

Pour dépasser le technicisme de l'apprentissage de la translation:
Cabri-géomètre, un outil de soutien à la compréhension conceptuelle?

Annie Corriveau

Faculté d'éducation
Université de Sherbrooke
annie.z.corriveau@usherbrooke.ca

Résumé

Cet article présente les résultats d'une expérimentation didactique réalisée avec deux élèves du primaire (11-12 ans) dans une école du Québec au sujet de l'apprentissage de la translation avec le logiciel Cabri-géomètre. La séquence d'enseignement-apprentissage expérimentée a été conçue de façon analogue à la démarche d'enseignement-apprentissage proposée par Barth (2001) sur le processus de conceptualisation. Les stratégies des élèves en lien avec ce processus ont été analysées. La compréhension de ces élèves du concept de translation a été examinée avant et après la séquence d'enseignement-apprentissage en fonction du modèle de compréhension de schèmes conceptuels de Herscovics et Bergeron (1988). Les résultats indiquent que, suite à la séquence d'enseignement-apprentissage, la compréhension logico-mathématique du concept de translation a évolué chez ces élèves, alors que leur compréhension logico-physique de ce concept est demeurée inexacte. Par ailleurs, les résultats font état de procédures d'utilisations différentes du logiciel Cabri-géomètre. Elles ont possiblement influencé le processus de conceptualisation et, par conséquent, la compréhension des élèves.

Introduction

La plupart des systèmes éducatifs encouragent, dans l'enseignement et l'apprentissage, l'utilisation des technologies de l'information et de la communication (TIC) (OCDE, 2001). C'est le cas du système éducatif du Québec (Canada) qui en fait une compétence, soit *Exploiter les technologies de l'information et de la communication*, dans le nouveau Programme de formation de l'éducation préscolaire et de l'enseignement primaire (Gouvernement du Québec, 2001). Dans la section réservée au domaine de la mathématique plus précisément, il est spécifié que l'emploi des TIC est obligatoire. Cependant, le choix des outils technologiques et de la façon de les utiliser demeurent à la discrétion de l'enseignant.

Dans cet article, nous présentons les résultats d'une expérimentation didactique effectuée dans le cadre de notre recherche de maîtrise (Corriveau, 2007). Nous avons employé un logiciel de géométrie

dynamique, nommé *Cabri-géomètre*, pour l'apprentissage du concept de translation par deux élèves du primaire (11-12 ans). Deux aspects ont été analysés, le processus de conceptualisation au cours de la séquence d'enseignement-apprentissage et la compréhension des élèves après cette séquence. Notons que notre propos portera principalement sur ce deuxième aspect.

Problématique

Nous avons choisi d'étudier le champ de la géométrie car, selon notre lecture de la documentation scientifique, ce champ des mathématiques est souvent délaissé par rapport à d'autres, dont l'arithmétique. Par ailleurs, des problèmes d'enseignement et d'apprentissage sont associés à la géométrie. En effet, les élèves ont généralement de la difficulté à raisonner sur les figures géométriques, c'est-à-dire à relever les propriétés géométriques de ces figures pour les relier à des objets géométriques (Laborde & Capponi, 1994). De plus, les élèves développent fréquemment une compréhension limitée des concepts géométriques puisque les enseignants leur présentent habituellement un ensemble restreint d'exemples (Battista, 2001). À notre avis, cela met en exergue les liens entre certaines difficultés d'apprentissage et la façon avec laquelle les concepts géométriques sont enseignés. À cet égard, Perrin-Glorian (2003) souligne que l'enseignement de la géométrie repose pratiquement que sur l'utilisation technique des instruments de géométrie.

Face à ces problèmes, il paraît nécessaire de concevoir un dispositif d'enseignement-apprentissage susceptible d'aider les élèves à participer activement à leur processus de conceptualisation afin qu'en définitive, ils améliorent leur compréhension des concepts géométriques. Des recherches en didactique des mathématiques suggèrent, pour l'apprentissage de notions géométriques, l'utilisation de logiciels de géométrie dynamique (LGD), car ils permettent de raisonner sur les concepts géométriques (Assude & Gelis, 2002; Laborde, 2000; Laborde & Capponi, 1994). La notion de *géométrie dynamique* renvoie à deux phénomènes: la modification a posteriori d'une figure grâce au *drag mode* et le maintien des propriétés d'une construction géométrique dans le déplacement des objets de base qui ont servi à son élaboration (Laborde, 2000).

À partir de ces informations, notre postulat de base est que les LGD peuvent être utiles pour apprendre un nouveau concept géométrique, car le *drag mode* permet de modifier une figure géométrique. Cela favorise l'exploration d'un grand nombre d'exemples pour un concept donné. Par ailleurs, étant donné la nature dynamique des LGD, le concept de translation représente une notion intéressante avec laquelle travailler à l'aide de cet outil puisque ce dernier rend visuels les déplacements effectués. Cela aide à la découverte des propriétés relatives d'une figure initiale et de la figure image. S'appuyant sur ce postulat, nous visons à répondre à la question suivante: comment l'utilisation d'un logiciel de géométrie dynamique peut-elle soutenir le processus de conceptualisation et favoriser une meilleure compréhension du concept de translation chez des élèves du primaire ?

