Le comptage sur les doigts comme support au développement des capacités numériques et arithmétiques de base ?

X. SERON*, V. CROLLEN**

* Institut de recherche en sciences psychologiques (IPSY), Centre de neuroscience système et cognition (NeuroCS), Université catholique de Louvain, Belgique.
** Centre for Mind/Brain Science (CIMeC), University of Trento, Italie, IPSY and NeuroCS, Université Catholique de Louvain, Belgique.

RÉSUMÉ : Le comptage sur les doigts comme support au développement des capacités numériques et arithmétiques de base ?
Depuis un peu plus de 10 ans, une importante littérature a été consacrée aux rapports entre l'arithmétique et les doigts au point de considérer que ce rapport pourrait être inscrit dans l'histoire biologique de notre espèce. Cette perspective reste influente dans la littérature mais fera l'objet d'une évaluation critique dans cet article. Nous défendrons une perspective différente qui, tout en reconnaissant l'intérêt des doigts, suggère qu'il s'agit d'un outil dont l'usage culturellement déterminé reste optionnel et non contraignant.
Mots clés : *Comptage sur les doigts – Arithmétique.*

SUMMARY: ***Counting with the fingers as a development tool for basic number processing and arithmetic skills?***
For more than 10 years, an important literature has been devoted to the study of the relationship between arithmetic and the use of fingers. Some of the conclusions suggest that this relationship could be rooted in the biological history of human species. This perspective remains influent in the domain of cognitive arithmetic but will be criticized in the present paper. Without denying that fingers could be useful for the development of arithmetic abilities, we will argue that finger use is an optional cultural tool that does not constrain this development.
Key words: *Finger-counting – Arithmetic.*

RESUMEN: ***Contar con los dedos como apoyo para el desarrollo de las capacidades numéricas y aritméticas básicas***
Desde hace algo más de una década, una parte importante de la bibliografía se ha dedicado a las relaciones que existen entre la aritmética y los dedos, hasta el punto de considerar que dicha relación podría estar inscrita en la historia biológica de nuestra especie. Esta perspectiva sigue teniendo influencia en la literatura, pero es objeto de una evaluación crítica en este artículo. Nosotros defendemos una perspectiva diferente que, reconociendo el interés de contar con los de dedos, sugiere que se trata de un instrumento cuyo uso, determinado culturalmente, sigue siendo opcional y no obligatorio.
Palabras clave: *Contar con los dedos – Aritmética.*

Pour citer cet article : SERON, X. & CROLLEN, V. (2018). Le comptage sur les doigts comme support au développement des capacités numériques et arithmétiques de base ? *A.N.A.E., 156*, 531-537.

© copyright Anae

INTRODUCTION

Dans la plupart des cultures humaines qui connaissent l'usage des nombres et dans celles au sein desquelles il existe des procédures de comptage, les enfants utilisent leurs doigts pour compter avant que l'arithmétique ne leur soit systématiquement enseignée (Butterworth, 1999a). Si l'enfant utilise ses doigts pour compter, il s'en sert également pour pointer les objets lors des activités de dénombrement de collections. En se déplaçant au sein de la collection, le doigt qui pointe effectue en effet un repérage des objets. Il indique à chaque instant l'endroit où se trouve le compteur dans son activité et sépare de la sorte la collection en deux parties : la partie déjà comptée de celle qui reste à compter (Fuson, 1988 ; Fuson, Richards & Briars, 1982). Au-delà du simple comptage et du dénombrement, les levées ou abaissements des doigts sont également utilisés pour la réalisation d'additions ou de soustractions simples et, dans certaines cultures, pour la réalisation de calculs parfois plus complexes (Bender & Beller, 2012 ; Geary, 2004, 2007 ; Geary & Hoard, 2005). D'autres observations suggèrent également une intervention des doigts dans l'évaluation de la grandeur de quantités continues qu'ils signalent par l'ampleur de l'écartement de la pince digitale ou celle de la force exercée lors de leur fermeture (Andres, Davare, Pesenti, Olivier & Seron, 2004 ; Andres, Ostry, Nicol & Paus, 2008 ; Badets, Andres, Di Luca & Pesenti, 2007 ; Lindemann, Abolafia, Girardi & Bekkering, 2007). Les doigts sont également utilisés pour représenter et communiquer des quantités par un canal non-verbal au moyen de configurations manuelles qui peuvent être différentes de celles utilisées pour compter ; ce sont, selon l'expression adoptée par Di Luca et Pesenti (2008), les doigts « montreurs ». Les doigts peuvent enfin être utilisés par le sujet lui-même comme dispositif mémoriel lorsque, dans une argumentation orale ou un récit, le locuteur énumère une série de points ou d'arguments ; les doigts servent ici de soutien mnésique. Ils sous-tendent à la fois le comptage des éléments et jouent un rôle de marquage temporel au fur et à mesure de leur énonciation. Les doigts peuvent de la sorte fournir une représentation iconique des quantités (Fayol & Seron, 2005), aider au maintien en mémoire des items déjà comptés lors de la récitation des mots-nombres (Fuson *et al.*, 1982) ; établir une correspondance terme à terme entre les éléments comptés et les doigts levés ; sous-tendre, par leur mobilisation ordonnée, le principe de l'ordre stable dans la production des mots du comptage (Wiese, 2003a et 2003b) et, par levées et abaissements ordonnés, représenter des calculs simples.

