

Les revues Rééducation Orthophonique et GLOSSA étaient associées pour l'organisation des 7^{èmes} Rencontres d'orthophonie, le 13 et 14 décembre à Paris sur le thème :

DÉVELOPPEMENT COGNITIF ET ACTIVITÉS LOGICO-MATHÉMATIQUES

Les trois articles suivants présentent certains exposés de cette manifestation.

Glossa, n° 82 (52-65), 2002,

RÉSUMÉ :

Après la publication de *La genèse du nombre chez l'enfant** (Piaget et Szeminska, 1941), la théorie piagétienne est devenue, durant près de quarante ans, la référence de base de l'évaluation diagnostique des dyscalculies. Les travaux de Gelman et Galistel (1978) sur la procédure de comptage et l'élaboration des modèles neuropsychologiques du traitement des nombres et du calcul (Mc Closkey, 1992) ont changé cette situation en modifiant notre compréhension du développement des compétences numériques et des dyscalculies. En élaborant la batterie TEDI-MATH, les auteurs (VanNieuwenhoven, Grégoire et Noël, 2001) ont voulu proposer un test diagnostique qui intègre l'héritage piagétien et les nouveaux modèles cognitivistes et neuropsychologiques. Cette batterie évalue cinq facettes des compétences numériques :

- (1) la procédure de comptage,
- (2) la connaissance du système numérique,
- (3) les opérations logiques qui sous-tendent le concept de nombre,
- (4) l'estimation de la taille des nombres et
- (5) les opérations arithmétiques.

Le TEDI-MATH a été étalonné de la fin de la seconde année de maternelle au début du CE2. Il peut toutefois être utilisé pour examiner des enfants plus âgés dont les troubles d'apprentissage des mathématiques remontent au début de la scolarité primaire. Il procure des informations détaillées sur les composantes déficitaires des compétences numériques et, sur cette base, permet de mettre en place un programme de remédiation.

MOTS-CLÉS :

Nombre - Calcul - Dyscalculie - Évaluation - Diagnostic

L'ÉVALUATION DES DYSCALCULIES AVEC LA BATTERIE TEDI-MATH

par Jacques GRÉGOIRE, Catherine VAN NIEUWENHOVEN
et Marie-Pascale NOËL

SUMMARY : Assessing dyscalculias with the TEDI-MATH

After the publication of *The Child's Conception of Number* (Piaget & Szeminska, 1941), the Piagetian theory was, for nearly forty years, the main reference for psychologists assessing mathematical disabilities. Gelman and Gallistel's (1978) research on the counting procedure, and the neuropsychological models on number processing and calculation (McCloskey, 1992) have modified this situation and our understanding of the development of child mathematical knowledge, and dyscalculia. Our main goal (VanNieuwenhoven, Grégoire & Noël, 2001) was to develop a test integrating the Piagetien legacy and the new cognitivist models. The TEDI-MATH assesses five facets of the understanding of number:

- (1) the counting procedure;
- (2) the knowledge of the numerical system;
- (3) the logical operations underlying the concept of number;
- (4) the ability to estimate the number size;
- (5) the computational abilities.

The test was standardized from the 2nd grade of nursery school to the 3rd grade of primary school. But it can be used with older children suffering from mathematical disabilities for whom learning problems going back to the first years of the primary school are suspected. It provides detailed information to understand the deficient components of the numerical competences, and to organize a special education program.

KEY-WORDS :

Number - Calculation - Dyscalculia - Assessment - Diagnostic

Jacques GRÉGOIRE,
Catherine VAN
NIEUWENHOVEN
et Marie-Pascale NOËL
Université catholique de Louvain,
Belgique

Le TEDI-MATH* a été créé pour permettre l'évaluation diagnostique des troubles numériques chez des enfants en début d'apprentissage. Cet article a pour objectif de présenter les fondements théoriques de ce test, les compétences numériques qu'il permet d'évaluer et la manière dont ses résultats peuvent être exploités. La première section discute des fonctions assignées dès l'origine au TEDI-MATH par ses concepteurs. La seconde section explique les choix théoriques opérés et présente le modèle de base sur lequel le TEDI-MATH a été construit. La troisième section décrit les épreuves qui composent le test et les propriétés métriques des scores qu'il permet de recueillir. Enfin, une dernière section est consacrée à une étude de cas qui illustre la démarche d'interprétation et l'utilisation des résultats recueillis à l'aide du TEDI-MATH.

FONCTIONS ET CARACTÉRISTIQUES D'UN TEST DIAGNOSTIQUE DES DYSCALCULIES

L'évaluation diagnostique des troubles d'apprentissage s'est longtemps cantonnée à l'application de tests de rendement et à la comparaison des résultats des enfants examinés à ceux d'enfants du même âge ou du même niveau scolaire. Cette approche symptomatique des troubles d'apprentissage est bien illustrée par les critères du *Trouble du calcul* proposés par le DSM-IV*. Le premier critère cité est le suivant : « *Les aptitudes arithmétiques, évaluées par des tests standardisés, passés de façon individuelle, sont nettement au-dessous du niveau escompté, compte tenu de l'âge chronologique du sujet, de son niveau intellectuel (mesuré par des tests) et d'un enseignement approprié à son âge* ». L'existence d'un trouble est ainsi attestée par l'importance de l'écart entre les performances du sujet et celles de ses pairs de même âge, de même niveau scolaire et de même niveau intellectuel.

Ce critère diagnostique, simple en apparence, présente de sérieuses limites*. La première est que l'écart par rapport à la moyenne est toujours arbitraire. À partir de quel écart peut-on parler de trouble ? Pourquoi, par exemple, pouvons-nous qualifier de pathologiques des performances situées à moins de deux écarts-types sous la moyenne ? La faible fréquence de telles performances constitue-t-elle un critère suffisant ? Rien n'est moins sûr. Le risque est grand de confondre un trouble avec un manque d'opportunité d'apprentissage. Il existe en effet une grande variété de performances entre les enfants selon la classe qu'ils fréquentent et le curriculum qu'ils ont suivi (par exemple, un début de scolarité à l'étranger). La seconde limite du critère de l'écart à la moyenne est son caractère superficiel. Il ne nous dit rien à propos de la nature du trouble et ne débouche dès lors sur aucune suggestion d'intervention. Nous sommes simplement informés de la position de l'enfant par rapport à ses pairs du point de vue de sa performance globale en arithmétique. Or les dyscalculies ne constituent pas une catégorie homogène. Une même performance globale peut masquer des problèmes très différents d'un enfant à l'autre. Si nous voulons aider un enfant dyscalculique, il nous faut comprendre la nature de ses difficultés.

