

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

JEU DE TÂCHES PORTANT SUR LA REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DU
CUBE POUR DES ÉLÈVES AYANT DES INCAPACITÉS
INTELLECTUELLES LÉGÈRES

MÉMOIRE
PRÉSENTÉ
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAITRISE EN ÉDUCATION

PAR
THANIA CORBEIL

JUILLET 2008

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.01-2006). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

Je voudrais particulièrement remercier ma directrice de recherche, Madame Jacinthe Giroux ainsi que ma codirectrice, Madame Denise Normand-Guérette, professeures au Département d'éducation et formation spécialisés de l'Université du Québec à Montréal, pour leur soutien et leurs encouragements tout au long de mon cheminement.

Également, je tiens à remercier la direction de l'école François-Michelle pour m'avoir accueillie et permis de rencontrer les élèves qui ont bien voulu participer à ma recherche.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES.....	vi
LISTE DES TABLEAUX.....	vii
RÉSUMÉ.....	viii
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I	
PROBLÉMATIQUE	4
1.1. Le problème et son contexte.....	4
1.2. Recherches sur la représentation graphique du cube.....	8
1.3. Pertinence de la recherche.....	10
CHAPITRE II	
CADRE THÉORIQUE.....	11
2.1. Dessin et représentation graphique du cube.....	11
2.2. Travaux en psychologie sur la genèse du cube et ses représentations	13
2.2.1. Piaget et Inhelder.....	14
2.2.2. Dolle, Bataillard et Guyon.....	16
2.2.3. Josiane Caron-Pargue.....	18
2.2.4. Lurçat	23
2.3. Travaux didactiques en géométrie.....	25
2.4. Enseignement et apprentissage mathématique dans le contexte de l'adaptation scolaire.....	29
2.5. Enseignement et apprentissage de la géométrie par les élèves ayant des capacités intellectuelles.....	33
2.5.1. Choix des termes utilisés.....	33
2.5.2. Élèves ayant des incapacités intellectuelles légères.....	36

2.5.3.	Caractéristiques des élèves ayant des incapacités intellectuelles.....	39
2.5.4.	Travaux portant sur la géométrie auprès d'enfants ayant des incapacités intellectuelles légères.....	43
CHAPITRE III		
	OBJECTIFS DE RECHERCHE.....	46
3.1	Objectif général de la recherche.....	46
3.2	Objectifs spécifiques de la recherche.....	47
CHAPITRE IV		
	MÉTHODOLOGIE.....	48
4.1	Présentation de l'école et des élèves.....	48
4.2	Présentation des tâches	49
4.3	Déroulement des séances.....	53
4.4	Type de recherche et cueillette des données.....	55
4.5	Méthodes d'analyse utilisées.....	58
4.6	Aspects déontologiques.....	59
CHAPITRE V		
	PRÉSENTATION ET ANALYSE DES RÉSULTATS.....	61
5.1	Découpage du protocole de la séance A pour chaque groupe (2 avril)	62
5.1.1	Groupe 1.....	62
5.1.2	Groupe 2.....	75
5.2	Découpage du protocole de la séance 1 pour chaque groupe (13 avril)	82
5.2.1	Groupe 1.....	82
5.2.2	Groupe 2.....	93
5.3	Découpage du protocole de la séance 2 pour chaque groupe (23 avril)	104
5.3.1	Groupe 1.....	104
5.3.2	Groupe 2.....	113

5.4	Découpage du protocole de la séance 3 pour chaque groupe (4 mai)	120
5.4.1	Groupe 1.....	120
5.4.2	Groupe 2.....	127
5.5	Découpage du protocole de la séance B pour chaque groupe (18 mai)	135
5.5.1	Groupe 1.....	135
5.5.2	Groupe 2.....	145
CHAPITRE VI		
INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS ET DISCUSSION.....		152
6.1	Étude de l'évolution des productions des élèves au cours des séances pour chacune des tâches principales.....	152
6.1.1	Dessin du cube transparent.....	155
6.1.2	Dessin du cube opaque.....	159
6.1.3	Dessin du cube déplié.....	163
6.2	Interprétation didactique des impasses rencontrées.....	164
6.2.1	Les tâches.....	165
6.2.2	Le matériel.....	167
6.2.3	Organisation et chronologie des tâches	169
6.3	Caractéristiques particulières des élèves ayant participé à l'expérimentation et investissement dans le jeu de tâches.....	175
6.3.1	Troubles associés.....	176
6.3.2	Impact des caractéristiques des incapacités intellectuelles et des troubles associés sur le potentiel des tâches et sur l'investissement des élèves.....	178
CONCLUSION.....		187
APPENDICE A		
EXEMPLE D'UN JEU DE TÂCHES.....		191
BIBLIOGRAPHIE.....		193

LISTE DES FIGURES

Figure		Page
2.1	Exemples de dessins du stade I.....	14
2.2	Exemples de dessins du stade II.....	15
2.3	Exemples de dessins du stade III-A.....	15
2.4	Exemples de dessins du stade I.....	17
2.5	Exemples de dessins du stade II.....	17
2.6	Exemples de dessins de la première catégorie.....	20
2.7	Exemples d'un dessin de la deuxième catégorie.....	20
2.8	Exemples de dessins de la troisième catégorie.....	21
2.9	Exemples de dessins de la quatrième catégorie.....	21
2.10	Exemples de dessins de la cinquième catégorie.....	22
2.11	Exemple de dessins portant sur les codages des relations tridimensionnelles.....	23
2.12	Trois étapes successives dans la reproduction du cube : a) juxtaposition et découpage, b) juxtaposition hybride, c) deux carrés superposés, décalés et raccordés.....	24
4.1	Assemblage des contraintes en fonction qu'il s'agit d'une tâche de reproduction ou de complètement.....	52
5.1	Arêtes et sommets représentés par le schéma de l'élève A sur sa feuille de commande.....	142

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Page
2.1 Critères diagnostiques des incapacités intellectuelles proposées par différents organismes.....	37
4.1 Contraintes liées à la composition des tâches.....	51
4.2 Déroulement des séances.....	54
6.1 Productions des élèves lors du dessin du cube transparent.....	154
6.2 Productions des élèves lors du dessin du cube opaque.....	158
6.3 Productions des élèves lors du dessin du cube déplié.....	162
6.4 Organisation des tâches pour chacune des séances.....	170
6.5 Troubles associés manifestés par les sujets de notre échantillon.....	177

RÉSUMÉ

Notre recherche s'intéresse à l'enseignement de la géométrie et de l'espace pour des élèves ayant des incapacités intellectuelles légères. De façon précise, nous proposons de faire évoluer leurs connaissances à propos de la représentation graphique du cube, et certaines de ses propriétés, par le biais d'un jeu de tâches didactiques. L'évolution est montrée par une analyse de protocoles qui tente de cerner de quelle façon s'enchaînent les différentes productions et interactions survenues entre les acteurs des séances d'expérimentation. De plus, l'analyse des tâches expérimentées montre leur potentiel au regard de l'engagement des élèves, tout en précisant certaines de leurs limites relatives à la nature de la tâche (contenu, pertinence, consignes données), au matériel didactique employé et à la chronologie des tâches au sein des séances. Nos résultats montrent que les élèves ayant des incapacités intellectuelles légères peuvent bénéficier de tâches variées et dynamiques pour accéder aux connaissances spatiales et géométriques dans la mesure où le jeu de tâches expérimenté favorise l'investissement mathématique des élèves. Le jeu de tâches se distingue nettement des méthodes typiques d'enseignement direct et répétitif dans les classes d'élèves ayant des incapacités intellectuelles.

Mots clés : Cube, représentation graphique, jeu de tâches, incapacités intellectuelles, enseignement, géométrie

INTRODUCTION

Les connaissances spatiales s'avèrent être d'une grande importance dans l'appropriation des savoirs géométriques élémentaires, eux-mêmes, essentiels au sein de l'ensemble des savoirs mathématiques. Les connaissances spatiales et géométriques nous permettent de mieux comprendre le monde dans lequel nous vivons, ne serait-ce que parce que nous bougeons, nous marchons, nous travaillons et nous habitons un espace, bref, parce que l'ensemble de nos activités se produit dans l'espace. Toutefois, à l'école primaire, les savoirs géométriques apparaissent souvent moins essentiels que d'autres savoirs dont leur utilité pour l'exercice des activités de la vie quotidienne est plus évidente. Ceci semble particulièrement vrai dans les classes de l'enseignement ordinaire, mais ce constat s'accroît dans les classes d'adaptation scolaire et de façon plus prononcée dans les classes accueillant des élèves ayant des incapacités intellectuelles légères d'où l'importance d'intervenir en ce domaine.

Les représentations graphiques utilisant la perspective sont des objets d'étude privilégiés pour comprendre comment l'espace se structure chez l'individu. Plusieurs chercheurs se sont intéressés à l'acquisition de la représentation de la troisième dimension d'un point de vue génétique. Ils ont cherché, en outre, à établir le moment où la représentation graphique de la troisième dimension était possible dans le développement de l'enfant. Dans la présente recherche, cependant, ce n'est pas la dimension développementale qui est retenue mais la dimension didactique. En effet, cette recherche vise à faire évoluer, chez des élèves ayant des incapacités intellectuelles légères, les connaissances sur le cube, sur sa représentation graphique

et sur certaines de ses propriétés, par le biais d'un jeu de tâches didactiques. Considérant la rareté des travaux qui articulent à la fois enseignement de la géométrie et élèves ayant des incapacités intellectuelles, cette recherche est de type exploratoire.

Le premier chapitre présente la problématique de la recherche. Pour camper notre problématique, nous décrivons le contexte particulier de l'enseignement de la géométrie et présentons un bref survol des recherches qui ont traité de la représentation graphique du cube. Nous précisons, de plus, la pertinence de la recherche et formulons son objectif général.

Le cadre théorique, dans le deuxième chapitre, précise les principaux concepts utilisés. Il fait également un tour d'horizon des recherches qui ont inspiré cette étude. Il est, en outre, question des études qui ont traité de la perspective d'un point de vue génétique et des travaux didactiques en géométrie. Nous abordons, dans un deuxième temps, les spécificités propres à l'enseignement et à l'apprentissage des mathématiques dans le contexte de l'adaptation scolaire puis, par la suite, dans le contexte particulier de l'enseignement aux élèves ayant des incapacités intellectuelles légères.

À la lumière des informations recueillies dans le cadre théorique, le troisième chapitre précise les objectifs spécifiques de la recherche.

Le quatrième chapitre présente, pour sa part, la démarche méthodologique adoptée en plus de décrire les caractéristiques du milieu de l'expérimentation. Le déroulement des séances est, par la suite, précisé de même que l'approche générale de la recherche, les modalités de la cueillette des données, les méthodes d'analyse utilisées ainsi que les aspects déontologiques de la recherche.

Au cinquième chapitre, les résultats sont présentés sous la forme d'un découpage de protocoles. L'analyse, des principales productions et interactions didactiques, est réalisée sur la base de ces protocoles.

L'interprétation des résultats permet, au sixième chapitre, d'analyser l'évolution des productions des élèves au cours des séances et d'identifier les tâches qui n'ont pas donné lieu à des interactions fertiles sur le plan mathématique. Le potentiel didactique de certaines tâches expérimentées ainsi que leur organisation au sein de la séquence sont ainsi interprétés et des modifications sont proposées pour en bonifier le potentiel. L'analyse de l'investissement mathématique des élèves clôture ce chapitre.

Finalement, la conclusion rappelle les principaux résultats en précisant dans quelle mesure ils rencontrent les objectifs de la recherche. Elle identifie également les limites de la recherche en plus de présenter des pistes intéressantes qu'elle laisse entrevoir.

CHAPITRE I

PROBLÉMATIQUE

Ce chapitre expose les éléments nécessaires à l'élaboration de la problématique de la recherche. Il situe, d'abord, la place qu'occupe le domaine de la géométrie dans l'enseignement en classes ordinaires et en classes d'adaptation scolaire. Cette précision conduit à juger de la pertinence d'engager une étude didactique qui porte sur la géométrie pour des élèves ayant des incapacités intellectuelles légères. Nous décrivons, ensuite, brièvement certaines études portant sur la représentation graphique du cube afin de mieux cerner notre problématique.

1.1. Le problème et son contexte

Dans le vaste champ de l'éducation et de l'enseignement, la nécessité d'acquérir des connaissances relatives au domaine de la géométrie est moins affirmée que celle qui concerne les connaissances numériques. Conséquemment, la géométrie constitue un objet d'enseignement dont l'intérêt semble moins soutenu que celui pour l'enseignement de savoirs mathématiques de base tels la numération et le calcul (Berthelot et Salin, 1993-1994; Conne, 2003a).

Si ces constats sont particulièrement vrais dans les classes d'enseignement ordinaire, ils le sont d'autant plus dans les classes d'adaptation scolaire où la pertinence de l'enseignement de la géométrie apparaît encore moins convaincante en raison des difficultés fort importantes que manifestent les élèves de ces classes vis-à-vis les

savoirs arithmétiques de base (Conne, 2003a). De plus, en l'absence d'un programme éducatif clairement établi pour ces élèves et du moindre temps consacré à l'enseignement des mathématiques en raison des réalités particulières que génèrent ces types de classes : fréquentation par les élèves d'autres lieux que la classe au cours du temps scolaire, rencontre avec des professionnels et discontinuité du temps d'enseignement résultant d'un horaire non-conventionnel (Favre, 2003), les choix des contenus mathématiques à enseigner dans les classes d'adaptation scolaire relèvent essentiellement de l'enseignant et celui-ci se sent alors autorisé à délaisser certaines parties du programme ordinaire au profit d'autres (Berthelot et Salin, 1993-1994; Favre, 2003). Bien que nous ne disposions pas de données précises issues d'une recherche systématique sur le sujet, les observations d'enseignants et de chercheurs suggèrent que les savoirs mathématiques relevant du domaine de la logique et de la géométrie occupent encore moins d'espace d'enseignement dans les classes d'adaptation scolaire que dans les classes ordinaires (Favre, 2003).

On peut également supposer que la géométrie est abordée très rapidement dans les classes accueillant des élèves ayant des incapacités intellectuelles compte tenu des nouvelles perspectives d'intervention auprès de ces élèves. En effet, l'intervention éducative s'oriente davantage, depuis quelques années, vers l'accroissement de l'autonomie - qui s'acquiert par l'exercice d'habiletés signifiantes et fonctionnelles favorisant du même coup l'intégration de la personne à la communauté - que vers l'augmentation de l'efficacité intellectuelle (Dionne et al. 1999). Par le fait même, la géométrie n'est pas un objet d'enseignement privilégié dans les classes pour élèves ayant des incapacités intellectuelles. Les difficultés connues de ces personnes à généraliser les compétences enseignées à d'autres situations (St-Laurent, 1994; Montreuil et Margerotte, 1995) peuvent également expliquer le manque d'intérêt des enseignants à aborder la géométrie puisque les liens à établir entre ces savoirs et leurs utilités dans la vie de tous les jours apparaissent moins évidents que pour les

compétences relevant de la numération et du calcul. L'enseignement de la géométrie renvoie pourtant essentiellement à deux champs de connaissances soit celui de la géométrie, à proprement parler, et celui de la structuration de l'espace (Berthelot et Salin, 1993-1994) pour lequel nous entretenons des rapports au quotidien. Nous bougeons, nous marchons, nous travaillons, nous habitons dans un espace, bref, l'ensemble de nos activités se produit dans l'espace. Les enfants ayant des incapacités intellectuelles, malgré leurs différences tant au plan cognitif, affectif et parfois même physique, vivent, au même titre que tous les autres enfants, des expériences quotidiennes faisant appel à l'espace et à la géométrie. Selon Berthelot et Salin (1999-2000), le développement de connaissances spatiales est nécessaire, car celles-ci permettent d'exercer un certain contrôle sur les relations entretenues à l'espace sensible. Ce contrôle offre, selon eux, la possibilité de :

- reconnaître, décrire, fabriquer ou transformer des objets ;
- déplacer, trouver, communiquer la position d'objets;
- reconnaître, décrire, construire ou transformer un espace de vie ou de déplacement (Berthelot et Salin, 1999-2000, p.38).

Les élèves ayant des incapacités intellectuelles ont à faire preuve d'une certaine maîtrise de l'espace en effectuant l'une ou l'autre de ces actions et ceux, ayant des incapacités intellectuelles légères, sont sans doute plus susceptibles d'exercer cette maîtrise que les élèves ayant des limitations plus sévères. En effet, les politiques favorisant l'intégration sociale des personnes ayant des incapacités intellectuelles à la vie de la communauté permettent à certains, dont les limitations sont plus légères, d'occuper un emploi nécessitant un certain nombre d'habiletés. L'acquisition d'habiletés spatiales est nécessaire pour des emplois dans différents domaines (exemples : construction, restauration, travail dans un magasin de grande surface ou dans un entrepôt, etc.) que les personnes ayant des incapacités intellectuelles légères sont susceptibles d'occuper.

De plus, la représentation (de même que l'observation et la manipulation qu'elle sous-tend), dans l'enseignement de la géométrie, permet aux élèves d'agir sur leur environnement. En effet, le vocabulaire que requiert l'expérimentation de ces activités permet une certaine appropriation de l'espace. Selon Boule (1985),

« on s'en rend compte en mesurant combien les termes du langage courant en sont imprégnés. Exemples : sur le plan de, en dehors de, au-dessus de ce niveau, faire place à, en arrière-plan de, par ailleurs, on verra plus loin que, mettre en perspective. » (p.19).

Or, dans l'enseignement aux élèves ayant des incapacités intellectuelles, la compréhension de ce vocabulaire est essentielle pour comprendre les relations entre les objets même si celles-ci n'ont pas de liens directs avec la géométrie à proprement parler. Les tâches qui mettent en œuvre la comparaison, la classification, les sériations ou encore les séquences sont largement présentées aux élèves ayant des incapacités intellectuelles et nécessitent de « comprendre et utiliser le vocabulaire permettant de qualifier les types de relations entre les objets » (Ionescu, Déry et Jourdan-Ionescu, 1990).

Ainsi, comme les rapports entretenus avec l'espace sont quotidiens et essentiels à l'apprentissage de plusieurs habiletés, l'expérience des activités spatiales et géométriques s'inscrit dans les tendances de l'enseignement aux élèves ayant des incapacités intellectuelles :

En déficience mentale, ceci fait référence à des apprentissages concrets, directement reliés aux expériences quotidiennes des élèves et qui mettent l'accent sur la compréhension ou la conscience des relations existant entre les objets ou les quantités, au détriment d'une mémorisation « à vide », effectuée à force de répétition (Ionescu, Déry et Jourdan-Ionescu, 1990).

De plus, au-delà des objectifs scolaires qui visent à l'autonomie, les élèves avec des incapacités intellectuelles ont également le droit à l'apprentissage de certains savoirs fondamentaux qui sont enseignés en classe ordinaire de l'ordre primaire notamment la géométrie des solides et leurs représentations.

Pour ces raisons, l'enseignement et l'apprentissage de la géométrie, et plus particulièrement l'exploration de la perspective, trouvent leur raison d'être auprès d'élèves ayant des incapacités intellectuelles légères et justifient ainsi la pertinence de cette étude.

De façon précise, cette étude a comme objectif général d'engager une activité géométrique chez des élèves âgés de 9 ans et de 11 ans ayant des incapacités intellectuelles légères pour faire évoluer leurs connaissances sur le cube (relatives à la représentation graphique et à certaines propriétés) par le biais d'un jeu de tâches didactiques.

1.2 Recherches sur la représentation graphique du cube

Les recherches qui se sont intéressées à l'acquisition des notions spatiales par la représentation graphique utilisant une perspective ont, pour une large part d'entre elles, traité du sujet d'un point de vue génétique. Il suffit de penser aux travaux menés par Piaget et Inhelder (1948) et par Dolle, Bataillard et Guyon (1973) qui ont contribué à établir, à l'aide du dessin du cube en perspective, à quel moment la représentation graphique de la troisième dimension était possible dans le développement de l'enfant. Pour sa part, Caron-Pargue (1985) a dressé une typologie des dessins de cube réalisés par des enfants lors de différentes tâches en considérant les réorganisations effectuées d'un stade à l'autre et en étudiant les procédés de codage employés.

D'autres chercheurs se sont intéressés à la perspective par l'étude des habiletés graphiques mises en œuvre lors de la représentation graphique de celle-ci. Lurçat (1969) a, en outre, étudié la reproduction graphique du cube et a dégagé quelques étapes définissant l'évolution de cette reproduction.

Ces quelques travaux semblent avoir conduit certains chercheurs à questionner, en termes didactiques, l'utilisation de la perspective dans l'acquisition d'habiletés spatiales et géométriques. Dans cette catégorie de travaux, il est possible de faire référence à Bessot et Eberhard (1986) qui ont traité des adaptations possibles de la perspective d'un cube par la représentation d'assemblages de cubes. Elles ont voulu, par différentes situations créées autour de l'assemblage de cubes, inciter les élèves à utiliser la perspective comme moyen de représentation pour décrire leur assemblage. Aussi, Parzysz (1991) a étudié l'espace, la géométrie et le dessin pour l'apprentissage de la perspective parallèle au lycée. À l'aide d'un cube et d'une source lumineuse, il a cherché à savoir de quelle façon les élèves dessinaient l'ombre du carré projetée par la lumière. Favrat (1994-1995) s'est, quant à lui, intéressé à la façon dont les élèves dessinaient le cylindre afin d'être en mesure de proposer ultérieurement des activités à des élèves.

L'ensemble de ces travaux, portant sur l'enseignement de la géométrie et de la perspective par le biais du dessin, a eu lieu avec des enfants « normaux ». Par ailleurs, le dessin a été largement exploité dans le domaine de la recherche avec des personnes ayant des incapacités intellectuelles. Les recherches menées à propos du dessin et des incapacités intellectuelles ont toutefois, pour la plupart, eu comme objet d'étude le dépistage des troubles de développement et de certaines pathologies (Wallon, 2001). Très peu de recherches ont exploité le dessin pour l'enseignement de la géométrie.

Si certains chercheurs se sont intéressés à la question, ils ont davantage eu recours aux dessins pour l'étude de l'imitation et de la démonstration chez des personnes ayant des incapacités intellectuelles (Baldy, 1997; Siwek, 1989). Malgré l'intérêt que peut représenter ce type de recherches pour l'avancement des connaissances quant à la caractérisation des comportements d'élèves ayant des incapacités intellectuelles légères par rapport à la géométrie, les tâches proposées reposaient

essentiellement sur la démonstration et l'imitation de procédés graphiques. Or, il est de notre avis que ces procédés graphiques ne devraient pas faire l'objet d'un enseignement explicite et direct des résultats attendus¹. Bref, nous croyons qu'un modèle d'intervention proposant des tâches variées et visant la résolution de petits problèmes de représentation graphique permettrait aux élèves ayant des incapacités intellectuelles légères d'opérer et d'investir des connaissances à propos de l'espace et, plus particulièrement, du cube et de sa représentation en perspective.

1.3 Pertinence de la recherche

La pertinence d'explorer les représentations graphiques du cube chez des élèves ayant des incapacités intellectuelles légères relève donc, d'abord, du peu d'études à caractère didactique offrant des tâches variées et dynamiques à ces élèves et de la nécessité d'explorer des pistes didactiques pour l'enseignement de la géométrie chez ces élèves.

¹ Le cadre théorique discute plus largement de cette question.

CHAPITRE II

CADRE THÉORIQUE

Le cadre théorique est constitué de cinq grandes sections. D'abord, les principales notions liées à cette recherche sont précisées et définies. Par la suite, certains travaux menés sur le cube sont présentés selon différentes positions épistémologiques afin d'exposer les grands modèles théoriques concernant la genèse des représentations. Des travaux menés en géométrie dans une perspective didactique sont ensuite introduits. Dans un quatrième temps, les spécificités de l'enseignement et de l'apprentissage des mathématiques dans le contexte de l'adaptation scolaire sont relevées afin de bien identifier les défis, les contraintes et les limites rattachées à une expérimentation à caractère didactique. Ces spécificités sont ensuite davantage précisées dans la dernière section, car elles relèvent essentiellement des caractéristiques propres à l'enseignement et à l'apprentissage de la géométrie pour des élèves ayant des incapacités intellectuelles légères.

2.1. Dessin et représentation graphique du cube

Il n'est pas simple de distinguer clairement la place occupée par l'espace au sein de la géométrie tant ces deux objets semblent étroitement liés. Quoiqu'il en soit, les différentes positions épistémologiques sur le sujet accordent une place importante à la maîtrise de l'espace au sein de la géométrie. Le but de la présente étude n'étant pas de préciser le rôle de chacun au sein de l'enseignement élémentaire ni même de

se positionner selon une conception particulière, nous allons considérer la recherche d'une certaine maîtrise de l'espace comme un objectif issu de la géométrie.

L'atteinte de cette maîtrise de l'espace ne pourrait être dissociée du dessin qui y joue un rôle important (Audibert, 1990; Bessot et Eberhard, 1986; Parysz, 1991). Le dessin, dans ce cas particulier, permet « de dessiner sur un plan un objet relevant d'un espace à trois dimensions. » (G.A.C.E.M, 1990) Le dessin ne permettant pas de reproduire en deux dimensions un objet réel de l'espace en trois dimensions tout en conservant l'ensemble de ses propriétés, l'utilisation de représentations s'imposent.

Les représentations graphiques sont donc l'ensemble des codes d'écriture et de lecture permettant l'accès aux relations spatiales (Bessot et Eberhard, 1986). Audibert (1990) souligne que « les principales représentations de l'espace sont : la perspective cavalière, les vues du dessin industriel, la perspective axonométrique, l'épure de géométrie descriptive, l'épure de géométrie cotée, la perspective linéaire » (p.25).

La principale forme de représentations dont il est question dans cette étude concerne la perspective cavalière. Par perspective cavalière, nous entendons une perspective permettant de représenter « une face d'un objet parallèle au plan de projection et d'en faire partir des projetantes (ou obliques) » (Gaudefroy, 1970, p.13).

L'évolution des représentations utilisant la perspective a été étudiée par plusieurs chercheurs (voir sect. 2.2). Le cube est sans doute le solide dont l'évolution de la représentation a le plus intéressé. Comme le cube est également le solide pris en compte dans cette étude, il importe de rappeler brièvement ses propriétés.

Selon Baruk (1995), le cube est « un solide, plein ou creux, dont les six faces sont des carrés. Un cube a 8 sommets, 6 faces - carrées- et 12 arêtes » (p.284). De plus, les faces du cube sont isométriques. En ce sens, « il n'y en a aucune qui puisse spécialement être choisi comme base. Si le cube est supposé être posé sur un plan, on pourra parler du carré de base. » (Baruk, 1995, p.284)

2.2 Travaux en psychologie sur la genèse du cube et ses représentations

Depuis toujours, le dessin enfantin intéresse les chercheurs provenant de disciplines diverses et de différents domaines d'études; la diversité des travaux traitant du sujet en témoigne. Ces travaux ont envisagé le dessin enfantin à deux niveaux différents. Ainsi, le dessin peut être étudié à titre d'indice du développement cognitif ou comme « l'expression souvent involontaire de sentiments, de tendances, de souvenirs, de complexes » (Wallon et Lurçat, 1987, p.15). Il peut être également considéré strictement sous l'angle de son évolution. Bon nombre des travaux traitant de l'évolution du dessin en fonction de l'âge de l'enfant font état d'expérimentations portant sur les représentations graphiques reliées à la perspective chez l'enfant.

Toute recherche abordant de loin ou de près le thème de la perspective ne pourrait être complète si elle n'était éclairée par différents modèles explicatifs de la genèse de la perspective et de ses représentations. Ces modèles peuvent être regroupés selon qu'ils portent sur des recherches d'inspiration piagétienne, s'intéressant ainsi à la définition de stades ou d'étapes dans le développement cognitif, ou selon qu'ils portent sur l'activité graphique à proprement parler. Il ne s'agit pas ici de faire une recension exhaustive des écrits concernant les travaux portant sur le dessin du cube, mais de faire ressortir les éléments les plus pertinents d'un point de vue didactique (approche privilégiée pour la présente étude) afin de pouvoir ultérieurement élaborer

notre méthodologie de recherche. De façon précise, il sera question des travaux de Piaget et Inhelder, de Dolle, Bataillard et Guyon, de Caron-Pargue et de Lurçat.

2.2.1 Piaget et Inhelder

Se situant dans une perspective développementale, Piaget et Inhelder (1948) ont montré que l'enfant a accès à l'espace représentatif grâce à la transformation progressive d'un espace topologique (rapports élémentaires tels que le voisinage et la séparation, l'ordre, l'enveloppement et le continu) en un espace euclidien et projectif; ces deux derniers espaces se développant en parallèle. Comme le montre la recherche qu'ils ont menée (1948), le dessin de l'enfant serait un indice du développement et de l'acquisition de cette représentation spatiale. Afin d'étudier les divers aspects menant à cette représentation spatiale, ils ont effectué un bon nombre d'expériences, dont celles concernant le dépliement des volumes, (le cube faisant partie des volumes proposés lors des expérimentations) liées à l'acquisition des notions projectives. Il s'agissait essentiellement de présenter à l'enfant divers volumes. Ce dernier avait la liberté de les manipuler et devait, ensuite, les dessiner de manière à les représenter, alors qu'ils étaient, d'une part dépliés et, d'autre part, à la hauteur des yeux. Les résultats ont mené à la caractérisation de trois principaux stades. Au premier stade, l'enfant n'est capable d'aucune interrogation en un tel domaine : « il confond le cercle et le carré en une même surface fermée. » (Piaget et Inhelder, 1948, p.339).

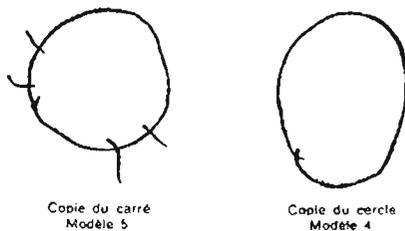


Figure 2.1 Exemples de dessins du stade I
(Tirée de Piaget et Inhelder, 1948, p.75)

Le deuxième stade est, quant à lui, composé de deux sous-stades. Ainsi, au stade II A, l'enfant n'est pas en mesure de différencier, par ses dessins, le volume déplié de celui qui ne l'est pas. Ce n'est qu'au stade II B, que s'opère lentement une différenciation marquée par « l'intention de développement en indiquant sans plus, au moyen d'une ligne, la direction dans laquelle il devrait s'engager. Le développement se réduit à cette ligne [...] » (Piaget et Inhelder, 1948, p.326-327).



Figure 2.2 Exemples de dessins du stade II
(Tirée de Piaget et Inhelder, 1948, p.324)

Cette différenciation se poursuit au stade III alors qu'il est possible de retrouver au stade III A un rabattement, toutefois incomplet, des faces latérales des volumes si ceux-ci étaient dépliés.

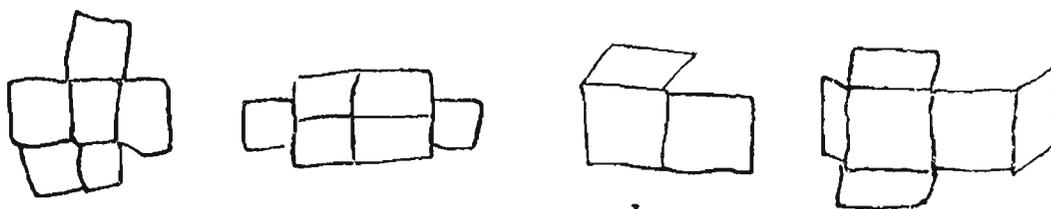


Figure 2.3 Exemples de dessins du stade III A
(Tirée de Piaget et Inhelder, 1948, p.324)

Le rabattement correct s'effectue au stade III B alors que l'enfant est en mesure de différencier la représentation du cube déplié de celui qui ne l'est pas.

Ces résultats ont mené les chercheurs à considérer la représentation comme une étape ultérieure à la simple intuition perceptive. Pour eux, il ne suffit pas pour l'enfant « de percevoir correctement un objet à trois dimensions, ni de prolonger cette perception en une image adéquate de l'objet non déplié, pour parvenir à imaginer le rabattement correct des côtés de cet objet. » (Piaget et Inhelder, 1948, p.347). Pour Piaget et Inhelder (1948), il y a un décalage entre la construction de la perception et celle de la représentation.

2.2.2 Dolle, Bataillard et Guyon (1973)

Pour leur part, Dolle, Bataillard et Guyon (1973) se sont inspirés des travaux menés par Piaget afin de vérifier à quel moment de leur développement les enfants pouvaient se représenter graphiquement la troisième dimension. À l'aide de procédés d'interrogation, ils soumettaient leurs sujets, cinquante-six enfants âgés entre 6 et 15 ans, à deux tâches principales. La première consistait à proposer aux enfants des cubes en carton opaque et de les inciter à dire et à décrire ce qu'ils voyaient. Dans un second temps, les sujets devaient produire un dessin et faire comme si le cube qu'il voyait était en verre. Les productions et conduites des élèves ont pu être regroupées en trois catégories distinctes correspondant à trois stades distincts de développement. Au premier stade, les enfants sont âgés de 6 à 9 ans. Leurs productions graphiques sont effectuées en surfaces planes ce qui permet de constater l'absence complète des éléments de perspective. Des formes sont ainsi juxtaposées et énumérées dans l'ensemble des dessins.



Figure 2.4 Exemples de dessins du stade I
(Tirée de Dolle, Bataillard et Guyon, 1973, p.579)

Au deuxième stade, il est possible de remarquer une entrée dans l'espace tridimensionnel en raison de l'oblique qui apparaît dans les productions des enfants. Cette oblique leur permet de superposer deux plans dont celui qui est le plus éloigné est donné par la transparence du premier. L'amorce d'une idée de profondeur se retrouve ainsi représentée. Toutefois, les enfants, qui sont âgés entre 9 et 12 ans, ne sont pas en mesure de respecter les propriétés métriques propres au cube.

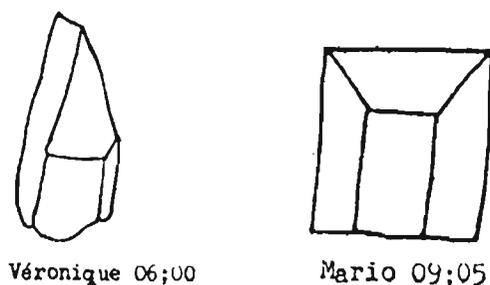


Figure 2.5 Exemples de dessins du stade II
(Tirée de Dolle, Bataillard et Guyon, 1973, p.580)

Ce n'est qu'au troisième stade qu'ils ont accès à la perspective dite cavalière. À douze ans, l'enfant devient capable de représenter le cube en superposant les plans et en coordonnant les obliques. Il est également en mesure de respecter les propriétés métriques et euclidiennes du cube.

Finalement, les chercheurs font part de quelques observations importantes pour notre recherche compte tenu des limitations cognitives de nos sujets. Ils soulignent, en effet, qu'une représentation juste du cube en perspective cavalière n'est pas uniquement le signe de l'acquisition d'une nouvelle structure cognitive, en l'occurrence, les structures du niveau formel. Pour eux, la réalisation graphique d'un cube en perspective cavalière peut être le fait de l'apprentissage d'un procédé graphique ou bien être le fait de la mobilisation des structures correspondantes. Il semble toutefois difficile de discerner ce qui appartient à l'un ou l'autre puisque « dans les deux cas, la maîtrise des structures du niveau formel ne peut s'obtenir que par l'exercice, c'est-à-dire par l'habitude d'appréhender le réel [...] » (Dolle, Bataillard et Guyon, 1973, p.589). Le graphisme se modifie donc par l'apprentissage et « à un graphisme correspond une perception qui peut brouiller par sa prégnance propre la représentation et, par conséquent, gêner les processus opératoires : conflit du figuratif et de l'opératif. Il y a donc décalage entre ce que le sujet peut faire et ce qu'il sait faire. » (Dolle, Bataillard et Guyon, 1973, p.589). Bien que ce conflit soit difficile à interpréter dans un cadre didactique, nous retenons que le graphisme se modifie par l'apprentissage et que donc, l'élève peut réaliser certains apprentissages qui en retour peuvent modifier et sans doute bonifier sa représentation.

2.2.3 Josiane Caron-Pargue

Les travaux à la fois de Piaget et Inhelder (1948) et de Dolle, Bataillard et Guyon (1973) s'inscrivent dans la psychologie du développement et visent à caractériser les étapes de la construction de la représentation de l'espace volumétrique. Or, certains chercheurs interrogent l'idée selon laquelle une caractérisation « externe » saurait expliquer le développement et fondent leur modèle explicatif sur une caractérisation des significations telle que perçue par le sujet lui-même. Ces chercheurs avancent le

fait que les enfants, bombardés d'informations, sont amenés à sélectionner certaines d'entre elles en fonction de l'importance accordée et des moyens de codage dont ils disposent. Cette position est, en outre, défendue par Josiane Caron-Pargue.

Tout en restant près des travaux de Piaget, Josiane Caron-Pargue (1985) a cherché à dégager, d'une part, les différents stades de développement des enfants et elle a voulu savoir, d'autre part, de quelle façon se faisaient les réorganisations d'un stade de développement à l'autre en étudiant les procédés de codage utilisés par les enfants pour reproduire graphiquement le cube. Le codage est, pour Caron-Pargue, l'utilisation d'un système de signes (donc de codes) « qui implique le choix d'un signe particulier du système. » (Caron-Pargue, 1985, p.26). Pour ce faire, elle s'est attardée à dégager les formes graphiques stables de celles qui étaient davantage fluctuantes. Elle a donc soumis des enfants (346 et 370 enfants pour la première et deuxième tâche et 378 et 383 enfants pour la tâche 3 et 4), âgés entre 3 et 11 ans, à l'une des quatre tâches expérimentées. Ces tâches consistaient essentiellement à reproduire graphiquement un cube avec manipulation matérielle (tâche 1), sans manipulation matérielle (tâche 2), avec un marquage respectif de deux faces adjacentes et de deux faces opposées à l'aide de gommettes de même couleur et à l'aide d'un crayon noir (tâche 3) ou encore avec des gommettes de couleurs différentes et à l'aide de crayons de couleurs (tâche 4).

Les dessins des enfants lui ont permis de dresser cinq grandes catégories, chacune étant caractérisée par des sous-catégories. Ainsi, les productions ont été classées en fonction qu'elles étaient composées :

1. de Formes et de Remplissages

- Gribouillis
- Forme unique
 - Forme unique avec adjonctions

- Remplissages
 - De formes fermées
 - De formes différenciées
 - De formes avec quadrilatères
 - De formes et de quadrilatères avec adjonctions

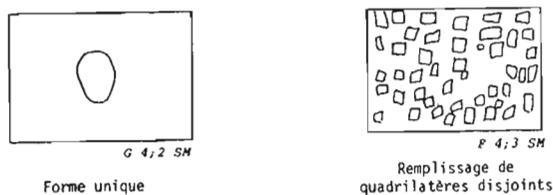


Figure 2.6 Exemples de dessins de la première catégorie
(Tirée de Caron-Pargue, 1985, p.56)

2. de Quadrilatères

- Carré
- Rectangle

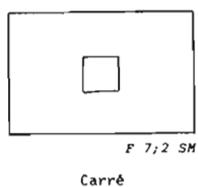


Figure 2.7 Exemple d'un dessin de la deuxième catégorie
(Tirée de Caron-Pargue, 1985, p.56)

3. de Composition de rectangles

- Les deux rectangles disjoints

- Le quadrilatère avec appendice
- Les deux rectangles emboîtés
- Les deux rectangles accolés
- Les faux développements
- Les développements

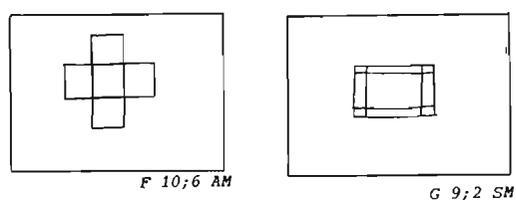


Figure 2.8 Exemples de dessins de la troisième catégorie
(Tirée de Caron-Pargue, 1985, p.58)

4. de Compositions avec obliques

- Les deux quadrilatères avec obliques
- Le faux développement avec obliques
- Le développement avec obliques

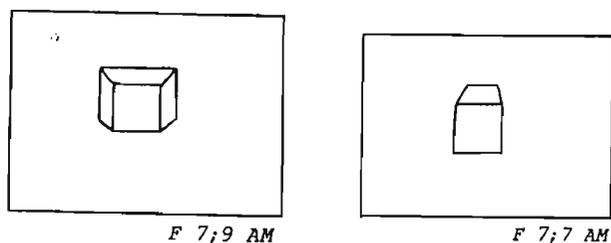


Figure 2.9 Exemples de dessins de la quatrième catégorie
(Tirée de Caron-Pargue, 1985, p.59)

5. de Perspectives

- La semi-perspective
- La perspective scolaire
- La perspective en trièdre

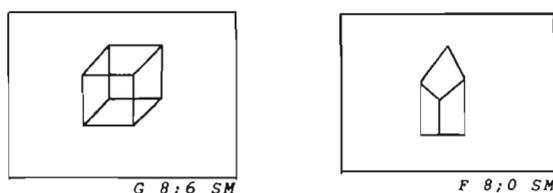


Figure 2.10 Exemples de dessins de la cinquième catégorie
(Tirée de Caron-Pargue, 1985, p.60)

Ces catégories de dessins se retrouvent d'une expérience à l'autre et leur exploitation avec l'âge se manifeste dans le même ordre. Ainsi, la catégorie des « Formes et des Remplissages » est celle qui apparaît en premier, c'est-à-dire dès l'âge de trois ans, et celle des « Perspectives » apparaît, le plus tardivement, dans les productions des élèves.

