

Marie-Anne Schelstnaek et Marie-Pascale
Noël, "Les savoirs du langage et du
calcul chez l'enfant" Editions Modulaires
Européennes 2004

Présentation du TEDI-MATH : un test des compétences de base en arithmétique

Marie-Pascale Noël
UCL-CODE

Introduction

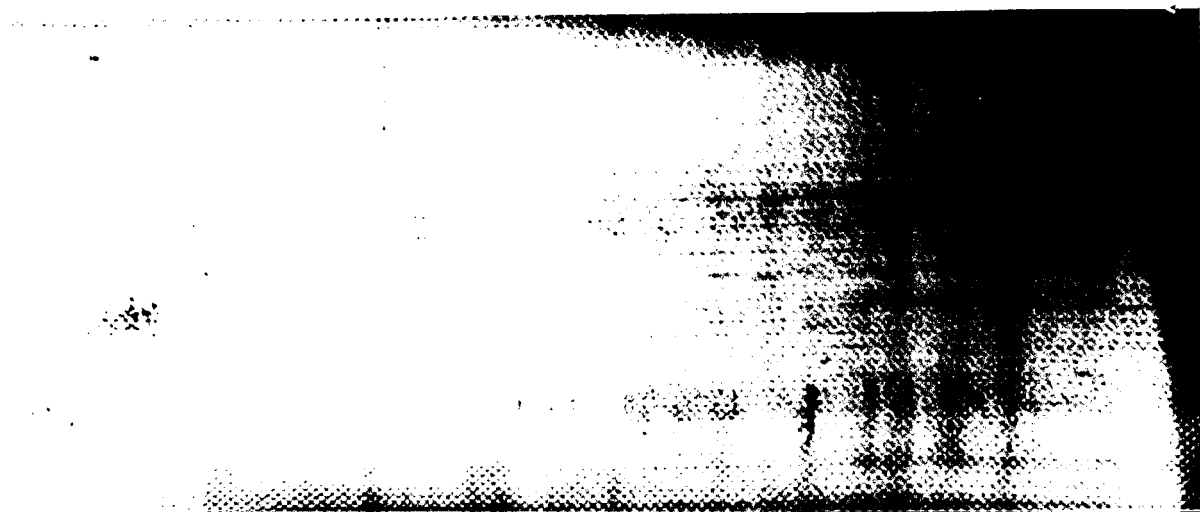
Le TEDI-MATH (Van Nieuwenhoven, Grégoire & Noël, 2001) est un outil de diagnostic des compétences de base en arithmétique développé par Catherine Van Nieuwenhoven, Jacques Grégoire et Marie-Pascale Noël et publié aux Editions du Centre de Psychologie Appliquée (ECPA) à Paris. Ce test a été développé en réponse au manque d'outil adéquat pour évaluer les compétences numériques d'enfants présentant des troubles d'apprentissage à ce niveau. En effet, le praticien psychologue, (ortho)pédagogue et logopède dispose à l'heure actuelle de tests pédagogiques (tel que le Simonart, 1998a,b) qui permettent de situer les enfants par rapport aux exigences scolaires. Ce type d'outil est parfaitement indiqué pour déceler une éventuelle difficulté d'apprentissage, mais il ne fournit pas une description claire de ce qui pose problème à l'enfant-là ni du pourquoi. Les tests basés sur les recherches en psychologie du développement cognitif sont, à cet égard, absolument essentiels. Ces tests proposent différentes épreuves qui visent à évaluer des processus cognitifs en fonction d'une théorie particulière du développement de l'enfant. Ainsi, l'UDN et l'UDNII développés par Claire Meljac présentent une

filiation claire par rapport aux travaux de Jean Piaget et permettent d'appréhender les difficultés numériques en fonction de ce cadre théorique. Le TEDI-MATH cherchait à prendre en considération les travaux piagétiens sur le raisonnement logico-mathématique de l'enfant, mais tenait également à s'inspirer des travaux plus récents issus de la psychologie cognitive et des acquis de la neuropsychologie de l'adulte acalculique. L'outil ainsi développé propose des épreuves qui évaluent quatre grands domaines de la cognition numérique : les opérations logiques sur les nombres, le comptage et le dénombrement, les systèmes numériques et enfin, l'arithmétique. L'administration de la batterie complète se fait de manière individuelle et prend de 1 à 2 h. Comme les tâches sont variées et utilisent un matériel attrayant, la passation de la batterie est généralement bien acceptée par l'enfant.

