

Université de Montréal

**L'analyse de composants émotionnels dans des
stratégies d'apprentissage**

par :

Emilia Alina Cioboiu

**Département d'informatique et de recherche opérationnelle
Faculté des arts et des sciences**

**Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures et postdoctorales
en vue de l'obtention du grade de
Maîtrise ès Science (M.Sc.) en informatique**

Août, 2009

©Cioboiu Emilia Alina, 2009

**Université de Montréal
Faculté des études supérieures et postdoctorales**

**Ce mémoire intitulé :
L'analyse de composants émotionnels dans des
stratégies d'apprentissage**

présenté par :

Emilia Alina Cioboiu

a été évalué par un jury composé des personnes suivantes:

**Philippe Langlais
président - rapporteur**

**Claude Frasson
directeur de recherche**

**Esma Aïmeur
membre du jury**

Résumé

Un certain nombre de théories pédagogiques ont été établies depuis plus de 20 ans. Elles font appel aux réactions de l'apprenant en situation d'apprentissage, mais aucune théorie pédagogique n'a pu décrire complètement un processus d'enseignement en tenant compte de toutes les réactions émotionnelles de l'apprenant.

Nous souhaitons intégrer les émotions de l'apprenant dans ces processus d'apprentissage, car elles sont importantes dans les mécanismes d'acquisition de connaissances et dans la mémorisation.

Récemment on a vu que le facteur émotionnel est considéré jouer un rôle très important dans les processus cognitifs. Modéliser les réactions émotionnelles d'un apprenant en cours du processus d'apprentissage est une nouveauté pour un Système Tutoriel Intelligent.

Pour réaliser notre recherche, nous examinerons les théories pédagogiques qui n'ont pas considéré les émotions de l'apprenant. Jusqu'à maintenant, aucun Système Tutoriel Intelligent destiné à l'enseignement n'a incorporé la notion de facteur émotionnel pour un apprenant humain.

Notre premier objectif est d'analyser quelques stratégies pédagogiques et de détecter les composantes émotionnelles qui peuvent y être ou non. Nous cherchons à déterminer dans cette analyse quel type de méthode didactique est utilisé, autrement dit, que fait le tuteur pour prévoir et aider l'apprenant à accomplir sa tâche d'apprentissage dans des conditions optimales.

Le deuxième objectif est de proposer l'amélioration de ces méthodes en ajoutant les facteurs émotionnels. On les nommera des « méthodes émotionnelles ».

Le dernier objectif vise à expérimenter le modèle d'une théorie pédagogique améliorée en ajoutant les facteurs émotionnels.

Dans le cadre de cette recherche nous analyserons un certain nombre de théories pédagogiques, parmi lesquelles les théories de Robert Gagné, Jerome Bruner, Herbert J. Klausmeier et David Merrill, pour chercher à identifier les composantes émotionnelles.

Aucune théorie pédagogique n'a mis l'accent sur les émotions au cours du processus d'apprentissage. Ces théories pédagogiques sont développées en tenant compte de plusieurs facteurs externes qui peuvent influencer le processus d'apprentissage. Nous

proposons une approche basée sur la prédiction d'émotions qui est liée à de potentielles causes déclenchées par différents facteurs déterminants au cours du processus d'apprentissage.

Nous voulons développer une technique qui permette au tuteur de traiter la réaction émotionnelle de l'apprenant à un moment donné au cours de son processus d'apprentissage et de l'inclure dans une méthode pédagogique.

Pour atteindre le deuxième objectif de notre recherche, nous utiliserons un module tuteur apprenant basé sur le principe de l'éducation des émotions de l'apprenant, modèle qui vise premièrement sa personnalité et deuxièmement ses connaissances. Si on définit l'apprenant, on peut prédire ses réactions émotionnelles (positives ou négatives) et on peut s'assurer de la bonne disposition de l'apprenant, de sa coopération, sa communication et l'optimisme nécessaires à régler les problèmes émotionnels.

Pour atteindre le troisième objectif, nous proposons une technique qui permet au tuteur de résoudre un problème de réaction émotionnelle de l'apprenant à un moment donné du processus d'apprentissage. Nous appliquerons cette technique à une théorie pédagogique. Pour cette première théorie, nous étudierons l'effet produit par certaines stratégies pédagogiques d'un tuteur virtuel au sujet de l'état émotionnel de l'apprenant, et pour ce faire, nous développerons une structure de données en ligne qu'un agent tuteur virtuel peut induire à l'apprenant des émotions positives. Nous analyserons les résultats expérimentaux en utilisant la première théorie et nous les comparerons ensuite avec trois autres théories que nous avons proposées d'étudier. En procédant de la sorte, nous atteindrons le troisième objectif de notre recherche, celui d'expérimenter un modèle d'une théorie pédagogique et de le comparer ensuite avec d'autres théories dans le but de développer ou d'améliorer les méthodes émotionnelles.

Nous analyserons les avantages, mais aussi les insuffisances de ces théories par rapport au comportement émotionnel de l'apprenant. En guise de conclusion de cette recherche, nous retiendrons de meilleures théories pédagogiques ou bien nous suggérerons un moyen de les améliorer.

Mots clés : Système Tutorial Intelligent, modèle computationnel des émotions, prédictions de réactions émotionnelles, apprentissage supervisé, méthode d'intervention.

Abstract

A number of educational theories have been established for over 20 years. They use the learner's reactions in a learning situation, but no educational theory could fully describe an educational process taking into account all the emotional reactions of a learner.

We want to integrate the learner's emotions in these learning processes, as they are important in the mechanisms of learning and memory.

Recently we saw that emotional factor is considered to play an important role in cognitive processes. Modeling a learner's emotional reactions during the learning process is a novelty for an Intelligent Tutorial System.

To achieve our research, we will examine educational theories which did not consider the learner's emotions. Until now, no Intelligent Tutorial System for teaching has incorporated the concept of emotional factor of a human learner.

Our first objective is to analyze a few strategies and detect emotional components that may be there or not. We seek to determine what type of teaching method is used, in other words, what the tutor is doing to predict and assist the learner to accomplish his/her learning task under optimal conditions.

The second objective is to improve these methods by adding the emotional factors. They are so called "emotional methods".

The final objective is to test the model of an improved educational theory by adding the emotional factors.

As part of this research we analyze a number of educational theories, including theories of Robert Gagné, Jerome Bruner, Herbert J. Klausmeier and David Merrill, in seeking to identify the emotional components.

No educational theory has focused on emotions during the learning process. These educational theories are developed taking into account several factors that can influence the learning process. We propose an approach based on emotion prediction that is linked to potential causes triggered by different factors in the learning process.

We want to develop a technique that allows the tutor to deal with the learner's emotional reaction at any given time during the learning process and to include it in a teaching method.

To achieve the second objective of our research, we use a learning tutor model based on the principle of educating the learner's emotions, model which first seeks the person's personality and second the person's knowledge. If we know the learner's personality, we can predict his/her emotional reactions (positive or negative) and we can ensure the proper disposal of the learner, his cooperation, communication and optimism necessary to resolve emotional problems.

In order to achieve the third objective, we propose a technique that allows the tutor to solve an emotional reaction problem of the learner at a given moment during the learning process. We apply this technique to an educational theory. For this first theory, we study the effect of certain educational strategies of a virtual tutor about the learner's emotional state, and to this end, we develop an online data structure with which a virtual tutor can induce positive emotions to the learner. We analyze the experimental results using the first theory and then we compare them with three other theories proposed for study. In doing so, we reach the third objective of our research, which is to test an educational theory model and then compare it with other theories in order to develop or improve the emotional methods.

We analyze the advantages, but also the shortcomings of these theories compared to a learner's emotional behaviour. In conclusion, we will keep the best educational theories or we will suggest a way to improve them.

Keywords: Intelligent Tutorial System, computational model of emotions, predictions of emotional reactions, supervised learning, intervention method.

TABLE DES MATIÈRES

Résumé.....	iii
Table des matières.....	vii
Liste des tableaux.....	ix
Liste des figures.....	x
Remerciements.....	xi
1. Introduction	1
1.1 L'importance des émotions.....	1
1.2 Les objectifs.....	8
1.2.1 Le premier objectif.....	8
1.2.2 Le deuxième objectif.....	9
1.2.3 Le troisième objectif.....	11
1.3 La démarche méthodologique.....	11
1.4 La contribution du mémoire.....	13
1.5 L'organisation de notre recherche.....	14
2. État de la littérature	16
2.1 Les notions d'apprentissage.....	16
2.2 L'apprentissage humain.....	22
2.3 Les types d'apprentissage humain.....	25
2.4 L'apprentissage scolaire.....	27
3. Système Tutorial Intelligent (STI)	32
3.1 Le tuteur.....	33
3.2 L'apprenant.....	34
3.3 L'expert du domaine.....	35
3.4 L'interface.....	35
3.5 Un exemple de modèle informatique dans la littérature.....	35
4. Analyse émotionnelle des stratégies	38
4.1 Mise en contexte.....	38
4.2 Les conditions émotionnelles d'apprentissage.....	39
4.3 Le contenu essentiel pour apprentissage visant les quatre théories selon les états émotionnels de l'apprenant.....	41
4.3.1 La théorie d'instruction élaborée par Bruner.....	41
4.3.2 La théorie d'instruction élaborée par Gagné.....	44
4.3.3 La théorie d'instruction élaborée par Klausmeier.....	47
4.3.4 La théorie d'instruction élaborée par Merrill.....	48
4.4 Les stratégies émotionnelles.....	49
4.4.1 Les stratégies utilisées par Bruner.....	50
4.4.2 Les stratégies utilisées par Gagné.....	52
4.4.3 Les stratégies utilisées par Klausmeier.....	52
4.4.4 Les stratégies utilisées par Merrill.....	53
4.5 Les méthodes d'interventions.....	54
5. Amélioration des méthodes émotionnelles	61

5.1	Les insuffisances et les avantages de ces théories	61
5.2	Les mesures de progrès pour l'apprentissage.....	62
6.	Expérimentations	64
6.1	Introduction	64
6.2	Les procédés didactiques pouvant s'appliquer à notre module informatique ...	65
6.3	Les conditions émotionnelles d'apprentissage.....	77
6.3.1	Le processus d'apprentissage et de mémorisation	77
6.3.2	Les conditions émotionnelles dans le processus d'attention.....	79
6.3.3	Les conditions émotionnelles dans le processus d'acquisition de connaissances	79
6.3.4	Les conditions émotionnelles dans le processus de recherche d'information.....	81
6.3.5	Les conditions émotionnelles dans le processus d'organisation de la réponse.....	82
6.4	L'architecture de notre STI	84
6.4.1	Le modèle de l'apprenant avec modèle émotionnel.....	85
6.4.2	Le tuteur et ses stratégies émotionnelles.....	85
6.4.3	L'expert du domaine et les facteurs émotionnels.....	86
6.4.4	L'interface et les facteurs émotionnels	87
6.5	Les approches adoptées (que nous avons appliquées pour atteindre les objectifs de la recherche).....	88
6.5.1	La prédiction de réaction émotionnelle de l'apprenant.....	88
6.5.2	Les procédés émotionnels appliqués dans notre module	94
6.6	Choix et outils utilisés pour atteindre les objectifs de la recherche	97
6.6.1	L'application client/serveur et la fonctionnalité du réseau	98
6.6.2	Bases de données multimédia	101
6.6.3	Logiciel multimédia : Microsoft Visual C#, ASP.NET 2.0, Microsoft SQL et AJAX	107
6.7	Conclusion	122
7.	Résultats. Discussions	124
7.1	Étude expérimentale et méthodologie.....	124
7.2	Sujet	124
7.3	Description de l'échantillon	124
7.4	Matériel et logiciel expérimentaux.....	125
7.5	Procédure expérimentale.....	125
7.6	Les débats sur la leçon.....	128
8.	Conclusion	132
9.	Références	136

Liste de tableaux

Tableau 2.1 : Constructivisme « cognitif ».....	19
Tableau 6.5.1 : Illustration de l'association des émotions pour chaque événement émotionnel.....	90
Tableau 6.5.2 : Exemple d'actions émotionnelles qui concernent les événements, en respectant, pour chaque étape d'apprentissage, le modèle de Gagné.....	95
Tableau 7.6 : Distributions des émotions après les actions pédagogiques.....	131

Liste de figures

Figure 2.1 : L'architecture cognitive - humaine du processus de l'information telle qu'indiquée par Klausmeier.....	20
Figure 3.1 : L'architecture générale d'un STI.....	32
Figure 4.3.2.a : Le modèle de base de l'apprentissage et de la mémorisation.....	45
Figure 4.3.2.b : Les phases du processus cognitif de Gagné.....	46
Figure 6.4 : L'architecture d'un STI intégrant des modules émotionnels.....	84
Figure 6.5.1 : L'inclusion des facteurs émotionnels individuels.....	91
Figure 6.5.2 : Table de résultats pour les utilisateurs.....	92
Figure 6.6.3.B 1 : Les étapes d'apprentissage du modèle de Gagné réalisé en Microsoft Visual Studio 2005.....	111
Figure 6.6.3.B 2 : Premier étape d'apprentissage du modèle de Gagné.....	112
Figure 6.6.3.B 3 : Quatrième étape d'apprentissage du modèle de Gagné.....	116
Figure 6.6.3.B.4 : Simuler l'effacement des données de l'ordinateur pour tester la colère.....	118
Figure 6.6.3.B.5 : L'exemple que nous avons utilisé pour induire les émotions positives lorsqu'on encourage les meilleures réponses à l'étape d'évaluation.....	119
Figure 6.6.3.B.6 : L'exemple de calcul des résultats.....	121
Figure 6.6.3.B 7 : Huitième étape d'apprentissage du modèle de Gagné.....	121
Figure 6.6.3.B 8 : Neuvième étape d'apprentissage du modèle de Gagné.....	122
Figure 7.5 : Les trois principales étapes de l'essai.....	126
Figure 7.6 : Graphique pour distributions des émotions après les actions pédagogiques.....	131

Remerciements

J'aimerais tout d'abord exprimer ma gratitude et ma reconnaissance à mon directeur de recherche, monsieur Claude Frasson, professeur à l'Université de Montréal, pour la confiance qu'il m'a témoignée en acceptant de diriger cette recherche, pour m'avoir accordée de son temps et pour avoir partagé avec moi de son expérience, pour ses conseils toujours pertinents, pour son support, pour sa disponibilité et pour sa chaleur humaine.

Ma gratitude va également à monsieur Philippe Langlais, président du jury, et à madame Esma Aimeur, membre du jury, qui ont accepté de faire partie du jury de mon mémoire malgré leurs multiples occupations.

J'aimerais également adresser un gros merci à monsieur Jean Meunier, Ph.D., professeur et directeur DIRO à l'Université de Montréal, qui m'a encouragée tout au long du parcours de cette recherche et m'a soutenue durant mon travail.

J'aimerais remercier aussi monsieur Pierre Chalfoun, assistant à la recherche, pour son aide et son implication, et pour avoir trouvé l'école où nous avons essayé notre logiciel.

Je suis également très reconnaissante envers le personnel de la Commission Scolaire Marguerite Bourgeois : monsieur Alain Gouthier, président du secrétariat général, madame Viviane Laurendeau, régisseuse du secrétariat général, et madame Stephanie Lapointe, directrice de l'École Jean-Grou, qui m'ont encouragée et soutenue durant l'essai du logiciel.

Mes remerciements s'adressent également à tous mes collègues de laboratoire.

Je tiens à exprimer infiniment ma profonde reconnaissance à ma fille, Julia, à mon mari, à mes parents, à ma sœur, pour tout ce qu'ils ont fait pour moi, leur soutien moral, leur confiance et leurs encouragements, sans lesquels je n'aurais pas pu réaliser ce rêve.

Finalement, je suis très redevable envers le Fonds de recherche sur la société et la culture (FQRSC) pour avoir financé ce travail.

À toutes ces personnes et organisations et à tous ceux qui m'ont aidée de près ou de loin et que j'ai peut être oubliés de mentionner, mille mercis!

1. Introduction

1.1 L'importance des émotions

Cette recherche vise à analyser les éléments émotionnels qui pourraient être présents ou non dans les principales stratégies pédagogiques existantes. Les chercheurs en informatique ont essayé depuis plusieurs années d'étudier les émotions parce qu'elles jouent un rôle essentiel dans notre vie.

Dans les années 60, on parle de systèmes d'enseignement assisté par ordinateur (EAO). Il s'agit de systèmes qui présentent à l'apprenant un contenu bien déterminé et qui posent des questions pour vérifier si le contenu donné est bien assimilé. Cependant, ces systèmes ne sont pas interactifs et n'offrent pas de diagnostic pour les réponses de l'apprenant, ce qui a comme résultat une insuffisance dans le processus d'apprentissage. Les intentions de l'apprenant ne sont pas comprises et ses difficultés ne sont pas identifiées.

Dans les années 70, les systèmes d'enseignement intelligemment assisté par ordinateur (E.I.A.O.) ont été créés et ces systèmes ont servi de base pour un enseignement individualisé qui ressemblait à un tuteur humain. Ces systèmes ont des lacunes qui consistent notamment dans le fait qu'ils ne prennent pas en considération les émotions. Néanmoins, elles sont très importantes dans le processus de prise de décisions, les processus cognitifs et les performances.

La technique a évolué au courant des dernières années suite au développement informatique. Plusieurs auteurs ont défini les émotions, mais le modèle élaboré par Ortony, Clore et Collins en 1988 (OCC) est le modèle le plus utilisé dans les recherches. Ils définissent les émotions comme « *des réactions de valence (positive ou négative) dans une situation donnée en fonction de la désirabilité d'un événement, d'un objet ou d'une action d'un agent* » (Ortony, Clore et Collins, 1988). Selon le modèle OCC, trois facteurs sont pris en considération pour générer les émotions : les situations, les buts, et les préférences.

Michelle Larivey décrit dans son *Guide des émotions* quatre types d'expériences émotives : les émotions simples, mixtes, repoussées et les pseudo émotions.

- a) Les émotions simples sont classifiées selon le modèle OCC : positives ou négatives, et dans chaque cas il y a trois catégories : par rapport au besoin, par rapport au responsable, et selon l'anticipation.
- b) Les émotions mixtes contiennent une ou deux émotions et d'autres genres d'expériences qui servent à se défendre contre une de ces émotions ; elles sont composées de plusieurs expériences émotives.
- c) Les émotions repoussées proviennent d'expériences habituellement liées à la dominance corporelle.
- d) Les pseudo émotions sont des « *façons de dire les choses qui cherchent à cerner l'émotion. Elles ont l'apparence d'émotion. Il faut identifier l'émotion qu'elles traduisent* » (Guide des émotions, Larivey, Les éditions de l'Homme, 2002).

Nous sommes d'avis que les émotions sont le baromètre de notre cœur et qu'elles nous annoncent si tout va bien. Elles sont contagieuses et peuvent être transmises très facilement, par exemple la joie, le plaisir, la tristesse, la peur, la panique, etc. Damasio (1994) et Isen (2000) décrivent les émotions négatives comme désagréables pour les êtres humains et montrent qu'elles peuvent avoir des effets négatifs sur l'apprentissage et les performances de l'apprenant.

Il existe plusieurs types d'émotions avec des différences : variations, nuances, changements. Les émotions peuvent avoir une influence essentielle dans notre vie quotidienne. Elles peuvent intervenir dans nos actions, changer nos comportements et nos relations avec d'autres personnes. Les émotions peuvent intervenir dans notre processus cognitif et elles peuvent aussi changer les conditions d'attention, de mémorisation, de prise de décisions, de créativité, de performance, etc.

Les émotions sont importantes parce qu'elles assurent :

- a) La survivance – Les émotions fonctionnent aujourd'hui comme un système intérieur de guidage délicat et sophistiqué, par exemple, lorsque quelqu'un est tout seul, il n'est pas satisfait et a besoin de communication avec les autres ;
- b) La prise de décisions – On ne peut pas prendre des décisions sans émotions. Les chercheurs ont montré que les individus dont les centres nerveux de l'hémisphère cérébral sont affectés ne peuvent prendre aucune décision, quelque petite qu'elle soit. Les études de Damasio

(1994) ont montré que les patients dont les tissus des lobes préfrontaux étaient endommagés ne pouvaient ni interpréter les stimuli émotionnels, ni prendre les décisions les plus simples, ni avoir des émotions. Il a conclu qu'on ne pouvait pas décider sans émotions. Les chercheurs en informatique sont également d'avis que les systèmes de traitement de l'information doivent inclure les émotions pour prendre des décisions. Dans le même ordre d'idées, Sloman et Croucher ont affirmé que « *les machines intelligentes devraient essentiellement éprouver des émotions* » (Sloman et Croucher, 1987).

- c) L'établissement de limites – Quand le comportement d'un individu nous dérange, on peut dire que cette personne nous cause des ennuis. Cette situation nous aide à déterminer les limites qui nous sont nécessaires pour protéger notre santé mentale et physique. Les notions d'approbation ou de désapprobation des actions des agents se retrouvent dans la littérature du domaine de l'informatique. Même chose pour les objets et les événements : l'amour ou le rejet de quelques aspects d'un objet et la désirabilité ou pas d'un événement (Ortony, Clore et Collins, 1988).
- d) La communication – L'expression du visage peut communiquer un éventail de sentiments. Si quelqu'un est triste, il nous signale qu'il a besoin d'aide. Si on réussit à être réceptif aux problèmes des autres, on peut aussi leur faire sentir qu'ils sont importants et aimés. Plusieurs chercheurs ont pensé à utiliser une caméra, un microphone ou des capteurs physiologiques pour communiquer les états émotionnels. Certains d'entre eux se sont intéressés à communiquer des émotions en utilisant les images d'expressions faciales (John et coll., 2003). Selon Parke et Waters, la génération d'émotions se fait à travers des muscles spécifiques. D'autres chercheurs ont réussi à identifier des émotions à partir du signal de la voix (Murray et Arnott, 1996). Certains chercheurs ont même combiné différents médias dans le but d'obtenir de bons résultats. Bianchi et Lisetti ont présenté un modèle

multimodal qui sert à identifier l'état émotionnel de l'utilisateur par l'intermédiaire de trois modalités : visuel, kinesthésique et auditif (Bianchi et Lisetti, 2002).

- e) L'unité – Les sentiments d'empathie, de compassion, de coopération et de rémission ont le potentiel de nous réunir comme espèce. À titre d'exemple, le modèle EMA de Gratch et Marsella (*Emotion and Adaptation*, 2004) permet, d'une part, de représenter la relation causale entre les événements (passés, présents et futurs) et les états du monde courant et, d'autre part, de représenter le caractère subjectif de l'évaluation et de l'adaptation. EMA est la première tentative de modélisation d'adaptation émotionnelle par des agents. Ce modèle est basé sur les buts. Il ne prend pas toutefois en considération les standards moraux ou les préférences, comme dans le modèle OCC.
- f) L'optimisme – L'optimisme représente une attitude essentielle pour l'intelligence émotionnelle et se traduit par une bonne disposition qui va mettre la personne dans un mode modéré et équilibré. Par exemple, dans la phase d'obtenir les performances, notre apprenant est optimiste s'il essaye de résoudre les exercices sans crainte d'être incapable de les parcourir ou de finaliser son devoir.
- g) Une bonne disposition – Une bonne disposition équivaut à l'habilité de penser en termes de flexibilité et de complexité, et de nous guider dans la résolution de problèmes. Les personnes qui ont une bonne disposition et font des projets ou prennent des décisions ont une vision plus large et une pensée positive. Quand une personne pense à un environnement positif, elle a un sentiment de satisfaction et de confiance. Picard a remarqué, par exemple, que les gens peuvent se sentir mal à l'aise en présence de caméras vidéo ou de capteurs physiques et que ces appareils peuvent interférer avec la reconnaissance d'émotions (Picard, 2000).
- h) L'espérance – Les personnes avec un grand niveau d'espérance réussissent à se motiver et à mobiliser leurs ressources pour choisir la

voie de réaliser des objectifs. Ces personnes ont plus de flexibilité dans leur mode de pensée et envisagent plusieurs possibilités pour la résolution de problèmes personnels. Pour finaliser un plan ou pour réaliser ses rêves, une personne doit penser positivement. L'optimisme et l'espérance sont pour les choses bien faites et interviennent lorsqu'il y a des obstacles. Si un apprenant pessimiste dit : « j'ai perdu, j'ai échoué », un optimiste dira : « j'ai fait un choix qui n'était pas bon » et il cherchera des solutions pour remédier à la situation. Dans le module informatique envisagé, notre apprenant est conduit de l'espérance qu'il réussira à effectuer les exercices en temps limité et il est optimiste de pouvoir finaliser l'apprentissage en faisant les exercices, sans la crainte que le virus efface toutes les données de son ordinateur si les exercices ne sont pas faits en temps utile.

Nous avons vu pourquoi les émotions sont importantes, mais pour bien gérer les émotions un apprenant a besoin d'intelligence. En 1985, le diplômé d'un collège d'arts libéraux des États-Unis a rédigé un mémoire où il a introduit le concept d'*intelligence émotionnelle*. Plus tard, en 1990, John Mayer et Peter Salovey, professeurs américains, ont publié un travail sous forme de deux articles dans un journal universitaire. Ces deux professeurs ont mis au point deux tests qui tentaient de mesurer plus précisément ce qu'ils ont appelé *notre intelligence émotionnelle*. Daniel Goleman, écrivain de New York, est la personne dont le nom est le plus souvent associé à la notion d'intelligence émotionnelle. Il a écrit plusieurs articles dans le magazine *Popular Psychology* et dans *New York Times*. Vers la fin de 1994 il était évident qu'il allait écrire un livre intitulé *L'intelligence émotionnelle*. Il va encore plus loin et explique en détail que l'intelligence émotionnelle se compose d'éléments qui représentent les quatre branches des capacités mentales, et que ces éléments sont : l'identification de la perception émotionnelle et d'expression, la facilitation de l'émotionnel de la pensée, la compréhension émotionnelle, et la gestion émotionnelle. Dans un article publié en 1997 au sujet de ces quatre secteurs ci-haut mentionnés, Mayer et Salovey ont élaboré un détail graphique qui reflète les propres pensées et ont fait valoir que les branches sont présentées dans le graphique « organisé par les processus psychologiques du simple vers le complexe. Par exemple, le

niveau le plus bas des compétences (relativement) simples à percevoir et à exprimer des émotions. En revanche, le niveau le plus élevé comprend la sensibilisation, le contrôle réfléchi des émotions ». (Adapté de *Qu'est-ce que l'intelligence émotionnelle* par John Mayer et Peter Salovey, et *Le développement affectif et l'intelligence émotionnelle : implications éducatives*, par Peter et David Salovey Shuyter, 1997).

Les quatre branches d'intelligence émotionnelle identifiées par John Mayer et Peter Salovey sont : (1) la perception, la connaissance et l'expression des émotions, (2) la facilitation la pensée émotionnelle, (3) la compréhension et l'analyse des émotions, en utilisant la connaissance affective, et (4) le contrôle réflexif des émotions, la façon de développement affectif et intellectuel.

L'apprenant utilise son intelligence émotionnelle pour acquérir des connaissances. On peut dire que l'art d'acquérir est l'intelligence émotionnelle au plus haut degré. Elle constitue l'élément principal pour réaliser des performances en utilisant les habilités personnelles. Elle se manifeste sous forme de sentiment de joie spontanée et représente l'état dans lequel les apprenants sont très concentrés au travail pour atteindre leur but. La sensibilité se mélangera avec leurs actions. Les apprenants exercent une maîtrise élevée de leurs propres actions dans l'art d'acquérir. On a l'impression qu'une chose difficile est très facile et l'atteinte du but est naturelle. Par exemple, pour définir un triangle équilatéral, nous avons besoin de la propriété que tous les côtés sont égaux. Notre tuteur peut induire à l'apprenant une émotion d'admiration en présentant beaucoup de triangles qui ont dans leur construction cette propriété. On remarque ainsi que l'apprenant peut apprendre la définition très facilement et sa performance est naturelle. Le don est considéré une prémisses obligatoire pour l'atteinte de la perfection dans une action, et il a un rôle très important dans le processus créatif. Les émotions peuvent faciliter la pensée, et l'individu peut choisir plusieurs voies pour agir efficacement. Par exemple, notre apprenant suit avec attention les conseils du tuteur pour construire le triangle équilatéral et le tuteur peut induire à l'apprenant une émotion de plaisir et de délectation avec ses explications.

Plusieurs théories psychopédagogiques ont traité des émotions, mais aucune n'a suivi le comportement émotionnel d'un individu au cours de son processus d'apprentissage.

Nous souhaitons analyser dans ce mémoire l'impact des émotions de l'apprenant dans le processus d'apprentissage sur la capacité de prédiction et de gestion (régulation)

puisqu'elles peuvent influencer l'attention, la prise de décision, ainsi que la mémorisation à long terme. Elles peuvent également favoriser les processus cognitifs si elles sont positives ou bien elles peuvent défavoriser (quelquefois bloquer) les processus cognitifs si elles sont négatives.

Pour avoir un apprentissage optimal :

- a) on prédit la réaction émotionnelle de l'apprenant, et pour ce faire, il faut qu'on reconnaisse la réaction émotionnelle
- b) on peut intervenir pour remédier à cette réaction émotionnelle et pour aider l'apprenant en utilisant une stratégie émotionnelle
- c) au cas où la stratégie choisie n'est pas convenable, on peut l'améliorer en la comparant à d'autres stratégies.

L'étude des théories de Gagné, Bruner, Klausmeier et Merrill montre que chaque théorie pédagogique est construite ayant à la base des objectifs qui sont accomplis en utilisant différentes stratégies d'instruction, ainsi que différents principes d'instruction et méthodes d'apprentissage. Toutefois, ces stratégies, ces principes et ces méthodes ne sont pas abordés en tenant compte du facteur émotionnel. Nous voulons étudier ces stratégies selon les étapes du processus d'apprentissage, en tenant compte des situations émotionnelles qui peuvent apparaître à un moment donné.

Nous consultons le processus d'apprentissage pour une théorie et à chaque étape du processus nous pouvons induire les émotions de l'apprenant. Pour chaque situation émotionnelle, nous établissons les conditions émotionnelles, nous choisissons une stratégie émotionnelle et nous appliquons une méthode émotionnelle. Par la suite, nous analysons la stratégie que nous avons choisie et nous l'améliorons en la comparant à d'autres stratégies.

Aux fins de notre recherche nous établirons des objectifs précis et nous choisirons une technique adéquate pour les atteindre.

1.2 Les objectifs

Qu'elles soient positives ou négatives, on observe que les émotions sont présentes dans les mécanismes d'acquisition de connaissances et d'apprentissage. Dans tous les cas, elles peuvent changer le comportement de l'apprenant de façon positive si le tuteur intervient en temps utile ou de façon négative si le tuteur n'intervient pas.

Pour intervenir dans le processus, nous devons établir les objectifs du travail. Notre premier objectif est d'analyser les stratégies pédagogiques appliquées dans les théories de Gagné, Bruner, Klausmeier et Merrill. Nous établirons les méthodes d'intervention utilisées dans les stratégies respectives.

Le deuxième objectif est d'améliorer ces méthodes par l'inclusion du facteur émotionnel et le dernier et troisième objectif est de prendre notre modèle informatique et d'expérimenter une théorie pédagogique sur ce modèle pour ensuite ajouter ou améliorer ces stratégies par des facteurs émotionnels.

1.2.1 Le premier objectif

Pour atteindre le premier objectif, on fait appel à plusieurs théories, mais aucune théorie pédagogique n'a été projetée jusqu'à présent en tenant compte de l'influence du facteur émotionnel dans le déroulement de chaque étape du processus d'apprentissage. On sait que les théories psychologiques font l'analyse des émotions. Toutes les théories pédagogiques ont généralement à la base plusieurs facteurs qui peuvent influencer émotionnellement le processus d'apprentissage, mais ils sont considérés comme des facteurs externes pouvant influencer le processus.

Nous proposons dans notre étude un module informatique basé sur l'analyse des théories pédagogiques de Gagné, Bruner, Klausmeier et Merrill, en tenant compte de ces facteurs externes.

Chaque théorie s'appuie sur des stratégies pédagogiques spécifiques, et chaque stratégie utilise des méthodes spécifiques d'apprentissage. Nous nous proposons

d'analyser ces stratégies et ces méthodes et nous filtrons les facteurs pouvant influencer le processus d'apprentissage de point de vue émotionnel.

Pour filtrer ces facteurs nous avons besoin d'une série de conditions émotionnelles bien déterminées. Dans un environnement émotionnel, un tuteur doit créer un environnement adéquat à son élève pour lui faciliter l'apprentissage. Le tuteur doit donc assurer un environnement favorisant les conditions émotionnelles pour l'apprentissage.

Nous analyserons, pour chacune des quatre théories que nous avons fixées, quelle est la condition émotionnelle qui peut être appliquée à chaque étape du processus d'apprentissage, en tenant compte des facteurs pouvant influencer le processus.

Lorsque les conditions de chaque théorie sont établies, nous devons chercher les méthodes et les stratégies spécifiques. Pour chaque théorie, nous verrons les possibilités d'apprentissage sous l'influence du facteur émotionnel.

En même temps, nous essaierons de voir quelle stratégie et quelle méthode émotionnelle peuvent s'appliquer à chaque phase du processus, et ce, pour les quatre théories. Nous essaierons d'analyser toutes ces méthodes par des facteurs émotionnels.

Nous proposons, pour les quatre théories, une étude basée sur la prédiction d'émotions, en liaison avec les causes potentielles déclenchées par différents facteurs externes au cours du processus d'apprentissage.

Nous analyserons les techniques qui aident le tuteur à diriger l'apprenant lorsque ce dernier a un problème émotionnel durant le processus d'apprentissage en utilisant une méthode émotionnelle. En identifiant toutes ces méthodes, nous atteindrons le deuxième objectif de notre étude.

1.2.2 Le deuxième objectif

Nous proposons le plan suivant pour atteindre le deuxième objectif. Tout d'abord, nous étudierons les insuffisances et les avantages de ces méthodes. Ensuite, nous proposerons d'améliorer les insuffisances de ces stratégies par l'inclusion du facteur émotionnel et en même temps nous mettrons en évidence les avantages de ces méthodes. Nous comparerons les principes d'instruction et les stratégies utilisées et nous

analyserons par la suite chaque méthode d'apprentissage pour chacun des objectifs établis dans le cadre du processus.

Nous pouvons extraire des quatre théories les principales mesures de progrès pour notre apprenant. En tenant compte de ces mesures du progrès et du caractère de l'apprenant, on peut prédire les réactions émotionnelles de ce dernier (positives ou négatives) et on peut s'assurer de sa coopération, de sa communication et de sa bonne disposition, ainsi que de l'espérance et de l'optimisme nécessaires pour remédier à ses problèmes émotionnels en améliorant les méthodes d'apprentissage.

De plus, nous utiliserons dans notre recherche un apprenant humain. Aucun STI n'a implanté jusqu'à présent un système émotionnel avec un apprenant humain. Voilà pourquoi nous chercherons une solution propre, en étudiant l'apprenant, son caractère, et sa personnalité.

Les humains cherchent généralement la compagnie de gens joyeux qui ont le sens de l'humour et qui peuvent transmettre la joie. Il est possible maintenant d'apprendre à sourire, de nous connaître nous-même et de reconnaître nos émotions pour arriver à gérer notre environnement immédiat. Ceci est très important parce que nos émotions influencent le monde : la façon dont on réagit, on prend des décisions, on se rapporte à son propre système de valeurs, on communique avec les autres. Si on réussit à contrôler ses émotions, on peut avoir pleine maîtrise des situations. Quand nous étions petits, nous avons appris à ne pas exprimer nos émotions en public parce que ce serait un geste immature. On sait que l'homme est un animal rationnel. On dit aux enfants qu'ils ne sont pas gentils lorsqu'ils nous montrent qu'ils sont furieux, mais nous sommes joyeux quand ils sourient. On peut conclure que c'est bien d'exprimer son émotion, même s'il s'agit d'une émotion négative.

Notre modèle informatique est bâti sur ce principe. Nous avons proposé un STI qui fonctionne avec un apprenant humain qui peut éduquer ses émotions et peut également communiquer avec son tuteur chaque fois qu'il a un problème émotionnel.

Auparavant, les émotions étaient considérées comme quelque chose dont on devait se débarrasser si l'on voulait ne pas avoir de problèmes. Aujourd'hui, on sait que les émotions peuvent être éduquées et que les bénéfices de ce processus sont énormes.