La méthode d'analyse utilisée a permis de faire émerger les procédés de codage utilisés par les enfants pour reproduire graphiquement le cube. Ainsi, il est possible de retrouver des procédés de codage :

1. par collection ou par représentant
2. par éléments contigus ou par éléments séparés
3. par bande ou par trièdre
4. par carré ou par rectangle

De plus, certains codages, concernant non plus le cube, mais les relations tridimensionnelles à proprement parler, ont pu être déterminés. Il s'agit du codage:

1. épaisseur
2. dimension
3. de la face antérieure
4. de la face de base
5. oblique

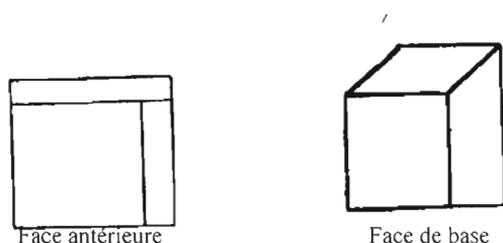


Figure 2.11 Exemple de dessins portant sur les codages des relations tridimensionnelles
(Tirée de Caron-Pargue, 1985, p.123)

2.2.4 Lurçat

Se situant davantage dans une perspective de caractérisation des primitives graphiques que dans une perspective développementale, Lurçat s'est intéressée à la place occupée par l'espace graphique au sein de la représentation de l'espace chez l'enfant en situation de dessin. Réfractaire à l'idée que le décalage existant entre la construction de la perception et la construction de la représentation soit lié au développement de l'enfant tel qu'exprimé par Piaget (1948) et conforté par les travaux de Dolle, Bataillard et Guyon (1973), un problème au niveau graphique expliquerait davantage, selon elle, ce décalage. Plusieurs de ses travaux ont porté sur la maîtrise de l'espace graphique dont l'un concernant la reproduction du dessin du cube chez le jeune enfant (Lurçat, 1969). Lors de cette recherche, deux groupes

d'élèves devaient reproduire un dessin de cube « opaque » et un autre groupe devait reproduire un dessin de cube en transparence. De cette expérimentation, Lurçat a dégagé quelques étapes définissant l'évolution de la reproduction du dessin du cube. Ainsi, l'enfant reproduit le dessin du cube en le représentant, d'abord, par un quadrilatère. À cette étape la plus élémentaire de reproduction du dessin du cube viennent s'ajouter les procédés par juxtaposition, par découpage ou par superposition.

Finalement, l'oblique fait son apparition malgré une certaine confusion générée par la multiplication des directions. La maîtrise de sa reproduction se fait plus tardivement et survient lorsque l'enfant dessine les deux obliques en parallèle.

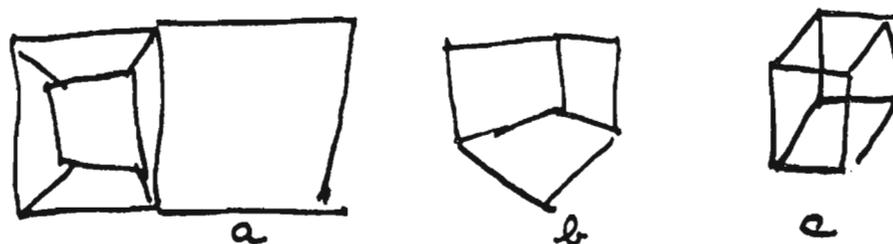


Figure 2.12 Trois étapes successives dans la reproduction du cube : a) juxtaposition et découpage, b) juxtaposition hybride, c) deux carrés superposés, décalés et raccordés
(Tirée de Lurçat, 1969, p.249)

Les recherches qui se sont intéressées à l'acquisition des notions spatiales par la représentation graphique utilisant une perspective ont donc traité du sujet soit du point de vue génétique soit du point de vue de l'activité graphique. Pour cette étude, la compréhension de stades ou d'étapes dans le développement cognitif nous permettra de mieux juger du cheminement des élèves au sein de la séquence des tâches expérimentées. De plus, les travaux de Lurçat (1969) montrent qu'il est possible de considérer les représentations graphiques comme une évolution de l'activité graphique. Cette notion d'évolution nous semble importante à retenir pour cette recherche, particulièrement avec des élèves ayant des incapacités

intellectuelles, car elle permet de considérer les représentations graphiques des élèves non pas comme un manque par rapport à une norme (ou comme un retard par rapport à un stade de développement), mais davantage en tant que production qui s'inscrit dans un processus d'apprentissage.

2.3 Travaux didactiques en géométrie

La dualité perceptif-représentatif ou encore figuratif-opératif de la psychologie fait place chez certains didacticiens à celle de voir-savoir. Pour Parzysz (1991),

représenter en deux dimensions un objet tridimensionnel soulève en effet un problème de taille : l'idéal serait de pouvoir le représenter tel qu'il se présente habituellement au regard (préservation du voir), tout en conservant sur la représentation l'ensemble de ses propriétés (préservation du savoir). Mais ceci est malheureusement impossible la plupart du temps, d'où le conflit qui amène à opérer des choix, c'est-à-dire à éliminer de la représentation certains aspects du voir et certains aspects du savoir. (Parzysz, 1991, p.216)

Parzysz (1991) montre bien les difficultés réelles que suscite la représentation graphique d'un objet. Toutefois, les connaissances nécessaires à la maîtrise des rapports spatiaux semblent n'avoir jamais été jugées comme étant importantes dans les programmes de formation (Berthelot et Salin, 1993-1994). Les travaux effectués dans le domaine de la didactique de la géométrie et de l'espace sont également peu nombreux. Toutefois, certains auteurs se sont intéressés à la question de leur enseignement. Ils font ressortir, d'une part, les éléments problématiques autant au niveau des notions impliquées que de l'enseignement à proprement parler et, d'autre part, ils suggèrent des pistes d'intervention didactiques susceptibles d'optimiser cet enseignement. L'éclairage apporté par ces éléments nous permettra de situer nos observations et expériences personnelles dans un cadre théorique et servira à élaboration des activités qui seront proposées aux élèves dans cette recherche.

Berthelot et Salin (1993-1994) traitent la question de l'enseignement de la géométrie en distinguant d'abord deux champs de connaissances soit celui de l'espace et celui de la géométrie. Une difficulté majeure pour l'enseignement de la géométrie à l'école primaire relevée par ces auteurs repose d'ailleurs sur le fait que les programmes de formation de même que les enseignants sous-estiment les difficultés réelles des élèves à s'approprier les connaissances spatiales utiles à l'appropriation des savoirs géométriques. Bien que des déficits au niveau de la maîtrise des représentations spatiales soient observables autant chez les jeunes à la fin de leur scolarité obligatoire que chez certains adultes, il semble que la responsabilité d'établir des rapports adéquats entre l'espace et les concepts géométriques soit souvent laissée à l'élève et ne fait pas l'objet d'un enseignement systématique.

Ce paradoxe méritait, pour Berthelot et Salin, de questionner le système d'enseignement quant à l'enseignement des compétences spatiales et géométriques. À cet effet, ils ont trouvé que cet enseignement relevait d'un enseignement ostensif des connaissances, c'est-à-dire qui faisait appel à un enseignement direct supposant que les élèves puissent s'approprier l'essence de ces connaissances et généraliser à d'autres contextes. Or, les situations d'ostension dont parlent les auteurs ne permettraient pas aux élèves de résoudre les problèmes à partir des représentations qu'ils se font de ceux-ci. Il ne serait pas davantage possible pour eux de modifier leur représentation de départ « en fonction des rétroactions de la situation, d'exploiter et de justifier leurs démarches » (Berthelot et Salin, 1993-1994, p.49), car l'enseignant communique directement le savoir et dirige l'élève vers les éléments importants à observer ou à considérer (ostension assumée). L'ostension peut parfois être déguisée lorsque « le maître est obligé de manipuler le milieu matériel pour rendre la lecture de ses propriétés la plus simple possible » (Berthelot et Salin, 1993-1994, p.51) ce qui rend alors indispensables les interventions de l'enseignant.

Conne (1999, 2003a) propose, pour sa part, de penser les interactions entre le maître et l'élève comme un jeu où à la fois le maître et l'élève sont « joueurs » au sein de celui-ci. Il propose de dynamiser l'enseignement par ce qu'il appelle « jeu de tâches » afin de susciter certaines interrogations remettant en cause le savoir des élèves et permettant à l'enseignant de relancer les élèves à propos de leurs croyances afin d'enrichir leurs expériences. Pour lui, il ne s'agit pas « d'attendre que les élèves aient accompli une tâche et encore moins l'aient réussie pour en proposer une autre » (Conne, 2003a, p.29). Le jeu de tâches est ainsi composé de diverses activités (par exemples, emballages d'un parallélépipède² ou cube percé) qui gravitent autour d'un thème de départ (par exemple, géométrie des solides) que l'enseignant « combine à sa guise, de manière plus ou moins improvisée » (Conne, 2003a, p.29). Dans le pilotage d'un jeu de tâches, l'enseignant se permet « d'interrompre les élèves, de suspendre une tâche pour une autre, sans les hiérarchiser (passer à des sous-tâches, etc.) et se gardant la possibilité de revenir ultérieurement sur une tâche préalablement abandonnée » (Conne, 2003a, p.29).

Pour sa part, Boule (2001) questionne les différentes formes d'activités et les objectifs poursuivis afin de juger de la continuité et des ruptures dans l'enseignement de la géométrie. Une des difficultés de l'enseignement de la géométrie repose, selon lui, sur la présence de ces ruptures. Il y a rupture lorsque les contenus d'enseignement sont abordés les uns après les autres sans la présence d'un fil conducteur entre eux. Pour Boule (2001) « les agencements de figures (puzzles) conduisent naturellement à la notion d'aire et celle-ci au théorème de Pythagore » (p.11). Ainsi, aborder ces différentes notions de façon isolée contribue à créer une rupture entre elles alors que traitées dans la suite l'une de l'autre, ces notions trouvent leur cohérence et forment une continuité. Il est donc possible, selon lui, de réduire les discontinuités dans l'enseignement de la géométrie en abordant les

² La description du jeu de tâches «emballages» se retrouve à l'appendice A.

notions géométriques selon différents points de vue à propos d'un même thème. Prenons, par exemple, l'organisation de l'espace comme thème central. Cette notion abordée habituellement très tôt dans la scolarité des enfants est souvent travaillée à l'aide des encastremements. Ces jeux, selon Boule (2001), s'épuisent rapidement puisque « l'enfant qui réalise un encastrement le réédite plusieurs fois et mémorise cette solution » (Boule 2001, p.35). Pour lui, il est donc essentiel que l'enseignement se détache des activités « classiques » au profit d'activités susceptibles d'enrichir l'expérience des élèves. Ainsi, des jeux de trajets, de constructions ou encore de reproduction peuvent être utilisés pour travailler l'organisation de l'espace. Ces activités traitent donc de l'organisation de l'espace selon différents points en plus d'offrir l'avantage de pouvoir être imaginées en faisant intervenir différentes variables influençant la complexité des tâches.

Les travaux didactiques portant sur la géométrie montrent donc la nécessité d'introduire ce type de savoir dans l'enseignement des mathématiques en raison notamment des difficultés réelles que manifestent les élèves à s'approprier des connaissances spatiales et géométriques. Les travaux montrent également qu'une approche sans rupture des activités d'apprentissage faciliterait l'enseignement et l'apprentissage de la géométrie à l'école primaire. La présente étude se campe donc dans le sillon de ces constats puisque, d'une part, elle veut engager une activité géométrique (à propos de la reproduction graphique du cube et de la connaissance de certaines de ses propriétés) et, d'autre part, elle propose l'utilisation du jeu de tâches pour dynamiser l'enseignement.

2.4 Enseignement et apprentissage mathématique dans le contexte de l'adaptation scolaire

Les conditions particulières qui régissent les classes spéciales ont, à plusieurs reprises, été montrées et comparées à celles des classes ordinaires par certains chercheurs s'intéressant à la didactique des mathématiques (Cange et Favre, 2003; Conne, 2003b; René de Cotret et Giroux, 2003, Favre, 1999; Giroux, 2004). Ces derniers mentionnent, en outre, l'absence de programme spécifique, les effectifs réduits, l'hétérogénéité des groupes-classes et le suivi étroit du cheminement des élèves qui aboutit à une forme d'évaluation en continu.

En plus de ces constats généraux, l'enseignement des mathématiques dans les classes d'adaptation scolaire semble se focaliser davantage sur certains savoirs plutôt que d'autres. Si ces constatations constituent un des points d'ancrage pour la présente étude, certains chercheurs (Conne, 1999, 2003a, 2003b; Cange et Favre, 2003) ont traité de la question et les observations qu'ils ont pu dégager de leur travail renforcent cette hypothèse. Ainsi, tour à tour, ils feront remarquer une centration sur les erreurs des élèves, un manque de conviction par rapport à l'utilité que peut représenter certaines parties du programme, une préconisation de certaines facettes des mathématiques plutôt que d'autres et un manque de diversification dans les activités mathématiques.

Les aménagements particuliers de la classe spéciale conduisent l'enseignant à individualiser son enseignement pour l'adapter aux difficultés particulières de l'élève ou aux erreurs commises par celui-ci. De par ces conditions particulières, l'erreur occupe au sein des classes spéciales une position différente de celle occupée dans l'enseignement régulier (Cange et Favre, 2003; Favre, 1999). Cange et Favre (2003) soulignent que ce statut particulier des erreurs est conféré par le fait, d'abord, que les enseignants ne pourraient les éviter en raison de la taille réduite des groupes

et, aussi, parce que les élèves qui composent ces classes sont des élèves qui commettent des erreurs. En effet, une absence d'erreurs ne saurait justifier qu'un élève se retrouve en classe spéciale. En quelque sorte, ce sont les erreurs qui justifient l'enseignement dispensé dans ces groupes-classes. Or, pour Cange et Favre (2003), la centration des enseignants sur les erreurs des élèves conduit au morcellement ou à la modification du savoir visé. En prêtant attention aux erreurs qui ne sont pas liées directement à l'objet d'enseignement initial, les enseignants en viennent à proposer de nouvelles tâches pour pallier les difficultés rencontrées lors de la précédente. Ces nouvelles tâches engendrent à leur tour de nouvelles erreurs pour lesquelles l'enseignant essaiera éventuellement de remédier. L'engrenage ainsi créé détourne l'enseignant de l'objet d'enseignement prévu et freine le passage d'un savoir didactique à un autre. Ce ralentissement dans l'introduction de nouveau savoir est également soulevé par René de Cotret et Giroux (2003) qui mentionnent que le temps consacré au traitement de l'erreur est différent selon qu'il s'agit d'une classe ordinaire ou spéciale. À l'instar de Favre, ils soulignent que dans la classe spéciale, l'échec demeure au cœur de l'échange didactique jusqu'à ce que l'enseignant juge que le savoir attendu a été atteint et qu'il est alors possible de passer à un nouveau ou jusqu'à ce que l'enseignant juge que l'atteinte de l'objectif visé ne peut être possible et, par conséquent, décide d'y renoncer.

De façon paradoxale, les enseignants, et en particulier ceux en adaptation scolaire, cherchent à éviter la production d'erreurs de façon à ne pas rencontrer l'échec (Favre, 1999; Giroux, 2004). Cette recherche d'évitement existe pour Favre (1999) d'abord, puisqu'en raison de la souplesse du programme d'étude, l'enseignant ne cherche pas à introduire de nouveau savoir tant que les élèves n'ont pas atteint les notions préalables ce qui lui permet d'atteindre une forme de réussite dans la maîtrise de notions plus élémentaires. Également, l'enseignant peut tenter d'éviter l'échec de ces élèves en adoptant de nouvelles méthodes et techniques d'enseignement de façon à ne pas se décourager et décourager les élèves devant les

répétitions de l'enseignant à faire comprendre un même savoir. Finalement, l'enseignant peut éviter l'échec en attribuant à des causes externes les difficultés des élèves de façon à se dégager des responsabilités inhérentes à l'échec. Toutefois, même s'ils cherchent à se dégager des erreurs de leurs élèves, il n'en demeure pas moins que les enseignants ont la responsabilité de réagir par rapport à celles-ci pour :

suivre le travail de chacun des élèves et intervenir pour diriger, piloter la démarche de l'élève, ou encore pour modifier, adapter le milieu pour que l'élève engage la conduite attendue. L'enseignant cherche donc à exercer un certain contrôle sur la situation didactique [...] (Giroux, 2004, p.306)

L'idée de contrôle a, par ailleurs, été exploitée par Conne (2003b) qui lie celle-ci au délaissement de certains savoirs mathématiques ou au contraire à la fixation sur certains d'entre eux. Ce dernier a fait de ces spécificités de l'enseignement en adaptation scolaire l'une des pierres angulaires de ses recherches par l'étude des situations et des dynamiques qui les composent. En effet, il a été amené à penser les situations mathématiques comme une construction particulière dans le milieu de l'enseignement spécialisé du couple connaissance/savoir. Pour lui, une dynamique particulière est créée par les pertes et les prises de contrôle des différents acteurs impliqués (enseignants, chercheurs, intervenants) dans des situations données de par les liens existant entre les savoirs en jeu et les interactions de connaissances. Selon cet auteur, le concept de l'interaction part du principe que l'activité cognitive est une interaction entre un sujet et un ou plusieurs objets; objets reliés entre eux par des interactions cognitives et formant le milieu. Ces milieux, s'ils sont constitués par un ou d'autres sujets, sont précisés comme étant des interactions de connaissances. Ainsi, en tentant de garder le contrôle d'une situation, les acteurs impliqués en viennent à perturber la distribution de l'investissement de savoirs soit en surinvestissant certains domaines soit en abandonnant certains d'entre eux. Surenchérir ou désinvestir certains savoirs est, pour Conne (2003b), un dilemme davantage rencontré par les acteurs œuvrant en adaptation scolaire.

Il y a donc, au sein des classes spéciales, certaines particularités fragilisant l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques notamment la centration sur les erreurs des élèves, le manque de conviction par rapport à l'utilité que peut représenter certaines parties du programme, la préconisation de certaines facettes des mathématiques plutôt que d'autres et le manque de diversification dans les activités mathématiques.

2.5 Enseignement et apprentissage de la géométrie par les élèves ayant des incapacités intellectuelles

La présente partie précise les raisons qui ont mené à l'utilisation des termes « incapacités intellectuelles » en regardant, dans un premier temps, le sens de chacun de ces mots et, dans un deuxième temps, en comparant ceux-ci aux autres expressions couramment utilisées pour désigner le phénomène. De plus, la définition du concept d'incapacités intellectuelles adoptée pour cette recherche est présentée et ses différences avec les autres définitions sont exposées. Le chapitre se termine par une présentation des travaux ayant trait à la géométrie auprès des élèves ayant des incapacités intellectuelles.

2.5.1 Choix des termes utilisés

Il existe un bon nombre de vocables pour désigner les élèves ayant des incapacités intellectuelles. Retard mental, handicap mental, déficience intellectuelle, retard du développement intellectuel, pour ne nommer que ceux-ci, sont des désignations couramment utilisées pour faire état d'une même réalité (Dionne et al., 1999; Tassé et Morin, 2003). Toutefois, certaines de ces expressions semblent plus ou moins appropriées au regard du contexte social actuel et des connaissances acquises dans le domaine tandis que d'autres ne reflètent tout simplement pas la nature du phénomène (Dionne et al., 1999). Afin de justifier l'emploi de l'expression « incapacités intellectuelles » pour la présente étude, nous examinons ici la désignation « retard mental » et nous discutons des différences que suggèrent les termes « déficience » et « incapacité ».

2.5.1.1 Retard mental

Les trois systèmes de classification auxquels se réfèrent habituellement les spécialistes de la recherche ou de l'intervention sont : *l'American Association on Mental Retardation* (AAMR) (Luckasson et al., 2003), le *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* (DSM-IV-TR) (American Psychiatric Association, 2003) et la *Classification internationale des maladies* (CIM-10) (Organisation mondiale de la Santé, 1993). Ces classifications utilisent l'expression « retard mental » pour désigner les incapacités intellectuelles. Quoique étant la désignation la plus répandue dans les écrits anglophones, l'expression « mental retardation », ayant donné lieu au vocable français « retard mental », ne semble pas appropriée tant dans l'usage du terme « retard » que dans celui de « mental ».

L'emploi du terme « retard » comporte une incohérence. En effet, le retard suggère que celui-ci peut être comblé par une intervention adéquate tout comme le mentionne l'American Psychiatric Association (APA) (2003) :

Le retard mental n'est pas nécessairement un trouble qui dure toute la vie. Les sujets [...] pourront développer avec un apprentissage adéquat et dans des conditions favorables, de bonnes capacités adaptatives dans d'autres domaines et ne plus présenter le niveau de perturbation requis pour le diagnostic de retard mental. (APA, 2003, p.53)

Or, si l'on en juge par les degrés de sévérité des limitations du fonctionnement cognitif et adaptatif, il est difficile de croire que tous les retards peuvent être rattrapés et comblés. En effet, imaginer combler tous les retards présents chez une personne présentant une limitation cognitive plus sévère dans toutes les sphères de sa vie au point de ne plus présenter ces retards semble relever de l'utopie. Certaines difficultés manifestées par ces personnes peuvent bien sûr être surmontées ou du moins atténuées d'où la pertinence d'intervenir en ce domaine. Toutefois, l'utilisation du terme « retard » peut susciter de fausses attentes et, en ce sens, il ne serait pas approprié de l'utiliser.

L'utilisation du terme « mental » fait également problème au niveau du sens. Comme le souligne Dionne et al. (1999), celui-ci risque d'alimenter « une confusion avec la psychiatrie datant de 150 ans entre faiblesse de l'intelligence et problèmes de santé mentale » (p.319). La faiblesse de l'intelligence et les problèmes de santé mentale étant deux troubles distincts, le terme « mental » ne pourrait convenir pour la réalité dont nous voulons rendre compte alors que le terme « intellectuel » reflète davantage le phénomène étudié.

Pour toutes ces raisons, l'expression « retard mental » aussi bien que les termes « retard » et « mental » ne font pas partie de nos choix terminologiques pour cette étude.

2.5.1.2 Déficience et incapacité

Les termes « déficience » et « incapacité » se retrouvent au sein de plusieurs expressions actuellement utilisées. Parfois employés comme étant des synonymes, ces termes, bien qu'ils soient liés l'un à l'autre, caractérisent des réalités distinctes. Une révision effectuée par la Société canadienne et le Comité québécois de la CIDIH indiquent qu'une déficience correspond « à toute anomalie ou modification physiologique, anatomique ou histologique » (SC/CQ CIDIH, 1991, p.28) L'incapacité, quant à elle, correspond « à toute réduction résultant d'une déficience partielle ou totale, de la capacité d'accomplir une activité d'une façon ou dans les limites considérées comme normales pour un être humain. » (CTNERHI, 1988, p.24). De cette façon, l'incapacité refléterait davantage ce qui se passe dans la pratique, dans la réalisation d'activités tandis que la déficience ferait plus référence à une atteinte organique. Dans le cas des incapacités intellectuelles légères, Tassé et Morin (2003) indiquent qu'elles peuvent être causées par un désordre génétique (transmission du syndrome par les gènes des parents à l'enfant lors de la conception), par un désordre chromosomique (anomalie présente dans un seul

chromosome, dans une paire de chromosomes ou dans un ensemble de chromosomes) ou par des facteurs environnementaux comme la nutrition de l'enfant, son degré de stimulation physique et sensorielle et la consommation de drogues et d'alcool pendant la grossesse. Ainsi, les limitations observées au plan intellectuel ne sont pas toutes d'origine organique. Par conséquent, l'expression « déficience intellectuelle » devient, dans ce contexte, difficilement justifiable d'un point de vue conceptuel, car déficience signifie qu'il y a une anomalie organique et comme le souligne Dionne et al. (1999) « l'intelligence ne correspond pas à un organe mais plutôt à un ensemble de capacités » (p.231).

2.5.1.3 Incapacités intellectuelles

Les désignations « retard mental » et « déficience intellectuelle » sont sans aucun doute celles que l'on retrouve les plus fréquemment dans les écrits et celles qui sont les plus utilisées aussi bien par les acteurs du domaine médical, de la recherche que celui de l'intervention. Toutefois, comme nous l'avons mentionné précédemment, ces expressions posent certaines difficultés au plan de leur signification et créent certaines ambiguïtés. Ainsi, dans le souci de rendre compte le mieux possible de la réalité à laquelle nous nous intéressons et de le faire avec le plus grand respect à l'égard des personnes concernées, nous avons choisi, pour cette étude, l'expression « incapacités intellectuelles » pour désigner les élèves qui présentent une faiblesse de l'intelligence.

2.5.2 Élèves ayant des incapacités intellectuelles légères

Au Québec, parmi les organismes qui s'intéressent tant au diagnostic qu'à l'intervention auprès des personnes ayant des incapacités intellectuelles, on note : l'American association on mental retardation (AAMR) (Luckasson et al., 2003),

l'American Psychiatric Association (APA, 2003), l'Organisation mondiale de la santé (OMS, 1993), le ministère de l'Éducation (MEQ, 2000) et l'Office des personnes handicapées du Québec (OPHQ, 1984). Bien que tous ces organismes utilisent des termes différents, il est possible de dégager trois critères diagnostiques communs. Il s'agit d'une limitation du fonctionnement intellectuel, d'une limitation du comportement adaptatif et de la présence de ces limitations avant l'âge de 18 ans. Même si les organismes fondent le diagnostic des incapacités intellectuelles à partir de ces trois critères, la façon de définir chacun d'eux est formulée en des termes différents. Afin d'exposer ces différences, voici un tableau (tableau 2.1) regroupant les définitions proposées par quatre de ces organismes.

Tableau 2.1

Critères diagnostiques des incapacités intellectuelles proposés par quatre organismes

	Fonctionnement intellectuel	Comportement adaptatif	Âge d'apparition
AAMR (Luckasson et al., 2003)	Une performance d'au moins deux écarts-types sous la moyenne obtenue à l'aide d'instruments appropriés, prenant en considération l'erreur type de mesure associée aux instruments utilisés ainsi que leurs forces et leurs limites.	Les limitations sont définies de manière opérationnelle comme une performance ou un score qui se situe à au moins deux écarts-types sous la moyenne soit : (a) à l'un des trois types de comportements adaptatifs suivants; conceptuel, social et pratique; (b) à un score global mesuré à l'aide d'un test standardisé portant sur des habiletés conceptuelles, sociales et pratiques.	Entre la conception et le 18 ^e anniversaire.

OMS (CIM-10) (1993)	Retard mental Léger : Q.I de 50 à 69 Moyen : Q.I de 35 à 49 Grave : Q.I de 20 à 34 Profond : au-dessous de 20 - Autres formes de retard mental - Retard mental sans précision	Diminution des capacités d'adaptation aux exigences quotidiennes de l'environnement social.	Durant la période de développement
MEQ, 2000³	Élèves à risque : - Élèves qui présentent un retard de développement ou une déficience intellectuelle légère. Élèves handicapés : - Déficience intellectuelle moyenne à sévère : Q.I de 20-25 à 50-55 - Déficience intellectuelle profonde : Q.I inférieur à 20-25	Les principaux domaines servant à évaluer le comportement adaptatif sont : l'autonomie personnelle, le langage réceptif et expressif, l'apprentissage des matières scolaires de base, l'indépendance sur le plan économique, l'autodétermination, etc. Il existe diverses échelles de comportement adaptatif permettant d'évaluer les capacités de l'élève.	Dès le début de la période de croissance.

³ Nous faisons référence au document publié par le MEQ en 2000 plutôt que celui publié en 2006 par le ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (MELS), car le terme déficience intellectuelle légère n'y figure plus. La distinction entre les niveaux de sévérité nous paraît toutefois importante à conserver puisque les groupements d'élèves sont constitués en fonction de ces niveaux.

	<p>Si un diagnostic de déficience intellectuelle doit être posé, il faut le faire avec toute la rigueur possible. L'Association américaine pour le retard mental a révisé ses définitions en 1992.</p> <p>La nouvelle conception du retard mental prend maintenant en considération l'importance du soutien particulier dont a besoin la personne, compte tenu de son déficit. Ainsi, une dimension nouvelle est incluse dans les définitions en vue d'établir l'intensité de la déficience. En plus des résultats aux tests d'intelligence ou aux échelles de développement et de l'évaluation des comportements adaptatifs, l'appréciation de l'ampleur des besoins de services est prise en considération.</p>		
APA (DSM-IV-TR) (2003)	<p>Retard mental</p> <p>Léger : Q.I de 50-55 à 70</p> <p>Moyen : Q.I de 35-40 à 50-55</p> <p>Grave : Q.I de 20-25 à 35-40</p> <p>Profond : Q.I inférieur à 20-25</p> <p>Retard mental : sévérité non-spécifiée</p>	<p>Limitations significatives du fonctionnement adaptatif dans au moins deux des secteurs d'aptitudes suivants : communication, vie domestique, aptitudes sociales et interpersonnelles, mise à profit des ressources de l'environnement, responsabilité individuelle, utilisation des acquis scolaires, travail, loisirs, santé et sécurité.</p>	<p>Le début doit survenir avant l'âge de 18 ans.</p>

Comme il représente, à ce jour, le document le plus récent faisant référence aux niveaux de sévérité, nous nous référons donc à la définition de l'APA concernant le retard mental léger afin de préciser les limitations des sujets de notre échantillon. Selon l'APA (2003), le retard mental léger est caractérisé par un niveau de Q.I se situant entre 50-55 et 70.

2.5.3 Caractéristiques des élèves ayant des incapacités intellectuelles

Les élèves ayant des incapacités intellectuelles, en plus de fonctionner à un niveau intellectuel inférieur à la moyenne, comme nous venons de le mentionner, présentent d'autres caractéristiques particulières. Nous avons regroupé ces caractéristiques en fonction qu'elles portent soit sur l'aspect cognitif, soit sur l'aspect affectif.

2.5.3.1 Caractéristiques cognitives

Les caractéristiques cognitives des élèves ayant des incapacités intellectuelles font référence au développement et au fonctionnement intellectuel. Il est possible de dégager ces caractéristiques en comparant un élève ayant des incapacités intellectuelles avec des personnes n'ayant pas d'incapacité intellectuelle, mais ayant soit, le même âge mental, soit le même âge chronologique.

Au niveau du développement intellectuel, l'élève ayant des incapacités intellectuelles manifeste une lenteur ou un retard⁴ (Dionne et al., 1999; Vaughn, Bos et Schumm, 2003). Ce retard peut se remarquer, d'abord, dans l'exercice de certaines habiletés. Selon Zazzo, (1969, cité par Dionne et al., 1999) « certains domaines conceptuels, relevant de l'organisation spatiale et temporelle notamment, se développent moins rapidement que d'autres ». Également, selon Dionne et al., (1999), le retard peut se manifester par des fixations anormalement longues au niveau des stades de développement qui peuvent se prolonger à certaines étapes. Le prolongement de la durée de chacun des stades a alors, comme conséquence, d'accentuer le retard déjà présent. Ainsi, l'écart entre l'âge chronologique de l'élève et son âge mental sera davantage important au fur et à mesure que son âge chronologique augmentera.

Au-delà d'une lenteur ou d'un retard au niveau du développement intellectuel, le fonctionnement cognitif des élèves ayant des incapacités intellectuelles se caractérise par un ralentissement de son développement par rapport aux stades piagétiens du développement de même que par un arrêt prématuré de celui-ci (Dionne et al. (1999). On relève, en effet, l'inachèvement des constructions cognitives. Ces structures, chez l'élève ayant des incapacités intellectuelles,

⁴ Remarquons que l'expression « retard » est ici employée pour caractériser le développement cognitif et non pour désigner les personnes ayant des incapacités intellectuelles.

n'atteignent pas le stade opératoire formel, stade le plus évolué selon Piaget et Inhelder (1948). Cette caractéristique entraîne alors, pour les élèves ayant des incapacités intellectuelles, certaines difficultés d'abstraction.

Les caractéristiques du fonctionnement cognitif des élèves ayant des incapacités intellectuelles se manifestent également par une moindre efficacité du fonctionnement intellectuel (Dionne et al., 1999). Celle-ci se manifeste par une difficulté à saisir les informations qui leur sont transmises. Les auteurs identifient ces difficultés à une moindre capacité au niveau des processus de base du traitement de l'information. De plus, on relève chez les élèves ayant des incapacités intellectuelles une difficulté à discriminer les informations pertinentes dans un contexte donné (St-Laurent et al. 1995; Vaughn, Bos et Schumm, 2003;). Certains auteurs parleront alors d'un déficit de l'attention sélective (Dionne et al., 1999). La moindre efficacité du fonctionnement intellectuel caractérisant les élèves ayant des incapacités intellectuelles peut également se manifester par une difficulté à retenir les informations à court terme (Dionne et al., 1999; St-Laurent et al. 1995; Van der Molen et al. 2007; Vaughn, Bos et Schumm, 2003), par une difficulté en situation de résolution de problème (Dionne et al., 1999) et par une difficulté au niveau des stratégies cognitives et métacognitives (Dionne et al., 1999; St-Laurent et al. 1995; Vaughn, Bos et Schumm, 2003).

Finalement, une base de connaissances pauvre et mal organisée est également constatée chez les personnes ayant des incapacités intellectuelles (Bilsky, 1985; Bruderlein, 1998; Butterfield et Ferreti, 1987; McFaarland et Wiebe, 1987, cités dans Dionne et al., 1999). Des difficultés de transfert et de généralisation, des habiletés apprises dans un autre contexte que celui où elles ont été apprises, font également parties des caractéristiques cognitives des élèves ayant des incapacités intellectuelles (Dionne et al., 1999; Montreuil et Magerotte, 1995, St-Laurent et al. 1995; Vaughn, Bos et Schumm, 2003)

2.5.3.2 Caractéristiques affectives

Outre les caractéristiques cognitives des élèves ayant des incapacités intellectuelles, d'autres caractéristiques présentées par ces élèves peuvent avoir une incidence sur leurs apprentissages. Dans cette recherche, nous regroupons ces caractéristiques sous le vocable plus large de « caractéristiques affectives » pour désigner les caractéristiques qui touchent davantage la personnalité et l'attitude des élèves ayant des incapacités intellectuelles.

D'abord, dans cette catégorie, il est possible de noter une faible motivation des élèves ayant des incapacités intellectuelles pour les apprentissages scolaires (Dionne et al., 1999; St-Laurent et al. 1995). Par ailleurs, certains auteurs établissent un lien direct entre la motivation et les causes attribuées, par l'élève, à ses échecs personnels (St-Laurent et al. 1995). L'élève ayant des incapacités intellectuelles « ne remet généralement pas en cause son faible degré d'exigence ou le peu d'investissements consacrés à la tâche » (Dionne et al., 1999, p.82). Il est convaincu qu'il ne peut réussir. Dès lors, il est possible de penser que cette résignation face à l'échec conduit l'élève ayant des incapacités intellectuelles à être moins motivé et à vivre, effectivement, davantage d'échecs. La succession d'échecs, vécus par les élèves ayant des incapacités intellectuelles, conduit ces derniers à croire qu'il n'est pas essentiel de persévérer face à la tâche puisqu'ils ne réussiront pas de toute façon (Dionne et al., 1999). Les échecs répétés ont également des répercussions négatives au niveau de l'image de soi de ces élèves. Une faible estime de soi constitue une autre caractéristique des élèves ayant des incapacités intellectuelles au niveau affectif (Dionne et al., 1999; St-Laurent et al. 1995).

Dionne et al., (1999) soulignent, finalement, que les élèves ayant des incapacités intellectuelles sont peu exigeantes envers elle-même ce qui les conduit, parfois, à investir moins d'énergie et de temps face à la tâche.

2.5.4 Travaux portant sur la géométrie auprès d'enfants ayant des incapacités intellectuelles légères

La rareté des études portant sur la géométrie auprès d'enfants ayant des incapacités intellectuelles légères indique la pertinence de notre démarche. Nous n'avons pu, en effet, répertorier que quelques recherches articulées autour de ce thème. Il apparaît important de souligner les conclusions tirées par les auteurs qui soulignent les forces et faiblesses en matière d'enseignement-apprentissage des élèves ayant des incapacités d'intellectuelles légères. D'autre part, ces recherches mettent en évidence le manque à combler important en ce domaine.

D'abord, Siwek (1989) s'est intéressée à l'activité mathématique d'élèves présentant des incapacités intellectuelles légères d'une école primaire en comparant ces derniers avec des enfants de classes ordinaires. Parmi les diverses tâches proposées aux élèves, une avait pour but de travailler la régularité par la construction d'un escalier avec des carrés multicolores en plastique. L'expérimentateur construisait devant l'enfant une figure en forme d'escalier et lui demandait, d'abord, de l'imiter, puis, de compléter l'escalier afin d'y ajouter des marches supplémentaires. Même si cette tâche avait pour but premier de travailler la régularité, elle appelait également les enfants à utiliser leurs connaissances de l'espace. Cette difficulté potentielle des élèves à se repérer dans l'espace avait été au départ négligée par Siwek (1989). La chercheuse a cependant été forcée de constater que certains enfants des classes spéciales qui avaient reproduit l'escalier, mais pas de façon identique à celle de l'expérimentateur, avait « non seulement une incapacité à saisir la règle arithmétique mais aussi quelques défauts de la perception spatiale : ils étaient incapables de comparer les formes des figures. » (Siwek, 1989, p.70). Ces résultats nous paraissent intéressants dans la mesure où cette difficulté est souvent laissée pour compte par les enseignants qui prennent pour acquis la maîtrise de l'espace et des différents concepts géométriques qui s'y rattachent. Or, comme le soulignent Berthelot et Salin (1999-2000) :

Une caractéristique majeure de l'enseignement de la géométrie à l'école primaire et en 6^{ième} -5^{ième} est de sous-estimer la difficulté d'acquisition des connaissances spatiales et de laisser à l'élève la charge d'établir les rapports adéquats entre l'espace et les concepts géométriques qui lui sont enseignés, et qui sont censés lui donner prise sur ce domaine de réalité. (Berthelot et Salin, 1999-2000, p. 40)

D'autres conclusions tirées par Siwek (1989) par rapport à cette même tâche sont également présentées : lent développement des activités dans le domaine de l'imitation directe de certaines tâches, difficulté à résoudre un problème semblable au problème initial, incapacité de se représenter mentalement une vision globale de l'escalier, vitesse d'exécution plus lente et besoin d'encouragements plus fréquents.

Baldy (1997) a, quant à lui, étudié le rôle de la démonstration sur l'exécution d'un dessin géométrique en comparant des élèves ayant des incapacités intellectuelles légères et des élèves de classe ordinaire et de perfectionnement. Dans un premier temps, la tâche consistait à reproduire un dessin modèle (une maison), d'abord, en copie, puis, de mémoire. Ensuite, la moitié des sujets bénéficiait d'une démonstration d'un procédé graphique alors que l'autre moitié bénéficiait d'un temps d'observation du même dessin. Tous les sujets devaient par la suite reproduire le dessin de mémoire. Il a identifié certaines différences entre les groupes dont une faible progression des élèves ayant des incapacités intellectuelles légères quant à leurs capacités d'assimilation représentative et d'exécution de façon autonome : « les sujets suivant une scolarité spéciale ne peuvent progresser que si on leur montre comment faire » (Baldy, 1997, p.38). Pour Baldy (1997), il est clair que la démonstration de procédés graphiques a un effet positif sur les résultats (reproduire de façon la plus fidèle qui soit un dessin modèle) et ce, en particulier pour les élèves suivant une scolarité spéciale. Toutefois, les résultats de cette étude ne s'appliquent qu'au dessin de la maison modèle et n'apportent aucune indication quant à la possibilité pour les élèves de généraliser et de transférer les connaissances acquises, s'il y a lieu, à d'autres situations.

