UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À RIMOUSKI

L'EFFET DE L'APPRENTISSAGE DU JEU D'ÉCHECS DANS LE CADRE SCOLAIRE SUR LE DÉVELOPPEMENT DU SENS SPATIAL D'ÉLÈVES DU PREMIER CYCLE DU SECONDAIRE

Mémoire présenté dans le cadre du programme de maîtrise en éducation en vue de l'obtention du grade de maître ès arts

PAR
JIM CABOT THIBAULT

Février 2013

Composition du Jury :

Nancy Boiteau, présidente du jury, Université du Québec à Rimouski
Dominic Voyer, directeur de recherche, Université du Québec à Rimouski
Michel Bélanger, codirecteur de recherche, Université du Québec à Rimouski
Viktor Freiman, examinateur externe, Université de Moncton

Dépôt initial le 31 août 2012 Dépôt final le 19 février 2013

AVANT-PROPOS

La réalisation de ce mémoire de maîtrise fut une expérience enrichissante cognitivement et socialement. Ce processus rigoureux m'a permis de répondre en partie à l'interrogation que j'avais sur les bienfaits cognitifs de l'apprentissage du jeu d'échecs. Durant les trois dernières années, beaucoup de gens ont participé à rendre la réalisation de cette étude très agréable et je tiens ici à les remercier.

J'aimerais d'abord remercier les membres du jury qui ont évalué ce mémoire soit madame Nancy Boiteau et monsieur Viktor Freiman.

Merci aussi à mes deux directeurs de recherche, Dominic Voyer et Michel Bélanger, pour les judicieux conseils que vous m'avez donnés tout au long de l'élaboration de ce mémoire. J'aimerais aussi vous remercier pour tout le support moral que vous m'avez apporté ainsi que pour m'avoir donné l'opportunité de travailler en recherche pour vous. Je tiens également à souligner votre capacité à avoir produit une dynamique de recherche très enrichissante.

Merci à mes collègues Thomas Rajotte, Marie-Pier Goulet et Éveline Dion Laliberté pour les discussions en rapport ou non avec le projet de recherche. À la suite de ce projet, je vous considère davantage des amis que des collègues !

Finalement, je tiens à remercier mes parents et ma conjointe pour m'avoir toujours soutenu durant mes études. Votre support quotidien fût très apprécié et m'a permis de mener le projet à terme.

Merci à tous !

RÉSUMÉ

La géométrie est un contenu de formation mathématique comportant deux aspects. Le premier aspect est l'étude des concepts et relations logiques. Il s'agit d'établir des axiomes de départ et de démontrer une série de théorèmes à partir de ceux-ci. Cette façon de procéder fut rendue célèbre par Euclide. Le deuxième aspect est l'étude des concepts spatiaux. Il s'agit de développer des habiletés qui permettront à l'élève de créer des images mentales essentielles à la réalisation de plusieurs tâches de la vie quotidienne. Ces deux aspects de la géométrie amènent deux types de connaissances à enseigner en classe : les connaissances géométriques et les connaissances spatiales. L'étude de ces deux types de connaissances permet aux élèves de développer leur pensée géométrique et leur sens spatial. Des études rapportent que les enseignants accordent davantage de temps en classe à l'enseignement des connaissances géométriques, au détriment des connaissances spatiales, alors qu'un équilibre serait souhaitable. Cela peut être attribué au fait que les manuels de mathématiques donnent plus d'espace aux connaissances géométriques. Le milieu scolaire en est à trouver de nouvelles stratégies d'enseignement-apprentissage pouvant solliciter et développer le sens spatial des élèves. Le jeu d'échecs est un outil ayant déjà été étudié afin de vérifier si son apprentissage peut favoriser le développement du sens spatial des élèves. Les résultats des études à ce sujet sont mitigés. L'objectif de la présente étude est de vérifier l'effet de l'apprentissage du jeu d'échecs dans le cadre scolaire sur le développement du sens spatial d'élèves du premier cycle du secondaire. Pour atteindre cet objectif, nous avons utilisé un devis quantitatif quasi expérimental avec groupes expérimental et témoin. Cent vingt-six élèves du premier cycle du secondaire ont participé à l'étude. Avant l'expérimentation, tous les élèves ont été soumis au test de Vandenberg et Kuse (1978) comme outil de mesure du sens spatial. Par la suite, les élèves du groupe expérimental ont suivi 10 leçons du jeu d'échecs de 70 minutes chacune durant les heures de classe. À la suite de ces leçons, tous les élèves ont repassé le test de Vandenberg et Kuse (1978) en guise de post-test. Les résultats des analyses statistiques montrent une amélioration significative au test chez les élèves du groupe expérimental ($F\ (1{,}109) = 8{,}884$; $p=0{,}004$). Ces résultats nous permettent de conclure que l'apprentissage du jeu d'échecs en classe a un effet sur certains aspects du sens spatial des élèves.

Dominic Voyer

Jim Cabot Thibault

Directeur de recherche

Michel Bélanger

Codirecteur de recherche

ABSTRACT

The geometry is a content of mathematical formation containing two aspects. The first aspect is the study of the concepts and the logical relations. It is a question of establishing axioms of departure and of demonstrating a series of theorems from these. This way of proceeding was made famous by Euclid. The second aspect is the study of the spatial concepts. It is a question of developing skills which will allow the pupil to create mental images essential in the realization of several tasks of the everyday life. These two aspects of the geometry bring two types of knowledge to be taught in class: the geometrical knowledge and the spatial knowledge. The study of these two types of knowledge allows the pupils to develop their geometrical thought and their spatial sense. Studies relate that the teachers grant more time in class to the teaching of geometrical knowledge, to the detriment of the spatial knowledge, while a balance would be desirable. It can be attributed to the fact that the textbooks of mathematics give more space to the geometrical knowledge. The school is there to find new strategies of teaching and learning being able to request and develop the spatial sense of the pupils. Chess is a tool having already been studied to verify if its learning can favour the development of the spatial sense of the pupils. The results of the studies on this subject are mitigated. The objective of the present study is to verify the effect of the learning of chess in school on it. To reach this goal, we used a quasi-experimental quantitative methodology with experimental and control groups. Hundred and twenty six pupils of the first cycle of high school participated in the study. Before experiment, all the pupils were subjected to the *Mental Rotation Test* of Vandenberg and Kuse (1978) as measurement tool for the spatial sense. Afterward, the pupils of the experimental group followed 10 lessons of 70 minutes each of chess during class hours. Following these lessons, all the pupils ironed the test of Vandenberg and Kuse (1978). The results of the statistical analysis show a significant improvement in the test for the pupils of the experimental group ($F(1,109) = 8{,}884$; $p = 0{,}004$). These results allow us to conclude that the learning of chess in class has an effect on certain aspects of the spatial sense of the pupils.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

INTRODUCTION

Dans les curriculums scolaires, le domaine des mathématiques se divise selon cinq contenus de formation distincts : l'arithmétique, l'algèbre, la géométrie, la probabilité et la statistique. La géométrie est un contenu qui permet notamment à l'élève de développer des habiletés souvent utilisées au quotidien comme se repérer dans l'espace, lire une carte géographique ou utiliser des jeux vidéo (Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport, 2006). Selon la littérature, la géométrie se divise selon deux axes principaux : l'enseignement des connaissances géométriques et l'enseignement des connaissances spatiales (Laborde, Kynigos, Hollebrands et Strässer, 2006 ; Marchand, 2009b, National Council of Teachers of Mathematics, 2000). Selon Marchand (2009a), il y a plus de temps consacré en classe par les enseignants à l'enseignement des connaissances géométriques que spatiales. Cela peut s'expliquer par le fait que les connaissances géométriques soient davantage présentes dans les manuels scolaires et plus faciles à évaluer que les connaissances spatiales. Pourtant, l'importance de l'acquisition des connaissances spatiales, qui permet de développer le sens spatial des élèves, a été rapportée dans plusieurs études (Bishop, 1980; Gutiérrez, 1996; Marchand, 2009 b; Presmeg, 2006). Il est donc souhaitable de rétablir un équilibre entre l'enseignement des connaissances spatiales et géométriques. Un des moyens d'y parvenir est de trouver de nouvelles stratégies d'enseignement-apprentissage permettant de solliciter et développer le sens spatial des élèves. L'enseignement du jeu d'échecs est une activité de plus en plus présente dans les classes. Les instructeurs qui dispensent cet enseignement en vantent les bienfaits sur le développement d'habiletés cognitives mathématiques des élèves, dont fait partie le sens spatial. Les études scientifiques ne sont cependant pas aussi claires à ce sujet.

Le lien entre l'apprentissage du jeu d'échecs et le développement du sens spatial a déjà été étudié à quelques reprises (Brandefine, 2003; Noir, 2002; Smith 1998). Les résultats de ces études sont mitigés et les choix méthodologiques des auteurs ne nous permettent pas de savoir précisément si l'apprentissage du jeu d'échecs en classe, chez des élèves du premier cycle du secondaire ne sachant pas préalablement jouer, peut permettre de développer le sens spatial. L'objectif de la présente recherche est donc d'étudier l'effet de l'apprentissage du jeu d'échecs dans le cadre scolaire sur le développement du sens spatial d'élèves du premier cycle du secondaire. L'ensemble des considérations nous menant à cet objectif de recherche est présenté lors du premier chapitre portant sur la problématique.

Le deuxième chapitre porte sur le cadre théorique de l'étude et comprend trois parties. En premier lieu, nous présenterons les études recensées portant sur le lien entre l'apprentissage du jeu d'échecs et le développement du sens spatial. Nous présenterons, par la suite, quatre modèles théoriques en lien avec l'apprentissage et l'enseignement de concepts géométriques et spatiaux. Ces modèles théoriques seront utilisés lors de la troisième partie du chapitre dans laquelle sera menée une analyse expliquant le lien entre l'apprentissage et la pratique du jeu d'échecs et le développement du sens spatial.

Pour atteindre l'objectif de la recherche, nous avons mené une étude quantitative de type quasi expérimental avant-après avec groupe témoin non équivalent. Cent vingt-six élèves du premier cycle du secondaire divisés en un groupe expérimental et un groupe témoin ont participé à l'étude. Tous les élèves ont effectué le test standardisé de rotation mentale de Vandenberg et Kuse (1978) pour mesurer leur sens spatial. Par la suite, les élèves du groupe expérimental ont participé à 10 leçons de 70 minutes chacune du jeu d'échecs dispensées durant les heures de classe. À la fin de l'expérimentation, tous les élèves ont repassé le test de rotation mentale. À l'aide d'une analyse de covariance (ANCOVA), nous avons vérifié l'évolution des deux groupes lors de la deuxième prise de mesure du test. L'ensemble du volet méthodologique est présenté lors du troisième chapitre. Finalement, le quatrième chapitre porte sur la présentation des résultats obtenus et l'interprétation que nous en faisons.

CHAPITRE 1

PROBLÉMATIQUE

Ce premier chapitre sera divisé en deux sections distinctes. La première permettra d'énoncer la problématique et la seconde présentera l'objectif de la recherche et la question retenue.

1.1 ÉNONCE DE LA PROBLEMATIQUE

1.1.1 Les programmes de mathématiques aux États-Unis et au Canada

Aux États-Unis et au Canada, comme partout ailleurs, le domaine de la mathématique occupe une place importante dans l'enseignement primaire et secondaire.

Aux États-Unis, l'élaboration des programmes d'enseignement des mathématiques est une responsabilité de chacun des 14 205 districts scolaires (National Council of Teachers of Mathematics (NCTM), 2008). Les contenus et objectifs mathématiques ne sont donc pas standardisés et il est difficile d'en avoir une vue d'ensemble. Pour pallier ce manque, le NCTM, un organisme public dont la mission est de supporter les enseignants de mathématiques et d'assurer un enseignement de haute qualité pour tous les élèves, a produit, en 2000, le document intitulé *Principles and Standards for School Mathematics* (NCTM, 2000). Ce document fut élaboré après de nombreuses consultations avec des enseignants, des conseillers pédagogiques, des responsables de district en éducation et des chercheurs universitaires (NCTM, 2000). Cet ouvrage propose un programme de mathématiques s'échelonnant du préscolaire à la douzième année. Pour chacun des niveaux, on mentionne les objectifs à atteindre pour les contenus mathématiques suivants : l'arithmétique, l'algèbre, la géométrie et la mesure, la probabilité et la statistique. On propose également des outils et des problèmes afin que l'élève puisse développer ses habiletés en résolution de problèmes, sa logique, sa capacité à élaborer une preuve, sa communication et sa capacité à représenter un problème à l'aide de divers moyens (graphique, équation, schéma, etc.).

Au Québec, le plus récent Programme de formation de l'école québécoise (PFEQ) fût élaboré en 2000 pour l'école primaire et à partir de 2005 pour l'école secondaire par le ministère de l'Éducation du Loisir et du Sport (MELS). Dans la section mathématique du PFEQ, tant au primaire qu'au secondaire, on retrouve trois compétences disciplinaires à développer chez l'élève : résoudre une situation-problème, déployer un raisonnement mathématique et communiquer à l'aide du langage mathématique. Ces trois compétences doivent être développées en travaillant cinq contenus de formation : l'algèbre, l'arithmétique, la géométrie, la probabilité et la statistique. Ces contenus sont les mêmes qu'aux États-Unis. Il y a un grand nombre de points communs entre les programmes de mathématiques des deux pays (Canada et États-Unis). C'est en particulier le cas des programmes de géométrie. Dans les deux pays, les élèves d'un même âge traitent des mêmes notions.

1.1.2 Nature et place de la géométrie dans les curriculums

La géométrie est un contenu qui permet notamment à l'élève de développer des habiletés souvent utilisées au quotidien comme « [...] se repérer dans l'espace, lire une carte géographique, évaluer une distance ou utiliser des jeux électroniques [...] » (MELS, 2006, p.260). Elle comporte deux axes. Le premier fait référence à l'étude des concepts et des relations logiques. Ces concepts et relations étaient, chez les Grecs, une modélisation de l'espace qui nous entoure. Cette modélisation s'est graduellement transformée en un champ d'exploration et de discussion d'une fondation axiomatique détachée de quelconque expérience spatiale (Laborde, Kynigos, Hollebrand et Strässser, 2006). L'objectif du premier axe est de démontrer des théorèmes à partir d'un certain nombre d'axiomes de départ. Cette façon de procéder a été rendue célèbre par Euclide qui proposa, vers 300 ans av. J.-C., une série de théorèmes élaborée à partir de cinq axiomes. Cette géométrie est toujours enseignée dans les écoles. Le deuxième axe de la géométrie fait référence à l'étude des concepts spatiaux utiles à la société dans divers domaines tels l'architecture, l'arpentage et la construction. Par ce deuxième axe, l'élève développe ses habiletés à visualiser, manipuler et transformer mentalement des figures à deux ou trois dimensions. Cette habileté de l'élève à créer des images mentales est importante dans le processus de l'acquisition de connaissances (Gutiérrez, 1996; Presmeg, 2006; Tardif, 1996). Plusieurs auteurs ont reconnu ces deux axes depuis le temps des Grecs (Hilbert et Cohn-Vossen, 1952 ; Laborde et *al., 2006*). Ce fut aussi le cas pour Piaget qui, dans son ouvrage de 1948 *La géométrie spontanée et l'enfant,* n'aborde pas les concepts spatiaux. Il parle plutôt de ces concepts dans deux autres ouvrages : *la représentation de l'espace chez l'enfant* publié en 1972 et *L'image mentale chez l'enfant* publié en 1966.

La division de la géométrie selon deux axes amène l'enseignement de deux types de connaissances en géométrie. Plusieurs ouvrages parlent de ces deux types de connaissances sans toutefois utiliser une terminologie commune. Dans le Programme de formation de l'école québécoise (PFEQ) en mathématiques au premier cycle du secondaire (MELS, 2006), on différencie les termes pensée géométrique et sens spatial. L'extrait suivant illustre cette différenciation :

> L'élève est incité à utiliser sa pensée géométrique et son sens spatial dans ses activités quotidiennes et différents contextes disciplinaires ou interdisciplinaires, tels que celui des arts ou de la science et de la technologie [...] (MELS, 2006, p.260).

Pour ce qui est du NCTM (2000), il considère plutôt que la pensée géométrique comporte deux composantes : les connaissances géométriques et la visualisation spatiale. On retrouve cette même division chez Marchand (2009b) qui mentionne que la pensée géométrique de l'élève est formée des connaissances géométriques et des connaissances spatiales. En somme, malgré l'utilisation d'une terminologie différente, ces auteurs reconnaissent le fait que la géométrie comporte un aspect lié aux connaissances géométriques et un autre aux connaissances spatiales. Dans le cadre de la présente étude, nous retiendrons que deux types de connaissances peuvent être enseignés en géométrie : les connaissances géométriques, qui développent la pensée géométrique de l'élève, et les connaissances spatiales qui développent son sens spatial.

1.1.3 La définition de la pensée géométrique

La pensée géométrique, développée par l'enseignement des connaissances géométriques, réfère à l'étude des concepts et relations logiques. Selon Clements et Battista (1992), lorsque l'on utilise le terme géométrie à l'école secondaire, on se réfère souvent à la géométrie euclidienne. Cela s'explique par le fait qu'historiquement, c'est ce qui prédomine dans l'enseignement de la géométrie dans les écoles secondaires. Avec le temps, on a donc associé la géométrie presque uniquement à l'approche axiomatique proposée par Euclide. Encore aujourd'hui, c'est encore cette approche qui prédomine dans les classes de géométrie à l'école secondaire. Dans le cadre de cette étude, nous considérons donc que la pensée géométrique de l'élève est développée à travers un enseignement d'une géométrie axiomatique. Dans ce cas, elle est intimement reliée avec la logique déductive de l'élève.

1.1.4 Les définitions du sens spatial

Le sens spatial, développé à travers l'acquisition des connaissances spatiales, n'a pas une définition unique. Plusieurs auteurs se sont intéressés à ce concept. Il est à noter que le sens spatial n'est pas défini dans le PFEQ (MELS, 2006). Voici d'abord la définition proposée par Marchand (2009a) :

> Le sens spatial englobe tout ce qui est en lien avec la structuration d'un espace et il se traduit par des connaissances spatiales en géométrie : par connaissances spatiales, nous désignons les connaissances qui permettent à un sujet un contrôle convenable de ses relations à l'espace sensible. (Marchand, 2009a, p.67).

Lorsque l'élève contrôle ses relations à l'espace sensible, il peut effectuer les tâches suivantes : « 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).

Selon Del Grande (1990), en mathématiques et en psychologie, le sens spatial réfère souvent à la perception spatiale ou à la visualisation spatiale. À ce sujet, le NCTM (2000) définit la visualisation spatiale comme étant la construction et la manipulation de représentations mentales d'objets à deux ou trois dimensions et la perception d'un objet vu selon différentes perspectives. En 1977, Hoffer présente un modèle sur la perception visuelle à sept composantes dont les cinq premières proviennent de l'étude de Frosting et Horne (1972) : la coordination visuo-motrice, la perception image-fond, la constance perceptuelle, la perception de la position dans l'espace, la perception des relations spatiales, la distinction visuelle et la mémoire visuelle. L'ensemble de ces composantes se nomme les habiletés visuo-spatiales et forme le sens spatial. Ce modèle sera explicité lors du chapitre suivant portant sur le cadre théorique. Selon Del Grande (1990), ces habiletés ont un impact sur l'apprentissage des mathématiques, plus particulièrement en géométrie. De plus, ces habiletés visuo-spatiales impliquent fréquemment des translations et des rotations mentales d'objets (Del Grande, 1990).

Selon Guttiérez (1996), plusieurs termes tels que raisonnement visuel, imagination, raisonnement spatial, imagerie, images mentales, images visuelles, images spatiales peuvent être associés, selon les auteurs, à un même concept. En fait, il n'y a pas de consensus sur la terminologie. Par exemple, il est possible de lire un ouvrage portant sur la visualisation spatiale et un autre sur le raisonnement spatial et constater que les concepts présentés sont équivalents. (Gutiérrez, 1996).

Comme il n'y a pas de consensus sur la terminologie, il est important de cibler ce que nous utiliserons comme définition du sens spatial dans le cadre de cette recherche. Pour établir cette définition, nous avons consulté la définition du sens spatial de Marchand (2009b), la définition de visualisation spatiale du NCTM (2000), la définition du sens spatial de Del Grande (1990) ainsi que le modèle des habiletés visuo-spatiales de Hoffer (1977). Le point de convergence des différentes définitions et du modèle de Hoffer (1977) est le fait que l'élève puisse réaliser des manipulations et des transformations d'objets à deux ou trois dimensions mentalement. C'est ce que nous considérons comme définition du sens spatial dans cette recherche.

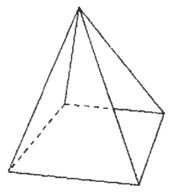
1.1.5 Exemple de distinction entre connaissances géométriques et connaissances spatiales

Afin d'illustrer la distinction existante entre connaissances géométriques et connaissances spatiales, voici deux activités pouvant être proposées aux élèves du premier cycle du secondaire en géométrie. La première est reliée aux connaissances géométriques et la seconde aux connaissances spatiales.

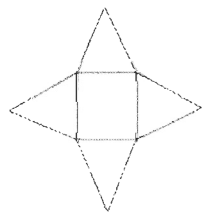
Activité 1 (Connaissances géométriques)
L'aire d'un polygone régulier est égale à 56,25 cm^2. Sachant que la mesure des côtés est de 5 cm et que la mesure de l'apothème est de 4,5 cm, quelle est la mesure d'un angle intérieur de ce polygone?

Pour résoudre ce problème, l'élève pourra utiliser certaines connaissances géométriques : la définition de polygone régulier, la formule de l'aire d'un polygone régulier, la notion d'apothème, la notion d'angle intérieur et la somme des angles intérieurs d'un triangle. Il utilisera les différents concepts et établira des liens entre ceux-ci afin d'en arriver à la solution.

Activité 2 (Connaissances spatiales)
Voici une pyramide à base carrée. Dessine son développement en deux dimensions.



Afin de reproduire le développement de la figure, l'élève doit visualiser mentalement la pyramide en deux dimensions. C'est ce type d'activité touchant les connaissances spatiales qui permettra à l'élève de développer son sens spatial. Pour faire progresser l'élève dans ce type d'apprentissage il est suggéré de lui faire verbaliser les étapes qui lui ont permis de trouver la solution (Marchand, 2009a). Voici un développement possible de la pyramide



1.1.6 Le déséquilibre entre le temps d'enseignement consacré aux connaissances spatiales et géométriques en classe

Dans les classes de mathématiques, les enseignants accordent davantage d'importance à l'appropriation des connaissances géométriques qu'aux connaissances spatiales (Marchand, 2009b). Cela s'explique par le fait que les programmes mettent davantage l'accent sur l'acquisition des connaissances géométriques qui sont « facilement quantifiables donc plus scolaires » (Marchand, 2009 b, p.42). Pourtant, l'acquisition des connaissances spatiales est tout aussi importante que celle des connaissances géométriques. En fait, les connaissances spatiales sont nécessaires dans la réalisation de diverses activités quotidiennes telles dessiner, écrire, construire des objets en trois dimensions, se déplacer, pratiquer des sports, etc. (Gutiérrez, 1996; Marchand, 2009 b). Plusieurs études ont insisté sur leur importance autant dans le contexte scolaire que non-scolaire. (Bishop, 1980; Gutiérrez, 1996; Marchand, 2009 b; Presmeg, 2006).

Selon Del Grande (1990), il est important de proposer aux élèves des activités où ils doivent manipuler mentalement des objets dès le primaire. Selon Marchand (2009b), on ne donne pas assez d'importance en enseignement de la géométrie au développement du sens spatial. Toujours selon cette auteure, « il faut volontairement provoquer, par nos choix didactiques, des moments où la visualisation et l'unique moyen de résolution » (Marchand, 2009b, p.43). Or, les manuels scolaires contiennent une quantité limitée d'activités portant sur la manipulation et la transformation mentale d'objets. Le milieu scolaire en est à trouver de nouvelles stratégies d'enseignement-apprentissage pouvant amener l'élève à développer son sens spatial.

1.1.7 Les activités pouvant favoriser le développement du sens spatial

Le fait que l'on consacre moins de temps en classe à l'enseignement des connaissances spatiales n'est pas dû à l'inexistence d'activités sur le sujet. En effet, plusieurs activités ont un potentiel pour solliciter et développer le sens spatial des élèves. Cependant, l'efficacité, d'un point de vue scientifique, de ces activités reste souvent à prouver. Nous présenterons ici deux jeux dont certaines études ont étudié leur effet sur le développement du sens spatial des élèves.

1.1.7.1 Le jeu de stratégie

Selon Bright et Harvey (1988), l'utilisation de jeux peut s'avérer efficace pour enseigner la géométrie et développer les habiletés en résolution de problèmes de l'élève. Les jeux amènent des situations dans lesquelles l'élève peut visualiser des figures géométriques et appliquer un raisonnement logique. Bright et Harvey (1988) mentionnent que les jeux de stratégie peuvent permettre de développer les habiletés en résolution de problèmes et les habiletés spatiales des élèves. Pour leur étude, ils ont utilisé une variante complexifiée du jeu de tic-tac-toe comme jeu de stratégie. Comme dans la version originale du jeu, le but est de créer une ligne de trois symboles identiques. Dans la figure 1, les cercles représentent les endroits où l'on peut placer un symbole.

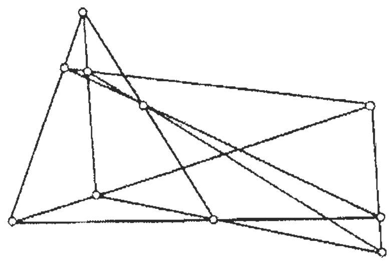


Figure 1. Exemple de jeu de stratégies selon Britght et Harvey (1989), p.258.

Ce jeu amène l'élève à trouver des stratégies qui lui permettront de gagner. À force de jouer, il pourra comparer l'efficacité des stratégies offensives (tenter de créer une rangée) et défensives (empêcher son adversaire de créer une rangée). Selon Bright et Harvey (1988), une difficulté dans l'utilisation de ce type de jeu en classe est d'effectuer un enseignement à partir du jeu. Pour ce faire, il faut présenter des situations où une partie est déjà amorcée et demander aux élèves de trouver le meilleur coup à effectuer et de justifier leur réponse. En utilisant cette approche d'enseignement, ces jeux de stratégie semblent intéressants pour développer les habiletés en résolution de problèmes et les habiletés spatiales des élèves. Cependant, à notre connaissance, aucune autre étude que celle de Bright et Harvey (1988) n'a été menée afin de vérifier l'efficacité de ce type de jeu de stratégie sur le développement du sens spatial.

1.1.7.2 Le jeu d'échecs

Des études se sont déjà intéressées au lien existant entre l'enseignement et l'apprentissage du jeu d'échecs et le développement des habiletés spatiales des élèves (Brandefine, 2003; Noir, 2002; Smith, 1998). Il est possible de comparer le jeu d'échecs au jeu de stratégies de Bright et Harvey (1988). Le jeu d'échecs est un jeu où il faut analyser différentes stratégies offensives (attaquer le roi adverse) et défensives (protéger son roi). De plus, il est possible de présenter des positions aux élèves et de leur demander de trouver le bon coup à jouer. Par les pièces utilisées, le jeu d'échecs comporte aussi un aspect ludique attirant pour les enfants.

Il s'agit également d'une activité scolaire déjà présente depuis quelques années dans les écoles québécoises. En effet, l'association Échecs et Math fait la promotion de l'enseignement du jeu d'échecs depuis 20 ans dans une centaine d'écoles de la région de Montréal. Dans la région de Québec, c'est l'Académie d'Échecs (AE) qui offre une formation échiquéenne à plus de 2000 élèves du niveau primaire depuis 2003. L'AE a développé un programme d'enseignement-apprentissage du jeu d'échecs incluant des cahiers pédagogiques adaptés aux différents niveaux échiquéens des élèves. Pour dispenser les leçons du jeu d'échecs, on a souvent recours à des instructeurs œuvrant pour l'association Échecs et Math ou l'académie d'échecs. Ces instructeurs vantent leur produit en énumérant les bienfaits du jeu d'échecs aux directions des écoles. On y mentionne notamment que le jeu d'échecs a un impact positif sur le développement du sens spatial des élèves. Or, les études scientifiques ne sont pas aussi claires à ce sujet.

Tel que mentionné, le lien entre l'apprentissage du jeu d'échecs dans le cadre scolaire et le développement du sens spatial a été étudié à quelques reprises (Brandefine, 2003; Noir, 2002; Smith, 1998). Cependant, les choix méthodologiques faits par ces auteurs ne nous permettent pas de savoir spécifiquement si l'apprentissage du jeu d'échecs en classe peut développer le sens spatial, tel que défini dans la présente étude, d'élèves ne jouant pas préalablement aux échecs. Le détail de ces trois études sera présenté à la section 2.1.

1.2 OBJECTIF ET QUESTION DE RECHERCHE

Le jeu d'échecs est souvent montré, sans preuve à l'appui, comme une voie intéressante pour le développement du sens spatial des élèves alors que la littérature scientifique ne va pas toujours en ce sens. L'objectif de la présente recherche est donc de vérifier empiriquement l'effet de l'apprentissage du jeu d'échecs dans le cadre scolaire sur le développement du sens spatial des élèves.

À partir de cet objectif, nous posons la question suivante :

Quel est l'effet de l'apprentissage du jeu d'échecs dans le cadre scolaire sur le développement du sens spatial des élèves?

La formulation de cette question nous mène à la présentation du chapitre deux portant sur le cadre théorique. Ce chapitre nous permettra de présenter une recension des études déjà effectuées sur le lien entre l'apprentissage du jeu d'échecs et le développement du sens spatial, de présenter différents modèles traitant des connaissances géométriques et des connaissances spatiales et d'établir le lien existant entre l'apprentissage du jeu d'échecs et le développement du sens spatial. Suivra ce chapitre, celui présentant l'ensemble du volet méthodologique utilisé pour répondre à notre question de recherche. Finalement, le dernier chapitre présentera les résultats obtenus et l'interprétation que nous en faisons.

CHAPITRE 2

CADRE THÉORIQUE

Le présent chapitre est divisé en trois sections. La première présente les principales recherches effectuées portant sur le lien entre l'apprentissage et la pratique du jeu d'échecs et le développement du sens spatial. La deuxième présente un modèle théorique concernant l'apprentissage de la géométrie et trois autres concernant des habiletés liées au sens spatial. La troisième section consiste en une analyse dans laquelle sera explicité le lien existant entre l'apprentissage du jeu d'échecs et le développement du sens spatial. Ce chapitre permet d'établir un lien entre les modèles théoriques présentés et l'apprentissage du jeu d'échecs. Il permet également d'expliquer en quoi le jeu d'échecs peut développer le sens spatial des élèves. Finalement, la présentation des études déjà effectuées sur le sujet assure la pertinence scientifique de la présente recherche.

