

Instruments de collecte et outils d'analyse qualitatifs : un défi pour évaluer la capacité à transférer

Ghislain Samson, Ph.D.

Université de Sherbrooke

Rodolphe Toussaint, Ph.D.

Université du Québec à Trois-Rivières

Richard Pallascio, Ph.D.

Université du Québec à Montréal

Résumé

Les outils permettant de mieux comprendre le transfert des connaissances et la capacité à transférer, particulièrement dans un contexte de mathématiques et de sciences sont rares, voire non disponibles. Devant cet état de fait, nous avons élaboré nos propres instruments nous inspirant de travaux en psychologie cognitive. La perspective du traitement de l'information a servi de cadre de référence pour juger et analyser les capacités de transfert auprès d'élèves de 4^e secondaire. La méthode de recherche choisie, de nature qualitative, est principalement axée sur l'évaluation de la capacité à transférer des connaissances lors d'une épreuve et d'un entretien. Afin d'évaluer ce potentiel de transfert, nous avons élaboré deux outils : une épreuve mathématico-scientifique et un guide d'entretien. Pour la passation de l'épreuve, nous avons pu compter sur la collaboration de 130 sujets provenant de deux écoles secondaires. L'entretien complète la prise de données avec 13 sujets ayant accepté la poursuite de l'étude. Les données recueillies par ces instruments font ensuite l'objet d'une analyse de contenu et d'une correction qualitative des problèmes. La correction des réponses fournies pour les problèmes résolus s'est faite à partir d'une grille d'analyse qualitative et adaptée de la littérature.

Mots-clés de l'article :

MÉTHODOLOGIE QUALITATIVE, ENTRETIEN, ÉPREUVE, DIDACTIQUE, ENSEIGNEMENT, APPRENTISSAGE, TRANSFERT

1.0 Introduction

Au Québec, les recherches ainsi que les nombreuses publications relevant de pratiques pédagogiques mettant en relief l'importance du transfert, ne font malheureusement pas ou peu mention des caractéristiques individuelles nécessaires à son élaboration (Brouillette, 2002; Forcier & Goulet, 1996; Laliberté, 1995a; Moffet, 1995; Morissette, 2002; Tardif, 1999; Tardif & Presseau, 1998). De plus, la documentation existante nous fait observer un intérêt marqué pour la recherche dans le champ de la psychologie (Bastien, 1987; 1997; Cauzinille-Marmèche & Weil-Barais, 1989; Cauzinille-Marmèche, 1991; Ghiglione & Richard, 1995; Richard, Bonnet & Ghiglione, 1990; Richard, 1994) et peu dans celui de la didactique.

L'étude qui suit porte sur le processus d'apprentissage et plus spécifiquement sur les difficultés individuelles à transférer des connaissances mathématiques dans le domaine des sciences au secondaire. Ce questionnement à l'égard du transfert est pleinement justifié considérant l'évolution accélérée des connaissances et la nécessité pour l'individu de s'adapter constamment dans la nouvelle société du savoir; aussi lui faut-il, par conséquent, développer des capacités à transférer. Dans ce contexte, nous présentons les différents instruments élaborés en posant un regard critique sur les choix retenus et les défis ayant servi de balises tout au long de l'étude.

2.0 Problématique

La recherche de type exploratoire a été conduite sur le transfert de connaissances dans une démarche de résolution de problèmes (RDP) mathématico-scientifiques. L'idée de cette étude émane de préoccupations professionnelles dans l'enseignement des sciences au secondaire. Ainsi, il a été possible de constater que certains élèves avaient de la difficulté à réutiliser, à l'intérieur d'une même discipline ou dans une discipline connexe, des connaissances acquises auparavant.

Le transfert des apprentissages est situé à l'intersection des courants empiristes, rationalistes et interactionnistes, chacun d'eux proposant une conception de l'apprentissage et du transfert qui lui est spécifique (Marini et Généreux, 1995; Frenay, 2004).

Généralement, les orientations méthodologiques d'une étude dépendent du cadre théorique, de la nature des données à recueillir et des buts à atteindre. L'absence d'outils pertinents à notre recherche nous a amené à nous inspirer de la psychologie cognitive et de la didactique pour élaborer nos propres instruments de mesure, espérant de cette façon en tirer des conclusions quant aux caractéristiques individuelles en matière de transfert.

Pour bien comprendre le processus de transfert chez les sujets lors de la résolution de problèmes, nous avons eu recours à une épreuve écrite et à un entretien. Dans une telle recherche, il s'agit de saisir les différentes composantes influençant ou non l'amorce du processus. Notre intention de départ était de recourir à l'épreuve pour

récolter les données de base et faciliter la sélection des sujets pour l'entretien. L'épreuve écrite offre l'avantage de fournir des renseignements sur un grand nombre de sujets, mais ces informations doivent être complétées par des données que l'on obtient au moyen de techniques particulières de collecte comme l'entretien semi-directif. Ces données complémentaires s'avèrent nécessaires pour approfondir, raffiner et confirmer les raisonnements mis en évidence à partir du premier outil.

2.1 Postulat de recherche

Nous posons comme prémisses qu'il existe des différences perceptibles et vérifiables entre les élèves d'un même niveau scolaire quant à leur capacité à effectuer du transfert lors de situations de résolution de problèmes. Nous proposons aussi que le processus menant à un transfert s'effectue à des degrés différents et qu'il pourrait être davantage utilisé par certains élèves que par d'autres. Ces transferts devraient, en principe se manifester plus facilement entre des situations isomorphes, c'est-à-dire lorsque deux problèmes sont semblables, d'un problème source (épreuve) vers un problème cible (entretien). Car pour nous, le transfert vise à mobiliser les acquis antérieurs (à partir de trois types de connaissance) provenant des mathématiques et à les réutiliser de façon fonctionnelle et judicieuse dans un problème en sciences (Samson, 2004).

