

ANNE VAN HOUT
CLAIRE MELJAC

*Troubles du calcul et
dyscalculies chez l'enfant*



 MASSON

néanmoins des résultats précieux et une piste particulièrement intéressante pour l'avenir.

Enfin, au plan développement, la primauté chronologique de l'une ou de l'autre de ces deux procédures n'est, elle non plus, pas aisée à déterminer. Les travaux les plus récents semblent démontrer l'existence très précoce du subitizing en l'absence de capacités manifestes de comptage (Starkey et Cooper, 1995) mais il n'est pas sûr que l'hypothèse de procédures de comptage et de dénombrement préverbaux ne pourrait pas aussi rendre compte de ces observations (Gallistel et Gelman, 1992; Xu et Spelke, 2000).

Les procédures de quantification sont-elles (réellement) numériques?

Enfin, on peut aussi poser la question de la nature même des procédures de quantification. Il est assez remarquable, en effet, de constater que la plupart des modèles présentés dans ce chapitre ne reposent pas sur des bases numériques et ne présupposent même, pour certains d'entre eux, aucune connaissance numérique. Bien plus, il apparaît clairement que les aspects perceptifs, visuels et/ou spatiaux des collections à quantifier jouent un rôle primordial pour chacune des procédures. Cela signifie-t-il que la base même de ces procédures de quantification, qui se trouvent être sinon les fondements, du moins les manifestations les plus précoces de nos compétences numériques, serait, elle, de nature non numérique? C'est en tout cas ce que suggère un modèle récemment proposé pour rendre compte des compétences numériques précoces dans les tâches de comparaison de petites quantités. En lieu et place d'un système destiné à traiter la numérosité de manière innée, les compétences «numériques» précoces pourraient ne requérir rien d'autre, pour être interprétées, que des traitements perceptifs de base non spécifiques à la numérosité. En effet, un système capable d'individualiser perceptivement des éléments et d'en garder une trace temporaire en mémoire est parfaitement capable de comparer des petites collections d'éléments par l'application d'une simple correspondance terme à terme entre les éléments individuels de la collection présente perceptivement et les traces en mémoire des éléments de la collection de référence (Simon, 1997, 1999). Ce processus d'individuation peut se réaliser sur l'identité des éléments ou sur leur localisation dans l'espace, comme proposé dans le modèle préattentionnel du subitizing. Si elle présente l'avantage de concilier à la fois les observations sur le subitizing chez l'adulte, sur les compétences numériques précoces et sur les activations cérébrales, cette hypothèse particulièrement séduisante peut toutefois difficilement rendre compte de la possibilité de discrimination de collections de 8 et 16 points par des enfants âgés de 6 mois (Xu et Spelke, 2000). Une telle capacité se situe en effet bien au-delà des possibilités d'un système strictement perceptivo-attentionnel et, sous réserve que ces résultats soient confirmés, soutient à nouveau l'existence d'un système de traitement spécifiquement numérique de nature non verbale. Enfin, la majeure partie des études réalisées à ce jour a porté sur la quantification d'éléments présentés visuellement et il reste à voir si des performances similaires seraient observées dans d'autres modalités sensorielles avant de pouvoir définitivement conclure^{6, 7}.

6. Voir à ce propos les récents travaux de Mix et ses collaborateurs (Mix, 1999a, 1999b; Mix, Huttenlocher et Cohen Levine, 1996) et ceux plus anciens de Starkey, Spelke et Gelman (1983, 1990).

7. Remerciements. Ce chapitre a été écrit grâce au soutien financier du Programme PAFIUP du gouvernement belge.

6. Le transcodage chez l'enfant

M.-P. NOËL

Cet article décrit brièvement le développement des capacités de transcodage numérique chez l'enfant, en particulier, la lecture en langue naturelle, à voix haute, de nombres écrits en chiffres arabes et leur écriture sous dictée en langue naturelle. Cet apprentissage s'étale *grosso modo* entre 5 et 9 ans. Dans un premier temps, nous présentons des données relatives aux performances d'enfants tout-venant dans ces deux tâches; ensuite, nous tenterons de comprendre les mécanismes qui, chez l'enfant, sous-tendent le développement du transcodage.