L'usage des doigts pour traiter les nombres, le comptage, le calcul ou l'évaluation des quantités n'a pas été sans interpeller les chercheurs et certains se sont demandé si la liaison entre les nombres et les doigts n'était pas inscrite dans certaines aires cérébrales. En neuropsychologie, un neurologue autrichien, Joseph Gerstmann, a tout d'abord décrit au début du siècle passé (1930) un syndrome particulier qui porte son nom et qui associe une agnosie digitale, une indistinction gauche-droite, une acalculie, une dysgraphie et parfois une apraxie constructive. En règle générale, la lésion responsable de ce syndrome se trouve localisée dans l'hémisphère gauche au niveau pariétal (souvent le gyrus angulaire). Cette association suggèrerait le recouvrement au moins partiel des aires cérébrales concernées par la représentation des doigts, de l'espace et des nombres (Hubbard, Piazza, Pinel & Dehaene, 2005). Il est utile cependant de réexaminer ce syndrome d'un point de vue critique en rappelant que son existence comme entité fonctionnelle ne fait pas l'unanimité dans la communauté scientifique (Benton, 1961 ; Martory, Mayer, Pegna, Annoni, Landis & Khateb, 2003 ; Poeck & Orgass, 1966). Les 4 éléments du syndrome ne seraient pas davantage corrélés entre eux qu'avec d'autres troubles neuropsychologiques.

Malgré la remise en question du syndrome de Gerstmann, des recherches en imagerie cérébrale fonctionnelle ont récemment mis en évidence l'existence de voisinages, voire de recouvrements, entre les aires cérébrales impliquées dans la représentation des nombres et les activités motrices impliquant les doigts et la main (Pesenti, Thioux, Seron & De Volder, 2000 ; Fias, Lammertyn, Reynvoet, Dupont & Orban, 2003 ; Feigenson, Dehaene & Spelke, 2004 ; Pinel, Piazza, Le Bihan & Dehaene, 2004 ; Hubbard *et al.*, 2005 ; Nieder & Dehaene, 2009). Deux hypothèses prédominantes ont été avancées pour expliquer les origines de ce recouvrement neuro-anatomique. Selon une première hypothèse (l'hypothèse fonctionnaliste), les interactions entre les doigts et les nombres émergeraient au cours du développement ontogénique : les enfants découvriraient que les doigts peuvent être utiles pour réaliser les procédures de comptage et de calcul (Butterworth, 1999a, 1999b). Selon une deuxième hypothèse (l'hypothèse du redéploiement), les interactions entre les doigts et les nombres ont émergé au cours du développement phylogénétique : les circuits neuronaux initialement dédiés à la représentation des doigts ont été réutilisés pour le traitement des nombres parce qu'il s'est avéré, au cours de la phylogenèse, que la représentation digitale possédait des propriétés fonctionnelles pertinentes pour développer le concept du nombre (Anderson, 2010 ; Penner-Wilger & Anderson, 2008, 2013).

Plusieurs auteurs ont donc postulé un rôle essentiel des doigts dans la cognition numérique au point de considérer que le rapport entre les doigts et les nombres pourrait être inscrit dans l'histoire biologique de notre espèce. Selon cette perspective initialement avancée par Brian Butterworth (1999a), il y aurait une relation fonctionnelle entre la représentation des doigts et le développement de l'arithmétique. Cet auteur, en s'interrogeant sur les raisons pour lesquelles la représentation des nombres a élu domicile dans le lobe pariétal, constate que ce lobe est également concerné par l'orientation dans l'espace, le contrôle de l'action, la représentation de notre corps et plus particulièrement la représentation des doigts de la main. Les nombres auraient élu domicile dans le sillon intrapariétal précisément parce que ce sillon est concerné par la représentation des doigts et par la représentation de l'espace. Il y aurait donc une inscription biologique sous-jacente à ce lien. Selon Brian Butterworth (1999a), le dispositif inné dont nous disposerions pour traiter les nombres est situé dans le lobe pariétal gauche. Ce dispositif ne permet que le

© copyright Anae

traitement précis des petites quantités (*i.e.*, jusqu'à 4 ou 5 au maximum). Le passage à l'arithmétique au-delà de cette frontière serait alors lié à l'usage universel des doigts.

En considérant cette hypothèse dans sa formulation forte, on devrait imaginer que : 1) l'utilisation des doigts est présente dans toutes les cultures humaines, ou, à défaut, dans les cultures humaines qui disposent de procédures de dénombrement ; 2) l'utilisation des doigts en rapport avec les nombres est présente chez tous les enfants et se développe de manière spontanée ; 3) en cas de non-utilisation des doigts, il y aurait un important retard de développement des habiletés numériques ; 4) l'utilisation des doigts pour représenter des numérosités précèderait celle du langage sur le plan ontogénétique. Comme nous allons le constater dans la suite de cet article, aucune de ces hypothèses n'est aujourd'hui particulièrement bien vérifiée.

