

Calcul et langage dans le développement et les troubles d'apprentissage

François Gaillard et Lucia Willadino Braga

Relance de la recherche sur l'aptitude mathématique

Du fait de l'importance des technologies numériques, chaque nation se préoccupe davantage que par le passé du développement de l'intelligence logico-mathématique de ses enfants. La recherche et la production de plusieurs pays asiatiques dans le domaine du génie numérique ont provoqué la prise de conscience de la part de certaines nations occidentales de la faiblesse relative de ses écoliers en ce qui concerne les connaissances numériques et arithmétiques. Non seulement les avantages de l'élève asiatique, en général, sont confirmées par rapport à son camarade américain (voir, par exemple, Fuson et Kwon, 1992; Stevenson, Lee, Chen et Stigler, 1992; Miura, Okamoto, Kim, Steere & Fayol, 1993), mais la chasse aux inégalités à l'intérieur même du pays montre la sélectivité de l'apprentissage du nombre et du calcul par rapport aux classes sociales et aux ethnies. En effet, la préparation aux apprentissages arithmétiques scolaires est nettement décalée chez les enfants des classes socio-économiques basses par rapport à ceux des classes moyennes (Starkey et Klein, 1992; Ginsburg, Choi, Lopez, Netley et Chao-Yuan, 1997), surtout en raison de la faiblesse des différentes composantes verbales du nombre (Jordan, Huttenlocher et Levine, 1994).

Ces résultats montrent l'importance des liens entre le développement verbal et le développement numérique au niveau préscolaire. Toutefois, certaines études auprès d'enfants non scolarisés ou faiblement scolarisés suggèrent que les aptitudes mathématiques informelles de base sont universelles et indépendantes de la culture et des classes sociales (Saxe et Posner, 1983; Klein et Starkey, 1988). Des études menées au Brésil sur les enfants vendeurs des rues, n'ayant pas ou très peu fréquenté l'école,

montrent que le sens de l'argent et la manipulation des billets de banque, leur groupement et leur additivité, mais aussi le sens du coût et du profit et l'adaptation proportionnelle des prix à l'inflation, par exemple, peuvent se développer indépendamment de l'apprentissage scolaire. Cette expérience d'enfants précocement commerçants peut même aider l'apprentissage arithmétique formel subséquent (Saxe, 1991).

Cependant, une minorité d'enfants ne parvient pas à apprendre l'arithmétique à l'école, en dépit d'une intelligence générale normalement développée et de circonstances favorables d'apprentissage. De même que les dyslexiques ont d'abord été décrits comme "aveugles" face au texte alphabétique, les enfants présentant ce qu'on nomme la dyscalculie développementale sont comme "sourds" et "aveugles" aux nombres, et sont handicapés dans le développement formel de l'arithmétique (*cf.* Von Aster, 1994). Les troubles de l'apprentissage du nombre et du calcul sont maintenant acceptés comme un fléau à combattre, au même titre que la dyslexie et l'analphabétisme fonctionnel (incapacité de faire usage de ses apprentissages en langage écrit). De telles difficultés ont pu être considérées par le passé comme négligeables, pour des raisons sociales et idéologiques. Rappelons, pour exemple, que l'éducation jésuite traditionnelle a pu sacrifier l'enseignement des mathématiques pour donner toute son importance au Verbe et au verbal, seuls contenus et méthodes considérés comme spirituels (*cf.* Chagas, 1978, pour le cas de l'éducation brésilienne).

La question de la prévalence de la dyscalculie se pose, puisque, à notre connaissance, aucune étude épidémiologique documentée ne fournit de repère. Nous pensons que les apprentissages du nombre et du calcul sont en grande partie plus tardifs et plus complexes que ceux de la lecture et de l'écriture. On peut donc penser que les cas de dyscalculie sont vraisemblablement plus nombreux que les troubles spécifiques du langage écrit. Ils ne sont pas diagnostiqués en tant que trouble spécifique du nombre et du calcul, et ne sont pas caractérisés (on sait qu'il existe, à l'instar des diverses acalculies de l'adulte, plusieurs formes de dyscalculie développementale, Temple, 1997). Il y a donc peu de chances qu'un traitement spécifique soit appliqué pour réduire les conséquences scolaires et sociales des troubles du calcul.

Ainsi, d'une part la prise de conscience d'un désavantage "national" des écoliers dans le domaine numérique, et, d'autre part, la nécessité de développer la thérapie des dyscalculies développementales, relancent actuellement les recherches sur les constituants fondamentaux de l'aptitude mathématique. La question que nous étudions dans ce chapitre est celle des relations entre calcul et langage, à la fois dans le développement et dans les troubles d'apprentissage.

1.- Le nombre avant et avec le langage

Avant le langage

Une certaine capacité du chimpanzé à apprendre la série numérique a été démontrée. En effet, Biro et Matsuzawa, 1999, sont parvenus à faire apprendre à Ai, une femelle de 23 ans, les chiffres arabes présentés sous forme tactile; l'animal se révèle capable de placer dans l'ordre croissant 3 chiffres de la série 0 à 9.

Chez l'être humain, il est clair qu'une certaine réalité numérique peut être perçue bien avant que le petit ne sache compter. L'enfant développe une représentation matérielle du nombre, perçu dans l'unité, la paire, le groupe, la multitude. Son corps, son premier jouet, s'impose comme le support naturel de sa représentation du nombre. La thèse de la somatognosie, et particulièrement des gnosies digitales, comme fondement du système décimal n'a jamais été réfutée. La sensibilité de l'enfant aux ajouts et aux retraites avant l'apparition du langage a été plusieurs fois démontrée (Antell et Keating, 1983; Wynn, 1992; Geary, 1994). Par la représentation matérielle du nombre (la mère unique, les personnes de son entourage, les parties de son corps, etc...) l'enfant se forge une représentation analogique des quantités qui précède le langage. Il faudra encore de nombreuses années pour qu'il développe une manière quelconque d'en témoigner, par exemple par sa capacité de dessiner une échelle analogique des nombres ou de lire les heures sur la montre.

Entre 12 et 18 mois, lorsque les premiers mots ne concernent pas encore les nombres, les petits enfants peuvent déterminer laquelle de deux collections est la plus nombreuse, et discriminent les modifications ascendantes (plus que...) et descendantes (moins que...).

Sans le comptage verbal, les enfants de 24 à 30 mois, étudiés par Starkey, 1992, sont capables de calculer les sommes exactes et les restes exacts de petites additions et soustractions.

