

D.U. '05



## Neurologie des aptitudes mathématiques

M. Habib

## Séméiologie des acalculies

- Henschen (1919) : « incapacité à réaliser des opérations arithmétiques suite à une lésion focale du cerveau »
- Gerstmann (1924) : lésion temporo-pariétale postérieure gauche
  - Acalculie
  - Dysgraphie
  - Indistinction droite-gauche
  - Agnosie digitale

## La contribution d'H. Hécaen

- Hécaen et al. (1961) : 3 questions principales :
  - la classification des troubles
  - La spécificité des désordres (langage?, gnosies?, intelligence?)
  - La localisation des lésions.
- 183 patients : 3 groupes
  - Acalculie agraphique ou alexique
  - Acalculie spatiale (problèmes dans les calculs écrits, inversions, etc...)
  - Anarithmie : procédures du calcul

## syndrome de Gerstmann

- acquis: lésion pariétale (gyrus angulaire) de l'hémisphère dominant => acalculie souvent associée à d'autres symptômes:
  - agraphie, désorientation G-D, agnosie digitale, apraxie constructive
- développemental (y compris dans syndrome génétique : X-fragile)
- signes repérés par Rourke chez dyscalculiques sans dyslexie associée

## Gerstmann développemental

- Kinsbourne & Warrington (1963) : syndrome de Gerstmann développemental
  - le plus souvent incomplets,
  - en majorité lésions précoces
  - Ecart QIP/QIV > 15 points aux dépens du QIP
- Nelson & Warrington (1974)
  - Faiblesse significative du QIP
  - Altération codes, arrangement et empan
  - + retard significatif en orthographe et en calcul

## A pure case of Gerstmann syndrome with a subangular lesion

Eugene Mayer,<sup>1</sup> Marie-Dominique Martory,<sup>1</sup> Alan J. Pegna,<sup>1</sup> Theodor Landis,<sup>2</sup> Jacqueline Delavelle<sup>3</sup> and Jean-Marie Annoni<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Neuropsychology Unit, <sup>2</sup>Neurology Clinic and <sup>3</sup>Neuroradiology Unit, Department of Radiology, Geneva University Hospital, Switzerland

Correspondence to: Eugene Mayer, Neuropsychology Unit, Neurology Clinic, Geneva University Hospital, 1211 Geneva 14, Switzerland.  
E-mail: euma@diogenes.hcuge.ch

### Summary

The four symptoms composing Gerstmann's syndrome were postulated to result from a common cognitive denominator (Grundstörung) by Gerstmann himself. He suggested that it is a disorder of the body schema restricted to the hand and fingers. The existence of a Grundstörung has since been contested. Here we suggest that a common psychoneurological factor does exist, but should be related to transformations of mental images rather than to the body schema. A patient (H.P.) was studied, who presented the four symptoms of Gerstmann's syndrome in the absence of any other neuropsychological disorders. MRI showed a focal ischaemic lesion, situated subcortically in the inferior part of the left angular gyrus and reaching the superior posterior region of T1. The cortical layers were spared and the lesion was seen to extend to the

callosal fibres. On the basis of an extensive cognitive investigation, language, praxis, memory and intelligence disorders were excluded. The four remaining symptoms (finger agnosia, agraphia, right-left disorientation and dyscalculia) were investigated thoroughly with the aim of determining any characteristics that they might share. Detailed analyses of the tetrad showed that the impairment was consistently attributable to disorders of a spatial nature. Furthermore, cognitive tests necessitating mental rotation were equally shown to be impaired, confirming the essentially visuospatial origin of the disturbance. In the light of this report, the common cognitive denominator is hypothesized to be an impairment in mental manipulation of images and not in body schema.

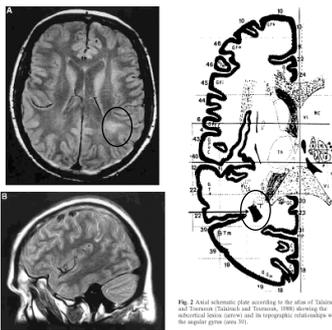


Fig. 2 Axial schematic plane according to the atlas of Tolhurst and Damasio (Tolhurst and Damasio, 1988) showing the subcortical lesion (arrow) and its topographic relationship with the angular gyrus (see text).

