Compréhension des énoncés de problèmes arithmétiques complexes et catégorisation

Olivier Lebreton

COMPREHENSION DES ENONCES DE PROBLEMES ARITHMETIQUES COMPLEXES ET CATEGORISATION

OLIVIER LEBRETON
PROFESSEUR DES ECOLES ET DOCTEUR EN PSYCHOLOGIE

Résumé
L'objectif de cette étude est de décrire le fonctionnement cognitif des élèves réunionnais confrontés à une tâche de résolution de problèmes arithmétiques complexes. En s'appuyant sur le modèle Construction-Intégration de Kintsch (1988), nous mettons en avant le rôle essentiel des processus de catégorisation. Pour les élèves de 9-10 ans qui réussissent à résoudre de tels problèmes, au-delà des niveaux d'expertise en compréhension de textes narratifs et en résolution de problèmes arithmétiques simples, l'acquisition ou non du principe d'équivalence entre items d'une même catégorie détermine, pour une part, les choix procéduraux des élèves. A La Réunion, ils privilégient une procédure associée à un traitement séparé des items.

Mots-clés : processus de compréhension, modèle Construction-Intégration, inférences, processus de catégorisation, problèmes arithmétiques à énoncés verbaux.

Abstract
Describe the 9-10 years old children's cognitive processes as they solve complex arithmetic word problems is the purpose of the present study. The Construction-Integration modele of Kintsch (1988) is the starting point. We reporte evidence that categorization processes play a crucial role to choose a correct procedure beyond narrative text comprehension skills and simple arithmetic word problem solving skills. The favourite procedure chosen in Reunion Island is the one that items are treated seperately.

Key words : comprehension processes, Construction-Integration modele, inferences, categorization processus, word arithmetic problems.

Pour les élèves de l'école primaire, résoudre des problèmes arithmétiques est une tâche difficile. En tant qu'enseignant du premier degré, la résolution de tels problèmes est une activité proposée régulièrement dans le but de faire acquérir aux élèves certaines connaissances mathématiques. Pourtant, surprise, incompréhension mais aussi impuissance parfois sont des sentiments souvent ressentis. Décrire les processus cognitifs mis en jeu lors de cette activité et apporter les aides pertinentes aux élèves confrontés aux énoncés de problèmes arithmétiques telles sont les principales questions qui sous-tendent le cadre général de mes travaux.

LES PROBLÈMES ARITHMÉTIQUES

D'une façon générale, un sujet est face à un problème lorsqu'il a un but à atteindre mais ne sait pas comment y parvenir. Dans le domaine des mathématiques, les problèmes à résoudre concernent d'une part, les problèmes relatifs au comptage, au dénombrement ou encore aux techniques opératoires et d'autre part, les problèmes arithmétiques à énoncés verbaux (Bastien, 1997 ; Bideaud, Lehalle et Vilette, 2004). Concernant les problèmes arithmétiques, une autre distinction peut être faite entre les problèmes arithmétiques simples à énoncés verbaux qui nécessitent un seul calcul pour arriver à la solution et les problèmes qui contraignent les sujets à procéder par étapes et à effectuer plusieurs calculs (Bastien, 1997). Un exemple de problème complexe proposé par Bouchafa (1985) permettra de clarifier notre propos :

> « Un camion transporte 45 caisses contenant des oranges. Chaque caisse pèse 15 kg. En route, il dépose 16 caisses. Combien de kg d'oranges reste-t-il dans le camion ? »

Dans notre étude, il est question également de problèmes arithmétiques complexes à énoncés verbaux. Ces problèmes sont d'ailleurs encore peu étudiés (Bastien, 1997, Bastien, Bastien-Toniazzo, 2004). Cependant, contrairement à ceux proposés par Bouchafa (1985), nos problèmes complexes ne font intervenir que la soustraction et l'addition comme l'illustre l'exemple suivant :

> « Dans une forêt, il y avait 1 245 cocotiers, 987 manguiers et 687 bananiers. Un cyclone a arraché 654 cocotiers, 379 manguiers et 168 bananiers. Combien d'arbres sont encore debout après le passage du cyclone ? »

Le choix de l'addition et de la soustraction n'est pas dû au hasard. Il provient du fait que dans la plupart des problèmes simples de la littérature il est question de ces deux opérations. De plus, le problème cité ci-dessus est à l'origine de mon intérêt pour la psychologie cognitive.

