

Université de Montréal

«Analyse de deux interventions didactiques portant sur les connaissances spatiales auprès de trois profils d'élèves du secondaire.»

Par:

Patricia Marchand

Département de didactique
Faculté des sciences de l'éducation

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

Juin, 2004

© Patricia Marchand, 2004



LB

5

U57

2005

V.004

Direction des bibliothèques

AVIS

L'auteur a autorisé l'Université de Montréal à reproduire et diffuser, en totalité ou en partie, par quelque moyen que ce soit et sur quelque support que ce soit, et exclusivement à des fins non lucratives d'enseignement et de recherche, des copies de ce mémoire ou de cette thèse.

L'auteur et les coauteurs le cas échéant conservent la propriété du droit d'auteur et des droits moraux qui protègent ce document. Ni la thèse ou le mémoire, ni des extraits substantiels de ce document, ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans l'autorisation de l'auteur.

Afin de se conformer à la Loi canadienne sur la protection des renseignements personnels, quelques formulaires secondaires, coordonnées ou signatures intégrées au texte ont pu être enlevés de ce document. Bien que cela ait pu affecter la pagination, il n'y a aucun contenu manquant.

NOTICE

The author of this thesis or dissertation has granted a nonexclusive license allowing Université de Montréal to reproduce and publish the document, in part or in whole, and in any format, solely for noncommercial educational and research purposes.

The author and co-authors if applicable retain copyright ownership and moral rights in this document. Neither the whole thesis or dissertation, nor substantial extracts from it, may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

In compliance with the Canadian Privacy Act some supporting forms, contact information or signatures may have been removed from the document. While this may affect the document page count, it does not represent any loss of content from the document.

Université de Montréal
Faculté des études supérieures

Cette thèse intitulée:

«Analyse de deux interventions didactiques portant sur les connaissances spatiales auprès de trois profils d'élèves du secondaire.»

Présenté par:
Patricia Marchand

a été évaluée par un jury composé des personnes suivantes:

Gisèle Lemoyne
.....
président-rapporteur

Louise Poirier
.....
directrice de recherche

Sophie René de Cotret
.....
membre du jury

Claudine Mary
.....
examineur externe

Temy Tidafi
.....
représentant du doyen de la FES

Résumé

Cette thèse se situe au niveau des études qualitatives et exploratoires. Elle vise l'examen de deux interventions didactiques portant sur les connaissances spatiales. Cette étude implique les élèves de troisième secondaire ayant des profils particuliers (enrichis, sport-étude et musique-étude). La géométrie représente une part importante du programme de mathématiques du ministère de l'Éducation du Québec autant pour le secondaire que pour le primaire, mais son enseignement et son apprentissage ne vont pas sans difficultés. Ainsi, dans le but d'explorer ces difficultés, nous avons créé deux leçons différentes, l'une plus classique et l'autre tenant compte davantage de l'action concrète et intériorisée de l'élève, que nous avons expérimentées auprès de petits groupes d'élèves. La comparaison entre les deux interventions nous amène à les caractériser autant au niveau des interventions de l'enseignant que des élèves. Les résultats de cette recherche permettront ultérieurement de construire une séquence d'enseignement élaborée sur les connaissances spatiales.

Mots clés :

didactique des mathématiques, géométrie, connaissances spatiales, sport, action intériorisée

Abstract

In Quebec, Canada, the geometric knowledge represents an important part of the mathematic curriculum of elementary and secondary schools. The spacial representation seems to have a important role in the learning of mathematics. So, according to the researchs showing that the spacial sense does involve difficulty for pupils and the fact that this knowledge takes a important place in the elementary and secondary mathematics studies, our study's goal is to experiment two kinds of approach on spacial sense learning. It is consider as a qualitative and explorational study involving approximately sixty pupils of fourteen and fifteen years old. This research rests on the work of Piaget for whom the action is the starting point of all learning, including abstract knowledge. Both, the concert and abstract (mental) actions are playing a central part in this learning, so it will, therefore, be consider in the approach favoured in our study. Thus, we will be able to characterize the learning of each profile of pupils (advance, music or sport) and the influence of each approach (the teaching with action or not) by standing out the similar and divergert aspects of each other.

Key words:

mathematic teaching, geometry, spacial, sport, concret and abstract action.

Table des matières

	Page
Résumés	iii
Liste des tableaux	viii
Liste des figures	ix
Introduction	1
Chapitre I	
Problématique	6
1.1 Le programme de mathématiques, les manuels d'enseignement	9
1.1.1 Retour sur le programme de mathématiques du secondaire	9
1.1.2 Analyse de manuels du secondaire et du primaire	13
1.2 La porte de «l'action» pour explorer le développement des connaissances spatiales	18
1.3 Problème et questions de recherche	24
Chapitre II	
Cadre Conceptuel	26
2.1 Connaissances/savoirs géométriques et spatiales	29
2.2 Développement des connaissances spatiales	33
2.3 Liens entre action concrète et intériorisée dans le sport, dans les mathématiques et la géométrie	41
2.3.1 L'imagerie dans le sport comme lien entre l'action concrète et intériorisée	42
2.3.2 Liens entre l'action concrète et intériorisée dans l'enseignement des mathématiques	46
2.4 Questionnement	53
2.4.1 Questionnement général	53
2.4.2 Questionnement à l'école, dans les classes	54
2.4.3 Questionnement en classe de mathématiques	55
2.5 Synthèse des concepts retenus pour notre cadre	58
2.6 Retour sur notre problème et nos questions de recherche	64

Chapitre III	
Méthodologie	65
3.1 Questions de recherche et démarche retenue	68
3.2 Sélection des échantillons et conditions d'expérimentation	71
3.3 Outils d'expérimentation	74
3.3.1 Leçons	74
3.3.1.1 Base d'élaboration des leçons	75
3.3.2 Enregistrement du matériel	78
3.4 Outils d'analyse	79
3.5 Portes d'entrées choisies pour les grilles d'analyse	82
3.5.1 Description des unités de leçons	82
3.5.2 Analyses linéaires des approches	82
3.5.3 Croisement des approches et des profils	83
3.6 Inférence et interprétation	84
3.6.1 Analyse de la qualité des données	84
3.6.2 Analyse de la démarche	85
3.7 Conclusion de la méthodologie	87

Analyse des résultats - chapitre IV - V - VI

Chapitre IV	
Analyse des planification de leçons	89
4.1 Analyse de la planification de la leçon «action»	91
4.2 Planification de la leçon «classique»	95
4.3. Comparaison des planifications de leçons	98
4.4 Croisement des observations avec les principaux éléments conceptuels	102
Chapitre V	
Analyse des deux approches d'enseignement	105
5.1 Déroulement de l'unité 1 des leçons, correspondant à l'objectif de la construction d'une maison.	110
5.2 Résultats de l'unité 1 des deux approches d'enseignement	113
5.2.1 Tâches impliquées dans les deux approches, pour l'unité 1	113
5.2.2 Questionnement impliqué dans les deux approches, pour l'unité 1.....	115
5.2.3 Actions impliquées dans les deux approches, pour l'unité 1	116
5.3 Caractérisation de l'approche «action» pour l'unité 1	118

5.4 Déroulement de l'unité 2 des leçons, correspondant à l'objectif des solides de révolution.	119
5.5 Résultats de l'unité 2 des deux approches d'enseignement	121
5.5.1 Tâches impliquées dans les deux approches, pour l'unité 2	121
5.5.2 Questionnement impliqué dans les deux approches, pour l'unité 2.....	122
5.5.3 Actions impliquées dans les deux approches, pour l'unité 2	124
5.6 Caractérisation de l'approche «action» pour l'unité 2	125
5.7 Caractérisation globale de l'approche «action»	126

Chapitre VI

Analyse des comportements des élèves selon les deux approches et leurs profils

6.1 Comportements généraux des élèves lors de l'unité 1	131
6.2 Résultats des comportements des élèves pour l'unité 1	134
6.2.1 Outils de résolution pour l'unité 1	134
6.2.2 Difficultés des élèves pour l'unité 1	136
6.2.3 Visualisation des élèves pour l'unité 1	137
6.3 Caractérisation des comportements des élèves pour l'unité 1	139
6.4 Comportements généraux des élèves lors de l'unité 2	140
6.5 Résultats des comportements des élèves pour l'unité 2	142
6.5.1 Outils de résolution pour l'unité 2	142
6.5.2 Difficultés des élèves pour l'unité 2	144
6.5.3 Visualisation des élèves pour l'unité 2	146
6.6 Caractérisation des comportements des élèves pour l'unité 2	147
6.7 Comparaison dans les comportements des élèves selon les profils	149
6.7.1 Interventions des élèves	149
6.7.2 Outils de résolution	151
6.7.3 Difficultés des élèves	152
6.7.4 Visualisation des élèves	153
6.8 Conclusions sur les comportements des élèves	154

Chapitre VII

Interprétation des résultats

7.1 Comment se caractérise une approche d'enseignement centrée sur l'action (concrète et intériorisée) en comparaison avec une approche plus «classique»?	158
7.1.1 Interventions caractérisant la leçon «action»	158
7.1.2 Tâches demandées	158
7.1.3 Questionnement à valoriser	159
7.1.4 Types d'actions à mettre en évidence	160
7.1.5 Conclusions sur la caractérisation de l'approche «action»	161

7.2. Comment se caractérisent les comportements, raisonnements et difficultés des élèves? Sont-ils dépendant du profil des élèves (enrichis, musiciens ou sportifs) ou de l'approche d'enseignement («action» ou «classique»)?	162
7.2.1 Comportements des élèves reliés aux deux approches	162
7.2.2 Outils de résolution valorisés pour l'approche «action»	163
7.2.3 Difficultés des élèves	164
7.2.4 Conclusions sur les comportements, raisonnements et difficultés des élèves	165
7.3 Retour sur le programme d'enseignement et l'analyse des manuels	168
7.3.1 Retour sur le programme	168
7.3.2 Retour sur l'analyse des manuels en lien avec les tâches demandées... ..	171
7.3.3 Retour sur l'analyse des manuels en lien avec le développement des connaissances spatiales	173
7.4 Limites de la recherche	175
7.5 Conclusions et recommandations	177
Bibliographie	181
Appendices	188
Appendice 1: Programme du secondaire	189
Appendice 2: Programme du primaire	191
Appendice 3: Grille d'analyse des tâches géométriques	192
Appendice 4: Résultats de la recherche de Zhang et al.	193
Appendice 5: Témoignages d'athlètes	194
Appendice 6: Cinq principes de l'imagerie	195
Appendice 7: Planification de la leçon «classique»	197
Appendice 8: Planification de la leçon «action»	199
Appendice 9: Lignes directrices des entrevues	207
Appendice 10: Grille d'analyse de Gauthier	208
Appendice 11: Grille d'analyse de l'intervenant	213
Appendice 12 : Grille d'analyse de l'élève	218
Appendice 13: Unités et sous-unités des deux leçons	224
Appendice 14: Résultats de l'analyse des deux approches	227
Appendice 15: Résultats de l'analyse des comportements des élèves	228
Appendice 16 : Exemples de procédures d'élèves pour la construction de la maison	230

Liste des tableaux

	Page
Tableau I. Parallèle entre les objectifs reliés à l'enseignement de l'espace en trois dimensions, du primaire et du secondaire	11
Tableau II. Quatre modèles de développement	38
Tableau III. Exemple de deux approches différentes pour un même exercice	62
Tableau IV. Échantillon	73
Tableau V. Caractérisation de la planification de la leçon «action»	94
Tableau VI. Caractérisation de la planification de la leçon «classique»	97
Tableau VII. Comparaison des deux planifications	101
Tableau VIII. Exemple de codage de l'approche d'enseignement	107
Tableau IX. Tâches impliquées dans les deux approches, pour l'unité 1	113
Tableau X. Questionnement posé par les deux approches, pour l'unité 1	115
Tableau XI. Actions impliquées dans les deux approches, pour l'unité 1	116
Tableau XII. Caractérisation de l'approche «action», pour l'unité 1	118
Tableau XIII. Tâches impliquées dans les deux approches, pour l'unité 2	121
Tableau XIV. Questionnement posé par les deux approches, pour l'unité 2	122
Tableau XV. Actions impliquées dans les deux approches, pour l'unité 2	124
Tableau XVI. Caractérisation de l'approche «action», pour l'unité 2	125
Tableau XVII. Caractérisation de l'approche «action»	126
Tableau XVIII. Exemple de codage du comportement des élèves	130
Tableau XIX. Outils de résolution pour l'unité 1, selon les deux approches	134
Tableau XX. Visualisation des élèves pour l'unité 1, selon les deux approches	138
Tableau XXI. Caractérisation des comportements des élèves pour l'unité 1, selon les deux approches	139
Tableau XXII. Outils de résolution pour l'unité 2, selon les deux approches	142
Tableau XXIII. Visualisation des élèves pour l'unité 2, selon les deux approches	146
Tableau XXIV. Caractérisation des comportements des élèves pour l'unité 2, selon les deux approches	147
Tableau XXV. Interventions caractéristiques à chacun des profils d'élèves	149
Tableau XXVI. Outils de résolution caractéristiques à chacun des profils d'élèves ...	151
Tableau XXVII. Visualisation caractéristique à chacun des profils d'élèves	153

Liste des figures

	Page
Figure 1.1 Variété des tâches présentées en secondaire 3	14
Figure 1.2 Variété des tâches présentées en sixième année du primaire	15
Figure 2.1 Aspects de la géométrie	32
Figure 2.2 Développement des connaissances spatiales	40
Figure 2.3 Rôle de l'action intériorisée dans le sport et à l'école	52
Figure 2.4 Le type de questionnement dans l'enseignement	57
Figure 2.5 Réseau conceptuel	61
Figure 3.1 Schématisation des choix méthodologiques	69
Figure 3.2 Schématisation des étapes de l'analyse	88
Figure 7.1 Tâches demandées dans les manuels et les deux approches	172
Figure 7.2 Développement des connaissances spatiales et tâches demandées	173

Dédicace

À toute ma famille, maman, papa, François, Geneviève, Rose,
à Dominique qui a été ma source d'encouragement quotidienne et
ma belle famille, Marc, Anick, Thomas et Herta.

Remerciements

Je désire remercier tout particulièrement ma directrice Louise Poirier pour m'avoir soutenue tout au long de ce cheminement et m'avoir permis de progresser en tant que chercheure et professeure en didactique des mathématiques. Je remercie les enseignants et les différents intervenants ayant participé à cette recherche: Jacqueline Bortuzzo, Isabelle Jordi, Marie-Claire Martin, Christian Morasse et Stéphane Pelerin. Je désire aussi remercier Dominique qui a lu et relu les différentes parties de ma thèse ainsi que toute ma famille pour m'avoir soutenue durant toutes ses années.

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Cette thèse met en parallèle deux domaines à première vue très éloignés, soit la géométrie, les connaissances spatiales plus spécifiquement, et la pratique d'un sport comme le patinage artistique. Il existe toutefois des liens entre ces deux domaines. Hoffman (1998) fait un parallèle intéressant introduisant bien ce projet:

Vision is normally so swift and sure, so dependable and informative, and apparently so effortless that we naturally assume that it is, indeed, effortless. But the swift ease of vision, like the graceful ease of an Olympic ice skater, is deceptive. Behind the graceful ease of the skater are years of rigorous training, and behind the swift ease of vision is an intelligence so great that it occupies nearly half of the brain's cortex. (Hoffman, p.XI)¹

Derrière la grâce d'un patineur se cache des années d'entraînement et derrière la vue se cache une intelligence remarquable. Lors de cette étude, nous poussons plus loin cette comparaison entre l'action intériorisée qui se cache en arrière de la grâce d'un patineur (entraînement mental : connaissances spatiales) et son action concrète (entraînement physique : transformations isométriques). Nous voulons en connaître davantage sur le développement des connaissances spatiales acquises à travers l'apprentissage d'un sport comme le patinage artistique et à travers l'expérience scolaire. Hoffman nous rappelle que la vue joue un grand rôle dans le développement des images mentales:

¹ *La vue est habituellement si vive et claire, informative et fiable, et apparemment sans effort que nous la tenons naturellement pour acquis. Mais la facilité reliée à la vue, comme la grâce du patineur artistique des Jeux Olympiques est trompeuse. En arrière de cette grâce du patineur sont des années d'entraînements rigoureux, et derrière la facilité de la vue il y a une intelligence tellement importante qu'elle représente presque la moitié du cortex du cerveau.*

Vision is not merely a matter of massive perception, it is an intelligent process of active construction. What you see is, invariably, what your visual intelligence constructs.²

En effet, si nous voulons que les élèves accèdent à des actions intériorisées et se construisent des images mentales, nous devons leur offrir des moments où leur vue pourra aussi se construire de façon active. Les patineurs construisent leurs images mentales non seulement à travers la vue, mais surtout à travers leurs actions. D'ailleurs, notons que les images mentales se développent à partir de tous les sens (toucher, ouïe, odorat, goût) et que l'action concrète joue un rôle important dans ce développement. Par conséquent, l'interaction que les élèves ont avec leur environnement semble être un facteur central dans le développement de leurs images mentales.

Hoffman met aussi en évidence la puissance de l'intelligence derrière la vue:

...each of your eyes contains within it more computing power than the fastest supercomputers made today,...you can buy a chess machine that beats a Master but can't yet buy a vision machine that beats a toddler's vision,...(p.XIII)
In a fraction of a second your visual intelligence can construct the strut and colors of a peacock, or the graceful run of a leopard, or the fireworks of an ocean sunset, or the nuances of light in a forest at dusk, or any of countless other scenes of such subtlety and complexity (p.1)³.....

Ceci montre toute la puissance et la complexité de notre faculté de voir, d'agir, d'imaginer et ainsi que de créer des images mentales statiques ou cinétiques. Nous explorerons ces trois aspects se retrouvant dans le développement de connaissances spatiales présentes à la fois dans un entraînement sportif et dans l'apprentissage scolaire. Ainsi, nous étudions le développement des connaissances spatiales sous un autre point de vue: en nous basant sur la littérature du domaine sportif en ce qui a trait au développement des connaissances spatiales similaires à celles développées à l'école pour créer une intervention d'enseignement innovatrice, surtout par son questionnement et le type d'action mis en évidence.

² *La vue n'est pas simplement une question de multiples perceptions, c'est un processus intelligent de construction active. Ce que vous voyez est invariablement ce que votre intelligence «visuelle» construit.*

³ *Chacun de vos yeux possède plus de puissance que l'ordinateur le plus rapide construit à ce jour... vous pouvez acheter un logiciel d'échec qui battra un grand maître, mais le logiciel «de la vue» qui sera supérieur à la vue d'un bébé n'est pas encore inventé. Dans une fraction de seconde l'intelligence visuelle construit l'allure et les couleurs d'un paon, ou la course gracieuse d'un léopard, ou la magie d'un couché de soleil sur l'océan, ou la luminescence au crépuscule dans une forêt, ou toutes les innombrables scènes aussi subtiles et complexes.*

Ce préambule exprime le contexte particulier de cette recherche voulant créer un pont entre les connaissances spatiales développées dans l'apprentissage d'un sport et celles apprises à l'école. Abordons, à présent, le cheminement de cette recherche plus en détail.

Notre problématique prend naissance dans l'interaction existant entre ces deux domaines (géométrie et sport) dans notre quotidien, entre l'esprit de réforme s'imposant à ce moment (1990), le rôle de l'action mis en évidence par le programme et, plus particulièrement, la nature même du développement des connaissances spatiales. Nous traitons de ces différents points de départ dans notre problématique.

Le questionnement qui est engagé dans cette première étape de la recherche doit être précisé. Plusieurs concepts comme connaissance, géométrie, spatiale, action concrète, action intériorisée demandent à être précisés et nous devons aussi expliciter davantage le développement des connaissances spatiales ainsi que le rôle que joue l'action à l'intérieur de cet enseignement/apprentissage devront être traités plus profondément. De plus, les interventions de l'enseignant, surtout son questionnement, représenteront des facteurs décisifs pouvant orienter les approches d'enseignement. Nous consacrons ainsi une section particulière sur la nature du questionnement à favoriser ou non en classe. Ces différents aspects sont à la base de l'élaboration de notre cadre conceptuel. Une fois tous ces concepts élucidés, nous entamons notre méthodologie. En bref, nous expérimentons deux leçons, auprès de trois types différents d'élèves de troisième secondaire, portant sur l'apprentissage des connaissances spatiales. Une approche valorise l'action de l'apprenant et l'autre approche reflète ce qui se fait actuellement dans le milieu; rappelons que nous nous trouvons dans un contexte exploratoire et que nous n'aboutirons pas à des réponses définitives et directrices.

L'analyse des résultats comporte trois analyses distinctes: l'analyse des planifications des leçons, l'analyse des approches d'enseignement a posteriori («action» et «classique») et l'analyse de l'influence des profils des élèves (enrichi, musicien ou sportif). Les deux dernières analyses se basent sur deux grilles d'analyse que nous élaborons dans le cadre de cette recherche.

Les résultats nous amènent à émettre des pistes pertinentes à l'apprentissage/enseignement des connaissances spatiales dans un contexte scolaire. Ces pistes de réponses pourront servir de canevas pour des recherches ultérieures où l'objectif ne serait plus uniquement d'élaborer des interventions didactiques ponctuelles, mais bien des séquences d'enseignement sur le sujet.

Le cheminement de cette thèse étant exposé, nous pouvons débiter avec le premier chapitre, soit la problématique expliquant les origines de notre étude ainsi que le questionnement initial à ce projet.

CHAPITRE I

PROBLÉMATIQUE

CHAPITRE I

Problématique

Ce premier chapitre éclaircira les raisons qui nous ont poussée à traiter de l'enseignement et de l'apprentissage de la géométrie, en particulier du développement des connaissances spatiales. Une connaissance peut être traitée comme un état ou un processus, mais dans ce projet, connaissance représente un processus, tout comme l'entend Piaget, et non un état. Lorsqu'il sera question d'un état, nous utiliserons plutôt le terme savoir. Pour l'instant, nous pouvons dire que les connaissances spatiales sont un processus d'intériorisation des propriétés physiques des formes géométriques, mais ce terme sera abordé plus spécifiquement lors de notre cadre conceptuel.

L'origine de ce projet provient du rapprochement de deux centres d'intérêt, le patinage artistique (comme entraîneuse professionnelle depuis treize ans) et l'enseignement des mathématiques et de l'informatique au niveau secondaire. Une première observation s'impose: des patineurs qui étaient suivis en cours privés de mathématiques ont affirmé avoir de la facilité en géométrie, surtout avec les transformations géométriques (rotation, translation, réflexion...) et les connaissances spatiales, mais éprouver des difficultés dans d'autres champs mathématiques. Or, nous savons que l'apprentissage de la géométrie n'est pas toujours facile pour les élèves du secondaire (Bessot, 1983; Izard, 1990; Parzysz, 1991), comme ceci semble être le cas pour ce profil d'élèves. Comment expliquer un tel phénomène? Ces deux domaines (géométrie et sport), bien qu'à première vue éloignés, auraient-ils certains aspects en commun? Il nous semble, en effet, que certaines connaissances spatiales interviennent dans les deux domaines.

Du côté des mathématiques, ces connaissances se retrouvent à travers l'étude des solides et des transformations isométriques, objectifs importants du programme de géométrie au primaire et au secondaire. Du côté du patinage artistique, l'élève doit apprendre à se repérer dans l'espace et à se créer une image interne des différentes positions du corps à effectuer, puisque la vitesse de rotation d'un saut ne permet plus un usage efficace de la vue (il doit s'imaginer s'étirer pour faire l'envol du saut, ensuite se regrouper autour de son axe pour la rotation et ensuite ouvrir pour ralentir la rotation et placer son corps à l'atterrissage pour arrêter spontanément la rotation au-dessus d'un seul pied et ce, en quelques secondes). Comment expliquer que les sportifs rencontrés avaient de la facilité en géométrie et pourtant de la difficulté dans d'autres domaines mathématiques? Est-ce que la pratique d'un sport tel le patinage artistique ou toute autre activité sportive nécessitant le même type d'actions (rotation et translation) comme la gymnastique, le plongeon, le ski acrobatique, permet de développer des connaissances spatiales similaires à celles enseignées à l'école? Étant dans le milieu sportif depuis une vingtaine d'années, nous sommes familière avec le développement des connaissances spatiales ciblées par ce type d'apprentissage, mais est-ce que nous retrouvons des connaissances spatiales similaires à ces dernières dans l'enseignement/apprentissage de la géométrie scolaire? Si oui, comment est traité cet enseignement/apprentissage dans le milieu scolaire québécois? Ces questions représentent des questions très larges, nous nous fixerons des questions beaucoup plus étroites pour ce projet, mais ceci donne, tout de même, le ton de cette étude.

Le premier chapitre sera séparé en trois parties. Nous commencerons par examiner le milieu actuel de l'enseignement de la géométrie à l'aide d'une analyse des programmes du ministère de l'Éducation et des manuels fréquemment utilisés afin de nous renseigner davantage sur le développement des connaissances spatiales dans un environnement scolaire (1.1). Ce retour nous conduira à une réflexion sur le rôle que prend ou non l'action dans cet enseignement et apprentissage (1.2). En conclusion, nous soulèverons les questions ainsi que notre problème de recherche (1.3), qui se préciseront avec notre cadre conceptuel présenté au chapitre suivant.

1.1 Le programme de mathématiques, les manuels d'enseignement

Nous réalisons un retour sur les programmes en vigueur actuellement en mathématiques au secondaire. Nous étudions, ensuite, leurs applications dans les écoles; pour ce faire, nous procédons à l'analyse des manuels actuellement employés par la majorité des écoles. Cette dernière étude nous permet de cibler l'enseignement spécifique que les élèves reçoivent pour ainsi être en mesure de le caractériser davantage et, par la même occasion, nous outiller pour élaborer et expérimenter les interventions didactiques prévues dans le cadre de ce projet.

1.1.1 Retour sur le programme de mathématiques du secondaire⁴

Dans cette sous-section, nous mettons en lumière les endroits où le programme de mathématiques du secondaire traite de la géométrie⁵, en particulier des connaissances spatiales. À travers les programmes du Québec et des États-Unis (Clements et Battista, 1992), les connaissances spatiales se retrouvent à l'intérieur des objectifs de géométrie; il faut donc se centrer sur cette portion du programme. L'examen des objectifs du secondaire (voir appendice 1, p.189) montre que l'enseignement de la géométrie se restreint aux figures géométriques et à leurs transformations pour les première et deuxième années du secondaire. Ainsi, aucun objectif, à ces niveaux, ne fait appel au développement des connaissances spatiales reliées à l'espace en trois dimensions, l'enseignement de la géométrie se limitant à l'espace en deux dimensions. Par contre, *en troisième année du secondaire*⁶, trois des quatre objectifs de géométrie portent sur l'espace en trois dimensions. Pour ce projet, *nous nous centrons sur l'espace en trois dimensions* puisque cet espace est commun aux deux domaines visés (géométrie et sport) et, par conséquent, des connaissances spatiales similaires; les activités d'apprentissage impliquant ce type de connaissances seraient par exemple d'exiger des élèves qu'ils imaginent mentalement le résultat d'une construction d'un solide ou encore qu'ils imaginent mentalement le résultat en trois dimensions d'une rotation d'une figure autour d'un axe.

⁴ Le programme du secondaire analysé est celui de 1993-1997, mais nous abordons aussi la version provisoire de 2002 pour le premier cycle du secondaire.

⁵ En géométrie nous traitons des figures géométriques (2D) et des solides (3D), de leurs propriétés, de leurs transformations (translation, rotation, réflexion et homothétie), de leurs mesures (longueur, aire et volume) ainsi que des problèmes impliquant ces derniers.

⁶ Des segments de phrases sont mis en italique, tout au long de ce chapitre, pour mettre en évidence les lignes directrices des choix didactiques de cette recherche.

Nous remarquons que la préoccupation pour le développement des connaissances spatiales au secondaire se traduit davantage par des textes accompagnant que des objectifs. En voici quelques extraits montrant que le programme favorise le développement de telles connaissances:

(le programme vise) Le développement d'une perception spatiale du monde...
 (un) Élargissement de ce réseau autour des solides... (et) il est essentiel de poursuivre le développement du sens spatial qui est une forme d'activité mentale permettant de créer et de manipuler des images d'objets...
 (un des objectifs du programme est) d'améliorer la perception qu'ont les élèves de l'espace à deux et trois dimensions... Il faut donner aux élèves un outil de travail sur l'espace pour améliorer leur perception et pour assurer le développement d'images mentales qui puissent servir de soutien à un raisonnement. (p.33-35, programme de secondaire 3, 1995)

Le ministère précise donc ce qu'il désire développer comme connaissances spatiales, soit la perception et le sens spatial reliés à la création d'images mentales. En observant le programme de mathématiques des trois premières années du secondaire (appendice 1, p.189) nous pouvons constater une absence en première et deuxième année du secondaire d'objectifs reliés au développement des connaissances spatiales traitant de l'espace en trois dimensions et par conséquent une telle situation soulève des questions: Comment seront traitées les connaissances spatiales de l'espace en trois dimensions en troisième année du secondaire? Sur quelles connaissances spatiales doivent se baser les élèves de troisième secondaire? Sur les connaissances acquises au primaire, deux ans auparavant? Il devient alors important de nous centrer sur *l'arrimage entre le primaire et le secondaire*; les connaissances acquises au primaire seront celles sur lesquelles les élèves baseront leur développement des connaissances spatiales en troisième année du secondaire.

Au primaire (voir appendice 2, p.191, pour les objectifs spécifiques du programme), le développement des connaissances spatiales est effectivement exploité à tous les niveaux. Nous retrouvons le repérage (direction, orientation), les relations spatiales, l'observation (différentes perspectives), la description, la classification, la comparaison et la construction de solides, d'objets ou de figures; tâches contribuant au développement des connaissances spatiales selon le programme du ministère. Ainsi, les élèves qui arrivent du primaire ont un certain bagage en ce qui concerne les connaissances spatiales qu'ils ont développées à travers les tâches proposées par le programme.

Voici deux exemples de problèmes posés au primaire: «à partir des indices suivants (aire, hauteur, volume et périmètre), réalise au moins deux constructions (à l'aide de cubes)» (Défi Mathématique 6, p.219) ou «trouve le développement qui permet de construire le solide suivant (solides rectilignes, ex.: un escalier)» (Espace mathématique 6, p.77). Notons, qu'au primaire l'enseignement de la géométrie ne représente qu'entre 20% et 25% de l'enseignement des mathématiques; ce qui n'est pas négligeable, mais pas énorme, non plus. Ce pourcentage augmente au secondaire, soit entre 35% et 40%, selon le niveau scolaire. Le plus haut pourcentage étant pour la troisième année du secondaire.

Nous terminons cette incursion au primaire, par une comparaison des objectifs du primaire et du secondaire. Le tableau suivant met en parallèle certains des objectifs de la sixième année primaire et de la troisième secondaire⁷:

Tableau I. Parallèle entre les objectifs reliés à l'enseignement de l'espace en trois dimensions, du primaire et du secondaire.

Primaire (dernier cycle) ⁸	Secondaire (3 ^e)
Description de prismes et de pyramides (faces, de sommets, d'arêtes, d'apex). 16.1 Nommer, identifier et décrire des solides.	2.2 * Décrire en mots ou en dessins des objets à trois dimensions.
Solide, comparaison et construction : prisme, pyramide, boule, cylindre, cône... Attribut (nombre de face, base)... 15.2 Trouver un ou plusieurs arrangements de figures planes permettant de construire un solide. 16.3 Construire des solides au moyen de figures planes identiques ou non. 16.4 Construire des solides dont les propriétés sont connues.	2.2 * Bâtir un objet à trois dimensions à partir d'une description ou d'un dessin.
Classification de prismes et de pyramides. 16.6 Classifier des solides d'après certaines propriétés (sommets, arêtes, ...).	2.3 * Classer les solides.
26. Résoudre des problèmes relatifs aux unités de longueur, d'aire et de volume. 26.6 Élaborer et appliquer une démarche permettant de résoudre des problèmes relatifs à ces mesures.	2.4 * Distinguer les situations où le calcul de l'aire est approprié de situations où le calcul du volume est approprié.

⁷ Programme de 1993-1997. Nous n'avons pas considéré la première et la deuxième années du secondaire dans ce tableau étant donné qu'à ces deux niveaux, les objectifs sont axés sur les figures géométriques (2D) dans un contexte de résolution de problèmes.

⁸ En bleu, ce sont les objectifs du nouveau programme du primaire (2000). Nous avons tout de même conservé les objectifs de l'ancien programme (1980) du primaire étant donné que le nouveau programme du secondaire n'était pas encore sorti et que par conséquent ceci facilite la comparaison entre les deux (articulation du programme entre le primaire et le secondaire).

Ce tableau nous présente *des objectifs de la troisième année secondaire qui ressemblent à ceux étudiés au primaire*. Nous avons consulté le programme provisoire pour le premier cycle du secondaire (2002) et nous avons observé que les solides y étaient traités (prismes droits, pyramides droites, boule, cônes, cylindre, solides décomposables et développement possible d'un solide). Les aspects proposés par le nouveau programme du secondaire (2002) ne semblent guère différents de ceux de l'ancien programme (1993) ou du programme du primaire; le nouveau programme fait référence à la description de figures, au repérage dans le plan, aux calculs de mesures manquantes, aux transformations géométriques dans le plan, à la référence aux définitions, propriétés et relations et à la représentation en deux dimensions des différents solides. Toutes ces tâches se centrent sur l'espace en deux dimensions, ainsi, le nouveau programme du premier cycle du secondaire (2002) semble mettre l'accent sur l'espace en deux dimensions et lorsqu'il traite des solides (espace en trois dimensions), il les ramène à un espace en deux dimensions en demandant aux élèves de les représenter sur papier.

Ce bref regard sur les programmes nous expose d'abord les ressemblances entre les objectifs fixés par le primaire et le secondaire pour les connaissances spatiales, ensuite le fait que le programme au secondaire valorise l'espace en deux dimensions et par conséquent, que les connaissances spatiales reliées à l'espace en trois dimensions ne sont traitées que très globalement (dans les textes) et très rarement plus spécifiquement par les objectifs. Donc, nous ne pouvons pas savoir simplement en analysant le programme comment vont pouvoir être développées les connaissances spatiales, mais ceci nous présente les tâches qui y sont reliées, comme l'observation, la description, la comparaison, classification et la représentation. Encore une fois, ceci nous renseigne très peu sur la façon de conduire cet enseignement en classe. Comment se fait le développement des connaissances spatiales en classe? Comment les auteurs de manuels traduisent-ils ces deux programmes? Quelles connaissances spatiales développent plus spécifiquement les élèves du primaire et du secondaire? Les programmes émettent des intentions, mais comment ont-elles été traduites par les auteurs de manuels? Afin de mieux comprendre le développement de ces connaissances dans l'enseignement scolaire actuel, nous procédons à présent à une brève analyse des manuels.

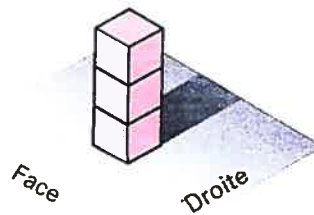
1.1.2 Analyse de manuels du secondaire et du primaire

Étant donné que l'enseignement de l'espace en trois dimensions se fait en troisième année du secondaire, nous analysons des manuels de ce niveau scolaire. Nous voulons aussi situer cette année scolaire par rapport à ce qui s'est enseigné antérieurement. Ainsi, nous analysons les manuels de la sixième année du primaire, puisqu'aucun aspect de l'espace en trois dimensions n'a été vu en première et deuxième années du secondaire.

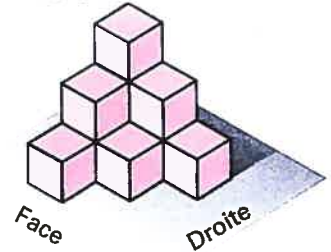
Avant de procéder à l'analyse systématique des manuels de la troisième année du secondaire, nous présentons quelques exemples tirés de ces manuels pour illustrer le type de contenu que nous y retrouvons:

1- a) Fais la construction, b) indique le nombre de cubes nécessaires à sa construction et, c) représente les projections orthogonales des différentes vues (Scénario, p.26).

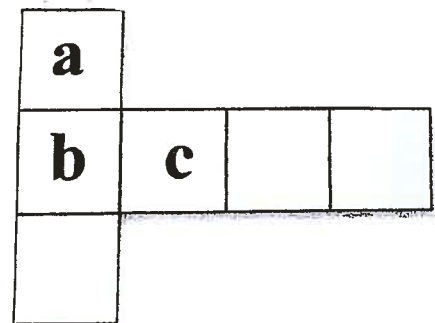
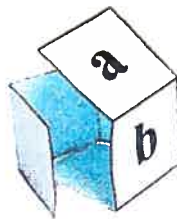
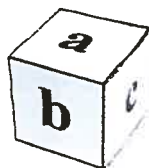
1)



4)

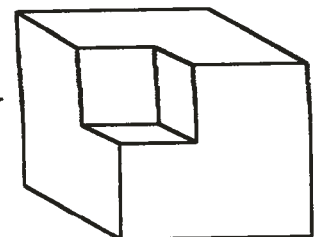


2- Le tableau suivant indique le nombre de côtés des polygones qui forment les bases de certains prismes. a) Reproduis le tableau et remplis-le (faces, sommets et arêtes) et, b) affirme si ces solides respectent la relation d'Euler. (Scénario, p.319, #4)



3- Dessine trois autres développements de celui ci-dessus (développement du cube). (Carrousel, p.40, activité 4, a))

4- En observant ce solide, Éric dit qu'il voit un grand cube auquel on a retranché un petit cube. Sophie dit, pour sa part, qu'elle voit un grand cube à l'intérieur duquel on a ajouté un petit cube. Line-Pier dit qu'elle voit un petit cube à l'extérieur d'un grand cube en direction de la diagonale qui joint le coin supérieur gauche avant au coin inférieur droit arrière. Qui a raison? (Carrousel, p.89, activité 6, b))



Ces quelques exemples donnent un aperçu du traitement des objectifs du programme examinés plus haut. Parmi les exemples choisis l'accent est mis sur les différentes représentations des solides et non sur leur construction et la classification. Le dernier ne fait pas référence aux dessins, mais plutôt aux actions intériorisées des élèves reliées à leurs connaissances spatiales. Afin d'analyser de façon systématique les manuels, nous avons bâti une grille permettant de caractériser les tâches géométriques, pour éventuellement dégager les éléments pertinents au développement des connaissances spatiales, en nous inspirant d'une classification réalisée par Piaget (1973). La grille d'analyse distingue huit types de tâches où l'élève progresse tout au long du primaire et du secondaire; observation-identification, description-classification, construction, représentation orthogonale, représentation en perspective, représentation du développement, recherche et argumentation-démonstration. L'appendice 3 (p.192) décrit chacune des tâches. Nous avons appliqué systématiquement cette grille à chacun des manuels analysés⁹.

Ainsi, nous avons examiné de plus près, la variété des tâches présentées pour chacun des niveaux scolaires ciblés. Il faut préciser qu'un problème donné peut faire intervenir plusieurs tâches et donc nous décomposons chaque situation en tâches demandées. Une comparaison du primaire et du secondaire a aussi été réalisée. Commençons par analyser les données pour la troisième année du secondaire. Nous présentons ici les résultats globaux pour ce niveau. Voici le diagramme circulaire illustrant nos résultats¹⁰ :

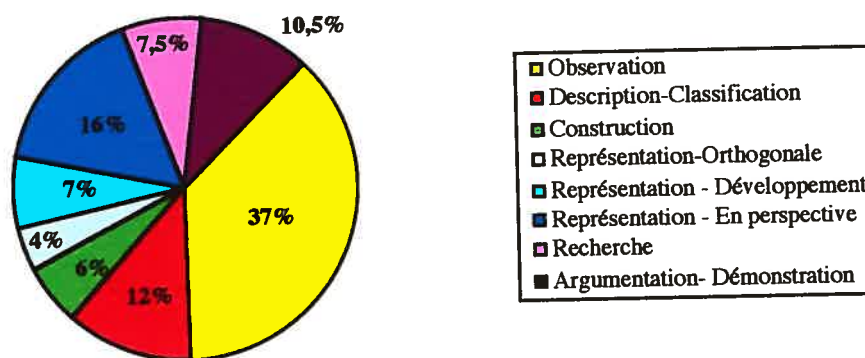


Figure 1.1 Variété des tâches présentées en secondaire 3

⁹ Pour le secondaire, nous nous sommes limitée aux deux collections les plus utilisées: Scénario et Carrousel. Pour le primaire, nous avons consulté: Mathématique, Défi mathématique et Espace mathématique.

¹⁰ Pour générer ce graphique, nous avons trouvé le total des tâches présentées dans chaque manuel pour ensuite établir des pourcentages exprimant la fréquence de chacune des tâches pour même manuel (il faut noter qu'un problème peut exiger plusieurs tâches). Ensuite, nous avons fait une moyenne arithmétique avec les résultats de chacun des manuels pour arriver aux résultats globaux illustré ici.

À ce niveau, nous retrouvons les observations comme étant la tâche la plus demandée avec 37% de la totalité des tâches. De plus, environ 30% des problèmes demandant une observation, s'y limitaient, n'exigeant pas une autre tâche de la part de l'élève (simplement observer). Ensuite, nous retrouvons les représentations en perspective avec 16%, les descriptions-classifications avec 12% et nous retrouvons l'argumentation-démonstration comme étant la quatrième tâche la plus demandée avec 10,5% de la totalité des tâches demandées à ce niveau. Parmi les types de représentations, les orthogonales sont les moins exploitées (4%), représentant aussi la tâche la moins fréquente à ce niveau. De plus, nous pouvons remarquer que tous les types de tâches sont présents. Finalement, les constructions et la recherche sont présentes avec un faible pourcentage (6% et 7,5%) et pourtant celles-ci semblent être des tâches pertinentes dans l'apprentissage des connaissances spatiales. Ceci vient caractériser davantage le contexte d'enseignement de ce niveau scolaire. Mais, qu'est-ce qui a été fait au primaire? Pour répondre à cette question, nous nous sommes tournée vers les manuels du primaire. Nous présentons d'abord le diagramme circulaire pour ensuite exposer les observations. Voici les données de cette analyse:

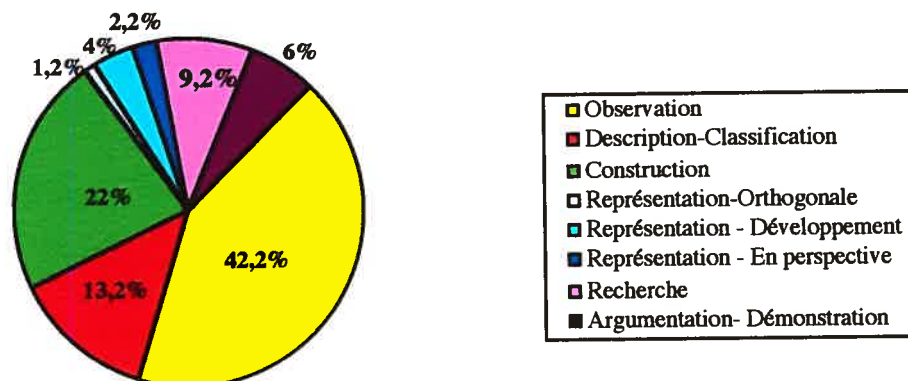


Figure 1.2 Variété des tâches présentées en sixième année du primaire

Les manuels de la sixième année du primaire favorisent aussi les observations au détriment des autres types de tâches (42,2%). Les constructions représentent la deuxième tâche la plus fréquente, avec 22% de la totalité des tâches demandées et ensuite viennent les descriptions-classifications avec 13,2%. Les différentes représentations sont négligées, ou absentes dans certains cas¹¹.

¹¹ Certaines distinctions apparaissent entre les manuels. Par exemple, pour Mathématique, il n'y a aucune représentation proposée. Dans Défi mathématique, 70% des tâches d'observation ne vont pas plus loin et les représentations en perspectives sont absentes. Espace mathématique est un manuel où il n'y a aucune représentation orthogonale d'exposée, ni de tâche nécessitant une argumentation.

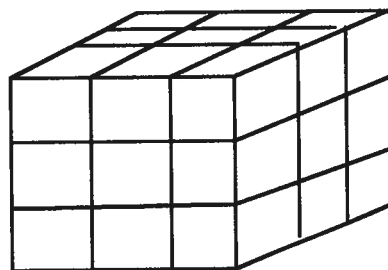
Une comparaison de la variété des tâches proposées en troisième année du secondaire avec celles proposées en sixième année du primaire, nous permet de remarquer certaines convergences et divergences. *Autant en sixième année du primaire qu'en troisième année du secondaire l'accent est mis sur les observations.* De plus, même si les différentes représentations ne sont pas majoritaires, nous pouvons remarquer qu'elles augmentent en troisième année du secondaire. Pour ce qui est de la recherche et de la description-classification, le pourcentage alloué à ces tâches reste sensiblement le même. De plus, les tâches impliquant une argumentation ou une démonstration augmentent en troisième secondaire passant de 6% à 10,5%, ainsi que les représentations en perspective passant de 2,2% à 16%. Par contre, moins de tâches en troisième secondaire exigent une construction.

Ces constatations donnent l'impression que l'enseignement au niveau secondaire est plus abstrait étant donné l'augmentation des tâches de représentation et des tâches impliquant une argumentation-démonstration, mais l'importance accordée à l'observation nuance cette visée d'abstraction.

Cette brève analyse nous renseigne ainsi davantage sur les tâches géométriques que les élèves font face actuellement dans notre milieu (observation, construction et représentation), mais est-ce que toutes les tâches sont propices au développement des connaissances spatiales? Il nous est difficile de répondre à cette question à ce point de l'étude puisque la géométrie et les connaissances spatiales sont toujours traitées ensemble, comme un tout, dans le programme et donc nous ne pouvons pas distinguer, pour l'instant, ce qui se réfère davantage aux connaissances géométriques et aux connaissances spatiales. Cette distinction représente un point central de la recherche et fera l'objet de notre cadre conceptuel et de notre analyse des résultats de recherche.

L'analyse des manuels nous a renseigné sur les différentes tâches géométriques proposées aux élèves, mais comment les enseignants traitent-ils ces tâches en classe? Il y a plusieurs façons de réaliser les différentes tâches énoncées. Prenons un exemple concret pour illustrer ce propos:

Construis cet objet avec un trou au centre donnant sur deux faces opposées.



Pour ce problème, voyons deux approches différentes. Lors de l'approche A l'enseignant demande d'abord d'anticiper le résultat de la construction (êtes-vous capable d'imaginer le solide que ceci donnera? Êtes-vous capable de le décrire?), puis demande aux élèves de construire le solide. Il fait ensuite un retour sur la construction: est-ce que la construction correspond à votre anticipation? Comment avez-vous procédé pour le construire? Lors de l'approche B l'enseignant demande d'abord de construire le solide demandé et ensuite il pose des questions du type: la construction est composée de combien de cubes? Quel est le volume du solide obtenu? Représentez sur papier quadrillé les différentes vues orthogonales?

La première approche demande d'abord une anticipation du résultat, ensuite la construction et les questions posées impliquent l'explicitation du procédé et la comparaison entre le solide anticipé et celui obtenu. Ainsi, elle est axée davantage sur la démarche, l'action intériorisée et l'objet intériorisés. La deuxième approche fait construire le solide dès le début pour ensuite poser des questions sur le solide obtenu suivi d'un dessin du solide. Cette deuxième approche est plutôt axée sur l'objet concret et le résultat. Ces deux exemples ne représentent que deux exemples parmi tant d'autres, ils mettent cependant en évidence que les tâches demandées en géométrie n'expriment pas de façon directe le rôle que *l'action concrète et intériorisée* prennent à l'intérieur de cet enseignement/apprentissage. En quelque sorte, ces deux exemples montrent comment *les rôles de l'enseignant et de son questionnement dans l'exploitation de telles tâches peuvent être très différentes*. Ces différences pourraient être déterminantes dans le développement des connaissances spatiales. Il devient alors important d'étudier l'approche d'enseignement de l'enseignant ainsi que les interactions entre élèves et l'enseignant.

L'apport de l'action dans ces différentes tâches dépend ainsi beaucoup de l'approche qu'emploie l'enseignant; aspect dont il faut tenir compte lors de ce projet. De plus, la relation entre l'action (concrète et intériorisée) et l'enseignement dépend aussi du cadre d'enseignement sous-jacent: comment est vu le rôle de l'action dans l'enseignement de façon générale et en particulier pour le développement des connaissances spatiales? Dans la section qui suit, nous nous pencherons sur le rôle que l'action peut prendre dans le développement des connaissances spatiales.

1.2 La porte de «l'action» pour explorer le développement des connaissances spatiales

L'action n'est pas un élément nouveau dans l'apprentissage et l'enseignement, voyons, dans cette partie, ce qui ressort des effets d'une approche favorisant l'action dans l'enseignement/apprentissage de façon générale, des mathématiques et, en particulier, de la géométrie. Ce retour sur les effets d'une telle approche va nous permettre de mieux la situer et de l'adapter à notre contexte par la suite. Avant d'entrer en profondeur sur le rôle que peut jouer l'action dans l'enseignement, mentionnons ce que nous entendons par «action». Une action est une manifestation motrice (action concrète) ou mentale (action intériorisée) que réalise une personne de façon consciente ou inconsciente. Une action concrète relève de la gestuelle et du mouvement (avancer, tourner, toucher...) et une action intériorisée représente les actions que nous réalisons mentalement (mémoire des nombres, des définitions, des odeurs, des mouvements...)¹².

Nous apprenons en agissant sur notre environnement. Par exemple, comment fait un bébé pour acquérir de nouvelles connaissances? Il imite (à partir d'un certain âge), il touche ce qui l'entoure, il répète les sons qu'il entend, etc... Selon Piaget (1970), depuis longtemps les chercheurs en éducation sont d'accord pour dire que la connaissance se développe au début par l'interaction entre le milieu et les cinq sens et qu'elle devient une abstraction des données sensorielles. Pour ce faire, il faut que le sujet interagisse avec son milieu, il doit être actif. Toutefois, «... la connaissance ne provient jamais de la sensation seule, mais de ce que l'action ajoute à ce donné.» (p.81-82, Piaget, 1970). Par cette citation, Piaget entend autant l'action concrète (effective ou réelle), que l'action intériorisée (mentale).

Dans l'apprentissage/enseignement de façon générale, le constructivisme est valorisé actuellement dans notre milieu (selon le programme du primaire et du secondaire du Québec).

¹² Action intériorisée: action exécutée en pensée sur des objets symboliques, par la représentation de son déroulement possible et de son application sur des objets réels évoqués par images mentales. Définition de Berthelot et Salin (1992), qui vient rejoindre celle de Piaget.

Revenons au rôle que joue l'action dans un tel apprentissage. Rigal (1996; psychologie), Ducret (1984; kinanthropologie), Larochelle et Bednarz (1994; didactique), mettent tous un aspect fondamental du constructivisme en évidence, soit justement le rôle de l'action de l'élève (concrète ou intériorisée). Ainsi, pour ce qui est de l'action concrète, nous pouvons dire que «l'activité motrice constitue un point de départ concret» (p.2, Rigal, 1996) pour les élèves et qu'elle permet de les mettre en action. Rigal (1996) ajoute que ce type d'approche, favorisant l'activité motrice, est propice pour les élèves qui ont un rythme plus lent d'apprentissage ou encore qui présentent des troubles d'apprentissage. Selon Rigal (1996), ces deux composantes de l'action (concrète et intériorisée) sont en relation à l'intérieur des différentes expériences où l'activité motrice intervient, mais surtout, ce type d'activité vient alimenter l'action intériorisée de deux façons particulières, en facilitant l'apprentissage et en faisant progresser les images mentales.

Dans l'apprentissage/enseignement des mathématiques du primaire et du secondaire, l'élève doit, à partir d'objets concrets, arriver à traiter d'objets mathématiques (objets idéaux comme les fractions). Piaget (1972) affirme que le défi du primaire est de faire passer l'élève de l'espace physique à l'espace représentatif (orientation aussi des différents programmes d'enseignement). Ainsi, l'action autant concrète qu'intériorisée joue un rôle central dans l'apprentissage/enseignement des mathématiques élémentaires. Par exemple, l'élève du primaire éprouve des difficultés à anticiper le résultat d'une action sans l'avoir réalisée au préalable (Piaget et Inhelder, 1948).

Une recherche nous sert d'exemple pour montrer comment l'action est capitale aussi dans l'apprentissage des mathématiques, cette fois dans la résolution de problèmes arithmétiques. Bednarz et Garnier (Garnier, 1988; Bednarz et Garnier, 1991; Garnier et Bednarz 1995; Bednarz et Garnier, 1996) ont réalisé des expérimentations mettant en parallèle l'activité sportive et les mathématiques où l'action et les interactions sociales entre les élèves jouent un rôle déterminant dans le développement des processus de décentration, d'anticipation et dans l'élaboration de meilleures images mentales des situations-problèmes. Ces situations mathématiques mettent en jeu la reconstruction d'un changement. Ces auteurs ont donc jumelé des situations socio-motrices à des interventions dans la classe de mathématiques.

Les situations motrices proposées traitent de séquences concrètes de déplacements de joueurs se passant un ballon (les élèves doivent, par exemple, procéder à trois passes à des personnes différentes et se souvenir de la séquence réalisée) et d'interventions mathématiques portant sur des changements similaires (ces interventions impliquent la résolution de problème écrit: «Alain joue à un jeu. Il perd 6 jetons. Il joue une deuxième fois. Après ces deux parties, il a 4 jetons de moins qu'au début. A-t-il gagné ou perdu la deuxième fois, et combien?», p.335, Bednarz et Garnier, 1989). Il y avait un lien entre ce qui était fait dans le gymnase (le jeu collectif) et dans la classe; entre autres, le contexte du jeu de ballons est repris dans la formulation d'énoncés de problèmes et les relations entre les données sont de type transformation¹³. Les résultats de ces études montrent que les interventions socio-motrices aident au processus d'anticipation et de décentration des sujets (du primaire); deux actions intériorisées faisant partie du développement des connaissances spatiales. De plus, une amélioration de la performance mathématique des sujets a aussi été observée. Moses (1980), allant dans le même sens, a trouvé que ce sont les élèves utilisant une action intériorisée comme les images mentales qui réussissent le mieux dans la résolution de problèmes; alors que les moins bons en résolution de problèmes n'y font pas appel.

À présent, étudions plus spécifiquement le rôle que peut jouer l'action dans l'enseignement de la géométrie. D'abord, mentionnons que la géométrie prend sa source dans *l'espace physique* (domaine des objets concrets et de leurs transformations) et crée des objets géométriques (idéaux) par abstraction. Nous pouvons imaginer que dans l'apprentissage/enseignement de la géométrie l'action sera primordiale étant donné que nous y traitons l'espace dans lequel nous vivons, les objets qui nous entourent et toutes les transformations que nous pouvons y voir et y réaliser. Piaget et Inhelder (1948) précisent que:

L'espace géométrique n'est pas un pur décalque de l'espace physique construit en même temps que lui et auquel il correspond longtemps terme à terme: l'abstraction de la forme est une véritable reconstruction de celle-ci, à partir des actions propres et de l'espace sensori-moteur, puis mental et représentatif, déterminé par les coordinations de ces actions. (p. 99)

... De l'action sensori-motrice élémentaire à l'opération formelle, l'histoire de l'intuition géométrique est donc celle d'une activité proprement dite, d'abord liée à l'objet auquel elle s'accommode, mais en l'assimilant à son propre fonctionnement jusqu'à la transformer autant que la géométrie a transformé la physique. (p.532)

¹³ Par problèmes de transformation, ces auteurs désignent les problèmes dont «une certaine entité (collection, grandeur, position...) subit un changement en passant d'un état initial donné à un état final.» (p.334, Bednarz et Garnier, 1989)

Ces deux extraits nous énoncent que la construction de l'espace géométrique ne se crée pas facilement et directement de l'espace physique. C'est un long processus d'abstraction et de reconstruction, un procédé nécessitant des actions de la part de l'élève étant donné qu'elles représentent l'élément de base dans ce processus. Pêcheux (1990) a aussi remarqué que les capacités des élèves à résoudre un problème spatial se développent en fonction justement des opportunités que leur fournit leur environnement physique et social, développement qui risque d'être très différent d'un élève à l'autre. Pensons, entre autres, aux travaux de Pallascio (1995), réalisés avec les Inuit montrant que ces derniers développent des connaissances spatiales différentes, marquées par leur culture. Les élèves inuit développent de meilleures connaissances spatiales que les jeunes venant d'une ville comme Montréal étant donné les caractéristiques de leur environnement (territoires plats et immenses) et de la nature de leur enseignement axé sur la formation professionnelle nécessitant, pour la majorité des métiers, la création, la représentation et/ou la construction d'objets en trois dimensions. Par exemple: «...les jeunes Inuit réussissent davantage (que les jeunes du sud du Québec) dans des tâches où ils doivent modifier une forme, à l'aide d'une troncature, dans le but d'en obtenir une autre ayant des caractéristiques prédéterminées.» (p. 205, Pallascio, 1995) Ainsi, nous voyons que l'environnement et par conséquent les différentes expériences auxquelles l'élève sera soumis vont influencer la nature de ses connaissances spatiales.

Andrews (1996) va dans le même sens, en affirmant que les connaissances spatiales s'acquièrent à travers une expérience du mouvement. Pour ce faire, l'auteur favorise les activités extérieures (ex.: parc d'amusement) et intérieures, celles impliquant des mouvements de l'élève dans l'espace avec de la musique ou encore celles réalisées à travers la littérature (chansons et lectures). La première expérience des élèves relativement à l'espace et aux objets qui le composent se fait à travers le mouvement et longtemps avant l'apprentissage de concepts mathématiques. Selon Laborde (1988), cette expérience permet à l'élève de se conscientiser à son environnement et d'acquérir certaines connaissances spatiales. Ainsi, l'activité motrice et le mouvement de tout le corps sont importants dans le développement des connaissances spatiales (Musick, 1978, voir Stanic et Owens, 1990). Hannoun (1973) affirme que ce développement se fait en trois phases:

- 1- le stade du «ici», où l'espace est d'abord vécu, expérience directe avec le milieu (centration) où les découvertes de l'enfant se limitent aux aspects physiques de l'espace qu'il peut atteindre par locomotion. «L'enfant vit les distances et les parcours. Il ne perçoit pas la distance qui sépare sa main et sa cuiller, posée devant lui, sur la table.» (p.65, Hannoun)

- 2- le stade du «là-bas» où l'espace est perçu et donc distanciation de l'enfant par rapport à l'espace. À ce moment, l'enfant n'a qu'à observer pour percevoir l'espace, il n'a plus à l'expérimenter (bouger). Il perçoit les distance uniquement par l'observation.
- 3- le stade du «partout» où la perception de l'espace s'étend à l'espace abstrait des mathématiques. Ainsi, l'enfant passe «de la connaissance par le corps et son mouvement, à la connaissance par les sens (et essentiellement la vision) puis à la connaissance par l'esprit.» (p.66, Hannoun). Ce principe est appelé la décentration par Piaget.

Jusqu'à présent, nous avons parlé du rôle de l'action, mais dans ces derniers exemples, nous voyons apparaître l'idée du mouvement du corps, plus spécifiquement. Depuis longtemps, comme le mentionne Pêcheux (1990), nous connaissons le rôle essentiel que joue le mouvement dans l'organisation de l'espace et plusieurs auteurs y font référence:

Poincaré dit que le mouvement est la source des connaissances spatiales les plus élémentaires (Piaget et Inhelder, 1948) ...pour Piaget et Inhelder (1948) «le mouvement est à la source des connaissances spatiales», pour Ajuriaguerra (1962, p.149) «(c'est dans) la simple motricité que s'engendrent toutes les significations dans le domaine de l'espace représenté»... le mouvement est «essentiellement déplacement dans l'espace», et «l'espace est pour l'homme la condition réelle de tout ce qui existe» (Wallon et Lurçat, 1962). (Pêcheux, p.87)

Ces extraits nous présentent cinq auteurs importants qui considèrent non seulement que l'action et le mouvement sont des éléments centraux dans tout apprentissage, mais surtout qu'ils sont essentiels au développement des connaissances spatiales. Ainsi, nous mettons l'action au coeur de nos interventions didactiques.

Shaw (1990) affirme que les connaissances spatiales sont mieux développées à travers une intervention active de la part de l'élève. Bishop (1980) a trouvé effectivement que les élèves du primaire qui avaient réalisé des manipulations d'objets réussissaient mieux aux questions portant sur les connaissances spatiales que ceux qui n'en avaient réalisé aucune. Aussi, selon Clements et Battista (1992) l'utilisation de manipulations facilite l'intériorisation des concepts géométriques. De plus, selon Gerhardt (1973) et Prigge (1978) les expériences kinesthésiques-tactiles du mouvement du corps et la manipulation de solides géométriques aident les élèves, surtout les jeunes, à maîtriser ces concepts. Notons que par kinesthésique, nous entendons «ce qui se rapporte aux sensations internes du mouvement des parties du corps assurée par le sens musculaire et par les excitations du labyrinthe de l'oreille interne.» (Petit Robert 1, 1983)

Un tel constat a été fait au Japon où il y a beaucoup de manipulations dans l'enseignement des mathématiques et cela se reflète dans les résultats des élèves; ils sont meilleurs que nos élèves dans ce domaine (Clements et Battista, 1992). Il y a un bémol à ceci puisque certaines études démontrent que la manipulation ne garantit pas le succès (Poirier, 1999). Cette divergence dans les résultats de recherche s'explique:

... probablement dans la réflexion que l'enseignant amène les élèves à poser lors de la manipulation. Une telle réflexion se fera par le biais du questionnement de l'enseignant auprès de ses élèves soit pendant la manipulation ou lors d'un retour après une activité... Il importe donc, lorsqu'on a recours à du matériel de manipulation de dépasser l'action en amenant les élèves à parler de cette action, à la justifier, à argumenter un véritable processus réflexif. (Poirier, 1999, p.11)

Cette section met en évidence le rôle positif et central que jouent l'action et le questionnement de l'enseignant sur cette action dans tout apprentissage; ainsi, si l'action concrète est nécessaire, elle n'est pas suffisante au développement des connaissances spatiales et les actions intériorisées doivent être sollicitées pour accéder aux connaissances spatiales. Les actions concrètes et intériorisées constituent une piste intéressante pour l'enseignement et l'apprentissage de la géométrie. Ainsi, nous plaçons l'action (concrète et intériorisée) et son questionnement au centre de notre approche didactique. Notons que cette approche va dans le sens d'un des deux principes mis de l'avant par le programme actuel de mathématiques au secondaire, soit «Favoriser la participation active de l'élève à son apprentissage». Cependant, les questions suivantes demeurent: comment se fait le développement des connaissances spatiales en classe? Quelle est la place qu'occupent l'action concrète et l'action intériorisée?

1.3 Problème et questions de recherche

Notre recherche s'intéresse à deux aspects importants reliés aux connaissances spatiales, soit leur développement dans des situations d'enseignement et *l'impact des actions (concrètes et intériorisées)* dans cet enseignement/apprentissage. Elle représente un premier pas vers la jonction de l'enseignement scolaire et sportif (ex.: patinage artistique) du développement des connaissances spatiales. Rappelons brièvement les trois éléments clés de notre problématique :

* Premièrement, nous avons constaté, par notre expérience, que certains patineurs avaient de la facilité en géométrie tout en ayant de la difficulté dans les autres champs mathématiques; ce qui nous indique qu'il y a peut-être un lien à faire entre l'enseignement/apprentissage d'un sport comme le patinage artistique et le développement des connaissances spatiales en classe de mathématiques, surtout que cet enseignement/apprentissage semble plutôt difficile de façon générale pour les élèves de la troisième année du secondaire.

* Deuxièmement, en regard des programmes de mathématiques et des manuels scolaires, nous avons observé trois lacunes majeures. D'abord, il y a une absence importante dans le programme: l'espace en trois dimensions est traité au primaire jusqu'en sixième année et il est repris seulement en troisième secondaire. L'étude de cet espace n'est pas présente lors des deux premières années du secondaire où l'accent du programme est mis sur l'espace en deux dimensions. De plus, en comparant ce qui est présenté aux élèves en troisième année du secondaire avec ce qui était fait au primaire dans le programme de mathématiques, nous retrouvons plusieurs objectifs qui semblent, à certains égards, similaires; ce qui vient indiquer un autre manque de continuité importante du programme. Enfin, à travers les deux programmes, les connaissances spatiales sont traitées parmi les connaissances géométriques, mais nous ne pouvons pas distinguer ce qui est particulier à ces connaissances. Ceci implique que nous ne pouvons pas cibler, à ce moment, les tâches propices au développement des connaissances spatiales, mais seulement les tâches pertinentes à l'enseignement/apprentissage des connaissances géométriques de façon globale. Tout comme ceci se produit aux États-Unis (Clements et Battista, 1992).

* Finalement, lors de l'analyse des manuels, nous avons identifié les différentes tâches qui sont exploitées en géométrie (non dissociée du spatial) comme l'observation, la construction et la représentation, mais peu de réponses ont été apportées sur la façon dont sont traitées ces dernières. Cette analyse ne nous informe pas sur les tâches propices au développement des connaissances spatiales et sur le rôle que joue l'action concrète et intériorisée dans cet enseignement/apprentissage puisque ce rôle ressortira ou non surtout lors du questionnement que met de l'avant l'enseignant dans sa classe.

Ce dernier point de notre problème relie le tout et nous permet d'élaborer nos questions de recherche d'après ce premier regard:

- Parmi les différentes tâches géométriques exposées lors de l'analyse des manuels, lesquelles semblent les plus propices pour le développement des connaissances spatiales en troisième année du secondaire?
- Quel type de questionnement est et pourrait être exploité par l'enseignant pour le développement des connaissances spatiales?
- Est-ce qu'une approche d'enseignement davantage centrée sur l'action (concrète et intériorisée) serait bénéfique au développement des connaissances spatiales?

Nous restons au niveau de questions globales puisque notre cadre conceptuel, qui suit, viendra préciser plusieurs aspects nous permettant de cerner davantage nos objectifs et par conséquent notre problème et nos questions de recherche. Mais, dès maintenant, nous pouvons mentionner, de façon générale, notre intention de recherche qui est d'élaborer une leçon ponctuelle valorisant l'action des élèves, dans le sens que nous lui accordons dans cette étude et la comparer à ce qui se fait actuellement dans le milieu. Ainsi, le cadre conceptuel qui suit est aussi un outil pour établir les balises de construction de cette leçon.

CHAPITRE II

CADRE CONCEPTUEL

CHAPITRE II

Cadre conceptuel

Par ce projet, nous traitons les connaissances spatiales ciblées à la troisième année du secondaire. Ce cadre précise les concepts mis en jeu dans cette recherche. L'exploration des concepts reliés aux connaissances spatiales fait intervenir l'aspect didactique et aussi, dans notre cas, l'aspect sportif. De plus, nous ne pouvons négliger un autre domaine qui sert de base à ces deux derniers, c'est-à-dire la psychologie, en particulier les travaux de Piaget. Ainsi, ce cadre met en relation l'aspect didactique, psychologique et sportif du développement des connaissances spatiales.



Nous commençons par distinguer connaissance/savoir géométrique et spatiale (2.1). Rappelons, à ce moment, ce que nous entendons par connaissance spatiale. D'abord, dans notre projet, nous considérons la connaissance comme étant un processus. Elle n'est pas un état ou un résultat fixe, ce que nous appelons plutôt le savoir. De plus, lors de la problématique, plusieurs éléments venant alimenter le concept de connaissance spatiale ont été abordés et peuvent être résumés ainsi: une **connaissance spatiale** est un processus d'intériorisation des propriétés physiques des formes géométriques (p.7) qui permet de créer et de manipuler des images mentales (p.10) provenant de tâches comme l'observation (perspectives, direction et orientation), la description, la construction et la représentation (p.7).

Ensuite, nous examinons de plus près des modèles de développement des connaissances spatiales, sous l'aspect psychologique que nous mettons en parallèle avec d'autres tirés de la didactique des mathématiques (2.2). L'aspect sportif vient par la suite (2.3), où nous ciblons le lien effectué entre l'action concrète et intériorisée. Précisons, qu'il y a un lien direct entre l'action et les connaissances spatiales étant donné que les connaissances spatiales émanent d'un processus d'intériorisation partant de l'espace physique et nécessitant par le fait même une action sur le milieu. L'analyse des différents modèles du développement des connaissances spatiales et du domaine sportif va faire ressortir le rôle important que joue l'action (concrète et intériorisée) dans le développement des connaissances spatiales. Non seulement l'action est importante, mais aussi le questionnement de l'enseignant qui soutient ces actions joue un rôle central. Par conséquent, un retour sur la notion de questionnement est effectué dans ce cadre (2.4) afin d'en déterminer les balises. Une synthèse des concepts impliqués dans notre cadre conceptuel est présentée ainsi qu'un réseau conceptuel représentatif (2.5). En conclusion, nous clarifions notre problème et nos questions de recherche à la lumière de ce cadre conceptuel (2.6).

