

ANNE VAN HOUT
CLAIRE MELJAC

*Troubles du calcul et
dyscalculies chez l'enfant*



CONCLUSIONS

Que retenir de cet ensemble d'études?

La durée des troubles et la nature qualitative et quantitative des erreurs sont sans doute fondamentales dans la distinction entre les «retards simples en calcul» et les «dyscalculies vraies».

Le caractère isolé de la dyscalculie est cependant rare, même pour des cas qui, comme ceux décrits par Butterworth, paraissent porter sur les aspects véritablement innés du calcul comme la perception de la numérosité, et cela contrairement aux dyslexies, par exemple.

Sauf exception, elles sont rarement dépourvues de causes cognitives évidentes et rarement non insérables dans un tableau de troubles complexes, par exemple du langage ou des fonctions visuo-spatiales.

Quant aux enfants gravement altérés dans leurs capacités de calcul, dans le cadre de syndromes génétiques avec retard intellectuel, ils peuvent, au même titre que l'adulte cérébro-lésé, représenter des «modèles» de dyscalculies, bien qu'en dépit de leur retard même, leur trouble ne puisse, par définition, faire partie intégrante des dyscalculies proprement dites.

9. Rôle de la mémoire de travail dans l'apprentissage du calcul

M.-P. NOËL

Après une brève présentation du modèle de la mémoire de travail de Baddeley, nous tentons d'éclaircir le rôle de la mémoire à court terme dans les tâches de calcul mental et ce, tant chez le sujet adulte sain que chez l'enfant. Les résultats des études qui tentent de mettre en avant un lien entre troubles du calcul et pauvreté de la mémoire de travail sont rapportés. Nous montrons que les sujets en difficulté semblent, en particulier, présenter des déficits au niveau de deux composants de la mémoire à court terme : l'administrateur central et le registre visuo-spatial. En ce qui concerne la boucle phonologique, les résultats semblent moins nets. En effet, si on contrôle le niveau de compétence en lecture des sujets, il semble que la relation entre trouble du calcul et faiblesse de la boucle phonologique n'atteigne plus un degré de signification suffisant pour être retenue.

LA MÉMOIRE DE TRAVAIL

De plus en plus de recherches montrent que la mémoire à court terme joue un rôle essentiel dans les apprentissages chez l'enfant, qu'il s'agisse de l'acquisition de vocabulaire, de la lecture ou de la compréhension de texte. Parallèlement, des déficits de mémoire à court terme ont été observés dans les pathologies associées à ces apprentissages, soit les dysphasies et les dyslexies (cf. Gathercole et Baddeley, 1993 pour une revue de ces recherches). Ce chapitre est consacré au rôle de la mémoire à court terme dans les activités de calcul et pose la question d'un lien éventuel entre dyscalculie et compétences faibles de mémoire à court terme. Dans un premier temps, nous définirons le concept de mémoire de travail. Ensuite, nous tenterons de voir la mesure dans laquelle cette composante cognitive est impliquée dans la réalisation de calculs chez le sujet adulte sain et chez l'enfant. Enfin, nous présenterons les travaux où les

compétences de mémoire à court terme ont été évaluées chez des enfants avec d'importants échecs en calcul sans lésion cérébrale visible sous-jacente.

Qu'est-ce que la mémoire de travail?

La mémoire de travail est l'un des concepts porteurs à l'heure actuelle en psychologie cognitive. Différentes conceptions ont été proposées et les contraster sur base de leurs prédictions n'est pas toujours aisé (cf. Miyake et Shah, 1999). Dans ce texte, nous nous rapporterons au modèle proposé par Baddeley et Hitch (1974; Baddeley, 1992). Celui-ci a l'avantage d'être clair et d'introduire des distinctions intéressantes entre sous-composants, en particulier la boucle phonologique, le registre visuo-spatial et l'administrateur central. La boucle phonologique et le registre visuo-spatial sont des systèmes dits « esclaves », dont le rôle est de maintenir de manière temporaire, mais active, des informations de nature, respectivement, phonologique et visuo-spatiale (avec, dans ce dernier cas, la nécessité de distinguer probablement des systèmes permettant le maintien de l'information visuelle ou, au contraire, spatiale). Ainsi, retenir le numéro de téléphone qu'on vient de m'énoncer jusqu'à ce que je puisse le composer sur mon appareil téléphonique fait appel à la boucle phonologique, alors que recopier un dessin que j'ai sous les yeux met en jeu le registre visuo-spatial.

