

2M11-2765.8

11303998
V.033

Université de Montréal

**Étude longitudinale des performances cognitives et métacognitives à la
Tour de Hanoi chez les enfants au début du primaire**

par

Michael Simoneau

Département de psychologie

Faculté des arts et des sciences

**Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures
en vue de l'obtention du grade de
Maître science (M.Sc.)**

Juin, 1999

© Simoneau, 1999

2-2355-1181

BF

22

U54

1999

V.033

University of Montreal

Les renseignements des renseignements personnels et des renseignements personnels

Les renseignements personnels des renseignements personnels et des renseignements personnels

par

Dr. Jean-Louis Lévesque

Chercheur principal de psychologie

Faculté des arts et des sciences

Document communiqué à la Faculté des arts et des sciences

en vue de l'obtention du grade de

Maîtrise en psychologie (M.Sc.)

★
juin 1999

★ T. Lévesque 1999

Université de Montréal
Faculté des études supérieures

Ce mémoire intitulé :
Étude longitudinale des performances cognitives et métacognitives à la
Tour de Hanoi chez les enfants au début du primaire

présenté par :
Michael Simoneau

a été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Serge Larochelle

Andrée Fortin

Serge Larivée

Mémoire accepté le : 22 octobre 1999



Sommaire

Plusieurs travaux portant sur la métacognition suggèrent que les habiletés d'autorégulation se développent progressivement au cours de l'enfance. Jusqu'à maintenant les résultats à cet égard sont variés et dressent un tableau général confus du développement des habiletés d'autorégulation. Par ailleurs, plusieurs travaux d'orientation vygotkienne ont mis en évidence le rôle joué, chez les jeunes enfants, par le langage dans la régulation et la planification de problèmes. L'ensemble de ces travaux souffrent de deux lacunes : l'absence d'évaluations des habiletés cognitives et l'absence d'évaluation des habiletés mnémoniques.

L'objectif de l'étude était d'évaluer, à deux reprises à un an d'intervalle, l'autorégulation de sujets de 6 ans lors de la résolution de problèmes de difficulté croissante à la Tour de Hanoi et de la mettre en relation avec des mesures cognitives. Il devenait ainsi possible de répondre à trois questions : 1) la performance à la Tour de Hanoi basée sur le nombre de problèmes réussis est-elle fonction des habiletés cognitives telles que mesurées par le TONI-2, l'ÉVIP et les sous-tests de mémoire des chiffres et code, deux sous-tests du WISC-III?; 2) la performance à la Tour de Hanoi est-elle fonction de la performance d'autorégulation telles que mesurées par la fréquence de verbalisations spontanées de planification, la fréquence de verbalisations spontanées d'évaluation, le nombre de corrections en cours de déplacement, les indices d'autorégulation intra et interséances ?; et 3) les performances d'autorégulation intra et interséances sont-elles fonction des habiletés cognitives?

Au total, les résultats montrent que l'autorégulation mesurée sur la base des verbalisations de planification, d'un indice calculé à l'aide des déplacements en trop, du nombre de problèmes réussis et de l'amélioration intraséance, diminue à mesure que les sujets réussissent davantage de problèmes et le nombre de corrections en cours de déplacement augmente en même temps que le nombre de problèmes réussis. Dans le cadre de la théorie de Vygotsky, les verbalisations se sont intériorisées chez les sujets parvenus à résoudre plus de problèmes. L'augmentation de l'indice d'autorégulation s'explique, pour sa part, par des déplacements supplémentaires entraînés par le transfert, aux problèmes à 5 et 6 disques, d'une stratégie incomplète ou par l'absence d'utilisation

de sous-objectif dans la stratégie de résolution. Les difficultés rencontrées par les sujets dans la planification des solutions s'expliquent probablement par les limites que leur imposait leur mémoire de travail. D'ailleurs, les résultats au sous-test de la mémoire des chiffres augmentent avec le nombre de problèmes réussis.

Les mesures des habiletés cognitives lorsque évaluées avec le TONI-2 et l'ÉVIP semblent présenter la même tendance. De fait, hormis deux exceptions à l'ÉVIP plus le QI est élevé plus les sujets réussissent de problèmes et ce, tant au temps 1 qu'au temps 2. Toutefois, seule la différence à l'ÉVIP entre les sujets du groupe ayant réussis 2 problèmes et ceux du groupe ayant réussis 4 problèmes est significative.

Table des matières

Sommaire	.....iii
Liste des tableaux	.....vi
Contexte théorique	.....1
Méthodologie	.....10
Sujets	.....10
Instruments	.....10
Procédure	.....18
Résultats	.....18
Analyses préliminaires	.....19
Résultats généraux	.....19
Réponses aux questions de recherches	.....23
Discussion	.....25
Conclusion	.....33
Références	.....35

Liste des tableaux

Tableau	Page
1 Tableau utilisé pour le calcul des indices d'autorégulation intra et interséances	.....14
2 Moyennes et écarts-types aux mesures des habiletés cognitives aux temps 1 et 2	.....20
3 Moyennes et écarts-types aux mesures de la performance à la Tour de Hanoi aux temps 1 et 2	.....20
4 Nombre de problèmes réussis aux temps 1 et 2	.....21
5 Moyennes et écarts-types aux mesures de l'autorégulation aux temps 1 et 2	.....22
6 Moyennes et écarts-types aux mesures des habiletés cognitives et d'autorégulation selon le nombre de problèmes réussis au temps 1	.....24
7 Moyennes et écarts-types aux mesures des habiletés cognitives et d'autorégulation selon le nombre de problèmes réussis au temps 2	.....24

Depuis les travaux pionniers de Flavell (1971) sur la métamémoire, l'utilisation de la notion de métacognition s'est rapidement répandue (Yussen, 1985). Elle est définie de façon générale comme la connaissance et le contrôle qu'exerce un individu sur sa cognition (Allen & Armour-Thomas, 1993; Brown, 1987; Brown & DeLoach, 1978; Flavell, 1976, 1979, 1987, 1992; Meichenbaum, 1986; Osman & Hannafin, 1992; Swanson, 1990, 1992). Cette définition, que certains trouvaient trop vague (Marshall & Morton, 1978; Sternberg, 1985), a par la suite été précisée. Aujourd'hui, les auteurs distinguent, à l'intérieur de la métacognition, les composantes de connaissances et celles de régulation de la cognition (Braten, 1991a, 1991b; Brown, 1987; Alexander, Carr & Schwanenflugel, 1995; Flavell, 1987; Schraw & Dennison, 1994; Schraw, 1998; Slife, Weiss & Bell, 1985; Slife, 1987). La connaissance de sa cognition se compose des connaissances reliées à la personne, à la tâche, aux stratégies et aux objectifs (Flavell, 1979, 1987, 1992; Lefebvre-Pinard & Pinard, 1985). Par ailleurs, les activités de planification, d'évaluation, d'organisation, de gestion et de surveillance (*monitoring*) relèvent de la régulation de la cognition (Brown, 1987; Schraw & Dennison, 1994; Schraw, 1998; Schunk, 1994; Slife et al., 1985; Welsh, 1991). Quoique le concept de métacognition se soit précisé au cours des années, il est encore quelquefois difficile de le distinguer de la cognition (Braten, 1991; Brown, 1987; Manning, White & Daugherty, 1994). De fait, les liens qui les lient sont étroits puisque d'une part, la fonction métacognitive de connaissance de sa cognition dépend en partie de l'acquisition d'informations telles que des stratégies mnémoniques et, d'autre part, la fonction métacognitive d'autorégulation tire son efficacité du fait qu'elle prend en considération l'ensemble des activités cognitives. Ces activités de gestion de *monitoring* et de planification qui régulent ces acquisitions doivent toutefois en être indépendantes (Slife et al., 1985). De cette façon, comme le rapporte Slife (1987), il n'est pas rare d'observer chez un individu la présence de bonnes habiletés cognitives et de mauvaises habiletés métacognitives et inversement. Ainsi, par son rôle de fonction supérieure, la

métacognition effectue le pont entre plusieurs domaines (Nelson & Narens, 1994). De ce fait, une meilleure compréhension de son développement et de son fonctionnement permettrait des progrès importants dans les domaines de la mémoire (Braten, 1992; Brown & DeLoach, 1978; Flavell & Wellman, 1977), des apprentissages (Allen & Armour-Thomas, 1993; Paris & Winograd, 1990; Poissant, Poëllhuber & Falardeau, 1994), de la compréhension en lecture (Gordon & Braum, 1985) et de la résolution de problèmes (Davidson, Deuser & Sternberg, 1994; Kluwe, 1987; Sugrue, 1995; Swanson, 1992; Weisberg, 1992).

La présente étude se situe dans le champ des travaux sur la résolution de problèmes. En abordant la métacognition par cette approche, il devient possible d'évaluer la régulation de la cognition, c'est-à-dire observer non seulement la solution du problème, mais aussi la façon dont le sujet s'y prend pour y parvenir ainsi que les éléments qui ont joué un rôle.

Greeno (1978) a proposé une typologie des différents problèmes basée sur le type d'opérations utilisées lors de leur résolution. Cette dernière regroupe les différents problèmes sous trois catégories : les problèmes d'induction, d'arrangement et de transformation. Les problèmes d'induction présentent au sujet un ensemble d'éléments liés les uns aux autres par une relation fixe. Le sujet doit, pour résoudre le problème, trouver la structure ou induire la règle qui lie les éléments du problème. Ce type de problème exige des habiletés en analyses dimensionnelles, en raisonnements logiques et en inférences. Dans les problèmes dit d'arrangement, l'ensemble des éléments des problèmes sont connus et le sujet doit les réorganiser dans un état final inconnu au départ, réorganisation qui se fait souvent par *insight*. Enfin, les problèmes de transformation exigent du sujet qu'il transforme le problème de son état initial à son état objectif clairement défini dès le départ, mais en respectant certaines règles. Comme la performance à ce type de problème dépend de l'utilisation de stratégies et de

planification, ils maximisent l'évaluation de l'autorégulation (Greeno, 1978; Poissant et al., 1994).

Parmi les problèmes qui font partie de la catégorie des problèmes de transformation, ceux de la "Tour de Hanoi" et des "Cannibales et des missionnaires" sont les plus connus. En encourageant l'utilisation de raisonnements logiques et l'application de stratégies, le problème de la Tour de Hanoi s'avère le plus intéressant pour l'évaluation de l'autorégulation (Alexander & Schwanenflugel, 1994; Welsh, Cicerello, Cuneo & Brennan, 1995). Il offre en outre la possibilité de faire varier facilement le niveau de difficulté (Borys, Spitz & Dorans, 1982; Byrnes & Spitz, 1979). La Tour de Hanoi est mieux adaptée pour l'évaluation des capacités fonctionnelles d'anticipation, d'exploration, de généralisation et d'autocensure des enfants de 6-7 ans que les autres problèmes de transformation (Planche, 1985). D'ailleurs, cette épreuve favoriserait l'expression des caractéristiques temporelles (Sarocchi, 1988) fondamentale à la planification de la solution du problème (Benson, 1997; Haith, 1997). De plus, le fait que le problème de la Tour de Hanoi ait dans le passé été utilisé, avec le même objectif, par plusieurs auteurs (Berardi-Coletta, Buyer, Dominowski & Rellinger, 1995; Poissant et al., 1994; Richard, 1982; Yussen, 1985) n'est pas sans importance.

Toutefois, puisque la métacognition ne se prête pas à une observation directe (Mariné et Huet, 1998), le problème de la Tour de Hanoi, comme l'ensemble des problèmes, exige que les comportements métacognitifs soient déduits à l'aide d'une analyse des déplacements. Dès lors, le jugement humain entre en jeu et exige l'établissement d'un coefficient interjuges.