L'isomorphisme entre deux problèmes ne garantit pas toutefois qu'ils sont d'égale difficulté pour des sujets humains (Simon, 1979, cité dans Bastien, 1987). Les éléments de surface sont importants et influencent la capacité à établir un lien. Quand le sujet peut reconnaître la structure du second problème, le transfert devient « presque » automatique. Pour plusieurs, la difficulté se situerait au niveau des éléments de surface, l'habillage du problème ; les élèves jugés faibles se laissent confondre davantage par cet habillage, ce qui nuit à l'établissement d'un lien, peut-être même à la résolution du problème.

Partant du principe qu'il existe des catégories (Toupin, 1995) ou des niveaux de transfert tels que définis par Fogarty en 1987 et en 1992 (voir Lazear, 1994), les études, recensées ici, ont donc servi à établir les balises du projet et à définir des indicateurs potentiels. Les nombreuses recherches publiées sur la novicité et l'expertise ont également contribué au choix des indicateurs pour nos instruments de mesure. Dans cet article, nous ne développerons pas sur ces différentes catégories de transfert; notre intérêt n'étant pas ici de classifier les problèmes proposés aux sujets ou les réponses obtenues en terme de catégories ou de niveaux.

Un indicateur se définit comme un élément significatif, repérable dans un ensemble de données et permettant d'évaluer une situation, un processus, un produit. Il se manifeste par des signes observables et mesurables dans les faits, par une dimension d'un concept (Lamoureux, 1995; Peretti *et al.*, 1998). Il nous est possible de vérifier la présence de ces manifestations à partir d'une démarche de résolution de problèmes mathématico-scientifiques.

Les indicateurs retenus sont:

- 1) l'isomorphisme : la similitude de surface et de structure;
- 2) les connaissances antérieures ou bases de connaissance;
- 3) l'organisation des connaissances;
- 4) le contexte du problème.

Afin d'obtenir des données sur chaque indicateur, l'épreuve a été construite de telle sorte à amener l'élève à réutiliser ses connaissances antérieures par une question du genre : Quelle(s) connaissance(s) scientifique(s) ou mathématique(s) te semble(nt) nécessaire(s) pour arriver à résoudre ce problème? Quant à l'organisation des connaissances, celle-ci pouvait être évaluée à travers le discours lors de l'entretien et par l'analyse des solutions proposées aux problèmes posés. Les problèmes suggérés étaient, soit contextualisés aux mathématiques et aux sciences, soit considérés comme hors contexte scolaire. Enfin, l'isomorphisme pouvait se traduire à l'intérieur d'un même outil, mais surtout entre deux problèmes minutieusement préparés et distribués volontairement dans les deux outils.

L'exemple qui suit est tiré de l'épreuve et constitue un problème simple Soit l'équation suivante : $H_2 + O_2 \rightarrow H_2O$, balance l'équation présentée.

Le problème précédent est isomorphe au problème suivant tiré de l'entretien.

Soit l'équation suivante :

$H_2SO_4 + \underline{2} NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + \underline{2} H_2O$ sera balancée si l'on ajoute 2 devant la molécule de NaOH et de H₂O. Es-tu d'accord? O/N. Pourquoi? Un élève affirme que ce genre de problème ressemble drôlement à des mathématiques. Et toi, qu'en penses-tu? Peux-tu m'illustrer ton point de vue?

À l'analyse, il est possible de constater qu'il s'agit de structures isomorphes puisque les deux exigent l'utilisation du balancement d'équations. Quant à la complexité, la deuxième situation est considérée plus difficile et pourtant, elle a été mieux réussie par plusieurs élèves.

Certains problèmes ont été construits pour vérifier l'influence de certains éléments dits de surface. L'exemple présenté en annexe est assez éloquent. Ainsi, la plupart des sujets ont tenté de résoudre le problème par les sciences (géologie, minéraux, cristal, sciences physiques, loupe binoculaire) alors que la solution est purement mathématique.

Les problèmes proposés aux sujets intègrent trois concepts mathématiques (le taux de variation, la relation de Pythagore et les proportions). Chaque problème est contextualisé principalement en mathématiques, en sciences ou en tout autre domaine lié ou non aux apprentissages strictement scolaires.

3.0 Méthodologie

3.1 Processus d'élaboration des outils de collecte de données

3.1.1 Processus d'élaboration de l'épreuve écrite

« L'épreuve de connaissances et d'habiletés mathématiques et scientifiques » ainsi que le guide d'entretiens ont été testés lors d'une étude pilote à l'automne 1999. Il s'agissait de vérifier, la rigueur, le temps alloué, la clarté des consignes prévues, la pertinence des questions proposées et la procédure de sélection des sujets telle qu'elle avait été prévue.

Cette opération de validation des instruments de collecte de données a pris corps au fil des mois selon la procédure suivante : élaboration des outils, validation par des experts, corrections et ajustements, étude-pilote, réajustements et corrections.

Nous voulions ainsi connaître, la quantité et la qualité des renseignements recueillis par l'épreuve, le débit des entretiens, de même que la variance entre les réponses des élèves provenant des divers groupes-école.

L'élaboration d'un nouvel instrument nécessite une validation rigoureuse des différentes sections dont les indicateurs à l'étude. La préparation d'une étude préalable pour la vérification des instruments est essentielle à notre démarche de recherche, surtout lorsqu'il s'agit d'outils nouvellement construits.