Ces études ont donc cherché à montrer de quelle façon progressent des élèves ayant des incapacités intellectuelles en comparant ces derniers avec d'autres élèves n'ayant aucune limitation au niveau cognitif. Bien que les résultats de ces études montrent une progression pour les élèves ayant des incapacités intellectuelles, l'imitation et la démonstration sont les principales stratégies expliquant les résultats. Or, ces stratégies ne permettent pas de juger de l'appropriation des connaissances chez les élèves, car leur garantie de réussite dans un autre contexte que celui où il a été enseigné n'a pas été montrée et ne permettent pas aux élèves de s'engager dans une véritable activité géométrique où peut s'amorcer une réflexion par rapport aux concepts en jeu. Ainsi, le jeu de tâches présenté dans le cadre de cette recherche vise à renverser cette dynamique en permettant, en outre, à l'élève de s'approprier certaines propriétés du cube et d'opérer et d'investir des connaissances à propos de la représentation graphique du cube.

CHAPITRE III

OBJECTIFS DE RECHERCHE

La présente recherche prend en considération les travaux de Piaget et Inhelder (1948), ceux de Dolle, Bataillard et Guyon (1973) de même que ceux menés par Caron-Pargue (1985), tous présentés dans le contexte théorique. Elle se distancie par ailleurs de l'objet d'étude qui caractérise ces travaux, la dimension développementale de la représentation graphique, en s'inscrivant dans le champ de la didactique des mathématiques. La présente recherche se centre ainsi sur l'étude de tâches didactiques qui visent à engager une activité géométrique chez les élèves ayant des incapacités intellectuelles légères. Elle s'appuie donc également sur les études exposées dans le chapitre précédent portant sur la didactique de la géométrie et les interactions didactiques dans les classes spécialisées.

Considérant la rareté des travaux qui articulent à la fois enseignement de la géométrie et élèves ayant des incapacités intellectuelles légères, cette recherche est de type exploratoire.

3.1 Objectif général de la recherche

L'objectif général de cette recherche est d'engager une activité géométrique chez des élèves âgés de 9 ans et de 11 ans ayant des incapacités intellectuelles légères

pour faire évoluer leurs connaissances sur le cube (relatives à la représentation graphique et à certaines propriétés) par le biais d'un jeu de tâches didactiques.

3.2 Objectifs spécifiques de la recherche

Pour l'atteinte de cet objectif général, notre recherche vise plus spécifiquement à :

1. Décrire les relations entre les productions des élèves et la dynamique des interactions didactiques dans le cadre d'un jeu de tâches.
2. Analyser les productions des élèves pour juger de leur évolution, au cours de la séquence des tâches expérimentées, au regard de la représentation graphique du cube et de certaines des propriétés du cube.
3. Préciser le potentiel des tâches élaborées et expérimentées, au sein du jeu de tâches, au regard des productions des élèves et de leur évolution au cours de la séquence.

CHAPITRE IV

MÉTHODOLOGIE

Les chapitres précédents ont exposé l'utilité de la présente recherche en montrant le peu d'intérêt accordé à l'enseignement et l'apprentissage de la géométrie, en particulier dans le contexte de l'adaptation scolaire et plus spécifiquement avec des élèves ayant des incapacités intellectuelles légères, et en montrant l'intérêt que peut présenter l'utilisation de jeux de tâches comme approche variée et dynamique de l'enseignement de la géométrie. Ce quatrième chapitre aborde essentiellement le volet méthodologique de la présente recherche. Il contient des informations relatives au choix de l'établissement scolaire où se déroule la cueillette des données, au choix des participants, aux tâches présentées aux élèves et au déroulement des séances. De plus, il spécifie le type de recherche utilisé et les techniques employées pour la collecte des données de même que les méthodes d'analyse employées. Le chapitre se termine par l'annonce des considérations éthiques mises de l'avant pour préserver les droits et libertés des participants à la recherche.

4.1 Présentation de l'école et des élèves

Le Centre François-Michelle est l'institution d'enseignement où a été réalisée l'expérimentation. Cette école dispense des services éducatifs à des élèves âgés de 4 à 21 ans ayant des incapacités intellectuelles légères et présentant des problèmes

associés soit au plan du langage, de la perception, de la motricité ou au plan du comportement.

Six élèves de cette école ont participé à notre recherche. Ces élèves présentent tous des incapacités intellectuelles légères. Ils ont été choisis par la directrice de l'école selon leur disponibilité et selon qu'ils ne présentent aucune limitation au niveau perceptif et au niveau moteur. Il est à noter que ces élèves présentent tous d'autres troubles associés à leurs incapacités intellectuelles. Toutefois, l'identification de ces troubles est abordée dans une section ultérieure (voir 6.3.1.3). Nous avons volontairement choisi de ne pas faire cette présentation à ce moment puisque le contenu des tâches aurait été orienté en fonction des particularités des élèves, ce qui ne nous aurait pas permis de juger de leur potentiel. Nous y reviendrons.

Nous avons réparti les six élèves, participant à notre recherche, en deux groupes de trois, en fonction de leur âge. Le premier groupe est composé d'élèves âgés de 11 ans. Il s'agit des élèves A, B et C. Notre deuxième groupe est formé par des élèves âgés de 9 ans. Il s'agit des élèves A-2, B-2 et C-2.

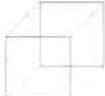
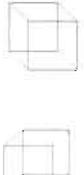
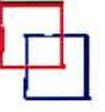
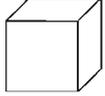
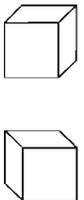
4.2 Présentation des tâches

Comme nous l'avons mentionné précédemment, nous voulons par le biais d'un jeu de tâches permettre l'engagement des élèves présentant des incapacités intellectuelles légères dans une activité géométrique relative à la représentation graphique du cube et à certaines de ses propriétés.

La représentation graphique est travaillée chez l'élève par le biais de tâches de reproduction ou de complètement. Le contenu des tâches, dans l'un et l'autre des cas, est déterminé par certaines contraintes intervenant dans la représentation graphique. Nous présentons un tableau (tableau 4.1) exposant ces contraintes qui

sont soit liées aux tâches de reproduction soit aux tâches de complètement ou bien encore communes aux deux types de tâches. Selon les cas, ces contraintes peuvent être couplées entre elles afin d'enrichir les tâches proposées aux élèves. La figure 4.1 présentée à la suite du tableau montre bien ces possibilités.

Tableau 4.1
Contraintes liées à la composition des tâches

		Contraintes liées à la copie du modèle		Contraintes liées au complètement			Contraintes communes aux deux types de tâches		
		Photographie	Procédé graphique	Faces	Arêtes	Tâche réalisée en équipe ou en individuel	Direction de la perspective	Présence ou non du cube	Utilisation de la couleur ou non
Perspective cavalière	Transparent								
	Opaque								

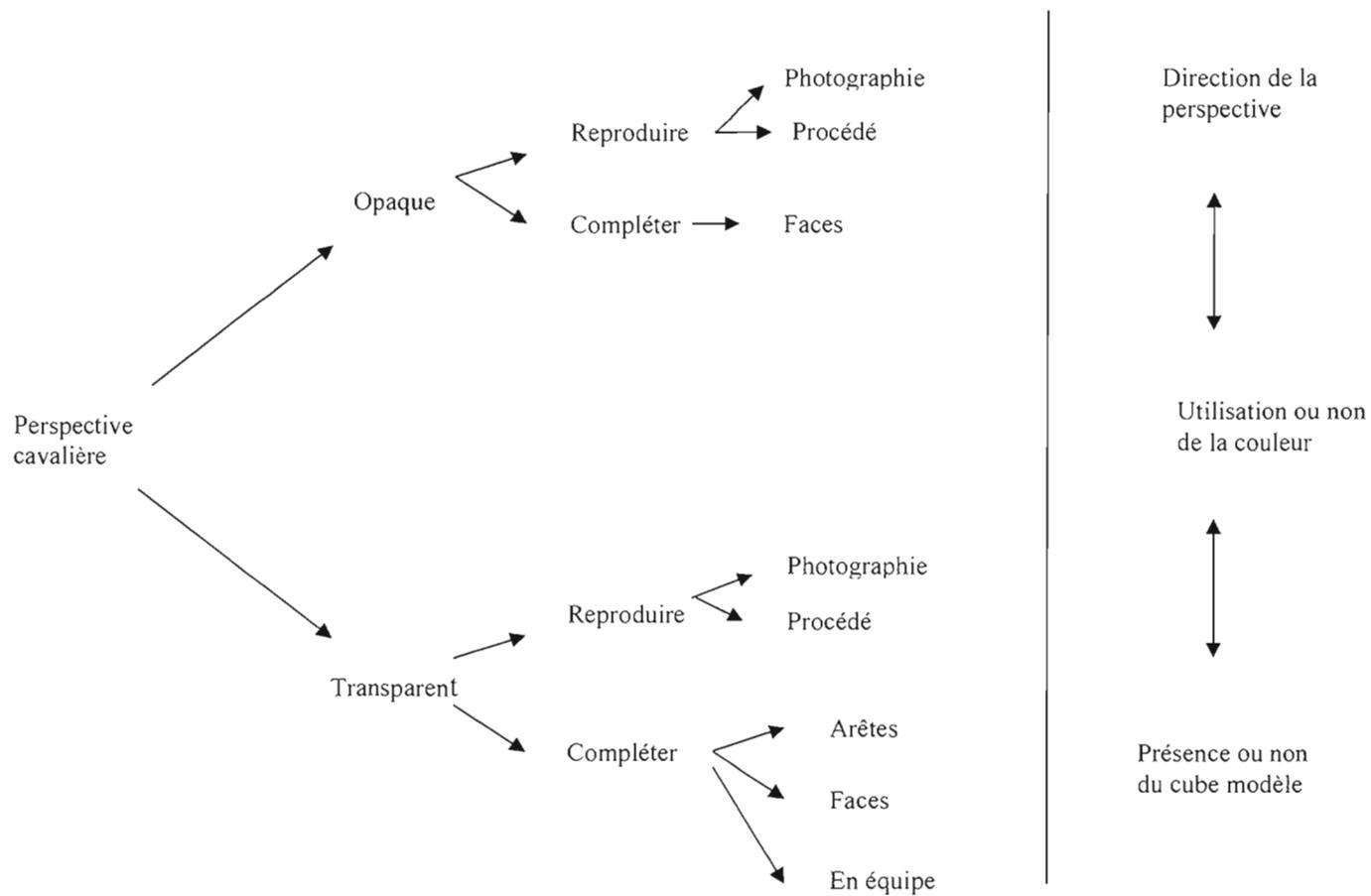


Figure 4.1 Assemblage des contraintes en fonction qu'il s'agit d'une tâche de reproduction ou de complètement

4.3 Dérroulement des séances

Le tableau 4.2 présente diverses tâches proposées à l'intérieur des séances qui tiennent compte des contraintes exposées précédemment. Il est important de mentionner que les tâches présentées à chacune des séances constituent un jeu de tâches et non seulement un ensemble de tâches présentées successivement. Il faut donc comprendre que les tâches présentées dans ce tableau constituent donc un canevas de base à partir duquel nous nous sommes basés pour piloter les séances. Ainsi, les tâches ne sont aucunement rigides et leur ordre dans le temps et leur contenu peuvent se modifier en fonction des productions des élèves (se référer à la sect. 6.2.2 pour le déroulement réel des séances).

L'expérimentation se déroule sur cinq séances et le temps déterminé pour chacune d'elles est d'environ 30 minutes. La séance A, qui comporte le dessin d'un cube sans contrainte, l'introduction de la couleur et le travail collectif, permet, dans un premier temps, de situer les élèves et, dans un deuxième temps, de voir dans quelle mesure les contraintes de la couleur et de l'entraide entre pairs influencent les productions. Les séances 1, 2 et 3 font suite à cette séance d'orientation. Elles ont comme but d'explorer différentes façons de se représenter le cube. En effet, les tâches permettent de travailler la perspective cavalière selon que le cube est transparent ou opaque en plus d'ouvrir sur quelques notions concernant les propriétés géométriques du cube (dénombrement du nombre de faces, arêtes et sommets, développement du cube). La séance B clôt l'expérimentation et ferme la boucle amorcée autour du cube. Elle est composée, d'abord, d'un dessin de cube sans contrainte, qui avait également été réalisé lors de la séance A, afin de voir les distinctions et ressemblances entre les productions initiales et finales. La séance B reprend également le dessin de cube selon qu'il est opaque ou transparent, mais sans modèle servant de référence. Finalement, cette dernière séance permet d'expérimenter la représentation graphique d'autres solides à partir des mêmes

procédés graphiques que pour le cube. Le but de cette dernière séance est de voir dans quelle mesure il y a eu évolution, régression ou stagnation dans les productions des élèves.

Tableau 4.2
Déroulement des séances

Séances	Tâches
Séance A	<ul style="list-style-type: none"> - L'élève doit dessiner un cube. Aucune contrainte n'est imposée à l'élève et il ne dispose d'aucun référent visuel pour faire son dessin. - Enseignement du procédé de dessin selon la méthode des deux carrés reliés entre eux par quatre segments représentant quatre arêtes. - L'élève doit dessiner un cube en perspective cavalière en transparence à l'aide du procédé enseigné. - En équipe de trois, les élèves doivent dessiner un seul cube en perspective cavalière en transparence. Chaque élève utilise une couleur différente pour participer au dessin.
1^{ère} séance	<ul style="list-style-type: none"> 1.1 En ayant bien en vue un cube fait d'un assemblage de pailles de couleurs et de raccords, l'élève doit dessiner un cube transparent en perspective cavalière. 1.2 En ayant bien en vue un cube de bois, l'élève doit dessiner un cube opaque en perspective cavalière. 1.3 Enseignement du procédé de dessin à partir d'un carré afin de réaliser un cube opaque en perspective cavalière. 1.4 L'élève doit dessiner un cube opaque en perspective cavalière à l'aide du procédé enseigné.

2^e séance	<p>2.1 L'élève doit dessiner un cube transparent. Un cube fait d'un assemblage de pailles de couleurs et de raccords lui est montré puis caché. Il ne dispose d'aucun référent visuel pour faire son dessin.</p> <p>2.2 L'élève doit dessiner un cube opaque. Un cube de bois lui est montré puis caché. Il ne dispose d'aucun référent visuel pour faire son dessin.</p> <p>2.3 L'élève doit marquer les arêtes d'un cube de bois à l'aide de languettes autocollantes colorées en fonction des couleurs qu'il retrouve sur un cube de pailles (chacune des pailles représentant une arête).</p> <p>2.4 L'élève dessine de nouveau un cube opaque en perspective cavalière en utilisant la couleur. Il a bien en vue un cube de bois dont les arêtes ont été marquées par des languettes de couleurs.</p>
3^e séance	<p>3.1 Différentes combinaisons de faces et d'arêtes du cube en perspective cavalière sont dessinées au tableau ( ) et les élèves doivent les compléter afin d'obtenir un cube.</p> <p>3.2 L'élève examine ses dessins et compte le nombre d'arêtes, de sommets et de faces sur les cubes.</p> <p>3.3 L'élève reçoit le cube de bois et de pailles avec lesquels il a travaillé à la première et deuxième séance et marque successivement les faces, les arêtes et les sommets afin de les dénombrer.</p>
Séance B	<ul style="list-style-type: none"> - L'élève doit dessiner un cube. Aucune contrainte n'est imposée à l'élève et il ne dispose d'aucun référent visuel pour faire son dessin. - L'élève doit dessiner un cube de pailles. Il ne dispose d'aucun référent visuel pour faire son dessin. - L'élève doit dessiner un cube comme s'il était en bois. Il ne dispose d'aucun référent visuel pour faire son dessin. - L'élève expérimente les mêmes procédés graphiques, mais appliqués à d'autres formes géométriques.

4.4 Type de recherche et cueillette des données

La présente recherche se veut de type exploratoire puisqu'elle cherche à combler un vide important dans l'enseignement et l'apprentissage de la géométrie pour les élèves ayant des incapacités intellectuelles légères en leur offrant des tâches variées

et dynamiques. Notre souci d'expérimenter de nouvelles pistes didactiques en géométrie pour ces élèves s'inscrit dans la définition de la recherche exploratoire telle que définie par Legendre. Pour Legendre, la recherche exploratoire vise à « obtenir une compréhension préliminaire et descriptive d'une situation en vue de préciser une première problématique, d'émettre intuitivement des hypothèses et d'évaluer la pertinence d'études ultérieures plus systématiques » (Legendre, 2005, p. 1150).

Afin d'obtenir des données susceptibles d'optimiser notre compréhension du phénomène étudié, nous recourons à l'observation participante et à l'analyse documentaire comme techniques de cueillette des données utilisées dans cette recherche. Ainsi, l'expérimentatrice est l'auteure de la recherche.

L'observation participante est pour Pourtois et Desmet (1988) une méthode de cueillette des données qui veut :

s'attacher à découvrir le sens, la dynamique et les processus des actes et des événements. Ici, le chercheur est intégré à la vie des acteurs concernés par l'étude. Il recherche le plus d'informations possible sur cette situation particulière. (Pourtois et Desmet, 1988, p.123)

L'observation participante permet d'être plus proche des sujets ce qui conduit à un partage et à une compréhension plus riche du vécu des élèves concernés et de leur rapport à la géométrie et à la représentation graphique du cube. De plus, l'observation permet de capter les commentaires, les mimiques et les expressions traduisant les «émotions» (insatisfaction, contentement, etc.) vécues par les élèves au moment où ils participent aux activités permettant de pousser plus en profondeur l'interprétation des résultats. Toutefois, compte tenu du fait que l'observation participante suggère que le chercheur soit en contact direct avec les participants de la recherche, certaines précautions éthiques ont été envisagées (voir sect. 4.6).

Les données recueillies lors de l'observation ont été consignées soit dans des notes de terrain ou soit dans un journal de bord en fonction qu'elles étaient de l'ordre de la narration ou de la compréhension (Lessard-Hébert, Goyette et Boutin, 1996). De plus, chacune des séances a été enregistrée sur bande vidéo afin d'être en mesure d'accéder facilement aux données brutes. Une préparation adéquate de même qu'une coordination des différentes actions ont permis d'éviter certains problèmes reliés à la location ou à l'achat du matériel et les contraintes reliées au temps.

Toutefois, malgré les précautions à ces différents égards, l'observation participante comporte certaines limites dont la plus évidente concerne certainement le fait que tous les phénomènes intéressants de la situation à l'étude n'ont pu être considérés. Nous avons donc fait des choix en ciblant certains éléments sur lesquels nous voulions porter une attention plus particulière et en laissant d'autres aspects de côté.

L'analyse documentaire, pour sa part, est «une observation d'artefacts écrits» (Lessard-Hébert, Goyette et Boutin, 1996, p.92). Elle est indispensable dans cette recherche, car elle permet l'analyse des productions (dessins) des élèves. Elle sert à caractériser leur cheminement (stabilité, évolution, régression) au cours des séances et permet de distinguer les similitudes et les différences entre chacun d'eux. L'analyse des dessins conduit également à faire des rapprochements ou à exprimer certaines limites quant aux typologies déjà existantes.

Cette étude concerne des élèves ayant des incapacités intellectuelles légères lorsque ceux-ci se retrouvent dans un contexte d'apprentissage/enseignement de la géométrie. Ces élèves ne sont peut-être pas représentatifs de l'ensemble des élèves vivant avec la même problématique. Conséquemment, la généralisation des résultats ne doit pas être envisagée et ne constitue pas une fin en soi.

4.5 Méthodes d'analyse utilisées

Rappelons quelques caractéristiques de l'expérimentation. Elle implique un certain nombre de tâches à partir d'un croisement entre différentes «variables» : une représentation du cube (cavalière), trois types de matériel (cube en bois, cube photographié, cube en pailles), deux types de consignes (compléter, reproduire) et un certain nombre de contraintes (considérant les propriétés du cube notamment ses faces, ses arêtes, ses sommets). Les séances se déroulent à partir d'un canevas de base, mais selon un pilotage, de la part de l'expérimentateur, qui exige une certaine souplesse pour s'adapter et relancer l'action des élèves. Deux groupes de trois élèves sont rencontrés successivement. Considérant ces caractéristiques de l'expérimentation et la nature exploratoire de notre recherche, l'analyse de protocoles est la méthode d'analyse utilisée, car elle nous permet d'éclairer l'évolution des représentations graphiques des élèves sous l'angle des interactions didactiques, c'est-à-dire sous l'angle de l'enchaînement de ce que produisent l'enseignant (comme consignes, comme relances, dessins, etc.) et les élèves (comme dessins, questions, prolongement de la tâche) à propos du cube. L'évolution est considérée donc selon le type de tâches en jeu, décrites précédemment, et mises en œuvre par le biais des interactions entre les élèves et l'enseignant.

La méthode d'analyse de protocoles s'inspire de celle développée par Brun et Conne (1990). Pour eux, il s'agit essentiellement d'étudier « des situations par l'analyse des protocoles, de leur déroulement, en remontant des productions aux représentations » (Brun et Conne, 1990, p.10). Afin d'opérer la logique de cette méthode, deux grandes étapes sont nécessaires. Elle implique, d'abord, la retranscription des actions et des propos des différents acteurs impliqués (pour nous, les élèves et l'expérimentatrice) selon un déroulement chronologique des événements (propos recueillis lors de chacune des séances et ce, pour chacun des groupes). Ensuite, un découpage du protocole qui rend compte d'une ou de

plusieurs unités d'interprétation est appliqué. Chaque unité d'interprétation a sa propre cohérence et tourne autour d'un même « objet ». Pour Brun et Conne (1990), ces unités doivent être dégagées selon la définition suivante : «fonctionnellement les interactions observables à l'intérieur d'une situation tirent leur cohérence d'une unité d'interprétation et d'organisation qui en contrôle le déroulement. » (Brun et Conne, 1990, p.10). De plus, le découpage doit rendre compte d'une « réinterprétation de la situation par les élèves » (Brun et Conne, 1990, p.11), l'enchaînement de ces réinterprétations formant une boucle. L'analyse permet donc un «découpage du protocole en termes de boucles qui s'enchaînent de réinterprétations en réinterprétations». (Brun et Conne, 1990, p.12)

4.6 Aspects déontologiques

Certaines obligations éthiques régissent la présente démarche de recherche compte tenu que l'objet d'étude fait appel à la participation de sujets humains. Afin de traiter les participants de façon respectueuse, nous avons pris certaines dispositions.

D'abord, l'autorisation d'accéder à l'établissement scolaire où se déroule la recherche a été obtenue auprès de la direction de l'école. Les enseignants des élèves concernés ont été avisés par cette dernière.

Également, les parents des élèves sélectionnés ont été informés par le biais de leur enseignant qui a remis à chacun d'eux un formulaire de consentement que nous avons fourni. Ainsi, les parents ont donné leur consentement par écrit à la participation de leur enfant à la recherche. Le formulaire de consentement stipule en outre la raison d'être de l'étude, la raison pour laquelle leur enfant participe à la recherche, les bienfaits de leur participation, le droit des parents d'être informés du déroulement de la recherche et d'y retirer leur enfant en tout temps.

De plus, le respect de la confidentialité et de l'anonymat a été pris en compte puisqu'à aucun moment les noms des participants ne sont divulgués. Des combinaisons de lettres et de chiffres ont été attribuées à chacun d'eux.

Finalement, les bandes vidéo accumulées lors de chacune des séances seront détruites.

CHAPITRE V

PRÉSENTATION ET ANALYSE DES RÉSULTATS

Le chapitre précédent a montré les principales caractéristiques entourant l'analyse de protocoles. Par cette méthode d'analyse, nous tentons de dégager de quelle façon progressent les interactions produites dans le contexte particulier de séances, conduites par un jeu de tâches didactiques, auxquelles participent des élèves ayant des incapacités intellectuelles légères. Nous visons ainsi à l'atteinte de notre premier objectif de recherche sur la relation entre les productions des élèves et la dynamique des interactions didactiques dans le cadre d'un jeu de tâches. Du côté de l'expérimentatrice, les interactions prennent davantage la forme de consignes, de relances et de rappel de consignes. Ses interventions témoignent également d'interprétations soit des productions des élèves, soit du savoir en jeu. Du côté des élèves, les interactions prennent la forme de dessins, de formulations témoignant d'interprétations de consignes ou encore des productions réalisées et donc de connaissances ou de savoirs relatifs au cube. Nous dégageons pour chaque tâche proposée par l'expérimentatrice un découpage du protocole qui rend compte d'une ou plusieurs unités d'interprétation. Chaque unité d'interprétation a sa propre cohérence et tourne autour d'un même « objet ».

La présentation du découpage des protocoles est faite, d'une part, sous forme schématique qui permet, pour chaque unité d'interprétation, d'exposer les productions des élèves et l'enchaînement de ces productions ainsi que les interventions de l'expérimentatrice. Il faut donc comprendre que la lecture des

découpages doit se faire en intercalant les productions des élèves et les interventions de l'expérimentatrice. La présentation est complétée, d'autre part, par un texte qui commente et analyse les principales productions et interactions. Cette analyse est parfois soutenue, lorsque la situation le permet, par la typologie des productions de Caron-Pargue (1985) (voir sect. 2.2.3).

Afin d'avoir une vue d'ensemble de l'évolution des séances, nous présentons un découpage successif des séances A, 1, 2, 3 et B et ce, pour chacun des groupes (le groupe 1 est formé d'élèves âgés de 11 ans et le groupe 2 est composé d'élèves âgés de 9 ans). Ainsi, vous retrouverez le découpage de la séance A, d'abord, pour le groupe 1 et, ensuite, pour le groupe 2. La même présentation s'applique pour les autres séances.

Il est à noter que les tâches, de même que les consignes présentées aux deux groupes, sont parfois différentes en raison des difficultés manifestées par les élèves du groupe 2 dans l'accomplissement de certaines tâches et du temps d'exécution parfois plus long pour leur réalisation.

5.1. Découpage du protocole de la séance A pour chaque groupe (2 avril)

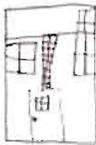
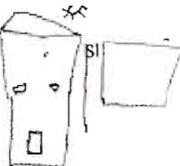
5.1.1. Groupe 1

Tâche A : « Qu'est-ce qu'un cube? »		
Unités d'interprétation	Productions des élèves	Interventions de l'expérimentatrice
Évocation d'objets cubiques	Élève C : « Un cartable »; « formes carrées » Élève B : Cube <i>Rubik</i>	

Dénombrer le nombre de faces d'un <i>Rubik</i> cube	Élève C : Compte les carrés d'une même face « 9 couleurs »	« Te souviens-tu combien il y avait de couleurs? »
Évocation d'objets cubiques	Élève A : « Disque » Élève C : « Cassette à enregistrer », « X-Box »	« Est-ce que vous avez d'autres idées? »
Échange sur la distinction entre un carré et un cube	Élève B : « affaire d'Égypte » Élève C : « Des cubes, ça l'a 4 formes. Pis les carrés, ça l'a 1 forme. » « Ça ici, c'est une forme. C'est la face du cube. »	« Est-ce que c'est la même chose des carrés et des cubes? »

La boucle A s'organise autour de l'évocation d'objets cubiques d'abord visibles dans l'environnement immédiat des élèves soit la classe. Cette recherche de répliques de cubes a été amorcée par le commentaire de l'élève C qui, suite à la question de départ « qu'est-ce qu'un cube? », ajoute « il y a quelque chose ici qui est carré ». Le cube *Rubik* évoqué par l'élève B comme étant un cube va permettre un enchaînement vers le dénombrement du nombre de faces que possède un cube. Cette incursion vers les propriétés du cube se limite à cette unique question et on remarquera une intervention de l'intervenante afin de recentrer les élèves vers la tâche initiale. Ceux-ci continueront à évoquer des objets cubiques, mais cette fois ils font plutôt appel à leurs souvenirs et se détachent de l'environnement immédiat. À chacun des objets trouvés, les élèves ajoutent « c'est un carré » ce qui entraîne un échange à propos des distinctions possibles entre le cube et le carré. À ce propos, l'intervention de l'élève C montre une amorce de différenciation des propriétés propres à chacun. Par « des cubes, ça l'a 4 formes », l'élève C tente de marquer le volume du cube en dénombrant les quatre faces latérales de celui-ci. Ce « volume » est en fait créé par l'élévation des « côtés » soit les faces latérales. Par opposition,

lorsqu'il dit : « les carrés, ça l'a une forme », il tente de caractériser la propriété de planéité d'une forme géométrique. En effet, le carré, polygone possédant deux dimensions, est plat.

Tâche B : « Je vais te demander de dessiner un cube »		
Unité d'interprétation	Productions des élèves	Interventions de l'expérimentatrice
Dessin du cube sans contrainte et sans modèle servant de référence	<p>Élève B : « J'ai fait une fenêtre. »</p>  <p>Élève B : « Ben là! [...] Je fais une fourchette. »</p> <p>Élève C : « Je fais un immeuble. »</p>  <p>Élève B (<i>à lui-même</i>) : C'est quoi ça? C'est un verre d'eau. [...] Ben j'suis pas capable de dessiner moi.</p> <p>Élève B : « Si... »</p> 	<p>« Une fenêtre, c'est carré. Tu as raison. Je te demande par exemple, dessine-moi un cube »</p>

	<p>Élève B : « Je sais pas comment faire ça une fenêtre. [...] Je sais pas comment faire ça une maison. »</p> <p>Élève B : « J'ai fini d'abord. »</p>  <p>Élève C : « J'ai fait un cabanon »</p> 	<p>« Est-ce que j'ai demandé dessine-moi une maison? Ben non, je t'ai dit dessine-moi un cube. [...] Tu n'es pas obligé de dessiner une maison. »</p>
--	--	---

La consistance de la boucle B repose sur le dessin spontané du cube sans manipulation ou modèle à l'appui. Cette boucle met en évidence la volonté des élèves à marquer le volume du cube. L'élève B, qui a dessiné un grand carré⁵ relié à un plus petit, évoque le volume par le trait qu'il a tiré entre les deux. En effet, ce « trait » amène à penser que le cube est quelque chose de plus qu'un simple carré. Ce dessin qui ne trouve pas son semblable dans la typologie dressée par Caron-Pargue (1985) semble cependant s'inscrire au sein de ce qu'elle a appelé « Composition de rectangles ». En effet, le dessin de l'élève B est un peu plus évolué que les « deux rectangles disjoints » (1^{ère} sous-catégorie) et un peu moins que le « quadrilatère avec appendice » (2^e sous-catégorie) du fait que les deux carrés ne

⁵Les formes fermées se retrouvant dans les dessins des élèves ressemblent soit davantage à des rectangles, soit à des carrés ou, bien encore, il s'agit d'autres quadrilatères. Il devient dès lors difficile de les décrire avec justesse, car il nous est impossible de savoir si les productions sont le résultat d'une faiblesse au niveau graphique ou s'il s'agit d'une véritable interprétation de la part des élèves. Ainsi, afin d'éviter certaine confusion, nous emploierons le terme « carré » pour caractériser les dessins des élèves bien qu'il s'agisse parfois de rectangles ou d'autres quadrilatères.

sont pas directement accolés l'un avec l'autre, mais seulement reliés par un trait. L'indice du volume du cube est également présent dans les dimensions inégales des carrés dessinés. Le cube en perspective suggère, en effet, une face antérieure plus grande, car celle-ci est plus proche et sa face opposée, par conséquent, plus petite, car celle-ci est plus éloignée. Cette habileté graphique permettant de dessiner un objet en perspective a également été relevée par Caron-Pargue (1985) qui a classé ce « truc » graphique au sein de ce qu'elle a appelé le « codage dimension », codage apparaissant « dans les « Compositions de rectangles lorsque plusieurs quadrilatères n'ont pas la même dimension. » (p.121). La fenêtre, évoquée par l'élève B comme étant le résultat de son dessin, peut être considérée comme l'interprétation de l'élève de son propre dessin (Giroux, 2008). À la consigne « dessine-moi un cube », l'élève produit un dessin de cube qu'il interprète par la suite comme étant une fenêtre. À ce commentaire de l'élève, l'expérimentatrice réplique alors par : « Une fenêtre, c'est carré. Tu as raison. Je te demande par exemple, dessine-moi un cube. ». Dans ce cas, l'expérimentatrice a considéré la fenêtre de l'élève non pas comme une interprétation de son dessin, mais comme une production qui avait comme but le dessin d'une fenêtre. À ce titre, une fenêtre suggère effectivement un objet plat qui s'apparente davantage au carré étant donné l'absence apparent de volume. Toutefois, les enchaînements survenus par la suite à la fois entre l'élève B et l'expérimentatrice et à la fois entre l'élève B et les dessins des autres élèves montrent fort bien que le dessin du cube pour l'élève est absent de toute marque de volume.

Tout au long de cette boucle, le volume va être recherché par les élèves. Leurs productions qui s'enchaînent suite à l'interprétation qu'ils font des dessins des autres élèves et de leurs dessins (maison, immeuble et cabanon) le montre effectivement. L'élève C qui dessine d'abord deux rectangles accolés  pourrait s'inscrire dans la typologie de Caron-Pargue comme faisant partie des « Compositions de rectangle ». Cette production suggère effectivement un

prolongement de l'une des faces vers quelque chose de plus qu'un simple carré. La rétroaction que lui renvoie son propre dessin, est interprétée par l'élève C comme un immeuble. Faute de pouvoir reconnaître le cube dans son dessin, l'élève C va tout de même marquer le volume en ajoutant des éléments qui ajouteront de la ressemblance avec un immeuble; immeuble qui est, lui, objet tridimensionnel.

Il est possible de penser que l'élève A a été relancé par le dessin produit par l'élève C. Son dessin reflète effectivement l'immeuble de l'élève C, avec quelques modifications. Le volume est davantage marqué, dans cette production, par la pointe triangulaire qui apparaît accolée au  rectangle et par le carré qui est dessiné à côté de ce rectangle et qui  suggère une face de base qui ne peut être dessinée dans le tout puisque cachée en réalité.

L'élève C semble, à son tour, avoir été relancé par le dessin de l'élève A puisqu'on voit apparaître la même pointe triangulaire dans son dernier  dessin; pointe qui est davantage prononcée que dans le dessin de  l'élève A.

Tâche C : « On va essayer de compter combien il y a de lignes. »		
Unités d'interprétation	Productions des élèves	Interventions de l'expérimentatrice
Dénombrement du nombre d'arêtes	<p>Premier comptage</p> <ul style="list-style-type: none"> - Élève A : 12 arêtes - Élève B : 4 lignes - Élève C : 14 lignes <p>Élève C : « On va les recompter. »</p> <p>Deuxième comptage</p> <ul style="list-style-type: none"> - Élève A : 14 arêtes - Élève B : 3 lignes - Élève C : 15 lignes <p><i>L'élève B pose de la gommette uniquement sur les arêtes du dessus. Il compte ensuite, mais ne regarde pas son cube.</i></p> <p><i>L'élève A a placé la gommette sur les arêtes puis par la suite au milieu de chacune des faces pour faire comme un cadeau.</i></p> <p><i>L'élève A entreprend de compter les arêtes. Il tourne son cube dans tous les sens. Il n'arrive pas à s'organiser.</i></p>	<p><i>L'intervenante propose d'utiliser de la gommette pour faciliter le comptage.</i></p>
Invariance des propriétés du cube	<p>Élève C : « Moi, je vais compter les pointus » <i>Il prend deux cubes.</i></p> <p>Élève C : « Pas mal la même chose. »</p>	<p>« Est-ce que ça va être la même chose sur les deux cubes? »</p>
Dénombrement du nombre d'arêtes	<p>Troisième comptage avec l'aide de la gommette.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Élève A : 31 arêtes - Élève B : 8 arêtes - Élève C : 15 arêtes 	

Dénombrement du nombre de sommets	<p>Élève C : <i>Il recompte de nouveau les sommets des deux cubes.</i></p> <p>« Sur lui, 7. Maintenant, on va voir sur l'autre. Il y en a 7 aussi. »</p>	<p>« Ok, puis les pointus, comment en avais-tu? »</p>
Discussion sur le vocabulaire lié au solide géométrique	<p>Élève C : « Les sommets » [...]</p> <p>« Pour moi, les sommets puis les arêtes c'est pareil...pareil en voulant dire que les sommets puis les arêtes se collent ensemble. »</p>	<p>« Les lignes qui sont ici [...] s'appellent des arêtes. [...] Puis, les pointus [...] est-ce que tu te souviens comment ça s'appelle? »</p> <p>« Les arêtes se rejoignent ensemble puis ils forment un sommet. »</p>

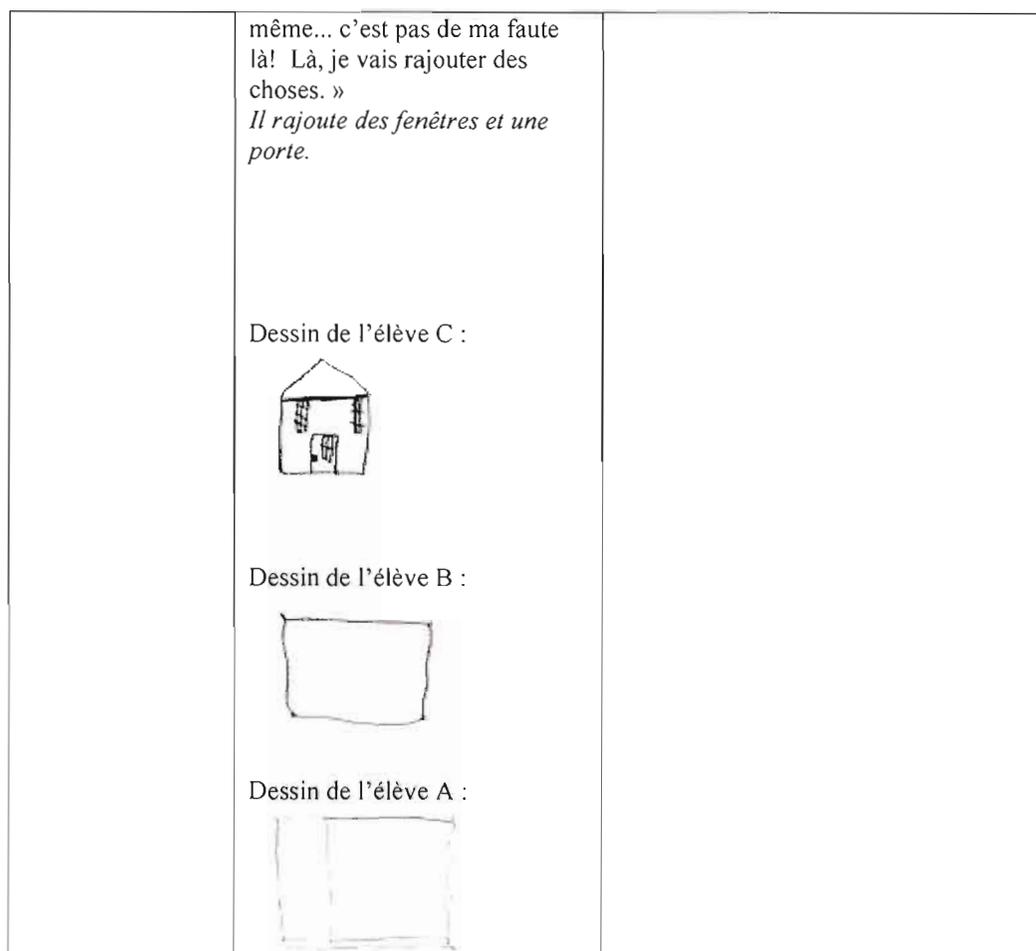
L'essence de cette boucle tient autour du dénombrement du nombre d'arêtes que comporte un cube lors d'une manipulation d'un cube-solide opaque. Cette tâche, pour laquelle il n'y a sans doute pas eu assez d'interactions de l'expérimentatrice afin de confronter les résultats des élèves, montre tout de même certaines difficultés des élèves à concevoir le cube-solide opaque comme un objet possédant un nombre invariant de faces et d'arêtes. En effet, l'élève B, qui dénombre 4 arêtes lors du premier comptage puis 3 arêtes lors du deuxième, ne considère les arêtes que sur la face supérieure du cube comme si tout le cube dépendait de cette seule face. Pour sa part, l'élève A, malgré un premier et deuxième dénombrements assez justes, entreprend le troisième en utilisant la gommette proposée par l'expérimentatrice. L'élève A tourne alors son cube dans tous les sens afin de dénombrer les arêtes et ne

considère plus à ce moment que le cube ne possède que six faces. Il tourne et retourne son cube comme si celui-ci possédait un nombre infini de faces.

Cette unité principale d'interprétation est entrecoupée par un enchaînement vers le caractère invariant que possèdent les propriétés du cube lorsque l'élève C entreprend de compter les « pointus » sur deux cubes. À la question « est-ce que ça va être la même chose sur les deux cubes? », l'élève C répond « pas mal la même chose ». Cette réplique de l'élève C montre une certaine connaissance de l'invariance des propriétés du cube ce qui explique sûrement que, malgré un premier dénombrement erroné du nombre de sommets, il cherche à arrimer son deuxième comptage avec le premier, sans toutefois y parvenir. Dans ce cas, la manipulation ne permet pas à l'élève C de conforter son hypothèse initiale tant le contrôle de la rotation, sur le plan instrumental, pose problème à l'élève.