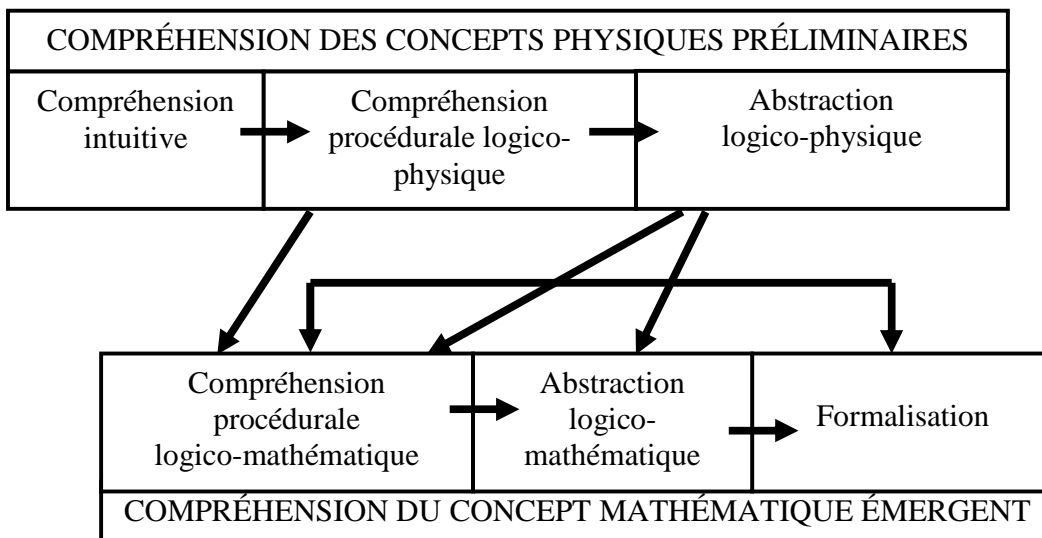
Cadre conceptuel

Le cadre conceptuel de cette recherche porte sur le processus de conceptualisation ainsi que sur la compréhension de schèmes conceptuels mathématiques. L'étude du processus de conceptualisation s'inspire des travaux de Barth (2001). Cette chercheuse propose une démarche d'enseignement-

apprentissage des concepts reposant essentiellement sur la présentation d'exemples et de contre-exemples choisis avec soin en fonction des attributs à faire ressortir¹. D'après Barth (2001), « Un concept réclame dans sa définition le choix d'un cas négatif, et en faisant explorer le "contraste" on aide l'apprenant à structurer les éléments qu'il rencontre » (p. 69-70). L'usage de contre-exemples aide donc l'élève à distinguer les attributs essentiels d'un concept de ceux qui ne le sont pas. Pour ce faire, il doit utiliser des stratégies mentales telles que la perception, la comparaison et l'inférence.

Pour analyser la compréhension des élèves, nous avons choisi le modèle de Herscovics et Bergeron (1988). Il vise à représenter différentes dimensions de la compréhension de schèmes conceptuels en mathématiques. Ce modèle, illustré par la figure 1, se divise en deux paliers de compréhension.

Figure 1 : *Modèle de compréhension de schèmes conceptuels proposé par Herscovics et Bergeron (1988)*



Note : Cette figure représente les composantes du modèle de compréhension choisi de même que la nature non linéaire du processus de compréhension.

Il illustre parfaitement toute la complexité du processus de construction d'un concept. Ce processus n'est assurément pas linéaire. En effet, un élève pourrait passer d'une compréhension procédurale logico-physique à une compréhension procédurale logico-mathématique sans avoir abstrait les éléments reliés au concept physique, c'est-à-dire au préconcept. En d'autres termes, un élève peut atteindre le deuxième palier sans avoir nécessairement acquis les trois composantes du premier. Il existe tout de même une forme de hiérarchie entre les deux premières composantes du premier palier puisque l'acquisition d'une compréhension procédurale logico-physique nécessite une compréhension intuitive du concept.

Le premier palier traite de la compréhension liée au préconcept et réfère à une réflexion sur des objets physiques:

1. *La compréhension intuitive* concerne la perception globale du concept. À ce niveau, un élève possède des représentations incomplètes de la translation. Il peut reconnaître des situations représentant ou ne représentant pas des mouvements de glissements parallèles.
2. *La compréhension procédurale logico-physique* a trait à l'acquisition de procédures qu'un élève utilise avec des objets physiques tout en reliant ces procédures à ses connaissances intuitives. En plus de reconnaître le mouvement associé à la translation, un élève est capable d'en effectuer une lui-même en complétant des procédures rudimentaires. Par exemple, il sera en mesure de déplacer un objet d'un point à un autre en exécutant un glissement parallèle sans le soulever, le rouler ou le tourner.
3. *L'abstraction logico-physique* se rapporte à la construction d'invariants relatifs à des transformations spatio-temporelles ainsi qu'à des généralisations sur des objets physiques. À ce niveau, un élève reconnaît que l'objet ne change ni de dimension ni d'orientation lors de sa translation.