De très nombreuses études se sont penchées sur le fonctionnement de la boucle phonologique. Elles ont permis de distinguer deux composantes : le stock phonologique et la récapitulation articulatoire. La première est une composante passive : elle reçoit les informations verbales et présente une sensibilité à la proximité phonologique du matériel ; ainsi, retenir des mots phonologiquement proches (*roi, croix, pois, loi*) demande plus d'efforts que retenir des mots dissemblables (*ours, vin, bas, plis*). L'information qui arrive dans le stock phonologique subit une altération rapide. Pour pallier cette dégradation de la trace, une procédure de maintien actif de l'information existe : il s'agit de la récapitulation articulatoire (si l'on me donne un numéro de téléphone, je le répète mentalement jusqu'à ce que je puisse le composer). Cette récapitulation articulatoire donne lieu à un effet de longueur : le rappel immédiat est meilleur pour les mots courts que pour les mots longs (« loup, pain, toit » *versus* « autoroute, toboggan, archiduc »), tout simplement parce qu'en un temps donné, un plus grand nombre de mots courts que de mots longs peut être récapitulé et, par conséquent, leur trace rafraîchie dans le stock phonologique. D'autre part, si le sujet doit répéter une syllabe (telle que « ba ») en continu, tout en maintenant une information en mémoire, cet effet de longueur disparaît, signe que la récapitulation articulatoire a été empêchée.

Outre ces deux systèmes « esclaves », le modèle postule également l'existence d'une composante de gestion : l'administrateur central. Ses rôles sont multiples (cf. Baddeley, 1996) :

- coordonner différentes activités mentales ;
- régler le passage d'un type de traitement à un autre ;
- maintenir et manipuler des informations issues de la mémoire à long terme ;
- diriger l'attention vers certains types de stimuli plutôt que d'autres.

La diversité des fonctions qui sont attribuées à cet administrateur central en fait aussi sa faiblesse. D'aucuns prétendent qu'il s'agit d'un concept fourre-tout qui n'a plus guère de spécificité. Retenons ici seulement que l'administrateur central est mis

en action lorsqu'une tâche exige à la fois un maintien temporaire et un traitement d'informations. D'autre part, sa caractéristique essentielle est d'être de capacité limitée. Par conséquent, les différentes tâches mises en jeu (traitement, maintien d'information) vont entrer en compétition pour ce pool unique de ressources. Lorsque le niveau disponible de ressources sera dépassé, la performance du sujet dans la tâche se verra diminuée et des erreurs pourront apparaître.

Dans ce chapitre, nous ferons référence de manière spécifique à chacune des composantes en les appelant par leur nom, boucle phonologique, registre visuo-spatial ou administrateur central. Lorsque nous parlerons de l'ensemble ou d'un sous-ensemble de ces systèmes sans le spécifier, nous parlerons de mémoire à court terme.

Rôle de la mémoire à court terme dans les activités de calcul chez l'adulte

Chez l'adulte, de nombreuses études ont montré l'implication de la boucle phonologique et de l'administrateur central dans la réalisation de calculs mentaux complexes (soit, à plusieurs chiffres, pour une revue, voir Noël, Désert, Aubrun et Seron, à paraître). Il est bien évident que calculer mentalement la somme de 125 et de 348 exige un maintien temporaire d'informations (les opérandes du problème si celles-ci ne sont plus visibles et les résultats des calculs intermédiaires). La question qui se pose alors est celle de savoir sous quel format ces informations sont maintenues : s'agit-il de représentations phonologiques (dans la boucle phonologique) ou de représentations visuelles (dans le registre visuo-spatial) ? Dans un travail récent (Noël *et al.*, à paraître), nous avons présenté des données allant dans le sens de la première proposition. En effet, des adultes normaux produisent plus d'erreurs et sont nettement plus lents s'ils doivent additionner deux nombres à trois chiffres dont les représentations phonologiques sont proches, en comparaison avec des calculs de complexité égale mais distants phonologiquement. En revanche, nous n'observons aucun impact de la plus ou moins grande proximité visuelle des chiffres constituant l'addition. Cette recherche indique donc l'implication de la composante « boucle phonologique » dans le maintien des termes d'une addition complexe à réaliser mentalement.