2.1 RECENSION DES ETUDES TRAITANT DU LIEN ENTRE L'APPRENTISSAGE DU JEU D'ECHECS ET LE DEVELOPPEMENT DES HABILETES SPATIALES

Dans le cadre de la présente recherche, une recension des études portant sur le lien entre l'apprentissage du jeu d'échecs et le développement des habiletés spatiales a été effectuée. Les recherches ont été effectuées en anglais et en français dans les bases de données suivantes : *Academic Search Premier (Ebsco), ERIC (Ebsco), Francis et Proquest Dissertation and Theses.* Les études choisies devaient avoir été réalisées auprès d'enfants d'âge primaire ou secondaire et être empiriques. Voici un tableau présentant les principaux mots-clés utilisés pour la recherche.

Tableau 1. Mots-clés utilisés pour la recension des écrits

Terme	Français	Anglais
Apprentissage du jeu d'échecs dans le cadre scolaire	-Échecs -Jeu d'échecs -Pratique du jeu d'échecs -Enseignement du jeu d'échecs -Apprentissage du jeu d'échecs	-Chess -Chess game -Playing chess in school -Learning chess in school -Learning chess
Habiletés spatiales	-Sens spatial -Habiletés visuo-spatiales -Visualisation spatiale -Orientation spatiale -Habiletés spatiales	-Spatial sens -Visual-spatial skills -Visual Spatial abilities -Spatial orientation -Spatial vizualisation

À la suite de ces recherches, trois études ont répondu aux critères pré-établis : Brandefine (2003), Noir (2002) et Smith (1998). La présentation de ces trois études permettra de justifier la pertinence de la question retenue pour l'étude. Voici un résumé de ces trois études.

2.1.1 L'étude de Brandefine (2003)

Dans son étude, Brandefine (2003) relève comme problématique que les élèves de la région de New-York réussissent moins bien aux tests standardisés en mathématiques et en lecture que les autres élèves aux États-Unis. Elle mentionne que plusieurs facteurs peuvent expliquer cela, notamment le manque de ressources humaines, matérielles et financières. Elle affirme aussi que tenter de développer davantage certaines habiletés cognitives d'ordre supérieur, dont les habiletés visuo-spatiales, pourrait être une solution pour augmenter les notes sans augmenter les ressources. Elle rapporte que le jeu d'échecs pourrait être un outil permettant de développer les habiletés visuo-spatiales des élèves.

L'objectif de sa recherche est d'évaluer la performance de jeunes âgés de 7 à 10 ans à un test standardisé sur les habiletés visuo-spatiales en fonction du nombre d'heures qu'ils consacrent à la pratique du jeu d'échecs par semaine.

Pour atteindre son objectif, elle utilise un échantillon de 30 jeunes âgés de 7 à 10 ans membres d'un club d'échecs de la région de New-York. Son but est d'avoir 15 jeunes qui jouent aux échecs plus de 4 heures par semaine et 15 jeunes qui jouent aux échecs moins de 4 heures par semaine. Chacun des jeunes devra effectuer le test standardisé sur les habiletés visuo-spatiales *Wide Range Assessment of Visual Motor Abilities* (WRAVMA). Elle compare les résultats de son échantillon au test avec la moyenne nationale. Elle effectue quelques analyses de variance (ANOVA) pour comparer la moyenne des élèves qui jouent plus de 4 heures en comparaison avec la moyenne nationale, la moyenne des élèves qui jouent moins de 4 heures en comparaison avec la moyenne la nationale, la moyenne de son échantillon total en comparaison avec la moyenne nationale et la moyenne des garçons en comparaison avec la moyenne des filles.

Aucune de ces analyses n'est statistiquement significative ($p>0,05$). Elle ne peut donc pas conclure que la pratique du jeu d'échecs a une influence significative sur le développement des habiletés visuo-spatiales des élèves.

Limites de l'étude

L'étude de Brandefine (2003) comporte certaines limites méthodologiques qui peuvent expliquer les résultats. La taille de son échantillon est très petite ($n=30$). Avec un échantillon de cette taille, il aurait fallu un très grand effet pour que les tests puissent le percevoir. De plus, son étude ne comporte pas de groupe témoin. Cela constitue une menace à la validité interne. Si les résultats avaient été significatifs, il aurait été difficile d'attribuer cela à la pratique du jeu d'échecs plutôt qu'à un apprentissage réalisé dans un autre domaine.

Impacts pour la présente étude

Cette étude voulait donc vérifier si des élèves jouant préalablement aux échecs allaient être plus performants à un test portant sur les habiletés visuo-spatiales que l'ensemble des élèves du pays. Cela ne permet pas de savoir si un enseignement du jeu d'échecs à des élèves ne jouant pas préalablement au jeu d'échecs peut avoir une influence sur le développement de leurs habiletés spatiales. C'est ce que nous voulons vérifier dans le cadre de notre étude.

2.1.2 L'étude de Noir (2002)

L'étude de Noir (2002) a voulu vérifier l'effet d'un programme d'enseignement du jeu d'échecs sur huit variables : la mémorisation, les associations sémantiques, la pensée stratégique, le traitement de la relation spatiale, les associations lexicales, la compréhension de textes, l'attention visuo-spatiale et les habiletés d'imagerie et de rotation mentale. Pour ce faire, il a mené huit expériences quasi expérimentales prétest/post-test. Les devis méthodologiques des quatre premières comprenaient tous un groupe expérimental et un groupe témoin. (Les groupes n'étaient pas tous les mêmes pour les quatre expériences). Pour les quatre dernières expériences, les devis méthodologiques étaient composés de trois groupes : un groupe ayant reçu un enseignement du jeu d'échecs traditionnel, un groupe ayant reçu un enseignement du jeu d'échecs informatisé et un groupe témoin. Pour les besoins de notre étude, nous présenterons les expériences quatre, sept et huit portant sur des variables liées au sens spatial soient le traitement de la relation spatiale, l'attention visuo-spatiale et les habiletés d'imagerie et de rotation mentale. Nous mentionnons tout de même que toutes les autres expériences, excepté celle touchant la compréhension de textes, ont obtenu des résultats probants à l'avantage du groupe expérimental.

Expérience sur le traitement de la relation spatiale

Cette expérience voulait vérifier, auprès de 164 élèves divisés en un groupe expérimental et un groupe témoin, si l'apprentissage du jeu d'échecs peut développer le traitement de la relation spatiale. Le test utilisé est réalisé à l'aide d'un ordinateur. Le but est de vérifier la capacité de l'élève à percevoir les liens spatiaux existants entre deux figures. Les paramètres spatiaux choisis pour le test sont la hauteur et la distance. Les résultats démontrent que les élèves du groupe expérimental ont statistiquement mieux performé à la tâche que les élèves du groupe témoin.

Expérience sur l'attention visuo-spatiale

Cette expérience voulait vérifier, auprès de 126 élèves divisés en trois groupes distincts, si l'apprentissage du jeu d'échecs pouvait permettre le développement de l'attention visuo-spatiale. Pour ce faire, on présentait à un élève un écran formé de 20 cercles ayant tous le même contour et dont l'intérieur est de la même couleur. Sur un autre écran, on lui présentait deux cercles placés aléatoirement. Il devait retourner sur le premier écran et les identifier parmi les 20 cercles. Si cela était réussi, on lui présentait trois cercles. Cette itération était répétée jusqu'au moment où l'élève fournissait une réponse erronée. Les résultats des élèves au test n'ont pas permis de percevoir une différence significative entre les élèves des groupes expérimentaux et ceux du groupe témoin.

Expérience sur les habiletés d'imagerie et de rotation mentales

Cette expérience voulait vérifier, auprès de 119 élèves divisés en trois groupes distincts, si l'apprentissage du jeu d'échecs a permis d'améliorer les habiletés d'imagerie mentale et de rotation mentale des élèves. Pour ce faire, on a présenté aux élèves, sur un écran d'ordinateur, une série de 128 mains placées différemment. Certaines pointaient vers la gauche d'autres vers la droite. Elles étaient placées dans l'espace selon différents angles. Pour certaines on voyait la paume de la main et pour d'autres le dessus de la main. Pour chacune des mains, l'élève devait mentionner s'il s'agissait d'une main gauche ou d'une main droite. Les résultats des élèves au test ne permettent pas de percevoir une différence significative entre les élèves des groupes expérimentaux et ceux du groupe témoin.

Limites de l'étude

La principale limite de l'étude de Noir (2002) concerne les instruments de mesure utilisés. Aucun de ces instruments de mesure n'est standardisé. Il est donc difficile de savoir si l'on peut se fier aux résultats obtenus.

Impacts pour la présente étude

Concernant notre étude, l'expérience effectuée par Noir (2002) traitant d'une variable se rapprochant le plus du sens spatial, tel que nous l'avons défini, est la huitième expérience traitant des habiletés d'imagerie et de rotation mentales. L'expérience menée par Noir (2002) concernant cette variable n'a pas permis de percevoir de différences entre les élèves du groupe expérimental et ceux du groupe témoin. Nous souhaitons reprendre une expérience de ce type, mais en utilisant un test standardisé de rotation mentale : le *Mental Rotation Test* de Vandenberg et Kuse (1978) qui sera présenté lors du prochain chapitre portant sur la méthodologie.

2.1.3 L'étude de Smith (1998)

L'étude de Smith avait comme objectif de vérifier si un programme d'enseignement du jeu d'échecs en classe peut avoir un effet sur les habiletés en mathématiques, l'intelligence générale, les habiletés visuo-spatiales et sur l'habileté de raisonnement non-verbal des élèves. Elle a été menée auprès d'élèves noirs du sud des États-Unis âgés de 16 et 17 ans. Son échantillon est composé de 39 participants divisés en un groupe expérimental et un groupe témoin. Le groupe expérimental compte 19 participants et le groupe témoin

20. En début d'année scolaire, tous les élèves furent soumis à un prétest composé de 5 tests distincts : la partie mathématique du *California Achievement Test* (CAT) pour vérifier les habiletés en mathématiques, le *spatial orientation test* et le *visualization test* de Guilford et Zimmerman (1949) pour les habiletés visuo-spatiales, *le Group Embedded Figures Test* (GEFT) pour l'intelligence générale et le *Matrix Analogies Test-Short Form* (MAT) pour l'habileté de raisonnement non-verbal. Suite au prétest, les élèves du groupe expérimental ont été soumis à une centaine d'heures de leçons du jeu d'échecs en classe dispensées durant toute l'année scolaire. À la fin de cette expérimentation, tous les élèves furent soumis de nouveau aux cinq tests en guise de post-test.

Des analyses de variance (ANOVA) furent effectuées afin de comparer les moyennes du groupe expérimental et du groupe témoin au prétest et au post-test pour les cinq tests. Les résultats sont significatifs ($p<0,05$) pour les habiletés en mathématiques, l'intelligence générale, la visualisation spatiale et le raisonnement non verbal. Pour ce qui est du test d'orientation spatiale, les résultats sont significatifs à l'avantage du groupe témoin.

Limites de l'étude

L'étude comporte une limite concernant les habiletés visuo-spatiales. Dans ses choix méthodologiques, Smith (1998) a décidé d'utiliser deux tests (*spatial orientation test* et *visualization test* de Guilford et Zimmerman (1949)) pour vérifier l'effet du programme d'enseignement du jeu d'échecs sur les habiletés visuo-spatiales. Les résultats sont significatifs à l'avantage des élèves du groupe expérimental pour le test de visualisation, mais à l'avantage du groupe témoin pour le test d'orientation. Pourtant, l'auteur conclut en mentionnant que le programme a eu un effet significatif sur les habiletés visuo-spatiales. Les résultats obtenus par Smith (1998) sur le plan des habiletés visuo-spatiales sont donc ambigus.

Impacts pour la présente étude

Il faut mentionner que le test de visualisation utilisé demande aux élèves d'effectuer des rotations mentales d'objets à deux dimensions. Il s'agit donc du test qui est le plus près de la définition du sens spatial utilisée dans le cadre de notre étude. Il semble donc que l'apprentissage du jeu d'échecs a un effet sur le sens spatial tel que nous le définissons. Nous voulons vérifier les résultats de Smith (1998) en utilisant un autre test standardisé sur les habiletés spatiales : le *Mental Rotation Test* (MRT) de Vandenberg et Kuse (1978).

2.2 MODÈLES D'APPRENTISSAGE EN GÉOMÉTRIE

Au cours des cinquante dernières années, plusieurs recherches ont été effectuées afin de modéliser les étapes de l'apprentissage de la géométrie et, plus spécifiquement, celles du sens spatial et de la visualisation. Dans cette section, nous présenterons le modèle de la pensée géométrique de Van Hiele (1959) et ceux de Hoffer (1977), Gutiérrez (1996) et Marchand (2009a) liés au développement et à l'apprentissage de la visualisation et du sens spatial.

2.2.1 Le modèle de Van Hiele (1959)

Le modèle de Van Hiele (1959) fût élaboré, à la base, pour illustrer que lors d'un enseignement en géométrie, l'enseignant et l'enfant n'ont pas le même niveau de pensée. L'enseignant veut en arriver à ce que l'élève s'approprie d'abord un réseau de concepts et puisse ensuite l'appliquer lors de situations mathématiques précises. Par exemple, on voudra que l'enfant s'approprie un vaste vocabulaire (carré, rectangle, losange, angle isométrique, angle opposé par le sommet, segment, etc.) afin qu'il puisse l'appliquer à certains problèmes que l'on jugera adaptés à son âge. Pour Van Hiele (1959), cette façon de procéder ne permet pas à l'élève d'utiliser les notions acquises pour résoudre des situations nouvelles.

> Ce réseau [de concepts] imposé, et non pas compris, forme la base de ses [l'élève] raisonnements. Un réseau de relations, qui n'est pas fondé sur des expériences précédentes, risque, on le sait, d'être oublié en peu de temps. Ensuite, le réseau de relations est une construction autonome, il n'a pas de rapports avec les

> autres expériences de l'enfant. Ce qui signifie que, précisément, l'élève ne sait que ce qu'on lui a enseigné et ce qui y est lié déductivement. Il n'a pas appris à établir des rapports entre le réseau de relations et le monde sensible. Il ne saura pas appliquer ce qu'il a appris dans des situations nouvelles.
> (Van Hiele, 1959, p. 200)

C'est à partir de ce constat que Van Hiele (1959) proposa un modèle afin de pouvoir cerner où se situe un élève dans l'acquisition de la pensée géométrique. Cela permet également de souligner que l'élève et l'enseignant parlent un langage différent puisqu'ils ne se situent pas au même niveau. Voici un schéma, élaboré par Marchand (2009a), illustrant le modèle de Van Hiele (1959).

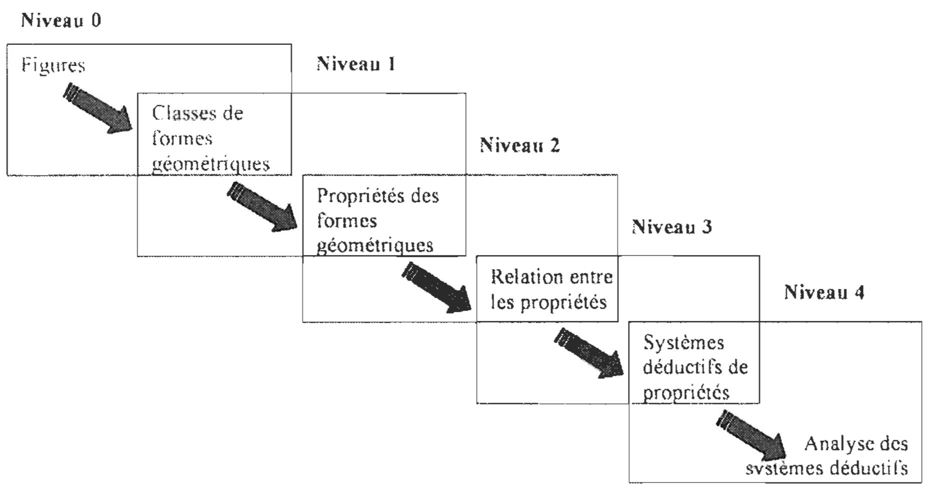


Figure 2. Schématisation du modèle de Van Hiele (1959) (Marchand,2009a, p.64).

Une des caractéristiques de ce modèle est le fait que les objectifs à atteindre pour un niveau forment les préalables du niveau suivant. C'est ce qui explique l'emboitement des différents niveaux dans le schéma. Par exemple, à la fin du niveau 0, l'élève connaît les classes de formes géométriques. Cela constitue la base du niveau 1 dont l'objectif est la compréhension des propriétés des formes géométriques. Voici une explication des différents niveaux du modèle. Il est à noter que pour chacun des niveaux, nous en présenterons le but à atteindre (par exemple, lorsque nous présenterons le niveau 1, nous présenterons la capacité de l'élève d'associer une figure à ses propriétés). Pour ce qui est du processus permettant de passer d'un niveau à un autre, il sera présenté par la suite.

Niveau 0

Le niveau 0 constitue le niveau de base. L'élève reconnaît les figures selon leur apparence. Il est également capable de les reproduire même si on les dispose d'une manière complexe. À ce niveau, toutes les figures sont distinctes pour lui. Par exemple, il ne peut pas conclure qu'un carré est également un rectangle. Il ne peut pas distinguer les caractéristiques communes entre les deux figures (angle droit, parallélisme, longueur des côtés, etc.).

Niveau 1

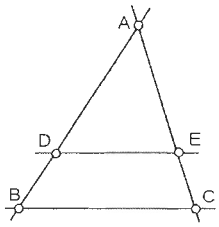
Au premier niveau, l'élève peut associer une figure à ses propriétés. Il sait, par exemple, qu'un triangle équilatéral possède trois côtés et trois angles isométriques. À ce niveau, l'élève peut faire abstraction des imperfections d'une figure dessinée au tableau. Par exemple, si un enseignant dessine un carré à main levée et dit que les quatre côtés et les quatre angles sont égaux, l'élève pourra l'accepter même si ce n'est pas réellement le cas.

Niveau 2

Au deuxième niveau, l'élève peut établir des liens entre les propriétés. Par exemple, comme il connaît les propriétés des rectangles, il est capable d'affirmer qu'un carré n'est qu'un cas particulier de rectangle.

Niveaux 3 et 4

À ces niveaux, l'élève peut maintenant déduire des propriétés. Par exemple, en sachant un théorème, l'élève sera amené à en déduire la véracité ou non de sa réciproque. Il pourra effectuer et analyser certaines déductions à l'aide d'une approche plus axiomatique. Par exemple, après l'étude des propriétés des angles et des triangles semblables, l'élève pourra découvrir le théorème de Thalès. Soit la figure suivante. Les droites DE et BC sont parallèles. Prouver que les triangles ABC et ADE sont semblables.



L'étude des triangles semblables permet à l'élève de savoir que si deux triangles ont deux angles homologues isométriques, ils sont semblables. Or, l'angle A est commun aux deux triangles. L'étude des angles permet de savoir que lorsque l'on a deux droites parallèles coupées par une autre droite sécante aux parallèles, les angles correspondants sont isométriques. Par conséquent, les angles ADE et ABE sont isométriques. Les triangles ABC et ADE sont donc semblables. Dans cet exemple, l'élève effectue une série de déductions à partir de ses connaissances antérieures.

À la suite de l'élaboration de son modèle, Van Hiele (1959) mentionne que deux personnes raisonnant à deux niveaux différents auront de la difficulté à se comprendre. C'est souvent ce qui se produit entre l'élève et l'enseignant. Selon l'auteur, il faut favoriser les dialogues entre les élèves. On peut considérer son approche comme socioconstructiviste. Voici un extrait l'illustrant :

> Certains professeurs font un exposé à leur propre niveau tout en invitant les élèves à répondre à leurs questions. Il ne s'agit là, en fait, que d'un monologue, car le professeur est amené à considérer toutes les réponses qui n'appartiennent pas à son réseau de relations comme stupides ou déplacées. Le véritable dialogue doit s'établir au niveau des élèves.
>
> (Van Hiele, 1959, p.201)

Suivant la présentation des différents niveaux de pensée de l'élève, Van Hiele (1959) présente également les cinq phases du processus d'enseignement-apprentissage qui permettent de passer d'un niveau à un autre. Voici une figure représentant ces cinq phases :

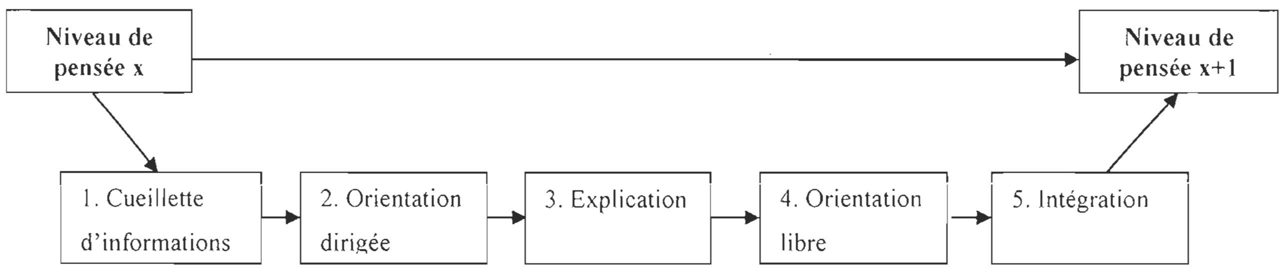


Figure 3. Phases du processus d'enseignement-apprentissage permettant de passer d'un niveau de pensée à un autre du modèle de Van Hiele (1959).

Phase 1

Lors de la première phase, l'élève entre en contact avec les éléments à apprendre à l'aide de matériel qu'on lui présente. Selon l'auteur, « On pourrait dire que la connaissance humaine consiste en ceci : l'homme paraît en mesure de déceler une structure dans tout matériel, aussi désordonné soit-il [...] » (Van Hiele, 1959, p.202).

Phase 2

Lors de cette phase, l'élève manipule concrètement le matériel qui lui a été proposé. L'enseignant oriente l'élève dans cette démarche en utilisant le questionnement afin de lui permettre de créer des liens.

Phase 3

Durant la troisième phase, l'enseignant revient sur les activités de manipulation. Son but est d'effectuer un passage entre le matériel et la théorie. Par exemple, dans une activité où l'on ferait manipuler des solides aux élèves, la phase trois pourrait permettre à l'enseignant de donner les définitions de sommet, d'arête, etc. Ces définitions seraient construites à partir des expériences de manipulation des élèves.

Phase 4

Durant cette phase, l'élève est appelé à utiliser les concepts bâtis à la phase trois afin de résoudre des problèmes qui peuvent être résolus en utilisant diverses méthodes.

Phase 5

Le but est d'en arriver à ce que l'élève ait une vue globale de ses apprentissages et des moyens qu'il peut utiliser pour résoudre différents problèmes. Pour y arriver, l'élève doit donc synthétiser ses apprentissages. Cette phase d'intégration se fait en collaboration avec l'enseignant qui guide l'élève pour s'assurer qu'il comprenne bien les concepts.

À la suite de ces cinq phases, l'élève est maintenant rendu au niveau de pensée suivant. Il devra alors répéter le processus afin d'atteindre le niveau suivant. Ce processus d'apprentissage est valable en géométrie, mais il peut également être appliqué aux autres contenus mathématiques et aux autres disciplines.

Durant les années 1980, des études ont critiqué le fait que les niveaux du modèle de Van Hiele (1959) étaient discrets. Elles ont avancé l'hypothèse que les niveaux du modèle étaient continus (Burger et Shaugnessy, 1986; Fuys, Geddes et Tischler ; 1988). Ces études mentionnent qu'un élève ne passe pas d'un niveau à l'autre instantanément. Il s'agit plutôt d'un processus continu. Pour Van Hiele (1959), cinq phases d'enseignement-apprentissage permettent à l'élève de passer d'un niveau à l'autre (figure 3). Lorsque ces phases sont réalisées, l'élève a atteint le niveau suivant. Pour Burger et Shaughnessy (1986) et Fuys et *al.* (1988), le fait de passer par ces phases du processus d'enseignement-apprentissage ne garantit pas le passage d'un niveau du modèle à un autre. Cependant, leurs études n'amenaient pas de détails sur la continuité des niveaux.

Pour pallier ce manque, Gutiérrez, Jaime et Fortuny (1991) produisirent un modèle des degrés d'acquisition d'un niveau du modèle de Van Hiele (1959). Chaque niveau est représenté, comme dans la figure ci-dessous, par un segment gradué de 0 à 100 divisé en cinq sections choisies subjectivement par les auteurs. Ils ont également associé à chaque segment une valeur qualitative. Par exemple, se situer entre 0 et 15 constitue le fait de n'avoir aucune acquisition du niveau.

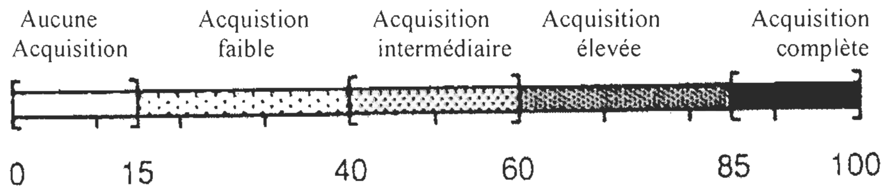


Figure 4. Degrés d'acquisition d'un niveau du modèle de Van Hiele (1959) selon Gutiérrez, Jaime et Fortuny, 1991.

Pour situer un élève dans un niveau précis du modèle, on lui fait passer une série de questions géométriques et on observe ses réponses. Un barème précis fût établi préalablement par les auteurs afin de pouvoir classifier les élèves selon les réponses données aux questions. Les auteurs ont réalisé cette procédure pour chacun des niveaux du modèle. Ils en arrivent à la conclusion qu'il est possible pour un élève de développer deux niveaux consécutifs du modèle simultanément. Cependant, la plupart du temps, l'acquisition du niveau inférieur est plus complète que celle du niveau supérieur (Gutiérrez, Jaime et Fortuny, 1991).

2.2.2 Le modèle de Hoffer (1977)

Le modèle de Hoffer (1977) propose sept habiletés de perception visuelle à développer chez l'élève. Nous présenterons chacune de ces habiletés et les illustrerons à l'aide d'exemples.

La coordination visuo-motrice[1] (eye-motor coordination)

La coordination visuo-motrice est le fait de pouvoir synchroniser la vision avec les mouvements du corps. Cette habileté est requise lorsque l'on veut réaliser une tâche où il faut voir et utiliser sa motricité. Cette coordination est demandée lors d'activités quotidiennes comme s'habiller et s'asseoir à la table (Del Grande, 1990). Elle est présente régulièrement dans l'apprentissage de la géométrie. Diverses tâches comme représenter une figure en trois dimensions à l'aide de blocs (figure 5), dessiner des figures ou colorier une image peuvent solliciter cette habileté chez l'élève. Un élève possédant des lacunes sur le plan de la coordination visuo-motrice ne peut effectuer ces tâches, car toute son attention est portée sur l'aspect moteur de la tâche. Il ne pourra donc pas comprendre le véritable sens de l'activité et les concepts géométriques qu'elle sous-tend.

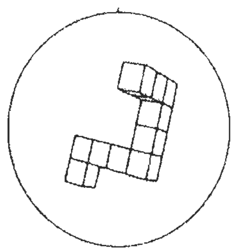


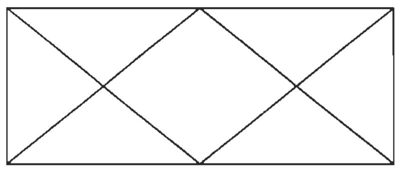
Figure 5. Exemple d'activité impliquant la coordination visuo-motrice.

[1] Traduction libre des sept habiletés du modèle de Hoffer (1977).

La perception image-fond (figure-ground perception)

La perception image-fond consiste à percevoir une image spécifique à l'intérieur d'une image plus complexe. Pour ce faire, il faut arriver à mettre en avant-plan l'image que l'on veut voir et faire abstraction des autres composantes qui forment l'arrière-plan. Par exemple, lorsqu'un enfant dribble un ballon dans le gymnase, il portera son attention sur le ballon. Il fait fi des autres éléments qu'il perçoit (les autres élèves, le plancher, les murs, etc.). Voici un exemple d'activité géométrique demandant à l'élève d'utiliser sa perception image-fond :

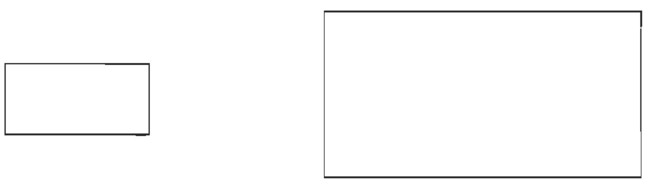
« Combien y a-t-il de triangles différents dans la figure suivante? »



À première vue, on ne voit que les huit petits triangles. Cependant, il y a en 18. Pour voir les autres triangles, il faut faire abstraction de certaines lignes. Cela se fait à l'aide de l'habileté de perception image-fond.

La constance perceptuelle (perceptual constancy)

La constance perceptuelle consiste à pouvoir identifier une figure géométrique indépendamment de sa taille, sa position dans l'espace, sa couleur ou sa texture (Del Grande, 1990). Par exemple, nous pourrons dire que les deux figures suivantes sont des rectangles même s'ils ne sont pas de la même taille :



Aussi, l'habileté de constance perceptuelle nous permet de nous ajuster à notre environnement. Voici un exemple tiré de Del Grande (1990) illustrant ces propos. La figure 6 représente un terrain de football vu selon deux perspectives différentes. La vue de gauche nous amène à penser que le terrain a la forme d'un parallélogramme et la vue de droite un trapèze. Cependant, notre habileté de constance perceptuelle fait en sorte que, comme nous savons que le terrain de football a une forme rectangulaire, nous percevons un rectangle.

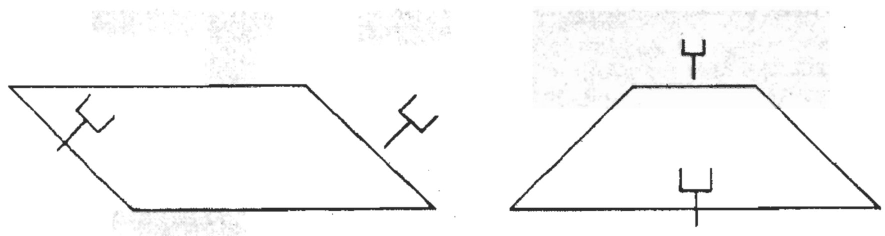


Figure 6. Exemple de constance perceptuelle tiré de Del Grande, 1990, p.16.

Finalement, toujours selon Del Grande (1990), des activités géométriques faisant appel à la constance perceptuelle doivent contenir au moins un des éléments suivants : l'identification de figures ayant la même forme, mais de tailles différentes, placer des objets en ordre selon leur taille (par exemple, placer une série d'objets du plus petit au plus gros) ou identifier des figures ayant la même forme et la même taille.

