



HAL
open science

**Le vocabulaire mathématique : étude de la
compréhension du vocabulaire mathématique présent
dans les manuels du cours préparatoire au sein d'une
population d'enfants dyscalculiques scolarisés en CE1 et
CE2**

Marine Bongiovanni

► **To cite this version:**

Marine Bongiovanni. Le vocabulaire mathématique : étude de la compréhension du vocabulaire mathématique présent dans les manuels du cours préparatoire au sein d'une population d'enfants dyscalculiques scolarisés en CE1 et CE2. Médecine humaine et pathologie. 2010. dumas-01521162

HAL Id: dumas-01521162

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01521162>

Submitted on 11 May 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITE DE NICE-SOPHIA-ANTIPOLIS
FACULTE DE MEDECINE
ECOLE D'ORTHOPHONIE

MEMOIRE PRESENTE POUR L'OBTENTION DU CERTIFICAT DE CAPACITE D'ORTHOPHONISTE

LE VOCABULAIRE MATHEMATIQUE

Étude de la compréhension du vocabulaire mathématique présent dans les manuels du cours préparatoire au sein d'une population d'enfants dyscalculiques scolarisés en CE1 et CE2.

MARINE BONGIOVANNI

née le 04 février 1984 à Cannes

Directeur: I. THUBE-POLI. orthophoniste

NICE - 2010

REMERCIEMENTS

Mes remerciements sont dirigés en premier lieu vers Mme Isabelle Thubé-Poli, ma directrice de mémoire, qui m'a écoutée et dirigée tout au long de cette étude. Ses précieux conseils m'ont permis de réaliser un travail qui je l'espère est à la hauteur de ses espérances.

Je tiens à remercier également les orthophonistes et les enfants qui ont collaboré à cette recherche. Sans eux, je n'aurais pas pu mener à bien cette étude. Les enfants ont volontiers joué le jeu en se prêtant au test. Je remercie particulièrement Mmes Myriam Moreaux, Sophie Guillou, Sophie Lagesse, Isabelle Cornut-Chauvin et Catherine Vermorel, pour leur gentillesse, leur soutien et leur aide précieuse.

Je tiens à citer bien entendu mes parents ainsi que Caroline, Émilie, Estelle, Jack, Benoît, Laurent, Anne-Laure et Alice, qui ont fait preuve d'un courage incommensurable pour me supporter tout au long de ces études, plus particulièrement pendant ces deux dernières années. Cela n'a pas toujours été évident mais c'est grâce à eux si aujourd'hui j'ai pu réaliser ce mémoire. Merci d'avoir cru en moi et d'avoir été là pour moi, et ce en toutes circonstances.

J'ai également une pensée pour mes copines de promotion. Merci d'avoir rendu formidables ces quatre années d'études et de les avoir partagées avec moi.

Et, bien évidemment, mes plus beaux remerciements sont pour mon fils Mattéo qui m'a donné toute la force et le courage de réussir, malgré quelques nuits blanches.

A mon fils, Mattéo...

SOMMAIRE

PARTIE THEORIQUE

Introduction..... P.8

I. DEVELOPPEMENT DES STRUCTURES DE PENSEE DANS LA THEORIE PIAGETIENNE

A. Les mécanismes d'accommodation et d'assimilation..... P.11

B. Les différents stades piagétien..... P.11

a) La période sensorimotrice..... P.12

b) Le stade sémiotique..... P.12

c) Le stade préopérateur..... P.12

d) Le stade opératoire concret..... P.13

e) Le stade des opérations formelles..... P.13

C. Les structures de pensée dans la perspective piagétienne..... P.13

a) Les structures temporo-spatiales..... P.13

b) L'équivalence..... P.15

c) La correspondance terme à terme..... P.15

d) La classification..... P.16

e) La sériation..... P.17

f) L'inclusion..... P.17

g) Conclusion sur la construction du nombre..... P.18

II. DEVELOPPEMENT DU LEXIQUE..... P.19

A. Définitions..... P.19

B. Développement du lexique..... P.20

C. Composition du lexique..... P.21

D. Acquisition du sens des mots..... P.22

III. ETUDE DU LIEN ENTRE LEXIQUE ET STRUCTURES LOGICOMATHEMATIQUES DANS LE CADRE DE NOTRE PROTOCOLE.....P.23

A. Le problème mathématique à l'école.....P.23

- a) Définitions.....P.23
 - 1. Généralités.....P.23
 - 2. Enoncé et consigne, implicite et explicite.....P.24
- b) La compréhension du problème: étape-clé de la résolution.....P.24
 - 1. La résolution selon Fayol.....P.25
 - 2. La résolution selon Mayer.....P.25
- c) La résolution de problème au programme.....P.26
- d) L'échec à l'épreuve de résolution de problème.....P.27

B. Analyse détaillée des termes évalués par le test utilisé.....P.28

IV. LES TROUBLES SPECIFIQUES DE L'APPRENTISSAGEP.44

A. Définitions.....P.44

B. Etude sur la comorbidité de la dyscalculie.....P.46

C. La dyscalculie.....P.48

- a) Définitions.....P.48
- b) Etiologies reconnues.....P.50

D. Les troubles associés à la dyscalculie.....P.53

- a) La dyslexie.....P.53
- b) Le retard de langage et la dysphasie.....P.55
- c) Les troubles de l'attention.....P.57
- d) Les troubles de la mémoire de travail.....P.58

PARTIE PRATIQUE

<u>I. PRESENTATION GLOBALE</u>	P.61
<u>A. La démarche expérimentale</u>	P.61
<u>B. La population étudiée</u>	P.62
a) Les critères de sélection de la population.....	P.62
b) Constitution de l'échantillon.....	P.63
<u>C. Présentation de l'outil</u>	P.64
a) Le choix des mots.....	P.64
b) Construction du test.....	P.66
c) Mode de passation.....	P.71
<u>II. RESULTATS ET ANALYSE</u>	P.73
<u>A. Résultats et analyse globaux de la population témoin</u>	P.73
a) Résultats généraux en fonction de la classe.....	P.73
b) Résultats et analyse par item.....	P.74
<u>B. Résultats et analyse globaux de la population pathologique</u>	P.76
a) Résultats obtenus par la population pathologique.....	P.76
b) Réflexions générales.....	P.81
c) Étude des items majoritairement échoués.....	P.83
c) Analyse des items compris par 75 à 85% de la population.....	P.103
<u>C. Résumé des résultats obtenus et conclusion</u>	P.105

<u>III. DISCUSSIONS</u>	P.106
A. Discussion autour de l'outil et de la population testée.....	P.106
B. Réflexions diverses.....	P.108
<u>IV. ETUDES DE CAS</u>	P.110
A. Mathias.....	P.111
B. Julie.....	P.125
C. Discussion autour des études de cas.....	P.135
<u>CONCLUSION</u>	P.136
<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	P.139
<u>ANNEXES</u>	P.142

INTRODUCTION

La rééducation des troubles logicomathématiques appelés également dyscalculie appartient au champ des compétences des orthophonistes. De mon intérêt pour cette prise en charge est née l'envie de m'investir dans ce domaine pour réaliser le mémoire de fin d'étude qui délivre le certificat de capacité en orthophonie.

Au cours de nos recherches et de nos lectures, nous avons décidé de nous intéresser au vocabulaire présent dans les énoncés des problèmes de mathématiques. Ce thème a été abordé lors d'un mémoire de fin d'études d'orthophonie, en 2005: les recherches de Marine FER et Alain MENISSIER ont porté sur le vocabulaire mathématique du cours préparatoire. Après avoir recensé les termes les plus fréquents dans les quatre principaux manuels scolaires de mathématique, ils ont élaboré un protocole permettant d'évaluer la compréhension de ces mots spécifiques. L'hypothèse qu'ils ont pu valider était la suivante:

« Certains termes spécifiques proposés dans les énoncés de mathématiques engendrent une mauvaise compréhension chez les enfants. »

Leur population d'étude était alors constituée d'enfants tout-venants scolarisés du CE1 au CM2. Il nous a alors semblé intéressant d'analyser la compréhension de ces mots au sein d'une population d'enfants d'âge scolaire équivalent mais ayant été diagnostiqués dyscalculiques.

Notre étude a donc comme point de départ la recherche préalablement réalisée par Marine Fer. Les normes, ou étalonnage, qu'elle a pu constituer nous permettront de confronter les résultats obtenus par notre population pathologique.

Nous nous sommes alors posées les questions suivantes:

- Existe-t-il d'autres items discriminants pour lesquels la compréhension est déficitaire dans notre population?
- L'acquisition de la compréhension des différents termes est-elle la même chez les enfants ayant des difficultés logicomathématiques et les enfants tout-venants?
- L'acquisition du vocabulaire est-elle déficitaire en raison des troubles logicomathématiques chez certains enfants?

C'est ainsi que s'inscrit notre démarche expérimentale. Nous tenterons de répondre à ces questions dans le but de tester l'hypothèse suivante:

« La compréhension du vocabulaire mathématique de base chez des enfants ayant des difficultés logicomathématiques est plus déficitaire que chez les enfants tout-venants ».

En quoi cette compréhension est-elle déficitaire? Les enfants dyscalculiques sont-ils plus en difficulté que les enfants tout-venants de même niveau scolaire en terme d'items échoués? Quels sont les pourcentages d'enfants tout-venants et d'enfants dyscalculiques considérés dans la norme et dans la pathologie pour un même niveau scolaire? Existe-t-il un lien entre troubles logicomathématiques et trouble de la compréhension de ce vocabulaire?

le lien par la suite avec notre étude pratique. Seront exposées les théories de Piaget sur le développement de la pensée et des structures logiques ainsi qu'une présentation sur le lexique et son acquisition. Nous tenterons de faire le lien, à travers les termes du protocole, entre langage et logique. Nous présenterons également la dyscalculie ainsi que les troubles associés que nous pouvons retrouver.

Notre analyse pratique se déroulera en deux parties:

Nous verrons premièrement comment les enfants diagnostiqués dyscalculiques se comportent sur le test de vocabulaire préalablement développé par Marine Fer. Nous verrons leurs résultats et tenterons d'expliquer les raisonnements de ces enfants.

Dans un second temps, nous aimerions voir s'il existe une corrélation entre les troubles révélés par un bilan logico-mathématique et les résultats à cette épreuve de vocabulaire. En effet, nous aimerions savoir si, à travers un test de vocabulaire spécifique aux mathématiques, nous retrouvons les mêmes difficultés ou d'autres difficultés que celles mises en évidence par le bilan.

Ainsi, à travers l'analyse des résultats obtenus par deux enfants, nous essaierons de répondre à la question suivante: en quoi le vocabulaire mathématique est-il spécifique et quelle est sa part de responsabilité dans les lacunes logico-mathématiques?

DONNEES

THEORIQUES

CHAPITRE I

DEVELOPPEMENT DES STRUCTURES DE PENSEE DANS LA THEORIE PIAGETIENNE

Nous commençons cette étude par une analyse de la construction de la pensée dans la théorie *piagétienne*. *Le développement mental de l'enfant se réalise selon une succession de stades, chaque stade regroupant des structures intellectuelles de nature logico-mathématique, qui évoluent en fonction des manipulations et actions du sujet.*

A. Les mécanismes d'assimilation et d'accommodation

Jean Piaget s'est longuement intéressé au développement de la pensée chez l'enfant ainsi qu'aux structures cognitives qui lui sont reliées. Les mécanismes permettant d'acquérir une pensée logique s'inscrivent dans un processus d'adaptation continu et progressif. Ce sont des outils nécessaires au développement cognitif. Les voici:

- l'assimilation, qui consiste pour le sujet à utiliser une connaissance acquise par l'expérience sur un objet inconnu. Si l'on considère l'enfant, celui-ci incorpore tel quel un objet ou une situation à des schèmes déjà constitués. Ainsi, ce processus permet la consolidation des schèmes par leur répétition.
- l'accommodation, qui est l'adaptation d'un même schème d'action à une expérience nouvelle, ce schème allant donc être actualisé, complexifié et enrichi. C'est un système compensatoire qui prend le relai du processus d'assimilation quand ce dernier ne peut plus évoluer. L'enfant doit alors être capable de coordonner les schèmes connus ou en créer d'autres dans l'unique but de s'adapter à des nouvelles données.

C'est ce qui va permettre à l'enfant d'accroître ses connaissances via des interactions avec le milieu, favorisant ainsi l'organisation interne de la pensée, des structures mentales et des opérations cognitives. En effet, la mise en échec du processus d'assimilation crée un déséquilibre qui va être compensé par l'accommodation. C'est donc par cette alternance continue de déséquilibre/rééquilibré que l'enfant évolue.

B. Les différents stades piagétiens

Piaget décrit par ailleurs les différents stades évolutifs de la pensée chez l'enfant qui construisent les fonctions cognitives. Dès les premiers moments de son existence et jusqu'à son accession à l'âge adulte, l'enfant élabore sa propre représentation du monde, en fonction de ses expériences sensorielles, motrices, affectives et opératoires.

Sa pensée connaît une lente maturation dont les stades successifs sont repérables.
Voici quels sont les cinq grands stades:

a) La période sensorimotrice

Il concerne les dix-huit premiers mois de la vie, c'est-à-dire qu'il précède l'émergence véritable du langage. L'enfant est dans la manipulation, l'expérimentation à travers ses relations aux objets et ce qui permet de structurer les premières caractéristiques de la pensée: la permanence des objets, la représentation par imitation, l'espace, le temps, la causalité. Son intelligence se développe uniquement par des perceptions et des mouvements sur le monde qui l'entoure, c'est-à-dire en présence de l'objet.

C'est donc une intelligence non représentative, sans langage. A la fin de ce stade, vers 18 mois, l'enfant va aller vers ses premières représentations par l'imitation puis l'imitation différée.

b) Le stade sémiotique

Il précède le stade préopératoire et concerne la tranche d'âge 18 mois à 3 ans. On l'appelle également le stade symbolique puisque c'est pendant cette période que l'enfant va acquérir ce que l'on nomme l'intelligence symbolique. Elle est ce qui va permettre à l'enfant de passer du niveau de l'action et de la perception à la représentation de l'objet. Se représenter les objets signifie pouvoir évoquer les objets en leur absence, pouvoir raisonner à partir d'une simple évocation de l'objet. Les outils permettant ce passage sont multiples: l'imitation, le jeu symbolique, le dessin et surtout le langage. En effet, c'est par l'évocation verbale, c'est-à-dire l'usage d'un signifiant, que l'enfant va pouvoir se représenter un objet ou un événement absent. Cependant, les représentations ont encore un caractère très concret, lié au contenu. De même, à ce stade, l'enfant peut concevoir deux actions possibles sans toutefois intégrer en un seul acte de pensée les différentes phases successives d'un événement. La pensée se trouve alors détachée de l'action et va se manifester par diverses représentations.

c) Le stade préopératoire

Il se déroule dans la continuité du stade sémiotique ou symbolique et dure jusqu'à l'âge de 7 ans. Les représentations sont plus précises imagées puis de plus en plus conceptuelles. Au cours de cette période, l'enfant va glisser d'une pensée statique vers une pensée dynamique. Par exemple, il faudra amener l'enfant à réfléchir sur des transformations et non sur des états (épreuve de transformation avec de la pâte à modeler).

A ce stade, l'enfant a une pensée intuitive, égocentrique et non-réversible. L'égoïsme se caractérise par une centration selon un point de vue propre, sans conscience de ce point de vue. Puis il s'opère une décentration croissante. La décentration est la capacité de la pensée à quitter un point de vue pour en envisager un autre. C'est à ce moment que l'enfant acquiert une pensée fondée sur la réversibilité logique. Ainsi, ce stade prépare la mise en place des opérations concrètes du stade suivant.

d) Le stade opératoire concret

Ce stade, qui s'étale environ jusqu'à la onzième année, est marqué par une pensée de plus en plus décentrée et réversible afin de permettre à l'enfant de réaliser des opérations concrètes mentales. Il procède par tâtonnement, par erreurs, il s'agit d'une véritable recherche active. C'est pendant cette période que se mettent en place les opérations logicomathématiques de conservation, de classification, de relation (sériation) et de nombre ainsi que les opérations infra-logiques qui portent sur les quantités continues et sont fondées sur les notions de voisinage et de séparation.

Ce sont elles qui amènent aux notions d'espace, de temps, de constitution de l'objet en tant que tel, et sont à l'origine de la mesure.

Jusqu'à onze ans, l'enfant a *"une difficulté à manier la logique formelle et à comprendre l'emboîtement de la partie dans le tout, les opérations d'addition et de multiplication logique, la réversibilité des opérations, la non-contradiction, les implications (parce que ou donc), les discordances (quoi que)"* (La non contradiction est un principe fondamental de la logique. Il énonce le fait qu'une proposition A ne peut pas être non-A).¹

Lorsque l'enfant acquiert ce niveau supérieur de logique, il entre dans le dernier stade.

e) Le stade des opérations formelles

A l'âge de douze ans, l'adolescent se détache du concret pour envisager le possible.

L'intelligence formelle repose sur le raisonnement hypothéticodéductif, l'adolescent fait des hypothèses et déduit, il raisonne au niveau des « possibles ». Il se construit des systèmes abstraits, dénués parfois de toute réalité. L'adolescent réfléchit avant d'agir et sans toujours avoir besoin de se représenter mentalement les actions qu'il va effectuer.

C. Les structures de pensée dans la perspective piagétienne

a) Les structures temporo-spatiales

Elles appartiennent à la famille des opérations infra-logiques et, comme la sériation que nous verrons plus tard, également à la famille des relations d'ordre.

– L'espace

Le dictionnaire d'orthophonie donne la définition suivante: « *c'est à la fois l'étendue indéfinie qui contient et entoure les objets et, grâce à ce que nos sens en connaissent, la représentation de cette étendue. [...] L'enfant va passer par différentes élaborations et représentations de l'espace.* »

Le premier espace qui se construit est infra-logique: il se nomme espace topologique et concerne les propriétés intrinsèques de l'objet, à savoir les relations de voisinage, d'emboîtement, de séparation, d'ordre, d'enveloppement et de continuité. Dès le plus jeune âge, le bébé appréhende des espaces fermés (l'espace buccal et tactile en constituent des exemples). Il fait également des expériences qui lui permettent d'aborder les notions de limites, de hauteur... Puis grâce à la coordination main-œil, certaines relations et permanences vont s'établir: la constance des formes, des tailles, des volumes... A cette période-là, on parle d'un enfant de 4/5 ans qui ne peut encore se représenter l'espace en tant que tel bien qu'il puisse s'y déplacer parfaitement.

¹ Jean Piaget, le jugement et le raisonnement chez l'enfant

Puis vont se construire parallèlement l'espace projectif et l'espace euclidien (ou métrique). Tous deux dérivent de l'espace topologique. Ils ne peuvent s'acquérir sans ce premier espace infra-logique (notion de filiation de structures).

La maîtrise de l'espace projectif se définit comme la possibilité de se représenter un objet selon un point de vue qui est soit celui du sujet soit celui d'autrui (ce qui nécessite des capacités de décentration et de pouvoir envisager les notions de devant/derrière/à droite/à gauche selon le point de vue d'autrui, vers 8/9 ans).

L'espace euclidien suppose la conservation des distances et des surfaces et repose sur la notion de déplacement dont son étude amène à la mesure (déplacement d'une unité sur une chose mesurable).

– Le temps

Le temps, tout comme l'espace, se construit dès la période sensorimotrice. Dès les premières années de la vie, l'enfant fait des expériences, plus ou moins conscientes qui vont lui permettre d'obtenir une connaissance du temps.

Connaître le temps, c'est d'abord en prendre conscience, via les différentes expériences temporelles qui jalonnent son développement, comme l'expérience de l'attente, de la précipitation et de la succession. Ces expériences sont liées au langage puisque c'est très souvent dans la relation avec l'autre qu'elles se réalisent. C'est par exemple la mère qui demande à son enfant « attends une minute » ou « dépêche-toi ».

Connaître le temps, c'est aussi pouvoir l'estimer, par la reproduction de rythmes ou par des estimations verbales. Ces dernières nécessitent la maîtrise du vocabulaire du temps (pour des estimations métriques ou relatives).

Enfin, connaître le temps, c'est en avoir une conceptualisation. Les notions d'ordre et de durée des événements en sont les éléments essentiels permettant une réelle perception du temps.

L'appréhension du temps dans ces deux caractères diffère selon les âges, si bien que l'on peut discerner trois stades dans le développement de l'ordre et de la durée:

- de 6 à 8 ans, on parle du stade intuitif: le temps est lié à l'action, l'enfant n'a pas encore de représentation mentale et estime le temps de manière perceptive, intuitive, sans logique.
- de 8 à 9 ans, on entre dans le stade de l'intuition articulée avec l'apparition dans le langage de l'enfant de « il me semble ». L'enfant commence à discerner sans constance véritable la durée et la succession.
- après 9 ans, l'enfant est au sein même du stade opératoire ce qui signifie que le temps devient objectif, l'enfant est capable de représentation mentale puisqu'il est capable de se décentrer. Ainsi, la coordination entre état initial, transformations et résultats s'inscrit dans une successivité.

Seul un sujet capable d'être présent en intention au passé comme à l'avenir, et capable de prendre conscience de l'autre en tant qu'être temporel peut concevoir réellement le temps. Le temps doit être objectivé afin que la notion de temps structuré, continu et mesurable se construise.

b) L'équivalence

Cette opération mentale qui consiste à pouvoir penser à propos d'une même quantité sur deux modes à la fois est fondamentale dans l'organisation de la pensée. C'est sur le principe de l'équivalence que se construit le système numérique français, donnant ainsi du sens au nombre et à ce qu'il représente. L'équivalence se définit donc par le fait de pouvoir nommer de diverses façons une seule et même quantité à partir d'unités différentes. Il va de soi que:

Un an = 12 mois = 365 jours

Un jour = 24 heures

Un mètre = 100 centimètres = 1000 millimètres

A chaque fois, une relation numérique intervient qui par un regroupement équivaut à « un ».

L'enfant doit être à même de porter un double regard sur une quantité donnée lorsqu'il s'agit d'équivalence. Pour ce faire, il est nécessaire que l'enfant soit capable d'une grande mobilité dans la multiplicité des points de vue. La décentration est donc essentielle.

C'est par le principe d'équivalence que l'enfant parviendra à acquérir la numération: dix unités considérées comme dix « uns » représentent numériquement la même chose si on les regroupe en un « un » que l'on nomme dizaine.

c) La correspondance terme à terme

L'équivalence se construit à travers les manipulations de collections selon le principe de la correspondance terme à terme.

La construction du nombre n'apparaît effective que dans la mesure où l'équivalence de deux ensembles numériques est admise par le sujet quelles que soient les transformations figurales qu'on leur fait subir. La correspondance terme à terme joue donc un rôle fondamental dans cette construction.

Dans une tâche où les enfants disposent d'une collection d'objets et où on leur demande de placer autant d'objets de même nature ou de nature différente par correspondance terme à terme, trois phases apparaissent dans le développement :

- chez les plus jeunes, la correspondance ne semble pas comprise : ils se réfèrent à des rapports globaux renvoyant à la configuration spatiale des collections. Ils s'appuient sur une intuition, sur une perception sans analyse ni coordination.
- plus tard, la correspondance se révèle comprise mais encore de manière qualitative. Il y a un début de coordination des relations mais elle reste intuitive et pratique: les enfants disent toujours qu'il y a plus de jetons parce que "c'est plus long": le jugement est encore perceptif et pas opératoire.
- la troisième période se caractérise par une réussite immédiate à la correspondance et à la conservation de la quantité. Désormais, les enfants concluent qu'il y a équivalence parce que "l'on n'a rien enlevé ni ajouté."

L'enfant doit donc pouvoir porter son regard sur la conservation de l'une ou l'autre des quantités lorsqu'on détruit la correspondance optique.

d) La classification

La classification en tant que structure logique peut se définir comme l'opération mentale consistant « à réunir des objets selon leurs ressemblances à un ou plusieurs points de vue (...) et qui implique que la pensée doit extraire des propriétés et les coordonner. »² Classer signifie mettre ensemble dans la pensée. L'action de classer repose sur deux mécanismes mentaux piagétiens:

- l'**extension** est le fait que le sujet pense en prenant en compte l'ensemble des objets un par un et en considérant leurs propriétés communes.
- la **compréhension** où la pensée envisage l'ensemble des objets selon leurs propriétés communes permettant ainsi de les réunir.

C'est par exemple parler de la classe des jetons verts (il s'agit ici du mécanisme de compréhension puisqu'on a rassemblé des jetons selon une propriété commune qui est la couleur verte, en ne tenant compte d'aucun autre critère) et parler d'un carré vert, d'un cercle vert, d'un triangle vert (mécanisme d'extension puisqu'on considère ici chaque objet isolément, chacun ayant la même propriété d'être vert).

Les premières opérations de classification s'observent dès la période symbolique avec les catégorisations que l'enfant effectue sur ses jouets et les objets l'entourant.

C'est au stade préopératoire que l'enfant commence des collections figurales puis non figurales (jusqu'à 7 ans). On parle dans un premier temps de fonctionnement figuratif de la pensée. Il correspond au fait que des collections dites figurales sont réalisées dans un souci « esthétique »: alignement, empilement...

On dit alors qu'il y a une absence de coordination entre extension et compréhension: l'enfant est capable d'établir des relations de ressemblances, de différences, des relations de tout et de partie sans pour autant les coordonner.

Le stade intermédiaire dans la construction de la classification opératoire conduit à la réalisation de collections non-figurales. L'enfant, bien que capable de rassembler des objets du fait de leurs ressemblances, n'est pas dans la mesure de les inclure dans des classes plus générales. Le perceptif est encore trop mis en jeu.

Les collections se hiérarchisent avec l'entrée dans le stade ultérieur qui est celui des opérations concrètes (vers 8 ans), puis deviennent multiplicatives. C'est le stade de la coordination entre compréhension et extension: on dit alors que l'enfant possède une maîtrise du fonctionnement opératoire de classification.

C'est vers onze ans, lorsque le pré-adolescent quitte le stade des opérations concrètes pour entrer dans le stade des opérations formelles, que l'on peut parler d'une véritable maîtrise des classifications puisque ces dernières vont de pair avec la structure logique d'inclusion et la compréhension ainsi que l'utilisation des termes « tous » et « quelques ».

Ainsi, la classification est un système d'opérations qui repose sur des rapports de ressemblance ou de différence impliquant des notions d'inclusion. Nous verrons dans le chapitre consacré au nombre que son aspect cardinal est lié à la notion de classe.

e) La sériation

Selon Piaget, le nombre est la synthèse de deux grandes notions: la sériation et l'inclusion (que nous développerons après). Cette première permettra d'aborder l'aspect ordinal du nombre.

La sériation est une opération mentale, longuement étudiée par Piaget dans son ouvrage «La genèse des structures logiques élémentaires », qui permet d'envisager différents éléments selon une relation d'ordre dite également asymétrique. Elle repose sur une activité de comparaison et consiste à regrouper les éléments selon leurs différences ordonnées. Les activités de sériation commencent, tout comme la classification, dès la fin de la période sensorimotrice, lorsque l'enfant, âgé de 2 ans environ, est capable d'empiler des blocs de manière décroissante pour former une tour. Le commerce regorge de jeux pour développer non seulement la dextérité des tous petits mais également ces relations d'ordre. L'activité de sériation repose sur le principe de transitivité elle-même étant basé sur le principe de réversibilité de la pensée. En effet, si on analyse l'épreuve de sériation par les bâtons de Piaget, l'enfant doit nécessairement voir une bande comme étant plus grande que la précédente et plus petite que la suivante.

Tout comme la classification, la construction de la notion de sériation passe par les trois stades que sont, pour les rappeler, le stade des collections figurales, le stade des collections non figurales pour devenir des collections construites via des opérations concrètes.

Entre 2 ans 6 mois et 4 ans, l'enfant est incapable de sériation: il n'y a ni anticipation ni coordination, il peut comparer deux éléments entre eux ou faire des séries de deux voire trois éléments tout au plus, sans pour autant coordonner les points de vue.

Puis, entre 4 et 7 ans, l'enfant peut réaliser des opérations de sériation mais procède par tâtonnement qui l'amène à recommencer plusieurs fois. Sa démarche reste intuitive et non opératoire, le système sous-jacent de relation asymétrique n'est pas maîtrisée pour le moment. Sa pensée n'est pas encore réversible, l'enfant ne pourra donc pas dire qu'un bâton est à la fois « plus grand que » et « plus petit que ».

Nous sommes encore à ce stade-là dans la relation 1-1.

Il faudra donc attendre le stade des opérations concrètes afin de voir se mettre en place une systématisation de la méthode pour réaliser une épreuve de sériation. Ceci est rendu possible par la transitivité, comme l'explique Piaget: « poser le plus petit des éléments, puis le plus petit de tous ceux qui restent etc... c'est comprendre qu'un élément quelconque est à la fois plus grands que les précédents (...) et plus petits que les suivants. »

f) L'inclusion

Nous avons vu que la classification implique des notions d'inclusion. C'est une structure logique qui met plus de temps que les autres à se mettre en place (vers 10 ans). On trouvera dans le dictionnaire d'orthophonie deux définitions. La première, générale, est la suivante: « relation d'ordre entre deux ensembles ou deux classes: on dit que l'ensemble B est inclus dans l'ensemble A quand tous les éléments de B sont présents dans A ». La seconde définition cible davantage l'aspect logique dans ce qu'il représente pour la construction du nombre: « l'inclusion dérive des classifications hiérarchiques et nécessite le réglage du quantificateur tous/quelques. »

Effectivement, le réglage tous/quelques est indispensable. Par exemple, choisissons l'énoncé suivant: dans la classe des animaux, il y a les mammifères, dans la classe des mammifères, il y a les chiens, dans la classe des chiens, il y a le berger allemand. S'il est vrai que tous les chiens sont des animaux, tous les animaux ne sont pas des chiens: seuls quelques animaux sont des chiens.

S'y rapportent également les termes propres *parties/tout* ainsi que le pronom relatif *dont*.

Tout comme pour la classification, la construction de l'inclusion opératoire passe d'abord par un mécanisme purement figuratif où l'enfant se fie uniquement à la perception. Puis, dans sa progression, l'enfant est d'abord capable d'addition logique mais pas de soustraction logique: il ne peut envisager simultanément une classe emboîtante et les sous-classes.

e) Conclusion sur la construction du nombre

Ce n'est que vers 7/8 ans qu'apparaît véritablement le système des nombres. Le nombre est à la fois classe et relation, donc son acquisition est subordonnée à celle des opérations logiques de classification et de sériation. Avant cet âge-là, l'enfant élabore le nombre de manière intuitive, sans conservation: l'enfant ne tient compte que des données perceptives.

Selon la théorie piagétienne, les nombres sont inscrits dans une suite de mots dont l'ordre ne peut être perturbé et qui sert à dénommer une suite d'objets ou à se repérer dans une suite. Il s'agit de l'aspect ordinal du nombre. Cette suite repose comme nous l'avons dit précédemment sur la construction des relations de sériations.

L'aspect cardinal correspond à l'aspect quantitatif du nombre. Le principe de cardinalité, l'un des cinq principes du dénombrement, consiste à pouvoir donner le cardinal d'une collection, c'est-à-dire la quantité d'objets au sein d'une collection. Citons Stella Baruk: « Quand dans la vie courante on énonce un nombre, il est pratiquement toujours suivi de ce qu'il compte ou énumère(...) il s'agit donc toujours d'un nombre de quelque chose »³. C'est l'acquisition des structures logiques de classification qui permet de dénombrer une collection dans le sens où je ne compte que des objets qui sont regroupés mentalement car appartenant à une même collection, donc ayant des propriétés communes.

L'achèvement de la construction du nombre résulte du produit des classes et des relations asymétriques. Chaque nombre est emboîté dans la classe formée par lui-même et les précédents. Il se situe dans la suite numérique à un rang bien déterminé.

Ceci nous permet de conclure ce chapitre sur la corrélation entre la construction du nombre et l'élaboration de la numération. C'est cette activité de numération qui permet la formation des nombres, dans le but de les énoncer ou de les écrire.

CHAPITRE II

LE DEVELOPPEMENT DU LEXIQUE

Le développement du langage est à la fois celui des instruments du langage et celui de son usage. Parmi ces instruments -prononciation, lexique, syntaxe-, il convient de s'attarder sur le développement du lexique et du vocabulaire qui tient une place importante et ce pour plusieurs raisons.

Notons d'abord l'importance accordée à l'apparition des premiers mots chez l'enfant: dès lors, l'enfant est considéré comme « un enfant qui parle ». Il s'agit donc du point de départ, l'émergence du langage dans sa nature globale.

Son développement est spectaculaire au cours des premières années. Il s'enrichit très vite en suivant un ordre imparable: premier mot, enrichissement du vocabulaire pour arriver au mot-phrase.

Plus tard, quand l'enfant devient un enfant scolarisé, il n'est pas rare d'entendre les instituteurs se plaindre du manque et de la pauvreté du vocabulaire.

Enfin, d'après une étude de LIEURY en 1991, on constate que les corrélations entre réussite scolaire et compétences lexicales sont plus élevées qu'entre réussite scolaire et niveau intellectuel: le niveau lexical de l'enfant paraît être un élément en faveur de la réussite scolaire. Cela étant, la richesse du vocabulaire est également en relation avec le milieu social de l'enfant.

La maîtrise de la langue est donc une condition de la réussite scolaire. Apprendre sa langue maternelle, activité propre à l'humain dans le but de communiquer avec ses pairs et de se représenter le monde, c'est l'objectif premier que se sont donné l'école maternelle et l'école primaire.

Il est alors nécessaire d'accorder une attention toute particulière au langage oral puisque sa maîtrise permettra l'acquisition de l'écrit.

A. Définitions

Le lexique désigne l'ensemble des mots ayant une valeur de dénomination dans une langue, l'ensemble des mots connus et utilisés par un sujet constituant le vocabulaire. On distingue alors le vocabulaire actif, celui que le sujet maîtrise en production, et le vocabulaire passif qui est son pendant sur le versant de la compréhension.

On peut également différencier les mots « pleins », porteurs de sens, qu'ils soient concrets ou abstraits (noms communs, adjectifs...) et les mots-outils comme les prépositions, les pronoms...c'est-à-dire les mots syntaxiques.

Le lexique, c'est également le lexique interne, ou mental. Il s'agit en fait de toutes les informations relatives aux mots de la langue: informations orthographiques, phonologiques, sémantiques. Le lecteur est en possession de ces informations concernant les mots de sa langue et c'est l'accès à ce lexique interne qui est sollicité lors de l'identification de mots écrits via la voie d'adressage ou voie lexicale.

B. Développement du lexique

La constitution du lexique apparaît comme le processus fondamental pour l'émergence du langage. Bien évidemment, son acquisition se poursuivra tout au long de la vie; cependant les deuxième et troisième années représentent la période clé de son développement dit précoce.

L'apparition du premier mot se situe généralement entre le onzième et le quatorzième mois du bébé. Dès lors, la production verbale des premiers mots s'accroît lentement et déjà un décalage avec la compréhension se fait ressentir.

En effet, bien que la fin de la deuxième année soit marquée par une accélération dans le processus d'enrichissement du vocabulaire dit actif, le développement du vocabulaire en production est en retard de plusieurs mois par rapport à celui de compréhension. Vers 8/10 mois, il semblerait que l'enfant ait un stock lexical déjà constitué en réception et ce décalage ne va s'estomper que plus tardivement. Les raisons évoquées sont les suivantes:

- La compréhension lexicale est facilitée par les indices contextuels et pragmatiques du langage, qui donnent alors du sens au message.
- Il s'agit d'une activité mentale globale impliquant les deux hémisphères cérébraux. La production quant à elle est une activité purement analytique et linguistique et implique l'hémisphère gauche en tant que zone du langage.

Le processus d'augmentation du vocabulaire en production n'est pas linéaire et est marquée par une phase d'explosion aux alentours de 18-20 mois (environ 300 mots), puisque l'on peut noter entre quatre à dix nouveaux mots par jour. On remarque aussi la combinaison possible de mots qu'on appelle phrase « productive ».

Les études menées ont permis de démontrer le pourquoi de cette explosion, qui a également lieu pour le vocabulaire de compréhension: à cette période de la vie, l'enfant deviendrait de plus en plus capable de catégorisation (nous expliquerons ce processus de catégorisation dans le sous-chapitre suivant).

S'ajoute à ce progrès le fait qu'il découvre que toute chose peut être nommée. Ainsi, il prend conscience d'une des propriétés primordiales du langage qui est la généralité de relation entre forme sonore (le mot oral) et référent (l'objet).

La production d'un mot nécessite de sélectionner dans le répertoire le bon mot, de retrouver tout son programme phonétique de réalisation et d'ordonner la prononciation de chaque phonème entre eux. Elle implique obligatoirement un rythme syllabique, le remplissage par la syllabe proprement dite, matériel segmental, par un matériel dit tonal. L'enfant dans son jeune âge ne prend en compte que les traits saillants, le geste articulatoire manque de précision. C'est pourquoi les groupes consonantiques seront difficiles avant deux ans. Cela étant, malgré les transformations que ces difficultés engendrent, l'enfant conserve la plupart du temps le nombre de syllabes du mot qu'il prononce.

C. Composition du lexique

L'enfant acquiert le lexique par imprégnation (via le bain linguistique fourni par les parents principalement) et par engrammation. L'engrammation est la trace laissée dans le cerveau par tout événement passé. Ainsi, chaque mot doit être engrammé et relié aux autres qui lui confèrent sa signification.

Selon le contexte auquel il est rattaché, son sens varie. Les connexions alors établies entre les mots reposent sur un système de *nœuds* et d'*arcs* organisés en un réseau. Les nœuds représentent les concepts, les arcs symbolisent la plus ou moins longue distance entre les nœuds selon le lien qu'ont les concepts entre eux. Par conséquent, plus la distance entre deux nœuds est courte, plus l'activation du réseau est rapide. C'est la trace mnésique (engramme) qui est responsable de la connexion entre deux nœuds du réseau.

Le lexique est donc organisé en réseau. Chaque réseau ou classe contient un prototype, un élément noyau représentatif de la classe autour duquel les concepts vont s'organiser. Les autres éléments renvoyant de près ou de loin à ces concepts seront agencés à plus ou moins longue distance de l'élément central. La formation des concepts, c'est-à-dire la catégorisation, va permettre d'accéder à l'acquisition du sens des mots.

