

Phylogenèse et psychogenèse de l'écrit : l'utilisation fonctionnelle et raisonnement dans un exemple en mathématiques

EIRINI MATALLIOTAKI

Département des Sciences de l'Éducation
Université de Caen Basse - Normandie
France
rmatalliotaki@yahoo.fr

RÉSUMÉ

Cet article se propose d'examiner les relations entre écriture et cognition à partir des travaux en anthropologie cognitive (Goody et Olson essentiellement). Les conditions de l'émergence des nouvelles fonctions de l'esprit humain par rapport à la production et à l'utilisation de systèmes graphiques sont discutées. On en tire les caractéristiques particulières de l'écrit et de son utilisation, les possibilités cognitives immédiates qui en dérivent ainsi que les conséquences cognitives à long terme. Nous examinons aussi les aspects théoriques sur l'écrit en tant que représentation graphique dans une procédure de psychogenèse. Nous explorons le lien qui existe entre psychogenèse et phylogenèse de l'écrit. Ensuite nous examinons empiriquement les conditions et les possibilités de l'utilisation fonctionnelle que les jeunes enfants peuvent faire des représentations graphiques pour la résolution de problèmes en mathématiques.

MOTS CLÉS

Développement cognitif, écriture, enfant, évolution, raisonnement, résolution de problème

ABSTRACT

This article proposes to examine the relations between writing and cognition starting from work in cognitive anthropology (Goody and Olson primarily). The

conditions of the emergence of the new functions of the human spirit compared to the production and to the use of graphic systems are discussed. We draw the particular characteristics of the writing and its use, the immediate cognitive possibilities that derive from it as well as the cognitive consequences in the long run. We also examine the theoretical aspects on the writing as a graphical representation in a process of psychogenesis. We explore the bond that exists between psychogenesis and phylogenesis with regard to the writing. We also examine empirically the conditions and the potential functional use that young children can make of graphic representations for problem resolving in mathematics.

KEY WORDS

Cognitive development, writing, child, evolution, reasoning, problem resolving

INTRODUCTION

L'intérêt d'aborder un tel thème est issu des théories qui considèrent l'usage des représentations graphiques comme fondateur et accélérateur de l'évolution de la pensée scientifique. Des qualités très importantes sont attribuées à l'écrit, entre autres, l'entraînement de l'esprit critique, la preuve et le scepticisme, qui conduisent à leur tour à une analyse systématique de la réalité. En incluant tous les systèmes de représentation (écriture alphabétique, schémas, cartes, tableaux, idéogrammes, icônes, dessins...), la manipulation des signes graphiques constitue, pour plusieurs auteurs, une activité qui a donné naissance à la façon moderne de considérer la science.

Commençant par un parcours socio-historique qui nous permet de dégager les propriétés de l'écrit et leurs conséquences cognitives à un niveau phylogénétique, nous abordons ensuite des théories qui envisagent l'écrit comme un instrument de pensée chez l'individu. Selon Ferreiro (1988), l'analyse socio-culturelle de l'écrit est un préalable à l'étude de la psychogenèse. En effet, elle considère qu'il est nécessaire d'introduire le « social » dans la psychogenèse de l'écriture dès le départ, parce que l'écrit est une invention historico-culturelle. Toutes les sortes d'écriture sont « du point de vue matériel, un ensemble de marques intentionnelles sur une surface » (p. 63). Mais chaque ensemble de marques ne constitue pas un système d'écriture : ce sont les pratiques sociales qui transforment ces matériaux en objets linguistiques. En second lieu, le « social » intervient tout au long de la psychogenèse et permet à l'enfant d'établir des relations complexes entre les signes et la production linguistique. L'analyse socio-historique de la manipulation de l'écrit nous a ainsi permis de cerner les propriétés de l'écrit permettant de comprendre le développement des activités

intellectuelles complexes à l'échelle de l'histoire de l'humanité ; elle nous a également aidée à voir, en parallèle, le développement conceptuel de l'enfant sur le plan de l'ontogénèse.

LES APPORTS DE L'ÉCRIT

Selon Goody (1979), la représentation graphique de la parole est un outil d'une extrême importance puisqu'elle facilite la réflexion sur l'information et son organisation. Elle permet de reformuler l'information et de légitimer ces reformulations aux yeux de ceux qui savent lire mais elle transforme aussi les représentations du monde (les processus cognitifs) de ceux qui n'ont pas encore appris à lire (par exemple les enfants). Goody met en évidence que tous ces changements que nous venons de décrire sont des changements dans les modes de pensée, dans les aptitudes à la réflexion et dans le développement de l'activité cognitive.

Une des propriétés primaires de l'écrit est la stabilité. Les énoncés deviennent statiques et résistants au passage du temps. Les éléments deviennent des objets durables offerts à la manipulation et à l'examen. Les connaissances et les informations peuvent être « stockées » et accumulées. Le fait que l'écrit soit quelque chose de stable et durable permet la mise en distance -hors de soi- des connaissances et donc les énoncés peuvent être soumis à l'analyse et à la critique, auxquelles l'esprit humain peut s'adonner, sans devoir se consacrer à la mémorisation que nécessitent les discours oraux. Le sujet peut prendre du recul par rapport à son œuvre et l'examiner d'une manière abstraite, plus générale, autonome et « rationnelle ». Il est possible également de comparer les énoncés et de réfléchir sur leur compatibilité ou comparer les diverses versions d'un document et découvrir ainsi la vérité des faits. Bref, l'examen du discours permet d'élargir l'activité de la critique en faveur de la rationalité, de l'attitude sceptique et de la pensée logique. Par conséquent, l'exercice systématique et l'élargissement de la pensée réflexive deviennent possible, ce qui se traduit par la constitution de groupes qui forment un milieu de savoir : échange des informations, entraînement à l'argumentation et aux processus de démonstration, vérification des connaissances en pratiquant la critique.

Le discours ne dépend plus d'une circonstance : il devient intemporel, dépersonnalisé et bientôt abstrait. La possibilité d'un rapport théorique se constitue. Des objets théoriques se créent (comme le nombre, l'espace etc.) puis de nouvelles formes d'activités cognitives (opérer sur les nombres, sur l'espace, sur les notions, élaboration des connaissances etc). Il est important de relever que cette pratique théorique n'est pas seulement un travail sur ce qu'on savait déjà. Ces nouvelles formes du savoir produisent de nouveaux savoirs. L'activité théorique permet à ceux qui s'y adonnent d'appréhender des déterminations plus profondes, plus « essentielles » du

réel. Si l'on suit les analyses proposées par Goody, la relation qui existe donc entre l'écriture et les sciences particulières (mathématiques, logique, médecine) serait étroite. La constitution d'un domaine de savoir nécessiterait l'existence d'une communauté de spécialistes se référant à un même corps de savoir et s'accordant sur un certain nombre de règles permettant d'établir la valeur de vérité d'une proposition.

