

Sensori-motricité et activités numériques: Peut-on compter sur les doigts?

Pierre Barrouillet
Université de Genève

Pluradys 04-06-2010 Dijon



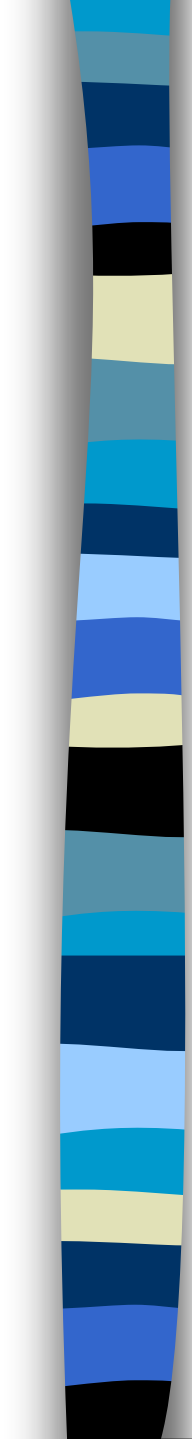
**UNIVERSITÉ
DE GENÈVE**

**FACULTÉ DE PSYCHOLOGIE
ET DES SCIENCES DE L'ÉDUCATION**



Plan

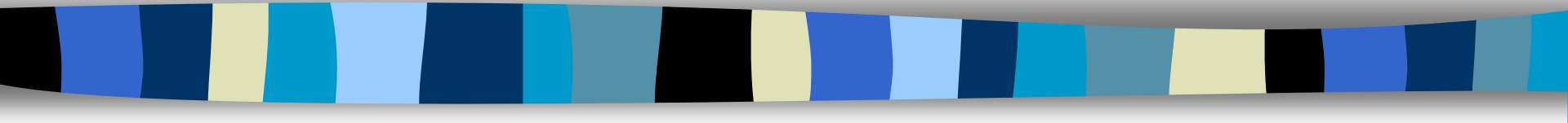
- Le corps et le nombre
- Dénombrement et pointage
- Compter sur ses doigts pour additionner et soustraire
- Le calcul chez l'adulte: connaissances déclaratives et manipulations intériorisées
- L'hypothèse de Butterworth
- Une mise à l'épreuve empirique
- Conclusions

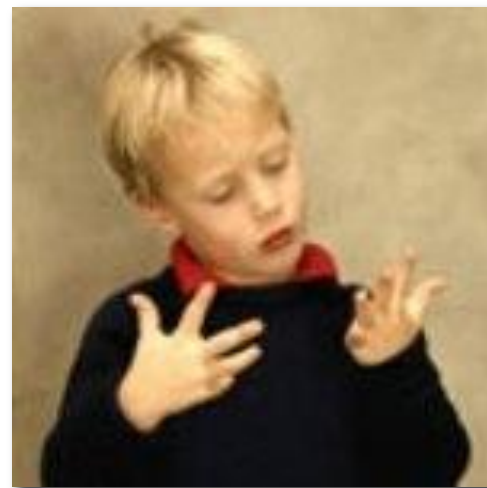


.. les mathématiques [...] sont l'un des produits les plus directs de l'esprit humain.

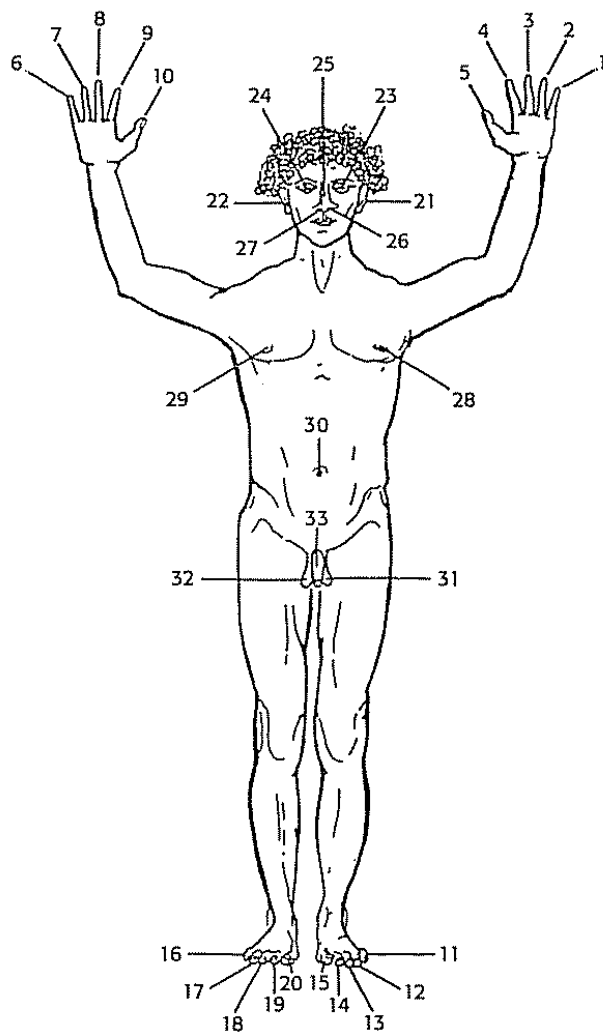
Jean Piaget

Le corps et le nombre





Pluradys 04-06-2010 Dijon



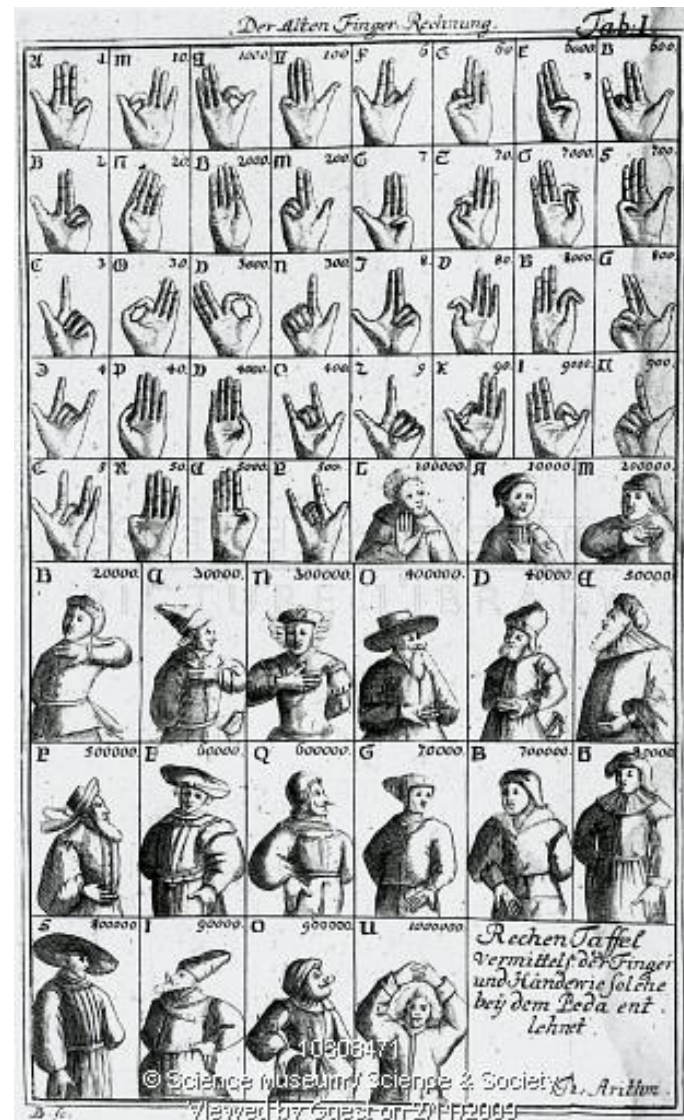
Utilisation du corps pour compter et désigner les quantités chez les Yupno de Papouasie Nouvelle Guinée.

Nos sociétés se limitent aux doigts ...ou presque

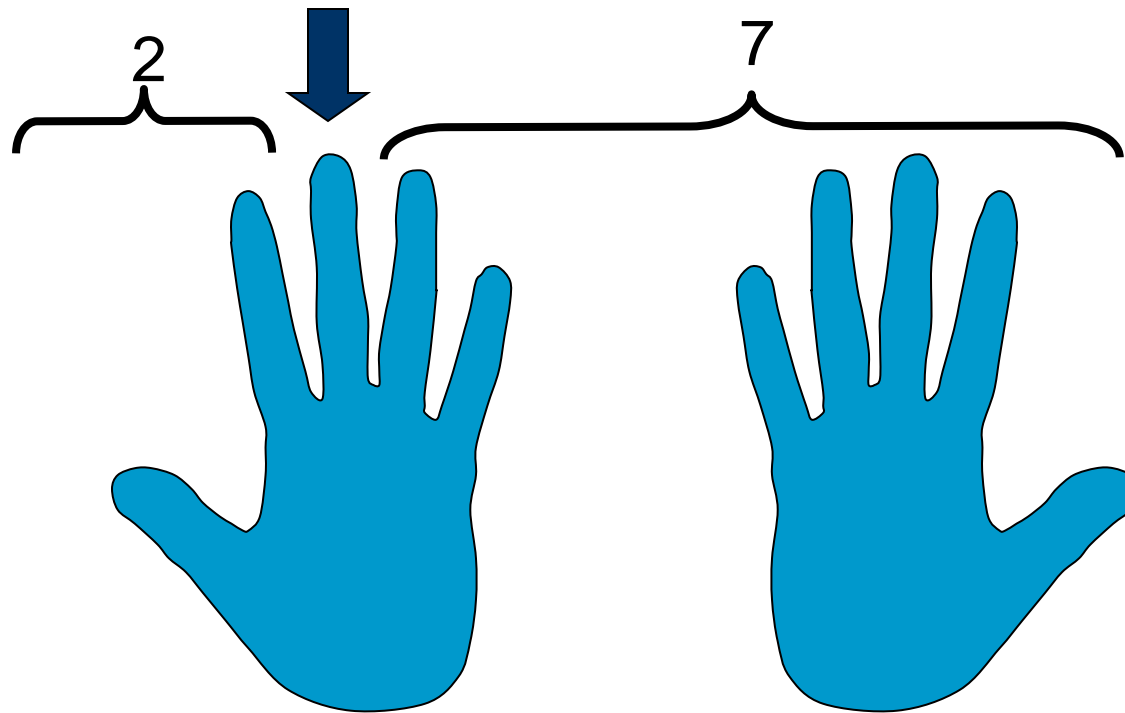
Système de comptage sur les doigts de Bede (673-735)

Theatrum Arithmetico Geometricum publié à Leipzig, par Jacob Leupold (1674-1727)

Bede le Vénérable, fondateur du comput, décrit dans son ouvrage *De computo vel loquela digitorum* une méthode de calcul et de représentation des nombres déjà utilisée par les Romains et reprise ici dans un ouvrage édité 1000 ans plus tard. Ce système était universel au travers de toute l'Europe.