Concrètement, le sujet est assis face à une planche de bois où trois tiges (A, B, C) sont fixées verticalement. Une série d'anneaux, de quantité variable, sont enfilés en ordre décroissant de grosseur sur la tige A. Le sujet doit reproduire la même tour sur la tige C en respectant trois règles : 1) ne déplacer qu'un anneau à la fois; 2) ne mettre que de plus petits anneaux sur de plus gros; et 3) ne pas déposer un anneau sur la table afin de

pouvoir en déplacer un autre. Le nombre minimum de déplacements nécessaires pour réussir l'épreuve se calcule par $2^n - 1$, où n est le nombre de disque.

La performance au problème de la Tour de Hanoi a été évaluée sous plusieurs aspects : le temps de résolution (Vernon & Strudensky, 1988), les temps de pause (Spitz, Minsky & Bessellieu, 1984; Welsh et al., 1995), le nombre de déplacements (Vernon & Strudensky, 1988), le nombre de déplacements illégaux (Fireman, 1996; Kanevsky, 1990; Welsh, 1991) et la nature des premiers déplacements (Byrnes & Spitz, 1979; Fireman, 1996). Par ailleurs, la façon dont sont construites les solutions rend possible l'évaluation de la régulation de l'apprentissage en comparant les résultats intraséances. De fait, la solution des problèmes avec moins d'anneaux se retrouve dans les problèmes avec plus d'anneaux (Polson & Jeffries, 1982). Ainsi, une fois le premier disque du problème à 4 disques rendu sur la tige objectif, le sujet n'a plus qu'à appliquer la solution du problème à 3 disques. Il devient donc possible, en décomposant les solutions des problèmes avec plus d'anneaux, d'observer si le sujet améliore sa performance. Ce type d'évaluation n'a, sauf erreur, jamais été utilisé.

L'évaluation de la métacognition par l'observation de la résolution de problème peut se faire selon deux groupes de techniques que distinguent Mariné et Huet (1998). Il s'agit des techniques dépendantes et indépendantes de l'exécution d'une tâche. L'entretien dirigé et les questionnaires sont des exemples de techniques indépendantes de l'exécution d'une tâche. Ces techniques sont toutefois davantage axées sur la connaissance de la nature des informations à traiter et des moyens pris pour planifier les solutions. Par ailleurs, la présentation de situations hypothétiques requises ne peut tenir compte des exigences réelles qu'impose l'exécution d'une tâche sur la mémoire. Or, c'est la technique dépendante de l'exécution d'une tâche qui semble plus appropriée pour l'évaluation de l'autorégulation.

Les différentes techniques d'évaluation dépendantes de l'exécution d'une tâche peuvent être divisées en deux catégories selon qu'elles font appel ou non à des

verbalisations. La technique non verbale consiste à recueillir les comportements utilisés par le sujet afin de contrôler et réguler son activité (Huet & Mariné, 1998; Sugrue, 1995). Prendre des pauses, gérer le temps dévolu à la tâche et modifier un déplacement en cours de route sont autant de comportements qui permettent d'inférer les processus métacognitifs (Meichenbaum, Burland, Gruson & Cameron, 1985). Toutefois, la gestion du temps ne s'applique pas à toutes les situations (par exemple la résolution d'un problème de la Tour de Hanoi n'a pas de limite de temps) et le temps de pause ne s'est pas révélé être un bon indice de l'autorégulation (Spitz, Minsky & Bessellieu, 1984, 1985). La modification d'un déplacement en cours d'action paraît, par contre, faire l'objet d'une régulation puisque le déplacement initié est remplacé.

La seconde technique utilise les verbalisations du sujet en cours de résolution ou après l'exécution de la tâche. L'analyse des protocoles verbaux permet alors d'inférer les activités d'autorégulation du sujet (Fireman, 1996; Huet & Mariné, 1998 ; Wansart, 1990).

L'utilisation des verbalisations spontanées comme mesure de l'autorégulation est validée par la théorie de Vygotsky dans la mesure où les verbalisations sont intimement liées à la pensée (Vygotsky, 1962). Elles sont en fait considérées comme l'outil permettant la transition du langage extérieur vers un langage intérieur guidant les conduites (Berk, 1986a; Frauenglass & Diaz, 1985; Manning et al., 1994; Vygotsky, 1962, 1987). L'intériorisation progressive des verbalisations, dont l'aboutissement est l'intériorisation complète des mécanismes d'autorégulation (Braten, 1991b), crée un pont entre la parole et la pensée. Les verbalisations deviennent ainsi, pour le jeune enfant, un instrument interne de la pensée (Berk, 1986a, b). Présenté ainsi, le langage a un rôle de médiation de la performance cognitive (Braten, 1991b). Il permet en outre une orientation mentale et une compréhension consciente de la tâche à accomplir. De plus, il facilite la planification (Brown, 1987) et permet une meilleure régulation de l'activité cognitive (Ellis & Siegler, 1994). De cette façon, la transition de l'utilisation d'un langage

interpersonnel vers un langage intrapersonnel confirme l'attribution au langage de sa fonction d'autorégulation (Braten, 1991b; Fuson, 1979). De fait, comme le souligne Braten (1991b) :

“Thus, during an ongoing attempt to solve a problem, the child continually directs, guides, and organizes his problem-solving activity with the help of egocentric speech, thereby submitting his own cognition to deliberate or voluntary control (p.310).

Ainsi, il est légitime d'utiliser ce type de données dans l'évaluation de l'autorégulation d'une tâche de résolution de problème. Toutefois, comme le prévoit le modèle de Vygotsky, les verbalisations augmentent vers l'âge de 4 ou 5 ans, puis diminuent graduellement avec l'intériorisation de la pensée et ce, jusqu'à leurs disparitions presque complètes vers l'âge de 9 ans (Berk, 1986a; Manning et al., 1994; Meichenbaum & Goodman, 1979; Zivin, 1979). L'utilisation des verbalisations spontanées pour l'évaluation de l'autorégulation demeure intéressante malgré la possibilité de se retrouver avec peu de données (Sarocchi, 1988). Fireman (1996) les utilisait d'ailleurs afin d'inférer l'état des processus de résolution du problème de la Tour de Hanoi.

D'autres méthodes de cueillette de données verbales ont été utilisées par le passé (Huet & Mariné, 1998 ; Meichenbaum et al., 1985). Une de ces méthodes enregistre les verbalisations simultanément à la résolution d'une tâche lorsque les sujets ont eu la consigne de penser à haute voix. Si elle permet de recueillir plus de données que la méthode qui se limite aux verbalisations spontanées, elle n'en est pas pour autant plus fiable. Des critiques importantes ont été formulées concernant la fiabilité et la distorsion possible des données (Braten, 1991a; Brown, 1987; Garner, 1988; Meichenbaum & Goodman, 1979; Sugrue, 1995), la possibilité de verbaliser les processus mentaux qu'ont les enfants (Brown & Pressley, 1994; Garner, 1988) et les interférences des processus habituels de résolution de problèmes (Ericsson & Simon, 1980; Gagné & Smith, 1962;

Garner, 1988). Cette dernière critique est d'autant plus pertinente que la consigne de verbaliser peut nuire à l'automatisation de certaines séquences de réponse dans des tâches répétitives, telles la Tour de Hanoi (Ahlum-Heath & Di Vesta, 1986; Braten, 1991a, b; Stinessen, 1985).

Une autre méthode demande aux sujets de justifier leurs actions en cours de tâche. Toutefois, comme le soulignent Huet et Mariné (1998), le fait de réfléchir sur sa propre activité cognitive peut modifier la résolution de la tâche. Quoi qu'il en soit, les résultats de Berardi-Coletta, Buyer, Dominowski et Rellinger (1995) qui n'obtiennent pas des différences entre le groupe ayant reçu la consigne de penser à haute voix et celui qui est sans verbalisation, semblent prescrire l'utilisation des justifications suite à la tâche. À ce moment, les données courent le risque des distorsions dues au rappel (Brown, 1987). Ericsson et Simon (1980) rappellent la virulente attaque dont la méthode d'introspection a fait l'objet. Ainsi, il semble être plus profitable de se limiter à recueillir les verbalisations spontanées non altérées par des consignes.

Il ne semble plus y avoir de doute que de bonnes habiletés métacognitives influencent la résolution de problèmes (Ellis & Siegler, 1994, 1997; Friedman & Scholnick, 1997; Hong, 1995; Swanson, 1990, 1992). Sugrue (1995) considère même que l'autorégulation est une composante importante de la performance de résolution de problèmes. Les recherches se sont essentiellement penchées sur ses fonctions de planification (Poissant et al., 1994; Richard, 1982), de généralisation (Berardi-Coletta et al., 1995; Borkowski, 1985; Kanevski, 1990) et de découverte de règles ou de stratégies (VanLehn, 1991).

Les habiletés métacognitives varient toutefois en fonction d'un certain nombre de variables. De fait, de nombreuses études ont tenté d'observer les effets de l'âge, des habiletés cognitives et de la mémoire sur la métacognition.

Concernant l'effet de l'âge, Chartier et Lautrey (1992) soulignent que les connaissances de son propre fonctionnement cognitif se développent graduellement chez

les enfants. Mise à part l'étude d'Alexander et Schwanenflugel (1994), aucune autre étude longitudinale n'a cependant été réalisée. Par ailleurs, l'analyse des résultats de l'observation de l'évolution des habiletés est fort complexe puisqu'elle repose sur plusieurs études utilisant des sujets de plusieurs âges différents et obtenant des résultats très variés. Le tableau général est donc quelque peu confus. Par exemple, Richard (1982) rapporte que la planification est rare avant l'âge de 7-8 ans alors que Polson et Jeffries (1982) observent déjà à l'âge de 6 ans la présence de transfert, une opération plus développée que la planification. De plus, les écarts de performance au niveau de la planification paraissent invraisemblablement grands. Klahr et Robinson (1981) constatent que les sujets de 4 ans ont de la difficulté à résoudre les problèmes dont la réussite n'exige que deux déplacements à planifier alors que les sujets de 6-7 ans ne rencontrent pas de difficulté avec les problèmes dont la réussite nécessite six déplacements. Les problèmes nécessitant sept déplacements demeurent difficiles pour les sujets de 6 à 11 ans (Borys, Spitz & Dorans, 1982). S'il paraît évident que l'amélioration des activités d'autorégulation croît avec la maturation, cette croissance n'est pas encore bien définie.

La relation entre les habiletés cognitives et métacognitives a elle aussi été étudiée. Certains chercheurs associent même les stratégies métacognitives à l'intelligence générale (Kurtz & Borkowski, 1987; Schneider, Kordel & Weinert, 1987; Swanson, 1987, 1992). Il demeure toutefois difficile de prendre position à ce sujet compte tenu de la nature des échantillons utilisés. De fait, beaucoup des travaux portant sur le sujet utilisent des sujets déficients intellectuellement ou doués. Les travaux montrent que les sujets déficients sont limités dans leur capacité de planification (Spitz et al., 1984; Spitz Webster & Borys, 1982), ont moins de contrôle exécutif (Swanson, 1992) et sont impulsifs (Spitz et al., 1985). Les études portant sur les sujets doués sont plus nuancées. Alors qu'Alexander et Schwanenflugel (1994) affirment que les doués ne gèrent pas mieux leur résolution de problèmes, ni ne transfèrent davantage leurs stratégies à d'autres problèmes que la moyenne, plusieurs autres travaux obtiennent des résultats contraires. Les doués

posséderaient, selon ces derniers, plus de savoirs métacognitifs (Kurtz & Weinert, 1989; Swanson, 1992), auraient de meilleures conceptions des problèmes, utiliseraient plus de stratégies “supérieures” (Wansart, 1990), apprendraient davantage de leurs erreurs et transféreraient plus facilement les solutions aux autres problèmes (Kanevsky, 1990).

