

LES REPRÉSENTATIONS GRAPHIQUES COMME SUPPORT DE RAISONNEMENT DANS LES MANUELS DESTINÉS AUX ÉLÈVES DE GRANDE SECTION MATERNELLE

Résumé : Cette recherche est consacrée à l'examen du statut de l'écrit dans les ouvrages scolaires et parascolaires. Nous procédons à une analyse d'exercices incluant des graphiques, contenus dans les ouvrages de grandes maisons d'édition. Il s'agit d'exercices de mathématiques, destinés à des élèves de Grande Section Maternelle. Notre objectif est de repérer dans quelle mesure ces exercices favorisent un processus de raisonnement de la part de l'enfant. Trois fonctions cognitives sont observées : la fonction de sélection-marquage, la fonction référentielle et la fonction inférentielle. L'analyse que nous faisons montre que les représentations graphiques (dessins) des exercices sont rarement conçues de façon à inciter les enfants à produire des inférences mais que, par contre, elles mettent souvent en avant des correspondances référentielles et sémantiques.

Mots-clés : enfant, calcul, manuels scolaires, raisonnement, représentations graphiques.

INTRODUCTION ET CADRE THÉORIQUE

Cet article entre dans le cadre d'une étude centrée sur l'écrit, les représentations graphiques en général, et comment elles peuvent favoriser l'apprentissage chez le jeune enfant, grâce à la possibilité de le faire agir sur les éléments présentés graphiquement.

L'utilisation du terme « représentations graphiques » inclut tout ce qui peut être représenté par écrit (écriture alphabétique et numérique, schémas, dessins, listes, tableaux, diagrammes, etc). Dans cette étude nous étudions les manuels scolaires destinés à des enfants de Grande Section Maternelle, où nous rencontrons l'écriture alphabétique et numérique, des dessins, des tableaux, et parfois des schémas. Notre intérêt se focalise surtout sur les dessins, c'est pour cela qu'au regard de la nature de l'étude, nous remplaçons souvent le terme « représentation graphique » par « dessin ».

Pourquoi nous intéressons-nous à la fonctionnalité des représentations graphiques en ce qui concerne l'apprentissage chez le jeune enfant ? Ferreiro (2001) souligne que l'utilisation fonctionnelle des représentations graphiques (qui ne peut pas être un « codage-décodage ») permet une série d'opérations d'analyse et donne donc l'opportunité au sujet de raisonner sur des événements immobiles. Selon Amsel & Byrnes (2002) 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.

Plusieurs études récentes démontrent que l'utilisation des représentations graphiques par des jeunes enfants facilite leur démarche de raisonnement (raisonnement formel : on demande aux sujets de faire des inférences en précisant quel type de conclusion doit être recherché, Richard 2004) ou de conceptualisation (processus d'élaboration des concepts, passer des concepts quotidiens vers les concepts scientifiques, Brossard 2004) de certains phénomènes.

Weil-Barais et Resta-Schweitzer (2008, 2006) 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. Les travaux de Lehrer & Schauble (2002) démontrent que c'est la précision des figures dessinés qui favorisent la conceptualisation chez l'enfant. Cette affirmation découle d'une expérimentation impliquant la comparaison des tiges de plantes, en utilisant des dessins qui représentaient leur croissance. La précision sur les détails du dessin a considérablement favorisé la conceptualisation de la part des enfants. Tantaros *et al.* (2005), Iralde (2005), Gaux *et al.* (2005) ont étudié la production des représentations graphiques par des jeunes enfants pour communiquer la résolution d'un problème à autrui en concluant que les productions des enfants s'améliorent avec l'âge et que ce moyen peut vraiment constituer un outil cognitif pour eux.

L'étude de Seitz (1997) met en évidence que les représentations graphiques aident les jeunes enfants (4 ans) à produire des raisonnements sur des métaphores (trouver la ressemblance associative mais pas littéraire entre deux entités, ex. un oiseau et un violon qui tous les deux produisent de la musique). Duval (1995) confirme que les traitements sur les objets mathématiques ne peuvent pas être effectués sans un système sémiotique de représentations. Matalliotaki (2007, 2009) examine l'utilisation de représentations graphiques figuratives externes par de jeunes enfants pour résoudre des problèmes de situations de division en démontrant que les enfants de cinq à six ans et demi, avec l'aide de ce support, sont capables de résoudre des problèmes assez complexes pour leur niveau cognitif.

Les études antérieures que nous venons de citer insistent sur le fait que les représentations graphiques peuvent être utilisées d'une façon fonctionnelle par les jeunes enfants en facilitant ainsi la conceptualisation, le raisonnement et la résolution de problèmes. De leur côté, les enfants ayant comme support les représentations graphiques s'avèrent capables de résoudre des problèmes, d'expliquer des phénomènes et de produire des performances très avancées pour leur niveau cognitif (lié à leur jeune âge) ou surtout, pour ce qu'on les croyait capables de réussir.

Nous avons cité ces travaux afin de justifier la réalisation de notre étude actuelle : si les représentations graphiques présentent autant d'avantages cognitifs pour les enfants, il serait intéressant d'étudier l'utilisation des représentations graphiques que les manuels scolaires proposent dans leurs exercices. Nous nous intéressons aux manuels scolaires car très souvent, les enseignants utilisent en classe les exercices qu'ils y trouvent ou s'inspirent de ceux-ci pour en construire d'autres. Nous allons étudier donc si les manuels scolaires proposent des exercices qui peuvent faciliter l'apprentissage de résolution de problèmes.

De plus, dans les travaux cités, l'efficacité du support graphique pour la résolution d'un certain nombre de tâches a été prouvée. Pourtant, il n'y a pas eu question-

*LES REPRÉSENTATIONS GRAPHIQUES COMME SUPPORT
DE RAISONNEMENT DANS LES MANUELS DESTINÉS
AUX ÉLÈVES DE GRANDE SECTION MATERNELLE*

nement pour savoir si un certain type de dessin peut être plus avantageux (cognitivement parlant) qu'un autre. Quels sont les supports graphiques proposés aux jeunes enfants pour résoudre des problèmes (de « mathématiques » dans cette étude) ? Quels éléments (fonctions, consignes, etc) constituent ces représentations graphiques ? Vu que la résolution d'un problème ne pourrait pas se faire d'une façon magique par le simple regard sur le dessin, il est intéressant de voir comment ces éléments pourraient influencer la résolution d'un problème de la part des enfants et l'apprentissage qui en suit. Autrement dit, et sans rentrer dans une analyse sémiotique, nous avons essayé de concevoir des outils d'analyse des dessins selon leur efficacité à fournir les indices nécessaires à la résolution du problème.

Notre questionnement a été inspiré par les travaux de Ferreiro (1988) et de Olson (2002). Selon ces deux auteurs, un dessin qui comporte des fonctions de représentation directe à la réalité, ne favorise pas l'évolution de conceptualisation chez l'enfant. Selon ces deux auteurs, une représentation écrite ne peut pas se réduire à une juxtaposition de symboles qui attendent d'être décodés. Il peut y avoir apprentissage dans ce cas, mais il serait purement technique. En revanche, ce qui favorise la conceptualisation, l'apprentissage chez l'enfant, c'est un système de représentation qui inclut un processus de reconstruction de la réalité. Un système de codage présente simplement une correspondance biunivoque, où les propriétés et les relations sont prédéterminées. Il peut y avoir conceptualisation réelle quand la représentation graphique est perçue comme un système induisant un choix entre les éléments, les propriétés et les relations du référent qui vont apparaître dans sa représentation.

