. Nos considérations théoriques et pratiques contenaient aussi des éléments de la recension des écrits de Harvey et Loisel, comme les recherches antérieures sur les développements en ExAO. Elles se sont terminées par la proposition de nos deux objectifs de recherche.

Nous avons continué avec la présente section *méthodologie*, qui contient tous les éléments de la méthodologie proposée par le modèle de Harvey et Loisel à l'exception du modèle d'action pour lequel nous avons fait une section à part entière. En effet, nous pensons que l'*analyse de la demande*, le *cahier des charges*, le *devis des connaissances* et les *stratégies d'évaluation* s'apparentent au travail de développement, contrairement aux autres étapes de cette phase qui sont orientées vers la méthodologie de recherche. Ainsi, comme le suggère Nonnon dans son modèle avec l'étape du *modèle*, nous aurons une section associée au modèle d'action, distincte de la méthodologie.

Dans la section *élaboration de l'idée*, nous expliciterons notre idée de développement en décrivant la démarche générale de réalisation d'un instrument de mesure, en présentant le devis didactique des connaissances qui contient les différents savoirs et savoir-faire déployés par l'élève et en spécifiant le devis technique abordant les fonctions utilisées dans le logiciel des systèmes *MicrolabExAO* pour réaliser un instrument.

La section *modèle d'action* contiendra la description des manipulations que nous attendons de l'élève une fois placé dans l'environnement d'apprentissage. Cette section est importante étant donné qu'elle correspond aux résultats attendus quant aux comportements de l'élève dans notre intervention didactique. Dans notre analyse, nous pourrons alors comparer ces comportements attendus aux comportements de l'élève que nous aurons observés dans l'environnement.

La section *analyse et interprétation des résultats* contiendra la présentation, l'analyse, l'interprétation et la discussion des résultats de chaque mise à l'essai. Nous avons toutefois rassemblé ces éléments dans un même texte sans les distinguer pour en faciliter la lecture. Nous projetons effectuer une mise à l'essai fonctionnelle et une mise à l'essai empirique. Nous ne prévoyons pas faire de mise à l'essai systématique étant donné que nous n'envisageons pas de tester l'environnement avec un grand nombre de sujets comme le nécessiterait cette dernière. Nous analyserons les résultats de nos mises à l'essai et déterminerons si nous sommes parvenus à atteindre nos deux objectifs de recherche, soit l'objectif concernant l'apprentissage des apprenants et l'objectif concernant l'amélioration didactique et technologique de l'environnement *MicrolabExAO* utilisé. Si nous n'avons pas atteint l'un ou l'autre de ces objectifs, nous devons alors procéder à des mises à l'essai supplémentaires, et ce, jusqu'à l'atteinte de ces objectifs.

La figure 15 présente le modèle de recherche de développement que nous utiliserons dans cette recherche, tel que nous venons de le décrire. Nous avons regroupé chaque section dans une phase et indiqué certaines étapes importantes de la recherche.

Nous pensons qu'il est pertinent de comparer les éléments contenus dans notre modèle au *design experiment* et à l'ingénierie didactique, deux modèles de recherche de développement souvent appliqués à la didactique comme le souligne Thouin (2014).

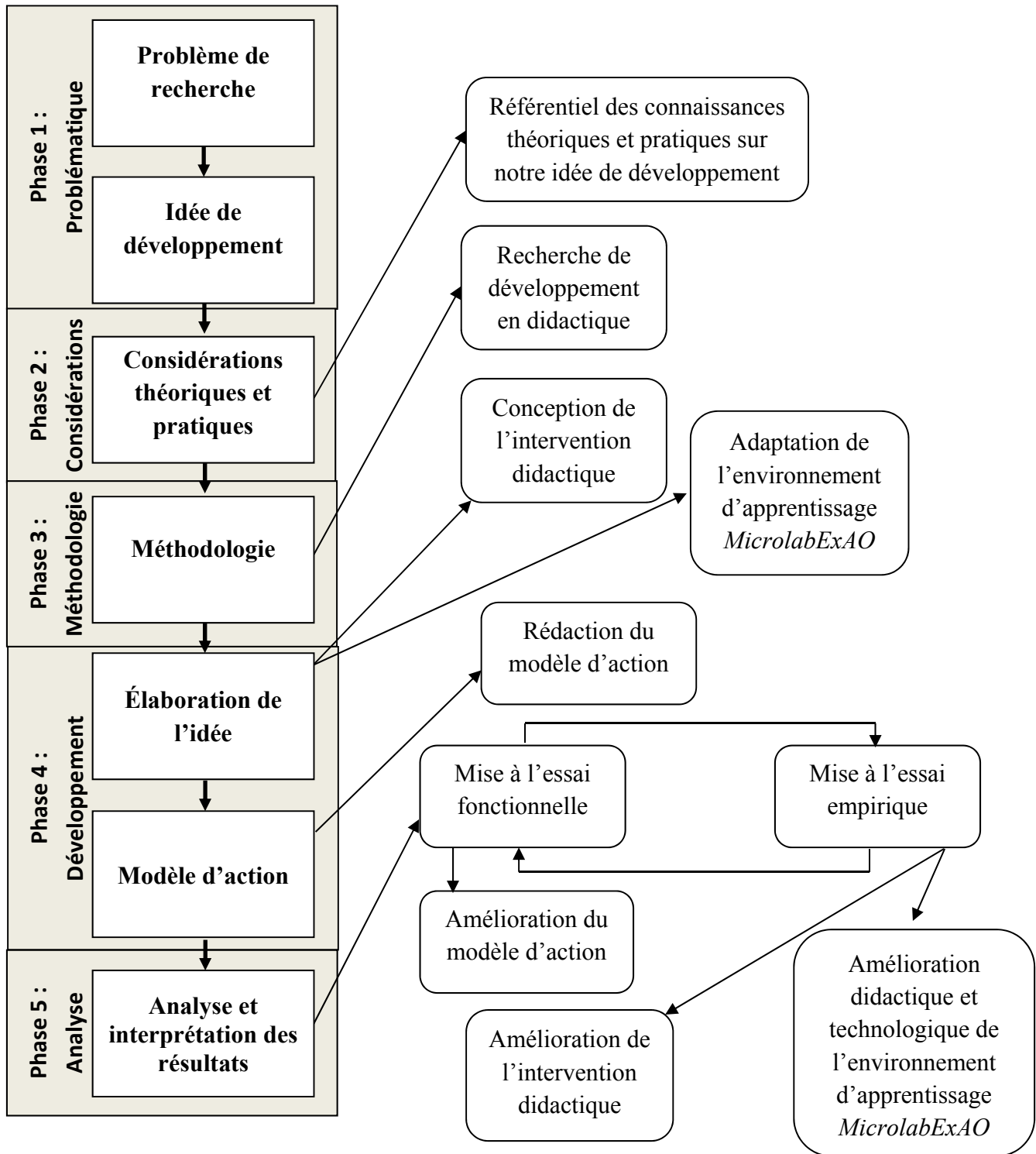


Figure 15 : Modèle de recherche de développement dans cette recherche



### 3.5. Le *design experiment*

Le *design experiment* est issu des sciences de l'artificiel et du design (Gorard *et al.*, 2004). Il a été adapté aux sciences de l'éducation pour permettre aux chercheurs d'effectuer plus facilement la mise à l'essai de matériel didactique en salle de classe (Brown, 1992) où, contrairement au laboratoire, de multiples variables, souvent difficiles à contrôler, peuvent intervenir. Collins (1992) proposait d'utiliser cette démarche pour tester particulièrement des séquences faisant intervenir des innovations technologiques. Le *design experiment* vise la conception et la mise à l'essai d'artefacts ou d'interventions en combinant des temps en laboratoire et en classe dans un processus permettant les retours en arrière. En ce sens, Gorard *et al.* mentionnent que:

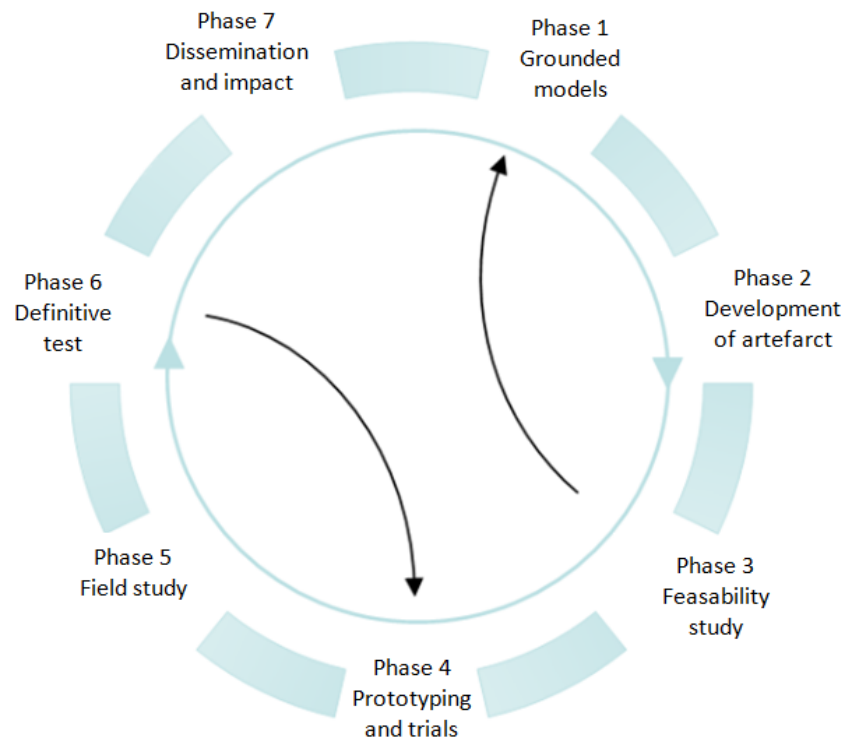
*Testing of the design iterated between the laboratory and the classroom as an attempt was made to arrive at an optimal design for the classroom setting, while also building theoretical understanding of the mechanisms involved in learning, and generating questions for further research (Gorard et al., 2004, p.579).*

Il existe quelques modèles de *design experiment* (Middleton *et al.*, 2008 ; Gorard *et al.*, 2004). Comme le modèle de Middleton *et al.* (2008), présenté à la figure 16, propose explicitement des boucles de rétroaction dans sa modélisation, nous pouvons le comparer au modèle que nous avons proposé. Ce modèle a été développé en insérant les phases 3 à 5 au modèle classique de la recherche scientifique. Ces phases constituent le *design experiment* en éducation tel qu'il était imaginé par Brown (1992) et Collins (1992).

Dans la phase 1, *grounded models*, le chercheur veut faire ressortir le besoin qui justifie le développement. Il pose des objectifs de recherche et présente les modèles théoriques qu'il a retenus pour concevoir le produit et soutenir les choix didactiques portant sur l'interaction entre l'élève et l'artefact ou l'intervention. Cette phase nécessite une revue de la littérature, s'appuie sur des développements antérieurs ou sur une analyse de données qualitatives ou quantitatives recueillies au préalable en phase préclinique.

Cette phase comprend des éléments que nous pouvons retrouver dans deux chapitres de notre recherche, soit la problématique et les considérations théoriques et pratiques. En effet, notre idée de développement tente de répondre au besoin en matériel didactique pour résoudre le problème soulevé dans la section *Problème de recherche*.

Ensuite, nous soutenons cette idée par des considérations théoriques et pratiques permettant, entre autres, de traiter des développements antérieurs et de l'apprentissage des élèves du point de vue de la didactique. Toutefois, nous n'avons pas inclus de phase préclinique de recueil de données, étant donné que nous adaptons un environnement d'apprentissage déjà existant.



**Figure 16** : Le cycle du design (Middleton *et al.*, 2008)

Dans la phase 2, *development of artefact*, le chercheur développe une version préliminaire du produit qu'il souhaite mettre en place ; « *This is often the most creative phase of the research sequence, where pedagogic experience can be of immense value* » (Middleton *et al.*, 2008, p.27). Ainsi, le développeur utilise son expérience pour concevoir le matériel et favoriser l'apprentissage visé. Il est invité à utiliser des outils de l'approche qualitative comme l'interview ou le groupe de discussion pour une évaluation formative de son développement. Cette phase est similaire à nos phases d'*élaboration de l'idée et modèle d'action* où nous élaborons le détail de l'intervention didactique développé et de l'environnement d'apprentissage adapté. Une évaluation formative du prototype serait envisageable dans la mise à l'essai fonctionnelle.

Suite au développement de la version préliminaire, le chercheur, dans la phase 3, *Feasibility study*, demande à des praticiens, comme les enseignants, et à un petit échantillon du public cible de tester le prototype. Cette phase permet d'estimer les effets du développement sur les apprenants et peut conduire à développer des procédures alternatives pour son utilisation. Comme le montre la boucle de retour en arrière sur la figure 16, à la fin de cette phase, le chercheur peut décider de revenir aux deux premières phases s'il ne rejoint pas ses objectifs de recherche, décider de continuer avec la phase suivante du prototypage et des mises à l'essai ou mettre un terme au *design experiment* s'il se rend compte que le projet n'est pas viable. Cette phase est similaire à celle de notre mise à l'essai fonctionnelle qui teste particulièrement notre modèle d'action dans l'environnement d'apprentissage auprès de quelques experts.

La phase 4, *prototyping and trials*, permet d'entrer dans un processus de mises à l'essai et de modifications du prototype avec des boucles de rétroaction. Ces mises à l'essai impliquent l'alternance entre le laboratoire et la salle de classe et sont menées jusqu'à ce que les objectifs de recherche soient atteints. Durant chaque mise à l'essai, le chercheur consigne différentes données permettant l'avancement de la recherche. Cobb *et al.* en soulignent l'importance en disant que « *one of the distinctive characteristic of the design experiment methodology is that the research team deepens its understanding of the phenomenon under investigation while the experiment is in progress. It is therefore important that the team generates a comprehensive record of the ongoing design process* » (Cobb *et al.*, 2003, p.12). Une approche méthodologique mixte comprenant la compilation de données quantitatives et qualitatives est importante en *design experiment* pour justifier l'atteinte des objectifs et l'acceptation d'une certaine version du prototype. Cette phase est similaire à celle de notre mise à l'essai empirique qui permet des améliorations à partir de données recueillies en cours d'expérimentation avec des apprenants. Par des boucles de rétroaction, nous pouvons mener plusieurs mises à l'essai pour améliorer l'intervention didactique ou l'environnement *MicrolabExAO* jusqu'à ce que nos objectifs de recherche soient atteints. De plus, bien que nous utilisions principalement des données qualitatives dans notre recherche, l'utilisation de données quantitatives serait aussi envisageable, sans toutefois pouvoir induire des inférences statistiques sur ces données vu le petit nombre de

sujets qui testera notre environnement. Nous devons trouver une façon efficace de consigner les données. Un enregistrement vidéo des manipulations de chaque élève dans l'environnement d'apprentissage pourrait être une méthode pertinente.

Dans la phase 5, *Field study*, la version complète du prototype retenu à la phase 4 est testée auprès des praticiens et des apprenants pour valider son utilisation. Le processus de retour en arrière peut continuer, mais, à cette étape, la version du prototype devrait être assez satisfaisante. Le design du prototype devrait être bien supporté par l'ensemble des données recueillies. Ainsi, à la fin de cette mise à l'essai, le modèle d'action du développement devrait être assez solide pour être confronté à des contextes différents. Cette phase est aussi incluse dans notre mise à l'essai empirique qui nous permettra de valider notre modèle d'action suite à l'observation des comportements des apprenants.

Dans la phase 6, *definitive test*, le développement est mis à l'essai de manière définitive avec l'implantation à long terme. Cette phase s'inspire de l'approche expérimentale ou quasi expérimental pour tester le développement avec un groupe expérimental et un groupe contrôle. Dans la mesure du possible, les participants sont sélectionnés de façon aléatoire. Cette mise à l'essai correspond à la mise à l'essai systématique du modèle de Nonnon (1993) et du modèle de Harvey et Loiselle (2009). Nous ne prévoyons pas effectuer cette mise à l'essai, qui pourrait cependant être l'objet d'une recherche ultérieure. De la même façon, n'ayant pas de groupe témoin, nous n'aurons pas d'approche expérimentale ou quasi expérimentale.

Finalement, la phase 7, *dissemination and impact*, consiste à prendre les résultats de la mise à l'essai définitive et à partager les découvertes avec l'ensemble de la communauté enseignante et apprenante pour montrer l'efficacité du développement. Ainsi, cette phase traite de la communication des résultats de la recherche, mais s'assure aussi que ces résultats soient transférables dans la mesure du possible dans d'autres situations et que les connaissances empiriques apportées sur le développement ou les mécanismes d'apprentissage soient réutilisables dans les recherches futures. Cette phase est similaire à l'étape *rédaction et diffusion des rapports* du modèle de Harvey et Loiselle (2007). Bien que présente, nous n'explicitons pas cette phase dans notre modèle, car nous pensons qu'elle devrait toujours être présente dans une recherche de développement en éducation.

### 3.6. L'ingénierie didactique

Il est aussi possible de comparer notre méthodologie de recherche avec celle de l'ingénierie didactique. La notion d'ingénierie didactique est apparue au début des années 80. S'appuyant sur les travaux de Chevallard (1982), Artigue mentionne que, lorsque l'ingénierie didactique a émergé,

*il s'agissait d'étiqueter par ce terme une forme du travail didactique : celle comparable au travail de l'ingénieur qui, pour réaliser un projet précis, s'appuie sur les connaissances scientifiques de son domaine, accepte de se soumettre à un contrôle de type scientifique mais, dans le même temps, se trouve obligé de travailler sur des objets beaucoup plus complexes que les objets épurés de la science et donc de s'attaquer pratiquement, avec tous les moyens dont il dispose, à des problèmes que la science ne veut ou ne peut pas encore prendre en charge (Artigue, 1996, p.243).*

Selon Brousseau (2013), derrière l'introduction du terme *ingénierie didactique*, il y a, de par la comparaison avec le travail de l'ingénieur, la justification du travail de conception et de validation d'objets pédagogiques s'effectuant dans les universités. Tel que le mentionne Artigue, ce travail peut s'appuyer sur les connaissances scientifiques du domaine. Toutefois, il les dépasse souvent de par la complexité de l'objet développé. Cette dernière idée apparaît en éducation dans des domaines connexes à l'ingénierie didactique comme en ingénierie des environnements informatiques pour l'apprentissage humain (Tchounikine, 2009) et va dans le même sens que Nonnon (1993) qui a conçu son modèle pour ceux qui conçoivent et mettent à l'essai des objets pédagogiques complexes exploitant les nouvelles possibilités technologiques.

Artigue (1996) mentionne que l'ingénierie didactique désigne à la fois une méthodologie de recherche spécifique de même qu'une recherche menée en classe par l'utilisation d'outils méthodologiques externes à l'enseignement comme le questionnaire ou l'entrevue. Thouin va dans le même sens en précisant qu'elle correspond au volet pratique de la didactique « *qui porte principalement sur la conception de séquences didactiques, de situations didactiques et d'activités d'enseignement et d'apprentissage. L'ingénierie didactique est également un type de recherche de développement (...)* » (Thouin, 2014, p.26). Comme nous nous intéressons aux différentes méthodologies de recherche de développement, nous analyserons l'ingénierie didactique en ce sens.

### 3.6.1. L'ingénierie didactique comme méthodologie de recherche

Artigue décrit l'ingénierie didactique comme une méthodologie de recherche se basant sur la conception, la réalisation, l'observation et l'analyse de séquences d'enseignement en y distinguant la micro-ingénierie et la macro-ingénierie. La micro-ingénierie s'intéresse à la relation enseignement/apprentissage à l'échelle d'un cours, tandis que la macro-ingénierie s'intéresse à la relation enseignement/apprentissage à l'échelle de plusieurs cours ou d'un programme. Ces deux niveaux rappellent les niveaux 1 et 2 de l'interdisciplinarité scolaire que nous avons présentés à la figure 4.

Artigue distingue quatre phases à l'ingénierie didactique comme méthodologie de recherche :

- *Phase 1 : Les analyses préalables ;*
- *Phase 2 : La conception et l'analyse a priori ;*
- *Phase 3 : L'expérimentation ;*
- *Phase 4 : L'analyse a posteriori et l'évaluation.*

La phase des analyses préalables soutient la phase de conception. En effet, la phase de conception s'appuie, d'une part, sur un cadre théorique constitué de connaissances didactiques générales de même que de connaissances spécifiques au domaine étudié et, d'autre part, sur le résultat de différentes analyses préalables qui prennent en compte les objectifs spécifiques de la recherche. Les analyses préalables les plus souvent menées sont:

- *L'analyse épistémologique des contenus visés par l'enseignement ;*
- *L'analyse de l'enseignement usuel et de ses effets ;*
- *L'analyse des conceptions des élèves, des difficultés et obstacles qui marquent leur évolution ;*
- *L'analyse du champ de contraintes dans lequel va se situer la réalisation didactique effective (Artigue, 1996, p. 249-250).*

L'orientation du travail d'analyse tient compte des objectifs spécifiques de la recherche. En effet, Artigue souligne que, selon le type de recherche menée, l'accent sera mis sur certaines analyses plutôt que d'autres et que l'envergure du cadre théorique didactique général pourrait varier. De plus, elle mentionne que les résultats de ces investigations préliminaires serviront de base à la conception et pourront être repris de même qu'approfondis au fil des différentes phases du travail de recherche selon les besoins ressentis.

Dans notre recherche, nous considérons que nous avons effectué ces analyses préalables en nous appuyant sur des connaissances générales en didactique et des connaissances spécifiques en expérimentation assistée par ordinateur. En effet, dans les considérations théoriques et pratiques, nous avons fait une analyse épistémologique des contenus visés par notre idée de développement, comme la construction de savoirs en technologie sur le fonctionnement des instruments de mesure électroniques. Nous avons aussi effectué une analyse du champ de contraintes qui mentionnait que notre développement s'effectuerait avec un environnement d'apprentissage *MicrolabExAO* respectant l'esprit constructiviste des apprentissages. Dans le chapitre *Problématique*, nous avons effectué l'analyse de l'enseignement usuel en présentant certaines pratiques enseignantes concernant l'interdisciplinarité et les démarches de résolution de problèmes incomplètes dans lesquelles sont placés les élèves. Concernant l'analyse des conceptions des élèves, nous y accorderons une place particulière dans la section *analyse et interprétation des résultats* où l'évaluation des conceptions de l'élève sur le fonctionnement des instruments de mesure électroniques sera présentée.

Ensuite, durant la phase de conception et d'analyse *a priori*, le chercheur doit concevoir son dispositif d'enseignement. Brousseau (2013) mentionne que la modélisation de ce dispositif veut décrire et prévoir les événements observables en classe, comme les comportements de l'élève, pour en favoriser la reproduction et le contrôle. Pour ce faire, le chercheur doit émettre des hypothèses sur le comportement de l'élève en contrôlant certaines variables qui influent sur le dispositif d'enseignement. Ces variables, appelées variables de commande, sont dites globales lorsque les choix didactiques portent sur la situation d'apprentissage, et locales lorsque les choix portent, dans une séance particulière, soit sur le problème posé, soit sur l'organisation et la gestion du milieu. En d'autres termes, l'analyse *a priori* est « centrée sur les caractéristiques d'une situation a-didactique que l'on a voulu constituer et dont on va chercher à faire la dévolution aux élèves » (Artigue, 1996, p.258). Son objectif « est donc de déterminer en quoi les choix effectués permettent de contrôler les comportements des élèves et leur sens » (Artigue, 1996, p.258). Pour décrire, prévoir et expliquer les événements observables d'un épisode d'enseignement, cette analyse comporte une partie descriptive et une partie prescriptive :

- on décrit les choix effectués au niveau local (en les rapportant éventuellement à des choix globaux) et les caractéristiques de la situation a-didactique qui en découlent,
- on analyse quel peut être l'enjeu de cette situation pour l'élève, en fonction en particulier des possibilités d'action, de choix, de décision, de contrôle et de validation dont il dispose, une fois opérée la dévolution, dans un fonctionnement quasi isolé du maître,
- on prévoit des champs de comportements possibles et on essaie de montrer en quoi l'analyse effectuée permet de contrôler leur sens et d'assurer en particulier que les comportements attendus, s'ils interviennent, résulteront bien de la mise en œuvre de la connaissance visée par l'apprentissage (Artigue, 1996, p.258-259).

Ainsi, le travail effectué dans l'analyse *a priori* par le chercheur qui conçoit une situation adidactique facilitera l'évaluation, lors de l'analyse *a posteriori*, de la portée de ses choix didactiques sur le comportement observé et envisagé de l'élève, une fois la dévolution du problème opérée.

Dans notre recherche, la phase de conception correspond à la section *élaboration de l'idée*. C'est dans cette section que nous détaillerons le déroulement de l'intervention didactique ainsi que les différents savoirs et savoir-faire que nous nous attendons à voir déployer par l'élève lors de cette construction. L'analyse *a priori* correspond à ces savoirs et savoir-faire attendus, détaillés dans l'élaboration de l'idée, ainsi qu'aux manipulations attendues de l'élève décrites dans la section *modèle d'action*. Ce modèle d'action est à la fois descriptif et prescriptif. Il décrit la séquence d'activités prévues pour amener l'élève à intégrer progressivement la démarche de réalisation d'instruments de mesure pour résoudre un problème. Pour la réalisation du dernier instrument de mesure en situation adidactique, en plus de décrire les choix possibles de l'élève, le modèle d'action prévoit les comportements attendus de l'élève, c'est-à-dire les actions qui seraient menées par un apprenant qui aurait intégré la démarche de réalisation d'un instrument de mesure à la manière d'un expert. Ainsi, les variables locales à considérer lors de la confrontation de l'analyse *a priori* et de l'analyse *a posteriori* seront décrites dans le chapitre *développement*.

Pour continuer, dans le modèle d'Artigue, les différents événements observables apparaissent lors de la mise à l'essai du dispositif pendant la phase d'expérimentation. Pour recueillir des informations sur ces événements, le chercheur peut effectuer une cueillette



de données internes en classe à partir d'observations ou de productions d'élèves, et externes en utilisant questionnaires ou entrevues individuelles et de groupe.

Dans notre recherche, les événements observables apparaissent aussi principalement durant les mises à l'essai. Comme nous prévoyons qu'il y aura plusieurs sujets qui participeront à ces mises à l'essai, nous devons prévoir une façon d'observer ces sujets dans l'environnement. Nous pensons qu'il serait pertinent de conserver ces observations en les filmant individuellement pour pouvoir les analyser en détail. Nous prévoyons aussi recueillir des données externes en leur demandant de répondre à un examen préalable en début de la mise à l'essai empirique pour évaluer leur conception initiale sur le fonctionnement d'un instrument de mesure, ainsi qu'un examen final à la fin de la mise à l'essai pour étudier leur conception suite à notre intervention didactique.

Dans la phase d'analyse *a posteriori* et d'évaluation, le chercheur, en s'appuyant sur les données amassées durant l'expérimentation, juge de la validité de ses hypothèses en confrontant l'analyse *a priori* et l'analyse *a posteriori* ; « *C'est sur la confrontation des deux analyses (...) que se fonde essentiellement la validation des hypothèses engagées dans la recherche* » (Artigue, 1996, p.263). Le chercheur peut ainsi juger son dispositif d'enseignement en évaluant le contrôle des événements observables par les variables de commande. Les variables « *dont la preuve de l'effet didactique a été attestée* » (p.255) sont appelées des variables didactiques. Dans cette phase, le chercheur tente de dégager quelles sont les variables didactiques de son dispositif d'enseignement.

Actuellement, et comme le soulignait Artigue au début des années 90, la plupart des recherches effectuées en classe reposent sur des données externes dont les résultats sont obtenus par inférence statistique suite à la comparaison des performances de groupes expérimentaux et témoins. Contrairement à ces recherches, et c'est ce qui en fait sa particularité, l'ingénierie didactique « *se situe, à l'opposé, dans le registre des études de cas et dont la validation est essentiellement interne, fondée sur la confrontation entre analyse a priori et analyse a posteriori* » (Artigue, 1996, p.248).

Dans notre recherche, nous prévoyons aussi effectuer cette analyse *a posteriori* afin de la confronter à notre analyse *a priori*. En effet, nous comptons comparer la démarche

de réalisation d'un instrument de mesure en situation adidactique avec la démarche qui était prévue dans le modèle d'action. Nous pourrions ainsi voir dans quelle mesure ce modèle correspond aux manipulations de l'élève. Nous verrons aussi si, dans les activités qui précèdent la situation adidactique, nous avons préparé adéquatement les élèves à réaliser un instrument de mesure de façon autonome. De plus, nous pourrions évaluer l'efficacité de la construction d'un instrument de mesure par chaque élève en situation adidactique.

En ce qui a trait aux possibilités d'améliorations de la séquence d'enseignement, nous croyons que, sans l'exclure, l'idée du retour en arrière pour améliorer cette séquence et la remettre à l'essai n'apparaît pas clairement dans le modèle d'ingénierie didactique. En effet, l'accent est mis sur la validation interne des différentes hypothèses émises par le chercheur lors de la confrontation entre l'analyse *a priori* et l'analyse *a posteriori*. L'amélioration d'un dispositif, la formulation de nouvelles hypothèses et la remise à l'essai ne sont donc pas clairement explicites dans ce modèle. Il n'y a pas non plus de distinction dans les différentes mises à l'essai, contrairement au modèle de recherche que nous proposons.

Ainsi, il est possible de constater que notre recherche satisfait tous les critères d'une recherche en ingénierie didactique telle que définie par Artigue (1996). Toutefois, dans notre recherche de développement, nous ne nous limiterons pas à la conception et la construction d'une intervention didactique, mais nous allons aussi améliorer sur les plans didactique et technologique les différents composants de l'environnement d'apprentissage des systèmes *MicrolabExAO*.

### **3.7. Déroulement prévu des mises à l'essai**

La mise à l'essai fonctionnelle nous permettra d'évaluer certains aspects du développement avant que celui-ci ne soit soumis à des apprenants lors de la mise à l'essai empirique. Un enseignant de *Science et technologie* et une technicienne en travaux pratiques agiront en tant qu'experts lors de cette mise à l'essai étant donné leur expérience en sciences expérimentales au secondaire. Ils testeront l'environnement d'apprentissage dans le but de vérifier si le modèle d'action est réaliste et pertinent pour l'apprentissage

des élèves. Pour ce faire, nous leur demanderons de réaliser en une séance les quatre instruments de mesure électroniques que construiront les apprenants lors de la mise à l'essai empirique. Comme les systèmes *MicrolabExAO* utilisés dans notre intervention didactique sont régulièrement testés et améliorés au *Laboratoire de robotique pédagogique*, nous ne leur avons pas demandé de s'attarder sur les aspects technologiques de cet environnement.

La mise à l'essai empirique est centrale dans notre recherche étant donné qu'elle nous permettra d'évaluer notre modèle d'action, l'utilisation du logiciel et des prototypes d'instruments de mesure, les protocoles et rapports de laboratoire, ainsi que l'apprentissage des apprenants concernant le fonctionnement d'un instrument de mesure électronique. Lors de cette mise à l'essai, il y a aura 33 apprenants qui se placeront dans l'environnement pour effectuer notre intervention didactique. Il s'agit de 27 étudiants universitaires en enseignement des sciences et technologie au secondaire, plus précisément 15 étudiants en formation initiale des maîtres (groupe E1) et 12 étudiants en maîtrise qualifiante (groupe E2), ainsi que six élèves du deuxième cycle du secondaire (groupe E3). Si nécessaire, une mise à niveau sur l'utilisation des systèmes *MicrolabExAO* leur aura été préalablement donnée avant la mise à l'essai. Nous utiliserons différentes méthodes, décrites plus loin, pour recueillir des données variées qui nous permettront d'évaluer si nos objectifs de recherche ont été atteints.

Les activités proposées aux participants lors de la mise à l'essai empirique seront réparties sur quatre séances de trois heures. Nous prévoyons répartir ces séances sur quatre semaines. Nous envisageons les activités suivantes dans notre intervention didactique :

Séance 1 :

- Examen préalable sur le fonctionnement d'un instrument de mesure électronique (conception initiale) ;
- Formation sur les transducteurs, le diviseur de tension, leur insertion dans la chaîne de mesure en ExAO, et retour sur les connaissances antérieures en électricité ;
- Construction du premier instrument de mesure électronique ;
- Rédaction du premier rapport de laboratoire ;

Séance 2 :

- Discussion post-laboratoire sur la séance 1 ;
- Construction du deuxième instrument de mesure électronique ;
- Rédaction du deuxième rapport de laboratoire ;

Séance 3 :

- Discussion post-laboratoire sur la séance 2 ;
- Construction du troisième instrument de mesure électronique ;
- Rédaction du troisième rapport de laboratoire ;

Séance 4 :

- Discussion post-laboratoire sur la séance 3 ;
- Construction du dernier instrument de mesure (examen pratique de laboratoire en situation adidactique) ;
- Rédaction du rapport écrit d'examen pratique de laboratoire ;
- Examen final sur le fonctionnement d'un instrument de mesure électronique (conception suite à l'apprentissage) ;
- Remise du questionnaire d'évaluation du projet aux participants.

Pour évaluer adéquatement l'intégration de la démarche de résolution de problème du participant qui construit son instrument de mesure, nous filmerons chaque apprenant de façon individuelle lors de la construction du dernier instrument de mesure, l'examen pratique de laboratoire en situation adidactique. Nous pourrions observer ses actions avec le prototype et le logiciel, de même qu'enregistrer les questions qu'il pourrait nous poser.

Au cours des trois premières séances, notre rôle en tant que chercheur sera d'être une aide pour l'apprentissage de l'élève en utilisant la méthode dialectique proposée par Nonnon (1993). Par nos interactions verbales avec l'apprenant, nous effectuerons à la fois des régulations interactives et des régulations rétroactives (Thouin, 2009). En effet, par des régulations interactives, nous aiderons chaque participant en l'amenant, si possible à répondre à ses propres questions. Par des régulations rétroactives lors des discussions post-laboratoire, nous reviendrons avec chaque sujet sur sa démarche en discutant avec lui et en lui remettant son rapport de laboratoire évalué de façon formative.

Au cours de la dernière séance, soit lors de l'examen pratique de laboratoire en situation adidactique, notre rôle sera de répondre, si nécessaire, aux questions individuelles des sujets. Si possible, nous les amènerons à répondre par eux-mêmes à leurs questions. Si cela ne fonctionne pas et qu'un apprenant nous demande ce qu'il doit faire comme étape suivante pour réaliser son instrument, son coefficient d'efficacité<sup>9</sup> diminuera.

---

<sup>9</sup> Le coefficient d'efficacité, explicité plus loin, est un indice de performance que nous avons développé.

En partant des manipulations et des commentaires des participants à la mise à l'essai empirique, nous envisagerons des modifications didactique et technologique sur les différents composants de l'environnement d'apprentissage des systèmes *MicrolabExAO*.

### **3.8. Triangulation des méthodes pour l'analyse des données**

Notre recherche repose principalement sur une analyse qualitative. Nous avons collecté les données en nous appuyant sur le principe de la triangulation des méthodes « *qui consiste à se servir de plus d'une méthode de collecte de données pour augmenter la fiabilité des informations obtenues* » (Thouin, 2014). Ainsi, c'est en combinant les données obtenues avec l'utilisation de nos différents outils de collecte de données que nous comptons évaluer l'atteinte de nos deux objectifs de recherche. Voici les quatre méthodes de collecte de données que nous utiliserons durant la mise à l'essai empirique :

- Nous filmerons les sujets lors de l'examen pratique de laboratoire ;
- Nous recueillerons les réponses écrites des sujets aux examens ;
- Nous recueillerons la perception écrite des sujets dans le questionnaire d'évaluation ;
- Nous recueillerons les réponses écrites des sujets dans les rapports de laboratoire.

Pour recueillir les données en vue d'atteindre nos objectifs de recherche, à partir de ces méthodes, nous avons développé plusieurs outils :

- Liste chronologique des actions de chaque élève dans l'environnement d'apprentissage, effectuée à partir des enregistrements vidéo ;
- Des grilles d'observations avec échelle numérique remplies par le chercheur durant l'observation des enregistrements vidéo ;
- Trois examens à développement évalués par le chercheur avec une clé de correction :
  - Un examen préalable sur les conceptions initiales concernant le fonctionnement d'un instrument de mesure électronique ;
  - Un examen final sur les conceptions suite à l'intervention didactique concernant le fonctionnement d'un instrument de mesure électronique ;
  - Un rapport écrit d'examen pratique de laboratoire pour identifier les choix des sujets et la succession des manipulations effectuées pour construire le manomètre.
- Un questionnaire d'évaluation du projet comportant des échelles numériques d'attitudes et des espaces pour laisser des commentaires et suggestions ;
- Trois rapports de laboratoire évalués de façon formative par le chercheur :
  - Rapport sur la construction du thermomètre ;
  - Rapport sur la construction du luxmètre ;
  - Rapport sur la construction du détecteur de position.

Nous décrirons plus en détail ces différents outils d'évaluation et de collecte de données dans les prochains chapitres.

Tel que nous venons de le souligner, c'est par la combinaison des données avec les outils ci-haut que nous comptons évaluer l'atteinte de nos deux objectifs de recherche. Notre premier objectif de recherche, qui concerne l'apprentissage, veut amener les sujets à réaliser un apprentissage interdisciplinaire en situation adidactique. Rappelons que cet apprentissage consiste, pour l'apprenant, à manifester une expertise de traitement interdisciplinaire de façon autonome dans une situation complexe de résolution de problème. L'examen pratique de laboratoire est ici une situation adidactique puisque le sujet ne recevra aucun protocole de manipulations ni de montage expérimental préétabli – il devra réaliser celui-ci à partir du matériel qui lui est remis – et ne devrait pas poser de questions à l'enseignant, si ce n'est pour lui permettre d'avancer s'il est bloqué, moyennant une diminution de son coefficient d'efficacité.

Étant donné la complexité de l'apprentissage interdisciplinaire en situation adidactique, nous aurons besoin de données diversifiées provenant de différentes méthodes pour évaluer cet apprentissage. Suite à la mise à l'essai empirique, nous effectuerons une analyse des productions de chaque sujet ainsi qu'une analyse de ses interactions avec l'environnement lors de la dernière séance, interactions qui auront été filmées. Nous aurons des données variées, à la fois qualitatives et quantitatives, qui nous permettront de justifier, pour chaque sujet, la réalisation de l'apprentissage interdisciplinaire en situation adidactique. Nous pouvons organiser les outils d'évaluation nous permettant de recueillir ces données en quatre catégories qui seront explicitées plus loin :

Catégorie 1 : Construction autonome du manomètre ;

Catégorie 2 : Capacité d'exploiter l'ExAO en situation nouvelle ;

Catégorie 3 : Les habiletés de résolution de problème ;

Catégorie 4 : Compréhension du fonctionnement d'un instrument de mesure électronique.

En fonction des résultats de la mise à l'essai empirique, nous évaluerons aussi l'atteinte de notre second objectif de recherche qui concerne l'amélioration didactique et technologique de l'environnement d'apprentissage. Nous pourrions alors, si besoin est, améliorer cet environnement en travaillant sur le logiciel et les prototypes pour optimiser la démarche des apprenants. Nous entendons par prototype toutes les composantes

physiques utilisées en laboratoire, soit l'interface d'acquisition de données, les instruments de mesure, la capsule universelle, les transducteurs, les résistances fixes, etc. Nous pourrions aussi agir sur le déroulement de l'intervention didactique, modifier les protocoles et le rapport d'examen pratique ainsi que bonifier la formation donnée lors de la séance 1 sur les notions clés de l'activité.

Pour déterminer les améliorations à apporter, nous utiliserons les données issues des enregistrements vidéo et les suggestions des participants dans le questionnaire d'évaluation. Nous porterons une attention particulière aux informations similaires qu'il serait possible de tirer de ces deux méthodes de collecte de données. Par exemple, si notre analyse des interactions d'un sujet avec l'environnement révèle un problème technique avec le prototype, et que ce problème ressort aussi des commentaires des participants suite à la mise à l'essai, nous porterons une attention particulière à l'amélioration technologique du prototype permettant d'éliminer ce problème.

Pour faciliter l'analyse des données issues des enregistrements vidéo, nous avons effectué la transcription des actions de chaque élève dans l'environnement d'apprentissage. Nous avons ensuite effectué le codage de ces actions en les catégorisant. Ceci nous a permis de développer un indicateur de performance, le coefficient d'efficacité, qui est un outil d'analyse nous permettant de discriminer les actions efficaces, qui ont du sens dans la démarche de l'élève, des actions inefficaces.

De plus, il serait aussi intéressant d'évaluer le prototype en considérant l'exactitude des instruments de mesure construits par les sujets. Pour ce faire, nous consulterons les équations des graphiques de validation effectués par chaque sujet lorsqu'il compare dans un plan cartésien la mesure de l'instrument de mesure étalon avec celle de l'instrument construit.

Dans le prochain chapitre, *Développement*, nous décrirons certains aspects que nous avons développés concernant notre intervention didactique et l'environnement d'apprentissage.

## Chapitre 4. Développement

### 4.1. Élaboration de l'idée

Dans cette section, nous élaborerons notre idée de développement. Nous identifierons d'abord la démarche générale de réalisation d'un instrument de mesure. Nous décrirons ensuite le devis didactique des connaissances qui énumère les différents savoirs et savoir-faire en sciences, en mathématique et en technologie qui devraient être mobilisés par l'élève dans sa démarche. Pour continuer, nous détaillerons le devis technique présentant les différentes fenêtres du logiciel *MicrolabExAO* qu'utilisera l'apprenant dans l'environnement d'apprentissage.

#### 4.1.1. Réalisation des quatre instruments de mesure

Dans notre intervention didactique, nous voulons permettre aux élèves, placés dans un environnement d'apprentissage des systèmes *MicrolabExAO*, de construire quatre instruments de mesure électroniques pouvant être utilisés en chimie et en physique : un thermomètre, un luxmètre, un détecteur de position et un manomètre.

Comme premier instrument, l'élève réalisera un thermomètre électronique. Sa démarche sera algorithmique étant donné qu'il suivra un protocole de manipulations complet. Le deuxième instrument qu'il réalisera sera le luxmètre, et ce, en combinant à la fois la démarche algorithmique et la démarche heuristique. En effet, son protocole ne contiendra que quelques manipulations clés à suivre (démarche algorithmique), l'apprenant devant exécuter par lui-même les autres étapes selon sa propre direction (démarche heuristique). Il construira ensuite le détecteur de position comme troisième instrument de mesure. Il devra alors rédiger par lui-même les principales étapes de ses manipulations, que nous corrigerons avec lui, avant qu'il ne passe à l'action en suivant son propre protocole. Ainsi, dans les trois premières séances, il sera dans une démarche algorithmique qui deviendra progressivement heuristique. Finalement, l'évaluation du degré d'autonomie de l'élève se fera lors de l'examen pratique de laboratoire dans lequel il réalisera le manomètre avec une démarche essentiellement heuristique puisqu'il n'aura aucun protocole de manipulations ni directive de l'enseignant. De cette manière, nous vérifierons

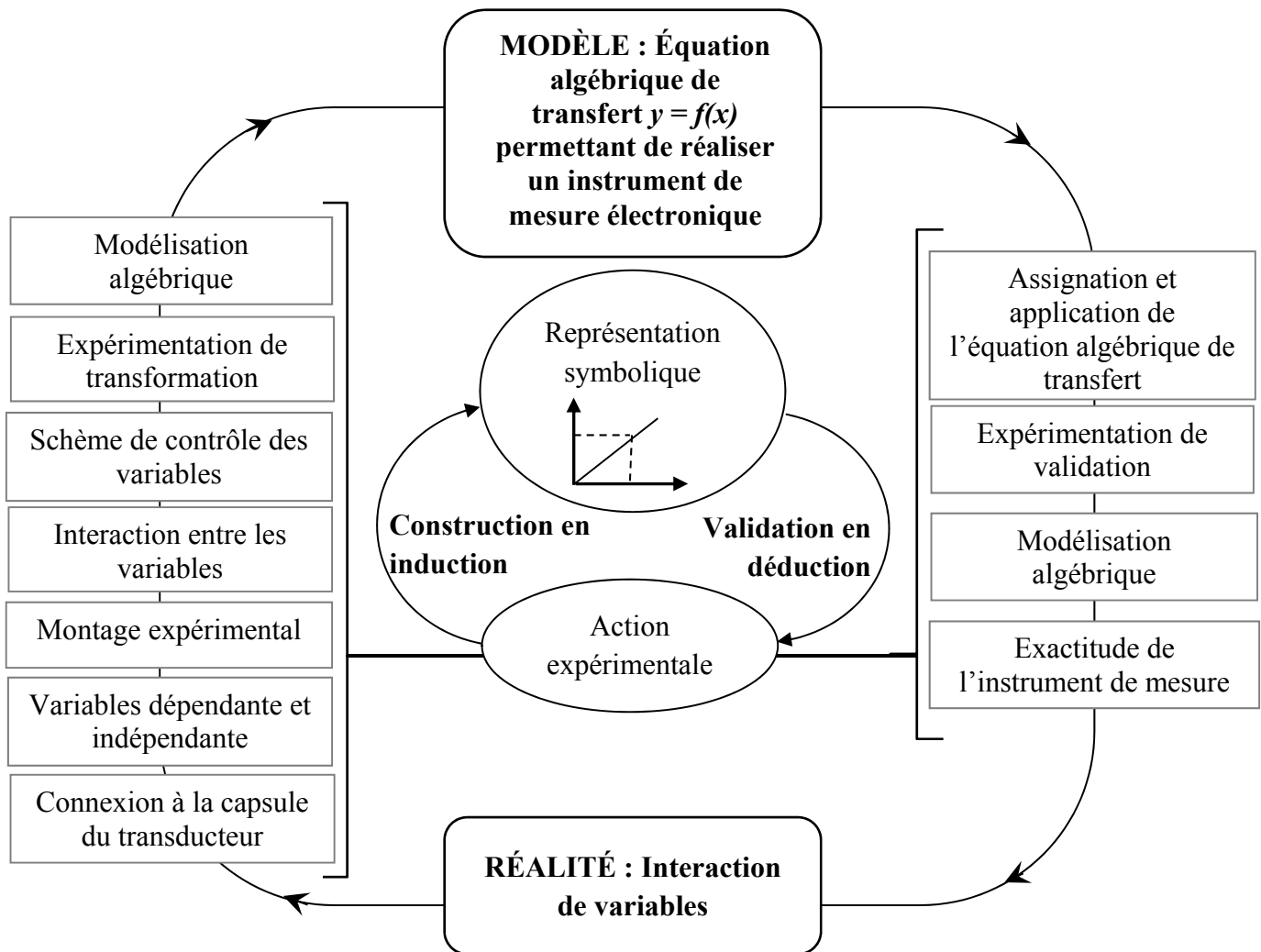


si l'apprenant a intégré la démarche de réalisation d'un instrument de mesure et résolu ainsi un problème complexe en situation adidactique.

Nous pensons que des démarches similaires, de moins en moins dirigées d'une construction à l'autre, faciliteront l'intégration d'une démarche interdisciplinaire de réalisation d'un instrument de mesure électronique par l'élève. Celui-ci devrait devenir de plus en plus habile à combiner les outils mathématiques à la démarche expérimentale et à la démarche technologique de conception jusqu'à l'atteinte d'un degré d'autonomie lui permettant d'utiliser sa propre démarche pour résoudre un problème.

Comme la démarche de réalisation est similaire d'une construction à l'autre, tout comme l'utilisation du logiciel *MicrolabExAO*, nous pouvons schématiser une démarche générale de réalisation d'un instrument de mesure. C'est cette démarche que l'élève devra intégrer progressivement jusqu'à la mener de façon autonome en réalisant le manomètre. La réalisation de ce manomètre constitue une situation nouvelle pour lui. Bien que la démarche générale de réalisation soit similaire, le fonctionnement du manomètre, son échelle de mesure, les variables en jeu, le montage expérimental à réaliser et les manipulations à effectuer sont différents. C'est par l'adaptation de sa démarche à ce nouveau problème à résoudre que nous verrons si l'élève a intégré celle-ci et s'il est en mesure de la transférer.

La démarche générale de réalisation d'un instrument de mesure électronique dans les systèmes *MicrolabExAO* est représentée à la figure 17. Dans une approche inductive, l'élève doit expérimenter pour établir une relation de causalité entre la grandeur physique mesurée par l'instrument de mesure étalon et la tension aux bornes du transducteur. Il part d'une interaction de variables physiques, visualisées en ExAO, pour déterminer un modèle qui prend la forme de l'équation algébrique de transfert, dont nous avons traité précédemment (voir p.50-51). Une fois le modèle construit, l'apprenant se doit de valider celui-ci en le mettant à l'essai dans une approche déductive. Pour ce faire, il attribue l'équation algébrique de transfert au transducteur pour transformer le signal électrique (la tension  $U$ ) en valeur numérique de la grandeur physique mesurée. Si son modèle est adéquat, l'instrument de mesure construit devrait alors prendre des mesures similaires à celles de l'étalon.



**Figure 17 :** Démarche générale de réalisation d'un instrument de mesure

Pour donner un exemple de cette démarche, prenons la construction du manomètre. L'élève devrait d'abord déterminer que la grandeur physique mesurée par le transducteur est la pression. Celui-ci, avant sa transformation en instrument de mesure, affiche des valeurs entre 0 et 3,5V lorsqu'on fait varier sa pression en changeant le volume d'une seringue. Pour effectuer cette transformation, l'élève devra comprendre qu'il doit utiliser un capteur de pression étalon et faire varier la pression de celui-ci en même temps que celle du transducteur. Ainsi, il aura à construire un montage expérimental adéquat et élaborer un schème de contrôle des variables lui permettant de prendre plusieurs intensités de la pression. L'expérimentation de transformation, qui met en relation la tension aux bornes

du transducteur et la pression mesurée par le manomètre étalon, lui permettra alors d'obtenir un nuage de points qu'il modélisera algébriquement pour déterminer l'équation algébrique de transfert.

L'apprenant doit valider cette équation algébrique de transfert. Pour ce faire, il enregistre cette équation dans le logiciel et l'applique à la mesure du transducteur. Ainsi, une fois attribuée au transducteur, cette équation permet de transformer tout voltage lu par l'ordinateur en mesure de pression affichée à l'écran. L'élève pourra alors, dans une expérimentation de validation, comparer cette pression à celle mesurée par le manomètre étalon et établir, suite à la modélisation algébrique de ses données, l'exactitude de l'instrument de mesure qu'il a construit.

Cette démarche générale de réalisation implique la mobilisation par l'élève de savoirs et savoir-faire en sciences expérimentales, en mathématiques et en technologie. Nous avons identifié ces savoirs et savoir-faire dans le devis didactique des connaissances.

#### **4.1.2. Le devis didactique des connaissances<sup>10</sup>**

Dans cette section, nous présenterons les compétences et les connaissances mobilisées par l'élève lorsqu'il se place dans la démarche générale de réalisation d'un instrument de mesure.

Dans un premier temps, en *Science et technologie*, l'élève devrait aborder plusieurs éléments du programme de formation. Tout d'abord, concernant les compétences, lors de la réalisation des trois premiers instruments de mesure, nous pensons qu'il développera la compétence disciplinaire 1, *chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique*, dont les quatre composantes sont *cerner un problème, élaborer un plan d'action, concrétiser le plan d'action et analyser les résultats*. Différentes manifestations observables de ces composantes (voir tableau I) devraient se

---

<sup>10</sup> Par connaissances, nous entendons les connaissances déclaratives, procédurales et conditionnelles. Les savoirs sont des connaissances déclaratives qui correspondent aux concepts prescrits (connaissances conceptuelles) et aux repères culturels (connaissances factuelles) du programme. Les savoir-faire sont des connaissances procédurales qui font référence aux démarches du programme. Les savoir-être sont des connaissances conditionnelles qui correspondent aux stratégies et aux attitudes du programme. Les savoir-agir sont des compétences qui mobilisent adéquatement l'ensemble de ces connaissances.

manifester dans la construction d'un instrument de mesure. Lors de la construction du quatrième et dernier instrument de mesure, le manomètre, à partir de ces manifestations observables et des quatre critères d'évaluation de cette compétence, nous évaluerons la capacité de l'élève à mobiliser cette compétence pour résoudre un problème en situation adidactique. Ces critères d'évaluation sont les suivants : 1) *représentation adéquate de la situation*, 2) *élaboration d'un plan d'action pertinent, adapté à la situation*, 3) *mise en œuvre adéquate du plan d'action* et 4) *élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes* (MELS, 2010, p.14). La grille d'évaluation développée pour évaluer cette compétence sera présentée dans le chapitre *analyse et interprétation des résultats*.

Ensuite, lors de la réalisation des trois premiers instruments de mesure, nous pensons qu'il développera aussi la compétence transversale 6, *exploiter les technologies de l'information et de la communication* (TIC), dont les trois composantes sont *utiliser les technologies appropriées, tirer profit de l'utilisation de la technologie, évaluer l'efficacité de l'utilisation de la technologie*. Différentes manifestations observables de ces composantes (voir tableau II) se manifestent lors de la manipulation du logiciel par l'apprenant. Lors de la réalisation du manomètre, à partir de ces manifestations observables et des quatre critères d'évaluation de cette compétence, nous évaluerons la capacité de l'élève à mobiliser cette compétence par l'exploitation de l'ExAO en situation nouvelle. Ces critères d'évaluation sont les suivants : 1) *efficacité de l'utilisation des ressources technologiques dans un contexte d'apprentissage*, 2) *réutilisation de procédures et de processus liés aux TIC dans de nouvelles situations*, 3) *utilisation de stratégies appropriées pour interagir et se dépanner*, et 4) *analyse de ses choix, de ses réussites et de ses difficultés*. La grille d'évaluation développée pour évaluer cette compétence sera présentée dans le chapitre *analyse et interprétation des résultats*.

Pour construire un instrument de mesure, l'élève aura plusieurs savoir-faire à mobiliser de façon appropriée. Il devra mettre en œuvre la *démarche technologique de conception* lors de la conception, de la réalisation et de la validation de son instrument de mesure. Cette démarche devra l'amener à développer un objet technologique pour répondre à un besoin en respectant un cahier des charges. Le cahier des charges contient les contraintes techniques dont il faut tenir compte lors de la réalisation, comme le

branchement des fils à certaines entrées de la capsule universelle. Ce cahier des charges est inclus dans les protocoles de manipulations destinés aux élèves et prend la forme des schémas de branchement. Le branchement des fils fait appel à une autre démarche, celle de la *démarche technologique d'analyse*, qui implique « *l'examen des diverses composantes d'un objet ou d'un système (...) pour déterminer leurs fonctions respectives* » (MELS, 2010, p.26). Ainsi, l'apprenant devra analyser la fonction de chaque fil, en fonction de son code de couleur, permettant de connecter le transducteur aux différentes entrées de la capsule universelle. Un fil branché dans la mauvaise entrée peut entraîner un court-circuit de l'interface.

L'élève devra s'investir dans la *démarche expérimentale* lors de la mise en relation de différentes variables. C'est par cette démarche que l'élève identifie quelles sont les variables dépendante et indépendante, qu'il applique un schème de contrôle des variables, effectue son montage expérimental, élabore son protocole, mène son expérimentation de transformation ou de validation de l'instrument de mesure. En utilisant l'outil mathématique *modéliseur* du logiciel *MicrolabExAO*, l'apprenant devra aussi mettre en œuvre la *démarche de modélisation* pour donner sens aux mesures issues de l'interaction de variables. Cette démarche « *consiste à construire une représentation destinée à concrétiser une situation abstraite, difficilement accessible ou carrément invisible* » (MELS, 2010, p. 25). L'élève devrait ainsi faire ressortir d'une interaction de variables abstraites, une relation algébrique décrivant cette interaction. Des *stratégies d'exploration* comme *anticiper les résultats d'une démarche* et *élaborer divers scénarios possibles* devront être utilisées par l'élève lors de la réalisation de son instrument de mesure. Il pourra aussi déployer des *stratégies d'analyse* comme *déterminer les contraintes et les éléments importants pour la résolution d'un problème* et *faire appel à divers modes de raisonnement pour traiter les informations*, comme les raisonnements inductif et déductif, présentés précédemment (Mels, 2010, p.27).

Finalement, l'élève devra mobiliser plusieurs savoirs en *Science et technologie* pour construire son instrument de mesure. Il devra mobiliser certaines notions d'*électricité* comme la *loi d'Ohm*, les *circuits électriques* (MELS, 2010, p.60) ainsi que des notions en *ingénierie électrique* comme la *fonction d'alimentation*, la *fonction de conduction*,

*d'isolation et de protection*, ainsi que la *fonction de commande* (MELS, 2010, p.66). En effet, lors de la construction d'un instrument, l'élève devra connecter les composants électroniques du transducteur à la capsule universelle en s'assurant de l'isolation des bornes du transducteur et de l'alimentation adéquate de celui-ci. De plus, il mobilisera des notions sur les *matériaux*, plus spécifiquement sur les *contraintes* et sur la *caractérisation des propriétés mécaniques*, en agencant adéquatement le matériel quand il effectuera par lui-même les montages expérimentaux. Aussi, il pourrait mobiliser des notions relatives à la grandeur physique de chaque instrument de mesure construit, comme la définition de la température s'il construit un thermomètre.

Dans un deuxième temps, en *Mathématique*, nous pensons que l'élève abordera plusieurs éléments du programme de formation de 4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> secondaire <sup>11</sup>. Tout d'abord, en *algèbre*, lorsqu'il mènera une expérimentation de transformation en vue de déterminer l'équation algébrique de transfert, il devra mettre en œuvre le *processus d'analyse de situations faisant appel à des fonctions réelles* qui implique *expérimentation, observation, interprétation, description et représentation de situations concrètes dans divers registres de représentation* (MELS, 2007c, p.88). Ce processus implique aussi la *modélisation d'une situation à l'aide de registres de représentation : verbalement, algébriquement, graphiquement et à l'aide d'une table de valeurs* (MELS, 2007c, p.87). À partir de mesures issues d'une interaction de variables physiques, l'élève modélisera algébriquement ses données expérimentales pour représenter, interpréter et prédire un phénomène réel. Selon le transducteur utilisé, nous nous limiterons aux fonctions mathématiques suivantes : fonctions polynomiales de degré 0, 1, 2 et 3 et inversement proportionnelle.

Ensuite, en *statistique*, s'il utilise l'outil mathématique *modélisation et incertitude* du logiciel *MicrolabExAO*, l'élève mettra en œuvre le processus d'*analyse et de prise de décisions concernant des données statistiques qui portent sur des distributions à un ou deux caractères* par la *représentation graphique* à l'aide du *nuage de points*, le *calcul* et l'*interprétation de mesures de dispersion* comme l'*écart-type*, l'*interpolation* et l'*extrapolation à l'aide du modèle fonctionnel le mieux ajusté à une situation*, ainsi que l'*interprétation et la description du lien unissant deux variables* (MELS, 2007c, p.91). En

---

<sup>11</sup> Dans les volets *technico-sciences* et *sciences naturelles*.

effet, avec l'outil *modélisation et incertitude*, l'élève peut effectuer, par approximations successives, un traitement statistique de ses données pour évaluer l'écart-type entre les mesures prises par l'instrument de mesure construit et celles de l'étalon. De plus, si l'on postule que cet écart se distribue normalement, cet outil lui permettra d'améliorer l'ajustement de la courbe théorique sur ses données expérimentales.

Dans un troisième temps, certains savoirs et savoir-faire que l'élève développera dans notre environnement d'apprentissage ne se situent pas explicitement dans le programme de formation. Tout d'abord, en technologie, pour amener l'élève à mieux saisir la technologie qui l'entoure, nous voulons qu'il comprenne le fonctionnement des instruments de mesure électroniques. Pour ce faire, il devra comprendre le transducteur, le diviseur de tension ainsi que la chaîne de mesure en ExAO. Nous pensons qu'un élève qui conçoit, réalise et valide un instrument de mesure à partir d'un transducteur électronique en saisira son processus de fonctionnement. Il comprendra que l'ordinateur permet d'associer pour chaque grandeur physique mesurée par le transducteur un signal électrique correspondant que l'ordinateur transformera ensuite en mesure affichée à l'écran via l'équation algébrique de transfert.

Ensuite, cette activité permet aussi à l'élève d'étudier des savoirs relatifs à la métrologie comme l'exactitude ou la précision, mais aussi des savoir-faire comme le savoir-mesurer. Suite à l'expérimentation de validation, l'élève pourra déterminer l'exactitude de l'instrument de mesure construit en comparant sa prise de mesure avec celle de l'étalon.

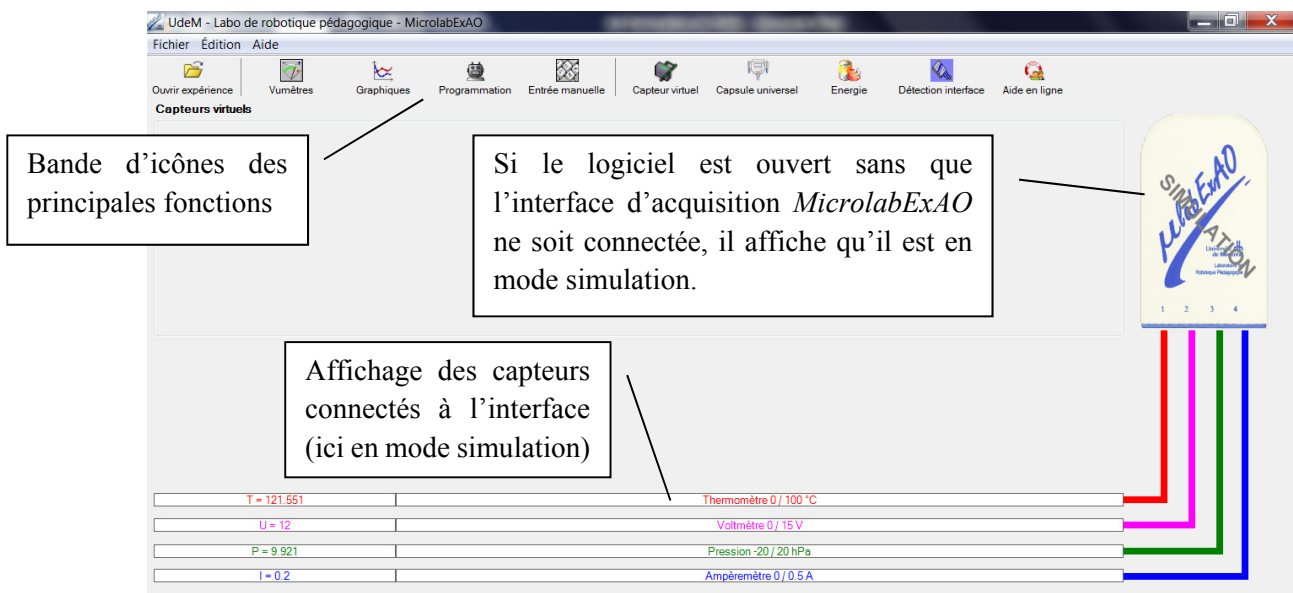
Pour terminer, la réalisation d'un instrument de mesure par l'élève lui permettra de développer une expertise de traitement interdisciplinaire qui mobilise ses compétences dans un processus de résolution de problème. Cette expertise l'amène à effectuer un apprentissage interdisciplinaire (Boix-Mansilla, 2010) et lui permet de saisir le fonctionnement d'un instrument de mesure électronique.

### 4.1.3. Le devis technique

#### 4.1.3.1. Les fonctions du logiciel *MicrolabExAO* utilisées par l'élève

Dans l'environnement d'apprentissage, l'élève utilisera différentes fonctions et fenêtres du logiciel *MicrolabExAO*. Nous prévoyons qu'il utilisera principalement les fonctions suivantes : module *vumètres*, module *graphiques*, transformation d'un capteur ainsi que différents outils mathématiques disponibles pour effectuer le traitement de ses données et en faciliter l'interprétation. Il devra comprendre ces différentes fonctions et savoir comment y accéder dans le logiciel.

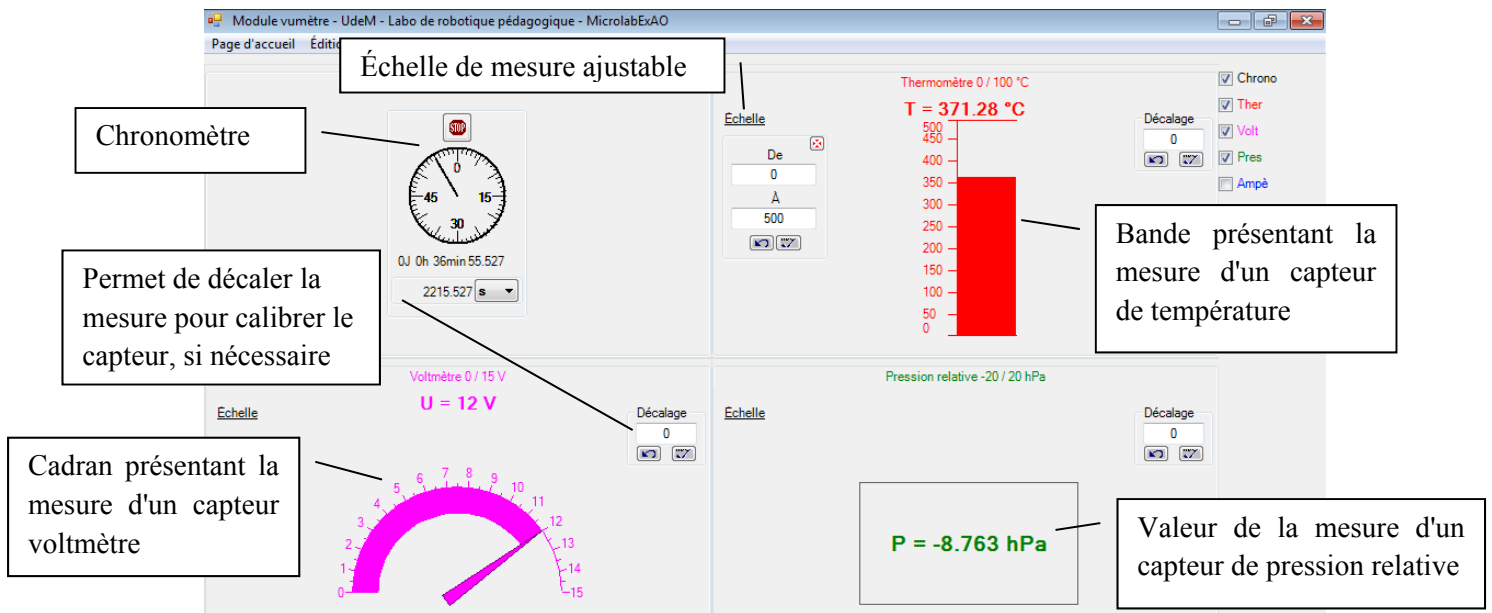
La page d'accueil est la première fenêtre à laquelle l'élève accède lorsqu'il lance le logiciel. Elle est présentée à la figure 18. Elle permet d'accéder aux principales fonctions du logiciel et de visualiser les différents capteurs connectés à l'interface.



**Figure 18 :** La fenêtre de la page d'accueil

Le module *vumètres*, représenté à la figure 19, permet d'afficher les mesures ponctuelles prises avec les différents capteurs. Il permet l'affichage de plusieurs manières. Le module *vumètres* peut être utilisé par l'apprenant s'il teste la mesure de ses instruments de mesure.

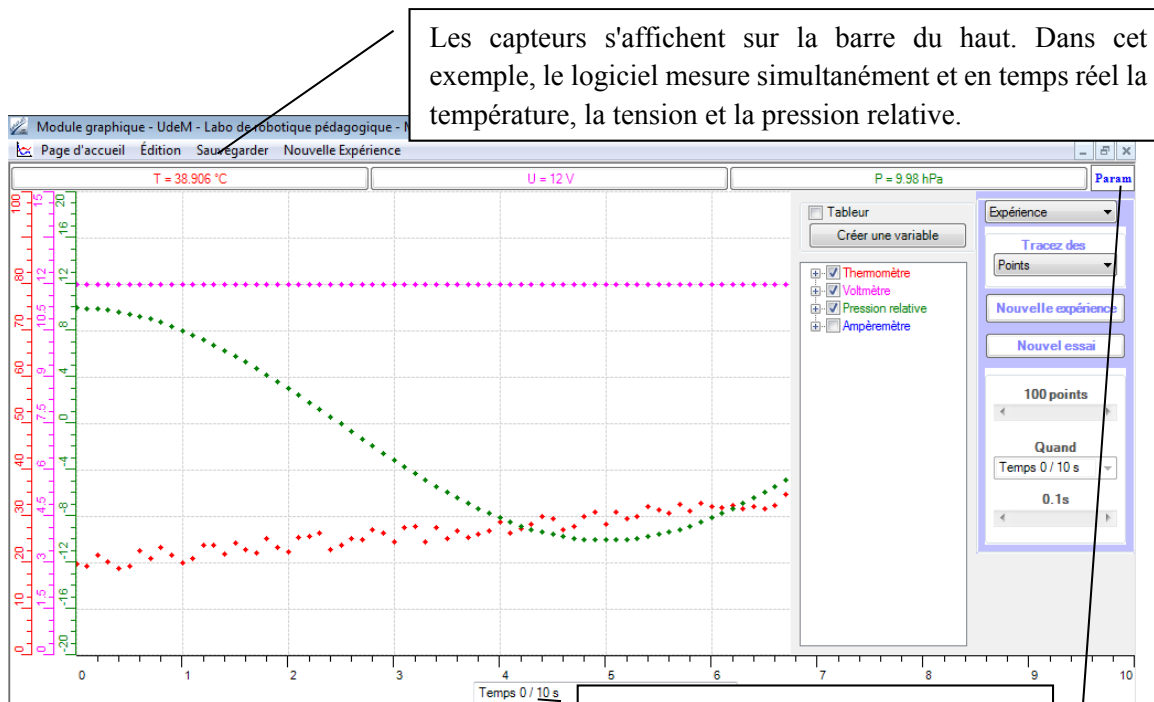




**Figure 19 :** La fenêtre du module *vumètres*

Le module *graphiques* permet d'enregistrer plusieurs mesures en lançant une acquisition de données, de fixer le temps d'expérimentation ainsi que la fréquence entre les mesures. Il est possible d'effectuer une expérimentation en mettant en relation deux ou plusieurs variables, ou encore de constater l'évolution d'une ou plusieurs grandeurs physiques en fonction du temps. Le logiciel affiche automatiquement les données prises par les capteurs sous la forme d'un nuage de points. Suite à cette expérimentation, il est aussi possible d'afficher un tableau des données expérimentales. La figure 20 présente les résultats d'une expérimentation avec plusieurs capteurs sous la forme de nuages de points. Le module *graphiques* sera utilisé lors des expérimentations de transformation et de validation lors de la réalisation d'un instrument de mesure.

La fonction d'étalonnage permet d'étalonner la mesure prise par un capteur en fonction d'un étalon. Cet étalon peut être un capteur *MicrolabExAO* connecté à l'interface ou un instrument de mesure extérieur. Par exemple, il est possible d'étalonner un capteur température pour que celui-ci prenne des données similaires à celles d'un autre capteur de température ou d'un thermomètre à alcool. Cette fonction ne devrait pas être utilisée par l'élève durant la réalisation de son instrument de mesure.

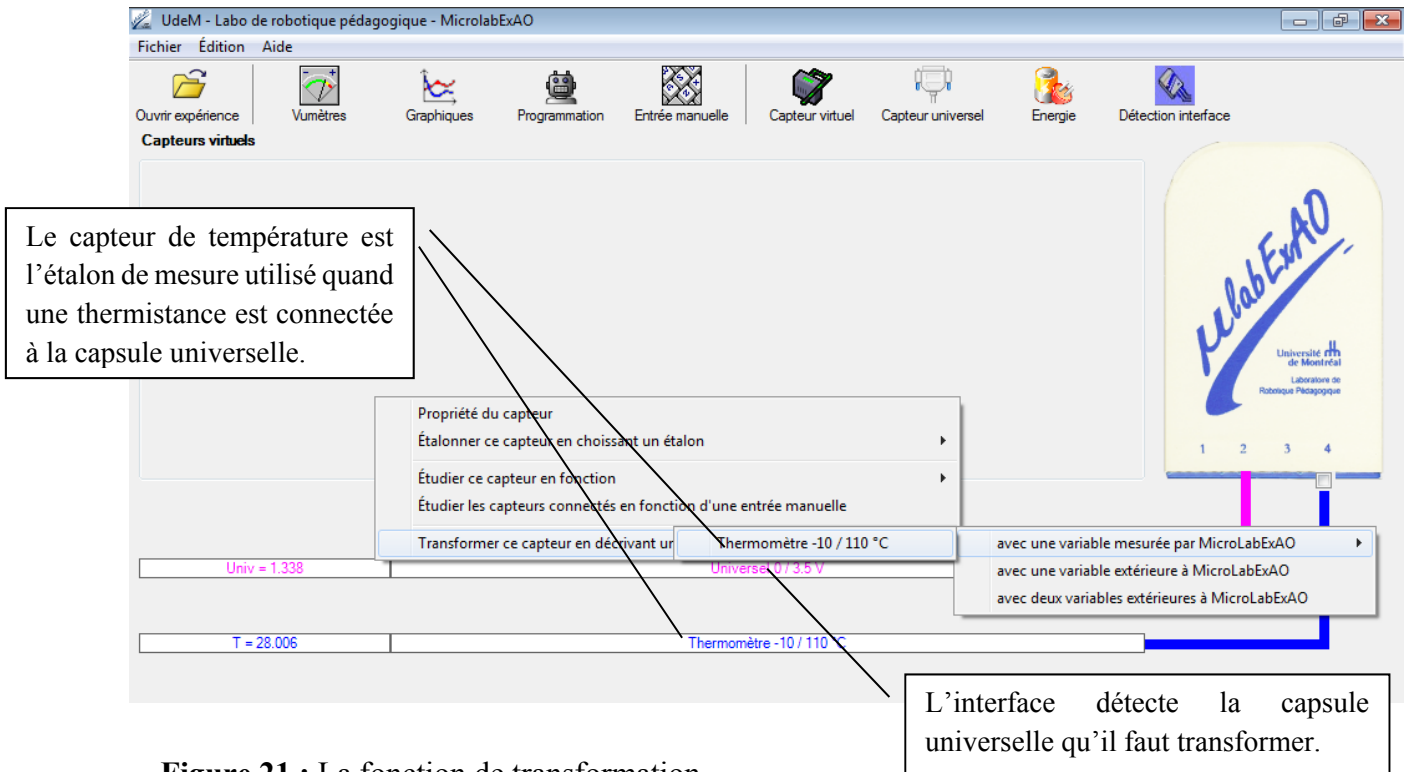


**Figure 20 :** La fenêtre du module *graphiques*

Il est possible d'observer la variation des variables en fonction du temps.

Les paramètres permettent de lancer une acquisition de données, d'en fixer la durée et la fréquence ainsi que de sélectionner les variables affichées sur le graphique.

La fonction de transformation permet d'attribuer une nouvelle fonction algébrique à un capteur. C'est cette fonction qui permet d'attribuer une équation algébrique de transfert au transducteur lors de la construction d'un instrument de mesure. Pour accéder à cette fonction, l'apprenant doit cliquer sur la capsule universelle détectée par l'interface en page d'accueil. La fonction *transformer ce capteur en décrivant une/des relations de causalité* devrait apparaître. Trois sous-fonctions apparaissent aussi. La sous-fonction *avec une variable mesurée par MicrolabExAO* doit être utilisée en ayant comme étalon un capteur *MicrolabExAO* branché à l'interface d'acquisition de données. La sous-fonction *avec une variable extérieure à MicrolabExAO* prend comme étalon un instrument de mesure traditionnel, tout comme la sous-fonction *avec deux variables extérieures à MicrolabExAO*. La figure 21 montre les sous-fonctions à sélectionner pour effectuer la transformation d'une thermistance connectée à une capsule universelle en utilisant un capteur de température *MicrolabExAO* comme étalon de mesure.



**Figure 21** : La fonction de transformation

L'apprenant pourrait aussi utiliser comme étalon un thermomètre à alcool (extérieur à *MicroLabExAO*), il devra alors sélectionner la sous-fonction *avec une variable extérieure à MicroLabExAO*. Le logiciel ouvre alors automatiquement une fenêtre, présentée à la figure 22, permettant à l'élève de définir les caractéristiques de l'instrument de mesure traditionnel servant d'étalon, ici le thermomètre à alcool. Une fois ces étapes complétées, le logiciel se place automatiquement en module *graphiques* et la transformation peut commencer après que l'apprenant ait défini les paramètres de son expérimentation.



**Figure 22** : La fenêtre de définition d'un instrument de mesure extérieur à l'ExAO

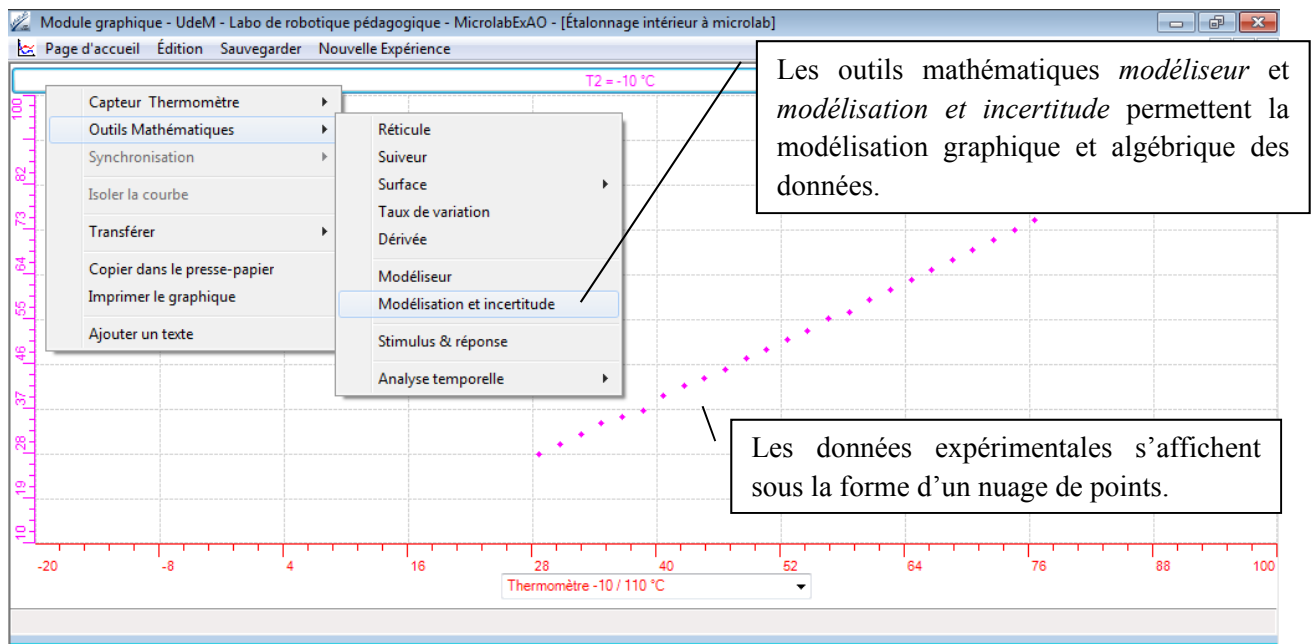
La fonction de transformation sera utilisée par l'élève pour construire ses instruments de mesure. Lors de la réalisation du thermomètre et du détecteur de position, l'élève utilisera comme étalons des instruments de mesure traditionnels extérieurs à *MicrolabExAO*, soit le thermomètre à alcool et le mètre. Dans chaque cas, il devra sélectionner la sous-fonction *avec une variable extérieure à MicrolabExAO* et identifier les informations nécessaires à la définition de ces étalons. Comme ces instruments de mesure ne sont pas reconnus par l'interface d'acquisition, une fois en module *graphiques*, l'élève devra entrer manuellement dans le logiciel les mesures lues sur ces étalons. Lors de la construction du luxmètre et du manomètre, l'élève utilisera comme étalons de mesure des capteurs *MicrolabExAO* mesurant la lumière et la pression. Il utilisera alors la sous-fonction *avec une variable mesurée par MicrolabExAO* et passera automatiquement en mode graphique pour effectuer la transformation. Lors de l'expérimentation de transformation, les données de ces étalons seront alors automatiquement enregistrées par l'ordinateur.

Bien que la prochaine fonction sera interdite d'utilisation par l'élève lors de la construction d'un instrument de mesure, il serait aussi possible d'attribuer automatiquement une fonction de transfert algébrique, déjà enregistrée dans le logiciel, à la mesure d'un transducteur. Pour ce faire, il faut cliquer sur l'icône *capsule universelle* en page d'accueil et sélectionner le type de transducteur connecté à la capsule universelle (pression, température, distance, etc.). L'utilisation de cette fonction sera interdite à l'élève, car elle court-circuiterait la démarche interdisciplinaire de réalisation d'un instrument de mesure.

La modélisation algébrique permet d'attribuer une équation algébrique à un nuage de points en utilisant les outils *modéliseur* ou *modélisation et incertitude* disponibles dans la section *outils mathématiques* présentée à la figure 23. L'outil *modéliseur* permet d'établir la fonction algébrique en ajustant une courbe théorique sur un nuage de points. L'apprenant peut ajuster la courbe théorique sur ses données expérimentales en déplaçant la courbe théorique ou en changeant les paramètres de son équation qui s'affiche automatiquement.

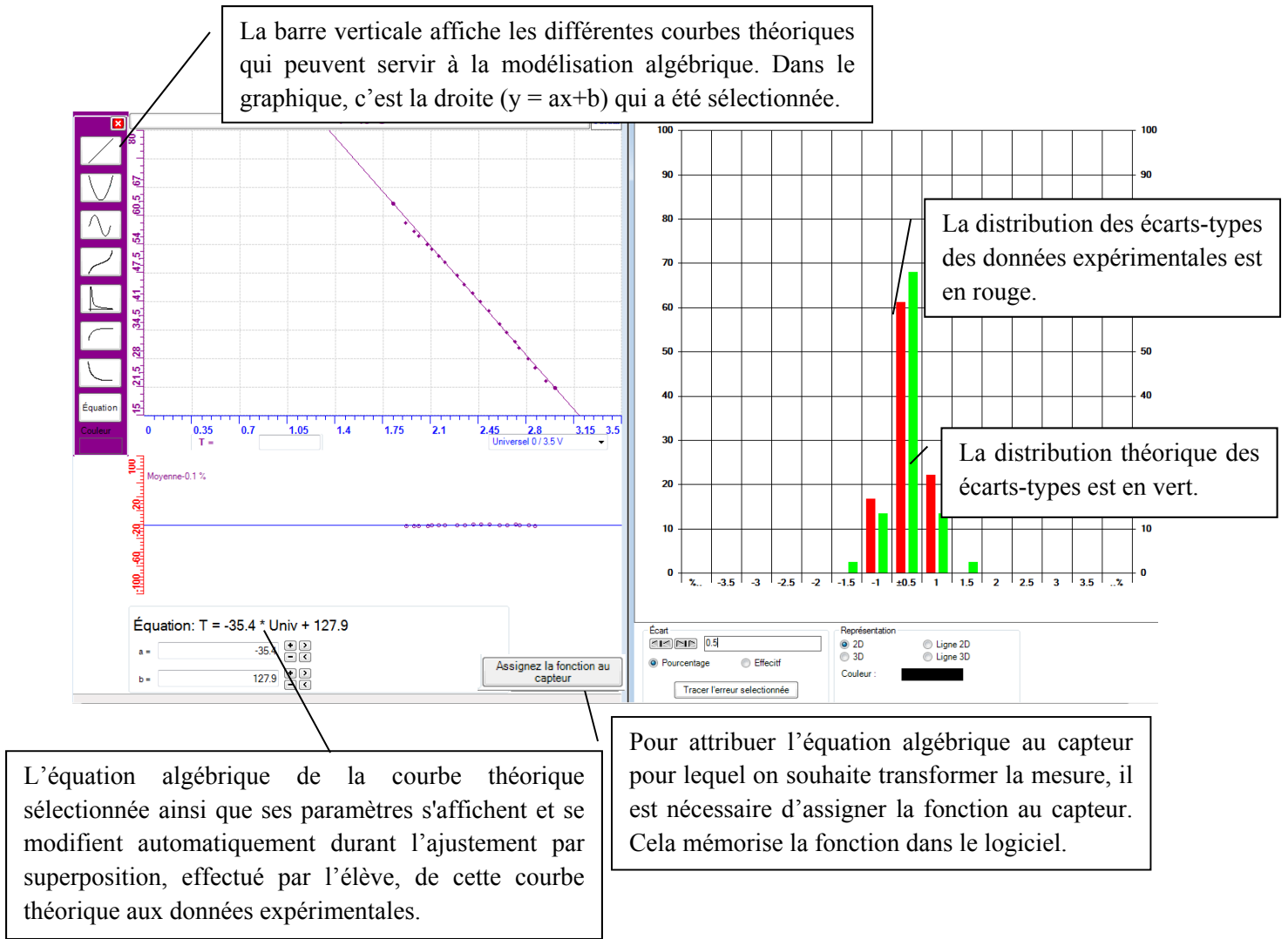
L'outil *modélisation et incertitude* présente les mêmes fonctions que le modéliseur, mais ajoute le traitement statistique des écarts-types à la modélisation pour donner à

l'utilisateur la possibilité d'améliorer l'ajustement de la courbe théorique aux données. Pour ce faire, il utilise le graphique des écarts-types faisant correspondre les écarts-types des données expérimentales aux écarts-types théoriques décrits par la distribution de la courbe normale. Ces outils permettent à l'élève de déterminer l'équation algébrique de transfert lors de l'expérimentation de transformation, mais aussi de déterminer l'exactitude de l'instrument de mesure construit lors de la validation de celui-ci. La figure 24 présente la fenêtre qui apparaît lorsque l'élève sélectionne l'outil *modélisation et incertitude*.

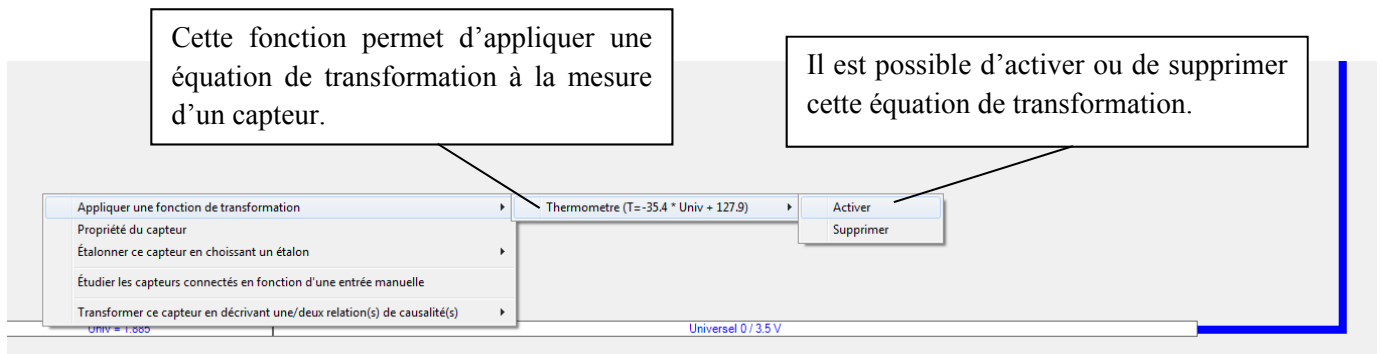


**Figure 23 :** Les outils mathématiques pour traiter les données du graphique

Quand une courbe théorique est ajustée aux données, il est alors possible d'assigner son équation algébrique au capteur pour lequel on souhaite transformer la mesure. Une fois l'équation assignée, elle est enregistrée dans le logiciel. Il est alors nécessaire de retourner en page d'accueil pour activer cette fonction en cliquant sur le capteur à transformer. Durant la réalisation d'un instrument de mesure, c'est sur la capsule universelle que l'élève devra cliquer pour transformer celle-ci selon l'équation algébrique de transfert qu'il aura modélisée. L'apprenant sélectionne alors la fonction *appliquer une fonction de transformation* et active l'équation assignée au nouveau capteur. Ceci est représenté à la figure 25. Ainsi, ce capteur peut alors prendre de nouvelles mesures.



**Figure 24 :** La fenêtre de l'outil *modélisation et incertitude*



**Figure 25 :** La fonction appliquer une fonction de transformation

#### **4.1.4. Mise à niveau sur l'utilisation des systèmes *MicrolabExAO***

Les systèmes de mesure informatisés en ExAO sont utilisés dans tous les collèges et lycées de France. Au Québec, ils sont utilisés dans plusieurs écoles. Toutefois, la majorité des établissements secondaires n'a pas encore intégré cette technologie dans ses laboratoires de sciences, contrairement aux établissements collégiaux et universitaires. Ainsi, la plupart des élèves ne sont pas familiers à l'utilisation de l'ExAO. Avant de mener notre mise à l'essai empirique auprès des élèves, nous proposons de leur donner une mise à niveau sur les principes de base des systèmes *MicrolabExAO*. Pour cette mise à niveau, nous ferons une démonstration des différentes fenêtres du logiciel et mettrons les apprenants en action en leur demandant de mener une expérimentation. Nous appelons cela une mise à niveau, car la moitié des élèves qui effectueront la mise à l'essai empirique ont déjà utilisé l'ExAO à l'école. Nous pensons que c'est par la manipulation que les participants comprendront le mieux les systèmes *MicrolabExAO*. Comme les étudiants universitaires sont déjà familiers à l'utilisation de ces systèmes, utilisés en laboratoire de didactique à Université de Montréal, il ne sera pas nécessaire de leur donner une mise à niveau sur l'utilisation du logiciel.

#### **4.1.5. Formation sur l'activité de réalisation d'un capteur**

Lors de la première séance de la mise à l'essai empirique, avant la construction du thermomètre, nous voulons voir avec les sujets les notions importantes pour la compréhension de la démarche générale de réalisation d'un instrument de mesure. Dans un premier temps, nous expliciterons le branchement des transducteurs sur la capsule universelle. Nous effectuerons alors avec les apprenants une mobilisation des connaissances antérieures sur la loi d'Ohm et sur les différents composants d'un circuit électrique, concepts abordés en 4<sup>e</sup> secondaire. Nous reviendrons sur le fait que, dans un circuit en série, la tension aux bornes des différents éléments résistifs s'additionne pour donner la tension à la source, tandis que l'intensité du courant demeure constante. Nous adapterons ces notions au branchement d'un transducteur sur la capsule universelle en expliquant la connexion de la thermistance. Pour que le signal électrique de celle-ci puisse

varier adéquatement, nous expliquerons aux élèves qu'il est nécessaire d'ajouter une résistance fixe dans le circuit, créant ainsi un diviseur de tension (voir section 2.10).

Dans un deuxième temps, nous aborderons de nouvelles notions avec les apprenants concernant la chaîne de mesure des systèmes *MicrolabExAO* en explicitant ses différents éléments à l'aide d'un schéma (voir figures 8 et 9). En combinant cette explication à celles sur les transducteurs et sur le diviseur de tension, nous pensons que les sujets auront une compréhension globale de la prise de mesure. Nous aborderons aussi avec eux les principales étapes de la démarche générale de réalisation d'un instrument de mesure que nous avons divisées de la manière suivante : 1) la connexion des fils sur la capsule universelle, 2) l'expérimentation de transformation, 3) la modélisation algébrique, 4) l'assignation et l'application de l'équation algébrique de transfert, et 5) l'expérimentation de validation de l'instrument de mesure construit pour en déterminer l'exactitude. Nous pensons que cette démarche de référence facilitera l'intégration du processus de construction d'un instrument de mesure par l'apprenant.



## 4.2. Modèle d'action

Le modèle d'action contient les protocoles de manipulations que nous avons adaptés pour mener notre intervention didactique dans l'environnement d'apprentissage des systèmes *MicrolabExAO*. Il contient ainsi les manipulations attendues de l'apprenant placé dans cet environnement lors de la réalisation des quatre instruments de mesure. Ces manipulations devraient être menées par les sujets lors de la mise à l'essai empirique.

Comme précédemment mentionné, chaque apprenant construira respectivement les quatre instruments de mesure électroniques suivants : thermomètre, luxmètre, détecteur de position et manomètre. Pour ce faire, il aura un protocole complet pour le thermomètre, un protocole partiel pour le luxmètre, un protocole qu'il aura lui-même rédigé et que nous corrigerons avec lui pour le détecteur de position et aucun protocole pour le manomètre. Précisons que la réalisation des trois premiers instruments de mesure vise à préparer l'élève à effectuer de manière autonome la réalisation du manomètre.

Durant chacune des trois premières séances, nous demanderons à l'élève de réfléchir sur sa démarche de réalisation en rédigeant un rapport de laboratoire comprenant les parties suivantes : Identification des variables, hypothèse sur le fonctionnement du transducteur, description de la relation de causalité en utilisant le graphique de transformation, appréciation de l'exactitude de l'instrument de mesure construit en utilisant le graphique de validation, et explicitation du fonctionnement de l'instrument construit à partir de mots-clés. Cette explicitation est disponible à l'annexe VII et nous renseigne sur les conceptions des sujets durant l'intervention. À la fin de chacune des trois premières séances, nous récupérerons le rapport de laboratoire de chaque élève et nous le lui retournerons évalués de manière formative au début de la séance suivante. À ce moment, nous en profiterons pour effectuer avec lui une discussion post-laboratoire pour nous assurer qu'il aura compris à la fois la démarche, pour améliorer celle-ci en corrigeant ses erreurs, ainsi que le fonctionnement de l'instrument construit. Cette discussion post-laboratoire est ici une activité de structuration des connaissances.

Suite à la mise à l'essai empirique, nous observerons seulement les manipulations de l'élève que nous aurons filmées lors de sa construction du manomètre. Dans l'analyse et l'interprétation des résultats, nous confronterons ainsi notre analyse *a priori* et notre analyse *a posteriori* en comparant les manipulations attendues de la réalisation du

manomètre, décrites à la fin de cette section, avec les actions qu'aura effectivement menées l'élève.

#### **4.2.1. Manipulations pour la réalisation du thermomètre**

Le protocole de construction du thermomètre qui sera remis à l'élève est décrit plus loin. Les participants seront invités à suivre ce protocole pas à pas. Il est possible d'y voir le cahier des charges qui prend la forme du schéma de branchement des composants électroniques à la capsule universelle. L'élève doit effectuer son montage expérimental (étape 3 du protocole), sélectionner la fonction initiale de transformation (étape 4) et définir la mesure prise par le thermomètre à alcool étalon (étape 5). Lors de l'expérimentation de transformation (étape 6), l'élève mettra en relation de causalité la tension aux bornes de la thermistance et la température telle que lue sur le thermomètre à alcool étalon. Après avoir établi une représentation graphique de cette interaction de variables, il effectuera la modélisation algébrique de ses données pour déterminer l'équation algébrique de transfert (étapes 7 - 8). Celle-ci sera enregistrée par le logiciel et appliquée à la mesure de la tension aux bornes de la thermistance pour transformer cette tension en température (étapes 9 - 10). L'élève n'a plus qu'à mener une expérimentation de validation du thermomètre construit pour voir si ses mesures sont similaires à celles de l'étalon (étapes 11 à 15) et à en déterminer l'exactitude (étapes 16 - 17).

Nous ferons constater aux apprenants que ce protocole contient les cinq étapes de la démarche générale de réalisation d'un instrument de mesure (voir section 4.1.5). À chaque instrument construit, ils devront s'assurer d'avoir complété ces cinq étapes. Nous pensons que ceci facilitera l'intégration de cette démarche générale. Les apprenants devront aussi s'assurer de comprendre le fonctionnement de la prise de mesure de la thermistance, que nous avons décrit précédemment (voir section 2.8). Rappelons simplement que la résistance interne de la thermistance change en fonction de la variation de température. Nous avons préalablement calculé la valeur de la résistance fixe que le sujet doit placer en série avec cette thermistance pour construire son diviseur de tension sur la capsule universelle, de manière à ce que la tension envoyée à l'ordinateur varie entre 0 et 3,5V. La fonction algébrique de transfert qui sera modélisée par l'apprenant correspond à une fonction polynomiale de degré 1, linéaire décroissante.

## CONSTRUCTION D'UN THERMOMÈTRE

### MATÉRIEL

#### Informatique :

Ordinateur avec logiciel MicrolabExAO

Interface MicrolabExAO

#### De laboratoire :

1 thermistance mini-sens NTC 5 k $\Omega$  (KC002T-ND)

1 résistance de 1 k $\Omega$

1 capsule universelle MicrolabExAO

1 bécher de 250 ml

1 potence avec une pince universelle

1 pince à linge

1 plaque chauffante agitatrice

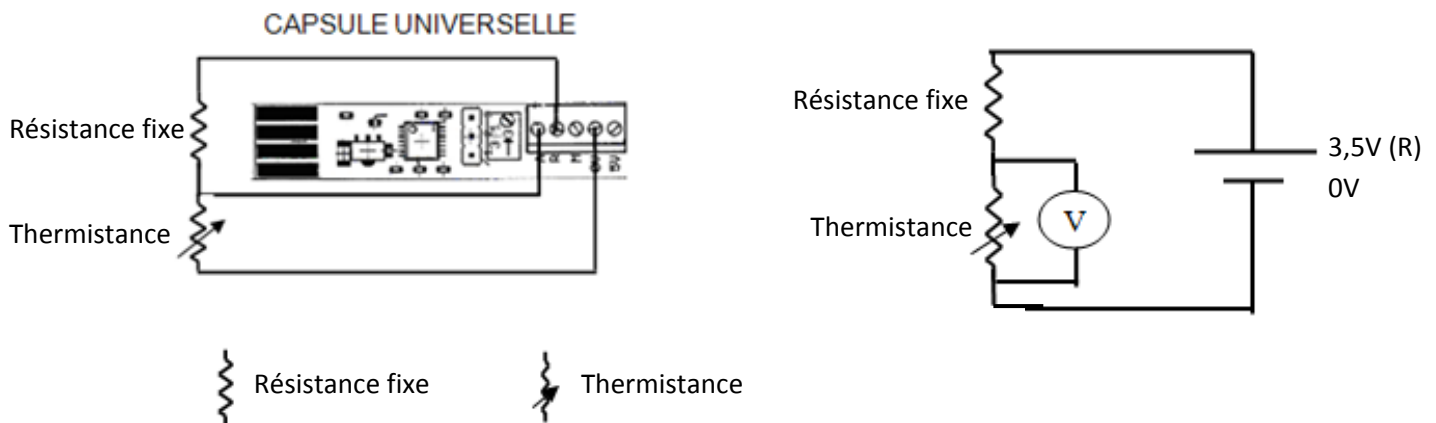
1 barreau magnétique

1 thermomètre à alcool -10 à 110°C muni d'un mini élastique

Eau déminéralisée

### CONSTRUCTION du thermomètre


Brancher la thermistance et la résistance fixe en serrant **délicatement** les vis, tel que le présente le schéma suivant :



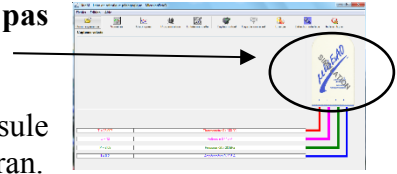
**PRÉCAUTION** : Lorsque vous aurez terminé les branchements, **appelez le responsable** pour qu'il les vérifie **afin d'éviter de court-circuiter l'interface**.  
**Si un fil se débranchait, RETIRER IMMÉDIATEMENT LA CAPSULE DE L'INTERFACE et appeler un responsable sans tenter de le replacer.**

### TRANSFORMATION de la thermistance en thermomètre

1. Brancher l'interface au secteur puis à l'ordinateur. Lancer le logiciel

MicrolabExAO . Si l'interface est reconnue, son image apparaît à l'écran.

Si le mot *simulation* est inscrit sur l'image, **l'interface n'est pas reconnue**, vérifier les branchements.



2. Insérer la capsule universelle dans l'interface. La capsule devrait apparaître sous forme de « capteur » universel à l'écran.

3. Déposer le bécher rempli d'eau déminéralisée<sup>12</sup> sur la plaque chauffante et plonger les thermomètres dans l'eau, en prenant soin d'accrocher la thermistance au thermomètre à alcool avec le mini élastique.

**Veiller à ce que les fils de la thermistance et de la plaque chauffante soient bien éloignés de la plaque chauffante.** Au besoin, utiliser la pince à linge.

4. Cliquer sur le capteur afin de faire apparaître la fonction « Transformer ce capteur en décrivant une/deux relation(s) de causalité, avec une variable extérieure à MicrolabExAO ».



5. Définir l'entrée manuelle (thermomètre à alcool):

Nom: *Thermomètre*

Variable: *T*

Unité: °C

Minimum: 15 et maximum: 70

Le nombre de décimales: 1

Cliquer sur OK, vous basculez en mode graphique.

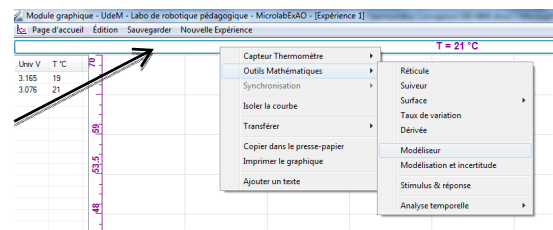


Il faut maintenant prendre différentes mesures de température de l'eau avec le thermomètre à alcool et la thermistance de sorte qu'ils mesurent la même température. Nous obtiendrons une équation algébrique de transfert entre la tension (U) aux bornes de la thermistance et la température (T) du thermomètre à alcool sous forme  $T = f(U)$ .

6. Activer l'agitateur magnétique et faire chauffer l'eau **lentement**. Relever une dizaine de mesures de température à l'aide du thermomètre à alcool entre 20 et 60 °C. Inscrive la température dans le champ prévu à cet effet, sous l'axe des abscisses et taper sur *Entrée*.

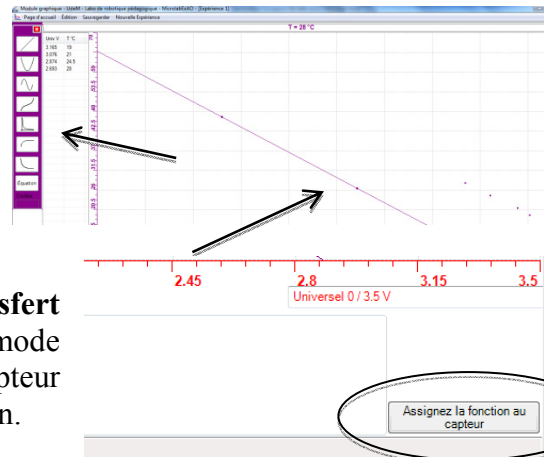
T =

7. Lorsque vous aurez suffisamment de points, cliquer sur la barre du capteur en haut du graphique et choisir *Outils mathématiques* et *Modéliseur*.



<sup>12</sup> Il est important d'utiliser de l'eau déminéralisée afin d'éviter de court-circuiter la thermistance dont les soudures sont mal isolées.

8. À gauche de l'écran, sélectionner la droite qui représente le mieux vos données expérimentales. Superposer cette droite à vos données en cliquant sur les points de la droite théorique.

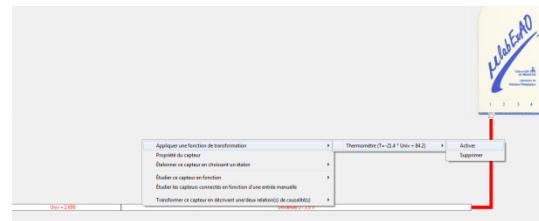



9. **Noter l'équation algébrique de transfert** correspondante et, **avant de quitter** le mode graphique, **assigner** cette équation au capteur avec le bouton situé en bas à droite de l'écran.

T =

Il n'est pas nécessaire d'enregistrer le graphique, l'équation est mémorisée par le logiciel.

10. Votre capsule universelle, jumelée à la thermistance, est maintenant prête pour être transformée en thermomètre. À partir de la page d'accueil, sur la barre du capteur « *Appliquer une fonction de transformation* », choisir l'équation en l'activant.



11. En mode Vu-mètre,  constater que le thermomètre construit est maintenant opérationnel.

## VALIDATION du thermomètre

12. Valider votre thermomètre avec de nouvelles mesures de température.
13. À partir de la page d'accueil, cliquer sur la barre du capteur construit et sur *Étudier ce capteur en fonction d'une entrée manuelle*.
14. Définir la température mesurée par le thermomètre à alcool comme entrée manuelle.
15. Prendre des mesures de température dans l'intervalle de température calibré.
16. Effectuer la modélisation algébrique de vos données.
17. Présenter et commenter le graphique obtenu.

## Glossaire

Thermistance : Résistance qui varie en fonction de la température. Comme pour la résistance fixe, le courant électrique dans la thermistance peut circuler dans les deux sens.

Protocole révisé par David Pellerin, mai 2015, et réalisé par Claire Amiaud et Pauline Lalancette pour le laboratoire de didactique des sciences et technologie au secondaire de l'Université de Montréal, avril 2009

### 4.2.2. Manipulations pour la réalisation du luxmètre

Le protocole de construction du luxmètre, présenté plus loin, contient principalement le schéma de branchement du transducteur à la capsule universelle ainsi que quelques manipulations clés. Nous disons à l'apprenant quelle fonction initiale utiliser, c'est-à-dire *transformer ce capteur en décrivant une relation de causalité avec une variable mesurée par MicrolabExAO : luxmètre 0-40 W/m<sup>2</sup>*, étant donné que celle-ci diffère de la fonction initiale utilisée pour construire le thermomètre (étape 1 du protocole). En effet, l'étalon pour réaliser le luxmètre est un capteur de lumière *MicrolabExAO* dont la mesure peut être reconnue et enregistrée par l'ordinateur, contrairement à la mesure du thermomètre à alcool étalon précédemment utilisé. Nous mentionnons aussi à l'apprenant la période d'enregistrement des mesures à définir comme paramètre d'acquisition, en lui disant qu'une mesure doit être enregistrée par l'ordinateur chaque fois que la tension aux bornes du transducteur varie de 0,1V (étape 2). Finalement, nous lui disons comment, dans son montage expérimental, placer ses capteurs par rapport à la source lumineuse (étape 3) et nous lui rappelons, par une question, d'effectuer une expérimentation de validation (étape 4).

Les apprenants devront s'assurer de comprendre le fonctionnement du transducteur utilisé, la photorésistance. Celle-ci fonctionne de façon similaire à la thermistance. En effet, c'est une variation de luminosité qui fait varier la résistance interne, l'ordinateur enregistrant la tension correspondante entre 0 et 3,5V. Avec la modélisation algébrique, l'apprenant déterminera que la relation de causalité entre cette luminosité, mesurée par l'étalon, et la tension aux bornes de la photorésistance est une fonction inversement proportionnelle. Précisons que le type de fonction qui décrit la relation entre la tension aux bornes d'un transducteur et la grandeur physique qu'il mesure dépend, non pas du phénomène physique, mais du mécanisme interne inhérent à ce transducteur.

## CONSTRUCTION D'UN LUXMÈTRE

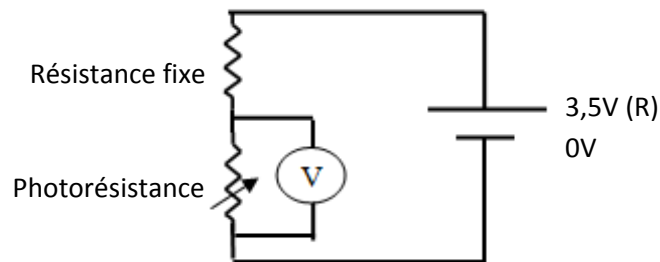
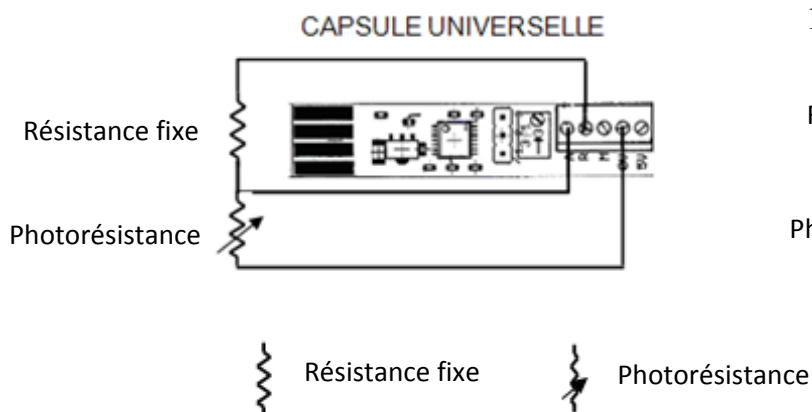
### MATÉRIEL

#### Informatique :

Ordinateur  
Logiciel MicrolabExAO  
Interface MicrolabExAO

#### De laboratoire :

1 photorésistance de 0.10 à 12 k $\Omega$   
1 résistor 200  $\Omega$   
1 capsule universelle MicrolabExAO  
1 mini tournevis  
1 Lampe sur pied de 60W



Photorésistance : Résistance qui varie en fonction de la lumière. Comme pour la résistance fixe, le courant électrique dans la photorésistance peut circuler dans les 2 sens.

PRÉCAUTION : Lorsque vous aurez terminé les branchements, appelez le responsable pour qu'il les vérifie afin d'éviter de court-circuiter l'interface.

### TRANSFORMATION de la photorésistance en luxmètre

1. Pour déterminer l'équation algébrique de transfert de forme  $L = f(U)$  entre la luminosité mesurée par le luxmètre étalon ( $L$ ) et la tension aux bornes de la photorésistance ( $U$ ), cliquer sur la barre d'outils de la capsule universelle et sélectionner la fonction *transformer ce capteur en décrivant une relation de causalité avec une variable mesurée par MicrolabExAO : Luxmètre 0-40 W/m<sup>2</sup>*.
2. Paramétrer l'acquisition de mesure de la transformation de sorte qu'une mesure se prenne chaque fois que la tension aux bornes de la photorésistance varie de 0,1 V.
3. Positionner le luxmètre et la photorésistance l'un près de l'autre avec leur face dans le même plan, puis à la verticale, approcher et éloigner la lampe.

### VALIDATION du luxmètre

4. En mode graphique, comment allez-vous vérifier la validité de votre nouveau capteur?

Protocole réalisé par David Pellerin, mai 2015

### 4.2.3. Manipulations pour la réalisation du détecteur de position

Pour la réalisation du détecteur de position, c'est l'élève qui doit rédiger son propre protocole de manipulations. Pour ce faire, nous lui remettrons d'abord le panier contenant le matériel à utiliser. Il devra alors identifier le transducteur permettant de mesurer la position ainsi que son étalon de mesure, le mètre. Il agencera le matériel disponible dans un montage expérimental qui doit permettre au transducteur et au mètre de mesurer la même position. Nous vérifierons ce montage et amènerons l'apprenant, par questionnement, à le corriger jusqu'à ce qu'il soit adéquat. C'est à ce moment que nous inviterons l'élève à rédiger son propre protocole de manipulations. De la même façon, nous vérifierons ce protocole avec lui et, par des régulations interactives (Thouin, 2009), nous l'amènerons à améliorer ce protocole jusqu'à ce qu'il soit adéquat. Lorsque le protocole contiendra toutes les étapes nécessaires pour réaliser son détecteur de position, les manipulations de l'élève pourront alors débuter. Nous lui fournirons seulement le cahier des charges contenant l'échelle de mesure du manufacturier, qui lui indique que le transducteur peut prendre des mesures de position entre 20 et 70 cm, ainsi que le schéma du branchement du transducteur à la capsule universelle, qui diffère légèrement de celui des expérimentations précédentes étant donné que le fil rouge se branche sur l'entrée de l'alimentation de 5V de la capsule universelle et non celle de 3.5V (R).

Durant la séance, l'apprenant devra s'assurer de comprendre le fonctionnement de son détecteur de position. Celui-ci émet et reçoit des ondes infrarouges. Il possède donc un émetteur et un récepteur d'ondes. Lorsqu'une onde est émise par l'émetteur, elle doit rencontrer une surface plane pour être réfléchi et captée par le récepteur. Lorsque la position de la surface plane varie, l'angle d'incidence du rayon entrant capté par le récepteur varie aussi. C'est en fonction de cet angle d'incidence que la résistance du transducteur varie et qu'un signal électrique entre 0 et 3,5 V est envoyé à l'ordinateur.

Le transducteur utilisé ici est plus complexe que la thermistance ou la photorésistance. Cette complexité entraîne le fait que la résistance fixe et le transducteur sont intégrés dans un même boîtier, dont le contenu est inaccessible. L'apprenant n'aura donc pas à construire de diviseur de tension. Celui-ci, s'il est nécessaire, est construit par



le manufacturier et intégré au boîtier, tout comme les composants de filtrage ou d'amplification du signal. Pour simplifier le vocabulaire utilisé avec les élèves, nous avons appelé ce boîtier transducteur, bien qu'il aurait été plus juste de le nommer capteur. L'apprenant connectera ce transducteur à la capsule universelle en utilisant trois entrées.

Voici les manipulations que nous voulons amener les élèves à rédiger :

- 1) Connexion des fils sur la capsule universelle :
  - 1) Pour alimenter le transducteur, connecter le fil rouge à l'entrée *Alimentation 5V* sur la capsule universelle.
  - 2) Connecter le fil noir à l'entrée *Masse 0V* de la capsule universelle.
  - 3) Pour que l'ordinateur puisse lire la tension aux bornes du transducteur, connecter le fil jaune à l'entrée *Signal* de la capsule universelle.
  - 4) Faire valider le branchement par l'enseignant-chercheur.
- 2) Expérimentation de transformation :
  - 1) En page d'accueil, sélectionner la fonction *transformer ce capteur en décrivant une/deux relation(s) de causalité, avec une variable extérieure à MicrolabExAO*.
  - 2) Dans la boîte de dialogue qui apparaîtra, définir les informations sur l'entrée manuelle, soit le mètre. Le mode graphique apparaîtra automatiquement.
  - 3) Positionner la surface plane à 20 cm et prendre une mesure.
  - 4) Positionner la surface plane à 25 cm et prendre une mesure.
  - 5) Prendre ainsi des mesures jusqu'à 70 cm.
- 3) Modélisation algébrique :
  - 1) Cliquer sur la barre du capteur en mode graphique et sélectionner le *modéliseur* dans les outils mathématiques.
  - 2) Sélectionner la courbe théorique qui s'apparente le plus au nuage de points obtenu.
  - 3) Superposer la courbe théorique au nuage de points en faisant passer le plus de points possible par la courbe.
  - 4) Faire une copie d'écran du graphique dans un document *Word*.
- 4) Assignation et application de l'équation algébrique de transfert :
  - 1) Cliquer sur le bouton *assigner l'équation au capteur*.
  - 2) En page d'accueil, cliquer sur la capsule universelle, sélectionner la fonction *appliquer une équation de transformation*.
  - 3) Sélectionner l'équation algébrique de transfert et l'activer.
- 5) Expérimentation de validation de l'instrument de mesure construit.
  - 1) Cliquer sur le capteur construit et sélectionner la fonction étudier ce capteur en fonction d'une entrée manuelle.
  - 2) Définir le mètre comme entrée manuelle.
  - 3) Mesurer des longueurs entre 20 et 70 cm avec le mètre et le détecteur de position.
  - 4) Effectuer la modélisation algébrique des données.
  - 5) Juger la qualité du mesurage et l'exactitude du détecteur de position construit.

#### 4.2.4. Manipulations attendues pour la réalisation du manomètre

Pour réaliser le manomètre, nous fournirons à l'apprenant seulement le panier contenant le matériel de laboratoire en lui disant que le transducteur qu'il contient permet de mesurer la pression d'un gaz. Ce transducteur est similaire à celui utilisé pour le détecteur de position, c'est-à-dire que tous ses composants électroniques sont intégrés dans un boîtier qui nécessite les trois mêmes connexions à la capsule universelle. Ainsi, l'apprenant devra réaliser cet instrument sans protocoles de manipulations ni directives. C'est avec les données recueillies durant cette séance de construction, qui constitue un examen pratique de laboratoire, que nous évaluerons le degré d'autonomie de la démarche interdisciplinaire de réalisation d'un instrument de mesure par chaque apprenant. Voici la liste du matériel fourni à l'élève :

- Ordinateur avec le logiciel *MicrolabExAO*
- 1 interface d'acquisition de mesure
- 1 capsule universelle
- 1 mini tournevis
- 1 transducteur de pression (0 – 3,5V)
- 1 capteur de pression (0 – 1500 hPa) qui se termine par un long tuyau de plastique
- 1 tuyau de plastique de longueur identique à celui du capteur de pression ExAO
- 1 petit tuyau de plastique
- 1 raccord de plastique à trois branches (en forme de T)
- 1 seringue (0-10 ml)

L'apprenant devra agencer adéquatement ce matériel pour réaliser son montage expérimental. Pour ce faire, il lui faudra comprendre les éléments suivants :

- Le capteur de pression ExAO sera ici l'étalon de mesure ;
- Une seringue permet de faire varier la pression ;
- Il faut que le transducteur de pression et le capteur de pression ExAO puissent prendre la même variation de pression d'un gaz en utilisant la même seringue :
  - Pour ce faire, il faut raccorder le long tuyau de plastique au transducteur ;
  - Il faut aussi connecter la seringue au raccord en forme T pour distribuer la même pression dans l'étalon et le transducteur.

Après avoir construit le montage adéquat, présenté plus loin dans cette section, nous nous attendons à ce que chaque élève réalise son manomètre électronique en fonction de la description suivante :

1) Connexion des fils sur la capsule universelle :

L'apprenant devra connecter les fils du transducteur à l'aide du mini tournevis en respectant le code de couleur (fil rouge : 5V ; fil noir : 0V ; fil jaune : *Signal*).

2) Expérimentation de transformation :

Pour déterminer l'équation algébrique de transfert de forme  $P = f(U)$  (où  $P$  est la pression mesurée par le capteur de pression ExAO et  $U$  la tension aux bornes du transducteur), l'apprenant devra sélectionner la fonction *transformer ce capteur en décrivant une relation de causalité avec une variable mesurée par MicrolabExAO : Manomètre 0 - 1500 hPa*. Il devra ensuite prendre au moins dix données pour obtenir un nuage de points.

3) Modélisation algébrique :

L'apprenant devra sélectionner le *modéliseur* dans les outils mathématiques et choisir la courbe théorique qui s'apparente le plus au nuage de points obtenu. Il devra superposer cette droite à son nuage de points en y faisant passer le plus de points possible.

4) Assignation et application de l'équation algébrique de transfert :

L'apprenant devra enregistrer l'équation algébrique de transfert et l'appliquer à la mesure prise par le transducteur pour que celui-ci affiche des valeurs de pression.

5) Validation de l'instrument de mesure construit :

Dans un graphique, l'apprenant devra placer sur les axes la mesure du manomètre construit en fonction de la mesure du capteur de pression étalon (ou l'inverse). Il devra prendre ensuite une dizaine de points avant d'effectuer la modélisation algébrique de ses données pour évaluer l'exactitude de ce manomètre construit.

Pour pouvoir évaluer en détail sa démarche, nous filmerons les manipulations de chaque participant dans l'environnement d'apprentissage lorsqu'il réalisera le manomètre. Les manipulations attendues de l'apprenant sont décrites dans le modèle d'action suivant présenté dans le tableau IV, qui constitue notre analyse *a priori* des comportements de l'élève. Dans la section *analyse et interprétation des résultats*, nous confronterons les manipulations attendues de ce modèle d'action (analyse *a priori*) avec les actions posées par l'apprenant dans l'environnement d'apprentissage (analyse *a posteriori*). Les apprenants auront un maximum de 90 minutes pour réaliser leur manomètre.

<b>Modèle d'action pour la réalisation du manomètre</b>
• Le participant crée un fichier à son nom sur le bureau.
• Il branche l'interface.
• Il met en route le logiciel <i>MicrolabExAO</i> .
• Il effectue le montage expérimental adéquat :
○ Il raccorde le long tuyau sur le transducteur.
○ Il raccorde le petit tuyau sur le raccord en forme de T.
○ Il raccorde le raccord en forme de T au transducteur et au capteur de pression.
• Il connecte les fils sur la capsule universelle.
• Il branche la capsule universelle.
• Il branche le capteur de pression.
• Il utilise le capteur de pression comme étalon.
• Il clique sur la capsule universelle pour effectuer une transformation.
• Il sélectionne la fonction <i>transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure à MicrolabExAO, le capteur de pression ExAO 0-1500 hPa</i> .
• Il change les paramètres de l'expérimentation pour qu'il y ait une dizaine de points expérimentaux qui se prennent.
• Il lance une acquisition de données.
• Il tire ou pousse sur la seringue.
• Il s'assure que les données qu'il a prises sont réalistes.
• Il sélectionne l'outil mathématique <i>modéliseur</i> .
• Il sélectionne la droite.
• Il modélise graphiquement et algébriquement ses données de manière adéquate.
• Il note son équation à la main.
• Il fait une copie d'écran de son graphique de transformation et le place dans un document <i>Word</i> .
• Il assigne la fonction au capteur.
• Il sauvegarde son graphique de transformation en le plaçant dans le fichier sur le bureau.
• En page d'accueil, il applique la fonction à la capsule universelle.
• Il passe en mode graphique pour valider le capteur.
• Il place les capteurs l'un par rapport à l'autre.
• Il utilise l'outil mathématique <i>taux de variation, modéliseur ou modélisation et incertitude</i> pour déterminer le taux du graphique.
• Il juge de la fidélité et de la justesse du capteur qu'il a créé.
• Il fait une copie d'écran de son graphique de validation et le place dans un document <i>Word</i> .
• Il sauvegarde son graphique de validation en le plaçant dans le fichier sur le bureau.
• Il quitte le logiciel <i>MicrolabExAO</i> .
• Il débranche le matériel adéquatement.

**Tableau IV** : Modèle d'action pour la réalisation du manomètre

Ce modèle d'action correspond aux manipulations attendues d'un élève expert qui aurait, en plus d'avoir intégré la démarche générale de réalisation d'un instrument de mesure, été capable d'adapter cette démarche aux exigences du nouveau problème posé.

Toutefois, ce n'est pas la seule démarche envisageable. Il y a en effet plusieurs façons de construire un manomètre fonctionnel qui dépendent de la créativité et des choix de l'élève. Rappelons que celui-ci n'a aucun protocole et qu'il est libre de ses actions dans sa démarche heuristique de résolution de problème. Les choix de l'apprenant s'effectueront principalement aux niveaux suivants :

- Agencement différent du matériel pour effectuer le montage ;
- Deux fonctions initiales en page d'accueil (transformer ou étalonner) ;
- Des paramètres expérimentaux différents pour chaque mise à l'essai ;
- Module *graphiques* ou module *vumètre* pour effectuer la validation ;
- Validation des capteurs l'un par rapport à l'autre ou en fonction du temps ;
- Outils mathématiques *modéliseur, modélisation et incertitude* ou *taux de variation* pour la modélisation algébrique.

À ces niveaux, l'apprenant choisira l'option qu'il voudra pour réaliser son manomètre. Rappelons que le choix de l'élève expert est indiqué dans le modèle d'action du tableau IV. Nous présenterons et décrirons les autres choix effectués par les apprenants dans le prochain chapitre *analyse et interprétation des résultats*.

Pour faciliter l'évaluation de sa démarche et l'aider à structurer son processus de résolution de problème, lors de la réalisation du manomètre, nous avons demandé à l'apprenant de remplir le rapport écrit. À la page suivante, nous présentons ce rapport contenant tous les éléments recherchés, en plus des points attribués lors de notre correction pour chacun de ces éléments. Nous aborderons dans le prochain chapitre les résultats que nous pouvons dégager à partir des données des rapports écrits complétés par les sujets.

**IMPORTANT : Sur le bureau de l'ordinateur, créez un dossier à votre nom et prénom pour y enregistrer vos résultats graphiques sous le format .xao3. Dans ce dossier, vous devez aussi créer un document WORD dans lequel vous devez seulement coller certains graphiques spécifiquement identifiés dans ce document. Vous êtes responsable de remettre ce dossier au chercheur. Une fois le dossier récupéré, le chercheur vous donnera l'autorisation de quitter le local.**

## **CONSTRUCTION D'UN CAPTEUR DE PRESSION ( /30 POINTS)**

### **Mise en situation**

Dans ce laboratoire, vous devez construire un capteur de pression à l'aide d'un transducteur électronique dont la tension aux bornes varie en fonction de la déformation de sa membrane interne lorsque celle-ci subit la pression d'un gaz. Pour ce faire, vous devez étudier la relation de causalité qui existe entre la pression d'un gaz et la tension délivrée par le transducteur.

Vous devez compléter les différentes sections de ce présent rapport.

### **Matériel ( / 4pts) (Chacun des 8 éléments du matériel vaut 0,5.)**

(Vous pouvez compléter cette section après vos manipulations.)

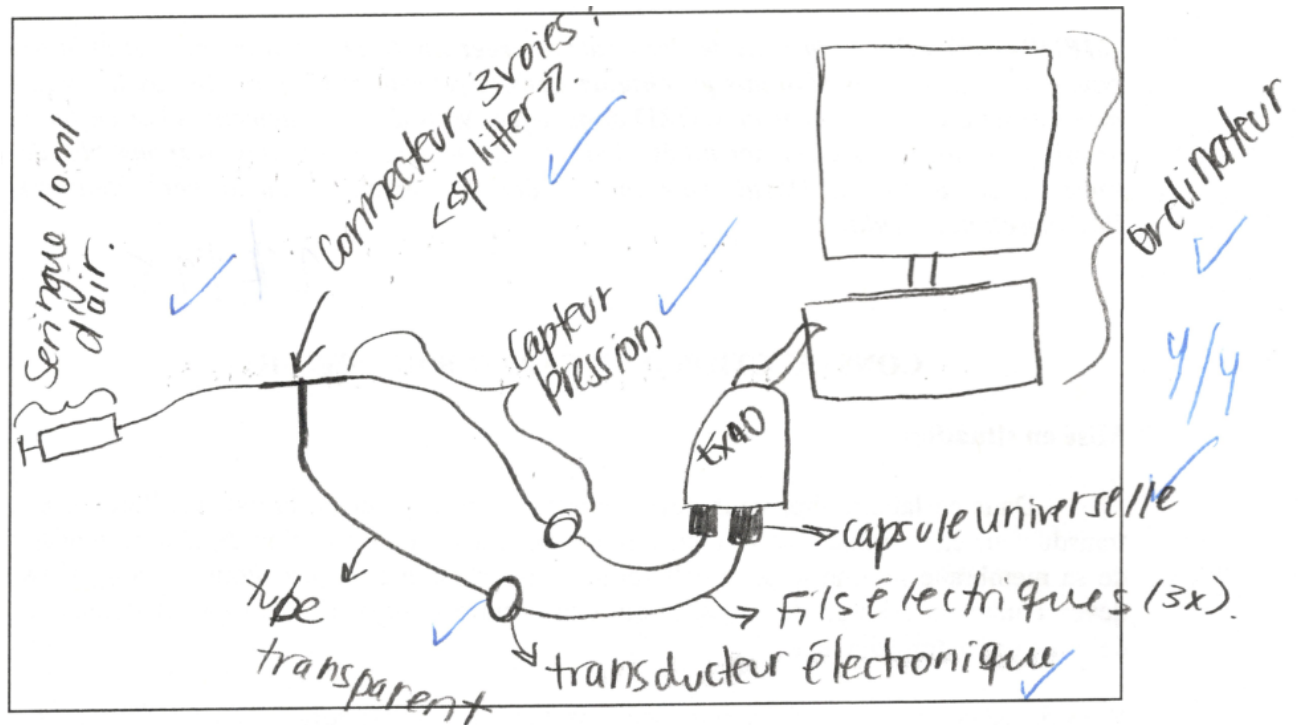
Pour réaliser votre tâche, nous mettons à votre disposition le matériel qui est dans le panier. Faites la **liste du matériel que vous utilisez** pour construire votre capteur.

Matériel informatique :	Matériel de laboratoire :
- 1 interface ExAO	- 1 seringue
- 1 capsule universelle	- 1 transducteur
- 1 manomètre ExAO	- 2 tuyaux de plastique
-	- 1 mini-tournevis
-	- 1 raccord en forme de T

**Schéma de montage ( /4pts) (Chacun des 8 éléments du matériel vaut 0,5.)**

(Vous pouvez compléter cette section après vos manipulations.)

Dessinez le montage et identifiez chacune des parties de celui-ci :



**Question – Précaution : ( / 2pts)**

Lors de l'expérience, que ferez-vous pour protéger le capteur d'une trop grande pression?

S'assurer que P ne dépasse pas 1300 hPa, tirer l'air de la seringue plutôt que la pousser.

**Construction du capteur :**

Énoncez les procédures à suivre pour la construction et la validation de votre capteur de pression. Si vous manquez de lignes pour les procédures, utilisez le verso de la feuille. Numérotez les étapes et soyez précis. Par exemple, précisez les paramètres d'expérimentation que vous utiliserez en mode *graphique*, de même que les outils mathématiques utilisés pour effectuer l'analyse et la validation.

1. Effectuer le montage tel que présenté dans la section *schéma de montage*.
2. Déterminer la relation entre la pression d'un gaz et la tension aux bornes du transducteur, cliquez sur la barre d'outils du capteur universel afin de faire apparaître la fonction ...complétez ici ... ( / 2pts)

Transformer ce capteur en décrivant une relation de causalité avec une variable mesurée par MicroLabExAO : Manomètre 0-1500 hPa

**ATTENTION, il est INTERDIT d'utiliser l'icône « capsule universelle » en page d'accueil pour créer votre capteur de pression.**

**Protocole de transformation ( / 5pts) (Chaque élément vaut 1.)**

- 1) Changer les paramètres d'acquisition et/ou lancer une acquisition.
  - 2) Faire varier le volume de la seringue.
  - 3) Modéliser les données expérimentales.
  - 4) Assigner la fonction au capteur.
  - 5) Appliquer la fonction au capteur.
- 
- 

Notez l'équation mathématique correspondante :

( / 2pts)

$$P = 514 * Univ + 111$$

Copier-coller le graphique dans le document *Word* et sauvegardez-le en format *.xao3*.  
Glissez-le dans le dossier à **votre nom** sur le bureau de l'ordinateur.

**VALIDATION du capteur de pression : ( / 4pts) (Chaque élément vaut 1.)**

- 1) Utiliser le mode graphique.
- 2) Paramétrer les capteurs l'un par rapport à l'autre (option 1).  
ou  
Laisser les deux capteurs par défaut en fonction du temps (option 2).
- 3) Changer les paramètres d'acquisition et/ou lancer une acquisition.
- 4) Utiliser le modéliseur ou le taux de variation (option 1).  
ou  
S'assurer que les mesures des deux capteurs se superposent (option 2).

Équation de validation (le taux de variation se rapproche de 1) ( /2pts)

---

---

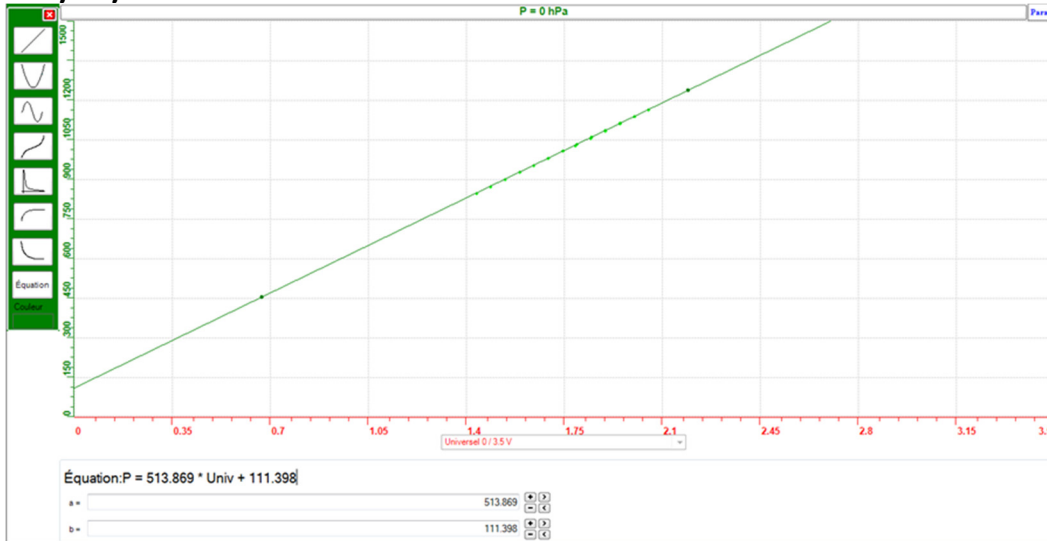
Copier-coller votre graphique de validation dans le document *Word* et sauvegardez-le en format *.xao3*. Glissez-le dans le dossier à **votre nom** sur le bureau de l'ordinateur.



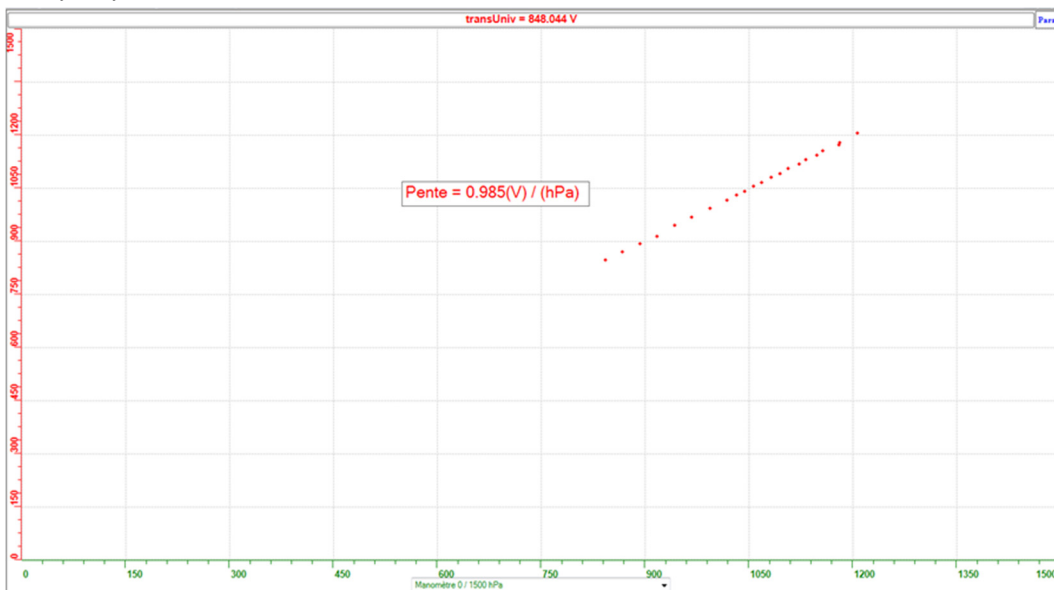
**Graphiques de transformation et de validation ( /5pts)**  
**(Chaque élément vaut 1.)**

- Les axes du graphique de transformation sont adéquats ;
- Les axes du graphique de validation sont adéquats ;
- Modélisation adéquate des données du graphique de transformation ;
- Utilisation adéquate de l'outil mathématique modéliseur ou taux de variation sur les données du graphique de validation ;
- Le nombre de données est adéquat : Il y a plus de 5 données et il est possible de distinguer chaque point.

**Graphique de transformation :**



**Graphique de validation :**



Document d'examen de laboratoire réalisé par David Pellerin, mai 2015

## **Chapitre 5. Analyse et interprétation des résultats**

Dans ce chapitre *analyse et interprétation des résultats*, nous présenterons, analyserons, interpréterons et discuterons des résultats que nous avons obtenus lors des mises à l'essai. Nous aborderons d'abord les résultats obtenus lors de la mise à l'essai fonctionnelle. Ensuite, nous étudierons les résultats obtenus lors de la mise à l'essai empirique en trois parties distinctes pour évaluer : 1) la réalisation d'un apprentissage interdisciplinaire en situation adidactique par les élèves, 2) les améliorations à apporter sur les plans didactique et technologique à l'environnement d'apprentissage des systèmes *MicrolabExAO* et 3) la perception des sujets sur les savoirs et savoir-faire mobilisés pendant la réalisation d'un instrument de mesure et sur l'intervention didactique.

### **5.1. Analyse et interprétation des résultats de la mise à l'essai fonctionnelle**

Dans cette section, nous analyserons les données recueillies lors de la mise à l'essai fonctionnelle. Celle-ci a été effectuée avec un enseignant de *Science et technologie* (expert 1) et une technicienne en travaux pratiques (expert 2). Ils ont testé l'environnement en tant qu'experts des sciences expérimentales au secondaire. Comme nous avons adapté un environnement d'apprentissage des systèmes *MicrolabExAO*, mis à jour régulièrement au *Laboratoire de robotique pédagogique* de l'Université de Montréal, la mise à l'essai fonctionnelle n'aura pas comme fonction de déterminer s'il y a des modifications technologiques à apporter à l'environnement, mais permettra plutôt de vérifier si la progression et le caractère de plus en plus adidactique des activités proposées dans notre intervention sont réalistes et pertinents pour l'apprentissage des élèves.

#### **5.1.1. Commentaires des experts sur l'environnement d'apprentissage**

Les experts ont réalisé les quatre instruments de mesure en suivant le cheminement décrit dans la section *modèle d'action*. Ainsi, nous leur fournissons un protocole complet pour la réalisation du thermomètre et un protocole partiel pour celle du luxmètre. Ils ont rédigé leur propre protocole pour réaliser le détecteur de position ainsi que le manomètre. Tout au long de la mise à l'essai fonctionnelle, les experts ont émis spontanément des commentaires sur l'activité. De plus, pour alimenter leur réflexion, nous leur avons posé

des questions sur leur perception de l'activité. Suite à la réalisation des deux derniers instruments de mesure, le détecteur de position et le manomètre, nous leur avons présenté la liste des manipulations attendues. Les experts devaient alors nous indiquer si ces manipulations attendues correspondaient à leurs actions dans l'environnement d'apprentissage et si elles sont réalisables par des élèves du secondaire. Leurs commentaires sont disponibles à l'annexe VIII.

Tout d'abord, nous avons demandé à un expert s'il constatait la progression de la première à la troisième expérience. Il a répondu qu'au « *niveau de la démarche, on voit vraiment une amélioration de la première expérience à la troisième expérience. C'est moins long de faire toutes les étapes* » (expert 1). Concernant la réalisation autonome du dernier instrument de mesure, ce même expert soulignait que les élèves pourront faire le montage expérimental adéquat, qu'ils comprendront « *qu'il est nécessaire de comparer la mesure de l'étalon avec celle du transducteur pour réussir la construction de leur capteur* » (expert 1). Il mentionnait aussi que « *c'est très bien comme examen de laboratoire que de construire le manomètre. Le niveau de difficulté de l'examen est assez juste. L'élève qui fait les trois autres expériences et qui a compris ce qu'il faut retenir dans l'utilisation de l'ExAO pour chacune de ces expériences devrait normalement pouvoir le faire sans problème* » (expert 1). Ainsi, par ce commentaire, nous constatons que la progression prévue pour la réalisation des quatre instruments de mesure par les apprenants semble adéquate, tout comme le nombre de balises données à l'élève pour l'amener à développer son autonomie.

Ensuite, concernant les manipulations attendues des élèves lors de la réalisation du détecteur de position et du manomètre sans protocole, les deux experts nous ont dit que leurs démarches étaient similaires à celles prévues dans la section *modèle d'action*. Ainsi, lors de la mise à l'essai empirique, nous pourrions comparer les actions des apprenants avec les manipulations attendues.

Pour continuer, nous constatons que les experts ont trouvé les activités pertinentes pour l'apprentissage des élèves. Par exemple, ils ont mentionné que la réalisation du thermomètre permettait de comprendre des instruments de mesure utilisés au quotidien, comme « *le fonctionnement du thermomètre électronique qui est vendu en pharmacie* »

(expert 2), que la réalisation du manomètre était « *une expérience réaliste et intéressante pour les élèves du secondaire* » (expert 1).

Concernant le logiciel, ces experts ont mentionné que « *l'ergonomie du logiciel est user-friendly* » (expert 2), que « *le logiciel est facile d'utilisation étant donné qu'il est transparent* » (expert 2), qu'il « *est très facile d'utilisation une fois que tu le connais : les paramètres, le retour à la page d'accueil, la modélisation, etc.* » (expert 1).

Avec les commentaires des experts, nous considérons que les activités prévues dans notre intervention didactique ainsi que les manipulations attendues dans la section *modèle d'action* peuvent maintenant être mises à l'essai empiriquement par plusieurs apprenants.

## **5.2. Analyse et interprétation des résultats de la mise à l'essai empirique**

### **5.2.1. Évaluation de l'apprentissage interdisciplinaire en situation adidactique**

Dans cette section, nous évaluerons si les sujets ont réalisé, lors de la mise à l'essai empirique, un apprentissage interdisciplinaire en situation adidactique, ce qui correspond à notre premier objectif de recherche. Rappelons d'abord que cet apprentissage est la manifestation par l'apprenant d'une expertise de traitement interdisciplinaire dans la résolution d'un problème complexe de la façon la plus autonome possible. Lors de la réalisation du manomètre, cette expertise faisait appel à deux compétences que l'apprenant devait manifester dans l'action, c'est-à-dire la compétence de résolution de problèmes<sup>13</sup> et la compétence d'exploitation de l'ExAO en situation nouvelle<sup>14</sup>. Elle supposait la mobilisation de savoirs et savoir-faire en sciences expérimentales, en mathématique et en technologie pour réaliser son instrument de mesure, ainsi que l'atteinte d'un nouveau niveau de compréhension difficile à établir sans la contribution de ces différentes matières. Ce nouveau niveau de compréhension correspond à la résolution d'un problème complexe par l'utilisation d'une démarche interdisciplinaire ainsi qu'à la compréhension du fonctionnement d'un instrument de mesure électronique.

Notre analyse de l'apprentissage interdisciplinaire en situation adidactique s'appuie sur la triangulation de deux méthodes de collecte de données : 1) nous avons filmé les sujets lors de l'examen pratique de laboratoire et 2) nous avons recueilli les réponses écrites des sujets aux trois examens, soit l'examen préalable, l'examen final et le rapport écrit d'examen pratique de laboratoire. Pour évaluer les différentes facettes de cet apprentissage, nous avons développé des outils d'évaluation, nous permettant de recueillir des données diversifiées, que nous avons classés en quatre catégories :

#### **Catégorie 1 : Construction autonome du manomètre**

1. Rapport écrit d'examen pratique de laboratoire
2. Liste chronologique des actions de chaque sujet dans l'environnement

#### **Catégorie 2 : Capacité d'exploiter l'ExAO en situation nouvelle**

1. Grille d'observations avec échelle numérique

#### **Catégorie 3 : Habiletés de résolution de problème**

1. Grille d'observations avec échelle numérique

#### **Catégorie 4 : Compréhension du fonctionnement d'un instrument de mesure électronique**

1. Examen préalable sur les conceptions initiales
2. Examen final sur les conceptions suite à l'intervention didactique

---

<sup>13</sup> Compétence disciplinaire 1 de *Science et technologie* au secondaire, adaptée à notre activité

<sup>14</sup> Compétence transversale 6 sur la capacité d'exploitation des TIC adaptée à l'utilisation de l'ExAO

C'est à partir des résultats obtenus par chaque sujet dans ces évaluations que nous pourrions déterminer si celui-ci est parvenu à réaliser un apprentissage interdisciplinaire en situation adidactique. Nous établissons le postulat suivant : un apprenant parvient à effectuer cet apprentissage s'il réussit dans chaque évaluation <sup>15</sup>. Par exemple, si un sujet réussit à réaliser son manomètre de façon autonome en manifestant sa capacité à exploiter l'ExAO en situation nouvelle ainsi que des habiletés de résolution de problème (catégories 1, 2 et 3), mais qu'il ne comprend pas le fonctionnement d'un instrument de mesure électronique (catégorie 4), nous pensons qu'il n'est pas parvenu à atteindre complètement le nouveau niveau de compréhension visé par l'apprentissage interdisciplinaire.

Dans le texte qui suit, nous présenterons d'abord les résultats des sujets pour chaque catégorie et nous effectuerons ensuite une compilation de ces résultats par sujet pour déterminer si chacun est parvenu à réaliser l'apprentissage interdisciplinaire en situation adidactique. Comme notre analyse des données nous a montré que leurs résultats moyens sont similaires, nous n'effectuerons pas de comparaison entre la performance des élèves du secondaire et celle des étudiants universitaires, sauf à la fin de cette section lors de la compilation des résultats par sujet. Rappelons que 33 sujets ont participé à la mise à l'essai empirique, soit 15 étudiants en formation initiale des maîtres (sujets 1 à 15 : groupe E1), 12 étudiants à la maîtrise qualifiante (sujets 16 à 27 : groupe E2) et six élèves du secondaire (sujets 28 à 33 : groupe E3).

### **5.2.1.1. Catégorie 1 : Construction autonome du manomètre**

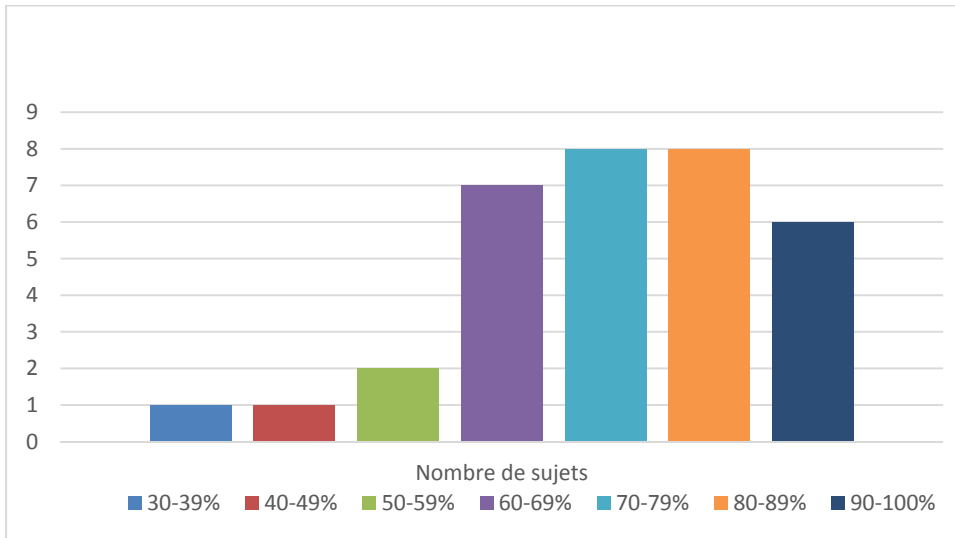
Pour vérifier si un sujet est parvenu à construire son manomètre électronique de façon autonome, nous avons utilisé deux outils de collecte de données, le rapport écrit d'examen pratique de laboratoire et la liste chronologique des actions effectuées dans l'environnement d'apprentissage, liste obtenue à partir de l'enregistrement vidéo de ses actions. Le rapport écrit nous a permis de voir la démarche générale de chaque apprenant et de déterminer si son manomètre était fonctionnel, particulièrement grâce à ses graphiques de transformation et de validation ainsi qu'à l'équation algébrique de transfert et l'équation de validation. La liste chronologique des actions effectuées nous a permis d'étudier en détail la démarche de chaque apprenant et d'identifier les difficultés rencontrées et le degré d'aide individuelle apporté.

---

<sup>15</sup> Tel qu'il est courant de le faire en enseignement, nous avons fixé le seuil minimal de réussite à 60% lorsque les données le permettaient.

### 5.2.1.1.1. Rapports écrits d'examen pratique de laboratoire

Nous avons évalué les rapports écrits remplis par chaque sujet lors de l'examen pratique de laboratoire. Ces rapports constituent une synthèse des interactions de l'apprenant avec l'environnement d'apprentissage lors de la réalisation du manomètre électronique. À la figure 26, nous avons représenté graphiquement les résultats obtenus à ce rapport écrit en fonction du nombre de sujets.



**Figure 26 :** Résultats obtenus au rapport écrit d'examen pratique de laboratoire en fonction du nombre de sujets

Il est possible de constater que 29 sujets ont un résultat supérieur ou égal à 60%, tandis que quatre sujets n'ont pas atteint ce seuil de réussite. Le résultat moyen a été de 74,2%. Rappelons que la clé de correction que nous avons utilisée pour évaluer ce rapport a été présentée dans la section *modèle d'action* (voir section 4.2.4). De plus, les rapports écrits de tous les sujets sont disponibles à l'annexe X. Nous présentons dans le tableau V les points obtenus par chaque sujet dans chacune des parties du rapport écrit. Nous avons identifié dans ce tableau, par des cases colorées en noir, le résultat final des sujets 2, 20, 21 et 33 qui ont obtenu moins de 60%. En considérant le postulat posé en début de section, comme ces sujets n'ont pas réussi dans au moins une des évaluations, nous pouvons avancer qu'ils n'ont pas réalisé l'apprentissage interdisciplinaire en situation adidactique. Toutefois, les données issues de la correction de ce rapport ne suffisent pas à établir une telle conclusion. Pour appuyer celle-ci, nous devons croiser ces données avec les résultats de ces sujets aux prochaines évaluations (triangulation des méthodes).