Une évaluation des seules performances en arithmétique ne peut représenter qu'une étape dans le processus diagnostique*. Pour comprendre la nature d'un trouble du calcul, il est nécessaire d'évaluer les processus sous-jacents aux performances, c'est-à-dire les traitements cognitifs réalisés par le sujet pour résoudre les problèmes qui lui sont présentés. Les processus mentaux ne sont toutefois pas observables directement. Ils doivent être inférés sur la base des performances. Pour pouvoir réaliser de telles inférences, il est indispensable de disposer d'un modèle des traitements cognitifs considérés. C'est au départ de ce modèle que nous allons sélectionner des épreuves pertinentes, susceptibles de révéler les caractéristiques mentales visées. Ce modèle sera également utilisé au moment de l'interprétation des scores. Ceux-ci ne prennent en effet leur véritable sens qu'en référence à ce modèle. Généralement, les interprétations prennent la forme d'un raisonne-

ment conditionnel : si le sujet a échoué une épreuve A, mais a réussi une épreuve B, nous pourrions conclure qu'il présente un déficit déterminé. Ce raisonnement s'appuie sur une connaissance des traitements spécifiques de chaque épreuve et des traitements que partagent plusieurs épreuves.

Lors de la création du TEDI-MATH, nous avons d'emblée écarté l'idée de développer un test de rendement. Le TEDI-MATH n'a pas pour fonction de distinguer les sujets à tous les niveaux de compétence en arithmétique. Au contraire, il se concentre sur les niveaux les plus faibles, c'est-à-dire ceux qui posent problème et pour lesquels une intervention spécifique est nécessaire. Le TEDI-MATH n'a pas non plus pour vocation d'être un test de certification qui permettrait d'évaluer l'ensemble des compétences mathématiques attendues en fin d'année scolaire. Le TEDI-MATH a été élaboré pour permettre une évaluation fine des compétences numériques de base. Il a été construit sur la base d'un modèle du développement de ces compétences qui débute bien avant l'apprentissage formalisé de l'arithmétique à l'école primaire. Il inclut dès lors des épreuves qui évaluent des compétences acquises au travers des interactions sociales quotidiennes (par exemple, le comptage d'une petite collection d'objets) et d'autres qui évaluent des connaissances enseignées à l'école (par exemple, l'utilisation de symboles comme « + » et « = »). Les différentes épreuves du TEDI-MATH ont pour but d'aider l'examineur à comprendre la nature des problèmes observés. Elles éclairent une large gamme de connaissances et de procédures que l'enfant maîtrise petit à petit au cours de sa découverte des nombres et de l'arithmétique. Les déficits observés au TEDI-MATH ne débouchent pas sur un simple constat de carence. Dans la mesure où nous pouvons les rattacher à un modèle développemental, ils ouvrent sur une prise en charge individualisée susceptible d'agir à la racine des troubles numériques.

QUEL MODÈLE DU DÉVELOPPEMENT DES COMPÉTENCES NUMÉRIQUES DE L'ENFANT ?

1. Le modèle piagétien et ses limites

Le modèle piagétien a été le premier modèle utilisé par les praticiens pour comprendre les troubles numériques et aider les enfants dyscalculiques. Dans l'ouvrage écrit en collaboration avec Szeminska, « *La genèse du nombre chez l'enfant* »*, Piaget propose un modèle du développement de la notion de nombre sous-tendu par l'acquisition et la coordination de différentes opérations logiques. Selon ce modèle, le concept de nombre est construit par l'enfant grâce à son raisonnement opératoire.

L'étude de la genèse du nombre n'était pour Piaget qu'une occasion parmi d'autres de mettre à l'épreuve sa théorie du développement opératoire. Il n'avait aucune visée diagnostique, et encore moins remédiate. Ce sont les praticiens qui ont découvert le potentiel clinique du modèle piagétien du nombre. Le diagnostic des dyscalculies d'inspiration piagétienne est avant tout une évaluation du développement des opérations qui sous-tendent le concept de nombre. Deux opérations jouent un rôle fondamental dans la genèse du nombre selon Piaget : la classification et la sériation. La première opération consiste à regrouper des éléments au sein d'un ensemble en fonction de caractéristiques communes. Elle est à la base de la dimension cardinale du nombre. La seconde opération consiste à ranger des éléments en fonction de leurs différences sur une variable donnée (la longueur, le poids...). Elle est à la base de la dimension ordinale du nombre. Les opérations de classification et de sériation se coordonnent progressivement et aboutissent à une représentation du nombre comme classes emboîtées et ordonnées. Par exemple, la classe « 5 » est emboîtée dans la classe « 6 », qui est elle-même emboîtée dans la classe « 7 ». Le sujet qui comprend la notion de nombre doit pouvoir raisonner sur cet emboîtement de classes (inclusion). La décomposition additive d'un nombre (« 7 » peut être vu comme la somme de « 3 » et « 4 », ou de « 5 » et « 2 ») est un prolongement essentiel de cette compétence opératoire. La conservation du nombre est une autre conséquence importante du déve-

loppement opératoire de l'enfant. La conservation représente un affranchissement des limites de l'ici et maintenant. L'enfant peut se représenter simultanément l'état antérieur et l'état actuel, et en déduire que rien d'essentiel n'a changé. Dans le cas du nombre, l'enfant comprend que la disposition des éléments n'affecte pas leur nombre. Cette compréhension est essentielle pour pouvoir décomposer un nombre (la quantité « 12 » existe toujours même si, mentalement, l'enfant la décompose en « 10 » et « 2 »).

Malgré sa valeur heuristique, la théorie piagétienne du nombre a progressivement révélé certaines limites méthodologiques et théoriques*. De nombreuses recherches ont en effet constaté que les performances aux épreuves piagésiennes pouvaient être affectées par plusieurs facteurs non opératoires*. Ainsi, le contexte pragmatique, les variables linguistiques et la taille des collections peuvent modifier le taux de réussite d'une épreuve opératoire. Piaget avait conscience de l'impact de ces facteurs sur la réussite des enfants* mais n'y accordait guère d'importance car seul l'intéressait le modèle général du développement opératoire. Par contre, le sujet particulier est au centre des préoccupations du praticien. Dès le moment où de multiples variables affectent les performances de l'enfant évalué, se pose en effet la question de la généralisation des résultats observés. Il est clair qu'aujourd'hui, sur la base d'une seule épreuve de classification, nous ne pouvons plus affirmer que l'enfant maîtrise « en général » l'opération de classification. Nous pouvons, tout au plus, considérer que cette opération est maîtrisée avec un contenu particulier (par exemple, avec des nombres).

Une seconde limite du modèle piagésien du nombre est de nature théorique. Centré sur le développement opératoire, Piaget n'a pas pris en considération l'acquisition d'autres capacités qui jouent pourtant un rôle dans le développement de la notion de nombre. L'exemple le plus évident est celui du comptage. Piaget écrit à ce propos* : « *Il n'est pas exagéré de dire que ce facteur verbal ne joue guère de rôle dans le progrès même de la correspondance et de l'équivalence* ». Pour lui, le comptage n'est qu'un simple étiquetage verbal sans importance pour la genèse opératoire du nombre. Il n'y a dès lors pas lieu de s'attarder à l'étude de cette capacité. Ce jugement a été remis en question par Gelman et Gallistel* et par les nombreux travaux qui ont suivi**. Ces recherches ont bousculé l'hégémonie du modèle piagésien du nombre. Nous ne pouvons plus aujourd'hui considérer le modèle opératoire comme explicatif de tous les problèmes numériques. Un élargissement de notre référentiel théorique est indispensable.