Le second palier concerne la compréhension des concepts mathématiques émergents et traite donc d'entités mathématiques, c'est-à-dire d'abstractions:

1. *La compréhension procédurale logico-mathématique* réfère à l'acquisition de procédures explicites qu'un élève peut relier à des concepts physiques préliminaires et utiliser d'une façon adéquate. Un élève a la capacité d'effectuer une translation d'un objet ou d'une figure en fonction d'une direction, d'un sens et d'une longueur donnés, et ce, en utilisant une procédure et des outils appropriés.
2. *L'abstraction logico-mathématique* a trait à la construction d'invariants logico-mathématiques. Un élève peut les associer aux invariants logico-physiques et sait que l'objet ou la figure demeure constant durant le déplacement; autrement dit, ses mesures de longueur et d'angle, son parallélisme et son orientation sont conservés.
3. *La formalisation* renvoie à la symbolisation des notions pour lesquelles un degré de compréhension procédurale ou d'abstraction existe déjà. Un élève maîtrise la formalisation d'une translation lorsqu'il peut en identifier une et en spécifier le point de départ et celui d'arrivée de même que la distance, le sens et la direction du vecteur.

En fonction des choix théoriques, l'intention de cet article est de présenter l'évolution, suivant le modèle de compréhension de Herscovics et Bergeron (1988), de l'appropriation par les élèves du concept de translation suite à une séquence d'enseignement-apprentissage conçue d'après la démarche de Barth (2001). Cette démarche implique l'utilisation d'un LGD.

Méthodologie

Étant donné que la translation fait partie du programme de troisième cycle du primaire au Québec, deux élèves de la sixième année ont été choisis pour participer à cette recherche, nous les nommerons François et Jean². Mentionnons que le concept de translation ne leur avait jamais été enseigné, mais qu'ils connaissaient la réflexion. Afin de choisir le logiciel de géométrie dynamique, nous avons procédé à une évaluation critériée de quatre LGD (*Geometer's Sketchpad*, *Geogebra*, *Geonext* et *Cabri-géomètre*). Cette évaluation a permis d'établir que Cabri-géomètre semblait le plus approprié pour l'apprentissage des transformations géométriques par des élèves du primaire (Corriveau & Morelli,

2005). Dans le but de répondre à notre question de recherche, nous avons opté pour des méthodes de collecte de données permettant, d'une part, de situer l'évolution de la compréhension des élèves du concept de translation et, d'autre part, de décrire le processus de conceptualisation au cours de la séquence. Ainsi, les données ont été recueillies par la chercheuse, et ce, essentiellement au moyen d'une entrevue et d'une observation participante, laquelle a été filmée.

L'entrevue a servi à rassembler des informations sur la compréhension des élèves du concept de translation. Nous avons réalisé une entrevue pré et une entrevue post, lesquelles sont identiques à tous points de vue. Un délai d'environ deux semaines les séparait. La nature des entrevues effectuées s'apparente à la mini-entrevue conçue par Nantais (1992) pour apprécier la compréhension que possèdent des élèves d'un schème conceptuel. Ce type d'entrevue repose sur une combinaison tâche-dialogue entre l'interviewer et l'élève dans le cadre d'un travail précis sur une notion mathématique donnée. Questionner l'élève et observer ses activités favorisent la découverte de ses processus cognitifs et permettent de valider la concordance entre ses paroles et ses gestes. Les questions ont été élaborées à partir d'une analyse conceptuelle de la notion de translation. Elles ont été choisies de façon à cibler des éléments appartenant à chacune des composantes du modèle de Herscovics et Bergeron (1988), tel que l'illustre cet exemple relatif au deuxième palier: « Tu vois. Dans la première figure, j'ai un côté (AC) qui mesure 3 cm. Peux-tu me dire comment tu ferais pour trouver la mesure du côté (A'C') ? ». Par ailleurs, une des tâches proposées à l'élève consistait à effectuer des translations sur une feuille de papier avec des instruments de géométrie. En ce qui concerne le premier palier, une des tâches de l'élève était de réaliser la translation d'un cylindre et celle d'un prisme octogonal, alors qu'une des exigences, en cours d'activité, était de nommer parmi différentes illustrations celle ou celles qui représente(nt) un glissement parallèle. Bien que les questions étaient identiques pour les deux élèves, les entrevues se sont déroulées individuellement afin d'identifier le raisonnement propre à chacun.

L'observation participante a été employée pour décrire le processus de conceptualisation des élèves lors de l'apprentissage du concept de translation avec Cabri-géomètre. Par cette méthode, nous souhaitions comprendre les procédures utilisées par les élèves au cours de la séquence d'enseignement-apprentissage. Pour ce faire, une caméra vidéo a été utilisée pour filmer les actes des élèves en situation et leurs interactions avec la chercheuse. Puis, de façon à recueillir de l'information impossible à obtenir à l'aide d'images, soit des représentations mentales et des décisions en lien avec l'usage du logiciel, nous avons questionnés les deux élèves pendant le cours même de l'activité afin que leurs choix et motifs d'actions soient frais à leur mémoire.