Perception de la position dans l'espace (position-in-space perception)

L'enfant est le centre de son univers perceptuel. Il est capable d'identifier la position des objets autour de lui en mentionnant s'ils sont en haut, en bas, à côté, derrière ou devant lui (Del Grande, 1990). La perception de la position dans l'espace nous permet de comprendre que deux figures peuvent être identiques même si elles ne sont pas placées de la même façon. Cette habileté est souvent sollicitée en géométrie lors des transformations. Il faut que l'élève en arrive à comprendre que la translation, la rotation et la réflexion ne modifient que la position de la figure-image. On amène donc l'élève à comprendre que pour que deux figures soient identiques, elles doivent avoir des côtés et des angles homologues isométriques. Par exemple, certains enfants diront que parmi les deux triangles ci-dessous, seulement celui de gauche est rectangle alors qu'ils sont identiques.

Cela peut être attribuable au fait qu'ils ont toujours vu les triangles rectangles présentés comme celui de gauche. Il est possible pour un enseignant d'aider l'élève à développer cette habileté en ne présentant pas toujours les figures géométriques de la même façon. Ainsi, il pourra identifier une figure selon ses caractéristiques et non selon son positionnement.

Perception des relations spatiales (Perception of spatial relationships)

La perception des relations spatiales consiste à voir deux objets ou plus en relation entre eux ou avec soi-même (Del Grande, 1990). Voici un exemple tiré de Del Grande (1990) nous permettant d'illustrer cette habileté.

Continuer la suite suivante :

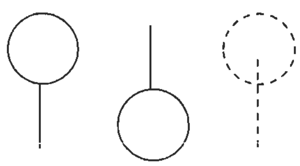


Figure 7. Exemple d'activité sollicitant la perception des relations spatiales (Del Grande, 1990, p.18)

Afin de pouvoir continuer cette suite, l'enfant doit d'abord percevoir les relations spatiales entre les figures. Par la suite, il doit créer une image mentale de la prochaine figure et la dessiner. Plusieurs figures peuvent compléter la suite si la justification de la relation entre les figures par l'élève est cohérente.

Distinction visuelle (visual discrimination)

La distinction visuelle consiste à pouvoir identifier les différences et les ressemblances d'une série d'objets. Contrairement à la perception des relations spatiales et la perception de la position dans l'espace, la distinction visuelle ne focalise pas sur la position des objets dans l'espace.

Voici un exemple d'activité pouvant être réalisée pour développer la distinction visuelle. Cette activité se réalise en duo. Un premier élève voit les figures suivantes. Il doit décrire les ressemblances et les différences entre les figures afin que son coéquipier puisse les redessiner.

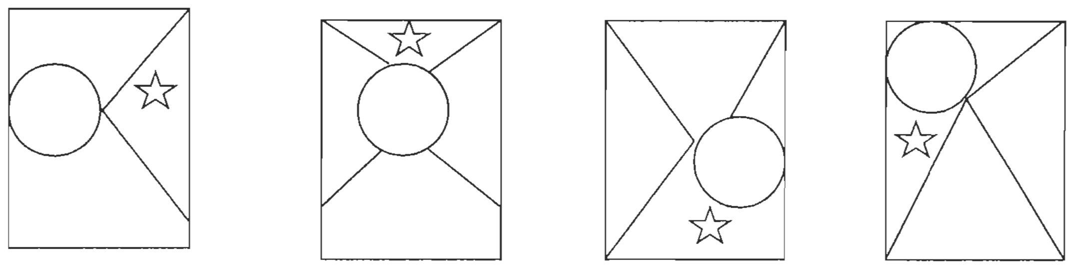


Figure 8. Exemple d'activité pouvant développer la distinction visuelle.

Mémoire visuelle (visual memory)

La mémoire visuelle est l'habileté à « photographier mentalement » une image. C'est-à-dire d'être capable de la visualiser mentalement et de la reproduire même si on ne la voit plus concrètement. Les exercices reliés à la mémoire visuelle consistent à montrer une image pendant un court laps de temps à un élève puis lui demander de la reproduire. Le Tangram est un bon exemple d'activité reliée à la mémoire visuelle. Un Tangram est composé de sept figures élémentaires.

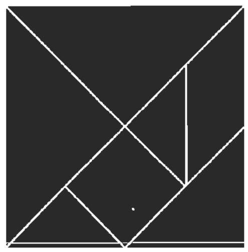


Figure 9. Les 7 figures élémentaires du Tangram

On montre une image formée des sept figures élémentaires à l'élève pendant quelques secondes. On lui demande ensuite de la reproduire.

Figure 10. Image réalisée à l'aide des figures de base du Tangram

Ces sept habiletés visuo-spatiales jouent un rôle important dans le développement du sens spatial et de la visualisation. Pour Hoffer (1977) et Del Grande (1990), le développement de ces habiletés est essentiel afin que l'élève puisse réaliser l'apprentissage des concepts spatiaux. Selon Gutiérrez (1996), ces habiletés sont nécessaires afin d'interpréter les images mentales construites lors de la réalisation d'une tâche mathématique. Le modèle de Gutiérrez (1996) sera présenté lors de la section 2.2.3.

Voici un tableau récapitulatif des sept habiletés du modèle de Hoffer (1977) où l'on retrouve le nom des sept habiletés ainsi qu'une brève définition pour chacune.

Tableau 2. Résumé des 7 habiletés du modèle de Hoffer (1977)

Habiletés	Définition
1. La coordination visuo-motrice	Synchronisation de la vision et des mouvements du corps
2. Perception image-fond	Percevoir une image spécifique à l'intérieur d'une image plus complexe
3. La constance perceptuelle	Pouvoir identifier une figure géométrique indépendamment de sa taille, sa position dans l'espace, sa couleur ou sa texture
4. Perception de la position dans l'espace	Pouvoir percevoir que deux figures soient identiques même si elles sont placées différemment dans l'espace
5. Perception des relations spatiales	Voir deux objets ou plus en relation entre eux ou avec soi-même
6. Distinction visuelle	Pouvoir identifier les différences et les ressemblances d'une série d'objets
7. La mémoire visuelle	L'habileté de pouvoir photographier mentalement une image

Le modèle de Hoffer (1977) est en fait une analyse *a priori* des processus visuo-spatiaux. Il propose sept habiletés de perception visuelle. À notre connaissance, ce modèle ne possède pas de support empirique direct. Cependant, les habiletés proposées par Hoffer (1977) ont été réutilisées dans le modèle de Gutiérrez (1996). Nous décrirons ce modèle lors de la prochaine sous-section.

2.2.3 Le modèle de Gutiérrez (1996)

En 1996, Gutiérrez élabora un modèle afin d'expliquer le rôle des principaux éléments de la visualisation dans la réalisation d'une tâche mathématique.

Pour Gutiérrez (1996), la visualisation en mathématiques est le type de raisonnement utilisant des éléments spatiaux ou visuels afin de résoudre des problèmes ou de prouver des théorèmes. Son modèle comporte quatre composantes : les images mentales, les représentations externes, le processus de visualisation et les habiletés de visualisation. Voici les définitions de ces quatre éléments élaborées par Gutiérrez (Gutiérrez, 1996, p. 9-10) :

Image mentale : Une image mentale est une représentation cognitive d'un objet ou d'une propriété mathématique amenée par le biais d'un élément visuel ou spatial. L'image mentale est l'élément de base de la visualisation (Gutiérrez, 1996 ; Presmeg, 1986).

Représentation externe : Une représentation externe pertinente à la visualisation est une représentation graphique (photo, dessin, diagramme, etc.) ou verbale (donnée par l'enseignant) d'objets ou propriétés mathématiques qui peut aider l'individu à créer ou transformer des images mentales.

Processus de visualisation : Un processus de visualisation est une action mentale ou physique faisant appel à des images mentales. Deux processus distincts peuvent être mis en œuvre lors de la visualisation. L'interprétation visuelle d'une information permet de créer des images mentales et l'interprétation de ces images mentales permet de générer de l'information afin d'accomplir une tâche. Par exemple, lorsque l'on conduit une voiture et que l'on se présente à un feu de circulation. Nous interprétons l'information visuelle qui nous est présentée (la couleur du feu de circulation). Cela produit une image mentale dans notre cerveau qui décode la couleur et agit en conséquence. Par exemple, si la lumière est rouge, notre cerveau associe cette couleur à l'action de freiner.

Les habiletés de visualisation : Il existe plusieurs classements des habiletés de visualisation. Dans son modèle, Gutiérrez (1996) utilise celui de Hoffer (1977) présenté précédemment. Chaque individu doit développer ces habiletés. Dépendamment des

caractéristiques du problème à résoudre et des images mentales créées, il pourra choisir inconsciemment la bonne habileté à utiliser pour résoudre le problème proposé.
Voici un schéma du modèle de Gutiérrez (1996)

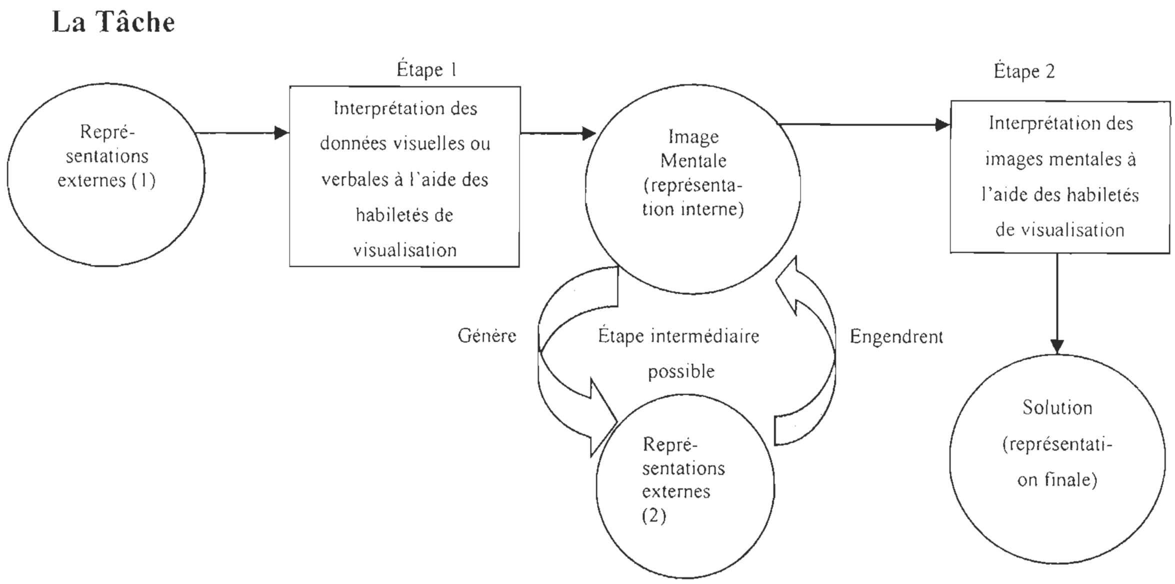
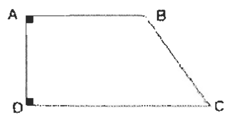


Figure 11. Principaux éléments de la visualisation compris dans la résolution d'une tâche mathématique (Gutiérrez, 1996, p.11).

Dans ce schéma, les cercles illustrent des représentations alors que les rectangles illustrent des processus. La tâche mathématique est considérée comme une représentation externe. L'élève utilise certaines données du problème (information visuelle) ou des informations données par l'enseignant (information verbale) (étape 1) pour créer une image mentale de la tâche à accomplir. Cette image mentale est une représentation interne du problème. Ce sont ses habiletés de visualisation qui lui permettent de créer cette image. Une fois l'image mentale produite, il est possible que l'élève utilise immédiatement une ou plusieurs de ses habiletés de visualisation pour l'interpréter et accomplir la tâche et en arriver à la solution qui est la représentation finale de la tâche (étape 2). Il est également possible que l'élève passe par une étape intermédiaire avant de pouvoir solutionner le problème. Durant cette étape, il utilise l'image mentale produite à l'étape 1 pour générer de nouvelles représentations externes qui à leur tour engendreront de nouvelles images mentales. Cette étape est itérative et se produit jusqu'à ce qu'une image mentale permettant d'en arriver à la solution soit produite. Le nombre d'itérations dépend de la complexité du problème. Voici un exemple de problème résolu de deux façons différentes permettant d'illustrer le modèle de Gutiérrez (1996).

Soit la figure suivante où $\overline{AB} = 5\ cm$, $\overline{DC} = 7\ cm$ *et* $\overline{AD} = 3\ cm$



Quelle est l'aire de cette figure?

Élève 1

Le schéma de la figure est une représentation externe qui permet à l'élève 1 de créer une image mentale. Il associe cette image à un trapèze. Cela lui permet de savoir qu'il lui faut utiliser la formule de l'aire du trapèze pour arriver à la réponse. Cela présuppose que l'élève 1 possédait comme connaissance antérieure la formule du trapèze. Il effectuera alors $\frac{(B+b)\times h}{2}$ où B est la grande base, b est la petite base et h la hauteur. En effectuant le calcul, il obtiendra $18\ cm^2$. Si l'élève ne possède pas la formule du trapèze dans ses connaissances antérieures, il utilisera une autre procédure pour résoudre le problème. Un exemple d'une autre procédure suivra.

La figure ci-dessous présente les étapes de la résolution du problème par l'élève 1 selon le modèle de Gutiérrez (1996).

La tâche

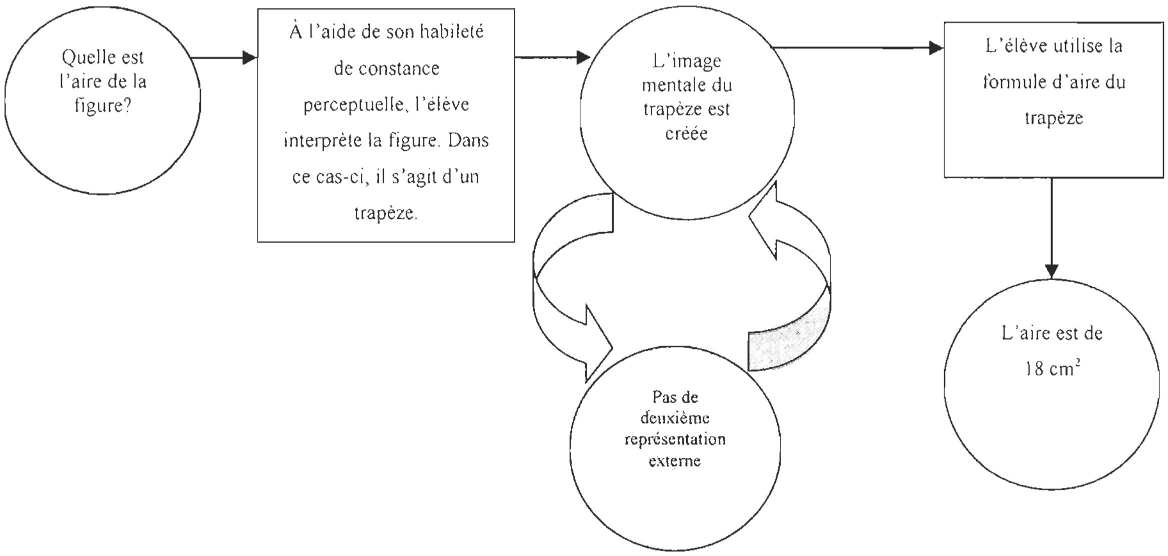
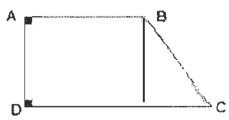


Figure 12. Schématisation 1 de la résolution d'un problème géométrique à l'aide du modèle de Gutiérrez (1996).

Élève 2

Pour l'élève 2, la figure permet également de créer l'image mentale d'un trapèze. Cependant, il utilise cette image afin de la décomposer en un rectangle et un triangle. Il obtient alors la figure suivante :



Il trouvera l'aire de la figure en additionnant l'aire du rectangle et l'aire du triangle et obtiendra la même réponse que l'élève 1.

La figure ci-dessous présente les étapes de la résolution du problème par l'élève 2 dans le modèle de Gutiérrez (1996).

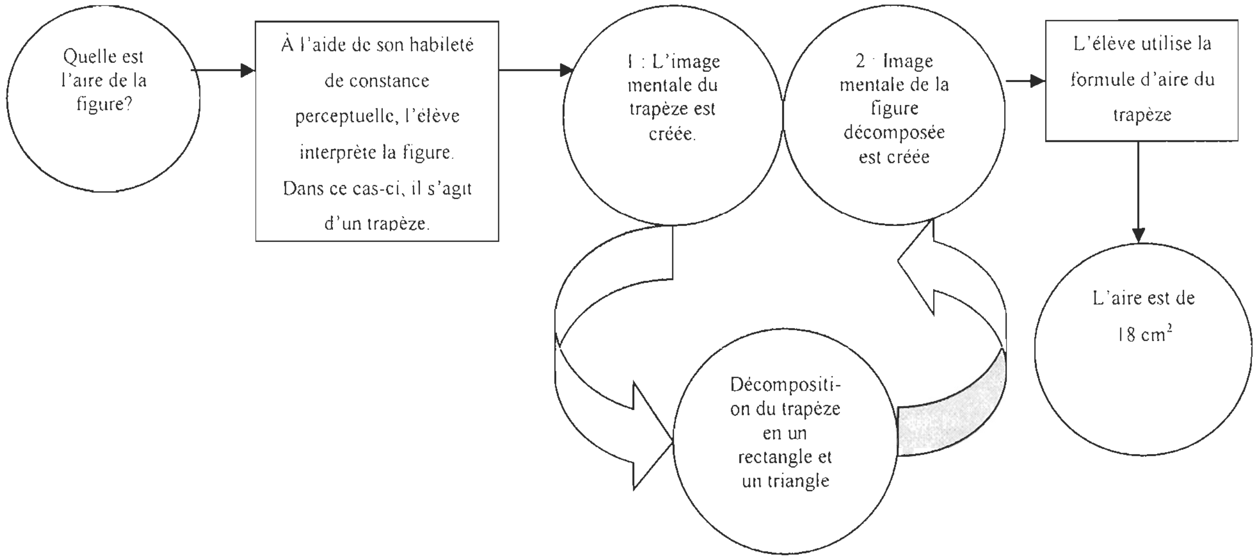


Figure 13. Schématisation 2 de la résolution d'un problème géométrique à l'aide du modèle de Gutiérrez (1996).

Le modèle de Gutiérrez (1996) mentionne que la création d'images mentales est essentielle à la réalisation d'une tâche mathématique. Il est raisonnable de supposer que, selon une telle perspective, la création d'images mentales est nécessaire à la réalisation de toute tâche.

2.2.4 Le modèle de Marchand (2009a)

Le modèle de Marchand (2009a) suggère une suite de niveaux selon laquelle l'apprentissage des connaissances spatiales peut se dérouler. Le but du modèle est de combler une lacune quant à la caractérisation du développement des connaissances spatiales des élèves. Il propose une séquence à trois niveaux où l'objectif final pour l'élève est de manipuler et transformer mentalement des figures à deux ou trois dimensions. Le modèle permet également de classifier un élève selon un des niveaux du modèle selon ce qu'il est capable d'accomplir lors de la réalisation d'une tâche spatiale. Voici une schématisation du modèle de Marchand (2009).

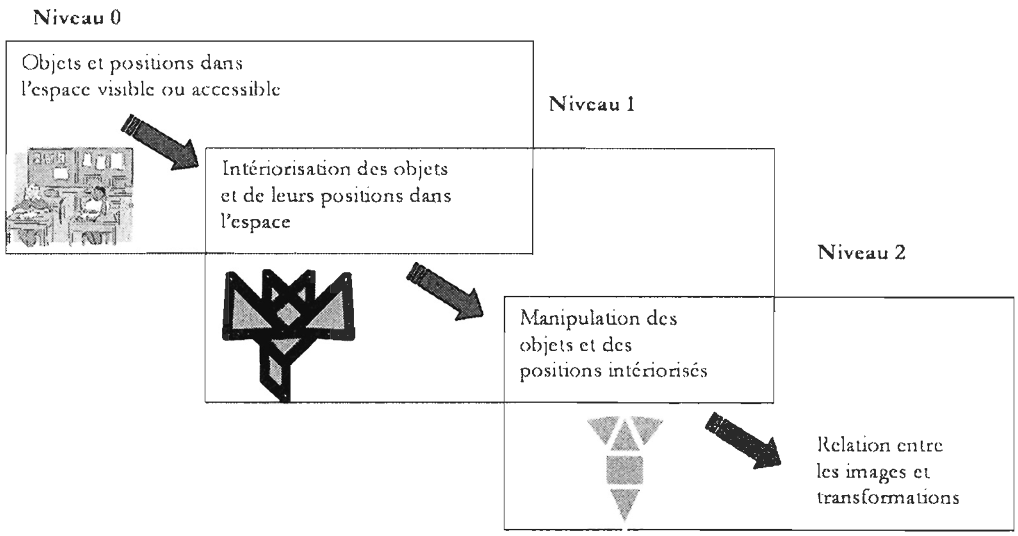


Figure 14. Modèle du développement des connaissances spatiales de Marchand (Marchand, 2009, p.68).

Voici une description de chacun des niveaux du modèle.

Au niveau 0, l'élève a visuellement accès en tout temps aux figures et aux solides avec lesquels il travaille. Les actions réalisées sur les figures et les solides sont concrètes. Comme activité faisant travailler l'élève à ce niveau, on pourrait lui demander de réaliser un cube à l'aide de pâte à modeler et de pailles. On peut ensuite questionner l'élève sur la réalisation de son cube ainsi que sur ses caractéristiques (nombre d'arrêtes, nombre de sommets).

Au niveau 1, l'élève doit intérioriser les figures et les solides, c'est-à-dire les visualiser mentalement. Il faut proposer à l'élève des activités lui permettant d'arriver à cela, car la manipulation des figures et des solides de manière concrète (niveau 0) n'est pas suffisante pour qu'il arrive à les intérioriser. Un aspect important dans les activités que propose l'enseignant à l'élève à ce niveau est l'utilisation du questionnement. Cela permet à l'élève de verbaliser la technique qu'il a utilisée pour en arriver à réaliser l'activité.

Au niveau 2, l'élève doit maintenant manipuler mentalement les solides et les figures. Selon Marchand (2009a), ce niveau sera amorcé au primaire, mais sera maîtrisé au premier cycle du secondaire. À la fin de ce stade, l'élève pourra réaliser mentalement des transformations sur les figures et les solides. Comme activité de manipulation, on pourrait présenter à l'élève le développement d'un solide. On lui demande de nous dire de quel solide il s'agit. Cependant, l'élève n'a pas le droit de manipuler physiquement le développement. L'enseignant lui demande d'expliquer comment il fait pour visualiser le solide. À la fin de ce niveau, l'élève pourra transformer les figures et les solides mentalement. Par exemple, il pourra visualiser mentalement un cône coupé à la moitié de sa hauteur par un plan horizontal.

2.2.5 Synthèse des modèles présentés

Cette sous-section a pour but de synthétiser l'information sur les quatre modèles présentés précédemment. Cela permettra de cibler ceux que nous utiliserons plus particulièrement dans le cadre de cette étude. Certains seront réinvestis lors d'une analyse portant sur le lien entre l'apprentissage du jeu d'échecs et le développement du sens spatial des élèves qui sera présentée lors de la section 2.3.

Le modèle de Van Hiele (1959)

Le but de l'étude de Van Hiele (1959) était de produire un modèle de la pensée géométrique à cinq niveaux permettant de classer les élèves dans leur apprentissage de la géométrie. Cette classification permet d'expliciter le fait qu'un élève et un enseignant ne pensent pas selon un même niveau et que, par conséquent, ils ont de la difficulté à se comprendre. Cette incompréhension peut être palliée par un apprentissage basé sur les interactions entre les élèves se situant à un même niveau.

Van Hiele (1959) propose également un processus d'enseignement-apprentissage permettant de passer d'un niveau de pensée à un autre (voir figure 3). Lors de la première étape du processus, l'élève est mis en contact avec les éléments à apprendre et le matériel qu'on lui présente. À la deuxième étape, il manipule le matériel. À la troisième étape, l'enseignant revient sur la manipulation et effectue un passage entre cette dernière et la théorie. À la quatrième étape, l'élève est appelé à utiliser les concepts appris pour résoudre des problèmes. Finalement, à la cinquième étape, l'enseignant effectue une rétroaction sur les problèmes effectués afin que l'élève puisse avoir une vue d'ensemble de ses apprentissages. Pour l'auteur, chacun des niveaux du modèle est discret. Cela fut critiqué par la littérature notamment par Gutiérrez, Jaime et Fortuny (1991) qui croyaient plutôt que chacun des niveaux du modèle était continu. Ils proposèrent à cet effet une échelle à la fois qualitative et quantitative (voir figure 4) permettant de situer un élève à l'intérieur de l'un des niveaux.

Le modèle de la pensée géométrique de Van Hiele (1959) est lié spécifiquement aux connaissances géométriques. Il s'agit donc d'un modèle permettant de développer la pensée géométrique de l'élève. Il est descriptif au sens où il présente les différents niveaux de la pensée de l'élève sans expliquer ce qu'implique cognitivement chacun des niveaux. Comme il s'agit d'un modèle montrant l'évolution des stades de la pensée d'un élève dans le temps, ce modèle peut être considéré comme dynamique. Le modèle de la pensée géométrique proposé par Van Hiele (1959) s'inscrit dans le courant constructiviste. En effet, la présentation de différents stades pour décrire l'évolution d'un phénomène d'apprentissage rappelle les travaux de Piaget.

Pour ce qui de la séquence d'enseignement-apprentissage permettant à l'élève de passer d'un niveau de pensée à un autre, elle est davantage prescriptive. Van Hiele (1959) ne laisse pas sous-entendre que le passage d'une étape à une autre puisse s'effectuer efficacement autrement. D'ailleurs, cette séquence du modèle de Van Hiele (1959) a été critiquée par Gutiérrez, Jaime et Fortuny (1991).

Aux fins de l'analyse conceptuelle qui sera menée lors de la prochaine sous-section, nous ne retiendrons pas le modèle de Van Hiele (1959). En effet, le but de cette analyse sera d'expliquer en quoi le jeu d'échecs peut être lié au sens spatial. Or, comme nous l'avons mentionné, le modèle de Van Hiele (1959) est lié aux connaissances géométriques. Il ne constitue donc pas un outil pertinent pour notre analyse.

Le modèle de Hoffer (1977)

Le modèle de Hoffer (1977) présente sept habiletés de visualisation nécessaires lors de la réalisation de différentes tâches particulièrement en mathématiques. Une synthèse de ces habiletés est présentée au tableau 1. Pour chacune des habiletés, il existe des tâches particulières que l'on peut proposer à l'élève afin de vérifier s'il possède l'habileté ou lui faire développer.

Ce que nous retenons de ce modèle est son rôle dans le modèle de Gutiérrez (1996) portant sur l'utilisation des images mentales dans l'accomplissement d'une tâche mathématique. Les habiletés du modèle de Hoffer (1977) sont utilisées dans le modèle de Gutiérrez (1996) afin de créer des images mentales à l'aide des données du problème et de pouvoir les interpréter.

Le modèle de Hoffer (1977) est un modèle associé au développement des connaissances spatiales de l'élève. Il s'agit d'un modèle statique descriptif car il ne permet pas d'expliquer ce qui influence le développement des habiletés spatiales mais décrit plutôt des exemples d'activités pouvant être réalisées pour les développer. Il ne mentionne pas de hiérarchie entre les habiletés. Il s'agit d'un modèle pouvant se rattacher au courant cognitiviste en psychologie. Selon ce courant, lorsque nous savons quelque chose, c'est que nous avons emmagasiné l'information dans notre mémoire à long terme (Bissonnette et Richard, 2005). C'est ce que le cognitivisme appelle les connaissances antérieures. Lors d'un nouvel apprentissage, nous sommes soumis à des stimuli extérieurs qui seront interprétés symboliquement à l'aide de nos connaissances antérieures. Cette interprétation symbolique se nomme représentation. On retrouve trois types d'interprétations symboliques possibles (Bisonnette et Richard, 2005) :

- L'interprétation conceptuelle (le sens des mots et des concepts)
- L'interprétation des images
- L'interprétation des actions ou interprétation procédurale

Le modèle de Hoffer (1977) propose des habiletés à développer afin d'augmenter la capacité d'un individu à interpréter les images. Contrairement au modèle de Van Hiele (1959), le modèle de Hoffer (1979), en traitant des connaissances spatiales, constitue un outil particulièrement pertinent pour notre analyse.

Le modèle de Gutiérrez (1996)

Le modèle de Gutiérrez (1996) présente le processus mental effectué par un élève lors de la réalisation d'une tâche mathématique. D'abord, l'élève est soumis à la tâche à accomplir, ce que Gutiérrez (1996) nomme une représentation externe. L'élève utilise certaines données visuelles ou verbales (données par l'enseignant) du problème pour se créer une image mentale de la tâche à accomplir. L'image mentale peut alors être interprétée par les habiletés de visualisation (celles de Hoffer (1977)) ce qui permettra à l'élève de trouver la solution au problème. Elle peut aussi permettre de produire une autre représentation externe qui créera une nouvelle image mentale. Cette nouvelle image mentale pourra alors être interprétée pour en arriver à la solution (voir figure 11). Il est à noter que ce processus peut se produire plus de deux fois dépendamment de la complexité de la tâche à accomplir.

Le modèle de Gutiérrez (1996) touche les connaissances générales en mathématiques. Cependant, selon ce modèle, la résolution de toute tâche mathématique demande la production d'images mentales. Cette production d'images mentales est liée aux connaissances spatiales. Il s'agit d'un modèle dynamique expliquant le processus de résolution d'une tâche mathématique à court terme. Il ne propose pas d'évolution du processus selon la maturation cognitive de l'élève ou par un processus d'apprentissage. Il s'inscrit dans une perspective cognitiviste qui considère la création de représentations mentales comme essentielle à l'acquisition de nouvelles connaissances.

Ce modèle sera utilisé dans notre analyse conceptuelle pour présenter une hypothèse sur le processus cognitif impliqué lorsque l'élève tente de trouver un bon coup à jouer aux échecs.