Dans notre étude présentée ici, nous nous focalisons moins sur la conceptualisation et la communication comme finalités de l'utilisation de la représentation graphique et nous portons plus d'intérêt au raisonnement et à la résolution des problèmes. Nous avons décidé d'étudier les exercices de « mathématiques » destinés aux enfants de Grande Section de Maternelle (GSM) repérés dans des ouvrages (liste non exhaustive) choisis de grands éditeurs français (manuels scolaires). Nous empruntons (pour des raisons d'économie graphique) le terme « mathématiques » que les ouvrages en question utilisent, mais nous signalons qu'il s'agit de notions pré-mathématiques relevant d'opérations arithmétiques et d'autre type d'exercices non officiellement répertoriés. Le BOEN 2008 utilise les notions « quantités et nombres », « formes et grandeurs » et « se repérer dans l'espace »

Nous allons voir si l'enfant peut se rendre compte de la stratégie de résolution à suivre grâce aux éléments du dessin et aux instructions de l'exercice. Basés sur les théories de Ferreiro (1988) et de Olson (2002), nous considérons que l'apport d'un dessin fonctionnel à la résolution du problème est aussi de proposer une stratégie graphique de résolution. En effet, dans cette démarche, l'enfant réalise ses propres choix entre éléments, propriétés et relations à retenir pour la résolution du problème, en abandonnant ceux qui, dans le contexte donné, ne sont pas utiles. L'enfant est alors contraint de mettre en place un vrai raisonnement. Cette stratégie graphique est visible, et ceci pourrait permettre à l'enfant d'apprendre plus facilement ce processus, car il le construirait lui-même et le visualiserait à la fin. Ainsi, il serait capable de réviser ce processus et de l'utiliser dans d'autres problèmes identiques, voir dans des contextes différents.

Nous examinerons par la suite quelles activités et fonctions cognitives assurent les représentations graphiques contenues dans les exercices destinés aux enfants de GSM. Nous analysons un ensemble d'exercices que nous pensons représentatifs de ce que l'on trouve dans les ouvrages destinés à l'enseignement de ce niveau scolaire (nous rappelons que ces exercices peuvent être choisis par les parents et les enseignants et s'adressent aux enfants). Nous nous attendons à ce que les manuels scolaires mettent en valeur le potentiel cognitif des représentations graphiques dans les exercices visant la résolution de problèmes mathématiques, et ainsi offrir aux enfants un apprentissage varié dans ce domaine-là.

MÉTHODE D'ANALYSE DES EXERCICES PRÉSENTÉS DANS LES OUVRAGES DESTINÉS À L'ÉCOLE MATERNELLE

Dans un premier temps, nous exposons les critères utilisés pour sélectionner le matériel et les exercices analysés. Dans un second temps, nous présentons les critères d'analyse des exercices que nous avons utilisés, en relation avec notre questionnement.

Le choix des exercices analysés

Nous avons choisi des exercices de mathématiques incluant des dessins que l'on trouve dans des ouvrages destinés à des élèves de GSM, partant de l'hypothèse que ce serait dans ce type d'exercices que l'on aurait le plus de chance de rencontrer une diversité de fonctions cognitives assurées par les dessins. En effet, dans le champ des mathématiques, les dessins assurent non seulement des fonctions référentielles mais ils sont également utilisés comme supports de raisonnement et de production d'inférences. Sans avoir élaboré une étude approfondie sur le domaine de l'apprentissage de la langue par exemple, nous avons cependant examiné (en situation de pré-test) plusieurs exercices de ce domaine, destinés aux élèves de GSM, et nous avons trouvé qu'une grande majorité des exercices incluaient des dessins qui assuraient seulement la fonction référentielle, ayant comme objectifs de « faire » raconter une histoire ou de « faire » décrire une image aux enfants. Nous avons donc abandonné l'idée d'utiliser ce lot d'exercices pour faire fonctionner nos axes d'analyse (les fonctions des dessins entre autres) faute de matériel (pas assez d'exercices assurant la fonction de marquage par exemple). En revanche, une étude future sur ce domaine non seulement n'est pas exclue, mais au contraire est envisagée, afin d'étudier si les éléments du dessin dans ce type d'exercices influencent l'apprentissage chez les enfants. Nous avons ainsi sélectionné 23 exercices de mathématiques parmi les ouvrages commercialisés actuellement par les éditions Istra, Bordas, Hachette, Hatier, Nathan et Retz. La variété des éditions choisies nous permet d'avoir une vue d'ensemble des activités proposées.

Les critères de choix des exercices

Les critères de choix des exercices sont les suivants :

- Nous nous sommes assurés d'avoir au moins un exercice afférent à chacun des trois domaines de connaissance (en suivant la catégorisation de Mettoudi et Yaïche (2003) conforme au BOEN 2002) : les compétences relatives aux quantités et aux nombres, la structuration de l'espace et les compétences liées aux grandeurs ainsi qu'à la structuration du temps.

*LES REPRÉSENTATIONS GRAPHIQUES COMME SUPPORT
DE RAISONNEMENT DANS LES MANUELS DESTINÉS
AUX ÉLÈVES DE GRANDE SECTION MATERNELLE*

- Nous avons choisi les exercices les plus riches en objectifs dans la consigne. Nous avons préalablement dénombré les objectifs (tâches à traiter) que chaque exercice demande et nous avons choisi ceux qui en présentent le plus grand nombre. Ce choix a été effectué pour repérer les exercices les plus « intéressants », c'est-à-dire ceux qui sont les plus exigeants relativement au niveau d'élaboration des relations à traiter. Par exemple, dans un exercice qui demande à l'enfant de dénombrer les éléments d'une collection et de noter le résultat du dénombrement et de comparer ce cardinal avec les cardinaux (ou nombre d'éléments) d'autres collections, l'enfant a plusieurs tâches à traiter : trouver la quantité d'éléments, associer la quantité à un numéral (un mot-nombre), comparer ce numéral à d'autres numéraux. Nous avons considéré cet exercice comme plus « intéressant » qu'un exercice qui demande à l'enfant de dénombrer les éléments d'une collection tout simplement.

La présentation sémiotique des exercices n'a pas été considérée pour le choix des exercices. Chaque éditeur utilise des graphismes spécifiques, mais ceci n'a pas été pris en compte. En effet, les exercices ne peuvent pas être évalués selon l'efficacité de leur présentation sémiotique puisqu'ils ne sont pas testés auprès des enfants.

Les axes d'analyse des exercices

Les exercices sont analysés selon les axes suivants : les fonctions cognitives que les représentations graphiques assurent dans les exercices, les types de production graphique attendue, les activités cognitives demandées ou requises pour effectuer les tâches. Avant de définir ces axes d'analyse nous avons réalisé une analyse *a priori* des exercices en cherchant l'apport cognitif pour les enfants de chaque exercice et le rôle du graphique à cette fin. D'un point de vue théorique, cette analyse (qui n'est pas présentée lors de cette étude) s'appuie sur les travaux de Bideaud *et al.* (1991), Nieuwenhoven (1999), Brissiaud (1989), Bideaud *et al.* (2004) et INRP ERMEL (2005).

Nous avons conçu cette catégorisation par axes, exhaustive pour tout type de problèmes et de représentations graphique examinés lors de cette étude. Nous présentons ces trois axes, avec la justification du choix de chaque axe, en commençant par les fonctions cognitives. Nous rappelons que les exercices dont les consignes seraient lues par un adulte, parent ou enseignant, sont destinés à des enfants de Grande Section Maternelle, qui ne savent pas encore lire.

Les fonctions cognitives que les représentations graphiques assurent
dans les exercices

Nous rappelons que cet axe d'analyse nous permet de distinguer le niveau de raisonnement que chaque représentation graphique offre. Nous avons retenu trois fonctions : la fonction de sélection-marquage, la fonction référentielle et la fonction inférentielle. Nous considérons que les représentations graphiques qui assurent uniquement la fonction référentielle pourraient entretenir des liens directs avec la réalité, offrant moins d'avantages cognitifs aux enfants, donc moins de possibilités de raisonnement. Les dessins qui assurent les deux autres fonctions engageraient, par une stratégie graphique à découvrir, par des indices et un espace graphique proposé pour effectuer un raisonnement, un apprentissage supplémentaire que seule une représentation graphique pourrait offrir.

- Fonction de sélection-marquage (MAR) : dans ce cas, la représentation graphique sert à marquer des objets ou des éléments. Ce marquage correspond à un cri-

rière de sélection (les objets rouges, les objets utilisés, par exemple) et sert à simplifier les activités d'identification ultérieures (par exemple, les objets marqués ne sont pas à compter). Nous considérons cette fonction comme importante car elle incite l'élève à faire des choix basés sur des données et ainsi tracer une première stratégie de résolution de l'exercice. En conséquence, celui-ci aurait accès à un apprentissage puisqu'il trace lui-même la stratégie de résolution et, ensuite, vérifie ses marquages et a la possibilité de réviser la résolution de l'exercice ultérieurement.