La boucle se referme par une discussion autour du vocable utilisé pour désigner les « lignes » et les « pointus ». L'enchaînement produit par l'élève C, « Pour moi, les sommets puis les arêtes c'est pareil...pareil en voulant dire que les sommets puis les arêtes se collent ensemble. », montre encore une fois une compréhension de certaines propriétés du cube. Effectivement, un sommet est en effet produit par la rencontre de l'extrémité de trois arêtes.

Tâche D : « Tu vas dessiner le cube qui est devant toi. »		
Unités d'interprétation	Productions des élèves	Interventions de l'expérimentatrice
Dessin du cube opaque avec modèle avant l'enseignement du procédé	<p>Élève C : « C'est facile! Ça ressemble à une maison. »</p> <p>Élève C : <i>Il commence par dessiner un carré puis fait les deux obliques.</i></p> <p>« J'ai fait une maison quand</p>	« Moi, je t'ai dit dessine-moi le cube qui est devant toi. »



La boucle D s'organise autour du dessin du cube opaque par les élèves avec l'aide d'un cube sans qu'il y ait eu un enseignement du procédé préalablement. Suite au commentaire spontané de l'élève C « C'est facile! Ça ressemble à une maison. », on remarque que l'expérimentatrice recentre l'élève sur la tâche initiale soit de dessiner un cube. L'élève C, qui a cherché à se détacher de son idée initiale, en revient tout de même à constater qu'il a, bien malgré lui, dessiné une maison. Il a, en effet, dessiné un carré puis une pointe triangulaire au-dessus de ce dernier (dessin qu'il avait produit également lors de la tâche B) qui rappelle sans nul doute le dessin d'une maison à laquelle l'élève C a rajouté quelques ornements pour plus de ressemblance.

Le dessin de l'élève B est fort intéressant. On remarque qu'il a marqué d'un point plus foncé chacun des sommets. Ce « truc » graphique est considéré par Caron-Pargue (1985) comme le « codage épaisseur ». L'élève B, par ce procédé de codage, marque ainsi le volume de son cube. L'élève A va également utiliser le même procédé de codage afin de donner l'impression du volume aux deux rectangles



accolés qu'il a dessinés, dessin traité lors de la tâche B.

Tâche E : Distinction entre les cubes opaque et transparent		
Unités d'interprétation	Productions des élèves	Interventions de l'expérimentatrice
Différenciation du cube opaque et du cube transparent	<p>Élève C : « une boîte »</p> <p>Élève A : « Deux cubes croisés, je connais. »</p> <p>Élève C : « Ah, les deux sont pas pareils ».</p> <p>Élève B : « deux cubes collés »</p> <p>Élève A : « ouvert » « fermé »</p> <p>Élève C : « boîte fermée » « boîte ouverte »</p>	<p><i>L'intervenante dessine un cube opaque puis un cube transparent.</i></p> <p>« Qu'est-ce qu'il y a de pas pareil? »</p>

<p>Association du dessin du cube opaque au cube-solide manipulé préalablement par les élèves</p>	<p>Élève A : <i>Montre le dessin du cube opaque.</i></p> <p>Élève B : <i>Montre le dessin du cube opaque.</i></p> <p>Élève C : <i>Montre le dessin du cube transparent.</i></p> <p>Élève C : « même forme »</p>	<p>« Ce cube là (<i>cube jaune opaque</i>), il ressemble à ce dessin là ou celui là? »</p>
<p>Discussion à propos des termes opaque et transparent</p>	<p>Élève A : « Oui »</p> <p>Élève C : « de la vitre »</p> <p>Élève A : « C'est comme du ciment. »</p>	<p>« On va changer les mots ouverts puis fermés. Celui-là vous dites ouverts parce que l'on voit à l'intérieur, c'est ça? »</p> <p>« C'est comme si c'était en vitre. On est capable de voir à l'intérieur. »</p> <p>« Puis, celui-là, on est pas capable de voir à l'intérieur.»</p> <p>« Il est opaque. »</p> <p>« Celui-là, il est transparent comme de la vitre. Celui-là, il est opaque comme si c'était du ciment. »</p>
<p>Association du dessin du cube opaque au cube-solide manipulé préalablement par les élèves</p>	<p>Élève C : Opaque!</p>	<p>Maintenant, le cube (cube-solide opaque) est-ce qu'il est transparent comme de la vitre ou il est opaque comme du ciment?</p>

La boucle venant clore cette première séance s'articule, quant à elle, autour de la différenciation existant entre le cube opaque et le cube transparent. Lorsque l'intervenante dessine le cube transparent, les élèves A et B associent ce premier

dessin à « deux cubes croisés » et à « deux cubes collés » ce qui montre une certaine généralisation abusive du mot « cube », dont la signification englobe, en fait, le carré. On verra, également, se détacher l'idée d'une « boîte » « fermée », puis d'une « boîte » « ouverte » pour désigner les deux dessins, ces termes montrant « qu'il n'est pas possible de voir à l'intérieur » et « qu'il est possible de voir à l'intérieur ».

L'intervenante propose, par la suite, d'associer le cube-solide à l'un des deux dessins. Il est possible de constater que les élèves ne s'entendent pas. Si les élèves A et B montrent le dessin du cube opaque, l'élève C montre, pour sa part, le dessin du cube transparent en y ajoutant « il a la même forme ». Il est ici important de souligner le commentaire de l'élève C qui suggère que les deux dessins de cubes représentent un même objet géométrique, soit le cube.

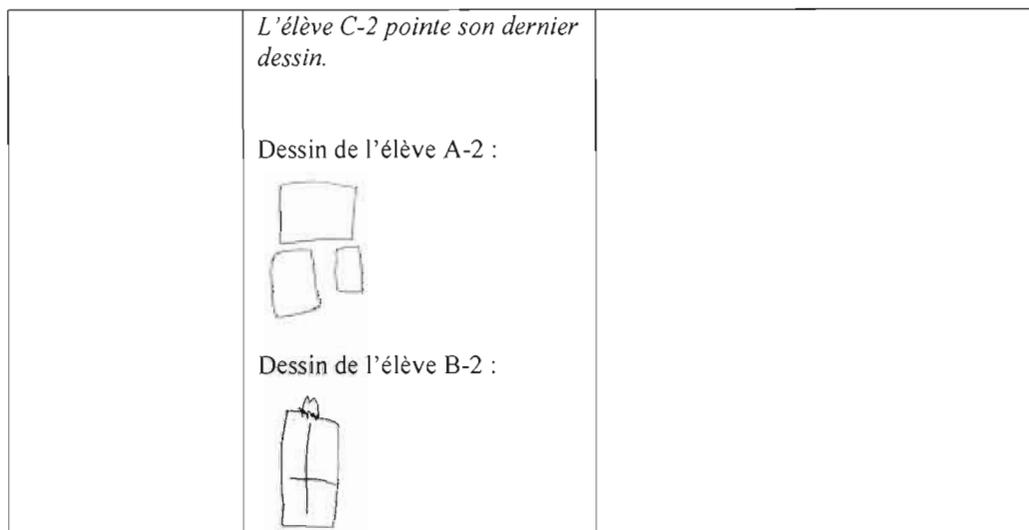
Un enchaînement subséquent, de la part de l'intervenante, à propos du vocabulaire utilisé, aide les élèves à prendre leur décision. L'intervenante va reprendre les termes « ouvert » et « fermé » pour les associer aux termes « opaque » et « transparent ». À ces termes, les élèves ajouteront « transparent comme de la vitre » et « opaque comme du ciment ». L'association du dessin du cube au cube-solide est par la suite possible. Les élèves identifient correctement le dessin du cube opaque comme étant le dessin représentant le mieux le cube-solide qu'ils ont devant eux.

5.1.2. Groupe 2

Tâche A : « Qu'est-ce qu'un cube? »		
Unité d'interprétation	Productions des élèves	Interventions de l'expérimentatrice
Évocation d'objets cubiques	<p><i>Aucune réponse spontanée</i></p> <p>Élève C-2 : « Un cadeau » Élève B-2 : « Une boîte »</p>	<p><i>L'expérimentatrice montre l'image d'un dé. « Un dé, c'est un cube. Est-ce qu'il y a autre chose qui est fait comme ça? »</i></p>

La première boucle de cette première séance s'organise autour de la consigne initiale « qu'est-ce qu'un cube? », consigne à laquelle les élèves ne produisent aucune réponse spontanée. Avec l'appui d'une image d'un dé à jouer, l'expérimentatrice relance la réflexion des élèves. Ceux-ci reconnaîtront dans un cadeau et dans une boîte quelque chose de similaire au dé à jouer.

Tâche B : « Je vais te demander de dessiner un cube. »		
Unité d'interprétation	Productions des élèves	Interventions de l'expérimentatrice
Dessin du cube sans contrainte et sans modèle servant de référence	<p>Dessins de l'élève C-2 :</p> <p><i>Il dessine trois carrés.</i></p>  <p><i>Puis, il fait ce dessin.</i></p> 	<p>« Lequel de tes dessins ressemble le plus à un cube? »</p>



Le dessin du cube sans contrainte et sans modèle servant de référence donne la consistance à cette deuxième boucle. Même si les élèves ne semblaient guère savoir ce qu'était un cube, les dessins produits par l'élève C-2 nous portent à croire le contraire. Après avoir dessiné trois carrés disjoints qui évoquent, en fait, la présence de plusieurs faces du cube, il produit un autre dessin qui regroupe ces trois carrés en un même tout. Ce deuxième dessin rend compte d'une réorganisation témoignant d'un certain effet de volume. Selon la typologie des dessins de Caron-Pargue (1985), il s'agirait en fait d'une combinaison de dessins de même catégorie. On peut reconnaître dans le dessin de l'élève C-2  le « quadrilatère avec appendice »  ainsi que « deux rectangles accolés ».

Le dessin de l'élève B-2 est également fort intéressant. Il semble avoir été alimenté par l'évocation des objets cubiques fait préalablement. À la question « Qu'est-ce qu'un cube? », l'expérimentatrice avait amené les élèves à associer le cube à un objet concret. L'élève B-2 avait alors associé la forme cubique à un cadeau. Ainsi donc, le dessin produit par le même élève, lorsqu'un dessin de cube lui est demandé, s'avère tout à fait logique.

« Qu'est-ce qu'un cube? » → « un cadeau » → « Dessine-moi un cube. » → 

Le dessin de l'élève A-2, sans doute alimenté par le premier dessin de l'élève C-2, a dessiné trois carrés disjoints tout comme l'avait fait ce dernier. Ces carrés, comme nous l'avons mentionné précédemment, évoquent sûrement la présence de plus d'une face au cube.

Tâche C : « Dis-moi ce que tu vois sur ton cube. »		
Unités d'interprétation	Productions des élèves	Interventions de l'expérimentatrice
Identifier les composantes du cube : arêtes, sommets, faces.	<p>Élève C-2 : « Des carrés »</p> <p>Élève B-2 : « Des lignes »</p>	« Oui, il y a des petits carrés. »
Dénombrement du nombre d'arêtes.	<p>Élève B-2 : « Il y en a trois. »</p> <p><i>Ils posent de la gommette uniquement sur la face supérieure du cube puis ils arrêtent.</i></p> <p>Élève B-2 : Oups! <i>Suite à l'intervention de l'élève B-2, tous les élèves entreprennent de coller des gommettes sur toutes les faces du cube en tournant celui-ci.</i></p> <p>Élève B-2 : « Beaucoup! »</p> <p>Élève A-2 : <i>Il cherche, il semble ne plus se souvenir.</i> « Il y en a 10. »</p> <p>Élève B-2 : « 90 »</p> <p>Élève C-2 : « 20 »</p>	<p>« On va les compter ensemble. »</p> <p>« On va faire des petites boules avec de la gommette puis on va les placer sur les lignes, sur les grandes lignes. »</p> <p>« Il y en a partout? »</p> <p>« Combien il y a de lignes? »</p> <p>« C'est combien ça beaucoup? »</p>

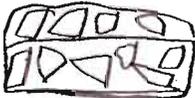
	<p>Élève A-2 : « 15 »</p> <p>Élève C-2 : « 18 »</p> <p>Élève B-2 : <i>Elle regarde autour d'elle. Elle ne contrôle pas le dénombrement. Elle fini par dire : « 15 ».</i></p>	<p>« Les amis on arrive pas personne au même nombre de lignes. Qu'est-ce qu'on va faire? Pensez-vous que si on compte les boulettes en les enlevant, on va pouvoir mieux compter? »</p>
Dénombrement du nombre de sommets	<p><i>Les élèves B-2 et C-2 comptent les sommets. Ils tournent leur cube en comptant. Ils arrivent leur comptage et arrêtent sur le nombre 10.</i></p> <p>Élève C-2 : « 10 »</p> <p>Élève B-2 : « Ah! 10 »</p> <p><i>L'élève A-2 compte les sommets. Il tourne son cube dans tous les sens et arête de compter lorsqu'il arrive à 10.</i></p> <p>Élève A-2 : « 10 »</p> <p><i>Ils enlèvent leurs boulettes une à la fois puis ils arrivent à 8.</i></p>	<p>« On ben là...on n'arrive pas encore à la même chose. Pensez-vous que vous seriez capable d'arriver au même nombre de pointus? »</p> <p>« Je pense qu'on va essayer encore avec la gomme bleue »</p> <p>« Moi tantôt, je les ai comptés puis j'en avais 7. Voulez-vous on va enlever les gommettes pour voir? Mettez vos boulettes sur la table. »</p>

Cette troisième boucle qui se voulait être une exploration et une manipulation d'un cube-solide opaque s'est amorcée par la question initiale « Dis-moi ce que tu vois sur ton cube? ». Bien que la formulation de la question laisse sans nul doute place à

l'amélioration, les élèves ont tout de même compris ce que l'expérimentatrice attendait d'eux. L'élève C-2 a tout de suite mentionné la présence de carrés sur le cube. Ces « carrés » ne font ici en aucun cas référence aux faces du cube, mais plutôt aux centi-cubes marqués sur le cube. En effet, lors du choix du matériel, nous n'avions pas considéré l'aspect distrayant de ce type de découpes en fonction des tâches que nous voulions réaliser. L'élève B-2, pour sa part, a repéré les arêtes du cube qu'elle a nommé les « lignes », ce qui fut récupéré par l'expérimentatrice afin d'amener les élèves à dénombrer le nombre total de ces « lignes ». Chacun des élèves ne compte alors que les arêtes sur la face supérieure du cube. L'expérimentatrice invite alors les élèves à placer de la gommette sur les arêtes du cube afin de marquer chacune d'elles. Encore une fois, les élèves ne posent de la gommette que sur la face supérieure du cube. Lorsque l'expérimentatrice intervient en demandant « Est-ce qu'il y en a partout? », l'élève B-2 remarque qu'il y a d'autres arêtes et continue son travail, ce qui incite les autres élèves à faire de même. Une fois terminée, les élèves se mettent à dénombrer chacune des arêtes. Cette tâche devient rapidement ardue, car les élèves ne contrôlent pas tous le dénombrement. De plus, l'élève B-2 tourne le cube dans tous les sens comme si celui-ci possédait un nombre infini de faces et, ceci, tout en récitant la comptine numérique très rapidement. Elle obtient alors 90 arêtes.

Devant les difficultés manifestées par les élèves, l'expérimentatrice suggère alors de dénombrer les arêtes en enlevant une à une les gommettes. Toutefois, la manipulation du matériel s'avère alors une difficulté supplémentaire. En effet, les élèves ont mis certaines gommettes par-dessus d'autres. Elles ont collé et ils ne peuvent alors plus les recompter. L'expérimentatrice décide donc de laisser tomber le dénombrement des arêtes et leur lance alors un défi. En suggérant aux élèves de dénombrer le nombre de sommets, l'expérimentatrice dit à ces derniers : « Pensez-vous que vous seriez capable d'arriver au même nombre de pointus? ». La formulation de cette question qui suggère alors davantage que les élèves arrivent à

un nombre identique de sommets qu'à un dénombrement juste de ceux-ci semble expliquer les réponses des élèves. En effet, les élèves A-2 et B-2 ont ajusté volontairement leur comptage en fonction du résultat obtenu par l'élève C-2 de sorte qu'ils obtiennent tous 10 sommets. L'expérimentatrice, un peu prise au dépourvu devant cette situation pour le moins inattendue, a alors confronté le résultat obtenu par les élèves en leur mentionnant qu'elle en avait pour sa part compté 7. En enlevant une à une les gommettes et ce, avec le soutien de l'expérimentatrice qui guide le comptage, les élèves obtiennent alors 8 sommets ce qu'ils ne réfutent pas.

Tâche D : « Regarde bien le cube et dessine la même chose sur ta feuille. »		
Unité d'interprétation	Productions des élèves	Interventions de l'expérimentatrice
Dessin du cube opaque avec modèle avant l'enseignement du procédé	Dessin de l'élève B-2 :  Dessin de l'élève A-2 :  Dessin de l'élève C-2 : 	

L'essence de cette boucle tient au dessin du cube opaque lors de l'observation d'un cube-solide opaque. Lors de cette tâche, il est possible de constater que le choix du matériel (cube marqué de centi-cubes) a influencé le dessin des élèves qui ont tenté

de reproduire le plus fidèlement possible le cube se trouvant devant eux. Ainsi, la présence de petits carrés à l'intérieur d'un plus grand se remarque dans le dessin de l'élève B-2  et dans celui de l'élève C-2 . Toutefois, il est possible de remarquer dans les dessins de l'élève C-2 un certain codage permettant de marquer le volume du cube. En effet, le carré est divisé en 2 comme pour indiquer la présence d'une autre face ce qui suggère ainsi que le cube n'est pas seulement composé d'un carré. L'élève A-2 a, pour sa part, dessiné un grand carré et 5 petits carrés disjoints au-dessus du premier ce qui laisse croire à une représentation des 6 faces du cube.

Tâche E : « Montre-moi le dessin qui est pareil comme le cube.»		
Unité d'interprétation	Productions des élèves	Interventions de l'expérimentatrice
Association du dessin du cube opaque au cube-solide manipulé préalablement par les élèves	<p>Élève B-2 : <i>Il pointe le cube transparent.</i></p> <p>Élève A-2 : <i>Il pointe le cube opaque.</i></p> <p>Élève C-2 : <i>Il pointe le cube opaque.</i></p>	<p><i>L'expérimentatrice dessine un cube opaque puis un cube transparent.</i></p> <p>« Montre-moi le dessin qui est pareil comme le cube. Est-ce qu'il y en a un qui est pareil? »</p>

Cette nouvelle tâche « Montre-moi le dessin qui est pareil comme le cube.» (*sic*) marque le début d'une nouvelle boucle qui ne sera toutefois pas complétée, faute de temps. Il est toutefois à noter que suite au dessin du cube opaque et du cube transparent, les élèves ne sont pas tous en mesure d'associer le dessin du cube opaque comme étant le dessin qui représente le cube préalablement manipulé. L'élève B-2 a, en effet, identifié le dessin du cube transparent comme étant celui qui représentait le cube-solide opaque.

5.2. Découpage du protocole de la séance 1 pour chaque groupe (13 avril)

5.2.1. Groupe 1

Tâche A : « Est-ce que tu te souviens, la dernière fois, nous avons fait ces dessins (cube opaque et cube transparent)? »		
Unités d'interprétation	Productions des élèves	Interventions de l'expérimentatrice
Retour sur la dernière séance : dessin du cube opaque et dessin du cube transparent	<p>Élève A : « Ah, ça je me rappelle... fermé et ouvert »</p> <p>Élève A : « arêtes », « sommets »</p> <p>Élève C : « Les arêtes, c'est les lignes. Les sommets... »</p> <p>Élève C et A : « C'est les pointus. »</p> <p>Élève C : « Une fenêtre »</p> <p>Élève A : « Un coffre... un coffre aux trésors »</p> <p>Élève C : « transparent »</p> <p>Élève A : « à du ciment »</p>	<p><i>L'expérimentatrice montre le dessin du cube transparent et le dessin du cube opaque fait lors de la dernière séance.</i></p> <p>« Quels mots on avait trouvé déjà pour fermé et ouvert? »</p> <p><i>L'expérimentatrice montre de nouveau le dessin du cube transparent.</i></p> <p>« Ça faisait penser à quoi déjà? »</p> <p><i>L'expérimentatrice montre le dessin du cube opaque.</i></p> <p>« Puis celui-là? »</p> <p>« Tu étais sur la bonne voie quand tu m'as dit une fenêtre. »</p> <p>« C'était trans... »</p> <p>« transparent comme de la vitre puis celui-là (dessin du cube opaque)... »</p> <p>« ça ressemblait à du ci... »</p> <p>« opaque comme du ciment »</p> <p>« transparent comme de la vitre »</p>

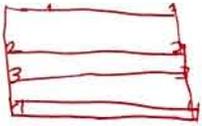
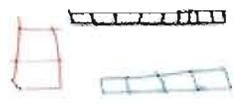
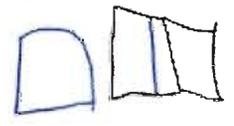
Pour cette nouvelle séance, l'expérimentatrice présente d'entrée de jeu le dessin du cube transparent puis celui du cube opaque afin de faire émerger chez les élèves certaines notions explorées lors de la séance A. Cette mise en situation constitue

l'essence de cette première boucle. Elle permettra de constater le retour des réponses spontanées des élèves données à la séance A avec les qualificatifs « ouvert » et « fermé » pour désigner de façon respective le cube transparent, puis le cube opaque. L'expérimentatrice insistera alors pour que les élèves retrouvent les mots justes permettant de qualifier les cubes. L'élève A fera ainsi référence aux arêtes et sommets comme possible réponse attendue. L'élève C enchaînera immédiatement en donnant la nature exacte de ces mots « Les arêtes, c'est les lignes. Les sommets [...] c'est les pointus. », témoignant ainsi d'un certain apprentissage des concepts entourant les propriétés des solides.

Bien que les élèves aient été en mesure de faire référence à une fenêtre pour l'objet qui leur rappelait le cube transparent, le terme « transparent » a dû être initié par l'expérimentatrice par un effet Topaze⁶. St-Laurent (1994) qualifierait également d'intervention verbale indirecte cette stratégie d'enseignement qui consiste à donner « des indices verbaux indirects pour exécuter une activité » (p.60).

Pour le caractère opaque, l'élève B a fait référence à un coffre. Cette réponse que l'expérimentatrice a décidé d'ignorer parce qu'elle ne correspondait pas à celle obtenue lors de la séance A démontrait toutefois une compréhension juste du concept d'opacité par l'élève qui a pris soin d'ajouter « aux trésors » à sa réponse. En effet, le fait d'ajouter cette précision permettait d'éliminer les ambiguïtés quant à la question « est-ce qu'il est possible de voir à l'intérieur du coffre? » ce qui n'aurait alors pas été conforme au caractère d'un objet opaque. Un coffre aux trésors suggère bien l'idée qu'il n'est pas possible de voir à l'intérieur (le trésor y étant caché) et qu'il est donc opaque.

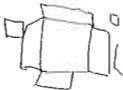
⁶ Il y a effet Topaze, lorsque l'enseignant « suggère la réponse en la dissimulant sous des codages didactiques de plus en plus transparents » (Brousseau, 1998, p.52).

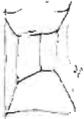
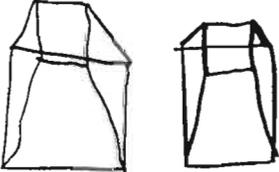
Tâche B : « Je veux que tu dessines [...] le même sur ton papier. »		
Unités d'interprétation	Productions des élèves	Interventions de l'expérimentatrice
Dessin du cube transparent avec un cube servant de modèle (cube de pailles) à l'aide d'un crayon à la mine	<p>Dessin de l'élève C :</p>  <p>Élève B :</p>  <p>Dessin de l'élève A :</p>  <p>« Ah, ça ne ressemble pas à ça! »</p>	
Dessin en couleurs du cube transparent avec un cube servant de modèle (cube de pailles)	<p>Élève A : « Mais c'est la même affaire! »</p> <p>Dessin de l'élève A :</p>  <p>Dessin de l'élève C :</p>  <p>Dessin de l'élève B :</p> 	« Maintenant, sur ton autre moitié de feuille, tu prends les couleurs de ton choix et tu me fais encore le même. »

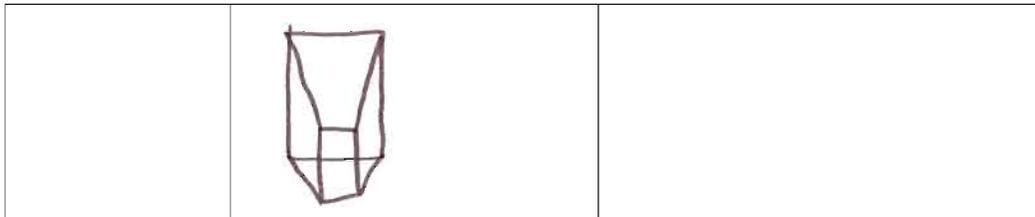
Cette première tâche qui visait la reproduction d'un cube « transparent »⁷, c'est-à-dire un cube représenté par ses arêtes à l'aide de douze pailles, vient marquer la deuxième boucle de cette séance. Les dessins ont d'abord été réalisés en noir à l'aide d'un crayon à la mine puis faits, par la suite, avec de la couleur. D'abord, dans la version en noir, on peut remarquer que les élèves B et C ont tout simplement dessiné un carré tandis que le dessin de l'élève A montre, pour sa part, certaines marques de volume. Sur le dessin, sont en effet numérotés les huit sommets du cube par deux séries de 1 à 4, ceux-ci étant reliés à l'aide de traits. Pour ce qui est du dessin en couleurs, nous voulions voir dans quelle mesure l'utilisation de la couleur serait liée aux couleurs des pailles du cube puis de quelle façon elle influencerait le dessin des élèves. Nous avons ainsi pu constater que l'utilisation de la couleur chez l'élève A n'affectait en rien l'interprétation qu'il avait de la tâche initiale puisque, suite à la consigne de l'expérimentatrice, ce dernier a ajouté le commentaire « C'est la même affaire! ». De plus, le dessin qu'il a produit démontre bien que la couleur n'a effectivement tenu aucun rôle particulier puisque, d'une part, ses deux dessins sont exactement les mêmes puis, d'autre part, l'unique couleur qu'il a utilisée ne représente pas les couleurs des pailles du cube. La couleur n'est donc pas associée aux propriétés de l'objet géométrique ce qui semble légitime d'une activité engagée uniquement sur l'objet « cube » plutôt qu'une construction cubique de pailles de couleurs. Pour sa part, l'élève C a produit trois dessins similaires soit plusieurs carrés attachés les uns aux autres ce qui n'est pas sans rappeler ce que Caron-Pargue (1985) avait appelé « remplissage avec contiguïté ». Pour ce qui est de l'utilisation de la couleur, celle-ci ne semble pas avoir été choisie d'une façon particulière autre que par ordre de préférence de l'élève. L'évolution du dessin de l'élève C suite au dessin en noir ne serait non plus attribuable uniquement à l'utilisation de la couleur.

⁷ Nous ferons l'usage du terme « transparent » pour désigner une structure cubique formée par des pailles de couleurs. Bien que l'usage de ce terme soit abusif, il rend bien compte du caractère de la transparence qui laisse passer la lumière et donc, par conséquent, qui laisse voir les objets placés derrière la surface transparente. En effet, les faces du cube sont créées par l'assemblage des pailles qui les laissent « transparentes ».

Il y a fort à parier que ce deuxième dessin ait été influencé par les productions de l'élève A qui avait dessiné « quelque chose de plus » que le carré qu'il avait lui-même dessiné. Pour sa part, l'élève B a produit quelque chose qui rappelle les dessins des deux autres élèves. Son dessin montre effectivement le carré dessiné précédemment par l'élève C combiné à un autre dessin qui ressemble étrangement à celui de l'élève B. Toutefois, les divisions à l'intérieur du carré initial sont verticales plutôt qu'horizontales.

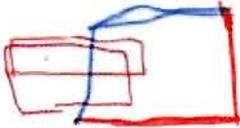
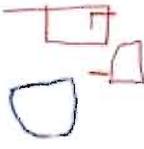
Tâche C : « Maintenant, je vais te montrer comment moi je le dessine. Après, c'est toi qui vas essayer avec la façon que je vais te montrer. »		
Unités d'interprétation	Productions des élèves	Interventions de l'expérimentatrice
Enseignement et essais sur le procédé des deux carrés décalés et reliés	<p>Élève A : C'est deux carrés croisés ça!</p> <p>1er dessin de l'élève C :</p> <p>1er dessin de l'élève A :</p>  <p>1er dessin de l'élève B :</p>  <p>Élève C : « Ben là, tu l'as fait sur le côté, moi je l'ai fait</p>	<p>« Pour faire un cube transparent comme de la vitre, je dessine d'abord un carré. J'en dessine encore un autre ... »</p> <p>« Puis je dessine des arêtes pour relier les sommets. Ça me donne mon cube. »</p> <p>« J'en fais un autre. Je dessine un carré. J'en fais un autre dans le milieu. »</p>

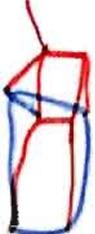
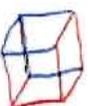
	<p>carrément dans le milieu. Je vois pas la différence moi. »</p> <p>Élève C : Ben c'est pas grave de loin c'est petit.</p> <p>Élève B : Je les envoie où?</p>  <p>« Ah...encore manqué! » <i>Les élèves s'engagent dans une suite de dessins.</i></p> <p>Dessins de l'élève A :</p>  <p>Dessins de l'élève B :</p>  <p>Dessins types de l'élève C :</p>  <p>Puis, l'élève C fait ce dessin :</p>	<p>« Moi, je vois ici un grand carré puis un autre tout petit. »</p> <p>« Oui, c'est ça c'est comme si on le voit de loin. Essaie donc maintenant d'en faire un si on le voit pas de loin. »</p> <p>« J'en fais un autre. Je fais d'abord un carré...un autre comme ça. Ensuite, on prend les coins. »</p>
--	---	--

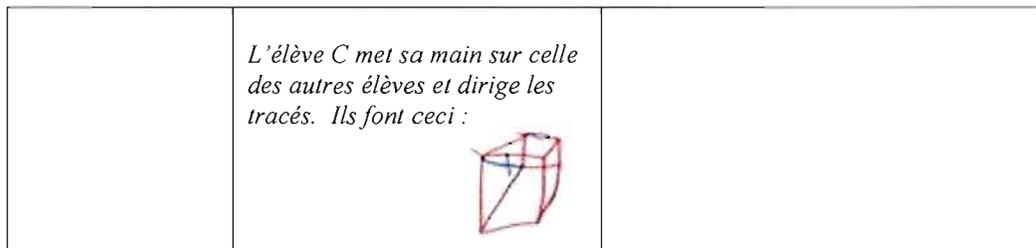


Cette troisième boucle est formée par les essais des élèves sur la méthode des deux carrés croisés et décalés puis reliés entre eux. Lors de leur première tentative, on peut voir que le dessin de l'élève C s'approche particulièrement de la perspective cavalière à l'exception du deuxième carré qui n'est pas décalé par rapport au premier, mais se retrouve plutôt dans son milieu et est plus petit que le premier. Lors de sa première tentative, l'élève C semble fort étonné de son résultat. En effet, lorsqu'il dessinait, il ne semblait pas réaliser que chacun de ses gestes graphiques formerait un tout, soit le cube. Il ne semblait pas voir l'ensemble, mais qu'une suite de lignes dessinées les unes après les autres. Par la suite, l'élève C produira une suite de dessins répondant à une certaine logique soit « [...] de loin, c'est petit. » Il finira toutefois par faire un dernier dessin qui montre l'inverse soit une face antérieure plus petite que la face opposée. Ce que produit l'élève A, pour sa part, se rapproche davantage « des développements » évoqués par Caron-Pargue (1985). En effet, il est possible de distinguer deux sous-catégories dans ses dessins soit le développement avec une « Composition de rectangles »  et le développement avec une « Composition d'obliques » . Il est à noter que cette représentation est considérée par Jacomo (2002) comme une représentation juste du cube selon une vue rapprochée de la face avant. L'élève B, quant à lui, fait plusieurs essais successifs, mais aucun d'eux ne correspond au modèle dessiné par l'expérimentatrice. En effet, il a beaucoup de difficultés à placer les deux carrés.

Tâche D : « Vous avez une feuille pour les trois. Vous avez, trois crayons pour les trois. Sur la feuille, je veux seulement un cube, donc un dessin. Sur le cube, il doit y avoir les trois couleurs »

Unités d'interprétation	Productions des élèves	Interventions de l'expérimentatrice
Essais du procédé des deux carrés décalés et reliés en équipe	<p>Les deux premières tentatives donnent ceci :</p> <p>1ère</p>  <p>2e</p>  <p>Élève C : « Moi, je vais faire ça. Ça prend une arête ici, ici, ici, comme ça. »</p> <p>Élève B : « Il va en avoir des lignes. »</p> <p>Élève A : « Ça marche! »</p> <p>Élève C : « On commence? »</p> <p>Élève A : « Allez les Alouettes! »</p> <p><i>L'élève C fait le premier carré (orange)</i> <i>L'élève B fait le deuxième carré</i></p>	<p>« Là, je pense que ce qu'il vous manque, c'est un plan, une stratégie comme les joueurs de football. Organisez-vous les trois ensembles pour trouver une façon que les trois travaillent. »</p>

	<p><i>(bleu)</i> <i>L'élève A fait une arête (rouge)</i></p> <p>Élève A : « Une arête ici »</p> <p>Élève C : « Non pas là! Ça fait cent fois que je te l'explique que c'est pas là. »</p> <p><i>L'élève C fait les autres arêtes.</i></p> <p>La 3e tentative</p>  <p>Élève B : « Pourquoi on se pratique pas sur lui en premier? »</p> <p><i>Les élèves mettent de la couleur sur le cube que l'expérimentatrice vient de dessiner.</i> <i>Ils font :</i></p>  <p>Élève C : « On le refait...mais essayer de.... »</p> <p><i>L'élève C dessine :</i></p>  <p>L'élève C : « Je vais vous guider la main. »</p>	<p><i>L'expérimentatrice dessine de nouveau le cube transparent.</i></p> <p>« Je répète mes consignes. Un cube, trois couleurs et les trois doivent participer au dessin. »</p>
--	--	---



La dernière boucle de cette séance s'articule autour du dessin collectif du cube transparent avec le procédé enseigné. Les deux premières tentatives montrent les difficultés des élèves à s'organiser. Les élèves A et B se laissent diriger par l'élève C qui semble savoir contrôler la tâche à effectuer. Il ne fait toutefois aucune correspondance entre les couleurs du cube de pailles et les couleurs des crayons.

Suite à l'intervention de l'expérimentatrice afin que les élèves se consultent pour se donner un plan de travail, il est possible de constater dans la troisième tentative que chacun des élèves doit remplir une tâche précise. Un premier élève dessine le premier carré, un autre doit faire le deuxième carré puis finalement le troisième élève doit relier les carrés entre eux ce qui se retrouve être une procédure fort efficace pour réaliser la tâche demandée. Toutefois, l'élève A, supposé relier les carrés entre eux, éprouve de la difficulté et l'élève C remplira la tâche à sa place.

Devant les difficultés des élèves, l'expérimentatrice dessine de nouveau le cube transparent à l'aide du procédé graphique. L'élève B propose alors à ses compagnons d'utiliser le cube (en noir) de l'expérimentatrice pour se « pratiquer ». Il n'est toutefois pas possible d'y déceler de stratégies particulières utilisées par les élèves qui se contentent de tracer avec des couleurs par-dessus les lignes noires.

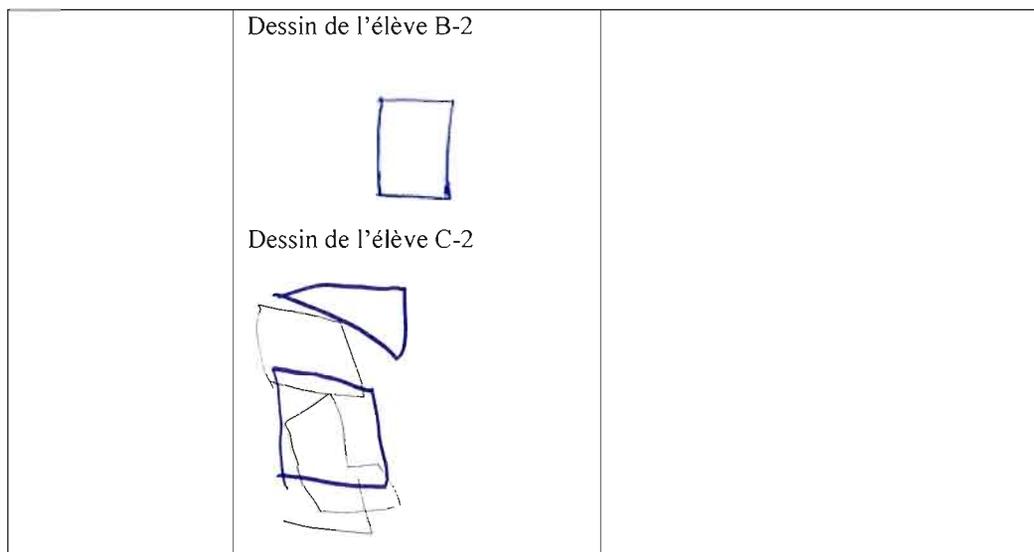
Une fois cette « pratique » complétée, l'élève C dessinera seul le cube transparent; les autres le regardant. L'expérimentatrice répétera alors une des exigences de la tâche soit que les trois élèves doivent participer au dessin. L'élève C s'assurera

alors de répondre à l'exigence de l'expérimentatrice en plus de produire une « bonne réponse » en utilisant les règles du jeu. Il suggère alors de « guider » la main de ses camarades.

5.2.2. Groupe 2

Tâche A : « On avait vu ce cube là, la dernière fois. (<i>cube-solide opaque</i>) Est-ce que tu te souviens à quel dessin il ressemblait le plus? » (<i>dessin du cube opaque</i> ou <i>dessin du cube transparent</i>)		
Unités d'interprétation	Productions des élèves	Interventions de l'expérimentatrice
Retour sur la dernière séance : dessin du cube opaque et dessin du cube transparent	<p><i>L'élève A-2 et C-2 pointe le dessin du cube transparent et l'élève B-2 pointe le dessin du cube opaque.</i></p> <p><i>L'élève B-2 place le cube de pailles et le cube-solide opaque devant le dessin correspondant.</i></p> <p>Élève A-2 : « C'est ça! » Élève C-2 : « Non ici ». (<i>Il change les cubes de place.</i>)</p> <p>Élève A-2, B-2, C-2 : « Non »</p>	<p><i>L'expérimentatrice montre le dessin du cube transparent et le dessin du cube opaque fait lors de la dernière séance.</i></p> <p><i>L'expérimentatrice montre un cube fait en pailles.</i> « Celui-là (cube-solide opaque) ressemble à un dessin et celui-là (cube « transparent ») ressemble à un autre dessin. »</p> <p>« Celui-là (cube de pailles), c'est un cube que l'on est capable de voir dedans. C'est comme si on regardait par une fenêtre. Regardez par ma fenêtre. » « Celui-là (cube opaque), est-ce qu'on est capable de voir dedans? »</p> <p>« C'est pour ça qu'il ressemble à lui (dessin du cube transparent) parce qu'on est pas capable de voir dedans. »</p>

Cette nouvelle séance s'amorce par la présentation des dessins du cube opaque puis du cube transparent, que les élèves avaient brièvement explorés lors de la séance précédente, afin qu'ils associent un de ceux-ci au cube-solide manipulé également lors de la séance précédente. Les élèves ne sont toutefois pas tous en mesure d'identifier le dessin correspondant au cube-solide. À l'instar de la séance A, l'élève B-2 identifie de façon erronée les dessins. L'expérimentatrice présente alors

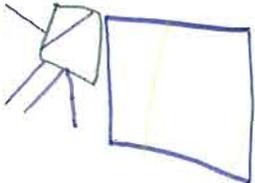
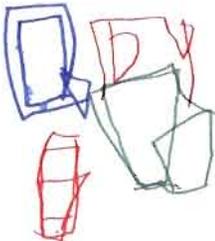
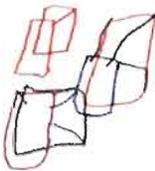


Cette deuxième boucle, qui marque en fait la véritable première tâche de cette séance, est formée des dessins du cube transparent (les élèves ont sous les yeux le cube représenté par ses arêtes à l'aide de 12 pailles de couleurs) d'abord faits, lorsque les élèves disposent uniquement d'un crayon à la mine, puis lorsqu'ils disposent de crayons de couleurs. L'usage de la couleur n'a eu aucun effet visible dans les dessins des élèves A-2 et B-2. Pour ces deux élèves, le cube est représenté par un carré et ce, à la fois lorsqu'ils font usage du crayon à la mine et à la fois lorsqu'ils utilisent les crayons de couleurs. De plus, les couleurs choisies ne rappellent pas celles des pailles du cube transparent.