Le modèle de Marchand (2009a)

Le modèle de Marchand (2009a) propose trois niveaux dans le processus d'acquisition des connaissances spatiales chez l'élève. Au niveau 0, l'élève a toujours accès visuellement et physiquement aux figures et solides qu'il manipule. Les manipulations et transformations sont toujours réalisées concrètement. Au niveau 1, l'élève doit pouvoir arriver à manipuler les figures et solides mentalement, c'est-à-dire les visualiser mentalement lorsqu'ils ont subi une transformation (rotation, symétrie, homothétie, translation). La manipulation concrète des solides et figures ne suffit pas à ce que l'élève puisse le faire mentalement. L'enseignant doit amener l'élève à cette visualisation. Pour ce faire, il lui propose progressivement des activités où il ne pourra plus manipuler les figures et solides concrètement. Faire verbaliser l'élève sur les étapes qu'il effectue mentalement s'avère être une stratégie d'enseignement efficace pour atteindre le niveau 1. Au niveau 2, l'élève devra arriver à transformer mentalement les figures et solides (par exemple, visualiser un cube dont on a coupé un coin à 45 degrés). Selon la littérature, l'atteinte du niveau 2 s'effectue généralement chez les élèves du premier cycle du secondaire.

Le modèle de Marchand (2009a) permet de décrire trois niveaux du développement du sens spatial. Le modèle est dynamique puisqu'il présente l'évolution du sens spatial de l'élève dans le temps. Pour passer d'un niveau à l'autre, Marchand (2009a) suggère des activités à réaliser avec les élèves. Comme Van Hiele (1959), ce modèle s'inscrit dans une perspective constructiviste piagétienne par la présentation de niveaux permettant de classifier l'évolution du sens spatial des élèves.

Le modèle de Marchand (2009a) sera utilisé afin de tenter de catégoriser certaines actions cognitives effectuées lors d'une partie d'échecs selon les niveaux proposés par le modèle. Si cette catégorisation est possible, cela nous amènera à penser que le jeu d'échecs peut permettre le développement du sens spatial.

Dans l'analyse de la prochaine section, nous réutiliserons les modèles de Hoffer (1977), Gutiérrez (1996) et Marchand (2009a) afin d'expliciter le lien pouvant exister entre l'apprentissage du jeu d'échecs et le développement du sens spatial. Par la suite, nous mènerons une étude empirique afin de vérifier cette hypothèse théorique.

2.3 LE LIEN ENTRE L'APPRENTISSAGE DU JEU D'ECHECS ET LE DEVELOPPEMENT DU SENS SPATIAL

Tel que mentionné lors du chapitre l portant sur la problématique, un élément central de la définition du sens spatial est le fait que l'élève puisse réaliser des manipulations et transformations mentales d'objets à deux ou trois dimensions. La manipulation mentale d'un objet consiste à pouvoir changer l'orientation d'un objet mentalement (Marchand 2009b). Par exemple, visualiser mentalement un triangle ayant subi une rotation de 90^{o}. Pour ce qui est de la transformation mentale, il s'agit de pouvoir visualiser une figure après qu'elle ait subi une transformation (Marchand, 2009b). Par exemple, visualiser un cône coupé en deux à la moitié de sa hauteur.

Dans le cadre de la présente section, nous effectuerons une analyse afin d'expliquer, à l'aide de deux exemples, l'hypothèse selon laquelle le jeu d'échecs peut permettre à l'élève de réaliser des manipulations et transformations mentales d'objets à deux ou trois dimensions. Nous effectuerons un lien entre les actions de l'élève lors de la résolution de deux problèmes du jeu d'échecs et les modèles théoriques retenus lors de la section 2.2.5. Cette analyse permettra également d'expliciter la variable indépendante de l'étude : l'enseignement et l'apprentissage du jeu d'échecs. Les deux exemples utilisés ont été tirés des leçons du jeu d'échecs dispensées dans le cadre de l'expérimentation. Les détails de l'expérimentation seront présentés lors du chapitre 3 portant sur la méthodologie.

Cette analyse est novatrice puisqu'elle n'a jamais été effectuée dans les recherches portant sur l'utilisation du jeu d'échecs comme outil permettant de développer le sens spatial ou, plus généralement, les habiletés spatiales. Il est souvent mentionné, sans preuve à l'appui, que l'apprentissage du jeu d'échecs peut permettre le développement du sens spatial. Cette analyse tentera d'expliciter le lien entre ces deux variables.

Voici un tableau présentant les pictogrammes associés aux différentes pièces du jeu d'échecs.

Tableau 3. Légende des pièces du jeu d'échecs

Pièce du jeu d'échecs	Représentation
Pion	♙
Tour	♖
Cavalier	♘
Fou	♗
Dame	♕
Roi	♔

2.3.1 Hypothèse de départ à l'analyse

Rappelons que le but de cette section est d'analyser si le fait de réfléchir à un coup à jouer aux échecs implique des manipulations mentales d'objets. Si c'est le cas, cela nous permettrait de supposer que jouer aux échecs permet développer le sens spatial des élèves.

Dans le cadre de l'analyse, nous utiliserons les modèles de Hoffer (1977), Gutiérrez (1996) et Marchand (2009a) pour analyser le processus cognitif d'un élève lorsqu'il tente de trouver un coup aux échecs. Tel que justifié à la section 2.2.5, ces modèles traitent des connaissances spatiales. En analysant le processus cognitif demandé lors d'une partie d'échecs avec ces modèles, nous supposons donc que le jeu d'échecs est une tâche spatiale et qu'il peut permettre le développement du sens spatial des élèves. Le but de l'analyse sera de justifier cette hypothèse.

2.3.2 Prémisse de l'analyse

En ayant comme hypothèse de départ que le jeu d'échecs est une tâche spatiale, cela signifie que lors d'une partie d'échecs, l'élève aura des manipulations mentales d'objets à effectuer. Il faut donc cerner, comme prémisse à l'analyse, ce que nous considérerons comme objet(s) manipulé(s) mentalement par un joueur lors d'une partie. Nous présenterons ici trois possibilités d'objets à manipuler mentalement : les pièces du jeu, la figure constituée du déplacement possible (rayonnement) d'une pièce et une configuration d'un ensemble de pièces.

Selon une première possibilité, les pièces du jeu d'échecs constituent les objets que l'élève manipule mentalement. Les déplacements que peuvent effectuer les différentes pièces sont associés aux propriétés des objets. Ainsi, le fou sera associé à l'objet ayant la propriété de se déplacer diagonalement, la tour à celui pouvant se déplacer horizontalement et verticalement, etc. Concrètement, cette supposition implique que pour trouver un coup à jouer, un joueur manipule mentalement les différentes pièces sur les cases où elle peut se déplacer de manière réglementaire. Par exemple, dans la figure 15, le joueur sait que le fou placé en c1 peut se déplacer en diagonale. L'élève déplace le fou sur une des cases réglementaires sans analyser quelle est la meilleure case. Cette façon de trouver un coup est caractéristique aux joueurs débutants qui ne possèdent pas d'assises théoriques du jeu d'échecs pour réfléchir autrement.

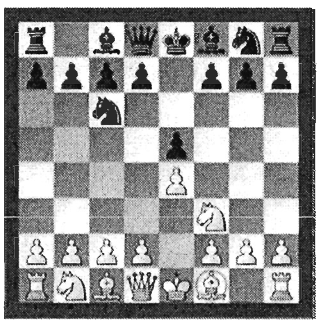
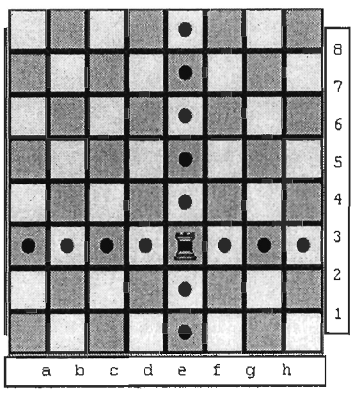
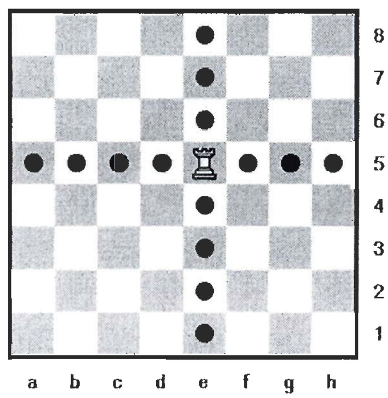


Figure 15. Exemple où l'objet manipulé mentalement est une pièce du jeu

Selon une deuxième possibilité, l'objet manipulé est la figure constituée de l'ensemble des cases possibles ou une pièce donnée peut se déplacer. Cette figure peut être nommée comme le rayonnement de la pièce. Ainsi, lorsque l'on déplace mentalement une tour par exemple, son rayonnement change également. Dans le diagramme *a* de la figure 16, les cercles noirs représentent le rayonnement de la tour et c'est cet objet en forme de croix qui est manipulé mentalement par le joueur. S'il décide de placer la tour en e5, il visualise mentalement le rayonnement représenté dans le diagramme *b*. Nous supposons qu'un joueur peut utiliser le rayonnement d'une pièce comme objet à manipuler si, *a priori*, la visualisation des cases où elle peut se déplacer légalement est un automatisme. Cette deuxième perspective semble donc plus adaptée pour des joueurs ayant franchi le niveau débutant.



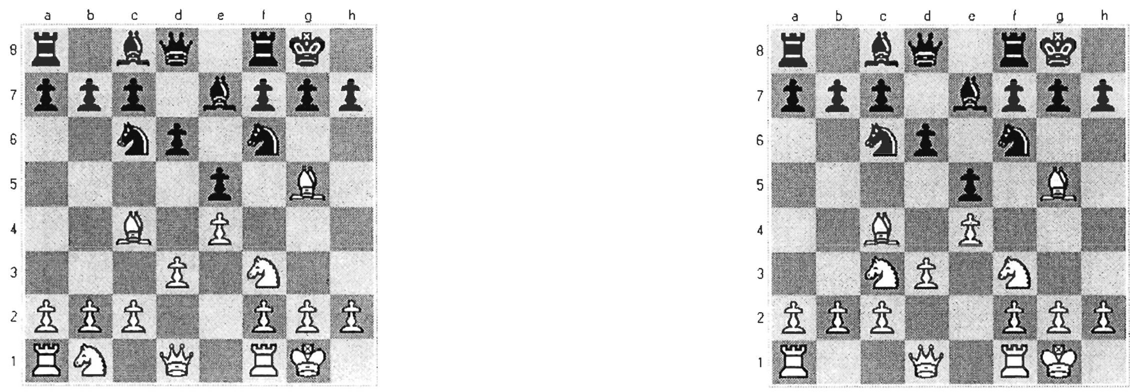
a)



b)

Figure 16. Exemple où l'objet manipulé mentalement est le rayonnement d'une pièce

Selon une troisième possibilité, l'objet manipulé est une configuration de pièces. Pour pouvoir manipuler une configuration de pièces, le joueur doit posséder quelques assises théoriques lui permettant de connaître des configurations de pièces considérées comme avantageuses pour lui. Par exemple, dans les dix premiers coups de l'ouverture, il est conseillé, selon divers ouvrages théoriques du jeu d'échecs, d'obtenir une position où les fous et les cavaliers sont développés vers le centre et où le roi est en sécurité. C'est donc l'obtention de ce type de configuration de pièces qui oriente les coups à effectuer selon cette possibilité. Dans la figure *a* de la figure 17, les deux fous blancs et le cavalier blanc en f3 sont bien développés selon la théorie. De plus, le roi est en sécurité. Le but est d'atteindre une position où le cavalier en b1 sera développé vers le centre. C'est cette connaissance théorique qui incite les blancs à le placer en c3 comme dans le diagramme *b* droite de la figure 17. Comme cette perspective demande la connaissance de certains éléments théoriques du jeu d'échecs, nous l'associerons à des joueurs intermédiaires ou avancés.



a) b)

Figure 17. Exemple où l'objet manipulé mentalement est une configuration de pièces

Afin de bien comprendre cette troisième possibilité, il est possible de faire une analogie avec le cube *«rubik»*[2].

[2]Lorsque l'on veut réussir rapidement le cube «rubik», il faut obtenir certaines positions clés que l'on doit connaître *a priori*. En les sachant, réussir le cube n'est plus une véritable résolution de problème mais plutôt l'application d'un algorithme. C'est le même principe dans l'exemple de la figure 17 où le coup choisi par les blancs est orienté par des connaissances théoriques du jeu d'échecs. Cependant, vu la grande complexité du jeu d'échecs, le but final (mater le roi adverse) ne peut être obtenu à l'aide d'un algorithme puisque le choix des coups à jouer est fait en fonction de ceux de l'adversaire.

Pour notre analyse, nous utiliserons, comme prémisse, la première perspective où l'objet à manipuler mentalement est la pièce du jeu d'échecs. Cela est justifié par notre question de recherche. En effet, nous voulons savoir si l'apprentissage du jeu d'échecs chez des joueurs ne sachant pas préalablement jouer (donc débutants) peut permettre le développement du sens spatial.

L'analyse sera menée à partir de deux cas distincts du jeu d'échecs : un premier cas où le nombre de coups possibles est restreint un deuxième cas où le nombre de coups possibles est élevé.

Lorsque l'élève joue une partie d'échecs, il est en présence d'un environnement en trois dimensions. Cependant, lors des leçons du jeu d'échecs, certains exercices sont présentés sous forme écrite. Il est donc en présence d'un environnement en deux dimensions. Cette façon de procéder est commune dans l'enseignement du jeu d'échecs et elle est due à des raisons pratiques. Les exercices sous forme écrite évitent que les élèves aient toujours les jeux devant eux ce qui, souvent, constitue une source de distraction pour eux. C'est donc dire qu'en plus de devoir effectuer les manipulations et les transformations mentales, l'élève doit pouvoir effectuer un parallèle entre les positions étudiées en deux dimensions et les positions en trois dimensions se présentant lors des parties. Pour la présente analyse, les positions seront présentées en deux dimensions.

2.3.3 Premier cas d'analyse

Voici une série de figures présentant le processus de l'analyse d'une position du jeu d'échecs où le nombre de coups possibles est restreint. Ces positions se retrouvent souvent lors de la phase finale de la partie où l'on retrouve peu de pièces sur l'échiquier.

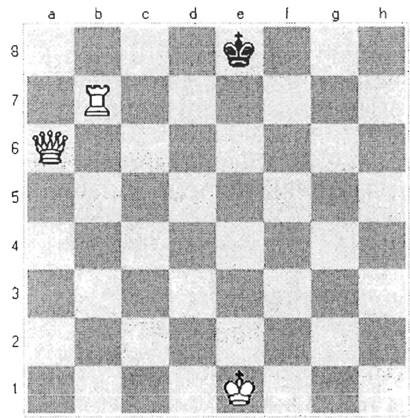


Figure 18. Position d'analyse : Les blancs font échec et mat en 1 coup

La position de la figure 18 est typique des manuels d'instruction du jeu d'échecs pour débutants. Il s'agit d'un exercice où l'on demande à l'apprenant de trouver l'échec et mat en un coup avec les pièces blanches. Le but de ce type d'exercice est de permettre à l'élève de se bâtir divers schémas d'échec et mat. Évidemment, pour pouvoir réaliser cette tâche, l'élève doit bien maîtriser les différentes règles du jeu, dont l'échec et mat.

A priori, on peut affirmer que les blancs ont une grande quantité de coups possibles. En effet, la dame blanche peut se déplacer sur 19 cases différentes (a8, a7, a5, a4, a3, a2, a1, b5, c4, d3, e2, f1, b6, c6, d6, e6, f6, g6 et h6), la tour blanche peut se rendre sur 14 cases différentes (b8, b6, b5, b4, b3, b2, b1, a7, c7, d7, e7, f7, g7 et h7) et finalement le roi blanc peut se déplacer sur cinq cases différentes (d1, d2, e2, f2 et f1). Les blancs disposent donc de 38 coups différents. Cela semble insensé de dire qu'il s'agit d'une position où le nombre de possibilités est restreint. En fait, le nombre de possibilités est considéré comme restreint vu la consigne demandée à l'élève. On lui demande de faire échec et mat ce qui implique qu'il doive nécessairement faire échec au roi. La dame peut faire échec de cinq façons différentes (a8, a4, e6, e2 et g6) et la tour de deux façons différentes (b8 et e7). Cela réduit le nombre de possibilités à sept. De plus, lorsque l'on effectue un échec, l'adversaire doit absolument défendre son roi. Lorsqu'il y a peu de pièces sur le jeu comme dans cet exemple, la seule option pour défendre le roi est de le déplacer. L'adversaire possède donc aussi un nombre de coups possibles limité. C'est sous ces considérations que l'on affirme qu'un exemple de ce type est considéré comme ayant un nombre restreint de possibilités malgré les 38 coups possibles à la base.

Afin de trouver la réponse au problème, l'élève doit d'abord repérer les échecs possibles avec la dame (a8, a4, e2, e6 et g6) et la tour (b8 et e7). Par la suite, il doit tenter ces coups mentalement et visualiser s'ils font échec et mat. Supposons que l'élève tente de faire échec en plaçant sa tour en e7. Voici alors la position qu'il doit visualiser mentalement.

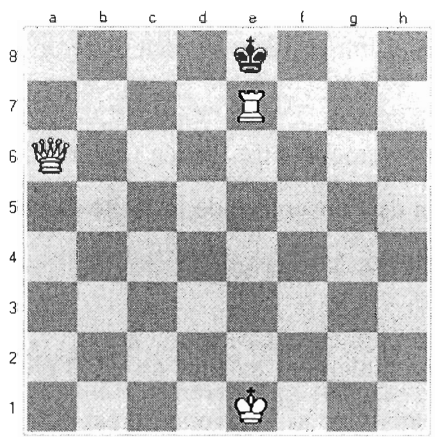


Figure 19. Position représentée mentalement par l'élève après l'essai du coup Tour e7

Pour visualiser la position présentée à la figure 19, l'élève doit utiliser trois habiletés du modèle de Hoffer (1977) : la perception image-fond, la mémoire visuelle et la perception des relations spatiale. La perception image-fond permet de percevoir une image spécifique à l'intérieur d'une image plus complexe. Dans ce cas-ci, l'élève doit percevoir chacune des pièces du jeu à l'intérieur d'une image plus complexe formée par la position globale des pièces. La mémoire visuelle est l'habileté de pouvoir photographier mentalement une image. Dans l'exercice proposé, l'élève doit pouvoir photographier mentalement l'image obtenue lorsqu'il bouge mentalement la tour. La perception des relations spatiales permet de voir deux objets ou plus en relation entre eux. Dans la figure 16, il y a quatre objets (les quatre pièces) qui sont liés par les mouvements possibles des pièces et les règles du jeu. L'élève utilise cette habileté lorsqu'il place sa tour en e7 et que cela place le roi adverse en échec.

Il se situe également au deuxième niveau du modèle de Marchand (2009a). En effet, lorsque l'élève place mentalement sa tour en e7, il effectue une manipulation mentale d'un objet en deux dimensions. Cette manipulation entraine une transformation dans la position globale des pièces (les diagrammes 18 et 19 sont différents).

La tâche peut également être reliée au modèle de Gutiérrez (1996). Nous présenterons la réalisation de l'ensemble de la tâche au sein du modèle de Gutiérrez (1996) à la fin de la présente analyse.

En ayant bougé mentalement sa tour en e7, l'élève obtient une nouvelle position. L'élève doit maintenant analyser si l'adversaire est échec et mat. Dans ce cas-ci, la tour positionnée en e7 place le roi noir en échec. Comme le roi noir est en échec, il doit se défendre (capturer ou se déplacer). Dans ce cas-ci, il peut capturer la tour, car elle n'est pas protégée par une autre pièce blanche ou se déplacer en d8 ou f8. Dans les trois cas, le roi n'est pas échec et mat. Dans cette position, le meilleur coup pour les noirs est de capturer la tour en e7. Lorsqu'il effectue cette capture, l'élève obtient mentalement la position présentée à la figure 20.

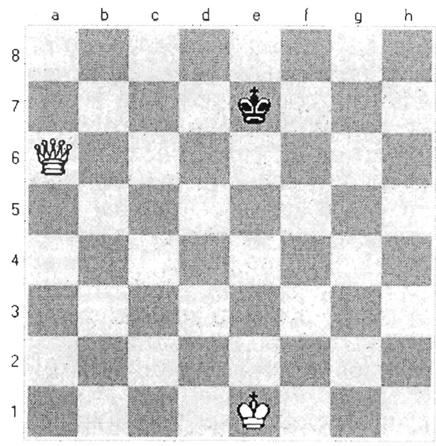


Figure 20. Position représentée mentalement par l'élève lorsque le roi noir capture la tour en e7.

À la suite de cette analyse, l'élève devra conclure que placer la tour en e7 n'est pas un bon coup puisqu'il ne procure pas l'échec et mat en plus de faire capturer sa tour. Il devra donc revenir à la position visuelle de départ (Figure 18) et tenter une nouvelle analyse pour trouver le coup gagnant. Dans ce cas, le coup gagnant est dame a8. Voici la position une fois ce coup effectué.

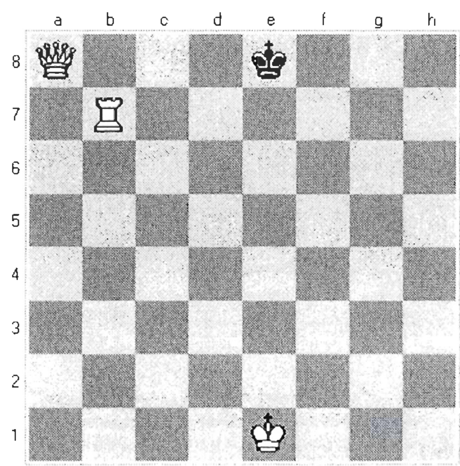


Figure 21. Solution du problème présenté à la figure 18

En plaçant la dame en a8, on s'aperçoit qu'elle couvre toutes les cases de la huitième rangée alors que la tour couvre celles de la septième rangée. Le roi noir est donc échec et mat. Cet exercice permet de créer, chez l'élève, un schéma d'échec et mat. C'est en construisant divers schémas d'échec et mat par la pratique que l'élève arrivera à les trouver plus rapidement en situation de partie. Après cela, on peut demander à l'élève ce qui arriverait si on avait la même position, mais en remplaçant la dame par une autre tour. On peut également lui demander ce qui arriverait si le roi noir était au milieu de l'échiquier. Ces questions lui permettront de progresser vers l'apprentissage des techniques d'échec et mat. Ces techniques consistent à trouver la suite de coup qui permet de toujours diminuer les cases accessibles légalement par le roi adverse. Un schéma d'échec et mat est donc la position finale à atteindre lorsque l'on utilise une technique d'échec et mat. Par exemple, il existe une technique pour mater avec une dame et une tour et la position finale à obtenir est représentée à la figure 21. Voici l'ensemble de la tâche réalisée lors de cette analyse au sein du modèle de Gutiérrez (1996). Pour le présent schéma, nous avons supposé que l'élève trouve le bon coup dès son deuxième essai. Cependant, il est possible que l'élève tente plusieurs coups avant de trouver la solution. Il est également possible que l'élève trouve la solution dès son premier essai. Pour faciliter la compréhension du schéma, nous avons replacé les figures 19, 20 et 21 à la page suivante.

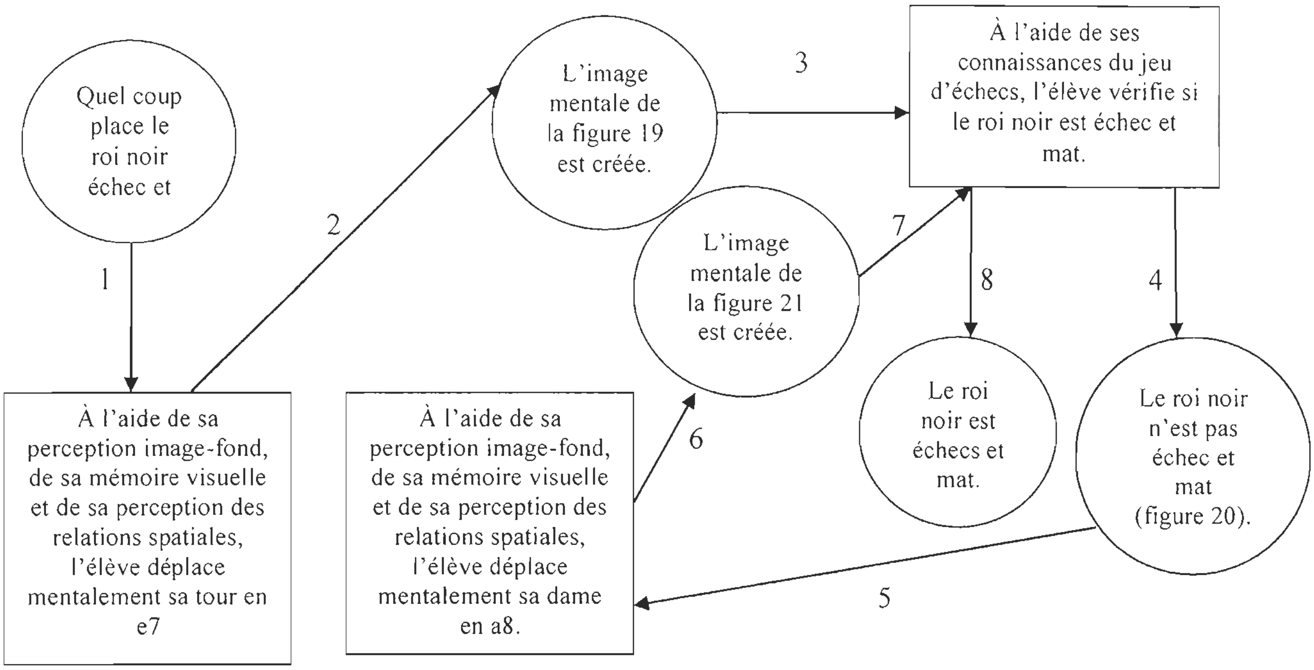


Figure 22. L'utilisation du processus de visualisation de Gutiérrez (1996) pour résoudre la position présentée à la figure 18.

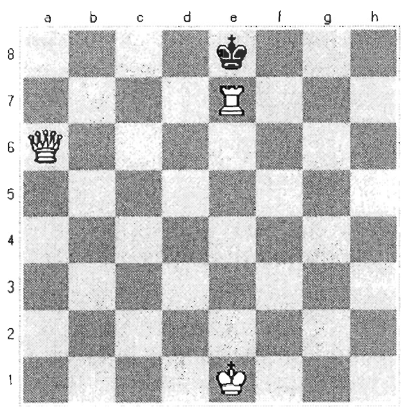


Figure 19

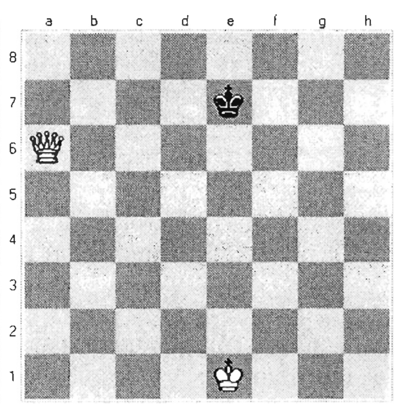


Figure 20

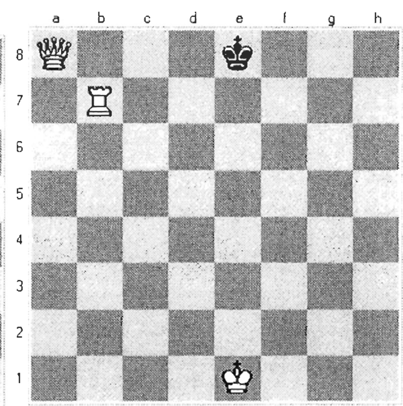


Figure 21

2.3.4 Deuxième cas d'analyse

L'ouverture et le milieu d'une partie d'échecs sont caractérisés par la présence d'un grand nombre de pièces sur l'échiquier. Trouver le bon coup à effectuer dépend alors de l'analyse de ce que peut effectuer l'adversaire suite au coup que nous choisissons. Encore une fois, il est préalable à la présente analyse que les élèves maîtrisent bien les règlements du jeu ainsi que quelques concepts de base notamment les grands principes d'ouverture (ouvrir au centre, ne pas déplacer une pièce plus d'une fois inutilement, roquer rapidement, etc.). Prenons en exemple une position typique survenant dans des parties d'élèves débutants.

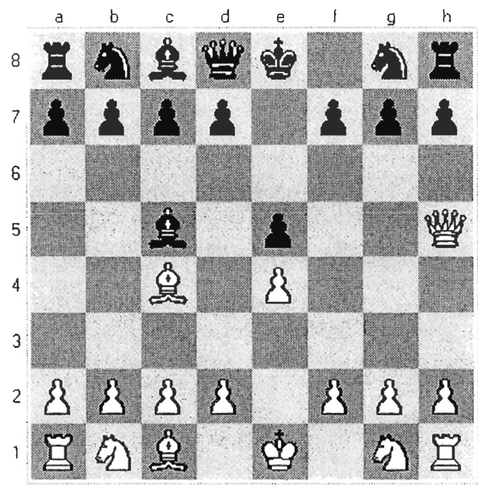


Figure 23. Deuxième position d'analyse du jeu d'échecs

Les blancs viennent de positionner leur dame en h5. Ils menacent ainsi, à l'aide de leur fou placé en c4 et leur dame en h5, le pion noir en f7 qui n'est protégé que par le roi noir. Ils attaquent également le pion en e5 qui n'est pas protégé non plus. Qui plus est, la capture du pion en f7 a pour conséquence de mater le roi noir qui n'a plus de cases de fuite. Le fait est que les noirs ne disposent que d'un bon coup à jouer : dame en e7. De cette façon, les blancs ne peuvent plus capturer le pion en f7, car la dame et le roi le protègent. Le pion en e5 est également protégé par la dame en e7. Suite au coup dame en e7, la dame blanche située en h5 est soudainement mal placée. Elle sera vulnérable aux attaques des pièces noires. Comme la dame est la pièce la plus puissante, les blancs devront perdre un coup pour la déplacer. C'est donc cette analyse que doivent effectuer les blancs avant de déplacer initialement leur dame en h5.

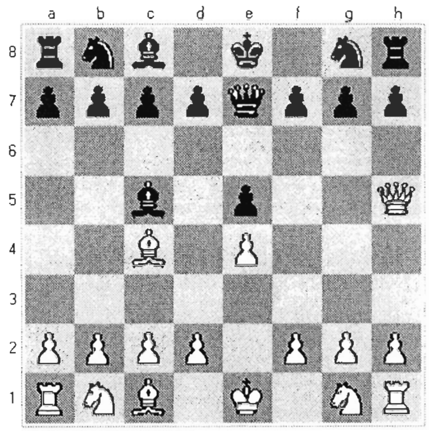


Figure 24. Position suite au coup dame en e7

Voici maintenant quelques coups supplémentaires qui pourraient se produire à la suite de la position présentée ci-haut :

- Les blancs peuvent développer leur cavalier g1 en f3 (figure 25) pour attaquer le pion e5 une deuxième fois;
- Les noirs avancent leur pion d7 en d6 pour protéger le pion e5 (figure 25);
- Les blancs développent leur cavalier b1 en c3 (figure 26);
- Les noirs développent leur cavalier g8 en f6 (figure 26) attaquant ainsi la dame blanche.