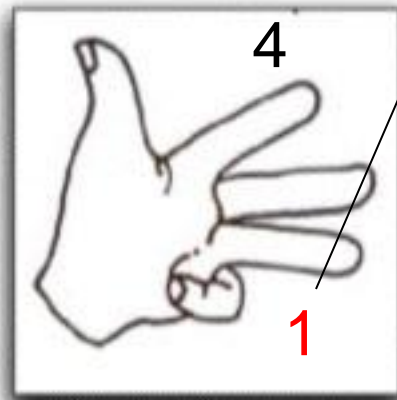


Multiplier par 9

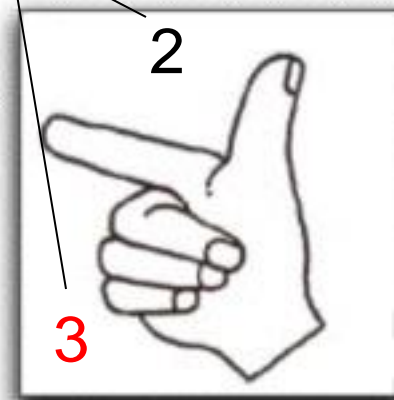


$$3 \times 9 ?$$

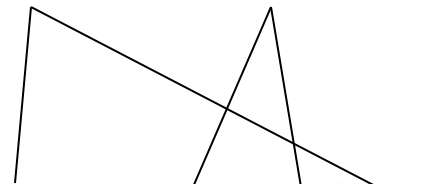
Les doigts levés
s'additionnent



Les doigts repliés
se multiplient

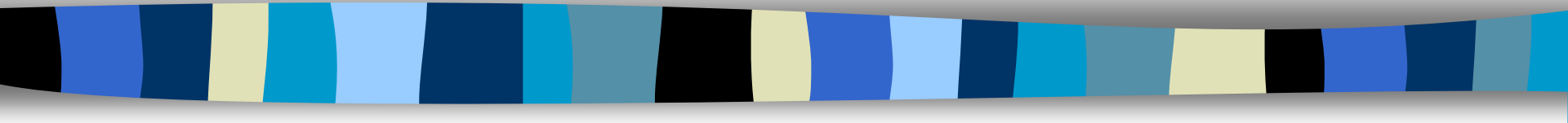


6 3

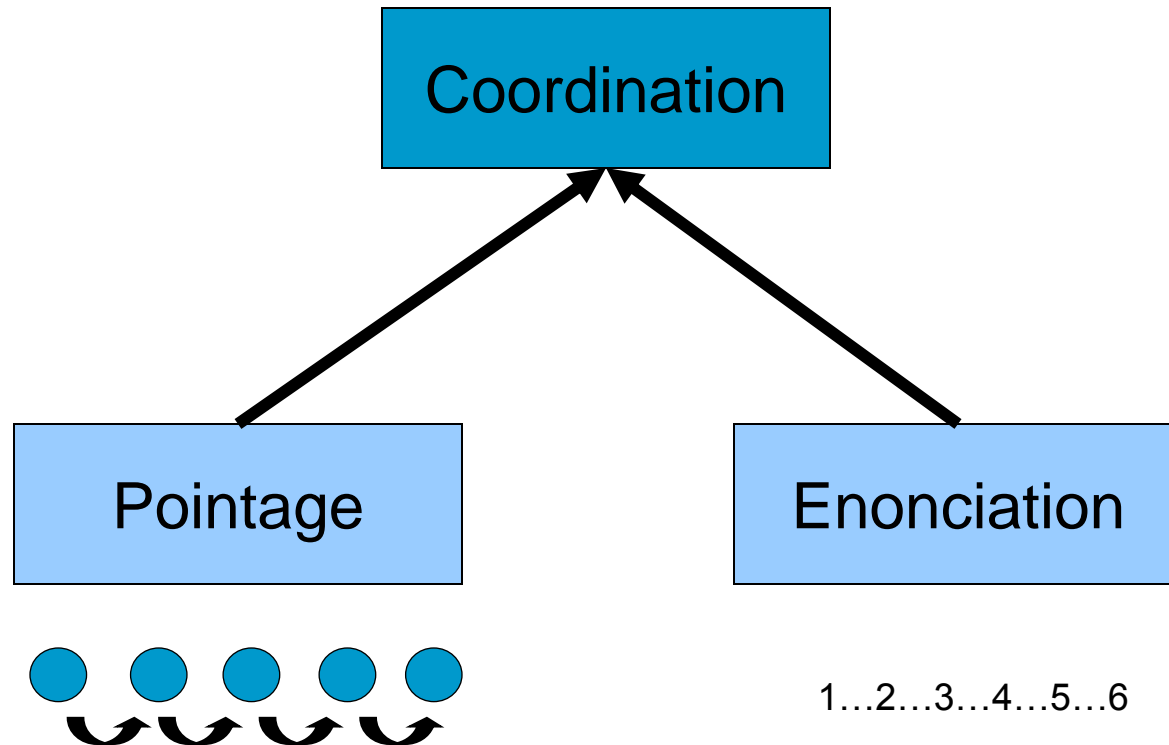


9 X 7 ?

Dénombrement et pointage

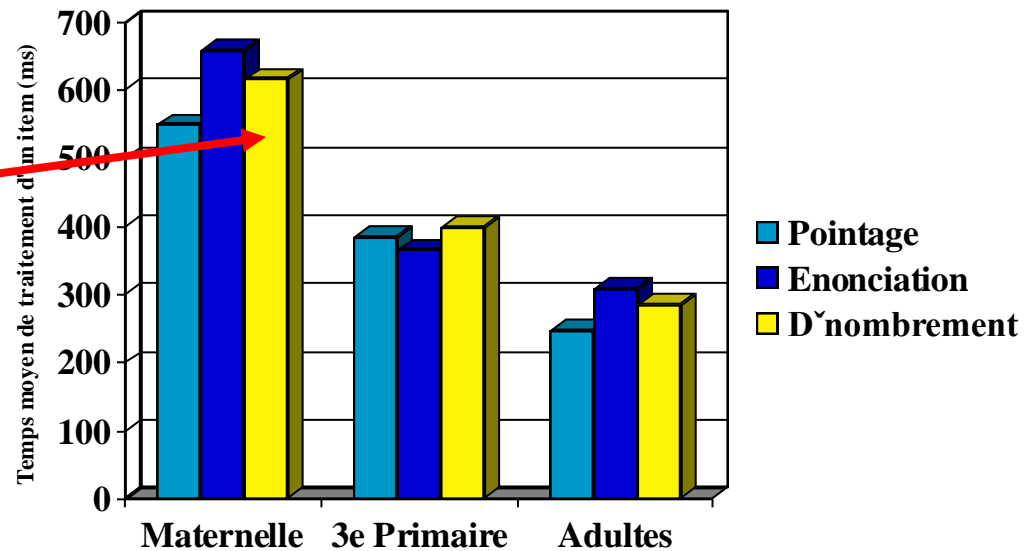


Dénombrément et pointage



Dénombrement et pointage

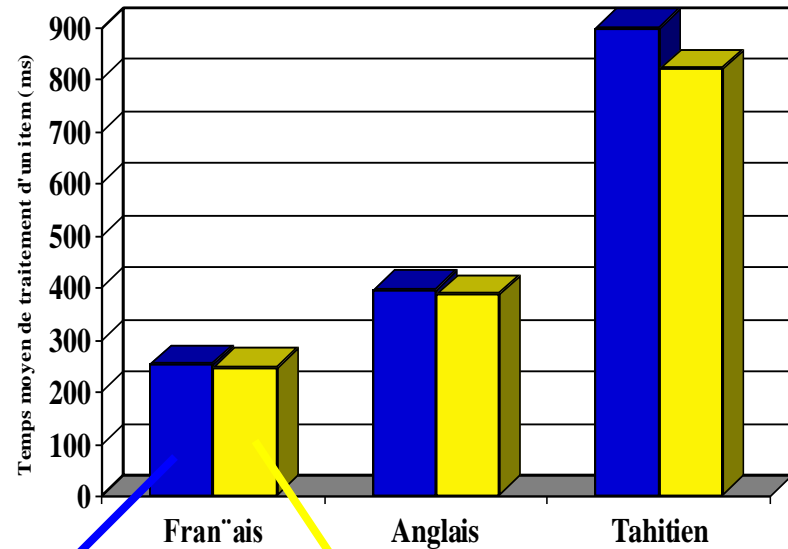
Les petits dénombrent plus vite qu'ils n'énoncent la chaîne verbale.
L'activité de pointage sert de support à la production verbale



Camos, Fayol, & Barrouillet (1999)

Dénombrement et pointage

C'est la même chose chez les adultes lorsqu'ils comptent dans une langue qu'ils connaissent mal (ici le tahitien)



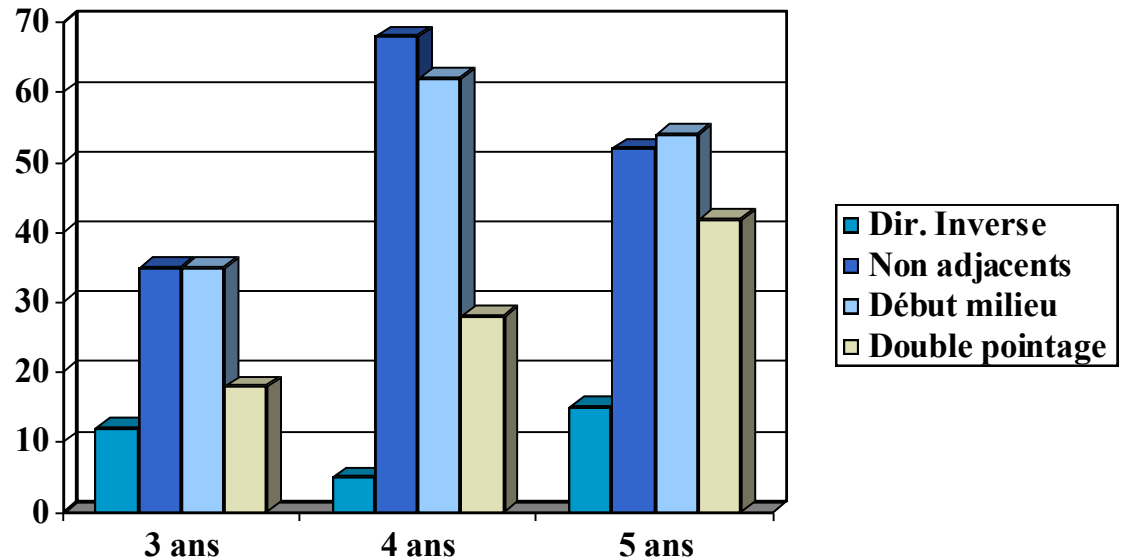
Durée de l'activité la plus lente du pointage et de l'énonciation

