

Nous tenons à remercier tout particulièrement nos collègues E. BAETA, A. BASSO, C. BERGEGO, D. CLAROS-SALINAS, M. DORDAIN, F. GAILLARD, G. GOLDENBERG, C. LARROQUE, C. MAGNIEN, A. MAZZUCCHI, C. MELJAC, M.N. METZ-LUTZ, A. MULLER, K. POTAGAS, I. RIVA, A. TZAVARAS, J. VENDRELL, pour leur précieuse collaboration.

Ce travail s'inscrit dans le cadre d'un Réseau de Recherche Clinique INSERM (G. DELOCHE) et d'un Réseau CEE dirigé par le Docteur F.J. STACHOWIAK.

La batterie est disponible auprès du Docteur M.N. METZ-LUTZ, Service de Neuropsychologie, Hospices Civils de Strasbourg, BP 426, 67091 - STRASBOURG cedex.

Cette batterie est en cours d'adaptation à l'allemand, l'espagnol (catalan et castillan), l'italien et le grec.

Gérard DELOCHE
Ingénieur de Recherche
INSERM
Division Vincent de Paul
LA SALPETRIERE
47, bd de l'Hôpital
75651 PARIS Cx 13

Xavier SERON
Directeur de l'Unité
de Neuropsychologie
Expérimentale et Cognitive
(NECO)
LOUVAIN LA NEUVE
BELGIQUE

EC301 : BATTERIE D'ÉVALUATION DU TRAITEMENT DES NOMBRES ET DU CALCUL CHEZ L'ADULTE

par Gérard DELOCHE et Xavier SERON

Mots-clés : Acalculie - Test - Adulte

Au cours de ces vingt dernières années, les études sur l'acalculie se sont multipliées en neuropsychologie. Certaines recherches dans la lignée des travaux anatomocliniques anciens visent à préciser davantage les bases neuro-anatomiques sous-jacentes aux activités arithmétiques et numériques*. Dans d'autres recherches d'orientation plus psychologique, on s'est attaché à décrire les patterns d'erreurs survenant suite à une atteinte cérébrale dans le traitement des nombres et les activités arithmétiques, afin d'en inférer les propriétés des architectures cognitives sous-jacentes. Ces travaux plus analytiques ont porté sur les activités de transcodage**, l'accès aux faits arithmétiques***, l'interprétation des symboles arithmétiques****, le comptage*****, les procédures de calcul, etc...

Ces dernières recherches conduisent à des changements dans l'analyse des troubles du calcul, remettent en cause les taxonomies anciennes et sont à l'origine d'un renouveau des tests et des épreuves cliniques utilisées pour mettre en évidence et analyser les troubles du traitement des nombres et du calcul.

Il paraît en effet à présent acquis en neuropsychologie que les activités numériques et arithmétiques impliquent une variété de composants distincts : certains sont en relation avec le traitement des nombres (encodage des différents systèmes de notation, représentations lexicales, sémantiques et syntaxiques...) d'autres sont en rapport avec des processus numériques spécifiques (comparaison de grandeurs, jugements de parité...) ou arithmétiques (connaissances déclaratives sous-jacentes à la recherche des faits arithmétiques, et connaissances procédurales contenant des savoirs algorithmiques, ainsi que des stratégies ou règles de résolution...).

La batterie de tests EC301 tient largement compte de cette évolution : elle a pour objectif de donner au clinicien en neuropsychologie un instrument d'évaluation des troubles survenant dans le domaine du traitement des nombres et du calcul. Nous pensons ainsi combler une lacune car, à notre connaissance, il n'existe actuellement en langue française

* (Dahmen, Hartje, Büssing et Sturm, 1982 ; Grafman, Passafiume, Faglioni et Boller, 1982 ; Rosselli et Ardila, 1989).

** (Deloche et Seron, 1982 ; Seron et Deloche, 1984)

*** (Warrington, 1982)

**** (Ferro et Botelho, 1980)

***** (Seron et Deloche, 1987)

aucun test remplissant cet objectif. Bien qu'elle tienne compte des progrès accomplis dans le domaine de la cognition arithmétique, cette batterie n'a pas été construite autour d'un modèle choisi comme référence ; en effet, à l'heure actuelle, plusieurs modèles ayant chacun leur mérite coexistent en neuropsychologie*. Il nous est donc apparu hasardeux ou pour le moins prématuré de construire une batterie autour d'un seul d'entre eux. De plus, aucun des modèles actuels ne couvre l'ensemble des activités numériques intéressantes à analyser ; limiter la batterie au domaine d'un seul modèle nous aurait ainsi conduit à négliger des activités numériques ou arithmétiques pertinentes.

