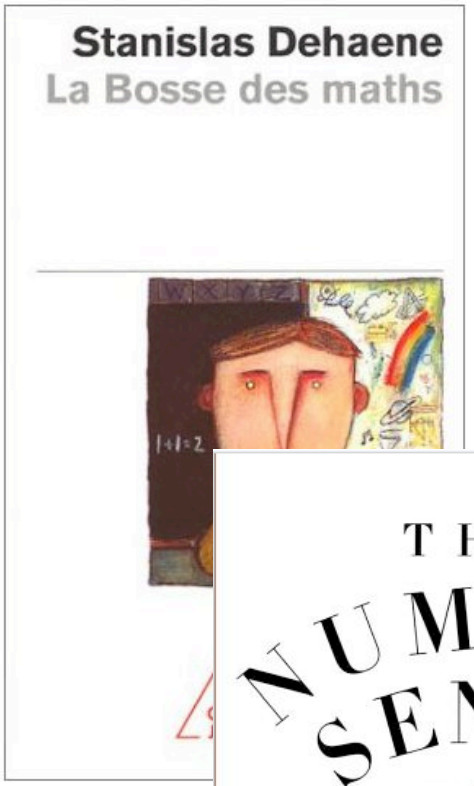
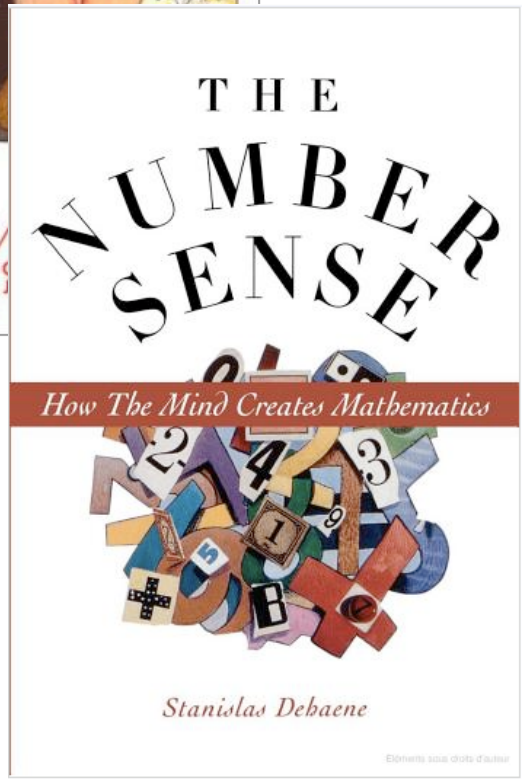
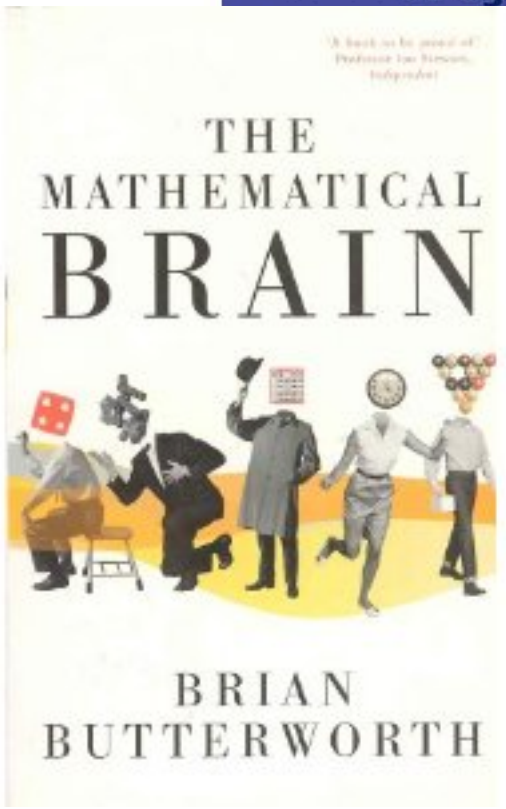
Dyscalculie mars 2016

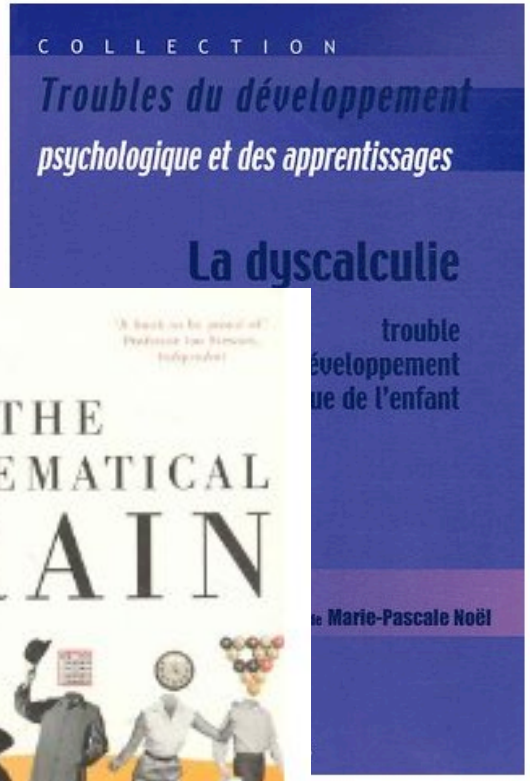
Neurologie des aptitudes mathématiques

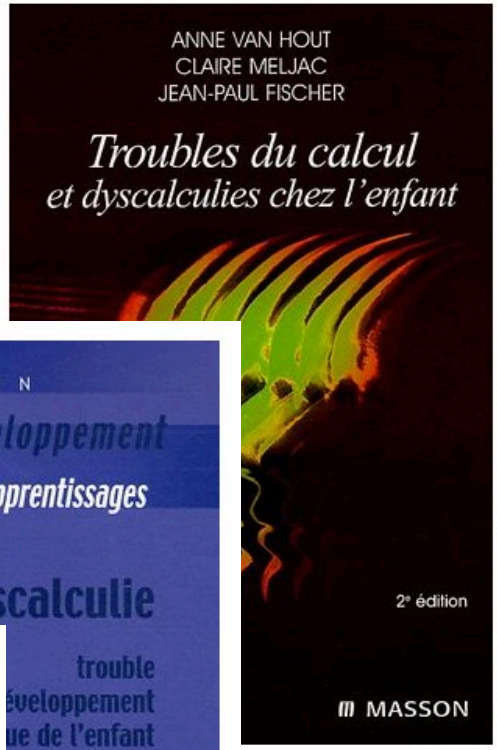
M. Habib


Stanislas Dehaene
La Bosse des maths


THE
NUMBER
SENSE
How The Mind Creates Mathematics
Stanislas Dehaene


THE
MATHEMATICAL
BRAIN
BRIAN
BUTTERWORTH


COLLECTION
Troubles du développement
psychologique et des apprentissages
La dyscalculie
trouble
développement
ue de l'enfant
Marie-Pascale Noël


ANNE VAN HOUT
CLAIRE MELJAC
JEAN-PAUL FISCHER
Troubles du calcul
et dyscalculies chez l'enfant
2e édition
MASSON

Synopsis

- Cerveau et calcul : un rapide historique de l'évolution des idées
- À la recherche d'un modèle neuropsychologique : le modèle du triple code de Dehaene et Cohen
- L'IPS : un centre pour le "sens des nombres"?
- Déficit de la représentation des magnitudes : une explication de la dyscalculie (Butterworth)
- Le cerveau du dyscalculique : convergence de faits morphométriques et fonctionnels pour une dysfonction de l'IPS
- Deux illustrations expérimentales

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;..)
  - Anarithmétie : procédures du calcul

syndrome de Gerstmann (1924)

- 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

Brain (1999), **122**, 1107–1120

A pure case of Gerstmann syndrome with a subangular lesion

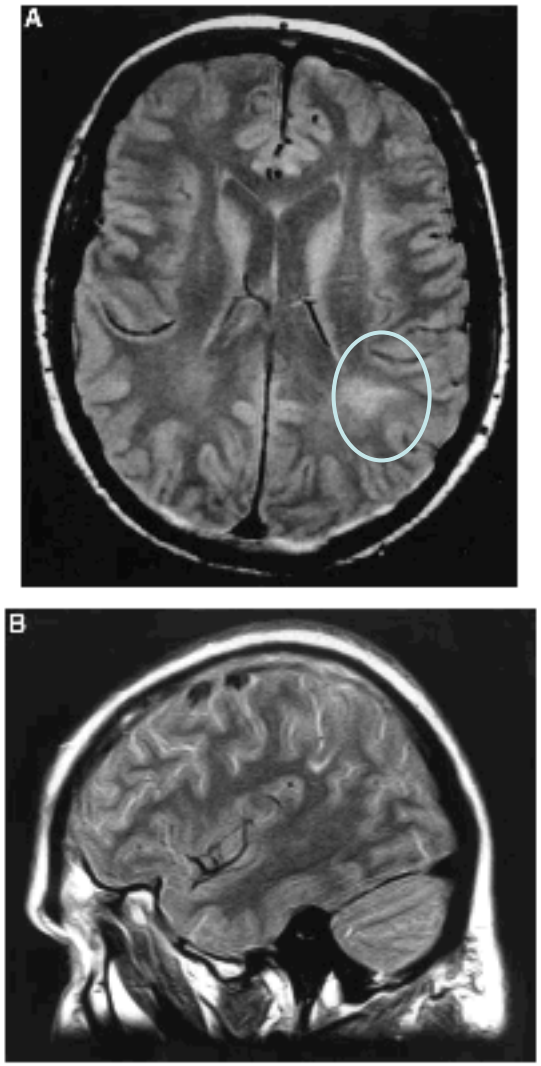
Eugène Mayer,[1] Marie-Dominique Martory,[1] Alan J. Pegna,[1] Theodor Landis,[2] Jacqueline Delavelle[3] and Jean-Marie Annoni[1]

[1]*Neuropsychology Unit,* [2]*Neurology Clinic and* [3]*Neuroradiology Unit, Department of Radiology, Geneva University Hospital, Switzerland*

Correspondence to: Eugène 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 (Grundstorung) by Gerstmann himself. He suggested that it is a disorder of the body schema restricted to the hand and fingers. The existence of a Grundstorung 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.



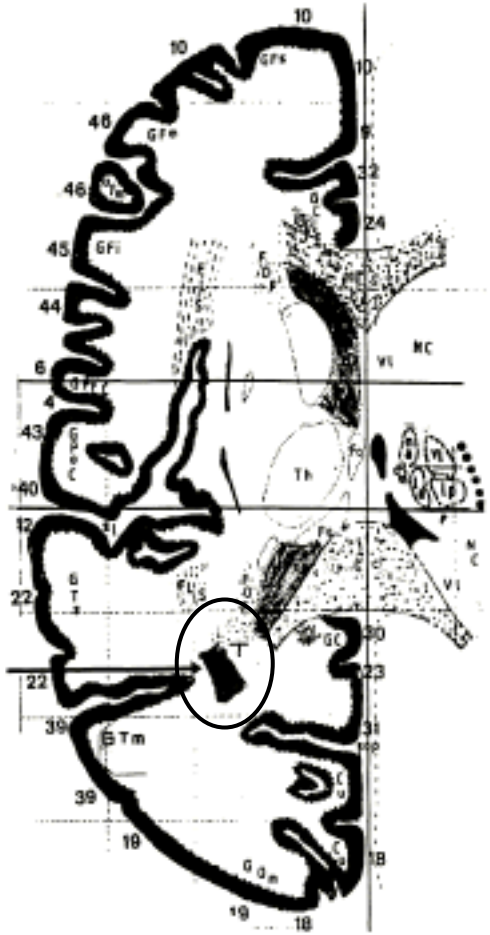


Fig. 2 Axial schematic plate according to the atlas of Talairach and Tournoux (Talairach and Tournoux, 1988) showing the subcortical lesion (arrow) and its topographic relationships with the angular gyrus (area 39).

A Disconnection Account of Gerstmann Syndrome: Functional Neuroanatomy Evidence

Elena Rusconi, PhD,[1,2] Philippe Pinel, PhD,[1,3,4] Evelyn Eger, MD,[1,3,4] Denis LeBihan, MD, PhD,[3,4] Bertrand Thirion, PhD,[3] Stanislas Dehaene, PhD,[1,3,4] and Andreas Kleinschmidt, MD, PhD[1,3,4]

Objective: To examine the functional neuroanatomy that could account for pure Gerstmann syndrome, which is the selective association of acalculia, finger agnosia, left-right disorientation, and agraphia.

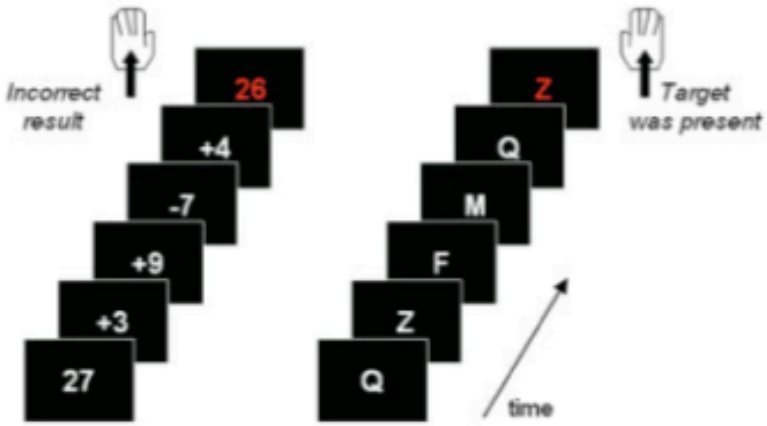
Methods: We used structural and functional neuroimaging at high spatial resolution in healthy subjects to seek a shared cortical substrate of the *Grundstörung* posited by Gerstmann, ie, a common functional denominator accounting for this clinical tetrad. We construed a functional activation paradigm that mirrors each of the four clinical deficits in Gerstmann syndrome and determined cortical activation patterns. We then applied fiber tracking to diffusion tensor images and used cortical activation foci in the four functional domains as seed regions.

Results: None of the subjects showed parietal overlap of cortical activation patterns from the four cognitive domains. In every subject, however, the parietal activation patterns across all four domains consistently connected to a small region of subcortical parietal white matter at a location that is congruent with the lesion in a well-documented case of pure Gerstmann syndrome.