L'ébauche initiale de l'épreuve et du guide d'entretien a été réalisée à partir des écrits consultés en psychologie cognitive et raffinée dans une perspective plus didactique. Certains problèmes ou questions ont été adaptés à partir d'études antérieures, tels les problèmes de rayonnement (nos 4 et 7 dans l'épreuve, élaborés et utilisés pour la première fois par Duncker 1945, dans Sander 2000) et repris dans plusieurs autres études dont celle de Cauzinille-Marmèche (1991). Certains problèmes ayant été adaptés au contexte québécois, les autres élaborés sous la supervision de Pallascio.

3.1.2 Processus d'élaboration de l'épreuve écrite

La construction de l'épreuve a nécessité deux versions. Il s'agissait de préciser les thématiques étudiées, de soigner le libellé des questions, d'adapter les problèmes à résoudre et de déterminer leur nombre. Différentes formes ont été utilisées : questions ouvertes, résolution de problèmes et association de questions.

Une première version de l'épreuve a été administrée à un groupe de 11 élèves, qui servi à vérifier les procédures envisagées pour la passation. Afin de perfectionner les items en fonction des non-réponses, des difficultés rencontrées et des hésitations observées lors de la passation de l'épreuve, les sujets possédaient les mêmes caractéristiques (même cycle, même groupe d'âges, etc.) que ceux de l'étude.

Cette étude pilote a été menée dans une école secondaire, sur le territoire de la Commission scolaire de l'Énergie (Shawinigan, Québec). Une fois l'opération de validation complétée, une première analyse des épreuves s'est effectuée afin de faciliter la sélection des sujets.

Le chercheur travaillait dans ce milieu au moment de la recherche incluant, notamment, la phase pilote de l'étude. Selon Lincoln et Guba (1981), une présence prolongée du chercheur sur le site de recherche permet à ce dernier de mieux

s'immerger dans la réalité quotidienne de groupe à l'intérieur duquel la recherche se déroule.

Sur les onze élèves ayant répondu à l'épreuve, quatre ont été invités à participer à l'entretien. Cette procédure, qui vise à valider le protocole d'entretien et à évaluer les qualités de l'instrument, est essentielle selon nous. À la suite des résultats obtenus, nous avons procédé à une analyse sommaire, ce qui a suscité des ajustements dans la version finale. Les entretiens et les grilles d'analyse ont été raffinés à partir du premier codage des verbatims.

Puisque l'entretien semi-structuré joue un rôle de premier plan dans cette recherche, nous avons jugé nécessaire de faire une étude pilote afin de nous familiariser avec cette technique, d'identifier des problèmes de compréhension de la part des sujets, de tester certains problèmes et de faire des ajustements à l'organisation matérielle (l'utilisation de la calculatrice, le fonctionnement du magnétophone, la durée et la présentation des questions). Ces entretiens devaient également nous aider à finaliser le protocole pour les problèmes soumis aux sujets interviewés et à réaménager, au besoin, l'ordre des questions. Certains, dont Lincoln et Guba (1985), Denzin et Lincoln (1994), Miles et Huberman (1994), suggèrent au chercheur d'effectuer des entretiens pilotes et de les analyser. En s'y référant, le chercheur peut ainsi restructurer de nouvelles questions. Il pourra aussi s'inspirer de ce nouveau savoir pour la conduite d'entretiens ultérieurs (Boutin, 1997), ce à quoi nous adhérons.

Pour compléter le processus de validation, deux experts qualifiés, professeurs et chercheurs universitaires en didactique, ont été consultés. Nous leur avons demandé de répondre à certaines de nos interrogations concernant, entre autres, la difficulté des problèmes à résoudre, la pertinence des questions, la durée, et ce, tant pour l'épreuve que pour le protocole de l'entretien.

3.2 Versions finales des outils de collecte de données

3.2.1 Version finale de l'épreuve

La version finale de l'épreuve est composée de huit problèmes intégrant les trois concepts mathématiques à l'étude. Chaque problème est contextualisé principalement en mathématiques, en sciences ou en tout autre domaine lié ou non à la vie scolaire. Ainsi, un problème comporte des questions très semblables à celles rencontrées par les élèves dans leurs cours (annexe). Pour Kaniel (2001), il est important d'étudier le transfert dans des conditions naturelles et authentiques, telle la situation réelle vécue en classe.

Chaque problème est ainsi associé à un problème isomorphe, c'est-à-dire un problème touchant un même concept dans un contexte de mathématiques et dans un contexte de sciences physiques. Certains problèmes sont similaires en surface, d'autres le sont au niveau de la structure. Ainsi, les trois concepts mathématiques, c'est-à-dire, le taux de variation, les proportions et le théorème de Pythagore, sont placés en contextes mathématiques (P.3, P.6 et P.8) et scientifiques (P.1, P.2 et P.5). Six problèmes ont été retenus qui comportent des concepts énoncés ci-dessus et deux

problèmes ont été jugés « hors contexte scolaire » parce qu'ils ne nécessitent pas de connaissances scolaires préalables pour y répondre (P. 4 et P.7). L'expérience de vie et la logique suffisent souvent pour pouvoir y répondre (tableau I).

Le tableau I présente une matrice ayant servi à l'élaboration de l'outil « épreuve » en tenant compte à la fois des trois concepts mathématiques étudiés et des quatre indicateurs associés. Ainsi, chaque problème était représenté par un problème isomorphe (similitude). Chaque paire de problèmes avait également été contextualisée aux mathématiques, aux sciences et à la vie quotidienne (hors contexte scolaire). Quant aux indicateurs appelés « base de connaissances et organisation de connaissances », ceux-ci étaient évalués à partir des sous-questions a et b dans l'épreuve.