Par conséquent, malgré le fait qu'il se manifeste clairement lorsque l'enfant prononce son nom, le nombre est, et reste, dès le début du développement ontogénétique, une forme de représentation de l'arrangement du monde physique.

Avec le langage

Cependant, au fur et à mesure que le langage se développe, les enfants énoncent des noms de nombres, ceci dès environ deux ans. Les comptines, comprenant les noms de nombres, se mettent en place. Cette production verbale se greffera sur les connaissances antérieures, dites proto-numériques parce qu'elles se manifestent avant que chaque nombre n'acquiert son vocable propre.

L'activité de comptage, étudié par Gelman et Gallistel, 1978, permet à l'enfant d'appliquer la comptine (la suite des nombres) à la manipulation d'une collection. Cependant, comme l'ont montré les auteurs, si le dénombrement est verbal, il permet à l'enfant de découvrir certaines propriétés non verbales du nombre, la nécessaire correspondance terme à terme entre le nom de nombre et chaque unité, l'ordre spatial du comptage, et la valeur cardinale du dernier nombre énoncé (par exemple, le troisième et dernier élément compté attribue la valeur "3" à la collection). A trois ans, l'enfant peut compter verbalement jusqu'à 4 et n'a pas forcément acquis le principe de la valeur cardinale. Dans une vérification ultérieure, Gelman et Meck, 1983, ont démontré que les principes du comptage sont bien conceptuels: les enfants peuvent juger du comptage correct ou non effectué

par une poupée, à l'âge où ils se trompent encore dans leur propre comptage.

Cependant, dès 3-4 ans, les stratégies de comptage sont doublées de certaines capacités de perception numérique globale, le "**subitizing**". Dans ce cas, l'enfant peut dire sans comptage qu'une collection comprend 1, 2 ou 3 unités. Le "subitizing" est perceptif, non verbal, bien que le nom de nombre vienne se greffer sur la collection. Il y a donc bien deux voies d'accès à la numérosité, le comptage et la perception globale. Starkey & Cooper, 1995, trouvent que le "subitizing" de collections de 1 à 4 unités est présent à 3 ans, et parfois à 4-5 ans pour 5 unités.

A 4 ans, les enfants expérimentent toutes les stratégies de comptage. Par leurs erreurs spatiales, ils découvrent les effets verbaux de leur geste, conduisant à l'ajout ou au retrait, expérience naturelle et préparatoire à l'addition et à la soustraction.

Le nombre dans le calcul

A 3 ans, l'enfant résout verbalement les problèmes d'addition de petits nombres; vers 4 ans, le comptage est utilisé pour donner la réponse d'un problème verbal.

Siegler et Robinson, 1982, ont montré la variété des activités de comptage dès 4 ans: le comptage des doigts (avec ou sans comptine verbale), le comptage verbal sans support physique, la manipulation des doigts avec lecture verbale du seul résultat. De plus ils montrent comment le support des doigts aide la mémoire des faits numériques, par exemple en stockant en mémoire les collections "5" et "10".

La compréhension de la direction des opérations de base, additionner et soustraire, est acquise à quatre ans. Deux collections égales au départ peuvent aisément être comparées après un ajout ou un retrait. Par contre, si les deux collections sont inégales au départ, la comparaison finale est beaucoup plus difficile, et n'est guère réussie avant 6-7 ans. Le comptage

est, dans ce cas, la seule issue permettant de coordonner la compréhension de l'opération avec la prise en compte de l'inégalité de départ.

La division est comprise beaucoup plus tôt qu'il n'est habituellement considéré en didactique scolaire: en effet, la distribution égale de biscuits à deux chiens est acquise à 4 ans (Ginsburg, Klein et Starkey, 1998).

Le nombre écrit, le nombre à l'école

Parallèlement à l'enseignement du langage écrit, l'enfant apprend à lire et à écrire les nombres. L'apprentissage des symboles écrits, et en particulier la grammaire de l'écriture arabe des nombres, favorisent un apprentissage formel. En particulier, le calcul écrit est fondé sur une syntaxe des nombres en piles ordonnées par ordre d'importance, les unités, les dizaines et les centaines.

Afin d'accéder au calcul écrit selon les procédures enseignées, il est fondamental que l'enfant comprenne la valeur positionnelle de chaque chiffre dans le nombre. L'addition, en effet, justifie le report dans la colonne de gauche, lorsque la pile en question dépasse neuf éléments. Ensuite, il est également fondamental que l'enfant comprenne la composition absolue des nombres: toutes les dizaines comprennent 2 chiffres, les centaines trois, etc..., quelle que soit la longueur de l'énoncé verbal (en particulier dans les noms de nombre composés, comme "quatre-vingt-dix-neuf").

Cognitivement, il est difficile de suivre la démarche utilisée par un élève particulier dans une opération arithmétique écrite, parce que plusieurs stratégies s'offrent à lui: le calcul mental oral, l'évocation en mémoire à long terme de faits arithmétiques, l'opération écrite pas à pas.

Parallèlement à l'apprentissage des procédures pour résoudre les opérations arithmétiques, l'enfant est confronté aux énoncés verbaux, les consignes des problèmes arithmétiques données oralement ou par écrit. La question de la compréhension verbale se pose, liée à la connaissance de la

langue et de la culture scolaire, et également à la plus ou moins grande capacité de la mémoire de travail dans la langue de l'école.

La structure sémantique va influencer sur la manière dont les enfants résolvent ces problèmes, et, naturellement l'âge de la réussite. Si la compréhension est définie par le réseau des relations entre les savoirs d'un individu, il n'y a pas de raison de ne considérer que le savoir verbal. Plusieurs arguments nous mettent en garde contre le monopole du langage dans la connaissance. La création en mathématiques, et en sciences en général, opère souvent par éloignement des raisonnements purement verbaux. L'école a certes privilégié la forme langagière de l'intelligence, mais la pédagogie moderne lui cherche force alternatives. Plus on s'élève dans l'enseignement des mathématiques, plus on complète le raisonnement verbal par des formes non-verbales de compréhension.

Mais avant de se lancer dans l'étude des mathématiques supérieures, l'écolier doit finir le programme de l'école primaire, où, en effet, la maîtrise du système décimal repose sur celle du code digital, cousin et faux ami, à certains égards, du code alphabétique.

Par conséquent, déjà présent avant le langage, le nombre trouve toute son importance dans les progrès du langage oral, puis dans l'acquisition du code digital, enfin dans le développement logico-mathématique, qui conjugue la sémantique verbale avec la représentation non verbale des problèmes.

2.- Observation de l'aptitude numérique chez l'enfant.

Observation des troubles du calcul chez l'adulte et chez l'enfant.