	Matériel	Schéma	Précaution	Fonction initiale	Protocole de transformation	Équation de transformation	Protocole de validation	Équation de validation	Graphiques	Total	Total en pourcentage
<b>Sujet</b>	/4	/4	/2	/2	/5	/2	/4	/2	/5	/30	
1	4	4	2	1	5	2	4	0	5	27	90%
2	3	2	1	1	5	0	1	0	1	14	47%
3	3,5	3,5	2	2	5	2	4	0	2	24	80%
4	3,5	3	1	2	3	2	2	2	4	22,5	75%
5	4	3	2	1	4	2	1	1	4	22	73%
6	3,5	3,5	1	1	5	2	4	0	2	22	73%
7	3,5	4	2	2	5	2	3	0	4	25,5	85%
8	3,5	2,5	1	2	5	2	4	2	4	26	87%
9	3,5	3	2	1	4	2	4	2	3	24,5	82%
10	3,5	3	1	1	3	2	4	2	4	23,5	78%
11	4	2,5	1	1	4	0	3	0	3	18,5	62%
12	3,5	3,5	1	1	5	2	4	2	5	27	90%
13	4	4	2	2	5	2	4	0	4	27	90%
14	3	2	2	2	5	0	2	0	2	18	60%
15	4	3,5	2	1	5	2	3	0	4	24,5	82%
16	3,5	4	2	2	5	2	4	2	4	28,5	95%
17	4	3,5	2	2	5	2	4	2	4	28,5	95%
18	3,5	3,5	2	1	4	2	4	0	3	23	77%
19	4	1	1	1	5	2	4	2	5	25	83%
20	2,5	3	1	1	4	2	2	0	2	17,5	58%
21	3,5	2	1	1	4	1	0	1	3	16,5	55%
22	3	2,5	1	1	3	2	3	0	4	19,5	65%
23	3	1	2	2	2	2	2	0	4	18	60%
24	4	3	2	2	5	2	4	2	5	29	97%
25	3,5	3	1	2	5	2	4	2	3	25,5	85%
26	3,5	1,5	1	1	5	2	2	2	4	22	73%
27	2,5	1,5	1	1	4	2	2	0	4	18	60%
28	4	3	1	1	4	1	4	2	4	24	80%
29	3	3	1	1	5	2	3	0	3	21	70%
30	1	1	1	1	4	2	4	2	4	20	67%
31	3,5	1	1	2	4	2	4	2	4	23,5	78%
32	3,5	0,5	1	1	4	2	4	0	3	19	63%
33	2	1	0	0	2	1	0	0	4	10	33%

**Tableau V** : Compilation par sujet des résultats des différentes parties du rapport écrit 129 d'examen pratique de laboratoire



### 5.2.1.1.2. Observation des enregistrements vidéo

En observant les enregistrements vidéo de la construction du manomètre, nous avons dressé la liste chronologique des actions posées par chaque sujet dans l'environnement d'apprentissage. Cette liste nous a permis d'évaluer l'efficacité de chaque sujet dans sa démarche de réalisation du manomètre, d'identifier les difficultés rencontrées et l'aide individuelle apportée au besoin. Pour ce faire, nous avons comparé les manipulations de chaque sujet avec celles qui étaient attendues d'un élève expert, présentées dans la section *modèle d'action* (voir tableau IV). Ainsi, nous avons décrit toutes les actions effectuées par chaque sujet dans l'environnement d'apprentissage en incluant celles incomplètes ou reprises, mais aussi les questions qu'il nous a posées et les réponses que nous lui avons données. Le tableau VI représente la liste chronologique des actions posées par le sujet 31. La colonne *action(s) effectuée(s)* décrit l'action posée, la colonne *temps* indique le moment (minutes (min) : secondes (s)) dans l'enregistrement vidéo où l'action a été observée et la colonne *ligne* note le numéro de la ligne du tableau.

<b>Temps (min : s)</b>	<b>Action(s) effectuée(s)</b>	<b>Ligne</b>
3 :00	Il connecte les fils sur la capsule universelle.	1
9 :00	Il construit le montage expérimental adéquat.	2
13 :00	Il clique sur la capsule universelle et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	3
13 :40	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant au maximum le nombre de points et en augmentant la fréquence d'acquisition des données.	4
17 :00	Essai 1 en mode graphique. Il pousse et tire sur la seringue et obtient une dizaine de points.	5
18 :25	Il change les paramètres expérimentaux et augmente au maximum la fréquence d'acquisition des points.	6
18 :30	Essai 2 en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue et obtient des centaines de points superposés sur une droite.	7
20 :25	Il sélectionne l'outil modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur son nuage de points.	8
21 :50	Il assigne et applique la fonction au capteur.	9
24 :30	Il passe en mode graphique et place les capteurs l'un par rapport à l'autre.	10
26 :30	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant au maximum la fréquence d'acquisition des points ainsi que le nombre de points total.	11
26 :35	Essai 1 validation en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue et obtient des centaines de points.	12
28 :30	Il sélectionne l'outil modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur son nuage de points.	13

**Tableau VI** : Liste chronologique des actions posées par le sujet 31

Ainsi, à 3 min, le sujet 31 a effectué la connexion de ses fils à la capsule universelle comme indiqué à la ligne 1, et à 28 min et 30 s, il a utilisé l'outil mathématique *modéliseur* pour effectuer la modélisation de ses données de validation tel que présenté à la ligne 13. Il est ainsi parvenu à construire son manomètre en moins de 30 minutes. Il est à noter que, pour plus de fluidité dans la lecture, nous avons parfois regroupé plus d'une action par ligne. De plus, nous n'avons pas identifié les moments de rédaction du rapport écrit. En étudiant les actions posées par le sujet 31, nous remarquons qu'il a été complètement autonome. Il ne nous a pas posé de question. De plus, il a bien intégré la démarche de réalisation d'un instrument de mesure étant donné que les actions posées correspondent aux manipulations attendues d'un élève expert.

Une fois la liste chronologique des actions dressée pour chaque sujet, nous avons effectué le codage des données en classant ces actions par catégorie. Les catégories que nous avons définies pour le codage sont les suivantes :

- Fonctions en page d'accueil : transformation (T), étalonnage (ETA), étude (ETU) ;
- Paramètres expérimentaux (PE) ;
- Acquisition de transformation (AT) ou de validation (AV) ;
- Fonctions du logiciel (FL) ;
- Manipulations du prototype (MP) ;
- Assignation et application d'une fonction (AA) ;
- Problèmes ou questions (PQ).

Chaque catégorie contient plusieurs codes. Chacun de ces codes correspond à une action différente posée dans l'environnement d'apprentissage, soit avec le prototype, le logiciel ou une question posée au chercheur. Les codes de départ correspondaient aux manipulations attendues d'un élève expert, mais de nombreux codes se sont ajoutés au fur et à mesure de notre observation lorsque nous constatons une nouvelle manipulation. Ce type de codage est dit émergent (Thouin, 2014). Il y a 112 codes qui ont ainsi émergé de notre observation. La liste complète des codes et la compilation de toutes les actions menées dans l'environnement d'apprentissage sont disponibles à l'annexe II.

Par exemple, le tableau VII représente le codage des actions du sujet 31. Il comprend trois colonnes : le code qui correspond à une action, le nombre de fois où cette action a été posée par le sujet et la ligne correspondante à cette action dans le tableau de la liste des actions (tableau VI pour le sujet 31). Ce tableau contient un coefficient d'efficacité, un indice de performance de chaque sujet, que nous avons établi en divisant le nombre d'actions efficaces par le nombre d'actions totales posées dans l'environnement.

Code	Nb d'actions - sujet 31	Ligne
T1	1	3
PE27	3	4;6;11
PE28	2	4;11
AT30	2	5;7
AT31	1	12
FL36	2	8;13
FL45	1	10
FL49	1	10
MP67	3	5;7;12
MP74	1	1
MP76	1	2
AA91	1	9
AA92	1	9
Nb total d'actions	20	
<u>Actions inefficaces</u>	<u>0</u>	
<b>Coefficient d'efficacité</b>	100%	

**Tableau VII** : Le codage des actions posées dans l'environnement par le sujet 31

Il est possible de remarquer que le sujet 31 a effectué à trois reprises l'action PE27, *il ajuste la fréquence des points*, aux lignes 4, 6 et 11. De plus, nous pouvons reconstituer l'ordre des actions de ce sujet en regardant la numérotation des lignes (1,2,3... 13). Ce dernier a posé un total de 20 actions dans l'environnement. De ces actions, aucune d'entre elles n'a été considérée comme inefficace lors de notre observation. Ce sujet a ainsi obtenu un coefficient d'efficacité de 100%.

Le codage des actions permet de synthétiser les informations contenues dans la liste chronologique des actions d'un sujet. Il permet aussi de départager les actions efficaces et les actions inefficaces en mettant un trait de soulignement sous le numéro de ligne de ces dernières. Pour démontrer ceci, nous présentons, au tableau VIII, la liste des actions du sujet 32 et, au tableau IX, le codage de ces actions. C'est le sujet 32 qui a posé le plus d'actions dans l'environnement d'apprentissage, plus précisément 134 actions que nous avons décrites en 87 lignes dans le tableau VIII et synthétiser en quelques lignes dans le tableau IX. Ajoutons toutefois que, malgré ce nombre d'actions élevé, ce sujet est parvenu à réaliser son manomètre de manière autonome en environ 48 minutes avec un coefficient d'efficacité de 87%.

<b>Temps (min : s)</b>	<b>Action(s) effectuée(s)</b>	<b>Ligne</b>
5 :00	Connexion des fils à la capsule universelle.	1
3 :00	Il fait le montage expérimental en raccordant le petit tuyau au transducteur.	2
8 :30	En page d'accueil, il vérifie le signal des capteurs.	3
12 :44	Il clique sur la capsule universelle et sélectionne la fonction étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	4
13 :00	Il change les paramètres expérimentaux en diminuant la fréquence d'acquisition des données et en augmentant le nombre de points total.	5
13 :07	Essai 1 en mode graphique. Il tire sur la seringue, mais aucun point n'est pris. Il revient en page d'accueil.	6
13 :48	Il clique sur la capsule universelle et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	7
13 :55	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant au maximum la fréquence des points.	8
14 :05	Essai 2 en mode graphique. Il tire sur la seringue et obtient une centaine de points, mais sur une droite brisée. On dirait que la seringue n'est pas étanche.	9
14 :20	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant le nombre de points total.	10
14 :30	Essai 3 en mode graphique. Il pousse sur la seringue et obtient une centaine de points	11
15 :00	Il sélectionne l'outil modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur ses données.	12
15 :45	Il assigne et applique la fonction au capteur.	13
16 :11	Il clique sur le capteur construit et sélectionne la fonction étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre. Il revient en page d'accueil.	14
16 :24	Il désactive la fonction de transformation appliquée à la capsule universelle.	15
18 :00	Il clique sur la capsule universelle et sélectionne la fonction étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	16
18 :15	Il veut enlever la capsule universelle, car elle semble avoir conservé une fonction de transformation même si cette dernière a été retirée manuellement. Un fil s'est déconnecté sur la capsule universelle et il l'a reconnecté.	17
19 :30	Il clique sur le capteur construit et sélectionne la fonction étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre. Il déconnecte la seringue.	18
19 :35	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant le nombre de points total.	19
19 :45	Essai 4 en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue à quelques reprises et obtient une trentaine de points (seulement 5 points sont pris lors d'une poussée ou d'une traction à cause de la faible fréquence d'acquisition de points).	20
20 :40	Il change les paramètres expérimentaux en diminuant la fréquence d'acquisition.	21
20 :50	Essai 5 en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue à quelques reprises et obtient un seul point.	22

21 :15	Il change les paramètres expérimentaux en diminuant la fréquence d'acquisition au maximum.	23
21 :20	Essai 6 en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue et n'obtient aucun point.	24
21 :30	Il change les paramètres expérimentaux en diminuant le nombre de points total (au milieu environ) et en augmentant la fréquence d'acquisition des points.	25
21 :40	Essai 7 en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue et obtient un seul point. Il retourne en page d'accueil.	26
22 :25	En page d'accueil, il fait varier le signal des capteurs.	27
22 :40	Il clique sur le capteur construit et sélectionne la fonction étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	28
22 :50	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant la fréquence d'acquisition des points ainsi que le nombre total de points.	29
23 :00	Essai 8 en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue et obtient une centaine de points.	30
23 :30	Il sélectionne l'outil modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur ses données.	31
24 :20	Il assigne et applique la fonction au capteur.	32
24 :40	Il passe en mode graphique. Il place les capteurs l'un par rapport à l'autre.	33
24 :55	Il change les paramètres expérimentaux en diminuant la fréquence d'acquisition des points et en augmentant le nombre de points total.	34
25 :15	Essai 1 validation en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue et obtient trois données placées en triangle sur le graphique.	35
25 :30	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant au maximum la fréquence d'acquisition des points.	36
25 :40	Essai 2 validation en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue, mais aucun point n'est obtenu.	37
26 :15	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant au maximum la fréquence d'acquisition.	38
26 :30	Essai 3 validation en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue, et des données sont obtenues en quatre points du graphique.	39
26 :50	Il passe en mode vumètre. Les deux signaux des capteurs sont plafonnés, autant le capteur de pression que le capteur construit.	40
27 :15	Il clique sur le capteur construit et sélectionne la fonction propriétés du capteur. Il observe les propriétés.	41
27 :20	Il clique ensuite sur le capteur étalon et sélectionne la fonction propriétés du capteur. Il observe les propriétés.	42
27 :25	Il clique sur le capteur construit et sélectionne la fonction propriétés du capteur. Il change le maximum du capteur en le mettant à 1500, tout comme le capteur de pression étalon.	43
27 :45	Il passe en mode graphique et place les capteurs l'un par rapport à l'autre.	44
28 :00	Essai 4 validation en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue, et aucune donnée n'est obtenue.	45
28 :18	Il clique sur le capteur construit et sélectionne la fonction propriétés du capteur.	46

29 :00	Il connecte et déconnecte la capsule universelle, désactivant ainsi la fonction d'étalonnage.	47
29 :10	Il clique sur la capsule universelle et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	48
29 :15	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant le nombre de points total.	49
29 :30	Essai 9 en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue à quelques reprises et obtient une trentaine de points (seulement 5 points sont pris lors d'une poussée ou d'une traction à cause de la faible fréquence d'acquisition de points).	50
29 :50	Il sélectionne l'outil modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur ses données.	51
30 :50	Il change les paramètres expérimentaux en diminuant la fréquence d'acquisition des points.	52
30 :55	Essai 10 en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue. Aucune donnée n'est prise.	53
31 :05	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant au maximum la fréquence des points.	54
31 :10	Essai 11 en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue et obtient plusieurs centaines de points.	55
31 :33	Il sélectionne l'outil modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur ses données.	56
34 :00	Il assigne la fonction de transformation à la capsule universelle.	57
34 :25	Il applique la dernière fonction d'étalonnage à la capsule universelle, au lieu de lui appliquer la fonction de transformation qu'il vient d'assigner.	58
34 :36	Il passe en mode graphique.	59
34 :40	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant le nombre de points total.	60
34 :40	Essai 5 validation en mode graphique. Il prend une acquisition sur 5 secondes. Seuls les points du capteur de pression s'affichent. Il place les capteurs l'un par rapport à l'autre. Aucune donnée ne s'affiche, étant donné que l'échelle de l'axe du capteur construit n'a pas changé (0-3.5V). Il revient en page d'accueil.	61
35 :50	Il fait varier les signaux du capteur en page d'accueil. Il observe une variation.	62
36 :10	Il clique sur le capteur construit et sélectionne la fonction propriétés du capteur.	63
37 :35	Il passe en mode graphique et place les axes l'un par rapport à l'autre.	64
37 :50	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant le nombre de points et la fréquence d'acquisition des points.	65
38 :00	Essai 6 validation en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue, mais aucun point n'est pris.	66
38 :30	Il pose une question à l'enseignant : ma prise de données ne fonctionne pas pour la validation. Réponse de l'enseignant : Passe en mode vumètre.	67
40 :30	Il passe en mode graphique.	68

40 :40	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant le nombre de points total.	69
41 :00	Essai 7 validation en mode graphique. Il fait une acquisition sur 300 secondes. Il prend une vingtaine de secondes et arrête l'acquisition étant donné que seul le capteur de pression varie. Il retourne en page d'accueil. Il déconnecte la seringue.	70
41 :50	Il passe en mode vumètre. Il sélectionne la visualisation en colonne. Il remarque que le capteur construit est dans le tapis, tandis que le capteur de pression étalon ne l'est pas.	71
42 :30	Il clique sur le capteur construit et sélectionne la fonction propriétés du capteur. Il observe les propriétés.	72
42 :40	Il clique ensuite sur le capteur étalon et sélectionne la fonction propriétés du capteur. Il observe les propriétés.	73
42 :50	Il clique sur le capteur construit et sélectionne la fonction propriétés du capteur. Il change le type de capteur pour mettre le manomètre.	74
43 :15	Il passe en mode graphique. Les échelles des deux capteurs sont identiques, mais la valeur de la pression affichée par le capteur construit donne dans les 6 chiffres. Il retourne en page d'accueil.	75
43 :30	Il déconnecte et reconnecte le capteur de pression pour que la fonction de transformation se désactive.	76
44 :38	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	77
44 :45	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant le nombre de points expérimentaux et en augmentant au maximum la fréquence d'acquisition de données.	78
44 :50	Essai 12 en mode graphique. Il tire sur la seringue et obtient plusieurs centaines de points.	79
45 :12	Il sélectionne l'outil modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur ses données.	80
45 :49	Il assigne et applique la fonction au capteur.	81
46 :20	Il passe en mode graphique. Il place les capteurs l'un par rapport à l'autre.	82
46 :35	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant au maximum le nombre de points total et la fréquence d'acquisition.	83
46 :45	Essai 8 validation en mode graphique. Il tire sur la seringue et obtient une centaine de points. Il revient en mode graphique.	84
47 :18	Il passe en mode graphique.	85
47 :24	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant le nombre total de points presque au maximum et en augmentant la fréquence d'acquisition des points au maximum.	86
47 :28	Essai 9 validation en mode graphique. Il ne tire ni ne pousse sur la seringue étant donné que l'acquisition qu'il a paramétrée dure 1 seconde. Il est satisfait du graphique de validation obtenu.	87

**Tableau VIII** : Liste chronologique des actions posées par le sujet 32

Code	N <sup>bre</sup> d'actions - sujet 32	Ligne
T1	3	7;48;77
ETA2	2	4; <u>16</u>
ETA25	3	<u>14</u> ;18;28
PE27	15	<u>5</u> ;8;21;23;25;29;34;36;38; <u>52</u> ;54;65;78;83; <u>86</u>
PE28	13	5;10;19;25;29;34;49;60;65;69;78;83; <u>86</u>
AT30	9	9;11;20;22;26;30;50;55;79
AT31	3	6;24;53
AV33	4	35;39;84;87
AV34	3	37;45;66
AV35	2	61;70
FL36	5	12;31;51;56;80
FL43	2	40;71
FL44	3	3;27;62
FL45	8	33;44;59;64;68; <u>75</u> ;82;85
FL49	5	33;44;61;64;82
FL54	2	43; <u>74</u>
FL56	6	41;42;46; <u>63</u> ;72;73
FL61	6	6;14;26;70;75; <u>84</u>
MP67	10	24;26;30;35;37;39;45;53;55;66;
MP68	3	<u>20</u> ; <u>22</u> ; <u>50</u>
MP69	4	6;9;79;84
MP70	1	11
MP72	2	18;70
MP74	1	1
MP77	1	2
MP81	1	17
MP85	2	47;76
AA91	4	13;32;57;81
AA92	3	13;32;81
AA93	3	15;47;76
AA95	1	<u>58</u>
PQ103	3	17;61;67
PQ108	1	67
Nb total d'actions	134	
Actions inefficaces	<u>17</u>	
<b>Coefficient d'efficacité</b>	<b>87%</b>	

**Tableau IX** : Le codage des actions posées dans l'environnement par le sujet 32



Dans ce tableau, il est possible de voir que le sujet 32 a posé 15 fois l'action PE27, *il ajuste la fréquence des points*. De ce nombre, il y a six fois où nous avons jugé cette action inefficace, tel que le démontre, par exemple, le soulignement des numéros de ligne 21 et 23. Si nous regardons la description de ces actions dans le tableau VIII, nous constatons que le sujet 32 a diminué la fréquence d'acquisition des points. Comme son objectif était de changer cette fréquence pour obtenir plus de données expérimentales en mode graphique, il aurait dû non pas diminuer cette fréquence d'acquisition, mais l'augmenter. Nous considérons ces actions comme inefficaces et elles entraînent une diminution du coefficient d'efficacité du sujet. Comme celui-ci a effectué 134 actions totales et que, de ce nombre, nous en avons considéré 17 comme inefficaces, son coefficient d'efficacité est de 87% et est calculé ainsi :  $(117 / 134) * 100 = 87\%$  où 117 représente le nombre d'actions efficaces (134-17).

Précisons qu'une action efficace n'est pas nécessairement décrite dans les manipulations attendues du modèle d'action. En effet, celui-ci contient une trentaine de manipulations attendues, tandis que le sujet 32 a effectué 117 actions efficaces. Ainsi, une action efficace en est une qui prend sens dans la démarche de résolution de problème de l'élève. Par exemple, aux lignes 41 à 43 du tableau de la liste des actions du sujet 32, reprises ci-dessous dans le tableau X, ce sujet effectue des actions qui n'étaient pas décrites dans le modèle d'action pour contourner un obstacle rencontré.

27 :15	Il clique sur le capteur construit et sélectionne la fonction propriétés du capteur. Il observe les propriétés.	41
27 :20	Il clique ensuite sur le capteur étalon et sélectionne la fonction propriétés du capteur. Il observe les propriétés.	42
27 :25	Il clique sur le capteur construit et sélectionne la fonction propriétés du capteur. Il change le maximum du capteur en le mettant à 1500, tout comme le capteur de pression étalon.	43

**Tableau X :** Les lignes 41 à 43 de la liste des actions posées par le sujet 32

Cette difficulté a été rencontrée, car le sujet 32 a utilisé en page d'accueil la fonction initiale d'étalonnage, au lieu de la fonction de transformation. En effet, lorsqu'un sujet utilise la fonction d'étalonnage, l'échelle des mesures du manomètre construit ne change pas en mode graphique et reste de 0 à 3,5 (au lieu de se transformer de 0 à 1500 hPa) et l'unité de mesure demeure le volt (au lieu de se transformer en hectopascal). Ainsi, bien que la valeur numérique mesurée par le manomètre construit soit adéquate, de 1000 par

exemple, elle ne s'affiche pas sur le plan cartésien tant que le sujet ne change pas le maximum de l'échelle de mesure de ce manomètre en le faisant passer de 3,5 à 1500. C'est ce qu'a fait le sujet 32 en changeant le maximum à la ligne 43, suite à la comparaison des maxima du manomètre construit et du manomètre étalon aux lignes 41 et 42. La liste chronologique des actions de chaque sujet ainsi que le tableau de codage correspondant sont disponibles à l'annexe III.

Nous venons d'étudier les actions posées par deux sujets dans l'environnement d'apprentissage. Ces sujets étaient tous les deux des élèves du secondaire. Nous allons maintenant nous intéresser aux manipulations clés menées par tous les sujets et au degré d'aide que ces derniers ont reçue lors de la construction de leur manomètre électronique. Le tableau XI regroupe ces actions qui nous permettent de vérifier si un sujet est parvenu à réaliser son manomètre de façon autonome. Tout d'abord, la colonne de gauche présente des regroupements d'actions :

- Le montage expérimental pour effectuer la transformation ;
- La fonction initiale pour effectuer la transformation ;
- Le montage expérimental pour effectuer la validation ;
- La fonction pour effectuer la validation ;
- La qualité des modélisations effectuées pour la transformation et la validation.

Pour chacun de ces regroupements, il y a plusieurs manipulations possibles. Nous avons identifié la manipulation qu'a effectuée chaque sujet avec une échelle de savoir-faire comportant des échelons de 1 à 6 :

- 1-*Adéquat* ;
- 2-*Presque adéquat* ;
- 3-*Adéquat avec un peu d'aide* ;
- 4-*L'enseignant dirige le sujet en lui disant quelle action effectuer* ;
- 5-*Inadéquat* ;
- 6-*Aucune action.*

Pour chaque regroupement, nous avons précisé dans le tableau cette échelle. Par exemple, pour le groupement des actions effectuées pour la réalisation du montage, cette échelle est la suivante :

- 1- *Adéquat* : Il effectue le montage expérimental adéquat ;
- 2-*Presque adéquat* : Il effectue le montage expérimental presque adéquat (le petit tuyau est inversé avec le grand tuyau) ;
- 3-*Adéquat avec un peu d'aide* : Il effectue le montage expérimental adéquat avec un peu d'aide (sans que l'enseignant ne lui dise comment effectuer ce montage) ;
- 4-*L'enseignant lui dit comment effectuer le montage* expérimental ;
- 5-*Inadéquat* : Il fait un montage expérimental inadéquat ;
- 6-*Aucun montage* : Il n'a pas de montage expérimental.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	Moy		
<b>Montage transformation</b>	1	5	1	4	3	1	1	1	1	1	1	1	2	4	1	1	4	1	4	1	1	2	1	1	1	4	1	1	1	4	1	2	2	1,8		
1-Adéquat; 2-Presque adéquat (petit tuyau inversé avec le grand); 3-Adéquat avec un peu d'aide; 4-L'enseignant lui dit comment faire le montage; 5-Inadéquat; 6-Aucun montage																																				
<b>Fonction transformation</b>	1	5	1	4	4	2	1	1	2	2	5	2	1	1	4	1	1	4	2	4	5	1	1	1	4	4	3	1	1	4	1	1	3	2,4		
1-Adéquat; 2-Presque adéquat (fonction étalonnage); 3-Adéquat avec un peu d'aide; 4-L'enseignant lui dit quelle fonction utiliser; 5-Inadéquat; 6-Aucune fonction																																				
<b>Montage validation</b>	1	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,2		
1-Adéquat; 2-Presque adéquat; 3-Adéquat avec un peu d'aide; 4-L'enseignant lui dit comment faire le montage; 5-Inadéquat; 6-Aucun montage																																				
<b>Fonction validation</b>	1	2	2	1	5	2	2	1	1	1	2	1	2	1	2	1	1	2	2	6	5	1	2	2	1	4	1	4	2	4	1	2	6	2,2		
1-Adéquat; 2-Presque adéquat (en fonction du temps ou autre fonction); 3-Adéquat avec un peu d'aide; 4-L'enseignant lui dit quelle fonction utiliser; 5-Inadéquat; 6-Aucune validation																																				
*sujet 19: Validation avec capteur virtuel; sujet 24 avec étude des capteurs en fonction d'une entrée manuelle (volume); sujet 29 avec la fonction d'étalonnage																																				
<b>Modélisations (Mod.)</b>	1	5	3	1	1	4	2	1	1	1	2	1	2	3	2	1	1	2	1	6	4	1	1	1	1	4	1	1	4	1	1	2	6	2,1		
1-Mod. adéquates; 2-Une seule mod. adéquate; 3-Aucune mod.; 4-Mod. ou comparaison de données inadéquates; 5-Mod. et comparaison de données inadéquates; 6-Graphe manquant																																				
<b>Lance une acquisition avec aide</b>																																				
<b>Question sur le rapport</b>	2									1																										
<b>Question sur le prototype</b>							1				1	3							2																	
<b>Question sur le logiciel</b>																2																				
<b>Question sur quoi faire</b>	1																																			
<b>Moy</b>																																				
<b>Nombre d'actions total</b>	26	41	33	62	46	27	21	21	48	48	103	97	25	67	95	52	56	46	58	44	28	19	41	47	38	55	71	90	45	58	20	135	70	53		
<b>Nombre d'actions inefficaces</b>	2	21	4	25	22	1	0	0	4	3	23	5	3	6	32	1	3	19	13	18	12	1	14	13	8	23	19	23	4	18	0	18	30	12		
<b>Coefficient d'efficacité (%)</b>	92	49	88	60	52	96	100	100	92	94	78	95	88	91	66	98	95	59	78	59	57	95	66	72	79	58	73	74	91	69	100	87	57	79		
<b>Somme</b>																																				
<b>Réussi de façon autonome</b>																																				
<b>Réussi avec un peu d'aide</b>																																				
<b>Non réussi</b>																																				

**Tableau XI :** Compilation par sujet des manipulations clés lors de la réalisation du manomètre électronique

La colonne de gauche présente ensuite si les sujets ont eu besoin d'aide pour lancer une acquisition, le type et le nombre de questions qu'ils ont posées, leur coefficient d'efficacité et, finalement, s'ils sont parvenus à réaliser le manomètre de façon complètement autonome, avec un peu d'aide ou s'ils n'ont pas réussi. Sur la première ligne sont représentés les sujets de 1 à 33. Les cases qui sont colorées en noir veulent faciliter le repérage des savoir-faire 3 à 6 en soulignant le fait que ces manipulations sont soit inadéquates (5) ou absentes (6), soit que nous avons un peu aidé le sujet (3) ou l'avons complètement dirigé (4).

Nous allons étudier certains éléments de ce tableau. Tout d'abord, il est possible de remarquer que 19 sujets ont réussi à réaliser leur manomètre électronique de façon autonome sans obtenir de l'aide sur les manipulations clés à effectuer. Ceci ne signifie pas pour autant qu'ils n'ont pas posé de questions, mais seulement que ces questions ne demandaient pas d'indice sur la réalisation du capteur. Elles pouvaient, par exemple, concerner une précision sur le rapport écrit à compléter ou signaler à l'enseignant un problème du logiciel. C'est le cas pour le sujet 12 qui a posé trois questions sur le prototype étant donné qu'il éprouvait des difficultés à prendre des mesures avec le capteur étalon, qui a été changé au cours de la séance. Ces questions n'ont cependant pas influencé sa capacité à réaliser son manomètre de façon autonome. Sur les 19 sujets ayant réussi à réaliser le manomètre sans aide sur les manipulations clés, 11 l'ont fait de façon complètement autonome, sans poser de questions à l'enseignant. Sur ces 11 sujets, les sujets 1, 8 et 31 ont mené des manipulations clés tel qu'attendu par un élève expert (voir tableau IV), c'est-à-dire des actions adéquates portant l'échelon 1 dans le tableau XI. Il y avait plusieurs façons de réaliser un manomètre fonctionnel en fonction de la créativité et des choix du sujet (voir section 4.2.4). Le fait d'avoir seulement trois personnes ayant mené toutes les manipulations clés tel qu'attendu dans le modèle d'action ne signifie pas qu'il y a peu de sujets qui ont intégré la démarche de réalisation d'instrument de mesure, mais qu'il y en a trois qui ont une démarche similaire, voire identique, à celle de l'élève expert. Ceci revient un peu à dire qu'il y a trois sujets qui ont eu 100% dans notre examen pratique de laboratoire. D'autres sujets ont des démarches très proches de celle décrite dans le modèle d'action. Par exemple, le sujet 22 a effectué presque toutes les mêmes manipulations clés que celles attendues, mais en raccordant le petit tuyau sur le transducteur au lieu du long

tuyau, comme l'indique l'échelon 2 concernant son montage de transformation. Il en est de même pour le sujet 13 qui a effectué une validation en fonction du temps, ce qui lui a valu l'échelon 2 concernant sa fonction de validation et de sa modélisation.

Ensuite, quatre sujets ont réussi à réaliser leur manomètre en obtenant un peu d'aide. Le sujet 23 a demandé à l'enseignant comment lancer une acquisition, les sujets 25 et 27 ont été dirigés par le chercheur, malgré eux, dans la sélection de la fonction initiale de transformation, tandis que le sujet 28 a demandé comment effectuer sa validation, une fois le manomètre construit. Nous considérons que ces formes d'aide, bien qu'elles aient un peu dirigé les actions de ces sujets sur une manipulation clé, ne permettent pas de disqualifier ceux-ci quant à la réalisation autonome du manomètre. En effet, le sujet 23 n'a pas eu d'aide pour réaliser une manipulation clé, mais n'arrivait simplement pas à lancer son acquisition, le sujet 28 avait réalisé son instrument de mesure, mais ne savait plus comment effectuer sa validation, tandis que les sujets 25 et 27 ont reçu de l'aide sans l'avoir demandée, c'est-à-dire qu'ils ont demandé pourquoi leur prise de mesure ne fonctionnait pas, et au lieu de les questionner sur leur fonction initiale, nous les avons trop dirigés en leur disant directement qu'elle était la fonction initiale à utiliser. Rien ne laissait supposer que ces sujets ne seraient pas parvenus à déterminer par eux-mêmes cette fonction initiale. En tenant compte de ces informations, nous avons considéré qu'il y a 23 sujets qui ont réussi à réaliser leur manomètre de façon autonome. Ces sujets ont démontré l'intégration et le transfert de la démarche générale de réalisation d'un instrument de mesure en adaptant celle-ci à la construction autonome d'un manomètre électronique, une situation nouvelle.

Finalement, dix participants ne sont pas parvenus à démontrer l'intégration et le transfert de la démarche de réalisation d'un instrument de mesure. D'une part, les sujets 2, 5, 20, 21 et 33 n'ont pas réussi à mener à terme soit la transformation ou la validation. Ils n'ont pas non plus cherché l'aide adéquate pour y arriver. Ces cinq sujets n'ont tout simplement pas réussi à construire un manomètre fonctionnel. Remarquons ici que les sujets qui avaient moins de 60% dans le rapport écrit d'examen pratique de laboratoire sont de ce nombre (les sujets 2, 20, 21 et 33). D'autre part, les sujets 4, 15, 18, 26 et 30 ont réussi à construire un manomètre fonctionnel, mais pas de façon autonome. En effet, nous les avons dirigés dans au moins deux manipulations clés.

### 5.2.1.2. Catégorie 2 : Capacité d'exploiter l'ExAO en situation nouvelle

Durant l'observation des enregistrements vidéo de la réalisation du manomètre, nous avons aussi évalué la capacité de chaque sujet à exploiter l'ExAO en situation nouvelle. Pour ce faire, nous avons construit une grille d'observations à partir des composantes de la compétence transversale 6, *exploiter les technologies de l'information et de la communication*. En effet, nous avons adapté les critères d'évaluation et certaines manifestations observables de cette compétence en fonction de l'utilisation de l'ExAO en situation nouvelle (voir tableau II). Pour chaque sujet, nous avons porté notre attention sur six observations qui correspondent à des actions qui auraient pu être menées par le sujet dans l'environnement. Ces observations sont évaluées avec une échelle numérique d'appréciation de 1 à 4 (1 étant tout à fait inapproprié et 4 tout à fait approprié). Elles sont commentées étant donné que les actions avec le logiciel peuvent être différentes d'un sujet à l'autre. Le tableau XII présente cette grille d'observations pour le sujet 32.

Capacité d'exploiter l'ExAO en situation nouvelle (compétence transversale d'exploitation des TIC)			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Efficacité de l'utilisation des ressources technologiques dans un contexte d'apprentissage (Composante : Utiliser les technologies appropriées)</li> </ul>		Dès le départ, il a choisi la fonction de transformation. Il utilise le mode vumètre pour tester les signaux de ses capteurs.
#1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant choisit les outils les mieux adaptés pour réaliser son capteur</li> </ul>	4	Il a fait preuve de créativité, comme en changeant les propriétés du capteur pour qu'il prenne des mesures.
#2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il applique des stratégies d'interaction, de communication et de dépannage (avec le logiciel et/ou l'enseignant), selon les besoins de la tâche</li> </ul>	4	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Réutilisation de procédures et processus liés aux TIC dans de nouvelles situations (Composante : Tirer profit de l'utilisation de la technologie)</li> </ul>		Il a réussi à construire son capteur.
#3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît et utilise dans de nouveaux contextes les concepts et processus déjà connus (la construction des nouveaux capteurs en ExAO)</li> </ul>	4	Il a réglé un problème à 27:25 en comparant les propriétés du capteur étalon et de la capsule universelle.
#4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il anticipe de nouvelles utilisations des fonctions de l'ExAO</li> </ul>	4	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analyse de ses choix, de ses réussites et de ses difficultés</li> </ul>		Il avait un graphique de validation pertinent qui mettait en relation les deux capteurs avec une pente qui semblait être de 1, mais il ne l'a pas retenu dans son rapport.
#5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît ses réussites et ses difficultés (et pose des questions pertinentes)</li> </ul>	3	
#6	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il cherche les améliorations possibles dans sa manière de faire et propose des avenues pour accroître son efficacité</li> </ul>	4	

**Tableau XII :** Grille d'observations de la *capacité d'exploiter l'ExAO en situation nouvelle* du sujet 32

Il a cherché plusieurs améliorations en changeant les paramètres d'acquisition.

Le tableau XIII représente la compilation des résultats de chaque sujet concernant la capacité d'exploiter l'ExAO en situation nouvelle. Pour déterminer si un sujet est parvenu à démontrer sa capacité à exploiter les TIC, nous avons calculé la moyenne des résultats des six manifestations observables (les observations #1 à #6) et avons exprimé ce résultat en pourcentage. Pour faciliter le repérage dans ce tableau, nous avons noirci les résultats des sujets ayant obtenu moins que le seuil de réussite de 60%. De plus, nous avons coloré en gris les cases correspondantes aux appréciations d'une valeur de 1 (tout à fait inapproprié) et de 2 (inapproprié). Pour donner une idée du résultat d'un sujet par rapport au groupe, nous avons calculé la moyenne de chaque observation de même que la moyenne des résultats de tous les sujets. L'observation #1 concernait la sélection des outils les plus appropriés (voir le tableau XII) pour réaliser son manomètre. Les sujets ont eu un résultat moyen de 72% pour cette observation. Cela s'explique, entre autres, par le fait que plusieurs participants choisissaient et essayaient des fonctions initiales inappropriées pour effectuer la transformation de leur capteur.

Le résultat moyen de l'observation #2 concernant les stratégies d'interaction, de communication et de dépannage est de 89%. Plusieurs sujets savaient en effet comment interagir avec le logiciel pour résoudre un obstacle rencontré. D'autres, lorsqu'ils ne savaient plus quoi faire pour continuer la réalisation de leur instrument de mesure, n'hésitaient pas à nous demander de l'aide. Ils utilisaient ainsi les ressources mises à leur disposition pour continuer à avancer dans la construction de leur manomètre. L'observation #3 concernait la mobilisation de savoirs et savoir-faire connus en ExAO dans le nouveau contexte de la réalisation d'un manomètre, tandis que l'observation #4 traitait de l'anticipation de nouvelles fonctions en ExAO.

Tel que présenté dans le tableau XIII, le sujet 32 a obtenu une moyenne de 96% pour sa capacité à exploiter l'ExAO. Il a effectué une anticipation intéressante de l'utilisation du logiciel, soit celle de changer les paramètres d'un capteur en page d'accueil pour régler un problème d'échelle. Nous n'avions pourtant jamais présenté cette fonction et l'élève du secondaire n'en était qu'à sa quatrième utilisation de l'ExAO en contexte scolaire. Le sujet s'est ainsi approprié rapidement le logiciel. Ceci démontre l'appropriation facile, par essai-erreur, des systèmes *MicrolabExAO* par les élèves.

Sujet\Obs.	#1	#2	#3	#4	#5	#6	Moy	Moy %
1	4	4	4	4	4	4	4,0	100%
2	1	4	2	3	1	3	2,3	58%
3	3	4	4	4	4	4	3,8	96%
4	1	3	2	3	3	4	2,7	67%
5	2	4	1	2	4	1	2,3	58%
6	4	4	4	4	4	3	3,8	96%
7	4	4	4	4	4	3	3,8	96%
8	4	4	4	4	4	4	4,0	100%
9	3	4	4	4	3	4	3,7	92%
10	3	4	4	4	4	4	3,8	96%
11	2	4	4	4	2	4	3,3	83%
12	4	4	4	4	4	4	4,0	100%
13	4	4	4	3	4	3	3,7	92%
14	4	3	4	4	4	4	3,8	96%
15	1	2	2	3	4	2	2,3	58%
16	4	4	4	4	4	4	4,0	100%
17	4	4	4	4	4	4	4,0	100%
18	2	2	1	2	4	2	2,2	54%
19	2	4	3	4	4	4	3,5	88%
20	2	3	2	1	2	1	1,8	46%
21	2	2	1	3	1	1	1,7	42%
22	4	4	4	4	4	4	4,0	100%
23	3	4	4	4	4	4	3,8	96%
24	3	4	4	4	4	4	3,8	96%
25	2	4	2	2	3	2	2,5	63%
26	1	2	1	3	2	3	2,0	50%
27	4	3	4	4	4	2	3,5	88%
28	3	3	3	4	4	4	3,5	88%
29	3	4	4	4	4	4	3,8	96%
30	2	3	2	2	3	3	2,5	63%
31	4	4	4	4	3	4	3,8	96%
32	4	4	4	4	3	4	3,8	96%
33	2	3	2	2	1	2	2,0	50%
<b>Moy</b>	<b>2,9</b>	<b>3,5</b>	<b>3,2</b>	<b>3,4</b>	<b>3,4</b>	<b>3,2</b>	<b>3,3</b>	<b>82%</b>
<b>Moy %</b>	<b>72%</b>	<b>89%</b>	<b>79%</b>	<b>86%</b>	<b>84%</b>	<b>81%</b>		

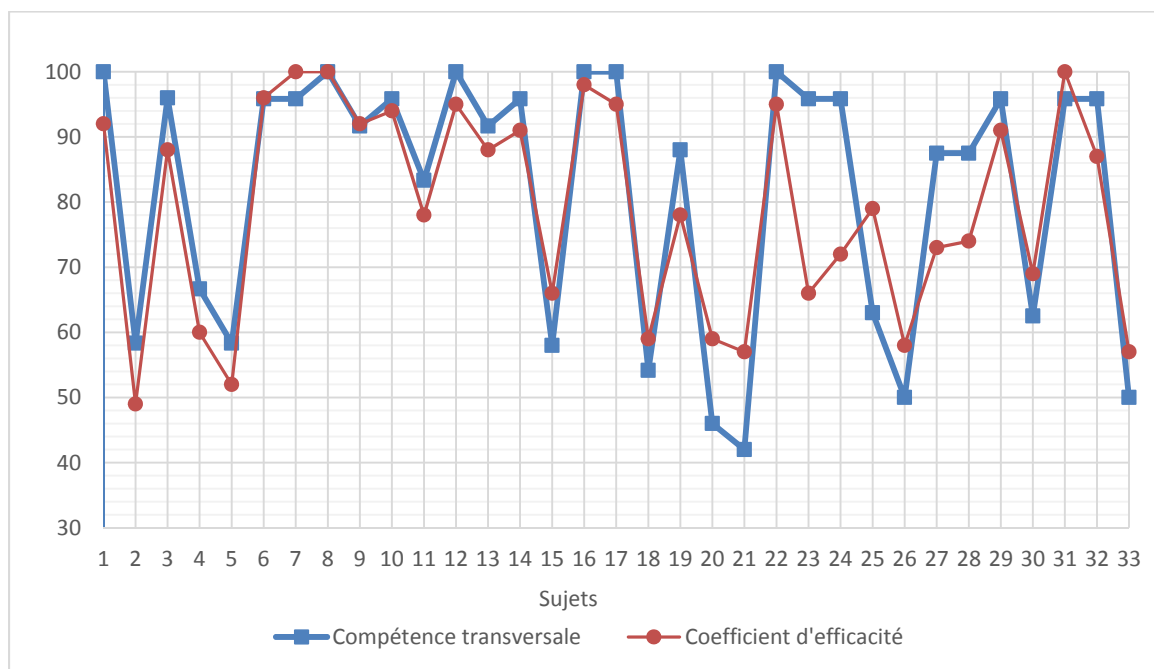
**Tableau XIII** : Compilation de l'évaluation de la capacité d'exploiter l'ExAO en situation nouvelle de chaque sujet



Concernant la reconnaissance de ses réussites et difficultés, soit l'observation #5, les sujets dont les cases sont grisées dans le tableau XIII n'ont pas réalisé que leur transformation ou leur validation n'était pas adéquate. Finalement, l'observation #6, dont la moyenne est de 81%, concernait le retour réflexif et la recherche d'améliorations possibles à sa démarche.

Il est aussi possible de remarquer dans le tableau XIII que huit participants n'ont pas atteint le seuil minimal de 60%, soit les participants 2, 5, 15, 18, 20, 21, 26 et 33. L'évaluation de cette compétence amène de nouvelles informations sur la démarche de l'élève, comme l'anticipation de nouvelles utilisations de l'ExAO. Les grilles d'observation de cette compétence pour chaque sujet sont disponibles à l'annexe IV.

Nous pensons qu'il serait intéressant de comparer le résultat moyen d'un sujet quant à sa capacité à exploiter l'ExAO avec le coefficient d'efficacité de ce sujet. La figure 27 compare ces deux indicateurs pour chaque sujet.



**Figure 27 :** Comparaison entre la capacité d'exploiter l'ExAO et le coefficient d'efficacité pour chaque sujet

Il est possible de constater que la correspondance entre ces deux indicateurs est similaire, ayant au maximum 10% d'écart, pour 26 des participants (les sujets 1 à 19, 22, 26 et 29 à 33). Ceci est intéressant étant donné que ces deux indicateurs sont construits de

façon différente ; Le coefficient d'efficacité est élaboré à partir de données quantitatives et le résultat de la compétence transversale à partir de données qualitatives.

En effet, le coefficient d'efficacité est calculé avec le nombre d'actions inefficaces et le nombre d'actions total selon l'équation :

$$\text{Coefficient d'efficacité (\%)} = ((N^{\text{bre}} \text{ d'actions total} - N^{\text{bre}} \text{ d'actions inefficaces}) / N^{\text{bre}} \text{ d'actions total}) * 100$$

Le résultat moyen de la compétence transversale d'exploitation de l'ExAO en situation nouvelle est élaboré à partir du jugement du chercheur concernant six observations de la démarche du sujet avec l'ExAO, observations évaluées avec une échelle d'appréciation de 1 à 4. Nous pensons que cette correspondance renforce la pertinence du coefficient d'efficacité comme indicateur de performance, de même qu'elle appuie notre évaluation de la capacité à exploiter l'ExAO en situation nouvelle. Elle démontre aussi la cohérence de ces deux évaluations. Bien qu'intéressante, cette correspondance n'est toutefois pas étonnante étant donné qu'elle met en lien deux façons différentes de mesurer le même objet, soit la démarche du sujet dans notre environnement d'apprentissage.

Cette correspondance n'existe pas pour les sujets 20, 21, 23, 24, 25, 27 et 28. Pour ces derniers, la différence entre les deux indicateurs s'explique de diverses façons. Prenons l'exemple du sujet 23 qui a le plus grand écart entre les deux résultats. Comme le montre la figure 27, sa compétence d'exploitation de l'ExAO en situation nouvelle est en effet plus élevée de 30 points de pourcentage que son coefficient d'efficacité. Cette différence peut se comprendre simplement. En effet, le tableau de codage du sujet 23 (voir annexe III) nous apprend que ses actions 2 à 12 étaient inefficaces, car il ne savait pas comment lancer une acquisition, c'est-à-dire qu'il ne se souvenait plus qu'il devait cliquer sur le bouton *acquisition* pour que les données soient enregistrées dans le logiciel. Sur 41 actions au total, ces dix actions inefficaces commises au début de sa démarche correspondent déjà à une baisse d'environ 25% de son coefficient d'efficacité. Une fois que nous lui avons dit comment lancer son acquisition, il n'a effectué que quatre actions inefficaces. Pour la même erreur, nous lui avons enlevé seulement un point lors de l'évaluation de sa compétence d'exploitation de l'ExAO.

### 5.2.1.3. Catégorie 3 : Habiletés de résolution de problème

Lors de l'observation des enregistrements vidéo, nous avons aussi évalué, à l'aide d'une grille d'observations, les habiletés de résolution de problème de chaque sujet. Cette grille nous permet de vérifier la manifestation de la compétence disciplinaire 1 en *Science et technologie* au secondaire, soit *chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique*. Nous avons élaboré cette grille en utilisant les critères d'évaluation et les manifestations des composantes de cette compétence (voir tableau I). Nous avons sélectionné les manifestations qui nous semblaient observables dans l'activité et les avons précisées pour pouvoir facilement les observer et les évaluer. Cette grille contient 21 manifestations observables, évaluées avec une échelle numérique d'appréciation de 1 à 4 (1 étant tout à fait inapproprié et 4 tout à fait approprié). Le tableau XIV représente l'évaluation des habiletés de résolution de problème du sujet 27. L'appréciation d'une valeur de 1 pour l'observation #16 du sujet 27 nous apprend que ce sujet ne savait pas paramétrer adéquatement son expérimentation et, ainsi, n'obtenait pas assez de données. Les deux appréciations d'une valeur de 2 pour les observations #15 et #18 nous apprennent que ce sujet n'utilisait pas le matériel de laboratoire avec les techniques appropriées (observation #18) et qu'il ne contrôlait pas de façon adéquate la variable pression (observation #15) étant donné qu'il déconnectait et reconnectait la seringue en cours d'acquisition.

Le tableau XV présente la compilation des résultats pour chaque sujet concernant les habiletés de résolution de problème. Il indique le résultat moyen de chaque apprenant ainsi que la moyenne pour chaque manifestation observable. Les résultats moyens des observations nous apprennent que, de façon générale, les apprenants possèdent de bonnes habiletés pour résoudre les problèmes. En effet, dix observations ont un résultat moyen de 90% et plus, huit entre 80 et 89% et trois entre 70 et 79%. Les observations #15 et #18 sont les moins bien réussies. Pour l'observation #15, qui consiste à mettre en place un schème de contrôle de variable adéquat, un des problèmes observés consistait à faire une entrée manuelle définie comme de la pression, mais en entrant manuellement des volumes. Pour l'observation #18, qui concerne l'utilisation appropriée du matériel de laboratoire, les problèmes sont souvent liés à la manipulation de la seringue, comme ne pas la déconnecter entre chaque essai ou tirer et pousser plusieurs fois lors du même essai.

<b>Habilités de résolution de problème (compétence disciplinaire 1)</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Représentation adéquate de la situation (Composante : Cerner un problème)</li> </ul>	
#7	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant se donne une représentation de la situation sous la forme d'un schéma de montage adéquat</li> </ul>	4
#8	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il identifie les éléments du matériel fourni qui semblent pertinents et les relations qui les unissent en agencant adéquatement le matériel</li> </ul>	4
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Élaboration d'un plan d'action pertinent, adapté à la situation (Composante : Élaborer un plan d'action)</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place la démarche technologique de conception : <ul style="list-style-type: none"> <li>Il explore quelques-unes des explications ou des solutions provisoires en essayant plusieurs agencements du matériel ou plusieurs fonctions du logiciel</li> </ul> </li> </ul>	4
#9	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne une solution qu'il mettra en pratique en construisant son capteur</li> </ul>	4
#10	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il détermine les ressources nécessaires en sélectionnant le matériel</li> </ul>	4
#11	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il planifie les étapes de sa mise en œuvre dans son protocole</li> </ul>	4
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mise en œuvre adéquate du plan d'action (Composante : Concrétiser le plan d'action)</li> </ul>	
#13	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en œuvre les étapes planifiées de la construction du capteur</li> </ul>	4
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il fait appel aux techniques et aux ressources appropriées : <ul style="list-style-type: none"> <li><i>Démarche de modélisation</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise le modéliseur pour modéliser graphiquement et algébriquement ses données</li> </ul> </li> <li><i>Démarche expérimentale</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place des schèmes de contrôle de variables adéquats</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>	
#14	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne les paramètres expérimentaux adéquats</li> </ul>	2
#15	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne les paramètres expérimentaux adéquats</li> </ul>	1
#16	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise les modules <i>graphiques</i> et <i>vumètre</i> de façon adéquate</li> </ul>	4
#17	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise le matériel de laboratoire avec les techniques appropriées</li> </ul>	2
	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Démarche technologique d'analyse</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>Il connecte adéquatement les fils du transducteur à la capsule universelle.</li> <li>Il connecte adéquatement la capsule universelle à l'interface.</li> <li>Il détermine la fonction du raccord en forme de T.</li> </ul> </li> </ul>	
#18	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il connecte adéquatement les fils du transducteur à la capsule universelle.</li> </ul>	4
#19	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il connecte adéquatement la capsule universelle à l'interface.</li> </ul>	4
#20	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il détermine la fonction du raccord en forme de T.</li> </ul>	4
#21	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise les ressources adéquates quand il en a besoin (il pose des questions à l'enseignant pour continuer d'avancer s'il en a besoin)</li> </ul>	4
#22	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il procède à des essais pour tenter de voir si sa solution fonctionne, par exemple, en utilisant différentes fonctions du logiciel</li> </ul>	3
#23	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il recueille des données avec son capteur, mais aussi avec l'étalon en lançant une acquisition de données</li> </ul>	4
#24	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il apporte, si nécessaire, des corrections liées à l'élaboration ou la mise en œuvre du protocole, en changeant, par exemple, la première fonction utilisée dans le logiciel ou en modifiant son schéma de montage</li> </ul>	3
#25	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il mène à terme son plan d'action et réussit à construire son capteur</li> </ul>	4
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes (Composante: Analyser les résultats)</li> </ul>	
#26	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il juge de la pertinence de la solution apportée en analysant les résultats de sa validation et en mettant un terme à l'expérimentation s'il est satisfait</li> </ul>	4
#27	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il juge de la pertinence de la solution apportée en analysant les résultats de sa validation et en mettant un terme à l'expérimentation s'il est satisfait</li> </ul>	4

Il a complété le montage du premier coup.

Comme la transformation avec une variable intérieure ne semblait pas fonctionner, il a tenté l'étalonnage, la transformation avec l'entrée manuelle, de même que la création d'un capteur virtuel.

Il n'a pas hésité à mettre en œuvre la transformation en fonction d'une variable intérieure.

Son protocole est similaire aux actions observées.

Il déconnectait et reconnectait la seringue en cours d'expérimentation, suite à une mauvaise interprétation d'une information du chercheur.

Il aurait dû mieux choisir les paramètres expérimentaux pour avoir plus de données. Cela aurait réglé quelques problèmes rencontrés dans l'acquisition.

Il a utilisé le mode vumètre pour tester le signal.

Il déconnectait et reconnectait la seringue en cours d'expérimentation, suite à une mauvaise interprétation d'une information du chercheur.

Il voyait que sa solution fonctionnait lorsque le signal était mesuré en fonction du temps, mais ne comprenait pas pourquoi cela ne fonctionnait pas quand il plaçait les capteurs l'un par rapport à l'autre. Son essai de validation était concluant, car il avait une dizaine de données qui donnaient une droite de pente 1.

C'est le chercheur qui lui a dit de ne pas utiliser la fonction d'étalonnage, bien que le sujet utilisait déjà la fonction de transformation, mais changeait de fonction étant donné qu'il avait de la difficulté à obtenir des points.

Il a réussi à construire son capteur.

Il a obtenu une pente de validation de 1, ce qui est satisfaisant.

Tableau XIV : Évaluation des habiletés de résolution de problème du sujet 27

Sujet\Obs.	#7	#8	#9	#10	#11	#12	#13	#14	#15	#16	#17	#18	#19	#20	#21	#22	#23	#24	#25	#26	#27	Moy	Moy %
1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3,9	98%
2	2	3	1	4	3	2	4	2	1	4	4	4	4	4	1	1	4	1	4	4	1	2,6	65%
3	4	4	4	4	4	4	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3,9	98%
4	2	1	4	1	1	4	4	4	2	4	4	2	4	4	1	4	4	1	4	4	3	3,0	74%
5	2	1	3	1	2	3	1	4	2	4	4	2	4	4	1	4	1	1	3	1	1	2,3	58%
6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	3	4	3	4	4	4	4	3,9	96%
7	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4,0	99%
8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4,0	99%
9	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4,0	100%
10	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4,0	99%
11	3	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	3	4	4	4	3	3	4	4	3	4	3,7	93%
12	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4,0	99%
13	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3,9	98%
14	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	2	3,8	95%
15	3	4	4	1	4	4	4	2	1	1	4	1	4	4	4	3	3	4	1	4	4	2,9	73%
16	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4,0	100%
17	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4,0	99%
18	3	2	2	1	2	4	4	4	1	2	3	2	4	2	3	2	3	2	1	2	3	2,5	62%
19	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4,0	99%
20	4	4	2	1	4	2	4	4	2	1	2	3	4	4	4	3	1	4	2	1	1	2,7	68%
21	4	4	1	3	4	4	4	4	1	1	4	3	3	4	4	2	1	4	2	1	1	2,8	70%
22	3	4	4	4	4	4	4	4	3	2	4	2	4	4	4	4	4	4	3	4	4	3,7	92%
23	4	4	4	4	4	4	4	4	3	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3,9	96%
24	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4,0	99%
25	4	4	3	3	4	3	4	4	3	1	4	4	4	4	4	4	3	4	3	3	4	3,5	88%
26	1	3	2	2	2	3	4	2	1	4	3	2	4	4	3	3	3	4	2	2	4	2,8	69%
27	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	4	2	4	4	4	4	3	4	3	4	4	3,6	89%
28	4	4	4	4	4	2	4	4	3	3	4	2	4	4	4	4	3	4	4	3	4	3,6	90%
29	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3,9	98%
30	3	4	4	2	4	2	3	4	3	3	4	1	4	4	4	3	4	4	4	2	4	3,3	83%
31	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3,9	98%
32	3	4	4	4	4	2	3	4	3	2	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3,6	89%
33	3	4	4	2	4	2	2	4	2	3	2	2	3	1	4	4	1	4	2	1	1	2,6	65%
Moy	3,5	3,7	3,5	3,3	3,7	3,5	3,8	3,8	2,9	3,2	3,8	2,9	3,9	3,8	3,6	3,6	3,4	3,7	3,5	3,2	3,4	3,5	88%
Moy %	88%	92%	87%	83%	92%	89%	94%	94%	73%	79%	95%	73%	98%	96%	91%	90%	84%	92%	86%	81%	86%	3,5	88%

Tableau XV : Compilation de l'évaluation des habiletés de résolution de problème pour chaque sujet

L'observation #20, la connexion adéquate de la capsule universelle à l'interface, est la mieux réussie. Les grilles d'observations de tous les sujets sont disponibles à l'annexe IV. Concernant les résultats des participants, le résultat moyen du sujet 27 est de 89%. Il est aussi possible de constater que 20 participants ont obtenu plus de 90%, dont deux personnes avec 100%, soit les sujets 9 et 16. Seul le sujet 5 n'a pas atteint le seuil minimal de 60%. La case de son résultat moyen est colorée en noir. Nous avons coloré en gris foncé les cases des résultats moyens compris entre 60 et 75%, obtenus par les sujets 2, 4, 15, 18, 20, 21, 26 et 33. Ces résultats sont assez éloignés de la moyenne qui s'établit à 88%.

#### **5.2.1.4. Catégorie 4 : La compréhension du fonctionnement d'un instrument de mesure électronique**

La dernière évaluation que nous étudierons, avant de compiler les résultats de toutes les évaluations, est celle de la compréhension du fonctionnement d'un instrument de mesure électronique. Nous avons d'abord évalué, lors d'un examen préalable, les conceptions initiales des sujets concernant le fonctionnement d'un thermomètre électronique (question A). Ensuite, lors d'un examen final à la fin de la mise à l'essai empirique, nous avons évalué leur compréhension d'un transducteur électronique (question B) et du diviseur de tension (question C). La correction des réponses à la question A s'est effectuée à l'aide d'une échelle numérique d'appréciation de 1 à 4. Nous avons ainsi fait une appréciation de la réponse de chaque sujet. Cela nous a permis de vérifier s'il y a eu une amélioration de la compréhension du sujet suite à l'intervention didactique. La correction des réponses aux questions B et C s'est effectuée à l'aide d'une clé de correction.

**Question A** (conception initiale avant l'intervention didactique) : Expliquez le fonctionnement d'un thermomètre électronique.

#### **Échelle d'appréciation numérique:**

1-Tout à fait inapproprié; 2-Inapproprié; 3-Approprié; 4-Tout à fait approprié.

**Question B** (conception suite à l'intervention didactique) : Sélectionnez un des transducteurs suivants utilisés durant le cours et expliquez-en le fonctionnement en vous appuyant d'un schéma : photorésistance – capsule infrarouge – thermistance.

#### **Clé de correction ( /10pts):**

Légende : Photorésistance (P) – Capsule infrarouge (C) – Thermistance (T)

a) Grandeur physique mesurée ( /1pt) :

- Lumière (P), distance (C) et température (T)

- b) Résistance varie selon la grandeur physique ( /1pt)
- c) La tension varie de telle façon si la grandeur physique varie de telle façon ( /2pts)
- d) L'étalon de mesure ( /1pt)
  - o Lampe (P), mètre (C) et thermomètre (T)
- e) Autres informations pertinentes ( /2pts)
- f) Le schéma explicatif ( /3pts)

**Question C** (conception suite à l'intervention didactique) : Dans la construction d'un capteur de température, pourquoi avez-vous ajouté une résistance fixe en série avec la résistance variable (thermistance).

**Clé de correction ( /5pts) :**

- a) Pour éviter un court-circuit ( /1pt)
- b) Parce que les tensions en série s'additionnent ( /1pt)
- c) Sans résistance fixe, la tension de la thermistance ne varie pas ( /1pt)
- d) Information pertinente ( /2pts)

L'encadré suivant présente les réponses du sujet 31. La correction des réponses est inscrite en commentaires. Dans cet encadré, il est possible de constater que la conception initiale du sujet 31 sur le fonctionnement d'un thermomètre électronique était inappropriée (appréciation de 2). En effet, sa réponse étant très courte, elle ne donnait pas beaucoup d'informations sur le fonctionnement de ce thermomètre électronique. De plus, il mentionnait que c'était la résistance d'un fil qui variait, quand il s'agit en fait de la résistance d'un composant électronique, c'est-à-dire une thermistance. Nous avons corrigé sa réponse directement dans ses explications, en raturant le contenu inapproprié et en le remplaçant par le contenu adéquat, que nous avons surligné en gris pour indiquer la correction. La conception du participant après l'intervention didactique a été évaluée avec ses réponses aux questions B et C. Il a obtenu 9/10 pour la question B. En effet, il n'a pas précisé que le thermomètre était son étalon de mesure. Nous avons identifié les différents éléments de réponse que nous recherchions dans son explication par *a, b, c, d, e, f*, que nous avons surlignés en gris. Ils correspondent aux différents éléments de la clé de correction. Le résultat du sujet 31 à la question C est de 3/5. En effet, il n'a pas précisé que les tensions aux bornes des éléments résistifs d'un circuit en série s'additionnent et que, sans résistance fixe, la tension de la thermistance ne varierait pas. Comme il a obtenu presque tous les points pour la question B et qu'il a atteint le seuil de réussite pour la question C, nous considérons qu'il a compris le fonctionnement d'un instrument de mesure électronique. Les réponses de chaque participant sont disponibles à l'annexe I.

**Sujet 31 (E3):**

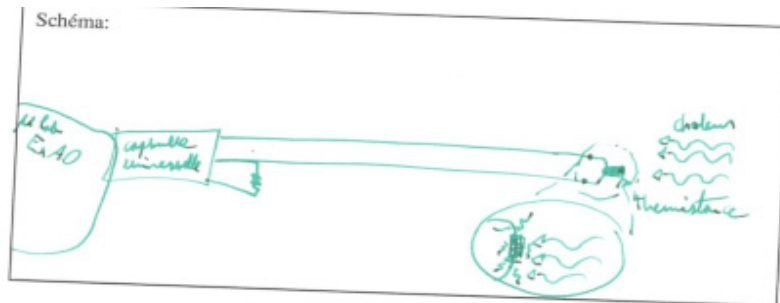
**Question A : Expliquez le fonctionnement d'un thermomètre électronique**

La résistance d'un fil d'une thermistance varie, entre autres, avec la température. Mesurer la résistance de celui-ci permet donc de mesurer la température de celui-ci.

**Appréciation  
réponse A :**  
2 - conception  
inappropriée

**Question B : Sélectionnez un des transducteurs suivants utilisés durant le cours et expliquez-en le fonctionnement en vous appuyant d'un schéma : thermistance**

Une thermistance fonctionne en changeant de résistance (b) selon la température (a) environnante. La résistance de celle-ci augmente en fonction de la température, et cela change la tension dans un circuit électrique (c). On peut donc trouver de combien varie la tension en fonction de la température, et ainsi convertir ces signaux en données de température (e).



**Correction réponse B :**

Explications : 9/10

- a) 1/1
- b) 1/1
- c) 2/2
- d) 0/1 (thermomètre?)
- e) 2/2
- f) 3/3

**Question C : Dans la construction d'un capteur de température, pourquoi avez-vous ajouté une résistance fixe en série avec la résistance variable (thermistance).**

C'est pour éviter les courts-circuits (a) que l'on a ajouté une résistance fixe. En effet, puisque la résistance est variable, il y a un risque qu'elle aille à 0 (d), et que donc, il y ait court-circuit faute de résistance dans le circuit. Ainsi, une résistance fixe est placée là pour réguler les chances de court-circuit.

**Correction réponse C :**

Explications : 3/5

- a) 1/1
- b) 0/1 (en série?)
- c) 0/1 (aucune variation?)
- d) 2/2



Le tableau XVI représente la compilation des résultats aux questions A, B et C pour chaque sujet. Il présente aussi la moyenne pondérée des réponses aux questions B ( /10pts) et C ( /5pts). Il est possible de constater qu'il y a cinq personnes en échec, soit les sujets 5, 18, 22, 30 et 33, avec des résultats variant entre 27 et 47%. La moyenne obtenue par l'ensemble des participants est de 71%. La moyenne de la conception initiale des sujets est de 2, conception inappropriée. Nous nous attendions à ce résultat étant donné la complexité du fonctionnement d'un instrument de mesure électronique.

Nous souhaitions faire évoluer cette conception chez les sujets avec notre intervention didactique. Cela semble réussi étant donné que la plupart d'entre eux ont une compréhension adéquate suite à l'intervention. Il est aussi possible de remarquer que quelques sujets avaient une conception initiale tout à fait appropriée, soit les sujets 6, 11, 16, 26 et 29. Ces sujets ont tous conservé une compréhension adéquate suite à l'intervention didactique et plusieurs ont obtenu 10/10 à la question B, donnant tous les détails demandés. L'amélioration la plus visible est celle du sujet 24, qui avait une conception initiale tout à fait inappropriée (1) et a obtenu 93% suite à l'intervention avec 10/10 à la question B et 4/5 à la question C.

Question	A	B	C	Moy (%)	Compréhension théorique
Sujet	1-2-3-4	( /10)	( /5)	B et C	
1	3	8	4,5	83	Oui
2	1	6	3	60	Oui
3	3	9	4,5	90	Oui
4	1	8	4	80	Oui
5	1	2	2	27	Non
6	4	8	3	73	Oui
7	1	9	2	73	Oui
8	3	10	3	87	Oui
9	3	8	3	73	Oui
10	2	8	3	73	Oui
11	4	9	4,5	90	Oui
12	3	8	4	80	Oui
13	1	8	3	73	Oui
14	1	7	4	73	Oui
15	1	9	4	87	Oui
16	4	10	4	93	Oui
17	1	8	4	80	Oui
18	1	3	4	47	Non
19	1	9	3	80	Oui
20	2	9	3	80	Oui
21	1	7	2	60	Oui
22	1	3	1	27	Non
23	2	7	3	67	Oui
24	1	10	4	93	Oui
25	1	6	4	67	Oui
26	4	10	4	93	Oui
27	1	7	2	60	Oui
28	1	6	4	67	Oui
29	4	10	4	93	Oui
30	2	4	3	47	Non
31	2	9	3	80	Oui
32	s.o.	5	4	60	Oui
33	1	4	2	40	Non
<b>Moy</b>	<b>2</b>	<b>7,4</b>	<b>3,3</b>	<b>71</b>	

16

**Tableau XVI :** Compilation de l'évaluation de la compréhension de chaque sujet du fonctionnement d'un instrument de mesure électronique

<sup>16</sup> Le sujet 32 n'a pas répondu à la question A, d'où l'indication s. o. (sans objet).

### **5.2.1.5. Apprentissage interdisciplinaire en situation adidactique**

Dans les pages précédentes, nous avons présenté les résultats que nous avons obtenus lors de la mise à l'essai empirique concernant l'apprentissage interdisciplinaire en situation adidactique. Le tableau XVII établit la compilation des différentes évaluations effectuées dans les tableaux précédents. Dans ce tableau, pour faciliter le repérage, nous avons coloré en gris foncé les cases où une évaluation n'atteint pas le seuil minimal de 60% et en noir les cases des sujets qui n'ont pas réussi à réaliser l'apprentissage interdisciplinaire en situation adidactique en fonction de notre postulat de départ.

Tel que mentionné au début de la section 5.2, nous n'avons pas effectué de comparaison entre la performance des élèves du secondaire et celle des étudiants universitaires. En effet, lors de notre analyse des données, nous avons constaté que leurs résultats moyens sont similaires. Dans le tableau suivant, nous avons précisé ces résultats moyens en présentant la performance des élèves du secondaire et celle des étudiants universitaires pour chacune des catégories étudiées précédemment.

Il est possible de constater que, pour le groupe E1 des 15 étudiants en formation initiale des maîtres (sujets 1 à 15), 11 sujets ont réalisé l'apprentissage interdisciplinaire en situation adidactique, tandis que quatre sujets ne l'ont pas effectué. Pour le groupe E2 des 12 étudiants à la maîtrise qualifiante (sujets 16 à 27), sept sujets ont effectué cet apprentissage, tandis que cinq ne l'ont pas réalisé. Ainsi, 18 étudiants universitaires sur 27, c'est-à-dire 67% de ces sujets, ont effectué un apprentissage interdisciplinaire en situation adidactique. Ce pourcentage de réussite est le même pour le groupe E3 des six élèves du secondaire (sujets 28 à 33), où quatre sujets ont effectué cet apprentissage et deux ne l'ont pas réalisé. Ainsi, 22 des 33 sujets de la mise à l'essai empirique ont réalisé un apprentissage interdisciplinaire en situation adidactique.

Dans les prochains paragraphes, nous souhaitons prendre le temps de décrire certains éléments que nous jugeons intéressants et qui permettent de mieux comprendre l'environnement d'apprentissage utilisé ainsi que l'intervention didactique développée. Nous analyserons ces éléments en considérant la démarche des 22 sujets qui sont parvenus à effectuer un apprentissage interdisciplinaire en situation adidactique.

Sujet	Catégorie 1 Observation	Coefficient d'efficacité	Catégorie 1 Rapport	Catégorie 2	Catégorie 3	Catégorie 4 QB + QC	Apprentissage interdisciplinaire
1	Oui	92%	90%	100%	98%	83%	Oui
2	Non	49%	47%	58%	65%	60%	Non
3	Oui	88%	80%	96%	98%	90%	Oui
4	Non	60%	75%	67%	74%	80%	Non
5	Non	52%	73%	58%	58%	27%	Non
6	Oui	96%	73%	96%	96%	73%	Oui
7	Oui	100%	85%	96%	99%	73%	Oui
8	Oui	100%	87%	100%	99%	87%	Oui
9	Oui	92%	82%	92%	100%	73%	Oui
10	Oui	94%	78%	96%	99%	73%	Oui
11	Oui	78%	62%	83%	93%	90%	Oui
12	Oui	95%	90%	100%	99%	80%	Oui
13	Oui	88%	90%	92%	98%	73%	Oui
14	Oui	91%	60%	96%	95%	73%	Oui
15	Non	66%	82%	58%	73%	87%	Non
16	Oui	98%	95%	100%	100%	93%	Oui
17	Oui	95%	95%	100%	99%	80%	Oui
18	Non	59%	77%	54%	62%	47%	Non
19	Oui	78%	83%	88%	99%	80%	Oui
20	Non	59%	58%	46%	68%	80%	Non
21	Non	57%	55%	42%	70%	60%	Non
22	Oui	95%	65%	100%	92%	27%	Non
23	Oui*	66%	60%	96%	96%	67%	Oui
24	Oui	72%	97%	96%	99%	93%	Oui
25	Oui*	79%	85%	63%	88%	67%	Oui
26	Non	58%	73%	50%	69%	93%	Non
27	Oui*	73%	60%	88%	89%	60%	Oui
<b>Moy E1+E2</b>	<b>70% de oui</b>	<b>79%</b>	<b>76%</b>	<b>82%</b>	<b>88%</b>	<b>73%</b>	<b>67% de oui</b>
28	Oui*	74%	80%	88%	90%	67%	Oui
29	Oui	91%	70%	96%	98%	93%	Oui
30	Non	69%	67%	63%	83%	47%	Non
31	Oui	100%	78%	96%	98%	80%	Oui
32	Oui	87%	63%	96%	89%	60%	Oui
33	Non	57%	33%**	50%	65%	40%**	Non
<b>Moy E3</b>	<b>67% de oui</b>	<b>80%</b>	<b>72%</b>	<b>81%</b>	<b>87%</b>	<b>69%</b>	<b>67% de oui</b>
<b>Moy E1+E2+E3</b>	<b>70% de oui</b>	<b>79%</b>	<b>74%</b>	<b>82%</b>	<b>88%</b>	<b>71%</b>	<b>67% de oui</b>
* Avec un peu d'aide		** Nous ne tenons pas compte de ce résultat dans la moyenne de E3					
E1+E2 : Étudiants universitaires			E3 : Élèves du secondaire				

Tableau XVII : Compilation des résultats obtenus aux évaluations par chaque sujet

Tout d'abord, neuf sujets, dont un élève du secondaire, sont parvenus à réaliser leur manomètre électronique de façon complètement autonome, c'est-à-dire sans poser de question à l'enseignant. Il s'agit des sujets 1 (92%<sup>17</sup>), 3 (88%), 6 (96%), 8 (100%), 13 (88%), 14 (91%), 19 (78%), 24 (72%) et 31 (100%). Nous pouvons dire que ces sujets ont été performants dans la situation adidactique que nous leur avons proposée. Nous pouvons aussi dire qu'ils sont parvenus à intégrer et à transférer la démarche de résolution de problème en déployant des savoirs et savoir-faire interdisciplinaires. Si ces neuf sujets ont rencontré un obstacle, ils l'ont surmonté sans notre aide. C'est le cas, par exemple, du sujet 3 pour qui un fil s'est déconnecté de la capsule en cours d'acquisition ou du sujet 14 pour qui l'instrument de mesure construit a cessé de fonctionner. Rappelons que c'est le sujet 24 qui a eu l'amélioration la plus visible dans la compréhension d'un instrument de mesure électronique. Ce sujet se démarque aussi, car c'est lui qui a obtenu le meilleur résultat au rapport écrit de l'examen pratique de laboratoire avec 97%.

Ensuite, cinq sujets, dont un élève du secondaire, ont effectué toutes les manipulations clés attendues dans le modèle d'action. Il s'agit des sujets 1 (92%), 8 (100%), 16 (98%), 17 (95%) et 31 (100%). Le coefficient d'efficacité de ces sujets, supérieur à 90%, démontre qu'ils ont bien intégré la démarche de réalisation générale d'un instrument de mesure. De plus, tous ces sujets ont des résultats graphiques de transformation et de validation dont les modélisations algébriques sont adéquates. Le sujet 16 se démarque aussi étant donné qu'il est le seul à avoir obtenu 100% à la fois dans la compétence d'exploitation de l'ExAO en situation nouvelle que dans la compétence de résolution de problèmes. Les sujets 8 et 31 n'ont mené que des actions efficaces comme le démontre leur coefficient d'efficacité de 100%. De plus, non seulement les manipulations clés de ces sujets sont conformes au modèle d'action, mais l'ensemble de leurs manipulations aussi, en ce sens où elles sont identiques à celles attendues d'un élève expert dans le modèle d'action (voir tableau IV). Le résultat de leur compétence d'exploitation de l'ExAO en situation nouvelle est de 100%. Un autre sujet, le sujet 7, a obtenu un coefficient d'efficacité de 100%, mais il a effectué une validation différente des manipulations attendues dans le modèle d'action.

Finalement, trois sujets ont eu une démarche de validation originale se détachant de celles des autres participants. Ces démarches démontrent qu'il est possible d'emprunter plusieurs

---

<sup>17</sup> Nous avons placé le coefficient d'efficacité des sujets entre parenthèses.

chemins, en faisant preuve de créativité, pour construire un instrument de mesure avec le logiciel *MicrolabExAO*, que l'apprenant a ainsi des choix à effectuer quant aux fonctions du logiciel à utiliser. D'une part, au lieu d'appliquer l'équation algébrique de transfert à la mesure du transducteur en page d'accueil, le sujet 19, à l'aide de la fonction *capteur virtuel*, a créé une variable calculée virtuellement qu'il a nommée pression ( $P$ ). Les paramètres qu'il a entrés pour le calcul de cette variable étaient ceux de son équation algébrique de transfert :  $P=516,617*Univ + 104,121$ , où *Univ* est la tension aux bornes du transducteur, telle que mesurée par la capsule universelle, et  $P$  la pression calculée par l'ordinateur. Il est le seul à avoir emprunté cette avenue qui permet aussi de construire un manomètre fonctionnel.

D'autre part, le sujet 24 a décidé d'utiliser la fonction *étudier les capteurs connectés en fonction d'une entrée manuelle* et d'entrer manuellement les volumes de la seringue. En d'autres termes, une fois son manomètre construit, il a comparé les mesures prises par son instrument avec celles du manomètre étalon en fonction de différents volumes, mesurés par la seringue, qu'il a entrés manuellement dans le logiciel. Finalement, le sujet 29, un élève du secondaire, a utilisé la fonction *étalonner ce capteur (capteur construit) en choisissant un étalon connecté à MicrolabExAO : Manomètre 0-1500 hPa* pour effectuer sa validation. Il est parvenu à effectuer celle-ci étant donné que, avec cette fonction, la mesure de son manomètre construit et celle de l'étalon se placent automatiquement l'une par rapport à l'autre en mode graphique dans le logiciel. Ces sujets ont d'ailleurs eu 88% (sujet 19) et 96% (sujet 24 et sujet 29) dans leur compétence d'exploitation de l'ExAO en situation nouvelle. Nous pensons que ces démarches originales démontrent l'intérêt didactique des systèmes *MicrolabExAO* dont la polyvalence permet aux utilisateurs d'utiliser plusieurs fonctions différentes pour arriver à réaliser un instrument de mesure électronique. Le sujet fait donc des choix et n'est pas confiné dans une seule façon de faire. Parmi les sujets qui n'ont pas réussi à réaliser un apprentissage interdisciplinaire en situation adidactique, nous souhaitons seulement étudier le cas du sujet 22. Celui-ci a réalisé son manomètre de façon complètement autonome avec un coefficient d'efficacité de 95%, en effectuant 19 actions dont 1 seule était inefficace. C'est le sujet qui a effectué le moins d'actions dans l'environnement d'apprentissage tout en ayant une démarche conforme aux manipulations attendues du modèle d'action, à l'exception du fait d'avoir raccordé le petit tuyau au transducteur de pression au lieu du long tuyau. Cependant, il n'a pas atteint le seuil minimal de 60% lors de l'examen final. Il a en effet obtenu 27%. Ainsi, cette démarche en

action ne lui a pas permis d'accéder à la compréhension. Comme nous considérons que l'apprentissage interdisciplinaire nécessite une compréhension du fonctionnement de l'instrumentation électronique, nous pensons que ce sujet n'est pas parvenu à effectuer cet apprentissage. Par contre, nous pouvons dire qu'il a très bien répondu à la situation adidactique et qu'il a su déployer ses savoir-faire de façon remarquable, montrant ainsi qu'il avait intégré et transféré la démarche de réalisation d'un instrument de mesure électronique.

Comme indiqué au tableau XVII, pour la catégorie 1, l'observation des actions des sujets nous a permis de constater que 70% des étudiants universitaires ont réussi à construire leur manomètre de manière autonome, contre 67% des élèves du secondaire, avec des coefficients d'efficacité moyens de, respectivement, 79% et 80%. Le résultat moyen du rapport écrit d'examen pratique de laboratoire des étudiants universitaires est de 76%, contre 72 % pour les élèves du secondaire. Ce dernier pourcentage ne considère pas le 33% du sujet 33, car, lors de la mise à l'essai, nous avons décidé de ne pas tenir compte de ses résultats au rapport écrit d'examen pratique de laboratoire et à l'examen final vu sa difficulté à écrire et exprimer clairement ses idées en français. Pour la catégorie 2, les étudiants universitaires ont obtenu un résultat moyen de 82% dans la capacité d'exploiter l'ExAO en situation nouvelle, contre 81% pour les élèves du secondaire. Pour la catégorie 3, les étudiants universitaires ont obtenu un résultat moyen de 88% dans les habiletés de résolution de problème, contre 87% pour les élèves du secondaire. Pour la catégorie 4, les étudiants universitaires ont obtenu un résultat moyen de 73% dans la compréhension du fonctionnement d'un instrument de mesure électronique, contre 69% pour les élèves du secondaire. Ainsi, bien qu'ils semblent similaires, nous ne pouvons pas conclure avec certitude qu'il n'y a pas de différence entre les résultats moyens des élèves du secondaire et ceux des étudiants universitaires pour chacune des catégories étudiées. Une nouvelle recherche avec plus de sujets, notamment plus d'élèves du secondaire, serait alors nécessaire pour qu'il soit possible d'effectuer un test statistique permettant de vérifier s'il y a une différence significative entre ces résultats.

Dans la prochaine section, nous analyserons et interpréterons nos résultats pour déterminer les améliorations qu'il serait possible d'apporter à l'environnement d'apprentissage sur les plans didactique et technologique.

### **5.2.2. Évaluation des améliorations à apporter à l'environnement d'apprentissage sur les plans didactique et technologique**

Dans cette section, nous déterminerons les améliorations pertinentes à apporter à l'environnement d'apprentissage sur les plans didactique et technologique pour faciliter la démarche de réalisation d'instruments de mesure par l'élève. Ceci correspond à notre second objectif de recherche. Nous étudierons sur le plan technologique le prototype ainsi que le logiciel, et sur le plan didactique les protocoles, le rapport d'examen pratique et la formation. Pour déterminer ces améliorations, notre analyse s'appuiera sur la triangulation de deux méthodes de collecte de données : 1) nous avons filmé les sujets lors de l'examen pratique de laboratoire et 2) nous avons recueilli la perception écrite des sujets dans le questionnaire d'évaluation de l'intervention.

Ainsi, lors de notre observation des enregistrements vidéo de la réalisation du manomètre, nous avons porté une attention particulière aux difficultés rencontrées par chaque sujet dans l'utilisation du logiciel, du prototype et dans la rédaction du rapport écrit. De plus, suite à la réalisation des différents instruments de mesure lors de cette mise à l'essai empirique, nous avons recueilli les commentaires et suggestions des sujets sur l'environnement d'apprentissage dans un questionnaire d'évaluation. Il est important de mentionner que seulement 13 étudiants universitaires sur 27 (groupes E1 et E2) ont complété celui-ci suite à la mise à l'essai empirique. Ils l'ont rempli de façon anonyme et remis suite à la dernière séance. Tous les six élèves du secondaire (groupe E3) ont complété et remis ce questionnaire. Toutes les réponses aux questionnaires remplis par les sujets sont disponibles à l'annexe IX. Nous serons attentifs aux informations similaires qu'il sera possible de croiser par ces deux méthodes de collecte de données.



## 5.2.2.1. Évaluation technologique du prototype

### 5.2.2.1.1. Exactitude des manomètres construits

Nous pensons qu'il est pertinent d'analyser l'aspect technologique du prototype en évaluant l'exactitude des manomètres réalisés par les sujets lors de l'examen pratique de laboratoire. Pour ce faire, nous allons considérer les différentes modélisations graphiques et algébriques de validation effectuées par les sujets. Rappelons que nous avons défini le terme *exactitude* comme étant la caractéristique d'un instrument de mesure à donner la même mesure que celle de l'étalon (voir section 2.6.3). Nous allons seulement considérer les graphiques des participants dont le montage expérimental est adéquat et ayant effectué leur validation en comparant la mesure des instruments de mesure l'un par rapport à l'autre. En effet, c'est grâce au taux de variation de la droite de validation de ces graphiques que nous pourrions évaluer l'exactitude du manomètre construit. Rappelons que plus ce taux de variation se rapproche de 1, plus l'instrument de mesure construit est exact. Les figures 28 et 29 sont les graphiques de validation des sujets 1 et 16. Chaque taux de variation est indiqué par une flèche. Ces graphiques permettent de visualiser les deux façons d'effectuer la modélisation des données, soit en utilisant l'outil mathématique *taux de variation* (sujet 1), soit avec l'outil mathématique *modéliseur* (sujet 16). L'axe des ordonnées représente la mesure du manomètre construit, tandis que l'axe des abscisses celle du manomètre étalon.

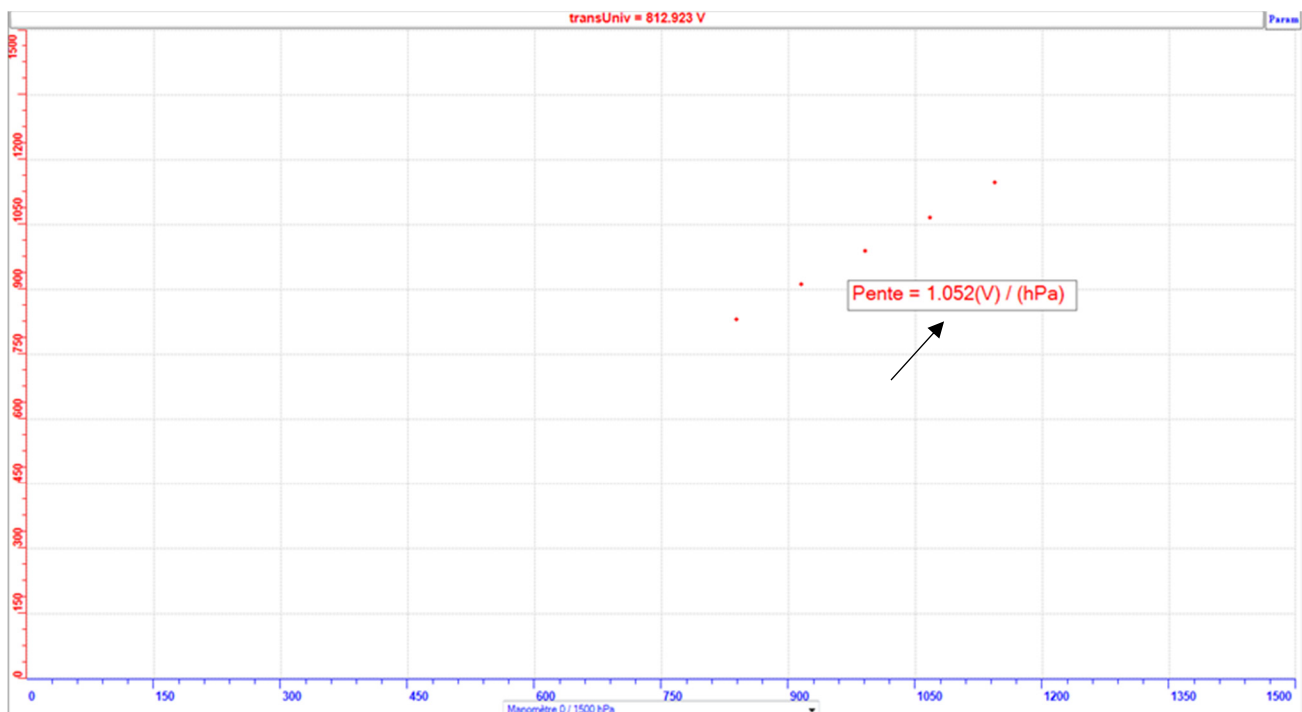
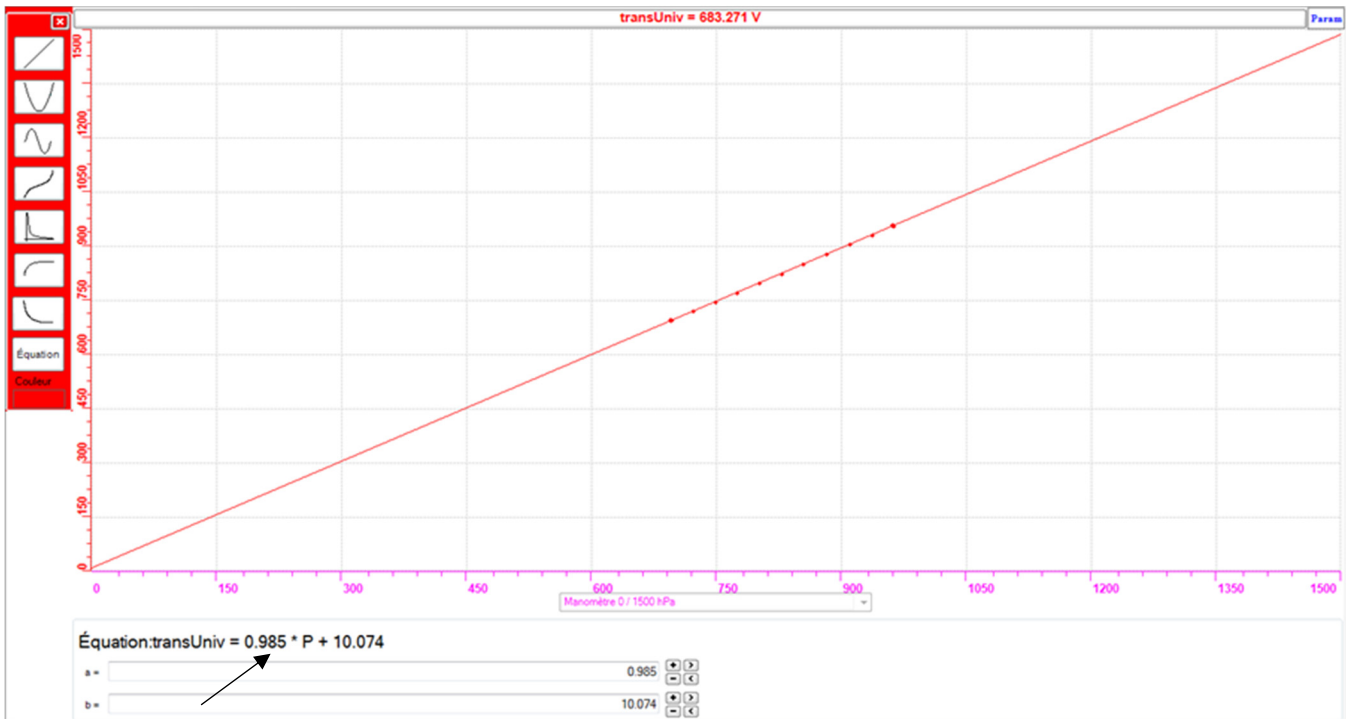


Figure 28 : Graphique de validation du sujet 1 en utilisant le taux de variation (pente)



**Figure 29** : Graphique de validation du sujet 16 en utilisant le modéliseur

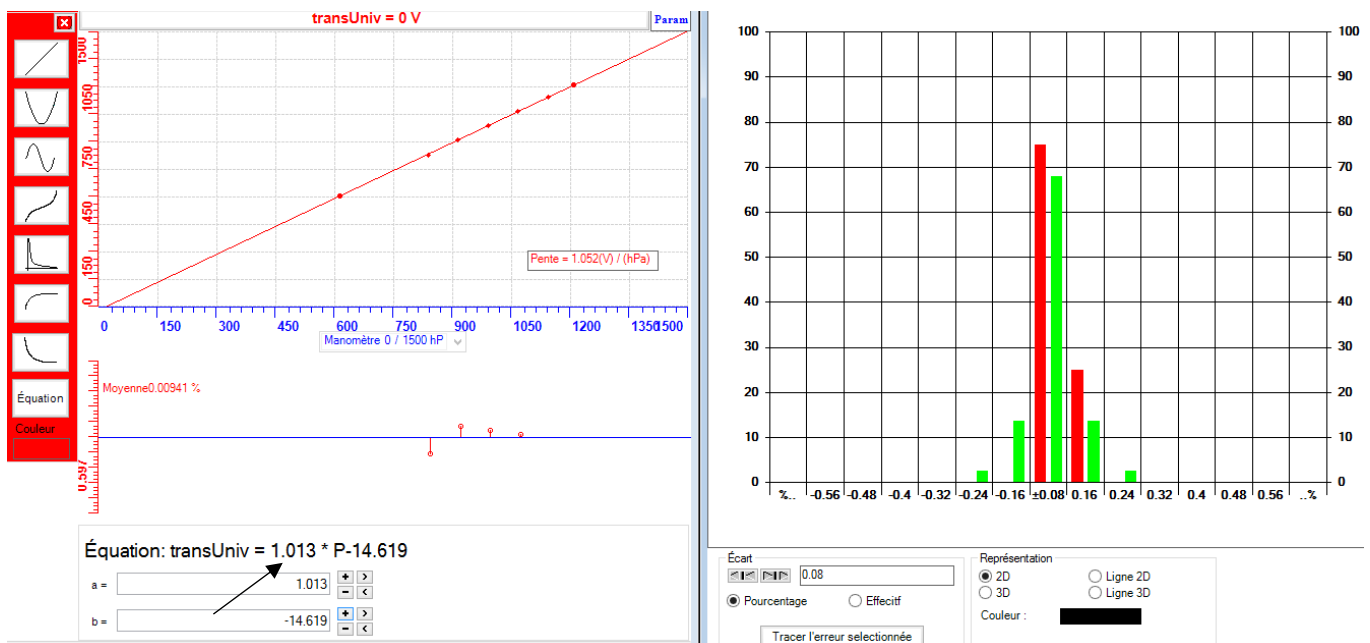
Le taux de variation qu'a calculé le sujet 1 est de 1,052. Nous pouvons évaluer l'exactitude de cet instrument à partir de ce taux de variation en calculant l'erreur relative de sa prise de mesure. Lorsque cette erreur relative est inférieure à 5%, nous considérerons que l'instrument construit est exact. Nous effectuerons le calcul suivant :

$$\text{Erreur relative} = \frac{| \text{Valeur théorique} - \text{Valeur expérimentale} |}{\text{Valeur théorique}} \times 100$$

Dans cette équation, nous prenons comme *valeur théorique* un taux de variation de 1. En effet, si le manomètre construit prenait exactement les mêmes mesures que l'étalon, le taux de variation serait exactement de 1. Ceci signifie que lorsque l'étalon mesurerait 500,5 hPa, le manomètre construit mesurerait une valeur identique, 500,5 hPa. La *valeur expérimentale* correspond pour sa part au taux de variation du graphique de validation, tiré de l'expérience des sujets. Si nous effectuons le calcul de l'erreur relative avec le taux de variation déterminé par le sujet 1, nous obtenons :

$$\text{Erreur relative} = \frac{| 1 - 1,052 |}{1} \times 100 = \pm 5,2\%$$

Ainsi, comme l'erreur relative est plus grande que 5%, nous pourrions penser que l'instrument de mesure construit par le sujet 1 est inexact. Toutefois, ce n'est pas le cas. En effet, ce qui est inadéquat dans cette situation, c'est la valeur du taux de variation calculé par le sujet 1. L'outil mathématique *taux de variation* qu'il a utilisé n'est pas conçu pour être précis. Il permet en effet d'avoir une valeur approximative du taux de variation obtenue rapidement par un ajustement strictement visuel. Par contre, le logiciel *MicrolabExAO* contient aussi un autre outil mathématique, soit l'outil *modélisation et incertitude*, qui permet de faire une modélisation plus précise des données qui tient compte de l'écart-type des points. Cet outil permet d'obtenir une valeur plus fine du taux de variation. La figure 30 représente le traitement des données du sujet 1 avec cet outil.



**Figure 30 :** Modélisation avec incertitude des données du sujet 1

Le taux de variation de la droite nous donne alors 1,013 (la variable  $a$  dans  $y=ax+b$ ).

L'équation obtenue est la suivante :

$$\text{Équation : } \text{transUniv} = \underline{1,013} * P - 14,619$$

Si nous refaisons le calcul de l'erreur relative de la mesure du manomètre construit du sujet 1 avec le taux de variation de 1,013, nous obtenons alors :

$$\text{Erreur relative} = \left| \frac{1 - 1,013}{1} \right| \times 100 = \pm 1,3\%$$

Ainsi, nous considérons que l'instrument de mesure construit par le sujet 1 est exact. Il nous a été possible de calculer le taux de variation à l'aide de l'outil mathématique *modélisation et incertitude* sur dix droites de validation, soit celles des sujets 1, 8, 10, 12, 16, 17, 19, 24, 27, 29. Le tableau XVIII représente les taux de variation que nous avons obtenus ainsi que l'erreur relative calculée à partir de ces droites. Le manomètre du sujet 27 a l'erreur relative la plus petite,  $\pm 0,1\%$ , tandis que celui du sujet 10 a celle la plus grande avec  $\pm 2\%$ . L'erreur relative des manomètres des autres sujets tourne autour de la moyenne qui est de  $\pm 1,5\%$ . Il est possible de constater que l'erreur relative de tous les manomètres construits étudiés est inférieure à 5%. Ainsi, ces manomètres sont exacts. Ceci nous renseigne sur la qualité de la prise de mesure du prototype. Cela nous permet aussi de vérifier la précision de la régression visuelle et graphique de l'outil *modélisation et incertitude* décrit précédemment (voir section 4.1.3.1). Les graphiques de validation modélisés par le chercheur avec les incertitudes sont disponibles à l'annexe VI.

Pour améliorer le logiciel sur le plan technologique, nous avons réfléchi sur le fait de mettre, en mode graphique, un bouton qui permettrait de calculer automatiquement l'erreur relative d'un instrument de mesure une fois celui-ci construit. Toutefois, d'un point de vue didactique, nous pensons qu'il est plus intéressant de laisser l'élève effectuer ce calcul par lui-même pour qu'il en comprenne mieux le principe.

Sujet	Taux de variation calculé par le sujet avec l'outil modéliseur ou taux de variation	Taux de variation recalculé par le chercheur avec l'outil modélisation et incertitude	Erreur relative calculée par le chercheur
1	1,052	1,013	$\pm 1,3\%$
8	1,013	1,017	$\pm 1,7\%$
10	1,003	1,020	$\pm 2,0\%$
12	0,985	0,985	$\pm 1,5\%$
16	0.985	0.982	$\pm 1.8\%$
17	1.018	1.016	$\pm 1.6\%$
19	1,000	0,985	$\pm 1,5\%$
24	1,000	0,983	$\pm 1,7\%$
27	1,049	1,001	$\pm 0.1\%$
29	1,000	0,984	$\pm 1,6\%$
<b>Moyenne</b>			<b><math>\pm 1,5\%</math></b>

**Tableau XVIII :** Les erreurs relatives des instruments de mesure construits par les sujets 165

Dans les activités qui précédaient la réalisation du manomètre, nous n'avons pas demandé aux sujets d'utiliser l'outil mathématique *modélisation et incertitude*, contrairement à ce que nous avons anticipé lors du développement de l'intervention didactique. En effet, les trois premières séances de la mise à l'essai empirique étaient déjà très chargées. À court de temps, nous avons demandé aux sujets d'utiliser seulement l'outil mathématique *modéliseur* pour effectuer le traitement de leurs données. L'utilisation de celui-ci est intuitive, contrairement à l'utilisation de l'outil mathématique *modélisation et incertitude* qui aurait demandé des explications et de la pratique. Pourtant, cet outil aurait permis aux sujets de mobiliser concrètement plusieurs savoirs et savoir-faire en statistique enseignés au deuxième cycle du secondaire que nous avons présentés dans le devis didactique des connaissances (voir section 4.1.2).

Ainsi, pour améliorer notre intervention didactique, nous pourrions inclure l'utilisation de l'outil mathématique *modélisation et incertitude* par les apprenants lors de la réalisation d'un instrument de mesure.

De plus, nous pourrions leur demander de vérifier la précision de leur instrument de mesure. Rappelons que la précision d'un instrument de mesure s'évalue à partir de la fidélité, de la justesse et de la résolution de cet instrument (Boisclair et Pagé, 2004) (voir section 2.6.3). Nous avons déjà démontré que la résolution des instruments de mesure fabriqués avec *MicrolabExAO* est grande, attendu qu'elle est définie par le convertisseur analogique-numérique (voir section 2.8). Comme la justesse d'un instrument s'évalue par l'étroitesse de l'accord entre la moyenne d'un nombre infini de mesures répétées et la valeur de l'étalon, nous pouvons dire que plus l'exactitude est grande, c'est-à-dire quand le taux de variation qui met en relation la mesure d'un instrument construit et celle de son étalon se rapproche de 1, plus la justesse est grande. Finalement, il ne resterait plus qu'à l'élève à évaluer la fidélité de l'instrument qu'il a construit en répétant plusieurs fois la même mesure avec son instrument dans les mêmes conditions. L'élève pourrait ainsi comprendre la différence entre la précision et l'exactitude.

### 5.2.2.1.2. Problèmes techniques liés au prototype

Dans le questionnaire d'évaluation, les sujets ont suggéré quelques modifications à apporter au prototype. En voici quelques-unes :

- *Peut-être avoir des fils déjà connectés (soudés) à la capsule. L'élève n'aurait qu'à relier ces fils au circuit et non travailler avec la vis qui demande une certaine dextérité et délicatesse. (E1/E2)*
- *L'utilisation du breadboard - petite plaque de connexion de fils utilisée en électronique - pour connecter les fils au lieu des entrées de la capsule universelle. (E3)*

Ces deux suggestions proposent des alternatives à la connexion des fils à la capsule universelle. En consultant les commentaires des sujets dans les questionnaires d'évaluation (voir annexe IX, réponses à la question 9 des étudiants universitaires), il est possible de constater qu'il n'est pas toujours aisé de visser les fils aux entrées de la capsule universelle.

En observant les enregistrements vidéo, nous avons relevé deux problèmes techniques liés à l'utilisation du prototype. Dans le tableau XIX, nous décrivons ces problèmes, nous proposons une solution et nous disons s'il est possible d'envisager cette solution pour améliorer l'environnement d'apprentissage dans cette recherche.

<b>Problèmes techniques liés au prototype</b>	<b>Nombre de fois</b>	<b>Solutions que nous proposons</b>	<b>Envisageable?</b>
Difficultés à insérer les capteurs dans la zone d'insertion de l'interface	4	Il faudrait que les capteurs soient produits industriellement. Ceci permettrait un emboîtement parfait avec la zone d'insertion à l'interface d'acquisition.	Non, il faudrait produire 1000 capteurs pour industrialiser leur production.
Un des fils s'est déconnecté	3	Nous pensons qu'il serait pertinent de développer une nouvelle façon de connecter les fils à la capsule universelle pour que les élèves n'aient pas à visser ces fils, mais à les coincer.	Oui, il serait possible de produire en laboratoire un nouveau prototype de capsule universelle.

**Tableau XIX** : Problèmes techniques liés au prototype (tirés des enregistrements vidéo)

Les participants n'ont pas proposé de modification au prototype concernant le montage expérimental. Pourtant, en consultant la compilation de toutes les actions posées dans l'environnement (voir tableau I annexe II), il est possible de constater que six personnes ont éprouvé des difficultés à raccorder les tuyaux de plastique au raccord en forme de T, 14 personnes ont effectué des manipulations inefficaces avec la seringue en tirant et poussant à plusieurs reprises lors d'une même acquisition, etc. Nous pensons que

les sujets sont conscients que ces difficultés ne sont pas dues à des problèmes techniques liés au prototype du montage expérimental comme tel, mais à leur compréhension du problème complexe à résoudre.

### 5.2.2.2. Évaluation technologique du logiciel

#### 5.2.2.2.1 Problèmes liés au logiciel

En observant la construction du manomètre à l'aide des enregistrements vidéo, nous avons relevé 18 problèmes (*bogues*) avec le logiciel. Le tableau suivant décrit ces problèmes, le nombre de fois où nous les avons relevés, la solution que nous proposons et si celle-ci est envisageable dans le cadre de cette recherche.

Problèmes liés au logiciel	Nombre de fois	Solutions que nous proposons	Envisageable?
Si l'apprenant n'arrête pas son acquisition, le logiciel mentionne qu'il est impossible de faire deux acquisitions en même temps lors de l'acquisition suivante (voir explications plus bas).	5	Modifier la programmation du logiciel pour que l'acquisition s'arrête automatiquement lorsque l'apprenant sélectionne l'outil mathématique <i>modéliseur</i> ou <i>modélisation et incertitude</i> .	Oui
Des points se sont affichés de manière inexplicable lors d'une validation.	1	Aucune solution, car nous n'avons pas été capables de reproduire ce problème.	Non
Après avoir effectué la transformation, l'unité de mesure est demeurée le volt.	Tous	Modifier la programmation pour que l'unité de mesure du capteur transformé soit celle de l'étalon.	Oui
Une fonction de transformation reste attribuée à la capsule universelle même après avoir désactivé la fonction.	Tous	Modifier la programmation pour que la fonction de transformation se désactive.	Oui
Une fenêtre qui a été réduite ne voulait plus s'ouvrir.	1	Aucune solution, car nous n'avons pas été capables de reproduire ce problème.	Non

**Tableau XX :** Problèmes avec le logiciel (tirés des enregistrements vidéo)

Le problème selon lequel le logiciel mentionne qu'il n'est pas possible de mener deux acquisitions de mesures en même temps a été relevé à cinq reprises. Lorsque nous l'avons reproduit pour en déterminer l'origine, nous avons compris que ce message s'affiche lorsqu'un sujet ne clique pas sur le bouton *arrêter* pour mettre fin à une acquisition de données lors de l'expérimentation précédente. Lorsqu'il veut faire une autre expérimentation, il ne peut pas lancer une nouvelle acquisition de mesure étant donné que

le logiciel est encore en train de mener l'acquisition précédente. Il est alors nécessaire de fermer et de rouvrir le logiciel pour contourner ce problème. Même si celui-ci ne s'est présenté qu'à 5 reprises sur 258 acquisitions au total (voir tableau I annexe II), nous jugeons qu'il est nécessaire d'effectuer une correction pour améliorer le logiciel. Nous pensons qu'il serait possible d'effectuer cette correction en modifiant la programmation du logiciel pour que l'acquisition s'arrête automatiquement lorsque l'apprenant sélectionne l'outil mathématique *modéliseur* ou *modélisation et incertitude*. Nous allons en discuter avec un informaticien qui nous dira s'il est en mesure d'effectuer cette correction.

Dans le questionnaire d'évaluation, les sujets ont suggéré quelques modifications à apporter au logiciel. En voici quelques-unes :

- *Clarifier le logiciel, par exemple, ajouter des fonctions pour ajouter des titres d'axes ou de graphiques.* (E1/E2)
- *Pour améliorer le logiciel, je dirais de plus travailler sur la fonction retour pour effacer les erreurs.* (E3)
- *Quand tu désires ouvrir ton capteur sur une fonctionnalité, les noms sont complexes à choisir, tu pourrais les rendre plus explicites : « valider ce capteur avec : entrée manuelle, autre capteur ». (E3)*
- *Quand tu transformes ton capteur, tu le fais en fonction de la tension alors qu'en réalité c'est l'inverse : tu étudies la tension en fonction d'une autre variable. Pour l'élève cela pourrait être source de confusion.* (E3)

Nous pensons que la suggestion d'ajouter une fonctionnalité pour écrire le titre des axes est intéressante. Nous pourrions ajouter un bouton qui permettrait d'insérer automatiquement des cases vides sous le graphique dans lesquelles les apprenants pourraient inscrire eux-mêmes les titres des axes, en indiquant la variable mesurée et son unité de mesure.

Un commentaire mentionne qu'il n'est pas possible d'effacer des points pris par erreur une fois l'expérimentation terminée, comme des données issues d'une mauvaise manipulation de l'instrument de mesure. Il nous faut préciser que cette situation est délibérée, c'est-à-dire que le logiciel n'est pas conçu pour que l'apprenant puisse modifier ses mesures, une fois l'acquisition terminée, étant donné que ces mesures représentent la réalité. Cependant, si cet apprenant modélisait ses données avec l'outil mathématique *modélisation et incertitude*, il lui serait alors possible de supprimer des points expérimentaux à partir du graphique des écarts-types. En effet, l'apprenant peut alors



justifier la suppression de ces points en démontrant avec des arguments statistiques que telle ou telle donnée ne devrait pas faire partie de son nuage de points.

De plus, en partant de la suggestion d'un sujet, nous voulons clarifier les fonctions initiales. L'apprenant sélectionne ces fonctions en cliquant sur le capteur en page d'accueil. Il faudrait pouvoir distinguer plus facilement les sous-fonctions utilisées lorsqu'on clique sur la fonction de transformation, d'étalonnage ou d'étude d'un capteur. En effet, le nom de ces sous-fonctions peut être source de confusion étant donné que deux sous-fonctions ayant la même fonction portent actuellement des noms différents. Par exemple, il y a la fonction *étalonner ce capteur en choisissant un étalon* et sa sous-fonction *extérieur à MicrolabExAO* ainsi que la fonction *étudier ce capteur en fonction* et sa sous-fonction *d'une entrée manuelle*. Ces sous-fonctions sont identiques et permettent à l'apprenant d'entrer manuellement les mesures d'un instrument de mesure non connecté aux systèmes *MicrolabExAO*.

Un commentaire mentionne que le logiciel, lorsque la fonction de transformation est sélectionnée, passe directement en mode graphique en plaçant la variable dépendante en abscisse et la variable indépendante en ordonnée, ce qui pourrait être source de confusion pour la compréhension de ces variables étant donné qu'en mathématique, il est d'usage courant de placer la variable dépendante en ordonnée et la variable indépendante en abscisse. Cette situation est aussi délibérée. En effet, il faut savoir que cette inversion des axes est nécessaire pour permettre la transformation. Il faut que la pression ( $P$ ), la variable indépendante, soit en ordonnée et la tension ( $U$ ), la variable dépendante, en abscisse pour obtenir une équation algébrique de transfert telle que :  $P=a*U+b$ . Nous voulons que l'ordinateur affiche des valeurs de pression ( $P$ ) pour le manomètre construit. Ces valeurs sont calculées à partir de la tension ( $U$ ), mesurée aux bornes du transducteur de pression, pour laquelle l'ordinateur fait un traitement mathématique avec l'équation algébrique de transfert précédente. C'est ce traitement qui permet la conversion de la tension délivrée par le transducteur en valeur numérique de pression affichée sur l'écran ordinateur.

### **5.2.2.3. Évaluation didactique du premier protocole, du rapport écrit d'examen pratique de laboratoire et de la formation**

Nous allons maintenant nous attarder à l'évaluation didactique de deux documents remis aux apprenants : le protocole complet utilisé pour réaliser le premier instrument de mesure et le rapport écrit de l'examen pratique de laboratoire. Nous évaluerons aussi la formation donnée lors de la première séance.

#### **5.2.2.3.1. Protocole de réalisation du premier instrument de mesure**

Les sujets ont donné les commentaires suivants sur le protocole complet de la réalisation du premier instrument de mesure :

- *J'ajouterais plus d'images et de visuel (surtout pour la connexion). (E1/E2)*
- *Très bon, rien à ajouter. (E1/E2)*
- *Un meilleur schéma du circuit. (E1/E2)*
- *Agrandir l'image de la capsule universelle, y mettre la couleur des fils, mettre plus en évidence les noms des connecteurs sur l'image. (E1/E2)*
- *Pour ce qui est des protocoles, augmenter la grosseur des images et la résolution aiderait à la compréhension. Hormis ce point, cela me semblait très bien. (E1/E2)*
- *Il faudrait mieux expliquer l'étape de l'application de la fonction au capteur en page d'accueil. (E3)*
- *Être plus clair pour les étapes correspondantes au logiciel. (E3)*
- *Mieux utiliser l'espace physique des pages de papier. (E3)*

Nous utiliserons ces suggestions pour améliorer le protocole de construction du thermomètre. Nous voulons agrandir le schéma électrique et mettre deux images des composants électroniques utilisés (thermistance et résistance fixe) et leur représentation symbolique sur le circuit électronique pour aider les étudiants à les connecter. Nous voulons aussi modifier la disposition des informations données pour que l'espace physique soit mieux utilisé. Nous voulons aussi inclure une note explicative faisant état de la différence entre les étapes de l'assignation et de l'application du capteur, ce qui permettrait une meilleure compréhension de la transformation par les sujets.

#### **5.2.2.3.2. Formation sur les notions clés de la réalisation d'instruments de mesure**

Lors de cette formation, nous avons expliqué ce qu'était un transducteur, un diviseur de tension et leur intégration dans la chaîne de mesure en ExAO. Nous avons aussi effectué un retour sur leurs connaissances antérieures en électricité et nous avons expliqué les principales étapes de la réalisation d'un instrument de mesure. Nous avons demandé aux sujets s'il y avait des notions à ajouter à cette formation. Voici leurs suggestions :

- *Toutes les notions que vous nous avez données en début du cours ont aidé. Il serait peut-être bénéfique de les placer dans le protocole également.* (E1/E2)
- *Des schémas clairs avec les explications.* (E1/E2)
- *Peut-être faire un exercice théorique sur des résistances variables ou bien trouver une illustration qui illustre ce principe.* (E1/E2)
- *Tout est là.* (E3)

Nous utiliserons ces suggestions pour améliorer cette formation. Nous voulons remettre aux apprenants un schéma détaillé du fonctionnement de la chaîne de mesure en ExAO. Ceci pourrait les aider à associer les actions qu'ils mènent dans l'environnement avec le fonctionnement d'un instrument de mesure électronique. Nous voulons aussi ajouter des exercices théoriques pour qu'ils puissent calculer la valeur de la résistance fixe en fonction du point milieu et de la tension délivrée par la capsule universelle. Ainsi, ils comprendraient encore mieux le fonctionnement du diviseur de tension.

### **5.2.2.3.3. Rapport écrit d'examen pratique**

Lorsque nous avons visionné les enregistrements vidéo de la construction du manomètre, nous avons relevé les difficultés qu'ont eues les apprenants à cause du rapport écrit d'examen pratique, que ce soit à cause des informations qui n'étaient pas claires ou de la structure du document. Voici les commentaires que nous avons notés :

- *Il aurait été pertinent de mentionner au début du document de ne pas utiliser la fonction de transformation automatique. Les sujets 11 et 13 ont transformé automatiquement leur capteur avant de lire que c'était interdit à la fin de la page 2.*
- *Le sujet 2 s'est demandé où il devait écrire le protocole de même que s'il devait faire un schéma de montage ou un schéma électrique.*
- *Le sujet 10 n'a pas sauvegardé ses graphiques en format .xao, bien que ce soit indiqué dans les consignes.*
- *Le sujet 21 se demandait comment enregistrer ses graphiques en format .xao. Il cherchait dans Word comment le faire.*
- *Le sujet 23 se demandait s'il devait écrire des sources d'erreurs dans la section validation. Il a fallu lui dire que les lignes servaient toutes à écrire des étapes de manipulations pour la validation.*
- *Le sujet 30 se demandait s'il devait faire la validation de son capteur.*

Ainsi, nous voulons mentionner au début du document qu'il est interdit d'utiliser la fonction de transformation automatique, présentée précédemment en cliquant sur l'icône capsule universelle (voir section 4.1.3.1). Deux sujets l'ont en effet utilisée avant de lire la consigne. Ensuite, nous voulons clarifier le fait que les apprenants doivent inscrire les étapes de la validation et écrire leur équation de validation dans un encadré que nous ajouterons. En effet, dans le rapport écrit, la partie sur la validation a été moins bien réussie

que celle sur la transformation (voir tableau V), et ce, en partie parce que les informations données aux apprenants n'étaient pas assez claires.

#### **5.2.2.4. Améliorations que nous voulons apporter à l'environnement d'apprentissage**

Voici la liste des différentes améliorations, précédemment présentées dans cette section, que nous souhaitons apporter à l'environnement d'apprentissage :

##### ***Au niveau du prototype, nous voulons :***

1. Développer un nouveau prototype de capsule universelle qui permettrait de connecter les fils en les coinçant.

##### ***Au niveau du logiciel, nous voulons :***

2. Corriger le problème qui ne permet pas d'obtenir automatiquement les unités de mesure adéquates suite à la transformation ;
3. Corriger le logiciel pour qu'il arrête automatiquement une acquisition de mesure lorsque l'apprenant oublie de le faire avant de revenir en page d'accueil ;
4. Corriger le problème qui fait en sorte que la fonction de transformation ne se désactive pas automatiquement lorsque nous la supprimons ;
5. Ajouter un bouton permettant d'insérer des cases vides sous le graphique pour y entrer au clavier les titres des axes ;
6. Clarifier le nom des fonctions et sous-fonctions en page d'accueil que l'utilisateur sélectionne en cliquant sur un capteur (étalonner, étudier et transformer).

##### ***Au niveau des protocoles, nous voulons :***

7. Associer les images des composants utilisés (thermistance et résistance fixe) à leur représentation symbolique sur le circuit électronique ;
8. Modifier la disposition des informations données pour que l'espace physique soit mieux utilisé ;
9. Inclure une note explicative sur les étapes de l'assignation et de l'application d'un capteur.

##### ***Au niveau de la formation, nous voulons :***

10. Remettre un schéma du fonctionnement détaillé de la chaîne de mesure en ExAO ;
11. Ajouter des exercices pour que les apprenants calculent la valeur de la résistance fixe selon le point milieu et la tension délivrée par la capsule universelle.

***Au niveau du rapport écrit de l'examen de laboratoire, nous voulons :***

12. Mentionner au début du document de ne pas utiliser la fonction de transformation automatique ;
13. Clarifier le fait d'inscrire les étapes de la validation et d'écrire l'équation de validation dans un encadré.

***Au niveau du déroulement de l'intervention didactique, nous voulons :***

14. Intégrer l'utilisation de l'outil mathématique *modélisation et incertitude* ;
15. Une fois son instrument de mesure construit et validé, demander à l'élève d'évaluer, en plus de l'exactitude, la précision de son instrument de mesure.

Ainsi, au total, nous souhaitons effectuer 15 modifications qui permettront d'améliorer les différentes parties de l'environnement d'apprentissage.

### 5.2.3. Perception des sujets sur les savoirs et savoir-faire mobilisés

Dans le devis didactique des connaissances (section 4.1.2), nous avons énuméré les savoirs et savoir-faire que nous pensions que les apprenants mobiliseraient dans l'environnement d'apprentissage lors de la construction des différents instruments de mesure. Nous pensons qu'il serait intéressant de vérifier si les étudiants universitaires, qui sont au terme de leur formation pour devenir enseignants de *Science et technologie*, ont été en mesure de décomposer ces différents savoirs et savoir-faire qu'ils ont mobilisés durant l'activité. Ceci nous permettra aussi de voir s'il y a des savoirs et savoir-faire qui n'ont pas été relevés par les étudiants, ou encore, s'il y en a que nous pourrions ajouter au devis didactique des connaissances. Pour ce faire, les 27 étudiants universitaires ont répondu à la question suivante lors de l'examen final :

*En quoi l'activité de construction de capteurs permet-elle de respecter l'esprit du nouveau programme de formation de l'école québécoise qui demande l'intégration des matières? Identifiez dans votre explication les savoirs (concepts) et savoir-faire (démarches) intégrés dans cette activité.*

Pour ne pas orienter les réponses des étudiants, nous n'avons pas mentionné dans cette question que l'intégration des matières s'effectuait particulièrement entre les sciences expérimentales, les mathématiques et la technologie. Voici quelques exemples de réponses données par les étudiants. Les autres réponses sont disponibles à l'annexe V.

- A. *La construction de capteurs permet de respecter l'esprit d'intégration des matières, car elle fait appel notamment aux mathématiques, à l'informatique et aux sciences. Les mathématiques permettent à l'élève de comprendre l'influence d'une variable sur une autre dans une équation. Les sciences permettent quant à elles à l'élève de comprendre les concepts, c'est-à-dire les variables en jeu et lui permettent de comprendre le processus qui les met en interaction. Il peut alors comprendre quelles sont les contraintes de la situation et ainsi développer une démarche qui lui permettra de résoudre le problème. L'élève utilise alors ses connaissances dans le but de résoudre un problème. Finalement, l'informatique est nécessaire lors de la création d'un capteur puisqu'un ordinateur est requis.*
- B. *On fournit aux élèves des savoirs en physique (électricité) et on les met en contexte pour eux de manière à ce qu'ils puissent comprendre le fonctionnement des objets technologiques autour d'eux dans leur quotidien. Lors de la fabrication de capteurs, on leur demande d'appliquer leur connaissance de la loi  $U=RI$  afin de créer un objet, et ce dans un contexte différent à chaque fois. De plus, ils doivent créer leur propre protocole, ce qui les force à réfléchir sur la démarche scientifique. Bref, c'est un bon moyen de contextualiser les apprentissages et de réintégrer l'information des différentes situations*

*de manière à promouvoir la réflexion et l'engagement de l'élève qui utilise ses connaissances pour la conception d'un objet technologique dans un esprit d'interdisciplinarité.*

- C. La construction de capteurs permet premièrement aux élèves de découvrir des applications technologiques plus modernes que les cours de technologie actuels (ex. : poulie, outils...). De plus, l'activité permet d'intégrer la science (par exemple, la loi d'Ohm) à des applications technologiques construites par une opérationnalisation d'un réseau de concepts (loi d'Ohm + circuit électrique + mathématique + problématique nécessitant la construction d'un capteur). On associe donc sciences, technologie et mathématiques dans une démarche de développement guidée par une problématique d'application concrète.*
- D. De nombreux concepts comme la loi d'Ohm sont présents dans la construction de capteurs. De plus, en accompagnant petit à petit les élèves en diminuant les protocoles à chaque expérience, on permet aux élèves de développer eux-mêmes leurs connaissances et on favorise leur autonomie. Finalement, ça leur permet de comprendre le fonctionnement de nombreux appareils qu'on utilise dans la vie de tous les jours.*
- E. La construction de capteurs nécessite l'intégration de plusieurs savoirs des mathématiques, de la physique, des sciences et technologie. Pour construire un capteur, il faut être en mesure de comprendre le fonctionnement et les concepts qui doivent être appliqués. Par exemple, pour un capteur de température, il faut être en mesure de comprendre la notion de diviseur de tension, et circuit en série (physique), être capable, en fonction de la nature de la courbe obtenue, de choisir un modèle correspondant (droite, hyperbole, etc.) pour la modélisation (mathématique). La compréhension de la capsule universelle par exemple, et le montage font appel à des notions de sciences et technologie. Notons que, pour arriver à un résultat exploitable, il faut absolument suivre une démarche rigoureuse.*

À la lumière de ces réponses, il est possible de faire ressortir certains aspects intéressants. Tout d'abord, la réponse *A* mentionne que l'informatique permet à l'élève de créer le capteur. Ainsi, le sujet perçoit que, dans notre environnement, la technologie (l'informatique) est intégrée comme un moyen d'apprentissage. Ceci se distingue des réponses *B*, *C* et *D* dans lesquelles les étudiants perçoivent la technologie comme un objet d'apprentissage en soulignant que l'activité de construction d'un instrument de mesure permet aux élèves de mieux comprendre le fonctionnement des applications technologiques. La réponse *B* traite aussi de la contextualisation des apprentissages et de l'utilisation des connaissances comme la loi d'Ohm pour réaliser un objet technologique, tandis que la réponse *C* souligne le caractère moderne de l'activité ainsi que l'aspect concret de la solution apportée au problème à résoudre. La réponse *D* mentionne que la séquence des activités, de moins en moins guidées par l'enseignant, favorise la construction

des connaissances par les élèves ainsi que le développement de leur autonomie. La réponse *E* souligne le caractère interdisciplinaire de l'activité en présentant plusieurs savoirs et savoir-faire de mathématiques, sciences et technologie qu'il est nécessaire d'intégrer pour construire un instrument de mesure. Nous avons relevé tous les bénéfices didactiques (ex. : construction des connaissances, développement de l'autonomie) de la réalisation d'instruments de mesure tels que perçus par les étudiants universitaires et les avons placés à l'annexe V.

Voici les différents savoirs et savoir-faire identifiés par les étudiants lors de l'activité de réalisation d'instruments de mesure dans leurs réponses à la question précédente. Nous les avons classés selon la matière à laquelle ils se rapportent :

**Mathématique (23 mentions) :**

- Comprendre et analyser les fonctions mathématiques (6 mentions) ;
- Utilisation concrète des fonctions mathématiques (3 mentions) ;
- Comprendre l'influence d'une variable sur une autre dans une équation (1 mention) ;
- Effectuer la modélisation (5 mentions) ;
- Utilisation du graphique (3 mentions) ;
- Utilisation des mathématiques (5 mentions).

**Sciences expérimentales (31 mentions) :**

- Développer ou appliquer la démarche scientifique (8 mentions) ;
- Réfléchir sur la démarche scientifique à entreprendre (2 mentions) ;
- Utiliser la démarche de résolution de problème (1 mention) ;
- Cerner les contraintes d'une situation pour développer une démarche de résolution de problèmes appropriée (1 mention) ;
- Comprendre les variables (3 mentions) ;
- Étudier l'interaction de variables (4 mentions) ;
- Créer des montages expérimentaux (3 mentions) ;
- Créer un protocole (2 mentions) ;
- Utiliser des techniques de laboratoire (sécurité, manipulations du matériel et mesure de quantités) (1 mention) ;
- Recourir à plusieurs sciences selon les instruments de mesure utilisés (6 mentions).

**Sciences (24 mentions) :**

- Utilisation de savoirs sur les circuits électriques (11 mentions) ;
- Application des notions sur la loi d'Ohm (7 mentions) ;
- Application de connaissances en physique (6 mentions).



**Technologie comme objet d'apprentissage (24 mentions) :**

- Savoirs sur le diviseur de tension (2 mentions) ;
- Savoirs sur le transducteur (3 mentions) ;
- Comprendre des objets technologiques du quotidien (4 mentions) ;
- Utiliser la démarche technologique de conception d'un objet (5 mentions) ;
- Déployer les étapes de construction d'un capteur (4 mentions) ;
- Utiliser la démarche technologique d'analyse des fonctions d'un capteur (1 mention) ;
- Comprendre la capsule universelle et ses branchements (2 mentions) ;
- Construction technique (1 mention) ;
- Utilisation de savoirs en technologie (2 mentions).

**Technologie comme moyen d'apprentissage (7 mentions) :**

- Recours à l'informatique pour créer un capteur avec l'ordinateur (5 mentions) ;
- Utilisation de savoirs en informatique (1 mention) ;
- Utilisation du logiciel (1 mention).

Ainsi, les étudiants ont relevé des savoirs et savoir-faire en mathématiques (23 mentions), en sciences expérimentales (31 mentions), en sciences (24 mentions) ainsi qu'en technologie comme objet d'apprentissage (24 mentions) et en technologie comme moyen d'apprentissage (7 mentions). Dans le tableau XXI, la colonne de gauche présente la liste des savoirs et savoir-faire que nous avons identifiés dans le devis didactique des connaissances, tandis que la colonne de droite présente les savoirs et savoir-faire y correspondant parmi ceux relevés ci-dessus par les étudiants.

Savoirs et savoir-faire identifiés par le chercheur dans le devis didactique des connaissances	Savoirs et savoir-faire identifiés par les étudiants dans l'examen final
<b>Science et technologie</b>	
<b>Savoirs</b>	
Électricité : loi d'Ohm, les circuits électriques	Utilisation de savoirs sur les circuits électriques
	Application des notions sur la loi d'Ohm
Ingénierie électrique : fonction d'alimentation, fonction de conduction, d'isolation, de protection, fonction de commande	Comprendre la capsule universelle et ses branchements
Matériaux : contraintes, caractérisation des propriétés mécaniques	Créer des montages expérimentaux
	Construction technique
Notions relatives à la grandeur physique mesurée par le capteur construit	Recourir à plusieurs sciences selon les instruments de mesure utilisés
<b>Savoir-faire</b>	
Démarche technologique de conception	Utiliser la démarche technologique de conception d'un objet
	Déployer les étapes de construction d'un capteur
Démarche technologique d'analyse	Utiliser la démarche technologique d'analyse des fonctions d'un capteur
Démarche expérimentale	Développer ou appliquer la démarche scientifique
	Comprendre les variables
	Étudier l'interaction de variables
	Créer des montages expérimentaux
	Créer un protocole
	Utiliser des techniques de laboratoire (sécurité, manipulations du matériel et mesure des quantités)
Démarche de modélisation	Effectuer la modélisation
Stratégies d'exploration : anticiper les résultats d'une démarche et élaborer divers scénarios possibles	Réfléchir sur la démarche scientifique à entreprendre
Stratégies d'analyse : déterminer les contraintes et les éléments importants pour la résolution d'un problème, faire appel à divers modes de raisonnement pour traiter les informations	Cerner les contraintes d'une situation pour développer une démarche de résolution de problèmes appropriée
	Utiliser la démarche de résolution de problème

<b>Savoirs hors programme</b>	
Fonctionnement des instruments de mesure électroniques	Comprendre des objets technologiques du quotidien
Diviseur de tension	Savoirs sur le diviseur de tension
Transducteur électronique	Savoirs sur le transducteur
Chaîne de mesure en ExAO	Aucune correspondance
Exactitude et précision	Aucune correspondance
Savoir-mesurer	Aucune correspondance
<b>Mathématique :</b>	
<b>Algèbre :</b>	
Processus d'analyse de situations faisant appel à des fonctions réelles :	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Expérimentation, observation, interprétation, description et représentation de situations concrètes dans divers registres de représentation</li> </ul>	Utilisation concrète des fonctions mathématiques
	Comprendre et analyser les fonctions mathématiques
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Modélisation d'une situation à l'aide de registres de représentation : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verbalement, algébriquement, graphiquement et à l'aide d'une table de valeurs</li> </ul> </li> </ul>	Effectuer la modélisation
	Utilisation du graphique
<b>Statistique :</b>	
Processus d'analyse et de prise de décisions concernant des données statistiques qui portent sur des distributions à un ou deux caractères par la représentation graphique en utilisant :	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Un nuage de points</li> </ul>	Aucune correspondance
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Le calcul et l'interprétation de mesures de dispersion comme l'écart-type</li> </ul>	Aucune correspondance
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ L'interpolation et l'extrapolation à l'aide du modèle fonctionnel le mieux ajusté à une situation</li> </ul>	Aucune correspondance
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ L'interprétation et la description du lien unissant deux variables</li> </ul>	Comprendre l'influence d'une variable sur une autre dans une équation

**Tableau XXI** : Comparaison entre les savoirs et savoir-faire identifiés par le chercheur dans le devis didactique des connaissances et ceux identifiés par les étudiants universitaires dans l'examen final

Il est possible de constater dans le tableau XXI qu'il y a plusieurs correspondances entre les savoirs et savoir-faire que nous avons décrits dans le devis didactique des connaissances et ceux identifiés par les étudiants universitaires dans leurs réponses à la question posée dans l'examen final. Parmi les savoirs scientifiques ou technologiques hors programme, trois savoirs ou savoir-faire utilisés par les sujets lors de la réalisation d'un instrument de mesure n'ont pas été relevés par les étudiants : compréhension de la chaîne de mesure en ExAO, exactitude et précision ainsi que savoir-mesurer. La chaîne de mesure permet d'avoir une idée globale de la prise de mesure d'un instrument électronique. Toutefois, une fois la formation donnée à la première séance où cette chaîne de mesure a été présentée, nous n'avons pas fait de référence explicite sur celle-ci auprès des sujets, nous concentrant plutôt à les aider à comprendre le fonctionnement du transducteur, du diviseur de tension et de la démarche générale de réalisation d'un instrument de mesure.

Ensuite, il est intéressant de constater que, bien que plusieurs étudiants aient déterminé l'exactitude de l'instrument construit (voir figures 28 et 29), ces étudiants n'ont pas effectué le lien avec cette caractéristique métrologique. En d'autres termes, bien que nous ayons insisté avec les sujets sur le savoir-faire permettant de déterminer l'exactitude, sans nommer celle-ci explicitement, ce savoir-faire n'a pas permis à ces sujets d'accéder aux savoirs en métrologie, ne serait-ce qu'en faisant référence à l'exactitude ou à la précision de leur instrument de mesure. Pour améliorer cette situation, nous pourrions discuter, suite aux trois premières séances, de ces caractéristiques métrologiques avec les sujets dans chaque discussion post-laboratoire, notre activité de structuration des connaissances. En ce sens, nous allons d'ailleurs nous attarder à bonifier l'apprentissage de la métrologie dans le déroulement de notre intervention didactique (voir l'amélioration #15, section 5.2.2.4).

Concernant le savoir-mesurer, comme il est facilité avec l'ExAO, nous pensons que les étudiants finissent par oublier les contraintes techniques liées à ce savoir-faire pour se concentrer sur la compréhension du phénomène physique mesuré.

Parmi les savoirs et savoir-faire que nous avons identifiés en statistique dans le devis didactique des connaissances, il n'y a correspondance que pour le point de l'interprétation et la description du lien unissant deux variables pour lequel un étudiant a

mentionné le fait que l'activité lui a permis de comprendre l'influence d'une variable sur une autre dans une équation. Les autres points des savoirs envisagés n'ont pas été relevés, et ce, principalement parce que nous n'avons pas montré aux apprenants comment utiliser l'outil mathématique *modélisation et incertitude* du logiciel pour effectuer le traitement statistique des écarts-types de leurs données. C'est en ce sens que nous avons proposé d'améliorer notre intervention didactique en ajoutant l'utilisation de l'outil mathématique *modélisation et incertitude* (voir l'amélioration #14, section 5.2.2.4).

Parmi les savoirs et savoir-faire identifiés par les étudiants qui n'apparaissent pas explicitement dans le devis didactique des connaissances, notons ceux relatifs à la technologie comme moyen d'apprentissage, soit le recours à l'informatique pour créer un capteur avec l'ordinateur (5 mentions), l'utilisation de savoirs en informatique (1 mention) et l'utilisation du logiciel (1 mention). Toutefois, nous pourrions établir une correspondance entre ces savoirs et savoir-faire et la composante *tirer profit de l'utilisation de la technologie* de la compétence transversale 6 *exploiter les technologies de l'information et de la communication*.

#### **5.2.4. Commentaires généraux sur l'activité de réalisation d'un instrument de mesure**

Finalement, nous avons demandé aux étudiants universitaires comment ils avaient trouvé l'activité de façon générale. Voici leurs commentaires :

- *J'ai personnellement trouvé intéressant d'en apprendre plus sur les résistances variables et sur le mécanisme, enseigné dans la formation préalable, qui m'était inconnu jusqu'à présent.*
- *Intéressante. C'était la première fois que je me servais d'une résistance variable.*
- *Très bonne formation préalable.*
- *Dans l'enseignement, surtout en physique, il y a beaucoup de lois qui s'expliquent avec la mathématique, donc on peut réfléchir pour mettre cela en activité.*
- *Intéressante dans la mesure où on se rend compte qu'il est possible de transformer une tension en valeur numérique.*
- *Il faudrait créer un capteur dans le but de l'utiliser. Il faut que le capteur puisse faire quelque chose que le thermomètre à alcool ne peut pas faire.*
- *Intéressante puisqu'elle nécessitait une bonne compréhension du logiciel et des outils disponibles. Elle permettait également de faire des liens avec des objets qui nous entourent.*
- *Très bien. Vous nous avez beaucoup guidés et cela m'a beaucoup aidé. Je sens que j'ai appris des choses et j'ai vu également la différence entre les résultats de mes deux laboratoires.*
- *J'ai trouvé cette activité très intéressante, j'ai compris beaucoup de notions en physique.*
- *Très enrichissante et elle donne de nouvelles idées de laboratoire.*

- *Je l'ai trouvée intéressante parce que je n'avais jamais étudié la loi d'Ohm avec des capteurs ou avec le logiciel ExAO. C'est une technique rapide et simple.*
- *Répétitive et enrichissante, mais je trouve que certaines étapes ou certaines fonctions du logiciel pourraient être plus claires.*
- *Pertinente et à l'image de ce que je pourrais faire au secondaire (si j'ai le matériel bien sûr).*

Il est possible de voir dans ces commentaires que les étudiants, de façon générale, ont trouvé intéressante l'activité que nous leur avons proposée. Parmi les commentaires, plusieurs ont trouvé pertinent d'en apprendre davantage sur les transducteurs et sur les sciences physiques avec l'électricité et la loi d'Ohm, autant de façon théorique lors de la formation de la première séance que de façon pratique lors de la construction d'instruments de mesure. D'autres ont aussi parlé de la réalisation des quatre instruments dans son ensemble en disant qu'ils ont vu une progression de leur performance entre les laboratoires et que ces réalisations étaient répétitives et enrichissantes. Cette idée de favoriser un apprentissage progressif et répétitif était importante dans notre recherche pour amener les apprenants à intégrer la démarche générale de réalisation d'un instrument de mesure en vue de la transférer en situation nouvelle en construisant le manomètre de façon autonome.

Nous avons aussi obtenu les commentaires généraux des élèves du secondaire sur l'activité en leur posant la question suivante :

- *De façon générale, comment avez-vous trouvé cette activité? Amusante, intéressante, etc. Recommanderiez-vous que cette activité ait lieu en classe en sciences et technologie à l'école?*

Voici les réponses obtenues :

- *J'ai trouvé cette activité intéressante parce que j'ai appris le fonctionnement de plusieurs types de capteurs utilisés dans la technologie de nos jours. Elle était aussi amusante. Je recommanderais fortement cette activité pour qu'elle ait lieu en classe de sciences et technologie à l'école.*
- *C'est une activité particulièrement amusante et intéressante, elle nous permet de comprendre les outils des classes de physique et de biologie. Enseignée au secondaire, cette matière pourrait se révéler longue à maîtriser pour certains. Par contre, au cégep en programmes de sciences, elle constituerait une base importante pour tout travail de laboratoire.*
- *J'ai trouvé cette expérience \*inclure ici tous les adjectifs mélioratifs possibles\*. En effet, c'est une chose que l'on ne voit pas nécessairement en classe. Je recommande donc vivement que cette activité soit bien en classe de sciences et technologies à l'école.*
- *Oui, j'ai aimé cette activité, je recommanderais cette activité à mon école puisqu'elle pourrait permettre à des élèves de mieux comprendre les sciences qui les entourent.*
- *C'est vraiment amusant et intéressant parce que j'ai appris de nouvelles choses.*
- *Oui, amusante et surtout constructive. Selon moi, l'intégration en classe serait bien, car elle nous permettrait de mieux comprendre comment des outils technologiques sont conçus.*

Plusieurs sujets ont mentionné que l'activité permettait de faire des liens avec les objets technologiques qui nous entourent. Cette idée était importante pour notre projet étant donné que nous voulions permettre aux élèves de démystifier les applications technologiques qu'ils utilisent. En construisant un instrument de mesure, l'élève comprend ainsi la prise de mesure du transducteur en utilisant une équation algébrique de transfert. Tous les élèves du secondaire ont trouvé l'activité intéressante, voire amusante. Ils en recommandent l'intégration dans les classes de *Science et technologie* au secondaire ou dans les laboratoires de l'ordre d'enseignement collégial.

### **5.3. Conclusion du chapitre**

C'est à partir des résultats obtenus lors de nos mises à l'essai que nous pouvons déterminer si nous avons atteint nos deux objectifs de recherche et s'il est nécessaire d'effectuer une nouvelle mise à l'essai fonctionnelle ou empirique. Tout d'abord, notre premier objectif de recherche concernait l'apprentissage interdisciplinaire en situation adidactique. Étant donné la complexité de cet apprentissage, nous avons utilisé plusieurs outils d'évaluation, présentés tout au long de la section 5.2, pour recueillir des données qualitatives et quantitatives diversifiées que nous avons ensuite croisées pour dresser un portrait fiable de l'apprentissage des apprenants. Comme la majorité des sujets sont parvenus à effectuer cet apprentissage, plus précisément 67% d'entre eux, nous considérons qu'avec ces résultats, notre premier objectif de recherche est atteint.

Ensuite, notre second objectif concernait l'amélioration didactique et technologique de l'environnement d'apprentissage des systèmes *MicrolabExAO*. Parmi les 15 améliorations que nous souhaitions effectuer sur cet environnement, nous sommes parvenus à en réaliser 14. En effet, seule l'amélioration #5, qui voulait permettre à l'apprenant d'écrire par lui-même le titre de ses axes sous le graphique, n'a pas été effectuée, car elle aurait nécessité trop de temps en programmation. Les autres améliorations ont nécessité dans l'ensemble environ douze heures en développement, que ce soit en programmation ou autres. Nous considérons qu'avec ces résultats, notre second objectif de recherche est atteint.

Ainsi, comme nos deux objectifs de recherche ont été atteints suite à la mise à l'essai empirique, il n'est pas nécessaire d'effectuer de nouvelle mise à l'essai.

## Conclusion

Dans le cadre de cette recherche de développement, nous avons développé et validé une intervention didactique permettant à des apprenants, placés dans un environnement d'apprentissage des systèmes *MicrolabExAO*, de réaliser différents instruments de mesure électroniques et d'en appréhender le fonctionnement. Ces apprenants se sont progressivement approprié une démarche interdisciplinaire de résolution de problème leur permettant de construire ces instruments en intégrant des outils mathématiques à la démarche expérimentale et à la démarche technologique de conception. À la fin de cette intervention, ils ont dû réaliser un manomètre de façon autonome, démontrant ainsi l'intégration de cette démarche et le transfert de celle-ci sur un autre objet d'apprentissage. C'est principalement ce transfert qui nous permet de conclure à la mobilisation adéquate de leurs savoirs et savoir-faire en sciences expérimentales, en mathématique et en technologie. Cette activité est un bon exemple d'interdisciplinarité, car ces matières ne sont pas simplement juxtaposées pour résoudre un problème, mais véritablement interreliées pour réaliser un instrument de mesure. L'environnement d'apprentissage des systèmes *MicrolabExAO* est ainsi un puissant outil didactique pour favoriser la mise en place d'activités interdisciplinaires dans la pratique enseignante.

Traditionnellement, en sciences expérimentales, dans sa démarche inductive de laboratoire, l'apprenant devrait pouvoir manipuler intuitivement une relation de causalité entre deux variables, mettre à l'essai expérimentalement ses hypothèses et formuler cette relation de causalité sous la forme d'une loi physique. Pour valider cette loi, il devra d'abord prédire l'interaction entre la variable dépendante et la variable indépendante pour ensuite mettre à l'essai expérimentalement ces prédictions dans les mêmes conditions. Il procède alors, dans une démarche déductive de laboratoire, à une validation analytique pour déterminer si la théorie, c'est-à-dire sa loi physique, se confirme dans la pratique. En combinant ces démarches inductive et déductive, il accomplit ainsi un cycle complet de la démarche d'investigation scientifique en passant de la réalité au modèle et du modèle à la réalité.



Dans notre environnement d'apprentissage, tout comme en sciences expérimentales, l'élève s'est d'abord placé dans une démarche inductive pour construire un modèle prenant la forme d'une équation algébrique de transfert. C'est en utilisant celle-ci qu'il est parvenu à construire son instrument de mesure. Ensuite, dans une démarche déductive, en mettant cet instrument de mesure à l'essai, il a déterminé si son modèle, l'équation algébrique de transfert, lui permettait de représenter fidèlement la réalité physique en prenant des mesures identiques à celle de l'étalon. Cette démarche déductive, à la différence de la démarche déductive traditionnelle analytique, lui a permis de valider son modèle avec un objet concret, c'est-à-dire un instrument de mesure construit. Il a alors vérifié l'exactitude de cet instrument. Ce faisant, l'élève effectue aussi un cycle complet de la démarche d'investigation scientifique en passant de la réalité au modèle et du modèle à la réalité. Cependant, étant donné le caractère technologique de l'instrument de mesure construit, sa validation est concrète plutôt qu'analytique. Nous pensons que cet aspect est intéressant vu qu'il donne une finalité concrète à la démarche de l'élève.

L'instrumentation électronique utilisée au secondaire ne révèle pas de prime abord son fonctionnement, contrairement aux instruments de mesure traditionnels comme le thermomètre à alcool. Avec notre intervention didactique, nous avons démontré que la réalisation d'instruments de mesure électroniques avec les systèmes *MicrolabExAO* rend accessible la compréhension de ce fonctionnement par les élèves. Pour ce faire, nous avons évalué la conception initiale des apprenants, avant l'intervention, et l'avons comparé à leur conception suite à l'intervention. Nos résultats nous ont montré que notre intervention didactique a permis à l'ensemble des apprenants de démystifier et de comprendre certaines applications technologiques qui font aujourd'hui partie de leur quotidien, comme les instruments de mesure électroniques.

Lors de la première mise à l'essai fonctionnelle, nous avons testé l'environnement auprès d'un enseignant de *Science et technologie* et d'une technicienne en travaux pratiques. Cette mise à l'essai visait à avoir l'avis de ces experts concernant la faisabilité de notre intervention didactique auprès d'élèves du secondaire. Les commentaires de ces experts nous ont permis de constater que cette intervention était fonctionnelle et

pertinente pour l'apprentissage, ce qui nous a autorisés à aller de l'avant avec la mise à l'essai empirique.

Nous avons effectué cette mise à l'essai empirique auprès de 27 étudiants universitaires en enseignement des sciences et technologie ainsi que de six élèves du deuxième cycle du secondaire. En quatre séances, ces sujets ont respectivement réalisé un thermomètre, un luxmètre, un détecteur de position et un manomètre. Nous avons dirigé leur démarche pas à pas par un protocole de manipulations lors de la réalisation du thermomètre au cours de la première séance. Ensuite, cette démarche était de moins en moins guidée d'une séance à l'autre. Lors de la dernière séance, nous avons demandé aux apprenants de réaliser le manomètre de manière autonome pour vérifier le transfert de cette démarche en situation adidactique.

Pour pouvoir déterminer si nos deux objectifs de recherche étaient atteints, nous avons effectué la triangulation des méthodes (Thouin, 2014) en utilisant quatre méthodes de collecte de données : 1) nous avons filmé les sujets lors de la réalisation du manomètre, 2) nous avons recueilli leurs réponses écrites dans des examens, 3) nous avons recueilli leur perception écrite dans un questionnaire d'évaluation et 4) nous avons recueilli leurs réponses écrites dans leurs rapports de laboratoire. À partir de ces quatre méthodes, nous avons développé plusieurs outils d'évaluation pour collecter des données variées, à la fois qualitatives et quantitatives.

Notre premier objectif de recherche portait sur la réalisation d'un apprentissage interdisciplinaire en situation adidactique par les sujets. Nous avons fixé *a priori* comme critère de succès la réussite des apprenants à chacune des évaluations réparties dans les quatre catégories suivantes : *construction autonome du capteur de pression, capacité à exploiter l'ExAO en situation nouvelle, habiletés de résolution de problème et compréhension du fonctionnement d'un instrument de mesure électronique*. Nos résultats nous montrent que, lors de la réalisation du manomètre, 67% des sujets (22 participants sur 33) ont réussi à effectuer un apprentissage interdisciplinaire en situation adidactique. Ces résultats sont plutôt encourageants étant donné la complexité d'un tel apprentissage. Ainsi notre objectif de recherche a été atteint puisque la majorité des apprenants ont réussi à effectuer un véritable apprentissage interdisciplinaire en situation adidactique.

Notre second objectif de recherche portait sur l'amélioration de l'environnement d'apprentissage sur les plans didactique et technologique. Nous avons proposé, suite à la mise à l'essai empirique, 15 améliorations à apporter à l'environnement d'apprentissage des systèmes *MicrolabExAO*, et ce, au niveau du prototype, du logiciel, des protocoles, de la formation donnée à la première séance et du rapport écrit de l'examen pratique de laboratoire. Nous avons réussi à effectuer 14 des 15 améliorations envisagées. Avec ces résultats, nous considérons que l'objectif de recherche concernant l'amélioration de notre environnement d'apprentissage a été atteint.

Dans le chapitre *Problématique*, nous avons exprimé notre problème sous forme d'une question générale de recherche : serait-il possible de développer une séquence didactique qui permettrait à un élève du deuxième cycle du secondaire d'appréhender le fonctionnement des instruments de mesure électroniques en intégrant une démarche complète de résolution de problème qui nécessite le déploiement de savoirs et savoir-faire en science, en mathématique et en technologie? Nous pensons que cette recherche nous a permis de répondre à cette question générale. En effet, elle nous a permis de développer et de valider :

- 1) Une démarche qui permet à un élève de concevoir et construire des objets technologiques complexes, des instruments de mesure qui seront validés en évaluant leurs caractéristiques métrologiques (exactitude et précision) ;
- 2) Une démarche qui permet à un élève d'appréhender et de comprendre le fonctionnement d'un instrument de mesure électronique ;
- 3) Une démarche qui permet à un élève de démontrer une expertise de traitement interdisciplinaire par l'intégration de ses savoirs et savoir-faire en sciences expérimentales, mathématique et technologie ;
- 4) Une intervention didactique qui permet à l'élève de transférer ses apprentissages en situation adidactique ;
- 5) Une version améliorée d'un environnement d'apprentissage *MicrolabExAO*, en faisant progresser la technologie de cet environnement en mettant celle-ci au service de la pédagogie.

## Prospectives

Pour aller plus loin, nous pensons que l'intervention didactique que nous avons développée permettrait de rendre complètement autonome l'apprenant dans la recherche de solutions face à un besoin de mesurage. Par exemple, il serait envisageable d'intégrer la réalisation d'un nouvel instrument de mesure dans une situation d'apprentissage plus large qui imposerait à l'apprenant d'identifier par lui-même un besoin lié à une difficulté de mesurage pour laquelle sa solution serait de concevoir et construire un nouvel instrument de mesure en ExAO. En ce sens, un étudiant universitaire faisait la remarque suivante dans son questionnaire d'évaluation en disant que « *il faudrait créer un capteur dans le but de l'utiliser. Il faut que le capteur puisse faire quelque chose que le thermomètre à alcool ne peut pas faire* ». Une fois son instrument de mesure construit et validé, l'élève pourrait répondre par une expérimentation au besoin qu'il a identifié.

L'amélioration de l'expérimentation assistée par ordinateur est un processus de recherche de développement continu et sans fin étant donné qu'il y aura toujours des améliorations didactiques ou technologiques envisageables. En effet, nous avons mis un terme à nos mises à l'essai lorsque nos résultats nous montraient que nos objectifs de recherche étaient atteints. Toutefois, il serait toujours possible de continuer à améliorer l'environnement d'apprentissage des systèmes *MicrolabExAO*. Cette amélioration continue est présente dans les origines de cette recherche qui s'inscrit dans la continuité des travaux menés au *Laboratoire de robotique pédagogique* de l'Université de Montréal. Nous nous sommes inspirés d'un environnement d'apprentissage élaboré progressivement durant plusieurs années en centrant notre recherche sur l'intégration et le transfert par les apprenants d'une démarche interdisciplinaire de réalisation d'instruments de mesure électroniques et sur l'appréhension du fonctionnement de ces instruments. Plus spécifiquement, la réalisation d'instruments de mesure électroniques avec les systèmes *MicrolabExAO* continuera aussi à être bonifiée. Par exemple, actuellement, les chercheurs du laboratoire tentent de trouver dans l'industrie un transducteur peu coûteux pour fabriquer un oxymètre en le branchant à la capsule universelle. Étant donné que l'intérêt du *Laboratoire de robotique pédagogique* est didactique et non commercial, l'idée des systèmes *MicrolabExAO* est de démocratiser l'expérimentation assistée par ordinateur en la rendant accessible et peu coûteuse. Nous pensons ainsi que ces systèmes

sont pertinents pour l'enseignement des sciences expérimentales à travers le monde. En ce sens, les travaux du laboratoire seront repris par les chercheurs de l'Université Mohammed V de Rabat, suite à une entente de transfert technologique avec celle-ci.