Interpretation: Our functional neuroimaging findings are not in agreement with Gerstmann's postulate of damage to a common cognitive function underpinning clinical semiology. Our evidence from intact functional neuroanatomy suggests that pure forms of Gerstmann's tetrad do not arise from lesion to a shared cortical substrate but from intraparietal disconnection after damage to a focal region of subcortical white matter.

Ann Neurol 2009;66:654–662

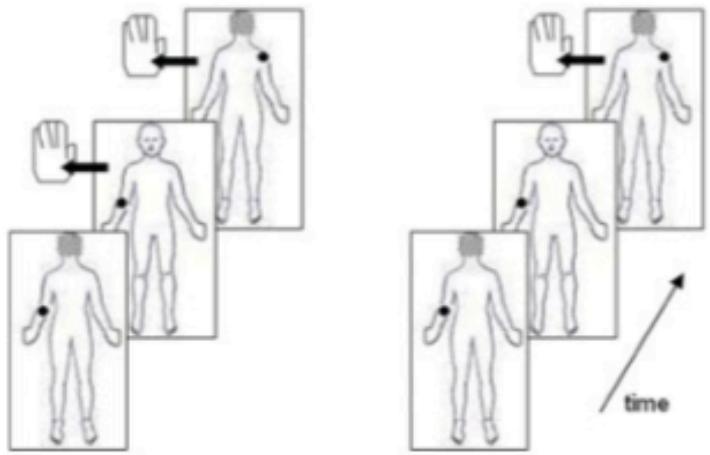
Calculation



Experimental task: mental adding and subtracting and result matching

Control task: letter memorisation and target matching

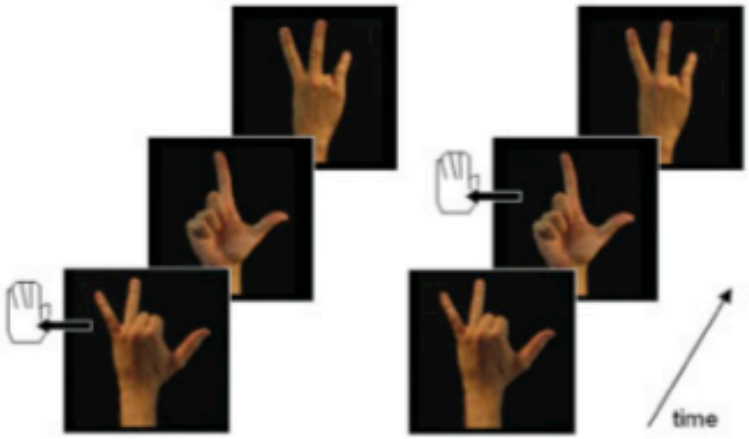
Left/Right Orientation



Experimental task: detection of a dot on the right side of the manikin

Control task: detection of a right-hand dot from the observer's point of view

Finger Gnosis



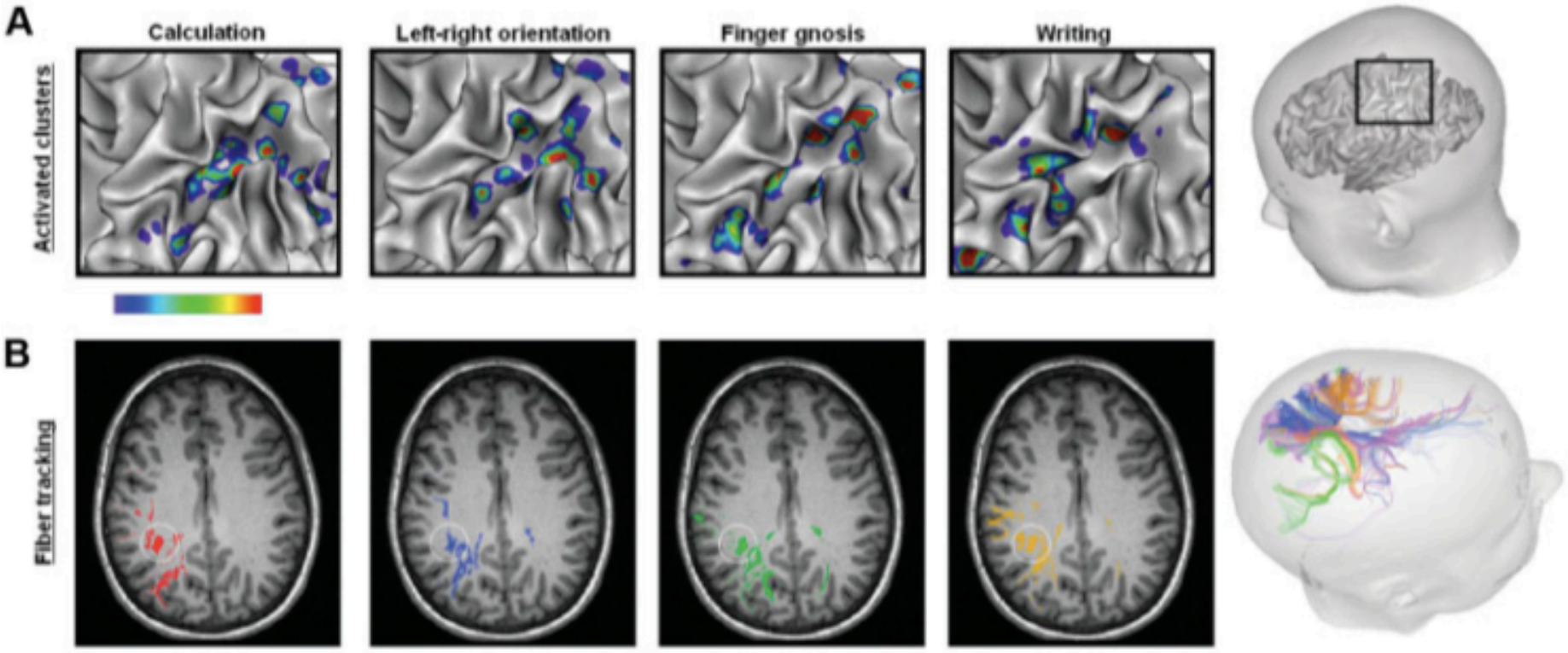
Experimental task: detection of an extended ring finger

Control task: detection of a visible palm

Writing

Experimental task: write pseudowords to dictation

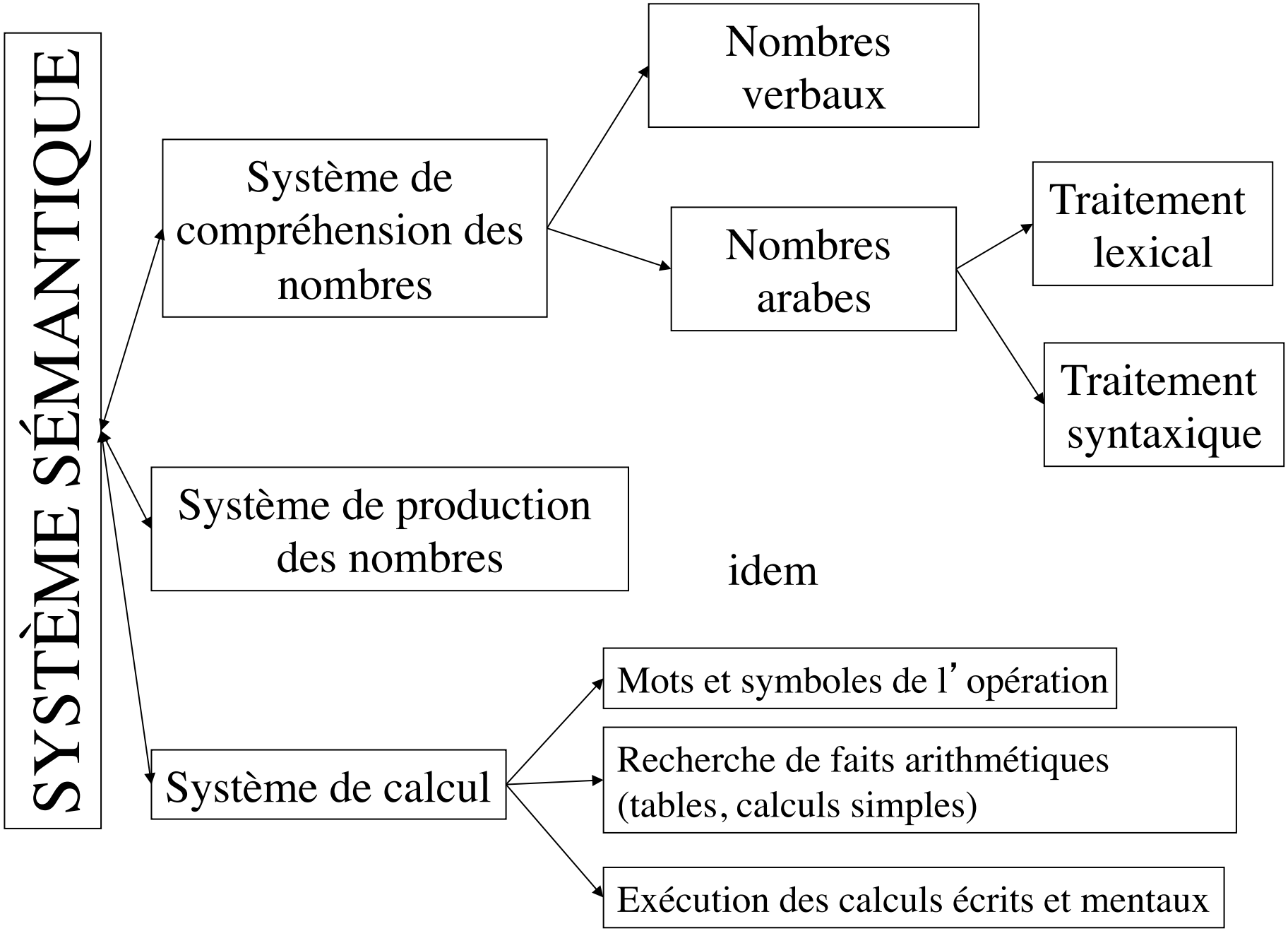
Control task: hatch during pseudowords presentation

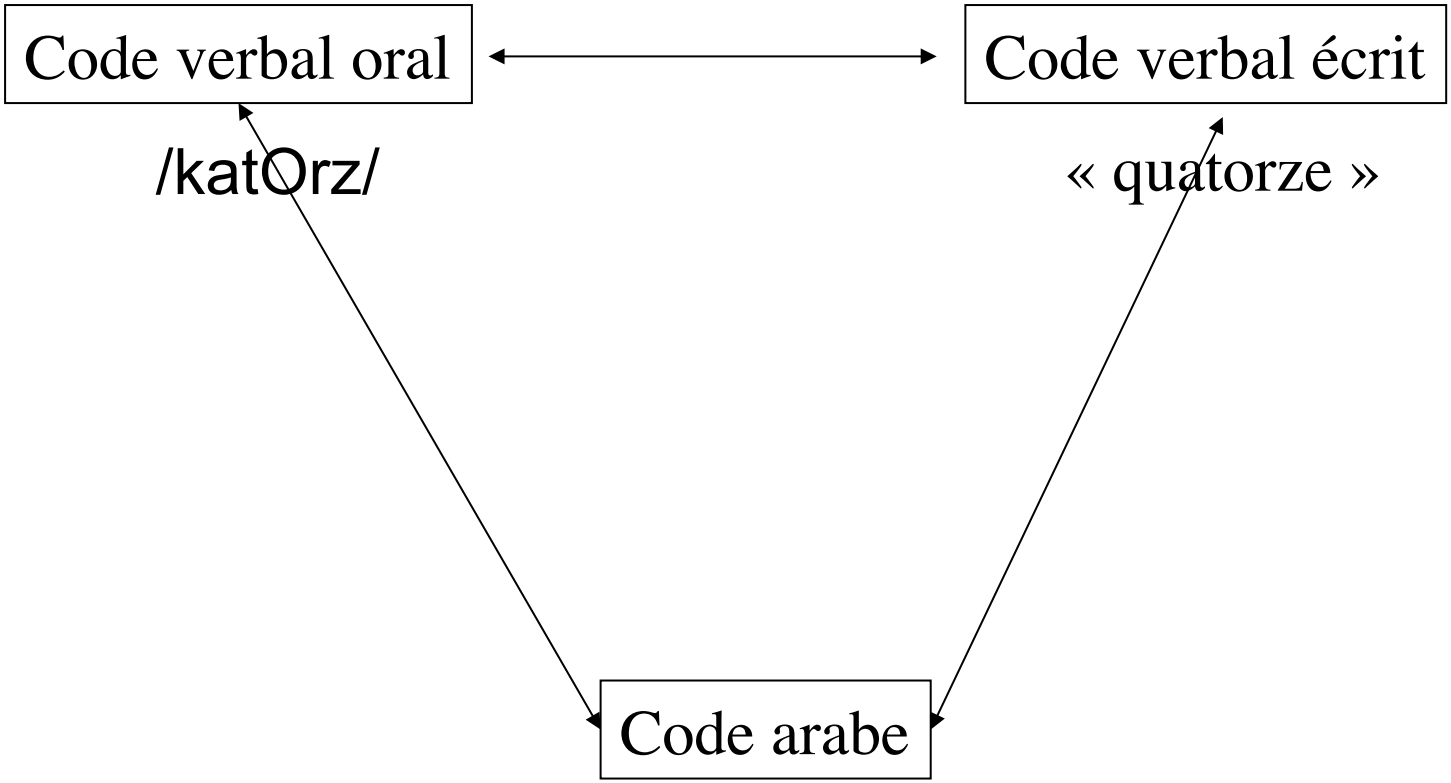

A
Calculation
Left-right orientation
Finger gnosis
Writing
Activated clusters
B
Fiber tracking

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


SYSTÈME SÉMANTIQUE
Système de compréhension des nombres
Nombres verbaux
Nombres arabes
Traitement lexical
Traitement syntaxique
Système de production des nombres
idem
Système de calcul
Mots et symboles de l'opération
Recherche de faits arithmétiques (tables, calculs simples)
Exécution des calculs écrits et mentaux