La formalisation des messages inhérente à l'écriture serait à l'origine de l'intérêt pour les règles de raisonnement. Ainsi passerait-on de la conceptualisation des choses à la conceptualisation des idées sur les choses puis à un travail sur les concepts eux-mêmes.

La possibilité de traiter les catégories de raisonnement d'une manière schématique est une autre caractéristique primaire de l'écrit. Dans les tableaux et dans d'autres systèmes de classification comme les tétraèdres, chaque élément a une position unique qui définit avec précision et stabilité sa relation aux autres. Ces systèmes facilitent donc la coordination des éléments avec des relations fixes, en permettant ainsi l'unification de la connaissance. En outre, la complexité orale est réduite à la simplicité graphique et donc les procédures logiques sont rendues claires. Par exemple, les limites externes ou internes de la liste rendent les catégories plus visibles et en même temps plus abstraites. On considère que le classement des éléments par critères conduit à des regroupements d'où peuvent surgir d'autres systèmes comme c'est le cas de l'alphabet.

LA DIFFÉRENTE MANIÈRE D'UTILISER L'ÉCRIT

Tous les arguments que nous avons précédemment rappelés conduisent à admettre que le développement de l'écriture et de la culture écrite ont incontestablement été des instruments du développement d'une tradition sceptique et scientifique. David Olson (1998) est en accord avec les thèses de Goody concernant les changements que l'écriture a générés sur l'activité et la cognition humaine, mais il pousse ses réflexions plus loin vers l'idée de l'indépendance du représentant par rapport à son référent.

Olson considère que la simple capacité de lire et d'écrire, les progrès d'un enregistrement, ne peuvent pas être les raisons essentielles de l'évolution scientifique. Selon lui, il faut plutôt chercher les raisons dans une nouvelle manière de lire, d'interpréter et de rédiger des textes, manière qui a évolué au cours des siècles. Selon Olson, ce serait la nouvelle façon de lire les textes (lire sur les lignes et non plus entre les lignes) qui aurait contribué à la formation de l'esprit scientifique moderne. Cette perspective peut être corroborée par la révolution conceptuelle qui suit les grandes modifications concernant l'utilisation de la culture écrite. Il démontre comment l'évolution de l'écriture arrive à produire un « texte » original, objectif et fixe, muni d'une signification que l'on considère comme littérale (qui peut alors être déterminée

par des méthodes systématiques et savantes, et qui peut exclure les interprétations les plus imaginatives ou déviantes). D'après Olson, c'est l'utilisation de l'écriture qui aurait changé. Il situe ce changement à la fin de la période médiévale. Ce serait le changement de statut de la lecture qui aurait entraîné des modifications essentielles à la pensée moderne.

La démonstration rapportée par Olson est la suivante : pendant le Moyen Age, les mots et les images entretiennent un rapport très étroit avec les choses. Les mots et les images sont perçus comme des parties inséparables des choses. Les images s'identifient avec les choses qu'elles représentent et peuvent alors avoir un caractère sacré (elles se retrouvent adorées) ; les textes eux-mêmes sont les dépositaires de la signification. Ainsi, dégrader les noms, c'est dégrader les objets eux-mêmes. Il y a une relation métonymique entre les choses et leurs représentations comme la métonymie est le fait de considérer que les signes et en particulier les images, incluent les choses qu'ils symbolisent. Les écrits sont conçus et traités comme moyens mnémotechniques et non comme représentations. La lettre est perçue comme la forme verbale du texte et l'esprit comme sa signification et sa portée, pour distinguer ce qui est dit et ce que cela veut dire. Jusqu'à la fin de cette époque il n'y a pas de procédure claire pour retirer du texte avec précision ce qu'il dit vraiment, ni pour déterminer ce qui est littéralement signifié.

Les textes au Moyen Age peuvent avoir d'innombrables significations que seules l'intériorisation et la médiation peuvent permettre d'atteindre. Et ce lecteur cherche parmi des signes polysémiques et ambigus une signification profonde et occulte en lisant entre les lignes.

Pourtant, seule une écriture analytique et représentationnelle, dans laquelle chaque mot désigne une chose, peut produire un discours sérieux, confirme Hamilton (1963). À la fin du Moyen Age, on commence à s'intéresser « aux propriétés des textes, à leur surface, à leur aspect et à leur vérité plus qu'à leur signification supposée ou sous-jacente, qu'elle soit mystique ou cachée » (Olson, 1998, p. 77). Le statut de la lecture est modifié. Dans ces nouvelles conditions, il s'agit de lire « selon le sens », la signification littérale. Le jugement doit être fondé sur des données visibles de tous.

On s'intéresse de plus en plus à la forme logique du texte, en recourant à des arguments uniques et clairs. Maintenant, la signification d'un texte est strictement limitée aux données textuelles. « Les lectures et les interprétations doivent être ouvertement enracinées dans le texte et ne pas dépendre... des traditions cabalistiques ou de l'inspiration personnelle » (p. 177). Les mêmes changements ont été constatés dans d'autres représentations graphiques. La peinture hollandaise du XVIIe siècle, les cartes marines et l'iconographie botanique, reflètent l'urgence de décrire le monde et la nature d'une façon objective, précise et explicite. Ce bouleversement a fait apparaître une nouvelle manière de penser le monde. « Saint

Augustin défend l'idée que le sens spirituel est toujours fondé sur le sens littéral, et que chaque texte a une signification littérale » (p. 171).

Les nouveaux textes, disposant d'un certain degré d'autonomie vis-à-vis de leurs auteurs et dotés de propriétés particulières permettant de contrôler la manière dont ils seront compris, nous font entrer dans une ère moderne selon Olson. Les signes sont conçus comme arbitraires, ils ne sont plus considérés comme inhérents à leur objet, mais comme des conventions. À partir de ce moment, les philosophes et les scientifiques essaient d'éclaircir ce qui est dans le monde et ce qui est inventions et interprétations de l'esprit.