2. Les recherches sur le comptage et le traitement cognitif des nombres.

L'ouvrage de Gelman et Gallistel*, « *The child's understanding of number* », a eu un impact similaire à celui publié par Piaget et Szeminska 37 ans plus tôt. Gelman et Gallistel ont montré que le comptage est loin d'être une simple récitation. Au contraire, l'activité de comptage représente le point de départ des conceptions ultérieures du nombre. Il en constitue un sous-basement essentiel. Pour Gelman et Gallistel, le comptage est guidé par cinq principes :

- le *principe d'ordre stable* selon lequel les mots désignant les nombres doivent constituer une séquence stable ;
- le *principe de correspondance terme à terme* selon lequel à chaque élément compté correspond un et un seul nom de nombre ;
- le *principe cardinal* selon lequel le dernier nom de nombre utilisé dans une séquence de comptage représente le nombre d'éléments de l'ensemble compté ;
- le *principe d'abstraction* selon lequel l'ensemble sur lequel porte le comptage peut être constitué d'éléments hétérogènes, tous pris comme unités ;
- le *principe de non pertinence de l'ordre* selon lequel le comptage des éléments peut se faire dans n'importe quel ordre, pour autant que les autres principes soient respectés.

Divers travaux ont démontré que le comptage joue un rôle dans l'acquisition des compétences opératoires*. Un manque de maîtrise du comptage peut avoir des répercussions négatives sur cette acquisition, mais aussi sur le développement des représentations numériques et sur l'apprentissage des opérations arithmétiques.

*Grégoire, 1992

*voir Fayol, 1990 pour une revue

*1941, p.193

*1941, p.85

*1978

**voir Van Nieuwenhoven, 1999, pour une synthèse

*1978

*par exemple, Clements, 1984

Les recherches menées en neuropsychologie ont également remis en question la prédominance du modèle piagétien. Étudiant des adultes cérébro-lésés, les neuropsychologues se sont intéressés à la représentation des nombres en mémoire et au traitement des nombres dans les activités de lecture, d'écriture et de calcul. Plusieurs modèles ont été proposés par les neuropsychologues. Un des plus influents est certainement celui de McCloskey, Caramazza et Basili* qui propose une architecture cognitive en trois composantes : un système de compréhension des nombres (lecture et audition de nombres), un système de production des nombres (écriture et production orale de nombres) et un système de calcul (interprétation des opérations à effectuer, récupération des faits arithmétiques en mémoire, exécutions de calculs écrits ou mentaux). Ce modèle a donné lieu à un nombre impressionnant de recherches, en particulier en clinique de l'adulte et de l'enfant. Il a été à la base d'études importantes sur le transcodage, c'est-à-dire, sur le passage d'un code à un autre (par exemple, l'écriture en chiffres arabes de nombres dictés oralement). Ces études ont permis de mieux comprendre les modes de représentation et de traitement des nombres, et de mieux comprendre certains troubles du calcul.

Les recherches sur le comptage et sur l'architecture cognitive des traitements numériques sont deux illustrations des progrès importants accomplis ces vingt dernières années dans la connaissance du développement des compétences numériques. Le diagnostic des troubles numériques ne peut plus se cantonner au seul modèle piagétien. Le modèle de référence de l'évaluation diagnostique doit être élargi. C'est le choix que nous avons fait en développant le TEDI-MATH.

3. Un modèle intégratif du développement des compétences numériques

Aucun modèle actuel ne permet de comprendre toute la complexité du développement des compétences numériques de base. Pour cette raison, nous avons choisi d'intégrer divers modèles existants qui, chacun, représentent une facette des compétences numériques. Cette intégration est représentée dans le schéma ci-dessous.

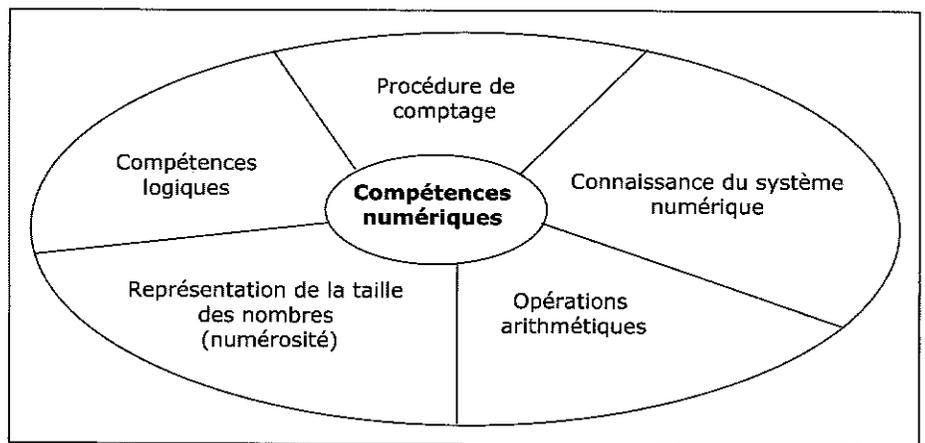


Figure 1. Un modèle intégratif des compétences numériques.

La forme circulaire de ce schéma n'est pas anecdotique. Il n'est en effet pas possible d'assigner un ordre développemental à chacune des acquisitions représentées par les différentes facettes du modèle. Les données disponibles indiquent plutôt que le développement des compétences numériques n'est pas linéaire et qu'il est difficile de déterminer des prérequis stricts parmi les différentes acquisitions. Le développement des compétences numériques prend souvent une forme circulaire : une capacité A stimule le développement d'une capacité B qui, en retour, favorise un plus grand développement de la capacité A. C'est, par exemple, le cas des relations entre le comptage et les compétences logiques. L'activité de comptage aide à la découverte de la conservation du nombre qui, en retour, vient consolider un des principes du comptage, en l'occurrence la non-pertinence de l'ordre. Par ailleurs, nous n'avons pas de preuve que tous les enfants suivent le même chemin développemental. L'acquisition A peut précéder l'acquisition B chez un

enfant, et l'inverse chez un autre enfant. La figure 1 offre dès lors une représentation en accord avec ces incertitudes développementales.