Pour chacun des points importants abordés dans ce chapitre, nous réalisons un petit réseau conceptuel unissant les contenus traités et nous élaborons un réseau conceptuel résumant le tout lors de la synthèse des concepts. Ce réseau met en évidence tous les éléments pertinents faisant partie de notre cadre conceptuel et les liens existant entre chacun. Cette dernière étape nous permet d'avoir une vue d'ensemble, schématique, de notre cadre que nous actualisons à l'aide d'un exemple concret. Le réseau conceptuel vient clarifier les relations entre les concepts impliqués ainsi qu'illustrer la situation de notre intervention didactique à l'intérieur de ce cadre et nous pouvons énoncer, par la suite, notre problème et nos questions de recherche.

2.1 Connaissances/savoirs géométriques et spatiales

La géométrie est la discipline mathématique ayant pour objet l'étude rigoureuse de l'espace et des formes qu'on peut y imaginer (dictionnaire Petit Larousse illustré, 1988). Parzysz (1991) l'envisage comme étant la modélisation de l'espace physique ou le domaine des figures géométriques. La géométrie s'intéresse à deux types d'espaces différents: l'espace physique (objet concret) et l'espace géométrique (objet mathématique). L'espace géométrique représente les objets théoriques du domaine du savoir trouvant sa source à la fois dans des problèmes issus de la réalité et des problèmes internes à la théorie (Laborde, 1988). Les connaissances géométriques sont un processus formalisant et axiomatisant les différents objets et leurs relations dans le but de créer un système cohérent les représentants (Clements et Battista, 1992). Lorsque ce processus est acquis et qu'il fait seulement référence à un état, nous considérons qu'il s'agit d'un savoir géométrique plutôt que d'une connaissance. Par exemple, à la question: est-ce qu'un carré est un rectangle? Si l'élève doit, à l'aide de ses connaissances sur les figures, revoir les propriétés du carré et celles du rectangle pour ensuite les comparer et émettre une réponse, nous considérons qu'il est en processus et donc qu'il utilise ses connaissances géométriques. Si au contraire, l'élève répond rapidement que la réponse est «oui, par définition», ceci fait référence à ses savoirs géométriques (un carré est un rectangle puisqu'il a bien quatre angle droits).

Par opposition à l'espace géométrique, l'espace physique (sensible) est composé des espaces visuels, tactiles et moteurs (Berthelot et Salin, 1992). Chevallard et Jullien (1990) affirment qu'il contient des objets accessibles par le biais des sens. Dans le cadre de cet espace, nous retrouvons, entre autres, les connaissances spatiales représentant un processus qui, partant des sensations, transforme toutes les données relatives à l'espace (forme, transformation et déformation), tirées du milieu, et les rend de plus en plus abstraites (intériorisées). Par exemple, si nous demandons à un élève d'anticiper le résultat de la rotation suivante, , et qu'il réalise mentalement la rotation et répond «un cône en haut et un cône en bas», il utilise un processus et donc il fait référence à ses connaissances  pour répondre à la question. S'il répond rapidement «ceci donne deux cônes puisqu'il s'agit d'un triangle rectangle et que l'axe de rotation est sur l'hypoténuse», l'élève fait référence à des savoirs spatiaux. L'intérêt de ce projet se situe davantage au niveau des processus, autrement dit les connaissances spatiales.

Selon, ce que nous venons de mentionner sur les définitions des connaissances/savoirs spatiales et géométriques, les problèmes mettant en jeu des connaissances/savoirs géométriques et spatiales n'auront pas la même finalité. Celle des problèmes spatiaux concerne l'espace sensible et ils portent sur la réalisation d'actions (fabriquer, déplacer, dessiner...) ou de communication à propos d'actions¹⁴. Celle des problèmes géométriques repose sur des objets mathématiques et met l'accent sur les propriétés mathématiques et la notion de preuve. De plus, ces deux champs de connaissances (spatiales et géométriques) engendrent, selon Parzysz (1991), un conflit entre le *voir* et le *savoir*. Lors de la représentation d'un objet tridimensionnel sur une surface plane, nous devons faire des choix et éliminer de la représentation certains aspects du *voir* ou du *savoir*: soit ne représenter qu'un seul point de vue (*voir*) et abandonner une partie des propriétés géométriques (*savoir*). Le conflit vient du fait que nous voudrions représenter l'objet comme il se présente au regard (préservation du *voir*) et conserver l'ensemble de ses propriétés géométriques (préservation du *savoir*).

Ces deux champs de connaissances n'ont pas seulement des distinctions, ils ont des points en commun qui peuvent eux aussi causer des conflits chez les élèves. Notons premièrement, comme le soulèvent Berthelot et Salin (1993-94), que même historiquement, la géométrie euclidienne (la géométrie de la mesure, étudiant les invariants et reposant sur des définitions et des axiomes) est issue en grande partie de la résolution de problèmes portant sur des connaissances/savoirs spatiales. Wheatley (1990) affirme que, mathématiquement, nous pouvons dire que le raisonnement analytique (relié aux connaissances/savoirs géométriques) et le sens spatial (connaissances/savoirs spatiales) se complètent dans la pensée mathématique. En fait, d'après Laborde (1988), ces deux champs de connaissance ne représentent que deux faces d'une même démarche. Nous citons un exemple où nous pouvons bien ressentir les rapprochements et divergences entre ces deux composantes de la géométrie:

Analysons par exemple le travail d'un arpenteur du début du siècle. Ayant à évaluer l'aire d'un terrain «réel», il ne peut la mesurer directement, c'est-à-dire compter le nombre d'unités d'aires qu'elle contient.

Il va constamment faire appel à des connaissances spatiales et géométriques pour réaliser sa tâche. Par exemple, si son terrain est clôturé sur un côté, il va commencer par s'assurer que la clôture est rectiligne. Pour cela, il va par exemple faire une visée, c'est-à-dire utiliser une pratique proprement spatiale.

¹⁴ Notons que l'action peut être réalisée concrètement, avec du matériel, mais aussi mentalement, avec des images mentales.

Mais ce qui le guide dans le **choix** des éléments à contrôler, c'est la connaissance géométrique dont il dispose concernant les facteurs qui interviennent dans le calcul d'une aire. Ce sont ces connaissances également qui lui permettent de ne prendre que les mesures nécessaires, puis, à partir d'un schéma représentant approximativement le terrain sur lequel il aura noté les mesures des côtés et des angles, de calculer l'aire.

Par ailleurs, il aura utilisé ses connaissances spatiales pour effectuer les mesures: s'il ne dispose pas d'un instrument de mesure des longueurs suffisamment long et qu'il est conduit à reporter plusieurs fois son décamètre-ruban lors de la mesure d'une distance non matérialisée par une haie, il aura contrôlé l'alignement des extrémités successives. (Berthelot et Salin, 1993-94, p. 42-43)

Nous pouvons dégager de l'exemple précédent les endroits où le raisonnement fait référence aux connaissances/savoirs spatiales et/ou géométriques. D'abord, lorsque l'arpenteur fait face à une tâche réelle, qui est de trouver les mesures du terrain devant lui, dans le but de calculer, par la suite, l'aire de ce terrain, il va concrètement prendre les mesures de ce terrain, il fait alors appel à ses connaissances/savoirs spatiales. Il doit aussi être capable de voir quelle est la forme du terrain, ici un rectangle, pour ensuite se référer au calcul de l'aire de cette figure géométrique. Sachant que l'aire d'un rectangle est «base x hauteur», il pourra appliquer cette formule; ici il fait intervenir ses connaissances/savoirs géométriques. Finalement, l'arpenteur va utiliser un dessin pour illustrer le terrain en question, ainsi que les mesures qu'il aura trouvées, où il dessinera un rectangle (figure géométrique), et inscrira les mesures de sa base et de sa hauteur (indiquant les dimensions de ce rectangle). Cette dernière étape du raisonnement met en jeu les deux types de connaissances/savoirs.

Par cet exemple, nous voyons comment les connaissances/savoirs spatiales sont reliées aux connaissances géométriques, bien qu'elles aient certaines différences. Les ressemblances entre ce qui est géométrique et spatial engendrent aussi des répercussions sur leur enseignement, comme le soulignent Berthelot et Salin (1993-94): il peut y avoir des glissements d'un champs à l'autre dans l'enseignement et l'apprentissage de l'élève, ceci créant des confusions et lacunes dans la compréhension de ces deux types de connaissances/savoirs. Par exemple, dans une question comme celle qui suit, il pourrait y avoir glissement (extrait de Mathématique, 5^e année, p.48) :

Un architecte d'Alpha II veut vérifier l'esprit d'observation des voyageurs de Delta XY. Il leur distribue les développements des différentes structures de la base spatiale qui correspondent tous à un édifice. Pour chaque maquette, indique: a) Le nom du solide...



Ici, il peut y avoir confusion sur ce que sait ou non l'élève. S'il répond incorrectement, est-ce parce qu'il ne connaît pas le nom du solide (connaissance géométrique)? Ou est-ce parce qu'il n'est pas apte à reconstituer le solide à partir du développement (connaissance spatiale)? Plusieurs tâches en géométrie nécessitent ces deux types de connaissances dans leur résolution. Notons que ce glissement entre les deux domaines est dû au fait que nous ne pouvons faire de coupure précise entre les connaissances. Par contre, un questionnement spécifique sur les connaissances spatiales viendrait clarifier, ici, la source des difficultés de l'élève.

En terminant, nous présentons le réseau conceptuel résumant les aspects traités dans cette section:

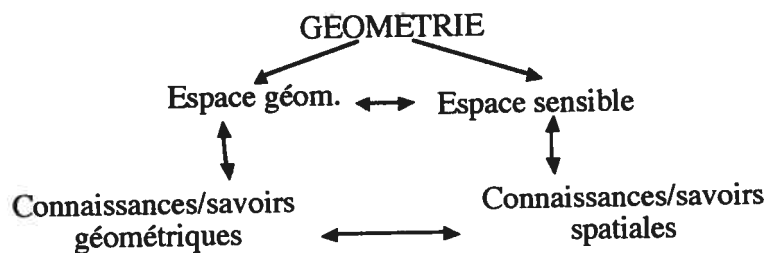


Figure 2.1 Aspects de la géométrie

2.2 Développement des connaissances spatiales

Pour Piaget et Inhelder (1948), le développement des connaissances spatiales de l'élève part de l'espace physique (perceptif) et l'approfondit, pour arriver à l'espace représentatif¹⁵, de l'action concrète à l'action intériorisée. Ces deux types d'espaces ne se développent pas simultanément chez l'élève. Piaget et Inhelder (1948) ont constaté qu'il y avait un décalage de quelques années entre ces deux types d'espaces. La construction de l'espace physique (action concrète) est beaucoup plus rapide que celle de l'espace représentatif (action intériorisée). Certains chercheurs ont voulu expliciter le développement de ces connaissances à travers diverses étapes plus spécifiques. Nous présentons quatre modèles dont trois tirés davantage du domaine de la didactique: Hoffer (1977, voir Del Grande, 1990), Dion, Pallascio et Papillon (1985) et van Hiele (1959; voir Lunkenbein, 1982), et un tiré de la psychologie, celui de Piaget et Inhelder (1948; voir idem).

Celui de Piaget (Piaget et Inhelder, 1948; Lunkenbein, 1982), est le premier que nous regardons. Ce modèle est axé sur le développement des connaissances spatiales. Il compte trois étapes principales. La première étape est celle du contact physique avec l'environnement, avec l'espace physique. L'élève est amené à explorer ce milieu en réalisant des activités d'observation et des activités qui l'engagent à accomplir des actions concrètes (manipulations et mouvements du corps). Par ces activités, il réalise une «abstraction simple» de la situation. Ce premier niveau d'abstraction nous amènera à la deuxième étape où nous parlons des connaissances physiques de l'espace (Lunkenbein, 1982). À cette étape, Piaget distingue deux aspects de la connaissance spatiale, le figuratif (perception et image mentale) et l'opérateur (transformation de la réalité par l'intelligence). Pour arriver à la dernière étape du développement, l'élève doit passer par une «abstraction réfléchissante»¹⁶. Ce dernier niveau, génère, de la part des élèves une action intériorisée soit l'organisation de leurs images mentales afin d'en dégager une structure. Le développement des connaissances spatiales selon Piaget passe par ces trois étapes et nécessite deux niveaux d'abstraction (abstraction simple et abstraction réfléchissante).

¹⁵ L'espace physique est un tout complexe, qui résulte de la perception elle-même et d'activités sensori-motrices qui coordonnent et dirigent les mouvements. L'espace représentatif désigne aussi un tout complexe résultant de l'évocation d'objets en leur absence, c'est-à-dire où les images mentales étendent l'espace au-delà de l'espace physique.

¹⁶ C'est-à-dire que la réflexion et l'organisation des différentes opérations réalisées les placent au niveau des connaissances et opérations logico-mathématiques.

À présent observons un deuxième modèle, celui de van Hiele (van Hiele, 1959; Lunkenbein, 1982). Ce modèle met en évidence les différents niveaux de pensée géométrique. Ce modèle a été construit en cinq étapes successives. Nous ne pouvons pas sauter un niveau pour passer à un autre, ils doivent être réalisés hiérarchiquement, les objets secondaires à un niveau devenant l'objet d'étude du prochain niveau. De plus, chaque niveau possède son vocabulaire, son symbolisme et son propre système de relations unissant ses symboles.

Le premier niveau est celui du visuel. L'élève est ici seulement capable d'identifier certaines formes familières et de façon globale; il les considère comme un tout, sans tenir compte des différentes composantes de la figure. De plus, «Le langage de ce niveau est caractérisé par l'emploi spontané d'expressions très imagées et par l'association d'objets géométriques à des objets familiers de l'environnement.» (p.9, Lunkenbein, 1982), d'où son appellation «niveau visuel» qui fait référence aux objets et au langage de la vie courante. Le niveau descriptif est le deuxième et il représente, d'après Crowley (1987), le niveau où les élèves, à partir de leurs observations et expériences (actions concrètes), commencent à distinguer les différentes caractéristiques des figures. De plus, Lunkenbein (1982) affirme que les élèves perçoivent les objets, à présent, non plus globalement, mais comme caractérisés par des propriétés. À ce niveau, les élèves développent les opérations de discrimination, de classification et de sériation. Cependant, ils ne sont pas encore rendus au point d'établir des relations entre les différentes propriétés¹⁷. C'est d'ailleurs ce qui caractérise le troisième niveau: «appelé *niveau logique*, ... caractérisé par l'émergence de relations logiques entre les propriétés d'une figure ou de classes de figures.» (p.11, Lunkenbein, 1982). Ici, nous assistons à un début de raisonnement déductif, encore informel. Les élèves sont capables de dire par exemple, qu'un quadrilatère qui a ses côtés opposés parallèles a nécessairement les angles opposés congrus, ou encore qu'un carré est un rectangle car il a toutes les propriétés d'un rectangle (Crowley, 1987). Le quatrième niveau est celui de la déduction formelle. La déduction est utilisée comme un moyen pour établir les axiomes, théorème et corollaires géométriques, devenant donc significative pour les élèves. Ils arrivent à construire une preuve, ce qui n'était pas le cas au niveau inférieur où ils étaient seulement aptes à suivre une preuve, sans nécessairement en comprendre la chronologie ou même ses critères de reproduction.

¹⁷ Par exemple, les élèves ne seront pas capables d'affirmer qu'un carré est un losange, puisque pour eux, un carré a quatre angles droits et pas un losange.

Le vocabulaire aussi se développe: axiome, postulat, définition, théorème,... Et finalement ils apprennent à construire plus d'une preuve pour démontrer le même énoncé, lorsque ceci est possible. Comme dernier niveau, nous retrouvons celui de la «rigueur». À ce moment, nous allons plus loin que la compréhension d'un seul système axiomatique, nous comparons divers systèmes d'axiomes entre eux (ex.: le système non-euclidien et le système euclidien). À ce dernier niveau, la géométrie est uniquement abstraite. Ainsi, ce modèle débute, tout comme le précédent, au niveau de l'action concrète pour devenir de plus en plus abstrait et arriver à un niveau uniquement d'action intériorisée.

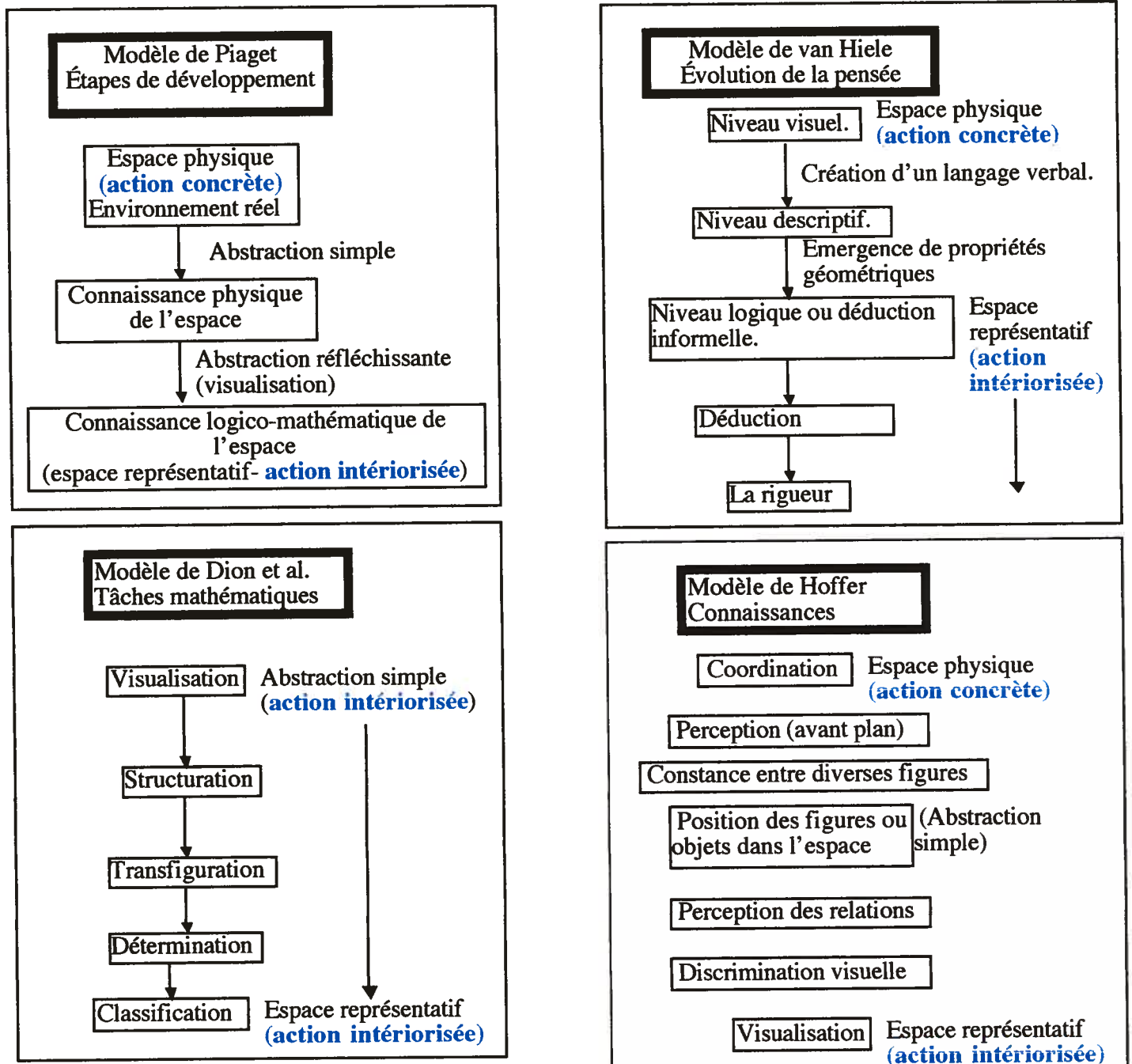
Tout comme van Hiele, d'autres didacticiens et enseignants de mathématiques ont aussi émis des hypothèses sur le développement des connaissances spatiales. Prenons, à présent, le modèle élaboré par Dion et al. (1985). Ce troisième modèle est divisé en cinq étapes, illustrant différents types d'actions mathématiques. Il y a un aspect hiérarchique dans les différentes tâches mathématiques décrivant ce développement des connaissances spatiales. La première étape est intitulée, la «visualisation», où les élèves sont amenés à mémoriser de multiples images d'objets, dans le but de reconnaître, plus facilement, des objets semblables; par conséquent, ce modèle se situe, dès le départ, au niveau de l'action intériorisée. Pour la première étape, deux activités sont envisageables pour reconnaître des objets semblables: des activités d'exploration tactile (sans le voir) et des activités visuelles (ex.: avec de très gros polyèdres, les contourner pour voir toutes leurs faces). À ce niveau, nous supposons qu'il y a déjà eu un travail fait sur les objets eux-mêmes (manipulations et transformations; action concrète). Lors de la deuxième étape, que les auteurs nomment «structuration», les élèves doivent s'exercer à reconstituer des objets à partir de leurs propriétés topologiques; ils doivent être capables de déterminer si deux objets sont équivalents du point de vue topologique. Ici, les élèves doivent, par exemple, construire des polyèdres équivalents à un autre, à partir de divers polygones. Suite à la construction, les élèves doivent être aptes à décrire de différentes façons ces polyèdres, ce que Dion et al. ont appelé «transfiguration». À cette étape, nous pouvons penser à des activités où l'élève doit réaliser le passage de la représentation graphique de l'objet à l'objet réel, et inversement, à des activités où l'élève doit partir d'une description écrite de l'objet pour construire l'objet. Ceci nécessite un niveau d'abstraction impliquant l'activation des images mentales. L'étape quatre, la «détermination», va plus loin pour ce qui est de la description en incluant des critères métriques; c'est-à-dire que l'élève doit anticiper la construction d'un objet selon des critères métriques.

Il doit être capable d'affirmer, à partir de sa description, si l'objet est réalisable ou non. Un exemple d'activité donnée par Dion et al. (1985) pour ce niveau est le suivant: à partir de deux tétraèdres, l'élève doit réaliser deux coupes, pour générer des polyèdres tronqués, et arriver à obtenir exactement les deux hexaèdres placés devant lui. Ainsi, il devra recourir à la visualisation des transformations afin de réussir ce type de tâche. Ceci nous conduit à la dernière étape, la «classification». À ce moment, l'élève doit, non seulement être capable d'identifier des objets équivalents, mais d'identifier des classes entières d'objets. Un exemple d'activité serait de «faire l'inventaire de toutes les paires différentes de polyèdres que l'on obtient en sectionnant une fois des tétraèdres et dessiner un graphe de chacune des pièces ainsi découpées.» (p.20, Dion et al., 1985)

Enfin, examinons les aspects faisant partie du modèle de développement des connaissances spatiales élaboré par Hoffer (1977, voir Del Grande, 1990) selon sept connaissances spécifiques décrites sans a priori d'ordre hiérarchique de développement. Ce modèle est axé sur des connaissances concrètes, sur des tâches visuelles, sauf pour la dernière qui est mentale. Voyons ces sept connaissances de plus près. La première connaissance est la coordination de la vision (des yeux) avec le mouvement du corps. Celle-ci s'apprend dans la vie courante (s'habiller, s'asseoir à la table, faire un bricolage...). La deuxième connaissance est la distinction de la perception d'une figure et des autres figures qui l'entourent. L'élève doit être capable de fixer son attention sur la bonne figure, celle qui est en avant plan et non celles en arrière plan. Ici, Del Grande (1990) a pensé à des activités impliquant, entre autres, une action concrète comme: compléter une figure, identifier une figure en particulier parmi un ensemble de figures empilées l'une sur l'autre ou encore assembler une figure à l'aide d'autres figures (ex.: Tangram). Comme troisième connaissance, l'élève doit être capable de reconnaître certaines constantes entre les figures. Par exemple, nous pouvons avoir un petit triangle et un grand triangle, mais les deux représentent des triangles (ce n'est que la grosseur qui a changé, la forme est restée la même). Par exemple, nous pourrions demander aux élèves de regrouper des figures de même forme, mais de différentes grandeurs. Identifier la position dans l'espace d'une figure ou d'un objet par rapport à nous-mêmes est la quatrième connaissance à développer selon Hoffer (1977). Celle-ci aide les élèves à identifier des figures congrues dans des cas plus complexes où il y a eu des transformations, comme une translation, une rotation ou une réflexion. L'élève doit travailler, à ce niveau, sur des réflexions et rotations de figures simples, par exemple, faire dessiner l'image d'une figure qui a subi une réflexion, à l'aide d'un miroir.

Les relations spatiales sont une cinquième connaissance à acquérir. L'élève, à cette étape, cherche à voir des relations entre deux objets. Un exemple d'activité développant cette connaissance serait de demander aux élèves de construire un assemblage de cubes à partir de sa représentation en perspective. Une sixième connaissance est la capacité de percevoir les propriétés visuelles des objets ou des figures et ainsi être capable de les différencier ou de les associer. Pour cette dernière, la position ne devrait plus influencer la propriété déterminée. La classification d'objets et de figures selon leur forme, couleur, texture ou grandeur est un bon exemple d'activités visées dans l'acquisition de cette connaissance. La dernière des connaissances à développer est la visualisation où l'élève doit apprendre à recourir aux images mentales des objets et des figures afin d'en garder une trace et être capable de se les rappeler lorsqu'ils ne lui seront plus visibles; l'élève se situe à présent au niveau de l'action intériorisée. Une activité-type est, d'après Del Grande (1990), de montrer aux élèves une étagère remplie avec sept jouets pendant quelques secondes et ensuite donner l'étagère vide, avec les jouets à côté, et leur demander de replacer les jouets au bon endroit. Ceci résume les sept connaissances que Hoffer (1977) considère essentielles au développement des connaissances spatiales.

Les descriptions des quatre modèles étant réalisées, nous pouvons poursuivre avec l'analyse de ces derniers. L'analyse met en évidence les points communs et divergents de ces quatre modèles. Pour faciliter cette analyse, nous avons résumé les quatre modèles dans un seul tableau.

Tableau II. Quatre modèles de développement ¹⁸

¹⁸ Les illustrations du modèle de Piaget et van Hiele sont inspirées de celles réalisées par Lunkenbein (1982) et en bleu, nous faisons le parallèle avec ce que nous entendons par action concrète et intériorisé.

Une analyse globale de ces quatre modèles souligne les caractéristiques suivantes. D'abord, nous pouvons remarquer que les modèles semblent avoir la même cohérence, c'est-à-dire que les quatre partent de l'espace physique, de l'action concrète, et vont vers l'espace représentatif, vers l'action intériorisée¹⁹. De plus, nous pouvons voir qu'il y a une évolution semblable entre ces derniers; au début du développement, nous retrouvons des connaissances comme la perception et la reconnaissance des figures ou objets et, vers la fin, nous retrouvons plutôt la classification et la reconnaissance des relations entre les objets ou figures. Cependant, certains modèles ne commencent pas au même niveau du développement que d'autres. Le modèle de Dion et al. est plus restreint dans le temps que les autres, car il cible le développement du niveau primaire. Le modèle de Hoffer commence au début du développement, comme Piaget, mais il ne se rend pas aussi loin dans le développement. Le modèle de van Hiele est celui qui caractérise le mieux le développement de la pensée géométrique des élèves, du primaire à l'université. Par contre, il est plus axé sur les connaissances géométriques, la notion de preuve, que sur les connaissances spatiales et il détaille moins ce développement chez l'élève de niveau primaire et secondaire. Celui de Piaget est centré davantage sur les connaissances spatiales et sur le développement de l'élève du primaire et du secondaire.

De plus, nous pouvons observer que ces différents modèles n'ont pas la même porte d'entrée. Le modèle de Piaget est axé sur le développement des connaissances spatiales et sa porte d'entrée est l'action (de l'action concrète à l'action intériorisée). Pour van Hiele, la porte d'entrée est le langage, et il se centre, par conséquent, plutôt sur la notion de preuve. Hoffer est centré sur les connaissances spatiales, et sa porte d'entrée est la perception des objets et des figures. Il se base davantage sur la vue pour arriver à la visualisation (action intériorisée), alors que Piaget se base sur l'action que fait l'élève sur son milieu pour se rendre à la visualisation de cette action. Le modèle de Dion et al. est plus centré sur le passage d'une géométrie à l'autre; l'élève considère d'abord les propriétés topologiques, projectives et enfin métriques. Sa porte d'entrée est l'école, c'est-à-dire qu'il rend explicite les différentes tâches mathématiques qu'il faut faire faire aux élèves pour développer des connaissances spatiales dans le cadre d'un enseignement scolaire. Son cadre est plus scolaire que les autres modèles.

¹⁹ Le modèle de Hoffer ne semblait pas avoir d'ordre a priori, mais l'ordre dans lequel celui-ci a été énoncé est semblable aux autres.

En guise de conclusion, notons qu'effectivement le développement des connaissances spatiales ne relève pas seulement du milieu scolaire. Les connaissances spontanées concernant l'espace seraient ainsi très différentes d'un élève à l'autre, selon son environnement et ses expériences. L'analyse des quatre caractérisations du développement des connaissances spatiales mise en évidence dans ce texte, nous a permis de remarquer que ce développement se tient sur plusieurs années, qu'il se fait du concret vers l'abstrait, de l'action concrète vers l'action intériorisée, et que nous pouvons l'aborder de différentes façons (tâches spécifiques, langage, perception et action). De plus, pour trois des quatre modèles (sauf celui de van Hiele), nous pouvons remarquer que la visualisation (création d'images mentales) semble être un élément central dans le développement de l'espace représentatif. Ainsi, la visualisation (action intériorisée permettant de générer et manipuler des images mentales) pourrait-elle être effectivement une piste intéressante pour réaliser le passage entre ces deux espaces?

Pour cette étude, nous retenons le modèle de Piaget, étant donné qu'il est le plus centré sur le développement des connaissances spatiales de niveau scolaire primaire et secondaire, et non sur les connaissances géométriques de façon générale. De plus, c'est à travers ce dernier que le rôle de l'action ressort le plus, rejoignant ainsi notre intuition de départ. Voici le réseau conceptuel qui résume les aspects du développement traités dans cette deuxième section.

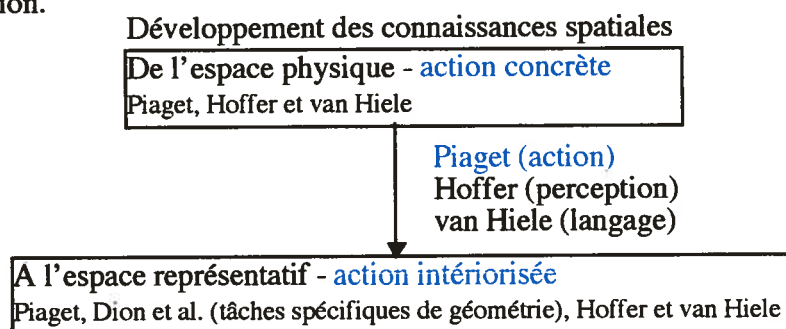


Figure 2.2 Développement des connaissances spatiales

Précédemment, nous avons énoncé que le questionnement était pertinent à élaborer en classe afin d'identifier si les élèves se situent au niveau du développement des connaissances géométriques ou spatiales. Ici, nous ajoutons un autre point venant appuyer l'importance du questionnement. Les actions intériorisées n'étant pas accessibles concrètement, le questionnement constitue un moyen efficace d'y accéder. Mais, avant d'aller plus loin dans le questionnement, voyons comment se réalise le passage de l'action concrète à l'action intériorisée dans différents domaines.

2.3 Liens entre action concrète et intériorisée dans le sport, les mathématiques et la géométrie

Lors de la problématique, nous avons soulevé que l'action, autant concrète qu'intériorisée, était considérée comme centrale dans le développement des connaissances spatiales. La visualisation entre dans le cadre des actions intériorisées. Précédemment, nous avons aussi remarqué que la visualisation se retrouve dans la majorité des modèles explorés sur le développement des connaissances géométriques et spatiales. Ainsi, une action intériorisée, comme la visualisation, semble être une piste intéressante pour réaliser le passage de l'espace physique (action concrète) à l'espace représentatif (action intériorisée). Notons que cette porte d'entrée a déjà été explorée dans d'autres domaines, comme le milieu sportif et musical. Dans cette section, nous clarifions les termes visualisation, imagerie et image mentale. Ces derniers n'ont pas nécessairement la même signification selon le domaine. Nous examinons ces différentes significations selon les domaines (sport et psychologie) et nous ciblons, dans la conclusion, le sens que nous leur attribuons pour la suite de ce travail.

À travers le temps, les gens ont été exposés de différentes façons à la puissance de la visualisation et ce, depuis l'Âge de pierre. À cette époque, les hommes allaient inscrire sur les murs des cavernes, les visions de leurs chasses futures comme une répétition avant la chasse réelle. Les Summériens, les Assyriens et les Babyloniens utilisaient la visualisation dans un but concret: obtenir une moisson abondante. Ils visualisaient des images de dieux de la fertilité et les extériorisaient à l'aide de sculptures. La visualisation a aussi été utilisée comme moyen spirituel, c'est d'ailleurs l'application la plus courante: en Orient, avec des pratiques comme le yoga et le zen, en Occident, avec la prière contemplative (Paul-Cavalier, 1989).

Outre en religion, la visualisation est utilisée à des fins de guérison. Les principes d'Hermès pour la guérison par l'esprit ont influencé les Grecs, les médecins du Moyen-âge et sont derrière certaines méthodes modernes de guérison moderne. La visualisation est utilisée dans des champs bien précis de la médecine comme la rééducation des personnes immobilisées durant de plus ou moins longues périodes ou encore avec des patients ayant subi des traumatismes afin de revivre positivement un événement.

La médecine moderne de l'Occident redécouvre la visualisation comme outil de guérison. E. Jacobson, médecin et physiologiste américain, a réalisé une expérimentation en 1920 qui a démontré que, lorsque des personnes s'imaginent faisant une activité comme la course, les muscles de leur corps associés à cette action se contractent réellement, mais de façon moindre, que lorsqu'ils réalisent l'activité en tant que telle.

Ce bref retour en arrière sur l'utilisation de la visualisation²⁰ étant réalisé, nous examinons son utilisation actuelle dans l'entraînement sportif, et par la suite, son exploitation dans le domaine de l'apprentissage et l'enseignement des mathématiques, en particulier pour le développement des connaissances spatiales.

2.3.1 L'imagerie dans le sport comme lien entre l'action concrète et intériorisée

Le sport aujourd'hui ne représente pas seulement un entraînement physique mais aussi un entraînement psychologique. Les athlètes doivent comprendre que leur esprit peut affecter leur corps de façon positive ou négative. Si un athlète pense positivement (se voit réussir ses éléments à la perfection), ses performances physiques en seront meilleures. Au contraire, si l'esprit fonctionne en mode négatif, ceci sera nuisible pour ses performances. Gauron, psychologue et professeur à l'Université de l'Iowa, spécialisé dans le développement de programmes d'entraînement mental pour les athlètes, croit que plusieurs des limites des athlètes sont mentales et non physiques (voir Blaize, 1984). Les échecs en situations de compétition d'athlètes physiquement bien préparés sont la raison pour laquelle, depuis une vingtaine d'années, l'aspect psychologique se développe dans le sport. D'ailleurs comme le mentionne Duda (1995), les entraîneurs cherchent une façon de réduire ces contre-performances et l'entraînement psychologique semble être une solution.

Duda (1995) et Pellissier et Billouin (1989) affirment que différents chercheurs ont trouvé qu'un tel entraînement favorise un meilleur développement du potentiel moteur et une meilleure maîtrise d'une technique. Afin de répondre à cette demande du milieu, chercheurs et entraîneurs ont ainsi établi des programmes d'entraînement mental.

²⁰ Par ce retour historique, nous remarquons que la visualisation fait appel à des actions intériorisées reliées aux cinq sens et peuvent être représentées mentalement par une odeur, un son, une image... et que pour notre projet, nous faisons surtout référence aux images mentales qui en découlent davantage que des autres types de représentations.

Aux États-Unis, la majorité des programmes d'entraînement mental sont dérivés d'un programme de base de cinq étapes. 1^e étape: accumuler des informations mentales (images, mots clés, sensations, etc...), 2^e étape: établir des objectifs précis, 3^e étape: créer un dialogue interne positif, 4^e étape: la relaxation et 5^e étape: pratiquer la visualisation²¹. Ce programme a pour but d'améliorer l'attitude et l'enthousiasme d'un athlète face aux compétitions et il est considéré par Porter et Foster (1990) comme facile, puissant et simple à utiliser. Nideffer (1985) et Duda (1995) ont aussi développé un programme d'entraînement mental qui ressemble à ce dernier. Notons que tous les programmes d'entraînement analysés font intervenir une action intériorisée comme l'imagerie. Cette étape où l'athlète est amené à se créer des images internes constitue une des étapes les plus importantes et une des plus étudiées selon Chevalier-Girard et Garnier (1982). Voyons de plus près ce que signifie imagerie. Tout d'abord Chevallon soulève que:

Nous avons tous des «images dans la tête». Certains s'en servent de manière intuitive, les sportifs le font de manière plus systématique. L'imagerie et la répétition mentales se caractérisent par la répétition symbolique, c'est-à-dire «dans la tête», d'une action ou d'un mouvement sans bouger la moindre partie de son corps. (Chevallon, 1995, p. 41)

Par exemple, un patineur est appelé à se voir, mentalement, réaliser son triple Axel jusqu'à ce qu'il soit parfait. Si nous transposons ce type d'exercice en géométrie, nous pourrions demander à l'élève de s'imaginer la forme d'un carré ou encore de le faire tourner dans sa tête pour anticiper le résultat d'une rotation. Paul-Cavalier (1989) définit l'imagerie (ou visualisation comme d'autres l'appellent) comme «une projection cinématographique des «films du passé» sur l'anticipation des actes futurs... Avant tout acte, nous créons une image anticipée de l'acte que nous allons accomplir.» (1989, p.52). Se «Créer des images mentales puissantes constitue une technique qui s'apprend et se travaille.» (Porter et Foster, 1986, p. 65). Ce type de connaissance spatiale semble se retrouver dans les deux domaines étudiés ici (sport et mathématiques).

Ainsi, «L'imagerie est une technique psychologique qui consiste à imaginer et à répéter les sensations visuelles, auditives et tactiles qui accompagnent la performance d'une activité quelconque.» (PNCE²², 1991, p. 151).

²¹ L'athlète se voit en train de performer. Il s'exerce à se voir exécuter tous les éléments sans erreur, en se voyant de la tête au pied, en temps réel, en couleur, en mouvement...

²² Programme National de Certification des Entraîneurs.

Suinn (1980) recommande que l'imagerie ne soit pas restreinte à l'aspect visuel, mais aussi auditif, kinesthésique et même émotionnel, selon les personnes ou le type d'entraînement²³. Certaines personnes peuvent avoir un, deux ou trois de ces aspects de l'imagerie, d'autant que pour réaliser une imagerie efficace, les trois aspects doivent intervenir. Ceci vient avec la pratique, car au départ, comme le rapportent Porter et Foster (1986; 1990), chaque personne a une de ces trois tendances.

D'autres disent que l'imagerie est aussi musculaire: «Visualiser mentalement un mouvement entraîne une excitation cérébrale et de légères contractions des muscles. Cela a des répercussions physiologiques.» (Chevallon, 1995, p.42). Des recherches ont montré que l'imagerie vivace d'une tâche résulte dans une activation des mêmes muscles utilisés lors de la performance réelle de la tâche. Ceci signifie que lorsqu'un athlète fait de l'imagerie, son corps réagit aux images de façon similaire mais moindre que s'il réalisait la tâche réellement (Blaize, 1984). Pour qu'une imagerie soit efficace, elle doit être vivace et contrôlée, mais l'acquisition de ces facultés diffère d'une personne à l'autre, ainsi il y aura des écarts considérables selon les capacités de chacun.

De plus, il y a deux manières de visualiser l'acte, soit comme acteur en tant que tel (la personne est active) ou comme spectateur qui regarde l'acte (forme passive). Pour le sport, la meilleure façon est celle de l'acteur où «l'individu se sent impliqué dans l'action. Il la vit de l'intérieur» (Chevallon, 1995, p.41). Mais, Porter et Foster (1986) mentionnent qu'il serait idéal de réaliser simultanément des deux points de vue. Ainsi, la visualisation est, avec ce qui précède, le processus de création d'images dans la tête comme acteur ou spectateur. Pour l'imagerie, les athlètes ne font pas seulement que se voir, ils font appel aussi aux autres sens, auditif et surtout kinesthésique.

De façon générale, Orlick (1990a) mentionne que l'imagerie aide un athlète à optimiser ses performances, en pratique ou en compétition et plus tôt nous pouvons commencer à réaliser un entraînement mental avec les athlètes, le mieux ce sera. Plusieurs athlètes de haut niveau ont trouvé efficace l'utilisation de l'imagerie dans leur entraînement; elle leur a permis d'améliorer remarquablement la qualité et la constance de leurs performances (Zhang, Ma, Orlick et Zitzelsberger, 1992; Feltz et Weiss, 1982).

²³ Une personne peut se rappeler davantage du son que l'acte a engendré, une autre de la sensation que l'acte lui a procurée ou encore une autre personne pourrait se rappeler davantage de sa position.

Peu de recherches ont analysé l'influence de l'imagerie chez les jeunes élèves, la plupart traitant d'athlètes élités. Cependant, Partington (1990) a réalisé quelques recherches avec des gymnastes âgés entre huit et onze ans et des patineuses artistiques âgées entre dix et quatorze ans. Il a remarqué une amélioration dans leur performance grâce à l'exploitation de l'imagerie. Zhang et al. (1992) ont réalisé une étude avec des jeunes joueurs de tennis de table âgés de 7 à 10 ans. Les résultats illustrent très bien l'impact d'un entraînement mental sur la réussite technique de ces jeunes. Les résultats de cette étude sont illustrés à l'appendice 4, p.193. Ceci met en évidence que l'imagerie peut aussi influencer les performances de jeunes athlètes et non seulement des plus avancés. Ces résultats viennent confirmer les hypothèses des recherches actuelles de Zhang et d'autres chercheurs de Chine et du Canada (Ding, 1984; Song, Zhang et Li, 1987; Sun, 1984; Zhang, 1984; Orlick, 1990b, 1992; Orlick et McCaffrey, 1991; Parington, 1990).

Une autre recherche a été réalisée auprès de quarante-quatre entraîneurs de patinage artistique par Hall et Rodgers (1989). Ils voulaient amener les entraîneurs à intégrer, dans leur programme d'entraînement mental, différentes techniques afin d'améliorer l'efficacité de leur enseignement. Ils ont réalisé des ateliers où les entraîneurs ont appris et testé plusieurs techniques mentales: l'imagerie, la concentration sur une tâche, les stratégies compétitives, les mots clés et la relaxation. Ainsi, a posteriori, un questionnaire a mis en évidence que les entraîneurs considéraient que l'imagerie était la technique la plus utilisée et la plus efficace parmi celles qui sont énoncées. De plus, ils mentionnent que c'est avec les jeunes de dix ans et plus qui débutent l'apprentissage des doubles sauts que l'imagerie était la plus efficace. Non seulement les entraîneurs ont remarqué une amélioration des performances de leurs élèves, mais 54% ont aussi vu une amélioration de l'enthousiasme de leurs élèves et 14% une amélioration dans la communication avec leurs élèves. Ils ont aussi remarqué une amélioration de leur concentration et de celle de leurs patineurs, dans la relation patineur/entraîneur et dans l'opinion d'eux-mêmes. D'autres chercheurs (Blaize, 1984; Duda, 1995; Pellissier et Billouin, 1989; Porter et Foster, 1990) affirment qu'il faut imaginer les sauts et les pirouettes pour les réussir.

Par la présentation de ces diverses recherches, nous avons mis en évidence le rôle central que joue l'imagerie dans l'entraînement d'un athlète. Elle aide à améliorer sa technique, sa concentration, sa gestion du stress et par conséquent, ses performances²⁴.

2.3.2 Liens entre action concrète et intériorisée dans l'enseignement des mathématiques

La visualisation aide à se rappeler des informations et à préserver l'apparence des choses observées par le sujet. Par conséquent, Slee (1987), Hutton et Lescohier (1983) affirment que même si elle ne se fait pas couramment dans les écoles, elle pourrait être utile dans l'enseignement de plusieurs matières scolaires comme les langues, la physique, la biologie, l'art expressif et les mathématiques, plus particulièrement la géométrie et la résolution de problèmes mathématiques. Selon Hill et Baker (1983), un enseignant inventif pourrait créer des activités impliquant la visualisation, ce qui l'aiderait dans son enseignement quotidien. De plus, une étude américaine a été réalisée par Hutton et Lescohier (1983) auprès d'enseignants afin de mieux connaître leur pratique de la visualisation et d'en encourager l'utilisation pour favoriser l'apprentissage à travers tout le curriculum. Ils se sont centrés sur l'apprentissage à travers la visualisation et non l'apprentissage pur et simple de la visualisation à travers une matière; se centrer sur le visuel pour apprendre et non, apprendre le visuel.

Ainsi, leur but était premièrement de conscientiser les enseignants et les élèves à leur propre processus de visualisation et à l'extérioriser davantage grâce aux discussions. Ils ont encouragé les enseignants à discuter de leurs propres expériences de visualisation, de les comparer aux autres, de faire des exercices permettant de rendre vivante (dynamique) et contrôlable leur visualisation. Deuxièmement, ils voulaient favoriser les situations dans lesquelles la visualisation serait utilisée en classe et faire en sorte qu'enseignants et élèves l'utilisent comme les sportifs et les entraîneurs. Étant à un stade exploratoire, la première étape de cette étude a été d'observer comment les enseignants utilisaient la visualisation avec leurs élèves. Ils ont trouvé et caractérisé différentes utilisations: pour se rappeler de ce qu'on a vu, d'idées et de termes ou encore comme outil d'amélioration d'activités physiques, de résolution de problèmes, de créativité pour la rédaction d'un texte et en art expressif.

²⁴ Des témoignages d'athlètes utilisant l'imagerie sont présentés à l'appendice 5, p.194.

Dans l'enseignement des mathématiques, l'aspect visuel n'est pas toujours mis en évidence. Au primaire, plusieurs matériaux de manipulation sont présents et nous y référons souvent, mais dès le secondaire, l'aspect visuel est remplacé par des explications verbales. Et pourtant, la visualisation est aussi importante au secondaire qu'au primaire. Denis (1989) affirme que la visualisation représente un atout pour résoudre des problèmes de syllogismes. La réussite de ce type de problèmes augmente avec la connaissance de la visualisation des élèves. Il n'affirme pas que la visualisation est nécessaire à la réussite des problèmes de logique, mais qu'elle est «en mesure d'apporter une contribution effective à la résolution de tels problèmes.» (p. 251, 1979). En effet, en comparant deux groupes d'élèves, il a remarqué que les élèves à qui il était demandé explicitement d'utiliser la visualisation (création d'images mentales) commettaient moins d'erreurs que le groupe contrôle et l'écart entre les deux groupes est plus important dans le cas des problèmes non spatiaux comme les syllogismes. De plus, le rôle que joue la visualisation s'étend aussi au niveau collégial, représentant, selon Hallet (1991), une grande part de la compréhension mathématique.

Davis et Anderson (1979) considèrent que les mathématiques ont des éléments spatiaux, kinesthésiques, des éléments arithmétiques ou algébriques, des éléments verbaux et programmés. Elles possèdent des éléments logiques, intuitifs et non-intuitifs. Il ne faut pas donner une importance démesurée à l'un de ces éléments, ceci dérangerait l'équilibre et résulterait en un appauvrissement de la science et représenterait un potentiel non-accompli. Il faut, au contraire, s'assurer d'un équilibre parfait entre ces divers éléments. Depuis quinze ou vingt ans aux États-Unis, il y avait une régression constante des éléments géométriques et kinesthésiques dans l'enseignement et la recherche en mathématiques et l'accent sur les éléments formels, symboliques, verbaux et analytiques a progressé considérablement. Par contre, il semblerait que le vent a tourné. Entre autres, selon Yackel et Wheatly (1990), aux États-Unis, le curriculum de mathématiques au primaire met l'accent sur la résolution de problèmes, l'apprentissage de relations et de l'utilisation de représentations (photos, les dessins et graphiques) et un des objectifs de K-4 (5 à 10 ans) est justement de développer le sens spatial chez l'élève. Au Canada, nous pouvons aussi observer cette régression jusqu'à tout récemment. Cependant, au niveau secondaire depuis 1993 (avec l'apparition d'un nouveau programme) la géométrie et le sens spatial prennent plus d'importance²⁵.

²⁵ Par exemple, en secondaire 3, 40% du programme est consacré à la géométrie et en particulier une préoccupation majeure est de développer les connaissances spatiales.

Avec le curriculum de mathématiques qui vient de changer au primaire, qui est en réforme pour le secondaire actuellement et la publication d'articles sur la visualisation dans l'apprentissage des mathématiques (ex.: publication spéciale de *Mathematics Teaching* de février 1990), nous pouvons remarquer qu'une attention toute particulière est accordée à ce concept depuis quelques années.

Avant de poursuivre avec des exemples d'application dans l'enseignement de la géométrie, nous voudrions revenir sur l'idée d'image mentale. Denis (1979) distingue deux types d'images mentales. Les images de mémoire représentent des images tirées du vécu de la personne. Ce serait, ce que Piaget appelle, les images reproductrices «évoquant des objets ou des événements déjà connus» (Legendre, 1993, p. 698). Denis (1979) considère aussi les images mentales générées par la combinaison de plusieurs d'entre elles que l'individu peut transformer à sa guise. Ce deuxième type d'images correspond aux images anticipatrices de Piaget; «représentant par imagination figurale des événements non perçus antérieurement, qu'il s'agisse de mouvement ou de transformations, ou de leurs aboutissements ou résultats.» (Legendre, p. 698). D'après Denis (1979), ces deux types d'images sont intimement reliés et il nous arrive même de passer de l'une à l'autre dans une même résolution. De plus, mentionnons que les images et la mémoire sont liées à nos sens et qu'un signal venant d'un des cinq sens peut motiver un autre sens²⁶. Les images mentales peuvent faciliter grandement la résolution d'un problème. Denis (1979) reprend l'exemple de Skinner et explique en quoi cette résolution est simplifiée par l'utilisation des images mentales:

Le problème de Skinner (1953):

Soit un cube, dont les six faces sont peintes en rouge. Diviser le cube en vingt-sept cubes égaux en effectuant deux sections horizontales et deux fois deux sections verticales. Sur ces cubes ainsi obtenus, combien auront, respectivement: trois faces rouges, deux faces rouges, une face rouge, aucune face rouge? (p.273)

La résolution de ce problème est possible sans recourir à l'imagerie visuelle, si l'on raisonne sur le fait qu'un cube ayant huit coins et qu'un coin étant défini par l'intersection de trois faces, il y aura donc huit éléments comportant trois faces rouges, etc. Cependant, la résolution est de beaucoup facilitée si le sujet s'appuie sur un procédé de figuration lui permettant de voir les vingt-sept petits cubes et de décompter ceux de chaque type. Lorsque ce procédé de figuration ne peut pas être perceptif (perception des cubes eux-mêmes ou bien utilisation d'un dessin schématique), l'image visuelle s'y substitue avec efficacité. (pp. 62-63, Denis, 1979)

²⁶ Par exemple, nous pouvons utiliser les sensations pour recréer des images (la musique pour générer des images ou des sensations), ou encore recréer des images à partir de mouvements du corps.

Nous voyons ici que les images mentales peuvent représenter une façon d'organiser, de visualiser les données d'un problème pour rendre plus accessible sa résolution. Laurendeau et Pinard (1968) soulèvent aussi que Piaget identifie, un peu comme Denis le fait dans sa description de l'évolution des images, trois types d'images reproductrices et anticipatrices: les images statiques, les images cinétiques (impliquant des mouvements) et les images transformatrices (impliquant des déformations). Il faut aussi être conscient que le processus de se créer des images mentales se développe: «au début, les images sont statiques et ne constituent que la reproduction intérieure d'expériences perceptives plus ou moins anciennes. Elles tendent par la suite à devenir plus mobiles et plus flexibles, jusqu'à permettre, par exemple, d'anticiper les étapes successives d'une transformation.» (p. 64, Denis, 1979). Finke (1993) identifie cinq principes²⁷ montrant que toute personne (ayant atteint le stade formel) peut se créer des images dans sa tête. Ces images peuvent être en deux ou en trois dimensions, statiques ou cinétiques. Ainsi, nous pouvons, tous, imaginer un objet bouger, tourner ou se déformer²⁸. Nous présentons en finissant, un extrait de Denis (1979) illustrant bien la puissance que peuvent avoir les images mentales dans le développement de la pensée:

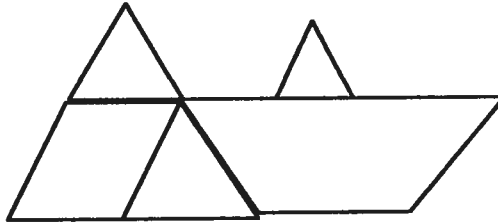
Dans certains cas, l'objet créé relève d'un autre registre sensoriel (que visuel): une oeuvre musicale peut être composée sous l'emprise d'une puissante imagerie visuelle. Un exemple en est la *Troisième Symphonie* de Gustav Mahler. Dans d'autres cas, l'objet élaboré est de nature plus abstrait et il devient beaucoup plus difficile pour le créateur d'expliquer comment l'activité d'imagerie qu'il a développée a servi son activité créatrice. On trouve une illustration de ce cas chez certains mathématiciens, inventeurs, chercheurs scientifiques, dont les témoignages attestent d'une importante activité imaginative au cours de leurs réflexions les plus abstraites. Ainsi, aux dires d'Albert Einstein, l'activité mentale qui accompagna l'élaboration de la théorie de la relativité aurait été de nature non verbale et aurait essentiellement consisté en un agencement constructif d'images... (p. 255)

Les images mentales interviennent dans différents processus mentaux, comme l'illustrent ces exemples. Cette parenthèse étant réalisée, poursuivons en exposant différents exemples d'activités géométriques permettant de développer les connaissances spatiales et touchant aussi la visualisation. Rappelons que nous devrions retrouver dans ces activités, des relations géométriques et spatiales faisant appel à des tâches d'observation (direction, orientation et perspectives), de description, de construction et de recherche.

²⁷ Pour le détail des cinq principes, voir l'appendice 6, p.195.

²⁸ Cette façon de caractériser la visualisation signifie que toute personne peut avoir recours à la visualisation, elle n'est pas innée comme plusieurs peuvent le penser.

Les deux premières activités ont été expérimentées par Yackel et Whealtes (1990). La première a été réalisée dans des classes de deuxième année. À l'aide du Tangram, les élèves devaient recréer une image précédemment montrée au rétroprojecteur pendant un court laps de temps (3 secondes environ). Voici un exemple d'image :



Dans la deuxième activité, un peu plus difficile, les élèves devaient dessiner l'image vue précédemment. À la suite de ces deux activités, l'enseignant animait une discussion soulignant la richesse de ces activités. Les élèves étaient amenés dans la discussion à exprimer comment ils avaient réussi à se rappeler l'image, à quoi ils avaient pensé et à expliciter leurs images mentales. Par exemple, en classe, ils décrivaient les images mentales qu'ils avaient développées pour réaliser leur projection; comme un bateau, une montagne, une table, une lettre, un animal... Cet exemple illustre que les élèves ne voyaient pas seulement les formes géométriques dans leurs images, mais qu'ils se créaient des images mentales tirées de la vie courante et en trois dimensions, certains voyant même le dessin de départ comme une représentation d'un objet en perspective. À travers les discussions, les élèves ont appris à reconnaître et dessiner certaines formes géométriques de base, ils ont développé des concepts géométriques et apprennent quelques termes géométriques. Ils ont aussi appris à retrouver des formes simples à l'intérieur de formes géométriques plus complexes et ils ont développé des connaissances liées aux opérations spatiales comme la rotation. De plus, l'utilisation des bons termes géométriques désignant les figures a donné l'occasion aux élèves de développer leur concept du triangle, rectangle, parallélogramme... puisque ces figures se présentaient dans différentes orientations selon le dessin créé avec le Tangram. Ces activités ont aussi permis de comparer les descriptions verbales des élèves, démontrant qu'il y avait des élèves qui étaient limités dans leurs descriptions étant donné qu'ils n'avaient pas développé certaines connaissances motrices.

Ces chercheurs ont pu remarquer, qu'avec les années, ces élèves amélioraient leurs connaissances spatiales. C'est ainsi que leur connaissance à créer et reproduire des images et leur connaissance à réaliser des opérations mentales sur ces images, comme la rotation, s'améliorent avec les années.

Selon leur expérience, l'utilisation de ce type d'activités dans l'enseignement a pour avantage d'augmenter la conscience de l'aspect spatial et géométrique dans l'entourage des élèves, d'augmenter leur intérêt dans la construction d'objets en trois dimensions et de contribuer en général à leur attitude positive face aux mathématiques. Finalement, la nature de l'activité conceptuelle réalisée par les élèves ainsi que l'amélioration de leur capacité à visualiser au cours d'une année scolaire, amènent Yackel et Whealthey à conclure que ce type d'activités devrait être une partie importante de l'enseignement des mathématiques au primaire, et ce, à tous les niveaux.

La visualisation n'est pas seulement exploitée dans l'enseignement scolaire et sportif, mais aussi musical. Il faut faire cependant la distinction entre la pratique d'un sport et d'un instrument; les muscles sollicités ne sont pas les mêmes dans les deux cas (groupes majeurs pour les sports et fins pour la musique), c'est-à-dire que la maîtrise d'un instrument de musique nécessite des connaissances motrices, tout comme les sports, mais pas les mêmes. Une approche cohérente selon Livingston (1989), est celle développée par Menuhin (1986), le légendaire violoniste et professeur. Son approche commence par une vue globale du violoniste et de son instrument constituant un tout en eux-mêmes. Pour que le violoniste puisse réaliser de grandes performances musicales, il doit être capable de faire circuler en lui ses émotions de façon continue et en parfaite harmonie avec toutes les parties de son corps. Pour réaliser ce type de trajectoire, l'élève doit avoir en tête une image claire du mouvement parfait du violon et du violoniste formant un tout, du son parfait et du rythme parfait. Ici, nous voyons encore apparaître trois de nos composantes de l'imagerie: l'aspect visuel, auditif et kinesthésique. Le but ultime de tout musicien est justement d'accomplir avec aisance le lien entre l'esprit et le mouvement, ce qui n'est pas facile, mais réalisable avec la pratique.

Le but de ce texte était d'identifier la façon dont sont utilisées la visualisation²⁹ et l'imagerie³⁰ dans l'apprentissage, d'abord du sport, de la musique et ensuite des mathématiques. Nous savons que cette pratique est très efficace et répandue dans le sport et commence à l'être dans l'enseignement des mathématiques. Ainsi, du point de vue de l'apprentissage des mathématiques et surtout de la géométrie, les chercheurs s'entendent pour dire que la visualisation aide à leur apprentissage (Hill et Backer, 1983; Hutton et Lescohier, 1983; Slee, 1987 et Yackel et Wheatly, 1990).

²⁹Rappel: le processus par lequel un individu va se créer et modifier des images visuelles dans sa tête.

³⁰ Rappel: l'imagerie désigne le processus de visualisation, mais impliquant, non seulement des images visuelles, mais des sensations (auditives, tactiles et kinesthésiques) et ainsi une activation musculaire.

Les recherches étant moins nombreuses en didactique des mathématiques qu'au niveau sportif, les applications de la visualisation dans les classes sont d'autant plus rares. Cependant, il semble y avoir un mouvement allant dans ce sens depuis quelques années (Andrews, 1996; Battista, 1990; Clements et Battista, 1992; Del Grande, 1990; Yackel et Wheatley, 1990; English et Goldin, 2001; Pinel et Pinel, 2001). Voici le réseau conceptuel illustrant la place que prend l'imagerie dans le sport et la visualisation dans l'apprentissage et l'enseignement de matières diverses, comme les langues, les arts, l'éducation physique, la musique, mais surtout la géométrie.

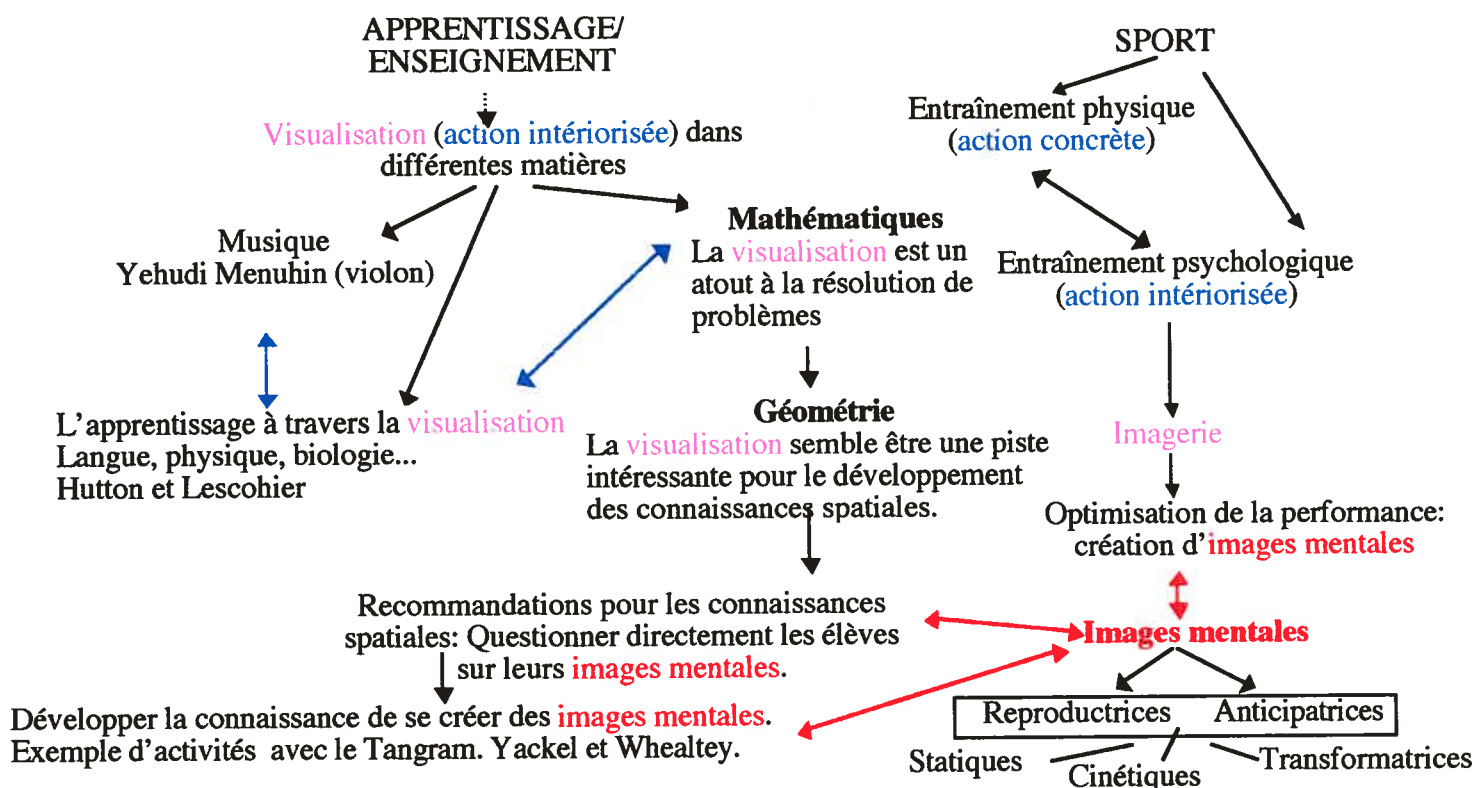


Figure 2.3 Rôle de l'action intériorisée dans le sport et à l'école

Enfin, nous constatons que la visualisation est une composante centrale dans le développement des connaissances spatiales. Pour y accéder, Yackel et Whealthey (1990) proposent des activités où les élèves sont amenés à observer une image et la reproduire par la suite. La richesse de l'activité vient du fait que les élèves doivent reproduire une image en son absence (obligation de l'imaginer), mais elle réside surtout dans la nature du questionnement mis de l'avant portant essentiellement sur les connaissances spatiales. À travers la problématique et le cadre conceptuel, le questionnement revient souvent comme élément déterminant de l'enseignement. Ainsi, avant de conclure ce cadre, nous trouvons important de venir préciser ce concept.

2.4 Questionnement

Le questionnement soit lors d'entrevue, à l'école ou plus spécifiquement en classe de mathématiques ait fait l'objet de différentes études, voyons dans cette section ce qui en ressort.

2.4.1 Questionnement général

Notons en commençant que le fait de vouloir catégoriser (identifier) le questionnement nous permet de prendre conscience de ses effets, d'appréhender les ressources variées, d'en faire un usage lucide, d'en assurer un dosage intelligent et de faciliter son entraînement (Bellenger et Couchaere, 2000). Selon Bellenger et Couchaere, le questionnement peut avoir diverses intentions, comme informer, régulariser, influencer et provoquer. En situation de classe nous serions majoritairement en présence de questions d'information (questions factuelles, ouvertes ou à choix multiples) et de questions de régularisation (approfondir, relancer, créer un lien ou reformulation); les deux autres se trouvant davantage lors de discussions en grand groupe.

Bellenger et Couchaere (2000) énoncent six types de questions qui découlent des intentions précédentes, soit les questions d'investigation, les questions informatives, les questions fermées, les questions à choix multiples, les questions ouvertes et les questions d'invitation. Le premier type, soit les questions d'investigation ont pour but d'obtenir de l'information sur des faits, des opinions ou des interprétations (qui? Quoi? Comment? Combien? Quand? Où?) souvent employées lors d'interrogatoires. Les questions informatives portent essentiellement sur des faits très spécifiques (qui? Quoi? Quand? Où? Lequel? Combien? Par quels moyens?). Les questions fermées sont celles qui ne possèdent qu'une seule réponse, souvent d'un seul mot et par conséquent elles sont très directives et visent une précision d'information. Les questions à choix multiples amènent les gens à comparer différents faits entre eux (ça ou ça?...). Les questions ouvertes, selon Bellenger et Couchaere, sont les questions où le répondant doit produire une réponse, réaliser une certaine construction (qu'est-ce que? Que? Quel? Comment? Pourquoi?...). Le dernier type, soit les questions d'invitation représentent les questions d'amorce d'échanges (de politesse et d'introduction). Enfin, ces auteurs mentionnent que le questionnement est une ressource essentielle dans le développement personnel; ce constat montrant l'importance du questionnement à travers une vision plus large que celle de l'enseignement.

2.4.2 Questionnement à l'école, dans les classes

La classe représente un milieu très complexe: elle est multidimensionnelle (plusieurs activités et tâches se réalisent durant une même période), elle possède un caractère de simultanéité et d'immédiateté (plusieurs aspects peuvent se dérouler en même temps, les événements se déroulent très rapidement en action et laissent peu de place à la réflexion), elle demeure toujours imprévisible (même lors de la réalisation d'une leçon préparée, il y aura toujours des événements qui vont se produire et qui n'auront pas été anticipés), elle est imprégnée de l'atmosphère qui règne dans la classe (le caractère public de la classe influence certains élèves) et finalement elle possède toujours une histoire (les élèves et l'enseignant ont établi des routines et normes qui orienteront les activités réalisées en classe). (Dillon, 1990)

Dillon identifie deux types de contexte de classe, soit de récitation et de discussion. Lors de la récitation, l'enseignant pose des questions sur des notions apprises et vues en classe et, lors des discussions, l'enseignant pose une question et les élèves, à l'aide d'une discussion, essaient de trouver une réponse pertinente. Ce chercheur a trouvé que les élèves participent davantage dans le cadre d'une discussion que d'une récitation (77% contre 41%), que les questions impliquant un niveau supérieur de cognition³¹ se trouvent lors des discussions (87% contre 29%) et que l'enseignant intervient moins (22% contre 69%).