Ce que le nouveau statut de la lecture a apporté, c'est la compréhension de la distinction radicale entre représentant et représenté. En établissant l'autonomie de l'esprit, c'est-à-dire l'indépendance des idées par rapport aux choses dont elles sont les idées, l'établissement d'un réel savoir théorique, est rendu possible. « Ce qui fait que le savoir est théorique, c'est de comprendre que l'on peut considérer la logique, la cohérence et la simplicité de la théorie indépendamment des données qui peuvent l'appuyer ou la réfuter. C'est précisément ce que la nouvelle compréhension des représentations rendait possible » (p. 277).

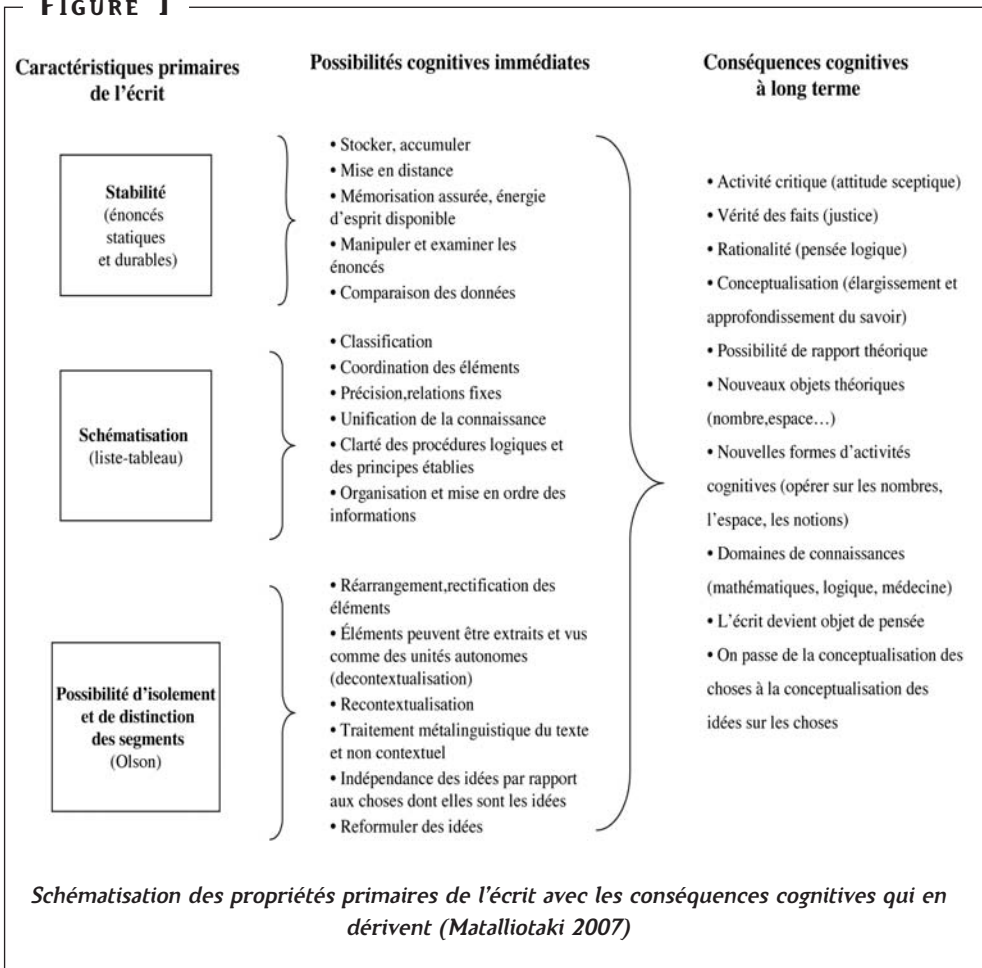
Récapitulons les idées exposées par Olson. Il considère que c'est plutôt une troisième propriété de l'écrit qui a rendu possible une activité de type métacognitif sur les énoncés : la possibilité de différencier, de distinguer et d'isoler des segments. Les éléments peuvent être réarrangés et rectifiés. Ils peuvent être extraits et mis à part comme des unités autonomes. Ils peuvent être utilisés dans un contexte très différent et abstrait (au sens de « décontextualisé »). L'écrit autorise ainsi le caractère décontextualisé des énoncés, alors que les significations des énoncés dans des contextes d'oralité dépendent étroitement du contexte. La distinction radicale entre représentant et représenté mène à l'indépendance des idées par rapport aux choses dont elles sont les idées. Les textes, écrits comme des représentations autonomes de la signification qu'on leur donne, autrement dit les faits observés, deviennent la base objective de la pensée. On commence à penser le monde réel à travers ses représentations, et l'écriture est utilisée comme une représentation qui peut à son tour être considérée comme un objet de pensée. A partir de cette époque-là, « la science est devenue une activité consistant à manipuler des signes » (p. 222).

Les activités intellectuelles nouvelles qui apparaissent dans les contextes d'une culture d'écrit se focalisent pour l'essentiel sur la capacité de parler à propos des discours. Dans le cadre d'une « *literacy* », les significations ne sont pas seulement produites, scripteurs et lecteurs s'adonnent à un travail de réflexion sur les significations elles-mêmes. L'interprétation de ce qui est dit commence à se faire consciemment et méthodiquement et a pour finalité d'établir une connaissance. Les significations décontextualisées sont récontextualisées dans des nouveaux contextes.

Les pratiques de l'écrit rendent possible de cette manière une démultiplication des contextes, un développement des connaissances et un élargissement des espaces communicatifs.

Dans un plan phylogénétique, nous avons cerné les caractéristiques particulières de l'écrit qui ont conduit à la pensée scientifique moderne (Figure 1). Nous avons suivi l'évolution des caractéristiques primaires de l'écrit (la stabilité, la distinction des segments et la possibilité de schématisation), en conséquences cognitives à long terme, et la façon dont ils ont contribué, grâce à leur utilisation et développement conscient et systématique, au fil des années à la construction d'un savoir scientifique et de la pensée logique. Nous présentons schématiquement (Figure 1) les caractéristiques primaires de l'écrit, les possibilités cognitives immédiates et les conséquences cognitives à long terme.