Durée de dénombrement d'un item

Dénombrement et pointage

Le sens accordé par les enfants aux quantités dépend étroitement des aspects moteurs et spatiaux permettant d'y parvenir

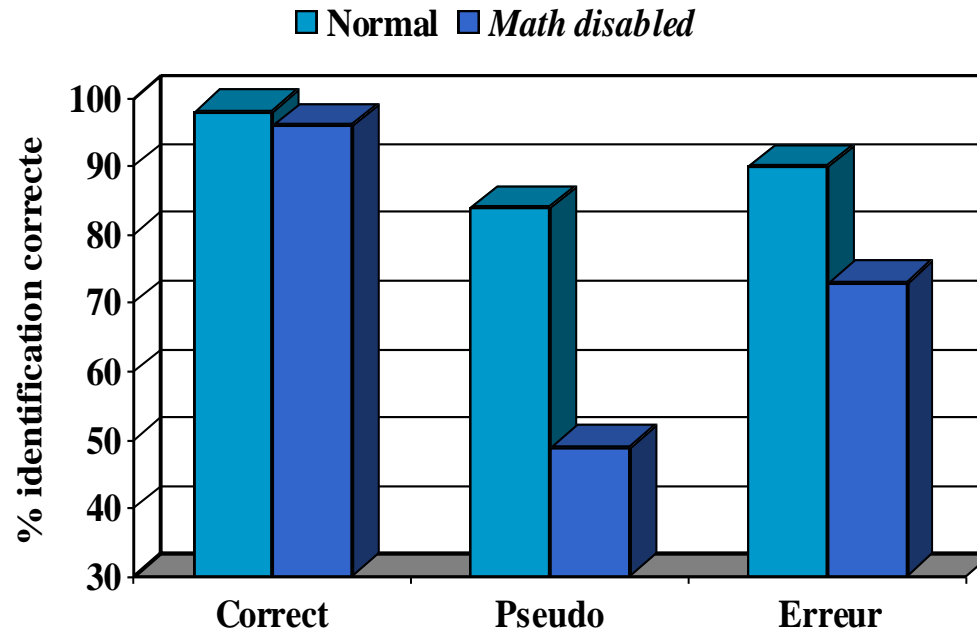
Pourcentages de rejets de procédures ne correspondant pas aux pratiques usuelles.



Briars et Siegler, 1984

Dénombrement et pointage

Les enfants en difficulté (dyscalculiques) font moins bien que les autres la différence entre les principes et les pseudo-principes du dénombrement

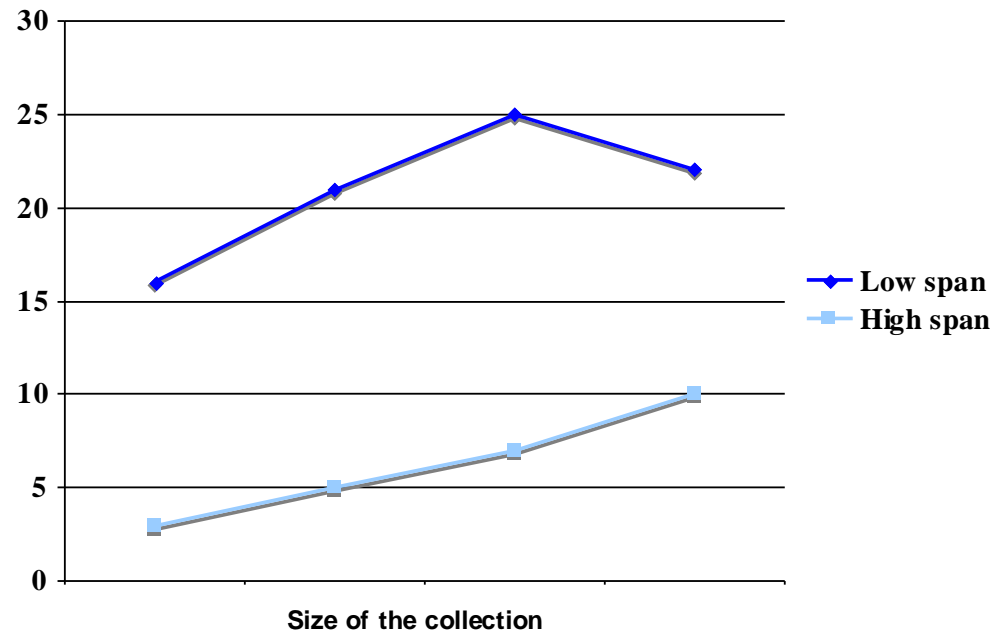


Geary, Bow-Thomas et Yao (1992)

Dénombrement et pointage

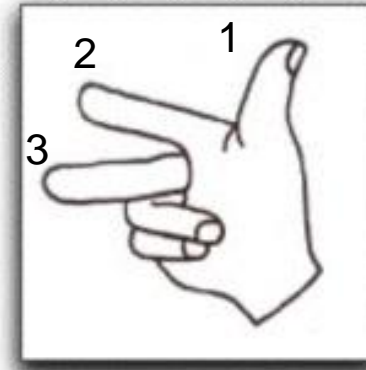
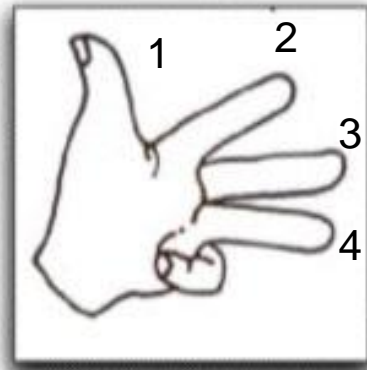
Compter avec ses yeux ou avec ses doigts ?

Les individus disposant de plus faibles capacités pointent plus souvent avec le doigt!

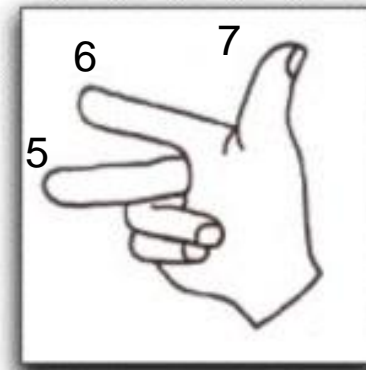
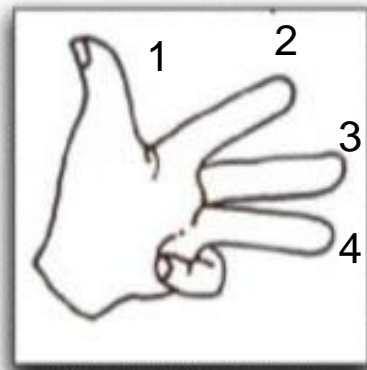


Compter sur ses doigts pour additionner et soustraire

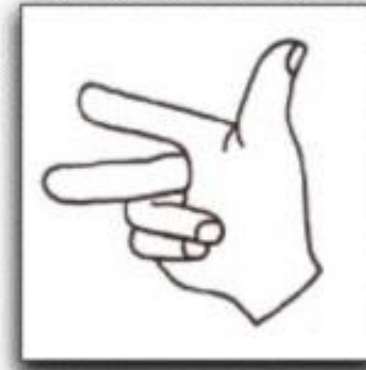
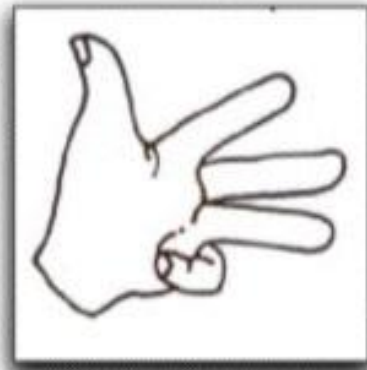
Compter sur ses doigts pour additionner et soustraire



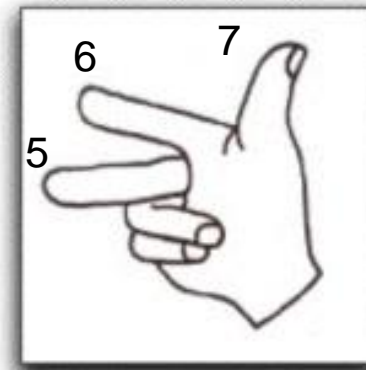
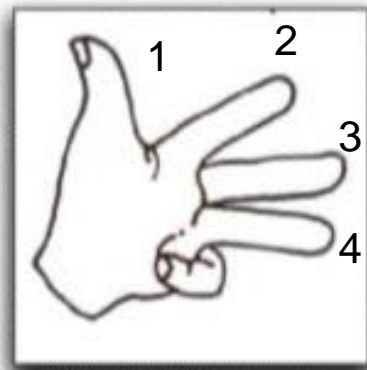
Compter tout