Dillon allant plus loin dans son raisonnement énonce dix points importants dans le traitement du questionnement: son utilisation (questionnons-nous ou non?), la quantité (combien de questions représentent une quantité raisonnable?), le type de questions (ouvertes, fermées, factuelles ou non, simples ou complexes cognitivement...), le sujet (sur quoi devrait porter les questions?), la forme (quels mots et quelles formules choisir?), les répondants (à qui s'adressent les questions?), le «rythme» (quand? Et pour combien de temps?), la manière (avec quelle intonation? Dans quel but?), les présupposés (le choix de la personne) et finalement le but (pourquoi questionnons-nous?).

³¹ Les questions de niveau faible de cognition sont celles impliquant des notions de base de compréhension et de mémoire et celles dites supérieures sont celles impliquant une analyse, une inférence, une supposition ou une synthèse...

La quantité des questions, leur nature (ouverte, fermée, factuelle ou de raisonnement) et le sujet nous serviront de points de repère lors de l'élaboration de notre grille d'analyse pour le questionnement.

Deprez (1976) a remarqué que les questions ouvertes venant de l'enseignant étaient «extrêmement rares», ainsi le questionnement reste dans le domaine du connu, des questions factuelles. «Face à cela, la place vraiment minime laissée au jugement effraie un peu: on peut se demander s'il n'est pas dangereux de donner tant d'informations aux élèves sans développer en eux la capacité de prendre un certain recul face à ces informations...» (p.99) De plus, l'enseignant est le principal investigateur des échanges de la classe, ces échanges sont essentiellement verbaux et s'il y a des silences (qui sont plutôt rares), ils ne démontrent pas des moments de confusion, mais bien des moments de réflexion.

2.4.3 Questionnement en classe de mathématiques

Barnes (1990) identifie trois types de questionnement: les questions factuelles (fermées), de raisonnement (ouvertes et fermées) et ouvertes (sans raisonnement). À l'intérieur des questions de raisonnement, nous ajoutons trois types de questions identifiées par Poirier (1999) soit les questions d'explication, de justification et de comparaison. D'ailleurs, il faut favoriser les questions de raisonnement (Dillon, 1990). Bien que les catégories de questionnement se soient précisées avec Dillon (1990), Barnes (1990) et Poirier (1999), il faut caractériser davantage le questionnement en ce qui a trait au contenu mathématique afin de pouvoir répondre à nos questions de recherche portant sur les connaissances spatiales. Ainsi, nous devons inclure les points suivants: est-ce que les questions font référence aux connaissances/savoirs géométriques ou spatiales? Quelles sont les tâches impliquées? (observation, description, construction, représentation, recherche ou argumentation) Quels types d'actions est impliquées? (concrètes ou intériorisée) Et est-ce que la visualisation est sollicitée? Ces éléments viennent compléter les critères exposés précédemment. À présent, voyons ce qu'un enseignant se doit d'éviter dans le questionnement.

Posamentier et Stepelman (1990) ont mis en évidence dix types de questions à éviter. Il ne faut pas poser des questions de type: surenchères (augmenter le niveau de difficulté de la question avant même que l'élève réponde à la première question), questions multiples (poser deux questions en un bloc, une après l'autre et une en lien avec l'autre), questions factuelles (sur des faits, car elles ne motivent pas la pensée des élèves), questions elliptiques (confuses, car possédant des sous-entendus), devinettes (questions où l'élève doit répondre oui ou non), questions ambiguës (par exemple une question pouvant donner de bonnes réponses venant de différentes sources), questions où tout le groupe répond en coeur (elles ne permettent pas d'identifier ceux qui ne comprennent pas), questions non-interrogatives (si la formulation d'une question n'est pas interrogative, l'élève doit la reformuler avant d'y répondre), questions insidieuses (où la réponse est présentée comme option dans la question) et questions centrées sur l'enseignant (ne pas toujours utiliser le «je», mais plutôt le «nous»).

À l'inverse, ils proposent des conseils judicieux pour développer le questionnement de l'enseignant tel utiliser un langage direct, simple et précis, préparer les questions en tenant compte des séquences de questionnement (l'ordre et difficulté), ajuster les questions aux connaissances des élèves de la classe, poser des questions stimulantes (un défi- une question réflexive), maintenir l'intérêt des élèves, éviter de répéter les questions, éviter de répéter les réponses des élèves (car les élèves pourraient ne plus écouter les réponses des autres élèves), désigner un répondant à nos questions (poser la question et à la fin la diriger vers un élève en particulier), doser le temps de silence après les questions (il faut qu'il y ait une pause, mais pas trop grande) et finalement favoriser une diversité des questions (ceci diminue l'effet de prédiction chez les élèves).

Pimm (1987), tout comme Deprez (1976), a remarqué lors de l'enseignement au niveau secondaire qu'il y a peu d'échanges entre les élèves, que les échanges partent principalement de l'enseignant qui pose surtout des questions fermées. Il mentionne aussi qu'il y a, en mathématiques, toute une série de questions qui peuvent porter sur le vocabulaire spécifique à ce domaine et qui prennent une part importante du discours de l'enseignant. Haney (1984) et Stodolsky (1988) viennent confirmer qu'au primaire, les questions factuelles restent aussi majoritaires et qu'il n'y a pratiquement pas d'accent mis sur les questions impliquant la résolution de problèmes ou autres processus mentaux d'élèves.

Stodolsky (1988) arrive à la conclusion qu'il ne semble exister encore qu'un seul modèle d'enseignement dans les classes de mathématiques au primaire, soit la présentation de la matière par l'enseignant suivi par une pratique individuelle des élèves sur cette matière.

Nesbitt Vacc (1993) et Piaget (1972) mettent en évidence le rôle primordial que joue le questionnement dans l'enseignement des mathématiques:

Or, il va de soi que l'éducateur demeure indispensable à titre d'animateur pour créer les situations et construire les dispositifs de départ susceptibles de poser des problèmes utiles à l'élève et ensuite pour organiser des contre-exemples forçant à la réflexion et obligeant au contrôle des solutions trop hâtives : ce que l'on désire est que le maître cesse de n'être qu'un conférencier et qu'il stimule la recherche et l'effort au lieu de se contenter de transmettre des solutions toutes faites. (Piaget, 1972, p. 20)

As Green, Weade, and Graham (1988) have found, no matter how scriptlike a lesson may be, it will vary from classroom to classroom because of the teacher's influence on the structure of the lesson, communicative or instructional demands, and interaction with students. Affecting each of these areas is the role of discourse in general and of questioning in particular. (Nesbitt Vacc, 1993, p.88)

Par ces deux extraits, nous voyons que les interventions de l'enseignant, principalement son questionnement, viendront teinter l'esprit de la leçon peu importe la tâche qui est demandée à l'élève. Il sera par conséquent important de traiter le questionnement de l'enseignant lors de l'analyse des leçons. Voici le réseau conceptuel pour le questionnement:

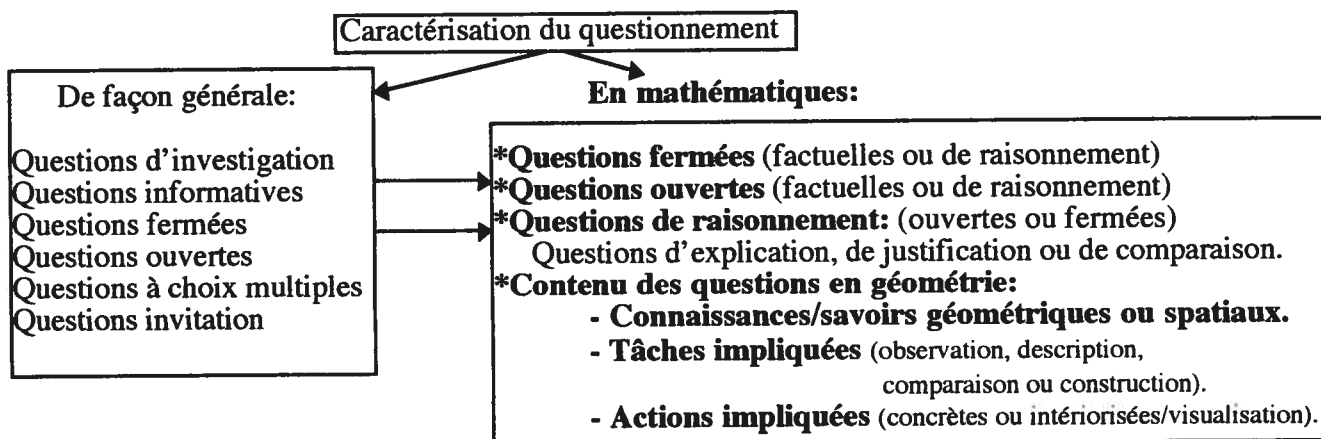


Figure 2.4 Le type de questionnement dans l'enseignement

2.5 Synthèse des concepts retenus pour notre cadre conceptuel

Une synthèse des différents concepts discutés dans ce chapitre s'impose afin de mieux cibler le cadre de cette recherche. Dans cette section, nous reprenons les concepts pertinents ainsi que les liens existant entre eux. De plus, un réseau conceptuel est présenté, par la suite, illustrant notre synthèse. Ce réseau nous servira de point de repère dorénavant.

Le but de notre projet est de traiter de deux interventions didactiques portant sur le développement des connaissances spatiales, dont une est imprégnée de notre cadre d'étude. Nous avons abordé trois domaines pouvant nous donner des outils, soit la géométrie, le sport et la psychologie qui est intervenue à différents niveaux à l'intérieur même des deux autres domaines³². Pour la géométrie, nous avons traité des connaissances géométriques et spatiales, de leur développement et de leur enseignement. Dans le sport, nous nous sommes centrée sur une phase particulière de l'entraînement psychologique, soit l'imagerie mentale.

Examinons les concepts retenus pour les deux domaines principaux de ce cadre, soit la géométrie et le sport. Nous savons que la géométrie prend sa source dans deux espaces différents, soit géométrique (idéal) et sensible (réel). Ces deux espaces font référence à des connaissances spécifiques, soit géométriques et spatiales. Par contre, il est rare que nous fassions appel à un seul de ces types de connaissance dans la résolution d'un problème. Bien qu'elles soient différentes, elles sont difficilement dissociables dans leur enseignement et leur apprentissage.

Nous avons aussi exploré comment se réalise le développement des connaissances géométriques et spatiales à travers l'espace physique et l'espace représentatif, de l'action concrète vers l'action intériorisée. Nous avons exposé et analysé différents modèles illustrant le développement des connaissances géométriques et spatiales. Nous avons retenu celui de Piaget mettant en évidence le rôle de l'action, portant davantage sur les connaissances spatiales, et non géométriques, et ciblant le développement des élèves du secondaire, niveau scolaire visé par notre projet.

³² Par conséquent, nous ne le traitons pas explicitement, mais à travers les deux autres domaines.

L'action concrète et intériorisée (comme la visualisation) étant présentes à travers les différents modèles, elles nous apparaissent une piste pertinente à exploiter lors d'une intervention didactique portant sur le développement de ces connaissances³³. Par conséquent, elles représentent la porte d'entrée pour notre projet. La visualisation est une des actions intériorisées explorées dans ce cadre et lorsque nous parlons de visualisation³⁴, nous devons définir ce que sont les images mentales («représentations» internes illustrant des objets ou des événements de la vie courante ou idéaux) et identifier la nature des images, soit statiques, cinétiques ou transformatrices. Piaget distingue aussi deux types d'images, les images reproductrices, qui prennent leur source dans le vécu de l'élève, et les images anticipatrices, qui peuvent être générées par une combinaison d'images diverses sans que le sujet ait vécu ou vu l'image demandée.

Nous avons aussi dégagé des recommandations pour l'enseignement de la géométrie: développer la connaissance de se créer des images mentales et questionner directement les élèves sur leurs images mentales. De plus, lors de la problématique, nous avons ciblé six différents types de tâches que nous pouvions demander à un élève de réaliser, soit observer, décrire, construire, représenter, rechercher et argumenter qui nous guideront dans l'élaboration de notre intervention didactique. Nous nous sommes servie de ces tâches comme grille d'analyse pour caractériser ce qui se fait actuellement dans les classes de la fin du primaire et début du secondaire. Bien que cette analyse fasse partie de notre problématique, elle vient compléter notre cadre conceptuel, c'est pourquoi il est essentiel de l'intégrer dans cette synthèse.

Pour ce qui est du volet sport, nous avons examiné le passage entre l'action concrète et intériorisée, domaine où la visualisation est exploitée et a fait ses preuves. En particulier, l'imagerie (visualisation impliquant des sensations) a fait ses preuves comme étant un outil permettant une optimisation des performances des athlètes. Les recherches dans ce domaine démontrent bien que celle-ci a une influence positive sur l'apprentissage. Par conséquent, cette piste nous semble pertinente à exploiter dans l'apprentissage des connaissances spatiales et nous envisageons une intervention didactique mettant en évidence ce processus.

³³ Ceci a aussi été confirmé par plusieurs recherches (Denis, 1979; Hutton et Lescohier, 1983; Slee, 1987; Yackel et Whealtery, 1990).

³⁴ Le processus de création d'images mentales.

Notre intervention prendra aussi en compte les différents types de questionnement identifiés pour l'enseignement des mathématiques, soit des questions ouvertes et fermées (factuelles ou de raisonnement: explicatives, justificatives ou de comparaison). Nous devons varier les types de questions, tout en posant davantage de questions menant à une réflexion de la part des élèves, soit les questions de raisonnement. De plus, le contenu des questions devra aussi faire l'objet de notre analyse des interventions didactiques, soit pour ce qui est des connaissances et des savoirs (géométriques ou spatiaux), des tâches visées (observation, description, construction, représentation, recherche et argumentation), des actions impliquées (concrète ou intériorisée) et en particulier le recours à la visualisation. Ainsi, la richesse des interventions de l'enseignant se situera dans le rôle que jouera le questionnement dans l'approche de l'enseignant et dans la nature de ce dernier. Les questions doivent permettre d'effectuer le passage entre l'action concrète et l'action intériorisée, afin de traiter du développement des connaissances spatiales.

Le réseau conceptuel qui suit illustre cette structure³⁵. Après la présentation du réseau conceptuel, nous revenons sur notre problème et nos questions de recherche. Cette dernière partie conclura ce chapitre. Nous passons, par la suite, à notre méthodologie où nous élaborons notre intervention didactique qui est appuyée sur ce cadre.

³⁵ Ce type de réseau met bien en évidence le contenu d'un tel cadre ainsi que les liens établis entre les concepts. Cependant, il a aussi tendance à rendre les relations plutôt statiques. Dans la vulgarisation de notre cadre, nous perdons certaines subtilités et nous le rendons plus rigide. Nous avons placés les concepts dans un certain ordre, ce placement peut induire une idée de chronologie qui n'est pas du tout volontaire ou respectée dans la réalité. Nous sommes consciente de tous ces effets, mais il représente tout de même une bonne façon de synthétiser et relier les concepts de ce cadre conceptuel.

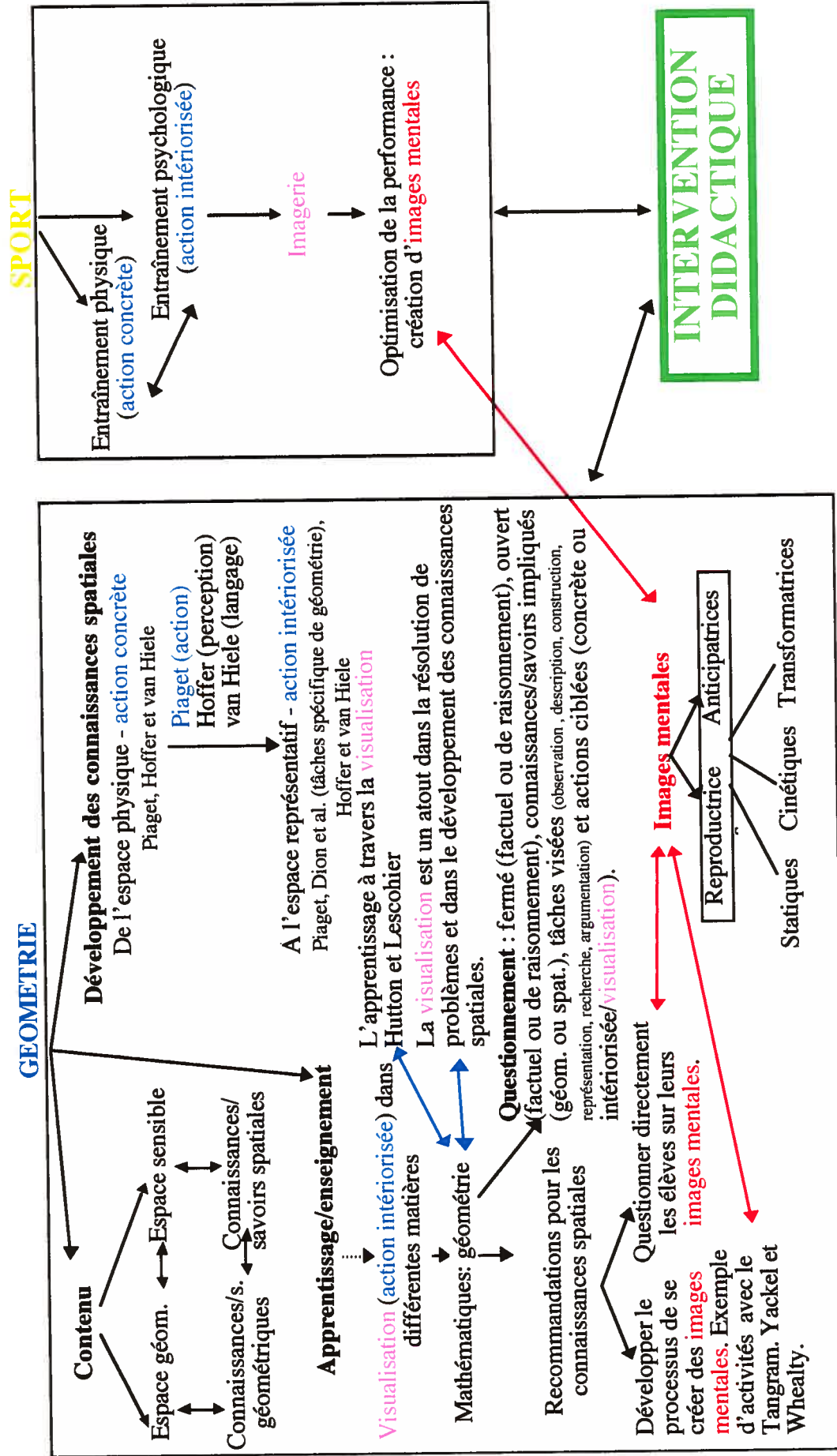


Figure 2.5 Réseau conceptuel

Rassemblons tous les éléments mis en relation dans le réseau conceptuel pour réaliser une analyse sur les deux approches abordées lors de la problématique (p.16), pour un exemple d'exercice géométrique. Rappelons l'énoncé de l'exercice et les deux approches en question:

Construis cet objet avec un trou au centre donnant sur deux faces opposées.

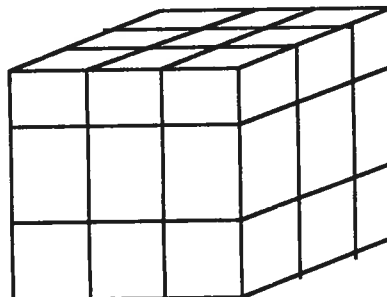


Tableau III. Exemple de deux approches différentes pour un même exercice

Approche A	Approche B
Étape 1: demande d'abord d'anticiper le résultat de la construction (êtes-vous capable d'imaginer le solide que ceci donnera? Êtes-vous capable de le décrire?)	Étape 1: demande d'abord de construire le solide
Étape 2: demande aux élèves de construire le solide.	Étape 2: pose des questions du type: la construction est composée de combien de cubes? Quel est le volume du solide obtenu?
Étape 3: pose des questions du type: est-ce que la construction correspond à votre anticipation? Comment avez-vous procédé pour le construire?	Étape 3: demande de représenter sur papier quadrillé les différentes vues orthogonales.

En termes de tâches, l'approche A demande aux élèves d'abord une anticipation, qui entre dans les tâches de recherche, ensuite une construction et, enfin une tâche de description grâce au questionnement. Cette approche demande de décrire l'objet anticipé mentalement, de décrire celui obtenu et de préciser leur procédé de construction. L'approche B demande, en premier lieu, la construction même du solide, et ensuite, par le questionnement, elle leur demande de décrire l'objet obtenu et enfin, de dessiner l'objet (vues orthogonales). Les descriptions demandées pour cette approche concernent les aspects géométriques de l'objet obtenu. Malgré le fait que la construction soit la tâche centrale de cet exercice, nous remarquons qu'il peut y avoir d'autres types de tâches venant se greffer à cette dernière et influençant grandement l'orientation de l'exercice. Pour une même tâche, par exemple la description, les deux approches démontrent que leur nature peut être différente. Voyons les éléments qui peuvent différer.

Le questionnement est majoritairement fermé pour les deux approches et il est davantage factuel pour l'approche B; alors que l'approche A pose des questions sur le processus d'anticipation et de construction, l'approche B pose des questions sur les solides obtenus. Il faut faire une autre distinction entre les questions posées par les deux approches. L'approche A cible des questions portant sur les connaissances spatiales et la visualisation (anticipation du solide suite aux transformations demandées et description de l'anticipation et du procédé de construction), alors que l'approche B cible plutôt la composition du solide obtenu en termes de mesures (quantité de cubes et volume). Nous avons vu, en page 29 avec Berthelot et Salin (1993;1994), qu'il est fréquent d'effectuer un glissement vers les connaissances géométriques ou métriques dans l'enseignement des connaissances spatiales et cela semble être le cas pour l'approche B.

Un dernier aspect majeur de notre réseau conceptuel doit être traité, soit la nature des actions impliquées: actions concrètes ou intériorisées? L'approche A valorise l'action intériorisée étant donné l'accent mis sur la recherche (anticipation), les connaissances spatiales et la visualisation. L'approche B valorise l'action concrète, puisque la construction constitue la première tâche à réaliser et que les autres se rattachent à l'objet obtenu. Si nous retournons au développement des connaissances spatiales mis en évidence par Piaget, celui-ci prend sa source dans l'espace physique où nous réalisons des actions concrètes et s'intériorise graduellement pour arriver aux actions intériorisées. L'approche B se situe ainsi au début du développement et l'approche A se situe vers la fin du développement. Notons, par contre, que l'approche A implique aussi une action concrète, soit la construction de l'objet. Ainsi, les deux approches proposent une manipulation et une réflexion sur cette manipulation, comme ceci est conseillé par Poirier (1999), mais la réflexion n'est pas de même nature.

Cet exemple d'analyse illustre le rôle que joue l'approche d'enseignement dans ce type d'apprentissage, peu importe les objectifs fixés et les exercices choisis. Il nous renseigne aussi sur les éléments de notre cadre conceptuel pouvant nous permettre de distinguer différentes approches d'enseignement visant les connaissances spatiales.

Les éléments conceptuels impliqués dans cette recherche ainsi que l'actualisation du réseau qui en découlent étant exposés, nous effectuons un retour plus éclairé sur notre problème et nos questions de recherche. Cette dernière partie conclura ce chapitre.

2.6 Retour sur notre problème et nos questions de recherche

Dans ce projet, nous voulons étudier le développement des connaissances spatiales chez les élèves de la troisième année du secondaire. L'action concrète et intériorisée (comme la visualisation) sont appelées à jouer un rôle central dans cette étude. Nous voulons aussi, par cette recherche, en savoir davantage sur les comportements, les raisonnements, et les difficultés reliés à cet apprentissage/enseignement. Les questions qui nous préoccupent plus précisément sont les suivantes:

1- Approches d'enseignement ciblant le développement des connaissances spatiales en troisième secondaire:

- Quelles tâches seront plus propices dans l'enseignement pour permettre le développement de ces connaissances?

- Une approche «action» serait-elle plus propice qu'une approche traditionnelle?

Pour les deux approches:

Quel est le questionnement observé (ouvert, fermé, factuel ou avec raisonnement)?

Est-ce que l'enseignement est centré sur les connaissances spatiales ou est-ce qu'il y a un glissement vers les connaissances géométriques?

Est-ce que l'accent de l'enseignement est mis sur l'action concrète et/ou intériorisée? Comment faire le passage de l'action concrète à l'action intériorisée?

Est-ce que la visualisation, outil efficace dans l'apprentissage d'un sport, est une piste intéressante pour réaliser le passage de l'action concrète vers l'action intériorisée dans le développement des connaissances spatiales?

2- Profils des élèves d'après leurs comportements, raisonnements et difficultés reliés au développement des connaissances spatiales.

- Quels sont les comportements, raisonnements et difficultés reliés à cet apprentissage?

- Seront-ils de même nature dans les deux types d'approches («action» versus «classique»)?

- Seront-ils les mêmes selon les profils des élèves (sportif ou non) ?

Les pistes de réponses que nous donnerons à ces questions s'appuient sur notre cadre conceptuel, sur notre méthodologie et sur notre analyse a posteriori. Plus globalement, elles prendront leur source dans les éléments clés énoncés dans notre cadre conceptuel (tâche, questionnement et action).

Le chapitre suivant présente la méthodologie qui sera déployée pour répondre aux questions de recherche, ou du moins amener des pistes de réponses à ces questions.

CHAPITRE III

MÉTHODOLOGIE

CHAPITRE III

Méthodologie

Cette étude est une recherche exploratoire ayant des enjeux pragmatiques. Nous comptons apporter des pistes concrètes pouvant servir à l'amélioration des situations d'apprentissage et d'enseignement pour le développement des connaissances spatiales. Certaines études sont élaborées de façon longitudinale, en ciblant un cas particulier et en y référant à plusieurs reprises. Pour caractériser davantage l'enseignement et le comportement des élèves, nous avons plutôt choisi d'entreprendre une recherche transversale où nous irons observer deux approches d'enseignement que nous pourrons comparer a posteriori. De plus, nous voulons réaliser certaines comparaisons entre l'apprentissage qu'effectuent un élève non-sportif et un élève sportif. Ces choix nous conduisent à favoriser une étude transversale et non-longitudinale.

Au départ, notre problématique nous indique qu'il n'y a pas beaucoup d'instructions données aux enseignants par le biais du programme et des manuels scolaires sur l'enseignement des connaissances spatiales. Cette réalité engendre ainsi un manque de pratique chez les élèves tant au secondaire qu'au primaire. Par contre, notre cadre conceptuel est venu préciser des éléments sur lesquels nous pouvons nous baser pour construire une leçon portant sur les connaissances spatiales.

Ainsi, l'expérimentation, comparant cette approche inspirée de notre cadre conceptuel avec une approche dite plus traditionnelle (nommée «classique»), nous permet de cibler les éléments pouvant potentiellement être bénéfiques à ce type d'enseignement. Ces derniers représentent des pistes de réponses possibles qui pourraient faire partie d'une élaboration d'une séquence d'enseignement complète par la suite.

Ce chapitre est divisé en sept parties. Lors de la première partie, nous réalisons un retour sur nos questions de recherche et illustrons la démarche globale retenue pour cette étude (3.1). Les quatre points qui suivent détaillent chacune des étapes de la démarche; soit la sélection des échantillons (3.2), la construction des outils d'expérimentation (3.3), la construction des outils d'analyse (3.4) et la présentation des portes d'entrée choisies pour les grilles d'analyse (3.5). Ensuite, nous exposons les inférences et interprétations de notre démarche (3.6) et nous terminons par une conclusion illustrant les étapes de notre analyse (3.7).

3.1 Questions de recherche et démarche retenue

Notre cadre conceptuel nous a permis de préciser notre problème ainsi que nos questions de recherche. Notre projet a pour but d'émettre des pistes de réponses aux questions suivantes:

1- Comment se caractérise (distingue) une approche d'enseignement centrée sur l'action de l'élève (concrète et intériorisée) en comparaison avec une approche plus «classique»? (tâches, questionnement, type de connaissances et d'actions impliquées et présence ou non de la visualisation)

2- Comment se caractérisent (distinguent) les comportements, raisonnements et difficultés des élèves? Sont-ils dépendants du profil des élèves (enrichis, musiciens et sportifs) ou de l'approche d'enseignement («action» ou «classique»)?

Nous nous situons dans le cadre d'une étude inductive exploratoire et non-vérificative et par conséquent nos résultats seront présentés sous forme de pistes, de tendances devant être, ultérieurement, vérifiées.

Pour opérationnaliser ceci, voyons à présent la démarche que nous retenons. D'abord, il y a la sélection des échantillons de terrains, d'événements et des sujets; constituant la première étape de notre démarche. Ensuite comme deuxième étape, nous procédons à la construction des différents outils impliqués lors de notre expérimentation. Notre expérimentation est composée d'une leçon «action» et d'une leçon «classique», sources de données nous permettant d'établir des ressemblances et des différences entre les deux approches. Pour caractériser une approche centrée sur l'action par rapport à une approche plus standard, nous procédons par comparaison. Chaque approche est expérimentée par une personne externe au projet et les leçons sont filmées sur bandes vidéo. Comme dernière étape de notre expérimentation, nous optons pour la tenue d'entrevues, avec chaque groupe, dans le but d'en savoir davantage sur les raisonnements et difficultés des élèves selon l'approche exploitée. Ces dernières sont filmées et réalisées par la chercheuse de cette étude. Nous pouvons résumer la démarche retenue d'expérimentation par le schéma suivant que nous développons dans les pages qui suivent:

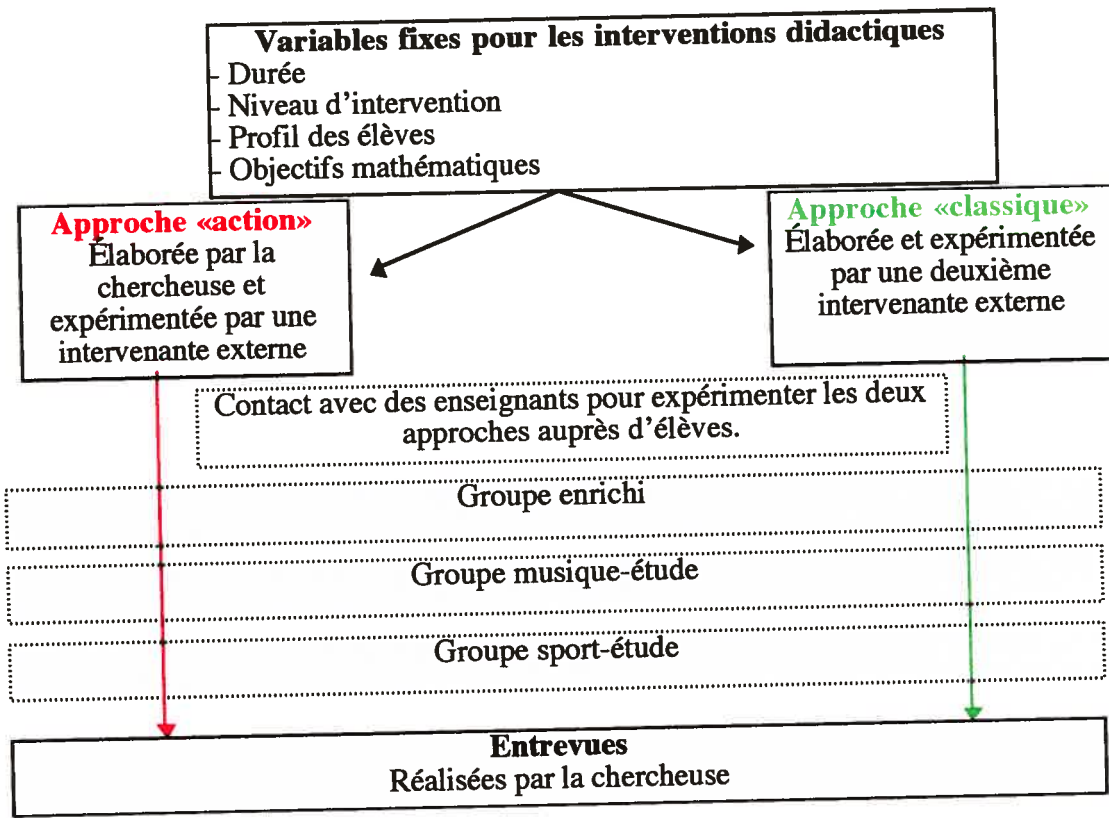


Figure 3.1 Schématisation des choix méthodologiques

Ce schéma met en évidence, d'abord, les variables fixes de notre expérimentation : les leçons doivent durer une heure, elles ciblent les classes de troisième secondaire de trois profils différents, enrichi, musique-étude et sport-étude et elles visent deux objectifs spécifiques établis selon le programme du ministère.

L'approche «action», élaborée par la chercheuse, à l'aide des balises de notre cadre conceptuel a été réalisée auprès des élèves par une enseignante d'expérience connaissant le contexte de la recherche (problème et questions de recherche) et ayant des connaissances en didactique des mathématiques comme chargée de cours dans ce domaine.

L'approche «classique» a été élaborée aussi par une enseignante chevronnée, enseignante au secondaire et chargée de cours universitaire, ayant des connaissances en didactique des mathématiques, mais externe au projet. Les consignes globales fournies à cette deuxième intervenante étaient d'élaborer une leçon portant sur les connaissances spatiales, correspondant aux variables fixées et qui caractérise, d'après elle, une leçon «type» qu'un enseignant du milieu actuel ferait³⁶.

Comme troisième étape de la méthodologie, nous élaborons des outils d'analyse pour les leçons. Nous avons créé des grilles d'analyse, la première ciblant l'approche employée par l'intervenante et la deuxième ciblant les différentes réactions des élèves face aux approches mises de l'avant. Les grilles d'analyse sont basées sur notre cadre conceptuel.

La quatrième étape illustre les outils d'analyse découlant de notre problématique et du cadre conceptuel qui nous serviront de base pour notre analyse a posteriori. Une fois les grilles d'analyse identifiées, nous précisons, dans un cinquième temps, la façon dont nous comptons les exploiter.

Enfin, avant de procéder aux différentes conclusions de la méthodologie, nous analysons, de façon plus globale, la consistance de nos données ainsi que de la démarche mise de l'avant.

Entamons, pour commencer, avec les aspects plus techniques de notre méthodologie, soit la sélection de notre échantillon et les conditions de l'expérimentation.

³⁶ Consignes : élabore une leçon d'une heure portant sur les connaissances spatiales pour des élèves de troisième année du secondaire, ayant pour objectifs... et correspondant à un enseignement traditionnel de ces connaissances.

3.2 Sélection des échantillons et conditions d'expérimentation

La sélection des échantillons est réalisée à trois niveaux différents: choix du terrain, choix des événements et choix des sujets. Pour le choix du terrain, nous avons d'abord contacté trois enseignants ayant des élèves correspondants aux profils ciblés (troisième secondaire, enrichis, sport-étude ou musique-étude) et étant intéressés à participer à la recherche en nous donnant l'autorisation d'intervenir auprès de leurs élèves à l'extérieur des heures de cours. Cet échantillon d'enseignants est sur une base volontaire.

Pour ce qui est du choix des événements, nous optons pour la réalisation de deux leçons ponctuelles, une de type «action» et l'autre de type «classique» pour fin de comparaison. La leçon dite de type «action» est inspirée de notre cadre conceptuel mettant de l'avant l'action de l'apprenant et le questionnement de l'enseignant et l'autre leçon, de type «classique», veut illustrer un enseignement plus traditionnel de ces connaissances. Pour ces leçons, des objectifs précis concernant les connaissances spatiales ont été fixés. Suite aux leçons, nous réalisons des entrevues avec chacun des groupes rencontrés pour les deux approches afin d'interroger les élèves sur les raisonnements qu'ils utilisent et sur leurs difficultés. Les leçons et les entrevues représentent les événements de cette recherche effectués dans le milieu scolaire. Regardons d'un peu plus près le déroulement de ces événements.

Le choix du moment de l'expérimentation est déterminé surtout par les contraintes du milieu et la disponibilité des enseignants et des élèves. Ces restrictions expérimentales affectent l'état des connaissances des élèves; si l'expérimentation se déroule en début de la troisième année secondaire, les élèves n'auraient probablement pas abordé ce sujet en classe et devraient recourir à leurs connaissances/savoirs développées et acquises au primaire; si elle se déroule en fin d'année, les élèves auraient vu cette matière; ce dernier cas étant notre situation pour ce projet. Cet aspect devra être pris en considération lors de l'analyse a posteriori.

Les leçons se déroulent à la fin de la journée, après les heures de classes. Nous disposons d'une heure avec les sujets pour réaliser les leçons. Ainsi, pour cette phase de l'expérimentation, notre équipe est constituée des deux intervenantes en charge des leçons et de deux autres personnes responsables de l'enregistrement des leçons. Les deux leçons pour un même type d'élèves se déroulent simultanément dans deux classes différentes de la même école (ce choix a aussi été fait dans le but qu'il n'y ait pas de communication entre les sujets des deux approches avant les leçons).

Pour ce qui est des entrevues, elles sont effectuées dans les mêmes conditions que les leçons à quelques détails près. L'intervenante réalisant les entrevues est seule pour les accomplir, ainsi, la caméra reste fixe durant les enregistrements et l'intervenante doit rencontrer un groupe à la fois. Elle dispose d'une heure aussi pour les entrevues. Il peut survenir qu'entre l'expérimentation des leçons et des entrevues, nous perdons des élèves; ce qui est arrivé et qui fait partie des contraintes du milieu. Ainsi, s'il y a des élèves absents à la deuxième phase, nous retournons à l'école pour refaire l'entrevue avec eux, dans la mesure du possible.

Pour le choix des sujets, notre expérimentation vise précisément les élèves de troisième secondaire. Nous faisons ce choix en prenant en considération les objectifs du programme de mathématiques du ministère. Comme nous l'avons mentionné dans la problématique, il n'y a aucun objectif de la première et de la deuxième années du secondaire traitant de l'espace à trois dimensions. En troisième secondaire, nous voyons apparaître des objectifs portant sur cet espace, comme résoudre des problèmes mettant en jeu des objets à trois dimensions, des solides et la notion de volume. Par conséquent, notre expérimentation se situe à ce niveau scolaire.

Le niveau scolaire choisi, nous nous fixons aussi d'autres critères de sélection pour notre population. Étant donné le rôle que nous accordons à l'action dans l'apprentissage de connaissances spatiales, nous tenons compte de cet aspect dans le choix de notre échantillon. Nous ciblons des élèves de différents profils. Nous expérimentons nos leçons auprès d'élèves de classes enrichies, de classes sport-étude et musique-étude. Le premier profil nous sert de point de référence et le choix du second profil provient directement de notre centre d'intérêt, l'action³⁷.

³⁷ Pour qu'un élève reste dans le programme sport-étude, il doit maintenir une moyenne élevée dans tous ses cours; ceci signifie qu'il s'agit d'élèves plutôt performants, d'où le choix du premier profil.

Le choix du troisième profil d'élèves nous permet d'examiner si cet autre type d'action (jouer d'un instrument de musique) exerce la même influence sur le développement de ces connaissances que pour les élèves des classes sport-étude.

Ainsi, ce choix des trois profils devrait amenuiser le facteur «élève enrichi» et éliminer une conclusion du type: «ces élèves réussissent mieux en géométrie puisqu'ils représentent des élèves forts et ceci ne signifie pas que leur profil sportif influence leur performance»³⁸. Enfin, ces différents profils nous permettront, par comparaison, de caractériser davantage le développement des connaissances spatiales des élèves du programme de troisième secondaire enrichi, sport-étude et musique-étude.

Pour les fins de l'expérimentation, les enseignants du milieu devaient trouver des élèves voulant participer à la recherche. Le choix des participants au projet se fait sur une base volontaire. La force ou la faiblesse de l'élève ne correspond pas à un critère de sélection (tous faisant partie d'un groupe enrichi). Les enseignants devaient trouver entre deux et six élèves pour chaque type de leçons, donc entre quatre et douze élèves en tout. Il faut noter que notre intervention ne se réalise pas en grand groupe, mais en petit groupe (choix méthodologique expliqué dans ce chapitre, 3.3.1, p.74).

Tableau IV. Échantillon³⁹

	Enrichis		Musique-étude		Patin-étude		Sport-étude	
	Leçon	Entrevue	Leçon	Entrevue	Leçon	Entrevue	Leçon	Entrevue
Leçon «action»	3	3	6	6	4	4	4	4
Leçon «classique»	3	2	6	6	2	1	4	3
	6	5	12	12	6	5	8	7

Ce tableau met en évidence nos deux variables indépendantes soit l'approche («classique» ou «action»), et le profil des élèves (enrichis, musique ou sport) et pour chacun, nous retrouvons le nombre d'élèves qui ont participé aux leçons et entrevues.

³⁸ Conclusion qui aurait pu être tirée si nous avions opté de prendre un groupe régulier (sport et musique représentant des groupes enrichis).

³⁹ Quatre groupes, puisque le groupe de sport-étude initial ne possédait pas de patineurs artistiques ou autres sportifs impliquant des rotations.

3.3 Outils d'expérimentation

L'outil principal de l'expérimentation consiste en deux leçons («action» et «classique»). De plus, des entrevues faisant suite aux leçons ont aussi été élaborées, mais ces dernières viennent seulement à quelques reprises compléter les résultats des leçons (vous trouverez, en appendice 9, p.207, le détail des entrevues).

3.3.1 Leçons

Comme il n'y a pas eu, à notre connaissance, d'étude combinant le développement des connaissances spatiales dans l'enseignement scolaire (mathématiques) et sportif (comme le patinage artistique), nous considérons que nous sommes actuellement dans une première phase d'exploration face à ce type d'enseignement. L'étude de nos leçons va nous permettre d'émettre des pistes de réponses à nos questions de recherche, mais une construction ultérieure d'une séquence d'enseignement plus étoffée serait de mise. En réalisant une seule leçon «action» et une seule leçon «classique», nous nous centrons sur la distinction et la caractérisation de deux types d'approches, ainsi que leur influence sur l'apprentissage des élèves. D'ailleurs, pour être en mesure de mieux observer les comportements des élèves dans cet apprentissage, nous nous fixons une autre variable d'expérimentation; nous n'expérimentons pas notre leçon avec des classes complètes, mais avec des groupes de deux à six élèves. La constitution de petits groupes d'élèves pour chacune des approches représente un avantage pour une étude de comparaison ou de multi-cas (Lessard-Hébert, Goyette et Boutin, 1996), nous permettant de nous concentrer sur quelques cas et ainsi examiner plus en profondeur les comportements, les raisonnements et difficultés des élèves.

La dernière variable est l'influence de l'approche d'enseignement. Nous avons choisi de considérer deux approches différentes visant le développement des connaissances spatiales. Encore une fois, pour être davantage en mesure de caractériser le développement de ces connaissances, nous procédons par comparaison. La première approche représente celle que nous retrouvons habituellement dans le milieu scolaire (leçon dite «classique») et la deuxième (leçon «action») est celle que nous élaborons grâce à notre cadre conceptuel où des éléments potentiellement propices à l'enseignement des connaissances spatiales sont mis en relief.

Ainsi, la première leçon est développée et réalisée par une personne externe au projet et la deuxième est créée par nous, en tenant compte de nos intérêts, et réalisée par une personne externe à l'étude pour amenuiser la tentation d'effectuer des changements durant l'expérimentation. Il faut rappeler que les deux intervenantes ont été informées du contexte de la recherche, soit que cette étude porte sur l'enseignement et l'apprentissage des connaissances spatiales. L'intervenante réalisant l'approche «action» a été mise au courant des éléments essentiels du cadre conceptuel à travers la planification de la leçon que nous lui avons fournies (voir appendice 8, p.199) et rencontrée a priori afin de répondre à ses questions concernant la planification et le déroulement de la leçon. Mentionnons que la consigne face à la planification était l'application la plus fidèle possible à cette dernière et la constance de l'approche pour chacun des groupes d'élèves rencontrés. Pour l'intervenante de l'approche «classique», elle a été informée des connaissances visées par cette étude et elle a été amenée à élaborer une leçon à l'aide de directives précises reflétant un enseignement actuel de ces connaissances en troisième année du secondaire (voir les consignes données dans la prochaine section de ce chapitre).

3.3.1.1 Base d'élaboration des leçons

Pour élaborer les deux leçons, nous fixons les mêmes objectifs mathématiques. Nous sommes retournée au contenu du programme pour préciser les objectifs spécifiques de la leçon en considérant les tâches ciblées. Parmi les trois objectifs généraux de ce niveau scolaire, un seul traite de la géométrie («2. Amener l'élève à utiliser ses connaissances relatives aux figures géométriques», voir appendice 1, p.189) et à l'intérieur de cet objectif, deux objectifs terminaux sur un total de quatre traitent de la géométrie de l'espace en trois dimensions («2.2 Résoudre des problèmes portant sur des objets à trois dimensions» et «2.3 Résoudre des problèmes portant sur des solides.»). Le premier objectif non-retenu traite de l'espace en deux dimensions («2.1 Résoudre des problèmes portant sur des transformations isométriques ou homothétiques.») et le deuxième objectif non-consideré se rapporte davantage à la notion de mesure des solides que des solides en tant que tels («2.4 Résoudre des problèmes portant sur l'aire ou le volume de certains solides.»).

À l'intérieur du premier objectif terminal retenu, nous avons choisi le troisième objectif intermédiaire («Bâtir un objet à trois dimensions, à partir d'une description ou d'un dessin.»); Cet objectif fait appel à une action concrète, une construction, mais aussi une action intériorisée puisque la seule référence pour la construction est une description verbale. Les élèves devront se construire mentalement l'image du solide à construire (image statique). Les deux autres objectifs intermédiaires faisant référence à une représentation en deux dimensions des solides spécifiques sortent du contexte de cette recherche. À l'intérieur du deuxième objectif terminal sélectionné, nous avons retenu notre deuxième et dernier objectif mathématique pour notre leçon («créer un cône, une sphère ou un cylindre par une rotation de 360° d'une figure autour d'un axe.»); cet objectif étant le seul impliquant une action intériorisée comme une rotation de solides⁴⁰. Ainsi, nous créons des leçons d'une heure, visant des élèves de troisième année secondaire et portant sur les objectifs suivants que nous avons précisé par rapport à ceux qui sont présentés dans le programme. Une telle précision avait pour but que les objectifs des deux leçons soient semblables:

*Bâtir avec des pailles et des cure-pipes une maison composée d'un prisme à base rectangulaire et d'une pyramide à base rectangulaire, à partir d'une description.

*Générer un cône et un cylindre par une rotation de 360° d'une figure autour d'un axe.

Globalement, ce choix se justifie par la considération des éléments clés de notre cadre conceptuel. Ces objectifs nous permettent de nous centrer sur les connaissances spatiales; pour le premier objectif, les élèves doivent imaginer le solide à construire à partir de la description écrite et, pour le deuxième, les élèves doivent imaginer le résultat de la rotation. Dans les deux cas, les connaissances spatiales sont présentes. Ces objectifs visent l'action intériorisée, la visualisation, et donc, le passage de l'action concrète à l'action intériorisée. Plus spécifiquement, ils traitent des images statiques reproductives (ex. : anticiper, avant même la construction, l'allure d'une pyramide dont une des arêtes latérales est perpendiculaire à la base) et des images cinétiques anticipatrices (ex. : anticiper le résultat de la rotation d'un triangle rectangle dont l'axe de rotation est sur l'hypoténuse).

⁴⁰ Le deuxième objectif intermédiaire implique aussi une action intériorisée, mais ceci est considéré très simple et donc nous ne l'avons pas retenu.

Nous n'avons pas retenu les objectifs impliquant davantage de connaissances géométriques ou métriques, comme des représentations, classifications, justifications et déductions de mesures puisque nous voulions éviter un glissement éventuel vers les connaissances/savoirs géométriques ou métriques dans notre enseignement pour nous centrer sur les connaissances spatiales, objet de cette étude.

Pour la leçon «classique», voir l'appendice 7, p.197, pour la planification de cette leçon, nous fournissons à l'intervenante des consignes précises pour son élaboration. L'intervenante possède les mêmes renseignements qu'énoncés plus haut (objectifs, durée, niveau et profil d'élève), en plus, nous spécifions les éléments à inclure dans la planification. En guise d'introduction, elle doit expliquer, dans ses mots, les conditions dans lesquelles nous l'avons placée (conditions d'élaboration: enseignement traditionnel des connaissances spatiales, objectifs, niveau des élèves, nombre d'élèves, profils des élèves, milieu scolaire, niveau de développement de ces connaissances...). Ces précisions peuvent venir appuyer certains choix didactiques de cette intervenante. Dans l'élaboration en tant que telle, nous lui demandons d'y inclure la description de la leçon en incluant les intentions de chacune des étapes, les objectifs de l'activité, le matériel, le questionnement clé et l'anticipation des raisonnements des élèves.

Pour la leçon «action», nous tenons compte, comme son nom l'indique, du rôle important que joue l'action du sujet dans son apprentissage. Nous entendons ici l'action concrète et l'action intériorisée. L'évolution des actions concrètes dépend de celle des actions intériorisées et inversement. Dans l'enseignement de la géométrie, l'action concrète est souvent présente, surtout au primaire, sous forme de manipulations et de constructions d'objets. Par contre, l'action intériorisée, dont la visualisation, est rarement exploitée. Ainsi, nous favorisons un questionnement réflexif menant à ce deuxième type d'action. Il porte sur les expériences vécues (actions concrètes) des élèves, sur la création d'images mentales (actions intériorisées) et l'anticipation de transformations ou de résultats de transformations de figures, objets ou solides. Finalement, nous tenons aussi compte de certains facteurs pouvant faciliter le développement de la visualisation⁴¹. Ces derniers ont été testés et prouvés en sport, pour faciliter le développement de l'imagerie. Ainsi, Smith (1987) a émis certains critères facilitant cet apprentissage :

⁴¹ Rappel. Visualisation: processus consistant à évoquer, par images mentales, des objets et ainsi à opérer des transformations sur ces derniers. L'imagerie étant une connaissance plus globale.

1- Il faut baser les images sur des expériences antérieures; l'élève doit avoir, en référence, des images, des sensations et des émotions. Lors de cette première étape, l'élève doit aussi apprendre à contrôler ses images, il doit être apte à les manipuler selon ses désirs et aussi être en mesure d'y référer au besoin. Ceci peut se traduire par plusieurs expériences en classe où les élèves sont amenés, par exemple, à anticiper le résultat de la rotation d'un triangle donnant un cône et ensuite, à anticiper le résultat avec le même triangle où la rotation donne deux cônes superposés (en changeant l'emplacement de l'axe de rotation).

2- Il faut favoriser, comme l'apprentissage de toute autre connaissance, la pratique. Il conseille de réaliser plusieurs petites sessions d'imagerie au lieu de valoriser des sessions intensives. Ceci peut se traduire, en mathématiques, par les activités créées par Yackel et wheatley (1990) où les élèves doivent observer d'abord une image pendant trois secondes et ensuite la reproduire en son absence. Pour respecter l'orientation de ce projet, il faut plutôt traiter de l'espace en trois dimensions qu'en deux dimensions comme Yackel et Wheatley.

3- L'apprentissage est plus efficace si l'élève croit à l'influence de l'imagerie. Il faut à ce moment présenter des résultats concluants à ce sujet et, de façon plus concrète, générer une discussion sur leurs expériences personnelles et même en provoquer pour qu'ils puissent en observer la puissance.

4- L'imagerie est mieux réussie lorsqu'il y a eu une activité physique, préalable, impliquant les mêmes mouvements. Ceci implique, pour nous, que les élèves développeront une meilleure visualisation des solides et de leurs transformations s'ils peuvent voir et faire ces activités avant la visualisation.

Ces critères sont pris en compte dans l'élaboration de la leçon «action» (voir l'appendice 8, p.199). Nous y faisons référence à quelques reprises durant la planification.

3.3.2 Enregistrement du matériel

Toutes les leçons sont filmées, nous avons en notre possession toutes les traces écrites des leçons et un journal de bord où les intervenantes inscrivaient leurs impressions suite à chacune des leçons. De plus, nous possédons une fiche pour chaque élève résumant son niveau en mathématiques et ses implications quotidiennes pour un sport et/ou un instrument de musique.

Ce qui précède représente le matériel a priori. A posteriori, nous avons procédé à la transcription de la totalité des leçons et des entrevues. À l'intérieur des transcriptions sont inclus des aspects non-verbaux comme la gestuelle des intervenantes, des élèves et la réussite des élèves aux différents problèmes. Un résumé de chacune des leçons et entrevues a été réalisé. Ceci représente le matériel brut d'analyse; notons que nous pouvons toujours retourner au visionnement des leçons ou entrevues au besoin.

3.4 Outils d'analyse

Notre analyse s'effectue sur les contenus manifestes des leçons et non les contenus latents. Deux grilles d'analyse sont développées pour notre projet mettant en jeu deux acteurs principaux, soit l'intervenant et les élèves. Pour chacune d'elles, nous présentons les diverses les parties les constituant ainsi qu'une justification. Les pistes potentielles propice ou non à l'enseignement et l'apprentissage des connaissances spatiales sont traitées à travers la justification de chacune des parties des grilles.

La grille d'analyse de l'enseignement qui vise à émettre des pistes de réponses à notre première question de recherche s'appuie sur les trois éléments clés de notre cadre conceptuel (tâches, actions et questionnement) et sur la grille élaborée par Gauthier (1997). Ce dernier mentionne que nous parvenons à peine, malgré la longue histoire de l'enseignement, à identifier les actions influant l'apprentissage des élèves que l'enseignant réalise dans sa classe; ces dernières restent pour la plupart dans les savoirs pratiques de chacun, ceci demeurant privé et arrive très rarement à l'oreille des autres enseignants ou encore des formateurs des futurs enseignants.

Nous retrouvons deux volets à cette grille d'analyse sur l'enseignement, premièrement l'analyse de l'approche, deuxièmement l'analyse du questionnement de l'intervenante et enfin le troisième volet traite des tâches demandées par l'intervenante.

Le premier volet de la grille d'analyse de l'enseignement portant sur son approche d'enseignement est inspiré de la grille de Gauthier (1997)⁴². Nous observons ses interventions (explique, donne des consignes, reformule, répète, valide ou corrige la réponse d'un élève, fait pratiquer la visualisation et encadre ou encourage les élèves). Les constituantes de ce volet de notre grille sont inspirées des grilles d'analyse de Perkins (1965), Garner et Cass (1965), Taba (1965) et Waimon (1968).

⁴² La grille d'analyse complète élaborée par Gauthier est en appendice 10, p.208.

Le deuxième volet est consacré à trois rubriques spécifiques. La première est reliée aux tâches demandées par l'intervenante (observation, description, construction, représentation, recherche et argumentation) est inspirée des tâches identifiées par Piaget (1973) et utilisées, dans cette étude, lors de l'analyse des manuels. Ce volet nous permet de comparer les tâches demandées par les deux intervenantes et d'en faire le lien avec celles qui sont propices au développement des connaissances spatiales. Voir l'appendice 11, p.213, pour la grille complète de l'enseignant. La deuxième rubrique de ce volet est consacrée au questionnement; volet aussi basé sur notre cadre conceptuel, où nous trouvons les différentes catégories de questions (ouverte ou fermée et factuelle ou de raisonnement). Afin de caractériser davantage le questionnement, la grille d'analyse prend en compte le sujet des questions (est-ce sur les connaissances géométriques ou spatiales? Est-ce sur la démarche ou le résultat? Est-ce qu'il porte sur les difficultés ou sur les réussites?). Cette deuxième partie de la grille d'analyse de l'enseignement nous permet d'avoir des traces des questions posées et de procéder à une analyse a posteriori sur ce dernier et émettre des hypothèses sur le type de questionnement qui différencie ces deux approches. Enfin, la troisième rubrique de ce deuxième volet de la grille d'analyse de l'intervenant porte sur les points de référence de l'intervenante (à une action concrète, une action intériorisée ou à une expérience antérieure) où nous observons les points explicites auxquels l'intervenant fait référence à travers ses diverses interventions.

L'élaboration de la grille d'analyse pour les élèves prend comme point de départ les éléments clés de notre cadre conceptuel. Cette grille est divisée en trois volets. D'abord, les répercussions du questionnement de l'intervenante se fait grâce à l'analyse des différentes interventions des élèves (ex. : exprime un savoir, valide la réponse de l'enseignante)⁴³. Le deuxième reprend l'analyse des tâches, elle se traduit par l'identification des moyens de résolution mise en œuvre par les élèves (ex. : observation, construction, comparaison, dessin...). De plus nous nous inspirons de la grille de Smith, Meux, Coombs et Nuthal (1964) portant sur les stratégies des élèves (ex.: description, classification...). Le troisième concerne l'analyse des actions des élèves à travers l'identification de l'utilisation explicite de la visualisation (référence à une action concrète, une action intériorisée, à un savoir).

⁴³ Il est à noter que cette première grille a été mise à l'épreuve lors d'une pré-expérimentation où nous nous sommes centrée seulement sur ce volet puisque peu de grilles d'analyse allant dans ce sens existent. Ce premier contact, nous a permis d'y apporter des modifications pour augmenter sa justesse.

Le premier volet traite ainsi des interventions des élèves: est-ce qu'il exprime quelque chose? Est-ce qu'il se justifie? Ou est-ce qu'il se compare aux autres?... Ce premier volet de codes nous permet d'obtenir des informations sur les réactions des élèves face à l'enseignement reçu lors des leçons, soit les tâches réalisées en lien avec celles demandées par l'intervenante et enfin la nature des réponses fournies aux questions de l'intervenante. Cette deuxième grille portant sur les élèves vient concrétiser les trois éléments clés de notre cadre conceptuel et vient, par le fait même, fournir plusieurs pistes de réponses à notre deuxième question de recherche.

En second lieu, nous regardons plus spécifiquement les procédures des élèves. Cette section est basée sur la grille de Wright et Proctor (1961) qui traite, entre autres, du contenu mathématique et des processus psychologiques (ex.: analyse versus synthèse). Nous y examinons d'abord les outils de résolution utilisés par l'élève pour résoudre chacun des problèmes. Le répertoire des types de raisonnement est inspiré des types de tâches géométriques identifiées lors de la problématique (exemple: construction, observation), des types de tâches demandées dans la leçon en tant que telle, des raisonnements identifiés lors de la pré-expérimentation et lors de la première lecture de l'ensemble des transcriptions. De ces diverses sources, nous dégagons treize outils de résolution possibles que les élèves peuvent employer dans notre contexte.

Ensuite, comme troisième volet d'analyse pour les élèves, nous examinons de plus près différents indicateurs comme leur gestuelle (est-ce qu'il se déplace? Est-ce qu'il manipule?...) et leur exploitation de la visualisation (action intériorisée). Ce dernier aspect est caractérisé seulement s'il y a des indices concrets qui viennent expliciter son utilisation. Cependant, ce codage nous fournit des informations sur la nature des actions mises de l'avant par l'enseignement (ex. : si l'accent de l'intervenante est mis sur l'action concrète, aucune référence à la visualisation n'est nécessaire et donc il n'y aura aucune manifestation allant dans ce sens). Pour l'identification de la grille entière voir l'appendice 12, p.218.

3.5 Portes d'entrées choisies pour les grilles d'analyse

Une fois les grilles construites, il faut déterminer la façon dont nous comptons les exploiter. Ainsi, nous divisons d'abord nos leçons en unités pour ensuite exploiter nos grilles de manière linéaire d'après des unités identifiées. Toutes les unités seront analysées selon les divers volets de nos grilles d'analyse. Plus globalement, toutes les leçons seront analysées linéairement et transversalement (croisement d'analyse).

3.5.1 Description des unités de leçons

Nous divisons chacune des leçons en unités. Nous retrouvons de deux à cinq unités par leçon. Pour dégager les unités des leçons, il y a un découpage selon les activités proposées aux élèves. La planification de la leçon «action» comporte cinq unités: l'introduction, unité préparatoire (solides cachés), unité 1, correspondant au premier objectif (construction de la maison), unité 2, correspondant au deuxième objectif (solides de révolution), unité supplémentaire (l'étagère) et la conclusion de la séance. Pour la leçon «classique», nous retrouvons deux unités, une pour chaque objectif, soit l'unité 1 (construction de la maison) et l'unité 2 (solides de révolution). Nous identifions les unités similaires pour chacune des approches par le même nom afin de faciliter les comparaisons entre les deux. Lors de l'analyse, nous procédons d'abord par une analyse du déroulement et ensuite nous réalisons des comparaisons d'éléments clés de nos grilles d'analyse selon les unités des leçons. Ce découpage vient rendre plus accessible cette étape de l'analyse. Pour une vision détaillée des unités des deux approches consultez l'appendice 13, p.224.

3.5.2 Analyses linéaires des approches

Une première phase de l'analyse est d'examiner les régularités qui reviennent dans le cadre d'une même approche ou d'un même profil l'aide de nos grilles d'analyse. Les grilles d'analyse étant divisées sous différents volets (ex. : tâches, questionnement...) ceci nous permet de comparer, volet par volet, chacune des approches. Ainsi, nous dégageons les similarités de l'approche «action» à travers l'expérimentation de cette dernière avec les quatre groupes rencontrés. Nous réalisons la même chose pour la leçon «classique» pour en dégager ses caractéristiques.

De même, du point de vue des élèves, nous analysons chacun des profils séparément afin d'en extraire un portrait représentatif de chacun (selon les différents volets), si tel est le cas. Le découpage des leçons en unités similaires dont l'unité 1 et 2, correspondant aux deux objectifs fixés (construction d'une maison et rotation de figure autour d'un axe de rotation) et l'élaboration de grilles d'analyses par blocs représentent les outils que nous utilisons pour cette phase de l'analyse.

3.5.3 Croisement des approches et des profils

À l'aide des analyses linéaires correspondant à une approche spécifique ou à un profil particulier d'élèves, nous réalisons ici une étude comparative entre premièrement les deux approches d'enseignement et ensuite entre les profils d'élèves. À ce niveau, le découpage en unités réalisées plus tôt est très utile puisqu'il nous permet de comparer des unités similaires. Par exemple pour l'unité 1, la construction de la maison, nous pouvons comparer le questionnement des intervenantes (volet de notre analyse). Ceci nous permet de caractériser, du point de vue de l'enseignant, chacune des approches, et du point de vue des élèves, chacun des profils. Rappelons que les deux groupes d'élèves d'un même profil soumis à chacune des approches proviennent de la même classe et que les élèves des trois profils correspondent tous à des élèves enrichis de troisième secondaire.

3.6 Inférence et interprétation

Dans cette section, une brève analyse est réalisée afin d'identifier où se situe notre recherche par rapport aux concepts de fidélité, de validité et crédibilité des données et de la démarche entreprise pour cueillir les données.

3.6.1 Analyse de la consistance des données

Pour ce qui est de la consistance interne, de la fidélité des traces, nous explicitons tous les procédés d'observation; les enregistrements des leçons et des entretiens sont réalisés de façon systématique, sans discrimination au départ. Les transcriptions des données nécessitent plusieurs visionnements afin d'arriver à une version complète et elles sont vérifiées par une deuxième personne, sans intermédiaire (à la source première des traces; c'est-à-dire les bandes vidéoscopiques). Pour assurer une cohérence plus grande, nous tenons aussi compte des traces écrites que les élèves nous ont fournies lors de l'expérimentation. Ces dernières viennent préciser certains aspects moins clairs des échanges effectués en classe.

Afin d'amenuiser l'influence des intuitions du chercheur sur l'expérimentation, nous choisissons des personnes externes au projet pour réaliser les leçons. De plus pour le codage, nous procédons par intercodeurs et intracodeur. Les données sont soumises à deux codeurs différents où il y a confrontation et ajustement des grilles d'analyse; ceci nous permet de rendre plus clairs tous les éléments des grilles et ainsi diminuer toute distorsion due à la subjectivité des codeurs. Pour un même codeur, nous testons la grille à différents moments dans le temps et la cohérence est gardée. Ainsi, nous croyons qu'avec ce qui précède nous respectons la fidélité de nos traces.

Pour ce qui est de la validité apparente des données, nous ciblons le contenu manifeste des leçons et entretiens qui se traduit par des mots ou des faits concrets. Ce type de données est plutôt évident à observer, nous ne nous situons pas au niveau du contenu latent (données beaucoup plus difficiles à observer). Avec les leçons, les entretiens et les grilles d'analyse explicités plus haut, nous voulons que la cueillette des données soit la plus transparente possible. De plus, la validité théorique semble être respectée puisque nous pouvons observer facilement le lien entre le pôle technique (expérimental) de la recherche et le pôle théorique identifié lors du cadre conceptuel.

3.6.2 Analyse de la démarche

Du point de vue de la démarche nous devons aussi examiner la validité interne. Pour rendre crédible notre démarche de recherche nous explicitons toutes les étapes qui y sont reliées. Le fait d'avoir soumis l'analyse de nos traces à deux codeurs différents vient rendre plus crédible notre démarche d'analyse. De plus, nous procédons à un codage inverse⁴⁴ venant solidifier la cohérence de nos grilles d'analyse. Il faut noter que suite à plusieurs rencontres et confrontations entre les deux codeurs nous arrivons à un taux moyen d'entente de 94%. Ce haut pourcentage vient augmenter la cohérence de l'analyse. À l'aide de cette triangulation au niveau de l'analyse des données, nous réussissons ainsi à augmenter la constance de l'exploitation de nos grilles (définition et application).

L'utilisation d'un logiciel comme InfoDépôt où nous pouvons procéder systématiquement à l'analyse, le recours à des entrevues et l'analyse de traces écrites supplémentaires fournies par les élèves viennent renforcer notre validité expérimentale. InfoDépôt, nous permet de choisir la longueur des segments à coder, nous avons choisi de coder chaque intervention de l'intervenante et des élèves de façon individuelle. Il présente les transcriptions sous forme de tableau où la deuxième colonne est consacrée au codage. De plus, le logiciel nous donne accès en tout temps à notre liste de codes et cette dernière s'intègre de façon systématique dans notre tableau. Une autre fonction de ce logiciel, soit le codage inverse, nous a permis l'application systématique de notre grille : lorsque nous attribuons un code à un segment, un pont se crée entre le segment et le code et nous pouvons ainsi avoir accès à tous les segments ayant le même code en allant dans la partie du tableau réservé à ce code.

Étant donnée la nature exploratoire cette recherche, nous considérons que la validité externe, soit l'extrapolation des résultats, est un aspect plutôt faible, et caractéristique à ce type de recherche. Jusqu'à quel point nos résultats sont transférables à d'autres situations d'enseignement?

⁴⁴ C'est-à-dire qu'une fois que toutes les phrases des transcriptions sont codées, nous les regroupons selon le code et vérifions leur pertinence à l'intérieur de ce code. Par exemple, pour le code «question ouverte», nous retrouvons en un bloc toutes les phrases auxquelles nous avons attribué ce code et vérifions si ces dernières sont bien classées ou s'il y a des erreurs.

Nous pouvons en tirer des pistes possibles, mais nous ne pouvons en tirer des directives définitives pouvant servir de balises pour le développement des connaissances spatiales ou autres connaissances mathématiques. L'étape de l'extrapolation pourra s'effectuer dans des études ultérieures qui entreront davantage dans le cadre d'une recherche vérificative qu'exploratoire.

En guise de conclusion à cette méthodologie, nous procédons à une synthèse des étapes de l'expérimentation et nous illustrons les différentes facettes de l'analyse des résultats qui est réalisée à partir des données recueillies.

3.7 Conclusion de la méthodologie

L'expérimentation des deux leçons portant sur le développement des connaissances spatiales et l'exploitation des grilles d'analyse élaborées nous permet d'émettre des pistes de réponses à nos questions de recherche. Notre recherche, se situant au niveau de la recherche inductive, se limite à la présentation d'hypothèses qui devront être étudiées ultérieurement, plus systématiquement. Examinons, de plus près, le cheminement d'analyse entreprise pour cette étude.

Le traitement de nos données comporte trois analyses distinctes. Une première analyse des deux approches d'enseignement est réalisée a priori d'après les planifications écrites des deux leçons, cette étape nous donnant un premier regard sur l'approche «action» et l'approche «classique» ainsi que leurs ressemblances et différences.

Une deuxième analyse est entreprise sur les approches d'enseignement, mais cette fois a posteriori. Les résultats de notre expérimentation selon le volet intervenant nous servent de source pour cette analyse. Pour fin de comparaison, seulement les deux unités communes aux leçons sont traitées dans cette partie. Les autres unités que présente l'approche «action» sont exploitées lors de l'interprétation des résultats pour venir supporter certaines conclusions.

Ces deux premières analyses ont pour but de caractériser l'approche «action» et l'approche «classique». Leur comparaison nous permettra d'émettre des pistes de réponses à notre première question de recherche: «comment se caractérise (distingue) une approche d'enseignement centrée sur l'action (concrète et intériorisée)?».