Nous pouvons apprendre à être sincères avec nos émotions et à ne pas les éviter parce que cette situation pourrait nous causer des frustrations ou des états dépressifs ou névrotiques.

Selon ce principe, l'apprenant communique avec son tuteur chaque fois qu'il a un problème émotionnel. Qu'elle soit positive ou négative, l'apprenant montre son émotion et reçoit en échange une réponse favorable. En procédant ainsi, le tuteur améliorera la méthode émotionnelle et donnera à l'apprenant la possibilité de continuer son étude.

1.2.3 Le troisième objectif

Un autre objectif est de prendre notre modèle informatique et d'y appliquer une théorie pédagogique. Nous induirons les émotions de l'apprenant à chaque phase du processus d'apprentissage, et nous justifierons son importance pour chaque émotion.

Nous expérimenterons notre modèle avec un tuteur virtuel en nous appuyant sur l'état émotionnel de l'apprenant et en utilisant une théorie pédagogique. Nous ajouterons des facteurs émotionnels pour améliorer la stratégie choisie. Pour régler ce problème, nous développerons un programme avec une structure de données en ligne qui permette au tuteur virtuel d'induire à l'apprenant humain des émotions positives. Nous ferons une discussion par rapport aux résultats expérimentaux de la première théorie et nous la comparerons par la suite avec les trois théories pédagogiques.

Nous concluons en mesurant les avantages et les insuffisances de cette théorie par rapport à d'autres.

1.3 La démarche méthodologique

Avant de répondre aux questions visant les objectifs de cette recherche, nous précisons que notre démarche méthodologique est fondée sur des études empiriques et expérimentales. Notre STI est bâti sur le principe du dialogue tuteur apprenant. Nous expérimenterons sur un apprenant réel avec sa personnalité, son potentiel intellectuel,

ses connaissances d'apprentissage, ses possibilités, et ses valeurs. Notre tuteur peut facilement répondre à tous les types d'apprenants et, en même temps, il peut induire des émotions pour favoriser l'apprentissage de l'apprenant. Notre STI est conçu pour répondre aux besoins de différents apprenants. La recherche est fondée sur une approche expérimentale.

Nous utiliserons les aspects suivants dans la démarche méthodologique :

- a) Pour répondre au premier objectif, nous chercherons dans chaque stratégie les composantes émotionnelles. Nous analyserons chaque stratégie pour observer les méthodes didactiques utilisées par le tuteur, nous étudierons les causes ayant pu déclencher l'émotion de l'apprenant et les conditions d'apprentissage pour appliquer des techniques d'apprentissage automatique pour superviser et analyser les conditions en cause et préparer l'objectif suivant. Pour cette analyse, nous établirons une étude comparative mettant en évidence les caractéristiques de chaque théorie.
- b) Pour atteindre le deuxième objectif, nous utiliserons dans notre étude un milieu d'amélioration par l'inclusion du facteur émotionnel. Chaque apprenant a sa personnalité. À chaque étape du processus d'apprentissage, nous chercherons la méthode adéquate pour appliquer l'émotion correspondante à chaque type d'apprenant.
- c) Après avoir déterminé les méthodes émotionnelles, nous atteindrons le troisième objectif, celui d'améliorer ces méthodes par l'inclusion des facteurs émotionnels et d'expérimenter sur le modèle d'une théorie pédagogique. Pour cette expérience, nous testerons l'influence des actions d'un tuteur virtuel sur l'état émotionnel de l'apprenant. Nous avons choisi différents apprenants aléatoires et nous expérimenterons le potentiel d'apprentissage avec les facteurs émotionnels. Nous testerons ces méthodes et à la fin nous essayerons de les améliorer.

1.4 La contribution du mémoire

Les travaux effectués dans ce mémoire sont consacrés, dans un premier temps, à l'analyse de chaque théorie pédagogique. Dans un deuxième temps, il s'agit de voir quelles sont les émotions que l'on peut induire pour chaque phase du processus d'apprentissage. Dans un troisième temps, nous améliorerons ces méthodes par des facteurs émotionnels et nous expérimenterons le modèle d'une théorie pédagogique. Le but de ce mémoire est l'amélioration des Systèmes Tutoriaux Intelligents (STI) pour la formation à distance, et ses contributions sont multiples.

En s'appuyant sur les recherches des théories pédagogiques de Gagné, Bruner, Klausmeier et Merrill, nous avons bâti un modèle informatique qui peut montrer pour chaque phase du processus d'apprentissage qu'il existe un état émotionnel de l'apprenant et que cet état peut être amélioré s'il est négatif ou bonifié s'il est positif. Nous avons proposé pour chaque étape de l'apprentissage des recommandations émotionnelles qui peuvent modifier le comportement de l'apprenant. Par exemple, à l'étape de gagner l'attention de l'apprenant, nous créerons un STI qui :

- a) permet d'atténuer les effets générés par les émotions négatives
- b) permet de bien gérer à la fois les émotions liées à l'activité en cause et celles qui ne le sont pas (joie, tristesse)
- c) permet d'induire la curiosité chez l'apprenant en insistant sur les éléments mettant en valeur les caractéristiques importantes des objets en cause.

Nous avons développé une architecture modulaire d'un STI fondée sur ces phases.

Nous avons proposé une nouvelle approche permettant au STI de prédire la réaction émotionnelle de l'apprenant dans trois situations :

- a) après son évaluation en ligne
- b) après la phase de rétroaction du tuteur
- c) après la phase d'amélioration et de transfert.

Nous avons souligné que les actions du tuteur virtuel envers le comportement de l'apprenant sont positives et contribuent à induire des émotions positives chez l'apprenant.

Pour conclure, les travaux de recherche de ce mémoire contribuent à améliorer les STI pour l'apprentissage scolaire émotionnel. Ils comportent d'importantes retombées pédagogiques et informatiques.

1.5 L'organisation de notre recherche

Nous présentons un cadre de recherche structuré en sections traitant des émotions de l'apprenant dans le processus d'apprentissage qui vise les théories pédagogiques de Gagné, Bruner, Klausmeier et Merrill.

Ce mémoire commence par un résumé décrivant la recherche. Dans l'introduction nous avons classifié les émotions et nous avons parlé de leur importance, nous avons présenté les objectifs de la recherche, nous avons ensuite décrit la démarche méthodologique et la contribution du mémoire, et nous avons structuré à la fin l'organisation de notre recherche.

La deuxième section traite de l'état de la question. La première partie présente les notions de l'apprentissage selon Gagné, Bruner, Klausmeier et Merrill. La deuxième partie de la section contient les éléments définitoires de l'apprentissage humain, son contenu lié aux théories pédagogiques énoncées, et ses effets. Nous avons extrait par la suite une classification des types d'apprentissage humain qui nous guidera dans notre étude à associer le type adéquat à chaque étape du processus d'apprentissage. En dernière partie de la section, nous ferons appel à la notion d'apprentissage scolaire parce que notre programme est conçu pour un processus se déroulant dans l'environnement scolaire.

La troisième section traite des Systèmes Tutoriaux Intelligents (STI) et décrit les modules. Il existe deux catégories de modèles informatiques qui impliquent les émotions : la première catégorie concerne la représentation des émotions des utilisateurs,

et la deuxième concerne la représentation des émotions des agents virtuels. Dans notre étude, nous avons cherché à gérer les émotions de l'apprenant dans le processus d'apprentissage (selon le modèle de Gagné, Bruner, Klausmeier et Merrill) et à modéliser son comportement émotionnel.

Le quatrième section porte sur l'analyse des méthodes émotionnelles et des meilleures stratégies pédagogiques proposées par Gagné, Bruner, Klausmeier et Merrill.

La cinquième section présente les avantages et les insuffisances de ces théories. Nous proposons l'amélioration de ces méthodes en extrayant les mesures de progrès pour l'apprentissage dans l'environnement scolaire.

La sixième section présente l'expérimentation d'un modèle et les résultats de la comparaison de ce modèle à d'autres théories.

La septième section recueille les résultats qui constituent le point de départ de la discussion de cette recherche.

La dernière section présente les conclusions du travail en analysant l'impact émotionnel sur le processus d'apprentissage. Nous extrairons les résultats de la recherche de chaque section. Nous ferons une analyse rigoureuse concernant notre modèle informatique et nous présenterons quelques perspectives d'un résultat. Nous soulignerons les nouveautés qui ont mis en valeur le travail de cette recherche.

Le but de ce mémoire est d'améliorer les systèmes informatiques émotionnels conçus sur l'interface individu - machine et d'aider la recherche informatique à contribuer à se développer dans multiples domaines pour différents types d'apprentissage.

2. État de la littérature

2.1 Les notions d'apprentissage

Dès la naissance, tous les animaux et les individus réagissent lorsque leur environnement est modifié. Ils ont des moyens différents de réaction aux stimuli externes. Cette qualité se développe tout au long de la vie pour assurer la survie et les moyens de répondre sont nombreux, variés et complexes à cause de l'influence des facteurs de maturité biologique et de l'environnement. Ces réactions peuvent se consolider par apprentissage.

L'individu est un système ouvert avec autorégulation et se trouve en tout temps en interaction avec le milieu naturel et social, avec les objets, les autres individus, avec soi-même. Dans ce processus complexe d'interaction permanente, l'individu acquiert de nouvelles modalités adaptives et de nouvelles acquisitions comportementales qui l'aident à s'adapter à l'environnement.

En cherchant une définition complexe, j'ai choisi celle proposée sur Wikipédia : L'apprentissage est « *l'acquisition de savoir-faire, c'est-à-dire le processus d'acquisition de pratiques, de connaissances, de compétences, d'attitudes ou de valeurs culturelles, par l'observation, l'imitation, l'essai, la répétition, la présentation. Il s'oppose, tout en le complétant, à l'enseignement dont le but est surtout l'acquisition de savoirs ou de connaissances au moyen d'études, d'exercices et de contrôles des connaissances* ».

Pour bien gérer les émotions dans le processus d'apprentissage, on peut rechercher le concept d'apprentissage pédagogique de Gagné, Bruner, Klausmeier et Merrill, et d'autres.

Gagné dit dans son livre intitulé *Conditions de l'apprentissage* (Gagné , 1975, *Rédaction Pédagogique Bucarest*) que l'apprentissage est une modification de la disposition ou de la capacité de l'organisme qui peut être maintenue et qui ne peut pas être assignée pour le processus de croissance (la maturité biologique). L'apprentissage est le résultat de l'interaction entre l'étudiant et son environnement.

Gagné a réalisé un modèle constitué de huit types d'apprentissage, selon la quantité et l'importance de l'acquisition dans la sphère comportementale. Chaque type d'apprentissage représente un système logique unitaire constitué comme une étape

obligatoire pour les étapes qui suivent. Le contenu prime dans la hiérarchie des types d'apprentissage. Gagné présente les acquisitions cognitives linéaires de la plus simple à la plus complexe, et les automatismes à concepts. On retrouve ces principes dans son livre intitulé *Les principes fondamentaux de l'apprentissage* :

- a) L'apprentissage par signaux concerne la relation entre un stimulus avec un rôle de signal et la réaction de ce stimulus. C'est le type d'apprentissage adéquat pour la formation de réflexes conditionnés;
- b) L'apprentissage par liaison stimulus – réponse concerne la succession d'associations répétées en temps qui mène à la formation de stéréotypes dynamiques et de relations spécifiques acquises;
- c) L'apprentissage en succession concerne la liaison des successions des relations de type stimulus - réponse dans un comportement unique;
- d) L'apprentissage des associations verbales concerne l'association des syllabes et des mots. Cette technique est utilisée dans l'apprentissage d'une langue étrangère;
- e) L'apprentissage par discrimination concerne la réduction de stimuli différents de ceux qui composent la tâche d'apprentissage;
- f) L'apprentissage des concepts est adéquat pour la formation de notions;
- g) L'apprentissage des règles est adéquat pour l'apprentissage des règles, principes, et lois;
- h) L'apprentissage par résolution de problèmes concerne la création de nouvelles règles en combinant des règles déjà apprises antérieurement.
- i) L'apprentissage par découverte est un autre type d'apprentissage proposé en 1964 par Gagné et Briggs où l'élève peut utiliser des stratégies euristiques pour choisir de nouvelles vérités (*GAGNE, R.M., BRIGGS, L.J., 2^e éd, 1964, Principles of Instructional Design.*).

Bruner utilise la notion de courant interactionniste dans son livre intitulé *Le processus d'éducation intellectuelle* (Bruner, 1970, Rédaction Scientifique Bucarest). L'apprentissage, dans ce courant, est fondamentalement abordé comme le processus par lequel le savoir circule, se construit et se transforme au sein d'une communauté, d'un

groupe social. Dans cette perspective, apprendre, pour l'individu, c'est participer à ce processus collectif de co-construction du savoir, c'est s'inscrire dans une relation avec d'autres qui promeut cette co-construction.

Pour Bruner, le processus éducatif nécessite une structure de connaissances en un tout cohérent, pour en faciliter l'encodage. De plus, Bruner accorde beaucoup d'importance au stade du développement intellectuel chez l'enfant : il faut respecter les étapes. Puis, il parle aussi du rôle de la motivation intrinsèque et de sa valeur. En effet, Bruner s'est inspiré de Piaget et a mis sur pied trois modes de représentation des connaissances : le mode actif, le mode symbolique, et le mode iconique. Tout comme Piaget, Bruner s'est intéressé aux stades du développement cognitif des enfants. Il a établi trois stades :

a) Le stade passif, inactif (de la naissance à environ l'âge de 3 ans)

Les enfants perçoivent l'environnement seulement à travers les actions qu'ils réalisent. Les objets sont décrits et expliqués seulement en termes de ce que l'enfant fait avec. L'enfant ne peut pas dire comment une bicyclette fonctionne, mais il peut démontrer quoi faire avec. Pour les enfants de ce stade, la valeur de l'apprentissage se situe plus au niveau de « démontrer » et « d'imiter » que de « dire ».

b) Le stade iconique (d'environ 3 ans à environ 8 ans)

Les enfants peuvent se souvenir et utiliser l'information à travers l'imagerie (images mentales et icônes). La mémoire visuelle s'accroît et les enfants peuvent imaginer ou penser à des actions sans les expérimenter dans l'immédiat. Les décisions sont encore basées sur des perceptions plutôt que sur le langage.

c) Le stade symbolique (vers 8 ans)

Les enfants commencent à utiliser les symboles (mots ou dessins) pour représenter les gens, les activités et les choses. Ils peuvent penser et parler des choses en termes abstraits. Ils peuvent aussi utiliser et comprendre ce que Gagné appelle des « concepts définis ». Par exemple, ils peuvent discuter du concept de « jouet » et en identifier une variété, plutôt que de seulement en parler en termes de jouets qu'ils ont vus et manipulés.

Ils peuvent mieux comprendre les principes mathématiques et utiliser les idiomes symboliques tels « ne pleure pas pour des choses pour lesquelles tu ne peux rien ».

Selon la théorie de ce chercheur, l'acte d'apprendre comporte trois processus : (1) l'acquisition de la nouvelle information, (2) la transformation de cette information, et (3) l'évaluation. En somme, l'apprentissage par la découverte ainsi que l'exploration et l'action chez l'élève sont l'essence même des théories de Bruner. Contrairement à Piaget, Bruner s'est beaucoup soucié de l'organisation de l'enseignement pouvant servir dans les écoles qui reconnurent les stades du développement cognitif et travaillèrent à partir de ceux-ci.

L'idée de l'apprentissage par découverte est « *une approche d'enseignement où les étudiants interagissent avec leur environnement - en explorant et en manipulant des objets, se débattant avec des questions et des controverses, ou en réalisant des expérimentations* » (Tout ce à quoi une personne porte attention se place en mémoire de travail, Ormrod, 1995). Bruner disait que les étudiants étaient plus en mesure de comprendre et de retenir des concepts qu'ils avaient découverts en explorant. Cependant, les recherches ont démontré des résultats controversés au sujet de l'apprentissage par découverte. De plus, « *les méthodes relativement non structurées recommandées par Bruner n'ont pas connu un très grand essor* » (Ormrod, 1995, Tout ce à quoi une personne porte attention se place en mémoire de travail). Les enseignants ont remarqué que l'apprentissage par découverte a plus de chance de réussir si les étudiants possèdent les connaissances préalables et s'ils vivent des situations structurées.

Tableau 2.1 : Constructivisme « cognitif »

	Constructivisme « cognitif »
L'intelligence est située	dans la « tête du sujet »
L'apprentissage est un processus	de réorganisation cognitive active des connaissances
Il importe de tenir compte	des ingrédients sociaux et culturels de l'expérience personnelle
La recherche porte sur	les processus psychologiques individuels
L'analyse des pratiques porte sur	la construction de modèles de réorganisation conceptuelle par les étudiants individuels
Dans le travail en groupe	on considère l'hétérogénéité des participants et on évite de pointer des pratiques sociales et culturelles particulières.

Schématiquement, nous mettrons en avant pour sa théorie :

- Le caractère interactif et coopératif de l'apprentissage
- Les compétences relationnelles et cognitives de haut niveau à exercer pour apprendre
- Les outils nécessaires pour la réalisation des activités d'apprentissage
- La démarche de questionnement et de recherche dans l'apprentissage
- Le lien entre projet personnel, professionnel, d'études, de vie, etc

Inspiré des théories pédagogiques précédentes, **Klausmeier** a vu le processus d'apprentissage comme un module d'enseignement programmé. Le schéma ci-dessous présente l'architecture cognitive - humaine du processus de l'information telle qu'indiquée par Klausmeier dans son livre intitulé *Psychologie de l'éducation*, 1985, p107 (figure 2.1):

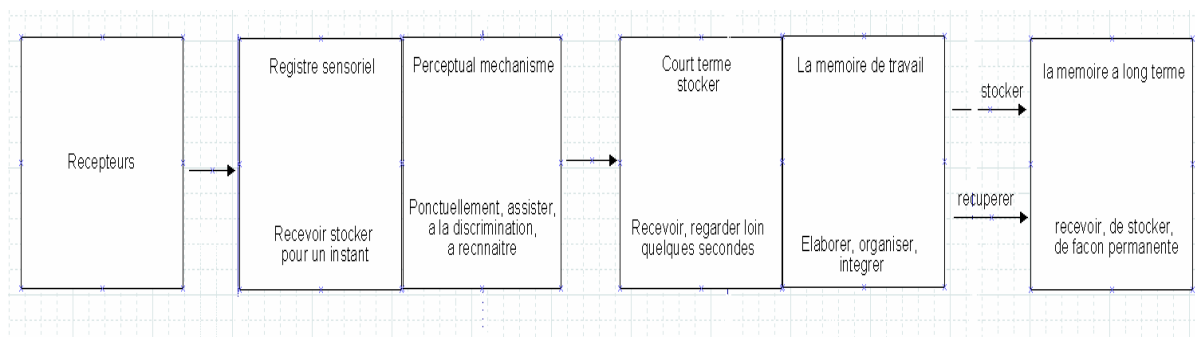


Figure 2.1 : L'architecture cognitive - humaine du processus de l'information telle qu'indiquée par Klausmeier

L'architecture cognitive se réfère à la manière dont les structures sont organisées et gérées. Sweller (2002) explique les aspects cognitifs de l'homme liés à l'architecture visuelle et orale des processus de conception multimédia. La mémoire de travail (Baddeley & Hitch, 1974) traite de la prise de conscience de notre vie quotidienne. Elle est la prochaine destination au cours de la circulation de l'information sur le traitement cognitif de son voyage qui commence avec les informations entrant dans les yeux et les oreilles étant alors stockés brièvement dans le système sensoriel visuel et auditif. La

mémoire de travail est le centre de la cognition et des échafaudages de tous les actifs de penser les activités qui se produisent (Clark & Mayer, 2003). En tant que puissant outil de traitement cognitif, la mémoire de travail est toutefois gênée par sa capacité limitée (Miller, 1956) et sa durée limitée (Peterson et Peterson, 1959). La mémoire à long terme est la dernière étape dans le traitement de l'information cognitive qui fait en sorte que les informations sont stockées en permanence (Shiffrin & Atkinson, 1968). L'apprentissage implique de nouvelles aptitudes et de compétences fixes en cours de traitement dans la mémoire de travail et intégrées avec les modèles de connaissance en mémoire à long terme. L'intégration de nouvelles connaissances à partir de la mémoire de travail dans la mémoire à long terme est appelée l'encodage et le traitement de l'information active qui prend place dans la mémoire de travail pour faciliter l'encodage est appelé répétition. Plus tard, l'apprenant aura besoin d'extraire cette connaissance nouvellement acquise de la mémoire à long terme et l'appliquer dans un contexte de vie réel. C'est ce que l'on appelle la recherche (Clark & Mayer, 2003). Ainsi, les parties de la matière déjà acquise reviennent à un moment donné dans l'acquisition de nouvelles connaissances et de recherche, sont appliquées avec succès dans de multiples contextes d'apprentissage, et assurent que le contenu appris reste en mémoire à long terme et qu'il est facilement mis en mémoire de travail (Ericsson & Kintsch, 1995). La récupération et l'application de schémas stockés dans la mémoire à long terme sont essentielles à la résolution de haut niveau des problèmes liés à la complexité de interactivités, mettant ainsi en lumière le rôle central joué par la mémoire à long terme dans la dynamique de la cognition.

On observe que ce processus se ressemble avec celui de Gagné.

On remarque dans la deuxième section, *Atteindre les résultats d'apprentissage de manière efficace*, de son livre intitulé *Habilités d'apprentissage et l'homme*, que Klausmeier utilise les concepts de Piaget et de Bruner comme « autres attributs d'évolution pour le développement de concepts d'apprentissage ».

On remarque aussi que sa théorie est complexe, ample, est fondée sur des théories déjà existantes et en même temps tient compte du facteur émotionnel en apprentissage.

Merrill a étudié l'apprentissage dans l'enseignement supérieur. Son but a été de fournir des éléments qui reflètent son concept pédagogique et ses efforts de développement. Il a examiné un certain nombre de théories de la conception pédagogique et des modèles pour déterminer les principes fondamentaux à l'apprentissage appelés *premiers principes d'instruction*.

Ces premiers principes d'instruction existent et peuvent être repérés en totalité ou en partie dans la plupart des théories de la conception pédagogique et des modèles qu'il a utilisés dans sa recherche. Il a suggéré que les environnements d'apprentissage les plus efficaces sont ceux qui sont basés sur les problèmes et qui impliquent les étudiants dans les quatre phases de l'apprentissage :

- a) l'activation de l'état de l'expérience
- b) la démonstration de compétences
- c) l'application de compétences
- d) l'intégration de ces compétences en activités

À partir de ces théories, nous allons aborder le sujet de l'apprentissage humain pour identifier les éléments essentiels, son contenu, et ses effets.

2.2 L'apprentissage humain

L'apprentissage spécifique humain est un processus complexe d'acquisition de l'expérience sociale en forme généralisée. De point de vue linguistique, l'apprentissage représente chaque nouvelle acquisition sous forme de résultat de l'assimilation d'informations externes, acquisition qui a comme effet un changement de comportement.

De point de vue *pédagogique*, l'apprentissage est le processus d'assimilation de connaissances et de formation pour acquérir, mais aussi le processus de projection et de développement de quelques fonctions psychiques, caractéristiques, et capacités pour former des personnalités.

Les éléments définitoires de l'apprentissage sont :

- a) le développement d'un nouveau comportement ou la modification comportementale;

- b) le résultat d'une expérience individuelle et d'un exercice;
- c) la finalité d'une adaptation psychique et physiologique.

Le processus d'apprentissage est formé de deux éléments : un élément informationnel et un élément opérationnel (formatif). Le tuteur peut donner à l'apprenant le contenu et l'apprenant peut opérer l'information dans son processus d'enseignement.

Le contenu de l'apprentissage est constitué par acquisitions :

- a) L'information de différentes choses, événements, personnes, et processus;
- b) L'action de perception, de mémoration, d'imagination, et de réflexion;
- c) Les valeurs affectives, les états d'âme, les dispositions, les attitudes. Le caractère de l'apprenant intervient ici avec ses émotions et sa personnalité (heureux, joyeux, fier, etc.);
- d) La norme et le modèle de comportement individuel, interpersonnel, social;
- e) Les substrats motivationnels pour facteurs, attitudes, et pour actions. À ce moment le tuteur va intervenir pour motiver l'apprenant dans son processus d'apprentissage.

Bruner décrit dans sa théorie deux catégories de faits qui peuvent stimuler l'apprenant : les faits extrinsèques et les faits intrinsèques.

Les **faits extrinsèques** dépendent de l'état émotionnel de l'apprenant. Le désir d'obtenir un bon résultat peut déterminer l'apprenant à être très attentif, patient et vigilant, et avoir un fort désir d'apprendre. Dans ce cas, l'apprenant est motivé par le tuteur avec un bon résultat et une récompense. Si l'apprenant a peur d'obtenir un mauvais résultat, il deviendra anxieux, nerveux, paniqué, tendu, et craintif.

Les **faits intrinsèques** sont liés à l'activité d'apprentissage comme suit : l'apprenant peut apprendre par curiosité ou par désir d'être supérieur, qualifié, ou bien par désir d'être compétent de point de vue social et professionnel.

Nous pouvons reprendre l'idée de Bruner et l'améliorer en ajoutant :

- des faits qui fournissent de l'information relativement aux tâches et aux moyens de les résoudre, des faits qui font appel à l'émotivité par succès ou par échec, ainsi que des faits de nature sociale.

- les capacités générales ayant un caractère intégrateur dans la structure de la personnalité : la capacité d'apprentissage, l'intelligence, la conception de soi-même.

L'apprentissage se trouve à la base de l'acquisition de nouvelles connaissances et du progrès en adaptation, et vise les connaissances, les opérations intellectuelles, et les traits de personnalité. Ces acquisitions constituent pour chaque individu des choses personnelles et sont obtenues par la pratique. Par conséquent, l'apprentissage permet à l'individu d'acquérir des connaissances et des habilités, des schémas d'action, des opérations et des structures cognitives, des modèles affectifs, attitudeux et décisionnels.

Le contenu philologique de l'apprentissage est déterminé par la modification des modèles comportementaux, de structure cognitive, des états émotionnels, et motivationnels et sous l'influence des stimuli extérieurs et des propres actions. On peut en déduire que l'apprentissage a un caractère transformateur et modulateur. En général, une personne apprend et développe un comportement individuel en concordance avec ses besoins directs (l'hygiène, la nourriture, la défense), les structures psychiques spécifiques humaines et les relations avec les autres. Si le tuteur connaît l'état émotionnel de l'apprenant, il réussira à intervenir pour diriger le processus selon la catégorie de raisons en apprentissage, ce qui assurera le succès de l'apprentissage de chaque apprenant.

Un animal peut apprendre individuellement pendant sa vie de ses expériences basées sur l'acquisition à un moment donné, mais une personne peut apprendre à la fois de son expérience individuelle à un moment donné, et de l'expérience sociale historique. Un individu apprend de son comportement actif, de l'action envers différentes choses, en posant des questions et en sollicitant des réponses. L'apprentissage de notre apprenant est intentionné, raisonné, et a des buts conscients précis. L'apprentissage de l'apprenant a un caractère intentionnel visant la sélection et le stockage d'informations et d'expériences précédentes et la transmission vers les expériences futures.

Le processus d'apprentissage a un **double effet** : **informatif** et **formatif**. En apprentissage scolaire, l'apprenant est impliqué dans un processus relatif commandé de l'extérieur qui devient ultérieurement un processus conscient. L'apprenant implique dans ce processus ses forces intellectuelles et ses capacités affectives et moral-volatiles.

Cette attitude de l'apprenant (la curiosité et l'esprit d'investigation) sera valorisée au maximum lorsqu'il acquerra les techniques de l'apprentissage et à la fin du processus. Ce milieu permettra à l'apprenant d'acquérir des techniques pour s'instruire tout seul.

Par conséquent, on peut dire que l'apprentissage scolaire est un processus social et individuel. C'est un processus social à cause de l'accumulation individuelle d'expérience sociale. Il a lieu dans un contexte culturel et se sert d'un modèle éducationnel. La personne est intégrée socialement au début, puis elle participe à titre de facteur actif au développement social. Comme processus individuel, l'apprentissage est une assimilation de connaissances d'une personne qui utilisera directement ces connaissances pour autre activité. L'apprentissage représente de ce point de vue un effort personnel d'organisation et d'intégration de nouvelles acquisitions dans le système personnel de connaissances et de techniques. L'apprentissage est considéré comme un processus individuel parce que ses résultats dépendent des aspirations, des préoccupations, des intérêts, des goûts, des aptitudes, et des tendances individuelles.

En tenant compte de ces théories, les types d'apprentissage humain peuvent se classer selon différents critères. Cette classification sera nécessaire pour la partie de la programmation où sera déterminé le type d'apprentissage pour notre apprenant qui est une personne réelle.

2.3 Les types d'apprentissage humain

L'apprentissage est un processus complexe qui implique un ensemble de mécanismes pouvant être de nature biologique, neurophysiologique, neuropsychologique, psychosociale et culturelle-anthropologique.

Différents auteurs ont classifié les types d'apprentissage selon plusieurs critères. En cumulant toutes ces classifications, on peut dire que chaque individu réalise différents types d'apprentissage groupés selon différents niveaux adaptatifs dictés par les performances cognitives de chaque individu :

1. Selon les principaux processus et méthodes psychiques contenus dans l'acte d'apprentissage : apprentissage cognitif sensorial, apprentissage cognitif mental, et apprentissage basé sur la portée émotionnelle.
2. Selon le contenu : apprentissage perceptif (voir, entendre, toucher), apprentissage verbal (parler, utiliser un langage), apprentissage conceptuel (idées, règles, choix de solutions pour un problème), apprentissage motorisé (exécuter des mouvements, opérations et actions concrètes);
3. Selon le mode d'action et d'opération avec les stimuli : apprentissage par discrimination (différencier un stimulus d'un autre), apprentissage par association (lier un stimulus d'un autre), apprentissage par répétition (appliquer ou répéter un stimulus), apprentissage par transfert (appliquer un comportement dans autre domaine), apprentissage par généralisation (associer la caractéristique d'un objet à d'autres objets de la même catégorie);
4. Selon le mode d'organisation de l'information en situation stimulatrice (transmettre l'expérience humaine pour l'apprentissage) : apprentissage algorithmique (parcourir des successions d'opérations), apprentissage euristique (basé sur essais et l'élaboration de plans), apprentissage programmant (apprendre une nouvelle séquence après l'apprentissage conscient d'une séquence déjà existante), apprentissage créateur (basé sur la découverte et dirigé par le professeur);
5. Selon le niveau d'activité psychique : apprentissage spontané, non-intentionné, apprentissage mécanique (basé sur l'imitation), apprentissage latent, non conscientisé, apprentissage en état de sommeil, apprentissage hypnotique, apprentissage en état de veille;
6. Selon les conditions de réalisation : apprentissage didactique, scolaire (réalisé à l'école), apprentissage social (réalisé à l'école et à la maison);
7. Selon l'expérience : apprentissage de sa propre expérience et apprentissage de l'expérience des autres;
8. Selon l'objectif désiré : apprentissage informatif et apprentissage formatif;

9. Selon le critère de la finalité : apprentissage sensoriel, métrique, apprentissage intellectuel, apprentissage affectif et apprentissage social;
10. Selon les mécanismes et les opérations neurales (psychiques) impliqués dans le processus d'apprentissage : apprentissage par imitation, apprentissage par essai et erreur, apprentissage par récompense et punition, apprentissage par anticipation et décision inventive, apprentissage par création;

Nous parlerons un peu de l'apprentissage scolaire parce que notre module informatique est conçu et programmé pour l'environnement scolaire.

2.4 L'apprentissage scolaire

L'individu ne possède aucune connaissance à la naissance; il dépend entièrement d'apprentissage qui constitue le seul moyen de réaliser la valorisation du potentiel héréditaire spécifique humain, la socialisation de l'individu, et son éducation. L'apprentissage est essentiellement une activité constructive qui s'impose comme une nécessité objective et comme loi du développement humain.

On peut dire que l'apprentissage scolaire est une activité organisée, planifiée, institutionnelle, dirigée, focalisée sur la qualité, très efficace et rapide. L'apprenant acquiert pour la première fois des connaissances et des aptitudes prévues aux curriculum, ainsi que des techniques d'apprentissage sur la formation des opérations, des aptitudes, des qualités, etc.

En relation avec le processus d'enseignement, l'apprentissage représente le deuxième aspect fondamental de ce processus, l'aspect qui définit l'effort de l'apprenant.

De point de vue psycho-pédagogique, l'apprentissage est donné comme un produit, un processus et une fonction de plusieurs facteurs.

L'apprentissage comme produit est apparu sous forme de mélange de résultats en termes de nouvelles connaissances, de notions, de qualités, d'habitudes, de modalités de penser, d'expression et d'action, d'attitudes, de comportements, de désires, d'intérêts, de sentiments, etc. Ce mélange de résultats est basé sur un processus affectif constitué de

plusieurs composantes : les composantes organiques et végétatives de l'apprenant (la composition chimique du sang, les modifications du système circulatoire, le pouls, la tension artérielle, les réactions vasomotrices, les modifications en tension musculaire, les modifications respiratoires, l'activité bioélectrique du système nerveux central, les sécrétions salivaires et sudoripares) et le comportement émotionnel (la mimique, les gestes, les modulations vocales).

L'apprentissage comme processus – De point de vue fonctionnel, l'apprentissage est relevé comme un processus qui détermine les changements au plan cognitif, affectif et actionnel (les changements de la façon de penser, de sentir et d'agir) de l'individu et provoque ultérieurement des changements dans le profil de la personnalité. L'apprentissage est une suite de modifications et de transformations qui partent de l'image intuitive à la notion, de l'action à la pensée, de l'empirique au scientifique. L'apprentissage est une élaboration et une réélaboration continue de structures cognitives et d'opérations. Ici les émotions peuvent intervenir de point de vue affectif et ensuite actionnel. Dans l'organisme de l'apprenant ont lieu une série de réactions et de modifications visibles telles les réactions musculaires du visage, le rougissement ou la pâleur du visage, les mouvements du corps, la perte de voix, la hypersécrétion des glandes lacrymaux et sudoripares.

L'apprentissage comme fonction de plusieurs facteurs ou conditions qui peuvent influencer favorablement ou défavorablement la réalisation du processus. Certaines conditions découlent des particularités et des disponibilités individuelles de chaque apprenant, d'autres proviennent de l'extérieur de la spécificité de la situation d'enseignement. C'est d'ailleurs la source de la distinction que Gagné a faite entre les conditions externes et celles internes :

- a) **les conditions internes** sont biologiques (l'hérédité, l'âge, l'état de santé, le sexe) et psychologiques (l'esprit d'observation, l'attention, la pensée, l'imagination, la motivation, les traits de personnalité, le niveau de culture générale et le niveau de culture spécifique, les habitudes, les techniques de travail intellectuel);
- b) **les conditions externes** sont de nature didactique (le contenu de l'apprentissage, les demandes scolaires, les stratégies didactiques, la

qualité de l'enseignement, la personnalité et la compétence du professeur, les relations élève - professeur, le groupe d'élèves, la base technique et matérielle, l'horaire, le cadre espace-temps, etc.), et de nature parascolaire (la qualité du milieu familial, la situation socio-économique, culturelle et éducative de chaque famille, le régime alimentaire, le niveau culturel et socio - éducationnel du milieu local, etc.).

L'apprentissage constitue un tout et se trouve en relation d'interdépendance avec une multitude de facteurs qui conditionnent ses effets. Pour cette raison, le professeur doit assurer les conditions le plus favorables à l'apprentissage.

L'apprentissage scolaire est un processus structuré qui s'accumule et qui évolue en temps. Gagné propose le même modèle de processus de l'apprentissage :

- 1) La situation de début lorsque chaque élève a une expérience, quelques images, idées, schémas, ressources et stratégies de traiter les problèmes et d'anticiper comment les régler;
- 2) La phase de réception de stimuli (informations) composée de l'état d'attention de l'élève pour stimuler la perception de stimuli (différenciation d'autres stimuli et stabilisation de la signification de chaque stimulus);
- 3) La phase de compréhension où on doit transformer le contenu codifié pour établir les idées principales et formuler la conclusion pour élaborer de nouvelles idées qui peuvent conduire aux performances spécifiques avec lesquelles l'élève peut démontrer que l'apprentissage a été fait;
- 4) La phase de stockage où on procède à des répétitions pour fixer en mémoire à long terme les connaissances apprises;
- 5) La phase d'actualisation qui concerne les processus de reconnaissance et de reproduction de l'information orale selon les critères suivants : la pertinence, l'importance et la nécessité.