Ce processus entraîne aussi l'esprit de l'élève vers l'abstraction mathématique (nous entendons comme abstraction mathématique la possibilité de l'enfant de calculer, effectuer des opérations arithmétiques avec des nombres qui ne renvoient à rien ex. $2+3 = 5$ au lieu de 2 billes +3 billes font 5 billes, autrement dit pour cet exemple, acquérir le schème de l'addition), comme on peut le voir dans l'exercice de la figure 1.



Figure 1: Exemple d'exercice où prévaut la fonction de marquage.
Je veux savoir compter, Grande Section, Nathan, 2000, p. 29 (réduction)

Dans cet exercice, on demande à l'enfant de réaliser des choix parmi les éléments graphiques, de marquer ces choix graphiquement et de noter le résultat d'un dénombrement qui présuppose que les choix ont été réalisés correctement. Les figures et les éléments graphiques sont présentés en grand avec des couleurs, ce qui nous permet de supposer que, *a priori*, un enfant de cet âge pourrait les identifier sans grand problème. Nous nous attendons à ce que l'enfant ait la capacité de construire cette stratégie graphique, en suivant les instructions.

Quelqu'un pourrait nous dire (très légitimement) que, puisque les enfants dans cet exercice n'auraient qu'à suivre pas à pas les instructions, il n'y aurait pas vraiment de

*LES REPRÉSENTATIONS GRAPHIQUES COMME SUPPORT
DE RAISONNEMENT DANS LES MANUELS DESTINÉS
AUX ÉLÈVES DE GRANDE SECTION MATERNELLE*

conception d'une stratégie graphique de leur part et non plus vraiment de choix d'éléments. Regardons de près les choix que l'enfant est censé faire afin de résoudre le problème avec succès. En premier, il s'agit de respecter le code couleur-nombre de bonbons. Certes, la consigne dicte très clairement de ne barrer que 6 des bonbons rouges, mais dans l'espace graphique l'application de ce code ne vient pas automatiquement. L'enfant aurait un choix arbitraire et non culturel (qui renverrait à son environnement quotidien et donc qui détiendrait un sens pour lui) à faire parmi trois lots de bonbons tout en respectant le nombre et la couleur qu'on lui indique. Suivre ce code arbitraire implique déjà un choix conventionnel et donc « mathématique » de la part de l'enfant. En effet, l'enfant est censé choisir la propriété de l'objet « bonbon » qu'on lui dicte (couleur) et abandonner les autres propriétés (sa forme, son rang de présentation graphique, l'utilisation que l'on fait du bonbon dans la vie quotidienne et bien d'autres propriétés de cet objet) pour trouver le nombre de bonbons à barrer. Il est intéressant de remarquer que le rang des bonbons dans la représentation graphique correspond avec l'annonce des couleurs faite par la consigne. Ainsi, les premiers bonbons sont rouges, les deuxièmes verts et ainsi de suite. Mais on aurait pu avoir les bonbons vert en premier et la même consigne. Dans ce cas, l'enfant se verrait confronté plus concrètement à l'opportunité de choisir entre les propriétés « rang de présentation graphique » et « couleur », afin de trouver le nombre de bonbons à barrer. Bien des études (Olson et Torrance 1983, Brossard 1997, 1998, 2004) montrent que ceci ne vient pas automatiquement à l'esprit de l'enfant de cet âge puisqu'il est encore assez proche des contextes familiers ou quotidiens (qui présentent un sens social pour lui) et il a des difficultés à accepter des contextes « conventionnels » qui auraient peu de sens pour lui. Ceci veut dire plus concrètement que, par exemple, l'enfant aurait commencé à barrer les bonbons du premier lot sans tenir compte du code couleur- nombre de bonbons car ceci aurait plus de sens pour lui, ou commencer à barrer plus de bonbons qui lui plaisent davantage dans la vie quotidienne en les distinguant par leur forme (en abandonnant également le code couleur-nombre de bonbons).

Le deuxième choix que l'enfant est censé faire dans cet exercice est de compter les bonbons qui ne sont pas barrés. Nous constatons ici que l'exercice ne précise pas le choix graphique à faire, mais laisse à l'enfant choisir si « les bonbons que les enfants n'ont pas mangé » sont ceux qui sont barrés ou ceux qui restent. Sans doute il doit y avoir un raisonnement « de bon sens » de la part de l'enfant pour faire son choix, mais ce raisonnement approche étroitement le schème de soustraction, qui dicte que la réponse à un problème de soustraction est la somme des éléments qui « en restent » et pas la somme des éléments « enlevés » (le type de problème étant une transformation d'un état initial en un état final selon la catégorisation Vergnaud 1991). Nous pouvons constater alors que même si l'enfant ne conçoit pas par lui-même la stratégie de résolution dans cet exercice, il contribue, avec ses choix, à la conception d'une stratégie graphique de résolution.

Nous pouvons enfin supposer que la résolution de plusieurs exercices de ce genre de la part des enfants pourrait graduellement les familiariser avec le schème mathématique de la soustraction, qu'ils pourraient utiliser ultérieurement dans des contextes différents (différents objets, situations, nombre cardinal etc) ou même dans des contextes formels de soustraction (problème oral sans symbolisme de type a-y

= x). Pour ce dernier cas nous attendrions que l'enfant passe d'abord par une représentation analogique afin de trouver la solution où $a =$ le nombre total de bonbons, $y =$ les bonbons mangés et $x =$ les bonbons qui restent. Cette représentation analogique serait inspirée par les exercices résolus où prévaut la fonction de sélection marquée.

Très souvent, les exercices de ce niveau demandent aux enfants de marquer quelque chose afin de résoudre le problème. Dans notre catégorie *sélection-marquage* nous incluons seulement les exercices où le marquage présuppose une sélection. Dessiner le même nombre d'objets qu'une autre collection peut sûrement être considéré comme un marquage sur le support fourni par l'exercice, mais dans ce cas nous ne demandons pas à l'enfant d'effectuer une sélection par son marquage.

Pour les dessins qui n'offrent pas la possibilité aux enfants d'effectuer des choix graphiques afin de réussir un raisonnement, la fonctionnalité du dessin n'est pas mise en valeur pour la résolution de la tâche (par exemple, la figure 2).

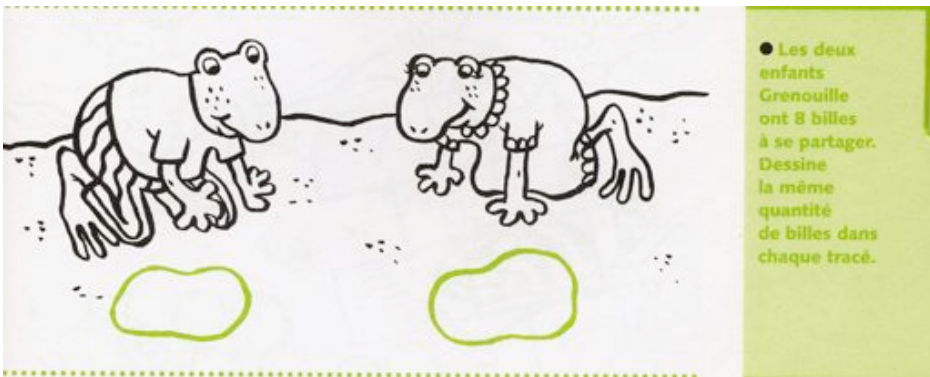


Figure 2: Exemple d'exercice où prévaut la fonction référentielle.
Je connais et j'écris les chiffres, Grande section, Hatier, 1999, p. 19 (réduction)

Dans l'exercice de cette figure (où nous considérons que la fonction de marquage n'est pas assurée), qui est un exercice de partage équitable, (c'est-à-dire une division euclidienne par deux, sans reste), on demande à l'enfant de dessiner un nombre d'objets afin que les deux collections soient équipotentes. Un espace graphique est réservé à cette fin, mais cet exercice semble préserver des relations directes avec la réalité : nous pourrions réaliser le même exercice avec des objets réels avec le même résultat cognitif. Expliquons ceci : dans la situation écrite, tout comme si on réalisait la même situation oralement avec des objets concrets on annonce à l'enfant qu'il a à sa disposition 8 billes (rappelons que l'enfant ne sait pas encore lire, c'est un adulte qui lit la consigne). Pour avoir exactement les mêmes conditions entre les deux situations, dans la situation des objets concrets on donnerait à l'enfant un lot de billes ($N > 8$) et on lui dirait qu'il a le droit d'en utiliser 8 (sans les écarter). L'enfant prendrait par le lot les billes dont il aurait besoin à chaque fois. Ainsi, il n'y aurait pas de différence avec la situation graphique, où la quantité des 8 billes n'est pas représentée. L'enfant doit partager ces billes entre deux objets (disons poupées) probablement en utilisant une des deux stratégies mathématiques suivantes (d'après les études de Kouba 1989) : correspondance terme à terme, c'est-à-dire une bille dans la première collection, une bille dans la deuxième jusqu'à épuisement des 8 billes ou mettre un