Les cinq facettes du développement des compétences numériques investiguées par le TEDI-MATH sont les suivantes :

- (1) **Les opérations logiques.** Malgré ses limites, le modèle piagétien du nombre reste incontournable. Pour calculer, en particulier mentalement, nous devons raisonner sur le nombre. Ce raisonnement est sous-tendu par les opérations décrites par Piaget. Ces opérations structurent le nombre et donnent sens aux calculs arithmétiques. L'enfant qui, pour effectuer l'addition « $12 + 25$ », décompose « 12 » en « 10 et 2 » et « 25 » en « 20 et 5 » traduit sa compréhension du nombre comme classes emboîtées et ordonnées, ainsi que son acquisition de la conservation du nombre. Dans le TEDI-MATH, les capacités opératoires sont testées dans un contexte strictement numérique. Nous évitons ainsi les problèmes de généralisation de nos observations et nous nous concentrons sur un domaine où l'enfant doit pouvoir appliquer ses capacités opératoires.
- (2) **Le comptage.** L'évaluation de la maîtrise des cinq principes du comptage décrits par Gelman et Gallistel doit faire partie de toute évaluation approfondie des troubles du calcul. Dans le TEDI-MATH, une attention particulière est accordée à la connaissance de la chaîne numérique orale. Le développement de cette connaissance a été bien décrit par Fuson, Richard et Biars*. Les différents niveaux de maîtrise de la chaîne numérique orale sont évalués par des épreuves spécifiques. Pour des raisons de clarté, nous avons choisi de désigner par le terme « *comptage* » la seule connaissance de la chaîne numérique orale. L'application des cinq principes pour déterminer le cardinal d'une collection est, quant à elle, désignée par le terme « *dénombrement* ».
- (3) **La représentation de la numérosité.** Les recherches sur les compétences numériques des animaux et des bébés ont conduit les psychologues à reconnaître l'importance des représentations pré-linguistiques et pré-logiques du nombre. De nombreux auteurs s'accordent aujourd'hui pour admettre l'existence d'une capacité innée de reconnaissance des petites quantités. Cette représentation analogique des quantités s'affine au cours de l'expérience. Gallistel et Gelman* appellent « *numérosité* » cette représentation analogique. Ils la distinguent du « *numéral* » qui symbolise cette numérosité à l'aide du langage et du système numérique arabe.
- (4) **La connaissance du système de numération.** La représentation symbolique des nombres utilise un système conventionnel. Le système de numération adopté dans la plupart des sociétés contemporaines est le système en base dix. Ce système est particulièrement économique puisqu'il permet de représenter une infinité de nombres à partir d'un ensemble réduit de symboles et de règles. Notre système de numération est également un système de position. La valeur d'un chiffre est en effet définie selon sa position dans le nombre. Selon McCloskey*, la compréhension et la production des symboles numériques sont réalisées par deux composantes, chacune divisée en un sous-système de traitement des nombres arabes et un autre de traitement des nombres verbaux. L'acquisition du système de numération ne va pas de soi. En particulier, la compréhension du système en base dix constitue un obstacle fréquent pour les jeunes élèves.
- (5) **Le calcul arithmétique.** De nombreuses recherches ont mis en évidence des séquences développementales dans l'acquisition des opérations d'addition, de soustraction et de multiplication. On observe, par exemple, des différences selon que :
 - (1) le calcul s'appuie ou non sur des quantités représentées de manière concrète ;
 - (2) le calcul est présenté dans un format arithmétique ou sous la forme d'un problème verbal ;
 - (3) l'inconnue se trouve en début ou en fin de problème... Dans le TEDI-MATH, les épreuves de calcul ont été élaborées en tenant compte des résultats de ces recherches. Les différents facteurs de complexité sont contrôlés, ce qui permet de réaliser une analyse fine des erreurs de calcul.

*1982

*1992

*1992

LES ÉPREUVES DU TEDI-MATH

TEDI-MATH a été construit pour évaluer les cinq facettes des compétences numériques décrites dans la section précédente. Le tableau 1 présente les six subtests qui composent le TEDI-MATH. Le comptage est évalué par deux subtests qui évaluent respectivement la connaissance de la chaîne numérique verbale (subtest « *Comptage* ») et le dénombrement de collections (« *Dénombrement* »). Chaque subtest comprend plusieurs épreuves. Certaines de celles-ci ont elles-mêmes été divisées en sous-épreuves lorsqu'il était cliniquement intéressant d'identifier le fonctionnement de procédures particulières. Partant de ces épreuves, il est possible de réaliser une évaluation à deux niveaux. A un premier niveau, douze scores de base peuvent être calculés. Ces scores correspondent soit à un subtest, soit à une section d'un subtest. Ils donnent un premier aperçu des compétences numériques de l'enfant. Si un problème est observé à l'un des scores de base, il est possible de calculer des scores complémentaires. Ceux-ci correspondent aux épreuves et aux sous-épreuves incluses dans les différents subtests. Les scores complémentaires permettent une analyse clinique plus fine des résultats. Toutefois, étant basés sur un petit nombre d'items, les scores complémentaires ont généralement une fidélité plus faible que les scores de base. Ils doivent, par conséquent, être interprétés avec plus de précautions.

À la lecture du tableau 1, le lecteur constatera que le TEDI-MATH ne permet pas d'évaluer l'opération de division. Cette absence s'explique par la volonté de ne mesurer que les compétences censées être maîtrisées en début de CE2. Comme la division commence seulement à être étudiée à ce niveau, il n'y avait guère de sens de l'inclure dans un test diagnostique destiné à évaluer des enfants souffrant de dyscalculie. Par ailleurs, le TEDI-MATH n'inclut pas de calculs écrits. Ceux-ci correspondent en effet à une application d'algorithmes, sans qu'une réelle compréhension du sens des nombres et des opérations soit nécessaire. Or le but premier du TEDI-MATH est d'évaluer la compréhension des nombres et des opérations, et non de contrôler l'exactitude de procédures algorithmiques.

| Subtests | Épreuves |
|---------------------------------------|--|
| 1. Comptage | <ul style="list-style-type: none"> • Compter le plus loin possible • Compter avec une borne supérieure • Compter avec une borne inférieure • Compter avec une borne inférieure et supérieure • Compter en ordre inverse • Compter par pas |
| 2. Dénombrement | <ul style="list-style-type: none"> • Dénombrement de patterns linéaires • Dénombrement de patterns aléatoires • Dénombrement d'éléments hétérogènes • Épreuves de cardinalité |
| 3. Compréhension du système numérique | <ul style="list-style-type: none"> • Système numérique arabe • Système numérique oral • Système en base dix • Transcodage |
| 4. Opérations logiques | <ul style="list-style-type: none"> • Sériation numérique • Classification numérique • Conservation numérique • Inclusion numérique • Décomposition additive des nombres |
| 5. Opérations arithmétiques | <ul style="list-style-type: none"> • Opération avec support imagé • Opération avec énoncé arithmétique <ul style="list-style-type: none"> • Addition • Soustraction • Multiplication • Opération avec énoncé verbal • Connaissances de propriétés des opérations |
| 6. Estimation de la grandeur | <ul style="list-style-type: none"> • Comparaison de patterns de points • Grandeurs relatives |

Tableau 1 - Subtests et épreuves du TEDI-MATH.