L'expérimentation s'est déroulée en trois temps sur une période totale de trois semaines. La première semaine fut consacrée à la passation des entrevues pré. Chaque entrevue a duré approximativement 15 minutes. Elles ont permis de connaître, avant la séquence d'enseignement-apprentissage, le niveau de compréhension des élèves par rapport à la translation. La deuxième semaine fut dédiée à l'expérimentation de la séquence d'enseignement-apprentissage. Cette séquence se divisait en trois activités d'une vingtaine de minutes de familiarisation avec le logiciel et en deux périodes spécifiques d'environ 30 minutes à l'apprentissage de la translation. Enfin, la troisième semaine a correspondu à la réalisation de l'entrevue post permettant d'apprécier l'évolution de la compréhension des élèves suite à la séquence.

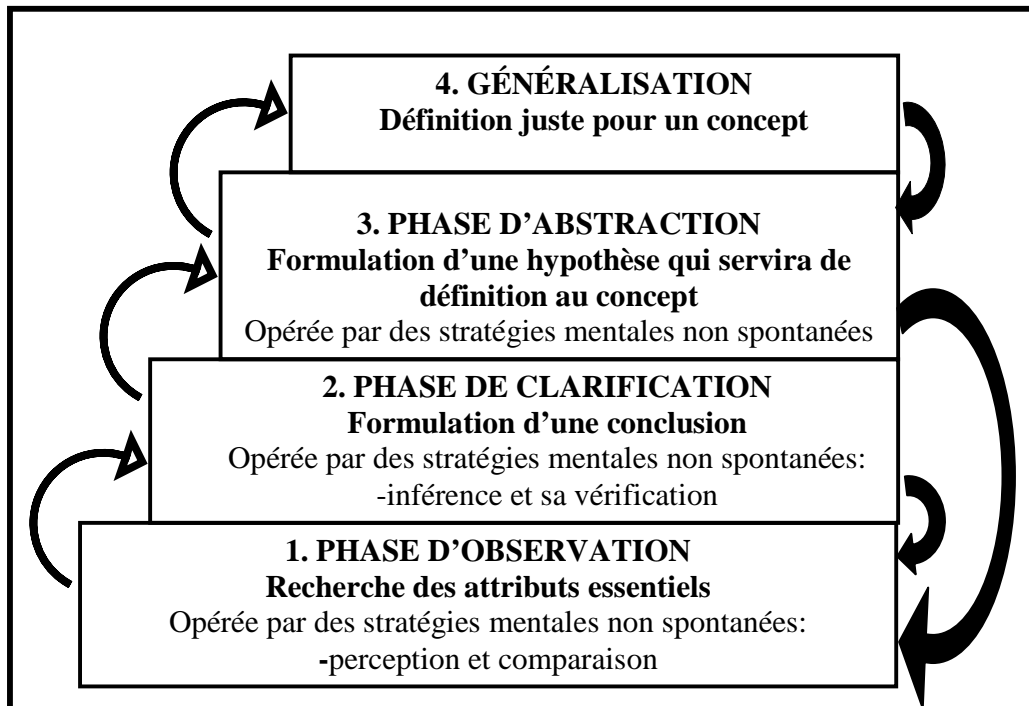
Les données des entrevues et des observations ont été transcrites sous forme de verbatims, qui comprenaient les paroles et la description des actions des élèves. Leur contenu a été analysé au moyen

d'une analyse de contenu (Bardin, 2003) grâce à un système catégoriel mixte, c'est-à-dire composé de catégories issues du cadre conceptuel et d'autres provenant de catégories résultant des données telles que l'aspect statique ou dynamique des stratégies mentales d'observation et de comparaison. À titre explicatif, l'analyse de la compréhension des élèves s'est effectuée au moyen d'un système catégoriel élaboré à partir du modèle de compréhension retenu. Ainsi, pour chacun des verbatim des entrevues pré et post, les unités de sens ont été codées, d'une part, selon la composante à laquelle elles réfèrent et, d'autre part, selon l'exactitude, au point de vue mathématique, du propos ou du geste.

Conception de la séquence d'enseignement-apprentissage

La séquence d'enseignement-apprentissage élaborée s'inspire de la démarche proposée par Barth (2001). Tout comme pour Barth, notre séquence repose sur un mode inductif. En effet, elle demande aux élèves de construire le sens du concept de translation à partir de la confrontation de plusieurs exemples et contre-exemples explorés. Cependant, contrairement à celle de Barth (2001), la séquence se déroule individuellement plutôt que collectivement. Pour illustrer la translation, nous avons choisi des exemples variés en fonction du type de figure et en fonction des informations données par le vecteur (sens, direction, distance). Pour chaque exemple, les élèves pouvaient manipuler, à l'aide du *drag mode*, la figure initiale et le vecteur afin de vérifier les invariants et de ressortir les attributs essentiels de la translation, notamment le rôle du vecteur. Dans le cas des contre-exemples, nous avons choisi d'illustrer d'autres transformations géométriques (rotations, réflexions) partageant des attributs essentiels avec la translation (caractère isométrique), mais s'en distinguant par le type de déplacement admis (retourner, tourner). Parmi les contre-exemples, il y avait également des cas d'homothétie et d'autres où ne figurait aucune transformation géométrique. La figure 2 illustre les stratégies mentales de chacune des phases de la séquence.