*LES REPRÉSENTATIONS GRAPHIQUES COMME SUPPORT
DE RAISONNEMENT DANS LES MANUELS DESTINÉS
AUX ÉLÈVES DE GRANDE SECTION MATERNELLE*

nombre de billes dans la première collection et puis en enlever ou en ajouter afin de réussir l'équivalence entre les deux collections. Dans les deux situations, l'enfant doit traduire le chiffre « 8 » par la quantité appropriée de billes. L'exercice ne prévoit pas de possibilité graphique pour que l'enfant visualise les traces des éventuels ajustements de billes quand il utilise par exemple la deuxième stratégie de résolution. L'exercice ne prévoit même pas d'écrire en chiffres le résultat trouvé pour chaque figure de grenouille, ce qui aurait donné un avantage clair à la version graphique par rapport à la situation avec les objets : l'enfant aurait vu que le nombre 4 est le cardinal des collections obtenues en partageant une collection à 8 éléments en deux collections équipotentes. Sans garder trace de la stratégie utilisée pour résoudre le problème, l'enfant ne peut pas la visualiser en révisant l'exercice, il n'a donc pas la possibilité de se « souvenir » comment il en est arrivé là. En d'autres termes, dans ce dernier cas d'exercice, le support graphique ne met pas en valeur la fonctionnalité qu'il aurait pu avoir afin d'inciter l'apprentissage chez le jeune enfant. Cela dit, nous estimons que les exercices dont le dessin assure la fonction référentielle ont bien leur place dans un contexte d'apprentissage scolaire ou familial. Ils ont toujours un apport cognitif, tout en constituant un support moins encombrant que les objets réels.

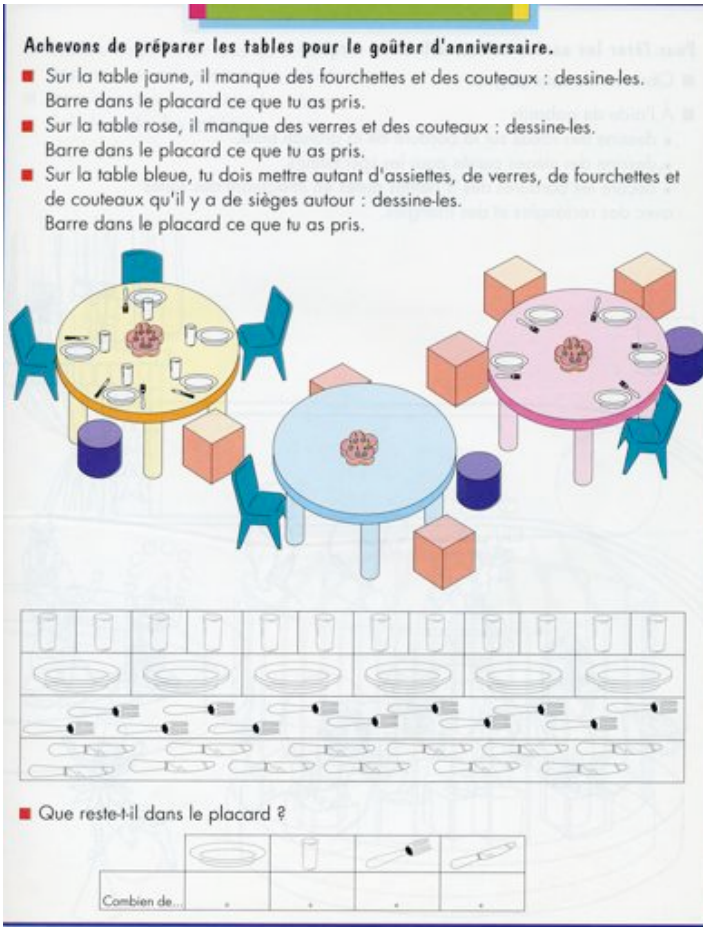
- **Fonction référentielle (REF)** : dans cette catégorie le support graphique sert de représentation d'un objet externe (un objet, une relation, une quantité, une mesure, une direction, etc.) Il existe des liens sémantiques entre la représentation graphique et l'objet externe. Dans les exercices où la représentation assure une fonction référentielle, le sujet doit faire une relation entre le référent et le référé qui repose sur des conventions culturelles¹. La plupart des exercices conçus pour des enfants assurent cette fonction. Cependant, dans cette catégorie, nous retenons les exercices qui n'assurent que cette fonction comme par exemple dans la figure 2.

- **Fonction inférentielle (INF)** : dans ce dernier cas, le support graphique permet au sujet de réaliser des inférences (déductions, calculs...). Le graphique sert alors de support au raisonnement. Les dessins qui assurent la fonction inférentielle assurent également la fonction référentielle, c'est-à-dire qu'il existe toujours des liens sémantiques avec la réalité qui aident l'enfant à comprendre le sens de la consigne et du problème à résoudre. Seulement, dans cette catégorie, nous incluons les exercices qui, au-delà de cette relation référentielle, proposent un support graphique qui, en parallèle avec la consigne, permet de mettre en œuvre une stratégie graphique de raisonnement. Regardons par exemple l'exercice de la figure 3. Il propose tout d'abord aux enfants un moyen de marquage des objets utilisés qui se justifie car il y a plusieurs actions successives. Ce marquage sert à noter les objets qui ne sont pas à dénombrer : il est ainsi le support d'un calcul. Le nombre de sièges ne renvoie pas seulement à des référents à dénombrer, mais aussi à une déduction à réaliser (N sièges = N couverts), et celle-ci est une relation à découvrir par les enfants car elle n'est pas indiquée par la consigne.

¹ Selon Jakobson (1963), la fonction référentielle (en tant que fonction du langage) est une fonction du message, centrée sur le monde (un objet ou événement extérieur) : le contexte ou référent. Le référent d'une communication peut être par exemple la table qui se trouve dans l'[environnement](#) des interlocuteurs (dans le même « contexte »), ou alors une culture, un pays, etc.

Achevons de préparer les tables pour le goûter d'anniversaire.

- Sur la table jaune, il manque des fourchettes et des couteaux : dessine-les.
Barre dans le placard ce que tu as pris.
- Sur la table rose, il manque des verres et des couteaux : dessine-les.
Barre dans le placard ce que tu as pris.
- Sur la table bleue, tu dois mettre autant d'assiettes, de verres, de fourchettes et de couteaux qu'il y a de sièges autour : dessine-les.
Barre dans le placard ce que tu as pris.



Que reste-t-il dans le placard ?





			
Combien de

Figure 3: Un exemple d'exercice où prévaut la fonction inférentielle. *Mon cahier de mathématiques*, Grande Section, Istra, 1993, p. 19 (réduction)

Essayons d'imaginer la résolution de ce problème, sans support graphique mais avec des objets réels. Le simple aller-retour du placard jusqu'à la table pourrait être considéré comme un jeu par l'enfant et lui faire perdre sa concentration et le goût de faire des calculs, puisqu'il s'agit d'une activité familière et quotidienne. Il serait nettement plus difficile d'effectuer la soustraction sans noter le nombre total de couverts avant utilisation et sans « barrer » les couverts utilisés. L'enfant ne peut pas visualiser la totalité des couverts (utilisés et non utilisés) car ils se trouvent dans des endroits différents. La récapitulation des couverts non utilisés ne peut pas bénéficier de la représentation schématisée d'un tableau, où l'on voit avec un seul regard nos données exactes et où, après consultation, nous pouvons donner des chiffres très rapidement. L'enfant ne pourrait pas visualiser la stratégie qu'il a utilisé pour répondre au problème. Les éléments schématisés sont un support pertinent et donc favorable pour effectuer des calculs. Nous constatons alors qu'un exercice, où la représentation graphique assure la fonction inférentielle, offre un apprentissage supplémentaire à l'en-

*LES REPRÉSENTATIONS GRAPHIQUES COMME SUPPORT
DE RAISONNEMENT DANS LES MANUELS DESTINÉS
AUX ÉLÈVES DE GRANDE SECTION MATERNELLE*

fant. Cet apprentissage est impossible à acquérir quand le même exercice est proposé seulement oralement, sans support graphique ou avec des objets réels.