Deux projets de recherche de l'Union européenne dans le domaine biomédical ont conduit au développement, entre 1990 et 1996, de EC301, un instrument d'évaluation des troubles acquis du calcul chez l'adulte (Deloche et al., 1993) et de "numerical", une batterie neurocognitive pour l'apprentissage du nombre et du calcul (Gaillard, 2000).

Dans le cadre de ces projets, nous nous sommes rapidement rendu compte qu'on ne pouvait pas simplement adapter une batterie du calcul destinée aux adultes pour l'utiliser avec des enfants. La raison tient au fait que les "fonctions" du nombre et de l'arithmétique ne sont pas les mêmes dans la vie courante des uns et des autres. La valeur écologique et sociale du savoir numérique varie considérablement au cours du cycle de vie. Ainsi l'écriture des nombres en toutes lettres, vitale pour le maintien de l'autonomie financière de l'adulte qui doit savoir rédiger un chèque bancaire, ne représente guère qu'un piège orthographique pour l'écolier. Chez l'enfant, le code alphabétique des nombres est appris beaucoup plus tard que le code digital, qui, lui, ouvre directement la voie au calcul écrit.

Par contre, toute la variété des représentations du nombre, orale, analogique et matérielle, sont les prémices de l'acquisition du calcul. Parce que plusieurs années s'écoulaient entre ces premières représentations du nombre et l'apprentissage du calcul, la démarche pour la construction de "numerical" a consisté à privilégier l'observation de ces formes de représentation.

Les représentations orales, analogiques et matérielles du nombre

Le lecteur trouvera en annexe le détail des items retenus pour la construction de "numerical". Il s'agit d'une épreuve d'inspiration neuropsychologique considérant très distinctement les questions de l'oral et de l'écrit. En ce qui concerne l'oral, les épreuves du nombre sont créées à des fins de comparaison avec certains tests neurolinguistiques traditionnels. Le tableau 10-I cite certaines familles d'épreuves numériques orales pour enfants, en regard des épreuves neurolinguistiques.

Tableau 10-I. Développement de tests numériques oraux pour enfants

Epreuves neurolinguistiques	Epreuves numériques
Séries automatiques	Comptines

Répétition	Répétition de nombres
Décision lexicale	Reconnaissance d'un nombre mal enregistré
Comparaison catégorielle	Comparaison orale de nombres
Estimation-jugement	Estimation de quantités en contexte
Compréhension simple et dénomination	Proposition de calcul oral
Compréhension d'ordres complexes	Calcul oral

Les comptines consistent à énoncer les séries ascendantes et descendantes des nombres, régulièrement ou avec sauts. La répétition de nombres s'étend jusqu'à des nombres de cinq chiffres. Dans la reconnaissance d'un nombre mal enregistré, l'enfant doit deviner un nombre en complétant le message entendu, le masque (bzzz) oblitérant la fin ("dix bzzz") ou le début ("bzzz dix") d'un nombre. La comparaison orale de nombres va des dizaines aux centaines de milliers et met en regard, à plusieurs reprises, un ordre grammatical différent des termes ("deux cents" et "cent deux", "cinq cent mille" et "mille cinq cents"). L'estimation de quantités en contexte demande de la part de l'enfant un jugement "peu", "moyen" ou "beaucoup" à partir d'une phrase-proposition comprenant un énoncé numérique. Dans la proposition de calcul oral, l'enfant doit simplement énoncer un très grand nombre, un calcul difficile, une addition, une soustraction et une multiplication, sans effectuer les opérations. Finalement dans le calcul oral, l'enfant doit produire le résultat de petits calculs énoncés par l'examineur, six additions, huit soustractions, cinq multiplications, deux divisions et trois fractions.

Nous examinons deux formes de représentation analogique, une ligne à graduer, ne montrant que le point "zéro" (placer les 100, 50, 25, 10, 95, 33, 75), et un compteur de vitesse de l'automobile, présentant au préalable les valeurs 0 et 200 (placer les 100, 50, 80, 60, 120, 40, 160 et 30 kilomètres à l'heure).

Au niveau de la représentation matérielle, l'épreuve "numerical" comprend un test de dénombrement de points. L'arrangement des

collections permet soit le subitizing "cinq" et "six", soit le comptage. Dans le comptage, les points sont présentés soit en ligne, soit en ordre aléatoire.

Ainsi les représentations orales, analogiques et matérielles du nombre, constituent-elles une part importante de l'apprentissage numérique chez l'enfant.

Les représentations écrites du nombre

Quand on passe à l'écrit, le nombre se révèle à l'enfant par les deux codes, l'alphabétique et le digital.

Le code alphabétique

Alphabétiquement, le nombre est traité comme n'importe quel mot à déchiffrer. Il est identifié en tant que nombre lorsqu'il est lexicalisé, c'est-à-dire lorsque l'enfant s'entend le lire et le reconnaît. L'entraînement à la lecture et à l'écriture des nombres en code alphabétique ne fait en principe pas partie du bagage préscolaire. L'introduction du traitement du nombre en code alphabétique ne peut donc pas prétendre contrôler un acquis. Cependant, l'enfant peut accéder à n'importe quel nombre, déjà connu ou nouveau pour lui, par la voie verbale.

L'examen du traitement alphabétique du nombre chez l'enfant sert également de contre-épreuve pour plusieurs acquisitions:

1.- La constitution du lexique oral des nombres. En effet, lorsqu'on demande à l'enfant de séparer une suite de mots par un trait vertical de sorte que de chaque côté du trait se trouvent deux nombres réels, nous testons la représentation orale des nombres, le lexique numérique (Epreuve dite "Césures alphabétiques", exemple item 2: "cinquante cent deux").

2.- La lecture et l'écriture normales. La lecture et l'écriture des nombres permettent de voir si, dans l'apprentissage du langage écrit, le nombre occupe une place privilégiée par rapport au nom commun.

3.- La valeur cardinale des nombres. La comparaison de nombres donnés en code alphabétique permet, comme dans la comparaison orale, de vérifier si la valeur cardinale des nombres traités est connue.

Le code digital comme un nouvel apprentissage de l'écrit.