La mémoire constitue un autre facteur critique dans la résolution de problèmes (Rickler, 1983; Ruiz, 1987; Welsh et al., 1995). De fait, lors de la résolution de problèmes, le sujet doit, manipuler mentalement la représentation du problème en plus de développer une solution (Scholnick & Friedman, 1993; Simon, 1978). Ainsi, pour chaque état du problème, le sujet se construit une représentation de l'ensemble des développements logiquement possibles. De cette façon, la quantité et la complexité des informations peuvent surcharger la mémoire à court terme (Hunt, 1994). La mémoire impose donc en quelque sorte une limite au raisonnement. De fait, la limite supérieure de l'habileté de planification des sujets est étroitement reliée au “depth of search”, soit le nombre de déplacements pouvant être mentalement planifié d'avance (Borys et al., 1982; Klahr & Robinson, 1981; Spitz et al., 1982). En ce sens, le nombre de déplacements à faire pour réussir le problème est un facteur important dans la qualité de la résolution de problèmes (Kotovsky, Hayes & Simon, 1985 ; Welsh, 1991). C'est précisément cette capacité qui limiterait la performance des déficients (Borys et al., 1982). Toutefois, l'automatisation des règles qui gouvernent les déplacements réduit la charge d'informations que doit gérer la mémoire (Kotovsky, 1983; Stinessen, 1985). Richard, Poitrenaud et Tijus (1993) parlent plutôt d'augmentation de l'espace du problème (*problem space*) par l'élimination des contraintes guidant les déplacements. Le langage est différent, mais le résultat est le même : diminution de la quantité d'informations que doit gérer la mémoire permettant une planification plus poussée qui devrait déboucher sur une meilleure performance.

La capacité de travail de la mémoire augmente avec la maturation de l'enfant. Dans une étude sur le sujet, Spitz et al. (1982) montrent que les sujets de troisième année

performent mieux, sur la base du *depth of search*, que les sujets de maternelle et de première année. Les sujets plus âgés ont en fait de meilleurs résultats que lorsque les exigences du problème sur la mémoire de travail sont plus importantes suite à la maturation. Cette augmentation de la capacité de travail de la mémoire serait, elle aussi, due à l'automatisation de certaines opérations (Spitz et al., 1982).

L'approche utilisée dans cette recherche devrait permettre de répondre à trois questions :

- a) Est-ce que la performance à la Tour de Hanoi est fonction de la performance d'autorégulation?
- b) Est-ce que la performance à la Tour de Hanoi est fonction des habiletés cognitives?
- c) Les améliorations intraséance et interséances de l'autorégulation sont-elles fonction des habiletés cognitives?

Méthodologie

Sujets

Issus de familles de niveau socio-économique moyen, les 75 sujets évalués (34 garçons et 41 filles) ont été recrutés dans trois écoles francophones du quartier Ahuntsic de la ville de Montréal. L'âge moyen des sujets lors de la première passation était de 6 ans (écart-type = 4,5 mois) et de 7 ans 1 mois (écart-type = 4,2 mois) lors de la seconde.

Instruments

La Tour de Hanoi

Le sujet a devant lui trois tiges (A, B, C) fixées verticalement sur une planche de bois. Une série de rondelles de bois (de 3 à 6) trouées au centre sont disposées en ordre décroissant de taille sur la tige A. Afin de faciliter la distinction des différentes tailles de rondelles, celles-ci sont peintes de différentes couleurs. L'objectif de la tâche est de reproduire la tour qui se trouve sur la tige de départ (A) sur la tige objectif (C). Trois

règles doivent toutefois être respectées : 1) ne déplacer qu'un anneau à la fois; 2) ne mettre que de plus petits anneaux sur de plus gros; et 3) ne pas déposer un anneau sur la table afin de pouvoir en déplacer un autre. Le sujet doit d'abord résoudre le problème à trois disques. Une fois celui-ci réussi, un disque est ajouté. Les sujets doivent réussir le plus de problèmes possibles en quinze minutes. Le tout est capté sur bande vidéo pour décodage ultérieur.

Grilles d'analyse de la Tour de Hanoi

L'épreuve de la Tour de Hanoi donne accès à deux types de résultats : l'un concerne la performance et l'autre l'autorégulation. La **performance** est évaluée à l'aide de trois critères : le nombre de problèmes réussis, le nombre de déplacements effectués par problème et le temps pris par problème.

Le nombre de problèmes réussis. Un problème est réussi lorsque le sujet a reproduit la tour sur la tige cible. Seuls les problèmes entièrement complétés dans le délai de quinze minutes sont comptés.

Le nombre de déplacements effectués par problème. Un déplacement est compté à chaque fois que le sujet soulève une rondelle que celle-ci soit déplacée sur une autre tige ou qu'elle soit déposée au même endroit.

Le temps pris par problème. Le temps est compté à partir du moment où l'expérimentateur dit "*allez c'est à ton tour maintenant !*", suite à l'explication des règles jusqu'au moment où le dernier disque est déposé au bon endroit.

L'**autorégulation** est évaluée en fonction de cinq critères : la fréquence des verbalisations spontanées de planification, la fréquence des verbalisations spontanées d'évaluation, la fréquence des corrections en cours de déplacement et les indices d'autorégulation intra et interséances.

Verbalisations spontanées de planification. Une verbalisation spontanée de planification est comptée chaque fois que le sujet émet un mot ou un groupe de mots qui peut être classé sous une des quatre rubriques suivantes :

Stratégie (S) : Verbalisations sur la façon de procéder qui ne peut clairement être identifiées comme légale ou illégale.

Stratégie négatives (S-) : Verbalisations sur la façon dont l'enfant veut procéder. Cette façon n'est toutefois pas légale (ex. : je vais déplacer ça et ça, -deux pièces en même temps-).

Stratégies positives (S+) : Verbalisations sur la façon dont l'enfant veut procéder. Cette façon doit être légale (ex. : d'abord ça puis ensuite je devrai... ; si... alors...).

Consignes (C) : L'enfant rappelle les consignes qu'il doit respecter (ex. : je ne peux pas mettre celui-ci sur celui-là car il est plus petit).

Verbalisations spontanées d'évaluation. Une verbalisation spontanée d'évaluation est comptée chaque fois que le sujet émet un mot ou un groupe de mots qui peut être classé sous une des cinq rubriques suivantes :

Verbalisations positives (V+) : Tous commentaires à connotation positive reliés à la tâche (ex. : c'est amusant, j'pense que je vais réussir).

Verbalisations négatives (V-) : Tous commentaires à connotation négative reliés à la tâche (ex. : j'pas capable, c'est difficile ; je ne sais pas).

Désengagement (D) : Indications verbales ou non verbales que l'enfant porte attention à des aspects extérieurs à la tâche (ex. : l'enfant soupire et se met à regarder partout ; je connais un truc avec mes doigts veux-tu que je te le montre).

Évaluation (EV) : L'enfant porte un jugement évaluatif sur ses actions (ex. : ça c'est correct ; j'ai essayé tantôt).

Corrections en cours de déplacement. Une correction en cours de déplacement est comptabilisée lorsque le sujet corrige un déplacement sans l'intervention explicite de l'expérimentateur. Si le sujet modifie son déplacement à plus d'une reprise, avant de déposer la rondelle sur une des tiges, une seule correction en cours de déplacement est comptée.

Indice d'autorégulation intraséance. Un indice d'autorégulation intraséance est calculé pour chacune des deux passations sur la base de la formule :

$$\frac{\text{nombre de déplacements en trop} - \text{amélioration intraséance}}{\text{nombre de problèmes réussis}}$$

Nombre de déplacements en trop : Tout déplacement excédant le nombre minimum nécessaire pour résoudre le problème. Ce nombre se calcul par la formule $2^n - 1$, où n est le nombre de disque, est un déplacement en trop.

Amélioration intraséance : L'amélioration intraséance est calculée sur la base du nombre de déplacements que le sujet retranche à son total du problème précédant lorsqu'il reste un nombre identique de disques. Par exemple, un sujet résout le problème à trois disques avec 4 déplacements en trop. Si lors du problème à quatre disques, le sujet place les trois derniers disques en 9 déplacements, il présente une amélioration de 2 déplacements. Cette procédure est répétée pour les problèmes à 5 et 6 disques. Le sujet n'est pas pénalisé si le nombre de déplacements augmente. De cette façon, pour les données présentées dans le tableau 1 l'amélioration intraséance est de 5 puisque le sujet améliore sa performance au problème à 3 disques de 2 déplacements et celle à 4 disques de 3 déplacements.

Nombre de problèmes réussis : Tel que mentionné ci-dessus, un problème est réussi lorsque le sujet a reproduit la tour sur la tige cible. Seuls les problèmes entièrement complétés dans le délai de quinze minutes sont comptés.

Le tableau 1 présente l'exemple d'un sujet ayant réussi trois problèmes au temps 1 et quatre au temps 2. Il obtient un indice d'autorégulation intraséance de 52,00 pour le temps 1 soit le résultat de 161 (déplacements en trop) $- 5$ (amélioration intraséance) $/ 3$ (nombre de problèmes réussis). Celui du temps 2 est de $249 - 15 / 4 = 58,50$. Selon la formule, un indice d'autorégulation parfait serait égal à 0 puisque le nombre de

déplacements en trop (0) moins l'amélioration (nécessairement 0) divisé par le nombre de problèmes réussis égale 0.

Tableau 1 Grille utilisée pour le calcul des indices d'autorégulation intra et interséances et de l'indice d'autorégulation

		Nombre de disques				
		3	4	5	6	
Nombre de disques	Temps 1	6	*	*	*	
		5	*	*	168	
		4	*	35	32	
		3	11	9	10	
			3	4	5	6
	Temps 2	6	*	*	*	267
		5	*	*	66	59
		4	*	20	17	22
		3	12	11	7	9
			3	4	5	6

Indice d'autorégulation interséances. Un indice d'autorégulation est calculé pour chacune des deux passations sur la base de la formule :

nombre total de déplacements en trop - amélioration interséances

nombre total de problèmes réussis

Nombre total de déplacements en trop : Il s'agit d'effectuer la somme des déplacements en trop aux deux temps suivant la même procédure que pour l'indice d'autorégulation intraséance.

Amélioration interséances : L'amélioration interséances est calculée sur la base du nombre de déplacements que le sujet retranche de sa performance à la première passation à chaque problème. Par exemple, les données du tableau 1 montrent une amélioration interséances de 135 puisque le sujet a amélioré sa performance de 102 déplacements en passant de 168 à 66 déplacements au problème à 5 disques. De 15 pour les 4 derniers disques du problème à 5 disques en passant de 32 à 17 déplacements. De 3 pour les 3 derniers disques du problème à 5 disques

en passant de 10 à 7 déplacements et de 15 déplacements pour le problème à 4 disques en passant de 35 à 20 déplacements.

Nombre total de problèmes réussis : Il s'agit de la somme des problèmes réussis aux deux temps selon les critères mentionnés ci-dessus.

Les données présentées en exemple montrent un indice d'autorégulation interséances de 41,86 soit 410 (nombre total de déplacements en trop) – 135 (amélioration interséances) / 7 (nombre total de problèmes réussis).

Compétences intellectuelles

Les compétences intellectuelles sont évaluées à l'aide de quatre critères : le QI obtenu au TONI-2, le QI obtenu à l'ÉVIP ainsi que les résultats obtenus aux sous-tests code et mémoire immédiate des chiffres du WISC-III.

Test d'intelligence non verbale (TONI-2)

Le TONI-2 permet l'évaluation des habiletés de raisonnement au niveau non verbal de sujets de 5 ans à 85 ans. Il est considéré comme une mesure des habiletés cognitives sans biais dû au langage (Kowall, Watson & Madak, 1990; Whorton & Morgan, 1990). Les différents items inclus dans ce test sollicitent les aptitudes à la résolution de problèmes sur la base de raisonnements abstraits et figuratifs.