Remarquons la différence avec la figure 1 qui assure la fonction de sélection-marquage. Dans la figure 3, on ne demande pas à l'enfant de barrer par exemple 8 couverts, mais le nombre de couverts qui lui seront nécessaires pour dresser les tables. L'enfant est censé faire un raisonnement pour trouver la réponse par le schème de l'équivalence des collections (table avec cinq sièges nécessite cinq couverts). Par la suite, comme dans la figure 1, on demande à l'enfant de faire une soustraction (barrer les éléments utilisés, dénombrer les éléments qui restent, noter le résultat). La combinaison des deux démarches peut être considérée comme un problème de mathématiques (avec un support analogique tout de même) où l'enfant est invité à produire un calcul par déduction. Nous pouvons alors en conclure que la fonction inférentielle offre un niveau plus élevé de raisonnement que celui qu'offre la fonction de sélection-marquage, et, comme nous l'avons présenté auparavant, que celui de la fonction référentielle.

La représentation graphique de l'exercice (cf. figure 3) aide l'enfant à effectuer la déduction et le calcul. Il y a les éléments graphiques (placard) pour que l'enfant puisse faire ses choix, des indications graphiques qui dirigent ces choix (nombre de sièges) et un tableau qui semble avoir une forme formelle avec des symboles iconiques pour chaque catégorie d'objet, afin de noter sa réponse.

Nous pouvons alors dire que cette représentation graphique (en association bien sûr avec la consigne de l'exercice) procure à l'enfant les pistes nécessaires pour réaliser un raisonnement (déduction, calcul) ainsi que concevoir et appliquer une stratégie graphique de résolution. C'est une représentation graphique qui aide le sujet à passer graduellement dans l'abstrait, tout en utilisant des références de réalité familières et donc rassurantes pour l'enfant (goûter d'anniversaire, dresser une table, couverts).

Les types de productions graphiques attendues

Le deuxième axe d'analyse examine les différents types de production graphique attendue selon les objectifs de chaque exercice, et les exemples qui les illustrent. Nous avons choisi d'étudier cet axe d'analyse car nous nous intéressons en particulier au fait que l'exercice amène ou non l'enfant à agir sur la représentation graphique. Nous estimons que si l'enfant est emmené par l'exercice à utiliser des démarches graphiques pour résoudre un problème, cela pourrait l'initier à l'implication sémiotique intentionnelle dans le processus de la résolution de problèmes. Ceci serait intéressant car il est rare que les enfants de cet âge utilisent spontanément l'écriture pour résoudre un problème (Gaux et al 2005)

Dans le répertoire d'exercices examinés, nous avons repéré trois différents types de production graphique attendue.

- Marquer (faire une croix, entourer, relier, colorier, etc.) : ce qui est à marquer peut être un objet ou une relation. L'exercice présenté dans la figure 1 demande aux enfants de barrer des objets graphiques, en agissant ainsi sur le dessin afin de procéder à une soustraction.

- Écrire des signes conventionnels (un symbole conventionnel comme une flèche, une lettre d'alphabet, un chiffre) comme par exemple dans les exercices des figures 1 et 3

- Dessiner (une forme, une figure...) comme par exemple dans l'exercice de la figure 2.

Les activités cognitives qui sont demandées par les exercices

C'est notre troisième et dernier axe d'analyse. Les activités cognitives sont définies partiellement à partir des demandes explicites que comprend l'énoncé ainsi que par les activités requises mais non explicitement énoncées.

La présentation de cet axe d'analyse dans notre étude sert à définir les moyens que les auteurs des ouvrages utilisent afin d'introduire et de faciliter le raisonnement mathématique chez les jeunes enfants. Autrement dit, demande-t-on aux enfants d'effectuer des tâches qui peuvent mettre en route un raisonnement, ou se limite-t-on à des activités plus ou moins « techniques » comme le dénombrement, sans l'associer à des relations plus complexes ?

Une activité cognitive qui apparaît dans tous les exercices, explicitement ou non explicitement énoncée, est l'identification des éléments graphiques de la part des enfants. Les formes, les signes conventionnels, les figures, doivent être identifiés (associés à un référent) afin qu'ils servent à la résolution de l'exercice. Puisque cette activité apparaît dans tous les exercices, elle ne constitue pas une catégorie à part dans notre analyse.

Nous présentons ci-après les activités cognitives répertoriées que les exercices impliquent, ainsi que les exemples qui les illustrent.

- Dénombrer-compter des éléments iconiques (i.e. les éléments du dessin) (DEN). L'activité de dénombrement se définit par l'association de plusieurs autres activités comme, par exemple, associer un objet à un numéral, distinguer les objets déjà comptés de ceux qui ne le sont pas encore, arrêter le dénombrement une fois que tous les objets ont été comptés, etc.

- Décoder des signes (conventionnels ou non)/appliquer un code/transcoder (CD/DC). Reconnaître et produire des symboles qui ont une signification pour la tâche. (cf. figure 4 où nous avons un exemple de transcodage d'une quantité en chiffres en mots.)

- Comparer (COMP) (par estimation purement visuelle ou comptage ou correspondance terme à terme, etc.) des collections ou des objets en fonction d'une de leurs propriétés. Pour des raisons d'économie, dans cette catégorie nous incluons aussi les situations où l'exercice demande à l'enfant de réaliser une collection qui a une propriété commune avec une autre collection (par exemple la quantité, cf. figure 5 où l'exercice demande aux enfants de concevoir une collection équipotente à une collection donnée).

- Produire une inférence (PINF) Effectuer une opération logique portant sur des données de la tâche et en tirer une conséquence logique. Par exemple, dans la figure 6 nous rencontrons un calcul par appariement. Cet exercice ressemble à un problème de division quotient à travers un appariement des éléments graphiques. Dans un premier temps, les enfants sont invités à dénombrer les éléments, puis dans un second temps, à former des groupes de deux, le but de cet exercice étant d'en déduire si oui ou non la quantité donnée peut se diviser en groupes équivalents.

**LES REPRÉSENTATIONS GRAPHIQUES COMME SUPPORT
DE RAISONNEMENT DANS LES MANUELS DESTINÉS
AUX ÉLÈVES DE GRANDE SECTION MATERNELLE**

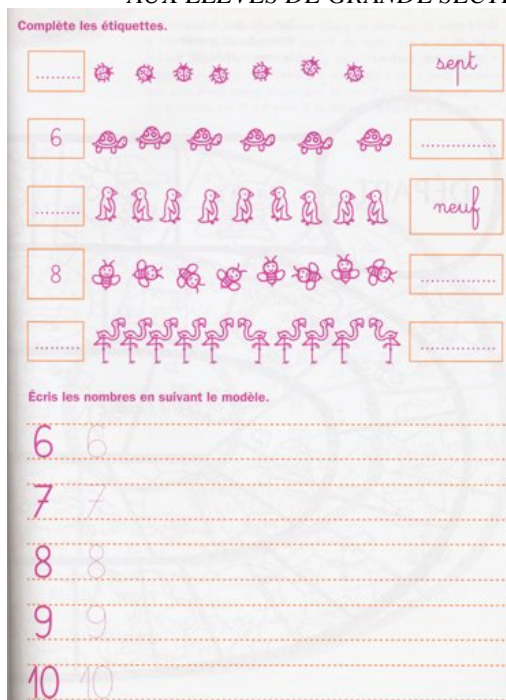


Figure 4: Exemple d'exercice où nous avons un transcodage en chiffres et en mots. *Mon cahier Déclic*, Grande Section, Retz, 2003, p. 51 (réduction)

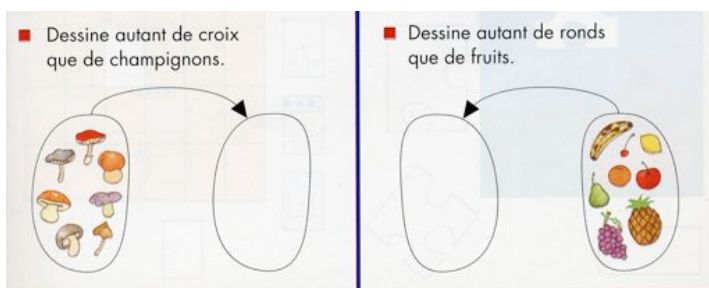


Figure 5: Un exemple d'exercice de la catégorie d'activité cognitive « Comparer » *Mon cahier de mathématiques*, Grande Section, Istra, 1993, p. 31 (réduction)



Figure 6: Exemple d'exercice qui implique l'activité cognitive de production d'une inférence *Photofiches préamath*, Grande Section, Hachette, 1995, p. 37 (réduction)

Codage des exercices et résultats de l'analyse

Chaque exercice a été codé selon les différents axes d'analyse présentés. Pour analyser les résultats obtenus, nous allons présenter la fréquence d'apparition de chaque modalité exposé par variables. Les données sont présentées quantitativement mais nous nous focaliserons sur l'analyse descriptive qui suit les résultats, vu que le nombre d'exercices étudié n'est pas très élevé.