Ce n'est que lorsque l'on considère cette suite de coups que l'on peut considérer que la dame blanche en h5 est mal positionnée.

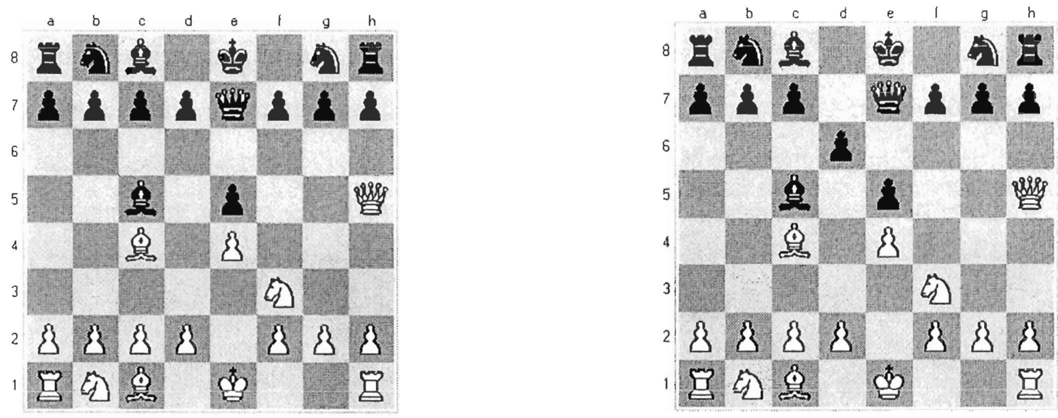


Figure 25. Positions après cavalier g1 en f3 et pion d7 en d6

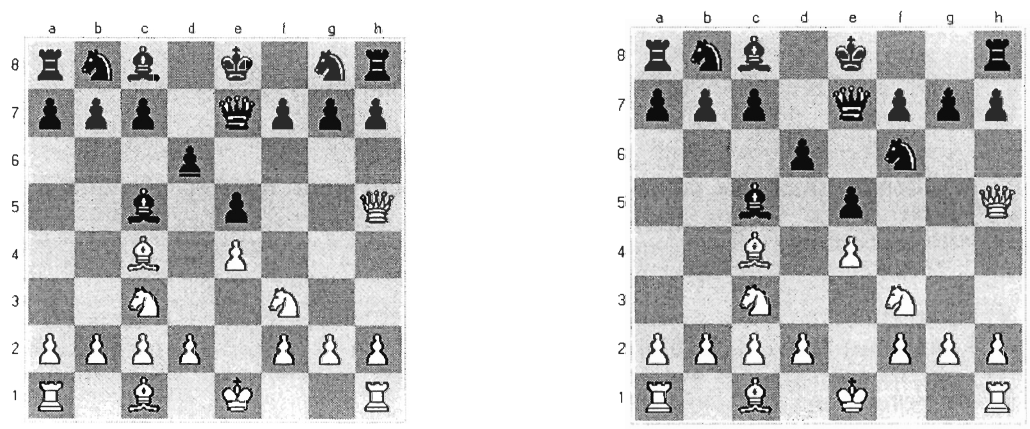


Figure 26. Positions après cavalier b1 en c3 et cavalier g8 en f6

Cette analyse sollicite les capacités de manipulation et de transformation mentales d'objets. Cela correspond au deuxième niveau du modèle de Marchand (2009a). Comme lors du premier cas d'analyse, elle sollicite les habiletés de perception image-fond, de mémoire visuelle et de perception des relations spatiales du modèle de Hoffer (1977). Pour ce genre d'analyse, l'élève est appelé à photographier mentalement la figure de départ, à effectuer une série de manipulations et de transformations sur cette figure représentée mentalement en considérant les mouvements possibles des pièces.

Pour ce qui est de schématiser le deuxième cas d'analyse à l'aide du modèle de Gutiérrez (1996), il est possible de considérer que le principe de base du modèle, qui est d'accomplir une tâche à l'aide de la formation et l'analyse d'images mentales, est bien présent. Cependant, comme le processus demande la création de plusieurs images mentales, la représentation schématique, à l'aide du modèle, devient très complexe étant donné le grand nombre de possibilités.

Le but de l'enseignement du jeu d'échecs est d'en arriver à ce que l'élève puisse réaliser ce genre d'analyse. Pour développer cette capacité chez l'élève, on commencera par lui proposer des choix de coup à jouer. Voici un exemple tiré du manuel de l'élève *Défi Mathématiques au troisième cycle du primaire tome 1* de Lyons et Lyons (2005).

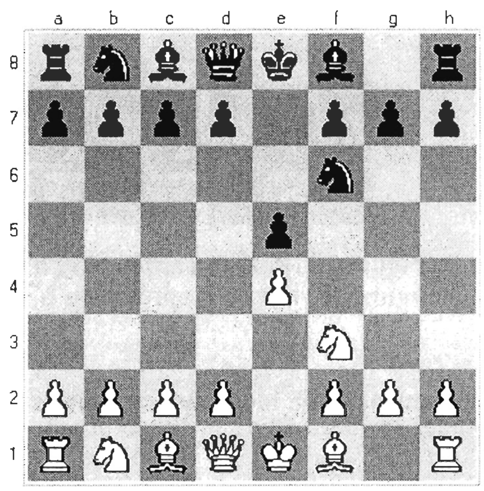


Figure 27. Exercice tiré de Lyons et Lyons (2005) p.19

On demande à l'élève quel est le meilleur coup pour les blancs entre cavalier f3 en g5 et pion d2 en d4. On limite donc le nombre de coups à analyser à deux. Ici, placer le cavalier en g5 n'est pas un bon coup. Cependant, il semble difficile de dire pourquoi.

L'élève veut jouer son cavalier en g5, car, de cette façon, il peut menacer le pion f7 des noirs qui n'est protégé que par le roi noir. Un élève connaissant les principes d'ouverture dira que ce coup n'est pas très bon, car on bouge le cavalier une deuxième fois dans l'ouverture ce qui est déconseillé. Toutefois, ce genre de réponse ne montre pas une compréhension véritable. Pour ce faire, il faut analyser les réponses possibles de l'adversaire. Par exemple, les noirs peuvent avancer le pion h7 en h6 (figure 28) et ainsi menacer de capturer le cavalier au prochain coup.

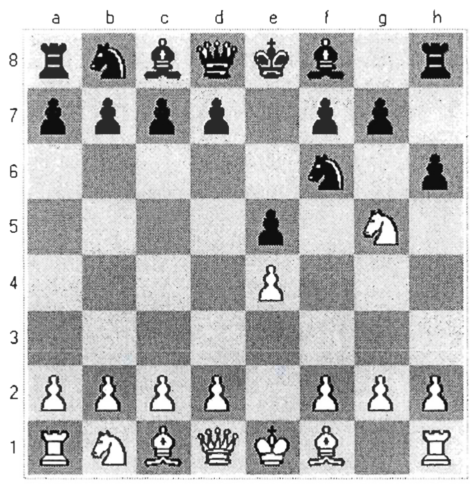


Figure 28. Position après pion h7 à h6

Si les blancs ne veulent pas que leur cavalier soit capturé, ils doivent le bouger une troisième fois pour le placer en f3 ou en h3 (s'il capture en f7, il se fera capturer de nouveau par le roi noir. Cela serait une perte pour les blancs, car le cavalier vaut davantage qu'un pion). C'est par des analyses de ce genre que l'élève en arrivera à comprendre que bouger une pièce plus d'une fois dans l'ouverture n'est pas très avantageux. Dans le cadre de l'exercice présenté, il faut également que l'élève fasse une analyse de ce type pour comprendre en quoi bouger le pion d2 à d4 est un bon coup.

Les deux analyses présentées nous ont permis d'illustrer l'hypothèse posée lors de la section 2.3.1 selon laquelle le jeu d'échecs est une tâche spatiale. Pour ce faire, nous avons établi des liens entre deux situations du jeu d'échecs et les modèles théoriques retenus lors de la section 2.2.5. Plus spécifiquement, nous avons rattaché les actions que doit accomplir l'élève lors d'une partie d'échecs à certains éléments des modèles théoriques. Cela nous permet de penser *a priori* que le jeu d'échecs peut avoir une influence sur le développement du sens spatial des élèves. Le but de la présente étude est de vérifier empiriquement cette hypothèse. Le prochain chapitre présentera donc l'ensemble de la méthodologie utilisée pour vérifier si l'apprentissage du jeu d'échecs dans le cadre scolaire permet de développer le sens spatial des élèves.

CHAPITRE 3

MÉTHODOLOGIE

Le but de la présente étude est de vérifier l'effet de l'apprentissage du jeu d'échecs dans le cadre scolaire sur le développement du sens spatial des élèves. Ce chapitre présentera l'ensemble du volet méthodologique qui nous a permis d'atteindre notre but. Voici plus spécifiquement les huit sections qui seront décrites : (1) le devis de recherche, (2) les participants à l'étude, (3) l'instrument de mesure, (4) la description du programme d'intervention, (5) la collecte des données, (6) l'analyse des données, (7) la validité interne de la recherche et (8) les limites de l'étude.

3.1 LE DEVIS DE RECHERCHE

Au terme du premier chapitre, nous avons formulé la question de recherche suivante :

« Quel est l'effet de l'apprentissage du jeu d'échecs dans le cadre scolaire sur le développement du sens spatial des élèves? »

Pour répondre à cette question, nous avons utilisé un devis quantitatif quasi expérimental de type avant-après avec groupe témoin non équivalent. Ce type de devis demande une prise de mesure effectuée en deux temps. Le premier temps de mesure correspond au prétest et le second temps de mesure correspond au post-test. Pour cette étude, le prétest nous a permis d'évaluer, à l'aide d'un outil standardisé, le niveau du sens spatial des participants avant que s'amorcent dix leçons de 70 minutes du jeu d'échecs en classe réparties sur une période de dix semaines. Pour sa part, le post-test nous a permis de vérifier l'évolution, positive ou négative, du rendement des élèves au prétest à la fin des dix leçons.

Pour qu'une étude ait une validité interne, il faut avoir de bonnes raisons de croire que les changements observés sur la variable dépendante soient liés à l'effet de la variable indépendante (Boudreault et Cadieux, 2011). Dans un devis quasi expérimental, plusieurs obstacles à la validité interne peuvent survenir. Parmi ces obstacles, on note la maturation des sujets. Durant l'intervention, les sujets évoluent avec le temps. La présence d'un groupe témoin nous permet d'atténuer cet obstacle. Un autre obstacle est la sélection. Comme les sujets ne sont pas placés dans les groupes de façon aléatoire, il peut exister des différences entre les deux groupes dès le début de l'expérimentation. Le recours à un prétest nous permet de connaître le niveau des deux groupes par rapport à la variable dépendante avant le début du programme d'intervention et ainsi atténuer cet obstacle. (Fortin, 2006). L'ensemble des critères de validité interne sera présenté lors de la section 3.7.

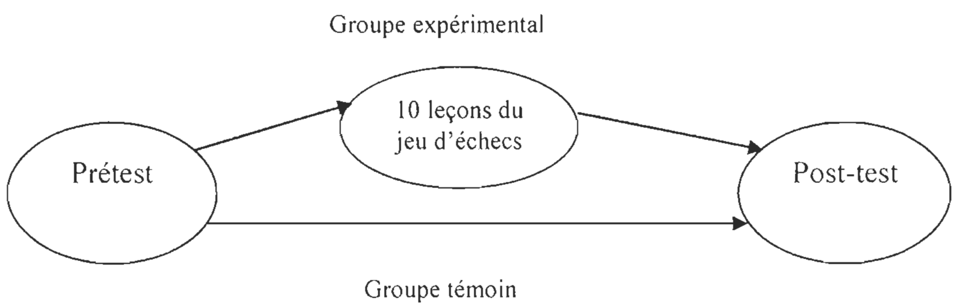


Figure 29. Caractéristiques du devis de recherche utilisé

Dans la figure 29, on peut voir que le groupe expérimental et le groupe témoin seront soumis à un prétest et à un post-test. Cependant, ce n'est que le groupe expérimental qui participera à l'expérimentation qui correspond, dans ce cas-ci, aux 10 leçons du jeu d'échecs.

3.1.1 Les variables à l'étude

La variable indépendante de la recherche correspond à l'apprentissage du jeu d'échecs dans le cadre scolaire. Un aperçu de cette variable a été présenté dans la section 2.3. Elle sera explicitée en détail lors de la section 3.4 portant sur la description du programme d'intervention. La variable dépendante correspond au niveau du sens spatial des élèves à la fin du programme. Sa mesure sera présentée lors de la section 3.3 portant sur l'instrument de mesure utilisé. Le niveau du sens spatial des élèves avant l'expérimentation constitue notre covariable.

3.2 LES PARTICIPANTS A L'ETUDE

Nous avons réalisé notre étude auprès d'élèves du premier cycle du secondaire. Quatre raisons motivent ce choix. Premièrement, le développement du sens spatial fait partie intégrante du PFEQ (2006) au premier cycle du secondaire en géométrie. Au deuxième cycle du secondaire, particulièrement en quatrième et cinquième secondaire, les objectifs à atteindre en géométrie concernent davantage l'approche axiomatique et l'abstraction des concepts. Deuxièmement, tel que présenté lors de la section 2.3 du cadre théorique, le jeu d'échecs demande la manipulation mentale des différentes pièces lorsque l'on veut décider d'un coup à jouer. Chaque manipulation entraîne une transformation de la position globale des pièces. Le jeu d'échecs est une activité se situant au deuxième niveau du modèle de Marchand (2009a). L'atteinte de ce niveau s'effectue généralement au premier cycle du secondaire (Marchand, 2009a). Troisièmement, les didacticiens en mathématiques mentionnent le besoin d'augmenter l'utilisation d'activités pédagogiques faisant appel au sens spatial, particulièrement à l'école secondaire (Gutiérrez, 1996). Finalement, c'est en troisième secondaire où la géométrie est la plus présente dans le PFEQ (2006). C'est donc dire que développer le sens spatial au premier cycle du secondaire pourrait aider les élèves à atteindre les compétences du premier cycle en géométrie, mais également à les préparer pour l'atteinte de celles de la première année du deuxième cycle.

3.2.1 La sélection des participants

Pour effectuer la sélection des participants, nous avons utilisé l'échantillonnage accidentel. Cela signifie que les participants de l'étude ont été choisis selon des critères précis (Fortin, 2006). Dans notre cas, nous avons choisi des élèves du premier cycle du secondaire de classes régulières d'écoles où la direction et les enseignants ont accepté de participer à l'étude. Comme le chercheur est aussi l'instructeur du jeu d'échecs, nous avons recherché les élèves du groupe expérimental dans la ville de Québec. Pour ce qui est du groupe témoin, nous avons proposé le projet à une école de Gaspé où nous connaissions une personne ressource ayant accepté de participer au projet.

3.2.2 Échantillon de l'étude

Dans cette section, nous présenterons en détail l'échantillon utilisé pour la cueillette des données. Le groupe expérimental est composé de deux classes de première secondaire et deux classes de deuxième secondaire d'une école de la Commission scolaire des Découvreurs située dans la région de Québec. Pour ce qui est du groupe témoin, il s'agit également de deux classes de première secondaire et deux classes de deuxième secondaire de la Commission scolaire des Chics-Chocs située dans la région Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine. Les milieux socio-économiques de ces deux écoles sont différents. Cependant, lorsque l'on se penche sur le rendement de chacune de ses écoles aux épreuves uniques du MELS depuis 2007, on s'aperçoit qu'il est similaire

Tableau 4. Performance des écoles des groupes expérimental et témoin aux épreuves uniques du MELS depuis 2007.

Années	Moyennes (sur 100) aux épreuves uniques du ministère de l'école de Québec (Groupe expérimental)	Moyennes (sur 100) aux épreuves uniques du ministère de l'école de Gaspé. (Groupe témoin)
2010	76,1	77,7
2009	73,8	75,2
2008	72,8	72,8
2007	71,2	74,0

On peut voir dans ce tableau que les moyennes aux épreuves uniques des deux écoles sont semblables depuis 2007. Le plus gros écart entre les deux écoles se situe en 2007 avec un avantage de 2,8 % pour l'école de Gaspé et le plus faible écart est en 2008 alors que les deux écoles ont exactement la même moyenne. À l'échelle de la province, ces écarts peuvent être considérés faibles. Nous considérons donc que ces données nous permettent de croire que les élèves de ces écoles sont comparables sur le plan académique.

Voici un tableau présentant la répartition des élèves de première et deuxième secondaire et des garçons et des filles dans chacun des groupes.

Tableau 5. Composition de l'échantillon utilisé.

	Garçons		Filles		Total
	Secondaire 1	Secondaire 2	Secondaire 1	Secondaire 2	
Groupe Expérimental	30	17	13	13	73
Groupe témoin	10	10	16	17	53
Total	40	27	29	30	126

La répartition des garçons et des filles n'est pas homogène dans chacun des groupes. En effet, on retrouve 35,6 % de filles et 64,4 % de garçons dans le groupe expérimental alors que l'on retrouve 62,2 % de filles et 37,7 % de garçons dans le groupe témoin. Pour ce qui est du niveau scolaire, 58,9 % des élèves du groupe expérimental sont en première secondaire et 41,1 % sont en deuxième secondaire alors que pour le groupe témoin, 49 % des élèves sont en première secondaire et 51 % en deuxième secondaire. Comme le nombre de participants dans le groupe expérimental et dans le groupe témoin est débalancé, il faudra s'assurer de bien respecter les conditions d'application lors de la réalisation des tests statistiques. Ces conditions seront décrites lors du chapitre quatre portant sur la présentation des résultats. Pour ce qui est de l'écart important entre le pourcentage de garçons et de filles dans chacun des groupes, nous parlerons de l'impact que cela peut avoir sur nos résultats et le moyen utilisé pour tenter de le contrôler lors de la section 3.3.4 portant sur la différence entre les garçons et les filles au test utilisé.

3.2.3 Défection des participants

Pour qu'un sujet puisse participer à l'étude, il devait avoir fait signer un formulaire de consentement par un représentant de l'autorité parentale (voir annexes I et II). Pour diverses raisons, hors du contrôle du chercheur, certains élèves ont dû être retirés de l'étude. En effet, les élèves absents au prétest et/ou au post-test n'ont pas été comptabilisés dans les analyses. Deux élèves du groupe expérimental n'ont pas fait le prétest. Ils auraient pu le faire deux semaines plus tard, mais nous avons jugé que ce délai par rapport aux élèves du groupe témoin était trop important. Au post-test, deux élèves du groupe expérimental étaient absents. Un avait changé d'école en cours de route tandis que l'autre était absent pour des raisons personnelles. Pour ce qui est du groupe témoin, trois élèves étaient absents ou avaient quitté l'école en cours de route au post-test. Aussi, sept élèves n'ont pas bien compris les consignes au post-test. Cela leur entrainait donc la note de zéro. Nous avons décidé de les retirer de l'étude puisque cela biaisait la moyenne du groupe témoin au deuxième temps de mesure. Les analyses statistiques ont donc été effectuées en utilisant les 69 élèves du groupe expérimental et les 43 élèves du groupe témoin restants.

3.3 L'INSTRUMENT DE MESURE

Pour mesurer le niveau du sens spatial des sujets avant et après le traitement expérimental, nous avons utilisé le test de rotation mentale (*Mental rotation test*) de Vandenberg et Kuse (1978). Le test original est écrit en anglais. Comme nous travaillons avec des sujets francophones, nous avons utilisé la traduction française d'Albaret et Aubert (1996) (voir annexe III).

3.3.1 Caractéristiques du test

Le test comporte deux sections de 10 items pour un total de 20 items. Chacun des items est constitué d'une figure de référence et de quatre autres figures. Parmi ces quatre figures, deux sont identiques à celle de référence et deux sont différentes. Cependant, ces figures sont présentées après qu'une rotation de la première figure ait été effectuée. L'élève doit cocher les deux figures identiques à la première en visualisant mentalement la rotation effectuée. Voici un exemple d'item.

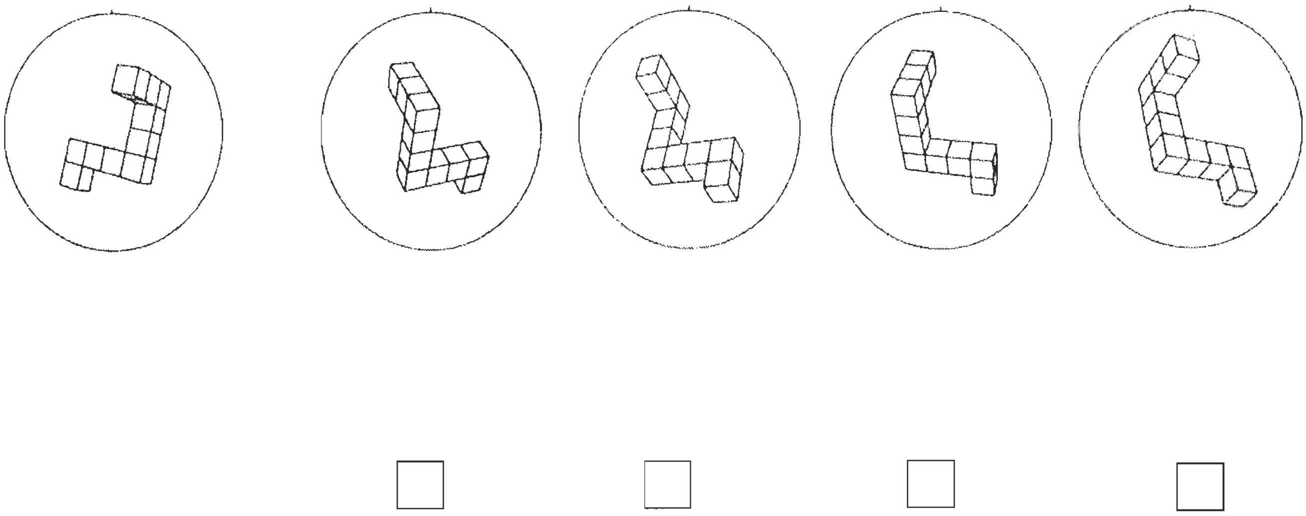


Figure 30. Exemple d'item dans le test de rotation mentale de Vandenberg et Kuse (1978).

Dans cet exemple, les figures 1 et 3 sont identiques à la première, mais vues sous un angle différent alors que les figures 2 et 4 sont différentes de la première. Pour avoir une bonne réponse, l'élève devait avoir coché la première et la troisième figure. Pour trouver la bonne réponse, l'élève doit pouvoir manipuler mentalement la figure initiale pour identifier les deux figures qui lui sont identiques parmi les quatre proposées. Ce processus cognitif correspond au deuxième niveau du modèle de Marchand (2009) où l'élève est capable de manipuler et transformer mentalement des figures à deux ou trois dimensions. Le présent test met davantage l'accent sur la manipulation mentale d'un objet à trois dimensions. On peut également associer le processus cognitif de l'élève aux habiletés de perception des relations spatiales, de la perception de la position dans l'espace et de mémoire visuelle du modèle de Hoffer (1977). La tâche peut également être schématisée à l'aide du modèle de

Gutiérrez (1996). Lors de la section 4.3.1, nous effectuerons une analyse détaillée de la tâche cognitive demandée par le test de Vandenberg et Kuse (1978) en utilisant les trois modèles retenus lors de la section 2.3.5. Il est à noter que l'exemple présenté est très représentatif des 19 autres items du test. En effet, tous les items du test sont construits à partir de figures de référence similaires à celle présentée à la figure 30.

3.3.2 Le déroulement et la correction du test

Lors de la passation du test, le responsable a distribué une copie du test à chaque participant et leur a demandé d'écrire son nom, mais de ne pas tourner la première page immédiatement. Lorsque tous les élèves étaient prêts, le responsable de la passation a lu les consignes avec les élèves. Par la suite, les élèves ont effectué un exemple (voir annexe III). La réponse de cet exemple était fournie dans le test. Le but de cet exemple était de s'assurer que les élèves comprenaient bien la tâche à effectuer. Après cela, la personne responsable n'a plus répondu à aucune question. Les élèves ont eu trois minutes pour effectuer les dix premiers items. Par la suite, tout le monde s'est arrêté et s'est rendu à la deuxième partie du test pour l'effectuer en trois minutes également. Les responsables de la passation étaient le chercheur principal pour le groupe expérimental et un enseignant en mathématiques de l'école de la Gaspésie pour le groupe témoin. Une rencontre a eu lieu avec ce dernier avant le prétest pour bien lui expliquer les consignes à suivre. On lui a également fait parvenir la procédure par écrit. Cela a été fait afin que le protocole de passation du test soit le plus uniforme possible pour les deux groupes.

Pour ce qui est de la correction du test de rotation mentale, la littérature rapporte deux façons distinctes de l'effectuer (Albaret et Aubert, 1996). La première consiste à donner deux points lorsque l'élève identifie les deux bonnes réponses, un point lorsque l'élève identifie une bonne réponse et aucun point si l'élève n'a aucune bonne réponse ou une bonne et une mauvaise réponse (Albaret et Aubert, 1996). La deuxième consiste à accorder un point si, et seulement si, les deux réponses fournies par l'élève sont bonnes et aucun point pour tout autre cas (Peters, Laeng, Latham, Jackson, Zaiyouna & Richardson, 1995; Vandenberg et Kuse, 1978). Comme cette deuxième méthode correspond à la correction originale du test, nous avons décidé d'opter pour celle-ci. De plus, cette façon de corriger diminue les chances d'un participant d'obtenir une bonne réponse au hasard.

3.3.3 La validité du test

Le test de rotation mentale utilisé dans la présente étude a été élaboré en 1978 par Vandenberg et Kuse qui ont repris les mêmes figures qu'une étude réalisée par Shepard et Metzler (1971). Le test initial était très semblable à la version de Vandenberg et Kuse (1978) excepté que les images étaient présentées sur un écran d'ordinateur. Vandenberg et Kuse (1978) ont voulu créer un test écrit. Cela permet de le faire passer à plusieurs participants dans un laps de temps plus court. Pour s'assurer de la validité de leur test, les auteurs ont effectué une série d'analyses sur divers facteurs. Tout d'abord, le test montre une bonne fiabilité interne avec un coefficient de Kuder-Richardson 20 de 0,88 ou élevé auprès d'un échantillon de 3268 participants âgés de 14 ans et plus (Vandenberg et Kuse, 1978). De plus, Kuse (1977) a effectué deux analyses distinctes pour tester la fiabilité test-retest. Cela permet de vérifier si lorsque l'on administre le test à deux reprises, avec un intervalle de temps d'un an ou plus, les participants risquent d'obtenir une note semblable lors des deux passations. Lors d'une première analyse, effectuée auprès d'un échantillon de 336 participants, il a obtenu une corrélation test-retest de 0,83 ou élevé (Kuse, 1977). Dans une deuxième analyse, effectuée auprès d'un échantillon de 456 participants, il a obtenu une corrélation test-retest de 0,70 ou élevé (Kuse, 1977). Les auteurs ont aussi investigué sur la différence entre le rendement des garçons et des filles au test. Ils en arrivent à un avantage significatif en faveur des garçons. Cet écart est constant, peu importe l'âge des participants. Finalement, le test a été comparé avec trois autres tests servant à mesurer le sens spatial d'un sujet soit le «*Differential Aptitude Test (DAT)*, le « *Chair-Window test* » et le « *Identical Blocks test* ». Les résultats obtenus, en comparant les moyennes des individus aux quatre tests, démontrent que le test de rotation mentale peut être comparé à ceux-ci (Vandenberg et Kuse, 1978). Un dernier aspect important dans le choix de ce test pour notre étude est le fait qu'il soit reconnu comme étant difficile (Albaret et Aubert, 1996). On s'attend donc à ce que les moyennes des groupes au prétest soient faibles. Ainsi, il y a place à amélioration au post-test.

3.3.4 La différence entre les garçons et les filles au test

Quelques études ont été effectuées sur le test de rotation mentale de Vandenberg et Kuse (1978) pour vérifier si les garçons et les filles y obtiennent une moyenne semblable (Albaret et Aubert, 1996; Cooke-Simpson et Voyer, 2007; Peters, 2005; Voyer, Voyer et Bryden, 1995). Toutes ces études en arrivent à une différence significative à l'avantage des garçons. Dans notre devis, nous avons un pourcentage de garçons plus élevé dans le groupe expérimental. La présence du prétest nous permet de contrôler en grande partie la différence de rendement entre les sexes.

3.4 La description du programme d'intervention

Le but de la présente étude est de vérifier l'effet de l'apprentissage du jeu d'échecs dans le cadre scolaire sur le développement du sens spatial d'élèves du premier cycle du secondaire. Pour atteindre ce but, nous avons dispensé dix leçons du jeu d'échecs de 70 minutes aux élèves du groupe expérimental. Ces dix leçons se sont déroulées sur une période de 11 semaines. Les leçons ont commencé durant la semaine du 6 février 2011 et se sont terminées durant la semaine du 17 avril 2011. À la fin de l'expérimentation, autant les enseignants de la Gaspésie que ceux de Québec avaient terminé d'enseigner les contenus mathématiques de l'année. Ainsi, nous étions certains que tous les élèves d'un même niveau avaient reçu l'enseignement des mêmes savoirs mathématiques. Cela nous assurait qu'aucun groupe n'était avantagé au test de rotation mentale en ayant vu une partie de matière qui pourrait influencer les résultats au test. Par exemple, si l'un des deux groupes avait reçu l'enseignement sur la géométrie tridimensionnelle alors que l'autre non, cela aurait pu influencer les résultats du test.

3.4.1 Le déroulement de chacune des leçons

Chacune des leçons d'une durée de 70 minutes fut divisée en trois parties. La première partie (environ 10 minutes) permettait de faire un retour sur ce qui avait été vu la semaine précédente. Ce retour était important puisque nous voyions les élèves seulement une fois par semaine. Durant la deuxième partie (environ 30 minutes), nous présentions un nouveau concept du jeu d'échecs. Plusieurs approches d'enseignement ont été utilisées pour présenter les concepts, notamment la présentation magistrale, la présentation de diaporamas, les exercices individuels ou en équipes, les retours en plénière, etc. Durant la dernière partie du cours (environ 30 minutes), les élèves jouaient entre eux. Cela se déroulait sous la supervision de l'instructeur qui amenait chaque élève, à l'aide d'un questionnement stratégique, à réfléchir sur sa partie et à effectuer des liens avec la théorie vue. Il est également à noter que les élèves ne jouaient pas contre un adversaire de leur choix. C'est l'instructeur qui faisait les appariements en tentant de former des duos qui permettaient aux élèves de progresser.