Pour sa part, l'élève C-2 a fait deux dessins avec le crayon à la mine (dessins qui se retrouvent en arrière plan) puis deux dessins avec son crayon de couleur. Pour cet élève, il est également possible de remarquer les dessins de deux carrés, un dessiné en noir et l'autre en couleur, tout comme l'avait dessiné les élèves A-2 et B-2. Par contre, l'élève C-2 a aussi dessiné deux autres formes dont l'une, en couleur, ressemble à une pointe triangulaire, pointe qui marque le volume par son point de fuite.

Tâche C : « Ça va être à toi d'essayer de dessiner le cube transparent comme je viens de le faire. »

Unités d'interprétation	Productions des élèves	Interventions de l'expérimentatrice
<p>Enseignement et essais avec un crayon à la mine du procédé des deux carrés décalés et reliés</p>	<p>Élève B : Oui</p> <p>Dessins de l'élève A-2 :</p> <p>Dessin 1 Dessin 2</p>  <p>Dessin 3 Dessin 4</p>  <p>Dessins de l'élève B-2 :</p> <p>Dessin 1 Dessin 3</p>  <p>Dessin 2 Dessin 4</p>  <p>Dessins de l'élève C-2</p> <p>Dessin 1 Dessin 2</p>  <p>Dessin 3 Dessin 4</p> 	<p>« Maintenant, je vais te montrer comment moi je dessine le cube transparent. Ok, tu vas bien regarder comment je le dessine. Je commence par dessiner un carré ensuite j'en fais un deuxième par-dessus, mais un petit peu à côté. Ensuite, je prends les coins et je les relie aux autres coins. Est-ce que ça ressemble à celui-là (cube de pailles)? »</p> <p><i>L'expérimentatrice le dessine une deuxième fois.</i></p> <p>« Maintenant, je vais te donner une feuille et ça va être à toi d'essayer de dessiner le cube transparent comme je viens de le faire. »</p>

<p>Enseignement et essais avec des crayons de couleurs du procédé des deux carrés décalés et reliés</p>	<p><i>Les élèves se précipitent sur les crayons. L'élève B-2 et C-2 veulent le même crayon et ils se chicanent. Ils semblent choisir les crayons selon leurs préférences des couleurs.</i></p> <p>Dessins de l'élève A-2</p>  <p>Dessins de l'élève B-2</p>  <p>Dessins de l'élève C-2</p> 	<p>« Je vais le dessiner encore, mais cette fois-ci, je vais prendre de la couleur (L'expérimentatrice choisit les 3 mêmes couleurs que les pailles utilisées pour la fabrication du cube.) Tu regardes bien. »</p>
---	---	---

L'essence de cette troisième boucle tient aux essais des élèves sur la méthode des deux carrés croisés et décalés, puis reliés entre eux par des segments afin de dessiner le cube transparent. Les élèves disposaient uniquement d'un crayon à la mine lors des premières tentatives, puis, par la suite, ils devaient utiliser les crayons de couleurs.

Lors de ses premiers essais, avec l'utilisation du crayon à la mine, il est possible de remarquer que l'élève A-2 a dessiné deux carrés superposés, mais non décalés l'un par rapport à l'autre. Son quatrième dessin, pour sa part, est marqué par un meilleur positionnement des deux carrés et des arêtes. Toutefois, il est possible de constater que la face du cube qui est habituellement cachée, car placée sur une surface, est en partie représentée. En effet, un triangle sous le cube semble désigner la sixième face du cube. Pour sa part, les deux premiers dessins de l'élève B-2 montrent uniquement deux carrés de grandeurs inégales et non centrés. Après ces premières tentatives, il est possible de remarquer un réajustement dans le troisième dessin montrant une certaine progression du procédé graphique. En effet, les dimensions des carrés se veulent davantage similaires ce qui ne permet pas toutefois de les relier entre eux, car ces derniers n'étaient pas suffisamment décalés. Le quatrième dessin montre, quant à lui, deux carrés aux dimensions inégales. Le deuxième carré superposé au premier et plus grand que celui-ci semble représenter une solution au problème du décalage des formes. En effet, le deuxième carré montre un sommet commun, avec le premier carré, à partir duquel il a été dessiné. Le surdimensionnement du deuxième carré donne alors l'impression d'être décalé et permet le dessin d'une première arête. L'élève C-2 dessine quant à lui, lors de son premier essai, deux carrés de grandeurs inégales qui ne lui permettent pas de bien positionner les traits des arêtes. Il est possible de remarquer un certain réajustement lors de son quatrième dessin quant aux dimensions des carrés et à la position des arêtes. Toutefois, le dessin semble inachevé puisque seulement deux arêtes sont représentées.

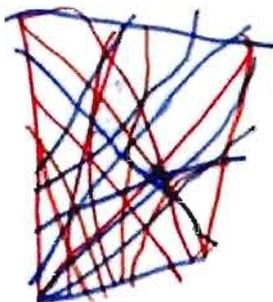
Lors de l'utilisation de la couleur, les essais montrent, pour l'élève A-2, deux dessins pour lesquels il est possible de percevoir un positionnement incorrect des deux carrés, carrés qui ne sont pas suffisamment décalés l'un par rapport à l'autre. Pour l'un de ces dessins, la présence d'arêtes reflètent bien l'idée que celles-ci doivent « partir d'un point » pour aller « vers un autre point » sans, toutefois, présenter un positionnement juste.

L'élève B-2 a fait plusieurs essais dont l'un d'entre eux se distingue particulièrement. En effet, le dessin montre deux carrés emboîtés auxquels une pointe triangulaire y est accolée. Cette pointe montre sûrement la présence d'une face cachée du cube montrant ainsi que ce dernier possède bien un volume.

Les essais de l'élève C-2 sont particulièrement similaires au dernier dessin qu'il avait réalisé lors des essais avec l'utilisation d'un crayon à la mine. Chacun d'entre eux montre la présence des deux carrés et la présence d'arêtes les reliant. Le positionnement à la fois des carrés et à la fois des arêtes est toutefois incorrect.

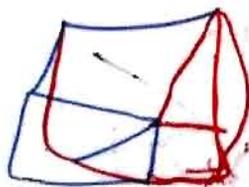
Tâche D : « Sur la feuille, il doit y avoir un seul cube. Vous devez utiliser les trois crayons puis vous devez tous les trois participer pour le cube, mais il doit y avoir juste un cube sur la feuille. Il doit y avoir aussi les trois couleurs. »		
Unités d'interprétation	Productions des élèves	Interventions de l'expérimentatrice
Essais du procédé des deux carrés décalés et reliés en équipe	<i>Les élèves se mettent au travail. Ils dessinent chacun un cube.</i>	« Cette fois-ci, je mets une feuille au milieu de la table et puis je vais mettre trois crayons. Sur la feuille, écoute bien c'est très important, tu vas dessiner un cube. Sur la feuille, il doit y avoir un seul cube. Vous devez utiliser les trois crayons puis vous devez tous les trois participez pour le cube, mais il doit y avoir juste un cube sur la feuille. Il doit y avoir aussi les trois couleurs. » « Sur la feuille, je compte 1-2-3 cubes.

Les élèves se mettent au travail. Ils font d'abord un carré, puis ils tracent plusieurs lignes à l'intérieur.



Les élèves se mettent au travail. Encore une fois, ils dessinent chacun leur cube.

Les élèves recommencent. Ils dessinent :

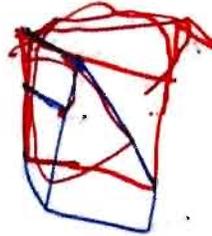


Puis, ils dessinent ceci :

Ça ne marche pas. Il doit y avoir juste un cube...un cube sur toute la feuille. Tournez de bord, on recommence. »

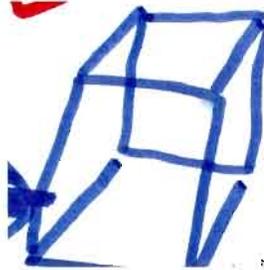
« Ok. Stop. Je vais le dessiner une autre fois pour vous le montrer (L'expérimentatrice utilise les trois mêmes couleurs que les pailles du cube.) En premier, je dessine un carré. J'en dessine un autre par-dessus, mais un petit peu à côté. Je prends les coins et je les relie aux autres coins. Ok. On se réessaye...un seul cube sur toute la feuille. »

« Est-ce que je vais avoir un seul cube ou je suis entrain d'en avoir 2-3. Si vous vous êtes trompés, recommencez. »



(Ils essaient encore. Cette fois-ci, ils le font de façon individuelle. L'élève A-2 termine en premier, puis pendant que l'élève C-2 dessine, l'élève A-2 lui pointe où tracer les arêtes. L'élève B-2 regarde et ne fait pas le dessin de façon individuel.)

Dessin de l'élève A-2



Dessin de l'élève C-2



L'élève B-2 à C-2: « Wow! Tu l'as eu! »

L'élève C-2 : « J'ai fait un cube moi. »

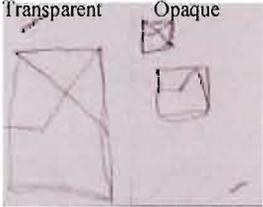
Cette quatrième boucle s'articule autour du dessin collectif du cube transparent fait avec le procédé enseigné plus tôt. Après que les élèves aient dessiné tous les trois un cube, l'expérimentatrice leur rappelle qu'il ne doit y en avoir qu'un seul sur la feuille ce qui donne lieu à un dessin plutôt inusité. En effet, un premier carré a été dessiné par l'élève A-2 puis, par la suite, des traits ont été dessinés à l'intérieur de façon aléatoire et peu organisée. Il est possible de penser que ces traits, au départ, pouvaient peut-être représenter les arêtes du cube. Toutefois, ce geste graphique n'a peut-être pas été compris comme tel par les autres qui se sont contentés de faire la même chose. Ainsi, un trait semblait en attirer un autre et s'enchaînait si rapidement que les élèves semblaient « jouer » à quelque chose difficilement saisissable. L'intervention de l'expérimentatrice, qui montre à nouveau le procédé, donne lieu encore une fois à des dessins produits de façon individuelle. Une autre intervention permet, pour la première fois de l'activité, de remarquer des gestes plus organisés dans les deux autres productions sans toutefois arriver au résultat souhaité. Finalement, les élèves produisent de nouveau un dessin individuel, mais cette fois-ci le dessin produit par l'élève A-2 est presque réussi. Il est possible de remarquer, en effet, que seul le deuxième carré est légèrement plus grand que le premier. Il est cependant fort difficile d'attribuer ce geste uniquement à une erreur graphique puisqu'il pourrait démontrer une certaine logique sous-jacente. En effet, les objets plus rapprochés paraissent plus grands que ceux plus éloignés. Suite à sa production, l'élève A-2 vient en aide à C-2 qui reproduit de façon très similaire la même chose tout en conservant davantage des dimensions plus égales entre les deux carrés.

Tâche E : «J'aimerais que tu me dises comment on l'appelle ce cube là (cube de pailles)? » « Puis, celui-là (cube jaune opaque)? »		
Unités d'interprétation	Productions des élèves	Interventions de l'expérimentatrice
Exploration du vocabulaire	<p>Élève B-2 : transparent</p> <p>Élève C-2 : un cube fermé</p> <p>Élève A-B-C : opaque</p>	<p>« Ok, avant de retourner dans la classe, j'aimerais que tu me dises comment on l'appelle ce cube là (cube de pailles)? »</p> <p>« Puis, celui-là (cube jaune opaque)? »</p> <p>« On va lui donner un autre nom au cube qu'on ne peut pas voir dedans. Écoute-bien le mot, je ne sais pas si tu le connais. C'est un cube opaque. Opaque, ça veut dire qu'on n'est pas capable de voir dedans. Celui-là, il est transparent et lui, il est... »</p>

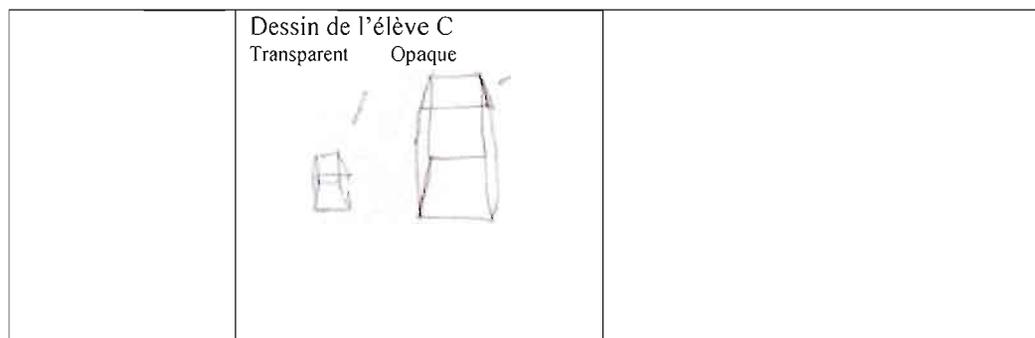
Cette dernière boucle, qui rassemble des éléments propres au vocabulaire, vient clore cette séance. On voit apparaître, dans cette boucle, le terme « fermé » pour désigner le cube opaque. En effet, ce qui est « fermé » suggère bien l'idée de « quelque chose » qu'on ne peut voir à l'intérieur et qui est d'ailleurs très près du sens du mot « opaque ». L'expérimentatrice profite alors de la réponse de l'élève C-2 pour réintroduire le terme « opaque » pour le cube « qu'on ne peut voir dedans ».

5.3. Découpage du protocole de la séance 2 pour chaque groupe (23 avril)

5.3.1. Groupe 1⁸

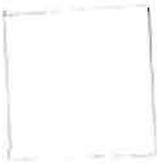
Tâche A : « Vous allez me dessiner le cube opaque puis [...] le cube transparent. »		
Unités d'interprétation	Productions des élèves	Interventions de l'expérimentatrice
Dessin du cube opaque et transparent avec le cube de pailles et le cube-solide en vue et sans contrainte	<p>Élève C : « Ah oui, le cube transparent (<i>il prend le cube de pailles qui est sur la table</i>) puis le cube » (<i>il prend le cube-solide opaque qui est sur la table</i>)</p> <p>Élève C : « Hmm...opaque...c'est ça. »</p> <p>Élève B (<i>à élève C</i>) : La dernière fois, c'est quoi t'as fait déjà?</p> <p>Élève C : Moi, je fais ça comme ça (<i>il trace un bout du premier carré</i>). Ah non ... (<i>Il efface</i>)</p> <p>Dessins de l'élève B :</p> 	<p>« Pensez-vous que vous vous souvenez de ce qu'on a fait la dernière fois? »</p> <p>« Vous allez prendre une feuille puis d'un côté vous allez me dessiner le cube opaque puis de l'autre vous allez vous souvenir de comment on dessine le cube transparent. »</p>

⁸ Il est à noter que l'élève A n'était pas présent pour cette séance.



Les dessins des cubes opaque et transparent forment la première boucle de cette nouvelle séance. Il est possible de remarquer que le dessin du cube transparent est fort empreint des séances précédentes d'autant plus qu'aucune contrainte n'a été imposée aux élèves et qu'aucun rappel n'a été fait concernant le procédé graphique enseigné lors de la séance précédente. En effet, d'entrée de jeu, l'élève B demande à l'élève C « La dernière fois, c'est quoi t'as fait déjà? », témoignant ainsi d'une certaine représentation du « produit final ». Rappelons-nous qu'effectivement, lors des séances précédentes, l'élève C, avait somme toute assez bien maîtrisé le dessin du cube transparent; maîtrise qu'il a perpétuée dans cette nouvelle séance comme en témoigne son dessin. Il est toutefois possible de remarquer que les deux carrés dessinés sont moins disproportionnés l'un par rapport à l'autre qu'ils ne l'étaient lors de la séance précédente où effectivement la face antérieure était soit beaucoup plus petite  ou soit beaucoup plus grande  que la face opposée. Le dessin du cube transparent, chez l'élève B, témoigne également d'une certaine prégnance des séances précédentes. En effet, les dessins montrent bien l'idée de relier « quelque chose » à « autre chose » par les lignes qui coupent en diagonale le carré dessiné à partir des sommets.

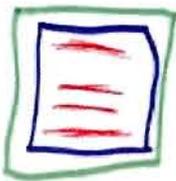
Le dessin du cube opaque, pour sa part, ne montre aucune différence par rapport au dessin du cube transparent. Les deux élèves ont exactement reproduit la même chose.

Tâche B : « Sur la feuille, tu vas m'écrire juste ce qu'il te faut de petites languettes pour mettre sur ce cube là » (<i>cube-solide opaque</i>)		
Unités d'interprétation	Productions des élèves	Interventions de l'expérimentatrice
Situation de commande	<p>Élève C : arêtes</p> <p><i>Sur sa feuille, l'élève B trace une face du cube puis l'élève C a écrit le nombre de languettes qu'il lui faut de chaque couleur.</i></p> <p>Feuille de l'élève B :</p>  <p>Feuille de l'élève C :</p>  <p><i>L'élève C vient chercher 4 languettes rouges, 4 bleues et 4 vertes. Il commence à les coller</i></p>	<p>« Ce que tu vas devoir faire c'est de mettre des petits collants dessus (<i>cube-solide opaque</i>). Tu vas les placer sur les... »</p> <p>« C'est en plein ça. Pour que ça fasse les mêmes couleurs que sur mon cube transparent (<i>je montre le cube de pailles</i>). Par exemple, moi ici je vois une arête rouge alors je vais en placer une comme ça. Ce que tu vas devoir faire...je vais me placer au bout là-bas. Je te donne une feuille. Sur la feuille, tu vas m'écrire juste ce qu'il te faut de petites languettes pour mettre sur ce cube là (<i>le cube-solide opaque</i>). Tu vas être muet. Tu n'as pas le droit de parler. »</p>

	<p><i>aux endroits appropriés.</i></p> <p><i>L'élève B pointe 2 bandelettes de chacune des couleurs. Il y a en tout 4 couleurs sur la table. Il colle ses languettes en ne tenant pas compte des couleurs sur le cube de pailles.</i></p> <p><i>L'élève C revient chercher des languettes jaunes lorsqu'il voit l'élève B avec des languettes jaunes. Il continue à coller ses languettes et s'aperçoit que les jaunes sont de trop. Il veut les mettre sur une des faces du cube. L'expérimentatrice lui demande si son cube est alors identique au cube de pailles. Il enlève les languettes jaunes et les colle sur la table.</i></p>	
--	--	--

Cette nouvelle boucle s'organise autour d'une situation de commande où les élèves doivent faire correspondre les arêtes du cube-solide opaque aux pailles de couleurs du cube « transparent » à l'aide de languettes autocollantes de couleurs. Il est possible de remarquer que l'élève B a opté pour le traçage du contour d'une des faces du cube. Toutefois, cette stratégie lui a été peu utile puisqu'une fois à la table où il devait commander, il a pointé les languettes qu'il désirait sans vraiment utiliser son papier. L'expérimentatrice ne semble toutefois pas vraiment avoir eu le choix d'accepter cette « commande mimée » puisque les consignes initiales n'en avaient pas fait mention. De plus, comme les élèves expérimentaient une telle situation pour la première fois et qu'ils ne semblaient pas vraiment en comprendre les règles, ce laxisme au niveau des exigences semble avoir permis aux élèves de s'engager dans la tâche. L'élève C, quant à lui, a initialement opté pour une stratégie fort efficace en comptant le nombre de pailles de chacune des couleurs et en écrivant ce nombre sur sa feuille. Toutefois, il semble avoir été influencé par l'élève B qui a pris une couleur de languette qui ne se retrouvait pas sur les pailles du cube « transparent ».

En effet, malgré qu'il ait inscrit sur sa feuille uniquement trois fois le chiffre 4, il est retourné chercher des bandelettes excédentaires.

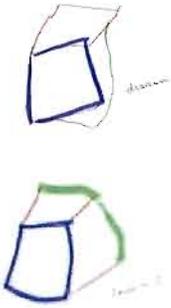
Tâche C : « Tu vas essayer de le faire (dessin du cube opaque) avec les couleurs que tu as mises (languettes sur le cube-solide opaque). »		
Unités d'interprétation	Productions des élèves	Interventions de l'expérimentatrice
Dessin du cube opaque avec les languettes de couleurs avant l'enseignement du procédé	<p>Élève B : « Lui, il était vraiment pas facile. »</p> <p>Élève B : « J'ai fini! »</p>  <p>Élève C : <i>Il dessine d'abord un carré bleu.</i> « Comment je vais faire pour faire les autres couleurs? »</p> 	<p>« Avant que je te donne un petit truc pour dessiner le cube opaque, tu vas essayer de le faire avec les couleurs que tu as mises. »</p> <p>« On va prendre ce cube là (cube-solide opaque sur lequel l'élève C a mis des languettes de couleurs) parce que c'est les mêmes couleurs que les arêtes du cube transparent. Lui (<i>le cube de pailles</i>) on le dessine pas. On dessine le cube opaque. »</p> <p>« Je ne sais pas. Essaie de trouver une façon. »</p>

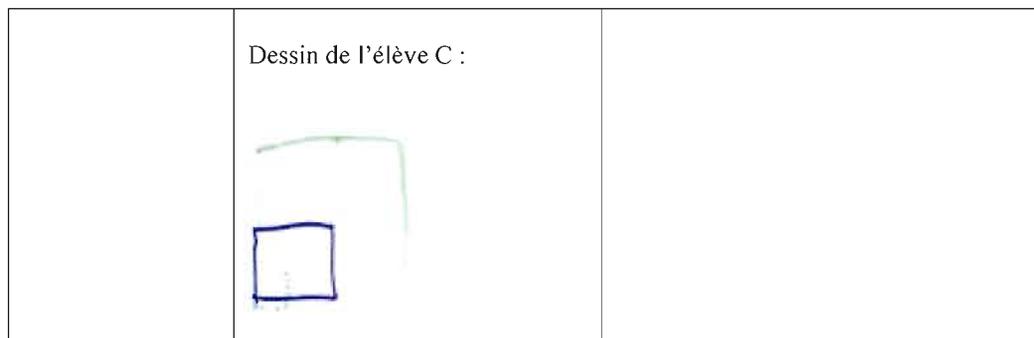
Le dessin du cube opaque avant l'enseignement du procédé, avec les languettes de couleurs qui lui ont été apposées plus tôt, forme cette nouvelle boucle. L'élève B, qui semble davantage motivé par cette nouvelle tâche, a produit un dessin qui marque bien l'idée de volume. En effet, il a utilisé ce que Caron-Pargue (1985) considère comme étant une « habileté se développant essentiellement au niveau des procédés graphiques » (p.118) soit le codage de l'épaisseur. En effet, les quatre côtés du carré ont été épaissis donnant ainsi l'impression de profondeur propre à un objet tridimensionnel.

Au cours de cette tâche, l'élève C amène bien la complexité de représenter un objet tridimensionnel. En effet, après avoir dessiné un carré bleu, il se demande de quelle façon il pourra dessiner toutes les pailles des deux autres couleurs. Il a toutefois trouvé une idée fort originale en emboîtant, d'abord, deux carrés (ces carrés représentent en fait la face antérieure du cube et sa face opposée) et en plaçant quatre petites lignes à l'intérieur qui représentent, pour leur part, les arêtes reliant les deux carrés opposés.

Tâche D : « Si moi je veux dessiner ce cube là, je ferais ça. »		
Unités d'interprétation	Productions des élèves	Interventions de l'expérimentatrice
Dessin du cube opaque selon le procédé enseigné	<p>Élève B : « Est bonne! »</p> <p>Élève C : « Ok, on essaye. »</p>	<p>« Si moi je veux dessiner ce cube là, je ferais ça. » (<i>L'expérimentatrice dessine en premier les arêtes bleues pour faire un carré. Après ça, elle fait trois arêtes en rouge puis elle fait les deux arêtes derrières</i>).</p> <p>« Alors, si je veux dessiner un cube opaque, ça ressemble à ça. »</p>

	<p>Dessin de l'élève B :</p>  <p>Dessin de l'élève C</p>  <p>Élève B : <i>Il regarde le dessin de l'élève C :</i> « Il est beau hein ? »</p> <p>Élève B : « Tu vas voir, il va être capable tout seul de le faire. »</p> <p>Élève C : « Il y a 4 lignes rouges. »</p> <p>Élève C : « C'est 4 lignes. »</p> <p>Élève C : du béton</p> <p>Élève B : « Non »</p>	<p><i>L'expérimentatrice à l'élève B : « Est-ce que tu pourrais l'aider? »</i></p> <p>« Puis là, moi, j'en ai juste faite 3, c'est ça? »</p> <p>« Est où la quatrième? Regarde bien ça. La quatrième...est-ce que tu te souviens...on disait c'est opaque comme du... »</p> <p>« Est-ce qu'on est capable de voir au travers le ciment? »</p> <p>« Non. Ben c'est ça. L'affaire c'est que la quatrième est cachée par le ciment. On est pas capable de la voir, mais on est capable de l'imaginer par contre. Si je l'imagine, je vais la faire en pointillé juste pour dire qu'est elle imaginée. Elle est là, la quatrième. Il y</p>
--	---	--

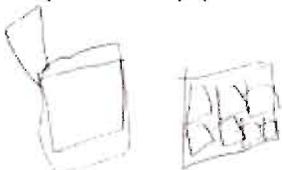
	<p>Élève C : « Ça me rappelle le transparent. »</p> <p>Élève C : « La, la regarde je comprends pas. »</p> <p>Élève B : « Ben non. »</p> <p>Élève C : « Ah ben. »</p> <p>Élève B : « Bien, je l'ai fait moi. »</p> <p><i>(Les élèves recommencent.)</i></p> <p><i>Dessins de l'élève B :</i></p>  <p>Élève B : J'ai enfin réussi!</p>	<p>a une autre affaire aussi. J'ai juste fait 2 vertes. Ils sont où les 2 autres. On en a collées 4 tantôt. Elles sont où les deux autres. Elles sont là. Je les dessine en pointillé parce qu'elles sont cachées par le béton. Là, est-ce que ça te rappelle quelque chose qu'on a fait? »</p> <p>« Ben c'est ça. C'est la différence entre le transparent puis le opaque. Les petites lignes en pointillé dans le opaque, on peut pas les voir. C'est du ciment, c'est du béton. On est pas capable de voir dedans. »</p> <p>« Ok. On recommence. Je regarde comme ça (<i>la face frontale</i>). Est-ce que je suis capable de voir ce qu'il se passe en arrière? »</p> <p>« Ce que je vois, c'est le carré vert. Ça je le vois. Ce que je vois d'autre...je vois ça ici. Je vois ça ici puis je vois celle-là. Je vois ça ici puis ça ici. »</p>
--	---	---

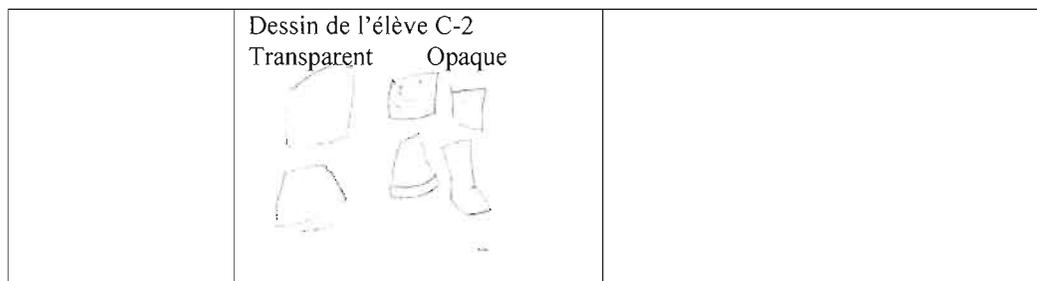


La dernière boucle, de cette séance, s'articule autour des essais des élèves sur le procédé graphique permettant de dessiner un cube opaque. L'élève B, qui avait manifesté de nombreuses difficultés pour dessiner le cube transparent, a assez bien réussi le dessin du cube opaque. Malgré des formes et des lignes arrondies, il a bien appliqué le procédé et le cube opaque est facilement distinguable.

Quant à l'élève C, malgré un premier dessin qui semble prometteur, celui-ci s'interroge à propos des quatre arêtes rouges qui se retrouvent sur son cube-solide et qui ne se retrouvent pas sur le dessin de l'expérimentatrice. Cette dernière explique, à l'aide d'un dessin, que les arêtes du cube sont toujours présentes. Elle utilise des lignes pointillées pour faire remarquer à l'élève que certaines arêtes ne peuvent être représentées, car elles sont « cachées ». Cette explication semble, toutefois, rendre la compréhension de l'élève plus confuse; ce dernier manifestant son incompréhension. Suite à une nouvelle intervention de l'expérimentatrice qui recommence donc son explication tout en dessinant de nouveau le cube opaque, l'élève C tente de faire son dessin. Cette fois, il dessine, d'abord, un carré à partir duquel il dessine, ensuite, des arêtes qui ne sont toutefois pas dessinées dans un axe oblique, mais plutôt à la verticale ou à l'horizontale.

5.3.2. Groupe 2

Tâche A : « Sur un côté je veux que tu me dessines le cube qu'on est capable de voir dedans comme une fenêtre, sur l'autre côté, tu vas me dessiner le cube qu'on est pas capable de voir dedans. »		
Unités d'interprétation	Productions des élèves	Interventions de l'expérimentatrice
Dessin du cube opaque et transparent avec le cube de pailles et le cube-solide en vue et sans contrainte	<p>Dessin de l'élève A-2</p> <p>Transparent Opaque</p>  <p>Dessin de l'élève B-2</p> <p>Transparent Opaque</p> 	<p><i>L'expérimentatrice montre le cube-solide opaque puis le cube fait à partir de pailles.</i></p> <p>« Ce que je vais te demander ce matin... je vais te donner une feuille. La feuille est divisée en deux. Sur un côté, je veux que tu me dessines le cube qu'on est capable de voir dedans comme une fenêtre, sur l'autre côté, tu vas me dessiner le cube qu'on est pas capable de voir dedans. »</p>



La première boucle de cette séance s'organise autour du dessin du cube transparent et du cube opaque avec le cube-solide opaque et le cube en pailles bien en vue. Rappelons-nous que lors de la séance précédente les élèves avaient déjà tenté de dessiner le cube transparent en utilisant le procédé des deux carrés décalés et reliés. Toutefois, il est possible de constater que les élèves A-2 et C-2 ont dessiné le cube transparent comme il l'avait spontanément fait lors de la séance précédente avant tout enseignement du procédé. En effet, l'absence de volume caractérise l'ensemble de leurs dessins. Le dessin de l'élève B-2 montre, pour sa part, une représentation modifiée du cube transparent par rapport à la représentation initiale que l'élève en avait fait. Il semble, en effet, davantage empreint des caractéristiques du procédé enseigné pour dessiner le cube transparent. Il est possible de remarquer la présence des deux carrés, somme toute assez bien proportionnés l'un par rapport à l'autre, mais emboîtés l'un dans l'autre plutôt que décalés. De plus, un appendice attaché sous les carrés représente sûrement la face du dessous du cube qui est, en réalité, cachée. Ces caractéristiques se retrouvaient déjà la séance précédente lorsque l'élève B-2 s'exerçait à réaliser le cube transparent suite à l'enseignement du procédé. La similarité entre les dessins est fort étonnante.

Dessin de la séance 1



Dessin de la séance 2



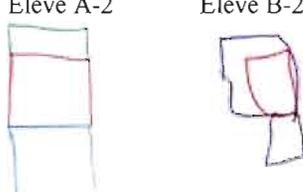
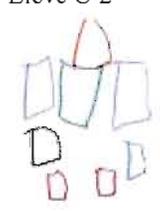
Le dessin du cube opaque est, quant à lui, également marqué par l'absence de volume. Les élèves A-2 et B-2 ont, en effet, dessiné un carré. La présence de petits carrés à l'intérieur représente, comme nous l'avons déjà souligné, les découpes en centi-cubes du cube utilisé pour la manipulation. Quant à l'élève C-2, il est difficile de dire avec justesse si ses dessins représentent quatre faces du cube ou s'il s'agit uniquement de quatre essais distincts pour dessiner le cube opaque.

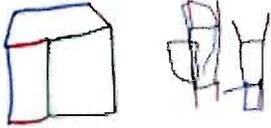
Tâche B : « Tu vas venir chercher juste ce qu'il te faut de bandelettes, juste ce que tu as de besoin. »		
Unités d'interprétation	Productions des élèves	Interventions de l'expérimentatrice
Situation de commande	<p>Élève B-2 (à l'élève C-2 en chuchotant) : Qu'est-ce qu'on fait?</p> <p>Élève C-2 : un cube</p> <p><i>Les trois élèves se mettent à</i></p>	<p>« Tu vas venir chercher des petites bandelettes comme ça. Tu vois, elles sont collantes. Ce que tu vas devoir faire, c'est de trouver les lignes (<i>L'expérimentatrice montre les arêtes du cube de pailles.</i>) et de faire la même chose sur ton cube jaune. Si tu vois une ligne qui est bleue, tu vas prendre un collant bleu et tu vas venir le coller sur ton cube comme ça. »</p> <p>« On va faire comme si on jouait au magasin. Moi, je suis le vendeur et je vends les collants et toi tu vas venir les acheter. Tu vas venir chercher juste ce qu'il te faut de bandelettes, juste ce que tu as de besoin. Moi, je vais m'installer à la table là-bas. Quand tu as décidé de ce qu'il te faut, tu viens chercher juste ce qu'il te faut. Je vais te donner une feuille. Si tu en as de besoin, tu peux t'en servir. Je te donne aussi des crayons... des crayons à la mine et je te donne les crayons de couleurs si tu en as de besoin. Je me place là-bas et quand tu es prêt à venir les chercher tu viens me voir. »</p>

	<p><i>dessiner. L'élève B-2 se lève et va chercher 2 bandes bleues et 2 bandes vertes. Son dessin reste à sa place. L'élève C-2 se lève et va chercher 2 bandes bleues et 2 bandes vertes. Son dessin reste à sa place. L'élève A-2 se lève et va chercher 3 bandes des quatre couleurs.</i></p> <p><i>Les élèves font plusieurs allers-retours pour aller chercher leurs bandelettes. Les élèves B-2 et C-2 les ont placées de façon aléatoire et désorganisée. On ne retrouve pas de correspondance entre celles-ci et les pailles de couleurs.</i></p> <p><i>L'élève A-2 a placé les bandelettes de couleurs aux endroits appropriés. Toutefois, ce dernier n'en possède pas suffisamment pour terminer son travail. De plus, il lui en reste certaines qu'il ne peut placer, car elles ne correspondent à aucune couleur présente sur le cube de pailles.</i></p>	<p><i>« S'il t'en manque ou si tu en as de trop tu peux revenir me voir pour que ce soit pareil au cube de pailles. »</i></p> <p><i>L'expérimentatrice regarde les cubes avec chacun des élèves afin qu'ils remarquent les endroits où manquent des languettes de couleurs et où celles-ci ne sont pas bien positionnées afin qu'ils puissent compléter leur cube.</i></p>
--	---	--

Une situation de commande, où les élèves doivent faire correspondre les arêtes du cube-solide opaque aux pailles de couleurs du cube « transparent » à l'aide de languettes autocollantes de couleurs, constitue cette nouvelle boucle. Dans cette tâche, il est possible de remarquer que les consignes de l'expérimentatrice ne sont pas suffisamment précises ce qui entraîne une certaine confusion chez les élèves qui se demandent : « Qu'est-ce qu'on fait? ». En effet, l'expérimentatrice a remis une feuille aux élèves pour que ces derniers l'utilisent pour y inscrire le nombre de languettes désirées. Toutefois, en laissant optionnel le recours à cette feuille, les

élèves ne savent pas vraiment ce qu'ils doivent en faire et décident finalement d'y faire un cube. Également, il est possible de constater que les élèves n'ont aucune stratégie particulière autre que celle d'effectuer de multiples allers-retours pour prendre le nombre exact de languettes désirées. De plus, la correspondance entre celles-ci et les pailles du cube transparent est fort difficile sans l'aide de l'expérimentatrice. Les élèves semblent éprouver de la difficulté à voir le cube dans son ensemble. Ils considèrent plutôt chacune des faces les unes après les autres, en omettant certaines au passage.

Tâche C : « J'aimerais que tu me le dessines (<i>cube-solide avec les languettes de couleurs</i>) pour que ce soit la même chose sur ta feuille. »		
Unités d'interprétation	Productions des élèves	Interventions de l'expérimentatrice
Dessin du cube-solide opaque avec les languettes de couleurs avant l'enseignement du procédé	<p><i>Les élèves dessinent :</i></p> <p>Élève A-2 Élève B-2</p>  <p>Élève C-2</p> 	« J'aimerais que tu me le dessines (<i>L'expérimentatrice montre le cube-solide avec les languettes de couleurs apposées plus tôt</i>) avec les bons crayons de couleurs pour que ce soit la même chose sur ta feuille. »

<p>Essais du procédé pour dessiner le cube opaque</p>	<p>« Moi, si je veux que ce soit pareil à ce cube là (<i>cube-solide opaque avec bandelettes de couleurs</i>), je dessine d'abord un carré vert. Ensuite, je dessine les lignes rouges, comme ça. Ensuite de ça, je dessine les lignes bleues qui sont cachées en arrière. Et ça me donne le même cube que celui-là. »</p> <p>« Ok. Tu vas me tourner ta feuille puis tu vas en essayer un. Tu vas dessiner la même chose. »</p> <p><i>Les élèves dessinent :</i></p> <p>Élève A-2 Élève B-2</p>  <p>Élève C-2</p> 	
---	---	--

Cette dernière boucle repose essentiellement sur le dessin du cube-solide opaque, sur lequel des languettes de couleurs ont été apposées, d'abord de façon spontanée, puis suite à l'enseignement du procédé graphique. Il est possible de remarquer que, par rapport aux dessins que les élèves avaient faits plus tôt dans la séance, les dessins produits cette fois sont davantage marqués par l'idée de volume. En effet, le dessin de l'élève A-2 montre un développement du cube, toutefois incorrect, mais qui donne bien l'idée que le cube est formé de plusieurs carrés reliés les uns aux autres. Également, les carrés, dessinés par l'élève C-2, représentent sûrement les différentes faces du cube montrant ainsi que le cube est « plus » qu'un seul carré. Quant au dessin de l'élève B-2, il reprend essentiellement les mêmes traits que celui fait pour le dessin du cube transparent montrant deux carrés emboîtés et un appendice caractérisant sans doute la face cachée du dessous.

Suite à l'enseignement du procédé, les dessins produits par les élèves sont fort différents. On peut remarquer que le dessin de l'élève A-2 se rapproche davantage d'une représentation juste du cube opaque. Toutefois, il est possible de constater que, bien que les trois faces du cube soient représentées, la base du solide repose sur une ligne droite. Caron-Pargue (1985) a utilisé le terme « semi-perspective » pour désigner ce genre de représentation. Elle a également fait mention du « développement avec oblique » pour caractériser les productions des élèves qui sont identiques au dessin de l'élève C-2. Il s'agit alors de « deux quadrilatères emboîtés l'un dans l'autre; les sommets correspondants sont alors joints par des lignes obliques ». (Caron-Pargue, 1985, p.65) Les dessins de l'élève B-2 montrent, pour leur part, la difficulté de l'élève à placer les arêtes dans un axe diagonal pour ainsi créer des lignes de fuites. Ces arêtes sont plutôt placées à la verticale et convergent soient vers le haut ou soit vers le bas à partir du carré central.

développement. Toutefois, il est possible de remarquer un carré au centre de son patron, carré qui indique sûrement la face du dessus ou du dessous du cube.