Toutes les classifications (ou presque), proposées pour rendre compte des différents types de dyscalculies (Kosc, 1974; Badian, 1983; Temple, 1992, en particulier), distinguent les difficultés concernant la réalisation des opérations arithmétiques et celles relatives à la maîtrise des systèmes numériques. Ainsi, chez Badian (1983), l'anarithmie se réfère au premier type et est opposée à l'alexie ou l'agraphie des nombres (soit, une difficulté pour lire — *versus écrire* les nombres). De la même manière, chez Temple (1992), la dyscalculie dans les opérations arithmétiques est opposée à la dyscalculie du traitement numérique.

C'est à ce second type de trouble que notre article s'intéresse. Outre la maîtrise des opérations arithmétiques élémentaires, l'enfant doit, en effet, s'approprier les codes numériques. Le premier code avec lequel il se familiarise est le code verbal oral, présent dans la langue naturelle; c'est, entre autres, le problème de l'acquisition de la chaîne numérale verbale. Plus tard, l'enfant devra aussi s'initier aux représentations numériques écrites: les nombres écrits en langue naturelle («vingt-cinq») et les nombres écrits en chiffres arabes («25»). D'autres codes numériques, plus rarement utilisés, comme le code numérique romain («XXV»), devront également être maîtrisés. Bien évidemment, ces savoirs ne peuvent rester cloisonnés. L'enfant devra donc être capable de passer d'un système à un autre: lire à voix haute des nombres écrits en chiffres arabes, écrire, non seulement en lettres mais également en chiffres, des nombres dictés en langue naturelle... Ces processus de traduction d'un nombre présenté dans un code «source» à un code «de sortie» font référence aux mécanismes de «transcodage numérique».

DÉVELOPPEMENT DU TRANSCODAGE

Quelques chiffres

Tout transcodage suppose la maîtrise du code source et du code de sortie. Chez l'enfant, les premiers transcodages visent le passage du code arabe au code verbal oral et *vice versa*.

Le système de numération arabe se compose de 10 chiffres (de 0 à 9, soit les primitives lexicales) qui peuvent se combiner les uns avec les autres pour former la multitude des nombres. La quantité représentée par un chiffre varie selon sa position dans le nombre. Ainsi, « 2 » peut faire référence à « deux » (dans 42), à « vingt » (dans 25), à « deux cents » (dans 245), etc. Il s'agit en fait d'un système de numération positionnelle en base 10 : la valeur associée à un chiffre est déterminée par sa position (calculée à partir de la droite) dans la séquence. À chaque position en se décalant vers la gauche, le chiffre augmente sa valeur d'une puissance de 10.

Le système verbal (écrit ou oral) se compose, lui aussi, d'une série de primitives lexicales. Ce sont les mots qui, isolément, font référence à une quantité. Il s'agit plus précisément des unités (de « un » à « neuf »), des *particuliers* (de « onze » à « seize »), des dizaines (de « dix » à « nonante »), des multiplicateurs (« cent », « mille », etc.) et enfin « zéro ». Pour représenter l'infinité des nombres, ces primitives se combinent en structures complexes. Contrairement au code arabe, le code verbal n'autorise pas toutes les associations (par exemple, « dix-huit » est correct mais « dix-deux » ne l'est pas). Des règles décrivent la syntaxe du système : il s'agit de combinaisons qui mettent les primitives dans des rapports additifs (exemple : « cent deux » = « cent » + « deux ») ou multiplicatifs (exemple : « deux cents » = « deux » × « cent ») (cf. Power et Longuet-Higgins, 1978 ; ou Hurford, 1987 pour une description détaillée de ces règles syntaxiques).

Chez l'enfant, le code verbal oral fait ses premières apparitions de manière très précoce. En effet, selon Gelman et Gallistel (1978), les petits enfants de 2 ans et demi sauraient déjà que les noms de nombres constituent une catégorie particulière de mots qui peut être utilisée de manière spécifique lorsqu'on leur demande de compter une collection d'objets. Cependant, il faudra attendre plusieurs années avant que ce code ne soit entièrement maîtrisé par l'enfant. Ainsi, ce n'est que vers 6 ans que les enfants acquièrent la suite des nombres de 1 à 20 (Fuson, Richards et Briars, 1982). Ils doivent ensuite apprendre les règles qui permettent de constituer les nombres suivants.