Compter sur ses doigts pour additionner et soustraire



Compter des
patterns de
doigts

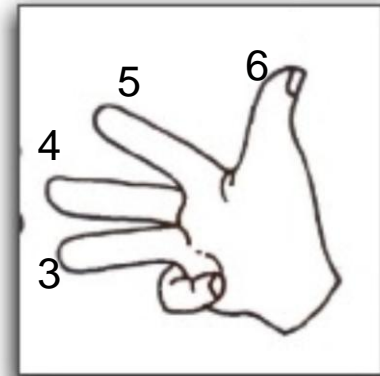


Compter sur ses doigts pour additionner et soustraire

2

4

Compter à partir du premier



Compter sur ses doigts pour additionner et soustraire

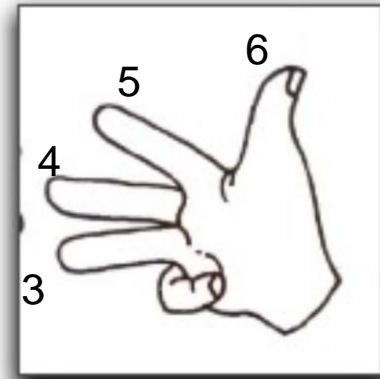
2

4

Compter à
partir du
premier



2



Compter sur ses doigts pour additionner et soustraire

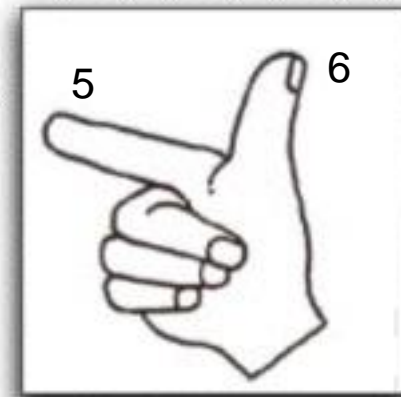
2

4

Stratégie
minimum
(Min)



4

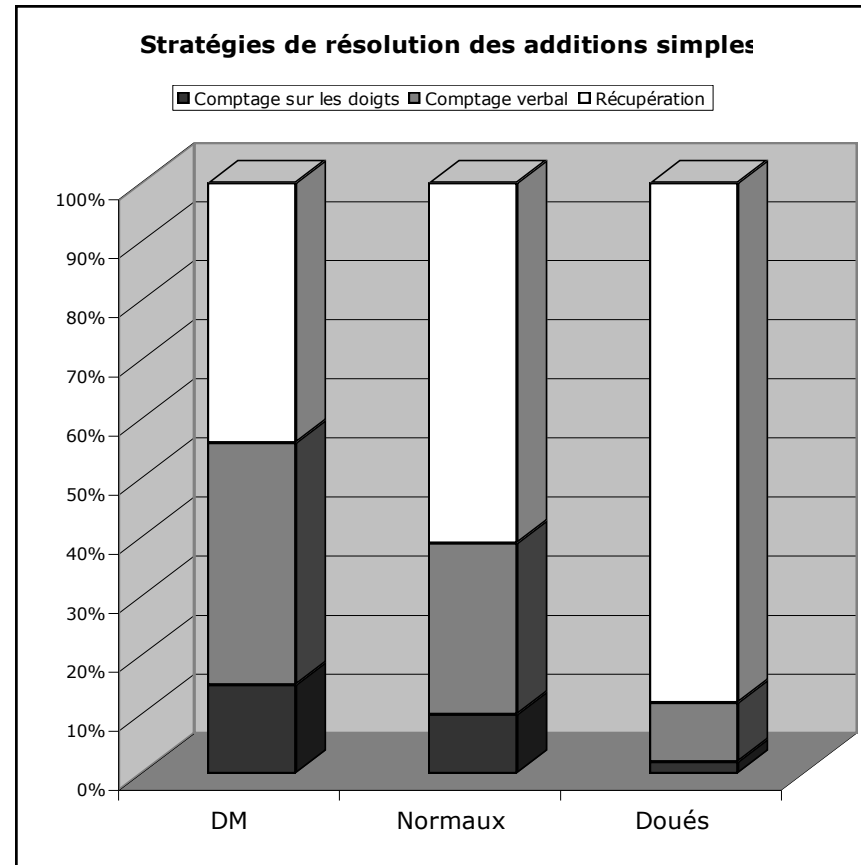


Compter sur ses doigts pour additionner et soustraire

L'intériorisation des actions

Fréquence d'utilisation des stratégies de comptage sur les doigts, de comptage verbal et de récupération directe du résultat en mémoire chez des enfants de 10 ans doués, normaux, ou en difficultés en mathématiques (DM)

Données de Geary & Brown, 1991



Compter sur ses doigts pour additionner et soustraire

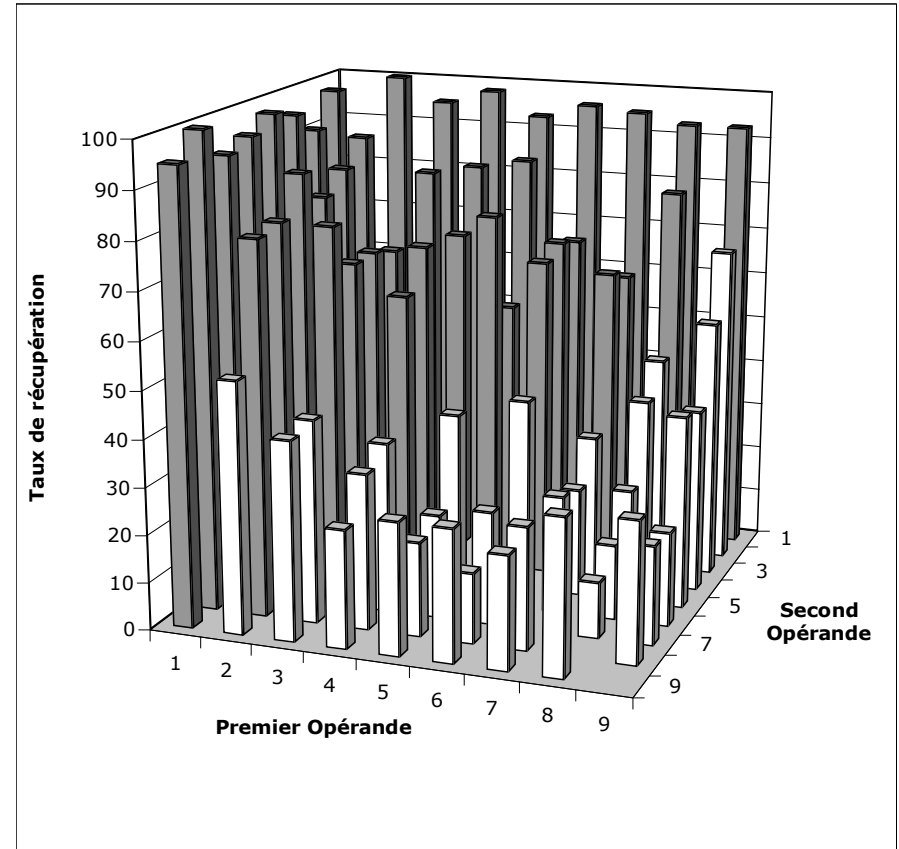
L'intériorisation (relative) des actions

Enfants de 9 et 10 ans

Utilisation de la récupération directe en mémoire pour la résolution d'additions simples en fonction de la taille du premier et du second opérande.

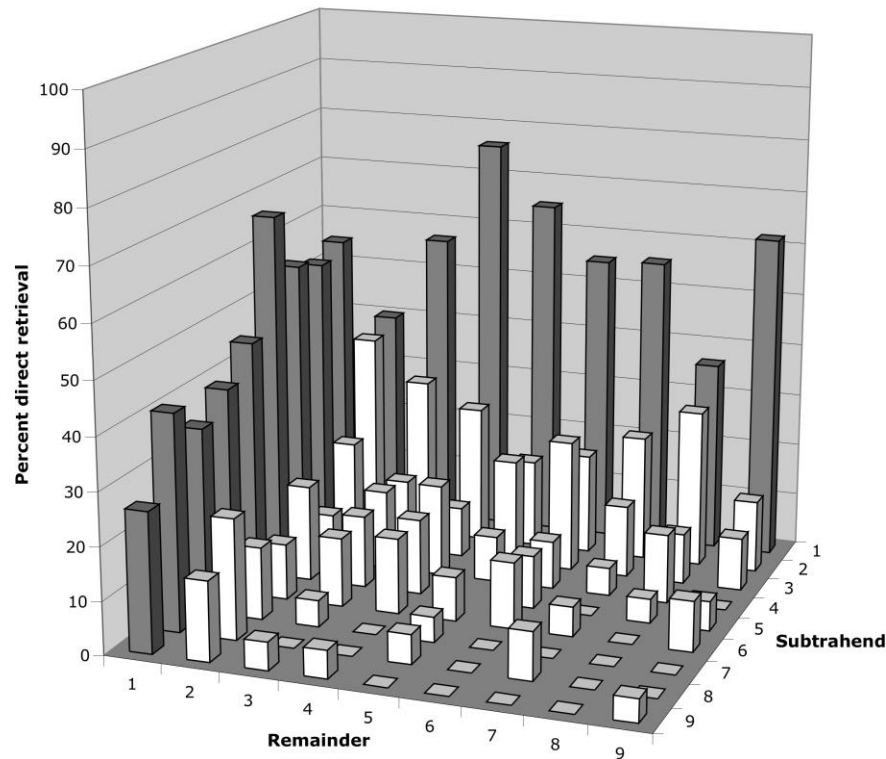
Les barres blanches correspondent aux résultats plus grands que 10.

Barrouillet et Lépine (2005).



Compter sur ses doigts pour additionner et soustraire

L'intériorisation (relative) des actions



Enfants de 9 et 10 ans

Utilisation de la récupération directe en mémoire pour la résolution de soustractions simples en fonction de la taille du nombre ôté et du reste

Seuls les résultats des soustractions

$M - N = 1$

$M - 1 = R$

sont « récupérés » en mémoire

Barrouillet, Mignon, & Thevenot (2008).