Le temps d'administration du test est d'environ de 15 minutes. Deux formes (A et B) équivalentes de 55 problèmes de difficultés croissantes sont disponibles. Un score standardisé est calculé sur la base des réponses correctes et incorrectes. Chaque problème présente un stimulus de départ auquel manquent un ou plusieurs éléments. Le sujet doit choisir l'élément qui complète le mieux la figure parmi les 4 ou 6 possibilités de réponse. Les figures varient selon une ou plusieurs des dimensions suivantes : la forme, la position, l'orientation, la contiguïté, la grosseur, la longueur, le mouvement et la rotation, les zones ombragées et l'organisation de l'ensemble. Les problèmes les plus difficiles présentent simultanément plusieurs de ces dimensions. Par ailleurs, cinq types ou

catégories de problèmes sont présentés par les divers problèmes et ne peuvent être solutionnés que par des règles précises s'y rattachant : 1) l'association simple, 2) les analogies, 3) la classification, 4) les intersections, et 5) les progressions (McGhee & Lieberman, 1990). L'expérimentateur présente gestuellement la démarche à suivre à l'aide des six premiers problèmes utilisés à titre d'exemples. Pour les problèmes suivants, le sujet indique son choix parmi les options de réponses simplement en pointant du doigt ou par tout autre manière explicite.

Les indices de fidélité test-retest associés au TONI-2 varient de 0,80 à 0,95, les coefficients de consistance interne de 0,81 à 0,99 et les corrélations avec des mesures similaires (par exemple le WISC-R) sont pour la plupart supérieurs à 0,35 (Brown, Sherbenou & Johnsen, 1990).

L'Échelle de vocabulaire en images Peabody (ÉVIP)

Adaptation française du *Peabody Picture Vocabulary Test* (PPVT), l'ÉVIP est utilisée afin d'évaluer le vocabulaire réceptif (ou d'écoute) des sujets (Miller & Lee, 1993). L'échelle comporte deux formes parallèles présentant 5 items d'entraînement suivis de 170 items disposés en ordre croissant de difficulté. Chaque item consiste en quatre dessins en noir et blanc, présentés sur une carte dans un format à choix multiples. Le sujet doit déterminer, parmi les quatre images qui lui sont présentées, celle qui illustre le mieux la signification du mot stimulus prononcé à haute voix par l'expérimentateur. Cette procédure n'exige aucune verbalisation de la part du sujet.

Le test s'adresse à des sujets de 2 ans et demi à 18 ans, en autant que ces sujets voient et entendent raisonnablement bien et comprennent assez bien un français normatif. Le temps de passation varie entre 8 et 15 minutes. Les items trop faciles et trop difficiles étant éliminés, chaque sujet n'a à répondre qu'à 25 à 50 items de difficultés appropriées. Une cote normalisée est calculée sur la base des réponses correctes et incorrectes des sujets. L'ÉVIP est reconnu pour sa double utilisation : à la fois comme test de rendement pour évaluer l'étendue du vocabulaire français acquis par le sujet et comme test de

dépistage d'aptitude scolaire dans le cas où le français est la langue maternelle du sujet et où la scolarisation du sujet se fait aussi en français.

L'ÉVIP contient essentiellement toutes les qualités des versions anglaises du PPVT, plus de 100 études sur la fidélité des versions ont démontré que les résultats obtenus sur ces tests sont remarquablement stables pour de nombreux groupes de sujets. Par ailleurs, des études de validité démontrent que ces versions ont une corrélation positive élevée avec d'autres tests de vocabulaire et avec plusieurs tests individuels d'intelligence. La corrélation médiane avec les sous-tests du vocabulaire du Stanford-Binet (0,72), du WISC (0,69), du WAIS (0,64) de même qu'avec les tests individuels d'intelligence comme le Stanford-Binet (0,62), l'échelle globale (0,64) et verbale (0,66) du WISC ou celles (globale = 0,72; verbale = 0,71) du WAIS illustrent ce niveau de corrélation (Dunn, Thériault-Whalen & Dunn, 1993).

S'il est vrai que parmi les tests d'intelligence générale les plus utilisés ce sont toujours les sous-tests de vocabulaire qui corréleront le plus au score total, l'ÉVIP ne doit pas toutefois pas être confondu avec les tests qui mesurent de manière plus complète l'intelligence générale. L'ÉVIP reste une mesure du vocabulaire d'écoute, qui n'est en soi qu'un aspect parmi d'autres du domaine complexe du langage et de la connaissance.

Mémoire immédiate des chiffres (WISC-III)

La mesure de la mémoire immédiate des chiffres est un sous-test du WISC-III. L'évaluation se fait en deux temps. Dans le premier, le sujet doit répéter à haute voix une série de chiffres, en respectant l'ordre dans lequel ils ont été dits par l'expérimentateur. Le deuxième temps se déroule de la même façon, mais le sujet doit cette fois répéter les chiffres dans l'ordre inverse. Dans les deux cas le test prend fin lorsque deux séries de suite ne sont pas répétées correctement. L'épreuve permet ainsi d'évaluer la mémoire à court terme (Kaplan & Saccuzzo, 1993), l'attention du sujet ainsi que de diagnostiquer son manque de contrôle (Grégoire, 1992).

Code (WISC-III)

Le sous-test des codes est lui aussi tiré du WISC-III. L'épreuve sert à évaluer la rapidité et la précision avec lesquelles le sujet associe des symboles (Grégoire, 1992), l'habileté à apprendre une tâche non familière et la dextérité visuo-motrice (Kaplan & Saccuzzo, 1993). La première partie de l'épreuve comporte un ensemble de référence où sont jumelées des figures (code A) géométriques et des traits (ex. : croix, barre verticale). Dans un deuxième temps, seules les figures géométriques sont présentées au sujet, qui lui, doit alors inscrire dans la figure géométrique le trait qui lui est associé. Après une courte période de pratique, le sujet dispose de deux minutes pour remplir un nombre maximum de formes. La seconde partie de l'épreuve suit les mêmes procédures à l'exception du fait que les figures géométriques sont substituées par des chiffres (code B).

Procédure

L'épreuve de la Tour de Hanoi a été administrée à deux reprises à un an d'intervalle. Les sujets se présentaient au laboratoire accompagné de leurs parents. Pendant que les parents répondaient à un questionnaire concernant leur évaluation de la réussite scolaire de leur enfant (Normandeau et Larivée, 1997), ces derniers étaient conduits dans un autre local où l'épreuve de la Tour de Hanoi était administrée. Les visites au laboratoire ont eu lieu entre les mois de janvier et août.

Les mesures cognitives ont été colligées dans un local réservé à cet effet dans chacune des écoles participantes. La passation était individuelle avec une pause entre chaque test. Les deux passations ont eu lieu entre les mois d'avril et de juin.

Résultats

La présentation des résultats est divisée en trois parties. La première présente les analyses préliminaires concernant l'accord inter juges et la présence possible de différences entre sexes aux mesures cognitives et métacognitives. La seconde partie s'attarde aux résultats généraux concernant les performances cognitives et métacognitives

aux temps 1 et 2. Enfin, la troisième partie présente les résultats spécifiques aux questions de recherches.

Analyses préliminaires

Trois juges ont décodé les 150 protocoles (75 sujets vus à deux reprises) de l'expérimentation. Afin de calculer le pourcentage d'accord inter juges, le juge 3 a repris 10% des protocoles ayant été décodé par chacun des deux autres juges. Les pourcentages d'accord entre les juges 1 et 3 varient entre 80,1% et 98,2% (moyenne=88,6%), alors que ceux des juges 2 et 3 varient entre 80,1% et 90,4% (moyenne=89,3%). Dû à l'impossibilité d'une rencontre entre les trois juges pour discuter des cas de désaccord, ceux-ci ont été réglés en utilisant les données du juge ayant décodé le plus de protocoles (le juge 1 avec 53,33% et le juge 2 avec 34,67% des protocoles).

Afin de vérifier si un type de verbalisation prête davantage à confusion dans le décodage, la même procédure a été répétée pour chaque type de verbalisation. De cette façon, les pourcentages d'accord entre les juges 1 et 3 varient de 75% à 100% (moyenne=88,2%) et ceux entre le juges 2 et 3 varient, eux aussi, entre 70% et 100% (moyenne=92,5%). Les pourcentages d'accord étant assez élevés, aucun type de verbalisation ne semble prêter davantage à confusion.

Nous avons en outre vérifié la présence éventuelle de différences entre sexes. Des ANOVAs ont été pratiquées sur l'ensemble des mesures. En l'absence de différence significative, la variable sexe n'a pas été utilisée comme covariable dans les analyses subséquentes.

Résultats généraux

Le tableau 2 présente les résultats obtenus aux différentes mesures des habiletés intellectuelles. Le score moyen au TONI et à l'ÉVIP varient de façon significative ($F[1, 70] = 23,76, p < 0,001$ et $F[1,70] = 20,72, p < 0,001$ respectivement) entre les deux temps de mesure. Les résultats aux sous-tests du WISC-III, dont la mesure n'a été prise

Tableau 2 Moyennes et écarts-types aux mesures des habiletés cognitives aux temps 1 et 2

Mesures des habiletés cognitives	Temps 1		Temps 2		F (dl)	p
	Moy.	É-T.	Moy.	É-T.		
TONI-2	98,08	16,73	106,62	15,03	23,76 [70, 1]	0,001
ÉVIP	97,47	21,85	105,48	24,14	20,72 [70, 1]	0,001
Code			12,18	3,47		
Mémoire immédiate des chiffres			9,57	3,13		

Tableau 3 Moyennes et écarts-types aux mesures de la performances à la Tour de Hanoi aux temps 1 et 2

Mesures de performance tour de Hanoi	Temps 1		Temps 2		F (dl)	p
	Moy.	É-T.	Moy.	É-T.		
Nombre de problèmes réussis	2,19	0,83	3,16	0,77	101,22 [74, 1]	0,001
Nombre de déplacements 3 disques	25,18	20,27	14,77	11,86	35,73 [71, 1]	0,001
Nombre de déplacements 4 disques	53,94	20,85	31,40	16,93	37,93 [62, 1]	0,001
Nombre de déplacements 5 disques	90,80	40,12	101,85	49,94	0,31 [23, 1]	0,583
Nombre de déplacements 6 disques	195,00	48,51	202,59	96,95	0,57 [2, 1]	0,529
Temps pris 3 disques(a)	285,53	267,64	89,09	102,17	56,75 [74, 1]	0,001
Temps pris 4 disques	320,09	189,47	143,34	123,05	84,39 [62, 1]	0,001
Temps pris 5 disques	373,08	177,50	365,42	209,30	0,29 [23, 1]	0,593
Temps pris 6 disques	672,67	218,20	603,96	268,35	0,59 [2, 1]	0,523

a. Les temps sont donnés en secondes

qu'au temps 2, montrent que les scores au sous-test de la mémoire immédiate des chiffres (9,57) se situent dans la moyenne alors que le sous-test code (12,18) se situe à plus de 2/3 d'écart-type de la moyenne.

Afin de dresser le tableau général des différences de performance entre les deux temps, une série d'ANOVAs ont été effectuées. Le tableau 3 résume les résultats aux mesures de la performance à la Tour de Hanoi au temps 1 et 2. On note une différence significative ($p < 0,001$) entre les deux temps à cinq des neuf mesures : le nombre de problèmes réussis, le nombre de déplacements aux problèmes à trois et quatre disques et le temps pris pour les problèmes à trois et quatre disques. Les fréquences relativement au nombre de problèmes réussis au temps 1 et 2 présentées au tableau 4 montrent une nette amélioration entre les deux temps. Par ailleurs, le nombre moyen de déplacements effectués pour résoudre la tour à trois disques est passé entre le temps 1 et le temps 2 de 25,18 à 14,77 et, pour la tour à quatre disques de 53,94 à 31,40. Toutefois, le nombre de déplacements effectués pour résoudre les problèmes à cinq et six disques a augmenté, mais non de façon significative. Enfin, le temps moyen pris par problème diminue pour chacun des problèmes, mais seules les améliorations aux problèmes à trois et quatre disques sont significatives ($p < 0,001$).