Dans une étude récente, nous avons demandé à des enfants normaux, issus d'un échantillon représentatif (269 enfants belges francophones âgés de 3 à 5 ans et demi, pour moitié des garçons), de juger si des mots, présentés oralement, étaient ou non des nombres. Quatorze nombres étaient présentés (4 noms d'unité, 4 noms de dizaine, 4 noms de particuliers, « cent » et « mille ») et 16 non-nombres (par exemple, dimanche, trapèze ou deuzante). À 3 ans et 3 ans et demi, les enfants ne dépassent pas le niveau du hasard. À 4 ans et demi, les enfants jugent correctement 70 % des items et acceptent correctement 89 % des noms d'unité. À 5 ans, la moyenne de réussite dépasse les 80 %. Toutefois, un score plafond n'est pas encore atteint à 5 ans et demi. Nos résultats (tableau 6-I) seraient donc un peu moins optimistes que ceux rapportés par Gelman et Gallistel (1978).

La numération écrite n'entre dans l'univers de l'enfant que bien après les premiers mots-nombres. À l'inverse du code numéral, le code chiffré exigera un apprentissage

Tableau 6-I. — *Décision orale*

Âge	3 ans	3,5 ans	4 ans	4,5 ans	5 ans	5,5 ans
Nombre d'enfants	43	45	43	47	45	46
Unités (4)	74	66	90	89	98	99
Dizaines (4)	64	58	66	65	66	82
Particuliers (4)	66	60	80	78	87	90
Cent	70	53	67	72	66	78
Mille	58	51	58	64	73	78
Total nombres	67	60	76	76	82	89
Total non-nombres	35	47	52	64	85	85
% réussite	50	53	63	70	83	87

explicite. Sinclair, Mello et Siegrist (1988) et Hughes (1986) se sont toutefois intéressés aux productions écrites spontanées de l'enfant avant tout apprentissage des notations numériques. Ils ont montré que l'enfant développe une progression dans la symbolisation de ses notations et qu'il passe de représentations idiosyncrasiques et pictographiques à des productions symboliques capturant progressivement la correspondance terme à terme pour aboutir, enfin, à la production de chiffres.

Chez des enfants de 3 à 5 ans (l'échantillon d'enfants belges francophones cité ci-dessus), nous avons présenté une tâche dans laquelle des signes écrits devaient être jugés comme appartenant ou non à la catégorie des chiffres. Les items étaient constitués de 9 chiffres (de 1 à 9), 5 lettres et 5 symboles (par exemple, \$). Les résultats obtenus indiquent qu'à 3 ans, l'enfant répond au hasard. À 4 ans et demi, ses performances sont proches des 70 % : en effet, 89 % des chiffres sont correctement reconnus mais ils jugent toujours au hasard les lettres et les symboles. À 5 ans enfin, les chiffres sont pratiquement tous reconnus correctement (95 %) et les autres symboles sont, pour la plupart (74 %), rejetés. Si on analyse la capacité de l'enfant à identifier les chiffres, les performances sont plus basses. En effet, à 5 ans, par exemple, l'enfant reconnaît dans 95 % des cas que le signe écrit est un chiffre mais il n'identifie que 69 % d'entre eux.

Ces données indiquent à quel moment les enfants sont capables de détecter dans l'ensemble des mots présentés oralement ou des symboles écrits, ceux qui représentent des nombres (tableau 6-II).

Tableau 6-II. — *Décision écrite*

Âge	3 ans	3,5 ans	4 ans	4,5 ans	5 ans	5,5 ans
Nombre d'enfants	40	44	43	48	46	46
% de chiffres acceptés	80	76	86	89	95	97
% de chiffres identifiés	13	14	27	36	69	67
% de non-chiffres rejetés	36	44	43	50	73	73
% de réussite globale	57	59	63	69	84	85

Nous avons ensuite examiné si les enfants pouvaient transformer un nombre présenté dans un code source en un nombre représentant la même quantité mais

exprimé dans un autre code, soit les capacités de transcodage de l'enfant. En particulier, nous nous sommes intéressés à la lecture à voix haute, en langue naturelle, de nombres écrits en chiffres arabes et à l'écriture en chiffres arabes de nombres dictés en langue naturelle; nous ne nous sommes pas limités aux primitives lexicales de chaque code mais avons également introduit des structures plus complexes.