Le calcul chez l'adulte: Connaissances déclaratives et manipulations intériorisées



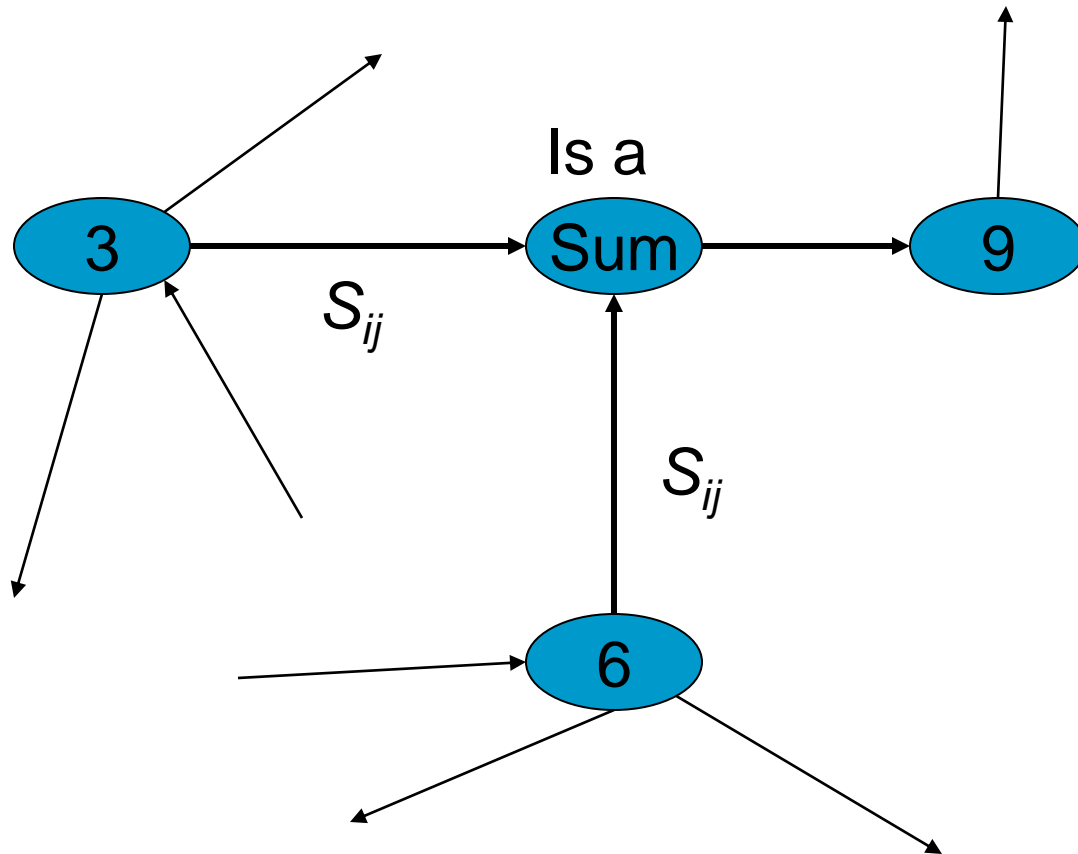
Le calcul chez l'adulte

Connaissances déclaratives et manipulations intériorisées

- Il est communément admis que les adultes récupèrent en mémoire le résultat des petites additions (et soustractions!)
- Ils disposeraient de connaissances dites déclaratives sur le résultat des opérations (« cinq plus trois, huit »)
- Ces connaissances seraient acquises par association en mémoire des problèmes et de leur résultat au travers des répétitions

Le calcul chez l'adulte

Connaissances déclaratives et manipulations intériorisées





Le calcul chez l'adulte

Connaissances déclaratives et manipulations intériorisées

- Il est communément admis que les adultes récupèrent en mémoire le résultat des petites additions (et soustractions!)
- Ils disposeraient de connaissances dites déclaratives sur le résultat des opérations (« cinq plus trois, huit »)
- Ces connaissances seraient acquises par association en mémoire des problèmes et de leur résultat au travers des répétitions
- Est-ce si sûr ??



Le calcul chez l'adulte

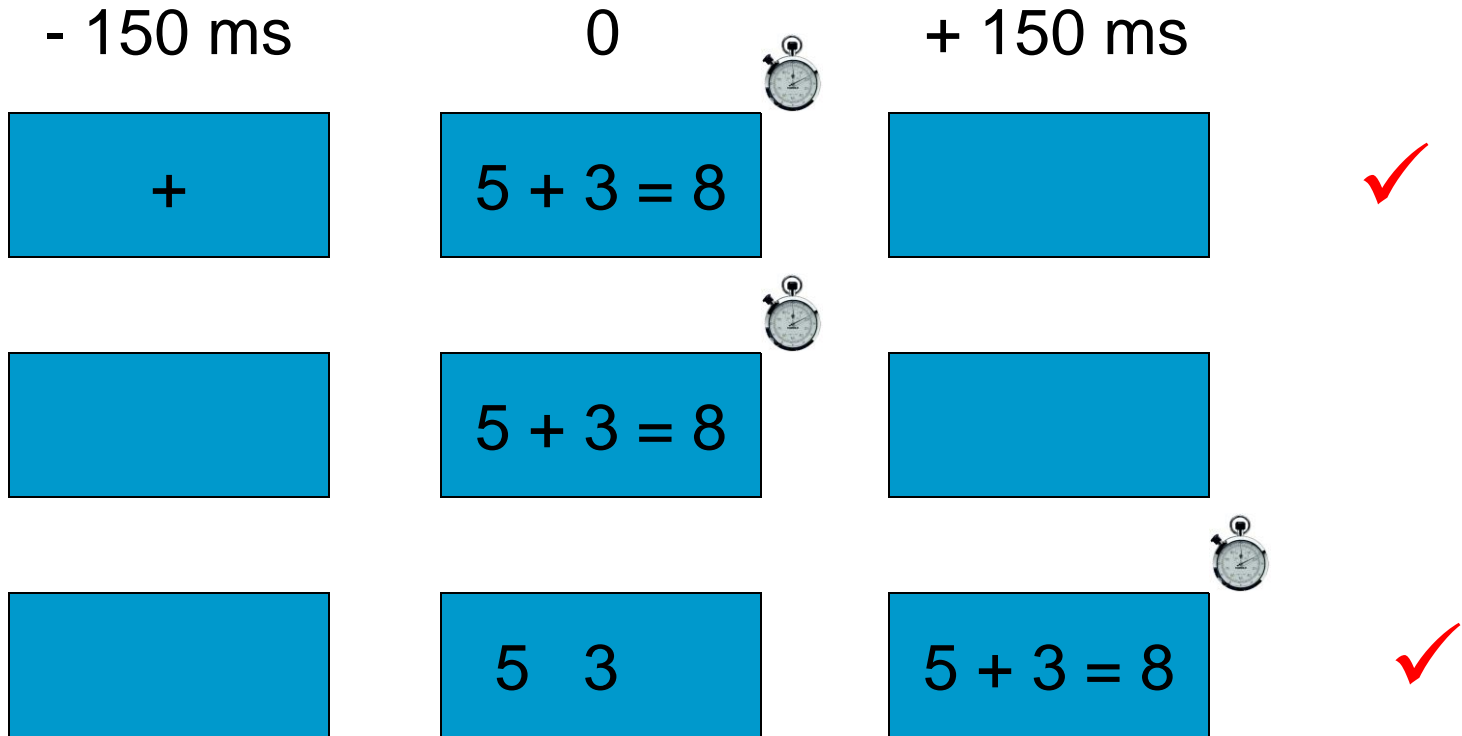
Connaissances déclaratives et manipulations intériorisées

- Une connaissance déclarative est spécifique à son contenu
- Une procédure est générale
- Si les calculs effectués par les adultes sont une intériorisation des activités antérieures, ils doivent utiliser une procédure
- Cette procédure devrait pouvoir être pré-activée par la simple présentation du signe de l'opération