L'UNIVERSALITÉ DE L'USAGE DES DOIGTS ?

Dans certaines cultures amazoniennes (*e.g.*, Pirahã) qui ne disposent pas de termes langagiers pour dénommer les numérosités ou qui ne disposent que d'un lexique limité à « un », « deux » et « plus que deux », il a été observé que les sujets n'utilisent pas leurs doigts (ni d'autres parties de leur corps) pour compter ou évaluer des quantités (Gordon, 2004 ; Pica, Lemer, Izard & Dehaene, 2004). Brian Butterworth et ses collaborateurs (Butterworth, Reeve, Reynolds & Lloyd, 2008) ont par ailleurs mené des travaux auprès d'Aborigènes âgés de 4 à 7 ans et parlant deux langues (*i.e.*, le warlpiri et l'anindilyakwa). Dans la première langue, les enfants disposent d'un lexique numérique limité : un « singulier », un mot pour la « dualité » et un autre pour « plus de deux ». Dans la deuxième langue, il existe également des mots pour signifier 5, 10, 15 et 20. Cependant, aucune des deux langues ne contient une suite ordonnée de mots susceptibles de sous-tendre des activités de comptage ou de l'arithmétique simple. Les auteurs vont cependant montrer que ces enfants utilisent des procédures de comptage reposant sur des stratégies spatiales afin de réaliser des additions simples allant jusqu'à 8 au moyen de jetons - c'est à dire au-delà du *range* du *subitizing*. Ils vont montrer que les enfants aborigènes sont capables de réaliser ces additions aussi bien voire mieux que les enfants contrôles. Mais alors que les enfants contrôles utilisent pour ce faire une stratégie d'énumération avec parfois un comptage oral explicite, les enfants aborigènes utilisent des stratégies spatiales sans recourir à l'usage des doigts ou à d'autres parties du corps. Ce travail indique qu'il existe des cultures capables de développer une arithmétique précise au-delà du *range* de *subitizing*, hors du langage et en ne recourant pas à l'usage des doigts.

LA SPONTANÉITE DE L'USAGE DES DOIGTS ?

Dans l'idée d'un déterminisme biologique puissant, on devrait imaginer que, dès qu'ils sont confrontés à la numérosité, les enfants recourent spontanément à l'usage de leurs doigts pour tout un ensemble de raisons : les doigts sont à disposition, ils sont maniables, on peut les lever et les abaisser dans un ordre fixe ou aléatoire, on peut également les voir et les percevoir sur le plan kinesthésique. Comme l'ont bien vu des auteurs comme Butterworth (1999a) et Brissiaud (1992), ces propriétés en font un outil qui paraît particulièrement bien adapté pour la réalisation de certaines opérations numériques et arithmétiques. Et comme le suggèrent de très nombreux travaux, les enfants de nos cultures utilisent fréquemment leurs doigts dans un ensemble de procédures de dénombrement, de comptage, de calculs et de représentation des quantités (voir Guedin, Thevenot & Fayol -sous presse- pour une synthèse). Il n'y a cependant à notre connaissance aucune donnée qui prouverait que l'usage des doigts dans une fonction numérique se développe spontanément chez les enfants. Les seules données à disposition permettent simplement de proposer que des enfants ont été observés en train d'utiliser leurs doigts pour représenter des quantités et ceci bien avant qu'ils aient été introduits à un enseignement systématique de la numération et du calcul élémentaire. Ceci ne revient pas à dire qu'ils aient fait cela spontanément sans qu'un contrôle n'ait été effectué à propos des interactions entre ces enfants et les adultes. Il n'y a également aucune donnée qui permette d'affirmer que tous les enfants sans exception utilisent leurs doigts pour compter ou communiquer des quantités. Et, comme on le verra par la suite, ceux qui n'utilisent pas le comptage sur les doigts s'avèrent malgré tout capables de compter et d'apprendre l'arithmétique.

ABSENCE DE COMPTAGE SUR LES DOIGTS ET RETARD DANS L'APPARITION DES HABILETÉS NUMÉRIQUES ?