Les tâches de lecture et d'écriture des nombres arabes ont été présentées à des enfants de 6 à 8 ans (sans difficultés d'apprentissage, échantillon représentatif des petits belges francophones, testés en février). Le tableau 6-III donne les pourcentages moyens de réussite dans ces deux tâches selon la structure des stimuli utilisés :

- à 6 ans (soit chez des enfants de première primaire), les unités simples sont maîtrisées par la quasi-totalité des enfants et ce, aussi bien en lecture qu'en écriture sous dictée;
- à 7 ans, ce sont les structures à deux chiffres (particulier, dizaine, dizaine-unité) qui peuvent être lues ou écrites par presque tous les enfants;
- les structures à trois chiffres sont également en voie d'acquisition (77 % de transcodages corrects);
- à 8 ans enfin, les écoliers peuvent lire et écrire pratiquement tous les nombres de un à quatre chiffres; quelques erreurs apparaissent encore sur les nombres plus grands, mais on peut dire que les processus de transcodage sont quasi en place à cet âge.

La question se pose alors de savoir comment, entre 5 et 9 ans, se met en place progressivement cette capacité de transcodage.

Tableau 6-III. — Pourcentage de réussite dans les tâches de lecture à voix haute de nombres écrits en chiffres arabes, écriture en chiffres arabes de nombres dictés en langue naturelle

Structure des items	6 ans n = 50, 28 filles	7 ans n = 51, 28 filles	8 ans n = 50, 29 filles	Structure des items	6 ans n = 50, 28 filles	7 ans n = 51, 28 filles
Tâche	6 lecture	6 écriture	7 lecture	7 écriture	8 lecture	8 écriture
U 1 chiffre	99 (3) 99	96 (3) 96	100 (1) 100	100 (1) 100		
P D DU 2 chiffres	61 (3) 49 (3) 47 (3) 52	62 (3) 41 (3) 50 (3) 51	100 (1) 96 (1) 95 (3) 96	96 (1) 96 (1) 95 (3) 96		
CU CP CD UC UCDU 3 chiffres			83 (3) 80 (3) 80 (3) 73 (3) 69 (3) 77	86 (3) 76 (3) 78 (3) 84 (3) 67 (3) 78	100 (1) 96 (1) 96 (1) 100 (1) 96 (3) 98	94 (1) 88 (1) 98 (1) 98 (1) 93 (3) 94
MU MP MD MUC UM UMUCDU 4 chiffres					91 (3) 95 (3) 92 (3) 97 (3) 98 (3) 94 (3) 95	92 (3) 89 (3) 89 (3) 94 (3) 99 (3) 89 (3) 92
DM PM DUMUCDU 5 chiffres					85 (3) 91 (3) 73 (3) 86	86 (3) 83 (3) 81 (3) 83

Avec U = Unités, P = Particulier, D = Dizaine, C = Cent et M = Mille.
Exemple : DUMUCDU = vingt-huit mille cinq cent trente-deux.

Spécificité des processus de transcodage

Avant toute chose, la question de la spécificité de ces mécanismes doit être abordée. En effet, si lire ou écrire en langue naturelle des nombres écrits en chiffres n'est qu'un simple cas particulier des processus généraux de lecture et d'écriture, il suffit de se référer à l'évolution de ces mécanismes plus globaux pour comprendre la mise en place du transcodage. Cette question paraît d'autant plus pertinente que les apprentissages de lecture et d'écriture des nombres et des mots, ont lieu quasi en même temps et que l'on observe une association fréquente entre la dyslexie et la dyscalculie. Pourtant, une recherche de Seron, Noël et Van der Elst (1997) a mesuré une corrélation non significative entre la capacité, chez des enfants de 6 ans 4 mois, de lire des nombres écrits en chiffres arabes ainsi qu'en mots.