Figure 2: Phases d'acquisition d'un concept selon la démarche proposée par Barth (2001)



Notes: Cette figure sert à illustrer les différentes phases de la séquence d'enseignement-apprentissage.

Dans la première phase, les élèves doivent recourir aux stratégies mentales de la perception et de la comparaison. Ainsi, ils ont eu à observer et à comparer les exemples et contre-exemples tout en manipulant les éléments contenus dans ceux-ci pour faire ressortir les différences et les similitudes. Au cours de la deuxième phase, les élèves doivent inférer à partir de ce qu'ils croient être la liste des attributs essentiels permettant de définir une translation. Ils ont ensuite à vérifier leur inférence jusqu'à l'obtention d'une conclusion juste. Enfin, lors de la troisième phase, une fois l'inférence jugée adéquate, les élèves doivent s'assurer que la généralisation de leur liste d'attributs est applicable à de nouveaux exemples de translation. Pour ce faire, ils doivent émettre l'hypothèse que leur inférence peut servir à définir la translation et, ensuite, vérifier cette hypothèse à l'aide de nouveaux exemples de translation. Enfin, pour vérifier l'acquisition du concept en question, les élèves ont eu à trouver la façon de réaliser une translation avec Cabri-géomètre.

Résultats

Les résultats sont présentés de manière à faire ressortir des éléments de ressemblances et de distinctions entre les évolutions respectives de la compréhension des élèves relative au modèle de compréhension de schèmes conceptuels tel que conçu par Herscovics et Bergeron (1988). Cependant, pour tenter

d'expliquer la compréhension des élèves, nous exposons également certaines composantes du processus de conceptualisation, comme des stratégies mentales ou encore des procédures d'utilisation de l'outil.

Évolution de la compréhension

L'analyse des résultats de l'entrevue pré indique que les deux élèves avaient au départ une compréhension inexacte de la translation, et ce, tant sur le plan logico-physique que logico-mathématique. Par exemple, sur ce dernier plan, l'extrait suivant suggère que le terme translation ne signifie rien pour François: « Je ne comprends pas vraiment ce que tu veux dire par translation ». De plus, lorsqu'il essaie de réaliser une translation sur papier, il place la figure aléatoirement plutôt que de considérer les informations données par le vecteur. De son côté, Jean se demande également quoi faire lorsque nous lui demandons de réaliser une translation: « Il faut que je la reproduise? ». Sur le plan logico-physique, lorsque nous demandons à François de faire glisser parallèlement un cylindre, il le fait rouler quand le cylindre est sur sa face courbe et le tourne lorsque ce dernier est sur une face plane. Pour ce qui est de Jean, il ne comprend pas plus la signification de glissement parallèle. Il affirme qu'un objet qui tourne, tel qu'une grande roue, effectue un glissement. Selon lui, un objet doit glisser pour tourner.

Il semble que la séquence d'enseignement-apprentissage ait permis à François et à Jean de réaliser des apprentissages et de modifier leur compréhension dans le sens des objectifs de la séquence. Cependant, il est intéressant de relever que cette évolution concerne presque essentiellement le deuxième palier, soit la compréhension logico-mathématique. En effet, la compréhension logico-physique du concept de translation des deux élèves est demeurée inadéquate, soit les éléments reliés au préconcept. Par contre, ils ont atteint une bonne compréhension logico-mathématique, bien qu'elle soit différente d'un élève à l'autre. Ce dernier point constitue un autre aspect notable de l'étude. De façon à mieux saisir ces distinctions, nous avons tenté de relier ce constat aux stratégies mentales et aux procédures employées par les élèves lors de l'activité. Avant d'établir des liens entre la compréhension et le processus de conceptualisation, voyons quels furent les apprentissages spécifiques de ces deux élèves et quels furent les stratégies mentales et les procédures d'utilisation du logiciel qu'ils ont employées.

Les apprentissages réalisés par François

L'analyse des résultats de l'entrevue post en lien avec le modèle de compréhension de schèmes conceptuels, tel que défini par Herscovics et Bergeron (1988), indique qu'au niveau de la formalisation, François a acquis une bonne compréhension du rôle du vecteur dans une translation. Il est capable de soutenir que le vecteur indique la longueur et la direction de la translation³. Il est également capable d'en tenir compte lorsque vient le temps d'effectuer des translations sur papier avec les instruments de géométrie. Sur le plan de l'abstraction logico-mathématique, François a également développé une compréhension juste des abstractions relatives à la translation telles que la conservation des mesures de longueur et de celles d'angle, de même que la conservation de l'orientation de la figure lors du déplacement. Or, il est important de préciser qu'au début, il vérifiait tout de même avec sa règle la mesure d'un côté de la figure image. Cela l'assurait que la mesure était identique à celle du côté correspondant sur la figure initiale. Après cette vérification, François semblait, cependant, convaincu que les longueurs des côtés de la figure image étaient identiques à celles de la figure initiale. Sur le plan de la compréhension procédurale logico-mathématique, François est capable de réaliser des translations sur papier en respectant le sens et la longueur du vecteur. Par ailleurs, il est surprenant de constater qu'il utilisait, à l'occasion, une procédure lui permettant de conserver la direction du vecteur. En effet, quand

le vecteur était oblique, François plaçait la règle sur le vecteur et la faisait glisser en conservant l'orientation de celle-ci. Cependant, cette procédure rudimentaire est imprécise puisque l'équerre n'est pas utilisée et que la règle bouge lors du glissement.