L'apprentissage scolaire est la forme typique d'apprentissage chez l'individu. Il se déroule dans un cadre institutionnalisé, structuré selon les programmes d'enseignement, les curriculums, les livres. Il s'agit d'un concept anticipé et conçu pour se dérouler dans un environnement bien encadré, sous forme d'activité principale, dirigée, contrôlée et évaluée par un adulte (le tuteur), mais il tend de devenir une activité

autodirigée, autocontrôlée, autoévaluée. De point de vue émotionnel, ce processus est bien contrôlé par le tuteur, dans la mesure où ce dernier peut bien gérer les émotions de l'apprenant, mais l'apprenant peut aussi essayer de contrôler ses émotions.

L'apprentissage scolaire a un caractère séquentiel (passage de l'état de non-instruction à l'état d'instruction, de la séquence d'instruction à la séquence de vérification, etc.), graduel (implique le parcours des tâches didactiques avec un grade de difficulté différent, le passage de simple à complexe, de sensorium-moto à logico-abstrait, de reconnaissance à reproduction, d'assimilation mécanique à assimilation rationnelle, etc.), relationnel (la relation de communication élève - professeur), et actionnel (l'élève peut apprendre en travaillant, en accomplissant les tâches, en agissant).

L'apprentissage occupe une place principale par rapport au développement psychique et à la formation de la personnalité de l'apprenant, et de la personnalité humaine en général. Les fonctions psychiques et l'apprentissage se trouvent en relation d'interdépendance. L'activité d'apprentissage entraîne et concerne toutes les fonctions psychiques. L'apprentissage contribue à la modélisation et à la structuration des toutes les fonctions psychiques. En conclusion, l'apprentissage joue un rôle décisif, constructif, et formatif au niveau de l'activité psychique et de la personnalité.

En regardant l'apprentissage scolaire comme relation tuteur – apprenant, le tuteur doit remplir trois fonctions principales :

- 1) Sélectionner et organiser les informations et les modèles comportementaux en matériel didactique;
- 2) Diffuser en séquences accessibles le matériel d'apprentissage;
- 3) Vérifier le degré d'assimilation des connaissances et des procédures de travail transmises, La vérification assure la rétroaction, et, selon la réponse obtenue, le tuteur :
 - a) passera à la séquence suivante;
 - b) répétera et expliquera de nouveau la séquence antérieure;
 - c) demandera à l'apprenant de répéter les séquences apprises antérieurement.

Après avoir analysé quelques stratégies pédagogiques relativement aux notions d'apprentissage et après avoir étudié l'apprentissage humain et l'apprentissage scolaire,

nous allons mettre en application un système informatique (Système Tutoriel Intelligent –STI) qui est capable de détecter et de traiter la réaction émotionnelle d'un apprenant réel, à un moment donné, au cours de son processus d'apprentissage et de l'aider à accomplir sa tâche d'apprentissage dans des conditions optimales. Nous décrivons ce système dans la section suivant.

3. Système Tutoriel Intelligent (STI)

Le Système Tutoriel Intelligent (STI) représente un système informatique conçu de manière à offrir à l'apprenant une base solide de techniques d'apprentissage fondées sur des techniques d'intelligence artificielle dans le but d'apprendre de nouvelles connaissances et d'améliorer les connaissances déjà acquises.

L'architecture générale d'un STI comprend (*cours Claude Frasson, 2007*), figure 3.1 :

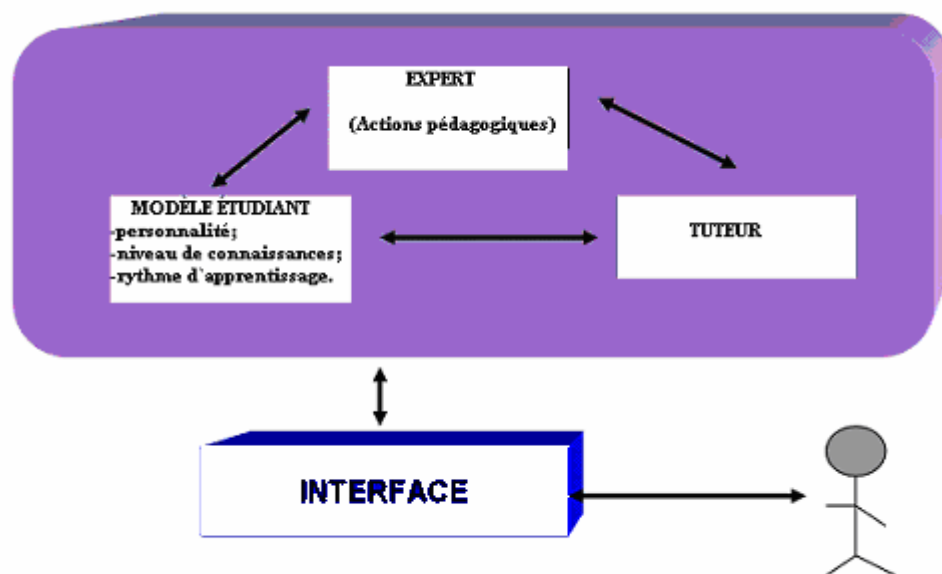


Figure 3.1 : L'architecture générale d'un STI

Un STI (*Murray, 1999*) est composé de quatre modules :

- 1) un expert du domaine à enseigner;
- 2) un tuteur incluant les méthodes psycho - pédagogiques;
- 3) un modèle de l'apprenant qui indique les connaissances de l'apprenant;
- 4) une interface qui représente le moyen de communication.

3.1 Le tuteur

Le module tuteur contient les stratégies pour répondre à l'apprenant et les méthodes d'apprentissage. Le tuteur connaît le niveau de l'apprenant et son profil psychologique pour bien gérer ses émotions. Il communique avec l'apprenant en lui diffusant le contenu de la matière et les exemples, et lui présente, avec une certaine attitude, favorable, appelée tact pédagogique, les exercices qu'il doit effectuer. Il peut guider l'apprenant dans son étude parce qu'il connaît les états affectives de l'apprenant causées par des relations réciproques. Le tuteur utilise les méthodes combinées pour communiquer avec l'apprenant : il analyse continuellement ses actions, prévoit des actions variées, et communique avec l'apprenant. Parce que le tuteur connaît le niveau de l'apprenant et son profil psychologique, il peut intervenir lorsque l'apprenant se trouve dans une situation difficile. Il peut encourager ou critiquer l'apprenant, il peut lui fournir de l'aide sur demande, il peut gérer les émotions de l'apprenant en utilisant différentes stratégies pédagogiques selon le comportement de ce dernier pour corriger les erreurs et le guider dans son processus d'apprentissage et trouver la réponse correcte.

Il existe plusieurs stratégies pédagogiques. Aïmeur et Frasson ont montré en 1996 qu'il y avait deux types de stratégies, dépendantes du domaine et indépendantes du domaine. Ils ont expliqué la stratégie du perturbateur où un co-apprenant simulé vise à perturber l'apprenant humain, à mettre en cause ses connaissances et à l'amener à commettre des erreurs, mais sous la supervision du tuteur (Aïmeur et Frasson, 1996).

En 1995, Chan a décrit une autre stratégie qui s'appelle « La stratégie du co-apprenant » et qui remplace le tuteur par un apprenant simulé ayant un niveau plus haut que l'apprenant.

Il existe aussi la stratégie du compagnon, basée sur l'interaction entre un tuteur simulé, un co-apprenant simulé et un apprenant humain (Chan, 1995).

Nous utilisons dans notre étude la stratégie du tutorat classique où l'interaction se fait entre un tuteur intelligent simulé et un apprenant humain.

3.2 L'apprenant

Le modèle de l'apprenant contient les connaissances sur la matière : les connaissances théoriques et les connaissances pratiques (les exercices). Ce modèle est conçu de façon à garder les informations sur les processus cognitifs de l'apprenant et de stocker ses préférences et/ou ses expériences. Il permet aussi de surveiller et d'évaluer le rendement de l'apprenant et également de mettre à jour son modèle.

Le modèle d'apprenant qui permet de sauvegarder les informations sur les connaissances et les compétences actuelles s'appelle modèle de recouvrement; ce modèle utilise la méthode « overlay » et peut évaluer les connaissances en les comparant à celles du tuteur. La méthode de recouvrement représente l'ensemble des connaissances de l'apprenant comme un sous-ensemble des connaissances de l'expert du domaine. Cette méthode a été utilisée par Carbonell dans son système SCHOLAR pour modéliser l'utilisateur (Carbonell, 1990). Ce modèle présente toutefois un désavantage parce qu'il ne peut pas déterminer la cause d'une erreur. Le système peut seulement conclure que le comportement incorrect de l'apprenant est dû à la maîtrise insuffisante du contenu enseigné.

Pour corriger cet inconvénient, Brown et Burton ont proposé en 1978 le modèle des erreurs qui utilise la méthode Buggy. Ce modèle peut montrer à l'apprenant les connaissances, détecter les erreurs, et indiquer pourquoi l'apprenant a commis ces erreurs.

Pour conclure, nous pouvons dire qu'il y a deux types de modèles de l'apprenant : le modèle de recouvrement (modèle overlay) et le modèle des erreurs (modèle Buggy). Les deux modèles peuvent évaluer les connaissances par leurs interactions avec le système ou en utilisant des travaux d'évaluation. Le modèle de l'apprenant doit être dynamique parce qu'il répond à chaque étape de l'apprentissage de l'apprenant humain.

3.3 L'expert du domaine

L'expert du domaine contient la base de connaissances pour le cours diffusé. L'expert peut modéliser sa base de connaissances pour répondre aux questions imprévisibles de l'apprenant. Ces connaissances peuvent représenter un fait ou un concept. Les relations entre les connaissances peuvent constituer une généralisation. En 1970, *Carbonell* a illustré ce modèle dans le système *SCHOLAR* en utilisant des connaissances conceptuelles. En 1983, *Clancey* a construit pour le domaine médical le système expert qui s'appelle *MYCIN*. À partir de ce système a été créé le système *GUIDON* qui utilise les connaissances procédurales sous forme de règles.

3.4 L'interface

L'interface est la composante du STI utilisée pour la communication avec l'apprenant. Cette interface présente les objets et certains aspects utilisés par l'apprenant pour apprendre la matière. Les nouveaux logiciels ont des programmes interactifs avec une interface amicale et l'apprenant peut ainsi facilement apprendre beaucoup de choses intéressantes dans un court délai.

3.5 Un exemple de modèle informatique dans la littérature

Les modèles informatiques d'émotions sont bâtis sur les théories psychologiques. En 1986, *Minsky* s'est mis au défi de créer une machine intelligente qui exprime des émotions. En 1988, *Ortony, Clore et Collins* ont élaboré une théorie d'évaluation qui a été reprise par les chercheurs en informatique, et d'autres modèles d'évaluation qui ont été ainsi développés.

En identifiant cinq critères d'évaluation d'événements selon leurs valeurs, *Roseman, Jose et Spindel* ont créé en 1990 un modèle qui compte 13 émotions distinctes.

En 1995, *Gross et Levenson* ont essayé un modèle pour induire les émotions, et en 1991, *Lazarus* a créé un modèle qui inclut l'évaluation et l'adaptation.

En 2002, *El Nasr, Yen et Ioerger* ont créé l'agent intelligent *FLAME (Fuzzy Logic Adaptive Model of Emotions)* en utilisant les modèles existantes (modèle Ortony, Clore et Collins et modèle Roseman, Jose et Spindel). *FLAME* utilise la méthode de la logique floue pour représenter des émotions en fonction de la désirabilité d'un événement perçu et de sa probabilité d'être réalisé, en se servant des équations définies par *Price et ses collègues* en 1985.

En 2004, *Gratch et Marcella* ont créé le modèle *EMA (EMotion and Adaptation)* fondé sur la théorie de *Lazarus*. *EMA* peut représenter *la relation causale* entre les événements passés, présents et futurs et les états du monde actuel, et *le caractère subjectif* de l'évaluation et de l'adaptation (conformément à la théorie de *Lazarus*).

La modélisation des émotions de l'apprenant a fait l'objet d'étude de plusieurs chercheurs dans le but de communiquer aux agents l'état émotionnel de l'apprenant, mais personne a pu produire une réaction adéquate. Le modèle de *Ball et Breeze* de 1999 est un exemple.

Une autre modèle est celui de *Healy et Picard et ses collègues* (2000) qui ont utilisé des images pour introduire un ensemble d'émotions incluant la tristesse, le bonheur, la colère, la crainte, le dégoût, la surprise, et la neutralité.

En 2003, *Nasoz et ses collègues* ont créé un modèle basé sur les résultats de *Levenson* et ce modèle peut induire des émotions telles que la tristesse, la colère, la surprise, la crainte, la frustration et l'amusement.

Ces modèles n'ont jamais été évalués avec des apprenants réels. C'est pour cette raison que *Conati* a développé un modèle basé sur des réseaux de décisions dynamiques, un modèle probabiliste qui prend en considération des émotions spécifiques. Dans ce modèle sont intégrées les réactions émotionnelles des étudiants et leurs effets pour la durée d'interaction avec un jeu éducatif. Ce modèle est basé sur la théorie d'Ortony, Clore et Collins.

Nous avons constaté qu'il y avait peu de travaux qui ont intégré dans un STI le comportement de l'apprenant basé sur les émotions. Cependant, nous savons que les émotions sont très importantes dans le processus psycho-pédagogique d'apprentissage.

Elles peuvent changer le comportement de l'apprenant en influençant la prise de décision, la mémorisation à court ou à long terme, l'attention, la pensée, etc..

Pour utiliser un module émotionnel dans notre STI, nous devons tenir compte des méthodes d'intervention et des stratégies utilisées. Notre agent prédit, par exemple, une émotion de l'apprenant, et, à ce moment-là, il doit décider quelle stratégie appliquer et quelle est la meilleure méthode d'intervention.

4. Analyse émotionnelle des stratégies

4.1 Mise en contexte

Avant d'être professeur, un tuteur doit être pédagogue et psychologue. Il doit connaître le profil de l'apprenant, il doit connaître son caractère, ses capacités intellectuelles, ses habilités pratiques. Le profil de l'apprenant est donné par son développement physique en rapport avec les particularités d'âge, ses maladies, les conditions familiales, le climat familial, le régime éducatif, le rapport avec la famille et l'école, sa capacité perceptive (visuelle, auditive, tactile et motrice), son esprit d'observation, ses représentations (visuelles, auditives, etc.), son attention, sa mémoire (motorisée, logique, mécanique, visuelle, auditive), ses qualités (promptitude, rapidité, exactitude), son imagination, sa pensée (convergente, divergente, critique, reproductive, créatrice, conformiste) et les opérations qui peuvent influencer sa pensée (l'analyse, la synthèse, la comparaison, l'abstractivité, la généralisation), le langage (facile, fluent, incorrect, pauvre), le niveau d'intelligence, sa capacité de jugement, l'affectivité (l'émotivité, joyeux, riant, morne, triste, mélancolique, ses sentiments), sa volonté (persévérant, indépendant, prompt), la motivation (extrinsèque, intrinsèque, personnelle, sociale), ses mœurs (sensorielles, motrices, intellectuelles), son tempérament (colérique, flegmatique, sanguin, mélancolique), sa nature (extravertie, introvertie), son caractère (orientation, sociable, solidaire, individuel, consciencieux, persévérant, digne, crédible, de confiance, modeste, esprit auto-critique, intérêt pour différentes activités, aptitudes, etc.), son rendement, son comportement avec le tuteur et avec d'autres personnes (parents, collègues, soi-même), son comportement pendant les activités (discipliné, distrait, turbulent, actif, inactif, donne de bonnes réponses, a de bonnes interventions quand il est sollicité, est réceptif ou réfractaire aux conseils, réussit à bien accomplir les tâches pratiques, etc.).

Toutes ces caractéristiques de l'apprenant peuvent déterminer son profil émotionnel à un moment donné. Le tuteur cherche à prédire l'émotion courante et doit ensuite répondre promptement et rapidement pour régler la situation. Pour ce faire, il doit connaître très bien les méthodes émotionnelles d'intervention et doit être un bon

stratège. Le tuteur doit connaître très bien toutes les stratégies pédagogiques émotionnelles, et doit appliquer la stratégie convenable selon la situation donnée.

4.2 Les conditions émotionnelles d'apprentissage

Pour enseigner dans un environnement émotionnel, le tuteur doit créer pour son élève un milieu adéquat pour apprendre. Il doit donc assurer un environnement favorisant les conditions émotionnelles d'apprentissage.

L'apprentissage émotionnel est formé selon quelques conditions de base :

- 1) La condition de motivation - l'acquisition d'une nouvelle expérience est en tout temps directement ou indirectement en corrélation avec un besoin personnel. Par exemple, si un agent reconnaît l'émotion de l'apprenant en fonction de sa possibilité, il peut motiver l'apprenant par une récompense, ou sinon, il peut exprimer un reproche face aux actions de l'apprenant, selon la situation;
- 2) La condition d'affectivité - positive (lorsque la connexion est suivie de succès ou de satisfaction, sa force va augmenter) ou négative (lorsque la connexion est suivie d'échec ou d'insatisfaction, sa force va diminuer). Par exemple, un apprenant émotif qui est motivé au niveau affectif aura de meilleurs résultats; en cas contraire, sa force va diminuer et il pourrait éprouver de l'insatisfaction;
- 3) La condition d'exercice - lorsque la connexion est utilisée systématiquement, sa force est renforcée et lorsque la connexion n'est pas utilisée systématiquement, sa force diminuera. Notre tuteur personnalisera les exercices en fonction des états et des besoins émotionnels de l'apprenant (exercices de délectation, de renforcement, de plaisir, de curiosité, etc.);
- 4) La condition d'ensemble - une nouvelle acquisition n'est pas une simple composante de l'expérience antérieure; elle détermine en tout temps une

restructuration au niveau de la pensée, au niveau des connaissances, et au niveau du comportement de chaque l'apprenant;

- 5) La condition d'analogie - une nouvelle situation est créée avec les réponses d'autres situations similaires; le tuteur peut présenter à l'apprenant l'histoire d'une autre situation émotionnelle similaire pour le déterminer d'agir en conséquence, ou il peut montrer à l'apprenant une image qui est analogue pour la situation émotionnelle en cause;
- 6) La condition de gradation émotionnelle - l'apprentissage basé sur émotions est plus efficace quand les tâches d'apprentissage suivent une gradation ascendante des difficultés émotionnelles. Par exemple, si notre apprenant éprouve beaucoup de difficultés émotionnelles pendant le processus d'apprentissage, le tuteur peut le guider dans son processus d'apprentissage pour accomplir les tâches selon le niveau de gradation émotionnelle;
- 7) La condition de vivacité - une réaction émotionnelle est facilement créée pour un stimulus très fort;
- 8) La condition de set - la réponse à une situation dépend de la nature de la situation et des caractéristiques de l'individu. Le tuteur peut combiner les situations émotionnelles en utilisant différentes techniques pour donner une réponse positive à l'apprenant.

Après avoir établi les conditions émotionnelles d'apprentissage, nous pouvons spécifier pour chaque phase du processus d'apprentissage le contenu essentiel en concordance avec les états de l'apprenant et en fonction de chaque théorie. Lorsque les conditions pour chaque théorie ont été déterminées, nous devons chercher les méthodes et les stratégies spécifiques.

4.3 Le contenu essentiel pour apprentissage visant les quatre théories selon les états émotionnels de l'apprenant

Pour apprendre, nous parlons tout d'abord de contenu essentiel pour apprentissage qui est la substance dont nous nous servons sous forme de stratégies didactiques pour atteindre un niveau performant dans la réalisation d'objectifs donnés.

Le contenu essentiel pour apprentissage scolaire représente un système de connaissances et d'habilités qui est appris à l'école. Ce système est conjoint avec les états de l'apprenant.

La connaissance est l'élément fondamental de l'apprentissage. Les connaissances sont des produits psychiques résultant de la réflexion, notamment d'objets et de phénomènes de la réalité objective et des rapports entre elles, et sont constituées d'images (les perceptions, les représentations), et d'idées (les notions, les définitions, les règles, les principes, les lois, etc.). Elles sont des vérités de la réalité objective et ont des degrés différents de pertinence, de généralité, d'essentialité.

Dans une perspective généralisée et abstraite, les connaissances représentent un système de signaux courts et condensés qui créent les rapports cognitifs humains avec la réalité objective. De point de vue génétique, les connaissances sont des systèmes de signaux et de procédures de remplissage d'objets et d'activités pratiques. C'est pour cette raison qu'elles ont une nature pratique et actionnelle.

Les connaissances sont efficaces dans la mesure où elles contiennent dans leur structure l'essentiel et le général, tout en étant profondes et précises.

4.3.1 La théorie d'instruction élaborée par Bruner

Bruner a expliqué et a clarifié les problèmes psycho-pédagogiques de l'apprentissage, de connaissance par participation active et consciente de l'élève pour découvrir la vérité scientifique en suivant les mêmes étapes que les scientifiques suivent pour découvrir la vérité (Bruner J., 1970, *Pour une théorie d'instruction*, Rédaction Didactique et Pédagogique Bucarest).

Il a mis l'accent sur la stimulation d'activités indépendantes de l'élève en accumulant de connaissances comme processus et non comme produit.

Il a aussi mis l'accent sur l'apprentissage structural, c'est à dire l'apprentissage des relations entre les connaissances, les objets et les phénomènes. C'est à partir de ce concept que nous étudierons comment intervient le facteur émotionnel dans cette théorie.

Bruner a utilisé dans son œuvre les trois modalités principales de représentation de la réalité qui sont reconnues dans la structure d'une société :

- 1) **La modalité active** (manipulatoire) est basée sur un ensemble d'actions adéquates pour obtenir un résultat. Au début, les connaissances doivent être acquises dans le cadre d'actions directes exécutées par le sujet sur les objets. Le tuteur peut capter l'attention de l'apprenant en lui montrant des objets variés qui peuvent produire une émotion comme la joie ou la curiosité. À ce moment-là notre apprenant est porté à poser d'actions directes sur ces objets qui l'attirent. C'est en essayant de découvrir les objets que notre apprenant peut apprendre par découvrir. La condition d'affectivité est utilisée à cette étape. Il est aussi possible d'appliquer la condition de motivation. Notre apprenant peut être récompensé par le tuteur s'il a un rythme rapide d'apprentissage;
- 2) **La modalité iconique** est basée sur l'utilisation d'images comme substitutions d'objets. Dans ce cas notre tuteur peut utiliser un langage iconique pour communiquer avec l'apprenant. Pour produire une émotion (contentement, plaisir, fierté, envie) le tuteur donne à l'apprenant des icônes significatives. L'apprenant peut se souvenir et utiliser l'information à travers l'imagerie (images mentales). La mémoire visuelle s'accroît et l'apprenant peut imaginer ou penser à des actions sans les expérimenter dans l'immédiat. Les décisions sont encore basées sur des perceptions plutôt que sur le langage. Ici on peut appliquer la condition d'analogie, la condition d'exercice, la condition d'ensemble, la condition de vivacité et, pourquoi pas, la condition de motivation;
- 3) **La modalité symbolique** est basée sur le mot pour l'utilisation du langage comme principal instrument de transmettre et d'apprendre

l'information. L'apprenant commence à utiliser les symboles (mots ou dessins) pour représenter les gens, les activités et les choses. Il peut penser et parler des choses en termes abstraits. Il peut aussi utiliser des « concepts définis » (Gagné). Parce que l'apprenant peut utiliser un langage pour communiquer, le tuteur peut, en parlant, détecter facilement une émotion et peut utiliser dans ce processus d'apprentissage la condition de set, la condition d'affectivité, la condition de motivation, la condition de vivacité, la condition d'exercice, la condition d'analogie, et la condition de gradation émotionnelle si notre apprenant a besoin.

Bruner considère que toutes ces procédures d'actions imaginaires et symboliques dans lesquelles il y a de la culture contribuent au développement intellectuel des individus dans la mesure où elles sont lues, intériorisées et transformées en modalités courantes d'action. Ces systèmes de représentations ne sont pas indépendants les uns des autres, mais corrélés en constituant des formes de connaissances et des modalités pour représenter les objets d'apprentissage. À partir de ce concept, le tuteur peut fixer, en tout temps, un état émotionnel à l'apprenant et le corréliser avec les méthodes et les stratégies en cause pour répondre à ses besoins.

Après avoir analysé les trois modalités fondamentales de représenter les connaissances dans n'importe quel domaine, Bruner a affirmé dans sa théorie qu'il n'existait pas une version unique de présenter et de parcourir le matériel d'apprentissage. Selon Bruner, n'importe quelle idée, tâche ou matériel peut être présenté dans une forme simple pour faciliter la compréhension de l'élève. Il affirme aussi que n'importe quelle matière peut être enseignée à tout enfant indépendamment du stade de développement à laquelle celui-ci se trouve parce que l'objet peut être adapté à ses besoins intellectuels et peut être transformé dans une forme actionnelle, imaginative ou symbolique. Dans ce sens, Bruner dit qu'un « matériel qui exprime le contenu d'enseignement doit contenir plusieurs pistes qui peuvent conduire au même résultat; n'importe quel objet du programme peut être représenté par des formes mettant l'accent sur les actions objectales, les images, et les milieux verbaux ». Selon la théorie de Bruner, nous pouvons déduire que l'apprenant peut apprendre indépendamment de son état émotionnel si le tuteur possède des habilités stratégiques et des méthodes variées.

Par exemple, si l'on veut enseigner la géométrie euclidienne, on doit utiliser la géométrie intuitive (la modalité iconique) ou on peut demander aux enfants d'utiliser des constructions de plus en plus compliquées (la modalité active). Le processus d'instruction peut être différent parce qu'il y a deux possibilités d'accomplir la tâche. Nous constatons donc que le problème principal que pose l'instruction n'est pas de fournir des connaissances, mais plutôt d'utiliser les habilités demandées et les connaissances selon les états émotionnels de l'apprenant.

4.3.2 La théorie d'instruction élaborée par Gagné

Gagné voit l'apprentissage comme un processus qui résulte d'une interaction entre l'individu et son environnement (Gagné, 1976, *Les principes fondamentaux de l'apprentissage*, Les éditions HRW Ltee. Montréal). Pour qu'il y ait apprentissage, on doit voir un changement dans la performance. Selon la théorie de Gagné, l'apprentissage est donc influencé par des événements internes (motivation) et externes (rétroaction donnée par une personne externe, l'enseignant).

Gagné utilise des hiérarchies afin de procéder à un apprentissage efficace. Ces hiérarchies consistent en des descriptions d'habiletés et leurs relations dans l'exécution d'une tâche plus globale. Dans les propos de Gagné, notons l'importance des préalables pour obtenir un apprentissage significatif.

Il affirme qu'apprendre résulte d'une séquence d'événements où interviennent les récepteurs et le registre sensoriel, la mémoire à court et à moyen terme et les générateurs de réponses.

Gagné divise l'acte d'apprendre en huit étapes :

1. La motivation;
2. L'appréhension;
3. L'acquisition;
4. La rétention;
5. Le rappel;
6. La généralisation;
7. La performance;

8. La rétroaction (feed-back).

Il ajoute aussi que des événements externes favorisent l'apprentissage tels qu'activer la motivation de l'élève, l'informer des objectifs d'apprentissage, activer son attention, stimuler le rappel des connaissances antérieures, le guider, etc.

À partir de ces événements externes, on peut déterminer le facteur émotionnel qui intervient dans le processus d'apprentissage et on peut ajouter des conditions émotionnelles après chaque étape du processus d'apprentissage.

Le diagramme (figure 4.3.2a) ci-bas, tiré du livre intitulé *Les principes fondamentaux de l'apprentissage* (p. 15) écrit par Gagné, représente le modèle de base de l'apprentissage et de la mémorisation qui sous-tend les théories modernes du traitement de l'information :

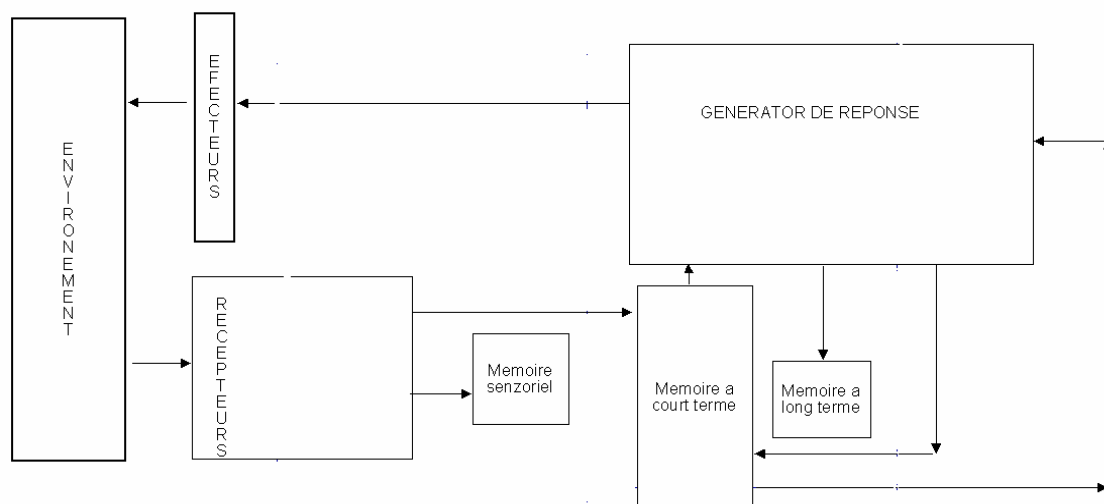


Figure 4.3.2.a : Le modèle de base de l'apprentissage et de la mémorisation

En utilisant ce diagramme on peut superposer les phases du processus cognitif de Gagné et on obtient l'image suivante (figure 4.3.2.b) :

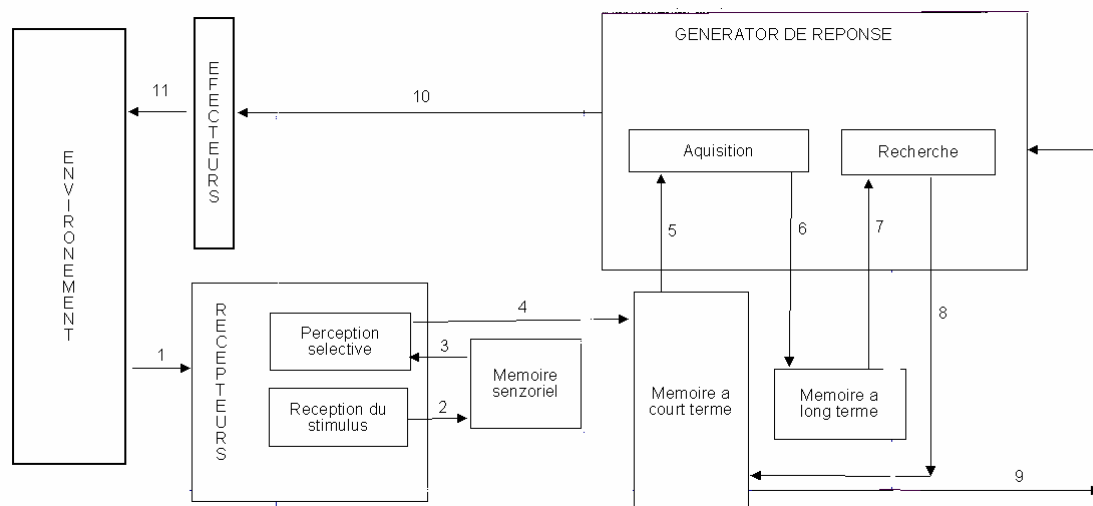


Figure 4.3.2.b : Les phases du processus cognitif de Gagné

Le diagramme du processus d'apprentissage nous montre qu'on peut identifier, selon chaque étape, les conditions émotionnelles d'apprentissage :

1. La motivation – à cette étape est utilisée la condition de motivation;
2. L'appréhension – à cette étape est utilisée la condition d'affectivité. Le tuteur captera l'attention de l'apprenant en lui faisant faire un exercice pour lui induire la curiosité;
3. L'acquisition – à cette étape on peut utiliser la condition d'ensemble pour déterminer une restructuration au niveau de la pensée et du comportement de l'apprenant;
4. La rétention – à cette étape on utilise la condition d'analogie. Le tuteur montrera à l'apprenant une situation analogue;
5. Le rappel – si l'apprenant ne se souvient pas des notions demandées, le tuteur utilise la condition d'analogie pour présenter une situation similaire ou bien la condition de gradation émotionnelle qui lui permettra de guider l'apprenant dans son processus d'apprentissage pour accomplir les tâches selon le niveau de gradation des connaissances;
6. La généralisation – Le tuteur peut combiner les situations émotionnelles en utilisant différentes techniques pour donner une réponse positive à l'apprenant. Par conséquent, on peut utiliser la condition set;

7. La performance – à cette étape on peut utiliser la condition de vivacité, ou la condition d'exercice;
8. La rétroaction (feed-back) – le tuteur peut utiliser la condition de motivation pour induire une émotion positive à l'apprenant, par exemple la joie.

À la lumière des faits présentés ci haut, nous pouvons dire que l'apprentissage constitue l'acquisition de connaissances comme résultat de l'expérience comportementale suivie de la répétition de situations ou d'exercices. L'apprentissage a lieu partout où il y a une adaptation individuelle du comportement en concordance avec les nouvelles demandes de l'environnement.

L'acte d'apprentissage connaît deux phases principales : une première où se produit l'acquisition de relations entre un système de signaux et de réponses, et la deuxième phase de retenue à plus long terme de ces relations.

4.3.3 La théorie d'instruction élaborée par Klausmeier

Klausmeier établit dans son livre intitulé *L'apprentissage et les capacités humaines* (Klausmeier et al., 1975, 4th Edition, New York: Harper & Row) les sept conditions d'apprentissage en fonction des types de modèles d'enseignement :

1. les informations factuelles (chapitre 7)
2. les concepts (chapitre 7)
3. la résolution de problèmes (chapitre 8)
4. la créativité (chapitre 8)
5. les capacités psychomotrices et les compétences (chapitre 9)
6. les attitudes et les valeurs (chapitre 10)
7. la personnalité de l'intégration (chapitre 11)

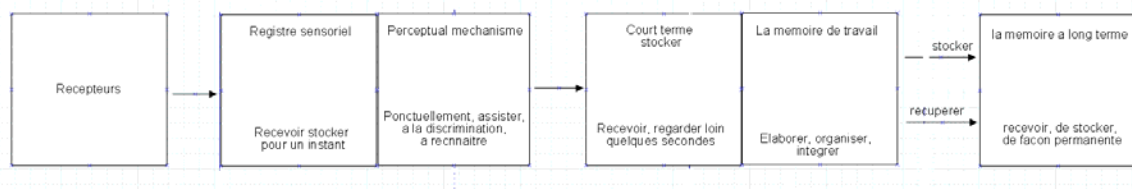


Figure 2.1 : L'architecture cognitive - humaine du processus de l'information

En regardant le schéma de l'architecture cognitive-humaine du processus de l'information proposé en 1985 par Klausmeier dans son ouvrage intitulé *Psychologie de l'éducation* (Klausmeier, 1985, p. 107, 5th ed. New York: Harper & Row, Publishers), et en tenant compte des conditions d'apprentissage psycho-pédagogique qu'il présente dans *L'apprentissage et les capacités humaines*, nous pouvons conclure qu'il est possible d'appliquer toutes les conditions émotionnelles mentionnées dans notre étude : la condition de motivation, la condition d'affectivité, la condition d'exercice, la condition d'ensemble, la condition d'analogie, la condition de gradation émotionnelle, la condition de vivacité, et la condition de set.

4.3.4 La théorie d'instruction élaborée par Merrill

Cette théorie est basée sur l'évaluation de l'enseignement. Il a examiné un certain nombre de théories de la conception pédagogique et des modèles pour tenter de déterminer les principes fondamentaux s'appliquant à l'ensemble de ces différentes approches (Merrill, 2002, *Premiers principes d'instruction*). Il a appelé ces principes *les premiers principes d'instruction*. En voici l'énoncé :

- Le principe de la démonstration - l'apprentissage est favorisé lorsque les élèves ont à observer une démonstration;
- Le principe d'application - l'apprentissage est favorisé lorsque les apprenants appliquent la nouvelle connaissance;
- Le principe de tâche centrée - l'apprentissage est favorisé lorsque les élèves s'engagent à accomplir une tâche centrée sur la stratégie didactique;
- Le principe d'activation - l'apprentissage est favorisé lorsque les apprenants appliquent les connaissances ou l'expérience;
- Le principe d'intégration - l'apprentissage est favorisé lorsque les apprenants intègrent leurs nouvelles connaissances dans la pratique dans leur quotidien.