FIGURE 1



DE LA PHYLOGENÈSE À LA PSYCHOGENÈSE DE L'ÉCRIT : COMMENT L'ÉCRIT EN TANT QUE REPRÉSENTATION FACILITE LA CONCEPTUALISATION CHEZ L'ENFANT

Ce parcours socio-historique nous a permis de cerner les propriétés de l'écrit et leurs conséquences cognitives dans un plan phylogénétique, parcours essentiel selon Ferreiro (1988) pour mieux comprendre comment l'écrit peut fonctionner comme un instrument de pensée chez l'enfant, qui est notre préoccupation principale. Effectivement, les parallélismes que l'on peut faire entre psychogenèse et phylogenèse s'avèrent importants ainsi que les similitudes entre les deux approches. Dans cette partie de l'étude nous allons alors envisager l'écrit d'une perspective psychogénétique tout en recherchant les points communs des deux approches.

Un élément important à retenir est que les sociétés qui pratiquent l'écriture ont développé un mode de pensée scientifique non pas grâce à la seule présence de l'écriture mais grâce à certaines caractéristiques de l'écrit et à leur utilisation consciente et développée. En faisant le parallélisme avec l'ontogenèse, nous pouvons en déduire que le simple fait d'apprendre à lire et à écrire ne permet pas de bénéficier des riches apports de l'écrit dans le domaine cognitif. Ferreiro (2001) mais aussi Brossard (1997) ont développé une perspective d'apprentissage fonctionnel de lecture et d'écriture. Ces deux auteurs considèrent que l'apprentissage de l'écrit ne signifie pas simplement la procédure d'un codage-décodage mais il s'agit d'une procédure de « literacy » (Ferreiro, 2001 p. 83). Brossard parvient aux mêmes conclusions avec les expériences de Luria, en soulignant qu'il n'y a pas d'effet global de l'écriture sur le développement cognitif mais il y a des « effets spécifiques en relation avec les caractéristiques fonctionnelles des tâches » (p. 104).

Brossard (2004) adopte la thèse vygotkienne selon laquelle l'évolution des fonctions psychiques supérieures est influencée par l'appropriation et la manipulation de l'écrit. « L'appropriation d'outils culturels (...) provoque la transformation des fonctions élémentaires et ouvre ainsi la voie au développement culturel, c'est-à-dire à la genèse des fonctions psychiques supérieures » (p. 31). La difficulté que l'enfant rencontre pour s'approprier un système symbolique graphique se focalise sur la compréhension que ce système est une représentation. Ce même auteur (p. 125), en utilisant l'exemple de la langue écrite, illustre cette situation en disant que « l'utilisation de la langue écrite est parmi les différentes fonctions langagières la plus abstraite car elle nécessite la plus haute forme de conscience et l'utilisation volontaire de toutes les ressources de la langue. Elle provoque une ré-organisation des différentes fonctions langagières, c'est-à-dire un changement dans les rapports entre les différents fonctionnements ». C'est grâce à l'écrit que l'enfant accède à des connaissances plus abstraites des formes langagières, et il se rend capable de prendre du recul sur les

formes utilisées spontanément à l'oral et ainsi de prendre conscience de ces formes et de leur fonctionnement.

L'hypothèse que la manipulation de l'écrit aide les enfants à la conceptualisation en mathématiques et conduit ainsi à la métacognition des sujets est soutenue aussi par Duval (1995). Il affirme qu'il n'y a pas « noésis » sans « sémiosis ». Vu que les représentations sémiotiques sont nécessaires pour certaines fonctions cognitives fondamentales, et qu'il existe une implication réciproque des représentations mentales et des représentations sémiotiques, il conclut que (p. 4) « c'est la sémiosis qui détermine les conditions de possibilité et d'exercice de la noésis » donc selon Duval, les représentations mentales ne peuvent jamais être considérées indépendamment des représentations sémiotiques.

Prenons l'exemple des mathématiques. Duval y défend l'idée qu'il ne peut pas y avoir de compréhension en mathématiques sans distinction entre l'objet et sa représentation. De plus, les traitements sur les objets mathématiques ne peuvent pas être effectués sans un système sémiotique de représentation. La fonction du traitement doit absolument être remplie par des représentations sémiotiques et non par des représentations mentales. De façon plus globale, nous constatons que « le progrès des connaissances s'accompagne toujours de la création et du développement de systèmes sémiotiques nouveaux et spécifiques qui coexistent plus ou moins avec [...] la langue naturelle. Ainsi la formation de la pensée scientifique est inséparable du développement de symbolismes spécifiques pour représenter les objets et leurs relations » (op.cit. p. 3).

L'importance des représentations graphiques dans la procédure de conceptualisation est rendue évidente, maintenant il reste à clarifier quel statut devraient avoir ces représentations graphiques. Ferreiro (1988, p. 65) pose la question essentielle d'ordre épistémologique « quelle est la nature du rapport entre le réel et sa représentation ? ». Ferreiro ayant effectué des recherches sur la manipulation de l'écriture alphabétique par des enfants non encore lecteurs, distingue deux façons de considérer l'apprentissage de la langue écrite, comme étant l'acquisition d'un système de codage ou comme un système de représentation. L'auteur accorde une importance au deuxième cas et aux aspects constructifs de l'écrit qu'à ses aspects figuratifs. C'est-à-dire qu'elle s'intéresse au comment l'écrit sert à l'enfant comme une représentation, ce que l'enfant veut représenter et à comment il est arrivé à produire une telle représentation.

Pour comprendre le processus de psychogénèse de l'écrit, il faut donc considérer l'écrit conventionnel ou analogique, sous l'angle de la problématique propre à la construction d'un système de représentation et non pas sous celui d'un système de codage. La construction d'un système de représentation nécessite de la part des sujets une procédure de différenciation et de sélection parmi les éléments, les propriétés et

les relations propres à l'objet qui deviendra l'objet de la représentation. Une représentation n'est jamais identique au réel qu'elle représente. « En effet une représentation X convenable d'une certaine réalité R réunit deux conditions apparemment contradictoires. Certaines des propriétés et des relations propres à R sont représentées tandis que d'autres propriétés et relations propres à R ne sont pas représentées en X » (Ferreiro, 1988, p. 65). La différence entre représentation et codage est que dans un système de représentation, « tout système d'écriture est forcé de faire un choix entre les éléments, les propriétés, et les relations de R qui vont apparaître dans le X » tandis que, un système de codage présente simplement une correspondance bi-univoque, où les propriétés et les relations sont prédéterminées. Si l'on percevait l'apprentissage et l'utilisation de l'écrit comme un codage-décodage, cet apprentissage serait considéré purement comme technique. Par contre, si on le conçoit comme la compréhension d'un système de représentation, il devient conceptuel.