Nos problèmes ne faisant intervenir que l'addition et la soustraction, il est important d'avoir à l'esprit les principaux éléments relatifs à ces problèmes arithmétiques simples. Ils ne présentent pas tous les mêmes difficultés et différents auteurs (Riley, 1981, Vergnaud, 1982) se sont attachés à les classer en proposant différentes typologies. Pour Bideaud et *al*. (2004) la classification proposée par Riley reste la plus connue et la plus utilisée. Elle a été reprise dans de nombreux travaux ultérieurs, en particulier par Riley, Heller et Greeno (1983), Kintsch et Van Dijk (1983), Kintsch et Greeno (1985).

Riley et *al.* (1983) proposent quatre types de problèmes arithmétiques simples à énoncés verbaux : les problèmes de type changement, les problèmes de type combinaison, les problèmes de type comparaison et enfin les problèmes de type égalisation.

Les problèmes de type changement impliquent une dimension temporelle dans le sens ou un état initial va être transformé suite à un événement. Cette transformation peut être positive ou négative et fait passer un état initial à un état final. Ce type de problèmes engendre trois sous-catégories de problèmes selon que l'inconnu est l'état initial, la transformation ou l'état final.

Les problèmes de type combinaison décrivent des situations davantage statiques dans lesquelles les transformations sont inexistantes. Pour ce type de problèmes, il est important de distinguer d'une part, les problèmes pour lesquels l'inconnu est relatif au tout et d'autre part, ceux pour lesquels l'inconnu est relatif à l'une des parties.

Les problèmes de type comparaison sont relatifs à des situations dans lesquelles il faut comparer des quantités statiques présentées à l'aide des formules telles que « plus que » ou « moins que ». Il est possible de construire 6 énoncés de problèmes arithmétiques simples de type comparaison (Riley et *al.,* 1983).

Les problèmes de type égalisation ont un statut particulier dans le sens où ils se rapprochent des problèmes de type comparaison et des problèmes de type changement car impliquant une transformation (Fayol, 1990).

Les problèmes arithmétiques complexes à énoncés verbaux n'ont pas encore fait l'objet d'une classification. Au-delà du fait que la résolution de ces problèmes exige la mise en œuvre de plusieurs calculs, ils peuvent aussi être vus comme une combinaison de problèmes simples. En tenant compte uniquement des problèmes additifs (addition et soustraction), il est possible de construire un grand nombre de problèmes complexes. Ceux construits pour notre étude s'appuient sur un entrelacement de problèmes simples des types changement et combinaison. Il est question plus précisément de problèmes de type changement associés à des transformations négatives et pour lesquels l'inconnu est la situation finale. Les problèmes de type combinaison, quant à eux, mettent en jeu trois parties et il s'agit pour les sujets de déterminer le tout connaissant toutes les parties (partie-partie-partie-tout).

Un point important dans la résolution de problèmes est la compréhension des énoncés de problèmes. Bouchafa (1985), Bastien (1997), Bastien et Bastien-Toniazzo (2004) proposent un modèle psychologique qui se compose de trois modules de traitement : le module Extraire, le module Partitionner et le module Choisir l'opérateur.

Sans nier l'intérêt des travaux précédemment cités, notre étude se situe dans un cadre conceptuel différent. Il s'agit, dans une perspective de traitement de l'information, d'appréhender la résolution de problèmes arithmétiques sous l'angle de la compréhension de textes. Différents modèles généraux sont proposés depuis le début des années 1980 : Kintsch et Van Dijk (1978, 1983), Kintsch (1988, 1998), Gernsbacher (1990, 1995 et 1997), Zwaan, Langston et Graesser (1995), Zwaan et Randvansky (1999), Van den Broek, Risden, Fletcher et Thurlow (1996), Van Den Broek, Rapp et Kendeou (2005) et enfin Trabasso et Wiley (2005). Pour certains auteurs, le modèle général proposé par Kintsch reste le plus étudié et le plus complet (Rossi, 2008, Fayol, 1992). Ce modèle se caractérise aussi par sa robustesse (Fayol, 1992). De plus, Kintsch est l'un des rares auteurs à avoir pris en considération les énoncés de problèmes arithmétiques à énoncés verbaux (Kintsch et Van Dijk, 1983 ; Kintsch et Greeno, 1985 ; Kintsch, 1988 ; Kintsch et Lewis, 1993).