Nous trouvons dans la théorie de Merrill les conditions émotionnelles que nous avons déterminées : la condition de motivation, la condition d'affectivité, la condition

d'exercice, la condition d'ensemble, la condition d'analogie, la condition de gradation émotionnelle, la condition de vivacité, et la condition de set.

En se rapportant au contenu essentiel pour le processus d'apprentissage et les conditions émotionnelles établies au début de chaque étape d'apprentissage, le tuteur peut aider l'apprenant de manière individualisée. Il applique dans son intervention les méthodes d'intervention et des stratégies variées.

4.4 Les stratégies émotionnelles

Dans le plan didactique, la stratégie fait partie de la méthodologie, de l'art du professeur de gérer la leçon, de traiter des situations d'instruction. Il utilise un système d'éléments dans ce processus - *enseigner - apprentissage - évaluation* - pour réaliser ses objectifs d'une certaine manière, une option procédurale, un mode combineur, un style de coordination, un modèle de résolution typique et optimal. La stratégie fait partie du management instructif. Les stratégies sont organisationnelles, liées à l'activité didactique dominante dans le processus d'instruction, et comptent les stratégies d'enseignement, les stratégies d'apprentissage et les stratégies d'évaluation.

Les professeurs utilisent les **stratégies d'enseignement** dans le processus d'enseignement. Elles peuvent être utilisées en fonction des méthodes d'instruction choisies. Elles peuvent être combinées en mode explosif avec des tâches d'apprentissage euristiques, par méthodes explosives euristiques (le narre, l'explication, la conversation, la problématisation, la découverte, la démonstration, la modélisation, l'observation, etc.).

Les élèves utilisent les **stratégies d'apprentissage** dans leur processus d'apprentissage. Ces stratégies sont *algorithmiques* (par imitation de modèles, répétition, pratique, mémorisation, par récepteur et reproduction, par intuition, par algorithme) et *euristiques* (par observation, par résolution de problèmes, par expérimentations, par dialogues euristiques, par la recherche de groupe, par simulation, par modélisation, par applications, par techniques de créativité).

Les **stratégies d'évaluation** sont utilisées dans le processus d'évaluation et se classifient en :

- évaluation initiale, continue et finale;
- évaluation de vérification par méthodes spécifiques telles que l'observation, le questionnaire oral, les tests écrits, les tests pratiques, les testes docimologiques, les examens;
- évaluation pour mesurer les résultats;
- évaluation d'interprétation et d'appréciation qualitative;
- évaluation de stimulation, d'amélioration, de pronostication.

Les décisions stratégiques sont utilisées par le professeur dans différentes situations tout en respectant les stratégies didactiques. Par exemple, si un apprenant éprouve une difficulté émotionnelle, le tuteur est obligé de prendre une décision stratégique pour régler la situation, et dans notre cas nous allons appeler cette décision stratégique une **stratégie émotionnelle**.

Le tuteur peut intervenir pour créer une situation émotionnelle en utilisant deux stratégies d'intervention :

- a) Il identifie le problème qui a généré l'émotion et ensuite modifie la situation en cause;
- b) Il modifie l'émotion sans changer la situation en cause.

Le tuteur peut utiliser pour ces deux stratégies d'intervention une méthode émotionnelle qui est présentée dans la section suivante.

4.4.1 Les stratégies utilisées par Bruner

Bruner insiste, dans le livre *Pour une théorie d'instruction* (Bruner, 1970, Rédaction Didactique et Pédagogique Bucarest) sur l'ancrage culturel de la connaissance. En réaction à l'approche *computationnelle* des adeptes du paradigme du traitement de l'information qui, selon les culturalistes, veut réduire la connaissance à des règles et procédures de traitement de l'information, les psychologues culturels veulent restaurer le caractère interprétatif de la transformation des savoirs en connaissances, la construction culturellement marquée des connaissances : un mot peut être interprété de façons extrêmement variées d'une personne à l'autre. Le rôle du contexte dans lequel le mot est initialement produit et communiqué, celui du contexte dans lequel le mot est utilisé ou

interprété, la représentation que l'on se fait du contexte sont tous des facteurs qui *colorent* les concepts utilisés. Toute connaissance est dès lors située (on parle de *situated cognition*) dans un contexte, une culture ou encore une pratique sociale propre à un groupe donné. Accéder à la connaissance, c'est accéder ou « s'affilier » à un groupe, c'est participer à un mouvement de co-construction des connaissances. En retour, cette connaissance contribue à l'insertion sociale et culturelle du sujet dans une communauté.

Au niveau de l'apprentissage, nous pouvons retirer de ceci l'importance de donner à l'apprenant de véritables problèmes contextualisés (non pas des exercices visant à vérifier le fonctionnement d'une théorie). Des informations récoltées dans cette phase de contextualisation naîtront alors les connaissances plus décontextualisées et sans doute plus transférables à d'autres contextes (la recontextualisation ou l'application des connaissances). Pour cela, il est nécessaire de se mettre en démarche de « recherche » et d'exercer des compétences de haut niveau (cognitives, mais aussi relationnelles et méthodologiques, par exemple synthèse, séparation de l'essentiel et de l'accessoire, développement du sens critique, participation au travail de groupe, etc.).

Les outils technologiques apportent les ressources nécessaires à l'exploration des informations et à leurs contextualisations (horizons, auteurs, sources variées). Des compétences aussi variées que l'accès aux informations, leur analyse, la critique, la synthèse etc., peuvent être exercées dans des situations didactiques qu'il importe à l'enseignant de bien baliser.

Bruner préconise quatre techniques pédagogiques :

1. L'emploi des contrastes;
2. La formulation d'hypothèses;
3. La participation (jeu);
4. L'éveil de la conscience de l'élève quant aux stratégies d'apprentissage.

En tenant compte des techniques pédagogiques appliquées par Bruner et des méthodes utilisées en processus d'apprentissage, nous pouvons identifier plusieurs stratégies émotionnelles qui sont applicables à sa théorie.

4.4.2 Les stratégies utilisées par Gagné

L'instruction dirigée de Gagné est une méthodologie née de plusieurs nécessités : fabriquer une succession de séquences courtes d'apprentissage autonome permettant à l'apprenant de travailler à son propre rythme et lui fournissant de fréquentes remédiations, rendre ces séquences plus efficaces, particulièrement dans l'acquisition de compétences nécessaires pour les apprentissages ultérieurs, permettre les activités laborieuses d'entraînement et d'exercices en libérant l'enseignant pour des besoins plus particuliers (Gagné, 1976, *Les principes fondamentaux de l'apprentissage*, Les éditions HRW Ltee. Montréal).

Le travail est organisé de manière plus individuelle et l'étudiant doit pouvoir évaluer son progrès à travers des tests qui lui permettent de savoir si l'objectif est atteint. Nous pouvons spécifier plusieurs stratégies émotionnelles qui sont liées à ces situations en utilisant les méthodes émotionnelles.

4.4.3 Les stratégies utilisées par Klausmeier

Les quatre grands axes de Klausmeier (Klausmeier et al., 1975, *L'apprentissage et les capacités humaines*, 4th Edition, New York: Harper & Row) sont :

- 1) l'apprentissage cognitif et de développement;
- 2) les différences individuelles et les dispositions pédagogiques;
- 3) la recherche en éducation comme un domaine de la recherche scientifique;
- 4) la formation des enseignants.

Ces axes peuvent conduire notre recherche à développer des stratégies émotionnelles pour notre module informatique.

La contribution majeure de Klausmeier a été centrée autour de l'enseignement et l'apprentissage des concepts. Une portion importante de l'appui de sa théorie de la recherche a été menée dans les écoles et les salles de classe. Les différences individuelles et d'éducation sont concentrées sur les dispositions individuelles des apprenants et de leurs différences d'apprentissage et de développement. Les attributs

importants de ce que Klausmeier appelle *orienter vers l'amélioration des méthodes de recherche* sont :

- 1) un problème rencontré par les praticiens initie le processus
- 2) la recherche est prévue pour résoudre le problème
- 3) la recherche est prévue en utilisant les connaissances disponibles
- 4) les solutions sont testées pour leur efficacité
- 5) les praticiens développent des compétences pour mener des recherches
- 6) les connaissances sur l'entreprise sont générées
- 7) les résultats sont testés pour la généralisation

Dans le domaine de la formation des enseignants, Klausmeier reconnaît la nécessité de préparer les enseignants à mettre en œuvre des programmes de manière efficace et de connaître et d'appliquer les principes issus de la psychologie de l'éducation.

4.4.4 Les stratégies utilisées par Merrill

Nous avons identifié dans la théorie de Merrill une série de principes de la stratégie d'enseignement (Merrill, 2002, Premiers principes d'instruction) qui ont été prescrits par un certain nombre de différentes théories et de pratiques recommandées. L'auteur propose l'application successive de ces premiers principes d'instruction pour définir différents niveaux d'enseignement stratégique. Il existe quatre niveaux d'instruction de la stratégie : le niveau d'information, le niveau d'information et de démonstration, le niveau d'information, de démonstration et d'application, et le niveau des équipes centrées sur la démonstration et l'application. Cinq améliorations de la stratégie sont proposées : l'activation, la structure, la réflexion, l'extrapolation, et le public. L'auteur suggère que les performances sur des tâches complexes seront incrémentés quand une instruction met en œuvre la stratégie de chacun des premiers principes à tour de rôle. L'ajout constant de démonstration à l'information favorise la première augmentation (niveau 1) dans l'apprentissage d'efficacité, d'efficience et d'engagement. L'ajout d'une application cohérente avec correction des commentaires à l'information en ajoute une deuxième démonstration de l'augmentation (niveau 2) dans l'apprentissage d'efficacité,

d'efficacité et d'engagement. L'utilisation d'une approche centrée sur la tâche ajoute la troisième augmentation (niveau 3) dans l'apprentissage d'efficacité, d'efficacité et d'engagement. L'activation ajoutée au niveau 1, 2 ou 3 ajoute une augmentation de l'apprentissage. L'intégration ajoutée au niveau 2 ou 3 contribuera également à l'augmentation de l'apprentissage.

Dans les activités concrètes d'instruction *les méthodes* sont prévues et utilisées en système en s'appuyant sur des *stratégies* utilisées parce qu'elles *actionnent de manière complémentaire* dans la résolution de situations construites sur les objectifs.

Nous pouvons analyser chaque stratégie émotionnelle qui est liée à une méthode émotionnelle avec ses procédés de situations applicatives.

4.5 Les méthodes d'interventions

Après avoir établi les conditions émotionnelles, le tuteur cherchera une stratégie pour appliquer la méthode d'intervention adéquate qui consistera dans la régularisation des émotions.

Le tuteur peut utiliser une des méthodes suivantes pour sa stratégie d'intervention :

- 1) l'exposition émotionnelle
- 2) la conversation émotionnelle
- 3) la démonstration émotionnelle
- 4) la problématisation émotionnelle
- 5) l'observation émotionnelle
- 6) l'expérience émotionnelle
- 7) la modélisation émotionnelle
- 8) l'étude de cas émotionnelle
- 9) la simulation émotionnelle
- 10) l'exercice émotionnel
- 11) une méthode pratique émotionnelle
- 12) la créativité émotionnelle

Bruner est également associé aux idées constructivistes dans de nombreux ouvrages. Il s'est intéressé aux différents stades du développement cognitif de l'enfant mais, peut-être plus que Piaget, il a développé certaines démarches d'enseignement afin d'aider les élèves à franchir ces différents stades. On lui doit, par exemple, l'enseignement par découverte (*discovery learning*) dans lequel les étudiants interagissent avec leur environnement en manipulant des objets, en découvrant leurs particularités, en lui posant des questions et en mettant à jour des controverses, en réalisant des expériences, des recherches personnelles. Les recherches n'ont pas pu prouver de façon certaine que ces méthodes relativement non structurées étaient favorables à l'apprentissage. On pense qu'il est sans doute utile que les élèves aient déjà un certain bagage préalable et que les consignes, démarches et objectifs doivent être précisées ou négociées.

Pour notre modèle, nous pouvons penser à l'utilisation par « découverte guidée » de certains logiciels de simulation. *Bruner* affirme que « pour qu'il y ait un réel apprentissage, l'élève doit participer à celui-ci ». Selon lui, il existe deux modes d'enseignement :

1. Le mode fondé sur l'exposition (l'élève est auditeur). On peut utiliser ici l'exposition émotionnelle comme méthode émotionnelle.
2. Le mode fondé sur l'hypothétique (coopération entre l'élève et l'enseignant). On peut utiliser ici la conversation émotionnelle, la démonstration émotionnelle, la problématisation émotionnelle, l'observation émotionnelle, l'expériment émotionnel, le modelage émotionnel, la méthode pratique émotionnelle, l'étude de cas émotionnelle, la simulation émotionnelle, l'exercice émotionnel, et la créativité émotionnelle.

S'appuyant sur les principes du béhaviorisme et les théories du traitement de l'information, **Gagné** a développé une méthodologie concrète permettant aux enseignants de favoriser l'apprentissage (selon ces théories). Voici les étapes qui peuvent s'appliquer à une séquence d'enseignement ou à un module d'enseignement programmé :

- Attirer l'attention de l'apprenant et lui faire prendre conscience d'un besoin, d'un intérêt, d'un problème; dans ce cas, le tuteur utilise comme

méthode l'exposition émotionnelle, la conversation émotionnelle, l'observation émotionnelle, la créativité émotionnelle.

- Informer l'apprenant de l'objectif poursuivi, de ce que l'on veut atteindre; La méthode émotionnelle utilisée est : l'exposition émotionnelle, la conversation émotionnelle, la démonstration émotionnelle, la problématisation émotionnelle, l'expériment émotionnel, la simulation émotionnelle, la créativité émotionnelle.
- Rappeler les prérequis nécessaires à l'apprentissage en question. Les méthodes qui peuvent être utilisées ici sont : l'exposition émotionnelle, la conversation émotionnelle, la démonstration émotionnelle, la problématisation émotionnelle, la modélisation émotionnelle, l'étude de cas émotionnelle, l'exercice émotionnel, la créativité émotionnelle.
- Présenter le matériel nécessaire, le contenu. On rencontre comme méthodes utilisées à cette étape l'exposition émotionnelle, la conversation émotionnelle, la démonstration émotionnelle, la problématisation émotionnelle, l'observation émotionnelle, l'expériment émotionnel, la modélisation émotionnelle, l'étude de cas émotionnelle, la simulation émotionnelle, l'exercice émotionnel, une méthode pratique émotionnelle, la créativité émotionnelle.
- Fournir une guidance à l'apprentissage (répondre aux questions, donner des exemples, reprendre et décomposer une explication). Pour y arriver, le tuteur utilise comme méthode émotionnelle l'exposition émotionnelle, la conversation émotionnelle, la démonstration émotionnelle, la problématisation émotionnelle, l'observation émotionnelle, l'expériment émotionnel, la modélisation émotionnelle, l'étude de cas émotionnelle, la simulation émotionnelle, l'exercice émotionnel, une méthode pratique émotionnelle, la créativité émotionnelle.
- Expliquer la performance à atteindre, solliciter des réponses, inviter à effectuer la performance. On utilise à cette étape l'exposition émotionnelle, la conversation émotionnelle, la démonstration émotionnelle, la problématisation émotionnelle, l'observation

émotionnelle, l'expériment émotionnel, l'étude de cas émotionnelle, la simulation émotionnelle par identification avec le rôle, les notions, les explorations du problème, l'exercice émotionnel, une méthode pratique émotionnelle, la créativité émotionnelle.

- Fournir des rétroactions au sujet de la qualité de la réponse, de son exactitude, etc.
- Evaluer si l'apprentissage a été réalisé (à partir de l'ensemble des performances sur des points particuliers). Ici le tuteur utilisera les méthodes d'évaluer.
- Favoriser la mémorisation et le transfert en proposant d'autres situations variées, en exerçant les capacités acquises. Nous proposons la créativité émotionnelle pour cette étape.

Klausmeier a répertorié dans son livre intitulé *L'apprentissage et les capacités humaines* (Klausmeier, 1966, Learning and human abilities. New York: Harper and Row.) : *psychologie de l'éducation* les attitudes émotionnelles, les attitudes de valeur que les enfants ont apprises à la maison. Il affirme que « l'enseignant peut, bien que parfois avec difficulté, démontrer de l'affection et de sympathie pour un étudiant et en même temps de ne pas lui permettre de violer les codes généralement acceptés de conduite ». L'auteur décrit aussi les caractéristiques des élèves qui influencent l'efficacité de l'apprentissage. Dans le domaine cognitif, par exemple, ces caractéristiques sont plus fortement corrélées avec la réalisation dans le milieu académique de sujets que sont les caractéristiques de l'enseignant. Cela résulte en partie parce que les enseignants sont un groupe sélectionné, alors que tous les élèves sont tenus de fréquenter l'école. L'efficacité de l'apprentissage de l'élève est renforcée lorsqu'il est guidé par un enseignant qui utilise les méthodes que nous avons établies :

- 1) l'exposition émotionnelle
- 2) la conversation émotionnelle
- 3) la démonstration émotionnelle
- 4) la problématisation émotionnelle
- 5) l'observation émotionnelle
- 6) l'expériment émotionnel
- 7) la modélisation émotionnelle
- 8) l'étude de cas émotionnelle
- 9) la simulation émotionnelle
- 10) l'exercice émotionnel
- 11) une méthode pratique émotionnelle

12) la créativité émotionnelle

Merrill a systématiquement passé en revue un certain nombre de différentes théories de la conception pédagogique, ainsi que plusieurs théories abstraites et un ensemble de théories interdépendantes d'enseignement et de principes de conception. Dans un de ces documents, Merrill cite des principes similaires qui ont été identifiés par d'autres auteurs (*Reigeluth 1983; Andre 1997; Rosenshine 1997; Tennyson, Schott et al. 1997; van Merriënboer 1997, Clark 1999; Reigeluth 1999; Marzano, Pickering et al. 2001, Mayer, 2001; Clark Estes et 2002, Allen 2003, Clark 2003; Clark et Mayer, 2003; Clark, 2003; Dembo et Young 2003; Foshay, Silber et al. 2003, Mayer 2003; O'Neil 2003*). Bon nombre de ces auteurs sont cités pour leur soutien à la recherche de principes, tandis que d'autres ont fondé leurs prescriptions relatives à leur expérience dans la conception et l'évaluation de produits pédagogiques. De cet effort, cinq principes fondamentaux ont été identifiés. L'apprentissage est favorisé lorsque l'apprenant :

- observe une démonstration - démonstration de principe;
- applique les nouvelles connaissances - application de principe;
- s'engage réellement dans la tâche - tâche centrée sur principe;
- active les connaissances existantes - principe d'activation;
- intègre les nouvelles connaissances dans leur monde - principe d'intégration.

Ces cinq principes sont élaborés par les corrélations suivantes :

- 1) Principe de démonstration - l'apprentissage est favorisé lorsque les apprenants :
 - observent une démonstration de la capacité d'apprendre - démonstration de principe;
 - observent les manifestations qui sont compatibles avec le contenu - la cohérence;
 - reçoivent des conseils généraux - l'orientation;
 - observent les médias qui sont pertinents pour le contenu - les médias.

2) Principe d'application - l'apprentissage est favorisé lorsque les apprenants :

- appliquent leurs nouvelles connaissances ou compétences - l'application principe;
- entreprennent la pratique qui est compatible avec les objectifs énoncés ou sous-entendus - la cohérence;
- reçoivent une rétroaction intrinsèque ou corrective - feedback;
- sont entraînés graduellement, mais de moins en moins au fur et à mesure que le processus d'apprentissage évolue.

3) Principe Task-central - l'apprentissage est favorisé lorsque les apprenants :

- s'engagent réellement dans les tâches - principe sur tâche centrée;
- observent l'ensemble de la tâche et seront en mesure de l'accomplir - les résultats;
- acquièrent des connaissances et des compétences composantes - composants;
- entreprennent une progression de l'ensemble des tâches - progression.

4) Principe d'activation - l'apprentissage est favorisé lorsque les apprenants :

- activent les structures cognitives - principe d'activation;
- participent à l'expérience - l'expérience;
- se rappellent de décrire ou de démontrer les connaissances - les connaissances antérieures;
- acquièrent ou se rappellent d'une structure pour l'organisation de nouvelles connaissances - la structure.

5) Principe de l'intégration - l'apprentissage est favorisé lorsque les apprenants :

- intègrent leurs nouvelles connaissances dans leur vie quotidienne - principe d'intégration;

- réfléchissent sur, discutent ou défendent leurs nouvelles connaissances ou compétences - la réflexion;
- créent, inventent ou explorent des moyens personnels pour utiliser leurs nouvelles connaissances ou compétences - créer.
- démontrent publiquement leurs nouvelles connaissances ou compétences - go public;

Nous pouvons établir pour cette théorie, en fonction de ces principes, toutes les conditions émotionnelles que nous avons définies :

- 1) l'exposition émotionnelle
- 2) la conversation émotionnelle
- 3) la démonstration émotionnelle
- 4) la problématisation émotionnelle
- 5) l'observation émotionnelle
- 6) l'expériment émotionnel
- 7) la modélisation émotionnelle
- 8) l'étude de cas émotionnelle
- 9) la simulation émotionnelle
- 10) l'exercice émotionnel
- 11) une méthode pratique émotionnelle
- 12) la créativité émotionnelle

Après avoir étudié ces théories, leurs méthodes et leurs stratégies, nous sommes en mesure d'indiquer leurs avantages et leurs insuffisances.

5. Amélioration des méthodes émotionnelles

5.1 Les insuffisances et les avantages de ces théories

Gagné - Parmi les critiques adressées à ce type d'enseignement, on relève le faible développement des compétences de haut niveau (incapacité à résoudre des problèmes, à accomplir une démarche personnelle d'investigation, à développer une argumentation), le faible degré de motivation des étudiants (isolement des différentes compétences à développer, saucissonnage des connaissances à maîtriser, simplification et décontextualisation des situations proposées), la nature individuelle du travail proposé (alors que dans la vie sociale et professionnelle les compétences relationnelles sont de plus en plus nécessaires). L'avantage de cette théorie est que nous pouvons appliquer plusieurs stratégies émotionnelles à chaque phase du processus d'apprentissage.

Bruner a identifié six indicateurs ou « repères » qui révèlent la croissance cognitive ou le développement :

1. Réponses aux stimulations de différentes façons plutôt que toujours de la même manière.
2. Intériorisation des événements sous une « forme d'emmagasinage » qui correspond à l'environnement.
3. Amélioration de la capacité du langage.
4. Interaction systématique avec un tuteur (parent, enseignant, ou tout autre intervenant pouvant servir de modèle).
5. Utilisation du langage comme instrument servant à l'organisation de l'environnement.
6. Amélioration de la capacité à composer avec plusieurs demandes.

Parce qu'il utilise le mode fondé sur l'exposition (l'élève est auditeur), le désavantage est qu'on peut utiliser une seule méthode émotionnelle, c'est à dire l'exposition émotionnelle. Par ailleurs, pour le mode fondé sur l'hypothétique on peut utiliser plusieurs stratégies et méthodes émotionnelles.

Klausmeier a utilisé les théories déjà existantes pour élaborer la sienne. Ses résultats sont basés sur des expériences contrôlés et des études analytiques. Il présente un modèle conceptuel d'apprentissage et de développement qui offre un cadre pour étudier le développement cognitif tout au long de la scolarité et étudie également les concepts d'apprentissage.

Merrill a identifié un ensemble de principes de la stratégie d'enseignement qui a été prescrit par un certain nombre de différentes théories et de pratiques recommandées. Il a ensuite proposé une série d'hypothèses pour les relations entre ces principes. Alors que nombre de ces principes de conception ont été soutenus par des études expérimentales, l'auteur n'a pas été en mesure de trouver un organisme de recherche qui étudie les relations entre l'enseignement et ces principes.

Après avoir étudié les stratégies, et après avoir vu les insuffisances et les avantages de ces théories, nous proposons, dans la section suivante, quelques mesures de base pour assurer le progrès d'apprentissage de notre apprenant.

5.2 Les mesures de progrès pour l'apprentissage

On remarque que beaucoup de demandes linguistiques sont formulées au sujet du progrès dans le processus d'apprentissage :

- la compréhension du sens de l'activité;
- la compréhension du but de l'activité, ainsi que de son but social;
- la motivation pour réaliser cette activité;
- la compréhension des options pour accomplir la tâche;
- la planification individuelle du travail en fonction du progrès;
- le développement de préoccupations permanentes pour dérouler l'activité (la persévérance);
- l'utilisation de l'instruction verbale et de démonstrations;
- l'utilisation de graphiques, de plans, de maquettes;
- l'organisation du lieu de travail;
- l'utilisation des connaissances et des intuitions pour dérouler l'activité;
- la coordination des parties;

- l'évitement du temps mort;
- le respect d'une constante relativement au matériel, au personnel et à la méthode pour chaque processus d'apprentissage, d'organisation et de production;
- l'identification des difficultés et leurs solutions;
- l'identification des erreurs et leurs corrections;
- l'adaptation à tout moment du processus et des activités psychiques (orienter et concentrer) sur l'activité qui se déroule;
- la différence entre essentiel et non essentiel;
- l'automatisation philologique de l'activité;
- l'automatisation technique de l'activité;
- la réalisation de généralités;
- l'évitement de la monotonie;
- l'évitement des excitants avec des actions perturbatrices;
- la stimulation de l'intérêt;
- l'effort volontaire qui augmente;
- l'état affectif favorable;
- l'évitement de former d'habitudes stables pouvant empêcher le passage vers un autre stade;
- l'introduction temporelle dans l'activité des problèmes possibles à résoudre pour agrandir l'excitabilité du cerveau;
- l'utilisation de répétitions axées sur le contrôle et l'autocontrôle qui sont suivies de répétitions échelonnées;
- la connaissance des règles d'hygiène et de protection au travail;
- la possibilité d'adapter à toutes les personnes avec handicap;
- le changement d'ambiance;
- la stimulation de l'activité de création;
- la structuration de l'activité pour faire du progrès;

En tenant compte de ces mesures de progrès pour l'apprentissage, nous pouvons mettre en application la partie d'expérimentation de notre module informatique.

6. Expérimentations

6.1 Introduction

Nous présentons dans cette section les recherches visant à solutionner notre modèle émotionnel informatique. En tenant compte des mesures de progrès pour l'apprentissage, nous voulons construire un modèle informatique performant basé sur une des quatre théories que nous avons analysées à la section 2.1.

Nous rappelons que nous cherchons dans ce mémoire à atteindre les objectifs suivants :

- 1) analyser quelques stratégies pédagogiques et détecter les composantes émotionnelles qui peuvent y être ou non. Nous proposons une méthode permettant à un STI de prédire les réactions émotionnelles de l'apprenant à un moment donné de l'apprentissage en utilisant des procédés différents;
- 2) proposer d'améliorer ces méthodes par l'inclusion de facteurs émotionnels. Nous proposons un moyen d'amélioration basé sur un STI qui fonctionne selon les techniques d'algorithmes automatiques d'apprentissage supervisé;
- 3) expérimenter le modèle d'une théorie pédagogique et ensuite l'améliorer par l'inclusion de facteurs émotionnels. Nous proposons l'implémentation d'un STI basé, par exemple, sur la théorie de Gagné;

Nous avons commencé notre démarche en étudiant les possibilités d'implémenter notre module. Nous avons classifié les types de procédés qui sont applicables pour les théories existantes et avons comparé ces procédés pour déterminer lequel est le meilleur à appliquer pour notre module informatique en fonction des stratégies et des méthodes pédagogiques utilisées.

Nous présentons une approche empirique permettant l'application d'une théorie pédagogique pour prédire la réaction émotionnelle de l'apprenant, étudier les effets de différentes actions pédagogiques sur l'état émotionnel de l'apprenant et améliorer la méthode abordée par des facteurs émotionnels.

Nous avons étudié la littérature et nous avons vu les différents types de modèles informatiques émotionnels que nous avons présentés à la section 3.5. Ces modèles n'ont jamais fonctionné avec des apprenants réels. Après avoir analysé les types de modules existants, nous orienterons notre démarche vers l'identification d'une meilleure solution pour notre module.

Cette section est structurée comme suit :

- Nous présentons dans la section 6.2 la méthode et la stratégie didactiques appliquées pour notre STI et nous montrons les types de procédés didactiques qui peuvent être appliqués pour notre module informatique;
- Nous discutons dans la section 6.3 des conditions émotionnelles qui devrait être considérées par le STI pour assurer un environnement favorable à l'apprentissage.
- Nous présentons l'architecture de notre STI dans la section 6.4;
- Dans la section 6.5 nous présentons les approches que nous avons appliquées pour atteindre les objectives mentionnées plus haut;
- Dans la section 6.6 nous avons analysé le choix d'outils pour atteindre les objectifs de la recherche;
- La section 6.7 traite de la conclusion de cette section.

6.2 Les procédés didactiques pouvant s'appliquer à notre module informatique

Toutes les théories pédagogiques utilisent des méthodes et des procédés dans le processus d'apprentissage. Ces méthodes sont présentées dans la littérature, mais nous considérons qu'il est plus utile de combiner le mode de familiarisation à ces méthodes avec les possibilités concrètes d'utilisation à travers les procédés émotionnels ayant comme résultant des situations variées. À partir de cette idée nous avons conçu notre module informatique de manière à trouver un point d'appui explicite pour la conception de nos activités et pour définir les actions de l'apprenant en développant des activités. La meilleure approche est de mettre en évidence les situations qui peuvent entraîner

l'apprenant à gagner l'expérience d'apprentissage désirée. Nous prenons en considération la position du tuteur qui conçoit et met en place des situations d'instruction concrètes corrélées avec leur place et leur rôle par rapport aux étapes et aux formes d'apprentissage, par rapport aux catégories d'objectifs et aux étapes de la leçon. C'est la raison pour laquelle nous avons choisi l'implémentation informatique d'un STI basé sur la théorie de Gagné.

Voici les méthodes que nous avons utilisées dans ce module informatique :

1) **L'exposition émotionnelle.** Les procédés d'activation que nous avons utilisés pour cette méthode sont :

- La communication entre tuteur et utilisateur après un plan bien établi en mélangeant des connaissances déjà acquises avec de nouvelles connaissances; par exemple, nos apprenants connaissent déjà des notions sur les triangles. Pour comprendre la notion de triangle équilatéral, le tuteur mélange les connaissances des triangles en mettant en évidence les propriétés du triangle équilatéral durant le processus d'apprentissage.
- L'adaptation à la motivation de l'utilisateur. Le tuteur utilise comme procédé la présentation prioritaire des faits et des concepts; il peut examiner les hypothèses émotionnelles et les traiter; si un apprenant n'est pas intéressé à apprendre, le tuteur va lui induire une émotion positive en montrant des photos intéressantes qui vont capter l'attention de l'apprenant.
- La présentation de l'essentiel. Par exemple, le tuteur présente dans un ordre précis les analyses et les synthèses des notions théorétiques avec des applications en introduisant des éléments émotionnels.
- La corrélation des connaissances émotionnelles. Des connaissances interdisciplinaires ou étudiées antérieurement sont diffusées à l'apprenant sous une forme émotionnelle pour lui induire des émotions positives; les tâches sont données de la même manière et corrélées avec des états émotionnels, par exemple, le temps limité de faire les exercices.
- L'accessibilité et l'expressivité de communication. Les exercices qui sont déjà faits peuvent être vérifiés par la suite avec des facteurs émotionnels. Par exemple, nous utilisons durant la période de vérification des émoticônes qui peuvent induire des émotions positives et qui peuvent aider l'apprenant à se concentrer sur sa tâche et

obtenir de meilleurs résultats. Le débat et la problématique sont combinés lors de l'explication d'une nouvelle théorie.

- Les idées innovatrices sont présentées en combinant l'explication et la description afin de construire un triangle avec les éléments émotionnels adéquats. Les utilisateurs sont formés dans un processus d'analyse émotionnelle pour faire les exercices.

- La sollicitation de plusieurs procédés psychiques. Le tuteur demande à l'utilisateur de faire les exercices en temps record en combinant l'observation et la démonstration.

- L'apprentissage en rythme planifié. Par exemple, le travail indépendant est combiné avec la distribution antérieure de théories.

- Assurer la connexion inverse, alterner l'induction émotionnelle avec la déduction émotionnelle. Par exemple, on va induire à l'apprenant une émotion positive par un élément multimédia (.gif, .jpg, etc.) pour dessiner correctement un triangle équilatéral et en même temps on va lui présenter une autre figure incorrecte. L'enfant va déduire la définition du triangle équilatéral sur le fond émotionnel et il va trouver la réponse correcte à l'exercice donné.

- Éviter la communication unilatérale émotionnelle par la combinaison variée des exercices et des encouragements.

- Éviter la monotonie en présentant des éléments émotionnels par corrélation avec des aspects concrets et des applications de regarder les dessins et les schémas et de donner les réponses.

- Faire appel à l'opération de pensée de l'utilisateur en combinant l'étude et la simulation.

- Combiner l'explication causale, démonstrative, procédurale et normative.

2) **La conversation émotionnelle.** Les procédés d'activation que nous avons utilisés pour cette méthode sont :

- La circulation de l'information par dialogue. Plusieurs objectifs cognitifs sont atteints : la définition, la description, l'identification, l'histoire, la classification, la comparaison, l'explication, la déduction, la démonstration, l'apprentissage, l'application, l'évaluation, et la création.

- L'activation d'expériences par demande ; exemple: la clarification par dialogue d'approbation et d'encouragement.

- Les demandes sont formulées selon les objectifs de façon à provoquer la pensée, les enchaînées logiques, adressées avec un temps de pensée, concises, accessibles, correctes, claires, et formulées de manière différente, complètes, avec de l'aide.
- Choisir de nouveaux exemples; à l'étape 6, exercice 4, l'apprenant a la possibilité de regarder l'image et de voir plusieurs exemples d'un triangle équilatéral.
- Vérifier les exercices en cause. L'étudiant peut, à chaque étape, regarder le pointage obtenu.
- Alternner des stimuli émotionnels avec des notions. Quand les réponses sont envoyées au tuteur, l'apprenant reçoit comme récompense stimulatrice une émoticône qui va stimuler son apprentissage.
- Formuler les demandes en fonction du niveau des élèves. Un apprenant peut apprendre une étape plus facilement qu'un autre apprenant, en fonction de sa possibilité d'apprentissage et de ses capacités intellectuelles.
- Solliciter les opinions personnelles. À la première étape, par exemple, le tuteur sollicite l'opinion de l'apprenant. Il demande « Qu'est que représente ces images? » et montre en même temps à l'apprenant des triangles.
- Superviser l'apprentissage inductif étape par étape, en formulant des demandes ayant un degré de difficulté progressif. Par exemple, le degré de difficulté des exercices va du simple au complexe.
- Utiliser les réponses correctes, complètes, précises, motivées, en respectant le délais de réponse indiqué, indépendantes, avec des arguments, continues, expressives, systématiques, créatives. On utilise dans l'application des boutons simples ou des boutons radio associés aux images ou aux films pour donner la possibilité d'apprentissage et en même temps de stimuler la créativité de l'apprenant.

3) **La démonstration émotionnelle.** Les procédés d'activation que nous avons utilisés pour cette méthode sont :

- Utiliser des procédés de combinaison avec des outils émotionnels pour confirmer les propriétés du triangle et les formules.
- Préciser et présenter des objets réels, des simulatrices, des modèles, etc.. On utilise des éléments multimédia, tels les photos et les films.