Des résultats similaires avaient été obtenus par Seron, Van Lil et Noël (1995) : ceux-ci avaient suivi un groupe d'écoliers de 7 ans pendant une période d'un an (trois moments de testing) et montraient que les deux activités de lecture (nombres écrits en chiffres et en mots) progressaient au cours du temps mais qu'elles obéissaient à des rythmes d'évolution différents. Ces deux résultats suggèrent donc l'existence de mécanismes spécifiques pour la lecture des nombres écrits en chiffres.

Peu de travaux ont tenté de décrire la manière dont le transcodage des nombres se met en place chez les enfants. Dans notre exposé, nous parlerons d'abord des études relatives à l'écriture en chiffres arabes de nombres dictés en langue naturelle, puis nous passerons au transcodage inverse, soit, la lecture en langue naturelle de nombres écrits en chiffres arabes.

Dictée en langue naturelle — écriture en chiffres

Une des premières études consacrée à l'écriture en chiffres arabes chez les enfants a été menée par Power et Dal Martello (1990). Ces auteurs ont testé des enfants italiens de 7 ans et montrent que les erreurs apparaissent surtout sur les nombres à trois et quatre chiffres, les nombres plus petits étant correctement écrits. Dans les erreurs de transcodage, on distingue généralement :

- les erreurs lexicales, qui touchent une primitive lexicale du nombre (un chiffre ou un mot), sans modifier de manière radicale la grandeur du nombre (par exemple : /vingt-huit/écrit 27, /cent quarante/écrit 104, /trois cent neuf/écrit 609);
- les erreurs syntaxiques, qui touchent les relations entre les primitives lexicales et entraînent une modification du gabarit du nombre (par exemple : /vingt-sept/écrit 207, /trois cents/écrit 3100...).

Si on analyse les erreurs produites par ces enfants de 7 ans sur les nombres de trois ou quatre chiffres, on constate qu'elles sont majoritairement (87 %) de nature syntaxique et qu'elles correspondent, le plus souvent, à l'insertion de zéros supplémentaires entre les chiffres arabes (par exemple : /trois cent soixante-cinq/ est écrit 30065 ou 3065). Pour rendre compte de ces erreurs, Power et Dal Martello proposent un modèle de transcodage qui fait appel à deux opérateurs selon le type de relation syntaxique existant entre les primitives lexicales du nombre oral présenté en entrée. Si la relation est de type additive (par exemple : «cent six» = «cent» + «six»), un opérateur de surécriture (#) doit être utilisé : ainsi, les sommes ajoutées (ici «6») sont écrites par-dessus les chiffres du premier nombre (ici «100») en commençant par la

droite (« 100 » # « 6 » donne 106). À l'inverse, lorsqu'on a affaire à une relation de type produit (par exemple : « six cents » = « six » $\times$ « cent »), un opérateur de concaténation (&) est utilisé (« 6 » & « 100 » donne « 600 »). Pour Power et Dal Martello, les erreurs commises par les enfants de 7 ans et consistant à écrire des zéros surnuméraires proviendraient d'une confusion entre l'opération de surécriture (non maîtrisée) et l'opération de concaténation. Par exemple : /cent six/ qui est égal à « 100 » + « 6 » ferait erronément appel à l'opérateur de concaténation, ce qui donnerait « 100 » & « 6 », et donc 1006.

D'autres stratégies pourraient aussi conduire à l'apparition d'erreurs. En particulier, l'invention par l'enfant de nouvelles règles de surécriture, telles que, par exemple, « surécrire uniquement sur le zéro final »; de cette manière, « mille deux » correspondant à 1 000 # 2 donnerait 1002, ce qui est correct, mais « mille vingt-trois » correspondant à 1000 # 23 donnerait 10023, ce qui est faux. Néanmoins, ces explications identifient la cause des difficultés au niveau de la maîtrise de l'opérateur de surécriture correspondant aux relations additives. Or, cette explication ne peut rendre compte des erreurs commises sur les relations produites (par exemple, « trois cents » écrit 3 100). Ce type d'erreurs nécessite l'hypothèse d'un défaut dans la maîtrise de l'opérateur propre aux relations produites, à savoir, l'opérateur de concaténation.