Notre étude se situe dans la lignée des travaux de Kintsch. Ce dernier propose au moins deux modèles de la compréhension de textes : un premier modèle dirigé par les concepts (1983) et un deuxième modèle plus connu sous le nom du modèle Construction-Intégration (1988) qui est davantage dirigé par les données. Ces deux modèles ne sont pas incompatibles et bien des éléments proposés dans le modèle antérieur restent d'actualité dans le modèle de 1988 comme par exemple les différents niveaux de la représentation, les cycles de traitement ou encore l'intervention des connaissances du lecteur.

Notre objectif n'est pas de reprendre, dans le détail, les modèles développés par Kintsch et ses collaborateurs mais de mettre en relief certains aspects de la théorie permettant de mieux appréhender notre objet d'étude qu'est la compréhension et la résolution des problèmes arithmétiques complexes.

La théorie générale développée par Kintsch est propositionnelle à savoir que la proposition constituée d'un prédicat et de ses arguments est l'unité de base du traitement de l'information. Le processus général de la compréhension de textes aboutit à l'élaboration d'une représentation multiniveaux en mémoire de travail (Kintsch et Van Dijk, 1983). Pour ces auteurs, il existe principalement deux niveaux représentationnels : le niveau sémantique et le niveau situationnel.

Le niveau sémantique est constitué essentiellement de propositions de deux types : micropropositions et macropropositions. Le processus d'élaboration des macropropositions est un processus essentiel du processus général de la compréhension qui est davantage automatique que contrôlé (Guindon et Kintsch, 1984). Sa mise en œuvre est rendue possible grâce à un certain nombre d'opérations comme la suppression, la généralisation et la construction (Kintsch et Van Dijk, 1983). La suppression permet d'éliminer les micropropositions qui n'interviennent pas dans l'interprétation d'autres micropropositions. La généralisation permet de remplacer une séquence de micropropositions par une macroproposition dont le contenu sémantique se caractérise par un niveau d'abstraction immédiatement supérieur. Enfin, la construction permet de remplacer une séquence de propositions appartenant à la microstructure par une macro-proposition qui est associée à un fait plus global et dont les éléments constitutifs en seraient les faits associés aux micropropositions. Le niveau sémantique est vu, non pas comme une liste de propositions, mais bien comme un réseau propositionnel hiérarchisé.

Le niveau situationnel ou modèle de situation, contrairement au niveau sémantique, est détaché de la structure du texte (Kintsch et Van Dijk, 1983). Cet ultime niveau de la représentation s'appuie sur le niveau sémantique mais le dépasse en même temps car il possède des éléments relatifs aux circonstances d'espace, de temps ou encore de causalité (Le Ny, 2005).

La part de chacun de ces niveaux représentationnels dans le produit final du processus de compréhension est variable et dépend des textes à lire et des buts que se fixent les lecteurs (Kintsch, 1988).

Pour Kintsch et ses collaborateurs, le système cognitif prend en entrée un certain nombre de propositions qu'il s'agit de traiter par la mise un œuvre d'un nombre important de processus. Pour comprendre un texte, Kintsch et ses collaborateurs insistent sur l'importance du processus de production d'inférences. C'est un élément important du modèle et il intervient à différents niveaux. Pour s'en tenir au niveau sémantique, il intervient d'une part, pour combler les « trous sémantiques » de la microstructure et d'autre part, pour construire les macropropositions (Kintsch, 1988). Ce sont les connaissances du lecteur qui sont à la base de la production d'inférences.

Les connaissances dont il est question dans notre étude appartiennent à un domaine spécifique que sont les mathématiques. Il s'agit plus précisément des connaissances relatives à la typologie des problèmes arithmétiques. Pour les différents types de problèmes vus précédemment, Heller et *al.* (1983) ont proposé des schémas de problèmes qui sont des blocs de connaissances que les sujets construisent au fur et à mesure qu'ils résolvent des problèmes arithmétiques. Aux problèmes de types changement et combinaison correspondent respectivement le schéma transfert et le schéma partie-tout.