Avec l'apprentissage du code arabe dans la lecture et l'écriture des nombres, l'enfant est nécessairement introduit dans le système décimal sitôt qu'il dépasse les neuf premiers chiffres. Il découvre une grammaire de l'écrit, différente de la grammaire orale. Le plus simple exemple est que "11" est déjà la composition d'une dizaine et d'une unité par écrit, tandis qu'oralement, il s'entend encore comme un chiffre, sans la double trace que l'on retrouve à "dix-sept". On sait que les noms de nombres de 11 à 99 présentent des grammaires différentes d'une langue à l'autre, et même distinctes dans certaines expressions locales ("nonante-neuf" et "quatre-vingt-dix-neuf"). L'ordre des piles ne se dit pas toujours comme il se lit (dans "sixteen" l'unité précède la dizaine). Par ailleurs, dès la dizaine, se pose la question de la valeur du zéro, indiquant le report d'une pile complète sur une autre. Enfin, la formalisation de l'apprentissage du calcul pile par pile, didactique la plus courante, demande une lecture de droite à gauche des nombres, soit une direction contraire à la lecture.

L'apprentissage du code arabe des nombres représente donc un enjeu fondamental pour accéder au calcul écrit. Son examen comprend l'indispensable lecture et la non moins indispensable écriture des nombres. Les automatismes concernant l'écriture de séries ascendantes et descendantes de nombres, indépendantes de la direction de l'alignement, sont testés par l'épreuve "Suite digitale". La "Comparaison digitale" évalue la compréhension de la composition des nombres en piles, l'enfant soulignant le plus grand des nombres présentés.

Cependant, la maîtrise de cette composition des nombres et de la valeur positionnelle de chaque chiffre à l'intérieur des nombres, fait l'objet d'une analyse toute particulière. Dans l'épreuve "Combien de chiffres", l'enfant doit écrire le nombre de chiffres nécessaires pour écrire en code digital le nombre-stimulus donné en code alphabétique. Deux épreuves d'indication de nombres à choix sur ordre verbal complètent cette analyse: "Bonne écriture" où les distracteurs sont tirés des erreurs commises par les enfants eux-mêmes, et "Ordre de grandeur", où les enfants cherchent sur une planche à choix tous les nombres satisfaisant à une règle (Plus petits que..., plus grands que...).

Nous considérons que, pour l'enfant des degrés primaires, le code alphabétique n'est qu'un substitut de la représentation orale des nombres. Les épreuves de transcodage, si révélatrices des types d'erreurs chez l'adulte aphasique (Deloche et Seron, 1982), ne correspondraient, selon nous, qu'à la lecture (test "1 - un") et à la dictée sur ordre verbal (test "un - 1") chez l'enfant. Ce point théorique est soumis à vérification à l'aide d'un groupe de 293 écoliers réguliers fréquentant plusieurs classes des degrés scolaires 2 à 4 de la scolarité primaire lausannoise (Suisse francophone). La moyenne d'âge de l'échantillon est de 8 ans et 7 mois. Le tableau 10-II indique les corrélations de Bravais-Pearson entre les tâches de transcodage et celles respectivement de lecture et d'écriture de nombres en code digital.

Tableau 10-II. Corrélations de Bravais-Pearson entre les épreuves de transcodages et les épreuves de lecture/écriture des nombre chez 293 écoliers des degrés 2 à 4 de la scolarité primaire

	Transcodages	
	" 1 - un "	" un - 1 "
Lecture digitale	.60	.67
Dictée digitale	.63	.83

Les épreuves de transcodages présentent donc chez l'enfant de 8 et 9 ans de fortes similitudes avec les épreuves classiques de lecture et d'écriture des nombres. Nous nous attendions, à vrai dire, d'une part à une similitude entre le transcodage "1 - un" et la lecture digitale, et, d'autre part, à une similitude entre le transcodage "un - 1" et la dictée digitale. Le postulat est vérifié, dans le second cas, mais pas dans le premier, du moins pas aussi fortement que prévu. Nous attribuons cette différence à la difficulté d'interpréter la production alphabétique de l'enfant, alors que sa production digitale peut être évaluée sans ambiguïté. La corrélation de .83 peut être considérée comme une démonstration de la très grande similitude

entre le transcodage "un - 1" et la dictée digitale chez l'enfant, ce qui semble confirmer l'idée que le stimulus verbal alphabétique agit comme un stimulus oral chez l'écolier tout-venant des débuts de l'école primaire.

Le calcul écrit procédural et raisonné

Après ces détours par l'examen des représentations orale et analogique du nombre, après l'étude de l'apprentissage du code digital, nous savons comment l'enfant comprend les nombres et s'il maîtrise leur représentation écrite. Restent les problèmes de l'opérativité.

La connaissance des opérations arithmétiques suppose une métacognition des actions en jeu et une connaissance des signes arithmétiques qui les représentent. Avant toute exécution procédurale, il s'agit de savoir si l'enfant peut proposer des calculs écrits, d'une part en montrant qu'il connaît les signes des actions (+, -, x, :, =), d'autre part en posant lui-même les calculs par écrit, ce qui demande une anticipation de la procédure spatiale. Les calculs déjà posés par l'examineur peuvent inciter à utiliser une procédure pas à pas, dépendant directement de l'apprentissage para-scolaire et scolaire, mais ils peuvent aussi appeler toutes sortes d'inférences et de calculs mentaux qui font l'économie des procédures.

Nous avons examiné le calcul écrit en encourageant les deux méthodes, d'une part en présentant des calculs écrits de manière très conventionnelle et sans lien entre eux, d'autre part en proposant des opérations sur des nombres arrondis, avec des liens évidents d'un calcul à l'autre. Par exemple, nous avons posé l'addition $60 + 570$ après $270 + 60$ et à la suite de $70 + 60$. Nous pensons, en effet, que les deux méthodes devraient différencier les enfants très dépendants des techniques apprises de ceux qui observent et raisonnent avant de se réfugier dans les procédures. Ainsi deux volets différents du "génie arithmétique" sont étudiés, la technique et la créativité.

3.- Troubles du langage et troubles du calcul

Il existe des formes développementales de troubles du langage, que l'on décrit dans la littérature sous les termes "dysphasie" et "dyslexie-dysorthographe". Il existe aussi des formes caractérisées de troubles du calcul, la "dyscalculie" dont le lecteur trouvera la description dans les autres chapitres de ce volume. Ces différents troubles d'apprentissage apparaissent aussi, et sont dans ce cas moins caractéristiques, lorsqu'ils sont associées à certaines circonstances défavorables d'apprentissage (caractéristiques et niveau linguistiques de la famille, histoire scolaire).

La dysphasie développementale

La dysphasie développementale peut apparaître relativement tardivement comme le signe d'une souffrance cérébrale prénatale, périnatale ou précoce dans la vie de l'enfant. En effet, étant donné les grandes différences interindividuelles dans les rythmes de développement du langage, c'est seulement après l'âge de 3-4 ans que le diagnostic peut être posé. Les troubles du développement peuvent concerner l'expression orale, la compréhension, ou encore l'usage contextuel et communicatif du langage (Gérard,1993).