L'outil a été étalonné sur une population de 583 enfants francophones issus de Belgique et de France. Ces enfants fréquentaient les classes de 2ème maternelle jusqu'aux classes de troisième primaire et les données ont été récoltées en début et fin d'année scolaire de manière à obtenir des normes plus fines. Les résultats bruts obtenus à chaque épreuve sont comparés aux pourcentages cumulés. Cette manière de procéder permet de rester extrêmement proche des résultats effectivement observés sur la population contrôle, sans poser l'hypothèse, souvent fautive d'ailleurs, de la normalité de la distribution. Dans la suite de ce chapitre, nous passerons en revue les quatre grands domaines évalués.

Les opérations logiques sur les nombres

Selon Piaget, le nombre n'est pas une réalité externe que l'enfant absorberait passivement mais il est, au contraire, construit par l'enfant grâce à ses capacités logiques. En particulier, Piaget souligne le rôle de la sériation, de la classification, et l'intégration de ces opérations. Ces opérations mentales sont évaluées dans le Tedi-math. Toute-



fois, et contrairement à d'autres batteries piagésiennes, leur évaluation se fait ici dans le cadre numérique strict. Cinq composantes sont testées : la sériation, la classification, la conservation, l'inclusion et la décomposition additive.

La sériation consiste à ordonner les objets en fonction de leurs différences. Au niveau numérique, cette capacité peut être illustrée par l'acquisition de l'ordre des nombres entiers naturels : 7 est plus grand que 6 qui lui-même est plus grand que 5. Dans la batterie, deux épreuves permettent l'évaluation de la sériation numérique. Dans la première, l'enfant se trouve face à des cartes représentant des familles d'arbres. Il lui est demandé de ranger ces cartes sur base de leur cardinalité, et suivant un ordre croissant. Dans la seconde, la même opération de sériation est demandée mais cette fois à partir de symboles numériques : les chiffres arabes.

La classification consiste à ranger les objets d'un ensemble en faisant abstraction de leurs différences et en ne prêtant attention qu'à leurs qualités communes. La relation créée est ici l'équivalence. Au niveau numérique, la classification est à la base de l'aspect cardinal du nombre : chaque élément de l'ensemble est équivalent et compte pour un, et des ensembles de même cardinal peuvent être composés d'éléments de nature différente. Le test prévoit deux tâches d'évaluation de la classification numérique. Dans la première, neuf cartes avec des symboles divers sont proposées à l'enfant afin qu'il réalise des tas avec les cartes qui vont bien ensemble. La seule caractéristique permettant de classer les cartes est le critère numérique. Deux essais sont laissés à l'enfant. Si l'enfant échoue, une autre épreuve lui est proposée selon le même principe si ce n'est que les cartes présentent des symboles identiques, à classer selon le critère numérique à nouveau.

La conservation du nombre correspond à la capacité d'admettre que seule l'addition ou le retrait d'objets peut modifier le cardinal d'un ensemble. Tout autre changement (par exemple, de position dans l'espace), est sans

effet sur le nombre. Deux épreuves de conservation sont proposées. Au départ, on présente à l'enfant deux rangées de jetons placées en correspondance terme à terme et on vérifie que l'enfant reconnaît bien l'équivalence. Ensuite, deux types de transformations sont pratiqués, soit une des collections subit un étalement, soit un regroupement en tas. Dans chaque cas, l'enfant doit indiquer si les deux collections restent équivalentes sur le plan numérique et justifier sa réponse. Une cotation différente est donnée pour les justifications basées sur un critère numérique (par exemple, le recomptage des éléments ou la mise en correspondance terme à terme) ou un critère logique (tel que la réversibilité, l'invariance de la quantité, etc.).

L'inclusion fait référence au fait que dans un système de classification hiérarchique, les classes peuvent s'emboîter les unes dans les autres de manière asymétrique (les roses sont des fleurs mais toutes les fleurs ne sont pas des roses). Le domaine numérique est un système de classes hiérarchique : 3 est inclus dans 4, qui lui-même est inclus dans 5 etc. Dans la batterie, cette capacité est testée comme suit : l'enfant est invité à construire une collection de n éléments (par exemple, 5) qu'il introduit dans un récipient opaque fermé, puis il doit indiquer (et justifier) s'il y aurait assez d'éléments dans ce récipient pour en prendre x (8 ou 4, par exemple).