→ Batterie d'examen clinique de chaque code et de chaque transcodage

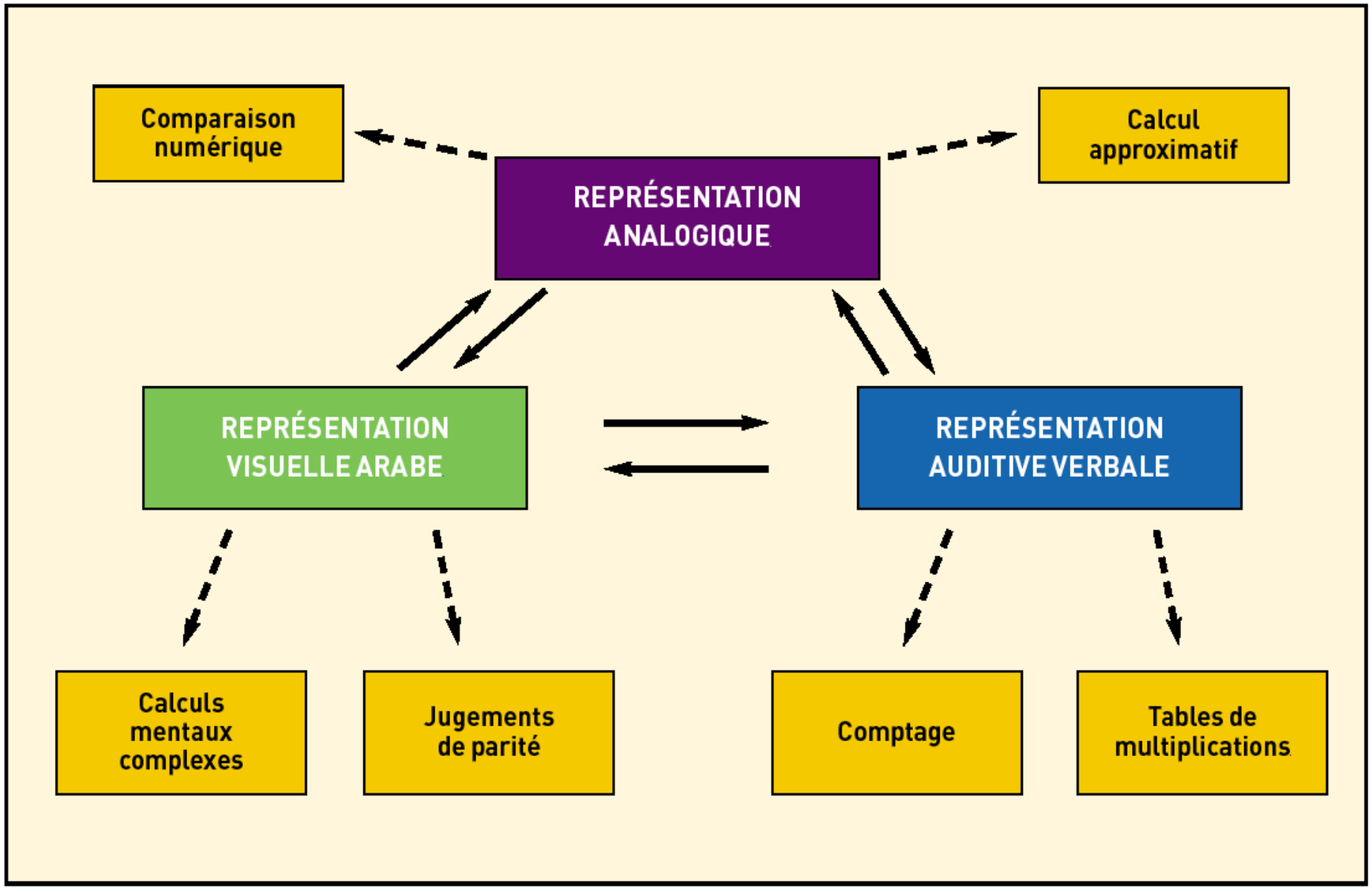


Figure 2 - Le modèle du "triple code" de Dehaene et Cohen.

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?

TWO MENTAL CALCULATION SYSTEMS: A CASE STUDY OF SEVERE ACALCULIA WITH PRESERVED APPROXIMATION

STANISLAS DEHAENE* and LAURENT COHEN†

*INSERM & CNRS Laboratoire de Sciences Cognitives et Psycholinguistique, 54 Bd Raspail, F-75250 Paris cedex 06, France and †Clinique des Maladies du Système Nerveux, Pavillon Charcot, Hôpital de la Salpêtrière, 47 Bd de l'Hôpital, 75651 Paris cedex 13, France

(*Received 5 April 1990; accepted 3 July 1991*)

- Calcul exact versus calcul approché.

"M. Nau" (Dehaene & Cohen, 1991) :

  – aphasique + dyslexie profonde

  – Acalculie massive : ne peut dire « 2x2=? »

  –Peut faire un calcul approximatif : écarte immédiatement :"2+2=9", choisit la réponse la plus plausible entre "3+5=4 ou 9"

  –Aucune difficulté à donner des réponses approchées : une année comprend environ 350 jours, neuf enfants dans une classe c' est peu, une douzaine "c'est 6 ou 10"

– Hypothèse de l'hémisphère droit

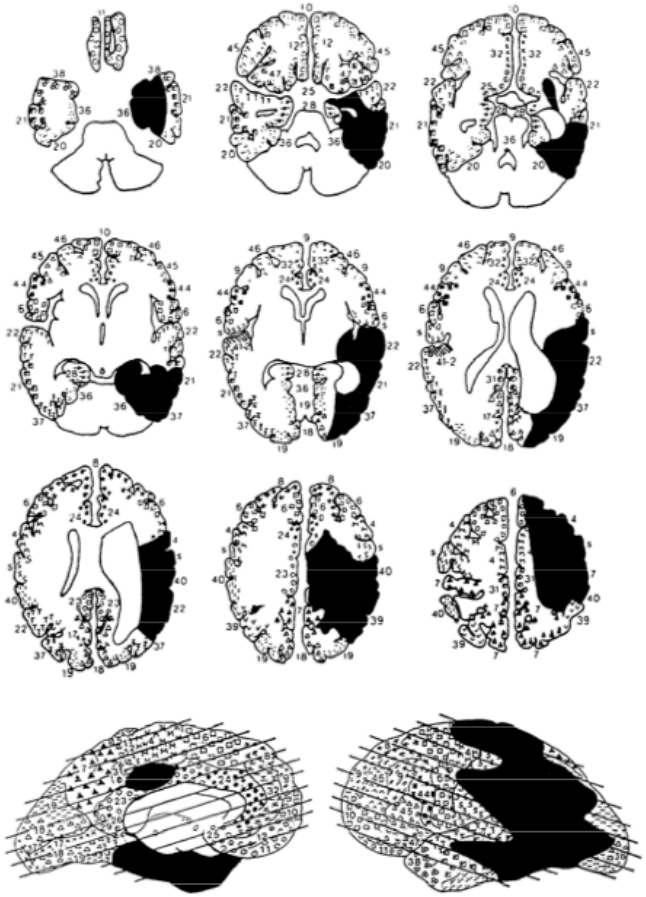


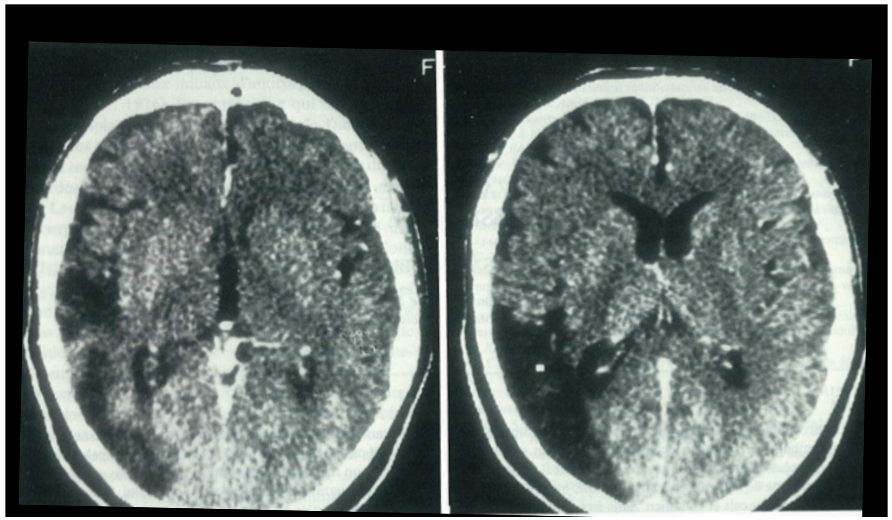
Fig. 1. Reconstruction of N.A.U.'s brain on the basis of CT scan using templates from DAMASIO and DAMASIO [9]. The lesioned left-hemisphere is represented on the right side of transversal sections.

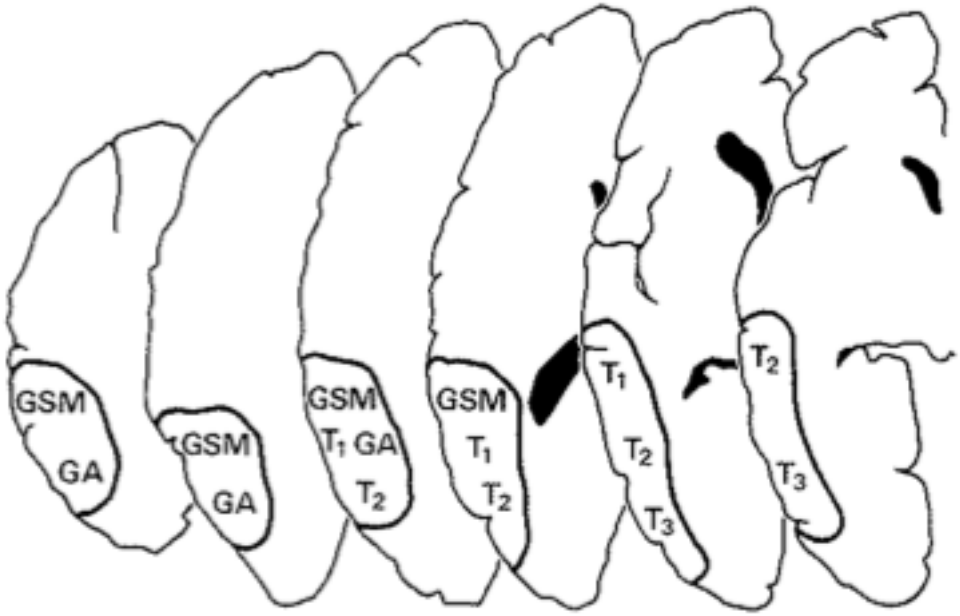
Assal G, Jacot-Descombes C. Intuition arithmétique chez un acalculique. Rev Neurol 1984;5:374–5.

- Homme de 54 ans, musicien de haut niveau, bilingue français italien
- AVC embolique suite à une opération : aphasie de Wernicke, sans amusie significative (Assal & Buttet, 1983)
- Syndrome de Gerstmann typique (agraphie, sauf écriture musicale, confusion droite/gauche, agnosie digitale avec hémianopsie droite)
- CT scan : aire hypodense partie post de T1, T2 et T3 + GA et GSM
- Persistance 6 mois après d'une acalculie sévère, tant pour le calcul mental (3/20) qu'écrit (5/20), mais curieuse dissociation : en **choix multiple** , plus de 75% de bonnes réponses, et aucune réponse aberrante = performance idem témoins de son âge

(ex: combien font 13+12 : 22, 25, 27, 35, 81)

Il dit ne plus savoir calculer; il n'a pas l'impression que les réponses fournies en choix multiple se fondent sur un effort conscient de calcul, "je contrôle mal mes réponses" c'est ainsi qu'il exprime son incertitude, ajoutant qu'il a conservé tout au plus "une sorte d'intuition".





Atteinte lobule pariétal inférieur Gche, atteinte probable du sillon intra-pariétal?

Rôle de l'hémisphère droit?

Cortex, (1997) 33, 219-250

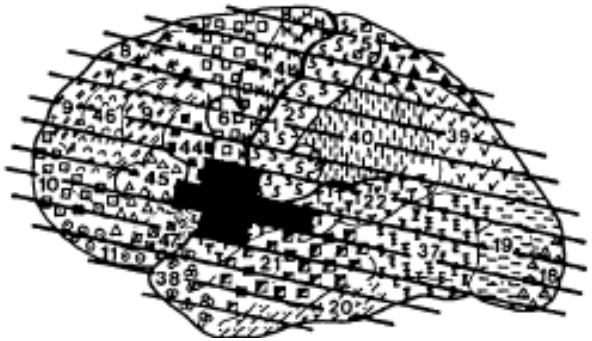
CEREBRAL PATHWAYS FOR CALCULATION: DOUBLE DISSOCIATION BETWEEN ROTE VERBAL AND QUANTITATIVE KNOWLEDGE OF ARITHMETIC

Stanislas Dehaene[1] and Laurent Cohen[2]

([1]INSERM, CNRS and EHESS, Laboratoire de Sciences Cognitives et Psycholinguistique, Paris, France; [2]Service de Neurologie, Hôpital de la Salpêtrière, Paris, France)

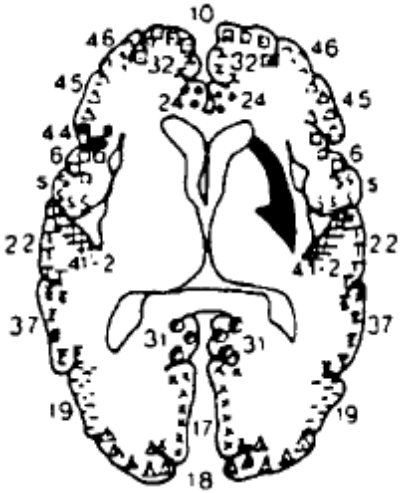
2 cas « d'anarithmétie »