3.2.2 Version finale du guide d'entretien

À la suite de la validation, des corrections ont été apportées à la forme définitive du guide d'entretien. Celui-ci compte quatre sections pour les questions. L'entretien débute par une série de questions ouvertes sur l'école. Ces questions constituent l'armature de notre protocole. Six problèmes nous ont servi à mieux scruter le processus de résolution de problèmes (RDP). La deuxième et principale section est constituée de six problèmes. Des sous-questions ont été prévues afin d'aider, au besoin, les élèves à expliciter leurs procédures ou raisonnements (section 3). La quatrième et dernière section du guide renferme trois questions. Il s'agit de questions visant à faire émerger des similitudes ou à établir des liens entre les problèmes du même outil (épreuve ou entretien) ou entre des problèmes provenant des deux outils (épreuve et entretien). Nous visons surtout une mise à jour de certaines connaissances du processus de transfert en situation de RDP. Ajoutons que l'entretien se voulait semi-structuré et ce, malgré la présence de problèmes à résoudre; le chercheur conservant le loisir d'ajouter d'autres questions ou sous-questions d'éclaircissement, si nécessaire. Il ne s'agit pas d'un entretien standard, mais bien d'un entretien au cours duquel le sujet réalise une tâche (RDP), ce qui confère une certaine originalité à notre outil.

Tableau I
Grille d'élaboration des questions de l'épreuve

	Indicateurs					
	Similitude		Bases de connaissance	Organisation des connaissances	Contexte	
Concepts					<i>Math.</i>	<i>Sciences</i>
Tv (2)	P.6	P.1	a	b	P.6	P.1
Py (2)	P.3	P.5	a	b	P.3	P.5
Pr (2)	P.8	P.2	a	b	P.8	P.2
					<i>Hors contexte scolaire</i>	
Autre concept (2)	P.4	P.7	a	b	P.4	P.7

Légende

Tv : correspond au taux de variation

Py : correspond au théorème de Pythagore

Pr : correspond à la règle des proportions

Pour chaque indicateur, deux questions se rapportent au concept ().

La lettre **P** suivie d'un chiffre identifie le problème.

Les lettres **minuscules** correspondent à une sous-question se rapportant à l'indicateur.

Note : les sous-questions c et d sont également présentes pour chacun des problèmes. De plus, précisons que cette évaluation ne porte pas sur tout le programme d'enseignement des mathématiques au secondaire. Nous n'avons retenu que trois concepts mathématiques, à savoir le taux de variation, le théorème de Pythagore et les proportions.

3.3 Définition de la population à l'étude

Après avoir analysé les cahiers-réponses des 130 sujets ayant répondu à l'épreuve, une invitation a été lancée à l'ensemble de ceux-ci pour participer aux entretiens. Une vingtaine de sujets en provenance des deux écoles secondaires échantillonnées (C.s de l'Énergie, Shawinigan, Québec) ont répondu dans l'affirmative. Pour assurer la diversité et une bonne représentativité, filles et garçons de chaque école et

appartenant à un des cinq groupes ont été identifiés à partir des réponses fournies dans l'épreuve. Parmi la vingtaine de volontaires, 13 se sont finalement présentés à l'entretien.

L'entretien a été enregistré sur cassette audio pour compléter la prise de notes. L'enregistrement permet d'entendre à nouveau le déroulement de l'entretien et évite les oublis. Cette façon de faire n'est pas appréciée de tous les interviewés, mais permet de ne pas les interrompre pendant leur travail. Chaque entretien est analysé à partir des transcriptions de verbatims (n'ayant travaillé que sur le verbal, la considération du gestuel n'étant pas considéré essentiel en l'occurrence), des notes prises par le chercheur et des traces écrites laissées par le sujet. À travers les entretiens, nous espérons pouvoir dégager des profils individuels.

La verbalisation aurait été utile pour comprendre les processus mentaux des élèves. Cependant, force est de constater que ceux-ci ont de la difficulté à penser à voix haute, et encore plus, lorsqu'ils doivent résoudre un problème en présence du chercheur. Nous avons donc écarté cette idée en cours de recherche, car les élèves verbalisent peu et il est très difficile de leur faire expliquer ce qu'ils font (Dumas-Carré, Goffard & Gil, 1992; Boutin, 1997).

3.4 Analyse des données

Il existe plusieurs formes d'analyse. L'approche choisie ici est plutôt éclectique. Elle fait appel à divers moyens. Ce choix s'appuie sur le fait que le transfert est utilisé de diverses façons (disciplines variées, visées différentes, etc.) et que nos intentions sont orientées vers la compréhension du phénomène plutôt que son explication théorique ou encore sur des façons de faire (enseignement visant le transfert) telle que proposée par Bracke (1998), Presseau (1998) ou Tardif et Presseau (1998), par exemple.

L'analyse de contenu consiste à regrouper en catégories ou en thèmes tous les énoncés qui se rejoignent par le sens. L'analyse de contenu est privilégiée, tant pour l'épreuve que pour l'entretien. Les analyses permettent de traiter de manière méthodique les données recueillies qui présentent un certain degré de profondeur et de complexité. La construction d'une grille aide à mettre en relation des éléments codifiés et la problématique soulevée par la recherche (Landry, 1992; Nadeau, 1988, cités dans Ouellette, 2000).

Pour les 130 sujets appartenant aux cinq groupes ciblés, une correction des huit problèmes que constituait notre épreuve a été réalisée. Une grille de correction à quatre niveaux est suffisante pour constater les particularités des réponses de chaque sujet. Le tableau II présente la description des quatre niveaux à partir desquels la correction « qualitative » des problèmes a été effectuée.