La troisième et dernière analyse se rapporte à la deuxième question de recherche: «comment se caractérisent (distinguent) les comportements, raisonnements et difficultés des élèves? Sont-ils dépendants du profil des élèves (sportif ou non) ou de l'approche d'enseignement («action» ou «classique»)»? Cette analyse caractérisera les comportements des élèves et examinera l'influence des profils d'élèves sur l'enseignement. Pour les mêmes raisons que précédemment, les unités reliées aux objectifs communs aux deux approches seront les seules traitées dans cette analyse.

Enfinement, nous retrouvons, à l'intérieur de la méthodologie, les éléments importants de notre problématique et notre cadre conceptuel, soit les deux variables indépendantes; c'est-à-dire du rôle de l'action qui est repris à travers le choix des deux approches et le choix de notre échantillon d'élèves (trois profils différents). La comparaison nous permet de caractériser l'approche «action» et la différencier avec une leçon dite plus standard, leçon «classique». Enfin, le choix de traiter à la fois le volet élève et le volet enseignant, pourra nous fournir quelques éléments de réponse pour pouvant potentiellement bonifier développement des connaissances spatiales en troisième année du secondaire.

Le rapprochement entre la méthodologie choisie, notre cheminement d'analyse et nos questions de recherches étant exposé, nous pouvons entreprendre l'analyse de nos résultats selon certains critères, énoncés plus haut, qui nous permettent de traiter des questions ciblées par ce projet. Premièrement, nous procédons à l'analyse des planifications de leçons, ensuite à l'analyse des deux approches d'enseignement et enfin à l'analyse des comportements des élèves selon leurs profils. Voici un schéma qui illustre notre structure d'analyse:

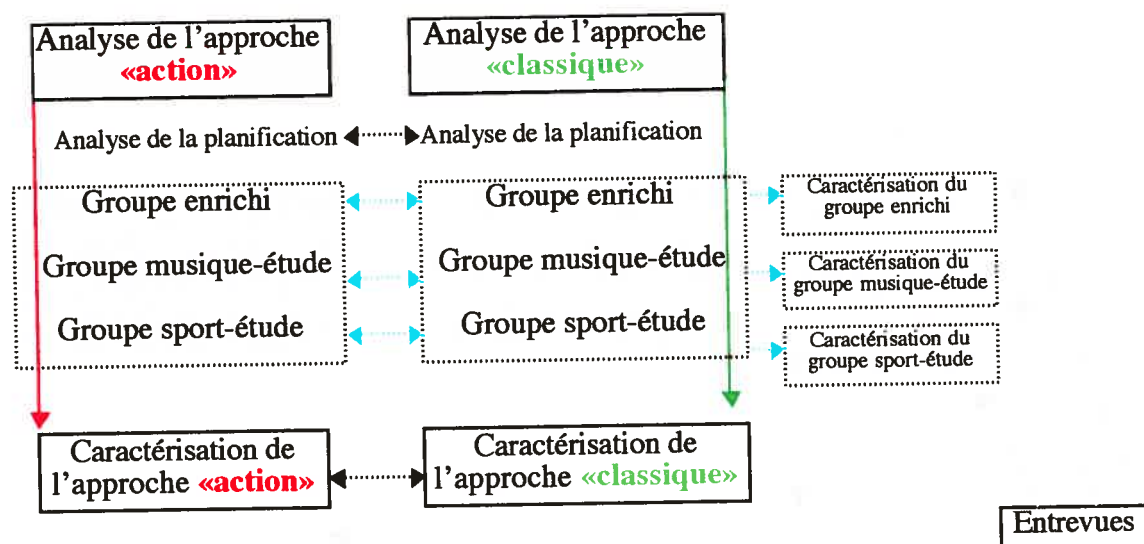


Figure 3.2 Schématisation des étapes de l'analyse

CHAPITRE IV

ANALYSE DES PLANIFICATIONS DE LEÇONS

CHAPITRE IV

Analyse des planifications de leçons

Dans ce chapitre, nous procédons à l'analyse des deux planifications⁴⁵ de leçons traitées dans le cadre de cette recherche, soit l'approche «action» (4.1) et l'approche «classique» (4.2) afin de pouvoir les caractériser et mieux comprendre les choix didactiques impliqués pour chacune. Rappelons que les connaissances visées par les deux approches sont les connaissances spatiales et que les objectifs communs aux deux approches d'enseignement sont de bâtir, à l'aide de pailles et de cure-pipes, une maison composée d'un prisme à base rectangulaire et d'une pyramide à base rectangulaire à partir d'une description et de générer un cône ou un cylindre par la rotation de 360° d'une figure autour d'un axe. Une comparaison des deux planifications, faisant suite à l'analyse, vient préciser les caractéristiques de chacune (4.3). Mentionnons, que nous restons, pour ce chapitre, dans le domaine d'une analyse a priori des leçons. Une analyse a posteriori des leçons sera réalisée.

Pour mieux situer les deux approches d'enseignement, nous reprenons, par la suite, les observations a priori et nous réalisons un parallèle avec les principaux concepts élaborés précédemment, lors de la problématique et du cadre conceptuel (4.4). Les quatre aspects primordiaux retenus pour cette partie de l'analyse sont le type de tâches à demander aux élèves dans l'enseignement des connaissances spatiales, les notions de connaissance/savoir spatiale et de connaissance/savoir géométrique, le rôle que jouent l'action concrète et l'action intériorisée dans cet enseignement et, enfin, le questionnement anticipé par l'intervenante (rôles et types). Ce retour à notre cadre conceptuel nous permettra de souligner si les aspects propices à un tel enseignement se retrouvent dans chacune des approches.

⁴⁵ Voir appendices 7 et 8, pp.197-206, pour les deux planifications de leçons.

4.1 Analyse de la planification de la leçon «action»

D'abord, nous réalisons un retour global sur la planification de la leçon donnant la structure de la leçon et ensuite, nous élaborons les différentes unités de la leçon. Le lecteur trouvera cette planification en appendice 8, p.199.

La planification contient dix pages de préparation. Les objectifs ainsi que les intentions didactiques sont rappelés au début de la leçon. La séquence des différentes activités de la leçon est aussi présentée. En plus des deux unités reliées aux objectifs visés par la leçon, une introduction et une conclusion sont prévues. Une activité préparatoire est également développée, pour initier les élèves à la visualisation. Pour chaque activité, nous retrouvons les explications sur les différents choix réalisés, les consignes de l'activité et le rôle prévu de l'intervenante. De plus, le questionnement est détaillé avec quelques réponses et difficultés possibles d'élèves. Le questionnement se retrouve à toutes les étapes des activités (préparation, réalisation et intégration). Il est orienté, entre autres, vers les connaissances spatiales et la création d'images mentales : sur la présence ou non d'images mentales, sur l'explicitation des images, sur la nature de ces images (complète, partielle, statique, cinétique, en deux ou trois dimensions) et sur la création de nouvelles images. L'activité préparatoire et l'activité supplémentaire se réalisent sous forme de travail individuel, l'activité de construction d'une maison est prévue en équipe et l'activité des solides de révolution collectivement.

L'unité préparatoire a pour but de donner aux élèves l'opportunité de se créer des images mentales. Elle traite d'ailleurs d'un niveau simple d'image mentale, soit les images statiques reproductrices. Elle consiste à reproduire, à l'aide de solides, un objet que les élèves pourront observer précédemment pendant trois secondes (l'objet est absent lors de la construction). Cette activité a été choisie comme activité de départ pour deux raisons : cette activité nécessite le passage à l'action intériorisée et elle suscite l'intérêt des élèves (elle attire l'attention des élèves). Le questionnement de l'intervenante porte sur les images mentales afin que les élèves puissent les expliciter (ex.: à quoi avez-vous pensé pour vous en rappeler? Qu'est-ce que vous avez vu?). Les principales difficultés envisagées se situent au niveau du nombre de solides à retenir et des couleurs impliquées.

Par exemple, si l'objet est constitué de cinq solides de couleurs différentes, il y aurait possibilité d'inversion des couleurs ou même des solides à employer⁴⁶. Pour les solutions d'élèves à cette activité préliminaire, nous avons envisagé qu'ils mémoriseraient l'objet soit de façon globale (ex. : une boîte trouée) ou par partie (ex. : un rectangle, un «L» et un «S»), que les images mentales seraient soit en deux dimensions (ex. : j'ai vu un triangle) ou en trois dimensions (ex. : j'ai vu une rampe de ski) et que les images feraient référence à des objets géométriques ou de la vie courante.

À présent, observons comment est exploitée l'unité en lien avec le **premier objectif: la construction de la maison à partir d'une description**. La description de la maison, remise aux élèves, est composée d'une description verbale de la construction; aucune image ou dessin ne leur est montré afin d'amener les élèves à faire appel à la visualisation. Voici des extraits de la description donnée aux élèves: «le corps de l'édifice est un prisme à base rectangulaire. Le rectangle de la base doit être plus petit que les rectangles latéraux du prisme (ceux qui montent), pour que l'édifice soit fait en hauteur... le toit de l'édifice, représente une pyramide à base rectangulaire... Il faut construire la pyramide de façon à ce que le sommet soit dans le prolongement d'une des arêtes du prisme.». En plus, les élèves sont renseignés sur le fait qu'ils doivent demander à l'avance le nombre et la grandeur des pailles dont ils auront besoin; cet aspect vient complexifier la tâche. Ces choix (consignes et matériel) ont été réalisés dans le but d'obliger un passage à l'action intériorisée. Ainsi, le but de l'activité est l'explicitation des images mentales et les difficultés reliées à ces dernières. Voici deux questions types: à partir de la description, qu'est-ce que vous avez vu dans votre tête? Qu'est-ce qui est plus difficile à imaginer? Les difficultés anticipées résident dans la compréhension de la description, surtout en ce qui a trait à celle de la pyramide qui ne représente pas une pyramide droite. Les élèves n'arriveront probablement pas à se rappeler tous les détails de la description et généreront une pyramide dont le sommet est au mauvais endroit. De plus, cette difficulté reliée à l'anticipation de l'allure de la pyramide en engendre une autre : le choix des bonnes grandeurs de pailles. Ainsi, le nombre de pailles pour la construction ne devrait pas causer de problème pour les élèves, mais la quantité pour chacune des grandeurs pourrait varier selon l'image générée.

⁴⁶ Pour l'identification des difficultés et solutions spécifiques à chacun des objets présentés, consultez la planification de la leçon, en appendice 8, p.199

Nous anticipons une construction adéquate pour le prisme à base rectangulaire à l'aide des pailles (pour les bases, deux moyennes et deux petites pailles et pour la hauteur, de grandes pailles) et une construction plus difficile pour la pyramide avec les petites et moyennes pailles. Les élèves pourraient ne pas considérer le fait que le sommet de la pyramide doit être dans le prolongement d'une arête du prisme de base et vont plutôt construire une pyramide droite. Nous avons aussi envisagé que les élèves produisent soit un objet unique composé des deux solides ou de deux solides différents superposés pour former l'objet (ceci impliquant quatre pailles de plus).

L'activité reliée à l'objectif aux solides de révolution est considérée plus complexe que les autres puisqu'elle implique des images cinétiques anticipatrices et nécessite un passage de l'espace en deux dimensions à celui en trois dimensions. En effet, les élèves sont amenés à d'abord observer un carton où sont illustrés la figure (triangle, carré, rectangle ou trapèze) et l'axe de rotation, et, ensuite anticiper mentalement le résultat de la rotation (ex. : cylindre). De plus, nous avons choisi ce type d'activité puisqu'elle impliquait, tout comme l'unité préparatoire, de la visualisation. Ici, les figures sont présentées sur carton. L'orientation de l'axe est oblique pour les deux premiers cas et verticale pour les deux autres. Nous traitons du carré avec l'axe sur un de ses côtés, du triangle obtusangle avec l'axe sur le plus grand côté du triangle, du triangle rectangle ayant la médiatrice du grand côté de l'angle droit comme axe de rotation (cas complexe) et d'un trapèze rectangle avec l'axe sur la petite base (vertical; voir appendice 8, p.199, ou le tableau de la page suivante pour l'illustration de tous les cas exposés.). Les difficultés anticipées des élèves se situent au niveau du positionnement de l'axe et de la complexité du solide résultant. Par exemple, lorsque l'axe de rotation est oblique, les élèves auront plus de difficulté à anticiper le résultat (à faire tourner la figure dans leur tête) et voudront tourner le carton ou leur tête. De plus, une figure qui génère plus d'un solide est plus complexe : par exemple pour un triangle engendrant deux cônes de différentes grandeurs, les élèves ne verront seulement que le plus gros. Comme solutions, nous anticipons, outre les bonnes réponses, que des élèves resteront en deux dimensions, qu'ils ne verront qu'une partie du solide, qu'ils ramèneront la rotation à des cas plus simples soit en omettant des parties de la figure dans la rotation ou en modifiant l'emplacement de l'axe de rotation et qu'ils chercheront à identifier les solides obtenus à l'aide de références concrètes de leur vie (ex. : toupie). Enfin, les questions restent dans la même orientation que pour les autres activités (images mentales).

La dernière unité, **l'activité de l'étagère**, est considérée comme une activité «amusante» à réaliser avec les élèves. Elle a été incluse dans la planification pour fin de curiosité puisqu'elle ne semblait pas être de même nature que les autres; elle implique la création d'un ensemble d'images statiques reproductrices. Par conséquent, le questionnement est plutôt du type: quels objets étaient plus difficiles à se rappeler? Cette activité doit être réalisée si le temps le permet, sinon, elle n'est pas effectuée. Toutefois, cette activité tout comme l'activité préparatoire ne sont pas reprises dans l'analyse puisqu'elles ne sont pas exploitées dans les deux leçons. Le tableau résume les aspects majeurs de la planification de la leçon:

Tableau V. Caractérisation de la planification de la leçon «action»

- 10 pages

-Deux objectifs présents, intentions didactiques et la séquence des activités sont justifiées.

Unité préparatoire : les solides cachés

-Objectif: visualisation de solides statiques

-Matériel: solides de couleurs

-Consigne (travail individuel):

Je vous le montre pendant 3 secondes; vous devez le reconstruire et vous devez aussi remarquer ce à quoi vous avez pensé pour vous souvenir de l'objet en question.

-Questions: à quoi avez-vous pensé pour vous en rappeler? Qu'avez-vous vu dans votre tête?

Unité 1 reliée à l'objectif de la construction de la maison

-Objectif: expliciter leur visualisation.

-Matériel: pailles et cure-pipes.

-Consigne (travail en équipe):

Construire un édifice tel que «le corps de l'édifice est un prisme à base rectangulaire. Le rectangle de la base doit être plus petit que les rectangles latéraux du prisme (ceux qui montent), pour que l'édifice soit fait en hauteur... le toit de l'édifice, représente une pyramide à base rectangulaire. La base possède les mêmes dimensions que la base du prisme, pour qu'ils puissent bien s'assembler. Il faut construire la pyramide de façon à ce que le sommet soit dans le prolongement d'une des arêtes du prisme.» **Il faut prévoir et demander à l'avance le nombre et la grandeur des pailles nécessaires.**

- Exemple de question: à partir de la description, qu'avez-vous réussi à voir dans votre tête?

Unité 2 reliée à l'objectif des solides de révolution

-Objectifs: faire pratiquer la visualisation cinétique et expliciter leurs images mentales.

-Consigne (travail collectif): si nous faisons tourner cette figure autour de l'axe de rotation, quel solide devrions-nous obtenir?

Cas 1:



Cas 2:



Cas 3:



Cas 4:



Exemple de question: qu'est-ce que vous voyez?

Unité supplémentaire: l'étagère.

Objectif: visualisation d'une dizaine de solides statiques en une seule image.

Consigne: observer l'étagère avec les solides à l'intérieur, au rétroprojecteur, et ensuite les replacer correctement dans l'étagère sur la feuille.

Question: quels objets étaient plus difficiles à se rappeler?

4.2 Planification de la leçon «classique»

D'abord, rappelons que l'intervenante connaissait l'intention principale de la recherche visant les connaissances spatiales et avait en sa possession les objectifs spécifiques pour la leçon ainsi que des directives précises pour la planification écrite de la leçon. Nous lui avons demandé de préciser les conditions d'élaboration (niveau d'apprentissage, profils des élèves et contexte «classique» (ce que cela signifie pour elle)), ses choix didactiques (intentions), les objectifs de l'activité, le matériel, le questionnement-clé et les réponses des élèves. Cette analyse a pour but de caractériser chacune des approches a priori en termes d'interprétation de chacun des deux objectifs et des choix didactiques réalisés pour chacun.

La planification de cette leçon est élaborée sur deux pages⁴⁷. Elle contient les deux objectifs de la leçon et pour chacun, une brève description des questions posées. Rappelons que le premier objectif concerne la construction d'une maison avec des pailles et le deuxième se rapporte à la rotation de figures. Une activité est prévue pour chacun de ces objectifs; aucune introduction ou conclusion ne semble prévue. Ces étapes de la leçon n'apparaissent pas dans la planification écrite, mais ceci ne veut pas dire qu'elles n'ont pas été faites en classe. Après vérification, il n'y a aucune conclusion et l'intervenante ne réalise une introduction que pour le premier groupe rencontré. Pour chaque objectif, il y a une description globale de l'activité, sans division (pas de préparation, ni de réalisation et ni d'intégration) et nous ne retrouvons pas de solutions ou difficultés anticipées (aspect pourtant demandé).

Pour la planification de la première unité reliée à **l'objectif de la construction de la maison**, elle inclut deux questions portant sur la comparaison des maisons obtenues. Le but de cette activité est centré sur l'action en tant que telle, pour observer si les élèves appuient leurs raisonnements sur les propriétés des solides (prismes et pyramides) ou s'ils procèdent par tâtonnement. Après vérification dans les transcriptions, l'activité est préparée pour être réalisée individuellement et la consigne est la suivante: «construis un squelette d'une maison dont le corps est formé d'un prisme à base rectangulaire et le toit, d'une pyramide à base rectangulaire.».

⁴⁷ Une des raisons pour laquelle cette leçon est moins détaillée que l'autre peut être dû au fait que c'est la même personne qui l'a planifiée et expérimentée. Ceci n'était pas le cas pour l'autre, mais cela n'explique pas entièrement cet écart, certains aspects demandés n'ont pas été inclus.







De plus, il est mentionné que l'objectif fixé n'entre pas dans le cadre d'un enseignement dit «classique»; ceci est probablement dû au fait qu'il y a une construction (n'oublions pas que nous nous situons en troisième secondaire). Pour le matériel, il est prévu d'utiliser les cure-pipes, les pailles, la règle et les ciseaux (les élèves sont alors amenés à couper les pailles de la longueur désirée). Le questionnement est orienté vers la comparaison des maisons réalisées (ex.: quelles sont les différences?), l'intervenante observe les constructions réalisées et pose des questions sur les aspects concrets des maisons. Ce contexte de questionnement met donc l'accent sur le résultat de la construction et sur ses traits physiques, et non sur le processus mental de la construction.

La deuxième activité, reliée à l'**objectif des solides de révolution**⁴⁸, est réalisée collectivement et les élèves sont amenés, en manipulant une figure en carton, à anticiper le résultat d'une rotation d'un rectangle ou d'un triangle rectangle dont l'axe de rotation est confondu avec un des côtés de la figure. En plus de ces deux cas de figure, une question a été ajoutée lors de l'expérimentation suite à une intervention d'un élève faisant référence à un cas plus complexe de rotation où l'axe de rotation passe à l'intérieur du triangle. Les intentions de l'intervenante pour cette activité étaient d'abord de vérifier les connaissances des élèves avec la rotation du rectangle, d'observer s'ils prévoient les trois cas possibles de positionnement de l'axe de rotation pour le triangle (superposé à un côté du triangle) et enfin de réaliser un pont vers les solides de révolution que les élèves rencontrent dans la vie courante. Le matériel prévu pour les élèves, soit les figures traitées en carton (une pour chaque élève), des pailles (pour l'axe), des ciseaux et du papier collant (pour coller l'axe au bon endroit) met l'accent encore sur l'action concrète, puisque les élèves peuvent en tout temps placer l'axe de rotation à l'endroit voulu et faire tourner la figure devant eux verticalement, de façon concrète.

⁴⁸ L'intervenante note, en débutant sa planification de cette section, que son analyse des manuels de troisième année du secondaire sur cette notion ne l'aidait pas beaucoup (absence) et que ceci la laissait plutôt démunie.

En terminant, nous présentons le tableau récapitulatif pour cette approche d'enseignement, mais il est à noter que plusieurs éléments sont absents de la planification de leçon et que nous devons en tenir compte lors de l'analyse a posteriori:

Tableau VI. Caractérisation de la planification de la leçon «classique»

<p>-2 pages -Deux objectifs présents, intentions didactiques absentes et introduction absente</p> <p>Unité 1 reliée à l'objectif de la construction de la maison -Objectif: voir les élèves en action et savoir s'ils s'appuient sur des propriétés géométriques ou s'ils procèdent par tâtonnement. -Matériel: pailles, cure-pipes, règles et ciseaux. <u>Il est disponible en tout temps.</u> -Consigne (travail individuel): «Construis un squelette d'une maison dont le corps est formé d'un prisme à base rectangulaire et le toit d'une pyramide à base rectangulaire.» -Exemple de question: quelles sont les différences?</p> <p>Unité 2 reliée à l'objectif des solides de révolution -Objectifs: voir si les élèves, en fin d'année scolaire, savent reconnaître des rotations dans les solides qui les entourent. -Matériel: figures en carton, pailles, ciseaux et papier collant. -Consigne (travail collectif): vous connaissez les solides de révolution, qu'est-ce que cette figure engendre? Cas 1:  ou  Cas 2: qu'est-ce qui engendre une sphère? Cas 3:  Cas 4:  Cas 5:  Cas 6:  -Exemple de question: quel solide vais-je obtenir en faisant tourner cette figure de 360° autour de l'un de ses côtés?</p>

4.3. Comparaison des planifications de leçons

Procédons maintenant à la comparaison des deux planifications afin de souligner les ressemblances et différences entre les deux approches. Un croisement des deux approches avec les éléments clés de notre cadre conceptuel sera réalisé dans la prochaine section dans le but de mettre en évidence la présence ou non des éléments potentiellement propices à l'enseignement des connaissances spatiales dans chacun des cas, mais commençons par réaliser une comparaison des éléments composant chacune des planifications.

Pour les deux planifications, les objectifs de la leçon sont rappelés au début. Pour la première activité (premier objectif), les deux planifications incluent un questionnement portant sur la comparaison des diverses constructions des élèves. Pour la deuxième activité (deuxième objectif), les deux approches réalisent l'activité de façon collective et des questions sont posées sur le résultat final de la rotation.

Outre ces trois points de ressemblances, nous remarquons cependant qu'il y a plusieurs différences entre les deux approches. Pour la planification de la leçon «action», une introduction, une activité préparatoire et une conclusion sont exposées et, au début de la planification, les intentions didactiques de la leçon sont précisées; ces aspects ne se retrouvent pas dans la leçon «classique».

Pour le premier objectif, la construction d'une maison, la planification de la leçon «classique» se limite à l'énoncé des buts visés par cette activité et de deux questions-clés, alors que dans la planification de la leçon «action» nous retrouvons des explications sur les choix réalisés, les consignes sont explicitées et le rôle de l'intervenant(e) durant l'activité est précisé. De plus, le matériel diffère d'une leçon à l'autre; pour la leçon «classique», la règle et les ciseaux sont prévus alors que pour l'autre, il est plutôt envisagé trois grandeurs fixes de pailles (petite, moyenne et grande). Ces distinctions pourraient influencer les raisonnements et difficultés des élèves. Par exemple, les élèves pouvant couper leurs pailles doivent penser à les couper également pour que leur construction soit droite, alors que les autres doivent plutôt anticiper la bonne grandeur de pailles au départ pour obtenir l'allure de la maison demandée. Dans le premier cas, il peut y avoir un glissement vers une précision métrique alors que dans l'autre la préoccupation est davantage spatiale, sur l'allure globale de la maison.

Deux aspects majeurs diffèrent entre les deux planifications pour cette unité, soit les buts visés et le questionnement envisagé. Le but pour la leçon «classique» est d'observer les élèves en action et d'identifier l'appui géométrique ou non de leurs raisonnements, alors que le but pour la leçon «action» est de permettre aux élèves d'explicitier ce qu'ils voient dans leur tête. Le but de la leçon «classique» semble tendre davantage vers la géométrie que les connaissances spatiales et nous devons vérifier si ceci transparait lors de l'expérimentation. Les finalités des problèmes reliés aux connaissances/savoirs géométriques et ceux reliés aux connaissances/savoirs spatiales ne sont pas les mêmes, comme notre cadre conceptuel l'a fait ressortir (Clements et Battista, 1992; Berthelot et Salin, 1992). Une approche se rapportant aux définitions et propriétés géométriques vise davantage des connaissances/savoirs géométriques et une approche se rapportant à l'espace physique, demandant une action (concrète ou intériorisée) ou une explicitation de cette action se situe davantage au niveau des connaissances spatiales. L'approche «classique» se rapproche du premier cas illustré et l'approche «action» du deuxième. Ces distinctions engendrent une interprétation différente de la tâche.

Les consignes, pour cette construction, sont très différentes et nous remarquons que celles de la leçon «action» semblent assez complexes; les élèves doivent tenir compte d'une description incluant plusieurs caractéristiques du solide et ils doivent aussi anticiper le nombre et la grandeur des pailles dont ils auront besoin. Pour la leçon «classique», la consigne laisse place à diverses constructions possibles et semble assez directe pour les élèves. Ces différences influenceront le niveau de réussite des élèves. Le questionnement se centre sur la comparaison des constructions concrètes pour la leçon «classique» (quelles sont les différences? Quelles sont les ressemblances?), alors qu'il est d'une tout autre nature pour la leçon «action» puisque nous y retrouvons des questions portant sur les images mentales.

Pour le deuxième objectif, les solides de révolution, un lien vers la vie courante et une question inverse (qu'est-ce qui engendre une sphère?) sont prévus dans la leçon «classique»; ces aspects ne sont pas abordés avec la leçon «action». Les buts diffèrent aussi: ceux de la leçon «action» vont davantage dans le sens de l'action intériorisée, tandis que dans la planification de la leçon «classique», les buts vont vers l'action concrète en permettant aux élèves de manipuler la figure, de coller l'axe de rotation sur la figure et de la faire tourner. Par contre, la question inverse prévue sur la sphère implique une action intériorisée, mais plus simple que la rotation des figures et statique.

Le niveau de difficulté de cette activité est supérieur en comparaison avec celle de la leçon «classique», puisque les élèves ne peuvent pas déplacer l'axe (imposé sur le carton), que les cas choisis ne sont pas les mêmes et que le questionnement ne porte pas uniquement sur le résultat final. En effet, pour la leçon «classique» l'axe peut être placé comme nous le voulons (il est concrètement en paille) sur un des côtés de la figure⁴⁹, alors que, pour la leçon «action», les élèves ne sont pas appelés à manipuler la figure ou l'axe de rotation.

Une distinction importante entre les deux approches, pour cette deuxième unité, est que la leçon «classique» prévoit utiliser du matériel pour réaliser concrètement les rotations alors que la leçon «action» ne prévoit pas de matériel de manipulation pour les élèves. Elle prévoit tout de même un matériel concret pour illustrer la rotation que l'intervenant(e) peut manipuler au besoin, mais pas systématiquement. Ceci vient renforcer l'idée que la leçon «classique» se situe, pour cette activité, davantage au niveau de l'action concrète où les élèves doivent observer la rotation de la figure. Alors, qu'au contraire, la leçon «action» se situe au niveau de l'action intériorisée puisque les élèves n'ont accès à aucun matériel, ils doivent imaginer entièrement la rotation de la figure pour obtenir le solide résultant (si le matériel de démonstration n'est pas employé par l'intervenante).

Finalement, nous retrouvons des solutions et difficultés anticipées pour chacun des cas traités dans la planification de la leçon «action», ce qui n'a pas été fait pour la leçon «classique». Le questionnement pour la leçon «classique» est centré sur le résultat de la rotation et sur la réalisation du dessin du solide résultant soit sur papier ou au tableau. Le questionnement de cette deuxième activité pour la leçon «action» porte de nouveau sur les actions intériorisées et les comparaisons entre les cas traités (explicitement les aspects qui rendent plus difficile, plus facile, la création d'images).

⁴⁹ Le dernier cas où l'axe passe à l'intérieur de la figure ayant été ajouté par la suite.

Voici, le tableau récapitulatif de la comparaison:

Tableau VII. Comparaison des deux planifications

Planification de la leçon «action»	Planification de la leçon «classique»
<ul style="list-style-type: none"> - Planification plus longue (10 pages) - Introduction -Unité préparatoire 	<ul style="list-style-type: none"> - Planification très courte (2 pages) ≠ ≠
Unité 1: construction de la maison	
<ul style="list-style-type: none"> - Consigne beaucoup plus complexe et travail en équipe. (réflexion avant construction). -Matériel non accessible sans anticipation: cure-pipes et pailles. - Objectif (explicitation des images mentales) et questionnement orientés vers les connaissances spatiales. 	<ul style="list-style-type: none"> -Consigne simple et travail individuel. (description et construction directe). - Matériel accessible: cure-pipes, pailles, règle et ciseaux. - Objectif et questionnement orientés vers les propriétés géométriques.
Unité 2: solides de révolution	
<ul style="list-style-type: none"> - Activité complexe. - Aucun matériel de manipulation. - Considération de cas différents (position de l'axe et nature des figures). ≠ - Questionnement est orienté vers l'action intériorisée et les comparaisons. - Unité supplémentaire (l'étagère) - Conclusion 	<ul style="list-style-type: none"> - Matériel: figures en carton, pailles, ciseaux et papier collant. - Considération du cas inverse (la sphère est engendrée par quoi?) et recherche de cas dans la vie courante. - Considération seulement de l'axe sur un des côtés de la figure. - Questionnement orienté surtout vers l'action concrète et le dessin du résultat. ≠ ≠

4.4 Croisement des observations avec les principaux éléments conceptuels

Comparons ces deux planifications à travers la lunette de notre cadre conceptuel et donc de ce qui semble propice à l'enseignement des connaissances spatiales. D'abord, pour ce qui est des **tâches préparées** par les deux intervenantes, nous retrouvons trois tâches communes, soit l'observation, la construction et la recherche, mais leurs exploitations ne sont pas les mêmes. Dans le cas de la leçon «action», nous retrouvons deux tâches de construction, une où l'objet n'est plus présent (unité préparatoire) et l'autre impliquant un passage obligé à une action intériorisée (unité 1: anticipation du nombre de pailles). Pour la leçon «classique», nous ne retrouvons qu'une construction directe à partir d'une description simple du solide (aucune restriction sur le matériel et les solides). Pour la recherche du résultat de la rotation (anticipation), la leçon «classique» fournit du matériel aux élèves alors que l'autre les oblige à passer par une action intériorisée, sans matériel de manipulation. L'exploitation de ces tâches par la leçon «action» démontre un niveau supérieur de complexité amenant les élèves à faire le passage de l'action concrète à l'action intériorisée, alors que la leçon «classique» semble rester davantage au niveau du concret. Rappelons que le passage à l'action intériorisée devrait être à valoriser dans un tel enseignement.

En ce qui concerne le **questionnement**, nous pouvons prévoir que ce dernier sera différent en tenant compte de ce qui précède. N'oublions pas que le questionnement vient teinter l'esprit de la leçon peu importe les tâches demandées aux élèves. Les questions portent davantage sur les connaissances spatiales et les actions intériorisées pour l'approche «action» et sur les connaissances/savoirs géométriques pour l'approche «classique». L'approche «action» pose des questions sur les images mentales des élèves et ainsi suit les éléments identifiés lors du cadre conceptuel où il est recommandé de questionner directement les élèves sur leurs images mentales (Hill et Baker, 1983; Yackel et Wheatley, 1990).

Nous avons remarqué que les activités visant les **connaissances/savoirs géométriques** ou les **connaissances/savoirs spatiales** n'avaient pas les mêmes finalités (ex.: le développement suivant peut-il former un cube? (spatiales) De quelles figures est composé le développement de ce solide? (géométriques)).

De plus, nous savons que les deux types de connaissances/savoirs ne sont pas complètement dissociables et, ainsi, il peut y avoir un glissement entre ces deux types de connaissances dans leur enseignement. Si nous observons les deux approches, nous remarquons que l'exploitation des activités est très différente; elles ne semblent pas avoir les mêmes finalités. D'ailleurs, ces différences illustrent le glissement qui semble s'être effectué pour la leçon «classique» vers les connaissances géométriques (propriétés géométriques et dessin), alors que les connaissances ciblées par la leçon étaient les connaissances spatiales. La leçon «action» est davantage axée sur les connaissances spatiales. Cette divergence entre les deux approches illustre une caractéristique spécifique pour chacune d'elle et montre un glissement possible vers les connaissances/savoirs géométriques pour l'approche «classique» qui n'est pas recommandé dans le contexte présent. Un glissement entre les connaissances/savoirs géométriques et spatiales ne doit pas être interprété toujours comme un aspect négatif d'un enseignement, au contraire, il apparaît très souvent comme un élément pertinent à prendre en compte dans notre enseignement. Cependant, il doit être réalisé de façon consciente par l'intervenant et doit aussi répondre aux intentions de la leçon et, dans notre cas, ceci n'est pas le cas.

Un autre aspect vient caractériser les deux approches, soit le recours à **l'action concrète ou intériorisée**. Il est recommandé (Piaget, 1948;1972; Berthelot et Salin, 1992; Moses, 1980; Slee, 1987; Hutton et Lescohier, 1983; Hill et Baker, 1983; Hallet, 1991; Yackel et Whealtes, 1990) de créer des activités impliquant la visualisation, pour permettre aux élèves de passer de l'espace physique à l'espace représentatif, autant au primaire qu'au secondaire. Nous remarquons que les deux approches possèdent les deux types d'action, cependant, l'approche «action» axe davantage ses interventions sur l'action intériorisée alors que l'approche «classique» se situe plutôt au niveau de l'action concrète et effectue très rarement le passage à l'action intériorisée. Ceci représente une distinction notoire entre les deux approches. Plus spécifiquement, pour ce qui est des types d'**images mentales** exploitées, les deux font référence aux images reproductrices statiques et anticipatrices cinétiques, mais il y a toutefois une distinction à faire entre les deux approches. Pour la leçon «action», lors de l'unité préparatoire et lors de l'unité 1, les images reproductrices statiques demandent une plus grande abstraction puisque l'objet est complexe, qu'il n'est plus présent et que les élèves doivent anticiper tout le matériel nécessaire à la construction.

Pour la leçon «classique», lors de l'unité 1, les élèves peuvent réaliser la tâche avec seulement une image partielle de l'objet puisqu'ils peuvent recourir dès le départ à la description et au matériel simultanément. Enfin, pour la construction des images anticipatrices cinétiques, nous remarquons que la leçon «classique» utilise du matériel de manipulation pour faciliter le passage à l'action intériorisée; l'approche «action», au contraire, insiste sur l'action intériorisée.

Résumons cette comparaison des deux planifications. L'approche «action» présente davantage de tâches nécessitant un passage complet aux actions intériorisées et cible davantage les connaissances spatiales par son questionnement. L'approche «classique» reste davantage au niveau des actions concrètes et cible surtout les connaissances géométriques. L'approche «classique» semble mettre de l'avant des critères moins propices à l'enseignement des connaissances spatiales, mais l'analyse a posteriori, qui suit, viendra confirmer ou infirmer l'esprit valorisé par les deux approches a priori qui a été mis en évidence dans cette première phase de l'analyse.

CHAPITRE V

ANALYSE DES DEUX APPROCHES D'ENSEIGNEMENT

CHAPITRE V

Analyse des deux approches d'enseignement

Lors du chapitre précédent, nous avons caractérisé, à partir des planifications des deux approches d'enseignement mises de l'avant dans ce projet, l'approche «action» et l'approche «classique». Mais, comment se traduisent les éléments mis de l'avant dans les planifications? Cette analyse et comparaison, a posteriori, de l'approche «action» avec l'approche «classique» nous mènera à des pistes possibles de réponses qui seront abordées lors de l'interprétation des résultats. D'ailleurs, si nous revenons à nos objectifs de recherche, ce chapitre concerne notre première question visant la caractérisation d'une approche centrée sur l'action.

Dans cette section, nous examinons les deux approches selon ce qui s'est produit lors de l'expérimentation. Ces résultats viennent s'ajouter à l'analyse précédente dans la caractérisation des approches. Le traitement des deux approches d'enseignement comporte les mêmes phases d'analyse: la première, plus globale, porte sur le déroulement général et la seconde, plus systématique, vise des aspects précis des comportements des intervenantes. Il faut noter que nous centrons cette analyse sur les deux objectifs fixés au départ pour les deux approches (unité 1 et 2), puisqu'il s'agit des deux éléments communs aux approches. Les autres unités de la leçon «action» viendront enrichir, au besoin, notre interprétation.

Pour chacune des deux approches, nous procédons d'abord à une analyse du déroulement général de la leçon en identifiant, pour chacune des activités, les principales interventions de l'intervenante (consignes, glissements et questionnement) appuyées par des extraits tirés des leçons. Ensuite, une deuxième phase d'analyse, plus systématique, à l'aide des grilles d'analyse, vient caractériser davantage les approches. Pour chaque unité, nous examinons les trois éléments qui se dégagent de notre cadre conceptuel et qui nous ont permis de caractériser ces deux approches lors de leur planification. Nous caractériserons les unités en termes de tâches, de questionnement (incluant le type de connaissances impliquées) et d'action valorisée par l'intervenante.

Nous analysons une unité à la fois, d'abord pour l'approche «action» puis l'approche «classique». En premier, nous énonçons globalement son déroulement d'après les principales interventions de l'intervenante et ensuite, plus systématiquement, nous examinons chacun des éléments retenus de notre grille de l'intervenant. Nous concluons cette analyse par une caractérisation globale de l'approche «action».

Avant de procéder à l'analyse, quelques précisions sur le codage des leçons et les tableaux présentés doivent être apportées. Pour l'analyse des résultats spécifiques des leçons, nous nous basons sur notre codage systématique des transcriptions des leçons à l'aide de la grille d'analyse pour l'intervenante (voir appendice 11, p. 213). Voyons un exemple de notre codage. Voici des segments d'une leçon accompagné de son codage :

Tableau VIII. Exemple de codage de l'approche d'enseignement

Analyse de l'approche d'enseignement (sport)	Interventions	Tâches	Questions	Actions
130 Intervenante-C : ... Ben... Ok, d'accord, c'est correct... C'est-à-dire que tu as embarqué dans ce qui est une vraie maison, d'habitude, puis t'a laissé de côté la consigne que j'avais donnée par écrit... Ok, c'est parfait, j'aimerais que... tu peux reconstruire ton prisme à base triangulaire que t'avais construit...	1c-Reformule 1e-Valide 1j-Encadre	2c-Construction		5a-Concrète
140 Intervenante-C : Parfait comme c'était presque prêt.. Ok. Merci... Heu... Donc, on a parlé de ce prisme (elle tient maintenant la maison dans ses mains et montre le toit) et puis l'expression que j'ai entendue c'est que c'était un prisme à base rectangulaire. (<i>mais c'est un prisme à base triangulaire</i>)	1d-Répète 1j-Encadre	2a-Observation	3FF-Fermée et factuelle 4a-Géom. 4e-Résultat 4f-Difficulté	
144 Intervenante-C : Pourquoi tu l'appelles à base rectangulaire?		2f-Argumentation	3OR-Ouverte et de raison. 4a-Géom. 4e-Résultat 4f-Difficulté	

Pour chaque segment, nous reprenons tous les critères de notre grille et nous observons s'ils s'appliquent ou non. Donc, toutes les rubriques ne sont pas nécessairement sollicitées à chaque segment de la leçon et, selon la longueur du segment, un critère peut revenir plus d'une fois. Par exemple, dans le segment 130, l'intervenante reformule la réponse de l'élève, valide sa réponse, encadre l'élève en précisant l'origine de son raisonnement, demande une tâche de construction et fait, par conséquent, référence à une action concrète. Toutes les leçons ont été codées ainsi par un premier codeur qui a ajusté la grille d'analyse. La grille a été soumise à un deuxième codeur qui a aussi apporté des améliorations à la grille. Chaque codeur a testé son application de la grille à travers le temps, en effectuant une comparaison d'une première analyse et d'une deuxième analyse dans un intervalle de deux à quatre semaines. De plus, un contre-codage a aussi été effectué afin de s'assurer que tous les segments codés pour une catégorie donnée appartenaient effectivement à cette dernière. Une fois cette étape du codage étant validé, nous avons procédé à la compilation des résultats et, pour chaque leçon et chaque unité de leçon, nous avons calculé la fréquence de chaque critère. En trouvant le total de chaque critère par rapport à sa rubrique, nous avons établi la fréquence d'un critère en termes de pourcentage.

Pour l'analyse du déroulement, nous procédons de façon globale à l'aide d'extraits de leçons, mais nous intégrons dans cette section tous les critères d'intervention de notre grille. Les résultats de notre analyse sur l'approche d'enseignement sont compilés sous forme de tableau en appendice 14 (p.227). Pour exposer l'analyse spécifique dans ce chapitre, les tableaux des résultats ont été simplifiés et segmentés en plusieurs petits tableaux illustrant les principaux résultats. Ils sont présentés en début de texte et nous les commentons par la suite. Nous ne présentons pas toutes les données engendrées par nos grilles d'analyse car une trop grande quantité d'information devrait être traitée simultanément et viendrait alourdir la lecture des résultats et même noyer les éléments pertinents nous permettant d'émettre des pistes de réponses à notre première question de recherche. Les données des tableaux reflètent les résultats de tous les profils d'élèves confondus, étant donné que l'influence des profils fait l'objet d'une analyse subséquente. Ils sont présentés en termes de pourcentage. Par exemple, l'intervenante possède différents points de référence (action concrète, intériorisée ou antérieure); lors de l'unité 1, l'intervenante de l'approche «action» a fait référence, en moyenne à 31 fois à un point de référence et en particulier 16,5 fois, en moyenne, à l'action intériorisée (16,5/31: 53%).

Ce procédé a été repris pour chacun des critères et pour chaque unité de leçon. Ce processus étant clarifié, nous pouvons exposer, à présent, les résultats de l'analyse de l'approche d'enseignement, en commençant par un regard plus global des résultats de l'unité 1 pour les deux approches et ensuite, d'un point de vue plus précis, en observant les résultats reliés aux tâches demandées, aux types de questions exploités et aux actions impliquées; ceci toujours pour l'unité 1 des deux approches. Par la suite, nous procédons à une caractérisation de l'approche «action» pour cette première unité de leçon en tenant compte des aspects importants de notre cadre conceptuel et des résultats de l'analyse de la planification de la leçon.

Nous reprenons le même cheminement pour l'analyse des résultats des deux approches pour l'unité 2; d'abord de façon globale, ensuite spécifiquement en observant trois rubriques de notre grille (tâches, questionnement et actions) et enfin une caractérisation de l'approche «action» pour cette unité de leçon est réalisée.

Ce chapitre se termine par une caractérisation globale de l'approche «action» pour les deux unités analysées, ainsi qu'une comparaison de cette dernière avec l'approche «classique».

5.1 Déroulement général de l'unité 1 des leçons, correspondant à l'objectif de la construction d'une maison.⁵⁰

Globalement, l'intervenante de l'approche «**action**» présente le matériel de manipulation au groupe et donne la consigne prévue: les élèves, en équipes de deux ou trois, doivent lire la description de l'édifice à construire et venir demander le bon nombre de pailles, tout en sachant qu'il y a trois grandeurs de pailles. Durant l'activité, l'intervenante circule dans la classe et questionne les élèves sur leur cheminement. Au retour, elle réalise le questionnement prévu dans la planification sur leurs images mentales. Voici quelques exemples de ce type d'interventions:

Extraits #1⁵¹:

Intervenante-A: ... qu'est-ce que vous avez vu dans votre tête quand vous avez lu la description? **Julie:** une maison. **Intervenante-A:** vous avez vu juste une maison avec un toit pointu? **Julie:** oui... **Sébastien:** on n'a pas compris l'arête, je pense. **Intervenante-A:** c'est ça, le terme l'arête, c'est ça qui cause des problèmes. // **Intervenante-A:** puis ce que vous avez vu, ça avait l'air de quoi? Tu disais «on s'imaginait», mais c'était quoi? **Lynn:** ... moi je voyais des barres là, comme ça (montre le prisme qu'elle a en main). **Intervenante-A:** Donc, tu voyais des pailles qui s'élevaient...

Dans cet extrait, nous remarquons aussi que l'intervenante répète et reformule les réponses des élèves et comme le questionnement porte sur les images mentales, ces interventions mettent en évidence les images mentales des élèves (tu as vu... en trois dimensions... deux solides séparés...). De plus, les interventions de l'intervenante vont plus loin dans le traitement des connaissances spatiales et des actions intériorisées en demandant aux élèves de se créer de nouvelles images mentales, en partant des images qu'ils viennent de se créer. Voici des exemples d'interventions faisant pratiquer la visualisation (voir appendice 14, p.227, pour les résultats concernant la nature des interventions des deux intervenantes pour l'unité 1 et 2) :

Extraits #2:

Intervenante-A: ... essayez de la faire tourner, d'en faire le tour dans votre tête, pour voir ce qu'il y a autour, est-ce que vous êtes capable maintenant?...//:... vous la voyez maintenant la maison devant vous, et si vous essayez de la voir dans votre tête, est-ce que c'est plus facile ou non?:... est-ce que vous arrivez à voir plus de faces ou seulement...?

⁵⁰ Rappel de l'objectif: construire, à l'aide de pailles et de cure-pipes, une maison constituée d'un prisme et d'une pyramide à bases rectangulaires.

⁵¹ Les extraits présentés proviennent de différentes leçons. Lorsqu'il y a deux barres obliques, «//», ceci indique un changement de groupe d'élèves.

À partir de la maison construite, l'intervenante demande aux élèves d'imaginer la maison selon différents points de vue en la faisant tourner. Ainsi, en plus de la visualisation impliquée dans la tâche, l'intervenante demande une deuxième visualisation lors du retour de l'activité, s'orientant, à nouveau, vers l'action intériorisée. Ce dernier aspect vient compléter le déroulement général de l'unité 1 de l'approche «action».

Pour l'unité 1 de la leçon «classique», l'intervenante écrit la consigne au tableau et elle distribue le matériel. Durant la réalisation de la construction, elle observe surtout les élèves, et ne leur pose pas beaucoup de questions; si elle le fait, ceci a un but d'encadrement et ne porte pas sur le contenu. Par exemple, elle leur demande s'ils ont besoin d'aide pour tenir quelque chose ou s'ils ont besoin de matériel. Les questions, une fois la construction terminée, portent parfois sur la comparaison entre les constructions, mais majoritairement sur les connaissances/savoirs géométriques, comme le laissait entrevoir la planification. Regardons quelques exemples de questions:

Extraits #3:

Intervenante-C:... pourquoi sa maison a un petit air penché?... ok, et qu'est-ce que tu aurais pu faire égal?... ta maison, elle satisfait exactement ce qu'il y a au tableau, elle est même plus restrictive, pourquoi?...est-ce qu'un carré est un rectangle?..//... l'expression que j'ai entendue c'est que c'était un prisme à base rectangulaire... pourquoi tu l'appelles à base rectangulaire?... // lui, il a fait un paratonnerre, mais ils sont droits les paratonnerres, ils sont pas comme ça.... non, ça ne marche pas, je veux un vrai paratonnerre que je connais... // c'est une forme qui n'a pas de nom, tu viens d'inventer une forme... ça c'est une arête? (support du solide)...

Nous voyons que la préoccupation de l'intervenante se situe au niveau de la terminologie des mots géométriques et que son discours est orienté vers l'objet concret. De plus, nous avons constaté qu'elle encadre les élèves et valide fréquemment leurs réponses (appendice 14, p. 227). Voici des exemples de ces deux types d'interventions:

Extraits #4:

Intervenante-C: non, c'est pas grave... dans chacune des pailles, si tu serres suffisamment les cure-pipes, tu arrives à en rentrer deux; donc tu es peut-être capable de «patenter» ton toit là, le pignon en haut... //... t'inquiètes pas An que ça ne soit pas parfait... tu l'as fait plus compliqué... est-ce que tu as besoin de matériel encore pour que j'aïlle en «piquer» à Stéphanie //... donc en fait vous avez trois constructions qui satisfont les conditions qu'on avait apposé au tableau... oui, un carré, c'est aussi un rectangle...// ... exactement, un prisme pentagonal. C'est beau...

L'intervenante apporte un certain support lors de la construction et les rassure en validant réponses ponctuelles et solutions à la tâche demandée. L'intervenante intègre aussi des mots d'encouragement dans ses interventions.

Avant d'entreprendre une analyse plus approfondie, il faut faire une parenthèse sur le déroulement de cette première unité pour l'approche «classique». Avec le groupe musique-étude, un élève a produit un solide inattendu; ceci intrigua l'intervenante qui poussa plus loin la discussion. Nous présentons ici un extrait de cette discussion:

Extrait #5:

Intervenante-C: pourquoi c'est pas bon? **Marie-Eve:** ben parce que le plafond, il fallait que je mette ça, là j'arrivais pas à le mettre... **Intervenante-C:** euh, Alain tu fais rien là, est-ce que tu voudrais essayer de pas faire le plafond?... je veux voir, je veux voir. (**Alain** enlève les pailles qui font la base de la pyramide.) **Intervenante-C:** la figure qu'on a là, je ne sais pas si c'est un prisme... **Richard:** un prisme pentagonal. **Intervenante-C:** comment?... un prisme pentagonal, montre-moi comment, là il y a quelque chose que je comprends pas... **Intervenante-C:**... c'est très subtil, sans le faire exprès, on a inventé une forme qu'on n'a pas l'habitude de voir... c'est une forme qui a pas de nom, tu viens d'inventer une forme, mais qui a pas de nom.

Cet extrait montre l'orientation de l'intervenante vers la terminologie géométrique et il démontre aussi une nécessité de «voir» chez l'intervenante et de rendre ainsi le résultat le plus concret possible (est-ce que tu voudrais essayer de pas faire de plafond?.. je veux voir, je veux voir). L'accent est à nouveau mis sur les connaissances/savoirs géométriques et l'action concrète.

Globalement, l'intervenante de l'approche «action» demande une anticipation du nombre et de la grandeur des pailles nécessaires à la construction a priori, elle centre ses interventions sur la pratique de la visualisation et elle répète et reformule fréquemment les réponses des élèves. L'intervenante de l'approche «classique» demande aux élèves de construire d'abord la maison et ensuite les questionne sur la terminologie géométrique impliquée dans la situation et non les aspects spatiaux. Ceci constitue un glissement étant donné que l'objectif ici ciblait les connaissances spatiales et non géométriques. Cette intervenante encadre et encourage les élèves, aussi elle valide fréquemment les réponses des élèves. Le portrait général du déroulement de cette première unité étant identifié pour les deux approches, nous procédons à l'analyse plus spécifique des éléments principaux de notre cadre conceptuel se retrouvant aussi dans le cadre de l'analyse des planifications des leçons.

5.2 Résultats de l'unité 1 des deux approches d'enseignement

Nous présentons d'abord un tableau mettant en évidence un des éléments majeurs de notre cadre conceptuel et les résultats obtenus pour l'approche «action» et l'approche «classique», soient, dans l'ordre, les tâches demandées, le questionnaire mis de l'avant et les actions impliquées. Ces résultats sont comparés à ceux observés lors de l'analyse des planifications des leçons. De plus, nous comparons les deux approches et émettons des pistes de réponses pouvant expliquer ces résultats.

5.2.1 Tâches impliquées dans les deux approches, pour l'unité 1

Tableau IX. Tâches impliquées dans les deux approches, pour l'unité 1

	Leçon « action » Unité 1	Leçon « classique » Unité 1
- Tâches demandées:	13,3 tâches en moyenne par leçon Description (56%) Recherche (19%) Observation (13%) Construction (8%)	8,5 tâches en moyenne par leçon Description (39%) Argumentation (24%) Observation (16%) Construction (15%)

Premièrement, en ce qui a trait aux tâches demandées, nous retrouvons la description, la recherche, l'observation et la construction pour l'approche «**action**». L'intervenante-A⁵² demande aux élèves de décrire leurs processus et leurs images mentales: «(elle ressemble) à une maison ordinaire?... et le procédé, c'était lequel? si tu devais le décrire // ... qu'est-ce que vous avez vu dans votre tête quand vous avez lu la description?». La tâche de recherche intervient au début du cheminement des élèves, lorsqu'ils doivent anticiper le nombre de pailles nécessaire à la construction de leur maison: «... on veut que vous demandiez directement, la première fois, le bon nombre de pailles avant de commencer de construire.». L'observation est une tâche qui se retrouve lors du retour pour des fins de comparaison entre la maison construite et celle envisagée: «je vais vous le montrer, parce que nous, on a fait les constructions (elle montre les constructions)... est-ce que vous avez la même chose?...». Enfin, même si la construction de la maison est la tâche principale de cette activité, l'intervenante-A n'en fait pas le point central. Nous retrouvons plutôt la tâche de description entourant la construction de la maison comme point central de cette unité.

⁵² Par «intervenante-A», nous désignons l'intervenante réalisant les leçons «action» et par «intervenante-C», nous ciblons l'intervenante réalisant les leçons «classique».

Pour l'approche «classique», les tâches ne sont pas exactement les mêmes. Les tâches demandées sont la description, l'argumentation, l'observation et la construction. Comme description, l'intervenante demande uniquement des précisions sur le solide construit. Elle demande de décrire géométriquement le solide obtenu (ex. : À base quoi?). La tâche d'argumentation va aussi dans le sens géométrique, elle demande par exemple si leur construction satisfait exactement à la description ou si elle est plus restrictive puisque les élèves ont construit un prisme à base carrée et non rectangulaire. L'argumentation demandée est en lien aussi avec la notion de mesure. L'intervenante demande souvent: «pourquoi ta maison a un air penché... pourquoi ta maison est croche?». Cette deuxième tâche est relative à l'allure du solide construit. Comme troisième et quatrième tâches les plus demandées, nous retrouvons l'observation et la construction. L'intervenante fait observer, au début, la manière d'utiliser le matériel pour la construction en donnant une démonstration et lors du retour, elle demande d'observer les différences entre les maisons construites. Cette deuxième occasion l'amène à dégager des différences géométriques ou métriques entre les différentes constructions.

Si nous comparons, à présent, les tâches demandées pour les deux approches, nous remarquons que la construction n'est pas la tâche centrale pour les deux intervenantes, même si l'objectif de l'activité était la construction d'une maison. Les principales tâches sont celles qui découlent de la construction réalisée par les élèves. Par contre, la construction représente un plus grand pourcentage des tâches demandées pour l'approche «classique» que pour l'approche «action» et les autres tâches mises en évidence ne sont pas les mêmes dans les deux cas. Pour l'approche «action», nous retrouvons une recherche, impliquant la création mentale de la maison avec les bonnes grandeurs de pailles (action intériorisée) et une description de cette création; tâches relatives aux connaissances spatiales des élèves. Alors que pour l'approche «classique», nous retrouvons une description de l'objet concret et une argumentation géométrique ou métrique reliée au résultat. Même si nous retrouvons la description comme tâche avantaagée par les deux approches, elle n'est pas de même nature dans les deux cas. Pour l'approche «action», elle traite des images mentales reliées aux connaissances spatiales, alors que pour l'approche «classique», elle traite des connaissances/savoirs géométriques. Ces différences viennent appuyer les caractéristiques identifiées lors de l'analyse des planifications des leçons: l'approche «action» se situe au niveau de l'action intériorisée et des connaissances spatiales alors que l'approche «classique» se situe au niveau de l'action concrète et des connaissances géométriques/savoirs.

5.2.2 Questionnement impliqué dans les deux approches, pour l'unité 1

Tableau X. Questionnement posé par les deux approches, pour l'unité 1

	Leçon «action» Unité 1	Leçon «classique» Unité 1
Questionnement⁵³:	30,3 questions en moyenne par leçon	11,8 questions en moyenne par leçon
Nature:	Fermé (86%) De raisonnement (54%)	Fermé (96%) Factuel (81%)
Contenu:	Connaissances spatiales (52%) Visualisation (49%) Résultat (49%) Difficultés (32%)	Connaissances géométriques (53%) Résultat (53%) Difficultés (32%)

Le questionnement de l'approche «**action**» représente une intervention importante pour cette intervenante. Elle pose plus d'une question la minute puisque cette unité dure, en moyenne, vingt minutes. Les questions sont majoritairement fermées (factuelles et de raisonnement confondus). Les questions de raisonnement sont valorisées (fermée et ouverte confondus). Elles portent sur les résultats et difficultés des connaissances spatiales dont la visualisation. Voici des extraits de leçons illustrant le questionnement de cette intervenante:

Extraits #6:

Intervenante-A:... où est-ce qu'il faut mettre le sommet pour qu'il soit dans le prolongement d'une des arêtes du prisme? ... vous avez lu la description et puis qu'est-ce qui s'est passé dans votre tête? // ... est-ce que vous arrivez aussi à la faire tourner, dans votre tête? // ... si je vous présente la construction toute faite, est-ce que vous avez plus de facilité à vous faire une image...

Ces questions, ainsi que celles des extraits #1 (p.105), reflètent celles qui sont préparées lors de la planification de la leçon. Elles traitent des connaissances spatiales et principalement de la visualisation.

⁵³ Pour le questionnement, nous avons opté de présenter les résultats de façon séparée pour avoir un meilleur portrait de la situation. Il ne faut pas oublier qu'une question peut être à la fois fermée et factuelle ou qu'elle peut porter à la fois sur les connaissances spatiales, le résultat obtenu et les difficultés des élèves. C'est pourquoi il ne faut pas prendre les pourcentages de chacun des critères et en faire un total, mais il faut plutôt prendre le pourcentage en rapport avec le total des questions demandées en moyenne pour une leçon.

Le questionnement pour l'approche «classique» est un peu moins fréquent; en moyenne, 11,8 questions en 17 minutes (moins d'une question la minute). Il est fermé et factuel. Les questions portent sur les résultats et difficultés géométriques. Les extraits #3, à la page 106, illustrent plusieurs exemples des questions posées par l'intervenante-C pour cette unité. Ces questions (extraits #3. Ex. : ta maison, elle satisfait exactement ce qu'il y a au tableau, elle est même plus restrictive, pourquoi?) reflètent le but de l'intervenante qui est d'observer les élèves et d'identifier s'ils se basent sur des propriétés géométriques pour réaliser leur construction.

Le questionnement des deux approches n'est pas similaire. Celui de l'approche «action» est davantage de type raisonnement et celui de l'approche «classique» est plutôt factuel. Cette distinction s'explique par le fait que l'approche «action» s'intéresse au processus précédant la construction, soit les connaissances spatiales impliquées dans l'anticipation du nombre et des grandeurs de pailles nécessaires à la construction. Pour ce faire, l'intervenante-A fait raisonner les élèves sur la création de leurs images mentales. De son côté, l'approche «classique» n'avait pas le même objectif. L'intervenante-C a pour but de questionner les élèves sur la construction obtenue en leur demandant de justifier leur résultat à l'aide de propriétés géométriques ou métriques. Par conséquent, l'intervenante-C utilise l'objet obtenu pour identifier les connaissances/savoirs géométriques sur lesquelles les élèves basent leurs solutions; elle cherche des «faits» géométriques. Cette distinction dans le type de questionnement mis de l'avant par l'approche «classique» illustre le glissement vers la géométrie qui a été aussi observé lors de l'analyse des tâches précédemment et lors de l'analyse de la planification de la leçon «classique».

5.2.3 Actions impliquées dans les deux approches, pour l'unité 1

Tableau XI. Actions impliquées dans les deux approches, pour l'unité 1

	Leçon «action» Unité 1	Leçon «classique» Unité 1
- Actions impliquées:	31 références à une action en moyenne par leçon Action intériorisée (53%)	13,8 références à une action en moyenne par leçon Action concrète (90%)

Les aspects traités précédemment, nous indiquent déjà l'orientation des actions impliquées dans les deux approches, mais observons les points de référence les plus utilisés lors des interventions des deux intervenantes.

Pour l'approche «**action**», l'intervenante fait référence surtout aux actions intériorisées. Par exemple: « est-ce que vous arriviez à voir toutes les faces? // ... qu'est-ce qui s'est passé dans votre tête? // ... essayez de la faire tourner,..., pour voir ce qu'il y a autour, est-ce que vous êtes capable maintenant? »

Pour l'approche «**classique**», l'intervenante se réfère presque entièrement à l'action concrète. Par exemple: « Donc normalement le prisme n'a pas ça, mais c'est pour que la maison tienne droit... je m'attendais plus, par simplicité, ... que tu coupes; toi tu as rallongé à la place. // ... tu peux couper, tu peux faire tout ce que tu veux. ». L'intervenante parle d'actions concrètes comme couper, plier, coller, tourner et mesurer que les élèves réalisent sur des objets concrets.

Ainsi, même au niveau des points de références explicités par les intervenantes, le type d'actions impliquées ressort. L'action intériorisée est valorisée par l'approche «action», ce qui vient renforcer l'orientation de cette approche face aux connaissances spatiales dont la visualisation. L'action concrète est centrale pour l'approche «classique». L'argumentation géométrique est amenée par l'intervenante pour comparer l'édifice obtenu et l'édifice idéalisé (abstrait) avec toutes les propriétés géométriques qui l'accompagnent. Donc, nous observons un glissement vers les connaissances/savoirs géométriques pour cette unité de l'approche «classique»; ce glissement peut être pertinent et intéressant dans notre enseignement pour réaliser des liens entre les différents champs mathématiques, mais ici nous le considérons plutôt comme un éloignement à l'enseignement désiré étant donné que ce sont justement les connaissances spatiales qui sont visées.

Les critères des deux approches pour l'unité 1 des leçons ont été exposés de façon détaillée, voyons, à présent, la caractérisation plus globale de l'approche «action» pour cette première unité.

5.3 Caractérisation de l'approche «action», pour l'unité 1

La caractérisation de l'approche commence par le rappel des éléments importants ressortis lors du déroulement général de l'activité et de l'analyse détaillée. Ce rappel s'effectue grâce à un tableau synthèse qui est commenté par la suite:

Tableau XII. Caractérisation de l'approche «action», pour l'unité 1

Caractérisation de l'approche «action»
<p>L'intervenante-A:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✱ Globalement: reformule, répète les images mentales des élèves et fait pratiquer la visualisation. ✱ Les tâches demandées sont la description, la recherche, l'observation et la construction. ✱ Le questionnement est important (30,3 questions en moyenne par activité et plus d'une par minute). Il implique majoritairement des questions de raisonnement sur les résultats et difficultés des connaissances spatiales dont la visualisation. ✱ Le point de référence est l'action intériorisée.

L'approche «action», pour la construction de la maison se caractérise par le fait que l'intervenante reformule et répète les images mentales que les élèves explicitent. Elle demande, chronologiquement, une recherche, une construction, une description et enfin une observation. Outre la construction et l'observation, les deux autres tâches sont reliées à l'idée d'anticipation de l'allure de la maison et s'effectuent mentalement; elles font référence aux connaissances spatiales dont la visualisation. D'ailleurs, le questionnement va dans le même sens. Par conséquent, même s'il y a une construction (action qualifiée de concrète), les interventions de l'intervenante portent davantage sur les actions intériorisées engendrées par la construction.

Lors de cette unité, nous n'assistons pas au glissement fréquent de l'enseignement des connaissances spatiales vers les connaissances géométriques, comme ceci a d'ailleurs été observé pour l'approche «classique». Enfin, l'intervenante oblige, par ses choix didactiques (anticipation du nombre et des grandeurs de pailles a priori), le passage à l'action intériorisée par les élèves. Elle ne se réfère pas majoritairement aux actions concrètes comme le fait l'approche «classique».

5.4. Déroulement de l'unité 2 des leçons, correspondant à l'objectif des solides de révolution.⁵⁴

D'abord, exposons le déroulement général de cette unité pour l'approche «**action**». L'intervenante suit les indications données lors de la planification. Illustrons ici le déroulement de cette unité par quelques exemples d'échanges entre l'intervenante et les élèves qui démontrent l'orientation du questionnement, le passage à l'action intériorisée et l'explicitation des images mentales des élèves:

Extraits #7:

Intervenante-A (cas 2):... il y a l'axe de rotation, on le fait tourner autour de l'axe et on essaye d'anticiper ce que ça va donner... **Lynn**: la forme d'un diamant. **Intervenante-A**: un diamant, ça fait penser à un diamant. **Lynn**: comme une toupie (fait comme si elle tournait une toupie sur le pupitre). **Patrick**: moi, je vois le mouvement, je vois le losange là. Ben, un cône par-dessus, un cône en dessous... // **Anais**: comme un cône avec un autre cône... **Intervenante-A**: un cône avec un autre cône en dessous, et l'image est claire pour tout le monde aussi?...// ... **Intervenante-A** (cas 1): quand tu fermes les yeux c'est pour mieux voir dans ta tête comme ça. **Sébastien**: oui, oui. Ça me fait penser à une canette de coke.


Ces extraits montrent que l'intervenante pose des questions sur les images mentales des élèves. Lorsqu'un élève exprime ce qu'il voit mentalement, l'intervenante le répète ou reformule la réponse afin qu'il procède à une description plus détaillée de son image mentale. D'ailleurs, l'activité étant réalisée collectivement, les élèves sont amenés à expliciter leurs images mentales; interactions enrichissantes qui permettent aux élèves de faire évoluer leurs images mentales et accéder à une action intériorisée plus facilement.

Observons, en second lieu, le déroulement de cette deuxième unité pour la leçon «**classique**». L'intervenante demande aux élèves d'anticiper le résultat d'une rotation et elle donne au même moment le matériel aux élèves (figures en carton, paille, ciseaux et papier collant). Pour tous les cas envisagés, les élèves manipulent pour trouver la solution. Les diverses interventions de l'intervenante réfèrent à la manipulation ou à l'utilisation d'un dessin; de nouveau, l'action concrète semble primer sur l'action intériorisée. Voici quelques exemples tirés des transcriptions:

⁵⁴ Rappel de l'objectif: générer un cylindre ou un cône à partir de la rotation d'une figure autour d'un axe.

Extraits #8:

Intervenante-C: un triangle pour chacun si vous avez besoin de papier collant pour ... pour réfléchir... tiens coupe, coupe tout ce que tu veux... c'est à toi, papier collant, pour essayer d'imaginer...si tu as envie d'aller le dessiner pour essayer de voir...//... je vais essayer de dessiner ce que tu essayes de dire...tu veux recommencer, tu veux d'autres pailles, est-ce que tu veux coller?... fais comme tu veux, tu coupes, tu t'arranges, c'est à vous...si tu tords ton triangle... tu le tords pour quelque chose ou juste pour t'amuser?...//... vous pouvez prendre du papier collant pour voir qu'est-ce que ça pourrait donner... mais maintenant c'est sérieux j'ai besoin de voir (elle prend un triangle et trace l'axe de rotation avec une règle) je ne blague pas...

L'accent est ici mis sur l'action concrète de la part de l'intervenante (ex.: coupe, tord, dessine...) et lorsque l'intervenante traite de l'action intériorisée, elle revient à l'action concrète (ex.: pour réfléchir ou pour voir prend ton papier collant, pour l'imaginer, dessine-le). L'action intériorisée a été exploitée lorsque l'intervenante a posé la question sur la sphère (qu'est-ce qui engendre un sphère?), mais cette dernière a été posée, sans un réel prolongement, et les élèves ont répondu un cercle ou un demi-cercle et l'intervenante a proposé les autres cas de figure. Lors de la rencontre avec le premier groupe, un élève expose une rotation non anticipée par l'intervenante, ce qui vient modifier toutes les leçons «classique» suivantes. Ainsi, n'ayant anticipé que le cas où l'axe est sur un des côtés, un élève lui propose de mettre l'axe de rotation à l'intérieur de la figure, soit sur la médiatrice du grand côté de l'angle droit du triangle (). Pour trouver la solution à ce cas de figure, elle a recours spontanément au matériel, mais malgré cette manipulation, l'intervenante a dû aussi employer la visualisation. Donc, ce cas plus complexe que les autres lui demande un certain passage à l'action intériorisée. Elle décide de l'ajouter à sa planification pour les autres groupes. Toutefois, à l'intérieur d'une même leçon, elle passe d'un cas de figure à un autre : entre l'axe placé sur la médiatrice du grand côté de l'angle droit et sur la médiatrice de l'hypoténuse. Ces deux rotations ne donnant pas le même résultat, ceci a entraîné une confusion entre les élèves et l'intervenante, confusion qui s'est manifestée par un plus grand nombre d'interventions, de constructions et de difficultés de la part des élèves.