Patient BOO



Cas 1 : lésion sous corticale gauche

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



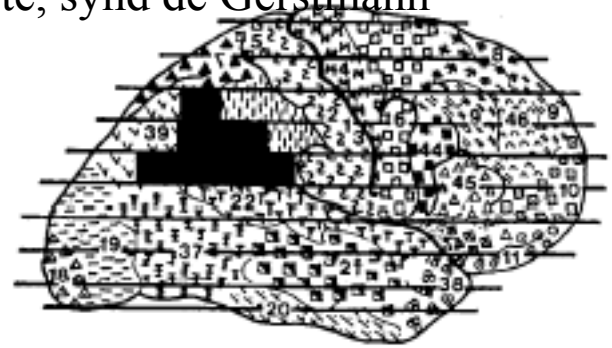
Patient MAR

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

-empan 5/2

-40% erreurs en multiplications

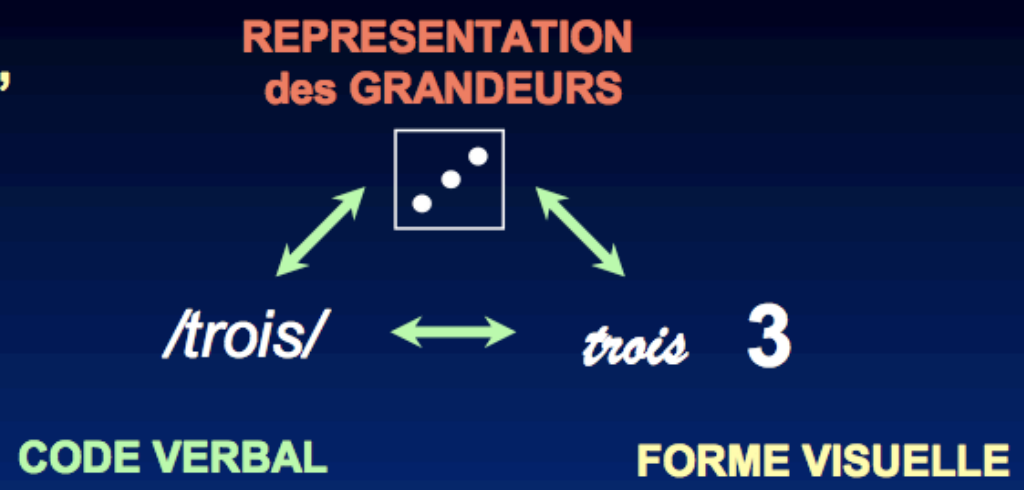
-70% erreurs en soustractions

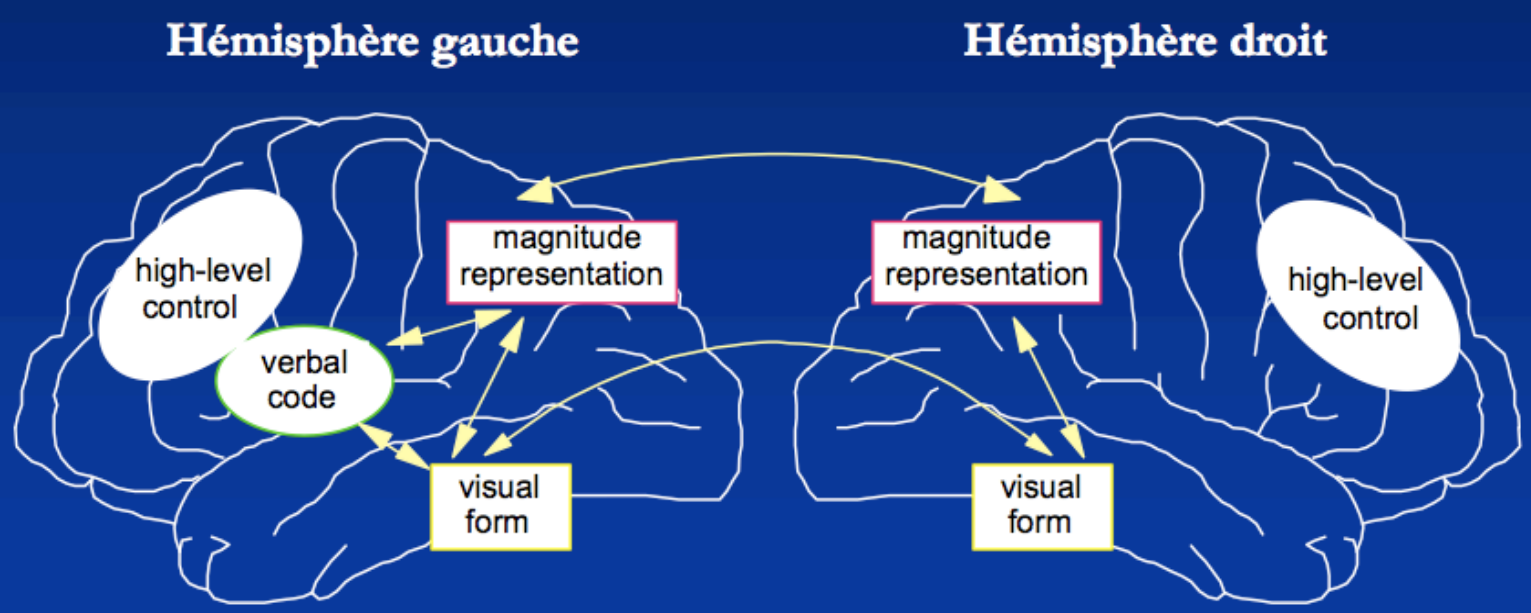


Ccl : a left subcortical network contributes to the storage and retrieval of rote verbal arithmetic facts, while a bilateral inferior parietal network is dedicated to the mental manipulation of numerical quantities.

Le modèle du “triple code”

(Dehaene & Cohen, 1995)

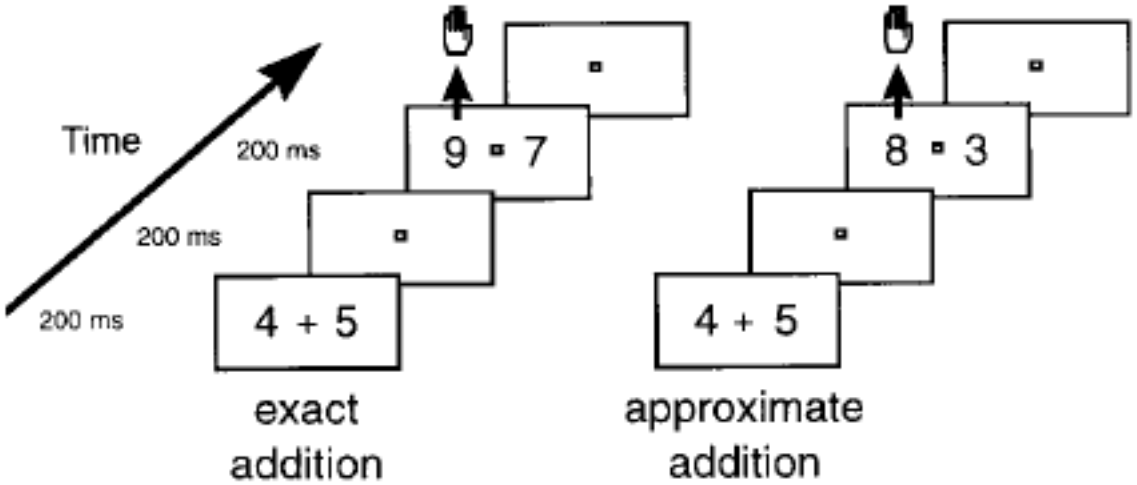


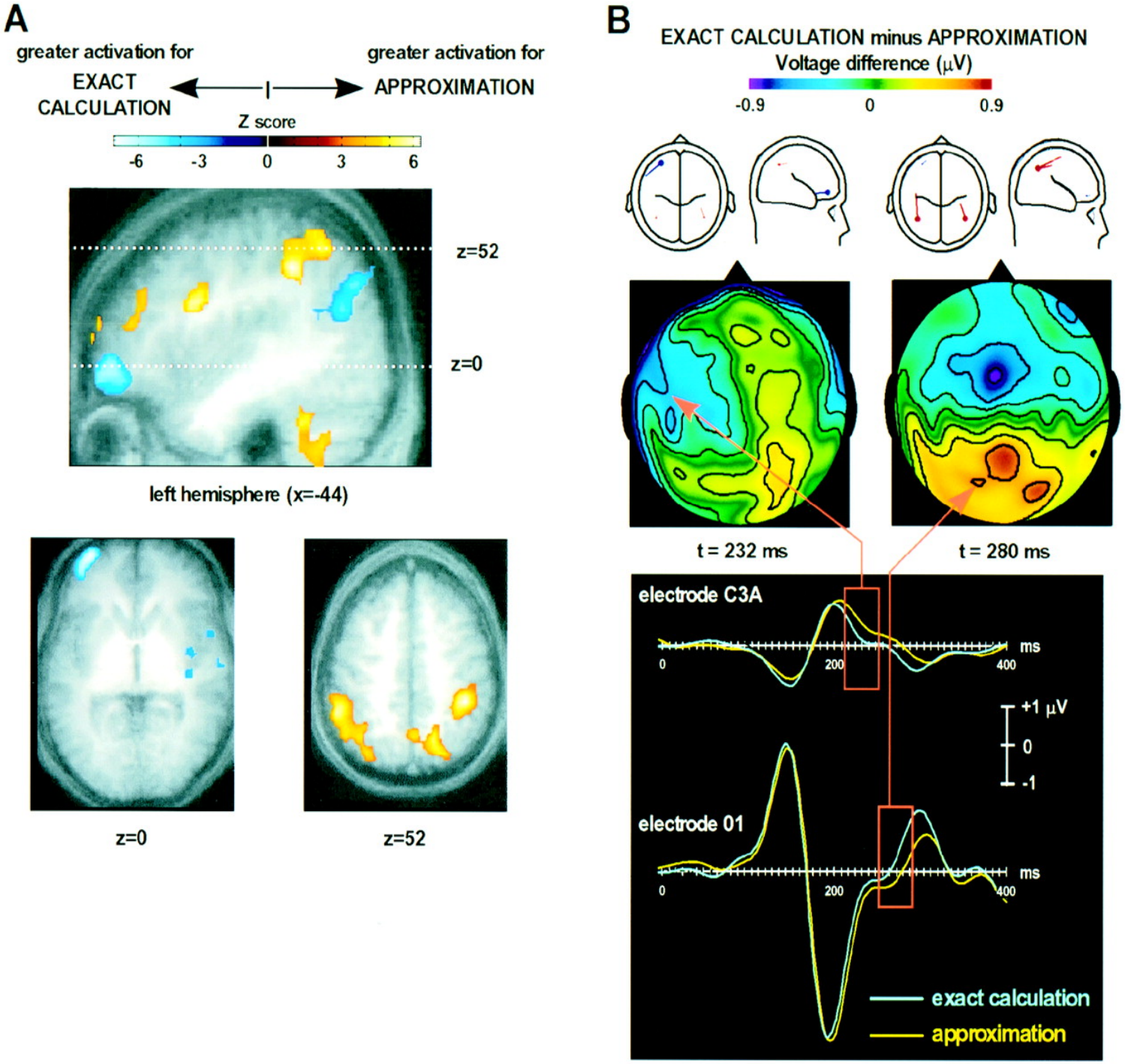


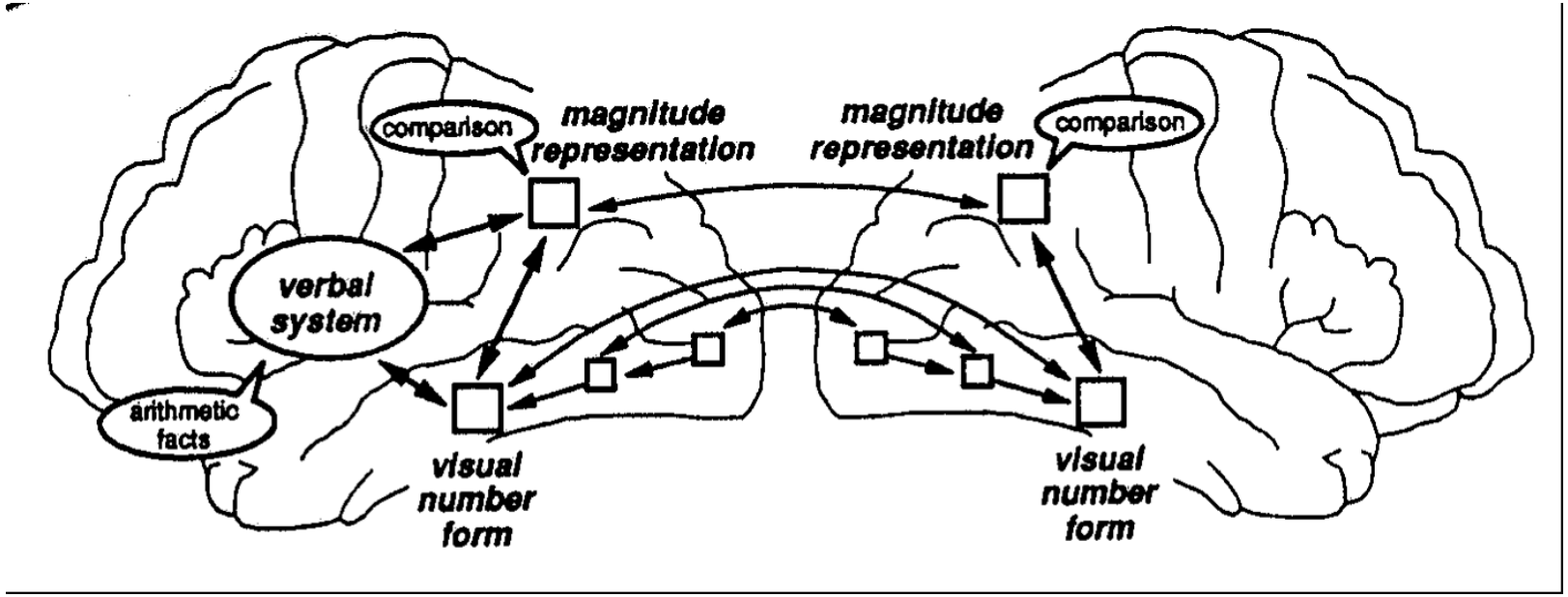
Dehaene, S. (1992). *Cognition, 44*, 1-42.
Dehaene, S., & Cohen, L. (1995). *Mathematical Cognition, 1*, 83-120.