Pour les petits calculs à un chiffre (par exemple, $8 + 9$), la situation est moins nette. En effet, dans la majorité des cas, les réponses à ces problèmes sont simplement récupérées en mémoire à long terme. Par conséquent, une implication de la mémoire à court terme semble moins nécessaire. Dans les faits, seules les situations de vérification de calcul (par exemple, $8 + 7 = 13$?) sont sensibles à une surcharge de l'administrateur central (par ajout d'une tâche concurrente comme la génération aléatoire de lettres, par exemple). Toutefois, cet effet semble plus agir sur le processus de prise de décision et de comparaison de la réponse récupérée avec celle proposée qu'au cours de la réalisation même du calcul.

Rôle de la mémoire à court terme dans les activités de calcul chez l'enfant

Chez l'enfant, on pourrait s'attendre à une situation différente puisqu'au départ, il n'a pas encore en mémoire à long terme la réponse aux petits calculs (ce qu'on

appelle les «faits arithmétiques») et que, par conséquent, même un calcul simple nécessite la mise en place d'algorithmes plus ou moins coûteux sur le plan cognitif.

En effet, la réalisation d'additions, par exemple, passe par une série d'étapes dans lesquelles des stratégies de plus en plus rapides, efficaces et économes se voient introduites dans le répertoire de l'enfant et supplantent progressivement des stratégies moins élaborées. Ainsi, par exemple, pour additionner 3 et 5, le jeune enfant va compter 3 doigts à une main, 5 doigts à l'autre et puis recompter l'ensemble pour obtenir la somme (stratégie dite du comptage du tout). Plus tard, avec la maîtrise du principe de cardinalité et la capacité d'entrer dans la chaîne numérique verbale à partir d'une borne différente de 1, l'enfant pourra compter à partir du premier terme, soit pour $3 + 5$, compter 3, 4, 5, 6, 7, 8. Ayant ensuite pris conscience de la commutativité de l'addition et étant capable de comparer la grandeur de deux nombres, l'enfant pourra choisir de commencer son comptage non plus au premier terme du calcul, mais au plus grand, ce qui lui permettra d'avoir un comptage en moins de pas (par exemple, pour $3 + 5$, il comptera à partir de 5, soit 5, 6, 7, 8). Enfin, progressivement, une série de résultats se fixeront en mémoire à long terme et des processus de décomposition seront possibles (par exemple, pour $3 + 8$, l'enfant pourra décomposer en $3 + (7 + 1)$ ce qui donne $10 + 1$).

L'étude de ces algorithmes suggère que la mémoire à court terme intervient en particulier pour dérouler la chaîne numérique verbale et contrôler le nombre de pas de comptage déjà effectués ou à mettre en œuvre. Ainsi, si pour additionner 8 et 7, un enfant compte à partir de 7 huit fois, il doit dérouler sa chaîne numérique verbale tout en incrémentant un compteur mental de manière à ne compter que 8 fois ($7 + 8 = 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15$). Il se trouve donc en double tâche : récupérer en mémoire à long terme la chaîne numérique verbale et compter le nombre de mots énoncés. Théoriquement, l'administrateur central devrait donc être impliqué (dans cette coordination du comptage pour additionner et du comptage des pas de comptage) ainsi que la boucle phonologique puisque celle-ci intervient, même chez l'adulte, dans les activités de comptage simple (Logie et Baddeley, 1987).