Essayons maintenant de voir avec plus de précision comment le statut de représentation de l'écrit facilite la procédure de conceptualisation. Pendant l'interprétation d'un système d'écriture, les éléments, les propriétés et les relations du réel qui n'ont pas été retenus dans la représentation vont être reconstruits par le lecteur à partir de l'interprétation des éléments fournis par la représentation. Il ne s'agit donc pas d'une procédure de décodage, mais d'un processus de reconstruction, lequel est censé apporter des modifications sur la réflexion du sujet vis-à-vis de l'objet représenté et du système de représentation.

D'un autre côté, selon Ferreiro (2001, p. 89), l'écriture permet une série d'opérations d'analyse parce qu'elle suppose l'arrêt du temps. Le sujet est capable de raisonner sur des événements qui sont immobiles et donc l'écrit devient un objet de pensée en rendant la possibilité de repérer des similitudes et des différences, des hiérarchies. Ainsi un processus d'analyse des propriétés et des relations de l'objet qui sera représenté se rend possible, mais en même temps la représentation permet en elle-même un nouveau type d'analyse. (Nous rappelons que la stabilité et la durée de l'écrit sont des caractéristiques qui ont favorisé l'évolution de l'esprit humain également dans un niveau phylogénétique).

Selon Olson (2002, p. 154) il y a trois hypothèses concernant les systèmes de représentation.

1. Utilisation des systèmes de notation comme une extension de mémoire : ce point de vue des artefacts les considère indépendants de la procédure cognitive, et ils sont traités comme s'ils étaient équivalents aux paroles orales.
2. Le second point de vue attribue aux artefacts de notation un rôle à la cognition et à la procédure du calcul (computation). Le comptage de doigts et les

notations mathématiques, les calculettes et les ordinateurs appartiennent à cette catégorie. Olson décrit cette procédure ainsi : « l'artefact permet d'évacuer une partie d'une fonction cognitive complexe dans une routine technique et le résultat est inséré à nouveau à l'exécution d'une nouvelle fonction cognitive encore plus complexe ». Mais encore ici il ne s'agit pas de modification conceptuelle selon Olson.

3. L'invention de certains artefacts de notation implique la création de nouveaux concepts, nouvelle connaissance. L'invention (et son apprentissage ajoutera-t-il plus tard) d'un nouveau système de notations implique la création d'un nouveau schème conceptuel avec de nouvelles possibilités de réfléchir. Un système d'écriture n'est pas seulement une affaire de stockage amélioré ou un cas de communication d'information mais une nouvelle forme de représentation, de réflexion, et de métacognition. Ceci est possible si l'on accepte que les artefacts ont des nouvelles fonctions cognitives donc si l'on admet qu'apprendre est surtout « internalisation » ou « appropriation » des trésors culturels injectés dans ces systèmes de notation. Pour Olson un système d'écriture est une notation pour la parole qui implique l'acquisition des symboles qui représentent la parole et donc sa reconstruction conceptuelle.

Les enfants qui ne savent pas encore lire pensent que les signes représentent des événements et des significations (sémantiques) au lieu de mots et des phrases pour ces événements. Olson cite les expériences effectuées par Ferreiro où les enfants utilisent le même mot trois fois pour décrire l'icone de trois objets. L'enfant sait quelque chose au sujet de l'écriture (il produit des notations) mais il ne sait pas que l'écriture cartographie les paroles et pas les événements ou les objets. Quand les enfants découvrent que les mots écrits peuvent être vus comme des constituants représentatifs de parole, c'est l'une de leurs plus importantes découvertes.

Olson fait le parallélisme entre phylogénèse et ontogénèse pour décrire ce phénomène chez les enfants. Les peuples sont passés également par un stade de métonymie pour arriver à distinguer les signes par leurs référents. Cette thèse sert aussi d'argument évident pour montrer que les erreurs des enfants ne proviennent pas seulement de raisons développementales. Ils ne proviennent pas non plus d'un manque d'exposition à des matériels écrits. Comme Olson le conclut également dans son approche phylogénétique, ces erreurs peuvent être la conséquence de manipuler un système d'écriture d'une manière particulière.

Amsel et Byrnes (2002) considèrent que la communication symbolique influence plusieurs niveaux de cognition, des plus bas, comme la perception et la mémorisation, aux plus hauts comme des procédures réflexives et métacognitives.

L'utilisation des signes symboliques en tant qu'étiquettes d'objets a au moins deux

conséquences cognitives selon Amsel et Byrnes. La première est l'expansion de la compréhension de l'enfant des parties du monde réel conventionnellement symbolisable et conceptualisable. La deuxième conséquence est que l'enfant peut maintenant choisir parmi des systèmes symboliques celui qui permet la communication la plus précise et la plus efficace. Ces deux conséquences sont liées entre elles. En élargissant le monde réel symbolisé et conceptualisé, les enfants peuvent être plus précis et efficaces en communiquant par rapport à un aspect du monde réel donné.

Les aspects les plus concrets du monde sont stables et les concepts pour eux sont facilement appris et communiqués. Par contre, les aspects hypothétiques ou abstraits du monde ne sont pas aussi stables, et ils nécessitent des représentations symboliques pour être soulignés et stabilisés afin que les enfants les conceptualisent et les communiquent. Les représentations symboliques favorisent la compréhension des relations et des états mentaux par les enfants en les équipant avec les outils afin de représenter, de conceptualiser et de communiquer avec précision sur ces aspects abstraits du monde réel.

Weil-Barais & Resta-Schweitzer (2006, 2008) ont montré que les productions graphiques des enfants de 5 – 6 ans révèlent le degré de conceptualisation dans des phénomènes physiques. Les dessins constituent un des moyens que les enfants possèdent pour exprimer un phénomène complexe pour eux, puisqu'ils facilitent l'expression des relations spatiales des objets.

Lehrer et Schauble (2002) s'intéressent à l'apprentissage de lecture à long terme dans un contexte de raisonnement basé sur des modèles, une forme de communication symbolique qui est particulière en sciences et en mathématiques. Ils proposent des situations à des élèves qui impliquent la construction et la référence aux modèles (schématiser les hauteurs de croissance de fleurs). Pour eux représenter n'est pas seulement copier la réalité. Cela implique inventer et adapter des conventions d'un système de représentation afin de choisir, composer et transporter l'information. Les enfants ont appris qu'un système de représentation peut parfois représenter une information non immédiatement percevable. Les auteurs concluent que développer des représentations graphiques adéquates et complexes pour une information représentée conventionnellement, fait promouvoir l'acquisition des concepts mathématiques pour la compréhension des propriétés de cette information. En même temps le contraire se réalise. Le développement des concepts mathématiques fait promouvoir la convenance et la complexité des représentations graphiques. La relation entre communication symbolique et conceptualisation cognitive est considérée comme bidirectionnelle et non unidirectionnelle.