Sources of Mathematical Thinking: Behavioral and Brain-Imaging Evidence

S. Dehaene,[1]* E. Spelke,[2] P. Pinel,[1] R. Stanescu,[1] S. Tsivkin[2]




A
greater activation for
EXACT CALCULATION
greater activation for
APPROXIMATION
Z score
-6
-3
0
3
6
z=52
z=0
left hemisphere (x=-44)
z=0
z=52
B
EXACT CALCULATION minus APPROXIMATION
Voltage difference (μV)
-0.9
0
0.9
t = 232 ms
t = 280 ms
electrode C3A
ms
0
200
400
+1 μV
0
-1
electrode 01
ms
0
200
400
exact calculation
approximation



- représentation visuelle arabe: voies visuelles ventrales bilatérales
- représentation verbale: aires classiques du langage
- représentation de la magnitude: jonction pariéto-occipito-temporale bilatérales

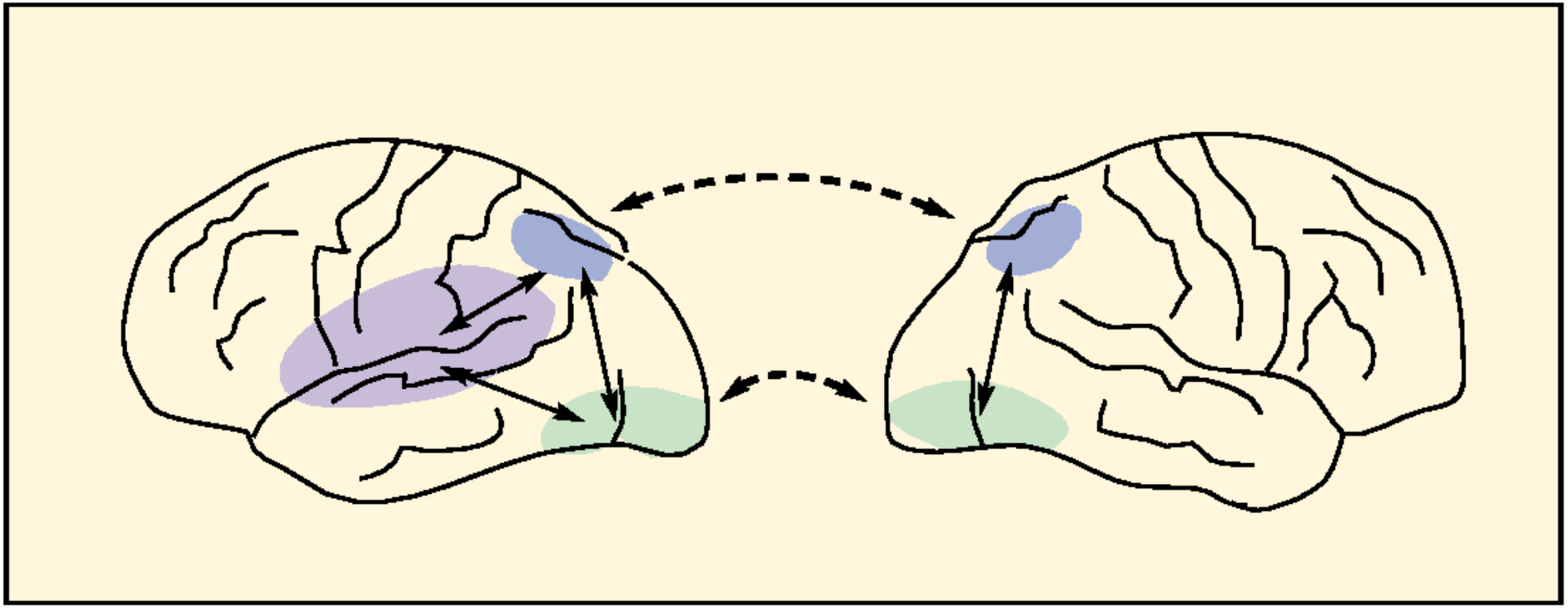
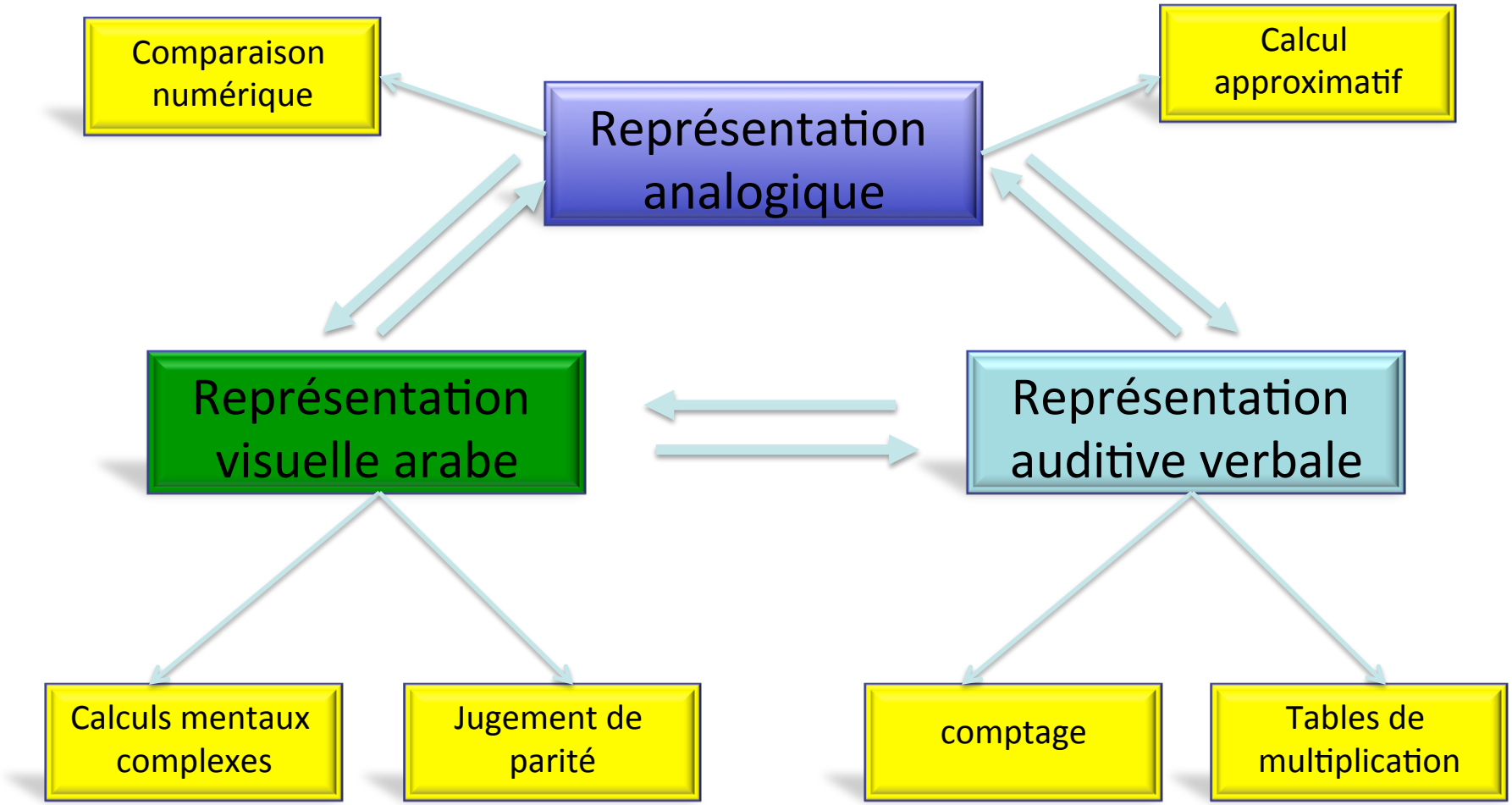
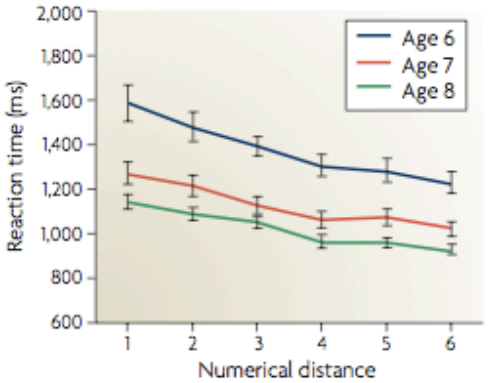


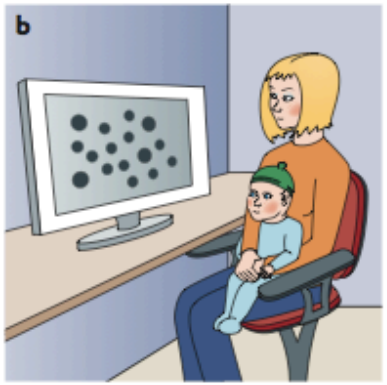
Figure 3 - Implémentation anatomique du triple code (traitement visuel arabe en vert, traitement analogique en bleu et traitement langagier en violet).

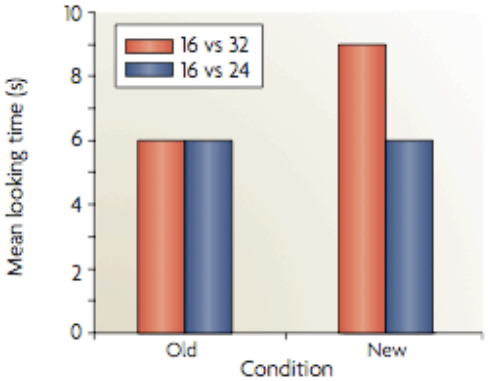


Simone de Beauvoir, septembre 2015

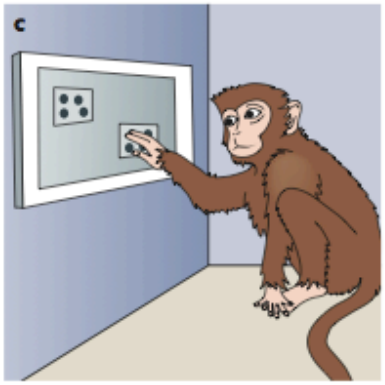


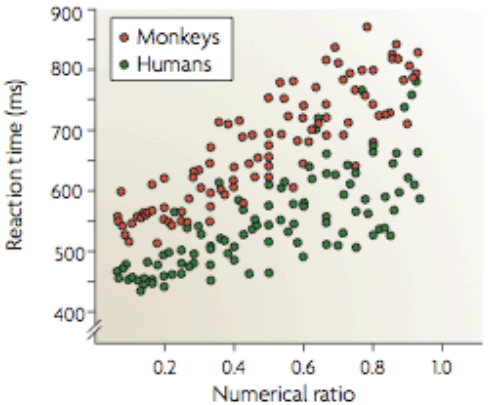
Effet de distance : le temps de réaction pour décider lequel de deux nombres est le plus grand décroît avec la distance entre les deux nombres





Expériences d'habituation chez le nourrisson : des enfants de 6 mois sont capables de distinguer 16 de 32, mais pas 16 de 24

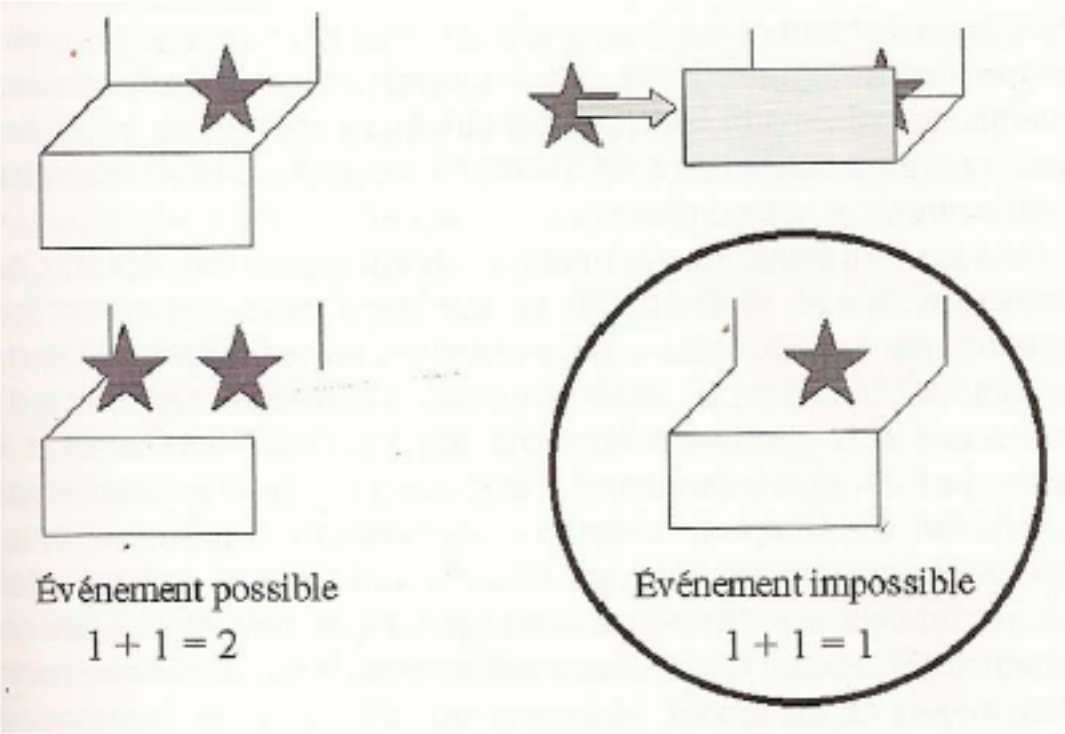




Apprentissage de la sériation chez le singe : le temps nécessaire au singe pour appuyer successivement sur des touches représentant des numérosités croissantes est proportionnel au ratio de numérosité

Continuité ontogénétique et phylogénétique dans les mécanismes de base de la représentation des magnitudes