Finalement le processus de la compréhension des énoncés de problèmes arithmétiques à énoncés verbaux aboutit à la construction d'une représentation multi-niveaux en mémoire de travail. Cette représentation va s'organiser de façon complexe autour des schémas transfert et partie-tout. Kintsch et Greeno (1985) ont affirmé, à juste titre puisque les énoncés sont courts, que le processus d'élaboration des macropropositions n'intervenait pas lors de la compréhension des énoncés de problèmes simples. Nous adoptons le point de vue inverse en ce qui concerne les problèmes arithmétiques complexes puisque pour réduire l'information qui entre dans le système cognitif, l'opération de généralisation est susceptible d'intervenir. Les processus de catégorisation sont donc au cœur de nos préoccupations.

LA CATÉGORISATION

La capacité de catégoriser qui consiste à mettre ensemble des objets ou des événements divers en les considérant comme équivalents selon un certain point de vue est fondamentale aux êtres vivants et à l'être humain en particulier. Elle nous permet, entre autres, de réduire la complexité de notre environnement.

L'étude de la catégorisation d'un point de vue développemental a pris un véritable essor avec les travaux piagétiens (Bideaud et Houdé, 1989 ; Houdé, 1992). Piaget et Inhelder (1959), dans leur théorie opératoire, considèrent que notre façon de penser est liée à l'acquisition progressive de structures cognitives qui se rapprochent de plus en plus des structures logico-mathématiques. Ces auteurs ont étudié, par exemple, l'acquisition des systèmes de classes emboîtées qui consiste à demander à un sujet s'il y a plus de A ou plus de B en présence d'un système tel que A + A' = B et A x A' = 0. Les ensembles A et B mais aussi A' et B sont liés par une relation d'inclusion et revient à affirmer que tous les « a » sont des « b ». Concrètement, il s'agit de demander à un enfant s'il y a plus de marguerites que de fleurs dans un bouquet constitué également de tulipes par exemple. Piaget et Inhelder (1959) proposent trois étapes distinctes dans la maîtrise des classes emboîtées : les collections figurales correspondant à la période allant de deux à quatre ans, les collections non figurales entre quatre ans et sept ans et enfin les classes logiques qui interviennent vers sept-huit ans.

Malgré l'aspect fondamental de la théorie piagétienne, un certain nombre d'études ont permis de relativiser les résultats obtenus. Elles concernent premièrement le critère de nécessité et de suffisance de propriétés pour décider si un item est ou n'est pas un exemplaire d'une classe (Rosch, 1973, 1975). Pour elle, tous les exemplaires d'une catégorie ne sont pas équivalents. Certains sont plus typiques que d'autres. De plus, parmi les différents niveaux d'abstraction, il en est un plus prégnant du point de vue psychologique. Il s'agit du niveau de base.

Une autre critique concerne la non prise en compte suffisante d'autres modes ou formes d'organisation des connaissances que les réseaux sémantiques hiérarchisés. Il s'agit en particulier des schémas (Mandler, 1979 ; Nelson, 1983). Ce sont des structures cognitives qui organisent l'information non pas en termes de similarités entre les items mais plutôt sur la base de contiguïtés spatiales, temporelles ou fonctionnelles. Ainsi, il est possible de regrouper, par exemple, les items fermier, vache et tracteur (classe collective) parce qu'ils appartiennent au schéma de la ferme. Il est possible également de regrouper vache, cochon et poule (classe ensembliste) parce qu'ils peuvent se substituer les uns aux autres. Ainsi, il existe deux processus de catégorisation.

Une troisième critique, plus générale dans le sens où elle s'applique à différentes théories, concerne l'aspect unitaire du développement cognitif. Piaget défend ce point de vue qui consiste à dire qu'un seul processus remplit une fonction cognitive à un moment donné. Lautrey (1990), Lautrey et Caroff (1999), au contraire, défendent un point de vue pluraliste du développement cognitif et affirment que plusieurs processus peuvent remplir la même fonction et qu'ils coexistent chez un même sujet. Dans cette perspective, ce n'est plus la substitution d'un processus par un autre qui prévaut mais davantage la compétition ou l'interaction entre processus. Pour Lautrey (1990), les deux processus de catégorisation décrits ci-dessus coexistent. Malgré cette coexistence, la prégnance de l'un ou l'autre de ces modes de catégorisation est sous la dépendance de l'environnement culturel dans lequel évoluent les sujets (Troadec, 1999 ; Parmentier, 2000 ; Parmentier et Hamon, 2005).