Les huit problèmes de l'épreuve ainsi que les six problèmes (section 2) de l'entretien ont été corrigés à partir de cette grille qualitative. Inspirée et adaptée de Thouin (1995) et de Van der Maren (1995), l'outil d'analyse nous a permis de constater les particularités des réponses de chaque sujet. Ainsi, un sujet obtenant un score de

niveau 3 pour sa réponse est défini comme « un élève qui comprend les concepts à l'étude ». Il ne commet aucune erreur importante et donne généralement des explications complètes ou presque complètes des concepts. Le sujet met fréquemment en application les habiletés requises et démontre en général une connaissance de la solution. De plus, il communique convenablement, à l'oral comme à l'écrit, sa réponse ou ses idées. Il est capable de faire des rapprochements entre les mathématiques et les sciences dans des contextes familiers et entre les mathématiques, les sciences et le monde extérieur. Toutefois, le score sera de 0 si le sujet semble ne pas avoir compris le problème (il a proposé une solution inadéquate) ou s'il n'a rien écrit (par manque d'intérêt, de temps ou de connaissances, par exemple). Les scores de 1 et 2 sont réservés aux réponses jugées partiellement correctes.

Le recours à l'utilisation d'une telle grille de correction permet d'avoir une vue globale de la situation qui prévaut au regard de la résolution de problèmes. Cette RDP peut être un indicateur des capacités à établir des liens, mieux encore à transférer. Par ailleurs, notons qu'un sujet peut être performant en RDP, sans nécessairement transférer. C'est l'une des raisons pour lesquels notre schéma d'entretien ne contient pas seulement des problèmes à résoudre, mais également des questions à traiter invitant le sujet à dépasser ce qu'il a écrit et à recourir à différentes connaissances.

4.0 Résultats

4.1 Comparaison des résultats de l'épreuve et de l'entretien

Le tableau III présente les résultats obtenus à la suite d'une correction qualitative des problèmes à l'épreuve et lors de l'entretien. Ainsi, le score est de 3 si le problème est réussi, de 2 ou de 1 s'il comporte des erreurs plus ou moins mineures et finalement de 0, lorsque le problème n'est pas résolu ou comporte trop d'erreurs. Les lettres (entretien) et les chiffres (épreuve) présents dans le tableau correspondent ainsi à la codification utilisée dans l'identification des problèmes.

Tableau II

Grille de correction qualitative incluant les scores et la description de chacun

<i>Scores</i>	<u>DESCRIPTION</u>
3	Le sujet semble bien comprendre le problème. Il a présenté une solution détaillée, comportant un dessin ou une formule, ainsi que la réponse avec les bonnes unités.
2	Le sujet semble comprendre le problème. Il a présenté une solution ne comportant que quelques erreurs mineures (mauvaises données utilisées, absence des unités, etc.).
1	Le sujet semble comprendre partiellement le problème. Il a proposé une solution qui comportait des erreurs marquées (erreur dans la formule, dans la solution, etc.).
0	Le sujet semble ne pas avoir compris le problème (a proposé une solution inadéquate) ou n'a pas rien écrit (pas manque d'intérêt, par manque de temps, par manque de connaissance, etc.).

D'entrée de jeu, l'interprétation du tableau III invite le lecteur à remarquer la fréquence plus élevée pour le score 3 à l'entretien (lettres) qu'à l'épreuve (chiffres). Ce résultat nous indique que les élèves ont réussi davantage de problèmes, ce qui nous permet d'inférer des éléments potentiels de transfert.

Les résultats exposés dans le tableau IV proposent une comparaison des réponses obtenues à l'épreuve et à l'entretien. Les niveaux de réponse (scores) sont identiques à ceux utilisés au tableau III. Pour chacun des problèmes et pour chaque score, les résultats des fréquences obtenus sont présentés à partir d'un teintogramme, un outil visuel permettant de repérer facilement l'information.

L'utilisation du teintogramme (tableau IV) constitue en fait un remodelage du tableau III dans le but de favoriser l'établissement de liens rapides et une visualisation des résultats obtenus pour chaque sujet et ce, à chacun des problèmes.

Aussi, nous pouvons remarquer que les résultats à l'entretien sont supérieurs. Il est à noter qu'une période d'environ un mois a séparé la passation de l'épreuve et la tenue de l'entretien. De façon générale, il y a eu une amélioration notable (autant dans le nombre de problèmes réussis que dans les scores obtenus) dans les problèmes résolus que nous pouvons expliquer notamment par le fait que le contenu était mieux

Tableau III
Répartition des problèmes à l'épreuve et à l'entretien
en fonction des scores obtenus

Sujets	Scores							
	3		2		1		0	
	<i>Epr.</i>	<i>Entr.</i>	<i>Epr.</i>	<i>Entr.</i>	<i>Epr.</i>	<i>Entr.</i>	<i>Epr.</i>	<i>Entr.</i>
1-1-1-23	1,4,6,7,8	A,B,D,E,F	2	C	3		5	
1-1-2-26	2,3,6,8	A,B,E,F	1	C, D	5		4,7	
1-2-2-28		A,B,C,E,F			3,5,8		1,2,4,6,7	D
1-2-3-23		A, B		D	1,2,6	E	3,4,5,7,8	C, F
1-2-3-20	3,6	A,B,D,E,F			8	C	1,2,4,5,7	
1-1-3-19	7	A-E	6-8	B,C,D,F	1		2,3,4,5	
1-2-1-24	2,6	A,B,C,D,E,F	1				3,4,5,7,8	
1-2-3-21	3	A,B,C,E	1,2,4,6,7	D	5,8	F		
1-1-3-22	1,6	A,C,F	4,7,8	D	2	B	3,5	E
1-2-2-27	2,4,8	A,B,D,E,F	6	C	1		3,5,7	
2-2-5-30		A	1	F	3	B	2,4,5,6,7,8	C,D,E
2-1-5-29			1				2,3,4,5,6,7,8	A,B,C,D,E,F
2-1-4-25	4	F	2	C		A,B,E	1,3,5,6,7,8	D

maîtrisé par les sujets. Pour d'autres, un contexte différent (épreuve, puis entretien) pouvant avoir facilité ou aidé à la résolution des problèmes. Ces résultats corroborent les études de Richard (1994) sur la notion de novicité, de problèmes sources et de problèmes cibles.