Enfin, la décomposition additive constitue un fondement important pour la compréhension des opérations arithmétiques. Elle met en œuvre à la fois le principe d'inclusion numérique (l'ensemble peut être décomposé en sous-ensembles) et le principe de conservation (les différentes décompositions n'altèrent pas le cardinal de l'ensemble). Dans le cadre de la batterie, cette capacité est testée comme suit : on indique à l'enfant qu'un éleveur a un certain nombre d'animaux et on lui demande de produire différentes possibilités de répartir ces animaux dans deux prairies.

Le modèle piagétien fournit donc des outils conceptuels intéressants et une évaluation des opérations logiques

ainsi décrites doit faire partie d'un bilan des capacités de traitement numérique chez l'enfant. Toutefois, cette perspective théorique présente également des limites. En particulier, ce modèle suppose que l'enfant ne construirait que très tardivement un concept de nombre. Or, bien avant 6 ou 7 ans, on voit déjà apparaître des activités numériques. Ainsi, dès la maternelle, les enfants pratiquent le comptage ou le dénombrement, les comparaisons terme à terme ou encore les opérations arithmétiques sur des petites collections. Une étude de Clements (1984) a montré qu'un entraînement à ces activités numériques pouvait avoir un impact positif sur ces opérations-là mais aussi sur la maîtrise des opérations logiques. Le bon développement de ces compétences de comptage, de dénombrement, etc. apparaît donc très important. Le TEDI-MATH inclut donc aussi une évaluation de ces activités, ainsi que des épreuves portant sur la maîtrise des systèmes numériques et sur l'arithmétique.

La chaîne numérique verbale

Le développement de la chaîne numérique verbale consiste à acquérir le vocabulaire relatif aux numéraux verbaux et à pouvoir les réciter dans l'ordre mais aussi à passer de la récitation d'une suite verbale indissociée à celle d'une suite d'éléments distincts présentant des relations spécifiques les uns avec les autres. L'acquisition de la séquence des noms de nombre ou de la chaîne numérique verbale, s'acquiert de deux à six ans environ pour les nombres jusqu'à 20 et passe par une succession d'étapes décrites en détail par Fuson, Richards et Briars (1982). Ces auteurs distinguent ainsi 4 niveaux :

- le *niveau chapelet* : l'enfant produit la séquence comme un tout ("undeux-trois-quatre...") sans marquer de pause entre les mots parce que les mots eux-mêmes ne sont pas encore individualisés,
- le *niveau de la chaîne insécable* : à ce niveau, les mots de la séquence sont individualisés mais l'enfant ne peut réciter

cette séquence qu'en partant du début, soit, en comptant à partir de un,

- le *niveau de la chaîne sécable* : l'enfant peut produire la suite de la séquence à partir d'une borne donnée ou de tel nombre à tel autre et commencer à compter à rebours et

- le *niveau de la chaîne terminale* : l'enfant peut compter à l'endroit ou à rebours n éléments à partir d'une borne.

Différentes épreuves de la batterie permettent d'évaluer le degré de maîtrise de la séquence numérique verbale. Dans ces épreuves, l'enfant est amené à compter le plus loin possible, jusqu'à une borne donnée (par exemple, compter jusqu'à 11), à partir d'une borne donnée (par exemple, compter à partir de 4), dans un intervalle déterminé (par exemple, compter à partir de 2 jusqu'à 7), par pas de deux et de dix et enfin à rebours. Il est ainsi possible de déterminer le niveau d'acquisition et d'élaboration de la chaîne numérique de l'enfant.

Le dénombrement

Une des fonctions importantes de la chaîne numérique verbale est de déterminer la cardinalité d'un ensemble. Dans ce but, le déroulement de la chaîne numérique verbale doit être coordonné avec une activité de pointage des éléments de la collection. Cette activité correspond au dénombrement. Selon Gelman et Gallistel (1978), l'activité de dénombrement est dirigée par cinq principes :

- le principe d'ordre stable* selon lequel les mots-nombres doivent être récités dans un ordre stable et conventionnel ;

- le principe de correspondance terme à terme* selon lequel un et un seul mot-nombre doit correspondre à chaque élément compté ;

- le principe cardinal* selon lequel le dernier mot-nombre énoncé dans une séquence de comptage ne correspond

pas à une étiquette attribuée au dernier objet mais 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 variés, chacun valant une et une seule unité ;

le principe de non pertinence de l'ordre selon lequel le comptage des éléments (et plus précisément, leur pointage) peut se faire dans n'importe quel ordre pourvu que les autres principes soient respectés.