ÉTUDE EMPIRIQUE SUR L'UTILISATION DE REPRÉSENTATIONS GRAPHIQUES PAR DE JEUNES ENFANTS POUR LA RÉOLUTION DE PROBLÈMES DE MATHÉMATIQUES

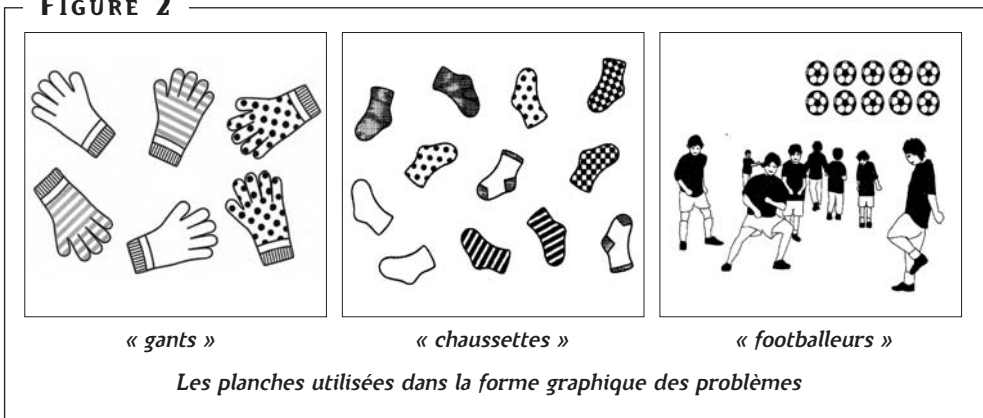
L'approche théorique que nous venons d'aborder trouve appui sur une étude empirique réalisée auprès des enfants de 5 à 6 ans (Matalliotaki, 2007). Il s'agit juste d'un exemple de l'application de la théorie de l'utilisation fonctionnelle de l'écrit pour produire des raisonnements. Cette théorie pourrait être applicable également dans le domaine de sciences ou sur des données textuels pour produire des syllogismes et des inférences, dans le domaine de la musique ou autre. Nous avons choisi les mathématiques parce que c'est un domaine où le raisonnement réussi de la part des enfants est plus facilement repérable par le chercheur, surtout chez les enfants très jeunes.

L'étude empirique que nous allons décrire avait comme préoccupation de voir comment les enfants arrivent à développer des stratégies explicites de résolution entre une présentation orale et une présentation graphique de données (qui favorise la stabilité des données, la schématisation et le réarrangement des signes). Et aussi jusqu'à quel niveau de résolution arrivent les enfants sans et avec le support du dessin.

Il s'agit de trois problèmes présentés aux enfants, qui peuvent être résolus avec la même stratégie inégalement disponible chez des enfants de cet âge : réunir les objets par deux et compter les ensembles réunis. Chaque problème est présenté aux enfants d'abord oralement et ensuite au moyen d'une planche (au format 21×29,7) représentant graphiquement les objets (cf. Figure 2), dans l'ordre suivant :

- Combien d'enfants peut-on habiller avec six gants ?
- Combien d'enfants peut-on habiller avec douze chaussettes ?
- Huit footballeurs vont s'entraîner en groupes de deux. Chaque groupe va avoir un ballon. Combien de ballons seront utilisés ?

FIGURE 2



Les enfants ont été interviewés individuellement (cinquante cinq enfants d'une école maternelle âgés entre 5 et 6 ans et demi), à deux reprises (une séance par épreuve). Cette tranche d'âge a été choisie parce que à cette étape scolaire les enfants ne pratiquent pas encore systématiquement l'écriture formalisée (alphabétique, numérique) et peuvent donc manipuler spontanément (hors des attentes scolaires) un moyen de résolution qui leur est proposé. L'enfant et le chercheur étaient assis face à face de part et d'autre d'une table sur laquelle étaient disposés des feuilles de papier et des crayons de différentes couleurs. Les planches sont présentées à l'enfant au fur et à mesure. Par ailleurs, pour toute réponse donnée par l'enfant, on lui demande d'expliquer comment il a fait pour trouver. À la fin de chaque réponse, on disait à l'enfant : « Très bien je note ta réponse », sans manifester de l'approbation ou de la désapprobation. Le temps alloué à la réalisation des tâches n'était pas limité de façon à pouvoir respecter le rythme de chaque enfant. Les séances ont été filmées.

Plus haut dans cet article nous nous sommes focalisé entre autres, sur le statut de représentation de l'écrit. Nous avons vu que la manipulation d'un système de représentation nécessite de la part des enfants une procédure de différenciation et de sélection parmi les éléments, les propriétés et les relations propres à l'objet qui deviendra l'objet de la représentation. Pour illustrer cette relation entre représentation et réel dans un contexte pédagogique, Ferreiro utilise l'exemple des écritures alphabétiques. Dans notre étude empirique la représentation graphique en question est le dessin destiné à aider les enfants à résoudre un problème de mathématiques (cf les problèmes « gants chaussettes footballeurs » en version graphique). La conceptualisation grâce à la représentation se fait en plusieurs étapes :

- comprendre que chaque unité iconique est une représentation iconique d'un objet familier aux enfants, et en même temps la représentation analogique d'une unité numérique.
- comprendre que la disposition des icônes est utilisable pour effectuer des relations arithmétiques entre les éléments (appariement, etc.).
- comprendre quelles propriétés des signifiés on utilise et lesquelles on n'utilise pas.

Par exemple, on s'intéresse au fait que les gants se portent par deux mais on ne s'intéresse pas au fait que les gants sont fabriqués par du tissu. L'enfant doit effectuer son choix sur quelles propriétés il va prendre en compte et lesquelles il ignorera en tant que non nécessaires pour la résolution des problèmes.

Ainsi nous formulons trois autres questions, auxquelles nous souhaitons répondre par les résultats de l'étude : les enfants examinés dans l'étude empirique arrivent-ils à traiter le dessin comme une représentation c'est-à-dire bien distinguer les propriétés et les relations utiles pour la résolution des problèmes ?