Dans les travaux de Seron, Deloche et Noël (1991) et Seron et Fayol (1994), l'observation d'erreurs essentiellement syntaxiques est répliquée : les enfants sont testés à plusieurs reprises, ce qui permet de mettre en évidence un pattern d'évolution dans les types d'erreurs commises. Ainsi, les auteurs rapportent qu'au début de l'observation, certains enfants ne maîtrisent aucune règle de combinaison et transcendent chaque mot par la séquence en chiffres arabes correspondante : par exemple, /mille nonante/ est écrit 1000 90. Les premières relations maîtrisées sont les relations produites entre une unité et un multiplicateur « cent » ou « mille » (unité-cent, UC : trois cents et unité-mille, UM : trois mille). Ensuite, les relations additives entre « cent » ou « mille » et une unité peuvent être transcodées (cent-unité, CU : cent trois, et mille-unité, MU : mille trois). Certaines erreurs particulières peuvent alors apparaître qui, selon les auteurs, proviendraient d'une application abusive à d'autres structures des règles apprises sur certaines formes : les mots « cent » ou « mille » sont en relation additive ou multiplicative avec des particuliers ou des dizaines. Dans les cas de relations additives, les erreurs typiques sont baptisées erreurs « 10 $\times$ » pour les nombres avec « cent » (par exemple : /cent quinze/ est transcodé 1015, /cent quarante/ est transcodé 1040) et erreurs « 100 $\times$ » pour les nombres avec « mille » (par exemple, /mille treize/ est transcodé 10013, /mille soixante/ est transcodé 10060). Dans le cas des relations produit avec cent et mille, les erreurs sont de type « $\times$ 10 » et « $\times$ 100 » (par exemple : /trois cents/ donne 310; /neuf mille/ donne 9100).

Pour Seron *et al.*, les erreurs observées dans les tâches de transcodage résulteraient donc essentiellement d'une généralisation abusive de règles correctement construites mais appliquées à des structures pour lesquelles elles ne sont pas adéquates.

Lecture de nombres écrits en chiffres

En ce qui concerne le transcodage inverse, soit la lecture (en langue naturelle) à voix haute de nombres écrits en numération arabe, on note à nouveau une prépondérance des erreurs syntaxiques pour les nombres composés d'au moins trois chiffres

(Seron, Van Lil et Noël, 1995; Seron, Noël et Van der Elst, 1997; Power et Dal Martello, 1997). Il peut s'agir :

- d'une fragmentation du nombre à lire (par exemple : 834 est lu /quatre-vingts, trente-quatre/);
- de l'omission de certaines parties du nombre à lire (par exemple : 727 lu /septante-sept/);
- de l'utilisation d'un mauvais multiplicateur (par exemple : 404 lu /quatre mille quatre/)...

Le facteur principal rendant compte des erreurs de lecture est la longueur du nombre, alors que la présence de zéros intercalaires (comme dans 309) ne constitue pas une source importante de difficultés. Enfin, on observe aussi une assez grande variabilité interindividuelle des performances en lecture. À nouveau, ces erreurs sont interprétées par Seron *et al.* comme résultant de stratégies développées par les enfants à partir des connaissances qu'ils ont acquises à la lecture de nombres plus simples et qu'ils appliquent, de manière inadéquate, aux formes nouvelles.

Localisation des difficultés dans les modèles de traitement du nombre

Outre cette description des erreurs, Seron *et al.* ont tenté de localiser, à l'intérieur d'une architecture cognitive, le lieu de difficulté des enfants, lors du transcodage. En effet, grossièrement parlant, le transcodage implique au moins deux étapes de traitement :

- comprendre la quantité exprimée par le nombre présenté en entrée;
- traduire cette quantité dans le code de sortie approprié.

Ainsi, écrire, sous dictée, un nombre dans le système arabe implique la compréhension du nombre verbal donné en entrée et la production du nombre correspondant dans le code arabe. Dans leur étude sur la dictée en nombres écrits dans le système arabe chez des enfants de 7 ans, Seron et Fayol (1994) ont également utilisé une série de tâches testant la capacité des écoliers à comprendre les nombres présentés oralement (par exemple : comparer la grandeur de deux nombres, représenter par une série de jetons la valeur d'un nombre oral) et d'autres épreuves visant la capacité à produire des nombres dans le code arabe (par exemple : écrire en chiffres la quantité exprimée par une série de jetons de différentes valeurs). Les résultats obtenus à ces deux types de tâches montrent une nette supériorité pour les premières. Les difficultés d'écriture sous dictée des nombres écrits en chiffres proviendraient donc d'un déficit au niveau du système de production dans le code arabe plutôt que d'une incompréhension des nombres verbaux présentés oralement.