- Entraîner les utilisateurs en démonstrations totales pour assurer une base perceptive de formation d'aptitudes précises et spécifiques. Pour observer la construction du triangle équilatéral on mélange l'élément multimédia qui va induire à l'apprenant l'image du triangle équilatéral avec la réponse que toutes ses côtés sont égales.
- Répéter les démonstrations, conseiller au moment d'initiation selon le niveau des élèves, continuer avec du travail individuel, relecture totale pour corriger les exercices, préciser le modèle avec une teinte émotionnelle pour fixer la performance, le tout en vue d'orientation sur les caractéristiques exactes. Pour obtenir des performances, on va répéter les notions apprises et on va noter l'apprenant.
- Combiner la démonstration intuitive avec la démonstration logique. Par exemple, toutes les côtés ont la même longueur. On va rebiner l'image intuitive avec la démonstration logique pour visualiser la figure complète.
- Orientation sur les caractéristiques essentielles, exactes, les variantes. Par exemple, quand toutes les angles ont la même valeur, c'est un triangle équilatéral. Le tuteur lui donne une photo qui montre les angles, chacun ayant la même valeur 60 degrés.
- La préparation antérieure pour les conditions du processus de démonstration. Par exemple, on donne à l'apprenant la notion de triangle équilatéral après qu'il connaît déjà la notion de triangle quelconque.
- L'adaptation des milieux émotionnels à un sujet donné et leur sélection selon la signification. Par exemple, à l'étape d'évaluation, on lui affiche le résultat par le pseudonyme choisi, sans utiliser le vrai nom, pour respecter la confidentialité.
- L'activation des qualifications antérieures. Les étapes d'apprentissage sont liées les unes aux autres.
- Induire un rythme adéquat en fonction des étapes de la leçon.
- Alternation des groupes de types avec des éléments visuels, par exemple, par modèle et par simulation. Par exemple, on simule par un gif le dessin d'un triangle.

4) **La problématisation émotionnelle.** Les procédés d'activation que nous avons utilisés pour cette méthode sont :

- La construction de solutions d'exercices en utilisant les connaissances déjà acquises et les éléments émotionnels : la construction des angles et des côtés, de périmètre, etc.

- L'apprentissage problématique avec la réactualisation et la restructuration des connaissances, l'identification des contradictions, l'analyse des tâches et des variantes de solution, les vérifications des valeurs et des solutions, le tout lié aux facteurs émotionnels en cause. Nous avons appliqué cet apprentissage au parcours de la sixième étape.
- La combinaison d'éléments émotionnels à d'autres méthodes de découvrir. À l'étape 6, exercice 4, on combine une photo qui permet de découvrir d'autres triangles équilatéraux que ceux présentés par le tuteur.
- L'activation par l'utilisation de raisonnements variés et d'associations, selon plusieurs critères, analogies, modifications, simplifications. À l'étape 4 nous avons utilisé un film qui active le raisonnement de l'apprenant.
- La diversification pour des contradictions possibles entre les connaissances déjà acquises et les nouvelles, entre les différents niveaux de connaissances, les explications précédentes et les nouvelles, entre la conception précédente et la nouvelle hypothèse, entre la théorie et la pratique.
- Trouver la solution correcte parmi une multitude de données et compléter les données adéquates à éléments multimédias. Le tuteur présente à l'apprenant des questions avec choix de réponse en utilisant des éléments multimédia. C'est pour cette raison que nous avons utilisé dans notre système informatique des boutons radio associés à des photos.
- La variation de la résolution de la contradiction par associations d'essais successifs et d'étude individuelle. Nous avons appliqué ce principe au calcul du périmètre.
- L'engagement de l'apprenant dans la formulation du problème en utilisant le matériel présenté antérieurement d'une étape à autre.
- Créer un obstacle envers les connaissances habituelles. Nous avons proposé un temps limité pour résoudre les exercices durant la période de vérification et, en même temps, nous avons testé la colère.
- La nécessité de restructuration de l'expérience et des connaissances à chaque étape.
- Respecter les étapes d'apprentissage par découverte. Nous avons appliqué ce principe vers la fin afin de renforcer l'apprentissage.

5) **La modélisation émotionnelle.** Les procédés d'activation que nous avons utilisés pour cette méthode sont :

- Utiliser le raisonnement analogique pour combiner les types de modèles émotionnels avec les symboles mathématiques conceptuels. Par exemple, combiner des photos d'objets qui représentent des triangles pour former à l'apprenant un raisonnement émotionnel lié à la notion d'apprentissage.
- Utiliser la comparaison avec les éléments caractéristiques de cas général. Pour connaître l'objectif de la leçon, l'apprenant regarde des photos d'objets qui ont des triangles dans leur construction.
- Respecter le raisonnement de base : si le triangle équilatéral B est le modèle de triangle pour le triangle habituel A, on peut obtenir, en étudiant le triangle B, une nouvelle information de A.
- Passer du modèle simple au modèle complexe. L'apprentissage et la vérification sont faites du simple au complexe.

6) **L'étude de cas émotionnelle.** Les procédés d'activation que nous avons utilisés pour cette méthode sont :

- Passer du particulier à une conclusion générale. Pour induire la notion de triangle équilatéral, le tuteur montre à l'apprenant un élément multimédia, un film par exemple, qui est construit avec plusieurs triangles équilatéraux, ainsi que la formule du triangle équilatéral dont tous les angles sont égaux. À partir de ce film, l'apprenant peut tirer la conclusion et apprendra la formule inconsciemment. L'apprentissage deviendra ainsi un jeu.
- Utiliser une situation réelle de synthèse pour la systématisation et l'application des connaissances. À la fin de l'apprentissage, nous utilisons un élément multimédia avec un ballet de triangles équilatéraux pour systématiser les connaissances apprises.
- L'affirmation individuelle pour argumenter l'accomplissement des tâches.
- Inclure des données supplémentaires qui augmentent le degré de difficulté des exercices. Il s'agit d'exercices basés sur définitions, propriétés, formules de calcul et démonstrations.
- Le traitement après les présentations en organisant les connaissances déjà acquises avec les nouvelles, l'analyse et la systématisation de données, en découvrir les causes,

établir les variantes de solution, choisir la solution optimale et argumenter la solution choisie. Ce traitement est fait à la septième étape d'apprentissage où nous procédons à l'analyse des connaissances acquises.

- La satisfaction pour les solutions correctes. Tout apprenant est satisfait lorsqu'il trouve la réponse correcte à un exercice donné.

- L'intégration dans le contexte d'apprentissage.

- La combinaison des méthodes de communication, des simulations et des modélisations. Nous avons combiné, par exemple, des éléments multimédia avec des notions théorétiques pour induire à l'apprenant un fond émotionnel positif sur lequel notre étudiant pourrait avoir de meilleurs résultats.

7) **L'observation émotionnelle.** Les procédés d'activation que nous avons utilisés pour cette méthode sont :

- La connaissance analytique pour la définition de plusieurs analyseurs. L'apprenant est initié dans la technique d'observation émotionnelle scientifique en différentes conditions.

- Analyser et atteindre les objectifs, les tâches, les conditions techniques, les étapes.

- Apprendre par l'exploration directe, systématique, opérationnelle.

- Effectuer de constantes observations et classifications selon les indicateurs établis, en instruments adéquats (les étiquettes, les boutons radio).

- Effectuer des opérations d'identification, d'analyse, de comparaison, d'ordination, de classification, de corrélation, d'explication qui sont montrées étape par étape.

- Effectuer des opérations de traitement, d'analyse finale, d'interprétation, d'explication, de conception, de conclusion.

- Correction des notions déjà apprises. À la septième étape d'apprentissage, nous allons corriger les notions apprises par combinaisons d'éléments multimédia avec des réponses adéquates aux photos données.

- Communiquer et présenter les résultats. Dans notre application les résultats sont présentés à chaque étape d'apprentissage par le pointage, et à la fin par l'évaluation finale cumulative. La base de données affiche les pseudonymes de chaque apprenant et le résultat correspondant.

- Réaliser de nouvelles observations. De nouvelles observations sont effectuées au cours du processus d'apprentissage, par exemple, tous les angles d'un triangle équilatéral ont

la même longueur. L'apprenant va remarquer à la fin cette même observation, lorsqu'il regardera le ballet de triangles équilatéraux.

- L'analyse des objets dans plusieurs perspectives pour comprendre les techniques de référence rapide, les caractéristiques et les relations essentielles. Le tuteur va montrer des photos ou des films adéquats à la situation donnée pour répondre aux besoins de l'apprenant.

- Le contrôle, le suivi du plan, l'interprétation des résultats pour adapter les tâches au niveau de l'apprenant. Il y a des élèves qui peuvent apprendre facilement, et il y en a d'autres qui apprennent avec difficulté les mêmes notions. Pour apprendre, le tuteur va laisser le temps illimité et en même temps va aider l'apprenant en utilisant les éléments émotionnels. Par contre, durant la période d'évaluation, on va imposer le temps limité afin de vérifier les notions apprises.

- La récupération et l'intégration des observations en séquences de leçon. En dialogue tuteur-apprenant, on va remarquer les observations émotionnelles que le tuteur fait pour renforcer l'apprentissage.

8) **L'expérience émotionnel.** Les procédés d'activation que nous avons utilisés pour cette méthode sont :

- La combinaison de façon alternative des formes de recherche, d'application et de démonstration avec des éléments émotionnels.

- La capitalisation de l'acquisition de techniques antérieures et l'adaptation selon les étapes de la leçon.

- Induire un état émotionnel imprévu. Induire, par exemple, l'état émotionnel de désir d'apprentissage par curiosité, induire l'état de joie pendant la période d'apprentissage, et induire l'état de tension pendant la période d'évaluation pour tester la colère.

- La combinaison avec d'autres méthodes de recherche; par exemple la recherche par découvrir.

- La combinaison d'éléments théorétiques avec des éléments applicatifs, l'expérience avec l'action, l'esprit d'observation avec l'esprit critique.

9) **La simulation émotionnelle.** Les procédés d'activation que nous avons utilisés pour cette méthode sont :

- La préparation de la simulation - analyse des structures concernées, élimination d'éléments non caractéristiques, anticipation pour le mode de résoudre, analyse des facteurs perturbateurs, modélisation didactique pour la solution choisie. Par exemple, nous avons proposé la situation où l'ordinateur efface les données si l'apprenant ne réussit pas à faire les exercices en temps utile. Cette situation est une situation de simulation pour guider l'apprenant à résoudre en temps limité les exercices.
- La récupération de l'expérience antérieure en problème par transfert. L'apprenant utilise par exemple l'expérience antérieure que la somme des angles d'un triangle quelconque est de 180 degrés, et va transférer et appliquer cette propriété pour le triangle équilatéral.
- La résolution par jeux didactiques spécifiques en utilisant, selon le but, des éléments émotionnels (observation, pensée, mémorisation, langage, imagination). Toutes les étapes ont des éléments didactiques qui présentent à l'apprenant des notions par le jeu.
- L'utilisation de divers matériaux multimédia et des règles qui sont précisées par le jeu : des photos et des films. Nous utilisons dans notre système comme règle de base un émoticône d'encouragement (bravo!) quand l'apprenant donne une bonne réponse, pour l'encourager au cours du processus d'apprentissage.
- La combinaison de différentes méthodes émotionnelles de communication et de recherche spécifique ; combiner par exemple les photos et les films avec les notions mathématiques en cause qui sont adaptées au niveau de l'apprenant.

10) **Une méthode pratique émotionnelle.** Les procédés d'activation que nous avons utilisés pour cette méthode sont :

- L'initiation en techniques d'exécution; par exemple on va initier l'apprenant dans la construction de triangles en lui montrant comment dessiner ces triangles.
- L'exécution alternative des tâches pratiques, techniques, de création, productives. On va montrer à l'apprenant des formules de calcul et, en même temps, des tâches mettant en application ces formules de calcul. Nous associons, par exemple, une photo significative au périmètre.

- Effectuer correctement après les démonstrations, les modelés, les explications et les instructions spécifiques; par exemple effectuer correctement le calcul du périmètre, d'aire, etc..
- La vérification, l'évaluation et la spécification des performances selon des critères bien établis et avec des éléments émotionnels adéquats; par exemple ces procédés ont été appliqués à l'étape de la vérification, de l'évaluation et de l'amélioration des performances.
- La correction, le développement et la corrélation avec d'autres objets (composés avec des triangles) en utilisant des éléments émotionnels adéquats, par exemple des photos et des films.

11) **L'exercice émotionnel.** Les procédés d'activation que nous avons utilisés pour cette méthode sont :

- Alternier les types selon les fonctions de base, de consolidation, introductives, opératoires, structurales et récapitulatives, et effectuer des opérations et des actions répétées et conscientes.
- Former des qualifications applicatives.
- Assurer la fonctionnalité des connaissances, leur consolidation et le perfectionnement des qualifications intellectuelles.
- Passer de l'automatisme aux opérations variées en dosant l'effort.
- Affirmer l'indépendance et la persévérance.
- Dépasser les blocages et éviter les interférences en conscientisant le but à atteindre et la motivation d'action.
- Fixer, par propre élaboration, l'organisation, l'ordre, et l'échelonnement.
- Assurer un rythme optimal d'action.
- Alternier les périodes d'accomplissement de tâches avec des pauses.
- Vérifier continuellement et stimuler l'action.
- Assimiler consciemment les algorithmes utiles.
- Éviter les exercices erronés et incomplets.

12) **La créativité émotionnelle.** Les procédés d'activation que nous avons utilisés pour cette méthode sont :

- L'initiation progressive en utilisant des procédés émotionnels combinés à d'autres méthodes de recherche : choisir tous les aspects possibles, sélectionner les sources et les exercices, fixer les données utiles, effectuer l'analyse selon plusieurs critères, imaginer toutes les situations possibles, noter immédiatement des idées imaginaires nécessaires, évaluer les conséquences, rechercher les utilisations variées, la série de combinaisons, la classification, la nouvelle interprétation, l'analyse des erreurs, les imaginations de situations, la série de solutions. Nous avons appliqué ce procédé à l'étape 6, au quatrième exercice.
- Alternier les formes d'organisation centrées sur apprenant, d'étude individuel, avec des rythmes variés d'initiation, de développement, d'approfondir, et combiner ces formes avec les éléments émotionnels spécifiques. Chaque apprenant peut, par exemple, essayer individuellement plusieurs exemples de calcul du périmètre du triangle équilatéral et peut apprendre à son rythme d'apprentissage, dans un contexte émotionnel créé par application.
- Simuler par une méthode synectique pour unifier les choses distinctes, apparemment non pertinentes, par analogie personnelle, directe, symbolique ou fantastique, dans le but de transformer l'inconnu en connu, et le familier en inconnu; par exemple simuler par un film la somme des angles d'un triangle qui est égale à 180 degrés.
- Autres procédés : le jeu de création, le chevauchement, l'association, les corrélations interdisciplinaires, la réduction d'obstacles, la redéfinition, les listes d'idées ou de contrôle, l'invention d'autres exemples, de recherche de caractéristiques communes, la méditation, l'inclusion de restrictions à base de mots-clé, la création de matrices de découvrir, de matrices de décision, de projet d'actions en variantes. Dans notre module nous utilisons des corrélations avec les notions de triangle quelconque, de recherches des caractéristiques communes.

6.3 Les conditions émotionnelles d'apprentissage

Au cours d'une activité d'apprentissage, un apprenant a besoin d'un environnement favorable pour que son activité se déroule en bonnes conditions. Plusieurs chercheurs ont essayé d'identifier les conditions d'apprentissage (*Gagné, 1985*), mais ils ont omis de prendre en considération le facteur émotionnel de l'apprenant. Ce facteur est très important et nous avons expliqué son importance dans l'introduction de ce mémoire.

Nous avons détaillé dans la section 4.1 du mémoire toutes les conditions émotionnelles de base qui existent lors d'une activité d'apprentissage, ensuite, nous avons spécifié dans la section 4.2 quelle condition peut être utilisée pour chaque phase du processus d'apprentissage des quatre théories que nous étudions, Nous cherchons dans ce qui suit d'extraire, à partir des conditions d'apprentissage présentées par *Gagné (1985)*, les conditions émotionnelles d'apprentissage selon chaque phase du processus d'apprentissage en se basant sur des recherches théorétiques et pratiques que nous avons implémentées dans notre module informatique.

6.3.1 Le processus d'apprentissage et de mémorisation

Chaque apprenant a des habiletés ou des performances qui sont acquises au fur et à mesure dans le processus d'apprentissage. *Gagné (1985)* a identifié ces habiletés qui caractérisent les individus dès leur naissance. La première de ces habiletés est la capacité d'interagir avec l'environnement en utilisant des symboles. Par exemple, le tuteur montre une variété de photos avec un triangle pour faire la correspondance entre les objets réels et le sujet de la nouvelle leçon.

La deuxième habileté est liée à l'information verbale et consiste à montrer ou énoncer quelques informations en utilisant un dessin, l'écriture ou le discours. Nous pouvons définir, par exemple, l'objectif de notre leçon en montrant aux élèves un dessin animé illustrant un triangle équilatéral.

La troisième habileté est basée sur les stratégies cognitives. Elle est connexe avec les techniques de la pensée, avec les méthodes d'analyse et de résolution de problèmes.

Nous utilisons dans notre logiciel différentes stratégies que le tuteur applique dans le processus d'apprentissage et des tests ayant un degré de difficulté différent pour la résolution de problèmes.

La quatrième habileté est l'habileté motrice. Nous testons les habiletés motrices et visuelles parce que notre tuteur demande aux élèves de créer cinq exemples différents en temps record.

La dernière habileté s'appelle *attitudes*. Gagné (1985) affirme qu'un élève peut préférer d'étudier les mathématiques plutôt que les sciences économiques pendant la période d'études. Notre module informatique peut régler les attitudes négatives de l'apprenant par le fait que le tuteur peut provoquer à l'apprenant un état émotionnel de curiosité lorsqu'il présente l'objectif de la leçon et peut transformer l'émotion courante de l'apprenant en curiosité en lui présentant des objets ayant des triangles dans leur structure.

Nous avons choisi l'exemple suivant (<http://tip.psychology.org/gagne.html>) qui respecte les étapes du processus d'apprentissage présenté par *Gagné (1985)* :

1. Gagner l'attention : montrer une variété de triangles générés par ordinateur.
2. Définir l'objectif : poser la question *Qu'est-ce qu'un triangle équilatéral ?*
3. Faire un rappel de l'apprentissage antérieur : l'examen des définitions des triangles.
4. Présenter le stimulus : donner la définition du triangle équilatéral.
5. Guider l'apprentissage : montrer comment créer un triangle équilatéral.
6. Obtenir des performances : demander aux élèves de créer en temps limité cinq exemples différents.
7. Fournir une rétroaction : vérifier tous les exemples corrects ou incorrects.
8. Évaluer la performance : fournir les évaluations et les mesures correctives.
9. Améliorer la rétention et le transfert : montrer des photos de triangles et demander aux étudiants d'identifier lesquels sont équilatéraux.

Nous implémentons cet exemple dans un STI pour améliorer les habiletés que nous avons présentées ci-dessus. En tenant compte de la théorie de Gagné, nous

précisons dans notre module informatique les conditions émotionnelles qui peuvent intervenir dans chaque phase du processus d'apprentissage.

6.3.2 Les conditions émotionnelles dans le processus d'attention

Premier étape : Gagner l'attention

Les performances de l'apprenant dépendent de l'état d'attention de l'élève. Les émotions comme la joie ou la tristesse par exemple distraient l'attention de l'individu (Mogg, 1998). Plusieurs chercheurs ont démontré que les émotions négatives ont des effets secondaires qui peuvent actionner et influencer en réduisant la performance de l'apprenant (Eysenck, 1992; Hartlage, et al., 1993). Un apprenant qui a des émotions négatives ne peut pas se concentrer très bien sur la nouvelle tâche d'apprentissage. Il fait des connexions mauvaises entre les notions qui ne sont pas liées à la tâche de l'apprentissage. Ainsi, pour attirer l'attention de l'apprenant, le tuteur peut changer l'émotion courante de l'apprenant en état de curiosité. Il s'agit de changer, soudainement, dans la stimulation vers le haut ou vers le bas (Gagné, 1985). Par exemple, dans notre module informatique, le tuteur montre à l'apprenant dans la phase de *gagner l'attention* une variété de triangles générés par ordinateur pour lui induire l'état de curiosité pour les nouvelles notions d'apprentissage. Nous avons utilisé ici **la condition d'analogie** que nous avons décrite à la section 4.2. Le tuteur montre à l'apprenant une image qui est analogue avec la notion d'apprentissage pour la situation en cause.

Deuxième étape : Définir l'objectif

Pour définir l'objectif de la leçon, le tuteur montre à l'élève des photos en mouvement pour lui signaler une émotion de plaisir pendant qu'il présente la nouvelle information. Nous avons utilisé ici **la condition de motivation**.

6.3.3 Les conditions émotionnelles dans le processus d'acquisition de connaissances

Troisième étape : Faire un rappel de l'apprentissage antérieur

Les émotions sont importantes parce qu'elles peuvent affecter le processus d'acquisition de connaissances. Plusieurs chercheurs ont montré que **la condition**

d'affectivité (section 4.2) est applicable dans la phase de ce processus. Si le tuteur présente une affection dans son langage ou dans ses gestes, il imprime à l'apprenant un état de contentement, de plaisir, d'enchantement. Par conséquent, l'apprenant peut facilement apprendre les notions en cause et peut mieux organiser la réponse attendue parce que les informations d'apprentissage ont été codées de manière positive. En cas contraire, sa force d'apprentissage va diminuer, il va apprendre les notions avec une grande difficulté et en même temps va donner des réponses incomplètes et difficiles à comprendre. La tonalité de la matière correspond ainsi à l'état émotionnel de l'apprenant (Mayer et Salovey, 1987). Nous pouvons aussi utiliser *la condition de motivation*. Par exemple, si le tuteur reconnaît l'émotion de l'apprenant en fonction de sa possibilité, il peut motiver l'apprenant par une récompense ou peut, selon la situation, manifester un encouragement suite aux actions de l'apprenant.

Pour faciliter le processus d'acquisition de nouvelles connaissances notre module informatique est conçu selon les solutions suivantes. Tout d'abord, nous devons tester le rappel de l'apprentissage passé, ensuite nous présentons le stimulus et à la fin nous guidons l'apprenant dans le processus d'apprentissage de nouvelles connaissances.

Nous utilisons deux solutions pour tester le rappel de l'apprentissage passé :

- 1) La première est de créer le contenu de la matière selon l'état émotionnel de l'apprenant en ajoutant, par exemple, quelques émoticônes dans la phase de réponse de l'apprenant. Nous motivons l'apprenant par l'émoticône *bravo* ou par un encouragement, *continue*, en l'avertissant de ne pas paniquer s'il n'arrive pas à bien répondre. En conséquence nous utilisons *la condition de motivation*.
- 2) La deuxième solution est d'induire l'émotion correspondante à la tonalité affective de la matière en créant plusieurs interfaces pouvant affecter l'émotion courante de l'étudiant. S'il ne se souvient pas de la réponse relativement à la somme des angles d'un triangle, nous pouvons l'aider en lui montrant un dessin en mouvement qui peut composer la somme, sans toutefois lui donner la réponse demandée pour vérifier bien ses connaissances. Nous utilisons *la condition d'ensemble* qui détermine au niveau de la pensée, au niveau des connaissances et au niveau du comportement une restructuration pour chaque apprenant.

Quatrième étape : Présenter le stimulus

En présentant un stimulus nous utilisons un dessin en mouvement qui crée un état émotionnel de plaisir pour l'apprenant. Ici on applique *la condition de vivacité*.

Cinquième étape : Guider l'apprentissage

À l'étape de guider l'apprentissage, le tuteur attire l'attention de l'apprenant. Tel que nous l'avons expliqué, le tuteur présente les définitions par des dessins en mouvement pour induire à l'apprenant un état émotionnel d'affection pour la matière. On va utiliser ici *la condition d'affectivité*. Le tuteur explique ensuite avec un langage clair et montre à l'apprenant en se servant d'images en mouvement comment peut-on construire un triangle équilatéral. Lorsqu'il explique les propriétés du triangle équilatéral, le tuteur montre à l'apprenant une image significative pour lui induire une émotion d'attachement à la notion d'apprentissage. On utilise cette émotion comme une pseudo-émotion de l'apprenant (Larivey, *Guide des émotions*). Des interfaces amicales sont utilisées pour le calcul du périmètre et de l'aire du triangle, et ces interfaces offrent à l'apprenant une émotion de désir, d'envie de travail avec elles. Nous utilisons aussi *la condition d'analogie émotionnelle*. Le tuteur peut montrer à l'apprenant une image qui est analogue de la situation émotionnelle en cause. L'apprenant peut ressentir de la joie parce que la formule de calcul est bien expliquée et pour les exemples de calcul il a la possibilité d'en implémenter plusieurs. Nous appliquons ici *la condition d'exercice* qui peut être sous forme d'exercices de délectation, exercices de renforcement, exercices de plaisir, ou exercices de curiosité.

6.3.4 Les conditions émotionnelles dans le processus de recherche d'information

Cinquième étape : Guider l'apprentissage

Plusieurs chercheurs ont montré que les individus ont l'habitude de rechercher de l'information dans leur mémoire selon leurs états émotionnels courants (Blaney, 1986). Un apprenant peut ainsi se rappeler d'une histoire plaisante ou désagréable en fonction de son état émotionnel. Il se rappellera d'une histoire plaisante s'il est heureux, joyeux.

Autres chercheurs ont montré que la dépression est liée à un déficit dans les stratégies de recherche d'information (*Hertel et Rude, 1991*).

Nous observons ainsi que dans le processus de recherche d'information nous pouvons avoir une émotion de l'apprenant en fonction de la tonalité de la matière (l'information est codée positive ou négative). S'il est possible, nous pouvons maintenir un état émotionnel neutre de l'apprenant pour le processus de recherche d'information et nous pouvons entraîner l'apprenant vers l'étude en utilisant *la condition d'exercice*.

6.3.5 Les conditions émotionnelles dans le processus d'organisation de la réponse

Sixième étape : Obtenir des performances

Les émotions interviennent inévitablement dans le processus d'organisation de la réponse et y jouent un rôle très important. Les émotions positives sont essentielles pour cette phase et interviennent dans la prise de décision et la résolution de problèmes (*Isen, 1999*). Si nous voulons que l'apprenant donne une réponse prompte et correcte, il est nécessaire de lui induire une émotion positive, par exemple, la joie. Nous devons utiliser *la condition de gradation émotionnelle* si nous voulons obtenir des résultats à cette étape. Les tâches d'apprentissage sont bien classées par ordre ascendant selon le degré de difficulté émotionnelle. Dans ce cas, le tuteur peut guider l'apprenant dans son processus d'apprentissage pour résoudre les problèmes en fonction de leur niveau de gradation émotionnelle. Ainsi, on peut demander à l'apprenant de résoudre les exercices en temps utile et on peut lui poser une condition qui va induire une pseudo - émotion de suspense, et qui peut générer d'autres pseudo - émotions comme le blocage, le calme, le désespoir, l'indifférence, l'intimidation, le regret, le stress, le trac, etc., en fonction du caractère de l'apprenant. Le tuteur peut demander, par exemple, « Si tu ne réussis pas à résoudre toutes les exercices en 10 minutes, un virus effacera toutes les données de l'ordinateur ». Cette demande peut créer l'émotion de suspense. Lorsque l'apprenant réussit à résoudre les exercices, le tuteur le motive avec une émoticône *bravo!* et l'encourage lorsqu'il commet une erreur en lui envoyant le message de passer à l'exercice suivant. Nous pouvons aussi *utiliser la condition de motivation. La condition*

de vivacité émotionnelle implicite est souvent utilisée parce que la majorité des apprenants peuvent résoudre les exercices sans difficulté.

Septième étape : Fournir une rétroaction - vérifier tous les exemples corrects ou incorrects

À l'étape de fournir une rétroaction, le tuteur utilise la *condition de set* en vérifiant tous les exercices. Il combine les situations possibles en utilisant différentes techniques pour donner une réponse positive et correcte à l'apprenant. Il utilise la condition d'analogie en donnant à l'apprenant une réponse prompte et une image qui est analogue pour la situation émotionnelle en cause qui est liée à chaque exercice. Cette image peut induire :

- un état heureux, joyeux, si l'apprenant se souvient d'avoir trouvé la bonne réponse de l'exercice, ou
- un état de tristesse, d'impatience, de peur, de colère, s'il a commis une erreur dans la résolution des exercices et il attend les résultats.

Huitième étape : Évaluer la performance - fournir les évaluations et les mesures correctives

À l'étape d'évaluer la performance, nous affichons les résultats. Nous remarquons que les apprenants ayant réussi à bien résoudre les exercices éprouvent d'émotions positives comme l'euphorie, la joie, le plaisir, le contentement, alors que ceux qui n'ont pas bien réussi éprouvent d'émotions de tristesse et de regret.

Neuvième étape : Améliorer la rétention et le transfert

À l'étape d'amélioration de la rétention et du transfert on utilise la condition *d'exercice émotionnel* et le tuteur présente à l'apprenant un exercice de délectation émotionnelle. L'apprenant regarde un ballet de triangles et le tuteur lui demande d'identifier ceux qui sont équilatéraux.

Les conditions émotionnelles d'apprentissage constituent des éléments fondamentaux pour ce processus. C'est pour cette raison que nous proposons un STI basé sur ces conditions qui ont fait l'objet de la présente section.

6.4 L'architecture de notre STI

Nous avons expliqué, dans la troisième section, l'architecture classique d'un STI telle que définie par *Murray (1999)*. Nous reprenons cette architecture pour implémenter notre module et nous expliquons comment nous avons réalisé chaque composante et comment nous avons intégré les modules émotionnels pour réaliser un STI émotionnel.

Nous rappelons qu'un STI est composé d'une architecture ayant à la base quatre modules principaux : l'expert du domaine, le modèle de l'apprenant, le tuteur, et l'interface. L'expert du domaine trouve une méthode de raisonnement et peut simuler la façon dont l'individu utilise les informations. Le tuteur contient les stratégies pédagogiques et planifie les activités à présenter à l'étudiant. Il fournit des explications à l'apprenant et dirige le processus d'instruction. Le modèle de l'apprenant inclut les connaissances concernant ce dernier. L'interface représente un milieu de communication entre ces modules. À chacun de ces modules nous avons inséré des facteurs émotionnels pour faciliter le processus d'apprentissage en respectant les étapes qui sont définies dans la théorie pédagogique en cause.

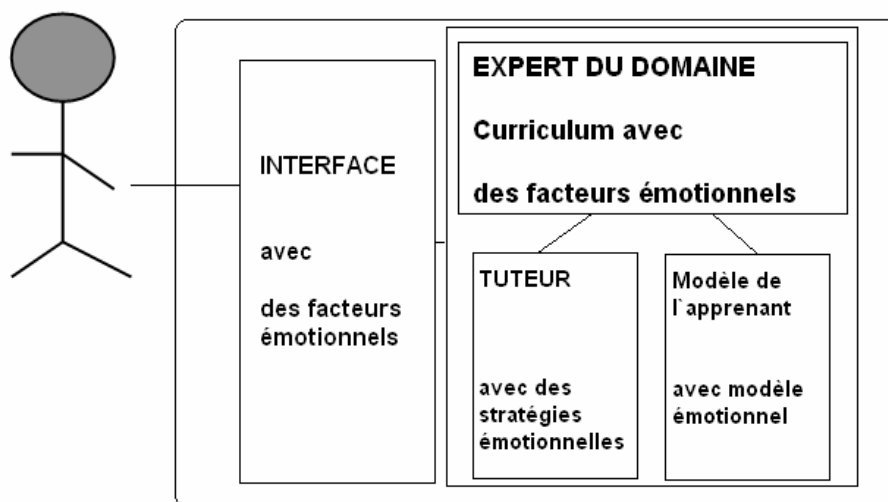


Figure 6.4 : Architecture d'un STI intégrant des modules émotionnels

Cette figure montre un STI classique où on a inséré des modules émotionnels dans chaque composante. Notre but est d'insérer ces modules émotionnels dans un STI classique et d'obtenir un STI émotionnel fonctionnel du point de vue pédagogique qui

fonctionne en bonnes conditions d'apprentissage et qui permet à un apprenant réel de travailler avec un tuteur virtuel qui applique une stratégie émotionnelle en utilisant l'expert du domaine avec des facteurs émotionnels.

Nous montrons dans ce qui suit comment fonctionne chaque module avec les facteurs émotionnels que nous avons introduits, et quel est l'impact sur le processus d'apprentissage.

6.4.1 Le modèle de l'apprenant avec modèle émotionnel

Le modèle d'apprenant représente le profil de l'apprenant avec des connaissances sur la matière, son état émotionnel et son rythme d'apprentissage (Self, 1990).

Le modèle de l'apprenant représente les connaissances nécessaires qui indiquent le niveau de l'apprenant. Le modèle émotionnel de l'apprenant est primordial dans un STI. Il se réfère à son état émotionnel. Pour connaître un apprenant nous avons besoin de connaître son état cognitif, son état émotionnel et son style d'apprentissage. Ce modèle nous permet de représenter le mode d'identification de l'apprenant réel avec ses connaissances, son niveau, son caractère, ses habitudes. Sans ce modèle, un STI ne peut ni adapter l'instruction selon l'état émotionnel de l'apprenant, ni favoriser les conditions émotionnelles minimales pour apprentissage.

Dans notre module informatique nous utilisons un modèle de l'apprenant qui contient les connaissances sur la matière. Ce modèle fonctionne comme un modèle de recouvrement. Pour corriger les erreurs à l'étape de vérification, nous nous inspirons du modèle Buggy (Brown et Burton, 1978) et nous réalisons une étape spéciale de vérification des connaissances (la septième étape) dans laquelle le tuteur va indiquer à l'apprenant la réponse correcte pour chaque erreur, ainsi que le pointage obtenu.

6.4.2 Le tuteur et ses stratégies émotionnelles

Le tuteur cherche à analyser et à restructurer les contenus. Il respecte la structure donnée du curriculum et peut réaliser ses objectifs sur chaque élément du contenu. Il veut appliquer les stratégies et les méthodes pédagogiques qui répondent aux besoins de l'apprenant. Le tuteur peut adapter le contenu de la matière et connaît très bien les

moments de ses interventions. Il connaît la norme du curriculum et il peut adapter le contenu de la matière conformément à une stratégie pédagogique et selon le niveau cognitif de l'apprenant, en tenant compte de la personnalité de chaque apprenant. Quand un apprenant a une attitude négative envers la matière, le tuteur peut changer cette attitude en utilisant une stratégie émotionnelle adéquate. Il s'agit de présenter la matière conformément aux méthodes émotionnelles en cause. Il explique la matière en utilisant les facteurs émotionnels adéquats selon la situation en cause : le ton de son langage, les gestes de dessiner, les images audio-visuels, etc. Les notions d'apprentissage sont en tout temps accompagnées d'une émotion positive spécifique pour assurer à l'élève un bon climat émotionnel d'apprentissage. Il répond constamment aux besoins de l'apprenant et assure les conditions émotionnelles adéquates pour le bon déroulement du processus. Quand l'apprenant résout correctement un exercice, le tuteur répond par une motivation. Il peut avoir aussi une attitude positive d'encouragement quand l'apprenant commet une erreur. Il corrige ensuite les erreurs et insiste sur le processus de corriger les erreurs en utilisant des exemples audio-visuels qui peuvent induire une émotion positive à l'apprenant. Après avoir évalué les apprenants, il essayera d'insuffler une amélioration par mesures correctives qui sont appliquées et essayera également d'améliorer l'état émotionnel de l'apprenant en utilisant la méthode émotionnelle adéquate. Par conséquent, le tuteur se sert d'une stratégie pédagogique et, en fonction des normes curriculaires et en ajoutant des facteurs émotionnels, il peut diriger le processus d'apprentissage en améliorant les connaissances et le comportement de chaque apprenant.

6.4.3 L'expert du domaine et les facteurs émotionnels

L'expert du domaine représente le curriculum. La composante de base pour le curriculum est le contenu qui indique les modalités concrètes avec lesquelles sont réalisés les objectifs dans le processus d'enseignement (apprentissage). La notion de contenu est désignée par la substance actionnée par les stratégies didactiques pour atteindre un niveau performant dans la réalisation des objectifs. Le contenu est la totalité d'informations qui sont transformées en connaissances, en aptitudes, en compétences, en

attitudes, en valeurs, en technologies. Le contenu représente la quantité de connaissances et d'aptitudes qu'un apprenant peut apprendre. Le passage d'un contenu commun de formation informatique générale pour tous les apprenants à un contenu diversifié avec des facteurs émotionnels en rapport avec la personnalité de chaque apprenant représente une nouvelle ouverture dans le processus d'enseignement informatique. Nous voulons implémenter cette approche dans notre STI. Pour notre module informatique, l'expert du domaine représente la base de connaissances relativement au cours à enseigner. L'expert du domaine peut offrir à l'apprenant un contenu dynamique, par le fait qu'il peut répondre à toutes les questions posées à l'apprenant et résoudre des problèmes non prévus d'avance. Pour avoir de bonnes conditions émotionnelles d'apprentissage, l'expert du domaine devrait inclure des facteurs émotionnels. Plusieurs chercheurs ont montré que les images et les sons évoquant des émotions sont mémorisés à long terme et avec plus de précision. Par exemple, les stimuli émotionnels sont supérieurs aux stimuli rationnels dans le processus de la mémorisation (Kensinger et Schacter 2005). À partir de cette idée, nous avons intégré des facteurs émotionnels dans notre expert du domaine.