CARACTÉRISTIQUES MÉTRIQUES DU TEST

Le TEDI-MATH a été étalonné sur un échantillon de 583 élèves français et belges francophones de la fin de la moyenne section maternelle au début du CE2. Comme l'évaluation porte sur des connaissances en plein développement, deux récoltes de données ont été réalisées au cours de chaque année scolaire. Les seules exceptions sont la moyenne section maternelle et le CE2 qui constituent respectivement le plancher et le plafond du TEDI-MATH. Le test a été passé en novembre et en mai, ce qui représente un écart d'environ six mois entre les deux mesures. Chaque groupe scolaire comprenait à peu près 50% de garçons et 50% de filles. La répartition de ces groupes selon le niveau scolaire et le moment de passation du test est présentée dans le tableau 2.

| | Niveau scolaire | Age | Novembre | Mai | N |
|------------|-----------------|---------|----------|-----|-----|
| Maternelle | moyenne section | 4-5 ans | - | 73 | 73 |
| | grande section | 5-6 ans | 74 | 73 | 147 |
| Primaire | CP | 6-7 ans | 76 | 75 | 151 |
| | CE1 | 7-8 ans | 70 | 67 | 137 |
| | CE2 | 8-9 ans | 75 | - | 75 |
| Total | | | | | 583 |

Tableau 2 - Échantillon d'étalonnage du TEDI-MATH

La distribution des scores est loin d'être normale. Elle est souvent asymétrique et parfois bimodale. Par conséquent, il n'est pas possible de convertir les scores bruts en scores standard. La conversion choisie est en pourcentages cumulés. Dans les tableaux de normes, ces pourcentages sont présentés selon l'année scolaire et la période. Nous suggérons d'être attentif aux scores inférieurs à 25% et d'envisager la possibilité d'un trouble lorsque les scores sont inférieurs à 10%. Ces points de césure ne sont que des indications et doivent être utilisés avec précaution. Le diagnostic de trouble numérique ne peut être posé que sur la base d'une évaluation globale de l'enfant qui inclut non seulement les apprentissages scolaires, mais aussi l'intelligence, les émotions, la motivation et les relations familiales et scolaires.

Pour chaque score de base, un coefficient de fidélité a été calculé (coefficient Alpha de Cronbach). Les coefficients sont présentés dans le tableau 3. Nous pouvons constater que ces coefficients sont généralement élevés, ce qui garantit une faible marge d'erreur pour les différents scores.

| Scores de base | Coefficient de fidélité |
|-------------------------------------|-------------------------|
| Comptage | .86 |
| Dénombrement | .78 |
| Système numérique arabe | .94 |
| Système numérique oral | .98 |
| Système en base dix | .90 |
| Transcodage | .99 |
| Opérations logiques | .94 |
| Opérations avec support imagé | .70 |
| Opérations avec énoncé arithmétique | .97 |
| Opérations avec énoncé verbal | .77 |
| Connaissances conceptuelles | .77 |
| Estimation de la grandeur | .95 |

Tableau 3 - Coefficient de fidélité des scores de base

Le TEDI-MATH ayant été publié très récemment, peu d'études sur sa validité sont disponibles. L'étalonnage a été une première occasion d'étudier sa validité en référence à un critère externe. L'évaluation des compétences numériques de chaque enfant de l'échantillon d'étalonnage a été faite par son propre enseignant. Pour chaque enfant, les enseignants étaient invités à répondre à la question suivante : « Par rapport aux compétences numériques attendues à ce niveau de scolarité, cet élève possède un niveau de compétence qui : (a) est supérieur à ce qui est attendu -catégorie 1-, (b) correspond à ce qui est attendu -catégorie 2-, (c) est légèrement inférieur à ce qui est attendu -catégorie 3 ». Les enfants ont été rangés en trois catégories sur la base de l'évaluation des enseignants. Les scores de base des trois catégories ont ensuite été comparés en utilisant le test statistique de Kruskal-Wallis. Le tableau 4 présente les scores de chacune des trois catégories d'élèves et le résultat au test statistique. On peut constater que les différences sont toutes significatives, à une exception près. Le score en « opérations avec support imagé » atteint quasi son maximum dans les trois groupes car l'épreuve est très facile pour des élèves sans problème d'apprentissage. Aucune différence ne peut dès lors être mise en évidence à cette épreuve. Par contre, tous les autres scores au test permettent de distinguer les élèves selon leurs compétences numériques appréciées par leurs enseignants.

| Subtest | Catégorie 1 | Catégorie 2 | Catégorie 3 | Test de Kruskal-Wallis |
|-------------------------------------|-------------|-------------|-------------|------------------------|
| Comptage | 10,90 | 9,90 | 9,70 | 12,35** |
| Dénombrement | 12,38 | 12,03 | 11,63 | 6,76* |
| Système numérique arabe | 19,24 | 18,54 | 18,43 | 10,15** |
| Système numérique oral | 35,34 | 32,69 | 32,46 | 14,45*** |
| Système en base dix | 17,53 | 12,47 | 11,20 | 12,61** |
| Transcodage | 31,65 | 26,27 | 25,54 | 12,02** |
| Opérations logiques | 16,40 | 15,01 | 13,31 | 36,78*** |
| Opérations avec support imagé | 5,97 | 5,90 | 5,89 | 2,55 |
| Opérations avec énoncé arithmétique | 30,15 | 24,70 | 21,40 | 23,32*** |
| Opérations avec énoncé verbal | 7,07 | 6,27 | 5,14 | 32,66*** |
| Connaissances conceptuelles | 3,43 | 2,52 | 1,94 | 8,32* |
| Estimation de la grandeur | 17,40 | 16,48 | 16,60 | 11,16** |

Note : * < .05, ** < .01 et *** < .001 (Reproduit avec l'autorisation des ECPA, 2001).

Tableau 4 - Comparaison des scores des trois catégories d'élèves du niveau primaire

INTERPRÉTER LES RÉSULTATS AU TEDI-MATH : UNE ÉTUDE DE CAS

L'étude de cas de Marine* présentée dans cette section offre une illustration de l'utilisation clinique du TEDI-MATH. Cette utilisation est mise en perspective par des données d'anamnèse et le rappel d'une évaluation et d'une prise en charge précédant l'examen à l'aide du TEDI-MATH.

Anamnèse

Marine est une petite fille de huit ans quand elle arrive pour la première fois au Centre de Guidance de Louvain-la-Neuve. La personne qui la prend en charge est logopède et psychologue. C'est la maman de l'enfant, institutrice de formation qui prend l'initiative de la démarche sous les conseils de son propre frère. Le PMS (Centre psycho-médico-social) avait déjà conseillé un suivi pour Marine depuis le milieu de la deuxième année primaire mais la famille n'avait pas donné suite. En effet, elle éprouvait déjà des difficultés d'apprentissage tant en lecture qu'en mathématiques et un bilan intellectuel avait été réalisé par la psychologue scolaire. A la WISC-III, le QI de Marine était légèrement inférieur à 80 mais sans dysharmonie entre les subtests verbaux et les subtests de performance. La majorité des notes des subtests tournaient autour de 5 alors que les épreuves de similitudes et d'arrangement d'images se situaient autour de 10. A la fin de la deuxième année primaire (CE1), un passage vers l'enseignement spécial de type VIII (troubles instrumentaux) voire type I (déficience mentale légère) a été conseillé pour Marine mais

*Nous remercions Hélène Hubin, orthophoniste au Centre de Guidance de Louvain-la-Neuve, pour nous avoir permis d'utiliser les informations relatives à l'examen et à la prise en charge de sa jeune patiente

la maman a reçu cette décision comme insupportable. Le maintien de Marine dans le circuit ordinaire a donc été décidé avec un suivi externe.