RÉSULTATS

Dans cette partie nous présentons la fréquence avec laquelle on rencontre un exercice catégorisé selon notre axe d'analyse.

Les fonctions

Dans le tableau 1 est présenté la répartition des exercices selon la fonction que leurs dessins assurent dans le lot d'exercices examinés. Comme les représentations

*LES REPRÉSENTATIONS GRAPHIQUES COMME SUPPORT
DE RAISONNEMENT DANS LES MANUELS DESTINÉS
AUX ÉLÈVES DE GRANDE SECTION MATERNELLE*

graphiques des exercices peuvent assurer plusieurs fonctions à la fois, chaque fonction n'est pas exclusive pour un exercice.

Fonctions	Nombre d'exercices où l'on rencontre la fonction
Marquage	6
Référentielle	17
Inférentielle	1

Tableau 1: Répartition des exercices (N = 23)
selon les fonctions qu'ils assurent.

Nous constatons la prédominance de la fonction référentielle assurée par les représentations graphiques proposées par les ouvrages examinés. Ceci est justifié par le fait que les enfants de cet âge ont l'habitude de travailler avec des dessins figuratifs où la seule condition pour résoudre un problème est la reconnaissance de l'icône. De tels exercices sont sûrement riches et intéressants pour les enfants puisqu'ils mettent en application les connaissances culturelles des derniers. Mais, comme Ferreiro (1985, 1988) le signale, les dessins qui assurent la fonction référentielle seule ne permettent pas l'avancement des correspondances symboliques. Par contre ils insistent sur les correspondances sémantiques.

La fonction de marquage est censée procurer aux enfants une perception visuelle de sélection d'éléments et peut ainsi faciliter les ordonnancements et les catégorisations mentales requises par la résolution de certains problèmes. En même temps, le fait que les enfants soient invités à agir sur un dessin qui est conçu pour recevoir des marquages est susceptible de rendre la résolution active et consciente de la part du sujet. De cette façon, on peut s'attendre à ce qu'à l'issue de la résolution, l'enfant soit à même de prendre conscience qu'en agissant sur le dessin il a pu trouver une solution. A long terme, une telle pratique pourrait amener l'enfant à produire de lui-même des représentations graphiques comme moyens efficaces de résolution de problèmes. Les ouvrages examinés semblent donner de l'importance à cette fonction mais pas autant qu'on aurait pu l'attendre.

La fonction inférentielle est celle qui, assurée par la représentation graphique, propose une stratégie visuelle de production d'inférences. Dans notre tableau, cette fonction est représentée dans seulement un exercice alors même que nous étions *a priori* très attentifs à ce type d'exercices. Quand le dessin assure la fonction inférentielle, l'enfant a la possibilité de construire sur le dessin la stratégie à suivre pour résoudre le problème. Il peut ainsi trouver plus facilement la stratégie de résolution, mais aussi se rendre compte plus concrètement de l'apport du dessin à la résolution du problème. Finalement, cette fonction, une fois assurée par les représentations graphiques, pourrait inciter progressivement l'enfant à la formalisation mathématique.

Le faible usage des graphiques utilisés dans une fonction inférentielle interroge : les auteurs des ouvrages estiment-ils que les enfants ne sont pas encore prêts à affronter un niveau d'abstraction plus élevé ?

Les types de réponse attendue

Dans le tableau 2 nous présentons les types de réponse attendue dans les exercices. Comme un exercice peut solliciter plusieurs réponses, chaque type de réponses attendues n'est pas exclusif pour un exercice.

Types de réponse attendue	Nombre d'exercices où l'on rencontre ce type
Marquer	9
Ecrire des signes conventionnels	5
Dessiner/Colorier	13

Tableau 2: Les types de réponse attendue dans les exercices
(N = 23)

Dessiner est le type de réponse attendue le plus souvent apparu dans les exercices examinés avec 13 exercices nécessitant ce type de réponse. Nous pouvons dire que nous attendions ce fait puisque les enfants de cet âge ont l'habitude de dessiner, et nous considérons qu'éventuellement même par simplement dessiner, les enfants seraient capables de traiter de questions abstraites.

Marquer s'avère être une activité qui facilite l'organisation des données selon un objectif précis. Ces exercices demandent aux enfants de marquer un objet ou une relation ce qui, de notre point de vue, aide à rendre ces relations plus évidentes et explicites pour les enfants. Les exercices ne demandent pas assez souvent ce type de réponse.

Dans les exercices proposés dans les ouvrages, l'écriture des signes conventionnels est modérément demandée. En effet, en GSM, les enfants n'ont pas encore une grande pratique des signes conventionnels. D'après les études de Bialystok (1995, 2003) effectuées auprès de jeunes enfants, ceux-ci ne sont pas toujours en mesure de comprendre la fonction symbolique des représentations conventionnelles (et donc ils peuvent difficilement les utiliser pour résoudre des problèmes), ce qui conduit à limiter l'activité à un simple codage/décodage des signes conventionnels ou à une pratique d'écriture qui vise à apprendre à les reconnaître.

Les activités cognitives

Le tableau 3 présente des activités cognitives requises par l'ensemble des exercices examinés. Un exercice pouvant requérir plusieurs activités cognitives, une activité cognitive n'est pas exclusive pour un exercice.

Activités cognitives	Nombre d'exercices où l'on rencontre cette activité
Dénombrer	8
Coder/Décoder/Transcoder	8
Comparer	4
Produire des inférences	3

Tableau 3: Activités cognitives requises
par les 23 exercices examinés.

Nous constatons par ces résultats que les ouvrages en question demandent souvent aux enfants de dénombrer, mais moins souvent de comparer et de produire

*LES REPRÉSENTATIONS GRAPHIQUES COMME SUPPORT
DE RAISONNEMENT DANS LES MANUELS DESTINÉS
AUX ÉLÈVES DE GRANDE SECTION MATERNELLE*

des inférences, de procéder donc à une sorte de raisonnement, même si l'objectif général de l'exercice vise la résolution de problèmes. Ceci s'explique partiellement par le fait que le dénombrement est une activité fréquemment rencontrée dans toutes sortes d'exercices, mais n'explique pas la proposition faible d'activités nécessitant l'élaboration de relations plus complexes. Ceci peut peut-être s'expliquer par la difficulté de telles activités pour les enfants de cet âge ou bien l'impression que les enfants de cet âge ne sont pas encore prêts pour des raisonnements.

Coder/décoder paraît être également une activité fréquente dans ce type d'exercices. Nous y voyons peu d'intérêt cognitif. Selon Ferreiro (1988), si on perçoit une représentation graphique (dessin) comme un codage-décodage, l'apprentissage qui en suit serait purement technique.

DISCUSSION

La plupart des exercices étudiés ont comme support un dessin qui assure la fonction référentielle et demande aux enfants de dessiner afin de résoudre le problème. Dessiner s'avère le type de réponses attendues le plus fréquemment rencontré dans les exercices. Ceci paraît compréhensible car l'action de dessiner est familière aux enfants de cet âge.