À notre connaissance, seuls Adams et Hitch (1998) ont tenté de démontrer ces intuitions. Pour tester l'implication de la boucle phonologique dans la réalisation d'additions mentales, ils soumettent des enfants de 3^e classe primaire (8 ans) et de 6^e classe primaire (11 ans) à des listes d'additions de plus en plus longues comportant ou non des reports (soit : $8 + 1, 21 + 7, 122 + 3...$ versus $5 + 9, 23 + 9, 127 + 4...$). Ces additions sont présentées oralement et les auteurs mesurent la longueur maximale des calculs que les enfants sont capables de résoudre correctement. Trois conditions expérimentales de réalisation des calculs sont contrastées :

- sans tâche concurrente ;
- tout en répétant une syllabe dépourvue de signification ;
- tout en frappant le doigt de manière répétée sur la table.

En d'autres mots, il s'agit de voir dans quelle mesure une activité de suppression articulatoire (condition 2) altère de manière spécifique les performances des enfants. Les résultats obtenus sont clairs : quel que soit leur âge, les enfants sont grandement, et de manière égale, affectés par la tâche de suppression articulatoire (la condition 3 ne différant pas de la condition 1). Cet effet d'interférence montre donc l'importance du rôle joué par la boucle phonologique dans la réalisation d'additions orales et ce, quel que soit le niveau d'expertise des sujets en calcul.

Malheureusement, comme les opérations étaient présentées oralement, on ignore si l'intervention de la boucle phonologique a opéré au moment de la réalisation des calculs ou, au contraire, dans le maintien des données du problème. Une comparaison de ces résultats avec ceux obtenus en condition de présentation visuelle des additions (et donc une disponibilité permanente des données du problème sous les yeux) permettrait de résoudre cette énigme. Toutefois, Adams (1997, cité par Adams et Hitch, 1998) rapporte que si la tâche des enfants est simplement de retenir les calculs présentés (et donc pas de calculer les sommes), l'introduction d'une mesure de suppression articulatoire diminue les performances d'une manière tout à fait comparable à celle observée par Adams et Hitch (1998) lorsque les sommes doivent être calculées. Ces résultats plaideraient donc plus en faveur d'un rôle de la boucle phonologique dans le maintien du problème que dans la réalisation même du calcul. Nous noterons cependant que cette étude compare des enfants de 3^e et de 6^e années primaires, soit deux groupes qui devraient déjà avoir mémorisé les faits additifs.

Une étude similaire mais portant sur des enfants plus jeunes (par exemple, fin de 1^{re} primaire) donnerait peut-être lieu à des résultats différents. On s'attendrait, en effet, à observer un rôle important de la boucle phonologique chez les petits, même quand les calculs sont présentés visuellement, montrant par là le rôle de cette composante dans la réalisation même de l'addition.

Selon Geary (1990, 1993, 1994), l'acquisition d'un fait arithmétique ne peut avoir lieu que si les termes d'un problème et la réponse qui y est associée sont activés de manière simultanée en mémoire à court terme. Par conséquent, un individu présentant un empan faible en mémoire à court terme risquerait davantage de voir la trace du problème effacée lorsqu'il parvient, au terme d'un algorithme de comptage, à la solution de son calcul. Cet état de fait ne lui permettrait donc pas d'instaurer en mémoire à long terme une représentation du calcul et de la solution correspondante. On pourrait alors prédire que les enfants présentant une mémoire de travail peu efficace (capacité réduite du stock phonologique, effacement rapide de la trace...) auraient davantage de difficultés que leurs pairs à établir en mémoire à long terme un réseau de faits arithmétiques.