5.0 Discussion et conclusion

S'appuyant sur nos intentions de recherche et devant la rareté des outils, nous avons fait le choix de construire une épreuve écrite et un protocole d'entretien semi-dirigé. Dans cette recherche exploratoire sur le transfert des connaissances, ces instruments se sont révélés d'une grande utilité pour répondre aux interrogations en matière de résolution de problèmes et de caractéristiques individuelles chez les sujets.

Suite aux résultats obtenus et jugeant de la difficulté qu'occasionne l'utilisation de certaines portions des outils, il pourrait être intéressant, dans une recherche future, d'ajuster quelque peu les instruments. Par exemple, le problème no.5 de la structure cristalline (annexe) pourrait être modifié : d'une part, les résultats ont été décevants quant aux attentes fixées ; d'autre part, il semble que ce problème soit un bon exemple d'une situation où les éléments de surface viennent nuire aux sujets jugés plus faibles.

Le type d'analyse est certainement l'apport méthodologique principal de cette recherche. Le recours à une grille de correction qualitative adaptée de la littérature est fort intéressant et combien pertinent pour les besoins recherchés. Cette grille, simple d'utilisation, répond aux critères convenus pour une recherche exploratoire. Malgré les résultats mitigés obtenus à partir des outils développés, cette recherche demeure féconde parce qu'elle propose un nouveau regard sur le processus même du transfert en tant que mécanisme pour favoriser l'apprentissage ou en tant que moyen pour évaluer l'intégration d'un apprentissage.

Les résultats de cette recherche vont finalement plus loin que les intentions de départ qui visaient une exploration des situations de transfert dans l'apprentissage des mathématiques et des sciences. Les résultats nous sensibilisent à des facteurs d'importance dont il faudrait tenir compte dans de prochaines études, notamment en ce qui a trait à la « perception du contexte » d'un problème.

Finalement, les résultats obtenus en matière de RDP sont quelque peu décevants considérant le niveau de difficulté et les connaissances de base limitées que suggéraient nos outils. Cette faible performance pourrait s'expliquer par le faible niveau d'intérêt de certains sujets ou par le style d'épreuve proposée.

Tableau IV
Teintogramme des scores obtenus à l'épreuve et à l'entretien

Sujets	Épreuve								Entretien					
	Problème source								Problème cible					
	1	2	3	4	5	6	7	8	A	B	C	D	E	F
1-1-1-23														
1-1-2-26														
1-2-2-28														
1-2-3-23														
1-2-3-20														
1-1-3-19														
1-2-1-24														
1-2-3-21														
1-1-3-22														
1-2-2-27														
2-2-5-30														
2-1-5-29														
2-1-4-25														

Légende :

Scores	0	1	2	3
Teinte				

5.1 Quelques limites

L'analyse et l'interprétation des résultats exigent d'être mises en perspective au moyen de l'identification de certaines limites de la recherche, essentiellement d'ordre méthodologique.

Il ressort des analyses une perception différente du contexte selon les sujets. Dans une autre recherche, les outils pourraient être révisés pour tenter de limiter ces perceptions. Sur le plan méthodologique, le recours à des situations d'apprentissage plus globales nous apparaît également une avenue intéressante, mais beaucoup plus complexe aux fins d'une recherche notamment en matière d'instrumentation.

À la lecture de ce qui précède, l'épreuve a tout de même fourni des indications précieuses sur l'utilisation de la RDP et des possibilités en matière de transfert. Elle a aussi arboré des limites qui tiennent pour beaucoup à son caractère « d'examen écrit ». Contrairement à ce que nous avons anticipé, l'épreuve a été moins révélatrice, montrant des sujets souvent désemparés face aux questions et problèmes posés, sujets dont les connaissances restent encore à parfaire. Par ailleurs, l'analyse des résultats aux problèmes et questions de l'entretien révèlent qu'il est plus difficile pour les élèves de justifier leur raisonnement que d'effectuer simplement le dit raisonnement.

Comme nous l'espérons, les entretiens conduits auprès des treize sujets auront par ailleurs permis un approfondissement du regard jeté sur le transfert. Malgré les nombreuses précautions lors de leur construction, certains problèmes gagneraient à être peaufinés afin de mieux couvrir l'ensemble des indicateurs, principalement en matière d'organisation des connaissances.

Il est important enfin de souligner les limites méthodologiques de cette recherche et les défis relevés parce qu'elle conduit difficilement à une généralisation des résultats. Notre recherche s'est déroulée dans un contexte québécois particulier avec des élèves de quatrième et de cinquième secondaire pendant une période de l'année (mai-juin) plus difficile à certains égards.

De façon générale, les sujets verbalisent très peu et il est difficile d'obtenir d'eux qu'ils expliquent ce qu'ils font (Dumas-Carré *et al.*, 1992). Toutefois, cette tendance est plus marquée chez les sujets en difficultés d'apprentissage. Déjà White (1980) ainsi que Rejd & Knight-Arest (1981) mentionnaient que les sujets en difficultés d'apprentissage manifesteraient : 1) une faible connaissance des stratégies de résolution de problèmes utilisées (connaissance métacognitive); 2) une faible habileté à traduire en mots les stratégies adoptées; 3) une difficulté à planifier et organiser des stratégies de RDP selon une théorie initiale (Houde & Dumas, 1992).