Le dessin d'un seul exercice assure la fonction inférentielle (malgré les qualités de celle-ci) dans le lot des 23 exercices examinés : la présentation explicite des relations entre les éléments d'un dessin et la proposition d'une stratégie visuelle de résolution. Ainsi les enfants ne bénéficient pas des possibilités que cette fonction offre.

Nous avons également constaté que les 23 exercices ne demandent pas assez souvent aux enfants d'agir graphiquement sur le dessin. Pourtant, agir graphiquement sur le dessin pourrait permettre de renforcer la confiance de l'enfant sur l'efficacité de la production graphique et par conséquent de provoquer une plus grande initiative d'utilisation et de production d'écrits de la part des enfants pour résoudre des problèmes.

Ces résultats nous permettent de mettre en évidence un paradoxe : quand bien même les manuels montrent l'importance qu'ils donnent à l'acquisition des notions mathématiques de la part des enfants, produire des inférences, c'est rarement l'activité demandée. On attend des enfants surtout de colorier ou dessiner sur des graphiques qui assurent des relations sémantiques, de dénombrer sans associer cette activité technique à un raisonnement et de coder-décoder. Pourtant, les études récentes attestent l'efficacité des représentations graphiques quand elles sont utilisées par des jeunes enfants pour des procédures de raisonnement et de résolution de problèmes. Ceci nous amène à considérer que les ouvrages examinés ne mettent pas en valeur les avantages cognitifs qu'une représentation graphique puisse avoir pour l'enfant sur l'apprentissage et le raisonnement. Les représentations graphiques restent inexploitées concernant le développement des capacités de calcul et de résolution de problèmes plus complexes. Proposant souvent des relations uniquement référentielles, les exercices, amènent l'enfant à se limiter à un contexte familier, restreint par ses connaissances sémantiques et empiriques. Ce type d'exercice n'apporte pas beaucoup d'avantages cognitifs à l'enfant concernant l'entraînement de la compréhension de la fonction symbolique des représentations graphiques, selon Ferreiro (1985, 1988). Le même au-

teur souligne que si le dessin assure seulement la fonction référentielle, il n'y a pas de représentation symbolique, seulement des correspondances sémantiques. En l'absence de représentation symbolique, les croyances des enfants au sujet de la structure d'un système symbolique se basent sur des connaissances sémantiques ou empiriques. Ainsi l'enfant ne se trouve pas bien armé pour affronter les relations symboliques qu'exigent, plus tard, l'élaboration d'un système d'écriture et la formalisation mathématique.

Dans cette étude, nous avons essayé de cerner les fonctions des représentations graphiques qui peuvent permettre à l'enfant de trouver une stratégie graphique pour résoudre des problèmes. Les fonctions de sélection-marquage et inférentielle, (en combinaison avec le type de productions graphiques attendues par l'exercice et les activités cognitives requises par la consigne, comme par exemple la production d'une inférence), proposent des stratégies graphiques de résolution, en permettant à l'enfant, par les choix entre éléments et propriétés qu'il doit faire, d'accéder à un raisonnement. Il serait souhaitable que ce type de recherche s'applique également au domaine de l'acquisition de l'écriture alphabétique, la conceptualisation des premières notions scientifiques ou également le raisonnement dans les domaines de langue et des sciences. Il nous paraît intéressant d'examiner dans quelle mesure la manipulation des représentations graphiques (qui peuvent assurer les fonctions inférentielle, sélection-marquage ou référentielle) de la part des enfants influence, par exemple, leur capacité à concevoir un système symbolique comme l'écriture alphabétique.

L'apport concret de cette recherche serait aussi repérable dans un niveau scolaire et pédagogique. L'étude actuelle s'adresse alors aux enseignants qui ont la possibilité de concevoir des exercices accompagnés de représentations graphiques. La conception des représentations graphiques qui assurent des fonctions de sélection-marquage et inférentielle, inciteraient les enfants à construire leurs schémas mathématiques et à appliquer des stratégies graphiques de résolution abstraite dans plusieurs contextes, dont des formels.

Eirini MATALLIOTAKI

Université de Caen
CERSE

Abstract : This research is devoted to the examination of the status of the writing in the French school and extra-curricular exercise books. We carry out an analysis of the exercises including graphical representations, contained in books of several known publishers. They are exercises of mathematics, intended for children in Kindergarten (5 to 6,5 years old). Our objective is to locate up to what point these exercises support a process of reasoning on behalf of the child. Three cognitive functions are observed : the function of selection-marking, the referential function and the inferential function. The analysis we make shows that the graphical representations (drawings) of the exercises are seldom conceived in order to encourage the children to produce inferences but that, on the other hand, they often put forward referential and semantic correspondences.

Keywords : child, calculation, school handbooks, reasoning and graphical representations.

LES REPRÉSENTATIONS GRAPHIQUES COMME SUPPORT
DE RAISONNEMENT DANS LES MANUELS DESTINÉS
AUX ÉLÈVES DE GRANDE SECTION MATERNELLE

Bibliographie

- Amsel E. & Byrnes J. (2002) « Symbolic Communication and Cognitive Development : Conclusions and Prospects » – in : E. Amsel et J. Byrnes (eds.) *Language, literacy, and cognitive development*. London : Lawrence Erlbaum Associates.
- Arrondelle S., Vincent C. & Such S. (1993) *Mon cahier de mathématiques*. Paris : Istra.
- Bialystok E. (1995) « Making concepts of print symbolic : Understanding how writing represents language » – *First language* 15 (317-338).
- Bialystok E. & Martin M. (2003) « Notation to symbol : Development in children's understanding of print » – *Journal of Experimental Child Psychology* 86 (223-243).
- Bideaud J., Meljac C. & Fischer J. P. (1991) *Les chemins du nombre*. Lille : PU du Septentrion.
- Bideaud J., Lehalle H. & Vilette B. (2004) *La conquête du nombre et ses chemins chez l'enfant*. Villeneuve d'Ascq : PU du Septentrion.
- Brissiaud R. (1989) *Comment les enfants apprennent à calculer*. Paris : Retz.
- Brossard M. (1997) « Pratiques d'écrit, fonctionnements et développement cognitifs » – in : M. Brossard, C. Moro et B. Schneuwly (éds.) *Outils et signes*. Bern : Peter Lang.
- Brossard M. (1998) « Approche socio-historique des situations d'apprentissage de l'écrit » – in : M. Brossard et J. Fijalkow (éds.) *Apprendre à l'école : Perspectives Piagetiennes et Vygotskiennes*. Talence : PU de Bordeaux.
- Brossard M. (2004) *Vygotski Lectures et perspectives de recherches en éducation*. Villeneuve d'Ascq : PU du Septentrion.
- Chazalevielle I. & Rioult J. (2000) *Je veux savoir compter*. Paris : Nathan (Grande section).
- Doutremepuich F., Perraud F. & Passeron J. (1999) *Je connais et j'écris les chiffres*. Paris : Hatier (Grande section).
- Dufayet P. (2009) *Spécial Maternelle, Grande Section, Maths*. Paris : Magnard
- Duval R. (1995) *Sémiosis et pensée humaine : Registres sémiotiques et apprentissages intellectuels*. Berne : Peter Lang.
- Ferreiro E. (1985) « Literacy development : a psychogenetic perspective » – in : D. R. Olson, N. Torrance et A. Hildyard (eds.) *Literacy, language, and learning : The nature and consequences of reading and writing*. Cambridge : Cambridge University Press.
- Ferreiro E. (1988) « L'écriture avant la lettre » – in : H. Sinclair (éd.) *La production des notations chez le jeune enfant*. Paris : PUF.
- Ferreiro E. (2001) *Culture écrite et éducation*. Paris : Retz.
- Gaux C., Iralde L., Weil-Barais A. & Ferte A. (2005) « Évolution de l'utilisation des systèmes de notation pour communiquer à autrui la construction d'un objet, entre le cours élémentaire 1^{ère} année et le cours moyen 2^{ème} année (de 7 à 11 ans) » – Colloque *Noter pour penser, Angers*, 26-27 janvier 2005.