Chacun de ces principes est évalué par la batterie dans des tâches où le sujet doit dénombrer des collections linéaires ou aléatoires, homogènes ou hétérogènes, dans une direction classique ou plus inhabituelle. En outre, d'autres épreuves évaluent l'utilisation fonctionnelle du dénombrement. Il s'agit de situations dans lesquelles le sujet doit utiliser le comptage pour réaliser correctement la tâche bien que la consigne ne lui indique pas explicitement de compter les objets (par exemple, une situation de construction d'une collection identique à une autre).

Les opérations arithmétiques

Une autre fonction importante du comptage et du dénombrement, est de permettre la réalisation de petites opérations arithmétiques. Ainsi, un petit garçon qui possède 3 toupies et en reçoit 2 nouvelles va typiquement dénombrer l'ensemble de sa collection pour obtenir le résultat de cet ajout de 2 à la collection initiale de 3. Selon Baroody et Ginsburg (1986), ce recours au comptage verbal se retrouve au travers de cultures très variées et serait donc indépendant du type ou de l'existence même d'un système scolaire. Les stratégies de comptage que l'enfant met en place pour réaliser un calcul simple sont variées et deviennent, au cours du temps, de plus en plus efficaces (soit, rapides et correctes). Dans le cas des additions par exemple, la stratégie la plus primitive est celle du "comptage du tout". Ainsi, confronté à la somme " $2 + 5$ ", l'enfant compte un à un les éléments des deux ensembles

"un, deux, ... trois, quatre, cinq, six, sept". Cette stratégie va évoluer tant en terme de support qu'en terme de stratégie de comptage. En ce qui concerne le support, on verra un passage du comptage des objets, au comptage des doigts, puis au comptage verbal sans support concret et enfin, aux stratégies mentales complètement intériorisées. Les algorithmes de résolution des calculs vont également évoluer. Ainsi, la stratégie du comptage du tout se verra progressivement remplacée par des stratégies plus matures comme le comptage à partir du premier terme ($2 + 5 =$ trois, quatre, cinq, six, sept), ou encore, à partir du plus grand terme ($2 + 5 = 5 + 2 =$ six, sept). L'étape ultime dans ce développement sera la constitution d'un réseau de faits arithmétiques en mémoire à long terme codant l'association entre un problème et la réponse qui y est associée. Ces faits arithmétiques permettront, en outre, de recourir à un autre algorithme de résolution économique : la décomposition (par exemple, si l'enfant sait que $3+3=6$, alors, pour résoudre $3+4$, il pourra passer par $(3+3)+1$). Outre ces faits arithmétiques, il semble qu'on doive également postuler (à la suite d'observation d'erreurs produites par des patients cérébrolésés) l'existence de "règles de calcul". Ainsi, nous n'avons pas une représentation distincte en mémoire pour les problèmes $(3+0)$, $(4+0)$ et $(8+0)$, mais possédons plutôt une règle du type $(n+0=n)$ nous permettant de résoudre tous les calculs de ce type.

La batterie TEDI-MATH inclut plusieurs épreuves relatives à l'arithmétique. Ainsi, les opérations de base (addition et soustraction) sont proposées avec un support imagé pour les plus petits. Pour les enfants d'école primaire, les calculs sont présentés en chiffres arabes sous une forme conventionnelle où l'inconnue porte sur l'état final (par exemple, $3+3=?$) ou sous forme de calculs lacunaires dans lesquels l'inconnue porte sur l'un des deux termes du problème, soit l'état initial (par exemple : $? + 4 = 9$) soit la transformation (par exemple, $3 + ? = 8$). Les calculs proposés mettent en jeu des opérations d'addition, de soustraction et de multiplication. Les additions contrastent des items où la somme est inférieure à 10 à

d'autres qui nécessitent le passage à la dizaine ou encore l'utilisation de la règle du " $n+0=n$ ". Des additions de nombres à deux chiffres sont également proposées pour les plus grands enfants. Pour les soustractions, on distingue à nouveau les soustractions simples où l'inconnue est en position finale et les soustractions lacunaires, où l'inconnue se situe en première ou deuxième position (par exemple, $7-?=1$). A nouveau, des items portant sur la maîtrise de règles ($n-0=n$ et $n-n=0$), et des calculs impliquant au moins un nombre à deux chiffres sont proposés. Enfin, une série de 10 multiplications sont introduites, avec la distinction entre faits (par exemple, 2×3) et règles (par exemple, $n \times 0$, $n \times 1$).