Tableau 4 Nombre de problèmes réussis aux temps 1 et 2

Nombre de problèmes réussis	Temps 1	Temps 2
0 ou 1 problème	11	2
2 problèmes	39	11
3 problèmes	22	35
4 problèmes	3	27

Le tableau 5 présente les résultats aux mesures de l'évaluation de l'autorégulation. Les fréquences des verbalisations de planification et des corrections en cours de déplacements varient significativement (respectivement $p < 0,01$ et $p < 0,001$) du temps 1 au temps 2. Passant de 3,6 à 1,8 la fréquence des verbalisations de planification diminue alors que les corrections en cours de déplacement augmente de 18,39 à 31,36.

Tableau 5 Moyennes et écarts-types aux mesures de l'autorégulation aux temps 1 et 2

Mesures d'autorégulation	Moy.	É-T.	Moy.	É-T.	F (dl)	P
Indice d'amélioration de l'autorégulation	27,99	18,78	32,49	23,24	2,30 [71, 1]	0,134
Indice d'autorégulation intensées			30,37	17,42		
Fréquence des verbalisations d'évaluation	3,08	4,53	2,57	4,16	0,63 [74, 1]	0,43
Fréquence des verbalisations de planification	3,60	4,85	1,80	3,10	9,61 [74, 1]	0,01
Fré. De corrections de déplacements en cours	18,39	15,63	31,36	26,92	15,30 [74, 1]	0,001

Réponses aux questions de recherche

Des MANOVAs ont été effectuées pour chacun des temps afin de répondre à la question, est-ce que la performance à la Tour de Hanoi est fonction de la performance d'autorégulation ? Les MANOVAs pratiquées sur la fréquence de verbalisation de planification, la fréquence de verbalisation d'évaluation, la fréquence de correction en cours de déplacement et l'indice d'autorégulation intraséance avec le nombre de problèmes réussis comme facteur (1-4). Après avoir vérifié l'absence de différences à l'ensemble des variables les trois sujets n'ayant pas réussi de problème au temps 1 ont été jumelés avec ceux ayant réussi un problème ce qui permettait d'avoir le même nombre de groupes aux deux temps. Au temps 1, on observe des différences significatives selon le problèmes réussis (Pillais = 0,545, $F[68, 3] = 3,72$, $p < 0,001$). Une analyse de variance subséquente relève un effet principal de la correction en cours de déplacement ($F[68, 3] = 10,46$, $p < 0,001$). L'analyse *post hoc* (Scheffé) montre 1) que les sujets ayant réussi trois problèmes (26.00) et quatre problèmes (47.33) diffèrent sur la base du nombre de corrections effectuées en cours de déplacement, de ceux en ayant réussis 0 ou 1 problème (3,72) ; et 2) les sujets ayant réussis trois problèmes (26,00) et quatre problèmes (47,33) diffèrent de ceux en ayant réussi deux (16,00).

Au temps 2, on observe des différences significatives selon le nombre de problèmes réussis (Pillais = 0,358, $F[71, 3] = 3,21$, $p < 0,001$). Des analyses de variance subséquentes relèvent des effets principaux de l'indice d'autorégulation intraséance ($F[71, 3] = 4,58$, $p < 0,01$), de la correction en cours de déplacement ($F[71, 3] = 5,99$, $p < 0,01$) et de fréquence de verbalisations de planification ($F[71, 3] = 3,17$, $p < 0,05$). Les analyses *post hoc* (Scheffé) montrent 1) que le groupe de sujets ayant réussi quatre problèmes (41,76) et celui ayant réussi deux problèmes (14,64) diffèrent au niveau de l'indice d'autorégulation intraséance ; 2) que les sujets ayant réussi quatre (46.07) problèmes et ceux en ayant réussis deux (14.81) ou trois (26.60) diffèrent sur la base du nombre de corrections effectuées en cours de déplacement ; 3) que les sujets ayant réussi

Tableau 6 Moyennes et écarts-types aux mesures des habiletés cognitives et d'autorégulation selon le nombre de problèmes réussis aux temps 1

Mesures	0 ou 1 prob. (n=11)		2 prob. (n=39)		3 prob. (n=22)		4 prob. (n=3)	
	moy	É-T	moy	É-T	moy	É-T	moy	É-T
Indice d'amélio. de l'autorégulation	39,37	38,36	26,84	14,76	24,23	14,19	40,33	13,23
Indice d'autorégulation interséance	30,74	20,66	28,78	18,14	31,85	15,38	38,88	13,37
Fréquence des verb. d'évaluation	1,82	2,23	3,95	5,08	2,50	4,46	0,67	1,15
Fréquence des verb. de planification	3,45	7,06	3,79	4,24	3,82	4,96	0	0
Fré. des corrections en cours de dépla.	3,73	5,61	16,00	11,65	26,00	16,45	47,33	16,62
TONI-2	90,27	11,68	97,41	17,01	102,27	17,57	104,67	18,15
ÉVIP	83,36	18,62	97,54	23,26	104,05	19,36	100,00	11,53

Tableau 7 Moyennes et écarts-types aux mesures des habiletés cognitives et d'autorégulation selon le nombre de problèmes réussis aux temps 2

Mesures	0 ou 1 prob. (n=2)		2 prob. (n=11)		3 prob. (n=35)		4 prob. (n=27)	
	moy	É-T	moy	É-T	moy	É-T	moy	É-T
Indice d'amélio. de l'autorégulation	47,50	30,41	14,64	12,26	30,09	18,50	41,76	27,33
Indice d'autorégulation interséance	56,50	17,68	21,90	18,09	25,74	13,71	37,89	17,61
Fréquence des verb. d'évaluation	3,00	4,24	2,64	4,27	2,86	4,84	2,15	3,25
Fréquence des verb. de planification	8,00	11,31	2,09	2,74	1,71	3,06	1,33	2,00
Fré. des corrections en cours de dépla.	7,00	5,66	14,82	17,31	26,6	23,42	46,07	28,51
TONI-2	86,00	0	97,55	10,18	107,31	17,57	111,70	16,50
ÉVIP	95,50	43,13	87,45	17,57	107,34	23,3	112,13	23,81
Code	11,00	0	10,18	3,74	12,26	3,49	13,13	3,17
Mémoire immédiate des chiffres	6,50	0,71	7,73	2,45	9,83	3,38	10,29	2,93

trois (1.33) ou quatre (1.71) problèmes différent de ceux en ayant réussi 0 ou 1 (8.00) au niveau de la fréquence de verbalisations de planification.

Le même regroupement des sujets selon le nombre de problèmes réussis a été utilisé afin d'établir si la performance à la Tour de Hanoi est fonction des mesures cognitives. Ainsi, une MANOVA sur les résultats au TONI et à l'ÉVIP avec le nombre de problèmes réussis comme facteur (1-4) a été effectuée pour le temps 1. Aucune différence significative n'est toutefois observée.

Au temps 2, une MANOVA sur les résultats au TONI, à l'ÉVIP, au code et à la mémoire immédiate des chiffres avec le nombre de problèmes réussis comme facteur a été effectuée. Un effet significatif du nombre de problèmes réussis (Pillais = 0,200, $F[3, 67] = 2,49$, $p < 0,05$) est observé. Des analyses de variance subséquentes révèlent des effets principaux du TONI ($F[67, 3] = 3,91$, $p < 0,05$) et de l'ÉVIP ($F[67, 3] = 3,06$, $p < 0,05$). Les analyses *post hoc* (Scheffé) indiquent que les sujets ayant réussi quatre problèmes (112,13) différent de ceux ayant réussi deux (87,45) problèmes. Les analyses *post hoc* (Scheffé) effectuées avec les données du TONI ne permettent pas d'identifier quels groupes différent sur le plan du TONI.

Afin de vérifier s'il est possible de prédire les améliorations intra et interséances de l'autorégulation sur les bases des habiletés cognitives, des régressions linéaires ont été calculées. Les procédures par élimination, pas à pas et de tous les sous-ensembles ont été tentées sans qu'aucune d'entre elles ne permettent de prédire significativement l'autorégulation.

Discussion

Plusieurs travaux portant sur la métacognition suggèrent que les habiletés d'autorégulation se développent progressivement au cours de l'enfance. Jusqu'ici, les études entreprises par les chercheurs obtiennent des résultats variés et dressent un tableau général très confus du développement des habiletés d'autorégulation. À cet égard, plusieurs travaux d'orientation vygotkienne ont mis en évidence le rôle du langage dans

la régulation et la planification de problèmes chez les jeunes enfants. Toutefois, l'absence d'évaluations des habiletés cognitives dans l'ensemble de ces études nuit à la compréhension de la problématique. De plus, les habiletés mnémoniques sont, quoique évoquées dans l'étude portant plus spécifiquement sur la planification, souvent laissées de côté dans les études sur l'autorégulation.

L'objectif de la présente étude était donc d'évaluer, à l'aide d'une tâche de résolution de problèmes, la progression de l'autorégulation sur un an et d'éclaircir le rôle des verbalisations spontanées dans la réalisation de la tâche. En outre, comme il est difficile de distinguer la cognition de la métacognition, l'étude avait aussi comme objectif d'évaluer conjointement les performances cognitives et métacognitives tout en portant une attention particulière à la mémoire.

Quatre résultats généraux ressortent : 1) l'augmentation significative du nombre de problèmes réussis ; 2) la diminution significative du temps pris et du nombre de déplacements effectués pour résoudre les problèmes à trois et quatre disques ; 3) l'augmentation significatives des scores au TONI et à l'ÉVIP ; et 4) la diminution significative de la fréquence de verbalisations de planification.

L'augmentation significative du nombre de problèmes abonde dans le même sens d'un certain nombre d'études qui observent des meilleures capacités de résolution de problèmes en fonction de l'âge. Par exemple, dans une étude comparative des habiletés de résolution de problèmes de déficients et d'enfants normaux, Spitz et ses collègues (1982) ont constaté une augmentation du nombre de problèmes réussis à la Tour de Hanoi de la maternelle à la première année et de la première année à la troisième année du primaire. La performance des sujets de troisième année est toutefois la seule qui se distingue significativement des autres groupes. L'espace mental (Pascual-Leone, 1970) paraît être un facteur de performance important puisque le *depth of search* compte pour 50% de la variance de la performance des sujets de première et troisième année et pour

la régulation et la planification de problèmes chez les jeunes enfants. Toutefois, l'absence d'évaluations des habiletés cognitives dans l'ensemble de ces études nuit à la compréhension de la problématique. De plus, les habiletés mnémoniques sont, quoique évoquées dans l'étude portant plus spécifiquement sur la planification, souvent laissées de côté dans les études sur l'autorégulation.

L'objectif de la présente étude était donc d'évaluer, à l'aide d'une tâche de résolution de problèmes, la progression de l'autorégulation sur un an et d'éclaircir le rôle des verbalisations spontanées dans la réalisation de la tâche. En outre, comme il est difficile de distinguer la cognition de la métacognition, l'étude avait aussi comme objectif d'évaluer conjointement les performances cognitives et métacognitives tout en portant une attention particulière à la mémoire.

Quatre résultats généraux ressortent : 1) l'augmentation significative du nombre de problèmes réussis ; 2) la diminution significative du temps pris et du nombre de déplacements effectués pour résoudre les problèmes à trois et quatre disques ; 3) l'augmentation significatives des scores au TONI et à l'ÉVIP ; et 4) la diminution significative de la fréquence de verbalisations de planification.

L'augmentation significative du nombre de problèmes abonde dans le même sens d'un certain nombre d'études qui observent des meilleures capacités de résolution de problèmes en fonction de l'âge. Par exemple, dans une étude comparative des habiletés de résolution de problèmes de déficients et d'enfants normaux, Spitz et ses collègues (1982) ont constaté une augmentation du nombre de problèmes réussis à la Tour de Hanoi de la maternelle à la première année et de la première année à la troisième année du primaire. La performance des sujets de troisième année est toutefois la seule qui se distingue significativement des autres groupes. L'espace mental (Pascual-Leone, 1970) paraît être un facteur de performance important puisque le *depth of search* compte pour 50% de la variance de la performance des sujets de première et troisième année et pour

40% de celle des sujets de maternelle. Pascual-Leone (1970) avait en effet postulé que le nombre d'éléments susceptibles d'être géré par un individu augmentait avec l'âge.