Souvent, l'expression est réduite à quelques mots connus, les répétitions sont dysphonologiques, la grammaire est absente. Lorsqu'ils affectent la compréhension, les troubles font penser à un déficit attentionnel sévère ou même à la surdité. Au niveau de l'usage contextuel, le langage est mal utilisé pour répondre et pour communiquer (trouble pragmatique). Dans ce dernier cas, son analyse peut révéler des incohérences de sens (trouble sémantique).

La dysphasie ne s'explique pas par un retard mental. L'enfant, en effet, témoigne de son intelligence dans ses productions non verbales. L'enfant dysphasique répugne à utiliser le langage. Socialement, il se réfugie souvent dans le mutisme.

Le passage au langage écrit est en général très retardé, bien que l'on puisse rencontrer certains enfants dysphasiques en fait soulagés par l'expression graphique. L'évolution d'une dysphasie vers la dyslexie-

dysorthographe est commune. Elle ne représente cependant que l'une des causes possibles de dyslexie.

Le diagnostic de dysphasie se pose, en général, en l'absence de troubles neurologiques ou sensoriels clairs. C'est un trouble qui se révèle comme une indifférenciation spécifique du langage en tant qu'instrument de la pensée.

Il est impossible de relier la dysphasie développementale à une souffrance typique du cerveau, car les spécialisations fonctionnelles cérébrales se mettent en place dans le cerveau infantin de manière interdépendante. Il est donc théoriquement possible de rencontrer des dysphasies par défaut de spécialisation des zones du langage de l'hémisphère gauche, mais il est tout aussi possible d'observer une dysphasie après une souffrance hémisphérique droite chez un enfant qui se développe en droitier (dominance motrice et probablement linguistique de l'hémisphère gauche). En effet, la souffrance cérébrale éloignée des zones prévues pour le développement du langage suppose une réorganisation complète du rôle fonctionnel de chaque région demeurée intacte. Un certain changement de rôle peut évidemment affecter les régions typiques du langage. Enfin, la dysphasie peut être la seule séquelle d'une souffrance cérébrale diffuse.

Relations entre dysphasie et dyscalculie

Dans la dysphasie et la dyscalculie, nous sommes en présence de syndromes développementaux qui sont rarement homogènes. Du point de vue dysfonctionnel, il existe de nombreuses associations entre troubles du langage et troubles du nombre.

Dans le mode oral, le langage se réfère à un contenu sémantique et l'arithmétique à un contenu analogique (échelle de nombres, représentation de quantités). L'absence de cette référence entraîne la dysphasie sémantique-pragmatique dans le langage, et le trouble de la représentation orale des nombres dans l'arithmétique.

Dans le mode écrit, le code alphabétique de la lecture et le code digital pour l'écriture des nombres sont appris l'un à la suite de l'autre, généralement dans cet ordre, cependant chaque fois avec des règles nouvelles et parfois contraires (sens directionnel de la lecture et du calcul). Dysphasie et dyscalculie se rencontrent, dans ce cas, au niveau du trouble de la lecture et de l'écriture des textes et des nombres.

Nous pouvons donc prédire qu'il y a de fortes chances pour que les enfants dysphasiques présentent également des troubles de l'apprentissage du nombre et du calcul. Le présent chapitre vérifie cette prédiction en analysant les résultats à l'épreuve "numerical" obtenus par 10 enfants dysphasiques. Nous avons brièvement montré, par le passé, que ces enfants rencontraient une variété de difficultés dans le traitement du nombre (Tièche Christinat, Conne & Gaillard, 1995). Nous nous proposons ici de décrire plus précisément ce recouvrement entre troubles du langage et troubles du calcul, et de l'analyser en termes d'interdépendance des apprentissages instrumentaux chez l'enfant.

Methode

Population

L'âge des enfants dysphasiques est homogène puisqu'il s'étend de 9 à 11 ans. Ces enfants sont tous monolingues et fréquentent, au moment de l'étude, des classes spéciales pour écoliers présentant des troubles du langage. Ces cinq garçons et cinq filles ne présentent pas de déficience mentale globale, ni de signe neurologique positif à l'examen clinique. Les dossiers médicaux de ces enfants ne comprennent pas de documentation neuroradiologique, en particulier pas d'image cérébrale obtenue par ordinateur. Peut-être une imagerie cérébrale moderne corrigerait-elle dans certains cas la notion d'une investigation neurologique négative.

L'examen neuropsychologique montre surtout un déficit de production verbale. En particulier, l'évocation verbale de l'information culturelle est pauvre, et l'empan de la mémoire verbale à court terme est très réduit, pour

les chiffres comme pour les phrases. La compréhension verbale est généralement bonne et compense les faiblesses de production.

Les résultats des dix enfants dysphasiques sont comparés à ceux de 10 enfants contrôles, appariés selon l'âge et tirés d'un large échantillon de normalisation.

Matériel

Tous les enfants dysphasiques subissent un examen neuropsychologique complétant l'examen psychologique de l'école spéciale. Ils sont soumis ensuite à l'épreuve "numerical", passée individuellement. L'épreuve comprend 27 tâches du nombre et du calcul (*cf.* annexe).

Résultats

Les épreuves neurocognitives du nombre et du calcul montrent une grande variété de difficultés chez les dysphasiques. Les difficultés se rencontrent dans trois formes de la représentation du nombre, orale, analogique et matérielle, enfin écrite.

La représentation orale

La répétition de nombres est déficitaire. Par exemple, une élève, âgée de 11 ans, ne peut pas répéter "Cinquante deux mille trois cent dix-neuf", alors qu'elle redonne sans difficulté "Jacques a trouvé trois oeufs bleus dans le nid". Cet exemple illustre le rôle du développement du lexique numérique, et la vulnérabilité de tout traitement du nombre, en l'occurrence une simple répétition, lorsque le nombre est étranger à ce lexique. Indépendamment des capacités de répétition phonologique (puisque la phrase est répétée sans faute), l'apprentissage verbal comprend une représentation orale des nombres constituant un lexique séparé dans le développement du langage.

Les enfants dysphasiques rencontrent des difficultés dans les comptines (évocation orale des séries numériques dans l'ordre ascendant et descendant), particulièrement avec des sauts: 3,6,9...

Ils montrent par là la faiblesse de leur représentation des échelles numériques.