Indices du sens primaire du nombre chez le bébé



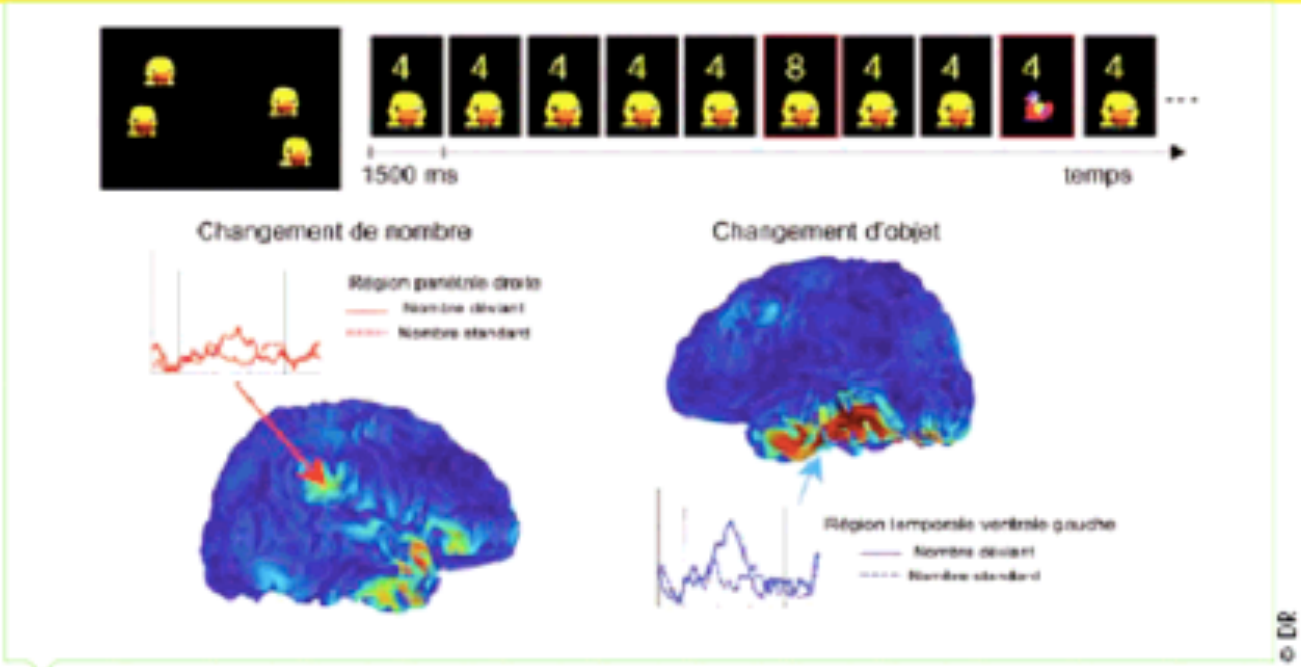
(Wynn, 1992)

Indices du sens primaire du nombre chez le bébé

FIGURE 2

EFFET D'UN CHANGEMENT D'OBJET OU DE NOMBRE

CHEZ LE BÉBÉ DE TROIS MOIS (d'après Izard et al., PLOS Biology 2008)

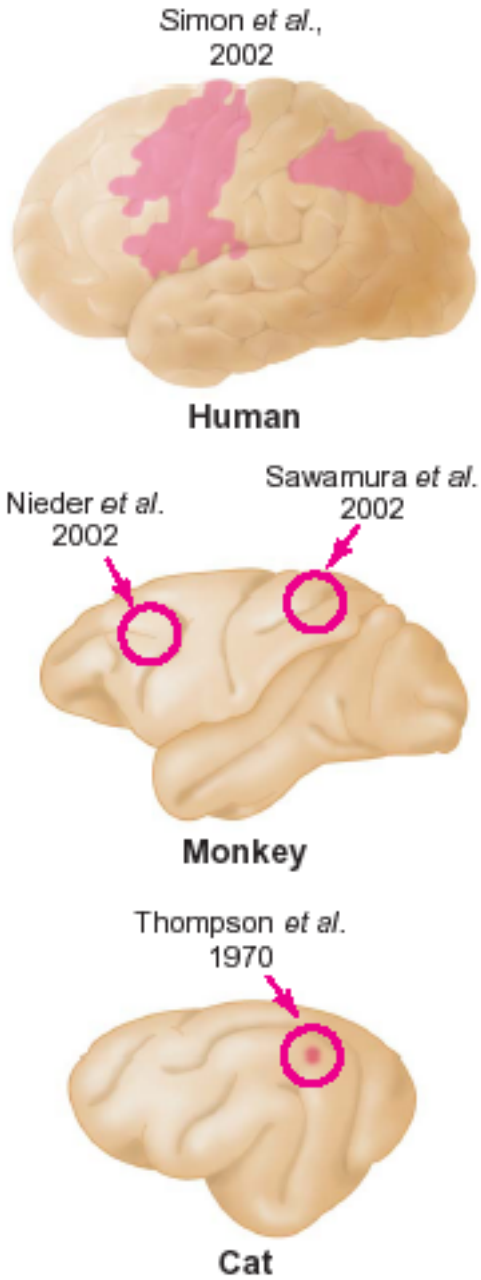


© DR

Le bébé est adapté à la présentation répétée d'un nombre donné d'objets (ici, 4 canards jaunes). Occasionnellement, on présente des diapositives où soit le nombre, soit l'identité des objets change. Les changements de nombre sont détectés dans un réseau qui implique notamment la région pariétale droite, tandis que les changements d'objets sont traités par la région occipito-temporale ventrale, particulièrement dans l'hémisphère gauche.

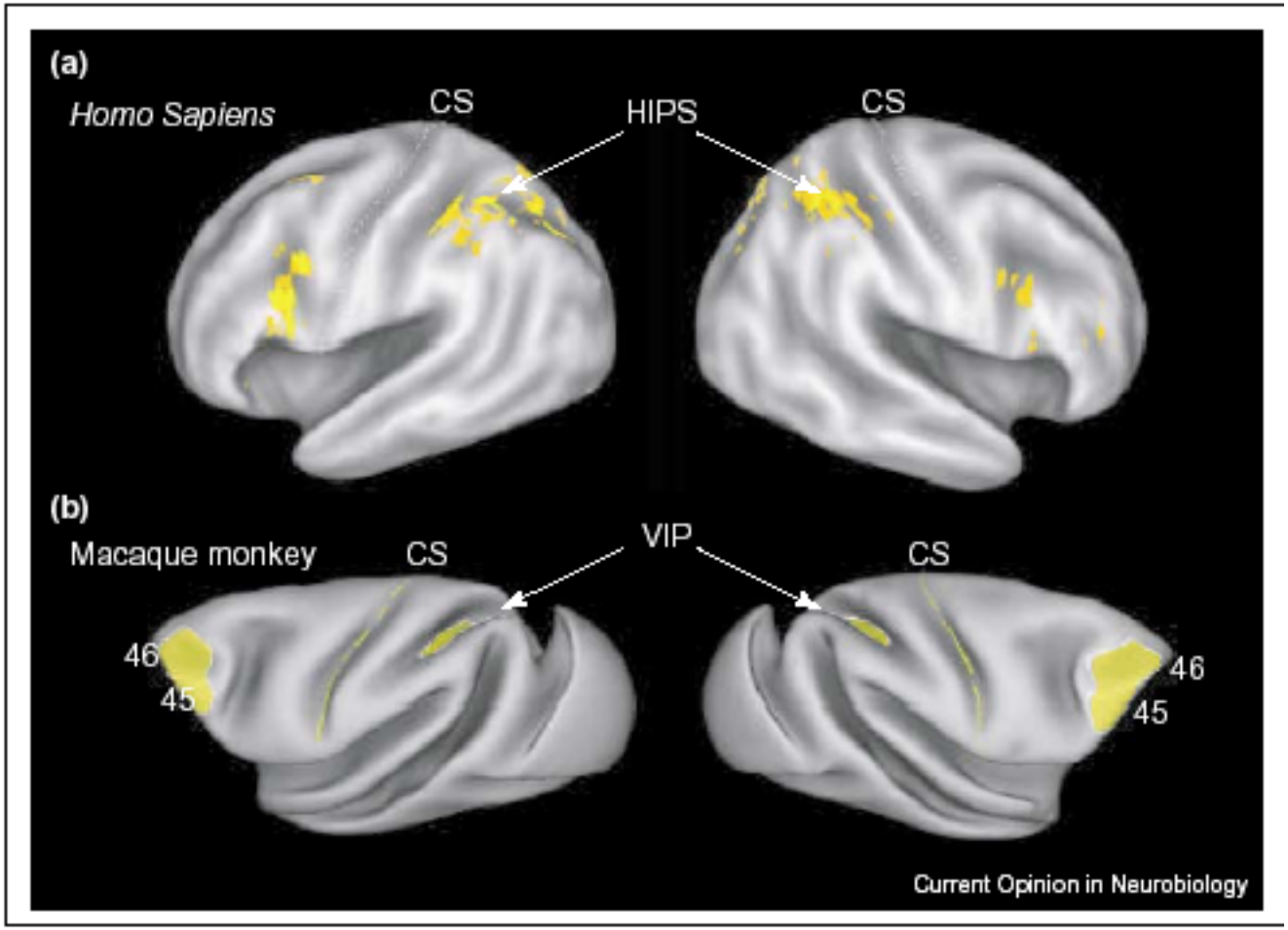
Single-Neuron Arithmetic

Stanislas Dehaene



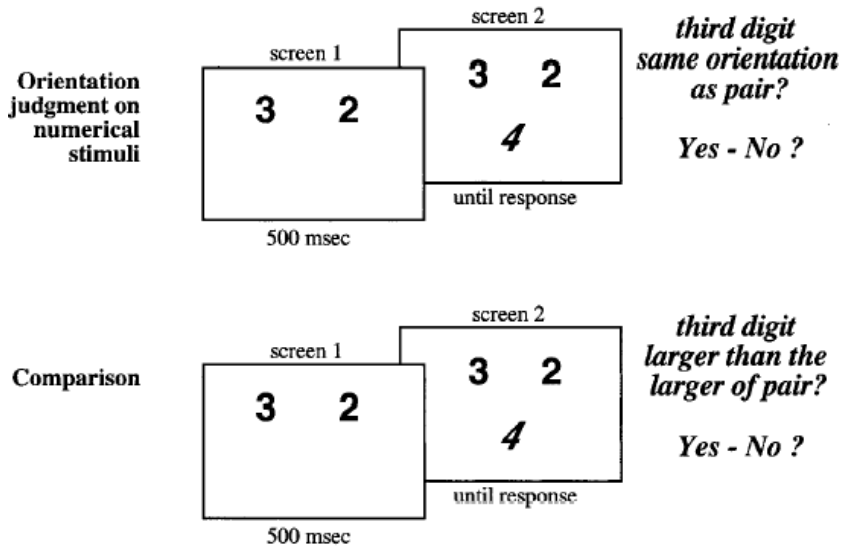
Numerical neurons. Cerebral networks that may underlie the sense of number in mammals (*11*). The brain areas that are activated when we compute a simple subtraction, such as 11 – 5, may encompass areas homologous to those in the monkey and cat brain, where neurons tuned to a specific number have now been recorded.

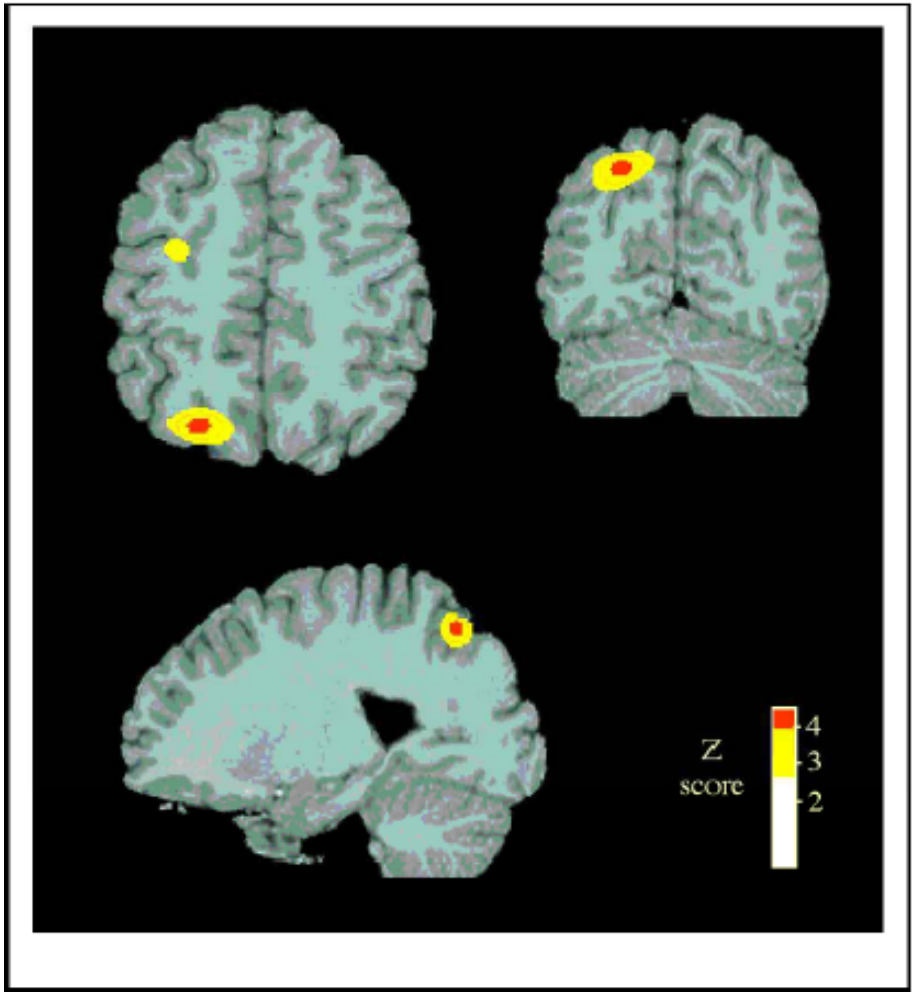
Traitement de la quantité chez les humains et primates non humains



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





Comparaison moins orientation=
Activation par. sup. gauche

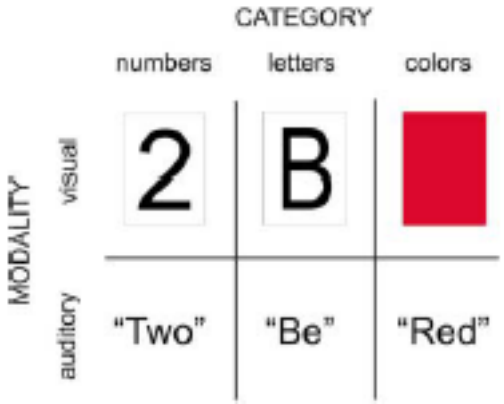
Journal of Cognitive Neuroscience 12:3, pp. 461–479