Plus étonnantes sont les diminutions du nombre de déplacements par problème et du temps pris par problème qui ne sont observées qu'aux problèmes à trois et quatre disques. Ici encore, ces résultats peuvent s'expliquer, du moins en partie, par le concept d'espace mental ; les exigences sur la mémoire de travail requises pour résoudre les problèmes à cinq et six disques dépassent en effet les capacités des sujets de 6-7 ans. Pour résoudre ces problèmes, les sujets procèdent alors davantage par tâtonnement de courtes séquences de planification de déplacements à l'intérieur des limites de leur mémoire de travail. Sans quoi celle-ci surchargée avant l'atteinte d'un sous-objectif, entraîne des déplacements inadéquats, augmentant ainsi le nombre de déplacements exécutés et le temps pris pour résoudre le problème.

L'augmentation significative des scores au TONI et à l'ÉVIP entre le temps 1 et le temps 2 est plutôt surprenante. Ce type d'augmentation peut s'expliquer de différentes façons. Premièrement, il est possible qu'il y ait réellement une augmentation de 8 points. Deuxièmement, le phénomène de la régression vers la moyenne peut avoir joué. Ce phénomène prévoit que les valeurs se regroupent autour de la valeur centrale et cette tendance est d'autant plus importante que les valeurs s'éloignent de la valeur centrale. La moyenne se voit augmentée du fait que les QI élevés au temps 1 diminue, tout en demeurant supérieurs à la moyenne, et le QI inférieur augmente tout en demeurant sous la moyenne. Les corrélations effectuées entre le score au temps 1 et l'augmentation (ou la baisse) enregistrée suite à la deuxième passation (-0,52 dans le cas du TONI et -0,19 dans le cas de l'ÉVIP) indiquent d'ailleurs une augmentation vers la moyenne des scores des sujets ayant un moins bon score au temps 1. Enfin, il est possible qu'un effet de pratique puisse avoir joué. À ce sujet, Jensen (1980) affirme que retester un sujet après un court intervalle peut résulter en une augmentation de son score variant de 2 à 8 points avec une moyenne de 5 points. Cet effet de pratique est non négligeable puisque environ

la moitié du gain persiste après un an. Toutefois, Jensen (1980) rapporte aussi que les gains sont habituellement moins importants pour les tests verbaux. Or, les augmentations observées au TONI et à l'ÉVIP sont similaires. Il est aussi avancé par Jensen que les sujets les plus brillants bénéficient davantage de l'effet de pratique. Toutefois, les augmentations observées ne sont pas dues à ce facteur puisque les corrélations effectuées entre le score au temps 1 et l'augmentation (ou la baisse) enregistrée suite à la deuxième passation indiquent davantage une augmentation du score des sujets ayant un moins bon score au temps 1.

La diminution significative du nombre de verbalisations de planification mérite d'être soulignée. Ce type de résultats est consistant avec la théorie de Vygotsky qui prévoit que les verbalisations s'intériorisent avec l'âge (Manning et al., 1994). Vygotsky, a décrit comment les verbalisations créent, lors de la résolution de problèmes, un support cognitif entre la présentation du problème et l'objectif de l'individu (Braten, 1991b). Elles diminuent toutefois progressivement avec l'intériorisation de la pensée au début de l'âge scolaire. La distinction qui s'opère graduellement entre le langage social et égocentrique rend inutile l'extériorisation de ce dernier. Ainsi, le langage s'intériorise progressivement en un langage interne qui permet la même régulation, mais de façon plus économique puisque l'espace mental est libéré par l'utilisation d'une syntaxe prédictive ne nécessitant pas l'expression explicite du sujet de la phrase ainsi que de tous les mots qui y sont liés (Braten, 1991b). Cette économie d'espace mental permet une planification plus développée et rend possible la réussite de problèmes plus difficile.

Les résultats spécifiques aux différentes questions de recherche seront discutés en trois parties : la première concerne la relation entre la performance à la Tour de Hanoi et la performance d'autorégulation ; la seconde, la relation entre la performance à la Tour de Hanoi et les habiletés cognitives ; et la troisième, la relation entre l'autorégulation et les habiletés cognitives.

La performance à la Tour de Hanoi est-elle fonction de la performance d'autorégulation?

Les résultats du temps 1 établissent des distinctions seulement quant au nombre de corrections en cours de déplacement. Les autres mesures de l'autorégulation ne permettant pas de distinguer des niveaux de performances d'autorégulation selon la performance à la Tour de Hanoi. Quoi qu'il en soit, le nombre de corrections en cours de déplacement indique que les sujets ayant réussi trois ou quatre problèmes corrigent davantage de déplacements (respectivement 26 et 47,33) que ceux ayant réussi 0 ou 1 ou 2 problèmes (respectivement 3,72 et 16). Ces résultats s'expliquent sans doute par le nombre total de déplacements nécessairement supérieurs effectués pour les problèmes avec plus de disques. De fait, les problèmes à cinq et six disques ont nécessité respectivement 36,86 et 141,06 déplacements de plus que celui à quatre disques alors qu'il nécessite en réalité que 16 et 48 déplacements de plus. Cet indice d'autorégulation est par contre difficile à interpréter, car bien que la correction en cours de déplacement fait preuve d'une sorte de raisonnement, les déplacements s'additionnent malgré tout au total de déplacements et fausse quelque peu la relation entre la performance à la Tour de Hanoi sur la base du nombre de déplacement et la performance d'autorégulation.

L'absence de distinction entre les groupes aux autres mesures de l'autorégulation est surprenante, Kurtz et Weinert (1989) avançaient en effet que la métacognition constituait un meilleur prédicteur de la performance à une tâche de mémoire que le QI, ce derniers étant un meilleur prédicteur à long terme. Toutefois, il n'a pas été possible de les distinguer sur les bases de leur performance d'autorégulation même en formant, en analyse *post hoc*, deux groupes avec les 10 sujets dont les scores au TONI étaient les plus élevés (de 118 à 139) et les 10 sujets dont les scores étaient les plus faibles (de 65 à 80). Puisque deux des mesures de l'autorégulation se base sur les verbalisations, la même procédure à été appliquée aux scores obtenus à l'ÉVIP, mais sans plus de succès. Ces résultats peuvent s'expliquer, du moins en partie, par le nombre restreint de verbalisations

émises par les sujets. Ceci a pour effet de diminuer la variance entre les sujets et, par conséquent, entre les groupes basés sur le nombre de problèmes réussis. Sarocchi (1988) avait d'ailleurs relevé ce problème avec l'utilisation des verbalisations spontanées en comparaison des méthodes qui exigent, par exemple, de justifier les déplacements.

Les résultats des analyses effectuées pour le temps 2 permettent de distinguer les performances d'autorégulation sur la base du nombre de problèmes réussis. Deux des trois mesures de l'autorégulation, soit la fréquence de verbalisations de planification et l'indice d'autorégulation, permettent cette distinction. Au niveau de la fréquence de verbalisations de planification, c'est le groupe de sujets ayant réussi un problème qui se distingue de ceux en ayant réussi trois ou quatre. Ces derniers émettant respectivement en moyenne 1,71 et 1,33 verbalisations de planification comparativement à 8,00 pour les sujets ayant réussi un seul problème. Ainsi, il est possible que les verbalisations aient diminué parce qu'intériorisées au cours de l'année écoulée entre les deux passations et que les sujets qui verbalisent le plus lors de la seconde passation sont ceux qui performant le moins bien. Welsh (1991) constate toutefois, dans son étude portant sur l'autorégulation, que les différences dans l'autorégulation n'avaient qu'un effet minime sur la performance à la Tour de Hanoi.

De plus, le petit nombre de sujets ($n=2$) dans le groupe ayant résolu 0 ou 1 problème est possiblement à la base de la différence significative obtenue. Cette dernière est étonnante compte tenu que Vernon et Strudensky (1988), dans une étude utilisant la Tour de Hanoi et le problème de Cannibales et des Missionnaires, constatent que les sujets qui font les problèmes à cinq et six disques ont besoin davantage de médiation verbale.

L'indice d'autorégulation permet, pour sa part, de distinguer le groupe de sujets ayant réussi quatre problèmes de celui en ayant réussi deux. L'indice d'autorégulation parfait étant 0, le groupe ayant résolu quatre problèmes obtient un indice moyen de 41,76 bien inférieur au groupe ayant résolu deux problèmes dont l'indice est de 14,64. Le

niveau de difficulté des problèmes à cinq et six disques explique sans doute pourquoi les sujets ayant réussi plus de problèmes ont un moins bon indice d'autorégulation. Les exigences élevées sur la mémoire de ces deux problèmes occasionnent des déplacements inadéquats et les déplacements en trop sont importants dans le calcul de l'indice d'autorégulation. Planche (1985) explique ce type de résultats par le fait que les sujets transfèrent les solutions des premiers problèmes aux subséquents sans tenir compte de la tige à utiliser comme sous-objectif. Ce type d'erreur occasionne beaucoup de déplacements supplémentaires, puisque le sujet doit soit revenir complètement en arrière ou encore faire la tour en entier sur la tige du centre avant de la refaire sur la tige objectif. Le nombre de disques à déplacer étant plus important, le nombre de déplacements supplémentaires augmente. Rickler (1984) explique plutôt ceci par une surcharge de la mémoire causée par l'absence d'établissement de sous-objectifs qui ne sont pas réellement nécessaires lors de la résolution des problèmes à trois et quatre disques.

L'indice élevé obtenu par le groupe ayant réussi 0 ou 1 problème s'explique sans doute par le petit n ($n=2$). En éliminant ce résultat, le tableau général correspond (quoique les différences ne sont pas significatives) aux résultats de Swanson (1990) qui observe des progressions conjointes de la métacognition mesurée par un questionnaire et la résolution de problèmes. Dans le même sens, la recension de Sugrue (1995) identifie la métacognition comme source de variance de la résolution de problèmes. Ainsi, il semble que meilleure est la performance d'autorégulation, meilleure est la performance de résolution de problèmes.

La performance à la Tour de Hanoi est-elle fonction des habiletés cognitives?

Encore une fois, les analyses au Temps 1 ne relèvent rien de significatif. Le peu de sujets dans les groupes extrêmes (0,1 et 4 problèmes) comparativement à la forte concentration de sujets dans les deux groupes du centre (2 et 3 problèmes) pourrait expliquer l'absence de différence significative. Il semble possible, vu la répartition des

sujets dans les groupes, que le niveau de difficulté ne varie pas suffisamment d'un problème à l'autre à l'exception du problème à six disques. Puisque pour le temps 1 seul le problème à six disques semble exiger davantage des sujets, on peut penser, sur les bases des liens établis par Vernon et Strudensky (1985) entre la résolution de problèmes et l'intelligence, que ce groupe diffère des autres au niveau du QI. Toutefois, même si le score au TONI-2 est plus élevé que les trois autres groupes, le petit nombre de sujets faisant partie de ce groupe ne permet pas de l'établir statistiquement.

Si le TONI n'établit pas de différences significatives entre les groupes au temps 2, on observe malgré tout une progression dans les scores selon le nombre de problèmes réussis. Exception fait du groupe de sujet ayant résolu 0 ou 1 problème, les résultats à l'ÉVIP présentent le même profil. Or, puisque seulement deux sujets font partie du groupe 0 ou 1 problèmes réussis, la moyenne ne permet d'évaluer adéquatement ce groupe par rapport aux autres et ce, d'autant plus que la moyenne pour ce groupe a augmenté de 12,14 points du temps 1 au temps 2. Pourtant plusieurs recherches ont permis d'établir un lien entre la résolution de problèmes et les habiletés cognitives. Par exemple, Swanson (1992) observait, dans une tâche de combinaison, une meilleure résolution de problèmes chez les sujets ayant un QI élevé. Les résultats de Vernon et Strudensky (1985) abondent dans le même sens : la résolution de problèmes à la Tour de Hanoi est corrélée avec le QI.