** (Deloche et Seron, 1987 ; McCloskey et Caramazza, 1987 ; Cohen et Dehaene, 1990)*

Nous avons donc construit une batterie qui examine une grande diversité de tâches numériques et arithmétiques.

Dans le choix des différentes tâches nous avons tenu compte des propriétés formelles (lexicales, syntaxiques et sémantiques) des différents systèmes de notation des nombres telles qu'elles se dégagent des modèles proposés par les linguistes et des travaux de neuropsychologie et de psychologie développementale et d'Intelligence Artificielle. Plus précisément en ce qui concerne les mots-nombres (codes phonographique et alphabétique), le matériel présenté distingue un niveau lexical d'un niveau syntaxique, et au niveau lexical il a été considéré que les mots-nombres sont organisés en trois grandes classes lexicales distinctes : les unités, les dizaines et les nombres en-ze (de onze à seize). Dans chaque classe, les mots-nombres sont rangés par valeur croissante. Ainsi, "cinq", "quinze" et "cinquante" ont la même position (5ème) dans la classe des unités, des nombres en -ze, et des dizaines, respectivement*.

** (Deloche et Seron, 1982).*

Schématiquement, la batterie se compose de 13 tâches, avec pour certaines le même type d'activité à effectuer sous différentes formes. Au total, il y a ainsi 31 épreuves. Les diverses épreuves explorent les principaux aspects de la manipulation des nombres, que l'on peut présenter ainsi :

- le composant langagier, dans la production de la suite des nombres, lors des transcodages entre les trois principaux codes numériques (chiffres arabes, mots écrits, code oral), la lecture ou l'écriture des symboles arithmétiques (+, -, ...)
- l'évaluation perceptive ; le dénombrement des quantités dans l'estimation des poids, hauteurs, ou numérosité ; et le comptage du nombre d'éléments spatialement structurés de façons diverses ;
- l'accès aux représentations sémantiques des nombres, pour leur repérage sur une échelle analogique, dans l'estimation de l'ordre de grandeur du résultat d'une opération, dans des contextes cognitifs différents, lors de la comparaison de deux nombres, à propos de connaissances numériques précises ;
- le système de calcul proprement dit, comme le résultat des tables d'opérations, les procédures de calcul particulières à chacune d'elles, et le calcul effectif de quelques opérations.

L'ensemble de ces épreuves teste donc le calcul, la compréhension et la production des nombres, avec trois codes possibles en entrée et en sortie : chiffres arabes, mots écrits, code oral.

L'objectif de la batterie étant de dépister l'existence de difficultés dans le traitement des nombres et du calcul, et ce, dans le cadre de l'activité clinique courante d'un service de neuropsychologie, un certain nombre de contraintes pragmatiques liées au cadre habituel de l'activité clinique a guidé son élaboration :

- pour être applicable en clinique courante, la batterie doit être administrable en une, ou au plus en deux sessions d'examen d'environ 30 minutes chacune.
- d'une part la batterie doit être suffisamment sensible pour permettre l'identification des troubles, mais d'autre part, elle ne doit pas être trop complexe au risque d'identifier comme pathologique un faible niveau d'acquisition arithmétique dû à une scolarité peu étendue. Ce travail d'ajustement du niveau des différents tests, et à l'intérieur de chaque test des différents items a été réalisé lors de multiples révisions d'un matériel original administré à plusieurs reprises à différents sous-groupes de sujets normaux. Cette opération de pré-testing a été répétée jusqu'à ce que l'on arrive à ce que les sujets normaux ne produisent un score d'erreurs supérieur à 10 % à aucun des tests. On s'est ainsi assuré que la batterie n'est pas "trop difficile", et par là même que les erreurs à observer chez des sujets cérébro-lésés seront bien la conséquence comportementale de leur atteinte cérébrale.