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

Evelyn Eger,* Philipp Sterzer, Michael O. Russ,
Anne-Lise Giraud, and Andreas Kleinschmidt
Cognitive Neurology Unit
Department of Neurology
Johann-Wolfgang-Goethe University
Frankfurt a.M.
Germany

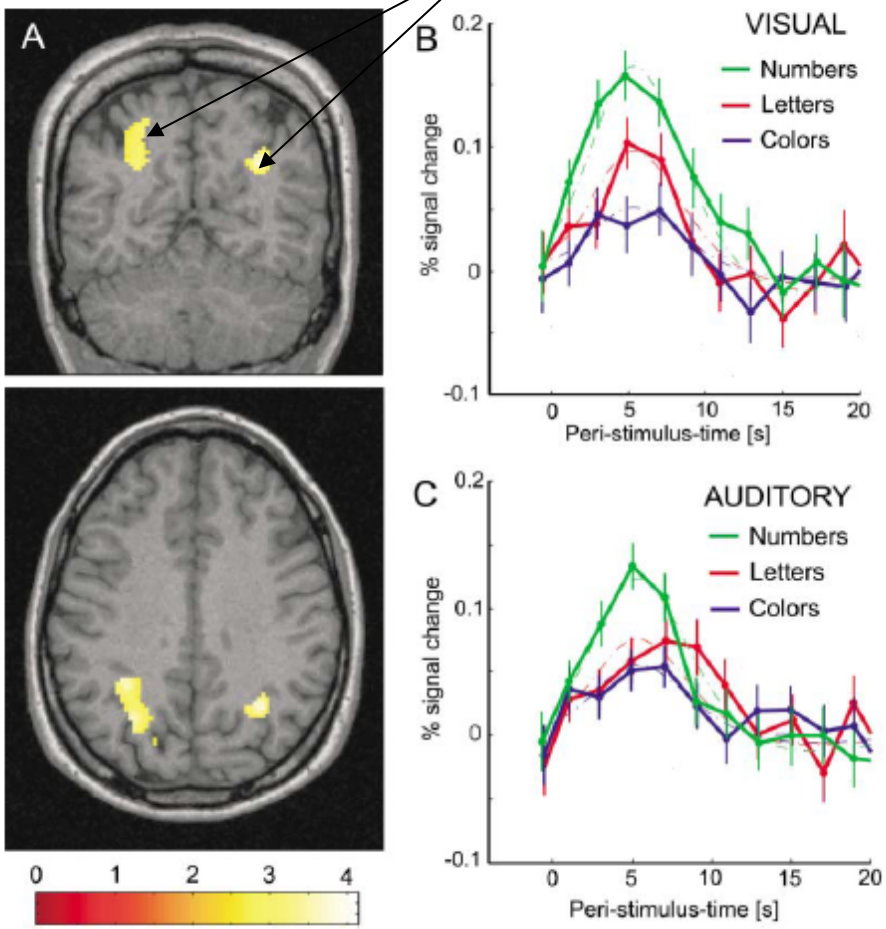
A Supramodal Number Representation in Human Intraparietal Cortex

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



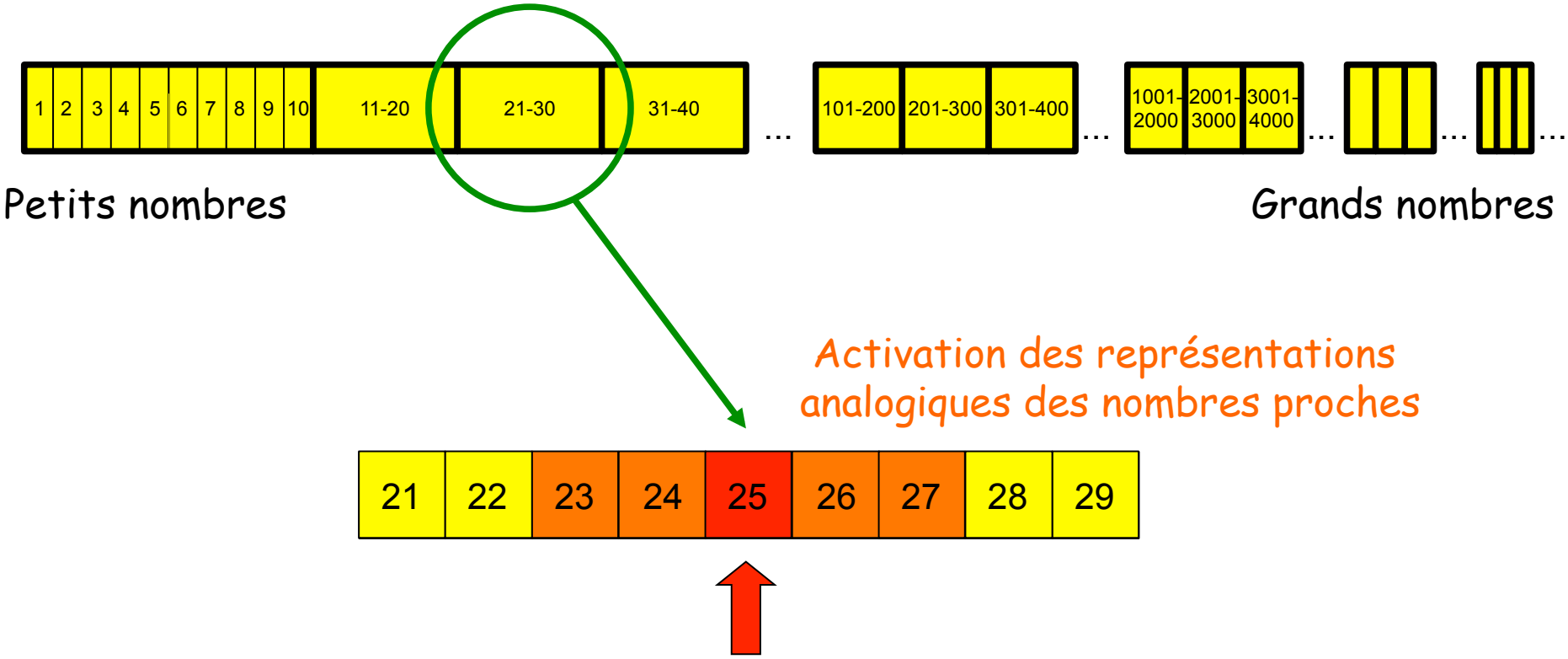
On présente au sujet chiffres, lettres ou couleurs sous une des deux modalités, il doit appuyer le plus vite possible sur une touche pour une cible donnée (chiffre, lettre ou couleur)

Zone activée en commun par les chiffres vus ET entendus



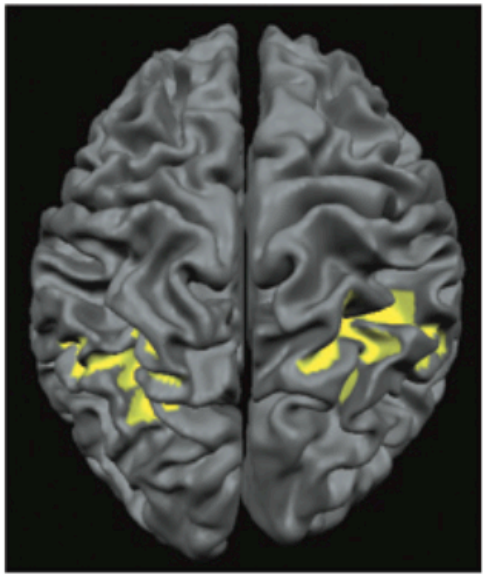
Ligne numérique mentale:

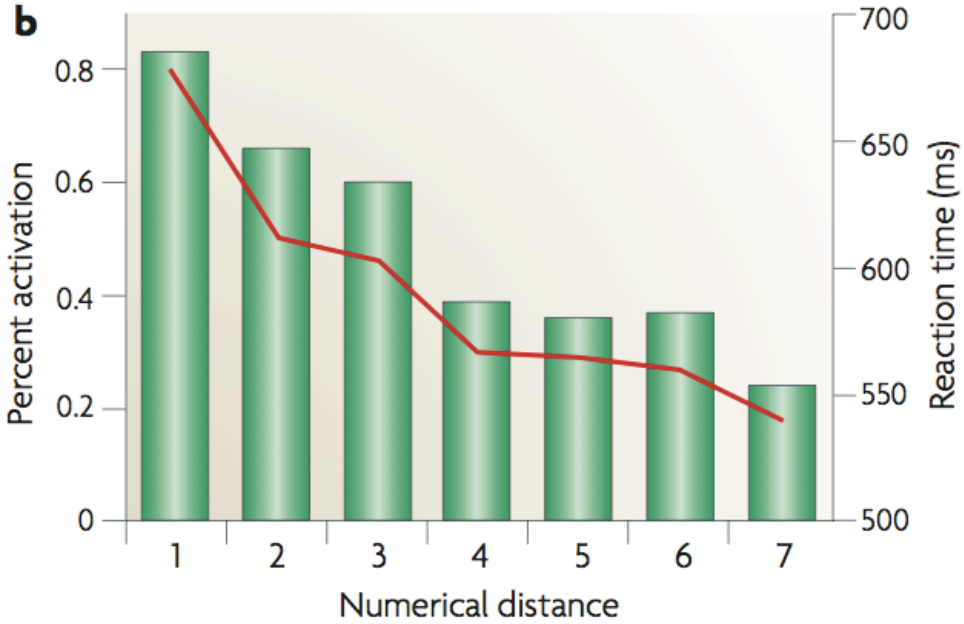
- Orientée de gauche à droite
- Logarithmique



--> effet de distance

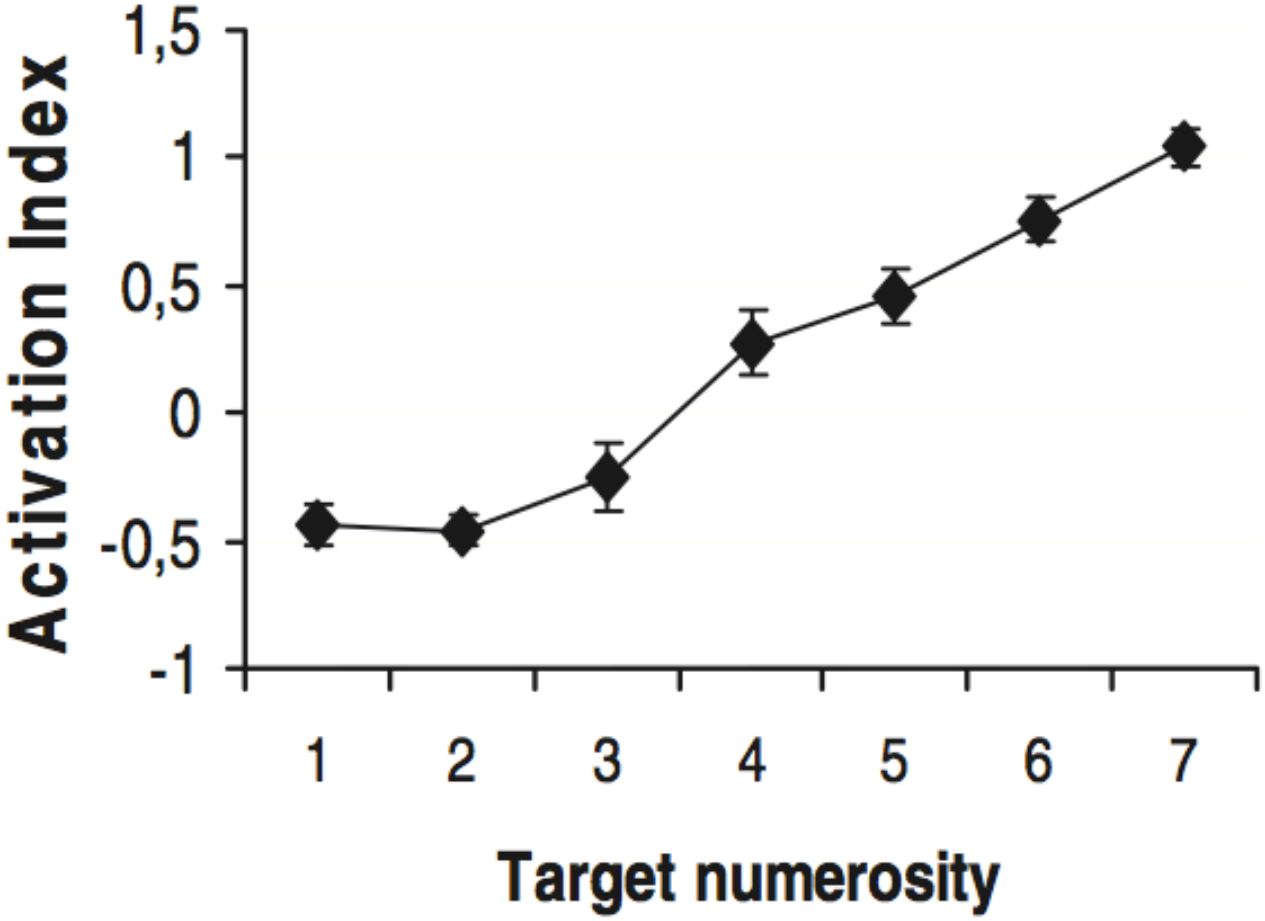
IRM fonctionnelle suggère l'implication de l'IPS dans le traitement des magnitudes : l'activation pariétale est négativement corrélée à la distance numérique dans une tâche de comparaison de nombres





Pinel, P., Dehaene, S., Riviere, D. & LeBihan, D. Modulation of parietal activation by semantic distance in a number comparison task. Neuroimage 14, 1013-1026 (2001).

Piazza & Izard, 2009



degré d'activation de la région pariétale postérieure en IRMf selon la numérosité de la collection présentée. Alors que le degré d'activation est faible et constant pour les numérosités de 1 à 3, il augmente de façon proportionnelle au nombre d'items de 3 à 7, suggérant l'indépendance des mécanismes sous-jacents à la subitisation (reconnaissance immédiate pour les objets de 1 à 3 items) et au comptage (objets de 4 à 7 items).