## Bibliographie

Artigue, M. (1996). Ingénierie didactique. Dans J. Brun (éd.), *Didactique des mathématiques* (243-274). Paris : Delachaux et Niestlé.

Artigue, M. (1988). Ingénierie didactique. *Recherche en didactique des mathématiques*, 9(3), 281-308.

Astolfi, J.-P., Darot, É., Ginsburger-Vogel, Y. et Toussaint, J. (2008). *Mots-clés de la didactique des sciences : repères, définitions, bibliographies*. Bruxelles : De Boeck Supérieur.

Astolfi, J.-P., Peterfalvi, B., et Vérin, A. (2006). *Comment les enfants apprennent les sciences*. Paris : Retz.

Basque, J. (2010). Introduction à l'ingénierie pédagogique, Dans J. Basque (dir.), *Recueil de textes, Ingénierie pédagogique et technologies éducatives*. Québec : Télé-Université, Université du Québec à Montréal.

Beaulieu, M. (2013, Avril). *L'interdisciplinarité scolaire*. Communication présentée au colloque de la Société des écoles du monde du baccalauréat international du Québec et de la francophonie, Québec.

Bindi, C. (2006). *Dictionnaire pratique de la métrologie*. La plaine St-Denis : Afnor.

Boisclair, G. et Pagé, J. (2004). *Guide des sciences expérimentales* (3<sup>e</sup> éd.). Montréal : ERPI.

Boix-Mansilla, V. (2010). *Guide du PPCS sur l'enseignement et l'apprentissage interdisciplinaires*. Cardiff, Wales : Baccalauréat International.

Boutros, W. (2012). *Conception et développement d'un environnement d'apprentissage sur les transformations d'énergies et leurs rendements*. (Thèse de doctorat, Université de Montréal). Repéré à <https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/handle/1866/6917>

Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. Grenoble : La pensée sauvage.

Brousseau, G. (2013). *Introduction à l'ingénierie didactique* [pdf]. Repéré à <http://guy-brousseau.com/wp-content/uploads/2013/12/Introduction-à-l'ingénierie-didactique3.pdf>

Brown, A.L. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *The Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 141-178. Repéré à <http://www.cs.uml.edu/ecg/projects/cricketscience/pdf/brown-1992-design-experiments.pdf>

Bureau international des poids et mesure. (2012). *Vocabulaire international de métrologie – concepts fondamentaux et généraux et termes associés (VIM)* [pdf]. Repéré à [http://www.bipm.org/utils/common/documents/jcgm/JCGM\\_200\\_2012.pdf](http://www.bipm.org/utils/common/documents/jcgm/JCGM_200_2012.pdf)

Chevallard, Y. (1982, juillet). *Sur l'ingénierie didactique*. Communication présentée à la deuxième école d'été de didactique des mathématiques d'Orléans. Repéré à [http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/IMG/pdf/Sur\\_l\\_ingA\\_c\\_nierie\\_didactique\\_-\\_YC\\_-\\_1982.pdf](http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/IMG/pdf/Sur_l_ingA_c_nierie_didactique_-_YC_-_1982.pdf)

Chevallard, Y. (1985). *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble : La Pensée sauvage.

Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R. et Schauble, L. (2003). Design in educational research. *Educational Researcher*, 32(1), 9-13.

Collins, A. (1992). Toward a design science of education. In E. Scanlon et T. O'Shea, *New directions in educational technology* (15-22). New York : Springer-Verlag. Repéré à <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED326179.pdf>

Conseil supérieur de l'éducation. (1983). *La formation professionnelle des jeunes – Analyse critique des propositions ministérielles et quelques considérations complémentaires* [pdf]. Repéré à <https://www.cse.gouv.qc.ca/fichiers/documents/publications/Avis/50-0317.pdf>

Conseil supérieur de l'éducation. (2013). *L'enseignement de la science et de la technologie au primaire et au premier cycle du secondaire* [pdf]. Repéré à URL : <https://www.cse.gouv.qc.ca/fichiers/documents/publications/Avis/50-0481.pdf>

Coquidé, M. (2003). Activités expérimentales et perspectives curriculaires. Dans C. Larcher et M. Goffard (éd.), *L'expérimentale en classe* (85-107). Paris : Institut national de recherche pédagogique.

De Landsheere, G. (1982). *Introduction à la recherche en éducation*. Liège : Thone.

De Vecchi, G. et Carmona-Magnaldi, N. (2002). *Faire vivre de véritables situations-problèmes*. Paris : Hachette Éducation.

Dionne, E. (2014). Un canevas d'item pour évaluer la compétence d'investigation scientifique en laboratoire. *McGill Journal of Education / Revue des sciences de l'éducation de McGill*, 49(1), 89-111. Repéré à <http://www.erudit.org/revue/mje/2014/v49/n1/1025773ar.pdf>

Fournier, F. (2001). *Un environnement d'apprentissage technologique pour la compréhension du concept de mesure en sciences expérimentales* (Thèse de doctorat). Université de Montréal, Montréal.

Fournier, F. (2007). Enseigner les sciences et les technologies en utilisant les TICE. Dans P. Potvin, S. Masson, M. Riopel (dir.), *Regards multiples sur l'enseignement des sciences* (202-214). Québec : Multimondes.

Germain, C. (2000). Didactique générale, didactique des langues et linguistique appliquée. *Revue canadienne de linguistique appliquée / Canadian Journal of Applied Linguistics*, 3(1-2), 23-33. Repéré à <http://www.aclacaal.org/wp-content/uploads/2013/08/4-vol-3-nos1-2-art-germain.pdf>

Giordan, A. (1978). *Une pédagogie des sciences expérimentales*. Paris : Centurion.

Gorard, S., Roberts, K. & Taylor, C. (2004). What kind of creature is a design experiment? *British Educational Research Journal*, 20(4), 577-590.

Harvey, S. et Loiselle, J. (2009). Proposition d'un modèle de recherche développement. *Recherches qualitatives*, 28(3), 95-117. Repéré à [http://www.recherche-qualitative.qc.ca/documents/files/revue/edition\\_reguliere/numero28\(2\)/harvey\(28\)2.pdf](http://www.recherche-qualitative.qc.ca/documents/files/revue/edition_reguliere/numero28(2)/harvey(28)2.pdf)

Himbert, M. (1997, mai). *Le système international d'unités*. Communication présentée aux Journées mesures physiques, métrologie et qualité du Conservatoire national des arts et métiers, Paris.

Houssaye, J. (1988). *Le triangle pédagogique*. Berne : Peter Lang.

Koper, R. et Manderveld, J. (2004). Educational modelling language : modelling reusable, interoperable, rich and personalised units of learning. *British Journal of Educational Technology*, 35(5), 537-551. Repéré à [http://dspace.ou.nl/retrieve/493/bjet\\_411.pdf](http://dspace.ou.nl/retrieve/493/bjet_411.pdf)

Lalancette, P. (2014). *Conception et développement d'un environnement informatisé d'expérimentations contrôlées et assistées à distance par ordinateur (Ex@O)* (Thèse de doctorat, Université de Montréal). Repéré à <https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/handle/1866/11917>

Lasnier, F. (2000). *Réussir la formation par compétences*. Montréal : Guérin Éditeur.

Lebeaume, J. (2000). *L'éducation technologique. Histoires et méthodes*. Issy les Moulineaux : ESF.

Legendre, R. (1983). *L'Éducation totale*. Montréal : Ville-Marie/Fernand Nathan.

Legendre, R. (2005). *Dictionnaire actuel de l'éducation* (3<sup>e</sup> éd.). Montréal : Guérin.

Lenoir, Y. (2008). L'interdisciplinarité dans l'enseignement scientifique : apports à privilégier et dérives à éviter. Dans A. Hasni et J. Lebeaume (dir.), *Interdisciplinarité et enseignement scientifique et technologique* (17-32). Sherbrooke et Paris : Éditions du CRP - Institut national de recherche pédagogique.



Loiselle, J. et Harvey, S. (2007). La recherche développement en éducation : fondements, apports et limites. *Recherche qualitative*, 27(1), 40-59.

Maingain, A. et Dufour, B. (2002). *Approches didactiques de l'interdisciplinarité*. Bruxelles : de Boeck.

Magneron, N. et Munier, V. (2008). Mesure et instrumentation dans l'enseignement scientifique. *ASTER*, 47, 7-24. Repéré à [http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/28845/Aster\\_2008\\_47\\_7.pdf;jsessionid=4C3EC8AEE8674AEB6E2E659F1509F037?sequence=1](http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/28845/Aster_2008_47_7.pdf;jsessionid=4C3EC8AEE8674AEB6E2E659F1509F037?sequence=1)

Mesure. (2002). Dans A. Rey et J. Rey-Debove (dir.), *Le Nouveau Petit Robert*. Paris : Le Robert.

Middleton, J., Gorard, S., Taylon, C. & Bannan-Ritland, B. (2008). The "Compleat" Design Experiment. In A. E. Kelly, R. A. Lesh & J. Y. Baek (ed.), *Handbook of design research methods in education*. Routledge, New York & London : Taylor & Francis.

Milot, M.-C. et Beaufiles, D. (1998). Des savoirs et savoir-faire associés à l'utilisation d'instruments informatisés en sciences physiques. Dans *Diversification de l'évaluation en sciences expérimentales*. France : Ministère de l'éducation nationale.

Ministère de l'éducation du Québec. (1995). *Programme d'études - Secondaire – Éducation à la technologie*. Québec : Gouvernement du Québec.

Ministère de l'éducation du Québec. (1993). *Programme d'études - Secondaire – Éducation technologique – Technologie de la construction architecturale et des travaux publics*. Québec : Gouvernement du Québec.

Ministère de l'éducation du Québec. (2006). *Programme de formation de l'école québécoise. Enseignement secondaire, premier cycle*. Québec : Gouvernement du Québec.

Ministère de l'éducation du loisir et du sport. (2007a). *Programme de formation de l'école québécoise – Compétences transversales - 2<sup>e</sup> cycle du secondaire*. Québec : Gouvernement du Québec.

Ministère de l'éducation du loisir et du sport. (2007b). *Programme de formation de l'école québécoise – Un programme de formation pour le XXI<sup>e</sup> siècle - 2<sup>e</sup> cycle du secondaire*. Québec : Gouvernement du Québec.

Ministère de l'éducation du loisir et du sport (2007c). *Mathématique - Programme de formation de l'école québécoise – Enseignement secondaire - Deuxième cycle*. Québec : Gouvernement du Québec.

Ministère de l'éducation du loisir et du sport. (2010). *Programme de formation de l'école québécoise - Science et technologie - 2<sup>e</sup> cycle du secondaire (mise à jour)*. Québec : Gouvernement du Québec.

Nonnon, P. et Laurencelle, L. (1984). L'appariteur robot et la pédagogie des disciplines expérimentales. *Spectre*, 13(3), 34-36.

Nonnon, P. (1986). *Laboratoire d'initiation aux sciences assisté par ordinateur* (Thèse de doctorat publiée). Université de Montréal, Montréal.

Nonnon, P. (1993). Proposition d'un modèle de recherche développement technologique en éducation. Dans *Regards sur la robotique pédagogique : actes du quatrième colloque international sur la robotique pédagogique* (147-154), Liège : Université de Liège.

Nonnon, P. (1999). Radioscopie virtuelle. Dans *Robotique pédagogique : actes du cinquième colloque international sur la robotique pédagogique* (335-342). Montréal : Université de Montréal.

Nonnon, P. (2007). Enseigner les sciences avec des expérimentations assistées par ordinateur. Dans P. Potvin, S. Masson, M. Riopel (dir.), *Regards multiples sur l'enseignement des sciences* (344-355). Québec : Multimondes.

Paquette, G., M. Leonard, et al. (2011). *Méthode d'ingénierie des systèmes d'apprentissage MISA 4.1 Concepts et exemples*. Québec : Télé-Université, Université du Québec à Montréal

Perdijon, J. (2004). *La mesure – Histoire, science et philosophie*. Paris : Dunod.

Rézeau, J. (2001). *Médiatisation et médiation pédagogique dans un environnement multimédia* (Thèse de doctorat, Université Bordeaux 2). Repéré à <http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/00/17/36/PDF/theseRezeau.pdf>

Rézeau, J. (2002). Médiation, médiatisation et instruments d'enseignement : du triangle au « carré pédagogique », *ASp*, (35-36), 183-200. DOI : 10.4000/asp.1656

Riopel, M. (2005). *Conception et mises à l'essai d'un environnement d'apprentissage intégrant l'expérimentation assistée par ordinateur et la simulation assistée par ordinateur* (Thèse de doctorat publiée). Université de Montréal, Montréal.

Rogers, L.T., (1995). The computer as an aid for exploring graphs. *School Science Review*, 76(276), 31-39.

Séré, M.-G. (2008). La mesure dans l'enseignement des sciences physiques - Évolution au cours du temps. *ASTER*, 47, 25-42. Repéré à [http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/28846/Aster\\_2008\\_47\\_25.pdf?sequence=1](http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/28846/Aster_2008_47_25.pdf?sequence=1)

Tardif, J. (1992). *Pour un enseignement stratégique. L'apport de la psychologie cognitive*, Montréal : Les Éditions Logiques.

Tchounikine, P. (2009). *Précis de recherche en ingénierie des EIAH* [pdf]. Repéré à : <http://lig-membres.imag.fr/tchounikine/Articles/PrecisV1.pdf>

Thouin, M. (2009). *Enseigner les sciences et les technologies au préscolaire et au primaire*. Québec : Multimondes.

Thouin, M. (2014). *Réaliser une recherche en didactique*. Québec : Multimondes.

Touma, G. (2006). *Un paradigme d'expérimentation au laboratoire de sciences pour l'identification et l'optimisation statistique d'un modèle algébrique par l'interaction visuo-graphique* (Thèse de doctorat). Université de Montréal, Montréal.

Tremblay, M. (2009). *La pédagogie par problèmes - une clé en enseignement postsecondaire*. Montréal : Guérin.

Van der Maren, J-M. (1996). *Méthode de recherche pour l'éducation* (2e éd.). Montréal/Bruxelles : PUM et de Boeck. Repéré à <https://papyrus.bib.umontreal.ca/jspui/handle/1866/4688>

Vienneau, R. (2011). Regards multiples sur l'apprentissage, les objets de l'apprentissage scolaire et l'enseignement. *Vie pédagogique*. (159), 12-14. Repéré à <http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/bs2069222>

Zaragosa, S. (2005). Interactions verbales dans le processus de dévolution. Dans P. Clanché, M.-H. Salin, B. Sarrazy (dir.), *Sur la théorie des situations didactiques*. Grenoble : La Pensée Sauvage.

# **Annexe I :**

**Conception initiale et conception suite à l'intervention  
didactique concernant le fonctionnement d'un instrument de  
mesure électronique**

## Changement conceptuel sur le fonctionnement d'un instrument de mesure électronique

Conception initiale :

Question A : Expliquez le fonctionnement d'un thermomètre électronique

Échelle d'appréciation numérique:

1-Tout à fait inapproprié; 2-Inapproprié; 3-Approprié; 4-Tout à fait approprié.

Conception après l'apprentissage dans la séquence d'enseignement :

Question B : Sélectionnez un des transducteurs suivants utilisés durant le cours et expliquez-en le fonctionnement en vous appuyant d'un schéma :

photorésistance – capsule infrarouge – thermistance

Clé de correction ( /10): Photorésistance (PR) – Capsule infrarouge (CI) – Thermistance (T)

- a) Grandeur physique mesurée ( /1)
  - Lumière (PR), distance (CI) et température (T)
- b) Résistance varie selon la grandeur physique ( /1)
- c) La tension varie de telle façon si la grandeur physique varie de telle façon ( /2)
- d) L'étalon de mesure ( /1)
  - Lampe (PR), mètre (CI) et thermomètre (T)
- e) Autres informations pertinentes ( /2)
- f) Le schéma explicatif ( /3)

Question C : Dans la construction d'un capteur de température, pourquoi avez-vous ajouté une résistance fixe en série avec la résistance variable (thermistance).

Clé de correction ( /5):

- a) Pour éviter un court-circuit ( /1)
- b) Parce que les tensions en série s'additionnent ( /1)
- c) Sans résistance fixe, la tension de la thermistance ne varie pas ( /1)
- d) Information pertinente ( /2)

**Sujet 1 (E1): Conception initiale :**

**Question A : Expliquez le fonctionnement d'un thermomètre électronique**

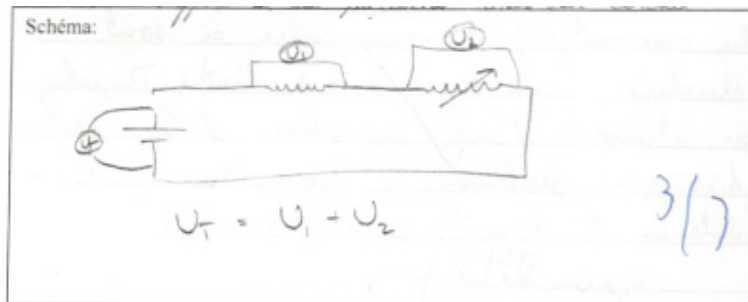
Un thermomètre électronique fonctionne grâce à des résistances. Le ~~courant électrique~~ (la **tension**) varie en fonction de la température qui est captée par l'interface (le capteur. L'interface transforme le signal analogique en numérique).

**Sujet 1 (E1): Conception après l'apprentissage dans la séquence d'enseignement :**

**Question B : Sélectionnez un des transducteurs suivants utilisés durant le cours et expliquez-en le fonctionnement en vous appuyant d'un schéma :**

**photorésistance – capsule infrarouge – thermistance**

La thermistance est en fait une résistance variable dont la valeur varie en fonction de la température (a, b) à laquelle elle est exposée. Plus la température à laquelle elle est exposée est grande, plus la valeur de la ~~thermistance~~ **tension** sera petite (c). De plus, il est important d'ajouter une résistance fixe en série sur le circuit électrique de la thermistance afin d'éviter un court-circuit (e). En effet, si les deux résistances sont en série, elles se partageront la différence de potentiel totale du circuit (e).



Correction : 8/10

- a) 1/1
- b) 1/1
- c) 1/2
- d) 0/1
- e) 2/2
- f) 3/3

Notes : Référence au pont de mesure

**Question C : Dans la construction d'un capteur de température, pourquoi avez-vous ajouté une résistance fixe en série avec la résistance variable (thermistance).**

Dans un circuit en série, la différence de potentiel aux bornes de la source est égale à la somme des différences de potentiel aux bornes des résistances du circuit ( $U_T = U_1 + U_2 + U_n$ ) (b). Ainsi, si la thermistance était la seule résistance du circuit, la valeur lue aux bornes de celle-ci aurait toujours été la même (c), peu importe la température ~~créant ainsi un court-circuit~~ **pas nécessairement de court-circuit**. En ajoutant une résistance fixe, les deux résistances vont se partager la différence de potentiel totale (d) du circuit évitant de cette façon de créer un court-circuit (a).

Correction : 4,5/5

- a) 1/1
- b) 1/1
- c) 1/1
- d) 1,5/2

## Sujet 2 (E1): Conception initiale :

### Question A : Expliquez le fonctionnement d'un thermomètre électronique

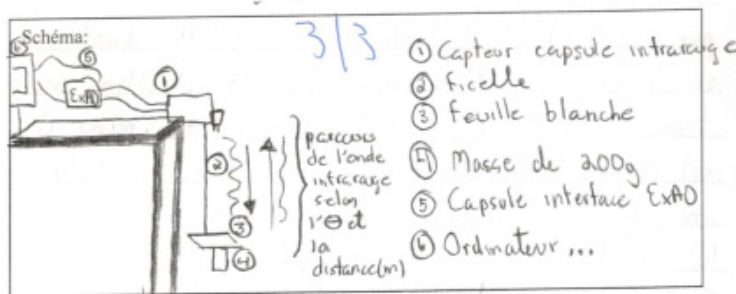
Le capteur possède les capteurs nécessaires afin de capter et d'analyser le ~~gradient électrique~~ (charge + ou -) de la solution (la variation de température) selon les données connues.

## Sujet 2 (E1): Conception après l'apprentissage dans la séquence d'enseignement :

**Question B : Sélectionnez un des transducteurs suivants utilisés durant le cours et expliquez-en le fonctionnement en vous appuyant d'un schéma :**

### photorésistance – capsule infrarouge – thermistance

La capsule infrarouge était une capsule que l'on attachait à la table et qui envoyait des ondes infrarouges placées en direction du sol (b). Une ficelle était attachée au capteur et laissée dans le vide. Attaché à la ficelle, il y avait un papier blanc (la couleur blanche est nécessaire pour sa grande capacité de réflexion de l'onde infrarouge. Sous la feuille, il y avait une masse de 200g pour éviter tout mouvement. En faisant varier la hauteur de la ficelle (angle d'inclinaison (e)), la ~~vitesse que prend l'onde infrarouge varie~~ (il s'agit plutôt de l'angle d'inclinaison qui varie, faisant ainsi varier la résistance variable et la tension). Utile pour les radars de police (e).



Correction : 6/10

- a) 0/1 (distance?)
- b) 1/1
- c) 0/2 (tension qui varie?)
- d) 0/1 (mètre?)
- e) 2/2
- f) 3/3

Note : Le schéma contient toute la chaîne de mesure et parallèle avec les applications technologiques du quotidien.

**Question C : Dans la construction d'un capteur de température, pourquoi avez-vous ajouté une résistance fixe en série avec la résistance variable (thermistance).**

Tout d'abord, la résistance fixe est pour s'assurer qu'il n'y aille pas de court-circuit (a). En ce qui concerne la résistance variable (thermistance), celle-ci était pour obtenir une équation graphique en variant cette variable afin d'obtenir une fonction mathématique pouvant être étudiée et permettre ainsi la construction du capteur température (d). Bien entendu, il fallait précédemment cliquer sur *transformation d'un capteur selon une variable extérieure à ExAO*. Par la suite, notre capteur température est obtenu à la suite de l'équation trouvée à l'aide de la thermistance en variant les valeurs de la résistance.

Correction : 3/5

- a) 1/1
- b) 0/1 (en série?)
- c) 0/1 (aucune variation?)
- d) 2/2

Note : Référence à l'interdisciplinarité

### Sujet 3 (E1): Conception initiale :

#### Question A : Expliquez le fonctionnement d'un thermomètre électronique

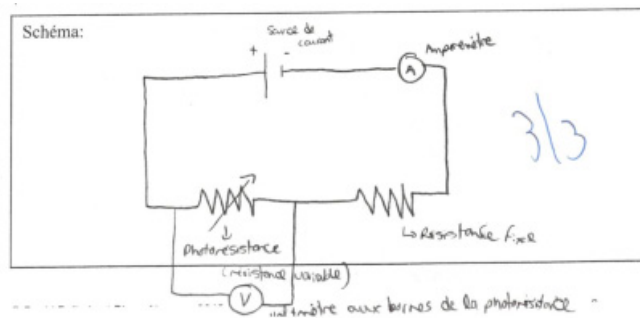
Les électrons, réagissant en fonction de la température, vont circuler à des vitesses différentes (selon la résistance offerte par la thermistance qui change en fonction de la température). Le capteur va analyser cette vitesse résistance et indiquer le nombre associé.

### Sujet 3 (E1): Conception après l'apprentissage dans la séquence d'enseignement :

#### Question B : Sélectionnez un des transducteurs suivants utilisés durant le cours et expliquez-en le fonctionnement en vous appuyant d'un schéma :

##### photorésistance – capsule infrarouge – thermistance

La photorésistance est une résistance variable dont la force dépend de l'intensité lumineuse (a, b). Plus de photons entrent en contact avec cette résistance, plus cette résistance sera faible (c) ce qui fera diminuer la tension. C'est d'ailleurs pour cette raison qu'il est essentiel de limiter le contact du transducteur avec la lumière ambiante (l'isoler) (e). Pour que cette résistance soit variable (et pour éviter les courts-circuits), il est essentiel qu'il y ait aussi une résistance fixe (e). Finalement, la différence de potentiel aux bornes de la photorésistance variera (c) en fonction de cette résistance (et donc la quantité de photons) selon  $U=RI$ .



Correction : 9/10

- a) 1/1
- b) 1/1
- c) 2/2
- d) 0/1 (la lampe?)
- e) 2/2
- f) 3/3

Notes : Référence au pont de mesure et à la loi d'Ohm

#### Question C : Dans la construction d'un capteur de température, pourquoi avez-vous ajouté une résistance fixe en série avec la résistance variable (thermistance).

Comme mentionné à la question B, la résistance fixe est essentielle pour éviter les courts-circuits (a) (si la résistance variable atteint 0 ohm). De plus elle permet le caractère variable de la thermistance (c). En effet, puisqu'en série,  $U_T=U_1+U_2+U_n$  (b), s'il n'y avait que la résistance variable,  $U_T$  est nécessairement égal à la thermistance et qui serait donc fixe. Finalement, comme  $I_T=I_1+I_2+I_n$   $I_T=I_1=I_2$  dans un circuit en série (d),  $U$  et  $I$  seraient constants et donc (selon  $U=RI$ ) la résistance serait aussi constante.

Correction : 4,5/5

- a) 1/1
- b) 1/1
- c) 1/1
- d) 1,5/2

Note : Référence au court-circuit quand la résistance variable atteint 0 ohm



#### Sujet 4 (E1): Conception initiale :

##### Question A : Expliquez le fonctionnement d'un thermomètre électronique

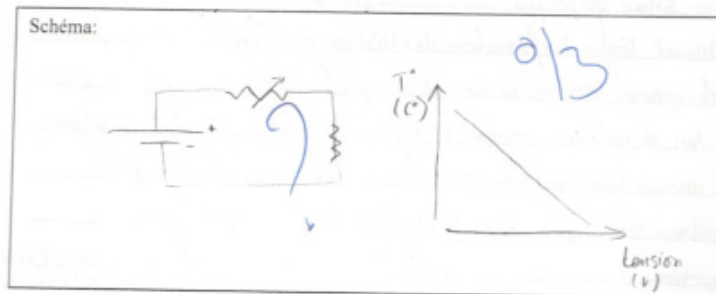
On utilise les données expérimentales (~~pression selon température ce qui donne un volume/hauteur de la colonne~~). (On ne calcule pas de pression ni de hauteur comme dans un thermomètre à alcool) On obtient une fonction, puis on l'applique.

#### Sujet 4 (E1): Conception après l'apprentissage dans la séquence d'enseignement :

Question B : Sélectionnez un des transducteurs suivants utilisés durant le cours et expliquez-en le fonctionnement en vous appuyant d'un schéma :

**photorésistance – capsule infrarouge – thermistance**

La thermistance est une résistance variable incluse dans un circuit électronique ayant une source de voltage et une résistance fixe (e). Sa résistance varie selon la température (a, b) (température élevée entraîne une résistance plus faible) et donc la tension aux bornes de celle-ci varie selon l'équation  $U=RI$ . Si la résistance diminue, le potentiel aux bornes de la thermistance diminue (c). On peut associer des valeurs de températures à des tensions. La thermistance mesure la vibration des particules selon la température (élevée = plus de vibration) (e).



Correction : 8/10

- a) 1/1
- b) 1/1
- c) 2/2
- d) 0/1 (thermomètre?)
- e) 2/2
- f) 2/3

Notes : Référence au pont de mesure et à la loi d'Ohm

Question C : Dans la construction d'un capteur de température, pourquoi avez-vous ajouté une résistance fixe en série avec la résistance variable (thermistance).

La résistance fixe permet de capter une variation au niveau de la thermistance (c) et donc une différence de potentiel qui varie aux bornes de la thermistance qui peut être transformée en signal électrique (d). Sans cette résistance fixe, il n'y aurait pas de cadre de référence pour la résistance variable et il pourrait également avoir un court-circuit (a) dans le cas où la résistance variable serait de 0 ohm.

Correction : 4/5

- a) 1/1
- b) 0/1 (en série?)
- c) 1/1
- d) 2/2

Note : Référence au court-circuit quand R atteint 0 Ohm

**Sujet 5 (E1): Conception initiale :**

**Question A : Expliquez le fonctionnement d'un thermomètre électronique**

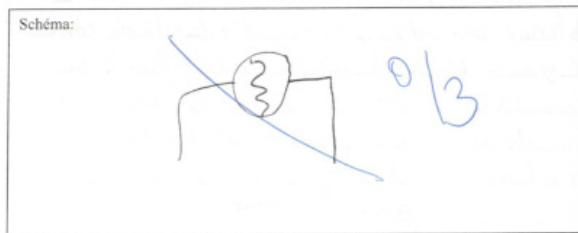
Les capteurs détectent la variation de température qui est affichée.

**Sujet 5 (E1): Conception après l'apprentissage dans la séquence d'enseignement :**

**Question B : Sélectionnez un des transducteurs suivants utilisés durant le cours et expliquez-en le fonctionnement en vous appuyant d'un schéma :**

**photorésistance – capsule infrarouge – thermistance**

La photorésistance utilise la lumière (a) pour fonctionner dans un circuit électrique comme une résistance (e). La lumière est l'énergie qui permet à la photorésistance de fonctionner. Dans notre cas, le capteur n'est pas actif, mais passif. En effet, c'est la capsule universelle qui fournit l'énergie à la photorésistance pour fonctionner.



Correction : 2/10

- a) 1/1
- b) 0/1 (résistance variable?)
- c) 0/2 (tension?)
- d) 0/1 (la lampe?)
- e) 1/2
- f) 0/3

**Question C : Dans la construction d'un capteur de température, pourquoi avez-vous ajouté une résistance fixe en série avec la résistance variable (thermistance).**

Pour éviter un court-circuit (a, d). En ayant les deux résistances, cela permet d'avoir une tension de courant, sinon le courant risque de s'annuler dans le circuit. Sinon, la tension ne variera pas pour la thermistance.

Correction : 2/5

- a) 1/1
- b) 0/1 (en série?)
- c) 0/1 (aucune variation?)
- d) 1/2

## Sujet 6 (E1): Conception initiale :

### Question A : Expliquez le fonctionnement d'un thermomètre électronique

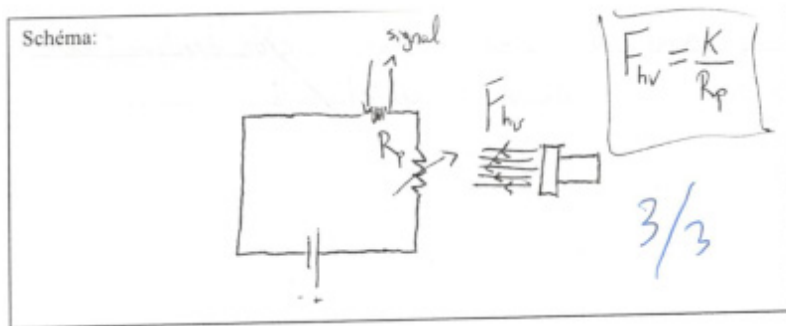
Lorsque la température monte, elle affecte une résistance ayant une forte variation avec les changements de température. Ce changement de résistance induit un changement de tension dans le circuit. On utilise la lecture de cette tension pour déduire la température sur la résistance. Un microcontrôleur utilise ces données pour les afficher sur un écran digital.

## Sujet 6 (E1): Conception après l'apprentissage dans la séquence d'enseignement :

### Question B : Sélectionnez un des transducteurs suivants utilisés durant le cours et expliquez-en le fonctionnement en vous appuyant d'un schéma :

#### photorésistance – capsule infrarouge – thermistance

La photorésistance est composée d'un semi-conducteur (e) dont les propriétés de résistance varient (b) selon le flux de photons (a) qui entre en contact avec lui. Dans le cas de celle utilisée durant le cours, la résistance (**de même que la tension**) diminuait lorsque le flux de photons montait (c) Je ne sais pas si toutes les photorésistances varient de la même manière (e). **En effet, cela pourrait être différent pour une autre photorésistance.**



Correction : 8/10

- a) 1/1
- b) 1/1
- c) 1/2
- d) 0/1 (la lampe?)
- e) 2/2
- f) 3/3

Note : Le schéma fait référence au pont de mesure.

### Question C : Dans la construction d'un capteur de température, pourquoi avez-vous ajouté une résistance fixe en série avec la résistance variable (thermistance).

Sans cette résistance fixe, le voltage après la résistance variable serait ~~toujours de 0V~~. **Il serait toujours égal à la tension de la source.** On n'observerait alors aucune variation de tension avec le changement de température. En plaçant la résistance fixe, le signal obtenu variera de tension (c), si l'on capte le signal au bon endroit sur le circuit (d).

Correction : 3/5

- a) 0/1 (court-circuit?)
- b) 0/1 (en série?)
- c) 1/1
- d) 2/2

**Sujet 7 (E1): Conception initiale :**

**Question A : Expliquez le fonctionnement d'un thermomètre électronique**

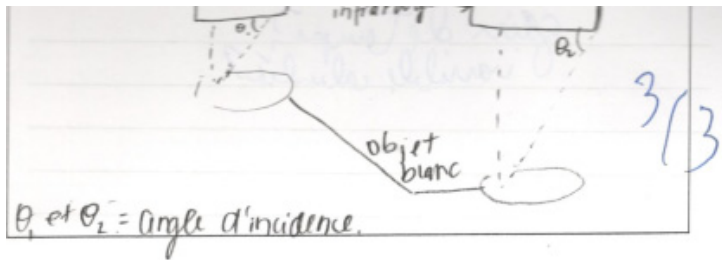
La chaleur fait agiter les molécules du thermomètre. C'est cette agitation qui est ensuite mesurée par le thermomètre calibré (via une résistance variable).

**Sujet 7 (E1): Conception après l'apprentissage dans la séquence d'enseignement :**

**Question B : Sélectionnez un des transducteurs suivants utilisés durant le cours et expliquez-en le fonctionnement en vous appuyant d'un schéma :**

**photorésistance – capsule infrarouge – thermistance**

La capsule infrarouge émet un rayon infrarouge (e) qui doit être recapté par cette même capsule. Selon l'angle d'incidence du rayon reçu(b), la capsule infrarouge émet un voltage (c). Ce voltage peut ensuite être transféré en distance (a). La capsule saura que pour tel angle d'incidence, un objet se trouve à telle distance (e).



Correction : 9/10

- a) 1/1
- b) 1/1
- c) 2/2
- d) 0/1 (le mètre?)
- e) 2/2
- f) 3/3

Note : Le schéma fait référence au fonctionnement du transducteur.

**Question C : Dans la construction d'un capteur de température, pourquoi avez-vous ajouté une résistance fixe en série avec la résistance variable (thermistance).**

Afin de s'assurer que la quantité de volts envoyée dans le système n'était pas trop élevée. Ceci a pour but de protéger le système (d).

Correction : 2/5

- a) 0/1 (court-circuit)
- b) 0/1 (en série?)
- c) 0/1 (aucune variation?)
- d) 2/2

## Sujet 8 (E1): Conception initiale :

### Question A : Expliquez le fonctionnement d'un thermomètre électronique

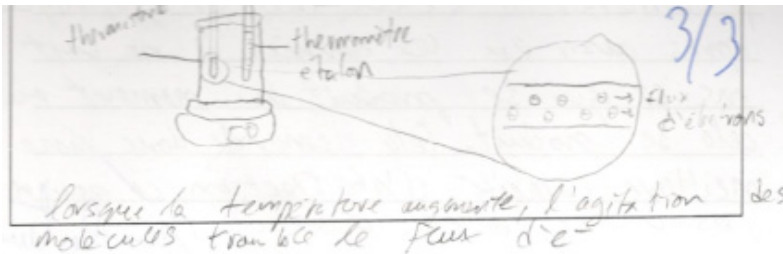
Le bout métallique du thermomètre contient une résistance variable. La résistance varie en fonction de la température. Le courant traversant le circuit varie en fonction de la température. Le courant traversant le circuit varie donc pour une même différence de potentiel (C'est la tension qui peut varier, le courant étant le même). En sachant l'effet de la température sur la résistance, on peut trouver la variation de courant en fonction de la variation de température.

## Sujet 8 (E1): Conception après l'apprentissage dans la séquence d'enseignement :

Question B : Sélectionnez un des transducteurs suivants utilisés durant le cours et expliquez-en le fonctionnement en vous appuyant d'un schéma :

photorésistance – capsule infrarouge – thermistance

La thermistance constitue une résistance dans un circuit électronique (e). La résistance offerte varie (b) en fonction de la température (a) de la thermistance. On peut donc enregistrer une différence de potentiel qui varie aux bornes de la thermistance lorsque la température varie (c). On peut donc, à l'aide d'un étalon (d), mesurer et calculer la relation mathématique (e) entre la variation de température et la variation de potentiel électrique.



Correction : 10/10

- a) 1 /1
- b) 1/1
- c) 2/2
- d) 1/1
- e) 2/2
- f) 3/3

Note : Le schéma fait référence au fonctionnement de la thermistance.

Question C : Dans la construction d'un capteur de température, pourquoi avez-vous ajouté une résistance fixe en série avec la résistance variable (thermistance).

L'ajout d'une résistance constante permet premièrement d'éviter un court-circuit (a) si la résistance variable atteint  $R = 0$  Ohm. De plus, une résistance fixe relativement élevée permet d'avoir une intensité du courant relativement stable dans la résistance variable et dans le circuit (d).

Correction : 3/5

- a) 1/1
- b) 0/1 (en série?)
- c) 0/1 (aucune variation?)
- d) 2/2

Note : Référence à  $R=0$  Ohm pour court-circuit

### Sujet 9 (E1): Conception initiale :

#### Question A : Expliquez le fonctionnement d'un thermomètre électronique

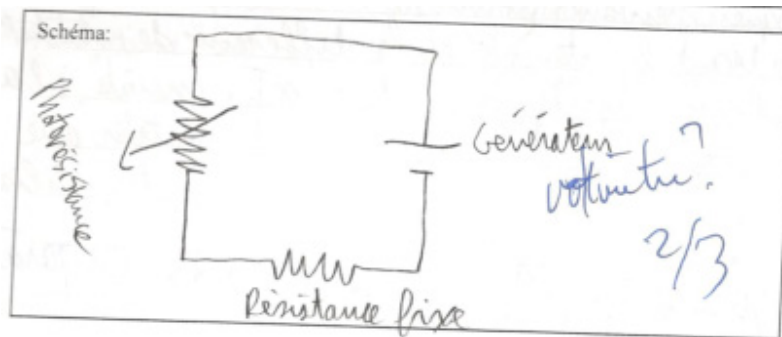
Un thermomètre électronique fonctionne avec deux bandes de métaux de nature différente. Ex : Nickel et Cobalt. Quand deux métaux sont unis, il y a production d'un courant électrique dont l'intensité varie en fonction de la température. Il faut calibrer l'intensité de courant avec au moins deux points.

### Sujet 9 (E1): Conception après l'apprentissage dans la séquence d'enseignement :

#### Question B : Sélectionnez un des transducteurs suivants utilisés durant le cours et expliquez-en le fonctionnement en vous appuyant d'un schéma :

##### photorésistance – capsule infrarouge – thermistance

La photorésistance est une résistance qui varie (b) en fonction de la quantité de lumière (a) qu'elle capte. Moins elle capte de la lumière, plus la résistance augmente (e) On peut le vérifier en mesurant le voltage aux bornes de la photorésistance : Le voltage augmentera(c).



Correction : 8/10

- a) 1 /1
- b) 1/1
- c) 2/2
- d) 0/1 (lampe?)
- e) 1/2
- f) 3/3

Note : Le schéma fait référence au pont de mesure

#### Question C : Dans la construction d'un capteur de température, pourquoi avez-vous ajouté une résistance fixe en série avec la résistance variable (thermistance).

Pour que la différence de potentiel aux bornes de la résistance variable puisse varier (c), il faut une autre résistance (dite fixe). Sinon, la différence de potentiel sera toujours la même s'il n'y a que la résistance variable (d).

Correction : 3/5

- a) 0/1 (court-circuit?)
- b) 0/1 (en série?)
- c) 1/1
- d) 2/2

Note : Référence à l'interdisciplinarité

**Sujet 10 (E1): Conception initiale :**

**Question A : Expliquez le fonctionnement d'un thermomètre électronique**

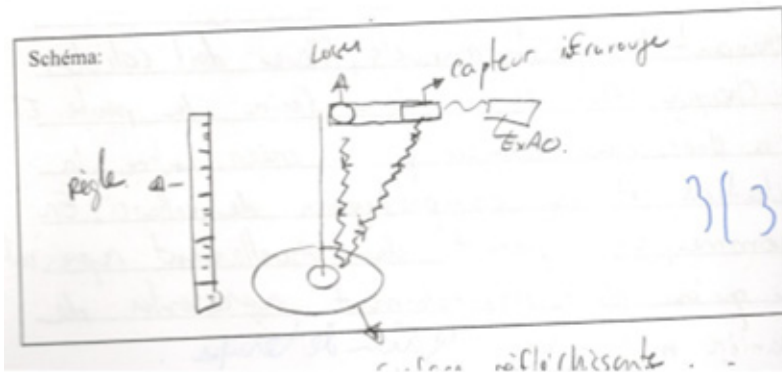
Le thermomètre subit le frottement des particules autour de lui (l'agitation de celle-ci) et convertit cette énergie en un signal électrique qui indique une valeur sur le cadran d'affichage.

**Sujet 10 (E1): Conception après l'apprentissage dans la séquence d'enseignement :**

**Question B : Sélectionnez un des transducteurs suivants utilisés durant le cours et expliquez-en le fonctionnement en vous appuyant d'un schéma :**

**photorésistance – capsule infrarouge – thermistance**

Un laser envoie de la lumière sur une surface qui la réfléchit (e). Le capteur infrarouge capte celui-ci selon un angle spécifique (e). En montant ou en descendant la surface réfléchissante, l'angle selon lequel le laser reviendra frapper le capteur infrarouge variera (c) aussi **de même que la tension**. Cette variation d'angle peut ensuite être traduite par l'interface pour mesurer la hauteur de la surface réfléchissante et ainsi avoir un capteur de distance (a). **Le mètre sur le schéma est l'étalon.**



Correction : 8/10

- a) 1/1
- b) 0/1
- c) 1/2
- d) 1/1
- e) 2/2
- f) 3/3

Schéma : Le schéma fait référence à la chaîne de mesure.

**Question C : Dans la construction d'un capteur de température, pourquoi avez-vous ajouté une résistance fixe en série avec la résistance variable (thermistance).**

La résistance fixe ajoutée permet justement la variation de la résistance variable (c). Puisque la première ne change jamais, la deuxième s'adapte inévitablement lorsqu'il y a un changement de tension dans le circuit. Cette variation est captée et permet la création d'un nouveau capteur. Les deux résistances sont donc essentielles. (d)

Correction : 3/5

- a) 0/1 (court-circuit?)
- b) 0/1 (en série?)
- c) 1/1
- d) 2/2

Note : Référence à l'interdisciplinarité

## Sujet 11 (E1): Conception initiale :

### Question A : Expliquez le fonctionnement d'un thermomètre électronique

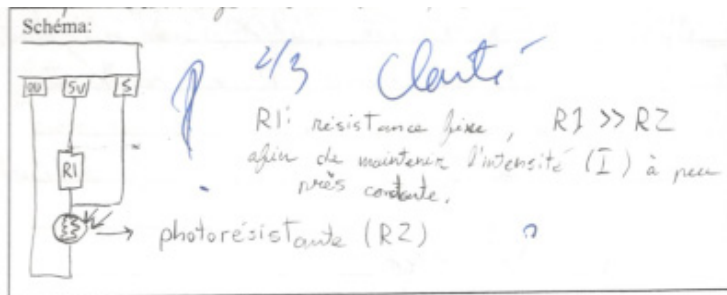
Résistance (thermorésistance?) variable à la température. Plus la température augmente, plus la résistance augmente. Plus la température diminue, plus la résistance diminue. On étalonne pour associer la résistance à la température.

## Sujet 11 (E1): Conception après l'apprentissage dans la séquence d'enseignement :

### Question B : Sélectionnez un des transducteurs suivants utilisés durant le cours et expliquez-en le fonctionnement en vous appuyant d'un schéma :

#### photorésistance – capsule infrarouge – thermistance

La photorésistance est une résistance qui varie (b) en fonction de l'intensité lumineuse (a) qui l'atteint. Celles utilisées dans le cours avaient une résistance qui diminuait lorsque l'intensité lumineuse augmentait. Elle peut être utilisée avec la capsule universelle afin de mesurer l'intensité lumineuse (voir schéma) (e). Le signal (s) mesure la différence de potentiel aux bornes de la photorésistance (R2) (e). Ainsi, plus l'intensité lumineuse augmente, plus R2 augmente et donc plus U2 augmente (c) :  $U_2 = R_2 \cdot I$  où I est constant. On peut ensuite appliquer une équation au capteur (après étalonnage et validation) et obtenir un luxmètre.



Correction : 9/10

- a) 1/1
- b) 1/1
- c) 2/2
- d) 0/1 (la lampe?)
- e) 2/2
- f) 3/3

Notes : Référence au pont de mesure et à la loi d'Ohm

### Question C : Dans la construction d'un capteur de température, pourquoi avez-vous ajouté une résistance fixe en série avec la résistance variable (thermistance).

Pour le capteur de température, le signal (s) de la capsule universelle mesurait la différence de potentiel aux bornes de la thermistance. Cette différence de potentiel suit la loi d'Ohm :  $U = RI$  (d). Pour faire le capteur de température, on utilise U de la thermistance comme indice de  $\Delta R$  de la thermistance (c); on veut donc I le plus constant possible pour que U soit proportionnel à R. En ajoutant une résistance en série (b), de valeur beaucoup plus élevée que la thermistance, on s'assure que l'intensité du courant varie peu (est à peu près constante) dans la branche où la résistance et la thermistance sont en série, car  $R_{eq}$  est à peu près équivalente à la résistance ajoutée (on néglige la thermistance). Ainsi, la tension de thermistance est proportionnelle à la résistance de la thermistance; on peut utiliser la tension de la thermistance pour faire le capteur de température.

Correction : 4/5

- a) 0,5/1
- b) 1/1
- c) 1/1
- d) 2/2

Note : Détail électronique intéressant



## Sujet 12 (E1): Conception initiale :

### Question A : Expliquez le fonctionnement d'un thermomètre électronique

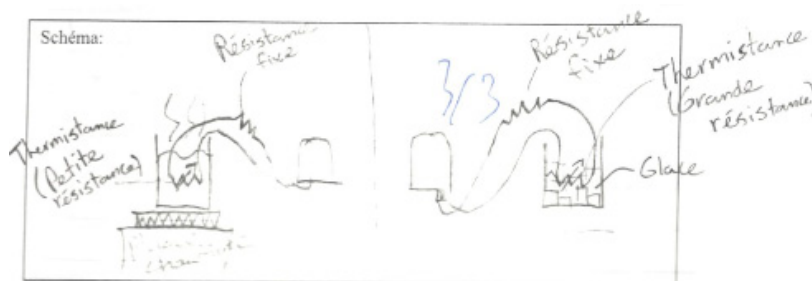
Un changement de température cause un changement dans la résistance. Un changement dans la résistance cause une modification de l'intensité **la tension** et c'est la mesure de celle-ci qui nous donne la température.

## Sujet 12 (E1): Conception après l'apprentissage dans la séquence d'enseignement :

### Question B : Sélectionnez un des transducteurs suivants utilisés durant le cours et expliquez-en le fonctionnement en vous appuyant d'un schéma :

#### photorésistance – capsule infrarouge – thermistance

La thermistance est une résistance variable (b) qui varie en fonction de la température (a). Plus la température de la thermistance est grande, plus la résistance de la thermistance sera petite **de même que la tension** (c). Elle permet de transformer une capsule universelle ExAO en capteur de température(d) ExAO (e).



Correction : 8/10

- a) 1/1
- b) 1/1
- c) 1/2
- d) 1/1
- e) 1/2
- f) 3/3

Note : Le schéma fait référence au fonctionnement de la thermistance.

### Question C : Dans la construction d'un capteur de température, pourquoi avez-vous ajouté une résistance fixe en série avec la résistance variable (thermistance).

Car s'il y avait seulement la résistance variable, la tension aux bornes de la thermistance serait toujours la même (c) (soit celle aux bornes de la source de tension) et ce, peu importe la résistance de la thermistance. En ajoutant une résistance fixe en série, la tension se partage entre les résistances(b). Ainsi, le partage diffère selon la résistance de la thermistance et alors, on peut mesurer une différente tension aux bornes de la thermistance, selon sa résistance (loi d'Ohm). (d)

Correction : 4/5

- a) 0/1 (court-circuit?)
- b) 1/1
- c) 1/1
- d) 2/2

### Sujet 13 (E1): Conception initiale :

#### Question A : Expliquez le fonctionnement d'un thermomètre électronique

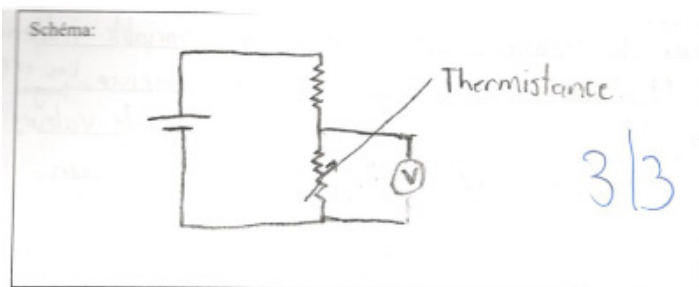
~~Un capteur de pression permet de mesurer la pression et on peut ensuite le convertir en température. Une augmentation de pression signifie une augmentation de température. Il n'y a pas de capteur de pression.~~

### Sujet 13 (E1): Conception après l'apprentissage dans la séquence d'enseignement :

#### Question B : Sélectionnez un des transducteurs suivants utilisés durant le cours et expliquez-en le fonctionnement en vous appuyant d'un schéma :

##### photorésistance – capsule infrarouge – thermistance

La thermistance est une résistance qui varie (b) en fonction de la température (a). Plus la résistance est élevée, moins la résistance est grande (c) **de même que la tension**. On doit donc l'intégrer dans un circuit en série (e) avec une autre résistance pour éviter un court-circuit (e) dû à une résistance presque nulle, donc à une température trop élevée.



Correction : 8/10

- a) 1/1
- b) 1/1
- c) 1/2
- d) 0/1 (thermomètre?)
- e) 2/2
- f) 3/3

Notes : Référence au pont de mesure

#### Question C : Dans la construction d'un capteur de température, pourquoi avez-vous ajouté une résistance fixe en série avec la résistance variable (thermistance).

Afin d'éviter un court-circuit (a) si la température devenait trop haute. En effet, une température élevée fait diminuer la résistance et la résistance devient pratiquement nulle. Si le circuit ne comprenait que la source de tension et la résistance variable, une résistance qui tend vers 0 et une tension constante créeraient une intensité très élevée selon la loi d'Ohm ( $U=RI$ ). (d)

Correction : 3/5

- a) 1/1
- b) 0/1 (en série)
- c) 0/1 (aucune variation?)
- d) 2/2

**Sujet 14 (E1): Conception initiale :**

**Question A : Expliquez le fonctionnement d'un thermomètre électronique**

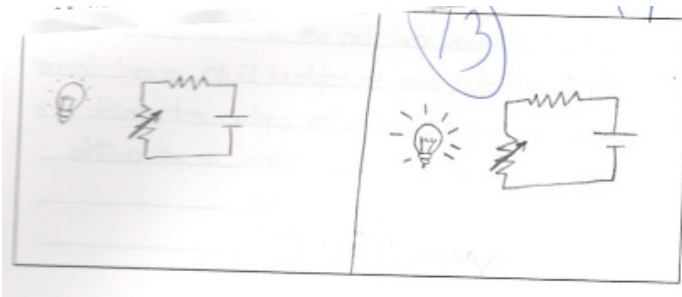
À l'aide d'un logiciel (ExAO), le capteur à l'intérieur du thermomètre convertit les données de la chaleur **température** en données numériques.

**Sujet 14 (E1): Conception après l'apprentissage dans la séquence d'enseignement :**

**Question B : Sélectionnez un des transducteurs suivants utilisés durant le cours et expliquez-en le fonctionnement en vous appuyant d'un schéma :**

**photorésistance – capsule infrarouge – thermistance**

La photorésistance est une sorte de résistance variable (b) influencée par la lumière (a). Sa composition fait en sorte que plus l'intensité lumineuse captée est importante, plus la résistance exercée sur le circuit est petite (c) **de même que la tension**, comme si le passage des électrons était facilité par l'exposition à la lumière (e).



Correction : 7/10

- a) 1/1
- b) 1/1
- c) 1/2
- d) 0/1 (la lampe?)
- e) 2/2
- f) 2/3

Note : Le schéma fait référence au pont de mesure.

**Question C : Dans la construction d'un capteur de température, pourquoi avez-vous ajouté une résistance fixe en série avec la résistance variable (thermistance).**

Afin de comparer la tension aux bornes de chaque résistance, car elle se répartit en série (b). Si l'une demeure fixe et l'autre varie en fonction de la température, on peut observer la différence de tension (c) et utiliser cet atout dans la construction du capteur de température. La résistance variable va augmenter ou diminuer la facilité du passage des électrons en fonction de la variation de la température, ce qui n'est pas le cas de la résistance fixe, qui imposera la même difficulté. (d)

Correction : 4/5

- a) 0/1 (court-circuit?)
- b) 1/1
- c) 1/1
- d) 2/2

**Sujet 15 (E1): Conception initiale :**

**Question A : Expliquez le fonctionnement d'un thermomètre électronique**

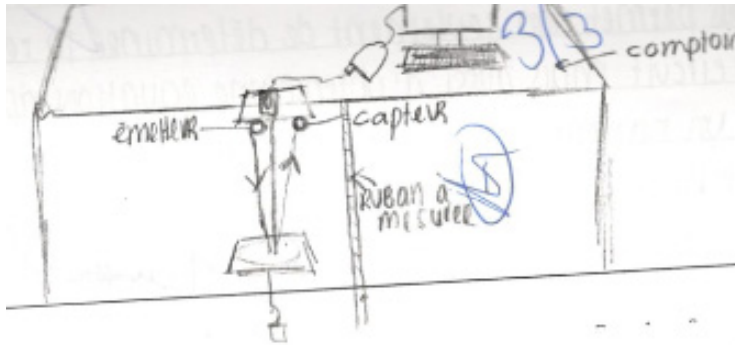
Entrée manuelle de données comme avec ExAO comme référence. C'est une partie de la transformation en ExAO, mais ceci n'est pas complet.

**Sujet 15 (E1): Conception après l'apprentissage dans la séquence d'enseignement :**

**Question B : Sélectionnez un des transducteurs suivants utilisés durant le cours et expliquez-en le fonctionnement en vous appuyant d'un schéma :**

**photorésistance – capsule infrarouge – thermistance**

La capsule infrarouge nous a permis de construire un capteur de position (a). Sur la capsule se trouve un endroit « émetteur » où le rayon infrarouge est émis et un endroit « récepteur » où le rayon infrarouge est capté (e). En fait, lorsqu'il est émis, le rayon frappe l'objet (nous avons utilisé un CD recouvert d'une enveloppe blanche) et est réfléchi pour être capté par le récepteur sur la capsule (e). Selon la distance entre l'objet et la capsule, l'angle d'incidence du rayon est différent (c) et c'est ce qui nous permet de faire le capteur de position **étant donné que c'est cela qui fait varier la tension. Le mètre sur le schéma est l'étalon (d).**



Correction : 9/10

- a) 1/1
- b) 1/1
- c) 1/2
- d) 1/1
- e) 2/2
- f) 3/3

Notes : Le schéma rappelle la chaîne de mesure en ExAO

**Question C : Dans la construction d'un capteur de température, pourquoi avez-vous ajouté une résistance fixe en série avec la résistance variable (thermistance).**

Dans un circuit en série, la tension n'est pas la même partout : elle s'additionne (b). S'il y a seulement présence de la résistance variable, la tension à ses bornes ne variera jamais (c) et il en sera de même pour sa résistance. Ainsi, en ajoutant une résistance fixe, la tension sera répartie entre la résistance fixe et la résistance variable, ce qui permettra à cette dernière de varier. (d)

Correction : 4/5

- a) 0/1 (court-circuit?)
- b) 1/1
- c) 1/1
- d) 2/2

## Sujet 16 (E2): Conception initiale :

### Question A : Expliquez le fonctionnement d'un thermomètre électronique

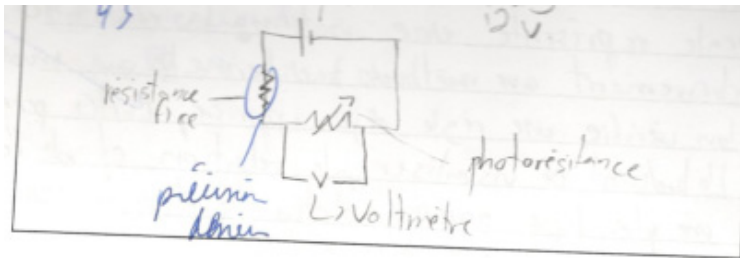
Un système électrique passe par une résistance sensible à la température, les variations du système électrique sont interprétées par un processeur convertisseur analogique-numérique qui nous indique la température.

## Sujet 16 (E2): Conception après l'apprentissage dans la séquence d'enseignement :

### Question B : Sélectionnez un des transducteurs suivants utilisés durant le cours et expliquez-en le fonctionnement en vous appuyant d'un schéma :

#### photorésistance – capsule infrarouge – thermistance

La photorésistance permet de fabriquer un luxmètre (d). La lumière (photon) (a) frappe la photorésistance et permet d'exciter des électrons qui deviennent soudainement plus accessibles. La résistance varie (b) donc en fonction de la lumière et le voltage en fonction de la résistance (c). Ainsi, le voltmètre branché en parallèle avec la photorésistance va permettre suite à la calibration de déterminer l'irradiance en fonction du voltage (e). La 2<sup>e</sup> résistance (fixe) permet à ce que la variation de la photorésistance soit percevable par le voltmètre (e). L'interface ExaO permet d'appliquer la fonction suite à l'étalonnage avec un autre luxmètre.



Correction : 10/10

- a) 1/1
- b) 1/1
- c) 2/2
- d) 1/1
- e) 2/2
- f) 3/3

Notes : Référence au pont de mesure ainsi qu'à la chaîne de mesure complète en ExAO

### Question C : Dans la construction d'un capteur de température, pourquoi avez-vous ajouté une résistance fixe en série avec la résistance variable (thermistance).

Car la tension est distribuée à chaque résistance (variable ou non) (b), s'il y avait eu qu'une seule résistance, même variable, le voltmètre aurait toujours indiqué la tension totale étant distribuée dans une seule résistance (c) le capteur serait inefficace. Mais, s'il y a plusieurs résistances (2), alors la tension sera distribuée selon la résistance de chacun, si l'une est fixe, alors le voltmètre indiquera une tension en fonction de la résistance variable et permettra de construire un thermomètre avec une thermistance. (d)

Correction : 4/5

- a) 0/1 (court-circuit?)
- b) 1/1
- c) 1/1
- d) 2/2

**Sujet 17 (E2): Conception initiale :**

**Question A : Expliquez le fonctionnement d'un thermomètre électronique**

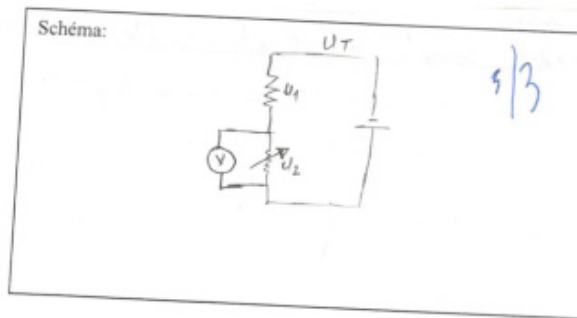
Peut-être qu'il y a un algorithme **une résistance variable** qui est sensible à la variation de température.

**Sujet 17 (E2): Conception après l'apprentissage dans la séquence d'enseignement :**

**Question B : Sélectionnez un des transducteurs suivants utilisés durant le cours et expliquez-en le fonctionnement en vous appuyant d'un schéma :**

**photorésistance – capsule infrarouge – thermistance**

La thermistance est un résistor dont sa résistance varie (b) en fonction de la température (a). L'électricité **peut y circuler** dans les deux sens **étant donné qu'il n'y a pas de bornes.**(e) La variation de température à ses bornes est marquée par une variation de la tension (c). Lorsque la température augmente, la tension diminue à ses bornes (c).



Correction : 8/10

- a) 1/1
- b) 1/1
- c) 2/2
- d) 0/1 (thermomètre?)
- e) 1/2
- f) 3/3

Note : Le schéma fait référence au pont de mesure

**Question C : Dans la construction d'un capteur de température, pourquoi avez-vous ajouté une résistance fixe en série avec la résistance variable (thermistance).**

Le fait d'ajouter une résistance fixe permet d'évaluer la tension aux bornes de la thermistance. En effet, la tension totale du circuit ( $U_T$ ) étant de 5V, si l'on n'ajoute pas une résistance fixe ( $U_1$ ), on ne peut pas mesurer les variations de la tension de la thermistance ( $U_2$ ) (c). C'est la notion de diviseur de tension (d). Comme le circuit est en série,  $U_T = U_1 + U_2$  (b). Si l'on connaît  $U_1$ , on peut déduire  $U_2$ .

Correction : 4/5

- a) 0/1 (court-circuit?)
- b) 1/1
- c) 1/1
- d) 2/2

**Sujet 18 (E2): Conception initiale :**

**Question A : Expliquez le fonctionnement d'un thermomètre électronique**

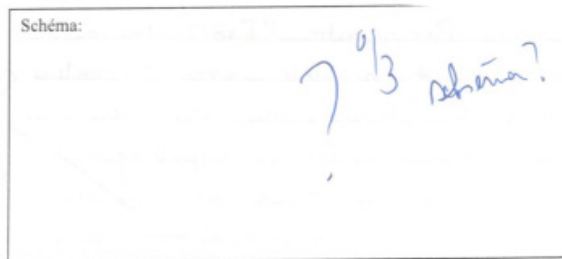
Peut-être grâce à des puces électroniques capables de recevoir une information externe (température) et la transformer en chiffres. **Pas nécessaire d'avoir de puce.**

**Sujet 18 (E2): Conception après l'apprentissage dans la séquence d'enseignement :**

**Question B : Sélectionnez un des transducteurs suivants utilisés durant le cours et expliquez-en le fonctionnement en vous appuyant d'un schéma :**

**photorésistance – capsule infrarouge – thermistance**

La capsule infrarouge est une capsule qui émet des rayons infrarouges (e) d'une certaine longueur d'onde et ceci dans une direction bien déterminée. Lorsque la lumière émise rencontre un obstacle, elle sera divisée et recaptée par la capsule (e). Cette dernière la reçoit et la convertit en tension (c).



Correction : 3/10

- a) 0/1 (distance?)
- b) 0/1 (résistance variable?)
- c) 1/2 (angle d'incidence?)
- d) 0/1 (mètre?)
- e) 2/2
- f) 0/3

Notes : Référence au pont de mesure et à la loi d'Ohm

**Question C : Dans la construction d'un capteur de température, pourquoi avez-vous ajouté une résistance fixe en série avec la résistance variable (thermistance).**

La tension aux bornes d'une résistance est donnée par la loi d'Ohm  $U=RI$  (d). Lorsque deux résistance  $R1$  et  $R2$  sont en série, la tension à leurs bornes  $U_T=U_1+U_2$  (b). Si nous avons seulement une résistance variable, nous pouvons avoir une valeur de tension nulle lorsque cette résistance est nulle (a). Ceci nuit au fonctionnement du capteur d'où la nécessité d'avoir une résistance fixe.

Correction : 4/5

- a) 1/1
- b) 1/1
- c) 0/1 (aucune variation?)
- d) 2/2

## Sujet 19 (E2): Conception initiale :

### Question A : Expliquez le fonctionnement d'un thermomètre électronique

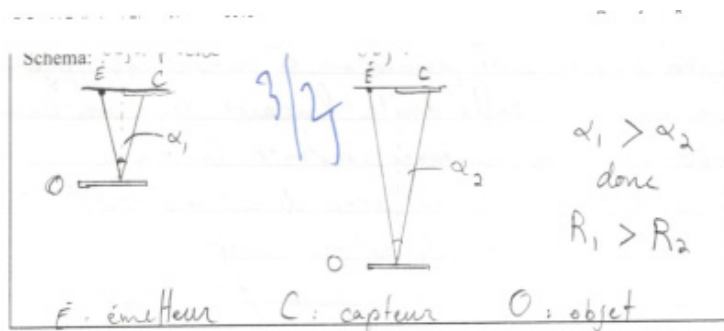
Peut-être un capteur de température lié à une puce électronique qui traduit en 0 et 1 pour chaque degré compris dans les variations de température.

## Sujet 19 (E2): Conception après l'apprentissage dans la séquence d'enseignement :

### Question B : Sélectionnez un des transducteurs suivants utilisés durant le cours et expliquez-en le fonctionnement en vous appuyant d'un schéma :

#### photorésistance – capsule infrarouge – thermistance

Le capteur infrarouge est aussi un émetteur infrarouge (e). Il émet un rayon infrarouge et reçoit (e) ce rayon selon un angle variant selon la distance (a). Il s'agit donc d'un outil de distance. En effet, en fonction de l'angle entre le rayon d'émission et le rayon capté, la tension dans une résistance variable (b) va se modifier (c). Plus il sera loin (angle plus petit), plus la résistance sera faible. Au contraire, plus il sera proche, plus la résistance sera importante.



Correction : 9/10

- a) 1/1
- b) 1/1
- c) 2/2
- d) 0/1 (Le mètre?)
- e) 2/2
- f) 3/3

Note : Le schéma fait référence au fonctionnement du transducteur

### Question C : Dans la construction d'un capteur de température, pourquoi avez-vous ajouté une résistance fixe en série avec la résistance variable (thermistance).

Il faut se référer aux lois de Kirchhoff et de Ohm qui stipulent que dans un circuit en série (b), l'intensité est la même dans toutes les résistances et les différences de potentiel **varient d'une résistance à l'autre**. Or, dans un circuit avec une seule résistance variable, la différence de potentiel et l'intensité du courant vont s'ajuster afin de toujours respecter la loi d'Ohm. Aussi, si la valeur de la résistance atteint 0, la tension et l'intensité donnent des valeurs impossibles. L'ajout d'une seconde résistance protège le circuit (a) et permet l'utilisation de l'ensemble du potentiel ( $R_{min} \leftrightarrow R_{max}$ ) de celle-ci. (d)

Correction : 3/5

- a) 1/1
- b) 1/1
- c) 0/1 (aucune variation?)
- d) 1/2



**Sujet 20 (E2): Conception initiale :**

**Question A : Expliquez le fonctionnement d'un thermomètre électronique**

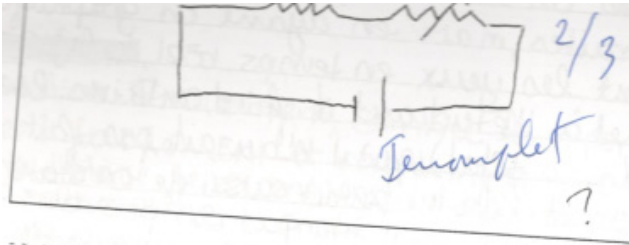
Peut-être qu'il y a des données d'enregistrées, des températures modèles (étalons).

**Sujet 20 (E2): Conception après l'apprentissage dans la séquence d'enseignement :**

**Question B : Sélectionnez un des transducteurs suivants utilisés durant le cours et expliquez-en le fonctionnement en vous appuyant d'un schéma :**

**photorésistance – capsule infrarouge – thermistance**

On doit d'abord procéder à un étalonnage (e). À l'aide d'un thermomètre traditionnel (d), on prend plusieurs fois la température (a) (en °C) de quelque chose (un liquide par exemple). Chaque température est associée à une tension dans le circuit électrique (c). On modélise la courbe obtenue (e) et on crée un capteur virtuel qui deviendra notre thermomètre électronique. La température (°C) fait varier la tension (V) de façon inversement proportionnelle.



Correction : 9/10

- a) 0/1 (Résistance variable)?
- b) 1/1
- c) 2/2
- d) 1/1
- e) 2/2
- f) 3/3

Notes : Référence à l'interdisciplinarité et le schéma fait référence au pont de mesure

**Question C : Dans la construction d'un capteur de température, pourquoi avez-vous ajouté une résistance fixe en série avec la résistance variable (thermistance).**

Car dans un circuit électronique, la tension ne doit jamais être à 0V (a). En y insérant une résistance fixe, on règle ce problème(d). Comme ils sont installés en série, les 2 résistances du circuit vont s'additionner (b).

Correction : 3/5

- a) 1/1
- b) 1/1
- c) 0/1 (aucune variation?)
- d) 1/2

**Sujet 21 (E2): Conception initiale :**

**Question A : Expliquez le fonctionnement d'un thermomètre électronique**

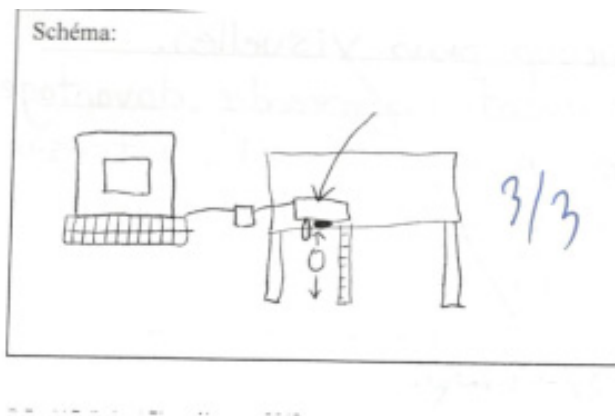
Je dirais que la température doit faire augmenter les chiffres...?! Il manque les étapes de la chaîne de mesure. Je ne sais pas s'il y a du liquide... Pas de liquide, contrairement au thermomètre à alcool.

**Sujet 21 (E2): Conception après l'apprentissage dans la séquence d'enseignement :**

**Question B : Sélectionnez un des transducteurs suivants utilisés durant le cours et expliquez-en le fonctionnement en vous appuyant d'un schéma :**

**photorésistance – capsule infrarouge – thermistance**

La capsule infrarouge permettrait de calculer la distance (a) d'un objet. En effet, le détecteur infrarouge pouvait capter la distance à l'aide d'ondes (e). Nous avons débuté par placer l'objet près du capteur et par la suite, nous devons éloigner l'objet. Le capteur envoyait des ondes à la capsule et le programme MicrolabExAO pouvait nous donner la distance (e). Nous avons utilisé la règle pour préciser la distance réelle en centimètres. Le mètre est l'étalon (d).



Correction : 7/10

- a) 0/1 (résistance variable?)
- b) 1/1
- c) 0/2 (tension?)
- d) 1/1
- e) 2/2
- f) 3/3

Notes : Référence au pont de mesure et à la loi d'Ohm. Le schéma fait référence à la chaîne de mesure en ExAO.

**Question C : Dans la construction d'un capteur de température, pourquoi avez-vous ajouté une résistance fixe en série avec la résistance variable (thermistance).**

Dans la construction d'un capteur de température, on doit ajouter une résistance fixe, car, pour qu'il y ait un mouvement (c), il doit y avoir une résistance de départ. Cela permet de créer une tension variable dans notre capteur de température et de pouvoir voir la relation entre la température et la tension aux bornes de la thermistance. (d)

Correction : 2/5

- a) 0/1 (court-circuit?)
- b) 0/1 (en série?)
- c) 1/1
- d) 1/2

**Sujet 22 (E2): Conception initiale :**

**Question A : Expliquez le fonctionnement d'un thermomètre électronique**

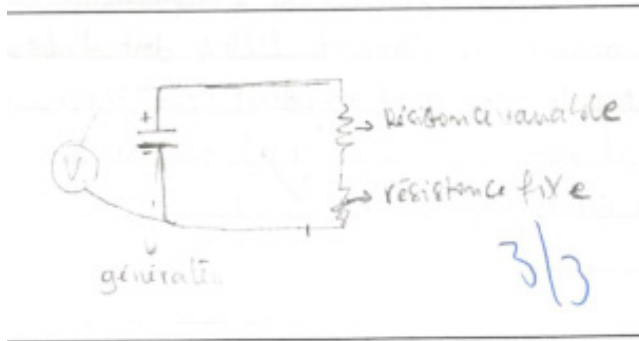
Le thermomètre électronique fonctionne à l'aide du ~~mercure~~. **À l'aide d'une résistance variable.**

**Sujet 22 (E2): Conception après l'apprentissage dans la séquence d'enseignement :**

**Question B : Sélectionnez un des transducteurs suivants utilisés durant le cours et expliquez-en le fonctionnement en vous appuyant d'un schéma :**

**photorésistance – capsule infrarouge – thermistance**

Aucune réponse écrite



Correction : 3/10

- a) 0/1
- b) 0/1
- c) 0/2
- d) 0/1
- e) 0/2
- f) 3/3

Note : Le schéma fait référence au pont de mesure.

**Question C : Dans la construction d'un capteur de température, pourquoi avez-vous ajouté une résistance fixe en série avec la résistance variable (thermistance).**

On a ajouté une résistance fixe en série avec la résistance variable afin que le ~~courant puisse passer~~ **que la tension puisse varier** et nous aurons un pont de mesure (d).

Correction : 1/5

- a) 0/1 (court-circuit?)
- b) 0/1 (en série?)
- c) 0/1 (aucune variation?)
- d) 1/2

**Sujet 23 (E2): Conception initiale :**

**Question A : Expliquez le fonctionnement d'un thermomètre électronique**

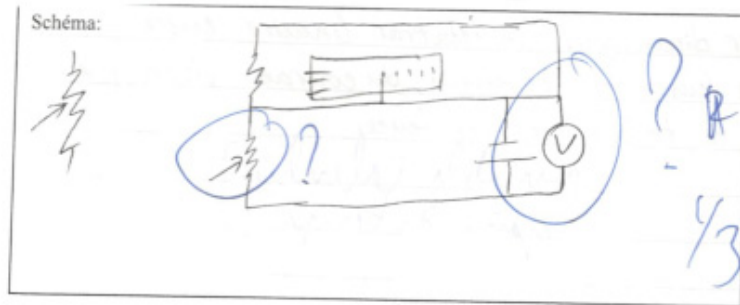
Selon moi, plus la température est élevée, plus le ~~courant d'électron est grand~~, c'est plutôt la tension qui change ce qui est enregistré comme température.

**Sujet 23 (E2): Conception après l'apprentissage dans la séquence d'enseignement :**

**Question B : Sélectionnez un des transducteurs suivants utilisés durant le cours et expliquez-en le fonctionnement en vous appuyant d'un schéma :**

**photorésistance – capsule infrarouge – thermistance**

La thermistance est une résistance variable (b), qui varie en fonction de la température (a). Le courant ~~se propage~~ peut se propager dans deux directions (e) comme il n'y a pas de bornes +/- . Plus la température augmente, plus la résistance diminue (e). Par conséquent la tension diminue aussi (les deux bornes)(c).



Correction : 9/10

- a) 1/1
- b) 1/1
- c) 2/2
- d) 0/1 (thermomètre?)
- e) 2/2
- f) 1/3

Notes : Le schéma fait référence au pont de mesure

**Question C : Dans la construction d'un capteur de température, pourquoi avez-vous ajouté une résistance fixe en série avec la résistance variable (thermistance).**

La résistance fixe est caractérisée par une stabilité comparativement à la résistance variable (d). Quand les deux résistances sont en série, la résistance totale est égale à la somme de deux résistances (b).  $R_1 + R_2 = R_{tot}$ . Le courant électrique est le même dans tout le système. Donc, il est possible de trouver la variation de la thermistance en mesurant la tension (d).

Correction : 3/5

- a) 0/1 (court-circuit?)
- b) 1/1
- c) 0/1 (aucune variation?)
- d) 2/2

## Sujet 24 (E2): Conception initiale :

### Question A : Expliquez le fonctionnement d'un thermomètre électronique

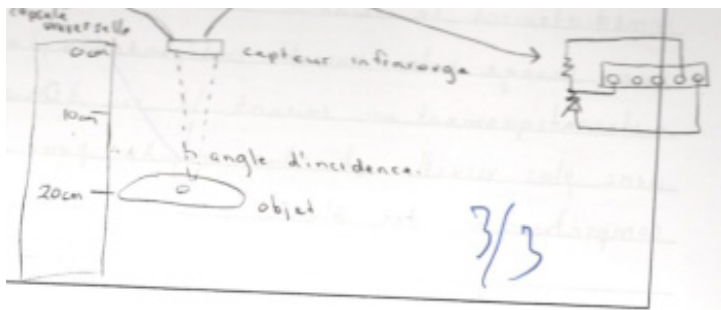
Lorsque plongé dans un liquide, les ~~électrons~~ **particules d'eau** vont entrer en contact avec la tige et celle-ci va ~~mesurer et convertir~~ ce mouvement en chaleur (température). **Elle ne fait que le capter, il y a d'autres éléments dans la chaîne de mesure.**

## Sujet 24 (E2): Conception après l'apprentissage dans la séquence d'enseignement :

**Question B : Sélectionnez un des transducteurs suivants utilisés durant le cours et expliquez-en le fonctionnement en vous appuyant d'un schéma :**

**photorésistance – capsule infrarouge – thermistance**

Le capteur infrarouge dénote l'angle d'incidence (e) d'un objet à une distance (a) X ; ce qui sera notre résistance variable (b). Cela fait par la suite varier la tension aux bornes du thermistor du capteur (c). C'est cette tension qui sera mesurée par le MicrolabExAO (e) et transformé par nos soins en position. Angle d'incidence -> Résistance -> Tension -> Position **Le mètre est l'étalon (d)**



Correction : 9/10

- a) 1/1
- b) 1/1
- c) 2/2
- d) 0/1 (mètre?)
- e) 2/2
- f) 3/3

Notes : Référence au pont de mesure et à la chaîne de mesure

**Question C : Dans la construction d'un capteur de température, pourquoi avez-vous ajouté une résistance fixe en série avec la résistance variable (thermistance).**

La résistance fixe permet de calculer la tension qui est associée à notre résistance variable sans avoir à changer notre tension à la source??. Comme elles sont en série et que la tension s'additionne  $U_S = U_1 + U_2$  (b). Notre tension à la source est toujours la même, donc on n'aurait pas pu faire varier la résistance, car  $U_S = U_1$  (c). En ajoutant la résistance fixe, cette dernière va prendre la tension et donc permettre la variation de l'autre résistance et donc la tension à ces bornes et nos mesures du capteur. Elle s'assure donc que tout le système puisse varier en fonction de la température (d).

Correction : 4/5

- a) 0/1 (court-circuit?)
- b) 1/1
- c) 1/1
- d) 2/2

**Sujet 25 (E2): Conception initiale :**

**Question A : Expliquez le fonctionnement d'un thermomètre électronique**

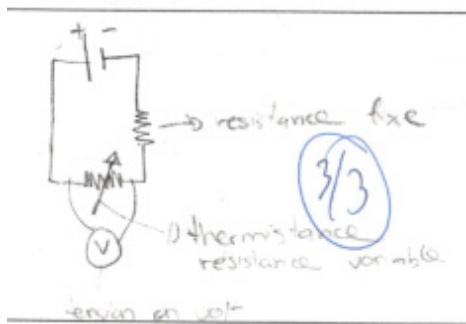
Il fonctionne à l'électricité. Il est simple et rapide d'utilisation. Il fonctionne de la même façon qu'un thermomètre ordinaire (mercure). La chaîne de mesure est complètement différente.

**Sujet 25 (E2): Conception après l'apprentissage dans la séquence d'enseignement :**

**Question B : Sélectionnez un des transducteurs suivants utilisés durant le cours et expliquez-en le fonctionnement en vous appuyant d'un schéma :**

**photorésistance – capsule infrarouge – thermistance**

Une thermistance est une résistance variable (b). Si nous utilisons uniquement la résistance variable dans un circuit électrique, la tension ne va pas changer (e). Alors, il faut rajouter une résistance fixe pour pouvoir faire varier la tension et de pouvoir l'étudier (e).



Correction : 6/10

- a) 0/1 (température?)
- b) 1/1
- c) 0/2
- d) 0/1 (thermomètre?)
- e) 2/2
- f) 3/3

Notes : Référence au pont de mesure

**Question C : Dans la construction d'un capteur de température, pourquoi avez-vous ajouté une résistance fixe en série avec la résistance variable (thermistance).**

Selon la loi d'Ohm  $U=RI$ . Lorsque nous avons un circuit en série, l'intensité est la même dans le circuit, la résistance s'additionne et la tension aussi (b). Si nous utilisons uniquement, une résistance variable, la tension ne variera pas (c). Donc, nous devons utiliser une résistance fixe pour pouvoir faire varier la tension et pouvoir l'étudier (d).

Correction : 4/5

- a) 0/1 (court-circuit?)
- b) 1/1
- c) 1/1
- d) 2/2

## Sujet 26 (E2): Conception initiale :

### Question A : Expliquez le fonctionnement d'un thermomètre électronique

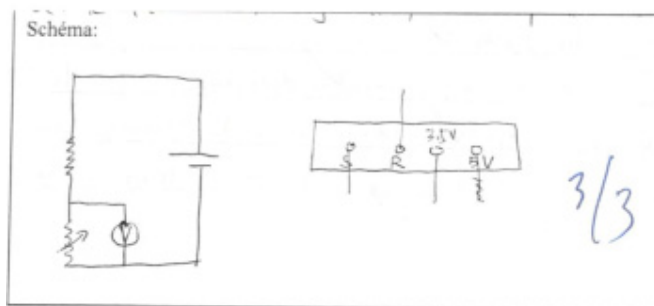
Dans un capteur électronique, il y a un métal qui est sensible à la température. Quand la température varie, la forme du métal varie avec la température. Donc, la variation de la forme indique la température. Certains capteurs fonctionnent ainsi.

## Sujet 26 (E2): Conception après l'apprentissage dans la séquence d'enseignement :

Question B : Sélectionnez un des transducteurs suivants utilisés durant le cours et expliquez-en le fonctionnement en vous appuyant d'un schéma :

### photorésistance – capsule infrarouge – thermistance

Une thermistance (la résistance varie (b) avec la température(a)) est en série avec une résistance fixe dans un circuit électrique (e). Donc  $U = U_{\text{thermistance}} + U_{\text{résistance fixe}}$ .  $I = I_{\text{thermistance}} = I_{\text{résistance fixe}}$ . Quand la température augmente, la valeur de la ~~thermistance~~ **résistance** diminue, ce qui cause la diminution de la tension (c) aux bornes de la thermistance. Donc, on obtient une relation entre la température mesurée par le capteur thermomètre (d) conçu et la tension aux bornes de la thermistance  $T = f(U)$ . Quand la tension augmente, la température diminue.



Correction : 9/10

- a) 0/1 (court-circuit?)
- b) 1/1
- c) 2/2
- d) 1/1
- e) 2/2
- f) 3/3

Notes : Référence au pont de mesure et à la modélisation mathématique

Question C : Dans la construction d'un capteur de température, pourquoi avez-vous ajouté une résistance fixe en série avec la résistance variable (thermistance).

Si on n'a qu'une résistance fixe, toute la tension offerte par la source va être ajoutée aux bornes de cette résistance fixe (c). Donc, la tension ne change pas. Donc on a besoin de rajouter une résistance fixe, les deux résistances partagent la tension offerte par la source (b). Quand la température change, la valeur de la résistance variable change, ce qui fait changer la tension aux bornes de la résistance variable. On peut avoir une relation entre la température et la tension  $T = f(U)$ . (d)

Correction : 4/5

- a) 0/1 (court-circuit?)
- b) 1/1
- c) 1/1
- d) 2/2

Note : Référence à l'équation mathématique pour expliquer le capteur

**Sujet 27 (E2): Conception initiale :**

**Question A : Expliquez le fonctionnement d'un thermomètre électronique**

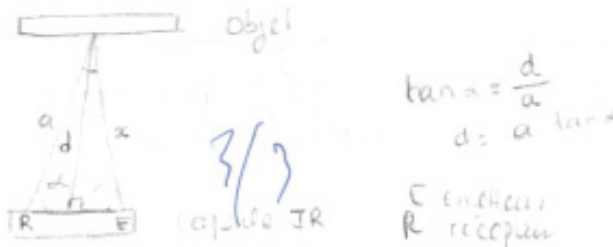
Je pense qu'il y a un changement et un traitement du signal (chaleur) de la grandeur physique (température) en électricité.

**Sujet 27 (E2): Conception après l'apprentissage dans la séquence d'enseignement :**

**Question B : Sélectionnez un des transducteurs suivants utilisés durant le cours et expliquez-en le fonctionnement en vous appuyant d'un schéma :**

**photorésistance – capsule infrarouge – thermistance**

La capsule infrarouge : Elle est constituée d'un émetteur et d'un récepteur infrarouge (e). En fonction de l'angle formé (b) par les rayons infrarouges, on pourra mesurer la distance (a). Cette capsule est utilisée pour fabriquer un capteur de distance. (e)



Correction : 7/10

- a) 1/1
- b) 1/1
- c) 0/2 (tension)
- d) 0/1 (le mètre?)
- e) 2/2
- f) 3/3

Notes : Le schéma fait référence au fonctionnement du transducteur.

**Question C : Dans la construction d'un capteur de température, pourquoi avez-vous ajouté une résistance fixe en série avec la résistance variable (thermistance).**

On a ajouté une résistance fixe pour pouvoir mesurer une différence de tension dans le circuit (c, d).

Correction : 2/5

- a) 0/1 (court-circuit?)
- b) 0/1 (en série?)
- c) 1/1
- d) 1/2



**Sujet 28 (E3): Conception initiale :**

**Question A : Expliquez le fonctionnement d'un thermomètre électronique**

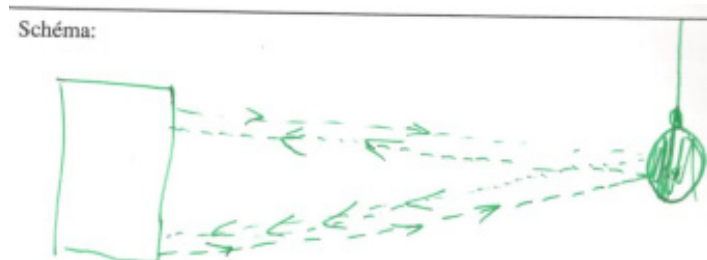
Je pense que c'est en lien avec un courant électrique ou une fréquence la tension qui est traitée de façon à afficher la température.

**Sujet 28 (E3): Conception après l'apprentissage dans la séquence d'enseignement :**

**Question B : Sélectionnez un des transducteurs suivants utilisés durant le cours et expliquez-en le fonctionnement en vous appuyant d'un schéma :**

**photorésistance – capsule infrarouge – thermistance**

La capsule infrarouge fonctionne sur le principe de l'angle d'incidence (e), c'est-à-dire qu'elle envoie deux rayons infrarouges sur l'objet et selon l'angle avec lequel ils sont renvoyés (e), elle peut ainsi savoir à quelle distance (a) se trouve l'objet. C'est une sorte de triangulation.



Correction : 9/10

- a) 1/1
- b) 0/1 (résistance variable?)
- c) 0/2 (la tension?)
- d) 0/1 (le mètre?)
- e) 2/2
- f) 1/3

Notes : Le schéma semble faire référence au fonctionnement du transducteur.

**Question C : Dans la construction d'un capteur de température, pourquoi avez-vous ajouté une résistance fixe en série avec la résistance variable (thermistance).**

J'ai ajouté une résistance fixe dans la construction du capteur de température pour savoir quelle était la tension aux bornes de la thermistance (c) puisque le capteur universel envoie une certaine tension dans les fils et si il n'y avait pas de résistance fixe entre la source et la résistance variable, la capsule universelle ne pourrait pas savoir la tension enlevée par la thermistance (b) et ainsi savoir à l'aide de l'équation la température mesurée. (d)

Correction : 4/5

- a) 0/1 (court-circuit?)
- b) 1/1
- c) 1/1
- d) 2/2

**Sujet 29 (E3): Conception initiale :**

**Question A : Expliquez le fonctionnement d'un thermomètre électronique**

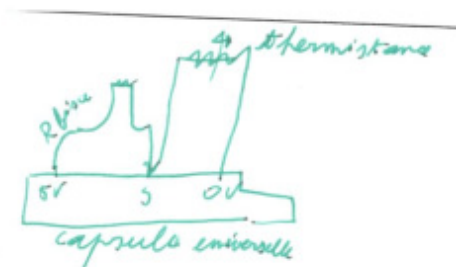
Matériau semi-conducteur du bout, augmenter la chaleur fait varier la conductance, l'appareil note la différence de tension/intensité électrique pour en déduire la température.

**Sujet 29 (E3): Conception après l'apprentissage dans la séquence d'enseignement :**

**Question B : Sélectionnez un des transducteurs suivants utilisés durant le cours et expliquez-en le fonctionnement en vous appuyant d'un schéma :**

**photorésistance – capsule infrarouge – thermistance**

Le capteur de température est constitué de 2 résistances et de la capsule universelle (e). L'une des résistances est fixe, l'autre est variable (b), le capteur mesure la tension aux bornes de celle-ci. En faisant varier la température, on fait varier la tension (c) mesurée par l'interface. Une modélisation graphique de cette variation permet d'obtenir une équation mathématique liant la température à la tension mesurée sur le capteur, le thermomètre (d) électronique opérationnalise donc une tension en température.



Correction : 10/10

- a) 1/1
- b) 1/1
- c) 2/2
- d) 1/1
- e) 2/2
- f) 3/3

Notes : Référence au pont de mesure et à l'interdisciplinarité dans la compréhension de l'instrument de mesure

**Question C : Dans la construction d'un capteur de température, pourquoi avez-vous ajouté une résistance fixe en série avec la résistance variable (thermistance).**

La tension du circuit est fixe, mais dans un circuit en série les tensions sont additives (b) donc pour que la tension aux bornes de la thermistance puisse varier (c), il faut qu'il y ait une autre résistance dont la tension puisse également varier. Si 1 résistance :  $U_{\text{circuit}} = U_{\text{thermistance}}$  = ne peut pas varier. Si 2 résistances :  $U_{\text{circuit}} = U_{\text{thermistance}} + U_2 = U_1$  et  $U_2$  varient simultanément pour se compenser et maintenir  $U_{\text{circuit}}$  fixe. (d)

Correction : 4/5

- a) 0/1 (court-circuit?)
- b) 1/1
- c) 1/1
- d) 2/2

**Sujet 30 (E3): Conception initiale :**

**Question A : Expliquez le fonctionnement d'un thermomètre électronique**

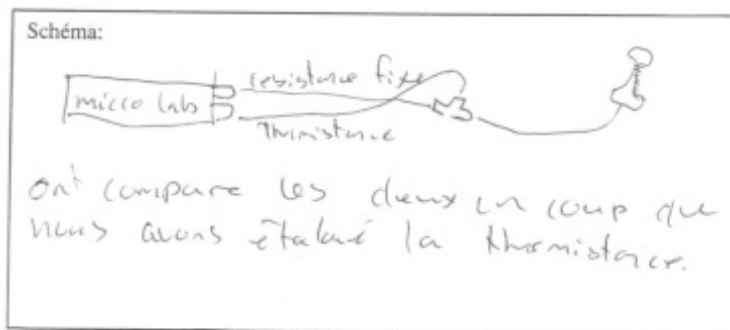
Il capte l'agitation des mouvements des particules pour pouvoir ensuite le générer en données, par exemple, 24,5°C.

**Sujet 30 (E3): Conception après l'apprentissage dans la séquence d'enseignement :**

**Question B : Sélectionnez un des transducteurs suivants utilisés durant le cours et expliquez-en le fonctionnement en vous appuyant d'un schéma :**

**photorésistance – capsule infrarouge – thermistance**

La thermistance nous permet de l'étalonner comme avec chaque autre labo pour ensuite pouvoir la comparer avec la résistance fixe ?? qui nous est donnée (e). C'est grâce à elle qu'on pourra savoir si notre étalon est presque identique à la résistance fixe **variable**.



Correction : 4/10

- a) 0/1 (température?)
- b) 0/1 (résistance variable?)
- c) 0/2 (tension?)
- d) 1/1
- e) 1/2
- f) 2/3

**Question C : Dans la construction d'un capteur de température, pourquoi avez-vous ajouté une résistance fixe en série avec la résistance variable (thermistance).**

Pour pouvoir étalonner la suivante en raison de l'autre. Grâce à la résistance fixe en série (b), on n'a plus à étalonner la résistance variable puis à la comparer une fois la règle assignée à la résistance variable (d) pour voir si les deux **résistances capteurs** sont maintenant identiques ou presque identiques.

Correction : 3/5

- a) 0/1 (court-circuit?)
- b) 1/1
- c) 0/1 (aucune variation?)
- d) 2/2

**Sujet 31 (E3): Conception initiale :**

**Question A : Expliquez le fonctionnement d'un thermomètre électronique**

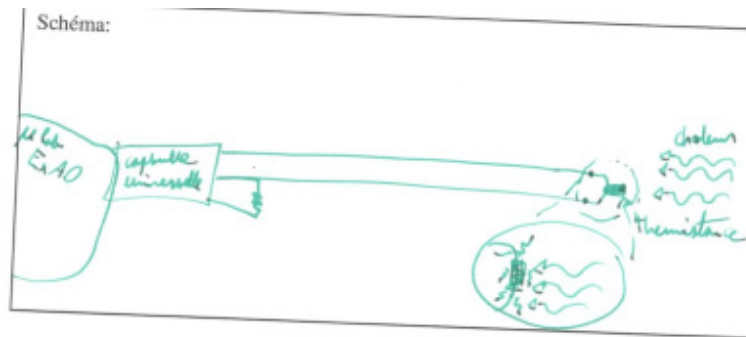
La résistance d'un fil d'une résistance variable varie, entre autre, avec la température. Mesurer la résistance de celui-ci permet donc de mesurer la température de celui-ci.

**Sujet 31 (E3): Conception après l'apprentissage dans la séquence d'enseignement :**

**Question B : Sélectionnez un des transducteurs suivants utilisés durant le cours et expliquez-en le fonctionnement en vous appuyant d'un schéma :**

**photorésistance – capsule infrarouge – thermistance**

Une thermistance fonctionne en changeant de résistance (b) selon la température (a) environnante. La résistance de celle-ci augmente en fonction de la température, et cela change la tension dans un circuit électrique (c). On peut donc trouver de combien varie la tension en fonction de la température, et ainsi convertir ces signaux en données de température (e).



Correction : 9/10

- a) 1/1
- b) 1/1
- c) 2/2
- d) 0/1 (thermomètre)
- e) 2/2
- f) 3/3

Notes : Référence au pont de mesure et à la chaîne de mesure

**Question C : Dans la construction d'un capteur de température, pourquoi avez-vous ajouté une résistance fixe en série avec la résistance variable (thermistance).**

C'est pour éviter les courts-circuits (a) que l'on a ajouté une résistance fixe. En effet, puisque la résistance est variable, il y a un risque qu'elle aille à 0 (d), et que donc, il y ait court-circuit faute de résistance dans le circuit. Ainsi, une résistance fixe est placée là pour réguler les chances de court-circuit.

Correction : 3/5

- a) 1/1
- b) 0/1 (en série?)
- c) 0/1 (aucune variation?)
- d) 2/2

**Sujet 32 (E3): Conception initiale :**

**Question A : Expliquez le fonctionnement d'un thermomètre électronique**

Aucune réponse.

**Sujet 32 (E3): Conception après l'apprentissage dans la séquence d'enseignement :**

**Question B : Sélectionnez un des transducteurs suivants utilisés durant le cours et expliquez-en le fonctionnement en vous appuyant d'un schéma :**

**photorésistance – capsule infrarouge – thermistance**

La photorésistance fonctionne avec une résistance variable (b) et un filtre qui réagit à la lumière (a) quand la lumière frappe la résistance, celle-ci bloque davantage de photons et fait ~~augmenter~~ **diminuer** la tension aux bornes (c). La capsule universelle avec une résistance fixe compare la variation de tension et avec le programme, on est capable d'en faire un graphique (e).

Aucun schéma

Correction : 5/10

- a) 1/1
- b) 1/1
- c) 1/2
- d) 0/1 (la lampe?)
- e) 2/2
- f) 0/3

Notes : Référence au pont de mesure et à la chaîne de mesure

**Question C : Dans la construction d'un capteur de température, pourquoi avez-vous ajouté une résistance fixe en série avec la résistance variable (thermistance).**

On a ajouté une résistance fixe en série (b) pour évaluer la différence de tension qui est revenue, c'est avec la différence de tension (c) que le module est capable de déterminer si la température augmente ou diminue(d).

Correction : 4/5

- a) 0/1 (court-circuit?)
- b) 1/1
- c) 1/1
- d) 2/2

**Sujet 33 (E3): Conception initiale :**

**Question A : Expliquez le fonctionnement d'un thermomètre électronique**

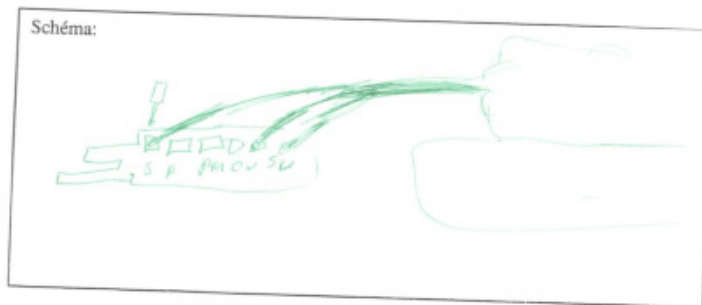
Ça fonctionne avec une puissance magnitude??.

**Sujet 33 (E3): Conception après l'apprentissage dans la séquence d'enseignement :**

**Question B : Sélectionnez un des transducteurs suivants utilisés durant le cours et expliquez-en le fonctionnement en vous appuyant d'un schéma :**

**photorésistance – capsule infrarouge – thermistance**

J'ai pris la capsule et avec la vis j'ai mis le fil avec un s, l'autre 0V et l'autre 5V. J'ai ensuite branché la capsule dans l'interface (e).



Correction : 4/10

- a) 0/1
- b) 0/1
- c) 0/2
- d) 0/1
- e) 2/2
- f) 2/3

Notes : Référence au pont de mesure

**Question C : Dans la construction d'un capteur de température, pourquoi avez-vous ajouté une résistance fixe en série avec la résistance variable (thermistance).**

Parce qu'on doit le faire sinon l'ordinateur ne peut pas lire (d) et donc on a mal fait la construction du capteur. Aussi, peut-être que les câbles ne sont pas au bon endroit.

Correction : 2/5

- a) 0/1 (court-circuit?)
- b) 0/1 (en série?)
- c) 0/1 (aucune variation?)
- d) 2/2

# **Annexe II :**

## **Codage des données**

## Liste des différents codes utilisés lors du codage des actions des sujets 1 à 33

### Fonctions en page d'accueil: Transformation (T), étalonnage (ETA), étude (ETU)

- T1 :** *Il utilise la fonction : Transformer ce capteur (capsule universelle) en décrivant une/deux relation(s) de causalité(s) avec une variable mesurée par MicrolabExAO : Manomètre 0-1500 hPa.*
- ETA2 :** *Il utilise la fonction : Étalonner ce capteur (capsule universelle) en choisissant un étalon connecté à MicrolabExAO : Manomètre 0-1500 hPa.*
- T3 :** *Il utilise la fonction : Transformer ce capteur (capsule universelle) en décrivant une/deux relation(s) de causalité(s) avec une variable extérieure à MicrolabExAO (pression).*
- T4 :** *Il utilise la fonction : Transformer ce capteur (capsule universelle) en décrivant une/deux relation(s) de causalité(s) avec une variable extérieure à MicrolabExAO (volume).*
- T5 :** *Il utilise la fonction : Transformer ce capteur (capsule universelle) en décrivant une/deux relation(s) de causalité(s) avec une variable extérieure à MicrolabExAO (non complété).*
- T6 :** *Il utilise la fonction : Transformer ce capteur (capsule universelle) en décrivant une/deux relation(s) de causalité(s) avec deux variables extérieures à MicrolabExAO (non complété).*
- ETU7 :** *Il utilise la fonction : Étudier ce capteur (capsule universelle) en fonction d'une entrée manuelle (pression).*
- ETU8 :** *Il utilise la fonction : Étudier ce capteur (capsule universelle) en fonction d'une entrée manuelle (volume).*
- ETU9 :** *Il utilise la fonction : Étudier ce capteur (capteur pression étalon) en fonction d'une entrée manuelle (non complété).*
- ETU10 :** *Il utilise la fonction : Étudier ce capteur (capteur pression étalon) en fonction d'une entrée manuelle (volume).*
- ETU11 :** *Il utilise la fonction : Étudier ce capteur (capteur construit) en fonction d'une entrée manuelle (non complété).*
- ETU12 :** *Il utilise la fonction : Étudier ce capteur (capteur construit) en fonction d'une entrée manuelle (pression).*
- ETU13 :** *Il utilise la fonction : Étudier les capteurs connectés (en cliquant sur la capsule universelle) en fonction d'une entrée manuelle (pression).*



- ETU14:** *Il utilise la fonction : Étudier les capteurs connectés (en cliquant sur la capsule universelle) en fonction d'une entrée manuelle (volume).*
- ETU15:** *Il utilise la fonction : Étudier ce capteur (capteur construit) en fonction de deux entrées manuelles (non complété).*
- ETU16:** *Il utilise la fonction : Étudier les capteurs connectés (en cliquant sur le capteur construit) en fonction d'une entrée manuelle (pression).*
- ETU17:** *Il utilise la fonction : Étudier les capteurs connectés (en cliquant sur le capteur construit) en fonction d'une entrée manuelle (volume).*
- ETU18:** *Il utilise la fonction : Étudier les capteurs connectés (en cliquant sur le capteur construit) en fonction d'une entrée manuelle (non complété).*
- T19 :** *Il utilise la fonction : Transformer ce capteur (capteur pression étalon) en décrivant une/deux relation(s) de causalité(s) avec une variable mesurée par MicrolabExAO : Universel 0-3,5V.*
- T20 :** *Il utilise la fonction : Transformer ce capteur (capteur pression étalon) en décrivant une/deux relation(s) de causalité(s) avec une variable extérieure à MicrolabExAO (pression).*
- T21 :** *Il utilise la fonction : Transformer ce capteur (capteur pression étalon) en décrivant une/deux relation(s) de causalité(s) avec une variable extérieure à MicrolabExAO (volume).*
- T22 :** *Il utilise la fonction : Transformer ce capteur (capteur construit) en décrivant une/deux relation(s) de causalité(s) avec une variable mesurée par MicrolabExAO : Manomètre 0-1500 hPa.*
- T23 :** *Il utilise la fonction : Transformer ce capteur (capteur construit) en décrivant une/deux relation(s) de causalité(s) avec une variable extérieure à MicrolabExAO (volume).*
- T24 :** *Il utilise la fonction : Transformer ce capteur (capteur construit) en décrivant une/deux relation(s) de causalité(s) avec une variable extérieure à MicrolabExAO (non complété).*
- ETA25 :** *Il utilise la fonction : Étalonner ce capteur (capteur construit) en choisissant un étalon connecté à MicrolabExAO : Manomètre 0-1500 hPa.*
- ETA26 :** *Il utilise la fonction : Étalonner ce capteur (capteur pression étalon) en choisissant un étalon extérieur à MicrolabExAO (pression).*

### **Paramètres expérimentaux (PE)**

- PE27 :** *Il ajuste la fréquence des points.*
- PE28 :** *Il ajuste le nombre de points.*
- PE29 :** *Il ajuste les paramètres expérimentaux.*

### **Acquisition de transformation (AT) ou de validation (AV)**

- AT30 :** *Il lance une acquisition de transformation et obtient des points.*
- AT31 :** *Il lance une acquisition de transformation, mais n'obtient aucun point.*
- AT32 :** *Il lance une acquisition de transformation, mais un seul capteur prend des mesures.*
- AV33 :** *Il lance une acquisition de validation et obtient des points.*
- AV34 :** *Il lance une acquisition de validation, mais n'obtient aucun point.*
- AV35 :** *Il lance une acquisition de validation, mais un seul capteur prend des mesures.*

### **Fonctions du logiciel (FL)**

- FL36 :** *Il utilise l'outil mathématique modéliseur et sélectionne la droite qu'il applique sur ses données.*
- FL37 :** *Il utilise l'outil mathématique modéliseur et sélectionne la parabole qu'il applique sur ses données.*
- FL38 :** *Il utilise l'outil mathématique modéliseur et sélectionne toutes les fonctions.*
- FL39 :** *Il utilise l'outil mathématique taux de variation et détermine la pente de ses données.*
- FL40 :** *Il utilise l'outil mathématique réticule.*
- FL41 :** *Il clique sur le tableur.*
- FL42 :** *Il utilise l'outil ajouter du texte.*
- FL43 :** *Il clique sur le module Vumètre et teste le signal des capteurs.*
- FL44 :** *Il teste le signal des capteurs en page d'accueil.*
- FL45 :** *Il clique sur le module Graphiques pour effectuer la validation.*

- FL46 :** *Il change l'échelle d'un axe.*
- FL47 :** *Il inverse les axes.*
- FL48 :** *Il calibre ou décale un capteur.*
- FL49 :** *Il place les capteurs l'un par rapport à l'autre en mode graphique pour effectuer la validation.*
- FL50 :** *Il place les capteurs l'un par rapport à l'autre en mode graphique pour effectuer la transformation.*
- FL51 :** *Il utilise la boîte de définition d'un capteur virtuel, sans créer celui-ci.*
- FL52 :** *Il utilise la boîte de définition d'un capteur virtuel et crée celui-ci.*
- FL53 :** *En page d'accueil, il clique sur la fenêtre capsule universelle et effectue la transformation automatique du transducteur de pression (capteur construit).*
- FL54 :** *Il change les propriétés du capteur construit.*
- FL55 :** *Il change les propriétés de la capsule universelle.*
- FL56 :** *Il sélectionne la fonction propriétés du capteur.*
- FL57 :** *Il retire un capteur dans les paramètres d'acquisition en mode graphique.*
- FL58 :** *Il supprime un capteur virtuel.*
- FL59 :** *Il ajuste la droite en changeant les paramètres de l'équation (dans l'outil modéliseur).*
- FL60 :** *Il active et désactive la fonction ligne et points sur les données dans les paramètres d'acquisition.*
- FL61 :** *Il retourne en page d'accueil à partir du mode graphique.*
- FL62 :** *Il hésite en comparant les fonctions initiales après avoir cliqué sur un capteur en page d'accueil.*
- FL63 :** *Il hésite avec le logiciel.*
- FL64 :** *Il essaie de retourner en page d'accueil en cours d'acquisition.*
- FL65 :** *Il ferme et relance le logiciel.*
- FL66 :** *Il lance le logiciel, même si ce dernier est déjà ouvert.*

## **Manipulations du prototype (MP)**

- MP67 :** *Il tire et pousse sur la seringue une seule fois en cours d'acquisition.*
- MP68 :** *Il tire et pousse sur la seringue à plusieurs reprises au cours d'une même acquisition.*
- MP69 :** *Il tire sur la seringue en cours d'acquisition.*
- MP70 :** *Il pousse sur la seringue en cours d'acquisition.*
- MP71 :** *Il pousse sur la seringue sans la retenir durant une entrée manuelle.*
- MP72 :** *Il déconnecte et reconnecte la seringue.*
- MP73 :** *Il déconnecte et reconnecte la seringue en cours d'acquisition.*
- MP74 :** *Il connecte les fils du transducteur à la capsule universelle de façon adéquate avec ou sans aide de l'enseignant.*
- MP75 :** *Il connecte les fils du transducteur à la capsule universelle de façon inadéquate.*
- MP76 :** *Il effectue le montage expérimental initial adéquat.*
- MP77 :** *Il effectue un montage presque adéquat en connectant le petit tuyau sur transducteur.*
- MP78 :** *Il effectue un montage presque adéquat en ne branchant pas le capteur de pression étalon.*
- MP79 :** *Il effectue un montage inadéquat en ne connectant pas la jonction en T.*
- MP80 :** *Il vérifie l'étanchéité des jonctions entre les tubes.*
- MP81 :** *Il vérifie ou ajuste la connexion des fils.*
- MP82 :** *Il vérifie le branchement des capteurs.*
- MP83 :** *Il ne sait pas comment utiliser la jonction en T.*
- MP84 :** *Il tente de mettre la seringue directement au transducteur.*
- MP85 :** *Il débranche et rebranche un capteur.*
- MP86 :** *Il fait varier la seringue sans lancer d'acquisition.*
- MP87 :** *Il souffle dans le capteur.*
- MP88 :** *Il branche un capteur à l'envers.*
- MP89 :** *Il hésite avec le prototype.*
- MP90 :** *Il connecte un capteur.*

### **Assignation et application d'une fonction (AA)**

- AA91 : *Il assigne la fonction à la capsule universelle.*
- AA92 : *Il applique à la capsule universelle la fonction qu'il lui a assignée.*
- AA93 : *Il supprime ou désactive une fonction de transformation.*
- AA94 : *Il applique une fonction assignée à un autre capteur.*
- AA95 : *Il applique la mauvaise fonction ou une fonction déjà enregistrée.*
- AA96 : *Il applique une fonction au capteur construit.*
- AA97 : *Il applique une fonction au capteur de pression.*
- AA98 : *L'enseignant applique la fonction (suite à un bogue du logiciel).*

### **Problèmes ou questions (PQ)**

- PQ99 : *Il rencontre un problème de connexion.*
- PQ100 : *Il rencontre un problème de prototype à cause d'un fil qui se déconnecte de la capsule universelle.*
- PQ101 : *Il rencontre un problème de prototype.*
- PQ102 : *Il règle un problème de connexion ou de prototype.*
- PQ103 : *Il rencontre un bogue avec le logiciel.*
- PQ104 : *Il contourne un bogue du logiciel.*
- PQ105 : *Il pose une question sur le document à compléter.*
- PQ106 : *Il pose une question sur la modélisation.*
- PQ107 : *Il pose une question sur le prototype.*
- PQ108 : *Il pose une question sur le logiciel.*
- PQ109 : *Il pose une question sur ce qu'il doit faire.*
- PQ110 : *L'enseignant lui dit comment faire le montage expérimental.*
- PQ111 : *L'enseignant lui dit quelle fonction initiale utiliser.*
- PQ112 : *L'enseignant lui dit comment faire la validation.*

Code	Total	Inefficaces	Code	Total	Inefficaces	Code	Total	Inefficaces
T1	65	6	FL40	2	0	MP79	5	5
ETA2	35	5	FL41	9	5	MP80	7	0
T3	18	18	FL42	5	0	MP81	20	0
T4	12	12	FL43	57	9	MP82	1	0
T5	9	9	FL44	10	0	MP83	6	4
T6	3	3	FL45	74	21	MP84	1	1
ETU7	2	2	FL46	27	1	MP85	6	0
ETU8	4	4	FL47	9	4	MP86	11	11
ETU9	2	2	FL48	4	3	MP87	1	1
ETU10	1	1	FL49	33	4	MP88	2	2
ETU11	2	2	FL50	2	0	MP89	2	0
ETU12	3	3	FL51	11	11	MP90	4	0
ETU13	2	2	FL52	3	0	AA91	51	1
ETU14	2	1	FL53	6	4	AA92	44	0
ETU15	2	2	FL54	8	3	AA93	11	2
ETU16	2	2	FL55	3	2	AA94	4	4
ETU17	1	0	FL56	9	2	AA95	3	2
ETU18	3	3	FL57	9	7	AA96	1	1
T19	6	6	FL58	2	0	AA97	3	2
T20	5	5	FL59	6	0	AA98	2	0
T21	1	1	FL60	1	1	PQ99	3	0
T22	1	1	FL61	125	19	PQ100	1	0
T23	3	3	FL62	1	1	PQ101	7	0
T24	1	1	FL63	5	5	PQ102	1	0
ETA25	9	5	FL64	1	1	PQ103	17	0
ETA26	2	2	FL65	17	4	PQ104	3	0
PE27	97	16	FL66	1	1	PQ105	5	1
PE28	76	7	MP67	54	0	PQ106	1	1
PE29	12	1	MP68	14	14	PQ107	17	6
AT30	123	22	MP69	45	1	PQ108	15	5
AT31	45	15	MP70	42	0	PQ109	11	6
AT32	7	7	MP71	1	1	PQ110	5	4
AV33	61	6	MP72	39	0	PQ111	8	7
AV34	17	6	MP73	5	5	PQ112	4	4
AV35	5	2	MP74	33	0	N <sup>bre</sup> d'actions inefficaces : <b>389</b>		
FL36	85	3	MP75	1	0	N <sup>bre</sup> d'actions efficaces :		
FL37	2	2	MP76	26	0	N <sup>bre</sup> d'actions total: <b>1733</b>		
FL38	1	1	MP77	7	0	<b>Coefficient efficacité moyen: 79%</b>		
FL39	14	0	MP78	2	1	N <sup>bre</sup> d'actions au protocole: <b>425</b>		

**Tableau I** : Compilation des actions menées par les sujets dans l'environnement

## Description du tableau I

Le tableau I représente la compilation des différentes actions menées par les sujets. Il comprend toutes les actions, le nombre de fois qu'elles ont été menées dans l'environnement d'apprentissage et le nombre de fois qu'elles ont été jugées inefficaces.

Il est possible de remarquer dans ce tableau que les apprenants ont effectué un total de 112 actions différentes dans l'environnement. Nous avons inclus dans ces actions les questions posées à l'enseignant et les réponses de celui-ci lorsqu'elles dirigeaient le sujet en lui indiquant l'action. Les 26 premières actions T1 à ETA26 correspondent aux différentes fonctions initiales que les sujets ont sélectionnées à partir des capteurs affichés en page d'accueil. La plupart de ces fonctions étaient sélectionnées dans l'optique de faire l'expérimentation de transformation, avec ou sans succès, mais plusieurs sujets les ont aussi utilisées pour faire l'expérimentation de validation. Les manipulations attendues du modèle d'actions prévoyaient seulement l'utilisation de T1, *transformer ce capteur (capsule universelle) en décrivant une/deux relation(s) de causalité(s) avec une variable mesurée par MicrolabExAO : Manomètre 0-1500 hPa*. C'est d'ailleurs cette fonction qui a été la plus utilisée avec 65 utilisations. Toutefois, les sujets ont aussi beaucoup utilisé la fonction ETA2, *étalonner ce capteur (capsule universelle) en choisissant un étalon connecté à MicrolabExAO : Manomètre 0-1500 hPa*. L'utilisation de ces deux fonctions permettait de réaliser un manomètre électronique fonctionnel. Les actions PE27 à PE29, prévues au modèle d'actions, représentent les ajustements des paramètres expérimentaux, soit au niveau de la fréquence d'acquisition ou du nombre de points.

Selon le contexte de leur utilisation, ces actions PE27 à PE29 pouvaient être jugées efficaces ou inefficaces. Par exemple, si un sujet obtient 2 points lors d'une acquisition, il devait augmenter la fréquence des points avant la prochaine acquisition ou, au contraire, la diminuer s'il obtient trop de points. Comme il est facile de faire varier le nombre de points en jouant avec la fréquence d'acquisition, l'action PE27, *il ajuste la fréquence des points*, a été utilisé 92 fois. Lors de l'observation des enregistrements vidéo, lorsque nous n'avons pas été en mesure de distinguer si le sujet modifiait la fréquence ou le nombre de points, l'action a été classée dans PE29, *il ajuste les paramètres expérimentaux*.

Les actions AT30 à AV35 correspondent aux acquisitions de données pour les expérimentations de transformation ou de validation effectuées par les sujets, soit les acquisitions qui donnent des points, celles qui ne donnent aucun point, ou celles pour lesquelles un seul capteur varie. L'action AT30, *il lance une acquisition de transformation et obtient des points*, ainsi que AV33, *il lance une acquisition de validation et obtient des points*, étaient attendues dans le modèle d'actions et ont été entreprises respectivement 123 et 61 fois. Il y a donc deux fois plus d'acquisitions qui ont été lancées pour faire l'expérimentation de transformation que pour faire celle de validation. Pourtant, le modèle d'actions prévoyait une acquisition de validation pour une acquisition de transformation. Cette différence pourrait s'expliquer par le fait que la réalisation de l'instrument de mesure commence par l'expérimentation de transformation et que plusieurs essais de fonctions pourraient avoir été menés avant d'utiliser les fonctions adéquates, soit T1 ou ETA2. Il y a aussi plusieurs acquisitions ayant eu trop ou peu de points, nécessitant ajustements des paramètres expérimentaux et reprises des acquisitions. Une fois la transformation effectuée, la validation va de soi et consiste à comparer la mesure du manomètre construit avec celle de l'étalon. Cette validation peut aussi s'effectuer de plusieurs façons.

Les actions FL36 à FL66 correspondent à l'utilisation de fonctions différentes avec le logiciel. Les manipulations attendues du modèle d'actions étaient les suivantes :

- FL36 : *Il utilise l'outil mathématique modéliseur et sélectionne la droite qu'il applique sur ses données;*
- FL39 : *Il utilise l'outil mathématique taux de variation et détermine la pente de ses données;*
- FL45 : *Il clique sur le module graphiques pour effectuer la validation;*
- FL49 : *Il place les capteurs l'un par rapport à l'autre en mode graphique pour effectuer la validation.*

L'action FL36 a été menée 85 fois, dont trois fois de façon inefficace, tandis que FL39 a été déployée 14 fois. Nous avons remarqué que lors de la validation, plusieurs ont sélectionné l'outil mathématique *modéliseur* et la droite pour déterminer l'équation du graphique de validation, et ainsi obtenir la pente, au lieu de sélectionner l'outil mathématique *taux de variation*. Les sujets semblent très à l'aise avec l'utilisation du modéliseur comme le montre le petit nombre de fois qu'il a été utilisé de façon inefficace. FL45 et FL49 ont été menées respectivement 74 et 33 fois. Le modèle d'actions prévoyait que lorsqu'un sujet passerait en mode graphique pour effectuer son expérimentation de



validation, il placerait les instruments de mesure l'un par rapport à l'autre pour voir s'ils prennent la même mesure, et modéliserait leur interaction de variables pour obtenir une pente de 1. Toutefois, plusieurs sujets, après être passés en mode graphique, ont directement effectué leur validation en fonction du temps pour ensuite comparer la prise de mesure en observant la superposition des deux graphiques. Ceci pourrait expliquer pourquoi le nombre de fois que les capteurs ont été placés l'un par rapport à l'autre est de moitié inférieur à celui où ils sont passés en mode graphique pour effectuer la validation.

Les actions MP67 à MP90 représentent les manipulations des sujets avec le prototype, c'est-à-dire les composants physiques de l'environnement d'apprentissage, comme les instruments de mesure, le matériel de laboratoire, etc. Les manipulations attendues dans le modèle d'actions sont les suivantes :

- MP69 : *il tire sur la seringue en cours d'acquisition;*
- MP70 : *il pousse sur la seringue en cours d'acquisition;*
- MP74 : *il connecte les fils du transducteur à la capsule universelle de façon adéquate avec ou sans aide de l'enseignant;*
- MP76 : *il effectue le montage expérimental initial adéquat.*

En début de séance, chaque sujet devait connecter les fils à la capsule universelle (MP74). Nous vérifions ensuite la connexion et autorisons les apprenants à poursuivre. Si un participant ne savait pas où connecter un fil dans les entrées de la capsule universelle, nous l'avons aidé. Avec ou sans notre aide, tous les sujets ont réussi à connecter adéquatement les fils. Le montage a été réalisé adéquatement par 26 sujets (MP76), tandis qu'il a été effectué presque adéquatement par 7 sujets (MP77), qui ont inversé le petit et le long tuyau. En cours d'acquisition, le modèle d'actions prévoyait que les participants tirent sur la seringue (MP69) ou poussent sur celle-ci (MP70). Ces actions ont été respectivement entreprises 45 et 42 fois durant les acquisitions. Cependant, il est possible de constater que plusieurs sujets ont plutôt tiré et poussé sur la seringue lors d'une même acquisition (MP67), action qui a été effectuée 54 fois. Une manipulation qui nous a surpris est l'action MP68, *il tire et pousse sur la seringue à plusieurs reprises au cours d'une même acquisition*, qui a été effectuée 14 fois. Nous considérons que cette manipulation est inefficace. En effet, les sujets l'ont souvent menée étant donné qu'ils ne savaient pas

comment changer adéquatement la fréquence des points grâce aux paramètres expérimentaux. Il poussait et tirait sur la seringue, parfois jusqu'à 10 reprises au cours d'une même acquisition, pour augmenter le nombre de points total. Le graphique qui en résultait pouvait ainsi contenir cinq zones dans lesquels était regroupé l'ensemble des points.

Les actions AA91 à AA98 représentent l'assignation et l'application de la fonction algébrique de transfert à la capsule universelle. Ces actions permettent de compléter la transformation du capteur. Les actions attendues dans le modèle d'actions étaient :

- AA91 : *Il assigne la fonction à la capsule universelle;*
- AA92 : *Il applique à la capsule universelle la fonction qu'il lui a assignée.*

L'action AA91 permet de mémoriser une fonction de transformation pour le capteur qu'on a décidé de transformer. Toutefois, une fois cette assignation effectuée, il est nécessaire de l'appliquer en page d'accueil au capteur, soit l'action AA92. C'est lorsque la fonction a été appliquée que le capteur est prêt à être utilisé. Ces actions ont respectivement été menées 51 et 44 fois.

Les actions PQ99 à PQ112 correspondent aux problèmes que les sujets ont eus avec le prototype ou le logiciel, de même qu'à la nature des questions qu'ils ont posées. Il est possible de remarquer que les sujets ont rencontré au total 17 bogues du logiciel, ont posé 17 questions sur le prototype et que nous avons mentionné à 8 sujets quelles fonctions initiales ils devaient utiliser pour effectuer leur transformation. Nous n'avions pas prévu de questions ou de problèmes dans le modèle d'actions. Nous savions toutefois qu'il était fort probable que des questions ou des problèmes apparaissent lors de la mise à l'essai empirique.

# **Annexe III :**

Listes chronologiques des actions et tableaux de codage

## Sujet 1

Démarche chronologique de certaines étapes clés de la construction du capteur

7 :45	Connexion des fils du premier coup	1
12 :00	Branchement des différents tuyaux et réalisation du montage du premier coup	2
22 :22	Sélection de la fonction transformation intérieure du premier coup	3
23 :30	Essai 1 en mode graphique sans changer les paramètres (il pousse et tire sur le piston pour obtenir plus de données)	4
24 :21	En mode vumètre, il teste le signal des deux capteurs en même temps pour voir leur interaction	5
24 :50	Il déconnecte la seringue et la reconnecte	6
25 :00	Essai 2 en mode graphique sans changer les paramètres (il tire et pousse sur le piston pour obtenir plus de données)	7
26 :00	Il déconnecte et reconnecte la seringue	8
26 :21	Il change les paramètres expérimentaux pour avoir plus de points (en diminuant la variation de tension entre chaque point)	9
26 :40	Essai 3 en mode graphique. Il obtient beaucoup de points. Il tire seulement	10
27 :00	Il passe en mode modéliseur et sélectionne la droite	11
28 :00	Il veut refaire une expérience. Il ne sauvegarde pas l'expérience et retourne en mode graphique et retourne changer ses paramètres d'expérimentation. Il veut avoir moins de points que l'essai précédent, mais plus que les premiers, alors il ajuste la variation de tension.	12
28 :30	Essai 4 en mode graphique. Il obtient une dizaine de points. Il a remis la seringue à 0 avant l'expérience, sans toutefois la déconnecter pour enlever la pression.	14
29 :00	Il passe en mode modéliseur et sélectionne la droite	13
29 :40	Il modélise adéquatement sa droite et assigne la fonction au capteur.	15
30 :08	Il applique la fonction au capteur en page d'accueil.	16
33 :10	Il change les paramètres expérimentaux avant de mener sa validation pour que la fréquence des points soit adéquate, mais finalement, il revient en page d'accueil.	17
33 :54	Il passe en mode graphique et lance une acquisition. Il a mis la seringue à 0, mais il n'enlève pas la seringue. Il n'enregistre pas et ne prend pas de données.	18
34 :45	Il refait une acquisition sans changer les paramètres par défaut en tirant sur la seringue qui était déjà à 0. Il obtient une dizaine de points. Il mentionne dans son rapport qu'on doit avoir une variation de pression de 75 hPa.	19
35 :14	Il arrête l'acquisition, et sans déconnecter la seringue, il la remet à 0 en poussant sur le piston.	20
35 :30	Il sélectionne l'outil mathématique pente et cherche la pente de son nuage de points.	21
50 :00	Il utilise d'autres fonctions, comme avec un tableur ou avec une entrée manuelle pour s'assurer que sa démarche initiale est la bonne.	22

<b>Code</b>	<b>Nb d'actions - sujet 1</b>	<b>Ligne</b>
T1	1	3
PE27	3	9;12;17
AT30	4	4;7;10;13
AV33	1	19
FL36	2	11;14
FL39	1	22
FL41	1	22
FL43	1	5
FL45	1	<u>18</u>
FL61	1	<u>17</u>
MP67	2	5;7
MP69	2	10;19
MP72	2	6;8
MP74	1	1
MP76	1	2
AA91	1	15
AA92	1	16
Nb total d'actions	26	
<u>Actions inefficaces</u>	<u>2</u>	
<b>Coefficient d'efficacité</b>	<b>92%</b>	

## Sujet 2

### Questions posées

Section 3 (1 :59)	Q : Pour être certain, qu'écrit-on ici? R : C'est le protocole et tu peux compléter au verso.
Section 3 (10 : 40)	Q : C'est le schéma de quoi ici? R : Le schéma du montage que tu fais.
Section 7 (30 :06)	Q : Est-ce que c'est cette courbe? R : Si tu penses que c'est la bonne, tu dois faire copie d'écran et assignez la fonction au capteur.

### Démarche chronologique de certaines étapes clés de la construction du capteur de pression

Temps	Actions	
8 :36	Connexion des fils du premier coup	1
10 :07	Utilisation du mode vumètre pour vérifier le signal du transducteur	2
17 :12	Sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une entrée manuelle (car il n'a pas branché le capteur de pression). Il définit la pression comme entrée manuelle.	3
17 : 50	Il passe en mode graphique.	4
18 : 10	Retourne en page d'accueil et en mode vu mètre. Ensuite, il clique sur mode graphique et finit par refaire transformer en fonction d'une entrée manuelle (pression), mais il revient en page d'accueil.	5
19 :00	En page d'accueil, il clique sur le module graphique et change les paramètres d'expérimentations. Il retire la seringue du tube, la met au maximum et la remet sur le tube.	6
19 :22	Essai 1 en mode graphique: il lance une acquisition et fait varier la tension en fonction du temps. Il arrête l'acquisition sans sauvegarder son expérience.	7
20 :00	Il branche le capteur de pression.	8
20 :29	Il sélectionne la fonction transformer en fonction d'une entrée manuelle (pression)	9
20 :56	Il déconnecte la seringue, la met au maximum d'air, et la reconnecte.	10
21 :01	Essai 2 : En mode graphique, il lance l'acquisition en entrant le volume d'air (même s'il a identifié la pression comme entrée manuelle). Il prend une dizaine de points.	11
22 :00	Il change l'échelle des axes pour mieux voir ses points.	12
22 :33	Il modélise son nuage de points. Il ne sauvegarde pas l'expérience.	13
23 :22	Essai 3 : Il déconnecte la seringue et l'emplit d'air. En mode graphique, il prend des entrées manuelles (pression) en entrant un volume d'air. Il prend une vingtaine de points.	14
25 :00	Il modélise la droite. Il n'enregistre pas l'expérience. Il retourne en mode vumètre.	15

25 : 00	Il calibre le capteur en mode vumètre à 0 (pour une tension à l'air libre de 1,25V).	16
26 :00	Essai 4 : Il refait une transformation manuelle (identifiée pression) en entrant le volume d'air qu'il ajoute dans la seringue qu'il a préalablement mis à 0.	17
27 :53	Il change les axes pour que les données expérimentales prennent tout l'espace. De plus, il interchange les axes pour que la tension soit en axe des abscisses.	18
28 :24	Il modélise ses données avec la droite. Celle-ci ne passe pas du tout par la majorité des points.	19
30 :00	Il assigne la fonction au capteur	20
37 :35	Il applique la fonction au capteur et passe en mode graphique	21
38 :00	Il fait le bon montage en connectant la seringue et les deux capteurs via le raccord en T.	22
39 :40	Il passe en mode vumètre, remplit la seringue d'air, la connecte, et se demande pourquoi la pression de la capsule universelle ne varie presque pas (il n'a pas étalonné son capteur en fonction du capteur de pression, mais en fonction du volume dans la seringue).	23
41 :00	Essai 1 de validation : Il passe en mode graphique, en faisant la même chose (augmenter la pression), seule la pression du capteur varie, mais celle de la capsule universelle ne varie presque pas.	24
49 : 10	Essai 2 de validation : Il passe en mode graphique. Il augmente la pression, mais le graphique est similaire à ce qu'il avait fait au dernier essai.	25
50 :13	Il change l'axe de la capsule universelle en le diminuant pour qu'une différence de variation semblable à celle de la pression puisse s'afficher.	26
51 :00	Il utilise le taux de variation pour comparer les taux, mais se rencontre que cela n'est pas la même chose et ne met pas le taux sur les graphiques.	27

<b>Code</b>	<b>Nb d'actions - sujet 2</b>	<b>Ligne</b>
T3	4	<u>3;5;9;17</u>
PE29	1	<u>6</u>
AT30	2	<u>11;14</u>
AT32	1	<u>7</u>
AV35	2	<u>24;25</u>
FL36	3	13;15; <u>19</u>
FL39	1	27
FL43	4	2;5; <u>15;23</u>
FL45	4	<u>5;6;24;25</u>
FL46	3	12;18; <u>26</u>
FL47	1	<u>18</u>
FL48	1	<u>16</u>
FL61	2	5;5
MP72	4	6;10;14;23
MP74	1	1
MP76	1	22
MP78	1	8
AA91	1	20
AA92	1	21
PQ105	2	
PQ106	<u>1</u>	
Nb total d'actions	41	
<u>Actions inefficaces</u>	<u>21</u>	
<b>Coefficient d'efficacité</b>	<b>49%</b>	



### Sujet 3

Démarche chronologique de certaines étapes clés de la construction du capteur de pression

5 :50	Il effectue la connexion du premier coup	1
7 :00	Il effectue le branchement du montage du premier coup	2
15 :55	Il connecte seulement le capteur de pression et le fait varier en mode vumètre pour voir sa variation pour voir comment il peut prendre des précautions lors de la prise de mesure.	3
19 :46	Il refait le montage expérimental	4
22:23	Il sélectionne transformer en fonction d'une entrée manuelle (pression) et passe en mode graphique. Finalement, il ferme la fenêtre sans faire d'acquisition.	5
27 :00	Il sélectionne transformer en fonction d'une variable intérieure, manomètre.	6
28 :00	Essai 1 en mode graphique, il pousse de l'air avec la seringue, mais n'a pas assez de points	7
28 :30	Il change les paramètres en diminuant la fréquence d'acquisition des points. Il déconnecte la seringue et la reconnecte	8
28 :45	Essai 2 en mode graphique. Il obtient beaucoup de points. Il réajuste les paramètres d'acquisition pour avoir moins de points que l'essai précédent, mais plus que le premier essai. Il déconnecte et reconnecte la seringue.	9
29 :50	Essai 3 : Idem essai 2, car il change le nombre de points au lieu de changer la fréquence des points	10
30 :30	Essai 4 : Idem essai 3.	11
31 :45	Essai 5 : Il refait un essai avec les mêmes paramètres qu'à l'essai 4.	12
32 :36	Il sélectionne l'outil modéliseur et sélectionne la droite qu'il superpose sur ses données.	13
34 :50	Il assigne la fonction au capteur et l'applique en page d'accueil.	14
36 :00	Essai 1 validation en mode graphique. Il déconnecte la seringue en cours d'acquisition.	15
37 :00	Il met la seringue au maximum et la reconnecte.	16
37 :10	Essai 2 validation en mode graphique. Les deux capteurs varient de la même façon selon le temps.	17
40 :00	Il écrit son protocole de manipulations en refaisant l'expérience lentement.	18
73 :00	Il veut refaire l'expérience pour vérifier si tout est OK, mais le logiciel tombe en mode simulation.	19

73 :44	Il débranche les capteurs et reconnecte un fil mal vissé. Il ferme le logiciel et le repart et c'est OK.	20
75 :00	Il applique la fonction au capteur universel, et passe en mode graphique.	21
75 :10	Essai 3 validation en mode graphique, il place les deux capteurs l'un par rapport à l'autre. Mais ce n'est pas concluant, car il y a trop de données de prises et pas assez de points. Il déconnecte, met au max et reconnecte la seringue.	22
75 :30	Essai 4 validation en mode graphique : il change les paramètres pour prendre plus de données, les capteurs sont placés l'un par rapport à l'autre.	23
76 :00	Essai 5 validation en mode graphique : il change un peu les paramètres. Il prend beaucoup de points, mais il trace une grande droite et est satisfait.	24
77 :00	Il sélectionne le modéliseur et la droite. Il obtient un taux de variation près de 1, mais ne sauvegarde pas ce graphique, quoiqu'il l'indique dans son rapport de laboratoire que c'est une autre façon de valider ses données.	25

Code	Nb d'actions - sujet 3	Ligne
T1	1	6
T5	1	<u>5</u>
PE27	1	8
PE28	1	10
PE29	3	9;12;23
AT30	5	7;9;10; <u>11</u> ;12
AV33	5	<u>15</u> ;17;22;23;24
FL36	2	13;25
FL43	1	3
FL45	1	21
FL49	1	22
MP72	3	8;9;22
MP73	1	<u>15</u>
MP74	1	1
MP76	1	1
AA91	1	14
AA92	2	14;21
PQ100	1	20
PQ102	1	20
Nb total d'actions	33	
<u>Actions inefficaces</u>	<u>4</u>	
<b>Coefficient d'efficacité</b>	<b>88%</b>	

## Sujet 4

### Questions posées

Section 1	Q : Est-ce que c'est ça mon étalon? R : Oui, je dois juste le transformer rapidement avec l'ordinateur.
Section 5	Q : Est-ce que c'est normal qu'il n'y ait pas le petit bouton assigner la fonction? R : Ce n'est pas un bogue du logiciel. (Il a sélectionné la fonction étudier ce capteur...)
Section 2	Q : Je ne suis pas capable de prendre une acquisition. R : C'est un bogue du logiciel qui dit qu'il n'est pas possible de faire deux acquisitions en même temps. Il faut débrancher et relancer le logiciel.
Section 6	Q : Je ne sais pas quoi faire. J'ai fait plein de trucs, mais il y a seulement un capteur qui varie. R : Tu dois cliquer sur la capsule universelle et sélectionner transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre. Ensuite, pour que les deux capteurs puissent varier, tu dois mettre le raccord en T pour qu'ils soient tous les deux connectés à la seringue.

### Démarche chronologique de certaines étapes clés de la construction du capteur de pression

9 :45	Connexion des fils à la capsule universelle du premier coup.	1
15 :23	Il sélectionne d'abord la fonction étudier ce capteur en fonction d'une entrée manuelle qu'il définit comme étant le volume.	2
16 :50	Essai 1 en mode graphique : Il entre des volumes à l'aide de la seringue connectée au capteur de pression seulement. Il tire sur la seringue initialement à 0.	3
19 :15	Après l'expérience, il replace la seringue à 0 sans la déconnecter.	4
20 :00	Il semble réfléchir sur son montage, mais fait quand même un imprimé-écran suivi d'une modélisation.	5
22 :00	Il sélectionne d'abord la droite pour la modélisation, mais comme ses données ressemblent plutôt à une courbe, il prend la courbe par la suite. Il reprend la droite pour faire sa modélisation et enregistre son graphique.	6
27 :00	Il sélectionne ensuite, en cliquant sur la capsule universelle, la fonction étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure à MicrolabExAO, manomètre. Il démarre une acquisition, mais la seringue est seulement connectée au capteur de pression, et non à la capsule universelle, alors il n'y a pas de variation de la tension.	7
28 :00	Il change les paramètres d'acquisition, en mettant un maximum de points et un minimum de fréquence.	8
28 :15	Essai 2 en mode graphique : une fois l'acquisition lancée, ne change rien au fait que la tension ne varie pas comme la seringue n'y est pas connectée.	9
28 :55	Essai 3 : Idem essai 2.	10

29 :00	Il revient en page d'accueil. Il clique sur les capteurs et regarde les fonctions. Il a beaucoup de difficultés à choisir la fonction. Il ne sait pas quoi faire. Il regarde autant les fonctions du capteur étalon que ceux du capteur à transformer. Ne sachant sur lequel cliquer pour effectuer sa transformation.	11
32 :40	Il clique sur le capteur pression étalon et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure, universel.	12
33 :10	Essai 4 en mode graphique, la tension ne varie toujours pas. La seringue est toujours branchée au capteur de pression seulement. Il ne déconnecte pas la seringue avant de faire un essai.	13
33 :25	Il change l'axe de la tension pour le grossir et mieux voir les points de la tension qui n'ont pas varié, mis à part pour l'incertitude.	14
34 :31	Retour en page d'accueil. Il clique sur la capsule universelle et sélectionne la fonction étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure à MicrolabExAO, manomètre.	15
35 :00	Il déconnecte la seringue du capteur de pression et la connecte au transducteur de la capsule universelle.	16
35 :05	Essai 5 en mode graphique, mais dans ce cas, la tension varie, mais pas le capteur de pression (étant donné que la seringue est seulement branchée à la capsule universelle et non au capteur de pression. Retour en page d'accueil.	17
36 :00	Il déconnecte la seringue et la reconnecte au capteur de pression. Il passe en mode graphique. Il place les deux capteurs l'un par rapport à l'autre.	18
36 :15	Essai 6 en mode graphique, mais il y a seulement variation de la pression, la tension ne varie pas. Il y a peu de points qui sont pris.	19
36 :30	Il change les paramètres en augmentant le nombre de points et en diminuant la fréquence.	20
36 :35	Essai 7 en mode graphique, il n'y a aucun point qui est pris étant donné que l'étudiant a diminué la fréquence qui prend des points selon une petite variation de tension, mais comme le capteur de tension n'est pas connecté à la seringue, il n'y a aucun point d'enregistré.	21
36 :45	Il diminue le nombre de points, mais ne touche pas à la fréquence qui varie encore selon la tension.	22
37 :10	Essai 8 en mode graphique, mais il n'y a aucun point d'enregistré.	23
38 :25	Il clique sur le capteur de pression et sélectionne la fonction étudier ce capteur en fonction d'une entrée manuelle.	24
39 :10	L'enseignant a dit devant tous " regarder bien le matériel que vous avez" et il a décidé de prendre le raccord en T, connecte les deux capteurs, et tente de mettre la seringue sans installer le tuyau. Retour en page d'accueil.	25
40 :39	Il clique sur la capsule universelle, sélectionne la fonction étudier ce capteur en fonction d'une entrée manuelle. Il connecte la seringue au capteur universel. Il définit le volume.	26
42 :00	Demande à l'enseignant quoi faire.	27
43 :00	L'enseignant clique sur la capsule universelle et sélectionne la fonction transformer ce capteur selon manomètre.	28
43 :30	Il connecte les deux capteurs à la seringue via le raccord en T.	29
44 :00	Il change les paramètres en ajustant le nombre de points.	30

44 :30	Essai 9 en mode graphique. Aucun point n'est pris. Il arrête l'expérience et diminue au maximum la fréquence en diminuant la variation de tension au maximum.	31
45-62	Il fait environ 5 essais, mais aucun point n'est pris par l'ExAO. Il s'agit d'un bogue du prototype (la capsule qu'on transforme automatiquement en capteur de pression).	32
62 :00	Le logiciel dit qu'il est "impossible de faire l'acquisition de deux capteurs en même temps". Il s'agit d'un bogue du logiciel. L'enseignant amène un capteur de pression ExAO.	33
66 :00	Avec le nouveau capteur de pression, il sélectionne la fonction transformer en fonction du manomètre.	34
66 :05	Essai 10 en mode graphique, il prend une dizaine de points à l'aide du logiciel.	35
66 :15	Il sélectionne le modéliseur et choisit la droite pour modéliser ses points.	36
71 :00	Essai de faire une validation en mode graphique, mais le logiciel mentionne "impossible de faire deux acquisitions en même temps". Il s'agit d'un bogue du logiciel. Il ferme et rouvre le logiciel. Il passe en mode graphique.	37
72 :30	Essai 1 validation en mode graphique, mais il y a un nuage de points très condensé sur une petite ligne.	38
72 :45	Il change les paramètres de fréquence pour qu'elle soit plus petite, mais surtout augmente le nombre de points.	39
73 :00	Essai 2 validation en mode graphique. Le graphique est satisfaisant pour le sujet.	40
77 :20	Il sélectionne le réticule pour voir les points sur son graphique de validation.	41
84 :00	Il sélectionne le modéliseur et appose la droite sur son nuage de points.	42

Code	Nb d'actions -sujet 4	Ligne
T1	1	34
ETA2	2	7;15
ETU8	2	<u>2;26</u>
ETU9	1	<u>24</u>
T19	1	<u>12</u>
PE27	4	<u>8;20;31;39</u>
PE28	5	<u>8;20;22;30;39</u>
AT30	2	<u>3;35</u>
AT31	8	<u>21;23;31;32(x5)</u>
AT32	5	<u>9;10;13;17;19</u>
AV33	2	28;40
FL36	3	<u>6;36;42</u>
FL40	1	41
FL45	2	18;37
FL46	1	14
FL50	1	18
FL61	2	15;17
FL62	1	<u>11</u>
MP69	1	3
MP74	1	1
MP76	1	29
MP79	4	<u>9;10;13;17</u>
MP83	1	25
MP89	1	5
PQ103	3	32;33;37
PQ104	1	37
PQ107	1	
PQ108	2	
PQ109	1	27
PQ111	1	<u>27</u>
Nb total d'actions	62	
Actions inefficaces	<u>25</u>	
<b>Coefficient d'efficacité</b>	<b>60%</b>	

## Sujet 5

### Questions posées

Section 3	Q : Ici (il pointe la section précaution), on doit indiquer comment on fait pour protéger le capteur? R : Oui.
Section 6	Q : Est-ce que je fais la bonne chose? Sinon, je ne sais pas quoi faire. R : Non, tu dois utiliser la fonction transformation le capteur universel en fonction d'une variable intérieure (manomètre). Tu dois aussi prendre les deux mesures en même temps en utilisant tout le matériel qui est disponible.