Comment les enfants gèrent-ils le fait qu'ils soient en train de manipuler des icônes recontextualisées dans le domaine des mathématiques, c'est-à-dire indépendamment de leur forme figurative et leur contexte habituellement pragmatique (esthétique, sémantique)?

Le dessin peut-il être utilisé par des enfants de l'âge de 5-6 ans comme un moyen concret pour produire des inférences abstraites (un outil pour calculer et résoudre un problème de division quotientive) ?

Conduites des enfants

Rappelons que trois situations étaient présentées aux enfants, d'abord oralement, puis sous une forme graphique (dessin des objets). Ajoutons que pour arriver à la réponse correcte les enfants ont forcément suivi la stratégie appropriée pour cela. Deux stratégies ont été repérées : l'appariement avec dénombrement des groupes (stratégie correcte) et la correspondance terme à terme (un gant pour un enfant, stratégie incorrecte).

La forme écrite est associée à un plus grand nombre de réussites (11% de réponses correctes à l'oral contre 40% dans la forme graphique). Dans la forme graphique, le problème des footballeurs s'avère être le plus difficile comme nous l'avions prévu, mais il est quand même réussi par environ un tiers des enfants.

Pour les trois situations, le dessin permet aux enfants de mobiliser la stratégie de résolution consistant à regrouper les objets par paire. Dans la forme orale des problèmes, nous ne sommes pas capables d'identifier des stratégies éventuellement mobilisées par les enfants. Les enfants ne sont pas capables non plus de garder trace de leur réflexion afin de faire aboutir une stratégie de résolution. Ceci nous rappelle les propriétés primaires de l'écrit comme la stabilité et la possibilité de réarrangement des éléments, lesquelles ont favorisé la résolution des problèmes présentés graphiquement.

De plus, comme Amsel et Byrnes le signalent (p. 13), les aspects hypothétiques ou abstraits du monde, comme par exemple une stratégie mathématique de résolution, nécessitent de représentations symboliques pour être soulignés et stabilisés surtout chez les très jeunes enfants qui ne peuvent pas traiter mentalement un grand nombre de données.

Nous présentons dans le Tableau le nombre d'enfants qui ont suivi la bonne stratégie mathématique pour la résolution des problèmes (appariement et comptage des groupes construits) et le nombre d'enfants qui ont suivi la stratégie incorrecte prédominante, la correspondance terme à terme, dans tous les problèmes. Pour découvrir si les enfants ont suivi la stratégie correspondance terme à terme, il a suffi de voir leur réponse. Si la réponse au problème des gants par exemple était 6, cela signifie que le sujet a distribué un gant à chaque enfant au lieu de construire des paires

de gants. Dans le tableau suivant CTT signifie la stratégie correspondance terme à terme et G/CG signifie Groupement et Comptage des Groupes construits (la stratégie correcte).

TABLEAU

Tableau récapitulatif des stratégies mathématiques utilisées par les enfants en fonction de l'âge (CTT : correspondance terme à terme, G/CG : groupement et comptage des groupes construits)

Problèmes	Stratégies	Nombre d'enfants	Total d'enfants
Gants oral	CTT	17	55
	G/CG	9	55
Gants graphique	CTT	20	55
	G/CG	24	55
Chaussettes oral	CTT	18	55
	G/CG	5	55
Chaussettes graphique	CTT	15	55
	G/CG	24	55
Footballeurs oral	CTT	12	55
	G/CG	5	55
Footballeurs graphique	CTT	4	55
	G/CG	19	55

Nous constatons la grande prédominance de la stratégie incorrecte (CTT) dans les problèmes oraux contrairement à l'emploi de la stratégie correcte (G/CG) dans les problèmes accompagnés avec les graphiques. Effectivement, à chaque problème les stratégies employées par les enfants varient selon la forme que le problème est présenté (oral ou graphique) en privilégiant la CTT à la présentation orale et la G/CG à la présentation graphique.

Nous constatons donc que dans chaque problème présenté oralement la CTT prédomine à chaque fois de la G/CG et que dans chaque problème graphique la G/CG est largement plus utilisée que la CTT.

Nous suivons l'utilisation de la stratégie de correspondance terme à terme au fur et à mesure des tâches. Il apparaît selon le Tableau que les enfants l'abandonnent progressivement. Ceci signifie un certain apprentissage de la part des enfants grâce à l'expérience de la résolution des problèmes en série qui nécessitent la même stratégie de résolution.

Il faut noter aussi que certains enfants ont essayé avec succès de représenter graphiquement les données dans les problèmes oraux (chaussettes et footballeurs), influencés sans doute par le dessin que nous leurs avons fourni dans le problème

précédent. Ceci nous rappelle les thèses de Duval, selon lesquelles il existe une implication réciproque des représentations mentales et des représentations graphiques. Lehrer et Schauble se trouvent également justifiés en signalant que le développement de représentations graphiques adéquates pour une information fait promouvoir l'acquisition des concepts mathématiques pour la compréhension des propriétés de cette information et que le contraire se réalise en même temps : le développement des concepts mathématiques fait promouvoir la convenance des représentations graphiques.

Ne pas échapper au contexte esthétique ou pragmatique

Certains enfants répondent graphiquement ou oralement soit en coloriant le dessin donné, soit en produisant des conclusions provenant de leur culture générale. Par exemple, les footballeurs auront besoin d'un seul ballon car le football se joue avec un ballon.

Ceci révèle de la métonymie chez ces jeunes enfants (la représentation d'un gant reste un gant à décorer et non pas une unité mathématique à manipuler), mais aussi une difficulté de quitter le contexte sémantique pour envisager les éléments iconiques comme des conventions, des signes arbitraires recontextualisés dans le domaine de mathématiques.

15 enfants sur 55 répondent que les footballeurs auront besoin d'un ballon dans le problème de footballeurs oral (influencés par la culture générale découvert dans leur justification). Dans la version graphique de ce même problème seulement 7 enfants sur 55 répondent qu'un ballon sera utilisé parce que « les match de football se jouent avec un ballon ».

Nous constatons encore une fois que les données présentées graphiquement arrivent à recadrer les enfants dans un contexte de réflexion mathématique plus facilement que dans un problème présenté oralement.

DISCUSSION ET PERSPECTIVES

Les deux approches que nous venons de voir, la phylogénétique et la psychogénétique, révèlent une fonctionnalité active de l'écrit : la possibilité à ses utilisateurs de profiter de ses caractéristiques particulières, afin de réussir des transformations conceptuelles à long terme.