Lors du premier contact au Centre de Guidance, Marine est alors au début de sa troisième primaire (CE2) et éprouve beaucoup de difficultés scolaires. La maman est venue sans le papa et accompagnée de Marine et de sa petite sœur de trois ans sa cadette. D'emblée les deux fillettes semblaient avoir plus ou moins le même âge par la taille et Marine se démarqua rapidement par le manque d'initiative dans les activités et sa lenteur corporelle qui se prolongeait au niveau mental.

Lors de l'anamnèse, il ressort que l'histoire de Marine témoigne d'un parcours dont l'origine fut perturbée. Conçue de manière accidentelle à l'occasion d'une période de vacances, elle fut portée par une jeune maman seule à affronter la préparation de la naissance. Le père d'origine indienne et vivant en Italie arriva en Belgique deux jours avant la naissance. Marine est née à 8 mois et demi et présentait une sténose aortique et pulmonaire qui fut opérée 2 ans plus tard. La marche et la propreté furent acquises dans les temps d'évolution moyens alors que le développement du langage fut tardif et plus lent. L'alimentation resta longtemps très sélective. Marine n'apprit que très tardivement l'autonomie dans l'habillement, l'alimentation et le coucher. Le papa assurait une fonction cadrante et instaura le bilinguisme à la maison. L'alternance du couple entre séparations houleuses et réconciliations intermittentes mit en place une situation fusionnelle entre la mère et la petite fille. Progressivement le climat parental s'est assaini et c'est ainsi que trois ans plus tard naquit une petite sœur et deux ans plus tard un petit frère.

Premier bilan

Un examen succinct du langage écrit, lecture et production d'écrit confirma un retard pédagogique dans ce domaine mais sans trouble spécifique. La thérapeute s'est principalement centrée sur les troubles d'apprentissage en mathématiques avec une attention particulière au développement des structures logiques.

Pour évaluer ce volet logique, à la base du développement des conceptualisations numériques futures selon Piaget et Szeminska*, quatre épreuves ont été administrées à Marine :

- Evaluation de la conservation du nombre : épreuve piagétienne revue par Tollefsrud-Anderson, Campbell, Starkey en 1991. Cette épreuve est très proche de celle présentée dans le TEDI-MATH et permet de tenir compte des justifications empiriques et non seulement des critères de justification d'équivalence centrée sur la logique.
- Evaluation de la sériation : épreuve des bâtonnets inspirée de Meljac dans l'UDN II
- Evaluation de la classification : Epreuve piagétienne centrée sur un matériel à trois critères (3 fruits, 4 couleurs et 2 habillements).
- Evaluation de l'inclusion logique : épreuves des perles selon Piaget.

Les résultats de Marine à ces épreuves peuvent se résumer comme suit :

Pour l'épreuve de conservation, dès l'ajustement terme à terme des 12 jetons, elle n'est pas sûre qu'il y ait le même nombre de jetons et ne sait pas mettre en œuvre une stratégie pour le vérifier. En réduisant le nombre à 7, elle est d'accord parce que ça se termine par le même jeton et dès qu'on imprime une modification, ce n'est plus le même nombre de jetons. En sériation des bâtonnets, Marine utilise la main la plus proche du bâtonnet à déplacer soit à droite soit à gauche. Elle procède par essais et erreurs pour chaque bâtonnet et pour intercaler le dernier elle superpose son bâtonnet sur ceux déjà placés et réussit par essais et erreurs son intercalation. Pour la tâche de classification, elle peut trier les fruits selon la catégorie «nature» et ensuite par le critère «couleur» sans s'occuper des habillements «quadrillé» et «ligné». Pour la tâche d'inclusion, elle considère pour l'ensemble des questions posées qu'il y a plus de perles vertes que de perles en bois. En conclusion, les épreuves d'évaluation des structures logiques montrent chez Marine un niveau de raisonnement très faible pour son âge.

En parallèle, une évaluation du schéma corporel a été menée chez Marine. Cet examen a montré une fillette peu différenciée et très lente. Pour la préhension des objets, elle utilise aussi bien la main droite que la main gauche en donnant l'impression d'avoir deux «mains gauches». Une thérapie psychomotrice a été proposée et prise en charge par un intervenant en dehors de l'équipe.

*1941

Pour évaluer les compétences numériques de Marine, la thérapeute ne disposait pas encore du TEDI-MATH et a utilisé des tests psychopédagogiques de niveau (tests de rendement) et quelques épreuves expérimentales du TEDI-MATH (dénombrement et opérations). Les résultats montrent que Marine est capable de compter jusqu'à 100 et de dénombrer des petites quantités sans erreurs (<12). Par contre, elle ne connaît pas les schèmes visuels sur les dés et doit dénombrer des quantités même inférieures à six. Dans les opérations avec supports imagés, elle donne des réponses correctes en dénombrant les éléments à compter sur les dessins respectifs. Pour les opérations arithmétiques, elle fonctionne uniquement sur ses doigts (3+5, 9-5, ...) et arrive à atteindre un niveau de fin de première année primaire. Pour résoudre les opérations additives et soustractives simples, elle incrémente (+1,+1,...) et décrémente (-1,-1, ...) avec l'appui de ses doigts. Elle échoue aux items d'addition et de soustraction lacunaire et ne met pas de stratégies en place.

Première prise en charge

A l'époque de ce bilan, Marine est au début du deuxième trimestre du CE1 et une aide individuelle au niveau logique est proposée à raison d'une fois par semaine. Le projet de ce suivi était principalement le plan des structures logiques par la construction d'un jeu de famille selon la proposition du Gepalm, des exercices de combinatoire, de sériation pour mobiliser le double point de vue, ... Ce travail fut très lent malgré une présence très régulière de Marine. Dans un second temps, un travail plus numérique a été proposé à Marine principalement dans le domaine du dénombrement (schèmes de dés, ...) et de la représentation des opérations additives et soustractives. Ce travail s'axait sur des images mentales intériorisées comme rappel de l'étape passée ou anticipatrice du résultat à découvrir.

Les progrès de Marine furent importants mais insuffisants pour permettre à Marine le passage en quatrième année primaire (CM1) à la fin de l'année scolaire, il fut proposé à la maman de réaliser une nouvelle évaluation numérique sur la base du TEDI-MATH.