### Démarche chronologique de certaines étapes clés de la construction du capteur de pression

10 :50	Il tente de connecter le raccord en T sur le transducteur, mais cela ne fonctionne pas. Il connecte les fils.	1
15 :52	Il passe en mode vumètre et teste le signal du capteur de pression. À cette étape, il n'a pas connecté de tuyau au transducteur, ni le raccord en T.	2
18 :45	Il teste de nouveau le capteur de pression.	3
19 :30	Il passe en mode graphique.	4
21 :30	Dans param, il accède à la fonction créer un capteur virtuel et essaie de créer sans succès un capteur de volume.	5
23 :50	En page d'accueil, il clique sur le capteur de pression et sélectionne étudier ce capteur en fonction d'une entrée manuelle (volume). Il passe en mode graphique, mais revient en page d'accueil.	6
27 :00	Il clique sur le capteur universel et sélectionne transformer ce capteur en fonction d'une entrée manuelle (volume). Retour en page d'accueil.	7
28 :50	Il clique sur le capteur universel et sélectionne transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : manomètre.	8
29 :00	Il clique sur param et change les paramètres.	9
29 :25	Essai 1 en mode graphique. Il tire sur la seringue. Il y a seulement la pression qui varie, la tension reste la même.	10
31 :35	Il retourne en mode vumètre. Il voit varier la valeur de la pression.	11
33 :00	Il tente d'insérer la seringue dans le transducteur, ainsi que le raccord en T. Sans succès.	12
34 :32	Il prend le petit tube de plastique et le connecte au transducteur. Il y connecte ensuite la seringue et voit le signal varier.	13
35 :10	Il clique sur le capteur universel et sélectionne transformer ce capteur en fonction d'une entrée manuelle (volume). Retour en page d'accueil.	14
37 :00	Il clique sur le capteur universel et sélectionne étudier ce capteur en fonction d'une entrée manuelle (volume).	15
37 :33	Essai 2 en mode graphique. Il entre des données de volume.	16

38 :00	Il pose la question 2 (section 6).	17
41 :57	Il fait le montage en utilisant tout le matériel. Il connecte le raccord en T et les deux tubes (il a mis le plus petit sur le transducteur).	18
44 :00	Il clique sur la capsule universelle et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure manomètre.	19
45 :50	Il change les paramètres d'acquisition en diminuant la fréquence et en augmentant un peu le nombre de points.	20
46 :00	Essai 3 en mode graphique. Aucun point n'est mesuré.	21
47 :00	Essai 4 en mode graphique. Aucun point n'est mesuré.	22
48 :00	Il change les paramètres en diminuant la fréquence au maximum.	23
49 :00	Essai 5 en mode graphique. Un nuage de points est pris.	24
50 :00	Une fois l'expérience arrêtée, il a remis la seringue à 0 sans la déconnecter du tube.	25
50 :40	Il sélectionne l'outil mathématique modéliseur et choisit la droite. Il modélise son nuage de points.	26
59 :48	Il clique sur la capsule universelle et sélectionne la fonction étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure : manomètre. Il passe directement en mode graphique.	27
60 :07	Il change les paramètres en augmentant la fréquence de la prise de mesures.	28
60 :37	Essai 6 en mode graphique. Un nuage de points est pris.	29
62 :05	Essai 7 en mode graphique. Un nuage de points est pris.	30
65 :16	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : manomètre.	31
65 :30	Il change les paramètres en augmentant le nombre de points et en s'assurant que la fréquence sera rapide.	32
65;45	Essai 8 en mode graphique. Un nuage de points est pris.	33
67 :10	Il sélectionne l'outil mathématique modéliseur et choisit la droite.	34
68 :58	Il assigne la fonction au capteur.	35
70 :50	Il clique sur la capsule universelle et sélectionne la fonction étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure : manomètre.	36
72 :00	Il déconnecte le capteur de pression. Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction étudier ce capteur en fonction d'une entrée manuelle (volume).	37
73 :00	Essai 9 de validation : Il étudie la relation entre la tension et le volume. Il obtient une droite décroissante.	38
75 :00	Il sélectionne l'outil modéliseur et choisit la droite. Il s'agit de son graphique de validation.	39



Code	Nb d'actions - sujet 5	Ligne
T1	3	8;19;31
ETA2	2	<u>27;36</u>
T4	2	<u>7;14</u>
ETU8	2	<u>15;37</u>
ETU10	1	<u>6</u>
PE27	3	<u>20;23;28</u>
PE28	2	20;32
PE29	1	9
AT30	5	<u>16;24;29;30;33</u>
AT31	2	<u>21;22</u>
AT32	1	<u>10</u>
AV33	1	<u>38</u>
FL36	3	26;34; <u>39</u>
FL43	2	2;11
FL45	1	<u>4</u>
FL51	1	<u>5</u>
FL61	3	6;7;14
MP69	1	10
MP74	1	1
MP77	1	13
MP79	1	<u>10</u>
MP83	2	<u>1;12</u>
MP84	1	<u>12</u>
AA91	1	35
PQ105	<u>1</u>	
PQ109	1	
PQ111	1	<u>17</u>
Nb total d'actions	46	
<u>Actions inefficaces</u>	<u>22</u>	
<b>Coefficient d'efficacité</b>	<b>52%</b>	

## Sujet 6

Démarche chronologique de certaines étapes clés de la construction du capteur de pression

13 :00	Il connecte les fils Il tente de connecter le raccord T à la seringue, mais se rend compte que ça ne fonctionne pas.	1
13 :30	Il effectue le montage expérimental comme il se doit.	2
16 :20	Il teste les signaux des deux capteurs, directement en page d'accueil.	3
27 :46	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure à MicrolabExAO : manomètre	4
28 :30	Il change les paramètres en diminuant un peu la fréquence des points.	5
29 :15	Essai 1 en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue à trois reprises. Il obtient une dizaine de données. Il retourne en page d'accueil et sélectionne la même fonction.	6
30 :30	Il change les paramètres pour avoir une plus grande fréquence de points.	7
30 :40	Essai 2 en mode graphique. Il pousse et il tire sur la seringue. Il obtient une centaine de points. Il n'enregistre pas le graphique.	8
31 :10	Essai 3 en mode graphique. Idem essai 2.	9
33 :00	Il est satisfait de ce nuage de points. Il retourne en page d'accueil et décrit toute la séquence qu'il vient de réaliser. Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure à MicrolabExAO : manomètre	10
37 :00	Essai 4 en mode graphique. Idem Essai 2. Il obtient 200 points selon les paramètres qu'il s'est donnés.	11
39 :24	Il sélectionne l'outil mathématique taux de variation et fait le taux de sa droite.	12
42 :00	Il sélectionne l'outil mathématique modéliseur et choisit la droite qu'il appose sur son nuage de points.	13
45 :20	Il assigne la fonction au capteur.	14
49 :00	Il applique la fonction d'étalonnage au capteur.	15
52 :40	Il passe en mode graphique. Il change la fréquence pour augmenter le temps d'acquisition et le nombre de points.	16
52 :53	Essai 1 validation en mode graphique. Il tire et il pousse sur la seringue. Seule la droite de la pression s'affiche. L'échelle de la tension ne s'est pas ajustée automatiquement.	17
54 :00	Il a changé l'échelle de l'axe de la tension et les données se sont ajustées automatiquement. La courbe du capteur construit suit très bien celle du capteur étalon.	18

<b>Code</b>	<b>Nb d'actions - sujet 6</b>	<b>Ligne</b>
ETA2	2	4;10
PE27	3	5;7;16
PE28	1	16
AT30	4	6;8;9;11
AV33	1	17
FL36	1	13
FL39	1	12
FL44	1	6
FL45	1	16
FL46	1	18
FL61	2	6;10
MP67	3	8;9;17
MP68	1	<u>6</u>
MP74	1	1
MP76	1	2
MP83	1	1
AA91	1	14
AA92	1	15
Nb total d'actions	27	
<u>Actions inefficaces</u>	<u>1</u>	
<b>Coefficient d'efficacité</b>	<b>96%</b>	

## Sujet 7

### Questions posées

Section 1	Q : Il ne me manque pas quelque chose? R : En effet, il te manque l'étalon de mesure. Je vais te donner un capteur de pression monté sur une capsule universelle.
-----------	---

### Démarche chronologique de certaines étapes clés de la construction du capteur de pression

15 :40	Il connecte les fils à la capsule universelle du premier coup. Il réalise le montage expérimental du premier coup. Il fait varier son capteur pression sur la page d'accueil pour s'assurer que tout fonctionne bien.	1
18 :51	Il clique sur la capsule universelle et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : manomètre.	2
20 :30	Essai 1 en mode graphique : quelques données sont prises. Il n'enregistre pas le graphique.	3
21 :20	Il change les paramètres de son expérience.	4
21 :30	Essai 2 en mode graphique : deux données sont prises. Il n'enregistre pas le graphique. Il retourne en page d'accueil.	5
21 :45	Il clique sur la capsule universelle et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : manomètre.	6
21 :50	Il change les paramètres d'expérimentation pour augmenter le nombre de points. Il déconnecte la seringue entre chaque essai.	7
22 :30	Essai 3 en mode graphique : une dizaine de données sont prises. Les données semblent lui convenir.	8
26 :32	Il sélectionne l'outil mathématique modéliseur et choisit la droite.	9
31 :00	Il assigne la fonction au capteur	10
34 :45	Il applique la fonction au capteur.	11
36 :30	Il passe en mode graphique.	12
36 :45	Il change les paramètres expérimentaux pour augmenter la durée de l'expérience à 30 secondes.	13
37 :30	Essai 1 validation en mode graphique. Il fait une prise de mesures en fonction du temps.	14

<b>Code</b>	<b>Nb d'actions - sujet 7</b>	<b>Ligne</b>
T1	2	2;6
PE28	1	7
PE29	2	4;13
AT30	3	3;5;8
AV33	1	14
FL36	1	9
FL44	1	1
FL45	1	12
FL61	1	5
MP72	3	3;5;8
MP74	1	1
MP76	1	1
AA91	1	10
AA92	1	11
PQ107	1	
Nb total d'actions	21	
Actions inefficaces	0	
<b>Coefficient d'efficacité</b>	<b>100%</b>	

## Sujet 8

Démarche chronologique de certaines étapes clés de la construction du capteur de pression

8 :45	Il connecte les fils du premier coup. Il réalise le montage expérimental du premier coup. Il connecte la seringue au capteur de pression. Il passe en mode vumètre et analyse le signal.	1
11 :20	En page d'accueil, il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	2
16 :09	Il augmente le nombre de points de l'acquisition.	3
16 :30	Essai 1 en mode graphique. Quelques points (moins de 5) sont pris.	4
17 :20	Il change les paramètres d'acquisition pour que les points soient pris à une plus grande fréquence.	5
19 :00	Essai 2 en mode graphique en tirant sur la seringue. Une dizaine de points sont pris. Ces données lui semblent satisfaisantes.	6
20 :00	Il sélectionne le modéliseur et choisit la droite.	7
23 :10	Il assigne la fonction au capteur	8
24 :48	Il applique la fonction au capteur.	9
27 :10	Il passe en mode graphique et place les deux capteurs l'un par rapport à l'autre.	10
27 :40	Il change les paramètres en augmentant la fréquence des points selon la pression.	11
29 :25	Essai 1 validation en mode graphique en tirant sur la seringue. Il obtient environ 500 points très collés.	12
29 :41	Il change les paramètres en diminuant la fréquence des points.	13
29 :50	Essai 2 validation en mode graphique en tirant sur la seringue. Il obtient encore environ 500 points très collés. Il semble satisfait de ce résultat.	14
31 :15	Il utilise l'outil mathématique taux de variation pour déterminer la pente de son nuage de points.	15

<b>Code</b>	<b>Nb d'actions - sujet 8</b>	<b>Ligne</b>
T1	1	2
PE27	3	5;11;13
PE28	1	3
AT30	2	4;6
AV33	2	12;14
FL36	1	7
FL39	1	15
FL43	1	1
FL45	1	10
FL50	1	10
MP69	3	6;12;14
MP74	1	1
MP76	1	1
AA91	1	8
AA92	1	9
Nb total d'actions	21	
<u>Actions inefficaces</u>	<u>0</u>	
<b>Coefficient d'efficacité</b>	<b>100%</b>	

## Sujet 9

Démarche chronologique de certaines étapes clés de la construction du capteur de pression

6 :00	Il connecte les fils à la capsule universelle du premier coup. Il a effectué le montage du premier coup. Il n'a toutefois pas branché le tuyau au transducteur.	1
6 :45	En page d'accueil, il teste le signal du capteur de pression avec le montage. Toutefois, rien ne varie (il n'a pas branché le tuyau du transducteur. Il se pose la question et réalise que le tuyau du transducteur est à l'air libre et le bouche avec son pouce. Il fait varier le volume de la seringue et observe une variation de pression pour le capteur de pression.	2
21 :22	Il branche les tuyaux adéquatement. Il clique sur la capsule universelle et sélectionne transformer ce capteur en fonction d'une entrée manuelle (pression). Il passe en mode graphique. Il retourne en page d'accueil.	3
23 :00	Il clique sur la capsule universelle et sélectionne transformer ce capteur en fonction d'une entrée manuelle (volume). Il passe en mode graphique. Il retourne en page d'accueil.	4
25 :30	Il clique sur la capsule universelle et sélectionne étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre. Il passe en mode graphique.	5
26 :40	Il change les paramètres expérimentaux pour augmenter le nombre de points et ajuster la fréquence pour qu'elle soit rapide.	6
26 :50	Essai 1 en mode graphique. Quelques points sont pris. Il pousse sur la seringue. Il déconnecte la seringue et la met au maximum. Il reconnecte la seringue. Il retourne en page d'accueil.	7
28 :20	Il clique sur la capsule universelle et sélectionne étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre. Il passe en mode graphique.	8
28 :35	Il change les paramètres expérimentaux pour avoir une fréquence rapide et un grand nombre de points.	9
29 :00	Essai 2 en mode graphique. Une centaine de points sont pris en tirant sur la seringue. Il déconnecte la seringue. Il est satisfait de ces données. Il effectue la modélisation de ses données en choisissant la droite.	10
29 :39	Il assigne la fonction au capteur et l'applique en page d'accueil avant de passer en mode graphique.	11
31 :28	Il met les deux capteurs l'un par rapport à l'autre et change les paramètres expérimentaux en augmentant le nombre de points et la rapidité de la fréquence.	12
32 :30	Essai 1 validation en mode graphique. Aucun point n'est pris. Il n'a pas changé l'axe. Il retourne en page d'accueil et revient en mode graphique.	13
33 :20	Il change les axes. Il change les paramètres d'acquisition pour avoir un nombre de points élevé et il augmente la rapidité de la fréquence au maximum.	14
34 :50	Essai 2 validation en mode graphique. Idem essai 1 validation. Il revient en page d'accueil.	15
36 :00	Il passe en mode graphique et met les capteurs l'un par rapport à l'autre, mais en inversant les axes du départ.	16



36 :45	Essai 3 validation en mode graphique. Aucun point n'est pris. Il ne voit pas que c'est un problème d'axe. Il retourne en page d'accueil.	17
38 :00	Il passe en mode graphique et met les capteurs l'un par rapport à l'autre. Il change les paramètres pour avoir une rapidité de fréquence maximale, ainsi qu'un nombre de points maximum.	18
40 :00	Essai 4 validation en mode graphique. Il a obtenu quelques points, regroupé selon la valeur déterminée par la fréquence minimale. Ils sont à intervalle régulier.	19
40 :48	Il change l'échelle de l'axe pour avoir entre 0 et 7, au lieu d'avoir entre 0 et 3.5	20
41 :10	Il sélectionne l'outil modéliseur et choisit la droite. Il modélise adéquatement les quelques points qu'il a obtenus et obtient une pente de 1.	21
41 :55	Il change l'échelle du capteur de pression pour que les données soient plus centrées sur son graphique de validation.	22

Code	Nb d'actions - sujet 9	Ligne
ETA2	2	5;8
T3	1	<u>3</u>
T4	1	<u>4</u>
PE27	5	6;9;12;14;18
PE28	5	6;9;12;14;18
AT30	2	7;10
AV33	1	<u>19</u>
AV34	3	13;15; <u>17</u>
FL36	2	10;21
FL44	1	2
FL45	4	11;13;16;18
FL46	2	20;22
FL47	1	16
FL49	4	12;14;16;18
FL61	6	3;4;7;13;15;17
MP69	1	10
MP70	1	7
MP72	2	7;10
MP74	1	1
MP76	1	1
AA91	1	11
AA92	1	11
Nb total d'actions	48	
Actions inefficaces	<u>4</u>	
<b>Coefficient d'efficacité</b>	<b>92%</b>	

## Sujet 10

### Questions posées

Section 3	Q : Qu'est-ce que ça veut dire sauvegarder le fichier en format .xao? Je ne l'ai pas fait, mais j'ai fait un imprimé-écran. R : C'est correct, mais sauvegarde-le pour la validation.
-----------	--

### Démarche chronologique de certaines étapes clés de la construction du capteur de pression

7 :23	Il effectue le montage correctement du premier coup. Il connecte les fils à la capsule universelle.	1
12 :28	Il a branché le capteur de pression, mais pas le capteur universel. Il passe en mode vumètre pour observer le signal du capteur pression. Il tire sur la seringue et la pression diminue. Il semble douter de son résultat. Il branche la capsule universelle.	2
16 :38	Il clique sur la capsule universelle et sélectionne la fonction étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure : manomètre. Il passe en mode graphique.	3
17 :35	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant le nombre de points et en diminuant la fréquence des points.	4
17 :40	Essai 1 en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue. Aucun point n'est pris. Il ne déconnecte pas la seringue avant le prochain essai.	5
18 :00	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant la fréquence des points.	6
18 :30	Essai 2 en mode graphique. Il tire et il pousse sur la seringue. Plusieurs centaines de points sont pris.	7
19 :10	Il change l'échelle de ses points pour que le nuage de points soit visible sur tout le graphique.	8
19 :28	Il sélectionne l'outil modéliseur et choisit la droite.	9
23 :26	Il assigne la fonction à son capteur et l'applique en page d'accueil.	10
29 :00	Il passe en mode graphique.	11
29 :30	Il pose la question 1 (section 3)	12
30 :40	Il place les deux axes l'un par rapport à l'autre.	13
31 :45	Il ajuste le nombre de points et la fréquence des mesures.	14
32 :55	Essai 1 validation en mode graphique. Aucun point n'est pris, car il n'a pas changé l'échelle, laissant de 0 à 3.5V, au lieu de 0 à 1500 hPa.	15
33 :10	Il change l'échelle de l'axe du capteur transformé en mettant 0 – 1500. Il constate ainsi qu'il a pris quelques données expérimentales. Il revient en page d'accueil	16
34 :35	Après avoir cliqué sur le mode vumètre, mais ne pas avoir testé les signaux, il retourne en mode graphique.	17

34 :45	Essai 2 validation en mode graphique : Il prend des mesures en fonction du temps. Il a pris les paramètres par défaut. Il prend une centaine de points. Toutefois, seuls les points de l'étalon s'affichent étant donné que l'échelle de l'axe du capteur construit ne s'est pas ajustée automatiquement.	18
35 :20	Il change l'échelle de l'axe du capteur construit. Les points mesurés par le capteur s'affichent.	19
36 :00	Il change l'échelle de l'axe de l'étalon. Les points mesurés par ce capteur vont se superposer à ceux du capteur construit.	20
36 :30	Il place les deux capteurs l'un par rapport à l'autre. Il observe un nuage de points sous la forme d'une droite. Il ne semble toutefois pas satisfait, car il ne sauvegarde pas ces données.	21
36 :50	Essai 3 validation en mode graphique. Il place les deux capteurs l'un par rapport à l'autre. Les échelles des axes sont celles qu'il a paramétrées précédemment étant donné qu'il n'est pas revenu en page d'accueil. Aucun point ne s'affiche (car la fréquence d'acquisition n'a pas été changée.)	22
37 :17	Il change les paramètres expérimentaux. Il augmente la fréquence des mesures et le nombre de points.	23
37 :35	Essai 4 validation en mode graphique. Il prend plusieurs centaines de points. Il retourne en page d'accueil.	24
39 :27	Il clique sur le capteur de pression qu'il a construit et sélectionne étudier ce capteur en fonction d'une entrée manuelle. Il retourne en page d'accueil. Il clique ensuite sur le vumètre et revient en page d'accueil.	25
40 :00	Il retourne en mode graphique. Il place les deux capteurs l'un par rapport à l'autre.	26
40 :30	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant la fréquence des points et le nombre de points pris. Il change l'échelle de l'axe du capteur construit pour que des mesures s'affichent.	27
41 :00	Essai 5 validation en mode graphique. Il prend une centaine de points.	28
41 :15	Il change les échelles des deux axes pour que les points prennent un maximum d'espace sur le graphique.	29
41 :55	Il sélectionne l'outil mathématique taux de variation et détermine le taux de variation de ses données.	30
43 :10	Il modélise les données de son nuage de points à l'aide du modéliseur et de la droite.	31
44 :40	Il change l'axe pour avoir le temps en abscisses. Il change l'échelle pour avoir les données sur tout le graphique. Il revient toutefois à son graphique initial et refait le taux de variation. Il semble satisfait de ses données.	32

<b>Code</b>	<b>Nb d'actions - sujet 10</b>	<b>Ligne</b>
ETA2	1	3
ETU9	1	<u>25</u>
PE27	5	4;6;14;23;27
PE28	4	4;14;23;27
AT30	1	7
AT31	1	5
AV33	3	18;24;28
AV34	2	15;22
FL36	2	9;31
FL39	2	30;32
FL43	3	<u>2;17;25</u>
FL45	2	11;26
FL46	7	8;16;18;19;27;28;32
FL47	1	32
FL49	3	13;21;26
FL61	2	16;24
MP67	2	5;7
MP69	1	2
MP74	1	1
MP76	1	1
AA91	1	10
AA92	1	10
PQ105	1	12
Nb total d'actions	48	
<u>Actions inefficaces</u>	<u>3</u>	
<b>Coefficient d'efficacité</b>	<b>94%</b>	

## Sujet 11

### Questions posées

Section 1	Q : Je veux savoir, la seringue ne semble pas entrer dans le raccord en T. Est-ce qu'il me manque du matériel? R : Non, il ne te manque pas de matériel.
-----------	--

Démarche chronologique de certaines étapes clés de la construction du capteur de pression

2 :34	Il pose la question 1. Il essaie d'entrer la seringue dans le raccord en T. Il connecte les fils à la capsule universelle du premier coup. Il réalise le montage expérimental.	1
5 :00	Il passe en mode vumètre et teste le signal de ses deux capteurs.	2
7 :20	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure : manomètre. Il passe en mode graphique, mais ne lance pas d'acquisition. Il revient en page d'accueil.	3
7 :45	Il sélectionne la fenêtre capteur universel et crée automatiquement un capteur de pression. Il était mentionné dans le document de ne pas faire cela, mais peut-être n'était-il pas rendu là.	4
7 :50	Il passe en mode graphique. Le capteur étalon et le capteur transformé automatiquement varient en fonction du temps.	5
8 :00	Essai 1 en mode graphique : Il lance une acquisition et voit que les deux capteurs prennent les mêmes mesures.	6
8 :40	Il passe en mode vumètre et teste le signal des deux capteurs. Il constate qu'ils varient de la même façon.	7
9 :00	Essai 2 en mode graphique : Il lance une acquisition sur 20s. Les deux capteurs prennent les mêmes mesures.	8
20 :00	Il relance le logiciel. Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction étudier ce capteur en fonction d'une entrée manuelle (pression). Il passe en mode graphique, mais revient en page d'accueil.	9
21 :00	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure : manomètre.	10
21 :20	Essai 3 en mode graphique. Il obtient quelques points. Il revient en page d'accueil.	11
21 :40	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure : manomètre.	12
21 :50	Essai 4 en mode graphique : Idem essai 2. Il revient en page d'accueil.	13
22 :15	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure : manomètre.	14
22 :30	Il change les paramètres d'expérimentation en augmentant la fréquence d'acquisition.	15
22 :35	Essai 5 en mode graphique. Il obtient une vingtaine de points.	16
22 :55	Il utilise l'outil mathématique taux de variation pour trouver la pente de son nuage du point.	17
23 :05	Il sélectionne le modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur ses données.	18

24 :00	Il assigne la fonction au capteur. Quand il veut l'appliquer au capteur, il ne se souvient plus quelle était son équation et il y en a beaucoup qui sont enregistrées dans le logiciel. Il ouvre son graphique et voit l'équation, mais il semble vouloir s'assurer qu'il a la bonne équation et refait une expérience.	19
25 :45	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure : manomètre.	20
25 :50	Il change les paramètres d'expérimentation en augmentant la fréquence d'acquisition.	21
25 :55	Essai 6 en mode graphique. Il obtient une vingtaine de points.	22
26 :07	Il sélectionne le modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur ses données. Il note l'équation qui est différente de celle indiquée dans son protocole.	23
26 :45	Il assigne la fonction au capteur et l'applique en page d'accueil.	24
27 :05	Il passe en mode graphique. Il change les paramètres d'acquisition pour augmenter le temps de l'essai.	25
27 :10	Essai 1 validation en mode graphique. Il fait varier la pression des capteurs en tirant et poussant sur la seringue durant 20 secondes. Comme le capteur de pression construit n'a pas une échelle adéquate, il n'apparaît pas dans la prise de mesure. Seules les valeurs du capteur pression étalon apparaissent. Il retourne en page d'accueil.	26
27 :45	Il clique sur le capteur pression construit et sélectionne la fonction propriétés du capteur. Il change le minimum et le maximum du capteur, pour régler le problème d'échelle, mais il change aussi le nom et l'unité de mesure du capteur construit (qui affichait des volts).	27
28 :05	Il passe en mode graphique.	28
28 :15	Essai 2 validation en mode graphique. Il fait varier les deux capteurs. Des données s'affichent pour les deux capteurs sur 10 secondes. Il revient en page d'accueil.	29
28 :50	Il clique sur le capteur transformé et sélectionne la fonction étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure : manomètre.	30
29 :00	Essai 7 en mode graphique. Il ne fait pas varier la seringue. Il n'obtient aucun point. Il revient en page d'accueil.	31
30 :00	Il clique sur le capteur transformé et sélectionne la fonction étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure : manomètre.	32
31 :10	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant la fréquence et le nombre de points.	33
31 :15	Essai 8 en mode graphique. Il pousse sur la seringue et obtient une vingtaine de points.	34
31 :30	Il sélectionne le modéliseur et choisit la droite qu'il applique à ses données.	35
31 :48	Il assigne l'équation au capteur et l'applique.	36
32 :00	Il passe en mode vumètre pour étudier le signal des deux capteurs. Celui du capteur construit est au maximum, car il n'a pas changé l'échelle du capteur construit.	37
32 :15	Il clique sur le capteur pression construit et sélectionne la fonction propriétés du capteur. Il change le minimum et le maximum du capteur, pour régler le	38

	problème d'échelle, mais il change aussi le nom et l'unité de mesure du capteur construit. Il ferme le logiciel et le relance.	
32 :45	Il clique directement sur le capteur universel et sélectionne propriété du capteur. Il change son nom pour pression, son unité de mesure et établit son maximum à 1500 hPa.	39
33 :30	Il clique sur le capteur universel (qu'il a appelé pression en changeant les propriétés du capteur) et sélectionne la fonction étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure : manomètre.	40
34 :00	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant la fréquence des points.	41
34 :06	Essai 9 en mode graphique. Il prend une vingtaine de points.	42
34 :14	Il sélectionne le modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur son nuage de points.	43
34 :30	En sauvegardant le graphique, le logiciel a rencontré un problème de connexion et il a fermé.	44
35 :17	Il clique sur capteur virtuel. Il insère un nom, mais revient en page d'accueil.	45
35 :45	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure : manomètre.	46
36 :00	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant la fréquence des points.	47
36 :05	Essai 10 en mode graphique. Il prend une centaine de points.	48
36 :20	Il sélectionne le modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur son nuage de points. Il assigne la fonction au capteur. Il revient en page d'accueil.	49
37 :00	Il clique directement sur le capteur universel et sélectionne propriété du capteur. Il change son nom pour pression, son unité de mesure et établit son maximum à 1500 hPa. Il ferme et relance le logiciel.	50
38 :00	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : manomètre.	51
38 :20	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant la fréquence des points.	52
38 :25	Essai 11 en mode graphique. Il prend une vingtaine de points.	53
38 :35	Il sélectionne le modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur son nuage de points. Il assigne la fonction au capteur. Il revient en page d'accueil.	54
38 :50	En sauvegardant, le logiciel a rencontré un problème de connexion et il a fermé.	55
39 :00	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : manomètre.	56
39 :05	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant la fréquence des points.	57
39 :10	Quand il vient pour faire une acquisition de données, le logiciel lui affiche un message d'erreur (je ne sais pas lequel). Il n'est pas possible de faire une acquisition. C'est un bogue du logiciel. Il ferme et relance le logiciel.	58
39 :30	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : manomètre.	59

39 :35	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant la fréquence des points.	60
39 :40	Essai 12 en mode graphique. Il prend une vingtaine de points.	61
40 :00	Il sélectionne le modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur son nuage de points. Il assigne la fonction au capteur. Il revient en page d'accueil.	62
40 :19	Il assigne et applique la fonction au capteur universel.	63
40 :30	Il passe en mode graphique.	64
40 :35	Il change les paramètres expérimentaux pour avoir une acquisition sur 20 s.	65
41 :00	Essai 3 validation en mode graphique. Seules les mesures du capteur étalon s'affichent. Le problème de l'échelle des axes réapparaît, car il ne les a pas changés.	66
41 :15	Il change l'échelle de l'axe du capteur transformé	67
41 :37	Il clique sur le capteur transformé et sélectionne propriété du capteur. Il change son nom pour pression, son unité de mesure et établit son maximum à 1500 hPa.	68
42 :20	Il supprime la fonction qu'il a appliquée.	69
42 :30	Il clique sur le capteur universel et sélectionne propriété du capteur. Il change son nom pour pression, son unité de mesure et établit son maximum à 1500 hPa. Il ferme et relance le logiciel.	70
43 :08	Il clique sur le capteur étalon de pression et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieur : Capteur universel.	71
43 :16	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant le nombre de points et en augmentant la fréquence des points.	72
43 :30	Essai 13 en mode graphique. Il obtient une vingtaine de points.	73
43 :40	Il sélectionne le modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur son nuage de points. Il semble satisfait de ces résultats. Il fait un imprimé-écran de ce graphique qu'il remettra dans son rapport.	74
45 :15	Il assigne la fonction au capteur.	75
45 :30	En page d'accueil, il clique sur le capteur universel et lui applique une fonction (qui n'est pas celle qu'il venait de modéliser, car il aurait dû cliquer sur le capteur étalon pour l'appliquer).	76
46 :40	Il clique sur le capteur transformé et sélectionne propriété du capteur. Il change son nom pour pression, son unité de mesure et établit son maximum à 1500 hPa.	77
46 :02	Il passe en mode graphique.	78
46 :05	Il change les paramètres expérimentaux pour avoir une acquisition de 20 secondes.	79
46 :10	Essai 4 validation en mode graphique. Les deux capteurs prennent des mesures. Il semble satisfait de ces résultats. Il fait un imprimé-écran de ce graphique qu'il remettra dans son rapport.	80



Code	Nb d'actions - sujet 11	Ligne
T1	3	51;56;59
ETA2	7	3;10;12;14;20;40;46
ETU7	1	<u>9</u>
T19	1	<u>71</u>
ETA25	2	<u>30;32</u>
PE27	9	15;21;33;41;47;52;57;60;72
PE28	2	33;72
PE29	3	25;65;79
AT30	12	<u>6;8;11;13;16;22;34;42;48;53;61;73</u>
AT31	1	<u>31</u>
AV33	3	26;29;80
AV35	1	66
FL36	8	18;23;35;43;49;54;62;74
FL39	1	17
FL43	3	<u>2;7;37</u>
FL45	5	<u>5;25;28;64;78</u>
FL46	1	67
FL51	1	<u>45</u>
FL53	1	<u>4</u>
FL54	4	27; <u>38</u> ;68;77
FL55	3	39; <u>50;70</u>
FL61	4	3;929;32
FL63	1	<u>19</u>
FL65	5	9; <u>38;50;58;70</u>
MP67	1	26
MP70	1	34
MP74	1	1
MP76	1	1
MP83	1	<u>1</u>
AA91	7	19;24; <u>36</u> ;49;54;63;73
AA92	2	24;36
AA93	1	69
AA94	2	<u>63;76</u>
PQ99	2	44;55
PQ103	1	58
PQ107	1	<u>1</u>
Nb total d'actions	103	
Actions inefficaces	<u>23</u>	
<b>Coefficient d'efficacité</b>	<b>78%</b>	

## Sujet 12

### Questions posées

Section 1	Q : Est-ce normal que je n'aie pas de signal? R : Non. L'enseignant déconnecte et rebranche le capteur étalon et le retransforme en capteur de pression. Il passe en mode vumètre et n'observe pas de variation. Le capteur est dans le tapis. Il débranche et rebranche l'interface, tout en relançant le logiciel. Cela ne fonctionne pas. Il donne un nouveau capteur étalon à l'étudiant.
Section 1	Q : Rien ne fonctionne. R : L'enseignant le refait avec lui et se rend compte que rien ne fonctionne, que la fonction de la capsule universelle étalon est perdue. L'enseignant lui donne un capteur de pression ExAO de quelqu'un qui a déjà terminé.
Section 1	Q : Ma capsule universelle ne fonctionne pas. R : L'enseignant en essaie une autre qui ne semble pas fonctionner non plus. Il change l'étudiant de poste de travail.

### Démarche chronologique de certaines étapes clés de la construction du capteur de pression

2 :00	Il effectue le schéma du montage du premier coup.	1
2 :45	Il connecte les fils à la capsule universelle du premier coup.	2
7 :22	Il clique sur la capsule universelle et sélectionne la fonction étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	3
7 :30	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant la fréquence.	4
8 :00	Essai 1 en mode graphique. Il tire sur la seringue. Aucun point n'est pris. Il s'agit d'un bogue du prototype.	5
8 :40	Il vérifie les jonctions des différents tubes pour s'assurer que tout est étanche et qu'il n'y a pas de fuite d'air.	6
9 :10	Il déconnecte la seringue et la positionne au maximum. Il la reconnecte.	7
9 :25	Essai 2 en mode graphique. Il pousse sur la seringue. Aucun point n'est pris. Bogue du prototype.	8
9 :40	Il vérifie l'étanchéité des différents tuyaux. Il déconnecte et reconnecte la seringue au maximum.	9
10 :15	Essai 3 : Idem essai 2. Bogue prototype	10
10 :45	Essai 4 : Idem essai 2. Bogue prototype	11
11 :00	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant la fréquence au maximum. Il déconnecte la seringue, la met au minimum et la reconnecte.	12
11 :30	Essai 5 en mode graphique. Il tire et il pousse sur la seringue. Aucun point n'est pris. Bogue du prototype.	13
12 :30	Il revient en page d'accueil et passe en mode vumètre. Il se rend compte que la valeur du capteur étalon ne varie pas et que celle de la capsule universelle est	14

	au maximum. Il tire et il pousse avec la seringue. Il vérifie les tuyaux. Il déconnecte et reconnecte la seringue.	
14 :30	Il connecte la seringue seulement au capteur étalon. Il n'observe aucune variation en mode vumètre. Il demande l'aide de l'enseignant.	15
15 :10	Voir question 1 (section 1)	16
19 :15	Le nouveau capteur de pression étalon monté sur une capsule universelle varie seulement lorsqu'on tire sur la seringue. Il ne varie pas lorsqu'on pousse. L'enseignant dit à l'étudiant de tirer seulement.	17
21 :00	L'étudiant refait le montage et reconnecte la capsule universelle.	18
21 :15	Il retransforme le capteur pression monté sur une capsule universelle, car la fonction semble disparue.	19
22 :10	Il clique sur la capsule universelle et sélectionne la fonction étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	20
22 :30	Il change les paramètres expérimentaux. Il augmente la fréquence au maximum.	21
22 :35	Essai 6 en mode graphique. Il tire sur la seringue. Aucun point n'est pris.	22
23 :00	Essai 7 : Idem essai 6.	23
23 :25	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant la fréquence au maximum.	24
23 :30	Essai 8 : Idem essai 6. Il revient en page d'accueil.	25
23 :45	Le capteur universel étalon a perdu sa fonction de transformation. Il retransforme le capteur universel étalon en capteur pression.	26
24 :45	Il clique sur la capsule universelle et sélectionne la fonction étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	27
24 :50	Il change les paramètres expérimentaux. Il augmente la fréquence au maximum.	28
25 :00	Essai 9 : Idem essai 6. Il revient en page d'accueil. Le capteur universel étalon a perdu sa fonction.	29
25 :25	Il vérifie la connexion des fils sur le capteur universel étalon de pression.	30
25 :45	Il retransforme le capteur pression monté sur une capsule universelle, car la fonction semble disparue.	31
26 :10	Il passe en mode vumètre. Il tire sur la seringue. Ni le capteur universel étalon de pression ni la capsule universelle avec le transducteur ne varient.	32
26 :30	Il vérifie les connexions des tuyaux sur son montage. Il refait un test, rien ne varie.	33
27 :00	Il pose la question 2 à l'enseignant (section 1)	34
32 :30	Il branche le capteur de pression ExAO.	35
33 :00	Il passe en mode vumètre pour tester le signal. Le capteur étalon fonctionne adéquatement, mais le capteur universel est au maximum et ne semble pas fonctionner. Il décale la valeur du capteur universel à 0 et le teste en y connectant la seringue. Il n'observe aucune variation.	36
35 :40	Il déconnecte le capteur universel et le reconnecte. Il décale la valeur à 1 et le teste. Il n'observe aucune variation.	37

36 :20	Il déconnecte la capsule universelle et revoit les connexions des fils. Il les ajuste. Il reconnecte la capsule. Il passe en mode vumètre, mais n'observe aucune variation.	38
38 :50	Il connecte la seringue seulement à la capsule universelle et en tirant, il observe une diminution de la pression en mode vumètre.	39
39 :00	Il refait le montage. En mode vumètre, en tirant sur la seringue, il observe seulement une diminution de la pression du capteur étalon et non plus une diminution de la capsule universelle.	40
39 :20	Il pose la question 3 à l'enseignant (section 1)	41
43 :53	Il a changé de poste de travail pour refaire son expérimentation.	42
45 :20	Il clique sur la capsule universelle et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	43
45 :40	Il change les paramètres expérimentaux. Il augmente la fréquence au maximum et le nombre de points. Il déconnecte la seringue, la met au maximum et la reconnecte.	44
46 :00	Essai 10 en mode graphique. Il pousse sur la seringue. Une vingtaine de points sont pris. Il déconnecte la seringue, la met au maximum et la reconnecte.	45
46 :44	Essai 11 en mode graphique. Il pousse sur la seringue et tire sur la seringue. Une vingtaine de points sont pris. Il déconnecte la seringue.	46
47 :05	Il sélectionne le modéliseur, choisit la droite et l'applique sur son graphique.	47
50 :15	Il assigne la fonction au capteur.	48
60 :00	Il applique la fonction au capteur	49
60 :20	Il clique sur le capteur construit et sélectionne la fonction étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure : manomètre. Il revient en page d'accueil.	50
60 :40	Il clique sur le capteur étalon et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : universel. Il revient en page d'accueil.	51
60 :55	Il clique sur le capteur construit et sélectionne la fonction étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure : manomètre.	52
61 :00	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant la fréquence des points.	53
61 :10	Essai 1 validation en mode graphique. Il tire et il pousse sur la seringue. Il prend une vingtaine de points.	54
61 :40	Il sélectionne l'outil mathématique taux de variation et prend le taux de variation de son nuage de points. Il le supprime.	55
61 :45	Il sélectionne l'outil modéliseur, choisit la droite et l'applique sur son nuage de points. Il revient en page d'accueil.	56
64 :38	Il passe en mode graphique. Il change les axes pour mettre les capteurs l'un par rapport à l'autre.	57
65 :10	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant la fréquence des points.	58
65 :20	Essai 2 validation en mode graphique. Il pousse et il tire sur la seringue. Il déconnecte la seringue.	59
72 :04	Il sélectionne le taux de variation et trouve la pente de son nuage de points.	60

<b>Code</b>	<b>Nb d'actions - sujet 12</b>	<b>Ligne</b>
T1	1	43
ETA2	3	3;20;27
T19	1	<u>51</u>
ETA25	2	<u>50;52</u>
PE27	8	4;12;21;24;28;44;53;58
PE28	1	44
AT30	2	45;46
AT31	9	5;8;10;11;13;22;23;25;29
AV33	2	54;59
FL36	2	47;56
FL39	2	55;60
FL43	7	14;15;32;36;38;39;40
FL45	1	57
FL48	2	<u>36;37</u>
FL53	2	19;26
FL61	6	14;25;29;50;51;56
MP67	5	13;14;46;54;59
MP69	4	5;22;23;32
MP70	2	8;45
MP72	6	7;9;12;14;44;45
MP74	1	2
MP76	1	1
MP80	4	6;9;14;33
MP81	2	30;38
MP90	4	18;35;37;38
AA91	1	48
AA92	1	49
PQ101	7	5;8;10;11;13;36;40
PQ103	3	26;29;31
PQ104	1	26
PQ107	3	16;34;41
Nb total d'actions	97	
<u>Actions inefficaces</u>	<u>5</u>	
<b>Coefficient d'efficacité</b>	<b>95%</b>	

## Sujet 13

Démarche chronologique de certaines étapes clés de la construction du capteur de pression

1 :04	Il connecte les fils à la capsule universelle.	1
6 :05	Il effectue le montage expérimental du premier coup.	2
11 :30	Il sélectionne la fenêtre capsule universelle en page d'accueil pour faire la transformation automatique du capteur en capteur de pression. Il ferme le logiciel et le relance.	3
12 :20	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable interne : manomètre.	4
12 :50	Essai 1 en mode graphique. Il recueille quelques données en poussant et tirant sur la seringue.	5
13 :15	Il sélectionne l'outil modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur ses données.	6
14 :05	Il assigne la fonction au capteur. Il retourne en page d'accueil.	7
14 :20	Il sélectionne la fenêtre capsule universelle en page d'accueil pour faire la transformation automatique du capteur en capteur de pression. Il note la fonction qu'il obtient par la transformation automatique.	8
15 :50	Il passe en mode graphique.	9
15 :55	Essai 2 (transformation automatique) en mode graphique. Il prend des données sur 10 s.	10
16 :35	Il se rend compte qu'il n'a pas le droit d'utiliser cette fonction. Il ferme et relance le logiciel.	11
17 :10	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable interne : manomètre.	12
19 :30	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant le nombre de points.	13
19 :50	Essai 3 en mode graphique. Il pousse et tire sur la seringue. Il prend quelques points. Il n'a pas déconnecté la seringue depuis son dernier essai.	14
23 :50	Il sélectionne le modéliseur, choisit la droite et l'applique sur ses données.	15
26 :47	Il assigne la fonction au capteur et l'applique à son capteur.	16
31 :45	Il passe en mode graphique pour valider son capteur.	17
32 :10	Essai 1 validation en mode graphique. Il prend des mesures sur 10 s avec les deux capteurs. Il semble satisfait de ses mesures.	18
36 :00	Essai 2 validation en mode graphique. Il fait un nouvel essai (pas une nouvelle expérience). Il prend des mesures supplémentaires sur le même graphique. Toutefois, il n'utilisera pas ces données dans son graphique de validation.	19

<b>Code</b>	<b>Nb d'actions - sujet 13</b>	<b>Ligne</b>
T1	2	4;12
PE28	1	13
AT30	2	5;14
AV33	4	<u>10</u> ;18;19;19
FL36	2	6;15
FL45	2	9;17
FL53	2	<u>3</u> ;8
FL65	2	3;11
MP67	2	5;14
MP74	1	1
MP75	1	1
MP76	1	2
AA91	2	7;16
AA92	1	16
Nb total d'actions	25	
<u>Actions inefficaces</u>	<u>3</u>	
<b>Coefficient d'efficacité</b>	<b>88%</b>	

## Sujet 14

Démarche chronologique de certaines étapes clés de la construction du capteur de pression

1 :27	Il connecte les fils sur la capsule universelle du premier coup.	1
5 :40	Après s'être interrogé sur la fonction du tuyau, il parvient à faire le montage expérimental. Toutefois, il connecte le long tuyau à la seringue et le petit au transducteur.	2
12 :40	Il passe en mode vumètre et teste le signal des deux capteurs. Il met un peu d'air dans la seringue et pousse. Les deux signaux varient légèrement. Il déconnecte la seringue.	3
17 :35	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : manomètre.	4
18 :30	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant la fréquence des points. Il connecte la seringue.	5
18 :45	Essai 1 en mode graphique. Il pousse un peu d'air avec la seringue et prend plusieurs points regroupés. (En effet, il n'a pas fait beaucoup varier la pression et il a une très grande fréquence d'acquisition.)	6
19 :10	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant au maximum le nombre de points expérimentaux.	7
19 :45	Essai 2 en mode graphique. Il pousse un peu plus d'air (le tiers de la seringue) et prend plusieurs points sur un petit intervalle, mais qui donnent tous sur une droite.	8
20 :20	Il change les paramètres expérimentaux en diminuant le nombre de points.	9
20 :30	Essai 3 en mode graphique. Il pousse de l'air (2/3 la seringue) et prend des centaines de mesures.	10
21 :00	Essai 4 en mode graphique. Il pousse l'air (toute la seringue) et prend des centaines de mesures.	11
21 :36	Il change l'échelle de l'axe des x pour que les données expérimentales prennent tout l'espace du graphique.	12
23 :12	Il sélectionne l'outil modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur ses données.	13
27 :00	Il assigne et applique la fonction au capteur.	14
37 :40	Il passe en mode graphique et revient en page d'accueil.	15
38 :30	Il passe en mode vumètre et teste le signal de ses deux capteurs. Il se rend compte que le signal du capteur construit ne varie pas.	16
39 :00	Il passe en mode graphique. Il place les deux capteurs l'un par rapport à l'autre.	17
39 :30	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant au maximum la fréquence des points et en augmentant le nombre de points.	18
39 :54	Essai 1 validation en mode graphique. Il pousse sur la seringue remplie d'air. Aucun point n'est mesuré.	19
40 :30	Il revient en page d'accueil. Il désactive la fonction sur le capteur universel construit.	20



40 :52	Il clique sur le capteur universel et clique sur étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure : manomètre. Il déconnecte la seringue entre chaque essai.	21
41 :25	Essai 5 en mode graphique. Il pousse sur la seringue remplie d'air. Aucun point n'est mesuré. Il revient en page d'accueil.	22
41 :50	Il active la fonction de transformation sur le capteur universel. Il passe en mode vumètre. Le signal du capteur construit ne varie pas.	23
43 :50	Il clique sur le capteur construit et sélectionne la fonction propriétés du capteur.	24
44 :15	Il passe en mode vumètre. Le signal du capteur construit ne varie pas. Seul le capteur étalon varie.	25
46 :50	Il retourne en page d'accueil et désactive la fonction de transformation.	26
47 :00	Il clique sur le capteur universel et clique sur la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : manomètre.	27
47 :10	Il affiche le tableur dans les paramètres.	28
47 :35	Essai 6 en mode graphique. Il pousse sur la seringue remplie d'air. Le tableur compile les données en même temps que plusieurs centaines de points s'affichent sur le graphique. Il change les échelles des axes pour avoir le nuage de points au centre de son graphique.	29
48 :45	Il sélectionne l'outil mathématique modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur son nuage de points.	30
49 :58	Il assigne et applique la nouvelle fonction de transformation au capteur universel.	31
51 :10	Il passe en mode vumètre. Il teste le signal des deux capteurs. Les deux signaux varient.	32
52 :00	Il passe en mode graphique et place les deux capteurs l'un par rapport à l'autre.	33
52 :10	Il change les paramètres expérimentaux. Il augmente la fréquence d'acquisition et le nombre de points.	34
52 :20	Essai 2 validation en mode graphique. Il prend une centaine de points.	35
53 :30	Il change les échelles des axes du graphique pour que le nuage de points prenne tout l'espace du graphique.	36
57 :12	En page d'accueil, il désactive la fonction d'application du capteur construit.	37
57 :25	Il clique sur le capteur universel et clique sur la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : manomètre.	38
57 :49	Il ajuste les paramètres expérimentaux pour que la fréquence soit grande, de même que le nombre de points.	39
58 :05	Essai 7 en mode graphique. Il pousse sur la seringue remplie d'air. Il obtient plusieurs centaines de points.	40
58 :30	Il sélectionne l'outil mathématique modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur son nuage de points.	41
58 :50	Il assigne la fonction au capteur et l'applique en page d'accueil.	42
59 :00	Il passe en mode vumètre et teste les signaux de ses deux capteurs.	43

60 :00	En page d'accueil, il clique sur le capteur construit et sélectionne la fonction propriétés du capteur. Il change l'unité de mesure pour que ce soit des hPa. En effet, le V reste après la transformation, quand ce devrait être plutôt des hPa étant donné que le capteur a été transformé.	44
--------	---	----

Code	Nb d'actions - sujet 14	Ligne
T1	3	4;27;38
ETA2	1	21
PE27	4	5; <u>18</u> ;34;39
PE28	5	7;9;18;34;39
AT30	6	6;8;10;11;29;40
AT31	1	<u>22</u>
AV33	1	35
AV34	1	<u>19</u>
FL36	3	13;30;41
FL41	1	28
FL43	6	3;16;23;25;32;43
FL45	3	<u>15</u> ;17;33
FL46	3	12;29;36
FL49	2	17;33
FL54	1	44
FL56	1	24
FL61	3	15;20;22
MP70	8	6;8;10;11;19;22;29;40
MP72	1	21
MP74	1	1
MP77	1	2
AA91	3	14;31;42
AA92	4	14;23;31;42
AA93	3	20;26; <u>37</u>
PQ104	1	29
Nb total d'actions	67	
<u>Actions inefficaces</u>	<u>6</u>	
<b>Coefficient d'efficacité</b>	<b>91%</b>	

## Sujet 15

### Questions posées

Section 1	Q : Je ne sais pas quoi faire. Je suis bloqué. Je ne suis pas capable d'enlever la fonction, même si je clique sur désactiver. R : Tu pourrais déconnecter et reconnecter la capsule universelle. Ensuite, tu dois sélectionner la fonction transformation en fonction d'une variable intérieure : manomètre. Finalement, tu pourrais inverser le long et le petit tuyau sur ton montage pour avoir une transformation adéquate.
Section 1	Q : Le capteur universel affiche 0. R : L'enseignant déconnecte et reconnecte la capsule universelle (bogue du logiciel qui garde en mémoire la fonction de transformation même lorsque celle-ci est désactivée). L'enseignant passe en mode graphique et fait la transformation. Il obtient des données.

### Démarche chronologique de certaines étapes clés de la construction du capteur de pression

6 :30	Connexion des fils à la capsule universelle	1
14 :00	Il complète le montage, après s'être interrogé grandement sur la façon de le monter.	2
18 :34	Il passe en mode vumètre pour tester le signal des deux capteurs. En poussant sur la seringue, les deux capteurs semblent variés.	3
22 :00	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une entrée manuelle. Il ne définit pas l'entrée manuelle au complet. Il revient en page d'accueil.	4
23 :21	Il passe en mode vumètre pour tester le signal des deux capteurs. En poussant sur la seringue, les deux capteurs semblent varier.	5
24 :00	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une entrée manuelle (volume).	6
25 :00	Essai 1 en mode graphique. Il prend une dizaine de données de tension en fonction du volume. Il pousse sur la seringue, sans la retenir entre chaque mesure.	7
26 :50	Il sélectionne le modéliseur et choisit la parabole et l'applique sur ses points.	8
29 :44	Il assigne et applique la fonction au capteur universel.	9
31 :00	Il passe en mode vumètre. Le capteur pression prend des mesures de pression, mais le capteur construit affiche 0 (il vient de lui appliquer une fonction parabolique. Il revient en page d'accueil.	10
31 :40	Il clique sur le capteur universel construit et lui applique une autre fonction qui avait été enregistrée dans une expérience précédente par l'ordinateur.	11
31 :42	Il passe en mode vumètre et s'aperçoit que la fonction qu'il a sélectionnée donne la même mesure que le capteur étalon.	12
34 :00	Il clique sur le capteur construit et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une entrée manuelle (volume).	13

34 :15	Essai 2 en mode graphique. Il prend une dizaine de données de pression en fonction du volume. Il pousse sur la seringue. Il ne déconnecte pas la seringue entre les essais.	14
34 :30	Il change l'échelle d'un des axes.	15
35 :21	Il sélectionne l'outil mathématique modéliseur et sélectionne les fonctions une à une. Il regarde l'équation que donne la droite qu'il a sélectionnée et la compare avec celle qu'il a appliquée la deuxième fois, déjà enregistré par l'ordinateur et qui donnait des mesures identiques au capteur étalon. Il retourne en page d'accueil.	16
36 :50	Il clique sur le capteur construit et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une entrée manuelle (volume).	17
37 :50	Essai 3 en mode graphique. Il prend une quelques données de pression en fonction du volume. Il pousse sur la seringue. Il retourne en page d'accueil.	18
40 :50	Il clique sur le capteur construit et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une entrée manuelle (volume). Il retourne en page d'accueil.	19
41 :11	Il clique sur le capteur pression étalon et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une entrée manuelle (volume).	20
41 :30	Essai 4 en mode graphique. Il prend une dizaine de données de pression en fonction du volume. Il pousse sur la seringue.	21
42 :40	Il sélectionne le modéliseur et choisit la parabole et l'applique sur ses points.	22
43 :00	Il assigne et applique la fonction au capteur pression.	23
43 :36	Il passe en mode vumètre. Le capteur construit (avec la fonction sauvegardée du sujet précédent) affiche une mesure de pression, tandis que le capteur étalon de pression transformée affiche 0.	24
43 :45	Il retourne en page d'accueil et désactive la fonction de transformation qu'il venait d'appliquer sur le capteur étalon de pression.	25
45 :03	Il clique sur le capteur universel construit et lui applique la première fonction de transformation (essai 1). Il passe en mode vumètre. Le capteur construit affiche 0 tandis que le capteur étalon affiche une mesure de pression. Il revient en page d'accueil.	26
45 :41	Il clique sur le capteur universel construit et sélectionne la fonction étudier ce capteur en fonction d'une entrée manuelle. Il revient en page d'accueil.	27
46 :24	Il clique sur le capteur construit et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une entrée manuelle sans définir d'entrée manuelle. Il retourne en page d'accueil et désactive la fonction de transformation qu'il a appliquée au capteur universel.	28
48 :22	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une entrée manuelle (volume). Il revient en page d'accueil.	29
50 :00	Il pose la question 1.	30
52 :45	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	31
52 :50	Essai 5 en mode graphique. Il pousse sur la seringue. Aucune donnée n'est prise.	32

53 :00	Il change les paramètres expérimentaux en diminuant le nombre de points et la fréquence.	33
54 :00	Essai 6 en mode graphique. Il pousse sur la seringue. Aucune donnée n'est prise.	34
54 :30	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant le nombre de points.	35
54 :45	Essai 7 en mode graphique. Il tire sur la seringue. Aucune donnée n'est prise. Il retourne en page d'accueil.	36
55 :10	Il passe en mode vumètre. Il teste les signaux des deux capteurs. Les deux capteurs affichent une variation semblable.	37
55 :30	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	38
56 :00	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant le nombre de points.	39
56 :30	Essai 8 en mode graphique. Il pousse sur la seringue. Une dizaine de données sont prises.	40
57 :10	Il sélectionne le modéliseur et choisit la droite et l'applique sur ses points	41
57 :34	Il assigne et applique la fonction au capteur.	42
57 :51	Il passe en mode vumètre. Le capteur de pression varie, mais le capteur construit ne varie pas. Il désactive la fonction de transformation du capteur construit en page d'accueil.	43
58 :17	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	44
58 :40	Il change les paramètres expérimentaux en diminuant le nombre de points et la fréquence.	45
58 :50	Essai 9 en mode graphique. Il pousse sur la seringue. Aucune donnée n'est prise.	46
59 :30	Essai 10 et 11 en mode graphique. Aucun point n'est pris. Il retourne en page d'accueil.	47
60 :00	Il passe en mode vumètre. Le capteur de pression varie, tandis que le capteur universel affiche 0. (bogue du logiciel)	48
60 :30	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	49
61 :00	Essai 12 en mode graphique. Aucune donnée n'est prise. Il essaie de quitter le mode graphique pour retourner en page d'accueil, mais n'y arrive pas étant donné qu'il est en cours d'acquisition. Il ne comprend pas pourquoi il ne peut pas quitter le mode graphique. Il arrête l'acquisition et retourne en page d'accueil.	50
61 :47	Il retourne en mode vumètre. Le capteur de pression varie, tandis que le capteur universel affiche 0. (bogue du logiciel)	51
62 :50	Il pose la question 2.	52
68 :30	Essai 13 en mode graphique. Quelques points sont pris.	53
69 :00	Il change les paramètres d'acquisition en augmentant le nombre de points.	54
69 :15	Essai 14 en mode graphique. Quelques points sont pris.	55

69 :25	Il sélectionne le modéliseur et choisit la droite et l'applique sur ses points	56
70 :00	Il assigne et applique la fonction au capteur universel.	57
70 :21	Il passe en mode vumètre. Le capteur étalon et le capteur construit varient de la même façon. Il retourne en page d'accueil.	58
73 :33	Il passe en mode graphique. Il place les deux capteurs l'un par rapport à l'autre, mais remet le temps en abscisse.	59
74 :00	Essai 1 validation en mode graphique. Il prend des mesures sur 10 secondes en poussant sur la seringue. Il semble satisfait de ses résultats étant donné que la mesure des deux capteurs se rapproche.	60

Code	Nb d'actions - sujet 15	Ligne
T1	4	31;38;44;49
T4	2	<u>6;29</u>

T5	1	<u>4</u>
ETU11	1	<u>27</u>
T21	1	<u>20</u>
T23	3	<u>13;17;19</u>
T24	1	<u>28</u>
PE27	2	<u>33;45</u>
PE28	5	<u>33;35;39;45;54</u>
AT30	7	<u>7;14;18;21;40;53;55</u>
AT31	7	<u>32;34;36;46;47;47;50</u>
AV33	1	60
FL36	3	16;41;56
FL37	2	<u>8;22</u>
FL38	1	<u>16</u>
FL43	11	3;5;10;11;24;26;37;43;48;51;58
FL45	1	59
FL46	1	15
FL49	1	<u>59</u>
FL61	5	18;19;29;36;47
FL64	1	<u>50</u>
MP69	1	36
MP70	7	14;18;21;32;34;46;60
MP71	1	<u>7</u>
MP74	1	1
MP77	1	2
MP89	1	2
AA91	4	9;23;42;57
AA92	4	9;26;42;57
AA93	3	25;28;43
AA95	1	<u>11</u>
AA96	1	<u>11</u>
AA97	1	23
AA98	1	52
PQ103	3	30;48;51
PQ108	2	30; <u>52</u>
PQ110	1	<u>30</u>
PQ111	1	<u>30</u>
Nb total d'actions	95	
Actions inefficaces	<u>32</u>	
<b>Coefficient d'efficacité</b>	66%	

## Sujet 16

### Questions posées

Section 1	Il demande à l'enseignant de l'aide pour effectuer la connexion de ses fils.
-----------	--

Démarche chronologique de certaines étapes clés de la construction du capteur de pression

0 :30	Il effectue le montage expérimental. Il connecte les fils à la capsule universelle.	1
7 :41	Il passe en mode vumètre. Il tire sur la seringue connectée au transducteur, mais le signal ne varie pas. Il ferme le logiciel. Il retire la capsule universelle et vérifie la connexion des fils. Il avait en effet connecté le fil blanc sur la borne +, le rouge sur la borne – et le noir sur le signal.	2
9 :30	Il relance le logiciel. Il passe en mode vumètre. Il tire sur la seringue connectée au transducteur, mais le signal ne varie pas. Il ferme le logiciel. Il retire la capsule universelle et modifie la connexion des fils.	3
11 :00	Il relance le logiciel. Il passe en mode vumètre. Il tire sur la seringue connectée au transducteur, mais le signal ne varie pas. Il ferme le logiciel. Il retire la capsule universelle et modifie la connexion des fils.	4
11 :45	Il relance le logiciel. Il passe en mode vumètre. Il tire sur la seringue connectée au transducteur, mais le signal ne varie pas (le signal est saturé à 3.5V). Il ferme le logiciel. Il retire la capsule universelle et modifie la connexion des fils.	5
13 :00	Il modifie encore trois fois la connexion des fils à même la capsule universelle connectée à l'interface.	6
15 :00	L'enseignant vérifie ses connexions et lui dit comment connecter les fils. Il ferme et relance le logiciel.	7
16 :30	Il passe en mode vumètre et vérifie le signal du transducteur. Il ne varie toujours pas. Il vérifie les connexions. Il a de grandes difficultés à connecter les différents fils sur la capsule.	8
19 :00	Il retire la capsule universelle et retire les fils.	9
19 :46	L'enseignant vient lui redire comment connecter ses fils.	10
20 :52	Il connecte ses fils et teste la capsule universelle en mode vumètre. Il n'y a aucun signal. Il vérifie ses connexions, ferme le logiciel et le relance.	11
21 :52	Il passe en mode vumètre, mais il n'a toujours aucun signal. Il vérifie les connexions.	12
22 :20	Il réussit à faire varier le signal en mode vumètre.	13
24 :20	Il clique sur la capsule universelle et la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	14
25 :00	Essai 1 en mode graphique. Il ne tire ni ne pousse sur la seringue. Il ne prend aucune mesure. Il revient en page d'accueil.	15
26 :30	Il clique sur la capsule universelle et la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure: Manomètre.	16
27 :30	Essai 2 en mode graphique. Il tire sur la seringue. Il ne prend aucune mesure.	17



28 :10	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant presque au maximum la fréquence des mesures.	18
28 :40	Essai 3 en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue. Il obtient une centaine de points.	19
33 :00	Il sélectionne l'outil mathématique modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur son nuage de points.	20
36 :15	Il assigne et applique la fonction au capteur.	21
38 :40	Il passe en mode graphique et place les deux capteurs l'un par rapport à l'autre.	22
41 :45	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant presque au maximum la fréquence des mesures. Il déconnecte la seringue et la met au minimum avant de la reconnecter.	23
43 :00	Essai 1 validation en mode graphique. Il tire sur la seringue. Il obtient une dizaine de points.	24
44 :00	Il sélectionne l'outil mathématique modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur son nuage de points.	25

Code	Nb d'actions - sujet 16	Ligne
T1	2	14;16
PE27	2	18;23
AT30	1	19
AT31	2	15;17
AV33	1	24
FL36	2	20;25
FL43	7	2;3;4;5;8;11;12
FL45	1	22
FL49	1	22
FL61	1	15
FL65	6	2;3;4;5;7;11
MP67	1	19
MP69	5	2;3;4;17;24
MP72	1	23
MP74	1	1
MP76	1	1
MP81	10	2;3;4;5;6;6;6;8;11;12
MP85	4	3;4;5;9
AA91	1	21
AA92	1	21
PQ107	1	7
Nb total d'actions	52	
Actions inefficaces	1	
<b>Coefficient d'efficacité</b>	<b>98%</b>	

## Sujet 17

### Questions posées

Section 2	Q : Pourquoi ai-je un tel intervalle entre mes points? R : À cause des paramètres expérimentaux. Il faut que tu augmentes la fréquence en diminuant l'intervalle entre chaque prise de mesure.
-----------	--

### Démarche chronologique de certaines étapes clés de la construction du capteur de pression

7 :30	Il connecte les fils à la capsule universelle du premier coup.	1
9 :30	Il passe en mode multimètre pour voir les valeurs qui seront prises par les capteurs.	2
10 :30	Il fait le montage expérimental du premier coup.	3
12 :20	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	4
14 :10	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant le nombre de points et la fréquence d'acquisition.	5
14 :20	Essai 1 en mode graphique. Il tire sur la seringue et prend une dizaine de points.	6
20 :20	Il sélectionne l'outil modéliseur, choisit la droite qu'il applique sur son nuage de points.	7
21 :35	Il assigne et applique la fonction au capteur.	8
22 :20	Il passe en mode graphique. Il place les capteurs l'un par rapport à l'autre.	9
22 :40	Il déconnecte la seringue et la reconnecte.	10
22 :50	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant le nombre de points.	11
23 :00	Essai 1 validation en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue. Il obtient quelques centaines de points, mais sur une petite plage de points étant donné que le nombre de points n'est pas au maximum et que la fréquence d'acquisition est élevée.	12
23 :30	Il sélectionne l'outil taux de variation et fait le taux de variation de son nuage de points. Il revient en page d'accueil. Il ferme et relance le logiciel.	13
28 :35	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	14
30 :50	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant le nombre de points et la fréquence d'acquisition.	15
32 :50	Essai 2 en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue et prend une dizaine de points. Il revient en page d'accueil.	16
34 :00	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	17
35 :00	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant le nombre de points et la fréquence d'acquisition.	18

35 :10	Essai 3 en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue et prend une centaine de points. Il revient en page d'accueil.	19
37 :35	Il sélectionne l'outil modéliseur, choisit la droite qu'il applique sur son nuage de points.	20
40 :20	Il assigne et applique la fonction au capteur.	21
43 :00	Il passe en mode graphique. Il place les capteurs l'un par rapport à l'autre. Il déconnecte et reconnecte la seringue.	22
44 :40	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant le nombre de points.	23
45 :05	Essai 2 validation en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue. Il obtient une centaine de points, mais sur une petite plage de points étant donné que le nombre de points n'est pas au maximum et que la fréquence d'acquisition est élevée. Il clique sur nouvelle acquisition.	24
46 :40	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant le nombre de points, mais change aussi la fréquence en sélectionnant le temps dans l'onglet quand dans paramètres. La nouvelle fréquence affichée est plus petite.	25
46 :45	Essai 3 validation en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue. Il obtient quelques points.	26
47 :20	Il sélectionne l'outil taux de variation et fait le taux de variation de son nuage de points.	27
48 :00	Il pose la question 1. Il clique sur nouvelle acquisition.	28
48 :50	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant au maximum la fréquence des points et le nombre de points.	29
49 :20	Essai 4 validation en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue. Il obtient plusieurs centaines de points sur un large intervalle.	30
50 :10	Il sélectionne l'outil taux de variation et fait le taux de variation de son nuage de points. Il clique sur nouvelle acquisition.	31
50 :37	Il change les paramètres expérimentaux en diminuant le nombre de points ainsi que la fréquence d'acquisition.	32
51 :20	Essai 5 validation en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue. Il obtient plusieurs centaines de points sur un large intervalle.	33
53 :15	Il sélectionne l'outil taux de variation et fait le taux de variation de son nuage de points. Il semble satisfait par ce graphique.	34

<b>Code</b>	<b>Nb d'actions - sujet 17</b>	<b>Ligne</b>
T1	3	4; <u>14</u> ;16
PE27	6	5;15;18;25;29;32
PE28	8	5;11;15;18;23;25;29;32
AT30	3	6;16;19
AV33	5	12;24;26;30;33
FL36	2	7;20
FL39	4	13;27;31;34
FL43	1	2
FL45	2	9;22
FL49	2	9;22
FL61	2	13; <u>16</u>
FL65	1	13
MP67	7	12;16;19;24;26;30;33
MP69	1	6
MP72	2	10;22
MP74	1	1
MP76	1	3
AA91	2	8;21
AA92	2	8;21
PQ108	1	<u>28</u>
Nb total d'actions	56	
<u>Actions inefficaces</u>	<u>3</u>	
<b>Coefficient d'efficacité</b>	95%	

## Sujet 18

### Questions posées

Section 1	Q : Mes deux capteurs sont connectés, mais ils n'apparaissent pas sur l'écran. R : Le capteur de pression est connecté à l'envers, tandis que le capteur universel n'est pas assez enfoncé.
Section 6	Q : Je ne sais pas quoi faire. R : Vous devez cliquer sur la capsule universelle, et non pas sur le capteur de pression, et sélectionner la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure à l'ExAO : Manomètre.
Section 6	Q : Cela ne fonctionne pas. R : C'est le montage qui ne fonctionne pas. Le raccord en T et le petit tube servent à quelque chose.
Section 6	Q : Cela ne fonctionne pas. R : L'enseignant fait la démarche avec le sujet et tire complètement sur la seringue, ce que ne faisait pas le sujet.

### Démarche chronologique de certaines étapes clés de la construction du capteur de pression

19 :20	Il connecte les fils sur la capsule universelle.	1
28 :00	Il clique sur la fenêtre ouvrir et sur la fenêtre capteur virtuel.	2
29 :50	Il pose la question 1.	3
31 :49	Il clique sur le capteur de pression étalon et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une entrée manuelle (pression). Il ne passe pas en mode graphique.	4
34 :20	Il clique sur le capteur de pression étalon et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une entrée manuelle (pression). Il passe en mode graphique, mais voyant qu'il ne pouvait pas lancer d'acquisition, il revient en page d'accueil sans avoir fait d'entrées manuelles.	5
39 :15	Il passe en mode graphique à partir de la page d'accueil. Dans paramètres, il clique sur capteur virtuel, mais n'entre rien. Il revient en page d'accueil.	6
41 :00	Il clique sur le capteur de pression étalon et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une entrée manuelle (pression). Il passe en mode graphique, mais revient en page d'accueil.	7
41 :55	Il passe en mode graphique à partir de la page d'accueil. Dans paramètres, il retire le capteur universel. Il revient en page d'accueil.	8
43 :55	Il clique sur le capteur de pression étalon et sélectionne la fonction étalonner ce capteur en fonction d'une entrée manuelle (pression). Il revient en page d'accueil.	9
46 :00	Il pose la question 2	10
46 :40	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	11

47 :00	Dans paramètres, il crée un capteur virtuel. Il a cliqué sur créer le capteur virtuel, mais le logiciel lui a indiqué que l'équation ne devait pas être vide et la boîte du capteur virtuel s'est refermée automatiquement.	12
51 :30	Essai 1 en mode graphique. Aucun point n'est pris, car il ne fait pas varier le volume d'air dans la seringue. Il retourne en page d'accueil.	13
53 :30	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	14
54 :45	Il clique sur l'outil tableur et un tableur apparaît pour la mesure de la pression. Il essaie d'entrer les données manuellement.	15
57 :00	Il pose la question 3	16
58 :00	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	17
59 :00	Essai 2 en mode graphique. Il clique sur acquisition, mais tout de suite après, clique sur arrêter, pour ensuite tirer sur la seringue. Il se demande ensuite pourquoi il n'y a pas de données qui sont prises. Il retourne en page d'accueil.	18
60 :23	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	19
60 :35	Il change les paramètres en diminuant la fréquence d'acquisition.	20
60 :45	Essai 3 en mode graphique. Aucun point n'est pris. Il a trop diminué la fréquence d'acquisition et a poussé sur seulement le tiers de la seringue.	21
61 :30	Il pose la question 4.	22
62 :30	Essai 4 en mode graphique. Quelques mesures sont prises.	23
63 :00	Il sélectionne l'outil mathématique modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur son nuage de points.	24
66 :20	Il assigne et applique une fonction au capteur.	25
68 :53	Il passe en mode graphique.	26
70 :35	Il retire le capteur universel dans la fenêtre paramètre, et veut retirer l'autre capteur aussi, mais le logiciel lui dit que ce n'est pas possible étant donné qu'il doit y avoir au moins un capteur de connecter. Il retourne en page d'accueil.	27
72 :37	Il passe en mode graphique. Lorsqu'il clique sur acquisition, un message affiche qu'il est impossible de prendre deux mesures en même temps. Il s'agit d'un bogue du logiciel. L'enseignant débranche les capteurs et ferme le logiciel, avant de rebrancher et de relancer.	28
75 :00	Essai 1 validation en mode graphique. L'enseignant, pour valider que les capteurs fonctionnent, passe en mode graphique et lance l'acquisition. Le sujet en profite pour tirer sur la seringue et voir une diminution de la pression pour les deux capteurs. Il utilisera ce graphique pour sa validation.	29

<b>Code</b>	<b>Nb d'actions - sujet 18</b>	<b>Ligne</b>
T1	3	11;17;19
T20	3	<u>4;5;7</u>
ETA26	2	<u>9;14</u>
PE27	1	<u>20</u>
AT30	1	23
AT31	3	<u>13;18;21</u>
AV33	1	<u>29</u>
FL36	1	24
FL41	1	<u>15</u>
FL45	4	<u>6;8;26;28</u>
FL51	3	<u>2;6;12</u>
FL57	2	<u>8;27</u>
FL61	8	5;6;7;8;9;13;18;27
MP70	1	21
MP74	1	1
MP76	1	16
MP88	1	<u>3</u>
AA91	1	25
AA92	1	25
PQ103	1	28
PQ107	2	<u>3;16</u>
PQ109	2	<u>10;22</u>
PQ110	1	16
PQ111	1	10
Nb total d'actions	46	
<u>Actions inefficaces</u>	<u>19</u>	
<b>Coefficient d'efficacité</b>	<b>59%</b>	

## Sujet 19

Démarche chronologique de certaines étapes clés de la construction du capteur de pression

7 :00	Il connecte les fils sur la capsule universelle	1
15 :00	Il fait le montage expérimental	2
15 :50	L'enseignant vérifie les connexions sur la capsule universelle et il fait les ajustements.	3
26 :00	Directement en page d'accueil, il teste les signaux des deux capteurs.	4
27 :37	Il passe en mode graphique. Il revient en page d'accueil.	5
28 :10	Il clique sur la fenêtre capteur virtuel, entre quelques informations et revient en page d'accueil.	6
32 :10	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure : manomètre.	7
33 :00	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant le nombre de points.	8
33 :50	Essai 1 en mode graphique. Il tire sur la seringue. Aucun point n'est pris.	9
34 :10	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant la fréquence de la prise de mesure et en augmentant le nombre de points.	10
34 :20	Essai 2 en mode graphique. Il pousse sur la seringue. Quelques points sont pris.	11
35 :00	Essai 3 en mode graphique. Il tire sur la seringue. Quelques points sont pris.	12
36 :00	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant la fréquence de la prise de mesure.	13
36 :10	Essai 4 en mode graphique. Il pousse sur la seringue. Une dizaine de points sont pris.	14
45 :20	Il sélectionne le modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur ses données.	15
49 :45	Il assigne la fonction au capteur.	16
51 :27	Il clique sur l'onglet capteur virtuel et entre des informations. Quand il veut créer le capteur, un message apparaît comme quoi il a quelque chose à corriger pour compléter l'opération. Il revient en page d'accueil sans créer son capteur virtuel.	17
53 :00	Il clique sur l'onglet capteur virtuel et entre les informations de l'équation de la droite de transformation qu'il vient de déterminer. Il réussit à créer son capteur virtuel.	18
55 :00	Il passe en mode graphique. Il retire le capteur universel dans les paramètres. Il revient en page d'accueil.	19
55 :55	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une entrée manuelle. Il clique sur annuler.	20
56 :00	Il passe en mode graphique. Il retire le capteur universel dans les paramètres. Il revient en page d'accueil.	21
57 :20	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre. Il revient en page d'accueil.	22



57 :40	Il clique sur l'onglet capteur virtuel et entre des informations. Il réussit à créer un autre capteur virtuel.	23
58 :50	Il passe en mode graphique. Il retire (il me semble) le capteur étalon de pression ainsi que le capteur virtuel qu'il vient de créer dans les paramètres.	24
59 :00	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant le nombre de points.	25
59 :15	Essai 1 validation en mode graphique. Il n'obtient pas de points.	26
59 :39	Dans les paramètres, il clique sur créer une variable et la fenêtre du capteur virtuel apparaît. Il entre des informations. Il crée une variable. Il veut en créer une autre, mais ne la crée pas. Il revient en page d'accueil.	27
62 :00	Il supprime la dernière variable virtuelle qu'il a créée.	28
62 :15	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre. Il revient en page d'accueil.	29
62 :50	Il supprime le deuxième capteur virtuel qu'il a créé.	30
63 :00	Il passe en mode graphique. Il retire le capteur universel et le capteur de pression dans les paramètres. Il revient en page d'accueil.	31
67 :30	Il passe en mode graphique. Il retire le capteur universel dans les paramètres. Il place le capteur virtuel qu'il a créé en fonction du capteur pression étalon.	32
69 :30	Il ajuste la fréquence d'acquisition pour qu'elle soit grande.	33
69 :55	Essai 2 validation en mode graphique. Il pousse sur la seringue. Il obtient quelques points. Il ne déconnecte pas la seringue entre les essais, mais il pousse pour un essai et tire pour l'autre, ainsi de suite.	34
70 :24	Il change les paramètres expérimentaux pour augmenter la fréquence des points.	35
71 :00	Essai 3 validation en mode graphique. Il tire sur la seringue. Il obtient une dizaine de points.	36
73 :00	Il sélectionne le modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur ses données. Il obtient une pente de 1.	37

Code	Nb d'actions - sujet 19	Ligne
T1	2	<u>22;29</u>
ETA2	1	7
T5	1	<u>20</u>
PE27	4	10;13;33;35
PE28	3	8;10;25
AT30	3	11;12;14
AT31	1	9
AV33	2	34;36
AV34	1	26
FL36	2	15;37
FL44	1	4
FL45	6	<u>5;19;21;24;31;32</u>
FL49	1	32
FL51	3	<u>6;17;27</u>
FL52	3	18;23;27
FL57	6	<u>19;21;24;31;31;32</u>
FL58	2	28;30
FL61	7	5;19;21;22;27;29;31
MP69	3	9;12;36
MP70	3	11;14;34
MP74	1	1
MP76	1	1
AA91	1	16
Nb total d'actions	58	
<u>Actions inefficaces</u>	<u>13</u>	
<b>Coefficient d'efficacité</b>	<b>78%</b>	

## Sujet 20

### Questions posées

Section 6	Q : Je ne sais pas quoi faire. R : Tu vas devoir connecter les deux capteurs et étalonner le transducteur en fonction du capteur étalon de pression. L'enseignant connecte les deux capteurs et transforme automatiquement le capteur de pression monté sur une capsule universelle en capteur de pression étalon.
Section 6	Q : Dois-je utiliser la transformation d'une variable extérieure? R : Non, tu dois utiliser la transformation intérieure : manomètre, car l'étalon est mesuré par l'ExAO.
Section 2	Q : Je souhaite enlever la fonction de transformation que j'ai ajoutée au capteur étalon. R : L'enseignant débranche et rebranche le capteur et lui remet la transformation automatique.
Section 6	Q : Qu'est-ce que je fais? R : Tu passes en mode graphique et tu montres que le capteur que tu as construit prend des mesures adéquates.
Section 6	Q : Je ne comprends pas pourquoi je n'obtiens aucun point. R : C'est à cause de ton montage. La fréquence des points varie selon la variation, par exemple, de la pression du capteur étalon. Comme le capteur de pression étalon n'est pas connecté dans ton montage, sa pression ne peut jamais varier. Ainsi, il n'y aura aucun point qui puisse être pris.

### Démarche chronologique de certaines étapes clés de la construction du capteur de pression

15 :00	Il connecte les fils à la capsule universelle.	1
20 :00	Il pose la question 1.	2
35 :00	L'enseignant valide que son montage est adéquat.	3
44 :40	Il clique sur le capteur de pression étalon et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une entrée manuelle (Pression). Le logiciel affiche un message disant que le nom est déjà utilisé par un autre capteur. Il doit ajuster le nom et il passe en mode graphique. Il revient en page d'accueil.	4
48 :00	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une entrée manuelle (Pression).	5
50 :00	Il pose la question 2.	6
51 :00	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : manomètre.	7
55 :00	Essai 1 en mode graphique. Il prend trois points en poussant au complet la seringue. Il n'a pas changé la fréquence d'acquisition.	8
62 :15	Il sélectionne l'outil ajouter du texte pour mettre un titre ainsi que des axes au graphique.	9

64 :00	Il sélectionne l'outil mathématique modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur son nuage de points.	10
68 :20	Il assigne la fonction au capteur.	11
69 :36	Il applique la fonction de transformation au capteur de pression étalon, même si ce n'est pas la fonction qu'il vient d'assigner.	12
72 :38	Il pose la question 3.	13
73 :11	Il clique sur la capsule universelle et applique la fonction de transformation.	14
76 :00	Il pose la question 4.	15
76 :30	Il passe en mode graphique. Les deux capteurs sont présents.	16
76 :40	Il déconnecte le raccord en T et connecte la seringue uniquement sur le transducteur de pression.	17
78 :55	Il place les deux capteurs l'un par rapport à l'autre.	18
79 :41	Essai 1 validation en mode graphique. Il pousse sur la seringue et n'obtient aucun point. Il retourne en page d'accueil.	19
80 :32	Il passe en mode graphique. Il place les capteurs l'un par rapport à l'autre.	20
81 :00	Essai 2 validation en mode graphique. Il pousse sur la seringue et n'obtient aucun point. Il retourne en page d'accueil.	21
82 :00	Il passe en mode graphique. Il place les capteurs l'un par rapport à l'autre. Il retourne en page d'accueil.	22
83 :00	Il pose la question 5.	23
84 :00	Il fait son montage expérimental en plaçant adéquatement les deux capteurs en lien avec le raccord en T.	24
85 :00	Il passe en mode graphique. Il place les capteurs l'un par rapport à l'autre.	25
85 :45	Essai 3 validation en mode graphique. Il pousse sur la seringue et n'obtient aucun point. Il revient en page d'accueil.	26
86 :40	Il passe en mode graphique. Il place les capteurs l'un par rapport à l'autre.	27
87 :30	Essai 4 validation en mode graphique. Il pousse sur la seringue et n'obtient aucun point.	28

<b>Code</b>	<b>Nb d'actions - sujet 20</b>	<b>Ligne</b>
T1	1	7
T3	1	<u>5</u>
T20	1	<u>4</u>
AT30	1	7
AV34	4	<u>19;21;26;28</u>
FL36	1	10
FL42	1	9
FL45	5	16;20; <u>22;25;27</u>
FL49	5	<u>18;20;22;25;27</u>
FL61	5	4;19;21;22;26
MP70	5	8;19;21;26;28
MP74	1	1
MP76	1	3
MP78	1	<u>17</u>
AA91	1	11
AA92	1	14
AA94	1	<u>12</u>
AA97	1	<u>12</u>
PQ107	1	<u>13</u>
PQ108	2	<u>6;13</u>
PQ109	2	<u>2;15</u>
PQ110	1	<u>23</u>
PQ111	1	<u>6</u>
Nb total d'actions	44	
<u>Actions inefficaces</u>	<u>19</u>	
<b>Coefficient d'efficacité</b>	<b>57%</b>	

## Sujet 21

### Questions posées

Section 3	Q : Je ne trouve pas le format .xao. R : Tu ne le trouveras pas pour enregistrer ton document Word. Tu le trouveras quand tu enregistreras le graphique à partir du logiciel.
-----------	---

Démarche chronologique de certaines étapes clés de la construction du capteur de pression

3 :00	Il connecte les fils à la capsule universelle.	1
7 :00	Il effectue le montage du premier coup.	2
14 :50	Il doit effectuer des ajustements sur le branchement de la capsule universelle après vérification de l'enseignant.	3
17 :00	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une entrée manuelle (pression).	4
22 :00	Essai 1 en mode graphique. Il entre des volumes en entrée manuelle, même s'il a défini la pression. Il retourne en page d'accueil. Il ne déconnecte pas la seringue entre chaque essai.	5
23 :25	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une entrée manuelle (pression).	6
27 :00	Essai 2 en mode graphique. Il entre des volumes en entrée manuelle, même s'il a défini la pression. Il obtient une dizaine de points.	7
29 :55	Il sélectionne l'outil ajouter un texte. Il place la mention courbe d'étalonnage au-dessus de ses données, et définit aussi ses différents axes pour plus de clarté.	8
32 :00	Il sélectionne l'outil mathématique modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur son nuage de points.	9
34 :00	Il pose la question 1.	10
36 :05	Il retourne en page d'accueil.	11
36 :10	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une entrée manuelle (pression).	12
37 :20	Essai 3 en mode graphique. Il entre des volumes en entrée manuelle, même s'il a défini la pression. Il obtient une dizaine de points. Il retourne en page d'accueil.	13
40 :00	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une entrée manuelle (pression).	14
41 :30	Essai 4 en mode graphique. Il entre des volumes en entrée manuelle, même s'il a défini la pression. Il obtient une dizaine de points. Il retourne en page d'accueil.	15
42 :00	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une entrée manuelle (pression).	16
42 :30	Essai 5 en mode graphique. Il entre des volumes en entrée manuelle, même s'il a défini la pression. Il obtient une dizaine de points.	17

44 :00	Il sélectionne l'outil ajouter un texte. Il place la mention courbe d'étalonnage au-dessus de ses données, et définit aussi ses différents axes pour plus de clarté.	18
45 :30	Il sélectionne l'outil mathématique modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur son nuage de points.	19
47 :30	Il assigne et applique la fonction au capteur.	20
49 :55	Il clique sur le capteur construit et sélectionne la fonction étudier les capteurs connectés en fonction d'une entrée manuelle.	21
52 :00	Essai 1 validation en mode graphique. Il entre des volumes de 1 à 20. L'axe est pourtant défini comme de la tension.	22
53 :30	Il sélectionne l'outil ajouter un texte. Il place la mention courbe de validation au-dessus de ses données, et définit aussi ses différents axes pour plus de clarté.	23
54 :25	Il sélectionne l'outil mathématique modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur son nuage de points.	24

Code	Nb d'actions - sujet 21	Ligne
T3	5	<u>4;6;12;14;16</u>
ETU13	1	<u>21</u>
AT30	5	<u>5;7;13;15;17</u>
AV33	1	<u>22</u>
FL36	3	9;19;24
FL42	3	7;18;23
FL61	4	5;11;13;15
MP74	1	1
MP76	1	1
MP81	1	3
AA91	1	20
AA92	1	20
PQ108	1	10
Nb total d'actions	28	
<u>Actions inefficaces</u>	<u>12</u>	
<b>Coefficient d'efficacité</b>	<b>57%</b>	

## Sujet 22

Démarche chronologique de certaines étapes clés de la construction du capteur de pression

11 :30	Il connecte les fils à la capsule universelle. L'enseignant vérifie les connexions et lui demande de faire des ajustements.	1
13 :30	Il fait le montage. Toutefois, il connecte le petit tuyau au transducteur.	2
25 :50	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	3
26 :50	Essai 1 en mode graphique. Il pousse sur la seringue et obtient trois mesures. Il ne déconnecte pas la seringue entre les essais.	4
28 :30	Il sélectionne le modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur son nuage de points.	5
30 :30	Il assigne la fonction au capteur	6
32 :00	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	7
32 :15	Essai 2 en mode graphique. Il pousse sur la seringue et obtient trois mesures.	8
32 :42	Il sélectionne le modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur son nuage de points. Il ferme la fenêtre.	9
51 :30	Il ouvre son graphique à partir d'un fichier sur le bureau.	10
60 :00	L'enseignant applique la fonction de transformation suite à un problème du logiciel qui a demandé de fermer et relancer l'ExAO.	11
61 :00	Il passe en mode graphique.	12
61 :05	Essai 1 validation en mode graphique. Il fait une acquisition de données des capteurs en fonction du temps sur 10 secondes. Il clique sur nouvelle expérience.	13
61 :30	Il place les capteurs l'un par rapport à l'autre.	14
61 :47	Essai 2 validation en mode graphique. Il pousse sur la seringue et obtient quatre mesures.	15
62 :42	Il sélectionne le modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur son nuage de points.	16



<b>Code</b>	<b>Nb d'actions - sujet 22</b>	<b>Ligne</b>
T1	1	3
ETA2	1	<u>7</u>
AT30	2	4;8
AV33	2	13;15
FL36	3	5;9;16
FL45	1	12
FL49	1	14
MP70	3	4;8;15
MP74	1	1
MP77	1	2
MP81	1	1
AA91	1	6
PQ99	1	11
Nb total d'actions	19	
<u>Actions inefficaces</u>	<u>1</u>	
<b>Coefficient d'efficacité</b>	<b>95%</b>	

## Sujet 23

### Questions posées

Section 2	Q : Je ne sais pas quoi faire, la seringue ne semble pas fonctionner. R : Il faut cliquer sur le bouton acquisition pour qu'il y ait des mesures qui se prennent.
-----------	---

### Démarche chronologique de certaines étapes clés de la construction du capteur de pression

20 :00	Il fait le montage adéquat.	1
22 :30	Il connecte les fils sur la capsule universelle.	2
37 :50	Il clique sur la capsule universelle et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre. Il passe en mode graphique, mais revient en page d'accueil.	3
39 :25	Il clique sur la capsule universelle et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une entrée manuelle. Il n'entre pas d'informations dans la boîte de définition et clique sur annuler.	4
42 :26	Il clique sur la capsule universelle et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre. Il passe en mode graphique, mais revient en page d'accueil.	5
43 :05	Il clique sur la capsule universelle et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une entrée manuelle. Il n'entre pas d'informations dans la boîte de définition et clique sur annuler.	6
43 :14	Il clique sur la capsule universelle et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre. Il passe en mode graphique, mais revient en page d'accueil.	7
43 :50	Il clique sur la capsule universelle et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une entrée manuelle. Il entre pression dans le nom et clique sur annuler.	8
45 :26	Il clique sur la capsule universelle et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction de deux entrées manuelles. Il n'entre pas d'informations dans la boîte de définition et clique sur annuler.	9
45 :45	Il clique sur la capsule universelle et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une entrée manuelle. Il n'entre pas d'informations dans la boîte de définition et clique sur annuler.	10
46 :15	Il clique sur la capsule universelle et sélectionne la fonction étudier les capteurs connectés en fonction d'une entrée manuelle (volume). Il passe en mode graphique.	11
47 :30	Essai 1 en mode graphique. Il entre manuellement quelques mesures de volume en tirant sur la seringue.	12
48 :25	Il sélectionne l'outil modéliseur et revient en page d'accueil.	13
50 :18	Il clique sur la capsule universelle et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	14

50 :30	Il passe en mode graphique et pousse sur la seringue, mais ne lance pas d'acquisition.	15
54 :00	Il pose la question 1.	16
55 :50	Essai 2 en mode graphique. Il pousse sur la seringue et trois points sont pris. Il déconnecte et reconnecte la seringue.	17
56 :30	Essai 3 en mode graphique. Il tire sur la seringue et trois points sont pris. Il déconnecte et reconnecte la seringue.	18
58 :00	Essai 4 en mode graphique. Il tire sur la seringue et trois points sont pris.	19
59 :45	Il sélectionne l'outil modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur ses données.	20
61 :17	Il assigne la fonction au capteur.	21
61 :28	Il passe en mode vumètre et teste les signaux des deux capteurs.	22
63 :15	Il applique la fonction au capteur.	23
64 :00	Il passe en mode vumètre et teste les signaux des deux capteurs. Il remarque qu'il varie de la même façon.	24
66 :00	Il passe en mode graphique.	25
66 :10	Essai 1 validation en mode graphique. Il prend la pression des deux capteurs sur une acquisition de 10 s.	26
67 :30	Il change l'échelle de l'axe d'un des capteurs pour que les données prennent tout l'espace du graphique. Il se rend compte que cela ne convient pas étant donné que les points des deux capteurs ne sont plus superposés et il remet l'échelle initiale.	27
68 :40	Il sélectionne l'outil mathématique réticule et place sur son graphique les deux mesures de ses capteurs, prises à 0,705s.	28
71 :28	Il change le texte dans les coordonnées qui sont inscrites, en mettant le nom du capteur qui a pris la mesure, pour plus de clarté.	29

<b>Code</b>	<b>Nb d'actions - sujet 23</b>	<b>Ligne</b>
T1	4	<u>3;5;7;14</u>
T3	1	<u>8</u>
T5	3	<u>4;6;10</u>
T6	1	<u>9</u>
ETU14	1	<u>11</u>
AT30	3	17;18;19
AT31	1	<u>12</u>
AV33	1	26
FL36	2	13;20
FL40	1	28
FL42	1	29
FL43	2	22;24
FL45	2	15;25
FL46	1	27
FL61	4	<u>3;5;7;13</u>
MP69	3	<u>12;18;19</u>
MP70	2	15;17
MP72	2	17;18
MP74	1	2
MP76	1	1
MP86	1	<u>15</u>
AA91	1	21
AA92	1	23
PQ108	1	<u>16</u>
Nb total d'actions	41	
<u>Actions inefficaces</u>	<u>14</u>	
<b>Coefficient d'efficacité</b>	<b>66%</b>	

## Sujet 24

Démarche chronologique de certaines étapes clés de la construction du capteur de pression

10 :00	Il effectue le montage expérimental adéquat.	1
14 :00	Il connecte les fils sur la capsule universelle. L'enseignant lui dit d'interchanger deux fils et il fait les ajustements.	2
27 :10	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre. Il passe en mode graphique et affiche le tableur. Il revient en page d'accueil.	3
27 :48	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une entrée manuelle (pression).	4
30 :00	Essai 1 en mode graphique. Il prend une valeur et il revient en page d'accueil.	5
30 :14	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre. Il passe en mode graphique et revient en page d'accueil.	6
30 :23	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une entrée manuelle (volume).	7
31 :40	Essai 2 en mode graphique. Il prend une dizaine de valeurs en tirant sur la seringue sans la lâcher. Il revient en page d'accueil.	8
32 :45	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction de deux entrées manuelles. Il clique sur le bouton annuler.	9
32 :52	Il passe en mode graphique et revient en page d'accueil.	10
33 :05	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une entrée manuelle. Il clique sur annuler.	11
33 :40	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre. Il revient en page d'accueil.	12
34 :05	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre. Il passe en mode graphique et affiche le tableur. Il revient en page d'accueil. Il déconnecte et reconnecte la seringue.	13
35 :15	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction étudier les capteurs connectés en fonction d'une entrée manuelle (volume). Il affiche le tableur. Il revient en page d'accueil.	14
36 :00	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	15
36 :05	Il change les paramètres expérimentaux en ajustant la fréquence des points pour qu'elle reste élevée.	16
36 :10	Essai 3 en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue et obtient trois données. Il revient en page d'accueil.	17
37 :30	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	18
38 :00	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant la fréquence d'acquisition et le nombre de points.	19

38 :50	Essai 4 en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue et obtient une centaine de points.	20
43 :45	Il sélectionne l'outil modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur son nuage de points.	21
44 :35	Il change l'échelle de l'axe de la tension (en abscisse) et affiche le tableur.	22
51 :00	Il assigne et applique la fonction au capteur.	23
56 :43	Il clique sur le capteur transformé et sélectionne la fonction étudier les capteurs connectés en fonction d'une entrée manuelle (volume). Il place les capteurs l'un par rapport à l'autre.	24
58 :00	Essai 1 validation en mode graphique. Il prend une dizaine de points en entrant les volumes.	25
59 :30	Il inverse les axes.	26
62 :30	Il sélectionne l'outil modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur ses points.	27

Code	Nb d'actions - sujet 24	Ligne
T1	5	3;6;13;15;18
ETA2	1	<u>12</u>
T3	1	<u>4</u>
T4	1	<u>7</u>
T5	1	<u>11</u>
T6	1	<u>9</u>
ETU17	2	14;24
PE27	2	16;19
PE28	1	19
AT30	4	5;8;17;20
AV33	1	25
FL36	2	21;27
FL41	3	<u>3;13;22</u>
FL45	1	10
FL46	1	22
FL47	1	<u>26</u>
FL49	1	24
FL61	9	<u>3;5;6;8;10;12;13;14;17</u>
MP67	2	17;20
MP69	1	8
MP72	1	13
MP74	1	2
MP76	1	1
MP81	1	2
AA91	1	23
AA92	1	23
Nb total d'actions	47	
<u>Actions inefficaces</u>	<u>13</u>	
<b>Coefficient d'efficacité</b>	<b>72%</b>	

## Sujet 25

### Questions posées

Section 6	Q : Je ne sais pas pourquoi il y a un message d'erreur qui s'affiche lorsque je tente d'assigner la fonction. R : Je ne sais pas non plus, mais tu n'as pas utilisé la fonction adéquate qui est transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : manomètre.
-----------	--

### Démarche chronologique de certaines étapes clés de la construction du capteur de pression

14 :00	Il connecte les fils à la capsule universelle.	1
21 :00	L'enseignant vérifie son branchement et lui dit d'interchanger deux fils sur la capsule universelle.	2
23 :00	Il fait le montage expérimental comme il se doit. Il avait d'abord connecté le petit tuyau au transducteur, mais il s'est vite rendu compte que cela ne fonctionnait pas.	3
25 :30	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une entrée manuelle (volume).	4
27 :23	Essai 1 en mode graphique. Il entre de façon manuelle différents volumes en tirant sur la seringue. Il prend une dizaine de points. Il revient en page d'accueil.	5
29 :30	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une entrée manuelle (volume).	6
30 :00	Essai 2 en mode graphique. Il entre de façon manuelle différents volumes en poussant sur la seringue. Il prend une dizaine de points. Il revient en page d'accueil. Il ne déconnecte pas la seringue entre deux essais.	7
31 :15	Il change l'échelle de l'axe des ordonnées pour que le nuage de points prenne plus d'espace sur le graphique.	8
32 :00	Il sélectionne l'outil modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur son nuage de points.	9
40 :41	Il tente d'assigner la fonction au capteur, mais un message d'erreur s'affiche.	10
45 :20	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une entrée manuelle (volume).	11
45 :45	Essai 3 en mode graphique. Il entre de façon manuelle différents volumes en tirant sur la seringue. Il prend une dizaine de points.	12
47 :30	Il change l'échelle de l'axe des ordonnées.	13
47 :45	Il sélectionne l'outil modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur son nuage de points.	14
48 :53	Il tente d'assigner la fonction au capteur, mais un message d'erreur s'affiche.	15
50 :00	Il pose la question 1.	16
53 :08	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : manomètre. Il déconnecte et reconnecte la seringue. Il revient en page d'accueil.	17



53 :45	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : manomètre.	18
55 :00	Essai 4 en mode graphique. Il tire sur la seringue. Il obtient trois points.	19
58 :50	Il change l'échelle de l'axe des ordonnées pour que les données prennent plus d'espace.	20
59 :20	Il affiche le tableur de ses données.	21
60 :50	Il sélectionne l'outil modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur son nuage de points.	22
61 :20	Il change l'échelle de l'axe des ordonnées pour que les données prennent plus d'espace.	23
62 :15	Il assigne et applique la fonction au capteur.	24
64 :20	Il passe en mode graphique et place les capteurs l'un par rapport à l'autre.	25
64 :45	Essai 1 validation en mode graphique. Il tire sur la seringue. Il obtient trois points.	26
65 :00	Il sélectionne l'outil modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur son nuage de points.	27

<b>Code</b>	<b>Nb d'actions - sujet 25</b>	<b>Ligne</b>
T1	2	17;18
T4	3	<u>4;6;11</u>
AT30	4	<u>5;7;12;19</u>
AV33	1	26
FL36	4	9;14;22;27
FL41	1	21
FL45	1	25
FL46	4	8;13;20;23
FL49	1	25
FL61	3	<u>5;7;17</u>
MP69	3	12;19;26
MP70	1	7
MP72	1	17
MP74	1	1
MP76	1	3
MP81	1	2
AA91	1	24
AA92	1	24
PQ103	2	10;15
PQ108	1	16
PQ111	1	<u>16</u>
Nb total d'actions	38	
<u>Actions inefficaces</u>	<u>8</u>	
<b>Coefficient d'efficacité</b>	<b>79%</b>	

## Sujet 26

### Questions posées

Section 6	Q : À quoi sert le raccord en T? R : C'est le raccord entre les deux capteurs.
Section 6	Q : Cela ne fonctionne pas avec la transformation en fonction d'une entrée manuelle. R : Tu dois choisir la transformation en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.
Section 6	Q : Je ne sais pas quoi faire. R : Tu dois aller en mode graphique et faire une acquisition de données. Tu dois placer les capteurs l'un par rapport à l'autre avec la barre en bas.

### Démarche chronologique de certaines étapes clés de la construction du capteur de pression

15 :45	Il connecte les fils à la capsule universelle. L'enseignant vérifie le branchement et lui de reconnecter les fils.	1
20 :00	Il connecte adéquatement les fils sur la capsule universelle.	2
30 :00	Il clique sur la fenêtre capsule universelle et transforme automatiquement le transducteur en capteur de pression. Il ferme le logiciel et le relance.	3
34 :00	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une entrée manuelle (pression). Il passe en mode graphique et revient en page d'accueil.	4
35 :45	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une entrée manuelle (volume). Il passe en mode graphique et revient en page d'accueil.	5
36 :20	Il passe en mode graphique et revient en page d'accueil.	6
37 :10	Il pose la question 1. Il réalise le montage expérimental.	7
40 :50	Il passe en mode graphique.	8
42 :00	Essai 1 en mode graphique. Il tire sur la seringue. Il prend des mesures sur 10 s. Il revient en page d'accueil.	9
44 :20	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une entrée manuelle (volume). Il passe en mode graphique. Il revient en page d'accueil.	10
46 :10	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une entrée manuelle (volume). Il passe en mode graphique. Il clique sur paramètres et ne semble pas savoir quoi faire.	11
51 :45	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une entrée manuelle (pression). Il passe en mode graphique.	12
54 :30	Il pose la question 2.	13

54 :45	L'enseignant sélectionne la fonction transformation en fonction d'une variable intérieure : manomètre.	14
56 :30	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant la fréquence d'acquisition.	15
56 :45	Essai 2 en mode graphique. Il pousse sur la seringue et prend une dizaine de points.	16
61 :30	Il sélectionne le modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur ses données.	17
65 :00	Il assigne la fonction au capteur.	18
67 :00	Il a un problème avec le logiciel et l'enseignant vient régler le problème.	19
70 :13	L'enseignant applique la fonction de transformation au capteur.	20
71 :15	Il passe en mode vumètre pour voir les signaux pris par les deux capteurs. Il ne fait pas varier la pression, mais observe simplement les deux cadrans affichant la même mesure. Il revient en page d'accueil.	21
73 :19	Il passe en mode graphique.	22
73 :30	Il ajuste les paramètres expérimentaux.	23
73 :45	Essai 1 validation en mode graphique. Il arrête l'expérimentation et revient en page d'accueil.	24
75 :18	Il clique sur le capteur construit et sélectionne la fonction étudier ce capteur en fonction d'une entrée manuelle (pression). Il passe en mode graphique. Il clique sur paramètres et ne semble pas savoir quoi faire. Il revient en page d'accueil.	25
76 :17	Il clique sur le capteur construit et sélectionne la fonction étudier les capteurs connectés en fonction d'une entrée manuelle (pression). Il passe en mode graphique.	26
76 :30	Essai 2 validation en mode graphique. Il pousse sur la seringue. Aucune donnée n'est enregistrée. Il revient en page d'accueil. Il ne déconnecte pas la seringue entre les essais.	27
78 :08	Il clique sur le capteur construit et sélectionne la fonction étudier ce capteur en fonction d'une entrée manuelle (pression). Il passe en mode graphique et ouvre la fenêtre paramètre. Il revient en page d'accueil.	28
79 :00	Il pose la question 3. Il passe en mode graphique.	29
79 :30	Essai 3 validation en mode graphique. Il tire sur la seringue.	30
81 :18	L'enseignant lui dit comment changer les axes pour mettre les capteurs l'un par rapport à l'autre.	31
81 :45	Il sélectionne le modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur ses données.	32

Code	Nb d'actions - sujet 26	Ligne
T1	1	14
T3	2	<u>4;12</u>
T4	3	<u>5;10;11</u>
ETU12	2	<u>25;28</u>
ETU13	1	<u>26</u>
PE27	1	15
PE29	1	23
AT30	2	<u>9;16</u>
AV33	1	30
AV34	2	<u>24;27</u>
FL36	2	17;32
FL43	1	<u>21</u>
FL45	5	<u>6;8;22;28;29</u>
FL53	1	<u>3</u>
FL61	10	4;5;6;9;10;21; <u>24;25;27;28</u>
FL63	2	<u>11;25</u>
FL65	1	3
MP69	2	9;30
MP70	2	16;27
MP74	1	2
MP76	1	7
MP81	1	1
MP83	1	<u>7</u>
AA91	1	18
AA98	1	20
PQ103	1	19
PQ107	1	<u>7</u>
PQ108	1	<u>13</u>
PQ109	1	29
PQ110	1	<u>7</u>
PQ111	1	<u>13</u>
PQ112	1	<u>29</u>
Nb total d'actions	55	
<u>Actions inefficaces</u>	<u>23</u>	
<b>Coefficient d'efficacité</b>	<b>58%</b>	

## Sujet 27

### Questions posées

Section 6	Q : Mon capteur n'a pas de variation. R : Vous avez sélectionné la fonction étalonner au départ quand vous auriez dû sélectionner la fonction transformer.
-----------	--

### Démarche chronologique de certaines étapes clés de la construction du capteur de pression

11 :45	Il fait le montage expérimental de façon adéquate.	1
15 :30	Il connecte les fils à la capsule universelle.	2
26 :00	Les fils se déconnectent de sur la capsule et il doit les reconnecter.	3
32 :40	Il clique sur le capteur universel et choisit la fonction étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre. Il passe en mode graphique et revient en page d'accueil.	4
35 :20	En page d'accueil, il teste les signaux des deux capteurs qu'il a construits.	5
35 :50	Il passe en mode graphique et revient en page d'accueil.	6
36 :00	Il clique sur le capteur universel et choisit la fonction étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	7
36 :40	Essai 1 en mode graphique. Il pousse sur la seringue. Aucun point n'est pris. Il arrête l'acquisition. Il replace la seringue au max sans la déconnecter.	8
37 :50	Il pousse sur la seringue en regardant le graphique, comme s'il s'attendait à ce que des points s'affichent. Il n'a pourtant pas lancé d'acquisition de données. Il revient en page d'accueil.	9
42 :25	Il clique sur la fenêtre capteur virtuel, entre le nom pression et revient en page d'accueil.	10
45 :06	Il clique sur le capteur universel et choisit la fonction étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	11
47 :10	Essai 2 en mode graphique. Il lance l'acquisition, mais, tout de suite, celle-ci s'arrête sans que le sujet ne s'en rende compte. Ainsi, il pousse la moitié l'air dans la seringue et n'obtient aucune mesure. Il revient en page d'accueil.	12
48 :00	Il clique sur le capteur universel et choisit la fonction étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre. Il passe en mode graphique et revient en page d'accueil.	13
48 :30	Il clique sur le capteur universel et choisit la fonction étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre. Il déconnecte la seringue et la remet au maximum.	14
49 :00	Essai 3 en mode graphique. Il lance l'acquisition, mais, tout de suite il clique sur arrêter pour changer l'axe des abscisses. Il pousse sur la seringue en regardant l'écran, mais aucune donnée n'est prise comme il a arrêté l'acquisition. Il revient en page d'accueil.	15
49 :30	Il vérifie le signal des deux capteurs en page d'accueil.	16

50 :00	Il clique sur le capteur universel et choisit la fonction étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre. Il passe en mode graphique et revient en page d'accueil.	17
51 :10	Il clique sur la fenêtre capteur virtuel, entre le nom pression et revient en page d'accueil.	18
52 :00	Il clique sur le capteur universel et choisit la fonction étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre. Il passe en mode graphique et revient en page d'accueil.	19
52 :50	Il clique sur le capteur universel et choisit la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	20
53 :00	Essai 4 en mode graphique. Il lance l'acquisition en tirant et en poussant sur la seringue, mais en la déconnectant entre chaque fois qu'il tire ou pousse. Il prend une dizaine de points.	21
55 :30	Il affiche le tableur. Il sélectionne l'outil modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur ses données.	22
58 :05	Il assigne et applique la fonction au capteur.	23
59 :07	Il passe en mode vumètre pour tester le signal des capteurs. Il voit que le capteur construit affiche une valeur de 0.	24
60 :00	Il passe en mode graphique. Il revient en page d'accueil.	25
60 :38	Il clique sur la fenêtre du capteur virtuel et entre pression comme nom. Il entre l'équation qu'il a obtenue lors de la transformation. Il ne crée pas le capteur virtuel.	26
62 :30	Il pose la question 1.	27
64 :30	Il clique sur le capteur universel et choisit la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	28
65 :00	Essai 5 en mode graphique. Il lance l'acquisition en tirant sur la seringue. Il prend une dizaine de points.	29
65 :15	Il sélectionne l'outil modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur ses données.	30
65 :30	Il assigne et applique la fonction au capteur.	31
66 :30	Il passe en mode vumètre pour tester les signaux de ses capteurs. Il ne les fait pas varier, mais voit qu'ils sont identiques.	32
66 :55	Il passe en mode graphique et place les capteurs l'un par rapport à l'autre.	33
67 :05	Essai 1 validation en mode graphique. Il tire sur la seringue, rendu au bout, il la déconnecte et la reconnecte, avant de pousser. Il n'obtient pas de points et arrête l'acquisition.	34
67 :50	Essai 2 validation en mode graphique. Il tire sur la seringue et la déconnecte rendu au bout et pousse sur la seringue. Il obtient quelques points groupés et arrête l'acquisition. Il déconnecte la seringue et la met au maximum d'air.	35
68 :30	Essai 3 validation en mode graphique. Il pousse sur la seringue et la déconnecte rendu au bout avant de la reconnecter et de tirer. Il n'obtient pas de points et arrête l'acquisition.	36

70 :00	Essai 4 validation en mode graphique. Il prend une acquisition sur environ 60 secondes en comparant la mesure des deux capteurs. Il obtient une centaine de points et arrête l'acquisition.	37
71 :00	Il change les paramètres expérimentaux en diminuant la fréquence d'acquisition des points en fonction du temps et en diminuant le nombre de points total.	38
71 :20	Essai 5 validation en mode graphique. Il tire sur la seringue et fait une acquisition d'environ 30 secondes en comparant la mesure des deux capteurs. Il obtient une dizaine de points.	39
71 :50	Il interchange les axes pour que les deux capteurs soient l'un par rapport à l'autre.	40
72 :05	Il sélectionne l'outil mathématique taux de variation pour déterminer la pente du nuage de points.	41



<b>Code</b>	<b>Nb d'actions - sujet 27</b>	<b>Ligne</b>
T1	2	20;28
ETA2	7	4;7;11;13;14;17;19
PE27	1	<u>38</u>
PE28	1	<u>38</u>
AT30	2	21;29
AT31	3	8;12;15
AV33	4	33;35;37;39
AV34	1	36
FL36	2	23;30
FL39	1	41
FL41	1	<u>22</u>
FL43	2	24; <u>32</u>
FL44	2	5;16
FL45	3	<u>6;25;33</u>
FL48	1	40
FL49	1	33
FL51	3	<u>10;18;26</u>
FL61	11	<u>4;6;9;10;12;13;15;17;18;19;25</u>
MP67	4	21;34;35;36
MP69	2	29;39
MP70	2	8;15
MP72	1	14
MP73	4	<u>21;34;35;36</u>
MP74	1	2
MP76	1	1
MP81	1	3
MP86	2	<u>9;15</u>
AA91	2	23;31
AA92	2	23;31
PQ108	1	27
Nb total d'actions	71	
<u>Actions inefficaces</u>	<u>18</u>	
<b>Coefficient d'efficacité</b>	<b>75%</b>	

## Sujet 28

### Questions posées

Section 2	Q : Le capteur fonctionne de telle sorte que la pression du gaz fait varier une membrane et la tension change? R : Oui. Q : Est-ce qu'on doit donc inverser les axes pour respecter l'ordre des variables dépendante et indépendante? R : Non, c'est au niveau technologique qu'on a besoin de faire ce changement lors de la transformation. C'est à toi de savoir quelles sont les variables dépendante et indépendante.
Section 6	Q : J'ai oublié comment faire la validation. R : Tu passes en mode graphique et tu interchanges les axes.

### Démarche chronologique de certaines étapes clés de la construction du capteur de pression

1 :18	Il connecte les fils de la capsule universelle. Il change deux fils lorsque l'enseignant vient vérifier les connexions.	1
4 :10	Il effectue le montage expérimental du premier coup.	2
10 :00	En page d'accueil, il teste les signaux des capteurs.	3
10 :45	En mode vumètre, il teste les signaux des capteurs.	4
18 :05	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	5
18 :15	Il change les paramètres expérimentaux en diminuant le nombre de points total au maximum (donc une seule mesure).	6
18 :20	Essai 1 en mode graphique. Il fait varier la seringue en poussant et tirant un peu d'air à quelques reprises. Une seule donnée est prise.	7
19 :00	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant le nombre de points total et la fréquence d'acquisition.	8
19 :20	Essai 2 en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue remplie d'air à plusieurs reprises. Il obtient une centaine de points.	9
19 :45	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant au maximum le nombre de points total.	10
19 :50	Essai 3 en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue remplie d'air à plusieurs reprises. Il obtient une centaine de points assez dispersés (cela fait une droite assez large). Il déconnecte la seringue.	11
20 :45	Il ajuste le nombre de points total et le replace à peu près au même endroit. Il affiche le tableur.	12
20 :50	Essai 4 en mode graphique. Il souffle dans le capteur. Il reconnecte la seringue. Il tire et pousse sur la seringue à plusieurs reprises et obtient une centaine de points.	13
21 :45	Il sélectionne l'outil mathématique modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur ses données.	14

22 :15	Il ajuste les paramètres de l'équation en tapant certaines valeurs. Il ajuste ainsi la modélisation de son nuage de points. Il revient en page d'accueil.	15
24 :35	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre. Il interchange les axes en mettant la tension en fonction de la pression.	16
25 :12	Essai 5 en mode graphique. Il tire sur la seringue et obtient une centaine de points.	17
25 :20	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant le nombre de points total.	18
25 :24	Essai 6 en mode graphique. Il tire et il pousse sur la seringue et obtient plusieurs centaines de points.	19
26 :00	Il passe en mode vumètre et il clique sur la fenêtre transformation automatique. Il clique sur annuler.	20
27 :35	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre. Il vérifie que les connexions des tubes sont étanches.	21
32 :30	Essai 7 en mode graphique. Il tire et il pousse sur la seringue plusieurs fois et obtient une centaine de points.	22
33 :53	Il sélectionne l'outil mathématique modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur ses données.	23
34 :05	Il ajuste sa modélisation en tapant des valeurs dans les paramètres de l'équation.	24
35 :20	Il assigne et applique la fonction au capteur.	25
36 :06	Il clique sur le capteur construit et sélectionne la fonction propriétés du capteur. Il change plusieurs éléments, sans les sauvegarder.	26
38 :30	Il désactive et réactive la fonction d'étalonnage au capteur.	27
39 :20	Il clique sur le capteur construit et sélectionne la fonction étudier ce capteur en fonction d'une entrée manuelle. Il clique sur le bouton annuler.	28
39 :30	Il clique sur le capteur construit et sélectionne la fonction étudier les capteurs connectés en fonction d'une entrée manuelle (pression). Il passe en mode graphique et change. Il place la variable de l'entrée manuelle en axe des abscisses. Il est à noter que l'échelle du capteur construit est 0-3.5V. Elle n'a pas changé lorsque la fonction d'étalonnage a été attribuée à la capsule universelle. Il revient en page d'accueil.	29
41 :15	Il clique sur le capteur construit et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre. Il passe en mode graphique et fait varier la seringue sans avoir lancé d'acquisition. Il revient en page d'accueil.	30
42 :15	Il passe en mode graphique et revient en page d'accueil.	31
42 :55	Il désactive la fonction d'étalonnage du capteur et supprime les deux fonctions d'étalonnage.	32
43 :00	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre. Il déconnecte et reconnecte la seringue.	33

43 :20	Il change les paramètres expérimentaux en diminuant le nombre de points totaux.	34
43 :25	Essai 8 en mode graphique. Il tire et il pousse sur la seringue plusieurs fois et obtient une cinquantaine de points répartis en cinq zones.	35
44 :30	Il sélectionne l'outil mathématique modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur ses données.	36
44 :40	Il ajuste sa modélisation en tapant des valeurs dans les paramètres de l'équation.	37
44 :50	Il assigne et applique la fonction au capteur.	38
45 :20	Il clique sur le capteur construit et sélectionne la fonction étudier ce capteur en fonction d'une entrée manuelle (pression). Il passe en mode graphique et fait varier la seringue sans avoir lancé d'acquisition. Il clique sur paramètre à la recherche du bouton pour lancer l'acquisition. Il revient en page d'accueil.	39
50 :30	Il pose la question 2.	40
51 :25	Il passe en mode graphique et place les capteurs l'un par rapport à l'autre.	41
54 :41	Essai 1 validation en mode graphique. Il prend une seule donnée.	42
55 :00	Essai 2 validation en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue et prend une centaine de points, avec une zone sans point au centre de la droite (peut-être la seringue n'est pas étanche).	43
55 :15	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant le nombre de points et interchange les axes. Il sélectionne la fonction ligne et points.	44
55 :30	Essai 3 validation en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue et une dizaine de points. Il retire la fonction ligne et points.	45
56 :00	Il ajuste les paramètres expérimentaux et interchange les axes.	46
56 :45	Essai 4 validation en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue et prend une dizaine de points.	47
56 :55	Il change les paramètres expérimentaux en diminuant le nombre de points.	48
57 :07	Essai 5 validation en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue et prend une quarantaine de points.	49
57 :30	Il sélectionne l'outil mathématique modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur ses données.	50
58 :00	Il ajuste sa modélisation en tapant des valeurs dans les paramètres de l'équation, comme une pente de 1.	51

Code	Nb d'actions - sujet 28	Ligne
T1	1	33

ETA2	3	5;16;21
ETU11	1	<u>28</u>
ETU12	1	<u>39</u>
ETU16	1	<u>29</u>
T22	1	<u>30</u>
PE27	1	8
PE28	8	<u>6;8;10;12;18;34;44;48</u>
PE29	1	46
AT30	8	7;9;11;13;17;19;22;35
AV33	5	42;43;45;47;49
FL36	4	14;23;36;50
FL41	1	<u>12</u>
FL43	2	<u>4;20</u>
FL44	1	3
FL45	2	31;41
FL47	4	<u>16;29;44;46</u>
FL49	1	41
FL54	1	<u>26</u>
FL59	4	15;24;37;51
FL60	1	<u>45</u>
FL61	5	15;29;30; <u>31</u> ;39
MP67	5	19;43;45;47;49
MP68	6	<u>7;9;11;13;22;35</u>
MP69	1	17
MP72	2	11;33
MP74	1	1
MP76	1	2
MP80	1	21
MP81	1	1
MP86	2	<u>30;39</u>
MP87	1	<u>13</u>
AA91	2	25;38
AA92	6	26;27;32;32;32;38
AA93	1	<u>27</u>
PQ107	1	
PQ109	1	40
PQ112	1	<u>40</u>
Nb total d'actions	90	
Actions inefficaces	<u>23</u>	
<b>Coefficient d'efficacité</b>	<b>74%</b>	

## Sujet 29

### Questions posées

Section 1	Q : Peut-on mettre un maximum d'air dans la seringue? R : Non, tu peux en mettre la moitié et pousser, ou encore, vider la seringue et tirer.
-----------	---

### Démarche chronologique de certaines étapes clés de la construction du capteur de pression

8 :40	Il connecte les fils à la capsule universelle. Il réalise le montage expérimental.	1
20 :26	Il clique sur la capsule universelle et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre. Il fait varier la seringue sans lancer d'acquisition en regardant l'écran. Il vérifie les jonctions des différents tuyaux. Il revient en page d'accueil.	2
21 :00	Il passe en mode vumètre pour vérifier les signaux. Les signaux varient adéquatement.	3
21 :30	Il clique sur la capsule universelle et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	4
22 :05	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant le nombre de points.	5
22 :10	Essai 1 en mode graphique. Il tire sur la seringue et obtient cinq données. Il remet la seringue à 0 sans la déconnecter.	6
22 :30	Il change les paramètres d'acquisition en augmentant la fréquence d'acquisition.	7
22 :35	Essai 2 en mode graphique. Il tire sur la seringue et prend une centaine de points.	8
22 :55	Il change les paramètres d'acquisition en diminuant la fréquence d'acquisition.	9
24 :05	Essai 3 en mode graphique. Il pousse un peu sur la seringue et prend quelques points, mais qui se superposent.	10
24 :15	Il change les paramètres d'acquisition en diminuant la fréquence d'acquisition.	11
24 :20	Essai 4 en mode graphique. Il pousse sur la seringue et prend une centaine de points.	12
24 :40	Il change les paramètres d'acquisition en diminuant la fréquence d'acquisition.	13
24 :45	Essai 5 en mode graphique. Il tire sur la seringue et prend une centaine de points.	14
27 :43	Essai 6 en mode graphique. Il tire sur la seringue et prend une centaine de points.	15
29 :00	Il change l'échelle de l'axe des abscisses et celle des ordonnées pour que ses données prennent tout l'espace du graphique.	16
34 :54	Il sélectionne l'outil modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur ses données.	17
37 :50	Il assigne sa fonction au capteur.	18

38 :14	Il ouvre son graphique de transformation. Il semble chercher quelque chose, mais ne le trouve pas. Il cherche comment effectuer sa validation.	19
45 :00	Il applique la fonction au capteur.	20
45 :20	Il clique sur le capteur construit et sélectionne la fonction étudier les capteurs connectés selon une entrée manuelle (pression). Il passe en mode graphique et place les capteurs l'un par rapport à l'autre. Il revient en page d'accueil.	21
48 :25	Il clique sur le capteur construit et sélectionne la fonction étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	22
48 :38	Essai 1 validation en mode graphique. Il pousse et tire sur la seringue. Il obtient 5 mesures.	23
49 :10	Il sélectionne l'outil modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur ses données.	24
49 :44	Il change la pente et l'ordonnée à l'origine de son graphique à l'aide des boîtes de définition des variables de l'équation. Il revient en page d'accueil.	25
51 :10	Il clique sur le capteur construit et sélectionne la fonction étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	26
51 :30	Il change les paramètres d'acquisition en augmentant la fréquence d'acquisition.	27
52 :45	Essai 2 validation en mode graphique. Il pousse et tire sur la seringue. Il obtient une dizaine de points.	28
53 :10	Il change l'échelle de l'axe des abscisses et celle des ordonnées pour que ses données prennent tout l'espace du graphique.	29
55 :45	Il sélectionne l'outil modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur ses données.	30
56 :00	Il change la pente et l'ordonnée à l'origine de son graphique à l'aide des boîtes de définition des variables de l'équation. Il revient en page d'accueil.	31

<b>Code</b>	<b>Nb d'actions - sujet 29</b>	<b>Ligne</b>
T1	2	2;4
ETU16	1	<u>21</u>
ETA25	2	22;26
PE27	5	7;9;11;13;27
PE28	1	4
AT30	6	6;8;10;12;14;15
AV33	2	23;28
FL36	3	17;24;30
FL43	1	3
FL46	2	16;29
FL49	1	21
FL59	2	25;31
FL61	3	2;21; <u>25</u>
FL63	1	<u>19</u>
MP67	2	23;28
MP69	2	6;8
MP70	2	10;12
MP74	1	1
MP76	1	1
MP80	1	2
MP86	1	<u>2</u>
AA91	1	18
AA92	1	20
PQ107	1	
Nb total d'actions	45	
<u>Actions inefficaces</u>	<u>4</u>	
<b>Coefficient d'efficacité</b>	<b>91%</b>	



## Sujet 30

### Questions posées

Section 6	Q : Comment fait-on pour savoir quelle pression on met avec la seringue? R : Tu ne peux pas le savoir. Comme tu as une variable mesurée par l'ExAO, tu dois changer la fonction initiale et sélectionner celle d'une variable intérieure : Manomètre. Aussi, tu dois changer le petit tuyau que tu as placé sur le transducteur avec le grand tuyau. De plus, tu peux changer les paramètres pour prendre plus de données. Finalement, ne tire pas et ne pousse pas continuellement sur la seringue, car tu finiras par briser le transducteur. Tu dois plutôt ou bien tirer ou bien pousser et ensuite déconnecter la seringue.
Section 3	Q : Une fois qu'on a construit le capteur, est-ce qu'on doit l'utiliser? R : Tu dois comparer la mesure des deux capteurs.
Section 6	Q : Comment faire la validation? R : Tu as deux options : choisir la fenêtre vumètre ou la fenêtre graphique.
Section 2	Q : Je ne suis pas capable d'interchanger les axes. R : Tu dois cliquer en bas.

Démarche chronologique de certaines étapes clés de la construction du capteur de pression

3 :27	Il effectue le branchement à la capsule universelle.	1
6 :00	Il fait le montage en connectant le petit tuyau sur le transducteur.	2
13 :10	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	3
13 :18	Essai 1 en mode graphique. Il pousse et tire sur la seringue. Il prend des données regroupées à trois intervalles étant donné la fréquence d'acquisition. Il revient en page d'accueil.	4
18 :40	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une entrée manuelle (pression). Il passe en mode graphique.	5
20 :00	Il clique sur le capteur de pression étalon et sélectionne la fonction propriétés du capteur.	6
20 :40	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre. Il revient en page d'accueil.	7
21 :12	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction étudier ce capteur en fonction d'une entrée manuelle	8
22 :00	Il pose la question 1.	9
25 :00	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	10
27 :00	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant le nombre de points de même que la fréquence d'acquisition.	11
27 :20	Essai 2 en mode graphique. Il tire sur la seringue et prend une centaine de points. Il déconnecte la seringue une fois l'acquisition terminée.	12

29 :00	Il sélectionne l'outil mathématique modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur ses données.	13
30 :30	Il assigne la fonction au capteur.	14
31 :53	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	15
32 :00	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant le nombre de points de même que la fréquence d'acquisition.	16
32 :06	Essai 3 en mode graphique. Il tire sur la seringue et prend une centaine de points.	17
32 :24	Il sélectionne l'outil mathématique modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur ses données.	18
35 :36	Il assigne et applique la fonction au capteur.	19
36 :50	Il pose la question 2.	20
37 :27	Il clique sur le capteur construit et sélectionne la fonction étudier les capteurs connectés en fonction d'une entrée manuelle.	21
37 :34	Il clique sur le capteur construit et sélectionne la fonction propriétés du capteur.	22
37 :42	Il clique sur le capteur construit et sélectionne la fonction étudier les capteurs connectés en fonction d'une entrée manuelle.	23
38 :14	Il clique sur le capteur construit et sélectionne la fonction étudier ce capteur en fonction de deux entrées manuelles.	24
38 :55	Il clique sur le capteur construit et sélectionne la fonction étudier ce capteur en fonction de deux entrées manuelles.	25
39 :06	Il clique sur le capteur construit et sélectionne la fonction étudier les capteurs connectés en fonction d'une entrée manuelle (il a entré n'importe quoi). Il revient en page d'accueil.	26
40 :00	Il pose la question 3	27
40 :15	Il choisit et clique sur la fenêtre pour entrer en mode graphique.	28
41 :22	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant le nombre de points de même que la fréquence d'acquisition. Il revient en page d'accueil.	29
42 :00	Il passe en mode graphique.	30
42 :15	À partir des paramètres, il clique sur le capteur universel. Il clique sur annuler.	31
42 :45	Il pose la question 4.	32
43 :00	Il interchange les axes en les plaçant l'un par rapport à l'autre.	33
43 :20	Essai 1 validation en mode graphique. Il tire sur la seringue et prend une donnée. Il déconnecte et reconnecte la seringue.	34
44 :10	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant le nombre de points de même que la fréquence d'acquisition.	35
44 :20	Essai 2 validation en mode graphique. Il tire sur la seringue et prend des centaines de points.	36
44 :55	Il sélectionne l'outil modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur ses données.	37

Code	Nb d'actions - sujet 30	Ligne
T1	4	3;7;10;15
T3	1	<u>5</u>
T5	1	<u>8</u>
ETU15	2	<u>24;25</u>
ETU18	3	<u>21;23;26</u>
PE27	4	11;16;29;35
PE28	4	11;16;29;35
AT30	3	4;12;17
AV33	2	34;36
FL36	3	13;18;37
FL45	2	28;30
FL47	1	33
FL56	2	5; <u>22</u>
FL57	1	<u>31</u>
FL61	3	4;7; <u>29</u>
FL63	1	<u>26</u>
MP67	1	4
MP69	4	12;17;34;36
MP72	2	12;34
MP74	1	1
MP77	1	2
AA91	2	14;19
AA92	1	19
PQ107	1	8
PQ108	1	8
PQ109	3	<u>8;20;32</u>
PQ110	1	<u>8</u>
PQ111	1	<u>8</u>
PQ112	2	<u>27;32</u>
Nb total d'actions	58	
Actions inefficaces	<u>18</u>	
<b>Coefficient d'efficacité</b>	<b>69%</b>	

## Sujet 31

Questions posées


Démarche chronologique de certaines étapes clés de la construction du capteur de pression

3 :00	Il connecte les fils sur la capsule universelle	1
9 :00	Il construit le montage expérimental adéquat.	2
13 :00	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	3
13 :40	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant au maximum le nombre de points et en augmentant la fréquence d'acquisition des données.	4
17 :00	Essai 1 en mode graphique. Il pousse et tire sur la seringue et obtient une dizaine de points.	5
18 :25	Il change les paramètres expérimentaux et augmente au maximum la fréquence d'acquisition des points.	6
18 :30	Essai 2 en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue et obtient des centaines de points superposés sur une droite.	7
20 :25	Il sélectionne l'outil modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur son nuage de points.	8
21 :50	Il assigne et applique la fonction au capteur.	9
24 :30	Il passe en mode graphique et place les capteurs l'un par rapport à l'autre.	10
26 :30	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant au maximum la fréquence d'acquisition des points ainsi que le nombre de points total.	11
26 :35	Essai 1 validation en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue et obtient des centaines de points.	12
28 :30	Il sélectionne l'outil modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur son nuage de points.	13

Code	Nb d'actions - sujet 31	Ligne
T1	1	3
PE27	3	4;6;11
PE28	2	4;11
AT30	2	5;7
AT31	1	12
FL36	2	8;13
FL45	1	10
FL49	1	10
MP67	3	5;7;12
MP74	1	1
MP76	1	2
AA91	1	9
AA92	1	9
Nb total d'actions	20	
<u>Actions inefficaces</u>	<u>0</u>	
<b>Coefficient d'efficacité</b>	100%	

## Sujet 32

### Questions posées

Section 1	Q : Mon capteur de pression n'est pas reconnu. R : C'est parce que tu l'as branché à l'envers.
Section 1	Q : Ma prise de données ne fonctionne pas pour la validation. R : Passe en mode vumètre.

Démarche chronologique de certaines étapes clés de la construction du capteur de pression

5 :00	Connexion des fils à la capsule universelle.	1
3 :00	Il fait le montage expérimental en connectant le petit tuyau au transducteur.	2
8 :30	En page d'accueil, il vérifie le signal des capteurs. Il pose la question 1.	3
12 :44	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	4
13 :00	Il change les paramètres expérimentaux en diminuant la fréquence d'acquisition des données et en augmentant le nombre de points total.	5
13 :07	Essai 1 en mode graphique. Il tire sur la seringue, mais aucun point n'est pris. Il revient en page d'accueil.	6
13 :48	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	7
13 :55	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant au maximum la fréquence des points.	8
14 :05	Essai 2 en mode graphique. Il tire sur la seringue et obtient une centaine de points, mais sur une droite brisée. On dirait que la seringue n'est pas étanche.	9
14 :20	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant le nombre de points total.	10
14 :30	Essai 3 en mode graphique. Il pousse sur la seringue et obtient une centaine de points	11
15 :00	Il sélectionne l'outil modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur ses données.	12
15 :45	Il assigne et applique la fonction au capteur.	13
16 :11	Il clique sur le capteur construit et sélectionne la fonction étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre. Il revient en page d'accueil.	14
16 :24	Il désactive la fonction de transformation appliquée à la capsule universelle.	15
18 :00	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	16
18 :15	Il veut enlever la capsule universelle, car elle semble avoir conservé une fonction de transformation même si cette dernière a été retirée manuellement. Un fil s'est déconnecté sur la capsule universelle et il l'a reconnecté.	17
19 :30	Il clique sur le capteur construit et sélectionne la fonction étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre. Il déconnecte la seringue.	18
19 :35	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant le nombre de points total.	19
19 :45	Essai 4 en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue à quelques reprises et obtient une trentaine de points (seulement 5 points sont pris lors d'une poussée ou d'une traction à cause de la faible fréquence d'acquisition de points).	20
20 :40	Il change les paramètres expérimentaux en diminuant la fréquence d'acquisition.	21
20 :50	Essai 5 en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue à quelques reprises et obtient un seul point.	22

21 :15	Il change les paramètres expérimentaux en diminuant la fréquence d'acquisition au maximum.	23
21 :20	Essai 6 en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue et n'obtient aucun point.	24
21 :30	Il change les paramètres expérimentaux en diminuant le nombre de points total (au milieu environ) et en augmentant la fréquence d'acquisition des points.	25
21 :40	Essai 7 en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue et obtient un seul point. Il retourne en page d'accueil.	26
22 :25	En page d'accueil, il fait varier le signal des capteurs.	27
22 :40	Il clique sur le capteur construit et sélectionne la fonction étalonner ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	28
22 :50	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant la fréquence d'acquisition des points ainsi que le nombre total de points.	29
23 :00	Essai 8 en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue et obtient une centaine de points.	30
23 :30	Il sélectionne l'outil modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur ses données.	31
24 :20	Il assigne et applique la fonction au capteur.	32
24 :40	Il passe en mode graphique. Il place les capteurs l'un par rapport à l'autre.	33
24 :55	Il change les paramètres expérimentaux en diminuant la fréquence d'acquisition des points et en augmentant le nombre de points total.	34
25 :15	Essai 1 validation en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue et obtient trois données placées en triangle sur le graphique.	35
25 :30	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant au maximum la fréquence d'acquisition des points.	36
25 :40	Essai 2 validation en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue, mais aucun point n'est obtenu.	37
26 :15	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant au maximum la fréquence d'acquisition.	38
26 :30	Essai 3 validation en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue, et des données sont obtenues en quatre points du graphique.	39
26 :50	Il passe en mode vumètre. Les deux signaux des capteurs sont plafonnés, autant le capteur de pression que le capteur construit.	40
27 :15	Il clique sur le capteur construit et sélectionne la fonction propriétés du capteur. Il observe les propriétés.	41
27 :20	Il clique ensuite sur le capteur étalon et sélectionne la fonction propriétés du capteur. Il observe les propriétés.	42
27 :25	Il clique sur le capteur construit et sélectionne la fonction propriétés du capteur. Il change le maximum du capteur en le mettant à 1500, tout comme le capteur de pression étalon.	43
27 :45	Il passe en mode graphique et place les capteurs l'un par rapport à l'autre.	44
28 :00	Essai 4 validation en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue, et aucune donnée n'est obtenue.	45
28 :18	Il clique sur le capteur construit et sélectionne la fonction propriétés du capteur.	46

29 :00	Il déconnecte et reconnecte le capteur universel, désactivant ainsi la fonction d'étalonnage.	47
29 :10	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	48
29 :15	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant le nombre de points total.	49
29 :30	Essai 9 en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue à quelques reprises et obtient une trentaine de points (seulement 5 points sont pris lors d'une poussée ou d'une traction à cause de la faible fréquence d'acquisition de points).	50
29 :50	Il sélectionne l'outil modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur ses données.	51
30 :50	Il change les paramètres expérimentaux en diminuant la fréquence d'acquisition des points.	52
30 :55	Essai 10 en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue. Aucune donnée n'est prise.	53
31 :05	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant au maximum la fréquence des points.	54
31 :10	Essai 11 en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue et obtient plusieurs centaines de points.	55
31 :33	Il sélectionne l'outil modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur ses données.	56
34 :00	Il assigne la fonction de transformation au capteur universel.	57
34 :25	Il applique la dernière fonction d'étalonnage au capteur universel, au lieu de lui appliquer la fonction de transformation qu'il vient d'assigner.	58
34 :36	Il passe en mode graphique.	59
34 :40	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant le nombre de points total.	60
34 :40	Essai 5 validation en mode graphique. Il prend une acquisition sur 5 secondes. Seuls les points du capteur de pression s'affichent. Il place les capteurs l'un par rapport à l'autre. Aucune donnée ne s'affiche, étant donné que l'échelle de l'axe du capteur construit n'a pas changé (0-3.5V). Il revient en page d'accueil.	61
35 :50	Il fait varier les signaux du capteur en page d'accueil. Il observe une variation.	62
36 :10	Il clique sur le capteur construit et sélectionne la fonction propriétés du capteur.	63
37 :35	Il passe en mode graphique et place les axes l'un par rapport à l'autre.	64
37 :50	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant le nombre de points et la fréquence d'acquisition des points.	65
38 :00	Essai 6 validation en mode graphique. Il tire et pousse sur la seringue, mais aucun point n'est pris.	66
38 :30	Il pose la question 2 à l'enseignant.	67
40 :30	Il passe en mode graphique.	68
40 :40	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant le nombre de points total.	69



41 :00	Essai 7 validation en mode graphique. Il fait une acquisition sur 300 secondes. Il prend une vingtaine de secondes et arrête l'acquisition étant donné que seul le capteur de pression varie. Il retourne en page d'accueil. Il déconnecte la seringue.	70
41 :50	Il passe en mode vumètre. Il sélectionne la visualisation en colonne. Il remarque que le capteur construit est dans le tapis, tandis que le capteur de pression étalon ne l'est pas.	71
42 :30	Il clique sur le capteur construit et sélectionne la fonction propriétés du capteur. Il observe les propriétés.	72
42 :40	Il clique ensuite sur le capteur étalon et sélectionne la fonction propriétés du capteur. Il observe les propriétés.	73
42 :50	Il clique sur le capteur construit et sélectionne la fonction propriétés du capteur. Il change le type de capteur pour mettre le manomètre.	74
43 :15	Il passe en mode graphique. Les échelles des deux capteurs sont identiques, mais la valeur de la pression affichée par le capteur construit donne dans les 6 chiffres. Il retourne en page d'accueil.	75
43 :30	Il déconnecte et reconnecte le capteur construit pour que la fonction de transformation se désactive.	76
44 :38	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	77
44 :45	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant le nombre de points expérimentaux et en augmentant au maximum la fréquence d'acquisition de données.	78
44 :50	Essai 12 en mode graphique. Il tire sur la seringue et obtient plusieurs centaines de points.	79
45 :12	Il sélectionne l'outil modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur ses données.	80
45 :49	Il assigne et applique la fonction au capteur.	81
46 :20	Il passe en mode graphique. Il place les capteurs l'un par rapport à l'autre.	82
46 :35	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant au maximum le nombre de points total et la fréquence d'acquisition.	83
46 :45	Essai 8 validation en mode graphique. Il tire sur la seringue et obtient une centaine de points. Il revient en page d'accueil.	84
47 :18	Il passe en mode graphique.	85
47 :24	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant le nombre total de points presque au maximum et en augmentant la fréquence d'acquisition des points au maximum.	86
47 :28	Essai 9 validation en mode graphique. Il ne tire ni ne pousse sur la seringue étant donné que l'acquisition qu'il a paramétrée dure 1 seconde. Il est satisfait du graphique de validation obtenue.	87

Code	Nb d'actions-sujet 32	Ligne
T1	3	7;48;77
ETA2	2	4; <u>16</u>
ETA25	3	<u>14</u> ;18;28
PE27	15	<u>5</u> ;8; <u>21</u> ;23;25;29; <u>34</u> ;36;38; <u>52</u> ;54;65;78;83; <u>86</u>
PE28	13	5;10;19;25;29;34;49;60;65;69;78;83; <u>86</u>
AT30	9	9;11;20;22;26;30;50;55;79
AT31	3	6;24;53
AV33	4	35;39;84;87
AV34	3	37;45;66
AV35	2	61;70
FL36	5	12;31;51;56;80
FL43	2	40;71
FL44	3	3;27;62
FL45	8	33;44;59;64;68; <u>75</u> ;82;85
FL49	5	33;44;61;64;82
FL54	2	43; <u>74</u>
FL56	6	41;42;46; <u>63</u> ;72;73
FL61	6	6;14;26;70;75; <u>84</u>
MP67	10	24;26;30;35;37;39;45;53;55;66;
MP68	3	<u>20</u> ;22; <u>50</u>
MP69	4	6;9;79;84
MP70	1	11
MP72	2	18;70
MP74	1	1
MP77	1	2
MP81	1	17
MP85	2	47;76
AA91	4	13;32;57;81
AA92	3	13;32;81
AA93	3	15;47;76
AA95	1	<u>58</u>
PQ103	3	17;61;67
PQ107	1	<u>3</u>
PQ108	1	67
Nb total d'actions	135	
Actions inefficaces	<u>18</u>	
<b>Coefficient d'efficacité</b>	<b>87%</b>	

## Sujet 33

### Questions posées

Section 1	Q : Ça ne fonctionne pas. R : Tu as connecté le capteur universel à l'envers.
Section 6	Q : Je ne sais pas comment utiliser la seringue. R : Tu dois déconnecter la seringue entre chaque essai, et ne pas faire tout plein de va-et-vient. Tu as aussi un problème avec ta fonction de départ.
Section 1	Q : Ça ne fonctionne pas. R : Tu choisis la bonne fonction. Tu dois cliquer sur acquisition. Comme il n'y a pas de données prises, on va aller en mode vumètre voir le signal de tes capteurs. Le capteur universel ne varie pas étant donné que tu as inversé deux fils sur la capsule universelle.
Section 7	Q : Où dois-je faire un imprimé-écran? R : Tu dois le créer un dossier sur le bureau et y mettre un document Word.