Suivant cette hypothèse, Noël et Seron (2000) ont testé des enfants de 1^{re} primaire en début d'année scolaire à l'aide de différentes épreuves évaluant la boucle phonologique et l'administrateur central de la mémoire à court terme. Quatre mois plus tard, ces mêmes enfants étaient invités à réaliser une série d'additions simples. Les algorithmes de calcul utilisés (comptage du tout, ou à partir du premier terme ou du plus grand terme, ou encore récupération en mémoire et décomposition) étaient notés ainsi que les supports dont se servait l'enfant (comptage sur les doigts, comptage oral uniquement, stratégie mentale sans support visible). L'analyse des résultats obtenus a clairement montré que les compétences en mémoire à court terme et, plus précisément, l'efficacité de la boucle phonologique permettaient de prédire les algorithmes et les supports utilisés, quatre mois plus tard, par l'enfant dans la réalisation d'additions simples. En effet, la répétition de non-mots corrélait de manière négative avec la fréquence d'utilisation de l'algorithme «comptage du tout» et de supports immatures comme le comptage sur les doigts. En revanche, cette même répétition de non-mots corrélait positivement avec la fréquence d'utilisation de stratégies matures comme la récupération de faits en mémoire à long terme et l'adoption de stratégies mentales sans support visible.

Déficit de la mémoire à court terme chez des enfants présentant des difficultés en calcul

Comme nous l'avons précisé ci-dessus, Geary (1993) suppose que les enfants présentant les meilleures performances en mémoire à court terme sont ceux qui auront le plus de facilité à établir un réseau de faits arithmétiques en mémoire à long terme. Inversement, cette hypothèse prédit que les enfants qui ne sont pas parvenus à établir un réseau de faits arithmétiques en mémoire à long terme présentent probablement des compétences en mémoire à court terme plus réduites que celles d'enfants sans difficulté d'apprentissage. Cette section du texte présente les résultats des études qui ont cherché à évaluer les compétences mnésiques à court terme de tels enfants.

Une première série de recherches s'est intéressée à la capacité de la boucle phonologique chez les enfants en difficulté mathématique. Geary, Brown et Samaranayake (1991) ainsi que Hitch et Mc Auley (1991) ont observé un empan de chiffres à l'endroit inférieur chez des enfants dyscalculiques par rapport à des enfants contrôles.

D'autres travaux ont porté plus spécifiquement sur la composante administrateur central de la mémoire. En particulier, Siegel et Ryan (1989) ont comparé des enfants en difficulté mathématique :

- des enfants sans difficulté d'apprentissage ;
- des enfants présentant des difficultés de lecture ;
- des enfants montrant des troubles de l'attention.

Deux tâches étaient utilisées : l'empan de phrases et l'empan de comptage¹, toutes deux exigeant à la fois maintien et traitement d'information. Il apparaît que les enfants « dyslexiques » présentent des scores plus faibles que le groupe contrôle et le groupe avec difficulté attentionnelle pour les deux types d'empan. En revanche, les enfants faibles en mathématique sont en difficulté pour l'empan de comptage mais pas pour l'empan de phrases. Pour Siegel et Ryan, ces résultats indiquent une correspondance entre troubles d'apprentissage et déficit au niveau d'une mémoire de travail spécifique. Les pauvres lecteurs seraient mauvais dans les deux tâches parce que toutes les deux exigeraient la rétention d'un matériel verbal alors que les enfants faibles en mathématique seraient médiocres dans la seule tâche nécessitant la rétention d'un matériel numérique, à savoir l'empan de comptage.

Cette conclusion sera toutefois critiquée par Hitch et Mc Auley (1991). Ces auteurs sélectionnent une série de tâches permettant d'évaluer chacune des sous-composantes de l'épreuve d'empan de comptage. Un empan de chiffres à l'endroit permet d'évaluer la composante mnésique, des mesures de vitesse de comptage (réciter les nombres de 1 à 20, réciter les nombres pairs de 2 à 20, compter des collections de points) rendent compte de l'efficacité du traitement mis en jeu dans l'empan de comptage. Enfin, une mesure non spécifique de vitesse articulatoire (répétition de mots polysyllabiques) est également prise. De ces différentes tâches, il ressort que les enfants présentant des difficultés en mathématique ont un empan de chiffres plus bas que les sujets contrôles mais aussi que leur comptage est moins rapide. Enfin, ces deux résultats ne peuvent s'expliquer par une faiblesse générale de la vitesse articula-

1. Dans l'empan de phrases, une série de phrases est lue à l'enfant qui les complète en donnant le dernier mot manquant. Il doit ensuite répéter dans l'ordre ces mots finaux. Dans l'empan de comptage, des planches sur lesquelles sont dessinés des points bleus et jaunes sont présentées à l'enfant ; celui-ci compte les points jaunes et doit, à la fin de la série de planches, rappeler dans l'ordre le cardinal de chaque planche.

toire. La difficulté rencontrée par les enfants mauvais en calcul dans les empan de comptage ne serait donc pas nécessairement due à leur difficulté de mener à bien conjointement la mémorisation et le traitement d'information numérique, tâche typique de l'administrateur central, puisque chacune de ces opérations, prise de manière isolée, leur poserait déjà problème.