## Hypothèse neurobiologique

- Dysgraphie
  - Désorientation G-D
  - Agnosie digitale
  - (dyspraxie)
  - acalculie
- } Syndrome de Gerstmann

### Travaux de Marinthe, Fayol et Barrouillet

- **Procédure**
  - Test des gnosies digitales chez 189 enfants de 5;9 ans
  - Test numérique un an plus tard
- **Résultat:**
  - corrélation de 0,46 entre gnosies digitales et performances numériques

### Travaux de Marinthe, Fayol et Barrouillet

- **Trois ans plus tard**
  - Test d'intelligence non-verbale (PM47)
  - Résultats scolaires en calcul et français
- **Résultats**
  - Le score numérique est mieux prédit par la mesure de gnosie prise 3 ans auparavant que par les scores aux PM47
  - L'inverse est vrai pour les scores en français

### tâches numériques

- **comparaisons:** de chiffres, de collections (1 à 9)
- **calculs:** petites additions:  $2+2$  à  $9+9$
- **transcodage:** écriture de NA sous dictée (1 à 3 chiffres)
- **subitizing:** flash de 2 à 8 points pendant 200 ms
- **dénombrement de doigts:** patterns canoniques ou non

#### patterns canoniques



#### patterns non canoniques



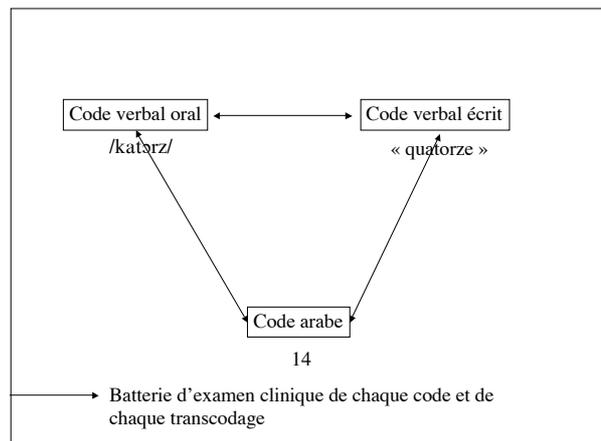
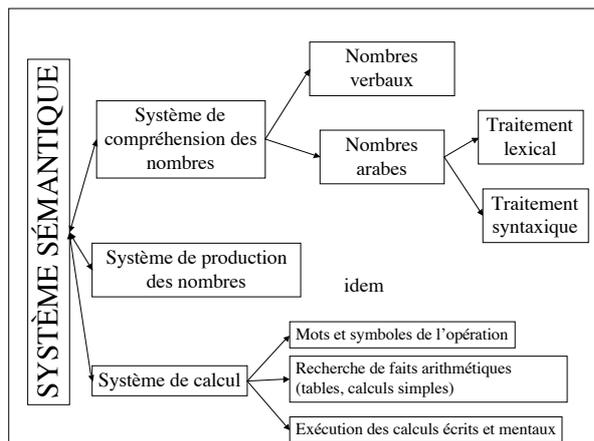
### Résultats: erreurs

	gnosie	G-D
Compar collect.	-.38**	
Compar NA		-.49**
Subitizing (rang)	.33*	
Transcodage	-.38**	-.47**
Additions	-.36**	
Dénomb. doigts	-.38**	

### A la recherche d'un modèle neuropsychologique

- Warrington (1982) : 1 patient : déficit limité aux faits arithmétiques (calculs simples)
- Ferro & Botelho (1980) : 2 patients pb compréhension des symboles des opérations
- Deloche et Seron (1983) : difficultés de patients aphasiques dans les codes numériques verbaux et arabes

→ Modèle général de Mc Closkey



## S. Dehaene : les bases cérébrales de l'intuition numérique

- **Acalculie après lésion cérébrale**
  - un homme de 60 ans (AVC pariétal droit) : difficulté majeure dans les soustractions :  $3-1=?$  : 7
  - À l'oral comme à l'écrit, en production ou en choix multiple
  - Idem pour tests de comparaisons : 6 est plus petit que 5; le nombre qui tombe entre 2 et  $4=6$
- **Imagerie fonctionnelle : IRMf**
  - Problèmes d'approximation :  $2+1=4$  ou 9?
  - Problèmes de calcul exact :  $2+1=3$  ou 5?