### Démarche chronologique de certaines étapes clés de la construction du capteur de pression

5 :00	Il fait le montage expérimental en connectant le petit tuyau sur le transducteur de pression.	1
3 :30	Il connecte les fils à la capsule universelle.	2
10 :30	Il branche la capsule universelle à l'interface à l'envers et ne s'en rend pas compte en lançant le logiciel.	3
12 :05	Il clique sur le capteur de pression étalon et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une entrée manuelle (pression)	4
16 :00	Il pose la question 1.	5
17 :20	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre. Il revient en page d'accueil.	6
17 :38	Il clique sur le capteur de pression étalon et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : capteur universel. Il passe en mode graphique et fait varier la pression dans la seringue sans lancer d'acquisition de données. Il revient en page d'accueil.	7
18 :20	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction étudier ce capteur en fonction d'une entrée manuelle (pression).	8
19 :00	Essai 1 en mode graphique. Il entre trois données de volume (même si l'entrée manuelle qu'il a identifiée est la pression). Il tirait et poussait sur la seringue en faisant varier de grands volumes d'air. Il arrête l'acquisition et fait une nouvelle expérience. Il fait varier le volume d'air de la seringue en regardant l'écran comme si les données allaient se prendre d'elles-mêmes.	9

20 :00	Il pose la question 2.	10
22 :00	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une entrée manuelle (pression). Il passe en mode graphique et revient en page d'accueil.	11
22 :40	Il clique sur le capteur universel et applique une fonction de transformation qui avait été faite précédemment par un autre étudiant. Il ferme et relance le logiciel.	12
23 :40	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction de deux entrées manuelles. Il clique sur le bouton annuler.	13
23 :50	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une entrée manuelle. Il clique sur le bouton annuler.	14
24 :20	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une entrée manuelle (pression). Il passe en mode graphique. Il déconnecte la seringue et la met au max. Il pousse sur la seringue, mais comme aucune donnée ne se prend, il revient en page d'accueil.	15
25 :30	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre. Il déconnecte et reconnecte la seringue remplie au max. Il pousse sur la seringue et regarde l'écran (sans lancer d'acquisition).	16
26 :30	Il change les paramètres expérimentaux en augmentant la fréquence d'acquisition des points.	17
26 :46	Essai 2 en mode graphique. Il pousse et tire sur la seringue. Aucun point n'est pris. Il revient en page d'accueil.	18
27 :24	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre. Il déconnecte et reconnecte la seringue remplie au max.	19
28 :05	Il change les paramètres expérimentaux en diminuant le nombre de points et en diminuant un peu la fréquence d'acquisition.	20
28 :30	Il pousse et tire sur la seringue en regardant l'écran. Il vérifie les jonctions de son montage. Il revient en page d'accueil.	21
33 :00	Il pose la question 3.	22
38 :30	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	23
38 :33	Essai 3 en mode graphique. Il pousse et tire sur la seringue à plusieurs reprises. Il prend trois données à chaque poussée ou tirage. Il obtient une trentaine de points plus ou moins superposés le long d'une droite.	24
40 :05	Il sélectionne l'outil modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur ses données expérimentales.	25
40 :40	Il réduit la fenêtre du logiciel. Il lance de nouveau le logiciel (même s'il est déjà ouvert, mais réduit) qui tombe en mode simulation. Il vérifie le branchement des capteurs à l'interface. Il ferme la fenêtre du logiciel qui est réduit et relance le logiciel qui est reconnu.	26
42 :30	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	27

42 :40	Essai 4 en mode graphique. Il pousse et tire sur la seringue à plusieurs reprises. Il prend trois données à chaque poussée ou tirage. Il obtient une trentaine de points plus ou moins superposés le long d'une droite.	28
43 :30	Il sélectionne l'outil modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur ses données expérimentales.	29
45 :30	Il pose la question 4.	30
46 :40	Il assigne la fonction au capteur universel.	31
46 :45	Il clique sur le capteur de pression étalon et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Universel.	32
46 :52	Essai 5 en mode graphique. Il pousse et tire sur la seringue à plusieurs reprises. Il prend cinq données à chaque poussée ou tirage. Il obtient une cinquantaine de points plus ou moins superposés le long d'une droite. Il déconnecte la seringue entre chaque essai.	33
47 :23	Il sélectionne l'outil modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur ses données expérimentales.	34
52 :30	Il assigne la fonction au capteur de pression étalon.	35
52 :40	Il clique sur le capteur de pression étalon et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Universel.	36
52 :44	Essai 6 en mode graphique. Il pousse et tire sur la seringue à plusieurs reprises. Aucune donnée n'est prise. Il revient en page d'accueil.	37
53 :12	Il clique sur le capteur universel et sélectionne la fonction transformer ce capteur en fonction d'une variable intérieure : Manomètre.	38
53 :15	Essai 7 en mode graphique. Il pousse et tire sur la seringue à plusieurs reprises. Il prend trois données à chaque poussée ou tirage. Il obtient une trentaine de points plus ou moins superposés le long d'une droite.	39
53 :45	Il sélectionne l'outil modéliseur et choisit la droite qu'il applique sur ses données expérimentales.	40

<b>Code</b>	<b>Nb d'actions - sujet 33</b>	<b>Ligne</b>
T1	6	6;16;19;23;27;38
T3	2	<u>11;15</u>
T5	1	<u>14</u>
T6	1	<u>13</u>
ETU7	1	<u>8</u>
T19	3	<u>7;32;36</u>
T20	1	<u>4</u>
PE27	2	<u>17;20</u>
PE28	1	20
AT30	5	<u>9;24;28;33;39</u>
AT31	2	<u>18;37</u>
FL36	4	25;29;34;40
FL61	7	<u>6;7;11;15;18;21;37</u>
FL65	2	<u>12;26</u>
FL66	1	<u>26</u>
MP67	4	9;18;21;28
MP68	4	<u>24;33;37;39</u>
MP70	1	15
MP72	4	15;16;19;33
MP74	1	2
MP77	1	1
MP80	1	21
MP82	1	26
MP86	5	<u>7;9;15;16;21</u>
MP88	1	<u>3</u>
AA91	1	31
AA94	1	<u>35</u>
AA95	1	<u>12</u>
AA97	1	<u>35</u>
PQ105	1	30
PQ107	2	<u>5;10</u>
PQ108	1	22
Nb total d'actions	70	
<u>Actions inefficaces</u>	<u>30</u>	
<b>Coefficient d'efficacité</b>	<b>57%</b>	

# **Annexe IV :**

Grilles d'observations de la capacité d'exploiter l'ExAO en situation nouvelle et des habiletés de résolution de problème

<b>Sujet 1 : Grilles d'observations</b>			<b>Principales observations du chercheur</b>
<b>Obs.</b>	<b>Capacité d'exploiter l'ExAO en situation nouvelle (compétence transversale 6)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Efficacité de l'utilisation des ressources technologiques dans un contexte d'apprentissage (Composante : Utiliser les technologies appropriées)		
<b>1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant choisit les outils les mieux adaptés pour réaliser son capteur</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il sélectionne la modélisation pour la transformation et le taux de variation pour la validation.</i>
<b>2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il applique des stratégies d'interaction, de communication et de dépannage (avec le logiciel et/ou l'enseignant), selon les besoins de la tâche</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il teste la réponse des deux capteurs avec le mode vumètre après le premier essai pour voir l'interaction de variables.</i>
	Réutilisation de procédures et processus liés aux TIC dans de nouvelles situations (Composante : Tirer profit de l'utilisation de la technologie)		
<b>3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît et utilise l'ExAO dans de nouveaux contextes (la construction des nouveaux capteurs) les concepts et processus déjà connus</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il anticipe de nouvelles utilisations des fonctions de l'ExAO</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a utilisé de nouvelles fonctions, une fois l'expérience terminée, pour voir si ses choix étaient les bons, pour retester différemment. Par exemple, il fait une expérience en affichant le tableur, regarde les propriétés de son capteur, etc</i>
	Analyse de ses choix, de ses réussites et de ses difficultés		
<b>5</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît ses réussites et ses difficultés (et pose des questions pertinentes)</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>6</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il cherche les améliorations possibles dans sa manière de faire et propose des avenues pour accroître son efficacité</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Idem commentaire précédent</i>
<b>Obs.</b>	<b>Les habiletés de résolution de problème (compétence disciplinaire 1)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Représentation adéquate de la situation (Composante : Cerner un problème)		
<b>7</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant se donne une représentation de la situation sous la forme d'un schéma de montage adéquat</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>8</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il identifie les éléments du matériel fourni qui semblent pertinents et les relations qui les unissent en agençant adéquatement le matériel</li> </ul>	<b>4</b>	
	Élaboration d'un plan d'action pertinent, adapté à la situation (Composante : Élaborer un plan d'action)		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place la démarche technologique de conception :</li> </ul>		
<b>9</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il explore quelques-unes des explications ou des solutions provisoires en essayant plusieurs agencements du matériel ou plusieurs fonctions du logiciel</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il utilise plusieurs fonctions du logiciel pour vérifier sa démarche.</i>
<b>10</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne une solution qu'il mettra en pratique en construisant son capteur</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>11</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il détermine les ressources nécessaires en sélectionnant le matériel</li> </ul>	<b>4</b>	



12	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il planifie les étapes de sa mise en œuvre dans son protocole</li> </ul>	4	
	Mise en œuvre adéquate du plan d'action (Composante : Concrétiser le plan d'action)		
13	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il met en œuvre les étapes planifiées de la construction du capteur</li> </ul>	4	<i>Les étapes de son protocole représentent effectivement celles qu'il a effectuées durant la construction du capteur.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il fait appel aux techniques et aux ressources appropriées :</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche de modélisation</i></li> </ul>		
14	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise le modéliseur pour modéliser graphiquement et algébriquement ses données</li> </ul>	4	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche expérimentale</i></li> </ul>		
15	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il met en place des schèmes de contrôle de variables adéquats</li> </ul>	4	<i>Il refait l'expérience en changeant les paramètres un à un et en observant l'effet sur le nuage de points.</i>
16	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il sélectionne les paramètres expérimentaux adéquats</li> </ul>	4	
17	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise les modules graphiques et Vumètre de façon adéquate</li> </ul>	4	<i>Il utilise le vumètre pour tester le signal entre les deux capteurs.</i>
18	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise le matériel de laboratoire avec les techniques appropriées</li> </ul>	2	<i>Il met la seringue à 0 avant de faire une acquisition, mais ne retire pas la seringue du tube, ce qui peut endommager le capteur et fausser un peu les résultats.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche technologique d'analyse</i></li> </ul>		
19	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il connecte adéquatement les fils du transducteur à la capsule universelle.</li> </ul>	4	
20	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il connecte adéquatement la capsule universelle à l'interface.</li> </ul>	4	
21	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il détermine la fonction du raccord en forme de T.</li> </ul>	4	
22	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il utilise les ressources adéquates quand il en a besoin (il pose des questions à l'enseignant pour continuer d'avancer s'il en a besoin)</li> </ul>	4	
23	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il procède à des essais pour tenter de voir si sa solution fonctionne, par exemple, en utilisant différentes fonctions du logiciel</li> </ul>	4	<i>Il utilise après l'expérience le mode tableur pour voir s'il aurait pu faire mieux. Il fait un essai avec le tableur et un autre en créant une variable, et il s'assure ainsi que sa démarche initiale est la bonne.</i>
24	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il recueille des données avec son capteur, mais aussi avec l'étalon en lançant une acquisition de données</li> </ul>	4	<i>Il effectue 4 essais en mode graphique avant d'être satisfait de ses données.</i>
25	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il apporte, si nécessaire, des corrections liées à l'élaboration ou la mise en œuvre du protocole, en changeant, par exemple, la première fonction utilisée dans le logiciel ou en modifiant son schéma de montage</li> </ul>	4	
26	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il mène à terme son plan d'action et réussit à construire son capteur</li> </ul>	4	
	Élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes (Comp. Analyser les résultats)		
27	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il juge de la pertinence de la solution apportée en analysant les résultats de sa validation et en mettant un terme à l'expérimentation s'il est satisfait</li> </ul>	4	<i>On sent qu'il évalue sa droite une fois l'expérience terminée et qu'il est satisfait de ses résultats. De plus, il écrit son protocole en refaisant l'expérience, pour s'assurer que tout ce qu'il a fait est approprié.</i>

Sujet 2 : Grilles d'observations			Principales observations du chercheur
Obs.	Capacité d'exploiter l'ExAO en situation nouvelle (compétence transversale 6)	1-2-3-4	
	Efficacité de l'utilisation des ressources technologiques dans un contexte d'apprentissage (Composante : Utiliser les technologies appropriées)		
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant choisit les outils les mieux adaptés pour réaliser son capteur</li> </ul>	1	<i>Il fait une entrée manuelle qu'il définit comme une pression, mais en entrant un volume comme entrée manuelle.</i>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il applique des stratégies d'interaction, de communication et de dépannage (avec le logiciel et/ou l'enseignant), selon les besoins de la tâche</li> </ul>	4	<i>Il change les axes pour que ses résultats aient plus de sens.</i>
	Réutilisation de procédures et processus liés aux TIC dans de nouvelles situations (Composante : Tirer profit de l'utilisation de la technologie)		
3	Il reconnaît et utilise l'ExAO dans de nouveaux contextes (la construction des nouveaux capteurs) les concepts et processus déjà connus	2	<i>Il connaissait la démarche générale avec le logiciel, mais ne réussissait pas à les intégrer à la démarche expérimentale.</i>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il anticipe de nouvelles utilisations des fonctions de l'ExAO</li> </ul>	3	<i>Il essaie de contourner les problèmes avec le logiciel, même si ces solutions ne sont pas adéquates</i>
	Analyse de ses choix, de ses réussites et de ses difficultés		
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît ses réussites et ses difficultés (et pose des questions pertinentes)</li> </ul>	1	<i>Il n'a pas analysé pour voir si son dispositif était efficace.</i>
6	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il cherche les améliorations possibles dans sa manière de faire et propose des avenues pour accroître son efficacité</li> </ul>	3	<i>Il cherche des améliorations, change les paramètres expérimentaux, mais ne propose pas des améliorations adéquates.</i>
Obs.	Les habiletés de résolution de problème (compétence disciplinaire 1)	1-2-3-4	
	Représentation adéquate de la situation (Composante : Cerner un problème)		
7	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant se donne une représentation de la situation sous la forme d'un schéma de montage adéquat</li> </ul>	2	<i>Son montage n'était pas adéquat.</i>
8	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il identifie les éléments du matériel fourni qui semblent pertinents et les relations qui les unissent en agencant adéquatement le matériel</li> </ul>	3	<i>Le matériel a été agencé correctement lors de la validation.</i>
	Élaboration d'un plan d'action pertinent, adapté à la situation (Composante : Élaborer un plan d'action)		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place la démarche technologique de conception : <ul style="list-style-type: none"> <li>Il explore quelques-unes des explications ou des solutions provisoires en essayant plusieurs agencements du matériel ou plusieurs fonctions du logiciel</li> </ul> </li> </ul>	1	<i>Il n'a pas essayé beaucoup de choses, surtout que son expérience n'était pas concluante.</i>
10	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne une solution qu'il mettra en pratique en construisant son capteur</li> </ul>	4	
11	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il détermine les ressources nécessaires en sélectionnant le matériel</li> </ul>	3	<i>Il n'a pas utilisé toutes les ressources nécessaires lors de la transformation.</i>
12	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il planifie les étapes de sa mise en œuvre dans son protocole</li> </ul>	2	<i>Son protocole de validation n'est pas détaillé. De plus, il n'a pas rédigé ce protocole à l'infinif.</i>

	Mise en œuvre adéquate du plan d'action (Composante : Concrétiser le plan d'action)		
<b>13</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en œuvre les étapes planifiées de la construction du capteur</li> </ul>	<b>4</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il fait appel aux techniques et aux ressources appropriées :</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Démarche de modélisation</i></li> </ul>		
<b>14</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise le modéliseur pour modéliser graphiquement et algébriquement ses données</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il utilise la droite quand son nuage de points aurait clairement nécessité une courbe.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Démarche expérimentale</i></li> </ul>		
<b>15</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place des schèmes de contrôle de variables adéquats</li> </ul>	<b>1</b>	<i>Il identifie une entrée manuelle comme la pression, mais entre des volumes.</i>
<b>16</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne les paramètres expérimentaux adéquats</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>17</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise les modules graphiques et Vumètre de façon adéquate</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il utilise à quelques reprises le module vumètres pour analyser son signal.</i>
<b>18</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise le matériel de laboratoire avec les techniques appropriées</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il déconnecte la seringue entre chaque essai.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Démarche technologique d'analyse</i></li> </ul>		
<b>19</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il connecte adéquatement les fils du transducteur à la capsule universelle.</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>20</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il connecte adéquatement la capsule universelle à l'interface.</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>21</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il détermine la fonction du raccord en forme de T.</li> </ul>	<b>1</b>	<i>Il ne l'a pas utilisé du tout.</i>
<b>22</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise les ressources adéquates quand il en a besoin (il pose des questions à l'enseignant pour continuer d'avancer s'il en a besoin)</li> </ul>	<b>1</b>	<i>Il aurait dû demander conseil, car il n'était pas dans la bonne direction et cela semblait évident.</i>
<b>23</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il procède à des essais pour tenter de voir si sa solution fonctionne, par exemple, en utilisant différentes fonctions du logiciel</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a tenté de voir s'il pouvait utiliser d'autres fonctions, mais sans succès.</i>
<b>24</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il recueille des données avec son capteur, mais aussi avec l'étalon en lançant une acquisition de données</li> </ul>	<b>1</b>	<i>Il n'a pas transformé son capteur pression avec l'étalon de mesure, mais avec le volume de la seringue.</i>
<b>25</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il apporte, si nécessaire, des corrections liées à l'élaboration ou la mise en œuvre du protocole, en changeant, par exemple, la première fonction utilisée dans le logiciel ou en modifiant son schéma de montage</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>26</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il mène à terme son plan d'action et réussit à construire son capteur</li> </ul>	<b>1</b>	<i>Il n'a pas réussi à construire le capteur.</i>
	Élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes (Comp. Analyser les résultats)		
<b>27</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il juge de la pertinence de la solution apportée en analysant les résultats de sa validation et en mettant un terme à l'expérimentation s'il est satisfait</li> </ul>	<b>1</b>	<i>Il n'a pas analysé ses résultats, car il aurait compris que son capteur ne fonctionnait pas</i>

<b>Sujet 3 : Grilles d'observations</b>			<b>Principales observations du chercheur</b>
<b>Obs.</b>	<b>Capacité d'exploiter l'ExAO en situation nouvelle (compétence transversale 6)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Efficacité de l'utilisation des ressources technologiques dans un contexte d'apprentissage (Composante : Utiliser les technologies appropriées)		
<b>1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant choisit les outils les mieux adaptés pour réaliser son capteur</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Il a d'abord sélectionné l'entrée manuelle qu'il a définie comme la pression.</i>
<b>2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il applique des stratégies d'interaction, de communication et de dépannage (avec le logiciel et/ou l'enseignant), selon les besoins de la tâche</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Lorsque le logiciel tombe en mode simulation, il débranche les capteurs, arrête le logiciel, relance le logiciel et rebranche les capteurs. Le logiciel fonctionne bien par la suite.</i>
	Réutilisation de procédures et processus liés aux TIC dans de nouvelles situations (Composante : Tirer profit de l'utilisation de la technologie)		
<b>3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît et utilise l'ExAO dans de nouveaux contextes (la construction des nouveaux capteurs) les concepts et processus déjà connus</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il anticipe de nouvelles utilisations des fonctions de l'ExAO</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il utilise le mode vumètre pour voir de quelle manière il devra prendre des précautions au niveau du capteur pression lors de la transformation.</i>
	Analyse de ses choix, de ses réussites et de ses difficultés		
<b>5</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît ses réussites et ses difficultés (et pose des questions pertinentes)</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il est satisfait de la fidélité de son capteur une fois la première validation effectuée.</i>
<b>6</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il cherche les améliorations possibles dans sa manière de faire et propose des avenues pour accroître son efficacité</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il trouve une deuxième façon de valider son capteur.</i>
<b>Obs.</b>	<b>Les habiletés de résolution de problème (compétence disciplinaire 1)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Représentation adéquate de la situation (Composante : Cerner un problème)		
<b>7</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant se donne une représentation de la situation sous la forme d'un schéma de montage adéquat</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Dès le départ, il effectue le bon montage avec le matériel approprié.</i>
<b>8</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il identifie les éléments du matériel fourni qui semblent pertinents et les relations qui les unissent en agençant adéquatement le matériel</li> </ul>	<b>4</b>	
	Élaboration d'un plan d'action pertinent, adapté à la situation (Composante : Élaborer un plan d'action)		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place la démarche technologique de conception : <ul style="list-style-type: none"> <li>Il explore quelques-unes des explications ou des solutions provisoires en essayant plusieurs agencements du matériel ou plusieurs fonctions du logiciel</li> </ul> </li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il utilise la fonction entrée manuelle au départ pour voir ce que cela pourrait donner, mais se rend compte que l'autre fonction est plus adéquate.</i>
<b>10</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne une solution qu'il mettra en pratique en construisant son capteur</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il comprend que les deux capteurs devront prendre une mesure en simultanée pour qu'il puisse y avoir transformation.</i>
<b>11</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il détermine les ressources nécessaires en sélectionnant le matériel</li> </ul>	<b>4</b>	

12	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il planifie les étapes de sa mise en œuvre dans son protocole</li> </ul>	4	<i>Son protocole respecte l'observation directe.</i>
	Mise en œuvre adéquate du plan d'action (Composante : Concrétiser le plan d'action)		
13	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il met en œuvre les étapes planifiées de la construction du capteur</li> </ul>	4	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il fait appel aux techniques et aux ressources appropriées :</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche de modélisation</i></li> </ul>		
14	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise le modéliseur pour modéliser graphiquement et algébriquement ses données</li> </ul>	3	<i>Il utilise correctement le modéliseur, mais ne sauvegarde pas l'équation en imprimé-écran.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche expérimentale</i></li> </ul>		
15	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il met en place des schèmes de contrôle de variables adéquats</li> </ul>	4	<i>Il teste séparément le capteur de pression en mode vumètre pour voir comment il évolue et pour savoir comment le protéger en cours d'expérience.</i>
16	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il sélectionne les paramètres expérimentaux adéquats</li> </ul>	3	<i>Il change les paramètres pour avoir plus de points, mais il obtient trop de données (quelques centaines) et ne change pas pour en avoir seulement une vingtaine, ce qui serait plus adéquat pour comprendre la modélisation. D'ailleurs, ceci pourrait expliquer pourquoi il ne prend pas la peine de mettre la droite sur les données avant de faire l'imprimé-écran, étant donné que les données sont tellement rapprochées qu'il y a une droite épaisse sur le graphique.</i>
17	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise les modules graphiques et Vumètre de façon adéquate</li> </ul>	4	<i>Il teste le capteur de pression avec le vumètre et se met en mode graphique pour les expériences.</i>
18	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise le matériel de laboratoire avec les techniques appropriées</li> </ul>	4	<i>Il déconnecte et reconnecte la seringue à chaque expérience, évitant d'endommager le transducteur.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche technologique d'analyse</i></li> </ul>		
19	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il connecte adéquatement les fils du transducteur à la capsule universelle.</li> </ul>	4	
20	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il connecte adéquatement la capsule universelle à l'interface.</li> </ul>	4	
21	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il détermine la fonction du raccord en forme de T.</li> </ul>	4	
22	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il utilise les ressources adéquates quand il en a besoin (il pose des questions à l'enseignant pour continuer d'avancer s'il en a besoin)</li> </ul>	4	
23	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il procède à des essais pour tenter de voir si sa solution fonctionne, par exemple, en utilisant différentes fonctions du logiciel</li> </ul>	4	<i>Il utilise deux validations différentes qui impliquent deux façons différentes d'utiliser le mode graphique.</i>
24	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il recueille des données avec son capteur, mais aussi avec l'étalon en lançant une acquisition de données</li> </ul>	4	
25	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il apporte, si nécessaire, des corrections liées à l'élaboration ou la mise en œuvre du protocole, en changeant, par exemple, la première fonction utilisée dans le logiciel ou en modifiant son schéma de montage</li> </ul>	4	<i>Après avoir constaté que la fonction entrée manuelle n'était pas la bonne, il sélectionne la fonction variable intérieure à MicrolabExAO qui était appropriée.</i>
26	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il mène à terme son plan d'action et réussit à construire son capteur</li> </ul>	4	
	Élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes (Comp. Analyser les résultats)		
27	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il juge de la pertinence de la solution apportée en analysant les résultats de sa validation et en mettant un terme à l'expérimentation s'il est satisfait</li> </ul>	4	<i>Il est satisfait des deux validations qu'il effectue.</i>

Sujet 4 : Grilles d'observations			Principales observations du chercheur
<b>Obs.</b>	<b>Capacité d'exploiter l'ExAO en situation nouvelle (compétence transversale 6)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Efficacité de l'utilisation des ressources technologiques dans un contexte d'apprentissage (Composante : Utiliser les technologies appropriées)		
<b>1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant choisit les outils les mieux adaptés pour réaliser son capteur</li> </ul>	<b>1</b>	<i>Il n'a pas compris pourquoi il n'avait pas la case assigner la fonction au capteur quand il a choisi la fonction étudier ce capteur. Il a fallu que l'enseignant lui dise quelle fonction utilisée. Il cliquait aussi sur les fonctions de son capteur étalon pour le transformer.</i>
<b>2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il applique des stratégies d'interaction, de communication et de dépannage (avec le logiciel et/ou l'enseignant), selon les besoins de la tâche</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Il y a un bogue du logiciel (impossible de prendre deux mesures en même temps) et il relance le logiciel, réglant ainsi le bogue.</i>
	Réutilisation de procédures et processus liés aux TIC dans de nouvelles situations (Composante : Tirer profit de l'utilisation de la technologie)		
<b>3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît et utilise l'ExAO dans de nouveaux contextes (la construction des nouveaux capteurs) les concepts et processus déjà connus</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il utilise le mode vumètre pour analyser les signaux des capteurs.</i>
<b>4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il anticipe de nouvelles utilisations des fonctions de l'ExAO</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Il a validé de 2 façons son capteur (vumètre-graphe).</i>
	Analyse de ses choix, de ses réussites et de ses difficultés		
<b>5</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît ses réussites et ses difficultés (et pose des questions pertinentes)</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Il a demandé quoi faire, mais un peu tard.</i>
<b>6</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il cherche les améliorations possibles dans sa manière de faire et propose des avenues pour accroître son efficacité</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a tout essayé avec le logiciel pour régler ses difficultés.</i>
<b>Obs.</b>	<b>Les habiletés de résolution de problème (compétence disciplinaire 1)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Représentation adéquate de la situation (Composante : Cerner un problème)		
<b>7</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant se donne une représentation de la situation sous la forme d'un schéma de montage adéquat</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il connecte les deux capteurs et prend des mesures, mais ne les relie pas.</i>
<b>8</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il identifie les éléments du matériel fourni qui semblent pertinents et les relations qui les unissent en agencant adéquatement le matériel</li> </ul>	<b>1</b>	<i>Il ne comprend pas qu'il a besoin du raccord en T pour relier les deux capteurs.</i>
	Élaboration d'un plan d'action pertinent, adapté à la situation (Composante : Élaborer un plan d'action)		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place la démarche technologique de conception : <ul style="list-style-type: none"> <li>Il explore quelques-unes des explications ou des solutions provisoires en essayant plusieurs agencements du matériel ou plusieurs fonctions du logiciel</li> </ul> </li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a fait de nombreux essais et exploré plusieurs solutions.</i>
<b>10</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne une solution qu'il mettra en pratique en construisant son capteur</li> </ul>	<b>1</b>	<i>L'enseignant lui a donné la solution.</i>
<b>11</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il détermine les ressources nécessaires en sélectionnant le matériel</li> </ul>	<b>1</b>	
<b>12</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il planifie les étapes de sa mise en œuvre dans son protocole</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Son protocole est identique à sa démarche qui a fonctionné.</i>

	Mise en œuvre adéquate du plan d'action (Composante : Concrétiser le plan d'action)		
<b>13</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en œuvre les étapes planifiées de la construction du capteur</li> </ul>	<b>4</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il fait appel aux techniques et aux ressources appropriées :</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Démarche de modélisation</i></li> </ul>		
<b>14</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise le modéliseur pour modéliser graphiquement et algébriquement ses données</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il sait bien modéliser. Il a même utilisé la courbe quand son nuage de points ressemblait à une courbe.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Démarche expérimentale</i></li> </ul>		
<b>15</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place des schèmes de contrôle de variables adéquats</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il essaie plusieurs fonctions, déconnecte et reconnecte la seringue à l'autre capteur, mais ne fait pas le lien entre la représentation graphique de l'interaction de variables et son montage.</i>
<b>16</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne les paramètres expérimentaux adéquats</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>17</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise les modules graphiques et Vumètre de façon adéquate</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>18</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise le matériel de laboratoire avec les techniques appropriées</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il ne déconnecte pas la seringue entre chaque essai.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Démarche technologique d'analyse</i></li> </ul>		
<b>19</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il connecte adéquatement les fils du transducteur à la capsule universelle.</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>20</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il connecte adéquatement la capsule universelle à l'interface.</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>21</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il détermine la fonction du raccord en forme de T.</li> </ul>	<b>1</b>	<i>Il a fallu que l'enseignant lui dise.</i>
<b>22</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise les ressources adéquates quand il en a besoin (il pose des questions à l'enseignant pour continuer d'avancer s'il en a besoin)</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a posé la question pour le dépanner juste à temps.</i>
<b>23</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il procède à des essais pour tenter de voir si sa solution fonctionne, par exemple, en utilisant différentes fonctions du logiciel</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a validé son capteur de deux façons</i>
<b>24</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il recueille des données avec son capteur, mais aussi avec l'étalon en lançant une acquisition de données</li> </ul>	<b>1</b>	<i>Il n'a pas compris qu'il devait prendre les mesures en même temps. Il a fallu que l'enseignant lui dise.</i>
<b>25</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il apporte, si nécessaire, des corrections liées à l'élaboration ou la mise en œuvre du protocole, en changeant, par exemple, la première fonction utilisée dans le logiciel ou en modifiant son schéma de montage</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>26</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il mène à terme son plan d'action et réussit à construire son capteur</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Il a été aidé par l'enseignant.</i>
	Élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes (Comp. Analyser les résultats)		
<b>27</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il juge de la pertinence de la solution apportée en analysant les résultats de sa validation et en mettant un terme à l'expérimentation s'il est satisfait</li> </ul>	<b>4</b>	

<b>Sujet 5 : Grilles d'observations</b>			<b>Principales observations du chercheur</b>
<b>Obs.</b>	<b>Capacité d'exploiter l'ExAO en situation nouvelle (compétence transversale 6)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Efficacité de l'utilisation des ressources technologiques dans un contexte d'apprentissage (Composante : Utiliser les technologies appropriées)		
<b>1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant choisit les outils les mieux adaptés pour réaliser son capteur</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il clique sur toutes les fonctions. Toutefois, il ne fait pas un essai pour chaque fonction, comme s'il se rendait compte avant de faire l'essai qu'il est dans l'erreur.</i>
<b>2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il applique des stratégies d'interaction, de communication et de dépannage (avec le logiciel et/ou l'enseignant), selon les besoins de la tâche</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il utilise le mode vumètre pour voir varier le signal et pose des questions à l'enseignant.</i>
	Réutilisation de procédures et processus liés aux TIC dans de nouvelles situations (Composante : Tirer profit de l'utilisation de la technologie)		
<b>3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît et utilise l'ExAO dans de nouveaux contextes (la construction des nouveaux capteurs) les concepts et processus déjà connus</li> </ul>	<b>1</b>	<i>Il n'a pas été capable de réinvestir sa démarche.</i>
<b>4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il anticipe de nouvelles utilisations des fonctions de l'ExAO</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il a voulu créer un capteur virtuel à un moment donné.</i>
	Analyse de ses choix, de ses réussites et de ses difficultés		
<b>5</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît ses réussites et ses difficultés (et pose des questions pertinentes)</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il semble comprendre, sauf pour la validation, qu'il est dans l'erreur et a posé au bon moment une question à l'enseignant.</i>
<b>6</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il cherche les améliorations possibles dans sa manière de faire et propose des avenues pour accroître son efficacité</li> </ul>	<b>1</b>	<i>Comme il n'est pas arrivé à la solution, il est difficile de chercher des améliorations.</i>
<b>Obs.</b>	<b>Les habiletés de résolution de problème (compétence disciplinaire 1)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Représentation adéquate de la situation (Composante : Cerner un problème)		
<b>7</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant se donne une représentation de la situation sous la forme d'un schéma de montage adéquat</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il branche les deux capteurs, mais en utilise qu'un seul. Il semble avoir de la difficulté à comprendre à quoi sert l'ensemble du matériel.</i>
<b>8</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il identifie les éléments du matériel fourni qui semblent pertinents et les relations qui les unissent en agençant adéquatement le matériel</li> </ul>	<b>1</b>	<i>Il ne pose pas un tube au transducteur avant quelques essais avec le capteur de pression et ne connecte pas les capteurs ensemble via le raccord en T.</i>
	Élaboration d'un plan d'action pertinent, adapté à la situation (Composante : Élaborer un plan d'action)		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place la démarche technologique de conception : <ul style="list-style-type: none"> <li>Il explore quelques-unes des explications ou des solutions provisoires en essayant plusieurs agencements du matériel ou plusieurs fonctions du logiciel</li> </ul> </li> </ul>	<b>3</b>	<i>Il effectue de nombreux essais avec les fonctions du logiciel, mais ne va pas au bout de ces démarches.</i>
<b>10</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne une solution qu'il mettra en pratique en construisant son capteur</li> </ul>	<b>1</b>	<i>C'est l'enseignant qui lui a dit quelle fonction utiliser et comment faire son montage.</i>
<b>11</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il détermine les ressources nécessaires en sélectionnant le matériel</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il comprend que le raccord en T est important, mais ne semble pas savoir comment l'utiliser.</i>



12	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il planifie les étapes de sa mise en œuvre dans son protocole</li> </ul>	3	<i>Le protocole aurait pu être plus détaillé.</i>
	Mise en œuvre adéquate du plan d'action (Composante : Concrétiser le plan d'action)		
13	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il met en œuvre les étapes planifiées de la construction du capteur</li> </ul>	1	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il fait appel aux techniques et aux ressources appropriées :</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche de modélisation</i></li> </ul>		
14	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise le modéliseur pour modéliser graphiquement et algébriquement ses données</li> </ul>	4	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche expérimentale</i></li> </ul>		
15	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il met en place des schèmes de contrôle de variables adéquats</li> </ul>	2	<i>Il essaie certaines fonctions, change de capteur, observe le signal des capteurs en mode vumètre, change les paramètres d'acquisition pour voir la différence sur le nuage de points. Toutefois, il considère le volume comme une variable à modéliser.</i>
16	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il sélectionne les paramètres expérimentaux adéquats</li> </ul>	4	
17	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise les modules graphiques et Vumètre de façon adéquate</li> </ul>	4	
18	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise le matériel de laboratoire avec les techniques appropriées</li> </ul>	2	<i>Il ne déconnecte pas la seringue entre chaque essai, ce qui pourrait endommager le transducteur pression.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche technologique d'analyse</i></li> </ul>		
19	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il connecte adéquatement les fils du transducteur à la capsule universelle.</li> </ul>	4	
20	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il connecte adéquatement la capsule universelle à l'interface.</li> </ul>	4	
21	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il détermine la fonction du raccord en forme de T.</li> </ul>	1	<i>Il a fallu que l'enseignant lui dise comment la connecter.</i>
22	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il utilise les ressources adéquates quand il en a besoin (il pose des questions à l'enseignant pour continuer d'avancer s'il en a besoin)</li> </ul>	4	
23	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il procède à des essais pour tenter de voir si sa solution fonctionne, par exemple, en utilisant différentes fonctions du logiciel</li> </ul>	1	<i>Il n'est pas parvenu à valider son instrument de mesure. Il ne pouvait donc pas tester sa solution.</i>
24	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il recueille des données avec son capteur, mais aussi avec l'étalon en lançant une acquisition de données</li> </ul>	1	<i>Il a fallu que l'enseignant lui dise qu'il devait faire varier ses capteurs en même temps.</i>
25	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il apporte, si nécessaire, des corrections liées à l'élaboration ou la mise en œuvre du protocole, en changeant, par exemple, la première fonction utilisée dans le logiciel ou en modifiant son schéma de montage</li> </ul>	3	<i>Il essaie de changer son montage, sans y parvenir, et il utilise beaucoup de fonctions du logiciel, en cliquant à la fois sur l'étalon et sur la capsule universelle.</i>
26	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il mène à terme son plan d'action et réussit à construire son capteur</li> </ul>	1	<i>Il n'a pas terminé la transformation, car il n'a pas appliqué la fonction au capteur, et il n'a pas pu faire, ainsi, la validation.</i>
	Élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes (Comp. Analyser les résultats)		
27	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il juge de la pertinence de la solution apportée en analysant les résultats de sa validation et en mettant un terme à l'expérimentation s'il est satisfait</li> </ul>	1	<i>Son graphique de validation n'était pas du tout pertinent, mais il semble avoir accepté cette solution.</i>

<b>Sujet 6 : Grilles d'observations</b>			<b>Principales observations du chercheur</b>
<b>Obs.</b>	<b>Capacité d'exploiter l'ExAO en situation nouvelle (compétence transversale 6)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Efficacité de l'utilisation des ressources technologiques dans un contexte d'apprentissage (Composante : Utiliser les technologies appropriées)		
<b>1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant choisit les outils les mieux adaptés pour réaliser son capteur</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Bien qu'il aurait dû choisir la fonction transformer ce capteur, au lieu d'étalonner son capteur, il est parvenu à exécuter la démarche avec succès. Il s'agit ici d'une question de vocabulaire. Il a utilisé avec succès la fonction taux de variation.</i>
<b>2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il applique des stratégies d'interaction, de communication et de dépannage (avec le logiciel et/ou l'enseignant), selon les besoins de la tâche</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a su changer les axes quand l'échelle de la tension, devenue pression, ne s'est pas ajustée automatiquement.</i>
	Réutilisation de procédures et processus liés aux TIC dans de nouvelles situations (Composante : Tirer profit de l'utilisation de la technologie)		
<b>3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît et utilise l'ExAO dans de nouveaux contextes (la construction des nouveaux capteurs) les concepts et processus déjà connus</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il anticipe de nouvelles utilisations des fonctions de l'ExAO</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a utilisé le vumètre de même que la page d'accueil pour visualiser la variation avec son capteur.</i>
	Analyse de ses choix, de ses réussites et de ses difficultés		
<b>5</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît ses réussites et ses difficultés (et pose des questions pertinentes)</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a su reconnaître que ses graphiques d'étalonnage et de validation étaient adéquats.</i>
<b>6</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il cherche les améliorations possibles dans sa manière de faire et propose des avenues pour accroître son efficacité</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Il aurait pu chercher une autre façon de valider la construction de son capteur.</i>
<b>Obs.</b>	<b>Les habiletés de résolution de problème (compétence disciplinaire 1)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Représentation adéquate de la situation (Composante : Cerner un problème)		
<b>7</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant se donne une représentation de la situation sous la forme d'un schéma de montage adéquat</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>8</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il identifie les éléments du matériel fourni qui semblent pertinents et les relations qui les unissent en agencant adéquatement le matériel</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a pris le temps d'étudier chaque élément de matériel en sa possession.</i>
	Élaboration d'un plan d'action pertinent, adapté à la situation (Composante : Élaborer un plan d'action)		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place la démarche technologique de conception :</li> </ul>		
<b>9</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il explore quelques-unes des explications ou des solutions provisoires en essayant plusieurs agencements du matériel ou plusieurs fonctions du logiciel</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il utilise adéquatement les modes vumètres et graphiques.</i>
<b>10</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne une solution qu'il mettra en pratique en construisant son capteur</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>11</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il détermine les ressources nécessaires en sélectionnant le matériel</li> </ul>	<b>4</b>	

12	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il planifie les étapes de sa mise en œuvre dans son protocole</li> </ul>	4	
	Mise en œuvre adéquate du plan d'action (Composante : Concrétiser le plan d'action)		
13	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il met en œuvre les étapes planifiées de la construction du capteur</li> </ul>	4	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il fait appel aux techniques et aux ressources appropriées :</li> </ul>	4	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche de modélisation</i></li> </ul>		
14	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise le modéliseur pour modéliser graphiquement et algébriquement ses données</li> </ul>	4	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche expérimentale</i></li> </ul>		
15	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il met en place des schèmes de contrôle de variables adéquats</li> </ul>	4	<i>Il change les paramètres de son expérience pour avoir plus ou moins de points expérimentaux.</i>
16	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il sélectionne les paramètres expérimentaux adéquats</li> </ul>	4	
17	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise les modules graphiques et Vumètre de façon adéquate</li> </ul>	4	
18	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise le matériel de laboratoire avec les techniques appropriées</li> </ul>	3	<i>Il ne déconnectait pas la seringue entre chaque essai.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche technologique d'analyse</i></li> </ul>		
19	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il connecte adéquatement les fils du transducteur à la capsule universelle.</li> </ul>	4	
20	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il connecte adéquatement la capsule universelle à l'interface.</li> </ul>	4	
21	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il détermine la fonction du raccord en forme de T.</li> </ul>	3	<i>Il a tenté de connecter le raccord en T directement à la seringue à quelques reprises.</i>
22	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il utilise les ressources adéquates quand il en a besoin (il pose des questions à l'enseignant pour continuer d'avancer s'il en a besoin)</li> </ul>	4	
23	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il procède à des essais pour tenter de voir si sa solution fonctionne, par exemple, en utilisant différentes fonctions du logiciel</li> </ul>	3	<i>Il aurait pu faire un autre essai de validation en mettant la mesure des deux capteurs de pression l'un par rapport à l'autre.</i>
24	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il recueille des données avec son capteur, mais aussi avec l'étalon en lançant une acquisition de données</li> </ul>	4	
25	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il apporte, si nécessaire, des corrections liées à l'élaboration ou la mise en œuvre du protocole, en changeant, par exemple, la première fonction utilisée dans le logiciel ou en modifiant son schéma de montage</li> </ul>	4	
26	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il mène à terme son plan d'action et réussit à construire son capteur</li> </ul>	4	
	Élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes (Comp. Analyser les résultats)		
27	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il juge de la pertinence de la solution apportée en analysant les résultats de sa validation et en mettant un terme à l'expérimentation s'il est satisfait</li> </ul>	4	<i>Il semblait satisfait des mesures prises par son instrument de mesure.</i>

Sujet 7 : Grilles d'observations			Principales observations du chercheur
Obs.	Capacité d'exploiter l'ExAO en situation nouvelle (compétence transversale 6)	1-2-3-4	
	Efficacité de l'utilisation des ressources technologiques dans un contexte d'apprentissage (Composante : Utiliser les technologies appropriées)		
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant choisit les outils les mieux adaptés pour réaliser son capteur</li> </ul>	4	<i>Il a utilisé la fonction de transformation du premier coup.</i>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il applique des stratégies d'interaction, de communication et de dépannage (avec le logiciel et/ou l'enseignant), selon les besoins de la tâche</li> </ul>	4	<i>Il s'est rendu compte qu'il lui manquait l'étalon de mesure. Il a demandé le capteur à l'enseignant.</i>
	Réutilisation de procédures et processus liés aux TIC dans de nouvelles situations (Composante : Tirer profit de l'utilisation de la technologie)		
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît et utilise l'ExAO dans de nouveaux contextes (la construction des nouveaux capteurs) les concepts et processus déjà connus</li> </ul>	4	<i>Il a construit avec succès son capteur de pression.</i>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il anticipe de nouvelles utilisations des fonctions de l'ExAO</li> </ul>	4	<i>Il a étudié la variation de la mesure de son capteur en page d'accueil.</i>
	Analyse de ses choix, de ses réussites et de ses difficultés		
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît ses réussites et ses difficultés (et pose des questions pertinentes)</li> </ul>	4	<i>Quand il n'avait pas assez de points, il changeait les paramètres expérimentaux pour avoir plus de données.</i>
6	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il cherche les améliorations possibles dans sa manière de faire et propose des avenues pour accroître son efficacité</li> </ul>	3	<i>Il aurait pu faire une meilleure validation en utilisant mieux les fonctions du logiciel comme le taux de variation ou mettre les capteurs l'un par rapport à l'autre.</i>
Obs.	Les habiletés de résolution de problème (compétence disciplinaire 1)	1-2-3-4	
	Représentation adéquate de la situation (Composante : Cerner un problème)		
7	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant se donne une représentation de la situation sous la forme d'un schéma de montage adéquat</li> </ul>	4	<i>Il a fait le bon montage du premier coup.</i>
8	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il identifie les éléments du matériel fourni qui semblent pertinents et les relations qui les unissent en agencant adéquatement le matériel</li> </ul>	4	<i>Il a pris le temps d'observer chaque matériel fourni et d'en comprendre la fonction. On pourrait dire ici qu'il a fait une bonne analyse technologique du raccord en T.</i>
	Élaboration d'un plan d'action pertinent, adapté à la situation (Composante : Élaborer un plan d'action)		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place la démarche technologique de conception : <ul style="list-style-type: none"> <li>Il explore quelques-unes des explications ou des solutions provisoires en essayant plusieurs agencements du matériel ou plusieurs fonctions du logiciel</li> </ul> </li> </ul>	4	<i>Il a fait quelques essais en faisant varier les paramètres expérimentaux pour voir ce que cela produisait sur le graphique.</i>
10	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne une solution qu'il mettra en pratique en construisant son capteur</li> </ul>	4	
11	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il détermine les ressources nécessaires en sélectionnant le matériel</li> </ul>	4	
12	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il planifie les étapes de sa mise en œuvre dans son protocole</li> </ul>	4	

	Mise en œuvre adéquate du plan d'action (Composante : Concrétiser le plan d'action)		
<b>13</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en œuvre les étapes planifiées de la construction du capteur</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Son protocole correspond en tout point à ce qui a été observé dans la vidéo.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il fait appel aux techniques et aux ressources appropriées :</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Démarche de modélisation</i></li> </ul>		
<b>14</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise le modéliseur pour modéliser graphiquement et algébriquement ses données</li> </ul>	<b>4</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Démarche expérimentale</i></li> </ul>		
<b>15</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place des schèmes de contrôle de variables adéquats</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il déconnecte la seringue entre chaque essai. Il change les paramètres expérimentaux pour voir l'effet sur le nuage de points.</i>
<b>16</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne les paramètres expérimentaux adéquats</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>17</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise les modules graphiques et Vumètre de façon adéquate</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>18</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise le matériel de laboratoire avec les techniques appropriées</li> </ul>	<b>4</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Démarche technologique d'analyse</i></li> </ul>		
<b>19</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il connecte adéquatement les fils du transducteur à la capsule universelle.</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>20</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il connecte adéquatement la capsule universelle à l'interface.</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>21</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il détermine la fonction du raccord en forme de T.</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il connecte adéquatement le raccord en T sur les différents tuyaux. Il a bien compris la fonction de ce composant du premier coup d'œil sans qu'on le lui ait dit.</i>
<b>22</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise les ressources adéquates quand il en a besoin (il pose des questions à l'enseignant pour continuer d'avancer s'il en a besoin)</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a demandé le capteur étalon.</i>
<b>23</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il procède à des essais pour tenter de voir si sa solution fonctionne, par exemple, en utilisant différentes fonctions du logiciel</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Il aurait pu tester son capteur d'une autre façon en comparant la mesure des deux capteurs l'un par rapport à l'autre.</i>
<b>24</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il recueille des données avec son capteur, mais aussi avec l'étalon en lançant une acquisition de données</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>25</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il apporte, si nécessaire, des corrections liées à l'élaboration ou la mise en œuvre du protocole, en changeant, par exemple, la première fonction utilisée dans le logiciel ou en modifiant son schéma de montage</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a changé le nombre de points expérimentaux pour en prendre une dizaine.</i>
<b>26</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il mène à terme son plan d'action et réussit à construire son capteur</li> </ul>	<b>4</b>	
	Élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes (Comp. Analyser les résultats)		
<b>27</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il juge de la pertinence de la solution apportée en analysant les résultats de sa validation et en mettant un terme à l'expérimentation s'il est satisfait</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il est satisfait de sa validation. Les points se superposent en effet parfaitement.</i>

<b>Sujet 8 : Grilles d'observations</b>			<b>Principales observations du chercheur</b>
<b>Obs.</b>	<b>Capacité d'exploiter l'ExAO en situation nouvelle (compétence transversale 6)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Efficacité de l'utilisation des ressources technologiques dans un contexte d'apprentissage (Composante : Utiliser les technologies appropriées)		
<b>1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant choisit les outils les mieux adaptés pour réaliser son capteur</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il sélectionne la fonction adéquate en page d'accueil et ne sélectionne pas d'autres fonctions pour voir.</i>
<b>2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il applique des stratégies d'interaction, de communication et de dépannage (avec le logiciel et/ou l'enseignant), selon les besoins de la tâche</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il utilise le mode vumètre pour tester le signal du capteur de pression.</i>
	Réutilisation de procédures et processus liés aux TIC dans de nouvelles situations (Composante : Tirer profit de l'utilisation de la technologie)		
<b>3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît et utilise l'ExAO dans de nouveaux contextes (la construction des nouveaux capteurs) les concepts et processus déjà connus</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Sa démarche était complète et cohérente.</i>
<b>4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il anticipe de nouvelles utilisations des fonctions de l'ExAO</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il utilise le mode vumètre et sait changer les paramètres expérimentaux pour obtenir le nuage de points qui lui convient.</i>
	Analyse de ses choix, de ses réussites et de ses difficultés		
<b>5</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît ses réussites et ses difficultés (et pose des questions pertinentes)</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il est satisfait de ses nuages de points, qui sont d'ailleurs satisfaisants. Toutefois, celui de la validation aurait pu contenir moins de points pour plus de clarté.</i>
<b>6</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il cherche les améliorations possibles dans sa manière de faire et propose des avenues pour accroître son efficacité</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il ne pouvait pas être plus efficace.</i>
<b>Obs.</b>	<b>Les habiletés de résolution de problème (compétence disciplinaire 1)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Représentation adéquate de la situation (Composante : Cerner un problème)		
<b>7</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant se donne une représentation de la situation sous la forme d'un schéma de montage adéquat</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il effectue le bon schéma du premier coup.</i>
<b>8</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il identifie les éléments du matériel fourni qui semblent pertinents et les relations qui les unissent en agençant adéquatement le matériel</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il prend le temps d'analyser le matériel qu'il a en sa possession.</i>
	Élaboration d'un plan d'action pertinent, adapté à la situation (Composante : Élaborer un plan d'action)		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place la démarche technologique de conception : <ul style="list-style-type: none"> <li>Il explore quelques-unes des explications ou des solutions provisoires en essayant plusieurs agencements du matériel ou plusieurs fonctions du logiciel</li> </ul> </li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il mène deux essais pour trouver le nombre de points adéquat pour son nuage de points.</i>
<b>10</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne une solution qu'il mettra en pratique en construisant son capteur</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>11</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il détermine les ressources nécessaires en sélectionnant le matériel</li> </ul>	<b>4</b>	

12	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il planifie les étapes de sa mise en œuvre dans son protocole</li> </ul>	4	
	Mise en œuvre adéquate du plan d'action (Composante : Concrétiser le plan d'action)		
13	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il met en œuvre les étapes planifiées de la construction du capteur</li> </ul>	4	<i>Son protocole est identique aux actions observées.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il fait appel aux techniques et aux ressources appropriées :</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche de modélisation</i></li> </ul>		
14	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise le modéliseur pour modéliser graphiquement et algébriquement ses données</li> </ul>	4	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche expérimentale</i></li> </ul>		
15	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il met en place des schèmes de contrôle de variables adéquats</li> </ul>	4	<i>Il étudie le signal du capteur pression en mode vumètre, il change les paramètres d'acquisition pour obtenir un nombre de points satisfaisant.</i>
16	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il sélectionne les paramètres expérimentaux adéquats</li> </ul>	4	
17	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise les modules graphiques et Vumètre de façon adéquate</li> </ul>	4	
18	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise le matériel de laboratoire avec les techniques appropriées</li> </ul>	3	<i>Il aurait dû déconnecter la seringue entre chaque essai.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche technologique d'analyse</i></li> </ul>		
19	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il connecte adéquatement les fils du transducteur à la capsule universelle.</li> </ul>	4	
20	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il connecte adéquatement la capsule universelle à l'interface.</li> </ul>	4	
21	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il détermine la fonction du raccord en forme de T.</li> </ul>	4	<i>Il connecte adéquatement le raccord en T et en saisit rapidement la fonction.</i>
22	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il utilise les ressources adéquates quand il en a besoin (il pose des questions à l'enseignant pour continuer d'avancer s'il en a besoin)</li> </ul>	4	
23	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il procède à des essais pour tenter de voir si sa solution fonctionne, par exemple, en utilisant différentes fonctions du logiciel</li> </ul>	4	<i>Il fait le taux de variations de son nuage de points et obtient une droite de pente 1. Il comprend que sa solution fonctionne.</i>
24	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il recueille des données avec son capteur, mais aussi avec l'étalon en lançant une acquisition de données</li> </ul>	4	
25	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il apporte, si nécessaire, des corrections liées à l'élaboration ou la mise en œuvre du protocole, en changeant, par exemple, la première fonction utilisée dans le logiciel ou en modifiant son schéma de montage</li> </ul>	4	<i>Il change les paramètres expérimentaux au besoin.</i>
26	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il mène à terme son plan d'action et réussit à construire son capteur</li> </ul>	4	
	Élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes (Comp. Analyser les résultats)		
27	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il juge de la pertinence de la solution apportée en analysant les résultats de sa validation et en mettant un terme à l'expérimentation s'il est satisfait</li> </ul>	4	<i>Il comprend que le taux de variation de 1 sur son graphique de validation montre que ses résultats sont adéquats.</i>

<b>Sujet 9 : Grilles d'observations</b>			<b>Principales observations du chercheur</b>
<b>Obs.</b>	<b>Capacité d'exploiter l'ExAO en situation nouvelle (compétence transversale 6)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Efficacité de l'utilisation des ressources technologiques dans un contexte d'apprentissage (Composante : Utiliser les technologies appropriées)		
<b>1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant choisit les outils les mieux adaptés pour réaliser son capteur</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Il a choisi la fonction étalonnage au lieu de la fonction transformation.</i>
<b>2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il applique des stratégies d'interaction, de communication et de dépannage (avec le logiciel et/ou l'enseignant), selon les besoins de la tâche</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Comme ses expériences ne donnaient pas de points, mais qu'il lui semblait avoir les bonnes conditions expérimentales comme le bon montage, il a simplement recommencé son expérience jusqu'à obtenir au 4<sup>e</sup> essai, des points à modéliser.</i>
	Réutilisation de procédures et processus liés aux TIC dans de nouvelles situations (Composante : Tirer profit de l'utilisation de la technologie)		
<b>3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît et utilise l'ExAO dans de nouveaux contextes (la construction des nouveaux capteurs) les concepts et processus déjà connus</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a été en mesure de construire son capteur.</i>
<b>4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il anticipe de nouvelles utilisations des fonctions de l'ExAO</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a utilisé le mode vumètre pour évaluer le signal de son capteur.</i>
	Analyse de ses choix, de ses réussites et de ses difficultés		
<b>5</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît ses réussites et ses difficultés (et pose des questions pertinentes)</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Il aurait pu voir au niveau informatique que l'échelle de l'axe des abscisses n'avait pas changé. Il aurait fallu qu'il la change pour avoir des données concluantes.</i>
<b>6</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il cherche les améliorations possibles dans sa manière de faire et propose des avenues pour accroître son efficacité</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il change ses paramètres expérimentaux pour avoir un nuage de points satisfaisant.</i>
<b>Obs.</b>	<b>Les habiletés de résolution de problème (compétence disciplinaire 1)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Représentation adéquate de la situation (Composante : Cerner un problème)		
<b>7</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant se donne une représentation de la situation sous la forme d'un schéma de montage adéquat</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a fait son schéma de montage du premier coup.</i>
<b>8</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il identifie les éléments du matériel fourni qui semblent pertinents et les relations qui les unissent en agençant adéquatement le matériel</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il prend le temps d'analyser le matériel au départ.</i>
	Élaboration d'un plan d'action pertinent, adapté à la situation (Composante : Élaborer un plan d'action)		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place la démarche technologique de conception : <ul style="list-style-type: none"> <li>Il explore quelques-unes des explications ou des solutions provisoires en essayant plusieurs agencements du matériel ou plusieurs fonctions du logiciel</li> </ul> </li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il commence par voir les autres fonctions comme l'entrée manuelle, mais se rend compte que ce n'est pas la façon adéquate de fonctionner.</i>
<b>10</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne une solution qu'il mettra en pratique en construisant son capteur</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>11</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il détermine les ressources nécessaires en sélectionnant le matériel</li> </ul>	<b>4</b>	



12	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il planifie les étapes de sa mise en œuvre dans son protocole</li> </ul>	4	
	Mise en œuvre adéquate du plan d'action (Composante : Concrétiser le plan d'action)		
13	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il met en œuvre les étapes planifiées de la construction du capteur</li> </ul>	4	<i>Son protocole est similaire à ses actions dans l'environnement.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il fait appel aux techniques et aux ressources appropriées :</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche de modélisation</i></li> </ul>		
14	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise le modéliseur pour modéliser graphiquement et algébriquement ses données</li> </ul>	4	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche expérimentale</i></li> </ul>		
15	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il met en place des schèmes de contrôle de variables adéquats</li> </ul>	4	<i>Il s'assure de la variation du capteur de pression, il s'assure que les tuyaux sont étanches. Et, à un moment donné, il fait varier le capteur de pression avec les autres tuyaux branchés. Il se rend compte qu'il n'y a pas de variation de la pression lorsqu'il augmente le volume d'air de la seringue. À la place de chercher un bogue du côté du logiciel, il cherche un bogue du côté de son montage et le trouve rapidement. Il n'a pas connecté le tuyau du transducteur au transducteur. Ainsi, l'air entrainé par ce tuyau, ne changeant pas la pression captée par le capteur. De plus, comme ses essais de validation ne fonctionnaient pas, il décide d'inverser les axes, de mettre l'autre capteur par rapport à l'autre. Sauf qu'il ne change pas l'échelle, cela ne permet pas de visualiser les points.</i>
16	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il sélectionne les paramètres expérimentaux adéquats</li> </ul>	4	<i>Il change les paramètres pour avoir un nombre de données expérimentales adéquat.</i>
17	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise les modules graphiques et Vumètre de façon adéquate</li> </ul>	4	
18	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise le matériel de laboratoire avec les techniques appropriées</li> </ul>	4	<i>Il déconnecte la seringue à chaque essai.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche technologique d'analyse</i></li> </ul>		
19	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il connecte adéquatement les fils du transducteur à la capsule universelle.</li> </ul>	4	
20	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il connecte adéquatement la capsule universelle à l'interface.</li> </ul>	4	
21	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il détermine la fonction du raccord en forme de T.</li> </ul>	4	<i>Il connecte le raccord en T du premier coup.</i>
22	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il utilise les ressources adéquates quand il en a besoin (il pose des questions à l'enseignant pour continuer d'avancer s'il en a besoin)</li> </ul>	4	
23	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il procède à des essais pour tenter de voir si sa solution fonctionne, par exemple, en utilisant différentes fonctions du logiciel</li> </ul>	4	<i>Il a effectué la modélisation de sa courbe de validation et a obtenu une pente de 1.</i>
24	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il recueille des données avec son capteur, mais aussi avec l'étalon en lançant une acquisition</li> </ul>	4	
25	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il apporte, si nécessaire, des corrections liées à l'élaboration ou la mise en œuvre du protocole, en changeant, par exemple, la première fonction utilisée dans le logiciel ou en modifiant son schéma de montage</li> </ul>	4	<i>Il comprend rapidement qu'il ne doit pas faire une entrée manuelle et utilise une variable intérieure.</i>
26	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il mène à terme son plan d'action et réussit à construire son capteur</li> </ul>	4	
	Élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes (Comp. Analyser les résultats)		
27	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il juge de la pertinence de la solution apportée en analysant les résultats de sa validation et en mettant un terme à l'expérimentation s'il est satisfait</li> </ul>	4	<i>Il est satisfait de ses données après avoir trouvé la pente de 1.</i>

Sujet 10 : Grilles d'observations			Principales observations du chercheur
Obs.	Capacité d'exploiter l'ExAO en situation nouvelle (compétence transversale 6)	1-2-3-4	
	Efficacité de l'utilisation des ressources technologiques dans un contexte d'apprentissage (Composante : Utiliser les technologies appropriées)		
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant choisit les outils les mieux adaptés pour réaliser son capteur</li> </ul>	3	<i>Il a choisi la fonction étalonnage au lieu de la fonction transformation. Cela n'a pas d'effet sur la réalisation du capteur, mais dénote un manque de précision terminologique. Toutefois, cette précision n'a pas été assez soulevée en classe.</i>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il applique des stratégies d'interaction, de communication et de dépannage (avec le logiciel et/ou l'enseignant), selon les besoins de la tâche</li> </ul>	4	<i>Le logiciel ne change pas automatiquement l'échelle de l'axe du capteur construit. Toutefois, il a rapidement changé manuellement l'échelle pour voir les points apparaître.</i>
	Réutilisation de procédures et processus liés aux TIC dans de nouvelles situations (Composante : Tirer profit de l'utilisation de la technologie)		
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît et utilise l'ExAO dans de nouveaux contextes (la construction des nouveaux capteurs) les concepts et processus déjà connus</li> </ul>	4	<i>Il est parvenu à construire avec succès son capteur.</i>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il anticipe de nouvelles utilisations des fonctions de l'ExAO</li> </ul>	4	<i>Il a su changer les axes et ajuster les paramètres d'acquisition pour que son expérience fonctionne.</i>
	Analyse de ses choix, de ses réussites et de ses difficultés		
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît ses réussites et ses difficultés (et pose des questions pertinentes)</li> </ul>	4	
6	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il cherche les améliorations possibles dans sa manière de faire et propose des avenues pour accroître son efficacité</li> </ul>	4	<i>Il a exploré plusieurs fonctions du logiciel. Par exemple, après avoir fait son graphique de validation, il a changé l'axe pour mettre par rapport à l'autre capteur et selon le temps, pour voir si c'était plus approprié.</i>
Obs.	Les habiletés de résolution de problème (compétence disciplinaire 1)	1-2-3-4	
	Représentation adéquate de la situation (Composante : Cerner un problème)		
7	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant se donne une représentation de la situation sous la forme d'un schéma de montage adéquat</li> </ul>	4	<i>Il a construit le montage adéquat du premier coup.</i>
8	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il identifie les éléments du matériel fourni qui semblent pertinents et les relations qui les unissent en agençant adéquatement le matériel</li> </ul>	4	<i>Il a pris le temps d'analyser chaque composante de son matériel.</i>
	Élaboration d'un plan d'action pertinent, adapté à la situation (Composante : Élaborer un plan d'action)		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place la démarche technologique de conception : <ul style="list-style-type: none"> <li>Il explore quelques-unes des explications ou des solutions provisoires en essayant plusieurs agencements du matériel ou plusieurs fonctions du logiciel</li> </ul> </li> </ul>	4	<i>Il a changé les axes de sa validation pour voir s'il y avait une meilleure solution. De plus, il a cliqué sur les autres fonctions comme l'entrée manuelle, après avoir réussi sa validation pour s'assurer qu'il avait la bonne solution.</i>
10	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne une solution qu'il mettra en pratique en construisant son capteur</li> </ul>	4	
11	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il détermine les ressources nécessaires en sélectionnant le matériel</li> </ul>	4	

12	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il planifie les étapes de sa mise en œuvre dans son protocole</li> </ul>	4	
	Mise en œuvre adéquate du plan d'action (Composante : Concrétiser le plan d'action)		
13	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il met en œuvre les étapes planifiées de la construction du capteur</li> </ul>	4	<i>Son protocole est identique aux actions qu'il a menées.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il fait appel aux techniques et aux ressources appropriées :</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche de modélisation</i></li> </ul>		
14	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise le modéliseur pour modéliser graphiquement et algébriquement ses données</li> </ul>	4	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche expérimentale</i></li> </ul>		
15	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il met en place des schèmes de contrôle de variables adéquats</li> </ul>	4	<i>S'il n'a pas de données prises, il s'interroge et comprend qu'il doit changer l'échelle des axes. Il change aussi les paramètres d'acquisition pour voir l'effet sur son nuage de points.</i>
16	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il sélectionne les paramètres expérimentaux adéquats</li> </ul>	4	
17	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise les modules graphiques et Vumètre de façon adéquate</li> </ul>	4	
18	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise le matériel de laboratoire avec les techniques appropriées</li> </ul>	3	<i>Il aurait dû déconnecter la seringue entre chaque essai. Toutefois, il l'a remettait à 0 ou au maximum.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche technologique d'analyse</i></li> </ul>		
19	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il connecte adéquatement les fils du transducteur à la capsule universelle.</li> </ul>	4	
20	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il connecte adéquatement la capsule universelle à l'interface.</li> </ul>	4	
21	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il détermine la fonction du raccord en forme de T.</li> </ul>	4	<i>Il a déterminé du premier coup l'utilisation du raccord en T.</i>
22	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il utilise les ressources adéquates quand il en a besoin (il pose des questions à l'enseignant pour continuer d'avancer s'il en a besoin)</li> </ul>	4	
23	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il procède à des essais pour tenter de voir si sa solution fonctionne, par exemple, en utilisant différentes fonctions du logiciel</li> </ul>	4	<i>Il regarde des fonctions comme l'entrée manuelle et comprend que sa démarche est la plus adéquate. Il interchange les axes lors de la validation et voit qu'il obtient le même résultat.</i>
24	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il recueille des données avec son capteur, mais aussi avec l'étalon en lançant une acquisition de données</li> </ul>	4	
25	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il apporte, si nécessaire, des corrections liées à l'élaboration ou la mise en œuvre du protocole, en changeant, par exemple, la première fonction utilisée dans le logiciel ou en modifiant son schéma de montage</li> </ul>	4	<i>Il sait comment changer les paramètres pour avoir plus ou moins de points expérimentaux.</i>
26	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il mène à terme son plan d'action et réussit à construire son capteur</li> </ul>	4	
	Élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes (Comp. Analyser les résultats)		
27	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il juge de la pertinence de la solution apportée en analysant les résultats de sa validation et en mettant un terme à l'expérimentation s'il est satisfait</li> </ul>	4	<i>Il obtient un taux de variation de 1 lors de la validation. Il comprend que sa validation est satisfaisante.</i>

<b>Sujet 11 : Grilles d'observations</b>			<b>Principales observations du chercheur</b>
<b>Obs.</b>	<b>Capacité d'exploiter l'ExAO en situation nouvelle (compétence transversale 6)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Efficacité de l'utilisation des ressources technologiques dans un contexte d'apprentissage (Composante : Utiliser les technologies appropriées)		
<b>1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant choisit les outils les mieux adaptés pour réaliser son capteur</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il choisit la transformation à la fin de l'expérience, mais il a transformé le capteur étalon pour ensuite appliquer une fonction au capteur universel.</i>
<b>2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il applique des stratégies d'interaction, de communication et de dépannage (avec le logiciel et/ou l'enseignant), selon les besoins de la tâche</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Lorsque le logiciel avait un problème de connexion, il arrêtait et relançait le logiciel</i>
	Réutilisation de procédures et processus liés aux TIC dans de nouvelles situations (Composante : Tirer profit de l'utilisation de la technologie)		
<b>3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît et utilise l'ExAO dans de nouveaux contextes (la construction des nouveaux capteurs) les concepts et processus déjà connus</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il anticipe de nouvelles utilisations des fonctions de l'ExAO</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Comme l'échelle d'axe du capteur transformé ne change pas automatiquement, il a tenté de corriger le problème en amont en changeant les paramètres du capteur universel.</i>
	Analyse de ses choix, de ses réussites et de ses difficultés		
<b>5</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît ses réussites et ses difficultés (et pose des questions pertinentes)</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il n'a pas été en mesure après l'essai 6 de reconnaître qu'il avait tout pour terminer son expérience. De plus, à la fin, il a transformé le capteur étalon et appliqué une fonction au capteur universel.</i>
<b>6</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il cherche les améliorations possibles dans sa manière de faire et propose des avenues pour accroître son efficacité</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>Obs.</b>	<b>Les habiletés de résolution de problème (compétence disciplinaire 1)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Représentation adéquate de la situation (Composante : Cerner un problème)		
<b>7</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant se donne une représentation de la situation sous la forme d'un schéma de montage adéquat</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Il est parvenu à monter le montage par lui-même bien qu'il ait posé une question à l'enseignant à savoir s'il avait tout le matériel étant donné que la seringue ne se connectait pas au raccord en T.</i>
<b>8</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il identifie les éléments du matériel fourni qui semblent pertinents et les relations qui les unissent en agençant adéquatement le matériel</li> </ul>	<b>4</b>	
	Élaboration d'un plan d'action pertinent, adapté à la situation (Composante : Élaborer un plan d'action)		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place la démarche technologique de conception : <ul style="list-style-type: none"> <li>Il explore quelques-unes des explications ou des solutions provisoires en essayant plusieurs agencements du matériel ou plusieurs fonctions du logiciel</li> </ul> </li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a exploré plusieurs fonctions pour arriver à construire son capteur. Par exemple, il est même allé jusqu'à changer les paramètres du capteur universel avant étalonnage pour régler le problème des unités de mesure et de l'échelle de l'axe.</i>
<b>10</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne une solution qu'il mettra en pratique en construisant son capteur</li> </ul>	<b>4</b>	

11	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il détermine les ressources nécessaires en sélectionnant le matériel</li> </ul>	4	
12	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il planifie les étapes de sa mise en œuvre dans son protocole</li> </ul>	4	
	Mise en œuvre adéquate du plan d'action (Composante : Concrétiser le plan d'action)		
13	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il met en œuvre les étapes planifiées de la construction du capteur</li> </ul>	4	<i>Son protocole est conforme à ses actions.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il fait appel aux techniques et aux ressources appropriées :</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche de modélisation</i></li> </ul>		
14	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise le modéliseur pour modéliser graphiquement et algébriquement ses données</li> </ul>	4	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche expérimentale</i></li> </ul>		
15	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il met en place des schèmes de contrôle de variables adéquats</li> </ul>	3	<i>Il teste plusieurs fonctions de façon adéquate, mais à la fin il transforme le capteur étalon pour ensuite appliquer cette fonction à la capsule universelle, ce qui n'est pas possible. Il applique une autre fonction qu'il avait déjà étalonnée avec le capteur universel.</i>
16	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il sélectionne les paramètres expérimentaux adéquats</li> </ul>	4	
17	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise les modules graphiques et Vumètre de façon adéquate</li> </ul>	4	<i>Il utilise le mode vumètre pour tester son signal.</i>
18	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise le matériel de laboratoire avec les techniques appropriées</li> </ul>	3	<i>Il ne déconnectait pas la seringue entre chaque essai.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche technologique d'analyse</i></li> </ul>		
19	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il connecte adéquatement les fils du transducteur à la capsule universelle.</li> </ul>	4	
20	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il connecte adéquatement la capsule universelle à l'interface.</li> </ul>	4	
21	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il détermine la fonction du raccord en forme de T.</li> </ul>	4	
22	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il utilise les ressources adéquates quand il en a besoin (il pose des questions à l'enseignant pour continuer d'avancer s'il en a besoin)</li> </ul>	3	<i>Il avait les fonctions d'étalonnage adéquates à l'essai 6, mais ne semble pas savoir les utiliser pleinement.</i>
23	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il procède à des essais pour tenter de voir si sa solution fonctionne, par exemple, en utilisant différentes fonctions du logiciel</li> </ul>	3	<i>Il a fait plusieurs essais de validation, mais n'a pas sélectionné la fonction de transformation qu'il pensait tester.</i>
24	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il recueille des données avec son capteur, mais aussi avec l'étalon en lançant une acquisition de données</li> </ul>	4	
25	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il apporte, si nécessaire, des corrections liées à l'élaboration ou la mise en œuvre du protocole, en changeant, par exemple, la première fonction utilisée dans le logiciel ou en modifiant son schéma de montage</li> </ul>	4	<i>Il démontre une bonne connaissance du logiciel en tentant de contourner les problèmes qu'il rencontre en changeant par exemple les propriétés de la capsule universelle pour régler le problème de l'automatisation des échelles.</i>
26	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il mène à terme son plan d'action et réussit à construire son capteur</li> </ul>	3	<i>Il a réussi à construire son capteur, mais c'est parce qu'il a choisi la mauvaise formule de transformation à la fin, car il aurait dû transformer le capteur étalon.</i>
	Élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes (Comp. Analyser les résultats)		
27	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il juge de la pertinence de la solution apportée en analysant les résultats de sa validation et en mettant un terme à l'expérimentation s'il est satisfait</li> </ul>	4	<i>Il passe en mode graphique et ses capteurs prennent des mesures identiques en fonction du temps.</i>

<b>Sujet 12 : Grilles d'observations</b>			<b>Principales observations du chercheur</b>
<b>Obs.</b>	<b>Capacité d'exploiter l'ExAO en situation nouvelle (compétence transversale 6)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Efficacité de l'utilisation des ressources technologiques dans un contexte d'apprentissage (Composante : Utiliser les technologies appropriées)		
<b>1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant choisit les outils les mieux adaptés pour réaliser son capteur</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Bien qu'il ait choisi la fonction étalonner son capteur, il a choisi à la fin la fonction transformer ce capteur.</i>
<b>2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il applique des stratégies d'interaction, de communication et de dépannage (avec le logiciel et/ou l'enseignant), selon les besoins de la tâche</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Quand il a eu des bogues de prototype, il est tout de suite passé en mode vumètre pour voir comment évoluait le signal. Il s'est ainsi rendu compte qu'il n'y avait pas de variation pour ses deux capteurs.</i>
	Réutilisation de procédures et processus liés aux TIC dans de nouvelles situations (Composante : Tirer profit de l'utilisation de la technologie)		
<b>3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît et utilise l'ExAO dans de nouveaux contextes (la construction des nouveaux capteurs) les concepts et processus déjà connus</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il anticipe de nouvelles utilisations des fonctions de l'ExAO</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il changeait les paramètres expérimentaux pour changer la distribution de son nuage de points.</i>
	Analyse de ses choix, de ses réussites et de ses difficultés		
<b>5</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît ses réussites et ses difficultés (et pose des questions pertinentes)</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a su demander de l'aide à l'enseignant quand il n'y avait pas de variation du signal.</i>
<b>6</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il cherche les améliorations possibles dans sa manière de faire et propose des avenues pour accroître son efficacité</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a fait d'abord une validation avec la fonction étalonner, mais s'est rendu compte que ce serait mieux de la faire en sélectionnant le mode graphique à partir de la page d'accueil.</i>
<b>Obs.</b>	<b>Les habiletés de résolution de problème (compétence disciplinaire 1)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Représentation adéquate de la situation (Composante : Cerner un problème)		
<b>7</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant se donne une représentation de la situation sous la forme d'un schéma de montage adéquat</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a réussi à faire le montage du premier coup.</i>
<b>8</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il identifie les éléments du matériel fourni qui semblent pertinents et les relations qui les unissent en agençant adéquatement le matériel</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a su connecter le raccord en T du premier coup.</i>
	Élaboration d'un plan d'action pertinent, adapté à la situation (Composante : Élaborer un plan d'action)		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place la démarche technologique de conception :</li> </ul>		
<b>9</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il explore quelques-unes des explications ou des solutions provisoires en essayant plusieurs agencements du matériel ou plusieurs fonctions du logiciel</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a fait 9 essais pour tenter de voir si le problème de la prise de mesure qui n'affichait aucun point venait de lui, de ses paramètres d'expérimentation ou de son montage. Il a exploré en ce sens.</i>
<b>10</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne une solution qu'il mettra en pratique en construisant son capteur</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il fait la validation du capteur en les mettant l'un par rapport à l'autre.</i>
<b>11</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il détermine les ressources nécessaires en sélectionnant le matériel</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>12</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il planifie les étapes de sa mise en œuvre dans son protocole</li> </ul>	<b>4</b>	

	Mise en œuvre adéquate du plan d'action (Composante : Concrétiser le plan d'action)		
<b>13</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en œuvre les étapes planifiées de la construction du capteur</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Ses actions observées sont identiques à celles décrites dans son protocole, à l'exception de la première fonction qu'il a décrite dans son protocole comme étant étudier ce capteur, quand il s'agit en fait de transformer ce capteur.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il fait appel aux techniques et aux ressources appropriées :</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Démarche de modélisation</i></li> </ul>		
<b>14</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise le modéliseur pour modéliser graphiquement et algébriquement ses données</li> </ul>	<b>4</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Démarche expérimentale</i></li> </ul>		
<b>15</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place des schèmes de contrôle de variables adéquats</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il procède systématiquement pour résoudre les problèmes de prototype qu'il rencontre. D'abord, il change les paramètres expérimentaux pour s'assurer que la fréquence est appropriée. Ensuite, il regarde si tous les tuyaux du montage sont étanches. Il observe ensuite la connexion des fils, ferme et relance le logiciel. Il finit par demander à l'enseignant qui lui dit qu'il s'agit d'un problème de logiciel.</i>
<b>16</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne les paramètres expérimentaux adéquats</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>17</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise les modules graphiques et Vumètre de façon adéquate</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>18</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise le matériel de laboratoire avec les techniques appropriées</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il déconnecte la seringue à chaque essai.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Démarche technologique d'analyse</i></li> </ul>		
<b>19</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il connecte adéquatement les fils du transducteur à la capsule universelle.</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>20</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il connecte adéquatement la capsule universelle à l'interface.</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>21</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il détermine la fonction du raccord en forme de T.</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>22</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise les ressources adéquates quand il en a besoin (il pose des questions à l'enseignant pour continuer d'avancer s'il en a besoin)</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a su demander au bon moment à l'enseignant de l'aider, car son prototype ne fonctionnait pas.</i>
<b>23</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il procède à des essais pour tenter de voir si sa solution fonctionne, par exemple, en utilisant différentes fonctions du logiciel</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il fait la validation de deux façons, avec la fonction étalonnage, et en mode graphique sur la page d'accueil. Il choisit aussi l'outil taux de variation et celui modéliseur pour s'assurer que sa pente est adéquate.</i>
<b>24</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il recueille des données avec son capteur, mais aussi avec l'étalon en lançant une acquisition de données</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>25</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il apporte, si nécessaire, des corrections liées à l'élaboration ou la mise en œuvre du protocole, en changeant, par exemple, la première fonction utilisée dans le logiciel ou en modifiant son schéma de montage</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a utilisé d'abord la fonction étalonnage, et puis finalement celle de transformation pour construire son capteur.</i>
<b>26</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il mène à terme son plan d'action et réussit à construire son capteur</li> </ul>	<b>4</b>	
	Élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes (Comp. Analyser les résultats)		
<b>27</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il juge de la pertinence de la solution apportée en analysant les résultats de sa validation et en mettant un terme à l'expérimentation s'il est satisfait</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Après avoir déterminé la pente de son nuage de points, de 1, il était satisfait de ses résultats, qui étaient adéquats.</i>

<b>Sujet 13 : Grilles d'observations</b>			<b>Principales observations du chercheur</b>
<b>Obs.</b>	<b>Capacité d'exploiter l'ExAO en situation nouvelle (compétence transversale 6)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Efficacité de l'utilisation des ressources technologiques dans un contexte d'apprentissage (Composante : Utiliser les technologies appropriées)		
<b>1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant choisit les outils les mieux adaptés pour réaliser son capteur</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il utilise la fonction transformation automatique et lorsqu'il se rend compte que c'est interdit dans les consignes, il sélectionne la fonction transformation manuelle.</i>
<b>2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il applique des stratégies d'interaction, de communication et de dépannage (avec le logiciel et/ou l'enseignant), selon les besoins de la tâche</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il ferme et relance le logiciel pour enlever la fonction de transformation automatique.</i>
	Réutilisation de procédures et processus liés aux TIC dans de nouvelles situations (Composante : Tirer profit de l'utilisation de la technologie)		
<b>3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît et utilise l'ExAO dans de nouveaux contextes (la construction des nouveaux capteurs) les concepts et processus déjà connus</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a su construire son capteur avec facilité.</i>
<b>4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il anticipe de nouvelles utilisations des fonctions de l'ExAO</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Il aurait pu faire la validation en plaçant les deux capteurs l'un par rapport à l'autre.</i>
	Analyse de ses choix, de ses réussites et de ses difficultés		
<b>5</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît ses réussites et ses difficultés (et pose des questions pertinentes)</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>6</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il cherche les améliorations possibles dans sa manière de faire et propose des avenues pour accroître son efficacité</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Il aurait pu améliorer sa validation, bien que les données de ses deux capteurs se superposent parfaitement.</i>
<b>Obs.</b>	<b>Les habiletés de résolution de problème (compétence disciplinaire 1)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Représentation adéquate de la situation (Composante : Cerner un problème)		
<b>7</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant se donne une représentation de la situation sous la forme d'un schéma de montage adéquat</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il effectue le montage expérimental adéquat dès le départ ainsi que le schéma du branchement électronique.</i>
<b>8</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il identifie les éléments du matériel fourni qui semblent pertinents et les relations qui les unissent en agençant adéquatement le matériel</li> </ul>	<b>4</b>	
	Élaboration d'un plan d'action pertinent, adapté à la situation (Composante : Élaborer un plan d'action)		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place la démarche technologique de conception : <ul style="list-style-type: none"> <li>Il explore quelques-unes des explications ou des solutions provisoires en essayant plusieurs agencements du matériel ou plusieurs fonctions du logiciel</li> </ul> </li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il utilise dès le départ les transformations automatiques et manuelles.</i>
<b>10</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne une solution qu'il mettra en pratique en construisant son capteur</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>11</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il détermine les ressources nécessaires en sélectionnant le matériel</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>12</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il planifie les étapes de sa mise en œuvre dans son protocole</li> </ul>	<b>4</b>	
	Mise en œuvre adéquate du plan d'action (Composante : Concrétiser le plan d'action)		



13	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en œuvre les étapes planifiées de la construction du capteur</li> </ul>	4	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il fait appel aux techniques et aux ressources appropriées :</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Démarche de modélisation</i></li> </ul>		
14	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise le modéliseur pour modéliser graphiquement et algébriquement ses données</li> </ul>	4	
	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Démarche expérimentale</i></li> </ul>		
15	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place des schèmes de contrôle de variables adéquats</li> </ul>	4	
16	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne les paramètres expérimentaux adéquats</li> </ul>	3	<i>Il aurait pu changer les paramètres pour prendre plus de points (une dizaine).</i>
17	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise les modules graphiques et Vumètre de façon adéquate</li> </ul>	4	<i>Il n'a pas eu besoin d'utiliser le mode vumètre pour tester le signal. Ces essais en mode graphique ont bien fonctionné.</i>
18	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise le matériel de laboratoire avec les techniques appropriées</li> </ul>	3	<i>Il aurait pu déconnecter la seringue entre chaque essai.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Démarche technologique d'analyse</i></li> </ul>		
19	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il connecte adéquatement les fils du transducteur à la capsule universelle.</li> </ul>	4	
20	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il connecte adéquatement la capsule universelle à l'interface.</li> </ul>	4	
21	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il détermine la fonction du raccord en forme de T.</li> </ul>	4	
22	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise les ressources adéquates quand il en a besoin (il pose des questions à l'enseignant pour continuer d'avancer s'il en a besoin)</li> </ul>	4	
23	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il procède à des essais pour tenter de voir si sa solution fonctionne, par exemple, en utilisant différentes fonctions du logiciel</li> </ul>	4	<i>Avant de voir qu'il n'avait pas le droit d'utiliser la fonction de la transformation automatique, il a comparé l'équation de celle-ci avec la transformation manuelle qu'il avait faite.</i>
24	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il recueille des données avec son capteur, mais aussi avec l'étalon en lançant une acquisition de données</li> </ul>	4	
25	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il apporte, si nécessaire, des corrections liées à l'élaboration ou la mise en œuvre du protocole, en changeant, par exemple, la première fonction utilisée dans le logiciel ou en modifiant son schéma de montage</li> </ul>	4	<i>Après s'être rendu compte qu'il ne pouvait pas utiliser la fonction de transformation automatique, il a utilisé la fonction de transformation manuelle.</i>
26	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il mène à terme son plan d'action et réussit à construire son capteur</li> </ul>	4	
	Élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes (Comp. Analyser les résultats)		
27	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il juge de la pertinence de la solution apportée en analysant les résultats de sa validation et en mettant un terme à l'expérimentation s'il est satisfait</li> </ul>	4	<i>Il est satisfait de ses données qui se superposent parfaitement.</i>

<b>Sujet 14 : Grilles d'observations</b>			<b>Principales observations du chercheur</b>
<b>Obs.</b>	<b>Capacité d'exploiter l'ExAO en situation nouvelle (compétence transversale 6)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Efficacité de l'utilisation des ressources technologiques dans un contexte d'apprentissage (Composante : Utiliser les technologies appropriées)		
<b>1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant choisit les outils les mieux adaptés pour réaliser son capteur</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Dès le départ, il a utilisé la fonction transformation.</i>
<b>2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il applique des stratégies d'interaction, de communication et de dépannage (avec le logiciel et/ou l'enseignant), selon les besoins de la tâche</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Il a utilisé le mode vumètre pour régler le problème de variation du capteur construit. Toutefois, il aurait pu agir aussi sur le prototype en enlevant et reconnectant le capteur universel.</i>
	Réutilisation de procédures et processus liés aux TIC dans de nouvelles situations (Composante : Tirer profit de l'utilisation de la technologie)		
<b>3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît et utilise l'ExAO dans de nouveaux contextes (la construction des nouveaux capteurs) les concepts et processus déjà connus</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il est parvenu à construire son capteur de pression.</i>
<b>4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il anticipe de nouvelles utilisations des fonctions de l'ExAO</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a utilisé la fonction propriétés du capteur pour régler le problème de l'unité de mesure qui restait en volt, mais qui devait être des hPa. De plus, il a mis un tableur dans sa transformation pour voir l'évolution de la variation du capteur universel.</i>
	Analyse de ses choix, de ses réussites et de ses difficultés		
<b>5</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît ses réussites et ses difficultés (et pose des questions pertinentes)</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>6</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il cherche les améliorations possibles dans sa manière de faire et propose des avenues pour accroître son efficacité</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a refait une validation, plusieurs minutes après avoir fait une validation qui lui semblait satisfaisante, simplement pour voir si tout se tenait.</i>
<b>Obs.</b>	<b>Les habiletés de résolution de problème (compétence disciplinaire 1)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Représentation adéquate de la situation (Composante : Cerner un problème)		
<b>7</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant se donne une représentation de la situation sous la forme d'un schéma de montage adéquat</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Il est parvenu à faire le montage expérimental du premier coup, après s'être interrogé un peu sur l'utilisation des tuyaux, mais connecte le petit tuyau au transducteur au lieu du long.</i>
<b>8</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il identifie les éléments du matériel fourni qui semblent pertinents et les relations qui les unissent en agencant adéquatement le matériel</li> </ul>	<b>4</b>	
	Élaboration d'un plan d'action pertinent, adapté à la situation (Composante : Élaborer un plan d'action)		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place la démarche technologique de conception :</li> </ul>		
<b>9</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il explore quelques-unes des explications ou des solutions provisoires en essayant plusieurs agencements du matériel ou plusieurs fonctions du logiciel</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a tenté de régler le problème de variation du capteur construit de plusieurs façons.</i>
<b>10</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne une solution qu'il mettra en pratique en construisant son capteur</li> </ul>	<b>4</b>	

11	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il détermine les ressources nécessaires en sélectionnant le matériel</li> </ul>	4	
12	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il planifie les étapes de sa mise en œuvre dans son protocole</li> </ul>	4	
	Mise en œuvre adéquate du plan d'action (Composante : Concrétiser le plan d'action)		
13	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il met en œuvre les étapes planifiées de la construction du capteur</li> </ul>	4	<i>Les étapes de son protocole correspondent à l'observation directe.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il fait appel aux techniques et aux ressources appropriées :</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche de modélisation</i></li> </ul>		
14	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise le modéliseur pour modéliser graphiquement et algébriquement ses données</li> </ul>	4	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche expérimentale</i></li> </ul>		
15	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il met en place des schèmes de contrôle de variables adéquats</li> </ul>	3	<i>Il aurait pu déconnecter et reconnecter la capsule universelle de sur l'interface lorsque le signal du capteur construit ne variait plus. Il aurait aussi pu voir si la connexion des fils était adéquate. De plus, il a connecté le petit tuyau sur le transducteur au lieu de connecter un tuyau qui soit de la même longueur que celui du capteur de pression.</i>
16	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il sélectionne les paramètres expérimentaux adéquats</li> </ul>	4	
17	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise les modules graphiques et Vumètre de façon adéquate</li> </ul>	4	
18	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise le matériel de laboratoire avec les techniques appropriées</li> </ul>	4	<i>Il déconnecte la seringue entre chaque essai et la replace au maximum.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche technologique d'analyse</i></li> </ul>		
19	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il connecte adéquatement les fils du transducteur à la capsule universelle.</li> </ul>	4	
20	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il connecte adéquatement la capsule universelle à l'interface.</li> </ul>	4	
21	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il détermine la fonction du raccord en forme de T.</li> </ul>	4	
22	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il utilise les ressources adéquates quand il en a besoin (il pose des questions à l'enseignant pour continuer d'avancer s'il en a besoin)</li> </ul>	3	<i>Il aurait pu poser une question à l'enseignant quand il voyait que le capteur construit ne variait pas, car ce n'était pas normal.</i>
23	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il procède à des essais pour tenter de voir si sa solution fonctionne, par exemple, en utilisant différentes fonctions du logiciel</li> </ul>	4	<i>Il a fait une seconde validation pour s'assurer que son capteur fonctionnait bien.</i>
24	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il recueille des données avec son capteur, mais aussi avec l'étalon en lançant une acquisition de données</li> </ul>	4	
25	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il apporte, si nécessaire, des corrections liées à l'élaboration ou la mise en œuvre du protocole, en changeant, par exemple, la première fonction utilisée dans le logiciel ou en modifiant son schéma de montage</li> </ul>	4	
26	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il mène à terme son plan d'action et réussit à construire son capteur</li> </ul>	4	
	Élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes (Comp. Analyser les résultats)		
27	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il juge de la pertinence de la solution apportée en analysant les résultats de sa validation et en mettant un terme à l'expérimentation s'il est satisfait</li> </ul>	2	<i>Il aurait dû faire le taux de variation de son graphique de validation, car il ne sait pas si la pente est de 1 juste en la regardant. Si la pente n'est pas de 1, c'est que les valeurs auraient été mal associées.</i>

Sujet 15 : Grilles d'observations			Principales observations du chercheur
Obs.	Capacité d'exploiter l'ExAO en situation nouvelle (compétence transversale 6)	1-2-3-4	
	Efficacité de l'utilisation des ressources technologiques dans un contexte d'apprentissage (Composante : Utiliser les technologies appropriées)		
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant choisit les outils les mieux adaptés pour réaliser son capteur</li> </ul>	1	<i>Il n'a pas choisi de fonction du logiciel pour transformer ou étalonner une variable intérieure : manomètre. Il a fallu que l'enseignant lui dise d'utiliser cette fonction, car il sélectionnait toujours l'entrée manuelle.</i>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il applique des stratégies d'interaction, de communication et de dépannage (avec le logiciel et/ou l'enseignant), selon les besoins de la tâche</li> </ul>	2	<i>Une fois que l'enseignant a retiré devant lui la capsule universelle pour corriger le bogue du logiciel, il n'a pas pensé refaire la même action par lui-même quand il a eu ce problème, c'est l'enseignant qui l'a refait. Toutefois, il a su aller chercher l'aide dont il avait besoin.</i>
	Réutilisation de procédures et processus liés aux TIC dans de nouvelles situations (Composante : Tirer profit de l'utilisation de la technologie)		
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît et utilise l'ExAO dans de nouveaux contextes (la construction des nouveaux capteurs) les concepts et processus déjà connus</li> </ul>	2	<i>Il utilisait le logiciel comme dans les cas d'un étalon non connecté à l'ExAO.</i>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il anticipe de nouvelles utilisations des fonctions de l'ExAO</li> </ul>	3	<i>Il utilisait le mode vumètre pour tester le signal au besoin.</i>
	Analyse de ses choix, de ses réussites et de ses difficultés		
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît ses réussites et ses difficultés (et pose des questions pertinentes)</li> </ul>	4	<i>Il comprenait que sa démarche n'était pas appropriée.</i>
6	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il cherche les améliorations possibles dans sa manière de faire et propose des avenues pour accroître son efficacité</li> </ul>	2	<i>Il n'était pas efficace.</i>
Obs.	Les habiletés de résolution de problème (compétence disciplinaire 1)	1-2-3-4	
	Représentation adéquate de la situation (Composante : Cerner un problème)		
7	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant se donne une représentation de la situation sous la forme d'un schéma de montage adéquat</li> </ul>	3	<i>Il a réussi à faire le montage correctement par lui-même, sauf qu'il avait mis le petit tube sur le transducteur au lieu du long tube.</i>
8	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il identifie les éléments du matériel fourni qui semblent pertinents et les relations qui les unissent en agençant adéquatement le matériel</li> </ul>	4	
	Élaboration d'un plan d'action pertinent, adapté à la situation (Composante : Élaborer un plan d'action)		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place la démarche technologique de conception : <ul style="list-style-type: none"> <li>Il explore quelques-unes des explications ou des solutions provisoires en essayant plusieurs agencements du matériel ou plusieurs fonctions du logiciel</li> </ul> </li> </ul>	1	<i>Il a parfois fait n'importe quoi, comme transformer le capteur de pression étalon ou transformer un capteur déjà transformé.</i>
10	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne une solution qu'il mettra en pratique en construisant son capteur</li> </ul>	1	<i>C'est l'enseignant qui lui a dit quelle solution utiliser.</i>
11	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il détermine les ressources nécessaires en sélectionnant le matériel</li> </ul>	4	
12	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il planifie les étapes de sa mise en œuvre dans son protocole</li> </ul>	4	

	Mise en œuvre adéquate du plan d'action (Composante : Concrétiser le plan d'action)		
<b>13</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en œuvre les étapes planifiées de la construction du capteur</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Les étapes de son protocole sont similaires à celle de l'observation.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il fait appel aux techniques et aux ressources appropriées :</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Démarche de modélisation</i></li> </ul>		
<b>14</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise le modélisateur pour modéliser graphiquement et algébriquement ses données</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il a modélisé une courbe avec la parabole lorsqu'il y avait des points (qui auraient donné une droite s'il avait tenu la seringue correctement) seulement d'un côté.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Démarche expérimentale</i></li> </ul>		
<b>15</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place des schèmes de contrôle de variables adéquats</li> </ul>	<b>1</b>	<i>Il ne retenait pas la seringue à chaque entrée manuelle qu'il faisait. Ainsi, elle se déplaçait entre le moment de la lecture et celui où il entrait la donnée dans l'ordinateur. La pression entrée ne correspondait plus à la pression mesurée.</i>
<b>16</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne les paramètres expérimentaux adéquats</li> </ul>	<b>1</b>	<i>Pour avoir plus de points, il a augmenté le nombre de points maximum possible sans toucher à la fréquence d'acquisition des points, ce qui n'a pas changé le nombre de points.</i>
<b>17</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise les modules graphiques et Vumètre de façon adéquate</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Quand aucune donnée n'était prise en mode graphique, il utilisait le mode vumètre pour visualiser les signaux.</i>
<b>18</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise le matériel de laboratoire avec les techniques appropriées</li> </ul>	<b>1</b>	<i>Il lâchait la seringue avant d'entrer la donnée dans l'ordinateur, ce qui changeait la pression dans la seringue.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Démarche technologique d'analyse</i></li> </ul>		
<b>19</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il connecte adéquatement les fils du transducteur à la capsule universelle.</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>20</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il connecte adéquatement la capsule universelle à l'interface.</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>21</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il détermine la fonction du raccord en forme de T.</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>22</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise les ressources adéquates quand il en a besoin (il pose des questions à l'enseignant pour continuer d'avancer s'il en a besoin)</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Il a posé deux questions pertinentes, car il n'avancait pas à cause d'un bogue dans le logiciel.</i>
<b>23</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il procède à des essais pour tenter de voir si sa solution fonctionne, par exemple, en utilisant différentes fonctions du logiciel</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Il refaisait l'expérience pour être certain que tout marchait correctement ou pas.</i>
<b>24</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il recueille des données avec son capteur, mais aussi avec l'étalon en lançant une acquisition de données</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>25</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il apporte, si nécessaire, des corrections liées à l'élaboration ou la mise en œuvre du protocole, en changeant, par exemple, la première fonction utilisée dans le logiciel ou en modifiant son schéma de montage</li> </ul>	<b>1</b>	<i>Il n'a jamais pensé à utiliser une transformation en fonction d'une variable intérieure à MicrolabExAO.</i>
<b>26</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il mène à terme son plan d'action et réussit à construire son capteur</li> </ul>	<b>4</b>	
	Élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes (Comp. Analyser les résultats)		
<b>27</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il juge de la pertinence de la solution apportée en analysant les résultats de sa validation et en mettant un terme à l'expérimentation s'il est satisfait</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il est satisfait de sa prise de mesure en fonction du temps prise par les deux capteurs en même temps.</i>

<b>Sujet 16 : Grilles d'observations</b>			<b>Principales observations du chercheur</b>
<b>Obs.</b>	<b>Capacité d'exploiter l'ExAO en situation nouvelle (compétence transversale 6)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Efficacité de l'utilisation des ressources technologiques dans un contexte d'apprentissage (Composante : Utiliser les technologies appropriées)		
<b>1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant choisit les outils les mieux adaptés pour réaliser son capteur</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a utilisé les fonctions adéquates de transformation.</i>
<b>2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il applique des stratégies d'interaction, de communication et de dépannage (avec le logiciel et/ou l'enseignant), selon les besoins de la tâche</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Lorsqu'il n'arrivait pas à connecter adéquatement les fils à la capsule universelle, il a tenté toutes les façons possibles en s'aidant à l'aide du mode vumètre pour visualiser l'effet de la nouvelle connexion sur le signal.</i>
	Réutilisation de procédures et processus liés aux TIC dans de nouvelles situations (Composante : Tirer profit de l'utilisation de la technologie)		
<b>3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît et utilise l'ExAO dans de nouveaux contextes (la construction des nouveaux capteurs) les concepts et processus déjà connus</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a construit son capteur avec succès.</i>
<b>4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il anticipe de nouvelles utilisations des fonctions de l'ExAO</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il utilise le mode vumètre pour tester le signal.</i>
	Analyse de ses choix, de ses réussites et de ses difficultés		
<b>5</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît ses réussites et ses difficultés (et pose des questions pertinentes)</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a demandé l'aide à l'enseignant pour connecter adéquatement les fils à la capsule universelle.</i>
<b>6</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il cherche les améliorations possibles dans sa manière de faire et propose des avenues pour accroître son efficacité</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a changé les paramètres expérimentaux pour avoir plus ou moins de points.</i>
<b>Obs.</b>	<b>Les habiletés de résolution de problèmes (compétence disciplinaire 1)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Représentation adéquate de la situation (Composante : Cerner un problème)		
<b>7</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant se donne une représentation de la situation sous la forme d'un schéma de montage adéquat</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a réalisé son montage du premier coup.</i>
<b>8</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il identifie les éléments du matériel fourni qui semblent pertinents et les relations qui les unissent en agençant adéquatement le matériel</li> </ul>	<b>4</b>	
	Élaboration d'un plan d'action pertinent, adapté à la situation (Composante : Élaborer un plan d'action)		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place la démarche technologique de conception : <ul style="list-style-type: none"> <li>Il explore quelques-unes des explications ou des solutions provisoires en essayant plusieurs agencements du matériel ou plusieurs fonctions du logiciel</li> </ul> </li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il n'obtient pas de données lors d'une mise à l'essai, alors il change la fréquence d'acquisition et obtient une centaine de points.</i>
<b>9</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il explore quelques-unes des explications ou des solutions provisoires en essayant plusieurs agencements du matériel ou plusieurs fonctions du logiciel</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il n'obtient pas de données lors d'une mise à l'essai, alors il change la fréquence d'acquisition et obtient une centaine de points.</i>
<b>10</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne une solution qu'il mettra en pratique en construisant son capteur</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Sa solution est adéquate.</i>
<b>11</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il détermine les ressources nécessaires en sélectionnant le matériel</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>12</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il planifie les étapes de sa mise en œuvre dans son protocole</li> </ul>	<b>4</b>	
	Mise en œuvre adéquate du plan d'action (Composante : Concrétiser le plan d'action)		

13	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en œuvre les étapes planifiées de la construction du capteur</li> </ul>	4	<i>Son protocole est identique aux observations en direct.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il fait appel aux techniques et aux ressources appropriées :</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Démarche de modélisation</i></li> </ul>		
14	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise le modéliseur pour modéliser graphiquement et algébriquement ses données</li> </ul>	4	
	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Démarche expérimentale</i></li> </ul>		
15	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place des schèmes de contrôle de variables adéquats</li> </ul>	4	<i>Il fait plusieurs agencements pour obtenir un signal qui varie lors de la connexion des fils. Lorsqu'il n'obtient pas de points, il change un paramètre dans les paramètres expérimentaux pour en voir l'effet sur l'expérience.</i>
16	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne les paramètres expérimentaux adéquats</li> </ul>	4	
17	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise les modules graphiques et Vumètre de façon adéquate</li> </ul>	4	
18	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise le matériel de laboratoire avec les techniques appropriées</li> </ul>	4	<i>Il déconnecte la seringue lors de la validation.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Démarche technologique d'analyse</i></li> </ul>		
19	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il connecte adéquatement les fils du transducteur à la capsule universelle.</li> </ul>	4	<i>Il a pris plus de 20 minutes pour faire la connexion étant donné qu'il ne se souvenait plus du code de couleur des fils et de leur position dans les ports de la capsule universelle, mais aussi parce qu'il y a eu des problèmes de connexion entre les fils et les ports.</i>
20	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il connecte adéquatement la capsule universelle à l'interface.</li> </ul>	4	
21	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il détermine la fonction du raccord en forme de T.</li> </ul>	4	
22	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise les ressources adéquates quand il en a besoin (il pose des questions à l'enseignant pour continuer d'avancer s'il en a besoin)</li> </ul>	4	<i>Il s'est fait aider de l'enseignant lors de la connexion des fils.</i>
23	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il procède à des essais pour tenter de voir si sa solution fonctionne, par exemple, en utilisant différentes fonctions du logiciel</li> </ul>	4	<i>Dès le premier essai en validation, sa solution a fonctionné et il l'a démontré en trouvant la pente grâce au modéliseur, qui avoisinait 1.</i>
24	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il recueille des données avec son capteur, mais aussi avec l'étalon en lançant une acquisition de données</li> </ul>	4	
25	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il apporte, si nécessaire, des corrections liées à l'élaboration ou la mise en œuvre du protocole, en changeant, par exemple, la première fonction utilisée dans le logiciel ou en modifiant son schéma de montage</li> </ul>	4	<i>Il a su changer les paramètres expérimentaux pour avoir le nombre de points adéquats.</i>
26	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il mène à terme son plan d'action et réussit à construire son capteur</li> </ul>	4	<i>Il a réussi à construire son capteur.</i>
	Élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes (Comp. Analyser les résultats)		
27	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il juge de la pertinence de la solution apportée en analysant les résultats de sa validation et en mettant un terme à l'expérimentation s'il est satisfait</li> </ul>	4	<i>Comme il a obtenu une pente de 1 lorsqu'il a modélisé ses données de validation, il a été satisfait de ses résultats.</i>

<b>Sujet 17 : Grilles d'observations</b>			<b>Principales observations du chercheur</b>
<b>Obs.</b>	<b>Capacité d'exploiter l'ExAO en situation nouvelle (compétence transversale 6)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Efficacité de l'utilisation des ressources technologiques dans un contexte d'apprentissage (Composante : Utiliser les technologies appropriées)		
<b>1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant choisit les outils les mieux adaptés pour réaliser son capteur</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a utilisé la fonction de transformation, a placé les capteurs l'un par rapport à l'autre pour la validation, etc.</i>
<b>2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il applique des stratégies d'interaction, de communication et de dépannage (avec le logiciel et/ou l'enseignant), selon les besoins de la tâche</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Quand il a jugé qu'il n'avait pas assez de points, il a changé adéquatement les paramètres expérimentaux.</i>
	Réutilisation de procédures et processus liés aux TIC dans de nouvelles situations (Composante : Tirer profit de l'utilisation de la technologie)		
<b>3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît et utilise l'ExAO dans de nouveaux contextes (la construction des nouveaux capteurs) les concepts et processus déjà connus</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a su construire adéquatement son capteur.</i>
<b>4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il anticipe de nouvelles utilisations des fonctions de l'ExAO</li> </ul>	<b>4</b>	
	Analyse de ses choix, de ses réussites et de ses difficultés		
<b>5</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît ses réussites et ses difficultés (et pose des questions pertinentes)</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>6</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il cherche les améliorations possibles dans sa manière de faire et propose des avenues pour accroître son efficacité</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a fait 5 essais de validation avant d'être satisfait par son graphique. Il voulait augmenter le nombre de points ainsi qu'élargir l'intervalle de la prise de mesure.</i>
<b>Obs.</b>	<b>Section 6 : Évaluation de la démarche de résolution de problème</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Représentation adéquate de la situation (Composante : Cerner un problème)		
<b>7</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant se donne une représentation de la situation sous la forme d'un schéma de montage adéquat</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a su faire le montage expérimental du premier coup.</i>
<b>8</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il identifie les éléments du matériel fourni qui semblent pertinents et les relations qui les unissent en agençant adéquatement le matériel</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a comparé les longueurs des tuyaux pour connecter celui qui était pertinent au transducteur de pression.</i>
	Élaboration d'un plan d'action pertinent, adapté à la situation (Composante : Élaborer un plan d'action)		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place la démarche technologique de conception : <ul style="list-style-type: none"> <li>Il explore quelques-unes des explications ou des solutions provisoires en essayant plusieurs agencements du matériel ou plusieurs fonctions du logiciel</li> </ul> </li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a obtenu l'agencement adéquat dès le départ.</i>
<b>10</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne une solution qu'il mettra en pratique en construisant son capteur</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>11</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il détermine les ressources nécessaires en sélectionnant le matériel</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>12</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il planifie les étapes de sa mise en œuvre dans son protocole</li> </ul>	<b>4</b>	
	Mise en œuvre adéquate du plan d'action (Composante : Concrétiser le plan d'action)		



13	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en œuvre les étapes planifiées de la construction du capteur</li> </ul>	4	<i>Son protocole est similaire aux observations directes.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il fait appel aux techniques et aux ressources appropriées :</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Démarche de modélisation</i></li> </ul>		
14	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise le modéliseur pour modéliser graphiquement et algébriquement ses données</li> </ul>	4	
	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Démarche expérimentale</i></li> </ul>		
15	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place des schèmes de contrôle de variables adéquats</li> </ul>	3	<i>Il aurait pu soit tirer ou pousser sur la seringue, au lieu de faire les deux à chaque essai, pour ne pas qu'il y ait parfois superposition approximative de points. C'est peut-être pour cela qu'il a préféré avoir plusieurs centaines de points, car cette superposition ne paraissait pas, contrairement au cas où seulement une dizaine de points aurait été prise.</i>
16	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne les paramètres expérimentaux adéquats</li> </ul>	4	<i>Il change les paramètres pour obtenir plus ou moins de points selon ses besoins.</i>
17	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise les modules graphiques et Vumètre de façon adéquate</li> </ul>	4	<i>Il a utilisé le mode vumètre dès le départ pour bien identifier les mesures qu'il prenait.</i>
18	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise le matériel de laboratoire avec les techniques appropriées</li> </ul>	4	<i>Il déconnecte et reconnecte la seringue à chaque essai.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Démarche technologique d'analyse</i></li> </ul>		
19	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il connecte adéquatement les fils du transducteur à la capsule universelle.</li> </ul>	4	
20	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il connecte adéquatement la capsule universelle à l'interface.</li> </ul>	4	
21	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il détermine la fonction du raccord en forme de T.</li> </ul>	4	
22	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise les ressources adéquates quand il en a besoin (il pose des questions à l'enseignant pour continuer d'avancer s'il en a besoin)</li> </ul>	4	<i>Il a posé une question sur la fréquence de points, il aurait sans doute pu y répondre par lui-même en faisant quelques essais de plus.</i>
23	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il procède à des essais pour tenter de voir si sa solution fonctionne, par exemple, en utilisant différentes fonctions du logiciel</li> </ul>	4	<i>Il a fait plusieurs essais de validation et obtenu à chaque fois un taux de variation proche de 1.</i>
24	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il recueille des données avec son capteur, mais aussi avec l'étalon en lançant une acquisition de données</li> </ul>	4	
25	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il apporte, si nécessaire, des corrections liées à l'élaboration ou la mise en œuvre du protocole, en changeant, par exemple, la première fonction utilisée dans le logiciel ou en modifiant son schéma de montage</li> </ul>	4	<i>Il a apporté des corrections au niveau de la fréquence des mesures, pour avoir plus ou moins de points.</i>
26	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il mène à terme son plan d'action et réussit à construire son capteur</li> </ul>	4	<i>Il a réussi à construire son capteur de pression.</i>
	Élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes (Comp. Analyser les résultats)		
27	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il juge de la pertinence de la solution apportée en analysant les résultats de sa validation et en mettant un terme à l'expérimentation s'il est satisfait</li> </ul>	4	<i>Il a fait le taux de variation de son nuage de points et à chaque fois il a obtenu un taux de variation près de 1.</i>

<b>Sujet 18 : Grilles d'observations</b>			<b>Principales observations du chercheur</b>
<b>Obs.</b>	<b>Capacité d'exploiter l'ExAO en situation nouvelle (compétence transversale 6)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Efficacité de l'utilisation des ressources technologiques dans un contexte d'apprentissage (Composante : Utiliser les technologies appropriées)		
<b>1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant choisit les outils les mieux adaptés pour réaliser son capteur</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il sélectionne la fonction transformation, mais avec une entrée manuelle. De plus, il n'a pas vraiment fait par lui-même la validation.</i>
<b>2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il applique des stratégies d'interaction, de communication et de dépannage (avec le logiciel et/ou l'enseignant), selon les besoins de la tâche</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il n'a pas beaucoup utilisé le logiciel lorsqu'il rencontrait des problèmes. Il a plutôt posé des questions à l'enseignant.</i>
	Réutilisation de procédures et processus liés aux TIC dans de nouvelles situations (Composante : Tirer profit de l'utilisation de la technologie)		
<b>3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît et utilise l'ExAO dans de nouveaux contextes (la construction des nouveaux capteurs) les concepts et processus déjà connus</li> </ul>	<b>1</b>	<i>Il n'a pas été en mesure de compléter son capteur.</i>
<b>4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il anticipe de nouvelles utilisations des fonctions de l'ExAO</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il tentait d'utiliser le capteur virtuel, mais sans succès.</i>
	Analyse de ses choix, de ses réussites et de ses difficultés		
<b>5</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît ses réussites et ses difficultés (et pose des questions pertinentes)</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a posé des questions pour avancer dans sa démarche à l'enseignant.</i>
<b>6</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il cherche les améliorations possibles dans sa manière de faire et propose des avenues pour accroître son efficacité</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il n'a pas tenté d'améliorer sa validation et s'est contenté de l'acquisition initiée par l'enseignant.</i>
<b>Obs.</b>	<b>Les habiletés de résolution de problèmes (compétence disciplinaire 1)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Représentation adéquate de la situation (Composante : Cerner un problème)		
<b>7</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant se donne une représentation de la situation sous la forme d'un schéma de montage adéquat</li> </ul>	<b>3</b>	<i>C'est l'enseignant qui lui a dit d'utiliser tout le matériel, mais au départ, il a comparé la longueur des tuyaux pour connecter celui qui est adéquat au transducteur.</i>
<b>8</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il identifie les éléments du matériel fourni qui semblent pertinents et les relations qui les unissent en agençant adéquatement le matériel</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il n'a pas utilisé le raccord en T avant que l'enseignant lui dise de l'utiliser.</i>
	Élaboration d'un plan d'action pertinent, adapté à la situation (Composante : Élaborer un plan d'action)		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place la démarche technologique de conception : <ul style="list-style-type: none"> <li>Il explore quelques-unes des explications ou des solutions provisoires en essayant plusieurs agencements du matériel ou plusieurs fonctions du logiciel</li> </ul> </li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il n'a pas essayé d'autres fonctions que celle de la transformation avec une entrée manuelle. Il n'a pas non plus refait une autre validation.</i>
<b>9</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne une solution qu'il mettra en pratique en construisant son capteur</li> </ul>	<b>1</b>	<i>Il n'a pas été en mesure d'effectuer l'étalonnage ni la validation par lui-même.</i>
<b>10</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il détermine les ressources nécessaires en sélectionnant le matériel</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il lui manquait quelques accessoires dans le matériel utilisé au départ comme le raccord en T.</i>

12	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il planifie les étapes de sa mise en œuvre dans son protocole</li> </ul>	4	<i>Avant de réaliser son capteur, il a écrit les quatre grandes étapes de la construction, tel qu'elles avaient été enseignées lors de la formation.</i>
	Mise en œuvre adéquate du plan d'action (Composante : Concrétiser le plan d'action)		
13	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il met en œuvre les étapes planifiées de la construction du capteur</li> </ul>	4	<i>Son protocole est similaire aux actions observées.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il fait appel aux techniques et aux ressources appropriées :</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche de modélisation</i></li> </ul>		
14	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise le modéliseur pour modéliser graphiquement et algébriquement ses données</li> </ul>	4	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche expérimentale</i></li> </ul>		
15	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il met en place des schèmes de contrôle de variables adéquats</li> </ul>	1	<i>Il transforme le capteur de pression étalon en fonction d'une entrée manuelle, mais la seringue est connectée seulement sur le capteur universel.</i>
16	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il sélectionne les paramètres expérimentaux adéquats</li> </ul>	2	<i>Il a changé les paramètres au hasard en diminuant la fréquence d'acquisition de beaucoup.</i>
17	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise les modules graphiques et Vumètre de façon adéquate</li> </ul>	3	
18	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise le matériel de laboratoire avec les techniques appropriées</li> </ul>	2	<i>Il n'a pas déconnecté la seringue entre chaque essai, il n'a pas mis suffisamment d'air dans la seringue alors qu'il venait de diminuer la fréquence d'acquisition, ce qui a fait en sorte qu'il n'a pas observé de variation de pression.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche technologique d'analyse</i></li> </ul>		
19	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il connecte adéquatement les fils du transducteur à la capsule universelle.</li> </ul>	4	
20	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il connecte adéquatement la capsule universelle à l'interface.</li> </ul>	2	<i>Il n'a pas assez poussé la capsule, ainsi, elle n'était pas reconnue par l'interface.</i>
21	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il détermine la fonction du raccord en forme de T.</li> </ul>	3	<i>C'est l'enseignant qui lui dit de l'utiliser, mais il a su comment le connecter avec les autres tuyaux.</i>
22	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il utilise les ressources adéquates quand il en a besoin (il pose des questions à l'enseignant pour continuer d'avancer s'il en a besoin)</li> </ul>	2	<i>Il n'a pas utilisé le raccord en T avant que l'enseignant lui dise de l'utiliser. Il a su poser des questions adéquates, mais il aurait pu tenter plus d'essais avant de demander de l'aide.</i>
23	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il procède à des essais pour tenter de voir si sa solution fonctionne, par exemple, en utilisant différentes fonctions du logiciel</li> </ul>	3	<i>Il aurait pu faire un essai par lui-même en plus de celui qui a été initié par l'enseignant.</i>
24	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il recueille des données avec son capteur, mais aussi avec l'étalon en lançant une acquisition de données</li> </ul>	2	<i>Lors du premier essai, comme il n'avait pas posé le raccord en T, seul un capteur prenait des mesures.</i>
25	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il apporte, si nécessaire, des corrections liées à l'élaboration ou la mise en œuvre du protocole, en changeant, par exemple, la première fonction utilisée dans le logiciel ou en modifiant son schéma de montage</li> </ul>	1	<i>Il effectuait la même démarche. Il n'a apporté des modifications que lorsque l'enseignant lui disait de le faire suite à une question.</i>
26	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il mène à terme son plan d'action et réussit à construire son capteur</li> </ul>	2	<i>Le capteur a été construit avec l'aide de l'enseignant.</i>
	Élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes (Comp. Analyser les résultats)		
27	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il juge de la pertinence de la solution apportée en analysant les résultats de sa validation et en mettant un terme à l'expérimentation s'il est satisfait</li> </ul>	3	<i>Il semblait satisfait de la prise de mesures qui était presque identique pour les deux capteurs.</i>

Sujet 19 : Grilles d'observations			Principales observations du chercheur
<b>Obs.</b>	<b>Capacité d'exploiter l'ExAO en situation nouvelle (compétence transversale 6)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Efficacité de l'utilisation des ressources technologiques dans un contexte d'apprentissage (Composante : Utiliser les technologies appropriées)		
<b>1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant choisit les outils les mieux adaptés pour réaliser son capteur</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il a choisi la fonction étalonnage au lieu de la fonction de transformation, ce qui montre une imprécision au niveau de la terminologie. De plus, il aurait pu appliquer une fonction au capteur à la place de créer un capteur virtuel.</i>
<b>2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il applique des stratégies d'interaction, de communication et de dépannage (avec le logiciel et/ou l'enseignant), selon les besoins de la tâche</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Comme il ne semblait pas en mesure d'appliquer sa fonction de transformation (ou d'étalonnage), il a plutôt opté pour l'option de la création d'un capteur virtuel.</i>
	Réutilisation de procédures et processus liés aux TIC dans de nouvelles situations (Composante : Tirer profit de l'utilisation de la technologie)		
<b>3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît et utilise l'ExAO dans de nouveaux contextes (la construction des nouveaux capteurs) les concepts et processus déjà connus</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Il a réussi à construire son capteur de pression. Toutefois, il a assigné une fonction, mais n'est pas allé au bout de sa démarche en l'appliquant.</i>
<b>4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il anticipe de nouvelles utilisations des fonctions de l'ExAO</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a pris des mesures pour tester le signal de ses capteurs en page d'accueil. De plus, comme l'application de la transformation ne fonctionnait pas, il a créé un capteur virtuel de pression avec son équation d'étalonnage.</i>
	Analyse de ses choix, de ses réussites et de ses difficultés		
<b>5</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît ses réussites et ses difficultés (et pose des questions pertinentes)</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a compris que sa fonction de transformation était adéquate et l'a utilisé en capteur virtuel. Il a obtenu une pente de 1 pour la validation et a compris que c'était adéquat.</i>
<b>6</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il cherche les améliorations possibles dans sa manière de faire et propose des avenues pour accroître son efficacité</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a tenté de valider son capteur avec d'autres avenues que la création d'un capteur virtuel, comme la transformation en fonction d'une variable intérieure.</i>
<b>Obs.</b>	<b>Les habiletés de résolution de problèmes (compétence disciplinaire 1)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Représentation adéquate de la situation (Composante : Cerner un problème)		
<b>7</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant se donne une représentation de la situation sous la forme d'un schéma de montage adéquat</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a réalisé le montage adéquat du premier coup.</i>
<b>8</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il identifie les éléments du matériel fourni qui semblent pertinents et les relations qui les unissent en agencant adéquatement le matériel</li> </ul>	<b>4</b>	
	Élaboration d'un plan d'action pertinent, adapté à la situation (Composante : Élaborer un plan d'action)		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place la démarche technologique de conception : <ul style="list-style-type: none"> <li>Il explore quelques-unes des explications ou des solutions provisoires en essayant plusieurs agencements du matériel ou plusieurs fonctions du logiciel</li> </ul> </li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a tenté de créer plusieurs capteurs virtuels pour faire sa validation, de même qu'utiliser diverses fonctions comme la transformation d'une variable intérieure.</i>

10	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il sélectionne une solution qu'il mettra en pratique en construisant son capteur</li> </ul>	4	<i>Il a compris qu'une des solutions menant à la réalisation de son capteur, comme il n'a pas réussi à appliquer sa fonction de transformation, était la réalisation d'un capteur virtuel.</i>
11	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il détermine les ressources nécessaires en sélectionnant le matériel</li> </ul>	4	
12	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il planifie les étapes de sa mise en œuvre dans son protocole</li> </ul>	4	
	Mise en œuvre adéquate du plan d'action (Composante : Concrétiser le plan d'action)		
13	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il met en œuvre les étapes planifiées de la construction du capteur</li> </ul>	4	<i>Son protocole est identique aux observations directes.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il fait appel aux techniques et aux ressources appropriées :</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche de modélisation</i></li> </ul>		
14	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise le modéliseur pour modéliser graphiquement et algébriquement ses données</li> </ul>	4	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche expérimentale</i></li> </ul>		
15	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il met en place des schèmes de contrôle de variables adéquats</li> </ul>	4	<i>Il changeait les paramètres expérimentaux de son expérience un à un et en vérifiait les effets sur son graphique.</i>
16	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il sélectionne les paramètres expérimentaux adéquats</li> </ul>	4	<i>Il a augmenté la fréquence des points pour avoir plus de données.</i>
17	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise les modules graphiques et Vumètre de façon adéquate</li> </ul>	4	
18	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise le matériel de laboratoire avec les techniques appropriées</li> </ul>	3	<i>Il aurait dû déconnecter la seringue entre chaque essai.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche technologique d'analyse</i></li> </ul>		
19	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il connecte adéquatement les fils du transducteur à la capsule universelle.</li> </ul>	4	
20	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il connecte adéquatement la capsule universelle à l'interface.</li> </ul>	4	
21	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il détermine la fonction du raccord en forme de T.</li> </ul>	4	
22	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il utilise les ressources adéquates quand il en a besoin (il pose des questions à l'enseignant pour continuer d'avancer s'il en a besoin)</li> </ul>	4	
23	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il procède à des essais pour tenter de voir si sa solution fonctionne, par exemple, en utilisant différentes fonctions du logiciel</li> </ul>	4	<i>Il a utilisé la fonction de transformation et plusieurs capteurs virtuels.</i>
24	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il recueille des données avec son capteur, mais aussi avec l'étalon en lançant une acquisition de données</li> </ul>	4	
25	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il apporte, si nécessaire, des corrections liées à l'élaboration ou la mise en œuvre du protocole, en changeant, par exemple, la première fonction utilisée dans le logiciel ou en modifiant son schéma de montage</li> </ul>	4	<i>Il modifiait son protocole en cours de route lorsqu'il voyait qu'une de ses solutions ne fonctionnait pas.</i>
26	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il mène à terme son plan d'action et réussit à construire son capteur</li> </ul>	4	
	Élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes (Comp. Analyser les résultats)		
27	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il juge de la pertinence de la solution apportée en analysant les résultats de sa validation et en mettant un terme à l'expérimentation s'il est satisfait</li> </ul>	4	<i>Il a obtenu une pente de 1 lors de la modélisation de son nuage de points et a été satisfait par ce résultat.</i>

<b>Sujet 20 : Grilles d'observations</b>			<b>Principales observations du chercheur</b>
<b>Obs.</b>	<b>Capacité d'exploiter l'ExAO en situation nouvelle (compétence transversale 6)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Efficacité de l'utilisation des ressources technologiques dans un contexte d'apprentissage (Composante : Utiliser les technologies appropriées)		
<b>1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant choisit les outils les mieux adaptés pour réaliser son capteur</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il a utilisé la fonction transformation en fonction d'une entrée manuelle pour transformer l'étalon de mesure.</i>
<b>2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il applique des stratégies d'interaction, de communication et de dépannage (avec le logiciel et/ou l'enseignant), selon les besoins de la tâche</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Dès qu'il avait un problème, il demandait à l'enseignant. Il aurait pu tenter de régler la situation par lui-même.</i>
	Réutilisation de procédures et processus liés aux TIC dans de nouvelles situations (Composante : Tirer profit de l'utilisation de la technologie)		
<b>3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît et utilise l'ExAO dans de nouveaux contextes (la construction des nouveaux capteurs) les concepts et processus déjà connus</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il n'a pas été en mesure d'effectuer son capteur. De plus, il ne semblait pas vraiment savoir quoi faire une fois en mode graphique. Il n'a pas pris une seule mesure avec une entrée manuelle, bien qu'il ait choisi cette fonction plusieurs fois. Toutefois, il utilisait la bonne fonction de validation, bien qu'il n'eût pas le bon montage.</i>
<b>4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il anticipe de nouvelles utilisations des fonctions de l'ExAO</li> </ul>	<b>1</b>	
	Analyse de ses choix, de ses réussites et de ses difficultés		
<b>5</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît ses réussites et ses difficultés (et pose des questions pertinentes)</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il a transformé le capteur universel et tentait d'appliquer la fonction qu'il venait d'assigner à ce capteur au capteur de pression. Il ne s'en est pas rendu compte, mais il a posé plusieurs questions à l'enseignant.</i>
<b>6</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il cherche les améliorations possibles dans sa manière de faire et propose des avenues pour accroître son efficacité</li> </ul>	<b>1</b>	<i>Même en sachant quelle fonction utiliser, il n'a pas tenté plus d'un essai pour avoir des mesures plus concluantes. Il n'avait que trois points pour la transformation.</i>
<b>Obs.</b>	<b>Les habiletés de résolution de problèmes (compétence disciplinaire 1)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Représentation adéquate de la situation (Composante : Cerner un problème)		
<b>7</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant se donne une représentation de la situation sous la forme d'un schéma de montage adéquat</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a effectué son montage du premier coup.</i>
<b>8</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il identifie les éléments du matériel fourni qui semblent pertinents et les relations qui les unissent en agençant adéquatement le matériel</li> </ul>	<b>4</b>	
	Élaboration d'un plan d'action pertinent, adapté à la situation (Composante : Élaborer un plan d'action)		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place la démarche technologique de conception : <ul style="list-style-type: none"> <li>Il explore quelques-unes des explications ou des solutions provisoires en essayant plusieurs agencements du matériel ou plusieurs fonctions du logiciel</li> </ul> </li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il n'a pas exploré avant de demander l'aide à l'enseignant. Il n'a même pas pris une seule mesure.</i>
<b>10</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne une solution qu'il mettra en pratique en construisant son capteur</li> </ul>	<b>1</b>	<i>C'est l'enseignant qui lui dit quelle fonction utiliser.</i>

11	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il détermine les ressources nécessaires en sélectionnant le matériel</li> </ul>	4	
12	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il planifie les étapes de sa mise en œuvre dans son protocole</li> </ul>	2	<i>C'est l'enseignant qui lui a dit quoi faire la plupart du temps.</i>
	Mise en œuvre adéquate du plan d'action (Composante : Concrétiser le plan d'action)		
13	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il met en œuvre les étapes planifiées de la construction du capteur</li> </ul>	4	<i>Son protocole est identique aux observations directes.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il fait appel aux techniques et aux ressources appropriées :</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche de modélisation</i></li> </ul>		
14	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise le modéliseur pour modéliser graphiquement et algébriquement ses données</li> </ul>	4	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche expérimentale</i></li> </ul>		
15	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il met en place des schèmes de contrôle de variables adéquats</li> </ul>	2	<i>Il n'a pas démontré qu'il était en mesure de faire un schème de contrôle des variables, étant donné que c'est l'enseignant qui lui a dit quoi faire lors de la transformation et de la validation.</i>
16	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il sélectionne les paramètres expérimentaux adéquats</li> </ul>	1	<i>Il n'a pas changé les paramètres expérimentaux. Cela aurait pourtant été pertinent étant donné qu'il a seulement trois points pour son graphique de transformation.</i>
17	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise les modules graphiques et Vumètre de façon adéquate</li> </ul>	2	<i>Il aurait pu utiliser le mode graphique lorsqu'il n'a pas obtenu de données pour tester le signal des différents capteurs.</i>
18	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise le matériel de laboratoire avec les techniques appropriées</li> </ul>	3	<i>Il aurait dû retirer la seringue entre chaque essai.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche technologique d'analyse</i></li> </ul>		
19	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il connecte adéquatement les fils du transducteur à la capsule universelle.</li> </ul>	4	
20	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il connecte adéquatement la capsule universelle à l'interface.</li> </ul>	4	
21	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il détermine la fonction du raccord en forme de T.</li> </ul>	4	
22	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il utilise les ressources adéquates quand il en a besoin (il pose des questions à l'enseignant pour continuer d'avancer s'il en a besoin)</li> </ul>	3	<i>Dès qu'il était bloqué, il posait une question. Pourtant, il aurait pu essayer un peu plus de résoudre le problème par lui-même en explorant les diverses fonctions du logiciel avant de poser une question.</i>
23	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il procède à des essais pour tenter de voir si sa solution fonctionne, par exemple, en utilisant différentes fonctions du logiciel</li> </ul>	1	<i>Il n'est pas parvenu à construire son capteur.</i>
24	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il recueille des données avec son capteur, mais aussi avec l'étalon en lançant une acquisition de données</li> </ul>	4	
25	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il apporte, si nécessaire, des corrections liées à l'élaboration ou la mise en œuvre du protocole, en changeant, par exemple, la première fonction utilisée dans le logiciel ou en modifiant son schéma de montage</li> </ul>	2	<i>Il n'a pas changé la fonction de transformation avec entrée manuelle pour celle de transformation en fonction d'une variable intérieure. C'est l'enseignant qui lui a demandé d'utiliser cette fonction.</i>
26	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il mène à terme son plan d'action et réussit à construire son capteur</li> </ul>	1	<i>Il n'est pas parvenu à construire son capteur.</i>
	Élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes (Comp. Analyser les résultats)		
27	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il juge de la pertinence de la solution apportée en analysant les résultats de sa validation et en mettant un terme à l'expérimentation s'il est satisfait</li> </ul>	1	<i>Il n'est pas parvenu à compléter son capteur. De plus, il a estimé que seulement trois points étaient suffisants pour la transformation, quand il en aurait fallu au moins une dizaine.</i>

Sujet 21 : Grilles d'observations			Principales observations du chercheur
<b>Obs.</b>	<b>Capacité d'exploiter l'ExAO en situation nouvelle (compétence transversale 6)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Efficacité de l'utilisation des ressources technologiques dans un contexte d'apprentissage (Composante : Utiliser les technologies appropriées)		
<b>1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant choisit les outils les mieux adaptés pour réaliser son capteur</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Bien qu'il ait utilisé la fonction transformation, il n'a pas utilisé la transformation en fonction d'une variable intérieure, mais celle en fonction d'une entrée manuelle.</i>
<b>2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il applique des stratégies d'interaction, de communication et de dépannage (avec le logiciel et/ou l'enseignant), selon les besoins de la tâche</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il a posé une question pour obtenir une information sur le graphique à enregistrer. Il n'a toutefois pas posé de question sur ses résultats, bien qu'il fût évident, sur le graphique de la validation, que ses résultats n'étaient pas cohérents. Ceci est intéressant. Il n'a pas réussi à démontrer qu'il était capable de comprendre les informations contenues sur le graphique. Par exemple, les deux valeurs de pression sont différentes et le capteur 2 (construit) donne des résultats près de 0. Pourtant, il a gardé ce graphique de validation.</i>
	Réutilisation de procédures et processus liés aux TIC dans de nouvelles situations (Composante : Tirer profit de l'utilisation de la technologie)		
<b>3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît et utilise l'ExAO dans de nouveaux contextes (la construction des nouveaux capteurs) les concepts et processus déjà connus</li> </ul>	<b>1</b>	<i>Il n'a pas utilisé la fonction de transformation en fonction d'une variable intérieure.</i>
<b>4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il anticipe de nouvelles utilisations des fonctions de l'ExAO</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Il a ajouté du texte, bien que nous n'ayons pas montré ni demandé de le faire.</i>
	Analyse de ses choix, de ses réussites et de ses difficultés		
<b>5</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît ses réussites et ses difficultés (et pose des questions pertinentes)</li> </ul>	<b>1</b>	
<b>6</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il cherche les améliorations possibles dans sa manière de faire et propose des avenues pour accroître son efficacité</li> </ul>	<b>1</b>	<i>Il n'est pas arrivé à construire son capteur et ne l'a même pas remarqué (qu'il n'était pas arrivé à construire son capteur).</i>
<b>Obs.</b>	<b>Les habiletés de résolution de problèmes (compétence disciplinaire 1)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Représentation adéquate de la situation (Composante : Cerner un problème)		
<b>7</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant se donne une représentation de la situation sous la forme d'un schéma de montage adéquat</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a réalisé le montage expérimental adéquat du premier coup.</i>
<b>8</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il identifie les éléments du matériel fourni qui semblent pertinents et les relations qui les unissent en agencant adéquatement le matériel</li> </ul>	<b>4</b>	
	Élaboration d'un plan d'action pertinent, adapté à la situation (Composante : Élaborer un plan d'action)		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place la démarche technologique de conception : <ul style="list-style-type: none"> <li>Il explore quelques-unes des explications ou des solutions provisoires en essayant plusieurs agencements du matériel ou plusieurs fonctions du logiciel</li> </ul> </li> </ul>	<b>1</b>	<i>Il n'a pas tenté d'utiliser d'autres fonctions du logiciel.</i>



10	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il sélectionne une solution qu'il mettra en pratique en construisant son capteur</li> </ul>	3	<i>Il a mis en pratique sa solution, bien que pas adéquate.</i>
11	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il détermine les ressources nécessaires en sélectionnant le matériel</li> </ul>	4	
12	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il planifie les étapes de sa mise en œuvre dans son protocole</li> </ul>	4	
	Mise en œuvre adéquate du plan d'action (Composante : Concrétiser le plan d'action)		
13	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il met en œuvre les étapes planifiées de la construction du capteur</li> </ul>	4	<i>Son protocole est identique à ses actions.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il fait appel aux techniques et aux ressources appropriées :</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche de modélisation</i></li> </ul>		
14	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise le modéliseur pour modéliser graphiquement et algébriquement ses données</li> </ul>	4	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche expérimentale</i></li> </ul>		
15	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il met en place des schèmes de contrôle de variables adéquats</li> </ul>	1	<i>Il fait une entrée manuelle qu'il définit comme une pression, mais il entre des volumes. De plus, sur son graphique de validation, il entre des volumes, mais définit l'axe des abscisses comme la tension. Ceci montre qu'il ne comprend pas les informations sur le graphique.</i>
16	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il sélectionne les paramètres expérimentaux adéquats</li> </ul>	1	<i>Il n'a pas changé de paramètres, bien que cela ne lui a pas été nécessaire. Il n'a pas non plus lancé d'acquisition.</i>
17	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise les modules graphiques et Vumètre de façon adéquate</li> </ul>	4	
18	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise le matériel de laboratoire avec les techniques appropriées</li> </ul>	3	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche technologique d'analyse</i></li> </ul>		
19	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il connecte adéquatement les fils du transducteur à la capsule universelle.</li> </ul>	3	
20	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il connecte adéquatement la capsule universelle à l'interface.</li> </ul>	4	
21	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il détermine la fonction du raccord en forme de T.</li> </ul>	4	
22	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il utilise les ressources adéquates quand il en a besoin (il pose des questions à l'enseignant pour continuer d'avancer s'il en a besoin)</li> </ul>	2	<i>Il n'a pas utilisé la fonction de transformation en fonction d'une variable interne. Il n'a pas posé de question. Il ne s'est pas rendu compte que ça ne fonctionnait pas.</i>
23	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il procède à des essais pour tenter de voir si sa solution fonctionne, par exemple, en utilisant différentes fonctions du logiciel</li> </ul>	1	<i>Il aurait pu faire d'autres essais de validation pour se rendre compte que sa solution ne fonctionnait pas.</i>
24	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il recueille des données avec son capteur, mais aussi avec l'étalon en lançant une acquisition</li> </ul>	4	
25	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il apporte, si nécessaire, des corrections liées à l'élaboration ou la mise en œuvre du protocole, en changeant, par exemple, la première fonction utilisée dans le logiciel ou en modifiant son schéma de montage</li> </ul>	2	<i>Il n'a pas pensé que la fonction qu'il utilisait n'était pas adéquate.</i>
26	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il mène à terme son plan d'action et réussit à construire son capteur</li> </ul>	1	<i>Il n'a pas réussi à construire son capteur.</i>
	Élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes (Comp. Analyser les résultats)		
27	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il juge de la pertinence de la solution apportée en analysant les résultats de sa validation et en mettant un terme à l'expérimentation s'il est satisfait</li> </ul>	1	<i>Son analyse des résultats est erronée. Le capteur pression étalon prenait des mesures de pression adéquates, tandis que le capteur de pression construit variait entre 0 et 10 hPa, soit très près du 0 sur l'axe des ordonnées. Ainsi, il ne s'est peut-être même pas rendu compte de ces mesures erronées.</i>

Sujet 22 : Grilles d'observations			Principales observations du chercheur
<b>Obs.</b>	<b>Capacité d'exploiter l'ExAO en situation nouvelle (compétence transversale 6)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Efficacité de l'utilisation des ressources technologiques dans un contexte d'apprentissage (Composante : Utiliser les technologies appropriées)		
<b>1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant choisit les outils les mieux adaptés pour réaliser son capteur</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a utilisé les fonctions adéquates et a fait une validation en comparant la mesure des deux capteurs.</i>
<b>2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il applique des stratégies d'interaction, de communication et de dépannage (avec le logiciel et/ou l'enseignant), selon les besoins de la tâche</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Quand il a eu un problème avec le logiciel qui entrait en mode simulation, il a demandé à l'enseignant de l'aider.</i>
	Réutilisation de procédures et processus liés aux TIC dans de nouvelles situations (Composante : Tirer profit de l'utilisation de la technologie)		
<b>3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît et utilise l'ExAO dans de nouveaux contextes (la construction des nouveaux capteurs) les concepts et processus déjà connus</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a réussi la construction de son capteur.</i>
<b>4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il anticipe de nouvelles utilisations des fonctions de l'ExAO</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a ouvert un graphique qu'il avait préalablement sauvegardé pour revoir ses données.</i>
	Analyse de ses choix, de ses réussites et de ses difficultés		
<b>5</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît ses réussites et ses difficultés (et pose des questions pertinentes)</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a compris que sa transformation et sa validation étaient pertinentes.</i>
<b>6</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il cherche les améliorations possibles dans sa manière de faire et propose des avenues pour accroître son efficacité</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il aurait pu chercher à prendre plus de données.</i>
<b>Obs.</b>	<b>Les habiletés de résolution de problèmes (compétence disciplinaire 1)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Représentation adéquate de la situation (Composante : Cerner un problème)		
<b>7</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant se donne une représentation de la situation sous la forme d'un schéma de montage adéquat</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Il a connecté le petit tuyau au transducteur au lieu du long tuyau.</i>
<b>8</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il identifie les éléments du matériel fourni qui semblent pertinents et les relations qui les unissent en agencant adéquatement le matériel</li> </ul>	<b>4</b>	
	Élaboration d'un plan d'action pertinent, adapté à la situation (Composante : Élaborer un plan d'action)		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place la démarche technologique de conception : <ul style="list-style-type: none"> <li>Il explore quelques-unes des explications ou des solutions provisoires en essayant plusieurs agencements du matériel ou plusieurs fonctions du logiciel</li> </ul> </li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a d'abord fait une validation en mettant les deux capteurs en fonction du temps et s'est rendu compte qu'il serait plus pertinent de mettre les deux capteurs l'un par rapport à l'autre.</i>
<b>10</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne une solution qu'il mettra en pratique en construisant son capteur</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>11</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il détermine les ressources nécessaires en sélectionnant le matériel</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>12</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il planifie les étapes de sa mise en œuvre dans son protocole</li> </ul>	<b>4</b>	
	Mise en œuvre adéquate du plan d'action (Composante : Concrétiser le plan d'action)		

<b>13</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en œuvre les étapes planifiées de la construction du capteur</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Son protocole est identique aux observations directes.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il fait appel aux techniques et aux ressources appropriées :</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Démarche de modélisation</i></li> </ul>		
<b>14</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise le modéliseur pour modéliser graphiquement et algébriquement ses données</li> </ul>	<b>4</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Démarche expérimentale</i></li> </ul>		
<b>15</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place des schèmes de contrôle de variables adéquats</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Il aurait pu prévoir que placer le petit tuyau sur le transducteur au lieu du long tuyau aurait pu ne pas rendre complètement fiable l'instrument de mesure. En effet, s'il avait pris des mesures séparément ensuite à l'aide de la seringue, il aurait remarqué que les mesures étaient un peu différentes.</i>
<b>16</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne les paramètres expérimentaux adéquats</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il n'a pas changé les paramètres expérimentaux. Pourtant, cela aurait été pertinent étant donné qu'en changeant la fréquence, il aurait obtenu plus de données.</i>
<b>17</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise les modules graphiques et Vumètre de façon adéquate</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>18</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise le matériel de laboratoire avec les techniques appropriées</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il aurait dû déconnecter la seringue entre chaque essai et placer correctement le long tuyau sur le transducteur.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Démarche technologique d'analyse</i></li> </ul>		
<b>19</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il connecte adéquatement les fils du transducteur à la capsule universelle.</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>20</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il connecte adéquatement la capsule universelle à l'interface.</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>21</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il détermine la fonction du raccord en forme de T.</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>22</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise les ressources adéquates quand il en a besoin (il pose des questions à l'enseignant pour continuer d'avancer s'il en a besoin)</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a demandé à l'enseignant de l'aider quand il a eu un problème de simulation.</i>
<b>23</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il procède à des essais pour tenter de voir si sa solution fonctionne, par exemple, en utilisant différentes fonctions du logiciel</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a fait une validation en faisant varier les deux capteurs en fonction du temps, mais aussi en les plaçant l'un par rapport à l'autre.</i>
<b>24</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il recueille des données avec son capteur, mais aussi avec l'étalon en lançant une acquisition de données</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>25</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il apporte, si nécessaire, des corrections liées à l'élaboration ou la mise en œuvre du protocole, en changeant, par exemple, la première fonction utilisée dans le logiciel ou en modifiant son schéma de montage</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Il aurait pu changer son protocole pour prendre plus de données.</i>
<b>26</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il mène à terme son plan d'action et réussit à construire son capteur</li> </ul>	<b>4</b>	
	Élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes (Comp. Analyser les résultats)		
<b>27</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il juge de la pertinence de la solution apportée en analysant les résultats de sa validation et en mettant un terme à l'expérimentation s'il est satisfait</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il était satisfait de son capteur avec un taux de variation proche de 1.</i>

<b>Sujet 23 : Grilles d'observations</b>			<b>Principales observations du chercheur</b>
<b>Obs.</b>	<b>Capacité d'exploiter l'ExAO en situation nouvelle (compétence transversale 6)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Efficacité de l'utilisation des ressources technologiques dans un contexte d'apprentissage (Composante : Utiliser les technologies appropriées)		
<b>1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant choisit les outils les mieux adaptés pour réaliser son capteur</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Au départ, il utilisait beaucoup de fonctions d'entrée manuelle, étant donné qu'il ne savait pas comment lancer une acquisition.</i>
<b>2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il applique des stratégies d'interaction, de communication et de dépannage (avec le logiciel et/ou l'enseignant), selon les besoins de la tâche</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a posé une question pertinente à l'enseignant, ce qui lui a permis de poursuivre sa démarche de réalisation de capteur.</i>
	Réutilisation de procédures et processus liés aux TIC dans de nouvelles situations (Composante : Tirer profit de l'utilisation de la technologie)		
<b>3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît et utilise l'ExAO dans de nouveaux contextes (la construction des nouveaux capteurs) les concepts et processus déjà connus</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il réussit à construire son capteur.</i>
<b>4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il anticipe de nouvelles utilisations des fonctions de l'ExAO</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il utilise le réticule pour mettre des points sur son graphique de validation.</i>
	Analyse de ses choix, de ses réussites et de ses difficultés		
<b>5</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît ses réussites et ses difficultés (et pose des questions pertinentes)</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a reconnu que sa validation était pertinente comme les points se superposaient presque parfaitement. Il a mis des coordonnées pour le montrer.</i>
<b>6</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il cherche les améliorations possibles dans sa manière de faire et propose des avenues pour accroître son efficacité</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a fait une validation en mode graphique et une validation avec le vumètre.</i>
<b>Obs.</b>	<b>Les habiletés de résolution de problèmes (compétence disciplinaire 1)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Représentation adéquate de la situation (Composante : Cerner un problème)		
<b>7</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant se donne une représentation de la situation sous la forme d'un schéma de montage adéquat</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a fait le montage adéquat dès le départ.</i>
<b>8</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il identifie les éléments du matériel fourni qui semblent pertinents et les relations qui les unissent en agencant adéquatement le matériel</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a comparé les longueurs de tuyaux dès le départ et a connecté les tuyaux sur le raccord en T adéquatement.</i>
	Élaboration d'un plan d'action pertinent, adapté à la situation (Composante : Élaborer un plan d'action)		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place la démarche technologique de conception : <ul style="list-style-type: none"> <li>Il explore quelques-unes des explications ou des solutions provisoires en essayant plusieurs agencements du matériel ou plusieurs fonctions du logiciel</li> </ul> </li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a utilisé toutes les fonctions de la transformation, intérieures et entrées manuelles, avant de comprendre comment lancer une acquisition.</i>
<b>10</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne une solution qu'il mettra en pratique en construisant son capteur</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>11</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il détermine les ressources nécessaires en sélectionnant le matériel</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a compris que toutes les pièces du matériel fourni étaient pertinentes.</i>

12	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il planifie les étapes de sa mise en œuvre dans son protocole</li> </ul>	4	
	Mise en œuvre adéquate du plan d'action (Composante : Concrétiser le plan d'action)		
13	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il met en œuvre les étapes planifiées de la construction du capteur</li> </ul>	4	<i>Son protocole est similaire aux actions observées.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il fait appel aux techniques et aux ressources appropriées :</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche de modélisation</i></li> </ul>		
14	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise le modéliseur pour modéliser graphiquement et algébriquement ses données</li> </ul>	4	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche expérimentale</i></li> </ul>		
15	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il met en place des schèmes de contrôle de variables adéquats</li> </ul>	3	<i>Ses essais étaient adéquats. Toutefois, il aurait pu faire un autre essai pour la transformation en changeant les paramètres expérimentaux, et ainsi avoir plus de données.</i>
16	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il sélectionne les paramètres expérimentaux adéquats</li> </ul>	2	<i>Il n'a pas changé les paramètres expérimentaux pour avoir plus de trois données. Cela aurait été pertinent.</i>
17	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise les modules graphiques et Vumètre de façon adéquate</li> </ul>	4	<i>Il a utilisé le mode vumètre à deux reprises en faisant varier le signal pour voir si tout était adéquat.</i>
18	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise le matériel de laboratoire avec les techniques appropriées</li> </ul>	4	<i>Il connecte et déconnecte la seringue à chaque essai.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche technologique d'analyse</i></li> </ul>		
19	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il connecte adéquatement les fils du transducteur à la capsule universelle.</li> </ul>	4	
20	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il connecte adéquatement la capsule universelle à l'interface.</li> </ul>	4	
21	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il détermine la fonction du raccord en forme de T.</li> </ul>	4	
22	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il utilise les ressources adéquates quand il en a besoin (il pose des questions à l'enseignant pour continuer d'avancer s'il en a besoin)</li> </ul>	4	<i>Il a posé la question sur l'acquisition au bon moment, après avoir essayé plusieurs actions dans le logiciel.</i>
23	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il procède à des essais pour tenter de voir si sa solution fonctionne, par exemple, en utilisant différentes fonctions du logiciel</li> </ul>	4	<i>Il a fait une validation en mode graphique et en mode vumètre.</i>
24	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il recueille des données avec son capteur, mais aussi avec l'étalon en lançant une acquisition de données</li> </ul>	4	
25	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il apporte, si nécessaire, des corrections liées à l'élaboration ou la mise en œuvre du protocole, en changeant, par exemple, la première fonction utilisée dans le logiciel ou en modifiant son schéma de montage</li> </ul>	4	<i>Il a utilisé la fonction entrée manuelle, mais a finalement opté pour la transformation avec une variable intérieure.</i>
26	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il mène à terme son plan d'action et réussit à construire son capteur</li> </ul>	4	<i>Il a réussi à construire son capteur.</i>
	Élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes (Comp. Analyser les résultats)		
27	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il juge de la pertinence de la solution apportée en analysant les résultats de sa validation et en mettant un terme à l'expérimentation s'il est satisfait</li> </ul>	4	<i>Il a identifié les coordonnées des deux capteurs au même moment. Il y avait environ 10 hPa de différence, ce qui semble acceptable.</i>

<b>Sujet 24 : Grilles d'observations</b>			<b>Principales observations du chercheur</b>
<b>Obs.</b>	<b>Capacité d'exploiter l'ExAO en situation nouvelle (compétence transversale 6)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Efficacité de l'utilisation des ressources technologiques dans un contexte d'apprentissage (Composante : Utiliser les technologies appropriées)		
<b>1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant choisit les outils les mieux adaptés pour réaliser son capteur</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Au départ, il a choisi beaucoup de fonctions d'entrée manuelle pour réaliser sa transformation. Aussi, pour la validation, il a choisi une entrée manuelle, quand il aurait été plus simple de faire une automatisation de la prise de données en utilisant le mode graphique.</i>
<b>2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il applique des stratégies d'interaction, de communication et de dépannage (avec le logiciel et/ou l'enseignant), selon les besoins de la tâche</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Quand il a constaté que son essai de transformation avec une entrée manuelle (essai 2) ne fonctionnait pas, il a opté pour une transformation avec une variable intérieure et il a réussi à transformer son capteur.</i>
	Réutilisation de procédures et processus liés aux TIC dans de nouvelles situations (Composante : Tirer profit de l'utilisation de la technologie)		
<b>3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît et utilise l'ExAO dans de nouveaux contextes (la construction des nouveaux capteurs) les concepts et processus déjà connus</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a réussi à construire son capteur.</i>
<b>4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il anticipe de nouvelles utilisations des fonctions de l'ExAO</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a utilisé une entrée manuelle pour la validation, ce qui est très intéressant, car l'étude des signaux par une entrée manuelle n'avait pas été abordée dans les séances précédentes.</i>
	Analyse de ses choix, de ses réussites et de ses difficultés		
<b>5</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît ses réussites et ses difficultés (et pose des questions pertinentes)</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a compris que l'entrée manuelle n'était pas la fonction adéquate pour la transformation.</i>
<b>6</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il cherche les améliorations possibles dans sa manière de faire et propose des avenues pour accroître son efficacité</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a changé la fréquence d'acquisition pour avoir plus de points lors de la transformation.</i>
<b>Obs.</b>	<b>Les habiletés de résolution de problèmes (compétence disciplinaire 1)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Représentation adéquate de la situation (Composante : Cerner un problème)		
<b>7</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant se donne une représentation de la situation sous la forme d'un schéma de montage adéquat</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a réalisé le montage adéquatement du premier coup.</i>
<b>8</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il identifie les éléments du matériel fourni qui semblent pertinents et les relations qui les unissent en agençant adéquatement le matériel</li> </ul>	<b>4</b>	
	Élaboration d'un plan d'action pertinent, adapté à la situation (Composante : Élaborer un plan d'action)		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place la démarche technologique de conception : <ul style="list-style-type: none"> <li>Il explore quelques-unes des explications ou des solutions provisoires en essayant plusieurs agencements du matériel ou plusieurs fonctions du logiciel</li> </ul> </li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a ouvert et testé les différentes fonctions de transformation avant de sélectionner celle qui serait la plus pertinente pour construire son capteur.</i>
<b>10</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne une solution qu'il mettra en pratique en construisant son capteur</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a choisi la transformation en fonction d'une variable intérieure.</i>

11	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il détermine les ressources nécessaires en sélectionnant le matériel</li> </ul>	4	
12	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il planifie les étapes de sa mise en œuvre dans son protocole</li> </ul>	4	
	Mise en œuvre adéquate du plan d'action (Composante : Concrétiser le plan d'action)		
13	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il met en œuvre les étapes planifiées de la construction du capteur</li> </ul>	4	<i>Son protocole est identique aux observations directes.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il fait appel aux techniques et aux ressources appropriées :</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche de modélisation</i></li> </ul>		
14	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise le modéliseur pour modéliser graphiquement et algébriquement ses données</li> </ul>	4	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche expérimentale</i></li> </ul>		
15	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il met en place des schèmes de contrôle de variables adéquats</li> </ul>	3	<i>Il tirait pour certains essais, et tirait et poussait pour d'autres. Il aurait pu seulement tirer ou pousser ou tirer et pousser, de façon à ce que le changement de pression soit toujours similaire pour chaque essai.</i>
16	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il sélectionne les paramètres expérimentaux adéquats</li> </ul>	4	<i>Lors de la transformation, il a changé les paramètres expérimentaux de façon à avoir plus de points mesurés.</i>
17	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise les modules graphiques et Vumètre de façon adéquate</li> </ul>	4	
18	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise le matériel de laboratoire avec les techniques appropriées</li> </ul>	4	<i>Il déconnecte la seringue entre chaque essai.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche technologique d'analyse</i></li> </ul>		
19	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il connecte adéquatement les fils du transducteur à la capsule universelle.</li> </ul>	4	
20	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il connecte adéquatement la capsule universelle à l'interface.</li> </ul>	4	
21	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il détermine la fonction du raccord en forme de T.</li> </ul>	4	
22	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il utilise les ressources adéquates quand il en a besoin (il pose des questions à l'enseignant pour continuer d'avancer s'il en a besoin)</li> </ul>	4	
23	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il procède à des essais pour tenter de voir si sa solution fonctionne, par exemple, en utilisant différentes fonctions du logiciel</li> </ul>	4	<i>Il a fait un essai en validation et sa solution fonctionnait bien. Il a obtenu une pente de 1 en comparant la mesure des capteurs.</i>
24	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il recueille des données avec son capteur, mais aussi avec l'étalon en lançant une acquisition de données</li> </ul>	4	
25	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il apporte, si nécessaire, des corrections liées à l'élaboration ou la mise en œuvre du protocole, en changeant, par exemple, la première fonction utilisée dans le logiciel ou en modifiant son schéma de montage</li> </ul>	4	<i>Il a compris que l'entrée manuelle n'était pas la fonction adéquate et s'est tourné vers la variable intérieure.</i>
26	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il mène à terme son plan d'action et réussit à construire son capteur</li> </ul>	4	<i>Il a réussi à créer son capteur.</i>
	Élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes (Comp. Analyser les résultats)		
27	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il juge de la pertinence de la solution apportée en analysant les résultats de sa validation et en mettant un terme à l'expérimentation s'il est satisfait</li> </ul>	4	<i>Il a obtenu une pente de 1, ce qui est adéquat.</i>

Sujet 25 : Grilles d'observations			Principales observations du chercheur
<b>Obs.</b>	<b>Capacité d'exploiter l'ExAO en situation nouvelle (compétence transversale 6)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Efficacité de l'utilisation des ressources technologiques dans un contexte d'apprentissage (Composante : Utiliser les technologies appropriées)		
<b>1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant choisit les outils les mieux adaptés pour réaliser son capteur</li> </ul>	<b>2</b>	<i>L'enseignant a dû lui dire d'utiliser la fonction de transformation en fonction d'une variable intérieure et non pas d'une entrée manuelle.</i>
<b>2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il applique des stratégies d'interaction, de communication et de dépannage (avec le logiciel et/ou l'enseignant), selon les besoins de la tâche</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Lorsque le logiciel est entré en mode simulation, il a fermé le logiciel, s'est assuré que l'interface était bien branchée et a relancé le logiciel qui a reconnu l'interface.</i>
	Réutilisation de procédures et processus liés aux TIC dans de nouvelles situations (Composante : Tirer profit de l'utilisation de la technologie)		
<b>3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît et utilise l'ExAO dans de nouveaux contextes (la construction des nouveaux capteurs) les concepts et processus déjà connus</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il a été capable de faire la validation adéquatement, mais n'a pas été en mesure d'effectuer la transformation sans l'aide de l'enseignant.</i>
<b>4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il anticipe de nouvelles utilisations des fonctions de l'ExAO</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il n'a pas démontré qu'il maîtrisait le logiciel. Il n'a pas changé les paramètres expérimentaux alors que cela aurait été pertinent.</i>
	Analyse de ses choix, de ses réussites et de ses difficultés		
<b>5</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît ses réussites et ses difficultés (et pose des questions pertinentes)</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Il a posé une question à l'enseignant au moment opportun. De plus, il savait qu'avec trois données il pouvait modéliser ses données.</i>
<b>6</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il cherche les améliorations possibles dans sa manière de faire et propose des avenues pour accroître son efficacité</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il n'a pas tenté d'améliorer sa prise de données quand il était évident que cela aurait été pertinent de le faire.</i>
<b>Obs.</b>	<b>Les habiletés de résolution de problèmes (compétence disciplinaire 1)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Représentation adéquate de la situation (Composante : Cerner un problème)		
<b>7</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant se donne une représentation de la situation sous la forme d'un schéma de montage adéquat</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a réalisé le montage expérimental adéquatement du premier coup.</i>
<b>8</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il identifie les éléments du matériel fourni qui semblent pertinents et les relations qui les unissent en agençant adéquatement le matériel</li> </ul>	<b>4</b>	
	Élaboration d'un plan d'action pertinent, adapté à la situation (Composante : Élaborer un plan d'action)		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place la démarche technologique de conception : <ul style="list-style-type: none"> <li>Il explore quelques-unes des explications ou des solutions provisoires en essayant plusieurs agencements du matériel ou plusieurs fonctions du logiciel</li> </ul> </li> </ul>	<b>3</b>	<i>Il a tenté à trois reprises de faire une entrée manuelle. Il changeait sa façon d'utiliser la seringue, en tirant ou en poussant.</i>
<b>10</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne une solution qu'il mettra en pratique en construisant son capteur</li> </ul>	<b>3</b>	<i>C'est l'enseignant qui lui a dit quelle est la solution au niveau de la transformation, mais il a trouvé la solution au niveau de la validation.</i>



11	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il détermine les ressources nécessaires en sélectionnant le matériel</li> </ul>	4	
12	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il planifie les étapes de sa mise en œuvre dans son protocole</li> </ul>	3	<i>Il s'est fait aider de l'enseignant.</i>
	Mise en œuvre adéquate du plan d'action (Composante : Concrétiser le plan d'action)		
13	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il met en œuvre les étapes planifiées de la construction du capteur</li> </ul>	4	<i>Son protocole est similaire aux observations directes.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il fait appel aux techniques et aux ressources appropriées :</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche de modélisation</i></li> </ul>		
14	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise le modéliseur pour modéliser graphiquement et algébriquement ses données</li> </ul>	4	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche expérimentale</i></li> </ul>		
15	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il met en place des schèmes de contrôle de variables adéquats</li> </ul>	3	<i>Il a changé sa façon d'utiliser la seringue pour voir s'il y avait une amélioration dans la prise des résultats.</i>
16	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il sélectionne les paramètres expérimentaux adéquats</li> </ul>	1	<i>Il n'a pas changé la fréquence d'acquisition quand il aurait été nécessaire de le faire pour avoir plus de données, autant dans la transformation que dans la validation.</i>
17	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise les modules graphiques et Vumètre de façon adéquate</li> </ul>	4	<i>Il a utilisé adéquatement le mode graphique et n'a pas eu besoin d'utiliser le mode vumètre.</i>
18	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise le matériel de laboratoire avec les techniques appropriées</li> </ul>	4	<i>Il déconnectait la seringue entre chaque essai.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche technologique d'analyse</i></li> </ul>		
19	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il connecte adéquatement les fils du transducteur à la capsule universelle.</li> </ul>	4	
20	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il connecte adéquatement la capsule universelle à l'interface.</li> </ul>	4	
21	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il détermine la fonction du raccord en forme de T.</li> </ul>	4	
22	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il utilise les ressources adéquates quand il en a besoin (il pose des questions à l'enseignant pour continuer d'avancer s'il en a besoin)</li> </ul>	4	<i>Il a su poser des questions pertinentes à l'enseignant au moment adéquat.</i>
23	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il procède à des essais pour tenter de voir si sa solution fonctionne, par exemple, en utilisant différentes fonctions du logiciel</li> </ul>	3	<i>Sa solution fonctionnait. Il a fait une modélisation et a obtenu une pente de 1, ce qui est satisfaisant.</i>
24	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il recueille des données avec son capteur, mais aussi avec l'étalon en lançant une acquisition de données</li> </ul>	4	
25	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il apporte, si nécessaire, des corrections liées à l'élaboration ou la mise en œuvre du protocole, en changeant, par exemple, la première fonction utilisée dans le logiciel ou en modifiant son schéma de montage</li> </ul>	3	<i>Il aurait pu améliorer ses résultats en changeant les paramètres expérimentaux, comme en augmentant la fréquence d'acquisition des points.</i>
26	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il mène à terme son plan d'action et réussit à construire son capteur</li> </ul>	3	<i>Il a réussi, mais il a été aidé.</i>
	Élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes (Comp. Analyser les résultats)		
27	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il juge de la pertinence de la solution apportée en analysant les résultats de sa validation et en mettant un terme à l'expérimentation s'il est satisfait</li> </ul>	4	<i>Il a obtenu une pente de 1 pour sa validation, ce qui est satisfaisant.</i>

Sujet 26 : Grilles d'observations			Principales observations du chercheur
<b>Obs.</b>	<b>Capacité d'exploiter l'ExAO en situation nouvelle (compétence transversale 6)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Efficacité de l'utilisation des ressources technologiques dans un contexte d'apprentissage (Composante : Utiliser les technologies appropriées)		
<b>1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant choisit les outils les mieux adaptés pour réaliser son capteur</li> </ul>	<b>1</b>	<i>Il utilise tout le temps l'entrée manuelle, même si l'étalon était connecté à l'interface.</i>
<b>2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il applique des stratégies d'interaction, de communication et de dépannage (avec le logiciel et/ou l'enseignant), selon les besoins de la tâche</li> </ul>	<b>2</b>	<i>À chaque problème, il a demandé l'aide de l'enseignant.</i>
	Réutilisation de procédures et processus liés aux TIC dans de nouvelles situations (Composante : Tirer profit de l'utilisation de la technologie)		
<b>3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît et utilise l'ExAO dans de nouveaux contextes (la construction des nouveaux capteurs) les concepts et processus déjà connus</li> </ul>	<b>1</b>	<i>Il n'a pas été en mesure de compléter son capteur sans l'aide de l'enseignant à chaque étape.</i>
<b>4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il anticipe de nouvelles utilisations des fonctions de l'ExAO</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Il a tenté d'utiliser des nouvelles fonctions du logiciel comme l'étude des capteurs par une entrée manuelle.</i>
	Analyse de ses choix, de ses réussites et de ses difficultés		
<b>5</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît ses réussites et ses difficultés (et pose des questions pertinentes)</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il sait qu'il ne comprend pas, donc pose une question à l'enseignant, mais réutilise par la suite la même fonction.</i>
<b>6</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il cherche les améliorations possibles dans sa manière de faire et propose des avenues pour accroître son efficacité</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Il a changé la fréquence d'acquisition pour que sa transformation soit adéquate.</i>
<b>Obs.</b>	<b>Les habiletés de résolution de problèmes (compétence disciplinaire 1)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Représentation adéquate de la situation (Composante : Cerner un problème)		
<b>7</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant se donne une représentation de la situation sous la forme d'un schéma de montage adéquat</li> </ul>	<b>1</b>	<i>Il n'a pas tenté de faire un montage et a simplement posé la question à l'enseignant à savoir quoi faire avec le raccord en T.</i>
<b>8</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il identifie les éléments du matériel fourni qui semblent pertinents et les relations qui les unissent en agençant adéquatement le matériel</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Une fois que l'enseignant lui a dit d'utiliser tout le matériel, il a construit le montage adéquat et relié ensemble les différents éléments du matériel.</i>
	Élaboration d'un plan d'action pertinent, adapté à la situation (Composante : Élaborer un plan d'action)		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place la démarche technologique de conception : <ul style="list-style-type: none"> <li>Il explore quelques-unes des explications ou des solutions provisoires en essayant plusieurs agencements du matériel ou plusieurs fonctions du logiciel</li> </ul> </li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il n'a pas essayé autre chose que les entrées manuelles, même s'il voyait qu'il n'arrivait pas à trouver ce qu'il cherchait et à faire d'acquisition de données.</i>
<b>10</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne une solution qu'il mettra en pratique en construisant son capteur</li> </ul>	<b>2</b>	<i>C'est l'enseignant qui lui a dit quelle solution prendre.</i>
<b>11</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il détermine les ressources nécessaires en sélectionnant le matériel</li> </ul>	<b>2</b>	<i>C'est l'enseignant qui lui a dit qu'il devait utiliser tout le matériel, dont le raccord en T.</i>
<b>12</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il planifie les étapes de sa mise en œuvre dans son protocole</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Il a planifié les étapes, mais souvent c'est l'enseignant qui l'a orienté.</i>
	Mise en œuvre adéquate du plan d'action (Composante : Concrétiser le plan d'action)		