L'approche «classique» se caractérise sans aucun doute par l'action concrète (matériel et questionnement). De plus, l'intervenante encadre les élèves en leur donnant des choix et des pistes de résolution. Elle valide les réponses des élèves, par exemple, «oui c'est bien un cône» ou encore «une pyramide, très bien». Ce sont les mêmes interventions qui étaient impliquées lors de l'unité 1 pour cette approche.

5.5 Résultats de l'unité 2 des deux approches d'enseignement

Tout comme pour l'unité 1, nous reprenons systématiquement les tâches impliquées, le questionnement de l'intervenante et les types d'actions servant de points de repère pour l'approche d'enseignement.

5.5.1 Tâches impliquées dans les deux approches, pour l'unité 2

Tableau XIII. Tâches impliquées dans les deux approches, pour l'unité 2

	Leçon « action » Unité 2	Leçon « classique » Unité 2
- Tâches demandées:	20,3 tâches en moyenne par leçon Observation (33%) Recherche (30%) Description (21%)	40 tâches en moyenne par leçon Recherche (31%) Observation (24%) Construction (16%) Description (14%)

Pour l'approche «**action**», nous retrouvons les tâches d'observation, de recherche et de description; identifions comment se traduisent ces tâches. La tâche d'observation consiste à observer la figure et l'axe de rotation dessiné sur un carton pour anticiper le résultat de la rotation. Les élèves n'ont aucun matériel de manipulation en leur possession. Par contre dans deux groupes, l'intervenante présente concrètement la rotation de la figure complexe (cas 3) à l'avant et les élèves sont amenés à l'observer. La tâche de recherche se traduit par une anticipation du résultat de la rotation des différents cas présentés: «je vais vous présenter un carton et on va essayer d'anticiper le résultat d'une rotation... tu arrives à la faire tourner pour voir ce qu'il y a derrière, sur les côtés?». La description concerne le résultat de l'anticipation des élèves, autrement dit les images mentales des élèves: «est-ce que quelqu'un peut décrire ce qu'il voit?... il y en a qui le voit? Tu pourrais l'expliquer, pour voir si ça peut l'aider?».

Pour l'approche «**classique**», ce sont les tâches de recherche, construction, observation et description qui sont mises en évidence. Les tâches de recherche sont reliées à l'anticipation du résultat de la rotation, mais aussi à la recherche de cas similaires dans leur entourage. L'intervenante les amène à chercher des solides de révolution dans leur environnement; ainsi, les élèves doivent recourir à leurs connaissances/savoirs antérieures pour répondre à cette demande de recherche.

Extraits #9:

Intervenante-A: un losange que tu vois, c'est vrai, mais en trois dimensions? // ... c'est ça, et celui-là vous arrivez à vous l'imaginer tout de suite?... tu dis triangle, est-ce que tu as vu des objets en deux dimensions ou en trois? // ... donc ce côté-là, tu ne l'as pas considéré du tout? ... donc tout simplement vous l'enlevez; pour que ce soit plus facile pour l'imaginer, vous ne la considérez pas du tout... comment tu as fait pour le voir aussi vite?... quand tu fermes les yeux c'est pour mieux le voir dans ta tête comme ça...

Pour l'approche «classique», le questionnement prend une plus grande importance dans cette unité, en comparaison avec l'unité précédente (en moyenne, un peu plus qu'une question la minute). Il demeure fermé et il est maintenant davantage de type raisonnement. Les questions posées portent sur les résultats et difficultés des connaissances spatiales, principalement la visualisation. En voici quelques exemples:

Extraits #10:

Intervenante-C:...puis.. tu me dis deux cônes, l'un par dessus l'autre, le premier cône, il est où puis le deuxième cône, il est où? // ... ce point qui est au bout de ma paille là (montre avec une paille la pointe intérieure du triangle), il est où dans le cercle?// ... c'est un rectangle, j'ai mis un axe sur l'un des côtés du rectangle; si je tourne de 360° , ça engendre quoi?... est-ce que vous connaissez d'autres solides qui sont générés par la révolution d'une figure que vous pourriez m'expliquer ou dessiner au tableau?

Si nous comparons le questionnement des deux approches, nous remarquons que les deux portent sur les connaissances spatiales surtout la visualisation, mais d'une façon plus prononcée pour l'approche «action». Le rapprochement de questionnement des deux approches vers la visualisation peut s'expliquer par le choix de l'activité. L'activité des solides de révolution implique presque exclusivement une tâche de recherche correspondant à une anticipation du résultat de la rotation. Le résultat est difficile à obtenir concrètement. Il faut recourir aux actions intériorisées reliées aux connaissances spatiales et non aux connaissances géométriques pour résoudre cette tâche, d'où le rapprochement.

Il faut toutefois noter, que même si l'approche «classique» est, pour cette unité, orientée davantage vers les connaissances spatiales, 13% de ces questions sont consacrés aux connaissances/savoirs géométriques; questions que pose l'intervenante sur le résultat final souvent dessiné au tableau (ex.: ça c'est un trapèze? Un cône concave? Qu'est-ce qui est caractéristique dans une rotation?)

De plus, l'intervenante demande aux élèves de prendre la figure en carton, d'y coller l'axe de rotation en paille et d'observer la rotation, d'où l'importance accordée à la construction et l'observation pour cette unité. Enfin, les tâches de description ciblent le résultat de la rotation: «est-ce que tu arrives à essayer de décrire avec des mots qu'est-ce qui se passe? //... si on place l'axe au milieu, ça engendre quoi?».

La comparaison des tâches demandées entre les deux approches fait ressortir que la nature de l'observation n'est pas la même dans les deux cas. Pour l'approche «action», les élèves doivent observer un carton où est illustrée la rotation pour anticiper le résultat, alors que dans l'approche «classique», les élèves ont en main la figure et doivent observer la rotation concrète de la figure pour en arriver au résultat final. L'approche «action» se situe davantage au niveau des actions intériorisées que l'approche «classique» où les élèves peuvent voir concrètement la rotation se dérouler. De plus, aucune construction n'est demandée pour l'approche «action», alors qu'une construction systématique de la figure et de son axe de rotation est demandée pour l'approche «classique». L'approche «classique» se situe, par conséquent, davantage du point de vue de l'action concrète qu'intériorisée.

5.5.2 Questionnement impliqué dans les deux approches, pour l'unité 2

Tableau XIV. Questionnement posé par les deux approches, pour l'unité 2

	Leçon «action» Unité 2	Leçon «classique» Unité 2
- Questionnement:	32,3 questions en moyenne par leçon	38,3 questions en moyenne par leçon
Nature:	Fermé (86%) De raisonnement (57%)	Fermé (91%) De raisonnement (57%)
Contenu:	Connaissances spatiales (62%) Visualisation (57%) Résultat (55%) Difficultés (28%)	Connaissances spatiales (53%) Résultat (59%) Visualisation (35%) Difficultés (17%)

Le questionnement, pour la leçon «action», demeure une intervention centrale à son approche. Il est majoritairement fermé, factuel et de raisonnement confondus (en moyenne, trois questions la minute). Toutefois, les questions de raisonnement dominent les questions factuelles (ouverte et fermée confondues). Elles portent sur les difficultés et résultats reliés aux connaissances spatiales dont majoritairement la visualisation. Nous illustrons le questionnement par ces exemples:

5.5.3 Actions impliquées dans les deux approches, pour l'unité 2

Tableau XV. Actions impliquées dans les deux approches, pour l'unité 2

	Leçon «action» Unité 2	Leçon «classique» Unité 2
- Actions impliquées:	36 références à une action en moyenne par leçon Action intériorisée (56%)	42,5 références à une action en moyenne par leçon Action concrète (64%)

La leçon «**action**» valorise l'action intériorisée pour cette deuxième unité. Les extraits #7, p.114, et #9, p.118, cités plus haut montrent cette tendance, mais voici deux autres extraits illustrant les points de référence à l'action intériorisée de cette intervenante: «vous l'avez vu tourner dans votre tête? // ... tu as dit un cylindre tout de suite. Est-ce que tu le vois quand je présente le carton?». Les verbes «voir» et «tourner» peuvent faire référence à l'action concrète, mais en absence de l'objet et de son mouvement, ces derniers sont considérés comme des actions intériorisées puisque les élèves doivent effectuer la rotation mentalement et imaginer le résultat final.

La leçon «**classique**» fait davantage référence à l'action concrète, tout comme lors de l'unité précédente, mais de façon moins prononcée; il y a tout de même 30% des points de référence qui sont relatifs aux actions intériorisées (unité 1, seulement 5%). Ex. : quel est le solide engendré si vous tournez la figure suivante de 360 degrés autour de cet axe?). Les extraits #8, p.115, illustrent le type de référence relié à l'action concrète se dégageant de cette unité, mais présentons un autre extrait pour clarifier la référence à l'action concrète: «Intervenante-C:... je croyais que pendant que tu pliais ton triangle tu avais trouvé une solution qui, moi, m'avait paru claire... quand on le met comme ça (plie sa figure pour qu'elle se retrouve entièrement du même côté de l'axe...), est-ce qu'on voit bien la patte dont il parle? Je vais le coller correctement, je vais prendre du papier collant qui colle, voilà...».

Pour l'unité 2, l'approche «**action**» fait référence davantage à l'action intériorisée et l'approche «**classique**», davantage à l'action concrète, mais d'une façon moins accentuée que pour l'unité 1. Ceci s'explique par la nature de l'activité choisie qui implique nécessairement un certain passage à l'action intériorisée. L'approche «**action**» qui se situait déjà, pour l'unité précédente, dans un contexte d'action intériorisée effectue un passage complet (sans manipulation), alors que l'approche «**classique**», qui se situait davantage du point de vue de l'action concrète lors de l'unité 1, réalise un passage partiel à l'action intériorisée (avec manipulation).

5.6 Caractérisation de l'approche «action», pour l'unité 2

Présentons pour commencer un tableau synthèse illustrant les principaux éléments mis de l'avant dans cette analyse:

Tableau XVI. Caractérisation de l'approche «action», pour l'unité 2

Caractérisation de l'approche «action»
<p>L'intervenante-A:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✱ Globalement: reformule et répète les images mentales des élèves. ✱ Les tâches demandées sont l'observation, la recherche et la description. ✱ Le questionnement est important (32,3 en moyenne par activité et 3 en moyenne par minute). Il implique majoritairement des questions de raisonnement sur les résultats et difficultés des connaissances spatiales, plus spécifiquement la visualisation. ✱ Le point de référence est l'action intériorisée.

Pour cette unité, l'approche «action» reformule et répète les images mentales que génèrent les élèves pour anticiper le résultat de la rotation. Elle demande dans l'ordre, d'observer, chercher et décrire. Aucune manipulation n'est réalisée par les élèves, la recherche et la description prennent leur source dans les actions intériorisées liées aux connaissances spatiales et à la visualisation. Le questionnement vient renforcer cette tendance puisqu'il porte sur la visualisation des élèves. Enfin, les points de référence de l'intervenante font aussi appel aux actions intériorisées.

Tout comme dans l'unité 1, les choix didactiques de l'intervenante-A obligent le passage à une action intériorisée par les élèves (questionnement sur le processus mental et aucune manipulation).

5.7 Caractérisation globale de l'approche «action»

En conclusion, nous pouvons résumer le déroulement général des leçons «action» en affirmant les éléments suivants. L'intervenante respecte l'orientation du questionnement, axée sur les connaissances spatiales et l'action intériorisée. Nous observons le passage obligé à l'action intériorisée pour les deux constructions et la tâche de recherche (unité 1 et 2) où le matériel est absent. Enfin, les éléments identifiés lors de la planification de la leçon ressortent de façon globale ici.⁵⁵Voici un tableau récapitulatif des éléments conceptuels spécifiques à l'approche «action»:

Tableau XVII. Caractérisation de l'approche «action»

Unité 1 - Approche «action»	Unité 2 - Approche «action»
✘ Reformule, répète les images mentales des élèves et fait pratiquer la visualisation.	✘ Reformule et répète les images mentales des élèves.
✘ Les tâches demandées sont la description, la recherche, l'observation et la construction.	✘ Les tâches demandées sont l'observation, la recherche et la description.
✘ Le questionnement est important. Il implique majoritairement des questions de raisonnement sur les résultats et difficultés des connaissances spatiales dont la visualisation.	✘ Le questionnement est important. Il implique majoritairement des questions de raisonnement sur les résultats et difficultés des connaissances spatiales dont la visualisation.
✘ Le point de référence est l'action intériorisée.	✘ Le point de référence est l'action intériorisée.

Deux types d'interventions sont valorisés par l'intervenante-A: elle reformule et répète les images mentales explicitées par les élèves. Dans les deux unités, l'intervenante demande de décrire, chercher et observer, mais l'enchaînement des tâches n'est pas le même. Dans le premier cas, l'observation est à la fin et dans le deuxième cas, elle est la première tâche demandée. Les tâches de recherche impliquent une anticipation sans manipulation. L'approche «action» cible les connaissances spatiales, en particulier la visualisation, atteignant ainsi le but visé, et elle propose des activités complexes pour les élèves. Les résultats des élèves témoignent de cette difficulté. Par exemple, pour l'unité 1, un seul élève, sur dix-sept élèves, a réalisé la construction adéquate et aucun élève n'a anticipé les bonnes grandeurs de pailles. En opposition, l'unité 1 proposée par l'approche «classique» est simple pour les élèves de secondaire 3, puisqu'ils la réussissent tous, à une exception près.

⁵⁵ Mentionnons que la planification n'est pas écrite par la même personne qui l'expérimente; ce fait peut expliquer que les leçons sont reproduites fidèlement.

Ces différences dans les performances des élèves s'expliquent par les choix didactiques effectués par les deux intervenantes. L'approche «classique» donne une description très générale de la maison à construire, laissant place à plusieurs constructions possibles, alors que l'approche «action» donne une description très restrictive de la maison à construire, incluant plusieurs critères à tenir compte en même temps (ex.: longueur de la base par rapport à la hauteur des faces latérales du prisme et placement du sommet de la pyramide en rapport avec l'enlignement d'une arête montante du prisme). Un autre choix didactique vient complexifier cette tâche pour l'approche «action»: le matériel pour la construction ne leur est pas accessible. Les élèves doivent demander le nombre total de pailles nécessaires à la construction, avant même de commencer la construction. Une fois le bon nombre trouvé, ils doivent aussi prévoir les grandeurs des pailles dont ils auront besoin, pour répondre à la description selon trois grandeurs différentes. L'approche «classique», au contraire, donne accès au matériel dès la première lecture de la description au tableau et il est accessible tout au long de l'activité. Pour l'unité 2, la majorité des élèves n'ont pas trouvé les réponses spontanément; les discussions en grand groupe et la démonstration, occasionnelle, de la rotation les aide à trouver les solutions. Cependant, les élèves relevant de l'approche «classique» trouvent les solutions un peu plus rapidement que les autres.

Donc, par cette brève comparaison des performances des élèves selon les deux approches, pour les deux mêmes objectifs, et par l'analyse précédente des deux approches d'enseignement, nous observons qu'effectivement l'approche influence l'enseignement réalisé en classe et les apprentissages éventuels des élèves. L'approche centrée sur l'action met en évidence des tâches potentiellement pertinentes à explorer dans l'enseignement des connaissances spatiales (description, recherche et observation), le questionnement à valoriser (connaissances spatiales dont la visualisation) et les actions auxquelles l'intervenant doit se référer pour ce niveau scolaire (action intériorisée). L'approche «classique» s'éloigne de l'objectif de la leçon qui était de traiter des connaissances spatiales en réalisant un glissement vers les connaissances/savoirs géométriques et l'intervenante simplifie et concrétise les tâches reliées aux actions intériorisées (unité 2) en exposant des cas de figures plus simples et en fournissant du matériel aux élèves.

Cette caractérisation de l'approche «action» résume les résultats concernant les deux approches d'enseignement. Nous procédons, à ce moment, à l'analyse des comportements des élèves selon les deux approches d'enseignement et selon leur profil.

CHAPITRE VI

ANALYSE DES COMPORTEMENTS DES ÉLÈVES SELON LES DEUX APPROCHES ET LEUR PROFIL

CHAPITRE VI

Analyse des comportements des élèves selon les deux approches et leur profil

Cette troisième phase de notre analyse des résultats concerne les différents comportements des élèves. Elle va nous permettre de dégager ce qui semble propre aux profils des élèves ou ce qui semble relatif à une approche d'enseignement. Ainsi, cette section s'adresse à notre deuxième question de recherche:

«Comment se caractérisent (distinguent) les comportements, raisonnements et difficultés des élèves? Sont-ils dépendants du profil des élèves (enrichis, musiciens ou sportifs) ou de l'approche d'enseignement («action» ou «classique»)?».

Les activités créées dans le cadre des deux approches pour répondre aux deux objectifs fixés nous serviront de points de référence pour l'analyse: l'unité 1 reliée à la construction de la maison constituée d'un prisme et d'une pyramide à bases rectangulaires et l'unité 2 reliée aux solides de révolution (cône et cylindre). Pour chacune des unités, nous ciblerons, d'abord, les comportements généraux des élèves et ensuite, les comportements spécifiques des élèves, tels les outils de résolution valorisés, les difficultés rencontrées et le recours à la visualisation.

Cette analyse se déroule en trois temps. Premièrement, l'analyse de l'unité 1 portant sur la construction de la maison, pour les deux approches, d'abord de façon globale (6.1) incluant des extraits de leçons illustrant les principales interventions et ensuite plus spécifique (6.2) à l'aide de tableaux illustrant les résultats pour les deux autres rubriques de la grille d'analyse (outils de résolution et visualisation).

Dans cette section, nous élaborons aussi sur les différentes difficultés qu'ont éprouvées les élèves pour la première unité de la leçon. Cette analyse se termine par une caractérisation globale des comportements des élèves pour l'unité en question (6.3). Deuxièmement, nous procédons de la même manière pour l'unité 2, une analyse générale (6.4), une analyse sur des éléments précis de la grille (6.5) et enfin, une caractérisation des comportements des élèves pour cette deuxième unité (6.6). Pour la troisième et dernière étape de cette analyse (6.7), nous procédons à une comparaison des comportements des élèves selon leur profil, afin d'observer si ces derniers dépendent justement du profil des élèves ou davantage de l'approche d'enseignement mise de l'avant par l'intervenante. Notons que les tableaux générés pour cette analyse sont construits de la même façon que pour l'analyse des deux approches : nous codons chaque segment de leçon, ensuite nous reprenons chaque rubrique de la grille pour trouver le total de toutes les références à cette dernière et ensuite, nous calculons la fréquence de chaque critère à l'intérieur de chaque rubrique. Voici un exemple :

Tableau XVIII Exemple de codage du comportement des élèves

Analyse des comportements des élèves-patin	Interventions	Procédures	Indicateurs (gestuelle et visualisation)
460 // 8 sec. Les élèves regardent le carton où est illustré la figure et l'axe de rotation (triangle → 2 cônes)		2a-observe x 4 2j-Recherche x 4	
463 Roxane : un cône.		1b-Echec 2g-Vue globale	1c-Gesticule 2a-Présente
464 Lynn : ... ça va faire une espèce de losange en 3D.		1a-Réussite 2g-Vue globale	2a-Présente
465 Tiphaine : oui, c'est ça.	3b-Valide-élève	1a-Réussite	
468 Lynn : la forme d'un diamant.		2g-Vue globale	2a-Présente 3g-Évolutive

Les différentes interventions des élèves font partie de l'analyse des comportements généraux des élèves réalisée en premier lieu. Les procédures et les indicateurs sont inclus dans l'analyse spécifique des comportements des élèves. Par exemple pour le segment 465, l'élève valide la réponse de Lynn représentant la bonne solution, et au segment 468, l'élève utilise la vue globale pour trouver la réponse et non la vue des différents solides (ex. : deux cônes, un pardessus l'autre), nous pouvons dire que la visualisation est présente puisqu'elle fournit une réponse sans aucun recours à la manipulation et cette dernière est considérée évolutive (un espèce de losange en 3D... la forme d'un diamant).

En guise de conclusion, nous spécifions ce qui semble relié à l'approche d'enseignement ou aux profils des élèves pour les deux approches, «action» et «classique».

6.1 Comportements généraux des élèves lors de l'unité 1

Pour chacune des approches, nous identifions les performances des élèves, pour ensuite illustrer, par des extraits, les caractéristiques des interventions des élèves en commençant par l'approche «**action**». Suite à la lecture de la consigne, les élèves affirment que cette activité leur semble simple; ceci leur rappelle ce qu'ils faisaient au primaire ou même à la maternelle. Au secondaire, par contre, il n'est pas fréquent de construire des objets; l'enseignement est plutôt axé sur les représentations des solides comme l'analyse des manuels de ce niveau nous l'a indiqué. Parmi les dix-sept élèves soumis à cette approche, un seul a réalisé avec succès l'édifice (Denis - groupe enrichi) avec les bonnes grandeurs de pailles, mais il n'a toutefois pas demandé le bon nombre de pailles (deux de trop). Aussi, une équipe (Lynn et Tiphaine - patineuses) l'a presque réussie; elles ont bien dessiné la maison, mais elles ne l'ont pas bien construite (un des petits triangles de la pyramide était perpendiculaire à la base et non un des grands). Donc, 16/17 élèves n'ont pas réussi à anticiper les bonnes grandeurs de pailles et, en plus, 5/17 n'avaient pas le bon nombre de pailles.

Les résultats des élèves démontrent que cette activité de l'approche «**action**» reste complexe; un seul élève a réussi à anticiper les bonnes grandeurs de pailles et presque le tiers n'a pas réussi à anticiper le bon nombre de pailles. Elle oblige un passage à une action intériorisée puisqu'aucun matériel n'est fourni avant la détermination du nombre de pailles pour la totalité de la construction: les élèves doivent anticiper l'allure de la maison pour demander tout le matériel nécessaire avant même que commence la construction. Ce passage semble ici rester partiel pour plusieurs élèves (16/17 échecs pour la construction et 5/17 échecs pour le nombre de pailles). Notons que deux solutions étaient considérées bonnes, soit 16 pailles (les deux solides formant un tout) et 20 pailles (deux solides séparés superposés). Le haut taux d'échec à cette activité se manifeste aussi dans les différentes interventions des élèves où ils expriment fréquemment leurs difficultés:

Extraits #11:

Tiphaine: parce que moi, quand je vois l'image, ça clique tout de suite, mais l'avoir par écrit, c'est plus compliqué. // ... **Anaïs:** (elle remarque qu'il reste une paille) oh, non, on va en avoir de trop... **Sébastien:** on n'a pas compris l'arête je pense... **Martin:** je regarde ça là (la description), et puis moi j'voyais rien... **Anaïs:** mais c'est dur parce que regarde c'est long comme texte là, c'est parce qu'il y a toutes ces lignes, mais ça fait rien que des mots de fil, c'est dur quand qu'il y a des choses rien qu'avec un texte.

La majorité des interventions réalisées par les élèves de l'approche «action» pour cette unité sont dans le but d'exprimer leurs difficultés. La nature de leurs difficultés sera explorée plus loin dans cette analyse, mais pour le moment, nous pouvons affirmer que cette activité est complexe pour les élèves.

Une tout autre situation se présente, pour cette unité lors de l'approche «classique»: la tâche est simple pour les élèves puisqu'ils l'ont tous réussie; il y a seulement un élève (Pierre - groupe sport-étude) qui a d'abord construit un prisme à base rectangulaire pour le toit qu'il a modifié, par la suite, grâce à une intervention d'un autre élève. Donc, 14/15 élèves réussissent l'activité en construisant un prisme à base rectangulaire pour la base et une pyramide droite pour le toit (l'élève qui ne l'a pas réussie, corrige très rapidement son erreur). Certains ont même construit d'autres accessoires comme une porte, un paratonnerre ou un arrosoir.

Pour l'approche «classique», les principales interventions des élèves peuvent s'illustrer comme suit:

Extraits #12:

Clara: tu commences avec quatre, puis tu dis ah non, c'est pas un cube, c'est bien un prisme rectangulaire... il s'agit plutôt de deux cubes qu'un rectangle... ma première idée c'était de faire comme ça... mais je pensais que j'avais pas assez de support, que mon prisme tomberait en érigeant mon toit, alors j'ai mis des supports des deux côtés, ça fait comme deux cubes... // **Richard:** moi, je dis que j'ai suivi la consigne... **Catherine:** ah mais ça aurait été facile de le faire sans plafond... **Richard:** oui, c'est vrai, mon ami Stéphane a raison... un prisme pentagonal. **Catherine:** c'est pas pentagonal. // **Éric:** hey, c'est parce que c'est pas,... c'est pas une pyramide ça! (il regarde la construction de Pierre)

Ces extraits présentent les interventions des élèves les plus fréquentes. Les élèves interviennent dans le but d'exprimer leur opinion, comme en témoignent les premières répliques de Richard et Catherine. Tout comme Clara, les élèves expriment souvent une façon de faire, un procédé, et ils vont même jusqu'à valider ou invalider les réponses des autres, comme le font Richard, Catherine et Éric.

Si nous comparons globalement les deux approches, nous remarquons des différences: le taux de réussite n'est pas le même et les comportements des élèves non plus. Cette unité fait appel au même objectif pour les deux approches, mais comment expliquer les écarts dans les taux de réussite, 1/17 pour l'approche «action» et 14/15 pour l'approche «classique»?

Dans les deux cas, les intervenantes demandent aux élèves de construire une maison composée d'un prisme et d'une pyramide, mais les ressemblances entre les deux activités s'arrêtent là. Les deux intervenantes n'ont pas exploité cette activité de la même manière. Réalisons un bref retour sur leur approche d'enseignement:

- L'intervenante-A propose aux élèves une description complexe de la maison à construire (ex.: une arête de la pyramide dans le prolongement d'une arête latérale du prisme) et, en plus, elle demande une anticipation du matériel à utiliser pour la construction (nombre et grandeur des pailles nécessaires).
- L'intervenante-C propose aux élèves une description simple et donne accès au matériel dès le début de l'activité.

Un facteur important jouant sur la réussite des élèves à cette activité réside dans le fait que l'approche «classique» présente une consigne simple, où les élèves peuvent produire une grande variété de pyramides et de prismes adéquats puisqu'aucune restriction n'est précisée dans la consigne, et où il n'y a aucun travail d'anticipation qui est exigé de la part des élèves puisque le matériel est accessible en tout temps. Les différences sont reliées aux choix didactiques des intervenantes (consignes et matériel).

Enfin, au niveau des interventions, nous observons que les élèves de l'approche «action» expriment beaucoup plus leurs difficultés que les élèves de l'approche «classique»; ceci s'explique par ce qui précède: les élèves de l'approche «classique» ayant peu de difficultés face à cette activité ne peuvent en manifester plusieurs, alors que ceci est tout à fait l'inverse pour l'approche «action». Pour l'approche «classique», les élèves expriment leurs opinions, leurs façons de faire et ils valident ou invalident les réponses des autres. Le fait de valider ou invalider les différentes réponses peut découler de la présence du même comportement chez l'intervenante-C. Cette intervenante valide fréquemment les réponses des élèves et cela semble amener les élèves à valider leurs réponses entre eux. Nous ne retrouvons pas ce comportement chez l'intervenante ou les élèves de l'approche «action».

Ces commentaires généraux étant précisés, abordons l'analyse plus spécifique des comportements des élèves, à l'aide des trois éléments retenus.

6.2 Résultats des comportements des élèves pour l'unité 1

Cette section de l'analyse cible trois éléments de notre grille faisant ressortir les principales caractéristiques des comportements des élèves. Les outils de résolution, les difficultés ainsi que le recours à la visualisation sont les éléments à l'étude dans cette analyse. Ils ont été choisis puisqu'ils représentent des éléments pertinents nous permettant d'émettre des pistes de réponses à notre deuxième question de recherche.⁵⁶

6.2.1 Outils de résolution pour l'unité 1

Voici les principaux outils que valorisent les élèves, des deux approches, pour cette première unité. Mentionnons que les pourcentages illustrés représentent la fréquence de chacun des outils de résolution par rapport au total des outils employés, regroupant treize différents outils. Nous présentons les outils de résolution qui se démarquent des autres et qui viennent ainsi caractériser leur moyen de résolution, mais pour une vision plus globale des procédures des élèves pour cette unité, consultez l'appendice 16, p. 230.

Tableau XIX Outils de résolution pour l'unité 1, selon les deux approches

	Leçon « action » Unité 1	Leçon « classique » Unité 1
- Outils de résolution:	22,5 outils de résolution en moyenne par leçon Va-et-vient (20%) Observation (17%) - Construction (16%) Recherche (14%)	13,3 outils de résolution en moyenne par leçon Construction (32%) Comparaison (24%) Identification (14%) – Reconstruction (13%)

Pour l'approche «**action**», les élèves font souvent des allers-retours entre la consigne et leur construction (va-et-vient). Ceci se traduit par des retours fréquents à la description écrite du solide à construire et la construction en cours (ex.: «Denis: je me suis peut-être trompé dans les grandeurs, je vérifie là» (après avoir terminé la base, il réfléchit en regardant la description)). Les élèves ont recours à l'observation au moment où ils doivent construire la maison qu'ils voient mentalement et lorsque l'intervenante leur demande de comparer leur construction à celle désirée, qu'elle présente à la classe et qui est, en tout temps, différente de la leur, à une exception près.

⁵⁶ Nous avons inclus les grilles d'analyse complètes en annexe (appendice 15, p.228) pour fin de consultation. Tout comme pour les grilles développées pour l'approche d'enseignement, nous considérons que l'analyse des grilles complètes pour les élèves est trop lourde à présenter. Nous avons sélectionné les critères visés plus spécifiquement par nos questions de recherche.

Bien entendu, les élèves réalisent une construction d'un prisme et d'une pyramide constituant la maison demandée, il n'y a pas d'autres types de constructions exigées par cette activité. Les élèves sont dans un mode de recherche surtout au début de l'activité lorsqu'ils doivent anticiper le nombre et la grandeur des pailles. Cette étape demande en moyenne quatre minutes de réflexion (entre 1:30 et 12 minutes). Dans ce laps de temps, les élèves sont amenés à imaginer le solide construit, dénombrer le nombre de pailles ainsi que leurs grandeurs (action intériorisée); cette réflexion ne se fait pas directement ni sans difficulté. Durant cette période de réflexion, les élèves gesticulent beaucoup pour se représenter l'allure de la maison et pour la communiquer aux autres; ils lisent la description et gesticulent en regardant dans les airs.

Pour l'approche «classique», les élèves ont recours surtout à la construction comme moyen de résolution. La construction de la maison représente l'action principale qu'ils ont à réaliser. Durant la résolution, les élèves comparent leurs constructions:

Extraits #13:

Stéphanie: la tienne est toute croche. // ... **Clara:** la seule différence entre la sienne et la mienne, c'est que la mienne en a six, elle a plus de support; la sienne, elle n'en a que quatre, alors c'est moins solide, mais dans le fond, elle a fait la même affaire; elle aussi a son prisme à base rectangulaire, puis sa pyramide à base rectangulaire, ce qui fait que c'est bon pareil.

Par la comparaison, les élèves tentent de savoir si leur construction est la bonne. Ils tentent de valider leurs réponses. Ils procèdent aussi par identification des solides à construire. Par exemple: «Martine: c'est à base rectangulaire, ici c'est un carré.// ... Éric: ben, la base c'est un rectangle. // Stéphane: donc c'est un prisme irrégulier... ça va s'appeler *Alaintine* (en référence à l'élève s'appelant Alain, qui trouva le solide)». Ce besoin d'identifier les éléments par leur nom géométrique peut découler du comportement de l'intervenante qui insiste sur la terminologie géométrique. En plus de la construction comme principal outil de résolution, les élèves utilisent la reconstruction pour arriver à leur fin (ex. : si je n'avais pas mis de pailles ici...je vais essayer) et cela est d'ailleurs encouragé par l'intervenante exigeant une rigueur et une concrétisation des avancées.

Le parallèle des outils de résolution employés par les élèves des deux approches montre qu'ils diffèrent, sauf pour la construction qui est commune aux deux. Les élèves de l'approche «action» doivent chercher le nombre de pailles nécessaires à la construction, ce que ne doivent pas réaliser les élèves de l'autre approche «classique».

La description pour l'approche «action» étant complexe, les élèves doivent y revenir à plusieurs reprises durant leur résolution; ce qui ne se retrouve pas chez les élèves de l'approche «classique» ayant une description plus simple. Les élèves de l'approche «action» doivent recourir à l'observation pour comparer leur construction avec celle désirée; cette comparaison, impliquant l'image mentale de la maison et la maison réelle, n'est pas demandée par l'autre intervenante étant donné le haut taux de réussite (aucune comparaison n'est nécessaire), mais elle leur demande plutôt de comparer la construction obtenue par rapport à la définition géométrique visée. Enfin, les élèves de l'approche «classique» sont portés à identifier et reconstruire leurs solides et à comparer leur construction afin d'en assurer la validité. Nous expliquons ces comportements par ceux valorisés par l'intervenante (terminologie et validation des réponses); nous ne retrouvons pas, de façon significative, ce comportement chez les élèves et l'intervenante de l'approche «action». Les distinctions spécifiées jusqu'à présent sur les comportements des élèves laissent envisager des divergences aussi au niveau des difficultés rencontrées chez les élèves pour les deux approches.

6.2.2 Difficultés des élèves pour l'unité 1

Les élèves de l'approche «**action**» ont de la difficulté à imaginer d'abord la maison en tenant compte de toutes les caractéristiques décrites et ensuite, à anticiper la répartition des différentes grandeurs de pailles. Allant dans le même sens, les élèves ont de la difficulté à s'imaginer les répercussions d'une caractéristique du solide sur son allure globale (si une arête est perpendiculaire, de quelle grandeur sont les autres pailles?). D'autres difficultés sont reliées à la notion même de pyramide (une pyramide typique a son sommet au centre) ou à une confusion entre la pyramide à base triangulaire et le prisme à base rectangulaire. Ces difficultés se traduisent par une réflexion plus longue et des échanges plus nombreux pour l'anticipation de la forme de la pyramide. Tiphaine et Lynn semblent comprendre l'idée du triangle perpendiculaire, mais elles n'arrivent pas à former la pyramide; ce critère semble venir en contradiction avec leur conception de pyramide. La majorité des équipes s'attarde à la description de la pyramide avant de la construire et finit par construire une pyramide droite (ils n'ont pas prévu les différentes longueurs de pailles). Les extraits #11 (p.131) illustrent certaines de ces difficultés. Six élèves ont aussi eu de la difficulté à coordonner l'aspect vertical du prisme (les rectangles latéraux doivent être plus grands que ceux de la base) et l'assemblage avec la base de la pyramide.

En ce qui concerne l'approche «classique», les élèves éprouvent peu de difficultés. Les difficultés des élèves sont reliées à la manipulation du matériel: avec les cure-pipes ou la longueur des pailles. En voici quelques exemples:

Extraits #14:

Vincent: ben, les côtés ne sont pas égaux (il change sa construction). // ...
Catherine: c'est peut-être parce que tes pailles sont pas toutes de la même longueur...
Marie-Ève: ben parce que le plafond, il fallait que je mette ça, là j'arrivais pas à le mettre. // ...
Eric: Non, parce que j'les ai pris et je les ai mis là. Je ne savais pas qu'il y en avait à trois (il montre la base du prisme qu'il a construit avec des cure-pipes à quatre branches au lieu de trois branches).

Vincent et Catherine expriment des difficultés dans la manipulation des pailles (si les pailles ne sont pas égales, la construction est croche) alors que Marie-Ève et Éric expriment des difficultés reliées à la manipulation des cure-pipes.

Les différences d'orientation et de complexité des activités présentées dans les deux cas entraînent des différences notoires dans les difficultés des élèves. Alors que les difficultés des élèves se rapportant à l'approche «classique» se situent au niveau des manipulations à réaliser, les difficultés des élèves se rapportant à l'approche «action» résident dans la nature et la quantité d'informations à retenir ainsi qu'à une confrontation des propriétés géométriques et des connaissances spatiales. Malgré le fait que 12 des 17 élèves ont prévu le bon nombre de pailles, aucun d'entre eux a anticipé les bonnes grandeurs de pailles et donc ils n'ont pas généré la bonne construction. Un seul élève a généré la bonne solution, sans toutefois demander le bon nombre de pailles. Pour anticiper les grandeurs de pailles adéquates, il faut d'abord reconnaître quel type de solide est décrit par écrit et ensuite l'imaginer mentalement pour attribuer, à chacune des caractéristiques données, une image du solide. La difficulté de l'activité réside dans la visualisation de toutes les arêtes du solide afin de répondre à la description, alors que ce passage est, de loin, simplifié avec l'approche «classique» par le choix de la description.

6.2.3 Visualisation des élèves pour l'unité 1

La visualisation est le dernier point que nous traitons dans cette analyse de l'unité 1. Avant d'étudier les résultats, il faut préciser que nous nous sommes fiée aux éléments manifestes pour identifier la présence et la nature de la visualisation des élèves. Les élèves devaient exprimer leurs images mentales pour qu'elles soient comptabilisées. Ainsi, il se peut que les élèves utilisent une visualisation, mais qu'elle ne soit pas explicitée sous une forme ou une autre. Observons les résultats spécifiques à cette unité.

Tableau XX. Visualisation des élèves pour l'unité, selon les deux approches

	Leçon « action » Unité 1	Leçon « classique » Unité 1
- Visualisation	28,3 fois en moyenne par leçon Statique (22%) Cinétique (14%) Non-immédiate (11%)	0,3 fois en moyenne par leçon (1 seule fois avec le groupe sport-étude)

Pour l'approche «**action**», les élèves expriment fréquemment leur emploi de la visualisation (plus d'une fois la minute, puisque l'activité dure en moyenne 20 minutes). La visualisation est souvent statique, impliquant des images statiques comme des solides (ex.: ça donne un prisme... une maison en pailles.) et parfois cinétiques, impliquant des objets en mouvement (ex.: Intervenante-A: Est-ce que tu peux voir la maison tourner, à présent, dans ta tête? Paul : oui, mais le côté droit est plus difficile à conserver.). Elle se qualifie de non-immédiate, c'est-à-dire que l'image mentale peut être floue au départ, ne pas être complète dès le départ ou même être erronée (ex.: «Elsa: On l'avait lu, mais je n'imaginai pas ça.// ... Anaïs: C'est dur quand tu lis, même c'est vraiment dur à voir. // Lynn: j'imaginai une maison ordinaire»).

Pour l'approche «**classique**», l'utilisation de la visualisation ne s'exprime qu'une seule fois avec le groupe sport-étude, en voici l'extrait: «Intervenante-C: Si on avait construit la maison en enlevant ça (elle pointe une des arêtes du plafond, lien entre la pyramide et le prisme) vous imaginez... An: oui.». Par cet extrait, nous observons que l'élève semble imaginer le solide demandé, mais sans plus. Nous ne pouvons pas la caractériser, puisque l'intervenante n'a pas poursuivi le questionnement voulant expliciter l'image mentale de l'élève (qu'est-ce que tu vois? Il est comment le solide? Tu le vois en trois dimensions?...). Cette seule manifestation de la visualisation reste très ponctuelle et nous ne pouvons en déduire d'observation significative.

Ici encore, des différences notoires entre les deux approches sont exposées. L'utilisation de la visualisation a été imposée par l'approche «**action**», en excluant la présence de tout matériel de manipulation au départ; cette étape ne fait pas partie des choix didactiques de l'intervenante-C où les élèves sont amenés à construire directement la maison à partir de la description. Ainsi, nous attribuons la divergence, dans l'emploi de la visualisation par les élèves, à ce choix didactique de l'intervenante. Ce contexte montre aussi que les élèves n'expriment pas leurs images mentales, si l'intervenante n'y fait pas explicitement référence. Ce dernier point spécifique des comportements des élèves pour l'unité 1 nous conduit à une caractérisation plus globale de ces derniers.

6.3 Caractérisation des comportements des élèves pour l'unité 1

Nous présentons un tableau synthèse illustrant les points précédents, nous servant de point de référence pour cette caractérisation.

Tableau XXI. Caractérisation des comportements des élèves pour l'unité 1, selon les deux approches


	Leçon «action» Unité 1	Leçon «classique» Unité 1
- Performance:	1/17	14/15
- Interventions:	Expriment difficultés	Expriment opinion, façon de faire Valident ou invalident les rép.
- Outils de résolution:	22,5 outils de résolution en moyenne par leçon Va-et-vient (20%) Observation (17%) - Construction (16%) Recherche (14%)	13 outils de résolution en moyenne par leçon Construction (32%) Comparaison (24%) Identification (14%) – Reconstruction (13%)
- Visualisation	28,3 fois en moyenne par leçon Statique (22%) Cinétique (14%) Non-immédiate (11%)	0,3 fois en moyenne par leçon (1 seule fois avec le groupe sport-étude) -

Pour l'approche «action», nous pouvons résumer en mentionnant que l'activité est complexe pour les élèves, qu'ils éprouvent et expriment plusieurs difficultés. Ces difficultés sont reliées à l'anticipation de l'allure de la maison à construire et à ces composantes, en termes de nombre et surtout de grandeurs de pailles. L'activité proposée les amène à une recherche par le biais d'une anticipation, de plus, la complexité de la description impose un va-et-vient entre cette dernière et la construction en cours. Nous pouvons remarquer que les élèves ont recours à la visualisation, qui est souvent statique, cinétique et parfois non-immédiate. Ainsi, toutes les caractéristiques qui distinguent les comportements des élèves de cette approche avec l'approche «classique» résident dans les choix didactiques pris par l'intervenante. Le choix de demander aux élèves d'anticiper le nombre et la grandeur des pailles pour la construction vient obliger ces derniers à chercher et visualiser la maison à obtenir; cette première étape de la résolution des élèves vient effectivement complexifier la tâche. Enfin, le choix de présenter des descriptions très spécifiques, impliquant plusieurs propriétés à tenir compte dans la composition des solides, demande une visualisation très précise de la maison à réaliser; ce qui s'est avéré complexe pour les élèves.

Pour l'approche «classique», les élèves semblent aussi influencés par l'approche valorisée par l'intervenante. Celle-ci valide les réponses des élèves et oriente son questionnement sur la terminologie géométrique et les élèves valident ou invalident les réponses des autres. L'accent est mis sur la construction et la comparaison. Les élèves comparent et identifient leurs constructions entre-elles, durant la réalisation, dans le but d'obtenir le bon résultat (celui attendu par l'intervenante). En terminant, il faut mentionner que les choix didactiques de l'intervenante (description et matériel) ne valorisent pas l'utilisation de la visualisation. Les élèves réussissent très bien la construction sans l'exploitation marquée de la visualisation.

L'unité 2 implique d'autres tâches et choix didactiques de la part des deux intervenantes. Nous examinons, maintenant, les comportements des élèves qui en ressortent. Ainsi, nous dégagerons d'autres divergences ou ressemblances entre les deux approches.

6.4 Comportements généraux des élèves lors de l'unité 2

Pour l'approche «action», tous les élèves réussissent les cas de figure présentés, mais le cas 3 :  reste le plus complexe à générer. Trois élèves le trouvent spontanément, alors que sept élèves n'arrivent pas à le voir au départ (total:17 élèves). Les élèves ne voient pas toujours le résultat dès le début, mais les discussions en grand groupe permettent aux élèves de partager ce qu'ils voient dans leur tête et ainsi faire évoluer leurs images mentales. D'ailleurs, étant donné que l'activité est collective, il nous est plus difficile de déterminer la réussite de chacun: les élèves éprouvant des difficultés ont plutôt tendance à se taire dans de telles circonstances. Nous pouvons, toutefois, observer qu'après une discussion, les élèves trouvent la bonne solution à quelques exceptions près. Nous illustrons le type de discours que les élèves mènent durant cette activité venant caractériser leurs interventions:

Extraits #15:

Charles (cas 3): ... fais tourner la grande... mettons la base là, si on regarde le triangle à la verticale de même... ça va passer par-dessus l'autre moitié, ce qui fait que l'autre côté, on ne le verrait pas. // **Tiphaine**: mais dans le fond, si on regardait juste la surface, tu sais tourner vite vite vite vite vite, et ben ça ressemblerait peut-être comme un cylindre ... même quand qu'il y a pas de petit triangle, la ligne droite là, ça va faire le tour pareil, ce qui fait que ça va faire un cylindre pareil... // **Lynn**: un cylindre avec un trou comme ça (montre avec ses mains un cône)... **Intervenante-A**: un cylindre dont il manquerait une partie. **Tiphaine et Lynn**: oui. // **Intervenante-A**: ... c'était juste en deux dimensions que tu le voyais? **Patrick**: c'est ça...

Parmi les principales interventions des élèves, nous observons qu'ils expriment leurs opinions et leurs façons de faire, comme le font Charles et Tiphaine dans les premiers extraits présentés. De plus, les élèves valident les réponses données par l'intervenante. Ce critère découle du comportement de l'intervenante qui est portée à reformuler et répéter les réponses des élèves. Autrement dit, les élèves valident leurs propres réponses. Les derniers extraits entre l'intervenante, Lynn et Patrick illustrent ce type d'échange. Sinon, les élèves expriment leurs difficultés; des exemples de difficultés énoncées par les élèves sont présentés lors de l'analyse spécifique sur les difficultés.

À présent, examinons les comportements des élèves pour l'approche «classique». Premièrement, tous les élèves trouvent les solutions aux cas envisagés lors de la planification de l'intervenante plutôt facilement (rapidement). Le cas ajouté (cas 3, plus haut) cause problème, la discussion vient alimenter la recherche de la solution. Lors de la première mention de ce cas, dans le groupe sport-étude, les élèves et l'intervenante sont arrivés à la conclusion que cela donnait quelque chose de bizarre, un cylindre «effoiché», un solide qui n'a pas de nom. Dans les groupes qui suivent, trois élèves ne réussissent pas, même suite aux échanges en grand groupe. Outre le cas ajouté, cette activité reste simple pour les élèves. Le profil des interventions de ces élèves ressemble à celui identifié lors de l'unité 1: les élèves valident ou invalident les réponses des élèves ou de l'intervenante, ils expriment leurs opinions et leurs façons de faire. Un autre type d'intervention vient s'ajouter, soit l'expression de leurs difficultés. Étant donné que la présentation du cas 3 est plus complexe, les élèves expriment certaines difficultés. Ainsi, des difficultés sont rencontrées lors du traitement du cas complexe, mais aussi dans la manipulation du matériel ou dans l'illustration du résultat à l'aide d'un dessin. Des exemples de ceci seront apportés lors de l'analyse des difficultés, section 6.5.2, p.144.

Si nous comparons les comportements des élèves pour cette unité, nous remarquons qu'ils sont plus semblables d'une approche à l'autre que pour l'unité 1. Pour les deux approches, les élèves réussissent les cas présentés, sauf le cas 3 de l'approche «classique» qui nécessite une discussion collective pour le réussir. Au niveau des interventions, elles sont aussi semblables (expriment leurs façons de faire, opinions et difficultés), mais les élèves se rapportant à l'approche «classique» continuent à valider ou invalider les réponses des élèves. Les élèves de l'approche «action» valident de façon plus marquée les réponses de l'intervenante, répétant leurs solutions.

6.5 Résultats des comportements des élèves pour l'unité 2

Les trois comportements analysés pour cette deuxième unité sont les mêmes que pour l'unité précédente, soit les outils de résolution, les difficultés des élèves et la visualisation. Les tâches choisies par les intervenantes ainsi que les choix didactiques n'étant pas les mêmes, nous pouvons nous attendre, de nouveau, à des divergences entre les deux approches.

6.5.1 Outils de résolution pour l'unité 2

Dans notre grille, nous identifions treize outils de résolution, mais nous présentons seulement ceux qui reviennent le plus souvent chez les élèves, pour les deux approches. Voici les plus fréquents:

Tableau XXII. Outils de résolution pour l'unité 2, selon les deux approches


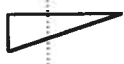


	Leçon « action » Unité 2	Leçon « classique » Unité 2
- Outils de résolution:	63 outils de résolution en moyenne par leçon Vue globale (27%) Observation (25%) Recherche (23%)	106 outils de résolution en moyenne par leçon Recherche (23%) Vue par partie (15%) - Vue globale (14%) Observation (13%) Construction (11%)



Pour l'approche «**action**», les élèves peuvent exprimer le résultat en traitant séparément les différentes parties du solide ou en traitant le résultat comme un tout (une forme globale) puisque le résultat des rotations représente un solide tronqué ou une composition de plusieurs solides assemblés. Les élèves ont plutôt employé la deuxième méthode traitant le résultat comme un solide unique. Lorsque les élèves mentionnent des solutions comme celles qui suivent, nous les qualifions de vue globale: «Charles: comme un cylindre. François: concave. // Tiphaine:... un losange en 3D. Lynn: une toupie.» Les élèves ont recours aussi à l'observation comme moyen de résolution. Cette étape se traduit par une observation d'un carton illustrant la figure et l'axe de rotation. À partir de cette observation, ils doivent anticiper le résultat de la rotation demandée. Cette deuxième étape s'intègre dans les moyens de recherche.

Pour l'approche «classique», nous retrouvons une plus grande diversité d'outils. D'abord, les élèves sont le plus souvent conduits à chercher le résultat d'une rotation et, lors de la présentation du dernier cas, l'intervenante ouvre la porte vers les objets de la vie courante où elle les amène aussi à chercher des cas possibles. À ce moment, la recherche ne relève plus d'une anticipation d'un résultat d'une rotation, mais elle relève des connaissances antérieures des élèves (de leur identification à des cas similaires dans leur environnement, ex.: une bouteille de vin, un pot de fleurs). Les élèves ont recours à deux types de recherche, anticipatrice et reproductrice. Outre la recherche, les élèves expriment leurs résultats autant en terme global que par partie. Ainsi, certains élèves diront qu'ils voient une toupie et d'autres diront qu'ils voient deux cônes, un par-dessus l'autre. Parmi ces deux façons, aucune ne semble être valorisée. Enfin, pour cette approche, les élèves doivent observer et manipuler. Ils doivent prendre la figure en carton, construire l'axe de rotation, observer la figure tourner devant eux et donner le résultat de la rotation.

Malgré le fait que les outils de résolution des élèves de l'approche «action» semblent aussi se retrouver chez les élèves de l'approche «classique», nous constatons que leur nature n'est pas la même. L'observation se limite à celle d'un carton fixe pour l'approche «action», alors qu'elle s'étend à la rotation concrète de la figure pour l'approche «classique». La recherche se limite à l'anticipation de la rotation pour l'approche «action», alors que celle de l'approche «classique» implique aussi un parallèle des solides de révolution qui se retrouvent dans l'environnement des élèves. Enfin, les élèves de l'approche «classique» doivent réaliser une construction, alors que les autres doivent baser leur anticipation sur l'observation d'une image fixe sur un carton. Les différences au niveau des outils de résolution relèvent des choix didactiques de chacune des intervenantes: l'intervenante-A présente la rotation uniquement sur carton, alors que l'intervenante-C la présente concrètement à l'aide d'une manipulation de matériel et elle ouvre la porte aux objets de la vie courante, ce que ne fait pas l'intervenante-A. Ces choix didactiques orientent les outils de résolution employés par les élèves.

6.5.2 Difficultés des élèves pour l'unité 2

De façon générale, pour l'approche «**action**», nous remarquons que l'inclinaison de l'axe et/ou de la figure et leurs positions viennent effectivement complexifier la tâche d'anticipation des élèves. Par exemple, ceci:  est plus complexe que ceci:  et ceci:  est plus complexe que ceci: .

Ainsi, ce qui semble difficile pour les élèves dans cette activité est le cas où il y a une partie restante de la figure de l'autre côté de l'axe de rotation, surtout si les deux parties de la figure ne sont pas symétriques. Par exemple, ceci:  est complexe et ceci:  est simple. Il y a des élèves qui ne réalisent pas le passage à l'espace en trois dimensions, soit qu'ils voient seulement le symétrique de la figure ou encore qu'ils fassent tourner la figure sans voir le résultat (ex.: un drapeau dans le vent). Les élèves peuvent tout simplement avoir des lacunes au niveau de leur visualisation, qu'elle soit absente ou qu'ils n'arrivent à voir qu'une partie du résultat. Enfin, la position verticale pour l'axe de rotation est la plus simple. Voici quelques exemples d'interventions d'élèves identifiant leurs difficultés:

Extraits #16:

Roxane: ben, ça fait... (elle ri), ça fait... tu sais je ne l'ai pas dans ma tête là, mais... moi ça tourne... // **Julie:** ben, quand qu'il a des formes comme ça, j'ai plus de difficulté que quand c'est un carré ou un rectangle... **Sébastien:** je ne le vois pas là, là je suis pas capable... moi je pense que je sais peut-être. À cause qu'il y a pas un fond carré genre tu sais, tu peux pas le tenir installé, il va tomber tout le temps. // **Paul:** à cause du petit bout de triangle qui s'en va par là. // **Lynn:** moi, c'est le bout qui dépasse... **Tiphaine:** c'est l'axe qui est dans le milieu.

Pour l'approche «**classique**», nous remarquons qu'il est parfois difficile pour les élèves d'imaginer le résultat, que l'axe de rotation ne coupant pas la figure symétriquement pose problème, que le vocabulaire géométrique relié à la description du solide obtenu ainsi que la manipulation du triangle et de la paille peuvent aussi provoquer des erreurs (mauvaise appellation du solide résultant ou mauvais placement de la paille par rapport à la figure):

Extraits #17:

Catherine: ça peut pas donner un cône, parce que si ça donne un cône, on aurait dû le mettre ici (changer l'emplacement de l'axe)... **Richard:** moi, sérieux, qu'est-ce que je vois là, c'est une paille avec deux triangles... je suis pas capable de rien voir là... // **Stéphanie:** (elle continue à faire tourner le triangle dans ses mains, mais elle semble un peu découragée. Elle ne semble pas le voir du tout)... Il y a quelque chose qui ne marche pas. J'ai besoin d'un crayon (pour voir). // **Éric:** (cas 3) ça va donner une forme irrégulière parce que c'est pas un triangle... irrégulier. Heu régulier. C'est un triangle scalène ce n'est pas normal. Ça va donner une forme irrégulière (pourtant, c'est un triangle rectangle que possède l'élève et le résultat est un cylindre dont on a enlevé un cône)... j'ai de la misère avec ma paille...

Ces extraits illustrent les principales difficultés rencontrées par les élèves. Une autre difficulté est vécue par les élèves: le dessin du solide peut ne représenter qu'une coupe du solide ou encore ne comprendre que certains éléments du solide. Globalement, les difficultés des élèves sont reliées à l'emplacement de l'axe de rotation du cas 3, à l'absence d'image mentale générée par la rotation de la figure ou encore à des difficultés plus ponctuelles comme la manipulation, le dessin ou la désignation géométrique du solide résultant.

En bref, si nous comparons les difficultés entre les deux approches, nous constatons que l'absence du matériel vient complexifier la tâche, puisque les élèves ne peuvent pas bouger l'axe de rotation qui est oblique dans deux des quatre cas traités dans l'approche «action». Dans les deux approches, nous observons qu'il peut y avoir des difficultés au niveau de la création des images mentales qui peuvent être simplement absentes ou encore qui peuvent rester en deux dimensions. Les deux approches se rejoignent davantage, à ce niveau, que lors de l'unité 1. Ce rapprochement est dû au fait que l'activité proposée implique explicitement la visualisation (action intériorisée) et que cette dernière est incontournable à la réussite de la tâche. D'ailleurs, l'analyse de l'approche d'enseignement indique que l'intervenante de l'approche «classique» qui réalise un glissement vers les connaissances/savoirs géométriques lors de l'unité 1, cible davantage les connaissances spatiales dont la visualisation lors de cette deuxième unité, n'ayant d'autres choix que de questionner les élèves sur la formation du solide résultant. Les choix didactiques reliés à la nature de l'activité viennent ici aussi teinter l'orientation de la leçon. Abordons le dernier point pour identifier si le rapprochement exposé au niveau des difficultés s'étend au niveau de l'emploi de la visualisation chez les élèves.

6.5.3 Visualisation des élèves pour l'unité 2

Nous commençons par présenter les résultats se dégageant de notre grille d'analyse, pour les commenter par la suite.

Tableau XXIII. Visualisation des élèves pour l'unité 2, selon les deux approches

	Leçon « action » Unité 2	Leçon « classique » Unité 2
- Visualisation	36,3 fois en moyenne par leçon Évolutive (22%) Spontanée (19%) Non-immédiate (13%)	27,8 fois en moyenne par leçon Non-immédiate (20%) Spontanée (13%) - Évolutive (12%)

Pour l'approche «**action**», les élèves expriment la présence de la visualisation plus de trois fois la minute, en moyenne. Elle se caractérise par des images évolutives, spontanées et parfois non-immédiates. Lors de l'unité 1, nous avons précisé ce que nous entendons par spontanée (réponse immédiate à la présentation du carton illustrant la rotation) et par non-immédiate (en opposition avec spontanée). À présent, nous illustrons l'aspect évolutif de la visualisation à l'aide d'extraits de transcription:

Extrait #18:

Intervenante-A (cas 2):ok, je vais vous présenter un deuxième carton et c'est toujours le même principe. **Anaïs**: ça va faire une pyramide à base rectangulaire, une affaire de même (montre avec ses mains un cône pointu vers le haut), de même (montre un deuxième cône attaché au premier, cette fois pointant vers le bas)... comme une toupie... comme un cône avec un autre cône.

Nous constatons par cet extrait que les images mentales des élèves se forment, se précisent, graduellement; elles évoluent à l'intérieur d'un court laps de temps dans ce contexte.

Pour les élèves de l'approche «**classique**», nous constatons que la visualisation est présente pour cette activité (environ une fois la minute), ce qui n'était pas le cas pour l'unité précédente. Elle est souvent non-immédiate, spontanée et évolutive.

Nous remarquons qu'il y a effectivement un rapprochement entre les deux approches, pour ce qui est de la visualisation. Elle est présente dans les deux cas et se caractérise par les trois mêmes qualificatifs, non-immédiate, spontanée et évolutive.

Cependant, la visualisation est plus fréquente pour la leçon «action» que pour la leçon «classique» (3 fois/minute vs 1 fois/minute), elle est moins difficile (non-immédiate) et plus évolutive pour les élèves de l'approche «action». Nous expliquons le fait que la visualisation soit plus présente chez les élèves de l'approche «action» par les choix didactiques de l'intervenante. L'activité préparatoire et l'unité 1 les obligent à recourir à la visualisation; ces choix ne se retrouvent pas pour l'approche «classique», alors que l'approche «classique» est plutôt orientée vers l'action concrète. Le fait que la visualisation soit moins difficile (non-immédiate) et plus évolutive pour les élèves de l'approche «action», dans des conditions similaires ou plus complexes que l'approche «classique», nous indique que cette approche semble être favorable aux développements des images mentales, ici reliées aux connaissances spatiales.

Cette dernière remarque termine l'analyse de la visualisation ainsi que celle de l'unité 2. Nous procédons à la caractérisation globale de cette unité.

6.6 Caractérisation des comportements des élèves pour l'unité 2

Présentons le tableau synthèse des points traités pour venir appuyer notre portrait récapitulatif:

Tableau XXIV. Caractérisation des comportements des élèves pour l'unité 2, selon les deux approches

	Leçon «action» Unité 2	Leçon «classique» Unité 2
- Performance:	Réussissent tous avec discussions (cas 3 complexe).	Réussissent tous facilement avec discussions (cas 3 complexe)
- Interventions:	Expriment son opinion, sa façon de faire, ses difficulté et valide les réponses de l'intervenante.	Expriment ses difficulté, son opinion, sa façon de faire et valide ou invalide la réponse des autres élèves.
- Outils de résolution:	63 outils de résolution en moyenne par leçon Vue globale (27%) Observation (25%) Recherche (23%)	106 outils de résolution en moyenne par leçon Recherche (23%) Vue par partie (15%) - Vue globale (14%) Observation (13%) Construction (11%)
- Visualisation :	36,3 fois en moyenne Évolutive (22%) Spontanée (19%) Non-immédiate (13%)	28 fois en moyenne par leçon Non-immédiate (20%) Spontanée (13%) - Évolutive (12%)

Globalement, les comportements des élèves ne se distinguent pas autant entre les deux approches pour cette unité que lors de la première où des distinctions notoires ont pu être observées. D'abord, les élèves des deux approches semblent réussir les cas présentés à l'aide des discussions de groupes, sauf pour le cas 3 qui reste complexe dans les deux cas. Les élèves des deux approches expriment leurs opinions, leurs façons de faire et leurs difficultés. Les élèves des deux approches ont des outils de résolution en commun, mais ces derniers ne sont pas exploités de la même façon étant donnés les choix didactiques différents entre les deux: l'approche «action» se centre davantage sur les actions intériorisées impliquées dans l'anticipation du résultat et l'approche «classique» est orientée vers les actions concrètes (manipulation de la rotation de figures). De plus, nous retrouvons des difficultés liées à la non-verticalité de l'axe de rotation pour l'approche «action» qui ne se retrouvent pas dans l'approche «classique» étant donné que les élèves peuvent manipuler l'axe et le placer comme ils le veulent. Pour la visualisation, elle se caractérise de la même manière dans les deux cas, mais elle est plus présente et moins difficile pour les élèves se rapportant à l'approche «action».

Par conséquent, l'activité choisie, étant plus spécifiquement orienté vers la visualisation pour cette deuxième unité, permet aux deux approches un certain rapprochement, mais des différences intéressantes demeurent.

Tout au long de l'analyse des comportements des élèves, nous avons traité tous les profils d'élèves simultanément, ce qui nous a permis d'identifier les comportements généraux des élèves. Nous avons exposé des comportements qui semblent propres à une approche donnée, mais est-ce qu'il y a des comportements spécifiques à un profil d'élèves? La dernière section de cette analyse met en lumière les comportements des élèves relatifs aux profils des élèves.

6.7 Comparaison dans les comportements des élèves selon les profils

Nous entamons la caractérisation des comportements selon les profils des élèves. Pour cette analyse, nous reprenons les trois aspects spécifiques suivants: les outils de résolution, les difficultés et la visualisation. À ces derniers, nous ajoutons les interventions principales qui ont été traitées globalement auparavant, mais que nous traitons plus spécifiquement à ce moment. Ainsi pour chaque élément, nous exposons les différences entre les profils à l'aide de tableaux que nous commentons par la suite. Mentionnons que les caractéristiques retenues pour chacun des profils, dans cette analyse, sont celles sélectionnées précédemment et qui s'écartent d'au moins 15% avec les autres profils, à quelques exceptions près, ou encore ayant des absences (un ou deux seulement des profils y ont recours et pas les autres). Par exemple à l'intérieur des interventions du groupe musique-étude, 25% d'entre-elles portent sur ses difficultés, contre 39% pour les enrichis, 46% pour les patineurs et 53% des sportifs (ces pourcentages sont illustrés en appendice 15, p.228). Nous pouvons affirmer que le groupe musique-étude exprime moins leurs difficultés par rapport aux autres dans un écart entre 14% avec le groupe enrichi ($39\% - 25\% = 14\%$) et 28% avec le groupe sport-étude ($53\% - 25\% = 28\%$). Les tableaux exposés dans ce chapitre présentent les critères montrant un écart important par rapport aux autres (15% et plus) de façon négative (-) ou positive (+). Ce mode de fonctionnement nous permet de mieux cibler les distinctions entre chaque profil.

6.7.1 Interventions des élèves

Tableau XXV. Interventions caractéristiques à chacun des profils d'élèves

	Leçon «action»	Écart	Leçon «classique»	Écart
Unité 1	Musique: Expriment - leurs difficultés	14%-28%	Enrichi: Expriment + leurs savoirs Justifient + leurs réponses Musique: Valident + les différentes rép	43%-50% 21%-34% 16%-37%
Unité 2	Musique: Expriment - leurs opinions Valident + les rép. de l'int.	29%-40% 44%-47%	Enrichi: Expriment + leurs difficultés Musique: Expriment + une façon Patineurs: Valident + la rép. de l'int. Sport: Expriment + leurs opinions	41%-58% 14%-39% 74%-92% 25%-38%

Commençons par le groupe enrichi. Les élèves de ce groupe expriment plus leurs savoirs en comparaison aux autres groupes lors de l'unité 1 de la leçon «classique»; ce comportement a aussi été observé pour l'autre groupe enrichi lors des entrevues pour l'unité 1 de la leçon «action». Ainsi, ce comportement qui affecte les deux groupes d'élèves enrichis pour une même unité pourrait signifier qu'il représente une caractéristique de ce profil d'élèves dans le cadre de l'unité 1 seulement. De plus dans le cadre de l'approche «classique», ce groupe d'élèves justifie géométriquement plus souvent ses réponses pour l'unité 1 et exprime davantage ses difficultés lors de l'unité 2.

Pour le groupe musique-étude, il y a plus de distinction en ce qui concerne les interventions. Pour l'unité 1, les élèves expriment moins leurs difficultés lors de l'approche «action» et valident davantage les réponses de leurs pairs pour l'approche «classique». Pour l'unité 2, ce groupe valide plus fréquemment les réponses de l'intervenante pour la leçon «action». Ces observations pour le groupe musique-étude semblent locales. Aucune de ces caractéristiques ne se retrouve dans les deux approches; ainsi, nous ne pouvons déduire qu'elles sont propres à ce profil d'élèves.

Pour les patineurs et le groupe sport-étude, nous remarquons qu'une seule distinction pour l'unité 2. Les patineurs valident davantage les réponses de l'intervenante et le groupe sport-étude exprime plus souvent leurs opinions que les autres groupes. Ces dernières caractéristiques restent locales et ne peuvent être considérées comme spécifiques à un profil d'élèves puisqu'elles ne se retrouvent pas, pour un même profil, à l'intérieur des deux approches.

Ainsi, un seul type d'intervention peut être caractéristique du profil des élèves pour l'unité 1, soit le fait que les élèves enrichis expriment davantage leur savoir. Mais, il n'y en a aucune autre; pour qu'une intervention soit valorisée par un groupe d'élèves, nous devrions la retrouver, de façon constante, pour les deux approches. Les distinctions observées, sauf une, ne relèvent pas du profil des élèves; elles prennent leur source dans d'autres facteurs, par exemple l'approche d'enseignement.

6.7.2 Outils de résolution

Tableau XXVI. Outils de résolution caractéristiques à chacun des profils d'élèves

	Leçon «action»	Écart	Leçon «classique»	Écart
Unité 1	Enrichi: + va-et-vient Musique: + d'observation Patineurs: + de recherche	21%-24% 17%-38% 15%-29%	Enrichi: + de construction Musique: + va-et-vient Patineurs et Sport: + de comparaison	35%-38% Absence (15%) Absence (6%-7%)
Unité 2	Musique: + d'observation + de recherche - de vue globale Sport: + de comparaison + de vue globale	9%-42% 14%-42% 23%-43% 33%-34% 20%-43%	Sport: + de vue globale	17%-23%

Pour les élèves enrichis, nous remarquons qu'ils réalisent plus de va-et-vient entre la description de la maison et sa construction en comparaison avec les autres groupes et nous savons que 3 des 4 élèves ont échoué à cette question. Ce comportement a aussi été observé pour l'autre groupe enrichi mis dans les mêmes conditions de construction, lors des entrevues où tous ont échoué. Ce retour fréquent à la description combinée avec le faible taux de réussite des élèves pourrait signifier que ce profil d'élèves éprouve plus de difficultés à réaliser la construction (ils doivent relire plusieurs fois la description pour s'assurer que leur maison répond à cette dernière). Cette hypothèse pourrait expliquer le fait que les élèves expriment davantage leurs difficultés et, ainsi remettre au premier plan les choix didactiques de l'approche «action».

Pour le groupe musique-étude, l'observation revient plus fréquemment pour les unités 1 et 2 de l'approche «action», mais en aucun cas lors de l'approche «classique». Ce comportement semble donc relié davantage à l'approche qu'au profil d'élèves. Les autres distinctions pour ce groupe restent locales et ne peuvent être attribuées spécifiquement à ce profil d'élèves.