En résumé, ces premières études montrent une faiblesse de la boucle phonologique chez des enfants en difficulté mathématique. Pour ce qui est de l'administrateur central, la situation est moins claire. En effet, les études ayant montré des déficits ont utilisé la tâche d'empan de comptage. Or, celle-ci met en jeu l'activité de dénombrement qui, elle-même, serait moins performante chez les enfants dyscalculiques.

Toutefois, Bull et Johnston (1997) vont remettre en question ces résultats. Dans leur étude, ces auteurs mesurent chez un groupe d'enfants tout-venant les performances en mathématique et dans d'autres tâches cognitives, y compris l'empan de chiffres à l'endroit, l'empan de mots et l'empan de comptage. Des corrélations significatives sont calculées entre les performances au test de mathématique et les empan de chiffres ($r = 0,50$), de mots ($r = 0,51$) et de comptage ($r = 0,28$). Toutefois, lorsque le niveau de compétence en lecture des enfants est contrôlé, les corrélations entre mémoire à court terme et score en mathématique chutent de manière importante et la vitesse de traitement présente un pouvoir prédictif supérieur (une corrélation de $-0,39$ est obtenue entre la vitesse de traitement et le score au test de mathématique).

Selon Bull et Johnston, ces résultats remettent en question le lien établi antérieurement entre mémoire à court terme et difficultés en calcul. En effet, selon les études épidémiologiques, près de la moitié des enfants repérés comme dyscalculiques présentent également une dyslexie (Badian, 1983 ; Lewis, Hitch et Walker, 1994). Sachant que les difficultés dans l'apprentissage de la lecture sont associées à un déficit de mémoire à court terme, comparer la mémoire à court terme des sujets contrôles et des sujets faibles en calcul pourrait comporter un biais en défaveur de ces derniers, dû à la présence, chez certains d'entre eux, d'une dyslexie associée. Ce type de biais a pu jouer dans l'étude de Geary *et al.* (1991) ou bien encore dans celle de Hitch et Mc Auley (1991).

À la suite de cette critique, Geary, Hoard et Hamson (1999) et Mc Lean et Hitch (1999) entreprennent de nouvelles recherches sur la mémoire à court terme d'enfants en difficulté mathématique en prenant soin cette fois de contrôler le niveau de lecture. Ainsi, Geary *et al.* (1999) comparent quatre groupes d'enfants de 1^{re} primaire : des enfants présentant des scores normaux dans des tests de mathématique et de lecture, des enfants présentant des scores bas (c'est-à-dire inférieurs au percentile 30) à ces deux tests, et d'autres éprouvant des difficultés isolées soit en lecture, soit en mathématique. L'empan de chiffres à l'endroit (mesure de la boucle phonologique) et l'empan de chiffres à l'envers (mesure de l'administrateur central) sont comparés dans ces deux groupes. Seul l'empan de chiffres à l'envers permet de discriminer les groupes et montre que les enfants présentant des déficits à la fois en mathématique et en lecture ont un empan plus faible que ceux qui présentent des difficultés isolées en lecture ou en calcul, ou encore que les sujets contrôles.

Dans leur recherche, Mc Lean et Hitch (1999) comparent les capacités de mémoire à court terme d'enfants présentant des difficultés d'apprentissage uniquement en mathématique (et pas en lecture) avec deux groupes d'enfants contrôles :

- des sujets de même âge chronologique ;
- des sujets plus jeunes mais appariés pour leur niveau en mathématique.