13	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en œuvre les étapes planifiées de la construction du capteur</li> </ul>	4	<i>Le protocole est identique aux actions observées.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il fait appel aux techniques et aux ressources appropriées :</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Démarche de modélisation</i></li> </ul>		
14	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise le modéliseur pour modéliser graphiquement et algébriquement ses données</li> </ul>	2	<i>La modélisation de la transformation n'est pas adéquate. Il a préféré faire passer la droite par l'origine (0,0) plutôt que par le plus de points possibles.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Démarche expérimentale</i></li> </ul>		
15	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place des schèmes de contrôle de variables adéquats</li> </ul>	1	<i>Il n'a pas démontré cela, ne serait-ce qu'en sachant utiliser la fonction d'entrée manuelle en faisant varier une mesure à la fois.</i>
16	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne les paramètres expérimentaux adéquats</li> </ul>	4	<i>Il a augmenté la fréquence pour avoir un nombre de points adéquat.</i>
17	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise les modules graphiques et Vumètre de façon adéquate</li> </ul>	3	<i>Il est allé en mode vumètre, mais n'a pas fait varier les signaux des capteurs, après la transformation.</i>
18	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise le matériel de laboratoire avec les techniques appropriées</li> </ul>	2	<i>Il n'a pas déconnecté la seringue entre les essais.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Démarche technologique d'analyse</i></li> </ul>		
19	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il connecte adéquatement les fils du transducteur à la capsule universelle.</li> </ul>	4	
20	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il connecte adéquatement la capsule universelle à l'interface.</li> </ul>	4	
21	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il détermine la fonction du raccord en forme de T.</li> </ul>	3	<i>L'enseignant lui a dit de l'utiliser et il a compris comment faire les branchements de tuyaux.</i>
22	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise les ressources adéquates quand il en a besoin (il pose des questions à l'enseignant pour continuer d'avancer s'il en a besoin)</li> </ul>	3	<i>Il a su poser des questions quand il ne comprenait pas.</i>
23	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il procède à des essais pour tenter de voir si sa solution fonctionne, par exemple, en utilisant différentes fonctions du logiciel</li> </ul>	3	<i>Il a utilisé le mode vumètre et graphique.</i>
24	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il recueille des données avec son capteur, mais aussi avec l'étalon en lançant une acquisition de données</li> </ul>	4	
25	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il apporte, si nécessaire, des corrections liées à l'élaboration ou la mise en œuvre du protocole, en changeant, par exemple, la première fonction utilisée dans le logiciel ou en modifiant son schéma de montage</li> </ul>	2	<i>Au début, il refaisait toujours une entrée manuelle et revenait à la page d'accueil, ne sachant pas quoi faire d'autre.</i>
26	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il mène à terme son plan d'action et réussit à construire son capteur</li> </ul>	2	<i>Il a réussi avec beaucoup d'aide de l'enseignant.</i>
	Élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes (Comp. Analyser les résultats)		
27	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il juge de la pertinence de la solution apportée en analysant les résultats de sa validation et en mettant un terme à l'expérimentation s'il est satisfait</li> </ul>	4	<i>Il a obtenu une pente de 1 et était satisfait de cette valeur.</i>

<b>Sujet 27 : Grilles d'observations</b>			<b>Principales observations du chercheur</b>
<b>Obs.</b>	<b>Capacité d'exploiter l'ExAO en situation nouvelle (compétence transversale 6)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Efficacité de l'utilisation des ressources technologiques dans un contexte d'apprentissage (Composante : Utiliser les technologies appropriées)		
<b>1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant choisit les outils les mieux adaptés pour réaliser son capteur</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Dès le départ, il a choisi la fonction de transformation.</i>
<b>2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il applique des stratégies d'interaction, de communication et de dépannage (avec le logiciel et/ou l'enseignant), selon les besoins de la tâche</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Il aurait pu jouer avec les paramètres expérimentaux pour augmenter le nombre de points. Toutefois, il est parvenu à contourner le problème en faisant pour la validation une acquisition en fonction du temps en changeant les axes par la suite.</i>
	Réutilisation de procédures et processus liés aux TIC dans de nouvelles situations (Composante : Tirer profit de l'utilisation de la technologie)		
<b>3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît et utilise l'ExAO dans de nouveaux contextes (la construction des nouveaux capteurs) les concepts et processus déjà connus</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il est parvenu à construire son capteur.</i>
<b>4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il anticipe de nouvelles utilisations des fonctions de l'ExAO</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a utilisé la page d'accueil de même que le multimètre pour tester les signaux des capteurs.</i>
	Analyse de ses choix, de ses réussites et de ses difficultés		
<b>5</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît ses réussites et ses difficultés (et pose des questions pertinentes)</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a posé une question au moment opportun pour arriver à compléter son capteur.</i>
<b>6</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il cherche les améliorations possibles dans sa manière de faire et propose des avenues pour accroître son efficacité</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il aurait pu changer les paramètres expérimentaux pour avoir plus de mesures.</i>
<b>Obs.</b>	<b>Les habiletés de résolution de problèmes (compétence disciplinaire 1)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Représentation adéquate de la situation (Composante : Cerner un problème)		
<b>7</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant se donne une représentation de la situation sous la forme d'un schéma de montage adéquat</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a complété le montage du premier coup.</i>
<b>8</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il identifie les éléments du matériel fourni qui semblent pertinents et les relations qui les unissent en agencant adéquatement le matériel</li> </ul>	<b>4</b>	
	Élaboration d'un plan d'action pertinent, adapté à la situation (Composante : Élaborer un plan d'action)		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place la démarche technologique de conception : <ul style="list-style-type: none"> <li>Il explore quelques-unes des explications ou des solutions provisoires en essayant plusieurs agencements du matériel ou plusieurs fonctions du logiciel</li> </ul> </li> </ul>	<b>4</b>	<i>Comme la transformation avec une variable intérieure ne semblait pas fonctionner, il a tenté l'étalonnage, la transformation avec l'entrée manuelle, de même que la création d'un capteur virtuel.</i>
<b>10</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne une solution qu'il mettra en pratique en construisant son capteur</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il n'a pas hésité à mettre en œuvre la transformation en fonction d'une variable intérieure.</i>
<b>11</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il détermine les ressources nécessaires en sélectionnant le matériel</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>12</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il planifie les étapes de sa mise en œuvre dans son protocole</li> </ul>	<b>4</b>	

	Mise en œuvre adéquate du plan d'action (Composante : Concrétiser le plan d'action)		
<b>13</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en œuvre les étapes planifiées de la construction du capteur</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Son protocole est similaire avec les actions observées.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il fait appel aux techniques et aux ressources appropriées :</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Démarche de modélisation</i></li> </ul>		
<b>14</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise le modéliseur pour modéliser graphiquement et algébriquement ses données</li> </ul>	<b>4</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Démarche expérimentale</i></li> </ul>		
<b>15</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place des schèmes de contrôle de variables adéquats</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il déconnectait et reconnectait la seringue en cours d'expérimentation, suite à une mauvaise interprétation d'une consigne de l'enseignant.</i>
<b>16</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne les paramètres expérimentaux adéquats</li> </ul>	<b>1</b>	<i>Il aurait dû mieux choisir les paramètres expérimentaux pour avoir plus de données. Cela aurait réglé quelques problèmes rencontrés dans l'acquisition.</i>
<b>17</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise les modules graphiques et Vumètre de façon adéquate</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a utilisé le mode vumètre pour tester le signal.</i>
<b>18</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise le matériel de laboratoire avec les techniques appropriées</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il déconnectait et reconnectait la seringue en cours d'expérimentation, suite à une mauvaise interprétation d'une consigne de l'enseignant.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Démarche technologique d'analyse</i></li> </ul>		
<b>19</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il connecte adéquatement les fils du transducteur à la capsule universelle.</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>20</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il connecte adéquatement la capsule universelle à l'interface.</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>21</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il détermine la fonction du raccord en forme de T.</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>22</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise les ressources adéquates quand il en a besoin (il pose des questions à l'enseignant pour continuer d'avancer s'il en a besoin)</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>23</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il procède à des essais pour tenter de voir si sa solution fonctionne, par exemple, en utilisant différentes fonctions du logiciel</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Il voyait que sa solution fonctionnait lorsque le signal était pris en fonction du temps, mais ne comprenait pas pourquoi cela ne fonctionnait pas quand il plaçait les capteurs l'un par rapport à l'autre. Son essai de validation était concluant, car il avait une dizaine de données qui donnait une pente de 1.</i>
<b>24</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il recueille des données avec son capteur, mais aussi avec l'étalon en lançant une acquisition de données</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>25</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il apporte, si nécessaire, des corrections liées à l'élaboration ou la mise en œuvre du protocole, en changeant, par exemple, la première fonction utilisée dans le logiciel ou en modifiant son schéma de montage</li> </ul>	<b>3</b>	<i>C'est l'enseignant qui lui a dit de ne pas utiliser la fonction d'étalonnage, bien que le sujet utilisât déjà la fonction de transformation, mais changeait de fonction étant donné qu'il avait de la difficulté à obtenir des points.</i>
<b>26</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il mène à terme son plan d'action et réussit à construire son capteur</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a réussi à construire son capteur.</i>
	Élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes (Comp. Analyser les résultats)		
<b>27</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il juge de la pertinence de la solution apportée en analysant les résultats de sa validation et en mettant un terme à l'expérimentation s'il est satisfait</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a obtenu une pente de validation de 1, ce qui est satisfaisant.</i>

<b>Sujet 28 : Grilles d'observations</b>			<b>Principales observations du chercheur</b>
<b>Obs.</b>	<b>Capacité d'exploité l'ExAO en situation nouvelle (compétence transversale 6)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Efficacité de l'utilisation des ressources technologiques dans un contexte d'apprentissage (Composante : Utiliser les technologies appropriées)		
<b>1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant choisit les outils les mieux adaptés pour réaliser son capteur</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Il parvient à faire sa transformation, mais demande l'aide de l'enseignant pour savoir quelle fenêtre utiliser pour faire la validation.</i>
<b>2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il applique des stratégies d'interaction, de communication et de dépannage (avec le logiciel et/ou l'enseignant), selon les besoins de la tâche</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Il aurait pu faire plusieurs essais de fonction pour déterminer par lui-même la fonction à utiliser pour la validation.</i>
	Réutilisation de procédures et processus liés aux TIC dans de nouvelles situations (Composante : Tirer profit de l'utilisation de la technologie)		
<b>3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît et utilise l'ExAO dans de nouveaux contextes (la construction des nouveaux capteurs) les concepts et processus déjà connus</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Il parvient à réaliser son capteur seul en grande partie.</i>
<b>4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il anticipe de nouvelles utilisations des fonctions de l'ExAO</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il ajuste la modélisation en tapant la valeur voulue dans les paramètres de l'équation.</i>
	Analyse de ses choix, de ses réussites et de ses difficultés		
<b>5</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît ses réussites et ses difficultés (et pose des questions pertinentes)</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a d'abord fait la transformation par étalonnage, mais il a finalement choisi la transformation. De plus, après plusieurs tentatives pour sélectionner la fonction adéquate de validation, il a posé une question pertinente à l'enseignant.</i>
<b>6</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il cherche les améliorations possibles dans sa manière de faire et propose des avenues pour accroître son efficacité</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a fait plusieurs changements de paramètres pour avoir des paramètres adéquats.</i>
<b>Obs.</b>	<b>Les habiletés de résolution de problème (compétence disciplinaire 1)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Représentation adéquate de la situation (Composante : Cerner un problème)		
<b>7</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant se donne une représentation de la situation sous la forme d'un schéma de montage adéquat</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a fait son montage du premier coup.</i>
<b>8</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il identifie les éléments du matériel fourni qui semblent pertinents et les relations qui les unissent en agençant adéquatement le matériel</li> </ul>	<b>4</b>	
	Élaboration d'un plan d'action pertinent, adapté à la situation (Composante : Élaborer un plan d'action)		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place la démarche technologique de conception : <ul style="list-style-type: none"> <li>Il explore quelques-unes des explications ou des solutions provisoires en essayant plusieurs agencements du matériel ou plusieurs fonctions du logiciel</li> </ul> </li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a tenté plusieurs fonctions pour faire la validation. De plus, il a utilisé deux fonctions différentes pour la transformation.</i>
<b>10</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne une solution qu'il mettra en pratique en construisant son capteur</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>11</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il détermine les ressources nécessaires en sélectionnant le matériel</li> </ul>	<b>4</b>	

12	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il planifie les étapes de sa mise en œuvre dans son protocole</li> </ul>	2	<i>Il aurait dû faire un imprimé-écran de son graphique de validation qui était adéquat, il a plutôt conservé celui qu'il n'a pas utilisé.</i>
	Mise en œuvre adéquate du plan d'action (Composante : Concrétiser le plan d'action)		
13	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il met en œuvre les étapes planifiées de la construction du capteur</li> </ul>	4	<i>Son protocole est identique aux observations directes.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il fait appel aux techniques et aux ressources appropriées :</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche de modélisation</i></li> </ul>		
14	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise le modéliseur pour modéliser graphiquement et algébriquement ses données</li> </ul>	4	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche expérimentale</i></li> </ul>		
15	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il met en place des schèmes de contrôle de variables adéquats</li> </ul>	3	<i>Il a soufflé dans le capteur à un moment donné.</i>
16	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il sélectionne les paramètres expérimentaux adéquats</li> </ul>	3	<i>Il aurait dû mieux choisir les paramètres expérimentaux pour que la prise de mesure soit plus linéaire.</i>
17	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise les modules graphiques et Vumètre de façon adéquate</li> </ul>	4	
18	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise le matériel de laboratoire avec les techniques appropriées</li> </ul>	2	<i>Il souffle dans le capteur pour faire varier le signal.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche technologique d'analyse</i></li> </ul>		
19	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il connecte adéquatement les fils du transducteur à la capsule universelle.</li> </ul>	4	
20	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il connecte adéquatement la capsule universelle à l'interface.</li> </ul>	4	
21	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il détermine la fonction du raccord en forme de T.</li> </ul>	4	
22	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il utilise les ressources adéquates quand il en a besoin (il pose des questions à l'enseignant pour continuer d'avancer s'il en a besoin)</li> </ul>	4	
23	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il procède à des essais pour tenter de voir si sa solution fonctionne, par exemple, en utilisant différentes fonctions du logiciel</li> </ul>	3	<i>Il a utilisé différentes fonctions de transformation et d'étalonnage. Il aurait pu utiliser plus de fonctions pour tenter de faire sa validation.</i>
24	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il recueille des données avec son capteur, mais aussi avec l'étalon en lançant une acquisition de données</li> </ul>	4	
25	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il apporte, si nécessaire, des corrections liées à l'élaboration ou la mise en œuvre du protocole, en changeant, par exemple, la première fonction utilisée dans le logiciel ou en modifiant son schéma de montage</li> </ul>	4	<i>Il a commencé par utiliser la fonction de transformation, mais a finalement compris que la fonction de transformation était plus appropriée.</i>
26	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il mène à terme son plan d'action et réussit à construire son capteur</li> </ul>	3	<i>Il a réussi à construire son capteur avec un peu d'aide de l'enseignant.</i>
	Élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes (Comp. Analyser les résultats)		
27	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il juge de la pertinence de la solution apportée en analysant les résultats de sa validation et en mettant un terme à l'expérimentation s'il est satisfait</li> </ul>	4	<i>Il a observé une pente de 1.</i>

Sujet 29 : Grilles d'observations			Principales observations du chercheur
<b>Obs.</b>	<b>Capacité d'exploiter l'ExAO en situation nouvelle (compétence transversale 6)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Efficacité de l'utilisation des ressources technologiques dans un contexte d'apprentissage (Composante : Utiliser les technologies appropriées)		
<b>1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant choisit les outils les mieux adaptés pour réaliser son capteur</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Il a choisi la fonction étalonnage pour effectuer la validation, alors qu'il aurait simplement pu passer en mode graphique.</i>
<b>2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il applique des stratégies d'interaction, de communication et de dépannage (avec le logiciel et/ou l'enseignant), selon les besoins de la tâche</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Lorsque le logiciel entre en mode simulation lorsqu'il le lance au départ, il se rend compte qu'il n'a pas mis l'interface sous tension.</i>
	Réutilisation de procédures et processus liés aux TIC dans de nouvelles situations (Composante : Tirer profit de l'utilisation de la technologie)		
<b>3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît et utilise l'ExAO dans de nouveaux contextes (la construction des nouveaux capteurs) les concepts et processus déjà connus</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a construit son capteur avec succès.</i>
<b>4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il anticipe de nouvelles utilisations des fonctions de l'ExAO</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il sait ouvrir des expériences .xao. De plus, il s'est débrouillé pour obtenir un graphique de validation adéquat en utilisant la fonction d'étalonnage.</i>
	Analyse de ses choix, de ses réussites et de ses difficultés		
<b>5</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît ses réussites et ses difficultés (et pose des questions pertinentes)</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a compris qu'il avait le graphique adéquat, car la pente de sa droite était proche de 1.</i>
<b>6</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il cherche les améliorations possibles dans sa manière de faire et propose des avenues pour accroître son efficacité</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a changé les axes de ses graphiques pour que ses données expérimentales prennent tout l'espace du graphique.</i>
<b>Obs.</b>	<b>Les habiletés de résolution de problème (compétence disciplinaire 1)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Représentation adéquate de la situation (Composante : Cerner un problème)		
<b>7</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant se donne une représentation de la situation sous la forme d'un schéma de montage adéquat</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a construit le montage adéquat dès le départ.</i>
<b>8</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il identifie les éléments du matériel fourni qui semblent pertinents et les relations qui les unissent en agencant adéquatement le matériel</li> </ul>	<b>4</b>	
	Élaboration d'un plan d'action pertinent, adapté à la situation (Composante : Élaborer un plan d'action)		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place la démarche technologique de conception : <ul style="list-style-type: none"> <li>Il explore quelques-unes des explications ou des solutions provisoires en essayant plusieurs agencements du matériel ou plusieurs fonctions du logiciel</li> </ul> </li> </ul>	<b>4</b>	<i>Pour faire la validation, il a d'abord utilisé la fonction étudier les capteurs en fonction d'une entrée manuelle.</i>
<b>10</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne une solution qu'il mettra en pratique en construisant son capteur</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il choisit d'utiliser une fonction d'étalonnage pour construire son capteur.</i>
<b>11</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il détermine les ressources nécessaires en sélectionnant le matériel</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>12</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il planifie les étapes de sa mise en œuvre dans son protocole</li> </ul>	<b>4</b>	



	Mise en œuvre adéquate du plan d'action (Composante : Concrétiser le plan d'action)		
<b>13</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en œuvre les étapes planifiées de la construction du capteur</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Son protocole est similaire aux observations directes.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il fait appel aux techniques et aux ressources appropriées :</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Démarche de modélisation</i></li> </ul>		
<b>14</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise le modéliseur pour modéliser graphiquement et algébriquement ses données</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Il a changé les variables de l'équation de validation pour obtenir une pente de 1 et une droite passant par l'origine, et ce, au détriment d'avoir une modélisation adéquate.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Démarche expérimentale</i></li> </ul>		
<b>15</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place des schèmes de contrôle de variables adéquats</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Pour obtenir un nuage de points qui lui convient, il fait plusieurs essais en diminuant la fréquence d'acquisition des points.</i>
<b>16</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne les paramètres expérimentaux adéquats</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il obtient une dizaine de points pour son graphique de validation.</i>
<b>17</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise les modules graphiques et Vumètre de façon adéquate</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il utilise le mode vumètre pour tester les signaux de ses capteurs au départ.</i>
<b>18</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise le matériel de laboratoire avec les techniques appropriées</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Il pousse et tire lors du même essai et il ne déconnecte pas la seringue entre les essais.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Démarche technologique d'analyse</i></li> </ul>		
<b>19</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il connecte adéquatement les fils du transducteur à la capsule universelle.</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>20</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il connecte adéquatement la capsule universelle à l'interface.</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>21</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il détermine la fonction du raccord en forme de T.</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>22</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise les ressources adéquates quand il en a besoin (il pose des questions à l'enseignant pour continuer d'avancer s'il en a besoin)</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a posé une question sur l'utilisation correcte de la seringue au début de l'expérience pour ne pas endommager le transducteur.</i>
<b>23</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il procède à des essais pour tenter de voir si sa solution fonctionne, par exemple, en utilisant différentes fonctions du logiciel</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a mené deux essais de validation et était satisfait de la pente obtenue.</i>
<b>24</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il recueille des données avec son capteur, mais aussi avec l'étalon en lançant une acquisition de données</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>25</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il apporte, si nécessaire, des corrections liées à l'élaboration ou la mise en œuvre du protocole, en changeant, par exemple, la première fonction utilisée dans le logiciel ou en modifiant son schéma de montage</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a changé les paramètres d'acquisition pour avoir le nombre de points adéquats sur son graphique.</i>
<b>26</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il mène à terme son plan d'action et réussit à construire son capteur</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a réussi à construire son capteur.</i>
	Élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes (Comp. Analyser les résultats)		
<b>27</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il juge de la pertinence de la solution apportée en analysant les résultats de sa validation et en mettant un terme à l'expérimentation s'il est satisfait</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a obtenu une droite de validation de pente 1 et en était satisfait.</i>

<b>Sujet 30 : Grilles d'observations</b>			<b>Principales observations du chercheur</b>
<b>Obs.</b>	<b>Capacité d'exploiter l'ExAO en situation nouvelle (compétence transversale 6)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Efficacité de l'utilisation des ressources technologiques dans un contexte d'apprentissage (Composante : Utiliser les technologies appropriées)		
<b>1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant choisit les outils les mieux adaptés pour réaliser son capteur</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il a fallu que l'enseignant lui dise comment faire sa validation.</i>
<b>2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il applique des stratégies d'interaction, de communication et de dépannage (avec le logiciel et/ou l'enseignant), selon les besoins de la tâche</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Il aurait pu trouver par lui-même comment inverser les axes sans l'aide de l'enseignant.</i>
	Réutilisation de procédures et processus liés aux TIC dans de nouvelles situations (Composante : Tirer profit de l'utilisation de la technologie)		
<b>3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît et utilise l'ExAO dans de nouveaux contextes (la construction des nouveaux capteurs) les concepts et processus déjà connus</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il n'a pas été en mesure de construire son capteur sans l'aide de l'enseignant.</i>
<b>4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il anticipe de nouvelles utilisations des fonctions de l'ExAO</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il n'a pas su quelle fenêtre utiliser pour faire la validation de son capteur.</i>
	Analyse de ses choix, de ses réussites et de ses difficultés		
<b>5</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît ses réussites et ses difficultés (et pose des questions pertinentes)</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Il savait poser des questions quand il ne comprenait pas. Toutefois, il avait réussi la transformation lors de son essai 1, mais il ne s'en est pas rendu compte.</i>
<b>6</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il cherche les améliorations possibles dans sa manière de faire et propose des avenues pour accroître son efficacité</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Il a voulu avoir plus de points lors de sa validation. Il a changé les paramètres expérimentaux.</i>
<b>Obs.</b>	<b>Les habiletés de résolution de problème (compétence disciplinaire 1)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Représentation adéquate de la situation (Composante : Cerner un problème)		
<b>7</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant se donne une représentation de la situation sous la forme d'un schéma de montage adéquat</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Il a été en mesure d'effectuer le montage expérimental. Toutefois, il n'a pas connecté le bon tuyau au transducteur.</i>
<b>8</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il identifie les éléments du matériel fourni qui semblent pertinents et les relations qui les unissent en agençant adéquatement le matériel</li> </ul>	<b>4</b>	
	Élaboration d'un plan d'action pertinent, adapté à la situation (Composante : Élaborer un plan d'action)		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place la démarche technologique de conception : <ul style="list-style-type: none"> <li>Il explore quelques-unes des explications ou des solutions provisoires en essayant plusieurs agencements du matériel ou plusieurs fonctions du logiciel</li> </ul> </li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a tenté de faire toutes les transformations (intérieure, à une ou deux entrées manuelles).</i>
<b>10</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne une solution qu'il mettra en pratique en construisant son capteur</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il a fallu que l'enseignant lui dise quelle fonction sélectionner.</i>
<b>11</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il détermine les ressources nécessaires en sélectionnant le matériel</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>12</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il planifie les étapes de sa mise en œuvre dans son protocole</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il a fallu que l'enseignant lui dise qu'il devait faire une validation. Il ne l'aurait peut-être pas fait.</i>

	Mise en œuvre adéquate du plan d'action (Composante : Concrétiser le plan d'action)		
<b>13</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en œuvre les étapes planifiées de la construction du capteur</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Son protocole est similaire aux actions observées. Toutefois, son protocole aurait pu être plus précis.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il fait appel aux techniques et aux ressources appropriées :</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Démarche de modélisation</i></li> </ul>		
<b>14</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise le modéliseur pour modéliser graphiquement et algébriquement ses données</li> </ul>	<b>4</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Démarche expérimentale</i></li> </ul>		
<b>15</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place des schèmes de contrôle de variables adéquats</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Il aurait dû comprendre que deux tuyaux de longueur différente n'auraient pu permettre la transformation adéquate du capteur universel avec l'étalon.</i>
<b>16</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne les paramètres expérimentaux adéquats</li> </ul>	<b>3</b>	<i>C'est l'enseignant qui lui a dit qu'il devait changer les paramètres.</i>
<b>17</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise les modules graphiques et Vumètre de façon adéquate</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>18</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise le matériel de laboratoire avec les techniques appropriées</li> </ul>	<b>1</b>	<i>Il tirait et poussait sur la seringue sans la déconnecter entre les essais. De plus, il a soufflé dans le tuyau du capteur de pression étalon pour voir l'effet sur le signal.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Démarche technologique d'analyse</i></li> </ul>		
<b>19</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il connecte adéquatement les fils du transducteur à la capsule universelle.</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>20</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il connecte adéquatement la capsule universelle à l'interface.</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>21</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il détermine la fonction du raccord en forme de T.</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>22</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise les ressources adéquates quand il en a besoin (il pose des questions à l'enseignant pour continuer d'avancer s'il en a besoin)</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Il a su poser des questions au bon moment, mais il aurait pu faire plus d'effort pour parvenir par lui-même à la solution.</i>
<b>23</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il procède à des essais pour tenter de voir si sa solution fonctionne, par exemple, en utilisant différentes fonctions du logiciel</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a compris que le graphique de validation qui ne contenait qu'un seul point ne permettait pas de dire que la validation était adéquate. Il a changé les paramètres pour avoir une centaine de mesures.</i>
<b>24</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il recueille des données avec son capteur, mais aussi avec l'étalon en lançant une acquisition de données</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>25</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il apporte, si nécessaire, des corrections liées à l'élaboration ou la mise en œuvre du protocole, en changeant, par exemple, la première fonction utilisée dans le logiciel ou en modifiant son schéma de montage</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a changé les paramètres d'expérimentation de sa validation.</i>
<b>26</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il mène à terme son plan d'action et réussit à construire son capteur</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il n'est pas parvenu à construire son capteur sans l'aide de l'enseignant.</i>
	Élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes (Comp. Analyser les résultats)		
<b>27</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il juge de la pertinence de la solution apportée en analysant les résultats de sa validation et en mettant un terme à l'expérimentation s'il est satisfait</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a obtenu une droite de validation avec une pente de 1.</i>

<b>Sujet 31 : Grilles d'observations</b>			<b>Principales observations du chercheur</b>
<b>Obs.</b>	<b>Capacité d'exploiter l'ExAO en situation nouvelle (compétence transversale 6)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Efficacité de l'utilisation des ressources technologiques dans un contexte d'apprentissage (Composante : Utiliser les technologies appropriées)		
<b>1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant choisit les outils les mieux adaptés pour réaliser son capteur</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a utilisé dès le départ la transformation.</i>
<b>2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il applique des stratégies d'interaction, de communication et de dépannage (avec le logiciel et/ou l'enseignant), selon les besoins de la tâche</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il considérait ne pas avoir assez de données, alors il a su changer les paramètres pour avoir une centaine de données, ce qui semblait lui convenir plus.</i>
	Réutilisation de procédures et processus liés aux TIC dans de nouvelles situations (Composante : Tirer profit de l'utilisation de la technologie)		
<b>3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît et utilise l'ExAO dans de nouveaux contextes (la construction des nouveaux capteurs) les concepts et processus déjà connus</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a construit son capteur avec succès.</i>
<b>4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il anticipe de nouvelles utilisations des fonctions de l'ExAO</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il sait comment utiliser les paramètres pour améliorer l'automatisation des données. De plus, il voulait d'abord utiliser la fonction d'étalonnage, mais a compris que la transformation était plus appropriée.</i>
	Analyse de ses choix, de ses réussites et de ses difficultés		
<b>5</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît ses réussites et ses difficultés (et pose des questions pertinentes)</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Il aurait pu voir que de pousser et tirer sur la seringue en cours d'expérimentation amenait une superposition approximative des données, et qu'il aurait pu simplement tirer ou pousser pour avoir une modélisation adéquate avec une dizaine de points.</i>
<b>6</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il cherche les améliorations possibles dans sa manière de faire et propose des avenues pour accroître son efficacité</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a changé les paramètres expérimentaux pour avoir une modélisation qui lui convenait plus.</i>
<b>Obs.</b>	<b>Les habiletés de résolution de problème (compétence disciplinaire 1)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Représentation adéquate de la situation (Composante : Cerner un problème)		
<b>7</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant se donne une représentation de la situation sous la forme d'un schéma de montage adéquat</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il est parvenu à faire le schéma expérimental du premier coup.</i>
<b>8</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il identifie les éléments du matériel fourni qui semblent pertinents et les relations qui les unissent en agencant adéquatement le matériel</li> </ul>	<b>4</b>	
	Élaboration d'un plan d'action pertinent, adapté à la situation (Composante : Élaborer un plan d'action)		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place la démarche technologique de conception :</li> </ul>		
<b>9</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il explore quelques-unes des explications ou des solutions provisoires en essayant plusieurs agencements du matériel ou plusieurs fonctions du logiciel</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a d'abord voulu utiliser la fonction d'étalonnage, mais a compris que la fonction de transformation était plus adéquate.</i>

10	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il sélectionne une solution qu'il mettra en pratique en construisant son capteur</li> </ul>	4	
11	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il détermine les ressources nécessaires en sélectionnant le matériel</li> </ul>	4	
12	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il planifie les étapes de sa mise en œuvre dans son protocole</li> </ul>	4	
	Mise en œuvre adéquate du plan d'action (Composante : Concrétiser le plan d'action)		
13	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il met en œuvre les étapes planifiées de la construction du capteur</li> </ul>	4	<i>Son protocole est identique aux observations directes.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il fait appel aux techniques et aux ressources appropriées :</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche de modélisation</i></li> </ul>		
14	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise le modéliseur pour modéliser graphiquement et algébriquement ses données</li> </ul>	4	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche expérimentale</i></li> </ul>		
15	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il met en place des schèmes de contrôle de variables adéquats</li> </ul>	3	<i>Il aurait pu seulement tirer ou seulement pousser pour voir l'effet du sens de la variation de pression sur son nuage de points.</i>
16	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il sélectionne les paramètres expérimentaux adéquats</li> </ul>	4	<i>Il a fait un essai où il n'a pas obtenu un nombre de points lui convenant. Il a alors changé les paramètres expérimentaux en augmentant le nombre de points et la fréquence d'acquisition et a obtenu une centaine de points, ce qui lui convenait.</i>
17	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise les modules graphiques et Vumètre de façon adéquate</li> </ul>	4	
18	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il utilise le matériel de laboratoire avec les techniques appropriées</li> </ul>	3	<i>Il tirait et poussait durant le même essai.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Démarche technologique d'analyse</i></li> </ul>		
19	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il connecte adéquatement les fils du transducteur à la capsule universelle.</li> </ul>	4	
20	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il connecte adéquatement la capsule universelle à l'interface.</li> </ul>	4	
21	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il détermine la fonction du raccord en forme de T.</li> </ul>	4	
22	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il utilise les ressources adéquates quand il en a besoin (il pose des questions à l'enseignant pour continuer d'avancer s'il en a besoin)</li> </ul>	4	
23	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il procède à des essais pour tenter de voir si sa solution fonctionne, par exemple, en utilisant différentes fonctions du logiciel</li> </ul>	4	<i>Il a voulu utiliser l'étalonnage, mais a finalement choisi la transformation.</i>
24	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il recueille des données avec son capteur, mais aussi avec l'étalon en lançant une acquisition de données</li> </ul>	4	
25	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il apporte, si nécessaire, des corrections liées à l'élaboration ou la mise en œuvre du protocole, en changeant, par exemple, la première fonction utilisée dans le logiciel ou en modifiant son schéma de montage</li> </ul>	4	<i>Il a changé adéquatement les paramètres expérimentaux.</i>
26	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il mène à terme son plan d'action et réussit à construire son capteur</li> </ul>	4	<i>Il a construit son capteur de pression avec succès.</i>
	Élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes (Comp. Analyser les résultats)		
27	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il juge de la pertinence de la solution apportée en analysant les résultats de sa validation et en mettant un terme à l'expérimentation s'il est satisfait</li> </ul>	4	<i>Il a obtenu une pente de 1 et semblait satisfait de ces résultats.</i>

Sujet 32 : Grilles d'observations			Principales observations du chercheur
<b>Obs.</b>	<b>Capacité d'exploiter l'ExAO en situation nouvelle (compétence transversale 6)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Efficacité de l'utilisation des ressources technologiques dans un contexte d'apprentissage (Composante : Utiliser les technologies appropriées)		
<b>1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant choisit les outils les mieux adaptés pour réaliser son capteur</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Dès le départ, il a choisi la fonction de transformation. Il utilise le multimètre et teste les signaux de ses capteurs.</i>
<b>2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il applique des stratégies d'interaction, de communication et de dépannage (avec le logiciel et/ou l'enseignant), selon les besoins de la tâche</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a fait preuve de créativité, comme en changeant les propriétés du capteur pour qu'il prenne des mesures.</i>
	Réutilisation de procédures et processus liés aux TIC dans de nouvelles situations (Composante : Tirer profit de l'utilisation de la technologie)		
<b>3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît et utilise l'ExAO dans de nouveaux contextes (la construction des nouveaux capteurs) les concepts et processus déjà connus</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a réussi à construire son capteur.</i>
<b>4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il anticipe de nouvelles utilisations des fonctions de l'ExAO</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a réglé un problème à 27:25 en comparant les propriétés du capteur étalon et de la capsule universelle.</i>
	Analyse de ses choix, de ses réussites et de ses difficultés		
<b>5</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît ses réussites et ses difficultés (et pose des questions pertinentes)</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Il avait un graphique de validation pertinent qui mettait en relation les deux capteurs avec une pente qui semblait être de 1, mais il ne l'a pas considéré.</i>
<b>6</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il cherche les améliorations possibles dans sa manière de faire et propose des avenues pour accroître son efficacité</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a cherché plusieurs améliorations en changeant les paramètres d'acquisition.</i>
<b>Obs.</b>	<b>Les habiletés de résolution de problème (compétence disciplinaire 1)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Représentation adéquate de la situation (Composante : Cerner un problème)		
<b>7</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant se donne une représentation de la situation sous la forme d'un schéma de montage adéquat</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Il a fait le montage expérimental adéquat, mais il a connecté le petit tuyau au transducteur.</i>
<b>8</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il identifie les éléments du matériel fourni qui semblent pertinents et les relations qui les unissent en agencant le matériel</li> </ul>	<b>4</b>	
	Élaboration d'un plan d'action pertinent, adapté à la situation (Composante : Élaborer un plan d'action)		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place la démarche technologique de conception : <ul style="list-style-type: none"> <li>Il explore quelques-unes des explications ou des solutions provisoires en essayant plusieurs agencements du matériel ou plusieurs fonctions du logiciel</li> </ul> </li> </ul>		
<b>9</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il explore quelques-unes des explications ou des solutions provisoires en essayant plusieurs agencements du matériel ou plusieurs fonctions du logiciel</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a utilisé la fonction étalonnage et la fonction transformation pour transformer le capteur universel.</i>
<b>10</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne une solution qu'il mettra en pratique en construisant son capteur</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>11</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il détermine les ressources nécessaires en sélectionnant le matériel</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>12</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il planifie les étapes de sa mise en œuvre dans son protocole</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il aurait dû noter son équation à la main avant de l'appliquer, car il a appliqué une mauvaise fonction, d'étalonnage.</i>

	Mise en œuvre adéquate du plan d'action (Composante : Concrétiser le plan d'action)		
13	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en œuvre les étapes planifiées de la construction du capteur</li> </ul>	3	<i>Son protocole est un peu imprécis, mais il respecte, dans les grandes étapes, les observations directes.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il fait appel aux techniques et aux ressources appropriées :</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Démarche de modélisation</i></li> </ul>		
14	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise le modéliseur pour modéliser graphiquement et algébriquement ses données</li> </ul>	4	
	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Démarche expérimentale</i></li> </ul>		
15	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place des schèmes de contrôle de variables adéquats</li> </ul>	3	<i>Il fait varier les paramètres expérimentaux un à la fois en regardant l'effet que cela pourrait avoir sur le nuage de points. Toutefois, il aurait dû comprendre que mettre le petit tuyau pourrait mal transformer le capteur si utilisé seul.</i>
16	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne les paramètres expérimentaux adéquats</li> </ul>	2	<i>Il a une centaine de points, au lieu d'avoir une dizaine de points. Il avait l'air de changer la fréquence d'acquisition sans comprendre le fonctionnement, car, pour obtenir plus de points, il la diminuait, au lieu d'augmenter.</i>
17	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise les modules graphiques et Vumètre de façon adéquate</li> </ul>	4	<i>Il utilise adéquatement le mode vumètre pour tester le signal. Il comprend ainsi qu'il a un problème d'échelle, sans toutefois le régler, ce qui aurait été possible.</i>
18	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise le matériel de laboratoire avec les techniques appropriées</li> </ul>	3	<i>Il déconnectait parfois la seringue entre les essais, et poussait et tirait au cours d'un essai.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Démarche technologique d'analyse</i></li> </ul>		
19	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il connecte adéquatement les fils du transducteur à la capsule universelle.</li> </ul>	4	
20	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il connecte adéquatement la capsule universelle à l'interface.</li> </ul>	4	
21	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il détermine la fonction du raccord en forme de T.</li> </ul>	4	
22	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise les ressources adéquates quand il en a besoin (il pose des questions à l'enseignant pour continuer d'avancer s'il en a besoin)</li> </ul>	4	<i>Il a posé une question pertinente quand il a vu que le signal du capteur construit était plafonné. L'enseignant n'a pas réalisé que c'était à cause du problème d'échelle de l'étalonnage.</i>
23	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il procède à des essais pour tenter de voir si sa solution fonctionne, par exemple, en utilisant différentes fonctions du logiciel</li> </ul>	4	<i>Il a fait une validation en mettant en relation les deux capteurs, et une validation en fonction du temps.</i>
24	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il recueille des données avec son capteur, mais aussi avec l'étalon en lançant une acquisition</li> </ul>	4	
25	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il apporte, si nécessaire, des corrections liées à l'élaboration ou la mise en œuvre du protocole, en changeant, par exemple, la première fonction utilisée dans le logiciel ou en modifiant son schéma de montage</li> </ul>	4	<i>Il a changé à plusieurs reprises les paramètres expérimentaux pour obtenir un nuage de points qu'il considérait adéquat.</i>
26	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il mène à terme son plan d'action et réussit à construire son capteur</li> </ul>	4	<i>Il a réussi à réaliser son capteur.</i>
	Élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes (Comp. Analyser les résultats)		
27	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il juge de la pertinence de la solution apportée en analysant les résultats de sa validation et en mettant un terme à l'expérimentation s'il est satisfait</li> </ul>	3	<i>Il a jugé que le graphique de validation dans lequel les données prises par les deux capteurs se superposaient sur 1 seconde était adéquat. Il aurait été toutefois plus adéquat de conserver le graphique dans lequel il comparait la mesure des deux capteurs et de trouver la pente de la droite qui aurait été de 1.</i>

Sujet 33 : Grilles d'observations			Principales observations du chercheur
<b>Obs.</b>	<b>Capacité d'exploiter l'ExAO en situation nouvelle (compétence transversale 6)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Efficacité de l'utilisation des ressources technologiques dans un contexte d'apprentissage (Composante : Utiliser les technologies appropriées)		
<b>1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant choisit les outils les mieux adaptés pour réaliser son capteur</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Au départ, il a choisi la fonction d'entrée manuelle, car le capteur universel n'était pas connecté. Il a fait ce qui lui semblait être une validation en faisant la transformation du capteur étalon.</i>
<b>2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il applique des stratégies d'interaction, de communication et de dépannage (avec le logiciel et/ou l'enseignant), selon les besoins de la tâche</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Il a su relancer le logiciel quand il est entré en mode simulation. Toutefois, il n'a pas su évaluer le signal de ses capteurs en mode vumètre lorsqu'il n'arrivait pas à prendre d'acquisition de données.</i>
	Réutilisation de procédures et processus liés aux TIC dans de nouvelles situations (Composante : Tirer profit de l'utilisation de la technologie)		
<b>3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît et utilise l'ExAO dans de nouveaux contextes (la construction des nouveaux capteurs) les concepts et processus déjà connus</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il n'a effectué que la transformation.</i>
<b>4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il anticipe de nouvelles utilisations des fonctions de l'ExAO</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il n'a pas utilisé adéquatement les fonctions nécessaires pour faire son capteur.</i>
	Analyse de ses choix, de ses réussites et de ses difficultés		
<b>5</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il reconnaît ses réussites et ses difficultés (et pose des questions pertinentes)</li> </ul>	<b>1</b>	<i>Il n'a pas compris qu'il n'avait pas fait la validation.</i>
<b>6</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il cherche les améliorations possibles dans sa manière de faire et propose des avenues pour accroître son efficacité</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Bien qu'il ait tenté de prendre plus de données en répétant la poussée et la tirée de la seringue, il n'a pas cherché à améliorer ses résultats en changeant les paramètres expérimentaux.</i>
<b>Obs.</b>	<b>Les habiletés de résolution de problème (compétence disciplinaire 1)</b>	<b>1-2-3-4</b>	
	Représentation adéquate de la situation (Composante : Cerner un problème)		
<b>7</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le participant se donne une représentation de la situation sous la forme d'un schéma de montage adéquat</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Il a connecté le petit tuyau au transducteur.</i>
<b>8</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il identifie les éléments du matériel fourni qui semblent pertinents et les relations qui les unissent en agençant adéquatement le matériel</li> </ul>	<b>4</b>	
	Élaboration d'un plan d'action pertinent, adapté à la situation (Composante : Élaborer un plan d'action)		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place la démarche technologique de conception : <ul style="list-style-type: none"> <li>Il explore quelques-unes des explications ou des solutions provisoires en essayant plusieurs agencements du matériel ou plusieurs fonctions du logiciel</li> </ul> </li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a tenté des entrées manuelles et des variations intérieures à l'ExAO avant de comprendre que les fils de la capsule universelle étaient mal connectés.</i>
<b>10</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne une solution qu'il mettra en pratique en construisant son capteur</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il n'est pas parvenu à effectuer la transformation.</i>
<b>11</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il détermine les ressources nécessaires en sélectionnant le matériel</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>12</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il planifie les étapes de sa mise en œuvre dans son protocole</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il a semblé faire un peu n'importe quoi à un moment donné quand ses essais n'étaient pas concluants.</i>
	Mise en œuvre adéquate du plan d'action (Composante : Concrétiser le plan d'action)		
<b>13</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en œuvre les étapes planifiées de la construction du capteur</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Son protocole est incomplet et correspond mal aux actions observées.</i>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il fait appel aux techniques et aux ressources appropriées :</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Démarche de modélisation</i></li> </ul>		
<b>14</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise le modéliseur pour modéliser graphiquement et algébriquement ses données</li> </ul>	<b>4</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Démarche expérimentale</i></li> </ul>		
<b>15</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il met en place des schèmes de contrôle de variables adéquats</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il prend trois données en entrée manuelle. Il fait ensuite varier la pression avec le piston de la seringue en s'attendant à voir une automatisation de la prise de mesure. De plus, il n'a pas su évaluer le signal de ses capteurs en mode vumètre lorsqu'ils ne prenaient pas de mesure. Toutefois, il a testé les jonctions des tubes qu'il avait connectés. De plus, il n'a pas compris que les deux tuyaux devaient être de la même longueur pour pouvoir transformer adéquatement les capteurs.</i>
<b>16</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il sélectionne les paramètres expérimentaux adéquats</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Il a augmenté la fréquence d'acquisition des données.</i>
<b>17</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise les modules graphiques et Vumètre de façon adéquate</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il aurait eu avantage à utiliser le mode vumètre pour tester les signaux des capteurs quand l'acquisition ne fonctionnait pas. Il aurait vite remarqué que le problème était au niveau du capteur universel qui ne variait pas.</i>
<b>18</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise le matériel de laboratoire avec les techniques appropriées</li> </ul>	<b>2</b>	<i>Il poussait et tirait à une dizaine de reprises à chaque essai. Ceci peut endommager le capteur. Toutefois, il a déconnecté la seringue à quelques reprises entre les essais.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Démarche technologique d'analyse</i></li> </ul>		
<b>19</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il connecte adéquatement les fils du transducteur à la capsule universelle.</li> </ul>	<b>3</b>	<i>Deux fils étaient inversés.</i>
<b>20</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il connecte adéquatement la capsule universelle à l'interface.</li> </ul>	<b>1</b>	<i>Il l'a connecté à l'envers et c'est l'enseignant qui lui a fait remarquer.</i>
<b>21</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il détermine la fonction du raccord en forme de T.</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>22</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il utilise les ressources adéquates quand il en a besoin (il pose des questions à l'enseignant pour continuer d'avancer s'il en a besoin)</li> </ul>	<b>4</b>	<i>Il a posé au bon moment des questions pertinentes à l'enseignant pour continuer d'avancer.</i>
<b>23</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il procède à des essais pour tenter de voir si sa solution fonctionne, par exemple, en utilisant différentes fonctions du logiciel</li> </ul>	<b>1</b>	<i>Il n'est pas arrivé à une solution concluante.</i>
<b>24</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il recueille des données avec son capteur, mais aussi avec l'étalon en lançant une acquisition de données</li> </ul>	<b>4</b>	
<b>25</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il apporte, si nécessaire, des corrections liées à l'élaboration ou la mise en œuvre du protocole, en changeant, par exemple, la première fonction utilisée dans le logiciel ou en modifiant son schéma de montage</li> </ul>	<b>2</b>	<i>C'est l'enseignant qui lui disait quoi faire pour améliorer certaines étapes de la construction du capteur.</i>
<b>26</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il mène à terme son plan d'action et réussit à construire son capteur</li> </ul>	<b>1</b>	<i>Il n'a réalisé que la transformation.</i>
	Élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes (Comp. Analyser les résultats)		
<b>27</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il juge de la pertinence de la solution apportée en analysant les résultats de sa validation et en mettant un terme à l'expérimentation s'il est satisfait</li> </ul>	<b>1</b>	<i>Il n'a pas compris qu'il n'avait fait que la moitié de la démarche.</i>

# **Annexe V :**

Perception des sujets sur les savoirs et savoir-faire mobilisés

## Intégration externe des matières

Question A : En quoi l'activité de construction de capteurs permet-elle de respecter l'esprit du nouveau programme de formation de l'école québécoise qui demande l'intégration des matières? Identifiez dans votre explication les savoirs (concepts) et savoir-faire (démarches) intégrés dans cette activité.

Légende :

**MATHÉMATIQUE**

**SCIENCES**

**TECHNIQUE DE LABORATOIRE**

**INFORMATIQUE**

**TECHNOLOGIE**

**DIDACTIQUE**

### Sujet 1 (E1): Intégration externe des matières

#### Réponse à la question A :

La construction de capteurs permet de respecter l'esprit d'intégration des matières, car elle fait appel notamment aux mathématiques, à l'informatique et aux sciences. Les mathématiques permettent à l'élève de comprendre l'influence d'une variable sur une autre dans une équation. Les sciences permettent quant à elles à l'élève de comprendre les concepts, c'est-à-dire les variables en jeu et lui permettent de comprendre le processus qui les met en interaction. Il peut alors comprendre quelles sont les contraintes de la situation et ainsi développer une démarche qui lui permettra de résoudre le problème. L'élève utilise alors ses connaissances dans le but de résoudre un problème. Finalement, l'informatique est nécessaire lors de la création d'un capteur puisqu'un ordinateur est requis.

### Sujet 2 (E1): Intégration externe des matières

#### Réponse à la question A :

Il est vrai et accepté par tous que les périodes de laboratoire permettent un meilleur apprentissage chez l'élève. Suite à quelques cours théoriques sur le concept enseigné, il est utile de mettre en pratique les savoirs (concepts) appris à l'épreuve lors d'une séance de laboratoire. Par le fait même, un capteur permet l'intégration d'au moins deux concepts. En effet, il est possible pour l'élève d'intégrer ses savoirs en jouant avec les concepts scientifiques, car la construction de capteur repose sur le lien entre plusieurs variables. Il s'agit d'une excellente synthèse et intégration pour l'élève. Bien entendu, l'élève doit également être en mesure de mobiliser les ressources utiles afin d'obtenir une démarche utile et précise approuvée dans la mesure du possible par l'enseignant. En effet, il s'agit d'améliorer et d'intégrer les savoir-faire de l'élève dans la démarche scientifique de celui-ci. Bref, la construction de capteur permet sans aucun doute de respecter l'esprit du nouveau programme de l'école québécoise en intégrant des matières ainsi que des concepts.

### Sujet 3 (E1): Intégration externe des matières

#### Réponse à la question A :

Le nouveau programme québécois d'enseignement favorise principalement la découverte par rapport à la transmission théorique de savoirs et le développement de compétence des élèves. En créant eux-mêmes leurs capteurs, les élèves font justement appel à ce principe et développent des compétences tout en mobilisant des ressources. Ils utilisent d'ailleurs des savoirs sur les circuits électriques, la technologie et l'informatique pour leur permettre non seulement de découvrir de nouvelles connaissances, mais aussi de développer des savoir-faire. Parmi ces savoir-faire, on peut compter la création appliquée de montages électriques ainsi que la création et le peaufinement de montages expérimentaux.

#### Sujet 4 (E1): Intégration externe des matières

##### Réponse à la question A :

On fournit à l'élève des savoirs en **physique électrique** et on les met en contexte pour eux de manière à ce qu'ils puissent comprendre le **fonctionnement des objets technologiques** autour d'eux, dans leur quotidien. Lors de la fabrication de capteurs, on leur demande d'appliquer leur connaissance de la **loi  $U=RI$**  afin de créer un objet, et ce dans un contexte différent à chaque fois. De plus, ils doivent **créer leur propre protocole** ce qui les force à **réfléchir sur la démarche scientifique**. Bref, c'est un bon moyen de contextualiser les apprentissages et de réintégrer l'information des différentes situations de manière à promouvoir la réflexion et l'engagement de l'étudiant qui utilise ses connaissances pour la **conception d'un objet technologique** dans un esprit d'interdisciplinarité.

#### Sujet 5 (E1): Intégration externe des matières

##### Réponse à la question A :

L'avantage des capteurs, contrairement aux moyens de mesure traditionnels, est qu'on peut constater d'une manière pratique la variation d'une variable en fonction d'une autre. Comme on doit passer par un **circuit électrique** pour créer un capteur, qui mesure par exemple la variation de température, cela permet à l'élève de mobiliser ses connaissances en **électricité** et trouver par lui-même une **démarche pour la conception d'un capteur**. Le fait qu'il voit la variation des variables et comment chacune dépend de l'autre donne plus de sens à ses apprentissages et finit par comprendre le lien entre différents paramètres dans le but de déterminer une grandeur, au lieu d'appliquer une formule d'une manière systématique.

#### Sujet 6 (E1): Intégration externe des matières

##### Réponse à la question A :

Elle permet de mettre en œuvre les concepts vus en **électricité (circuits, composants, etc.)** en les mettant en lien direct avec les théories chimiques, physiques ou biologiques. Cela requiert également de mobiliser les savoirs **mathématiques en ce qui a trait aux graphiques** si ceux-ci sont utilisés. Tout cela dans un **contexte de laboratoire**, nécessitant son propre trousseau de **savoir-faire quant à la sécurité, la manipulation de matériel, la mesure de quantité**, etc. Finalement, elle demande à l'élève d'user de créativité et de mobilisation de ressources dans la conception de son capteur.

#### Sujet 7 (E1): Intégration externe des matières

##### Réponse à la question A :

La construction de capteurs permet aux élèves de mettre en action leurs savoirs à l'aide d'une capsule universelle. Il doit pouvoir aussi mettre en branle ses savoir-faire qui lui permettent d'utiliser les savoirs qu'il a déjà acquis. La construction de capteur demande une compréhension de plusieurs sujets que les élèves doivent savoir mobiliser au bon moment.

### Sujet 8 (E1): Intégration externe des matières

#### Réponse à la question A :

La construction de capteurs permet premièrement aux élèves de découvrir des applications technologiques plus modernes que les cours de technologie actuels (ex. : poulie, outils...). De plus, l'activité permet d'intégrer la science (par exemple, la loi d'Ohm) à des applications technologiques construites par l'élève via une opérationnalisation d'un réseau de concepts (loi d'Ohm + circuit électrique + mathématique nécessitant la construction; d'un capteur). On associe donc sciences, technologie et mathématiques dans une démarche de développement guidée par une problématique d'application concrète.

### Sujet 9 (E1): Intégration externe des matières

#### Réponse à la question A :

Cela permet d'intégrer les concepts en électricité, notamment les circuits en série et les circuits en parallèle, la tension, l'intensité du courant. De plus, les élèves doivent avoir des savoirs en mathématiques pour comprendre et analyser les courbes tracées à l'écran. Finalement, les élèves peuvent mieux intégrer la démarche scientifique en plus de développer des savoir-faire en construction de circuits électriques.

### Sujet 10 (E1): Intégration externe des matières

#### Réponse à la question A :

En construisant un capteur, l'élève doit appliquer ses savoirs dans un premier temps pour se représenter l'expérience dans son ensemble. Si celui-ci connaît les relations entre résistance, intensité et tension, par exemple, il peut donc être amené à jongler avec ceux-ci pour construire un capteur. Son savoir-faire se traduit par l'application de ses savoirs lors de l'expérimentation. Ce faisant, il doit appliquer les deux formes de savoirs parallèlement. L'intégration des matières se fait donc par l'application concrète de méthodes et de démarches que l'élève doit réaliser. Les formules mathématiques ne sont plus que des notions intangibles, mais celles-ci prennent forme devant lui par le biais de la juxtaposition de ses savoirs et de son savoir-faire.

### Sujet 11 (E1): Intégration externe des matières

#### Réponse à la question A :

La construction de capteur respecte l'esprit constructiviste de la réforme. Effectivement, les élèves peuvent ainsi perfectionner leurs savoir-faire avec la méthode de recherche-développement ainsi que leurs compétences sociales en travaux d'équipe. De plus, la création de capteurs permet d'intégrer les concepts d'électricité (circuit des capteurs), mathématique (étude des capteurs avec des fonctions), ainsi que tous les concepts relatifs au capteur créé (biologie, mécanique, etc.). On peut ainsi intégrer plus de trois matières à la fois.

### Sujet 12 (E1): Intégration externe des matières

#### Réponse à la question A :

Car de nombreux concepts comme la **loi d'Ohm** sont présents dans la construction de capteurs. De plus, en accompagnant petit à petit les élèves en diminuant les protocoles à chaque expérience, on permet aux élèves de développer eux-mêmes leurs connaissances et on favorise leur autonomie. Finalement, ça leur permet de **comprendre le fonctionnement de nombreux appareils qu'on utilise dans la vie de tous les jours**.

### Sujet 13 (E1): Intégration externe des matières

#### Réponse à la question A :

D'abord, l'élève est amené à construire ses apprentissages dans un contexte de **sciences expérimentales** qui intègre les **mathématiques** et la **technologie**. L'interdisciplinarité permet donc aux élèves de renforcer et de créer des liens dans leurs connaissances. Plusieurs concepts de la progression des apprentissages peuvent être traités grâce aux nombreuses possibilités qu'offre la conception de capteurs. Les concepts d'**électricité** et de **technologie** sont particulièrement renforcés par la construction de capteurs, qui eux peuvent servir à étudier d'autres concepts. L'activité permet aussi la créativité et le travail d'équipe qui sont des compétences interdisciplinaires (transversales). L'activité s'intègre donc autant dans le volet disciplinaire de sciences et technologies que dans le volet interdisciplinaire du programme de formation.

### Sujet 14 (E1): Intégration externe des matières

#### Réponse à la question A :

En produisant des capteurs, on oblige déjà les élèves à connaître **les bases de la technologie**. La majorité des fonctions implique l'application de connaissances en **physique (conversion de variables, application de formules...)** et les expériences pouvant être réalisées touchent tous les domaines de la science. Il est possible d'appliquer les concentrations chimiques et la logique des changements en mesurant les concentrations de solutions à l'aide d'un capteur pour confirmer les apprentissages. On peut aussi observer le phénomène de la photosynthèse en mesurant la quantité d'énergie produite par un capteur. Les élèves peuvent surtout apprendre à appliquer efficacement la démarche scientifique tout en développant leur autonomie.

### Sujet 15 (E1): Intégration externe des matières

#### Réponse à la question A :

Tout d'abord, la construction de capteurs permet aux élèves de mieux comprendre et d'appliquer les concepts du programme de formation. En effet, comme ils peuvent eux-mêmes **construire les variables** et **différentes équations**, ils intègrent mieux ce qu'ils font puisqu'ils ne font pas que suivre une recette : ils doivent **monter une démarche par eux-mêmes qu'ils utiliseront pour fabriquer un outil** qui leur permettra de **vérifier des hypothèses** et d'être réutilisable par la suite. De plus, l'ExAO permet de mettre ensemble plusieurs variables à la fois et d'observer la relation entre elles de façon assez simple et claire pour un élève du secondaire.

## Sujet 16 (E2): Intégration externe des matières

### Réponse à la question A :

Les capteurs sont dans la vie de tous les étudiants. Ils ont donc des connaissances antérieures qu'il est possible de mobiliser. Ensuite, à partir de ce bagage, il est possible d'expérimenter la construction de capteur, mais cela demande une certaine connaissance théorique. Les connaissances **en électricité, en physique**, en **technologie** et en d'autres domaines sont mises à profit dans une activité de participation active qui vise à confronter les savoirs antérieurs des étudiants. **La fabrication de capteur et l'analyse de ses fonctions** permettra à l'étudiant de participer à **la résolution de ses hypothèses**, pas en faisant confiance à une machine, mais bien en participant à chaque étape de l'expérience. Les notions théoriques sont liées à l'expérimentation et à la construction des outils permettant de les corroborer et de vérifier les hypothèses.

## Sujet 17 (E2): Intégration externe des matières

### Réponse à la question A :

La construction de capteurs nécessite l'intégration de plusieurs savoirs des mathématiques, de la **physique**, des **sciences** et **technologie**. Pour construire un capteur, il faut être en mesure de comprendre le fonctionnement, les concepts qui doivent être appliqués. Par exemple, pour un capteur de température, il faut être en mesure de comprendre la **notion de diviseur de tension**, et **circuit en série (physique)**, être capable, en fonction de la nature de la **courbe obtenue, de choisir un modèle correspondant (droite, hyperbole, etc.) pour la modélisation (mathématique).** La **compréhension de la capsule universelle** par exemple, et **le montage** font appel à des notions de **sciences** et **techno**. Notons que, pour arriver à un résultat exploitable, il faut absolument suivre une démarche rigoureuse.

## Sujet 18 (E2): Intégration externe des matières

### Réponse à la question A :

La construction de capteur passe par plusieurs étapes : d'abord, le **principe physique derrière les capteurs**, puis l'étalonnage, puis la **modélisation** et son assignement et finalement sa validation par l'expérimentation. Donc on part des savoirs liés aux concepts **physiques** qui sont à la base de la construction d'un capteur (**les circuits électriques, la notion de la tension, de l'intensité du courant, de la résistance**) pour aboutir à un savoir-faire qui se traduit par les étapes citées ci-haut : étalonnage, modélisation, etc. Finalement, l'étape qui ouvre la porte large aux savoir-faire, à mon avis, est l'étape de la validation puisqu'elle est basée sur des expériences qui peuvent être très variées, très ouvertes et applicables à la vie de tous les jours.



### Sujet 19 (E2): Intégration externe des matières

#### Réponse à la question A :

La construction de capteurs demande la maîtrise des mathématiques, de la démarche scientifique et de la technologie. En effet, dans chacune des activités de construction, il a fallu comprendre le concept scientifique entourant les capteurs (résistances variables) (concepts) et intégrer le savoir-faire pour la construction (technologie) et la manipulation de ces capteurs (savoir-faire). Une fois l'étalonnage fait (savoir-faire), il fallait transformer ces capteurs à l'aide de formules mathématiques tirées du modéliseur (savoir-faire + concepts de math) et répondre à des questions liées à des théories existantes (concept).

### Sujet 20 (E2): Intégration externe des matières

#### Réponse à la question A :

Il s'agit d'une activité de conception technologique (sciences). Cela implique de la part de l'élève de se questionner, puis de faire des hypothèses. Il devra ensuite faire quelques recherches sur le sujet (français-lecture). En élaborant des graphiques et en trouvant les règles associées, on travaille aussi les mathématiques.

### Sujet 21 (E2): Intégration externe des matières

#### Réponse à la question A :

L'activité de construction des capteurs permet aux élèves de faire des liens et d'observer une relation entre deux variables. Cette activité permet de travailler les notions vues dans le cours de science et d'aussi voir les différents graphiques et les équations en mathématiques. Par exemple, dans le capteur de température, on voyait le concept de la thermistance (tension aux bornes) et la température. Les élèves doivent faire l'étalonnage avec thermomètre à alcool, modéliser leur graphique, attribuer l'équation et valider leur expérience avec de nouvelles données. Finalement, ils doivent analyser leurs résultats en faisant des liens entre leur graphique et leur équation. Ils doivent conclure en expliquant si leur hypothèse est validée ou non et toute cette expérimentation est faite avec un logiciel. Alors, il touche aussi à l'aspect technologique. De plus, cette activité rend les notions théoriques beaucoup plus concrètes.

## Sujet 22 (E2): Intégration externe des matières

### Réponse à la question A :

On peut, à partir de l'activité de construction de capteurs, planifier une situation d'apprentissage ouverte évaluée ou non, car on peut considérer cette activité comme un projet interdisciplinaire, puisqu'on a intégré plusieurs disciplines qui sont les maths, la physique, l'informatique et la technologie. Alors, dans une école, les enseignants de ces matières peuvent se réunir pour planifier une SAO qui s'étale sur quelques semaines afin que l'élève puisse construire des connaissances nouvelles et puisse manipuler et utiliser d'autres matières pour résoudre les problèmes et travailler en équipe. Ces connaissances, l'élève peut les réutiliser ultérieurement dans des situations semblables. L'intégration des matières est une étape très importante pour enrichir l'activité et pour que l'élève assimile bien les connaissances et fasse un lien avec ses connaissances antérieures. De plus, l'élève peut acquérir des savoir-faire en manipulant et en discutant avec son coéquipier et le groupe en entier.

## Sujet 23 (E2): Intégration externe des matières

### Réponse à la question A :

La construction de capteurs permet aux élèves de faire le lien entre la théorie et la pratique. En même temps, les élèves peuvent faire des liens entre les savoirs dans différents domaines. Par exemple, pour construire un capteur, ils doivent avoir des connaissances en physique. Ce capteur peut être utilisé pour vérifier ou mesurer certains phénomènes en biologie. Par conséquent, les élèves font des liens entre différentes matières – biologie, chimie, physique et mathématique – et appliquent aussi leurs connaissances dans les différentes démarches (savoir-faire) pour construire un capteur.

## Sujet 24 (E2): Intégration externe des matières

### Réponse à la question A :

La construction d'un capteur permet d'aller rejoindre plusieurs domaines :

**Technologie :** Utilisation d'un ordinateur pour comprendre des concepts en sciences.

**Science :** On construit des capteurs qui remplacent ceux que l'on rencontre tous les jours (ex. : thermomètre). Cela nous permet donc de faire des liens avec la vie. De plus, on comprend mieux les liens de cause à effet avec la construction.

**Électricité :** On permet de comprendre les systèmes électriques derrière les capteurs en effectuant nous-mêmes les branchements et en faisant des schémas explicatifs.

**Mathématique :** On modélise des courbes et on applique différentes fonctions qui sont des liens directs avec ce qu'on voit en mathématiques : linéaire, parabole, etc.

### Sujet 25 (E2): Intégration externe des matières

#### Réponse à la question A :

L'activité de construction de capteurs permet aux élèves d'utiliser de nouveaux appareils (capteur universel, ExAO et informatique). De plus, l'activité touche l'esprit de recherche et de réflexion sur la manière de le concevoir et sur le fonctionnement du capteur. Ce qui est intéressant, dans la fabrication du capteur, c'est qu'on peut construire plusieurs types de capteurs, par exemple, luxmètre, thermomètre, position, etc. Et, ainsi, voir les notions qui se rapportent à chacun comme les notions sur la **lumière (photon, réflexion, infrarouge)**, etc.). Puis, dans la conception d'un capteur, on retrouve la **physique (loi d'Ohm)**.

### Sujet 26 (E2): Intégration externe des matières

#### Réponse à la question A :

D'abord, le programme de formation de l'école québécoise demande l'intégration des matières. Dans l'activité de construction de capteurs, on intègre des notions de plusieurs matières ensemble : **mathématique**, **physique**, **chimie**, **biologie**, **informatique**, etc. Quant aux démarches à faire, on fait le **montage la manipulation : l'étalonnage, l'assignation, la validation, l'acquisition**, etc. Tout cela développe notre intelligence, notre capacité de manipulation manuelle et informatique. Donc, l'activité de construction de capteurs respecte l'esprit du nouveau programme de formation de l'école québécoise.

### Sujet 27 (E2): Intégration externe des matières

#### Réponse à la question A :

Au cours de la construction de capteur, on utilise des notions qui touchent à différentes matières c'est un travail multidisciplinaire. Par exemple, ce travail fait appel aux compétences déjà acquises en **physique, réaliser un circuit électrique** ainsi que des notions telles que la **résistance**, on utilise **des outils et fonctions mathématiques pour modéliser les graphes** et transformer le capteur. Ce travail aide à intégrer une démarche qui pourra être transférée à d'autres types de capteurs. Savoirs : **concept de pont de mesure, transducteur (variable)**.

## **Analyse des caractéristiques soulevées par les étudiants (autres que les savoirs et savoir-faire) en lien avec le programme de formation**

Dans les prochains paragraphes, nous présenterons et analyserons plus spécifiquement les résultats tirés des réponses à la question précédente des 27 étudiants universitaires. Nous commencerons par présenter, du point de vue des participants, en quoi l'activité de réalisation d'instruments de mesure permet de respecter l'esprit du programme. Nous établirons ensuite des parallèles entre les caractéristiques soulevées par les étudiants et certains passages du programme.

Voici les caractéristiques soulevées par les étudiants pour mentionner en quoi l'activité de réalisation d'instruments de mesure permet de respecter l'esprit du programme de formation de l'école québécoise :

- L'interdisciplinarité et l'intégration des matières (14 mentions) ;
- Une activité au caractère concret qui: (au total, 11 mentions)
  - Permet l'application des savoirs et savoir-faire (7 mentions) ;
  - Propose un problème concret (2 mentions) ;
  - Rend concrètes des notions théoriques (ex. : fonctions algébriques) (2 mentions).
- Le développement des compétences par: (au total, 12 mentions)
  - L'utilisation des connaissances antérieures (4 mentions) ;
  - La mobilisation des ressources (6 mentions) ;
  - La mise en action des savoirs (1 mention) ;
  - La mise en contexte des savoirs (1 mention).
- La construction des connaissances par: (au total, 12 mentions)
  - Son esprit constructiviste (2 mentions) ;
  - La découverte de nouvelles connaissances (3 mentions) ;
  - La mise en œuvre d'une méthode de recherche-développement (1 mention) ;
  - Le développement de savoir-faire (5 mentions) ;
  - La construction d'outils pour corroborer et vérifier ses hypothèses (1 mention).
- La construction de capteurs pouvant être réinvestis dans des expériences de plusieurs disciplines (4 mentions) ;
- De faire des liens avec la vie réelle (4 mentions) ;
- La création d'un objet dans plusieurs contextes différents (3 mentions) ;
- Le travail d'équipe (3 mentions) ;
- Le déploiement de la créativité (2 mentions) ;
- De favoriser l'autonomie (2 mentions) ;
- La représentation graphique en temps réel avec l'ExAO qui favorise la compréhension de la relation entre les variables (2 mentions) ;
- De donner sens à l'apprentissage (1 mention) ;
- La participation active (1 mention) ;
- De mettre en place des situations d'apprentissage ouvertes (1 mention).

Plusieurs étudiants ont mentionné que l'activité de construction d'instruments de mesure permettait l'interdisciplinarité (14 mentions). C'est la caractéristique qui est la plus ressortie, ce qui n'est pas surprenant étant donné que cette idée était mentionnée dans la question. Il est important de souligner que toutes les autres caractéristiques soulevées par les étudiants ont été mentionnées de façon spontanée. En effet, la question demandait principalement d'identifier les savoirs et savoir-faire mobilisés lors de la construction de capteurs pour démontrer l'intégration des matières. De plus, les étudiants n'avaient pas accès au programme lorsqu'ils ont complété leurs réponses. Ainsi, plusieurs ont salué le caractère concret de l'activité (11 mentions), le développement des compétences (12 mentions) et la construction des connaissances (12 mentions). Il est possible de remarquer que, dans la liste, nous avons regroupé certaines caractéristiques en catégories. Par exemple, plusieurs points soulignés par les étudiants sont associés au caractère concret de l'activité, soit l'application des savoirs et savoir-faire, la proposition d'un problème concret et la concrétisation de notions théoriques abstraites comme les fonctions algébriques en mathématiques. C'est la somme des mentions pour chacune de ces caractéristiques qui est donnée en total pour la catégorie apparentée.

Certains passages du programme de formation de l'école québécoise font référence aux différentes caractéristiques soulignées précédemment par les étudiants. Voici un premier passage tiré du programme *Mathématique* :

*De plus, si la spécificité de la mathématique, comme langage et comme outil d'abstraction, exige de traiter de façon abstraite les relations entre les objets ou les éléments de situations, son enseignement au secondaire est plus efficace lorsqu'il prend appui sur des objets concrets ou des éléments de situations tirées de la réalité (MEQ, 2006, p.232).*

Ainsi, il est suggéré de s'appuyer sur des situations tirées de la réalité et des objets concrets pour enseigner les outils abstraits des mathématiques. C'est ce que propose notre activité d'apprentissage. En ce sens, certains étudiants ont souligné la possibilité de faire des liens avec la réalité (4 mentions), la pertinence de visualiser graphiquement l'interaction de variables en temps réel (2 mentions) ainsi que le caractère concret de l'activité proposée (11 mentions), comme l'utilisation concrète des fonctions algébriques (1 mention). En effet, tel que le suggère la figure 17 *démarche générale de réalisation d'un instrument de mesure* de la section *élaboration de l'idée*, à partir d'une interaction réelle

entre la tension aux bornes du transducteur et la grandeur physique telle que mesurée par l'étalon de mesure, l'étudiant fait l'acquisition de données qu'il modélisera graphiquement et algébriquement pour déterminer la fonction algébrique de transfert. Ainsi, à partir d'une interaction de variables dans son expérience, il tire des informations de la réalité pour découvrir une fonction algébrique abstraite. C'est en réalisant concrètement son instrument de mesure qu'il utilise cette fonction algébrique de transfert abstraite pour traduire la mesure prise par le transducteur en mesure identique à celle de l'étalon. Le tout est accessible grâce aux possibilités des systèmes *MicrolabExAO*.

Un deuxième passage, tiré du programme de *Science et technologie*, fait référence à certaines caractéristiques précédemment présentées par les étudiants:

*Le programme de science et technologie sollicite la curiosité, la créativité, l'esprit critique et l'autonomie de l'élève et mise sur sa participation active à ses apprentissages. Il convient donc de privilégier des situations d'apprentissage et d'évaluation contextualisées, ouvertes et intégratives qui débouchent sur des activités diversifiées, susceptibles d'intéresser l'élève et de donner un sens concret aux objets d'étude (MEQ, 2006, p.272).*

Ainsi, le programme veut solliciter l'autonomie, la créativité et la participation active de l'élève. Plusieurs étudiants ont mentionné spontanément que ces éléments étaient sollicités dans l'activité de construction de capteurs. En effet, avec la progression du caractère adidactique d'une activité à l'autre dans notre séquence, nous pensons que l'activité favorise l'autonomie (2 mentions). Dans la section *analyse de l'apprentissage interdisciplinaire en situation adidactique*, nous avons d'ailleurs déterminé si les sujets sont parvenus à réaliser le manomètre de manière autonome. Lors de la réalisation de ce dernier, en plus de participer activement à leurs apprentissages (1 mention), les élèves devaient être créatifs (2 mentions) pour assembler leur montage, déterminer les étapes des manipulations expérimentales et résoudre les obstacles rencontrés en cours de route.

Comme le présente le passage précédent, le programme mentionne aussi que les situations d'apprentissage devraient être contextualisées, ouvertes et intégratives, déboucher sur des activités diversifiées intéressantes et donner un sens concret aux objets d'études. Plusieurs étudiants ont souligné que notre activité d'apprentissage possède des caractéristiques allant en ce sens en disant que les savoirs sont contextualisés (1 mention) et mis en action (1 mention), qu'elle permet de mettre en place des situations

d'apprentissage ouvertes (1 mention), intègre différentes matières (14 mentions), permet la création d'objets dans différents contextes (3 mentions), objets qui prennent la forme d'instruments de mesure pouvant être réutilisés dans des expériences diverses (4 mentions), qu'elle donne un sens à l'apprentissage (1 mention) en plus d'avoir un caractère concret (11 mentions).

Un troisième passage que nous jugeons intéressant présente aussi en quoi notre activité d'apprentissage respecte l'esprit du programme de formation :

*Le Programme de formation, conçu dans la perspective de connaissances construites par l'élève plutôt que transmises par l'enseignant, tient pour acquis que personne ne peut apprendre à la place d'un autre. Sans se modeler sur une approche en particulier, il s'appuie sur différents courants théoriques qui ont en commun la reconnaissance du rôle déterminant de l'apprenant dans l'édification de ses compétences et de ses connaissances. Parmi les théories de l'apprentissage, le constructivisme, le socioconstructivisme et le cognitivisme constituent des modèles particulièrement éclairants :*

- le constructivisme, parce qu'il explique la connaissance comme la résultante des actions, réelles puis intériorisées, de l'individu sur les objets, sur leur représentation ou sur des propositions abstraites;*
- le socioconstructivisme, parce qu'il souligne la nature éminemment sociale de la pensée et de l'apprentissage, les concepts étant des outils sociaux qui soutiennent l'échange de points de vue et la négociation de significations;*
- le cognitivisme, parce qu'il s'efforce de rendre compte des processus permettant à un individu d'intégrer de nouveaux savoirs à son système de connaissances et de les utiliser dans de nouveaux contextes (MEQ, 2006, p.9).*

Nous pensons que notre activité d'apprentissage permet à l'élève de construire et de valider ses connaissances. En ce sens, les étudiants ont souligné la construction des connaissances (12 mentions) lors de la réalisation de capteurs. Ils ont dit que cette activité respectait l'esprit constructiviste (2 mentions), permettait la découverte de nouvelles connaissances (3 mentions), le développement de savoir-faire (5 mentions) et la mise en œuvre d'une méthode de recherche-développement pour construire un instrument de mesure (1 mention) permettant de corroborer et vérifier ses hypothèses (1 mention). Nous pensons que notre activité respecte l'esprit constructiviste étant donné que c'est par ses actions et interactions avec l'environnement d'apprentissage que l'élève construit ses connaissances. C'est d'ailleurs ce que nous avons soutenu avec la figure 17 *démarche générale de réalisation d'un instrument de mesure*. En effet, dans notre activité, l'élève

part d'une interaction de variables et, en combinant la démarche technologique de conception aux démarches expérimentales et de modélisation, il détermine une fonction algébrique de transfert qui lui permettra de construire un instrument de mesure. Cet instrument est ensuite validé dans une expérience permettant de comparer sa mesure avec celle de l'étalon. Ce faisant, l'apprenant effectue un apprentissage interdisciplinaire en comprenant mieux le fonctionnement d'un instrument de mesure électronique.

Nous pensons que l'activité de construction d'instruments de mesure pourrait aussi favoriser le socioconstructivisme étant donné que les élèves, placés en laboratoire, pourraient être appelés à travailler en équipe (3 mentions) pour construire leurs capteurs. Il serait aussi possible de dire qu'elle respecte le cognitivisme étant donné que l'élève intègre les actions posées sur l'environnement pour être en mesure de transférer sa démarche en situation nouvelle lors de la réalisation du manomètre en démontrant qu'il a intégré ses savoirs et savoir-faire. Le passage précédent mentionne aussi que l'élève doit édifier ses compétences. En ce sens, les étudiants ont mentionné que notre activité permettait le développement des compétences (12 mentions) par l'utilisation des connaissances antérieures (4 mentions), la mobilisation des ressources (6 mentions), la mise en action (1 mention) et la contextualisation des savoirs (1 mention). Ceci soutient d'ailleurs ce que nous avons précédemment mentionné, c'est-à-dire que l'activité permet la mobilisation de la compétence en contexte et la sélection des ressources adéquates dans un répertoire diversifié, les deux premiers aspects du développement d'une compétence.



## **Analyse des perceptions des élèves du secondaire (Groupe E3) sur les savoirs et savoir-faire mobilisés**

Nous allons maintenant nous intéresser aux réponses des élèves du secondaire à la question suivante :

*Suite à la réalisation d'un capteur, différenciez-vous bien les trois matières intégrées dans l'activité (mathématique, sciences expérimentales et technologie)? Expliquez.*

Voici les réponses qu'ont données les quatre élèves qui ont répondu à la question:

- *Oui, la partie mathématique est quand on fait les graphiques, la technologie quand on entre les données manuellement et sciences expérimentales, c'est quand on fait le montage.*
- *Oui, les sciences expérimentales associées aux maths et à la physique permettent le développement de la technologie. Ici, on construit une partie du capteur, on détermine  $P=aU$  et on obtient un capteur.*
- *Il y a de la modélisation graphique (mathématique), le montage (sciences expérimentales) et l'apprentissage de la création de capteurs (technologie).*
- *Oui, les maths pour les fonctions, sciences expérimentales pour les graphiques et la théorie, la technologie pour les branchements.*

Nous avons classé les savoirs identifiés par les élèves selon la matière à laquelle ils correspondent.

### **Mathématique :**

- Modélisation graphique (2 mentions)
- Utilisation des fonctions algébriques (1 mention)

### **Sciences expérimentales :**

- Création du montage (2 mentions)
- Modélisation graphique (1 mention)
- Théorie (1 mention)

### **Sciences :**

- Utilisation de la physique (1 mention)

### **Technologie comme objet d'apprentissage :**

- Construction du capteur (2 mentions)
- Branchements (1 mention).

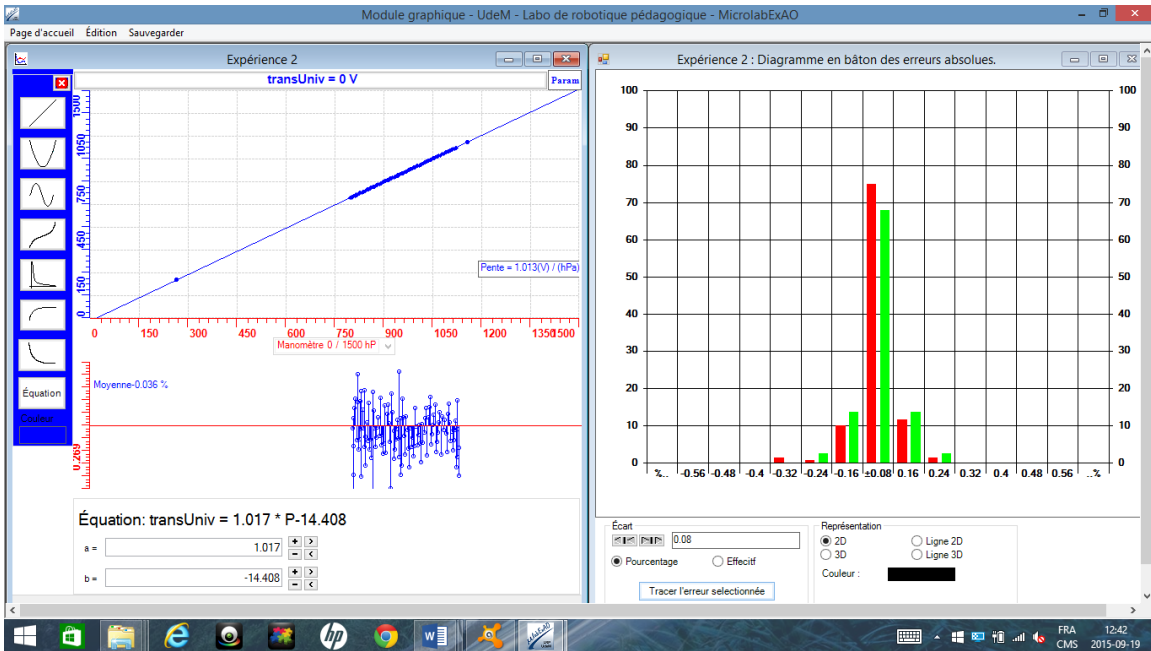
### **Technologie comme moyen d'apprentissage :**

- Utilisation du logiciel pour effectuer des entrées manuelles (1 mention)

Ainsi, plusieurs s'entendent sur le fait que les mathématiques se retrouvent dans la modélisation graphique (2 mentions) et l'utilisation des fonctions algébriques (1 mention). Toutefois, un élève a classé la modélisation graphique en sciences expérimentales (1 mention), ce qui est aussi approprié étant donné que l'interaction des variables en ExAO s'observe directement sur le graphique en temps réel. La création du montage (2 mentions), et l'utilisation de notions théoriques (1 mention) ont aussi été classées en sciences expérimentales par les élèves. Les élèves ont dit que la technologie était présente comme objet d'apprentissage par la démarche de construction du capteur (2 mentions) et les branchements (1 mention), qui doivent être faits entre le transducteur et la capsule universelle, mais aussi comme moyen d'apprentissage avec l'utilisation du logiciel pour effectuer des entrées manuelles (1 mention). Il y a une réponse donnée par les élèves que nous trouvons intéressante : « *Les sciences expérimentales associées aux maths et à la physique permettent le développement de la technologie* ». Cette réponse fait ressortir le caractère intégrateur de l'activité, l'association nécessaire entre les mathématiques et les sciences pour développer un objet technologique prenant la forme d'un instrument de mesure électronique.

# Annexe VI :

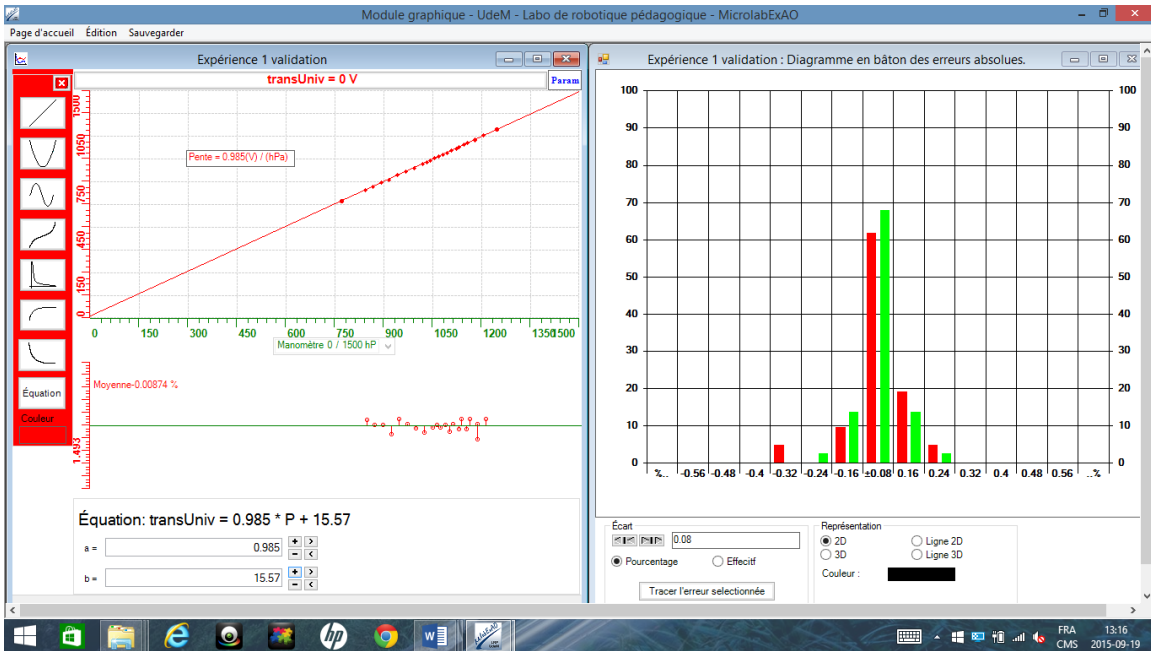
Graphiques de validation avec modélisation et incertitudes



Sujet 8



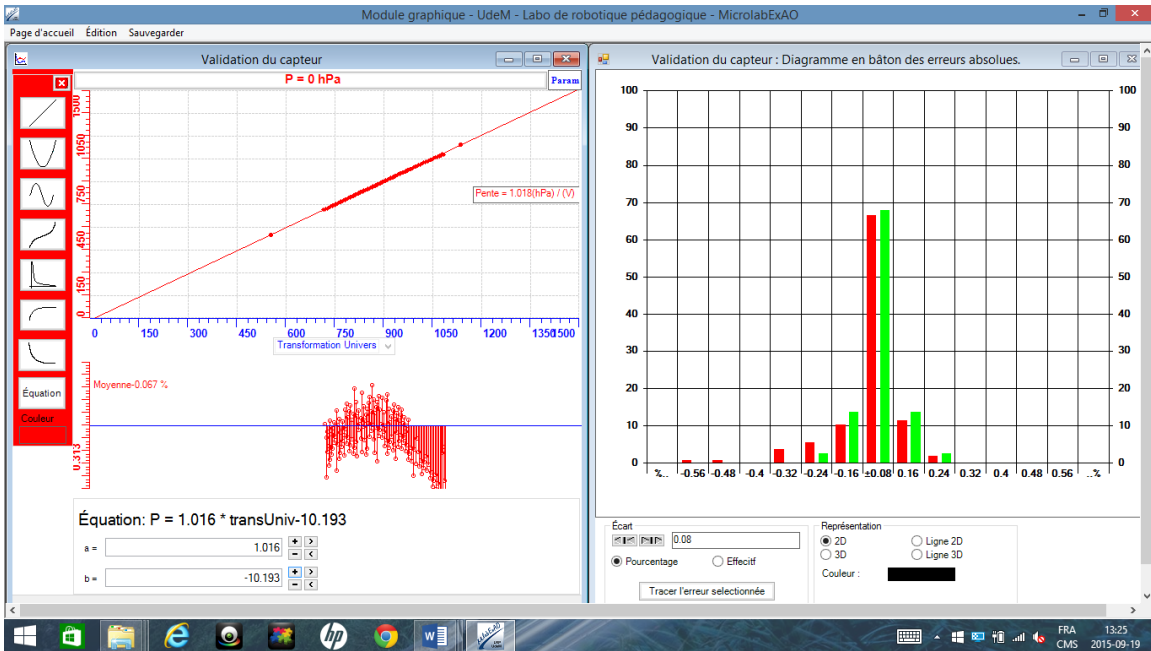
Sujet 10



## Sujet 12



## Sujet 16



Sujet 17



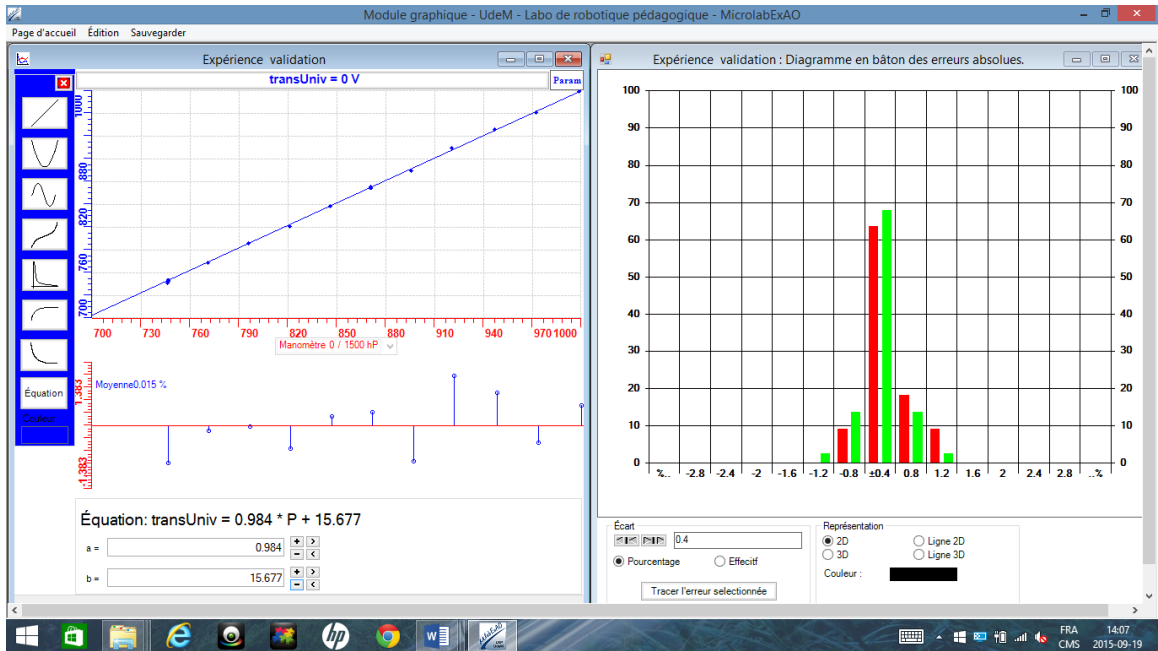
Sujet 19



## Sujet 24



## Sujet 27



Sujet 28



# **Annexe VII :**

Description du fonctionnement des instruments de mesure par les  
élèves du secondaire dans les rapports de laboratoire

## **Questions tirées des rapports de laboratoire**

### **Première séance : Construction du thermomètre électronique**

**Question A :** Expliquez en vos mots le fonctionnement du capteur de température et comment il a été possible de le concevoir et le construire grâce à l'ExAO.

Mots-clés que vous pouvez utiliser pour votre explication : étalon, thermistance (résistance variable), modélisation graphique et algébrique, opérationnalisation des variables, tension, équation mathématique, ExAO, température, chaîne de mesure, etc.

### **Deuxième séance : Construction du luxmètre électronique**

**Question B :** Expliquez en vos mots le fonctionnement du capteur de lumière et comment il a été possible de le construire grâce à l'expérimentation assistée par ordinateur (ExAO).

Mots-clés que vous pouvez utiliser pour votre explication : étalon, photorésistance (résistance variable), modélisation graphique et algébrique, opérationnalisation des variables, tension, équation mathématique, ExAO, lumière, chaîne de mesure, etc.

### **Troisième séance : Construction du détecteur de position**

**Question C :** Expliquez en vos mots le fonctionnement du capteur de distance et comment il a été possible de le concevoir et le construire grâce à l'ExAO.

Mots-clés que vous pouvez utiliser pour votre explication : étalon, capteur de distance intégré (résistance variable et résistance fixe), modélisation graphique et algébrique, opérationnalisation des variables, tension, équation mathématique, ExAO, angle d'incidence, chaîne de mesure, etc.

## **Sujet 28 :**

### **Réponse à la question A :**

Le capteur de température fonctionne grâce à la différence de tension entre les bornes de la thermistance et grâce à l'étalonnage préalable du capteur à l'aide d'un thermomètre à alcool. Pour s'assurer que le capteur est bien étalonné, il faut utiliser la modélisation graphique et algébrique, ce qui donnera une droite si le capteur est bien confectionné et étalonné. Le capteur de température sera branché à une interface ExAO qui fonctionne grâce à une chaîne de mesure.

### **Réponse à la question B :**

Tout d'abord, un capteur de lumière fonctionne à l'aide d'une photorésistance (résistance variable) qui est couplée avec une résistance normale. Pour que le capteur fonctionne, il faut associer une valeur de tension (en V) à une valeur de luminosité (en  $W/m^2$ ) et cela s'appelle l'étalonnage. Pour vérifier que le capteur fonctionne et que l'on a bien étalonné, on utilise la modélisation graphique et algébrique. On vérifie par la suite que le capteur de lumière est bien étalonné en regardant l'équation mathématique formée par la droite ou la courbe et on rentre toutes les données sur l'ordinateur à l'aide d'ExAO qui est un système fonctionnant à l'aide d'une chaîne de mesure.

### **Réponse à la question C :**

Le capteur de mouvement fonctionne grâce à l'angle d'incidence entre les deux rayons renvoyés par le CD. Cet angle d'incidence crée une différence de tension entre les bornes du capteur qu'il a fallu étalonner avec un mètre à mesurer. Et, une fois l'équation associée au capteur, on modélise graphiquement et algébriquement la validation du capteur. La validation fera une droite si le capteur est bien étalonné. La capsule universelle est branchée à une interface ExAO qui fonctionne grâce à une chaîne de mesure.

## **Sujet 29 :**

### **Réponse à la question A :**

Le capteur est composé d'une capsule universelle et de 2 résistances, l'une fixe l'autre variable. L'interface met sous tension le circuit et mesure la tension aux bornes de la thermistance. Grâce à ExAO et sa chaîne de mesure, on a pu déterminer la variation de tension en fonction de la température (mesurer par un étalon : un thermomètre à alcool). Cette variation a été modélisée algébriquement grâce à la modélisation graphique. L'équation mathématique obtenue permet une opérationnalisation systématique de la tension en températures pour créer un capteur de température fonctionnel.

### **Réponse à la question B :**

Le capteur est composé de 2 résistances, l'une variable, l'autre fixe. Il fait parcourir le circuit d'un courant électrique et mesure la tension entre les 2 résistances. La luminosité fait diminuer la résistance de la photorésistance. Une modélisation graphique de cette variation sur ExAO permet de déterminer comment le capteur doit interpréter la variation de la tension en variation lumineuse à partir d'une équation mathématique.

### **Réponse à la question C :**

J'ai utilisé un étalon (un mètre) et un capteur de distance intégré mis sous tension pour prendre une chaîne de mesure de tension et modéliser leur variation, en fonction de la distance objet-capteur, sur ExAO. En effet, l'angle d'incidence du rayon réfléchi sur le capteur modifie la résistance de ce dernier. Une modélisation graphique de ce dernier permet d'en déduire l'équation mathématique qui permet d'opérationnaliser la tension mesurée en distance objet-capteur.

### **Sujet 30**

#### **Réponse à la question A :**

Le thermistor fonctionne selon le principe d'un circuit intégré qui reçoit une certaine quantité de chaleur et transforme le signal électrique en signal numérique. Ce signal est visualisé par l'ordinateur. Il a été possible de créer un capteur de température avec l'ExAO en utilisant une thermistance et une capsule universelle. En étalonnant cette dernière avec la thermistance, nous avons réussi à convertir la tension qu'enregistrait l'ordinateur en mesure de température en utilisant la modélisation graphique et algébrique lors de la création d'un graphique de la tension du capteur universel en fonction de la température de notre eau dans notre bécher, mesurée par le thermomètre. Nous avons donc trouvé la relation entre la température et la tension aux bornes de la capsule universelle.

#### **Réponse à la question B :**

Le luxmètre fonctionne selon le principe d'un circuit intégré qui reçoit une certaine quantité de lumière (photons constituant le « signal ») et la transforme en signal électrique (signal numérique). Ce signal est visualisé par l'ordinateur. Tout d'abord, nous avons étalonné le capteur de lumière, pour pouvoir ensuite trouver la relation entre la luminosité et la tension aux bornes de la capsule universelle. Par la suite, nous avons modélisé la courbe afin d'y trouver une règle. Par la suite, nous devons valider l'équation expérimentale de notre luxmètre. Si par la suite la validation est concluante, cela veut dire que nous avons réussi à construire un capteur de lumière (par la règle).

#### **Réponse à la question C :**

Le capteur de position fonctionne selon le principe d'un circuit intégré qui capte le rayon d'incidence et le transforme de signal électrique en signal numérique. Ce signal est visualisé par l'ordinateur. Il a été possible de créer un capteur de position avec l'ExAO en utilisant un capteur de position (étalonner) et une capsule universelle. En étalonnant cette dernière avec le capteur de position, nous avons réussi à convertir la tension qu'enregistrait l'ordinateur en mesure de position ( $X$ ) en utilisant la modélisation graphique et algébrique lors de la création d'un graphique de la tension de la capsule universelle en fonction de la position de notre disque par rapport au capteur. Nous avons donc trouvé la relation entre la position et la tension aux bornes de la capsule universelle.

## **Sujet 31**

### **Réponse à la question A :**

Il a été possible de créer un thermomètre électronique avec l'ExAO en utilisant une thermistance, une résistance et une capsule universelle. En étalonnant cette dernière avec un thermomètre à alcool, on a réussi à faire une opérationnalisation de la variable tension en variable température en utilisant la modélisation graphique et algébrique lors de la création d'un graphique de la température mesurée par le thermomètre en fonction de la tension relevée par la capsule universelle.

### **Réponse à la question B :**

Il a été possible de créer un capteur de lumière avec l'ExAO en utilisant une photorésistance, une résistance et une capsule universelle. En étalonnant cette dernière avec un luxmètre, nous avons réussi à convertir la tension qu'enregistre l'ordinateur en mesure de luminosité en utilisant la modélisation graphique et algébrique lors de la création d'un graphique de la tension de la capsule universelle en fonction de la luminosité mesurée par le luxmètre.

### **Réponse à la question C :**

Le capteur de distance envoie un signal qui est réfléchi par l'objet dont la position est mesurée. La réflexion n'est pas parfaite, et le changement dans le signal reçu mènera à un changement dans la tension du circuit. Ce changement de tension peut être assigné à une certaine formule qui a été déterminée par analyse graphique en ExAO. Cela permet donc de créer un capteur de position. Il a été possible de créer un capteur de position avec l'ExAO en utilisant le circuit fourni pour l'expérience. En étalonnant ce dernier avec un ruban à mesurer, on a réussi à faire une chaîne de mesure pour opérationnaliser la variable tension en variable distance en utilisant la modélisation graphique et algébrique lors de la création d'un graphique de la distance mesurée par le ruban de papier en fonction de la tension relevée par la capsule universelle.

## **Sujet 32**

### **Réponse à la question A :**

Grâce à la thermistance, on peut avoir la différence de tension captée, mais pas la température elle-même. C'est là où intervient l'ExAO. On a activé le capteur et on a rentré les données simultanément, ensuite en les modélisant, on obtient une règle tension/température que le logiciel applique

### **Réponse à la question B :**

En exposant mes deux photorésistances au même niveau de lux, j'étalonne mon luxmètre maison avec celui déjà existant vu que je crée une relation entre le nombre de photons et les lux en modélisant les données obtenues au préalable.

### **Réponse à la question C :**

Le capteur de distance fonctionne avec l'angle d'incidence, grâce à l'angle d'incidence le capteur calcule l'angle et ainsi la distance. Le rayon ainsi reflété fait varier la tension que l'ExAO perçoit. Avec la fonction qui permet de rentrer une donnée manuellement, l'ExAO est capable avec la fonction mathématique de faire un lien entre la distance et la tension.

### **Sujet 33**

#### **Réponse à la question A :**

J'ai branché les câbles et ensuite je devais faire le branchement de la capsule, allumer la lampe, faire l'acquisition et noter l'équation mathématique.

#### **Réponse à la question B :**

J'ai mesuré la mesure du thermomètre et l'ai inscrite sur l'ordinateur.

#### **Réponse à la question C :**

Je dois visser les fils dans la capsule, ensuite la brancher avec l'ordinateur, entrer la mesure et la tension, et la modéliser pour trouver l'équation algébrique.



# **Annexe VIII :**

Commentaires des experts lors de la mise à l'essai fonctionnelle

## **Commentaires sur la réalisation du thermomètre :**

### **Expert 1 :**

- *Pour diminuer les erreurs, il serait intéressant de rappeler aux élèves comment faire la lecture de la température sur le thermomètre à alcool.*
- *Pour la première expérience, le protocole de validation devrait être plus clair.*
- *Question : Est-ce que tu trouves le logiciel convivial, facile d'utilisation?*  
*Réponse : Oui, si les participants ont déjà eu un cours avant pour savoir comment passer d'une fenêtre à l'autre.*

### **Expert 2 :**

- *Le protocole est facile à suivre et l'ergonomie du logiciel est user-friendly.*
- *Question : Est-ce que c'est réaliste pour des élèves du secondaire?*  
*Réponse : Oui et c'est très intéressant, on comprend le fonctionnement du thermomètre électronique qui est vendu en pharmacie, les petits thermomètres électroniques.*

## **Commentaires sur la réalisation du luxmètre :**

### **Expert 1 :**

- *Dire au début du protocole dans la mise en situation qu'on souhaite que les élèves trouvent par eux-mêmes les étapes manquantes de la construction du luxmètre.*
- *Indiquer aux élèves qu'ils peuvent se référer à leur protocole de construction d'un capteur de température au besoin.*

### **Expert 2 :**

- *Il serait intéressant de trouver des connecteurs sans vis pour brancher le transducteur à la capsule universelle.*
- *Le logiciel est facile d'utilisation étant donné qu'il est transparent.*

## Commentaires sur la réalisation du détecteur de position :

### Expert 1 :

- *Il faudrait donner le schéma de montage aux élèves étant donné qu'ils doivent brancher le transducteur sur le 5V au lieu du 3,5V comme pour les deux premiers instruments de mesure construits.*
- *Il faudrait que le branchement des fils à la capsule universelle se fasse plus facilement. Cela doit être plus facile à brancher pour des élèves du secondaire.*
- *Il faudrait indiquer aux élèves qu'il n'est pas possible d'utiliser la courbe exponentielle croissante pour modéliser leurs données.*
- *Question : Est-ce que tu sens une progression à travers les expériences?  
Réponse : Au niveau de la démarche, on voit vraiment une amélioration de la première expérience à la troisième expérience. C'est moins long de faire toutes les étapes.*
- *Ça fait très longtemps que j'ai utilisé l'ExAO. Je n'ai pas l'expérience pour savoir quelles fenêtres utiliser, où aller dans le logiciel, etc.*
- *Question : Est-ce que tu penses que c'est réaliste pour un élève du secondaire?  
Réponse : Oui, pour un élève moyen du secondaire ce l'est, surtout s'il travaille en équipe, qu'on leur donne le temps de se questionner. Il serait pertinent de prévoir une semaine entre les expériences. Il ne faut pas que le temps entre chaque séance soit trop long.*
- *Question : Est-ce que tu trouves intéressant d'appliquer des concepts de sciences, de technologie ou de mathématiques?  
Réponse : Oui, quand on fait de la modélisation, on applique des fonctions mathématiques. Comme l'activité se fera avec des élèves de secondaire 5, je ferais un retour avec eux sur les fonctions mathématiques avant de faire l'activité. Il faudrait aussi expliquer le fonctionnement de l'ExAO, dire comment modéliser les courbes. On pourrait aussi faire un laboratoire avec eux, un modèle qu'on corrige avec eux, voir les difficultés des élèves, pour ensuite les laisser partir dans les quatre expériences. Cela permettrait de faire tous les rappels nécessaires. Il faudrait aussi leur montrer la différence entre l'entrée manuelle et une variable connectée à l'ExAO.*
- *Question : Que penses-tu de l'ergonomie du logiciel, est-il facile d'utilisation?  
Réponse : Largement. Il est très facile d'utilisation une fois que tu le connais : les paramètres, le retour à la page d'accueil, la modélisation, etc. Le branchement à la capsule universelle est clair aussi une fois qu'ils ont reçu une formation.*
- *Question : Voici la démarche que j'ai synthétisée pour la construction de ce capteur. Peux-tu me dire si cela correspond à la démarche que tu as eu?  
Réponse : Oui, cela correspond à ma démarche, sauf le fait d'enregistrer le graphique en format .xao. Je n'ai pas fait cela.*

### Expert 2 :

- *On pourrait recouvrir le centre du disque blanc utilisé pour transformer le détecteur de position pour éviter que le rayon électromagnétique ne passe par le centre.*
- *Question : Est-ce que la démarche que tu as faite correspond au modèle d'actions élaboré?  
Réponse : Oui, cela correspond à ma démarche.*

## Commentaires sur la réalisation du manomètre :

### Expert 1 :

- *Question : Est-ce que tu as trouvé difficile de faire le montage? Est-ce que tu penses que c'est réaliste de demander de le faire faire aux élèves?*  
*Réponse : Oui, les élèves pourront faire ce montage. Ils comprendront aussi qu'il est nécessaire de comparer la mesure de l'étalon avec celle du transducteur pour réussir la construction de leur capteur.*
- *C'est un petit défi pour les élèves de choisir les acquisitions, modéliser, c'est très bien comme examen de laboratoire que de construire le manomètre. Le niveau de difficulté de l'examen est assez juste. L'élève qui fait les trois autres expériences et qui a compris ce qu'il faut retenir dans l'utilisation de l'ExAO pour chacune de ces expériences devrait normalement pouvoir le faire sans problème.*
- *J'ai beaucoup appris avec cette activité.*
- *Cela faisait très longtemps que j'avais utilisé le logiciel MicrolabExAO et cela m'a permis de me rafraîchir la mémoire et maintenant je suis autonome.*
- *C'est une expérience réaliste et intéressante pour les élèves du secondaire.*
- *Question : Voici la démarche que j'ai synthétisée pour la construction de ce capteur. Peux-tu me dire si cela correspond à la démarche que tu as eue?*  
*Réponse : Oui, cela correspond à ma démarche, sauf le fait d'enregistrer le graphique en format .xao. Je n'ai pas fait cela.*

### Expert 2 :

- *Question : Est-ce que la démarche que tu as faite correspond au modèle d'actions élaboré?*  
*Réponse : Oui, cela correspond à ma démarche.*

# **Annexe IX :**

Réponses aux questionnaires d'évaluation

Nom : \_\_\_\_\_

**Questionnaire d'évaluation de l'activité de construction de capteur : Projet de David Pellerin**

Merci de répondre aux questions suivantes. Vos réponses sont confidentielles et me permettront d'améliorer le logiciel, le prototype et les différents protocoles en vue de mener une expérimentation avec des élèves de niveau secondaire. Quand il est question des élèves dans ce questionnaire, nous faisons référence à des élèves qui terminent leur 4<sup>e</sup> secondaire ou en 5<sup>e</sup> secondaire.

**Formation théorique sur le pont de mesure (diviseur de tension)**

1) D'après vous, les rappels théoriques sur les circuits électriques (loi d'ohms, circuit en série, tension, résistance, etc.) sont-ils utiles pour des élèves du secondaire pour comprendre la construction de capteurs? (Noircissez un des chiffres).

Utile Inutile  
[1] – [2] – [3] – [4] – [5] – [6]

2) Les nouvelles notions de résistance variable et de pont de mesure sont-elles faciles à comprendre pour des élèves du secondaire? Expliquez pourquoi.

Facile Difficile  
[1] – [2] – [3] – [4] – [5] – [6]

---

---

---

3) Quels sont les savoirs et savoir-faire que nous pourrions ajouter dans cette formation pour mieux préparer les élèves aux activités de construction de capteurs?

---

---

---

**Protocole du capteur de température**

4) Le protocole de construction du capteur de température vous semblait-il complet ?

Complet Incomplet  
[1] – [2] – [3] – [4] – [5] – [6]

5) Le protocole de construction du capteur de température était-il clair?

Clair Pas clair  
[1] – [2] – [3] – [4] – [5] – [6]

6) Quelle partie du protocole serait la plus difficile à comprendre pour un élève du secondaire? Expliquez.

---

---

---

7) Pouvez-vous nous donner des suggestions pour améliorer ce protocole?

---

---

**Connexion des composantes :**

8) Sera-t-il facile, pour l'élève du secondaire, de connecter un transducteur (ex. : la thermistance) et une résistance sur la capsule universelle à l'aide de la vis et des connecteurs?	Facile	Difficile
	[1] – [2] – [3] – [4] – [5] – [6]	

9) Avez-vous des suggestions pour améliorer cette partie du prototype?

---

---

---

**Transformation d'une grandeur physique**

10) À votre avis, est-ce qu'un élève du secondaire peut comprendre le principe de l'utilisation de la relation de causalité pour transformer une variable en une autre variable, par exemple, la transformation de la tension aux bornes de la thermistance en variation de température? Expliquez.

---

---

---

D'après vous, quel est le niveau de difficulté au niveau de la compréhension de chacune des étapes du processus de construction du capteur en ExAO pour un élève du secondaire?

11) Identification de la relation de cause à effet (ex. : la température fait varier la tension);	Facile	Difficile
	[1] – [2] – [3] – [4] – [5] – [6]	

12) Identification des variables lues par l'ordinateur et celles lues par l'utilisateur (entrée manuelle) (ex. : capteur vs thermomètre à alcool);	[1] – [2] – [3] – [4] – [5] – [6]
--	-----------------------------------

**Mise en œuvre**

13) Construction du diviseur de tension: connexion du transducteur et de la résistance à la capsule universelle (le pourquoi on branche tel fil dans tel port de la capsule);	[1] – [2] – [3] – [4] – [5] – [6]
---	-----------------------------------

- 14) Branchement de la capsule universelle à l'interface; [1] – [2] – [3] – [4] – [5] – [6]
- 15) S'assurer que le montage permette au transducteur et à l'étalon de mesurer la même grandeur physique. [1] – [2] – [3] – [4] – [5] – [6]
- 16) Entrer une mesure manuellement dans le logiciel et peser sur enter pour prendre la mesure de la tension aux bornes du transducteur; [1] – [2] – [3] – [4] – [5] – [6]
- 17) Utiliser l'outil modéliseur dans les outils mathématiques; [1] – [2] – [3] – [4] – [5] – [6]
- 18) Choisir la bonne fonction mathématique de transfert parmi celles présentées; [1] – [2] – [3] – [4] – [5] – [6]
- 19) En mode graphique, attribuer la fonction à la capsule; [1] – [2] – [3] – [4] – [5] – [6]
- 20) Sur la page d'accueil, identifier la fonction et l'appliquer à la variable délivrée par le transducteur. [1] – [2] – [3] – [4] – [5] – [6]

### Validation graphique du nouveau capteur en comparant sa mesure avec celle d'un étalon

- 21) En mode graphique, placer les deux capteurs l'un par rapport à l'autre; [1] – [2] – [3] – [4] – [5] – [6]
- 22) Mesurer la variation d'une même grandeur physique avec le capteur et l'étalon pour voir si les données prises sont identiques; [1] – [2] – [3] – [4] – [5] – [6]
- 23) Effectuer la modélisation des données; [1] – [2] – [3] – [4] – [5] – [6]
- 24) Effectuer un jugement critique sur la précision de capteur construit (plus le taux de variation tend vers 1, plus le capteur est précis). [1] – [2] – [3] – [4] – [5] – [6]

### Intégration de matière :

- 25) Suite à la réalisation d'un capteur, pensez-vous que l'élève différencie bien les trois matières intégrées dans l'activité (mathématique, sciences expérimentales et technologie)?  
OUI ou NON (encerclez)  
Expliquez.

---



---



---

- 26) On dit qu'il y a un apprentissage interdisciplinaire lorsqu'on utilise les savoirs et savoir-faire de plusieurs disciplines pour créer un nouveau niveau de compréhension qui n'aurait pas été possible dans une approche disciplinaire. D'après vous, cette activité est-elle un exemple valable d'apprentissage interdisciplinaire?  
OUI ou NON (encerclez)  
Expliquez.

---



---



---





## Questionnaire A (Groupe E3)

### Questionnaire d'évaluation de l'activité de construction de capteur : Projet de David Pellerin

Merci de répondre aux questions suivantes. Vos réponses sont confidentielles et me permettront d'améliorer le logiciel, le prototype et les différents protocoles.

#### Formation théorique sur le pont de mesure (diviseur de tension)

- 1) D'après vous, les rappels théoriques sur les circuits électriques (loi d'ohms, circuit en série, tension, résistance, etc.) sont-ils utiles pour comprendre la construction de capteurs? (Noircissez un des chiffres).
- Utile Inutile
- [1] – [2] – [3] – [4] – [5] – [6]
- 2) Les nouvelles notions de résistance variable et de pont de mesure sont-elles faciles à comprendre?
- Facile Difficile
- [1] – [2] – [3] – [4] – [5] – [6]

Expliquez pourquoi.

---

---

---

- 3) Quels sont les savoirs et savoir-faire que nous pourrions ajouter dans cette formation pour mieux vous préparer aux activités de construction de capteurs?

---

---

---

#### Protocole du capteur de température

- 1) Le protocole de construction du capteur de lumière vous semblait-il complet ?
- Complet Incomplet
- [1] – [2] – [3] – [4] – [5] – [6]
- 2) Le protocole de construction du capteur de lumière était-il clair?
- Clair Pas clair
- [1] – [2] – [3] – [4] – [5] – [6]

- 3) Quelle partie du protocole est la plus difficile à comprendre? Expliquez.

---

---

---

- 4) Pouvez-vous nous donner des suggestions pour améliorer ce protocole?

---

---

## Questionnaire B (Groupe E3)

### Questionnaire d'évaluation de l'activité de construction d'un capteur de température

Merci de répondre aux questions suivantes. Vos réponses sont confidentielles et me permettront d'améliorer le logiciel, le prototype et les différents protocoles.

5) Est-il facile de connecter la résistance variable (comme la thermistance ou la photorésistance) et la résistance fixe sur la capsule universelle à l'aide de la vis et des connecteurs? Facile Difficile  
[1] – [2] – [3] – [4] – [5] – [6]

6) Avez-vous des suggestions pour améliorer cette partie du prototype?

---

---

3) Comprenez-vous bien le principe de l'utilisation de la relation de causalité pour transformer une variable en une autre variable, par exemple, la transformation de la tension aux bornes de la thermistance en variation de température? Expliquez.

---

---

---

Est-il facile d'identifier : Facile Difficile

4) la relation de cause à effet (ex. : la température fait varier la tension); [1] – [2] – [3] – [4] – [5] – [6]

5) la variable dépendante; [1] – [2] – [3] – [4] – [5] – [6]

6) la variable indépendante; [1] – [2] – [3] – [4] – [5] – [6]

7) les facteurs contrôlés; [1] – [2] – [3] – [4] – [5] – [6]

8) Vous pouvez apporter des précisions sur vos difficultés :

---

---

---

Quel est le niveau de difficulté des différentes étapes suivantes :

9) Choisir le matériel nécessaire pour construire le capteur; [1] – [2] – [3] – [4] – [5] – [6]

10) Effectuer le dessin technique de mon capteur; [1] – [2] – [3] – [4] – [5] – [6]

11) Justifier chaque partie du capteur sur mon dessin technique; [1] – [2] – [3] – [4] – [5] – [6]

12) Souder les composants électroniques; [1] – [2] – [3] – [4] – [5] – [6]

13) Isoler les composants électroniques; [1] – [2] – [3] – [4] – [5] – [6]

14) Avez-vous trouvé intéressant d'effectuer la partie de conception (dessin technique, etc.)?

Oui ou non (Encerclez)

Pourquoi? Qu'est-ce que cela vous a permis d'apprendre en plus?

---

---

---

---

---

15) Avez-vous des commentaires ou des suggestions qui nous permettraient d'améliorer le prototype, le logiciel ou les protocoles?

---

---

---

---

16) À la prochaine séance, vous serez invité à écrire votre propre protocole de manipulations pour réaliser un capteur. Vous avez utilisé les différentes fonctions du logiciel qui vous seront utiles pour ce faire. Suite à la construction de vos deux premiers capteurs, vous sentez-vous en confiance pour réaliser cette prochaine activité?  
Oui ou non (encerclez)

Expliquez :

---

---

---

---

---

---

### Questionnaire C (Groupe E3) :

#### Questionnaire d'évaluation de l'activité de construction de capteur : Projet de David Pellerin

Merci de répondre aux questions suivantes. Vos réponses sont confidentielles et me permettront d'améliorer le logiciel, le prototype et les différents protocoles.

#### Connexion des composantes :

	Facile	Difficile
7) Sera-t-il facile, pour l'élève du secondaire, de connecter un transducteur (ex. : la thermistance) et une résistance sur la capsule universelle à l'aide de la vis et des connecteurs?	[1] – [2] – [3] – [4] – [5] – [6]	

8) Avez-vous des suggestions pour améliorer cette partie du prototype?

---

---

---

D'après vous, quel est le niveau de difficulté au niveau de la compréhension de chacune des étapes du processus de construction du capteur en ExAO.

	Facile	Difficile
9) Identification de la relation de cause à effet (ex. : la température fait varier la tension);	[1] – [2] – [3] – [4] – [5] – [6]	
10) Identification des variables lues par l'ordinateur et celles lues par l'utilisateur (entrée manuelle) (ex. : capteur vs thermomètre à alcool);	[1] – [2] – [3] – [4] – [5] – [6]	

#### Mise en œuvre

11) Construction du diviseur de tension: connexion du transducteur et de la résistance à la capsule universelle (le pourquoi on branche tel fil dans tel port de la capsule);	[1] – [2] – [3] – [4] – [5] – [6]
12) Branchement de la capsule universelle à l'interface;	[1] – [2] – [3] – [4] – [5] – [6]
13) S'assurer que le montage permette au transducteur et à l'étalon de mesurer la même grandeur physique.	[1] – [2] – [3] – [4] – [5] – [6]
14) Entrer une mesure manuellement dans le logiciel et peser sur enter pour prendre la mesure de la tension aux bornes du transducteur;	[1] – [2] – [3] – [4] – [5] – [6]
15) Utiliser l'outil modéliseur dans les outils mathématiques;	[1] – [2] – [3] – [4] – [5] – [6]
16) Choisir la bonne fonction mathématique de transfert parmi celles présentées;	[1] – [2] – [3] – [4] – [5] – [6]
17) En mode graphique, attribuer la fonction à la capsule;	[1] – [2] – [3] – [4] – [5] – [6]

18) Sur la page d'accueil, identifier la fonction et l'appliquer à la variable délivrée par le transducteur.

Facile [1] – [2] – [3] – [4] – [5] Difficile [6]

**Validation graphique du nouveau capteur en comparant sa mesure avec celle d'un étalon**

19) En mode graphique, placer les deux capteurs l'un par rapport à l'autre;

[1] – [2] – [3] – [4] – [5] – [6]

20) Mesurer la variation d'une même grandeur physique avec le capteur et l'étalon pour voir si les données prises sont identiques;

[1] – [2] – [3] – [4] – [5] – [6]

21) Effectuer la modélisation des données;

[1] – [2] – [3] – [4] – [5] – [6]

22) Effectuer un jugement critique sur la précision de capteur construit (plus le taux de variation tend vers 1, plus le capteur est précis).

[1] – [2] – [3] – [4] – [5] – [6]

**Intégration de matière :**

23) Suite à la réalisation d'un capteur, différenciez-vous les trois matières intégrées dans l'activité (mathématique, sciences expérimentales et technologie)?

OUI ou NON (encerclez)

Expliquez.

---

---

---

24) On dit qu'il y a un apprentissage interdisciplinaire lorsqu'on utilise les savoirs et savoir-faire de plusieurs disciplines pour créer un nouveau niveau de compréhension qui n'aurait pas été possible dans une approche disciplinaire. D'après vous, cette activité est-elle un exemple valable d'apprentissage interdisciplinaire?

OUI ou NON (encerclez)

Expliquez.

---

---

---

**Commentaires généraux**

25) Est-ce que cette activité a changé votre conception de la technologie telle qu'enseignée au secondaire? Expliquez.

---

---

---

26) De façon générale, comment avez-vous trouvé cette activité? Amusante, intéressante, etc.  
Recommanderiez-vous que cette activité ait lieu en classe de sciences et technologie à l'école?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

27) Avez-vous des commentaires ou des suggestions qui nous permettraient d'améliorer le prototype, le logiciel ou les protocoles?

---

---

---

---

Merci beaucoup de votre participation à ce projet de recherche.

David Pellerin

Le tableau II représente les réponses des 13 ( /27) étudiants universitaires qui ont rempli le questionnaire d'évaluation du projet distribué lors de la dernière séance et à remplir à la maison. Les questions posées leur demandaient de répondre sur une échelle numérique de 1 à 6. La signification de chaque échelon est définie dans le tableau pour chaque question. Par exemple, pour la question 1, les échelons vont de 1 à 6 (1-utile ; 2-assez utile ; 3-moyennement utile ; 4-moyennement inutile ; 5- assez inutile ; 6-inutile). Il faut appliquer la même logique pour les significations des autres échelons. Pour chaque question, nous avons indiqué la moyenne obtenue, le mode ainsi que la fréquence des réponses par regroupement, les 1 & 2, les 3 & 4 et les 5 & 6. Pour faciliter le repérage, nous avons coloré en gris les réponses correspondantes aux échelons 4 à 6.

Questions	Réponses des participants													Moy	Mode	Fréquence		
																1 & 2	3 & 4	5 & 6
Q1	1- Utile ; 6- Inutile													1,1	1	13	0	0
	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
Q2	1- Facile; 6- Difficile													2,7	3	6	5	2
	1	3	2	2	4	2	5	5	1	3	3	1	3					
Q4	1- Complet ; 6- Incomplet													1,2	1	13	0	0
	1	1	2	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1					
Q5	1- Clair ; 6- Pas clair													1,5	1	13	0	0
	1	2	2	2	2	1	2	2	1	1	1	1	1					
	1- Facile ; 6- Difficile																	
Q8	5	3	1	3	3	1	5	5	1	1	3	2	1	2,6	1	6	4	3
Q11	3	3	3	3	6	2	3	4	3	4	3	3	6	3,5	3	1	10	2
Q12	2	2	3	2	2	1	2	2	2	2	5	3	3	2,4	2	9	3	1
Q13	2	5	2	3	5	3	3	5	3	3	3	3	3	3,3	3	2	8	3
Q14	4	1	1	2	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1,5	1	12	1	0
Q15	2	3	2	4	3	5	4	2	1	3	5	3	1	2,9	3	5	6	2
Q16	1	1	1	3	1	1	3	2	1	1	1	1	2	1,5	1	11	2	0
Q17	1	2	6	2	2	1	2	3	1	1	4	1	3	2,2	1	9	3	1
Q18	3	4	4	3	3	1	4	4	1	1	3	2	5	2,9	3 & 4	4	8	1
Q19	1	3	1	2	2	1	1	4	×	1	4	1	3	2,0	1	8	4	0
Q20	1	3	2	2	2	2	5	3	1	1	×	2	1	2,1	2	9	2	1
Q21	1	3	1	2	2	2	5	2	3	2	2	2	2	2,2	2	10	2	1
Q22	1	2	1	2	1	1	4	2	2	1	4	3	2	2,0	1 & 2	10	3	0
Q23	2	3	1	3	2	1	2	4	1	1	3	3	1	2,1	1	8	5	0
Q24	2	4	1	3	4	3	2	5	1	1	4	4	5	3,0	4	5	6	2

Tableau II : Compilation des réponses avec échelle numérique (groupe E1/E2)



## Compilation des réponses écrites (Groupes E1 et E2)

### *Formation théorique sur le pont de mesure (diviseur de tension)*

**#2 : Les nouvelles notions de résistance variable et de pont de mesure sont-elles faciles à comprendre pour des élèves du secondaire? Expliquez pourquoi.**

- Cela permet à l'élève d'intégrer des connaissances en électricité, notamment sur les éléments de construction de circuit en parallèle et série, variation d'une résistance, etc.
- C'est la nature de la tension aux bornes de la résistance qui n'est pas facile. Comment la force des électrons peut-elle être altérée par la thermistance?
- Je crois que la notion en soi n'est pas si difficile, mais c'est comment une résistance va changer selon les différentes situations. Ex. : Il est facile de comprendre une thermistance puisque la température pourrait influencer la résistance de certains matériaux, mais pour le capteur de distance, l'angle des rayons qui influencent la résistance, c'est plus difficile à saisir pour tous.
- Je pense que ces notions ne seront pas difficiles à comprendre, car les élèves ont déjà des connaissances antérieures qui peuvent éclairer ces notions.
- La résistance variable est simple. Cependant faire le lien entre les deux résistances via le pont de mesure est plus complexe. C'est plus dur à saisir qu'ils sont dépendants.
- Oui, selon moi, une brève explication théorique sur les notions de résistance fixe ou variable est très suffisante pour que des élèves du secondaire puissent comprendre parce que ce n'est pas très compliqué à comprendre. Même une personne qui n'a jamais fait de physique pourrait comprendre avec une explication théorique.
- Tout dépend de leur compréhension initiale des résistances en général. Plusieurs personnes trouvaient l'électricité difficile en général et l'ajout de cette notion pourrait les mélanger.
- L'élément le plus complexe à comprendre était probablement de comprendre qu'un facteur extérieur pouvait avoir une influence sur la valeur qu'allait prendre la résistance.
- Ce sont de nouvelles notions pas nécessairement faciles à comprendre. Toutefois, le retour sur les notions antérieures ainsi que la continuité grâce à l'expérience faite avant permet de saisir les notions. Toutefois, je crois qu'un retour un peu plus long (qu'avec nous) doit être fait.
- Le plus complexe est la compréhension de la nécessité de mettre une résistance fixe dans le circuit.

**#3 : Quels sont les savoirs et savoir-faire que nous pourrions ajouter dans cette formation pour mieux préparer les élèves aux activités de construction de capteurs?**

- Des notions d'électronique qui rendraient plus concret le mécanisme derrière le fonctionnement des différentes résistances variables.
- Toutes les notions que vous nous avez données en début de cours ont aidé. Il serait peut-être bénéfique de les placer dans le protocole également.

- Une définition de capteurs, les types de capteurs, les fonctions de capteurs en question, un schéma détailler pour aider l'élève à comprendre le fonctionnement de capteur.
- Des schémas clairs avec les explications ou même les faire manipuler en même temps que les explications.
- Un rappel de la loi d'Ohm et peut-être un vidéo qui explique (montre la relation  $U=RI$  par exemple avec un réservoir d'eau), c'est quoi la tension, l'intensité du courant et la résistance.
- S'assurer que les élèves aient bien maîtrisé les notions de circuit électrique et de résistance.
- Un rappel des formules de base dans un circuit électrique pourrait être intéressant, considérant que nous ne manipulons pas tous ces équations au quotidien.
- Peut-être faire un exercice théorique sur des résistances variables ou bien trouver une illustration qui illustre ce principe.
- Montrer un schéma et expliquer la conception de la capsule électronique. Sinon, les 5 branchements ont l'air magiques.

### ***Protocole du capteur de température***

**#6 : Quelle partie du protocole serait la plus difficile à comprendre pour un élève du secondaire? Expliquez.**

- Les étapes de la transformation mathématiques et de l'assignation d'une équation de transformation au capteur, car elles sont abstraites.
- La connexion des fils sur la capsule universelle, il faut absolument qu'ils comprennent le fonctionnement.
- La connexion des fils.
- C'est la partie de branchement des fils, il y a plusieurs fils de couleurs différentes dont l'élève ignore la fonction.
- Je crois que les différents branchements et la création du capteur virtuel seraient le plus durs à comprendre étant donné que ce n'est pas communément enseigné.
- Juste les branchements au début de l'expérience. Mais au moins, ils peuvent valider leur circuit par le responsable du laboratoire.
- La partie où l'on doit créer électroniquement le capteur (régler la formule régissant ce capteur).
- La présence de la résistance fixe. Je ne suis pas tout à fait sûr de comprendre pourquoi elle est si importante.
- Le fonctionnement interne de la résistance et l'effet du changement de température sur celui-ci, car cela peut sembler dans un sens contre-intuitif.
- Ce qu'est un thermistor, comment la tension varie selon la température.

**#7 : Pouvez-vous nous donner des suggestions pour améliorer ce protocole?**

- Une meilleure explication des différentes connexions sur la capsule universelle.
- J'ajouterais plus d'images et de visuel (surtout pour la connexion).
- Expliquer le branchement des fils.

- Très bon, rien à ajouter.
- Un meilleur schéma du circuit.
- Combiné à la formation, ce protocole semble complet dans l'ensemble.
- Trouver une façon différente de trouver l'équation de causalité. L'outil Modéliseur du logiciel est très imprécis.
- Peut-être encore une préparation en classe sur le fonctionnement théorique de celui-ci ou bien une discussion de groupe sur l'application de ce capteur.
- Expliquer le fonctionnement du thermistor et de la capsule universelle.

***Connexion des composantes :***

**#9 : Avez-vous des suggestions pour améliorer cette partie du prototype?**

- Il est très difficile d'utiliser le tournevis et de visser sur la capsule universelle. Arrive fréquemment que les fils sortent pendant la manipulation de la capsule universelle. Nous étions trois et nous avons essayé les trois et il a fallu un bon 20 minutes avant de réussir.
- Faire correspondre les couleurs de la thermistance avec les couleurs des ports de la capsule universelle.
- Agrandir l'image de la capsule universelle, y mettre la couleur des fils, mettre plus en évidence les noms des connecteurs sur l'image.
- Peut-être avoir des fils déjà branchés (soudés) à la capsule. L'élève d'aurait qu'à relier ces fils au circuit et non travailler avec la vis qui demande une certaine dextérité et délicatesse.
- Avoir à sa disposition du matériel moins susceptible au bris. Les élèves du secondaire ne sont pas toujours très doux avec le matériel de laboratoire et ExAO est excessivement fragile.
- Pas vraiment. Je crois plutôt que la difficulté vient de la manipulation de ces petites pièces. De plus, le capteur ExAO semble un peu fragile donc il peut être difficile pour les élèves de ne pas visser trop fort.
- Faire une démonstration et expliquer le contenu de la capsule.

***Transformation d'une grandeur physique***

**#10 : À votre avis, est-ce qu'un élève du secondaire peut comprendre le principe de l'utilisation de la relation de causalité pour transformer une variable en une autre variable, par exemple, la transformation de la tension aux bornes de la thermistance en variation de température? Expliquez.**

- Oui, en expérimentant, il comprendra que la tension aux bornes varie et que cette variation peut servir à mesurer de la température. Ayant vu tous les concepts en électricité, les élèves pourront comprendre.
- Il pourrait être difficile à comprendre pour un élève étant donné que c'est un ensemble de plusieurs connaissances différentes en électricité.
- Oui s'il se charge de l'étalonnage du capteur, il peut facilement voir la causalité. Par contre, le fonctionnement de la résistance variable bénéficierait de plus d'explications.

- Oui, mais je crois que c'est difficile. Le fait de l'expérimenter en laboratoire aidera grandement.
- C'est assez complexe à comprendre (même pour moi). Il faudrait plus d'explications et de démonstrations sur le sujet.
- Il faudrait expliquer comment le fonctionnement se produit (la transformation d'une variable en une autre variable) cela pourrait être plus compliqué à comprendre pour les élèves du secondaire.
- Je crois que ce n'est qu'une manière d'appliquer ce qu'ils doivent déjà acquérir comme savoirs. Ainsi, ils devraient pouvoir y arriver à une certaine échelle s'ils sont bien préparés.
- Avec des étapes de manipulations détaillées, un élève du secondaire pourrait ne pas comprendre comment une équation de causalité peut être utilisée pour transformer un capteur.
- Je crois que oui. En effet, en comparant avec des objets de la vie courante, par exemple, la transformation de données par ordinateur, les élèves peuvent bien saisir ce type de transformation.
- Oui, mais la relation doit être clairement expliquée et il doit voir cette relation soit par ce qu'il connaît ou par expérimentation.

***Intégration de matière :***

**#25 : Suite à la réalisation d'un capteur, pensez-vous que l'élève différencie bien les trois matières intégrées dans l'activité (mathématique, sciences expérimentales et technologie)? OUI ou NON (encerclez) Expliquez.**

- Je crois que oui, mais certains élèves vont demander beaucoup d'aide. Il est important qu'ils soient en équipe de deux, peut-être trois.
- Oui, les étapes sont claires, les élèves utilisent ces trois moyens dans l'expérience.
- Oui, les fonctions mathématiques pour la modélisation, les relations entre tension, thermistance et résistance pour physique et conception pour technologie.
- Non, et c'est bien comme cela si on force l'étudiant à faire des maths, il va s'en rendre compte, s'il a besoin des maths, il fera sans s'en rendre compte.
- Dès qu'il est question de formule ou de graphique, la plupart des élèves vont penser aux maths et les appareils de mesure feront référence aux technologies tandis que les manipulations seront perçues comme de la science expérimentale.
- Oui, je crois qu'ils pourront distinguer les trois matières. De plus, je crois qu'ils verront qu'il est bénéfique de mélanger plusieurs disciplines ensemble et que tout est relié.
- L'élève peut comprendre que l'activité intègre trois matières, puisqu'il utilise les graphes (maths), et la technologie, car il utilise l'ordinateur et les sciences expérimentales pour la chimie.
- Non, il est dur de trouver la partie mathématique dans la réalisation d'un capteur. Il n'est pas assez isolé.
- Je crois que l'élève différenciera bien les sciences parce qu'il est dans un cours de sciences et la technologie par l'utilisation du logiciel ExAO et l'ordinateur. Cependant, je ne crois

pas qu'il remarquera qu'il fait également des mathématiques par l'utilisation de l'équation de la droite.

- Je crois que la distinction la plus difficile serait entre les sciences expérimentales et la partie technologie, particulièrement dans cette expérience où la partie science est un circuit de même que l'aspect technologique.
- Oui, car le protocole est bâti de façon à séparer ces trois matières.
- La technologie fait maintenant partie intégrale de la vie des jeunes. Je crois qu'il est plus facile pour eux de voir l'intégration de celle-ci dans l'univers des sciences que l'inverse. En effet, je crois qu'un élève qui n'a jamais vu un laboratoire considère qu'il est normal d'avoir ce type de données ainsi que de prise de mesure.
- Je crois qu'ils sont tellement ensemble que l'élève le voit comme un tout qui tend plutôt vers la technologie.

**#26 : On dit qu'il y a un apprentissage interdisciplinaire lorsqu'on utilise les savoirs et savoir-faire de plusieurs disciplines pour créer un nouveau niveau de compréhension qui n'aurait pas été possible dans une approche disciplinaire. D'après vous, cette activité est-elle un exemple valable d'apprentissage interdisciplinaire?**

**OUI ou NON (encerclez) Expliquez.**

- Effectivement, les élèves doivent utiliser des connaissances et des compétences vues en physique (électricité), en mathématiques (quantifier et qualifier une relation entre deux variables) et technologique (assemblage).
- Oui, dans l'expérience, on relie la mathématique avec la technique et la physique, la chimie, la biologie, etc., mais il faut bien réfléchir pour comprendre le processus.
- Pourquoi analyser cette activité selon une approche disciplinaire, il faut plutôt analyser son caractère interdisciplinaire qui n'est pas synonyme de non-disciplinaire.
- Quiconque a la possibilité de tester « hand on » une idée, une hypothèse, une théorie aura une compréhension et un souvenir de celles-ci beaucoup plus complet.
- Oui, on touche plusieurs notions qu'on doit combiner pour accéder à l'expérience et la réussir.
- Oui, parce que nous mélangeons les sciences aux mathématiques. Donc c'est un apprentissage interdisciplinaire.
- Si sciences et technologies sont considérées comme des disciplines distinctes, je crois qu'on peut effectivement dire que c'est un projet interdisciplinaire. Cependant, si l'interdisciplinarité est entre les sciences et les maths, je ne crois pas que ce projet a un apport très interdisciplinaire.
- L'emploi des mathématiques est essentiel pour ce laboratoire, principalement dans l'interprétation de la relation de causalité.
- J'ai l'impression que la matière prédominante est les sciences, mais j'aimerais nuancer ma réponse puisque naturellement, les mathématiques sont requises. Toutefois, je ne parviens pas à remarquer l'intégration d'autres matières.
- Oui, les sciences, la techno et les mathématiques sont vraiment très bien intégrées et sont toutes importantes dans ce projet.

## **Commentaires généraux**

**#27 : Est-ce que cette activité a changé votre conception de la technologie telle qu'enseignée au secondaire? Expliquez.**

- Oui, mais je ne sais pas si ExAO serait facile d'utilisation avec ces élèves. Il faudrait faire des expériences préalables aux élèves avant d'en arriver à cette étape.
- Oui, avant je pensais que la technologie c'est pour les ouvriers qui utilisent dans leurs fabrications. Maintenant, je pense qu'en fait, dans un cours, on peut apprendre à un élève pour comprendre son application.
- On se souviendra des expériences en ExAO lorsque ce sera à nous de choisir le contenu d'un cours.
- Oui c'était des notions que je voyais mal comment l'intégrer au laboratoire. Cela me donne une nouvelle perspective.
- Je vois qu'il est possible d'étudier un phénomène d'une autre façon que la manière traditionnelle.
- Il est certain qu'un tel projet peut offrir bien des ouvertures si l'accès au matériel est présent.
- Non, puisque j'étais déjà habitué à l'ExAO. Quand j'ai découvert l'ExAO, cela a changé ma conception, mais lors de cette activité, j'ai trouvé que ce n'était que la continuité de ce que j'avais vu.
- Oui, il manque de « robotique » et de notions d'électronique au secondaire.

**#28 : De façon générale, comment avez-vous trouvé cette activité?**

- Très bonne formation.
- Dans l'enseignement, surtout en physique, il y a beaucoup de lois qui s'expliquent avec la mathématique, donc on peut réfléchir pour mettre en activité.
- Intéressante dans la mesure où on se rend compte qu'il est possible de transformer une tension en valeur numérique.
- Sans but : il faudrait créer un capteur dans le but de l'utiliser, il faut que le capteur puisse faire quelque chose que le thermomètre ne peut pas faire.
- Intéressante puisqu'elle nécessitait une bonne compréhension du logiciel et des outils disponibles. Elle permettait également de faire des liens avec des objets qui nous entourent.
- Très bien. Vous nous avez beaucoup guidés et cela m'a beaucoup aidé. Je sens que j'ai appris des choses et j'ai vu également la différence entre les résultats de mes deux laboratoires.
- J'ai trouvé cette activité très intéressante, j'ai compris beaucoup de notions en physique.
- Très enrichissante et donne de nouvelles idées de laboratoire.
- Je l'ai trouvée intéressante parce que je n'avais jamais étudié la loi d'Ohm avec des capteurs ou avec le logiciel ExAO. C'est une technique rapide et simple.
- J'ai personnellement trouvé intéressant d'en apprendre plus sur les résistances variables et sur le mécanisme, enseigné dans la formation, qui m'était inconnu jusqu'à présent.

- Intéressante. C'était la première fois que je me servais d'une résistance variable.
- Pertinente et à l'image de ce que je pourrais faire au secondaire (si j'ai le matériel bien sûr).
- Répétitive et enrichissante, mais je trouve que certaines étapes ou certaines fonctions du logiciel pourraient être plus claires.

**#29 : Pensez-vous que l'ExAO favorise la compréhension de la démarche expérimentale par l'élève?**

- Cela dépend du niveau d'utilisation que l'élève est capable de faire. Cela peut aider.
- Bien sûr, c'est un excellent moyen pour que l'élève découvre par lui-même.
- Je ne suis pas convaincu, car le système prend trop de liberté, notamment au niveau de l'inversion des axes.
- L'utilisation hebdomadaire de l'ExAO permet, je crois, de franchir des obstacles de conceptions qui habituellement, pourraient freiner plusieurs élèves du secondaire. Par contre, une bonne compréhension du système est primordiale.
- Oui, tout à fait. Je crois que vous devriez continuer à l'exploiter. Ce programme aidera beaucoup de jeunes.
- Oui, car il facilite la manipulation et l'ExAO donne des résultats précis.
- Sur certains points, mais je trouve que ça facilite un peu les choses pour eux. Toutefois, ils peuvent passer plus de temps à la compréhension.
- Je crois que ça peut la favoriser parce que c'est plus intéressant d'utiliser des logiciels informatiques parce que dans cette génération la technologie nous interpelle beaucoup.
- Si l'élève est déjà à l'aise avec l'ExAO, ce projet peut effectivement favoriser sa compréhension. Cependant, si le logiciel lui est inconnu, il risque de passer plus de temps sur la compréhension du logiciel et ses fonctionnalités que le projet en tant que tel.
- Non, car le logiciel n'est pas simple d'utilisation et complexifie la moindre expérience. L'interface est excessivement sensible et les élèves pourraient passer davantage de temps à essayer de comprendre le logiciel que l'expérience en cours.
- Oui, car cela n'est que la progression naturelle de la science; soit l'intégration de la technologie dans celle-ci. La prise de mesure instantanée par l'ordinateur rajoute un caractère de crédibilité à l'ensemble de l'expérience selon moi.
- Oui dans certains cas (les plateaux de chaleur latente par exemple), mais parfois, l'utilisation du logiciel prend toute la place et on oublie la théorie.

**#30 : Avez-vous des commentaires ou des suggestions qui nous permettraient d'améliorer le prototype, le logiciel ou les protocoles?**

- La construction du capteur doit répondre à un besoin, il doit être nécessaire et ne puisse pas être aisément remplacé par un matériel analogique.
- Pour ce qui est des protocoles, augmenter la grosseur des images et la résolution aiderait à la compréhension. Hormis ce point, cela me semblait très bien.
- Juste bien expliquer au début les branchements du circuit et comment se déroule la transformation d'une variable à une autre.

- Trouver une façon d'adapter ce projet aux écoles qui n'ont pas accès à l'ExAO.
- Le logiciel ExAO est excessivement complexe à utiliser et complexifie toutes les expériences où il est utilisé. L'outil modéliseur, bien qu'utilisé souvent, est beaucoup trop imprécis pour ce qu'on lui demande de faire.
- Je comprends que l'idée est d'avoir une interface peu coûteuse, mais je trouve celle-ci un peu fragile dans l'ensemble. J'ai l'impression qu'il y aurait peut-être plusieurs bris dans une classe du secondaire. Le logiciel a des fonctions intéressantes, mais l'interface n'est pas nécessairement « user friendly ». En effet, je trouve que certaines fonctions sont cachées à de drôles d'endroits. Par exemple, comment deviner que je dois cliquer sur le rectangle blanc pour avoir accès au modéliseur et ainsi de suite. En effet, je trouve qu'il serait plus habituel d'avoir un bouton "option mathématique" ou quelque chose du genre dans ce rectangle pour indiquer que j'ai accès à ces fonctions à cet endroit. En effet, je trouve que le programme semble complet une fois qu'on sait manipuler celui-ci, mais que pour quelqu'un qui ne se fait pas expliquer celui-ci, ce sera ardu.
- Clarifier le logiciel, par exemple ajouter des fonctions pour ajouter des titres d'axes ou de graphiques.



Le tableau III représente les réponses des six élèves du secondaire aux différents questionnaires d'évaluation distribués lors des séances. Ils ont rempli ce questionnaire en trois parties (A, B et C).

Évaluation de la formation et du luxmètre (A)								Fréquence			
Questions	Réponses						Moy	Mode	1 & 2	3 & 4	5 & 6
Q1	1- Utile ; 6- Inutile						1,2	1	5	0	0
	2	1	1	1	1	⊗					
Q2	1- Facile ; 6- Difficile						2	1 & 3	3	2	0
	2	3	1	3	1	⊗					
Q4	1- Complet ; 6- Incomplet						1,4	1	5	0	0
	2	1	2	1	1	⊗					
Q5	1- Clair ; 6- Pas clair						1,4	1 & 2	5	0	0
	1	2	2	1	1	⊗					
Évaluation de la construction du thermomètre (B)								Fréquence			
Questions	Réponses						Moy	Mode	1 & 2	3 & 4	5 & 6
	1- Facile ; 6- Difficile										
Q1	1	2	1	3	3	3	2,2	3	3	0	
Évaluation globale de la construction de capteur (C)								Fréquence			
Questions	Réponses						Moy	Mode	1 & 2	3 & 4	5 & 6
	1- Facile ; 6- Difficile										
Q1	1	3	1	1	3	3	2,0	1	3	3	0
Q3	2	2	1	1	3	3	2,0	Aucun	4	2	0
Q4	2	3	1	1	2	3	2,0	Aucun	4	2	0
Q5	2	3	2	1	1	3	2,0	Aucun	4	2	0
Q6	1	1	1	1	1	2	1,2	1	6	0	0
Q7	3	1	1	1	1	3	1,7	1	4	2	0
Q8	1	2	1	1	2	2	1,5	1	6	0	0
Q9	1	1	1	1	2	3	1,5	1	5	1	0
Q10	1	1	1	1	1	3	1,3	1	5	1	0
Q11	1	1	1	1	2	3	1,5	1	5	1	0
Q12	1	2	1	1	2	4	1,8	1	5	1	0
Q13	1	2	1	1	3	3	1,8	1	4	2	0
Q14	1	2	1	1	2	4	1,8	1	5	1	0
Q15	1	1	1	1	1	3	1,3	1	5	1	0
Q16	1	2	1	1	3	3	1,8	1	4	2	0

**Tableau III** : Compilation des réponses avec échelle numérique (groupe E3)

## Compilation des réponses écrites (Groupe E3)

### Questionnaire d'évaluation, partie A

#### *Formation théorique sur le pont de mesure (diviseur de tension)*

**#2 : Les nouvelles notions de résistance variable et de pont de mesure sont-elles faciles à comprendre? Expliquez pourquoi.**

- Elles sont très faciles à comprendre dans la mesure où l'on possède déjà des notions d'électricité.
- Le cours est bien construit.
- Condensé et rapide, mais normal vu le temps imparti pour la formation et la construction du luxmètre dans la même séance.

**#3 : Quels sont les savoirs et savoir-faire que nous pourrions ajouter dans cette formation pour mieux préparer les élèves aux activités de construction de capteurs?**

- Tout est là.

#### *Protocole du capteur de lumière*

**#6 : Quelle partie du protocole est la plus difficile à comprendre? Expliquez.**

- Le moment où il fallait appliquer la fonction d'étalonnage.
- Une meilleure compréhension du logiciel utilisé.
- Quand il faut paramétrer le capteur universel (lui donner une fonction en page d'accueil à la fin et sélectionner la fonctionnalité de transformation au début).
- Trop de texte condensé sur la première page, facile de manquer une information.
- Application de la règle à la capsule universelle.

**#7 : Pouvez-vous nous donner des suggestions pour améliorer ce protocole?**

- Il faudrait mieux expliquer l'étape de l'application de la fonction au capteur en page d'accueil.
- Être plus clair pour les étapes correspondantes au logiciel.
- Mieux utiliser l'espace physique des pages de papier.

## **Questionnaire d'évaluation, partie B**

### **#2 : Avez-vous des suggestions pour améliorer cette partie du prototype?**

- Lorsque j'ai voulu connecter le fil rouge et la résistance dans la prise signal, l'épaisseur des fils n'était pas la même et j'ai dû les écraser pour qu'ils soient mordus.
- Un fil plus grand que l'autre empêche de bien fermer.
- Une entrée similaire au breadboard.

### ***Transformation d'une grandeur physique***

### **#3: Comprenez-vous bien le principe de l'utilisation de la relation de causalité pour transformer une variable en une autre variable, par exemple, la transformation de la tension aux bornes de la thermistance en variation de température? Expliquez.**

- Oui, car la relation de causalité était bien expliquée par l'enseignant.
- Oui, il s'agit de lier la valeur d'une variable dépendante en fonction d'une autre variable (soit captée, soit entrée manuellement).
- Oui, ça a été assez bien expliqué pour que je comprenne tout.
- Un peu, mais je comprends comment le faire.

### **#8 : Vous pouvez apporter des précisions sur vos difficultés.**

- Il m'a été difficile de réussir un bon capteur de température lié au thermomètre à alcool.
- La gaine isolante pour protéger les circuits était trop grosse, donc trop lousse sur les composants.
- J'ai de la misère à faire les facteurs (variables dépendantes, indépendantes et facteurs contrôlés).

### ***Phase de conception***

### **#14 : Avez-vous trouvé intéressant d'effectuer la partie de conception (dessin technique, etc.)? Oui ou non (Encerclez) Pourquoi? Qu'est-ce que cela vous a permis d'apprendre en plus?**

- Oui, cela permet de mettre sur papier mes idées.
- Oui, je comprends mieux lorsque j'ai un support visuel pour m'aider à la fabrication.
- Oui, cela permet de prévoir la construction, de visualiser et de se rendre compte de la mise en œuvre.
- Oui, cela permet de mieux comprendre toutes les contraintes qui rentrent dans la conception d'un capteur efficace.
- Oui, car le dessin c'est plus facile à se souvenir.

### **#15 : Avez-vous des commentaires ou des suggestions qui nous permettraient d'améliorer le prototype, le logiciel ou les protocoles?**

- Non, c'est juste le fun à faire.

**#16 : À la prochaine séance, vous serez invité à écrire votre propre protocole de manipulations pour réaliser un capteur. Vous avez utilisé les différentes fonctions du logiciel qui vous seront utiles pour ce faire. Suite à la construction de vos deux premiers capteurs, vous sentez-vous en confiance pour réaliser cette prochaine activité?**

**Oui ou non ? (Encerclez) Expliquez :**

- Oui, il me semble que tout ce que j'ai appris est suffisant pour faire les deux prochains capteurs.
- Oui et non. Je trouve que je maîtrise assez bien le logiciel, mais l'appui d'un protocole est toujours mieux afin de mieux comprendre le laboratoire.
- Non, je ne suis pas certain d'être totalement autonome sur les étapes à suivre.
- Oui, les démarches sont toutes semblables, je suis confiant de pouvoir réitérer les étapes.
- Oui, parce que j'ai plus confiance en moi maintenant suite aux 2 premiers capteurs.

## Questionnaire d'évaluation, partie C

### ***Connexion des composantes :***

#### **#2 : Avez-vous des suggestions pour améliorer cette partie du prototype?**

- C'est facile sauf pour la thermistance qui a nécessité beaucoup d'effort pour effectuer la connexion.
- La compréhension du diviseur de tension pourrait être plus difficile pour certains élèves.
- L'utilisation du breadboard.