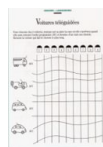
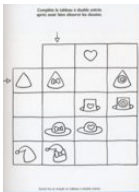
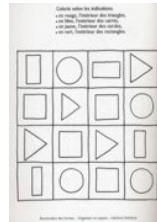
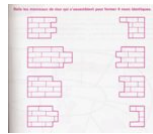
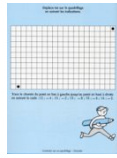
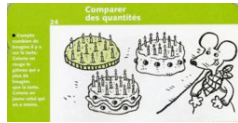
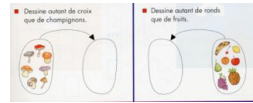
- Grandcoïn-Joly G., Spitz J., Warot C., Leman N. & Drouhin E. (2001) *Maternelle*, édition spéciale, Grande Section. Paris : Bordas.
- INRP, ERMEL (2005) *Apprentissages numériques et résolution de problèmes. Grande section*. Paris : Hatier.
- Iralde L. (2005) « Communiquer à autrui : notations produites par les enfants âgés de 9 à 11 ans à partir de la description verbale d'un itinéraire selon le contexte de production » – Colloque « *Noter pour penser* », Angers, 26-27 janvier 2005.
- Jakobson R. (1963) *Essais de linguistique générale*. Paris : Minuit.
- Kouba V. (1989) « Children's solution strategies for equivalent set multiplication and division word problems » – *Journal for Research in Mathematics Education* 20 (147-158).
- Lehrer R. & Schauble L. (2002) « Symbolic Communication in Mathematics and Science : Co-Constituting Inscription and Thought » – in : E. Amsel et J. Byrnes (eds.) *Language, literacy, and cognitive development*. London : Lawrence Erlbaum Associates.
- 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, Université René Descartes – Paris 5.
- Matalliotaki E. (2009) « Phylogénèse et psychogénèse de l'écrit : l'utilisation fonctionnelle et raisonnement dans un exemple en mathématiques » – *Review of Science, Mathematics and ICT Education* 3 (2) (69-87).
- Mettoudi C. & Yaiche A. (2003) *Travailler par cycles en mathématiques*. Paris : Hachette.
- Nieuwenhoven C. V. (1999) *Le comptage*. Bruxelles : De Boeck.
- Olson D. & Torrance N. (1983) « Literacy and cognitive development : a conceptual transformation in the early school years » – in : S. Meadows (ed.) *Developing thinking*. London : Methuen.
- Olson D.R. (2002) « What writing does to the mind » – in : E. Amsel et J. Byrnes (eds.) *Language, literacy, and cognitive development*. London : Lawrence Erlbaum Associates
- Palanque R. & Laurent-Cambrouse E. (1995) *Photofiches prépamat*. Paris : Hachette.
- Redoute C. (2003) *Mon cahier Décllic*. Paris : Retz (Grande Section).
- Resta-Schweitzer M. & Weil-Barais A. (2006) « Éducation scientifique et développement intellectuel du jeune enfant » – *Review of Science, Mathematics and ICT Education* 1 (63-82).
- Richard J.-F. (2004) *Les activités mentales, Comprendre, raisonner, trouver des solutions*. Paris : Colin.
- Seitz J. A. (1997) « Metaphor, symbolic play, and logical thought in early childhood » – *Genetic, Social, and General Psychology Monographs* 123 (4) (373-391).
- Tantaras S., Sarigianni K., Sotiropoulou E., Koliopoulos D. & Ravanis K. (2005) « Étude des notations à visée communicationnelle par des enfants d'une école primaire en Grèce dans le cadre d'une activité scientifique » – Colloque *Noter pour Penser*, Angers, 26-27 janvier 2005.

*LES REPRÉSENTATIONS GRAPHIQUES COMME SUPPORT
DE RAISONNEMENT DANS LES MANUELS DESTINÉS
AUX ÉLÈVES DE GRANDE SECTION MATERNELLE*

- 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).
- Vergnaud G. (1991) « L'appropriation du concept de nombre : un processus de longue haleine » – in : J. Bideaud, C. Meljac et J. P. Fischer (éds.). *Les chemins du nombre*. Lille : PU du Septentrion.

ANNEXES

Les 23 exercices examinés



*LES REPRÉSENTATIONS GRAPHIQUES COMME SUPPORT
DE RAISONNEMENT DANS LES MANUELS DESTINÉS
AUX ÉLÈVES DE GRANDE SECTION MATERNELLE*

**Références des 23 exercices allant de gauche vers la droite
(voir aussi bibliographie) :**

- Palanque R. & Laurent-Cambrouse E. (1995) *Photofiches prépamat.*, Grande Section. Paris : Hachette p. 37.
- Doutremepuich F., Perraud F. & Passeron J. (1999) *Je connais et j'écris les chiffres.* Grande section. Paris : Hatier p. 19.
- Arrondelle S., Vincent C. & Such S. (1993) *Mon cahier de mathématiques*, Grande Section. Paris : Istra p. 19.
- Arrondelle S., Vincent C. & Such, S. (1993) *Mon cahier de mathématiques*, Grande Section. Paris : Istra p. 31.
- Doutremepuich F., Perraud F. & Passeron J. (1999) *Je connais et j'écris les chiffres.* Grande section. Paris : Hatier p. 4.
- Doutremepuich F., Perraud F. & Passeron J. (1999) *Je connais et j'écris les chiffres.* Grande section. Paris : Hatier p. 29.
- Chazalevielle I. & Rioult J. (2000) *Je veux savoir compter.* Grande section. Paris : Nathan p. 29.
- Redoute C. (2003) *Mon cahier Décllic.* Grande Section. Paris : Retz p. 44.
- Redoute C. (2003) *Mon cahier Décllic.* Grande Section. Paris : Retz p. 51.
- Doutremepuich F., Perraud F. & Passeron J. (1999) *Je connais et j'écris les chiffres.* Grande section. Paris : Hatier p. 24
- Redoute C. (2003) *Mon cahier Décllic.* Grande Section. Paris : Retz p. 25.
- Arrondelle S., Vincent C. & Such S. (1993) *Mon cahier de mathématiques*, Grande Section. Paris : Istra p. 23
- Redoute C. (2003) *Mon cahier Décllic.* Grande Section. Paris : Retz p. 23
- Grandcoïn-Joly G., Spitz J., Warot C., Leman N. & Drouhin E. (2001) *Maternelle*, édition spéciale, Grande Section. Paris : Bordas p. 21.
- Redoute C. (2003) *Mon cahier Décllic.* Grande Section. Paris : Retz p. 9.
- Grandcoïn-Joly G., Spitz J., Warot C., Leman N. & Drouhin E. (2001) *Maternelle*, édition spéciale, Grande Section. Paris : Bordas p. 16.
- Chazalevielle I. & Rioult J. (2000). *Je veux savoir compter.* Grande section. Paris : Nathan p. 17.
- Grandcoïn-Joly G., Spitz J., Warot C., Leman N. & Drouhin E. (2001) *Maternelle*, édition spéciale, Grande Section. Paris : Bordas p. 20.
- Palanque R. & Laurent-Cambrouse E. (1995) *Photofiches prépamat.* Grande Section. Paris : Hachette p. 33.
- Chazalevielle I. & Rioult J. (2000) *Je veux savoir compter.* Grande section. Paris : Nathan p. 23
- Palanque R. & Laurent-Cambrouse E. (1995) *Photofiches prépamat.*, Grande Section. Paris : Hachette p. 24.
- Palanque R. & Laurent-Cambrouse E. (1995) *Photofiches prépamat.*, Grande Section. Paris : Hachette p. 10.
- Grandcoïn-Joly G., Spitz J., Warot C., Leman N. & Drouhin E. (2001) *Maternelle*, édition spéciale, Grande Section. Paris : Bordas p. 8.

Protocole de répartition des exercices selon l'axe d'analyse

Exercice (voir annexe précédente)	Fonctions			Type de réponse attendue			Activités cognitives			
	MAR	REF	INF	Marquer	Écrire des signes conven- tionnels	Dessiner/ Colorier	Dénombrer	Coder/ Déco- der/Transcoder	Comparer	Produire une inférence
1		1					1			1
2		1				1				1
3	1		1	1	1	1	1			1
4		1				1			1	
5		1				1		1		
6		1				1	1			
7	1			1	1		1			
8		1			1					
9		1			1		1	1		
10		1				1	1		1	
11		1		1				1		
12	1			1		1	1			
13		1				1				
14		1				1		1		
15		1								
16		1				1		1		
17	1			1		1		1		
18	1					1				
19		1		1						
20		1		1			1			
21	1			1		1		1	1	
22		1		1				1		
23		1			1				1	