Pour ce qui est de la compréhension logico-physique, bien qu'elle demeure inexacte, certains éléments semblent pertinents à souligner. D'abord, pour évaluer l'abstraction logico-physique et la compréhension procédurale logico-physique, une des tâches demandées dans l'entrevue était d'effectuer une translation d'un cylindre et d'un prisme octogonal sur la face desquels un triangle est collé de façon à observer la conservation de l'orientation du solide. Peu importe le solide, plutôt que d'exécuter un glissement parallèle, François soulevait l'objet et le redéposait au point d'arrivée sans en changer l'orientation. Étant questionné sur sa procédure, François a répondu: « Parce que, si je l'avais... bien il faut que ça arrive pareil [selon la même orientation]. Si je l'avais [fait] rouler, il aurait pu ne pas arriver de la bonne façon ». Bref, c'est le résultat final de la translation qui importait. Cet aspect paraît également au niveau de la compréhension intuitive, lorsque François devait identifier des situations concrètes représentant une translation. Il expliquait, alors, qu'une grande roue peut effectuer une translation si les bancs reviennent à leur position de départ lorsqu'elle a terminé de tourner.

Concernant les stratégies mentales et les procédures d'utilisation de Cabri-géomètre, mentionnons que nos analyses ont permis de relever, à l'instar de Hölz (1996) qui a étudié les effets du *drag mode* sur l'apprentissage de la géométrie, deux types d'activités de perception et de comparaison des exemples et des contre-exemples. Ces activités sont soit statiques ou dynamiques. La première a trait à la perception ou la comparaison qui se s'effectue en observant seulement les exemples ou les contre-exemples sur les feuilles ou à l'écran de l'ordinateur. La deuxième correspond à l'observation de ce qui se produit lors de la manipulation dynamique des exemples ou des contre-exemples à l'ordinateur. À partir de ces précisions, nous pouvons identifier une particularité. Elle concerne les manipulations de François avec le logiciel Cabri-géomètre. Cette particularité souligne que ses activités de perception et de comparaison portaient principalement sur les exemples. En effet, il attachait peu d'importance aux contre-exemples en justifiant que c'est dans les exemples qu'il peut découvrir les caractéristiques essentielles de la translation. Ensuite, lors de ces mêmes activités, François fonctionnait davantage de façon dynamique. En effet, grâce au *drag mode*, il passait beaucoup de temps à déplacer les divers éléments présentés à l'écran, en particulier le vecteur.

Les apprentissages réalisés par Jean

Tout comme François, Jean a réalisé des progrès considérables sur le plan de sa compréhension logico-mathématique du concept de translation. Concernant la formalisation, Jean a une bonne idée du rôle du vecteur. Par contre, sa compréhension semble moins claire que celle de François, car il mentionnait que le vecteur sert à indiquer où doit aller la figure sans, toutefois, indiquer précisément que le vecteur sert à indiquer la distance et le sens. La compréhension de Jean semble avoir évolué davantage sur le plan de l'abstraction logico-mathématique. En effet, il a bien saisi qu'une figure conserve, lors de la translation, son orientation ainsi que ses mesures de longueur et d'angle. D'ailleurs, nous l'avons questionné sur sa capacité à trouver la mesure d'un côté de la figure image pour lequel la mesure du côté correspondant sur la figure initiale est indiquée. Il a répondu: « Bien, c'est la même mesure que l'autre [la figure initiale] parce que c'est une translation ». Au sujet, cette fois, de la compréhension procédurale logico-mathématique, les résultats dénotent que Jean est capable de réaliser des translations sur papier en respectant les informations données par le vecteur et en s'assurant que la figure image est identique à la

figure initiale. Concernant la compréhension logico-physique, Jean a effectué une translation similaire à celle de François. Il a soulevé le solide et l'a redéposé au point d'arrivée. Cette méthode illustre une compréhension procédurale logico-physique inexacte. La compréhension de Jean reliée à l'abstraction logico-physique semble, par ailleurs, similaire à celle de François, car, tout comme lui, il semblait ne se préoccuper que du résultat final de la translation et non de ce qui se passait pendant le déplacement. Effectivement, il a expliqué que, préférablement, un déplacement ne peut se faire par roulement, car, en pareil cas, il est incertain que l'objet conserve la même orientation qu'au départ. Par contre, Jean croyait qu'un déplacement par roulement pouvait être associé à la translation si l'objet est ramené à son orientation initiale.