3.4.2 Le contenu des leçons du jeu d'échecs

Pour élaborer les leçons, nous nous sommes basés sur le calibre de jeu initial des élèves. En fait, lors du premier cours, nous avions prévu commencer l'enseignement par les règles de base et la marche de chacune des pièces. Nous avons constaté que les élèves avaient déjà reçu des leçons du jeu d'échecs à l'école primaire et connaissaient les bases du jeu. Un retour a tout de même été fait lors de la première leçon afin de s'assurer que tous se remémorent les concepts de base.

Les autres leçons ont été bâties par l'instructeur, qui est aussi le chercheur principal, à partir de son expérience de joueur et d'instructeur du jeu d'échecs. L'instructeur avait pour but de toucher à toutes les phases du jeu d'échecs : le fonctionnement des pièces, les règlements, les ouvertures, le milieu de partie, la tactique et les finales. Avec le temps disponible, il était utopique de voir chacun de ces thèmes en profondeur, mais réaliste de penser pouvoir les faire tous découvrir aux élèves. Voici un tableau représentant les contenus des dix semaines de leçons ainsi que les stratégies d'enseignement utilisées pour chacune des leçons.

Tableau 6. Contenus échiquéens et stratégies d'enseignement utilisés lors des 10 leçons du jeu d'échecs

Semaine	Contenus échiquéens	Stratégie(s) d'enseignement utilisée(s)
1	Marche des pièces et règlements de base (échecs, échecs et mat)	Présentation magistrale
2	Le roque	Présentation magistrale
3	Les 3 grands principes d'ouverture	Diaporama et exercices individuels
4	Le clouage, la fourchette et l'enfilade	Diaporama et exercices individuels
5	Les mats élémentaires (deux dames et roi contre roi, une dame et roi contre roi, tour et roi contre roi)	Présentation magistrale
6	Différentes façons de faire échec et mat (mat du couloir, mat du berger, etc.)	Diaporama et exercices individuels avec retour en plénière
7	Exercices tactiques sur les contenus des semaines 4,5 et 6	Diaporama et exercice en équipe
8	La prise en passant	Présentation magistrale
9	La partie Italienne et le mat de Légal	Présentation magistrale
10	Tournoi entre les élèves	Questionnement stratégique

3.5 LA COLLECTE DES DONNEES

Avant de contacter les écoles et de procéder à la collecte des données, nous avions soumis notre projet au comité d'éthique de l'UQAR afin de le faire approuver. Nous avons obtenu cette approbation en décembre 2010 (voir annexe IV). Dès ce moment, nous avons commencé à approcher des écoles pour participer à la recherche que ce soit comme groupe expérimental ou groupe témoin. En janvier 2011, les écoles de la Gaspésie et Québec ont accepté de participer au projet. Nous avons donc distribué les formulaires de consentement aux élèves afin qu'ils les fassent signer par un représentant de l'autorité parentale. Durant la première semaine de février, nous avons effectué le prétest. Par la suite, le programme d'intervention s'est déroulé pour les élèves du groupe expérimental. Dans la semaine du 24 avril, le post-test a eu lieu.

3.6 L'ANALYSE DES DONNEES

Pour l'analyse des données, nous avons utilisé le logiciel d'analyses statistiques SPSS. Pour chacun des élèves, nous avons entré les résultats obtenus pour chacun des items au prétest et au post-test. Nous avons également produit des scores pour les deux temps de mesure qui correspondent aux résultats obtenus par les élèves aux deux mesures du test. La note maximale possible était de 20. Par la suite, nous avons effectué une analyse de covariance (ANCOVA). On utilise l'analyse de covariance lorsque l'on veut comparer le comportement de deux groupes ou plus en rapport avec une variable dépendante après avoir contrôlé de manière statistique l'effet d'une autre variable (Fortin, 2006). Dans notre cas, la variable que nous voulions contrôler était le résultat au prétest qui constitue donc notre covariable. Notre variable indépendante est la variable dichotomique groupe (témoin ou expérimental) et notre variable dépendante est le résultat au post-test.

3.7 La validité interne de la recherche

La validité interne se rapporte au fait de pouvoir affirmer que les différences obtenues en ce qui a trait à la variable dépendante soient attribuables à la manipulation de la variable indépendante effectuée et non pas à d'autres facteurs (Alain, Pelletier et Boivin, 2000). Toujours selon ces auteurs, il existe huit sources qui peuvent menacer la validité interne d'une recherche :

- l'effet de demande de l'expérimentateur
- les fluctuations de l'instrument de mesure
- la sélection des participants
- l'administration de plus d'une mesure
- les facteurs historiques
- la maturation des sujets
- la perte de participants
- la régression statistique

Parmi ces huit sources d'invalidité interne de la recherche, l'utilisation du devis quasi expérimental de type avant-après avec groupe témoin non équivalent nous a permis de contrôler en partie l'invalidité associée à la maturation des sujets, aux facteurs historiques à la sélection des participants, à la défection des participants, à la fluctuation de l'instrument de mesure, à l'administration de plus d'une mesure et à la régression statistique. Voici une explication du contrôle de chacune de ces sources dans la présente étude.

La maturation des sujets est le fait que certains changements cognitifs chez les participants peuvent être dus à leur développement et non à l'intervention du chercheur. Dans le cas qui nous intéresse, le développement du sens spatial de l'élève pourrait ne pas être en lien avec l'apprentissage du jeu d'échecs, mais bien avec sa maturation cognitive. Notre devis de recherche nous a permis de contrôler en partie ce biais par la présence d'un groupe témoin, car nous présumons que la maturation est vécue de la même façon par les deux groupes.

Les facteurs historiques correspondent au fait que la variation de la variable dépendante soit causée par un facteur externe hors de la portée du chercheur. Dans le cas qui nous intéresse, si les élèves avaient travaillé la géométrie tridimensionnelle en mathématiques durant toute la durée de l'intervention sur le jeu d'échecs, il est possible qu'au post-test, ce soit cet apprentissage de la géométrie qui leur ait procuré une amélioration. Pour atténuer cette source d'invalidité, nous avons effectué l'intervention à la fin de l'année scolaire. Lors du post-test, tous les élèves avaient reçu l'enseignement des contenus mathématiques prescrits par le PFEQ pour leur niveau scolaire (première ou deuxième secondaire). Encore une fois, la présence d'un groupe témoin nous a permis de contrôler partiellement ce biais. Nous pouvons présupposer que les deux groupes sont en contact avec des facteurs historiques similaires.

La sélection de nos participants a amené une source d'invalidité interne selon deux aspects. Premièrement, nous avions deux groupes provenant de régions du Québec différentes avec des milieux socio-économiques différents. Cependant, comme mentionné dans la section 3.2.2, nous constatons que le rendement de ces écoles sur le plan académique est similaire. Deuxièmement, le pourcentage de garçons et de filles n'est pas le même pour les deux groupes (64,4 % pour le groupe expérimental et 37,7 % pour le groupe témoin) et l'on sait que les garçons sont plus performants que les filles au test utilisé. Les biais amenés par ces deux aspects de la sélection des participants furent contrôlés en partie par la présence d'un prétest comme covariable qui permet de connaître le rendement des deux groupes au test utilisé avant l'expérimentation.

Pour ce qui est de la défection des participants, le chercheur ne peut pas contrôler le fait que des élèves furent absents à l'une des deux prises de mesure pour quelque raison que ce soit. Les élèves absents lors des dates prévues de passation ont été systématiquement exclus pour s'assurer que tous les élèves passent les tests simultanément. Nous avons également retiré les participants du groupe témoin ayant mal compris les consignes au post-test afin de nous assurer de la validité de la moyenne au post-test du groupe témoin.

Tel que mentionné lors de la section 3.3.3, le test utilisé montre une fiabilité test-retest élevé. Cela signifie que la variation de la fiabilité du test est faible. Cela nous permet de croire que la fluctuation de l'instrument de mesure entre les deux temps de mesure était faible voir inexistante. Aussi, comme il n'y a eu qu'un test utilisé, nous n'avons pas été inquiétés par le facteur d'invalidité lié à l'administration de plus d'une mesure. Pour ce qui est de la régression statistique, selon Alain, Pelletier et Boivin, (2000), cela surgit lorsqu'un chercheur effectue une recherche auprès de groupes extrêmes. Dans ce genre de recherche, à la suite de la passation d'un test, le chercheur choisira, par exemple, les élèves ayant obtenu les pires ou les meilleurs résultats. Dans notre étude, aucune sélection de participants n'a été faite après la passation du test. C'est pourquoi nous considérons que la régression statistique ne menace pas la validité interne de la présente recherche.

Voici un tableau synthèse des sources d'invalidité interne de la recherche inspiré de Fortin (2006). Il présente celles contrôlées par le devis de recherche utilisé et comment il permet de les contrôler.

Tableau 7. Tableau représentant les sources d'invalidité interne de la recherche et les moyens utilisés pour les contrôler

Sources d'invalidité interne de la recherche	**Est-ce que cette source est contrôlée dans cette recherche?**	**Moyen permettant le contrôle**
L'effet de demande de l'expérimentateur	Non	
Les fluctuations de l'instrument de mesure	Oui	Le test utilisé montre une fiabilité interne élevée.
La sélection des participants	Oui	Les participants choisis sont comparables sur le plan académique; Le prétest permet de connaître le niveau des groupes avant l'expérimentation.
L'administration de plus d'une mesure	Oui	Utilisation d'un seul instrument de mesure
Les facteurs historiques	Oui	Présence d'un groupe témoin
La maturation des sujets	Oui	Présence d'un groupe témoin
La perte de participants	Non	
La régression statistique	Ne s'applique pas	La recherche n'a pas été menée auprès de groupes extrêmes.

3.8 LES LIMITES DE L'ETUDE

Le devis de recherche utilisé amène des limites à l'étude. Dans la présente section, nous aborderons les limites associées aux critères de validité interne. Nous parlerons par la suite des limites associées à la validité externe du projet et au programme d'intervention.

3.8.1 Critères d'invalidité interne

Premièrement, nous aborderons l'effet de demande de l'expérimentateur qui peut influencer les participants par la formulation des consignes ou des questions. Cela peut inciter l'élève à aller dans le sens de l'hypothèse attendue par le chercheur. Les liens créés lors de l'expérimentation peuvent également inciter les participants à mieux performer au post-test. Dans le présent cas, le chercheur principal est intervenu tout au long des trois mois d'expérimentation en tant qu'instructeur du jeu d'échecs. Les enseignants et la direction ont mentionné clairement et à plusieurs reprises aux élèves que ces leçons du jeu d'échecs se déroulaient dans le cadre d'une étude menée par le chercheur-instructeur. Les élèves le considéraient davantage comme un chercheur. Malgré le fait que le chercheur-instructeur ait voulu être le plus objectif possible, il a inévitablement influencé les élèves durant l'expérimentation ne serait-ce que par une désirabilité sociale des élèves de vouloir bien performer au post-test étant donné les liens socioaffectifs créés durant les trois mois d'expérimentation. Cela a pu être amplifié par le fait que les élèves savaient que les leçons étaient dispensées dans le cadre d'une recherche menée par l'instructeur.

3.8.2 Critères d'invalidité externe

La validité externe d'un projet de recherche fait référence au fait que l'on puisse généraliser les résultats obtenus auprès d'un échantillon sur la population. Nous croyons avoir deux obstacles distincts à la validité externe. Dans un premier temps, le fait que les élèves du groupe témoin et du groupe expérimental proviennent de deux régions du Québec différentes nous amène à être prudents dans la généralisation des résultats. De plus, le fait que le pourcentage de garçons et de filles soit différent dans chacun des groupes et que les garçons soient reconnus comme étant plus performants au test utilisé nous force à la prudence. L'utilisation de l'analyse de covariance permet d'atténuer fortement, mais non complètement, ces deux critères d'invalidité externe en contrôlant en partie les différences initiales des deux groupes.

3.8.3 Le programme d'intervention

Le programme d'intervention que nous avons mené s'est déroulé sur une période de temps relativement courte, soit trois mois. Cette étude n'est donc pas longitudinale. Il est difficile d'observer des changements cognitifs chez les sujets en une période de temps aussi courte. Il pourrait donc être pertinent de mener une intervention semblable, mais sur une période plus longue, soit au minimum une année scolaire. Aussi, nous ne pouvons pas prétendre que le programme d'intervention mis en place pour le cadre de la présente étude était optimal. Nous l'avons élaboré au meilleur de nos connaissances, mais certains facteurs liés aux styles d'apprentissage des élèves ainsi qu'aux différentes stratégies pédagogiques utilisées peuvent avoir influencé les résultats. C'est donc l'apprentissage du jeu d'échecs selon un cadre précis qui a été étudié par la présente étude.

CHAPITRE 4

PRÉSENTATION DES RÉSULTATS ET DISCUSSION

Dans ce chapitre, nous présenterons d'abord le résultat de l'analyse de covariance effectuée. Le résultat de cette analyse permettra de répondre à notre question de recherche. Ensuite, nous interpréterons les résultats obtenus en effectuant un lien entre le test utilisé pour la mesure du sens spatial et l'analyse de la section 2.3. Nous terminerons avec les prolongements possibles pour la recherche et la pratique enseignante.

4.1 QUESTION DE RECHERCHE

À la suite de la présentation des raisons expliquant notre choix de réaliser notre étude auprès d'élèves du premier cycle du secondaire lors de la section 3.2, nous posons la question de recherche suivante : « Quel est l'effet de l'apprentissage du jeu d'échecs dans le cadre scolaire sur le développement du sens spatial d'élèves du premier cycle du secondaire? » Pour répondre à cette question, nous avons effectué une analyse de covariance (ANCOVA).

4.2 REPONSE A LA QUESTION DE RECHERCHE

4.2.1 Respect des postulats de l'analyse effectuée

Lorsque l'on effectue une ANCOVA, trois postulats d'application doivent être respectés afin de s'assurer de la robustesse de l'analyse : les données doivent être distribuées de façon normale, les variances et les pentes des deux groupes doivent être homogènes. Avant d'effectuer l'ANCOVA, nous nous sommes assurés du respect de ces trois postulats.

4.2.2 Présentation de l'analyse effectuée

Pour répondre à notre question de recherche, nous avons mené une ANCOVA. Rappelons que ce type d'analyse est souvent utilisé lorsqu'une recherche a recours à un devis quasi expérimental de type avant-après avec groupe témoin non équivalent. Elle permet de vérifier s'il existe une différence de la variable dépendante entre les deux groupes (expérimental et témoin) à la fin de l'expérimentation tout en tenant en compte de l'état des deux groupes par rapport à la variable dépendante avant l'expérimentation (covariable). Dans le cadre de cette étude, la variable dépendante est le sens spatial et correspond aux résultats obtenus au post-test, notre variable indépendante est l'apprentissage du jeu d'échecs et notre covariable est le résultat des élèves au prétest.

4.2.3 Statistiques descriptives

Voici deux tableaux présentant les statistiques descriptives du prétest et du post-test. On y retrouve la moyenne et l'écart-type pour chacun des groupes. Rappelons que la note maximale au test est de 20 points.

Tableau 8. Statistiques descriptives au prétest

Groupe	N	Moyenne	Écart-type
Expérimental	71	7,70	4,04
Témoin	51	7,04	4,52

Il est à noter que les notes de tous les élèves au pré-test étaient faibles. Avec une moyenne d'environ 7 est un écart type d'un peu plus de quatre, on constate qu'un bon nombre d'élèves ont obtenu un résultat semblable à celui que l'on obtiendrait en répondant au test au hasard ($\frac{2}{4}$ x $\frac{1}{3}$ = $\frac{1}{6}$ et $\frac{1}{6}$ de 20 $\approx$ 3,33). Ces résultats concordent avec les propos de Albaret et Aubert (1996) qui mentionnaient que le test était reconnu comme étant difficile.

Tableau 9. Statistiques descriptives au post-test

Groupe	N	Moyenne	Écart-type
Expérimental	69	10,74	5,26
Témoin	43	7,61	5,62

Ces tableaux montrent qu'au prétest, la moyenne de chacun des groupes était presque identique. Au post-test, la moyenne du groupe expérimental est, d'un peu plus de trois points, supérieure à celle du groupe témoin. Rappelons que ces analyses descriptives ne permettent pas d'inférer une différence entre les deux groupes par elles-mêmes.

4.2.4 Résultat de l'ANCOVA

Voici un tableau présentant les résultats obtenus pour l'ANCOVA.

Tableau 10. Résultats de l'analyse de covariance concernant le test de Vandenberg et Kuse (1978)

		Analyse de covariance			
Source	Somme des carrés	*df*	Moyenne des carrés	F	P
Groupe	127,35	1	127,35	8,88	0,004
Prétest	1687,15	1	1687,15	117,70	0,000
Erreur	1562,46	109	14,33		

L'analyse de covariance nous montre une différence significative des résultats au post-test en faveur des élèves du groupe expérimental (F (1, 109) = 8,88 ; p = 0,004).

4.3 INTERPRETATION DES RESULTATS

Le résultat de l'analyse de covariance montre que les élèves du groupe expérimental ont obtenu des résultats significativement plus élevés que les élèves du groupe témoin au post-test. Rappelons que Smith (1998) a obtenu des résultats semblables chez des élèves âgés de 16 et 17 ans avec un test de visualisation similaire à celui utilisé pour la présente étude. Le but de la présente section est d'expliquer les résultats obtenus à l'aide des éléments conceptuels présentés lors du chapitre 2. Plus précisément, nous effectuerons un lien entre le test utilisé et l'analyse menée lors de la section 2.3 portant sur le lien théorique existant entre l'apprentissage du jeu d'échecs et le développement du sens spatial.

4.3.1 Analyse du test de rotation mentale de Vandenberg et Kuse (1978)

Pour expliquer les résultats obtenus, nous reviendrons sur le test utilisé pour mesurer le niveau du sens spatial des élèves au prétest et au post-test. Nous analyserons, à l'aide des modèles théoriques présentés lors de la section 2.2, la tâche cognitive demandée à l'élève pour résoudre un item du test. Nous lierons par la suite cette analyse à celle menée lors de la section 2.3.

Revenons d'abord brièvement sur le fonctionnement du test de Vandenberg et Kuse (1978) qui fut présenté en détail lors de la section 3.3. Le test est composé de 20 items semblables à celui de la figure ci-dessous.

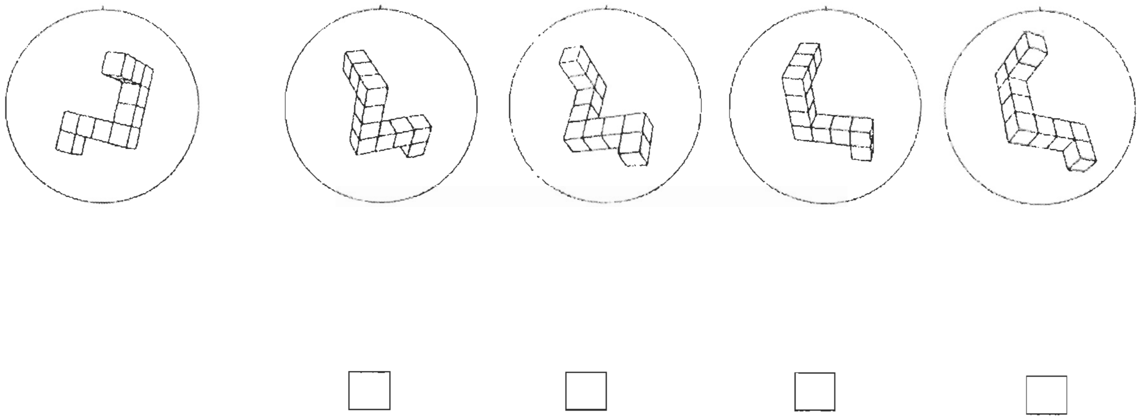


Figure 31. Exemple d'item du test de Vandenberg et Kuse (1978)

Pour chacun des items, on présente une figure de référence (celle de gauche) et l'élève doit repérer les deux figures, parmi les quatre suivantes, qui sont identiques à celle de référence. La difficulté de la tâche réside dans le fait que les figures soient vues selon un angle différent de celle de référence.

Pour réaliser cette tâche, l'élève doit utiliser ses habiletés de mémoire visuelle, de perception de la position dans l'espace et de perception des relations spatiales du modèle de Hoffer (1977). Pour réussir un item, l'élève doit photographier mentalement la figure de référence et vérifier si les quatre autres items lui sont identiques à l'aide de son habileté de perception de la position dans l'espace. L'habileté de perception des relations spatiales est présente par le fait qu'une figure soit formée d'un assemblage de petits cubes. Il faut pouvoir percevoir la relation entre les cubes d'une figure pour pouvoir déterminer si une autre figure lui est identique ou non. Voici un tableau présentant les manifestations des habiletés du modèle de Hoffer (1977) lors de la réalisation du test.

Tableau 11. Utilisation de certaines habiletés du modèle de Hoffer (1977) dans la réalisation du test de Vandenberg et Kuse (1978).

Habiletés du modèle de Hoffer (1997)	Manifestation de l'habileté dans la réalisation du test de Vandenberg et Kuse (1978)
Mémoire visuelle	L'élève photographie mentalement la figure de référence.
Perception de la position dans l'espace	L'élève place la photographie de la figure de référence selon la même orientation que la première figure de droite. Il effectue cela pour chacune des quatre figures.
Perception des relations spatiales	Lorsque la figure de référence et la première figure sont placées mentalement dans la même orientation, il vérifie si les cubes sont assemblés de la même façon, c'est-à-dire si les figures sont identiques.

Le processus cognitif demandé par le test peut être schématisé à l'aide du modèle de Gutiérrez (1996). Lors de la résolution d'un item, l'élève doit effectuer ce processus jusqu'à ce qu'il ait trouvé deux figures identiques à la première.

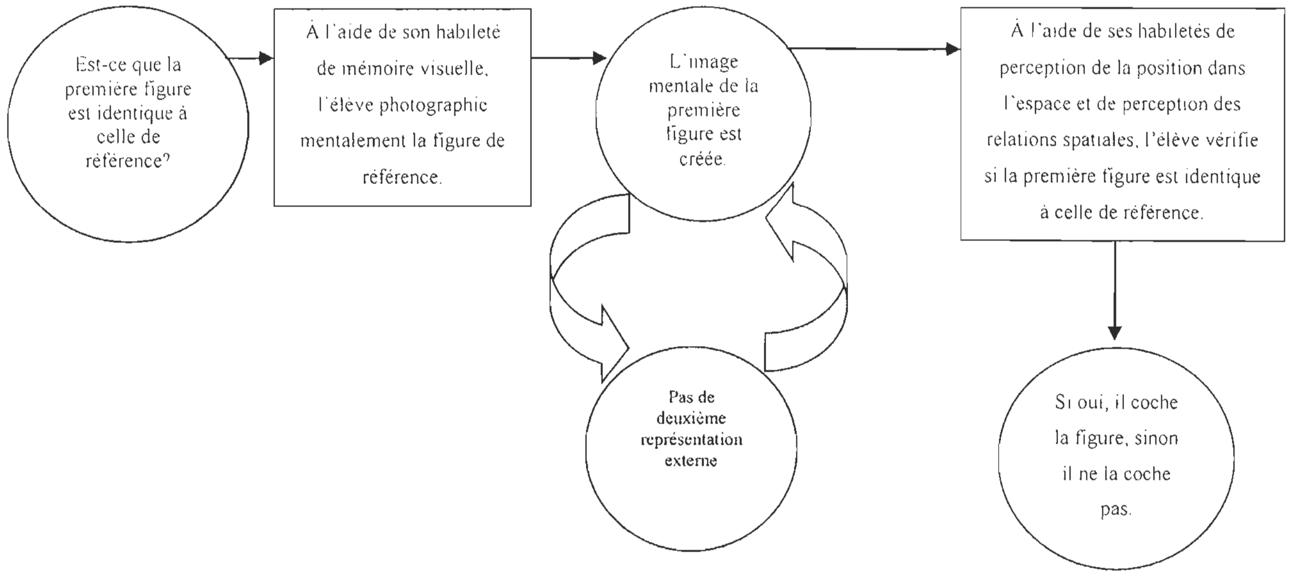


Figure 32. Représentation de la réalisation d'un item du test de Vandenberg et Kuse (1978) à l'aide du modèle de Gutiérrez (1996).

Finalement, la tâche demandée par le test de Vandenberg et Kuse (1978) demande à l'élève de se situer au début du deuxième niveau du modèle d'acquisition des connaissances spatiales de Marchand (2009a). Au début de ce niveau, l'élève est capable de manipuler mentalement des figures en deux ou trois dimensions. Or, pour trouver la réponse à un item, il faut manipuler mentalement la figure de référence afin de pouvoir la comparer aux autres figures. À la fin du niveau 2 du modèle, l'élève est capable de transformer mentalement les figures à deux ou trois dimensions. Cette tâche n'est pas demandée à l'élève lors de la réalisation du test.

4.3.2 Lien entre le test utilisé et l'apprentissage du jeu d'échecs

Pour expliquer les résultats obtenus, nous utiliserons l'analyse conduite lors de la section précédente et celle de la section 2.3 pour comparer le travail cognitif demandé lors de la réalisation du test et lors d'une partie d'échecs. Nous présenterons un tableau contenant les éléments des modèles retenus lors de la section 2.2.5 présents dans la réalisation du test de Vandenberg et Kuse (1978) et dans le processus permettant de trouver un coup à jouer lors d'une partie d'échecs. Nous dégagerons par la suite les similitudes et les différences pour chacune des tâches par rapport aux éléments conceptuels. Cette analyse des similitudes et des différences nous permettra de constater que le travail cognitif demandé pour effectuer le test de Vandenberg et Kuse (1978) est similaire à celui demandé lorsque vient le temps de trouver un coup à jouer lors d'une partie d'échecs.

Tableau 12. Comparaison entre la tâche cognitive demandée pour la réalisation du test de Vandenberg et Kuse (1978) et celle demandée pour trouver un coup à jouer lors d'une partie d'échecs.

Tâche / Modèles	**Test de Vandenberg et Kuse (1978)**	**Trouver un coup à jouer lors d'une partie d'échecs**
Hoffer (1977)	Perception de la position dans l'espace, perception des relations spatiales et mémoire visuelle	Perception image-fond, perception des relations spatiales et mémoire visuelle
Gutiérrez (1996)	On peut utiliser le modèle pour schématiser la tâche (voir figure 29)	On peut utiliser le modèle pour schématiser la tâche (voir figure 19)
Marchand (2009a)	L'élève se situe au début du niveau 2	L'élève se situe au niveau 2

Il est à noter que, pour la colonne du tableau concernant le jeu d'échecs, nous avons combiné les éléments conceptuels présentés lors des deux cas d'analyse de la section 2.3. (2.3.1 et 2.3.2).

Nous analyserons ici le tableau 11 pour faire ressortir les similitudes et les différences sur le plan conceptuel pour les deux tâches. D'abord, pour le modèle de Hoffer (1977), la mémoire visuelle et la perception des relations spatiales sont des habiletés présentes lors des deux tâches. Tel que mentionné lors de la section 2.3.2, lorsque vient le temps pour l'élève de trouver un coup à jouer lors d'une partie, il doit photographier mentalement la position qu'il a devant lui et effectuer une série de manipulations mentalement afin de déterminer quel est le meilleur coup à jouer. La détermination du meilleur coup à jouer s'appuie sur ses connaissances antérieures du jeu d'échecs. Pour ce qui est du test de Vandenberg et Kuse (1978), l'élève doit photographier mentalement la figure de référence et lui effectuer des manipulations mentales afin de déterminer si les autres figures lui sont identiques ou non.

Pour sa part, l'habileté de perception des relations spatiales consiste à la capacité de voir deux objets ou plus en relation avec eux. Lors d'une partie d'échecs, il y a plusieurs pièces sur l'échiquier qui sont en relation par leurs mouvements possibles. Pour trouver un bon coup à jouer, il faut considérer ces relations. Pour le test de Vandenberg et Kuse (1978), une figure est formée d'un assemblage de petits cubes. La relation entre les cubes forme la figure en soi. Il faut bien percevoir cette relation pour déterminer si une autre figure placée différemment lui est identique ou non. Comme le jeu d'échecs sollicite les habiletés de mémoire visuelle et de perception des relations spatiales, habiletés aussi sollicitées lors de la réalisation du test, cela peut expliquer l'amélioration des élèves du groupe expérimental au post-test.

Selon notre analyse, l'apprentissage du jeu d'échecs sollicite également l'habileté de perception image-fond qui n'est pas réinvestie explicitement lors de la passation du test. Pour sa part, le test demande d'utiliser l'habileté de perception dans l'espace. Selon notre analyse, cette habileté n'est pas utilisée explicitement lors d'une partie d'échecs.

Pour le modèle de Gutiérrez (1996), il est possible de l'utiliser pour schématiser les deux tâches à accomplir (voir figures 22 et 32). Cependant, ce modèle permet de schématiser la réalisation de toute tâche mathématique puisque, selon l'auteur, la visualisation est toujours présente lors de la résolution d'une tâche mathématique. La schématisation des tâches à l'aide du modèle ne permet donc pas explicitement d'expliquer l'amélioration des élèves du groupe expérimental au post-test.

Pour ce qui est du modèle de Marchand (2009a), les analyses de la section 2.3 ont montré que, pour trouver un coup à jouer lors d'une partie d'échecs, l'élève doit se situer au niveau 2 du modèle. Il doit être capable de manipuler mentalement les différentes pièces ce qui entraine une transformation de la position globale des pièces. Pour le test de Vandenberg et Kuse (1978), l'élève doit se situer au début du niveau 2. Le test demande la manipulation mentale de la figure de référence, mais pas sa transformation. Comme l'apprentissage du jeu d'échecs sollicite la manipulation et la transformation mentale d'objets à deux ou trois dimensions et que le test demande la manipulation d'un objet à trois dimensions, cela peut expliquer l'amélioration des élèves du groupe expérimental au post-test.

En conclusion, suite aux analyses conceptuelles menées sur les tâches cognitives associées à la réalisation du test de Vandenberg et Kuse (1978) et à la pratique du jeu d'échecs, nous constatons que ces tâches sont similaires si l'on se fie aux éléments conceptuels des quatre modèles utilisés. En fait, toujours selon les analyses effectuées, le jeu d'échecs semble être une tâche plus complexe sur le plan cognitif que le test utilisé. Cela peut expliquer que les élèves du groupe expérimental aient eu une amélioration statistiquement significative au post-test par rapport aux élèves du groupe témoin.

4.3.3 Synthèse des résultats

Notre recherche s'intéressait à savoir si l'apprentissage du jeu d'échecs en classe peut permettre de développer le sens spatial des élèves. Lors de la section 2.3, nous avons soutenu une hypothèse théorique selon laquelle il y aurait un lien entre le jeu d'échecs et le sens spatial. Cette hypothèse théorique a été soutenue empiriquement. En effet, les élèves ayant participé à un programme d'enseignement du jeu d'échecs pendant une quinzaine d'heures ont montré une amélioration significative à un test spatial standardisé par rapport à des élèves du même âge n'ayant pas suivi les leçons. Lors de l'interprétation des résultats, nous avons comparé la tâche cognitive demandée lors du test à celle demandée lors d'une partie d'échecs. Cette comparaison nous a permis de constater que ces deux tâches cognitives sont similaires, mais que celle liée à la passation du test semblait moins complexe.