- Utilisation de la différence entre + et x

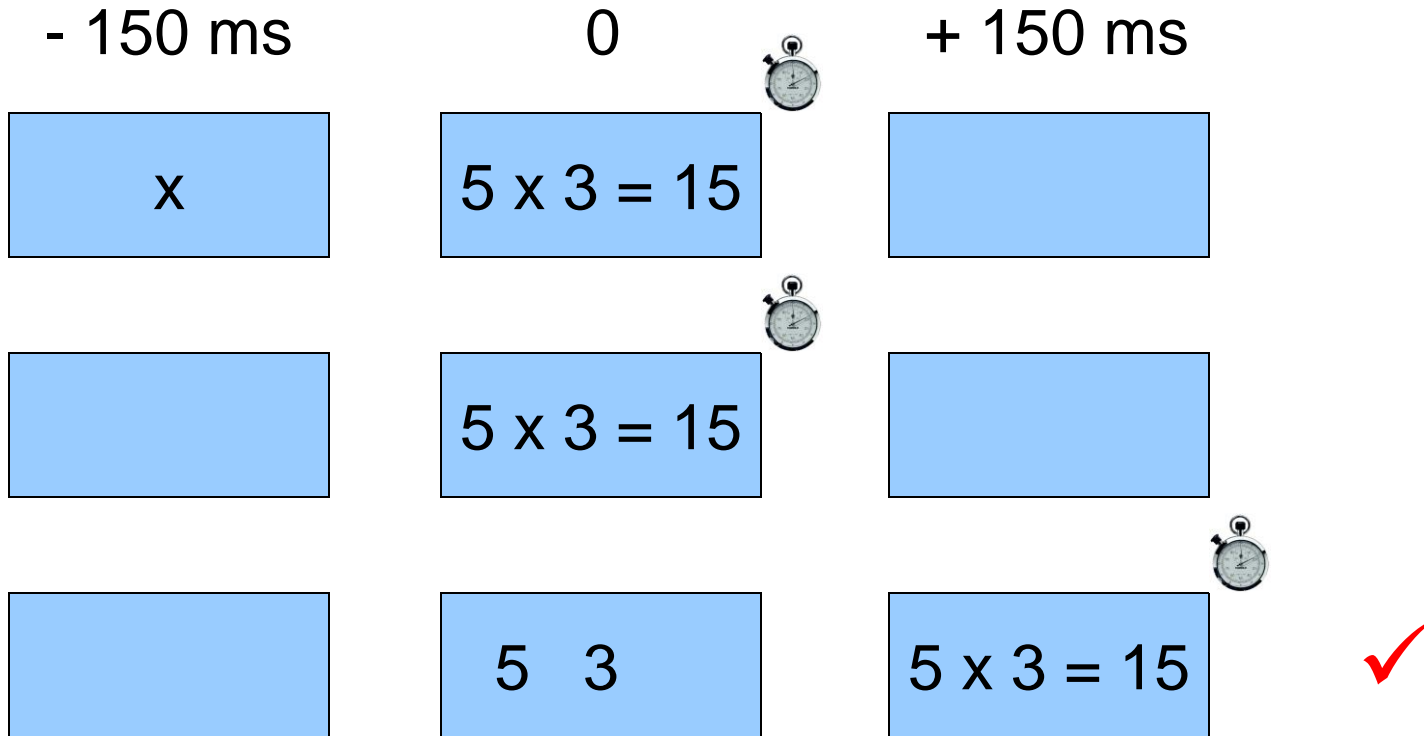
Le calcul chez l'adulte

Connaissances déclaratives et manipulations intériorisées



Le calcul chez l'adulte

Connaissances déclaratives et manipulations intériorisées



Le calcul chez l'adulte

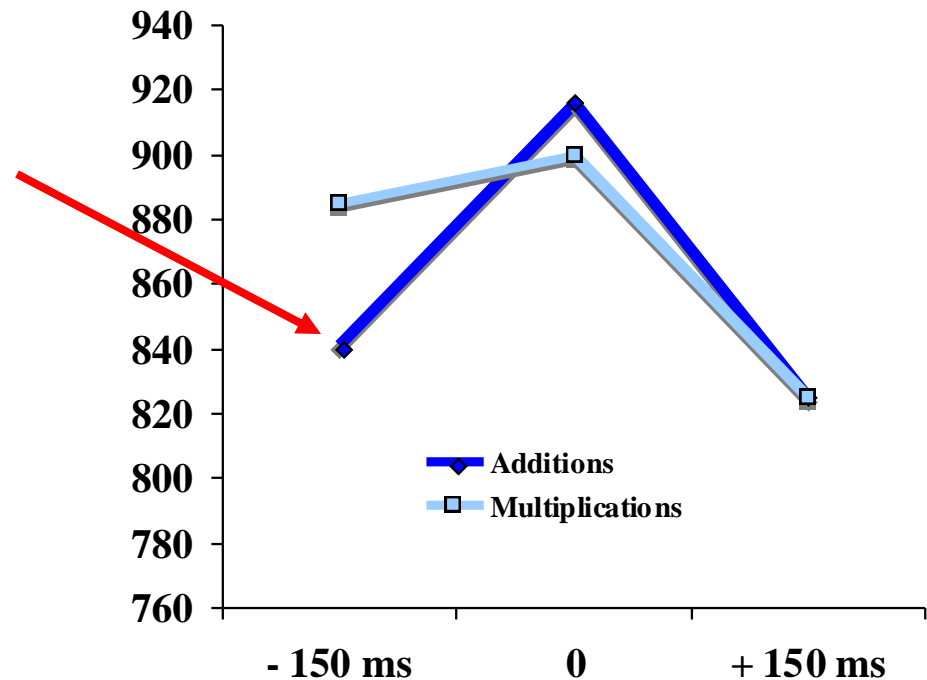
Connaissances déclaratives et manipulations intériorisées

La présentation anticipée du signe + entraîne un gain de temps alors que celle du signe x n'a pas d'effet.

Les deux opérations ne sont pas résolues de la même manière

Les + le sont par une procédure
Les x par récupération

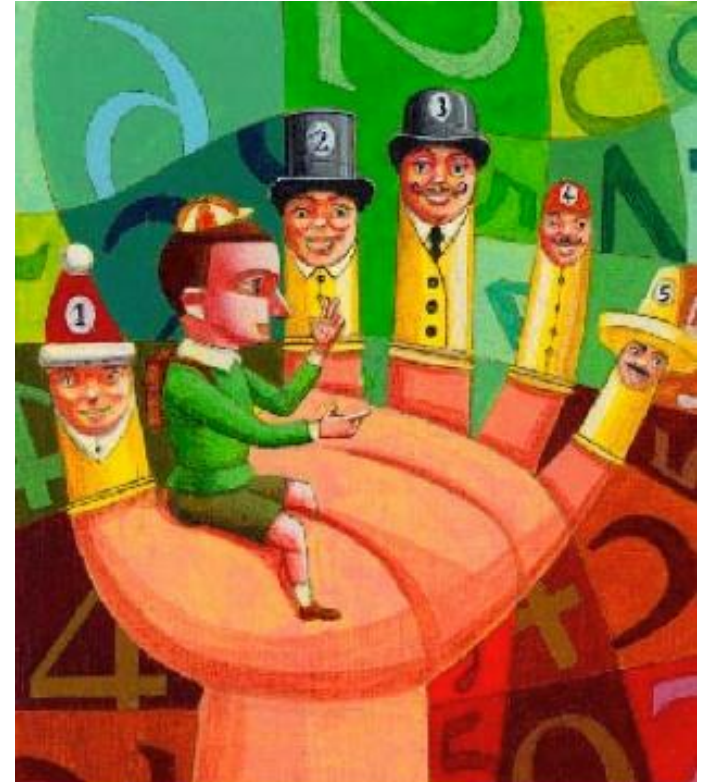
Données de Roussel, Fayol, & Barrouillet, 2002



Les doigts ne servent pas seulement de support aux calculs.

Dès notre plus jeune âge, ils nous aident à représenter les quantités.

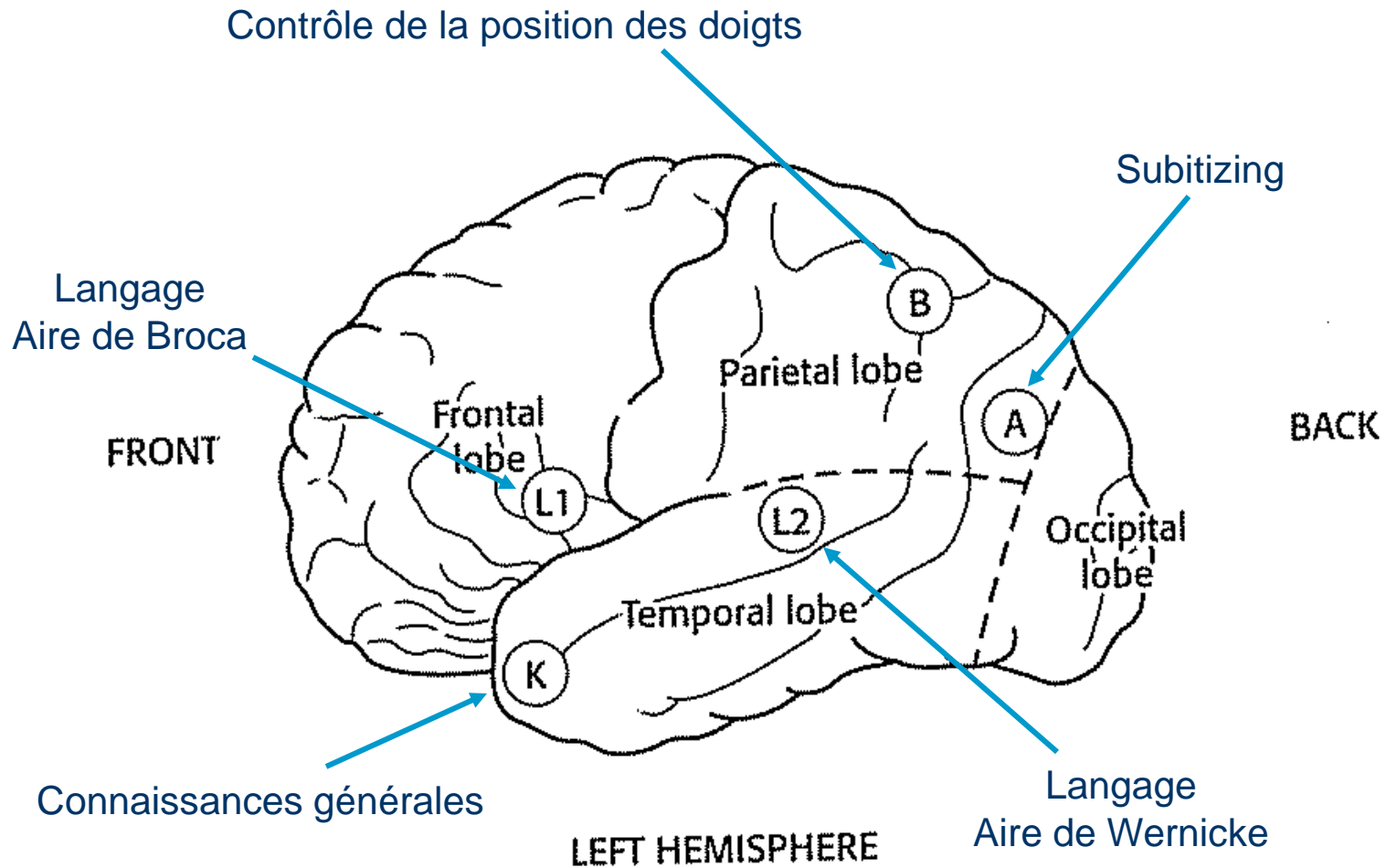
Et si la représentation que nous avons des nombres était étroitement associée à celle de nos doigts?