### CEREBRAL PATHWAYS FOR CALCULATION: DOUBLE DISSOCIATION BETWEEN ROTE VERBAL AND QUANTITATIVE KNOWLEDGE OF ARITHMETIC

Cortex, (1997) 33, 219-250

Stanislas Dehaene<sup>1</sup> and Laurent Cohen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>INSERM, CNRS and EHESS, Laboratoire de Sciences Cognitives et Psycholinguistique, Paris, France; <sup>2</sup>Service de Neurologie, Hôpital de la Salpêtrière, Paris, France

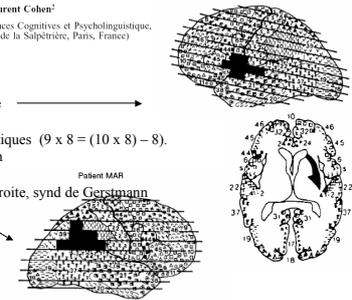
#### 2 cas « d'anarithmie »

Cas 1 : lésion sous corticale gauche

- empan 4/3
- déficit dans les faits arithmétiques ( $9 \times 8 = (10 \times 8) - 8$ ).
- 10% d'erreurs en soustraction

Cas 2 : lésion pariétale inférieure droite, synd de Gerstmann (gaucher)

- empan 5/2
- 40% erreurs en multiplications
- 70% erreurs en soustractions



Ce1 : a left subcortical network contributes to the storage and retrieval of rote verbal arithmetic facts, while a bilateral inferior parietal network is dedicated to the mental manipulation of numerical quantities.

### Approximate quantities and exact number words: dissociable systems

Cathy Lemer<sup>a,\*</sup>, Stanislas Dehaene<sup>a</sup>, Elizabeth Spelke<sup>b</sup>, Laurent Cohen<sup>a,c</sup>

<sup>a</sup>INSERM U562, "Neuroimagerie Cognitive" Service Hospitalier Frédéric Joliot, CEADRM/DSV,

4 Place du General Leclerc, 91401 Orsay Cedex, France

<sup>b</sup>Department of Psychology, Harvard University, Cambridge, MA, USA

<sup>c</sup>Service de Neurologie 1, Clinique Paul Castaigne, Hôpital de la Salpêtrière, Paris, France

Neuropsychologia 41 (2003) 1942–1958

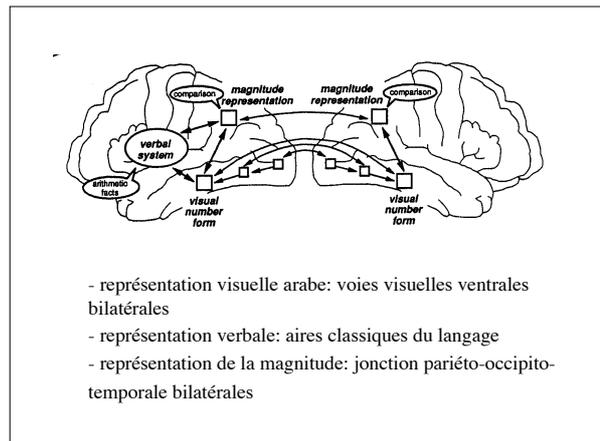
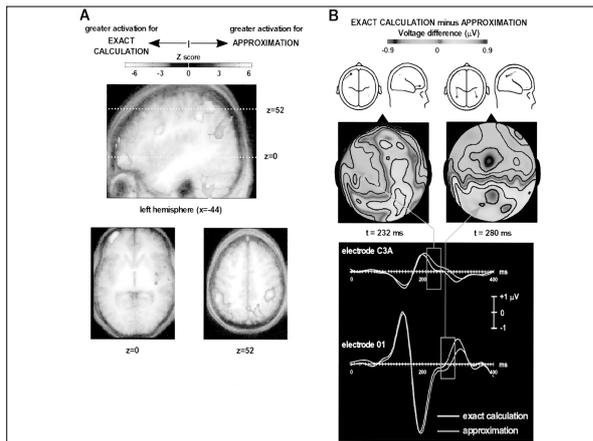
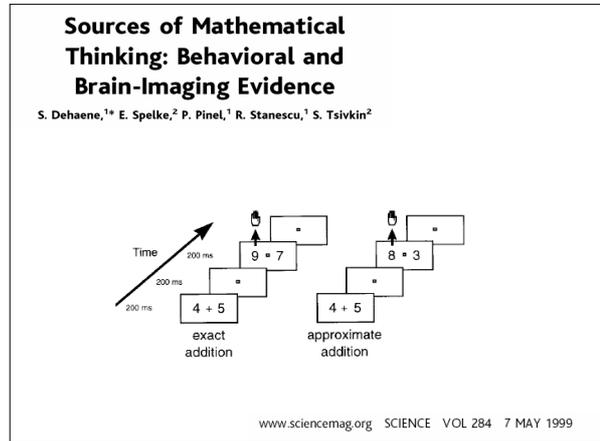
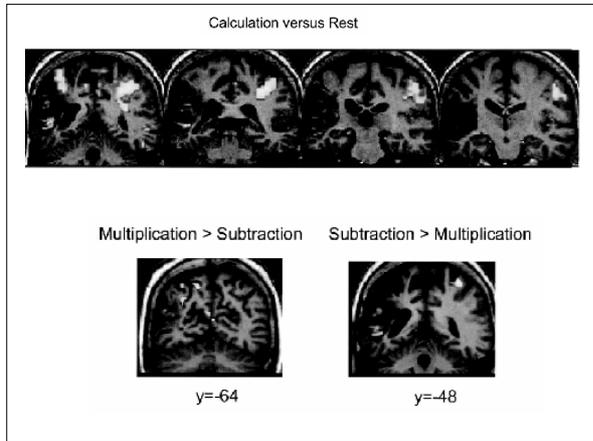
Right hemisphere	Left hemisphere	
		<b>1) Déficit du 'système verbal'</b> Déficit multiplication > soustraction Approximations ; intactes Normalité du traitement des numérosités non symboliques
		<b>2) Déficit du système des 'quantités'</b> Déficit soustraction > multiplication Approximations ; sévèrement ralenties Altération associée de subitizing et tâches de comparaisons numériques