Sous l'ensemble de ces considérations, nous concluons que le jeu d'échecs est une activité permettant le développement de certains aspects du sens spatial. En effet, comme nous l'avons expliqué, le jeu d'échecs ne sollicite pas tous les éléments des modèles théoriques présentés et c'est pourquoi nous n'affirmons pas qu'il puisse développer le sens spatial dans sa globalité. Nous croyons tout de même qu'il s'agit d'une activité intéressante à intégrer en classe pour complémenter l'enseignement des connaissances spatiales.

4.4 PROLONGEMENTS POUR LA RECHERCHE

Lors de l'analyse effectuée à la section 2.3 portant sur le lien entre l'apprentissage du jeu d'échecs et le développement du sens spatial, nous avons utilisé deux cas d'analyse précis du jeu d'échecs. À la suite de cette analyse, il est permis de croire que le genre d'activités échiquéennes proposées, lors de ces deux cas d'analyse, peut amener l'élève à développer son sens spatial. D'autres analyses de ce genre pourraient être menées afin de conceptualiser le jeu d'échecs en lien avec d'autres variables mathématiques ou cognitives. Par exemple, serait-il possible de lier des activités réalisées lors d'une phase en particulier du jeu d'échecs (ouverture, milieu de partie, finale, tactique) à des modèles théoriques sur la résolution de problèmes mathématiques, la concentration, l'attention, etc. Ces analyses pourraient permettre, dans le cas où des leçons du jeu échecs sont données en classe, d'assurer un lien logique entre les apprentissages mathématiques et échiquéens. Prenons notre étude pour illustrer ces propos. Les leçons du jeu d'échecs portant sur les finales (analyses 2.3.1) pourraient être données parallèlement aux leçons de géométrie tridimensionnelle en mathématiques.

Aussi, la présente étude n'a pas traité des différences entre les garçons et les filles, car l'échantillon utilisé n'a pu permettre de le faire. On sait que le sens spatial des garçons est habituellement plus développé que celui des filles. Une des hypothèses à ce sujet est le fait que les garçons soient davantage exposés, en bas âge, à des jeux favorisant le développement des habiletés spatiales. Il pourrait être pertinent de mener une étude où l'on enseigne le jeu d'échecs à des filles seulement afin de vérifier si cet enseignement peut leur être bénéfique sur le développement de leur sens spatial. Cela pourrait permettre de clarifier les résultats de notre étude. En effet, des questions demeurent concernant la différence entre les sexes. Qui des garçons ou des filles étaient supérieurs au prétest? Qui des garçons ou des filles se sont améliorés le plus entre le prétest et le post-test? Les réponses à ces questions pourraient nous éclairer sur l'effet de l'apprentissage du jeu d'échecs chez les filles et les garçons.

La motivation des élèves à participer aux leçons du jeu d'échecs fut très grande, surtout chez les garçons. Cette motivation à participer aux leçons du jeu d'échecs peut avoir une influence sur leur engagement scolaire. Étant plus engagé dans son milieu scolaire, l'élève se donne des moyens pour avoir du succès sur le plan académique. Chez les garçons éprouvant des difficultés sur le plan académique, on favorise souvent la participation à des activités parascolaires afin de potentiellement augmenter leur engagement scolaire et, du même coup, leur réussite académique. Or, ce ne sont pas tous les garçons qui sont intéressés par les activités sportives. Il pourrait donc être pertinent de mener une étude à savoir si un programme parascolaire basé sur l'apprentissage du jeu d'échecs chez des garçons ayant des difficultés académiques pourrait augmenter leur engagement scolaire et leur réussite académique.

Il serait possible de penser à un prolongement conceptuel de la présente recherche. En effet, il serait envisageable de créer un modèle synthèse de la tâche cognitive demandée lors de l'apprentissage du jeu d'échecs. Ce modèle pourrait être basé sur les analyses effectuées lors de la section 2.3 et intégrer d'autres modèles théoriques en lien avec les habiletés spatiales. Cela permettrait de mieux comprendre le lien entre l'apprentissage du jeu d'échecs et le développement des habiletés spatiales en ciblant plus précisément les habiletés spatiales pouvant être développées par le jeu d'échecs.

CONCLUSION

Le présent projet de recherche s'est inscrit dans le cadre d'une programmation de recherche plus large portant sur les effets de l'apprentissage du jeu d'échecs sur diverses variables menées par les professeurs Dominic Voyer et Michel Rousseau. L'objectif de la présente étude était de vérifier l'effet de l'apprentissage du jeu d'échecs dans le cadre scolaire sur le développement du sens spatial d'élèves du premier cycle du secondaire. Le sens spatial est une habileté importante dans le développement cognitif de l'élève puisqu'il intervient, selon le courant cognitiviste, dans la résolution de toute tâche mathématique (Gutiérrez, 1996).

L'objectif de la recherche nous a mené à la question suivante : « Quel est l'effet de l'apprentissage du jeu d'échecs sur le développement du sens spatial d'élèves du premier cycle du secondaire? » Afin de répondre à cette question, nous avons utilisé un devis quasi expérimental de type avant-après avec groupe témoin non équivalent. Nous avons travaillé avec un échantillon de 126 élèves du premier cycle du secondaire divisé en un groupe expérimental et un groupe témoin. Tous les élèves ont été soumis à deux reprises au test standardisé de rotation mentale de Vandenberg et Kuse (1978). Entre les deux prises de mesure, les élèves du groupe expérimental ont suivi 10 leçons de 70 minutes chacune du jeu d'échecs dispensés durant les heures de classe.

Le résultat de l'analyse de covariance suggère que les élèves du groupe expérimental ont montré une amélioration significative au test par rapport aux élèves du groupe témoin. C'est donc dire que l'apprentissage du jeu d'échecs dans le cadre scolaire permet le développement de certains éléments du sens spatial d'élèves du premier cycle du secondaire.

Cette étude permet de croire que l'apprentissage du jeu d'échecs en classe s'avère bénéfique sur le plan cognitif pour les élèves. Cependant, il faut être prudent puisque notre recherche présente un cadre précis selon lequel l'apprentissage du jeu d'échecs a eu un effet sur le sens spatial. Il faut s'assurer d'enseigner le jeu d'échecs aux élèves et non seulement de leur faire pratiquer.

RÉFÉRENCES

Alain, M., Pelletier, L.G. et Boivin, M. (2000). Les plans de recherche expérimentaux. Dans R.J. Vallerand (Dir.) et U. Hess (Dir.), *Méthodologie de recherche en psychologie.* (133-162). Montréal : Gaëtan Morin.

Albaret, J.M. et Aubert, E. (1996). Étalonnage 15-19 ans du test de rotation mentale de Vandenberg. *Évolutions psychomotrices.* 8 (34), 260-278.

Berthelot, R. et Salin, M.-H. (1999-2000). L'enseignement de l'espace à l'école primaire. *Grand N,* 65, 37-59.

Bishop, A. J. (1980). Spatial abilities and mathematics education: A review. *Educational Studies in Mathematics,* 11, 257-269.

Bissonnette, S. et Richard, M. (2005). Le cognitivisme et ses implications pédagogiques. Dans C. Gauthier et M. Tardif (Dirs.), *La pédagogie. Théories et pratiques de l'Antiquité à nos jours.* (p. 309-332). Montréal : Gaëtan Morin.

Boudreault,P et Cadieux, A (2011). La recherche quantitative. Dans T. Karsenti et L. Savoie-Zajc (Dirs.), *La recherche en éducation. Étapes et approches.* (p. 149-181) Saint-Laurent : ERPI.

Brandefine, A. (2003). *Visual-spatial skills of children that play chess.* Mémoire de maîtrise inédit, Touro College, New York.

Bright, G. W. et Harvey, J.G. (1988). Games, Geometry, and Teaching. *Mathematics Teacher,* 81(4), 250-259.

Burger, W.F. et Shaughnessy, J.M. (1986). Characterizing the Van Hiele levels of development in geometry. *Journal for Research in Mathematics Education,* 17(1), 31-48.

Clements D.H. et Battista, M.T. (1992). Geometry and spatial reasonning. Dans D.A. Grouws (Dir.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning.* New-York: Macmillan publishing company.

Cooke-Simpson, A. et Voyer, D. (2007). Confidence and gender differences on the mental rotations test. *Learning and Individual Differences.* 17, 181-186.

Del Grande, J. (1990). Spatial sense. *Arithmetic Teacher.* Février, 14-20.

Denhiere, G. et Richard, J.F. (1990). Compréhension et construction de représentations. Dans J.F. Richard (Dir.), C. Bonnet (Dir.) et R. Ghiglione (Dir.), *Traité de psychologie cognitive. Le traitement de l'information symbolique,* Vol.2, Paris : Dunod.

Fortin, M.F. (2006). *Fondements et étapes du processus de recherche.* Montréal : Chenelière Éducation.

Fuys, D., Geddes, D. et Tischler, R. (1988). The Van Hiele model of thinking in geometry among adolescents. *Journal for Research in Mathematics Education,* Monograph (3), 1-196.

Frosting, M. et Horne, D. (1964). *The Frosting Program for the Development of Visual Perception.* Chicago : Follet Publishing.

Gutiérrez, A. (1996). Visualization in 3-dimensional geometry: In search of a framework. Dans L. Puig (Dir) et A. Gutierrez (Dir.), *Proceedings of the 20th PME International Conference.* (p. 3-19). Valencia : Université de Valencia

Gutiérrez, A., Jaime, A. et Fortuny, J.M. (1991). An alternative paradigm to evaluate the acquisition of the Van Hiele Levels. *Journal for Research in Mathematics Education,* 22(3), 237-251.

Hilbert, D. et Cohn-Vossen, S. (1952). *Geometry and the imagination.* Providence : AMS Chelsea Publishing.

Hoffer, A.R. (1977). *Mathematics Resource Project : Geometry and visualization.* Palo Alto : Creative Publications.

Depover, C., Karsenti, T. et Komis, V. (2011). La recherché evaluative. Dans T. Karsenti (Dir.) et L. Savoie-Zajc (Dir.). *La recherche en education. Étapes et approaches* (p. 213-228). Saint-Laurent: ERPI.

Kuse, A.R. (1978). *Familial resemblances for cognitive abilities estimated from two test batteries in Hawaii.* Thèse de doctorat inedited, Université du Colorado.

Laborde, C., Kynigos, C., Hollebrands, K., et Strässer, R. (2006). Teaching and learning geometry with technology. Dans A. Gutiérrez (Dir.) et P. Boero (Dir), *Handbook of research on the psychology of mathematics education: Past, Present and Future* (p. 275-304). Rotterdam : Sense Publishers.

Lyons, M. et Lyons, R. (2005). *Défi mathématique. 3ᵉcycle (1).* Montréal : Chenelière Éducation.

Marchand, P. (2009a). Le développement du sens spatial au primaire. *Bulletin de l'AMQ,*49(3), 63-79.

Marchand, P. (2009b). L'enseignement du sens spatial au secondaire : Analyse de deux leçons de troisième secondaire. *Canadian journal of science, mathematics, and technology education,* 9(1), 29-48.

Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport. (2006). *Programme de formation de l'école québécoise. Enseignement secondaire, premier cycle.* Québec, Québec: Gouvernement du Québec.

National Council of Teachers of Mathematics. (2008). Mathematics Education in the United States 2008. *Présenté au Eleventh International Congress on Mathematical Education (ICME-11),* Monterry, Mexique.

National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and Standards of School Mathematics.* Reston: Auteur.

Noir, M. (2002). *Le développement des habiletés cognitives de l'enfant par la pratique du jeu d'échecs : essai de modélisation d'une didactique du transfert.* Thèse de doctorat inédite, Université Lumière, Lyon.

Piaget, J. (1948). *La géométrie spontanée et l'enfant.* Paris : Presses universitaires de France.

Piaget, J. (1966). *L'image mentale chez l'enfant.* Paris: Presses universitaires de France.

Piaget, J. et Inhelder, D. (1972). *La représentation de l'espace chez l'enfant.* Paris : Presses universitaires de France.

Peters, M. (2005). Sex differences and the factor of time in solving Vandenberg and Kuse mental rotation problems. *Brain and Cognition.* 57, 176-184é

Peters, M., Laeng, B., Latham, K., Jackson, M., Zaiyouna, R. et Richardson, C. (1995). A redrawn Vandenberg and Kuse mental rotation test : Different versions and factor that affect performance. *Brain and Cognition.* 28, 39-58.

Presmeg, N.C. (1986). Visualization in high school mathematics. *For the learning of mathematics.* 6(3). 42-46.

Presmeg, N. C. (2006). Research on visualization in learning and teaching mathematics. Dans A. Gutiérrez (Dir.) et P. Boero (Dir.), *Handbook of research on the psychology of mathematics education: Past, present and future* (p. 205-235). Rotterdam : Sense Publishers

Robitaille, D.F. et Travers, K.J. (1987). La géométrie pour les enfants de 13 ans au Canada et aux États-Unis d'Amérique. Dans R. Morris (Dir.), *Études sur l'enseignement des mathématiques. L'enseignement de la géométrie* (p. 23-31). Paris: Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture.

Shepard, N. et Metzler, J. (1971). Mental rotation of three-dimensional objects. *Science, New Series.* 171(3972), 701-703.

Smith, J. P. (1998). *A quantitative analysis of the effects of chess instruction on the mathematics achievement of southern, rural, black secondary students.* Thèse de doctorat inédite., Univiversité Louisiana Tech.

Tardif, M. (1996). Le projet de création d'une science de l'éducation au XX^e siècle : analyse et comparaison de deux psychologies scientifiques. Dans C. Gauthier, (Dir.) et M. Tardif (Dir.), *La pédagogie. Théories et pratiques de l'Antiquité à nos jours.* (p. 211-238). Montréal : Gaëtan Morin.

Vandenberg, S.G. et Kuse, A. R. (1978). Mental rotations, a group test of three-dimensional spatial visualization. *Perceptual and Motor Skills,* 47, 599-604.

Van Hiele, P.M. (1959). La pensée de l'enfant et la géométrie. *Bulletin de l'APMEP.* 198, 199-205.

Voyer, D., Voyer, S. et Bryden, M.P. (1995). Magnitude of sex difference in spatial abilities : A meta-analysis and consideration of critical variables. *Psychological Bulletin.* 117(2), 250-270.

ANNEXE I

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT (GROUPE EXPÉRIMENTAL)

Université du Québec à Rimouski

Département des Sciences de l'éducation

Le 26 janvier 2011

ÉTUDES SUR LES EFFETS DE LA PRATIQUE DU JEU D'ÉCHECS : FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

Madame, Monsieur,

Dans le cadre d'une étude portant sur les effets de la pratique du jeu d'échecs, nous sollicitons votre permission afin que votre enfant puisse participer à la recherche.

La recherche a pour but d'étudier les effets de la pratique du jeu d'échecs sur les habiletés visuo-spatiales des élèves du premier cycle du secondaire. Pour les besoins de l'étude, à deux reprises, votre enfant aura à répondre à un questionnaire sur la visualisation spatiale comportant une trentaine d'items. Cela représente un travail d'environ 45 minutes au total. Il participera également à dix leçons mathématiques dans lesquelles les notions seront abordées en utilisant le jeu d'échecs comme contexte d'apprentissage. Nous avons tout organisé soigneusement pour que votre enfant trouve l'expérience amusante et enrichissante.

La recherche fera l'objet de publications scientifiques, sans qu'aucun des participants ne puisse être identifié. Les données seront conservées de façon confidentielle pendant 12 mois et en aucun cas les résultats individuels des participants ne seront communiqués. Soyez assurés que nous allons en tout temps agir d'abord en fonction des intérêts de votre enfant: c'est toujours là notre préoccupation première, celle qui nous est dictée par nos missions d'éducateurs.

Toute question concernant le projet pourra être adressée au chercheur principal.

Merci à l'avance de votre précieuse collaboration.

Jim Cabot Thibault
Chercheur principal,
Étudiant à la maîtrise en éducation,
Jim.cabotthibault@uqar.qc.ca
(418)704-2157

Dominic Voyer
Directeur de recherche
Université du Québec à Rimouski
Département des sciences de l'éducation

Étude sur l'effet de la pratique du jeu d'échecs sur les habiletés visuo-spatiales

À retourner à l'enseignant

Nom de l'enfant : ______________________________

☐ Je déclare avoir pris connaissance des informations ci-dessus et je consens librement à laisser mon enfant prendre part à cette recherche. Je sais que je peux décider de retirer mon enfant en tout temps sans préjudice et sans devoir justifier ma décision.

☐ Je préfère que mon enfant ne participe pas à cette étude.

Signature du titulaire de l'autorité parentale : ____________________

ANNEXE II

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT (GROUPE TÉMOIN)

Université du Québec à Rimouski

Département des sciences de l'éducation

Le 26 janvier 2011

ÉTUDES SUR LES EFFETS DE LA PRATIQUE DU JEU D'ÉCHECS :
FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

Madame, Monsieur,

Dans le cadre d'une étude portant sur les effets d'un programme scolaire d'enseignement du jeu d'échecs, nous sollicitons votre permission afin que votre enfant puisse participer à la recherche. Puisque nous avons sélectionné votre enfant pour faire partie du groupe contrôle de notre étude, celui-ci ne participera pas au programme d'enseignement du jeu d'échecs. Cependant, sa collaboration est primordiale pour permettre l'avancement de la recherche en éducation.

L'étude a pour but d'étudier les effets d'un programme d'enseignement du jeu d'échecs sur les habiletés visuo-spatiales d'élèves du premier cycle du secondaire. Pour les besoins de la recherche, à deux reprises, votre enfant aura à répondre à un questionnaire sur la visualisation spatiale comportant une vingtaine d'items. Cela représente un travail d'environ 20 minutes au total. Nous avons, par ailleurs, tout organisé soigneusement pour que votre enfant trouve l'expérience amusante et enrichissante.

La recherche fera l'objet de publications scientifiques, sans qu'aucun des participants ne puisse être identifié. Les données seront conservées de façon confidentielle pendant 12 mois et en aucun cas les résultats individuels des participants ne seront communiqués. Soyez assurés que nous allons en tout temps agir d'abord en fonction des intérêts de votre enfant: c'est toujours là notre préoccupation première, celle qui nous est dictée par nos missions d'éducateurs.

Toute question concernant le projet pourra être adressée au chercheur principal.

Merci à l'avance de votre précieuse collaboration.

Jim Cabot Thibault
Chercheur principal,
Étudiant à la maîtrise en éducation,
Jim.cabotthibault@uqar.qc.ca
(418)704-2157

Dominic Voyer
Directeur de recherche
Université du Québec à Rimouski
Département des sciences de l'éducation

Étude sur l'effet de la pratique du jeu d'échecs sur les habiletés visuo-spatiales

À retourner à l'enseignant

Nom de l'enfant : ___________________________________

☐ Je déclare avoir pris connaissance des informations ci-dessus et je consens librement à laisser mon enfant prendre part à cette recherche. Je sais que je peux décider de retirer mon enfant en tout temps sans préjudice et sans devoir justifier ma décision.

☐ Je préfère que mon enfant ne participe pas à cette étude.

Signature du titulaire de l'autorité parentale : ______________________

ANNEXE III

LE TEST DE VANDENBERG ET KUSE (1978)

Nom: ______________________________

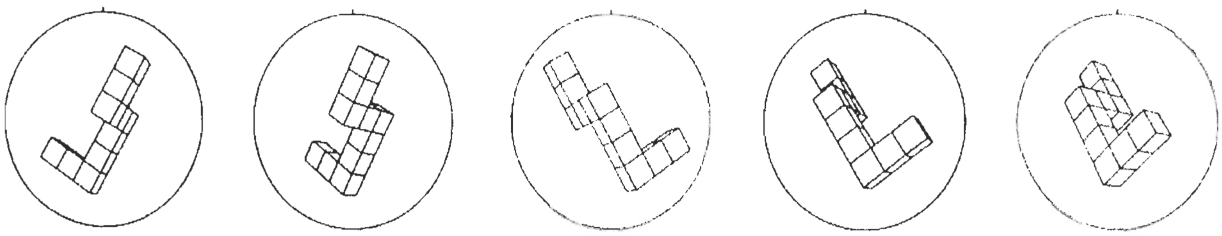
Groupe: ______________________________

Date: ______________________________

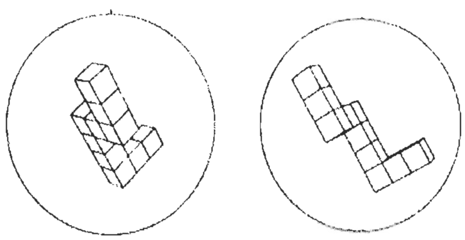
TEST DE ROTATION MENTALE

Test de rotation mentale

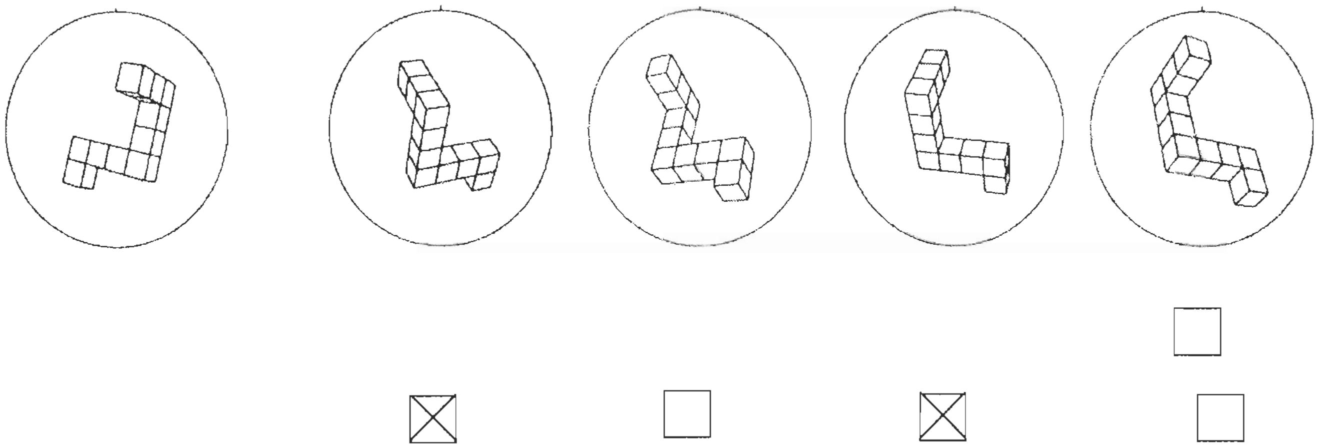
Ceci est un test destiné à mesurer votre aptitude à reconnaître le dessin d'un objet donné parmi un ensemble d'objets différents. La seule différence entre l'objet original et l'objet à trouver consiste en une modification de l'angle sous lequel il est vu. Une illustration de ce procédé est donnée ci-dessous, où la même figure est présentée dans cinq positions. Regardez chacune d'entre elles pour vous rendre compte vous-même qu'elles sont seulement présentées sous un angle différent l'une de l'autre.



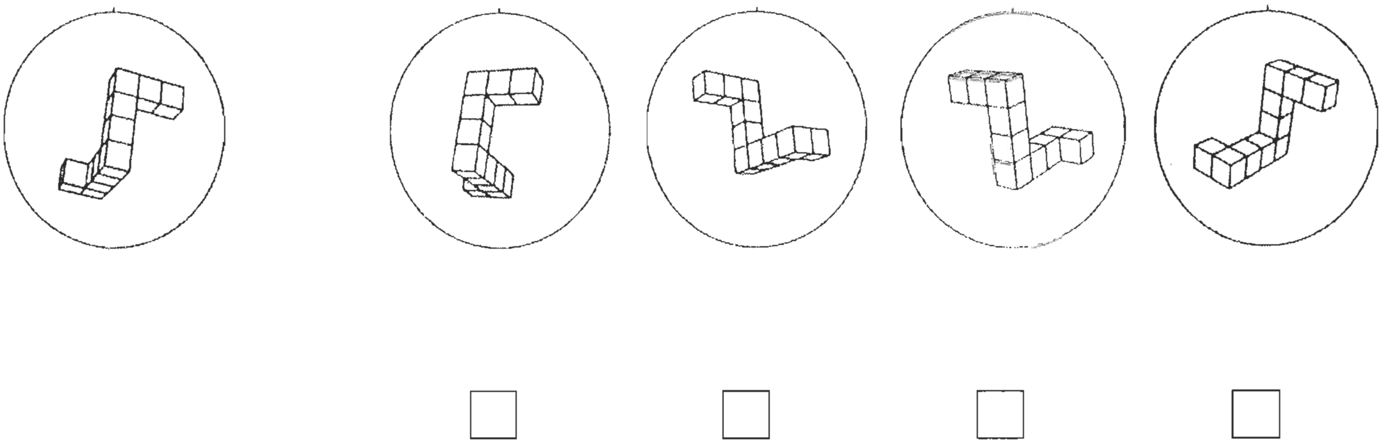
Ci-dessous, vous voyez deux dessins d'un nouvel objet. Ils ne peuvent pas être appariés avec les cinq dessins ci-dessus. Notez que vous ne pouvez pas retourner les objets. Voyez vous-mêmes qu'ils sont différents.

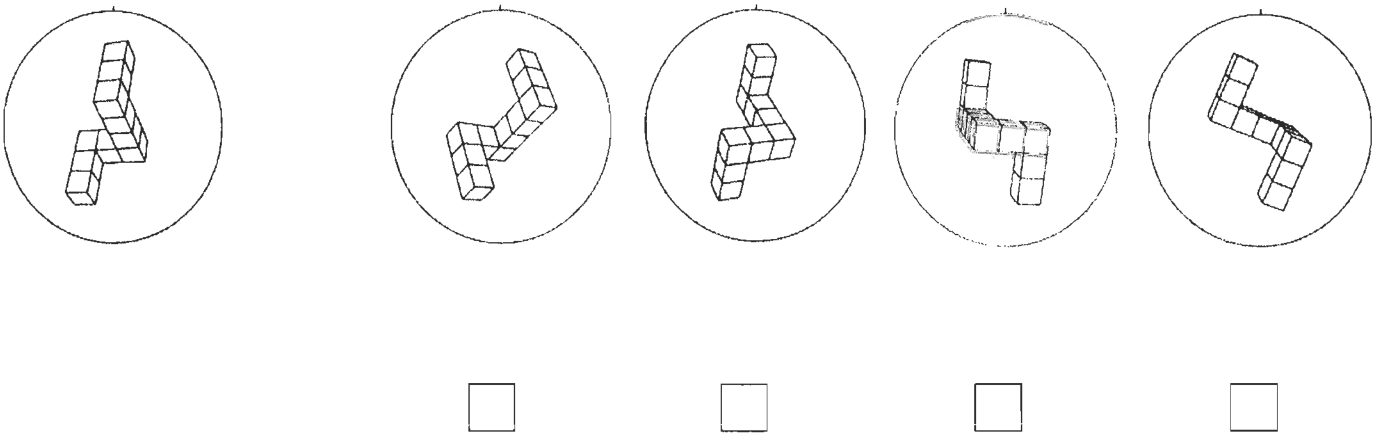


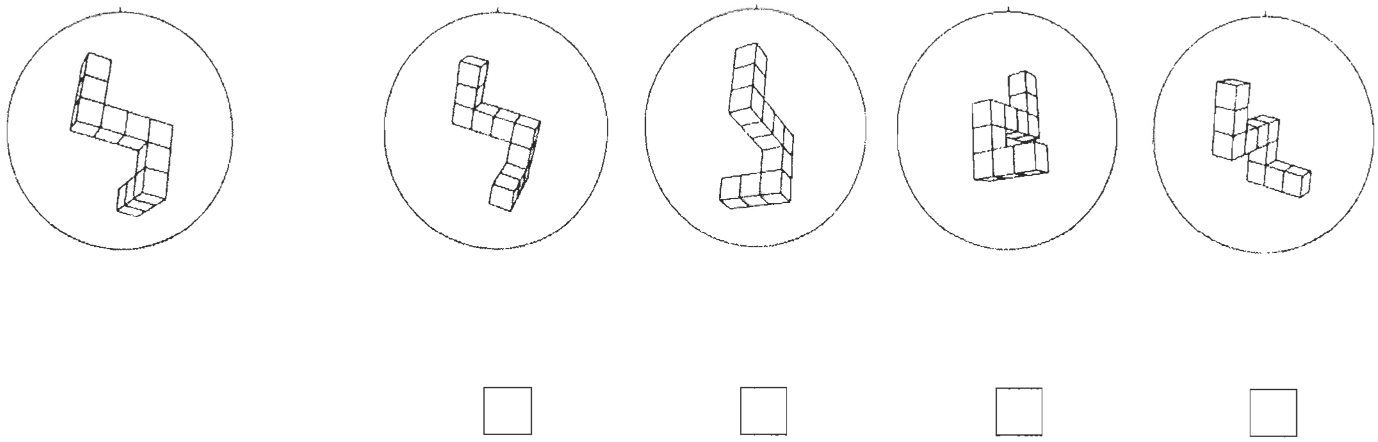
Maintenant, vous allez faire quelques problèmes en guise d'exemple. Pour chaque problème il y a un premier dessin tout à fait à gauche. Vous devez indiquer parmi les quatre structures à droite, les deux qui sont semblables au modèle donné à gauche. Dans chaque problème, il y a toujours deux dessins semblables à celui de gauche. Mettez un x dans les cases sous les dessins corrects et laissez un blanc dans celles qui sont incorrectes. Le premier exemple est déjà complété.



Complétez les exemples suivants vous-même. Quels sont les deux dessins, parmi les quatre situés à droite, qui montrent la même structure que celle de gauche? Il y a toujours deux et seulement deux réponses correctes pour chaque problème. Mettez un x sous les deux dessins corrects. *(3 exemples à compléter, puis à corriger immédiatement).*







Réponses: (1) Le premier et deuxième sont corrects
(2) Le premier et le troisième sont corrects
(3) Le deuxième et le troisième sont corrects

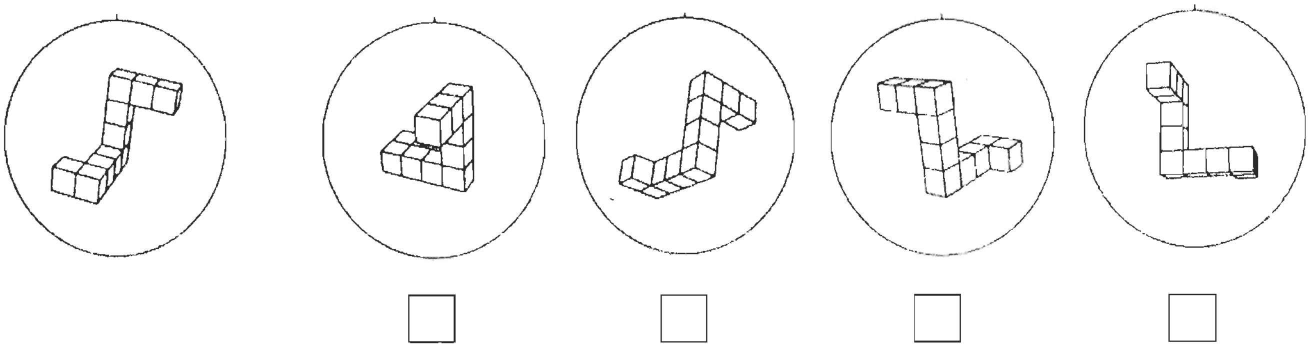
Ce test comprend deux parties. Vous avez 3 minutes pour chacune. Chaque partie a trois pages. Quand vous avez fini la partie 1, arrêtez-vous. Ne commencez pas la partie 2 avant le signal. Rappelez-vous qu'il y a toujours deux et seulement deux réponses correctes par item.