L'hypothèse de Butterworth

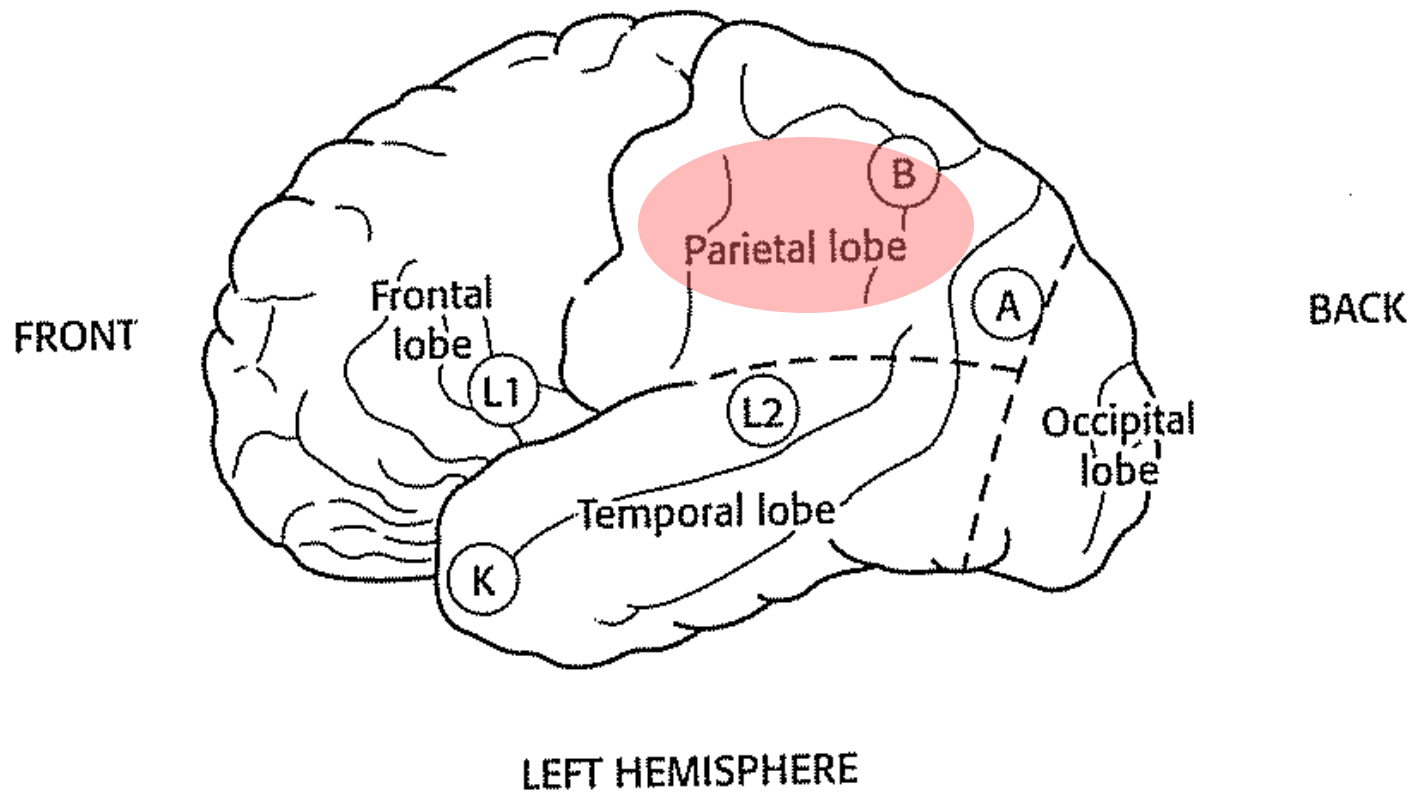
L'hypothèse de B. Butterworth

Les aires cérébrales spécialisées dans les traitements numériques



L'hypothèse de B. Butterworth

Pourquoi l'aire des nombres se trouve-t-elle dans le lobe pariétal gauche de notre cerveau ?



L'hypothèse de B. Butterworth

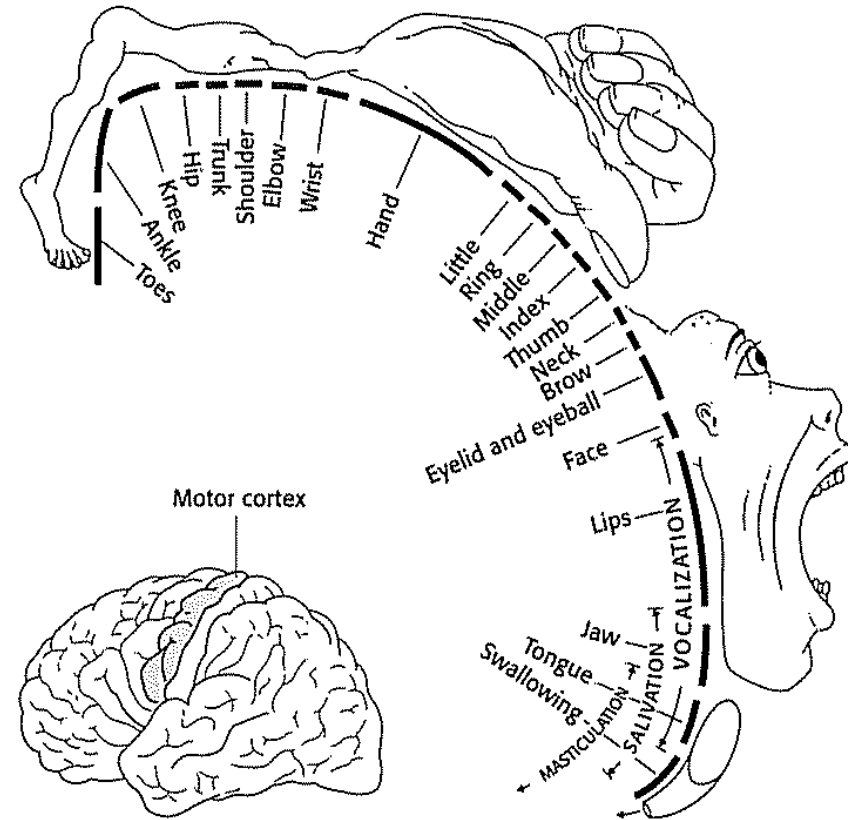


Figure 5.6 A cross-section of the left hemisphere, and the motor homunculus. A strip of cortex just in front of the central sulcus is devoted to working out how to move the muscles so as to carry out our intended actions. Many more cortical neurons are devoted to moving body parts over which we have precise, fine control, such as the fingers, than to those parts over which only broad control is needed, and indeed is mechanically possible, such as the trunk or hip. (From Penfield & Rasmussen⁴⁴)



L'hypothèse de B. Butterworth

- Les doigts jouent un rôle essentiel dans le développement du comptage et de l'arithmétique
- Les mouvements des doigts et leur position sont constamment associés à des significations numériques
- Rien d'étonnant à ce que les significations numériques soient associées aux représentations des doigts
- C'est dans le lobe pariétal que sont représentées la forme des mains et la position des doigts



L'hypothèse de B. Butterworth

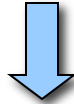
- Cela expliquerait le syndrome de Gerstmann
 - Agnosie digitale (incapacité à nommer ses doigts, à les pointer sur demande)
 - **Acalculie**
 - Désorientation droite-gauche
 - Agraphie (perte de l'habileté d'écriture)

Une mise à l'épreuve empirique

L'hypothèse de B. Butterworth

Fayol, Barrouillet, & Marinthe (1998)

5;9 ans



Tests neuropsychologiques

Simultagnosie
Sensibilité et identification des parties du corps

Gnosies digitales
Reconnaissance des doigts yeux fermés

Discrimination des doigts
Intégration visuo-motrice et sensorielle des doigts

Graphiesthésie
Reconnaître une forme tracée sur la main

Tests de développement

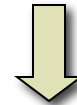
Dessin du bonhomme

Dessin d'un losange

Progressive Matrices

2ème expérience

5;9 ans et un an plus tard



Tests numériques

Ecriture des nombres

Complétion de séries

27 - 28 - ? - 29 - 30

Résolution de problèmes verbaux

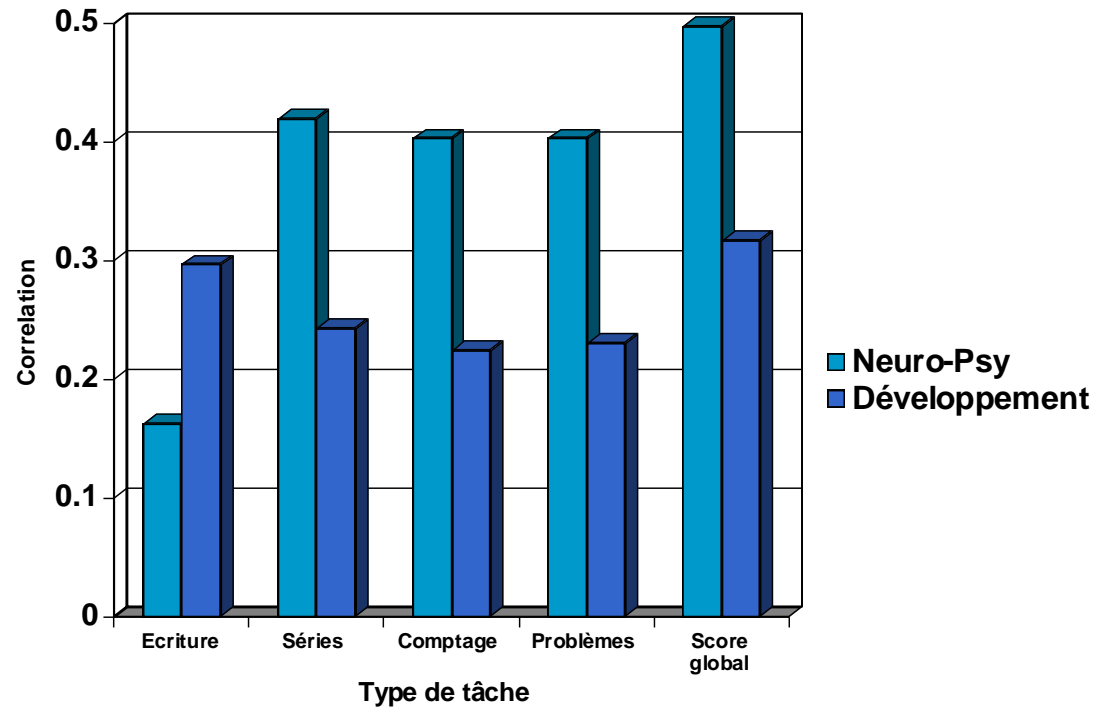
Comptage

Opérations

Pour les 1P seulement

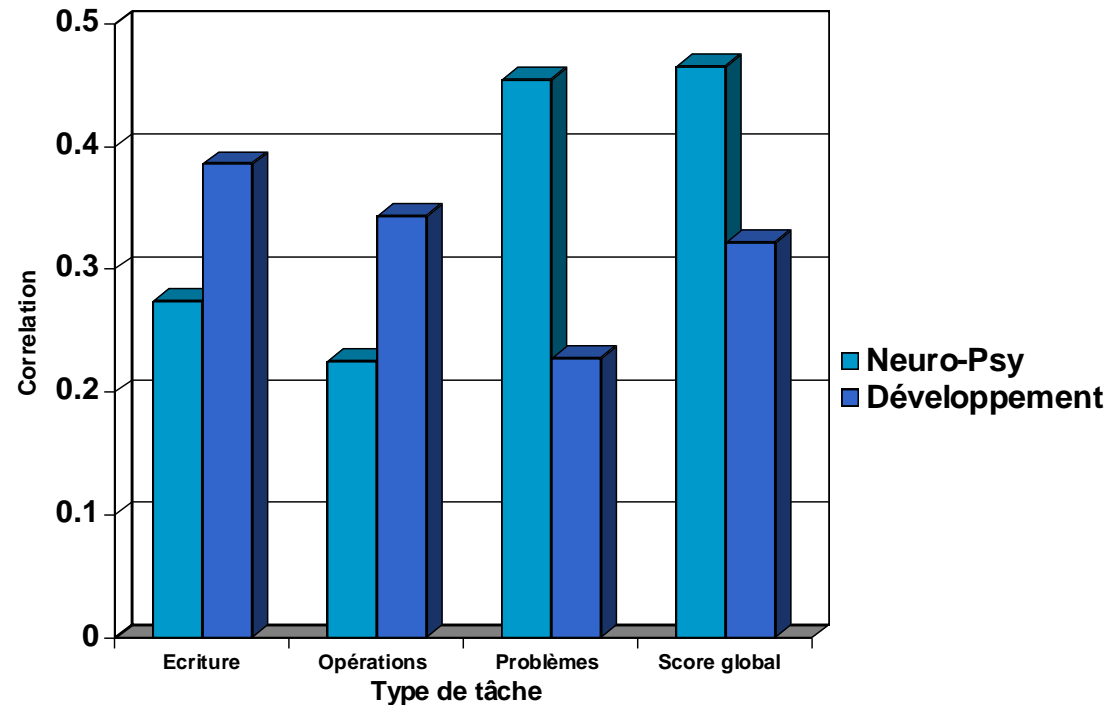
L'hypothèse de B. Butterworth

Fin de la classe
enfantine



L'hypothèse de B. Butterworth

... et un an plus tard



Les mêmes scores neuropsychologiques prédisent toujours les habiletés numériques 3 ans après (et mieux que les *Progressive Matrices* de Raven)
Données de Marinthe, Fayol, & Barrouillet (2001)