Il existe une théorie selon laquelle l'enfant serait prédisposé à postuler qu'un nouveau mot peut être étendu à d'autres objets qui ont avec le prototype (encore appelé référent) une ressemblance de famille plutôt que des liens thématiques. Par exemple, au cours des premières étapes du développement du lexique, la forme de l'objet est un indice d'appartenance à une catégorie. Les catégories sont organisées en trois niveaux hiérarchisés: le niveau *sur-ordonné* (exemple: les mammifères), le niveau *de base* (les chiens), le niveau *subordonné* (le cocker). C'est ce qu'on appelle dans le langage linguistique hyperonyme et hyponyme: l'hyperonymie est la relation sémantique hiérarchique d'un lexème à un autre selon laquelle l'extension du premier terme, plus général, englobe l'extension du second, plus spécifique. Ainsi, dans l'exemple que nous avons pris, « chien » est un hyperonyme de « cocker ».

Par la suite, l'apprentissage permettra d'enrichir le réseau en ajoutant des nœuds et des arcs en relation avec les concepts déjà présents.

Très précocement, sur le versant production, les enfants sont capables de fournir une bonne variété d'éléments lexicaux organisés de la sorte, selon l'ordre d'apparition:

- des éléments socio-pragmatiques et ludiques: ce sont les mots utilisés dans une relation d'échange avec autrui: « non », « allo », les onomatopées...
- des mots de contenu, précurseurs des classes lexicales: il s'agit des noms tels que « maman , oiseau ... » qui appartiennent à la fonction référentielle, et des mots signifiants les actions et les états comme « manger, vouloir, grand.... » qui eux renvoient à la fonction prédicative du langage.
- des mots grammaticaux que sont les mots fonctionnels.

De cette variabilité du lexique naît la possibilité de définir trois étapes dans le développement lexical de l'enfant jusqu'à deux ans:

Le premier stade est nommé stade référent, dès que le seuil des cinquante mots est atteint, il s'agit de la première expansion des noms, entre 18 et 20 mois.

Le deuxième est la stade de la prédication et concerne l'expansion des prédicats, verbes et adjectifs à partir du moment où l'enfant a dans son répertoire une centaine de mots.

Le stade de la grammaire constitue le troisième et n'est acquis que si l'enfant a atteint le seuil de quatre cents mots.

On voit ainsi que le lexique se développe en formant des classes de mots. Après deux ans, cette hiérarchie s'inverse: prédicats puis mots grammaticaux dominent la classe des noms.

D. Acquisition du sens des mots

Il s'agit de permettre à l'enfant de préciser la correspondance entre les mots et ce qu'ils désignent.

Dans un premier temps, l'enfant fait ce qu'on appelle des sous-extensions. Il emploie le mot de façon trop restreinte. Par exemple, celui qu'il nomme « chat » chez lui ne peut pas être « chat » chez son voisin. Les sous-extensions sont en rapport avec la contextualisation. Or, chez l'enfant pré-linguistique, les premières représentations mentales sont globales et se construisent via sa propre expérience du monde. Elles sont organisées autour d'évènements qui rythment son quotidien. Ce n'est donc que par son propre vécu qu'il acquiert du lexique, cette acquisition étant fondée principalement sur un contexte précis, une situation spécifique.

Puis, au contraire, il va produire des sur-extensions. C'est l'utilisation d'un mot de façon trop globale, pour faire référence à des objets différents qui ont cependant des propriétés communes.

Dans un deuxième temps, les représentations se différencient petit à petit via l'analyse des propriétés des référents. L'enfant n'emploie plus ou peu les sur-extensions, mais il n'est pour autant pas capable de généralisation: les propriétés, bien que communes, restent distinctes. Par exemple, il verra que la rose a des feuilles, que la tulipe a également des feuilles. Cependant, l'enfant n'aura ni le concept de feuille, ni celui de fleurs.

La généralisation des représentations arrivera dans un troisième temps.

C'est donc tout ce processus de catégorisation des mots qui va faciliter l'acquisition du sens des mots. Au cours de la deuxième année, la catégorisation va de pair avec le fait que l'enfant analyse des représentations d'évènements et individualise les personnes, les objets, les actions, permettant ainsi une décontextualisation des mots et donc l'explosion du vocabulaire.

CHAPITRE III

ETUDE DU LIEN ENTRE LEXIQUE ET STRUCTURES LOGICOMATHEMATIQUES DANS LE CADRE DE NOTRE PROTOCOLE

Nous allons exposer dans ce chapitre les différentes définitions concernant le problème mathématique ainsi que les notions de consigne et énoncé puisque notre étude porte sur le vocabulaire que l'on trouve dans ce type d'exercices.

Le vocabulaire évalué dans le protocole sera étudié précisément afin d'établir une classification des termes.

A. Le problème mathématique à l'école

a) Définitions

1. Généralités

Ce qu'on appelle « problème » dans l'enseignement des mathématiques existe depuis le XIX^{ème} siècle. Il est bien souvent une épreuve redoutée et redoutable chez bien des enfants du primaire. Souvent source d'angoisse, le problème, bien que son rôle propre dans l'apprentissage du calcul soit critiqué, n'en reste pas moins un moyen privilégié d'évaluer à un moment donné les compétences des élèves. Ces derniers sont alors confrontés à ce que l'on appelle communément la peur de la page blanche face à l'incapacité de résoudre un énoncé.

Pourtant, le problème cible de nombreux objectifs, comme les cite Michelle BACQUET dans l'ouvrage *Le tour du problème*:

- l'application des connaissances théoriques
- l'acquisition de mécanismes
- la découverte
- le contrôle logicomathématique
- le développement de l'esprit de recherche

Plusieurs auteurs se sont intéressés aux « problèmes ». C'est notamment le cas de DECOUR. Le problème se définit ainsi comme un exercice scolaire d'apprentissage qui se présente sous la forme d'un énoncé contenant une consigne. La consigne est en général une question à laquelle l'enfant doit répondre.

Dans *Le Petit Robert*, il s'agit d'une « question à résoudre, point obscur que l'on se propose d'éclaircir, qui prête à confusion, dans un domaine quelconque de la connaissance...[c'est] une question à résoudre, portant soit sur un résultat inconnu à trouver à partir de certaines données, soit sur la détermination de la méthode à suivre pour obtenir le résultat supposé connu. »

La définition proposée par le *Petit Larousse* est plus concise et mieux appropriée à notre étude. C'est elle que l'on retiendra: « Dans le domaine scientifique, question qui appelle une solution d'ordre logique, rationnel. »

2. Énoncé et consigne, implicite et explicite

Vient la question de la distinction entre énoncé et consigne. En effet, la structure d'un problème mathématique dans sa forme d'exercice est précise: l'énoncé raconte une histoire, certes peu éloquente et très condensée, au moyen de deux « langues » mêlées: la langue maternelle, c'est-à-dire le français, et la langue mathématique. La première est chargée de sens différents parfois paradoxaux alors que la deuxième ne présente pas d'ambiguïté: la langue mathématique n'a pas de richesse de signifiants.

La consigne, quant à elle, constitue la tâche à accomplir, généralement présente à la fin de l'énoncé, sous forme d'une question. Il s'agit principalement d'une question fermée et c'est elle qui décide du choix de la solution et de la forme de la réponse.

Cependant, bien que la question soit toujours explicite dans les classes préparatoires et élémentaires, elle devient bien souvent implicite au cours moyen, ce qui demande à l'enfant d'avoir un bon raisonnement déductif. En outre, même si la consigne est explicite, ce sont les données nécessaires pour y répondre qui peuvent être implicitement mentionnées.

Ce dernier point est important: la présence des données numériques est ce qui caractérise un énoncé de problème mathématique. Les enfants y ont d'ailleurs tout de suite accès et ils les relèvent immédiatement. Cependant, les données chiffrées ne sont pas à elles seules suffisantes pour résoudre un problème et c'est en cela que l'on peut parler d'implicite dans ce genre d'épreuves.

D'ailleurs, si l'on regarde la définition de J-M. HOC⁴, on trouve cette notion d'implicite puisqu'il définit le problème ainsi: « *représentation d'un système cognitif construit à partir d'une tâche sans disposer immédiatement d'une procédure admissible pour atteindre un but* ».

La place de la question a également toute son importance dans la résolution du problème, comme l'a étudié Michel FAYOL⁵: la question posée en tête d'énoncé accroît nettement les bons résultats, surtout pour les problèmes dits soustractifs. Malheureusement, il est bien rare d'apercevoir ce type de présentation dans les manuels scolaires.

Les problèmes ont très vite été accompagnés de petites histoires afin d'apporter du concret à une discipline fortement abstraite, dans le but d'aider l'enfant à construire une représentation mentale de la situation à laquelle il est confronté dans cet exercice.

Aussi, la présentation générale est simple, courte et aérée. L'illustration est aujourd'hui d'ailleurs privilégiée dans les manuels scolaires.

b) La compréhension du problème: étape clé pour sa résolution

La résolution du problème se déroule par étapes dont les points de vue diffèrent selon les études et recherches. Nous retiendrons ceux de FAYOL d'une part et de MAYER dans un second temps.

4 Issu de l'ouvrage « Psychologie cognitive de la planification »

5 Chercheur membre de l'Observatoire National de la lecture

1. La résolution selon FAYOL

Elle est constituée de 3 étapes:

- il faut se construire une représentation du problème, en attribuant du sens aux éléments fournis dans l'énoncé et la consigne,
- il faut identifier le but,
- il faut mettre en œuvre et organiser les moyens mis à disposition pour atteindre ce but.

2. La résolution selon MAYER

Son étude met en évidence 4 étapes:

- il faut traduire le problème, c'est-à-dire à la fois les connaissances linguistiques et les connaissances factuelles et s'en faire une représentation interne,
- il faut intégrer le problème pour en avoir une représentation cohérente c'est-à-dire qu'il faut regrouper les diverses représentations internes de la première étape pour en faire une seule.
- Il faut planifier la solution, élaborer un plan tenant compte des buts intermédiaires pour arriver à la solution finale.
- Il faut exécuter les calculs.

Ceci implique donc de maîtriser le « sens » de chaque opération.

Ainsi, pour résoudre un problème, il faut pouvoir le comprendre. Dans un énoncé mathématique, il y a plusieurs éléments intervenant dans sa compréhension.

MAYER parlait de connaissances linguistiques et factuelles. Les premières portent sur la langue elle-même (signification des termes, relations des propositions entre elles...). Les secondes portent sur la connaissance du monde: les unités de mesure en sont un exemple.

DESCLAVES est plus précis. Il est nécessaire selon lui d'avoir:

- des connaissances pragmatiques
- des connaissances sur le monde
- des compétences linguistiques (sur le plan de la pragmatique, de la représentation sémantique, de la morphosyntaxe et du graphisme).
- des capacités perceptives
- des capacités à prélever des significations
- des capacités à représenter le problème
- des compétences logiques.

Finalement, le point-clé de cette résolution, la compréhension, nécessite la capacité à construire des représentations. Divers processus entrent en jeu (RICHARD). Il s'agit:

- de la construction par particularisation d'un schéma: sélectionner un schéma de pensée et remplacer les variables par les spécificités de la situation problème sur laquelle on travaille.
- de la construction d'un concept: créer un réseau de relations entre les informations présentes dans le texte

- de la construction d'un modèle particularisé de situation: l'image mentale est orientée dans l'espace et tient compte des objets individualisés issus de l'énoncé.
- de la construction par analogie à une situation: le rôle de la mémoire est important.

Ces divers processus de construction des représentations dans un but de compréhension interviennent dans les consignes et énoncés de problèmes. Ainsi, on peut résumer de la manière suivante:

- d'une part, la compréhension portant sur l'aspect linguistique.
- d'autre part, la compréhension permettant la représentation mentale de la situation.

c) La résolution du problème au programme

Dès le cycle 1, c'est-à-dire à l'école maternelle (sauf grande section), l'enfant doit acquérir certaines compétences dans le domaine de la résolution de problèmes. Face à de petites situations proposées, l'enfant doit pouvoir mettre en place des stratégies par tâtonnement pour trouver des solutions. On parle d'apprentissages premiers.

Au cycle 2, cycle à cheval entre l'école maternelle et l'école primaire (grande section de maternelle, cours préparatoire et cours élémentaire 1), l'enfant est alors confronté à de réelles situations problèmes ou problèmes de recherches tels qu'on les trouve dans les manuels scolaires.

A l'issue du cycle des apprentissages fondamentaux, les compétences de l'enfant sont diverses car il doit pouvoir:

- analyser des problèmes de recherche simple
- choisir les données nécessaires pour parvenir à la résolution
- mobiliser les connaissances déjà acquises
- exposer de manière claire les résultats.

Même s'il n'est pas capable de les résoudre, on incitera l'enfant à user de son pouvoir imaginaire et créatif pour trouver des solutions même farfelues (la manipulation, la mise en scène de personnages... tout ce qui rend l'énoncé plus concret).

Le stade des approfondissements ou cycle 3, l'enfant devra faire face à des situations de plus en plus variées. Les compétences attendues sont donc plus importantes puisque, si l'on convient de la théorie piagétienne comme ligne de développement de l'enfant, ce dernier doit être capable d'utiliser des stratégies opératoires. Ce cycle concerne le cours élémentaire 2 (CE2) ainsi que les cours moyens de 1^{ère} et 2^{ème} année (CM1 et CM2) à la fin duquel l'enfant doit:

- formuler et communiquer sa démarche et ses résultats,
- reconnaître, trier, organiser et traiter les données utiles à la résolution d'un problème,
- argumenter à propos de la validité d'une solution,
- élaborer une démarche originale dans un véritable problème de recherche, c'est-à-dire un problème pour lequel on ne dispose d'aucune solution déjà éprouvée,
- élaborer un questionnement à partir d'un ensemble de données.

d) L'échec à la résolution de problèmes

1. L'absence de structuration logique

Il est fort intéressant d'observer un enfant se débrouiller seul sur des épreuves de correspondance terme à terme et de conservation des quantités, afin de le voir agir, mettre en place des stratégies et les bons outils. Observer ce comportement permet d'objectiver un pronostic, bon ou mauvais, sur la résolution future de problèmes.

Bien évidemment, si l'enfant n'a aucun sens du nombre, c'est que les fondations infra-logiques et logicomathématiques sont totalement absentes. Des stratégies compensatoires sont alors mises en place par l'enfant lui-même et par l'enseignant. Un enfant entraîné au dénombrement va donner l'illusion d'être dans les acquisitions, d'avancer dans le programme, alors que son niveau de logique réel est bas. Les procédures sont alors mémorisées et plaquées aux dépens d'une véritable compréhension. Or, il n'est pas rare de voir des enfants traverser le cours élémentaire, voire le cours moyen, et être confrontés à l'échec dès l'entrée en 6ème.

Ainsi, la prévention passe par la connaissance des structures logicomathématiques qui sont à la base d'un développement cognitif harmonieux. L'école doit pouvoir assurer cette prévention: à l'école maternelle, par le travail sur les domaines préparant le nombre (le rythme, le sens global des doigts, les stéréognosies, le temps, l'espace...); à l'école primaire par la mise en place des outils logiques (la conservation, la sériation, la classification, l'équivalence...).

Il paraît donc essentiel qu'apparaisse dans la formation des maîtres et professeurs d'école la construction des structures logicomathématiques pour que eux-même puissent s'y familiariser.

L'enseignant doit pouvoir:

- situer l'enfant dans ses acquisitions logiques
- choisir le niveau de structure à travailler
- proposer des exercices permettant à l'enfant de progresser et d'acquérir les différents aspects de chaque structure
- proposer d'inventer des textes personnalisés pour illustrer chaque notion abordée.
- avoir recours à un matériel si nécessaire afin de proposer à l'enfant d'expérimenter via la manipulation.

Il s'agit donc d'élaborer tout un travail en amont avant de poursuivre sur l'usage du nombre comme les techniques opératoires et les problèmes.

2. Le déficit lexical comme barrière de la compréhension

La difficulté des problèmes n'est pas seulement due aux techniques opératoires non maîtrisées et aux notions sous-jacentes qui font défaut chez certains enfants et qui donnent du sens au nombre et donc à son utilisation.

Les études de Michel FAYOL sur la compréhension du récit et plus particulièrement des consignes montre qu'en premier lieu interviennent les difficultés lexicales.

Or la représentation mentale d'une situation n'est possible que si l'enfant a accès aux aspects sémantiques des consignes et énoncés. La formulation apparaît donc comme essentielle car elle joue un rôle déterminant dans la construction de la représentation du problème. Michel FAYOL insiste lourdement sur le rôle du vocabulaire dans la compréhension des consignes. En effet, les difficultés de résolution des problèmes proviendraient d'une insuffisance de compréhension et non d'un manque de procédures.

L'ambiguïté des mots est une première barrière à la compréhension: la polysémie des termes ainsi que l'homophonie sont source d'erreurs. A une forme unique correspondent plusieurs significations. Or, le lexique d'un point de vue linguistique est riche de ce genre de procédés. Dans les énoncés de problème, il faut pouvoir déjouer ces pièges. Des mots tels que cercle, milieu, centre possèdent un sens propre aux mathématiques qu'il faut pouvoir distinguer du langage courant français.

En effet, le lexique mathématique est spécifique. Or, certains mots utilisés dans les manuels scolaires appartiennent en premier lieu au vocabulaire du français courant et pour lesquels les enfants en ont une connaissance lexicale limitée. Le mot en contexte linguistique peut supporter une compréhension approximative car il ne donne pas à lui seul le sens d'une phrase. C'est le lien qu'il entretient avec les autres lexèmes de la phrase sur l'axe syntagmatique qui lui confère un sens. Dans un contexte mathématique, la compréhension des termes employés doit être précise.

D'autre part, les enfants ont des représentations bien ancrées pour des mots familiers dont ils ne se méfient pas. C'est par exemple le cas de la conjonction de coordination « et », qui utilisée fréquemment dans le discours courant (dans l'énumération par exemple) possède un sens mathématique qui renvoie au principe de l'addition. Il en est de même pour bien des petits mots usuels.

Le lexique mathématique nécessite une prise de distance par rapport à ce que l'on connaît préalablement d'un mot et de le comprendre dans un nouveau contexte. En fait, la langue usuelle est utilisée mais d'une manière différente et plus spécifique. Les mots ont donc une valeur différente. C'est ce que l'enfant doit comprendre.

Enfin, il convient de parler de ce que DECOUR appelle « l'habillage pédagogique » et « l'implicite culturel ». Bien avant les aspects strictement linguistiques explicitement mentionnés dans les énoncés, l'enfant doit d'abord décortiquer tout ce qui est du domaine de l'implicite dans la formulation.

B. Analyse détaillée des termes évalués par le test utilisé

Si les mathématiques s'écrivent et se parlent en français, ils ne sont pas pour autant accessibles sur le plan de la compréhension. En effet, dans les énoncés de problème, les mots sont utilisés de manière spécifique, dans un domaine de définition bien précis. Un écrit mathématique est constitué de deux codes en interaction: la langue naturelle du français et le langage mathématique qui emprunte de nombreux mots à la langue prenant alors une signification propre. Un enfant qui entre au cours préparatoire sera alors confronté à des difficultés:

- d'une part, du fait de sa connaissance lexicale limitée,
- d'autre part, du fait des représentations mentales qu'il a construites antérieurement à partir des mots du français dans leur emploi usuel du langage courant.

Ainsi, pour accéder aux mathématiques, il lui faudra délaisser ses connaissances antérieures, accepter d'apprendre le vocabulaire nouveau et circonscrire par une définition précise et rigoureuse le champ sémantique de chaque mot employé.

Si on observe le lexique répertorié à la fin des manuels de mathématiques, on y repère:

- des mots appartenant strictement au domaine des mathématiques,
- des mots dont le sens premier est mathématique mais qui sont entrés dans un autre domaine où ils fonctionnent de manière imagée,
- des mots au « visage familier » mais qui, suivis d'un mot qui les détermine, vont prendre un tout autre sens.

Il s'agit dans ce chapitre d'étudier chacun des termes testés dans le protocole en lien avec la structure logicomathématique à laquelle ils appartiennent. Nous serons parfois confrontés à la difficulté d'élaborer un lien avec les structures logiques que nous avons abordées précédemment.

C'est pour cela que nous définirons, quand cela se présentera, le domaine auquel le mot fait référence.

Nous donnerons pour chacun des termes-cibles la définition (en gras) qui semble la plus intéressante compte tenu du sens dans lequel le mot-cible est évalué dans le test. A titre indicatif, nous donnerons pour certains mots la ou les définitions qui peuvent être à l'origine des confusions.

Nous décidons de regrouper les termes en catégorie, c'est-à-dire en fonction de la notion à laquelle les mots renvoient. Notons que certains mots se trouvent dans plusieurs catégories. Ainsi, nous ferons la synthèse de ces termes sous forme d'un tableau après l'analyse détaillée qui suit.

- **1ère catégorie: les termes de comparaison**

1. **Autant que (P2)**

Marquant l'égalité de quantité, de valeur, de nombre, etc... <i>Il y a ici autant de femmes que d'hommes.</i>
--

Marquant une idée de grande quantité, de degré élevé. <i>Je n'avais jamais autant couru qu'aujourd'hui.</i>

Item intéressant puisque souvent compris « *plus que* » dans l'évaluation de la population témoin, ce terme se rapporte à l'aspect cardinal du nombre (tout comme *plus (que)*, *moins (que)*). En effet, dire qu'il y a autant de pommes que de poires, c'est comparer deux collections via une activité de dénombrement (comptage), deux collections dont le cardinal se révèle être le même pour la collection de pommes et pour la collection de poires. Nous sommes donc ici dans une classification dite opératoire puisque nous avons regroupé d'une part les pommes du fait de leurs propriétés communes (forme, taille, couleur...) et d'autre part les poires selon leurs propriétés communes également.

En outre, cette comparaison entre les deux collections n'est possible que si l'enfant est capable de mettre en correspondance terme à terme une pomme face à une poire et ainsi de suite, pour en conclure sur l'égalité quantitative des deux collections. C'est par exemple ce que devra faire l'enfant face à une telle consigne: « mets autant de pommes qu'il y a de poires sur la table ».

Constater qu'il y a autant de pommes que de poires, c'est affirmer une égalité numérique entre deux collections que l'on peut donc dire équivalentes sur le plan numérique.

Ainsi, en multipliant les activités et en variant les présentations, l'enfant maîtrisera le sens du nombre.

Cela étant, l'apparition du terme « autant » est relativement tardive puisqu'il n'est concevable chez l'enfant qu'à partir de 7 ans.

2. Comme (P27)

Comparaison. *Comme son frère*

On emploie « comme » quand il s'agit de comparer des actions: « faire comme » signifie alors « faire pareil ». C'est ce sens-là que nous évaluons dans le test.

On compare également des collections numériques: on voit souvent écrit dans les consignes « prendre comme... ». Cela renvoie au nombre et à « autant », en même quantité.

3. Même (P21)

Avant le nom, marque la similitude, l'identité totale. *Avoir les mêmes goûts.*

Même permet d'affirmer la similitude entre deux objets identiques. On a affaire à une activité de comparaison entre deux objets pour lesquels une (ou plusieurs) propriétés sont communes.

Ex: Ton pull et ta jupe sont marrons. Ils sont donc de la *même* couleur.

Dans cet exemple, c'est parce qu'on extrait le critère couleur que l'on peut mettre au sein d'une même classe ces deux vêtements. Il s'agit d'opérer une classification.

On notera également la difficulté de l'implicite dans ce genre de structure syntaxique employant le mot *même*. En effet, tout comme nous l'avons vu pour le traitement des superlatives, parfois seul le terme référent est explicitement mentionné. Il faut donc s'aider du contexte et de ce qui a été précédemment affirmé pour comprendre qui est l'autre élément dont on parle, celui que l'on compare.

4. Compléter (P28)

Rendre complet en ajoutant ce qui manque.

Il s'agit du mot, sans distinction de nature, qui présente le plus d'occurrences dans les manuels mathématiques du cours préparatoire et pourtant, il donne lieu à un échec tout de même fréquent puisqu'il n'est seulement compris qu'à hauteur de 63%, toute population scolaire confondue (CE1 au CM2). Pour compléter, il faut dans un premier temps pouvoir dénombrer la collection via le comptage, puis comparer la quantité obtenue avec celle demandée. On compare donc des collections numériques. Enfin, il s'agit d'effectuer une opération: la soustraction pour savoir combien d'éléments sont à ajouter.

On peut également trouver « compléter » dans les consignes où il faut compléter une série.
Par exemple:



On compare donc ce qui est pareil, ce qui manque, ce qu'il y a en moins pour ajouter.

Autre exemple:



5. Manquer (P9)

Faire défaut, être en quantité insuffisante. <i>L'argent manque</i>
Échouer, ne pas réussir. <i>L'attentat a manqué</i>
Être absent, pour une personne ou un objet. <i>Il manque Julie, elle est malade.</i>

Examinons une épreuve logique de correspondance terme à terme. Les manuels scolaires du cours préparatoire regorgent d'exercices que l'on nomme mathématiquement parlant bijections, le but étant de faire correspondre un élément d'un premier ensemble et à un élément et un seul appartenant à un deuxième ensemble, en considérant chaque objet comme un « un ». C'est par ces expériences - que l'enfant réalisera de manière stéréotypée, qu'il apprendra réellement ce qu'est le nombre.

L'enfant s'aide de ce qu'il voit. Quand la correspondance terme à terme est visible, l'enfant doit être capable d'affirmer la bonne distribution mais également s'il manque des éléments. Il doit pouvoir juger qu'une des deux collections est en quantité insuffisante. On l'amènera donc, dans chaque épreuve de correspondance terme à terme, à découvrir, analyser ou créer des ressemblances ou des différences numériques entre deux collections d'objets. On accordera ainsi de l'importance à l'emploi de la forme impersonnelle « il manque... ».

6. Le plus de (P13)

Indique un degré: comparatif, superlatif de supériorité
--

Employer cette locution nécessite obligatoirement une activité de comparaison entre au moins deux collections numériques. Tout comme *autant*, l'usage de *plus que* ou encore *le plus de* renvoie à l'aspect cardinal du nombre puisqu'il faut dénombrer les collections afin de les comparer en terme de quantité. On peut également agir en correspondance terme à terme pour conclure sur les quantités numériques des collections.

Dans le protocole, nous voulons tester la compréhension de *le plus de*, c'est-à-dire que nous testons ici le traitement d'une phrase contenant une superlative, traitement plus complexe que celui des comparatives. En effet, alors que dans les phrases comparatives l'élément dont il est question et celui auquel il est comparé sont tous deux explicitement mentionnés, ce n'est pas le cas dans les superlatives. Seul l'élément de référence est exprimé de manière explicite. L'objet auquel il est comparé est implicite, sous-entendu: « Julie a 5 billes. C'est Marc qui en a le plus. »

Qu'il soit utilisé comme comparatif (*Julie a plus de billes que Marc*) ou comme superlatif (*C'est Julie qui a le plus de billes*), pour réussir les items portant sur la compréhension de plus et moins (dernier terme du protocole) l'enfant doit posséder les processus de conservation et de sériation des quantités. Il doit également pouvoir comparer pour égaliser et établir une différence.

Nous sommes donc bien dans une activité de comparaison.

7. Le moins de (P33)

Précédé de l'article défini, sert de superlatif à l'adverbe <i>peu</i>. C'est la moins agréable des îles.
--

Tout comme *le plus de*, cette locution exprimant le superlatif est difficile à traiter puisqu'elle n'implique pas de mentionner tous les éléments intervenants. Seul l'élément référent peut être explicite. La comparaison permet d'établir la différence entre plusieurs éléments: il s'agit alors de relations de sériation, de comparaisons multiples d'un élément par rapport à tous les éléments afin de savoir qui en a le moins.

- **2ème catégorie:** le vocabulaire spatio-temporel

8. Ligne (P1)

Ensemble des éléments se trouvant sur une même horizontale dans un tableau à double entrée.
--

En mathématiques, figure matérialisée par un fil fin
--

Nous avons ici un terme lié à l'espace, terme en opposition avec le mot colonne (ci-après).

L'enfant entend dès la maternelle le mot ligne:

Écris *entre les lignes*

Mettez-vous *en ligne*

Fais *une ligne de A*

9. Colonne (P15)

Ensemble des éléments d'un déterminant, d'une matrice rangés suivant une même verticale.

Chacune des sections verticales qui divisent une page. *Ne rien inscrire dans cette colonne. Les colonnes d'un journal, d'un dictionnaire.*

Annotations, chiffres disposés verticalement les uns au-dessous des autres. *Colonne des unités, des dizaines.*

Cet item a été traité car il apparaît très fréquemment dans les ouvrages scolaires sous forme de tableaux à compléter. Les énoncés ressemblent à ce type de phrase: *remplis chaque colonne.*

Dans le protocole, colonne et ligne sont mis en opposition, on cherche à voir si l'enfant a assimilé l'espace et s'il est capable de l'utiliser dans une structure type tableau à double entrée, s'il y a confusion ou non entre les deux mots.

10. Juste avant (P16)

Précisément. *Le café est juste au coin.*

Précédent (si on regarde l'ensemble de l'item). *Dans l'alphabet, J précède K.*

Dans le cas de l'item n°16 du protocole, *juste* est évalué accolé au terme temporel *avant*.

C'est la notion de précédent qui est évaluée. Nous sommes confrontés ici à une relation d'ordre, de succession des événements, puisque nous devons repérer un élément suivant sa place dans une collection.

Le mot *juste* pris isolément ne renvoie pas à une notion particulière. Il faut donc l'analyser en contexte.

11. Après (P29)

Marquant la postériorité. *Première rue après avoir passé le carrefour.*

Ce terme est relatif à l'orientation temporelle. Il connote une relation d'ordre dans le temps puisque que *après* signifie ce qui vient ensuite, mais comme l'exemple de la définition le montre, il est également à traiter sur le plan de l'espace. Il s'agit donc d'un mot qui renvoie à une action temporelle qui se déroule dans l'espace. Il faut faire attention de ne pas le confondre avec la paire devant/derrière.

12. Entre (P18)

Dans l'espace qui sépare des choses, des personnes.

Il s'agit d'un terme qui renvoie à la fois à l'organisation spatiale puisqu'il indique l'endroit d'un élément dans un espace donné mais il renvoie également à l'organisation temporelle car cet élément dont il est question a une place relative en rapport avec deux autres.

Ex: Dire que 13 est entre 12 et 14, c'est concevoir que 13 est après 12 et avant 14: c'est une organisation temporelle. C'est également un encadrement: le nombre est entre deux autres. Il s'agit d'une relation de sériation.

Ex: Dire que la voiture est entre l'arbre d'une part et la maison d'autre part, c'est dire que la voiture se trouve à droite de l'arbre et à gauche de la maison: c'est une organisation spatiale.

Par conséquent, on voit que ces deux relations d'ordre - spatiales et temporelles - sont à la fois antisymétriques et transitives:

- être après x / être avant y
- être à droite de x / être à gauche de y

Enfin, il faut également considérer la relation d'ordre suivante, faisant intervenir un nouveau vocabulaire:

- être supérieur à x et inférieur à y

13. Relier (P11)

Lier ensemble; réunir, joindre. Relier les points d'une figure par un trait.

Il s'agit d'une activité géométrique nécessitant un bon balayage visuel dans l'espace. Relier deux éléments entre eux est une tâche difficile, par exemple pour des patients hémianopsie ou dont le champ visuel est restreint par une hémianopsie. Il faut également maintenir une attention et une concentration pour ne pas perdre de vue l'objectif qui est de repérer et garder en mémoire la place de l'élément à relier.

14. Continuer (P32)

Poursuivre ce qui est commencé, ce qui a été interrompu.

Continuer marque le déroulement d'un évènement qui se poursuit dans le temps. On a encore une fois un terme qui appartient au lexique temporel.

15. Commencer (P7)

Être au début, constituer le début de quelque chose.

Ce verbe s'utilise au départ d'une action, il marque le début d'un évènement qui va par la suite se dérouler. On est donc dans le domaine du temporel puisque, rappelons-le, le temps s'inscrit dans une relation d'ordre où l'enfant devra être capable, dès la deuxième période du stade opératoire concret, de coordonner les évènements temporels qui constituent une action.

16. Tracer (P25)

Représenter par des lignes et des points. Tracer une circonférence. Tracer une inscription sur un mur.

Tracer est une action qui se réalise à la fois dans l'espace et le temps. Il s'agit d'une action liée à l'espace puisqu'on trace sur une feuille, sur un mur, sur un sol, c'est-à-dire dans un espace défini qu'il faut assimiler comme espace extérieur à soi (la décentration est ainsi primordiale), espace également dans lequel il faut pouvoir se situer afin de parvenir à se le représenter mentalement. Il s'agit également d'une action qui s'organise dans le temps puisqu'elle contient un début, un milieu et une fin. C'est une épreuve temporelle.

- **3ème catégorie:** le vocabulaire mathématique et numérique

17. Calculer (P3)

Faire des calculs (des opérations numériques).

Terme intéressant car, toujours en référence à la population témoin, il a souvent été confondu avec le verbe « compter » que nous verrons juste après. Nous sommes dans le domaine de l'utilisation du nombre. Calculer nécessite de connaître les techniques opératoires, appelées également algorithmes. On parlera donc de l'algorithme de l'addition, de la multiplication, de la soustraction, de la division. Or, parler d'addition renvoie à la notion de classes additives (on ne peut mettre ensemble que des éléments possédant des propriétés communes) tout comme multiplication renvoie à la notion de classes multiplicatives (notion plus délicate qui repose sur un rapport d'intersection, c'est-à-dire qu'un même élément appartient à plusieurs classes).

18. Compter (P23)

Le comptage est le recours à une énumération verbale organisée en une série ordonnée de mots-nombres. Le comptage peut s'exercer à vide ou dans une activité de dénombrement.

Quand on demande à l'enfant de nous dire jusqu'à combien il sait compter et de le faire, il va avoir recours à la chaîne numérique verbale, dont son apprentissage et sa maîtrise passent bien souvent par la comptine numérique. C'est ce qu'on entend par le comptage « à vide ». Compter, c'est d'abord connaître dans l'ordre la chaîne des mots-nombres.

Le comptage intervient également dans les activités de dénombrement d'une collection où seul le comptage ne suffit pas. Il faudra coordonner, synchroniser l'énonciation de la chaîne numérique verbale avec le geste de pointage.

Compter n'est pas calculer et nous verrons par la suite que souvent ces deux verbes sont confondus.

19. Mesurer (P5)

Déterminer une quantité par le moyen d'une mesure

En opposition à compter, on ne mesure que ce qui appartient au domaine du continu à l'aide d'une unité de référence, qui va alors segmenter de façon artificielle le continu en discontinu.

20. Combien (P4)

Interrogation (quantité, grandeur). *Combien mesure-t-il?*

Interrogation (nombre, prix). *Combien as-tu payé?*

On pose une question commençant par *Combien* quand on veut savoir une quantité, le cardinal d'une collection. On attend toujours comme réponse un « nombre suivi d'un quelque chose » (pour reprendre la définition de Stella Baruk). Nous utilisons cet item pour aborder ici le domaine du continu/discontinu. En effet, on ne peut dénombrer que ce qui est du domaine du discontinu c'est-à-dire ce qui est identifiable, différencié comme des « uns ». Si on remplit une carafe d'eau, on ne peut pas compter l'eau, le contenu; nous pouvons par contre rendre l'eau mesurable. En effet, pour compter « le contenu », nous avons recours aux étalons-unités qui découpent alors le contenu pour pouvoir le compter. En revanche, on peut compter combien il y a de carafes sur la table.

21. Double (P7)

Quantité égale à deux fois une autre. Payer le double.

Avant qu'un enfant puisse donner le double d'un nombre, il faut qu'il ait auparavant construit le nombre c'est-à-dire qu'il lui ait donné du sens. Le double se traduit oralement par l'expression « deux fois plus ». L'enfant doit donc pouvoir dans un premier temps comprendre que: $8 = 4 + 4$, qui s'écrira ensuite avec la pensée multiplicative $8 = 4 \times 2$.

Il est à noter que dire « **deux fois plus** » est bien souvent confondu avec la formulation « **deux de plus** ».

22. Dizaine (P10)

Groupe de dix unités

Le terme dizaine renvoie à une notion fondamentale, notion à la base de notre système numérique puisqu'elle en permet toute sa construction. Il s'agit de l'**équivalence**, que nous avons expliquée au cours de notre premier chapitre.

Pour les enfants, le mot dizaine renvoie systématiquement au chiffre se trouvant à gauche du chiffre des unités. Dans 23, il dira « le chiffre des dizaines c'est 2 ». Pourtant, il faut s'assurer que l'enfant comprenne véritablement ce que cela signifie, c'est-à-dire qu'il a acquis le fonctionnement du système numérique en base 10, selon le principe d'équivalence.

Chez certains enfants, comprendre et admettre qu'une dizaine équivaut à dix unités n'est pas chose aisée. Les exercices présents dans les manuels scolaires abordent la dizaine comme étant la place que prend un chiffre au sein d'un nombre. La dizaine est également abordée lors de situations dans lesquelles il faut regrouper en vue de former des paquets contenant dix objets. On parle alors du chiffre des unités, du chiffre des dizaines, du chiffre des centaines mais également on demande à l'enfant de nommer le nombre d'unités, le nombre de dizaines etc... et c'est très souvent dans ces épreuves que l'on voit l'enfant échouer.

23. Unité (P24)

Élément arithmétique qui forme les nombres. Dans les nombres de deux chiffres et plus, le chiffre des unités est placé à droite de celui des dizaines.

Cette définition n'est pas précise, nous devrions dire la phrase suivante: « le chiffre des « uns » non regroupés est placé à droite de celui des dizaines. »

Afin de préciser cette définition, rajoutons que dans un nombre de deux chiffres, on dit qu'il y a deux unités qui le constituent: les dizaines et les « unités » c'est-à-dire les « uns ».

Tout comme *dizaine*, détaillé plus haut, le mot unité n'est bien souvent pas assimilé dans toute sa globalité. Dans le nombre 48, si l'on peut affirmer par application de la définition sus-citée que 8 est le chiffre des unités (il y a 8 « uns » non regroupés en une dizaine), le nombre d'unités n'est pas 8 mais bien 48, il y a 48 unités pour composer ce nombre. Ainsi, le chiffre des unités et le nombre d'unités prêtent à de nombreuses confusions dans l'esprit des enfants.

L'unité est un choix: dans la phrase « il y a 5 dizaines », l'unité est la dizaine.

24. Somme (P12)

Résultat d'une addition. Somme deux de nombres

Quantité déterminée d'argent.