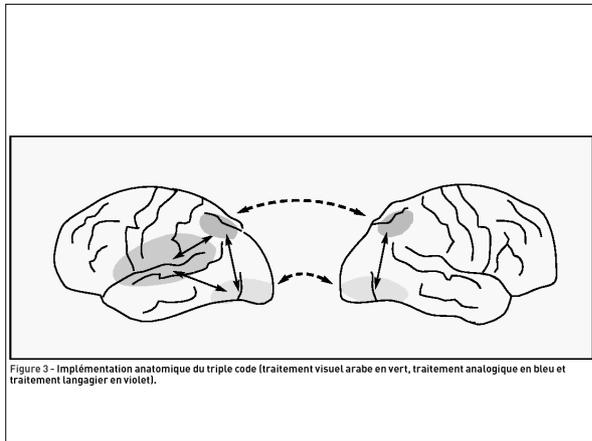
PERGAMON NeuroPsychologia 41 (2003) 1942–1958 www.elsevier.com/locate/neuropsychologia

Language and calculation within the parietal lobe: a combined cognitive, anatomical and fMRI study

L. Cohen<sup>a,\*</sup>, S. Dehaene<sup>a</sup>, F. Chochon<sup>a</sup>, S. Lehéricy<sup>a</sup>, L. Naccache<sup>b</sup>

**Lésion périsylvienne gauche : aphasie verbale multipl et divis**  
**acalulie (préserv manipul des quantités)**





### Neuroanatomical Substrates of Arabic Number Processing, Numerical Comparison, and Simple Addition: A PET Study

Mauro Pesenti, Marc Thioux, Xavier Seron, and Anne De Volder  
Université Catholique de Louvain, Belgium

**Orientation judgment on numerical stimuli**

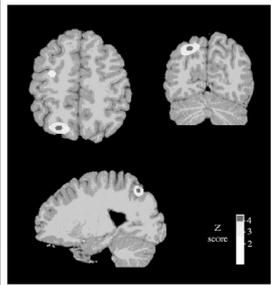
screen 1	screen 2	third digit same orientation as pair?
3 2	3 2	4
		Yes - No ?
500 msec		verbal response

**Comparison**

screen 1	screen 2	third digit larger than the larger of pair?
3 2	3 2	4
		Yes - No ?
500 msec		verbal response

Comparison moins orientation =  
Activation par. Sup. gauche

*Journal of Cognitive Neuroscience* 12:3, pp. 461-479



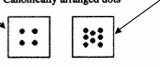
NeuroImage 15, 435-446 (2002)  
doi:10.1006/ning.2001.0980, available online at <http://www.idealibrary.com> on **IDEAL**®

### Are Subitizing and Counting Implemented as Separate or Functionally Overlapping Processes?

Manuela Piazza,<sup>1</sup> Andrea Mechelli,<sup>2</sup> Brian Butterworth,<sup>1</sup> and Cathy J. Price<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Institute of Cognitive Neuroscience, London, United Kingdom, and <sup>2</sup>Wellcome Department of Cognitive Neurology, London, United Kingdom

1 à 4 : subitizing      5 - 8 : comptage

Canonically arranged dots



Randomly arranged dots

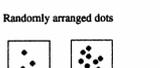
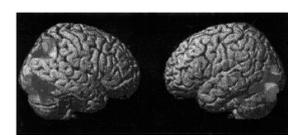



FIG. 1. Examples of canonical and random arrangements of dots presented for quantification, for numerosity 4 and 8.