Des trois concepts mathématiques à l'étude, celui du théorème de Pythagore est, de loin, le moins concluant en matière de résultats obtenus; le nombre de sujets ayant pu répondre aux problèmes associés étant très limité. Considérant nos visées (transfert mathématiques-sciences) la pertinence de ce concept mériterait d'être reconsidérée dans une recherche future. D'un point de vue didactique, le théorème de Pythagore devient toutefois intéressant puisqu'il questionne, à savoir si l'école

actuelle n'enseigne pas ce concept dénudé de tout contexte véritablement signifiant pour un adolescent.

L'élaboration d'outils de recherche constitue en soi, un défi de taille pour le chercheur. Les résultats recueillis auprès des sujets, tant à l'épreuve écrite qu'à l'entretien sont néanmoins satisfaisants dans l'ensemble. Nous attribuons la richesse des instruments aux possibilités multiples qu'ils offrent. L'analyse des résultats à partir des problèmes résolus par les sujets selon les indicateurs et les concepts mathématiques en sont des exemples.

Par ailleurs, les grilles utilisées dans l'analyse des résultats ont permis d'atteindre les objectifs visés, c'est-à-dire d'effectuer une correction qualitative des problèmes en tentant de repérer des indices de liens perceptibles et favorables au transfert.

Références bibliographiques

- Bastien, C. (1987). *Schémas et stratégies dans l'activité cognitive de l'enfant*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Bastien, C. (1997). *Les connaissances de l'enfant à l'adulte*. Paris : Armand Colin/Masson éditeur.
- Boutin, G. (1997). *L'entretien de recherche qualitatif*. Sainte-Foy : Les Presses de l'Université du Québec.
- Bracke, D. (1998). Vers un modèle théorique du transfert: les contraintes à respecter. *Revue des sciences de l'éducation, XXIV* (2), 235-266.
- Brouillette, N. (2002). *Bonification, validation et expérimentation d'un modèle d'intervention en faveur du transfert des apprentissages auprès d'élèves à faible rendement scolaire en biologie*. Mémoire de maîtrise, Université du Québec à Trois-Rivières.
- Brouillette, N. et A. Presseau (2004). Expérimentation en contexte scolaire d'un modèle axé sur le transfert des apprentissages. Dans Presseau, A. et M. Frenay (Dir.). *Le transfert des apprentissages. Comprendre pour mieux intervenir*. (pp. 161-213) Québec : Les Presses de l'Université de Laval.
- Cauzinille-Marmèche, C. (1991). Apprendre à utiliser ses connaissances pour la RDP: analogie et transfert. *Bulletin de psychologie, XLIV* (399), 156-164.
- Cauzinille-Marmèche, C. & A. Weil-Barais. (1989). Quelques causes possibles d'échec en mathématiques et en sciences physiques. *Psychologie française, 34* (4), 277-283.
- Denzin N. K. et Y. S. Lincoln. (1994). *Handbook of Qualitative Research*. Thousand Oaks: Sage Publication.
- Dumas-Carré, A., M. Goffard & D. Gil. (1992). Difficultés des élèves aux différentes activités cognitives de résolution de problèmes. *Aster, 14*, 53-75.
- Duncker, K. (1945). On Problem Solving. *Psychological Monographs, 58*, 270 p.
- Frenay, M. (2004). Du transfert des apprentissages au transfert des connaissances. Dans Presseau, A. et M. Frenay (Dir.). *Le transfert des apprentissages. Comprendre pour mieux intervenir*. (pp. 7-48) Québec : Les Presses de l'Université de Laval.
- Forcier, P. & J-P. Goulet. (1996). Un problème et un mystère: le transfert des apprentissages. *Pédagogie collégiale, 10* (2), 30-32.

- Ghiglione, R. et J-F. Richard. (1995). *Cours de psychologie, Processus et applications*. Paris : Dunod.
- Houde, M. et C. Dumas. (1992). Maîtrise des schèmes opératoires chez les adolescents avec et sans difficultés d'apprentissage. *Revue canadienne de l'éducation*, 17 (1), 12-22.
- Kaniel, S. (2001). Teaching for Transfer from the Learner's Point of View. *Journal of Cognitive Education and Psychology*, 1, (3), 266-293, [En ligne] <http://www.iace.coged.orgm> (consulté en juin 2002).
- Laliberté, J. (1995). Comment faciliter le transfert des apprentissages? Dans Goulet, J-P. *Enseigner au collégial*, (pp. 299-304). AQPC.
- Lamoureux, A. (1995). *Recherche et méthodologie en sciences humaines*. Laval : Éditions Études Vivantes.
- Lazear, D. G. (1994). *Multiple intelligence approaches to assessment: solving the assessment conundrum*. Tucson: Zephyr Press.
- Lincoln, Y. S. & E. G. Guba. (1981). *Effective Evaluation*. S.F.: Jossey-Bass.
- Lincoln, Y. S. & E. G. Guba. (1985). *Naturalistic Inquiry*. Beverly Hills: Hillsdale.
- Miles, M. B. & M. Huberman. (1994). *Qualitative Data Analysis: a sourcebook of new methods*, (2^e éditions). Beverly Hills: Sage Publications.
- Moffet, J-D. (1995). Des stratégies pour favoriser le transfert des connaissances en écriture au collégial, *Revue des sciences de l'éducation*, XXI (1), 95-120.
- Morissette, R. (2002). *Accompagner la construction des savoirs*. Montréal : Chenelière/McGraw-Hill.
- Ouellette, M. (2000). *Élaboration et implantation d'un programme d'enseignement de stratégies d'apprentissages auprès d'élèves de la 9^e année en sciences sociales*. Thèse de doctorat, Université du Québec à Montréal.
- Peretti, A. De, J. Boniface & J. A. Legrand. (1998). *Encyclopédie de l'évaluation en formation et en éducation. Guide pratique*. Paris : ESF éditeur.
- Presseau, A. (1998). *Le transfert de connaissances en mathématiques chez des élèves de première secondaire: le rôle des interventions et des interactions sociales*. Thèse de doctorat inédite, Université de Montréal.
- Rejd, D. K. & I. Knight-Arest. (1981). Cognitive processing in learning disabled and normally achieving boys in a goal-oriented task. Dans Friedman, M.P. & D. O'Connor (Eds.), *Intelligence and Learning*. (pp. 503-405). NY: Plenum Press.
- Richard, J-F. (1994). La résolution de problèmes. Dans Richelle, M., J. Requin & M. Robert, *Traité de psychologie expérimentale*. Tome 2, (pp. 523-574). Paris : Presses Universitaires de France.
- Richard, J-F., C. Bonnet & R. Ghiglione. (1990). *Traité de psychologie cognitive II, Le traitement de l'information symbolique*. Paris : Bordas.
- Samson, G. (2004). *Le transfert de connaissances entre les mathématiques et les sciences. Une étude exploratoire auprès d'une clientèle de 4^e secondaire*. Thèse de doctorat inédite, Université du Québec à Trois-Rivières.
- Sander, E. (2000). *L'analogie, du naïf au créatif. Analogie et catégorisation*. Paris : Éditions de l'Harmattan.
- Tardif, J. (1999). *Le transfert des apprentissages*. Montréal : Les Éditions Logiques.
- Tardif, J. & A. Presseau. (1998). Quelques contributions de la recherche pour favoriser le transfert des apprentissages. *Vie pédagogique*, 108, 39-44.