6.4.4 L'interface et les facteurs émotionnels

L'interface est la partie du programme qui fait la liaison entre l'apprenant réel et le programme informatique, la partie avec laquelle l'utilisateur peut interagir pour une application. Notre interface est interactive et amicale avec l'apprenant réel. Elle est composée d'éléments classiques (boutons simples et radio, étiquettes, listes roulantes, tabs de contrôle et de page, boîtes d'images, boîtes de listes, data grid wiew, etc.) et d'éléments émotionnels (avatars pouvant exprimer les émotions, icônes pour boutons, images et films avec Windows media player). Certains chercheurs considèrent que les ordinateurs sont pareils aux humains (Reeves B, 1996). D'autres ont créé des avatars pour exprimer les émotions, mais ne se sont pas assurés de la confiance des utilisateurs (Bates, 1994). Picard a montré dans son étude que l'apprenant ressent plusieurs émotions durant son interaction avec le logiciel. Un apprenant peut avoir une émotion positive quand sa tâche d'apprentissage a été complétée avec succès, mais il peut y avoir une émotion négative si l'application arrête de fonctionner (Picard, 2001). On peut dire

que l'utilisation des avatars implique de l'interactivité entre l'utilisateur et le logiciel et en même temps de la confiance de l'apprenant envers le tuteur virtuel. L'utilisation de photos, de sons et de films avec Windows media player a une influence positive sur l'attention, la prise de décision, la mémorisation à long terme, et peut favoriser le processus cognitif.

Dans ce travail de recherche nous nous sommes intéressés à l'analyse de l'influence des émotions positives sur les performances de l'apprenant au cours du processus d'apprentissage. Nous décrivons dans la section suivante les approches que nous avons adoptées pour atteindre cet objectif.

6.5 Les approches adoptées (que nous avons appliquées pour atteindre les objectifs de la recherche)

6.5.1 La prédiction de réaction émotionnelle de l'apprenant

Les émotions peuvent résulter de certaines interprétations mentales d'événements ou de situations. Pour la prédiction d'émotions, nous nous sommes inspirés du modèle OCC (*Ortony, Clore et Collins, 1998*). Dans ce modèle, les émotions sont considérées comme des réactions de valence (positive ou négative) aux perceptions de l'environnement. Ce dernier se compose d'agents, d'événements et d'objets; ainsi les émotions surgissent comme conséquence :

- à la désirabilité ou pas d'un événement (contentement, mécontentement);
- à l'approbation ou à la désapprobation des actions des agents (approbation ou désapprobation);
- (ou) à l'amour ou au rejet de quelques aspects d'un objet (amour, rejet);

Les auteurs définissent dans ce modèle trois critères d'évaluation :

1. les buts qui représentent le critère employé pour évaluer des événements;
2. les standards moraux qui représentent le critère employé pour évaluer les actions des agents;

3. les préférences qui représentent le critère employé pour évaluer des aspects de l'objet.

Tous ces critères sont utilisés pour spécifier vingt-deux types d'émotions (*Ortony, Clore et Collins, 1998*). Grâce à son succès, ce modèle OCC a été le plus souvent utilisé comme base pour des modèles émotionnels informatiques (*Bates, 1994; Chaffar, et al. 2006, El Nasr, et al., 2000; Faivre, et. al. 2002*). Nous avons aussi choisi de nous inspirer du modèle OCC décrit ci-dessus. Ce modèle est fiable pour représenter les émotions des agents virtuels, mais pour représenter les émotions des utilisateurs, il devient trop général. Chaque individu manifeste son état émotionnel de manière individuelle, différente, et dépend d'un événement émotionnel et de plusieurs autres facteurs, par exemple, l'émotion courante, son état physique, le sexe, etc. Pour suivre les changements émotionnels des utilisateurs, plusieurs chercheurs en informatique ont utilisé des capteurs (caméras, microphones) permettant de détecter les émotions de façon dynamique. Toutefois, ces méthodes ne sont pas les meilleures méthodes à cause de l'inconfort que les utilisateurs ressentent et des coûts d'utilisation de ces équipements. Nous proposons d'éliminer cette difficulté en utilisant un module tuteur apprenant qui est capable de prédire la réaction émotionnelle de l'utilisateur. Pour prédire la réaction émotionnelle de l'apprenant, notre tuteur doit connaître la personnalité de chaque apprenant et il doit aussi appliquer la solution convenable selon la situation en cause. On sait déjà qu'une émotion est déclenchée à la suite d'un événement émotionnel. Pour connaître quelle émotion va être déclenchée sur l'état de l'apprenant, le tuteur doit établir les événements émotionnels qui peuvent déclencher ces émotions. Les événements émotionnels dépendent de :

1. L'état de l'apprenant comme une réaction à la suite de ses réflexions – Voici un exemple pour illustrer ce premier cas : Un individu qui a de la confiance en soi-même peut résoudre très rapidement les tâches de travail. De plus, il a envie de faire les exercices, il est heureux lorsqu'il accomplit les tâches et il est très content quand les résultats sont affichés. Un apprenant qui n'a pas de confiance en soi-même peut éprouver une émotion négative d'ennui, de dégoût ou d'anxiété, selon chaque individu.

2. L'état de l'apprenant après une intervention externe qui est survenue par l'intermédiaire d'une autre personne - Voici un exemple pour illustrer ce deuxième cas :

Le tuteur peut intervenir dans le processus d'apprentissage en influençant positivement l'apprenant au cours d'une séquence d'apprentissage ou d'une séquence d'évaluation en utilisant des encouragements quand l'apprenant accomplit avec succès sa tâche ou des conseils positifs lorsque l'apprenant commet des erreurs. Nous utilisons le modèle OCC et nous pouvons illustrer cet exemple en associant pour chaque événement émotionnel une émotion qui peut surgir lorsque l'événement a lieu (voir table 6.5.1):

Tableau 6.5.1 : Illustration de l'association des émotions pour chaque événement émotionnel

Événements émotionnels	Émotions associées
Étape 7: Obtenir des résultats après le test d'évaluation	satisfaction, contentement joie, euphorie, plaisir
	tristesse, déception, ennui
Étape 7 : Rétroaction du tuteur	admiration, joie, encouragement
	neutre, tristesse, reproche, compassion

Le deuxième objectif de notre recherche est de proposer d'améliorer ces méthodes d'apprentissage par l'inclusion des facteurs émotionnels individuels (voir figure 6.5.1). La réaction émotionnelle dépend de l'événement émotionnel et de plusieurs facteurs individuels (Hess, 1992). De ce fait, notre approche de prédiction émotionnelle est fondée sur l'événement émotionnel et le modèle de l'apprenant. On connaît que les tests d'évaluation ont été toujours considérés dans le domaine de l'éducation classique comme des expériences émotionnelles à effet négatif sur l'apprenant. Une fois la note obtenue, l'apprenant peut sentir des émotions négatives ou positives selon la note, de sa personnalité, etc. En outre, une présentation de la matière non adaptée au style de l'apprenant peut affecter son état émotionnel. Par exemple : un cours seulement auditive peut produire un effet de ennui pour un apprenant; un cours très difficile peut lui générer de l'anxiété. Il est donc important d'agir suite à un événement émotionnel pour remédier à une émotion négative en adaptant l'instruction à l'apprenant ou en le rassurant après avoir obtenu sa note. Dans notre étude nous avons restreint notre champ de recherche en se concentrant sur deux événements pour la prédiction de la réaction émotionnelle, à savoir : l'obtention de la note pour les tests d'évaluation (initiale et finale) et la rétroaction du tuteur. Ces deux événements

représentent deux facteurs considérables affectant l'état émotionnel d'un étudiant et sa réussite (Perry et al., 2004).

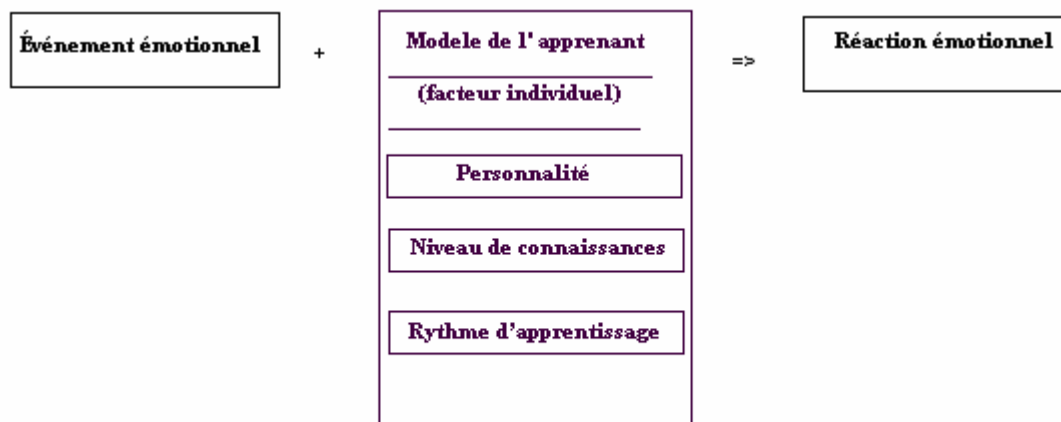


Figure 6.5.1 : L'inclusion des facteurs émotionnels individuels

Notre module informatique est un module multimédia. Pour induire à l'apprenant des émotions positives et pour attirer son attention, nous avons utilisé des photos et des sons qui provoquent des émotions positives au cours du processus d'apprentissage. Nous avons utilisé dans notre étude l'apprentissage automatique supervisé qui est une technique d'intelligence artificielle permettant à une machine d'apprendre à partir d'exemples déjà disponibles (Mitchell, 1997). Il existe trois modes d'apprentissage automatique : l'apprentissage supervisé, l'apprentissage non-supervisé et l'apprentissage par renforcement.

Nous utilisons dans notre recherche l'apprentissage automatique supervisé et en même temps l'apprentissage par renforcement.

L'apprentissage supervisé est une technique d'apprentissage automatique où l'on cherche à produire automatiquement des règles à partir d'une base de données d'apprentissage contenant des exemples de cas déjà traités.

Par exemple, nous utilisons une base de données pour garder les apprenants avec :

- le champ id qui représente le numéro d'utilisateur;
- le champ nom qui représente le pseudonyme de l'utilisateur;
- le champ points qui représente le numéro de points accumulés;
- le champ leter qui représente le résultat final.

id	nume	points	leter
51	theo29	100	A+
2	lbc	100	A+
93	101	100	A+
53	DOINACARA	90	A
94	101	100	A+

Figure 6.5.2 : Table de résultats pour les utilisateurs

À chaque étape d'apprentissage l'apprenant va accumuler des points et à la fin on va transformer le pointage dans une lettre. La partie du code qui transforme le pointage est :

```

if (x <= 10)
    y = "D-";
else if (x > 10 & x <= 20)
    y = "D";
else if (x > 20 & x <= 30)
    y = "D+";
else if (x > 30 & x <= 40)
    y = "C";
else if (x > 40 & x <= 50)
    y = "C+";
else if (x > 50 & x <= 60)
    y = "B";
else if (x > 60 & x <= 70)
    y = "B+";
else if (x > 70 & x <= 80)
    y = "A-";
else if (x > 80 & x <= 90)
    y = "A";
else if (x > 90 & x <= 100)
    y = "A+";

```

où x est la variable utilisée pour comparer le numéro de points obtenus, et y est la variable utilisée pour garder la lettre obtenue par chaque élevé.

L'apprentissage non supervisé est une méthode d'apprentissage automatique qui se distingue de l'apprentissage supervisé par le fait qu'il n'y a pas de sortie à priori. Dans l'apprentissage non supervisé, il y a en entrée un ensemble de données collectées. Le programme traite ensuite ces données comme des variables aléatoires et construit un modèle de densités jointes pour cet ensemble de données.

L'apprentissage par renforcement fait référence à une classe de problèmes d'apprentissage automatique dont le but est d'apprendre à partir d'expériences, ce qu'il convient de faire en différentes situations, de façon à optimiser une récompense numérique au cours du temps (Wikipedia). Dans notre cas, par exemple, le calcul du périmètre représente une classe de problèmes d'apprentissage automatique qui est faite à partir d'une formule de calcul que chaque élève apprend en expérimentant différents exemples. À la fin de chaque partie d'évaluation, les élèves ont été récompensés par le tuteur avec un emoticon qui induit à l'apprenant une émotion positive de renforcement d'apprentissage et un pointage partiel. Chaque étudiant recevra le résultat final à la fin de l'étape d'évaluation.

Il existe plusieurs paradigmes de modélisation selon les types de données. Pour chaque événement émotionnel, une expérimentation a été développée pour la collecte de données sous forme d'attributs/émotions. De plus, une action qui porte le nom de *procédé pédagogique émotionnel* a été appliquée pour chaque événement émotionnel dans le but de régler la situation.

Nous avons opté pour une approche empirique afin d'analyser le progrès. Nous avons mesuré le progrès d'apprentissage en comparant les analyses faites avant l'utilisation de notre module informatique avec les résultats fournis par notre programme. Nous avons comparé les résultats antérieurs et les nouveaux résultats. Nous faisons une présentation détaillée de notre approche dans la section « Choix et outils utilisés ».

6.5.2 Les procédés émotionnels appliqués dans notre module

Pour atteindre le troisième l'objectif de notre recherche, celui d'améliorer les performances d'apprentissage, nous avons utilisé dans notre module un tuteur virtuel qui applique les stratégies et les méthodes pédagogiques pour répondre aux besoins de l'apprenant. Il entreprend des actions pédagogiques centrées sur le problème et des actions centrées sur les émotions. Ces types d'actions pédagogiques sont liées aux événements émotionnels et dépendent de l'expérience et des aptitudes du tuteur à changer ces événements. Dans le tableau ci-dessous nous donnons un exemple d'actions émotionnelles qui concernent les événements en cause, en respectant, pour chaque étape d'apprentissage, le modèle de Gagné (voir table 6.5.2) :

Tableau 6.5.2 : exemple d'actions émotionnelles qui concernent les événements, en respectant, pour chaque étape d'apprentissage le modèle de Gagné

No	Événement émotionnel	Type d'action associée à l'événement	
		Action centrée sur le problème	Action centrée sur l'émotion
1.	Attirer l'attention	Montrer une variété d'images avec des triangles	Induire une émotion par rapport au besoin, l'émotion de <i>délectation</i> . L'apprenant est délecté avec des photos de triangles générées par l'ordinateur
2.	Définir l'objectif	Poser la question : « Qu est-ce qu'un triangle équilatéral? »	Attirer <i>l'attention</i> de l'apprenant avec des objets qui contiennent des triangles dans leur structure
3.	Rappel de l'apprentissage	Examen des définitions des triangles	Déclencher à l'apprenant une émotion positive à l'aide des images représentatives pouvant lui induire un état de <i>plaisir</i> en apprentissage. Il est heureux de pouvoir étudier les propriétés des triangles en regardant les films que le tuteur lui présente. Le désir d'apprentissage est renforcé par la présentation des formules mathématiques et des définitions qui sont transposées en images concluantes. Lorsque l'apprenant résout bien les exercices proposés par le tuteur, il reçoit des mots d'encouragement et quand il ne réussit pas à accomplir la tâche il est invité à continuer avec l'exercice suivant. On lui attribue une émotion d'admiration pour les choses bien faites.

No	Événement émotionnel	Type d'action associée à l'événement	
		Action centrée sur le problème	Action centrée sur l'émotion
4.	Présentation du stimulus	Donner la définition du triangle équilatéral	Présenter une image en mouvement qui stimule inconsciemment l'apprentissage de l'apprenant. <i>Enchanter</i> l'apprenant avec une vidéo convenable.
5.	Compréhension de la matière et le guidage d'apprentissage	Expliquer ou fournir des exemples pour que l'apprenant puisse comprendre la matière	Encourager l'apprenant à découvrir tout seul les propriétés du triangle équilatéral en utilisant des images représentatives simples ou en mouvement. On lui montre, par exemple, la formule de calcul du périmètre et ensuite on l'encourage à utiliser l'apprentissage par renforcement.
6.	Obtenir des résultats	Demander aux utilisateurs d'accomplir 5 tâches différentes en temps utile	Demander à l'apprenant de se concentrer et tester en même temps l'émotion de mettre en <i>colère</i> . Encourager l'apprenant à l'aide d'émoticons lorsqu'il trouve la bonne réponse, et l'inviter à continuer son étude même s'il n'a pas trouvé la bonne réponse. Développer l'imagination de l'apprenant en lui montrant différentes possibilités de construire les triangles.
7.	Fournir une rétroaction	Vérifier toutes les tâches de travail (exercices corrects et incorrects)	Encourager l'apprenant à découvrir tout seul les solutions pour les exercices précédents en lui associant les photos qui correspondent à chaque exercice.
8.	Évaluer les performances	Fournir les résultats	Proposer à l'apprenant des mesures correctives
9.	Améliorer la rétention et le transfert	Montrer des photos d'objets qui contiennent des triangles et demander	Induire à l'apprenant une émotion de plaisir lorsqu'il reconnaît les triangles équilatéraux et lui présenter des photos qui forment un ballet de triangles sur un fond musical adéquat.

		d'en identifier les triangles équilatéraux	
--	--	--	--

Nous avons ciblé dans cette étude deux aspects principaux : la compréhension de la matière et l'obtention de résultats. Nous pouvons analyser quel type d'action peut le tuteur appliquer selon l'événement émotionnel en cause et quel type de procédé didactique émotionnel est possible d'appliquer. L'objectif principal du tuteur est d'observer quelle émotion correspond à chaque situation et de créer un environnement favorable à l'apprenant pendant le processus d'apprentissage.

Pour améliorer les performances d'apprentissage émotionnel, le tuteur doit d'abord connaître l'émotion courante de l'apprenant, et ensuite il doit entreprendre une action pédagogique émotionnelle en appliquant un procédé pédagogique émotionnel pour améliorer la performance ou pour remédier la situation en cause. Les procédés didactiques émotionnels qui peuvent être appliqués à notre module informatique sont décrits dans la section 6.2.

Nous utilisons dans notre étude une approche empirique qui vise à collecter des réponses psychologiques des apprenants durant une session d'apprentissage contenant les événements émotionnels pour chaque étape du processus d'apprentissage. Ces réponses psychologiques permettent de déterminer si les actions pédagogiques émotionnelles utilisées par notre tuteur virtuel ont des effets positifs sur l'apprenant.

Dans la section suivante nous justifions les choix des techniques et des outils utilisés pour réaliser notre programme informatique.

6.6 Choix et outils utilisés pour atteindre les objectifs de la recherche

Multimédia signifie typiquement des données d'images numériques, audio, vidéo, animation et des graphiques avec données textuelles. L'acquisition, la production, le stockage et le traitement des données multimédia dans les ordinateurs et sur les réseaux de transmission ont augmenté considérablement au cours des dernières années.

Tout d'abord, l'utilisation des ordinateurs personnels s'est répandue et leur puissance de calcul a augmenté. Il existe maintenant des dispositifs à haute résolution qui peuvent capter et afficher des données multimédia (appareils photonumériques, scanners, moniteurs, imprimantes), et aussi des dispositifs de stockage à haute densité. De plus, les données à haute vitesse des réseaux de communication sont aussi disponibles. Le Web a proliféré sauvagement et les logiciels multimédia de manipulation de données sont maintenant disponibles. Enfin, certaines applications spécifiques déjà existantes et les applications futures auront besoin d'utiliser les bases de données multimédia. Cette tendance sera remarquée à l'avenir. Les données multimédia sont dotées d'un certain nombre de fonctionnalités. Elles facilitent également le développement de nouveaux paradigmes dans l'enseignement à distance, interactif et personnel, de groupe, et de divertissement.

Pour l'implémentation pratique, nous avons utilisé un modèle basé sur l'apprentissage à distance. Ce logiciel est ainsi conçu pour fonctionner comme une application multimédia client/serveur. Nous avons utilisé le serveur de Web ASP de Microsoft qui s'appelle Internet Information Service (IIS) pour conserver l'application et plusieurs ordinateurs branchés à l'Internet ont été utilisés comme postes de travail. Notre application est programmée en Microsoft Visual C#, et la base de données est faite en Microsoft SQL, aussi que la technologie AJAX. Nous décrivons en détail dans les sections suivants la fonctionnalité de notre réseau pour l'application client – serveur, et la technologie que nous avons implémentée.

6.6.1 L'application client/serveur et la fonctionnalité du réseau

Les premières applications conçues dans le domaine ont été faites pour la plupart des programmes intégrés de réseau. Par exemple, elles offraient une base de données multiutilisateur et avaient l'interface frontale (front-end) d'interaction avec l'utilisateur et le « moteur » de la base de données sur le même ordinateur (la partie du programme qui travaille avec des fichiers de la base de données). La base de données était la seule partie qui pouvait se trouver sur le serveur, en réseau. Dans cette configuration, le traitement informatique de toutes les données des clients (lecture, recherche de

documents, etc.) était fait sur les ordinateurs clients. On peut décrire ces applications comme ayant seulement le client. Le serveur était une simple source de données qu'il envoyait à l'utilisateur à partir des fichiers enregistrés sur le disque ou qu'il recevait et stockait sur le disque.

Au cours des dernières années est apparu un grand nombre de systèmes basés de données complexes qui mettent en réseau le moteur d'accès à la base de données qui se situe sur l'interface (front-end) de l'utilisateur. Ces systèmes sont appelés systèmes client/serveur.

Après l'amélioration des performances comme une conséquence de l'élimination du surchargement du réseau dû aux transferts de grandes quantités de données, le serveur a aussi l'avantage qu'il peut desservir plusieurs clients en même temps. L'ensemble du processus de synchronisation de l'accès à la base de données qui sera fait par les clients est désormais effectué par le serveur, ce qui rend les applications plus simples et l'ensemble du système plus efficace. Notre application a été testée pour plusieurs utilisateurs qui ont travaillé en même temps.

Les bases de données ne sont pas les seules applications qui peuvent être réalisées dans le système client/serveur. Autre applications client/serveur peuvent inclure des serveurs de messagerie, systèmes pour visualiser les images sur l'ordinateur et le réseau de services de surveillance. Par exemple, notre STI fournit aux utilisateurs en même temps des photos et des vidéos plus grandes.

Les avantages des systèmes client/serveur

1. Une **meilleure sécurité** car l'accès aux données de base de données du serveur est indirect. Les utilisateurs ne peuvent pas voir les fichiers des données, sauf si on leur donne ce droit explicitement. Par exemple, à la 8^e étape d'apprentissage, tous les utilisateurs peuvent voir les résultats obtenus par d'autres apprenants pour avoir une image d'ensemble sur leur résultat d'apprentissage, mais, pour des raisons de confidentialité, les

résultats sont affichés par code d'utilisateur sans divulguer les noms des apprenants;

2. **L'amélioration de la performance** est possible parce qu'une meilleure conception du serveur peut conduire à une meilleure coordination des services pour les utilisateurs qui veulent partager des services en même temps, et d'ici une meilleure performance. Dans le cas des serveurs de base de données en réseau, les utilisateurs n'ont qu'à envoyer des requêtes vers le serveur pour trouver ce qui les intéressent et le serveur leur enverra uniquement les résultats désirés. Dans notre cas, par exemple, les apprenants peuvent envoyer la requête de visionner un film pour comprendre la somme des angles d'un triangle et le tuteur enverra uniquement ce film;
3. **L'amélioration de la qualité - prix**. Les clients doivent seulement avoir assez de pouvoir de calcul pour exécuter le programme. Si l'on a besoin de performances plus élevées, le serveur peut être remplacé par un ordinateur personnel plus performant, mais aussi plus coûteux.

Les inconvénients du client/serveur

1. **La complexité** - En général, il n'est pas facile de configurer et d'administrer les systèmes client/serveur. Par exemple, dans notre cas, les grandes photos ont été transformées pour avoir une petite dimension;
2. **Les exigences** - Pour pouvoir servir plusieurs utilisateurs, le serveur des systèmes client/serveur a besoin d'un ordinateur qui est dispendieux. Les applications enregistrées sur le serveur ont tendance à devenir plus volumineuses et plus complexes et demandent plus de RAM;

3. **Le prix** - Les performances du serveur diminuent lorsque le nombre d'utilisateurs augmente. Pour récupérer les performances, le serveur de base de données doit fonctionner sur une machine dédiée à ce serveur. En général, il y a un serveur dédié qui fonctionne comme serveur de base de données, mais dans notre cas, nous avons un serveur dédié et un serveur de base de données dédiée général, ce qui conduit à au moins doubler le coût.

Technologies Group (groupware) est un ensemble de technologies qui visent à améliorer la productivité de deux ou de plusieurs utilisateurs qui coopèrent en réalité dans certains objectifs communs. L'idée est que le réseau de données qui connecte les utilisateurs, les communications et les travaux sur ce sujet peut être automatisé pour améliorer le flux de travail et de possibilités. Notre STI peut être vu comme une des applications de technologie du groupe parce que notre système de base de données est utilisé en commun. Son rôle est de diffuser les connaissances dans les bases de données des organisations à un certain nombre d'utilisateurs.

Une autre facilité de notre application est de poursuivre la possibilité de flux de travail. L'idée est que les groupes d'utilisateurs qui sont à l'intérieur de notre réseau peuvent bénéficier de l'automatisation des activités de routine. Une grande partie des systèmes qui gèrent les flux de main-d'œuvre est basée sur les formulaires. Ils reçoivent des données d'une personne, et ensuite les transmettent, si possible, avec des données supplémentaires provenant d'autres sources. Les apprenants reçoivent, par exemple, des informations théoriques qui sont matérialisées par la suite en réponses aux exercices, transformées en résultats finaux et ces résultats peuvent être transmis au tuteur. Ils ont des mécanismes d'apprentissage et de suivi des transactions et des rapports d'avancement des travaux. Les objectifs seront moins oubliés ou retardés parce que les ordinateurs sont plus fiables que les individus. La notion de flux de travail est importante dans les réseaux.

6.6.2 Bases de données multimédia

Pour expliquer les notions que nous avons utilisées, nous faisons appel aux définitions des concepts que nous avons appris au cours d'agents intelligents : « *La base de données est un groupe de fichiers qui sont enregistrés dans un grand nombre de données centralisées, organisées dans le but de traiter leurs demandes de service* » (C. Frasson, 2007) . Multimédia se réfère à la capacité d'acquérir, de manipuler, de jouer et de combiner les informations provenant d'une variété de médias, y compris les textes, graphiques, animation, son, image ou vidéo. Multimédia n'est pas une technologie, mais plutôt une notion qui décrit un certain nombre de technologies qui travaillent ensemble. La notion de multimédia définit l'intégration dans une conception unitaire d'images, de textes et de sons qui forment un document.

Les bases de données multimédia créent une union entre les disciplines de la recherche d'informations et de gestion de bases de données. D'où le grand nombre d'applications de ces bases de données multimédia :

- La diffusion de l'information - multimédia est le moyen le plus rapide, efficace et bon marché par rapport à d'autres moyen de diffusion de l'information pour le grand public; multimédia compte de vraies encyclopédies électroniques
- La gestion des documents et des enregistrements - les entreprises et les institutions commerciales ont besoin de divers documents, en fonction de leur spécificité
- L'enseignement et la formation - pour trouver les matériaux didactiques utilisés dans le processus de formation
- Les annonces - il n'y a pratiquement pas de limite quant à l'utilisation de l'information multimédia dans ce type d'applications
- Contrôle et suivi des applications en temps réel - avec des bases de données actives, les présentations multimédia d'informations jouent un rôle concert dans les opérations de surveillance et de contrôle dans les systèmes de transport, de surveillance des patients, etc.

Pour réaliser toutes ces applications dans des conditions optimales, les bases de données multimédia doivent en outre assurer un minimum d'accès à des données et garantir l'intégrité, la sécurité et l'indépendance des données.

Les problèmes qui se posent dans les bases de données multimédia

Les applications multimédias contiennent des milliers d'images statiques et dynamiques, documents, textes, segments audio et vidéo dont l'organisation dépend de leur forme et la structure des données relatives au contenu.

Un premier problème est généré par le conflit qui se produit entre l'application des techniques de bases de données et la récupération d'informations. Dans les systèmes de base de données, la modélisation du contenu des données ne pose pas un problème parce que les données ont une structure rigide. D'autre part, la recherche d'information traite particulièrement de la modélisation du contexte du document (par mots-clés, index, réseaux sémantiques, etc.). Le design conceptuel logique et physique constitue un problème auquel on n'a pas encore trouvé une réponse concrète. L'étape de stockage de données multimédia sur support standard compte des problèmes de représentation et de compression / décompression. La tendance est maintenant d'archiver les informations de manière à réduire la taille de la zone tampon au cours de l'opération d'entrée / sortie. Nous avons éliminé ces problèmes en utilisant les normes JPEG ou MPEG. Pour les documents, il existe déjà des applications telles que Encode/Unicode (Windows), Tar (Unix), etc., qui effectuent la compression / décompression des images (actuellement en cours de développement).

L'énorme quantité de données dans différentes applications multimédias justifie le fait que les bases de données fournissent la cohérence, la concurrence, l'intégrité, la sécurité et la disponibilité des données. Du point de vue de l'utilisateur, les bases de données comptent des fonctionnalités pour faciliter la manipulation, de recherche et la récupération d'information très pertinente d'immenses collections de données stockées.

Les bases de données multimédia ont à faire face à l'augmentation de l'utilisation d'un grand volume de données multimédias qui sont utilisées dans diverses applications logicielles. Les applications comprennent les bibliothèques numériques, la

fabrication et la vente en détail, l'art et le divertissement, le journalisme, et ainsi de suite. Certaines qualités des données multimédia ont à la fois une influence directe et indirecte sur la conception et le développement d'une base de données multimédia. Les bases de données multimédia sont censées de fournir la quasi-totalité des fonctionnalités des bases de données traditionnelles. En dehors de celles-ci, la base de données multimédia doit fournir des fonctionnalités et des traits nouveaux et améliorés. Les bases de données multimédia sont tenues de fournir les cadres unifiés pour le stockage, le traitement, la récupération, la transmission et la présentation d'une variété de types de données média dans une grande variété de formats. En même temps, elles doivent se conformer aux contraintes numériques que l'on ne retrouve normalement pas dans les bases de données traditionnelles.

Conception de bases de données multimédia

Beaucoup de caractéristiques intrinsèques des données multimédias ont des impacts directs et indirects sur la conception de bases de données multimédia. Ceux-ci comprennent : la taille énorme de bases de données multimédia, la nature temporelle, la richesse du contenu, la représentation et la complexité de l'interprétation subjective. Les principaux défis dans la conception de bases de données multimédia se posent par plusieurs conditions qu'ils doivent satisfaire :

1. Gérer les différents types d'entrée, de sortie, et les périphériques de stockage. Les données peuvent être entrées à partir d'une variété de dispositifs tels que des scanners, des images numériques pour la caméra, microphone, audio MIDI pour les appareils, caméras vidéo. Les périphériques de sortie sont des moniteurs à haute résolution pour les images et les vidéos, et de haut-parleurs pour l'audio.
2. Traiter une variété de la compression des données et des formats de stockage. L'encodage des données est une variété de formats, même au sein d'une seule application.

3. Supporter différentes plates-formes informatiques et systèmes d'exploitation. Différents utilisateurs utilisent les ordinateurs et les dispositifs qui répondent à leurs besoins et à leurs goûts, mais ils ont besoin du même type d'interface au niveau de l'utilisateur de la base de données.
4. Intégrer les différents modèles de données. Certaines données, telles que des données numériques et textuelles sont mieux traitées au moyen d'un modèle de base de données relationnelle, tandis que d'autres documents comme la vidéo sont mieux traités en utilisant une base de données orientée objet modèle. Ainsi, ces deux modèles devraient coexister ensemble dans les bases de données multimédia.
5. Offrir une variété de convivialité requête des systèmes adaptés à différents types de médias. Du point de vue de l'utilisateur, les requêtes faciles à utiliser et la recherche rapide et précise d'information est très souhaitable. La requête pour le même article peut être sous différentes formes. Par exemple, une partie d'intérêt de la vidéo peut être consultée en utilisant soit :
 - un échantillon de quelques images vidéo
 - une vidéo de la piste audio correspondante ou
 - une description textuelle en utilisant des mots-clés
6. Manipuler les différents types d'indices. Le caractère subjectif et inexact de l'information multimédia a rendu inefficaces la base de mots-clés et des indices de la gamme exacte utilisée dans les recherches et les bases de données traditionnelles.
7. Élaborer des mesures de la similitude des données qui correspondent bien à la similitude de perception. Les mesures de similarité pour les différents types de médias doivent être quantifiés pour bien correspondre à la perception de la similitude des objets de ces types de données. Celles-ci doivent être intégrées dans le processus de recherche.

8. Fournir une vue transparente des données réparties géographiquement. Les bases de données multimédia sont susceptibles d'être distribuées de façon naturelle. Les données média résident dans de nombreuses unités de stockage, éventuellement réparties géographiquement. Cela est dû en partie à la nature changeante de calcul et de centralisation des ressources informatiques et du réseau distribué.
9. Adhérer aux contraintes du temps réel pour la transmission de données média. Par exemple, les cadres d'une vidéo ont besoin d'être présentés à un taux d'au moins 30 images par seconde pour que l'œil perçoive la continuité dans la vidéo.
10. Synchroniser les différents types de médias tout en présentant à l'utilisateur. Il est probable que les différents types de médias correspondant à un seul objet multimédia soient stockés dans des formats différents, sur différents appareils, et ont des taux de transfert. Ainsi, ils doivent être synchronisés périodiquement pour la présentation. Nous avons synchronisé dans notre application différentes images avec le son et nous avons transformé les films de format *.swf en format *.flv.

La récente croissance de l'utilisation des données dans les applications multimédia a été phénoménale. Les bases de données multimédia sont essentielles pour la gestion et l'utilisation efficace d'énormes quantités de données. La diversité des applications à l'aide de données multimédia, de l'évolution rapide de la technologie, et les complexités inhérentes à la représentation sémantique, l'interprétation et la comparaison de la similitude posent de nombreux défis. Les bases de données multimédia sont encore à leurs balbutiements. Aujourd'hui, les bases de données multimédia sont étroitement liées à réduire les domaines d'application. L'expérience acquise par le biais de l'élaboration et l'utilisation de nouvelles applications multimédia contribueront à faire progresser la technologie des bases de données multimédia.

6.6.3 Logiciel multimédia : Microsoft Visual C#, ASP.NET 2.0, Microsoft SQL et AJAX

(A) Choix de logiciels

Microsoft Visual C# est un langage de programmation orientée objet, simple et moderne, destiné aux développeurs qui créent des applications en utilisant Microsoft.NET Framework. Il a hérité de la plupart des meilleures fonctionnalités de C++ et de Microsoft Visual Basic et s'est débarrassé de leurs quelques incohérences et anachronismes. Nous avons utilisé C# parce qu'il s'agit d'un langage clair et logique. C# 2.0 propose plusieurs nouvelles fonctions importantes, tel que les génériques, les itérateurs et les méthodes anonymes. L'environnement de développement Microsoft Visual Studio 2005 facilite l'utilisation de ces fonctions essentielles, et de nombreux nouveaux assistants et améliorations ajoutés à Visual Studio 2005 peuvent largement augmenter la productivité.

ASP.NET 2.0 est une infrastructure de programmation intégrée au Common Language Runtime (CLR) et utilisable sur un serveur pour générer des applications Web puissantes. ASP.NET offre plusieurs avantages importants par rapport aux modèles de développement Web précédents :

- 1) **Amélioration des performances.** ASP.NET est du code CLR compilé qui s'exécute sur le serveur. Contrairement à ses prédécesseurs interprétés, ASP.NET peut immédiatement profiter de la liaison anticipée, de la compilation juste à temps, de l'optimisation native et des services de mise en cache. Cela permet d'améliorer considérablement les performances avant même d'écrire une ligne de code.
- 2) **Prise en charge d'un outil de haute tenue.** L'infrastructure ASP.NET comprend une boîte à outils variée et un concepteur dans l'environnement de développement intégré Visual Studio. L'édition WYSIWYG (*What You See Is What You Get* = Ce que tu vois est ce que tu obtiens), le glisseur déplacer des

contrôles serveur et le déploiement automatique ne sont qu'une partie des fonctionnalités proposées par cet outil puissant.