Pas de séparation des deux processus

Neuron, Vol. 37, 719-725, February 20, 2003, Copyright ©2003 by Cell Press

### A Supramodal Number Representation in Human Intraparietal Cortex

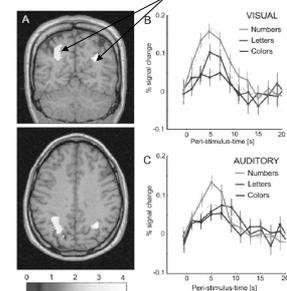
Evelyn Egger,<sup>1</sup> Philippe Sterzer, Michael G. Rhein, Anne-Lise Giroux, and Andreas Klimesch<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Cognitive Neurology Unit, Department of Neurology, Johann-Wolfgang-Goethe University, Frankfurt a.M., Germany

Question : y a-t-il une activation automatique (implicite) de la représentation des quantités?

Zone activée en commun par les chiffres vus ET entendus

MODALITY	visual	numbers	letters	colors
	auditory	"Two"	"Be"	"Red"

On présente au sujet chiffres, lettres ou couleurs sous une des deux modalités, il doit appuyer le plus vite possible sur une touche pour une cible donnée (chiffre, lettre ou couleur)



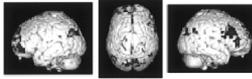
## Understanding dissociations in dyscalculia A brain imaging study of the impact of number size on the cerebral networks for exact and approximate calculation

Ruxandra Stancescu-Cosson,<sup>1</sup> Philippe Pinel,<sup>1</sup> Pierre-François van de Moortele,<sup>1</sup> Denis Le Bihan,<sup>1</sup> Laurent Cohen,<sup>1,2</sup> and Stanislas Dehaene<sup>1</sup>

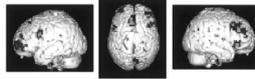
<sup>1</sup>INSERM U1254, Service Hospitalier Frédéric Joliot, CEA/DSM, Orsay and <sup>2</sup>Service de Neurologie 1, Hôpital de la Salpêtrière, Paris, France

Correspondence to: Stanislas Dehaene, Unité INSERM 314, Service Hospitalier Frédéric Joliot, CEA/DSM, 4 Place du Général Leclerc, 91401 Orsay cedex, France  
E-mail: dehaene@shj.cea.fr

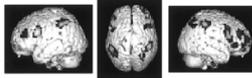
### Exact calculation, small problems



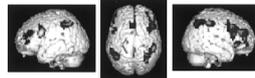
### Exact calculation, large problems



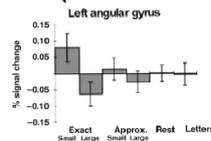
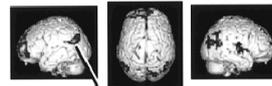
### Approximation, small problems



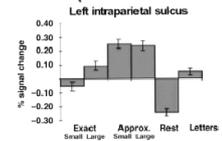
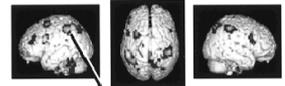
### Approximation, large problems



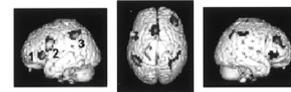
### Exact > Approximate



### Approximate > Exact

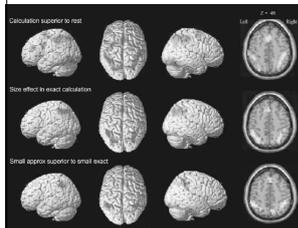


### Problem size effect in exact calculation

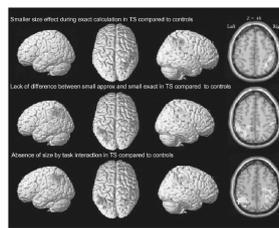


## Functional and Structural Alterations of the Intraparietal Sulcus in a Developmental Dyscalculia of Genetic Origin

Nicolas Molko,<sup>1\*</sup> Arnaud Cachia,<sup>2,3</sup> Denis Rivière,<sup>2</sup> Jean-François Mangin,<sup>2</sup> Marie Bouvard,<sup>4</sup> Denis Le Bihan,<sup>2</sup> Laurent Cohen,<sup>1</sup> and Stanislas Dehaene<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>INSERM U 562

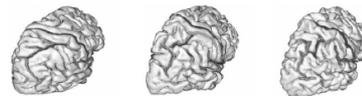


témoins



Syndrome de Turner  
(X seul, 1F / 2500)

### Normal variability of the right IPS in three controls



Témoins variations normales IPS

### Unusual interruption of the horizontal portion of the right IPS in three TS subjects



S de Turner : Interruptions anormales

### Abnormal shape and segmentation of the right IPS in three TS subjects



S. De Turner : Anomalies de direction et ou branches