Il apparaît d'abord que le groupe des enfants dyscalculiques ne se distingue quasiment pas du groupe des enfants plus jeunes mais de même niveau en calcul. En revanche, lorsqu'ils sont comparés aux sujets du même âge, les enfants dyscalculiques montrent des difficultés dans les tâches évaluant le registre visuo-spatial (à savoir, l'empan visuel de matrices et le test des blocs de Corsi), mais pas dans celles évaluant la boucle phonologique (l'empan de chiffres à l'endroit et la répétition de non-mots). Pour ce qui concerne l'administrateur central, des déficits majeurs sont notés. Cependant, l'ensemble des tâches testant ce niveau fait appel à des nombres (par exemple, la complétion d'additions du type « $2 + 3 = 4 + ? = ?$ ») ou bien l'empan d'additions ($8 + 1$, $21 + 7$, $122 + 3 \dots$). Étant donné qu'on ne peut exclure une difficulté dans ce type de traitement chez les enfants faibles en mathématique, des scores bas dans ces épreuves d'empan ne signifient pas nécessairement un défaut de l'administrateur central lui-même.

Enfin, notons que Bull, Johnston et Roy (1999) montrent des résultats comparables au test des blocs de Corsi (évaluant le registre visuo-spatial) dans un groupe d'enfants faibles versus normaux en mathématique, lorsque le niveau de compétence en lecture est contrôlé.

De ces dernières études, il ressort donc que si on contrôle le niveau de compétence en lecture, les enfants faibles en mathématique ne semblent pas se différencier d'enfants contrôles du même âge pour les mesures évaluant la boucle phonologique (cf. Geary *et al.*, 1999; Mc Lean et Hitch, 1999). Des performances plus basses dans les épreuves testant le registre visuo-spatial ont été obtenues par Mc Lean et Hitch (1999) mais ne semblent pas confirmées par Bull, Johnston et Roy (1999). Enfin, l'administrateur central semble être de capacité limitée chez les enfants faibles en calcul (Geary *et al.*, 1999). En conclusion, contrôler le niveau de compétence en lecture, suivant la proposition de Bull et Johnston, remet en cause le constat d'un déficit au niveau de la composante « boucle phonologique » essentiellement.

CONCLUSION

L'étude des facteurs prédisposant à l'apparition de troubles dans l'acquisition du calcul n'en est qu'à ses débuts. La mémoire à court terme semble jouer ici un rôle important bien que des études plus riches soient nécessaires dans ce domaine. En effet, trop de flou entoure encore l'implication de la mémoire à court terme dans la réalisation de calculs simples chez l'enfant. Plus particulièrement, il reste à déterminer les composants mis en jeu et le décours temporel de cette implication au fur et à mesure de la mise en place d'un réseau de faits arithmétiques en mémoire à long terme chez l'enfant. Par ailleurs, les travaux sur les capacités mnésiques à court terme d'enfants présentant des problèmes d'apprentissage en calcul pointent vers l'existence de difficultés au niveau du registre visuo-spatial et de l'administrateur central. Toutefois, ces études considèrent ces enfants comme un groupe homogène. Or, les travaux de Badian (1983), entre autres, montrent qu'il n'en est rien. Il serait donc opportun d'affiner les hypothèses et de cibler des sous-populations mieux caractérisées (par exemple, considérer uniquement des enfants dont les difficultés résident dans la mémorisation des faits arithmétiques).

10. Calcul et langage dans le développement et les troubles de l'apprentissage

F. GAILLARD, L. 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 pour conséquence la prise de conscience de la faiblesse relative des écoliers occidentaux en ce qui concerne les connaissances numériques et arithmétiques. Non seulement les avantages de l'élève asiatique, en général, sont confirmés par rapport à son camarade américain (cf., par exemple, Fuson et Kwon, 1992; Stevenson, Lee, Chen et Stigler, 1992; Miura, Okamoto, Kim, Steere *et al.*, 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 l'importance du langage dans l'abord du nombre à l'école et de la faiblesse linguistique chez ces écoliers (Jordan, Huttenlocher et Levin, 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 conduisent à penser 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