Si l'usage des doigts reposait en priorité sur un déterminisme biologique interne, alors le fait de voir ses doigts ne devrait pas avoir d'influence importante sur le développement de cette activité. Si, au contraire, on imagine que l'usage des doigts est lié à des influences éducatives (l'adulte montrant à l'enfant, selon les circonstances, comment une collection de doigts peut représenter une quantité ou comment on peut compter un à un des objets ou des événements en levant successivement ses doigts), alors les enfants qui n'ont pas été exposés à l'usage numérique des doigts ne devrait pas utiliser le comptage sur les doigts mais devraient recourir à d'autres procédés. Dans cette direction, Crollen, Mahe, Collignon et Seron (2011) ont soumis des enfants aveugles de naissance et des enfants voyants à différentes tâches d'énumération et de comptage. Alors que le comptage sur les doigts était automatiquement utilisé par les enfants voyants pour résoudre les tâches, les enfants aveugles les résolvaient en utilisant d'autres stratégies basées notamment sur l'utilisation de la mémoire de travail. En outre, lorsqu'il était explicitement demandé aux enfants de compter avec leurs doigts ou d'utiliser leurs doigts pour montrer des quantités, les enfants aveugles utilisaient des configurations digitales non-conformes à celles utilisées par les voyants. Plus récemment, Crollen, Noël, Seron, Mahau, Lepore et Collignon (2014) ont soumis des

© copyright Anae

adultes non-voyants de naissance, non-voyants tardifs et voyants à 2 tâches de comptage, chacune étant réalisée dans 3 conditions différentes : 1) une condition contrôle n'impliquant aucune contrainte particulière ; 2) une condition requérant la réalisation de mouvements des mains empêchant le comptage sur les doigts ; 3) une condition requérant la réalisation de mouvements interférents des pieds. Alors que tous les participants voyants et aveugles tardifs utilisaient leurs doigts dans la condition contrôle, la majorité des aveugles de naissance ne les utilisaient pas. Par ailleurs, alors que la performance des participants voyants et aveugles tardifs était perturbée par les mouvements interférents des mains, celle des participants aveugles était similaire dans les 3 conditions. Ensemble, ces 2 études démontrent que l'absence de vision précoce empêche le développement d'une représentation numérique digitale et suggère que l'utilisation des stratégies de comptage sur les doigts repose sur la reconnaissance visuelle de configurations digitales particulières présentées par les adultes. Par ailleurs, comme les participants aveugles présentaient des performances similaires à celles des participants voyants, Crollen *et al.* (2011, 2014) ont suggéré que l'absence de comptage sur les doigts n'entravait ni le développement des traitements numériques de base (comme le comptage), ni le développement de l'arithmétique (Dormal, Crollen, Baumans, Lepore & Collignon, 2016). Compte tenu de leur privation visuelle, les enfants non-voyants utilisent probablement la manipulation d'objets pour apprendre l'arithmétique de base (Crollen, Collignon & Noël, 2017). La modalité tactile pourrait donc, à l'instar du comptage sur les doigts, induire la compréhension du concept du nombre et des mathématiques en établissant un lien entre des référents concrets et des concepts abstraits.

D'autres observations effectuées auprès d'enfants hémiplégiques permettent d'aboutir à la même conclusion selon laquelle l'utilisation des doigts pour représenter ou manipuler des quantités n'est pas nécessaire pour le développement de compétences numériques intègres. En effet, Thevenot *et al.* (2014) ont montré que malgré de grandes difficultés de mouvements des doigts et donc des possibilités très limitées d'utilisation des doigts dans des tâches de comptage ou de calcul, des enfants hémiplégiques de 7 à 11 ans présentent le même niveau de performance en arithmétique que des enfants de même âge et de même niveau intellectuel.

LES DOIGTS AVANT LE LANGAGE ?