Pour les patineurs et le groupe sport-étude, la comparaison est valorisée lors de l'unité 1 de la leçon «classique» et de l'unité 2 de la leçon «action». Ce comportement a aussi été observé pour ces deux groupes d'élèves lors des entrevues pour l'unité 1. Ceci pourrait être une caractéristique correspondant à ce profil d'élèves. D'ailleurs, les sportifs sont souvent des gens compétitifs qui se comparent et ils sont souvent amenés, dans leur entraînement, à comparer leur technique avec celle désirée. Il serait alors plausible que les sportifs soient davantage portés à employer la comparaison comme moyen de résolution puisqu'ils l'utilisent quotidiennement dans leur entraînement. Un autre outil de résolution ressort pour le groupe sport-étude: il utilise plus fréquemment la vue globale pour décrire le résultat de la rotation de la figure. Nous attribuons cette caractéristique au profil d'élèves puisqu'elle se retrouve lors de l'unité 2 pour les deux approches d'enseignement; elle ne semble donc pas dépendre de l'enseignement donné en classe.

Donc, trois outils de résolutions semblent propres à un profil d'élèves: le va-et-vient est valorisé chez les élèves enrichis, la comparaison l'est par les patineurs et le groupe sport-étude et la vue globale ressort davantage dans ce dernier groupe d'élèves.

6.7.3 Difficultés des élèves

Pour l'unité 1 de la leçon «action», tous les élèves ont de la difficulté avec la pyramide à construire. Aucune difficulté n'est spécifique à un profil d'élèves pour cette unité lors de la leçon «classique»; rappelons que cette activité était simple pour les élèves. Pour l'unité 2, nous retrouvons différents types de difficultés, selon l'approche, reliés à un blocage de la création des images mentales, au traitement de la partie restante de l'autre côté de l'axe (cas 3), au passage de l'espace en deux dimensions à trois dimensions et enfin aux manipulations et au vocabulaire géométriques. Ces difficultés ne se généralisent pas pour un profil d'élèves et sont plutôt spécifiques à une approche d'enseignement ou à un élève en particulier. Par exemple, les difficultés de manipulation ou de vocabulaire se retrouvent lors de l'approche «classique» et des blocages sont survenus à l'intérieur de tous les profils, mais seulement pour un élève ou deux du même groupe. Malgré certaines distinctions, aucune difficulté n'est spécifique à un profil d'élèves. Elles relèvent davantage des choix didactiques réalisés par l'intervenante pour répondre à l'objectif fixé.

6.7.4 Visualisation des élèves

Tableau XXVII. Visualisation caractéristique à chacun des profils d'élèves

	Leçon «action»	Écart	Leçon «classique»	Écart
Unité 1	Sport: + spontanée + statique	Absence (12%) 31%-47%	Sport: 1 fois présente	Absence
Unité 2	Patineurs: + évolutive	30%-45%	Sport: + présente (72 fois ⁵⁷) Patineurs et sport: + souvent non-immédiate	57-61 fois 18%-27%

Pour le groupe enrichi, aucune caractéristique ne se dégagent des leçons en ce qui concerne la visualisation. Par contre, lors des entrevues, ce groupe éprouve plus de difficultés à visualiser pour les deux unités de l'approche «action». Sinon, la visualisation est plus fréquemment évolutive pour les patineurs dans l'approche «action». De plus, lorsque nous avons proposé d'autres rotations semblables à celles présentées dans l'approche «action» aux différents groupes de l'approche «classique» lors des entrevues, nous avons remarqué que la visualisation était également plus évolutive. Ces deux résultats pourraient indiquer que l'approche «action» représente un potentiel pour l'évolution des images mentales. Ce retour sur l'unité 2 des entrevues venant compléter les résultats selon l'approche «action», nous pourrions attribuer ce comportement davantage à l'approche qu'au profil des élèves.

Le tableau fait aussi ressortir une caractéristique des élèves du groupe sport-étude: ce sont des élèves qui utilisent le plus souvent la visualisation et ce, de façon spontanée (elle est aussi plus spontanée pour l'unité 2 de l'approche «action», mais avec 11%-25% d'écart). Ce dernier résultat peut s'expliquer par le fait que les élèves du groupe sport-étude ont déjà été initiés à la visualisation à travers l'apprentissage de leur sport ainsi que par le biais de cours de psychologie sportive organisés par l'école. Les patineurs des deux approches sont les deuxièmes à utiliser le plus souvent la visualisation pour l'unité 2.

⁵⁷ Pour exprimer la présence ou l'absence de la visualisation, nous ne pouvons pas exposer le résultat en termes de pourcentage puisqu'il y a aucune référence à un tout fixe. Donc, les sportifs y ont fait référence 72 fois lors de la leçon, alors que les autres l'ont fait entre 11 et 15 fois, d'où l'écart notoire relevé dans le tableau.

6.8 Conclusions sur les comportements des élèves

Cette dernière phase de l'analyse des comportements vise à dégager les comportements propres à chacun des profils. Voici les caractéristiques qui sont ressorties:

- Pour le groupe enrichi: les élèves expriment davantage leurs savoirs et leurs difficultés et ils ont recours fréquemment au va-et-vient comme outil de résolution.
- Pour le groupe musique-étude: les élèves ne possèdent aucune caractéristique qui ressort en comparaison avec les autres groupes.
- Pour les patineurs: ils utilisent plus fréquemment la vue globale et la comparaison comme moyen de résolution.
- Pour le groupe sport-étude: les élèves ont recours à la comparaison comme moyen de résolution et aussi plus souvent à la visualisation de façon spontanée.

Parmi ces distinctions, seulement deux peuvent être généralisées à un profil d'élèves puisqu'elles se retrouvent à travers les deux approches: la valorisation de la vue globale chez les patineurs et la spontanéité de la visualisation chez le groupe sport-étude. Outre ces deux caractérisations, les comportements des élèves ne se réfèrent pas directement aux profils des élèves, mais relèvent de facteurs autres que leur profil. L'approche d'enseignement constitue un facteur important; plusieurs comportements d'élèves ont pu être expliqués par les choix didactiques des deux intervenantes d'où l'importance que nous accordons à l'approche d'enseignement dans ce projet, pour le développement des connaissances spatiales.

CHAPITRE VII

INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

CHAPITRE VII

Interprétation des résultats

Avant de procéder à l'interprétation des résultats réalisons une brève synthèse des aspects importants traités tout au long de cette thèse. Elle s'intéresse à l'enseignement/apprentissage des connaissances spatiales (processus d'intériorisation des propriétés physiques des formes géométriques qui permet de créer et de manipuler des images mentales provenant de tâches comme l'observation, description, représentation, construction et recherche). Ainsi, une analyse des programmes d'études en vigueur au moment où s'est déroulée cette étude montre qu'il y a une coupure présente lors de l'arrimage entre le primaire et le secondaire puisque les connaissances spatiales (3D) ne sont pas traitées en première et deuxième secondaire, alors qu'elles ont été traitées à tous les niveaux du primaire. De plus, plusieurs objectifs entre le primaire et le secondaire se recoupent, indiquant un manque de continuité entre ces niveaux scolaires. Par la suite, nous nous sommes demandée si une approche d'enseignement basée sur l'action de l'apprenant favoriserait le développement des connaissances spatiales chez les élèves du troisième secondaire. Cette question découlait des recherches réalisées dans le domaine sportif où la visualisation est reconnue comme un outil augmentant la maîtrise des techniques et les performances des athlètes (Duda, 1995; Pellissier et Billouin, 1989; Porter et Foster, 1990; Orlick, 1990a; Zhang et al., 1992) et du cadre de Piaget (Piaget et Inhelder, 1948) où les actions concrètes et intériorisées sont centrales. Pour explorer comment une approche centrée sur l'action se caractérise, deux leçons ont été développées et mises à l'essai : une leçon mettant l'accent sur l'action de l'apprenant et une leçon plus classique, plus traditionnelle.

Outre la question sur l'approche d'enseignement, nous nous sommes aussi questionnée sur les comportements des élèves selon leur profil puisque le cadre précédent semble induire que les sportifs sont mieux outillés pour réaliser le développement des connaissances spatiales que les élèves ne réalisant pas de sport en particulier. Cependant, nous avons apporté un bémol à ceci d'après nos résultats de recherche : il n'y a pas de différences notoires entre les différents profils au point de vue de leur performance outre la présence plus fréquente de la visualisation chez les sportifs et des divergences les plus prononcées se retrouvent davantage en fonction de l'approche d'enseignement que des profils. Ceci implique qu'autant dans l'enseignement des mathématiques que sportif, le développement des connaissances spatiales doit être traité explicitement par l'intervenant car, il ne se fait pas spontanément. L'approche d'enseignement est considérée centrale pour le développement de ce type de connaissances.

Dans ce qui suit nous revenons sur l'interprétation des résultats et ce sur cinq volets majeurs de la recherche. Premièrement, nous apportons des pistes de réponses aux deux questions de recherche posées lors de la méthodologie. Après avoir abordé ces deux questions, un retour sur le programme de mathématiques du ministère de l'Éducation du Québec et l'analyse des manuels scolaires est effectué, en lumière avec notre cadre conceptuel et nos résultats de recherche.

Par la suite, nous exposons les principales limites de la recherche. En guise de conclusion, nous résumons les pistes mises en évidence par cette étude et examinons les répercussions dans l'enseignement et les suites possibles au niveau de la recherche.

7.1 Comment se caractérise une approche d'enseignement centrée sur l'action (concrète et intériorisée) en comparaison avec une approche plus «classique»?

Afin de caractériser l'approche d'enseignement centrée sur l'action, nous généralisons les résultats obtenus lors de l'analyse des approches (chapitre V, p.105). Rappelons que le caractère exploratoire de notre recherche implique que les résultats ne sont pas définitifs. L'approche d'enseignement est déterminée par quatre éléments: les interventions, les tâches demandées, le questionnement et le type d'actions auxquelles fait référence l'intervenant. Au moment opportun, des caractères spécifiques aux deux unités principales de la leçon sont amenés ainsi que des comparaisons avec l'approche «classique».

7.1.1 Interventions caractérisant la leçon «action»

Un premier aspect à traiter dans l'approche de l'intervenant est la nature de ses interventions, qui rappelons-le, avaient pour objectif principal dans la leçon «action» d'amener les élèves à la visualisation et à son explicitation. Une telle approche a mené l'intervenant à répéter et reformuler les idées et solutions des élèves dans le but de permettre aux élèves d'explicitier leurs images mentales reliées aux connaissances spatiales. De plus, pour que les images mentales se développent, les interventions de l'intervenant doivent inciter les élèves à la pratique de la visualisation. Il faut mettre les élèves en situation de création d'images mentales et leur permettre de les contrôler en demandant de créer de nouvelles images à partir de celles déjà construites. Dans le cadre d'une approche plus traditionnelle, nous ne retrouvons pas le même type d'interventions («action» : répète et reformule); l'intervenant est plutôt porté à valider ou invalider les réponses des élèves, à les encadrer et les encourager.

7.1.2 Tâches demandées

Lors de l'approche «action», les tâches demandées sont la description, la recherche et l'observation pour la première unité et l'observation et la recherche pour la deuxième unité. Cette approche présente des combinaisons de tâches impliquant toujours une recherche, sans manipulation ou construction possible de la part des élèves. Les tâches de recherche sont reliées à l'idée d'anticipation car les élèves n'ayant recours qu'à une description écrite ou une représentation en deux dimensions de la situation, ne voient pas l'objet et doivent le visualiser, l'imaginer.

Cet appel à une anticipation vient complexifier significativement l'activité. Cette constatation est soutenue par les résultats divergents entre les deux approches d'enseignement; les élèves de l'approche «action» ayant plus de difficultés. D'ailleurs, lors des entrevues, nous avons repris l'unité 1 proposée lors de la leçon «action» avec les élèves de l'approche «classique» et le taux de réussite qui était de 14/15 pour l'approche «classique» est tombé à 1/12. Cette donnée supplémentaire montre, une fois de plus, la différence de complexité entre les deux activités sélectionnées pour l'unité 1 par les intervenantes. La comparaison entre les deux approches met en évidence que l'absence de l'objet ou de matériel vient provoquer le passage à l'action intériorisée mais ce passage est court-circuité si le matériel est accessible; l'anticipation (sans matériel) vient, donc, enrichir les situations d'observation et de construction proposées par les objectifs intermédiaires du programme.

La présence des tâches d'observation et de construction sans demande de recherche représente des tâches trop simples pour ce niveau d'enseignement/apprentissage; elles correspondent davantage à l'enseignement des connaissances spatiales à l'école primaire. Pour provoquer une situation de recherche, il faut complexifier les consignes de l'activité (exemple de l'unité 1) ou présenter des cas différents et plus difficiles (exemple de l'unité 2). Mais, il ne faut pas oublier que la richesse et le niveau de complexité des tâches relèvent surtout de l'approche d'enseignement qui va les gouverner. Une tâche de recherche peut simplifier une activité selon les choix didactiques de l'intervenant; par exemple, si la recherche implique du matériel ou non et des connaissances antérieures ou anticipatrices. Il semble qu'il faille valoriser une combinaison de tâches impliquant une recherche sans matériel afin que les élèves emploient l'action intériorisée pour l'activité. Dans le cas présent, nous utilisons la visualisation de solides pour traiter des connaissances spatiales.

7.1.3 Questionnement à valoriser

L'approche «action» valorise le questionnement comme moyen d'intervention; il est abondant puisque nous retrouvons en moyenne deux questions par minute. Le questionnement de raisonnement est majoritaire. Les questions sont davantage fermées. Elles portent sur les connaissances spatiales et, surtout, sur les difficultés et les résultats reliés à la visualisation (création et manipulation d'images mentales). D'ailleurs, lorsque le questionnement est orienté vers les images mentales, nous pouvons observer la présence et la nature de la visualisation chez les élèves.

Si, au contraire, le questionnement est orienté vers les connaissances géométriques, nous n'avons pas observé la présence de la visualisation. Lors de la leçon «action», le questionnement de l'activité préparatoire vient donner le ton très rapidement au questionnement sur les actions intériorisées, en particulier les images mentales («qu'est-ce que tu as vu dans ta tête? À quoi ça t'a fait penser? Tu l'as vu en trois dimensions?»). Lors d'une activité préparatoire, les élèves ont été amenés à observer un solide pendant trois secondes et à le reconstruire une fois caché. Dans un tel contexte, les élèves doivent se fier aux images mentales qu'ils ont pu créer pour reproduire fidèlement la construction demandée. Par conséquent, l'activité vise les images mentales reliées aux connaissances spatiales et non leurs connaissances géométriques sur le solide à construire. Un questionnement amenant les élèves à raisonner explicitement sur leurs connaissances spatiales et la visualisation favorise le développement des connaissances spatiales. Il faut éviter aussi le glissement fréquent vers les connaissances géométriques (Berthelot et Salin, 1993-1994).

7.1.4 Types d'actions à mettre en évidence

Le dernier aspect traité pour l'approche d'enseignement est le type d'action auquel l'intervenante fait référence. Dans l'approche «action», l'intervenante s'appuie sur les actions intériorisées dans ses interventions, dans son questionnement et dans ses choix didactiques. Pour permettre le passage à l'action intériorisée, l'intervenant doit y faire référence, poser des questions sur cette dernière et provoquer son utilisation.

Une approche centrée sur les actions concrètes où les élèves peuvent recourir à une construction ou une manipulation en tout temps (pas de recherche ou d'anticipation) ne permet pas de réaliser le passage aux actions intériorisées. D'ailleurs, une approche centrée sur l'action concrète peut même court-circuiter le passage à l'action intériorisée et bifurquer vers les connaissances géométriques ou métriques. Au secondaire, nous pouvons réaliser des actions concrètes avec les élèves, mais les actions intériorisées qui en découlent doivent être le centre d'intérêt de l'intervenant. Ainsi, il est important que l'approche d'enseignement se situe de façon explicite du point de vue de l'action intériorisée et non de l'action concrète.

7.1.5 Conclusions sur la caractérisation de l'approche «action»

Ceci résume l'approche «action» permettant de traiter de l'enseignement des connaissances spatiales en donnant accès aux actions intériorisées. Elle valorise l'explicitation et la pratique de la visualisation, un questionnement orienté vers les connaissances spatiales, des tâches de recherche et l'action intériorisée. Ajoutons que la troisième intervenante réalisant les entrevues auprès des divers groupes d'élèves a repris, entre autres, l'unité 1 de l'approche «action» avec les groupes qui faisaient partie de l'échantillon «classique», pour fin de comparaison. Pour cette unité, nous avons pu remarquer un enseignement similaire à celui de l'approche «action» et les comportements des élèves étaient aussi comparables. Par conséquent, les comportements identifiés ne peuvent être reliés uniquement à la personnalité de l'intervenante, mais aussi aux caractéristiques mises de l'avant par l'approche «action» élaborée dans le cadre de ce projet. Cette approche se distingue de l'approche «classique» qui a mis l'accent sur les actions concrètes et les connaissances géométriques.

L'approche «action» telle que vécue ici a poussé plus loin les activités présentées dans les manuels de troisième secondaire et indique que ces élèves peuvent accéder à des connaissances spatiales plus complexes. Lors d'une pré-expérimentation, plusieurs activités présentées dans les manuels scolaires de troisième secondaire ont été réussies par des élèves de cinquième année du primaire. Ces deux observations relancent la question du contenu et de la continuité du programme en ce qui a trait au développement des connaissances spatiales. Des recherches subséquentes seraient recommandées afin d'examiner l'apport de ce type d'approche auprès d'élèves du primaire sur leurs connaissances spatiales. D'ailleurs, il faudrait prévoir une continuité du primaire au secondaire; ceci n'est pas réalisé actuellement puisque les connaissances spatiales (en trois dimensions) sont absentes de la première et de la deuxième année du secondaire.

7.2 Comment se caractérisent les comportements, raisonnements et difficultés des élèves? Sont-ils dépendant du profil des élèves (enrichis, musiciens ou sportifs) ou de l'approche d'enseignement («action» ou «classique»)?

Pour commencer, nous dégageons les caractéristiques des élèves communes à l'approche d'enseignement en identifiant les comportements des élèves (interventions et visualisation), les outils de résolution et les difficultés. Enfin, nous apportons des éléments de réponse à la deuxième question concernant l'influence des profils des élèves.

7.2.1 Comportements des élèves reliés aux deux approches

Dans ce volet, nous examinons deux aspects précis du comportement des élèves, soit leurs interventions et leur visualisation. Premièrement, certains aspects des interventions des élèves se retrouvent dans les deux approches, soit l'expression de leurs façons de faire, de leurs opinions et de leurs difficultés. Ce qui est particulier à l'approche «action» est le fait que les élèves valident les réponses de l'intervenante. Cet aspect est, pour nous, une conséquence des interventions de l'intervenante par lesquelles elle reformule et répète souvent les réponses des élèves (les élèves valident ce qu'affirme l'intervenante au sujet de leurs solutions). Lors de l'unité 1, les élèves relevant de l'approche «action», expriment fréquemment leurs difficultés, alors que nous ne retrouvons pas ce comportement chez les élèves de l'approche «classique». Cette distinction s'explique par la complexité de l'activité proposée. L'unité 1 de l'approche «classique» étant plus simple par les choix didactiques reliés au matériel de manipulation et à la description de la maison, les élèves n'éprouvent pas souvent de difficultés.

Dans l'approche «classique», les élèves valident ou invalident les réponses des autres élèves. Ce comportement découle, selon nous, d'interventions similaires que nous retrouvons chez l'intervenante de cette approche. L'intervenante-C valide régulièrement des réponses des élèves et ceci semble les influencer et les amène, eux aussi, à valider ou invalider les réponses des autres. Ce comportement ne caractérise pas l'approche «action» et nous ne retrouvons pas, non plus, ce comportement chez ses élèves.

En ce qui a trait à la visualisation, elle est présente dans toutes les activités pour l'approche «action», alors qu'elle est pratiquement absente pour l'unité 1 de l'approche «classique» où l'intervenante oriente plutôt ses interventions vers l'objet concret et les connaissances géométriques. Pour l'unité 2, les solides de révolution, la visualisation des élèves est évolutive, pour les deux approches, non-immédiate pour l'approche «classique» et plus spontanée pour l'approche «action». Ces observations nous indiquent que les images mentales reliées aux connaissances spatiales des élèves peuvent se préciser au cours d'une activité et que le contexte mis de l'avant par la leçon «action» semble plus propice à son exploitation.

7.2.2 Outils de résolution valorisés pour l'approche «action»

Deuxièmement, pour les outils de résolution de l'unité 1, plusieurs différences existent entre les deux approches. Les élèves de l'approche «action» utilisent fréquemment les allers-retours de la description de la maison à sa construction. Cette stratégie revient souvent chez les élèves étant donnée la complexité de la description de la maison qu'ils doivent lire à plusieurs reprises afin d'évaluer si leur construction possède les bonnes caractéristiques. Pour l'approche «classique», ce passage est plutôt direct pour les élèves étant donnée la simplicité de la consigne; nous ne retrouvons donc pas cette stratégie parmi les plus utilisées. Au contraire, ce qui est particulier à cette deuxième approche, pour l'unité 1, est l'accent mis sur la construction, l'identification et la comparaison. Ces comportements découlent directement de l'approche valorisée par l'intervenante où elle impose une construction, s'attarde aux termes géométriques et valide ou invalide les réponses des élèves. Ces outils illustrent aussi un glissement des connaissances spatiales vers les connaissances géométriques.

Un autre aspect des outils de résolution doit être examiné dans le cadre de l'enseignement des connaissances spatiales; nous revenons sur ceux qui sont identifiés lors de l'unité 2 pour les identifier. Les élèves sont amenés, par la leçon «classique», à manipuler la figure et construire l'axe correspondant au cas traité pour observer la rotation et déduire le résultat. Dans l'approche «action», le cheminement des élèves est tout autre: les élèves doivent observer une figure et un axe de rotation fixes, imaginer mentalement la rotation et décrire le résultat de la rotation. Dans ce contexte, la recherche est entièrement réalisée mentalement puisqu'aucune action concrète n'est accessible aux élèves.

Il ne faut donc pas simplement identifier le type d'outils de résolution employé par les élèves, mais aussi leur contexte afin d'identifier leur contenance et leur richesse. Une recherche basée sur une manipulation n'entraîne pas le même type d'apprentissage qu'une recherche basée uniquement sur une action intériorisée (anticipation sans matériel). Dans l'apprentissage des connaissances spatiales, les élèves devraient être amenés à employer le deuxième type de recherche.

7.2.3 Difficultés des élèves

Nous exposons les difficultés identifiées dans les deux approches d'enseignement ciblées par cette recherche. Les difficultés liées à la construction de la maison ne sont pas les mêmes selon l'approche. Pour l'approche «action», les élèves éprouvent des difficultés à imaginer le toit de la maison (la pyramide particulière) alors que pour l'approche «classique», les élèves éprouvent des difficultés liées à la manipulation du matériel. Ainsi, la description complexe du solide à construire et la nécessité d'imaginer le solide au complet avant toute manipulation viennent orienter les difficultés de l'activité pour la leçon «action». La description du solide de la leçon «classique» restant simple et l'intervenante orientant son matériel (accès à des ciseaux pour couper les pailles à la longueur désirée) et son questionnement vers les connaissances géométriques (demande de justification de la non-verticalité de la construction) entraînent des difficultés liées à la manipulation du matériel et au désir d'obtenir les bonnes dimensions. Étant donné le caractère rudimentaire du matériel employé, il y aura toujours des constructions boiteuses, des pailles ajoutées comme support pour une construction plus imposante ou encore des pailles coupées inégalement. Les difficultés rencontrées par les élèves dépendent principalement du contexte dans lequel l'intervenante les place.

L'activité sur les solides de révolution, étant plus délimitée que la précédente par sa nature (rotation de figures) et son contenu, (rotation formant cônes et cylindres) entraîne un rapprochement au niveau des comportements de l'intervenante, mais aussi des élèves. Pour les deux approches, les élèves peuvent éprouver des difficultés ou des blocages en rapport avec la création d'images mentales. Nous avons identifié différents facteurs influençant la complexité de cette tâche: la forme de la figure présentée, la disposition de la figure, l'emplacement de l'axe de rotation par rapport à la figure et l'orientation de l'axe de rotation.

Le dernier facteur de difficulté n'est présent que pour l'approche «action» où la rotation est présentée sur carton aux élèves. Il est éliminé par l'approche «classique» étant donné que les élèves peuvent replacer l'axe verticalement en tout temps par la manipulation. Les choix didactiques viennent, à nouveau, influencer les comportements des élèves. Le peu de difficultés rencontrées pour les élèves lors de l'approche «classique» peuvent aussi être expliqué par l'enseignement déjà reçu en classe répondant aux objectifs fixés. En opposition, cette réalité vient augmenter l'impact des résultats trouvés pour l'approche «action»: malgré l'enseignement réalisé en classe, les élèves éprouvent encore des difficultés. Ceci met en évidence l'écart de complexité semblant exister entre l'approche «action» et celle réalisée actuellement.

7.2.4 Conclusions sur les comportements, raisonnement et difficulté des élèves

À l'intérieur des deux approches d'enseignement portant sur les connaissances spatiales, les comportements suivants ont été identifiés chez les élèves:

- Les élèves expriment leurs façons de faire, leurs opinions. Ils expriment, de plus, leurs difficultés si l'activité proposée leur en amène.
- Les élèves visualisent si la tâche demandée impose un passage à l'action intériorisée. Aucune visualisation n'est entreprise par les élèves si l'approche se centre, au contraire, sur les actions concrètes. Ainsi, la visualisation des élèves est sollicitée lorsqu'elle est explicitée par le questionnement et les discussions en grand groupe.
- Les élèves utilisent différents outils de résolution, comme l'observation, le va-et-vient entre la consigne et le solide obtenu, et la vue globale du solide, mais ils sont tous accompagnés d'une tâche de recherche sans manipulation.
- Les difficultés des élèves sont en lien direct avec la création d'images mentales. Pour la construction de la maison, les difficultés sont reliées aux images mentales créées à partir des mots utilisés dans la description écrite (prisme, pyramide, triangle perpendiculaire, dans le prolongement...) alors que dans l'activité des solides de révolution, elles sont reliées aux spécificités des figures et des axes présentés (forme et disposition de la figure, emplacement et orientation de l'axe de rotation).

Ces difficultés nous indiquent qu'elles se situent au niveau des actions intériorisées. Ainsi, pour un enseignement ciblant les élèves de troisième secondaire, nous pouvons effectuer des constructions avec les élèves, mais l'accent doit être mis sur les actions intériorisées qu'elles génèrent. Si l'approche d'enseignement se centre sur les actions concrètes par les consignes données, par le matériel choisi, par les tâches demandées et par le questionnement mis de l'avant, il y aura moins d'apprentissages de la part des élèves, puisque ce contexte reste simple pour eux.

Nous pouvons résumer, en ce qui concerne l'approche «action», que les éléments reliés à la performance des élèves, aux interventions, à leurs outils de résolution, à leurs difficultés ainsi qu'à leur visualisation découlent des choix didactiques de l'intervenant. Les choix qui engendrent ces répercussions sur les comportements des élèves sont les suivants: la demande d'anticipation du nombre et de la grandeur des pailles avant toute construction et la complexité des descriptions énoncées aux élèves pour l'unité 1 et, l'absence de manipulation et la présentation de rotations dont l'axe est oblique, pour l'unité 2. Ces choix engendrent plusieurs difficultés chez les élèves qui sont reliées au passage obligé à une action intériorisée (à l'emploi de la visualisation). Les connaissances géométriques ne peuvent suffire à la réussite des activités proposées par cette approche; les élèves doivent recourir à leurs connaissances spatiales ainsi qu'à leur visualisation. Par exemple, lors de la construction de la maison plusieurs équipes ont tout de même trouvé le bon nombre de pailles à utiliser, mais 1/17 a trouvé les bonnes grandeurs de pailles. Pour trouver les grandeurs de pailles adéquates, les élèves doivent se référer à l'image mentale qu'ils se font de la maison selon les caractéristiques de la description. À ce moment, nous ne faisons plus référence aux connaissances géométriques, mais bien aux connaissances spatiales. Sans une image claire de la maison à construire, nous avons vu que la construction n'était pas réussie. Pour la deuxième unité, les connaissances spatiales sont essentiellement sollicitées puisque l'approche «action» présente des cas de figures que les élèves n'ont jamais vu avant, poussant la création de nouvelles images mentales pour la pratique de la visualisation. Si un élève répond spontanément qu'un carré dont l'axe de rotation est sur un côté de ce dernier donne un cylindre, nous sommes à même de croire qu'il s'agit-là d'un savoir spatial plutôt que d'une connaissance spatiale. En effet, l'élève sait que le résultat d'une telle rotation donne un cylindre, aucun processus de construction n'est requis ici.

Pour l'approche «classique», l'intervenante présente des activités simples aux élèves (en excluant le cas ajouté pour l'unité 2). Les principales difficultés sont reliées à la manipulation du matériel, parfois aux connaissances géométriques, mais en aucun cas aux connaissances spatiales (toujours en excluant le cas ajouté). Pour notre recherche, nous avons demandé à cette intervenante de préparer une leçon comme nous en retrouvons actuellement dans le milieu. Si nous nous fions aux éléments se dégageant de l'analyse du programme, des manuels scolaires et d'une pré-expérimentation, nous constatons que cette approche semble refléter ce qui se déroule dans les classes actuellement: un enseignement plutôt orienté sur des actions concrètes et les connaissances géométriques. Lorsque les connaissances spatiales sont traitées, elles ne sont qu'explorées superficiellement et ces connaissances restent simples pour les élèves.

Avec tout ce qui précède, nous pouvons penser que l'approche «action» permet potentiellement, étant donné tous les aspects considérés pour l'enseignement et l'apprentissage des élèves, de faire évoluer les connaissances spatiales, mais une étape subséquente serait d'aller vérifier si effectivement il y a eu apprentissage de ce côté. Effectuons, à présent, un retour sur l'analyse du programme d'enseignement et des manuels réalisée lors de la problématique, en tenant compte des données qui se sont ajoutées depuis cette première étape de notre recherche.

7.3 Retour sur le programme d'enseignement et l'analyse des manuels

L'étude du programme et des manuels ayant été élaborée lors de la problématique, d'autres éléments conceptuels et expérimentaux se sont ajoutés et viennent éclairer certains aspects. Ainsi, des lacunes ont été identifiées lors de l'analyse du programme et elles sont, à présent, examinées par le biais de notre cadre conceptuel et de nos résultats de recherche.

7.3.1 Retour sur le programme

L'analyse du programme effectuée à la problématique nous a permis d'identifier les objectifs reliés à la géométrie pour les trois premières années du secondaire (voir appendice 1, p.189) ainsi que les intentions du programme pour traiter des connaissances spatiales. Nous reprenons cette analyse en la confrontant avec les éléments de notre cadre conceptuel et nos résultats de recherche.

Le programme de troisième secondaire (version 1995 en vigueur au moment de l'étude) comporte trois objectifs généraux dont un relié à la géométrie. Pour ce dernier, trois des quatre objectifs terminaux traitent de l'espace en trois dimensions et l'objectif général commun à ceux-ci se traduit ainsi:

En troisième secondaire, l'enseignement de la géométrie poursuit le développement d'une perception spatiale du monde réel..., il est essentiel de poursuivre le développement du sens spatial qui est une forme d'activité mentale permettant de créer et de manipuler des images d'objets. (p.33 du programme du ministère, 1995)

Par cet extrait, nous remarquons que l'objectif principal de ce niveau scolaire en géométrie est de développer les connaissances spatiales (espaces en deux et trois dimensions). Cet objectif général est divisé en quatre objectifs terminaux dont un porte sur les problèmes impliquant des objets en trois dimensions et un autre vise les problèmes reliés aux solides. Pour l'objectif terminal relié aux objets à trois dimensions, nous retrouvons des intentions plus spécifiques concernant les connaissances spatiales:

Il faut utiliser des activités qui font alterner les manipulations, la lecture et la production de dessins, les expériences mentales, les abstractions et les déductions. (p.36, programme du ministère, 3^{ième} secondaire, 1995)

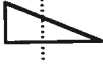
Par cet extrait, nous réalisons que le programme valorise six types d'activités dans cet enseignement. Si nous observons les objectifs intermédiaires qui en découlent, nous retrouvons seulement trois types d'activités: décrire, représenter et bâtir. Nous ne retrouvons pas d'objectifs intermédiaires mettant en évidence les expériences mentales, les abstractions et les déductions; même si l'objectif principal vise les connaissances spatiales, aucun objectif intermédiaire n'implique ces dernières. Ceci semble indiquer un manque de cohérence dans le programme.

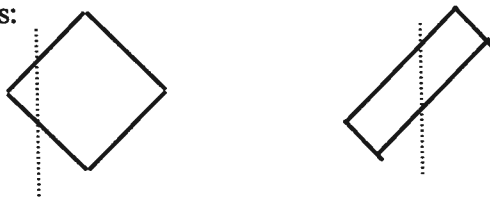
Un autre aspect relatif à cet objectif révèle un manque de continuité dans le programme: deux des trois objectifs intermédiaires sont similaires à deux objectifs du primaire (décrire en mots ou en dessins des objets à trois dimensions et bâtir un objet à trois dimensions à partir d'une description ou d'un dessin). Nous pouvons anticiper que les élèves de troisième année du secondaire sont aptes à construire une maison composée d'un prisme et d'une pyramide s'ils l'ont déjà réalisée à maintes reprises au primaire. D'ailleurs, cet objectif de construction ciblé par notre recherche se traduit, lors de la leçon «classique», par une réussite de presque tous les élèves. Cette tâche directe semble simple pour les élèves de troisième secondaire; il faut donc pousser plus loin l'activité. Par exemple, lors de la leçon «action», nous avons ajouté des consignes restrictives pour la manipulation du matériel et une description complexe du solide, ce qui rend la tâche plus complexe.

Pour l'objectif traitant des problèmes de solides, nous retrouvons l'importance des connaissances spatiales mais aussi celle des connaissances géométriques. Cet objectif possède les deux volets:

Les objectifs globaux... favorisent des activités auxquelles l'élève arrivera à assimiler le vocabulaire relatif aux solides, à acquérir l'habileté à les construire, à caractériser un solide par un ensemble de propriétés ainsi qu'à faire des liens qui lui permettront de résoudre des problèmes. Il faut donner aux élèves un outil de travail sur l'espace pour améliorer leur perception et pour assurer le développement d'images mentales qui puissent servir de soutien à un raisonnement. (p.38, programme du ministère, 3^{ème} secondaire, 1995)

Cet extrait montre que l'objectif relié aux connaissances spatiales devient ici secondaire et que les connaissances géométriques sont mises en évidence. Aucun des objectifs intermédiaires découlant de cet objectif terminal ne traite explicitement des connaissances spatiales comme la création ou la manipulation d'images mentales (voir appendice 1, p.189, pour l'énoncé des objectifs intermédiaires).

De plus, le premier objectif intermédiaire visant la création d'un cône, d'une sphère ou d'un cylindre par une rotation de 360° d'une figure autour d'un axe semblant simple a priori, s'est avéré effectivement facile pour les élèves; ceci est appuyé par les résultats de notre recherche, car les cas de rotation proposés par le programme ont été réussis par tous les élèves, peu importe l'approche d'enseignement. Selon nos résultats de recherche, les cas impliquant le triangle ou le rectangle dont l'axe de rotation est confondu à un des côtés de la figure, tirés du programme, restent simples alors que d'autres cas impliquant d'autres types de figures et dont l'axe est à l'intérieur de la figure semblent plus complexes pour ces élèves (cas non explicités par le programme). D'ailleurs, une pré-expérimentation avec des patineuses de cinquième année primaire nous indique que ces tâches reliées à la rotation de figure générant un cône, deux cônes ou un cylindre leur sont accessibles; ceci vient ainsi remettre en question l'arrimage des programmes du primaire et du secondaire. Pour les solides de révolution, il faut présenter des cas plus complexes que des cônes ou des cylindres aux élèves du secondaire. Par exemple, des cas comme le cas 3 () et ceux proposés lors des entrevues:



Ce bref retour sur l'analyse du programme met en évidence que même si l'accent du programme de troisième secondaire en géométrie porte sur les connaissances spatiales, nous ne retrouvons pas d'objectifs spécifiques portant sur ces dernières. Cette absence entraîne des obstacles ou des divergences dans l'interprétation des objectifs. Le programme, ne mentionnant pas où et comment traiter des connaissances spatiales, laisse les auteurs de manuels et les enseignants sans outil. Par exemple, pour les deux approches traitées dans ce projet, nous avons effectivement remarqué des divergences entre les activités répondant au même objectif intermédiaire. Ainsi, pour l'objectif de la construction d'une maison, la leçon «classique» a créé une activité répondant spécifiquement à l'objectif intermédiaire demandé et l'activité s'est avérée simple pour les élèves. Pour la leçon «action», l'activité créée tient compte explicitement du développement des connaissances spatiales et, la tâche s'est avérée très complexe pour les élèves. Outre le niveau différent de complexité des activités, une approche traite explicitement des connaissances spatiales et pas l'autre.

Cette observation nous amène à un deuxième obstacle relié encore à l'absence des connaissances spatiales à l'intérieur des objectifs intermédiaires: le glissement vers le développement des connaissances géométriques. Ce glissement vers la géométrie dans l'enseignement des connaissances spatiales est observé par Berthelot et Salin (1993-1994) étant donné le rapprochement de ces deux types de connaissances indissociables, mais distinctes. Un tel glissement a d'ailleurs été réalisé lors de l'approche «classique». Il faut mentionner que si les objectifs fixés par une approche d'enseignement concernent autant les connaissances/savoirs géométriques que spatiales, le passage entre ces deux types de connaissances peut représenter un atout à l'enseignement (lien entre les champs mathématiques), mais peu nuire au développement des connaissances spatiales. De la même manière, si l'objectif de l'enseignement se situait au niveau des connaissances/savoirs géométriques et qu'il y aurait un glissement vers les connaissances spatiales, nous considérons ceci néfaste à l'apprentissage géométrique des élèves.

Enfin, ce retour sur le programme en lien avec nos résultats de recherche amène de nouvelles questions concernant l'arrimage primaire-secondaire. Une analyse plus approfondie des activités proposées en classe autant au primaire qu'au secondaire devrait être réalisée afin d'harmoniser davantage le passage entre ces deux ordres d'enseignement. Voyons, à présent, les tâches mises en évidence dans les manuels et à travers les deux approches d'enseignement, «action» et «classique», dans le but d'exposer davantage le contexte d'enseignement/apprentissage de cette matière.

7.3.2 Retour sur l'analyse des manuels en lien avec les tâches demandées

Lors de l'analyse des manuels, nous avons remarqué que ceux de la sixième année du primaire mettent l'accent sur l'observation (42,2%), la construction (22%) et la description (13,2%). Les manuels de la troisième année du secondaire mettent aussi l'accent sur l'observation (37%) et les descriptions (12%), mais d'autres tâches sont mises en évidence comme la représentation en perspective (16%) et les tâches d'argumentation-démonstration (10,5%). D'ailleurs, le pourcentage alloué à ces deux dernières tâches augmente considérablement au secondaire et le pourcentage alloué à la construction, au contraire, diminue. La tâche de recherche est rare dans les deux niveaux, même que le pourcentage diminue au secondaire.

Ces résultats résument nos observations pour les manuels scolaires de la sixième année du primaire et de la troisième année du secondaire. Maintenant, comparons ces résultats à ceux obtenus lors de notre expérimentation. Notre étude se situant au niveau de la troisième secondaire, nous reprenons les résultats de l'analyse des manuels de ce niveau scolaire et les comparons à ceux observés pour les deux approches mises de l'avant. Pour ces dernières, les résultats ciblés sont ceux correspondant aux deux unités communes aux leçons et relatifs aux deux objectifs fixés. Présentons d'abord l'histogramme et ensuite, l'interprétation qui en découle.

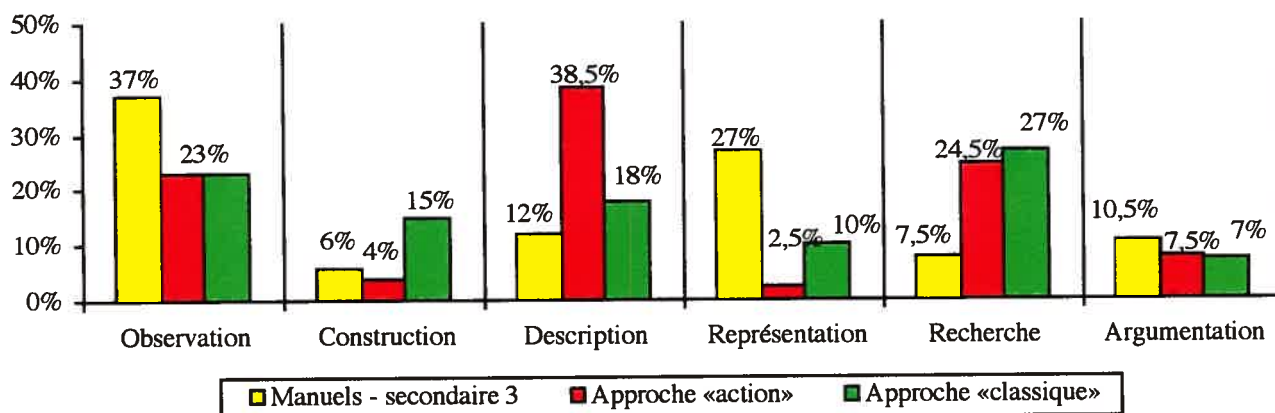


Figure 7.1 Tâches demandées dans les manuels et les deux approches

Nous remarquons que la tâche d'observation n'est pas aussi dominante dans les approches. De plus, les deux approches valorisent deux tâches en comparaison avec les manuels: recherche et description. La représentation n'est pas une des tâches ciblées par les leçons. Nous avons peu de représentation à l'intérieur des deux approches.

Si nous caractérisons chaque approche, nous observons que la leçon «action» comporte beaucoup plus de tâches de description que ce soit en comparaison avec l'autre approche ou avec les manuels et que la tâche de recherche est valorisée par rapport à ce qui se trouve dans les manuels. L'approche «classique» revient à l'action concrète en demandant plus de construction et de représentation de la part des élèves en comparaison respectivement avec ce qui se retrouve dans les manuels et dans l'approche «action». La recherche est valorisée dans les deux approches. La tâche de description prend un peu plus de place dans l'approche «classique» que dans les manuels. Donc, trois tâches sont mises en évidence dans les deux approches: description, recherche et observation. Ces similarités sont observées de façon globale, mais plus spécifiquement, nous constatons que ces tâches n'ont pas la même nature pour les deux approches (spatiale vs géométrique et action intériorisée vs concrète).

Le retour sur les tâches valorisées dans les manuels et la comparaison avec celles présentées à l'intérieur de chacune des approches nous indique que la description et la recherche sont valorisées par l'approche «action»; mais, est-ce que cette caractéristique est pertinente dans l'enseignement des connaissances spatiales? Est-ce qu'elle permet aux élèves d'évoluer dans ce développement? Pour aborder ces questions, nous reprenons les résultats de l'analyse des manuels et de notre expérimentation pour les confronter au modèle de développement des connaissances spatiales retenu lors de notre cadre conceptuel, soit celui de Piaget.

7.3.3 Retour sur l'analyse des manuels en lien avec le développement des connaissances spatiales

Le modèle de développement des connaissances spatiales de Piaget est repris, à gauche, dans le tableau qui suit. Nous identifions, par la suite, les tâches impliquées selon le niveau de développement dévoilées par l'analyse des différents modèles (voir section 2.2, p.33). L'importance allouée à chacune des tâches pour les manuels scolaires et les deux approches est spécifiée en pourcentage. De plus, nous regroupons les tâches d'un même niveau afin d'observer plus rapidement le palier du développement auquel se rattache chacune des approches élaborées dans le cadre de cette recherche et les manuels scolaires.

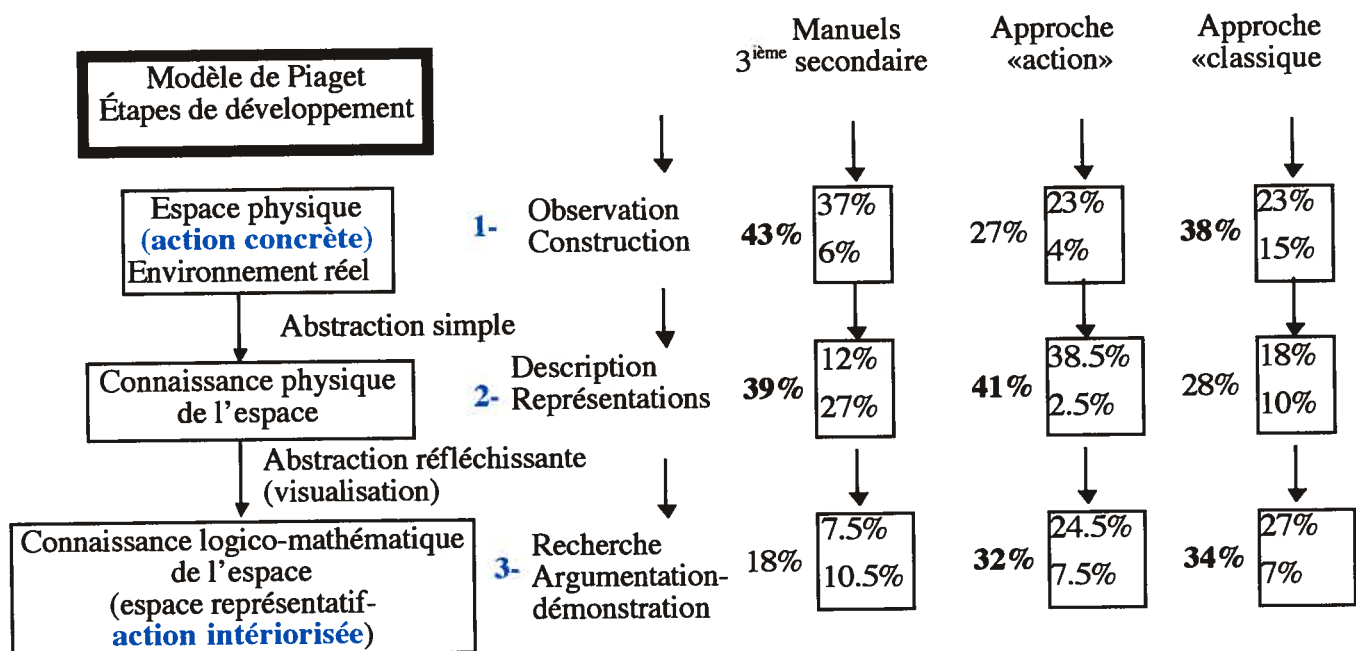


Figure 7.2 Développement des connaissances spatiales et tâches demandées

Les manuels restent surtout au niveau de l'action concrète en demandant d'observer et/ou de construire. L'approche «action» se situe plutôt au niveau des connaissances physiques en demandant de décrire les solides ou leurs transformations et réalise le passage à l'action intériorisée grâce à une explicitation de la visualisation lors des tâches de recherche. L'approche «classique» se retrouve majoritairement au niveau de l'action concrète, observation et construction, et semble réaliser un passage direct à l'action intériorisée, sans mettre l'accent sur la visualisation. D'ailleurs, l'approche «classique» valorise un contexte géométrique où les définitions et les termes géométriques sont traités pour faire le passage à l'espace représentatif, alors que l'approche «action» reste plutôt dans un contexte de connaissances spatiales où la visualisation joue effectivement un grand rôle dans le passage aux actions intériorisées.

Au primaire, nous partons du concret vers l'abstrait, dans l'ordre d'importance des tâches de 1, 2 et 3. Au secondaire, l'observation et la construction devraient être présentes, mais ne pas représenter le centre d'intérêt. L'accent devrait être mis sur les actions intériorisées et non concrètes et la visualisation devrait nous servir de pont pour accéder à l'espace représentatif. Pour le secondaire, nous devrions réaliser le même passage, mais dans l'ordre inverse d'importance, soit 3, 2 et 1. Ainsi, l'approche d'enseignement est déterminante pour accéder aux actions intériorisées étant donné que les manuels ne se rendent pas à ce niveau. Une fois de plus, nous mettons en évidence le rôle central que joue l'approche d'enseignement dans un tel enseignement/apprentissage.

Les observations précédentes illustrent les liens que nous réalisons entre nos analyses du programme, des manuels et des deux approches d'enseignement mises en jeu dans ce projet, en particulier des tâches impliquées et du développement des connaissances spatiales.

Ces dernières considérations viennent «boucler la boucle» sur tous les éléments impliqués dans cette recherche. Par conséquent, ayant émis des pistes de réponses pour nos deux questions de recherche et ayant émis des remarques plus générales concernant le programme d'enseignement de la troisième année du secondaire et son application à travers les manuels, nous devons prendre un recul face aux résultats générés par notre étude. Ce recul s'exprime par l'énonciation de limites de recherche ainsi que de conclusions générales débouchant sur des recommandations.

7.4 Limites de la recherche

Toute recherche possède des limites; il faut en être conscient et les traiter le plus explicitement possible afin d'en évaluer les répercussions sur les résultats. Voici les limites de notre recherche regroupées en trois rubriques distinctes: les sujets participant à l'étude, la cueillette et l'analyse des données et les aspects plus généraux affectant l'impact de nos résultats.

Premièrement, au niveau des participants à la recherche, notre échantillon est limité à trente-deux élèves en tout, ce qui représente un petit échantillon. De plus, les élèves participaient sur une base volontaire, ce qui peut valoriser un type d'élèves en particulier. Enfin, une autre limite est liée au fait que les sujets n'ont été rencontrés qu'à deux reprises. Ce dernier aspect démontre une présence très courte sur le terrain et, par conséquent, vient limiter la fidélité des résultats et la validité interne.

Deuxièmement, la cueillette et l'analyse des données soulèvent d'autres limites. Il faut rappeler que la matière visée avait déjà été apprise par les élèves. Ce facteur vient influencer nos résultats, mais il vient aussi rendre plus significatifs les endroits où les élèves ont éprouvé des difficultés. Un autre facteur faisant obstacle à notre cueillette des données est la perte de trois sujets entre les deux phases d'expérimentation. Ces élèves, n'ayant pas été rencontrés une deuxième fois, n'ont pas pu apporter d'explications sur leurs comportements. Pour les analyses a posteriori, deux aspects représentent des limites importantes. D'abord le passage aux transcriptions des leçons amène une perte d'informations au niveau du langage non-verbal des élèves et de l'intervenante. Ce facteur est amenuisé par le fait que nous sommes retournée à plusieurs reprises aux traces brutes (vidéo) afin d'inscrire dans les transcriptions les comportements non-verbaux des sujets. Il faut aussi se rappeler que notre analyse observe les contenus manifestes et non latents des sujets (élèves et intervenants). Des entrevues ont été réalisées avec les élèves, mais aucun retour n'a été entrepris avec les deux intervenantes impliquées dans la recherche. Un tel manque constitue une lacune importante à notre méthodologie. Un tel retour nous aurait permis de connaître davantage les conceptions des intervenantes face à ces connaissances (spatiales versus géométriques), à l'enseignement de ces dernières (questionnement à valoriser, à la complexité des activités proposées, aux raisonnements attendus de la part des élèves) et au recours à la visualisation dans un contexte scolaire.

Troisièmement, différents aspects viennent affecter plus globalement notre recherche. Par exemple, les deux intervenantes impliquées dans le projet ont expérimenté deux leçons différentes. Une, élaborée par la chercheuse et expérimentée par l'intervenante externe au projet et l'autre, élaborée et expérimentée par une personne externe. Les deux approches ciblées n'ont été exploitées que par une seule intervenante; ainsi, il nous est difficile de dissocier les aspects reliés uniquement à l'approche ou celles relatives aux conceptions de l'intervenante. Tout intervenant possède un certain bagage concernant les connaissances visées (ici spatiales), leur développement et leur enseignement. Dans le cadre de cette étude exploratoire, il nous est impossible de distinguer la personnalité de l'intervenante et l'approche mise de l'avant par cette dernière. Une étude ultérieure impliquant plus d'intervenants réalisant chaque leçon viendrait réduire l'importance de ce facteur. Une autre limite reliée au caractère exploratoire de notre recherche est la faible possibilité d'extrapolation des résultats à d'autres études ou contextes. D'autres recherches plus systématiques et de plus grande ampleur devront être élaborées avant d'arriver à un stade vérificatif. De plus, il faut toujours porter une attention particulière à l'implication et l'influence des chercheurs dans l'analyse des données et dans notre cas, nous avons fait appel à un contre-codeur et réalisé un codage inverse pour diminuer l'impact de la désirabilité de la chercheuse. Aussi, notre grille d'analyse est mixte. Ceci implique qu'il y a une partie fixée par notre cadre conceptuel et nos intuitions, mais qu'elle a été complétée lors d'une première lecture des transcriptions, laissant place aux éléments non-considérés auparavant. De plus, à plusieurs reprises, dans nos grilles d'analyse nous traitons de critères inverses (ex.: présent-absent, géométrie-spatiale) afin d'ouvrir la porte aux infirmations possibles.

Nous résumons les limites de notre étude par l'énoncé des trois lacunes les plus importantes: le contexte de notre recherche ne valorise pas l'extrapolation des résultats, notre présence sur le terrain est très courte et aucun retour a posteriori n'a été réalisé avec les deux intervenantes impliquées dans le projet. Les recherches faisant suite à celle-ci devraient éliminer, le plus possible, ces limites afin de permettre une plus grande étendue des résultats.

7.5 Conclusions et recommandations

Cette section vient conclure notre thèse en présentant les principales conclusions, ou plutôt hypothèses, que nous retenons. De plus, nous exposons des recommandations pour l'enseignement des connaissances spatiales pour le primaire et le secondaire et des recommandations pour d'éventuelles recherches voulant poursuivre cette première phase exploratoire.

De cette étude, nous retenons les ruptures et les manques de cohérence que possèdent les programmes de mathématiques du primaire et du secondaire concernant l'apprentissage/enseignement des connaissances spatiales. Ainsi, les intervenants du secondaire pourraient ne pas être familiers avec les connaissances acquises par les élèves au primaire, ils ne possèdent peut-être pas les outils didactiques nécessaires pour réaliser leur enseignement ou encore s'ils ne retiennent que les objectifs terminaux du programme, ils pourraient bifurquer vers l'enseignement/apprentissage des connaissances géométriques.

L'analyse des manuels révèle que les principales tâches exploitées par les auteurs des manuels de troisième secondaire étudiés sont l'observation et les représentations. Ces tâches restent simples pour ce niveau et il faut prévoir approfondir la réflexion spatiale avec les élèves afin d'accéder aux actions intériorisées. Ce cheminement vers l'espace représentatif n'est pas entrepris par les manuels, mais il devra l'être par l'approche d'enseignement valorisée en classe, d'où l'importance accordée à l'approche d'enseignement dans cette recherche. En comparaison avec les manuels, l'approche «action» demande davantage de recherches et de descriptions reliées aux connaissances spatiales. L'approche «classique», au contraire, demande plus de constructions et de représentations. Ces distinctions, appuyées par d'autres facteurs, viennent supporter l'hypothèse que l'approche «classique» se situe davantage au niveau de l'action concrète et que ceci vient compromettre le passage à l'action intériorisée.

Pour accéder aux connaissances spatiales, il faut cheminer de l'action concrète vers l'action intériorisée. Comme semblent l'indiquer nos résultats de recherche, la visualisation joue un rôle important dans ce passage. D'ailleurs, la visualisation a déjà fait ses preuves dans le domaine sportif où elle est utilisée de façon systématique.

La visualisation est une connaissance qui s'apprend et se travaille (Orlick, 1991). En mathématiques, selon Hill et Baker (1983), une approche d'enseignement serait enrichie par la création d'activités impliquant la visualisation. L'approche «action» joue ce rôle dans le cadre de notre recherche.

Ces remarques relatives à l'analyse des manuels nous conduisent à la caractérisation plus spécifique d'une approche centrée sur l'action. Un tel enseignement oriente ses interventions sur l'action intériorisée en y faisant référence explicitement, en questionnant les élèves sur leurs images mentales et en obligeant le passage à l'action intériorisée (par exemple, en demandant une recherche sans aucune manipulation concrète possible, seulement par anticipation). Les connaissances visées sont presque exclusivement spatiales afin d'éviter le glissement vers les connaissances géométriques qui s'est réalisé lors de l'approche «classique» et qui est fréquent (Berthelot et Salin, 1993-94). Le questionnement doit être abondant, il doit porter sur les connaissances spatiales dont la visualisation et les combinaisons de tâches demandées aux élèves doivent contenir une étape de recherche sans manipulation. Ce dernier aspect, imposant le recours à la visualisation, vient complexifier les activités présentées aux élèves. L'activité préparatoire de l'approche «action» a su orienter l'attention des élèves dans la bonne direction, c'est-à-dire vers les connaissances spatiales. Cette activité est, selon nous, une activité-clé de cette approche et elle devrait faire l'objet d'une exploration ultérieure plus approfondie.

Un dernier aspect relié au profil des élèves vient compléter les conclusions générales de notre recherche. Les élèves sportifs sont ceux qui possèdent plus fréquemment une visualisation spontanée et les patineurs emploient souvent la vue globale comme moyen de résolution. Outre ces caractéristiques, les autres comportements des élèves ne se distinguent pas selon le profil des élèves. Il est évident que le profil des élèves influence l'enseignement/apprentissage des connaissances spatiales, mais, dans notre contexte, l'approche d'enseignement semble plus influente que le profil des élèves; ceci reste à vérifier par des études plus systématiques sur le sujet. Mais, deux références vont dans le même sens: d'abord Piaget mentionne que «la connaissance ne provient jamais de la sensation seule, mais de ce que l'action ajoute à ce donné» et les actions en classe de mathématiques sont habituellement gérées par l'intervenant, d'où l'importance accordée à l'approche d'enseignement. De plus, il faut valoriser les manipulations, mais surtout le questionnement qui en découle (Poirier, 1999). Le questionnement représente un autre aspect engendré par l'intervenant.

Ces dernières observations complètent le portrait que nous dégagons de l'approche d'enseignement centré sur l'action ainsi des différents comportements des élèves observés dans l'enseignement/apprentissage des connaissances spatiales.

Ces conclusions nous guident à des recommandations d'abord pour l'enseignement et ensuite pour la recherche.

Recommandations pour l'enseignement:

- ★ Connaître les lacunes du programme du secondaire et les ruptures avec celui du primaire afin d'y remédier grâce à un enseignement adapté dans ce sens.
- ★ Connaître les limites des manuels afin de pousser plus loin l'enseignement des connaissances spatiales en valorisant d'autres tâches que l'observation et les représentations.
- ★ Valoriser la manipulation et la construction puisque l'activité motrice facilite et fait progresser l'apprentissage des images mentales (Rigal, 1996). Mais, au secondaire, mettre davantage l'accent sur l'action intériorisée que ces actions concrètes génèrent chez les élèves. Ne pas mettre trop d'accent sur l'action concrète puisque ceci peut venir compromettre le passage à l'action intériorisée pour les élèves.
- ★ Favoriser le questionnement comme moyen principal d'interventions de l'intervenant et questionner les élèves directement sur leurs images mentales reliées aux connaissances spatiales. Faire expliciter les images mentales des élèves grâce à un questionnement et des discussions en grand groupe.
- ★ Être conscients du glissement possible dans l'enseignement des connaissances spatiales avec les connaissances géométriques et éviter de telle situation.
- ★ Choisir des combinaisons de tâches incluant la recherche sans manipulation.
- ★ Exploiter la visualisation dans l'enseignement des connaissances spatiales. Sensibiliser les intervenants à leurs pratiques de visualisation. La rendre plus systématique, comme le propose Chevallon (1995), Slee (1987), Hutton et Lescohier (1983).
- ★ De courtes activités visant la visualisation (référence) sont à valoriser. Cet aspect vient aussi répondre aux contraintes de temps souvent déplorées par les intervenants. Un exemple concret de ce type d'activité est l'activité préparatoire élaborée dans le cadre de l'approche «action».
- ★ Présenter des cas plus complexes de solides de révolution en troisième année du secondaire puisque les cas traités dans les manuels restent simples et accessibles aux élèves du primaire.

Recommandations pour la recherche:

- ☛ Réaliser des recherches plus systématiques et de plus grandes envergures afin de combler certaines limites de cette recherche. Ce type de recherche pourrait nous permettre de généraliser l'approche d'enseignement mise de l'avant dans ce projet favorisant l'action et d'identifier plus précisément les raisonnements et difficultés des élèves. Les observations générées par ce type de recherche nous permettraient d'élaborer, plus d'une leçon sur les connaissances spatiales, une séquence complète sur cet enseignement.
- ☛ Faire une analyse plus approfondie des activités proposées en classe; d'abord au primaire et ensuite au secondaire, afin de dégager des activités pertinentes à l'enseignement des connaissances spatiales au primaire et au secondaire. Une telle étude nous renseignerait aussi sur les connaissances acquises par les élèves du primaire et ainsi orienterait en conséquence celles du secondaire. Elle nous permettra d'établir des balises sur les connaissances spatiales que pourraient développer les élèves du secondaire qui ne semblent pas exploitées en profondeur actuellement.
- ☛ Créer une séquence d'enseignement sur les connaissances spatiales faisant suite à notre approche «action» et l'expérimenter d'abord auprès d'élèves du primaire de différents profils afin d'identifier une séquence d'enseignement complète, propice à l'enseignement des connaissances spatiales.
- ☛ Étudier davantage l'arrimage du primaire au secondaire de l'enseignement des connaissances spatiales afin d'établir une suite cohérente entre ces deux niveaux scolaires. Ce projet aurait pour but d'amenuiser les lacunes, les manques de cohérence et de continuité des programmes d'enseignement actuellement en vigueur.

Ces recommandations sont énoncées de façon distincte, mais plusieurs d'entre elles peuvent être considérées dans le cadre d'une même recherche. Il y a encore plusieurs facettes à explorer dans l'enseignement des connaissances spatiales amenant, par conséquent, plusieurs voies d'analyse. Les orientations de recherche faisant suite à cette thèse ne représentent qu'un premier jet sur les poursuites possibles. Elles feront l'objet, ultérieurement, d'une attention plus particulière. Nous concluons que l'enseignement/apprentissage des connaissances spatiales cache plusieurs obstacles autant pour l'intervenant que pour les élèves et que cette réalité est bien illustrée par la métaphore qu'utilise Hoffman:

Behind the graceful ease of the skater are years of rigorous training, and behind the swift ease of vision is an intelligence so great... (p. XI, Hoffman, 1998)

BIBLIOGRAPHIE

- Ajuriaguerra, J. (1962). Le corps comme relation. *Revue suisse de Psychologie appliquée*, 21, pp.137-157.
- Andrews, A. G. (1996). Developing Spatial Sense - A Moving Experience ! *Teaching Children mathematics*. Vol. 2, no. 5, pp.290-293.
- Barnes, D. (1990). Language in the Secondary Classroom: A Study of Language Interaction in Twelve Lessons in the First Term of Secondary Education. Dans *Language, the Learner and the School*. Barnes, D., Britton, J. et Rosen H. (ed.). Baltimore, Penguin Books. 11-77.
- Battista, M. T. (1990). Spatial visualisation and gender differences in high school geometry. *Journal of Research in Mathematics Education*. 21, pp.47-60.
- Bednarz, N. et Garnier, C. (1996). Children development in solving a certain class of additive problems in mathematics : a didactic intervention based on action. *Learning and Instruction*.. Elsevier Science Ltd (ed.).Vol. 6, no.2, pp.131-150.
- Bednarz, N. et Garnier, C. (1991). Une intervention didactique : approche socio-cinétique d'un problème de représentation du dynamisme en mathématique. Rapport CRSH, CIRADE, Université du Québec à Montréal, 5 pages.
- Bednarz, N. et Garnier, C. (1989). L'utilisation du conflit socio-cognitif dans une pédagogie contribuant à l'élaboration des processus d'anticipation et décentration. Dans *Construction des savoirs. Obstacles et conflits. Colloque international : obstacle épistémologique et conflit socio-cognitif*. Agence d'ARC inc. (ed.), Ottawa.
- Bellenger L. et Couchaere M.-J. (2000). *Les techniques de questionnement. Savoir poser les bonnes questions*. Collection formation permanente. Séminaire Muchielli.
- Berthelot, R. et Salin, M.-H. (1993-1994). L'enseignement de la géométrie à l'école primaire. Dans Grand N, Irem, université Joseph Fourier, Grenoble I, no. 53, pp.39-53.
- Berthelot, R. et Salin M.-H. (1992). L'enseignement de l'espace et de la géométrie dans la scolarité obligatoire. Thèse de doctorat, Université de Bordeaux I.
- Bessot, A. (1994). Représentations graphiques et maîtrise des rapports avec l'espace. Séminaire sur la représentation. CIRADE, UQAM, septembre 1993, 34 pages.
- Bishop, A. J. (1980). Spatial abilities and mathematics achievement - A review. *Educational Studies in Mathematics*. 11, pp.257-269.
- Blaize, P. (1984). The effects of internal and external imagery in psychologically preparing skaters for performing figures. Maîtrise es arts, University of Western Ontario. 115 pages.
- Brousseau, G. et Centeno, J. (1991). Rôle de la mémoire didactique de l'enseignant. *Recherches en didactique des mathématiques*, 11/2.3, pp.167-210.
- Chevalier-Girard, N., Garnier C. (1982). Incidence des facteurs d'imagerie et de personnalité dans l'entraînement. Dans *Mental training for coaches and athletes*, Ottawa : Sport in perspective and the coaching association of Canada, pp.104-105.
- Chevallard, Y. et Jullien, M. (1990-1991). Autour de l'enseignement de la géométrie au collège, première partie. *Petit X*, no.27, pp.41-76.
- Chevallon, S. (1995). *L'entraînement psychologique du sportif*. Édition De Vecchi S.A., Paris, imprimé en Italie. 106 pages.
- Clements, D. h. et Battista M. T. (1992). Geometry and spatial reasoning. Dans *Handbook of research on mathematics teaching and learning*. Douglas A. et Grouws, Macmillan publishing compagny, New York. Chap. 18, p.420-464.
- Crowley, M. L. (1987). The van Hiele Model of the development of geometric thought. Dans *NCTM, Learning and teaching geometry, K-12*. pp.1-16.

- Davis, P. L. et Anderson, J. A. (1979). *Nonanalytic aspects of mathematics and their implication for research and Education*. SIAM review, 21, pp.112-117.
- Del Grande, John (1990). Spatial Sense. *Arithmetic teacher*. Février 1990, pp.14-20.
- Denis, M. (1989). *Image et cognition*. Psychologie d'aujourd'hui, collection dirigée par Paul Fraisse, Presse Universitaire de France.
- Denis, M. (1979). *Les images mentales*. Presse universitaire de France, Paris.
- Deprez, M. (1976). *Le questionnement au sein de la communication pédagogique*. Mémoire de maîtrise dirigé par A. Bonboir. Université catholique de Louvain. Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Éducation.
- Dillon J. T. (1990). *The practice of questioning*. International series on communication skills.
- Ding, X. (1984). Program and effects of relaxation practice and imagery rehearsal. Dans *Collection of papers in China sport psychology conferences and translation of sport psychology papers published abroad*. Beijing, China Sports Science Society and China Sport Psychology Society, pp.237-239.
- Dion, D., Pallascio, R. et Papillon, V. (1985). Perception structurale d'objets polyédriques. *Bulletin AMQ*. Octobre 1985, pp.10-21.
- Ducret, J.J. (1984). *Jean Piaget, savant et philosophe: les années de formation 1907-1924. Étude sur la formation des connaissances et du sujet de la connaissance*. Genève, Droz.
- Duda, J. (1995). Mental skills training : what's it all about ? In *Technique*, january 1995. pp.28-29.
- English, L et Goldin, G. A. (2001). *Imagery and affect in mathematical learning*. Dans PME (psychology of mathematics education) Marja van den Heulel-Panhuizen (ed), Utrecht, 2001, vol.1, p.1-257.
- Feltz, D.L. et Weiss, M.R. (1982). Developing self-efficacy through sport. Dans *Journal of Physical Education, Recreation and Dance*, 53(2), 24-36, 36.
- Finke, R., A. (1993). *Principles of mental imagery*. Deuxième édition. Massachusetts Institute of Technology. 179 pages.
- Garner, D. et Cass, J. (1965). *The role of the Teacher in the Infant and Nursery School*. Pergamon Press, Oxford, 176 pages.
- Garnier, C. (1988). Approche constructiviste en pédagogie : décentration et anticipation dans des jeux socio-moteurs. *European Journal of psychology of education*.. Vol. IV, no.3, pp.401-417.
- Garnier, C. et Bednarz, N. (1995). Changes in the representation of dynamism in fifth grade children. *Instructional Science*. Kluwer Academic Publishers, 23, pp.243-267.
- Gauthier, C. (1997). *Pour une théorie de la pédagogie. Recherches contemporaines sur le savoir des enseignants*. Les presses de l'Université Laval. 352 pages.
- Gerhardt, L. A. (1973). *Moving and knowing : The young child orients himself in space*. Prentice Hall (ed.), Englewood Cliffs.
- Green, J. L., Weade, R. et Graham, K. (1988). Lesson construction and Student Participation: A Sociolinguistic Analysis. Dans *Multiple Persective Analysis of Classroom Discourse*. Green, J. et Harker J. (ed.). Ablex publishing Corp., Norwwod, 1-11.
- Hall, C., R. et Rogers, W., M. (1989). Enhancing Coaching Effectiveness in Figure Skating Through a Mental Skills Training Program. In *The Sport Psychologist*, 1989, 3, pp.142-154.
- Hallet, D. H. (1991). Visualization and calculus reform. Dans *Visualization in teaching and learning mathematics : a projet*. Zimmermann et Cunningham (ed.), Washington. M.A.A., no.19, pp.121-126.