Somme désigne le résultat d'une addition. Le terme est souvent confondu avec *Addition* qui désigne l'écriture additive contenant des nombres et des signes + (au moins un). Additionner c'est ajouter en incorporant; c'est aussi réunir en un seul nombre toutes les unités contenues dans plusieurs autres.

De ce fait, nous verrons lors de l'analyse des passations que bon nombre d'élèves confondent la *somme* avec le signe + de l'addition. Au même titre que *différence*, *produit* et *quotient*, *somme* est un terme emprunté au langage français usuel dont le sens donné en mathématique est tout autre, spécifique. A l'oral, il est très fréquent d'entendre l'enfant dire « je fais la somme des deux », au lieu de dire « je calcule », « je fais l'opération », somme renvoyant alors à l'idée d'ajouter et non le résultat lui-même.

25. Nombre (P30)

Ensemble, collection de personnes ou de choses.
--

Le concept de nombre s'appuie sur les notions d'application, de correspondance biunivoque, de relation d'équivalence et de relation d'ordre. L'ensemble des nombres (comme cardinaux d'ensemble) se structure en un système de mesure qui facilite les comparaisons entre les ensembles.

Pour Piaget, il y a dans la construction du nombre deux aspects intimement liés que sont l'aspect cardinal et l'aspect ordinal. D'après R.L Russel, l'aspect cardinal du nombre, celui qui détermine une quantité, se réduit à la notion de logique de classe ou classification. De ce fait, le nombre un serait la classe de toutes les classes ne contenant qu'un seul objet, le nombre 2 serait la classe de toutes les classes comportant deux objets (notamment les paires) et ainsi de suite, chacun des nombres incluant les précédents. Le nombre ordinal se ramènerait à la notion d'ordre, c'est-à-dire la place qu'il occupe dans la série: la classe des « 2 » se trouve après la classe des « 1 » et après vient la classe des « 3 ».

Le nombre se construit ainsi à partir des outils opératoires de classification et de sériation, son sens s'élabore également à partir des structures logiques de conservation, la correspondance terme à terme et d'équivalence.

26. Chiffre (P19)

Chacun des caractères servant à représenter les nombres

Un chiffre est un signe graphique servant à écrire un nombre ou une partie d'un nombre: le chiffre 8 permet l'écriture du nombre 8 ou participe à l'écriture du nombre 485. Dans notre système numérique, il existe 10 chiffres permettant l'écriture de tous les nombres: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9.

27. Égalité (22)

Qualité de ce qui est égal (en mathématiques), équivalent. Égalité *de deux nombres*.

Nous abordons avec cet item le principe d'égalité. Admettre l'égalité entre deux choses c'est admettre qu'il n'y en a pas plus et qu'il n'y en a pas moins mais qu'il y en a donc autant. C'est par conséquent admettre l'égalité numérique des deux états. L'enfant ne sera pas toujours à l'aise pour énoncer cette relation d'égalité qui se construit dans le prolongement des apprentissages des relations d'ordre *plus que, moins que* et qui en se précisant vont se complexifier.

Parvenir à élaborer une énonciation rendant compte de l'égalité, c'est mettre en place, via la conjonction de subordination *si* des schémas de pensées suivants: s'il n'y en a pas plus et s'il n'y en a pas moins, c'est qu'il y en a autant. Nous verrons comment ce terme est compris au sein d'une population d'enfants tout-venants et au sein de notre population d'étude.

- 4ème catégorie: Le vocabulaire usuel du français

28. Barrer (P6)

Marquer d'une ou plusieurs barres. *Barrer un chèque*

Rayer, raturer. *Barrer un paragraphe*.

Dans les manuels scolaires, le verbe *barrer* apparaît souvent dans des activités de dénombrement d'une collection où l'enfant doit vérifier si le cardinal donné correspond au cardinal qu'il trouve par comptage, ce qui n'est bien souvent pas le cas. L'enfant doit alors modifier la collection en barrant les éléments en trop (ou en rajoutant les éléments qui manquent selon les cas).

En effet, si le cardinal donné dans l'énoncé est supérieur au véritable cardinal de la collection, l'enfant devra mettre en place une stratégie lui permettant de barrer les éléments en trop.

Pour cela, il faut pouvoir coordonner le geste de pointage avec la chaîne numérique verbale (principe véritable du comptage et par conséquent du dénombrement), être capable de mémoriser le cardinal obtenu et le comparer au cardinal donné (Est-il plus grand ou plus petit?) et utiliser un algorithme (celui de la soustraction dans ce cas) pour que l'enfant sache combien d'éléments il doit barrer (notons en complément que l'on ne peut barrer que ce qui appartient au discontinu).

29. Ranger (du plus petit au plus grand) (P20)

Classer selon un ordre déterminé. Ranger des dossiers par année.

Les activités de ce type sont propres aux activités de sériation et permettent d'accéder à l'aspect ordinal du nombre. Nous sommes en effet dans une relation d'ordre. Concernant l'item proposé, nous n'introduisons pas volontairement les termes *croissant* et *décroissant* afin de ne pas rajouter une contrainte lexicale supplémentaire. Il s'agit de vérifier d'une part que l'enfant comprend le terme *ranger* et qu'il suit l'ordre imposé.

Dans le vocabulaire usuel du français il est souvent utilisé: ranger ses affaires, ranger sa chambre... Dans le langage courant, il ne renvoie alors pas à la structure d'ordre mais à la notion de classification: on range en effectuant des catégories, des classes, par analyse de critères communs et différents.

30. Chaque (P8)

Marque la répétition dans le temps ou l'espace, la distribution. Chaque matin. Elle a donné des crayons à chaque enfant.

D'après l'ouvrage « Le nombre et la numération » par Michelle BACQUET et Bernadette GUERITTE-HESS, le mot « chaque » appartiendrait à la liste des mots-pièges. Utiliser «chaque » permet d'énoncer les « un » identiques d'une même collection. Donnons l'exemple suivant: « chaque enfant a une chemise ». Cela signifie que tous les enfants que nous considérons ont une chemise.

31. Tous (P14)

Qui comprend la totalité, l'intégrité, qui ne laisse rien en dehors.

Chaque.

Le quantificateur *tous/quelques* s'accorde, comme nous l'avons précédemment traité, avec la structure logique de l'inclusion. Il s'agit pour l'enfant de pouvoir considérer tous les « uns » d'un ensemble « tout » pour les considérer tous. Si l'enfant confond ces termes et se trompe, ce n'est pas à cause d'un déficit de compréhension lexicale ou syntaxique mais à une défaillance dans la pensée logique de l'inclusion. L'enfant en question n'a tout simplement pas encore mis en place l'inclusion.

32. Autre (P26)

Différent, distinct. *C'est un tout autre problème.*

L'autre signifie celui qui n'est pas pareil, exprimant ainsi la différence entre deux objets, deux personnes. « Autre » s'emploie également dans cette tournure de phrases et perd alors la notion de différence qu'il contient: « J'ai pris 3 pommes; prends-en deux autres ». Ce qui est pourtant sous-entendu ici, c'est le rang que prennent les autres pommes: « prends-en une quatrième et une cinquième » sous-entendu pour en avoir 5. Elles n'ont donc pas le même ordinal: elles sont donc différenciées d'un point de vue numérique. On aurait très bien pu coordonner l'ordinal et le cardinal en disant « prends-en deux en plus ».

33. Pièce (P31)

Partie constitutive d'un tout. Morceau, fragment. *Pièces d'un puzzle.*

Chacun des espaces habitables délimités par des murs et dont l'espace constitue un logement.

Morceau de métal plat, façonné en disque et servant de valeur d'échange, de monnaie.

Le vocabulaire des parties et du tout appartient au domaine de l'inclusion. Ainsi, ce mot appartenant au lexique usuel français peut être assimilé à la structure logique d'inclusion. De ce fait, il renvoie à la difficulté à percevoir simultanément le tout et les différentes parties.

<u>Termes de comparaison</u>	<ul style="list-style-type: none"> •Le plus, le moins, •Autant, comme, même •Compléter, manquer
<u>Vocabulaire spatio-temporel</u>	<ul style="list-style-type: none"> •Ligne, colonne •Avant, après, entre •Relier, tracer, commencer, continuer
<u>Vocabulaire numérique et mathématique</u>	<ul style="list-style-type: none"> •Double •Combien •Unité, dizaine •Compter •Compléter •Calculer •Mesurer •Somme •Chiffre, nombre •Égalité
<u>Vocabulaire usuel du français</u>	<ul style="list-style-type: none"> •Juste •Tous, chaque, les autres •Barrer, ranger, manquer •Commencer, continuer •Pièce •Avant, après, entre •Autant, comme, même

Les corrélations entre le développement de la logique chez l'enfant, les acquisitions mathématiques et le langage sont nombreuses. Les structures de pensée, -structures temporelle et spatiale, conservation, classification, sériation- permettent l'acquisition et l'intégration des mathématiques et du langage. Au vue de cette étude sur les termes du protocole, nous voyons que les structures langagières, en particulier le lexique, ont une importance réelle dans la construction et l'assimilation des outils logicomathématiques. Un enfant maîtrisera la classification quand il sera capable de mettre un mot sur la classe qu'il vient de construire mais également quand il pourra coordonner l'extension et l'activité-même de compréhension.

Prenons un exemple:

Un enfant qui réunit au sein d'une seule classe tous les objets d'une même couleur doit être capable de nommer cette classe: « la classe des couleurs » ou bien dire « j'ai rangé par couleur », couleur étant ainsi le critère retenu pour réaliser la classification.

Il faudra se méfier des enfants qui disent « j'ai rangé par couleur » bien qu'ils n'aient pas isolé le critère couleur, c'est-à-dire qu'ils agissent par extension.

Ainsi les structures acquises au niveau logique se manifestent dans la construction du langage, et plus précisément dans le lexique.

En effet:

- Le langage écrit s'inscrit sur le plan spatial. Dans notre culture, nous lisons et écrivons de gauche à droite et haut en bas. L'ordre des mots est également important.
- La temporalité s'observe dans le langage avec les désinences verbales, l'emploi des conjugaisons et de certains verbes qui implicitement traduisent un déroulement de l'action dans le temps (prêter quelque chose...), l'emploi des adverbes de temps (demain, hier...). Le déroulement temporel concerne également la syntaxe, aussi bien dans le langage oral que dans le langage écrit.
- La sériation spatiale s'exprime à travers les adverbes *devant/derrière*, les superlatifs (*le plus grand...*) les comparatifs (*plus petit que...*), les verbes (*ranger du petit au plus grand...*). La sériation temporelle se retrouve dans l'idée de succession (*avant/après*), les verbes (*suivre, précéder...*).
- La relation d'inclusion se traduit dans le lexique par l'utilisation des quantificateurs *tous/quelques*, du pronom relatif *dont*, de la locution *parmi...*
- Le langage utilise la notion de nombre dans le maniement des articles *le, les, du, des ...*
- Enfin, la classification s'opère dans le langage quand il s'agit de classer les mots selon leur nature: la classe des noms communs, des verbes, des adjectifs....

Les troubles langagiers et du calcul peuvent ainsi avoir une origine commune: un retard dans l'acquisition ou le développement des structures logiques de pensée ou un déficit dans les pré-requis nécessaires peuvent expliquer des troubles de l'apprentissage dans le domaine des mathématiques ou du langage. Voici un exemple:

Des liens évidents apparaissent: un trouble du rythme, quand on sait que le rythme est un des pré-requis fondamentaux, perturbera l'acquisition de la chaîne numérique nécessaire pour accéder au dénombrement, mais perturbera aussi l'entrée dans la lecture et donc son apprentissage.

La théorie selon laquelle les troubles des structures logiques seraient l'origine commune des troubles langagiers et mathématiques n'est peut-être pas exclusive. Un trouble du langage peut-il entraîner un trouble du calcul? Une dyslexie peut-elle être à l'origine d'une dyscalculie? Cela nous amènera à parler dans le chapitre suivant de la comorbidité de la dyscalculie.

A. Définitions

Dyslexie, dysorthographe, dyscalculie, dysphasie, dyspraxie, que l'on nomme communément les « DYS », appartiennent à la famille des troubles de l'apprentissage. Il ne faut pourtant pas s'arrêter sur cette triade puisque les troubles de l'apprentissage recouvrent bien d'autres domaines.

Qu'est-ce qu'un trouble de l'apprentissage? Une définition⁶ purement médicale serait la suivante: c'est un trouble polymorphe et multifactoriel, suffisamment stable dans le temps et important dans sa déviance, recouvrant des notions cognitives mais également sociales, relationnelles..., se définissant surtout par ses effets et se révélant le plus souvent dans le contexte scolaire par des résultats décevants.

Les manifestations de ces troubles sont diverses et sont d'ordre soit verbales, soit non-verbales. Citons celles qui intéressent la rééducation orthophonique.

1. Parmi les manifestations non-verbales, nous noterons:

- Les *problèmes visuo-spatiaux et les dyspraxies* qui entraînent des difficultés dans les domaines suivants:

- la lecture,
- l'écriture sur copie,
- la réalisation des lettres et des chiffres,
- l'organisation dans la page,
- la coordination main/œil.

Les problèmes visuo-spatiaux atteignent surtout l'identification et l'interprétation visuelle (reconnaissance de formes, orientation, mémoire spatiale...), et se répercutent sur la réalisation.

- Les *troubles de l'organisation, de la planification, de la stratégie* ont comme conséquence des difficultés pour résoudre un problème, exprimer des idées, organiser son travail, ranger...
- Les *troubles de la mémoire de travail* (que l'on définira plus tard) ont un impact sur les acquisitions scolaires. La mémoire de travail est soutenue par la boucle phonologique qui permet de garder en mémoire des informations récentes afin d'agir sur ces dernières. Elle se mesure par l'empan.

6 <http://nf.sante.univ-nantes.fr/Nftam.htm>

- *Les troubles attentionnels* sont de plus en plus observables « sur le terrain », les orthophonistes libéraux ayant de plus en plus souvent affaire à ce type de prise en charge. Bien souvent, ils constituent des troubles associés, tout comme les troubles de la mémoire de travail. Les troubles attentionnels sont difficiles à évaluer et perturbent notamment la plupart des activités de type scolaire: l'enfant se laisse distraire par la moindre stimulation extérieure.

2. Les manifestations verbales concernent surtout le langage oral et le langage écrit.

- Parmi les *troubles du langage oral*, on citera:
 - les troubles d'articulation,
 - les retards de parole et de langage
 - les troubles sévères du développement du langage (dysphasie).
- *Les troubles du langage écrit* sont multiples, la dyslexie et la dysorthographe en sont les plus représentatifs. Les erreurs sont nombreuses et variées et nous retiendrons:
 - les confusions dans la place, la forme et l'orientation des lettres,
 - un balayage visuel de l'écriture perturbé,
 - des cahiers "sales" et une écriture peu lisible,
 - une persistance anormale de fautes banales d'orthographe ou de grammaire...
 - une lenteur excessive,
 - défaut de compréhension.

3. Le champ des compétences logico-mathématiques est également concerné par l'appellation « trouble spécifique de l'apprentissage ».

Il n'est pas rare d'observer des perturbations dans les acquisitions logiques. On entend par perturbation un retard dans l'acquisition des outils logico-mathématiques, un trouble de la compréhension des structures logiques mais également des troubles du raisonnement mathématique.

Quand les difficultés sont importantes, on parle de dyscalculie. Les manifestations sont très variables dans leur nature et leur intensité.

B. Étude sur la comorbidité de la dyscalculie

La comorbidité se définit comme la co-occurrence d'au moins deux troubles différents chez un même individu. Dans le cas de la dyscalculie, nous verrons qu'elle se trouve souvent associée aux troubles du langage oral et écrit. Les atteintes chromosomiques ou les syndromes neurologiques participent également à la comorbidité avec la dyscalculie (nous n'exposerons pas les liens existants avec ces types d'atteintes).

Si l'on se confère au rapport de l'INSERM en 2007 qui résume les résultats des recherches menées sur des populations importantes, les enfants qui sont diagnostiqués avec des troubles du calcul présentent également souvent d'autres troubles.

Michel FAYOL rapporte les données suivantes, lors du colloque national sur les troubles du langage et troubles de l'apprentissage qui s'est tenu à Paris en janvier 2009:

- 50 à 60% des enfants diagnostiqués dyscalculiques ont également des troubles de la lecture,
- 25% présentent aussi des troubles de l'attention,
- D'autres encore ont des troubles visuo-spatiaux,
- D'autres enfin présentent des troubles de la mémoire de travail.

La question qui s'est alors posée est la suivante: la dyscalculie constitue-t-elle un trouble primaire ou secondaire?

Les premières recherches de prévalence ont pu, dans un premier temps, écarter l'idée que les troubles langagiers sont responsables des troubles logico-mathématiques (COHN, 1971). Bien que peu nombreux, il existe une population d'enfants ayant des difficultés dans le domaine des mathématiques et de l'arithmétique avec de bonnes performances toutefois dans le domaine de la lecture.

Les travaux du Docteur Mazeau en 2005 affirment que les troubles du calcul seraient consécutifs à un déficit visuo-spatial qui altère ainsi l'orientation droite-gauche, la disposition des nombres lors de résolutions des opérations d'addition et de soustraction, la notation positionnelle des chiffres arabes...

Pour d'autres (OSTAD en 1998; SHALEV et coll. en 2005), les difficultés en écriture et orthographe sont considérées comme des facteurs persistants de la dyscalculie au cours du développement.

La CIM-10, qui établit une liste de critères diagnostiques pour les troubles de l'apprentissage, affirme qu'en cas de comorbidité avec les troubles de la lecture, ces derniers seront toujours prédominants sur la dyscalculie. Le DSM IV quant à lui permet de faire divers diagnostics.

On retiendra ainsi l'approche du DSM IV quand nous traiterons de la dyscalculie.

De même, en identifiant les relations entre le langage oral et l'épreuve de transcodage, on décrit certaines difficultés: il peut s'agir des expressions traduisant les quantités, où la correspondance entre numéral oral et écrit est bien souvent défaillante. Par exemple, la transcription du numéral oral 711 donnera lieu à des erreurs de type lexical (511) ou syntaxique (70011).

Ce type d'erreurs qu'on ne retrouve plus chez l'adulte persiste chez bien des enfants et la mémoire de travail est alors mise en cause dans la plupart des études neuropsychologiques, notamment celles de GEARY (1993). Selon lui, les troubles de l'apprentissage des mathématiques résulteraient de deux déficits fondamentaux étroitement liés que sont:

- un retard développemental dans l'utilisation des procédures de calcul qui restent immatures.
- une difficulté notoire à stocker en mémoire, maintenir et retrouver les faits arithmétiques.

Cette mémoire défaillante ralentirait entre autre les procédures de comptage et de calcul qui interviennent dans de nombreux domaines des mathématiques (la résolution de problème par exemple).

Le trouble de déficit de l'attention ou d'hyperactivité présente également une comorbidité avec la dyscalculie. Sur 140 dyscalculiques, le diagnostic de THADA a pu être posé pour 36 d'entre eux, ce qui représente environ 26% de la population évaluée (SHALEV et coll, 1998 et 2005). Cette équipe a pu démontrer que les troubles attentionnels constituaient également un facteur persistant de la dyscalculie, avec un déficit attentionnel plus important chez les enfants pour lesquels la dyscalculie perdure depuis plusieurs années.

De ce fait, nous pouvons parler de dyscalculie sans trouble spécifique associé pour uniquement 1 à 3% de la population (LEWIS, 1994).

C. La dyscalculie

a) Définitions

La dyscalculie proprement dite est un trouble durable et significatif du développement du calcul. Le calcul comporte à la fois des aspects tactiques comme la manipulation des chiffres, des symboles et des algorithmes mais également des aspects stratégiques dans le développement logique. On retrouvera cette dualité dans la pathologie.

Selon la définition du dictionnaire d'orthophonie, il s'agit d'un « concept qui fait son apparition dans les années 1970 pour rendre compte à la fois d'un dysfonctionnement dans les domaines de la logique, de la construction des nombres et des opérations sur ces nombres, de difficultés de structuration du raisonnement et de l'utilisation des outils logiques et mathématiques. La dyscalculie concerne des enfants et des adolescents, voire des adultes, qui ne présentent normalement pas de déficit intellectuel mais qui possèdent soit des troubles électifs en mathématiques, soit des troubles scolaires globaux en mathématiques de manière plus marquée, soit encore des troubles du langage liés à une construction des structures de pensée insuffisante. Actuellement, certains auteurs préfèrent parler de « troubles de la structuration du raisonnement logicomathématique », jugeant le terme de dyscalculie trop restrictif. »

Toutefois, il n'existe pas réellement une définition précise de la dyscalculie et les critères diagnostiques ne sont pas unanimement reconnus et acceptés. Certains n'approuvent pas le terme même de dyscalculie et préféreront parler de «dyscalculie de développement », utilisé pour la première fois en 1974 par HOSC et repris entre autre par BADIAN (1983) et GROSS-TUR (2001). D'autres (GEARY et HOARD) parleront plus récemment de « troubles des apprentissages en mathématique. » (2005)

De la difficulté de s'harmoniser sur une appellation commune naît la difficulté d'en donner une théorie unique. Aussi, nous retiendrons préférentiellement d'une part les travaux de KOSC (1974) et d'autre part ceux de TEMPLE (1992), qui nous semblent être les plus conformes à la population dyscalculique des cabinets libéraux:

- Le premier considère la dyscalculie développementale comme un trouble structurel des habilités mathématiques dont l'origine est peut être génétique ou congénitale (et affectant dans ce cas les aires cérébrales qui permettent la maturation des habilités mathématiques), sans trouble associé des fonctions mentales générales.
- Le second évoque « un trouble des compétences numériques et des habilités arithmétiques qui se manifestent chez des enfants d'intelligence normale et sans trouble neurologique acquis.»

De ces deux points de vue, nous noterons comme seul critère d'inclusion une faiblesse des acquisitions numériques et arithmétiques ainsi que l'exclusion de toute déficience intellectuelle et séquelle neurologique.

Une équipe anglaise, le UK Department of Education and Skills, s'est inspiré de ces travaux et les a complétés en précisant que la dyscalculie serait un état empêchant la capacité à acquérir des habilités et compétences en mathématiques. Ainsi, même si certains enfants peuvent donner une réponse juste ou appliquer une méthode correcte, ce serait de manière mécanique et sans confiance en eux-mêmes.

En France, les troubles des apprentissages demeurent dominés par la théorie piagétienne. Si l'on rapporte les recherches de GREGOIRE et MELJAC réalisées en 2001, la dyscalculie se définit comme le résultat d'une mauvaise construction du nombre, du développement des opérations logiques et de leurs combinaisons.

Notons que les études sur la dyscalculie sont récentes et s'inscrivent de plus en plus dans un courant cognitif avec une tendance à « neurologiser » les théories.

Enfin, nous terminerons par un point de vue qui mérite d'être souligné et que Hélène KOPPEL rapporte dans sa synthèse sur les difficultés en mathématiques: la dyscalculie pourrait être une « séquelle » d'une rééducation inachevée d'un retard de langage. En effet, la construction de la langue va amener l'enfant à découvrir les premières cohérences et distinctions fonctionnant sur un mode binaire: petit/grand, blanc/noir, chaud/froid... Le risque semble alors être que l'enfant reste figé dans ce point de vue binaire, en attribuant aux objets un caractère absolu, le privant de tout usage des nuances mais entravant également sa capacité à accéder à la réversibilité et à la relativité des points de vue.

Nous expliquerons la dyscalculie selon deux points de vue: il s'agit du DSM IV et du GEPALM.

La dyscalculie selon le DSM IV (Diagnostic and Statistical Manual of mental disorders)

Une dyscalculie est un trouble pathologique. Sa prévalence à l'état pur est de seulement 1% et il est donc plus approprié de parler de dyscalculie associée à des troubles du langage, des troubles de la mémoire et des troubles praxiques. La prévalence est alors de 10%.

Pour poser le diagnostic de « troubles de l'acquisition des mathématiques », il retient trois critères:

A-Les aptitudes en arithmétique sont évaluées par des tests standardisés individuels et doivent se situer en dessous du niveau attendu, compte tenu de l'âge chronologique du sujet, de son niveau intellectuel et d'un enseignement approprié à l'âge.

B-La perturbation expliquée dans le critère A interfère significativement avec la réussite scolaire ou les activités de la vie courante où les mathématiques sont prépondérantes.

C-Si un déficit sensoriel constitue un trouble associé, les difficultés en mathématiques observées sont plus importantes que celles habituellement présentes dans ce cas.

La dyscalculie selon le GEPALM (Groupe d'Etude sur la Psychopathologie des Activités Logico-Mathématiques)

Francine JAULIN-MANNONI, fondatrice en 1973 du GEPALM, dégage une réflexion sur la dyscalculie basée sur l'étymologie du mot. Le « dys » « calcul » « ique » est un sujet incapable de calculer, en concevant calculer comme le fait d'opérer sur des nombres de manière automatique sans réelle compréhension. C'est en quelque sorte calculer machinalement, comme le fait n'importe quelle calculatrice.

En élargissant le domaine de définition, « calcul » recouvre toute activité nécessitant de traiter les informations de manière réfléchie pour aboutir à un résultat. L'élaboration des structures logico-mathématiques paraissent ainsi primordiales pour la compréhension et l'analyse d'un énoncé de problème.

Désormais, le terme de trouble des structures logico-mathématiques est retenu plutôt que celui de dyscalculie puisque c'est par l'analyse des structures sous-jacentes de la pensée opératoire que la rééducation s'entreprind.

b) Étiologies retenues

Les causes de cette pathologie demeurent encore obscures car les nombreux avis divergent. Toutefois, nous avons relevé celles qui reviennent le plus souvent dans nos lectures.

- Comme nous l'avons traité dans le précédent chapitre, les *troubles du langage* interfèrent dans l'activité mathématique. Cette dernière nécessite des outils langagiers notamment un lexique précis particulier qui sous-tend les divers outils opératoires.
- La *pédagogie*, la *méthode éducative* est souvent mise à mal. Des problèmes d'adaptation, un rythme inapproprié à l'enfant dans l'évolution des apprentissages, un changement de méthode peuvent également être à l'origine de difficultés dans ce domaine.
- Sans parler de déficit mental ou intellectuel qui fait appel à la notion de QI, une *immaturité intellectuelle ou affective* semble pouvoir être la cause d'un retard dans la construction des structures de pensée.
- Le *milieu socio-culturel et économique*, du fait d'un manque de maîtrise verbale handicape également l'enfant dans son apprentissage.
- Des *causes psychologiques ou affectives* semblent avoir une incidence puisque l'activité mathématique est liée au désir de grandir, désir parfois refoulé par peur ou par immaturité.
- Enfin, il ne faut pas oublier les dyscalculies liées à des troubles d'origine neurologique (les dyspraxies de construction), les dyscalculies au sein d'un syndrome (Gerstmann), les troubles attentionnels ainsi que les troubles de la mémoire de travail qui représentent des freins à l'acquisition des mathématiques.

qui peuvent être à l'origine des dyscalculies développementales.

C'est ce que rapporte M.P Noël. La plupart des études réalisées ont sélectionné les populations dite « dyscalculiques » sur des critères très objectifs puisqu'ils reposent sur les performances obtenues lors de tests standardisés. Les enfants retenus comme étant en difficultés avaient alors des scores inférieurs au percentile 20 ou 30.

D'après ces recherches, quatre hypothèses méritent qu'on y accorde notre attention.

- *Le déficit intellectuel*: d'abord retenu, l'équipe de GROSS-TUR en 1996 a permis d'exclure ce critère. En effet, les élèves ayant un retard de deux ans sur l'épreuve mathématique alors utilisée avaient un QI Performance en moyenne de 102,4 et un QI Verbal de 94,8.
- *La mémoire de travail*: cette mémoire immédiate possède un rôle bien établi dans l'apprentissage du traitement numérique. Les capacités mnésiques des sujets sont notamment mises à l'épreuve pour la résolution d'une opération. Bien que les capacités de la boucle phonologique soient inférieures chez les enfants ayant des difficultés d'apprentissage des mathématiques, il en est de même chez les enfants dyslexiques qui eux ont un trouble de conscience phonologique. On ne peut donc pas attribuer à la dyscalculie l'exclusivité de cette défaillance de la boucle, du fait du problème de comorbidité avec la dyslexie. De même, l'analyse des capacités du calepin visuo-spatial ne montre pas non plus de liens significatifs entre difficultés d'apprentissage des mathématiques et trouble visuo-spatial.

Cependant, les défaillances de l'administrateur central peuvent expliquer les déficits d'apprentissage puisqu'il intervient dans le traitement numérique mais aussi dans la résolution des opérations arithmétiques.

En effet, la résolution d'un problème de calcul passe par la récupération dans la mémoire à long terme d'un fait arithmétique, c'est-à-dire une réponse déjà élaborée. Résoudre, c'est associer dans la mémoire à long terme la représentation d'un problème et sa solution correspondante. Or, c'est ce fait arithmétique qui fait défaut chez l'enfant et pour comprendre pourquoi, il convient d'expliquer comment se crée ce fait.

La constitution d'un fait arithmétique ne peut avoir lieu que si les représentations des termes du problème et de la réponse sont activés en même temps dans la mémoire de travail. Une défaillance de la mémoire de travail produit donc chez l'enfant un effacement plus rapide de la trace du problème qui ne peut ainsi plus être traité.

Rajoutons également que chez ces enfants, les stratégies de résolution des calculs sont immatures et le comptage moins efficient (comptage du tout sur les doigts par exemple).

- *Une faiblesse des gnosies digitales*: les doigts ont un rôle très important dans le développement du dénombrement (coordination geste de pointage/ comptine numérique), puisqu'ils servent à montrer le cardinal d'une collection mais également permettent la résolution d'addition et soustraction pour les enfants en cours d'apprentissage. C'est ce que l'on rencontre dans le syndrome de Gertsman où l'on parle d'acalculie associant une agnosie digitale, une confusion droite/gauche et une dysgraphie.

Marie-Pierre NOEL a montré que les capacités de gnosies digitales des enfants en début de cours préparatoire corrélaient significativement avec les performances arithmétiques et numériques lors du CE1.

- *Un problème dans la représentation sémantique du nombre*: les enfants « dyscalculiques »

sont plus lents que les enfants tout-venants dans des tâches de sélection du chiffre exprimant la plus grande quantité mais pas lorsque l'on traite directement la représentation de la collection. Il s'agit plus d'une difficulté au niveau de l'accès à la représentation sémantique du nombre à partir d'un code symbolique et arbitraire qu'à une difficulté au niveau-même de la représentation.

On peut donc définir la dyscalculie comme une difficulté dans l'acquisition des structures logicomathématiques concernant:

- l'assimilation des concepts fondamentaux,
- l'acquisition correcte de la numération,
- la résolution des opérations,
- la résolution des problèmes et leur mise en forme.

Nous retiendrons la définition datant de 1997 de BRIN et coll., définition qui conçoit la dyscalculie dans son sens large: « dysfonctionnement dans les domaines de la logique, de la construction des nombres et des opérations sur ces nombres, et difficultés de structuration du raisonnement et de l'utilisation des outils logiques et mathématiques ».

On parle de dyscalculie développementale puisqu'elle apparaît au cours du développement de l'enfant. Certains enfants arrivent à la dissimuler en développant des stratégies de contournement, par exemple en apprenant par cœur la table de multiplication sans en comprendre le sens. D'autres se contentent d'admettre sans sourciller, avec leurs parents et leur instituteur, qu'ils sont tout simplement « nuls en maths », sans chercher à comprendre pourquoi. Ce sont des enfants qui, à cause des stratégies de compensation qu'ils ont eux-mêmes élaborées, seront sûrement en grande difficulté dès l'arrivée au collège, qui est une étape-clé puisqu'à cet âge, toutes les structures logiques sont supposées acquises .

Ainsi, en se référant aux travaux de Michèle MAZEAU, nous pouvons distinguer 3 types de dyscalculie développementale:

- La *dyscalculie raisonnementale*, qui touche les sphères du développement de la logique au sens piagétien du terme: il s'agit d'un trouble dans l'acquisition des opérations de catégorisations, classifications et sériations.
- La *dyscalculie linguistique*, qui affecte la numération en tant qu'utilisation des mots-nombres oraux et/ou écrits (des erreurs systématiques dans la chaîne numérale orale, des erreurs de transcodage...).
- La *dyscalculie spatiale* qui concerne, quant à elle, la perception de collections ou de grandeurs, la pose et la résolution des opérations numériques.

autre classification des diverses dyscalculies:

- La *dyscalculie des faits arithmétiques*: les calculs simples donnent lieu à des taux d'erreurs élevés et des temps de réponses rallongés.
- La *dyscalculie procédurale*: elle rend compte de difficultés dans la maîtrise des algorithmes, notamment quand il s'agit de la résolution d'opérations écrites en colonne.
- L' *alexie-agraphie des nombres*: comme son nom l'indique, ce type de dyscalculie est caractérisé par des difficultés en lecture et écriture des nombres.
- La *dyscalculie visuo-spatiale*: elle fait référence au trouble des relations spatiales (problème dans l'alignement des nombres, dans la position des chiffres dans un nombre...) mais concernent également les erreurs de transcodage, les difficultés dans la résolution de calculs écrits en colonne et les épreuves de géométrie.

Devant la multiplicité des classifications possibles que l'on trouve dans la littérature, il nous paraît plus judicieux de généraliser le terme de dyscalculie ou de le supplanter au profit de difficultés logicomathématiques ou difficultés d'apprentissage des mathématiques.

D. Les troubles associés à la dyscalculie

a) La dyslexie

D'après la définition du dictionnaire d'orthophonie qui opte pour les critères du DSM IV, il s'agit des « *troubles spécifiques persistants de l'apprentissage de la lecture se manifestant chez des enfants d'efficiences intellectuelle normale, sans problèmes sensoriels primaires, visuels ou auditifs, sans troubles psychiques graves, ayant toujours été scolarisés, et issus de milieux socioculturels normalement stimulants. Les enfants dyslexiques recouvrent une population hétérogène, au sein de laquelle peuvent être décrits différents sous-groupes de dyslexie développementale, parmi lesquels certains auteurs distinguent deux formes différenciées et communes: la dyslexie phonologique et la dyslexie de surface.* »

La dyslexie a donné lieu à d'innombrables recherches et études.

La définition de la dyslexie selon la Fédération Mondiale de Neurologie parle d'un trouble qui se manifeste par une difficulté dans l'apprentissage de la lecture en dépit d'un apprentissage normal, d'une intelligence appropriée (et de bonnes conditions socio-culturelles).

De manière générale, la dyslexie se définit comme un trouble de l'identification des mots écrits. Les études récentes tendent à rendre responsables les mécanismes neurobiologiques et cognitifs alors perturbés.

Ainsi, en 2003, l'équipe de LYON considère la dyslexie comme un trouble spécifique de l'apprentissage dont les origines sont neurobiologiques, caractérisé par des difficultés dans la reconnaissance exacte ou fluente des mots ainsi que par des difficultés dans l'orthographe des mots et de leur décodage qui se trouve limité. Un déficit dans la composante phonologique du langage est alors majoritairement reconnu comme la cause de ces difficultés.

Les hypothèses étiologiques sont donc nombreuses. On retrouvera dans les ouvrages d'Anne VAN HOUT (1998) ou encore de Michel HABIB en 1997 les troubles suivants:

- Des *troubles instrumentaux*, parmi lesquels:
 - ✗ des troubles visuo-spatiaux: comme l'affirme Ronald D Davis dans son ouvrage « Le don de dyslexie », les enfants dyslexiques auraient des capacités supérieures de stratégies visuo-spatiales. Cependant, les difficultés seraient repérables dès lors que ces enfants ont à verbaliser. Les tâches de reconnaissance des lettres et des mots ont montré une infériorité chez les enfants dyslexiques dès que la prononciation des items était demandée. Il s'agit donc plutôt d'un déficit de codage phonologique du matériel écrit.
 - ✗ des troubles dans l'ordre temporel: les dyslexiques obtiennent des scores inférieurs dans les épreuves de rétention et de succession à rétablir dès lors que cette activité fait appel à une médiation verbale.
- Des *troubles linguistiques*:
 - ✗ au niveau de la syntaxe, l'intégration des règles de la grammaire est laborieuse.
 - ✗ au niveau du réseau sémantique, des difficultés d'exploration du lexique sont à noter.

Également:

- Des *troubles méta-phonologiques*
- des *troubles métalinguistiques*
- des *troubles neurologiques*

D'après le modèle de MARSHALL et NEWCOMBE, trois voies de lecture sont reconnues, la pathologie se définissant selon la voie de lecture empruntée. On distingue par conséquent trois types de dyslexie.

La dyslexie phonologique ou dyslexie profonde

C'est de loin la plus fréquente. Elle résulte d'une atteinte de la voie d'assemblage phonologique alors que la voie d'adressage, permettant une reconnaissance des mots est intacte. Cette dernière voie va alors être préférentiellement utilisée.

Cette dyslexie se caractérise par un trouble sélectif de la lecture des pseudo-mots, puisque leur lecture nécessite un décodage graphème-phonème, alors que la lecture des mots réguliers et irréguliers est relativement préservée (sauf pour les mots rares). Cette forme de dyslexie peut compromettre sérieusement l'apprentissage de l'enfant où tous les mots de la langue sont pour lui nouveaux. Elle s'accompagne très souvent d'un trouble similaire en production écrite: la dysorthographe phonologique.

La dyslexie de surface

Ce qui fait défaut et qui entraîne ainsi ce type de dyslexie, c'est la procédure d'adressage, la procédure d'assemblage qui permet le traitement phonologique n'étant pas perturbée. Ainsi, les enfants dyslexiques sont capables de lire des pseudo-mots mais sont dans l'incapacité totale de déchiffrer des mots irréguliers (erreurs de régularisation), sont en grande difficulté face à des mots homophones présentés sous leur forme écrite pour en donner le sens. La reconnaissance globale des mots est perturbée rendant la lecture plus lente. Les productions écrites sont caractérisées par le fait que les mots s'écrivent comme ils se prononcent, rendant ainsi l'écriture des mots irréguliers et complexes perturbée. Ce sont des enfants qui n'ont pas ou peu de « stock orthographique ».

On parle de *dyslexie mixte* quand les deux voies sont perturbées. On observera donc des troubles phonologiques ainsi que des erreurs d'analyse visuelle des mots dans la procédure lexicale. Le déficit visuel empêche l'enfant de se constituer un lexique orthographique, qui utilisera ainsi la

voie d'assemblage, rendue inefficace du fait des troubles phonologiques.