L'hypothèse que les doigts servent de précurseurs pour les représentations numériques a été formulée assez explicitement par Brissiaud (1992) dont les illustrations sont reprises par Brian Butterworth (1999a). Brissiaud (1992) décrit en fait deux cas, un cas ancien publié par Descœudres (1921) et un cas plus récent et plus explicite issu de l'observation de son fils Julien. Alors qu'il est âgé de 2 ans et 11 mois seulement, il est capable de constituer une collection de 3 jetons à partir de la présentation d'une collection de doigts levés, mais pas à partir d'une instruction verbale correspondante ; il est lui-même incapable de décrire une collection de 3 jetons en utilisant le mot « trois », mais il peut en indiquer la numérosité en levant 3 doigts. Pour cet auteur, c'est l'association entre des collections de doigts appariées une à une avec des collections d'objets et l'utilisation simultanée du mot-nombre correspondant qui conduira l'enfant à comprendre la signification des numéraux verbaux. Dans cette hypothèse, la représentation analogique de la quantité figurée au moyen des doigts de la main précède la capacité de dénommer et de constituer des collections à partir des numéraux verbaux. L'hypothèse est séduisante mais elle repose sur la description anecdotique de cas uniques. Le rapport de préséance entre les représentations digitales et les représentations verbales a été examiné de manière plus systématique par Nicoladis et ses collaborateurs (Nicoladis, Pika & Marentette, 2010). Ces auteurs posent la question de savoir si la compréhension de la représentation iconique de la taille d'une collection par les doigts précède celle de la compréhension du même rapport mais entre le mot-nombre et la taille de la collection. Dans une perspective qui voudrait que la mise en correspondance soit plus aisée pour les représentations iconiques, la compréhension de la numérosité avec les doigts devrait précéder celle du langage et on devrait donc observer chez les tous jeunes enfants un meilleur appariement entre des collections de doigts et des collections d'objets qu'entre les mots et les collections d'objets. Dans cette direction, les auteurs ont examiné des enfants de 2 à 5 ans dans deux types de tâches (*give a number task* et *how many task*) pour des quantités variant entre 2 et 10. Dans la 1re tâche (*give a number*), les enfants devaient fournir un nombre d'éléments correspondant à un nombre présenté. Dans la 2e tâche (*how many*), les enfants devaient réaliser l'opération inverse : fournir la représentation numérique correspondante à une collection donnée. Les résultats de cette étude montrent que les enfants d'âge préscolaire sont plus précis quand ils traitent des mots-nombres que lorsqu'ils utilisent leurs doigts. Ceci est vrai à tous les âges pour la *how many task* tandis que pour la *give a number task*, il n'y a pas de différence chez les enfants de 2 et 3 ans, mais une différence apparaît en faveur des mots pour les enfants âgés de 4 et 5 ans. Cet effet est encore plus marqué pour les nombres au-dessus de 4. Il n'y a pas de différence pour les nombres 2 et 3 et plus spécifiquement aucun signe d'une supériorité des doigts. Ces résultats conduisent les auteurs à rejeter l'hypothèse selon laquelle les représentations iconiques seraient mieux comprises et plus aisément utilisées par les enfants que leurs équivalents verbaux. Ce résultat peut être interprété en suggérant que cela est dû au fait que les mots-nombres sont plus fréquemment utilisés par les adultes que la représentation des quantités au moyen des doigts. Cela indique en tout cas que l'iconicité des doigts n'est pas plus puissante que la fréquence des mots-nombres. À ce jour, il n'y a donc aucune évidence d'une préséance de l'usage des doigts sur celui des nombres chez les enfants afin de représenter une numérosité. Mais si ce constat est vrai pour la représentation d'une quantité, le rôle des doigts pourrait s'avérer davantage déterminant dans la mise en place des activités de comptage. Dans ce sens, certaines données de la littérature suggèrent en effet que l'activité de pointage est d'abord mieux réalisée au moyen de gestes qu'au moyen de mots-nombre (Graham, 1999).

© copyright Anae

L'UTILITÉ DES DOIGTS DANS LE DÉVELOPPEMENT DE LA COGNITION NUMÉRIQUE

Dans une formulation plus faible de l'hypothèse de Butterworth (1999a), on pourrait considérer que l'usage des doigts n'est pas spontané mais qu'il peut néanmoins jouer un rôle important dans la maîtrise des opérations de comptage et de calculs simples. Il ne s'agirait plus ici d'un lien obligé, mais de l'utilisation par certains enfants d'un dispositif qui peut s'avérer facilitateur dans certaines activités. Dans cette perspective, on peut imaginer que les enfants qui disposent de représentations digitales différenciées pourraient par la suite développer des compétences arithmétiques de meilleur niveau que ceux qui n'en disposent pas. Cette question a été examinée par Michel Fayol et ses collaborateurs (Fayol, Barrouillet & Marinthe, 1998) dans un travail princeps adoptant une approche longitudinale. Les auteurs ont examiné des enfants à 2 reprises et à 8 mois d'intervalle. Lors du premier bilan, des enfants de 5 ans étaient examinés au moyen de plusieurs épreuves neuropsychologiques : un test d'intégration tactile corporelle, un test où le sujet doit nommer par un chiffre le doigt touché en condition aveugle, un test où le sujet doit retoucher une paire de doigts touchés par l'examinateur, et enfin un test où le sujet doit reproduire une forme tracée dans la paume de la main. Une mesure du niveau intellectuel était également proposée, à savoir 2 tests de dessins considérés comme de bons indices du développement. Huit mois plus tard, les mêmes enfants sont soumis à des tests neuropsychologiques de même nature, mais également à plusieurs tests arithmétiques : la dictée de nombres, la solution de problèmes arithmétiques simples et 5 problèmes arithmétiques verbaux. Le résultat principal de cette étude démontre un pouvoir prédictif des tests neuropsychologiques supérieur à celui des tests d'intelligence sur le niveau d'efficience arithmétique mesuré 8 mois plus tard. On notera cependant que ce pouvoir prédicteur supérieur ne s'applique en fait que sur une partie des tâches et plus précisément sur la résolution des problèmes arithmétiques. Pour les 2 autres tâches, la solution d'opérations simples et l'écriture des nombres, c'est le niveau de développement qui constitue le meilleur prédicteur. Enfin, dans une étude de suivi réalisée 3 ans plus tard, lorsque les enfants sont âgés de 8 ans, les auteurs montrent à nouveau le pouvoir prédictif des compétences perceptivo-tactiles sur les habilités numériques ultérieures (Marinthe, Fayol & Barrouillet, 2001). Les auteurs montrent également que les tests neuropsychologiques ne prédisent pas les niveaux d'efficience atteints en lecture et en écriture, renforçant par-là la spécificité des effets observés.