### ***Intégration de matière :***

#### **#17 : Suite à la réalisation d'un capteur, différenciez-vous les trois matières intégrées dans l'activité (mathématique, sciences expérimentales et technologie)?**

##### **OUI ou NON (encerclez) Expliquez.**

- Oui, la partie mathématique est quand on fait les graphiques, la technologie quand on entre les données manuellement et sciences expérimentales, c'est quand on fait le montage.
- Oui, les sciences expérimentales associées au maths et à la physique permettent le développement de la technologie (ici on construit une partie du capteur, on détermine  $P=aU$  et on obtient un capteur.
- Il y a de la modélisation graphique (mathématique), le montage (sciences expérimentales) et l'apprentissage de la création de capteurs (technologie).
- Oui, les maths pour les fonctions, sciences expérimentales pour les graphiques et la théorie, la technologie pour les branchements.

#### **#18 : On dit qu'il y a un apprentissage interdisciplinaire lorsqu'on utilise les savoirs et savoir-faire de plusieurs disciplines pour créer un nouveau niveau de compréhension qui n'aurait pas été possible dans une approche disciplinaire. D'après vous, cette activité est-elle un exemple valable d'apprentissage interdisciplinaire?**

##### **OUI ou NON (encerclez) Expliquez.**

- Oui, on apprend comment utiliser la technologie pour réaliser différents capteurs.
- Oui, bien que présentes, les notions de mathématiques et physiques ne sont pas d'une extrême importance. Selon moi, c'est un cours de technologie.
- Oui, cette activité permet de travailler plusieurs notions efficacement et rapidement.
- Oui, car on comprend mieux comment fonctionne des capteurs que nous pouvons utiliser dans la vie courante.

### ***Commentaires généraux***

#### **#19 : Est-ce que cette activité a changé votre conception de la technologie telle qu'enseignée au secondaire? Expliquez.**

- Cette activité m'a aidé à comprendre les différences entre les différentes variables.

- Oui, car il n’y a pas de cours de technologie à mon école.
- Oui, la création de nouvelles technologies est plus simple que ce qui semble être fait au secondaire.
- Non, j’avais déjà une solide base en sciences et techno.
- Oui, car elle m’a permis de voir réellement comment fonctionne la conception d’un capteur.

**#20 : De façon générale, comment avez-vous trouvé cette activité? Amusante, intéressante, etc. Recommanderiez-vous que cette activité ait lieu en classe en sciences et technologie à l’école?**

- J’ai trouvé cette activité intéressante parce que j’ai appris le fonctionnement de plusieurs types de capteurs utilisé dans la technologie de nos jours. Elle était aussi amusante. Je recommanderais fortement cette activité pour qu’elle ait lieu en classe de sciences et technologie à l’école.
- C’est une activité particulièrement amusante et intéressante, elle nous permet de comprendre les outils des classes de physique et de biologie. Enseigner au secondaire, cette matière pourrait se révéler longue à maîtriser pour certain. Par contre, au cégep en programmes de sciences, il constituerait une base importante pour tout travail de laboratoire.
- J’ai trouvé cette expérience \*inclure ici tous les adjectifs mélioratifs possibles\*. En effet, c’est une chose que l’on ne voit pas nécessairement en classe. Je recommande donc vivement cette activité soit bien en classe de sciences et technologies à l’école.
- Oui, j’ai aimé cette activité, je recommanderais cette activité à mon école puisqu’elle pourrait permettre à des élèves de mieux comprendre les sciences qui les entourent.
- C’est vraiment amusant et intéressant parce que j’ai appris de nouvelles choses.
- Oui, amusante et surtout constructive. Selon moi, l’intégration en classe serait bien car elle nous permettrait de mieux comprendre comment des outils technologiques sont conçus.

**21 : Avez-vous des commentaires ou des suggestions qui nous permettraient d’améliorer le prototype, le logiciel ou les protocoles?**

- Pour améliorer le logiciel, je dirais de plus travailler sur la fonction retour pour effacer les erreurs (ctrl+Z).
- Pour appliquer la fonction de transformation, il faut se souvenir où cliquer sur la page d’accueil.
- Quand tu désires ouvrir ton capteur sur une fonctionnalité, les noms sont complexes à choisir, tu pourrais les rendre plus explicite : « valider ce capteur avec : entrée manuelle, autre capteur ».
- Quand tu transforme ton capteur, tu le fais en fonction de la tension alors qu’en réalité c’est l’inverse : tu étudies la tension en fonction d’une autre variable. Pour l’élève cela pourrait être mélangeant.
- Encourager le côté « user-friendly » du logiciel.

# **Annexe X :**

## **Rapports écrits d'examen pratique de laboratoire évalués**

Note : Sur les copies des sujets, lorsqu'elle est présente la recorection en rouge prime sur la correction initiale en bleu.

Nom de l'ÉTUDIANT :

**Sujet 1**

27/30 90%

**IMPORTANT :** Sur le bureau de l'ordinateur, créez un dossier à votre nom et prénom, pour y enregistrer vos résultats graphiques sous le format `.xao3`. Dans ce dossier, vous devez aussi créer un document WORD dans lequel vous devez seulement coller certains graphiques spécifiquement identifiés dans ce document. Vous êtes responsable de remettre ce dossier à David. Une fois le dossier récupéré, **David vous donnera l'autorisation de quitter.**

### CONSTRUCTION D'UN CAPTEUR DE PRESSION

#### Mise en situation

Dans ce laboratoire, vous devez construire un capteur de pression à l'aide d'un transducteur électronique dont la tension aux bornes varie en fonction de la déformation de sa membrane interne lorsque celle-ci subit la pression d'un gaz. Pour ce faire, vous devez étudier la relation de causalité qui existe entre la pression d'un gaz et la tension délivrée par le transducteur.

Vous devez compléter les différentes sections de ce présent rapport.

**Matériel** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)

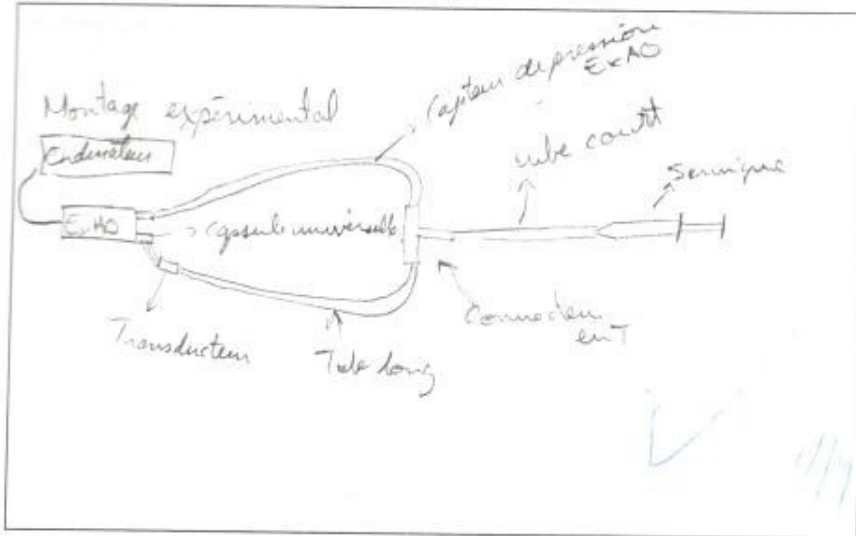
Pour réaliser votre tâche, nous mettons à votre disposition le matériel qui est dans le panier. Faites la **liste du matériel que vous utilisez** pour construire votre capteur:

Matériel informatique:	Matériel de laboratoire:
- Ordinateur ✓	- Seringue de 10ml ✓
- logiciel ExAO	- 2 tubes (1 court, 1 long) ✓
- Interface ExAO ✓	- 1 connecteur à double entrée
- Capteur de pression ExAO 1500 Pa ✓	- 1 mine - tournevis
- Transducteur électronique ✓	
- Capteur universelle ExAO ✓	



**Schéma de montage** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)

Dessinez le montage et identifiez chacune des parties de celui-ci:



**Question – Précaution :**

Lors de l'expérience, que ferez-vous pour protéger le capteur d'une trop grande pression?

Puisque la limite du capteur ExAO est de 1500 hPa  
je ne dépasserai pas 1200 hPa au cours de l'expérience

**Construction du capteur:**

Énoncez les procédures à suivre pour la construction et la validation de votre capteur de pression. Si vous manquez de lignes pour les procédures, utilisez le verso de la feuille. Numérotez les étapes et soyez précis. Par exemple, précisez les paramètres d'expérimentation que vous utiliserez en mode *Graphique*, de même que les outils mathématiques utilisés pour effectuer l'analyse et la validation.

1. Effectuer le montage tel que présenté dans la section *schéma de montage*.
2. Déterminer la relation entre la pression d'un gaz et la tension aux bornes du transducteur, cliquez sur la barre d'outils du capteur universel afin de faire apparaître la fonction ... complétez ici... :

Transformer ce capteur en déterminant une relation de  
causalité / avec une variable mesurée par l'ExAO.  
*Normal*

**ATTENTION, il est INTERDIT d'utiliser l'icône «capsule universelle» en haut de la page d'accueil pour créer votre capteur de pression.**

Construction du capteur

1- À l'aide des mini-tournevis, connectez à la capsule universelle le fil rouge du transducteur dans le port 5V, le fil noir dans le port 0V, et le fil blanc dans le port S.

2- Connectez le long tube au transducteur à l'endroit prévu à cet effet.

Construction du montage.

3- Connectez le capteur de pression EXAO et le nouveau capteur à l'interface EXAO.

Notez l'équation mathématique correspondante :

$$P = 534,508 \times (U_{\text{mes}}) - 63,149$$

Copier-coller le graphique d'étalonnage dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

**VALIDATION du capteur de pression**

10- Remplacez la seringue à 0 ml.

12- Cliquez sur l'onglet Graphique de la page d'accueil du logiciel E-AC.

13- Pour l'axe des x, sélectionnez « Mémoire O/sec ».

14- Dans sélectionnez « Mémoire O/sec » et réglez l'acquisition de données à 75 kPa.

15- Lancez l'acquisition de données et tirez sur la seringue.

Copier-coller le graphique de validation dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

jusqu'à 10 ml. Arrêtez l'acquisition.

16- À l'aide de l'outil mathématique de la droite obtenue → quelle est la

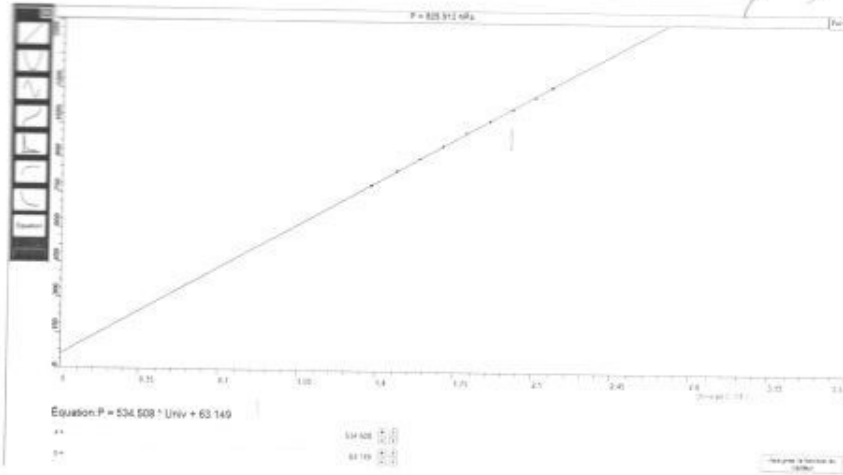
\* 11 - à l'aide du clic droit, cliquez la fonction de confirmation au nouveau capteur de pression. Attention, bien que l'E-AC affiche la valeur en V, il s'agit désormais de kPa.

- 4- Connectez les 2 capteurs de pression sur le tube opposés au connecteur en T.
- 5- Connectez la seringue au connecteur en T à l'extrémité du tube court. Assurez-vous que le volume de la seringue soit à 0 ml.  
Étalonnage
- 6- Lancez le logiciel ExAO, et à l'aide du clic droit de la souris, sélectionnez la fonction "transformer le capteur en" en définissant une causalité avec une variable mesurée par ExAO.
- 7- Lorsque la fenêtre s'ouvrira, dans l'onglet paramètre, réglez l'acquisition de données pour chaque variation de 0,1 V.
- 8- Démarrez l'acquisition de données et tirez sur la seringue jusqu'à 0 ml. Arrêtez l'acquisition.
- 9- À l'aide de l'outil mobilisateur, sélectionnez la fonction droite de l'outil et déterminez l'équation de la droite obtenue. Notez cette équation et assignez-la au capteur en cliquant sur le bouton prévu à cet effet au bas à droite.

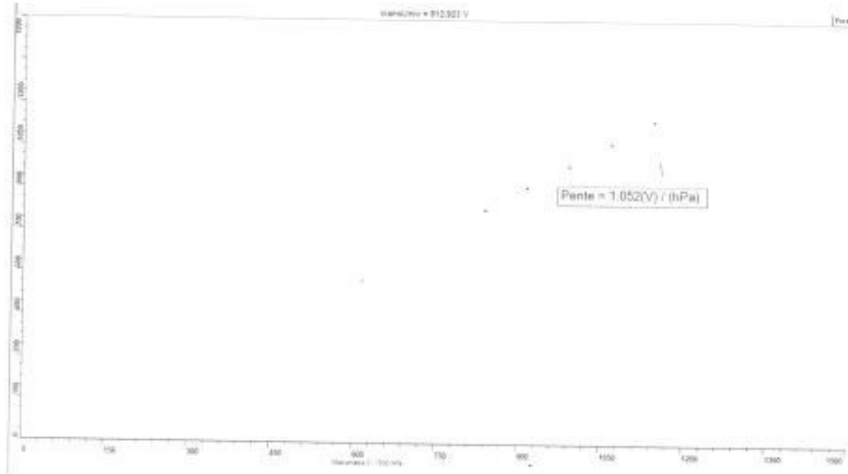
23/04/2015  
DST3000

Examen Pratique – DST 3000

Graphique 1 : Étalonage du nouveau capteur de pression



Graphique 2 : Validation du nouveau capteur de pression



14/30 = 46,7%

Nom de l'ÉTUDIANT :

Sujet 2

**IMPORTANT :** Sur le bureau de l'ordinateur, créez un dossier à votre nom et prénom pour y enregistrer vos résultats graphiques sous le format .xao3. Dans ce dossier, vous devez aussi créer un document WORD dans lequel vous devez seulement coller certains graphiques spécifiquement identifiés dans ce document. Vous êtes responsable de remettre ce dossier à David. Une fois le dossier récupéré, David vous donnera l'autorisation de quitter.

### CONSTRUCTION D'UN CAPTEUR DE PRESSION

#### Mise en situation

Dans ce laboratoire, vous devez construire un capteur de pression à l'aide d'un transducteur électronique dont la tension aux bornes varie en fonction de la déformation de sa membrane interne lorsque celle-ci subit la pression d'un gaz. Pour ce faire, vous devez étudier la relation de causalité qui existe entre la pression d'un gaz et la tension délivrée par le transducteur.

Vous devez compléter les différentes sections de ce présent rapport.

**Matériel** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)

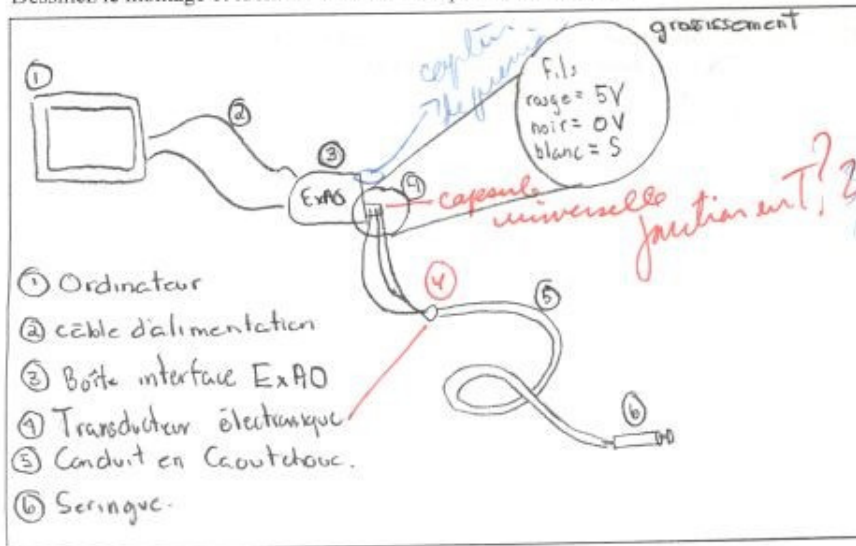
Pour réaliser votre tâche, nous mettons à votre disposition le matériel qui est dans le panier. Faites la **liste du matériel que vous utilisez** pour construire votre capteur:

Matériel informatique:	Matériel de laboratoire:
- Boîte d'interface ExAO ✓	- Seringue de pression ✓
- Capteur pression ExAO ✓	- Tuyau cylindrique en plastique ✓
- Transducteur électronique (tension aux bornes variable) ✓	- 2 petits tuyaux de plastique à 3 conduits ✓
- Fil d'alimentation.	- Crayon et efface.
- <i>capteur universel?</i>	- clé à vis ✓
...	- <i>crayon en T</i> ✓
	- <i>crayon &amp; efface</i>

13/4

2

**Schéma de montage** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)  
 Dessinez le montage et identifiez chacune des parties de celui-ci:



**Question – Précaution :**

Lors de l'expérience, que ferez-vous pour protéger le capteur d'une trop grande pression?

Éviter de faire un changement de pression (hPa) trop brusque. Il faut y aller graduellement.

**Construction du capteur:**

Énoncez les procédures à suivre pour la construction et la validation de votre capteur de pression. Si vous manquez de lignes pour les procédures, utilisez le verso de la feuille. Numérotez les étapes et soyez précis. Par exemple, précisez les paramètres d'expérimentation que vous utiliserez en mode *Graphique*, de même que les outils mathématiques utilisés pour effectuer l'analyse et la validation.

1. Effectuer le montage tel que présenté dans la section *schéma de montage*.
2. Déterminer la relation entre la pression d'un gaz et la tension aux bornes du transducteur, cliquez sur la barre d'outils du capteur universel afin de faire apparaître la fonction... complétez ici... :

Transformer ce capteur en décrivant une relation de causalité avec une variable extérieure du Microtab ExAO.

**ATTENTION, il est INTERDIT d'utiliser l'icône «capsule universelle» en haut de la page d'accueil pour créer votre capteur de pression.**



Vous êtes maintenant en mode Graphique. Insérez des valeurs manuellement à l'aide du clavier d'ordinateur en vous référant à la seringue (0 à 10). Prenez des acquisitions à chaque 0,5 de valeur. Une fois tous vos points obtenus, cliquez sur la barre d'outils et modélisateur. Choisissez la fonction linéaire passant par le plus de points. Cliquez maintenant sur la touche en bas à droite « Assignez la fonction au capteur ».

Notez l'équation mathématique correspondante :

$$y^{(hPa)} = 5,998 x^{(atm)} + 0,03$$

Savegardez sur le Bureau « Antoine Villeneuve-Lavoie »

Copier-coller le graphique d'étalonnage dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

Savegardez sur le bureau « Antoine Villeneuve-Lavoie »

#### VALIDATION du capteur de pression

Une fois que vous avez « Assignez la fonction au capteur », Retournez au Menu Principal. Cliquez droit sur le capteur universel et choisissez l'option « Appliquez une fonction de transformation ». Cette valeur devrait être présente :  $y(hPa) = 5,998 \cdot x + 0,03$ . Passez maintenant en mode Graphique et validez votre capteur pression selon vos valeurs du départ.

Copier-coller le graphique de validation dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

Si vous manquez la validation

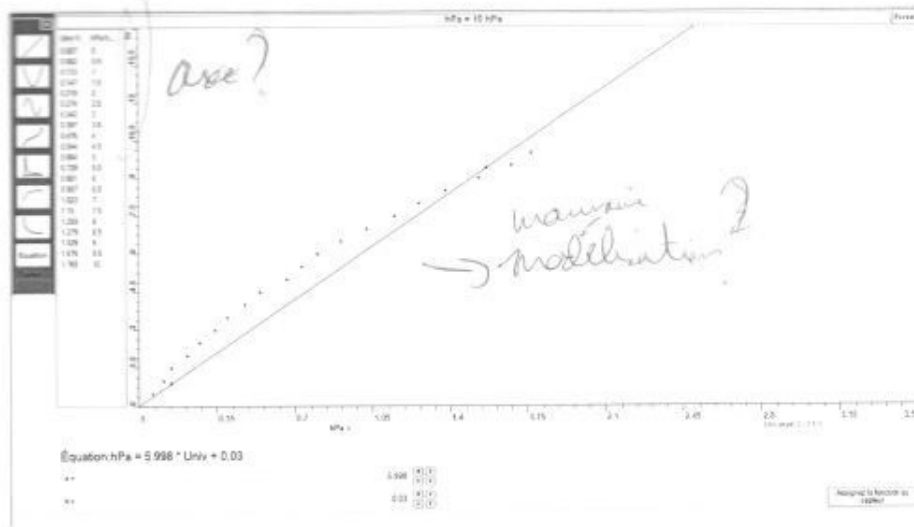
1/4

droit de validation attention

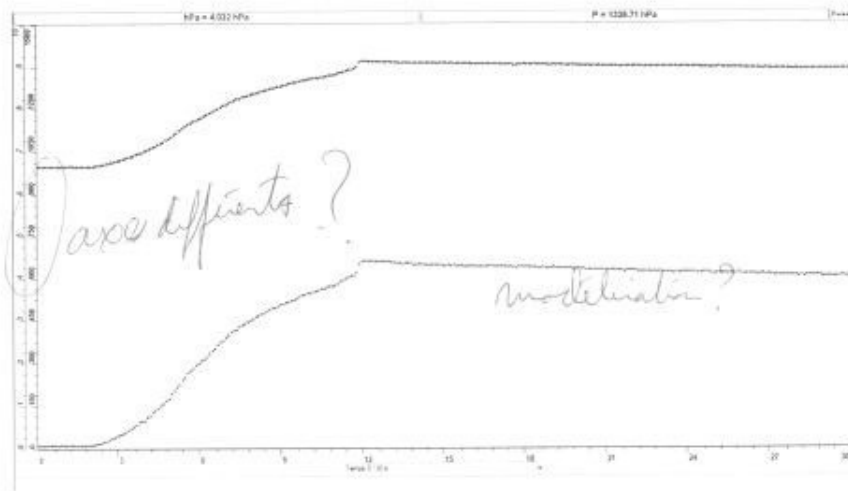
012

1/5

Graphique 1 : Graphique d'étalonnage



Graphique 2 : Graphique de validation





Nom de l'ÉTUDIANT :

**Sujet 3**

**IMPORTANT :** Sur le bureau de l'ordinateur, créez un dossier à votre nom et prénom pour y enregistrer vos résultats graphiques sous le format .xao3. Dans ce dossier, vous devez aussi créer un document WORD dans lequel vous devez seulement coller certains graphiques spécifiquement identifiés dans ce document. Vous êtes responsable de remettre ce dossier à David. Une fois le dossier récupéré, David vous donnera l'autorisation de quitter.

### CONSTRUCTION D'UN CAPTEUR DE PRESSION

#### Mise en situation

Dans ce laboratoire, vous devez construire un capteur de pression à l'aide d'un transducteur électronique dont la tension aux bornes varie en fonction de la déformation de sa membrane interne lorsque celle-ci subit la pression d'un gaz. Pour ce faire, vous devez étudier la relation de causalité qui existe entre la pression d'un gaz et la tension délivrée par le transducteur.

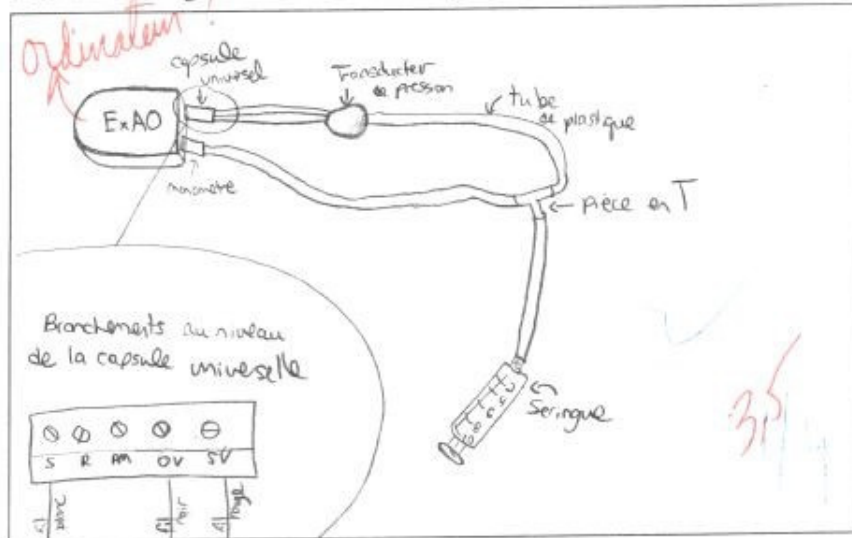
Vous devez compléter les différentes sections de ce présent rapport.

**Matériel** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)

Pour réaliser votre tâche, nous mettons à votre disposition le matériel qui est dans le panier. Faites la **liste du matériel que vous utilisez** pour construire votre capteur:

Matériel informatique:	Matériel de laboratoire:
- Interface E <sub>s</sub> AO ✓	- Seringue ✓
- Capteur de pression (manomètre) ✓	- 2 tubes de plastique ✓
- Capsule universelle ✓	- Structure en T (tube de plastique rigide qui laisse s'enbrancher l'air dans 2 directions)
- Transducteur de pression ✓	- minuteman
-	-
...	...

**Schéma de montage** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations).  
Dessinez le montage et identifiez chacune des parties de celui-ci:



**Question - Précaution :**

Lors de l'expérience, que ferez-vous pour protéger le capteur d'une trop grande pression?

Éviter d'avoir une pression supérieure à 1300 hPa. Pour connaître le volume éjecté par la seringue associé à cette pression, vérifier avec le

**Construction du capteur:** mode Numérique (environ 7 Bulle d'air = 1300 hPa)  
(max 1500, mais environ 1300 hPa c'est plus sécuritaire)

Énoncez les procédures à suivre pour la construction et la validation de votre capteur de pression. Si vous manquez de lignes pour les procédures, utilisez le verso de la feuille. Numérotez les étapes et soyez précis. Par exemple, précisez les paramètres d'expérimentation que vous utiliserez en mode Graphique, de même que les outils mathématiques utilisés pour effectuer l'analyse et la validation.

1. Effectuer le montage tel que présenté dans la section schéma de montage.
2. Déterminer la relation entre la pression d'un gaz et la tension aux bornes du transducteur, cliquez sur la barre d'outils du capteur universel afin de faire apparaître la fonction ... complétez ici...:

Transformer ce capteur en décrivant une/deux relation(s) de causalité(s)  
▶ avec une variable mesurée par MicroLab ExAO ▶ Membrane 0/1500 hPa

**ATTENTION, il est INTERDIT d'utiliser l'icône «capsule universelle» en haut de la page d'accueil pour créer votre capteur de pression.**

3. Une fois le mode graphique affiché, dans « Paramètre (à droite) », sélectionner 600 points à chaque 0,0035V (option minimale par cours de plus de points possibles et donc une meilleure précision).

4. Préparer environ 8 mL d'air dans la seringue.

5. Brancher cette seringue au montage et lancer l'acquisition.

6. Ejecter l'air graduellement hors de la seringue tout en surveillant la pression (se souvenir que par sécurité la pression ne doit pas dépasser 1300 hPa).

7. Cliquer sur la barre supérieur pour afficher le menu. Sélectionner « Outil mathématique » ► Modéliseur.

(suite au verso)  
Notez l'équation mathématique correspondante :

$$P = 523,953 \quad U = 61,239$$

Copier-coller le graphique d'étalonnage dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

#### VALIDATION du capteur de pression

1. À partir du menu principal, sélectionner l'icône « Graphiques ».

2. Dans « paramètres », sélectionner les options « 100 points » et « 0,1s ».

3. Préparer environ 8 mL d'air dans la seringue.

4. Brancher la seringue au montage et lancer l'acquisition.

5. Ejecter l'air graduellement hors de la seringue tout en surveillant la pression (max 1300 hPa).

6. Vérifier si les données obtenues par la courbe du manomètre

Copier-coller le graphique de validation dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

correspond à celle obtenue par le capteur de pression qui a été créé.

→ Si les courbes se chevauchent, le capteur de pression a été validé.

(Notons qu'il peut aussi être pertinent pour la validation de mettre en abscisse le capteur créé et en ordonnée le manomètre. Si la fonction produite est une droite avec aucune abscisse à l'origine, c'est signe que le manomètre = correct)

## Protocole (suite)

8. Utiliser la fonction linéaire et placer la droite de sorte ~~qu'elle passe~~ la droite obtenue à l'aide des 2 points. Noter la fonction obtenue.
9. Assigner <sup>①</sup> la fonction au capteur.
10. Retourner dans le menu principal et Faire un clic de droite sur la capsule universelle
11. Sélectionner « Appliquer <sup>①</sup> une fonction de transformation » ► Sélectionner la fonction notée en B.

→ Le capteur est prêt à l'essai

Examen de DST3000

Résultats

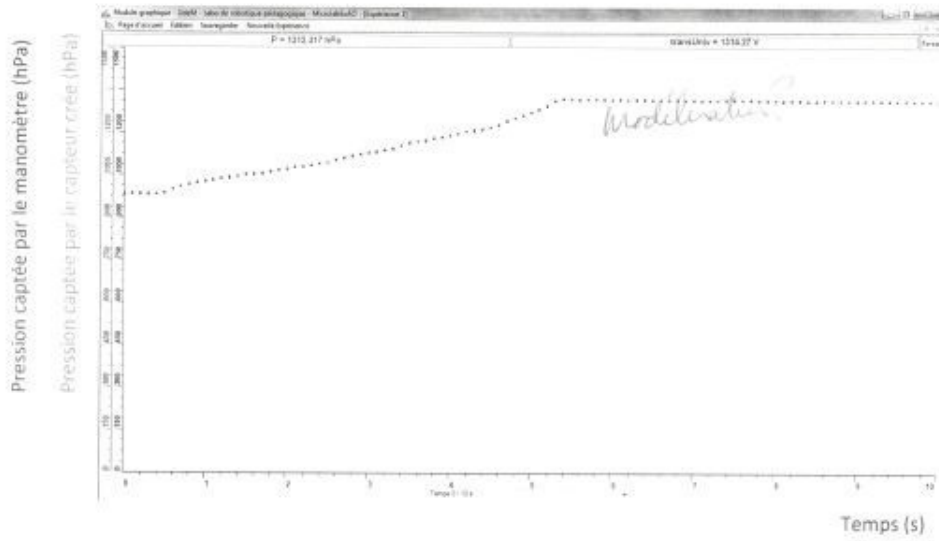
2/5

Graphique #1 : Étalonnage du capteur de pression



Graphique #2 : Validation du capteur de pression

Tension de la capsule universelle (V)



# Sujet 4

Laboratoire de didactique des sciences de l'UdeM

Construction d'un capteur de pression

DID6668 – DST3000 Hiver 2015

22.5/30 75%

Nom de l'ÉTUDIANT :

**IMPORTANT :** Sur le bureau de l'ordinateur, créez un dossier à votre nom et prénom pour y enregistrer vos résultats graphiques sous le format .xao3. Dans ce dossier, vous devez aussi créer un document WORD dans lequel vous devez seulement coller certains graphiques spécifiquement identifiés dans ce document. Vous êtes responsable de remettre ce dossier à David. Une fois le dossier récupéré, David vous donnera l'autorisation de quitter.

## CONSTRUCTION D'UN CAPTEUR DE PRESSION

### Mise en situation

Dans ce laboratoire, vous devez construire un capteur de pression à l'aide d'un transducteur électronique dont la tension aux bornes varie en fonction de la déformation de sa membrane interne lorsque celle-ci subit la pression d'un gaz. Pour ce faire, vous devez étudier la relation de causalité qui existe entre la pression d'un gaz et la tension délivrée par le transducteur.

Vous devez compléter les différentes sections de ce présent rapport.

**Matériel** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)

Pour réaliser votre tâche, nous mettons à votre disposition le matériel qui est dans le panier. Faites la **liste du matériel que vous utilisez** pour construire votre capteur:

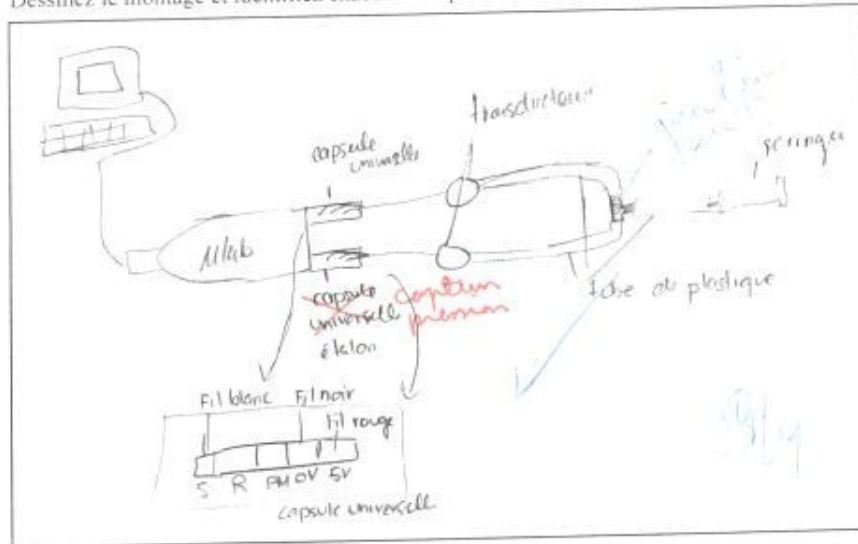
Matériel informatique:	Matériel de laboratoire:
- 2 capsule universelle ✓	- 1 seringue (10ml) ✓
- 1 Interface xilab ExAO ✓	- 1 mini tournevis ✓
- 1 Programme ExAO sur ordinateur ✓	- 2 transducteurs électroniques (valeur en fonction de la pression)
-	- 3 tubes de plastique avec miteneur
-	- un tuyau en plastique en T
...	... 3/ capteur de pression

5/4

4



**Schéma de montage** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)  
Dessinez le montage et identifiez chacune des parties de celui-ci:



**Question – Précaution :**

Lors de l'expérience, que ferez-vous pour protéger le capteur d'une trop grande pression?

Ne pas dépasser le 1300 hPa ✓ 1/2

**Construction du capteur:**

Énoncez les procédures à suivre pour la construction et la validation de votre capteur de pression. Si vous manquez de lignes pour les procédures, utilisez le verso de la feuille. Numérotez les étapes et soyez précis. Par exemple, précisez les paramètres d'expérimentation que vous utiliserez en mode *Graphique*, de même que les outils mathématiques utilisés pour effectuer l'analyse et la validation.

1. Effectuer le montage tel que présenté dans la section *schéma de montage*.
2. Déterminer la relation entre la pression d'un gaz et la tension aux bornes du transducteur, cliquez sur la barre d'outils du capteur universel afin de faire apparaître la fonction ... complétez ici... :

Transformer ce capteur en décrivant une table de relations de  
corrélation avec une variable mesurée par ManipulxAO P1500 etc 2/1 ✓  
OK

**ATTENTION, il est INTERDIT d'utiliser l'icône «capsule universelle» en haut de la page d'accueil pour créer votre capteur de pression.**

- Transformer le capteur en décrivant une relation de causalité avec une variable mesurée sur Pression 0/1500 hPa ( $P_{rel} = 510 \cdot U_{univ} + 100$ )
  - 2 - Tirer sur la seringue ①
  - 3 - Outil mathématique : modéliser ①
  - 4 - Appliquer ① une droite sur les points
  - 5 - Assigner ① la fonction au capteur
- changer les paramètres!*

Notez l'équation mathématique correspondante :

$$P = 527,122 \cdot U_{univ} + 93,261$$

Copier-coller le graphique d'étalonnage dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

#### VALIDATION du capteur de pression *points*

- Appliquez la fonction de transformation :  $527,122 \cdot U_{univ} + 93,261$  en cliquant sur  $transU_{univ}$  et vérifiez que les points ont les mêmes abscisses et ordonnées signifiant que votre fonction représente les valeurs réelles lues par l'étalon donc donne un taux de variation de 1
- $\rightarrow 0,999 \cdot transU_{univ} - 0,337$

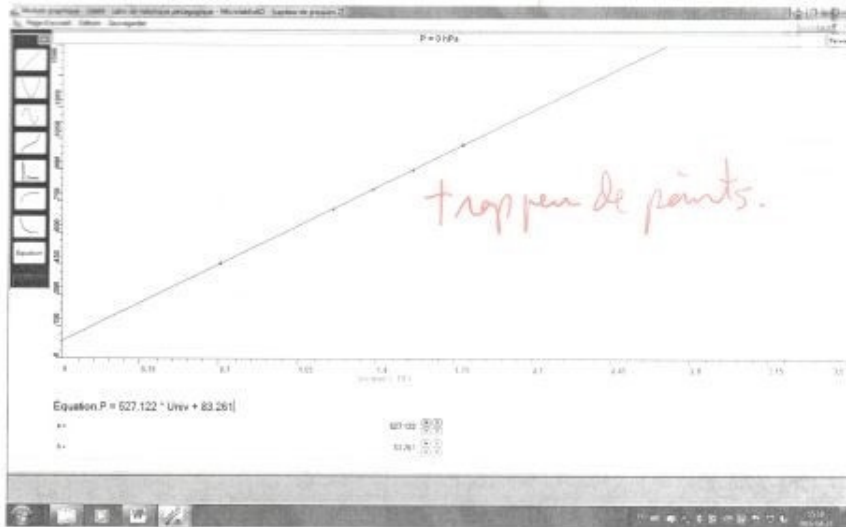
Copier-coller le graphique de validation dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

*Validation*  
*Mode graphique?*  
*paramètre ac acquisition?*  
*Mode*

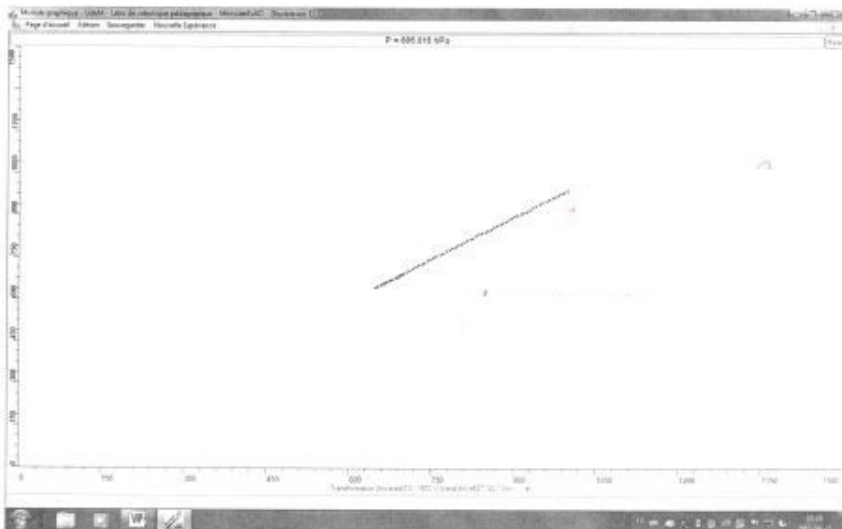


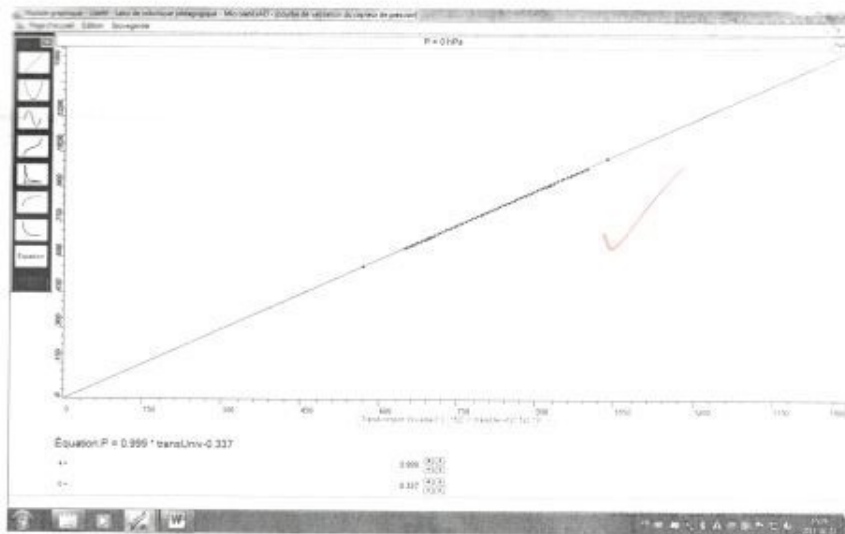
Courbe d'étalonnage capteur de pression

6/5



Validation du capteur de pression





22  
130  
73,3%

## Sujet 5

Nom de l'ÉTUDIANT :

**IMPORTANT :** Sur le bureau de l'ordinateur, créez un dossier à votre nom et prénom pour y enregistrer vos résultats graphiques sous le format .xao3. Dans ce dossier, vous devez aussi créer un document WORD dans lequel vous devez seulement coller certains graphiques spécifiquement identifiés dans ce document. Vous êtes responsable de remettre ce dossier à David. Une fois le dossier récupéré, David vous donnera l'autorisation de quitter.

### CONSTRUCTION D'UN CAPTEUR DE PRESSION

#### Mise en situation

Dans ce laboratoire, vous devez construire un capteur de pression à l'aide d'un transducteur électronique dont la tension aux bornes varie en fonction de la déformation de sa membrane interne lorsque celle-ci subit la pression d'un gaz. Pour ce faire, vous devez étudier la relation de causalité qui existe entre la pression d'un gaz et la tension délivrée par le transducteur.

Vous devez compléter les différentes sections de ce présent rapport.

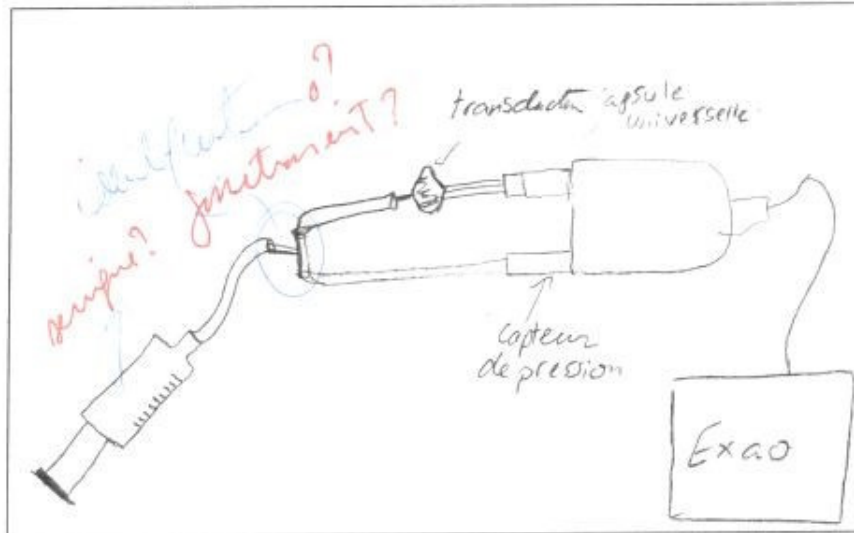
**Matériel** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)

Pour réaliser votre tâche, nous mettons à votre disposition le matériel qui est dans le panier. Faites la **liste du matériel que vous utilisez** pour construire votre capteur:

Matériel informatique:	Matériel de laboratoire:
-	- Capsule universelle ✓
- Interface Exao	- Seringue ✓
- Capteur de pression ✓	- Tournevis ✓
-	- transducteur ✓
-	- tuyaux ✓
...	... connecteur de tuyaux



**Schéma de montage** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)  
Dessinez le montage et identifiez chacune des parties de celui-ci:



**Question – Précaution :**

Lors de l'expérience, que ferez-vous pour protéger le capteur d'une trop grande pression?

On ne doit pas dépasser 1300 hpa

**Construction du capteur:**

Énoncez les procédures à suivre pour la construction et la validation de votre capteur de pression. Si vous manquez de lignes pour les procédures, utilisez le verso de la feuille. Numéroté les étapes et soyez précis. Par exemple, précisez les paramètres d'expérimentation que vous utiliserez en mode *Graphique*, de même que les outils mathématiques utilisés pour effectuer l'analyse et la validation.

1. Effectuer le montage tel que présenté dans la section *schéma de montage*.
2. Déterminer la relation entre la pression d'un gaz et la tension aux bornes du transducteur; cliquez sur la barre d'outils du capteur universel afin de faire apparaître la fonction ...complétez ici...:

① Transformer ce capteur en décrivant une relation de causalité avec une variable mesurée par un  
manomètre

**ATTENTION, il est INTERDIT d'utiliser l'icône «capsule universelle» en haut de la page d'accueil pour créer votre capteur de pression.**

- 1) - En utilisant la seringue faire varier la valeur de pression
- 2) - Faire l'acquisition des données
- 3) - cliquer sur barre d'outil → outils mathématique → modéliseur
- 4) - Choisir la droite
- 5) - Assigner la fonction au capteur

Appliquer la fonction?

Notez l'équation mathématique correspondante :

$$P = 541,199 U_{niv} + 54,71$$

Copier-coller le graphique d'étalonnage dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

#### VALIDATION du capteur de pression

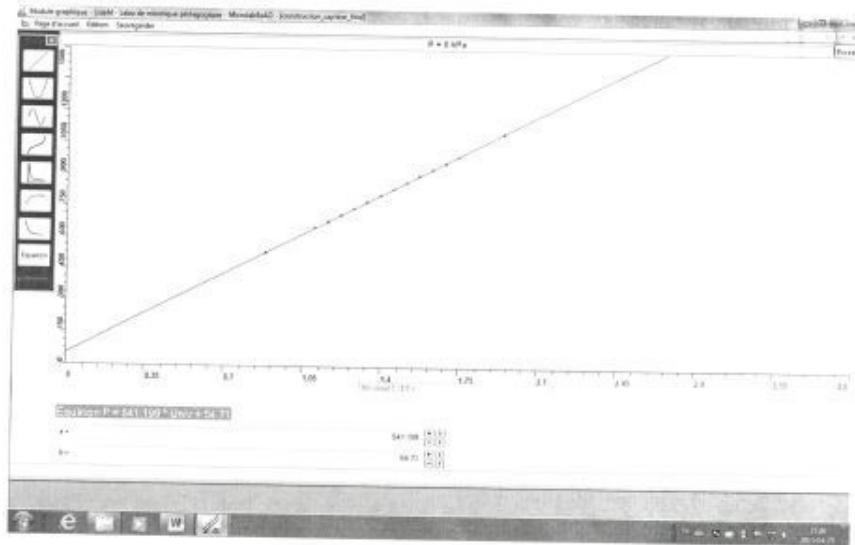
- 1) - Débrancher le capteur de pression
- 2) - assigner le capteur Univ à des entrées manuelles de volume
- 3) - varier le volume de 0,5 ml ( $V \uparrow \rightarrow P \downarrow$ )
- 4) - avec le modéliseur, j'ai obtenu :  
$$U_{niv} = -0,063 V + 1,713$$
 (une baisse de)

Copier-coller le graphique de validation dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

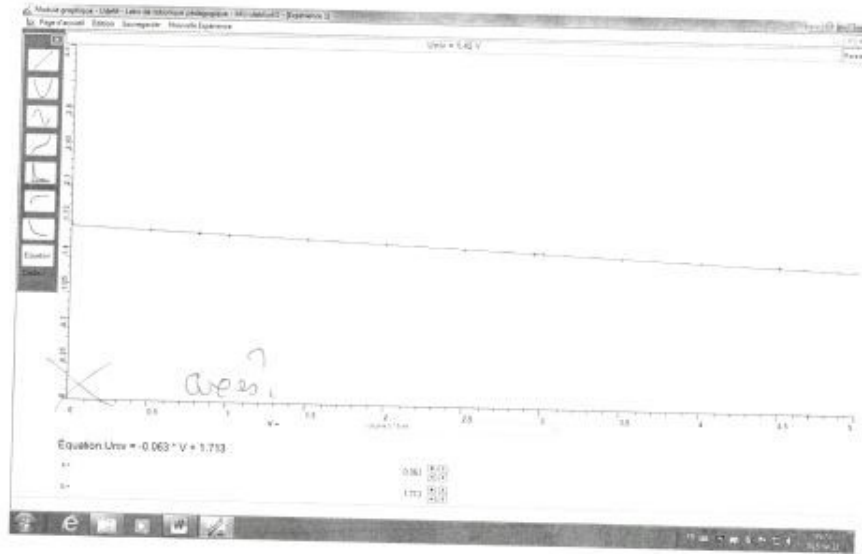
Pression en augmentant mon volume  
Validation !!  
→ passer en mode graphique ?  
→ capteur d'un val rapport à l'autre ?  
→ changer paramètres ou équation ?

4/5

### Construction de capteur



Validation :



22/30 73,3%  
Nom de l'ÉTUDIANT**Sujet 6**

**IMPORTANT :** Sur le bureau de l'ordinateur, créez un dossier à votre nom et prénom pour y enregistrer vos résultats graphiques sous le format .xao3. Dans ce dossier, vous devez aussi créer un document WORD dans lequel vous devez seulement coller certains graphiques spécifiquement identifiés dans ce document. Vous êtes responsable de remettre ce dossier à David. Une fois le dossier récupéré, **David vous donnera l'autorisation de quitter.**

### CONSTRUCTION D'UN CAPTEUR DE PRESSION

#### Mise en situation

Dans ce laboratoire, vous devez construire un capteur de pression à l'aide d'un transducteur électronique dont la tension aux bornes varie en fonction de la déformation de sa membrane interne lorsque celle-ci subit la pression d'un gaz. Pour ce faire, vous devez étudier la relation de causalité qui existe entre la pression d'un gaz et la tension délivrée par le transducteur.

Vous devez compléter les différentes sections de ce présent rapport.

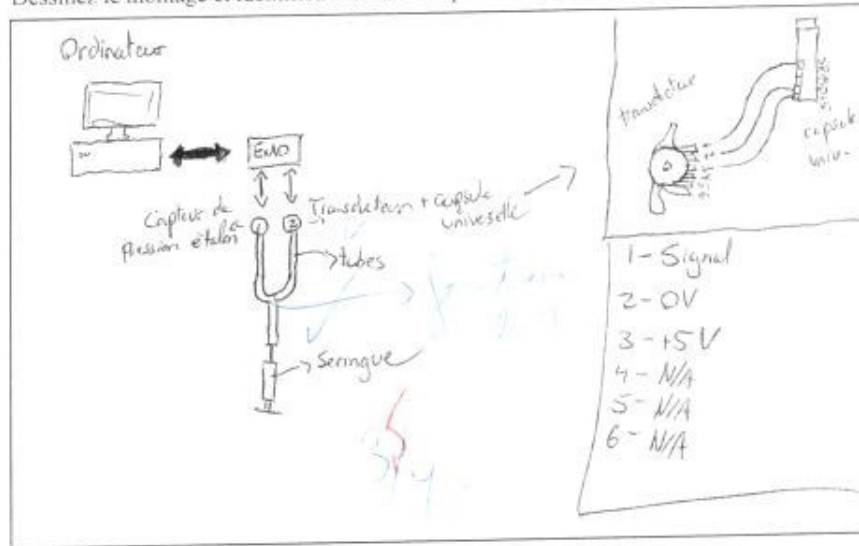
**Matériel** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)

Pour réaliser votre tâche, nous mettons à votre disposition le matériel qui est dans le panier. Faites la **liste du matériel que vous utilisez** pour construire votre capteur:

Matériel informatique:	Matériel de laboratoire:
- Logiciel ExAO ✓	- <del>Filles</del> Tubes malleables en plastique fins (2x)
- Interface ExAO ✓	- Seringue de 10 mL ✓
- Capsule universelle ✓	- Connecteur de tubes en "T" ✓
- Capteur de pression ExAO ✓	- <del>Emmanches</del>
- Transducteur ✓	-
...	...



**Schéma de montage** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)  
 Dessinez le montage et identifiez chacune des parties de celui-ci:



**Question – Précaution :**

Lors de l'expérience, que ferez-vous pour protéger le capteur d'une trop grande pression?

*Utilisation de la seringue limite le débit d'air dans les tuyaux. Pour double la protection on utilise cette seringue avec précaution*

**Construction du capteur:**

Énoncez les procédures à suivre pour la construction et la validation de votre capteur de pression. Si vous manquez de lignes pour les procédures, utilisez le verso de la feuille. Numérotez les étapes et soyez précis. Par exemple, précisez les paramètres d'expérimentation que vous utiliserez en mode *Graphique*, de même que les outils mathématiques utilisés pour effectuer l'analyse et la validation.

1. Effectuer le montage tel que présenté dans la section *schéma de montage*.
2. Déterminer la relation entre la pression d'un gaz et la tension aux bornes du transducteur, cliquez sur la barre d'outils du capteur universel afin de faire apparaître la fonction ...complétez ici...

*"Établir ce capteur en choisissant un étalon"*  
*↳ connecté à EXO → Pression*

**ATTENTION, il est INTERDIT d'utiliser l'icône «capsule universelle» en haut de la page d'accueil pour créer votre capteur de pression.**

Intérêt de l'expérience

- S'assurer que les tubes sont bien connectés aux capteurs, au connecteur à 3 branches et à la seringue.
- S'assurer qu'il n'y a pas de fuite d'air aux connexions des tubes.
- Mettre la définition des mesures de changement à  $\approx 0,01V$  dans l'onglet paramètres ("param"), et mettre le nombre de points à 200.
- Penser sur "acquisition".
- Tirer lentement sur la seringue. Attendre quelques secondes, puis repousser lentement la seringue jusqu'au fond.
- Si l'expérience ne s'est pas arrêtée automatiquement, aller dans "param" et cliquer "arrêter" (à l'usage des)

→ Afin d'éviter tout le mathématique pour la validation, puis cliquer sur "Param" et choisir 100 points et 0,1 s puis penser sur acquisition.

→ Faire varier la pression sur les deux capteurs à l'aide de la seringue.

→ S'assurer que les échelles sont similaires pour les deux capteurs.

→ Est-ce que la pression est similaire en tout temps? Vérifier la similarité des courbes.

(→ Si possible, vérifier la pression à l'aide d'un autre appareil extérieur à l'expérience.)

$$50s \cdot 497 \cdot \text{Unit} + 112,664 = P_{\text{atm}}$$

Copier-coller le graphique d'étalonnage dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

**VALIDATION du capteur de pression (après de la validation)**

- Cliquer sur la fonction "graphique".
- "Param", choisir 100 points et 0,1 s puis penser sur acquisition.
- Faire varier la pression sur les deux capteurs à l'aide de la seringue.
- S'assurer que les échelles sont similaires pour les deux capteurs.
- Est-ce que la pression est similaire en tout temps? Vérifier la similarité des courbes.
- (→ Si possible, vérifier la pression à l'aide d'un autre appareil extérieur à l'expérience.)

Copier-coller le graphique de validation dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

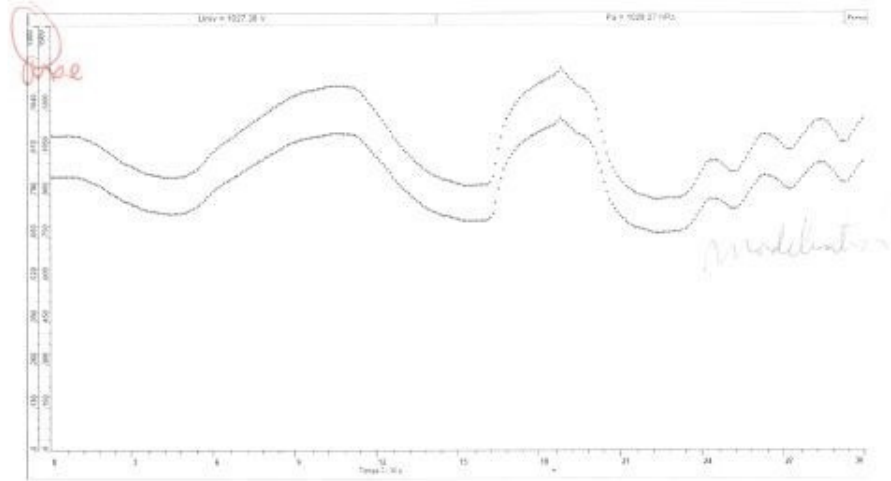
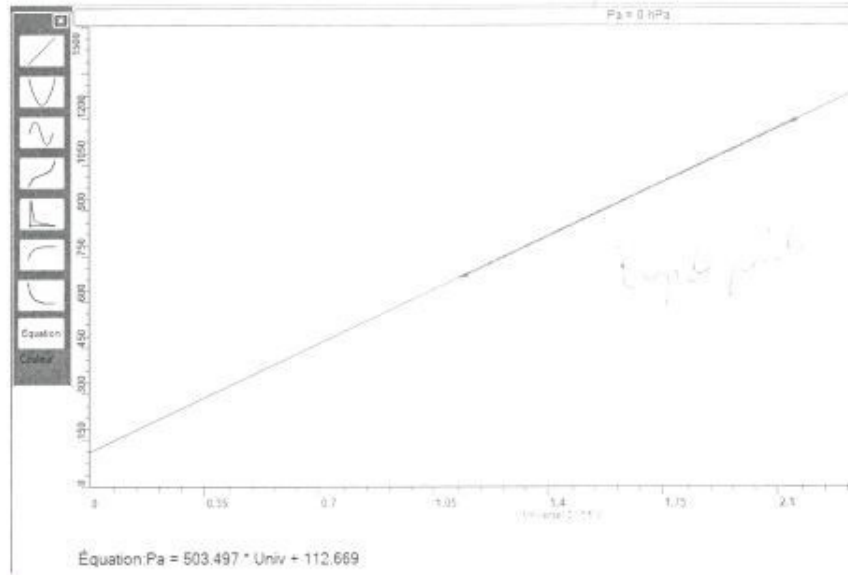
Equation? 0/2

### Protocole Pente/

- Aller chercher l'outil "modéliser", puis trouver la droite ou la courbe le plus précisément les résultats obtenus.
- Noter l'équation obtenue dans la case prévue dans ce document, puis appuyer sur "assignez la fonction au capteur"
- Dans la fenêtre principale d'EXAO, cliquer sur le capteur universel et choisir "Appliquez une fonction d'étalonnage", puis activer la fonction que vous avez trouvée.

Graphiques ExAO

*3/*



25.5/30  
8.5  
Nom de l'ÉTUDIANT :

## Sujet 7

**IMPORTANT :** Sur le bureau de l'ordinateur, créez un dossier à votre nom et prénom pour y enregistrer vos résultats graphiques sous le format .xao3. Dans ce dossier, vous devez aussi créer un document WORD dans lequel vous devez seulement coller certains graphiques spécifiquement identifiés dans ce document. Vous êtes responsable de remettre ce dossier à David. Une fois le dossier récupéré, David vous donnera l'autorisation de quitter.

### CONSTRUCTION D'UN CAPTEUR DE PRESSION

#### Mise en situation

Dans ce laboratoire, vous devez construire un capteur de pression à l'aide d'un transducteur électronique dont la tension aux bornes varie en fonction de la déformation de sa membrane interne lorsque celle-ci subit la pression d'un gaz. Pour ce faire, vous devez étudier la relation de causalité qui existe entre la pression d'un gaz et la tension délivrée par le transducteur.

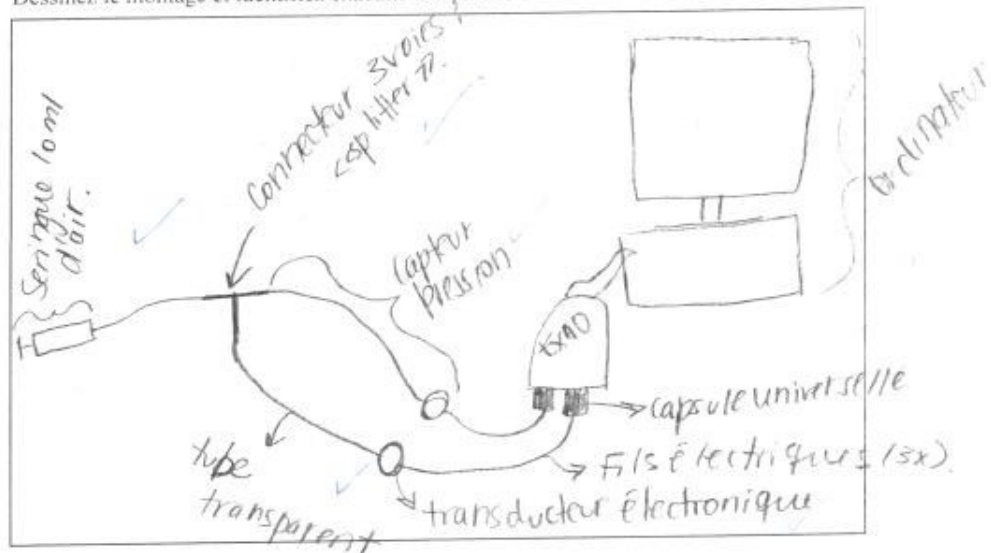
Vous devez compléter les différentes sections de ce présent rapport.

**Matériel** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)

Pour réaliser votre tâche, nous mettons à votre disposition le matériel qui est dans le panier. Faites la **liste du matériel que vous utilisez** pour construire votre capteur:

Matériel informatique:	Matériel de laboratoire:
- Interface Microlab EX40	- 2 Tubes transparents ✓
- Ordinateur ✓	- Seringue de 10 ml ✓
- Transducteur électronique	- Connecteur 3 voies (splitter) ✓
- Capteur pression ✓	- Pour les tubes
- Capule universelle	- petit tournevis ✓
...	...

**Schéma de montage** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)  
 Dessinez le montage et identifiez chacune des parties de celui-ci:



**Question – Précaution :**

Lors de l'expérience, que ferez-vous pour protéger le capteur d'une trop grande pression?

Je n'irai pas à une pression plus élevée que 1400 hPa.

**Construction du capteur:**

Énoncez les procédures à suivre pour la construction et la validation de votre capteur de pression. Si vous manquez de lignes pour les procédures, utilisez le verso de la feuille. Numérotez les étapes et soyez précis. Par exemple, précisez les paramètres d'expérimentation que vous utiliserez en mode *Graphique*, de même que les outils mathématiques utilisés pour effectuer l'analyse et la validation.

1. Effectuer le montage tel que présenté dans la section *schéma de montage*.
2. Déterminer la relation entre la pression d'un gaz et la tension aux bornes du transducteur, cliquez sur la barre d'outils du capteur universel afin de faire apparaître la fonction ... complétez ici...

Transformer ce capteur en décrivant une relation de causalité avec une variable mesurée par MicroLabExAO. → pression 0/1500 hPa

**ATTENTION, il est INTERDIT d'utiliser l'icône «capsule universelle» en haut de la page d'accueil pour créer votre capteur de pression.**

1- Aller dans l'onglet paramètre en haut à droite de l'écran.



A compléter  
avec  
le  
tableau

- 2- Sélectionnez les points, quand univ. se1 varie de 0,1001V.
  - 3- Démarrez l'acquisition ✓
  - 4- Faites varier la pression en diminuant lentement le volume dans la seringue. Ne pas dépasser 1400 hPa!
  - 5- Continuez la prise de donnée en augmentant le volume à l'aide du piston. Les données doivent être les mêmes.
  - 6- Arrêtez la prise de données.
  - 7- Cliquez sur la barre de la pression en haut et sélectionnez  
- outils mathématiques:  
→ mode liseur... sur le au verso!
- Notez l'équation mathématique correspondante:  $P_a = 511,93 * Univ + 91,532$

Copier-coller le graphique d'étalonnage dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

**VALIDATION du capteur de pression**

Après l'étape 11.4 il est maintenant possible de valider notre capteur nouvellement créé.

1. Cliquez sur graphique.
2. Allez dans paramètre et modifiez la prise de donnée pour qu'elle dure 30 secondes.
3. Démarrez l'acquisition et faites varier le volume dans la seringue à l'aide du piston.

Copier-coller le graphique de validation dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

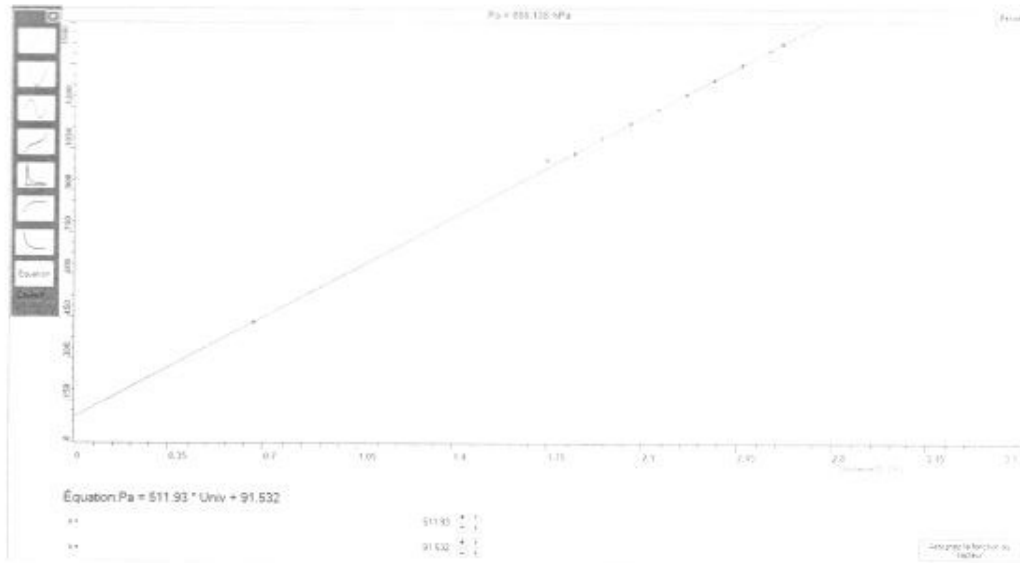
→ l'axe des ordonnées de la donnée?  $10^4$   
→ changer le axe

- 8- Sélectionnez une droite et faites la passer par les points.
- 9- Cliquez sur assignez la fonction au capteur en bas à droite.
- 10- Enregistrez votre graphique.
- 11- Activez la fonction d'étalonnage :
  - 11.1 - sur la page d'accueil, faites un clic droit sur le capteur universel.
  - 11.2 - sélectionnez appliquer une fonction de transformation.
  - 11.3 - Sélectionnez transformation universel
  - 11.4 - Cliquez sur activer.

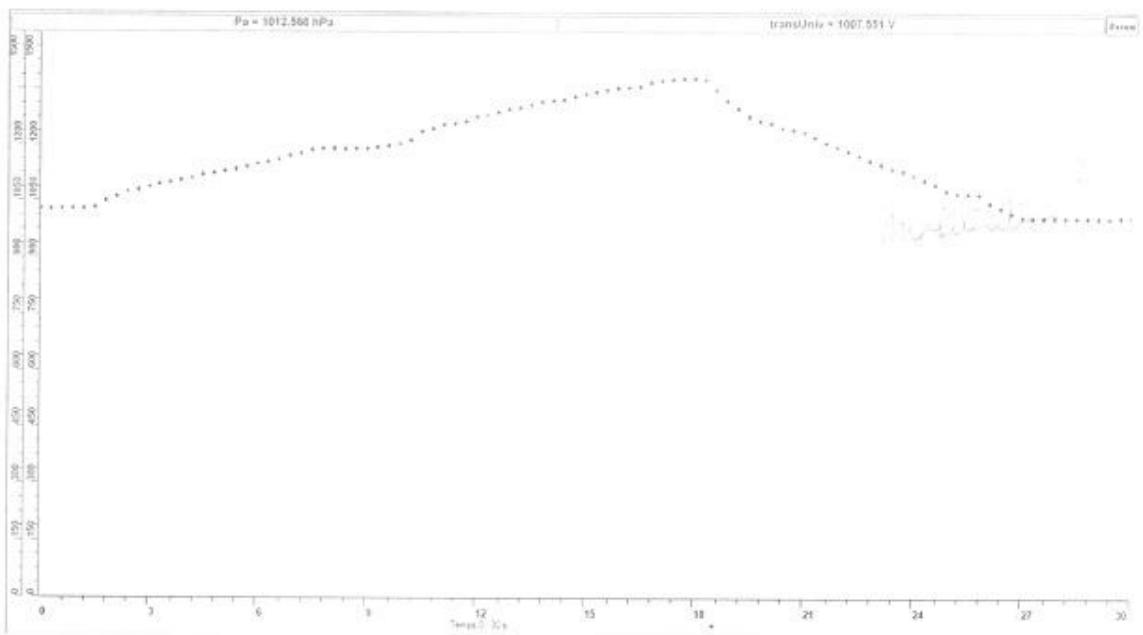
Suite au recto...



Graphique d'étalonnage :



Graphique de validation du capteur pression :



2690 86,7%

Nom de l'ÉTUDIANT :

**Sujet 8**

**IMPORTANT :** Sur le bureau de l'ordinateur, créez un dossier à votre nom et prénom pour y enregistrer vos résultats graphiques sous le format .xao3. Dans ce dossier, vous devez aussi créer un document WORD dans lequel vous devez seulement coller certains graphiques spécifiquement identifiés dans ce document. Vous êtes responsable de remettre ce dossier à David. Une fois le dossier récupéré, David vous donnera l'autorisation de quitter.

### CONSTRUCTION D'UN CAPTEUR DE PRESSION

#### Mise en situation

Dans ce laboratoire, vous devez construire un capteur de pression à l'aide d'un transducteur électronique dont la tension aux bornes varie en fonction de la déformation de sa membrane interne lorsque celle-ci subit la pression d'un gaz. Pour ce faire, vous devez étudier la relation de causalité qui existe entre la pression d'un gaz et la tension délivrée par le transducteur.

Vous devez compléter les différentes sections de ce présent rapport.

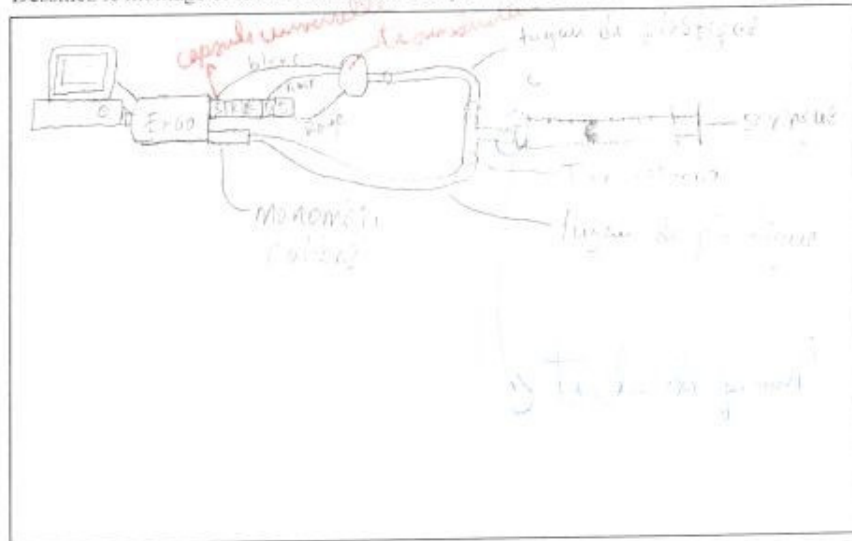
**Matériel** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)

Pour réaliser votre tâche, nous mettons à votre disposition le matériel qui est dans le panier. Faites la **liste du matériel que vous utilisez** pour construire votre capteur:

Matériel informatique:	Matériel de laboratoire:
- ordinateur	- Seringue
- Interface de 32 Bits	- T en polyéthylène haute densité
-	- Tuyau de plastique
-	- Capteur de pression calibré
-	- Capteur universel
...	...

Sur un papier...  
avec la diode...  
la membrane  
Tanner

**Schéma de montage** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)  
 Dessinez le montage et identifiez chacune des parties de celui-ci:



**Question – Précaution :**

Lors de l'expérience, que ferez-vous pour protéger le capteur d'une trop grande pression?

*Vérifier le bon fonctionnement du capteur et s'assurer que la pression ne dépasse pas la limite de sécurité.*

**Construction du capteur:**

Énoncez les procédures à suivre pour la construction et la validation de votre capteur de pression. Si vous manquez de lignes pour les procédures, utilisez le verso de la feuille. Numérotez les étapes et soyez précis. Par exemple, précisez les paramètres d'expérimentation que vous utiliserez en mode *Graphique*, de même que les outils mathématiques utilisés pour effectuer l'analyse et la validation.

1. Effectuer le montage tel que présenté dans la section *schéma de montage*.
2. Déterminer la relation entre la pression d'un gaz et la tension aux bornes du transducteur, cliquez sur la barre d'outils du capteur universel afin de faire apparaître la fonction ... complétez ici... :

*Y = aX + b*  
 → manomètre

**ATTENTION, il est INTERDIT d'utiliser l'icône «capsule universelle» en haut de la page d'accueil pour créer votre capteur de pression.**

→ le volume de l'objet  
 → le volume de l'objet  
 → le volume de l'objet  
 → le volume de l'objet  
 → le volume de l'objet  
 → le volume de l'objet  
 → le volume de l'objet  
 → le volume de l'objet

Notez l'équation mathématique correspondante :

$$P = 27,79 \cdot V + 0,0001$$

→ Assignez la fonction à votre capteur

Copier-coller le graphique d'étalonnage dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

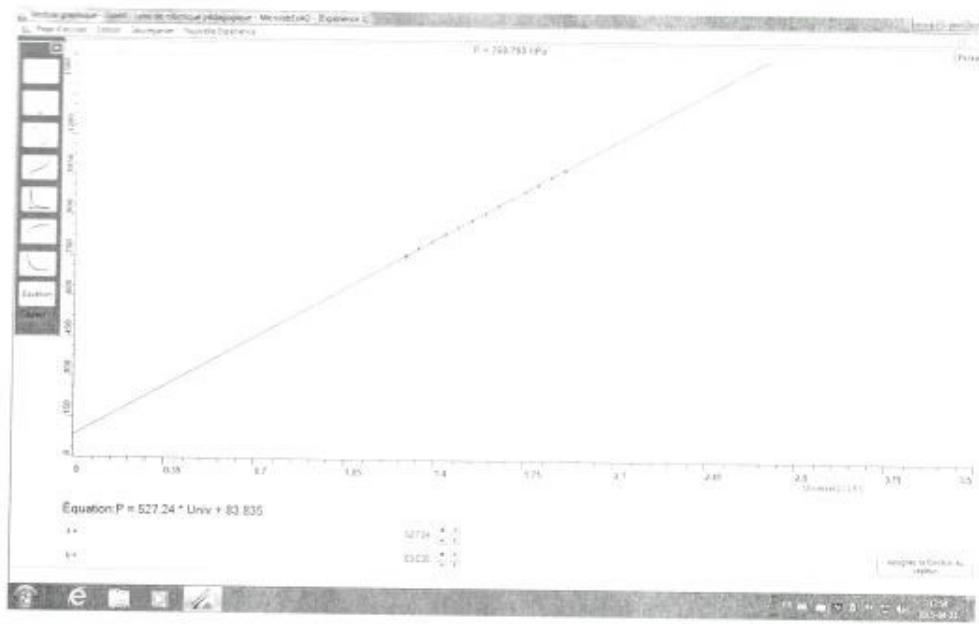
→ Appliquez la fonction à votre capteur

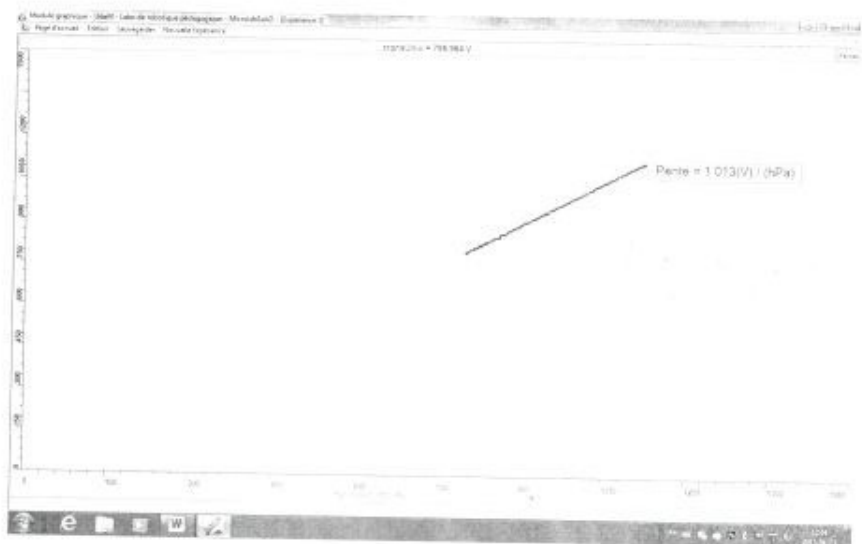
**VALIDATION du capteur de pression**

→ Afin de valider la fonction  
 → Afin de valider la fonction  
 → Afin de valider la fonction  
 → Afin de valider la fonction  
 → Afin de valider la fonction  
 → Afin de valider la fonction  
 → Afin de valider la fonction

Copier-coller le graphique de validation dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

→ Acquisition  
 → Une série de valeurs avec  
 → Quelle matérialisation  
 → Faire la relation





245/30 817

Nom de l'ÉTUDIANT :

**Sujet 9**

*IMPORTANT : Sur le bureau de l'ordinateur, créez un dossier à votre nom et prénom pour y enregistrer vos résultats graphiques sous le format .xao3. Dans ce dossier, vous devez aussi créer un document WORD dans lequel vous devez seulement coller certains graphiques spécifiquement identifiés dans ce document. Vous êtes responsable de remettre ce dossier à David. Une fois le dossier récupéré, David vous donnera l'autorisation de quitter.*

### CONSTRUCTION D'UN CAPTEUR DE PRESSION

#### Mise en situation

Dans ce laboratoire, vous devez construire un capteur de pression à l'aide d'un transducteur électronique dont la tension aux bornes varie en fonction de la déformation de sa membrane interne lorsque celle-ci subit la pression d'un gaz. Pour ce faire, vous devez étudier la relation de causalité qui existe entre la pression d'un gaz et la tension délivrée par le transducteur.

Vous devez compléter les différentes sections de ce présent rapport.

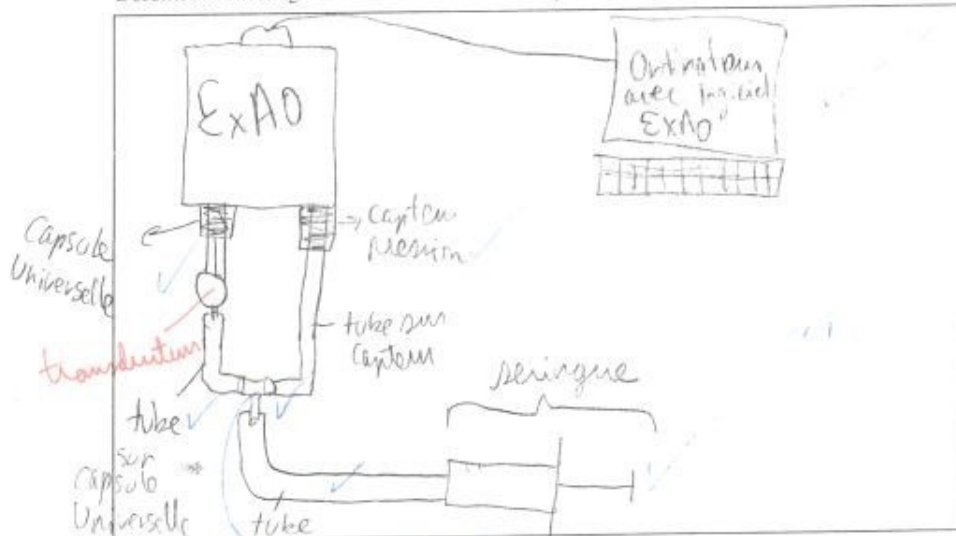
**Matériel** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)

Pour réaliser votre tâche, nous mettons à votre disposition le matériel qui est dans le panier. Faites la **liste du matériel que vous utilisez** pour construire votre capteur:

Matériel informatique:	Matériel de laboratoire:
- Ordinateur ✓	- 2 tubes ✓
- Logiciel ExAO ✓	- 1 intersection pour connecter les tubes dans un pot
- Interface ExAO ✓	- Seringue ✓
- Capteur à pression (inclut 1 tube) ✓	- Torx ✓
- Capsule universelle ✓	...
... transducteur ?	

9

**Schéma de montage** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)  
 Dessinez le montage et identifiez chacune des parties de celui-ci:



**Question - Précaution :**

Lors de l'expérience, que ferez-vous pour protéger le capteur d'une trop grande pression?

*Je mesurais en mode 15V-mètres la pression maximale obtenue en obtenant toutes les ouvertures et je pressais sur la seringue jusqu'au bout. Si la pression est trop proche de 1500hPa, je recommence mais avec un volume plus petit de la seringue.*

**Construction du capteur:**

Énoncez les procédures à suivre pour la construction et la validation de votre capteur de pression. Si vous manquez de lignes pour les procédures, utilisez le verso de la feuille. Numérotez les étapes et soyez précis. Par exemple, précisez les paramètres d'expérimentation que vous utiliserez en mode *Graphique*, de même que les outils mathématiques utilisés pour effectuer l'analyse et la validation.

1. Effectuer le montage tel que présenté dans la section *schéma de montage*.
2. Déterminer la relation entre la pression d'un gaz et la tension aux bornes du transducteur, cliquez sur la barre d'outils du capteur universel afin de faire apparaître la fonction ... complétez ici...

*Je talonne ce capteur en choisissant un étalon connecté à MicroLab ExAO - Manomètre 0/1500hPa.*

**ATTENTION, il est INTERDIT d'utiliser l'icône «capsule universelle» en haut de la page d'accueil pour créer votre capteur de pression.**

3. Mettre la seringue à 10ml puis la connecter à son emplacement.



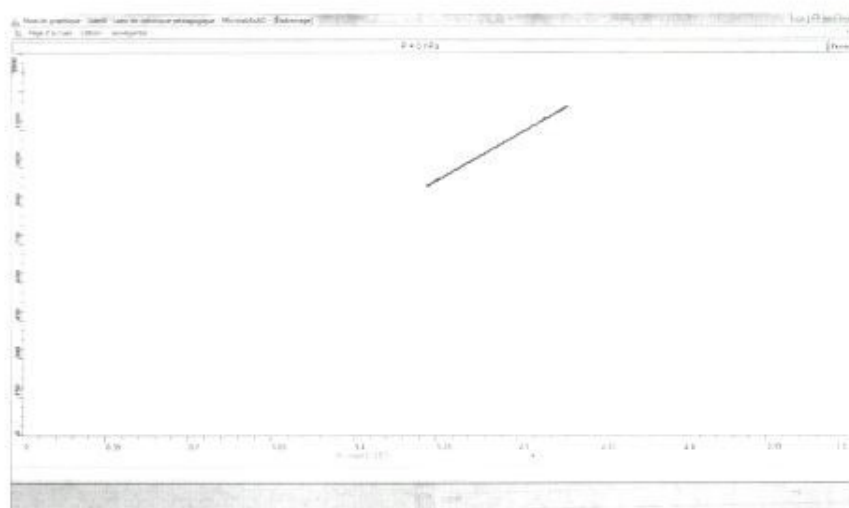
4. Dans paramètres, sélectionner 600 points et prendre une mesure à tous les 0,1 Volts.
  5. Presser sur le piston de la seringue. Arrêter l'acquisition lorsque la pression approche les 1300 hPa (repasser très, assez cette valeur).
  6. Cliquer sur Arrêter.
  7. En cliquant sur le bandeau du capteur, choisir "Outils Mathématiques" puis "Modéliser".
  8. Traquer une droite passant par tous les points et noter l'équation.  
*Arrêter la droite?*
- Notez l'équation mathématique correspondante:  $P = 526,638 \cdot U + 79,017$
9. Dans la page d'accueil, cliquer sur le capteur universel, faites "Appliquer une fonction d'étalonnage" et sélectionner l'équation. Copier-coller le graphique d'étalonnage dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.
  10. Cliquer sur "Graphique". Mettre le capteur universel en abscisse et le capteur pression en ordonnée.

VALIDATION du capteur de pression

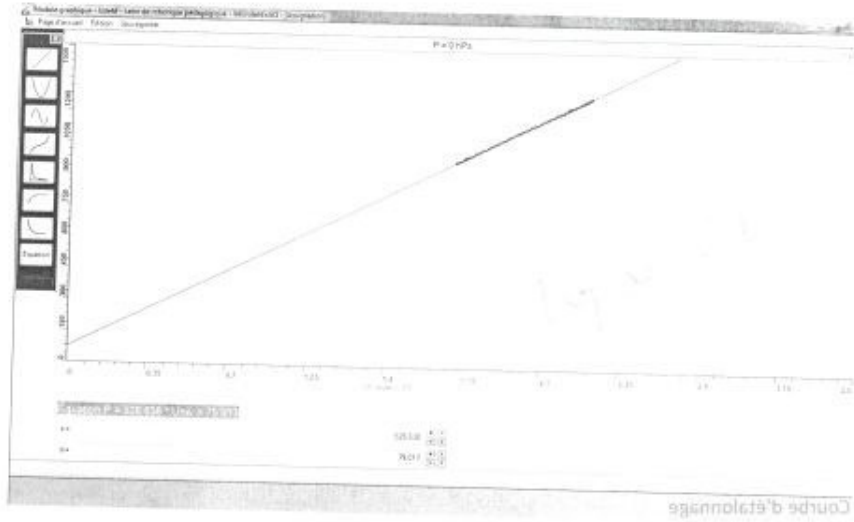
11. Sélectionner 600 points à prendre à tous les 0,1 Volts.
  12. Débrancher la seringue, remettre un volume de 10 ml et rebrancher la seringue.
  13. Acquiescer les données et presser sur le piston de la seringue.
  14. Dans le bandeau du capteur pression, sélectionner "Outils Mathématiques" puis "Modéliser".
  15. Traquer la droite et noter l'équation.
- Copier-coller le graphique de validation dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

Équation de validation:  $P = 1,056 \cdot U + 1026,923$

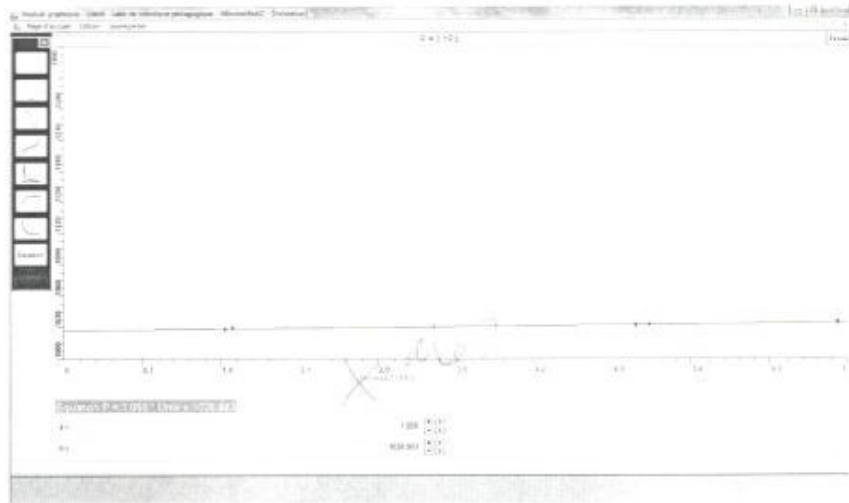
16. Une pente  $\approx 1,0$  indique que le capteur a bien été étalonné.



Courbe d'étalonnage



Courbe d'assignation



Courbe de validation

29/3 70,3%

Nom de l'ÉTUDIANT :

**Sujet 10**

**IMPORTANT :** Sur le bureau de l'ordinateur, créez un dossier à votre nom et prénom pour y enregistrer vos résultats graphiques sous le format .xao3. Dans ce dossier, vous devez aussi créer un document WORD dans lequel vous devez seulement coller certains graphiques spécifiquement identifiés dans ce document. Vous êtes responsable de remettre ce dossier à David. Une fois le dossier récupéré, David vous donnera l'autorisation de quitter.

**CONSTRUCTION D'UN CAPTEUR DE PRESSION**

**Mise en situation**

Dans ce laboratoire, vous devez construire un capteur de pression à l'aide d'un transducteur électronique dont la tension aux bornes varie en fonction de la déformation de sa membrane interne lorsque celle-ci subit la pression d'un gaz. Pour ce faire, vous devez étudier la relation de causalité qui existe entre la pression d'un gaz et la tension délivrée par le transducteur.

Vous devez compléter les différentes sections de ce présent rapport.

**Matériel** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)

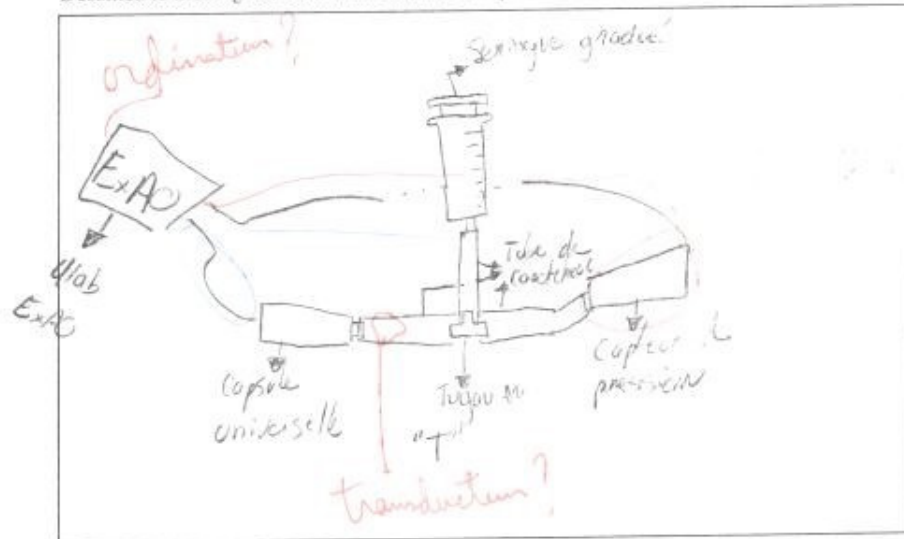
Pour réaliser votre tâche, nous mettons à votre disposition le matériel qui est dans le panier. Faites la **liste du matériel que vous utilisez** pour construire votre capteur:

Matériel informatique:	Matériel de laboratoire:
- Lab ExAO ✓	- Seringue graduée ✓
- Capsule Universel ✓	- Clés pour visser la capsule universel.
- Transducteur électronique ✓	- Tige de coarctation ✓
- Ordinateur ✓	- Tuyau en "T" à 3 embouchures ✓
- Capteur de pression ✓	-
... Interface?	...

31

10

**Schéma de montage** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)  
 Dessinez le montage et identifiez chacune des parties de celui-ci:



**Question – Précaution :**

Lors de l'expérience, que ferez-vous pour protéger le capteur d'une trop grande pression?

*Je vais placer la seringue à 5 ml avant de la brancher, comme cela la pression sera de 0,1 bar.*

**Construction du capteur:**

Énoncez les procédures à suivre pour la construction et la validation de votre capteur de pression. Si vous manquez de lignes pour les procédures, utilisez le verso de la feuille. Numérotez les étapes et soyez précis. Par exemple, précisez les paramètres d'expérimentation que vous utiliserez en mode *Graphique*, de même que les outils mathématiques utilisés pour effectuer l'analyse et la validation.

1. Effectuer le montage tel que présenté dans la section *schéma de montage*.
2. Déterminer la relation entre la pression d'un gaz et la tension aux bornes du transducteur, cliquez sur la barre d'outils du capteur universel afin de faire apparaître la fonction... complétez ici... :  
*Étalonné ce capteur en choisissant une étalon → Connecté à 4/ab ExAO → Pression 0/1000 hPa*

**ATTENTION**, il est **INTERDIT** d'utiliser l'icône «capsule universelle» en haut de la page d'accueil pour créer votre capteur de pression.

- Ensuite, sélectionner dans paramètre  $\rightarrow$  500 points.
- Sélectionner un changement de V correspondant (Par ma part, j'ai pu  $\rightarrow$  0,2175 V)
- Démarrer l'acquisition et faire varier la pression dans la seringue de +5 mL à -5 mL.
- En utilisant le petit cercle, sélectionner la droite. (On utilise la droite à cause de la relation P(H2O))
- Placer la droite sur la pente et appliquer cette fonction au capteur.

Notez l'équation mathématique correspondante :

$$P_a = 500.217 \times \Delta V + 13.371$$

Sur l'axe, cliquer droit sur le capteur universel  $\rightarrow$  Appliquer une fonction d'étalonnage  $\rightarrow$

Copier-coller le graphique d'étalonnage dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.  $\rightarrow$  Activer.

#### VALIDATION du capteur de pression

Pour valider le capteur, cliquer sur graphique. Sur l'axe des X mettre le capteur de pression et sur l'axe des Y le capteur universel.

Dans paramètre choisir 200 points (ou 0,2 secondes). Démarrer l'acquisition et faire varier la pression à l'intérieur de la seringue.

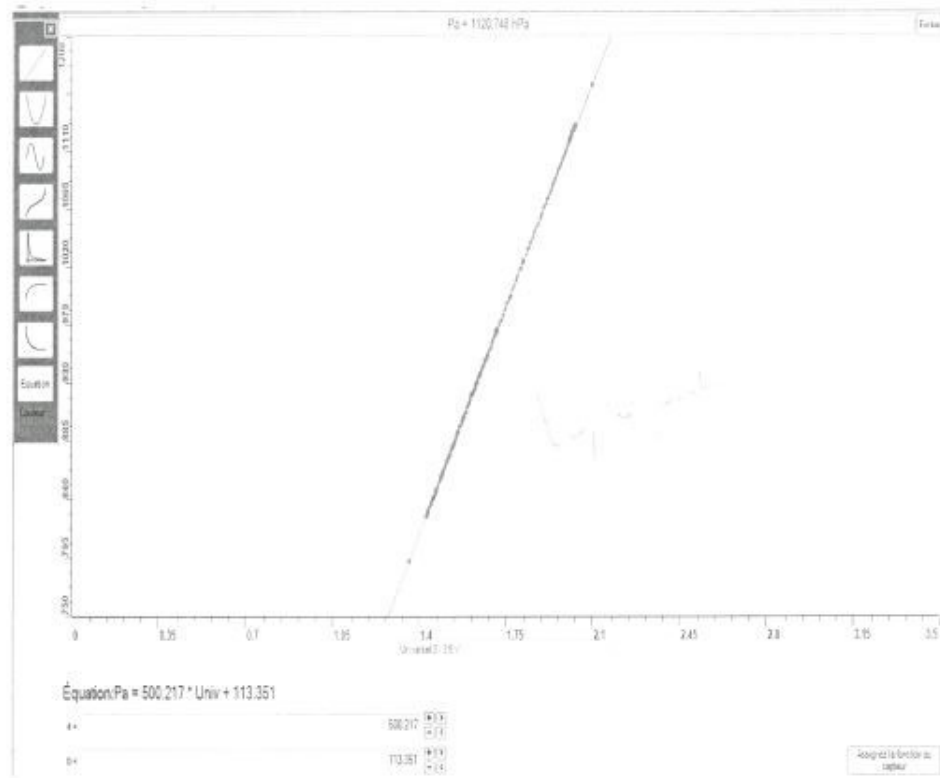
Prenez votre taux de variation (Pente = 1,003 (H<sub>2</sub>O)/V).

Copier-coller le graphique de validation dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

Une pente parfaite serait de 1.

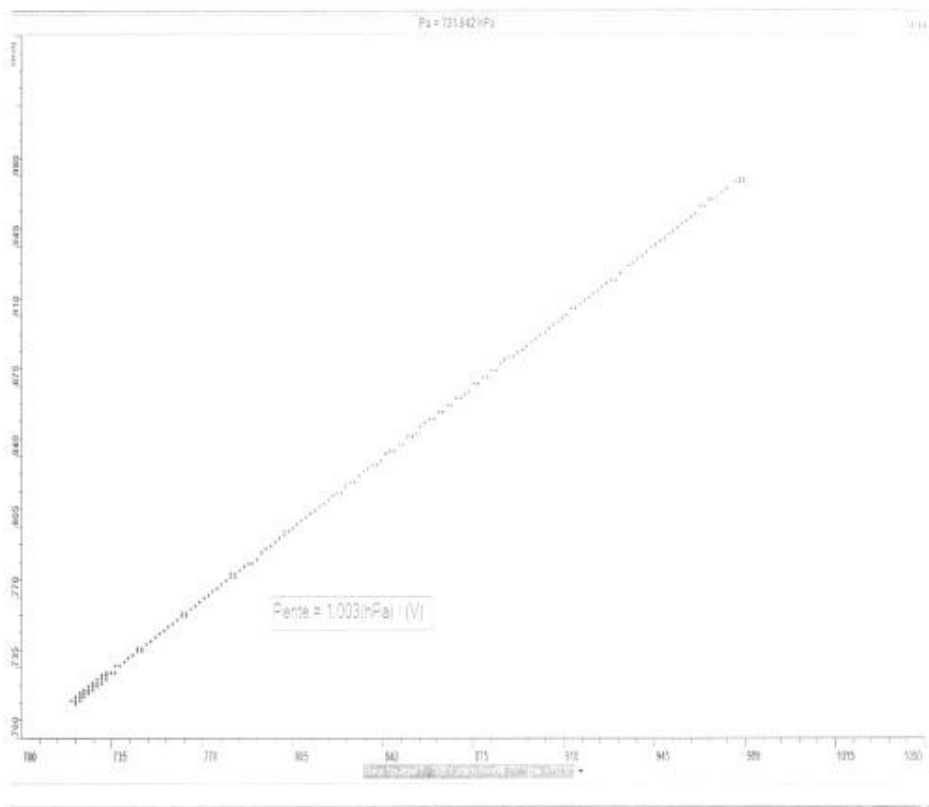
- (- Une autre manière qui serait pertinente pour valider serait d'échanger notre capteur avec un collègue pour voir si notre étalonnage est encore valide.)
- Merci pour le cours!

Graphique 1 : Courbe d'étalonnage





Graphique 2 Validation :



# Sujet 11

Nom de l'ETUDIANT :

*IMPORTANT : Sur le bureau de l'ordinateur, créez un dossier à votre nom et prénom pour y enregistrer vos résultats graphiques sous le format .xao3. Dans ce dossier, vous devez aussi créer un document WORD dans lequel vous devez seulement coller certains graphiques spécifiquement identifiés dans ce document. Vous êtes responsable de remettre ce dossier à David. Une fois le dossier récupéré, David vous donnera l'autorisation de quitter.*

## CONSTRUCTION D'UN CAPTEUR DE PRESSION

### Mise en situation

Dans ce laboratoire, vous devez construire un capteur de pression à l'aide d'un transducteur électronique dont la tension aux bornes varie en fonction de la déformation de sa membrane interne lorsque celle-ci subit la pression d'un gaz. Pour ce faire, vous devez étudier la relation de causalité qui existe entre la pression d'un gaz et la tension délivrée par le transducteur.

Vous devez compléter les différentes sections de ce présent rapport.

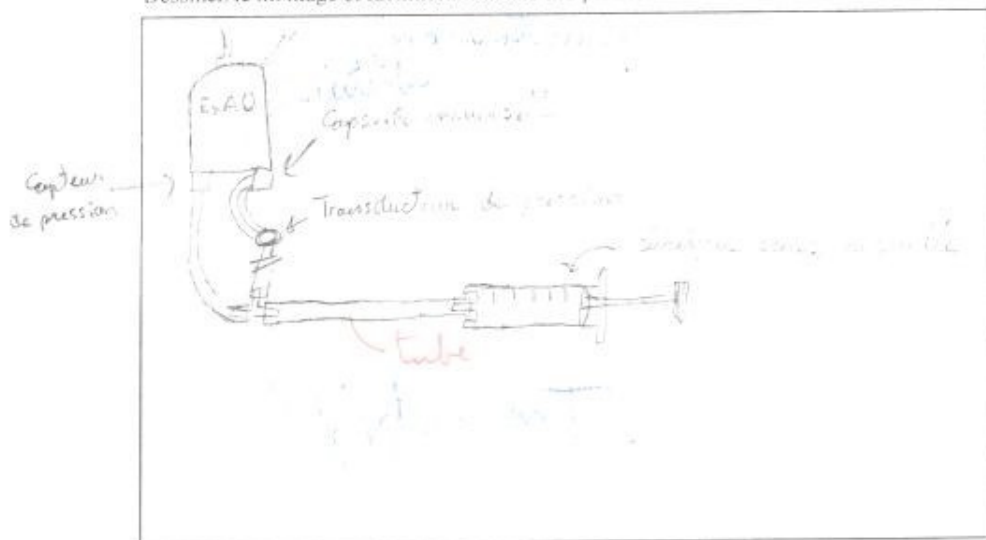
### Matériel (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)

Pour réaliser votre tâche, nous mettons à votre disposition le matériel qui est dans le panier. Faites la liste du matériel que vous utilisez pour construire votre capteur:

Matériel informatique:	Matériel de laboratoire:
- Interface minilab ExtO	- Tournevis à tête plate (sans pointe universelle)
- Ordinateur	- Deux tubes transparents
- Capteur universelle	- Seringue sans aiguille de 10ml
- Transducteur de pression	- Connecteur en T (pour relier les tubes à la seringue)
- Fil rouge, noir et blanc (pour le transducteur de pression)	- ...
- Capteur de pression ExtO	- ...

11

**Schéma de montage** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)  
 Dessinez le montage et identifiez chacune des parties de celui-ci:



**Question – Précaution :**

Lors de l'expérience, que ferez-vous pour protéger le capteur d'une trop grande pression?

Brancher le capteur à un gaz à faible pression, à l'aide d'une soupape, elle n'exerce pas une pression importante sur le capteur.

**Construction du capteur:** comportement à se être mesuré (à 10 bar)

Énoncez les procédures à suivre pour la construction et la validation de votre capteur de pression. Si vous manquez de lignes pour les procédures, utilisez le verso de la feuille. Numérotez les étapes et soyez précis. Par exemple, précisez les paramètres d'expérimentation que vous utiliserez en mode *Graphique*, de même que les outils mathématiques utilisés pour effectuer l'analyse et la validation.

1. Effectuer le montage tel que présenté dans la section *schéma de montage*.
  2. Déterminer la relation entre la pression d'un gaz et la tension aux bornes du transducteur, cliquez sur la barre d'outils du capteur **universel** afin de faire apparaître la fonction  $y = \dots$  complétez ici  $\dots$  <sup>pression</sup>
- Tranformez en ce qui suit une relation de causalité avec une variable mesurée par ExAO

**ATTENTION, il est INTERDIT d'utiliser l'icône «capsule universelle» en haut de la page d'accueil pour créer votre capteur de pression.**

la fonction

On donne une nouvelle expression de la loi de Hooke  
à l'échelle en soustrayant à l'ordonnée le déplacement  
qui était une sorte de point.

Avec la notion de dérivé, on trouve une loi de Hooke  
mathématique plus rigoureuse.

On modélise une droite qui nous donne une équation relative  
à la pression mesurée par P.

la fonction!

Notez l'équation mathématique correspondante :

$$U_{air} = 0,007 \cdot P - 0,2$$

En appliquant successivement cette équation on peut tracer  
une courbe en pression sur le modèle.

Copier-coller le graphique d'étalonnage dans le document Word et sauvegardez-le en format  
.xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

pour des AP

Une fois que les mesures de volume et de pression sont  
faites, on peut tracer la courbe.

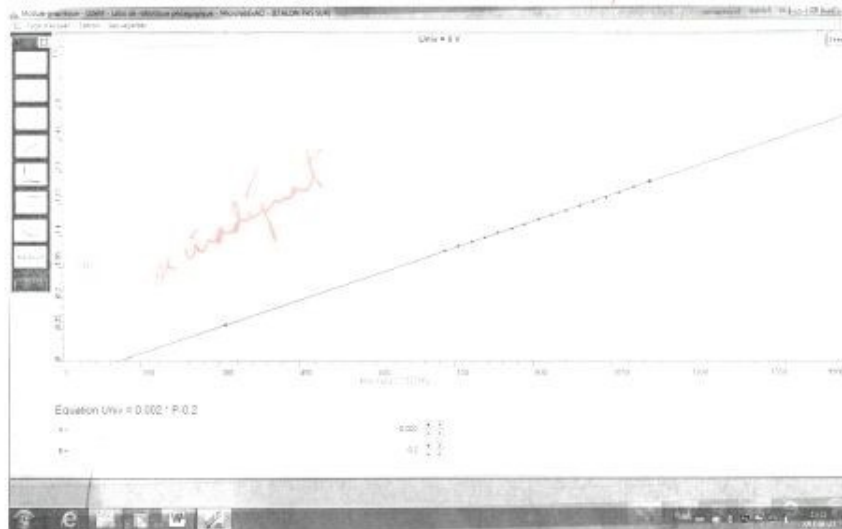
**VALIDATION** du capteur de pression

- On donne une nouvelle expression de la loi de Hooke  
à l'échelle en soustrayant à l'ordonnée le déplacement  
qui était une sorte de point.
- On modélise une droite qui nous donne une équation relative  
à la pression mesurée par P.

(en fonction de temps)

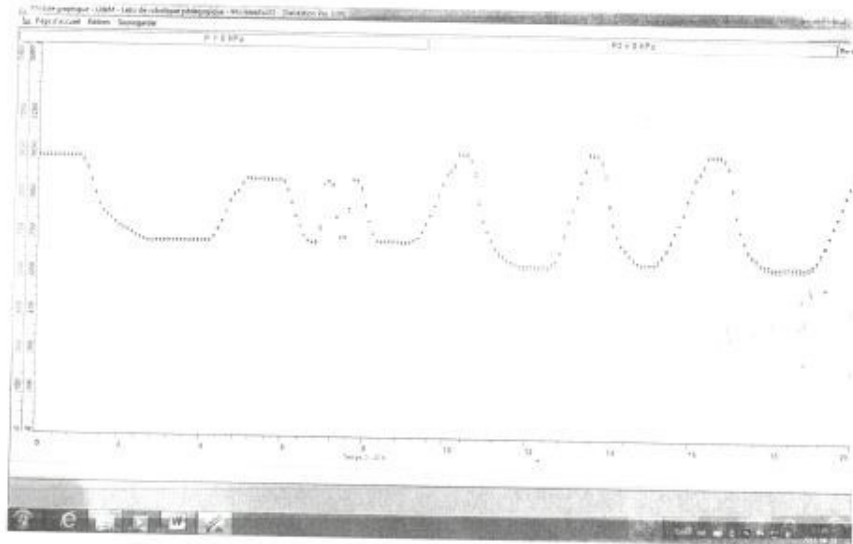
Copier-coller le graphique de validation dans le document Word et sauvegardez-le en format  
.xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

Graphique d'étalonnage :



Transforme le capteur de pression  
des baromètres

Graphique validation :



Nom de l'ÉTUDIANT :

**Sujet 12**

**IMPORTANT :** Sur le bureau de l'ordinateur, créez un dossier à votre nom et prénom puis y enregistrez vos résultats graphiques sous le format .xao3. Dans ce dossier, vous devez aussi créer un document WORD dans lequel vous devez seulement coller certains graphiques spécifiquement identifiés dans ce document. Vous êtes responsable de remettre ce dossier à David. Une fois le dossier récupéré, David vous donnera l'autorisation de quitter.

### CONSTRUCTION D'UN CAPTEUR DE PRESSION

#### Mise en situation

Dans ce laboratoire, vous devez construire un capteur de pression à l'aide d'un transducteur électronique dont la tension aux bornes varie en fonction de la déformation de sa membrane interne lorsque celle-ci subit la pression d'un gaz. Pour ce faire, vous devez étudier la relation de causalité qui existe entre la pression d'un gaz et la tension délivrée par le transducteur.

Vous devez compléter les différentes sections de ce présent rapport:

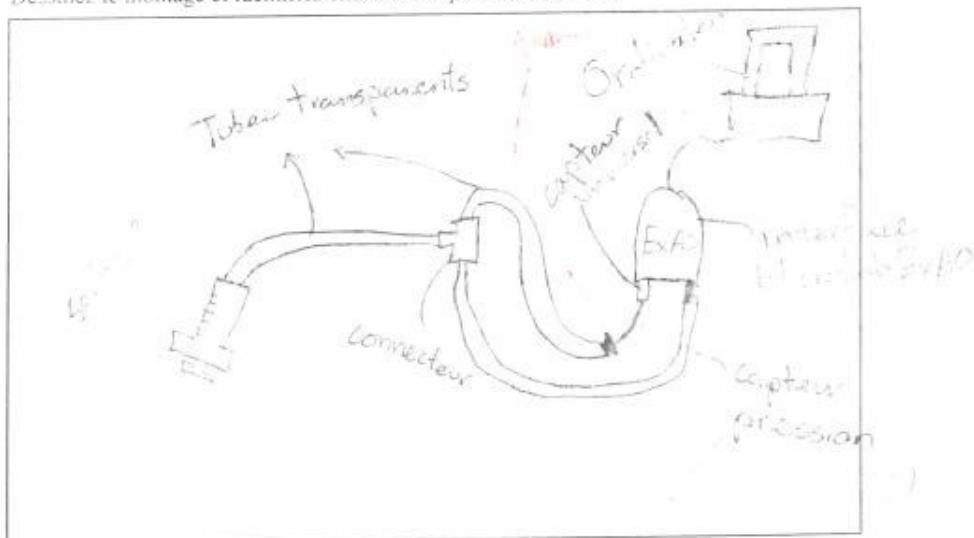
**Matériel** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)

Pour réaliser votre tâche, nous mettons à votre disposition le matériel qui est dans le panier. Faites la **liste du matériel que vous utilisez** pour construire votre capteur:

Matériel informatique:	Matériel de laboratoire:
- Interface	-
- Capteur	- Deux tubes
- Capteur	- Un connecteur de fibre
- Ordinateur	- mini-tournevis
- Transducteur	-
...	...

Schéma de montage (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)

Dessinez le montage et identifiez chacune des parties de celui-ci:



Question – Précaution :

Lors de l'expérience, que ferez-vous pour protéger le capteur d'une trop grande pression?

Débuter la soufflerie à la moitié du volume.

Construction du capteur:

Énoncez les procédures à suivre pour la construction et la validation de votre capteur de pression. Si vous manquez de lignes pour les procédures, utilisez le verso de la feuille. Numérotez les étapes et soyez précis. Par exemple, précisez les paramètres d'expérimentation que vous utiliserez en mode Graphique, de même que les outils mathématiques utilisés pour effectuer l'analyse et la validation.

1. Effectuer le montage tel que présenté dans la section schéma de montage.
2. Déterminer la relation entre la pression d'un gaz et la tension aux bornes du transducteur, cliquez sur la barre d'outils du capteur universel afin de faire apparaître la fonction ... complétez ici...
3. Cliquer sur étudier le capteur en une/deux relations de causalité avec une variable

ATTENTION, il est INTERDIT d'utiliser l'icône «capsule universelle» en haut de la page d'accueil pour créer votre capteur de pression.

mesurée par  $N_2$  et sélectionner



- le manomètre
- 1) Valider l'acquisition des points pour obtenir une droite de 0,05 V.
  - 2) Faire l'acquisition en augmentant et diminuant la quantité de gaz dans le seringue.
  - 3) Cliquer sur Manomètre, outils mathématiques et puis spécialisés cliquer sur
  - 4) glisser la droite et assigner la fonction au capteur
  - 5) À la page d'accueil, sélectionner le capteur universel, appliquer une fonction de transposition et puis la validation
- Notez l'équation mathématique correspondante :
- $$P = 513,857 \cdot V + 111,348$$

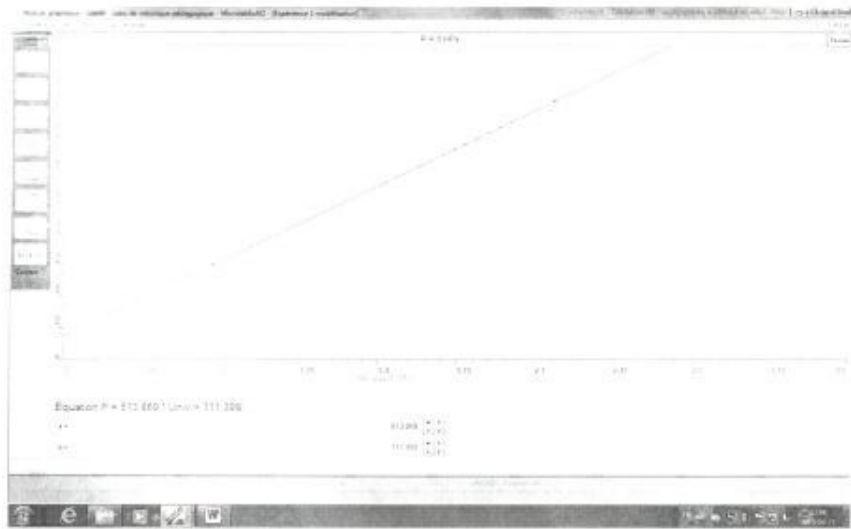
Copier-coller le graphique d'étalonnage dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

VALIDATION du capteur de pression

- 1) Cliquer sur le mode graphique
- 2) Dans paramètres dans « Quantité », sélectionner manomètre avec intervalles de 20 kPa
- 3) Faire acquisition en modifiant la quantité de gaz dans la seringue
- 4) Cliquer sur paramètres, sélectionner le capteur / outils mathématiques / taux de variation.

Copier-coller le graphique de validation dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

- 5) Prendre la partie de la droite. Doit se situer fin de la droite pour que le capteur crée la validation.





Nom de l'ETUDIANT :

**Sujet 13**

**IMPORTANT :** Sur le bureau de l'ordinateur, créez un dossier à votre nom et prénom pour y enregistrer vos résultats graphiques sous le format .xao3. Dans ce dossier, vous devez aussi créer un document WORD dans lequel vous devez seulement coller certains graphiques spécifiquement identifiés dans ce document. Vous êtes responsable de remettre ce dossier à David. Une fois le dossier récupéré, David vous donnera l'autorisation de quitter.

### CONSTRUCTION D'UN CAPTEUR DE PRESSION

#### Mise en situation

Dans ce laboratoire, vous devez construire un capteur de pression à l'aide d'un transducteur électronique dont la tension aux bornes varie en fonction de la déformation de sa membrane interne lorsque celle-ci subit la pression d'un gaz. Pour ce faire, vous devez étudier la relation de causalité qui existe entre la pression d'un gaz et la tension délivrée par le transducteur.

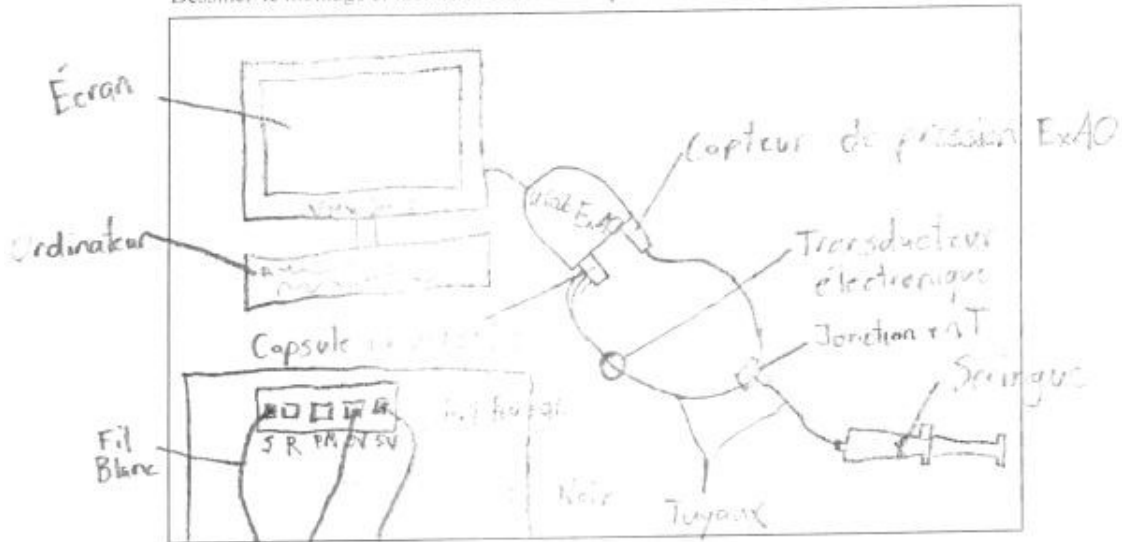
Vous devez compléter les différentes sections de ce présent rapport.

**Matériel** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)

Pour réaliser votre tâche, nous mettons à votre disposition le matériel qui est dans le panier. Faites la **liste du matériel** que vous utilisez pour construire votre capteur:

Matériel informatique:	Matériel de laboratoire:
- Ordinateur	- Transducteur électronique
- Interface ExAO ✓	- Capteur de pression ExAO
-	- Jambon
-	- Seringue
-	- Tuyau (2)
...	- capsule alimentaire
	- Jambon, etc. T

**Schéma de montage** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations).  
Dessinez le montage et identifiez chacune des parties de celui-ci:



**Question – Précaution :**

Lors de l'expérience, que ferez-vous pour protéger le capteur d'une trop grande pression?

*Je ne dépasserai pas 150 kPa de pression (au pas beaucoup) et je dois certain de ne pas*

**Construction du capteur:** *atteindre un maximum de 1500 kPa.*

Énoncez les procédures à suivre pour la construction et la validation de votre capteur de pression. Si vous manquez de lignes pour les procédures, utilisez le verso de la feuille. Numérotez les étapes et soyez précis. Par exemple, précisez les paramètres d'expérimentation que vous utiliserez en mode Graphique de même que les outils mathématiques utilisés pour effectuer l'analyse et la validation.

1. Effectuer le montage tel que présenté dans la section *schéma de montage*.
2. Déterminer la relation entre la pression d'un gaz et la tension aux bornes du transducteur, cliquez sur la barre d'outils du capteur universel afin de faire apparaître la fonction... complétez ici... :

*Transformer ce capteur en circuit et une/des relation(s) de causalité(s) → une variable mesurée par MicroLab ExAO → Manomètre virtuel.*

→ **ATTENTION, il est INTERDIT d'utiliser l'icône «capsule universelle» en haut de la page d'accueil pour créer votre capteur de pression.**

- 2- Cliquez sur "Acquerir" et lancez l'acquisition.
- 3- Cliquez sur la valeur de la seringue pour voir une variation de pression sur le graphique.
- 5- Arrêtez l'acquisition lorsque vous avez quelques points.
- 6- Cliquez sur la barre du capteur pression en haut.
- 7- Sélectionnez "Outils mathématiques", puis "modéliser".
- 8- Modélisez la fonction à l'aide d'une droite.

Notez l'équation mathématique correspondante :

$$P = 551,765 \cdot V_{\text{univ}} + 77,332$$

- 9- Cliquez sur "Ajouter la fonction au capteur".

[ Copier-coller le graphique d'étalonnage dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

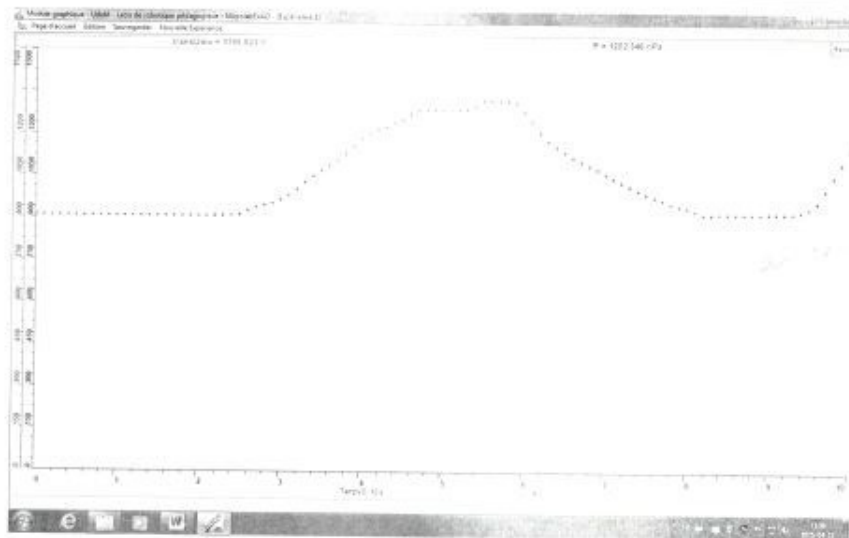
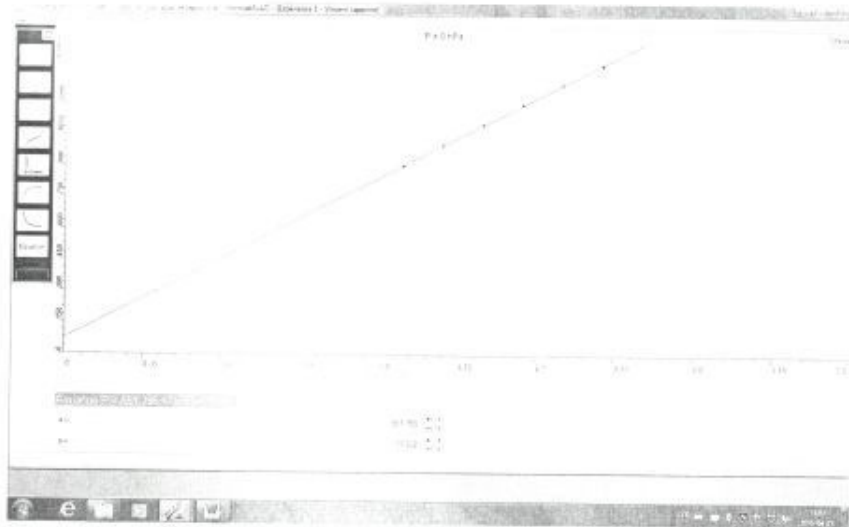
- 10- sur l'écran d'ajustement cliquez sur la barre plotter du capteur, et cliquez sur l'option de transmission en activant votre capteur et votre ordinateur.

VALIDATION du capteur de pression

- 11- Lancez le montage physique.
- 12- Lancez l'acquisition.
- 13- Faites varier le volume de la seringue.
- 14- Observez la courbe des deux capteurs et les comparez.
- 15- Faites des ajustements si la mise à l'échelle n'est pas concluante.

[ Copier-coller le graphique de validation dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

→ la variation ?



Nom de l'ÉTUDIANT : **Sujet 14**

**IMPORTANT :** Sur le bureau de l'ordinateur, créez un dossier à votre nom et prénom pour y enregistrer vos résultats graphiques sous le format .xao3. Dans ce dossier, vous devez aussi créer un document WORD dans lequel vous devez seulement coller certains graphiques spécifiquement identifiés dans ce document. Vous êtes responsable de remettre ce dossier à David. Une fois le dossier récupéré, David vous donnera l'autorisation de quitter.

### CONSTRUCTION D'UN CAPTEUR DE PRESSION

#### Mise en situation

Dans ce laboratoire, vous devez construire un capteur de pression à l'aide d'un transducteur électronique dont la tension aux bornes varie en fonction de la déformation de sa membrane interne lorsque celle-ci subit la pression d'un gaz. Pour ce faire, vous devez étudier la relation de causalité qui existe entre la pression d'un gaz et la tension délivrée par le transducteur.

Vous devez compléter les différentes sections de ce présent rapport.

**Matériel** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)

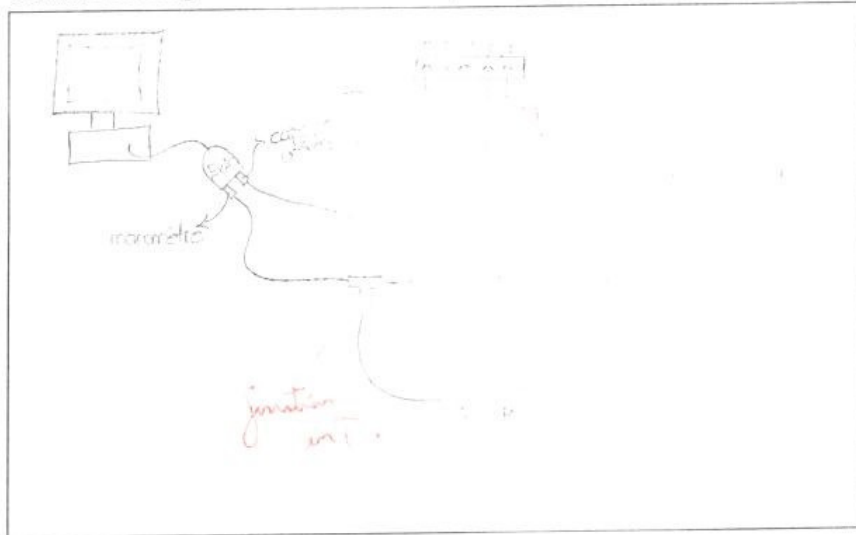
Pour réaliser votre tâche, nous mettons à votre disposition le matériel qui est dans le panier. Faites la **liste du matériel que vous utilisez** pour construire votre capteur:

Matériel informatique:	Matériel de laboratoire:
- Interface Microlab ExAO ✓	- Seringue
- Capteur de pression ✓	- Tubes (2)
- Cassette universelle ✓	- Jonction de sonde
- Outil à souder	- ...
- Transducteur ?	...



**Schéma de montage** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)

Dessinez le montage et identifiez chacune des parties de celui-ci:



**Question – Précaution :**

Lors de l'expérience, que ferez-vous pour protéger le capteur d'une trop grande pression?

Toujours vérifier que la pression captée par le manomètre ne dépasse pas 1500 hPa.

**Construction du capteur:**

Énoncez les procédures à suivre pour la construction et la validation de votre capteur de pression. Si vous manquez de lignes pour les procédures, utilisez le verso de la feuille. Numérotez les étapes et soyez précis. Par exemple, précisez les paramètres d'expérimentation que vous utiliserez en mode *Graphique*, de même que les outils mathématiques utilisés pour effectuer l'analyse et la validation.

1. Effectuer le montage tel que présenté dans la section *schéma de montage*.
2. Déterminer la relation entre la pression d'un gaz et la tension aux bornes du transducteur, cliquez sur la barre d'outils du capteur universel afin de faire apparaître la fonction ...complétez ici...  
« Transformer ce capteur en décrivant une/une relation  $P = f(U)$  puis cliquer sur « avec une variable mesurée par l'instrument » « Manomètre ».

**ATTENTION, il est INTERDIT d'utiliser l'icône «capsule universelle» en haut de la page d'accueil pour créer votre capteur de pression.**

3. Modifier la fonction de transfert de la capsule universelle en fonction de la pression et de la température.
4. Modéliser la capsule universelle en fonction de la température et de la pression.

Notez l'équation mathématique correspondante

5. Cliquer sur « Assignez la fonction »

Copier-coller le graphique d'étalonnage dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

6. Retourner sur la page d'accueil et cliquer sur « Retour à la capsule universelle »

#### VALIDATION du capteur de pression

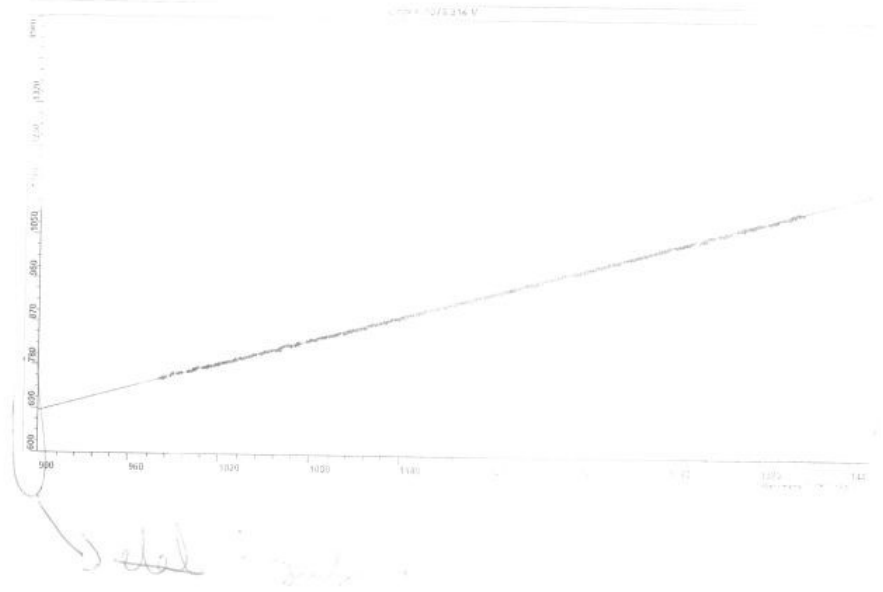
En mode Variable, on peut comparer la pression universelle et celle mesurée par la capsule universelle. La différence de 400 hPa est due à la température et à la pression, ce qui rend le capteur universel moins précis. Malgré tout, observer la relation directe entre la pression et la température.

Faire varier la température par la température.

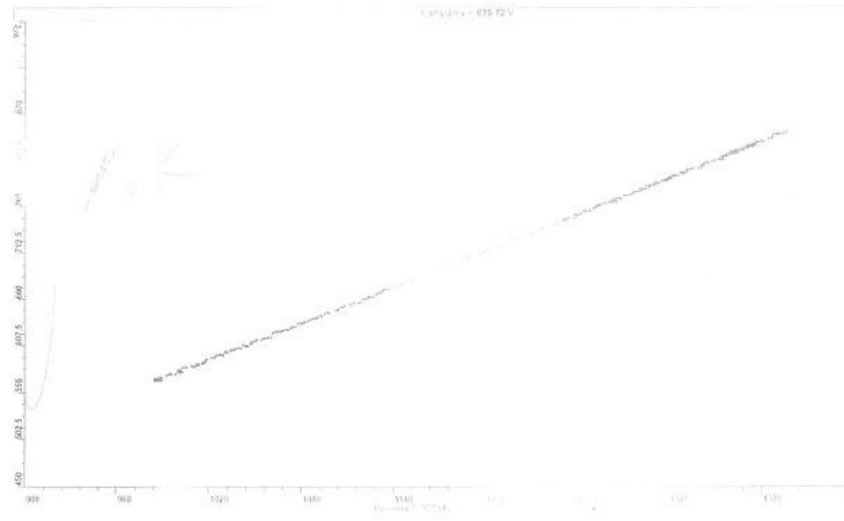
Copier-coller le graphique de validation dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

\* Le détail que je ne comprend pas de ce fait est que la capsule universelle appliquée ma fonction à la capsule universelle, l'unité de mesure de la température et était d'au moins 400 hPa plus bas que la mesure de pression.

Technique 1 : Etalonnage de la capsule universelle en fonction du capteur de pression



Graphique 2 : Validation de la relation de causalité entre la pression et la tension



24,5/30 81,7%

Nom de l'ÉTUDIANT : **Sujet 15**

**IMPORTANT :** Sur le bureau de l'ordinateur, créez un dossier à votre nom et prénom pour y enregistrer vos résultats graphiques sous le format .xao3. Dans ce dossier, vous devez aussi créer un document WORD dans lequel vous devez seulement coller certains graphiques spécifiquement identifiés dans ce document. Vous êtes responsable de remettre ce dossier à David. Une fois le dossier récupéré, David vous donnera l'autorisation de quitter.

## CONSTRUCTION D'UN CAPTEUR DE PRESSION

### Mise en situation

Dans ce laboratoire, vous devez construire un capteur de pression à l'aide d'un transducteur électronique dont la tension aux bornes varie en fonction de la déformation de sa membrane interne lorsque celle-ci subit la pression d'un gaz. Pour ce faire, vous devez étudier la relation de causalité qui existe entre la pression d'un gaz et la tension délivrée par le transducteur.

Vous devez compléter les différentes sections de ce présent rapport.

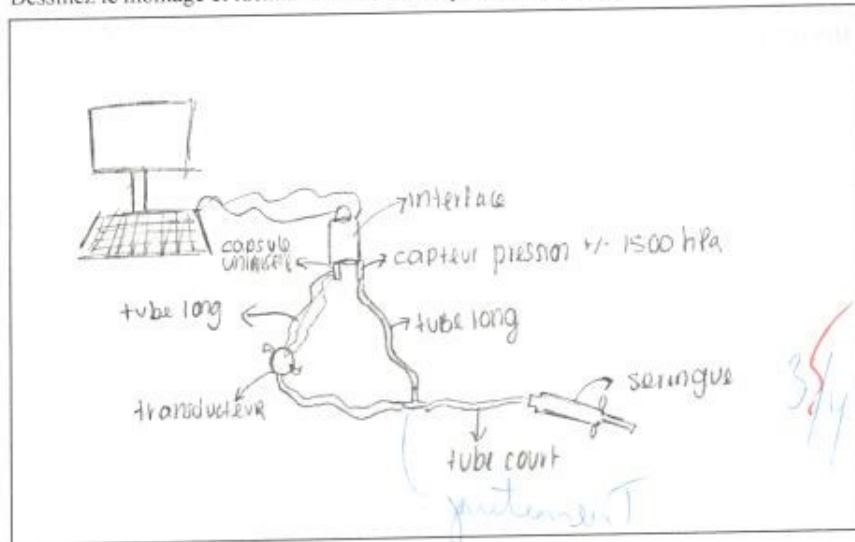
**Matériel** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)

Pour réaliser votre tâche, nous mettons à votre disposition le matériel qui est dans le panier. Faites la **liste du matériel que vous utilisez** pour construire votre capteur:

Matériel informatique:	Matériel de laboratoire:
- ordinateur	- 2 tubes ✓
- logiciel microlabExAO	- 1 seringue ✓
- Interface microlabExAO ✓	- 1 Mini fourneau ✓
- capteur de pression $\pm 1500$ Pa	- 1 embout pour les tubes ✓
- capsule universelle ✓	-
... transducteur ✓	...

15

**Schéma de montage** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)  
 Dessinez le montage et identifiez chacune des parties de celui-ci:



**Question – Précaution :**

Lors de l'expérience, que ferez-vous pour protéger le capteur d'une trop grande pression?

Ne pas dépasser 1300 hPa ✓ 2/2

**Construction du capteur:**

Énoncez les procédures à suivre pour la construction et la validation de votre capteur de pression. Si vous manquez de lignes pour les procédures, utilisez le verso de la feuille. Numérotez les étapes et soyez précis. Par exemple, précisez les paramètres d'expérimentation que vous utiliserez en mode *Graphique*, de même que les outils mathématiques utilisés pour effectuer l'analyse et la validation.

1. Effectuer le montage tel que présenté dans la section *schéma de montage*.
2. Déterminer la relation entre la pression d'un gaz et la tension aux bornes du transducteur, cliquez sur la barre d'outils du capteur universel afin de faire apparaître la fonction ... complétez ici... :

Transformer ce capteur en décrivant une (des) relation(s) de causalité(s) avec une variable mesurée par Microlab v. 4.0 1/2

**ATTENTION, il est INTERDIT d'utiliser l'icône «capsule universelle» en haut de la page d'accueil pour créer votre capteur de pression.**

Protocole

- 1- Faire le schéma de montage
- 2- Lancer le logiciel
- 3- étape 2 page précédente
- 4- Lancer l'acquisition de données et faire varier le volume dans la seringue
- 5- Utiliser l'outil modèle
- 6- Placer la droite sur les points obtenus
- 7- Assigner la fonction au capteur
- 8- Sur la page d'accueil, cliquer sur capsule universelle et appliquer la fonction de transformation obtenue

Notez l'équation mathématique correspondante :

$$P = 563,938 * UNIV + 54,77$$

Copier-coller le graphique d'étalonnage dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

VALIDATION du capteur de pression

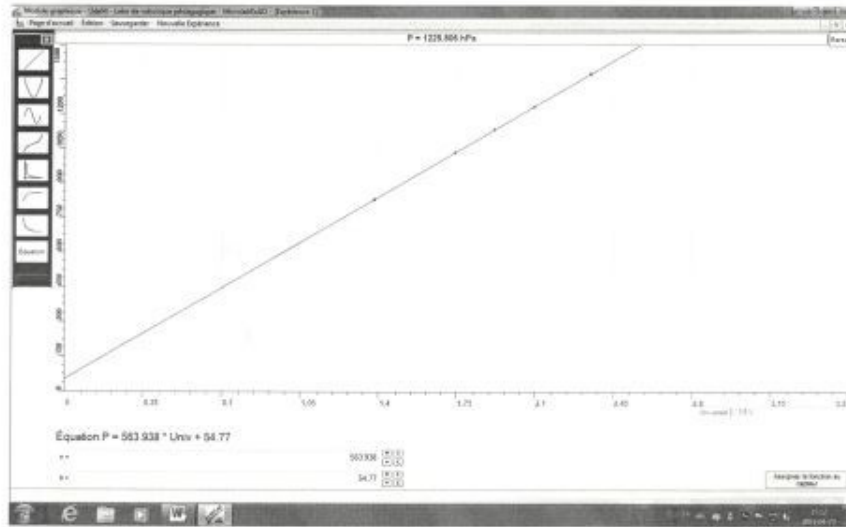
- 9) Faire une acquisition de données (en faisant varier le volume dans la seringue)
  - 10) Vérifier s'il y a bien « superposition » des deux courbes, soit la pression indiquée par la capsule universelle et celle indiquée par le capteur de pression
- ExAO.

Copier-coller le graphique de validation dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

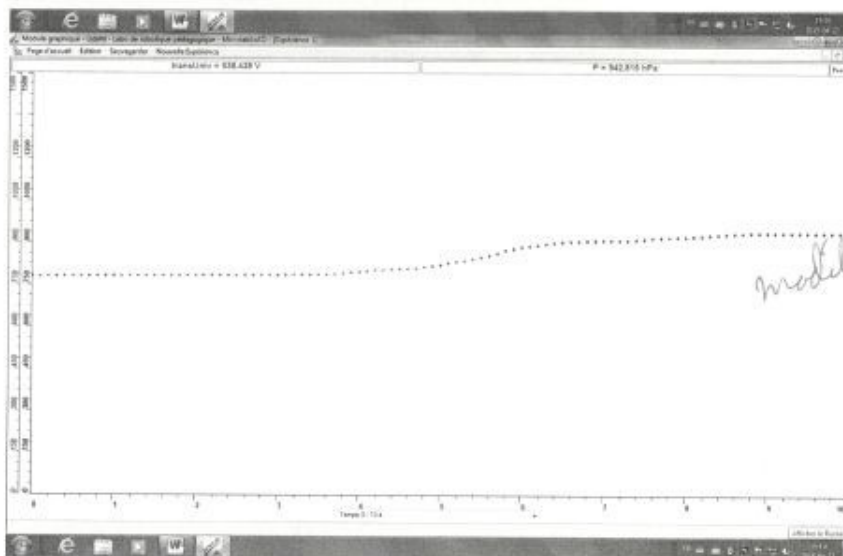
+ passer en mode graphique?

Temps 1

4/5







20/30 95%

Nom de l'ÉTUDIANT : **Sujet 16**

**IMPORTANT :** Sur le bureau de l'ordinateur, créez un dossier à votre nom et prénom pour y enregistrer vos résultats graphiques sous le format .xao3. Dans ce dossier, vous devez aussi créer un document WORD dans lequel vous devez seulement coller certains graphiques spécifiquement identifiés dans ce document. Vous êtes responsable de remettre ce dossier à David. Une fois le dossier récupéré, David vous donnera l'autorisation de quitter.

### CONSTRUCTION D'UN CAPTEUR DE PRESSION

#### Mise en situation

Dans ce laboratoire, vous devez construire un capteur de pression à l'aide d'un transducteur électronique dont la tension aux bornes varie en fonction de la déformation de sa membrane interne lorsque celle-ci subit la pression d'un gaz. Pour ce faire, vous devez étudier la relation de causalité qui existe entre la pression d'un gaz et la tension délivrée par le transducteur.

Vous devez compléter les différentes sections de ce présent rapport.

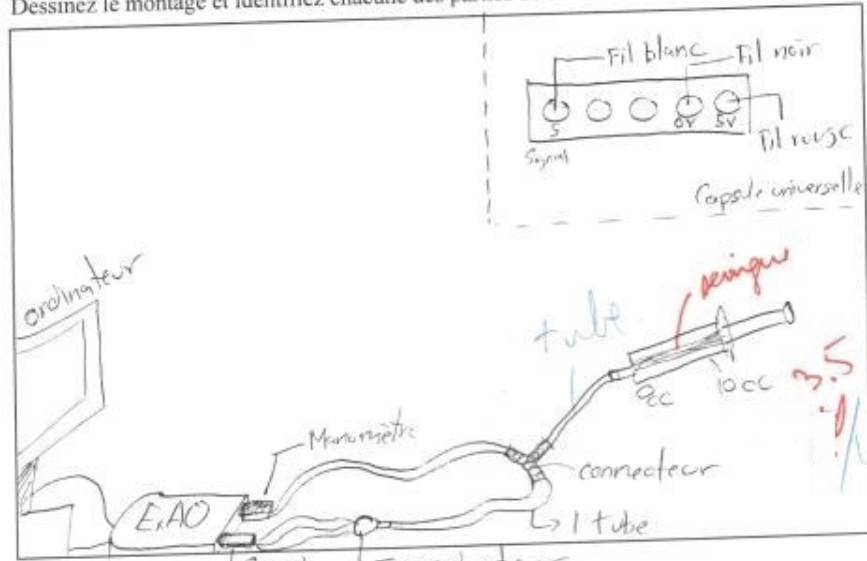
#### Matériel (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)

Pour réaliser votre tâche, nous mettons à votre disposition le matériel qui est dans le panier. Faites la liste du matériel que vous utilisez pour construire votre capteur:

Matériel informatique:	Matériel de laboratoire:
- Capsule universelle ✓	- Manomètre
- Interface ExAO ✓	- Transducteur ✓
-	- 2 tube (3 avec celui du manomètre) 4/4
-	- Tournevis ✓
-	- 1 connecteur dans un boîtier
...	... Seringue ✓

16

**Schéma de montage** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)  
 Dessinez le montage et identifiez chacune des parties de celui-ci:



Question - Précaution : universelle

Lors de l'expérience, que ferez-vous pour protéger le capteur d'une trop grande pression?

S'assurer que la pression ne monte jamais plus haut que 1300 hPa. 2/2

**Construction du capteur:**

Énoncez les procédures à suivre pour la construction et la validation de votre capteur de pression. Si vous manquez de lignes pour les procédures, utilisez le verso de la feuille. Numérotez les étapes et soyez précis. Par exemple, précisez les paramètres d'expérimentation que vous utiliserez en mode Graphique, de même que les outils mathématiques utilisés pour effectuer l'analyse et la validation. *Legende => cliquer*

1. Effectuer le montage tel que présenté dans la section schéma de montage.
2. Déterminer la relation entre la pression d'un gaz et la tension aux bornes du transducteur, cliquez sur la barre d'outils du capteur universel afin de faire apparaître la fonction...complétez ici...:

Transformer ce capteur en décrivant une relation de causalité  
 => avec une variable mesurée par E.A.O  
 => Manomètre 0/1500 hPa. 2/2

**ATTENTION, il est INTERDIT d'utiliser l'icône «capsule universelle» en haut de la page d'accueil pour créer votre capteur de pression.**

- 3- Placer la seringue à 0cc et brancher la au montage
- 4- Cliquer sur Paramètres: 100pt (1), 0,0105 V => Acquisition
- 5- Tirer jusqu'à 10 cc la seringue => arrêter
- 6- Cliquer sur l'équation  $P = XX \text{ hPa}$  => Outils mathématiques (1) => Boîte à outils
- 7- Choisir la droite et la superposer aux données
- 8. Noter l'équation
- 9- Cliquer sur => Assigner (1) la fonction au capteur. 5/5

Noter l'équation mathématique correspondante:

$$\text{Pression} = 530,199 \cdot \text{Tension} + 73,431$$

Copier-coller le graphique d'étalonnage dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

- 10 => Capteur universelle dans l'accueil => Appliquer une fonction de Transformation
- Choisir l'équation => Activer.

VALIDATION du capteur de pression

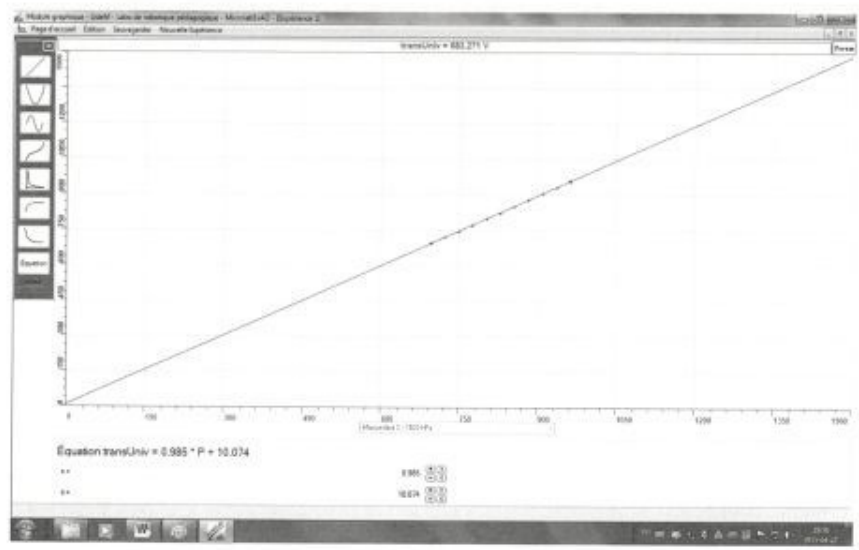
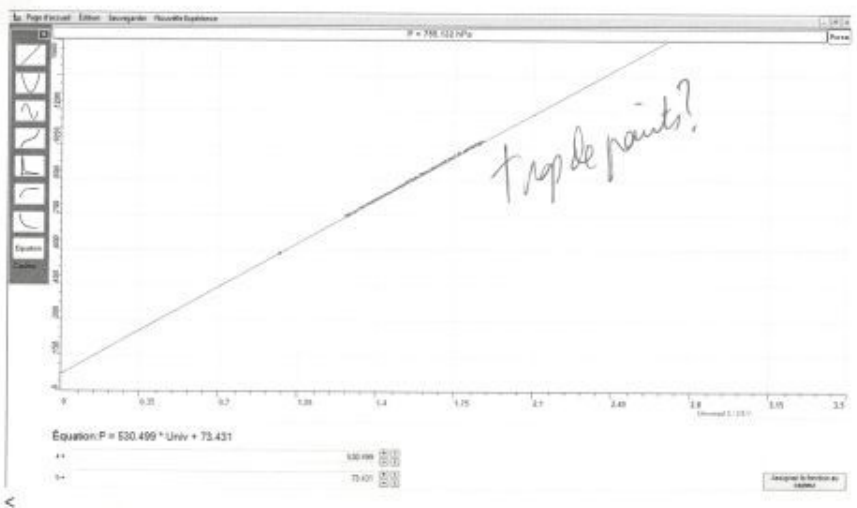
- 11 => Mode Graphique (1)
- 12 => Axe des abscisses et choisir le Paramètre
- 13 => Paramètre => Quand choisir manomètre => 29 hPa.1
- 14 La seringue à 0cc brancher au montage, => Acquisition
- 15 Tirer jusqu'à 10 cc => arrêter
- 16 => Formule => outils mathématiques => Modèles (1) => droite
- 17 => Superposer la droite et noter l'équation

Copier-coller le graphique de validation dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

Equation:  $\text{Pression}_{\text{capteur universel}} = 0,985 \text{ Pression}_{\text{manomètre}} + 10,074$

↓  
C'est la corrélation entre les 2 capteurs

4/5



28,5 / 30

95%

Nom de l'ÉTUDIANT :

Sujet 17

**IMPORTANT :** Sur le bureau de l'ordinateur, créez un dossier à votre nom et prénom pour y enregistrer vos résultats graphiques sous le format .xao3. Dans ce dossier, vous devez aussi créer un document WORD dans lequel vous devez seulement coller certains graphiques spécifiquement identifiés dans ce document. Vous êtes responsable de remettre ce dossier à David. Une fois le dossier récupéré, David vous donnera l'autorisation de quitter.

### CONSTRUCTION D'UN CAPTEUR DE PRESSION

#### Mise en situation

Dans ce laboratoire, vous devez construire un capteur de pression à l'aide d'un transducteur électronique dont la tension aux bornes varie en fonction de la déformation de sa membrane interne lorsque celle-ci subit la pression d'un gaz. Pour ce faire, vous devez étudier la relation de causalité qui existe entre la pression d'un gaz et la tension délivrée par le transducteur.

Vous devez compléter les différentes sections de ce présent rapport.

**Matériel** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)

Pour réaliser votre tâche, nous mettons à votre disposition le matériel qui est dans le panier. Faites la **liste du matériel que vous utilisez** pour construire votre capteur:

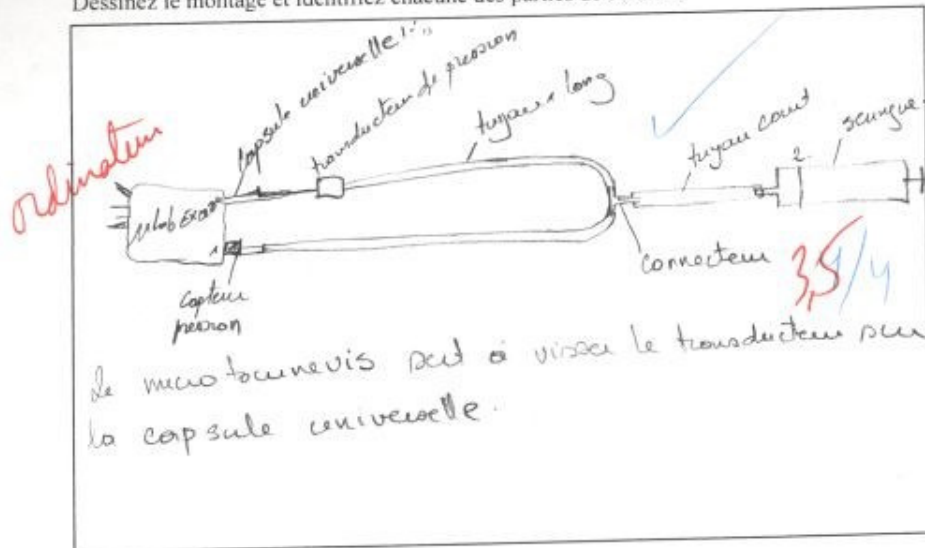
Matériel informatique:	Matériel de laboratoire:
- interface Dualabexao ✓	- 2 tuyaux ✓
- capteur de pression 1500kpa ✓	- 1 seringue de 10ml ✓
- capsule universelle ✓	- mms tournevis ✓
- Transducteur ✓	- un connecteur ✓
- logiciel EXAO ✓	-
...	...