L'hyperlexie

La dernière voie que ce modèle théorique expose se nomme la voie directe: elle permet une lecture globale et rapide par correspondance graphème/phonème, sans pour autant avoir accès au sens. Il n'y a aucune dimension lexico-sémantique alors que l'oral est d'une très bonne qualité. Les rares lecteurs qui utilisent cette voie sont des « hyper-lexiques », et appartiennent souvent au champ de la psychose.

b) Le retard de langage et la dysphasie

Le retard de langage touche la structure du langage dans sa complexité syntaxique. C'est la fonction linguistique elle-même qui est touchée sur le versant de la réalisation mais aussi sur le versant compréhension.

Il s'agit d'une pathologie du langage oral dont le développement ne correspond pas aux normes connues quand on se réfère aux âges ordinaires des acquisitions des structures. On accordera par exemple de l'importance à l'apparition des premiers mots qui se trouve alors retardée (habituellement entre 11 et 14 mois) et dont les raisons restent variées: carences affectives, bain de langage pauvre, absence de reconnaissance de l'enfant comme interlocuteur, environnement socio-culturel défavorable, manque ou absence du désir de communiquer, difficultés à concevoir l'assemblage des sons du langage comme ayant du sens...

La plupart des retards de langage sont détectables vers deux ans ou deux ans et demi. Les premiers signes observables concernent l'aspect formel du langage, c'est-à-dire:

- l'absence de langage,
- l'absence de mots-phrases,
- un agrammatisme marqué par l'utilisation de verbes à l'infinitif,
- un stock lexical réduit,
- des perturbations dans la chaîne syntaxique...

Vers 4 ans, les fondements du langage sont habituellement constitués: le stock lexical est développé, le langage se structure. Cependant, tous les enfants n'ont pas la même progression dans l'appropriation du langage oral. Il faut distinguer d'une part le *retard simple du langage* lorsqu'il s'agit d'une apparition retardée et d'autre part la *dysphasie* et l'*audimutité* où l'organisation-même du langage est perturbée et le discours déstructuré.

On parle également de *déficit phonologico-syntaxique*. Les troubles observés sont très variables d'un enfant à l'autre. De manière générale, on constate un retard systématique dans l'apparition de l'expression verbale. Le critère le plus souvent retenu est la taille réduite du vocabulaire en expression. On repère habituellement:

- des constructions grammaticales défectueuses,
- une simplification des structures syntaxiques,
- des erreurs d'utilisation des notions catégorielles (emplois inappropriés de pronoms personnels, verbes non conjugués, absence de monèmes fonctionnels, absence des mots-outils tels que les adverbes et les prépositions, etc...).

Cependant, un retard simple de langage est transitoire, et les retentissements sur le langage écrit sont rares.

Mais parfois, quand le retard de langage est plus sévère, les altérations peuvent connaître une forme plus grave: l'expression verbale est telle qu'elle s'apparente à un véritable jargon que seule la mère est en mesure de comprendre. Si une rééducation orthophonique n'est pas engagée aussi tôt que possible, le retard de langage va perturber immanquablement les acquisitions scolaires (lecture, écriture, orthographe, structures logicomathématiques) ainsi que l'élaboration de la pensée-langage. Notons aussi que les retards de langage sont fréquemment associés à des *troubles d'articulation* et un *retard de parole* (appelé aussi *troubles de la programmation phonologique*).

Les troubles sévères du développement du langage ou dysphasie

Contrairement au retard "simple" de langage qui, malgré des altérations dans la structuration linguistique et en dépit de son apparition retardée, implique un développement ultérieur normalisé, la dysphasie désigne une perturbation profonde de l'organisation de la pensée-langage. Il s'agit d'un trouble développemental grave se manifestant par une structure déviante, lente et dysharmonique de la parole et du langage oral sur les versants expressif et/ou compréhensif, ainsi que par des altérations durables dans l'organisation linguistique à différents niveaux: phonologique, lexical, syntaxique, morphosyntaxique, sémantique et pragmatique.

Le langage des dysphasiques est ainsi caractérisé par les perturbations suivantes:

- troubles de la motricité bucco-linguale,
- troubles de la perception auditivo-verbale, en dehors de tout déficit auditif,
- troubles de la compréhension verbale,
- troubles de la réalisation du langage (vocabulaire limité, syntaxe pauvre), pouvant aller jusqu'à l'utilisation exclusive du mot-phrase.

Dans l'étude des dysphasies, il faut citer la classification de GERARD (1990) fondée sur le modèle de CROSSON dont l'objectif n'est pas de poser un diagnostic « *mais propose une procédure sémiologique guidée par la volonté de traiter des déficits structurés* ». Cette classification reste la plus adaptée à notre pratique orthophonique et distingue:

56

- le syndrome phonologique syntaxique
- le trouble de production phonologique
- la dysphasie kinesthésique afférente

- la dyspraxie verbale
- la dysphasie réceptive
- la dysphasie mnésique ou lexicale syntaxique
- la dysphasie sémantique pragmatique

Le diagnostic de dysphasie se fait par exclusion: elle survient chez un enfant qui ne souffre pas de surdité, dont les organes bucco-phonatoires sont normaux et le niveau intellectuel correct, sans trouble de la personnalité. De plus, pour affirmer un diagnostic positif de dysphasie, il faut l'association d'au moins trois de ces six marqueurs de déviance:

- l'hypospontanéité
- le trouble d'évocation lexicale
- le trouble d'encodage syntaxique
- le trouble d'informativité verbale
- une dissociation automatico-verbale
- le trouble de compréhension verbale

Précisons également que les formes sévères des dysphasies sont difficiles à distinguer de l'audimutité.

L'audimutité

Parmi les troubles de la structuration et de l'organisation du langage, l'audimutité en est la forme la plus sévère et la plus rebelle à toutes les thérapeutiques. Alors qu'aucun déficit intellectuel ou auditif n'est en cause, les enfants atteints d'audimutité n'acquièrent pas spontanément le langage.

c) Les troubles attentionnels et exécutifs

Les fonctions attentionnelles et exécutives sont des fonctions cérébrales dite de haut-niveau qui infiltrent et commandent toutes les fonctions cognitives permettant l'accès à la connaissance et aux apprentissages. Un trouble de ces fonctions suggère donc des troubles spécifiques de l'apprentissage: sans attention, il n'y a pas d'apprentissage possible. En effet, les liens entre attention et mémoire sont directs.

L'attention dépend de l'état du sujet (fatigue, maladie, humeur) et de sa motivation. Elle consiste en effet à focaliser son esprit sur une tâche quelle qu'elle soit, à sélectionner les stimuli pertinents et inhiber les autres et à lutter contre tous les distracteurs venant de l'environnement ou du sujet lui-même. La capacité attentionnelle possède toutefois une limite qui varie selon les individus.

L'attention peut-être soit *focalisée*, soit *divisée*, et est plus au moins coûteuse sur le plan cognitif.

L'enfant scolarisé victime de déficit attentionnel est en difficulté dans tous les secteurs des apprentissages. Les difficultés exécutives retentissent sur la possibilité d'élaborer des stratégies (impossibilité de planification, de mise en route par exemple), mais également sur les capacités mnésiques (mémoire immédiate, mémoire à court terme, mémoire de travail et mémoire à long terme).

L'expression clinique des déficits attentionnels fait état:

- d'une incapacité à écouter une consigne en entier,
- d'un parasitage par n'importe quel stimulus distracteur,
- des persévérations verbales, de raisonnement, de gestes...,
- d'une difficulté de terminer une tâche et, paradoxalement, de s'adapter à une nouvelle,
- d'une impulsivité.

L'enfant est victime de ses troubles qu'il ne peut maîtriser et pour le soulager, il faut pouvoir canaliser son attention.

Il faut donc tenir compte du déficit attentionnel dans la rééducation orthophonique, c'est-à-dire pouvoir travailler l'attention au cours de la prise en charge des « dys » comme la dyslexie ou la dyscalculie. Il ne s'agit pas de mettre en place une prise en charge uniquement portée sur le trouble de l'attention mais d'intégrer cette difficulté au sein de notre travail avec l'enfant.

d) Les troubles de la mémoire de travail

La mémoire de travail d'après les travaux du psychologue BADDELEY est la fonction complexe qui intègre les informations visuelles et auditives, dirige l'attention et coordonne les processus cognitifs. Elle permet, entre autre, de retenir et manipuler des informations pendant une courte période de temps. Elle sous-tend le raisonnement complexe. Elle est nécessaire au bon fonctionnement des "fonctions exécutives" qui concernent l'anticipation, la planification et l'organisation d'une démarche vers un but.

En 1974, BADDELEY et HITCH proposent un modèle théorique de la mémoire de travail. Elle est la combinaison:

- d'un exécutif central (réception de l'information, gestion et stockage),
- d'un calepin visuo-spatial qui permet le maintien de l'information,
- d'une boucle phonologique qui assure le stockage à court-terme et la récapitulation de l'information selon un mode sub-vocal.

Les déficits de la mémoire de travail affectent les capacités d'un sujet à fixer son attention, à contrôler son impulsivité et à résoudre des problèmes. Par exemple, quelqu'un qui a un déficit de la mémoire de travail peut souvent perdre le fil lorsqu'il lit, ou oublier ce qu'il était venu chercher dans une pièce une fois qu'il s'y trouve. Les troubles de la mémoire de travail se retrouvent souvent en comorbidité avec les déficits attentionnels, et touchent aussi des sujets ayant des troubles des apprentissages.

Compte tenu de la comorbidité avec la dyscalculie comme nous l'avons vu précédemment, il convient d'analyser en quoi ce lien existe entre mémoire de travail et difficultés en mathématiques et arithmétiques.

En effet, l'exécutif central coordonne les activités impliquées dans le comptage et la

résolution des problèmes arithmétiques verbaux. Quant à la boucle phonologique, elle soutient directement le processus de comptage.

Il apparaît ainsi qu'un trouble de la mémoire de travail affecte préférentiellement le domaine du nombre et de son utilisation.

PARTIE

PRATIQUE

PRESENTATION

I. PRESENTATION GLOBALE

A. La démarche expérimentale

Notre démarche expérimentale a comme point de départ une réflexion sur le vocabulaire mathématique présent dans les manuels scolaires. Nous nous sommes demandées s'il était possible d'établir une classification des termes les plus fréquents en fonction de ce qu'ils apportent comme indice pour la résolution d'un problème mathématique. Est-ce que le sens logicomathématique des termes présents dans les énoncés et consignes est bien appréhendé chez les enfants scolarisés? Est-il source de confusion?

Au cours de nos recherches, nous avons trouvé une étude menée à l'école de Besançon dans le cadre d'un mémoire de fin d'études. Il s'agit du mémoire réalisé en 2005 et intitulé «Compréhension des consignes et traduction des données dans une situation-problème», réalisé par Marine Fer et Alain Ménessier.

L'hypothèse était la suivante:

« Certains termes spécifiques proposés dans les énoncés de mathématiques engendrent une mauvaise compréhension chez les enfants. »

Pour valider ou non cette hypothèse, ils se sont proposés de répondre à certaines questions:

- Les termes spécifiques employés en situation-problème sont-ils compris par tous les enfants?
- Ces termes spécifiques sont-ils un obstacle à la représentation sémantique de la situation-problème?

Afin de vérifier cette hypothèse, ils ont eu besoin d'un outil permettant de tester la compréhension de ces termes spécifiques utilisés dans les énoncés et les consignes mathématiques.

Or, ils se sont rendus compte qu'actuellement, aucun test ne permettait de tester cette compréhension. C'est, par conséquent, la raison pour laquelle ils ont eu l'idée de construire un test à partir des manuels de mathématiques du cours préparatoire. Pour cela, ils ont choisi des termes présentés dans les livres de mathématique afin de constituer un vocabulaire dit de « base ». La population étudiée rassemblait des enfants tout-venants scolarisés du CE1 jusqu'au CM2, à raison d'une centaine d'enfants par catégorie scolaire. Ainsi, les termes choisis devaient être logiquement compris en CE1.

D'après les résultats obtenus, le test montrait une certaine sensibilité dans les classes de CE1 et CE2. Le test saturait alors très vite dès le CM1. Marine Fer suggérait alors de tester la sensibilité du test d'un point de vue de la pathologie.

Nous nous posons la question suivante:

« Certains enfants ayant des difficultés logicomathématiques échouent-ils plus que les enfants tout-venants de la même classe? »

C'est alors que s'inscrit notre propre démarche expérimentale. Nous avons voulu vérifier la compréhension de cette « base » sémantique mathématique chez des enfants ayant des difficultés logicomathématiques.

Nous posons l'hypothèse suivante:

« La compréhension du vocabulaire mathématique de base chez des enfants ayant des difficultés logicomathématiques est plus déficitaire que chez les enfants tout-venants ».

En effet, s'il apparaît que certains items sont peu ou pas compris chez des enfants tout-venants, nous pouvons supposer que les mêmes difficultés se retrouveront chez les enfants « dyscalculiques ». Nous vérifierons cette supposition. Nous aimerions également répondre aux questions suivantes afin de valider ou non notre hypothèse:

- Existe-t-il d'autres items discriminants pour lesquels la compréhension est déficitaire dans notre population?
- L'ordre d'acquisition de la compréhension des différents termes est-il le même chez les enfants ayant des difficultés logicomathématiques et les enfants tout-venants?

Nous ferons ainsi toute une analyse de nos résultats en parallèle avec ceux trouvés par Marine Fer dans sa population d'enfants tout-venants, population que nous appellerons par la suite population « témoin », ou groupe témoin.

Il nous a également semblé intéressant de faire une étude détaillée des résultats obtenus par deux enfants pour lesquels un bilan logicomathématique complet a été réalisé. Nous souhaiterons comparer les troubles mis en évidence dans le bilan et voir si ces troubles apparaissent dans les réponses données aux items de notre protocole.

Nous allons maintenant présenter le protocole utilisé et détailler la constitution de l'échantillon.

B. Population étudiée

a) Choix de la population

Nous avons dans un premier temps voulu évaluer cette compréhension du vocabulaire mathématique chez des enfants ayant des difficultés dans le domaine des logicomathématiques et scolarisés du CE1 au CM2 . En effet, si les résultats saturaient très vite dès le CE2 chez les enfants tout-venants, nous voulions voir s'il en était de même pour les enfants dyscalculiques des classes de CM1 et CM2.

Or, devant la difficulté à rassembler une population homogène en terme d'effectif numérique par tranche scolaire et en raison des divers troubles associés rencontrés, nous avons décidé de restreindre notre population.

Ainsi, notre population a été sélectionnée selon plusieurs critères:

- Enfants scolarisés en CE1 ou en CE2.
- Enfants diagnostiqués « dyscalculiques ».

- Enfants suivant actuellement une rééducation orthophonique pour troubles logicomathématiques.

Voici quelques précisions.

Nous avons exclu les déficiences intellectuelles de notre étude car nous savons que la dyscalculie se définit en l'absence de tout retard mental.

Nous n'avons pas sélectionné le critère âge car nous comparons notre population à un étalonnage qui permet une confrontation par niveau scolaire et non par tranche d'âge de 6 mois en 6 mois. Il aurait été intéressant cependant d'observer les résultats en fonction de l'âge. C'est ce que nous ferons dans les études de cas.

Nous avons fait en sorte que le niveau de langage oral et écrit chez ces enfants ne soit pas un critère qui biaise notre étude. Nous avons demandé aux orthophonistes de chaque enfant le bilan initial de prise en charge. Si pour certains, les difficultés logicomathématiques se retrouvaient de manière isolée, d'autres enfants avaient également quelques troubles du langage oral et écrit. C'est ce que nous avons précédemment traité dans le chapitre sur la comorbidité de la dyscalculie. Nous avons donc sélectionné les enfants pour lesquels la prise en charge des difficultés logicomathématiques prime sur la rééducation du langage oral et/ou écrit.

Nous ne tiendrons donc pas compte des troubles associés à la dyscalculie dans l'analyse de nos résultats globaux mais uniquement dans l'analyse plus approfondie de deux enfants. En effet, rappelons que les phrases, que nous lisons à l'oral -éliminant ainsi la contrainte et l'angoisse générées par une situation de lecture, ne sont pas difficiles à comprendre sur le plan de la syntaxe et du vocabulaire supposé connu.

b) Constitution de l'échantillon

Notre échantillon se compose de 20 enfants, scolarisés au CE1 ou au CE2, âgés de 7 ans 1 mois à 9 ans 8 mois (au moment des passations) répartis ainsi:

- 8 enfants scolarisés en CE1, parmi lesquels 5 garçons et 3 filles.
- 12 enfants scolarisés en CE2, parmi lesquels 4 garçons et 8 filles.

Les passations se sont déroulées entre janvier et février 2010.

C. Présentation de l'outil

a) Le choix des mots

Les mots choisis sont issus des quatre livres de mathématiques de CP les plus utilisés. Il s'agit de:

- *J'apprends les maths avec Picbille*, de R. Brissiaud (2001)
- *Millemaths*, de J. Brégeon, C. Debout, L. Dossat et A. Myx (2001)
- *Cap Maths*, de R. Charnay, M. Dussuc et P. Madier (2000)
- *Place aux maths !*, de R. Bosc et J. Hélayel (2000)

Pour sélectionner les mots parmi tous les termes recensés, plusieurs critères ont été définis à partir d'observations diverses.

- Après avoir calculé les fréquences d'occurrences de chaque terme, certains d'entre eux comme addition, ajouter, assez, aucun, chacune, certains, classer, comparer, partager... ne sont quasiment jamais utilisés dans les manuels de CP mais le sont davantage dès le CE1. Ainsi, il pourrait être intéressant par la suite d'ouvrir ce test aux termes présents dans les autres manuels.
- D'un livre à l'autre, il existe une grande disparité dans la fréquence d'un même mot. Selon l'ouvrage utilisé, l'enfant pourra ainsi être gêné dans sa compréhension.
- Le contexte de ces occurrences a montré que certains mots sont utilisés dans le même contexte. Parmi ceux moins utilisés, ils apparaissent dans des contextes variés. Certains mots sont toujours employés dans le même sens, d'autres avec différents sens au sein du même ouvrage.
- Enfin, certains apparaissent très tard dans le manuel et de manière concentrée. Ceci semble lié à la progression du programme scolaire sur l'année.

En tenant compte de ces observations, les critères retenus sont les suivants:

- La présence d'un terme dans au moins 3 des 4 ouvrages.
- La fréquence d'apparition de ces termes: ont été retenus les mots présents plus de 100 fois, puis les mots apparaissant entre 100 et 50 fois et enfin ceux apparaissant entre 50 et 30 fois.
- D'autres mots présents dans le protocole ne répondent pas à ces critères mais ont été retenus car leur compréhension méritait d'être étudiée (« commencer », « autant », « colonne », « ranger », « manquer »).

De cette manière, 33 termes ont été sélectionnés, constituant ainsi une « base » de la compréhension des énoncés et consignes mathématiques. Le tableau 1 les présente avec leur fréquence.

MOTS	LIVRES				TOTAL
	J'APPRENDS LES MATHS	MILLE MATHS	CAP MATHS	PLACE AUX MATHS	

MOTS AVEC PLUS DE 100 OCCURENCES					
compléter	108	153	79	119	459
nombre	45	91	111	117	364
plus	35	60	66	69	230
combien	39	32	51	61	183
calculer	90	41	3	19	153
chaque	17	26	53	44	140
égalité	60	0	46	21	127
dizaine	33	47	0	35	115
unité	24	39	25	24	112
tous	36	7	28	38	109
MOTS AVEC 50 à 100 OCCURENCES					
mesurer	29	29	23	11	92
même	6	21	35	20	82
comme	48	3	13	4	68
compter	34	20	1	9	64
barrer	24	2	21	16	63
tracer	6	22	20	12	60
relier	8	16	15	18	57
pièce	12	30	6	6	54
MOTS AVEC 30 à 50 OCCURENCES					
chiffre	3	17	12	13	45
ligne	0	19	10	15	44
autre	18	6	13	6	43
juste	0	4	12	22	38
moins	10	6	6	12	34
double	11	19	0	3	33
après	9	2	1	19	31
continuer	8	10	3	10	31
entre	8	6	6	11	31
somme	12	2	11	6	31
AUTRES MOTS INTERESSANTS					
manquer	0	7	6	13	26
commencer	7	3	9	4	23
autant	2	2	6	9	19
ranger	3	3	2	10	18
colonne	7	2	2	1	12

Tableau 1: Mots choisis et leur fréquence

b) Construction du test

La forme du protocole conçu par Marine Fer et Alain Ménéssier est similaire à la forme générale des tests de compréhension qui existent en orthophonie: à partir d'un item donné, il faut

choisir la bonne image parmi plusieurs. Ainsi, pour chacun des 33 items retenus, une phrase fut construite. Pour chacune des phrases, quatre images ont ensuite été imaginées.

- Concernant les choix de réponses:

En ce qui concerne la réponse juste:

La phrase illustrant l'item s'appuie sur le contexte d'occurrences du mot présent dans les manuels scolaires: « nous avons cherché dans ces occurrences quel sens était le plus utilisé et sous quelle forme ces termes apparaissaient le plus fréquemment. Nous nous sommes inspirée de la réalité des livres » (Marine Fer, 2005). Les phrases sont courtes, d'une complexité syntaxique faible, avec un vocabulaire simple supposé connu des enfants, afin de limiter les difficultés en dehors du mot testé.

En ce qui concerne les choix possibles:

L'objectif était de présenter parmi les trois autres images distrayantes:

- une réponse absurde
- deux réponses proches, soit sur le plan sémantique, soit sur le plan phonologique.

Toutefois, cela n'a pas été possible pour tous les items présentés. Ils ont donc cherché de manière intuitive ce qui pouvait poser problème aux enfants, les confusions possibles.

Des pré-tests ont été réalisés, ce qui leur a permis de rectifier certains items. Les réflexions des enfants ainsi que des personnes auxquelles le test fut proposé ont enrichi cette démarche intuitive, de manière à obtenir un test le plus concret possible.

- Concernant les dessins et l'organisation de la page:

En ce qui concerne les éléments mathématiques:

Quand ils ont eu besoin de représenter des quantités, ils se sont limités à 2 ou 3 objets afin de ne pas augmenter la difficulté. L'unité posant souvent problème, le but n'était pas de biaiser une tâche en la rendant plus compliquée.

Au cours du test, l'enfant a besoin à deux reprises de calculer. Là encore, des calculs simples supposés automatisés ont été proposés.

Le symbolisme mathématique (=, +, ...) est lui aussi supposé facilement identifiable par l'enfant.

En ce qui concerne la présentation:

Les dessins sont très stylisés car ils ont été réalisés avec un logiciel informatique. Cependant, l'enfant, à travers les pré-tests, décelait le sens de ce type de dessins.

La place des images a été déterminée de manière aléatoire, à partir d'un programme générateur de nombre. L'ordre des items à quant à lui était choisi afin que deux items testant les mêmes notions ne se suivent pas.

Pour chaque item, voici les réponses induites dans les images distractives. La réponse absurde est notée **ABS**, la réponse juste est notée **J**. Le protocole illustré se trouve en annexe. Pour faciliter le dépouillement, nous avons attribué les lettres A, B, C, D aux images de chaque item.

P1: La ligne est en noir			
La case est en noir.	A	J	B
ABS Le tableau est tout blanc.	C	La colonne est en noire.	D

P2: Il y a autant de fleurs que de maison			
Il y a plus de fleurs que de maisons.	A	ABS Il n'y a que des fleurs.	B
Il y a moins de fleurs que de maisons.	C	J	D

P3: Il calcule			
ABS Il écrit des lettres.	A	Il compte. Il écrit des nombres.	B
Il compte.	C	J	D

P4: Combien y-a-t-il de billes?			
ABS Il y a une maison, des fleurs, un arbre, un garçon.	A	Question sur la couleur	B
J	C	Question sur la forme	D

P5: Il mesure le crayon			
J	A	Il écrit avec un crayon.	B
Il y a une règle.	C	ABS Il y a un crayon.	D

P6: Barre la maison			
Entoure la maison.	A	ABS Il y a une maison.	B
Il y a des barres.	C	J	D

P7: C'est le double de 4			
C'est 4.	A	C'est la moitié de 4.	B
ABS C'est 15.	C	J	D

P8: Chaque enfant a trois billes.			
Un enfant a trois billes et l'autre zéro.	A	Un enfant a trois billes et l'autre deux.	B
J	C	ABS Aucun enfant n'a de billes.	D

P9: Il manque un ballon.			
J	A	Il y a un ballon en trop. Il reste un ballon.	B
ABS Il manque les enfants. Il n'y a que des ballons.	C	Il y a assez de ballons.	D

P10: Il y a 2 dizaines.			
ABS 36	A	douze/douzaine	B
deux	C	J	D

P11: Relie la maison à la fleur.			
Relier la maison à la voiture.	A	Entoure la maison et la fleur.	B
J	C	Lire/Livre/Relis	D

P12: C'est une somme.			
Signe +	A	J	B
Signe =	C	Soustraction/Différence	D

P13: La fille a le plus de billes			
J	A	ABS Le garçon a beaucoup de billes.	B
Ils ont autant de billes.	C	La fille a le moins de billes./Le garçon a le plus de billes.	D

P14: Tous les garçons ont un chapeau.			
Toutes les filles ont un chapeau.	A	Quelques garçons ont un chapeau.	B

ABS Aucune garçon n'a de chapeau.	C	J	D
--	---	---	---

P15: La colonne est en noir.			
La ligne est en noir.	A	ABS Le tableau est en blanc.	B
La case est en noir.	C	J	D

P16: K est juste avant L.			
ABS (BCFT)	A	L est après K.	B
K est juste après L.	C	J	D

P17: Il commence.			
ABS Il ne fait rien.	A	J	B
Il continue.	C	Il termine.	D

P18: La maison est entre les arbres.			
La maison entre dans l'arbre.	A	ABS Il y a des arbres.	B
L'arbre est entre les maisons.	C	J	D

P19: C'est un chiffre.			
J	A	ABS C'est une lettre.	B
C'est un nombre.	C	C'est le signe +.	D

P20: Les enfants sont rangés du plus grand au plus petit.			
ABS Les enfants ne sont pas rangés.	A	J	B
ABS Il y a un enfant.	C	Les enfants sont rangés du plus petit au plus grand.	D

P21: Il fait la même fleur.			
J	A	Il fait une fleur.	B

ABS Il ne fait rien.	C	ABS Il fait une maison.	D
----------------------	---	-------------------------	---

P22: C'est une égalité.			
J	A	1+1 (deux chiffres identiques)	B
1=3 (une inégalité)	C	ABS 4	D

P23: Il compte.			
ABS Il dessine.	A	J	B
ABS Il ne fait rien.	C	Il calcule.	D

P24: Il y a 3 unités.			
37 (Il y a trois dizaines.)	A	415 (Il y a 3 chiffres)	B
J	C	21 (La somme des deux fait trois.)	D

P25: Il trace une maison.			
Il y a des traces de pas.	A	ABS Il trace une fleur.	B
Il y a une maison.	C	J	D

P26: La fille veut les autres billes.			
La fille veut les billes.	A	J	B
La fille a des billes et pas les autres.	C	ABS La fille a des billes.	D

P27: Le garçon fait comme la fille.			
Le garçon ne fait pas comme la fille.	A	ABS Le garçon fait...	B
J	C	Le garçon ne fait pas comme la fille.	D

P28: Il complète.			
ABS Il y a un garçon.	A	Il calcule.	B
Il compte.	C	J	D

P29: X est après T.			
X est juste avant T.	A	X est avant T.	B
J	C	ABS (MTZ)	D

P30: C'est un nombre.			
C'est une lettre.	A	C'est une addition. C'est une opération.	B
J	C	ABS C'est un mot.	D

P31: C'est une pièce.			
ABS C'est une fleur.	A	J	B
C'est un billet.	C	C'est un puzzle.	D

P32: Il continue.			
J	A	ABS Il ne fait rien.	B
Il commence.	C	Il a terminé.	D

P33: La fille a le moins de billes.			
J	A	ABS Le garçon a beaucoup de billes.	B
La fille a autant de billes que le garçon.	C	La fille a le plus de billes.	D

c) Mode de passation

Nous avons vu chaque enfant individuellement, avec seule la présence de l'orthophoniste libérale et moi-même.

Outre cette modalité évidente, la passation s'est déroulée de la même manière que pour la population témoin. L'enfant doit marquer d'une croix la bonne image pour chaque item.

Dans un premier temps, nous avons commencé par présenter le test à l'enfant.

«Il s'agit d'un test qui me permet de voir si les enfants comprennent bien les mots qui sont dans les livres mathématiques. Je veux voir si certains mots sont plus difficiles que d'autres à

comprendre. Parfois ce sera facile, parfois plus difficile. Si tu ne sais pas répondre, ce n'est pas grave.»

Puis, nous avons demandé à l'enfant d'inscrire son prénom, sa classe et sa date de naissance.

Enfin, nous lui avons présenté deux exemples pour expliquer la consigne et s'assurer qu'il l'a bien comprise.

«On va commencer par faire deux exemples pour bien comprendre ce qu'il faut faire. Je vais te lire deux fois la phrase qui est en bas des quatre images. Il faut mettre une croix dans la bonne image. Il n'y a qu'une réponse possible.»

«Voici le premier exemple. C'est une maison. C'est une maison.»

Après avoir vérifié que la consigne était bien comprise, le test commence. Il n'est pas chronométré afin de ne pas ajouter une contrainte supplémentaire à l'enfant. Nous ne pensons pas qu'analyser le temps de réponse à chaque item est une information intéressante. Nous voulons étudier la compréhension et ajouter la contrainte temps peut nuire à cette compréhension.

Cependant, nous avons pu nous apercevoir que la moyenne du temps de passation se situe entre 9 et 12 min par enfant.

A. Résultats et analyse générale de la population témoin

Nous faisons une présentation des résultats obtenus en 2005 par la population témoin. Les résultats nous permettront de mener une étude comparative lorsque nous analyserons nos propres résultats.

La population évaluée dans les écoles primaires de Besançon et des environs est répartie de la sorte:

	CE1	CE2	CM1	CM2	TOTAL
Nombre d'élèves	102	101	113	111	427

Certains calculs ont dû être effectués car ils n'ont pas été réalisés à l'époque. Il s'agit de la moyenne de réponses justes pour le groupe incluant les classes de CE1 et de CE2 ainsi que les écarts-types.

Nous ne tenons compte que des passations réalisées dans les classes de CE1 et CE2. Nous avons joint en annexe les résultats bruts.

a) Résultats généraux en fonction de la classe

Voici les moyennes de réponses justes sur les 33 items proposés et les écarts-types, pour la classe du CE1 et la classe du CE2 . A titre indicatif, nous mettrons également la moyenne obtenue par les CM1 et les CM2 ainsi que la moyenne pour l'ensemble de la population témoin.

Classes	Moyennes	Écarts types
CE1	27,75	3,34
CE2	29,55	2,47
TOTAL CE1/CE2	28,65	2,9
CM1	30,08	2,08
CM2	30,36	1,71
TOTAL	29,47	2,64

Tableau 2: Moyenne du total de réponses justes et écarts types

En observant ce tableau, on remarque que:

- la moyenne de réponses justes augmente avec la classe. Cette progression avec la classe

est cependant de moins en moins importante.

- L'écart type diminue avec la classe. Cela signifie que les notes sont plus étalées autour de la moyenne au CE1 qu'en CM2.

D'après les calculs réalisés par ANOVA dans son mémoire, il apparaît de manière significative que toutes les classes se distinguent nettement du CE1. Les termes retenus dans le test ne sont pas tous acquis en CE1. Par contre, dès le CE2, ils sont en grande partie maîtrisés, d'où cette différence significative entre le CE1 et les autres classes.

Ceci explique plus précisément la raison pour laquelle nous avons voulu étudier la compréhension de ces items chez des enfants scolarisés en CE1 et CE2. En quoi les troubles logicomathématiques perturbent-ils la réussite à ces items? D'autres items que ceux échoués chez les enfants tout-venants ont-ils également une compréhension déficitaire?

b) Résultats et analyse par item

Voici présenté dans le tableau 3 le classement des différents items du moins bien réussi au mieux réussi, cela pour chaque classe et au total. Bien entendu, dans la suite de notre analyse, nous préciserons volontairement les résultats concernant les classes de CE1 et CE2.

Nous observons à partir de l'analyse du tableau 3 que:

- un seul item est compris à moins de 50% sur la population totale: il s'agit de l'item P22: *égalité*. Quel que soit le niveau scolaire, sa compréhension est déficitaire.
- 4 items sur les 33 proposés ont un pourcentage de réussite inférieur à 70 %. Il s'agit dans l'ordre de *égalité* (P22), *autant que* (P2), *compléter* (P28), *somme* (P12). Ces 4 items particulièrement échoués en CM2 sont également les items les plus échoués dans les autres classes. Les diagrammes 1, 2, 3 et 4 montrent la répartition des réponses données à ces items. Arrive ensuite le 5ème item, *dizaine* (P10), qui obtient près de 85% de réussite. Cette cassure qui s'observe en CM2 se retrouve dans les scores de la population totale. Nous examinerons le cas de ces 4 premiers items chez notre population d'enfants dits « dyscalculiques ».
- un seul item est réussi à 100% par l'ensemble des quatre niveaux: il s'agit de *le moins*(P33).
- Avec la classe, le nombre d'items réussis à plus de 90% augmente.

CE1		CE2		TOTAL DES CE1/CE2	
Item	%	Item	%	Item	%
Autant (P2)	39	Égalité (P22)	33	Égalité (P22)	41

Égalité (P22)	48	Autant (P2)	52	Autant (P2)	46
Somme (P12)	50	Somme (P12)	68	Somme (P12)	59
Compléter (P28)	52	Compléter (P28)	70	Compléter (P28)	61
Double (P7)	67	Chiffre (P19)	82	Dizaine (P10)	77
Dizaine (P10)	67	Après (P29)	84	Double (P7)	80
Après (P29)	75	Dizaine (P10)	86	Après (P29)	80
Unité (P24)	77	Combien (P4)	87	Chiffre (P19)	81
Combien (P4)	78	Le plus (P13)	90	Combien (P4)	83
Chiffre (P19)	80	Juste (P16)	90	Unité (P24)	84
Les autres (P26)	85	Unité (P24)	90	Juste (P16)	89
Ranger (P20)	86	Même (P21)	91	Les autres (P26)	90
Tous (P14)	87	Double (P7)	93	Ranger (P20)	90
Juste (P16)	87	Compte (P23)	93	Le plus (P13)	90
Continuer (P32)	89	Toux (P14)	94	Tous (P14)	91
Pièce (P31)	89	Ranger (P20)	94	Continuer (P32)	92
Le plus (P13)	90	Les autres (P26)	94	Pièce (P31)	92
Calculer (P3)	92	Pièce (P31)	94	Même (P21)	92
Barrer (P6)	92	Barrer (P6)	95	Barrer (P6)	94
Colonne (P15)	92	Continuer (P32)	95	Colonne (P15)	94
Même (P21)	92	Colonne (P15)	96	Calculer (P3)	95
Nombre (P30)	93	Ligne (P1)	97	Nombre (P30)	95
Commencer (P17)	94	Commencer (P17)	97	Commencer (P17)	96
Tracer (P25)	94	Comme (P27)	97	Tracer (P25)	97
Ligne (P1)	96	Nombre (P30)	97	Ligne (P1)	97
Relier (P11)	96	Calculer (P3)	98	Relier (P11)	97
Entre (P18)	96	Chaque (P8)	98	Compter (P23)	98
Compter (P23)	97	Relier (P11)	98	Comme (P27)	98
Mesurer (P5)	98	Mesurer (P5)	99	Entre (P18)	98
Manquer (P9)	98	Manquer (P9)	100	Mesurer (P5)	99
Comme (P27)	98	Entre (P18)	100	Chaque (P8)	99
Chaque (P8)	99	Mesurer (P25)	100	Manquer (P9)	99
Le moins (P33)	100	Le moins (P33)	100	Le moins (P33)	100

Légende: 30 à 39%; 40 à 49%; 50 à 59%; 60 à 69%; 70 à 79%; 80 à 89%; 90 à 99%; 100%

Tableau 3: Classement des items du moins bien réussi au mieux réussi chez les CE1 et CE2.

B. Résultats et analyse de la population pathologique

Une centaine d'enfants tout-venants par classe s'est vu proposer le test. Ainsi, des normes ont été établies par classe, ce qui va permettre de comparer les résultats obtenus par notre population d'enfants dyscalculiques. Nous pourrions ainsi mieux les situer par rapport à une norme et dire si le test est plus échoué par cette population pathologique, comme nous l'avons émis dans notre hypothèse.

Voici les moyennes réalisées par les enfants de notre population.

	Moyenne	Ecart-type
CE1	24,13	4,31
CE2	26,67	2,56
TOTAL	25,65	3,58

Le calcul des écarts-types nous apprend que les résultats sont plus répartis autour de la moyenne pour les CE1 que pour les CE2. Cela signifie que les résultats sont plus étalés autour de la moyenne au CE1. Si nous comparons les moyennes obtenues par les enfants de CE1/CE2 appartenant aux deux populations d'étude, nous avons une différence de trois points, au profit de la population témoin. On voit donc globalement que ce test est plus échoué par les enfants dyscalculiques.

a) Résultats obtenus par les enfants de la population pathologique

Afin d'objectiver les résultats obtenus par les enfants pathologiques, il nous faut connaître les résultats des enfants tout-venants: quel pourcentage d'enfants tout-venants est considéré pathologique? Dans la norme? Dans la moyenne inférieure?

Pour cela, nous relevons les notes obtenues par l'ensemble de la population d'enfants tout-venants et calculons les écarts-types de chacun.

Nous commençons par étudier les enfants du CE1. Nous ferons de même avec les enfants du CE2.

➤ Analyse comparative des résultats obtenus chez les CE1 tout-venants et les CE1 pathologiques.

Le tableau qui suit indique la répartition des notes obtenues par les enfants tout-venants scolarisés en CE1. Nous avons calculé les écarts-types correspondants afin de déterminer quel pourcentage d'enfants se situe dans la norme, dans la moyenne inférieure non pathologique et dans la pathologie. Pour cela, nous avons considéré que la note pathologique correspond à un écart-type d'au moins – 1,5.