Tâche B : « Je veux avant que tu places les coccinelles au même endroit que moi je les ai mises, mais sans le plier. Puis après ça, on va vérifier en le pliant si on les a mises à la bonne place. »		
Unités d'interprétation	Productions des élèves	Interventions de l'expérimentatrice
<p>1ère tentative : Marquage des faces du développement du cube</p>	<p><i>Lorsqu'ils reçoivent leur développement, les élèves s'empressent de commencer à construire leur cube.</i></p> <p>Élève C : « Attends là. Il faut que je check avant comme il faut. »</p> <p><i>Les élèves se mettent au travail. Ils collent des coccinelles sur les faces du développement du cube.</i></p>	<p>« Je vais te donner la feuille qui est déjà préparée. (<i>L'expérimentatrice distribue un développement en forme de croix.</i>) Vous ne le construisez pas tout de suite. »</p> <p>« Dessus, je vais coller des petites coccinelles. Je vais en mettre une rouge, une jaune [...] (<i>L'expérimentatrice colle un collant sur chacune des six faces du cube.</i>)</p> <p>« J'ai mis mes coccinelles. Ton travail à toi...tu plies pas tout de suite...tu plies pas...je veux avant que tu places les coccinelles au même endroit que moi je les ai mises, mais sans le plier. Puis après ça, on va vérifier en le pliant si on les a mises à la bonne place. »</p> <p>« Vous avez le droit d'y toucher. »</p>

<p>Vérification lors du pliage du développement</p>	<p><i>Les élèves plient leur cube. Ils ont de la difficulté.</i></p> <p><i>(L'élève A installe son développement sur son cube afin de l'emballer)</i></p> <p>Élève C : « C'est pas rose c'est fuchsia. »</p> <p>Élève C : « C'est parce que je sais mes couleurs moi. »</p> <p>Élève A : Oups!</p> <p>Élève C : « Ok. À mon tour, je vais en avoir de besoin » <i>(Il installe son développement sur son cube afin de l'emballer)</i></p> <p><i>Les élèves et l'expérimentatrice procèdent de la même façon pour vérifier les trois cubes. Aucun des élèves n'a réussi à mettre les collants aux bons endroits.</i></p>	<p>« Ok. Vous allez plier votre cube. Vous plier sur les lignes. »</p> <p>« On va regarder. Si je mets mon rose sur le dessus. »</p> <p>« Fuchsia, t'as bien raison. »</p> <p>« Ok. On a le fuchsia sur le dessus. En dessous, moi j'ai jaune toi tu as quoi...tu as jaune. Ici, tu as brun, j'ai brun. Sur le côté, on a un problème...on a une petite différence. »</p>
<p>Vérification une fois les cubes dépliés</p>	<p>Les élèves déplient leur cube.</p> <p>Élève C : <i>Compare son développement à celui de l'expérimentatrice.</i></p> <p>« Oh! Thania! Tu t'es</p>	<p><i>L'expérimentatrice déplie son cube.</i></p>

	<p>trompée. »</p> <p>Élève C : « Ça c'est pas fuchsia, c'est rouge. »</p> <p>Élève C : « Ben le rouge, il va pas là. »</p> <p>Élève C : « Ah ok...j'ai compris. »</p> <p>Élève C : « On regarde sur le tien. »</p> <p>Élève A : « On regarde, on prend une photo puis on fait pareil. »</p> <p>Élève C : « On prend une photo avec notre cerveau quand il est déplié. »</p> <p>Élève C : « Admettons qu'il est plié son cube à Thania, comment on va faire pour deviner les couleurs? On va mettre le rouge sur le dessus. »</p> <p>Élève C : « Ça c'est ici le dessus puis ça c'est le dessous. »</p> <p>Élève C : « Que ce soit le dessus? »</p> <p>Élève C : « Mais c'est lui le plus grand, il va aller faire le dessus. »</p>	<p>« Comment ça je me suis trompée. »</p> <p>« Ouais. »</p> <p>« C'est à vous autres de faire pareil comme le mien pas l'inverse. »</p> <p>« Qu'est-ce qui pourrait nous aider à savoir ? »</p> <p>« Oui, mais s'il est tout plié. »</p> <p>« Si je recommence, il va déjà être comme ça (<i>plié</i>). Vous autres, il va être déplié. »</p> <p>« Oui, mais toi sur ton développement, parce qu'on appelle ça un développement, comment tu vas faire pour savoir il est où le dessus puis il est où le dessous? »</p> <p>« Oui, mais je peux faire ça, ça... (<i>L'expérimentatrice tourne le cube dans tous les sens</i>) Comment on va être certain? »</p> <p>« Oui. »</p>
--	--	---

<p>2e tentative : Marquage des croix sur les faces du développement du cube et vérification lors du pliage</p>	<p><i>Les élèves font des croix de couleurs puis vérifient en pliant leur cube.</i></p> <p><i>En pliant, l'élève C trouve que son cube est identique à celui de l'expérimentatrice.</i></p> <p><i>Les autres élèves n'ont pas réussi à mettre les croix au même endroit.</i></p>	<p>« Ok. On va réessayer. Je vais enlever les collants. »</p> <p><i>L'expérimentatrice fait cette fois des croix de couleurs sur le développement.</i></p>
<p>Vérification lorsque les cubes sont dépliés</p>	<p>Les élèves déplient leur cube.</p> <p>Élève C : « Oups! »</p> <p><i>L'élève C tourne les développements afin de trouver une façon qu'ils soient pareils. Il n'y arrive pas, il fait un autre développement sur une autre feuille. Il marque les faces d'une croix de couleur et plie son cube. Il compare les couleurs; celles-ci sont identiques. Il déplie alors et compare nos développements qui ne sont toujours pas identiques.</i></p>	<p><i>L'expérimentatrice déplie son cube.</i></p> <p>« On va regarder pour voir si quand on le déplie, c'est la même chose. [...] quand on a regardé nos cubes, nos couleurs étaient pareilles. Quand on le déplie.... »</p> <p>« Pourtant nos couleurs étaient pareilles. »</p> <p>« Comment ça? »</p> <p>« Regardez bien là. Qu'est-ce qui me dis que ça doit être lui au-dessus. Je peux décider que je le fais comme ça. Je peux aussi décider que c'est lui qui va au-dessus. »</p> <p><i>L'expérimentatrice leur montre finalement que même si les couleurs ne sont pas à la même place une fois le cube déplié, elles sont toute de même</i></p>

	<p><i>Élève C</i> : « C'est juste ça? »</p>	<p><i>une à côté de l'autre et ce, à la fois sur son cube et sur celui de l'élève C.</i></p> <p>« Quand on le défait, on ne sait pas qu'est-ce qui va être le dessus puis qu'est-ce qui va être le dessous. C'est juste qu'il faut penser de mettre nos couleurs une à côté de l'autre. »</p>
--	---	---

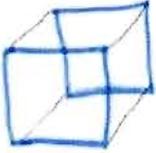
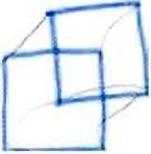
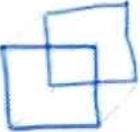
Cette deuxième activité, qui visait à établir des relations entre le développement du cube et le solide par le marquage des faces et la validation de celui-ci, constitue cette nouvelle boucle. Lors de la première tentative, il est possible de remarquer que seul l'élève C semble avoir une stratégie pour marquer les faces de son cube. En effet, il examine attentivement le cube de l'expérimentatrice avant d'entreprendre son travail tandis que les élèves A et B commencent aussitôt leur marquage respectif. La vérification du marquage par le pliage du cube montre qu'aucun des élèves n'a réussi à poser les autocollants aux endroits appropriés sur le développement. Il est, de plus, possible de constater les limitations au niveau de la motricité fine chez tous les élèves pour qui l'étape du pliage pose de nombreuses difficultés et requiert l'aide de l'expérimentatrice. Pour sa part, l'étape de la vérification, une fois les cubes des élèves et de l'expérimentatrice dépliés, donne lieu à un événement plutôt cocasse. L'élève C, qui constate que son marquage n'est pas identique à celui de l'expérimentatrice, dit à cette dernière qu'elle s'est trompée. Celle-ci lui fait alors remarquer que c'est à lui de faire comme elle et d'imiter son marquage. L'expérimentatrice questionne alors les élèves afin de faire émerger une stratégie efficace. L'enchaînement des propos amène l'élève C à prendre conscience que chacune des faces du cube déplié aura une place précise une fois le cube reconstitué. Ainsi, il comprend que le côté le plus long de la croix lui permettra de fermer son cube. En effet, le repérage des arêtes, des sommets, des faces opposées et des faces contiguës est une stratégie fort efficace pour un tel exercice. De plus, comme le souligne Boule (2001), « l'utilisation d'un

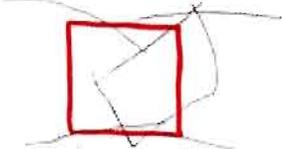
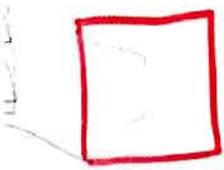
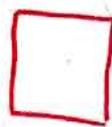
×
×

développement est un bon moyen de consolider la représentation mentale de l'espace, pourvu que l'on y emploie une méthode, comme la correspondance des sommets et des arêtes » (p.260).

Lors de la deuxième tentative, les élèves ne posent plus d'autocollants sur leur développement, mais font plutôt des croix à l'aide de crayons de couleurs ce qui limite le nombre de manipulations et les difficultés liées à celles-ci. Tout comme ils l'avaient fait lors de leur première tentative, les élèves vérifient leur marquage en pliant leur cube et en le comparant à celui de l'expérimentatrice. L'élève C remarque alors que son cube est identique à celui de l'expérimentatrice tandis que les élèves A et B n'ont toujours pas réussi à placer leurs marques aux endroits appropriés. La vérification des cubes dépliés amène, par la suite, une discussion fort intéressante lorsque l'élève C s'aperçoit que son développement n'est pas identique à celui de l'expérimentatrice, mais que son cube l'était quelque instant plus tôt. L'expérimentatrice amène les élèves à prendre conscience que les couleurs des croix sont tout de même les unes à côté des autres, c'est-à-dire qu'elles se trouvent sur des faces ayant des arêtes et des sommets communs.

5.4.2. Groupe 2

Tâche A : « Je vais te demander [...] de continuer mon dessin.		
Unités d'interprétation	Productions des élèves	Interventions de l'expérimentatrice
Complètement de cubes transparents à partir de deux carrés dessinés par l'expérimentatrice	<p>L'élève B-2 : « Ok. »</p>  <p>L'élève C-2 dessine :</p>  <p>Élève A-2 : « Je vais être capable! »</p> 	<p><i>L'expérimentatrice fait un cube transparent à l'aide du procédé des deux carrés décalés puis reliés.</i></p> <p>« Ce matin, je vais t'aider à faire ce dessin là. Je vais dessiner quelque chose puis je vais te demander chacun votre tour de continuer mon dessin. »</p> <p>« En premier, je vais dessiner deux carrés par-dessus, mais un petit peu à côté. » <i>(L'expérimentatrice dessine en bleu.)</i> « Puis, après [...] tu vas continuer mon dessin. »</p>
Complètement de cubes transparents à partir d'un carré dessiné par		<p>« Maintenant, on va faire la même chose, mais cette fois-ci, je te donne seulement un carré. » <i>(L'expérimentatrice trace un carré en</i></p>

<p>l'expérimentatrice</p>	<p>Élève B-2 : « Je vais en faire un autre par-dessus. »</p> <p><i>L'élève B-2 dessine :</i></p>  <p><i>L'élève C-2 dessine :</i></p>  <p>Élève B-2 : « Wow, il l'a eu. Sauf qu'il est à l'envers! »</p> <p>Dessin de l'élève A-2 :</p>  <p>Élève B-2 : « Est-ce qu'il est à l'envers? »</p> <p>Élève B-2 : « Il est à l'envers! »</p> <p>Élève B-2 : « C'est bizarre! »</p>	<p><i>rouge).</i></p> <p>« Il est à l'envers? »</p> <p>« Je sais pas, est-ce qu'il est à l'envers [...] ou il n'est pas à l'envers? »</p> <p>« Regarde ça dépend comment on tourne la feuille. »</p> <p>« Regarde mon cube, il tourne. » (<i>L'expérimentatrice montre un cube Rubik et le fait tourner.</i>)</p>
---------------------------	---	---

Retour sur le vocabulaire	<p>Élève B-2 : « Oh...c'est quoi ce cube là? »</p> <p>Élève B-2 : « C'est le même que lui. » (<i>En pointant le cube-solide opaque</i>)</p> <p>Élève B-2 : « Le cube qu'on voit pas dedans. »</p> <p>Élève C-2 : « fermé »</p>	<p>« Ah oui, c'est vrai...je vous l'avais pas montré ce cube là encore. »</p> <p>« C'est ça, mais quel nom on lui avait donné? »</p> <p>« On avait trouvé un autre nom aussi pour le cube fermé. Il est o...pa....que. C'est un cube opaque. »</p>
---------------------------	--	--

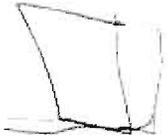
Cette première boucle se caractérise par une activité de complètement visant à dessiner un cube transparent, d'abord, à partir de deux carrés dessinés par l'expérimentatrice, puis, à partir d'un seul. Les dessins des élèves A-2 et B-2 présentent un complètement juste du cube transparent fait à partir de deux carrés. De plus, leurs dessins montrent des arêtes bien droites témoignant d'une certaine maîtrise au niveau de l'exécution graphique. Le dessin de l'élève C-2, quant à lui, montre un complètement incorrect des deux carrés. En effet, il est possible de constater qu'il a dessiné d'abord deux arêtes puis fait un tracé continu pour relier les quatre derniers sommets.

Le complètement du cube, à partir d'un seul carré, pose une difficulté supplémentaire aux élèves. Si d'entrée de jeu, l'élève B-2 annonce qu'il va « en mettre un autre par-dessus », ce qui constitue une procédure efficace, le dessin du cube transparent n'est pas réalisé de façon adéquate. Il est possible, en effet, de remarquer que l'élève B-2 a placé un carré sur celui dessiné précédemment. Toutefois, celui-ci est placé en biais par rapport au premier et les arêtes, supposées les relier, convergent plutôt vers l'extérieur à partir soit d'un même sommet ou soit d'une arête. Le dessin de l'élève C-2 montre, pour sa part, un deuxième carré bien positionné au centre du premier, mais présente une forme plus allongée et plus petite

que ce dernier. Également, il est possible de voir deux arêtes reliant adéquatement les deux carrés bien que l'une d'entre elles décrive un arc plutôt qu'une droite. De plus, le dessin juste de l'élève A-2 amène une discussion riche de sens entre l'élève B-2 et l'expérimentatrice. En effet, en regardant le dessin de l'élève A-2, l'élève B-2 apporte le commentaire suivant : « il est à l'envers ». Ce commentaire, l'expérimentatrice l'a perçu comme étant la rétroaction que le dessin renvoyait à l'élève B-2, car celui-ci était assis à la table du côté opposé à l'élève A-2 et voyait, par le fait même, le dessin « à l'envers ». Toutefois, l'analyse des dessins montre que la direction de la perspective, dessinée par l'élève A-2, est différente de celle choisie par l'expérimentatrice. En effet, le point de fuite n'est pas situé du même côté du carré principal et c'est, peut-être, cette différence que l'élève B-2 a voulu souligner par son commentaire.

Finalement, cette première boucle se referme autour du vocabulaire désignant l'opacité du cube lorsque l'élève B-2 reconnaît la similarité entre le cube-solide opaque et le cube *Rubik* montré par l'expérimentatrice. Il est possible de constater de nouveau le retour du vocabulaire spontané des élèves, c'est-à-dire le cube « qu'on ne voit pas dedans » et le cube « fermé » pour caractériser le cube opaque.

Tâche B : « Tu vas essayer de le dessiner au complet. »		
Unités d'interprétation	Productions des élèves	Interventions de l'expérimentatrice
Dessin du cube transparent selon le procédé et sans cube modèle servant de référence	Dessin de l'élève B-2 :  <i>L'élève B-2 recommence.</i>	« Maintenant, je ne donne plus d'indices. Tu vas essayer de le dessiner au complet. »

	 <p>Élève B-2 : « Ça c'est mieux! »</p> <p>Dessin de l'élève A-2 :</p>  <p>Dessin de l'élève C-2 :</p>  <p>Élève C : « Non! »</p> <p>Dessin de l'élève C-2 :</p> 	<p>« Es-tu en train de me dessiner la même chose qu'on a pratiqué? »</p> <p>« Fais-moi la même chose. »</p>
--	---	---

Suite aux activités de complètement, le dessin du cube transparent vient former cette autre boucle. Pour ce dessin, les élèves ne disposent ni d'indices visuelles ni de cubes pouvant leur servir de référence. Ainsi, le premier dessin de l'élève B-2 montre deux carrés superposés, mais non décalés. L'élève B-2 refait donc un autre dessin où, cette fois, le deuxième carré est davantage décalé et où l'on voit apparaître deux arêtes. L'élève A-2, pour sa part, a fait un dessin somme toute assez bien réussi, nonobstant l'absence d'une arête. Quant à l'élève C-2, il a produit une suite de trois formes juxtaposées, puis, suite à l'intervention de l'expérimentatrice, qui lui demande de faire des essais selon la procédure enseignée, il a fait un autre dessin. Dans celui-ci, il est possible de remarquer un premier carré puis, un

deuxième, juxtaposé à ce dernier, formant ainsi son prolongement et marquant par le fait même le volume du cube.

Tâche C : « Montre-moi sur mon cube qu'est-ce qui a fait la trace. »		
Unités d'interprétation	Productions des élèves	Interventions de l'expérimentatrice
Identification des composantes du cube	<p>Élève C-2 : « Avec ça. » (<i>arête</i>)</p> <p>Élève C-2 : « Non. »</p> <p><i>L'élève B-2 montre une des faces.</i></p> <p>Élève B-2 : « Moi, je sais. » <i>L'élève B-2 compte les sommets. «1-2-[...]»</i></p> <p>Élève B-2 : « Non! »</p> <p><i>Les élèves ne répondent pas.</i></p> <p><i>Les élèves comptent en même temps.</i></p>	<p>« J'ai fait une trace (<i>trace d'une face</i>) dans la pâte à modeler avec mon cube. [...] avec quoi tu penses que j'ai fait la trace? Montre-moi sur mon cube qu'est-ce qui a fait la trace. »</p> <p>« Est-ce que ça fait pareil? »</p> <p>« Avec quoi je l'ai fait? »</p> <p>« C'est ça. J'ai pris un côté de mon cube. J'ai fait ça avec un carré. Vous pensez que je peux en faire combien de traces comme ça? »</p> <p>« Si je prends ça ici, est-ce que ça me donne pareil? » (<i>L'expérimentatrice fait une trace dans la pâte à modeler avec le sommet.</i>)</p> <p>« Je veux savoir des traces comme ça, (<i>L'expérimentatrice fait une trace avec une face.</i>) je vais être capable d'en faire combien? »</p> <p>« On peut en faire une, (<i>L'expérimentatrice fait la trace.</i>) deux (<i>Elle fait la trace</i>), trois, quatre, cinq, six.»</p> <p>« Avec mon cube, je suis capable de faire six traces, comme ça, dans la pâte à modeler. »</p> <p>« Maintenant, je vais effacer cette empreinte là. Si je fais ça comme ça (<i>L'expérimentatrice fait une trace avec un sommet.</i>), je vais pouvoir en faire combien? »</p>

	<p>Élève C-2 : « Un » Élève A-2 : « Un »</p> <p><i>Les élèves comptent en même temps.</i></p> <p>Élève C-2 : « Des coins » Élève B-2 : « Des coins » Élève A-2 : « Des pics »</p>	<p>« Je vais en faire un? J'en ai un autre ici...deux, trois, quatre, cinq, six, sept, huit.</p> <p>« Ça, (<i>L'expérimentatrice pointe les sommets.</i>) on les appelle comment? »</p> <p>« Des coins, des pics...le vrai nom, c'est des sommets...des sommets. »</p>
--	--	--

Cette dernière boucle est marquée par une activité où les élèves doivent identifier la partie du cube (face, arête ou sommet) qui a laissé une empreinte dans la pâte à modeler. Ainsi, lorsque l'expérimentatrice a fait une marque avec une face du cube, l'élève C-2 identifie une arête du cube comme étant la composante responsable de l'empreinte. En effectuant une marque avec une arête, l'élève C-2 remarque aussitôt son erreur. C'est l'élève B-2 qui donnera finalement la réponse attendue, soit la face du cube. L'expérimentatrice enchaînera alors en demandant aux élèves le nombre d'empreintes possible que peuvent laisser les faces du cube espérant ainsi en dénombrer le nombre total. Toutefois, l'élève B-2 entreprend plutôt le dénombrement du nombre de sommets, dénombrement interrompu par l'expérimentatrice qui lui fait aussitôt remarquer, par une nouvelle trace, que ces derniers ne sont pas responsables de l'empreinte laissée plus tôt. Devant les réponses erronées des élèves, l'expérimentatrice entreprend alors de dénombrer le nombre de faces avec eux tout en faisant des marques dans la pâte à modeler. Par la suite, elle fait une nouvelle trace avec un sommet à la vue des élèves en leur demandant le nombre de traces que ces sommets pourront produire. Cette fois encore, l'expérimentatrice dénombre le nombre de sommets avec les élèves, qui lui ont répondu qu'il y aura une seule trace possible, tout en faisant des marques dans la

pâte à modeler. Cette boucle se termine finalement par l'introduction du terme « sommet » que les élèves désignent comme étant des « coins » et des « pics ».

5.5. Découpage du protocole de la séance B pour chaque groupe (18 mai)

5.5.1. Groupe 1

Tâche A : « À date, qu'est-ce qu'on a fait? »		
Unités d'interprétation	Productions des élèves	Interventions de l'expérimentatrice
Retour sur les tâches proposées lors des dernières séances	<p>Élève C : « carrés opaques » « carrés transparents »</p> <p>Élève B : « On a fait des cubes...on a dessiné des cubes...on a fait un croquis de celui qui se ressemblait le plus...on a fait un affaire que quand on ouvrait le papier c'était pas la même affaire... »</p> <p>Élève A : « On a dessiné le carré. » « On a fait des pointus, on a fait des sommets.»</p> <p>Élève C : « Ah oui! Ça s'appelle des arêtes et des sommets. »</p> <p>Élève A-B-C : « Des carrés »</p> <p>Élève B : « Non, des cubes »</p> <p>Élève B : « Des carrés, ça l'a quatre formes. »</p> <p>Élève C : « Regarde! » <i>Il trace un carré avec son doigt sur la table...les quatre formes ce sont en fait les quatre côtés.)</i></p> <p>Élève C : « Puis, après, c'est haut. » <i>Il fait un cube avec son doigt.</i></p>	<p>« À date, qu'est-ce qu'on a fait? »</p> <p>« Est-ce qu'on a fait des cubes ou on a fait des carrés? »</p> <p>« C'est quoi la différence entre les deux? »</p>

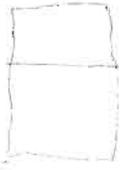
Cette première boucle, dont le rappel de certaines tâches déjà vécues est l'unité principale d'interprétation qui s'en dégage, rassemble des éléments permettant de dresser un portrait du cheminement des élèves au cours de l'ensemble des séances. Il est important de souligner que plusieurs semaines se sont écoulées depuis la séance précédente et, par conséquent, les informations recueillies amènent un apport nouveau.

D'entrée de jeu, il est possible de remarquer que la généralisation abusive du mot « carré » qui, rappelons-le, englobe à la fois le cube et le carré, s'est maintenue. En effet, à la question « à date, qu'est-ce qu'on a fait ? » (*sic*), l'élève C répond « des carrés opaques » et « des carrés transparents », réponse renchérie par les propos subséquents de l'élève B qui ajoute « on a fait des cubes, on a dessiné des cubes ». De plus, lorsque l'expérimentatrice questionne les élèves pour savoir s'ils ont fait des cubes ou des carrés, ces derniers ne s'entendent pas. Ils sont toutefois en mesure d'expliquer la différence entre les deux. En effet, l'élève B explique que « des carrés ça l'a quatre formes », faisant référence aux quatre côtés du carré, puis, l'élève C enchaîne en expliquant que le cube « après, c'est haut », faisant ainsi référence aux faces latérales se surélevant du carré de base et marquant une troisième dimension.

Tâche B : « Vous souvenez quelle forme ça l'a un cube qui est déballé? Essayez de vous rappelez puis dessinez- le. »		
Unités d'interprétation	Productions des élèves	Interventions de l'expérimentatrice
Dessin du développement du cube	Dessin de l'élève A :  Dessin de l'élève B :	

	 <p>Dessin de l'élève C :</p> 	
--	--	--

Le dessin du développement du cube vient marquer cette deuxième boucle. Il est possible de remarquer que le dessin de l'élève A montre uniquement un carré. Le dessin produit cette fois par l'élève B montre un rabattement des faces latérales autour d'un carré servant de base. Quant au dessin de l'élève C, il montre, pour sa part, un développement en forme de croix, qui rappelle ce qu'il avait dessiné lors de la séance précédente, mais avec une forme légèrement allongée.

Tâche C : « Vous allez vous souvenir de comment on dessinait celui-là. » (cube opaque)		
Unités d'interprétation	Productions des élèves	Interventions de l'expérimentatrice
Dessin du cube opaque	<p>Dessin de l'élève A :</p>  <p>Dessin de l'élève C :</p> 	<p>« Vous allez vous souvenir de comment on dessinait celui-là. » <i>(L'expérimentatrice montre le cube opaque puis le cache.)</i></p>

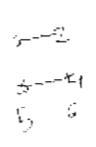
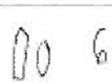
Le rappel du dessin du cube opaque, tâche effectuée pour la première fois lors de la séance 2, constitue l'essence de cette boucle. Il est à noter cependant que l'élève A n'était pas présent lors de la séance 2 et, par conséquent, cette activité ne constitue pas pour lui un rappel, mais montre plutôt ses premiers essais. De plus, il importe de mentionner que l'élève B n'a pas participé à cette tâche.

D'abord, il est possible de remarquer que le dessin de l'élève A montre deux carrés juxtaposés. La juxtaposition du deuxième carré ne s'inscrit toutefois pas dans le prolongement du deuxième comme nous l'avons déjà vu. En effet, « l'un des côtés du second quadrilatère forme un angle avec le côté correspondant du premier carré » (Caron-Pargue, 1985, p. 65). Caron-Pargue (1985) a identifié ce type de représentation comme étant deux quadrilatères accolés avec oblique.

Le dessin de l'élève C s'inscrit également dans la typologie des dessins de Caron-Pargue (1985) qui a catégorisé ce type de production dans les développements avec obliques. Ce type de dessin avait déjà été fait par l'élève A, lors de la séance 2, lorsque ce dernier s'exerçait sur le procédé graphique pour dessiner le cube transparent. Toutefois, le dessin de l'élève A ne montrait pas uniquement deux carrés emboîtés l'un dans l'autre, mais bien deux carrés emboîtés dans un plus grand



Tâche D : « Tu vas venir te chercher juste ce qu'il te faut de sommets (<i>raccords</i>) puis d'arêtes (<i>pailles</i>) pour construire ton cube. »		
Unités d'interprétation	Productions des élèves	Interventions de l'expérimentatrice
Situation de commande		« Aujourd'hui, c'est toi qui va construire un cube. [...] Ça va être un cube transparent que vous allez construire. »

	<p>Élève A :</p>  <p>Élève B :</p>  <p>Élève C :</p>  <p><i>L'élève C prend beaucoup de pailles sans les compter. Il ne regarde pas ce qu'il a écrit sur sa feuille. L'élève B prend 8 raccords et 10 pailles. L'élève A prend 3 pailles et 6 raccords. Les élèves tentent de faire leur construction, mais n'y parviennent pas étant donné le nombre inexact de pailles et de raccords qu'ils ont pris.</i></p> <p><i>Les élèves et l'expérimentatrice comptent d'abord les arêtes et, ensuite, les sommets.</i></p>	<p>« Je vais me placer à l'autre table. [...] Tu vas venir te chercher juste ce qu'il te faut de sommets (<i>raccords</i>) puis d'arêtes (<i>pailles</i>) pour construire ton cube. [...] Je te donne un petit bout de papier. Tu vas m'écrire qu'est-ce qu'il va te falloir et moi je te le donne. Tu n'as pas le droit de revenir au magasin deux fois. »</p> <p>« On va les compter ensemble pour voir combien il en faut. Après ça, si tu en avais trop, tu reviens les porter et s'il t'en manque, tu reviens chercher ce qu'il te manque. »</p> <p>« Bon, c'est ça. Il te faut 12 arêtes puis 8 sommets. Tu peux revenir te chercher ce qu'il te manque. Il faut que ça l'arrive juste. »</p> <p>« Dans un cube, il y a 12 arêtes, 8 sommets puis il y a combien de</p>
--	---	---

	<p>Élève C : « Attends...1-2-3-4-5-6-7...7 »</p> <p>Élève A : « 1-2-3-4 »</p> <p>Élève B : « 1-2-3-4 »</p> <p>Élève C : « Non, 5 »</p> <p>Élève C : « Non, non...c'est 5 elle. Puis, le carré opaque, c'est pas pareil. »</p> <p>Élève B : « Ben oui, sont pareils. » « Parce que...oui sont pareils, c'est la même forme. »</p> <p>Élève C : « Si ça l'a pas le même nombre, ça donnera pas la même forme. »</p> <p>Élève B : « Lui est plus petit puis l'autre est plus grand, c'est pour ça! »</p> <p>Élève B : « C'est la même affaire. »</p> <p>Élève C : « Il est plus petit lui, c'est pour ça. »</p> <p>Élève B : « C'est ça que j'ai dit tantôt! »</p> <p>Élève C : « On se donnes-tu un petit coup pour... » « pour le faire. Ça va me prendre 2 minutes »</p>	<p>carrés? »</p> <p>« Ça prend 7 carrés pour faire un cube? »</p> <p>« 4-5-6...là, on est mélangé. Est-ce que ça prend le même nombre de faces carrées dans un cube opaque puis dans le cube transparent? »</p> <p>« C'est ça. Mais là, on dit qu'il y en a 5 dans lui, puis 6 dans l'autre, mais que ça donne la même chose. »</p> <p>« J'ai une idée. On va faire comme du papier d'emballage. On compte le nombre de feuilles qu'il va nous falloir. » <i>(L'expérimentatrice pose une feuille sur chacune des faces du cube de pailles afin de le recouvrir pour qu'il devienne opaque.)</i></p> <p>« Un papier, deux papiers, trois, quatre, cinq, six ».</p>
--	--	--

	<p><i>Les élèves coupent des pailles de la même grandeur que les arêtes du cube opaque afin de voir s'ils vont avoir le même nombre de faces que sur le grand cube transparent</i></p> <p>Élève C : « 12 quand même. »</p> <p>Élève C : « Pas pareil, je pense. Ah! Oui, pareil. » « Aie, c'est plus solide! »</p> <p>Élève C : « 1-2-3-4-5-6 »</p> <p>Élève C : « 6 à 6 »</p>	<p>Il va t'en falloir combien?</p> <p>« Tu es en train de prendre combien de sommets? Est-ce que ça va être pareil que sur le gros? »</p> <p>« Il y a combien de faces? »</p> <p>« Un cube, ça l'a combien de faces? »</p>
--	--	--

Cette dernière tâche, au cours de laquelle les élèves devaient mettre en jeu leurs connaissances de certaines propriétés du cube lors d'une activité de construction, vient marquer cette boucle. De façon précise, les élèves devaient, par une situation de commande, construire un cube « transparent » à l'aide de pailles et de raccords. Les élèves disposaient d'une feuille pour y inscrire le nombre voulu de chacun d'entre eux et pouvaient faire un seul aller-retour. La tâche permettait donc de vérifier si les élèves étaient en mesure de se rappeler du nombre d'arêtes et de sommets présent dans un cube ou, s'ils n'y parvenaient pas, de vérifier s'ils pouvaient se donner une stratégie efficace pour les dénombrer. De plus, ils devaient être en mesure de faire correspondre les pailles aux arêtes et les embouts aux sommets.

D'abord, il est possible de remarquer que tous les élèves ont entrepris de dénombrer le nombre d'arêtes et de sommets sur le cube laissé à leur vue. Les élèves B et C ont, d'abord, inscrit sur leur feuille respective 10 arêtes, puis y ont écrit, 6 sommets dans le cas de l'élève C et 8 sommets dans le cas de l'élève B. Il est à noter que le chiffre 8 se retrouve à trois reprises sur la feuille de l'élève B, car celui-ci a repris

son comptage à plusieurs reprises. Il avait, en effet, de la difficulté à se donner un moyen pour ne compter qu'une seule fois chacun des sommets. Aussi, il importe de souligner que lorsque l'élève C est allé chercher les pailles et les embouts, il a d'abord demandé le nombre de chacun d'entre eux comme ils l'avaient dénombré, puis en a demandé un nombre excédentaire à l'expérimentatrice en lui mentionnant « au cas où ». Quant à l'élève A, les nombres présents sur sa feuille représentent le nombre de sommets qu'il a dénombré sur le cube puis les traits reliant ces chiffres représentent les arêtes. Sur la figure 5.1, les points et les lignes foncées montrent ce que l'élève A a dénombré en réalité sur le cube. Ainsi, il a écrit les chiffres 1 et 2, puis les a reliés par un trait. Il a fait de même pour les chiffres 3 et 4, puis 5 et 6. Les chiffres semblent donc correspondre au nombre d'embouts qu'il doit aller chercher et les lignes représentent le nombre de pailles dont il a besoin. Ainsi, l'élève A est allé chercher 6 embouts et 3 arêtes.

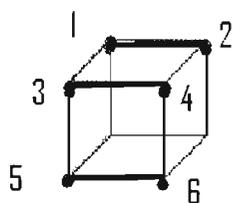


Figure 5.1 : Arêtes et sommets représentés par le schéma de l'élève A sur sa feuille de commande

Lors de l'assemblage des pailles et des embouts, les élèves A et B présentent de nombreuses difficultés dans la manipulation du matériel. De plus, il est possible de remarquer que l'élève A, ne disposant pas de suffisamment de pailles et d'embouts, cherchent à créer une construction qui n'a rien à voir avec un cube. L'élève C, pour sa part, utilisent ses pièces en trop pour faire d'autres cubes et les placer les uns sur les autres.

Suite à l'intervention de l'expérimentatrice, qui a dénombré avec les élèves le nombre d'arêtes et de sommets afin que ces derniers puissent compléter leur construction, une discussion autour du nombre de faces vient clore la séance. Comme les élèves ne s'entendent pas sur le nombre total d'entre elles, l'expérimentatrice leur demande alors si le cube « transparent » et le cube opaque possèdent le même nombre de faces espérant ainsi qu'ils se rappellent le nombre de faces du cube opaque dénombré plus tôt. Toutefois, si l'élève B répond positivement à la question en justifiant par « c'est la même forme » faisant ainsi référence à un même objet géométrique, l'élève C ne croit pas que les deux types de cube aient le même nombre de faces puisque la manipulation ne lui a pas permis de conforter cette position. Il sait toutefois que si deux objets géométriques ne possèdent pas le même nombre de faces, ils ne pourront être identiques. L'élève B apporte donc l'explication suivante « lui est plus petit puis l'autre est plus grand », faisant ici référence au cube-solide opaque manipulé qui était effectivement de plus petite taille que le cube de pailles qu'ils ont construit.

Afin de vérifier l'hypothèse de l'élève B, l'expérimentatrice suggère aux élèves de recouvrir le cube de pailles avec des feuilles de papier de sorte à le rendre opaque et ainsi pouvoir dénombrer le nombre total de faces qu'il possède. Toutefois, bien que la manipulation permette aux élèves de trouver que le cube transparent possède le même nombre de faces que le cube opaque, il règne toujours une certaine confusion chez l'élève C qui cherche à justifier qu'il ait dénombré plus tôt seulement 5 faces. Il en revient donc au même commentaire que celui émis par l'élève B « il est plus petit lui, c'est pour ça ». Il suggère donc de vérifier de nouveau cette hypothèse en coupant des pailles de la même longueur que les arêtes du cube-solide opaque, ceci afin de se retrouver avec deux cubes de même dimension et ainsi de pouvoir vérifier à nouveau le nombre de faces.

L'expérimentatrice se prête donc au jeu et demande à l'élève C de combien de pailles coupées il devra disposer pour construire un plus petit cube. À cette question, l'élève C répond « 12, quand même ». Il constatera, de plus, la constance du nombre de sommets dans les deux cubes suite à une certaine hésitation. La construction d'un plus petit cube permettra aussi à l'élève C de constater que cette invariance est également présente pour le nombre total de faces que possède un cube. Finalement, lors de l'assemblage du petit cube, l'élève C fait le commentaire suivant « c'est plus solide », faisant ainsi l'expérience de la solidité d'un objet lorsque celui-ci est moins haut par rapport à une même surface en largeur.

5.5.2 Groupe 2

Tâche A : « Qu'est-ce que tu te souviens qu'on a fait? »		
Unité d'interprétation	Productions des élèves	Interventions de l'expérimentatrice
Retour sur les tâches proposées lors des dernières séances	Élève B-2 : « Des carrés »	« J'aimerais ça que tu me dises qu'est-ce que tu te souviens qu'on a fait? »
	Élève C-2 : « Des lignes »	« Qu'est-ce qu'on a fait avec des lignes? »
	Élève C-2 : « Des carrés, des boîtes »	« Comment on appelait ça des boîtes? »
	Élève C-2 : « Bloc ouvert »	« Des boîtes ouvertes on disait que c'était... »
	Élève C-2 : « Transparent »	« Les boîtes comment on les appelle ? Qui s'en souvient? »
	<i>Pas de réponse</i>	« Est-ce que ça se peut qu'on ait fait des cubes? »
	Élève C-2 : « Ouais »	« Est-ce qu'on a juste fait une sorte de cube ou on en a fait plusieurs? »
	Élève B-2 : « 3... non 2 »	« C'était quoi les deux sortes? »
	Élève B-2 : « Qu'on voyait pas en dedans puis l'autre qu'on voyait »	« C'est ça...on a dit tantôt le cube transparent puis celui qu'on ne voyait pas dedans comment on l'appelait? »
	Élève C-2 : « Opaque »	« Qu'est-ce qu'on a fait d'autres? »
	Élève C-2 : « On en fait un par-dessus...un carré »	« Ah oui...quand on le dessine. Quand on fait ça, c'est lequel qu'on dessine : celui qu'on voit dedans ou celui qu'on ne voit pas dedans? »
	Élève C-2 : « Celui qu'on voit	

	<p>dedans. »</p> <p>Élève A-2 : « Des pics »</p> <p><i>Pas de réponse</i></p> <p>Élève B-2 et C-2 : « Les lignes! »</p>	<p>« Les petits bouts pointus sur mon cube comment on les appelle? »</p> <p>« Quel autre nom, on peut leur donner? »</p> <p>« Les sommets, c'est les pics. »</p> <p>« Qu'est-ce qu'il y avait d'autres? »</p> <p>« Comment on les appelle les lignes? Un autre nom que les lignes? »</p> <p>« A...rê...tes »</p>
--	---	--

Le rappel de certaines tâches déjà vécues, par l'utilisation de la question ouverte « Qu'est-ce que tu te souviens qu'on a fait? », permet de rassembler des éléments quant à la représentation des élèves de certaines tâches et quant à l'utilisation du vocabulaire lié à la géométrie dans le contexte particulier du dessin du cube et de l'exploration de ses propriétés. Ces informations permettent ainsi de dresser un portrait du cheminement des élèves au cours de l'ensemble des séances et marquent, par le fait même, cette première boucle.

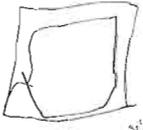
D'entrée de jeu, l'élève B-2 mentionne des « carrés » à la question de l'expérimentatrice. Il est possible de penser que ces « carrés » réfèrent probablement au « cube », comme il a été possible de le constater dans les séances précédentes, ce qui montrerait une fois de plus la confusion entre ces deux termes pour lesquels la distinction n'est pas clairement établie. Toutefois, la réplique de l'élève C-2 nous laisse croire, pour sa part, qu'une certaine différenciation se serait amorcée lorsqu'il fait référence à « des carrés » et « des boîtes », montrant ainsi qu'il s'agirait de deux objets géométriques distincts. Voulant valider cette hypothèse, l'expérimentatrice demande à l'élève C-2 l'autre nom utilisé pour désigner des « boîtes ». Ce dernier fait alors référence à un « bloc ouvert » et

complète en ajoutant « c'est transparent », montrant du coup qu'il faisait référence au cube transparent lorsqu'il a mentionné « des boîtes ». Toutefois, l'expérimentatrice n'a pas compris, qu'autant l'élève B-2 que l'élève C-2 faisait bel et bien référence, par leurs réponses, au cube, ce qui l'a sans doute incité à poser cette autre question « Est-ce que ça se peut qu'on ait fait des cubes? ».

Par la suite, il est possible de constater que les élèves ont une représentation des tâches tout à fait juste. En effet, la réponse de l'élève B-2 « celui qu'on voit pas dedans puis l'autre qu'on voyait » (*sic*) à la question de l'expérimentatrice qui désire savoir quelles étaient les deux sortes de cubes auxquels l'élève faisait référence, le montre bien. La distinction entre ces deux qualités du cube, c'est-à-dire la transparence ou l'opacité, semble s'établir tout comme la façon de les représenter. L'élève C-2 explique, en effet, de quelle façon il est possible de représenter graphiquement le cube transparent lorsqu'il dit « on en fait un autre par-dessus », faisant ainsi référence au procédé graphique enseigné.