- Thouin, M. (1995). Le développement d'instruments de mesure des apprentissages en sciences de la nature au primaire. *Mesure et évaluation*. 18 (1), 95-124.
- Toupin, L. (1995). *De la formation au métier. Savoir transférer ses connaissances dans l'action*. Paris : ESF éditeur.
- Van der Maren, J-M. (1995). *Méthodes de recherche pour l'éducation*. Montréal: Les Presses de l'Université de Montréal.
- White, J. M. (1980). Cognitive process indicative of readiness for hypothetico-deductive thought: A comparison of learning disabled and normal adolescents. *Dissertation Abstracts International*, 41-A, 3500.

Abstract

Tools which allow a better understanding of transfer of knowledge transfer and transferring ability, especially in a mathematic and scientific context, are rare, indeed even unavailable. Considering this situation, we elaborated our own tools, inspired by the body of work in cognitive psychology. The perspective of information processing was used as a reference to evaluate and analyze transferring abilities of secondary 4th level students. In order to evaluate this transfer potential, we developed two instruments: a test with exam and science concepts, and an interview guide. 130 high schools students completed the math-science test. Data collections from the interviews were analyzed via a content analysis system. The correction of the problems given for the problems solved was based on a qualitative analysis and literature-adapted chart.

Ghislain SAMSON, Ph.D., Professeur-chercheur au Centre de recherche sur l'intervention éducative (CRIE), Département de pédagogie, Faculté d'éducation, Université de Sherbrooke, Québec, Canada (J1K 2R1)

Ghislain.Samson@Sherbrooke.ca

Rodolphe TOUSSAINT, Ph.D., Professeur-chercheur au Laboratoire LERTIE, Université du Québec à Trois-Rivières, Québec, Canada (G9T 5K5)

Rodolphe.Toussaint@uqtr.ca

Richard PALLASCIO, Ph.D., Professeur-chercheur au CIRADE, Université du Québec à Montréal, Québec, Canada

Pallascio.Richard@uqam.ca

LA STRUCTURE CRISTALLINE

5-Patrice, un élève de 2e secondaire s'adonne à la prospection géologique. Depuis cette année, il s'intéresse à l'étude des minéraux, car il étudie les roches et les minéraux dans son cours de sciences physiques de l'environnement. Dernièrement, il a trouvé un cristal qu'il veut maintenant identifier. Grâce à la loupe binoculaire de son oncle, lui-même géologue, il observe la structure cristalline et arrive à la conclusion que la forme du cristal est un cube. Comment peut-il en être certain? Est-ce qu'il s'agit d'un cube parfait?

A) Quelle(s) connaissance(s) scientifique(s) ou mathématique(s) te semble(nt) nécessaire(s) pour arriver à résoudre ce problème?

--

B) Essaie de résoudre le problème en donnant le plus d'explications possible. Complète les cases correspondantes :

SOLUTION (Calculs, dessins, etc.)	EXPLICATIONS (Justifications, etc)

C) Les éléments utilisés dans la solution de ce problème te font-ils penser à d'autres problèmes que tu as eus à résoudre par le passé ...

_ dans tes cours de sciences physiques?

- Si oui, peux-tu me donner un exemple (même s'il te semble éloigné)?
- Sinon, pourquoi?

--

_ dans un autre cours?

- Si oui, peux-tu me donner un exemple (même s'il te semble éloigné)?
- Sinon, pourquoi?

--

_ dans tes activités de tous les jours (en dehors de l'école)?

- Si oui, peux-tu me donner un exemple (même s'il te semble éloigné)?
- Sinon, pourquoi?

--

D) Qu'y a-t-il de semblable entre ce que tu as vu dans cette question et ce que tu sais déjà?

NB : l'espace contenu dans les encadrés diffère quelque peu de la forme originale de l'outil ; ces transformations sont rendues nécessaires pour respecter les normes éditoriales de la revue.