<u>Note/33 des 100</u>	<u>Nombre d'enfants</u>	<u>Ecart-type par</u>
------------------------	-------------------------	-----------------------

<u>enfants de CE1</u>	<u>ayant obtenu ces notes</u>	<u>rapport à la moyenne</u>
16	1	-3,5
19	1	-2,6
20	3	-2,3
21	3	-2,02
23	5	-1,4
24	2	-1,1
25	5	-0,8
26	8	-0,5
27	11	-0,2
28	18	0,1
29	12	0,3
30	13	0,6
31	5	0,9
32	13	1,3
33	1	1,5

Tableau 1: Répartition des notes au sein de la population témoin de niveau CE1

Voici les codes couleurs que nous avons sélectionnés pour ce tableau et que nous utiliserons pour les tableaux suivants.

- Nous avons choisi les couleurs orange et jaune pour représenter le niveau pathologique: étant donné le vocabulaire étudié, un écart-type de $-1,5$ est considéré comme étant la limite de la pathologie. Au-delà de -2 écarts-types (en orange), les enfants sont en très grande difficulté.
- Les nuances de vert nous permettent de différencier la moyenne stricte (en vert clair) comprise entre $-0,5$ et $+0,5$ écart-type, de la moyenne subnormale (vert foncé), entre -1 et $-1,5$ écart-type.
- Les enfants situés au-dessus de la moyenne stricte sont représentés par la couleur bleue.

Le tableau 2 répertorie les résultats obtenus par l'ensemble des enfants dyscalculiques évalués de niveau CE1. Les écarts-types ont également été calculés.

<u>ENFANT</u> <u>(initiale)</u>	<u>L</u>	<u>M</u>	<u>L</u>	<u>M</u>	<u>M</u>	<u>F</u>	<u>M</u>	<u>F</u>
<u>Note</u> <u>obtenue</u>	15/33	19/33	25/33	25/33	26/33	26/33	27/33	28/33
<u>Ecart-type</u>	-3,8	-2,6	-0,8	-0,8	-0,5	-0,5	-0,2	0,07

Tableau 2: Notes obtenues par les enfants dyscalculiques scolarisés en CE1

Comparons la répartition de ces deux populations d'enfants de CE1, les enfants tout-venants et les enfants dyscalculiques.

	Enfants tout-venants	Enfants dyscalculiques
Niveau pathologique	13,00%	25,00%
Moyenne subnormale	7,00%	25,00%
Moyenne stricte	62,00%	50,00%
Moyenne supérieure	19,00%	0,00%

On voit ainsi que la population dyscalculique, bien qu'elle soit représentée par un petit échantillon, est bien plus en difficulté que les enfants tout-venants de même niveau scolaire. En effet, nous constatons que:

- Aucun enfant dyscalculique scolarisé en CE1 ne se situe dans la moyenne supérieure.
- 25% des enfants dyscalculiques sont dans la moyenne subnormale, des difficultés sont alors déjà observables cliniquement et les résultats au test montrent des lacunes certaines.

➤ Analyse comparative des résultats obtenus par les CE2 tout-venants et les CE2 pathologiques.

Le tableau 3 présente la répartition des notes obtenues par les enfants tout-venants scolarisés en CE2 . Le code couleur reste le même.

<u>Note obtenue pour les 103 enfants du CE2</u>	<u>Nombre d'enfants par note</u>	<u>Ecart-type</u>
19	1	-4,3
24	1	-2,25
25	3	-1,8
26	3	-1,4
27	9	-1,03
28	7	-0,6
29	18	-0,2
30	14	0,2
31	27	0,6
32	15	1
33	5	1,4

Tableau 3: Répartition des notes obtenues au sein de la population témoin de CE2

Voyons, dans les tableau 4 et 4 bis, les résultats obtenus au sein de notre population d'étude de CE2:

<u>ENFANT (initiale)</u>	<u>A</u>	<u>M</u>	<u>M</u>	<u>T</u>	<u>G</u>	<u>A</u>
<u>Note obtenue</u>	22	23	23	25	26	27
<u>Ecart-type</u>	-3,06	-2,65	-2,65	-1,8	-1,4	-1,03

Tableau 4: Résultats obtenus par chaque enfant de la population pathologique du CE2

<u>ENFANT (initiale)</u>	<u>N</u>	<u>K</u>	<u>C</u>	<u>F</u>	<u>J</u>	<u>L</u>
<u>Note obtenue</u>	27	28	28	29	30	30
<u>Ecart-type</u>	-1,03	-0,6	-0,6	-0,2	0,2	0,2

Tableau 4bis: Résultats obtenus par chaque enfant de la population pathologique du CE2 (suite)

Voici comment se répartit chacune de ces deux populations d'enfants du CE2. Nous considérons toujours quatre niveaux:

	Enfants tout-venants	Enfants dyscalculiques
Niveau pathologique	8,00%	42,00%
Moyenne subnormale	16,00%	33,00%
Moyenne stricte	57,00%	25,00%
Moyenne supérieure	20,00%	0,00%

Le différentiel qui existe entre ces deux populations permet d'objectiver les résultats qui sont les suivants:

- Les enfants dyscalculiques scolarisés en CE2 sont en grande difficulté avec ce vocabulaire mathématique spécifique du cours préparatoire.
- Les enfants dyscalculiques du CE2, dans notre étude, ont une compréhension plus déficitaire que leurs semblables du CE1. En effet, ils sont plus nombreux à être dans la pathologie (41% au CE2 contre 25% au CE1).
- La moyenne subnormale est plus également atteinte par les CE2 (33% contre 25% par les CE1).

b) Interprétation

Nous avons vu que les enfants de notre population pathologique étaient plus en difficulté que les enfants tout-venants. Observons donc les deux populations pathologiques.

Les lacunes semblent être plus importantes au CE2: si nous comparons les résultats obtenus au CE2 avec ceux obtenus au CE1, ils sont, pour les premiers, plus concentrés autour de la moyenne pathologique.

De même, au CE2, les écarts entre les résultats des enfants tout-venants et des enfants dyscalculiques semblent plus importants que les écarts entre les deux populations du CE1.

Les enfants scolarisés au CE2 ont entre 8 et 9 ans, ce qui correspond à l'entrée dans le stade des opérations concrètes: c'est le stade de la maîtrise opératoire de la classification, de la sériation, de l'inclusion des quantités. L'enfant est alors capable de décentration, de coordination des différents points de vue. Or, les enfants diagnostiqués dyscalculiques sont encore loin d'atteindre ce stade, ce qui explique ce différentiel important entre les tout-venants et les dyscalculiques. La pensée de ces enfants en difficulté est encore égocentrique, figurative, leur jugement encore perceptif.

Certaines notions sont probablement encore en cours d'acquisition au CE1, quand l'enfant n'agit pas encore de façon opératoire et sa pensée est toujours intuitive et non-réversible. Au CE1, nous sommes dans la transition du stade pré-opératoire vers le stade opératoire, c'est-à-dire que la pensée va petit à petit se décentrer. Nous pouvons ainsi expliquer pourquoi l'écart entre les deux populations de CE1 est moins important qu'au CE2. Les difficultés existent bel et bien dès le CE1 mais elles se confirment en CE2 chez les enfants diagnostiqués dyscalculiques.

Nous allons donc maintenant nous intéresser aux termes qui créent ce différentiel entre les deux populations. Si nous savons que certains termes sont difficiles à comprendre pour des enfants tout-venants, qu'en est-il chez les enfants dyscalculiques?

c) Réflexions générales

Analysons le tableau 4 qui est un classement des items du moins réussi au mieux réussi. .

- Le nombre d'items dont le taux de réussite est inférieur ou égal à 70% est bien plus élevé chez les enfants ayant des troubles logicomathématiques que chez les enfants tout-venants. En effet, si seulement quatre items posaient des soucis de compréhension, neuf items sont largement échoués dans notre population pathologique. Les voici:

Population témoin:

P22: c'est une **égalité**. (41%)
 P2: il y **autant** de fleurs **que de** maisons. (46%)
 P12: C'est une **somme**. (59%)
 P28: Il **complète**. (61%)

Population pathologique:

P2: Il y **autant** de fleurs **que de** maisons. (25%)
 P22: C'est une **égalité**. (25%)
 P10: Il y a **2 dizaines**. (30%)
 P12: C'est une **somme**. (45%)
 P28: Il **complète**. (50%)
 P29: X est **après** T. (50%)
 P7: C'est le **double** de 4. (55%)
 P19: C'est un **chiffre**. (65%)
 P24: Il y a **3 unités**. (65%)

Plus précisément, nous avons:

- 6 items sur les 33 proposés sont échoués par au moins 50% de la population, alors que deux seulement l'étaient parmi les enfants tout-venants. Il s'agit de: autant...que, égalité, dizaine, somme, compléter et après. La population témoin rapporte que les items ayant une mauvaise compréhension (au moins 50% d'échec) sont: égalité et autant...que.
- Les items les plus échoués par les enfants de la population témoin ne sont pas forcément les mêmes échoués par les enfants dyscalculiques. En effet, la compréhension du terme dizaine ne semble pas déficitaire par les enfants tout-venants alors qu'il semble discriminant pour les enfants dyscalculiques puisque seulement 30% de la population étudiée parvient à le réussir.

Ainsi, nous étudierons dans un premier temps les items échoués par plus de 50% de notre population. Puis, nous discuterons sur les items dont le pourcentage de bonnes réponses est compris entre 70 et 85% car nous estimons qu'ils peuvent être discriminants.

Nous choisissons en revanche de ne pas analyser les autres items, dont le pourcentage de réussite montre que le mot est généralement compris. Ce ne sont pas des items présentant un grand intérêt.

81

CE1		CE2		<u>TOTAL</u>	
Item	%	Item	%	Item	%
Autant (P2)	12,5	Égalité (P22)	17	Autant (P2)	25

Dizaine (P10)	12,5	Autant (P2)	33	Égalité (P22)	25
Somme (P12)	25	Dizaine (P10)	42	Dizaine (P10)	30
Égalité (P22)	37,5	Complète (P28)	50	Somme (P12)	45
Complète (P28)	50	Après (P29)	50	Complète (P28)	50
Unité (P24)	50	Double (P7)	50	Après (P29)	50
Après (P29)	50	Chiffre (P19)	50	Double (P7)	55
Double (P7)	62,5	Somme (P12)	58	Chiffre (P19)	65
Le plus de (P13)	62,5	Unité (P24)	75	Unité (P24)	65
Juste (P16)	62,5	Relie (P11)	83	Juste (P16)	75
Ranger (P20)	62,5	Tous (P14)	83	Ranger (P20)	75
Combien (P4)	70	Juste (P16)	83	Compte (P23)	80
Tous (P14)	70	Ranger (P20)	83	Tous (P14)	80
Compte (P23)	70	Les autres (P26)	83	Le plus de (P13)	80
Nombre (P30)	70	Le plus de (P13)	92	Nombre (P30)	85
Pièce (P31)	70	Colonne (P15)	92	Relie (P11)	85
Chiffre (P19)	87,5	Commence (P27)	92	Les autres (P26)	85
Ligne (P1)	87,5	Compte (P23)	92	Colonne (P15)	90
Calcule (P3)	87,5	Trace (P25)	92	Combien (P4)	90
Mesure (P5)	87,5	Comme (P27)	92	Commence (P17)	90
Barre (P6)	87,5	Nombre (P30)	92	Pièce (P31)	90
Manque (P9)	87,5	Continue (P32)	92	Continue (P32)	95
Relie (P11)	87,5	Ligne (P1)	100	Comme (P27)	95
Colonne (P15)	87,5	Calcule (P3)	100	Trace (P25)	95
Commence (P17)	87,5	Combien (P4)	100	Même (P21)	95
Entre (P18)	87,5	Mesure (P5)	100	Entre (P18)	95
Même (P5)	87,5	Barre (P6)	100	Manque (P9)	95
Les autres (P26)	87,5	Chaque (P8)	100	Mesure (P5)	95
Le moins (P33)	87,5	Manque (P9)	100	Barre (P6)	95
Chaque (P8)	100	Entre (P18)	100	Calcule (P3)	95
Trace (P25)	100	Même (P21)	100	Ligne (1)	95
Comme (P27)	100	Pièce (P31)	100	Le moins (P33)	95
Continue (P32)	100	Le moins (P33)	100	Chaque (P8)	100

Légende: 0 à 29%; 30 à 39%; 40 à 49%; 50 à 59%; 60 à 69%; 70 à 79%; 80 à 89%; 90 à 99%; 100%

Tableau 5: Classement des items du moins bien réussi au mieux réussi et par classe chez notre population pathologique.

82

d) Étude des items majoritairement échoués

Nous choisissons de traiter dans un premier temps les items dont le pourcentage de réussite n'excède pas les 70% et de les confronter aux résultats obtenus pour ces mêmes items par la

population témoin.

Il s'agit de:

- égalité
- autant que
- somme
- complète
- dizaine
- après
- chiffre
- unité
- double

Pour chaque item, nous présenterons sous forme de diagramme la répartition des réponses données par les enfants tout-venants scolarisés en CE1 et CE2 ; de même pour les enfants de notre population afin de confronter au mieux les résultats.

La légende est la suivante:

- la réponse juste est représentée par la lettre J, remplaçant ainsi la bonne lettre.
- l'absence de réponse est notée ABS.

- P 22 : égalité

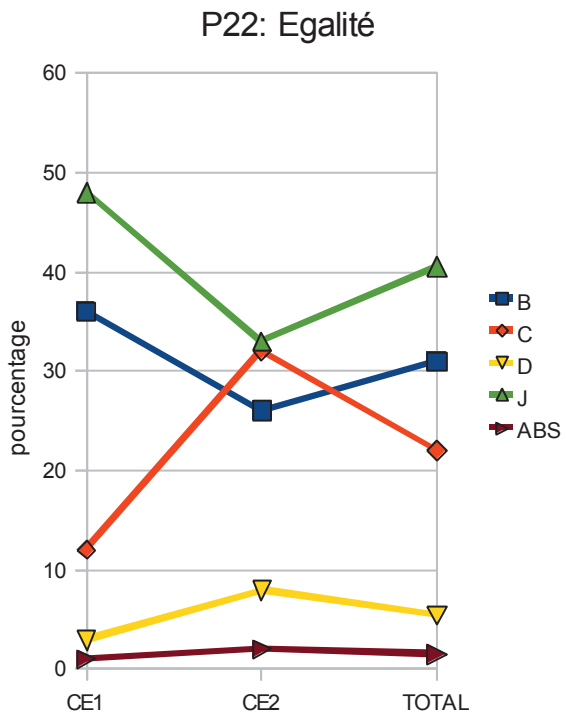


Diagramme 1: population témoin
dyscalculique

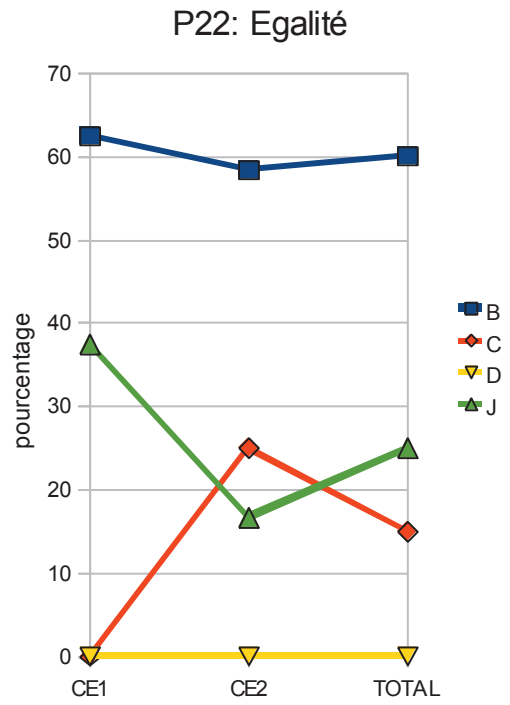


Diagramme 1bis: Population

- P22: Égalité

Il s'agit de l'item le moins bien réussi par nos deux populations. Toutefois, nous pouvons voir sur le diagramme 1 représentant la répartition des réponses chez les enfants tout-venants des classes de CE1 et CE2, que la réponse juste est choisie majoritairement. Quand l'item est échoué, la réponse B est préférentiellement sélectionnée par les CE1, la réponse C par les CE2. Notons toutefois, comme le révèle le tableau 3, que cet item ne dépasse jamais les 50% de réussite et ce quel que soit le niveau scolaire.

Qu'en est-il chez les enfants dyscalculiques?

- La réponse B ($1 + 1$) est retenue en priorité par les enfants dyscalculiques, quelle que soit la classe.

Qu'est-ce qui a pu motiver ce choix?

Parmi les réponses proposées, c'est le seul item qui met en jeu deux mêmes chiffres. Il semble évident que ce soit ce qui a favorisé le choix de cette réponse. Or, cela montre également que l'enfant ne reconnaît pas le symbole mathématique $=$ de l'égalité présent dans les autres réponses proposées ou bien qu'il ne le discrimine pas comme étant un indice de réponse. Il s'agit d'un choix que l'on peut dire visuel, figuratif et non logique. Pour les enfants dyscalculiques qui n'ont pas acquis cette notion, l'égalité renvoie au fait qu'il y a numériquement la même chose de part et d'autre du signe $=$.

- La réponse C est également choisie.

C'est même la réponse sélectionnée comme second choix par les CE2 témoins (avec environ la même part sélective que pour la réponse juste) et par les CE2 pathologiques.

Cet item porte sur le symbole mathématique $=$ de l'égalité. Nous disions auparavant que les enfants ayant répondu B pouvaient ne pas connaître ou reconnaître ce symbole. Ici, choisir la réponse C montre que la notion d'égalité n'est pas maîtrisée. L'enfant en a sans doute une appréhension très vague puisqu'il sélectionne une réponse contenant son symbole, sans pour autant vérifier de part et d'autre l'exactitude de la relation proposée. En effet, l'égalité $1 + 1 = 2$ ne se conçoit pas comme étant une relation entre deux « uns » avec d'une part $1+1$ qui constitue une unité et 2 qui constitue la seconde unité, ces enfants ne voient pas cette relation comme étant $(1+1) = 2$.

De manière générale, on constate que chez les enfants ayant des troubles logicomathématiques, la notion d'égalité n'est pas maîtrisée. La réponse juste n'est jamais celle choisie majoritairement.

Cependant, comme le montre les diagrammes 1 et 1 bis, c'est curieusement en CE1 que l'item est mieux réussi. On peut alors penser que le programme scolaire attache de l'importance au principe de l'égalité dès le CP, où le terme, comme l'indique le tableau 1, présente entre 50 et 100 occurrences dans les manuels scolaires. Il semblerait que le mot soit moins utilisé dans les classes ultérieures. En fait, le sens n'a probablement jamais été acquis: les enfants ont alors pu donner l'illusion que la notion était maîtrisée au CE1 en compensant par application de quelque chose appris préalablement. Comme les premières réflexions opératoires sont demandés dans les classes du cours moyen, c'est à ce moment-là que nous observons certaines défaillances chez ces enfants.

Nous nous demandons également si le terme est utilisé par l'enseignant à l'oral. Il serait intéressant de mener une enquête sur le vocabulaire utilisé à l'oral par les enseignants lors des leçons de mathématiques. S'appuient-ils sur les mots employés dans les manuels pour donner les explications?

- P 2: autant que

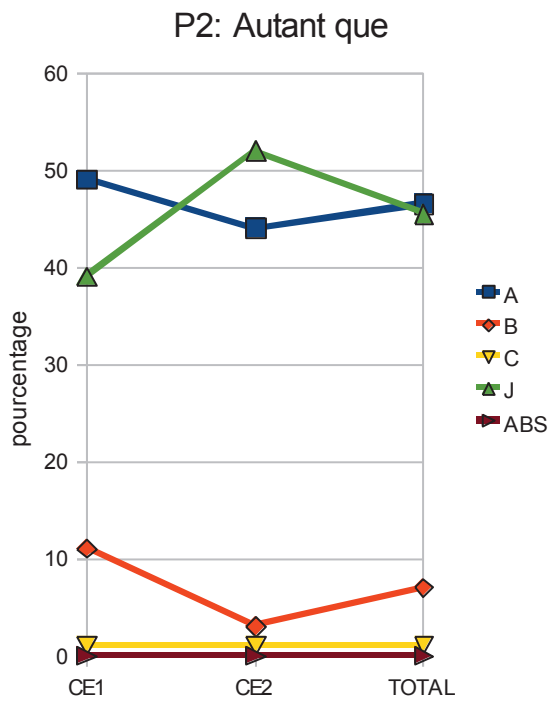


Diagramme 2: Population témoin

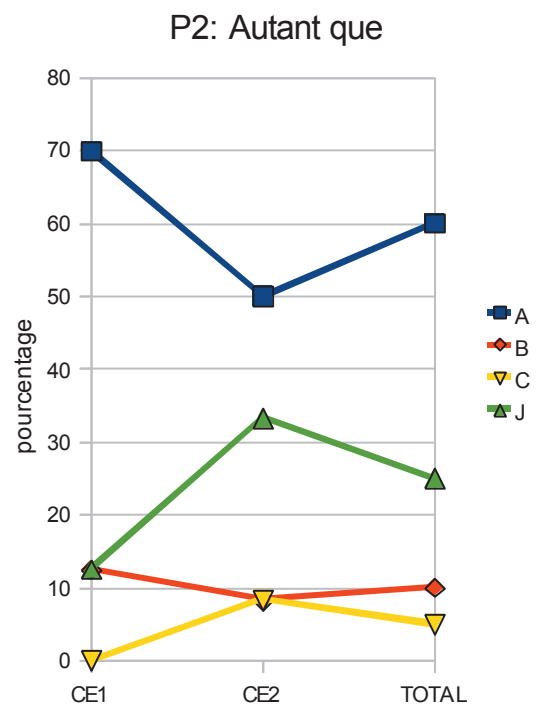


Diagramme 2bis: Population dyscalculique

- P2: Autant que

D'après les normes que nous voyons sur le diagramme 2, cette locution grammaticale est nettement moins bien comprise en CE1 qu'en CE2. Près de la moitié des enfants de CE1 en ignorent le sens et comprennent «autant...que» comme «plus...que». Seul 40% d'entre eux sélectionnent la bonne réponse. En CE2, la tendance s'inverse et plus d'un enfant sur deux accède à sa signification.

On assiste donc à un progrès notable.

Toutefois, la réponse A reste encore choisie par 45% des enfants.

Les résultats obtenus par notre population d'enfants dyscalculiques témoignent d'une réelle confusion. La réponse indiquant qu'il y a plus de fleurs que de maisons (réponse A) est majoritairement retenue par l'ensemble du panel étudié, aux dépens de la réponse juste. C'est donc la notion de quantité en plus qui est prégnante chez ces enfants.

L'évolution concernant l'accès au sens de «autant...que» est la même que précédemment, c'est-à-dire que nous observons une nette progression entre le CE1 et le CE2, sans pour autant dépasser les 50% de réussite.

Il nous reste à parler de la réponse C, réponse certes peu choisie mais qui mérite d'être analysée. Nous constatons que les deux populations la retiennent de manière tout à fait similaire.

Les enfants ont choisi une réponse qui touche l'aspect numérique des collections. Pour eux, il semble qu'il y ait dans cette locution la notion de quantité «en plus», comme c'est le cas à la réponse A. On peut se poser la question de la construction syntaxique. Si majoritairement les enfants choisissent la réponse A, c'est peut-être que sur l'axe syntagmatique, il leur paraît plus logique d'énoncer en premier la collection ayant le cardinal le plus élevé.

On peut alors penser que pour près de 10% de la population, la place des termes énonçant les collections importe peu.

Ces mêmes 10% d'enfants peuvent aussi avoir compris «autant que» comme «moins que».

Notons, d'après le tableau 3, que cet item ne dépasse jamais les 70% de réussite chez les enfants tout-venants, toutes classes confondues. En effet, si l'on regarde les scores des CM1 et CM2, respectivement 68% et 67% de bonnes réponses sont obtenues. Ceci nous montre que l'item, tout comme l'item 22, est un item discriminant pour évaluer la compréhension des enfants.

- P12: Somme

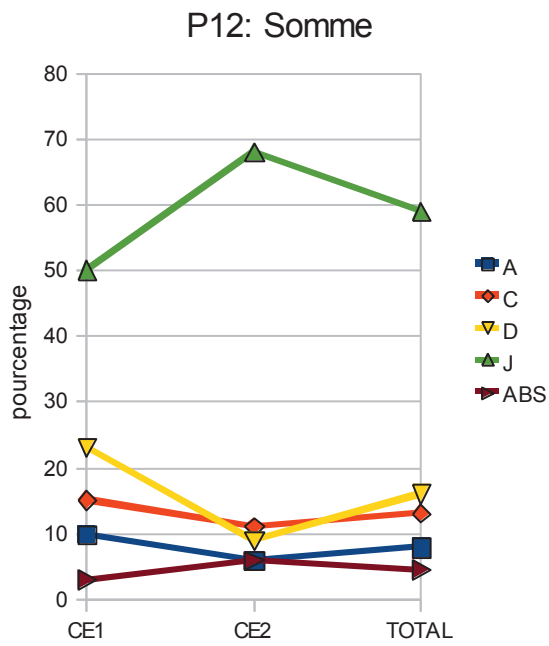


Diagramme 3: Population témoin
dyscalculique

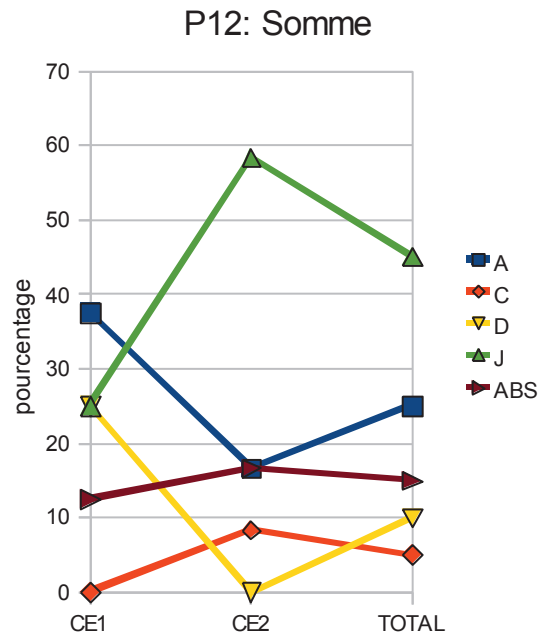


Diagramme 3bis: Population

- P12: Somme

Le diagramme 3 montre une nette évolution entre le CE1 et le CE2: si un enfant sur deux échoue en CE1, près de 70 % de la population témoin parvient, dès le CE2, à donner la bonne réponse. Cela étant, la réponse juste est celle choisie en priorité par nos classes témoins, avec une progression significative entre le CE1 et le CE2, puis entre le CE2 et le CM1 (tableau 3).

Or, parmi nos enfants dyscalculiques, on constate que:

En CE1:

- La réponse A est sélectionnée en premier.
- La réponse juste est autant donnée que la réponse D, qui montre une différence.

Il existe une confusion entre l'opération et le résultat de l'opération, sur le plan de la sémantique: addition et somme, soustraction et différence, les termes utilisés dans les manuels sont confondus chez ces enfants.

On peut éventuellement expliquer ce phénomène par le fait que les termes d'addition et de soustraction sont favorisés à l'oral et à l'écrit, au détriment des mots somme et différence qui signifient respectivement le résultat des deux opérations sus-citées. Chez nos enfants du CE1, il semble qu'ils aient une vague idée de la réponse à donner en sélectionnant la réponse mettant en évidence le signe + de l'addition. Cela s'explique par le fait que ces enfants fonctionnent par correspondance terme à terme un à un. Ainsi:

- $2 + 1 = 3$ correspond à l'opération et plus précisément à l'addition,
- Le signe + renvoie au terme *somme*, c'est-à-dire le signe qui permet de représenter l'addition .

On regrette toutefois dans la construction de cet item l'absence de la réponse contraire (le signe -).

En CE2:

- Près de 60% des enfants optent pour la bonne réponse.
- La réponse A reste celle sélectionnée en second choix
- La réponse D n'est plus du tout choisie, ce qui montre qu'il n'y a plus de confusion entre la somme et la différence.
- Certains enfants préfèrent ne pas répondre.

Nous remarquons la même progression significative entre le CE1 et le CE2 dans notre échantillon pathologique. L'acquisition de la signification de ce mot passe sans doute par la progression du programme scolaire. Notre population fut évaluée en janvier: il se peut que les enfants n'aient pas assez travaillé sur ce terme mais que la suite du programme permette d'en comprendre le sens. Il est vrai qu'en CE1, les additions et soustractions sont beaucoup travaillées, puisque les bases ont été établies au cours préparatoire.

Les enfants dyscalculiques scolarisés en CE1 ne paraissent pas avoir acquis la notion de «somme» mais le passage en CE2 permet une meilleure compréhension de l'item.

- P28: Complète

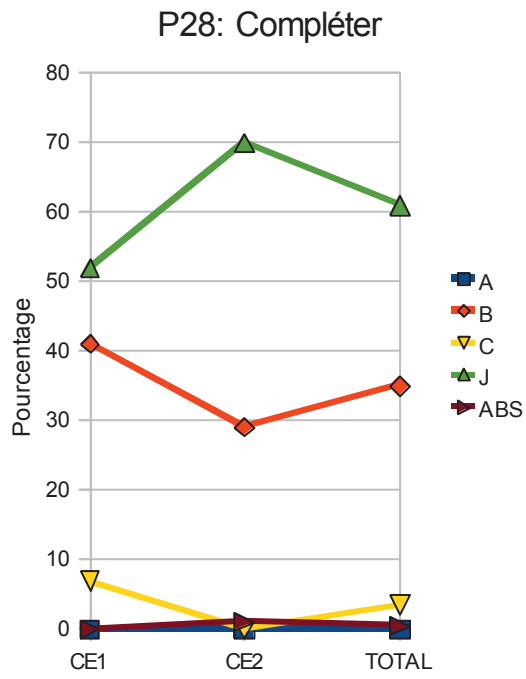


Diagramme 4: Population témoin

dyscalculique

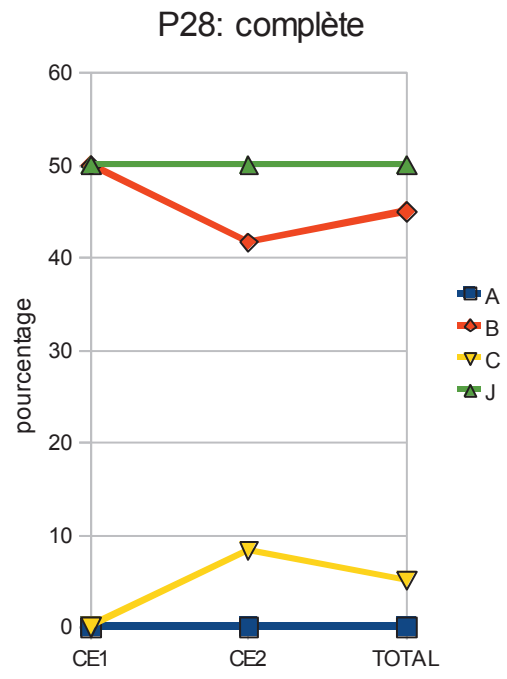


Diagramme 4bis: Population

P28: Complète

Rappelons que le terme *compléter* est le terme présentant le plus d'occurrences dans l'ensemble des quatre manuels mathématiques du cours préparatoire (tableau 1).

Intéressons-nous aux résultats de la population témoin. Cet item présente une évolution particulière. En effet, bien que la réponse juste soit majoritairement choisie dans toutes les classes, la progression n'est pas harmonieuse.

Dans la bonne réponse, il s'agit de compléter graphiquement le tracé d'un chiffre. La moitié des enfants du CE1 répondent correctement. En CE2, 70% des enfants donnent la réponse juste.

Nous avons donc une augmentation significative entre les deux classes. Or, en CM2, on constate une chute dans le pourcentage de bonnes réponses puisque ce ne sont que 60% des élèves qui optent pour la réponse D.

Il est possible que les livres de mathématiques de CE1 et CE2 regorgent d'exercices dans lesquels il faut compléter des collections et non des opérations. Les enfants sont encore dans le stade pré-opératoire avec un jugement qui reste perceptif. L'entrée au cours moyen coïncide avec l'entrée dans le stade opératoire: on demande alors aux enfants et ce de manière implicite de compléter une opération, ce qui revient à effectuer au préalable un calcul. Nous voyons d'ailleurs d'après les résultats que nous avons obtenus que la confusion entre calculer et compléter n'est pas rare.

En effet, quand la réponse juste est écartée, la réponse B (*calculer*) est choisie. Ainsi, l'enfant mélange les deux notions. Certes, pour pouvoir compléter une égalité, il faut d'abord calculer. La confusion provient sans doute des consignes dans les exercices: « complète » est utilisé aussi bien pour compléter des collections que pour compléter une opération, alors qu'il s'agit de calculer.

C'est ce qui est mis en évidence avec cet item. « Compléter » signifie ici inscrire le résultat qui vérifie l'addition, le calcul est implicitement demandé. L'item le met bien évidence: on n'attend pas le résultat puisque le dessin nous montre une ébauche de réponse écrite.

Nous retrouvons ce «dilemne» chez les enfants dyscalculiques. La confusion entre les deux est conséquente. Un enfant sur deux choisit la bonne réponse et un enfant sur deux choisit la réponse B au CE1. Nous avons donc une parfaite distribution de ces deux réponses au CE1. Au CE2, la réponse B est également choisie comme alternative. La réponse est peut-être liée au niveau perceptif ou opératoire de l'enfant.

C'est ce qui ressort de prégnant dans l'analyse de la compréhension de ce terme, compte tenu de la construction de l'item. La confusion entre «complète» et «calcule» est intéressante à souligner et fait de cet item, un item discriminant.

- P10: Dizaine

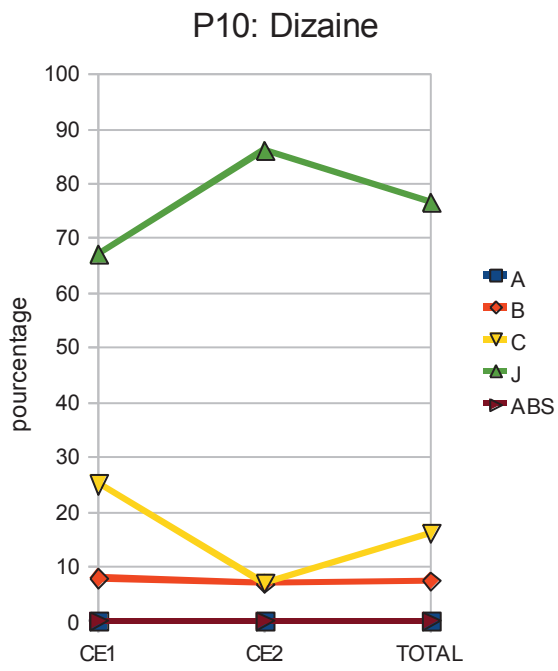


Diagramme 5: Population témoin

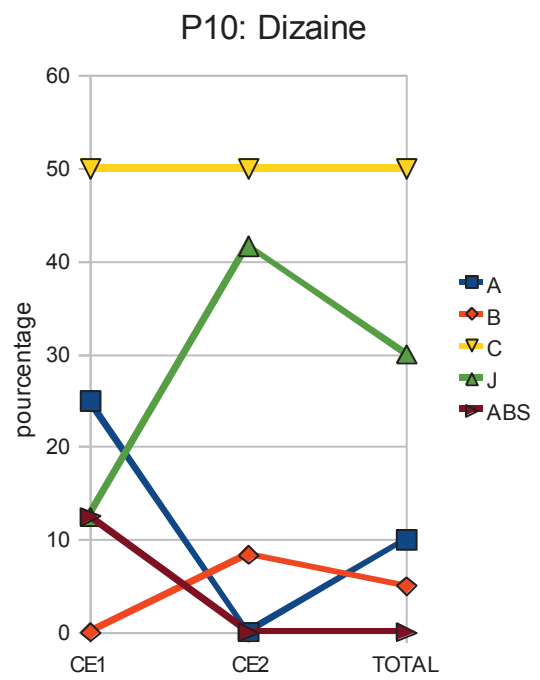


Diagramme 5bis: Population dyscalculique

- Dizaine

L'enfant est confronté au système décimal dès le cours préparatoire. La compréhension et la maîtrise de ce système en base 10 est en lien étroit avec le sens du nombre et à ce qu'il représente.

Nous sommes donc dans le domaine du nombre et de la numération. Le principe de l'équivalence est le principe qui sous-tend cette construction.

Nous constatons que si les enfants témoins en ont une bonne connaissance générale, cette dernière est déficitaire chez les enfants dyscalculiques. Leur choix se porte préférentiellement sur la réponse C. Il s'agit de la réponse qui montre le chiffre 2 de manière isolée.

Plusieurs enfants ont tenté de m'expliquer ce qui les avaient amenés à choisir cette réponse. L'explication la plus souvent donnée par les enfants est la suivante:

«Là, c'est 20, il y a 0 unité et 2 dizaines. Ici, il y a juste 2 donc c'est 2, parce qu'il est tout seul».

Ceci est typique d'un enfant qui plaque un modèle explicatif, qui tente de coller ce qu'il a appris et passe donc inaperçu dans une classe où les tâches scolaires sont souvent les mêmes, répétitives. Car répondre 2 (soit la réponse C) comme étant 2 dizaines, cela montre bien que la notion de dizaine n'est pas acquise, et donc par extension le système décimal non plus.

On aurait pu croire que l'enfant maîtrise ce concept si nous n'avions pas poussé l'analyse plus loin. Or, nous observons que ce qui paraît compris en surface ne l'est pas forcément en réalité. Il est donc important de vérifier les acquisitions scolaires car bien souvent, les enfants se conforment à un modèle et tentent de le respecter sans accéder pour autant au sens.

Pour certains enfants encore, 2 dizaines correspondent à un nombre à deux chiffres (réponse A), le sens du terme «dizaine» étant alors confondu avec celui de «chiffre». On peut également supposer que le mot «dizaine» est dépourvu de sens et que les enfants ont alors une prise partielle d'indices.

Les enfants diagnostiqués dyscalculiques et scolarisés en CE1 ont autant tendance à ne pas répondre qu'à donner la bonne réponse, au profit des deux autres solutions proposées. En CE2 pour ces mêmes enfants, il existe toujours ce trouble de la compréhension avec toutefois une amélioration très nette.