Deuxième bilan : le TEDI-MATH

La passation du TEDI-MATH ne pose pas de problèmes particuliers, Marine s'adapte facilement à un nouvel intervenant. Marine est motivée et se concentre pour réussir les différentes tâches. Il lui faut souvent du temps pour répondre mais elle est persévérante. Le test est passé en deux séances étant donné sa fatigabilité. Étant donné son âge lors de la passation, 8 ans 10 mois, les épreuves relatives à l'élaboration de la chaîne numérique et son application au dénombrement n'ont pas été évaluées. Les résultats de Marine ont été comparés aux normes de CE2 (troisième primaire).

| <i>Subtests</i> | <i>Scores bruts</i> <i>(intervalle de confiance)</i> | <i>Pourcentages cumulés*</i> |
|--|---|------------------------------|
| Comptage | | / |
| Dénombrement | | / |
| Système numérique arabe | 18 (16-20) | <3 |
| Système numérique oral | 36 (33-39) | <11 |
| Système en base 10 | 19 (16-22) | 8 |
| Transcodage | 32 (29-35) | <5 |
| Opérations logiques | 14 (11-17) | 11 |
| Arithmétique - items imagés | 6 (5-7) | / |
| Arithmétique - items numériques | 29 (26-32) | 13 |
| Arithmétiques - items verbaux | 7 (5-9) | 38 |
| Arithmétiques - concepts | 2 (0-4) | 13 |
| Estimation | 18 (16-20) | 100 |

* Les scores en gras correspondent à des pourcentages cumulés inférieurs ou égaux à 10.

Les résultats de Marine se révèlent très faibles pour la majorité des épreuves. Seules les deux épreuves évaluant l'estimation de la grandeur et la perception de la numérosité sont tout à fait réussies par Marine. Elle peut donc comparer sans commettre d'erreur des collections de points et est capable d'estimer la quantité représentée par des nombres arabes et ensuite comparer les distances entre les deux représentations.

1) Les scores de Marine aux épreuves relatives au Système numérique (arabe et oral) sont tous très faibles par rapport à son âge. Seule l'épreuve de décision numérique orale est totalement maîtrisée par Marine. L'analyse des erreurs montre que Marine échoue aux items au delà de 100, elle n'est pas capable de lire ni d'écrire les nombres à trois chiffres ni à fortiori de les comparer. En dessous de 100, Marine ne commet pas d'erreurs, ses résultats homogènes correspondent à un niveau de début du CE1.

Au niveau du système en base 10, les résultats de Marine sont faibles par rapport à son niveau d'âge mais elle semble avoir déjà des ressources pour résoudre certaines tâches. Ainsi, aux épreuves des bâtonnets, elle réussit tout à fait la tâche qui consiste à produire le nombre verbal correspondant à une représentation en base dix sous la forme de fagots et de bâtonnets isolés. Par contre dans l'autre épreuve où l'opération inverse est demandée, c'est-à-dire élaborer la représentation en base 10 (fagots et bâtonnets) à partir d'un nombre donné verbalement, Marine échoue à tous les items sauf celui pour lequel la quantité est inférieure à dix (8). A cet item Marine dit qu'il n'est pas possible de construire un fagot avec seulement huit bâtonnets. Cette réponse témoigne de la compréhension de la consigne par Marine.

A l'épreuve suivante, un niveau d'abstraction supplémentaire est demandé à l'enfant puisqu'il lui est demandé de percevoir la structure décimale d'un nombre et d'être capable de scinder la dizaine en unités simples si nécessaire («y-a-t-il assez de bâtonnets dans seize si j'en veux cinq ?»). Cette épreuve plus difficile que la précédente est échouée par Marine. Par contre, au niveau des épreuves de représentation des quantités avec des jetons, les résultats de Marine sont très bons, elle est donc capable de concevoir qu'un seul gros élément (un gros jeton) vaut dix unités et de composer une quantité (représentation en base dix) avec ce matériel (dizaines et unités) de la façon la plus économique.

De plus, Marine est capable de reconnaître les unités et les dizaines dans un nombre sauf si celui dépasse 100 étant donné qu'elle ne connaît pas les nombres à trois chiffres. Au niveau du transcodage, elle n'arrive par conséquent pas à écrire correctement les nombres à trois chiffres. Dans presque tous les cas les erreurs de Marine consistent en un défaut d'application de la règle de surécriture pour les relations additives à cent (par exemple, elle écrit 1009 au lieu de 109).

Enfin, les performances de Marine témoignent d'une bonne maîtrise des systèmes numériques tant que les nombres sont inférieurs à 100.

2) Au niveau des épreuves d'évaluation du raisonnement logique, même si les résultats de Marine sont à nouveau nettement en dessous de la moyenne des enfants de son niveau scolaire, il est utile de les analyser plus finement pour découvrir qu'ils ne sont pas si alarmants. En effet, Marine est tout à fait capable de classer les cartes de symboles qui lui sont présentées en fonction du critère numérique et ce directement. Elle est également capable de sérier les chiffres du plus petit au plus grand. Pour l'épreuve de sériation des familles d'arbres, elle commet une erreur au départ mais se corrige lors du placement de la carte comprenant 5 arbres. Au niveau de la conservation, elle utilise un critère perceptif pour l'allongement de la rangée alors que pour la mise en tas, elle reconnaît l'équivalence sur la base d'une justification empirique.

De plus, Marine réussit toutes les épreuves d'inclusion numérique, elle est donc capable de réaliser des classifications hiérarchiques et comprend que les classes peuvent s'emboîter les unes dans les autres. Dans ce cas, Marine devrait être capable de raisonner sur les relations entre les parties et le tout, ce qui est mis en évidence dans l'épreuve de décomposition additive au cours de laquelle elle ne commet effectivement qu'une erreur de comptage pour un des items, faute qui fait néanmoins descendre son score directement en dessous des 10% de pourcentages cumulés.

En définitive, si Marine ne dispose pas de toutes les capacités logiques nécessaires pour construire le nombre selon Piaget (non conservante) elle montre depuis le premier bilan qu'elle a progressé nettement au niveau de son raisonnement logique et que sa prise en charge a largement porté ses fruits.

3) Quant aux résultats de Marine aux épreuves d'arithmétiques, ils sont hétérogènes mais globalement plus proches de ceux de son âge. Une analyse détaillée des différentes épreuves

montre que les opérations avec énoncés verbaux sont largement mieux réussies par Marine et tout à fait dans la moyenne. Les opérations additives et soustractives lacunaires sont bonnes et meilleures que les opérations simples, ce qui peut paraître étonnant. Bien entendu, si le temps avait été pris en compte, les performances de Marine auraient chuté largement vu sa lenteur. Marine fait donc preuve de compétences en arithmétique tout en étant encore fragile puisque le comptage sur ses doigts est encore nécessaire pour certains items.