Dans une étude similaire à celle de Fayol *et al.* (1998), Noël (2005) a réexaminé la question avec quelques modifications. Pour vérifier le caractère spécifique du lien, elle a tout d'abord introduit, en plus des mesures des habiletés numériques, une mesure des habiletés en lecture. Le design reste longitudinal et commence avec des enfants âgés de 6 ans et 8 mois. Le délai est cette fois de 15 mois entre les 2 évaluations. Afin de mieux saisir la nature du lien entre les gnosies digitales et les habiletés numériques, Noël (2005) examine par ailleurs plusieurs habiletés numériques : des compétences dépendantes de l'usage des doigts (*i.e.*, le comptage sur les doigts et les additions simples) et d'autres considérées comme plus éloignées et dépendant davantage d'une évaluation des quantités (*i.e.*, comparaison de collections, comparaison de nombres arabes, *subitizing*, et écriture de nombres sous dictée). Enfin, des tests évaluant la vitesse de traitement, la préférence manuelle, l'orientation gauche-droite et les gnosies digitales sont également administrés. Les résultats montrent à nouveau un rapport entre le niveau des gnosies digitales évalué au 1er test et la qualité des performances aux tâches numériques 15 mois plus tard. Un tel rapport n'est pas observé pour les indices généraux de développement utilisés (*i.e.*, latéralité manuelle et vitesse de traitement). Le niveau des gnosies digitales n'est, en outre, pas prédictif des habiletés en lecture. On notera cependant que : 1) les gnosies digitales ne sont pas les seules à avoir un pouvoir prédictif : l'orientation gauche-droite est également corrélée à la performance en maths ; 2) les gnosies digitales prédisent de la même manière l'ensemble des activités numériques proposé. Les corrélations observées ne sont donc limitées ni à la sphère manuelle, ni à des activités numériques spécifiques.

CONCLUSIONS

Les raisons de s'intéresser au rapport existant entre les doigts et les nombres sont nombreuses, mais la nature précise de ce rapport reste aujourd'hui encore largement inconnue. Différentes hypothèses ont en effet été proposées dans la littérature mais aucune d'entre elles ne semble complétement vérifiée. La 1re hypothèse relève de la psychologie évolutionniste et suggère que l'usage des doigts pour les nombres serait profondément inscrit dans l'histoire biologique de notre espèce. On considère ici que le développement de la cognition numérique se réaliserait par la colonisation de réseaux cérébraux préalablement impliqués dans la représentation des doigts et ceci parce que l'usage des doigts présente un ensemble de propriétés formelles proche de celles sous-tendant le calcul et la numération. Selon une 2e hypothèse, l'usage des doigts serait lié aux nombres parce qu'il rendrait plus aisé la maîtrise de certaines opérations numériques comme le comptage ou la réalisation de calculs simples. Les doigts serviraient ici de support à la cognition arithmétique et soutiendraient également les opérations de la mémoire de travail. En accord avec la 1re théorie, il a été démontré que la représentation des nombres était logée dans le cortex pariétal (Piazza, Pinel, Le Bihan & Dehaene, 2007), une zone cérébrale très proche des régions activées par les mouvements des doigts (Harrington, Rao, Haaland, Bobholz, Mayer, Binderx & Cox, 2000). Cependant, malgré ce recouvrement cérébral et l'existence de liens forts entre les nombres et les doigts, l'idée selon laquelle les doigts seraient un outil essentiel au développement de la cognition numérique a récemment été remise en question par différentes études développementales et multiculturelles. Les évidences exposées dans cet article indiquent en effet que : 1) l'utilisation des doigts n'est pas présente chez tous les enfants et qu'elle ne se développe pas de manière spontanée ; 2) la non-utilisation

© copyright Anae

des doigts n'entraîne pas forcément un retard de développement des habiletés numériques ; 3) l'utilisation des doigts ne précède pas nécessairement le comptage verbal (Nicoladis *et al.*, 2010).

Certaines études ont par exemple démontré que les personnes aveugles de naissance ne développaient pas la stratégie de comptage sur les doigts mais présentaient néanmoins des performances numériques similaires ou même supérieures à celles de leurs homologues voyants (Castronovo & Delvenne, 2013 ; Castronovo & Seron, 2007 ; Crollen *et al.*, 2011, 2014 ; Dormal *et al.*, 2016 ; Ferrand, Riggs & Castronovo, 2010). En étant totalement privés de vision, les individus aveugles de naissance construisent probablement leur représentation numérique en se basant sur d'autres modalités (le toucher et l'audition). Les représentations « incarnées » du nombre pourraient donc être généralisées (Moeller, Fischer, Link, Wasner, Huber, Cress & Nuerk, 2012) au-delà des représentations des doigts. Selon cette perspective, il serait donc possible de développer des compétences numériques précises sans pour autant avoir recours au comptage sur les doigts. Plutôt que de se pencher sur la nécessité des stratégies de comptage sur les doigts, il serait donc peut être plus intéressant de répondre à la question suivante : « *Dans quelles tâches et circonstances les individus bénéficient-ils de l'utilisation de stratégies sensori-motrices particulières ?* ».