Les améliorations de l'autorégulation intraséance et interséances sont-elles fonction des habiletés cognitives?

Les résultats d'études précédentes sont partagés quant à la relation entre l'autorégulation et les habiletés cognitives. Dans le même sens que nos résultats Schraw et Denisson (1994) concluent que la métacognition est indépendante des habiletés cognitives et du rendement scolaire. De plus, Alexander et Schwanenflugel (1994) obtiennent, dans une tâche de triage, des résultats dans le même sens puisque

l'intelligence telle que mesurée par un test de QI ne joue qu'un rôle minime dans la régulation. Selon ces derniers, les sujets de QI élevé comprennent que la stratégie de triage par catégorie fonctionne bien dans le type de tâche qui leur était présentée, mais le niveau scolaire et les connaissances de base influencent davantage l'utilisation de la stratégie que l'intelligence.

D'autres études observent toutefois une relation entre les habiletés intellectuelles et la métacognition. De fait, Kanevsky (1990) constate, dans des variantes de la Tour de Hanoi, que les sujets les plus brillants apprennent davantage de leurs erreurs. Swanson (1992) et Kurtz et Weinert (1985) observent que les sujets les plus brillants ont une meilleure métacognition. Dans le même sens, Slife et al. (1985) constatent que des sujets avec des troubles d'apprentissage ont une moins bonne métacognition et ce, tant au plan du savoir métacognitif qu'au plan de la régulation. Ainsi, la métacognition et les habiletés cognitives semblent malgré tout liées entre elles.

Conclusion

L'objectif de l'étude était d'évaluer l'autorégulation, à deux reprises à un an d'intervalle, lors de la résolution de problèmes de difficulté croissante à la Tour de Hanoi et de mettre celle-ci en relation avec des mesures cognitives. Les résultats n'identifient, au temps 1, qu'une différence sur le nombre de corrections en cours de déplacement où plus les sujets réussissent de problèmes, plus ils effectuent de corrections en cours de déplacements. Au temps 2, il a toutefois été possible d'établir des différences, au temps 2 sur la base des habiletés cognitives et d'autorégulation entre des groupes formés à partir du nombre de problèmes réussis. De façon générale, on observe que l'autorégulation, lorsque mesurée sur la base des verbalisations de planification, d'un indice calculé à l'aide des déplacements en trop, du nombre de problèmes réussis et de l'amélioration intraséance, diminue à mesure que les sujets réussissent davantage de problèmes, et le

nombre de correction en cours de déplacement augmente en même temps que le nombre de problèmes réussis. Il a été avancé que, comme le prétend la théorie de Vygotsky, les verbalisations se sont intériorisées chez les sujets parvenus à résoudre plus de problèmes. L'augmentation de l'indice d'autorégulation (0 étant l'indice parfait) a, pour sa part, été expliquée par des déplacements supplémentaires entraînés par le transfert, aux problèmes à cinq et six disques, d'une stratégie incomplète ou encore à l'absence de sous-objectif dans la stratégie de résolution. Les difficultés rencontrées par les sujets dans la planification des solutions s'expliquent probablement par les limites que leur imposait leur mémoire de travail. D'ailleurs, les résultats au sous-test de la mémoire des chiffres croissent avec le nombre de problèmes réussis. Quoique les différences entre les groupes ne soient pas significatives, ce type de résultats présente clairement une tendance.

Les mesures des habiletés cognitives évaluées avec le TONI-2 et l'ÉVIP semblent présenter la même tendance. De fait, outre deux exceptions à l'ÉVIP, plus le QI est élevé plus les sujets réussissent de problèmes et ce, tant au temps 1 qu'au temps 2. Toutefois, seule la différence à l'ÉVIP entre les sujets du groupe ayant réussi deux problèmes et ceux du groupe ayant réussi quatre problèmes est significative.

Il paraît important de souligner que les méthodes d'évaluation de l'autorégulation qui utilisent les verbalisations devraient tenter de solliciter ces dernières, car l'intériorisation du langage égocentrique limite de façon importante l'accès aux processus de résolution de problèmes et d'autorégulation. Enfin, vu le rôle que semble avoir joué la mémoire, il apparaît important que lors d'études ultérieures, celle-ci puisse faire l'objet d'une étude plus systématique, particulièrement en ce qui concerne les exigences imposées par cette tâche sur la mémoire.

Référence

- AHLUM-HEATH, M. E. et DI VESTA, D.J. (1986). The effect of conscious controlled verbalization of a cognitive strategy on transfer in problem solving. Memory and Cognition, 14 (3), 281-285.
- ALEXANDER, J.M. et SCHWANENFLUGEL, P.J. (1994). Strategy regulation : the role of intelligence, metacognitive attribution, and knowledge base. Developmental Psychology, 30 (5), 709-723.
- ALEXANDER, J.M., CARR, M. et SCHWANENFLUGEL, P.J. (1995). Development of metacognition in gifted children : direction for future research. Developmental Review, 15 1-37.
- ALLEN, B.A. et ARMOUR-THOMAS, E. (1993). Construct validation of metacognition. The Journal of Psychology, 127 (2), 203-211.
- BENSON, J.B. (1997). The development of planning : it's about time. In S.L. Friedmen et E.K. Scholnick (Eds.), The developmental psychology of planning : why, how, how and when do we plan? (pp.43-75). NJ : Erlbaum.
- BERARDI-COLETTA, B., BUYER, L.S., DOMINOWSKI, R.L. et RELLINGER, E.A. (1995). Metacognition and problem solving : a process-oriented approach. Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition, 21 205-223.
- BERK, L.E. (1986a). Private speech : learning out loud. Psychology Today, 20 (6), 34-42
- BERK, L.E. (1986b). Relationship of elementary school children's private speech to behavioral accompaniment to task, attention, and task performance. Developmental Psychology, 22 (5), 671-680.
- BORKOWSKI, J.G. (1985). Signs of intelligence : strategy generalisation and metacognition. In S.R. Yussen (Ed.), The growth of reflection in children. (pp.3-30). NJ : Academic Press inc.
- BORYS, S.V., SPITZ, H.H. et DORANS, A. (1982). Tower of Hanoi performance of retarded young adults and nonretarded children as fonction of solution length and goal state. Journal of Experimental Child Psychology, 33 87-110.
- BRATEN, I. (1991a). Vygotsky as precursor to metacognitive theory : I. The concept of metacognition and its roots. Scandinavian Journal of Educational Research, 35 (3), 179-192.
- BRATEN, I. (1991b). Vygotsky as precursor to metacognitive theory : II. Vygotsky as metacognitivist. Scandinavian Journal of Educational Research, 35 (4), 305-320.

- BRATEN, I. (1992). Vygotsky as precursor to metacognitive theory : III. Recent metacognitive research within a vygotskian framework. Journal of Educational Research, 36 (1), 3-19.
- BROWN, A.L. (1987). Metacognition, executive control, self-regulation, and other more mysterious mechanisms. In F. Weinert et R. Kluwe (Eds.), Metacognition, motivation, and understanding. (pp.65-116). Hillsdale, NJ : Erlbaum.
- BROWN, A.L. et DELOACH, J.S. (1978). Skills, plans and self-regulation. In R.S. Siegler (Ed.), Children's thinking : what develops? (pp.3-35). NJ : Erlbaum.
- BROWN, L., SHERBENOU, R.L. et JOHNSON, S.K. (1990). Test on non verbal intelligence. Second Edition A language-free measure of cognitive ability. Austin : Pro-Ed.
- BROWN, R. et PRESSLEY, M. (1994). Self-regulated reading and getting meaning from text : the transactional strategies instruction model and its ongoing validation. In D.H. Schunk et B.J. Zimmerman (Eds.), Self-regulation of learning and performance. (pp.155-179). NJ : Hillsdale, NJ : Erlbaum.
- BYRNES, M.M. et SPITZ, H.H. (1979). Developmental progression of performance on the Tower of Hanoi problem. Bulletin of the Psychonomic Society, 14 (5), 379-381.
- CHARTIER, D. et LAUTREY, J. (1992). Peut-on apprendre à connaître et contrôler son propre fonctionnement cognitif. L'Orientation Professionnelle, 21 (1), 27-45.
- DAVIDSON, J.E., DEUSER, R. et STERNBERG, R.J. (1994). The role of metacognition in problem solving. In J. Metcalf et A.P. Shimamura (Eds.), Metacognition. (pp.207-226). London : The MIT Press.
- DUNN, L.M., THÉRIAULT-WHALEN, C.W. et DUNN, L.M. (1993). Échelle de vocabulaire en images Peabody. Toronto : Psycan.
- ELLIS, S. et SIEGLER, R.S. (1994). Development of problem solving. In R.J. Sternberg (Ed.), Thinking and problem solving. (pp.333-367). San Diego : Academic Press.
- ELLIS, S. et SIEGLER, R.S. (1997). Planning a strategy choice, or why don't children plan when they should? In S.L. Friedman et E.K. Scholnick (Eds.), The developmental psychology of planning : why, how, and when do we plan? (pp. 183-208). NJ : Erlbaum.
- ERICSSON, K.A. et SIMON, H.A. (1980). Verbal reports as data. Psychological Review, 87 (3), 215-251.

- FIREMAN, G. (1996). Developing a plan for solving a problem : a representational shift. Cognitive Development, 11 107-122.
- FLAVELL, J.H. (1971). First discussant's comments : What is memory development the development of? Human Development, 14 272-278.
- FLAVELL, J.H. (1976). Metacognitive aspects of problem solving. In L.B. Resnick (Ed.), The nature of intelligence. (pp.231-235). New Jersey : Erlbaum.
- FLAVELL, J.H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring. American Psychologist, 34 906-911.
- FLAVELL, J.H. (1987). Speculations about the nature and development of metacognition. In F. Weinert et R. Kluwe (Eds.), Metacognition, motivation, and understanding. (pp.21-29). Hillsdale, NJ : Erlbaum.
- FLAVELL, J.H. (1992). Perspectives on perspective taking. In H. Beilin et P. Pufall (Eds.), Piaget's theory prospects and possibilities. (pp.107-139). New Jersey : Erlbaum.
- FLAVELL, J.H. et WELLMAN, H.M. (1977). Metamemory. In R.V. Kail et J.W. Hagen (Eds.), Perspectives on the development of memory and cognition. (pp-3-34). NJ : Erlbaum.
- FRAUENGLASS, M.H. et DIAZ, R.M. (1985). Self-regulatory functions of children's private speech : a critical analysis of recent challenges to Vygotsky's theory. Developmental Psychology, 21 (2), 357-364.
- FRIEDMAN, S.L. et SCHOLNICK, E.K. (1997). An evolving " blueprint " for planning : psychological requirements, task characteristics, and social-cultural influences. In S.L. Friedman et E.K. Scholnick (Eds.), The developmental psychology of planning : why, how, and when do we plan? (pp.3-22). NJ : Erlbaum.
- FUSON, K.C. (1979). The development of self-regulating aspects of speech : a review. In G. Zivin (Ed.), The development of self-regulation through private speech. (pp.135-217). NY : John Wiley & Sons.
- GAGNÉ, R.M. et SMITH, E.C. (1962). A study of the effects of verbalization on problem solving. Journal of Experimental Psychology, 63 (1), 12-18.
- GARNER, R. (1988). Verbal-report data on cognitive and metacognitive strategies. In C.E. Weinstein, E.T. Goetz et P.A. Alexander (Eds.), Learning and study strategies. (pp.63-76). San Diego : Academic Press Inc.
- GORDON, C.J. et BRAUN, C. (1985). Metacognitive processes : reading and writing narrative discourse. In D.L. Forrest-Pressley, D.L. MacKinnon et T.G. Waller (Eds.), Metacognition, cognition and human performance. vol.2 (pp.1-76). Orlando : Academic Press Inc.