La batterie propose également des petits problèmes verbaux dans lesquels l'enfant doit lui-même déterminer l'opération arithmétique qui est en jeu pour trouver la solution. Les énoncés sont proposés à la fois oralement et par écrit à l'enfant. Il s'agit dans tous les cas de problèmes de type "changement" : une situation initiale est modifiée par un ajout ou par un retrait. L'inconnue peut porter sur l'état initial, la transformation ou l'état final. Les opérations arithmétiques impliquées sont simples et peuvent être comparées à des items semblables issus des épreuves de calculs en chiffres. Le problème suivant par exemple, est une situation de type retrait avec inconnue portant sur la transformation : *"Six cerises sont sur la branche. Un merle vient et mange des cerises. Il reste maintenant deux cerises sur la branche. Combien de cerises le merle a-t-il mangées ?"*.

Enfin, une dernière épreuve vise à évaluer les connaissances conceptuelles des enfants, c'est-à-dire leur compréhension des propriétés des opérations arithmétiques (la commutativité de l'addition, par exemple) et les relations entre opérations (relation entre addition et soustraction, ou encore entre additions répétées et multiplication). Dans cette épreuve, deux calculs sont présentés à l'enfant. La réponse est donnée dans le premier et il s'agit pour l'enfant d'indiquer si ce calcul peut l'aider à trouver, sans calculer, la réponse au second (par exemple, "si tu

sais que $2 \times 47 = 94$, cela t'aide-t-il pour trouver la réponse à $47 + 47$? Pourquoi ?")

Les codes symboliques

Pour être compétent en mathématique, l'enfant doit également intégrer un système de conventions. Cette connaissance constituera une base importante au développement de la pensée mathématique. Les travaux en neuropsychologie de l'adulte ont permis le développement de théories détaillées concernant le lexique mental des nombres et les mécanismes de compréhension et de production des nombres. Une synthèse de ces modèles est présentée par Sandrine Censabella dans cet ouvrage.

Les modèles actuels (par exemple, celui de McCloskey, Caramazza et Basili, 1985) mettent l'accent sur la différence entre production et compréhension des nombres, entre codes verbaux et arabes ou encore entre lexique et syntaxe. Ainsi, le code verbal représente un lexique composé d'unités (un, deux ... neuf), de particuliers (onze, douze ... seize), de dizaines (dix, vingt, ... nonante) et de multiplicateurs (cent, mille, ...). Pour former l'infinité des nombres, ces primitives lexicales se combinent suivant des relations additives (par exemple, *cent cinq* correspond à *cent* plus *cinq*) ou multiplicatives (par exemple, *cinq cents* signifie *cinq* fois *cent*). Les règles de formation des nombres correspondent à la syntaxe du code et tout énoncé produit ne correspond à un nombre que s'il suit les règles syntaxiques conventionnelles (ainsi, *six-trente* ne correspond pas à un nombre). Dans la batterie, ces aspects sont évalués par trois épreuves. La tâche de décision numérique orale permet d'examiner la connaissance des primitives lexicales du système : des mots sont présentés à l'enfant qui doit déterminer s'il s'agit de nombres (par exemple, *vingt*) ou pas (par exemple, *troizante*). A cet égard, il est bon de rappeler que les tâches de comptage évaluent en outre la connaissance de l'ordre de ces primitives lexicales. La tâche de jugement de grammaticalité permet une première évaluation des

règles de combinaison de ces primitives pour former un numéral verbal oral correct. Dans cette tâche, des combinaisons de deux mots nombres sont présentées à l'enfant qui doit juger si celles-ci forment un nombre légal (par exemple, *quarante-deux*) ou pas (par exemple, *un mille*). Enfin, la tâche de comparaison de nombres oraux permet de voir si l'enfant est capable de comprendre la grandeur exprimée par deux nombres et de les comparer.