Des résultats répliqués par Marie-Pascale Noël 2005

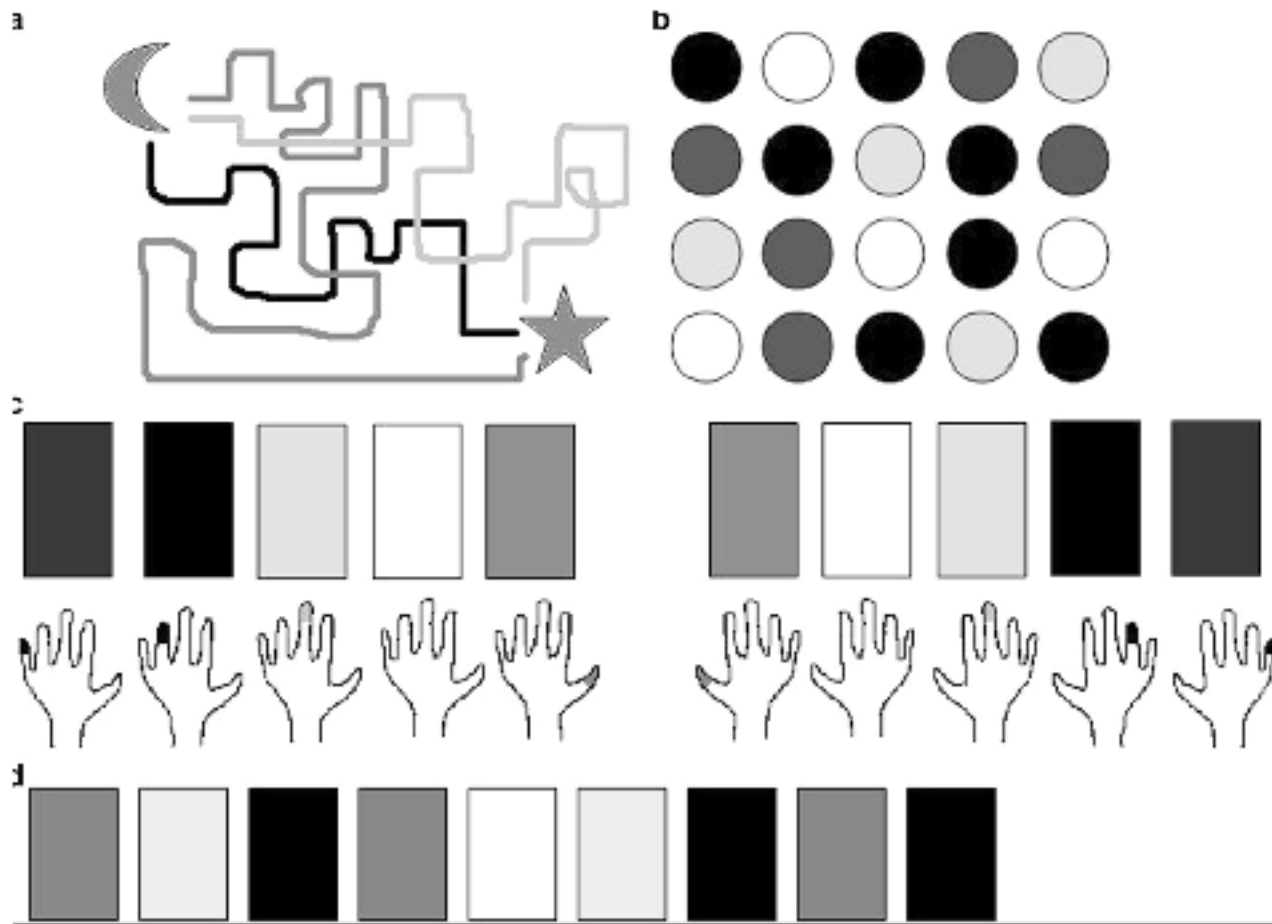
- 41 enfants de début de 1^{ère} primaire re-testés 15 mois plus tard
- Les gnosies digitales sont un meilleur prédicteur des habiletés numériques que les mesures générales de développement cognitif...
- ... mais pas des habiletés en lecture
- Mêmes conclusions pour les tests d'orientation droite-gauche
- Les gnosies digitales prédisent aussi bien les habiletés numériques reposant sur la représentation de doigts (petites additions, comptage de doigts) que celles qui en sont plus indépendantes (comparaison de collections, comparaison de chiffres, subitizing)
- Explication en termes de localisation ou de fonction?



Les effets de l'entraînement (Cracia-Bafalluy & Noël, 2008)

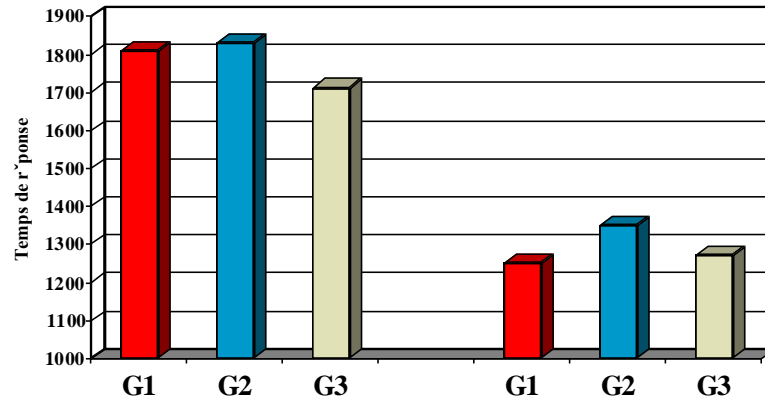
- 112 enfants de début de 1ère primaire: évaluation des gnosies digitales
- Trois groupes:
 - G1 Faible score en gnosies + entraînement gnosies digitales
 - G2 Faible score en gnosies + entraînement compréhension d'histoires
 - G3 Score élevé en gnosies
- Test / Entraînement (2 séances/semaine sur 8 semaines) / Re-test
- Habiletés numériques (comptage de doigts, subitizing, dénombrement, additions, etc.)
- L'entraînement à l'identification et la reconnaissance des doigts a-t-il un effet sur les habiletés numériques?

Les effets de l'entraînement (Cracia-Bafalluy & Noël, 2008)

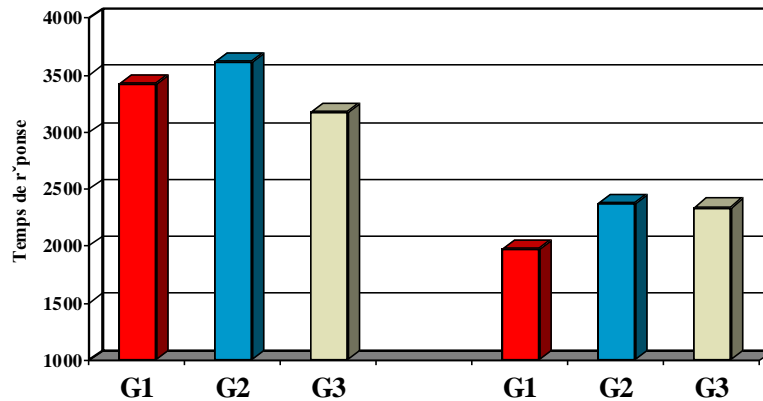


Les effets de l'entraînement (Cracia-Bafalluy & Noël, 2008)

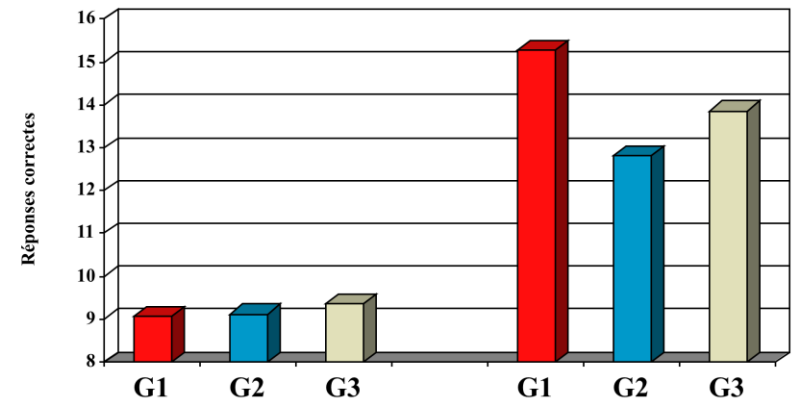
Comparaison de nombres



Comptage des doigts



Additions



Les enfants entraînés voient leurs habiletés numériques progresser plus rapidement que celles des autres !!



Conclusions

- Les aspects sensorimoteurs jouent un rôle essentiel dans notre compréhension et utilisation des nombres
- Compter sur les doigts: le socle de toutes les acquisitions ultérieures
- Chez les adultes encore se retrouvent des traces de cette histoire
- Les mathématiques sont l'un des produits les plus directs de l'esprit ...

... et du corps humain

Merci pour votre attention ...



Et à
Michel Fayol



Valérie Camos



Catherine Thevenot