Enfin, des critiques ont été formulées quant à l'âge d'acquisition des classes logiques qui intervient selon Piaget (Piaget et Inhelder, 1959) vers sept-huit ans. Des auteurs comme Lautrey et Houdé (1983) ont mis en évidence que des enfants de cet âge réussissant l'épreuve classique de l'inclusion proposent des réponses contradictoires aux épreuves modifiées. Les réponses correctes à ces épreuves interviennent plutôt vers dix-onze ans.

Le processus général de la compréhension des énoncés de problèmes arithmétiques complexes combinant des problèmes simples des types changement et combinaison aboutit à l'élaboration, en mémoire de travail, d'une représentation qui s'organise autour des schémas transfert et partie-tout. Nous postulons que les processus de catégorisation qui sont en compétition ou en interaction ont un rôle à jouer dans l'activation et l'agencement de ces schémas. Ainsi, ils déterminent, pour une part, la procédure préférentiellement choisie par les élèves pour résoudre correctement ces problèmes complexes.

PRÉSENTATION DE L'EXPÉRIENCE

POPULATION

239 élèves de cycle 3, de niveau 2 de l'école primaire (CM1) ont participé à l'étude. Ces élèves proviennent de différentes circonscriptions de l'académie de La Réunion telles que Saint-Denis 2 (25 élèves), Saint-Denis 3 (26), Port 1 (26) et Petite-Île (162).

Ces élèves ont été répartis dans trois groupes différents en fonction des problèmes arithmétiques complexes bruts à résoudre. Les différents groupes constitués sont équivalents à différents points de vue. Les effectifs des trois groupes 1, 2 et 3 sont respectivement 78, 72 et 74. De plus, globalement, la distribution des élèves selon les niveaux d'expertise en résolution de problèmes arithmétiques simples est homogène. En revanche, elle ne l'est pas relativement aux différents niveaux d'expertise en lecture.

PROCÉDURE

L'étude s'est déroulée en deux phases. Une première phase a permis de déterminer les niveaux des élèves en compréhension de textes et en résolution de problèmes arithmétiques simples. Trois niveaux d'expertise en compréhension de textes ont été définis à partir des scores obtenus à huit questions après lecture d'un texte narratif d'environ une page. Ces niveaux d'expertise correspondent respectivement aux scores inférieur ou égal à 5, égal à 6 et supérieur ou égal à 7.

De la même façon, trois niveaux d'expertise ont été définis en résolution de problèmes arithmétiques simples à partir des scores obtenus à la suite de la résolution de 6 problèmes. Les niveaux d'expertise correspondent aux scores inférieur strictement à 5, égal à 5 ou égal à 6.

La deuxième phase a consisté à proposer aux élèves trois problèmes arithmétiques complexes isomorphes entre eux dans le sens où ils peuvent être résolus en utilisant la même procédure : Arbres, Livres et Voitures. Nous avons intercalé des problèmes arithmétiques simples multiplicatifs pour éviter des biais méthodologiques. Chacun des problèmes complexes était proposé sous trois versions différentes : une version sans aide (version brute), une première version aidée (version aidée 1) et une seconde version aidée (version aidée 2). La résolution des problèmes complexes autorise au moins deux procédures différentes. Les aides proposées aux élèves correspondent à des questions facilitant l'élaboration de la représentation du problème et la mise en œuvre de la procédure 1 (version aidée 1) ou de la procédure 2 (version aidée 2). Les problèmes bruts sont proposés en annexe A. La procédure 1 consiste à traiter d'abord les deux problèmes de type combinaison pour ensuite considérer le problème de type changement. La procédure 2 consiste d'abord à considérer les trois problèmes de type changement. Selon cette procédure, les objets sont traités séparément. Il faut, dans un second temps, considérer le problème de type combinaison.