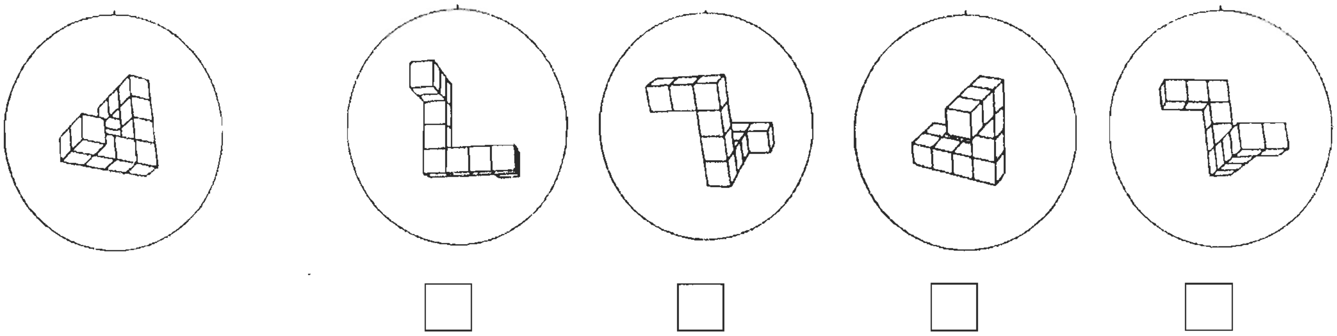
Travaillez aussi rapidement que vous pouvez sans négliger l'exactitude.

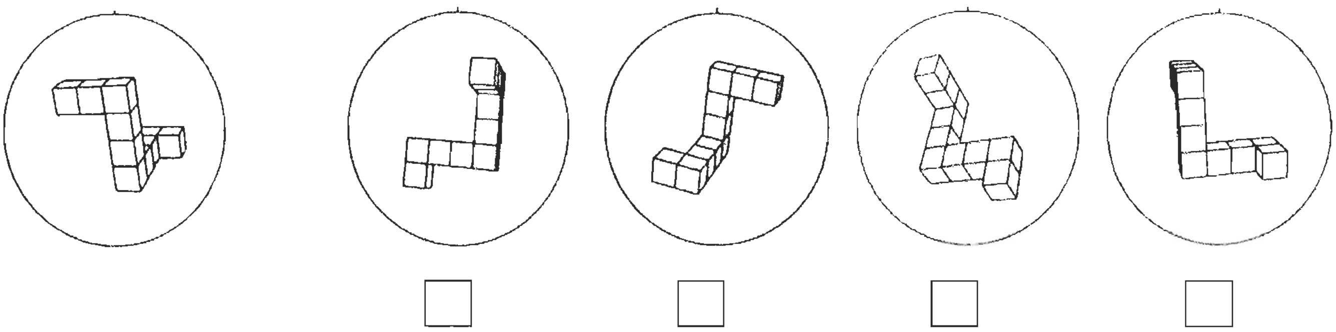
ARRÊTEZ

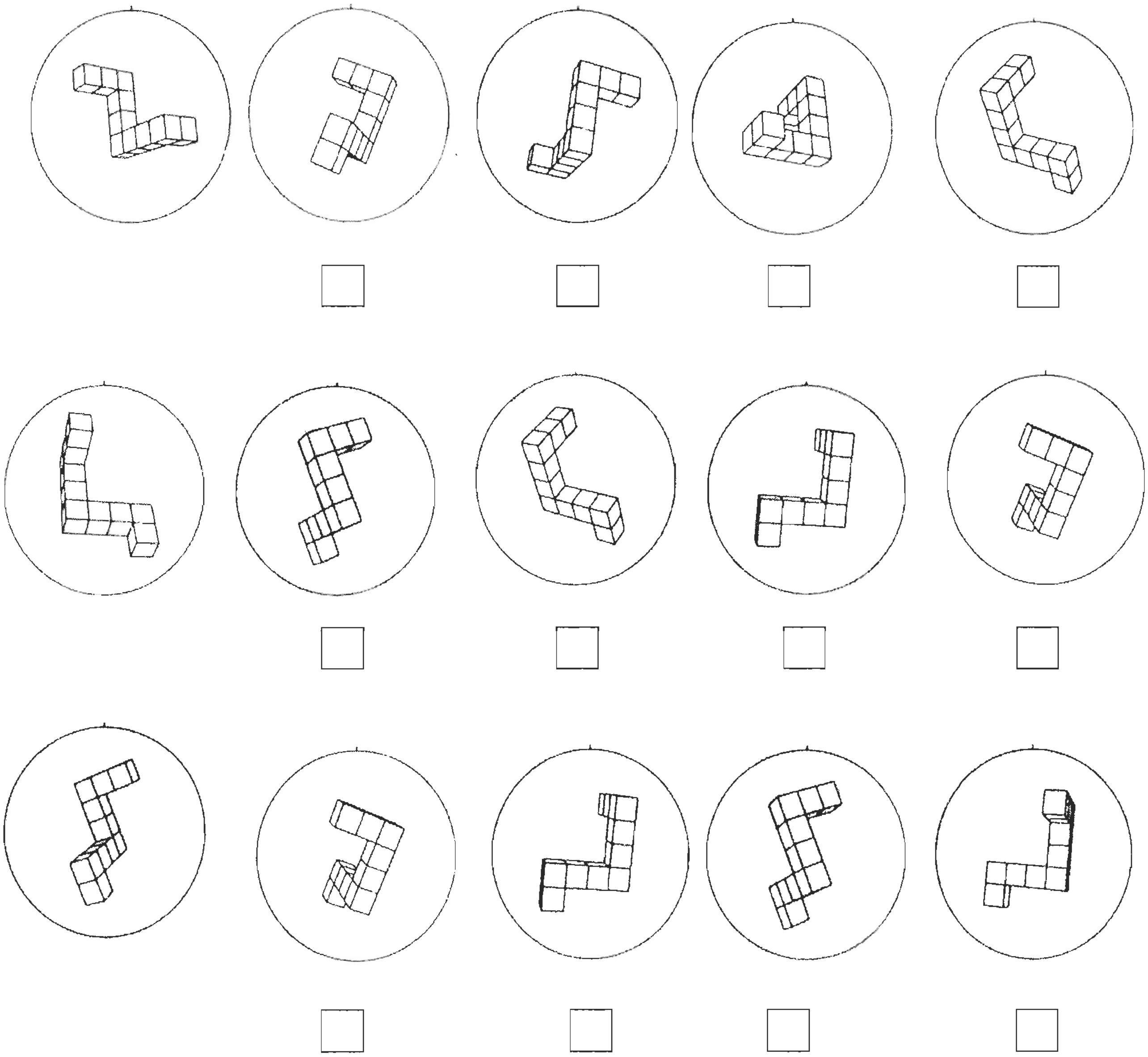
<u>Ne tournez pas cette page avant que l'on ne vous le demande</u>

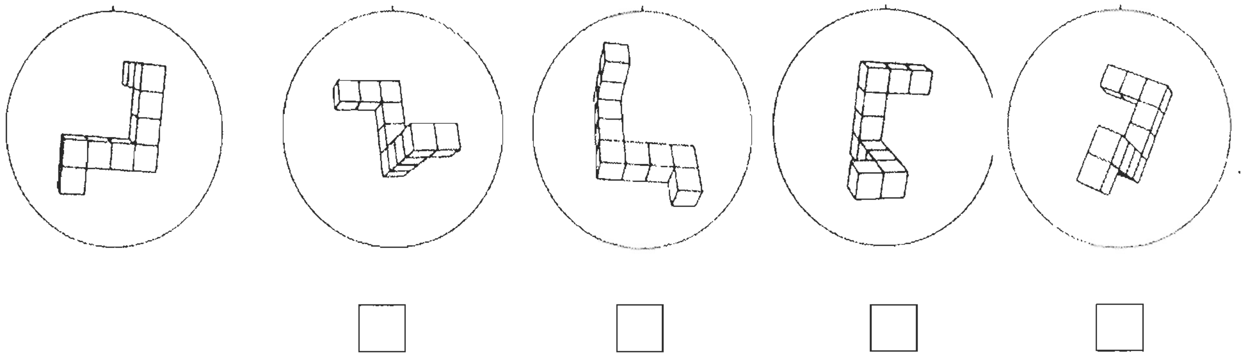
PARTIE 1

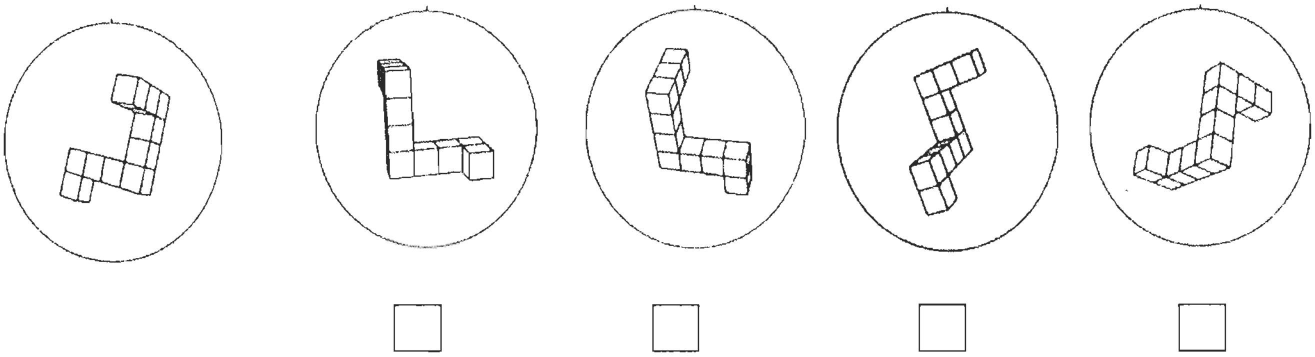


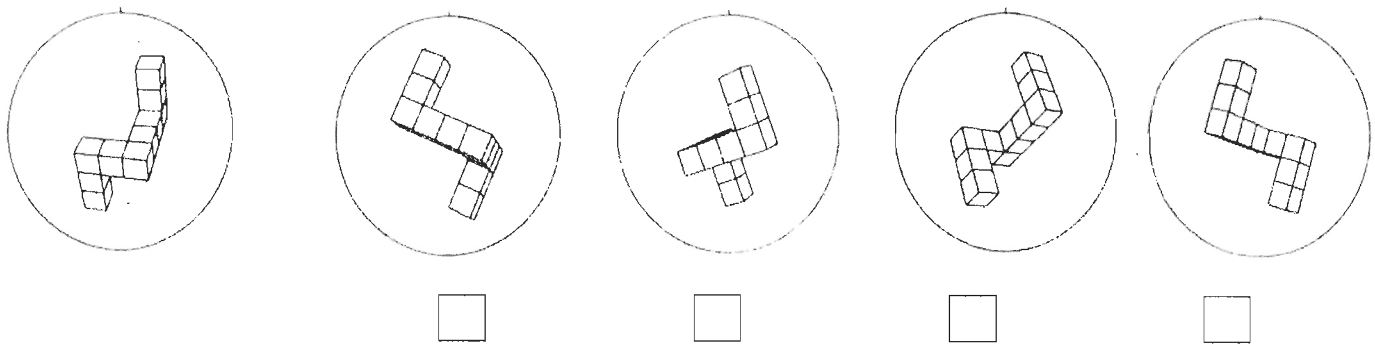


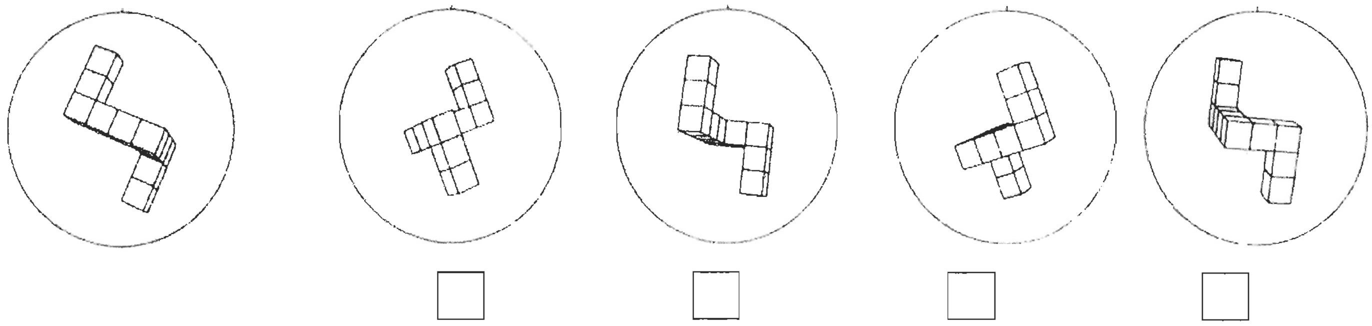








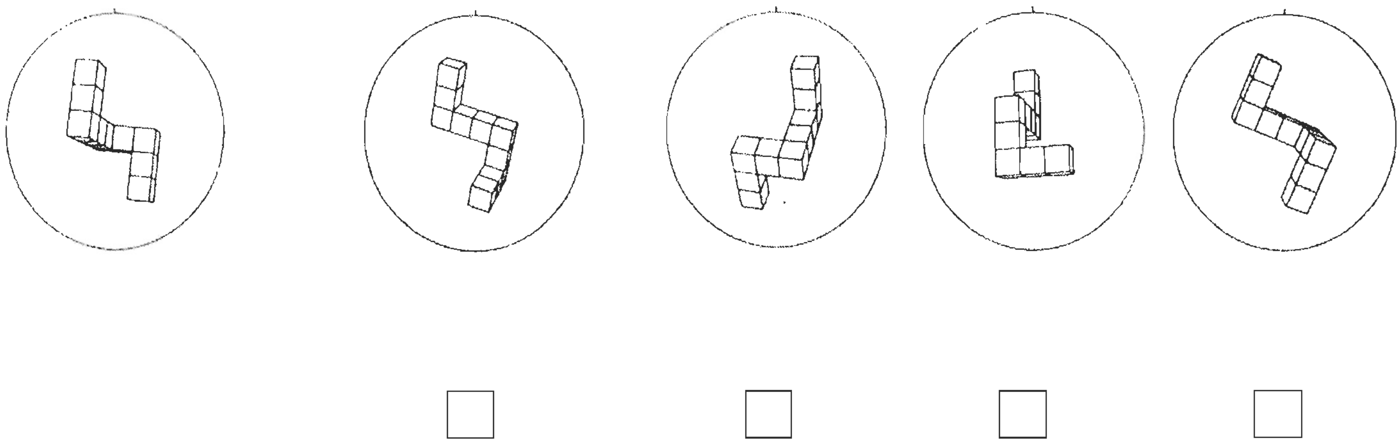


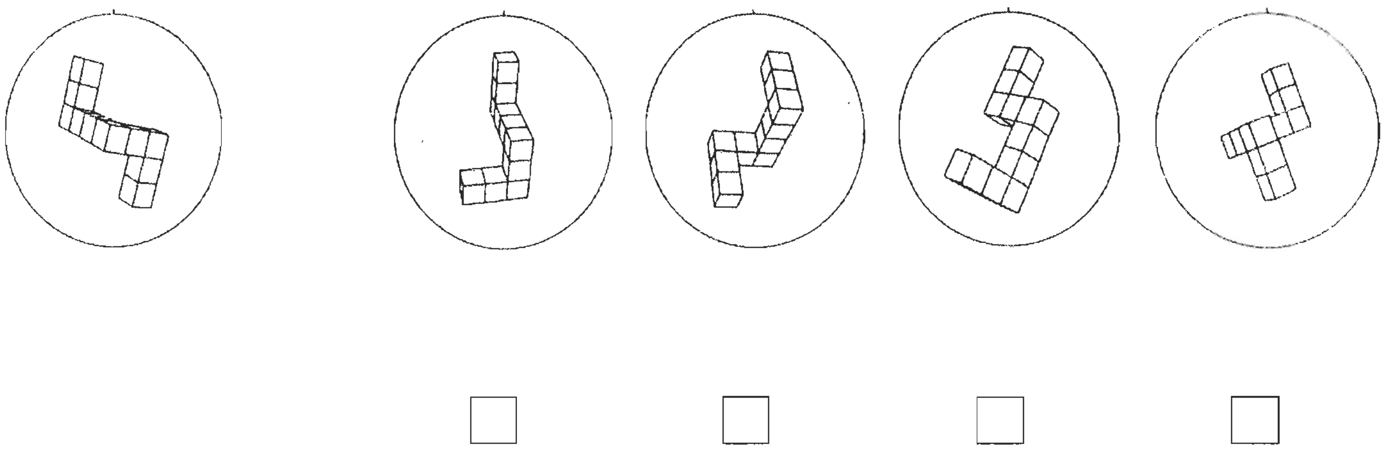


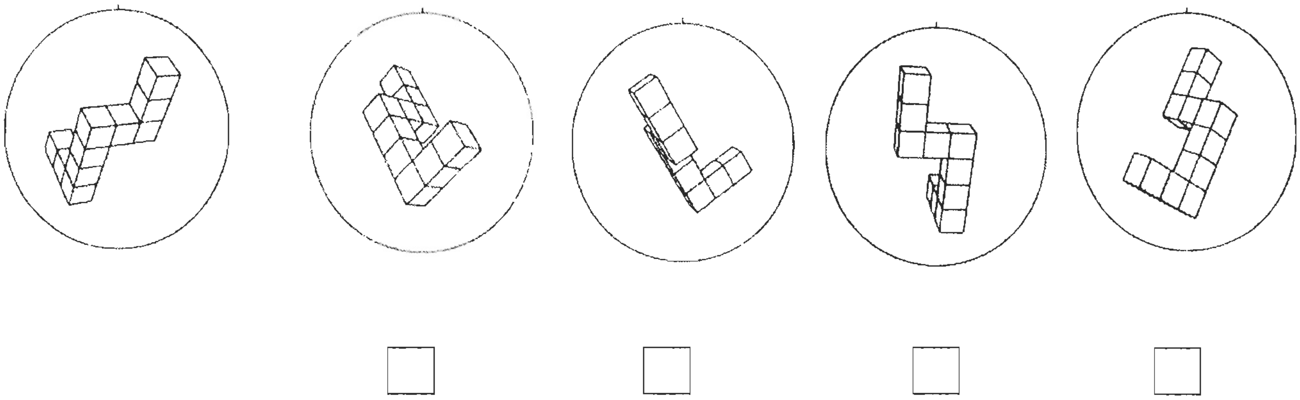
ARRÊTEZ

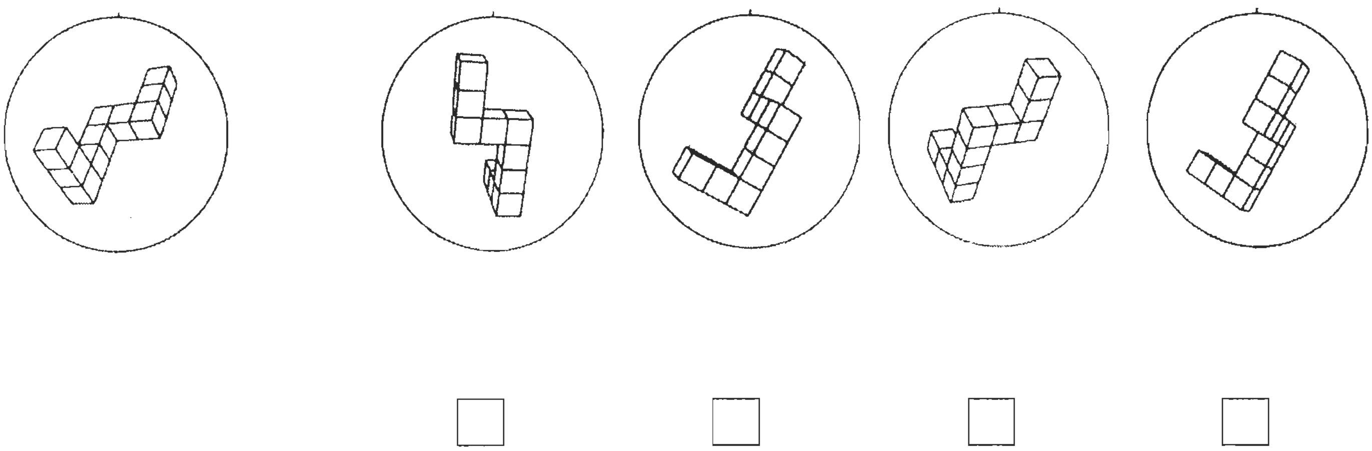
Ne tournez pas cette page avant que l'on ne vous le demande

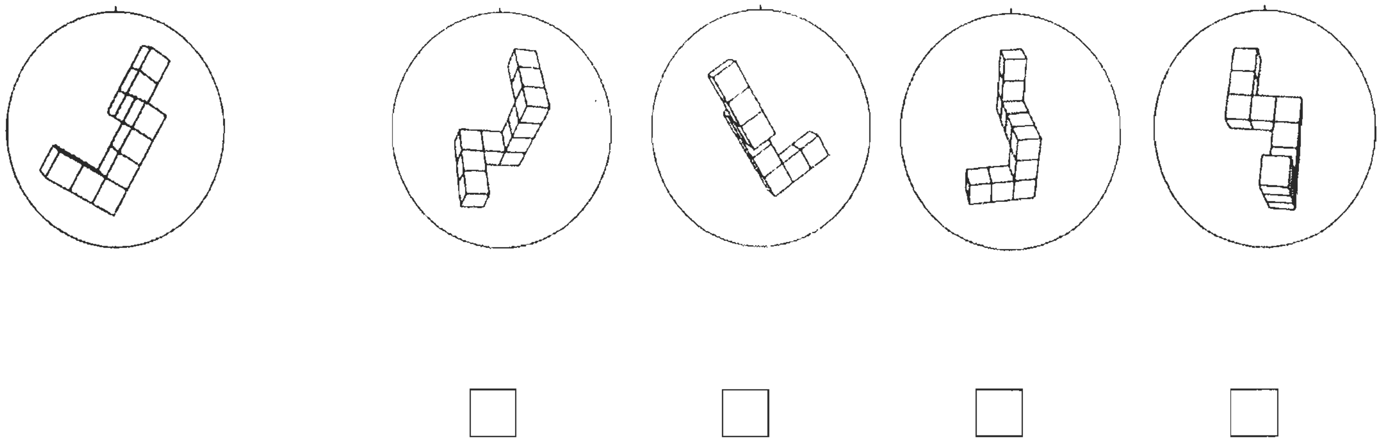
PARTIE 2

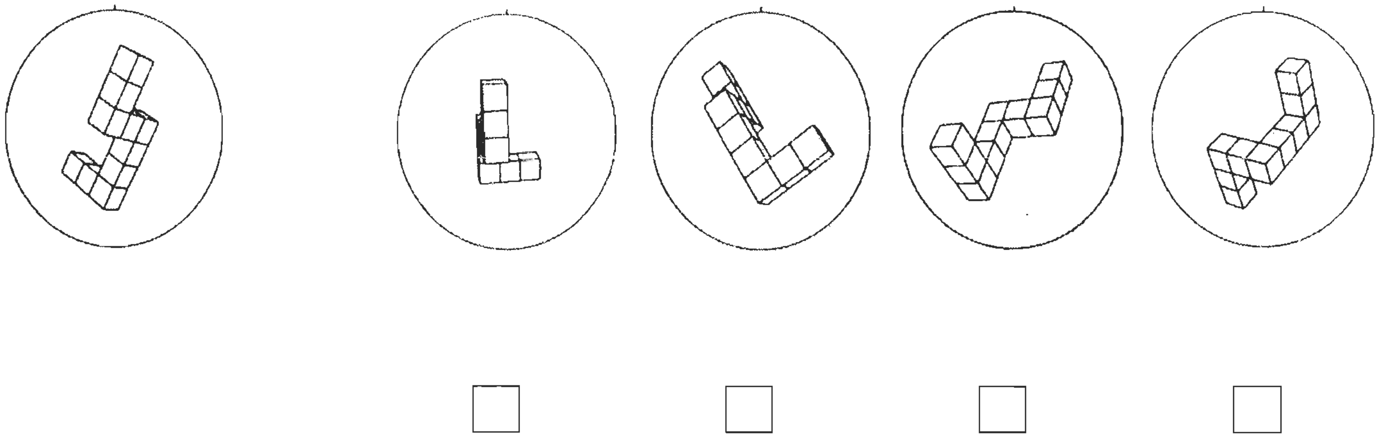


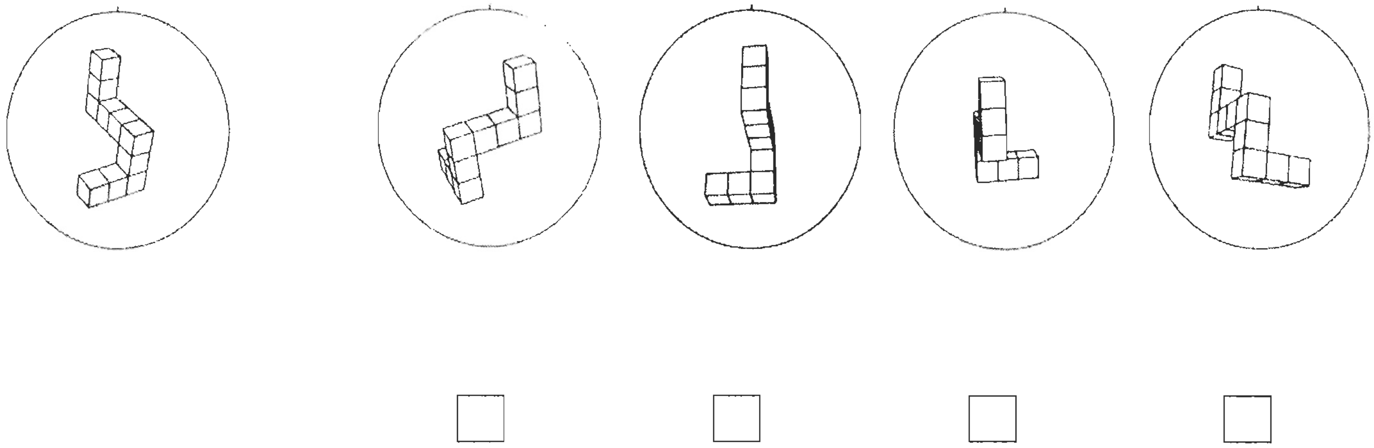


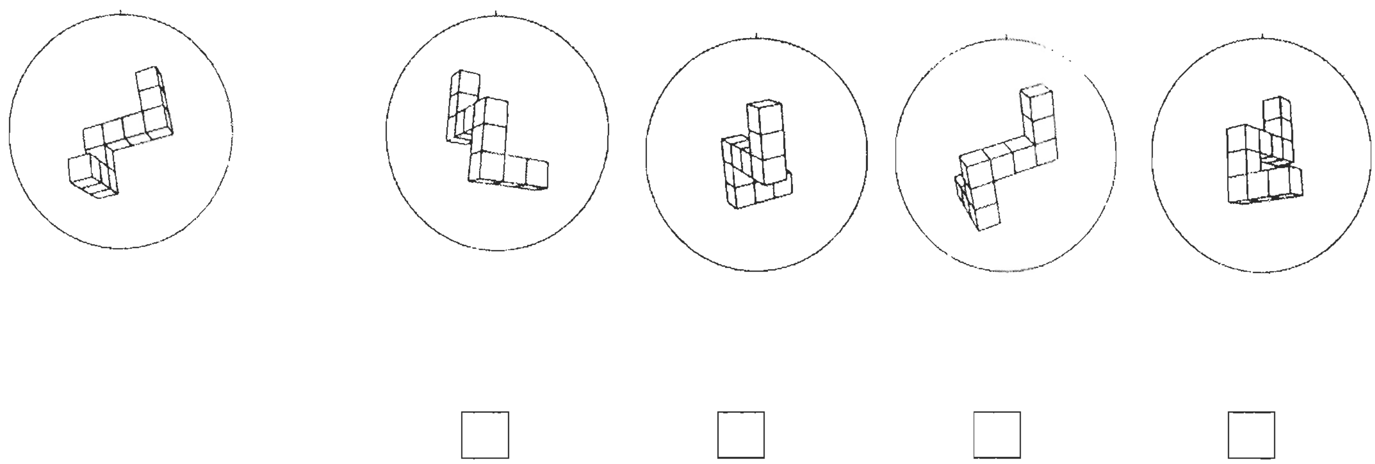












ANNEXE IV

CERTIFICAT D'ÉTHIQUE

UQAR
Université du Québec à Rimouski

CERTIFICAT D'ÉTHIQUE ÉTUDIANT

Titulaire (s) du projet :	Jim Cabot Thibault
Nom du programme :	Maîtrise en éducation
Nom du directeur :	Dominic Voyer
Titre du projet :	L'effet de la pratique du jeu d'échecs, via l'implantation d'un programme dans le cadre des cours de mathématiques, sur les habiletés visuo-spatiales d'élèves du premier cycle du secondaire
Organisme subventionnaire ou autre (s'il y a lieu) :	---
Titre du cours (s'il y a lieu) :	---

Le CÉR de l'Université du Québec à Rimouski certifie, conjointement avec le titulaire du certificat, que les êtres humains, sujets d'expérimentation, pour ce projet seront traités conformément aux principes **de l'Énoncé de politique des trois Conseils** : Éthique de la recherche avec des êtres humains ainsi que les normes et principes en vigueur de la Politique d'éthique avec les êtres humains de l'UQAR (C2-D32).

Réservé au CÉR

N° de certificat :	CÉR-62-329
Période de validité du certificat:	08 Décembre 2010 au 07 Décembre 2011

Bruno Leclerc

Bruno Leclerc, président du CÉR UQAR

Date de la réunion 08 décembre 2010