- GREENO, J.G. (1978). Natures of problem solving abilities. In W.P. Estes (Ed.), Handbook of learning and cognitive processes. (pp.239-270). New Jersey : Erlbaum.
- GRÉGOIRE, J. (1992). Évaluer l'intelligence de l'enfant. Liège : Mardaga.
- HAITH, M.M. (1997). The development of futur thinking as essential for the emergence of skill in planning. In S.L. Friedman et E.K. Scholnick (Eds.), The developmental psychology of planning : why, how, and when do we plan? (25-42). NJ : Erlbaum.
- HONG, E. (1995). A structural comparison between state and trait self-regulation models. Applied Cognitive Psychology, 9 333-349.
- HUET, N. et MARINÉ, C. (1998). Techniques d'évaluation de la métacognition. II- Les mesures dépendantes de l'exécution de tâches. L'Année Psychologique, 98 (4) 727-742.
- HUNT, E. (1994). Problem solving. In R.J. Sternberg (Ed.), Thinking and problem solving. (pp.215-232). San Diego : Academic Press.
- JENSEN, A.R. (1980). Bias in mental testing. New York : The Free Press.
- KANEVSKY, L. (1990). Pursuing qualitative differences in the flexible use of problem-solving strategy by young children. Jouranal for the Education of the Gifted, 13 (2), 115-140.
- KAPLAN, R.M. et SACCUZZO, D.P. (1993). Psychological testing : principles, applications, and issues. California : Brooks/Cole Publishing Company.
- KLAHR, D. et ROBINSON, M. (1981). Formal assessment of problem-solving and planning processes in preschool children. Cognitive Psychology, 13 113-148.
- KLUWE, R.H. (1987). Executive decision and regulation of problem solving behavior. In F.E. Weinert et R.H. Kluwe (Eds.), Metacognition, motivation, and understanding. (pp.31-64). NJ : Erlbaum.
- KOTOVSKY, K. (1983). Tower of Hanoi problem isomorphs and solution processes. Dissertation Abstracts International, 45 (3B), 1048.
- KOTOVSKY, K., HAYES, J.R. et SIMON, H.A. (1985). Why are some problem hard? Evidence from Tower of Hanoi. Cognitive Psychology, 17 248-294.

KOWALL, M.A., WATSON, G.M.W. et MADAK, P.R. (1990). Concurrent validity of the test of nonverbal intelligence with referred suburban and canadian native children. Journal of Clinical Psychology, 46 632-636.

KURTZ, B.E. et BORKOWSKI, J.G. (1987). Development of strategic skills in impulsive and reflective children : a longitudinal study of metacognition. Journal of Experimental Child Psychology, 43 129-148.

KURTZ B.E. et WEINERT, F.E. (1989). Metamemory, memory performance, and causal attributions in gifted and average children. Journal of Experimental Child Psychology, 48 45-61.

LEFEBVRE-PINARD, M. et PINARD, A. (1985). Taking charge of one's own cognitive activity : a moderator of competence. In E. Neimark, R. DeLisi et J. Newman (Eds.), Moderators of competence. (pp.191-211). NJ : Erlbaum Associates Inc.

MANNING, B.H., WHITE, C.S. et DAUGHERTY, M. (1994). Young children's private speech as a precursor to metacognitive strategy use during task engagement. Discourse Processes, 17 191-211.

MARINÉ, C. et HUET, N. (1998). Techniques d'évaluation de la métacognition. I-Les mesures indépendantes de l'exécution de tâches. L'Année Psychologique, 98 (4) 711-726.

MARSHALL, J.S. et MORTON, J. (1978). On the mechanics of EMMA. In A. Sinclair, R.J. Jarvella et W.J.M. Levelt (Eds.), The child's conception of language. (pp.225-239). Berlin : Springer.

McGHEE, R.L. et LIEBERMAN, L.R. (1990). Test-retest reliability of the test of nonverbal intelligence (TONI). Journal of School Psychology, 28 351-353.

MEICHENBAUM, D. (1986). Metacognition methods of instruction : current status and future prospects. Social Services in the School, 3 (1-2), 23-32.

MEICHENBAUM, D. et GOODMAN, S. (1979). Clinical use of private speech and critical questions about its study in natural settings. In G. Zivin (Ed.), The development of self-regulation through private speech. (pp.325-360). NY : John Wiley & Sons Inc.

MEICHENBAUM, D., BURLAND, S., GRUSON, L. et CAMERON, R. (1985). Metacognitive assessment. In S.R. Yussen (Ed.), The growth of reflection in children. (pp.3-30). NJ : Academic Press Inc.

MILLER, L.T. et LEE, C.J. (1993). Construct validation of the Peabody Vocabulary Test-Revised : A structural equation model of the acquisition order of words. Psychological Assessment, 5 438-431.

- NELSON, T.O. et NARENS, L. (1994). Why investigate metacognition? In J. Metcalf et A.P. Shimamura (Eds.), Metacognition. (pp.1-26). London : The MIT Press.
- NORMANDEAU, S. ET LARIVÉE, S. (1997). Are mothers and fathers' beliefs about their children so different ? Communication au congrès européen de psychologie du développement, Rennes, Septembre.
- OSMAN, M.E. et HANNAFIN, M.J. (1992). Metacognition research and theory : analysis and implications for instructional design. Educational Technology Research and Development, 40 (2), 83-99.
- PARIS, S.G. et WINOGRAD, P. (1990). How metacognition can promote academic learning and instruction. In B.F. Jones et L. Idol (Eds.), Dimensions of thinking and cognitive instruction. (pp.15-52). NJ : Erlbaum.
- PASCUAL-LEONE, J. (1970). A mathematical model for the transition rule in Piaget's developmental stages. Acta Psychologica, 32 301-345.
- PLANCHE, P. (1985). Modalités fonctionnelles et conduites de résolution de problème chez des enfants précoces de cinq, six et sept ans d'âge chronologique. Archives de Psychologie, 53 411-415.
- POISSANT, H., POËLLHUBER, B. et FALARDEAU, M. (1994). Résolution de problèmes, autorégulation et apprentissage. Revue Canadienne de l'Éducation, 19 (1), 30-43.
- POLSON, P. et JEFFRIES, R. (1982). Problem solving as search and understanding. In R.J. Sternberg (Ed.), Advances in the psychology of human intelligence. (pp.367-411). New Jersey : Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- RICHARD, J.-F. (1982). Planification et organisation des actions dans la résolution du problème de la Tour de Hanoi par des enfants de 7 ans. L'Année Psychologique, 82 307-336.
- RICHARD, J.-F., POITRENAUD, S. et TLJUS, C. (1993). Problem-solving restructuring : Elimination of implicit constraints. Cognitive Science, 17 497-529.
- RICKLER, M. (1983). Modeling problem solving processes : the effect of working memory overload. Dissertation Abstracts International, 45 (2-B), 468-469.
- RUIZ, D. (1987). Learning and problem solving : solving the Tower of Hanoi. . Dissertation Abstracts International, 48 (11B), 3438.

- SAROCCHI, F. (1988). Les marqueurs linguistiques comme indicateurs de l'anticipation. L'Année Psychologique, 88 65-82
- SCHNEIDER, W., KORKEL, J. et WEINERT, F.E. (1987). The effects of intelligence, self-concept, and attributional style of metamemory and memory behavior. International Journal of Behavioral Development, 10, 281-299.
- SCHOLNICK, E.K. et FRIEDMAN, S.L. (1993). Planning in context : developmental and situational considerations. International Journal of Behavioral Development, 16 (2), 145-167.
- SCHRAW, G. (1998). Promoting general metacognitive awareness. Instructional Science, 26 113-125.
- SCHRAW, G. et DENNISON, S. (1994). Assessing metacognitive awareness. Contemporary Educational Psychology, 19 460-475.
- SCHUNK, D.H. (1994). Self-regulation of self-efficacy and attributions in academic settings. In D.H. Schunk et B.J. Zimmerman (Eds.), Self-regulation of learning and performance. (pp.75-99). NJ : Hillsdale.
- SIMON, H.A. (1978). Information-processing theory of human problem solving. In W.K. Estes (Ed.), Handbook of learning and cognitive processes. (pp.271-295). New Jersey : Erlbaum.
- SLIFE, B.D. (1987). Can cognitive psychology account for metacognitive functions of mind? Journal of Mind and Behavior, 8, (2), 195-208.
- SLIFE, B.D., WEISS, J. et BELL, T. (1985). Separability of metacognition and cognition : problem solving in learning disabled and regular students. Journal of Educational Psychology, 77 (4), 437-445.
- SPITZ, H.H., WEBSTER, N.A. et BORYS, S.V. (1982). Further studies of the tower of Hanoi problem-solving performance of retarded young adults and nonretarded children. Developmental Psychology, 18 922-930.
- SPITZ, H.H., MINSKY, S.K. et BESSELLIEU, C.L. (1984). Subgoal length versus full solution length in predicting Tower of Hanoi problem-solving performance. Bulletin of the Psychonomic Society, 22 301-304.
- SPITZ, H.H., MINSKY, S.K. et BESSELLIEU, C.L. (1985). Influence of planning time and first-move strategy on Tower of Hanoi problem-solving performance of mentally retarded young adults and nonretarded children. American Journal of Mental Deficiency, 90 (1), 46-57.

STERNBERG, R.J. (1985). Review of Meichenbaum, Burland, Gruson, and Cameron's "metacognitive assessment". In S.R. Yussen (Ed.), The growth of reflection in children. (pp.31-35). New Jersey : Academic Press inc.

STINESSEN, L. (1985). The influence of verbalization on problem-solving. Scandinavian Journal of Psychology, 26 342-347.

SUGRUE, B. (1995). A theory-based framework for assessing domain-specific problem-solving ability. Educational Measurement : Issues and practice, 14 (3), 29-36.

SWANSON, H.L. (1987). The validity of metamemory-memory links with children of high and low verbal ability. British Journal of Educational Psychology, 57 179-190.

SWANSON, H.L. (1990). The influence of metacognition knowledge and aptitude on problem solving. Journal of Educational Psychology, 82 306-314.

SWANSON, H.L. (1992). The relationship between metacognition and problem solving in gifted children. Roeper Review, 15 43-48.

VANLEHN, K. (1991). Rule acquisition events in the discovery of problem-solving strategies. Cognitive Psychology, 15 1-47.

VERNON, P.A. et STRUDENSKY, S. (1988). Relationships between problem-solving and intelligence. Intelligence, 12 435-453.

VYGOTSKY, L.S. (1962). Thought and language. Cambridge, Ma : MIT Press.

VYGOTSKY, L.S. (1987). Thinking and speech. In The collected work of L.S. Vygotsky : vol. 1. Problems of general Psychology. NY : Plenum.

WANSART, W.L. (1990). Learning to solve a problem : a microanalysis of the solution strategies of children with learning disabilities. Journal of Learning Disabilities, 23 (3), 164-171.

WEISBERG, R.W. (1992). Metacognition and insight during problem solving : comment on Metcalfe. Journal of Experimental Psychology, 18 426-431.

WELSH, M.C. (1991). Rule-guided behavior and self-monitoring on the Tower of Hanoi disk-transfer task. Cognitive Development, 6 59-76.

WELSH, M.C., CICERELLO, A., CUNEO, K. et BRENNAN, M. (1995). Error and temporal patterns in Tower of Hanoi performance : cognitive mechanisms and individual differences. The Journal of General Psychology, 122 69-81.

WHORTON, J.E. et MORGAN, R.L. (1990). Comparison of the test of nonverbal intelligence and Weschler intelligence scale for children-revised in rural native american and white children. Perceptual and Motor Skills, 70 12-14.

YUSSEN, S.R. (1985). The role of metacognition in contemporary theories of cognitive development. In D.L. Forrest-Pressley, D.L. MacKinnon et T.G. Waller (Eds.), Metacognition, cognition and human performance. vol.1 (pp.253-283). Orlando : Academic Press Inc.

ZIVIN, G. (1979). Removing common confusion about egocentric speech, private speech, and self-regulation. In G. Zivin (Ed.), The development of self-regulation through private speech. (pp.13-49). NY : John Wiley & Sons.