RÉFÉRENCES

ANDERSON, M.L. (2010). Neural reuse: a fundamental organizational principle of the brain. *Behavioral and Brain Sciences, 33*, 245-313.

ANDRES, M., DAVARE, M., PESENTI, M., OLIVIER, E. & SERON, X. (2004). Number magnitude and grip aperture interaction. *Neuroreport, 15*(18), 2773-2777.

ANDRES, M., OSTRY, D.J., NICOL, F. & PAUS, T. (2008). Time course of number magnitude interference during grasping. *Cortex, 44*(4), 414-419.

BADETS, A., ANDRES, M., DI LUCA, S. & PESENTI, M. (2007). Number magnitude potentiates action judgements. *Experimental Brain Research, 180*(3), 525-534.

BENDER, A. & BELLER, S. (2012). Nature and culture of finger counting: Diversity and representational effects of an embodied cognitive tool. *Cognition, 124*, 156-182.

BENTON, A.L. (1961). The fiction of the "Gerstmann syndrome". *J. Neurol Neurosurg Psychiatry, 24*(2), 176-181.

BRISSIAUD, R. (1992). A tool for number construction: finger symbol sets. In J. Bideaud, C. Meljac and J.-P. Fisher (Eds.), *Pathways to number: Children's developing numerical abilities* (pp. 41-67). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

BUTTERWORTH, B. (1999a). *The Mathematical Brain*. London: Macmillan.

BUTTERWORTH, B. (1999b). *What Counts - How Every Brain is Hardwired for Math*. New York, NY: The Free Press.

BUTTERWORTH, B., REEVE, R., REYNOLDS, F. & LLOYD, D. (2008). Numerical thoughts with and without words: Evidence from indigenous Australian children. *PNAS, 105*, 13179-13184.

CASTRONOVO, J. & DELVENNE, J.F. (2013). Superior numerical abilities following early visual deprivation. *Cortex, 49*(5), 1435-1440.

CASTRONOVO, J. & SERON, X. (2007). Numerical estimation in blind subjects: evidence of the impact of blindness and its following experience. *J Exp Psychol Hum Percept Perform, 33*(5), 1089-1106.

CROLLEN, V., COLLIGNON, O. & NOËL, M.P. (2017). Visuo-spatial processes as a domain-general factor of numerical development in atypical populations. *Journal of Numerical Cognition, 3*(2), 344-364.

CROLLEN, V., MAHE, R., COLLIGNON, O. & SERON, X. (2011). The role of vision in the development of finger-number interactions: Finger-counting and finger-montring in blind children. *Journal of Experimental Child Psychology, 109*, 525-539.

CROLLEN, V., NOËL, M.P., SERON, X., MAHAU, P., LEPORE, F. & COLLIGNON, O. (2014). Visual experience influences the interactions between fingers and numbers. *Cognition, 133*, 91-96.

DESCŒUDRES, A. (1921). *Le Développement de l'enfant de deux à sept ans*. Neuchâtel, Paris : Delachaux & Niestié.

DI LUCA, S. & PESENTI, M. (2008). Masked priming effect with canonical finger numeral configurations. *Experimental Brain Research, 185*(1), 27-39.

DORMAL, V., CROLLEN, V., BAUMANS, C., LEPORE, F. & COLLIGNON, O. (2016). Early but not late blindness leads to enhanced arithmetic and working memory abilities. *Cortex, 83*, 212-221.

FAYOL, M., BARROUILLET, P. & MARINTHE, C. (1998). Predicting mathematical achievement from neuropsychological performance: a longitudinal study. *Cognition, 68*, 63-70.

FAYOL, M. & SERON, X. (2005). About numerical representations: insights from neuropsychological, experimental and developmental studies. In J. I. D. Campbell (Ed.), *Handbook of Mathematical Cognition* (pp. 3-22). New York: Psychology Press.

FEIGENSON, L., DEHAENE, S. & SPELKE, E. (2004). Core systems of number. *Trends in Cognitive Sciences, 8*, 307-314.

FERRAND, L., RIGGS, K.J. & CASTRONOVO, J. (2010). Subitizing in congenitally blind adults. *Psychon Bull Rev, 17*(6), 840-845.

GUEDIN, N., THEVENOT, C. & FAYOL, M. (sous presse). Des doigts et des nombres. *Psychologie française*.

FIAS, W., LAMMERTYN, J., REYNVOET, B., DUPONT, P. & ORBAN, G.A. (2003). Parietal representation of symbolic and nonsymbolic magnitude. *Journal of Cognitive Neuroscience, 15*(1), 47-56.

FUSON, K.C. (1988). *Children's Counting and Concepts of Number*. New York: Springer-Verlag.

FUSON, K.C., RICHARDS, J. & BRIARS, D.J. (1982). The acquisition and elaboration of the number word sequence. In C.J. Brainerd (Ed.), *Children's logical and mathematical cognition*. New York: Springer-Verlag.

GEARY, D.C. (2004). Mathematics and learning disabilities. *J. Learn Disabil., 37*, 4-15.