- 3) **Puissance et souplesse.** La puissance et la souplesse de la totalité de cette plateforme sont mises à la disposition des développeurs d'applications Web. La bibliothèque de classes .NET Framework, la messagerie et les solutions d'accès aux données sont toutes parfaitement accessibles sur le Web. ASP.NET est également indépendant du langage. On peut donc choisir le langage le mieux adapté à notre application (nous avons utilisé comme langage de programmation Microsoft Visual C#) ou diviser l'application entre plusieurs langages.
- 4) **Simplicité.** ASP.NET facilite l'exécution de tâches courantes, allant du simple envoi de formulaires et authentification des clients au déploiement et à la configuration du site. Par exemple, l'infrastructure de page ASP.NET permet de générer des interfaces utilisateur qui séparent proprement la logique d'application du code de présentation et gèrent les événements dans un modèle de traitement des formulaires simple de type Microsoft Visual C#. En outre, le Common Language Runtime simplifie le développement avec des services de code managé, tels que le décompte automatique de références et le *garbage collector*.
- 5) **Gestion aisée.** ASP.NET utilise un système de configuration hiérarchique basé sur du texte, qui simplifie l'application de paramètres à l'environnement serveur et à l'application Web. Comme les informations de configuration sont enregistrées sous forme de texte brut, de nouveaux paramètres peuvent être appliqués sans recourir aux outils d'administration locaux. Pour déployer une application ASP.NET Framework sur un serveur, il suffit de copier les fichiers nécessaires sur ce dernier. Aucun redémarrage du serveur n'est nécessaire, même pour déployer ou remplacer le code compilé en cours d'exécution.
- 6) **Évolutivité et disponibilité.** ASP.NET a été conçu pour évoluer, grâce à des fonctionnalités spécialement adaptées à l'amélioration des performances dans des environnements ordonnés en clusters et multiprocesseurs. Par ailleurs, les processus sont étroitement supervisés et managés par le runtime de ASP.NET, de sorte que si l'un d'eux a un comportement anormal (fuites, blocages), un

nouveau processus peut être créé pour le remplacer, ce qui permet à l'application d'être constamment disponible pour le traitement des demandes.

- 7) **Personnalisation et extensibilité.** ASP.NET propose une architecture bien organisée permettant d'insérer le code au niveau approprié. En réalité, il est possible d'étendre ou de remplacer n'importe quel souscomposant du runtime de ASP.NET à l'aide du composant qu'on a écrit personnellement. L'implémentation d'une authentification ou de services d'état personnalisés n'a jamais été plus simple.
- 8) **Sécurité.** Avec l'authentification Windows intégrée et la configuration par application, on peut être certain que nos applications sont sécurisées.

Microsoft SQL Server 2005 est une application utilisée pour créer des bases de données pour les systèmes d'exploitation des serveurs Windows. Il permet de générer des bases de données que l'on peut consulter à partir de postes de travail et sur le Web. Microsoft SQL Server est un modèle de serveur de base de données relationnelle.

SQL Server 2005 fournit une approche intégrée des données solution de gestion et d'analyse qui va aider les organisations de toute taille à :

- renforcer et déployer des applications qui sont plus sécurisées, évolutives, et fiables
- optimiser la productivité de l'informatique en réduisant la complexité de la création, du déploiement et de la gestion des applications de bases de données
- créer des applications de bases de données plus sécuritaires grâce à l'autonomisation des développeurs qui est propice à un environnement de développement riche, souple, et moderne
- partager les données entre plusieurs plates-formes, applications, et dispositifs pour faciliter la connexion interne et externe
- offrir des *business intelligence solutions* qui apportent leur contribution dans la prise de décisions d'affaires éclairées et dans l'augmentation de la productivité de l'organisation

- contrôler les coûts sans pour autant sacrifier les performances, la disponibilité ou l'évolutivité.

AJAX (Asynchronous JavaScript And XML) est une méthode de développement qui se résume quasiment en une seule instruction : XMLHttpRequest. Cette fonction a été introduite par Microsoft dans Internet Explorer 4.0 en octobre 1997. Ajax est en fait un nom qui désigne l'utilisation conjointe de plusieurs technologies web. Ajax permet l'utilisation d'un renforcement en JavaScript qui permet aux pages Web d'être plus interactives et de se comporter comme des applications locales qui sont également connues sous le nom d'*applications client riche*. AJAX permet d'obtenir du serveur de petites quantités de données sans réinitialiser la page.

(B) Fonctionnalités des logiciels utilisés

Le serveur Internet Information Service (IIS) a été installé sur un ordinateur avec un processeur Intel Core 2 Quad, avec 4 G de mémoire vive et 500 MB disc dur, qui roule sous Windows XP Professional.

L'application a été localisée dans un directeur virtuel dans IIS qui a donné l'autorisation d'accès aux utilisateurs externes.

Le projet a été réalisé en Microsoft Visual Studio 2005 par étapes (voir figure 6.6.3.B), chacune contenant une partie de programmation design web et une partie de programmation orientée objet. La partie de programmation Web a été réalisée en ASP.NET et se trouve en fichiers de type *.aspx, et la partie de programmation orientée objet a été réalisée en Microsoft Visual C# et se trouve en fichiers de type *.cs.

On a utilisé des éléments de type «UpdatePanel» qui sont de type Ajax. Ces éléments sont utilisés lorsque la réponse de l'utilisateur est envoyée au serveur, puis cette réponse est récupérée et insérée dans la page WEB pour rafraîchir la page WEB, sans recharger toute la page.

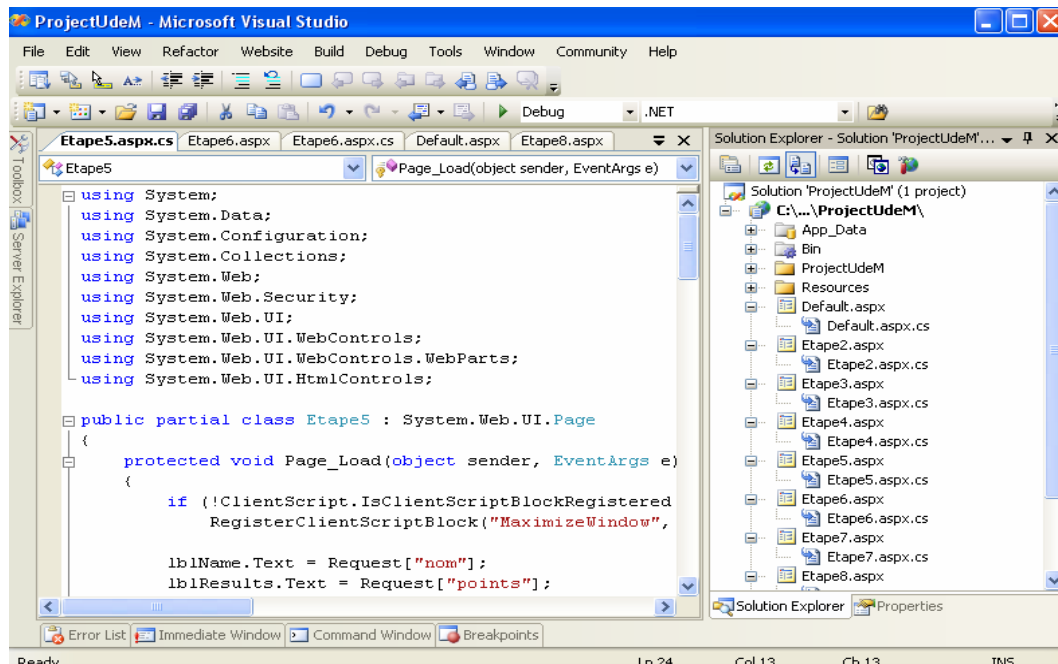


Figure 6.6.3.B 1: Les étapes d'apprentissage du modèle de Gagné réalisé en Microsoft Visual Studio 2005

L'expérience est composée de neuf étapes principales et se déroule sur l'Internet. Nous décrivons ci-bas en détail les étapes de l'expérience :

L'étape d'initialisation

Après avoir établi un climat propice à l'apprentissage, nous invitons le participant à commencer l'expérience. La première étape consiste à remplir un formulaire d'enregistrement au système. Pour l'enregistrement, nous utilisons un text-box où on garde le nom du participant et un bouton « Initialisation » pour passer à la page suivante.

Une fois l'enregistrement complété, les participants sont invités à passer aux étapes suivantes de la leçon.

Première étape - Attirer l'attention (voir figure 6.6.3.B 2)

Pour attirer l'attention, le tuteur peut changer l'émotion courante de l'apprenant en état de curiosité. À cette étape nous avons un formulaire qui contient une succession d'images présentant des objets composés avec des triangles quelconques. Le tuteur va induire une émotion par rapport au besoin, l'émotion de délectation. L'apprenant est délecté avec des photos de triangles générées par l'ordinateur.

L'apprenant doit donner la réponse correcte. Il doit choisir sa réponse dans la liste de choix du bouton radio. Une fois la réponse choisie, il va vérifier sa réponse en appuyant sur le bouton de vérification. Si la réponse est valide le tuteur va afficher une émoticône pour encourager l'apprentissage, sinon il conseillera l'apprenant de continuer.

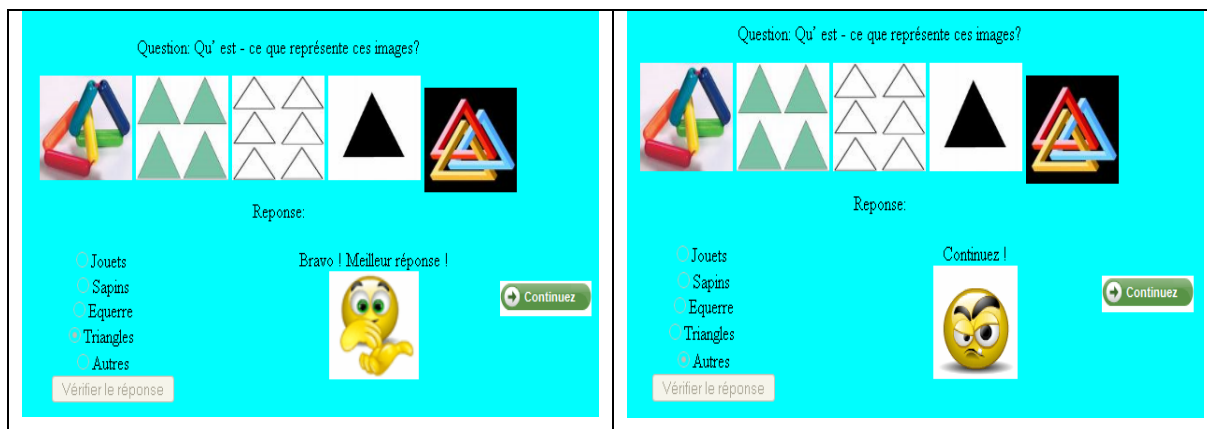


Figure 6.6.3.B 2: Premier étape d'apprentissage du modèle de Gagné

Deuxième étape - Définir l'objectif

Dans la section 6.5.1 nous avons parlé d'apprenants qui ont de la confiance en eux-mêmes et qui peuvent résoudre très rapidement les tâches de travail. De plus, ils ont envie d'accomplir les tâches d'apprentissage. Pour ce type d'apprenant le processus d'apprentissage suit son cours naturellement. Tous ces apprenants ont appuyé sur le bouton « Suivant » parce qu'ils ont le désir de connaître l'objectif de la leçon et veulent passer à l'étape suivante.

Nous avons vu dans la section 6.5.1 qu'il y a aussi des apprenants qui n'ont pas de confiance en eux-mêmes et qui peuvent éprouver, selon chaque individu, une émotion négative d'ennui, de dégoût ou d'anxiété. Un apprenant qui ressent des émotions négatives ne peut pas se concentrer très bien sur la nouvelle tâche d'apprentissage et ce type d'individu va généralement vouloir quitter l'application. Dans cette situation, le tuteur utilise une stratégie qui va éveiller la curiosité de l'apprenant. Il va attirer l'attention de l'apprenant avec des objets contenant des triangles dans leur structure. Ces objets sont générés automatiquement par l'ordinateur. Ensuite, le tuteur va inviter l'apprenant à appuyer sur le bouton « Suivant » pour découvrir l'élément qui constitue la base de la construction de ces objets. Une fois l'élément de base identifié, l'apprenant va automatiquement découvrir l'objectif de la leçon.

Dans un premier temps, le tuteur fournit un ensemble d'images à une séquence régulière pour attirer l'attention de l'apprenant. Nous avons utilisé les «contrôles de type «Timer» pour créer cette propriété.

Pour générer automatiquement ces objets, nous avons utilisé pour chaque objet (photo) une variable Timer, nous avons initialisé un set de variables avec une valeur True et nous avons initialisé l'intervalle de générer ces objets en secondes.

```
ex :   Timer1.Interval = 2000;
        Timer1.Enabled = true;
        Timer2.Interval = 2000;
        Timer2.Enabled = true;
        .....
        Timer5.Interval = 3000;
        Timer5.Enabled = true;
```

Nous avons ensuite écrit une procédure pour chaque variable Timer afin de charger une nouvelle image.

```
ex :   protected void Timer1_Tick(object sender, EventArgs e)
        {
            Image1.ImageUrl = "~/Resources/bermude.jpg";
            btnSuivant.Enabled = false;
            Timer1.Enabled = false;
        }
```

Troisième étape - Faire un rappel de l'apprentissage antérieur

Nous allons tester à cette étape le niveau initial de connaissances de l'apprenant. Pour implémenter cette étape nous utilisons un formulaire avec cinq questions auxquelles le tuteur demande de répondre, une à la fois. Nous avons utilisé un élément graphique de type «Wizard» qui comprend cinq onglets. Chaque onglet contient un élément de type «Panel» qui contient des images animées (.gif) et des boutons radio pour la réponse. Nous avons utilisé des éléments de type «UpdatePanel» qui sont de type Ajax. Ces éléments sont utilisés au moment où la réponse de l'apprenant est envoyée au serveur; cette réponse est ensuite récupérée et insérée dans une page WEB pour pouvoir réinitialiser la page WEB sans toutefois recharger toute la page.

Ce formulaire est construit sous forme arborescente. Le formulaire parent contient les cinq questions et les nœuds sont formés des formulaires qui contiennent les questions respectives. Chaque fois la visibilité d'un nœud va être validée pour la question sur laquelle l'apprenant est en cours de travailler. L'apprenant doit remplir un formulaire pour chaque question. Chaque formulaire contient des objets multimédia (photo, films) que le tuteur envoie à l'apprenant dans le but de renforcer l'apprentissage.

- Pour la première question, par exemple, le tuteur va demander : « Qu'est-ce qu'un triangle? » et va ainsi déclencher chez l'apprenant une émotion positive par un élément multimédia (.gif, .jpg, etc.) pouvant lui induire un état de plaisir en apprentissage pour dessiner correctement un triangle et en même temps lui présenter une autre figure incorrecte. Sur le fond émotionnel, l'apprenant va déduire la définition du triangle équilatéral et va trouver la réponse correcte. Le tuteur va motiver l'apprenant par l'émoticône *bravo* ou par un encouragement à continuer et en même temps l'apprenant va accumuler des points en apprentissage.
- Après avoir répondu à la première question, l'apprenant passe à la deuxième : « Quelles sont les angles du triangle ABC? » Le tuteur utilise à cette étape l'observation et la conversation émotionnelles comme procédés didactiques. Il va orienter l'apprenant à observer les caractéristiques essentielles, exactes du triangle, en montrant à l'apprenant la photo d'un triangle dont les angles sont colorés. Pour utiliser la conversation émotionnelle le tuteur va alterner des stimuli émotionnels avec des notions. Quand les réponses sont envoyées au tuteur, l'apprenant reçoit comme récompense une émoticône *bravo* qui va stimuler son apprentissage. L'apprenant accumule en même temps des points en apprentissage. Si l'utilisateur ne trouve pas la réponse correcte, il sera encouragé à continuer.
- La troisième question posée est « Quelle est la formule pour le périmètre du triangle? ». Nous avons utilisé pour cette question les mêmes procédés que ceux de la deuxième question. Le désir d'apprentissage est renforcé par la présentation de formules mathématiques transposées en images concluantes.
- La quatrième question posée est « La somme des mesures des angles d'un triangle est égale à 180^0 ou à 90^0 ? ». Pour choisir la réponse correcte l'utilisateur va cliquer sur l'une des options du bouton radio. Le tuteur va induire l'émotion

correspondante à la tonalité affective de la matière en créant un film pouvant affecter l'émotion courante de l'étudiant. S'il ne se souvient pas de la réponse relativement à la somme des angles d'un triangle, le tuteur peut l'aider en lui montrant un dessin en mouvement qui peut composer la somme, sans toutefois lui donner la réponse demandée. Pour regarder ce film, l'utilisateur va cliquer sur le bouton Initialisation. Si l'apprenant trouve la réponse correcte, il sera récompensé avec des points et encouragé avec l'émoticône *bravo*. Sinon, il sera encouragé à continuer.

- La cinquième question posée est « Le triangle ABC est isocèle, si:

$$AB=AC=BC$$

ou

$$AB = AC \text{ ou } AC = BC \text{ ou } BC = AB \text{ »}$$

Nous utilisons un bouton radio pour cette question. L'apprenant peut trouver la réponse correcte en regardant une photo qui présente les caractéristiques essentielles, exactes du triangle. Si la réponse est correcte, l'apprenant va accumuler des points et va être encouragé par le tuteur par une émoticône *bravo*. Sinon, il sera encouragé à continuer.

Après avoir répondu à toutes les questions, le tuteur invite l'apprenant à passer à l'étape suivante et le conseille d'appuyer sur le bouton « Continuer ». L'utilisateur ne pourra pas passer à l'étape suivante s'il manque de répondre à une question.

Quatrième étape : Présenter le stimulus (voir figure 6.6.3.B 3)

Pour présenter le stimulus, le tuteur utilise la condition de vivacité (une réaction émotionnelle est facilement créée pour un stimulus très fort). Il présente une image en mouvement qui stimule inconsciemment l'apprentissage de l'apprenant. Il enchante l'apprenant avec une vidéo qui va créer un état émotionnel de plaisir chez l'apprenant et une image inconsciente pour la notion mathématique donnée. L'étape suivante commence lorsque l'apprenant associe le film avec la notion de triangle équilatéral.



Figure 6.6.3.B 3: Quatrième étape d'apprentissage du modèle de Gagné

Cinquième étape : Guider l'apprentissage

Le tuteur explique ou donne des exemples pour que l'apprenant puisse comprendre la matière. Nous avons utilisé pour cette étape un formulaire qui contient quatre questions que le tuteur pose une à la fois. Ce formulaire est construit sous forme arborescente et le formulaire parent contient les quatre questions. Les nœuds sont formés des formulaires qui contiennent les questions respectives. Chaque fois, la visibilité d'un nœud va être validée pour la question sur laquelle l'apprenant est en cours de travailler. L'apprenant doit remplir un formulaire pour chaque question. Chaque formulaire contient des objets multimédia (photo, film) que le tuteur envoie à l'apprenant dans le but de renforcer l'apprentissage. Une mesure de sécurité est mise en place pour s'assurer que l'apprenant répond à toutes les questions. L'utilisateur ne pourra pas passer à l'étape suivante s'il manque de répondre à une question.

Pour la première question, par exemple, le tuteur demande : « Qu'est-ce qu'on observe dans la construction de ces triangles? » Pour observer la construction du triangle équilatéral le tuteur montre à l'utilisateur un élément multimédia qui va induire chez l'apprenant l'image du triangle équilatéral et en même temps un bouton qui affiche la réponse que toutes les côtés d'un triangle équilatéral sont égaux.

- Pour la deuxième et la troisième question le tuteur va induire un état émotionnel imprévu et va encourager l'apprenant à découvrir tout seul les propriétés du triangle équilatéral en utilisant des images représentatives simples. Par exemple :

-Tous les côtés ont la même longueur. C'est un triangle équilatéral.

-Tous les angles ont la même valeur. C'est un triangle équilatéral.

Le tuteur va combiner la démonstration intuitive avec la démonstration logique en utilisant l'orientation sur les caractéristiques essentielles, exactes et en invitant l'utilisateur à appuyer sur le bouton « Visualiser ».

Pour la quatrième question nous utilisons une interface amicale pour le calcul du périmètre du triangle équilatéral. Cette interface offre à l'apprenant une émotion de désir et d'envie de travailler. Le tuteur alterne à cette étape les formes d'organisation centrées sur l'apprenant et d'étude individuelle avec des rythmes variés d'initiation, de développement et d'approfondir, et combine ces formes avec des éléments émotionnels spécifiques. Chaque apprenant peut, par exemple, essayer individuellement plusieurs exemples de calcul du périmètre du triangle équilatéral et peut apprendre à son rythme d'apprentissage dans un contexte émotionnel créé par l'application. On montre à l'apprenant des formules de calcul et en même temps des tâches mettant en application ces formules de calcul. Le tuteur demande à l'apprenant l'exécution alternative de tâches pratiques. L'apprenant peut ressentir de la joie parce que la formule de calcul est bien expliquée et parce qu'il a la possibilité d'implémenter plusieurs exemples de calcul. Les exercices peuvent être considérés comme exercices de délectation, de renforcement, de plaisir, ou de curiosité. Pour le processus de recherche d'information (voir section 6.3.4), le tuteur va entraîner l'apprenant vers l'étude en utilisant la condition d'exercice.

Sixième étape - Obtenir des performances

Nous testons à cette étape le niveau final de connaissances de l'apprenant. Pour implémenter cette étape, nous allons utiliser un formulaire avec quatre exercices que le tuteur demande de faire un à la fois. Ce formulaire est construit sous forme arborescente. Le formulaire parent contient les quatre exercices et les nœuds sont formés des formulaires qui contiennent les exercices respectifs. Chaque fois la visibilité d'un nœud va être validée pour l'exercice sur laquelle l'apprenant est en cours de travailler. L'apprenant doit remplir un formulaire pour chaque question. Chaque formulaire contient des exercices avec objets multimédia (photo, film).

Le tuteur applique à cette étape l'apprentissage problématique avec la réactualisation et la restructuration des connaissances, l'identification des contradictions,

l'analyse des tâches et des variantes de solution, les vérifications des valeurs des solutions, le tout lié aux facteurs émotionnels en cause.

Le test d'évaluation est fait progressivement, du simple au complexe. Le tuteur demande à l'apprenant d'accomplir en temps utile cinq tâches différentes. Il lui demande de se concentrer et teste en même temps l'émotion de mettre en colère. Pendant la période d'évaluation le tuteur va imposer le temps limité pour vérifier les notions apprises. Par exemple : « Si tu ne réussis pas à résoudre en 10 minutes les exercices suivants, un virus effacera toutes les données de l'ordinateur. » Nous utilisons une fenêtre Pop-Up qui simule l'effacement des données de l'ordinateur (voir figure 6.6.3.B.4).



Figure 6.6.3.B.4 : Simuler l'effacement des données de l'ordinateur pour tester la colère

À l'étape d'évaluation, le tuteur utilise des émoticônes pour induire les émotions positives lorsqu'on encourage les meilleures réponses (voir figure 6.6.3.B.5) ou on invite l'apprenant à continuer son étude même s'il n'a pas trouvé la bonne réponse.

- Le premier exercice est représenté par des photos et l'apprenant est invité à chercher sur ces photos une image qui contient un triangle équilatéral. Nous testons ainsi l'apprentissage sur la notion de propriété pour les angles d'un triangle équilatéral.
- Le deuxième exercice est similaire au premier, mais ici nous testons l'apprentissage sur la notion de propriété pour les côtés du triangle équilatéral.
- Le troisième exercice teste la capacité de calcul du périmètre.

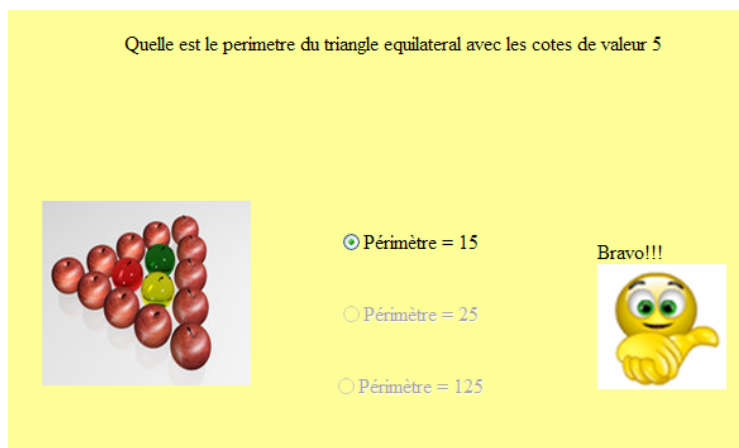


Figure 6.6.3.B.5 : Exemple que nous avons utilisé pour induire les émotions positives lorsqu'on encourage les meilleures réponses à l'étape d'évaluation

- Le quatrième exercice est un exercice d'imagination. Après avoir cherché la réponse correcte dans l'image correspondante, l'apprenant peut faire d'autres exercices par la méthode de découvrir. Il peut imaginer d'autres exemples différents. Exercice développe l'imagination de l'apprenant à partir de l'initiation progressive en utilisant des procédés émotionnels combinés à d'autres méthodes de recherche tel que choisir tous les aspects possibles, fixer les données utiles, effectuer l'analyse selon plusieurs critères, imaginer toutes les situations possibles, noter immédiatement des idées imaginaires nécessaires, rechercher les utilisations variées, la série de combinaisons, la classification, l'analyse des erreurs, les imaginations de situations, la série de solutions, etc.;

Septième étape - Fournir une rétroaction et vérifier tous les exemples corrects ou incorrects.

Nous allons vérifier à cette étape le niveau final de connaissances de l'apprenant. Pour ce faire, nous allons utiliser un formulaire avec quatre exercices à résoudre un à la fois. Ce formulaire est construit sous forme arborescente. Le formulaire parent contient les quatre exercices et les nœuds sont formés de formulaires qui contiennent les exercices respectifs. Chaque fois la visibilité d'un nœud va être validée pour l'exercice qui est corrigé. Pour chaque exercice l'apprenant va avoir de suivi la solution correcte. Sur chaque formulaire il y a le corrigé des exercices qui contient des objets multimédia (photo, film) et des boutons.

Le tuteur vérifie tous les exercices et propose à l'apprenant des mesures correctives. Par analogie, le tuteur donne à l'apprenant une réponse avec une image qui est analogue pour la situation émotionnelle en cause qui est liée à chaque exercice. Cette image peut induire :

- un état heureux, joyeux, si l'apprenant se souvient d'avoir trouvé la bonne réponse de l'exercice, ou
- un état de tristesse, d'impatience, de peur, de colère, s'il a commis une erreur dans la résolution des exercices et il attend les résultats.

Le tuteur va analyser et systématiser les données, va découvrir les causes, va établir les variantes de solutions et va choisir la solution optimale.

Les exercices qui sont corrigés sont les exercices proposés à la sixième étape.

Huitième étape - Évaluer la performance et fournir les évaluations et les mesures correctives (voir figure 6.6.3.B 7)

Lorsque l'apprenant a parcouru toutes les étapes d'apprentissage et d'évaluation, ses résultats sont enregistrés dans une base de données Microsoft SQL Server. À l'aide d'un contrôle de type «Grid View» nous interrogeons la base de données pour afficher les résultats finaux obtenus par les utilisateurs. Ces résultats ont été calculés par algorithmes mathématiques à l'aide d'instructions conditionnelles de langage Microsoft Visual C# (voir figure 6.6.3.B.6).

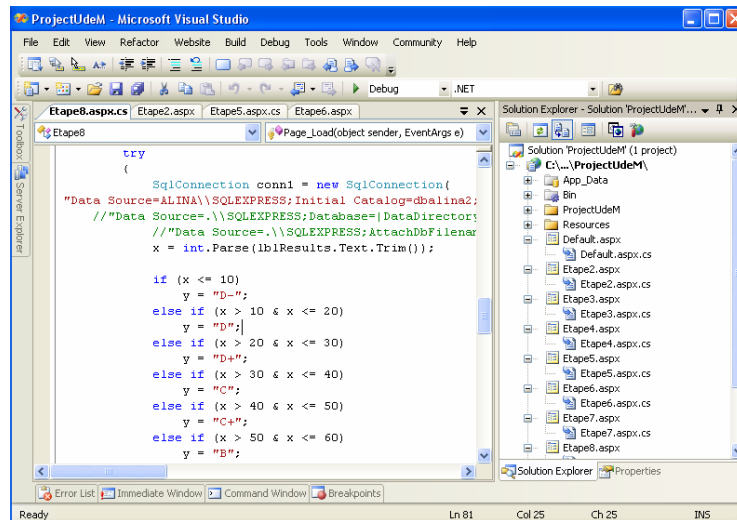


Figure 6.6.3.B.6: Exemple de calcul des résultats

Le tuteur va communiquer avec l'apprenant et va lui fournir les résultats. Dans notre application les résultats sont présentés à chaque étape d'apprentissage sous forme de pointage, mais à l'étape d'évaluation finale cumulative le résultat est présenté sous forme de lettre. La base de données est affichée avec les pseudonymes de chaque apprenant et le résultat correspondant qui a été calculé conformément à l'algorithme présenté à la section 6.5.1.

Les apprenants ayant réussi à bien résoudre les exercices éprouvent d'émotions positives comme l'euphorie, la joie, le plaisir, le contentement, alors que ceux qui n'ont pas bien réussi éprouvent d'émotions de tristesse et de regret.

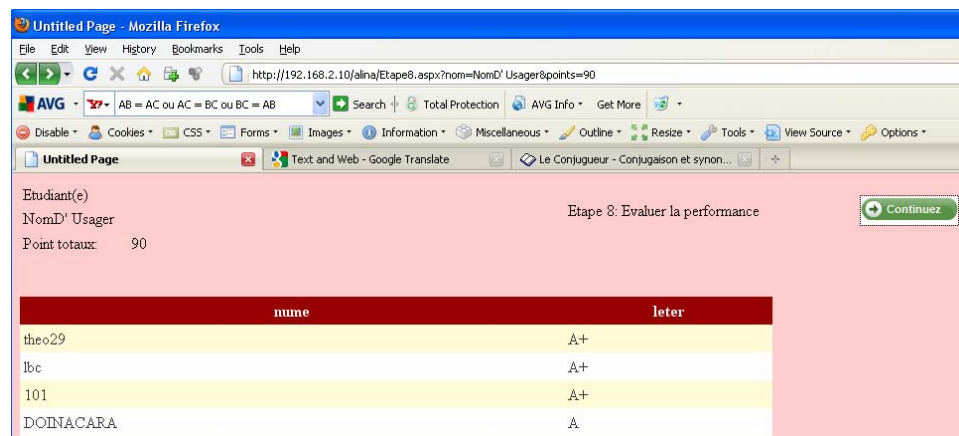


Figure 6.6.3.B 7: Huitième étape d'apprentissage du modèle de Gagné

Neuvième étape - Améliorer la rétention et le transfert (voir figure 6.6.3.B 8)

À cette étape le tuteur présente à l'apprenant les notions par jeu didactique spécifique en utilisant un film où sont déroulées des photos qui forment un ballet de triangles sur un fond musical adéquat, en créant chez l'apprenant une émotion de plaisir et de relaxation. Ce film compte un mélange d'opérations de traitement, d'analyse finale, d'interprétation, d'explication, de conception et de conclusion. En visionnant ce film, l'apprenant reconnaît les triangles équilatéraux et cherche à identifier les caractéristiques communes par le jeu de création. Nous sollicitons ici les éléments émotionnels de l'apprenant : l'observation, la pensée, la mémorisation, le langage, l'imagination.

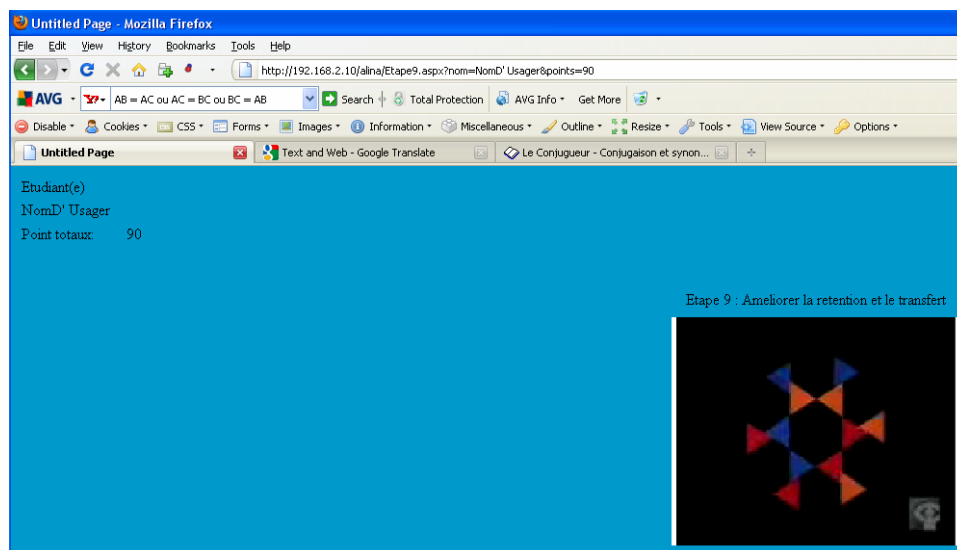


Figure 6.6.3.B 8: Neuvième étape d'apprentissage du modèle de Gagné

6.7 Conclusion

Dans cette section nous avons présenté les méthodes émotionnelles et les types de procédés didactiques qui sont appliqués pour notre module informatique. Nous avons établi par la suite les conditions émotionnelles qui permettent de favoriser l'apprentissage. Nous avons conçu un STI dont le modèle apprenant est composé d'un module qui se charge d'identifier l'état émotionnel de l'apprenant. De plus, le modèle tuteur est construit de manière à pouvoir changer l'action pédagogique pour permettre

d'améliorer l'état émotionnel de l'apprenant. Nous avons décrit l'architecture de notre STI en tenant compte que le tuteur virtuel peut envisager la réaction émotionnelle de l'apprenant à un moment donné de l'apprentissage et peut appliquer des stratégies, des méthodes émotionnelles et des procédés pédagogiques pour changer l'état émotionnel de l'apprenant. Nous avons ensuite présenté les approches que nous avons appliquées pour atteindre les objectifs de notre recherche. Ces approches sont fondées sur des études empiriques. En guise de conclusion de cette section, nous avons justifié nos choix et nous avons présenté les outils dont nous nous sommes servis dans notre étude.

La section suivante contient la description détaillée de l'expérimentation. Notre logiciel compte une leçon pour l'apprentissage à distance d'un triangle équilatéral.

7. Résultats. Discussions

7.1 Étude expérimentale et méthodologie

Dans cette section nous cherchons à établir les résultats de notre expérience et à comparer les fruits du travail de cette recherche aux résultats attendus.

Le but de cette expérience est d'établir des résultats par rapport à notre recherche. Les données collectées serviront à tester si notre module est performant. En faisant cette expérience nous cherchons aussi à déterminer l'influence des émotions positives sur les performances académiques de l'enfant suite à une séance d'apprentissage avec un STI qui est basé sur une théorie pédagogique. Nous voulons étudier l'effet positif de l'enseignement avec un tuteur virtuel et un apprenant réel en utilisant une base de données multimédia sur l'attention et la capacité de mémorisation de l'enfant.

7.2 Sujet

En tant qu'étudiante, j'ai acquis des connaissances théoriques relativement aux bases de données, agents et langages de programmation pour effectuer cette recherche. Ma motivation consiste à chercher une nouvelle technologie appliquée sur l'étude pédagogique concernant l'influence des émotions positives comme l'attention, la capacité de mémorisation, et prise de décision au cours du processus d'apprentissage.

7.3 Description de l'échantillon

L'échantillon sur lequel porte notre expérience comprend 3 groupes d'étudiants dont l'âge est de 9 à 12 ans (4^e, 5^e et 6^e année d'étude). Le premier groupe compte 18 étudiants de classes différentes d'une école primaire. Le deuxième groupe compte

23 étudiants d'une école primaire qui sont tous dans la même classe. Les 15 étudiants du troisième groupe proviennent de plusieurs écoles. Tous ces étudiants ont participé bénévolement à cette expérience.