Il s'agit d'un item particulièrement discriminant pour évaluer les compétences des enfants dyscalculiques puisque les normes calculées par Marine Fer montrent qu'il ne s'agit pas d'un item dont la compréhension est déficitaire. Ceci n'est pas étonnant puisque l'élaboration de la numération, corrélée à la construction du nombre est très déficitaire chez les enfants dyscalculiques.

- P29: Après

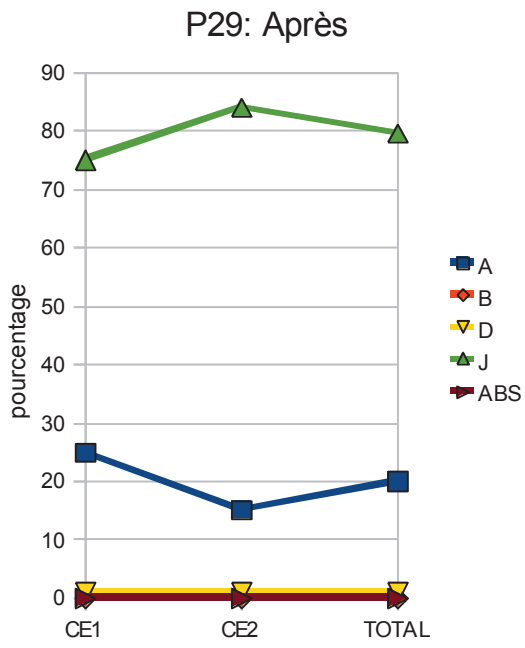


Diagramme 6: Population témoin

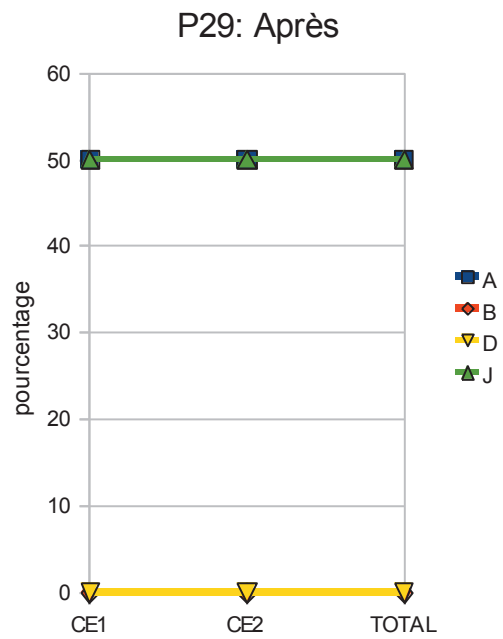


Diagramme 6bis: Population dyscalculique

- P29: Après

Cet item n'apparaît pas comme discriminant chez les enfants de la population témoin. La réponse A est choisie au détriment de la bonne réponse et révèle une confusion entre les termes avant/après.

Chez les enfants dyscalculiques, les réponses A et J sont confondues, ainsi que les réponses B et D. Cela signifie qu'il existe un réel dilemme au sein de notre population quant à la signification de «avant» et «après» et la notion à laquelle ces deux termes renvoient: le domaine spatio-temporel évalué à travers la compréhension de cet item est sujet à quelques difficultés.

Le choix de la réponse A correspond au sens de l'écriture: la phrase étant la suivante:

« X est après T »,

les enfants choisissent donc l'image où il y a:

« RXT »

sans concentrer leur attention sur le terme « après ».

Est-ce que les enfants ayant échoué cet item ont réussi l'item 16? Inversement, est-ce que les enfants ayant échoué l'item 16 ont réussi l'item 29?

Les tableaux suivants montrent les erreurs commises aux items 29 et/ou 16 chez les enfants du CE1 et du CE2.

ENFANTS DYSCALCULIQUES DU CE1							
ENFANT	L.	M.	F.	F.	M.	L.	M.
29: après	A	C	A	A	C	C	A
16: avant	D	B	D	D	C	C	D

ENFANTS DYSCALCULIQUES DU CE2							
ENFANT	M.	N.	M.	A.	F.	L.	J.
29: après	A	A	A	A	A	C	A
16: avant	D	D	C	D	D	C	C

Nous constatons effectivement que 8 enfants traitent ces deux items de manière visuelle. La confusion entre les termes avant/après est bien réelle et pour la compenser, ils mettent en place cette stratégie qui a comme conséquence que les items 16 et 29 ne peuvent pas tous les deux être justes:

- X est après T donnera la réponse RXT.
- K est juste avant L donnera la réponse juste BKLT.

} Dans les deux cas, l'enfant répond selon le sens de l'écriture.

Les quatre enfants ayant répondu correctement à la question 29 se trompent alors dans la réponse de l'item 16. Un seul se trompe du fait de la précision de l'item à travers le petit mot *juste* (réponse B). Pour les trois autres, la réponse C (*après*) est choisie.

On voit donc nettement ici la confusion qui existe entre les termes avant et après chez ces enfants. Ces termes sont peut-être compris comme étant des termes spatiaux alors qu'ils sont temporels.

On peut également se poser alors la question du balayage visuel. En effet, la moitié des enfants confondent les deux. Aucune autre réponse n'est choisie.

Il aurait été intéressant de faire passer à ces enfants le test des cloches présent dans l'ODEDYS (Outil de dépistage des dyslexies) ou de leur montrer l'image canard/lapin de Joseph Jastrow, afin d'avoir une idée sur le traitement visuel. Nous supposons donc que l'erreur est due au balayage visuel droite/gauche, témoignant ainsi d'une réelle confusion entre la droite et la gauche.

- P19: Chiffre

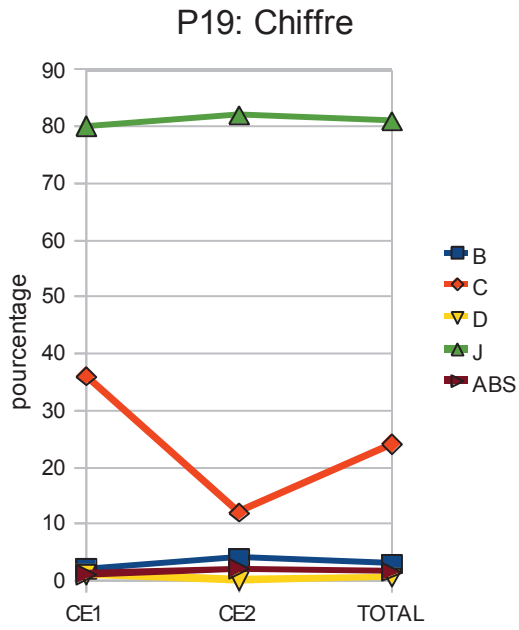


Diagramme 7: Population témoin

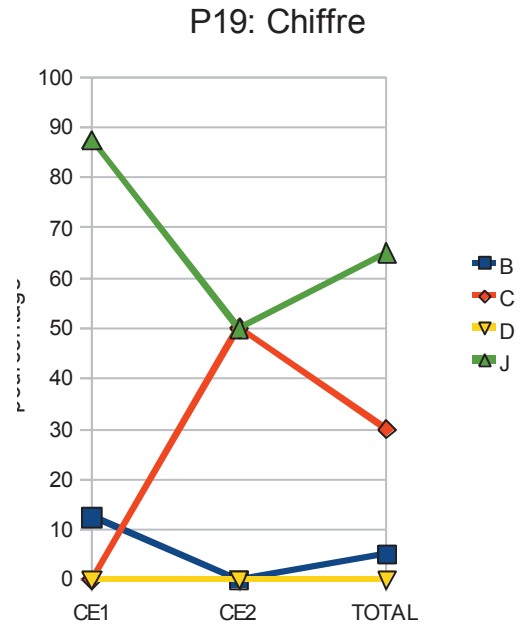


Diagramme 7bis: Population dyscalculique

- P19: Chiffre

Item largement réussi par notre population témoin, les résultats obtenus par nos enfants dyscalculiques sont stupéfiants: en effet, si les enfants du CE1 s'en sortent bien avec près de 90% de bonnes réponses, nous constatons en CE2 une confusion entre les notions de chiffre et de nombre. En effet, un enfant sur deux confond ces deux termes.

D'ailleurs, ces enfants ont montré bien souvent une hésitation et ont exprimé à la fin de la passation le doute qu'ils avaient ressenti sur cet item, disant alors confondre chiffre et nombre ou bien affirmant que «c'est la même chose».

Tentons de trouver une explication: si l'on regarde les occurrences dans les livres mathématiques des mots évalués, on remarque que «nombre» est beaucoup plus utilisé que «chiffre». Ceci fournit une première base de réflexion sur laquelle nous pouvons nous appuyer. La différence entre les deux n'est peut-être pas explicitement exprimée ni suffisamment développée lors du cours préparatoire. Or, au CP, le terme «chiffre» apparaît souvent quand il s'agit de trouver dans un nombre le chiffre des unités ou le chiffre des dizaines. Ainsi, dans un même énoncé, les deux notions sont utilisées, prêtant ainsi à confusion.

Les activités de sériation numérique emploient souvent le mot «nombre», dont voici un exemple:

«Range du plus petit au plus grand les nombres suivants»:
45 – 34 – 10 – 178 – **8** – 76 – 839 – **2**

Les enfants dyscalculiques qui n'ont pas encore construit le sens du nombre ne font pas la différence entre les mots chiffre et nombre. Ce n'est donc pas l'énoncé de l'exercice qui crée la confusion mais l'absence d'acquisition de ces deux notions.

Pris isolément, comme c'est le cas dans le protocole, un enfant qui a acquis le sens de chacun des termes ne devrait pas se tromper. Un chiffre, à partir du moment où il représente une quantité, est aussi un nombre. Cet item confirme donc bien l'absence de distinction entre le signe et « l'objet-nombre » chez ces enfants.

- P24: Unité

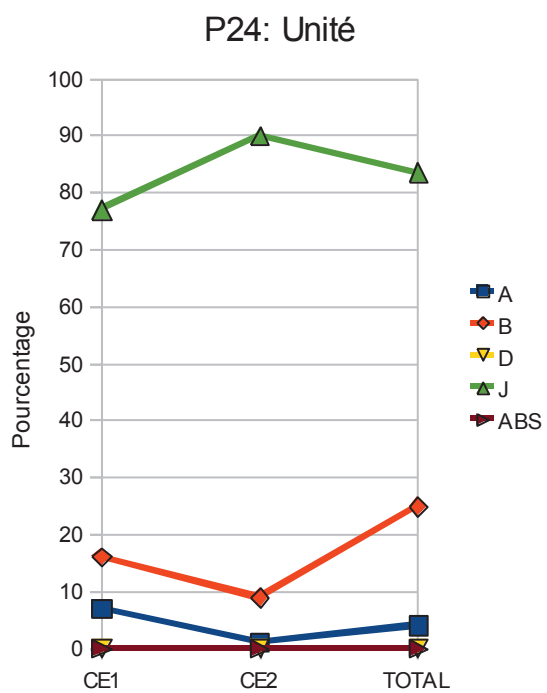


Diagramme 8: Population témoin

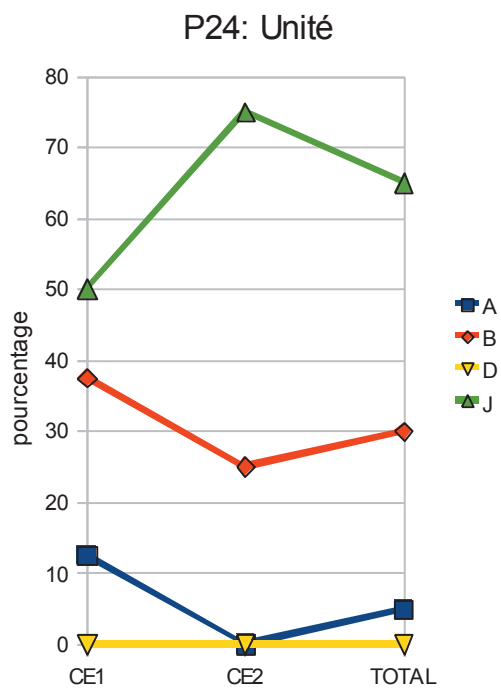


Diagramme 8bis: Population dyscalculique

- P24: Unité

Nous voyons une progression évidente entre le CE1 et le CE2 chez les deux populations. Si l'item est bien réussi par les enfants tout-venants, 50% des enfants dyscalculiques du CE1 hésitent encore.

Quand la bonne réponse n'est pas donnée, la réponse B est sélectionnée: il s'agit de 415, nombre composé de 3 chiffres. «Unité» est alors confondu avec «chiffre» et ce, par 30% de notre population.

Parfois, nous notons une confusion entre dizaine et unité. C'est ce que montre le pourcentage de la réponse A.

Quand on regarde les deux courbes concernant la répartition des réponses chez nos deux populations, elles sont d'allure similaire et les résultats le sont également bien que la compréhension soit meilleure chez les enfants tout-venants.

- P7: Double

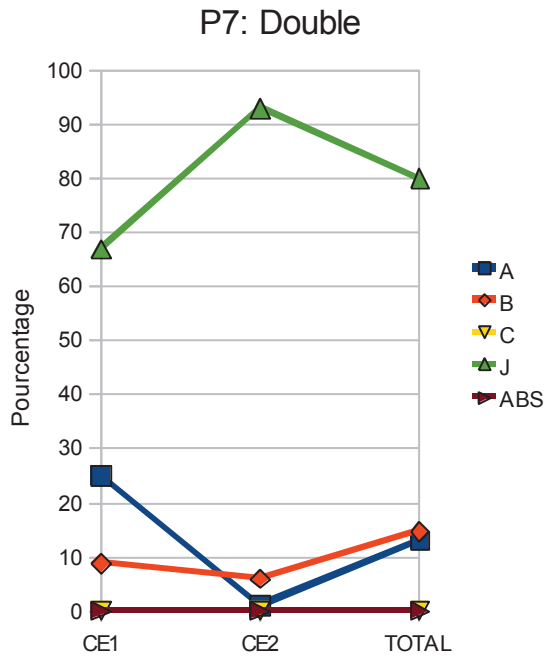


Diagramme 9: Population témoin

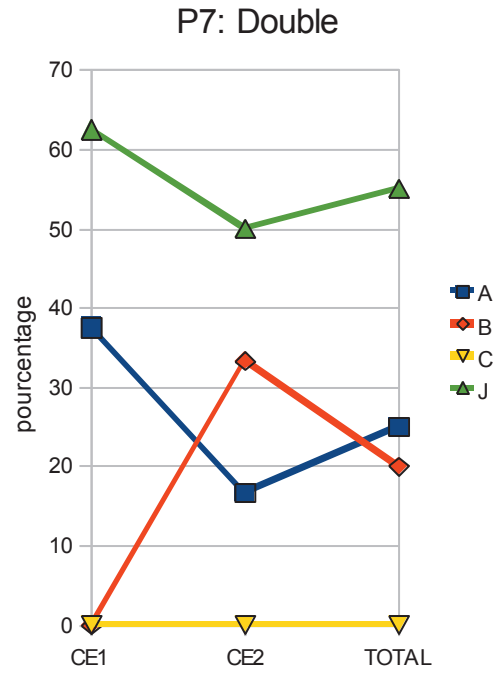


Diagramme 9bis: Population dyscalculique

- P7: Double

L'item est intéressant du fait de sa progression.

En CE1 chez les enfants tout-venants, la compréhension ne dépasse pas les 70% de réussite alors qu'en CE2, nous assistons à une évolution remarquable puisque ce sont plus de 90% des enfants qui sélectionnent la bonne réponse. La compréhension semble donc acquise dès le CE2.

Le tableau en annexe 1 nous indique le pourcentage de réussite dans les autres classes: il apparaît en effet que «double» ne soit pas un item difficile chez les enfants du CM1 et CM2 qui répondent correctement, respectivement à hauteur de 97% et 100%. C'est donc en CE1 que la notion est encore légèrement déficitaire.

Ceci est très lié à la compréhension du langage et à son évolution. La question posée dans l'item 7 porte sur le sujet: « C'est le double de 4 », ce qui apparaît plus tard dans le développement des capacités langagières de l'enfant. Il est plus facile pour ces enfants de répondre à la question posée ainsi: « le double de 4 c'est...? ».

Toutefois, la structure syntaxique de la phrase ne remet pas en question la compréhension du terme *double*, d'après les résultats obtenus par la population témoin. La notion de double appartient au domaine du nombre et sa construction s'élabore pendant le cours élémentaire.

Observons les résultats obtenus par notre population pathologique.

En CE1, un enfant sur deux fait le bon choix. Quand des erreurs sont commises, c'est bien souvent qu'ils ne connaissent pas la définition de «double» et choisissent alors la réponse A. En effet, l'enfant s'accroche à ce qu'il repère comme indice dans la phrase, c'est-à-dire ici 4, il fait abstraction du mot « double ». Il comprend l'énoncé suivant: « c'est 4. »

En CE2, la notion de moitié entraîne des confusions qui sont certainement liées à la progression du programme scolaire. Cette confusion ne s'observant pas chez les enfants tout-venants, nous admettons que cet item est discriminant.

c) Analyse des items compris par 75 à 85% de la population.

<u>ITEM</u>	<u>%</u>
Juste (P16)	75
Ranger (P20)	75
Compte (P23)	80
Tous (P14)	80
Le plus de (P13)	80
Nombre (P30)	85
Relie (P11)	85
Les autres (P26)	85

Tableau 5: Items compris par 75% à 85% de la population dyscalculique

- Concernant l'item 16 (juste):

D'après la population témoin, certains enfants semblent confondre « après » avec « juste avant ». La réponse choisie après la bonne réponse est la réponse C: « K est juste après L ». La précision apportée par l'adverbe juste n'est pas ce qui pose soucis. Le problème vient de ce qui s'exprime à travers l'usage de ces deux prépositions *avant* et *après*: traduisent-elles quelque chose de temporel? De spatial?

Pour les enfants dyscalculiques, quand la bonne réponse n'est pas choisie, le choix se porte soit sur la réponse C, soit sur la réponse B: « juste » n'est pas pris en compte. Cependant, cet item est dans l'ensemble bien réussi.

- Concernant l'item 20 (ranger):

Bien que le taux de réussite des enfants tout-venants (près de 90% dès le CE1) soit très élevé, ce qui a pêché ici n'est pas la notion de ranger, puisque que la réponse A n'a jamais été donnée, mais plutôt l'orientation. Ici, il s'agit de choisir l'image où les enfants sont rangés du plus grand au plus petit et non l'inverse qui correspond au sens conventionnel de l'écriture. C'est d'ailleurs pour cette raison que les enfants qui se sont trompés ont choisi l'image où l'ordre respecte ce sens gauche-droite

Tout comme pour l'item P29 (après), on peut se poser la question du balayage visuel. Un trouble attentionnel peut également être à l'origine de cette erreur, puisque c'est l'ordre croissant qui est habituellement demandé dans les exercices.

Autre hypothèse: ces enfants ont un défaut de coordination des informations, ne leur permettant pas de traiter l'ensemble des objets en les comparant un à un et un à tous.

- Concernant l'item 23 (compter):

L'item est réussi à 80%. Cependant, quand la réponse juste n'est pas choisie, la réponse D est préférée. Il s'agit de la réponse « il calcule ». Or, certains enfants ont besoin de compter pour calculer, comme compter sur les doigts par exemple.

On observe donc une légère confusion qui touche quatre enfants sur les vingt évalués: deux sont en CE1, deux en CE2. Il faudrait pouvoir évaluer cet item sur une plus large population afin de voir si l'item est discriminant. Mais compte tenu des résultats de la population témoin, nous pouvons supposer que ce terme ne pose pas de réels soucis de compréhension.

- Concernant l'item 14 (*tous*):

L'item est également réussi. Toutefois, les remarques des enfants sont intéressantes:

« Mais là c'est pas possible, y'en a pas. »

N'ayant pas le droit de les aider pendant la passation, je leur répète qu'il n'y a qu'une réponse possible. Certains ont alors longuement hésité avant de trouver la bonne réponse. Quatre enfants ont écarté la bonne réponse: deux sont en CE1 et ont opté pour la réponse B, deux sont en CE2 et si un n'a pas souhaité répondre, le deuxième a choisi également la réponse B « tous les garçons ont un chapeau sauf un ». Nous donnons l'explication suivante: ces enfants comprennent que tous les « uns » de l'image doivent être des garçons. Or, aucune solution proposée permet un tel choix. La prise d'indice est partielle: les enfants se contentent d'analyser la contrainte « tous les garçons » en l'assimilant à « tous sont des garçons ».

- Concernant l'item 13 (*le plus de*):

Tous les enfants sauf quatre ont répondu correctement. Il ne s'agit pas des mêmes enfants que précédemment: 3 sont scolarisés au CE1, un seul des 12 enfants du CE2 échoue. Pour ces 4 enfants, le choix s'est porté sur la réponse C: « le garçon a autant de billes que la fille ». Nous émettons l'hypothèse suivante: si ces enfants ont un jugement encore perceptif (ce qui correspond au stade pré-opératoire), l'organisation spatiale des billes dans les images a influencé la réponse. En effet, si on regarde la réponse C, les trois billes sont plus espacées aux pieds de la fille qu'aux pieds du garçon. Comme elles prennent plus de place, les enfants considèrent que la fille a le plus de billes.

La réponse A est exclue car la différence est trop évidente.

- Concernant l'item 30 (*nombre*):

Trois enfants seulement se sont trompés sur les vingt testés: parmi eux, deux sont en CE1: ce sont ceux qui s'étaient également trompés à l'item 14.

Cependant, les réponses qu'ils ont données sont toutes trois différentes. Il n'y a donc pas d'intérêt à analyser cet item. Nous ne sommes pas en mesure de dire si le mot « nombre » est mieux compris que le mot « chiffre ». Pour cela, il aurait fallu modifier l'item et les choix de réponse car présenté comme tel dans le protocole, il n'y a qu'un nombre et une opération (ainsi qu'une lettre et un mot). Un seul choix est alors possible.

- Concernant l'item 11 (relier):

« Relie » est confondu à trois reprises avec « entoure ». Il peut s'agir d'une faute d'attention plutôt qu'un problème de compréhension.

- Concernant l'item 26 (les autres):

Trois enfants se trompent et choisissent la réponse D: « la fille a des billes ». Cet item ne semble pas discriminant pour autant.

C. RESUME DES RESULTATS

- 16 items sont compris par au moins 90% de la population pathologique.
- 6 items n'obtiennent pas plus de 50% de bonnes réponses.
- 9 items sont réussis par moins de 70%.
- Certains items n'apparaissent pas comme difficiles chez les enfants témoins alors que le pourcentage de bonnes réponses chez les enfants dyscalculiques montre que ces items sont discriminants. C'est le cas de « dizaine » mais également des items 29, 7, 19 et 24.

Nous sommes donc capables de dresser un tableau des items discriminants pour les enfants dyscalculiques.

- P22: égalité
- P2: autant que
- P10: dizaine
- P12: somme
- P28: complète
- P29: après
- P7: double
- P19: chiffre
- P24: unité

Nous constatons que beaucoup de termes liés au nombre et la numération ne sont pas acquis.

En effet, nous observons, compte tenu de la classification que nous avons effectuée (cf page 36), que les mots du vocabulaire mathématique et numérique ne sont pas assimilés: unité et dizaine, chiffre et nombre, somme, double, égalité, autant que. Or maîtriser le vocabulaire n'est possible que si le concept est construit. Chez les enfants dyscalculiques, le nombre n'a pas de sens et sa construction laborieuse va de pair avec la difficulté d'élaborer la numération.

Les résultats obtenus aux items portant sur les notions après/avant mettent en évidence les difficultés concernant le domaine spatio-temporel. Les enfants dyscalculiques ont tendance à comprendre avant/après de manière spatiale et non temporelle.

Les résultats que nous avons obtenus sont donc en accord avec les difficultés rencontrées chez les enfants dyscalculiques.

III. DISCUSSION DES RESULTATS

A. Discussion autour de l'outil et de la population testée

a) Standardisation

Parler de standardisation, c'est le fait de présenter une même tâche à tous les sujets de l'étude, dans les mêmes conditions et en appliquant les mêmes critères de correction.

Nous avons clairement défini les conditions de la passation, elles ont été les mêmes pour tous les enfants évalués: nous avons vu chaque enfant dans le cadre de leur prise en charge libérale, avec la présence de l'orthophoniste. Les consignes ont été suivies de la même manière pour tous les sujets et le dépouillement a été réalisé exactement selon les mêmes critères pour tous les sujets.

b) Normalisation

C'est ce que l'on appelle également étalonnage. C'est le fait de calibrer une épreuve en l'appliquant à des échantillons de sujets tirés de la population cible de façon à disposer ensuite de normes d'âge, de sexe ou d'autres classements (variables indépendantes) des individus, pour pouvoir comparer les performances individuelles à celles des groupes correspondants.

C'est le travail que Marine Fer a effectué dans son mémoire en choisissant d'appliquer le test à une centaine d'enfants par classes. Des normes ont donc été établies.

Nous avons donc cherché à comparer les performances de notre population à la population témoin.

c) Validité

On dit qu'un test est valide si l'on peut prouver ou supposer que les items du test sont appropriés pour évaluer la fonction, l'aptitude en question. Est-ce que les items testent réellement ce que nous voulons étudier?

Le test construit vise à évaluer la compréhension de termes issus de livres de mathématiques de CP. La forme du test est la même que celle de tests existants et valides. Les items du test sont donc vraisemblablement appropriés pour évaluer la fonction.

Devant l'absence de test permettant d'évaluer la même fonction, il n'a pas été possible d'obtenir une validité empirique du test: pour cela il aurait fallu établir une corrélation entre les résultats au test et ceux obtenus à un autre test supposé évalué la même capacité et antérieurement validé.

d) Fiabilité

La fiabilité, également appelée fidélité d'un test, renvoie à l'idée de stabilité des données obtenues par l'usage de ce test. Pour vérifier la stabilité des résultats obtenus, il aurait fallu administrer le test une deuxième fois à une même population et étudier la relation test/re-test.

La population témoin n'a pas été évaluée deux fois, nous ne savons donc pas si le test utilisé est fiable. Il nous renseigne toutefois sur la compréhension d'un vocabulaire mathématique supposé connu dès le CE1.

e) Sensibilité

Parler de sensibilité, c'est parler du pouvoir discriminatoire ou classificatoire du test. Il s'agit de la capacité d'un test à différencier le plus précisément possible des sujets qui sont effectivement différents quant à l'aptitude mesurée.

Nous savons d'après le mémoire de Marine Fer qu'il existe une certaine sensibilité entre le CE1 et les autres classes. Au CE2, il existe déjà une grande différence dans les résultats. Il est donc sensible entre le CE1 et le CE2.

C'est la raison pour laquelle nous avons choisi de sélectionner des enfants dyscalculiques scolarisés dans ces deux classes. Certains enfants ayant des difficultés logicomathématiques échouent plus que les enfants tout-venants de la même classe.

Nous pouvons ainsi admettre que le test est sensible d'un point de vue de la pathologie.

En effet, nous avons certes mené cette étude sur un petit échantillon pour les raisons évoquées précédemment. Les résultats obtenus par cette population constituent une base de réflexion sur la compréhension du vocabulaire mathématique utilisé dès le cours préparatoire. Nous avons pu en tirer des conclusions:

- des items largement échoués bien que très réussis par les enfants tout-venants,
- des choix de réponses quand la réponse juste est écartée, que nous n'avons pas retrouvés au sein de la population témoin,
- une évolution différente dans la compréhension de certains items.

Rappelons que lors d'un bilan en orthophonie, nous comparons un seul enfant à un étalonnage précis, ce qui permet de situer l'enfant par rapport à des normes. Les vingt enfants évalués lors de cette étude nous donnent ainsi une idée des erreurs que peuvent commettre une population ayant des troubles logicomathématiques. En effet, parmi les vingt enfants évalués, tous sauf trois se situent au moins dans la moyenne inférieure, voire pour certains dans la pathologie.

Rappelons ainsi les résultats obtenus par les enfants dyscalculiques et les écarts-types correspondants.

Tableau A: Synthèse des résultats des 8 enfants dyscalculiques scolarisés au CE1.

<u><i>PATHOLOGIE: < 1,5 ét</i></u>	<u><i>MOYENNE SUBNORMALE: entre -0,5 et -1 et</i></u>	<u><i>MOYENNE STRICTE: entre -0,5 et 0,5 et</i></u>	<u><i>NORME: > 0,5 ét</i></u>
<i>2 enfants sur 8</i>	<i>2 enfants sur 8</i>	<i>4 enfants sur 8</i>	<i>0 enfants sur 8</i>

Les résultats obtenus sont hétérogènes. Si nous considérons que le caractère pathologique se situe à – 2 ét, nous constatons que deux des enfants scolarisés en CE1 obtiennent un score insuffisant. Quatre autres enfants sont dans la moyenne dite inférieure (entre 0,5 et – 1ét) ce qui témoigne d'un léger déficit de compréhension de certains items dont nous pouvons penser que les notions relatives sont en cours d'acquisition.

Nous avons fait de même concernant la population du CE2.

Tableau B: Synthèse des résultats des 12 enfants dyscalculiques scolarisés au CE2.

<u>MOYENNE PATHOLOGIQUE:</u> <u>< 1,5 et</u>	<u>MOYENNE SUBNORMALE: entre - 0,5 et -1 et</u>	<u>MOYENNE STRICTE:</u> <u>entre -0,5 et 0,5 et</u>	<u>NORME: > 0 et</u>
<i>5 enfants sur 12</i>	<i>4 enfants sur 12</i>	<i>3 enfants sur 12</i>	<i>0 enfants sur 12</i>

Cinq enfants sont pathologiques, quatre enfants sont dans la moyenne inférieure tout en étant dans la norme et trois enfants sont dans la norme.

Ainsi, la sensibilité de ce test semble être prouvée puisque les résultats entre les deux populations étudiées (les tout-venants et les pathologiques) sont significatifs. Le test permet de mettre en évidence les difficultés des enfants, en comparant les résultats aux normes calculées à partir de la population témoin.

B. Réflexions diverses

- La population

Trois cabinets libéraux ayant une population d'enfants dyscalculiques assez importante m'ont permis de constituer mon échantillon.

Le premier cabinet se trouve à Contes, petite commune près de Nice. Les enfants viennent surtout de l'Escarène, de la Trinité et de Contes.

Le deuxième cabinet est situé à la Colle sur Loup.

Le troisième cabinet est localisé dans le quartier de Fabron à Nice.

La population est donc répartie sur trois secteurs géographiques différents, secteurs également variés sur le plan socio-culturel.

Les résultats divergent d'un cabinet à un autre, ce qui m'a paru étonnant. Les termes « double » et « autant que » par exemple étaient échoués chez les CE1/CE2 de Contes mais étaient mieux réussis à la Colle sur Loup. Il en est de même pour les termes « somme » et « unité ».

Les enfants ayant obtenu les moins bons résultats sont concentrés sur les alentours du village de Contes et Contes lui-même.

Parmi les enfants observés à Contes et à la Colle-sur-Loup, tous rencontraient des difficultés avec la numération. Les rééducations, pour la majorité d'entre elles, ont débuté après la rentrée scolaire de septembre 2009. Certains des enfants étaient déjà suivis pour troubles du langage écrit et les difficultés en mathématiques ne nécessitaient pas de prise en charge. C'est lorsque qu'elles sont devenues handicapantes qu'un suivi logicomathématique est apparu.

Pouvons-nous alors dire que la différence observée tient de la situation géographique et du milieu culturel? S'il est vrai que la population de Contes semble plus démunie sur le plan socio-culturel, notre échantillon ne permet pas d'affirmer qu'elle en est la cause. Il aurait fallu effectuer un étalonnage de notre test sur une population d'enfants tout-venants du département Alpes Maritimes. C'est également ce que déplore Marine Fer quant à son propre étalonnage: la variable sociale et culturelle n'a pas pu être maîtrisée.

- Les orthophonistes

Il a été très intéressant d'écouter les réflexions des orthophonistes. Intéressées par le test et par les productions des enfants, elles ont été étonnées par certaines réponses obtenues. Ce fut notamment le cas pour les items traitant de la numération de position. Généralement, la compréhension et la construction du système numérique avaient déjà été entreprises en rééducation. Pourtant, des erreurs de compréhension persistent. Cela leur a permis de vérifier certaines acquisitions.

Pour d'autres, d'après les retours que j'ai pu obtenir, le test a servi de base de travail. Suite à ma venue, une orthophoniste me rapporte avoir mis en place des séances de travail autour de la compréhension de ce vocabulaire. Ont ainsi été travaillées au moyen de jetons, des situations impliquant une verbalisation utilisant les termes appropriés: « autant..que », « double », « moitié », « tous », « le plus de », « le moins de ». Dès lors que l'orthophoniste aura mis en place une situation permettant de construire le sens de ces différentes notions, l'enfant va pouvoir acquérir les termes.

Même si nous n'avons pu faire passer ce test une deuxième fois aux enfants, ce qui aurait permis d'évaluer la fiabilité du test, les orthophonistes sont d'accord pour dire que les erreurs commises étaient pour la plupart prévisibles en fonction des lacunes des enfants: le test permet de révéler les troubles que le bilan logicomathématique avait décelés.

ETUDE DE CAS

Nous avons décidé d'étudier les résultats obtenus au test par deux enfants. Pour ces deux enfants, un bilan logicomathématique a été effectué en juillet 2009. La prise en charge a débuté immédiatement après. Les prénoms des enfants ont été modifiés afin de protéger le secret médical.

Le premier que nous exposerons s'appelle Mathias. Il était déjà suivi pour des troubles du langage écrit depuis décembre 2008. Le cours préparatoire a été très difficile en ce qui concerne les acquisitions mathématiques: un bilan a donc été proposé avant la rentrée en CE1 de septembre 2009.

Le deuxième enfant s'appelle Julie et s'apprête à redoubler son CM1. Il nous a semblé intéressant d'étudier son bilan et ses résultats au test, bien que notre étude soit consacrée à des enfants scolarisés en CE1 et CE2.

En effet, lors de notre démarche expérimentale, nous avons effectué des passations auprès d'enfants dyscalculiques scolarisés du CE1 au CM2. Nous avons décidé de garder pour notre analyse uniquement les enfants des classes de CE1 et CE2 afin d'obtenir un échantillon homogène selon les critères définis précédemment. Il nous paraissait ainsi plus judicieux de restreindre l'ensemble de la population à cet échantillon, surtout d'après les résultats que Marine Fer avait soulevés.

Cependant, notre petite patiente Julie nous a semblé particulièrement intéressante à étudier, tant les difficultés en mathématiques étaient importantes, ces dernières sont la raison de son redoublement. Les troubles logicomathématiques de Julie n'ont jamais alerté ni été décelés jusqu'au moment du bilan en juillet 2009.

C'est une enfant qui n'a jamais eu de rééducation orthophonique. Le bilan a donc lieu en juillet 2009, tout comme Mathias, et, comme nous le verrons, il met en évidence une sémiologie quasi-similaire.

Nous nous appuyerons donc sur les normes établies par Marine Fer (annexe) pour confronter les résultats obtenus au test.

Cette démarche va nous permettre de répondre à plusieurs questions:

- Les résultats confirment-ils la sémiologie du bilan?
- Le test permet-il de mettre en évidence des troubles autres que ceux exposés dans le bilan?
- Est-ce que le lexique fait défaut à ces enfants dont la pensée logique n'est pas construite?

Nous commencerons par étudier le cas de Mathias, dont les troubles associés à la dyscalculie permettent d'expliquer une grande partie des erreurs qu'il commet.

Puis, nous verrons Julie et tenterons d'établir une classification de ces erreurs.

A. MATHIAS

Présentation

Mathias est un petit garçon âgé de 7 ans tout juste quand je le vois pour la passation du protocole. Il est le second d'une fratrie de deux enfants. Il est à noter que sa sœur de 5 ans son aînée a eu de graves soucis de santé entraînant une surdité mixte de perception.

Dès ses 1 an, Mathias présente des troubles du comportement: il ne tient pas en place, il est très difficile à gérer. Un suivi en pédopsychiatrie ainsi que l'entrée à l'école ont eu raison de ces troubles comportementaux. La maternelle fait alors état d'un petit garçon agréable, très sociable et serviable avec toutefois des gestes moteurs maladroits fréquents et surtout une faible capacité attentionnelle. Un suivi en psychomotricité avait alors été mis en place durant toute la grande section de maternelle. Aujourd'hui scolarisé en CE1, sa principale difficulté réside dans la manière de s'intégrer dans la dynamique de groupe (la classe), il a du mal à trouver sa place.

A la maison, bien qu'il soit capable de s'habiller tout seul démontrant une bonne intégration du schéma corporel, il met pourtant ses chaussures à l'envers.

L'orthophonie a été conseillée par le médecin scolaire et l'équipe éducative. Un premier bilan orthophonique est réalisé fin décembre 2008. Un bilan logicomathématique est secondairement effectué en juillet 2009 face aux grandes difficultés de Mathias dans l'apprentissage scolaire des mathématiques. D'après l'orthophoniste qui le prend en charge, Mathias avait tendance à la précipitation et une grande impulsivité dans ses réponses. Du fait de son agitation motrice, le besoin de le canaliser était alors nécessaire.

1er bilan datant de décembre 2008

Mathias est alors âgé de 6 ans.

- *Articulation et Parole*

Évaluée en dénomination d'images par le NEEL (Nouvelles Epreuves de l'Évaluation du Langage) forme G, la parole est conservée avec une légère difficulté pour les mots pluri-syllabiques, Mathias se situant à -1 écart-type.

En discours spontané, on remarque de nombreuses déformations phonologiques: des redoublements phonémiques par anticipation, une instabilité du point d'articulation qui a tendance à s'antérioriser pour les groupes syllabiques complexes [kr] et [gr] donnés respectivement [tr] et [dr].

Mathias a également du mal à percevoir la frontière entre les mots et réalise des simplifications, voire des inversions, dans les groupes consonantiques complexes.

- *Empan phonologique*

Mathias se situe à -2 écart-types pour l'épreuve du NEEL qui évalue la répétition de mots rares. L'épreuve du ELO (Évaluation du Langage Oral) évaluant la répétition de mots fréquents est échouée, le résultat de Mathias étant alors supérieur à -2 écarts-types. La mémoire de travail semble alors défaillante.

- *Evocation et stock lexical*

L'évocation ne pose pas de problème. Le vocabulaire actif (dénomination) ainsi que le vocabulaire passif (désignation) connaissent un développement normal si on se réfère à l'étalonnage de la NEEL pour cet enfant de 6 ans.