GEARY, D.C. (2007). An evolutionary perspective on learning disability in mathematics. *Dev. Neuropsychol., 32*, 471-519.

GEARY, D.C. & HOARD, M.K. (2005). Learning disabilities in arithmetic and mathematics: Theoretical and empirical perspectives. In J. I. D. Campbell (Ed.), *Handbook of mathematical cognition* (pp. 253-267). New York: Psychology Press.

GERSTMANN, J. (1930). Zur symptomatologie der hirnläsionen im übergangsgebiet der unteren parietal-und mittleren occipitalwindung. *Nervenarzt*, 3, 691-695.

GORDON, P. (2004). Numerical cognition without words: evidence from Amazonia. *Science, 306*(5695), 496-499.

© copyright Anae

GRAHAM, T.A. (1999). The role of gesture in children's learning to count. *Journal of Experimental Child Psychology, 74*(4), 333-355.

HARRINGTON, D.L., RAO, S.M., HAALAND, K.Y., BOBHOLZ, J.A., MAYER, A.R., BINDERX, J.R. & COX, R.W. (2000). Specialized neural systems underlying representations of sequential movements. *J Cogn Neurosci, 12*(1), 56-77.

HUBBARD, E.M., PIAZZA, M., PINEL, P. & DEHAENE, S. (2005). Interactions between number and space in parietal cortex. *Nature Reviews, 6*, 435-448.

LINDEMANN, O., ABOLAFIA, J.M., GIRARDI, G. & BEKKERING, H. (2007). Getting a grip on numbers: numerical magnitude priming in object grasping. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 33*(6), 1400-1409.

MARINTHE, C., FAYOL, M. & BARROUILLET, P. (2001). Gnosies digitales et développement des performances arithmétiques. In A. Van Hout, C. Meljac & J.P. Fischer (Eds), *Troubles du calcul et dyscalculies chez l'enfant* (pp. 239-254). Paris : Masson.

MARTORY, M.D., MAYER, E., PEGNA, A.J., ANNONI, J.M., LANDIS, T. & KHATEB, A. (2003). Pure global acalculia following a left subangular lesion. *Neurocase, 9*, 319-328.

MOELLER, K., FISCHER, U., LINK, T., WASNER, M., HUBER, S., CRESS, U. & NUERK, H.C. (2012). Learning and development of embodied numerosity. *Cogn Process, 13*(Suppl 1), S271-274.

NICOLADIS, E., PIKA, S. & MARENTETTE, P. (2010). Are number gestures easier than number words for preschoolers? *Cognitive Development, 25*, 247-261.

NIEDER, A. & DEHAENE, S. (2009). Representation of number in the brain. *Annual Review of Neuroscience, 32*, 185-208.

NOËL, M.P. (2005). Finger gnosia: a predictor of numerical abilities in children? *Child Neuropsychology, 11*(5), 413-430.

PENNER-WILGER, M. & ANDERSON, M.L. (2008). An alternative view of the relation between finger gnosis and math ability: redeployment of finger representations for the representation of numbers. *Proceedings of the 30th Annual Meeting of the Cognitive Science Society, Austin, TX, July 23-26, 2008*, ed. B.C. Love, K. McRae & V.M. Sloutsky, pp. 1647-1652. Cognitive Science Society.

PENNER-WILGER, M. & ANDERSON, M.L. (2013). The relation between finger gnosis and mathematical ability: why redeployment of neural circuits best explains the finding. *Front. Psychol. 4*(877). doi:10.3389/fpsyg.2013.00877.

PESENTI, M., THIOUX, M., SERON, X. & DE VOLDER, A. (2000). Neuroanatomical substrates of Arabic number processing, numerical comparison, and simple addition: a PET study. *Journal of Cognitive Neurosciences, 12*(3), 461-479.

PIAZZA, M., PINEL, P., LE BIHAN, D. & DEHAENE, S. (2007). A magnitude code common to numerosities and number symbols in human intraparietal cortex. *Neuron, 53*(2), 293-305.

PICA, P., LEMER, C., IZARD, V. & DEHAENE, S. (2004). Exact and approximate arithmetic in an Amazonian indigene group. *Science, 306*, 499-503.

PINEL, P., PIAZZA, M., LE BIHAN, D. & DEHAENE, S. (2004). Distributed and overlapping cerebral representations of number, size, and luminance during comparative judgments. *Neuron, 41*(6), 983-993.

THEVENOT, C., CASTEL, C., DANJON, J., BALLAZ, C., BAGGIONI, L. & FLUSS, J. (2014). Numerical abilities in children with congenital hemiplegia: An investigation of the role of finger use in number processing. *Developmental Neuropsychology, 39*, 88-100.

WIESE, H. (2003a). Iconic and non-iconic stages in number development: the role of language. *Trends in Cognitive Sciences, 7*(9), 385-390.

WIESE, H. (2003b). *Numbers, Language, and the Human Mind.* Cambridge, MA: Cambridge University Press.

© copyright Ana