La batterie a ensuite été finalement standardisée sur un groupe de 180 sujets normaux contrôlés pour l'âge (20-39 ans ; 40-59 ans ; 60-69 ans), pour le sexe (2), et pour le niveau socio-culturel (3). Par niveau socio-culturel, et si l'un de ces facteurs individuels a un effet statistiquement significatif sur les performances des sujets contrôle, par tranche d'âge ou sexe, pour chaque épreuve, on présente une échelle horizontale graduée de 0 jusqu'au score maximum possible. La partie droite, rectangulaire, et grisée fournit l'intervalle de variation, c'est-à-dire les limites inférieures et supérieures des scores observés chez les sujets-contrôle du groupe considéré. Le point noir situé dans ce rectangle grisé indique la valeur en deça de laquelle il y a seulement 10 % des scores des sujets normaux. On peut donc considérer comme pathologique tout score inférieur à cette valeur, en ayant moins de 10 % de risque d'erreur. Ce seuil de normalité ($p < 10$) a été défini à partir de la distribution des scores des sujets contrôle de chaque groupe. Enfin, on a vérifié la sensibilité de la batterie EC301 en comparant, sur un groupe de 100 patients cérébro-lésés, les scores à un questionnaire d'appréciation de leurs performances dans la manipulation des nombres et le calcul au cours de la vie quotidienne, aux scores à EC301. La batterie s'est avérée globalement plus sensible que le questionnaire à la présence des déficits*.

* (Deloche, Gallois, Schonn, Agniel et Bergego, soumis).

Lorsqu'un test est mis à la disposition des praticiens, ceux-ci en extraient des informations et en font un usage qui est conditionné par la situation de leur activité clinique, par le type de populations qu'ils ont l'habitude d'examiner et par leur expérience clinique personnelle. Il nous paraît utile de leur rappeler que cette batterie n'a été conçue ni pour fournir une interprétation cognitive des troubles, ni pour fonder une nouvelle taxonomie des acalculies. L'objectif poursuivi est plus modeste : repérer l'existence de difficultés dans des tâches numériques et arithmétiques. Il appartiendra ensuite au clinicien de prolonger cette étape de dépistage par des investigations complémentaires qu'il développera selon ses besoins et ses projets propres (rééducation des troubles, recherche de concomitants lésionnels, analyse cognitive des déficits...)

Bibliographie

- COHEN L. et DEHAENE S. (1990). Neglect dyslexia for numbers ? A case report. *Cognitive Neuropsychology*.
- DAHMEN W., HARTJE W., BÜSSING A. et STURM W. (1982). Disorders of calculation in aphasic patients : Spatial and verbal components. *Neuropsychologia*, 20, 147-153.
- DELOCHE G., GALLOIS N., SCHONN V., AGNIEL A. et BERGEGO C. (soumis pour publication). Calculation and number processing : the power of the EC301 battery for assessing daily-life impairments.
- DELOCHE G. et SERON X. (1982). From one to 1 : An analysis of a transcoding process by means of neuropsychological data. *Cognition*, 12, 119-149.
- FERRO J.M. et BOTELHO M.H. (1980). Alexia for arithmetical signs : A cause of disturbed calculation. *Cortex*, 16, 175-180.
- GRAFMAN J., PASSAFIUME D., FAGLIONI P. et BOLLER F. (1982). Calculation disturbances in adults with focal hemispheric damage. *Cortex*, 18, 37-50.
- McCLOSKEY M. et CARAMAZZA A. (1987). Cognitive mechanisms in normal and impaired number processing. In G. Deloche et X. Seron (Eds), *Mathematical Disabilities : A cognitive Neuropsychological Perspective*. Hillsdale : Lawrence Erlbaum Associates, 201-219.
- ROSSELLI M. et ARDILA A. (1989). Calculation deficits in patients with right and left hemisphere damage. *Neuropsychologia*, 27, 607-618.
- SERON X. et DELOCHE G. (1984). From 2 to two : An analysis of a transcoding process by means of neuropsychological evidence. *Journal of Psycholinguistic Research*, 13 (3), 215-235.
- SERON X. et DELOCHE G. (1987). The production of counting sequences by aphasics and children : A matter of lexical processing ? In G. Deloche and X. Seron (Eds), *Mathematical disabilities : A cognitive neuropsychological perspective*. Hillsdale : Lawrence Erlbaum Associates, 171-200.
- WARRINGTON E.K. (1982). The fractionation of arithmetic skills : A single case study. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 34 A, 31-51.