Enfin, d'après notre interprétation des explications de Jean à propos d'un glissement parallèle, nous pouvons dire que sa compréhension intuitive est demeurée inexacte. En effet, pour Jean, il fallait qu'un objet glisse aisément, c'est-à-dire qu'il n'y ait pas de frottement pour pouvoir tourner. Ainsi, d'après lui, un objet qui tourne en est un qui glisse au départ et, par conséquent, cet objet effectue un glissement parallèle, soit une translation. Au sujet des procédures et des stratégies que Jean a utilisées pendant la séquence d'enseignement-apprentissage, soulignons que, contrairement à François, Jean a peu utilisé le dynamisme offert par Cabri-géomètre, car ses activités de perception et de comparaison étaient principalement réalisées de façon statique. Par ailleurs, durant cette première phase de la séquence, Jean observait et comparait autant les exemples que les contre-exemples.

Discussion

Tout comme Gomes et Vergnaud (2004), qui ont aussi analysé la conceptualisation lors de l'emploi d'un LGD, nous pouvons supposer que l'utilisation différenciée de Cabri-géomètre par les deux élèves de notre étude, l'un exploitant davantage son potentiel dynamique que l'autre, explique leur compréhension différente du concept de translation. En effet, les nombreuses manipulations dynamiques qu'a effectuées François avec le *drag mode*, en particulier celles reliées au vecteur, ont pu lui permettre de vérifier le rôle du vecteur dans la translation. De son côté, Jean a plutôt porté son attention sur l'observation des propriétés des figures lors de la translation. En effet, ses activités de perception et de comparaison étaient principalement statiques et n'exploitaient donc pas les possibilités offertes par Cabri. Ces résultats concordent avec ceux des travaux de Rabardel (2000) et de Trouche (2005) qui montrent que les outils ne sont pas neutres, mais qu'ils constituent une forme de médiation instrumentale puisqu'ils influencent le processus de conceptualisation. Lors de l'utilisation d'un outil quelconque pour l'apprentissage, les élèves, au cours de ce que Rabardel (2000) nomme la *genèse instrumentale*, développent des instruments différents, soit des façons différentes de travailler à partir d'un même outil. L'usage d'un outil est donc personnalisé par les élèves qui font de l'outil leur propre instrument de travail.

Par ailleurs, la compréhension logico-physique demeurée inexacte chez les deux élèves au sujet de la translation résulte probablement de l'environnement informatique. À l'origine, nous pensions que la mise en place d'un environnement d'apprentissage dynamique, tel que celui disponible par le logiciel Cabri-géomètre, permettrait de faire ressortir davantage le déplacement associé à la translation. Or, les résultats suggèrent plutôt que les possibilités offertes par Cabri ont pu induire les élèves en erreur. Effectivement, François, à un moment donné, a déplacé le vecteur très rapidement en le faisant tourner.

Puisque le logiciel actualisait automatiquement les données de la translation, François a pu associer le mouvement de la translation à celui de la rotation. Par ailleurs, lors de la phase finale de la séquence d'enseignement-apprentissage, les élèves devaient faire eux-mêmes une translation avec Cabri. La façon dont elle s'exécute peut les avoir conduits à ne porter leur attention qu'au résultat final. En effet, effectuer une translation avec Cabri-géomètre nécessite de sélectionner la figure initiale et de cliquer sur le vecteur. De cette manière, la figure image « apparaît » au bon endroit. Si l'élève ne manipule pas le vecteur par la suite, il ne peut être conscient du type de déplacement effectué lors de la translation. Donc, d'un point de vue éducatif, l'usage didactique d'un outil doit idéalement reposer sur la prise en compte de ses contraintes et de ses potentialités. Cela suppose également l'anticipation et la gestion de la genèse instrumentale (Rabardel, 2000). Autrement dit, il revient à l'enseignant de prévoir et de gérer les différents schèmes d'utilisation possibles des élèves en lien avec les contraintes et les possibilités propres à un outil.

Conclusion

Un des résultats les plus intéressants à considérer d'un point de vue pratique se révèle être la capacité qu'ont eue les deux élèves à réaliser des translations sur papier avec les instruments traditionnels de géométrie, alors qu'ils travaillaient dans un environnement informatique. Ainsi, les enseignants et les enseignantes des milieux scolaires peuvent en retirer que les apprentissages d'ordre technique, tels que le maniement des outils, sont secondaires par rapport à la compréhension d'ordre conceptuelle. En effet, lorsque les élèves comprennent les propriétés d'une translation, ils semblent trouver des façons de procéder pour arriver à respecter ces dernières. Ces résultats questionnent aussi le choix d'un environnement d'apprentissage informatisé en mathématiques et le rôle des enseignants et enseignantes dans un tel environnement. Tel que le soulignent Sutherland et Balacheff (1999), des micro-mondes différents contribuent à la construction de significations distinctes. Ainsi, nous sommes d'avis que l'utilisation de Cabri-géomètre ou de tout autre outil informatisé doit être en complémentarité avec un environnement traditionnel (papier-crayon) puisque, comme nous l'avons vu dans cette étude, l'emploi de Cabri-géomètre n'a pas occasionné un travail sur le plan logico-physique. Par ailleurs, il paraît nécessaire que l'apprentissage soit encadré par l'enseignant, car, comme l'ont souligné Sinclair de même que Healy et Hoyles (2001), les stratégies liées au *drag mode* ne sont pas d'emblée utilisées par les élèves. L'analyse des pratiques d'enseignants et d'enseignantes mettant en place un environnement informatisé en mathématiques est une piste pertinente à suivre pour la poursuite de nos travaux.