Le calcul mental n'est pas particulièrement déficitaire par rapport à celui des enfants du groupe contrôle. Ceci peut expliquer la performance normale à l'épreuve "arithmétique" de Wechsler, consistant à résoudre de petits problèmes oraux. L'opérativité est donc comprise et réalisable pour les nombres connus. En revanche, la mémoire de la table de multiplication est sélectivement déficiente. Cette lacune empêche l'enfant de recourir à l'évocation immédiate des faits arithmétiques, démarche qui, on le sait, offre une aide importante.

Quant aux connaissances numériques précises, ces enfants ignorent le plus souvent les subdivisions du temps.

La représentation analogique et matérielle

Les deux épreuves analogiques et l'épreuve du comptage sont réussies facilement par tous les enfants du groupe contrôle. Certains enfants dysphasiques ne rencontrent pas non plus de difficulté dans ces tâches, tandis que d'autres cumulent de nombreuses erreurs, dépendant soit de la faible représentation des échelles numériques, ou même de difficultés pratiques que l'on rencontre comme des signes de comorbidité.

La représentation écrite

Toutes les épreuves écrites sont particulièrement déficientes chez les enfants dysphasiques. La lecture des nombres donnés en chiffres arabes montre que la structure des milliers n'est pas acquise, comparativement aux enfants du groupe contrôle. On trouve même la lecture chiffre à chiffre (dizaines encore inconnues). La production écrite des mêmes chiffres est,

par contre, nettement meilleure. Tous nos dysphasiques parviennent à écrire les nombres de deux chiffres en code digital.

Cependant, la dictée des nombre de trois chiffres montre des régressions spectaculaires, par exemple jusqu'à l'inversion spatio-graphique de certains chiffres. Les lexicalisations sont nombreuses: complètes lorsque l'enfant écrit tout ce qu'il entend, sans respecter la composition des centaines, comme 7100805 pour "sept cent huitante-cinq"; ou partielles: 710085, parce que 85 fait partie du registre connu. Parfois le "cent" du même nombre est marqué par une unité, un "1" ou un "0": 7185 ou 7085 (nous avons appelé ce procédé le "surmarquage" ou "overmarking").

Le transcodage de type "un - 1" confirme la grande labilité de la structure des centaines, avec les mêmes erreurs que dans l'écriture sous dictée. Lorsque l'une ou l'autre de ces erreurs efface la fin du transcodage (le dernier chiffre disparaît), on peut parler d'une surcharge supplémentaire de la mémoire à court terme.

Le calcul écrit montre un cumul des difficultés chez les dysphasiques. Déjà dans les additions de nombres de deux et trois chiffres, on observe des erreurs de direction dans la procédure. Certains enfants simplifient en montrant qu'ils ont compris mais calculent les piles chacune séparément. La valeur positionnelle du chiffre dans le nombre n'est pas connue, ou pas respectée. On rencontre des confusions entre les opérations. Dans certains cas, la production écrite ne correspond pas à l'énoncé oral (par exemple, l'enfant prononce 13 et écrit 30). Dans d'autres cas, le zéro est utilisé par l'enfant pour dire qu'il ne sait pas (d'où l'importance de pouvoir l'interroger sur le fait). On relève de nombreuses erreurs de calcul, dans le sens d'une unité en trop ou en moins.

Les soustractions écrites sont difficiles pour les enfants dysphasiques. En plus des erreurs de stratégie relevées dans les additions, on rencontre la méconnaissance de la procédure pour soustraire un certain chiffre d'un chiffre plus petit dans la soustraction à retenue. L'addition des reports, parfois écrits par l'enfant, manque néanmoins. Certains enfants ont quelques connaissances de la soustraction mais changent de procédure au milieu du calcul.

Résumé

Oralement, les difficultés des enfants dysphasiques touchent à la faiblesse du lexique numérique, à la difficile représentation des séries numériques, et à la dysmnésie des faits arithmétiques. Les sujets contrôles semblent bénéficier d'une consultation parallèle des lexiques numériques oral et écrit. Ces lexiques pourraient être plus hermétiques l'un vis-à-vis de l'autre chez certains enfants dysphasiques. Ces derniers fixent par ailleurs mal les événements numériques de la culture verbale quotidienne, comme les divisions du temps.

Par écrit, les dysphasiques présentent très fréquemment des difficultés spécifiques dans l'acquisition de l'écriture arabe des nombres, où la valeur positionnelle de chaque chiffre et les règles de composition des centaines et des milliers sont mal connues. Il s'agit ici d'un déficit de codage du système écrit qui, certes, concerne des symboles verbalisables, mais n'est pas verbal en soi.

Nous avons constaté, de plus, que les différentes mémoires verbales sont elles aussi déficientes et ne procurent pas aux dysphasiques l'aide directe qu'elles apportent aux sujets contrôles. La mémoire de travail est très vite encombrée chez les dysphasiques. On le voit aux omissions concernant la fin des procédures. La mémoire des faits arithmétiques, stockage à long terme des effets de contexte et des expériences numériques, est également faible. L'évocation des faits culturels et, en ce qui concerne le nombre, des subdivisions du temps, par exemple, est particulièrement pauvre. Dans le calcul oral, la table de multiplication est particulièrement déficiente. Or un calcul réalisé sans l'aide de la mémoire à long terme revient à introduire des étapes intermédiaires supplémentaires de calcul procédural, ce qui revient à charger d'autant la mémoire de travail.

Par ailleurs, ces troubles d'apprentissage sont rarement homogènes et circonscrits: la co-morbidité avec des troubles de la sphère gnoso-praxique se rencontre dans certains cas (une minorité de nos dysphasiques). Ainsi, si certains enfants dysphasiques sont aidés par les représentations matérielles

et analogiques des nombres, d'autres éprouvent des difficultés surajoutées aux troubles verbaux. Chez ces derniers, toute demande inhabituelle concernant les nombres écrits semble avoir un effet sur la labilité des acquisitions, apparemment sûres et stables, à propos des nombres plus simples. On voit réapparaître facilement des troubles de la directionnalité de l'écriture et des confusions d'orientation. Il semble donc que les fonctions traditionnellement "pariétales" du nombre, c'est-à-dire, en termes neuropsychologiques, les liens avec la somatognosie, la représentation des échelles numériques et les aptitudes praxiques de figuration et de construction spatiale, soient particulièrement fragiles chez certains enfants dysphasiques

Synthèse

Les nouvelles recherches sur les constituants du calcul confirment que le nombre et les transformations arithmétiques sont des caractéristiques naturelles du monde physique, auxquelles les enfants se montrent sensibles bien avant de développer le langage. Cependant, bien que de nature non verbale à l'origine, le nombre est progressivement intégré dans le langage de l'enfant, par l'intermédiaire d'actions non verbales et verbales combinées: le nom de nombre, un simple vocable au début, désigne graduellement une place fixe dans la comptine, une valeur cardinale, et devient enfin un adjectif qualificatif pour toute collection. Tout au long de ce développement verbal, le nombre conserve chez l'enfant sa représentation matérielle, par exemple somatognosique, et sa représentation analogique comparative (plus ou moins grand que...).