4/4

17



**Schéma de montage** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)  
 Dessinez le montage et identifiez chacune des parties de celui-ci:



**Question – Précaution :**

Lors de l'expérience, que ferez-vous pour protéger le capteur d'une trop grande pression?

- on va surveiller la pression et ne pas dépasser 1300 hpa
- au début de l'expérience, placer la seringue sur 2 ml.

**Construction du capteur:**

Énoncez les procédures à suivre pour la construction et la validation de votre capteur de pression. Si vous manquez de lignes pour les procédures, utilisez le verso de la feuille. Numérotez les étapes et soyez précis. Par exemple, précisez les paramètres d'expérimentation que vous utiliserez en mode *Graphique*, de même que les outils mathématiques utilisés pour effectuer l'analyse et la validation.

1. Effectuer le montage tel que présenté dans la section *schéma de montage*.
2. Déterminer la relation entre la pression d'un gaz et la tension aux bornes du transducteur, cliquez sur la barre d'outils du capteur universel afin de faire apparaître la fonction ... complétez ici...

Transformer ce capteur en accusant une/des relation(s) de causalité (s) avec une variable mesurée par l'icône Exad.  
 - Manomètre 1500 hpa

**ATTENTION, il est INTERDIT d'utiliser l'icône «capsule universelle» en haut de la page d'accueil pour créer votre capteur de pression.**

- ④ - Je positionne la seringue sur 2 ml et je la connecte à l'ordinateur à mon montage. 5/5
- ⑤ - Paramétrie : 500 pts tous les 0.01 V, puis acquisition
- ⑥ - Je tire doucement sur la seringue surveillant la pression pour ne pas dépasser 1300 hpa et je pousse par la suite la seringue pour la vider en surveillant la pression.
- ⑦ - Arrêter l'expérience lorsque qu'on a vidé la seringue.
- ⑧ - sur la barre du capteur, cliquer sur outils mathématique - modélisation - choisir une "droite" et l'aligner sur les points

Notez l'équation mathématique correspondante :

$$P = 570.363 \times U_{\text{univ}} + 144.335$$

- ⑨ - cliquer sur "Assigner la fonction au capteur"
- ⑩ - sur la fenêtre de la page d'accueil, cliquer sur la barre du capteur. Copier-coller le graphique d'étalonnage dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.
- universel" Appliquez la fonction de transformation" choisir la fonction  $P = 570.363 \times U_{\text{univ}} + 144.335$  et "Activer"

**VALIDATION du capteur de pression**

- ⑪ - mode graphique, vérifier et modifier les axes
- ⑫ - en Y, capteur de pression, en X capteur transformé.
- ⑬ - positionner la seringue sur 2 ml, puis connecté au montage.
- ⑭ - paramétrie : 500 pts tous les 2.5 V, acquisition, tirer sur le piston de la seringue jusqu'à 1 ml, puis vider complètement, puis cliquer sur la barre du capteur en haut, outils mathématique - taux de variation - cliquer au début des points et glisser jusqu'au dernier points, puis cliquer

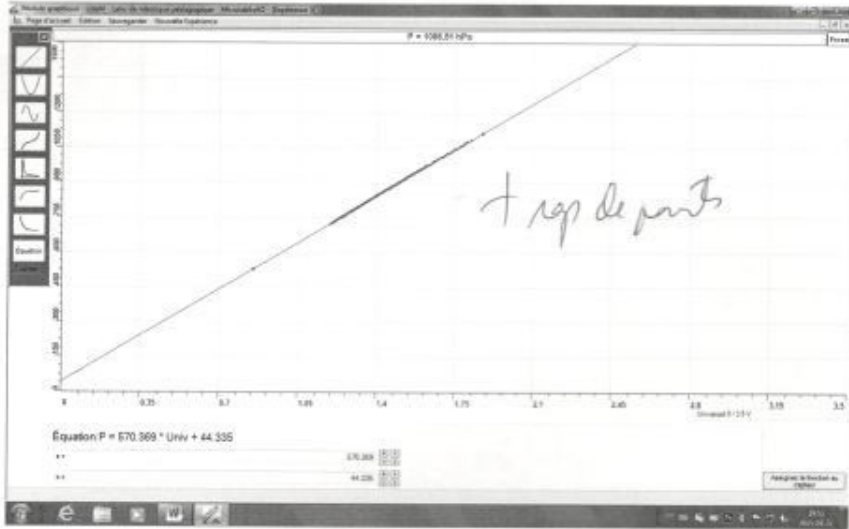
seringue jusqu'à 1 ml, puis vider complètement, puis cliquer sur la barre du capteur en haut, outils mathématique - taux de variation - cliquer au début des points et glisser jusqu'au dernier points, puis cliquer

Copier-coller le graphique de validation dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

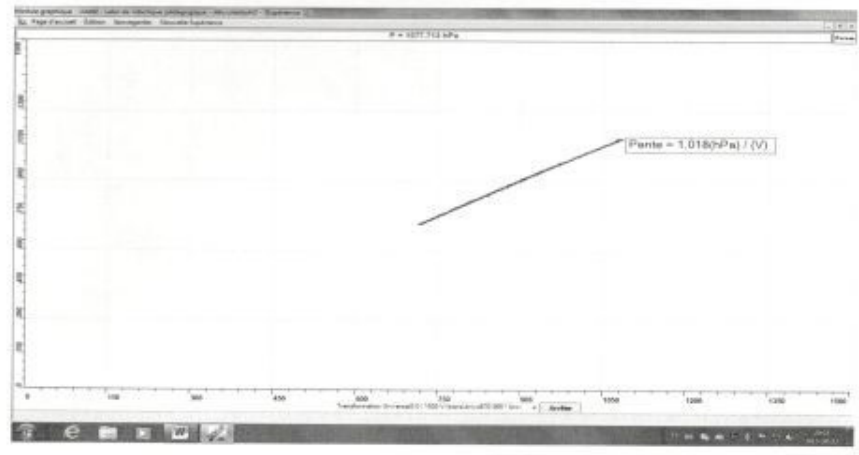
$$pente = 1,018$$



4/5



**Graphe 1** : étalonnage du capteur : en X, on a la tension (capteur universel) et en Y, on a les pressions (capteur de pression)



**Graphe 2** : validation du capteur de pression : en X les valeurs de pressions affichées par le capteur transformé, en Y les valeurs de pression du capteur de pression

23/30 76,7%

Nom de l'ÉTUDIANT :

**Sujet 18**

**IMPORTANT :** Sur le bureau de l'ordinateur, créez un dossier à votre nom et prénom pour y enregistrer vos résultats graphiques sous le format .xao3. Dans ce dossier, vous devez aussi créer un document WORD dans lequel vous devez seulement coller certains graphiques spécifiquement identifiés dans ce document. Vous êtes responsable de remettre ce dossier à David. Une fois le dossier récupéré, David vous donnera l'autorisation de quitter.

### CONSTRUCTION D'UN CAPTEUR DE PRESSION

#### Mise en situation

Dans ce laboratoire, vous devez construire un capteur de pression à l'aide d'un transducteur électronique dont la tension aux bornes varie en fonction de la déformation de sa membrane interne lorsque celle-ci subit la pression d'un gaz. Pour ce faire, vous devez étudier la relation de causalité qui existe entre la pression d'un gaz et la tension délivrée par le transducteur.

Vous devez compléter les différentes sections de ce présent rapport.

**Matériel** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)

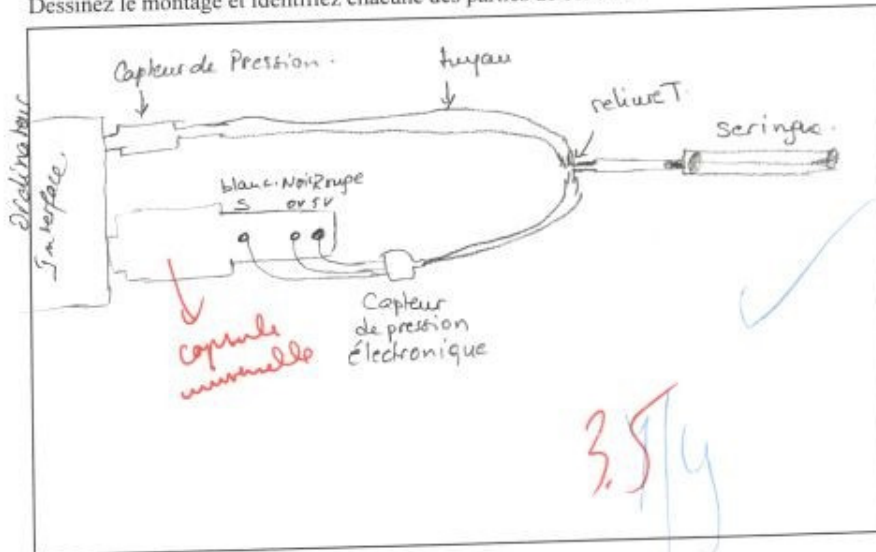
Pour réaliser votre tâche, nous mettons à votre disposition le matériel qui est dans le panier. Faites la **liste du matériel que vous utilisez** pour construire votre capteur:

Matériel informatique:	Matériel de laboratoire:
- Ordinateur avec programme ExAO	- 3 tuyaux ✓
- Capteur de pression 1500 kPa	- 2 tournevis ✓
- Interface ExAO ✓	- Une seringue de 10 ml ✓
- Transducteur électronique ✓	- Un sacreau ✓
- Capteur de Pression électronique ✓	- (Des lunettes de sécurité)
... Capule universelle?	- reliure en T. ✓
	...

35/44

18

**Schéma de montage** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)  
Dessinez le montage et identifiez chacune des parties de celui-ci:



**Question – Précaution :**

Lors de l'expérience, que ferez-vous pour protéger le capteur d'une trop grande pression?

Surveiller la ~~force~~ valeur de la pression, s'assurer qu'elle ne dépasse pas 1350 hPa.

**Construction du capteur:**

Énoncez les procédures à suivre pour la construction et la validation de votre capteur de pression. Si vous manquez de lignes pour les procédures, utilisez le verso de la feuille. Numérotez les étapes et soyez précis. Par exemple, précisez les paramètres d'expérimentation que vous utiliserez en mode *Graphique*, de même que les outils mathématiques utilisés pour effectuer l'analyse et la validation.

1. Effectuer le montage tel que présenté dans la section *schéma de montage*.
2. Déterminer la relation entre la pression d'un gaz et la tension aux bornes du transducteur, cliquez sur la barre d'outils du capteur universel afin de faire apparaître la fonction ... complétez ici... : *page d'accueil.*

③ Transformer ce capteur en décrivant une relation de causalité avec une variable interne à ExAO. *1/2*

**ATTENTION, il est INTERDIT d'utiliser l'icône «capsule universelle» en haut de la page d'accueil pour créer votre capteur de pression.**

1<sup>ère</sup> Etape - Etalonnage: ④ Cliquer sur le capteur universel.

Cliquer sur transformer ce capteur en décrivant une relation de causalité avec une variable interne et

E=AO ⑤ Cliquer sur graphique ⑥ Cliquer sur Acquisition -

⑦ On voit sur la perçante de points s'affichent sur l'écran ⑧ Avec l'outil mathématique - mode l'équation (obtenue en cliquant sur la barre Pression) on choisit la courbe qui correspond le mieux à notre ⑨ On détermine l'équation mathématique.

⑩ ③ Assigner l'équation au capteur en cliquant sur la barre en bas de la page.

Notez l'équation mathématique correspondante :  $P = 538.836 * Univ + 62.07$

Copier-coller le graphique d'étalonnage dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

Terminologie

VALIDATION du capteur de pression

⑪ ④ Cliquer sur la barre du capteur univ.

⑫ Appliquer la fonction en l'équation.

⑬ Assigner l'équation au capteur.

⑭ Cliquer sur mode graphique

⑮ Dans Paramètre cliquer sur Acquisition

2 courbes presque superposées apparaissent, l'une correspond au capteur universel et l'autre au capteur fabriqué

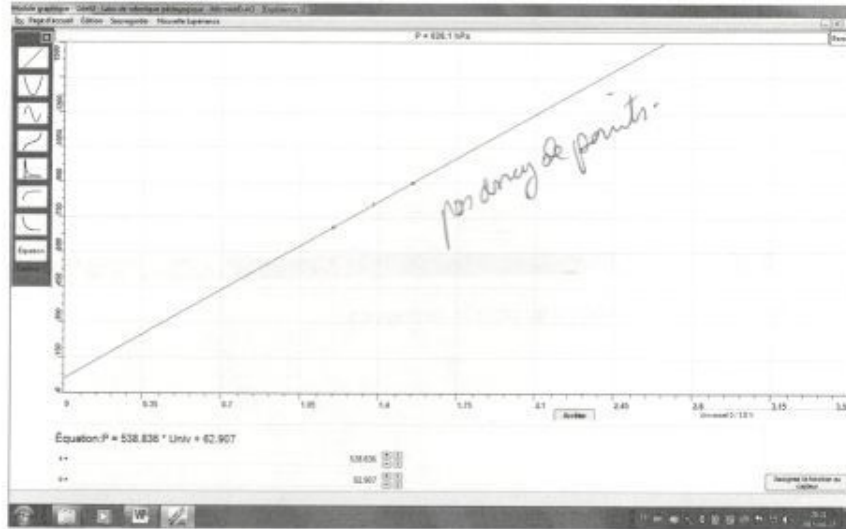
Copier-coller le graphique de validation dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

Equation 0/2

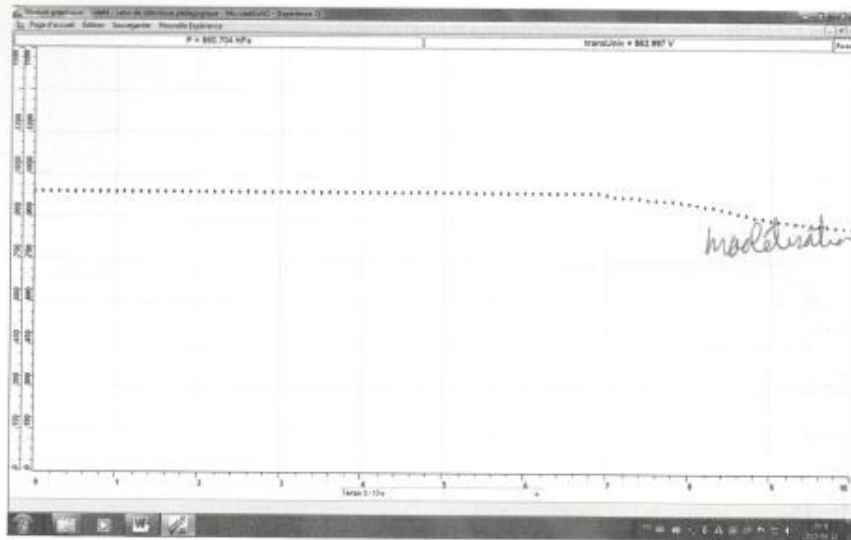
Maths  
l'un pour  
l'autre

Laboratoire Construction d'un capteur de pression.

3/5



Graphique 1-Courbe d'étalonnage du capteur de pression



Graphique2- Courbe de validation du capteur de pression.



25/30 83,3%

Nom de l'ÉTUDIANT

Sujet 19

**IMPORTANT :** Sur le bureau de l'ordinateur, créez un dossier à votre nom et prénom pour y enregistrer vos résultats graphiques sous le format .xao3. Dans ce dossier, vous devez aussi créer un document WORD dans lequel vous devez seulement coller certains graphiques spécifiquement identifiés dans ce document. Vous êtes responsable de remettre ce dossier à David. Une fois le dossier récupéré, David vous donnera l'autorisation de quitter.

### CONSTRUCTION D'UN CAPTEUR DE PRESSION

#### Mise en situation

Dans ce laboratoire, vous devez construire un capteur de pression à l'aide d'un transducteur électronique dont la tension aux bornes varie en fonction de la déformation de sa membrane interne lorsque celle-ci subit la pression d'un gaz. Pour ce faire, vous devez étudier la relation de causalité qui existe entre la pression d'un gaz et la tension délivrée par le transducteur.

Vous devez compléter les différentes sections de ce présent rapport.

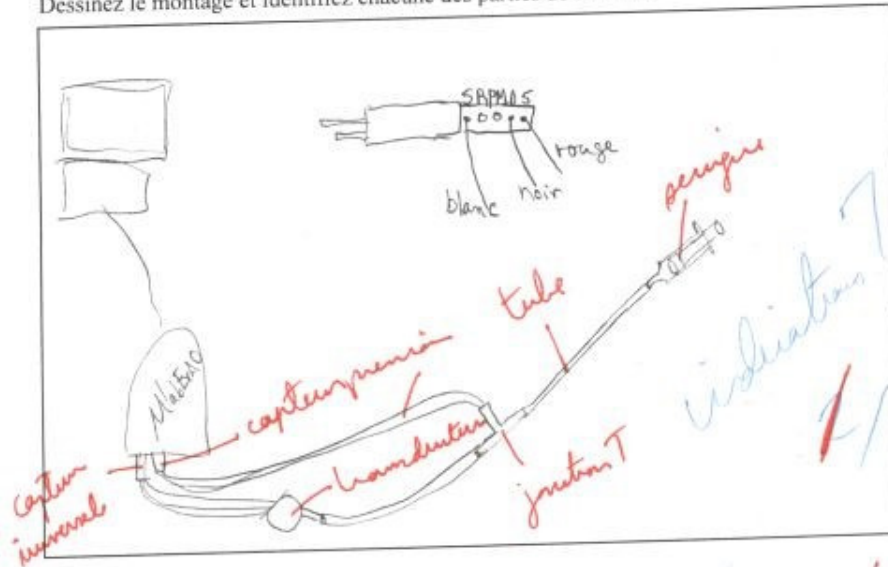
**Matériel** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)

Pour réaliser votre tâche, nous mettons à votre disposition le matériel qui est dans le panier. Faites la **liste du matériel que vous utilisez** pour construire votre capteur:

Matériel informatique:	Matériel de laboratoire:
- Capsule universelle ✓	- Transducteur électronique ✓
- Leiciel ExAO ✓	- Tubes (3) ✓
- MicroAb ExAO ✓	- Seringue ✓
- Capteur de pression 0/1500 hPa ✓	- Y de connexion des tubes ✓
-	- Tourne vis miniature ✓
...	...

4/4

**Schéma de montage** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)  
 Dessinez le montage et identifiez chacune des parties de celui-ci:



**Question – Précaution :**

Lors de l'expérience, que ferez-vous pour protéger le capteur d'une trop grande pression? 1300 hPa 1/2

Mesurer que les limites de 1500 hPa du capteur à pression ne sont pas dépassées et ajuster le volume initial de la seringue.

**Construction du capteur:**

Énoncez les procédures à suivre pour la construction et la validation de votre capteur de pression. Si vous manquez de lignes pour les procédures, utilisez le verso de la feuille. Numérotez les étapes et soyez précis. Par exemple, précisez les paramètres d'expérimentation que vous utiliserez en mode *Graphique*, de même que les outils mathématiques utilisés pour effectuer l'analyse et la validation.

$P = V \cdot k$

1. Effectuer le montage tel que présenté dans la section *schéma de montage*.
2. Déterminer la relation entre la pression d'un gaz et la tension aux bornes du transducteur, cliquez sur la barre d'outils du capteur universel afin de faire apparaître la fonction ... complétez ici... :

Étalonnez ce capteur en choisissant un étalon connecté à MicroLab ExAO  $\Rightarrow$  Manomètre 0/1500 hPa 1/2

**ATTENTION, il est INTERDIT d'utiliser l'icône «capsule universelle» en haut de la page d'accueil pour créer votre capteur de pression.**



1. Brancher la capsule universelle avec le transducteur électronique, selon le branchement suivant : borne + dans 5V, borne - dans 0V, blanc dans S.
  2. Faire un montage de tubulure selon le schéma de la page précédente : 1 tube du transducteur au Y, 1 tube du capteur de pression au Y et 1 tube de la seringue au Y. 5/5
  3. Cliquer sur le capteur et cliquer sur Étaloner ce capteur en fonction d'un capteur connecté à MicroLab EXAO.
  4. Le mode graphique s'ouvre automatiquement.
- \* Suite au verso.

Notez l'équation mathématique correspondante :

$$P = 516,617 \cdot \text{Univ} + 104,721$$

Copier-coller le graphique d'étalonnage dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à **votre nom** sur le bureau de l'ordinateur.

**VALIDATION du capteur de pression**

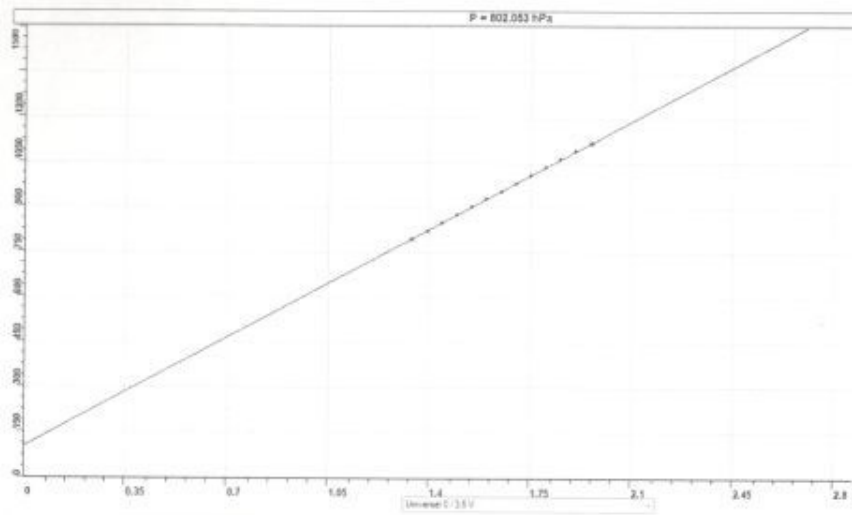
1. Passer en mode graphique 1 4/7
2. Cliquer Paramètres 1 et enlever Universel : Il devait rester <sup>Manomètre</sup> et <sup>Pression</sup> 0
3. Changer Manomètre, dans les paramètres d'acquisition et 25,05 kPa
4. Bouger le piston de la seringue de 0ml à 10ml
5. Arrêter acquisition et modifier échelle de PU de 0 à 1500kPa
6. Cliquer outils mathématiques et modèles 1

Copier-coller le graphique de validation dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à **votre nom** sur le bureau de l'ordinateur.

7. Droite linéaire
8. Noter l'équation :  $PU = 1 * P - 2,095$
9. La pente de 1 valide l'étalonnage. 2/2

\* Suite :

5. Cliquer sur Param
6. Modifier le moment de la prise de donnée à  $0,05005V$ .
7. Puisque le point de départ de la seringue est de 5ml, le mettre à 0ml et passer sur l'acquisition.
8. Tirer doucement le piston de la seringue jusqu'à l'atteinte de 10ml tout en s'assurant de ne pas dépasser la limite de 1500 hPa.
9. Cliquer sur la barre en haut et aller sur outil mathématique et modéliseur.
10. Choisir la droite linéaire (1<sup>er</sup>).
11. Faire passer la droite par les points et noter l'équation de la droite de régression.
12. Créer un capteur virtuel :  
Cliquer sur capteur virtuel  
Entrer un nom : Pression U  
Variable : PU  
Unité : hPa  
Équation  $PU = 516,617 * U_{niv.} + 104,121$   
Cliquer créer et enregistrer
13. Passer en mode

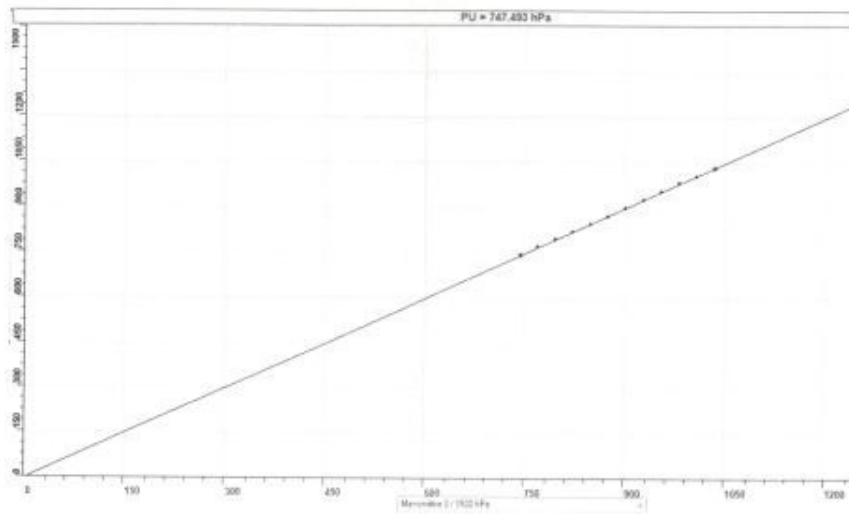


Équation:  $P = 516.617 \cdot \text{Univ} + 104.121$

a = 516.617

b = 104.121

*S/S*



Equation:  $PU = 1 \cdot P - 2.095$

a = 1

b = -2.095

17.5/30 58,3%

Nom de l'ÉTUDIANT :

**Sujet 20**

**IMPORTANT :** Sur le bureau de l'ordinateur, créez un dossier à votre nom et prénom pour y enregistrer vos résultats graphiques sous le format .xao3. Dans ce dossier, vous devez aussi créer un document WORD dans lequel vous devez seulement coller certains graphiques spécifiquement identifiés dans ce document. Vous êtes responsable de remettre ce dossier à David. Une fois le dossier récupéré, David vous donnera l'autorisation de quitter.

### CONSTRUCTION D'UN CAPTEUR DE PRESSION

#### Mise en situation

Dans ce laboratoire, vous devez construire un capteur de pression à l'aide d'un transducteur électronique dont la tension aux bornes varie en fonction de la déformation de sa membrane interne lorsque celle-ci subit la pression d'un gaz. Pour ce faire, vous devez étudier la relation de causalité qui existe entre la pression d'un gaz et la tension délivrée par le transducteur.

Vous devez compléter les différentes sections de ce présent rapport.

**Matériel** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)

Pour réaliser votre tâche, nous mettons à votre disposition le matériel qui est dans le panier. Faites la liste du matériel que vous utilisez pour construire votre capteur:

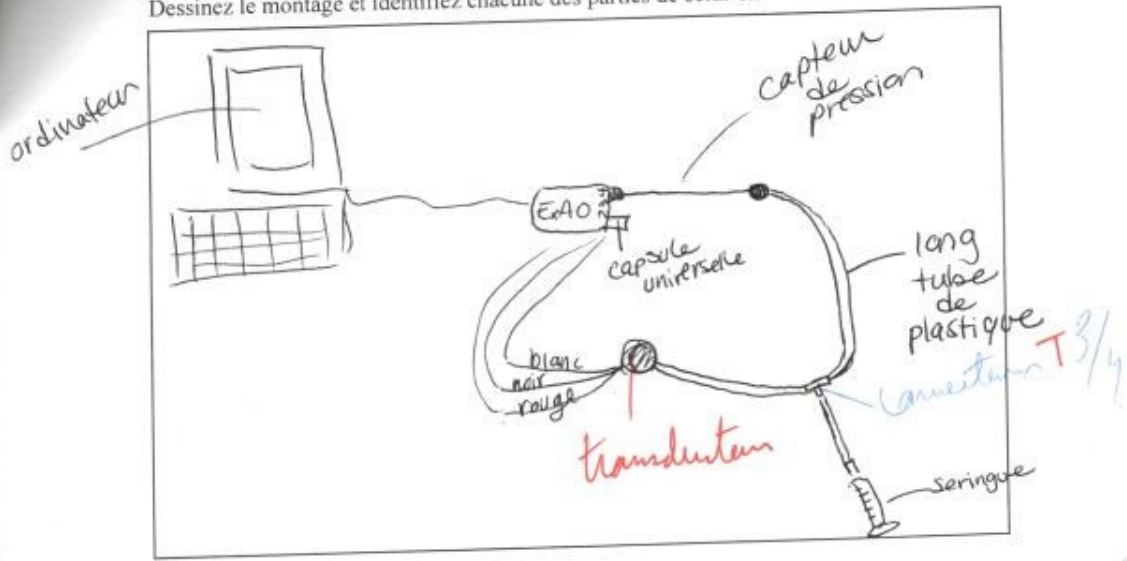
Matériel informatique:	Matériel de laboratoire:
- un ordinateur	- 3 fils (rouge, noir, blanc)
- une interface MicroLab EX40	- 1 seringue
- une capsule universelle	- 2 tubes de plastique (de même longueur)
- <i>capteur de pression</i>	- 1 petit tube de plastique
- <i>transducteur ?</i>	- 1 petit tournevis
...	... <i>connecteur art ?</i>

21.5  
3/4

20

graph  
 étalonnage  
 validation

**Schéma de montage** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)  
 Dessinez le montage et identifiez chacune des parties de celui-ci:



**Question – Précaution :**

Lors de l'expérience, que ferez-vous pour protéger le capteur d'une trop grande pression?

Faire augmenter la pression de façon graduelle

**Construction du capteur:**

Énoncez les procédures à suivre pour la construction et la validation de votre capteur de pression. Si vous manquez de lignes pour les procédures, utilisez le verso de la feuille. Numérotez les étapes et soyez précis. Par exemple, précisez les paramètres d'expérimentation que vous utiliserez en mode Graphique, de même que les outils mathématiques utilisés pour effectuer l'analyse et la validation.

1. Effectuer le montage tel que présenté dans la section schéma de montage.
2. Déterminer la relation entre la pression d'un gaz et la tension aux bornes du transducteur, cliquez sur la barre d'outils du capteur universel afin de faire apparaître la fonction ... complétez ici... :

transformer ce capteur en décrivant une ou deux relations de causalité + avec une variable mesurée par Microlab ExAO.

**ATTENTION, il est INTERDIT d'utiliser l'icône «capsule universelle» en haut de la page d'accueil pour créer votre capteur de pression.**

pression kpa  
 tension (u)

Maximum?  
 1/2

Quelle fonction?

SV  
 ov.  
 S.



Faire l'étalonnage :

① lancer l'acquisition en faisant varier les <sup>paramètres?</sup> quantité d'air dans la seringue.

\* S'ai arrêté l'acquisition autour de 1200 hpa  
(je ne voulais pas endommager le capteur) / 4/5

② modéliser le nuage de points (utils mathématiques, modéliser). <sup>incomplet</sup>

Assigner le capteur? <sup>2/2</sup>

Notez l'équation mathématique correspondante :

$$P_a = 496,038 * U_{niv} + 116,04$$

Copier-coller le graphique d'étalonnage dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

VALIDATION du capteur de pression

① Sur la page d'accueil <sup>sur la capsule universelle</sup>  
↳ appliquer une fonction de transformation  
(sélectionner l'équation obtenue plus haut).

② Étudier en fonction d'une entrée manuelle.

② Debrancher les tubes liés au capteur de pression  
Copier-coller le graphique de validation dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

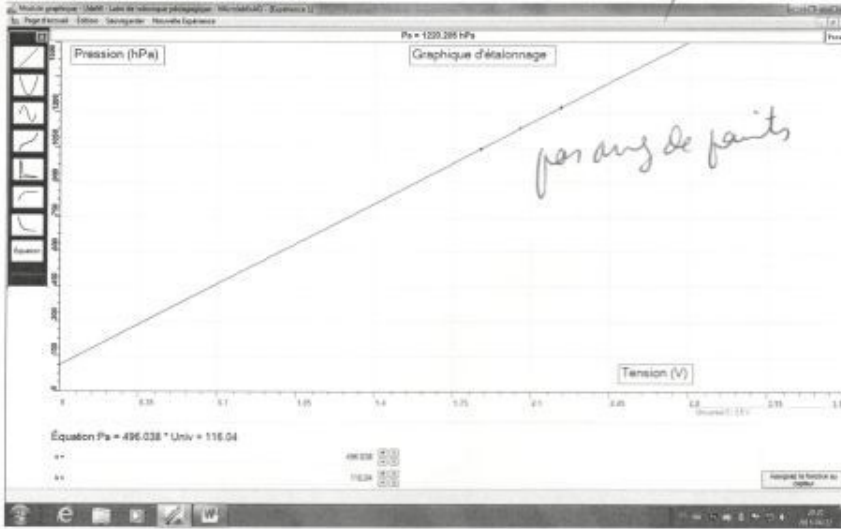
③ En mode graphique lancer l'acquisition en faisant varier la quantité d'air dans la seringue.

pas réussi → manque de temps. incomplet

Graphique:

1. Le graphique d'étalonnage
2. Je n'ai pas le 2<sup>e</sup> graphique... faute de temps!

2/5



195/30

559

Nom de l'ÉTUDIANT :

Sujet 21

**IMPORTANT :** Sur le bureau de l'ordinateur, créez un dossier à votre nom et prénom pour y enregistrer vos résultats graphiques sous le format .xao3. Dans ce dossier, vous devez aussi créer un document WORD dans lequel vous devez seulement coller certains graphiques spécifiquement identifiés dans ce document. Vous êtes responsable de remettre ce dossier à David. Une fois le dossier récupéré, David vous donnera l'autorisation de quitter.

### CONSTRUCTION D'UN CAPTEUR DE PRESSION

#### Mise en situation

Dans ce laboratoire, vous devez construire un capteur de pression à l'aide d'un transducteur électronique dont la tension aux bornes varie en fonction de la déformation de sa membrane interne lorsque celle-ci subit la pression d'un gaz. Pour ce faire, vous devez étudier la relation de causalité qui existe entre la pression d'un gaz et la tension délivrée par le transducteur.

Vous devez compléter les différentes sections de ce présent rapport.

**Matériel** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)

Pour réaliser votre tâche, nous mettons à votre disposition le matériel qui est dans le panier. Faites la **liste du matériel que vous utilisez** pour construire votre capteur:

Matériel informatique:	Matériel de laboratoire:
interface micro labExAO ✓	- 1 tournevis ✓
- ordinateur ✓	- 1 capteur de pression ✓
- <i>transducteur?</i>	- 1 capsule universelle ✓
-	- 2 tubes transparents
-	- 1 petit pot avec relieur tube et
...	- 1 seringue ✓

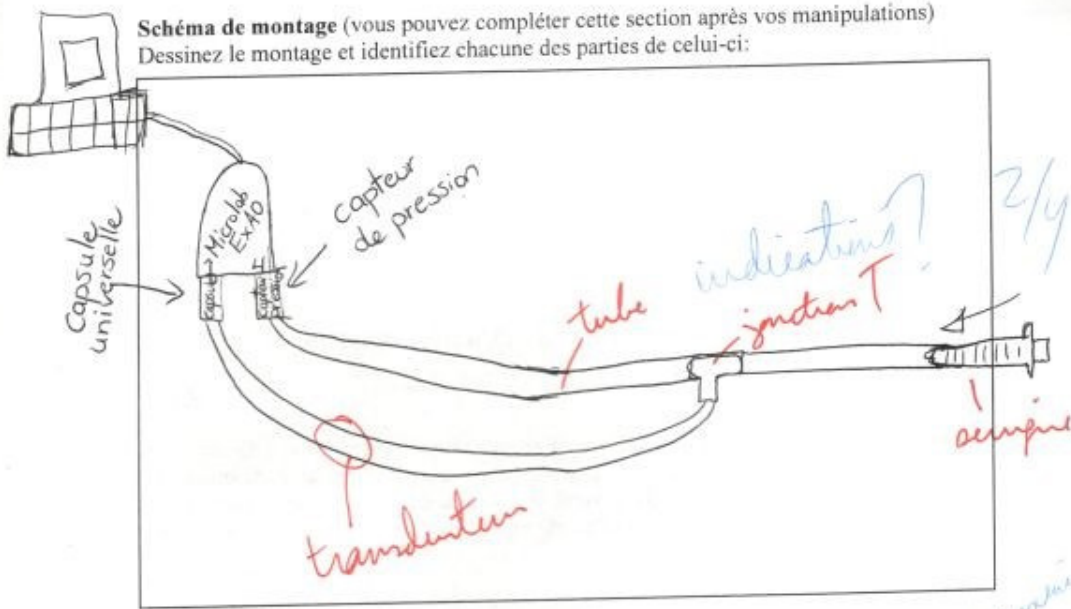
35/4

pression d'un gaz (hPa)

Ind = (déformation de sa membrane interne lorsque celle-ci subit la pression d'un gaz)

dép = Tension aux bornes (V)





**Question – Précaution :**

Lors de l'expérience, que ferez-vous pour protéger le capteur d'une trop grande pression?

J'enlèverai la pression dans la seringue après avoir pris tous mes résultats. (la retirer) 1/2

**Construction du capteur:**

Énoncez les procédures à suivre pour la construction et la validation de votre capteur de pression. Si vous manquez de lignes pour les procédures, utilisez le verso de la feuille. Numérotez les étapes et soyez précis. Par exemple, précisez les paramètres d'expérimentation que vous utiliserez en mode *Graphique*, de même que les outils mathématiques utilisés pour effectuer l'analyse et la validation.

1. Effectuer le montage tel que présenté dans la section *schéma de montage*.
2. Déterminer la relation entre la pression d'un gaz et la tension aux bornes du transducteur, cliquez sur la barre d'outils du capteur universel afin de faire apparaître la fonction... complétez ici... (Quelle fonction j'utilise?) 1/2

Étalonnage → Transformer ce capteur en décrivant une/deux relation(s) de causalité(s) avec une variable extérieure. intérieur : manomètre

**ATTENTION, il est INTERDIT d'utiliser l'icône «capsule universelle» en haut de la page d'accueil pour créer votre capteur de pression.**

3. Création d'une entrée manuelle:

Pression:	Nom
Variable:	P
Unité:	HPa
Min:	0
Max:	2

4. Prendre les mesure en exerçant une pression sur la seringue.

5. Modéliser le graphique en choisissant la bonne courbe.

6. Assignez la fonction au capteur (bouton en bas à droite)

$$P = 13,91 * \text{Unix} - 19,42$$

Notez l'équation mathématique correspondante :

Copier-coller le graphique d'étalonnage dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

7. Sur la barre du capteur : Appliquer une fonction de transformation et choisir la bonne équation écrite ci-dessous.

VALIDATION du capteur de pression

8. Étudier les capteurs connectés en fonction d'une entrée manuelle.

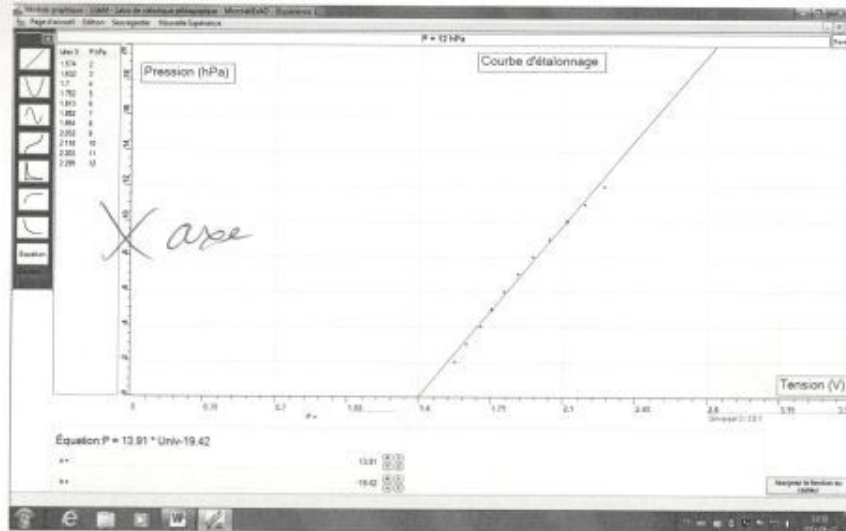
9. Entrer manuellement les données de départ et recommencer à entrer de nouveaux résultats pour valider.

Copier-coller le graphique de validation dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

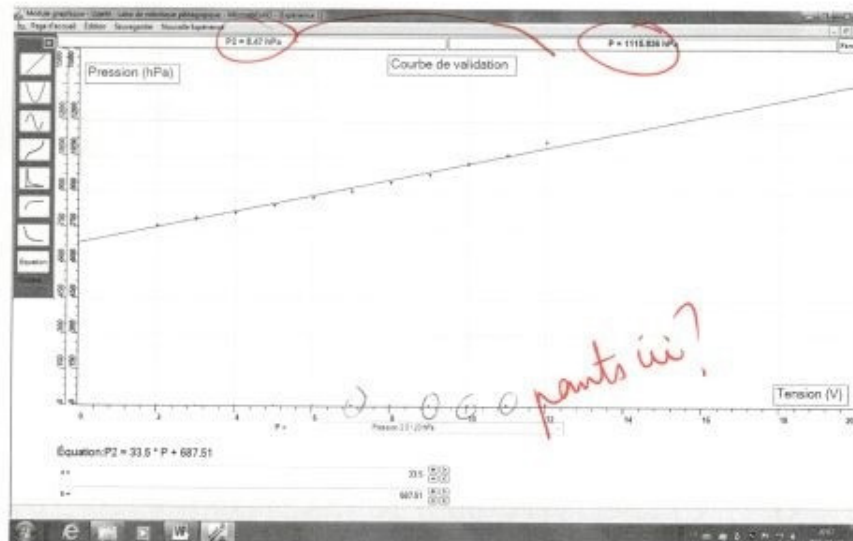
$$P_2 = 33,5 * P + 687,51$$

3/5

Courbe d'étalonnage



Courbe de validation



19.5/30 65%

**Sujet 22**

Nom de l'ÉTUDIANT :

**IMPORTANT :** Sur le bureau de l'ordinateur, créez un dossier à votre nom et prénom pour y enregistrer vos résultats graphiques sous le format .xao3. Dans ce dossier, vous devez aussi créer un document WORD dans lequel vous devez seulement coller certains graphiques spécifiquement identifiés dans ce document. Vous êtes responsable de remettre ce dossier à David. Une fois le dossier récupéré, David vous donnera l'autorisation de quitter.

**CONSTRUCTION D'UN CAPTEUR DE PRESSION**

**Mise en situation**

Dans ce laboratoire, vous devez construire un capteur de pression à l'aide d'un transducteur électronique dont la tension aux bornes varie en fonction de la déformation de sa membrane interne lorsque celle-ci subit la pression d'un gaz. Pour ce faire, vous devez étudier la relation de causalité qui existe entre la pression d'un gaz et la tension délivrée par le transducteur.

Vous devez compléter les différentes sections de ce présent rapport.

**Matériel** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)

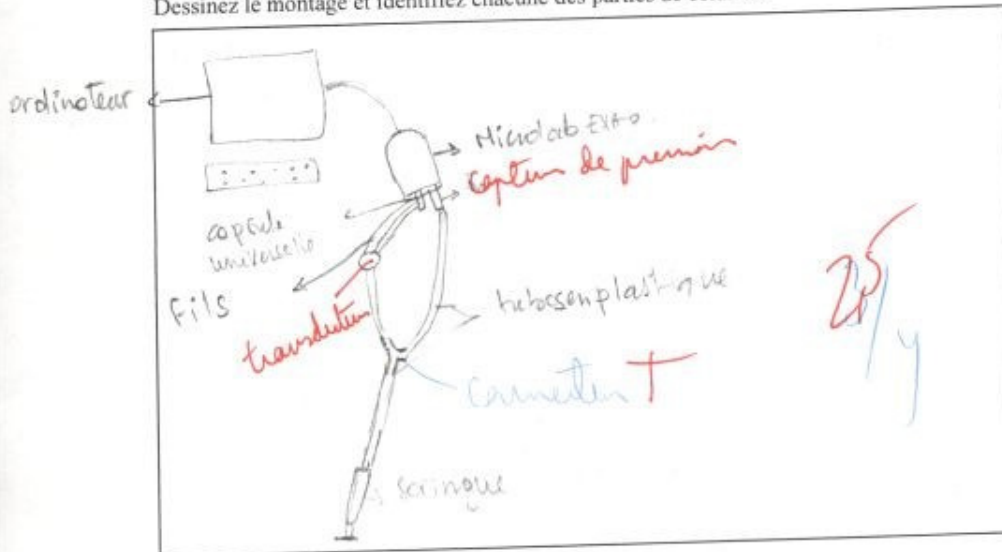
Pour réaliser votre tâche, nous mettons à votre disposition le matériel qui est dans le panier. Faites la **liste du matériel que vous utilisez** pour construire votre capteur:

Matériel informatique:	Matériel de laboratoire:
- ordinateur	- Seringue ✓
- Micro lab EVAO	- capteur de pression ✓
- Interphax EVAO	- ce pèse universelle ✓
- <b>transducteur ?</b>	- tourne visse ✓
-	- tubes en plastique
...	... fils jonction en T

3/4

22

**Schéma de montage** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)  
 Dessinez le montage et identifiez chacune des parties de celui-ci:



**Question – Précaution :**

Lors de l'expérience, que ferez-vous pour protéger le capteur d'une trop grande pression?

Vérifier sur l'écran que la pression ne dépasse pas 300 hPa.

4/2

**Construction du capteur:**

Énoncez les procédures à suivre pour la construction et la validation de votre capteur de pression. Si vous manquez de lignes pour les procédures, utilisez le verso de la feuille. Numérotez les étapes et soyez précis. Par exemple, précisez les paramètres d'expérimentation que vous utiliserez en mode *Graphique*, de même que les outils mathématiques utilisés pour effectuer l'analyse et la validation.

1. Effectuer le montage tel que présenté dans la section *schéma de montage*.
2. Déterminer la relation entre la pression d'un gaz et la tension aux bornes du transducteur, cliquez sur la barre d'outils du capteur universel afin de faire apparaître la fonction ...complétez ici... :

transformer le capteur en décrivant une relation de causalité avec une variable *interne* au MicroLab EXA.

le graphe apparaît tout seul.

1/2

**ATTENTION, il est INTERDIT d'utiliser l'icône «capsule universelle» en haut de la page d'accueil pour créer votre capteur de pression.**



*laquelle équation ?*

- 3- on tire la seringue, puis on appuis pour avoir des points
- 4- on clique sur la barre, puis on choisi outils mathématiques puis modélisateur.
- 5- choisi la courbe qui représente mieux nos données et on la glisse sur les points.

6 on fait capture pour capturer le graphe

7 - A assigné la fonction au capteur

*Appliquer la fonction au capteur ?*

Notez l'équation mathématique correspondante :

$P = 573,404 * Univ + 36,094$

Copier-coller le graphique d'étalonnage dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

VALIDATION du capteur de pression

*pour la validation*

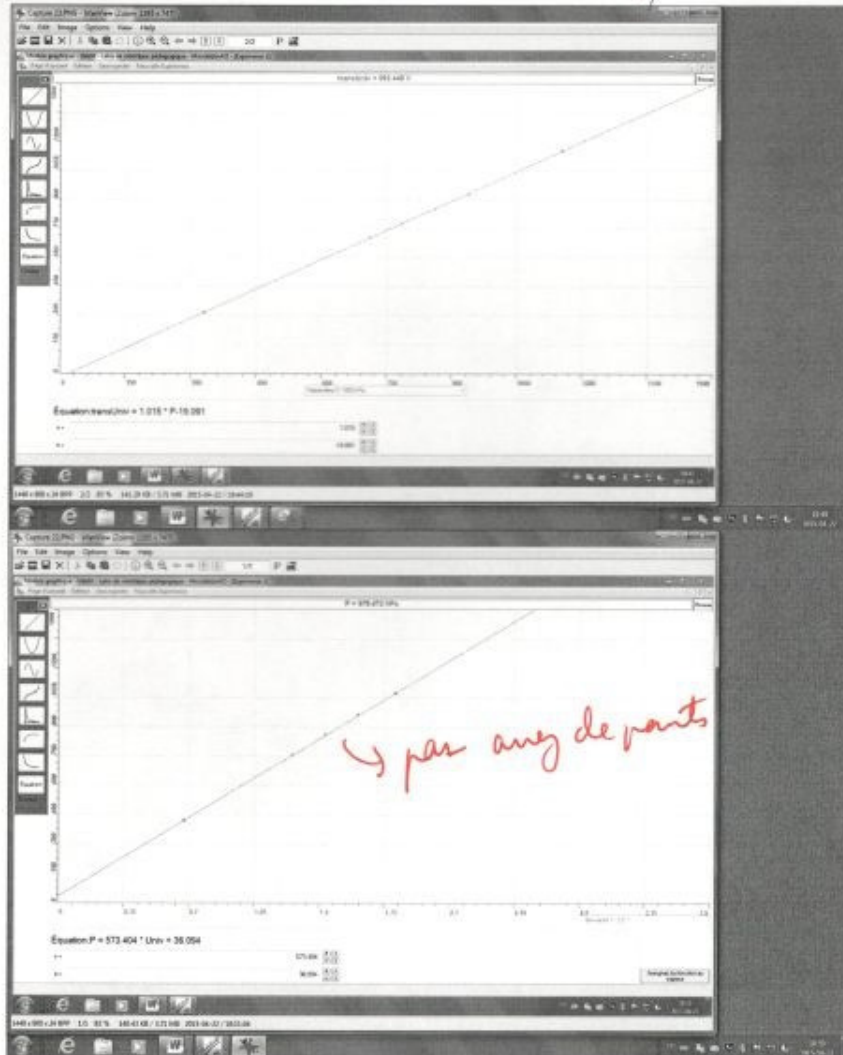
- 1- clique sur mode graphique
- 2 - tire puis appuis sur la seringue pour avoir des points
- 3 - clique sur la barre, puis outils mathématique on choisi modélisateur
- 4- choisi la courbe qui correspond à nos données
- 5- capture pour capturer le graphe.

Copier-coller le graphique de validation dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

Examen final

Zohra Issaad

4/5



18/30 60%

Nom de l'ÉTUDIANT :

Sujet 23

$PV = nRT$

**IMPORTANT :** Sur le bureau de l'ordinateur, créez un dossier à votre nom et prénom pour y enregistrer vos résultats graphiques sous le format .xao3. Dans ce dossier, vous devez aussi créer un document WORD dans lequel vous devez seulement coller certains graphiques spécifiquement identifiés dans ce document. Vous êtes responsable de remettre ce dossier à David. Une fois le dossier récupéré, David vous donnera l'autorisation de quitter.

### CONSTRUCTION D'UN CAPTEUR DE PRESSION

#### Mise en situation

Dans ce laboratoire, vous devez construire un capteur de pression à l'aide d'un transducteur électronique dont la tension aux bornes varie en fonction de la déformation de sa membrane interne lorsque celle-ci subit la pression d'un gaz. Pour ce faire, vous devez étudier la relation de causalité qui existe entre la pression d'un gaz et la tension délivrée par le transducteur.

Vous devez compléter les différentes sections de ce présent rapport.

**Matériel** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)

Pour réaliser votre tâche, nous mettons à votre disposition le matériel qui est dans le panier. Faites la **liste du matériel que vous utilisez** pour construire votre capteur:

Matériel informatique:	Matériel de laboratoire:
- Micro lab ExAO	- Seringue
- Interface	- tuyau - 3
- capteur de la pression	- transducteur
- capteur universel	- <i>fourmeins?</i>
-	- <i>jonction en T?</i>
...	...

3/4

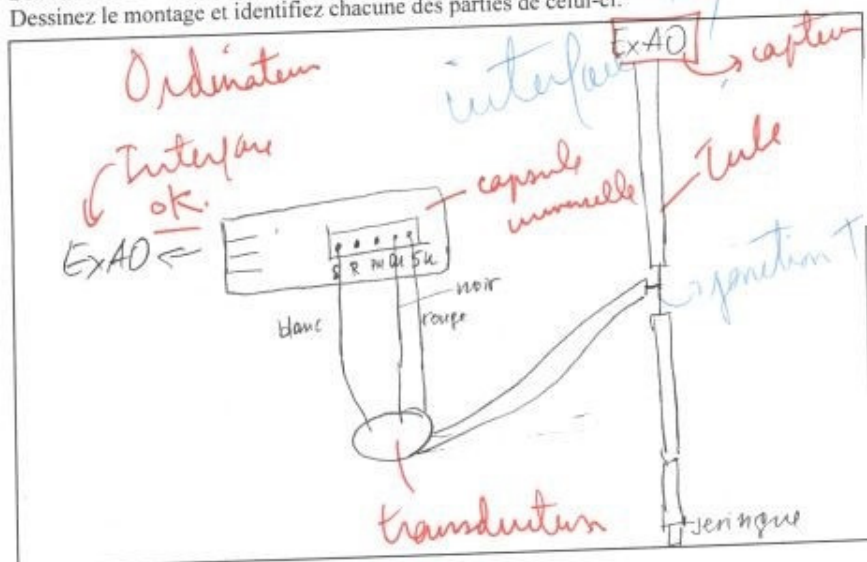
Capt. de pression → Transformer en

Volume → Tension →

23



**Schéma de montage** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)  
 Dessinez le montage et identifiez chacune des parties de celui-ci:



**Question – Précaution :**

Lors de l'expérience, que ferez-vous pour protéger le capteur d'une trop grande pression?  
 Je vais respecter une pression de 1300h Pa pour

**Construction du capteur:**

Énoncez les procédures à suivre pour la construction et la validation de votre capteur de pression. Si vous manquez de lignes pour les procédures, utilisez le verso de la feuille. Numérotez les étapes et soyez précis. Par exemple, précisez les paramètres d'expérimentation que vous utiliserez en mode *Graphique*, de même que les outils mathématiques utilisés pour effectuer l'analyse et la validation.

1. Effectuer le montage tel que présenté dans la section *schéma de montage*.
  2. Déterminer la relation entre la pression d'un gaz et la tension aux bornes du transducteur, cliquez sur la barre d'outils du capteur universel afin de faire apparaître la fonction ... complétez ici...:
- ③ ① transformer ce capteur en décrivant une/deux relations de causalité → avec une variable mesurée par MicroLab ExAD  
 → Manomètre 0/1300h Pa

**ATTENTION, il est INTERDIT d'utiliser l'icône «capsule universelle» en haut de la page d'accueil pour créer votre capteur de pression.**

$$PV = nRT, PV = \text{const} \Rightarrow P = \frac{1}{V}$$

varier le volume?  
paramètres?

la relation entre la pression et le volume est inversement proportionnelle.  
le changement du volume est enregistré par le capteur universel, ce qui change la tension dans le capteur universel.

2/5

uniquement

④ ② Outils mathématiques -> Modéliser ->

\_\_\_\_\_

Notez l'équation mathématique correspondante :

$P = 542.281 * U_{univ} + 67.167$

2/2

⑤ ③ Appliquer une fonction de transformation -> Activer

Copier-coller le graphique d'étalonnage dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

VALIDATION du capteur de pression

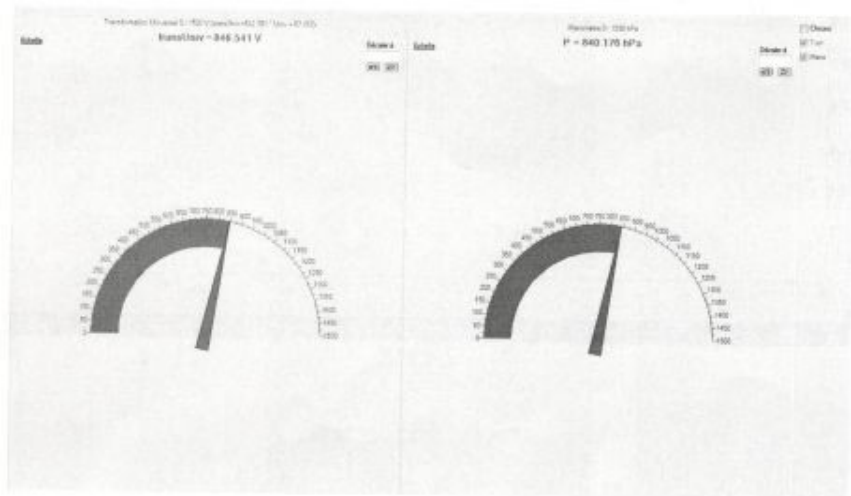
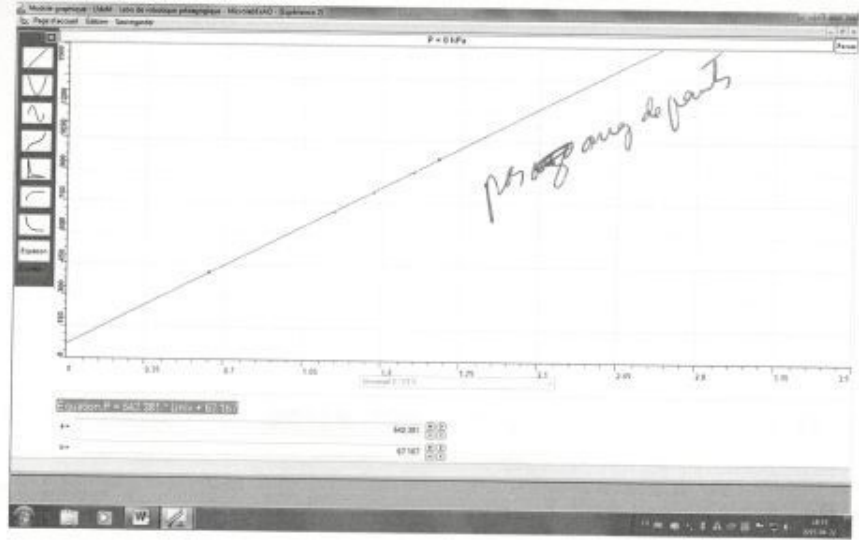
- 6 I 1. Passer sur le mode Vu-mètre
- 7 I 2. Tirer le piston -> on voit que le capteur universel montre presque les mêmes données comme le capteur de pression
- 8 II 1. Passer sur le mode graphique ->
- 9 II 2. Lancer l'acquisition
- 10 II 3. Tirer le piston

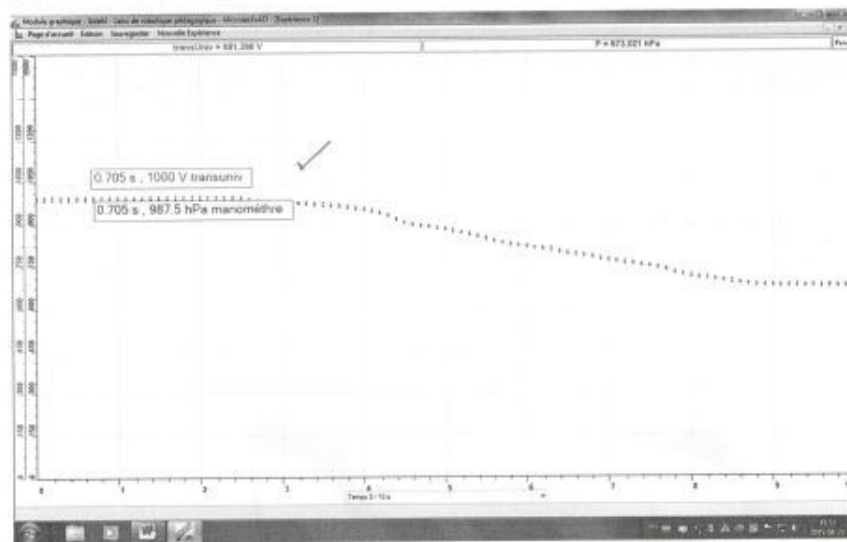
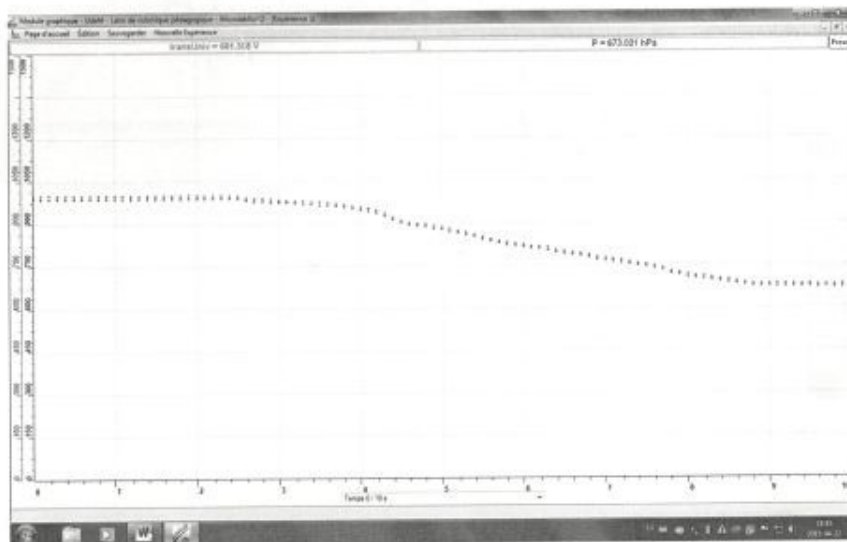
Jaune basen?  
2/4

Copier-coller le graphique de validation dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

Equation? 0/2

4/5





29/30  
96,7%  
Nom de l'ÉTUDIANT :**Sujet 24**

**IMPORTANT :** Sur le bureau de l'ordinateur, créez un dossier à votre nom et prénom pour y enregistrer vos résultats graphiques sous le format .xao3. Dans ce dossier, vous devez aussi créer un document WORD dans lequel vous devez seulement coller certains graphiques spécifiquement identifiés dans ce document. Vous êtes responsable de remettre ce dossier à David. Une fois le dossier récupéré, David vous donnera l'autorisation de quitter.

### CONSTRUCTION D'UN CAPTEUR DE PRESSION

#### Mise en situation

Dans ce laboratoire, vous devez construire un capteur de pression à l'aide d'un transducteur électronique dont la tension aux bornes varie en fonction de la déformation de sa membrane interne lorsque celle-ci subit la pression d'un gaz. Pour ce faire, vous devez étudier la relation de causalité qui existe entre la pression d'un gaz et la tension délivrée par le transducteur.

Vous devez compléter les différentes sections de ce présent rapport.

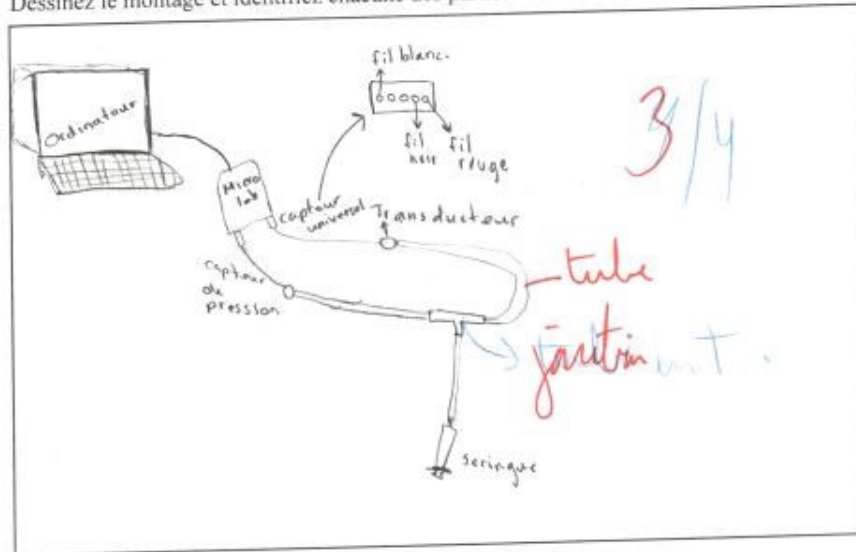
**Matériel** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)

Pour réaliser votre tâche, nous mettons à votre disposition le matériel qui est dans le panier. Faites la **liste du matériel que vous utilisez** pour construire votre capteur:

Matériel informatique:	Matériel de laboratoire:
- Ordinateur avec logiciel ExAO	- Seringue ✓
- Microlab ExAO ✓	- Tube en plastique (3) ✓
- Capteur universel ✓	- Embout triple ✓
- Capteur de pression ✓	- Tournevis ✓
- Transducteur électronique qui mesure la déformation de la membrane ✓	-
...	...



**Schéma de montage** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)  
 Dessinez le montage et identifiez chacune des parties de celui-ci:



**Question – Précaution :**

Lors de l'expérience, que ferez-vous pour protéger le capteur d'une trop grande pression?

*On va surveiller la pression pour éviter qu'elle dépasse la kpa qui est la limite de sécurité, on remplace avec de l'air dans la seringue (on commence à 2ml).*

**Construction du capteur:**

Énoncez les procédures à suivre pour la construction et la validation de votre capteur de pression. Si vous manquez de lignes pour les procédures, utilisez le verso de la feuille. Numérotez les étapes et soyez précis. Par exemple, précisez les paramètres d'expérimentation que vous utiliserez en mode *Graphique*, de même que les outils mathématiques utilisés pour effectuer l'analyse et la validation.

1. Effectuer le montage tel que présenté dans la section *schéma de montage*.
2. Déterminer la relation entre la pression d'un gaz et la tension aux bornes du transducteur, cliquez sur la barre d'outils du capteur universel afin de faire apparaître la fonction ... complétez ici... :
3. *Pour étalonner votre capteur, cliquer de droite sur le capteur et sélectionner «Transformer le capteur en décrivant une/des relations de causalités avec une variable mesurée par MicroLab EXHO.» Choisir le capteur de pression.*

**ATTENTION, il est INTERDIT d'utiliser l'icône «capsule universelle» en haut de la page d'accueil pour créer votre capteur de pression.**

4. Mettre 100  $\mu\text{l}$  et lorsque la pression varie de 5,1 hpa.

5. Lancer l'acquisition

6. Faire varier la pression en augmentant et diminuant le piston de la seringue. Puis arrêter l'acquisition.

7. Ensuite, clique de droit sur le capteur, choisir « Outils mathématiques » et « Modéliseur ». Choisir la courbe qui représente le mieux nos données.

8. Notez l'équation mathématique correspondante :

$$P_a = 514,249 * U + 89,644$$

9. Copier-coller le graphique d'étalonnage dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

10. Cliquer sur « Assigner la fonction du capteur »

#### VALIDATION du capteur de pression

11. Cliquer de droit sur le capteur, Choisir « Appliquer une fonction de transformation » et choisir la bonne fonction.

12. Cliquer de droit sur le capteur, Choisir « Étudier les capteurs connecté en fonction d'une entrée manuelle ».

13. Créer l'entrée manuel Volume (V, min, max: 10)

14. Mettre le capteur universelle en axe des X et décocher le volume pour pas qu'il apparaisse.

15. Copier-coller le graphique de validation dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

15. Pour chaque volume, sur la seringue, l'inscrive sur le  $V=$  près de l'axe des X.

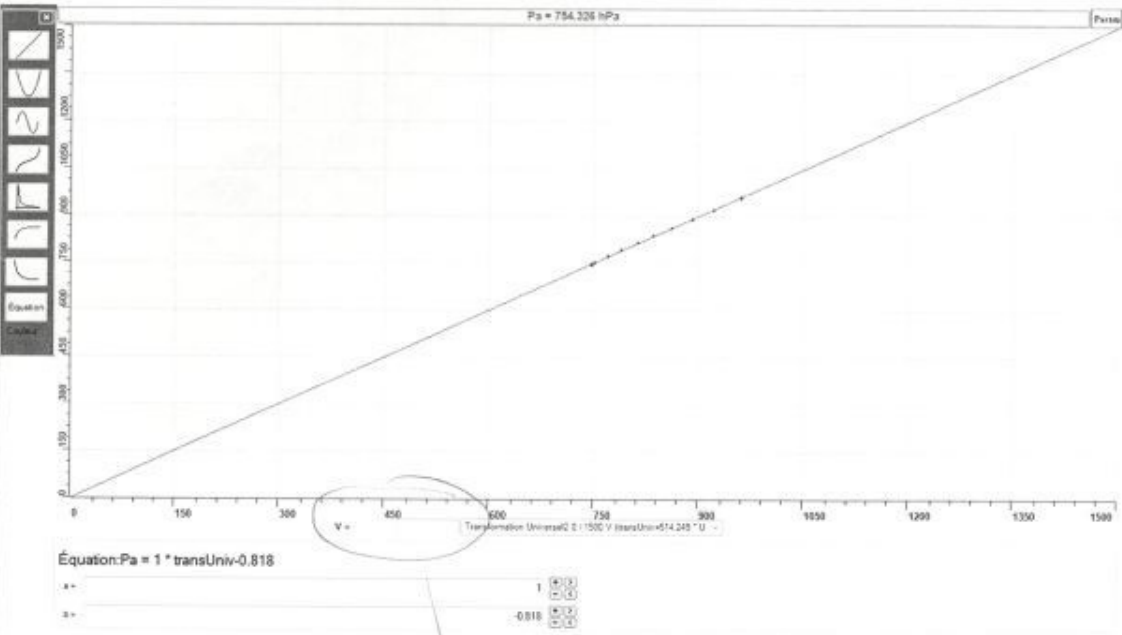
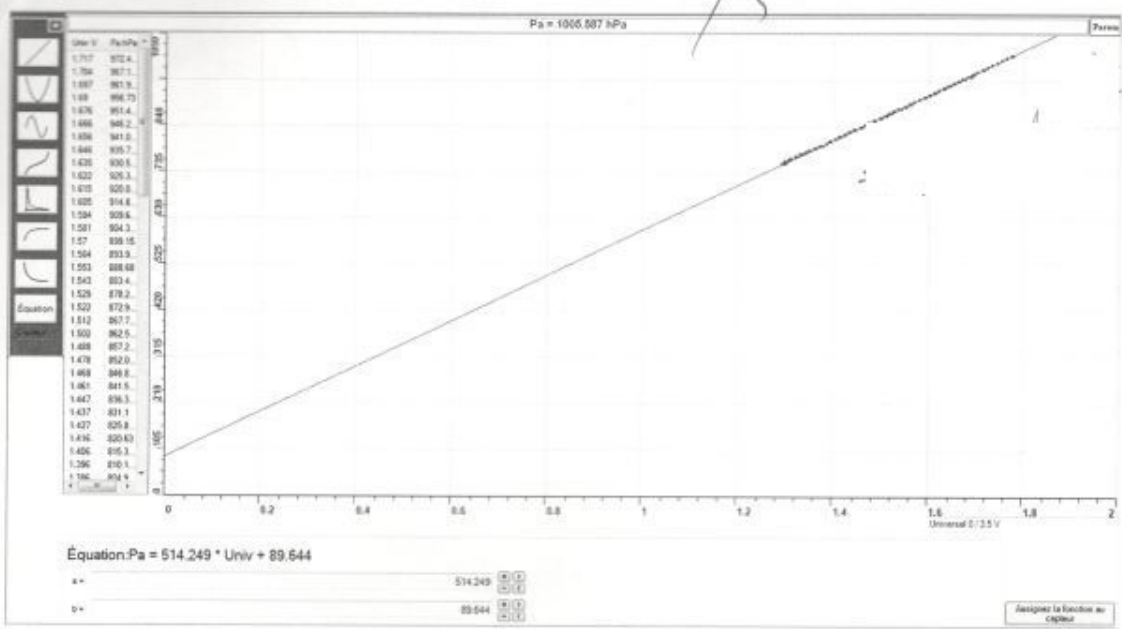
16. Lorsque terminer, cliquer de droit sur le capteur en haut, sélectionner « Outils mathématiques » et « Modéliseur ». Choisir la courbe qui représente le mieux nos données.

17. Notez l'équation ici :

$$P_a = 1 * U - 0,818$$

plus simple: mettre l'unité par rapport à l'entré manuelle

5  
univ  
/ 5



V = 450

entrée manuelle.



25.5/30

85%

Nom de l'ÉTUDIANT :

Sujet 25

**IMPORTANT :** Sur le bureau de l'ordinateur, créez un dossier à votre nom et prénom pour y enregistrer vos résultats graphiques sous le format .xao3. Dans ce dossier, vous devez aussi créer un document WORD dans lequel vous devez seulement coller certains graphiques spécifiquement identifiés dans ce document. Vous êtes responsable de remettre ce dossier à David. Une fois le dossier récupéré, David vous donnera l'autorisation de quitter.

### CONSTRUCTION D'UN CAPTEUR DE PRESSION

#### Mise en situation

Dans ce laboratoire, vous devez construire un capteur de pression à l'aide d'un transducteur électronique dont la tension aux bornes varie en fonction de la déformation de sa membrane interne lorsque celle-ci subit la pression d'un gaz. Pour ce faire, vous devez étudier la relation de causalité qui existe entre la pression d'un gaz et la tension délivrée par le transducteur.

Vous devez compléter les différentes sections de ce présent rapport.

**Matériel** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)

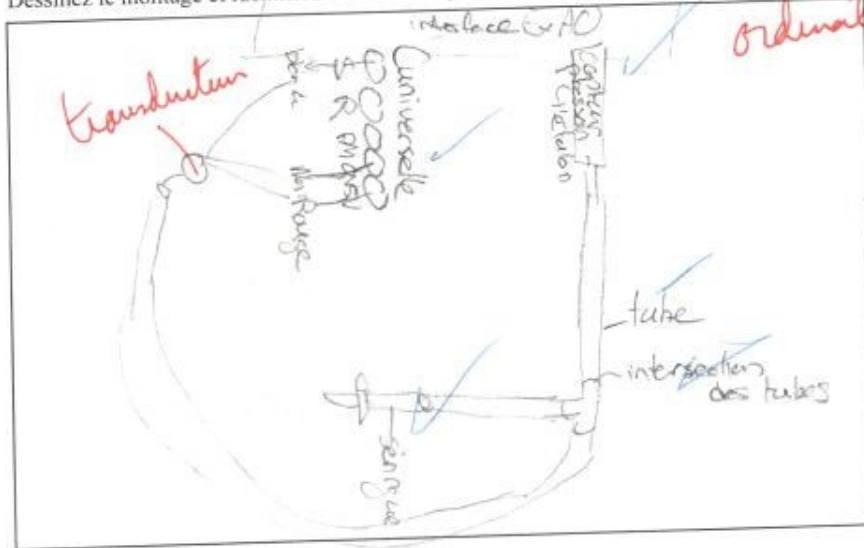
Pour réaliser votre tâche, nous mettons à votre disposition le matériel qui est dans le panier. Faites la **liste du matériel que vous utilisez** pour construire votre capteur:

Matériel informatique:	Matériel de laboratoire:
- Ordinateur ✓	- seringue ✓
- Interface EXAO ✓	- capteur de pression ✓
- <b>Transducteur?</b>	- trois tubes transparents ✓
-	- point d'intersection ✓
...	- <del>capteur de pression</del> ✓
	... capsule universelle ✓
	- tige métallique ✓

25.5/30

25

**Schéma de montage** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)  
 Dessinez le montage et identifiez chacune des parties de celui-ci:



**Question – Précaution :**

Lors de l'expérience, que ferez-vous pour protéger le capteur d'une trop grande pression?

*Ne diminuer pas trop le volume de la seringue. Parce que plus vous avez un petit volume, plus la pression augmente.*

**Construction du capteur:**

Énoncez les procédures à suivre pour la construction et la validation de votre capteur de pression. Si vous manquez de lignes pour les procédures, utilisez le verso de la feuille. Numérotez les étapes et soyez précis. Par exemple, précisez les paramètres d'expérimentation que vous utiliserez en mode Graphique, de même que les outils mathématiques utilisés pour effectuer l'analyse et la validation.

1. Effectuer le montage tel que présenté dans la section *schéma de montage*.
2. Déterminer la relation entre la pression d'un gaz et la tension aux bornes du transducteur, cliquez sur la barre d'outils du capteur universel afin de faire apparaître la fonction, ... complétez ici... :
3. *Transformer ce capteur en descendant une/deux relations causales*
4. *avec une variable intérieure à Microsoft Excel, Manomètre*

**ATTENTION, il est INTERDIT d'utiliser l'icône «capsule universelle» en haut de la page d'accueil pour créer votre capteur de pression.**

5. Cliquez sur paramètre et appliquez, ensuite, tirez sur la seringue jusqu'à 100 ml et arrêtez.
6. Cliquez sur l'option "arrêter" dans la barre.
7. Choisissez le graphique qui correspond le mieux à notre graphique (graphique linéaire).
8. Cliquez sur assigner à la fonction du capteur en bas à droite.
9. Cliquez sur Appliquer une fonction de transfert, choisissez la fonction  $P = 541,199 \cdot U_{\text{miv}} + 34,191$  et Activer.

Notez l'équation mathématique correspondante :

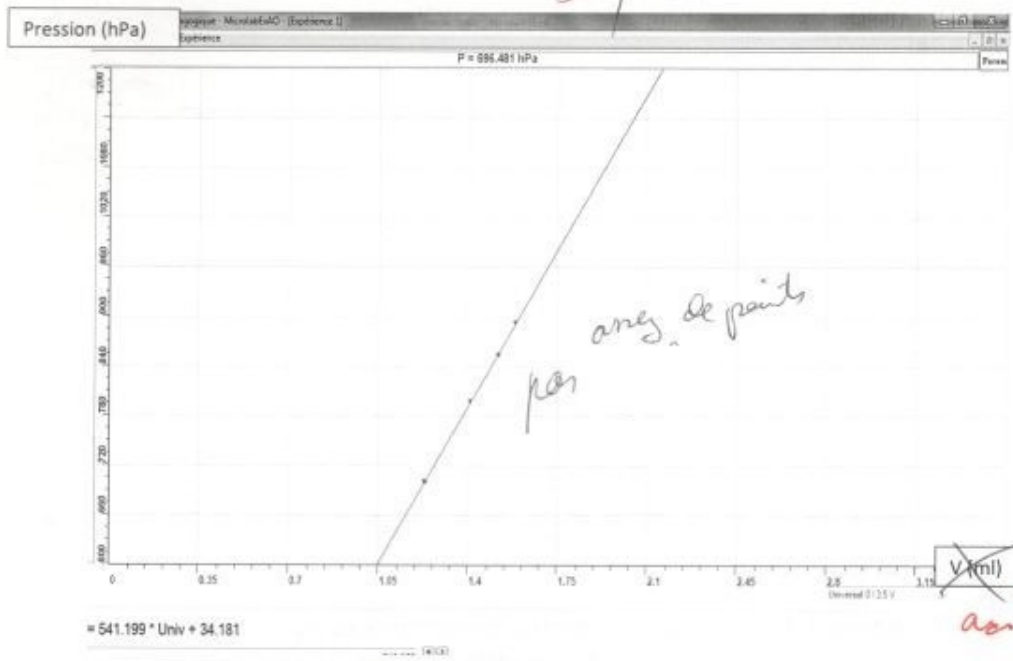
$$P = 541,199 \cdot U_{\text{miv}} + 34,191$$

Copier-coller le graphique d'étalonnage dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

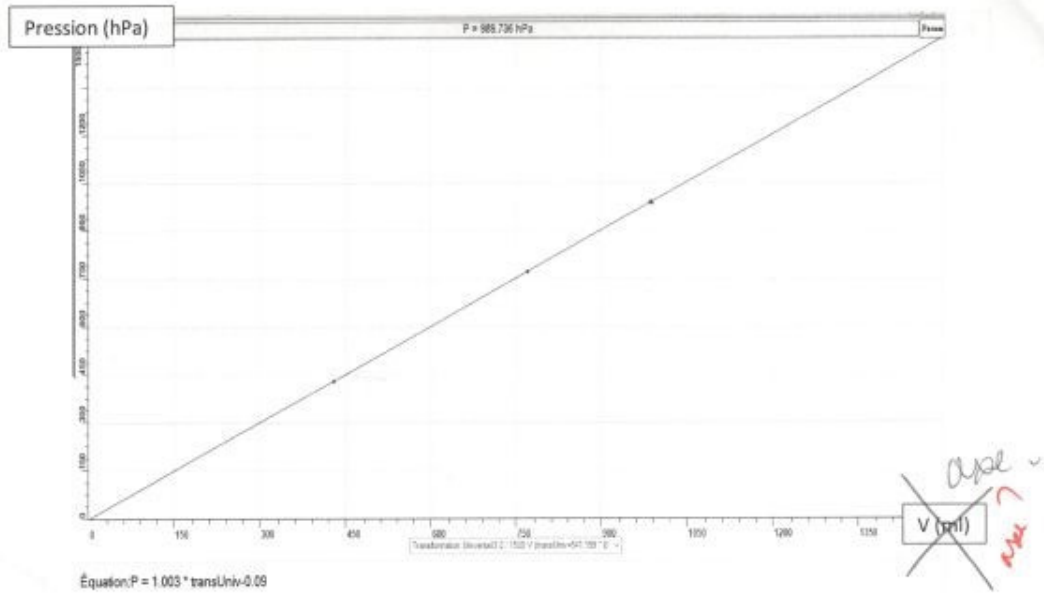
#### VALIDATION du capteur de pression

10. Cliquez sur "arrêter" puis changez dans la barre en bas à droite.
  11. Cliquez sur "paramètre" et appliquez.
  12. Tirez la seringue jusqu'à 100 ml et arrêtez.
  13. Cliquez sur "arrêter" dans la barre.
  14. Cliquez sur "arrêter" dans la barre.
  15. Cliquez sur "arrêter" dans la barre.
  16. Cliquez sur "arrêter" dans la barre.
17. Si la pente de notre nouvelle graphique est 1 (dans notre cas, elle est de 1,003), donc nous avons bien transféré notre capteur.

3/5



Graphique 1 : Courbe d'étalonnage du volume en fonction de la pression. Mesuré par l'interface ExAO et modélisé.



Graphique 2 : Graphique de validation de la transformation du capteur universel. Du volume en fonction de la pression mesuré par ExAO et modélisé. Équation du graphique est  $P = 1.003 * \text{transUniv} - 0.09$

22/50 73.3%

Nom de l'ÉTUDIANT :

**Sujet 26**

**IMPORTANT :** Sur le bureau de l'ordinateur, créez un dossier à votre nom et prénom pour y enregistrer vos résultats graphiques sous le format .xao3. Dans ce dossier, vous devez aussi créer un document WORD dans lequel vous devez seulement coller certains graphiques spécifiquement identifiés dans ce document. Vous êtes responsable de remettre ce dossier à David. Une fois le dossier récupéré, David vous donnera l'autorisation de quitter.

### CONSTRUCTION D'UN CAPTEUR DE PRESSION

#### Mise en situation

Dans ce laboratoire, vous devez construire un capteur de pression à l'aide d'un transducteur électronique dont la tension aux bornes varie en fonction de la déformation de sa membrane interne lorsque celle-ci subit la pression d'un gaz. Pour ce faire, vous devez étudier la relation de causalité qui existe entre la pression d'un gaz et la tension délivrée par le transducteur.

Vous devez compléter les différentes sections de ce présent rapport.

**Matériel** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)

Pour réaliser votre tâche, nous mettons à votre disposition le matériel qui est dans le panier. Faites la **liste du matériel que vous utilisez** pour construire votre capteur:

Matériel informatique:	Matériel de laboratoire:
- 1 interface avec le logiciel	- Une petite bouteille avec un
- ECAO	- couvercle
- 1 capsule pression	- un tuyau plastique 1m
- 1 ordinateur avec le logiciel	- 1 transducteur électronique
- <del>ECAO</del>	- 2 tuyau plastique 0.5m
...	- 1 Serrinque
	- 1 T de jonction

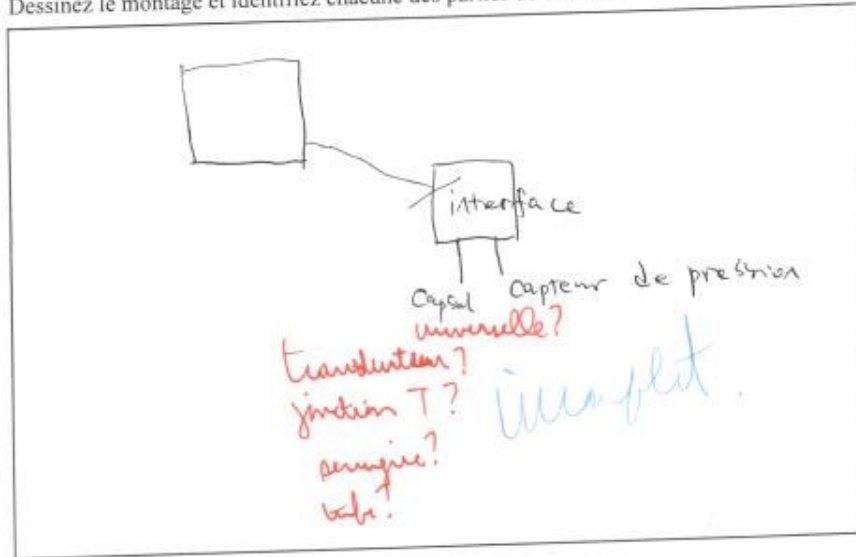
$P \propto f(U)$   
 déform.  $\rightarrow U \rightarrow P$

$R_1$ : signal  
 $R_2$ : tension  
 $R_3$ : négatif

26



**Schéma de montage** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)  
 Dessinez le montage et identifiez chacune des parties de celui-ci:



**Question – Précaution :**

étalonnez, validez

Lors de l'expérience, que ferez-vous pour protéger le capteur d'une trop grande pression?

Surveiller que la pression ne dépasse pas 1500 hPa

**Construction du capteur:**

Énoncez les procédures à suivre pour la construction et la validation de votre capteur de pression. Si vous manquez de lignes pour les procédures, utilisez le verso de la feuille. Numérotez les étapes et soyez précis. Par exemple, précisez les paramètres d'expérimentation que vous utiliserez en mode *Graphique*, de même que les outils mathématiques utilisés pour effectuer l'analyse et la validation.

passer

à la mode graphique

1. Effectuer le montage tel que présenté dans la section *schéma de montage*.
2. Déterminer la relation entre la pression d'un gaz et la tension aux bornes du transducteur, cliquez sur la barre d'outils du capteur universel afin de faire apparaître la fonction ... complétez ici... :
3. Cliquez sur le capteur de pression afin de faire apparaître « Transformer ce capteur

en décrivant une/des relation(s) de causalité(s), avec une variable mesurée

de à MicroLabExA *Monomètre*

**ATTENTION, il est INTERDIT d'utiliser l'icône «capsule universelle» en haut de la page d'accueil pour créer votre capteur de pression.**

4. définir le capteur de Pression :
 

Nom :	Pression	le nombre de décim
Variable :	P	
unité :	hPa	
min :	0	
max :	1500	

5. Dans Param, lancer Acquisition en comprimant le ~~tab~~ <sup>1</sup> ~~tab~~ <sup>1</sup> Suringue.
  6. Quand on a assez de points cliquer sur la barre d'outil du capteur, outils mathématiques, modèle <sup>1</sup> liseur.
  7. A gauche de l'écran, choisir la droite qui représente le mieux vos données expérimentales, superposer cette droite en cliquant des points à la droite théorique.
  8. Noter l'équation  $P = 555.692 \times \text{Univ} + 7.141$
  9. Assigner la fonction au capteur en cliquant le bouton en bas à droite.
- Noter l'équation mathématique correspondante:  $P = 555.692 \times \text{Univ} + 7.141$
10. Appliquer l'équation et l'activer en cliquant l'équation.

Copier-coller le graphique d'étalonnage dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.


11. Dans le mode vu-mètre, le capteur de pression est opérationnel. On voit la valeur de pression mesurée

#### VALIDATION du capteur de pression

par notre modèle est conforme à celle mesurée par le capteur calibré.

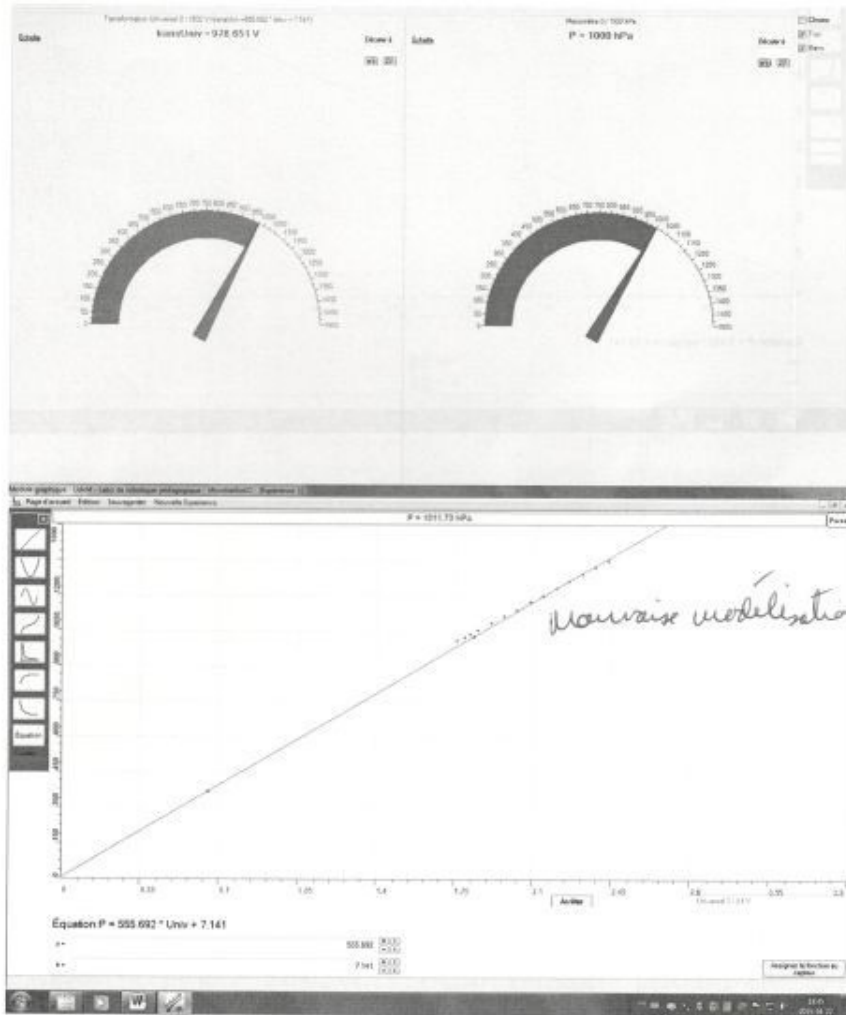
12. cliquer le capteur, cliquer étudier le capteur en fonction d'une entrée manuelle
13. définir le capteur

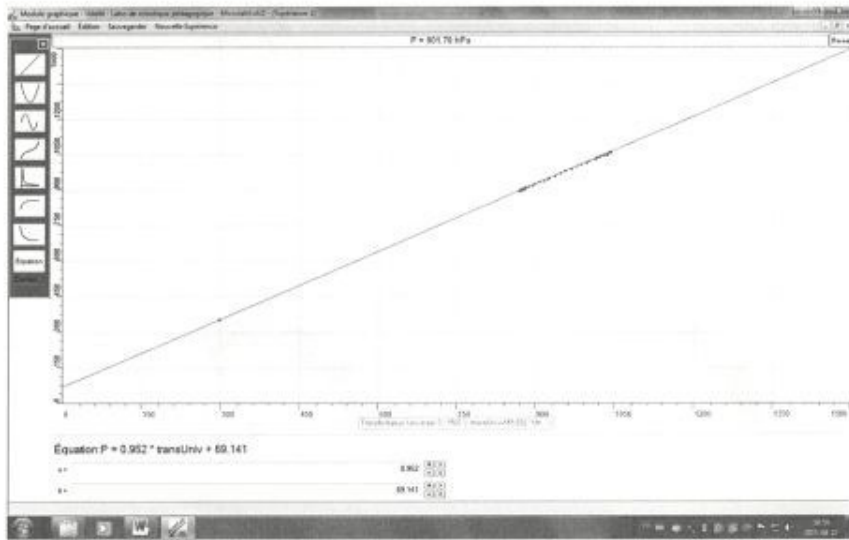
Copier-coller le graphique de validation dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

- 
14. dans le param, lancer l'acquisition
  15. cliquer la barre d'outil du capteur, choisir la droite qui, superpose la droite à vos données expérimentales. Noter l'équation  $P = 0.952 \times \text{transUniv} + 69.141$
- Cela se fait pas*



4/5





18.8 / 30  
60%

Nom de l'ÉTUDIANT :

**Sujet 27**

**IMPORTANT :** Sur le bureau de l'ordinateur, créez un dossier à votre nom et prénom pour y enregistrer vos résultats graphiques sous le format .xao3. Dans ce dossier, vous devez aussi créer un document WORD dans lequel vous devez seulement coller certains graphiques spécifiquement identifiés dans ce document. Vous êtes responsable de remettre ce dossier à David. Une fois le dossier récupéré, David vous donnera l'autorisation de quitter.

### CONSTRUCTION D'UN CAPTEUR DE PRESSION

#### Mise en situation

Dans ce laboratoire, vous devez construire un capteur de pression à l'aide d'un transducteur électronique dont la tension aux bornes varie en fonction de la déformation de sa membrane interne lorsque celle-ci subit la pression d'un gaz. Pour ce faire, vous devez étudier la relation de causalité qui existe entre la pression d'un gaz et la tension délivrée par le transducteur.

Vous devez compléter les différentes sections de ce présent rapport.

**Matériel** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)

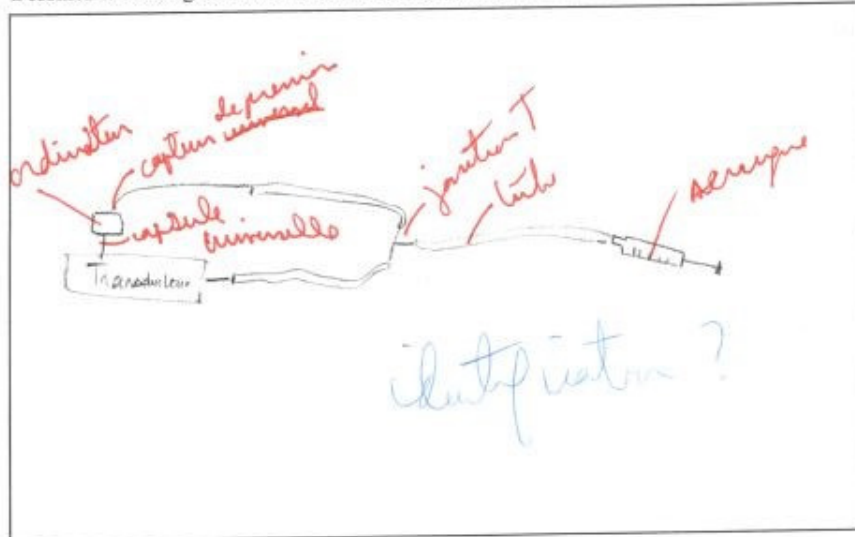
Pour réaliser votre tâche, nous mettons à votre disposition le matériel qui est dans le panier. Faites la **liste du matériel que vous utilisez** pour construire votre capteur:

Matériel informatique:	Matériel de laboratoire:
- logiciel Microsoft	- 3 tuyaux
- capsule universelle	- raccord multiple
- Transducteur électronique	-
- manomètre	- <i>manomètre</i>
- <i>Interface</i>	- <i>seringue</i>
...	...

25  
3/4

27

**Schéma de montage** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)  
Dessinez le montage et identifiez chacune des parties de celui-ci:



**Question – Précaution :**

Lors de l'expérience, que ferez-vous pour protéger le capteur d'une trop grande pression?

Il faudra retirer la seringue pour remettre la pression au minimum pour ne pas abîmer la membrane.

max de pression  
1/2

**Construction du capteur:**

Énoncez les procédures à suivre pour la construction et la validation de votre capteur de pression. Si vous manquez de lignes pour les procédures, utilisez le verso de la feuille. Numérotez les étapes et soyez précis. Par exemple, précisez les paramètres d'expérimentation que vous utiliserez en mode *Graphique*, de même que les outils mathématiques utilisés pour effectuer l'analyse et la validation.

1. Effectuer le montage tel que présenté dans la section *schéma de montage*.
2. Déterminer la relation entre la pression d'un gaz et la tension aux bornes du transducteur, cliquez sur la barre d'outils du capteur universel afin de faire apparaître la fonction ... complétez ici... :

Transformer le capteur en affichant une relation de causalité avec une variable mesurée par Excel!

ExAO: Manomètre

**ATTENTION, il est INTERDIT d'utiliser l'icône «capsule universelle» en haut de la page d'accueil pour créer votre capteur de pression.**

Étalonnage :

4) On fait varier la pression à l'aide du piston <sup>①</sup> la tension au bord du transducteur varie

Modélisation

5) On obtient une droite qu'il faut <sup>①</sup> adapter à l'aide de l'outil mathématique

Notez l'équation mathématique correspondante :

$514,352 U + 107,243$

6) On assigne <sup>①</sup> cette fonction au capteur (en cliquant)

Copier-coller le graphique d'étalonnage dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

7) On applique <sup>①</sup> une fonction de transformation et on l'active

VALIDATION du capteur de pression

8) En mode graphique <sup>①</sup>, on met la <sup>①</sup> pression des capteurs sur 2 axes différents. le

paramètres?  
modélisation?

transmission?

Copier-coller le graphique de validation dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

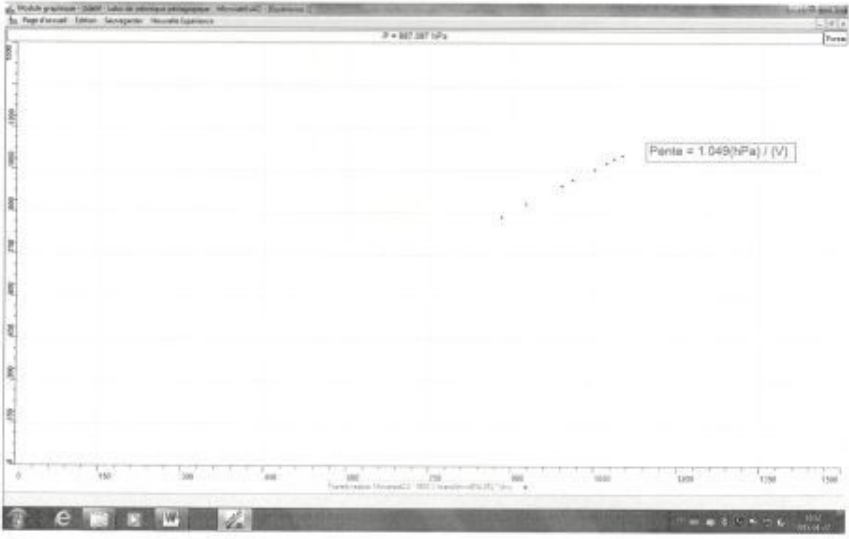
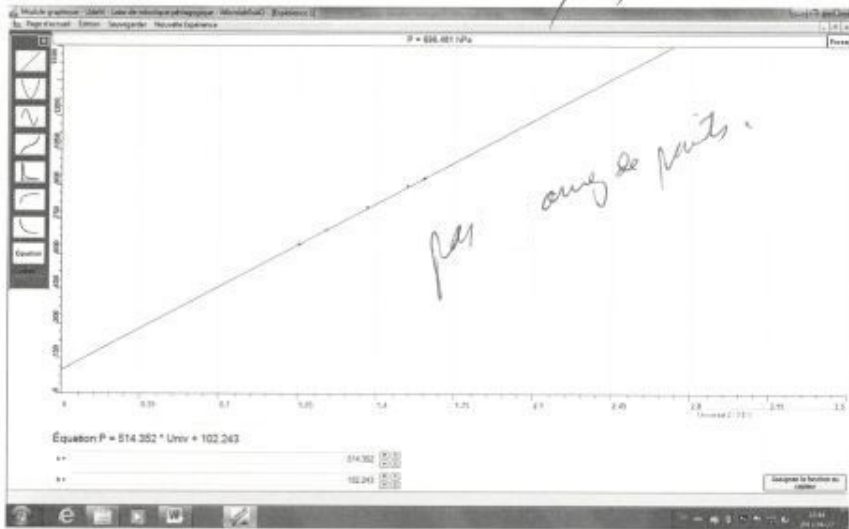
équation? 0/2

1/5

2/2

2/4

4/5



24/30

80%

## Sujet 28

Nom de l'ÉTUDIANT :

**IMPORTANT :** Sur le bureau de l'ordinateur, créez un dossier à votre nom et prénom pour y enregistrer vos résultats graphiques sous le format .xao3. Dans ce dossier, vous devez aussi créer un document WORD dans lequel vous devez seulement coller certains graphiques spécifiquement identifiés dans ce document. Vous êtes responsable de remettre ce dossier à David. Une fois le dossier récupéré, David vous donnera l'autorisation de quitter.

## CONSTRUCTION D'UN CAPTEUR DE PRESSION

## Mise en situation

Dans ce laboratoire, vous devez construire un capteur de pression à l'aide d'un transducteur électronique dont la tension aux bornes varie en fonction de la déformation de sa membrane interne lorsque celle-ci subit la pression d'un gaz. Pour ce faire, vous devez étudier la relation de causalité qui existe entre la pression d'un gaz et la tension délivrée par le transducteur.

Vous devez compléter les différentes sections de ce présent rapport.

**Matériel** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)

Pour réaliser votre tâche, nous mettons à votre disposition le matériel qui est dans le panier. Faites la **liste du matériel que vous utilisez** pour construire votre capteur:

Matériel informatique:	Matériel de laboratoire:
- ExAO	- interface ExAO ✓
- interface ExAO	- sonde de pression ExAO ✓
-	- seringue de 10 mL ✓
-	- capsule universelle ✓
-	- tubes de plastique de différentes longueurs
...	- capteurs de pression non étalonnés ✓
	- sonde de tension T ✓
	- mini tournevis ✓

4/4

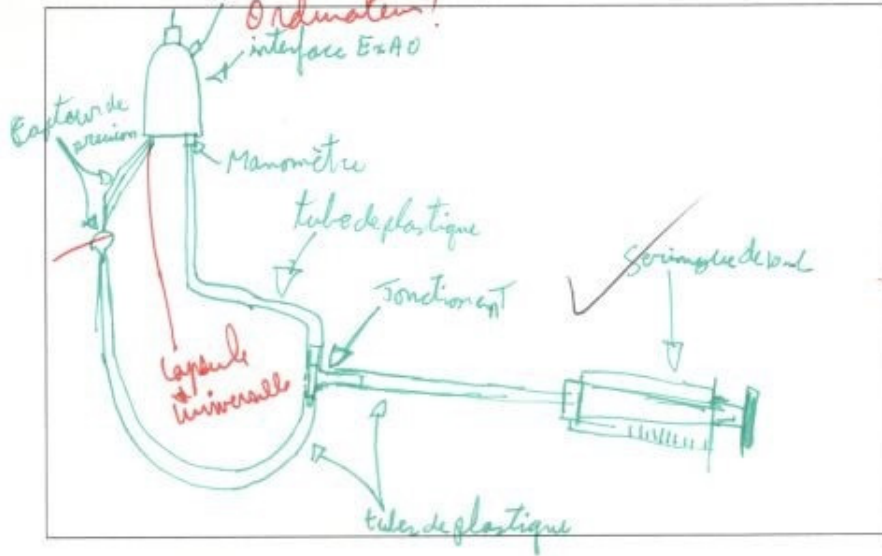
28



**Construction d'un capteur de pression**

**Schéma de montage** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)

Dessinez le montage et identifiez chacune des parties de celui-ci:



3/4

**Question - Précaution :**

Lors de l'expérience, que ferez-vous pour protéger le capteur d'une trop grande pression?

J'aurais jambi tieren sur la seringue

Maximiser? 1/2

**Construction du capteur:**

Énoncez les procédures à suivre pour la construction et la validation de votre capteur de pression. Si vous manquez de lignes pour les procédures, utilisez le verso de la feuille. Numérotez les étapes et soyez précis. Par exemple, précisez les paramètres d'expérimentation que vous utiliserez en mode Graphique, de même que les outils mathématiques utilisés pour effectuer l'analyse et la validation.

1. Effectuer le montage tel que présenté dans la section schéma de montage.
2. Déterminer la relation entre la pression d'un gaz et la tension aux bornes du transducteur, cliquez sur la barre d'outils du capteur universel afin de faire apparaître la fonction ... complétez ici... Transformer ce capteur en décrivant une/deux relations de causalité. Établir une relation entre la pression et la tension en utilisant l'interface E=AO. Manomètre 0/1500 hPa, en graphique et appareil.

avec une variable mesurée par E=AO, Manomètre de la pression en fonction de la tension

**ATTENTION, il est INTERDIT d'utiliser l'icône «capsule universelle» en haut de la page d'accueil pour créer votre capteur de pression.**

3. Aller dans Param et cliquer sur Acquisition

1/2



4. Augmenter/diminuer le volume dans la seringue
5. cliquer sur la pression en haut de l'écran et choisir dans outils mathématiques modéliser.  $\text{paramètres?}$
6. Choisir la fonction adéquate
7. Modifier la fonction avec le capteur Appliquer fonction?
8. Aller en mode graphique et remplacer l'adresse de ~~par~~ où il y a le temps par un des deux capteurs
9. lancer l'acquisition et faire varier la pression avec la seringue  $\text{paramètres?}$

cliquer sur

3/5

Notez l'équation mathématique correspondante :

$$P_{\text{pression}} = 522 \cdot V_{\text{volume}} + 70$$

Ce n'est pas l'équation de la graphique

Copier-coller le graphique d'étaonnage dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

VALIDATION du capteur de pression

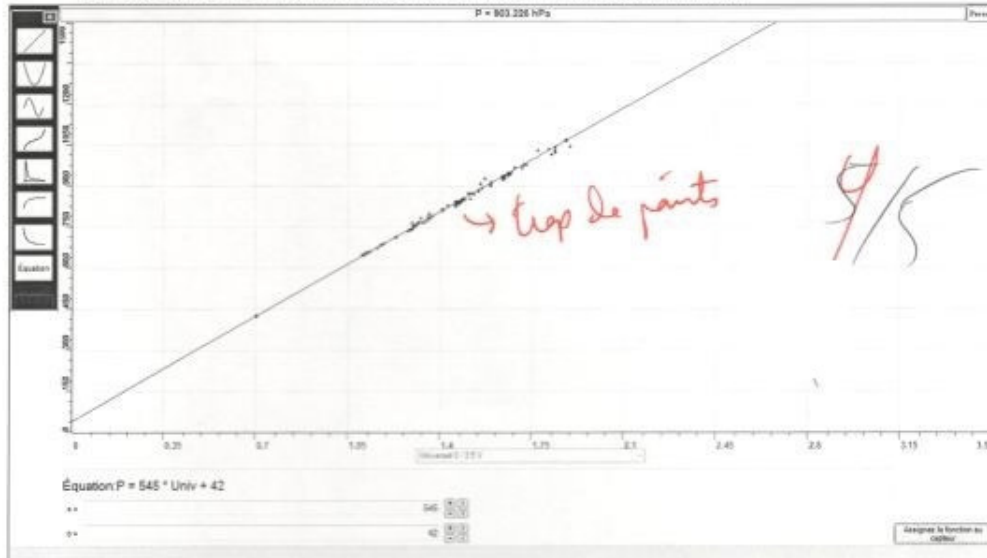
10. Une fois la prise de données finie, cliquer sur la pression en haut de l'écran et choisir modéliser dans les outils mathématiques choisir la
11. Choisir la fonction adéquate et l'aligner sur les données enregistrées
12. Noter la formule associée.

3/4

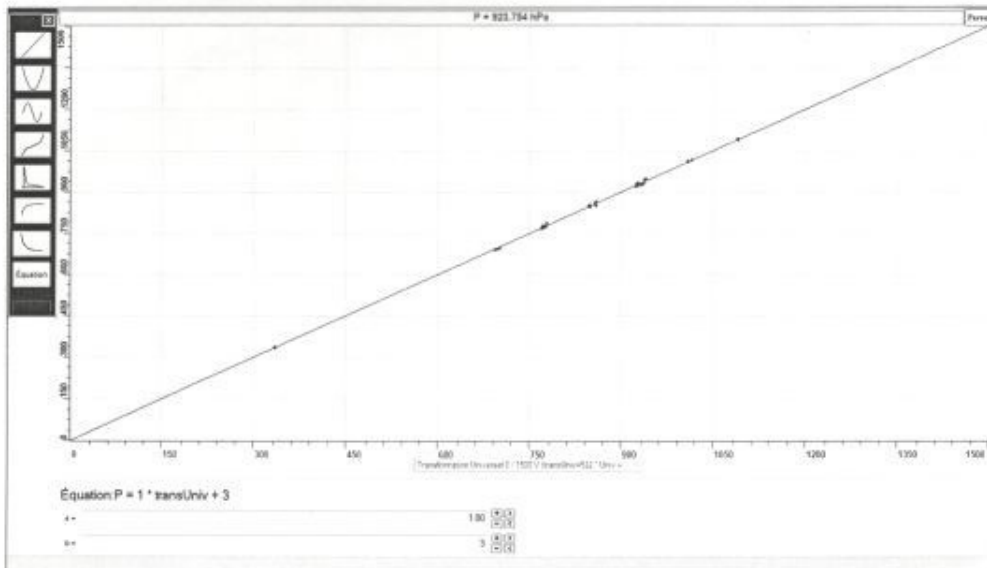
Copier-coller le graphique de validation dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

$$P = 10 \cdot V_{\text{volume}} + 3$$

Graphique 1 : étalonnage du capteur de pression (mauvais graphique, j'ai réchauffé l'air dans la seringue donc j'ai refait un autre graphique mais je n'ai pas capturé l'écran)



Graphique 2 : validation du capteur de pression



21/30

70%

Nom de l'ÉTUDIANT :

Sujet 29

**IMPORTANT :** Sur le bureau de l'ordinateur, créez un dossier à votre nom et prénom pour y enregistrer vos résultats graphiques sous le format .xao3. Dans ce dossier, vous devez aussi créer un document WORD dans lequel vous devez seulement coller certains graphiques spécifiquement identifiés dans ce document. Vous êtes responsable de remettre ce dossier à David. Une fois le dossier récupéré, David vous donnera l'autorisation de quitter.

### CONSTRUCTION D'UN CAPTEUR DE PRESSION

#### Mise en situation

Dans ce laboratoire, vous devez construire un capteur de pression à l'aide d'un transducteur électronique dont la tension aux bornes varie en fonction de la déformation de sa membrane interne lorsque celle-ci subit la pression d'un gaz. Pour ce faire, vous devez étudier la relation de causalité qui existe entre la pression d'un gaz et la tension délivrée par le transducteur.

Vous devez compléter les différentes sections de ce présent rapport.

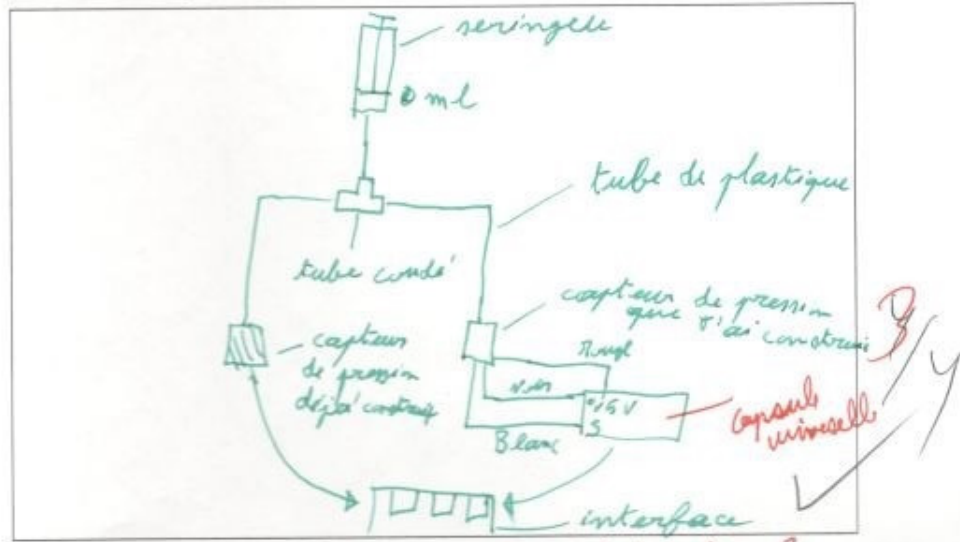
**Matériel** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)

Pour réaliser votre tâche, nous mettons à votre disposition le matériel qui est dans le panier. Faites la **liste du matériel que vous utilisez** pour construire votre capteur:

Matériel informatique:	Matériel de laboratoire:
- Logiciel ExAto et ses outils	- Seringue
- document Word	- tube caudal à 3 branches
- capsule universelle	- 3 tubes en plastique
- capteurs de pression	- <del>transducteurs?</del>
- Interface (capteur/ordi)	
... <del>transducteurs?</del>	...

29

**Schéma de montage** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)  
 Dessinez le montage et identifiez chacune des parties de celui-ci:



Question – Précaution :

Q Lors de l'expérience, que ferez-vous pour protéger le capteur d'une trop grande pression?

Il faudra exciter une décompression et non une compression.

Construction du capteur:

Énoncez les procédures à suivre pour la construction et la validation de votre capteur de pression. Si vous manquez de lignes pour les procédures, utilisez le verso de la feuille. Numérotez les étapes et soyez précis. Par exemple, précisez les paramètres d'expérimentation que vous utiliserez en mode Graphique, de même que les outils mathématiques utilisés pour effectuer l'analyse et la validation.

1. Effectuer le montage tel que présenté dans la section schéma de montage.
2. Déterminer la relation entre la pression d'un gaz et la tension aux bornes du transducteur, cliquez sur la barre d'outils du capteur universel afin de faire apparaître la fonction ... complétez ici... :

Transformer ce capteur en décrivant une seule relation de causalité avec une variable mesurée par MicroLab Eco To: manomètre

ATTENTION, il est INTERDIT d'utiliser l'icône «capsule universelle» en haut de la page d'accueil pour créer votre capteur de pression.

1 - Après avoir ouvert cette fonction aller sans paramètre et régler le braquage des points pour variation de tension de 0,015V



- 2 - l'après l'acquisition et provoque une lente décompression (la seringue varie de 0 ml à 10 ml)
- 3 - régler l'échelle (U varie entre 1,15V et 1,8V et P varie entre 700 hPA et 1000 hPA) puis stabiliser le modèle de courbe affine dans outil mathématique pour trouver l'équation de droite reliant U (en V) à P (en hPA)
- 4 - assigner la fonction, puis ~~trouver les axes~~ copier l'élément graphique sur le document Word.

Notez l'équation mathématique correspondante :

$$P = 518,508 * U_{univ} + 109,349$$

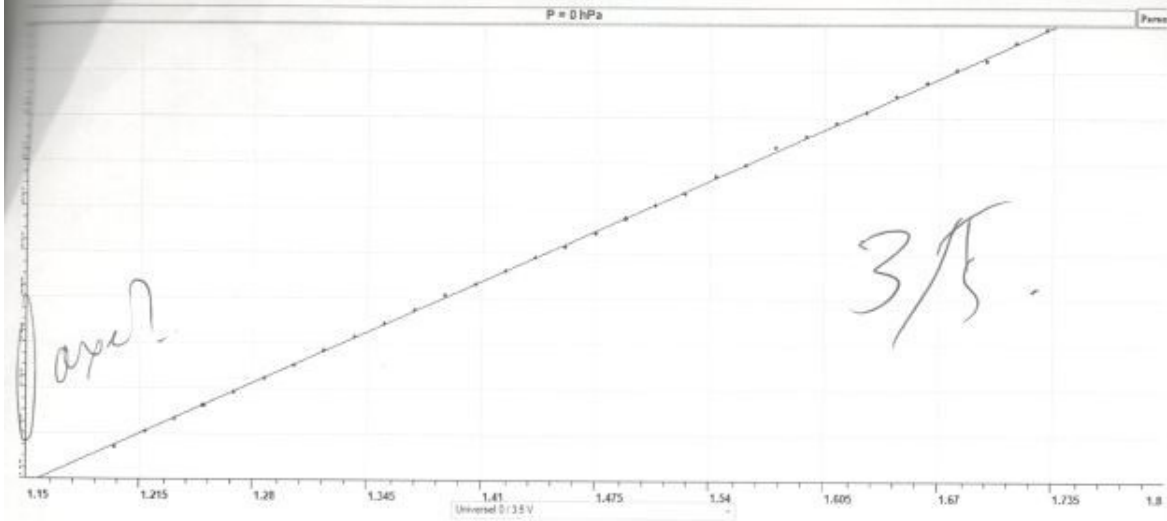
Copier-coller le graphique d'étalement dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

#### VALIDATION du capteur de pression

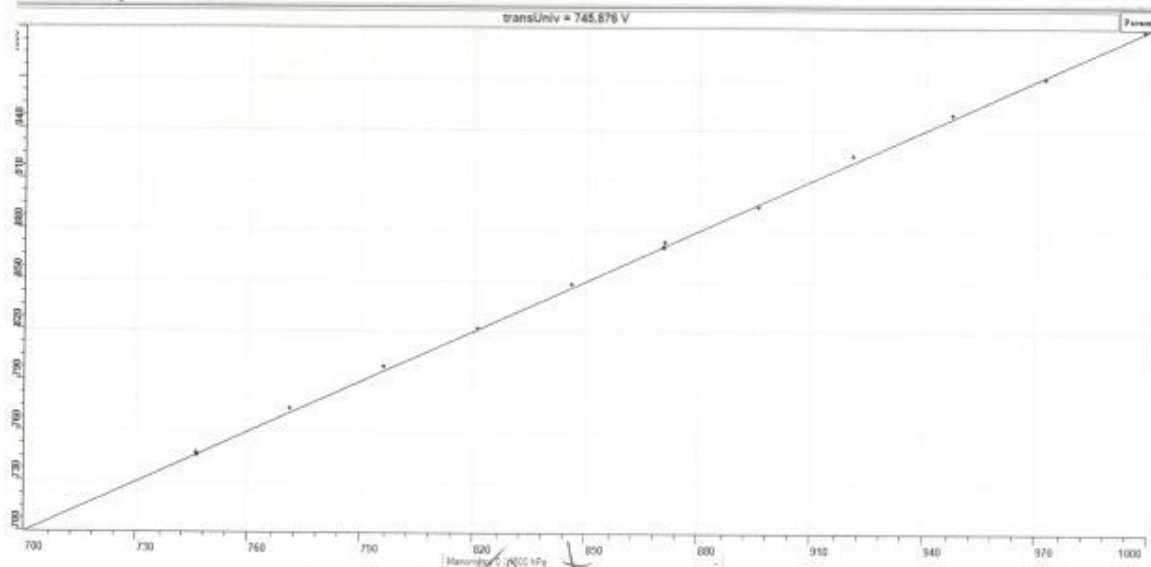
- 6 - Sur la page d'accueil ouvrir le capteur universelle de pression ~~disa~~ sélectionner la fonction puis avec "Étalonner le capteur en fonction" choisissant un étalon connecté à microlog Escal et en prenant manomètre
- 7 - dans paramètre tracer les points avec 25 hPA de variation et lancer l'acquisition
- 8 - changer l'échelle (P des deux axes varie en 700 et 1000 h)
- 9 - Modéliser graphiquement avec le modéliseur affine dans outil mathématique
- 10 - copier le graphique dans le doc Word et envoyer - marquer
- 11 - noter l'équation de droite

$$\text{équation } 0/2$$

La pression mesurée par le capteur en hPa selon la tension aux bornes du capteur universelle en V



La pression mesurée par mon capteur en fonction de la pression réelle (en hPa).



20/30 66,7%

Nom de l'ÉTUDIANT :

**Sujet 30**

**IMPORTANT :** Sur le bureau de l'ordinateur, créez un dossier à votre nom et prénom pour y enregistrer vos résultats graphiques sous le format **.xao3**. Dans ce dossier, vous devez aussi créer un document WORD dans lequel vous devez seulement coller certains graphiques spécifiquement identifiés dans ce document. Vous êtes responsable de remettre ce dossier à David. Une fois le dossier récupéré, **David vous donnera l'autorisation de quitter.**

### CONSTRUCTION D'UN CAPTEUR DE PRESSION

#### Mise en situation

Dans ce laboratoire, vous devez construire un capteur de pression à l'aide d'un transducteur électronique dont la tension aux bornes varie en fonction de la déformation de sa membrane interne lorsque celle-ci subit la pression d'un gaz. Pour ce faire, vous devez étudier la relation de causalité qui existe entre la pression d'un gaz et la tension délivrée par le transducteur.

Vous devez compléter les différentes sections de ce présent rapport.

**Matériel** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)

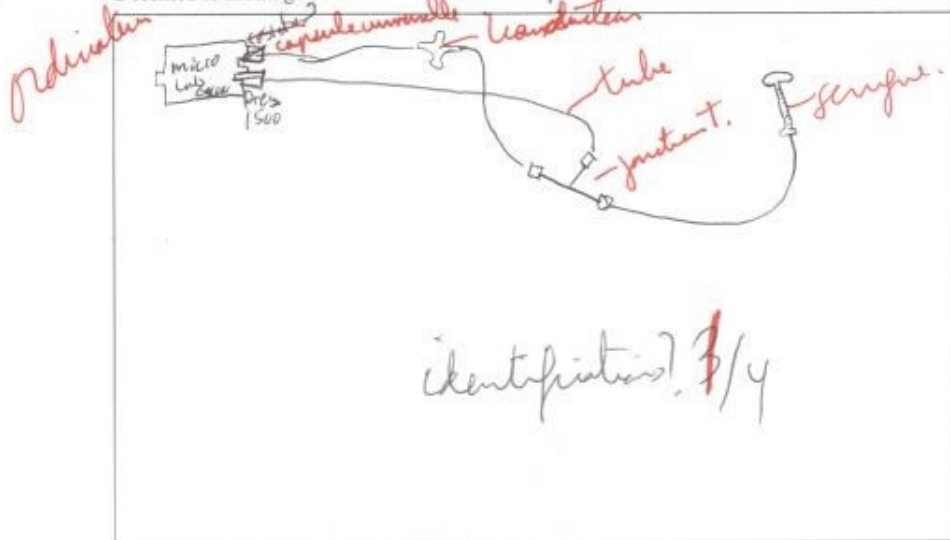
Pour réaliser votre tâche, nous mettons à votre disposition le matériel qui est dans le panier. Faites la **liste du matériel que vous utilisez** pour construire votre capteur:

Matériel informatique:	Matériel de laboratoire:
- ordinateur	- Scoringe ✓
- logiciel Micro lab CxAO	- tourne vis
- <del>so</del> transducteur?	- résisteur
- capteur universel?	... tubes? / 1/4
- capteur de pression?	... jonction
- interface?	... ent?
...	... <b>incomplet</b>

30

**Schéma de montage** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)

Dessinez le montage et identifiez chacune des parties de celui-ci:



**Question - Précaution :**

Lors de l'expérience, que ferez-vous pour protéger le capteur d'une trop grande pression?

*contrôle la fréquence de pression car elle est délicate*  
*la seringue a chaque fois que j'insère* *max? 1/2*

**Construction du capteur:**

Énoncez les procédures à suivre pour la construction et la validation de votre capteur de pression. Si vous manquez de lignes pour les procédures, utilisez le verso de la feuille. Numérotez les étapes et soyez précis. Par exemple, précisez les paramètres d'expérimentation que vous utiliserez en mode *Graphique*, de même que les outils mathématiques utilisés pour effectuer l'analyse et la validation.

1. Effectuer le montage tel que présenté dans la section *schéma de montage*.
2. Déterminer la relation entre la pression d'un gaz et la tension aux bornes du transducteur, cliquez sur la barre d'outils du capteur universel afin de faire apparaître la fonction ... complétez ici... :

③ *Appareil sur la fonction universel apparaît dans MicroLab Exad*

**ATTENTION, il est INTERDIT d'utiliser l'icône «capsule universelle» en haut de la page d'accueil pour créer votre capteur de pression.**

*transfère le capteur en décrivant une/heure relation de causalité. -> avec une variable* *intéressant: pourquoi? 1/2*



Construction d'un capteur de pression

- 1: Nouvelle expérience → 1000 points Quand universel *↑ Faire varier le volume de la seringue?*
- 2: Acquisition
- 3: Outils mathématique, modéliser la fonction
- 4: Utiliser fonction droite
- 5: Assigner la fonction
- 6: Copier une partie du graphique

Notez l'équation mathématique correspondante :

$$P = 552,343 * U_{air} + 24,03$$

2/2

Copier-coller le graphique d'étalonnage dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à **votre nom** sur le bureau de l'ordinateur.

VALIDATION du capteur de pression

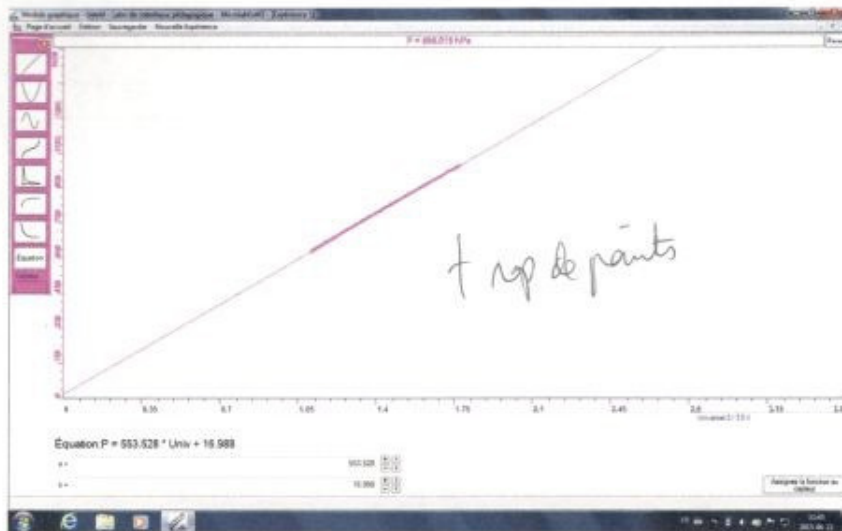
- 1: Appliquer une fonction de transformation
- 2: Choisir la bonne fonction tel que indiqué plus haut
- 3: Utiliser sur module Graphique pour comparer les deux capteurs
- 4: Acquisition
- 5: Outils mathématique
- modéliser la fonction droite

$$P = 1 * \text{trans } U_{air} - 1,212$$

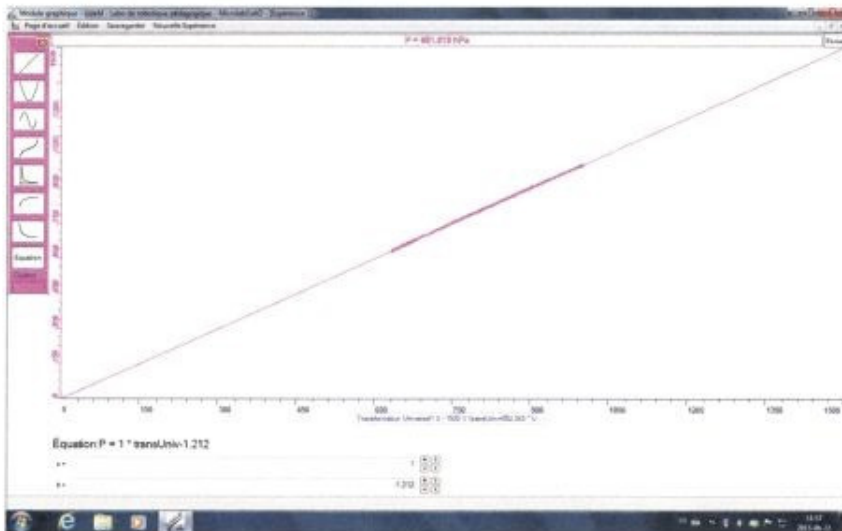
2/2

4/4

Copier-coller le graphique de validation dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à **votre nom** sur le bureau de l'ordinateur.



4/5



23,5/30 78,3%

Nom de l'ÉTUDIANT :

**Sujet 31**

**IMPORTANT :** Sur le bureau de l'ordinateur, créez un dossier à votre nom et prénom pour y enregistrer vos résultats graphiques sous le format .xao3. Dans ce dossier, vous devez aussi créer un document WORD dans lequel vous devez seulement coller certains graphiques spécifiquement identifiés dans ce document. Vous êtes responsable de remettre ce dossier à David. Une fois le dossier récupéré, David vous donnera l'autorisation de quitter.

### CONSTRUCTION D'UN CAPTEUR DE PRESSION

#### Mise en situation

Dans ce laboratoire, vous devez construire un capteur de pression à l'aide d'un transducteur électronique dont la tension aux bornes varie en fonction de la déformation de sa membrane interne lorsque celle-ci subit la pression d'un gaz. Pour ce faire, vous devez étudier la relation de causalité qui existe entre la pression d'un gaz et la tension délivrée par le transducteur.

Vous devez compléter les différentes sections de ce présent rapport.

**Matériel** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)

Pour réaliser votre tâche, nous mettons à votre disposition le matériel qui est dans le panier. Faites la **liste du matériel que vous utilisez** pour construire votre capteur:

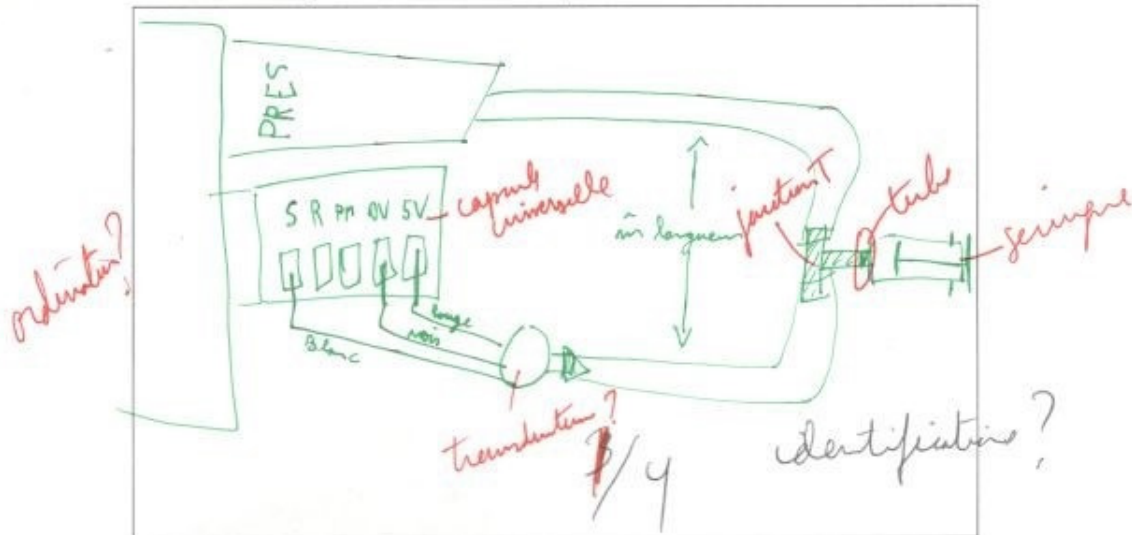
Matériel informatique:	Matériel de laboratoire:
- Laproblet universelle	- Seringue ✓
- Sonde de pression (Étalon) ✓	- Tube en T ✓
- Sonde de pression (composant)	- 2 tubes de plastique ✓
- µEcrAO	- <b>ramassis?</b> ✓
-	-
...	...

*23/5*

31

**Schéma de montage** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)

Dessinez le montage et identifiez chacune des parties de celui-ci:



**Question – Précaution :**

Lors de l'expérience, que ferez-vous pour protéger le capteur d'une trop grande pression?

Je vais faire des petits bonds de pression et arrêter de plus  
bas possible. Je ne dépasserai pas 1300 hPa.

**Construction du capteur:**

Énoncez les procédures à suivre pour la construction et la validation de votre capteur de pression. Si vous manquez de lignes pour les procédures, utilisez le verso de la feuille. Numérotez les étapes et soyez précis. Par exemple, précisez les paramètres d'expérimentation que vous utiliserez en mode *Graphique*, de même que les outils mathématiques utilisés pour effectuer l'analyse et la validation.

1. Effectuer le montage tel que présenté dans la section *schéma de montage*.
2. Déterminer la relation entre la pression d'un gaz et la tension aux bornes du transducteur, cliquez sur la barre d'outils du capteur universel afin de faire apparaître la fonction ... complétez ici... :

obtenir transducer a capteur de dériver une relation de  
conductité avec une variable mesurée par plate EXAO (comme ça)

**ATTENTION, il est INTERDIT d'utiliser l'icône «capsule universelle» en haut de la page d'accueil pour créer votre capteur de pression.**

3. Choisissez les paramètres de la partie et montage (ex 6000 Pa et 0,0005V) ✓

Construction d'un capteur de pression

4. en bougeant le volume de la seringue, noter l'acquisition de données de la tension + d'intensité de pression 1500 hPa
  5. En utilisant le tableur des outils mathématiques, déterminer la loi qui relie tension et Pression
  6. Cliquer assigner la loi au capteur.
- Appliquer la fonction

4/5

Notez l'équation mathématique correspondante :

$$= 508.022 \cdot \text{UNV} + 100.731$$

2/2

Copier-coller le graphique d'étalonnage dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

VALIDATION du capteur de pression

7. En ayant un graphique de la pression dans le manomètre de la loi de la pression dans la seringue, valider le montage
8. répéter étape 3
9. Répéter étape 5 pour obtenir la loi
10. noter la loi dans la boîte ci-dessous

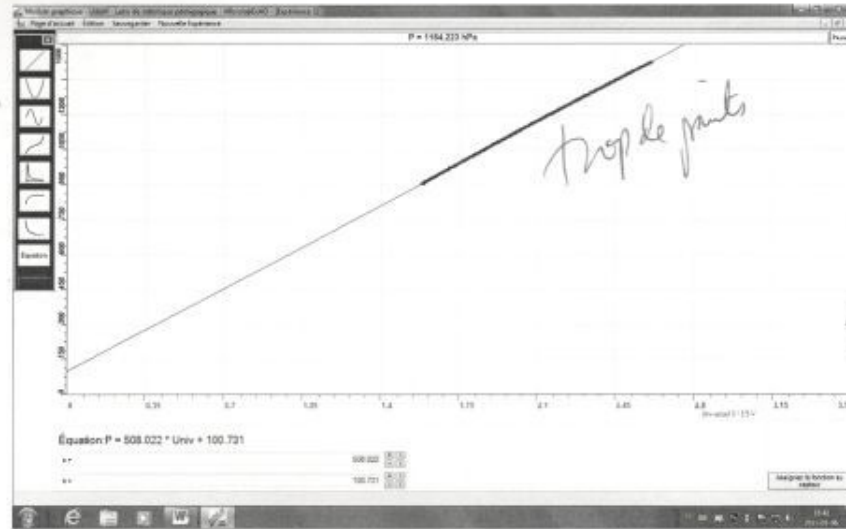
4/4

$$= 1^{\circ} \text{trans Univ} + 1.656$$

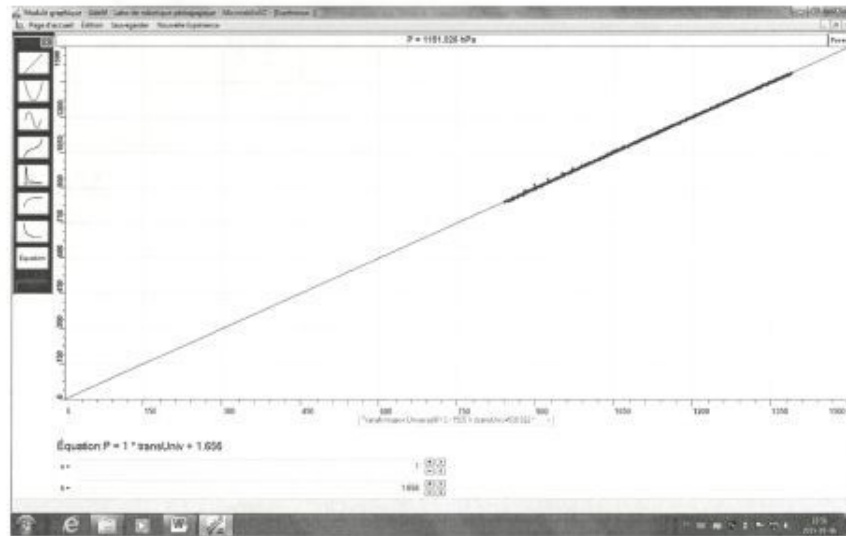
2/2

Copier-coller le graphique de validation dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

### Étalonnage de la sonde



### Validation de la sonde





19/30 63,3%

Nom de l'ÉTUDIANT :

**Sujet 32**

**IMPORTANT :** Sur le bureau de l'ordinateur, créez un dossier à votre nom et prénom pour y enregistrer vos résultats graphiques sous le format .xao3. Dans ce dossier, vous devez aussi créer un document WORD dans lequel vous devez seulement coller certains graphiques spécifiquement identifiés dans ce document. Vous êtes responsable de remettre ce dossier à David. Une fois le dossier récupéré, David vous donnera l'autorisation de quitter.

### CONSTRUCTION D'UN CAPTEUR DE PRESSION

#### Mise en situation

Dans ce laboratoire, vous devez construire un capteur de pression à l'aide d'un transducteur électronique dont la tension aux bornes varie en fonction de la déformation de sa membrane interne lorsque celle-ci subit la pression d'un gaz. Pour ce faire, vous devez étudier la relation de causalité qui existe entre la pression d'un gaz et la tension délivrée par le transducteur.

Vous devez compléter les différentes sections de ce présent rapport.

**Matériel** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)

Pour réaliser votre tâche, nous mettons à votre disposition le matériel qui est dans le panier. Faites la **liste du matériel que vous utilisez** pour construire votre capteur:

Matériel informatique:	Matériel de laboratoire:
- Logiciel Exao	- Tube
-	- capteur de pression ✓
-	- montage ✓
-	- corde ✓
-	- Manomètre ✓
...	... Vlab Exao, transducteur ✓

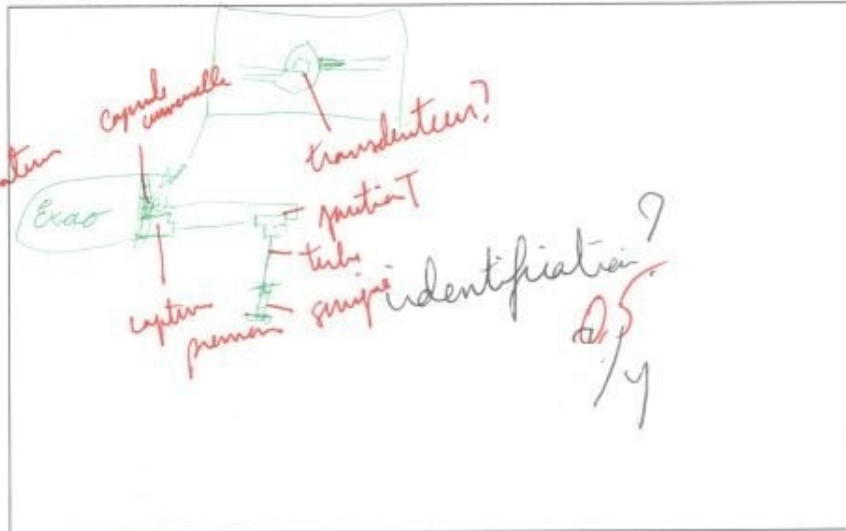
*tampons?*

*32*

32

**Schéma de montage** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)

Dessinez le montage et identifiez chacune des parties de celui-ci:



**Question – Précaution :**

Lors de l'expérience, que ferez-vous pour protéger le capteur d'une trop grande pression?

Évitez d'enfoncer le piston au fond, et utilisez la translation au lieu de pousser.

**Construction du capteur:**

Énoncez les procédures à suivre pour la construction et la validation de votre capteur de pression. Si vous manquez de lignes pour les procédures, utilisez le verso de la feuille. Numérotez les étapes et soyez précis. Par exemple, précisez les paramètres d'expérimentation que vous utiliserez en mode *Graphique*, de même que les outils mathématiques utilisés pour effectuer l'analyse et la validation.

1. Effectuer le montage tel que présenté dans la section *schéma de montage*.
2. Déterminer la relation entre la pression d'un gaz et la tension aux bornes du transducteur, cliquez sur la barre d'outils du capteur universel afin de faire apparaître la fonction ... complétez ici... :

franki:  $T = k \cdot P$  en choisissant un état connecté à Micra lab 2nd manomètre

**ATTENTION, il est INTERDIT d'utiliser l'icône «capsule universelle» en haut de la page d'accueil pour créer votre capteur de pression.**



J'ai utilisé la fonction " transformer ce capteur en choisissant un étalon connecté a Microlab

Après avoir renté les données et le nombre de point, j'ai lancé la prise de donnée

Une fois mes données recueillies j'ai modélisé mon schéma puis ensuite j'ai appliqué la fonction au capteur.

Pour modéliser mon schéma j'ai utilisé la première fonction.

Par la suite j'ai choisir la fonction " assigner la fonction au capteur"

Ensuite j'ai activé la fonction du capteur.

*Faire varier la seringue?*

4/5

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Notez l'équation mathématique correspondante :

$$P = 529.428 \times U_{hid} + 62.97$$

Copier-coller le graphique d'étalonnage dans le document *Word* et sauvegardez-le en format **.xao3**. Glissez-le dans le dossier à **votre nom** sur le bureau de l'ordinateur.

**VALIDATION du capteur de pression**

---

---

---

---

---

---

---

---

Copier-coller le graphique de validation dans le document *Word* et sauvegardez-le en format **.xao3**. Glissez-le dans le dossier à **votre nom** sur le bureau de l'ordinateur.

Pour la validation j'ai sélectionné la fonction graphique

Rentrer les données telles que le point et le temps

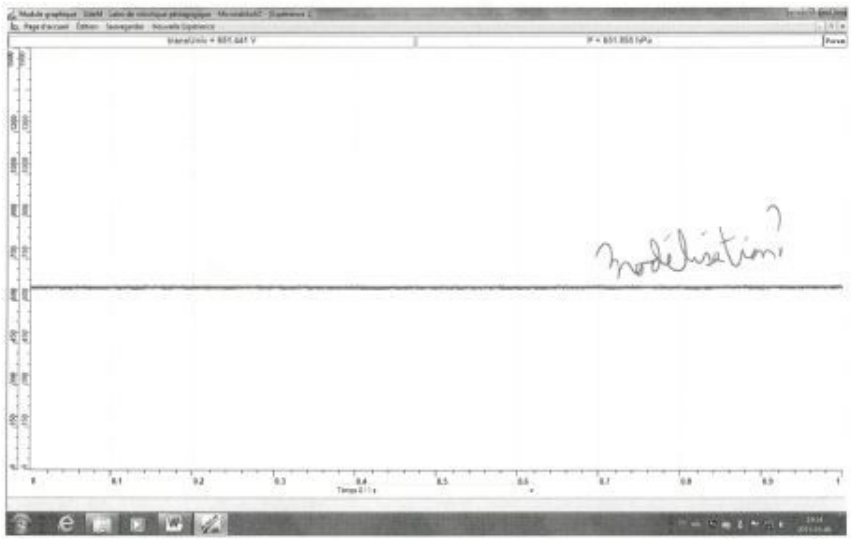
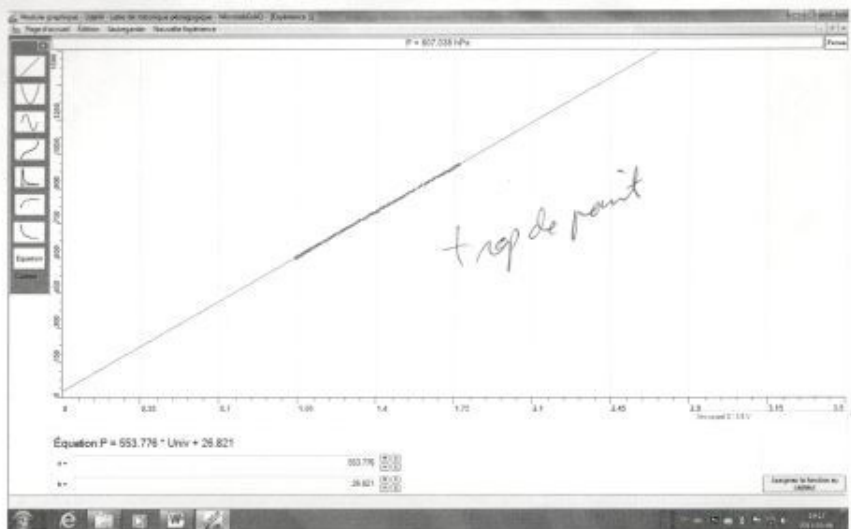
J'ai jumeler les deux capteurs et les mis par rapport au TEMPS

J'ai ensuite lancé la prise de donnée est constater que les deux capteur me donnais les même données.

paramètres

6/4

équation 0/2



# Sujet 33

Nom de l'ÉTUDIANT :

10/30 33,3%

**IMPORTANT :** Sur le bureau de l'ordinateur, créez un dossier à votre nom et prénom pour y enregistrer vos résultats graphiques sous le format .xao3. Dans ce dossier, vous devez aussi créer un document WORD dans lequel vous devez seulement coller certains graphiques spécifiquement identifiés dans ce document. Vous êtes responsable de remettre ce dossier à David. Une fois le dossier récupéré, David vous donnera l'autorisation de quitter.

## CONSTRUCTION D'UN CAPTEUR DE PRESSION

### Mise en situation

Dans ce laboratoire, vous devez construire un capteur de pression à l'aide d'un transducteur électronique dont la tension aux bornes varie en fonction de la déformation de sa membrane interne lorsque celle-ci subit la pression d'un gaz. Pour ce faire, vous devez étudier la relation de causalité qui existe entre la pression d'un gaz et la tension délivrée par le transducteur.

Vous devez compléter les différentes sections de ce présent rapport.

**Matériel** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)

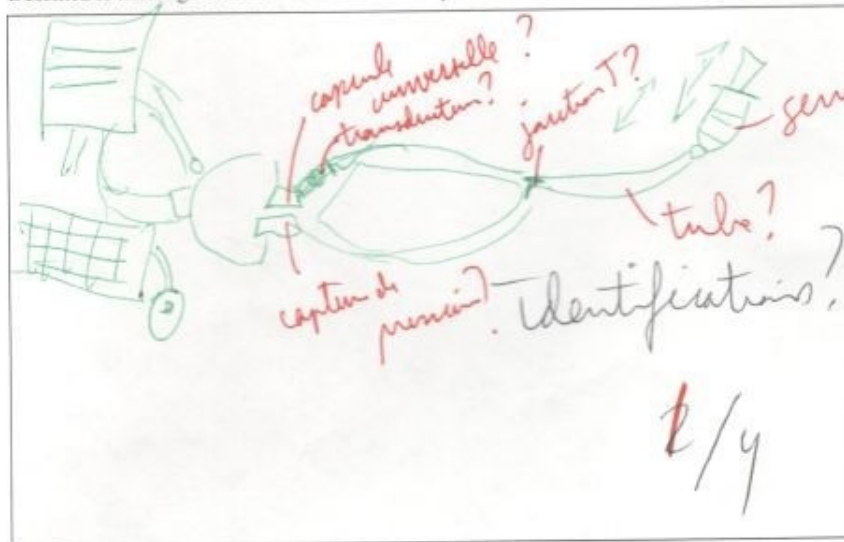
Pour réaliser votre tâche, nous mettons à votre disposition le matériel qui est dans le panier. Faites la **liste du matériel que vous utilisez** pour construire votre capteur:

Matériel informatique:	Matériel de laboratoire:
- <del>pompe</del> capteur	- tube ✓
- <del>des</del> tube le press	- pompe ✓
- <del>passerelle</del> connexion de l'ordi	- press
-	- capteur ✓
-	- <del>des fils</del> les cable pour le capteur
...	... le vis. ✓

*Jointion en T?*  
*2/4*  
*transducteur*  
*Capule miniature*  
*Interfa*  
*33*

Construction d'un capteur de pression

**Schéma de montage** (vous pouvez compléter cette section après vos manipulations)  
 Dessinez le montage et identifiez chacune des parties de celui-ci:



**Question – Précaution :**

Lors de l'expérience, que ferez-vous pour protéger le capteur d'une trop grande pression?

*non force que si on la bien mais sa dévise pas un grand risque*

0/2 ✓

**Construction du capteur:**

Énoncez les procédures à suivre pour la construction et la validation de votre capteur de pression. Si vous manquez de lignes pour les procédures, utilisez le verso de la feuille. Numérotez les étapes et soyez précis. Par exemple, précisez les paramètres d'expérimentation que vous utiliserez en mode *Graphique*, de même que les outils mathématiques utilisés pour effectuer l'analyse et la validation.

1. Effectuer le montage tel que présenté dans la section *schéma de montage*.
2. Déterminer la relation entre la pression d'un gaz et la tension aux bornes du transducteur, cliquez sur la barre d'outils du capteur universel afin de faire apparaître la fonction ... complétez ici... :

*Quand on pousse plus fort les petit points son plus celle. Quand pousse moins fort les petit point se retire.*

X 0/2

**ATTENTION, il est INTERDIT d'utiliser l'icône «capsule universelle» en haut de la page d'accueil pour créer votre capteur de pression.**

- 1 premier j'ai fait le capteur
- 2 assemble le tube avec le capteur
- 3 et mettez le capteur dans le tube
- 4 mettez l'autre capteur dans le tube
- 5 clique sur EA-32
- 6 ensuite clique sur univers - clique
- 7 clique sur transporter le capteur
- 8 pompe <sup>(1)</sup> quand les petit point monte sera le point
- 9 ~~gagnez~~ vas sans equation mathématique ensuite clique manuel bas
- 10 copy past est fini

paramètres?  
 Arguer?  
 appelleur?

2/5

(1)

Notez l'équation mathématique correspondante :

~~0.002 P = 0.002~~

$P = 523205 \cdot 0.002 \cdot \text{mètre} \cdot 1/2$

Copier-coller le graphique d'étalonnage dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

dossier 1 font

VALIDATION du capteur de pression

(14) Quand on pompe plus forte les petit point se recule, quand on plus vite le point se va plus loin.

Validation

0/4

Equation 0/2

Copier-coller le graphique de validation dans le document Word et sauvegardez-le en format .xao3. Glissez-le dans le dossier à votre nom sur le bureau de l'ordinateur.