Le code arabe est lui aussi caractérisé par un lexique et une syntaxe. Le lexique est composé des dix chiffres (0,1,...9) et la syntaxe correspond au système positionnel en base 10. La maîtrise isolée du code arabe est évaluée par deux épreuves. La tâche de décision numérique écrite permet d'évaluer la capacité lexicale du sujet : des symboles écrits sont présentés à l'enfant qui doit distinguer les chiffres des non-chiffres (par exemple, g ou \$). La tâche de comparaison de nombres arabes permet de voir si l'enfant est capable d'activer la magnitude correspondant à deux séquences de chiffres et de sélectionner la plus grande des deux.

Outre le traitement des nombres dans un code symbolique donné, le sujet doit également maîtriser la traduction entre les différents systèmes. En effet, écrire *quatre cent quatre-vingt-trois* ne correspond pas à la simple écriture en chiffres des mots-nombres entendus, ce qui donnerait 41004203. L'enfant doit donc être capable de comprendre le nombre présenté en entrée et produire le nombre correspondant dans le système symbolique requis. Deux tâches de transcodage sont proposées : l'écriture de nombres arabes sous dictée et la lecture à voix haute de nombres arabes. Dans chaque cas, des nombres de complexité croissante sont proposés.

L'accès à la sémantique du nombre est abordé dans la batterie au moyen de deux grandes familles d'épreuves. Dans la première, il s'agit d'accéder à la magnitude du nombre et d'opérer des jugements de comparaison. Ceux-ci peuvent porter sur du matériel symbolique, comme exposé plus haut. Il s'agit alors de comparer une paire de

nombre oraux, ou une paire de nombres arabes, ou encore de déterminer parmi deux nombres celui qui est le plus proche d'un troisième (par exemple, 49 par rapport à 51 ou 38). La batterie comprend également une tâche de comparaison de collections de points. Ces collections sont présentées rapidement de manière à faire appel aux processus d'estimation sans recours au comptage.

La seconde dimension sémantique du nombre abordée dans la batterie est la structure décimale. En effet, les systèmes numériques que nous utilisons sont articulés autour de la base dix (mais avec certaines irrégularités tout de même, par exemple, "quatre-vingt"). Percevoir et raisonner sur cette structure décimale est un grand défi pour le jeune élève. Fuson et al. (1997) décrivent cinq conceptions différentes que l'enfant peut avoir vis-à-vis des nombres à deux chiffres (pour une illustration, voir la figure 1). Notons qu'il ne s'agit pas à proprement parler de stades développementaux, dans le sens où chaque enfant ne passe pas nécessairement par l'une de ces étapes.

La première est dite *conception unitaire des nombres à deux chiffres* (voir figure 1a). Dans ce cas, l'enfant perçoit le nombre (par exemple 26) comme un ensemble d'unités (soit, 26 unités). Cette conception dérive probablement du fait que dans notre système linguistique, il n'y pas de coupure nette entre les nombres verbaux correspondant aux chiffres et ceux correspondant aux nombres à deux chiffres. Ainsi, on passe de neuf, à dix et à onze, sans marquer la différence.

Dans la seconde conception, dite *conception dizaine-unité basée sur la numération verbale* (voir figure 1b), l'enfant perçoit la différence entre le mot exprimant la dizaine et celui exprimant l'unité. Vingt-six, par exemple, serait toujours compris comme un ensemble de 26 unités mais avec une distinction entre les vingt unités correspondant au nom de la dizaine et les six unités correspondant au nom des unités.

La troisième conception dite des *séquences de dizaine-unités* (voir figure 1c) se caractérise essentiellement par le