Nous explicitons une méthodologie de l'examen du nombre et du calcul chez l'enfant, qui a conduit à la construction de "numerical", un instrument pour l'évaluation de l'apprentissage et pour la caractérisation de ses troubles (annexe). Inspiré de l'aphasiologie, cette batterie de 27 épreuves est sensible à la représentation orale du nombre, toutefois sans négliger l'importance des représentations matérielle et analogique. Cette triple représentation précède de plusieurs années l'acquisition de la représentation écrite des nombres en écriture arabe et l'apprentissage formel du calcul écrit.

La dysphasie est un trouble du langage oral qui se révèle avant que l'enfant soit confronté à l'écrit. L'analyse des résultats de 10 enfants dysphasiques, obtenus à l'aide de "numerical", nous permet, d'une part, de mettre en évidence les acquisitions conjointes et entrelacées du langage et du nombre, et, d'autre part, de montrer l'interdépendance des apprentissages instrumentaux dans le développement de l'enfant.

Les enfants dysphasiques que nous avons examinés présentent une variété de troubles dans l'apprentissage du nombre et du calcul. Aucun des enfants n'est totalement exempt de difficulté dans la représentation orale du nombre.

Sur le mode oral, les dysphasiques montrent un renversement dans le développement des compétences simples et complexes par rapport aux sujets contrôles, échouant parfois à la répétition des nombres ou à l'évocation des faits arithmétiques, par exemple. Cependant, l'enfant dysphasique peut réussir de petits calculs. Il peut, en effet, compenser ses difficultés de la représentation orale du nombre par les autres modalités de représentation. C'est particulièrement le cas pour le calcul oral simple, lorsque l'enfant parvient à une représentation analogique des nombres. Sur le mode écrit, la compensation des troubles verbaux par l'entraînement des procédures écrites se rencontre également. Les enfants dysphasiques ne présentent donc pas systématiquement une dyscalculie. Ou alors, convenons que le terme "dyscalculie" devient générique et peut recouvrir, dans ce cas, non pas des troubles du calcul, mais des troubles lexicaux et des difficultés concernant le code digital.

Par ailleurs, la représentation analogique des nombres semble différencier les dysphasiques purs des enfants présentant des troubles associés de la sphère gnoso-praxique (co-morbidité). Ainsi, certaines pathologies du développement du langage se trouvent-elles associées, chez certains dysphasiques, à des troubles somatognosiques. En termes neuropsychologiques, le déficit semble indiquer, dans ces derniers cas, un trouble diffus du développement fonctionnel de l'hémisphère langagier, dans la mesure où ces enfants sont cérébralement latéralisés. Par exemple, deux des dix enfants dysphasiques ont révélé, à l'examen neuropsychologique, un syndrome développemental de **Gerstmann**

(association de troubles du calcul et de l'écriture avec des perturbations du schéma corporel).

La présente étude illustre l'interdépendance des spécialisations fonctionnelles cérébrales dans le développement. Un trouble développemental affectant l'apprentissage du langage et en même temps celui du calcul peut s'expliquer par la nature identique de la tâche concernant le langage et le nombre, comme dans l'apprentissage des codes écrits, par exemple. Mais il peut s'expliquer aussi par les répercussions qu'un dysfonctionnement cérébral circonscrit peut avoir sur les apprentissages reposant sur l'activité normale des régions cérébrales fonctionnelles.

Nos résultats suggèrent qu'une souffrance cérébrale, même circonscrite, peut augmenter l'interdépendance des spécialisations fonctionnelles cérébrales dans le développement. C'est-à-dire que le défaut de spécialisation d'un système fonctionnel précis ne resterait pas sans répercussions sur la spécialisation fonctionnelle des autres systèmes.

Le cas d'un jeune homme dyslexique et dyscalculique a été illustré par l'imagerie cérébrale fonctionnelle. L'interprétation des difficultés du patient suggère une prise en charge cumulée des apprentissages du langage écrit et du calcul par l'hémisphère gauche, à la suite d'une large porencéphalie pariétale droite, d'origine congénitale (Levin et al.,1996). La notion de compétition fonctionnelle et la notion de surcharge des régions eutrophiques du cerveau peuvent être évoquées ici.

Les résultats de notre étude sont en accord avec ceux de la publication neuroradiologiquement documentée de ce cas unique, et fournissent des raisons neuropsychologiques et développementales pour expliquer que la co-morbidité est fréquente dans les troubles instrumentaux de l'enfant, les raisons structurales étant à considérer séparément (étendue et diffusion de la souffrance cérébrale).

Bien que non verbaux à leur origine, le nombre et le calcul passent par la verbalisation, et, qui plus est, par la codification écrite. Nous parvenons à la conclusion que l'intrication du génie non verbal et du génie verbal assure

la longue suite des apprentissages qui conduit à la maîtrise du nombre et du calcul. Nous n'avons examiné que l'amorce de ce développement chez certains élèves de l'école primaire qui apprennent surtout des techniques numériques et arithmétiques. Nous n'avons pas abordé les conséquences à long terme des troubles du langage sur le développement de la pensée mathématique, tant il est vrai que les techniques apprises à l'école servent un raisonnement appliqué sur une sémantique contextualisée. Or, la verbalisation est certainement d'importance dans le raisonnement mathématique et surtout dans la manière dont sont présentés les problèmes mathématiques. C'est donc un examen partiel des relations entre calcul et langage que nous avons mené. Compte tenu des répercussions que peuvent avoir les troubles spécifiques des apprentissages sur la carrière scolaire et professionnelle des jeunes, l'étude des comorbidités et des compensations entre troubles du langage et troubles du calcul doit être poursuivie.

Références

Antell, S. E., & Keating, D. P. (1983). Perception of numerical invariance in neonates. Child Development, 54, 3, 695-701.

Biro, D., & Matsuzawa, T. (1999). Numerical ordering in a chimpanzee (Pan troglodytes): Planning, executing and monitoring. Journal of Comparative Psychology, 113, 2, 178-185.

Chagas, V. (1978). Educação Brasileira: O Ensino de 1 e 2 Graus: Antes, Agora e Depois ? São Paulo: Editora Saraiva.