Cependant, des hésitations sont à remarquer, notamment sur les termes abstraits où Mathias éprouve quelques difficultés. En effet, une petite faiblesse (- 1 écart-type) est à noter concernant les termes relatifs à la topologie et l'arithmétique:

- côte à côte
- dessus/dessous
- au centre
- le plus/le moins, par rapport à une quantité numérique

La compréhension de certains mots est également atteinte:

- différent, compris comme pareil
- position, compris uniquement dans le sens de l'endroit

Aparté:

Au cours du bilan, la numération est analysée succinctement pour avoir une idée des compétences de Mathias. Or, on voit déjà apparaître une défaillance dans la maîtrise des structures logiques de correspondance terme à terme qui est impossible au-delà de 5 éléments (manque de coordination entre la chanson et le geste de pointage), les catégorisations ne sont pas réalisables.

Mathias n'a pas le sens du nombre: le test des poupées et des robes de l'UDN 2 (Utilisation Du Nombre) est échoué de même que l'épreuve des algorithmes des tests NBTL-F et NBA2-T.

Le repérage dans le temps social n'est pas mis en place. Mathias n'a pas acquis la différenciation entre les jours/mois/semaines et est incapable de se déplacer dans le temps vécu en utilisant les vecteurs lexicaux de hier/aujourd'hui/demain.

- *Capacités morphosyntaxiques et métalinguistiques*

La compréhension, évaluée avec le ELO, est bonne. Cependant, si Mathias parvient à prendre en compte l'énoncé dans sa globalité, sa précipitation trop grande le conduit à commettre des erreurs par prise partielle d'indices puisque dans l'incapacité de traiter simultanément plusieurs informations.

C'est dans l'évaluation de l'expression que l'on remarque de grosses difficultés: de nombreux dysfonctionnements linguistiques sont repérés dans l'emploi des déterminants et des prépositions, dans le changement de genre, dans l'emploi des flexions verbales... Sa morphosyntaxe en expression correspond au niveau d'un enfant de moins de 5 ans.

- *Conscience phonologique*

Mathias n'a aucune sensibilité phonologique. Toutes les épreuves sont échouées et le conditionnement est également impossible à mettre en place.

- *Mémoire*

Les facultés de rétention de Mathias sont très faibles. La mémoire visuelle, la mémoire auditive, mais encore la mémoire verbale (sémantique et lexicale) sont défaillantes. Mathias perd de le sens des mots dès lors qu'ils se trouvent dans des phrases syntaxiquement complexes, ce qui confirme les résultats en expression du ELO.

- *Graphisme*

Son graphisme rend compte d'une certaine immaturité. On note un problème dans la motricité fine et une impulsivité dans le geste est par ailleurs constatée.

- *Traitement visuel et orientation spatiale*

Mathias a une latéralité inversée: gauche pour la main, droit pour l'œil. Bien que la droite et la gauche soient correctement individualisées sur lui-même, cette différenciation n'est pas encore acquise dans l'espace. Le balayage du regard n'obéit pas encore au sens conventionnel de la lecture de gauche à droite, il est plutôt anarchique. La poursuite du regard est difficile à maintenir, de même que la construction visuo-practo-spatiale, l'orientation et la structuration spatiales. La reproduction d'algorithmes est partiellement échouée.

En conclusion de ce premier bilan:

L'atteinte du langage oral montre une sémiologie variée autant sur le versant expressif - avec des séquelles d'un retard de parole, une insuffisance morphosyntaxique et un empan phonologique très faible - que sur le plan de la compréhension, notamment sur les termes abstraits et les situations faisant appel au raisonnement logique, rendant l'accès à la compréhension de consignes compliqué.

Le trouble attentionnel de Mathias ne lui permet pas de prendre en considération les aides extérieures ce qui amplifie l'échec aux épreuves du bilan. Le niveau perceptivo-moteur est également très atteint.

L'orthophoniste fait alors état d'une hypothétique dyspraxie qui sera plus tard mise en évidence par un bilan ophtalmologique, orthoptique et neuropsychologique.

Observations

Bien qu'un bilan complet des structures logicomathématiques et des capacités de traitement numérique ne soit pas à ce moment-là réalisé, on peut mettre en évidence parmi les épreuves de ce premier bilan de langage les pré-requis nécessaires permettant la construction du nombre. Les épreuves des robes/poupées de l'UDN II reposent sur le principe de correspondance terme à terme, principe à la base de l'équivalence, l'équivalence étant la structure essentielle pour comprendre et construire le système numérique décimal. Or, cette structure logique ne semble pas être acquise.

Les vecteurs lexicaux nous intéressent plus particulièrement quant à l'objectif de notre étude. Par exemple, le terme « position » est mal appréhendé par Mathias qui en a une définition bien trop restreinte puisqu'il l'assimile à « endroit »: on peut imaginer la difficulté concernant la numération de position avec l'usage des termes unité et dizaine entre autres.

Le traitement visuel n'est pas efficace, ce qui peut avoir comme conséquence une mauvaise appréhension de l'espace.

La mémoire est défaillante: or dans de multiples situations, à commencer par l'apprentissage de la comptine numérique, un trouble de la mémoire de travail peut entraver ses apprentissages, comme nous l'avons vu dans la théorie. Ses facultés de rétention étant faibles, on peut se douter que Mathias aura du mal à retenir une consigne, la comprendre et donc effectuer ce qui est demandé (sans parler des difficultés lexicales propres aux mathématiques). De même, la mémoire intervient dans la résolution d'opération, notamment au niveau de la boucle phonologique. Or, son empan phonologique est très faible également ce qui pénalise Mathias pour traiter l'information.

Les pré-requis appartenant au champs des opérations infra-logiques ne sont pas acquis: l'espace, le temps, le langage. Mathias ne sait pas se repérer dans le temps qui est le sien, le temps social, il n'est pas organisé sur le plan temporel. On peut alors supposer des difficultés au niveau de l'acquisition de la chaîne numérique, nécessaire au dénombrement. L'espace n'est également pas traité correctement, à commencer par les repères droite-gauche, qui outre l'importance qu'ils requièrent en lecture, sont également obligatoires dans la résolution d'algorithmes opératoires, en géométrie, en situation de transcodage (écriture des chiffres, ceux-ci pouvant être mal orientés)... Ce sont des repères essentiels sans lesquels l'enfant ne peut évoluer dans le domaine des apprentissages logicomathématiques.

Le trouble attentionnel de Mathias accentue ses difficultés d'apprentissage, ce dernier étant dans l'incapacité de rester sur une même tâche. Il a tendance à la précipitation ce qui l'amène à l'échec dans des exercices de planification. Ce trouble attentionnel compromet bien évidemment la mise en place des apprentissages.

Après une première année scolaire accompagnée d'une AVS ainsi que d'un suivi orthophonique à raison de trois séances hebdomadaires, son passage en CE1 est conseillé grâce aux progrès significatifs dans le domaine du langage écrit. Toutefois, des dysfonctionnements en mathématiques paraissent très invalidants. La rééducation s'oriente alors prioritairement vers une prise en charge des activités logicomathématiques.

Bilan logicomathématique: juillet 2009

Mathias termine le CP avec une amélioration du langage écrit. De même, la rééducation mise en place a permis de travailler le traitement visuo spatial et la coordination oculo-manuelle.

Mathias est désormais capable de faire seul une activité d'une complexité légère: les tâches de planification et de coordination sont ainsi mieux réalisées.

L'orthophoniste décide alors de lui faire passer un bilan des compétences cognitives et logicomathématiques afin de mieux cerner Mathias dans les difficultés qu'il éprouve en mathématiques. Il est alors âgé de 6 ans 7 mois.

- *Vecteurs lexicaux*

Mathias est en grande difficulté avec les quantificateurs les plus fréquents du langage mathématique à savoir:

- chaque
- une partie des
- tous
- autant, compris plus de
- 2 de plus
- 2 de moins
- le double
- la moitié

« Avec » et « entre » sont également sujets à une mauvaise interprétation, surtout dans les énoncés suivants: « partage les jetons *avec* tes deux copains » et « partage les jetons *entre* tes deux copains ».

« Et » dans le sens où il coordonne deux informations à prendre en considération est mal appréhendé. C'est par exemple l'énoncé suivant: « donne moi un nombre plus petit que 5 et plus grand que 2 ». Mathias répond alors 1 et 8.

- *Logique*

Les relations d'équivalence ou de classification, les relations d'ordre ou sériation et les relations hiérarchiques entre les classes et sous-classes (inclusion) sont nécessaires pour que l'enfant puisse construire le nombre et lui donner du sens.

- Classification:

Mathias est incapable d'anticipation (fonctionnement opératoire) mais procède par proximité de pensée, c'est-à-dire qu'il opère par des croisements de critères avant de pouvoir en isoler un. De plus, il est dans un système binaire, puisque que, si l'on considère par exemple le critère *taille*, Mathias ne perçoit pas les « moyens », qu'il considère tantôt comme des « grands », tantôt comme des « petits ».

- Combinatoire (avec 3 formes et 4 couleurs):

Il procède par tâtonnement ce qui correspond à un mode de fonctionnement intermédiaire. Il parvient toutefois à trouver toutes les solutions possibles.

- Sériation:

Mathias est en échec: il est dans l'incapacité totale d'organiser 5 baguettes de tailles différentes dans un ordre croissant ou décroissant. De même, l'épreuve des ronds qui consiste à pouvoir envisager différents points de vue simultanément n'est pas réussie: Mathias ne peut concevoir qu'un rond soit à la fois plus petit que... **et** plus grand que... .

- Inclusion:

Normalement en place vers 8/9 ans, Mathias n'a pas encore acquis cette structure logique. Ceci n'est donc pas pathologique compte tenu de son âge.

- Conservation des quantités

Mathias n'est pas conservant car il est toujours au stade figuratif: il est dominé par les leures visuels qui l'empêchent d'avoir une pensée opératoire. Les modifications spatiales le conduisent à modifier son point de vue.

- *Nombre et numération*

- L'utilisation du nombre:

Face à une collection à dénombrer, Mathias n'est pas capable de l'évaluer spontanément, il oublie ce qu'il doit faire.

Le dénombrement n'est pas parfaitement maîtrisé: il n'y a pas de coordination entre la comptine et le geste de pointage, l'amenant ainsi à compter deux fois un même objet ou à en oublier un.

De même, le travail sur une collection est impossible: Mathias ne peut modifier une collection sur consigne. La barrière linguistique quant au lexique mathématique utilisé dans ce type d'activité constitue probablement une barrière supplémentaire.

- Aptitudes numériques:

La suite numérique est stable jusqu'à 59. A partir de 59, il commet des erreurs et peut rester bloqué car le passage à la dizaine supérieure lui est impossible. Le déplacement dans la chaîne numérique est difficile: les termes « avant » et « après » sont mal appréhendés et Mathias n'a pas une franche connaissance de la succession des nombres. Le comptage de 2 en 2 ou de 10 en 10 n'est pas automatisé.

La comparaison de grandeur entre deux nombres est fantaisiste. Mathias ne prend pas en compte tout le nombre mais uniquement le chiffre des unités. Ainsi, 27 est plus grand que 52.

La lecture et le transcodage sont peu échoués jusqu'à 30. On note quand même une inversion graphique dans la réalisation de quelques chiffres, comme le 7.

La numération de position est mal appréciée, les termes ne sont pas compris et la relation d'équivalence numérique qu'elle sous-tend n'est donc pas mise en place.

- Les techniques opératoires:

L'addition tout comme la soustraction ne sont pas du tout intégrées car totalement vidées de leur sens.

Ex:

$$\begin{array}{r} 24 \\ + 8 \\ \hline 248 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 28 \\ - 7 \\ \hline 287 \end{array}$$

- Le calcul mental est inexistant, de même que le passage par le comptage digital.
 - Les problèmes additifs ne peuvent pas être abordés.

En conclusion de ce bilan logicomathématique:

Les dysfonctionnements sont massifs: tous les domaines à l'origine de la construction du

nombre sont mal ou pas construits. Certaines compétences logiques ne sont pas tout à fait performantes. Bien que son mode de pensée ne soit pas encore opératoire, il parvient l'épreuve de classification par tâtonnements successifs mais n'est pas capable de verbaliser ce qu'il a produit. Il en est de même pour la combinatoire où Mathias trouve toutes les combinaisons possibles sans pour autant avoir mis en place une stratégie opératoire. Ceci témoigne d'une faiblesse au niveau de la mobilité de la pensée.

Rappelons que Mathias n'a que 6 ans 7 mois au moment du bilan, ce qui correspond au stade pré-opératoire. Ainsi, du fait de son âge, il n'est pas étonnant de s'apercevoir que le principe d'équivalence n'est pas acquis.

Mathias ne perçoit pas encore la cardinalité et l'ordinalité du nombre, notions qui se construisent avec la classification, qui n'est pas encore opératoire, et la sériation.

Enfin, les troubles visuo-practo-spatiaux sont massifs rendant le dénombrement impossible (le geste de pointage est mal maîtrisé) et l'appréhension des parties et du tout incorrecte. Il est également à noter les difficultés temporelles et le trouble linguistique qui entraînent une gêne dans l'apprentissage de la chaîne numérique, avec notamment des difficultés de mémorisation.

Résultats de Mathias au protocole expérimental

Mathias, âgé de 7 ans 1 mois obtient 19 bonnes réponses sur les 33 items proposés ce qui le situe à $-2,62$ écarts-types de la moyenne des enfants de sa classe. Il se situe donc dans la pathologie puisque que nous considérons qu'un comportement est pathologique quand l'enfant atteint -2 écarts-types. Voyons quelles sont les erreurs commises.

- Item 1: La **ligne** est en noir.

Réponse choisie: La **colonne** est en noir.

- Item 2: Il y a **autant** de fleurs **que** de maisons.

Réponse choisie: Il **n'y a que** des fleurs.

- Item 7: C'est le **double** de 4.

Réponse choisie: C'est **4**.

- Item 9: Il **manque un ballon**.

Réponse choisie: il **manque les garçons**.

- Item 10: Il y a 2 **dizaines**.

Réponse choisie: c'est un **2**.

- Item 12: C'est une **somme**.

Réponse choisie: c'est le **signe +**.

- Item 13: La fille a le **plus** de billes.

Réponse choisie: La fille a **autant** de billes **que** le garçon.

117

- Item 16: K est **juste** avant L

Réponse choisie: K est **avant** L

- Item 20: Les enfants sont rangés **du plus grand au plus petit**.
Réponse choisie: Les enfants sont rangés **du plus petit au plus grand**.

- Item 22: C'est une **égalité**.
Réponse choisie: **1 + 1**

- Item 24: Il y a **3 unités**.
Réponse choisie: **415**

- Item 26: La fille veut **les autres** billes.
Réponse choisie: La fille **a des billes**.

- Item 31: C'est une **pièce**.
Réponse choisie: C'est un **billet**.

- Item 33: La fille a **le moins** de billes.
Réponse choisie: La fille a **le plus** de billes.

Analyse qualitative des réponses données.

- Ligne / Colonne

La connaissance de l'organisation du tableau à double entrée, souvent utilisé dans les manuels scolaires du CP, semble, d'un point de vue lexical, mal appréhendée chez Mathias. La confusion entre ligne et colonne est ici objectivée par le fait que l'item 15 « La colonne est en noir » est réussie.

Nous pouvons émettre l'hypothèse suivante: les termes « ligne » et « colonne » sont admis chez Mathias comme étant deux signifiants différents pour un même signifié, le référent étant la colonne.

Or, Mathias est en grande difficulté dans le domaine visuo spatial. La compréhension spatiale du tout et des parties est altérée, rendant ainsi tout jugement spatial déformé.

Ce n'est pas un item discriminant chez les tout-venants: 97% des enfants réussissent du CE1 au CM2.

Aussi, l'utilisation lexicale d'un terme se référant à l'espace brouille les compétences de Mathias.

- Autant que / Le plus / Le moins

Le bilan met en évidence des difficultés de compréhension de ce vocabulaire appartenant

aux quantificateurs.

Intéressons-nous d'abord à l'item 2 portant sur le sens de « autant...que ».

D'après le bilan orthophonique, cette locution est assimilée à « plus...que ».

Or, Mathias donne la réponse considérée comme absurde: en effet, alors que l'item fait état de fleurs et de maisons, il choisit celui où il n'y a que des fleurs, excluant ainsi de sa pensée les maisons. La prise incomplète d'indices à l'oral le conduit donc à l'erreur.

Le traitement visuel de Mathias est inefficace et il semble alors que le choix de la réponse repose sur une analyse visuo-perceptive. Les fleurs prenant beaucoup de place dans l'image, Mathias considère qu'il s'agit de la réponse où il y a le plus de fleurs. Ceci est en accord avec sa logique.

D'après les résultats statistiques des enfants tout-venants du CE1, « autant ...que » est souvent assimilé à « plus...que » (près de 50% retiennent en effet la réponse A).

Seuls 39% des élèves de CE1 évalués ont su donner la bonne réponse et 10% seulement choisissent la réponse absurde, comme Mathias.

Comparons cette réponse erronée à l'item 13 portant sur la signification de « le plus de ».

Mathias choisit la réponse portant sur l'égalité numérique des collections, soit « autant...que ». Même si le trouble attentionnel de Mathias est handicapant (la précipitation qu'il montre pour choisir la réponse ne lui permet pas de prendre en compte tous les indices présents sur les quatre images), Mathias reste dans un jugement perceptif: il montre ainsi à chaque fois l'image où il lui semble y avoir plus. Il ne semble pas non plus être dans la comparaison entre 2 collections: il n'en considère qu'une, sans considérer qui en a le plus et qui en a le moins. C'est pour ces raisons qu'il choisit la réponse C, là où les billes sont en quantité numérique supérieure.

Il en est ainsi pour l'item 33. Ses leurres visuels vont le conduire à choisir l'image où il y a le plus de billes. Il n'y a aucune activité de comparaison.

Notons que les items 13 et 33 sont majoritairement compris chez les tout-venants.

Rappelons que la locution *autant...que* est déficitaire sur le plan de la compréhension chez les enfants ayant des troubles d'apprentissage en mathématique, alors que ce n'est pas le cas au sein de notre population pathologique pour les items 13 et 33. Mathias est donc en grande difficulté.

- Double

Certains items sont discriminants au CE1: le pourcentage de réponses justes pour les termes suivants est nettement inférieur au CE1. « Double » fait partie de ceux-là.

En effet, chez les enfants du CE1, seuls 67% d'entre eux le comprennent et réussissent l'item, alors qu'au CE2, on atteint déjà un pourcentage de 82%.

Mathias donne la réponse A: c'est le même chiffre.

Deux hypothèses peuvent concourir:

1ère hypothèse:

Le double de 4 est compris comme « c'est 4 ». Le double signifie pour lui que 4 est « en double », qu'il y est deux fois.

2ème hypothèse:

Mathias se fie à l'indice sonore qu'il entend en dernier, 4 résonnant dans sa tête en dernier.

D'après le bilan, nous apprenons que c'est le sens de « double » qui n'est pas maîtrisé, ce qui est normal puisqu'il ne possède ni la notion de nombre ni celle de numération. Mathias se fie alors à ce qu'il entend en dernier: l'hypothèse 2 semble alors plus juste. Il montre ce qu'il entend,

comprenant alors *double* comme le *même*.

- Manque

Mathias fait le choix de la réponse absurde. En effet, alors qu'il s'agit d'un item implicite dans le sens où la phrase ne fait pas état des garçons (« il manque un ballon »), il fallait, d'après les images, en déduire l'association un ballon / un enfant. C'est typiquement une épreuve de correspondance terme à terme. Or, en choisissant l'item C, Mathias ignore complètement le sens de l'item, ne prenant en compte que l'indice verbal: ballon. Mathias ne possède pas l'implicite du discours.

Pouvons-nous pour autant attribuer cette erreur à son déficit attentionnel? Il semble évident que cette part du trouble a une incidence sur la réussite du protocole. 99% des enfants tout-venants parviennent à trouver la bonne réponse. Ce n'est donc pas un item discriminant chez les tout-venants. .

Ce type d'erreur apparaissait déjà sur l'item 2: «il y a autant de fleurs que de maisons».

Mathias avait occulté le fait qu'il y ait des maisons, assimilant le terme *autant de* à l'idée de *plus*. Son jugement était alors déjà visuo-perceptif. Pourtant, dans ce cas, il n'y avait pas d'informations dites implicites puisque les deux éléments à comparer étaient explicitement mentionnés.

Mathias est dans la désignation, il montre ce qu'il entend en dernier, comme dans l'item précédent. La compréhension se révèle à nouveau déficitaire et pathologique puisque 87,5% des enfants dyscalculiques de niveau CE1 réussissent cet item.

- Dizaine/Unité

Tout comme « double », leur compréhension connaît une nette évolution entre le CE1 et le CE2. On peut donc admettre qu'en CE1, ils sont en cours d'acquisition. L'enfant, pour répondre à la question, cherche des repères.

Observons la réponse donnée à l'item 10: « il y a 2 dizaines. »

Mathias choisit la réponse C (2), mettant ainsi en évidence son incompréhension par rapport à ce terme. Il ne sait pas ce que représente la dizaine et n'a pas été capable de l'expliquer à la fin du test. Il prend comme indice dans la phrase le seul élément qui a du sens, c'est-à-dire le chiffre 2. On voit donc qu'il fonctionne toujours de la même façon, il montre ce qu'il entend, à savoir /deux/. Il ne prend pas en compte toutes les informations et dirige son attention vers les indices sonores qui ont du sens.

Concernant l'item 24: « il y a 3 unités »:

Mathias tente de faire une correspondance entre le terme d'unité qu'il ne comprend pas et les quatre images présentées: ainsi, il comprend « unité » comme « élément », « chiffre », ce qui est logique pour lui. Il fait ainsi une correspondance: 3 unités = 3 choses = 3 chiffres.

- Somme

Nous constatons que, bien qu'il soit utilisé dans les énoncés de problème, sa fréquence dans

les ouvrages mathématiques est faible. « Millemaths » par exemple ne l'utilise qu'à deux reprises alors qu'il est douze fois employé dans le manuel « J'apprends les maths ». De même, après avoir suivi une classe de CP pendant un semestre, j'ai constaté que ce mot est rarement utilisé à l'oral. Son sens reste encore très flou du fait d'une faible voire d'une absence d'utilisation à l'oral dans les apprentissages mathématiques. Or, il s'agit là d'un terme que nous avons classé auparavant dans le vocabulaire mathématique. En effet, il s'agit là d'un terme spécifique aux mathématiques dont l'utilisation dans la vie courante est très fréquente. On peut donc s'étonner qu'il ne soit pas plus travaillé que ça à l'école.

D'ailleurs, les résultats obtenus lors des passations chez les enfants tout-venants confirment ces dires. Seuls 50% des enfants scolarisés en CE1 (contre 62% toutes classes confondues) parviennent à trouver la bonne réponse, aucune des autres réponses n'étant choisie de manière prépondérante.

Concernant Mathias, il en a pourtant une certaine idée puisque, même s'il a échoué à l'item, on peut considérer sa réponse comme étant sémantiquement proche. Alors qu'on attendait la réponse B, Mathias choisit la réponse faisant état du signe +. Ceci pourrait laisser entendre que Mathias sait qu'on utilise le terme *somme* quand il s'agit d'une addition, sans pour autant en avoir une connaissance précise.

Or, si on regarde les résultats du bilan logicomathématique, on découvre qu'il ne maîtrise pas les techniques opératoires d'addition et soustraction, ne donnant aucun sens à l'une ou à l'autre et les réalisant de la même manière. De même, les problèmes additifs ne peuvent être abordés. Parmi les quatre réponses possibles, on regrette alors qu'il n'y ait pas le versant opposé du signe +. Le choix de Mathias a pu donc s'orienter par défaut, par absence d'un « dilemme ».

- *Juste (avant)*

Cet item me semble particulièrement intéressant à traiter chez des enfants comme Mathias ayant des troubles attentionnels et donc comme nous l'avons dit précédemment, une précipitation à répondre. Ici, nous avons un item où deux informations sont à prendre en compte: la relation temporelle investie par le mot *avant* et la précision lexicale *juste* nécessitent d'être coordonnées pour mener à bien cet item.

Mathias n'a visiblement pas de difficultés pour se repérer avec les indices avant/après (l'item 29 portant sur après est réussi). Il ne prend par contre pas en compte la totalité de l'information donnée par la phrase: *juste* n'est pas considéré. S'agit-il d'un oubli? D'une précipitation dans le choix de la réponse? D'une compréhension insuffisante? Si l'on compare à la population témoin, il apparaît que cet item n'est pas discriminant.

- *Ranger du plus grand au plus petit*

Cet item sous-tend les opérations de sériation, permettant la compréhension de l'aspect

ordinal du nombre. Le bilan nous apprenait que Mathias n'était pas capable d'ordonner une série de baguettes et ni de travailler sur cette série (comme intercaler un élément manquant par exemple).

Nous avons également appris que le balayage visuel chez Mathias est anarchique, la poursuite du regard est difficile et la connaissance de la gauche et de la droite dans l'espace est aléatoire.

Mathias ne donne pas la bonne réponse. Cependant, il désigne l'image correspondant à un rangement des enfants du plus petit au plus grand et non du plus grand au plus petit. Il montre donc quelque chose d'ordonné, bien que pour lui l'ordre ne soit pas relié au sens de lecture. Le bilan avait alors montré que Mathias était incapable d'organiser les baguettes.

- Égalité

Mathias est piégé par des leurres visuels: la correspondance terme à terme qui permet d'acquérir le principe d'égalité numérique entre deux collections devient impossible au-delà de cinq éléments. Aussi, une égalité au sens mathématique du terme n'est pas connue de Mathias. Cependant, ce terme renvoie chez lui une idée de deux choses identiques, pareilles: l'égalité prend une valeur figurative et non numérique. C'est ce qui l'amène à choisir la réponse B.

- Les autres

Nous avons ici l'expression d'une précipitation chez Mathias, qui ne focalise son attention que partiellement, il ne tient pas compte de tous les indices visuels présents sur l'ensemble des images proposées. Cette impulsivité l'empêche de faire des choix appropriés basés sur un réel raisonnement. Pour comprendre la signification de « *les autres* », il faut penser les billes en plus de celles que la fille a déjà. C'est une réflexion qui semble encore trop complexe pour Mathias. En choisissant la réponse considérée comme absurde, il désigne ce qu'il comprend de l'item, en se basant encore sur un jugement perceptif: il montre ainsi l'image « la fille a des billes ».

- Pièce

Nous avons véritablement une erreur de type sémantique. Mathias ne possède qu'un sens restreint du mot pièce. Pour lui, il s'agit uniquement de la pièce de monnaie. N'étant pas figurée, Mathias est obligé de choisir l'image ayant un lien sémantique avec le champ lexical de l'argent et choisit donc le billet. Il lui manque l'idée, le concept de la pièce comme étant un morceau, une partie d'un tout.

Pour résumer:

Les erreurs commises par Mathias sont majoritairement dues à des troubles de la compréhension (9 items concernés).

On voit que certaines réponses données sont sémantiquement proches, ce qui permet d'émettre l'hypothèse que des termes sont en cours d'acquisition. Sa pensée est non numérique. C'est le cas pour *double*, *somme* et *égalité*. Mathias tente une approche en s'aidant de ce qu'il a comme connaissance dans ce domaine.

La compréhension du vocabulaire numérique est également déficitaire. Mathias tente des moyens de compenser, notamment sur le mot *unité* qu'il assimile à *élément*; le concept de la *dizaine* ne semble pas construit.

Enfin, le vocabulaire des quantificateurs n'est pas acquis. *Autant que*, *le plus que*, *le moins que* sont tous trois échoués.

De manière générale, il n'a pas les moyens pour élaborer une stratégie de pensée. Il fonctionne selon un mode figuratif, perceptif.

Si nous rapprochons les items échoués par Mathias des items échoués par nos 8 enfants dyscalculiques de CE1, nous nous apercevons que:

- Les items échoués par au moins 50% des enfants le sont également pour Mathias: il s'agit de « autant...que », « dizaine », « somme », « égalité », « unité ». Il réussit les items 28 (compléter) et 29 (après).
- Certains items sont échoués alors qu'ils ne le sont pas par les enfants dyscalculiques du cours élémentaire 1. Ainsi, les items 1 (ligne), 9 (manquer), 26 (les autres) et 33 (le moins de) sont faux.
- Les autres items qui ont posé soucis, à savoir les items 13 (le plus de), 16 (juste), 20 (ranger) et 31 (pièce), sont également problématiques pour 30 à 40% des enfants pathologiques de même niveau scolaire.

Voici quelques explications:

- Les erreurs qu'il a commises aux items 2 (autant que), 13 (le plus de), 26 (les autres) et 33 (le moins de) sont liées à une analyse visuo-perceptive, sans prendre en compte les informations verbales de la consigne qu'il ne connaît pas.
- Pour les items 7 (double), 9 (manque), 10 (dizaine), la prise d'indice est partielle: la compréhension de ce vocabulaire étant déficitaire, Mathias n'a tenu compte que de ce qui faisait sens dans la phrase.
- L'absence de l'élaboration de la numération et donc de la construction du nombre sont révélées par les erreurs commises aux items 10 (dizaine), 12 (somme), 22 (égalité), 24 (unité).

Mathias est très jeune par rapport à son niveau scolaire. En effet, s'il a 6 ans 7 mois au bilan réalisé en juillet 2009, cela signifie qu'il n'avait pas encore 6 ans lors de son entrée au cours préparatoire. Ses troubles divers associés l'envahissent dans son comportement et son raisonnement, celui-ci étant encore perceptif. Cela ne fait aucun doute que Mathias n'a pas pu mettre en place les outils nécessaires pour accéder à un niveau de pensée supérieure: il n'en a pas les moyens.

Comment expliquer l'échec aux items les mieux réussis par la population témoin et par la population pathologique de même classe?

Mathias se situe à plus de -2 écart-types des enfants de son niveau scolaire.

Son attention labile et son impulsivité ne lui permettent pas de compenser cette compréhension insuffisante par une réflexion comme, par exemple, un choix par élimination. Lors de la passation, le comportement de Mathias était inadapté: beaucoup de précipitation, peu d'intérêt pour la consigne. Son regard ne se pose que très succinctement sur les quatre solutions proposées à chaque item, ne considérant souvent qu'un aspect de l'énoncé (traitement visuel ou prise partielle d'indices sémantiques).

On peut donc conclure de la façon suivante: lorsque Mathias a une vague idée du concept que sous-tend le mot, la réponse choisie est sémantiquement proche. Il fait des correspondances sémantiques. Mathias en est au stade préopératoire, stade de la différenciation entre

signifiant/signifié.

L'attention est la structure qui permet l'ancrage des connaissances et soutient l'apprentissage.

Son trouble de l'attention s'exprime à travers les mauvaises réponses qu'il donne, ne permettant pas de dire s'il s'agit d'un réel trouble de la compréhension: il n'a aucune manière de compenser ce trouble car son comportement comporte de nombreux traits d'impulsivité mais surtout, parce qu'il n'a pas les outils mentaux nécessaires. Les enfants cessent d'être inattentifs quand ils peuvent s'attacher à activer des procédures mentales, c'est-à-dire quand ils ont des objets mentaux à activer: ils cessent alors d'activer leurs mains. Tant qu'ils ne peuvent pas user de processus mentaux, ce sont des enfants qui vont éviter des activités leur demandant un effort mental trop important. Mathias, du fait de son jeune âge et de son trouble de l'attention, ne peut donc pas mettre en place les outils nécessaires en vue d'un raisonnement cognitif opératoire.

La responsabilité d'une partie des erreurs commises par Mathias revient sans doute au trouble visuo-practo-spatial. Mais c'est surtout l'intrication des troubles associés à la dyscalculie qui explique les mauvais résultats au test. Mathias fonctionne de façon différente en fonction de ce qui est demandé. D'une part, ce sont ses faiblesses visuelles qui l'amènent à faire de mauvais choix, notamment sur les items portant sur des quantités numériques (items 2, 13, 33). D'autre part, comme il ne prend en compte que certains indices de l'énoncé, il répond en fonction de ce qu'il entend et qui fait sens. Enfin, quand il a une idée approximative de la signification d'un terme, il va opérer selon une correspondance sémantique.

Présentation

Julie est âgée de 10 ans 11 mois quand je la vois pour la passation du protocole. Elle est scolarisée en CM1 depuis la rentrée 2009/2010. Les grosses difficultés que rencontre Julie en mathématiques font l'objet d'une demande de bilan orthophonique pour troubles logicomathématiques. Le bilan a lieu en juillet 2009, soit juste avant la rentrée en CM1. Il est à noter que ses difficultés dans le domaine mathématique ont déjà contraint Julie à un redoublement (classe du CE2).

Julie est la cadette d'une fratrie de trois enfants. Son développement, bien que ponctué d'otites fréquentes et d'allergies, ne fait état d'aucune difficulté particulière, ni d'aucun retard. Son développement psychomoteur est donc plutôt harmonieux.

Elle est décrite comme une enfant serviable et sociable, volontaire, coopérante et autoritaire. Elle est consciente de ses difficultés et est porteuse d'une réelle demande d'aide quant à ses dernières. L'orthophoniste qui la voit me dit alors que Julie a investi très vite la rééducation et qu'elle se sent désormais soulagée d'avoir enfin une aide pour pallier ses difficultés.

BILAN LOGICOMATHEMATIQUE: Juillet 2009

- Organisation spatiale

Les repères droite/gauche sont bien individualisés sur elle mais pas dans l'espace. Il y a encore beaucoup de confusions. En épreuve d'imitation main/visage, elle fonctionne en miroir, elle n'est donc pas capable de décentration mais copie en miroir ce qu'elle voit. De même, les positions relatives ne sont pas différenciées. L'épreuve de Sadek-Khalil montre alors une éventuelle difficulté dans le traitement simultané de deux informations complexes. Les repères spatiaux (en haut en bas, en haut à gauche...) ne sont réussis qu'après un long conditionnement.

La figure de REY en copie immédiate laisse apparaître un gros déficit des capacités visuo-constructives. La symétrie n'est absolument pas maîtrisée.

- Organisation temporelle

Estimer la durée d'un événement quelconque ou connu est impossible. Julie n'a pas conscience du temps qui passe: elle estime par exemple la durée de la nuit à deux heures, celle de la récréation à trois heures. Elle ne peut non plus à ce jour acquérir l'heure.

Bien que la distinction entre jours/saisons/mois soit présente, Julie ne peut donner le nombre de mois dans une année mais est toutefois capable de les restituer dans l'ordre chronologique.

Dans l'épreuve du récit en image, Julie est capable d'organiser correctement les items dans l'ordre chronologique de l'histoire. Toutefois, sur le plan de la verbalisation, Julie est incapable de narrer le récit correctement, surtout qu'il existe chez elle une confusion qui persiste entre le passé et le futur, se rajoutant au fait qu'elle n'est pas capable de trouver le verbe dans une phrase. Le versant linguistique, verbal, du temps est donc atteint, ce qui connote un manque d'organisation dans le temps.

- Les vecteurs lexicaux

Certains quantificateurs sont mal appréhendés:

- *Autant*, assimilé à plus
- *Tous...sauf*: c'est par exemple l'énoncé suivant:

« tous ont 3 jetons sauf 1 » = « tous ont 2 jetons »

- *Et*, quand il coordonne deux informations à traiter simultanément, est non assimilé.
- *3 fois plus* = trois de plus
- *Double* et *moitié* sont bien différenciés.

- Les structures logiques

- *La classification*

Son traitement est opératoire quand il s'agit de classer par forme ou par couleur. Elle échoue quand il s'agit d'isoler le critère taille. Son fonctionnement est alors basé sur la proximité de pensée: elle effectue des croisements de critères (multiplication de sous-ensembles) ce qui correspond au niveau d'un enfant de 8 ans.

- *La combinatoire*

Elle procède par tâtonnements successifs pour combiner deux critères. C'est un niveau intermédiaire dans la construction de cette pensée combinatoire. La structure logique de classe n'est donc pas inscrit dans un fonctionnement de pensée multiplicative.

- *La sériation*

Dans un premier temps évaluée par le rangement de 10 baguettes, l'épreuve est réussie par tâtonnements successifs.

Quand il s'agit de l'épreuve des ronds, Julie est en grande difficulté pour dessiner un rond *plus petit que... et plus grand que*. C'est la linguistique qui ici pose problème, elle ne maîtrise pas la conjonction *et*, habituellement utilisé en français pour signifier *et puis*. La situation dite impossible où l'enfant doit dessiner un rond plus grand que le plus grand et plus petit que le plus petit n'est pas envisageable pour le moment. Elle n'a donc pas la logique de sériation.

- *L'inclusion*

L'épreuve est réussie.

- *La conservation des quantités*

Il semble que Julie ne soit pas totalement conservante: son jugement est perceptif, elle opère de manière figurative. Dès que l'on modifie la configuration spatiale d'une collection par rapport à une autre, Julie commet des erreurs.

- Le nombre et la numération

En ce qui concerne l'utilisation du nombre, l'évaluation numérique d'une collection n'est pas spontanée lorsque celle-ci a une forte représentation figurale. On demande à l'enfant:

« Voici plein de jetons de la même couleur. Que peux-tu faire avec? »

L'évaluation numérique est par contre immédiate si le besoin de connaître le cardinal de la collection est explicitement demandé. Le dénombrement, avec les yeux ou par pointage, est alors correct, il comporte peu d'erreurs, ce qui toutefois pour une enfant de 10 ans 5 mois n'est pas acceptable.

Bien que Julie affirme savoir compter jusqu'à 90, il demeure que la chaîne n'est pas stable jusqu'à cette borne: le passage à la dizaine supérieure comporte bien souvent des erreurs (cinquante-dix pour soixante par exemple) et les oublis de nombres sont fréquents.

Les manipulations au sein de la chaîne numérique sont laborieuses mais les erreurs commises obéissent toutefois à une certaine logique visuelle. Par exemple, quand on lui demande quel nombre vient après 70 et après 89, elle répond respectivement 81 et 910 (après 7 il y a 8 et après 0 il y a 1; de même, après 8 vient 9 et après 9 vient 10). Le comptage à rebours ou par pas de 2 et de 5 n'est pas du tout acquis et lui demande beaucoup de réflexions.

Les comparaisons de nombres sont également échouées, Julie ne prenant en compte que le chiffre des unités.

La transcription et la lecture des nombres n'est possible que jusqu'à 69. Au-delà, c'est comme si le nombre n'avait plus du tout de sens.