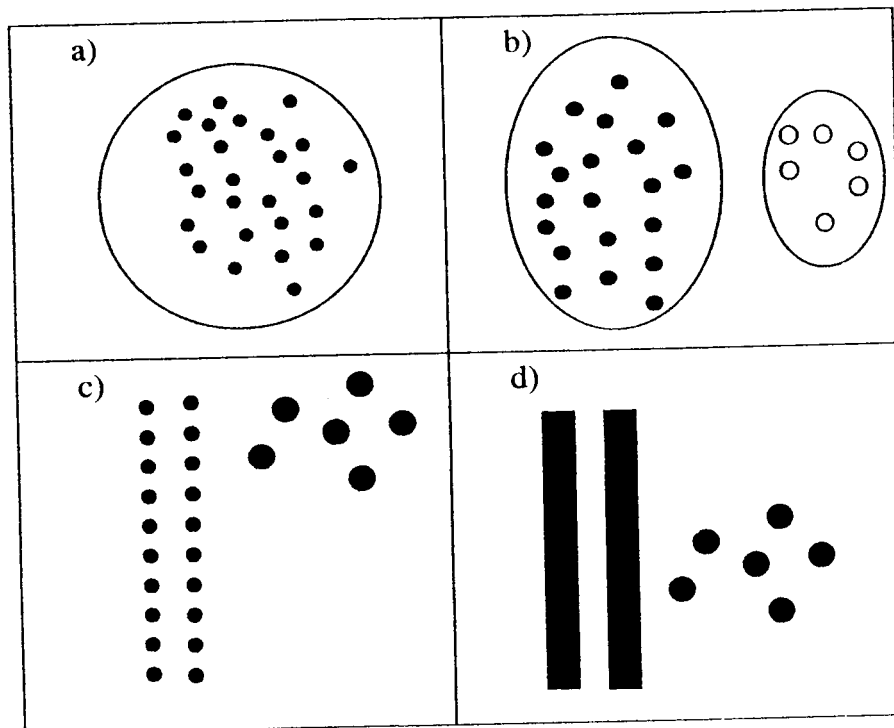
fait que le nom de la dizaine ne fait plus référence à un ensemble indifférencié d'éléments mais comme un ensemble de groupes de dix. Ainsi, vingt-six correspond à deux groupes de dix unités et un groupe de six unités.

La conception *dizaine-unités séparées* (voir figure 1d) correspond à l'entrée dans un nouveau mode de pensée où les dizaines sont réellement perçues comme des unités d'un ordre supérieur. Vingt-six correspond donc à deux dizaines plus six unités.

Enfin, la *conception intégrée des dizaines-unités séparées* correspond à un niveau conceptuel flexible où l'enfant peut passer d'une conception à l'autre, soit, considérer la dizaine comme un groupe de dix unités ou comme une entité d'ordre supérieur.

Avoir une certaine compréhension de la base dix est très utile dans les opérations de calcul. Ainsi, cela permet d'éviter le comptage par 1 dans des calculs comme $74+13$ ($=75,76,77,78,79...87$), et de décomposer les nombres en dizaines - unités pour conduire les calculs sur chacun de ces niveaux (70 et $4 + 10$ et 3 égale $70+10$ et $4+3$). Une conception de la base dix est également nécessaire dans les calculs nécessitant un passage à la dizaine ($64+28=80+12$, soit $90+2$) mais aussi pour comprendre la notion d'emprunt ($43-15$).

Figure 1 : les différentes conceptions du nombre 26 : (a) conception unitaire des nombres à deux chiffres, (b) : conception dizaine-unité basée sur la numération verbale, (c) : séquence de dizaines-unités, (d) : conception de dizaines-unités séparées.



La batterie TEDI-MATH propose une série de 6 épreuves pour évaluer cette compétence. Dans la première, l'enfant part d'une représentation en base dix (sous forme de bâtonnets et fagots de dix bâtonnets) et doit produire le nombre verbal correspondant, avec le matériel concret sous les yeux. Dans la seconde, l'opération inverse est demandée (soit, élaborer la représentation en base dix (bâtonnets et fagots) à partir d'un nombre verbal oral) mais le matériel concret n'est plus sous les yeux de l'enfant. Dans ces deux tâches, un contraste est introduit entre des items présentant une structure décimale transparente (par exemple, *trente-et-un*) ou non (par exemple, *douze*). Dans la troisième épreuve, un nombre

oral est présenté à l'enfant (par exemple, *seize*) et on lui demande s'il y aurait assez de bâtonnets isolés dans la représentation en fagots et bâtonnets de ce nombre pour pouvoir en donner sept par exemple. L'enfant doit donc créer la représentation en base dix correspondante au nombre, puis comparer le nombre d'unités ainsi obtenues à celles que l'évaluateur propose. Dans la quatrième épreuve, l'enfant est amené à construire une représentation en base dix à partir d'un nombre oral mais cette fois, il ne s'agit plus de manipuler des ensembles de dix éléments (liés, collés ou disposés dans un espace défini) mais bien de concevoir qu'un seul élément (gros jeton) vaut dix unités plus petites. Enfin, les deux dernières épreuves examinent la mesure dans laquelle la structure décimale du nombre peut être perçue par l'enfant au travers du système positionnel arabe. La consigne est ici de repérer dans un nombre arabe, le chiffre des unités ou celui des dizaines.