Finalement, bien que les élèves n'utilisent pas spontanément le vocabulaire introduit au cours des séances, il est possible de remarquer une certaine acquisition du vocabulaire lorsque l'élève C-2 se rappelle du terme « opaque » pour désigner le cube « qu'on ne voit pas dedans ». Toutefois, les termes spontanés « pics » et « lignes » n'ont pas fait place à l'introduction des termes « sommets » et « arêtes ».

Tâche B : « À quoi tu penses qu'il va ressembler mon papier quand je vais l'ouvrir »		
Unités d'interprétation	Productions des élèves	Interventions de l'expérimentatrice
Dessin du développement du cube	Élève B-2 : « Comment tu l'as enveloppé? »	« J'ai un cube, mais il est emballé mon cube. Tu n'es pas capable de le voir parce que j'ai mis du papier par-dessus. » « Ah! Ah! C'est ça que tu vas me faire

	<p>Dessin de l'élève A-2 :</p>  <p>Dessin de l'élève B-2</p>  <p>Dessin de l'élève C-2</p> 	<p>sur ta feuille aujourd'hui. Mon cube, je vais le développer tantôt, mais avant j'aimerais ça que tu me dessines à quoi tu penses qu'il va ressembler mon papier quand je vais l'ouvrir. »</p>
--	---	--

Le dessin du développement du cube introduit par la question « À quoi tu penses qu'il va ressembler mon papier quand je vais l'ouvrir? » constitue l'essentiel de cette deuxième boucle. On remarque d'abord la similarité des dessins des élèves B-2 et C-2 qui ont dessiné deux carrés emboîtés l'un dans l'autre, le plus petit carré montrant sûrement le cube placé au centre du papier d'emballage, ce dernier représenté par le carré le plus grand. Le dessin de l'élève A-2, quant à lui, montre un carré noirci que ce dernier a colorié avec un grand soin en essayant de cacher tous les espaces blancs visibles voulant peut-être ainsi montrer l'opacité du papier qui recouvre le cube.

Tâche C : « Tu vas me faire des X à la bonne place sur ton papier. [...] Quand on va les plier après, on va voir si tu as raison. »		
Unités d'interprétation	Productions des élèves	Interventions de l'expérimentatrice
Marquage des faces du développement du cube	<p><i>Les élèves font des croix sur leur développement tout en regardant le cube plié de l'expérimentatrice.</i></p>	<p>« Je vais te donner à toi aussi ta feuille pour faire le papier d'emballage »</p> <p><i>L'expérimentatrice fait des croix de couleurs sur son cube plié</i></p> <p>« Toi avec des crayons, tu vas me faire des X à la bonne place sur ton papier. Il va falloir que tu les mettes à la même place. Quand on va les plier après, on va voir si tu as raison. Est-ce que tu comprends bien mon jeu? »</p>
Vérification lors du pliage du développement	<p>Élève B-2 : « Oui! »</p> <p>Élève B-2 : « Oui! »</p> <p>Élève B-2 : « Non! »</p>	<p>« Vous allez le mettre sur mon cube pour voir si ça donne pareil. Vous allez emballer mon cadeau. »</p> <p>« J'ai un bleu sur le dessus. Ok. Moi ici, c'est orange. Où il est toi ton orange? Il est là. On va le tourner pour qu'il soit placé de la même façon. J'ai un jaune en avant toi est-ce que t'as un jaune? »</p> <p>« Ça va bien! En arrière, est-ce que c'est la même couleur? »</p> <p>« En dessous, est-ce que c'est la même couleur? »</p> <p><i>L'expérimentatrice vérifie avec l'élève C-2 et A-2 de la même façon qu'avec l'élève B-2. Le cube de l'élève C-2 est identique à celui de l'expérimentatrice. Les élèves développent leurs cubes et mettent leurs développements à côté du</i></p>

<p>Vérification une fois les cubes dépliés</p>	<p>Élève C-2 : « C'est pas pareil! »</p> <p>Élève B-2 : « Moi, est-ce que c'est pareil? »</p> <p>Élève B-2 : « C'est bizarre...très, très bizarre! »</p> <p>Élève B-2: « Pas moi en tout cas. »</p> <p>Élève B-2 : « On peut peut-être les tourner. »</p> <p><i>L'élève B-2 tente de tourner les développements pour que les croix de couleurs soient au même endroit que sur le cube de l'expérimentatrice, mais n'y parvient pas.</i></p> <p>Élève B-2 : « non! »</p>	<p><i>cube déplié de l'expérimentatrice.</i></p> <p>« Pourtant on vient de vérifier puis c'était pareil! Comment ça? »</p> <p>« Bien non, toi non plus, c'est pas pareil! »</p> <p>« Ça fonctionne quand on regarde sur le cube puis une fois qu'on a le papier c'est même pas pareil. »</p> <p>« Est-ce que quelqu'un a une explication? »</p> <p>« Penses-tu que tu peux le tourner pour que ça devienne pareil? »</p> <p><i>L'expérimentatrice montre alors aux élèves que les couleurs sont tout de même une à côté de l'autre même si elles ne sont pas dans les mêmes carrés.</i></p> <p>« Elles ne sont pas placées à la même place, mais les couleurs sont quand même une à côté de l'autre. »</p>
--	---	--

Cette dernière boucle est marquée, d'abord, par le marquage des faces sur un développement du cube, puis, par la validation de ce marquage une fois le cube plié.

Il est possible de constater que tous les élèves utilisent une même stratégie, c'est-à-dire celle de regarder le cube plié de l'expérimentatrice et d'essayer de placer les croix de couleurs aux mêmes endroits. Ils ne semblent pas, au cours de la période du marquage, se donner des repères particuliers.

Lors de la vérification des marques, une fois le cube plié, il est possible de constater que seul l'élève C-2 a réussi à positionner ses marques aux endroits appropriés. Il est, de plus, pertinent de souligner les nombreuses difficultés des élèves lors de l'étape du pliage qui nécessitent l'aide de l'expérimentatrice et qui montrent certaines limitations au niveau de leur motricité.

Finalement, la vérification des marques une fois tous les cubes dépliés laisse place à un certain étonnement des élèves qui ne peuvent comprendre pour quelles raisons les marques sur le cube déplié de l'élève C-2 ne sont pas placées aux mêmes endroits que sur le cube déplié de l'expérimentatrice bien que les deux cubes étaient identiques lorsqu'ils étaient pliés. L'élève B-2 a alors suggéré de tourner les développements pour les rendre identiques ce qui s'est avéré être une stratégie peu efficace. L'expérimentatrice a donc amené les élèves à prendre conscience que les couleurs des croix étaient tout de même les unes à côté des autres bien que les croix n'étaient pas nécessairement placées aux mêmes endroits sur les développements.

CHAPITRE VI

INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS ET DISCUSSION

Dans ce chapitre, nous rappelons les principales productions de chacun des élèves afin, dans un premier temps, de mettre en relief leur évolution au cours de la séquence, puis, dans un deuxième temps, de les examiner au regard de la typologie des catégories de Caron-Pargue (1985). Ensuite, nous identifions les tâches qui n'ont pas donné lieu à des interactions fertiles sur le plan mathématique. Nous interprétons ainsi, sous différents angles, le potentiel didactique de certaines tâches expérimentées ainsi que l'organisation des tâches au sein de la séquence. Des modifications sont ainsi proposées à la séquence expérimentée pour bonifier son potentiel didactique. Ce chapitre clôture sur les caractéristiques particulières des élèves ayant participé à l'expérimentation et sur l'analyse de l'investissement mathématique de ces élèves dans le jeu de tâches.

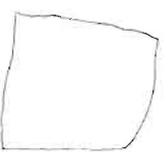
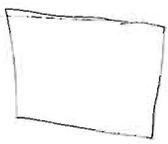
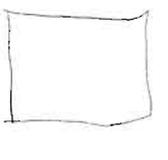
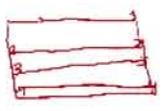
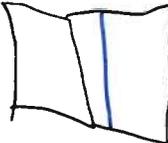
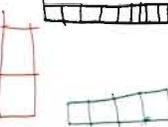
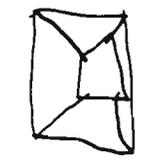
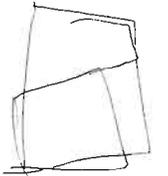
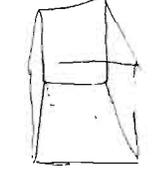
6.1 Étude de l'évolution des productions des élèves au cours des séances pour chacune des tâches principales

Afin de déterminer si une certaine évolution des productions des élèves s'est opérée au cours de la séquence expérimentée, il importe de faire l'étude de ces productions en examinant, pour un élève donné et pour une tâche donnée, les dessins effectués lors du premier essai et lors du dernier essai. Pour cette analyse, nous nous appuyons, lorsqu'il nous est possible de le faire, sur la typologie des catégories de Caron-Pargue (1985) afin de les caractériser au regard de cette typologie (voir sect.

2.2.3). Nous ferons cependant référence uniquement au cheminement des élèves selon les catégories principales qui, rappelons-le, sont : 1) Les Formes et les Remplissages; 2) Les Quadrilatères; 3) Les Compositions de rectangles; 4) Les Compositions avec obliques et 5) Les Perspectives. Ces catégories de dessins qui correspondent, selon Caron-Pargue (1985), à un ordre développemental, vont permettre de caractériser les productions des élèves. Ainsi, nous tenterons donc de juger si les productions des élèves ont évolué au sein des catégories.

Pour mener cette analyse, trois tâches ont été sélectionnées parmi celles effectuées, car elles présentaient, à notre avis, un potentiel d'analyse plus intéressant quant à nos objectifs de recherche. Les tableaux qui suivent montrent donc les caractéristiques évoquées précédemment pour trois tâches principales soit le dessin du cube transparent (tableau 6.1), le dessin du cube opaque (tableau 6.2) et le dessin du cube déplié (tableau 6.3). L'ensemble de ces tableaux expose également les dessins effectués lorsque des contraintes, quant à l'usage ou non de la couleur, ont été imposées ainsi que les dessins produits lors des essais sur les procédés graphiques.

Tableau 6.1
Productions des élèves lors du dessin du cube transparent

Date	Tâches	Élèves de 11 ans			Date	Élèves de 9 ans		
		Élève A	Élève B	Élève C		Élève A-2	Élève B-2	Élève C-2
Séance 1 : 13 avril	Dessins à la mine avant l'enseignement du procédé (présence du cube modèle)				Séance 1 : 13 avril			
Séance 1 : 13 avril	Dessins en couleurs avant l'enseignement du procédé (présence du cube modèle)				Séance 1 : 13 avril			
Séance 1 : 13 avril	Essais sur le procédé				Séance 1 : 13 avril			
Séance 2 : 23 avril	Dessins suite à l'enseignement du procédé	Absence de l'élève			Séance 3 : 4 mai			

6.1.1 Dessin du cube transparent

Le tableau 6.1 montre, pour le dessin du cube transparent, une évolution certaine dans les productions des élèves. En effet, si les dessins effectués « avant l'enseignement de tout procédé » se caractérisent, pour la majorité, par l'absence de volume, il en va autrement des dessins faits « suite à l'enseignement du procédé graphique ». Ces dernières productions montrent toutes, sans exception, une marque particulière permettant de coder une troisième dimension.

À l'exception du dessin de l'élève A qui se situe certes à un niveau supérieur (le dessin de l'élève A sera traité à part), on retrouve dans tous les autres dessins faits « avant l'enseignement du procédé » une forme carrée et, pour l'élève C-2, une forme carrée accompagnée d'une autre forme fermée. Les dessins des deux groupes sont ainsi caractérisés par une représentation plane et sans marque apparente de volume s'inscrivant, par le fait même, dans la catégorie des « Quadrilatères » selon Caron-Pargue (1985).

Ce sont les dessins des élèves C et A-2 qui montrent « suite à l'enseignement du procédé » une représentation se rapprochant davantage de la perspective cavalière, perspective que le procédé graphique enseigné tendait à représenter. Ces représentations ne sont toutefois pas complètes en raison de l'absence d'une des arêtes, pour le dessin de l'élève A-2, et du positionnement incorrect des carrés qui ne sont pas suffisamment décalés l'un par rapport à l'autre, pour le dessin de l'élève C. Quant au dessin de l'élève B-2, celui-ci montre également des caractéristiques d'une représentation d'un cube transparent en perspective cavalière. Malgré une maladresse graphique apparente qui ne lui permet pas de compléter avec justesse son dessin, il est en effet possible de remarquer les deux carrés décalés de même que deux arêtes reliant les sommets opposés. Pour ces trois élèves, la similarité entre les dessins produits « suite à l'enseignement du procédé » et ceux faits lors des « essais

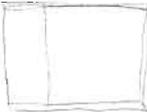
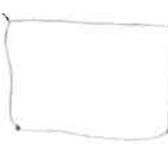
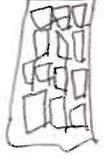
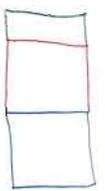
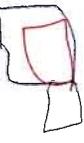
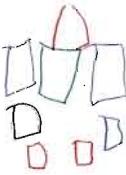
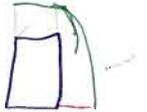
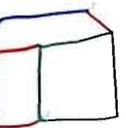
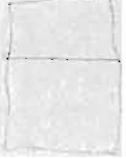
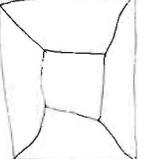
sur le procédé » est étonnante. En effet, il est possible de retrouver les mêmes caractéristiques dans les dessins d'un même élève. Toutefois, il est important de souligner que, dans le cas du groupe 1, aucun rappel du procédé n'a eu lieu au moment où les élèves ont effectué leur dernier dessin. Ainsi, pour ce groupe, les dessins produits « suite à l'enseignement du procédé » permettent bien de décrire le cheminement réalisé et d'apprécier les acquisitions des élèves. Toutefois, pour le groupe 2, ces dessins ont été réalisés dans la même séance où une activité de complètement a eu lieu. Ainsi, les dessins ont sans aucun doute été influencés par cette activité ce qui nous permet difficilement de juger de l'évolution des productions des élèves.

Pour leur part, bien que les dessins des élèves B et C-2, faits « suite à l'enseignement du procédé », se rapprochent moins d'une représentation en perspective cavalière, ils témoignent tout de même d'un certain investissement de ces élèves vers une maîtrise du procédé graphique pour représenter le cube ce qui, par le fait même, atteste d'une certaine évolution dans les dessins. L'investissement de l'élève B se manifeste dans son dessin par les traits graphiques qui rappellent le procédé enseigné. En effet, le carré qu'il a dessiné de même que les obliques le traversant en témoignent. Le dessin de l'élève C-2 exprime également le rappel de certaines informations, ces dernières étant montrées par la présence de deux carrés, dont le second est le prolongement du premier, ainsi que la présence de deux arêtes qui convergent vers l'extérieur au bas du dessin. Ce type de production se situe selon Caron-Pargue (1985) dans une catégorie supérieure aux « Quadrilatères » en faisant partie des « Compositions de rectangles ».

Finalement, le cas de l'élève A est particulier, en raison, d'une part, de son premier dessin qui se distingue particulièrement des autres et, d'autre part, parce qu'il nous est difficile de faire l'analyse de son cheminement puisque ce dernier était absent lors de la séance où le dessin du cube transparent a été réalisé pour la dernière fois.

Néanmoins, le dessin de l'élève A, « avant l'enseignement du procédé » se distingue par les marques de volume qu'il présente. En effet, la numérotation des sommets montre que le cube est composé de « quelque chose » de plus qu'un simple carré, ce dernier ne possédant que quatre sommets. De plus, il est possible de remarquer que cette numérotation se retrouve autant lorsque le dessin est réalisé avec un crayon à la mine que lorsqu'il est réalisé en couleurs. Son dernier dessin, effectué lors des essais sur le procédé, montre certes une évolution même s'il ne représente pas un cube en perspective cavalière tel que le procédé graphique tendait à le représenter. En effet, comme nous l'avons déjà souligné, ce dessin montre une représentation juste du cube selon une vue rapprochée de la face avant (Jacomio, 2002). Cette représentation s'inscrit également dans les « Compositions avec obliques » selon les typologies des catégories de Caron-Pargue.

Tableau 6.2
Productions des élèves lors du dessin du cube opaque

Date	Tâche	Élèves de 11 ans			Date	Élèves de 9 ans		
		Élève A	Élève B	Élève C		Élève A-2	Élève B-2	Élève C-2
Séance A : 2 avril	Dessins à la mine avant l'enseignement du procédé (présence du cube modèle)				Séance A : 2 avril			
Séance 2 : 23 avril	Dessins en couleurs avant l'enseignement du procédé (présence du cube modèle)	Absence de l'élève			Séance 2 : 23 avril			
Séance 2 : 23 avril	Essais sur le procédé	Absence de l'élève			Séance 2 : 23 avril			
Séance B : 18 mai	Dessins suite à l'enseignement du procédé		N'a pas participé au dessin			Tâche qui n'a pas été effectuée	Tâche qui n'a pas été effectuée	Tâche qui n'a pas été effectuée

6.1.2 Dessin du cube opaque

Le tableau 6.2 montre les productions des élèves lors du dessin du cube opaque. Il est à noter que plusieurs informations manquent à ce tableau, en raison de l'absence de certains élèves et de certains réajustements que nous avons faits dans le contenu des séances du groupe 2.

Néanmoins, l'analyse des productions des élèves A, B et C montre un premier dessin ponctué de « trucs graphiques » (Caron-Pargue, 1985) permettant de représenter un objet. Le dessin de l'élève A montre ainsi l'épaississement de deux côtés du carré afin de donner une certaine apparence de volume tout comme l'élève B a également tenté de le faire en renforçant d'un point chacun des sommets de son carré, lorsque le dessin était réalisé avec un crayon à la mine, et en épaississant les quatre côtés de son carré lors du dessin en couleurs. Quant à l'élève C, il a orné son dessin de fenêtres et d'une porte pour possiblement évoquer, par le dessin d'une maison, une figure tridimensionnelle. Il est toutefois important de souligner que l'utilisation de ces « trucs » ne témoignent pas « d'une représentation particulière de l'objet à dessiner » (Caron-Pargue, 1985 p. 118), mais servent plutôt à rendre plus complexe une représentation. Ainsi, l'analyse de ces mêmes dessins, en faisant abstraction de ces procédés graphiques, montrent des représentations assez simplistes qui ont évolué au cours des séances. L'élève A, qui avait initialement dessiné deux rectangles accolés (Caron-Pargue, 1985) (sous-catégories des « Compositions de rectangles »), a fait une représentation montrant l'apparition des obliques dans le dessin fait « suite à l'enseignement du procédé », ces obliques témoignant ainsi d'une évolution de la représentation puisque faisant partie des « Compositions avec obliques » (Caron-Pargue, 1985). L'élève C qui avait, d'abord, fait un carré surplombé d'une pointe triangulaire, a fait comme dernier dessin un développement avec obliques (Caron-Pargue, 1985) (sous-catégories des « Compositions avec obliques ») qui est aussi une représentation juste du cube selon

Jacomo (2002). Quant à l'élève B, on ne peut juger de l'évolution de ses dessins, ce dernier ayant refusé de participer au dernier dessin. Néanmoins, son dessin réalisé lors des essais sur le procédé montre une évolution évidente par rapport à ceux réalisés avant l'enseignement du procédé.

Comme nous l'avons mentionné précédemment, certaines modifications du contenu des séances du groupe 2 ne nous ont pas permis d'effectuer un dessin du cube opaque « suite à l'enseignement du procédé ». Par conséquent, nous ne pouvons analyser le cheminement des élèves A-2, B-2 et C-2. Malgré que les dessins réalisés lors des essais sur le procédé montrent une certaine évolution, nous ne pouvons savoir s'il serait toujours possible de constater ces changements quelques semaines plus tard. Pour ces élèves, il est toutefois intéressant de noter qu'une évolution, entre les dessins réalisés avec un crayon à la mine et ceux faits en couleurs, est observée et ce, même avant l'enseignement du procédé.

D'abord, l'élève A-2, qui avait dessiné en noir un grand carré et 5 petits carrés disjoints au-dessus du premier, suggérant les 6 faces du cube, a produit en couleurs un développement du cube, toutefois incorrect, mais qui donne bien l'idée que le cube est formé de plusieurs carrés reliés les uns aux autres. Les faces du cube ne sont ainsi plus dissociées les unes des autres, mais font partie d'un même ensemble. Cette réorganisation témoigne donc d'une évolution. L'élève B-2 qui avait dessiné en noir un simple carré (si l'on prend pour acquis que les petits carrés dessinés à l'intérieur de celui-ci représentent les découpes en centi-cubes) a dessiné à l'aide des crayons de couleurs deux carrés emboîtés accolés à un appendice caractérisant sans doute la face cachée du dessous. Cette représentation montre donc que le cube n'est pas composé d'un seul carré et se distingue, par conséquent, de la version en noir. Elle s'inscrit également dans une catégorie supérieure selon la typologie dressée par Caron-Pargue (1985) soit celle des « Compositions de rectangles ». Finalement, le dessin fait en noir par l'élève C-2 montrait une certaine marque de volume par la

division effectuée dans le grand carré indiquant la présence de plus d'une face. Son dessin en couleurs semble, pour sa part, montrer la présence de plusieurs faces, ces dernières étant représentées par les différents carrés dessinés. Ce deuxième dessin semble ainsi marquer un recul par rapport au dessin en noir puisque les carrés dessinés ne font plus partie d'un même tout, mais sont représentés de façon disjointe. La catégorie des « Formes et des Remplissages » étant celle apparaissant en premier selon Caron-Pargue (1985).

Tableau 6.3
Productions des élèves lors du dessin du cube déplié

Date	Tâches	Élèves de 11 ans			Date	Élèves de 9 ans		
		Élève A	Élève B	Élève C		Élève A-2	Élève B-2	Élève C-2
Séance 3 : 4 mai	Dessins avant les activités du marquage des faces				Séance B : 18 mai			
Séance B : 18 mai	Dessins suite aux activités du marquage des faces					Tâche qui n'a pas été effectuée	Tâche qui n'a pas été effectuée	Tâche qui n'a pas été effectuée

6.1.3 Dessin du cube déplié

Le tableau 6.3 montre les productions des élèves lors du dessin du cube déplié. Ces productions sont réparties, pour le groupe 1, en deux temps différents soit, « avant les activités du marquage » et « suite aux activités du marquage ». Pour le groupe 2, le dessin du cube déplié n'a eu lieu qu'à une seule reprise. Pour cette raison, une analyse du cheminement des productions au cours des séances n'est pas possible.

Il est possible de remarquer que les dessins effectués par l'élève A « suite aux activités du marquage des faces » montrent uniquement un carré. Son dessin dénote ainsi qu'aucun changement ne semble s'être opéré au plan de sa représentation d'un cube « déballé ». Lors de son premier dessin, l'élève B avait également produit un carré, mais marqué d'une croix, cette croix représentant sans doute la position du cube à l'intérieur de son emballage. Son deuxième dessin, pour sa part, montre un rabattement des faces latérales autour d'un carré servant de base qui suppose bien une évolution dans la représentation du développement du cube. Quant au deuxième dessin de l'élève C, il montre un développement en forme de croix, qui ressemble à sa première production, mais avec une forme légèrement allongée. De plus, son dessin ne montre plus le carré central qui, rappelons-le, semblait indiquer la face du dessus ou du dessous du cube.

En somme, l'analyse des dessins, montrés par les tableaux 6.1, 6.2 et 6.3, montre une évolution pour l'ensemble des élèves et ce, pour chacune des tâches au regard des productions réalisées « avant l'enseignement du procédé » et celles réalisées « suite à l'enseignement du procédé ». En ce sens, il faut comprendre qu'une évolution des productions ne signifie pas pour autant une représentation juste du cube, mais dénote plutôt des caractéristiques qui, soit s'inscrivent dans une catégorie supérieure selon Caron-Pargue (1985), soit montrent des signes évidents d'une avancée dans le procédé graphique. La seule exception à noter est la stagnation du

dessin de l'élève A lors de la tâche du dessin du cube déplié. Toutefois, il faut se rappeler que cette tâche n'avait pas fait l'objet d'un enseignement quelconque, mais a fait l'objet d'une comparaison puisqu'elle s'est effectuée à deux reprises et lors de deux temps différents ce qui nous paraissait intéressant pour notre analyse.

6.2 Interprétation didactique des impasses rencontrées

Certaines tâches n'ont pas donné lieu aux productions mathématiques qu'elles visaient. Dans cette section, nous visons à interpréter, d'un point de vue didactique, les impasses ou les difficultés rencontrées au cours des séquences. Il nous est rarement possible d'identifier avec certitude les causes de ces impasses. Nous proposons, cependant, une interprétation qui tient compte à la fois de la nature même de la tâche et des difficultés de « pilotage », de « gestion » qu'elle a suscitée. Nous examinons, ensuite, plus particulièrement les impasses qui relèvent du matériel utilisé.

Enfin, nous comparons l'organisation et la chronologie des tâches telles que prévues et telles que réalisées. Nous proposons à cette occasion quelques interprétations sur les transformations opérées au moment de la réalisation.

Ces interprétations didactiques nous conduisent à proposer, pour chacune des sous-sections, des modifications visant à bonifier notre séquence. Elles permettent, de plus, d'apprécier le potentiel didactique du jeu de tâches que nous avons expérimenté.

6.2.1 Les tâches

Le dessin du cube transparent, réalisé en équipe, se voulait être une tâche permettant aux élèves de contrôler davantage le procédé graphique enseigné. Cette tâche, qui avait déjà été expérimentée auprès d'élèves présentant des difficultés d'apprentissage avait donné ce résultat (Giroux, 2008). En équipe, les élèves avaient ainsi établi une stratégie de partage de la tâche permettant de compléter le dessin du cube transparent : « 1) un premier élève dessine un carré et donne la feuille au second; 2) ce dernier dessine un second carré par rapport au premier et donne la feuille au troisième; 3) le troisième trace les traits qui relient les deux carrés. » (Giroux, 2008, p.25). Nous n'avons pas, pour notre part, observé l'élaboration spontanée d'une telle stratégie collective, les élèves ayant beaucoup de difficultés à organiser leur travail et ne sachant pas vraiment quel rôle individuel tenir au sein du travail d'équipe. Pour les deux groupes, l'expérimentatrice a dû intervenir afin que les élèves se consultent et se donnent « un plan ». Malgré ces interventions, les résultats obtenus pour le groupe 2 sont peu concluants. Les élèves en revenaient toujours à dessiner trois cubes sur la même feuille, chacun dessinant en fait un seul cube. Cependant, c'est sur ces dessins individuels que l'on a relevé, pour la première fois, des marques de perspective cavalière. Quant au groupe 1, un certain partage de la tâche s'est effectué selon la même stratégie qu'explicitée précédemment. Cependant, seul un des élèves semblait en contrôler les étapes, ce dernier guidant les autres.

Les résultats obtenus ne peuvent donc pas reposer sur les caractéristiques que suggérait la tâche. Toutefois, nous continuons de penser que cette tâche possède un potentiel didactique intéressant compte tenu de ses caractéristiques. Elle suggère, en effet, plusieurs interactions entre les élèves et entre leurs productions successives rendant susceptible la production de connaissances. Il est, cependant, difficile de savoir avec exactitude si les difficultés rencontrées relèvent de leurs actions ou si

elles relèvent d'un défaut de coordination ou d'un défaut didactique de la tâche ou de sa gestion effective.

D'autres types de tâches présentées aux élèves visaient l'acquisition de certaines propriétés des solides géométriques entourant le nombre de faces, de sommets et d'arêtes présents dans le cube tout en intégrant le vocabulaire s'y rattachant. Comme l'a montré la présentation des résultats au chapitre V, l'acquisition de ces notions n'a pas vraiment eu lieu. Nous avons remarqué que les élèves étaient en mesure de distinguer et de repérer sur le cube ce que sont les « faces », les « sommets » et les « arêtes » sans toutefois pouvoir les nommer. Les situations de commande de même que l'activité des empreintes visaient l'appropriation de ces savoirs. Bien que nous considérons que ces tâches ont un fort potentiel didactique et qu'elles étaient intéressantes à réaliser en vertu des objectifs poursuivis, certains éléments didactiques négligés *a priori* pourraient expliquer les résultats obtenus.

D'abord, en ce qui concerne les situations de commande, le manque de précision concernant les variables didactiques a certainement joué un rôle défavorable dans la compréhension de la tâche. En effet, le mode de communication (oral ou écrit), le nombre d'allers-retours auxquels les élèves avaient le droit n'avaient pas été déterminés avec précision avant l'activité. De plus, lors de la planification de cette tâche, nous n'avons pas considéré le fait que les élèves n'avaient jamais expérimenté ce type de tâche. Par conséquent, une phase d'appropriation de l'activité avec un premier jeu comportant des valeurs de variables appropriées auraient été nécessaires. En effet, nous aurions pu commencer l'activité par une situation de commandes visant, non pas à faire correspondre les arêtes comme cela fut le cas, mais à faire correspondre les sommets. Ces derniers étant moins nombreux, le contrôle au plan instrumental aurait été sans doute plus facile et aurait permis un meilleur investissement sur le savoir en jeu.

L'activité des empreintes, qui visait sensiblement les mêmes objectifs, a été réalisée uniquement, rappelons-le, avec les élèves du groupe 2. Elle faisait suite à la situation de commande réalisée lors de la séance précédente au cours de laquelle ces élèves avaient éprouvé beaucoup de difficultés à faire la correspondance entre les pailles du cube « transparent » et les arêtes du cube-solide opaque. Nous voulions donc travailler les mêmes notions par le biais de cette activité qui nous semblait intéressante tant aux plans de l'originalité que de l'accessibilité pour ces élèves. Toutefois, les questions proposées aux élèves se sont révélées confuses rendant ainsi le but de la tâche ambiguë. En effet, la question centrale « Je veux savoir des traces comme ça, je vais être capable d'en faire combien? », pose effectivement problème. Prenons, par exemple, une trace laissée par une des faces du cube. Nous nous attendions alors à ce que les élèves répondent que les faces, au nombre de six sur le cube, laisseront six traces. Toutefois, comme les faces « parois » du cube sont toutes identiques, la question semblait absurde. D'une part, comme les traces sont toutes identiques, elles pourraient être faites à l'infini ne nous permettant pas de les dénombrer. D'autre part, si l'on considère les faces de façon indépendante, chacune d'entre elles ne pourra donner qu'une seule trace. Cette dernière interprétation de la consigne semble être celle des élèves puisqu'elle permet d'expliquer la réponse donnée pour le nombre de traces que peut laisser un sommet. En effet, les élèves avaient alors répondu « une » trace. Pour pallier cette interprétation, nous aurions pu utiliser un cube dont les faces, par exemple, sont marquées d'un signe particulier comme un dé modifié pour bien distinguer chacune des faces. La question aurait alors pu être « Combien les faces du dé laisseront de traces différentes? »

6.2.2 Le matériel

Le choix du matériel a, comme nous l'avons mentionné à plusieurs reprises lors du chapitre V, causé des difficultés lors de la réalisation de certaines tâches. Ce fut le

cas, en outre, de l'utilisation d'un cube-solide opaque, marqué par des découpes en centi-cubes, ce dernier influençant constamment les dessins des élèves du groupe 2. Rappelons-nous que ces derniers étaient souvent marqués par la présence de petits carrés, ceux-ci représentant les centi-cubes. Dès lors, l'analyse de leurs productions devenait plus ardue étant donné la difficulté, pour nous, de départager les carrés représentant ces centi-cubes de ceux représentant les faces du cube. L'absence de ces découpes aurait peut-être fait place à des productions différentes. Toutefois, il semble possible de croire que les difficultés liées à l'utilisation de ce matériel, lors des tâches de dessins, aient été accentuées par le bas âge des élèves. En effet, nous n'avons pas rencontré la même difficulté chez les élèves du groupe 1, ces derniers, rappelons-le, étaient plus âgés en moyenne de deux ans. Par contre, pour les deux groupes, l'utilisation de ce matériel a entraîné de nombreuses confusions lors des activités où un dénombrement des arêtes du cube-solide opaque était nécessaire. Comme le terme « lignes » était souvent employé pour désigner les « arêtes », ce dernier terme n'étant pas acquis par les élèves, une difficulté supplémentaire s'est imposée à cette limite du vocabulaire. Les élèves devaient, en effet, départager « les grandes lignes », soit les arêtes, des « petites lignes » qui représentaient les marques des découpes.

L'utilisation du matériel a été rendue parfois plus laborieuse en raison soit de la non-prise en compte des difficultés motrices des élèves soit d'une mauvaise estimation de ces dernières. En ce sens, l'usage de la gommette pour les tâches du dénombrement des sommets et des arêtes s'est avéré un choix peu judicieux, car les élèves arrivaient difficilement à en prélever des petites boules tant elle était rigide et demandait à être étirée. Aussi, le patron du développement du cube utilisé pour « emballer » n'avait pas été plié au préalable. Cette étape n'avait pas été prise en compte comme difficulté potentielle des élèves. Ainsi, le groupe 1, qui a expérimenté la tâche en premier, arrivait difficilement à plier leur patron sur les lignes de pliage. Cette difficulté entraînait alors la chute des autocollants qui avaient

été apposés sur le cube afin d'en marquer les faces. Ces derniers étaient aussitôt replacés sur le cube, toutefois, les élèves procédaient parfois de façon aléatoire pour le faire.

Il est important de mentionner que des réajustements ont été effectués suite à ces constatations, réajustements qui ont contribué à l'amélioration de l'activité. En effet, le marquage d'une croix à l'aide de crayon feutre a remplacé la pose d'autocollants ce qui a éliminé, du coup, le risque que ces derniers se décollent. De plus, pour le groupe 2, les patrons remis aux élèves avaient été préalablement pliés ce qui a facilité l'emballage du cube ainsi que la vérification du marquage.

6.2.3 Organisation et chronologie des tâches

Nous avons présenté précédemment (voir. sect. 4.3) un canevas de base à partir duquel nous avons puisé les tâches proposées pour piloter les séances. Les productions des élèves de même que les interactions survenues entre les élèves et entre l'expérimentatrice et les élèves ont guidé le choix des tâches. Ces choix, effectués sur le vif, ont semblé opportuns au moment où ils ont été faits selon l'interprétation de la situation par l'expérimentatrice. Toutefois, les résultats présentés précédemment ont parfois montré une interprétation erronée soit des interactions soit des productions. Ainsi, il semble essentiel de juger de l'organisation des tâches dans les séances afin d'en déceler les lacunes et de voir dans quelle mesure cette organisation aurait pu être maximisée.

Le tableau 6.4 montre les tâches effectuées à chacune des séances (A, 1, 2, 3 et B) pour chacun des groupes (groupe 1 et groupe 2).

Tableau 6.4
Organisation des tâches pour chacune des séances⁹

Séances	Groupe 1	Groupe 2
Séance A	<ul style="list-style-type: none"> - Questions relatives aux connaissances de base des élèves à propos du cube <ul style="list-style-type: none"> o Qu'est-ce qu'un cube? - Dessin du cube sans contrainte et sans modèle servant de référence - Dénombrement du nombre d'arêtes et de sommets sur le cube-solide opaque suite à une manipulation du cube-solide opaque - Dessin du cube opaque avec le cube-solide bien en vue - Association du cube-solide opaque avec un dessin le représentant <p align="right">Duré : 37 minutes</p>	<p align="center">Mêmes tâches</p> <p align="right">Durée : 35 minutes</p>
Séance 1	<ul style="list-style-type: none"> - Retour sur les dessins des cubes faits lors de la séance A. - Dessin du cube transparent réalisé avec un crayon à la mine avec le cube de pailles bien en vue suite à son observation - Dessin du cube transparent réalisé avec des crayons de couleurs avec le cube de pailles bien en vue suite à son observation - Enseignement du procédé des deux carrés décalés et reliés par des arêtes pour dessiner le cube transparent - Essais des élèves sur le procédé enseigné 	<p align="center">Mêmes tâches</p>

⁹ Il est à noter que ce tableau présente uniquement la tâche initiale présentée aux élèves. Dans la plupart des cas, une tâche présentée à la fois au groupe 1 et à la fois au groupe 2 implique toutefois un déroulement différent en fonction des interactions qui s'y sont produites. Il faut alors se référer au chapitre V pour prendre connaissance du déroulement de chacune des tâches selon les groupes.

De plus, l'introduction du vocabulaire lié aux propriétés du cube s'est effectuée également selon les interactions et les enchaînements survenus lors des séances et n'a pas fait l'objet d'une tâche en particulier. Pour ces raisons, le présent tableau n'en tient pas compte.

	<ul style="list-style-type: none"> - Dessin du cube transparent, en équipe de trois <p style="text-align: right;">Duré : 30 minutes</p>	<p style="text-align: right;">Durée : 30 minutes</p>
Séance 2	<ul style="list-style-type: none"> - Dessin du cube transparent et opaque réalisé avec un crayon à la mine avec les modèles en vue - Situation de commande (Correspondance entre les arêtes du cube de pailles et les arêtes du cube-solide opaque) - Dessin du cube opaque réalisé avec des crayons de couleurs avec le cube-solide opaque (marqué des languettes de couleurs) bien en vue - Enseignement du procédé graphique à partir d'un carré pour dessiner le cube opaque - Essais des élèves sur le procédé enseigné <p style="text-align: right;">Duré : 40 minutes</p>	<p style="text-align: center;">Mêmes tâches</p> <p style="text-align: right;">Durée : 35 minutes</p>
Séance 3	<ul style="list-style-type: none"> - Dessin de l'emballage du cube (développement) - Marquage des faces et vérification <p style="text-align: right;">Duré : 50 minutes</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Complètement du cube transparent à partir de deux carrés dessinés. - Complètement du cube transparent à partir d'un carré dessiné - Dessin du cube transparent réalisé avec un crayon à la mine et sans cube modèle servant de référence - Empreinte dans la pâte à modeler <p style="text-align: right;">Durée : 35 minutes</p>
Séance B	<ul style="list-style-type: none"> - Retour sur les tâches dont se souviennent les élèves - Dessin de l'emballage du cube (développement) - Dessin du cube opaque réalisé avec un crayon à la mine et sans cube modèle servant de référence - Construction d'un cube à l'aide de pailles et d'embouts en situation de commande <p style="text-align: right;">Duré : 43 minutes</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Retour sur les tâches dont se souviennent les élèves - Dessin de l'emballage du cube (développement) - Marquage des faces et vérification <p style="text-align: right;">Durée : 30 minutes</p>

D'abord, le chapitre V a montré, à plusieurs reprises, que le carré et le cube étaient confondus en un même « objet » par les élèves. En ce sens, la séance A prévoyait certaines questions relatives aux connaissances des élèves à propos du cube. Si ces questions nous semblent avoir été essentielles pour amorcer la séance, les réponses des élèves auraient dû être davantage confrontées. En effet, cette confrontation aurait peut-être permis de mieux juger de la compréhension des élèves quant aux catégories d'objets géométriques et quant à certaines de leurs propriétés. Il est possible de penser que les élèves auraient ainsi mieux différencié le cube et le carré et que l'activité proposant un dénombrement des arêtes et des sommets aurait, par conséquent, mieux fonctionné. Le vocabulaire introduit lors de ces interactions aurait pu être investi lors de cette activité de dénombrement. La première séance aurait pu se terminer avec le dessin du cube sans contrainte pour mieux situer les élèves quant à la représentation graphique du cube. *A posteriori*, nous pensons que la séance A pourrait être composée des tâches suivantes :

- Questions relatives aux connaissances de base des élèves à propos du cube
 - o Qu'est-ce qu'un cube?
- Dénombrement du nombre d'arêtes et de sommets sur le cube-solide opaque suite à une manipulation du cube-solide opaque
- Dessin du cube sans contrainte et sans modèle servant de référence

La séance 1, quant à elle, apparaît somme toute bien structurée. Elle s'organise autour du dessin du cube en transparence selon diverses contraintes imposées. De plus, en amorce, elle proposait un retour sur les associations faites entre les cubes « transparent » et « opaque » et les dessins les représentant. Si cette tâche nous apparaît intéressante dans la mesure où elle permet aux élèves de bien distinguer les représentations opaques et transparentes du cube, il ne faut pas oublier que selon les modifications prévues à la séance A, cette tâche ne constituerait non plus « un retour », mais une tâche en soit. Ainsi, il est possible de penser que l'ajout de cette activité ne permettrait plus le dessin du cube transparent en équipe de trois. Cette

tâche devrait donc se retrouver à la séance 2. Ainsi, nous proposons les tâches suivantes pour la séance 1 :

- Association d'un cube-solide opaque et d'un cube « transparent » avec des dessins les représentant.
- Dessin du cube transparent réalisé avec un crayon à la mine avec le cube de pailles bien en vue suite à son observation
- Dessin du cube transparent réalisé avec des crayons de couleurs avec le cube de pailles bien en vue suite à son observation
- Enseignement du procédé des deux carrés décalés et reliés par des arêtes pour dessiner le cube transparent
- Essais des élèves sur le procédé enseigné

Entre la séance 1, telle que nous venons de la décrire, et la séance 2, telle que nous l'avons expérimentée, nous pensons qu'une séance supplémentaire serait nécessaire pour consolider le procédé de représentation graphique du cube en transparence selon une perspective cavalière. En effet, l'expérimentation (voir sect. 4.2) prévoyait certaines contraintes liées au complètement du cube à partir soit de faces soit d'arêtes. Ces contraintes, que nous n'avons pas expérimentées avec le groupe 1, auraient sans aucun doute permis une meilleure appropriation de la représentation en perspective cavalière, tout comme les productions du groupe 2 l'ont montré suite à l'expérimentation de cette tâche. Cette séance pourrait donc proposer les tâches suivantes :

- Dessin du cube transparent en équipe de trois avec amorce à la tâche (voir sect. 6.2.1)
- Complètement du cube à partir de combinaisons de faces et d'arêtes
- Dessin du cube transparent sans modèle

Les séances 2 et 3, telles que nous les proposons au groupe 1¹⁰, nous semblent toujours adéquates dans leur organisation, considérant que celle-ci serait optimisée par les adaptations suggérées quant au matériel à utiliser (voir sect. 6.2.2).