Deloche, G., & Seron, X. (1982). From three to 3 : A differential analysis of skills in transcoding quantities between patients with Broca's and Wernicke's aphasia. Brain, 105, 719-733.

Deloche, G., Seron, X., Baeta, E., Basso, A., Claros Salinas, D., Gaillard, F., Goldenberg, G., Stachowiak, F., Temple, C., Tzavaras, A. & Vendrell, J. (1993). Calculation and Number Processing: The EC301 Assessment Battery for Brain-Damaged Adults. In F.J. Stachowiak, R. De Blesser, G. Deloche, R. Kaschel, H. Kremin, P. North, L. Pizzamiglio, I.

Robertson, & B. Wilson (Eds.), Developments in the Assessment and Rehabilitation of Brain-Damaged Patients. (pp. 401-406). Tübingen: Gunter Narr Verlag.

Fuson, K. C., & Kwon, Y. (1992). Korean children's understanding of multidigit addition and subtraction. Child Development, 63, 2, 491-506.

Gaillard, F. (2000). Numerical. Test neurocognitif pour l'apprentissage du nombre et du calcul. Actualités Psychologiques (Université de Lausanne), édition spéciale, 236 p.

Geary, D. C. (1994). Children's mathematical development: Research and practical applications. Washington, DC: American Psychological Association.

Gelman, R., & Gallistel, C. R. (1978). The child's understanding of number. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Gelman, R., & Meck, E. (1983). Preschooler's counting: Principles before skill. Cognition, 13, 3, 343-359.

Gérard, C L (1993). L'enfant dysphasique. Bruxelles: De Boeck.

Ginsburg, H. P., Choi, Y. E., Lopez, L. S., Netley, R., & Chao-Yuan, C. (1997). Happy birthday to you: Early mathematical thinking of Asian, South American and US children. In T. Nuñez, P. Bryant, et al. (Eds): Learning and Teaching mathematics: An international perspective. (pp. 163-207). Hove, East Sussex, UK: Psychology Press.

Ginsburg, H.P., Klein, A. & Starkey, P. (1998). The Development of Children's Mathematical Thinking: Connecting Research with Practice. In Damon W., Siegel I., Renninger K. (eds), Handbook of Child Psychology, fifth edition, vol. 4 (pp. 401-476). New-York, N.-Y.: Wiley & Sons Inc.

Jordan, N. C., Huttenlocher, J., & Levine, S. C. (1994). Assessing early arithmetic abilities: Effects of verbal and nonverbal response types on the

calculation performance of middle- and low-income children. Learning and Individual Differences, 6, 4, 413-432.

Klein, A., & Starkey, P. (1988). Universals in the development of early arithmetic cognition. New Directions for Child Development, 41, 5-26.

Levin, H., Scheler, M., & Rickard, T., et al. (1996). Dyscalculia and dyslexia after right hemisphere injury in infancy. Archives of Neurology, 53, 88-96.

Miura, I. T., Okamoto, Y., Kim, C., Steere, M., & Fayol, M. (1993). First grader's cognitive representation of number and understanding of place value: Cross-national comparisons: France, Japan, Korea, Sweden, and the United States. Journal of Educational Psychology, 85, 1, 24-30.

Saxe, G. B., & Posner, J. (1983). The development of numerical cognition: Cross cultural perspectives. In H.P.Ginsburg, Development of mathematical thinking. New-York, N.-Y.: Academic Press.

Saxe, G. B. (1991). Culture and cognitive development: Studies in mathematical understanding. Hillsdale, N.-J.: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Seron, X., & Deloche, G. (1994). Les troubles du calcul et du traitement des nombres. In X. Seron & M. Jeannerod, Neuropsychologie humaine. Liège: P. Mardaga.

Siegler, R. S., & Robinson, M. (1982). The development of numerical understanding. Advance in Child Development and Behavior, 16, 241-312.

Starkey, P. (1992). The early development of numerical reasoning. Cognition, 43, 2, 93-126.

Starkey, P. & Klein, A. (1992). Economic and cultural influences on early mathematical development. in Parker F., Robinson R., Sombrano S.

et al. (eds). New directions in child and family research: Shaping Head Start in the 90s. New-York, N.-Y.: National Council of Jewish Women.

Starkey, P., & Cooper, R. G. (1995). The development of subitizing in young children. British Journal of Developmental Psychology, 13, 4, 399-420.

Stevenson, H. W., Lee, S. Y., Chen, C., & Stigler, J. W. (1992). Contexts of achievement: A study of American, Chinese, and Japanese children. Monographs of the Society for Research in Child Development, 55, 1-2 [221], 123.

Temple, C. (1997). Developmental Cognitive Neuropsychology. Hove, East Sussex, UK: Psychology Press.

Tièche Christinat, C., Conne, F., & Gaillard, F. (1995). Number processing in language-impaired schoolchildren. Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant, hors série, 52-57.

Von Aster, M. (1994). Development of Dyscalculia in Children. Review of the Literature and Clinical Validation. Acta Paedopsychiatrica, 56, 169-178.

Wynn, K. (1992). Addition and subtraction by human infants. Nature, 358, 749-750.

Résumé

Nous examinons les relations entre le développement de la notion de nombre et le développement du langage, à la fois chez l'enfant normal et chez l'enfant dysphasique. Une certaine représentation numérique précède l'apparition du langage chez l'enfant et s'élabore à partir de la perception naturelle du monde physique, où les personnes, les objets et les parties du corps se présentent isolément ou dans une certaine pluralité. Le développement du langage ajoute la représentation orale du nombre à ces

connaissances proto-numériques. Les dix enfants dysphasiques que nous avons observés présentent un langage oral perturbé et nous apprennent que le traitement oral du nombre peut montrer un renversement entre le simple et le complexe, par exemple en limitant le développement du lexique numérique ou en handicapant la répétition. Cependant, on ne peut pas dire que les dysphasiques deviennent dyscalculiques, puisque certains d'entre eux réussissent mieux les calculs mentaux que la production orale de nombres. Par contre, sur le mode écrit, les troubles numériques et arithmétiques des enfants dysphasiques sont plus généralisés. Ils dépendent des handicaps associés de la sphère gnoso-praxique et des limites caractéristiques des différentes mémoires verbales, la mémoire de travail et la mémoire des faits arithmétiques. Le présent travail suggère une étroite interdépendance entre les fonctions instrumentales dans le développement ontogénétique.

Adresse des auteurs

François Gaillard, Institut de psychologie, CH-1015 Université de Lausanne, Suisse.

Lucia Willadino Braga, Associação das Pioneiras Sociais, SMHS Quadra 501 Conj "A", 70.330-150 Brasilia DF, Brésil.