Références

- Assude, T. & Gelis, J.-M. (2002). La dialectique ancien-nouveau dans l'intégration de Cabri-géomètre à l'école primaire. *Educational Studies in Mathematics*, 50, 259-287.
- Bardin, L. (2003). *L'analyse de contenu* (1^{re} édition 1977). Paris: Presses Universitaires de France.
- Barth, B.-M. (2001). *L'apprentissage de l'abstraction* (1^{re} édition 1987). Paris: Éditions Retz.
- Battista, M. T. (2001). A Research-Based Perspective on Teaching School Geometry. In J. Brophy (Ed.), *Subject-Specific Instructional Methods and Activities: Advances in Research on teaching*, 8 (pp.145-185). Amsterdam: Jai Press/Elsevier Science.
- Corriveau, A. & Morelli, C. (2005). Les transformations géométriques à l'ère des TIC. *Vivre le primaire*, 19(1), 35-37.
- Corriveau, A. (2007). *Étude de l'utilisation d'un logiciel de géométrie dynamique comme soutien au processus de conceptualisation et de compréhension du concept de translation chez des élèves du troisième cycle du primaire*. Mémoire de maîtrise non publié, Université de Sherbrooke, Québec.
- Gomes, A. & Vergnaud, G. (2004). On the Learning of Geometric Concepts Using Dynamic Geometry Software. *Novas tecnologias na educação*, 2(1), 1-20.
- Gouvernement du Québec. (2001). *Programme de formation de l'école québécoise. Éducation préscolaire. Enseignement primaire*. Québec: ministère de l'Éducation, No 01-00374.
- Healy, L. et Hoyles, C. (2001). Software Tools Geometrical Problem Solving: Potentials and Pitfalls. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 6, 235-256.
- Herscovics, N. & Bergeron, J. C. (1988). An Extended Model of Understanding. In M. J. Behr, C. B. Lacampagne & M. M. Wheeler (Eds.), *Actes de la 10^e rencontre annuelle du North American Chapter of the International Group of the Psychology of Mathematics Education* (pp. 15-22). Dekalb, Il: PME.
- Hölzl, R. (1996). How does "dragging" affect the learning of geometry? *International Journal of Computers for Mathematics Learning*, 1(2), 169-187.
- Laborde, C. & Capponi, B. (1994). Cabri-géomètre constituant d'un milieu pour l'apprentissage de la notion de figure géométrique. *Recherches en didactique des mathématiques*, 14(1-2), 165-210.
- Laborde, C. (2000). Dynamic Geometry Environments as a Source of Rich Learning Contexts for the Complex Activity of Proving. *Educational Studies in Mathematics*, 44(1-2), 151-161.
- Nantais, N. (1992). *La mini-entrevue: Un nouvel outil d'évaluation de la compréhension mathématique au primaire*. Thèse de doctorat non publiée, Université de Montréal, Montréal.
- Organisation de Coopération et de Développement Économiques (OCDE). (2001). *L'école de demain. Les nouvelles technologies à l'école: apprendre à changer*. Paris: Centre pour la recherche et l'innovation dans l'enseignement (CERI).
- Perrin-Glorian, M.-J. (2003). Studying Geometric Figures at Primary School From Surfaces to Points. In M. A. Mariotti (Ed.), *Actes de la 3^e conférence de l'European Society for Research in Mathematics Education* (pp. 1-10). Bellaria, It: CERME.
- Rabardel, P. (2000). Éléments pour une approche instrumentale en didactique des mathématiques. In M. Bailleul (dir.), *Les Instruments dans la Pratique et l'Enseignement des Mathématiques*. Actes de l'école d'été de didactique des mathématiques (pp. 203-213). Caen, Fr: IUFM de Caen.
- Sinclair, M. P. (2003). Some Implications of the Results of a Case Study for the Design of Pre-Constructed, Dynamic Geometry Sketches and Accompanying Materials. *Educational Studies in Mathematics*, 52, 289-317.

- Sutherland, R. & Balacheff, N. (1999). Didactical Complexity of Computational Environments for the Learning of Mathematics. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 4, 1-26.
- Trouche, L. (2005). Construction et conduite des instruments dans les apprentissages mathématiques: nécessité des orchestrations. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 25(1), 91-138.

Notes

- ¹ La conceptualisation ne peut pas toujours reposer sur la présentation d'exemples et de contre-exemples. Dans le cadre de cette recherche, nous avons fait ce choix théorique puisque la démarche proposée par Barth (2001) convient adéquatement à l'apprentissage de la translation.
- ² Ces deux élèves proviennent d'une école de la Commission scolaire des Appalaches.
- ³ Dans cette recherche, nous ne distinguons pas la direction du sens du vecteur, car, bien que ces deux termes soient utilisés par les élèves, ces derniers les emploient de manières indifférenciées.