¹⁰ Le tableau 6.4 montre une organisation identique des tâches pour les deux groupes lors des trois premières séances, puis, les séances 3 et B montrent des tâches soit différentes soit ayant subi un

Finalement, la séance B nous a montré quelques lacunes notamment lorsque nous avons voulu comparer les productions initiales et finales pour une même tâche. En effet, les tableaux 6.1, 6.2 et 6.3 montrent que certaines productions finales n'ont pas été réalisées. De plus, bien que le contenu ait préalablement été déterminé pour cette séance, les réponses des élèves données à la question « À date, qu'est-ce qu'on a fait? » (*Sic*) ont guidé l'expérimentatrice. Ce degré d'ouverture face à l'ordre des tâches au sein des séances s'inscrit tout-à-fait dans la logique sous-jacente au jeu de tâches. Toutefois, la responsabilité du pilotage des séances incombe à l'expérimentatrice. Ainsi, les dessins du cube transparent et du cube sans contrainte auraient dû être réalisés avec le groupe 1 même si les élèves n'avaient pas fait mention de ces tâches dans leurs réponses. Les tâches expérimentées auraient pu être les suivantes :

- Dessin du cube sans contrainte et sans modèle servant de référence
- Dessin du cube opaque réalisé avec un crayon à la mine et sans cube modèle servant de référence
- Dessin du cube transparent réalisé avec un crayon à la mine et sans cube modèle servant de référence
- Dessin de l'emballage du cube (développement)
- Construction d'un cube à l'aide de pailles et d'embouts en situation de commande

Nous avons proposé certaines modifications afin de bonifier notre séquence didactique. Toutefois, il ne faut pas oublier qu'il s'agit d'un jeu de tâches et non pas d'une suite d'activités présentées successivement. Par conséquent, l'expérimentation selon les modifications proposées, avec d'autres élèves, pourrait subir d'autres ajustements en raison des productions et des interactions spécifiques.

certain décalage dans le temps. Ce réajustement au niveau des tâches avait dû être effectué suite aux difficultés manifestées par les élèves du groupe 2 lors des séances précédentes. De plus, les élèves du groupe 2 ont, à plusieurs reprises, démontré des capacités d'attention plus limitées, par rapport aux élèves du groupe 1, au niveau de leur concentration face à la tâche. Le temps alloué aux séances a soit été le même pour les deux groupes, soit été inférieur pour le groupe 2. L'expérimentatrice avait dû ajuster les dernières séances constatant que les élèves du groupe 2 n'étaient plus concentrés après un certain temps.

6.3 Caractéristiques particulières des élèves ayant participé à l'expérimentation et investissement dans le jeu de tâches

Nous avons vu précédemment, l'évolution des productions des élèves au regard de trois tâches principales soit le dessin du cube transparent, le dessin du cube opaque et le dessin du cube déplié. Nous avons, de plus, fait l'analyse des tâches ayant causé certaines difficultés tant au niveau du contenu, des consignes, du matériel utilisé et de l'organisation des séances. La prise en compte des éléments relevés de cette analyse aurait sans doute accru le potentiel didactique des tâches expérimentées s'ils avaient *a priori* été considérés. Néanmoins, les réajustements qu'exigent certaines tâches, s'inscrivent dans les limites que suggère la nature exploratoire de ce type de recherche ainsi que dans la souplesse qui caractérise un jeu de tâches et n'affectent en rien l'investissement témoigné par les élèves dans la maîtrise de la représentation graphique du cube et dans l'acquisition des connaissances relatives à certaines de ses propriétés. Cet investissement combiné à la potentialité des activités offertes par le biais du jeu de tâches représentent une avenue intéressante pour l'enseignement de la géométrie chez des élèves ayant des incapacités intellectuelles légères.

Une relation que nous n'avons pas jusqu'à maintenant abordée est celle de l'investissement des élèves qui ont participé à l'expérimentation dans le jeu de tâches au regard de leurs caractéristiques affectives et cognitives spécifiques ainsi qu'au regard de leurs troubles associés. Nous visions, dans cette recherche, à juger du potentiel didactique que pouvait offrir les tâches élaborées au sein du jeu de tâches indépendamment des caractéristiques individuelles des élèves avec qui nous avons travaillé. Ainsi, c'est par choix que nous n'avons pas dressé, dans le cadre méthodologique, le profil de nos élèves eu égard à ces caractéristiques. Ce choix était fondé sur le fait que si nous avions *a priori* considéré les caractéristiques des élèves, le contenu des tâches aurait pu en être influencé. En effet, comme le souligne St-Laurent et al. (1995), « adapter l'enseignement signifie prévoir, lors de la

planification de l'enseignement pour tout le groupe, des modifications ou des interventions particulières pour certains élèves en fonction d'objectifs préalablement établis » (p.47). Dès lors, l'analyse de même que l'interprétation du potentiel didactique que ces tâches pouvaient offrir aurait été orientée par les choix didactiques opérés sur la base des caractéristiques particulières des sujets. Il va sans dire que nous ne réfutons pas l'importance de bien comprendre le fonctionnement des personnes ayant des incapacités intellectuelles légères pour une meilleure intervention en ce domaine. Il est, en effet, indiqué de croire que l'utilisation de stratégies et de modèles d'enseignement tenant compte des caractéristiques particulières des élèves ayant des incapacités intellectuelles facilitent leur apprentissage tout comme plusieurs auteurs le considèrent (Vaughn, Bos et Schumm, 2003; Dionne et al. 1999; St-Laurent, 1994). Mais ce n'était pas l'objectif de cette recherche.

Cependant, *a posteriori*, ces informations paraissent incontournables pour bien comprendre la progression de certaines tâches au sein des séances de même que pour juger de l'investissement des élèves ayant participé à la recherche.

6.3.1 Troubles associés

En plus de présenter des incapacités intellectuelles légères, les élèves avec qui nous avons travaillé manifestaient certains troubles associés. Les troubles associés aux incapacités intellectuelles peuvent être de nature diverse (langagière, comportementale, physique, neurologique, médicale). Nous ne décrivons pas en détail les manifestations de chacun de ces troubles. Néanmoins, il importe de prendre conscience, qu'en plus des particularités propres à chacun de ces troubles, ceux-ci affectent le potentiel intellectuel des élèves ayant des incapacités intellectuelles. Afin de consolider notre compréhension du fonctionnement des

élèves composant notre échantillon, nous avons regroupé les troubles associés manifestés par ces derniers. Le tableau 6.4 montre donc, pour chacun des sujets, leurs troubles associés. On remarque que le trouble déficitaire de l'attention est le seul trouble commun à tous les élèves de notre échantillon dont pour certains (C et A-2) avec hyperactivité. Deux élèves (A et B) du groupe 1 présentent une dyspraxie, trouble qui se manifeste par des difficultés de coordination motrice. Enfin, les élèves A et A-3 présentent des troubles associés au langage (syndrome de dysfonction non verbale et trouble du langage non spécifié).

Tableau 6.5

Troubles associés manifestés par les sujets de notre échantillon

	Élèves	Troubles associés
Groupe 1 (Élèves âgés de 11 ans)	A	Syndrome de dysfonction non verbale Dyspraxie Trouble déficitaire de l'attention
	B	Dyspraxie Trouble déficitaire de l'attention
	C	Trouble déficitaire de l'attention avec hyperactivité Impulsivité Immaturité
Groupe 2 (Élèves âgés de 9 ans)	A-1	Trouble déficitaire de l'attention
	A-2	Trouble déficitaire de l'attention avec hyperactivité
	A-3	Trouble déficitaire de l'attention Trouble du langage (non précisé)

6.3.2 Impact des caractéristiques des incapacités intellectuelles et des troubles associés sur le potentiel des tâches et sur l'investissement des élèves

Les caractéristiques des élèves ayant des incapacités intellectuelles, de même que les manifestations des troubles associés présentés par nos sujets, peuvent avoir une incidence sur leurs apprentissages et sur la façon dont ils traitent les problèmes qui leur sont posés. Certaines conduites relevées au cours de nos séances sont à mettre avec ces caractéristiques. Par exemple, les élèves A – B, qui manifestent une dyspraxie, se sont révélés plus «maladroits» que l'élève C à des tâches de dessin de cube, mais par ailleurs, plus «adroits» que les élèves du groupe 2, ces derniers élèves étant cependant plus jeunes que les élèves A et B.

Toutefois, au cours des séances, nous avons rencontré des comportements, des conduites ou encore des productions d'élèves qui peuvent s'interpréter à l'aune des caractéristiques particulières issues soit du domaine cognitif, soit du domaine affectif ou soit des caractéristiques relevant des troubles associés manifestés par les élèves. Ces événements « remarquables », difficilement interprétables sur un plan didactique, sont réexaminés du point de vue des caractéristiques des élèves. Ils permettront, d'une part, de bonifier le potentiel de certaines tâches expérimentées dans le cadre particulier de l'enseignement aux élèves ayant des incapacités intellectuelles légères et, d'autre part, de juger de l'investissement de ces élèves dans ce type de tâches.

6.3.2.1 Impact des caractéristiques des incapacités intellectuelles sur le potentiel des tâches

Deux événements « remarquables » ont retenu notre attention par rapport aux tâches expérimentées. D'abord, le jeu de tâches visait, par certaines activités,

l'appropriation de certaines des propriétés du cube. Cette appropriation s'est en outre effectuée par l'exploration du vocabulaire lié à ces propriétés. Plus particulièrement, nous avons insisté sur les termes « face », « arête », « sommet », « transparent » et « opaque » ainsi que sur la distinction entre le « carré » et le « cube ». L'analyse des résultats a montré que l'intégration de ces notions n'a pu être possible qu'en partie. En effet, il a parfois été possible de remarquer que les élèves n'employaient pas toujours les termes adéquats pour désigner la propriété à laquelle ils réfèrent ou ils employaient parfois un mot de substitution pour y faire référence. Les extraits ci-dessous, que nous avons déjà présentés au chapitre V, appuient ces constations pour les deux groupes et lors de deux temps différents. Nous ne pouvons cependant pas repérer des difficultés plus importantes chez les élèves A et A-3 pour qui un trouble du langage a été identifiés.

Groupe 1 : Séance A (2 avril)		
Unités d'interprétation	Productions des élèves	Interventions de l'expérimentatrice
Différenciation du cube opaque et du cube transparent	<p>Élève C : « une boîte »</p> <p>Élève A : « Deux cubes croisés, je connais. »</p> <p>Élève C : « Ah, les deux sont pas pareils ».</p> <p>Élève B : « deux cubes collés »</p> <p>Élève A : « ouvert » « fermé »</p> <p>Élève C : « boîte fermée » « boîte ouverte »</p>	<p><i>L'intervenante dessine un cube opaque puis un cube transparent.</i></p> <p>« Qu'est-ce qu'il y a de pas pareil? »</p>

Discussion à propos des termes opaque et transparent	<p>Élève A : « Oui »</p> <p>Élève C : « de la vitre »</p> <p>Élève A : « C'est comme du ciment. »</p>	<p><i>« On va changer les mots ouverts puis fermés. Celui-là vous dites ouverts parce que l'on voit à l'intérieur, c'est ça? »</i></p> <p><i>« C'est comme si c'était en vitre. On est capable de voir à l'intérieur.»</i></p> <p><i>« Puis, celui-là, on est pas capable de voir à l'intérieur.»</i></p> <p><i>« Il est opaque. »</i></p> <p><i>« Celui-là, il est transparent comme de la vitre. Celui-là, il est opaque comme si c'était du ciment. »</i></p>
--	---	--

Groupe 1 : Séance B (18 mai)		
Unités d'interprétation	Productions des élèves	Interventions de l'expérimentatrice
Retour sur les tâches proposées lors des dernières séances	<p>Élève C : « carrés opaques » « carrés transparents »</p> <p>Élève B : « On a fait des cubes...on a dessiné des cubes...on a fait un croquis de celui qui se ressemblait le plus...on a fait un affaire que quand on ouvrait le papier c'était pas la même affaire... »</p> <p>Élève A : « On a dessiné le carré. » « On a fait des pointus, on a fait des sommets.»</p> <p>Élève C : « Ah oui! Ça s'appelle des arêtes et des sommets. »</p> <p>Élève A-B-C : « Des carrés »</p> <p>Élève B : « Non, des cubes »</p>	<p>« À date, qu'est-ce qu'on a fait? »</p>

Groupe 2 : Séance 1 (13 avril)		
Unités d'interprétation	Productions des élèves	Interventions de l'expérimentatrice
Exploration du vocabulaire	<p>Élève B-2 : transparent</p> <p>Élève C-2 : un cube fermé</p> <p>Élève A-B-C : opaque</p>	<p>« Ok, avant de retourner dans la classe, j'aimerais que tu me dises comment on l'appelle ce cube là (cube de pailles)? »</p> <p>« Puis, celui-là (cube jaune opaque)? »</p> <p>« On va lui donner un autre nom au cube qu'on ne peut pas voir dedans. Écoute-bien le mot, je ne sais pas si tu le connais. C'est un cube opaque. Opaque, ça veut dire qu'on n'est pas capable de voir dedans. Celui-là, il est transparent et lui, il est... »</p>

Groupe 2 : Séance B (18 mai)		
Unité d'interprétation	Productions des élèves	Interventions de l'expérimentatrice
Retour sur les tâches proposées lors des dernières séances	<p>Élève B-2 : « Des carrés »</p> <p>Élève C-2 : « Des lignes »</p> <p>Élève C-2 : « Des carrés, des boîtes »</p> <p>Élève C-2 : « Bloc ouvert »</p> <p>Élève C-2 : « Transparent »</p>	<p>« J'aimerais ça que tu me dises qu'est-ce que tu te souviens qu'on a fait? »</p> <p>« Qu'est-ce qu'on a fait avec des lignes? »</p> <p>« Comment on appelait ça des boîtes? »</p> <p>« Des boîtes ouvertes on disait que c'était... »</p> <p>« Les boîtes comment on les appelle ? Qui s'en souvient? »</p>

	<p><i>Pas de réponse</i></p> <p>Élève C-2 : « Ouais »</p> <p>Élève B-2 : « 3... non 2 »</p> <p>Élève B-2 : « Qu'on voyait pas en dedans puis l'autre qu'on voyait »</p> <p>Élève C-2 : « Opaque »</p> <p>Élève C-2 : « On en fait un pardessus...un carré »</p> <p>Élève C-2 : « Celui qu'on voit dedans. »</p> <p>Élève A-2 : « Des pics »</p> <p><i>Pas de réponse</i></p> <p>Élève B-2 et C-2 : « Les lignes! »</p>	<p>« Est-ce que ça se peut qu'on ait fait des cubes? »</p> <p>« Est-ce qu'on a juste fait une sorte de cube ou on en a fait plusieurs? »</p> <p>« C'était quoi les deux sortes? »</p> <p>« C'est ça...on a dit tantôt le cube transparent puis celui qu'on ne voyait pas dedans comment on l'appelait? »</p> <p>« Qu'est-ce qu'on a fait d'autres? »</p> <p>« Ah oui...quand on le dessine. Quand on fait ça, c'est lequel qu'on dessine : celui qu'on voit dedans ou celui qu'on ne voit pas dedans? »</p> <p>« Les petits bouts pointus sur mon cube comment on les appelle? »</p> <p>« Quel autre nom, on peut leur donner? »</p> <p>« Les sommets, c'est les pics. »</p> <p>« Qu'est-ce qu'il y avait d'autres? »</p> <p>« Comment on les appelle les lignes? Un autre nom que les lignes? »</p> <p>« A...rê...tes »</p>
--	--	--

Ces exemples montrent bien que l'appropriation du vocabulaire ne s'est fait qu'en partie et ce, pour les deux groupes. Toutefois, il est possible de remarquer une plus grande maîtrise de ce vocabulaire par le groupe 1 que par le groupe 2. Même si ce constat ne semble pas indifférent à l'âge plus avancé des élèves du groupe 1, il

pourrait peut-être s'expliquer également par la façon dont les élèves ont tenté de retenir le vocabulaire nouvellement introduit. Nous avons montré, au chapitre 2, une moindre capacité des élèves ayant des incapacités intellectuelles au niveau des processus de base du traitement de l'information, processus en outre responsable de l'encodage des informations et de la récupération de celles-ci au moment opportun. Or, il est possible de remarquer que les élèves du groupe 1 se sont donné des « stratégies » qui leur ont permis, d'abord, de rendre significatifs les nouveaux termes introduits en les associant à quelque chose de connu pour eux. En effet, pour retenir les termes « transparent » et « opaque », ils ont fait référence « à de la vitre », puis à du « ciment ». Cette stratégie, Gagné (1976) en fait référence, dans son modèle d'apprentissage. Ce modèle identifie différents processus mentaux impliqués dans l'apprentissage de l'élève. Parmi ces processus, un concerne la codification. La codification consiste à transformer une nouvelle information dans une forme plus facilement accessible à l'élève. L'activation de ce processus est possible, selon lui, en suggérant à l'élève des représentations signifiantes pour lui. L'analogie et l'imagerie sont des moyens qui peuvent alors être utilisés par l'enseignant. Ainsi, le vocabulaire, dont nous visions l'appropriation par l'élève, aurait pu être introduit en aidant l'élève à se créer un schéma de codification lui permettant de retenir les nouvelles informations. Par exemple, nous aurions pu associer au terme « sommet », le « sommet » d'une montagne.

Le deuxième événement « remarquable » dont nous voulons traiter concerne la tâche du dessin du cube en équipe de trois, tâche réalisée lors de la séance 1. Lors de l'analyse de cette tâche, nous avons relevé l'absence de stratégies de travail collaboratif rendant possible sa réussite. Cette tâche a été analysée d'un point de vue didactique et nous avons suggéré des adaptations afin d'en bonifier son potentiel (voir sect. 6.2.1). Toutefois, il importe d'examiner également cette tâche en fonction de certaines des caractéristiques des élèves ayant des incapacités intellectuelles. Nous avons mentionné les difficultés qu'ils éprouvent au plan de la

résolution de problèmes. La tâche du dessin du cube en équipe demandait, pour sa part, de résoudre le problème suivant : un seul cube à dessiner, trois couleurs doivent être utilisées et les trois élèves doivent participer au dessin. Même si nous ne voulions pas donné d'indications quant à la stratégie à adopter pour réaliser cette tâche (l'intérêt de la tâche résidant dans la découverte de cette stratégie), nous aurions toutefois pu tenir compte davantage des difficultés des élèves au plan de la résolution de problèmes. Nous aurions pu, en effet, porter une attention particulière à la consigne initiale en rendant sa formulation plus facilement compréhensible. De plus, il est possible de penser qu'une amorce à l'activité aurait permis une meilleure compréhension de celle-ci (le complètement d'un objet qui n'est pas en lien avec l'objet d'apprentissage, par exemple, le complètement d'un personnage, d'un visage, etc.).

6.3.2.2 Impact des caractéristiques des incapacités intellectuelles sur l'investissement des élèves

Parmi les caractéristiques des élèves ayant des incapacités intellectuelles, certaines font référence au manque d'investissement de ces derniers face à certaines tâches. Nous n'avons pas remarqué un tel comportement chez les élèves de cette recherche en dépit des impasses rencontrées lors de certaines tâches et de la non-prise en compte des caractéristiques liées aux incapacités intellectuelles qui, comme nous venons de le mentionner, a pu avoir un impact dans la réalisation de certaines tâches. Au contraire, nous avons relevé des indices de motivation, d'initiative et d'implication (souvent déficitaire chez ces élèves) témoignant d'un véritable investissement des élèves dans les tâches expérimentées et qui nous apparaît essentiel de relever.

À quelques reprises, les conduites ou productions des élèves ont donné lieu à des situations inattendues, riches au plan du contenu et qui dépassaient largement ce à quoi nous nous attendions. Par exemple, lors de la dernière séance, les élèves du groupe 1 ont cherché à savoir si le nombre de faces était le même sur le cube transparent et sur le cube opaque. Ce questionnement a donné lieu à une série d'hypothèses suivies de vérifications, vérifications pour lesquelles les élèves ont manifesté un grand intérêt. Nous n'avions pas prévu que cette séance prendrait une telle orientation. L'investissement des élèves, dans cette situation, pour connaître « la réponse », est « remarquable ». Le morcellement des notions qui caractérisent les méthodes d'enseignement plus « classiques » n'aurait peut-être pas permis un tel écart quant au contenu à aborder. La souplesse qui caractérise le jeu de tâches a toutefois permis, à la séance, de prendre cette orientation. L'investissement des élèves étant ainsi renforcé.

Cet investissement s'est également manifesté dans l'initiative que certains élèves ont démontrée face à la recherche de solutions par rapport aux problèmes posés. La tâche, visant à marquer les faces du développement, en est un exemple. Pour cette tâche, autant les élèves du groupe 1 que ceux du groupe 2 ont cherché des solutions pouvant expliquer que les marques de couleurs ne se trouvaient pas aux mêmes endroits sur le développement (cube déplié) alors que les marques étaient aux endroits appropriés une fois le cube plié. Encore une fois, nous n'avions pas prévu un tel intérêt des élèves pour expliquer le problème. Ils ont cherché des solutions, essayé de trouver des hypothèses par eux-mêmes sans attendre une réponse de l'expérimentatrice.

L'investissement des élèves dans les tâches expérimentées peut être explicable, à notre avis, dans la succession de petits succès que ces tâches ont fait vivre aux élèves. Rappelons-nous, que la conception d'un jeu de tâches n'est pas pensée en termes de hiérarchisation du degré de difficultés que ces tâches peuvent présenter.

Ainsi, même si certains élèves avaient eu de la difficulté lors de la réalisation des premières tâches, ils ont pu réussir d'autres types de tâches présentées ultérieurement. Le sentiment de compétence ainsi vécu par certains élèves a sûrement contribué à accroître leur estime de soi, estime parfois déficitaire chez les élèves ayant des incapacités intellectuelles.

Bref, l'interprétation de nos résultats conduit à considérer le jeu de tâches comme une stratégie efficace pour l'enseignement et l'apprentissage de la géométrie chez des élèves ayant des incapacités intellectuelles. Si les études traitant de l'enseignement de la géométrie à ces élèves avaient traité de la question en montrant que l'imitation et la démonstration (voir sect.2.5.4) constituaient en des stratégies efficaces, nos résultats montrent que les élèves ayant des incapacités intellectuelles peuvent accéder à d'autres stratégies qui ne reposent pas uniquement sur un enseignement direct et répétitif des procédés. Le jeu de tâches a permis aux élèves ayant des incapacités intellectuelles légères non seulement de faire évoluer leur représentation graphique du cube, mais il a permis un véritablement investissement de ces élèves dans leur processus d'apprentissage.

CONCLUSION

Cette recherche, qui visait à articuler à la fois enseignement de la géométrie et élèves ayant des incapacités intellectuelles légères, exprime son originalité dans la rareté des travaux qui traitent de cette articulation. Notre étude, d'orientation didactique, répond à la nécessité d'explorer des pistes pour dynamiser l'enseignement de la géométrie chez ces élèves.

De façon précise, nous voulions engager une activité géométrique chez des élèves âgés de 9 ans et de 11 ans ayant des incapacités intellectuelles légères pour faire évoluer leurs connaissances sur le cube (relatives à la représentation graphique et à certaines de ses propriétés) par le biais d'un jeu de tâches didactiques. Afin de caractériser cet investissement nous avons, dans un premier temps, analysé les productions des élèves pour juger de leur évolution, au cours de la séquence des tâches expérimentées, au regard de la représentation graphique du cube et de certaines des propriétés du cube (faces, arêtes, sommets, développement), puis, dans un deuxième temps, nous avons précisé le potentiel des tâches au regard des productions des élèves et de leur évolution au cours de la séquence des tâches expérimentées.

Les résultats ont montré que les productions des élèves avaient évolué et ce, pour chacune des tâches principales soit le dessin du cube transparent, le dessin du cube opaque et le dessin du cube déplié. Cette évolution a été montrée en comparant les productions réalisées « avant l'enseignement du procédé » et celles réalisées « suite à l'enseignement du procédé ». L'évolution des productions dénote des

caractéristiques qui, soit s'inscrivent dans une catégorie supérieure de dessins selon la typologie des dessins à laquelle nous avons référé, soit montrent des signes évidents d'une avancée dans le procédé graphique.

Les résultats, quant à l'appropriation des propriétés du cube, montrent un début de différenciation quant aux différentes notions. Les élèves sont en mesure de distinguer ce qui fait référence aux arêtes, aux sommets et aux faces du cube sans toutefois pouvoir y référer en utilisant le vocable juste. De plus, les élèves ne sont pas en mesure d'identifier le nombre de chacun d'entre eux sur le cube.

L'analyse des tâches expérimentées a montré le potentiel de ces tâches au regard de l'investissement des élèves tout en précisant certaines impasses rencontrées quant à certaines tâches (contenu, pertinence, consignes données), quant au matériel didactique employé et quant à l'organisation des tâches au sein des séances. Des modifications ont toutefois été proposées afin de bonifier le potentiel didactique de ces tâches. Également, les caractéristiques des élèves de notre recherche ont été précisées afin, d'une part, de comprendre le déroulement de certaines tâches au sein des séances de même que pour juger de l'investissement des élèves dans la séquence des tâches expérimentées.

Nous pouvons identifier certaines limites qui découlent des conditions d'expérimentation. D'abord le petit nombre d'élèves ayant participé à la recherche ne nous permet pas de considérer les résultats comme représentatifs d'une population ni même de juger du caractère typique dans les productions observées. De plus, les absences des élèves ne nous ont pas permis de préciser aussi finement, que nous l'aurions souhaité, leurs productions. Aussi, le manque d'expérience de la part de l'expérimentatrice pour s'adapter aux productions et interactions des élèves a sans doute ajouté aux limites de cette recherche. Les relances, le questionnement aux élèves et les ajustements sur le vif ont parfois tardé à venir ou ont tout

simplement été absents. Le petit nombre de séances dont nous disposions avec les élèves a entraîné des modifications dans le contenu des séances nous obligeant, du même coup, à mettre de côté certaines tâches que nous voulions exploiter. Finalement, le peu d'études ayant comme objet l'enseignement de la géométrie aux élèves ayant des incapacités intellectuelles légères a rendu difficile, d'abord, l'élaboration d'un cadre théorique, puis, la confrontation des résultats issus de nos analyses aux éléments théoriques de ce cadre.

Malgré les limites que peut comporter cette recherche, l'ensemble des résultats conduit à considérer le jeu de tâches comme un moyen intéressant pour les élèves ayant des incapacités intellectuelles légères d'accéder aux connaissances spatiales et géométriques, car les tâches proposées leur permettent de s'investir réellement sur le plan mathématique sans doute puisqu'elles ne reposent pas uniquement sur un enseignement direct et répétitif des procédés. L'utilisation du jeu de tâches pourrait s'avérer intéressant à utiliser en classe comme instrument d'enseignement. Il pourrait, en outre, être une solution de remplacement à la redondance qui caractérise les cahiers d'exercices. Ces cahiers, qui offrent des activités répétitives et peu variées, exigent peu d'investissement au niveau de la tâche et conduisent bien souvent à l'infantilisation de ces élèves. De plus, en raison des résultats intéressants obtenus, l'enseignement de la géométrie et de l'espace, domaines pour lesquelles nous avons montré les rapports au quotidien, pourrait être davantage dispensé dans les classes accueillant des élèves ayant des incapacités intellectuelles légères. Ces champs de connaissances pourraient être explorés, de façon fonctionnelle, en prévision, par exemple, de l'insertion de ces personnes en milieu de travail ou tout simplement pour bonifier l'enseignement de la géométrie et l'activité mathématique de ces élèves.

Toutes les questions touchant l'enseignement de la géométrie aux élèves présentant des incapacités intellectuelles légères n'ont pas été abordées, mais les résultats de

notre recherche montrent l'intérêt et la pertinence de poursuivre l'étude de ces questions. Nous espérons de plus avoir montré que le recours à des activités stimulantes et dynamiques, dans l'enseignement de la géométrie à ces élèves, permet un certain investissement cognitif, émotif et mathématique qui semble favoriser l'appropriation des connaissances.

APPENDICE A

EXEMPLE D'UN JEU DE TÂCHES

Jeu de tâches : « emballages » (Favre, 2006)

Montrer une brique (parallélépipède rectangle) de $3 \times 4 \times 3$ multicubes

Demander combien elle contient de petits cubes

Faire dessiner la brique (sur papier blanc)

Montrer un cube (en polydrons)

Faire dessiner le cube (sur papier blanc)

Montrer un des algorithmes de dessin du cube

Faire dessiner la brique à l'aide de l'algorithme (sur papier blanc)

Montrer un cube (en polydrons) emballé

Faire faire un dessin pour emballer le cube (sur papier blanc)

Faire comparer avec le développement du cube en polydrons

Faire faire un dessin pour emballer la brique de $3 \times 4 \times 3$ multicubes (sur papier quadrillé 2×2)

Faire choisir parmi quatre emballages (papier quadrillé) ceux qui permettront d'emballer la brique de $3 \times 4 \times 3$

Faire vérifier en faisant emballer la brique avec les emballages retenus

Montrer quatre emballages de briques (papier quadrillé)

Faire choisir un emballage parmi quatre et demander de construire (avec des multicubes) la brique qu'il permettra d'emballer

Faire vérifier en faisant emballer la brique construite

Montrer un tétraèdre régulier (en polydrons)

Faire dessiner le tétraèdre (sur papier blanc)

Faire faire un dessin pour emballer le tétraèdre (sur papier blanc)

BIBLIOGRAPHIE

- American Psychiatric Association. 2003. *Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux*, 4^e édition. Paris : Masson, 1065 p.
- Audibert, Gérard. 1990. *La géométrie dans l'enseignement* : Actes du Colloque Inter-IREM de géométrie (Bordeaux, 7-8-9 juin 1990). Bordeaux : Presses de l'Université de Bordeaux, 264 p.
- Baldy, René. 1997. « Le rôle de la démonstration sur l'exécution d'un dessin. Effets de l'âge et du type de scolarité chez des enfants de 10 et 12 ans ». *Psychologie et éducation*, no 29, p. 23-44.
- Baruk, Stella. 1995. *Dictionnaire de mathématiques élémentaires*. Paris : Éditions du Seuil, 1345 p.
- Berthelot, René et Marie-Hélène Salin. 1993-1994. « L'enseignement de la géométrie à l'école primaire ». *Grand N*, no 53, p. 39-56.
- Berthelot, René et Marie-Hélène Salin. 1999-2000. « L'enseignement de l'espace à l'école primaire ». *Grand N*, no 65, p. 37-59.
- Bessot, Annie et Madeleine Eberhard. 1986. « Adaptation de la perspective à une situation complexe par des élèves de 9-12 ans ». *European Journal of Psychology of Education*, vol 1, no 2, p. 81-96.
- Boule, François. 1985. *Manipuler, organiser, représenter*. Paris : Armand Colin, 119 pages.
- Boule, François. 2001. *Questions sur la géométrie et son enseignement*. Paris: F. Nathan, 334 p.
- Brousseau, Guy. 1998. *Théories des situations didactiques*. Grenoble : La pensée sauvage, 395 p.

- Brun, Jean et François Conne. 1990. « Analyses didactiques de protocoles d'observation du déroulement de situations ». *Éducation et Recherches*, no 3, p.261-286.
- Cange, Christian et Jean-Michel Favre, 2003. « L'enseignement des mathématiques dans l'enseignement spécialisé est-il pavé de bonnes analyses d'erreurs. » *Éducation et francophonie*, vol.XXXI, no 2, Automne, p.199-217.
- Centre technique national d'études et de recherche sur les handicaps et les inadaptations (CTNERHI). 1988. *Classification Internationale des Handicaps : déficiences, incapacités et désavantages*. Paris : Publications du CTNERHI, 203 p.
- Caron-Pargue, Josiane. 1985. *Le dessin du cube chez l'enfant : organisations et réorganisations de codes graphiques*. Berne : Éditions Peter Lang, 264 p.
- Conne, François. 1999. « Faire des maths, faire faire des maths et regarder ce que ça donne ». In *Le cognitif en didactique des mathématiques*, sous la direction de F. Conne et G. Lemoyne, p.31-71. Montréal : Presses de l'Université de Montréal.
- Conne, François. 2003a. *Comprendre la théorie est en attraper le geste et pouvoir continuer : Actes du séminaire national* (mars 2003).
- Conne, François. 2003b. « Interactions de connaissances et investissement de savoir dans l'enseignement des mathématiques en institutions et classes spécialisées ». *Éducation et francophonie*, vol XXXI, no 2, Automne, p.82-102.
- Dionne, Carmen, Jacques Langevin, Jean-Louis Paour, Sylvie Larocque. 1999. « Le retard du développement intellectuel ». In *Psychopathologie de l'enfant et de l'adolescent, approche intégrative*, sous la dir. d'Emmanuel Habimana, Louise S. Éthier, Djaouida Petot et Michel Tousignant, p. 317-347. Montréal : Gaëtan Morin.
- Dolle, Jean-Marie, Christian Bataillard et Joël Guyon. 1973. « La construction représentative de l'espace volumétrique chez l'enfant ». *Bulletin de psychologie*, no 27, p.578-589.
- Favrat, Jean-François. 1994-1995. « Comment les élèves dessinent-ils les cylindres? ». *Grand N*, no 55, p.61-88.

- Favre, Jean-Michel. 1999. « Le mathématique et le cognitif : deux chimères pour l'enseignant ». In *Le cognitif en didactique des mathématiques*, sous la direction de F. Conne et G. Lemoyne, p. 235-262. Montréal : Presses de l'Université de Montréal.
- Favre, Jean-Michel. 2003. *Études des effets de deux contraintes didactiques sur l'enseignement de la multiplication dans une classe d'enseignement spécialisé : Actes du séminaire national* (mars 2003).
- Favre, Jean-Michel. 2006. *Document inédit*. Groupe DDMES
- Gagné, Robert M. 1976. *Les principes fondamentaux de l'apprentissage : Application à l'enseignement*. Trad. de l'anglais par Robert Brien et Raymond Paquin. Montréal : Éditions HRW, 148 p.
- Gaudefroy, Jean-Henri. 1970. *La perspective dans le dessin technique*. Paris : Dunod, 283 p.
- Groupe Académique de Concertation sur l'Enseignement des Mathématiques (G.A.C.E.M). 1990. *Évolution du thème : géométrie dans l'espace de la 6^e à la 3^e*. Montpellier : Publications de l'IREM, 17 p.
- Giroux, Jacinthe. 2004. « Le langage dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques ». *Revue des sciences de l'éducation*, vol. XXX, no 2, 303-327.
- Giroux, Jacinthe. 2008. « Conduites atypiques d'élèves du primaire en difficulté d'apprentissage ». *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 28, no 1, p.9-62.
- Ionescu, Déry et Jourdan-Ionescu. 1990. « Enseignement spécialisé ». In *L'intervention en déficience mentale*. Vol 2 : Manuel de méthodes et de techniques, sous la direction de S. Ionescu, p.110-145. Bruxelles : Mardaga.
- Jacomo, F.L. 2002. *Visualiser la quatrième dimension*. Paris : Vuibert. 125 p.
- Legendre, R. 2005. *Dictionnaire actuel de l'éducation*, 3e édition. Montréal : Guérin, 1554 p.
- Lessard-Hébert, Gabriel Goyette et Gérald Boutin. 1996. *La recherche qualitative : fondements et pratiques*. Montréal (Québec) : Éditions Nouvelles, 124 p.

- Luckasson, R. et coll. 1994. *Retard mental : Définition, classification et système de soutien*. Trad. de l'anglais par Paul Maurice. St-Hyacinthe : Éditions Edisem, 169 p.
- Luckasson, R. et coll. 2003. *Retard mental : Définition, classification et système de soutien*. Trad. de l'anglais par Diane Morin. Eastman : Éditions Behavioria, 274 p.
- Lurçat, Liliane. 1969. « La reproduction du dessin du cube chez le jeune enfant ». *Bulletin de psychologie*, vol. 23, p. 239-253.
- Montreuil, Nicole et Ghislain Magerotte. 1995. « Les difficultés liées à la généralisation des compétences ». In *La déficience intellectuelle. Tome 2 : Pratiques de l'intégration*, sous la dir. de S. Ionescu, p. 273-304. Paris : Éditions Nathan.
- Organisation mondiale de la Santé (OMS). 1993. *Classification statistique internationale des maladies et des problèmes de santé connexes*, dixième révision. Genève : Organisation mondiale de la Santé, 1335 p.
- Parzysz, Bernard. 1991. « Espace, géométrie et dessin pour l'apprentissage, l'enseignement et l'utilisation de la perspective parallèle au lycée ». *Recherches en Didactique des Mathématiques*, vol 11, no 23, p. 211-240.
- Pourtois, Jean-Pierre et Desmet, Huguette. 1988. *Épistémologie et instrumentation en sciences humaines*, Bruxelles : Pierre Mardaga, 235p.
- Piaget, Jean et Bärbel Inhelder. 1948. *La représentation de l'espace chez l'enfant*. Paris : Presses universitaires de France, 581 p.
- Québec, ministère de l'Éducation du Québec (MEQ). 2000. *Élèves handicapés ou élèves en difficulté d'adaptation ou d'apprentissage : définitions*. Québec : Les publications du Québec, 20 p.
- Québec, Office des Personnes handicapées du Québec (OPHQ). 1984. *À part... égale. L'intégration sociale des personnes handicapées : un défi pour tous*. Québec : Les publications du Québec, 348 p.
- René de Cotret, Sophie et Jacinthe Giroux. 2003. « Le temps didactique dans trois classes de secondaire I (doubleurs, ordinaires, forts) ». *Éducation et francophonie*, vol XXXI, no 2, Automne, p. 155-176.

- Siwek, Helena. 1989. « Rapport d'un fragment de recherche sur le développement de simples activités mathématiques chez des enfants légèrement handicapés de l'école élémentaire ». *Recherches en Didactiques des Mathématiques*, vol 10, no 1, p. 61-110.
- Société Canadienne et Comité Québécois de la Classification Internationale des Déficiences, Incapacités et Handicaps (SC/CQ CIDIH). 1991. « Le processus de production des handicaps ». *Réseau international CIDIH*, vol 4, no 3, p.62.
- St-Laurent, Lise. 1994. *L'intégration intégrée à la communauté en déficience intellectuelle*. Montréal (Qué.) : Les éditions Logiques, 281 p.
- St-Laurent, Lise, Jocelyne Giasson, Claude Simard, Jean J. Dionne, Égide Royer et al. 1995. *Programme d'intervention auprès des élèves à risque : une nouvelle option éducative*. Boucherville (Qué.) : Gaëtan Morin, 297 p.
- Tassé, M-J., Morin, Diane. 2003. *La déficience intellectuelle*. Boucherville : Éditions Gaëtan Morin. 433 p.
- Van der Molen, M.J, J.E.H Van Luit, M.J Jongmans et M.W Van der Molen. 2007. « Verbal working memory in children with mild intellectual disabilities ». *Journal of Intellectual Disability Research*, vol. 51, no 2, p. 162- 169.
- Vaughn, Sharon, Candace S. Bos et Jeanne Shay Schumm. 2003. *Teaching exceptional, diverse, and at-risk students in the general education classroom*. États-Unis : Allyn and Bacon. 536 p.
- Wallon, Philippe et Lilianne Lurçat. 1987. *Dessin, espace et schéma corporel chez l'enfant*. Paris : Les Éditions ESF, 151 p.
- Wallon, Philippe. 2001. *Le dessin d'enfant*. Paris : Les Presses Universitaires de France, 127 p.