La numération de position reste mal connue (les termes de dizaine et unité ne sont pas acquis d'un point de vue linguistique ni dans ce qu'ils représentent au niveau de l'équivalence numérique que la numération de position sous-tend).

- Les techniques opératoires

Julie ne maîtrise que l'addition mais de manière mécanique seulement, sans en percevoir ni son caractère commutatif ni sa réversibilité avec la soustraction. Ceci ne semble pas étonnant puisqu'il manque à Julie les outils nécessaires que sont la maîtrise de la numération de position et l'inclusion numérique. De même, elle ne semble pas étonnée de trouver des résultats aberrants aux opérations qu'elle effectue. Par exemple, si elle trouve $77 + 29 = 59$, cela ne va pas la faire réagir.

Enfin, le principe de la retenue n'est pas acquis.

Les tables de multiplication ne sont pas connues.

La résolution de problèmes additifs simples de type transformation d'un état initial vers un état final, ou de type comparaison entre des collections n'est possible que si la question ne se pose pas sur la transformation-même ou si cela ne fait pas appel à la soustraction.

Conclusion du bilan:

Les acquisitions de Julie en mathématiques sont très insuffisantes en vue d'une entrée au

CM1. Le bilan permet de situer Julie à un niveau mi-CP.

Bien que le bilan porte sur les compétences logicomathématiques, des troubles d'ordre linguistiques sont toutefois à noter et portent surtout sur le vocabulaire numérique: la chaîne numérique notamment dans les nombres dits irréguliers. Ces troubles linguistiques sont également à l'origine de difficultés de mémorisation, rendant de nombreuses tâches dont le calcul mental laborieuses.

Les structures logiques -supra et infralogiques- manquent cruellement chez Julie. La classification (utile pour la cardinalité), la combinatoire (permettant une mobilité de la pensée), la sériation (qui renvoie à l'aspect ordinal du nombre) ne sont pas organisées, le nombre en tant que tel ne peut se construire en l'absence de ces outils. Il en est de même pour les notions de conservation de quantités et de longueurs, notions nécessaires pour la mise en place de l'équivalence numérique, la numération de position, les comparaisons.

Le nombre ne revêt aucune valeur quantitative chez Julie.

Réponses données au test

Introduction

Je vois Julie en janvier 2009. Elle bénéficie alors d'une séance hebdomadaire pour la prise en charge de sa dyscalculie.

Avant d'analyser les items échoués par Julie, il me paraît intéressant d'observer la première page du livret protocolaire: je demande à l'enfant son prénom, sa classe ainsi que sa date de naissance aux endroits prévus. Afin de préserver le secret médical, je ne donnerai pas la date de naissance de cette petite fille. Cependant, on remarque que Julie ne sait pas écrire son année de naissance bien qu'elle soit capable de me la dire à l'oral.

Julie est née en 1999; or, elle écrit 1919. Bien que la transcription des grands nombres lui soit impossible, on aurait pu s'attendre à ce qu'elle sache écrire son année de naissance puisque c'est porteur de sens.

Parmi les premiers mots qu'un enfant sait écrire, on trouve son prénom et bien souvent son nom de famille. Il s'agit d'un apprentissage par cœur, qui s'effectue par copie: l'adulte montre le modèle et l'enfant le reproduit. En est-il de même avec la date de naissance?

Parmi les enfants que j'ai observés, l'étude montre que la connaissance de la date de naissance est bien souvent confuse, et plus particulièrement de l'année de naissance. Les enfants tout-venants ont, quant à eux, aucune difficulté avec cela. Il s'agit d'un premier indice non seulement sur l'écriture des grands nombres mais également sur l'organisation temporelle de l'enfant.

Le bilan de Julie met en évidence que la notion de temps n'est pas complètement construite: le temps social, entre autres, connaît quelques erreurs et confusions. Nous ne savons pas en revanche si, au moment du bilan, Julie est capable de donner sa date de naissance à l'écrit comme à l'oral. Cela aurait été intéressant d'être souligné.

Nous ne notons pas de dysgraphie même si la tenue du stylo s'effectue selon un mode crispé: les doigts sont crispés sur l'ensemble du stylo avec une extension de la phalange. Le mouvement

de petite progression n'est donc pas encore bien mis en place. Ce mouvement de rotation de la main autour du poignet apparaît généralement vers 9 ans. Or, la coordination des mouvements de grande et petite progression témoigne d'un progrès de maturation psychologique.

Quoi qu'il en soit, il paraît fondamental de s'intéresser à l'écriture des données personnelles de l'enfant car cet exercice révèle une sémiologie importante.

Réponses données aux items échoués

Julie obtient 25 bonnes réponses sur les 33 items proposés. Elle se situe à $- 2,446$ écarts-types de la moyenne, si on compare son résultat à ceux des enfants de même niveau scolaire, c'est-à-dire CM1.

- Item 1: Il y a **autant** de fleurs **que** de maisons

Réponse choisie: Il y a **plus** de fleurs **que** de maisons.

- Item 7: C'est le **double** de 4

Réponse choisie: **aucune**. Julie n'a pas souhaité mettre de réponse au hasard car aucune des propositions lui signifiait quelque chose.

- Item 10: Il y a **2 dizaines**.

Réponse choisie: C'est le **chiffre 2**.

- Item 12: C'est une **somme**.

Réponse choisie: C'est le signe +

- Item 22: C'est une **égalité**.

Réponse choisie: **1 = 3**

- Item 24: Il y a **3 unités**.

Réponse choisie: **415**

- Item 28: Il **complète**.

Réponse choisie: Il **calcule**.

- Item 29: X est **après** T.

Réponse choisie: X est **avant** T.

Discussion autour des résultats

Intéressons-nous aux résultats concernant les vecteurs lexicaux mis en évidence dans le

bilan.

- Autant..que

La réponse choisie à l'item 2 est conforme au trouble décelé six mois auparavant lors du bilan. Le sens « plus ..que » est conservé pour « autant...que », il n'y a pas eu de progression sur la compréhension de cet item. Julie est en CM1. Toutefois, 68% des enfants tout-venants scolarisés en CM1 connaissent la bonne réponse. C'est la classe qui obtient le meilleur pourcentage de réussite.

Compte tenu des grosses difficultés de Julie, la rééducation n'a pas encore permis d'envisager le sens de cette locution, qui n'apparaît pas comme prioritaire au sein de toute la sémiologie.

- Double

Les termes *double* et *moitié* sont bien différenciés par Julie d'après ce que révélait son bilan datant de juillet 2009. Or, Julie exprime au moment de la passation son incapacité à pouvoir répondre à cet item. En réalité, elle a longuement hésité. L'item est construit de sorte que cette différenciation soit prise en compte dans l'analyse de la réponse à sélectionner. Nous ne pouvons donc pas mettre en cause la forme de l'item pour expliquer cette absence de réponse, nous estimons qu'il permet de tester correctement la compréhension de ce mot.

Dans le bilan proposé par l'orthophoniste, c'est par la manipulation que ces notions sont évaluées. L'orthophoniste donne un nombre de jetons sur la table et demande à l'enfant de constituer un autre tas de jetons en prenant le double de jetons. L'opération est répétée mais cette fois, l'enfant doit constituer un tas de jetons pour qu'il y en ait la moitié. L'épreuve est réussie en bilan, même s'il a fallu inciter Julie à compter le nombre de jetons dans le tas initial.

Julie aurait donc besoin de passer par la manipulation, ce qui n'a pas été possible lors de la passation car cela ne rentrait pas dans notre étude. Nous voulions voir les résultats bruts, en condition de test sous forme d'un questionnaire à choix multiples. La notion n'est pas acquise parfaitement si elle sollicite la manipulation à chaque reprise. Il n'y pas de pensée opératoire qui lui permettrait de réaliser des opérations concrètes mentales. Il semble donc que Julie ne puisse réfléchir que sur du réel, sur des situations concrètes et n'est donc pas au niveau des représentations mentales.

Voyons les réponses données aux items traitant de la numération de position.

D'un point de vue linguistique, nous apprenons par les résultats au bilan que les termes « dizaine » et « unité » ne sont pas connus. Ils ne prennent aucun sens et ne permettent donc pas à Julie d'acquérir la numération de position.

Les résultats au test nous apprennent quelle est la signification que Julie leur donne.

- Dizaine

La dizaine n'est pas maîtrisée comme étant le regroupement de dix « uns » en un paquet que nous appelons dizaine. Or, 89% des enfants tout-venants scolarisés en CM1 optent pour la bonne

réponse. Dans la phrase « il y a deux dizaines », Julie ne considère uniquement que l'élément « 2 » (réponse C), ne tenant absolument pas compte de la suite de l'énoncé. Sa prise d'indices est partielle, liée à son manque de compréhension du nombre et de l'équivalence, principe qu'elle ne maîtrise pas.

C'est toute la numération qui n'est donc pas construite chez Julie.

- Unité

En choisissant la réponse B (415), Julie comprend qu'il y a 3 éléments. Cela signifie que c'est un nombre à 3 chiffres. On imagine très bien sa façon de procéder pour répondre: ayant répondu C à l'item 10 portant sur la dizaine, Julie ne pouvait donc pas sélectionner la bonne réponse (C): en effet, cette solution correspondrait par similitude à la phrase « il y a 3 dizaines » de l'item 10.

Aucun des indices présents dans la phrase « il y a 3 unités » ne renvoie à la réponse D (21) qu'elle élimine.

Il reste alors les réponses A (37) et B (415). Julie associe alors « unité » à « élément ».

Qu'en est-il des items 12 et 22, traduisant la connaissance du vocabulaire des techniques opératoires et l'utilisation du nombre.

- Somme

Julie ne sait pas ce qu'est une somme d'un point de vue sémantique. L'addition est la seule opération qu'elle sait résoudre, et de manière mécanique. L'opération n'a pas de sens pour elle et son caractère réversible avec la soustraction n'est pas connu. Elle plaque un modèle de résolution quand il s'agit d'opérations sans retenue, sans en comprendre le sens: un modèle posé en colonne, qu'elle résout machinalement.

Le fait que l'addition soit proposée en ligne confirme cette hypothèse selon laquelle Julie est figée dans un apprentissage « par cœur ». Elle ne reconnaît pas la forme de l'addition quand celle-ci est posée en ligne. Néanmoins, elle se repère par le signe de l'opération, ce qui l'amène à choisir la réponse A. La somme est appréhendée comme une notion se rapportant à l'addition et donc au signe +, sans pour autant accéder au sens: l'addition est comprise comme un tout non décomposable en état initial/état intermédiaire/état final, l'état final correspondant à la somme.

- Égalité

Quand la bonne réponse n'est pas choisie, c'est « 1+1 » (réponse B) qui est majoritairement sélectionnée, quelque soit le niveau scolaire. Julie choisit la réponse « 1=3 », qui reste la réponse donnée préférentiellement en terme de pourcentage, après la réponse B.

L'égalité en tant qu'égalité numérique de part et d'autre du signe = ne semble pas être acquise. Il s'agit d'une notion qui renvoie à l'utilisation de ce signe =. Or, le nombre n'a aucun sens chez Julie: ce sont uniquement des caractères vides de toute signification. Elle ne compare pas 1 et 3 mais se contente d'observer deux éléments liés par le signe de l'égalité. C'est donc là aussi une prise partielle d'indices qui motive son choix.

Terminons l'analyse par les deux derniers items échoués.

- Complète

L'item P28 est souvent échoué par la population témoin, notamment en CM1 où moins de 70% des élèves trouvent la bonne réponse. Julie donne la réponse B (il calcule). La bonne réponse (D) consiste comme nous l'avons dit précédemment à compléter graphiquement. Or, l'item met en jeu une addition, ce qui nécessite donc de calculer avant de pouvoir compléter. C'est lors du stade opératoire, c'est-à-dire dans les classes de cours de moyen (CM1 et CM2) que l'on demande aux enfants de compléter des opérations. Ici, Julie opte pour la réponse B ce qui témoigne de la confusion entre ces deux termes.

- Après

La confusion avant/après est fréquente.

Le bilan et l'anamnèse de Julie n'expriment ni l'un ni l'autre un défaut de balayage visuel ni des troubles de lecture. Sur le plan temporel en revanche, des difficultés quant à se repérer dans le temps social ont été mises en évidence, de même que dans la narration et la construction d'un récit en images.

Cet item permet de situer l'enfant par rapport à une contrainte temporelle alors que les enfants dyscalculiques ont tendance à comprendre ce terme de manière spatiale. *Est après* qui est une relation d'ordre est compris *et après*, sans différenciation entre temps et espace.

Nous nous étonnons alors de la réussite à l'item 16. Voici une hypothèse:

« K est juste avant L »: L'enfant doit maîtriser le sens conventionnel de la lecture pour répondre à cet item. En effet, l'enfant repère la première lettre énoncée, K, et trouve ensuite la lettre L. Or, résoudre « X est après T », c'est penser de manière réversible « T est avant X ». Le bilan précise que Julie n'est pas capable de pensée réversible.

Or, nous savons d'après les travaux de Mme Koppel que certains enfants s'enferment dans le caractère binaire de la langue française, privant ainsi l'enfant de toute réversibilité. Il se peut que Julie fonctionne sur ce mode.

Une seconde hypothèse trouve son origine dans le domaine de l'espace. Il semble, comme nous l'avons émis dans l'étude de la population dyscalculique, que Julie fasse correspondre la chronologie du texte avec l'ordre spatial du texte. Le traitement de l'information est donc visuel:

- X est après T >>> RXT
- K est avant L >>> BKLT

Pour résumer sur Julie:

Les résultats obtenus par Julie sont inquiétants. Rappelons qu'elle redouble son CM1 en

raison de son faible niveau en mathématiques.

Nous constatons que le vocabulaire du cours préparatoire n'est pas acquis et nous nous demandons comment elle a pu compenser ces lacunes dans les classes ultérieures. Par exemple, les termes relatifs à la numération de position (vocabulaire numérique) ainsi que les vecteurs lexicaux appartenant au vocabulaire mathématique sont méconnus. L'école n'avait jusqu'alors jamais signalé les difficultés en mathématiques. Or, nous voyons que le vocabulaire peut être maîtrisé une fois le concept construit. Les lacunes de Julie sont donc nombreuses: rappelons qu'elle se situe à presque – 2,5 écarts-types des enfants de son niveau scolaire, ce qui est pathologique.

Il semble que Julie ait trouvé une solution pour pallier ses difficultés et « se fondre dans la masse » au cours élémentaire (CE1 et CE2): en effet, les programmes de CE1 et de CE2 permettent de consolider les fondamentaux théoriques du cours élémentaire afin de mettre en place d'autres acquisitions. Julie représente ainsi parfaitement les élèves qui plaquent des modèles jusqu'à ce qu'il leur soit demandé de réfléchir.

Cependant, du fait de l'évolution du programme scolaire au cours de l'école primaire, Julie va se retrouver confrontée à ses difficultés car:

- au CE2, les nouveaux apprentissages permettent aux comportements jusqu'alors majoritairement procéduraux de diminuer au profit de la récupération des faits numériques.
- au CM1, il ne s'agit plus d'appliquer une leçon, une règle, un modèle: les exercices proposés doivent amener l'enfant à élaborer des stratégies: c'est l'âge des premiers problèmes de recherche où l'enfant doit faire preuve d'observation et de réflexion. L'enfant doit alors être capable d'opérations mentales au sens piagétien du terme.

Or, le bilan de Julie montre que cette pensée opératoire n'est pas encore possible, sa pensée n'est pas réversible et Julie fonctionne selon un mode figuratif: elle est encore au stade pré-opératoire. L'enfant en excès de pensée figurative ne prend en compte que les états et pas les transformations. Il n'y a qu'une succession d'états sans liens entre eux et sans nécessaire temporalité entre eux.

Il semblerait que Julie présente un trouble de la structuration logique, de l'organisation cognitive. Il s'agit sûrement d'un retard dans l'organisation du raisonnement. On constate à travers les réponses qu'elle donne une persistance de cette pensée figurative, ce qui caractérise les enfants ayant une pathologie des troubles du raisonnement logique.

Si l'on se souvient la théorie d'Hélène Koppel selon laquelle le langage et les mathématiques sont soutenus par les mêmes structures logiques, on peut s'étonner de l'absence de troubles du langage oral et écrit chez Julie. Aucune demande n'a d'ailleurs été formulée par l'école ou par sa famille, le seul bilan orthophonique qu'elle a effectué n'a porté que sur les compétences logicomathématiques.

On regrette alors l'absence d'un bilan complet neuropsychologique devant un tel tableau: il semble en effet que son quotient intellectuel verbal (QIV) soit supérieur à son quotient intellectuel performance (QIP). Cette différence laisse présager d'une dysharmonie cognitive de type SDNV (Syndrome de dysfonctions non-verbales, également appelé syndrome hémisphérique droit ou encore incapacité d'apprentissage non-verbal).

Ce syndrome, toujours accompagné d'une dyscalculie, se définit par la triade suivante:

- Un déficit cognitif: des troubles visuo-perceptifs importants, une organisation spatio-temporelle insuffisante voire nulle.
- Un déficit scolaire.

- Un déficit dans les comportements sociaux.

Si on retient les difficultés mises en évidence par le bilan logicomathématique, difficultés qui l'ont contrainte à un redoublement, des investigations neuropsychologiques pourraient être vivement conseillées pour objectiver ou non l'hypothèse d'une telle dysharmonie.

Il convient alors de revenir sur la théorie concernant l'acquisition du lexique: il s'acquiert par engrammation à partir du bain linguistique fourni par l'entourage (essentiellement les parents).

Est-ce également le cas pour l'acquisition du lexique des mathématiques?

Si les mots évalués dans le test appartiennent majoritairement à un vocabulaire spécifique aux mathématiques, qu'en est-il de l'apprentissage scolaire dans ce domaine? Met-il suffisamment l'accent sur l'usage de ce vocabulaire spécifique? La maîtrise de cette langue mathématique est-elle travaillée et vérifiée en classe?

Nous pouvons alors remettre en question la méthode d'apprentissage. Sans la critiquer puisque nous ne la connaissons pas, nous émettrons simplement l'idée que la méthode n'est peut-être pas adaptée à Julie: peut-être ne correspond-elle pas à son rythme?

Il apparaît donc fondamental d'évaluer ce lexique car il permet d'observer les séquelles d'un apprentissage inadapté voire défectueux mais il permet également d'orienter un enfant vers une prise en charge plus adaptée.

Les résultats obtenus par Mathias et Julie ne contredisent pas les données obtenues par les bilans logico-mathématiques respectifs. Cette épreuve de vocabulaire apporte même des précisions sur les défaillances de leur pensée. En orientant leur choix vers une autre réponse que la bonne, nous apprenons quelles sont les confusions qui existent dans l'esprit des enfants dyscalculiques et comment ils réfléchissent. Bien entendu, lorsque nous avons essayé de comprendre les erreurs commises au test, les données du bilan nous ont aidées à émettre des hypothèses, à soulever d'autres questions, ce ne sont à aucun moment des affirmations.

- Pour Mathias, nous avons retrouvé à plusieurs reprises l'expression de son trouble de l'attention. Les résultats au test nous ont également permis de mieux situer l'enfant au sujet de son raisonnement. Si le bilan mettait en évidence un retard dans certaines acquisitions des structures logiques et un trouble visuo-practo-spatial, le test que nous lui avons proposé confirme ces défaillances et précise également que le raisonnement de Mathias est insuffisant car il est basé sur une prise partielle d'indices.
- Chez Julie, nous constatons que, malgré son niveau scolaire, le vocabulaire mathématique du cours préparatoire n'est toujours pas acquis. Nous cernons un peu plus l'ampleur de ses difficultés en mathématiques: un tel échec au test que nous lui avons proposé, malgré sa scolarisation en CM1, est significatif des lacunes que nous avons pu observer avec son bilan logique de juillet 2009. En effet, utiliser un vocabulaire spécifique comme l'est celui des mathématiques suppose de maîtriser au préalable le concept. Nous nous sommes alors posé la question de l'absence des troubles du langage oral et écrit chez Julie. Aucune investigation n'a porté sur le langage du fait que Julie n'a jamais été signalée comme ayant des troubles dans ce domaine. Le bilan logique complété par le test que nous lui avons fait passer tendent à poser l'hypothèse d'une dysharmonie cognitive. L'absence de bilan neuropsychologique ne nous permet pas de poser ce diagnostic.

On voit que ce test de vocabulaire pourrait permettre non pas d'affiner un diagnostic, mais de poser des hypothèses. Il ne s'agit pas de formuler des affirmations mais de soulever d'autres interrogations. Par exemple, les troubles de l'attention, les dyspraxies, les troubles exécutifs sont autant de troubles que l'on peut voir s'exprimer à travers le test proposé dans cette étude. Ceci permettrait alors d'orienter l'enfant vers une autre prise en charge, neuropsychologique par exemple.

Ainsi, à travers ces deux études de cas, une telle épreuve de vocabulaire apporte des renseignements complémentaires sur la manière de penser de l'enfant et l'importance des troubles.

Il serait alors intéressant d'améliorer ce test ou d'en faire des versions complémentaires avec les termes des manuels du CE1 et du CE2, afin d'approfondir l'étude sur la compréhension du vocabulaire des structures logiques. Nous pourrions ainsi préciser le lien entre mathématique et langage.

Notre étude avait comme objectif de vérifier la compréhension d'un vocabulaire mathématique dit « de base » auprès d'une population d'enfants dyscalculiques.

Nous entendons par vocabulaire de base celui présent dans les ouvrages du cours préparatoire. Il constitue ainsi un premier réseau de vocabulaire dont la maîtrise est essentielle pour les apprentissages mathématiques.

Nous avons posé l'hypothèse suivante:

« Les enfants ayant des troubles logicomathématiques ont une plus mauvaise compréhension du vocabulaire mathématique que les enfants tout-venants. »

Notre réflexion s'est déroulée en trois parties.

Nous avons voulu dans notre partie théorique établir un lien logique entre le lexique évalué dans le test et les aptitudes mathématiques auxquelles ces mots renvoient.

Puis, après avoir rapporté l'étude de Marine Fer concernant l'évaluation de ces termes auprès d'enfants tout-venants, nous avons voulu explorer la compréhension de ce lexique spécifique auprès d'enfants ayant des troubles logicomathématiques. Les normes établies par Marine Fer nous ont alors servi d'échelle de référence pour confronter notre population.

Afin de valider l'hypothèse, nous nous sommes posées les questions suivantes:

- Les items ayant engendré une mauvaise compréhension chez les enfants tout-venants sont-ils encore moins bien compris chez les enfants dyscalculiques?
- Est-ce que d'autres items ont engendré une mauvaise compréhension chez ces enfants?

Nos résultats permettent d'affirmer que:

- Les items échoués par les enfants tout-venants sont également échoués par les enfants dyscalculiques: « égalité », « autant que », « somme », « compléter ».
- Les résultats aux items mentionnés ci-dessus montrent un écart significatif entre les normes correspondant au niveau des enfants tout-venants et les enfants dyscalculiques.
- D'autres items sont échoués chez les enfants dyscalculiques alors qu'ils sont compris par les enfants tout-venants: « dizaine », « unité », « somme », « après », « double ».
- Les enfants dyscalculiques sont plus en difficulté que les enfants tout-venants, du moins au sein de notre population: les enfants dyscalculiques sont peu nombreux à être dans la norme contrairement aux enfants tout-venants.

Ainsi, notre hypothèse, au sein de l'échantillon constitué, est vérifiée: les enfants dyscalculiques ont plus de difficultés lexico-sémantiques que les enfants tout-venants, à propos d'un vocabulaire mathématique spécifique.

Ce vocabulaire évalué constitue une « base » puisque nous avons choisi uniquement les

termes présents dans les manuels du cours préparatoire. Un enquête similaire à partir des livres de mathématiques du CE1 et du CE2 permettrait de compléter notre étude. Nous aurions ainsi une liste plus exhaustive des compétences sémantiques que les enfants doivent avoir au cours des trois premières années de l'école primaire.

Le lien entre vocabulaire et apprentissage mathématique constitue un élément essentiel pour l'acquisition des structures logicomathématiques.

Avons-nous pour autant le droit d'admettre que ces items sont des indices révélateurs d'un trouble logicomathématique, du moins d'une difficulté certaine en mathématiques?

Sur l'acquisition du lexique, nous avons appris qu'il se construit par imprégnation, le bain linguistique favorisant cette acquisition. Or, le vocabulaire mathématique ne semble pas s'acquérir de cette manière.

Certains mots en effet sont spécifiques du domaine mathématique: unité, dizaine...

D'autres, appartenant au langage usuel, prennent un sens restreint et précis au sein d'un énoncé mathématique.

C'est donc par l'apprentissage que se développent les réseaux sémantiques appliqués aux mathématiques. La dyscalculie étant un trouble de l'apprentissage, il est possible que la non-maîtrise de ce vocabulaire soit un frein aux acquisitions, empêchant le lien entre logique et lexique de s'effectuer. Situer l'enfant par rapport aux normes de développement de la pensée selon les stades piagétiens permet de faire un lien entre acquisition des structures logiques et vocabulaire spécifique.

La construction du nombre passe par l'élaboration opératoire des systèmes de classification et de sériation. Il est normal qu'un enfant du stade pré-opératoire agisse encore de manière figurale pour glisser petit à petit vers des activités concrètes opératoires. C'est sur la compréhension mentale du concept que s'appuie l'acquisition du vocabulaire. En effet, élaborer un concept, c'est pouvoir en avoir une représentation mentale ou cognitive, représentations qui se créent en lien avec le signifiant. Le vocabulaire apparaît ainsi quand le concept est construit.

Dans la troisième partie, il s'agissait d'étudier les résultats au test de vocabulaire que nous avons proposé à deux enfants. Les résultats sont intéressants puisque, outre le fait que cette épreuve permet de confirmer les difficultés révélées par un bilan logico-mathématique, nous pouvons également en tirer des conclusions sur la pensée de l'enfant et sur ses difficultés.

Il serait intéressant de vérifier systématiquement lors d'un bilan de langage (oral et/ou écrit) ou lors d'un bilan logicomathématique la compréhension de ce vocabulaire. En effet, il s'agit d'une épreuve complémentaire qui, comme nous l'avons vu, permet de préciser les troubles qu'un bilan préalable aura mis en avant. Ce test peut également permettre à l'orthophoniste qui s'interroge sur une éventuelle dyscalculie d'orienter son patient vers un bilan logico-mathématique.

Ce mémoire a donc permis de mettre en évidence l'importance du lexique et donc du langage dans la compréhension des énoncés mathématiques. L'acquisition de ces structures logiques va de pair avec l'assimilation du vocabulaire spécifique à ces notions. Ces acquisitions ont lieu lors du stade opératoire concret, stade où la pensée se décentre et où l'enfant va commencer à opérer des raisonnements mentaux. La maîtrise de ce lexique va permettre de construire cette pensée

réversible, d'organiser les représentations mentales et amener l'enfant à réaliser des opérations concrètes.

BIBLIOGRAPHIE

1. BACQUET M., PUJOL G., SOULIE M., DECOUR C., GUERITTE-HESS B. « Le tour du problème », Paris, édition du Papyrus, 1993. 136 p.
2. BACQUET M. et GUERITTE-HESS B. « Le nombre et la numération. Pratique de rééducation », Paris, édition du Papyrus, 2008. 240 p.
3. FUCHS C. « Les ambiguïtés du français », Collection L'essentiel, Paris, ed OPHRYS, 1996. 184 p.
4. GERARD C.L. « L'enfant dysphasique », Questions de personne, Bruxelles, ed De Boeck, 2003.138 p.
5. EUSTACHE F. et FAURE S. « Manuel de neuropsychologie », Paris, éd. Dunod, 2005. 272 p.
6. BRIN F., COURRIER C., LEDERLE E., MASY V. « Dictionnaire d'orthophonie », Isbergues, orthoédition, 2004. 298 p.
7. EXPERTISE COLLECTIVE DE L'INSERM. « Dyslexie, dysorthographe, dyscalculie. Bilan des données scientifiques », Paris, éd INSERM 2007, 860 p.
8. DSM IV

ARTICLES DE REVUES

1. KOPPEL H. « Réflexions sur le bilan des difficultés en mathématiques ». GLOSSA n°12, 1988, pp 22-26.
2. CLAVEL-INZILLO B., BRIENNE S., EYMIN K. « Etude du fonctionnement cognitif de sept enfants dyslexiques lors de six épreuves opératoires et d'une épreuve écrite. », GLOSSA n°86, 2003, pp 30-41.
3. GAONACH D. « Mémoire de travail et apprentissages scolaires », ANAE n°81, mars 2005, pp 47-52.
4. NOEL M.P. « Déficits cognitifs de base dans la dyscalculie développementale », ANAE n°85, décembre 2005 - janvier 2006, pp 299-304.
5. GERARD C.L. « Troubles de la mémoire et troubles des apprentissages de l'enfant », Entretiens d'orthophonie 2007, pp 3-6
6. LEGEAY M.P. Et STROH M. « Raisonnement logicomathématique et temporalité », GLOSSA n°98, 2006, pp 46-63.
7. DUQUESNE F. « L'ECPN: Des situations-problèmes pour évaluer les principales fonctions du nombre. » GLOSSA n°83, 2003, pp 4-18.
8. LABELLE M. et GODARD L. « Utilisation des adverbes temporels déictiques par les enfants de 5 à 9 ans », GLOSSA n°81, 2002, pp 4-21.
9. COUILLET J., VALLAT C., LE BORNEC G., AZOUVI P. « L'évaluation et la rééducation et la rééducation des déficits attentionnels et de la mémoire de travail », REEDUCATION ORTHOPHONIQUE n°218, 2004, pp 93-116.

10. CLEMENT E. « Compréhension et résolution de problèmes: ce que nous apprennent les difficultés de l'apprenant », REEDUCATION ORTHOPHONIQUE n°223, 2005, pp 239-250.
11. MENISSIER A. « Les mots du vocabulaire mathématique », REEDUCATION ORTHOPHONIQUE n°222, juillet 2005, pp 121-148.
12. MENISSIER A. « 4 étapes à la clé d'un problème », ORTHOMAGAZINE n°44, 2003, pp 23-30.
13. FOUGERES D., POUGET M.H., GEORGE J., CHEVALIER J.M., et CO. « Mathématique - français: une nouvelle actualité? », CAHIERS PEDAGOGIQUES n°316, septembre 1993, pp 8-47.

MEMOIRES

1. FER M. « Compréhension des consignes et traduction des données dans une situation-problème », Besançon, 2005, Université de Franche-Comté, 106 p.
2. BOUCHET-SERGUEFF L. et SUSIGAN C. « Lexique et structures logicomathématiques », Toulouse, 2000, Université Paul Sabatier de Toulouse-Rangueil, 128 p.
3. RIVOAL J. « Compréhension syntaxico-sémantique et troubles de structures logiques de sériation, de classification et d'inclusion », Tours, 2008, Université François Rabelais, Académie Orléans-Tours, 100 p.
4. CARLE J. et PIPET F. « Langage et logique. Etude des relations entre structures logicomathématiques et structures linguistiques à partir du langage oral d'enfants de CP », Montpellier, 2000, Université de Montpellier I.

DOCUMENTS INTERNET

1. DUPOUX E. « Les débuts du langage »
http://www.ac-grenoble.fr/savoie/mat/group_de/theorie/debu_lan.htm
2. FLORIN A. « Le développement du lexique et l'aide aux apprentissages », rencontre organisée en avril 2002 à la faculté de médecine de Bobigny par la commission départementale Maîtrise de la Langue et du langage dans le cadre des animations pédagogiques 2001 – 2002.

AUTRES

1. « Troubles du langage, troubles des apprentissages », Colloque National, Paris, 27 janvier 2009. 76 p.

ANNEXES

CE1		CE2		TOTAL DES CE1/CE2		CM1		CM2		<u>TOTAL</u>	
Item	%	Item	%	Item	%	Item	%	Item	%	Item	%
P2	39	P22	33	P22	41	P22	40	P22	48	P22	42
P22	48	P2	52	P2	46	P28	67	P28	60	P2	57
P12	50	P12	68	P12	59	P2	68	P2	67	P28	63
P28	52	P28	70	P28	61	P12	72	P12	69	P12	65
P7	67	P19	82	P10	77	P19	84	P10	91	P10	84
P10	67	P29	84	P7	80	P24	84	P29	91	P29	85
P29	75	P10	86	P29	80	P29	88	P14	92	P19	85
P24	77	P4	87	P19	81	P10	89	P26	92	P24	86
P4	78	P13	90	P4	83	P14	90	P19	93	P4	89
P19	80	P16	90	P24	84	P16	90	P20	93	P7	90
P26	85	P24	90	P16	89	P4	92	P23	93	P16	91
P20	86	P21	91	P26	90	P26	92	P24	93	P14	91
P14	87	P7	93	P20	90	P32	94	P32	94	P26	91
P16	87	P23	93	P13	90	P31	95	P16	95	P20	93
P32	89	P14	94	P14	91	P13	96	P4	95	P32	93
P31	89	P20	94	P32	92	P23	96	P13	95	P13	93
P13	90	P26	94	P31	92	P6	96	P17	95	P21	94
P3	92	P31	94	P21	92	P17	96	P6	96	P31	94
P6	92	P6	95	P6	94	P20	96	P9	96	P23	95
P15	92	P32	95	P15	94	P21	96	P1	97	P6	95
P21	92	P15	96	P3	95	P7	97	P21	97	P17	96
P30	93	P1	97	P30	95	P9	97	P11	98	P30	97
P17	94	P17	97	P17	96	P30	97	P27	98	P15	97
P25	94	P27	97	P25	97	P1	99	P5	99	P1	97
P1	96	P30	97	P1	97	P3	99	P18	99	P3	97
P11	96	P3	98	P11	97	P5	99	P30	99	P9	98
P18	96	P8	98	P23	98	P8	99	P31	99	P11	98
P23	97	P11	98	P27	98	P11	99	P3	100	P27	98
P5	98	P5	99	P18	98	P15	99	P7	100	P25	99
P9	98	P9	100	P5	99	P27	99	P8	100	P5	99
P27	98	P18	100	P8	99	P18	100	P15	100	P18	99
P8	99	P25	100	P9	99	P25	100	P25	100	P8	99
P33	100	P33	100	P33	100	P33	100	P33	100	P33	100

Annexe 2: Grille de synthèse des réponses des enfants

ITEM	REPONSE PAR ENFANT
------	--------------------

	CE1								CE2												
1	B	D	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
2	A	B	A	A	A	A	D	A	D	D	D	A	C	A	D	A	B	A	A	A	
3		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	
4	B	C	C	C	C	C	D	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
5	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	D	A	A	A	A	A	A	A	A	
6	D	D	D	D	B	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	
7	A	A	D	D	D	D	A	D	D	B	D	B	D	B	A	D	B	A	D		
8	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
9	A	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
10		C	A	A	D	C	C	C	D	C	D	D	B	D	C	C	C	C	C	D	
11	B	C	C	C	C	C	C	C	C	B	C	C	C	C	C	C	C	B	C	C	
12		A	D	D	A	B	A	B	B	A	B	B	B	B	B	C		A		B	
13	A	C	A	A	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	A	
14	B	D	D	D	D	B	D	D	D	D	D	D	D	B	D	D	D	D		D	
15	D	D	D	D	A	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	A	D	D	D	D	
16	D	B	D	D	C	D	C	D	D	D	D	D	D	C	D	D	D	D	C	D	
17	C	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	A	B
18	C	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
19	A	A	A	A	A	B	A	A	C	A	C	A	A	C	A	A	C	C	C	A	
20	B	D	B	B	B	B	D	D	B	B	B	B	B	B	B	B	D	D	B	B	
21	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
22	B	B	B	B	A	B	A	A	A	B	A	C	C	B	B	C	B	B	B	B	
23	D	B	D	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	D	B	D	B	B	B	
24	C	B	B	B	C	C	C	A	C	B	B	C	C	C	C	B	C	C	C	C	
25	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	C	D	D	D	D	D	
26	B	D	B	B	B	B	B	B	B	B	D	B	B	B	B	D	B	D	B	B	
27	C	C	C	C	C	C	C	C	C	A	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
28	B	D	B	B	D	B	D	D	D	D	D	B	D	B	C	D	B	B	B	D	
29	A	C	A	A	C	C	C	A	A	C	C	C	A	A	C	C	A	A	C	A	
30	D	C	C	C	A	C	C	C	B	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
31	C	C	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
32	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A		A	A	A	A	A	A	A	A	
33	A	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	

Annexe 3: Le test complet

NOM et PRENOM;

DATE DE NAISSANCE:

CLASSE:

exemple 1

Ce mémoire s'inscrit dans la continuité d'une recherche réalisée en 2005 par Marine Fer, alors étudiante à l'école de Besançon, sous la direction d'Alain Ménissier. L'étude consistait à élaborer un protocole visant à évaluer la compréhension d'un vocabulaire mathématique dit de base.

Après avoir recensé des termes issus des manuels mathématiques du cours préparatoire, le protocole ainsi créé a été proposé à une centaine d'enfants tout-venants par classe, du CE1 au CM2.

Leur hypothèse initiale et validée était la suivante: « certains termes spécifiques proposés dans les énoncés de mathématique engendrent une mauvaise compréhension chez les enfants. »

Les résultats qu'ils ont obtenus constituent alors des normes à partir desquelles repose notre étude.

Nous nous sommes intéressées à la compréhension de ce vocabulaire au sein d'une population d'enfants diagnostiqués dyscalculiques et scolarisés au CE1 et au CE2, c'est-à-dire quand les enfants, âgés de 7 à 9 ans, sont censés entrer dans le stade des opérations concrètes et acquérir la pensée opératoire.

Nous avons ainsi formulé l'hypothèse suivante: « les enfants ayant des troubles logico-mathématiques ont une plus mauvaise compréhension du vocabulaire mathématique de base. »

Pour vérifier cette hypothèse, nous nous sommes posées les questions suivantes:

- Les items ayant engendré une mauvaise compréhension chez les enfants tout-venants sont-ils moins bien compris au sein de notre population pathologique?
- Est-ce que les enfants de notre étude ont rencontré d'autres difficultés portant sur d'autres termes?
- Cette compréhension déficitaire est-elle d'un mauvais pronostic quant à une possible évolution vers une dyscalculie?

Cette étude tente donc de faire le lien entre les structures logiques, les compétences en mathématiques et le vocabulaire spécifique rencontré dans les manuels scolaires.

MOTS-CLES: dyscalculie – compréhension – évaluation – vocabulaire – mathématiques – enfant – étude de cas.