Quelques outils de remédiation

En rapport direct avec le TEDI-MATH, Cornet, Goerlich, Vanmuysen et Van Nieuwenhoven ont développé une série de jeux de remédiation (AD-MATH, pour activités de développement des mathématiques Cornet, Goerlich, Vanmuysen & Van Nieuwenhoven, 2001). Quatre jeux sont actuellement disponibles. Ils peuvent se jouer en dyade avec le thérapeute ou bien en petits groupes. Ces jeux visent à développer une représentation du nombre au travers des différentes modalités sensorielles. Plus spécifiquement, il s'agit de jeux de reconnaissance de la quantité dans la modalité visuelle "Rendez-moi mes pommes", tactile "Vite l'hiver arrive", et auditive "Attention le chasseur revient" ou encore "Des sons plein les oreilles".

En conclusion

La batterie TEDI-MATH propose un ensemble d'épreuves adaptées aux enfants et permettant une évaluation à la fois quantitative et qualitative des grands domaines de la cognition numérique en développement, soit, les opérations logiques numériques, la chaîne numérique verbale, le dénombrement, le calcul, les systèmes numériques et la sémantique y compris la représentation en base dix. Cet outil est adapté à l'évaluation d'enfants de maternelle et d'enfants dont le niveau mathématique correspond à celui d'une troisième primaire ou d'un niveau inférieur. En revanche, il ne permet pas de déceler les petits génies en mathématique ou, plus simplement de distinguer les enfants doués en mathématique de ceux qui sont très doués. Néanmoins, si cet outil permet de préciser la ou les difficultés numériques de l'enfant, il peut toujours être complété par d'autres épreuves imaginées par le clinicien sur base du profil particulier observé chez l'enfant testé. Enfin, nous signalons qu'une batterie visant l'évaluation des traitements numériques et du calcul chez les enfants plus âgés, est en cours de construction.

Bibliographie

- Baroody, A.J. & Ginsburg, H.P. (1986). The relationship between initial meaningful and mechanical knowledge of arithmetic. In J. Hiebert (Ed.), *Conceptual and procedural knowledge : the case of mathematics*. (pp. 75-112). Hillsdale, NJ : Erlbaum.
- Clements, D.H. (1984). Training effects on the development and generalization of piagetian logical operations and knowledge of number. *Journal of Educational Psychology*, 76, 766-776.
- Cornet, M.C.; Goerlich, S.; Vanmuysen, A. & Van Nieuwenhoven, C. (2001). AD-MATH: activités de développement des mathématiques par le jeu. Editions du centre de psychologie appliquée, Paris, France.

- Fuson, K.C., Richards, J., & Briars, D.J. (1982) The acquisition and elaboration of the number word sequence. In C.J. Brainerd (Ed.) *Children's logical and mathematical cognition : Progress in cognitive development research* (pp. 33-92). New-York : Springer-Verlag.
- Fuson, K.C., Wearne, D., Hiebert, J., Murray, H.G., Human, P.G., Olivier, A.I., Carpenter, T.P. & Fennema, E. (1997). Children's conceptual structures for multidigit numbers and methods of multidigit addition and subtraction. *Journal of Research in Mathematics Education*, 28(2), 130-162.
- Gelman, R. & Gallistel, C.R. (1978). *The child's understanding of number*. Cambridge, MA : Harvard University Press.
- McCloskey, M., Caramazza, A. & Basili, A. (1985). Cognitive mechanisms in number processing and calculation : Evidence from dyscalculia. *Brain and Cognition*, 4, 171-196.
- Simonart, G. (1998a). ECHAS : Echelle d'apprentissages scolaires primaires. L'application des techniques Modernes, Braine-le-Château.
- Simonart, G. (1998b). Peda1C : Test pédagogique du premier cycle primaire. L'application des techniques Modernes, Braine-le-Château.
- Van Nieuwenhoven, C. ; Grégoire, J. & Noël, M-P. (2001). Tedi-math : test diagnostique des compétences de base en mathématiques. Editions du centre de psychologie appliquée, Paris, France.

Note

- ¹ Le présent auteur est supporté par le Fonds National de la Recherche Scientifique et bénéficie également d'une action de recherches concertées, ARC #01/06-267.