- Haney, W. (1984). Testing reasoning and reasoning about testing. *Review of Educational Research*. 54:597, 654 pages.
- Hannoun, H. (1973) *À la conquête du milieu*. Collection Hachette (ed.), Paris.
- Hill, D. M. et Baker, S. R. (1983). A visual imagery typology for instructional design. Dans *Mental imagery and learning*. Hutton et Lescohier (ed.), chapitre 9, pp.133-154.
- Hoffer, A. R. (1977). *Mathematics Resource Project : Geometry and Visualisation*. Creative Publications (ed.), Californie, Palo Alto.
- Hoffman, D., D. (1998). Visual intelligence. How we create what we see. Norton and Company, Inc. (ed.). 294 pages.
- Hutton, D. W. et Lescohier, J. A. (1983). Seeing to learn : using mental imagery in the class room. Dans *Mental imagery and learning*. Hutton et Lescohier (ed.), chapitre 8, pp.113-132.
- Izard (1990). Developing spatial Skills with Three-dimensional Puzzles. *Arithmetic Teacher*. Février 1990, vol. 37, no.6, pp.44-47.
- Laborde, C. (1988). L'enseignement de la géométrie en tant que terrain d'exploration de phénomènes didactiques. *Recherches en didactiques des mathématiques*. Vol. 9, no. 3, pp.337-364.
- Larochelle, M. et Bednarz, B. (1994). *Revue des sciences de l'éducation. Constructivisme et Éducation*. Numéro thématique, vol.XX, n°1.
- Laurendeau, M. et Pinard, A. (1968). Les premières notions spatiales de l'enfant, examen des hypothèses de Jean Piaget. Delachaux et Niestlé (ed), Paris.
- Lean, G. et Clements, M. A. (1981). Spatial ability, visual imagery, and mathematical performance. *Educational Studies in Mathematics*. 12, pp.267-299.
- Lessard-Hébert, M, Goyette G et Boutin, G. (1996). *La recherche qualitative. Fondements pratiques*. Éditions Nouvelles A SMS (eds.) Montréal. 124 pages.
- Livingston, M., K. (1989). A discipline of mind : Western Applications. In *Mental discipline : the pursuit of peak performance*. Humain Kinetics books (ed). pp.237-256.
- Lunkenbein, D.(1982). Géométrie dans l'enseignement au primaire. *Instantanés Mathématiques*. Nov., pp.5-15.
- Menuhin, Y. (1986). *The compleat violonist : thoughts, exercises, reflections of an itinerant vilonist*. New York, Summit.
- Moses, B. (1980). *The Relationship between Visual Thinking Tascks and Problem-solving Performance*. Papier présenté à la rencontre annuelle de «American Educational Research Association», à Boston, avril.
- Musick, S. J. (1978). The Role of Motor Activity in Young Children's Understanding of Spatial Concepts. *Recent Research Concerning the Development of Spatial and Geometric Concepts*. Richard Lesh (ed.), ERIC, Ohio, Columbus, pp.85-104.
- Nideffer R., M. (1985). *Athletes' guide to MENTAL TRAINING*. Champaign, IL : Human Kinestics (ed), 156 p.
- Nesbitt Vacc, N. (1993). *Questioning in the mathematics classroom*. Arithmetic teacher, octobre, 1993. vol. 41, no.2, pp.88-91.
- Nideffer, R. M. (1985). *Athletes' guide to mental training*. Human Kinetics Publishers. vii, 156 pages.
- Orlick, T. (1992). *Freeing children from stress : Focusing and tress control activities for children*. Willits, CA : ITA.
- Orlick, T. et McCaffrey, N. (1991). Mental training with children for sport and life. *The sport Psychologist*. 5, pp.322-334.

- Orlick, T. (1990a). Chapter 8 : Mental Imagery. *In Pursuit of Excellence : How to Win in Sport and Life Through Mental Training*. Champaign, IL : Leisure Press, . pp.65-77.
- Orlick, T. (1990b). Sport psychology throughout the athletic career. Dans *Proceedings of the 7th ISSP Conference on Sport Psychology*. C.K. Giam, K.K. Chook et K.C. The (eds). Singapore Sports Counsel.
- Pallascio, R. (1995). Observations de représentations géométriques et spatiales dans un contexte d'acculturation mathématique. Dans les actes du colloque organisé par l'E.N.S. de Marrakech, le C.R.K. de Safi, intitulé *Les représentations dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques*. pp.193-209.
- Pallascio, R., Allaire, R., Talbot, L. et Mongeau, P. (1990). L'incidence de l'environnement sur la perception et la représentation d'objets géométriques. Dans *Revue des Sciences de l'Éducation*, XVI (1), pp.77-90.
- Partington, J. (1990). *Personal knowledge in imagery : Implications for novice gymnasts, figure skaters and their coaches*. Article présenté à la conférence annuelle "the Canadian Society for Psycho-Motor Learning and Sport Psychology". Windsor, ON.
- Parzysz, Bernard (1991). Espace, Géométrie et Dessin. Une ingénierie didactique pour l'apprentissage, l'enseignement et l'utilisation de la perspective parallèle au lycée. *Recherches en didactiques des mathématiques*. Vol. 11, no. 23, pp.211-240.
- Paul-Cavalier, F., J. (1989). *Visualisation : Des images pour des actes*. InterÉditions, Paris.
- Pêcheux, M.G. (1990). *Le développement des rapports des enfants à l'espace*. Nathan université.
- Pelissier, P., Billouin A. (1989). *Patinage*. Éditions Robert Laffon, S. A., Paris. 239 pages.
- Perkins, H. V. (1965). A procedure for Assessing the Classroom Behavior of Students ans Teachers. Dans *American Educational Research Journal*. novembre 1965, 1, pp.249-260.
- Piaget, J. (1973). *La géométrie spontanée de l'enfant*. PUF., Paris, 491 pages.
- Piaget, J. (1972). *Où va l'éducation?* Denoë-Gonthier, Paris, 133 pages.
- Piaget, J. (1970). *Psychologie et épistémologie : pour une théorie de la connaissance*. Édition Gonthier, Paris.
- Piaget, J. et Inhelder, B. (1948). *La représentation de l'espace chez l'enfant*. Presses Universitaires de France, Paris, (ed. 1977).
- Pimm, D. (1987). *Speaking Mathematically. Communication in Mathematics Classrooms*. Micheal Stubb (ed.), Institute of Education, Université de Londre, xvii, 217 pages.
- Pinel, A. et Pinel J. (2001). *Imagery and visualization within pre-school and elemnetary number: a 2-year case study of 11 schools*. Dans PME (psychology of mathematics education) Marja van den Heulel-Panhuizen (ed), Utrecht, 2001, vol.1, p.1-358.
- Poirier, L. (1999). *Réflexion autour du matériel de manipulation*. Instantanés mathématiques, septembre, 1999.
- Porter, K. et Foster, J. (1990). Visual Athletics : visualizations for peak sports performance. Wm.C. Brown (ed), Dubuque, Iowa, 202 pages.
- Porter, K., Foster J. (1986). *The mental athlete*. Traduction Delamarre G. (*Le sport dans la tête*). Édition Robert Laffont, S.A., Paris, 1989. 215 pages.
- Posamentier, A. S. et Stepelman, J. (1990). *Teaching Secondary School Mathematics Techniques and enrichment units*. 3^{ème} édition. Merrill (ed.), vii, 478 pages.

- Prigge, G. R. (1978). The differential effects of the use of manipulative aids on the learning of geometric concepts by elementary school children. *Journal for research in Mathematics Education*, 9, pp.361-367.
- Rigal, R. (1996). *Motricité humaine. Fondements et applications pédagogiques. Tome 3 : actions motrices et apprentissages scolaires*. 2^e édition, Presses de l'université du Québec (ed.), Québec, 164 pages.
- Shaw, J. M. (1990). By way of introduction. *Arithmetic teacher*. Février 1990, pp.4-5.
- Skinner, B. F. (1953). *Science and human behavior*. New York, Macmillan.
- Slee, P. T. (1987). *Child observation skills*. London, New York, Croom Helm, 165 pages.
- Smith, D. (1987). Conditions that Facilitate the Development of Sport Imagery Training. In *The sport Psychologist*, 1, pp.237-247.
- Smith, B. O., Meux, M., Coombs, J. et Nuthal, G. (1964). *A tentative report on the strategies of teaching*. University of Illinois.
- Song, B., Zhang, J. et Li, J. (1987). Improving gymnastic skill with mental training : An experimental study. Dans *Abstract selections of China VI psychology conference*. Beijing : China Psychology Society, pp.475-486.
- Stanic, G. M. A. et Owens, D. T. (1990). Research into practice. *Arithmetic teacher*. Février, pp.48-51.
- Stodosky, S. S. (1988). *The subject matters. Classroom Activity in Math and Social Studies*. The university of Chicago Press, xviii, 196 pages.
- Suinn, R., M. (1980) *Psychology in Sport : Methods and Applications*. Minneapolis. Minnesota: Burgess (ed).
- Sun, Y. (1984). Improving motor skills through imagery. *Journal of Beijing Institute of Physical Education*, 2, pp.71-74.
- Taba, H. (1965). *Teaching strategies and cognitive functioning in elementary school children*. San Francisco, State College.
- Van der Maren, J.-M. (1996). *Méthodologies de recherche pour l'Éducation*. 2^{ème} édition, Les Presses de l'Université de Montréal, Montréal, et De Boeck-Wesmael, Bruxelles. 502 pages.
- van Hiele, P. M. (1959). La pensée de l'enfant et la géométrie. *Bulletin de l'APMEP*. 198, pp. 199-205.
- Vermesch, P. (1996). *L'entretien d'explicitation*. Collection Pédagogique. 2^{ème} tirage, ESP (ed.), Paris. 181 pages.
- Vermesch, P. et Naurel, M. (1997). *Pratiques de l'entretien d'explicitation*. Collection Pédagogique, ESP (ed.), Paris. pp.263.
- Waimon, M. D. (1968). *An application of research into teaching*. Dans «Scientia Paedagogica experimentalis», v. 2.
- Wallon, H. et Lurçat, L. (1962). Espace postural et espace environnant (le schéma corporel). *Enfance*, 15, pp.1-33.
- Wheatley, Grayson H. (1990). Spatial sense and mathematics learning. *Arithmetic teacher*. Février 1990, pp.10-11.
- Wright, E. et Proctor, V. (1961). *Systematic observation of verbal interaction as method of comparing mathematics lessons*. St-Louis, Washington.
- Yackel et Wheatly (1990). Promoting visual imagery in young pupils. Dans *Arithmetic teacher*, février 1990, pp.52-58.
- Zhang, L.-W., Ma, Q.-W., Orlick, T. et Zitzelsberger L. (1992). The Effect of Mental-Imagery Training on Performance Enhancement With 7-10-Years-Old Children. Dans *The sport Psychologist*, 1992, 6, pp.230-241.

Zhang, B. (1984). Forming moto skill through imagery: A method of mental training. Dans *Collection of papers in China sport psychology conferences and translation of sport psychology papers published abroad*. China Sports Science Society and Chins Sport Psycholgy Society, Beijing. pp.115-119.

Dictionnaires :

Petit Larousse illustré, 1988, Larousse (ed.), Paris.

Petit Robert 1, 1983, Robert (ed.), Paris.

Dictionnaire Actuel de l'Éducation. Legendre (1993). 2^e édition. Guérin et ESKA (ed.).

Programmes

Programme de mathématiques du ministère de l'Éducation du Québec, pour le primaire

Programme de mathématiques du ministère de l'Éducation du Québec, pour le secondaire (1993-1997) et (2003).

Programme national de certification des entraîneurs, théorie niveau 2 (1991). Publié par l'association canadienne des entraîneurs. Gloucester, Ontario. 230 pages. Imprimé par le CCASCP.

Manuels scolaires

Breton, G. et Morand J.-C. (1995). *Carrousel mathématique 3*, tome 1 et tome 2. Centre Éducatif et Culturel inc. (CEC), Montréal.

Champoux, G. et Garneau, L. (1992). *Mathémathèque 6*. LIDEC, Montréal.

Guay, S. et Lemay, S. (1995). *Mathématique 3^{ième} secondaire, Scénarios*. Éditions HRW, groupe Éducalivres inc., Montréal.

Huart, C. (1991). *Espace mathématique 6*. Éditions du renouveau pédagogique inc. (ERPI), Ottawa.

Lyons, M. et Lyons, R. (1991). *Défi mathématique 6*. Édition Mondia, Laval.

APPENDICES

APPENDICE 1: Programme du secondaire

Objectifs reliés à la géométrie en secondaire 1 (36%)⁶⁹ :

3. Amener l'élève à utiliser ses connaissances relatives aux figures géométriques.
 - 3.1 Créer des figures en utilisant les transformations isométriques.
 - 3.2 Résoudre des problèmes portant sur des droites ou des angles.
 - 3.3 Résoudre des problèmes portant sur les triangles.
 - 3.4 Résoudre des problèmes portant sur des quadrilatères convexes.
 - 3.5 Résoudre des problèmes portant sur le périmètre ou l'aire de certains polygones.

Objectifs reliés à la géométrie en secondaire 2 (35%) :

3. Amener l'élève à utiliser ses connaissances relatives aux figures géométriques.
 - 3.1 Résoudre des problèmes portant sur l'agrandissement ou la réduction d'une figure.
 - 3.2 Résoudre des problèmes portant sur des figures isométriques ou homothétiques dans un plan cartésien.
 - 3.3 Résoudre des problèmes portant sur des polygones.
 - 3.4 Résoudre des problèmes portant sur des cercles.

Objectifs reliés à la géométrie en secondaire 3 (40%) :

2. Amener l'élève à utiliser ses connaissances relatives aux figures géométriques.
 - 2.1 Résoudre des problèmes portant sur des transformations isométriques ou homothétiques.
 - 2.2 Résoudre des problèmes portant sur des objets à trois dimensions.
 - Décrire en mots ou en dessin des objets à trois dimensions.
 - Représenter dans deux dimensions des objets à trois dimensions.
 - Bâtir un objet à trois dimensions, à partir d'une description ou d'un dessin.
 - 2.3 Résoudre des problèmes portant sur des solides.
 - Créer un cône, une sphère ou un cylindre par une rotation de 360° d'une figure autour d'un axe.
 - Créer un prisme par une translation d'un polygone.
 - Représenter des solides en deux ou trois dimensions.
 - Classer les solides.
 - Sectionner un cube de manière à obtenir un solide dont une des faces est un triangle ou un quadrilatère.
 - Dédire la mesure d'un segment en s'appuyant sur un énoncé approprié.
 - Justifier une affirmation dans la résolution d'un problème portant sur les solides.
 - 2.4 Résoudre des problèmes portant sur l'aire ou le volume de certains solides.

⁶⁹ Extraits du programme de mathématiques du secondaire du ministère de l'Éducation, 1993-1997.

SUITE APPENDICE 1 : Extraits du nouveau programme au secondaire (2003)

Compétence 1 : Résoudre une situation-problème

«En géométrie, il passe de l'observation au raisonnement. Il énonce et mobilise des propriétés, des définitions et des relations pour analyser et résoudre une situation-problème. Il construit des figures au besoin, à l'aide d'instruments ou de logiciels de géométrie dynamique, et il manipule des expressions numériques ou algébriques, en particulier pour le calcul de longueurs et d'aires. L'élève interprète et écrit les résultats numériques obtenus en utilisant les unités de mesure appropriées à la situation.» p.240

Compétence 2 : Déployer un raisonnement mathématique

«En géométrie, il déploie un raisonnement lorsqu'il apprend à reconnaître les caractéristiques des figures usuelles, met en évidence leurs propriétés et effectue des opérations sur les figures planes à l'aide de transformations géométriques. Il compare et calcule des angles, des longueurs et des aires, et il forme des patrons (développements) de solides qu'il représente par un dessin. Il se familiarise avec les définitions et les propriétés des figures qu'il utilise pour résoudre des problèmes à l'aide de déductions simples. Il détermine des mesures manquantes dans différents contextes.» p.243

Compétence 3 : Communiquer à l'aide du langage mathématique

«En géométrie, il communique lorsqu'il décrit et interprète une figure afin, notamment, de la reproduire. Lors de la recherche de mesures manquantes, il utilise des unités de mesure et peut produire ou interpréter des formules.» p.246

«Figures géométriques et sens spatial.

Au premier cycle du secondaire, il construit et s'approprie les concepts et les processus suivants :

- Figures planes.
 - Triangles, quadrilatères et polygones réguliers convexes.
 - Cercle, disque et secteur.
 - Mesure
 - (**processus**) : aire latérale ou totale de prismes droits, de cylindres droits ou de pyramides droites et aire latérale ou totale de solides décomposables en prismes droits, en cylindres droits ou en pyramides droites.
- Angles.
- Solides.
 - Prismes droits, pyramides droites et cylindres droits.
 - Développements possibles d'un solide.
 - Solides décomposables
- Figures isométriques et semblables.» p.258-259

«Pour développer son sens spatial en trois dimensions, un apprentissage qui nécessite du temps, l'élève représente des solides à l'aide d'un dessin à main levée. Il identifie des solides soit par leurs développements ou par leurs représentations dans le plan. Il reconnaît des figures planes obtenues en sélectionnant un solide à l'aide d'un plan.» p.260

APPENDICE 2: Programme du primaire

Objectifs pour le premier cycle du primaire (programme de 1980) ⁷⁰:

9. Explorer les notions d'intérieur, d'extérieur et de frontière.
10. Dégager certaines caractéristiques des solides.
11. Se familiariser avec les figures à deux dimensions à partir de l'observation des faces des solides.
12. Réaliser des activités d'exploration concernant la notion de symétrie.
13. Utiliser correctement les termes géométriques jugés essentiels à la communication.

Objectifs pour le deuxième cycle:

15. Élaborer et appliquer des démarches permettant de résoudre des problèmes reliés aux relations spatiales.
16. Rechercher les caractéristiques de différents solides.
17. Décrire et classier des polygones selon certaines de leurs propriétés.
18. Effectuer les transformations géométriques qui gardent inchangées les dimensions des figures, et décrire ces transformations.
19. Utiliser correctement les termes géométriques jugés essentiels à la communication.

Nouveau programme⁷¹:

Premier cycle (première et deuxième années) :

- Repérage d'objets et de soi dans l'espace, relations spatiales (devant, sur, à gauche, etc.). Repérage sur un axe
- Comparaison et construction (prisme, pyramide, boule, cylindre, cône). Comparaison des objets de l'environnement aux solides. Attribut (nombre de faces, base) : prisme, pyramide.
- Comparaison et construction de figures composées de lignes courbes fermées ou de lignes brisées fermées. Description, à l'aide du nombre de côtés, du carré, du rectangle, du triangle et du losange. Identification : carré, rectangle, triangle, cercle, losange
- Observation et production de régularités à l'aide de figures géométriques. Figures isométriques (mêmes mesures)

Deuxième cycle (troisième et quatrième années):

- Systèmes de repérage dans un plan : coordonnées, repérage sur une grille
- Description de prismes et de pyramides à l'aide de faces, de sommets, d'arêtes et d'apex. Développement de prismes et de pyramides. Classification de prismes et de pyramides.
- Polygones convexe et non convexe : description des polygones à l'aide du nombre de côtés. Description des quadrilatères dont le trapèze et le parallélogramme : segments parallèles, segments perpendiculaires, angle droit, angle aigu, angle obtus. Classification des quadrilatères. Construction de lignes parallèles et de lignes perpendiculaires
- Observation et production (grilles, papier calque) de frises par réflexion : réflexion, axe de réflexion. Observation et production de dallages à l'aide de la réflexion

Troisième cycle (cinquième et sixième années):

- Repérage dans le plan cartésien
- Polyèdres convexes : reconnaissance du développement. Relation d'Euler : établissement d'une relation entre les faces, les sommets et les arêtes d'un polyèdre convexe
- Description de triangles : triangle rectangle, triangle isocèle, triangle scalène, triangle équilatéral. Classification des triangles. Mesure d'angles en degrés à l'aide d'un rapporteur d'angles. Étude du cercle : rayon, diamètre, circonférence, angle au centre
- Observation et production (grilles, papier calque) de frises par translation : translation, flèche de translation (longueur, direction, sens). Observation et production de dallages à l'aide de la translation

⁷⁰ Extraits du programme de mathématiques du ministère de l'Éducation, 1980.

⁷¹ Extraits du programme du ministère de l'éducation (2000).

APPENDICE 3: Grille d'analyse des tâches géométriques

1- Observation et identification. L'enfant est amené à observer des objets ou des représentations d'objets et à les associer à leur nom ou inversement. Cette tâche reste simple, en ne faisant appel qu'à la vue (la vision directe des objets).

2- Description et classification. Ici, l'enfant est amené non plus simplement à observer ou identifier, mais à décrire. Il doit fournir une description d'un objet en se référant à certaines caractéristiques qu'il connaît de l'objet. De plus, l'enfant peut aussi utiliser les caractéristiques qu'il connaît sur différentes données non seulement pour décrire les objets, mais aussi pour les classer (selon leur couleur, leur forme, leur nombre de sommets...). Nous avons considéré la représentation comme étant une tâche à part de ces deux dernières, étant donné que nous estimons qu'il ne s'agit pas uniquement de connaître les caractéristiques d'un objet pour être apte à bien le dessiner. Ceci implique d'autres connaissances et habiletés comme, par exemple, la maîtrise d'une technique de dessin.

3- Construction. L'élève doit à ce niveau être capable de construire un solide à partir d'une description, d'une représentation ou de la définition (son nom) du solide.

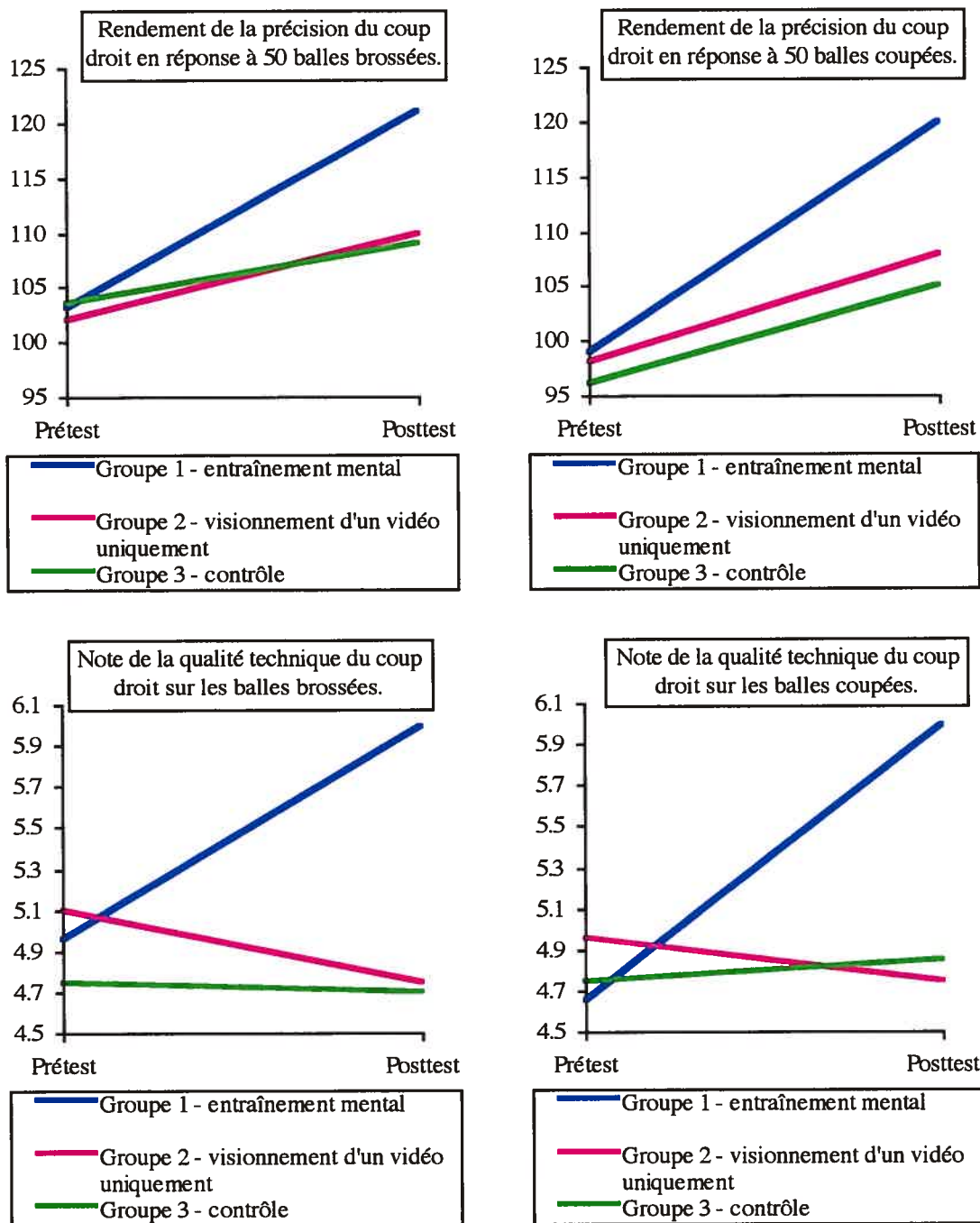
4-6 Représentation⁷² orthogonale (#4), en perspective (#6) ou donnant le développement (#5) du solide. Cette activité demande à l'élève de partir du solide en question et de le représenter d'une des trois façons mentionnées ou encore de partir d'une représentation et de le construire, ou de le représenter d'une autre façon.

7- Recherche et transformation. L'enfant est amené à chercher toutes les caractéristiques, les possibilités de solution, les régularités, à anticiper le résultat d'une transformation ou encore anticiper la transformation elle-même. Par exemple, nous pourrions lui demander de trouver tous les développements du cube ou d'anticiper à quoi ressemblerait le cube si je le coupais par un plan avec une inclinaison particulière. Ces activités sont plus complexes que les précédentes, puisqu'elles nécessitent un niveau supérieur d'abstraction et ainsi un certain niveau d'anticipation.

8- Argumentation et démonstration. Ici, nous allons plus loin qu'une transformation ou d'une recherche, nous les justifions; nous leur ajoutons une justification mathématique. La justification peut être basée sur un raisonnement mathématique (comme pour la solution du problème des développements du cube mentionné précédemment : comment es-tu certain qu'il n'y a pas d'autres cas possibles) ou encore elle est basée sur des axiomes et des théorèmes mathématiques. Par exemple, démontre-moi que l'angle formé par deux des diagonales d'un cube, celles représentant aussi les diagonales des carrés, mesure 60° .

⁷² Le mot représentation peut désigner beaucoup de chose. Voici la définition que nous en faisons pour ce projet : «Image graphique, picturale, etc., d'une chose quelconque.» (Petit Larousse illustré, 1988). Nous en évacuons l'aspect mental qui peut y être attribué.

APPENDICE 4: Résultats de Zhang et al.⁷³



⁷³ Zhang et al., 1992, p.236-237. Explication des graphiques. Pour les deux du haut, il y avait 55 lancers et il attribuait 3 points pour une balle tombant dans l'aire de service, 2 points pour une balle en dehors de cette zone, mais toujours sur la table et 1 point pour un coup raté. Pour les deux autres graphiques, il s'agissait plutôt de notes attribuées par des juges. Les notes variaient entre 1 et 7 points. 7 points désignant une technique excellente et 1 point, une technique pauvre.

APPENDICE 5: Témoignages d'athlètes

Certains athlètes nous disent comment ils utilisaient l'imagerie mentale dans leur entraînement. Comme le souligne Unesthal (1983), une gymnaste l'utilisait pour apprendre et améliorer ses habiletés motrices, elle utilisait les images internes pour développer les différentes sensations kinesthésiques associées à ses mouvements de gymnastique et finalement elle l'utilisait pour recréer l'atmosphère des compétitions à l'intérieur de ses pratiques. En patinage artistique, un patineur avait de la difficulté à réaliser un type de figures imposées (les boucles) et il se voyait mentalement toujours en train de faire une erreur à la même place. Il a fallu plusieurs pratiques mentales seulement pour passer ce point critique. Ensuite, il a pu faire d'autres pratiques pour s'imaginer effectuant la figure en entier et finalement la faire correctement. (Orlick, 1990a)

Brian Orser (patinage artistique), ne voyait pas nécessairement d'image, il ressentait plutôt une certaine sensation interne; la même sensation qu'il ressentait lorsqu'il effectuait physiquement l'élément sur la glace. Sylvie Bernier (plongeon), réalisait ses plongeurs tout le temps dans sa tête, avant de se coucher elle faisait dix fois chacun de ses plongeurs et même qu'il lui arrivait, la fin de semaine, de ne pas s'entraîner physiquement, mais uniquement mentalement et faire cinq séances d'imagerie mentale, chacune d'une heure environ afin de réaliser à la perfection tous ses plongeurs. Lori Fung (gymnastique rythmique) l'utilisait comme outil de correction : qu'est-ce que j'ai fait de mauvais dans ce dernier élément ?... Comment puis-je faire pour éviter cette erreur ? Et ainsi elle essayait de se voir effectuer l'élément correctement. Kelly Kryczka (nage synchronisée) faisait de l'imagerie mentale associée aux mouvements du corps sur pied avec la musique et sa partenaire, et les deux se plaçaient sur le bord de la piscine et s'imaginaient réaliser leur programme juste avant la performance réelle. (Orlick, 1990a)

Dwight Stones (saut en hauteur) utilisait l'imagerie mentale avant toutes ses performances en compétition. Avant de réaliser le saut, il restait plusieurs minutes en position de départ où il se concentrait. Pendant ce temps, il était en train de s'imaginer réussir à la perfection son saut. Les images développées par ce dernier comprenaient tous les aspects du saut important pour lui : son approche, sa préparation à son envol, l'envol en tant que tel, la montée et finalement l'atterrissage. (Blaize, 1984) Cet exemple est pertinent pour nous, puisque nous pouvons faire facilement le lien avec le patinage. Nous retrouvons presque les mêmes étapes pour les sauts en patinage artistique.

APPENDICE 6: Cinq principes de l'imagerie

D'abord, Finke identifie le **principe du décodage implicite**, où l'imagerie est vue comme un outil capable d'abstraire des propriétés et des relations physiques initialement non retenues par le sujet. Par exemple, nous pourrions demander à une personne si le conférencier avait une barbe. Elle a assisté à la conférence pour écouter ce dernier, et non dans le but de se rappeler de l'allure du conférencier. Pourtant, si nous lui demandons cette question a posteriori, elle pourra fort probablement nous répondre. Notre mémoire enregistre des informations de façon implicite et nous pouvons aller les chercher en cas de besoin. Ainsi, nous pouvons dire que notre mémoire a codé implicitement différentes informations de nos cinq sens, que nous pouvons décoder au besoin. Avec ces images non-intentionnellement retenues et les autres, nous pouvons créer des combinaisons de ces dernières. Par exemple, nous pourrions demander à la personne, à quoi ressemblerait le conférencier avec une moustache.

Un deuxième principe est celui de l'**équivalence perceptive**, qui affirme que lorsque nous imaginons une situation mentalement, les mêmes mécanismes du système visuel sont activés. Le système réagit de la même façon, d'une intensité différente, face à un objet ou un événement perçu ou imaginé. D'ailleurs, il mentionne que si nous imaginons le contexte dans lequel se situe l'objet ou l'événement, ceci accélérera la perception de ce dernier en initiant à l'avance le processus.

Le **principe d'équivalence spatiale** est le troisième aspect que Finke met en évidence. L'arrangement et les relations spatiaux entre les parties de l'objet ou de l'événement sont conservés. Ils sont les mêmes que pour l'objet ou l'événement en réalité. Ce principe s'applique autant pour les images en deux et en trois dimensions. Ceci implique que nous pouvons imaginer des images en trois dimensions tout en gardant les mêmes structures spatiales, même après une transformation mentale. Cette dernière remarque nous amène au quatrième principe.

L'imagerie mentale peut aussi être dynamique, les trois premiers principes relevant du domaine statique, le quatrième porte sur l'**équivalence de transformation**. Sheppard et Metzger (1971) ont trouvé que nous pouvons réaliser, entre autres, des rotations dans notre tête. De plus, nous pouvons les effectuer dans les deux sens, ceci a fait l'objet des recherches de Cooper et Sheppard (1975). Le sens de la rotation est déterminé par le chemin le plus court entre le point de départ et le point d'arrivée.

Cooper (1975) a aussi montré que la complexité de l'objet n'influçait pas dans l'exécution de la rotation; que l'objet soit complexe ou simple, ceci prenait le même temps à réaliser. Le facteur qui influçait était l'angle de rotation : plus l'angle de rotation était grand (<180°, sinon dans l'autre sens), plus le temps d'exécution était grand. Ce qui confirmait, selon eux, la réalisation mentale de la rotation, d'une façon plus ou moins continue, c'est-à-dire en incluant minimalement quelques positions intermédiaires dans la rotation et que le sujet traitait l'objet comme un tout lors de la rotation (sinon, le temps aurait varié selon la complexité de l'objet, ce qui n'était pas le cas). Finke a aussi constaté que nous pouvions réaliser d'autres types de transformation mentalement comme des translations, des symétries, des homothéties ou encore des changements de couleurs ou de formes. Par le fait même, nous pouvons imaginer un développement de solide, le plier et former mentalement le solide et nous pouvons aussi faire l'opération inverse.

Finalement, il identifie un dernier principe, celui de **l'équivalence de structure**. Ce principe met en évidence que les images mentales sont cohérentes et organisées et qu'elles peuvent être réorganisées ou réinterprétées à demande. Finke a, à plusieurs reprises, réalisé une mise en garde face à la comparaison de l'image mentale avec une photographie. Ce principe illustre un des aspects de l'image mentale diffère bien d'une photographie; une photographie ne représente pas un tout structuré et elle ne peut être réorganisée au besoin de celui qui la regarde. Une autre distinction intéressante qu'il a présentée face à cette comparaison est que notre vision, notre image, d'une personne peut changer avec les années (ou ne pas changer) selon la relation que nous avons avec cette personne-là et la photo d'une personne reste toujours inchangée. Les images mentales changent avec le temps, comme tout élément relié à la mémoire. C'est précisément par cette capacité de changement dans le temps que nous pouvons créer, par exemple, une image mentale très précise d'un carré à travers diverses situations permettant des modifications à notre image de départ du carré.

Ainsi, nous pensons que les images mentales sont beaucoup plus puissantes qu'une simple photographie et qu'elles vont nous permettre d'accéder à des connaissances et concepts plus abstraits. Lorsque les images mentales sont actualisées et activées, autrement dit lorsque nous visualisons, nous pouvons faire toutes les mêmes transformations géométriques que nous pouvons effectuer en réalité, sous les mêmes conditions.

APPENDICE 7: Planification de la leçon «classique»

La leçon était d'une durée d'un peu moins d'une heure et s'adressait à des étudiants de fin de la troisième année du secondaire. Dans cette leçon, je (l'intervenante) devais viser les deux objectifs mentionnés précédemment. Pour ce faire, deux activités ont été proposées aux élèves :

1. Construire avec des pailles et des cure-pipes une maison composée d'un prisme à base rectangulaire et d'une pyramide à base rectangulaire.

2. Questionnement sur des rotations de figures :

a) Quels solides vais-je obtenir en faisant tourner un rectangle de 360° autour de l'un de ses côtés ?

b) Quel solide sera généré par une rotation de 360° d'un demi-cercle autour de son diamètre ?

c) Décrivez le solide obtenu par la rotation de 360° d'un triangle rectangle autour de l'un de ses côtés. Essayez de dessiner le ou les solides obtenus.

d) Décrivez le solide obtenu par la rotation de 360° autour d'un axe de rotation perpendiculaire au grand côté du triangle rectangle. Essayez de dessiner le solide obtenu.

e) Quel solide obtiendrait-on par une rotation de 360° de la figure suivante autour de l'axe indiqué ?



f) Indiquez des objets de votre environnement qui pourraient être obtenus par une rotation de 360° autour d'un axe. Indiquez de quelle figure et de quel axe il s'agit.

Matériel :

Pour l'activité 1

- Une boîte de pailles.
- Des morceaux de cure-pipes.
- Des ciseaux.

Pour l'activité 2

- Des triangles rectangles découpés dans du carton.
- Des pailles (en guise d'axes de symétrie).
- Du papier collant.
- Des ciseaux.

Unité 1

L'objectif poursuivi ne se prêtait pas vraiment, me (intervenante) semblait-il, à une leçon dite «classique». Le questionnement se résumait essentiellement à une construction suivie d'une comparaison des solides obtenus : comparez les solides entre eux. Quelles sont les différences ? Quelles sont les ressemblances ?

Cette activité devait me permettre d'observer les élèves en action. De voir comment ils coupaient les arêtes et ainsi de voir l'image mentale qu'ils se faisaient des deux volumes proposés, avant de les avoir construits. Plus précisément, à travers cette activité, je voulais voir si les élèves concevraient leurs constructions en utilisant les propriétés des prismes ou, au contraire, s'ils procéderaient par tâtonnement.

Unité 2

L'analyse des manuels m'avait laissée perplexe. Très peu d'activités touchaient la rotation d'une figure autour d'un axe. Une collection proposait de réfléchir sur la rotation de la voile d'une planche à voile...mais à part ça, rien. J'ai donc conçu cette activité en me demandant si, à la fin de l'année scolaire, les élèves reconnaissaient des rotations dans les solides qui les entouraient.

L'activité s'est déroulée collectivement. Les questions a) et b) ont été formulées afin de m'assurer qu'ils avaient bien vu cette partie de la géométrie. La question c) avait pour objectif de voir s'ils penseraient à faire tourner le triangle autour de l'hypoténuse, en plus d'effectuer une rotation autour de chacun des côtés, et s'ils étaient capables de visualiser et de dessiner le solide ainsi obtenu. Les élèves avaient en leur possession un triangle rectangle, une paille en guise d'axe de réflexion et du papier collant.

La question d) est d'un niveau de difficulté bien supérieur, le solide engendré n'étant plus un solide «ordinaire». Cette question n'est plus une simple répétition de ce qui se trouve dans les manuels ou ce qui est vu en classe. Les élèves disposaient du triangle et pouvaient effectuer la rotation indiquée. Le questionnement voulait amener les élèves à reconnaître, puis à réunir, les solides engendrés par chacune des parties déterminées sur le triangle par l'axe.

La question e) est simple, elle a pour objet d'amener la question f). Dans ce cas-là, les élèves ne disposaient pas du matériel, seul l'intervenant avait la figure à laquelle l'axe était attaché. À mon avis, il était impossible de poser la question f) sans, au préalable, donner, en quelque sorte, un exemple.

APPENDICE 8: Planification de la leçon «action»⁷⁴

Objectifs mathématiques :

*Bâtir une maison, avec des pailles et des cure-pipes, composée d'un prisme à base rectangulaire et d'une pyramide à base rectangulaire, à partir d'une description.

* Générer un cône et un cylindre par une rotation de 360° d'une figure autour d'un axe.

Intentions didactiques de la leçon :

1- Mettre en évidence le rôle que joue l'action concrète et intériorisée de l'élève dans cet apprentissage.

2- Inclure explicitement la visualisation comme habileté dans notre enseignement de la perception spatiale.

3- Identifier où sont rendus les élèves de secondaire 3, dans leur développement des connaissances et habiletés spatiales ? Quels sont leurs raisonnements et difficultés ?

Matériel :

- Quatre différents solides de l'ensemble «DIME» (solides en stéréomousse), par élève et un ensemble pour l'intervenant(e).

- Une boîte pour l'intervenant(e) afin de cacher les constructions de solides.

- Pailles de trois grandeurs différentes (10 de chaque grandeur) et cure-pipes (cure-pipes de 3 cm de long, environ 30), pour chaque équipe.

- Un triangle et un rectangle en carton collé sur un bâton, pour l'intervenant(e), que nous pourrons faire tourner pour voir le solide résultant d'une rotation de 360° .

-Un acétate pour l'activité supplémentaire, l'étagère.

- Une feuille pour les élèves afin qu'ils puissent réaliser l'activité de l'étagère (activité supplémentaire).

Avant de commencer, nous mentionnerons aux élèves nos intentions de recherches:

Nous étudions les connaissances et habiletés spatiales et nous voulons en savoir plus sur leurs raisonnements et leurs difficultés, ainsi ils se doivent de les expliciter durant la leçon. L'apprentissage de ces connaissances et habiletés se fait principalement mentalement, et nous aimerions qu'ils explicitent cette étape, qu'est-ce qui se passe dans leur tête ? Qu'est-ce qu'ils voient ou ne voient pas? De plus, nous pouvons leur expliquer le déroulement des deux séances. À la première, aujourd'hui, ils participeront à une leçon portant sur les connaissances et habiletés spatiales et à la deuxième, nous réaliserons un retour collectif sur cette leçon.

À ce moment, nous pourrions les questionner sur leurs difficultés de façon générale, en géométrie : **qu'est-ce que vous avez appris en géométrie cette année ? Avec quoi avez-vous davantage de difficultés en géométrie ? Qu'est-ce qui est plus facile ?** Les élèves vont probablement répondre qu'ils éprouvent de la difficulté avec les preuves géométriques et selon le profil, avec l'espace en trois dimensions et avec les transformations isométriques (ceci reste à vérifier).

Ce questionnement est réalisé dans le but de mieux connaître les connaissances et lacunes en géométrie des élèves de ce groupe. Il nous semble intéressant de les questionner a priori sur leurs difficultés, car ceci pourrait nous guider dans notre intervention afin d'identifier et approfondir certains aspects de la leçon plutôt que d'autres. L'intervenant(e) pourrait aller plus loin avec les connaissances acquises et il(elle) pourrait les questionner davantage sur les aspects moins bien maîtrisés, si ceux-ci intervenaient dans le cadre de la leçon. Ce questionnement va aussi permettre de voir ce que les élèves ont retenu de leur apprentissage de la géométrie. Ceci pourrait aussi nous donner des points de repère. Par exemple, s'ils mentionnent qu'ils ont de la difficulté à anticiper les faces cachées d'un solide, nous pourrions orienter notre questionnement, à certains endroits, sur cet aspect (comment ferais-tu pour voir ou anticiper les faces cachées ? Sur quoi pourrions-nous nous appuyer ? Est-ce que tu peux l'imaginer dans ta tête ?...)

⁷⁴ Certains aspects didactiques importants de la leçon seront écrits en bleu.

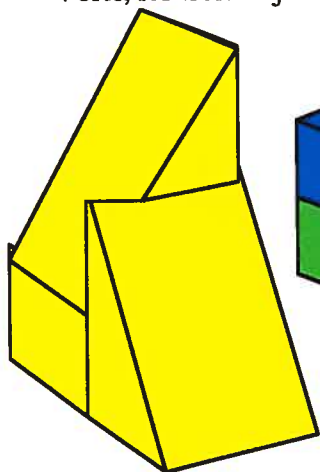
Unité préparatoire

Le cours débute par une activité de sensibilisation à la visualisation. Cette activité nous permet une première pratique de visualisation et aussi, de nous créer des expériences sur la vue et la visualisation de solides statiques. Elle consiste en une tâche d'observation, suivie d'une construction à l'aide de l'image mentale de l'objet et elle traite d'images reproductrices (l'élève voit juste avant le solide) et statiques (l'objet ne bouge pas). Nous avons choisi cette activité, car nous avons réalisé une activité semblable avec des étudiants universitaires, mais dans l'espace à deux dimensions avec un Tangram, et la tâche de visualisation est mise en évidence par cette dernière. Elle attire l'attention de tous (silence et concentration) et nous pouvons observer concrètement le recours à une certaine visualisation. D'ailleurs, cette tâche ne peut être réalisée sans visualisation. Elle nous permet de cibler rapidement si les élèves sont capables de visualiser. Donc, cette activité a pour but d'identifier si les élèves ont recours à la visualisation. De plus, s'ils l'utilisent, nous voulons nous renseigner sur le type de visualisation qu'ils exploitent. Est-ce qu'ils ont recours à des points de repère de la vie courante, faisant référence à leur sport ou encore à des repères mathématiques ? Est-ce que leur visualisation est statique ou dynamique ?

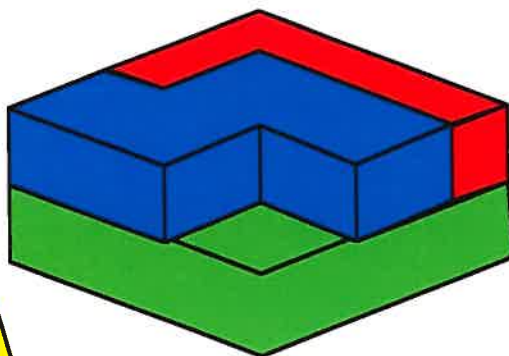
L'intervenant(e) explique l'activité aux élèves :

Vous allez avoir des solides en main, il(elle) les montre à l'avant. Sous la boîte, il y a un objet construit avec plusieurs de ces solides. Je vais vous le montrer pendant seulement trois secondes et vous devrez être en mesure de le reconstruire. Il(elle) le montrera une autre fois au besoin. De plus, il faut remarquer ce à quoi vous avez pensé pour vous souvenir de l'objet. Nous en discuterons par la suite.

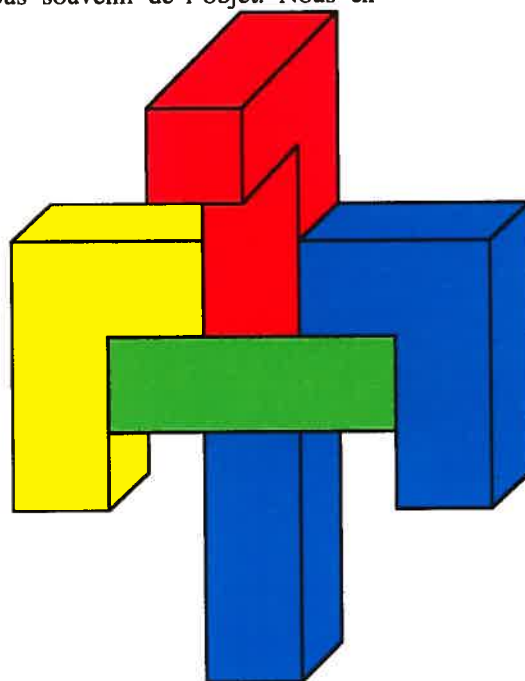
Voici, les trois objets choisis :



(1)



(2)



(3)

Les questions que l'intervenant(e) peut poser suite à chaque objet serait du type : **À quoi avez-vous pensé pour vous en rappeler ? Qu'avez-vous vu dans votre tête ?** Est-ce que c'était une image claire ? En deux ou en trois dimensions ? Est-ce que vous avez vu toutes les faces de l'objet ou seulement quelques faces ? Lesquelles? **Avez-vous vu les différents solides qui composaient l'objet après la première observation ?** Lesquelles ? Étaient-ils en couleurs ? **Est-ce que cet objet était plus difficile que le précédent ? Qu'est-ce qui le rendait plus difficile ?** Qu'est-ce qui était différent du précédent ? **Le questionnement servira principalement à identifier si l'élève utilise la visualisation et si oui, à expliciter ce qu'il voit dans sa tête.**

Pour l'objet 1, qui est composé de trois solides, les élèves feront probablement référence, à une maison, un toit, une montagne, deux glissières ou alors ils verront deux triangles, deux prismes à base triangulaire ou encore deux prismes à base rectangulaire tronqués. N'oublions pas que ceci peut varier selon le profil des élèves. Il se peut que certains élèves n'arrivent pas à voir mentalement et ainsi n'arrivent pas à réaliser la tâche. Si cela survient, il faudrait prévoir une plus longue période d'observation pour les prochains objets (5 à 10 secondes). Pour cet objet, les élèves peuvent avoir des difficultés puisque les solides formant l'objet sont de même couleur et que deux des trois sont de même nature (triangulaires).

Pour l'objet 2, les élèves vont se référer à un cube troué, une boîte, un escalier, une terrasse ou encore à des petits rectangles et des grands carrés et rectangles dont il manque un coin... Cet objet est composé de trois solides différents et la forme est plus compacte. Ainsi, il est plus difficile de bien distinguer chacune des pièces étant donné qu'elles sont presque parfaitement emboîtées. L'élève verra davantage à ce moment la forme globale que chacune des pièces (elles ressortent moins). Elle sera, peut-être un peu plus complexe que la précédente.

Pour le troisième objet, ce dernier nous fait penser à un robot, à un bonhomme, à un oiseau ou encore ils y verront deux prismes à base rectangulaire et trois prismes dont la base est en forme de «L»... Il est composé de cinq solides et il doit être en équilibre. L'élève devra bien le construire, ne pas mettre n'importe quelle pièce à n'importe quelle place, sinon, son objet ne tiendra pas en équilibre. Les difficultés seront reliées à la quantité de solides impliqués dans la construction ainsi qu'à leur couleur (il y a plusieurs couleurs à retenir en plus des formes).

Unité 1

À présent, passons à la deuxième activité. La tâche demandée ici en sera une de construction, à partir uniquement d'une description écrite de l'objet. Ainsi, dans la première activité, l'élève s'est exercé à se créer une image statique à partir de l'observation de l'objet en question (image reproductrice), et dans la deuxième activité, il sera amené à imaginer et construire un objet statique à partir d'une description (image anticipatrice).

Nous avons choisi cette activité, car l'élève doit recourir à une certaine visualisation pour interpréter la description donnée de l'objet afin de le construire. Si l'intervenant(e) avait mis en référence l'objet en avant de classe, la visualisation aurait été trop simplifiée. La référence simplement à une description obligera l'élève à s'imaginer entièrement ou partiellement l'objet dans sa tête. Le but ici est que les élèves explicitent leur visualisation, sur ce qu'ils voient dans leur tête et les aspects qui semblent causer plus de difficultés. Ainsi, les difficultés envisagées sont reliées à la compréhension de la description (critères à retenir).

L'intervenant(e) présentera le matériel (des pailles de trois grandeurs différentes et des cure-pipes) à l'avant (le contenu et son utilisation : comment faisons-nous pour construire des solides avec ce matériel).

Ensuite, il(elle) expliquera le déroulement de l'activité :

Je vais vous donner la description d'un objet et vous devrez le construire d'après uniquement cette description. Vous n'avez pas tous le même objet, il y a quelques différences, ne vous fiez donc pas sur la construction des autres équipes. D'abord, vous devrez lire la description de l'objet pour venir chercher à l'avant le matériel nécessaire pour le construire. Ici, il y a une consigne très importante à respecter. Vous devez venir chercher exactement le bon nombre de pailles en une seule fois (anticipation). Une fois la construction réalisée, il ne doit rester aucune paille sur votre bureau ou en manquer à votre construction. Ainsi, vous devez planifier le nombre de pailles dont vous aurez besoin avant d'obtenir le matériel nécessaire pour construire l'objet. Vous devrez m'informer (l'intervenant(e)) de la quantité de matériel dont vous avez besoin lorsque vous viendrez le chercher.

Une quantité suffisante de cure-pipes leur sera donnée lorsqu'ils viendront chercher leurs pailles (ici, nous ne voulions pas qu'ils se mettent à compter le nombre exact de cure-pipes dont ils auraient besoin, ceci aurait pris trop de temps et ce n'est pas très pertinent). L'ajout de cette consigne met l'emphase sur une tâche d'anticipation qui a pour but d'accentuer l'utilisation de la visualisation. Pour anticiper le nombre exact de pailles dont ils auront besoin, les élèves devront imaginer l'objet dans leur tête. Ils sont amenés ici à visualiser l'objet final dès le départ, et non au fur et à mesure comme ceci aurait été le cas sans cette consigne et où nous aurions eu probablement une visualisation plus partielle de l'objet, puisque la vision globale n'était pas exigée.

Voici deux descriptions possibles pour l'objet à construire : (elle sera écrite sur une fiche pour l'équipe)

1- Vous devez construire deux solides que vous allez devoir par la suite assembler pour former un édifice.

Le **premier solide**, le corps de l'édifice, est un prisme à base rectangulaire. Le rectangle de la base doit être plus petit que les rectangles latéraux du prisme (ceux qui montent), pour que l'édifice soit fait en hauteur.

Le **deuxième solide**, le toit de l'édifice, représente une pyramide à base rectangulaire. La base a les mêmes dimensions que la base du prisme, pour qu'ils puissent bien s'assembler. Il faut construire la pyramide de façon à ce que le sommet soit dans le prolongement d'une des arêtes du prisme.

2- Vous devez construire deux solides que vous allez devoir par la suite assembler pour former un édifice.

Le **premier solide**, le corps de l'édifice, est un prisme à base rectangulaire. Le rectangle de la base doit être plus long que les rectangles latéraux du prisme (ceux qui montent), pour que l'édifice soit fait en largeur.

Le **deuxième solide**, le toit de l'édifice, représente une pyramide à base rectangulaire. La base a les mêmes dimensions que la base du prisme, pour qu'ils puissent bien s'assembler. Il faut construire la pyramide de façon à ce qu'un des deux plus grands triangles soit perpendiculaire à la base et ce triangle doit être isocèle (les deux arêtes qui montent doivent être congrues).

L'intervenant(e) devra prendre en note la quantité que chaque équipe a mentionnée au départ. Il(elle) devra aussi circuler dans la classe pour **observer** les stratégies des élèves pour visualiser l'objet et pour le construire, ainsi que les questionner sur leurs difficultés. Est-ce qu'ils font référence à la visualisation ? Qu'est-ce qu'ils semblent voir et ne pas voir ? Est-ce qu'ils ont recours à un dessin comme plan de construction pour l'objet ou est-ce qu'ils procèdent de façon directe, mentalement ? Quelle partie du solide semble la plus difficile à visualiser ? Quels sont les éléments de discussion dans chacune des équipes ? Ainsi, le rôle de l'intervenant(e) durant cette activité est de **faire expliciter** les stratégies et difficultés des élèves (de les faire parler sur ce qu'ils sont en train de réaliser). Voici le type de questions qu'il(elle) pourrait poser :

Est-ce que la description est assez claire ? Est-ce qu'il y a des aspects moins clairs ? Quels sont-ils ? Arrivez-vous à voir le corps de l'édifice ? Le toit ? Arrivez-vous à voir le nombre de pailles dont vous aurez besoin pour chacun des solides ? Est-ce que vous êtes capables de savoir quelle grandeur de pailles vous aurez besoin ? Est-ce que vous voyez l'objet dans votre tête ? Qu'est-ce que vous voyez ? Est-ce que vous le voyez tourner ?

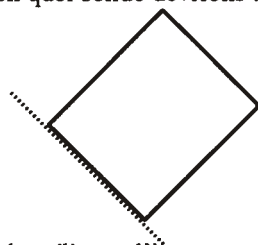
Les difficultés pour le premier solide à construire est le fait qu'il doit être en hauteur, un élève omet ce critère dans sa construction. Mais, les difficultés seront surtout en lien avec le deuxième solide à construire, qui ne correspond pas à une pyramide droite, où les élèves doivent prendre en compte plusieurs critères de construction difficile à imaginer. Ainsi, les élèves auront probablement le bon nombre de pailles, mais pas les bonnes grandeurs; ils vont confondre les trois grandeurs ou encore ils vont avoir de la difficulté à imaginer l'emplacement du sommet de la pyramide. Lors du retour de cette deuxième activité, l'intervenant(e) pourrait demander aux élèves de partager avec les autres leurs stratégies de visualisation du solide et de leur construction, ainsi que les difficultés qu'ils ont rencontrées dans cette activité. Il (elle) devrait aussi les questionner sur ce qu'ils ont réussi à voir mentalement. **À partir de la description, qu'avez-vous réussi à voir dans votre tête ? Est-ce que vous avez vu quelque chose dans votre tête ?** Qu'est-ce qui était plus difficile à imaginer dans la description ? **Est-ce que vous avez réussi à prévoir le bon nombre de pailles ? ...** Est-ce que vous voyiez l'objet en entier ou des parties (faces) de l'objet ? Est-ce que vous étiez capables de bouger l'objet dans votre tête ? **Il ne faut pas se limiter à des réponses d'élèves du type «j'ai eu de la difficulté à voir le toit, je ne le voyais pas clairement», il faut aller plus loin pour identifier ce qui rendait difficile la visualisation du toit plus particulièrement et ce que l'élève voyait dans sa tête, l'image qu'il avait. Maintenant que vous l'avez construit, est-ce que vous êtes capables de voir votre construction dans votre tête ? Essayez-le ?** Qu'est-ce que vous voyez ? Est-ce que vous êtes capables de le faire tourner ? Est-ce qu'il y a des faces que vous voyez moins bien ?...Les dernières questions ont un but un peu différent des précédentes. Elles ont pour objectif de rendre les élèves davantage conscients de leur capacité à visualiser et par le fait même, rendre explicite et inévitable son utilisation.

Unité 2

Pour finir, une activité impliquant des images anticipatrices et cinétiques sera réalisée avec les élèves. Par exemple, l'intervenant(e) présentera d'abord un carré dont un des côtés concorde à un axe de rotation et demandera à l'élève d'anticiper le résultat de la rotation du carré (ici, ce sera un cylindre). L'intervenant(e) aura un matériel concret pour illustrer ce mouvement, si le besoin est, sinon, il(elle) présentera la situation sur un carton (un dessin de la situation). Les élèves seront amenés à dire quel objet ceci formerait si nous le faisons tourner autour de l'axe. Dans cette activité, les élèves sont amenés à pratiquer un autre type de visualisation plus courante dans le sport, c'est-à-dire dynamique. Ainsi, l'intervenant(e) pourra remarquer si les expériences antérieures des sportifs face à ce type de mouvements vont les aider à les visualiser et comment celles-ci pourraient se traduire. Notre choix de cette activité se base sur le fait qu'elle demande uniquement de visualiser. Nous trouvons que cette tâche est plus centrée encore sur la tâche de la visualisation, que les deux autres, étant donné qu'elle ne demande aucune construction, simplement une anticipation. De plus, nous la trouvons plus complexe étant donné que nous faisons référence ici à une visualisation non plus statique, comme dans les deux autres cas, mais dynamique, impliquant une transformation (une rotation). Finalement, cette tâche demande à l'élève de réaliser un passage de deux à trois dimensions, ce qui peut représenter un obstacle dans leur raisonnement et qu'il faudra prendre en compte lors du questionnement.

L'intervenant(e) explique ce qu'il faut faire dans cette dernière activité :

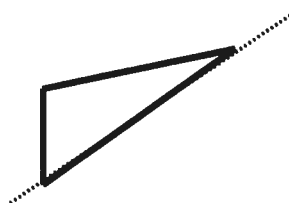
Tous ensemble, nous allons essayer d'anticiper le résultat d'une rotation. Il (elle) présente le carton illustrant la situation. Nous avons un rectangle et un axe de rotation. Si nous faisons tourner le rectangle autour de l'axe de rotation quel solide devrions-nous obtenir ? Je vous laisse y penser quelques secondes.



Une fois la réflexion réalisée par les élèves, l'intervenant(e) posera quelques questions sur leur visualisation : En le tournant vite vite vite autour de cet axe, qu'est-ce que vous avez vu ? Quelle forme ceci générerait ? Êtes-vous capables de le voir tourner dans votre tête ? **Qu'est-ce vous voyez ?** Est-ce que vous voyez la forme générale que ça donnerait ? **Est-ce que cette forme serait plate (en deux dimensions) ?** Non, elle serait comment ?... **À quoi ça ressemblerait ?** Est-ce que vous connaissez une forme qui lui ressemble?... Les questions, encore ici, doivent être orientées afin de mieux comprendre ce que les élèves sont capables de voir dans leur tête, quel type d'images, avec quelle précision et ici l'intervenant(e) doit aussi aller vérifier si les élèves restent en deux dimensions ou s'ils sont capables de créer une image dynamique (qui bouge) dans leur tête. Il faut vraiment approfondir le questionnement, quitte à leur donner des points de repère, des indices, ou d'exiger un va-et-vient entre la figure et leur visualisation. Dans cette activité, différentes images risquent d'être générées, il faudrait laisser les élèves s'exprimer et discuter entre eux.

Cette première figure risque d'être assez simple pour eux puisqu'ils l'auront probablement déjà vue en cours d'année. Le fait que l'axe soit oblique peut rendre la tâche un peu plus ardue, mais nous ne croyons pas que ceci va représenter un obstacle important dans leur raisonnement. Les élèves vont remarquer assez rapidement qu'il s'agit d'un cylindre.

L'intervenant(e) leur présentera une deuxième figure, un peu plus complexe et il(elle) réalisera les mêmes étapes qu'avec la précédente.



Ici, nous croyons que la visualisation sera plus complexe étant donné l'orientation de l'axe (oblique) et que le résultat de cette rotation donnera non simplement un cône, mais deux cônes, un petit et un grand, un avec le sommet vers le haut et l'autre vers le bas. Dans le retour, en plus des questions posées lors de la première transformation, l'intervenant(e) devrait aussi les comparer. Celle-ci était-elle plus complexe que l'autre ? Pourquoi ? Qu'est-ce qui la rendait plus complexe ? Qu'est-ce qui était différent ? Comment aurait-elle pu être plus simple ? Pour cette deuxième figure, des élèves pourraient rester en deux dimensions et affirmer que ceci génère un cerf-volant (losange pour eux) ou encore, ils répondront comme ceci était le cas dans leurs exercices habituels, que si nous faisons tourner un triangle autour d'un axe, ceci génère un cône et ils ne verront pas le deuxième cône. L'axe oblique peut à ce moment causer davantage d'obstacles, étant donné que la figure est plus complexe.

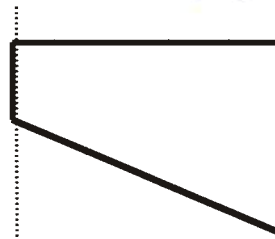
L'intervenant(e) leur en présente une troisième, en reprenant les mêmes étapes que pour les deux autres.



Cette figure, dont l'axe est la médiatrice du grand côté de l'angle droit, risque de générer plusieurs difficultés. Si nous la faisons tourner autour de l'axe, nous obtiendrons un cylindre troué, c'est-à-dire dont nous avons retranché un cône en dessous. Ceci ne correspond pas à un solide simple, donc la visualisation risque d'être un peu plus ardue. De plus, l'axe est dans la figure, ce qui n'était pas le cas avec les deux autres, et à ce moment, l'élève doit tenir compte du mouvement des deux côtés de l'axe. Nous croyons que les élèves éprouveront beaucoup de difficultés à anticiper ce solide. Certains pourraient ne voir que le triangle qui tourne (2D) et ne pas arriver au solide final. D'autres pourraient seulement voir un cylindre ou encore un cône, ne considérant qu'une partie de la figure (n'arrivant pas à traiter toutes les transformations en simultanées de la figure) ou encore certains pourraient simplement rester sans image (blocage).

Il serait intéressant d'élaborer un peu plus le questionnement avec cette figure, afin de faire ressortir les stratégies performantes et aussi les difficultés des autres, dans le but de cibler la cause des obstacles.

L'intervenant(e) leur propose une dernière rotation :



Cette dernière figure a été choisie dans le but d'observer si les élèves allaient remarquer que la rotation donnerait le même solide que la rotation précédente. Nous croyons que les élèves seront plus en mesure d'anticiper le résultat de cette rotation étant donné que la totalité de la figure se trouve d'un seul côté de l'axe de rotation. Par contre, la figure ne représente pas un carré, ni un rectangle ou un triangle qui sont les principales figures qu'ils ont vues en classe pour réaliser ce type de rotation. **Le but du questionnement pour cette figure est surtout de réaliser la comparaison avec la précédente. Quel objet allons-nous obtenir ici ? Est-ce qu'il est différent du solide obtenu lors de la rotation précédente ? Qu'est-ce qui les distingue ? Est-ce que les solides se ressemblent ? Est-ce que nous pourrions obtenir le même type de solide ? Comment ?...**

Unité supplémentaire

S'il nous reste du temps, nous avons prévu une petite activité amusante, celle de l'étagère. Elle représente une activité d'observation et de représentation et les élèves travailleront avec plusieurs images reproductrices et statiques en même temps. L'intervenant(e) distribue une feuille par élève et ils doivent la laisser à l'envers sur leur bureau (sur cette feuille, il y aura l'étagère vide et tous les objets hors de cette dernière). Il (elle) montre quelques secondes l'étagère remplie de jouets sur le transparent et les élèves doivent être capables de replacer tous les jouets correctement dans l'étagère (Carrousel, sec.3, tome 1, p.86). Ainsi les élèves ne retournent la feuille que lorsque l'intervenant(e) ferme le rétroprojecteur. Ensuite, tous ensemble ils regardent les résultats et l'intervenant(e) les questionne sur leurs difficultés. Est-ce que vous les avez tous eus ? Quels objets étaient plus difficiles ? Est-ce qu'il y a des objets que vous avez inversés ? Est-ce qu'ils ont des ressemblances ?...

Conclusion

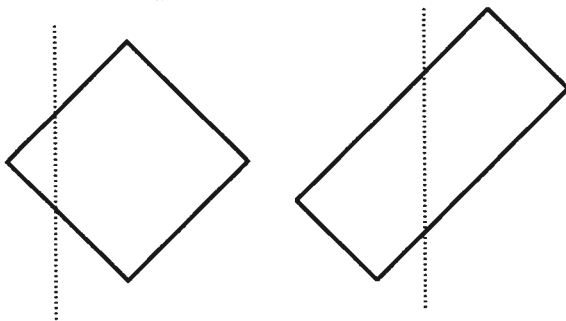
Comme conclusion à la leçon, nous pourrions revenir sur les principales stratégies développées par les élèves et sur les principales difficultés. **Est-ce que vous êtes capables de me dire qu'est-ce que nous voulions travailler aujourd'hui avec vous ? Quelles ont été les difficultés rencontrées dans la leçon ? Est-ce que vous saviez que vous étiez capables de créer des images dans votre tête ? Est-ce que vous pensez que le fait de visualiser vous aidera à mieux comprendre certains aspects de la géométrie ?** Si oui, lesquels ? ... (ici revenir sur les éléments géométriques plus difficiles qu'ils auraient sortis au début du cours) **Est-ce que vous pensez que la leçon vous a aidé à visualiser des objets mentalement?**

APPENDICE 9: Lignes directrices des entretiens

Entrevues pour les leçons «classiques»

Entrevues pour les leçons «action»

- | | |
|---|--|
| 1- Mise en situation : retour sur la leçon qu'ils ont vécue. | 1- Idem. |
| 2- Retour sur les stratégies de construction (pour la maison), en visionnant la leçon. | 2- Idem. |
| 3 - Nouvelle construction : selon les consignes données lors de l'autre approche («action»). | 3- Dessin de la maison qu'ils avaient construit lors de la leçon et questionnement sur leurs points de repère. |
| 4- Retour aux points à développer du deuxième bloc de la leçon (générer des solides à partir de rotation de figures), soit pour expliciter un raisonnement ou une difficulté, parfois en reVISIONnant la leçon. Et, présentation d'autres cas de rotation plus complexes. Par exemple : | 4- Idem. |



- | | |
|--|--|
| 5 - Questionnement plus global sur l'expérimentation. Par exemple : Est-ce que vous aviez déjà fait des activités semblables? Est-ce que la leçon ressemblait à un cours de mathématiques habituel? Qu'est-ce qui était différent ou semblable? Qu'est-ce que nous avons travaillé comme notions mathématiques dans cette leçon? Qu'est-ce qui était facile dans cette leçon? Qu'est-ce qui était le plus difficile? | 5- Idem. Et, nous avons ajouté ce type de questions : Est-ce que vous saviez que vous étiez capable de créer des images dans votre tête? Est-ce que vous pensez que la leçon vous a aidé à développer une meilleure visualisation? Est-ce que la visualisation peut vous aider à comprendre d'autres aspects de la géométrie ou des mathématiques? |
| 6- Retour sur les fiches illustrant leur profil au point de vue de la pratique d'un sport et d'un entraînement psychologique. | 6- Idem. |

APPENDICE 10 : Grille d'analyse de Gauthier (1997)

La gestion de la matière

- La planification de la gestion de la matière (préactif)
 - La planification des buts de l'enseignement.
 - La planification des contenus d'apprentissage.
 - La planification des activités d'apprentissage.
 - La planification des stratégies d'enseignement.
 - La planification des évaluations.
 - La planification de l'environnement éducatif.
- La gestion de la matière en cours d'interaction avec les élèves
 - Les activités d'apprentissage.
 - L'enseignement explicite.
 - La révision des contenus et le rappel des connaissances.
 - Les concepts intégrateurs.
 - L'explicitation des buts et du travail à accomplir.
 - La séquentialisation et la redondance. (l'ordre, + ou -)
 - La clarté de la représentation.
 - Exercer les élèves.
 - Les rétroactions; Le renforcement.
- L'utilisation de questions par les enseignants.
 - La désignation des élèves.
 - La clarté des questions.
 - Le niveau cognitif des questions.
 - Questions stimulantes.
 - Questions ouvertes.
 - Questions d'accompagnement.
 - La fréquence.
 - Temps d'attente.
 - Soutenir la question.
 - Le degré de réussite.
 - Réactions aux réponses.
 - La quantité d'instruction. (temps d'apprentissage)
- Retour sur la phase de gestion de la matière.
 - L'évaluation sommative.
 - L'évaluation formative.
 - La réflexivité des enseignants par rapport à leurs actions au regard de l'enseignement de la matière.