Finalement, lors de cette seconde phase, chaque élève a eu à résoudre dans le même ordre un problème brut, un problème version aidée 1 et enfin un problème version aidée 2 avec trois habillages sémantiques différents. Pour les deux épreuves, les consignes ont été les mêmes pour tous les élèves. Ces épreuves se sont déroulées dans les classes sous le contrôle des enseignants titulaires.

Il est question, dans notre étude, de variables nominales. La vérification de nos hypothèses s'est faite à partir du test du $\chi 2$ de Pearson.

RÉSULTATS

Niveaux d'expertise en compréhension de texte et choix de la procédure

	Score à l'épreuve de compréhension du texte narratif			
	≤ 5	= 6	≥ 7	
Procédure 1	46.66%	40%	44.15%	43.44%
Procédure 2	53.33%	60%	55.84%	56.55%
	12.29%	24.59%	63.11%	100%

Tableau A : Synthèse, sous forme de pourcentages, des données relatives aux 122 élèves ayant résolu correctement les problèmes bruts croisant le niveau d'expertise en compréhension du texte narratif et le choix de la procédure pour résoudre les problèmes complexes bruts.

128 élèves sur les 224 (57.14%) ayant passé toutes les épreuves de l'étude ont réussi à résoudre les problèmes complexes. 122 élèves ont choisi l'une des deux procédures envisagées. D'une façon globale, les élèves utilisent davantage la procédure 2 que la procédure 1 (56.55% contre 43.44%). De plus, pour chaque niveau d'expertise en compréhension du texte narratif, la procédure 2 est toujours préférentiellement choisie (tableau A). Le choix de la procédure pour résoudre les problèmes complexes bruts ne dépend pas du niveau d'expertise en compréhension de textes narratifs ($p < .05$, $\chi 2 = .22$, NS).

Niveaux d'expertise en résolution de problèmes simples et choix de la procédure

	Score à l'épreuve de résolution de problèmes arithmétiques simples			
	≤ 4	= 5	=6	
Procédure 1	33.33%	31.57%	47.25%	43.44%
Procédure 2	66.66%	68.42%	52.74%	56.55%
	9.83%	15.57%	74.59%	100%

Tableau B : Synthèse, sous forme de pourcentages, des données relatives aux 122 élèves ayant résolu correctement les problèmes bruts croisant le choix de la procédure aux problèmes complexes bruts et le niveau d'expertise aux problèmes arithmétiques simples.

Quel que soit le niveau d'expertise en résolution de problèmes arithmétiques simples, la procédure 2 est majoritairement choisie par les élèves (66.66%, 68.42% et 52.74% contre respectivement 33.33%, 31.57% et 47.25%). Pour les élèves qui ont obtenu un score égal à 6, qui sont considérés comme des experts, l'écart est assez faible (5.49%). En revanche cet écart reste important pour les deux autres niveaux d'expertise déterminés. Le traitement statistique de ces données est en cours.

Habillage sémantique des problèmes bruts et choix de la procédure

	Habillage sémantique des problèmes arithmétiques complexes			
	Arbres	Livres	Voitures	
Procédure 1	34%	35.48%	60.97%	43.44%
Procédure 2	66%	64.51%	39.09%	56.55%
	40.98%	25.40%	33.60%	100%

Tableau C : Synthèse, sous forme de pourcentages, des données relatives aux 122 élèves ayant résolu correctement les problèmes bruts croisant le choix de la procédure aux problèmes complexes bruts et l'habillage sémantique des problèmes complexes.

La procédure 2 est préférentiellement choisie par les élèves pour résoudre les problèmes complexes sous les habillages Arbres et Livres (66.98% et 64.51%). En revanche, les données obtenues s'inversent pour l'habillage Voitures. Ils sont 60.97% à choisir la procédure 1 (tableau C). Globalement, les différences entre les distributions des procédures 1 et 2 selon les habillages sont significatives ($P<.05$, $\chi2 = 7.74$).

Prises deux à deux, les modalités de la variable indépendante ne sont pas toutes significatives : Arbres/Livres : $p < .05$, $\chi2 =.019$, NS, Arbres/ Voitures : $p < .05$, $\chi2 = 6.59$, significatives, Livres/Voitures, $p <.05$, $\chi2 =4.58$, significatives.