La manière schématique dont se présentent les données dans les dessins, schémas, tableaux et les autres représentations graphiques, facilite la mise en catégories des données ainsi que leur traitement qui vise le raisonnement. La façon schématique de représentation attribue à chaque élément une position unique qui assure la stabilité de sa relation aux autres. Ainsi le sujet, comme dans les tableaux et les listes, est capable

de coordonner les éléments avec des relations fixes, de les regrouper afin d'arriver à les élaborer d'une manière abstraite (par exemple regrouper schématiquement les icônes des objets afin de produire des inférences).

La stabilité et la durabilité que l'écriture offre, permettent aux enfants de réfléchir sur les énoncés et, comme il n'y a pas besoin de mémorisation, de n'utiliser l'esprit que pour manipuler les données afin de trouver la résolution.

Les réflexions d'Olson relatives à la distinction du représentant par le représenté ainsi qu'à l'isolement et le réarrangement des éléments, sont également à retenir. Les éléments graphiques, qui sont des unités autonomes, peuvent être manipulés dans tous les sens et même être extraits de leur contexte. Ainsi les signes deviennent arbitraires et ils ne sont plus considérés comme inhérents à leurs objets, mais comme des représentations symboliques. La considération des signes d'une façon abstraite, sortis de leur contexte sémantique ou graphique, utilisés pour effectuer des opérations arithmétiques et des raisonnements est dans le grand intérêt du milieu scolaire. Selon cette perspective, les enfants s'entraînent à envisager les icônes indépendamment de leur référent et à se transférer dans un niveau abstrait d'élaboration des graphiques. Ils ont aussi la possibilité de récontextualiser les signes dans des différents contextes et ainsi promouvoir la création de réseaux multireprésentationnels qui vont servir comme point de référence pour avancer la connaissance de plus en plus abstraite.

Ces approches théoriques trouvent justification aux travaux empiriques réalisés par Ferreiro, Olson, Amsel et Byrnes, Lehrer et Schauble et Matalliotaki (présentée dans cette étude) d'où en sort la relation étroite et bidirectionnelle entre communication symbolique et conceptualisation cognitive. Notre étude (Matalliotaki, 2007) montre que des élèves d'âge de 5 à 6,5 ans réussissent à trouver des stratégies de résolution, par l'utilisation fonctionnelle d'un support graphique (dessins figuratifs), à des problèmes mathématiques complexes pour leur niveau cognitif. Un travail abstrait est réalisé par ces enfants sur la représentation graphique tandis que lorsque les mêmes problèmes ont été proposés oralement les enfants n'arrivaient pas à cerner le point de départ d'une stratégie de résolution.

Il s'agit d'une tâche qui ne présuppose pas un codage-décodage, mais un processus de reconstruction conceptuelle à travers les données graphiques. Ceci parce que la tâche apporte des modifications sur la réflexion du sujet vis-à-vis de l'objet représenté. De plus, les enfants sont responsables à choisir les propriétés et relations entre les éléments qu'ils vont utiliser et celles qu'ils vont ignorer afin de résoudre les problèmes. Ceci ne passe pas par une simple correspondance bi-univoque où les propriétés et relations sont prédéterminées.

Il serait intéressant de voir dans des futures études empiriques à quels types d'obstacles les élèves sont confrontés pendant l'utilisation de la représentation graphique pour résoudre un problème. Ces obstacles seraient en relation avec les

attentes qu'un certain contexte leur impose, l'hésitation d'utiliser spontanément l'écrit pour leurs propres finalités (comme outil de réflexion) et bien sûr la tendance des jeunes enfants de considérer l'écrit comme une « image » directe de la réalité (codage-décodage) et pas comme une représentation abstraite et complexe.

Il serait également intéressant de voir l'application de la théorie de l'utilisation fonctionnelle de l'écrit pour la production de raisonnements dans d'autres disciplines (la géographie, la physique, l'histoire, la musique etc) avec plusieurs supports graphiques (schémas, cartes, graphiques, images etc) et dans plusieurs tranches d'âge des enfants.

RÉFÉRENCES

- Amsel, E. & Byrnes, J. (2002). Symbolic communication and cognitive development: Conclusions and prospects. In E. Amsel & J. Byrnes (eds), *Language, literacy and cognitive development* (London: Lawrence Erlbaum Associates), 233-258.
- Brossard, M. (1997). Pratiques d'écrit, fonctionnements et développement cognitifs. In M. Brossard, C. Moro & B. Schneuwly (eds), *Outils et signes* (Bern : Peter Lang), 95-114.
- Brossard, M. (2004). *Vygotski : Lectures et perspectives de recherches en éducation* (Villeneuve d'Ascq : Septentrion).
- Duval, R. (1995). *Sémiosis et pensée humaine : Registres sémiotiques et apprentissages intellectuels* (Berne : Peter Lang).
- Ferreiro, E. (1988). L'écriture avant la lettre. In H. Sinclair (ed.), *La production des notations chez le jeune enfant* (Paris : PUF), 18-70.
- Ferreiro, E. (2001). *Culture écrite et éducation* (Paris : Retz).
- Goody, J. (1979). *La raison graphique* (Paris : Les éditions de minuit).
- Hamilton, K. G. (1963). *The two harmonies: Poetry and prose in the seventeenth century* (Oxford: Clarendon).
- Lehrer, R. & Schauble, L. (2002). Symbolic communication in Mathematics and Science: Co-constituting inscription and thought. In E. Amsel & J. Byrnes (eds), *Language, literacy and cognitive development* (London: Lawrence Erlbaum Associates), 167-192.
- Matalliotaki, E. (2007). *Les pratiques graphiques à l'école maternelle dans un contexte de résolution de problèmes*, Thèse de Doctorat en Sciences de l'Éducation (Paris : Université René Descartes-Paris 5).
- Olson, D. (1998). *L'univers de l'écrit* (Paris : Retz).
- Olson, D. (2002). What writing does to the mind. In E. Amsel & J. Byrnes (eds), *Language, literacy and cognitive development* (London: Lawrence Erlbaum Associates), 153-165.
- Resta-Schweitzer, M. & Weil-Barais, A. (2006). Éducation scientifique et développement intellectuel du jeune enfant. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 1(1), 63-82.
- Weil-Barais, A. & Resta-Schweitzer, M. (2008). Approche cognitive et développementale de la médiation en contexte d'enseignement – apprentissage. *Nouvelle Revue AIS*, 42, 83-98.