La gestion de la classe

- La planification de la gestion de la classe.
 - La planification des mesures disciplinaires
 - La planification des règles et des procédures.
 - Les représentations et les attentes de l'enseignant.
- La gestion de la classe en situation d'interaction avec les élèves.
 - L'application des mesures disciplinaires et des sanctions.
 - L'application des règles et des procédures.
 - Les attitudes des enseignants.
 - L'enthousiasme manifesté par les enseignants.
 - L'acceptation des idées des élèves par les enseignants.
 - Attitudes et comport. de communication manifestée par les ens.
 - La supervision active de l'accomplissement du travail.
- Le retour et le suivi sur les activités de gestion de la classe.
 - Les mesures disciplinaires
 - Le retour sur les règles et les proc.
 - La réflexivité des enseignants.
 - Les relations avec les parents.

Il a regardé 42 synthèses de recherche pour réaliser sa synthèse des aspects importants traités pour chacune des catégories. Cette synthèse représente la base des connaissances en enseignement. Pour chacun des critères il a mis en évidence ce qui le rend efficace ou non pour l'enseignement (notons que ceci n'englobe pas tout le savoir enseignant, mais seulement celui formalisé).

La gestion de la matière

- La planification de la gestion de la matière (préactif)

Il y a cinq types de planification : annuelle, par étape, par unité, hebdomadaire et quotidienne (Yinger 1977). Le modèle linéaire suit quatre étapes: la spécification des objectifs, la sélection des activités d'apprentissage, l'organisation des activités d'apprentissage et la spécification des procédures d'évaluation (Tyler 1950). Celle-ci demande minutie et non rigidité. Dans le même sens, elle «peut s'avérer contre-productif si les intervenants ne parviennent pas à s'en dégager lorsque la situation le requiert.» p.146

- La planification des buts de l'enseignement.

L'établissement préalable des buts de la leçon semble faciliter l'apprentissage des élèves.

- La planification des contenus d'apprentissage.

Ceci exerce une influence considérable sur la réussite des élèves, elle est efficace lorsqu'elle peut permettre aux élèves de faire des liens avec des connaissances antérieures. Ainsi «la sélection d'exercices et d'autres tâches scolaires étroitement reliés au contenu de la leçon rend possible l'atteinte d'un haut niveau de succès par les élèves.» p.147

- La planification des activités d'apprentissage.

«Les décisions concernant l'activité ou sa structure influencent le comportement et la réussite des élèves (Berliner, 1984).» p.147 Les activités doivent être prévues et clairement rédigées préalablement, l'enseignant doit y avoir prévu les ressources pédagogiques disponibles, les stratégies d'enseignement pour les harmoniser avec le niveau de développement des élèves et les objectifs visés. Ici entre aussi l'idée de motivation des élèves soit extrinsèque (système de récompenses et de sanctions) et intrinsèque (processus d'intériorisation pour lequel les élèves s'engagent avec plaisir, curiosité et intérêt; il y a 10 moyens de stimulation p.148-149). Le deuxième type de motivation est un indicateur vers une performance positive des élèves.

- La planification des stratégies d'enseignement.

Il y a très peu de données à ce niveau, notons que la rapidité des leçons données par les enseignants influence la réussite des élèves (Berliner, 1984). Par exemple, «Il mentionne de façon convaincante que les groupes d'élèves dont les habiletés sont élevées vont jusqu'à quinze fois plus vite que les groupes ayant un faible niveau d'habileté.» p.149

- La planification des évaluations.

Aucune donnée, mais ceci reste un élément important.

- La planification de l'environnement éducatif.

Ceci comprend le temps prévu à l'enseignement des matières, l'espace physique, les ressources humaines et matérielles. La manipulation des élèves semble aider ces derniers; la planification de l'utilisation de ce matériel ainsi que des ajustements que peut y apporter l'intervenant vient favoriser la réussite des élèves en sciences.

- La gestion de la matière en cours d'interaction avec les élèves

- Les activités d'apprentissage.

«Le fait d'enseigner à l'ensemble de la classe est relié positivement à l'apprentissage des élèves.» p.152 Ainsi, «Les intervenants efficaces consacrent plus de temps aux activités en grands groupes...; de plus, les classes où les gains d'apprentissage sont élevés comportent moins d'activités individuelles.» p.152 «les intervenants motivent et stimulent l'apprentissage de leurs élèves s'ils leur fournissent l'occasion d'interagir.» p.153 En ce sens, il faut penser à former de petits groupes d'élèves afin de valoriser les discussions. Ceci n'empêche pas de proposer tout de même des tâches individuelles en y intégrant des éléments de nouveauté, de variété, de défis, de curiosité, de fantaisie et impliquant une résolution de problème et/ou une manipulation. Le travail individuel doit être adapté au niveau de l'élève, car pour qu'il soit bénéfique, l'élève doit y avoir un haut niveau de succès.

- L'enseignement explicite.

La révision des contenus et le rappel des connaissances.

Pour être efficace un intervenant doit évaluer où sont rendus ses élèves pour partir de ce point (faire le lien avec ce qui précède) et adapter la progression vers le nouveau contenu, pour que ceci soit accessible. Entre autres, l'intervenant doit être apte à débusquer les mauvaises ou les fausses conceptions. Réaliser un pré-test constitue un atout à l'enseignement et vient favoriser l'apprentissage et la réussite des élèves.

Les concepts intégrateurs.

Il y a des résultats contradictoires, mais malgré tout «les concepts intégrateurs, lorsqu'ils sont correctement implantés et évalués, facilitent l'apprentissage, la rétention et le transfert des connaissances en mathématiques, en sciences naturelles et en sciences sociales.» p.156

L'explicitation des buts et du travail à accomplir.

Pour être efficace un intervenant semble devoir, lors des consignes, expliquer au complet la tâche à accomplir et donner plusieurs exemples pratiques.

La séquentialisation et la redondance.

Il faut présenter la matière étape par étape, décomposer systématiquement la matière à l'intérieur de la leçon pour valoriser la réussite des élèves et davantage au primaire.

La clarté de la représentation.

Des explications claires, explicites et redondantes gardent les élèves engagés à leurs tâches individuelles. L'intervenant doit présenter clairement le contenu important, utiliser un vocabulaire précis, donner des exemples et bien évaluer le niveau de compréhension de ses élèves. Il est à remarquer que «les intervenants jugés plus efficaces s'expriment de façon moins fréquente que les autres intervenants.» p.158

Exercer les élèves.

Pour être un intervenant efficace, exercer les élèves devrait faire parti des stratégies d'enseignement explicite, environ un temps de 24 minutes pour la démonstration et la pratique guidée (sur 50 minutes). Il faut faire valoir l'autonomie d'apprentissage. Une autre recherche dit autrement : «les intervenants efficaces en mathématiques passent deux fois plus de temps à présenter le nouveau matériel et à guider les pratiques que les intervenants moins efficaces...» (23 minutes). p.159 Il faut stimuler les élèves à utiliser leurs stratégies cognitives et métacognitives comme le traitement de données et la création de sens, de façon individuelle.

Les rétroactions.

Lors des exercices les intervenants peuvent donner des rétroactions régulièrement et de façon spécifique et détaillée. La rétroaction correctrice et l'emploi d'indices sont bénéfiques à l'apprentissage des élèves.

Le renforcement.

Un renforcement positif, clair, approprié et rapide favorise la réussite des élèves.

- L'utilisation de questions par les intervenants.

«On connaît maintenant le rôle important que joue le questionnement des élèves à divers moment du processus d'enseignement.» p.162 Ainsi, de «façon générale, l'emploi de techniques efficaces de questionnement ressort comme étant un indicateur conduisant à une performance positive des élèves (Roy, 1991; Reynolds, 1992; Wang et al, 1993)» p.163

- La désignation des élèves.
Désigner des élèves pour répondre aux questions semble être bénéfique, mais ceci n'est le cas dans toutes les situations (résultat controversé selon l'environnement).
- La clarté des questions.
Ceci est un facteur important à considérer.
- Le niveau cognitif des questions.
Résultats contradictoires : «Redfield et Rousseau (1981) (cité dans Walberg et Wang, 1987) rapportent que les questions dont le niveau cognitif est élevé (évaluation, synthèse, analyse) semblent entraîner une meilleure performance des élèves... Brophy et Evertson (1976), Medley (1977) et Berliner (1984) remarquent que les questions à bas niveau cognitif semblent aussi corrélées positivement avec la réussite d'élèves issus de milieux socio-économiques défavorisés...(75% des questions posées doivent recevoir une réponse correcte) (Reynolds, 1992).» p.164-165
- Questions stimulantes.
Des questions faisant appel à la créativité des élèves les motivent davantage.
- Questions ouvertes.
Les résultats obtenus restent ambigus. Pour les élèves de milieu défavorisés il est préférable de poser des questions fermées (à choix réduits) (Medley, 1977). De plus, ce type de questions valorise la réussite des élèves pour le développement de leur vocabulaire. Cruickshank (1990) a observé, au contraire, que les intervenants efficaces posaient des questions ouvertes (sans préciser la clientèle).
- Questions d'accompagnement.
(en français-texte) Il est préférable de demander de courtes questions que des questions à choix multiples.
- La fréquence.
La fréquence est en lien direct avec la réussite des élèves. Un intervenant efficace pose en moyenne 24 questions pour une période de 50 minutes (en mathématiques) et ces dernières portent davantage sur le processus (environ 6 contre 1 ou 2) (*je ne trouve pas ça beaucoup*). Un intervenant obtient plus de réponses en groupes va aussi augmenter le niveau d'engagement des élèves lors du travail individuel.
- Temps d'attente.
Il faut prévoir un temps de pause approprié suite à l'énoncé d'une question, ceci en fonction du niveau de difficulté de la question. Il est évident qu'un intervenant qui répond lui-même aux questions qu'il pose ne génère aucun apprentissage de la part de ses élèves (Dunkin et Biddle, 1974).
- Soutenir la question.
Il est préférable de poursuivre l'interaction avec le premier répondant, même s'il ne sait pas trop la réponse que de la diriger vers un autre élève ou que l'intervenant y répond lui-même. L'élève doit arriver à fournir une réponse quelle qu'elle soit : il faut lui répéter la question, la simplifier, lui fournir des indices, attendre qu'il demande de l'aide, des clarifications ou qu'il donne une réponse significative correcte ou non.
- Le degré de réussite.
Le pourcentage de réussite aux questions devrait tourner autour de 80% et lors de révision autour de 95%. Cependant, il peut y avoir des situations où des questions plus complexes ou à réponses multiples deviennent pertinentes, comme lors d'introduction de contenus ou tâches (comme la généralisation) complexes

- Réactions aux réponses.

Il faut être modéré dans nos réactions. Mais malgré tout, «l'utilisation de remerciement et d'éloges par les intervenants est en covariance directe avec la réussite des élèves.» p.168 «Dans l'enseignement explicite, on identifie quatre formes de réactions adéquates des intervenants à quatre types de réponses des élèves: 1) pour les réponses correctes, rapides et fermes, l'intervenant pose simplement une autre question de façon à maintenir l'initiative. Il peut aussi émettre une courte expression de reconnaissance du genre «vrai»; 2) pour les réponses correctes mais hésitantes, l'intervenant fait une courte déclaration, telle que «correct» ou «très bon». Il peut aussi fournir une rétroaction sur le processus, expliquer à nouveau les étapes pour arriver à la bonne réponse. La rétroaction aux élèves qui se montrent hésitants est importante, car elle peut en aider d'autres (Griswold et al, 1985); 3) pour les réponses incorrectes dues à l'inattention, corriger simplement l'élève et continuer; 4) pour les réponses incorrectes dues à un manque de connaissance ou de maîtrise d'un processus, l'intervenant fourni à l'élève des indices pour le guider vers la bonne réponse, simplifie le contenu, lui enseigne à nouveau (Meldey, 1977; Griswold et al, 1985; Rosenshine, 1986; Brophy et Good, 1986; Tomic, 1992).» p.168-169

- La quantité d'instruction.

Le temps d'apprentissage comporte trois composantes : le temps accordé (temps des tâches scolaires déterminé par le ministère), le temps d'engagement (temps d'implication de l'élève) et le degré de difficulté de l'activité d'apprentissage. Les recherches montrent que le temps consacré aux mathématiques varie entre 27 et 53 minutes par jour.

(voir les conclusions générales p.170 et 171 : valoriser l'activité de groupe, d'interaction; présenter clairement logiquement et succinctement la matière; consacrer 50% du temps à la pratique guidée; les exercices deviennent plus efficaces s'ils sont accompagnés d'une rétroaction rapide; le questionnement joue un rôle important dans le processus d'apprentissage; il faut poser une question à toutes les deux minutes environ pour être efficace et il faut prévoir une pause de 3 à 5 secondes avant de demander une réponse aux élèves; Le temps alloué influence la réussite des élèves, mais c'est surtout ce que les intervenants font avec ce temps qui est primordial.)

- Retour sur la phase de gestion de la matière.

- L'évaluation sommative.

Il faut qu'elle soit adaptée aux connaissances, aux habiletés et objectifs visés. La fréquence de ce type d'évaluation doit être modérée et les critères de corrections peuvent être exigeants mais rester réalistes.

- L'évaluation formative.

Pour ce type d'évaluation il faut prévoir une rétroaction fréquente, spécifique et immédiate ou non et aussi envisager un seuil de réussite qui servira de point de repère aux élèves.

- La réflexivité des intervenants par rapport à leurs actions au regard de l'enseignement de la matière.

«leur degré de responsabilisation par rapport à la réussite des élèves influe sur leurs dispositions à évaluer la situation et à apporter les correctifs nécessaires.» p.176

APPENDICE 11 : Grille d'analyse de l'intervenant

Globalement

Interventions:

- a) Explique des notions maths.
- b) Donne les consignes
- c) Reformule les idées des élèves
- d) Répète les différentes réponses
- e) Valide la solution de l'élève
- f) Corrige la réponse de l'élève
- g) Compare la consigne et la const.
- h) Fait pratiquer la visualisation
- i) Encadre les élèves
- j) Encourage les élèves

Spécifiquement

1. Tâches demandées:

- a) Observation
- b) Description
- c) Construction
- d) Représentation
- e) Recherche
- f) Argumentation

2- Questionnement

- 1F. Ouvert factuel
- 1R. Ouvert de raisonnement
- 2R. Fermé de raisonnement
- 2F. Fermé factuel

3. Contenu:

- a) La géométrie
- b) Le spatial
- c) La visualisation
- d) La démarche
- e) Le résultat
- f) Les difficultés
- g) Les réussites-ce qui est bien fait

3. Point de référence :

- a) Une action concrète
- b) Une action intériorisée
- c) Des exp. antérieures

SUITE APPENDICE 11: Description détaillée de la grille pour l'intervenant

Globalement - Interventions:

a) Explique des notions maths.

Définition : au cours de la leçon, il peut y avoir des moments où l'intervenant apporte une explication mathématique pour ajouter à une activité ou pour permettre aux élèves de poursuivre l'activité. À ce moment, il se trouve à enseigner une notion (comme la définition d'un rectangle, d'un solide, d'un prolongement...).

Pourquoi : ceci n'entraîne pas vraiment dans les objectifs que nous nous étions fixés pour la leçon et nous voulons identifier les endroits où ceci serait intervenu, pour en identifier les causes, si possible.

Exemple de manifestation : un rectangle est un... un solide de révolution est... pour être un prisme, il doit y avoir...

b) Donne les consignes

Définition : au début de chaque activité, il y aura sûrement des explications à donner, des précisions sur le fonctionnement et le contenu de l'activité; tout ceci entre dans les consignes.

Pourquoi : nous voulons distinguer ce type d'explication avec les autres, car nous voulons analyser les différences existant entre les deux approches.

Exemple de manifestation : pour l'activité vous devez faire... je répète les étapes de l'activité... donc ici, nous traiterons des prismes...

c) Reformule les idées des élèves

Définition : endroit où l'intervenant reprend la réponse d'un élève en la reformulant, dans le but d'ajouter un élément ou encore de demander une précision; moment où l'intervenant résume les idées des élèves pour voir s'il a bien compris ou si les autres élèves sont d'accord.

Pourquoi : nous voulons observer si ceci revient dans les deux approches.

Exemple de manifestation : un cylindre avec un trou, comme un cône que nous aurions enlevé... donc, vous avez fait d'abord la base, ensuite Pierre a fait le toit et vous avez assemblé...

d) Répète les différentes réponses

Définition : moment où l'intervenant reprend immédiatement une réponse d'élève, correcte ou non, pour poursuivre la discussion avec les élèves.

Pourquoi : nous voulons observer si ceci revient dans les deux approches.

Exemple de manifestation : tu dis un cône... tu voyais une maison avec des fenêtres...

e) Valide la solution de l'élève

Définition : moment où l'intervenant mentionne d'une façon explicite que le résultat ou la réponse de l'élève est correcte, souvent avant même que l'élève le réalise lui-même.

Pourquoi : nous avons observé ce type d'approche à travers quelques transcriptions et nous voulons l'observer davantage à travers toutes les transcriptions. (profils-approches)

Exemple de manifestation : oui, c'est bien un prisme que tu as... oui, ta maison correspond bien à la description... une pyramide, oui, c'est ça...

f) Corrige la réponse de l'élève

Définition : moment où l'intervenant reprend une réponse d'élève, mais en la corrigeant par le fait même. Une correction par rapport au vocabulaire mathématique employé ou encore une précision dans le vocabulaire.

Pourquoi : nous voulons observer si ceci revient dans les deux approches.

Exemple de manifestation : (élève: un demi-rond) Ens: un demi-cercle (élève: un triangle équilatéral) Ens: tu veux dire un triangle rectangle...

g) Compare la consigne et la const.

Définition : moment où l'intervenant fait la comparaison entre la consigne qui était demandée pour la tâche et le résultat que l'élève a obtenu.

Pourquoi : nous considérons ce type d'intervention importante dans notre contexte et nous aimerions analyser les endroits où l'intervenant y a recours et la façon dont il l'utilise.

Exemple de manifestation : dans la consigne le toit devait être une pyramide à base rectangulaire et toi tu avais un prisme à base triangulaire...

h) Fait pratiquer la visualisation

Définition : l'intervenant demande explicitement de visualiser ou d'imaginer un objet d'une autre façon qu'auparavant (change un peu les données-exercice) ou demander des précisions sur l'image qu'il voit.

Pourquoi : ceci est dans le but d'observer si l'intervenant fait pratiquer l'habileté de visualisation chez les élèves ou si elle reste implicite.

Exemple de manifestation : maintenant que la maison est construite, peux-tu la faire tourner dans ta tête, la maison était de quelle couleur...

i) Encadre les élèves

Définition : endroits où nous pouvons observer que l'intervenant donne des directives ou des remarques générales aux élèves.

Pourquoi : idem à 2g). Ce type d'intervention a été observé préalablement dans l'approche «classique».

Exemple de manifestation : tu le fais plus compliqué que prévu... veux-tu que je te tiennne quelque chose dans ta construction?...

j) Encourage les élèves

Définition : moment où l'intervenant encourage le(s) élève(s) pour leur bon travail ou effort par quelques mots significatifs.

Pourquoi : idem à 2g).

Exemple de manifestation : Bravo!... oui, c'est ça... ne lâche pas, continue... il est beau ton palace...

Spécifiquement

1. Tâches demandées:

a) Observation

Définition: moment où l'intervenant demande aux élèves d'observer soit une figure ou un solide.

Pourquoi : ce type de tâche faisant partie de notre grille d'analyse des manuels et nous aimerions savoir si elle est utilisée par les élèves ou non.

Exemple de manifestation : regarde la figure tourner... regarde ton dessin...

b) Description

Définition : moment où l'intervenant demande de décrire, préciser ou comparer, soit à l'aide d'une description verbale (mots).

Pourquoi : nous voulons les identifier, ces passages vont nous renseigner sur l'orientation des raisonnements des élèves.

Exemple de manifestation : peux-tu me décrire ce que tu vois?... peux-tu m'expliquer davantage ce que tu vois? Précise ta réponse, je ne suis pas certaine de comprendre?.. Ça c'est la maison que tu as construite et celle-ci est la leur, quelles sont les différences?

c) Construction

Définition:moment où l'intervenant demande aux élèves de réaliser une construction concrète.

Pourquoi : idem à 3e).

Exemple de manifestation : peux-tu me construire la maison que tu vois?... Construis-moi ton solide...

d) Représentation

Définition : moment où l'intervenant demande aux élèves de dessiner leur construction ou images mentales.

Pourquoi : idem à 3e).

Exemple de manifestation : peux-tu me dessiner la maison que tu vois au tableau?... Dessine-moi ton solide au tableau...

e) Recherche

Définition : moment où l'intervenant demande aux élèves de trouver tous les cas possibles ou tous les cas qu'ils connaissent.

Pourquoi : idem à 3e).

Exemple de manifestation: trouves tous les cas d'axe de rotation possible avec un triangle rectangle... trouves d'autres objets que tu connais formés avec des solides de révolution...

f) Argumentation

Définition : moment où l'intervenant demande une justification de la part de l'élève. Justification qui sera probablement géométrique ou spatiale.

Pourquoi : nous voulons les identifier. Nous croyons que les argumentations ne seront pas de même nature selon l'approche.

Exemple de manifestation : pourquoi tu dis un cylindre et non un cône?... Pourquoi tu dis à base triangulaire?... Qu'est-ce qui te permet de dire cela? Tu dis qu'un rectangle ne peut engendrer un cône pourquoi?...

2. Questionnement

1F. Ouvert factuel

Définition: une question ouverte laisse place à plusieurs réponses et ici elle porte sur des faits.

Pourquoi : le questionnement risque d'être différent selon l'approche et nous voudrions savoir si une des approches utilise plus un type qu'un autre ou si un profil d'élèves amène plus un type que l'autre.

Exemple de manifestation : Qu'est-ce que tu vois?

1R. Ouvert de raisonnement

Définition : une question ouverte laisse place à plusieurs réponses possibles et ici elle fait appel à un raisonnement de la part des élèves.

Pourquoi : idem à 1F

Exemple de manifestation : qu'est-ce que tu en penses? Comment pourrait-on procéder?

2R. Fermé de raisonnement

Définition : question menant à une seule réponse, comme oui, non, triangle... est considérée fermée et dans ce cas, la recherche de la réponse demande un raisonnement de la part des élèves.

Pourquoi : idem à 1F.

Exemple de manifestation : une question fermée est du type «Ça engendre quoi? Ça donne un carré?».

2F. Fermé factuel

Définition : question menant à une seule réponse, comme oui, non, triangle... est considérée fermée, mais ici elle est relative à un fait.

Pourquoi : idem à 1.

Exemple de manifestation : une question fermée est du type «Est-ce qu'un carré est un rectangle? Est-ce une pyramide que tu as?».

3. Contenu:

a) La géométrie

Définition : l'intervenant peut poser des questions géométriques, reliées aux aspects géométriques des objets (propriétés, définitions, mesure...)

Pourquoi : dans le but de caractériser l'orientation du questionnement et ainsi voir où il y a eu glissement à ce niveau dans la leçon.

Exemple de manifestation : quel nom peut-on donner à ce solide? Est-ce que tes longueurs de pailles sont égales?

b) Le spatial

Définition : l'intervenant pose des questions sur les connaissances spatiales (relié à l'espace, vision globale ou partielle d'un objet, 2D ou 3D, rotation de l'objet, anticipation de la transformation ou du résultat...).

Pourquoi : idem à 4.a)

Exemple de manifestation : tu peux me décrire le solide suite à la rotation? Est-ce que ton image est en 2D ou en 3D?...

c) La visualisation

Définition : des questions sur l'activité intériorisée vont porter plutôt sur leurs pensées, leurs images mentales (visualisation) et anticipations.

Pourquoi : nous voulons vérifier si ceci est fait dans les deux approches et avec les trois profils d'élèves.

Exemple de manifestation : est-ce que vous aviez vu la forme du toit dans votre tête avant de demander les pailles?

d) La démarche

Définition : le questionnement peut porter sur la démarche utilisée pour arriver à ce résultat.

Pourquoi : nous croyons qu'une approche dite classique valorisera le deuxième type alors que l'autre favorisera le premier.

Exemple de manifestation : comment avez-vous procédé? Qu'est-ce que tu voyais dans ta tête lorsque tu le faisais tourner?

e) Le résultat (l'objet concret)

Définition : le questionnement peut porter sur le résultat de l'activité (construction ou rotation).

Pourquoi : idem à 3e).

Exemple de manifestation : quelles différences y a-t-il entre ta maison et la sienne? Quel solide as-tu obtenu suite à la rotation?

f) Les difficultés-obstacles

Définition : nous pouvons questionner les élèves sur les difficultés qu'ils ont rencontrées et les expliciter (afin des comprendre et des partager).

Pourquoi : une approche traditionnelle va regarder plus les réussites alors qu'une approche exploratoire va être portée à vouloir comprendre la démarche et donc expliciter ces dernières ainsi que les chemins moins pertinents de la démarche (difficultés) et ceci aussi dans le but d'être en mesure de les surmonter par la suite.

Exemple de manifestation : tu disais que tu n'arrivais pas à voir le toit, peux-tu expliquer davantage? Qu'est-ce que tu voyais? Toi tu n'arrives pas au même solide, peux-tu m'expliquer ce que tu vois?

g) Les réussites-ce qui est bien fait

Définition : nous pouvons questionner les élèves sur les éléments qu'ils ont réussis ou plutôt prendre les bonnes réponses

Pourquoi : idem à 3f).

Exemple de manifestation : toi, tu as réussi explique-moi comment tu as fait? À donne quoi? Un cylindre, un cône. Un cylindre (l'intervenante entend différentes réponses mais ne répète que la bonne et oublie l'autre).

3. Point de référence :**a) Une action concrète**

Définition : moment où l'intervenant mentionne ou réalise une action, manipulation ou mouvement. Nous pouvons l'identifier à l'aide des verbes d'action accompagnés de manipulations.

Pourquoi : nous voulons savoir si l'intervenant a recours à des actions concrètes pour expliquer ses objectifs géométriques, à quel moment et si il rend explicite ses manipulations ou il le fait sans l'expliquer (manipule 2b).

Exemple de manifestation : je prends le triangle et je le fais tourner (il l'a dans ses mains et le fait tourner)...

b) Une action intériorisée

Définition : il fait référence explicitement à une action intériorisée.

Pourquoi : pour voir si l'intervenant est conscient qu'il l'utilise, identifier les endroits où il l'utilise et s'il réalise la pertinence de cette habileté dans les tâches demandées.

Exemple de manifestation : mention explicite du mot visualisation ou d'autres expressions similaires (je l'ai vu dans ma tête ou je l'ai imaginé...).

c) Des exp. antérieures

Définition : présence d'endroits où l'intervenant soulève des événements antérieurs relatifs aux mathématiques ou à d'autres domaines (musique, sport ou vie).

Pourquoi : dans le but d'observer si l'intervenant se rattache à quelque chose de connu, si ceci reste en mathématiques et se ceci est commun aux deux approches, aux profils des élèves ou à une situation particulière.

Exemple de manifestation : un élève mentionne qu'il fait souvent des rotations lorsqu'ils patinent et que ceci lui semble facile...

Appendice 12 : Grille d'analyse de l'élève

Globalement

Interventions

1. Exprime ou explique:
 - a) Un savoir
 - b) Une façon de faire
 - c) Son opinion
 - d) Des difficultés
2. Répète les différentes réponses
3. Valide:
 - a) La rép. de l'intervenant
 - b) La rép. d'un autre élève
 - c) Invalide une rép.
4. Pose des questions:
 - a) Sur des notions maths.
 - b) Sur les consignes
 - c) Externes
5. Justifie sa réponse
6. Modifie sa réponse
7. Se compare aux autres

Indicateurs chez l'élève

1. La gestuelle:
 - a) Se déplace
 - b) Manipule
 - c) Gesticule
 - d) Pointe
2. Visualisation
 - a) Présente
 - b) Absente
 - c) Spontanée
 - d) Non-immédiate-difficile
 - e) Statique
 - f) Cinétique
 - g) Évolutive

Spécifiquement

Procédures de l'élève

1. Outils de résolution:
 - a) Observation
 - b) Identification
 - c) Classement
 - d) Construction
 - e) Reconstruction
 - f) Dessin
 - g) Vue globale
 - h) Vue des différents solides
 - i) Vue orthogonale
 - j) Recherche
 - k) Comparaison
 - l) Va-et-vient construction-description
 - m) Essais-erreurs

SUITE APPENDICE 12: Description détaillée de la grille pour l'élève

Globalement

Interventions

1. Exprime ou explique:

a) Un savoir

Définition: endroit où l'élève exprime ses savoirs soit du point de vue mathématique ou d'autres domaines (vie, sport, musique...).

Pourquoi : ceci pourra nous renseigner encore sur les différents profils d'élèves de façon globale ou séparément.

Exemple de manifestation : je sais qu'un triangle est... nous avons appris en classe qu'un rectangle donnait un cylindre... je sais jouer de la flûte... je connais toutes les positions pour le Axel.

b) Une façon de faire

Définition : endroit où l'élève exprime de manière explicite une façon de résoudre un problème, une solution, qui n'est pas nécessairement celle réalisée. Il décrit les différentes étapes d'un raisonnement.

Pourquoi: cette identification nous permettra de retrouver plus facilement les raisonnements des élèves et aussi elle nous permettra d'observer si ce type d'intervention se trouve pour tous les profils d'élèves et les deux approches.

Exemple de manifestation : j'ai commencé par le toit... moi, je me suis fié aux couleurs...puis après...

c) Son opinion

Définition: dans la réponse de l'élève nous pouvons observer qu'il donne son opinion et qu'il ne veut pas inclure les autres dans sa solution; ceci est un avis personnel.

Pourquoi : idem à 1a).

Exemple de manifestation : moi, je pense que c'est un triangle... d'après moi... c'est mon avis personnel...

d) Des difficultés

Définition : endroit où nous pouvons observer par les réponses des élèves qu'ils éprouvent des difficultés.

Pourquoi: nous nous intéressons à l'apprentissage des élèves et à leurs raisonnements, donc l'analyse des difficultés entre dans ce canevas. Ainsi, il nous faudra analyser les difficultés rencontrées afin de caractériser davantage les profils des élèves.

Exemple de manifestation : il faut identifier tous les endroits où les élèves éprouvent des difficultés peu importe la nature et la source de la difficulté.

2. Répète:

a) La rép. d'un autre élève ou de l'intervenante

Définition : moment où l'élève reprend immédiatement une réponse d'un autre élève ou de l'intervenante, correcte ou non.

Pourquoi : ceci viendra nous renseigner sur les interactions existant entre les élèves et nous voulons identifier si ce type d'interactions se retrouve dans les deux approches ou si ceci en caractérise davantage une des deux.

Exemple de manifestation : identifier les endroits où nous voyons qu'il y a répétition des mots d'un élève à un autre dans les transcriptions.

3. Valide:

a) La rép. de l'intervenant

Définition : endroit où l'intervenant énonce une réponse et où l'élève la valide en disant qu'il est en accord avec cette dernière.

Pourquoi : nous voulons observer les endroits où se retrouve ce comportement (profils-approches).

Exemple de manifestation: oui, c'est ça... oui, je suis d'accord avec toi... oui, un cylindre...

b) La rép. d'un autre élève

Définition : moment où l'élève mentionne d'une façon explicite que le résultat ou la réponse d'un autre élève est correcte.

Pourquoi : idem à 3a).

Exemple de manifestation: oui, tu as raison... oui, Nicolas ça marche ton affaire...

c) Invalide une rép.

Définition : endroit où un élève donne une réponse et un autre affirme qu'il n'a pas raison.

Pourquoi : idem à 3a).

Exemple de manifestation : non, moi je pense plutôt que c'est... non ce n'est pas un cône, c'est un cylindre...

4. Pose des questions:

a) Sur des notions maths.

Définition : question d'un élève portant sur une notion mathématique.

Pourquoi : le type de questions que posent les élèves peut nous renseigner sur leurs obstacles ou leurs points d'intérêts et ici nous avons ciblé trois grandes catégories de questions.

Exemple de manifestation : qu'est-ce qu'un prolongement? Est-ce les arêtes doivent être parallèles?...

b) Sur les consignes

Définition : question portant sur la précision, la clarification du déroulement ou du fonctionnement d'une activité.

Pourquoi : idem à 4a).

Exemple de manifestation : nous devons trouver le nombre de pailles avant? Est-ce que la couleur doit être la même?...

c) Externes

Définition : question portant sur des facteurs externes à la compréhension et le déroulement de l'activité. Questions factuelles et sans contenu mathématique.

Pourquoi : idem à 4a).

Exemple de manifestation : Est-ce qu'on garde nos constructions? Est-ce qu'il y a d'autres pailles? Est-ce que c'est bientôt terminé?...

5. Justifie sa réponse

Définition : entre eux, les élèves peuvent être portés à justifier leur réponse, à demander à l'autre de se justifier.

Pourquoi : idem à 4a).

Exemple de manifestation : moi, je pense que c'est un rectangle car un rectangle a quatre angles droits... Explique-moi pourquoi tu dis que c'est un carré...

6. Modifie sa réponse

Définition : moment où nous pouvons observer qu'un élève a changé sa réponse en chemin.

Pourquoi : nous voulons identifier ce moment dans le but d'en savoir davantage sur les difficultés des élèves. Si leurs réponses changent, c'est probablement dû à une hésitation ou une confusion de leur part.

Exemple de manifestation : un cône... ha non, c'est un cylindre...

7. Se compare aux autres

Définition : endroit où l'élève observe ce que les autres ont fait et porte un commentaire sur sa construction (ou son résultat) par rapport à celle des autres.

Pourquoi : une telle réaction des élèves viendrait indiquer soit un esprit compétitif, soit un manque de confiance en soi, soit une façon de faire habituellement en classe, enfin c'est à déterminer selon les cas.

Exemple de manifestation : la mienne est plus grosse... comment ça, la mienne n'est pas pareille... elle aurait dû être plus petite...

Spécifiquement

Procédures de l'élève

1. Outils de résolution:

a) Observation

Définition : moment où nous pouvons noter qu'un élève ne procède que par une observation des faits, du phénomène.

Pourquoi : idem à 3a). nous avons noté beaucoup de ce type d'activité dans les manuels et nous voulons savoir si les élèves l'utilisent ou non.

Exemple de manifestation : (l'élève fait tourner le triangle) je vois le triangle tourner... si je regarde...

b) Identification

Définition : moment où l'élève a utilisé l'identification du solide comme moyen de résolution; où l'accent est mis sur le nom mathématique de l'objet et non sa nature ou sa fonction.

Pourquoi : idem à 3a).

Exemple de manifestation : j'ai pris un cube, un cône...

c) Classement

Définition : endroit où nous pouvons observer que l'élève a utilisé le classement comme stratégie. En lisant les transcriptions, nous avons remarqué que certains élèves groupaient leurs objets selon la couleur ou la forme.

Pourquoi : idem à 3a).

Exemple de manifestation : les manifestations peuvent être verbales; je me suis fié aux couleurs... je les ai placés par forme d'abord... ou les manifestations peuvent être visuelles; nous pouvons observer sur le vidéo que l'élève a regroupé sur son bureau les formes semblables ensemble.

d) Construction

Définition : moment où l'élève fait une construction concrète pour résoudre le problème, avec ou sans temps de réflexion.

Pourquoi : idem à 3a). Ceci fait référence à la première tâche demandée, mais nous voulons savoir si celle-ci se retrouve aussi lors de la deuxième tâche, où les élèves doivent avoir une bonne visualisation pour la réussir et où un support visuel serait utilisé par les plus faibles.

Exemple de manifestation : je construis la maison... je vais faire mon axe ici avec la paille... je vais construire mon triangle et son axe...

e) Reconstruction

Définition : moment où nous pouvons observer que l'élève a utilisé une reconstruction d'un solide ou d'une figure comme stratégie.

Pourquoi : idem à 3a).

Exemple de manifestation : je vais le refaire pour voir ce que j'avais au début, à l'autre étape, je vais recommencer...

f) Dessin

Définition : endroit où nous pouvons observer que l'élève a utilisé un dessin comme stratégie de résolution.

Pourquoi : nous avons essayé de caractériser certains traits aux résolutions des élèves afin d'en savoir davantage sur leur raisonnement dans un tel contexte et ces traits vont nous servir d'analyse pour caractériser les stratégies des élèves.

Exemple de manifestation : identifier les endroits pour tous les sujets où il est clairement identifié que l'élève passe par un dessin pour résoudre la tâche (écrire le nombre de pailles sur une feuille n'est pas considéré comme un dessin).

g) Vue globale

Définition : moment où nous pouvons observer que l'élève a utilisé une reconstruction d'un solide ou d'une figure comme stratégie.

Pourquoi : idem à 3a).

Exemple de manifestation: j'ai vu un oiseau, un bloc, une maison normale...

- h) Vue des différents solides**
Définition : moment où nous pouvons observer que l'élève ne voit pas l'objet de façon globale, mais les différentes parties qui le composent.
Pourquoi : idem à 3a).
Exemple de manifestation : j'ai vu le cube et les deux prismes, j'ai vu les trois «L» et la base...
- i) Vue orthogonale**
Définition : moment où nous pouvons observer que l'élève n'a vu qu'une ou deux faces de l'objet, qu'il n'a pas été capable de retenir toutes les faces.
Pourquoi : idem à 3a).
Exemple de manifestation: j'ai vu la face, mais pas en arrière... j'ai juste vu ce côté là...
- j) Recherche**
Définition : moment où nous pouvons observer que l'élève cherche la réponse à travers ses savoirs et connaissances ou encore lorsqu'il cherche tout le cas possible pour une situation donnée.
Pourquoi : idem à 3a).
Exemple de manifestation : je peux placer l'axe ici, ici,... et si nous le mettions ici... un pot de fleurs,... une poignée... tout ce qui est cylindrique.
- k) Comparaison**
Définition : observer lorsque les élèves utilisent la comparaison entre les solides à construire, entre leurs solides et celui d'un autre ou encore entre celui obtenu et celui désiré.
Pourquoi : idem à 3a).
Exemple de manifestation : le tien n'est pas pareil que le mien... mon solide ne correspond pas à la description...
- l) Va et vient const.-description**
Définition : moment où nous pouvons observer que les élèves retournent à la description du solide ou de la tâche pour poursuivre leur construction, et ceci à plusieurs reprises.
Pourquoi : idem à 3a).
Exemple de manifestation : indiquer à chaque fois qu'il y a un passage entre un et l'autre, de la construction à la description et de retour à la construction (ceci est un passage).
- m) Essais-erreurs**
Définition : moment où nous voyons que l'élève procède par tâtonnement.
Pourquoi : idem à 3a). Ce type de raisonnement est souvent utilisé lorsque l'élève ne peut plus recourir à aucun autre raisonnement, lorsque la tâche est trop difficile pour lui. Nous aimerions savoir si ce type de raisonnement est particulier à un groupe d'élèves ou à une des deux approches.
Exemple de manifestation : j'ai fait des essais.. essaie, on va voir...

Indicateurs chez l'élève

1. La gestuelle:

a) Se déplace

Définition : moment où l'élève se déplace pour expliquer un phénomène mathématique.

Pourquoi : nous voulons observer les endroits où l'élève est davantage porté à se déplacer et pour quel(s) objectif(s) de la leçon. De plus, nous nous servirons de ce critère pour comparer les différents profils d'élèves.

Exemple de manifestation : par exemple si l'élève réalise (lui-même - il est l'axe) la rotation demandée avec la figure dans ses mains... ou si l'élève doit se déplacer pour observer un phénomène (avoir un autre point de vue).

b) Manipule

Définition : endroit où l'élève prend dans ses mains un objet pour montrer ou expliquer quelque chose.

Pourquoi : idem à 2a).

Exemple de manifestation : je prends le triangle et je le fais tourner... je prends ma maison et je lui enlève deux pailles...

c) Gesticule

Définition : moment où l'élève utilise ses mains ou une autre partie de son corps pour expliquer une transformation ou un résultat.

Pourquoi : idem à 2a). De plus, nous voulons savoir si l'élève a recours à ce type d'explication lorsqu'il est moins à l'aise avec la notion ou le problème.

Exemple de manifestation : lorsque l'élève fait la forme du solide ou sa rotation avec ses mains ou encore ses bras.

d) Pointe

Définition : moment où l'élève pointe avec un doigt un solide spécifique ou une partie bien précise d'un solide ou d'une figure.

Pourquoi : nous considérons ce mouvement moins dynamique que les autres, impliquant davantage une identification et ne demandant pas d'action intériorisée comme le précédent, mais ceci pourrait être caractéristique à un profil d'élèves, c'est à vérifier.

Exemple de manifestation : regarde le sommet là... l'arête qui est là.. et cette paille...

2. Visualisation**a) Présente****b) Absente****c) Spontanée****d) Non-immédiate-difficile****e) Statique****f) Cinétique****g) Évolutive**

Définition : d'abord lorsque la visualisation est absente, l'élève dira qu'il ne voit rien dans sa tête, qu'il n'arrive pas à l'imaginer, lorsque l'élève mentionne qu'il l'a visualisé sans l'intervention de l'intervenante, nous considérons celle-ci comme spontanée. La visualisation est évolution lorsque l'image que décrit l'élève commence flou (je vois une pyramide) et qu'elle se précise avec le questionnement et le temps (une pyramide avec un cercle comme base... un cône). La visualisation est statique lorsqu'elle représente un objet et elle est cinétique lorsqu'elle illustre un mouvement (une rotation).

Pourquoi : nous voulons observer si la visualisation est utilisée par l'intervenante et les élèves, et comment elle se traduit.

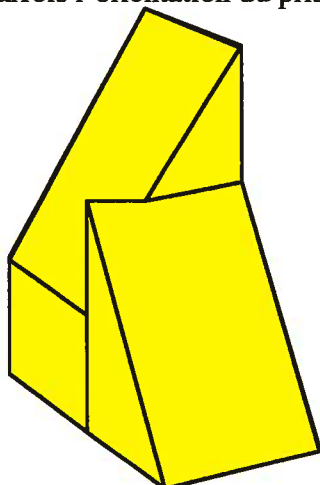
Exemple de manifestation : je vois..., je ne vois rien... je l'ai imaginé et je l'ai vue tout de suite, j'ai de la difficulté à l'imaginer, l'image n'est pas claire, je vois... je vois le solide après la rotation ça fait...je le vois tourner dans ma tête...

APPENDICE 13: Unités et sous-unités des deux leçons

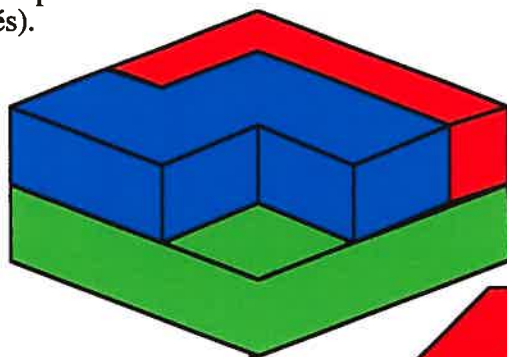
Leçon action - Lignes directrices

Introduction : explication du contexte de la leçon et questionnement sur leurs connaissances géométriques.

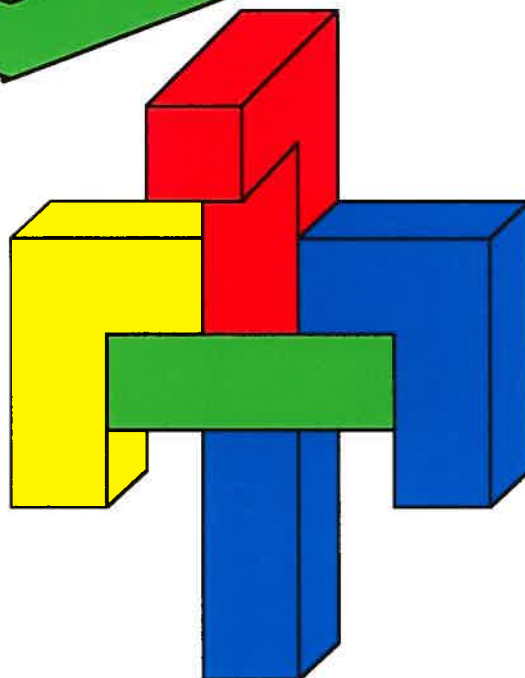
Q1.1 : présentation du solide suivant pendant 3 secondes et discussions (raisonnements et difficultés). Parfois l'orientation du prisme à base triangulaire du dessus a été modifiée.



Q1.2 : présentation du solide suivant pendant 3 secondes et discussions (raisonnements et difficultés).



Q1.3 : présentation du solide suivant pendant 3 secondes et discussions (raisonnements et difficultés).



trois cas

Q1.I : retour sur les trois cas (comparaison).

Q2.C : consigne pour la construction des maisons.

Description 1:

Vous devez construire deux solides que vous allez devoir par la suite assembler pour former un édifice.

Le **premier solide**, le corps de l'édifice, est un prisme à base rectangulaire. Le rectangle de la base doit être plus petit que les rectangles latéraux du prisme (ceux qui montent), pour que l'édifice soit fait en hauteur.

Le **deuxième solide**, le toit de l'édifice, représente une pyramide à base rectangulaire. La base a les mêmes dimensions que la base du prisme, pour qu'ils puissent bien s'assembler. Il faut construire la pyramide de façon à ce que le sommet soit dans le prolongement d'une des arêtes du prisme.

Description 2:

Vous devez construire deux solides que vous allez devoir par la suite assembler pour former un édifice.

Le **premier solide**, le corps de l'édifice, est un prisme à base rectangulaire. Le rectangle de la base doit être plus long que les rectangles latéraux du prisme (ceux qui montent), pour que l'édifice soit fait en largeur.

Le **deuxième solide**, le toit de l'édifice, représente une pyramide à base rectangulaire. La base a les mêmes dimensions que la base du prisme, pour qu'ils puissent bien s'assembler. Il faut construire la pyramide de façon à ce que un des deux plus grands triangles soit perpendiculaire à la base et ce triangle doit être isocèle (les deux arêtes qui montent doivent être congrues).

Q2.R : réalisation des maisons en équipes (incluant démarches, produits et interventions).

Q2.I : retour sur leurs constructions (difficultés et raisonnements).

Q3.C : explication de cette troisième activité, anticipation du solide générée par la rotation d'une figure autour d'un axe.

Q3.1 : présentation de la figure sur carton, anticipation du résultat et questionnement.



Q3.2 : présentation de la figure sur carton, anticipation du résultat et questionnement.



Q3.3 : présentation de la figure sur carton, anticipation du résultat et questionnement.



Q3.4 : présentation de la figure sur carton, anticipation du résultat et questionnement.



Q4.C : explication de l'activité de l'étagère où les élèves doivent replacer correctement les solides dans cette dernière seulement en l'ayant vue quelques secondes au rétroprojecteur. Ils ont ensuite, sur une feuille, à les replacer à l'aide d'un système de flèches (l'étagère et les solides étant déjà dessinés sur la feuille).

Q4.R : les élèves observent l'étagère rangée au rétroprojecteur.

Q4.I : retour les raisonnements des élèves (stratégies et difficultés).

Conclusion : retour sur leur expérience, sur ce qu'ils ont trouvé facile ou non...

SUITE APPENDICE 13: Leçon classique - Lignes directrices

Introduction : explication du contexte de la leçon (recherche-géométrie...)

Q1.C : consigne pour la construction de la maison.

Au tableau : *Construire le squelette d'une maison dont le corps est formé d'un prisme à base rectangulaire et le toit d'une pyramide à base rectangulaire.*

Q1.R : réalisation individuelle de l'activité.

Nous y retrouvons les interactions et les résumés des constructions.

Q1.I : phase d'intégration de l'activité.

Nous y retrouvons le questionnement et le retour sur la construction des élèves.

Q2.C : consigne pour cette deuxième activité - les solides de révolution-

Q2.1 : rotation d'un rectangle autour d'un axe. L'axe se situe sur l'un des côtés du rectangle.

Q2.2 : demande la question inverse pour la sphère. Qu'est-ce qui génère une sphère?

Q2.3 et Q2.4 : rotation d'un triangle rectangle autour d'un axe.

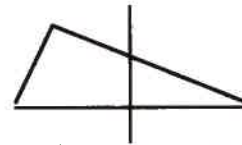
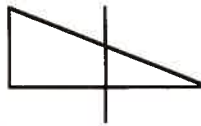
L'axe se situe sur l'un des côtés de l'angle droit, donc forme un cône.

Q2.5 : rotation d'un triangle rectangle autour d'un axe.

L'axe se situant sur l'hypoténuse. (deux cônes).

Q2.6 : rotation d'un triangle rectangle autour d'un axe.

L'axe se situant à l'intérieur du triangle, soit perpendiculaire au plus grand côté de l'angle droit (cas que l'intervenante voulait habituellement traiter) ou perpendiculaire à l'hypoténuse. Dans le premier cas, parfois l'axe de rotation n'est pas au centre du côté.



Q2.7 : rotation d'une figure plus complexe (un petit triangle, un rectangle et un quart de cercle) donnant un verre de vin. Q2.8 : questionne sur les solides de révolution que les élèves voient dans la vie courante.

APPENDICE 14: Résultats de l'analyse des deux approches

Grille d'analyse-Intervenant Unité 1		Action	Classique
Globalement			
Interventions:	Moyenne	24,5	18,8
a) Explique des notions		1%	10%
b) Donne les consignes		20%	9%
c) Reformule les idées		22%	3%
f) Répète la rép. de l'élève		15%	12%
g) Valide la solution		7%	23%
h) Corrige la rép. de l'élève		1%	0%
i) Comp. de la cons. et de la const.		8%	0%
j) Fait pratiquer la visual.		12%	0%
k) Encadre les élèves		13%	31%
l) Encourage le(s) élève(s)		1%	12%
Spécifiquement			
1. Tâches demandées:	Moyenne	13,3	8,5
a) Observation		13%	16%
b) Description		56%	39%
c) Construction		8%	15%
d) Représentations		2%	0%
e) Recherche		19%	6%
f) Argumentation		2%	24%
2. Questionnement	Moyenne	30,3	11,8
1F. Ouvert factuel		0%	0%
1R. Ouvert de raisonnement		14%	4%
2R. Fermé de raisonnement		40%	15%
2F. Fermé factuel		46%	81%
3. Contenu:			
a) La géométrie		7%	53%
b) Le spatial		52%	9%
c) La visualisation		49%	2%
d) La démarche		15%	0%
e) Le résultat		49%	53%
f) Les difficultés-obstacles		32%	32%
g) Les réussites-		7%	4%
3. Points de référence:	Moyenne	31	13,8
a) Une action concrète		45%	90%
b) Une action intériorisée		53%	5%
c) Des exp. antérieures		2%	5%

Grille d'analyse-Intervenant Unité 2		Action	Classique
Globalement			
Interventions:	Moyenne	25,3	53,8
a) Explique des notions maths		0%	1%
b) Donne les consignes		14%	2%
c) Reformule les idées des élèves		22%	6%
f) Répète la réponse de l'élève		45%	22%
g) Valide la solution de l'élève		9%	26%
h) Corrige la réponse de l'élève		0%	4%
i) Comp. de la cons. et de la const.		1%	0%
j) Fait pratiquer la visual.		1%	0%
k) Encadre les élèves		7%	26%
l) Encourage le(s) élève(s)		1%	13%
Spécifiquement			
1. Tâches demandées:	Moyenne	20,3	40
a) Observation		33%	24%
b) Description		21%	14%
c) Construction		0%	16%
d) Représentations		3%	11%
e) Recherche		30%	31%
f) Argumentation		13%	4%
2. Questionnement	Moyenne	32,3	38,3
1F. Ouvert factuel		0%	0%
1R. Ouvert de raisonnement		14%	9%
2R. Fermé de raisonnement		43%	48%
2F. Fermé factuel		43%	43%
3. Contenu:			
a) La géométrie		2%	13%
b) Le spatial		62%	53%
c) La visualisation		57%	35%
d) La démarche		4%	4%
e) Le résultat		55%	59%
f) Les difficultés-obstacles		28%	17%
g) Les réussites-		12%	3%
3. Points de référence:	Moyenne	36	42,5
a) Une action concrète		37%	64%
b) Une action intériorisée		56%	30%
c) Des expériences antérieures		7%	6%

Voici les étapes préparatoires aux tableaux : pour chaque rubrique, nous avons calculé la fréquence de chaque critère. Un total a été généré pour chaque rubrique d'après la fréquence de tous les critères. Prenons par exemple les points de repères pour l'unité 1 de l'approche «action» : au total pour les quatre leçons administrées, nous avons identifié 124 endroits où l'intervenante faisait appel à un des points de référence, ceci implique qu'en moyenne, elle y faisait référence 31 fois par leçon, **moyenne apparaissant dans le tableau** (124/4). Donc, pour chaque critère nous avons calculé le pourcentage de chaque critère en fonction du total : l'intervenante fait appel à une **action concrète** 56 fois, à travers les quatre leçons -> 56/124, ceci représente **45%** des points de référence (arrondi à l'unité le plus près), l'intervenante fait appel à une **action intériorisée** 66 fois au total -> 66/124, pour un pourcentage de **53%** des points de repères et elle ne fait référence que 2 fois aux **expériences antérieures** -> 2/124, représentant le pourcentage restant, soit **2%**. Le même procédé a été utilisé pour chaque rubrique, chaque unité et approche.

Chaque tableau représente les résultats de l'enseignement donné pour une unité donnée, unité 1 ou 2. La première colonne identifie les rubriques et les critères de la grille d'analyse, la deuxième colonne donne les résultats pour l'approche «action» et la troisième ceux de l'approche «classique». Pour chaque rubrique, la moyenne, en terme de fois par leçon, est indiquée au départ et ensuite, les pourcentages pour chaque critère sont présentés. Les pourcentages donnés sont relatifs spécifiquement à une rubrique.

APPENDICE 15: Résultats de l'analyse des comportements des élèves

Grille d'analyse- élèves	Action	Classique
Unité 1		
Globalement		
Interventions		
1. Exprime ou explique:	62%	38%
a) Un savoir	1%	14%
b) une façon de faire	27%	33%
c) Son opinion	24%	33%
d) Des difficultés	41%	17%
e) Des exp. antérieures	7%	3%
2. Répète la rép.	0%	1%
3. Valide la rép.:	15%	20%
a) de l'intervenante	78%	25%
b) d'un autre élève	20%	42%
c) Invalide un autre	2%	33%
4. Pose des questions sur:	15%	13%
a) des notions maths	21%	12%
b) les consignes	68%	16%
c) Externes	11%	72%
5. Justifie sa réponse	4%	16%
6. Modifie sa réponse	3%	3%
7. Se compare aux autres	1%	9%
Procédures des élèves		
Outils de résolution: Moyenne	22,5	13,3
a) Observation	17%	1%
b) Identification	4%	14%
c) Classement	0%	0%
d) Construction	16%	32%
e) Reconstruction	3%	13%
f) Dessin	8%	1%
g) Vue globale	6%	6%
h) Vue des diff. solides	4%	3%
i) Vue orthogonale	5%	0%
j) Recherche	14%	0%
k) Comparaison	3%	24%
l) Va et vient-const.-des.	20%	4%
m) Essais-erreurs	0%	2%
Indicateurs		
1. La gestuelle: Moyenne	20,3	10
a) Se déplace	0%	0%
b) Manipule	33%	53%
c) Gesticule	38%	5%
d) Pointe	29%	42%
2. La visualisation:		
a) Présente Moyenne	28,3	0,3
b) Absente Moyenne	0,5	0
c) Spontanée	4%	-
d) Non-immédiate	9%	-
e) Statique	22%	-
f) Cinétique	14%	-
g) Évolutive	-	-

Grille d'analyse-élèves	Action	Classique
Unité 2		
Globalement		
Interventions		
1. Exprime ou explique:	51%	46%
a) Un savoir	5%	4%
b) une façon de faire	30%	18%
c) Son opinion	35%	34%
d) Des difficultés	21%	42%
e) Des exp. antérieures	9%	2%
2. Répète la réponse	4%	2%
3. Valide la rép. de:	29%	25%
a) l'intervenante	57%	39%
b) d'un autre élève	32%	31%
c) Invalide un élève	11%	30%
4. Pose des questions sur:	6%	10%
a) des notions maths	37%	15%
b) les consignes	57%	67%
c) Externes	6%	18%
5. Justifie sa réponse	8%	9%
6. Modifie sa réponse	2%	7%
7. Se compare aux autres	0%	1%
Procédures des élèves		
Outils de résolution Moyenne	63	106
a) Observation	25%	13%
b) Identification	0%	3%
c) Classement	0%	0%
d) Construction	0%	11%
e) Reconstruction	0%	0%
f) Dessin	1%	15%
g) Vue globale	27%	14%
h) Vue des diff's solides	12%	15%
i) Vue orthogonale	0%	2%
j) Recherche	23%	23%
k) Comparaison	12%	4%
l) Va et vient-const.-desc.	0%	0%
m) Essais-erreurs	0%	0%
Indicateurs		
1. La gestuelle: Moyenne	16,3	42
a) Se déplace	2%	11%
b) Manipule	2%	51%
c) Gesticule	87%	17%
d) Pointe	9%	21%
2. La visualisation:		
a) Présente Moyenne	36,3	27,8
b) Absente Moyenne	1,7	0,5
c) Spontanée	19%	13%
d) Non-immédiate	13%	20%
e) Statique	8%	0%
f) Cinétique	4%	4%
g) Évolutive	22%	12%

Pour ce qui est des interventions, nous avons indiqué le pourcentage de chaque critère par rapport au total dans les cases grises et en jaune le pourcentage alloué à chaque sous-critère. Par exemple, pour l'unité 1 de l'approche «classique», 34% des interventions des élèves font référence à l'expression ou l'explication de quelque chose. Parmi toutes les expressions et explications, 40% du temps les élèves expriment leurs opinions. Pour les procédures et les indicateurs des élèves, nous avons procédé de la même façon que pour l'application de la grille de l'intervenant : pour chaque rubrique, une moyenne en terme de fréquences est présentée et ensuite les pourcentages de chaque critère sont exposés selon leur rubrique respective. Pour la visualisation, il y a le nombre de fois, en moyenne, qu'elle est présente par leçon et parmi ce nombre nous pouvons parfois la caractériser. Donc, par exemple 19% des fois où elle a pu être identifiée pour l'unité de l'approche «action», elle était considérée comme spontanée. Le pourcentage de cette catégorie n'arrive pas à 100% puisque nous ne pouvons pas toujours la caractériser.

SUIITE APPENDICE 15:

Résultats de l'analyse des comportements des élèves selon les profils des élèves, unité 1 et unité 2

Grille d'analyse- élèves	Unité 1				Unité 1				Unité 2			Unité 2				
	Leçon «action»				Leçon «classique»				Leçon «action»			Leçon «classique»				
	Enrichi	Mus.	Patin	Sport	Enrichi	Mus.	Patin	Sport	Mus.	Patin	Sport	Enrichi	Mus.	Patin	Sport	
Globalement																
Interventions																
1. Exprime ou explique:	55%	76%	55%	62%	47%	24%	53%	30%	50%	54%	49%	63%	42%	53%	26%	
a) Un savoir	5%	-	-	-	50%	7%	-	-	8%	-	8%	-	2%	11%	4%	
b) une façon de faire	21%	30%	28%	28%	17%	7%	53%	56%	44%	30%	15%	-	39%	25%	9%	
c) Son opinion	24%	35%	21%	16%	-	73%	27%	33%	12%	52%	41%	20%	33%	25%	58%	
d) Des difficultés	39%	25%	46%	53%	33%	13%	20%	-	12%	18%	32%	80%	26%	39%	22%	
e) Des exp. antérieures	11%	10%	5%	3%	-	-	-	11%	24%	-	4%	-	-	-	7%	
2. Répète :	-	-	-	-	-	2%	-	3%	4%	5%	3%	-	3%	2%	3%	
3. Valide:	7%	12%	23%	16%	-	37%	21%	20%	30%	28%	28%	-	30%	23%	47%	
a) La rép. de l'intervenante	50%	100%	76%	87%	-	9%	50%	17%	87%	43%	40%	-	8%	92%	18%	
b) La rép. d'un autre élève	50%	-	18%	13%	-	43%	50%	33%	13%	48%	35%	-	38%	8%	47%	
c) Invalide la rép. d'un autre	-	-	6%	-	-	48%	-	50%	-	9%	25%	-	54%	-	35%	
4. Pose des questions:	22%	4%	19%	16%	15%	17%	4%	17%	4%	6%	7%	11%	14%	6%	9%	
a) Sur des notions maths	46%	-	36%	-	-	27%	-	20%	50%	40%	20%	-	40%	-	20%	
b) Sur les consignes	54%	100%	43%	76%	-	45%	-	20%	50%	41%	80%	100%	45%	100%	24%	
c) Externes	-	-	21%	24%	100%	27%	100%	60%	-	19%	-	-	15%	-	56%	
5. Justifie sa réponse	10%	4%	1%	2%	38%	17%	4%	7%	12%	4%	9%	13%	6%	13%	6%	
6. Modifie sa réponse	6%	4%	1%	2%	-	3%	4%	3%	-	3%	4%	13%	5%	4%	6%	
7. Se compare aux autres	-	-	1%	2%	-	-	14%	20%	-	-	-	-	-	-	3%	
Procédures des élèves																
Outils de résolution:	Total	14	16	32	28	5	27	8	13	81	79	29	40	213	41	130
a) Observation	21%	38%	9%	-	-	4%	-	-	-	42%	33%	-	3%	25%	22%	-
b) Identification	-	-	-	14%	20%	29%	-	8%	-	-	-	-	8%	-	-	5%
c) Classement	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
d) Construction	21%	24%	6%	14%	60%	22%	25%	22%	-	-	-	20%	11%	5%	9%	-
e) Reconstruction	7%	-	4%	-	20%	7%	25%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
f) Dessin	-	-	22%	11%	-	4%	-	-	1%	-	-	15%	2%	29%	13%	-
g) Vue globale	-	6%	-	18%	-	15%	-	8%	5%	28%	48%	13%	6%	7%	30%	-
h) Vue des différents solides	-	6%	3%	7%	-	4%	-	8%	9%	11%	17%	15%	11%	10%	25%	-
i) Vue orthogonale	-	-	5%	14%	-	-	-	-	-	-	-	3%	-	-	3%	-
j) Recherche	14%	13%	29%	-	-	-	-	-	42%	28%	-	18%	40%	27%	8%	-
k) Comparaison	-	-	6%	7%	-	-	50%	46%	1%	-	35%	5%	5%	-	7%	-
l) Va et vient-const.-descr.	37%	13%	16%	15%	-	15%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
m) Essais-erreurs	-	-	-	-	-	-	-	8%	-	-	-	-	-	-	-	-
Indicateurs chez les élèves																
1. La gestuelle:	Total	21	15	20	25	9	10	7	14	6	26	17	14	23	106	
a) Se déplace	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6%	-	44%	1%	
b) Manipule	33%	33%	20%	44%	67%	60%	29%	57%	-	-	6%	50%	56%	53%	44%	
c) Gesticule	24%	60%	45%	24%	11%	-	-	7%	100%	85%	76%	21%	-	17%	30%	
d) Pointe	43%	7%	35%	32%	22%	40%	71%	36%	-	15%	12%	29%	-	30%	25%	
2. La visualisation:																
a) Présente	Total	16	45	18	34			1	44	36	29	13	11	15	72	
b) Absente	Total				2				2	1	2	1			1	
c) Spontanée	-	-	-	12%	-	-	-	-	20%	6%	31%	8%	18%	7%	17%	
d) Non-immédiate-difficile	13%	4%	17%	9%	-	-	-	-	2%	17%	21%	8%	9%	27%	35%	
e) Statique	-	16%	11%	47%	-	-	-	-	7%	-	17%	-	-	-	-	
f) Cinétique	25%	18%	6%	9%	-	-	-	-	5%	8%	-	8%	9%	-	-	
g) Évolutive	-	-	-	-	-	-	-	-	2%	47%	17%	15%	-	13%	21%	

La seule différence de ce tableau en comparaison avec le précédent est le fait qu'il présente les résultats pour chacun des profils séparément, mais les calculs sont les mêmes. Par conséquent, pour chaque profil nous ne retrouvons pas une moyenne illustrant la fréquence pour toutes les leçons, mais un total illustrant la fréquence puisqu'il n'y a eu qu'une leçon par profil, par approche. Il est à noter que l'unité 2 de l'approche «action» n'a pu être réalisée avec le groupe enrichi, mais seulement lors des entrevues. Donc, les résultats n'apparaissent pas dans le tableau, mais nous ferons référence à ceux des entrevues aux besoins dans le texte afin d'appuyer certains résultats, de façon qualitative. Pour la visualisation, les pourcentages ne totalisent pas 100% puisqu'elle n'a pu être caractérisée à chaque apparition.

APPENDICE 16 : Exemple de procédures d'élèves pour la construction de la maison**- Pour l'approche «action» :**

Procédure 1 : «Ils tombent rapidement d'accord sur comment faire la construction, mais ont de la difficulté à trouver la bonne grandeur de pailles. Souvent Charles ou Frédéric montre avec les mains ce qu'il veut expliquer aux autres (pour montrer comment les pailles seront disposées les unes par rapport aux autres). Le groupe demande les pailles, puis se reprend et hésite encore...; alors les élèves demandent les pailles. Ils demandent 6 petites, 6 grandes et 8 moyennes. (solution : 6 petites, 4 grandes et 6 moyennes).»

Procédure 2 : «Les élèves demandent rapidement les pailles : ils ont l'air d'être d'accord entre eux. À deux reprises, on voit Isabelle qui montre quelque chose avec ses mains (comment les pailles seront disposées), sinon, on ne voit pas de geste. Ils demandent 4 grandes et 12 moyennes. Nicolas visualise et plus tard dans le processus, il visualise et gesticule en même temps. Paul visualise, mais ne gesticule pas beaucoup et Isabelle pointe avec ses mains.»

- Pour l'approche «classique»

Procédure 1 : «Clara fait d'abord le prisme rectangulaire, la base est deux pailles de long et une paille de large) avec des «pailles-support» (reliant chaque paille, pour solidifier sa construction), puis, quand elle a fini le prisme, elle commence la pyramide; quand elle essaie d'assembler le tout, elle voit que les arêtes de la pyramide ne sont pas assez longues (les pailles étant toutes de la même longueur) et elle les rallonge avec des bouts qu'elle prend de pailles supplémentaires.»

Procédure 2 : «Laurence fait d'abord le toit, mais elle ne fait pas une pyramide, elle mesure ses pailles car sa construction ne semble pas droite (donc les pailles ne doivent pas être de la même longueur), elle fait un prisme triangulaire; ensuite elle fait le prisme à base carrée et elle change sa base en rectangle plus tard; elle essaie ensuite d'assembler le tout et décide de couper les arêtes qui montent de son toit. Plus tard, elle se rend compte que son toit n'a pas la bonne forme et le change, mais, elle a encore du mal pour les grandeurs).»