DISCUSSION

Pour les problèmes complexes sous les habillages Arbres et Voitures, il est question de trois items qu'il est possible de regrouper dans des catégories immédiatement supérieures. En effet, les manguiers, les cocotiers et les bananiers sont tous des arbres. D'autre part, les romans, les bandes dessinées et les albums sont tous des livres. Pourtant, les élèves choisissent préférentiellement la procédure 2 qui consiste à traiter ces items séparément et cela indépendamment du niveau d'expertise en compréhension de textes narratifs. Le processus de compréhension aboutit à l'élaboration, en mémoire de travail, d'une représentation multi-niveaux. Le réseau propositionnel de niveau sémantique est constitué de propositions directement extraites de l'énoncé mais aussi d'un certain nombre de propositions qu'il est possible d'inférer. Ces inférences concernent, en particulier, les macropropositions qui sont élaborées de façon automatique pour réduire l'information (Kintsch, 1988). Ainsi, à la lecture de la première phrase du problème Arbres, le réseau propositionnel se met en place et serait constitué, entre autres, des inférences 146[ARBRE], 175[ARBRE], 248[ARBRE] ainsi que de l'hypothèse arithmétique PPPW qui est la formalisation propositionnelle du schéma partie-tout dans lequel l'inconnu est le tout. Cette hypothèse arithmétique serait activée dans un second temps à la suite des premières inférences. Lorsque la lecture de la deuxième phrase intervient, le maintien en mémoire de travail de l'hypothèse arithmétique précédente dépendrait de la capacité des élèves à considérer les différents items manguiers, cocotiers et bananiers comme équivalents. Si les élèves n'ont pas acquis l'équivalence ou la substituabilité entre concepts (Piaget et Inhelder, 1959), un conflit cognitif s'engagera lorsqu'il s'agira d'enlever une certaine quantité d'arbres. Les manguiers, les cocotiers et les bananiers sont tous des arbres, certes. Mais un manguier ce n'est pas exactement la même chose qu'un cocotier… Ainsi, si l'équivalence entre concepts n'est pas acquise, la première hypothèse arithmétique serait inhibée au profit de l'hypothèse arithmétique STR qui est la formalisation propositionnelle du schéma transfert. Les élèves de CM1 ont neuf-dix ans. L'acquisition des classes logiques intervient vers dix-onze ans (Lautrey et Houdé, 1983). Pour la majorité des élèves participant à l'étude, le principe d'équivalence ne serait pas encore opérant. De plus, il est admis qu'à La Réunion, le mode de catégorisation schématique prévaut chez les enfants (Parmentier, 2000 ; Parmentier et Hamon, 2005). Ces différents items (cocotiers, manguiers et bananiers) ont un ancrage culturel important. Ces différents arguments vont dans le sens d'une préférence procédurale privilégiant le traitement des items séparément pour résoudre les problèmes arithmétiques complexes sous les habillages Arbres et Livres.

Il est à noter que le choix de la procédure 2 ne vient pas du fait de la non acquisition de la procédure 1 puisque les élèves choisissent préférentiellement cette procédure lorsqu'il est question d'un seul objet comme dans le problème sous l'habillage Voitures dans lequel les circonstances d'espace ne semblent pas déterminantes. Ce dernier élément vient confirmer la pondération des niveaux de la représentation selon les buts du lecteur (Kintsch, 1988). Pour la résolution de problèmes, elle serait en faveur du niveau sémantique.

Cette étude laisse entrevoir d'autres investigations. Il serait intéressant, par exemple, de proposer ces mêmes épreuves à des collégiens de cinquième (deuxième année d'étude) qui d'un point de vue développemental sont censés maîtriser les classes logiques. Si pour ces élèves plus âgés la procédure 2 est toujours préférentiellement choisie, alors cette donnée viendra confirmer la pondération culturelle des modes de catégorisation à La Réunion. Dans le cas contraire, elle confortera l'idée de l'acquisition du principe d'équivalence chez les collégiens.

BIBLIOGRAPHIE

BASTIEN, C., & BASTIEN-TONIAZZO, M., *Apprendre à l'école*, Paris, Armand Colin, 2004.

BASTIEN, C., *Les connaissances de l'enfant à l'adulte : organisation et mise en œuvre*, Paris, Armand Colin, 1997.