Une même démarche a été entreprise pour la lecture des nombres en numération arabe par Seron, Noël et Van der Elst (1997). Ces auteurs montrent l'existence de corrélations élevées entre la tâche de transcodage et la performance des enfants dans les tâches de compréhension des nombres écrits dans le système arabe et de production des nombres parlés en langue naturelle. Toutefois, la première est plus importante encore que la seconde.

En résumé, le transcodage exigerait la maîtrise des codes, à la source et à la sortie. Mais les difficultés de transcodage semblent davantage liées à la non-maîtrise du code chiffré (tant à la source qu'à la sortie) plutôt qu'à celle du code verbal oral, ce

qui n'est pas étonnant étant donné l'introduction plus précoce chez l'enfant du code numéral oral que du code arabe écrit.

Apparition tardive de la technique du transcodage

Certains enfants, cependant, ne parviennent pas à acquérir les habiletés de transcodage dans des délais normaux. Quelques études de cas uniques illustrent ces difficultés rencontrées chez de jeunes adolescents (par exemple : Paul, 11 ans, Temple, 1989) ou de jeunes adultes sans lésion cérébrale acquise (Robyn, 18 ans, Sokol, Maracuso et Gollan, 1994). Les erreurs produites peuvent être de nature lexicale (voir par exemple Paul, tableau 6-IV) mais sont le plus souvent de nature syntaxique (par exemple, CM, 13 ans, tableau 6-V). Tenir compte de cet apprentissage dans l'analyse des difficultés d'un enfant en échec dans le domaine du calcul est donc incontournable.

Tableau 6-IV. — Cas Paul

Écrire en chiffres arabes un nombre sous dictée en langue naturelle	<i>/deux/ écrit 3</i> <i>/neuf/ écrit 8</i> <i>/vingt-et-un/ écrit 28</i> <i>/nonante-neuf/ écrit 91</i> <i>/sept cent onze/ écrit 511</i> <i>/neuf cent vingt-et-un/ écrit 822</i>
Lire à voix haute des nombres écrits en chiffres arabes	<i>1 lu /neuf/</i> <i>85 lu /quatre-vingt-deux/</i> <i>711 lu /sept cent dix-huit/</i> <i>153 lu /cent vingt-trois/</i> <i>592 lu /deux cent nonante-deux/</i>

Tableau 6-V. — Cas CM

Écrire en chiffres arabes un nombre correspondant à un numéral écrit	<i>« trois mille cinq cent deux » écrit 3.0502</i> <i>« neuf cent deux mille septante » écrit 92.070</i> <i>« sept cent mille quatre-vingt-trois » écrit 7.0083</i>
Écrire en chiffres arabes un nombre sous dictée en langue naturelle	<i>/neuf mille neuf cent trente/ écrit 9.9030</i> <i>/cinquante mille nonante/ écrit 50.90</i> <i>/soixante-six mille cent cinq/ écrit 66.15</i> <i>/cinq cent mille un/ écrit 5.0061</i>

CONCLUSION

Le transcodage numérique est un processus qui requiert un apprentissage de plusieurs années. Généralement, celui-ci s'étale entre l'âge de 5 ans (environ) jusque vers 9 ans. La lecture et l'écriture des nombres en chiffres arabes ne sont pas de simples cas particuliers des processus plus généraux de l'écriture et de la lecture des mots. Ils mettent en jeu des processus spécifiques. Tout transcodage demande une maîtrise minimale des codes source et de sortie. Dans le développement normal, les enfants manipulent plus rapidement le code verbal oral que le code en chiffres arabes. Les erreurs apparaissent dans l'écriture et la lecture des nombres, et seront donc surtout imputables, respectivement, à des difficultés de production ou de compréhension du système de numération dit « arabe ».