Etant donné le profil assez homogène de Marine et fort en dessous de la moyenne de son groupe, il nous a paru intéressant de reporter ses résultats sur un profil correspondant à un niveau scolaire inférieur afin d'évaluer son niveau réel de compétence. De plus, il semble important d'évaluer les compétences numériques précoces comme le comptage et le dénombrement chez Marine pour s'assurer qu'elle les maîtrise avant de lui proposer de construire de compétences numériques plus complexes.

Les épreuves de comptage et de dénombrement ont donc été proposées à Marine et ses résultats ont été comparés à ceux des enfants du début du CE1 étant donné qu'elle n'a pas encore accès aux nombres supérieurs à 100.

On observe qu'au niveau de la chaîne numérique, Marine est capable de compter correctement jusqu'à 31 et de respecter une borne inférieure et supérieure ainsi que la prise en compte de ces deux contraintes. Le comptage par pas de deux et de dix ne pose pas de problème alors que le comptage à rebours reste difficile particulièrement à partir de quinze. Marine se situe donc au niveau de la chaîne dénombrable* et n'a donc pas encore atteint le niveau de la chaîne bi-directionnelle qui rend la chaîne emboîtée, sériée, cardinalisée et unifiée. Ce niveau le plus haut de la séquence numérique permet aux enfants de changer la direction de production des mots-nombres rapidement et de manière flexible et donc de sélectionner la direction la plus efficace pour résoudre un problème additif ou soustractif particulier en fonction de la place de l'inconnue*. Cette habileté est donc à mettre en lien avec les résultats au niveau des opérations arithmétiques.

Dans les épreuves de dénombrement, la compréhension des principes de Gelman et Gallistel* est investiguée. Seul le principe de non pertinence de l'ordre pose problème à Marine ; en effet, elle n'est pas sûre que si les objets sont comptés dans un autre sens en commençant le comptage par un autre objet, on obtienne toujours la même quantité. Cette fragilité est à mettre en relation avec la difficulté de Marine d'admettre l'invariance de la quantité. Au niveau du raisonnement logique, Marine n'est pas conservante et utilise encore des arguments perceptifs même si le comptage lui a permis de progresser.

Comme cela a été souligné plus haut, ses compétences dans les systèmes numériques sont alors satisfaisantes avec même un résultat assez bon pour les épreuves relatives au système en base 10. Quant aux opérations logiques, Marine se situe bien dans un niveau de deuxième année primaire en sachant que ses résultats témoignent d'une progression importante depuis la prise en charge.

C'est au niveau de l'arithmétique que Marine s'en sort le mieux. Son parcours scolaire lui donne de l'avance par rapport aux enfants de CE1 qui n'ont pas eu autant l'occasion de manipuler les opérations et donc de gonfler le stock de faits arithmétiques en mémoire à long terme. Cependant l'accès à la chaîne bi-directionnelle devrait lui permettre d'améliorer encore ses performances en utilisant des stratégies plus rapides et plus efficaces.

Deuxième prise en charge

Suite au deuxième bilan numérique, le travail de remédiation a avant tout visé à approfondir les bases d'une compréhension numérique chez Marine. Afin de stimuler son raisonnement et l'encourager à poursuivre ses efforts, il nous a semblé important d'intégrer Marine dans un travail en sous-groupe. Ce dispositif clinique permet de stimuler les conflits socio-cognitifs dans un cadre sécurisant et favorise le développement de l'autonomie et ainsi qu'une meilleure décentration par la présence d'égo-auxiliaires. Le contenu de ces ateliers fut le système en base 10 en partant de la nécessité de regrouper les collections importantes (>100) pour les compter jusqu'à la codification progressive du système de numération en faisant découvrir les dimensions conventionnelles et logiques qui président à sa construction.

*Fuson, 1988

*Fuson et coll., 1982

*1978

CONCLUSION

Le TEDI-MATH a été construit pour permettre un diagnostic fin des troubles d'apprentissage des nombres naturels et des opérations arithmétiques de base. Il investigate cinq facettes des compétences numériques : le comptage, la logique opératoire, l'estimation des grandeurs, la connaissance du système de numération et le calcul arithmétique. Grâce à la diversité des scores qu'il permet de recueillir et à son cadre théorique de référence qui guide l'interprétation de ceux-ci, le TEDI-MATH se révèle un outil puissant pour comprendre la nature des troubles observés et pour mettre en place des actions remédiatives.

BIBLIOGRAPHIE

- AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION. (1996). *Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux*. Paris : Masson.
- CLEMENTS D.H. (1984). Training effects on the development and generalization of piagetien logical operations and knowledge of number. *Journal of Educational Psychology*, 76, 766-776.
- FAYOL M. (1990). *L'enfant et le nombre*. Neuchâtel : Delachaux et Niestlé.
- FUSON C.K., RICHARD J., BRIARS D.J. (1982). The acquisition and elaboration of the number word sequence. In C. Brainerd (Ed.), *Progress in cognitive development :Children's logical and mathematical cognition*, (Vol.1, pp.33-92) New York : Springer-Verlag.
- FUSON C.K. (1988). *Children's counting and concepts of number*. New York : Springer-Verlag.
- GALLISTEL C.R., GELMAN R. (1992). Preverbal and verbal counting and computation. *Cognition*, 44, 43-74.
- GELMAN R., GALLISTEL C.R. (1978). *The child understanding of number*. Cambridge, MA : Harvard University Press.
- GRÉGOIRE J. (1992). Evaluer les troubles cognitifs au moyen des épreuves piagétienues ? Analyse de quelques problèmes méthodologiques. *Archives de Psychologie*, 60, 177-204.
- GRÉGOIRE J. (1996). L'évaluation diagnostique des troubles d'apprentissage. *Approches Neurologiques des Apprentissages chez l'Enfant*, 39-40, 116-122.
- GRÉGOIRE J. (2001). Evaluer les troubles du calcul. In A. Van Hout et C. Meljac, *Les troubles du calcul et les dyscalculies chez l'enfant* (pp.309-329). Paris: Masson.
- MCCLOSKEY M., CARAMAZZA A., BASILI A.G. (1985). Cognitive mechanisms in number processing and calculation : Evidence from dyscalculia. *Brain & Cognition*, 4, 171-196.
- PIAGET J., SZEMINSKA A., (1941). *La genèse du nombre chez l'enfant*. Neuchâtel : Delachaux et Niestlé. (7^e édition, 1991).
- TOLLEFSRUD-ANDERSON A., CAMPBELL R.L., STARKEY P., COOPER R.G. (1991). Conservation du nombre : distinguer les solutions par quantification des solutions par opérateurs. In Bideaud J., Meljac C., Fischer J-P. (Eds), *Les chemins du nombre*. Lille : Presses Universitaires de Lille.
- VAN NIEUWENHOVEN C. (1999). *Le comptage. Vers la construction du nombre*. Bruxelles : De Boeck.
- VAN NIEUWENHOVEN C., GRÉGOIRE J., NOËL M.-P. (2001). *Le TEDI-MATH. Test diagnostique des compétences de base en mathématiques*. Paris : ECPA.