BIDEAUD, J., & LAUTREY, J., « De la résolution empirique à la résolution logique du problème d'inclusion : évolution des réponses en fonction de l'âge et des situations expérimentales », *Cahiers de Psychologie Cognitive*, 3, 1983, p. 295-326.

BIDEAUD, J., LEHALLE, H., & VILETTE, B., *La conquête du nombre et ses chemins chez l'enfant*, Villeneuve d'Ascq, Presses Universitaire du Septentrion, 2004.

BIDEAUD, J., & HOUDE, O., « Le développement des catégorisations : "capture" logique ou "capture" écologique des propriétés des objets ? », *L'Année Psychologique*, n°89, 1989, p. 87-123.

FAYOL, M., *L'enfant et le nombre*, Paris, Delachaux et Niestlé, 1990.

GUINDON, R., & KINTSCH, W., « Priming macroprpositions : Evidence for the primacy of macropropositions in the memory for text », *Journal of verbal learning and verbal behavior*, 1984, p. 508-518.

HOUDE, O., *Catégorisation et développement cognitif*, Paris, Presses Universitaires de France, 1992.

KINTSCH, W., *The representation of Meaning in Memory*, Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum Associates, 1974.

KINTSCH, W., « The Role of knowledge in Discours Comprehension : A contruction-Integration Model », *Psychological Review*, 1988, p. 163-182.

KINTSCH, W., & VAN DIJK T. A., *Strategies of discourse comprehension*, Orlando, Academic Press, 1983.

KINTSCH, W., & GREENO, J. G., « Understanding and solving word arithmetic problems », *Psychological Review,* 92 (1), 1985, p. 109-129.

LAUTREY, J., « Esquisse d'un modèle pluraliste du développement cognitif », in M. Reuchlin, J. Lautrey, C. Marendaz, T. Ohlmann (éds), *Cognition : l'individuel et l'universel*, 185-216, Paris, Presses Universitaires de France, 1990.

LEMAIRE, P., *Psychologie cognitive*, Bruxelles, De Boeck, 2006.

MANDLER, J. M., « Categorical and schematic organization in memory », in C. R. Puff (éd), *Memory organization and structure*, New York, Academic Press, 1979.

PARMENTIER, M. C., *Logique des classes, logique des collections : existence de deux formes de cognition et leur rapport dans une approche interculturelle*, Thèse de doctorat, Université de La Réunion, 2000.

PARMENTIER, M. C., & HAMON J. F., « Contribution à l'étude interculturelle du développement des catégorisations », *Kabaro n°III, 3-4*, 2005, p. 83-108.

RILEY, M. S., GREENO, J. G., & HELLER, J. I., « Development of children's ability in arithmetic », in H. P. Ginburg, *The development of mathematical thinking*, New York, Academic Press, 1983.

ROSSI, J.P., *Psychologie de la compréhension du langage*, Bruxelles, De Boeck, 2008.
TROADEC, B., *Le développement de la pensée chez l'enfant : catégorisation et culture*, Toulouse, Presses Universitaires du Mirail, 1999.

ANNEXE

ARBRES VERSION BRUTE :

Dans une forêt, il y avait 146 cocotiers, 175 manguiers et 248 bananiers. Un cyclone a arraché 24 cocotiers, 42 manguiers et 35 bananiers. Combien d'arbres sont encore debout après le passage du cyclone ?

LIVRES VERSION BRUTE :

La bibliothèque de la ville de Saint-Pierre comptait mercredi matin 156 romans, 185 bandes dessinées et 247 albums. Des enfants ont emprunté 32 romans, 51 bandes dessinées et 43 albums dans la journée. Ils les ont emmenés chez eux. Combien de livres sont encore dans la bibliothèque à la fin de la journée ?

VOITURES VERSION BRUTE :

Un grand parking payant du centre-ville de New York est construit sur trois niveaux. Dès l'ouverture le vendredi matin, 139 voitures se garent au premier niveau, 146 au deuxième niveau et 153 voitures au troisième niveau. En fin de matinée, 16 voitures quittent le premier niveau, 22 le deuxième niveau et 25 le troisième niveau. Combien de voitures sont encore garées sur ce parking en fin de matinée ?