7.4 Matériel et logiciel expérimentaux

La participation de chaque enfant consiste à utiliser, pour une durée de 30 à 45 minutes, un programme informatique destiné à améliorer son apprentissage. Le participant a seulement besoin d'un ordinateur et d'une connexion Internet pour accéder à notre serveur Web. Nous avons contacté les individus ayant manifesté de l'intérêt à participer à cette expérience, et nous avons envoyé à tous les participants des invitations incluant l'adresse du serveur Web en respectant les règlements et les conditions d'admissibilité.

Pour le logiciel nous avons choisi C# dont les fonctionnalités ont été présentées dans la section antérieure, et pour la base de données nous avons utilisé SQL. Pour la communication via internet nous avons utilisé un serveur WEB ASP qui peut être appelé en tout temps à partir de plusieurs postes de travail situés à distance.

7.5 Procédure expérimentale

L'expérimentation a eu lieu en trois séances, les deux premières dans le laboratoire de l'école primaire Jean-Grou, et j'ai assisté à ces séances dans le laboratoire de l'école, et une troisième séance où les participants ont fait l'expérience à partir de leurs ordinateurs à la maison. L'expérience a été divisée en trois étapes principales illustrées dans la figure ci-dessous (voir figure 7.5):

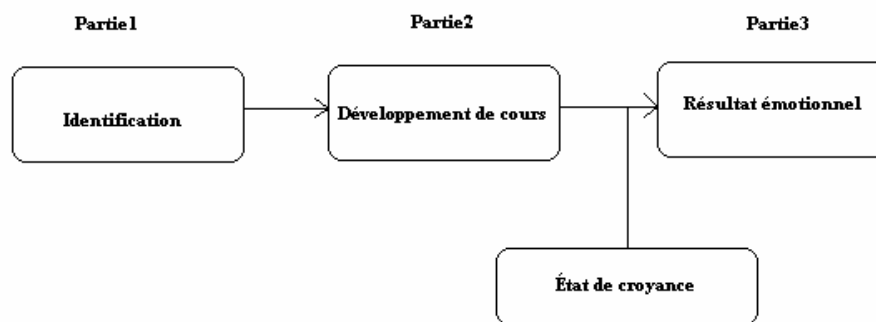


Figure 7.5 : Les trois principales étapes de l'essai

Dans la première partie, le participant est invité à s'identifier en fournissant un identificateur personnel (nom ou numéro d'utilisateur), sans utiliser son vrai nom pour assurer la confidentialité.

Dans la deuxième partie, l'utilisateur se sert de notre système tutorial pour apprendre diverses notions concernant un triangle équilatéral tel que la définition, le calcul du périmètre, ainsi que des propriétés relatives aux degrés des angles ou du cote que l'on retrouve dans le triangle équilatéral. Le tuteur virtuel intervient pour expliquer ces propriétés à l'aide d'images et de vidéos très pertinentes car elles ont été conçues pour attirer l'attention et augmenter la motivation de l'utilisateur.

Pour commencer la leçon, notre tuteur a besoin de connaître le niveau initial de connaissances et aussi le tempérament de chaque étudiant. Pour obtenir cette information, nous proposons un test rappel de l'apprentissage antérieur dont on se sert en même temps pour tester la personnalité de l'apprenant :

- Nous savons par exemple que « *les personnes névrotiques sont caractérisées par un niveau élevé d'émotions négatives* » (Larsen, 1986). Ces personnes s'inquiètent facilement, sont rapidement affectées par le milieu environnant, s'énervent très vite, et se découragent très facilement. Au moment où est présenté l'objectif de la leçon, si l'on

remarque que les personnes ne sont pas intéressées et veulent sortir, le tuteur peut changer leur comportement en montrant des photos qui attirent l'attention et qui transforment l'émotion négative en émotion positive d'admiration, de délectation et de plaisir envers les nouvelles notions d'apprentissage. On peut constater une situation similaire lorsque les résultats finaux sont affichés, et s'ils ne sont pas bons, les personnes névrotiques peuvent être rapidement affectées lorsqu'elles comparent leur résultats avec ceux des autres apprenants ;

- « *Les personnes extraverties ont un comportement bavard, elles sont caractérisées par les émotions positives* » (Larsen, 1986) ;
- « *Les personnes psychotiques se caractérisent par la non-conformité, l'hostilité, la colère et l'impulsivité* » (Larsen, 1986). Lorsque nous avons testé la colère à l'étape d'évaluation, nous avons observé que les personnes psychotiques ont tout de suite fermé l'ordinateur après avoir fait les exercices, de peur que le virus n'efface les données.

Notre expérience permet également à l'utilisateur d'effectuer plusieurs exercices afin de bien maîtriser les notions présentées. Le système tutorial est fait en évitant à l'étudiant d'apprendre par cœur des notions comme les définitions, les formules mathématiques, ou les propriétés. Pour l'enfant, cette expérience représente un jeu éducatif. À la fin, notre apprenant est récompensé par une note qui mesure son niveau d'apprentissage. Une fois la note attribuée, l'enfant peut, s'il le désire, vérifier les réponses aux questions. L'amélioration de la rétention et le transfert sont faits en présentant un vidéo qui contient un ballet d'images qui sont des triangles équilatéraux, pour récapituler et pour renforcer les notions présentées.

La troisième partie de notre expérimentation consiste à comparer les nouveaux résultats obtenus après l'expérience avec de vieux résultats obtenus par évaluation en classe.

- Le premier groupe d'étudiants est habituellement formé d'étudiants qui ont obtenu de très bons résultats en mathématiques et qui peuvent manœuvrer l'ordinateur rapidement. Après cette expérience, 90 % d'étudiants ont obtenu la note A+ et 10%A.

- Le deuxième groupe d'étudiants est habituellement formé d'étudiants qui peuvent manœuvrer l'ordinateur vite, mais qui ont, sur une échelle de 1 à 10, des résultats variés en mathématiques. Après cette expérience, 50 % d'étudiants ont obtenu la note A+ et 50% ont obtenu la note A
- Parmi les étudiants qui ont fait l'expérience individuellement, nous avons remarqué que 70 % ont obtenu A+, 30 % ont obtenu A

Cette partie de l'expérience place l'apprenant dans un état de croyance par rapport aux vieux résultats en mathématiques, ce qui démontre que notre STI comporte toutes les demandes que nous avons proposées dans notre recherche. La section suivante présente les conclusions relativement à cette étude.

7.6 Les débats sur la leçon

Les leçons se sont déroulées dans des conditions normales, dans un milieu ambiant et agréable. Les enfants ont été très réceptifs et actifs. Ils se sont encadrés dans le temps limité établi. Ils ont travaillé chacun individuellement. Ils ont obtenu la performance proposée en utilisant correctement le logiciel et ils ont respecté les étapes de la leçon.

Nous avons remarqué que la distribution des émotions positives après la leçon a été croissante. Pour l'émotion initiale, nous avons constaté que l'émotion choisie a été la confiance. Tous les participants ont exprimé le désir de participer et les résultats finaux ont été très bons.

Tous les élèves ont exercé leurs aptitudes. Évidemment, l'être humain n'est pas né avec aptitudes en mathématiques. Les aptitudes sont développées en faisant des exercices.

Nous avons d'abord testé le niveau initial de chaque participant et nous avons observé par analyse factorielle que les élevés se sont groupés selon trois facteurs d'aptitudes en mathématiques :

- la pensée abstraite - la capacité d'aiguillage de relations;
- la pensée en images - la capacité d'aiguillage et de représentation de relations spatiales;

- la créativité.

La structuration d'aptitudes en mathématiques dépend du degré de développement des fonctions mentales nécessaires : l'analyse, la synthèse, l'abstraction, la généralisation, la mémorisation, la capacité de concentration.

Nous avons constaté dans notre leçon qu'il y a des élèves avec de grandes aptitudes en mathématiques et d'autres qui ont cette aptitude insuffisamment développée. Nous avons remarqué ces caractéristiques par :

- la perception immédiate pour les données essentielles des exercices;
- la généralisation rapide et correcte dans la sphère de relation;
- la flexibilité de la pensée suggérée par l'habileté de trouver beaucoup de solutions pour un exercice donné;
- la mémorisation de relations typiques pour résoudre les exercices.

Finalement, nous avons constaté que les élèves se sont différenciés selon divers aspects tels que :

- la perception d'information mathématique et la perception de relations entre les données mathématiques;
- la généralisation du matériel mathématique;
- la capacité d'effectuer les opérations inverses;
- le choix de plusieurs solutions pour un exercice donné;
- la capacité d'apprentissage du langage mathématique;
- la capacité de perception et de représentation géométrique.

Le but du test d'évaluation finale a été de déterminer le niveau de connaissances des participants de la matière présentée dans le cadre du cours en ligne. Les notes ont été associées aux niveaux de connaissances suivants : niveau intermédiaire (participants ayant obtenu la note B), niveau bon (participants ayant obtenu la note A), niveau excellent (participants ayant obtenu la note A+).

De façon générale, nous avons utilisé les réponses à choix multiple pour chaque question. Chaque réponse correspond à un des trois styles d'apprentissage : visuel (voir pour mieux apprendre), auditif (entendre pour mieux comprendre) ou kinesthésique (pratiquer pour apprendre), (Flaherty, 1992). En voici deux exemples :

1) Pour tester la propriété « La somme des mesures des angles d'un triangle est égale à 180 degrés », si l'utilisateur clique sur le bouton Initialisation on comprend qu'il a besoin d'aide et le score (S_V) du style visuel s'incrémente de 1 et les autres scores (S_A , S_k) restent les mêmes.

2) Pour guider l'apprentissage du calcul du périmètre « Comment calcule-t-on le périmètre d'un triangle équilatéral? », si le participant clique sur le bouton Réponse on obtient la formule de calcul et, s'il utilise plusieurs fois cette formule et clique sur les boutons Calculer et Réinitialiser, le score (S_k) du style kinesthésique s'incrémente chaque fois de 1 et les autres scores (S_V , S_A) restent les mêmes.

Pour tester les émotions, nous avons testé au début l'émotion de confiance. À la deuxième étape, nous avons testé l'émotion d'anxiété, d'ennui, qui a été transformée par le tuteur en émotion de curiosité, d'envie, de plaisir. Nous avons observé la répartition des émotions (voir tableau 7.6) :

- plaisir, joie, admiration, enchantement, désir, à l'étape d'apprentissage;
- confiance et émotions négatives (peur, blocage, choqué, colère), découragement, panique, à l'étape d'évaluation;
- joie et enchantement ou déception et tristesse à l'étape du corrigé;
- plaisir, joie, enchantement, émerveillement et émotion neutre à l'étape d'amélioration et de rétention et de transfert.

Tableau 7.6 : Répartition des émotions selon les actions pédagogiques.

		Émotions positives	Émotions Négatives	Émotions Neutre
1. Phase : gagner l'attention	Avant l'intervention du tuteur	75%	20%	5%
	Après l'intervention du tuteur	100%	0%	0%
2. Phase d'évaluation initiale		50%	40%	10%
3. Phase d'apprentissage		80%	0%	20%
4. Phase d'évaluation finale		66,07%	3,57%	30,35
5. Améliorer la rétention et le transfert		92,86%	0%	7,14%

Le tableau précédent présente les pourcentages des émotions positives et négatives ainsi que l'émotion neutre, éprouvées par les participants durant l'expérience. Nous avons remarqué que les émotions positives sélectionnées après les différentes actions pédagogiques étaient positives pour la grande majorité des cas (voir figure 7.6). Par conséquent, nous pouvons affirmer que les actions pédagogiques génèrent des émotions positives dans la majorité des cas.

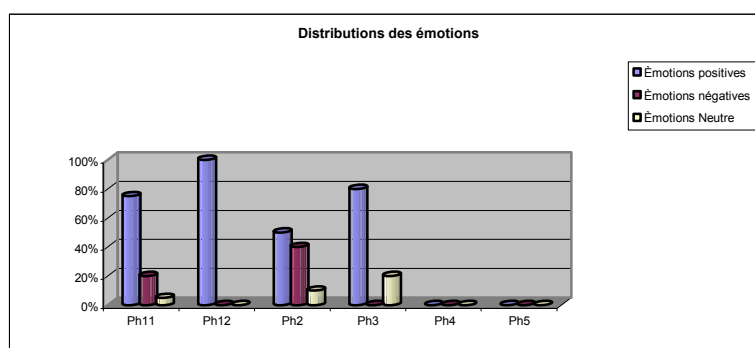


Figure 7.6 : Graphique pour répartition des émotions selon les actions pédagogiques

8. Conclusion

Tel que nous l'avions dit au tout début de ce mémoire, nous avons implémenté un système informatique dans un cadre de recherche concernant les émotions d'un apprenant réel dans le processus d'apprentissage qui vise les théories pédagogiques de Gagné, Bruner, Klausmeier et Merrill. Nous avons étudié dans notre travail de recherche ces quatre théories pédagogiques et avons analysé ces stratégies. Nous avons établi les méthodes d'intervention utilisées dans ces stratégies respectives. Nous avons ensuite amélioré ces méthodes par l'inclusion du facteur émotionnel. Nous avons pris notre modèle informatique et nous avons expérimenté une théorie pédagogique sur ce modèle pour ajouter ou pour améliorer ces stratégies par des facteurs émotionnels.

Des recherches récentes en sciences cognitives, en pédagogie et en psychologie ont démontré que les émotions influencent les processus cognitifs et comportementaux tels que l'attention, la mémorisation, la résolution de problèmes et la prise de décision. En effet, l'induction des émotions positives améliore la concentration et la capacité de résoudre les problèmes, favorise un meilleur déroulement pour le processus d'apprentissage, tandis que, les émotions négatives peuvent bloquer le déroulement de ces processus et réduire la capacité de mémoire.

Un des faits les plus importants dans les interactions homme - machine est de développer la capacité de détecter et de reconnaître l'état émotionnel de l'apprenant au cours du processus d'apprentissage et de régler les problèmes émotionnels de l'apprenant.

Notre approche de modélisation se distingue des autres approches par l'introduction de la possibilité de résoudre les problèmes émotionnels d'un apprenant réel au cours de son processus d'apprentissage en respectant les théories pédagogiques que nous avons proposées par rapport à l'expertise du domaine. Ainsi, notre STI interagit facile avec l'apprenant et communique avec ce dernier en tenant compte de ces besoins; il permet, par exemple, de changer l'état émotionnel de l'apprenant quand il a besoin d'une explication d'une formule ou d'une illustration d'un exemple, etc. Pour y

arriver, nous avons utilisé différentes techniques parce que notre machine a eu besoin, d'une part, de quelques traits émotionnels pour apparaître intelligente lors des interactions avec l'apprenant, et, d'autre part, elle a eu besoin d'outils qui permettent de détecter l'état émotionnel de l'apprenant et de réussir à régler les problèmes, le cas échéant.

Notre travail a été validé sur le plan technique en faisant appel à des techniques de programmation avancée. Nous avons développé un prototype de STI en C++ et, parce que certaines composantes de ce prototype étaient implantées dans autres langages que C++, nous avons utilisé la technologie de serveur de Web ASP de Microsoft qui s'appelle Internet Information Service (IIS) pour conserver l'application et Microsoft SQL pour conserver la base de données, ainsi que la technologie AJAX.

Nous avons ciblé notre recherche sur les émotions d'un apprenant réel et nous avons étudié l'impact des émotions sur l'apprentissage à distance en respectant une théorie pédagogique basée sur trois objectifs importants que nous avons proposée en utilisant les techniques de programmation modernes : (1) arranger la fonctionnalité et la logique interne des clients-serveurs ASP, (2) exécuter l'analyse de l'impact sur les modèles pédagogiques, et (3) détecter les défauts en vérifiant un modèle pédagogique par implémentation en C#, SQL et AJAX et améliorer ces défauts par induction d'émotions positives.

L'objectif de cette recherche a été atteint. On a analyser quelque stratégies pédagogiques et on a détecte des composants émotionnel qui peuvent amélioré le processus d'apprentissage et en final on a expérimente dans un système informatique le modèle d'une théorie pédagogique améliorée en ajoutant les facteurs émotionnels.

Dans ce travail de recherche nous avons étudié l'effet sur l'état émotionnel de l'apprenant de certaines actions pédagogiques effectuées par un tuteur virtuel lors d'une séance d'apprentissage à distance. Pour réaliser cette étude, nous avons développé un tuteur présentant des actions pédagogiques pouvant déclencher des émotions positives au cours d'une session d'apprentissage.

Le logiciel que nous avons créé est éducatif et contient les informations pédagogiques qui sont transférées du tuteur à l'apprenant. L'élève apprend en observant des photos, en pratiquant avec les exercices, en regardant des films, et aussi en observant

les conséquences de ses actions dans un environnement simulé. L'interface de l'agent est très facile à utiliser. L'utilisateur a la liberté de donner un sens au chemin qu'il construit. Il peut apprendre par découverte. Son attention est en tout temps concentrée sur la tâche principale visant à acquérir des connaissances. La diffusion des connaissances est adaptée au niveau de l'apprenant. Par exemple si un apprenant ne connait comment on va calculer le périmètre du triangle, il va regarder la formule, mais après il a la possibilité de faire tout seul une infinité des exemples en se jouant avec l'interface du programme qui est plus amicale et qui lui donne la possibilité d'apprendre par découvrir. Le tuteur a beaucoup de techniques de contrôle qui sont cachées et offre une évaluation des connaissances par exercices et par jeux adaptés à l'âge de l'apprenant. Le logiciel contient des stratégies et des méthodes pédagogiques. Son but est de choisir et de planifier les activités à présenter à l'étudiant, et de lui fournir des informations adaptées quand il le demande et quand il en a besoin. Les notions sont structurées et bien présentées en utilisant le principe du simple vers le complexe. Le logiciel est construit de photos et de films qui contiennent les notions d'apprentissage par objets multimédia. La base des connaissances du tuteur est construite avec des fichiers d'images et de sons.

Nous avons procédé à l'essai de notre logiciel pour collecter des données et pour analyser l'effet des actions du tuteur virtuel sur l'état émotionnel de l'apprenant. Nous avons enregistré les réponses des participants tout au long de l'essai pour obtenir une image concrète de l'effet produit par les actions du tuteur sur l'état émotionnel de l'apprenant. Il est important de préciser que l'essai a enregistré des résultats valides et du rendement tout en s'assurant des tendances que nous avons établies et en permettant l'utilisation d'émotions positives en apprentissage.

Bien entendu, plusieurs améliorations pourraient être apportées à notre STI. Nous pourrions, éventuellement, avec une simple modification, envisager l'utilisation de ce système dans d'autres contextes. Nous avons envisagé, par exemple, d'améliorer cette application, à l'avenir, en utilisant la programmation pour plusieurs leçons, ce qui permettra un apprentissage simple et concret dans différents domaines d'apprentissage.

Nous pouvons appliquer notre modèle à plusieurs domaines d'apprentissage dont les mathématiques, la littérature (créer un manuel pour apprendre une langue étrangère), les arts, l'informatique, etc.

Nous croyons également qu'une amélioration de la mesure de sécurité est indispensable. Finalement, il est possible de perfectionner notre système servant à guider l'utilisateur selon son domaine d'apprentissage.

9. Références :

1. Adam, C. et Evrard, F., 2005, Vers un modèle optimal des émotions, *Revue des modèles existants, Rapport de recherche IRIT/2005-15-R, IRIT, Université Paul Sabatier, Toulouse.*
2. Ahsen, A., 1989, Guided imagery: the quest for a science. Part I: Imagery origins. *Education*, p.2-16.
3. Aïmeur, E. et Frasson, 1996, C., Analyzing a New Learning Strategy According to Different Knowledge Levels, *Computer and Education, an International Journal*, p. 115-127.
4. Aïmeur, E., 1996, Application and Assessment of Cognitive Dissonance Theory in the Learning Process, *Journal of Universal Computer Science.*
5. Atkinson, R.C. et Shiffrin, R.M., 1968, Human memory: A proposed system and its control processes. In K.W. Spence & J.T. Spence (Eds.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory* (Vol. 2). New York: Academic Press.
6. Baddeley, A. and Hitch, G., 1974, Working memory. In Bower, G., editor, *The Psychology of Learning and Motivation*, p. 47–89. Academic Press.
7. Ball, G. and Breese, J., 1999, Modeling the Emotional State of Computer Users. Workshop on Attitude, Personality and Emotions in User-Adapted Interaction. ,Canada.
8. Bates, J., 1994, The role of emotion in believable agents. *Communications of the ACM*, p.122-125.
9. Bianchi, N. and Lisetti, C. L., 2002, Modeling Multimodal Expression of User 's Affective Subjective Experience. *User Modeling and User Adapted Interaction*, p.49- 84.
10. Blaney, P.H., 1986. Affect and memory: a review. *Psychol. Bull.* p.229– 246.
11. Brown, J.S. and Burton, R.R., 1978, Diagnostic models for procedural bugs in basic mathematical skills. *Cognitive Sciences*, p.155-191.
12. Bruner, J., 1979, *On knowing essays for the left hand, Harvard University Press* Cambridge.

13. Bruner, J., 1983, Le développement de l'enfant: savoir faire, savoir dire, Presses universitaires de France, Ed. RETZ.
14. Bruner, J., 1996, Comment les enfants apprennent à parler, Ed. Actualité pédagogique, Ed. RETZ.
15. Bruner, J., 1989, Interaction in human development, edited by Marc h. Bornstein.
16. Bruner, J., 1996, L'éducation entrée dans la culture.
17. Bruner, J., 1970, Le processus d'éducation intellectuelle, Rédaction Scientifique Bucarest.
18. Bruner J., 1970, Pour une théorie d'instruction, Rédaction Didactique et Pédagogique Bucarest.
19. Budzik, J. et Hammond, J. K., janvier 2000, User Interactions avec Everyday Applications comme contexte juste à temps d'accès à l'information, *ACM Conf. Intelligent User Interfaces (IUI 2000)*, ACM Press, New York, p.44 - 51.
20. Carbonel, J.R., 1970, AI in 7AI: an artificial intelligence approach to computer-assisted instruction. *IEEE Transactions on Man-Machine Systems*, p.190-202.
21. Chalfoun, P., Chaffar, S. and Frasson, C., 2006, Predicting the Emotional Reaction of the Learner with a Machine Learning Technique. *Submitted in the Workshop on Motivational and Affective Issues in ITS. International Conference of Intelligent Tutoring System (ITS'2006)*, Taiwan.
22. Chaffar, S., Chalfoun et P. , Frasson, C., 2006, La prédiction de la réaction émotionnelle dans un environnement d'apprentissage a distance. *Soumis a TICE'2006*, France.
23. Chaffar, S. et Frasson, C., 2006, Predicting Learners 'Emotional Response in Intelligent Distance Learning Systems. *To appear in the proceedings of the 19th International FLAIRS Conference, AAAJ Press, Clearwater, FL, USA.*
24. Chaffar, S. et Frasson, C., 2005, The Emotional Conditions of Learning. *The 18th International FLAIRS Conference, AAAI Press, Clearwater, FL, USA.*

25. Chaffar, S. and Frasson, C., 2004, Inducing Optimal Emotional State in Intelligent Tutoring System. *Proceedings of International Conference of Intelligent Tutoring System (ITS)*, Maceio, Brazil.
26. Chaffar, S. and Frasson, C., 2004, Using an Emotional Intelligent Agent to Improve the Learner's Performance. *W and Social Intelligence in Learning Environments. International Conference of Intelligent Tutoring System (ITS'2004)*, Maceio, Brazil.
27. Chaffar, S. and Frasson, C., 2004, Architecture des Systemes Tuteurs Emotionnellement Intelligents. *In proceeding of TICE' 04*, France.
28. Chan, T.W., 1995, Social Learning Systems: An Overview, in *Innovative Adult Learning with Innovative Technologies* (Collis B. et Davis G., éditeurs), North-Holland: Collis B. Davies G.
29. Chignell M., Parsaye K. : *Intelligent Database Tools and Applications*, Wiley.
30. Clancey, W.J., GUIDON, 1983, *Journal of Computer-Based Instruction* , p. 8-14.
31. Clark, R. C., & Mayer, R. E. , 2003, *e-Learning and the science of instruction: Pfeiffer*, San Francisco.
32. Conati, C. and MacLaren, H., 2004, Evaluating A Probabilistic Model of Student Affect. *7th International Conference on Intelligent Tutoring Systems*, Maceio, Brazil.
33. Conati, C., 2002, Probabilistic Assessment of User's Emotions in Educational Games. *Journal of lied Artificial Intelligence, special issue on Merging Cognition and Affect in (Hcy, 16)*, p. 555-575.
34. Damasio, A. , 2004, *Descartes Error — Emotion, Reason and the Human Brain*. NY: Putnam Press.
35. Edwards, P., 1998, Etude empirique de déterminants de la différenciation des émotions et de leur intensité. PhD thesis, Faculté de Psychologie et des Sciences de l' Education de l'Université de Genève, Genève.
36. El Nasr, M.S., Yen, J. et Ioerger., 2000, FLAME: Fuzzy Logic Adaptive Model of Emotions. *Autonomous Agents and Multi-Agents Systems*, p.219-257.
37. Eysenck, M. W., 1992, *Anxiety: The Cognitive Perspective*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

38. Ericsson, K. A., & Kintsch, W., 1995, Long-term working memory. *Psychological Review*, p.211-245.
39. Faivre, J.; Nkambou, R.; Frasson, C., 2002, Integrating Adaptive Emotional Agents in ITS. *Workshop of Architectures and Methodologies for Building Agent-Based Learning Environments. In conjunction with ITS 2002 Conference. p. 1-7.*
40. Francis, L. J., Brown, L. B. and Philipchalk, R., 1992, The development of an abbreviated form of the Revised Eysenck Personality Questionnaire (EPQR-A): Its use among students in England, Canada, the U.S.A. and Australia. *Personality and Individual Differences*, p.443-449.
41. Frasson C. and Gauthier G., 1996, Lesgold A. : *Intelligent Tutoring Systems*, LNCS vol 1086, Springer Verlag.
42. Frasson C, Gauthier G., Van Lehn K. , 2000, *Intelligent Tutoring Systems*, LNCS vol. 1839, Springer Verlag,.
43. Fellbaum, C. , 1998, Ed.: *WordNet: An Electronic Lexical Database*. MIT Press, Cambridge, MA.
44. Flaherty, G., 1992, The learning curve, *Vocational Educational journal*, p.32-33
45. Gagné, R., 1977, *The conditions of Learning*. 3^e éd.
46. Gagné, R., 1975, *Conditions de l'apprentissage*, Rédaction Pédagogique Bucarest.
47. Gagné, R., 1976, *Les principes fondamentaux de l'apprentissage*, Les éditions HRW Ltee Montréal.
48. Gagné, R., 1975, *Educational psychology*.
49. Gagné, R. and Briggs, L.J, 1964, *Principles of Instructional Design*, 2^e éd.
50. Goleman, D., 1995, *Emotional Intelligence*. Bantam Books: New York.
51. Gratch, J. and Marsella, S., 2004, A Domain-independent framework for modeling emotion. *Journal of Cognitive Systems Research*, p. 269-306.
52. Gross, J.J. and Levenson, R.W., 1995, Emotion elicitation using films. *Cognition and Emotion*, p.87-108.

53. Hartlage S., Alloy, L.B., Vazquez, C. and Dykman, B., 1993, Automatic and effortful processing in depression. *Psychological Bulletin*, p. 247-278.
54. Healy, J. et Picard, R., 2000, SmartCar: Detecting Driver Stress. *15th International Conference on Pattern Recognition*, Barcelona, Spain.
55. Hertel, P. T. and Rude, S. S., 1991, Depressive deficits in memory: Focusing attention improves subsequent recall. *Journal of Experimental Psychology: General*, p.301-309.
56. Hess, U., Kappas, A., McHugo, G. J., Lanzetta, J. T., and Kleck, R. E., 1992, The facilitative effect of facial expression on self-generation of emotion. *Psychophysiology* p.251-265.
57. Isen, A. M., 2000, Positive Affect and Decision Making. *Handbook of Emotions*.
58. Isen, A. M., 1999, Positive Affect Handbook of cognition and emotion.
59. Jackendoff, R., 1990, *Sémantique des structures*. Cambridge, MA: MIT Press.
60. Jennings N., Wooldridge M., 1997, *Agent Technology, Foundations, Applications, and Markets*, Springer.
61. Klausmeier, H., 1985, *Psychologie de l'éducation*.
62. Klausmeier, H.J., and Goodwin, W., 1966, *L'apprentissage et les capacités humaines*. New York: Harper and Row.
63. Korth and Silberschatz : *Database systems concepts*, Mc GrawHill
64. Kensinger, E.A. and Schacter, D.L., 2005, Emotional content and reality-monitoring ability: fMRI evidence for the influence of encoding processes. *Neuropsychologia*, p.1429-1443.
65. Kensinger, E.A. and Schacter, D.L., 2005, Retrieving accurate and distorted memories. *Neuroimaging evidence for effects of emotion*. *NeuroImage*, p.167-177.
66. Lazarus, R., 1991, *Emotion and adaptation*. NY: Oxford University Press .
67. Larivey M., 2002, *Guide des émotions*, Les éditions de l'Homme.
68. Larsen, R.J., 2000, Personality Processes. In G. Fink (Ed.), *Encyclopedia of Stress*. Volume3 N - Z p. 149-154, San Diego: Academic Press.

69. Larsen, R.J., Diener, E., & Emmons, A. ,1986, Affect Intensity and Reactions to Daily Life Events. *Journal of Personality and Social Psychology*,p. 803-814.
70. Mayer, J., Allen. J. et Beauregard, K. ,1995, Mood Inductions for Four Specific Moods: A Procedure Employing Guided Imagery Vignettes With music. *Journal of Mental imagery* p. 133-150.
71. Mayer, J. D. et Salovey. P. , 1997, What is emotional intelligence? In P. Salovey & D. Sluyter (Eds). *Emotional Development and Emotional Intelligence: Implications for Educators*, p. 3-31. New York: Basic Books.
72. Merrill, D. and the ID2 Research Group. ,1996, Instructional Transaction Theory: instructional design based on knowledge objects. *Educational Technology*, p.30-37.
73. Merrill, D. ,1997, Learning-oriented instructional development tools. *Performance Improvement* p. 51-55.
74. Merrill, D. ,1997, Instructional strategies that teach. *CBT Solutions*, Nov./Dec.p.1-11.
75. Merrill, David ,1998, Knowledge objects. *CBT Solutions*, March/April, 1-11.
76. Merrill, David & ID2 Research Group ,1998, ID Expert: a second generation instructional development system. *Instructional Science*, p.234-262.
77. Merrill, D., and Thompson, B., 1999, IDXelerator: learning-centered instructional design. In J. v. d. Akker, R. M. Branch, K. Gustafson, N. Nieveen & T. Plomp (Eds.), *Design Methodology and Development Research in Education and Training* (p. 265-277). Dordrecht / Boston / London: Kluwer Academic Publishers.
78. Merrill, D. ,1999, Instructional transaction theory (ITT): instructional design based on knowledge objects. In C. M. Reigeluth (Ed.), *Instructional Design Theory and Models: A New Paradigm of Instructional Theory* Vol. II. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
79. Merrill, D and Anderson, T. A., 2000, A design for standards-based knowledge components. *Journal of Computing in Higher Education*, p3-29.

80. Mills, R. J., Lawless, K. A., and Merrill, D., 2001, Designing instructional templates for web-based training. In B. H. Khan (Ed.), *Web-Based Training* p.99-105. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.
81. Merrill, D., 2001, First principles of instruction. *Journal of Structural Learning and Intelligent Systems*, p.459-466.
82. Merrill, D., 2001, A knowledge object and mental model approach to a physics lesson. *Educational Technology*, p.36-47.
83. Merrill, D., 2001, Toward a theoretical tool for instructional design. *Instructional Science*, p.291-310.
84. Merrill, D., 2002, First principles of instruction. *Educational Technology Research and Development*, p.43-59.
85. Merrill, D., 2002, Instructional strategies and learning styles: which takes precedence? In R. A. Reiser & J. V. Dempsey (Eds.), *Trends and Issues in Instructional Technology*. pp.99-106, Columbus, OH: Prentice Hall.
86. Merrill, M. D., 2002, Knowledge objects and mental models. In D. A. Wiley (Ed.), *The Instructional Use of Learning Objects* p.261-280, Washington DC: Agency for Instructional Technology & Association for Educational Communications and Technology.
87. Merrill, M. D., 2002, A pebble-in-the-pond model for instructional design. *Performance Improvement*, p.39-44.
88. Miller, G. A., 1956, *The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on our Capacity for Processing Information*. *Psychological Review*, p.81-97.
89. Minsky, M., 1986, *The Society of Mind*. New York: Simon and Schuster.
90. Minsky, M., août 2000, Commonsense Based Interfaces. *Communications de l'ACM*. Vol. 43, no 8, p.66-73
91. Mitchell, T., 1997, *Machine Learning*. McGraw Hill.
92. Mogg K. and Bradley B.V.P., 1998, A cognitive-motivational analysis of anxiety. *Behavior Research and Therapy*, p. 809-848

93. Muller J., Wooldridge M. and Jennings N., 1996, *Intelligent Agents 3, Agent Theories, Architectures and Languages*, Springer.
94. Mueller, E. T., 2000, Un calendrier avec le bon sens. *Dans Proceedings of the 2000 International Conference sur Intelligent User Interfaces*, p.198-201. New York: Association for Computer Machinery.
95. Murray, T., 1999, Authoring Intelligent Tutoring Systems: Analysis of the state of the art. *Int. J. of AI and Education.*, p. 98-129.
96. Nasoz, F., Lisetti. C.L. Avarez, K. and Finkestein, N., June 2003, Emotion Recognition from Physiological Signals for User Modeling of Affect. In *Proceedings of the 3 Workshop on Affective and Attitude User Modeling*, USA.
97. Nkambou, R., 2006, Managing Student Emotions in Intelligent Tutoring Systems. *To be appear in the 19th International FLAIRS Conference, AAAI Press, Clearwater, FL, USA.*
98. Nyc, J. L. and Brower, A. M., 1996, *What's Social About Social Cognition* Sage Publications. London.
99. Ormrod, J.E. , 1995 , *Human Learning (2nd ed.)*. New Jersey, Prentice Hall.
100. Ortony, A., Clore, G. and Collins, A., 1988, *The Cognitive Structure of Emotions*. Cambridge:University Press.
101. Peat, H. et J. Willett, P., 1991, Les limites de la durée collaboration accident pour la recherche de données dans le document d'extension de systèmes d'extraction. *De l'ASIS Journal*, p.378 - 383.
102. Perry, C., Ball, I. & Stacey, E., 2004, Emotional intelligence and teaching situations: Development of a new measure. *Issues in Educational Research*, p.29-43.
103. Peterson, L. R. and Peterson, M. J. , 1959, Short-term retention of individual verbal items. *Journal of Experimental Psychology*, p.193-198.
104. Picard, R. W., Healey. J. and Vyzas. F., 2001, Toward Machine Emotional Intelligence Analysis of Affective Physiological State. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. p.1175-1191.

105. Price, D. D., Barrell, J. E. and Brell, J. J., 1985, A Quantitative- Experiential Analysis of Human Emotions. *Motivation and Emotions*.
106. Reeves, B and Nass, C., 1996, *The media equation - How people treat computers, television, and new media like real people and places*. CSLI Publications, Cambridge
107. Roseman, I. J., Jose, P. E. and Spindel, M. S., 1990, Appraisals of Emotion-Eliciting Events: Testing a Theory of Discrete Emotions. *Journal of Personality and Social Psychology*, p.899-915.
108. Salton G. et Buckley C., 1988, Sur l'utilisation des méthodes en Spreading Activation automatique Information Retrieval, In Proc. 11 ème Ann. Tél. ACM SIGIR Conf. sur la R & D en Information Retrieval (ACM), p.147-160.
109. Singh, P., 2002, Acquisition de The Public Commonsense Knowledge. *AAAI Spring Symposium, Stanford University, Palo Alto, CA*.
110. Sloman, A. and Croucher. M., 1987, Why Robots will have emotions. *Proceedings of IJCAI- 87* p.197-202.
111. Sweller, J. and Chandler, P. ,2002, Evidence for Cognitive Load Theory. *Cognition and Instruction* p. 351-362.
112. Voorhees, E.1994, Extension des requêtes, en utilisant des relations sémantiques lexicales. *Dans Proceedings of ACM SIGIR Intl. Conf. De la recherche et le développement en Information Retrieval* p.61-69.
113. <http://tip.psychology.org/gagne.html>
114. <http://cito.byuh.edu/merrill/text/papers.htm>