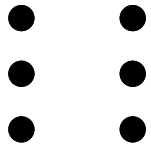
Première conclusion

- Il semble donc bien exister dans le cortex pariétal humain (sillon intrapariétal) un module spécialisé dans le traitement de la magnitude
- Son fonctionnement serait assimilable à l'activation d'une "ligne numérique mentale" orientée de gauche à droite, ayant une allure logarithmique dont le fonctionnement est illustré par l'effet de distance
- Il n'est pas encore bien clair si cette spécialisation concerne la magnitude en général ou le cas particulier des nombres
- L'IPS a également d'autres fonctions non numériques, en particulier dans le traitement de l'attention spatiale et non spatiale, et par ses connexions avec le cortex frontal supérieur, dans les fonctions exécutives en général

Un dyscalculique prototypique : Charles W (B. Butterworth)

- Charles W
  - Degree in psychology; postgraduate qualifications; always very bad at maths at school; finds shopping extraordinarily difficult. Takes 4-5 times as long as normals adding single digits; cannot subtract two digit numbers. Always calculates on his fingers (which makes multiplication hard).
  - Compensated dyslexic

Butterworth, B. (1999). The mathematical brain. London: Macmillan.

	Subitizing (1-4)	Counting (6-9)
CANONICAL		
RANDOM		

6 5

2 9

8 7

Stroop conditions

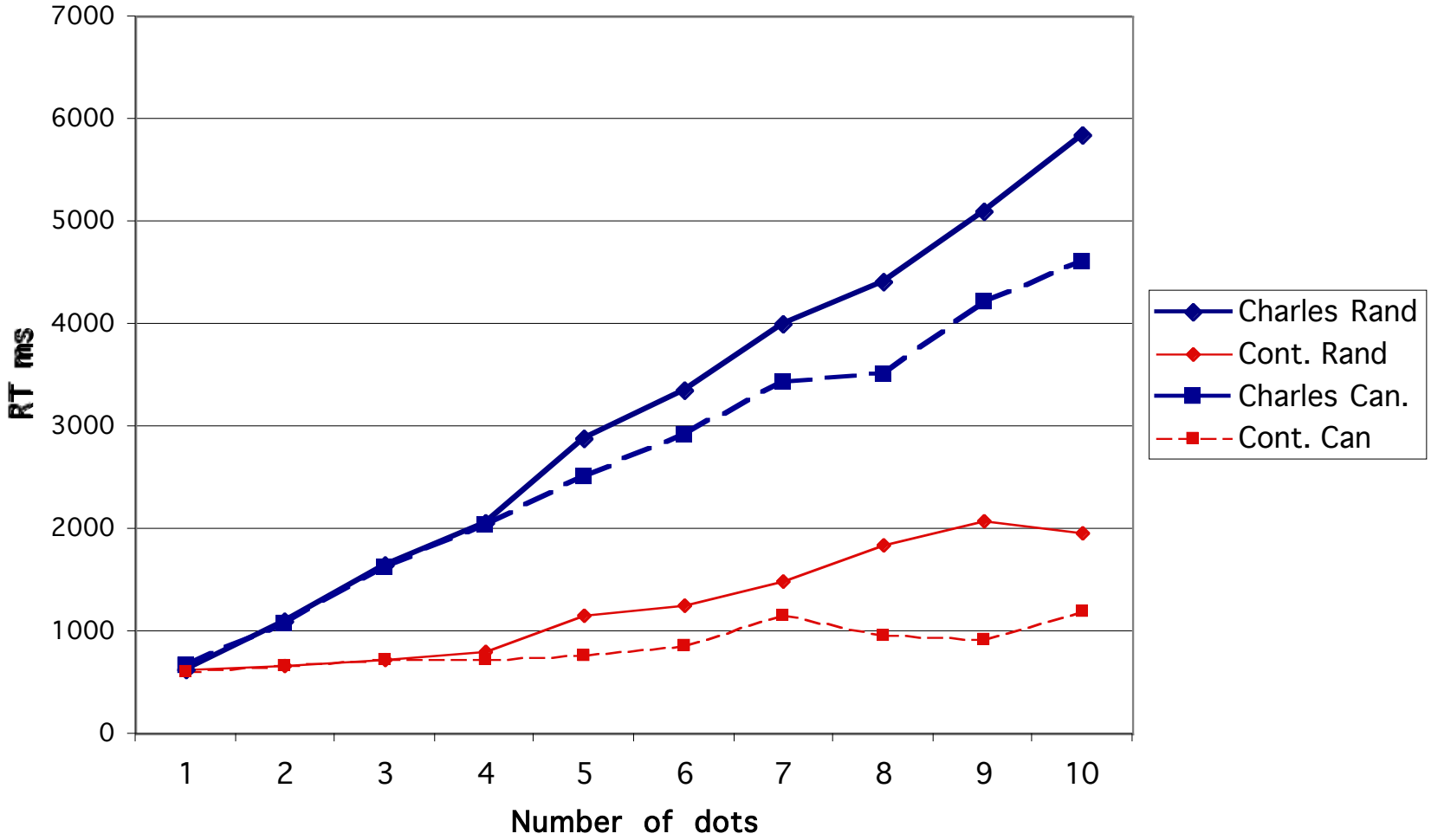
Tâche	Neutre (12)	Congruent (12)	Incongruent (12)
Numérique	3 6	3 6	3 6
Physique	3 3	3 6	3 6

2 différences de taille numérique : 1 (ex2;3) et 5 (ex 7;2)

2 différences de taille physique : 0,3/0,5 cm et 0,6/1cm

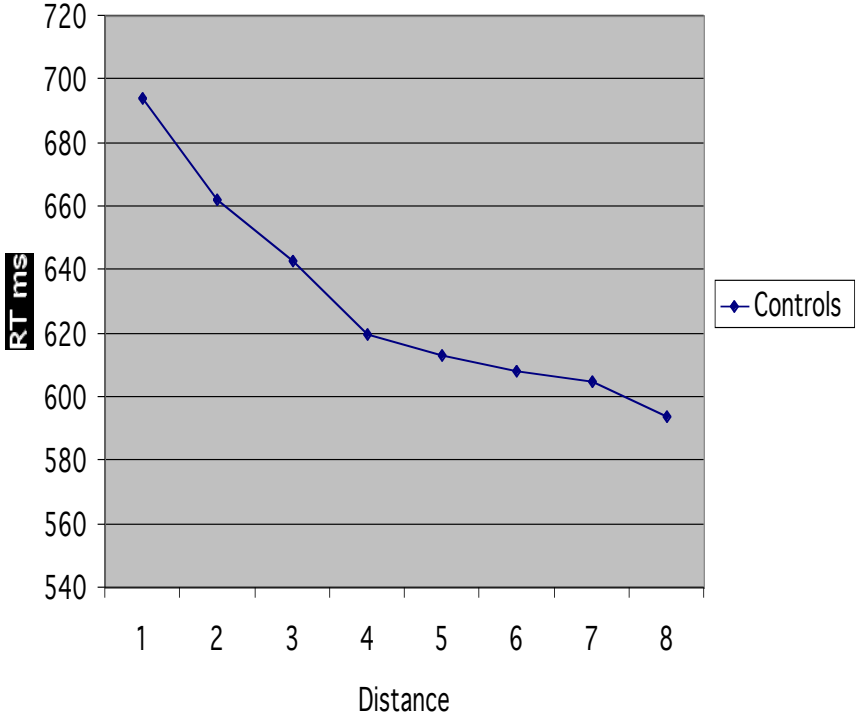
Réponse : appuyer sur la touche du côté du plus grand nombre

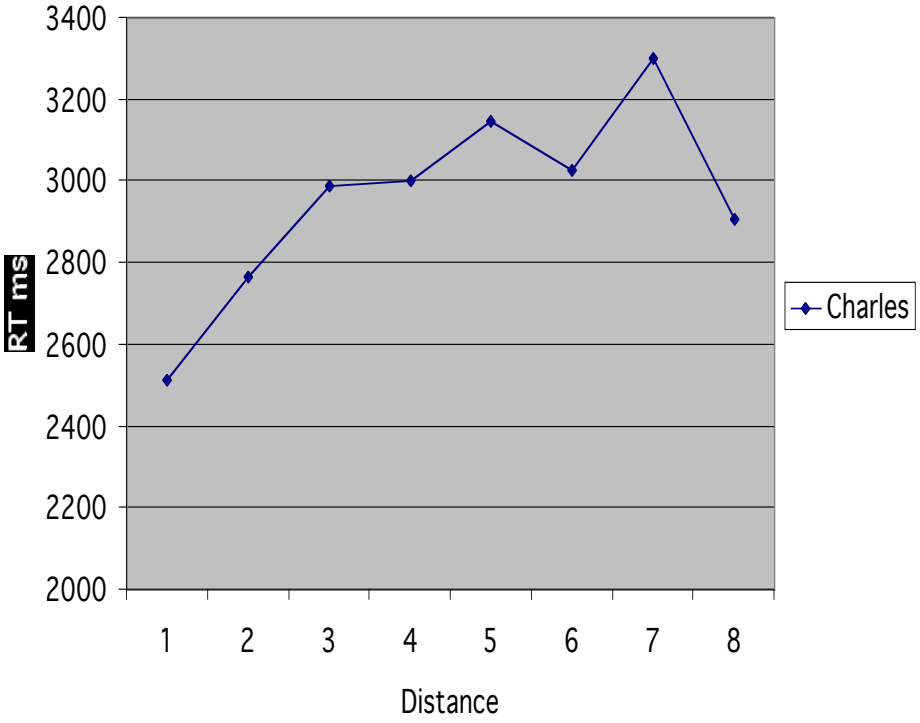
Charles vs controls: dot enumeration



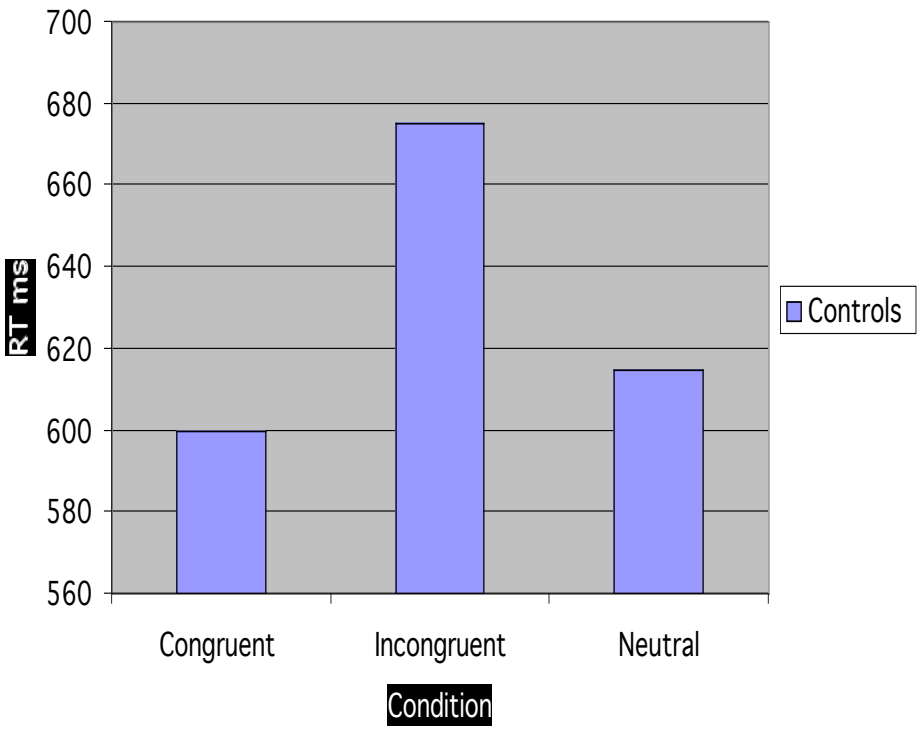
Charles vs controls: number comparison

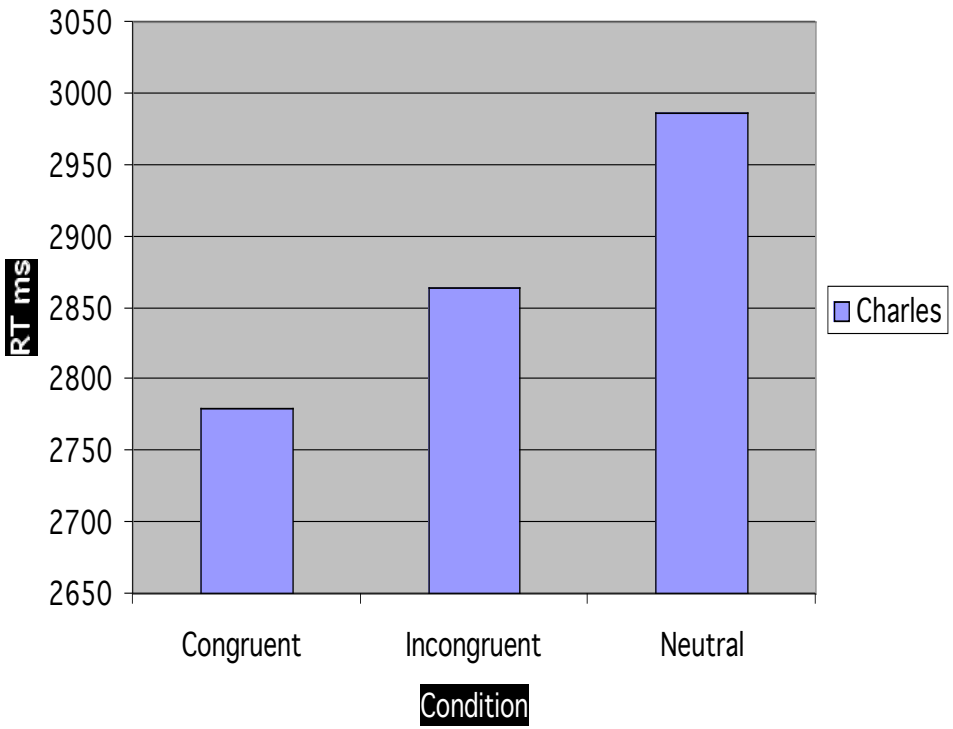
Distance effect





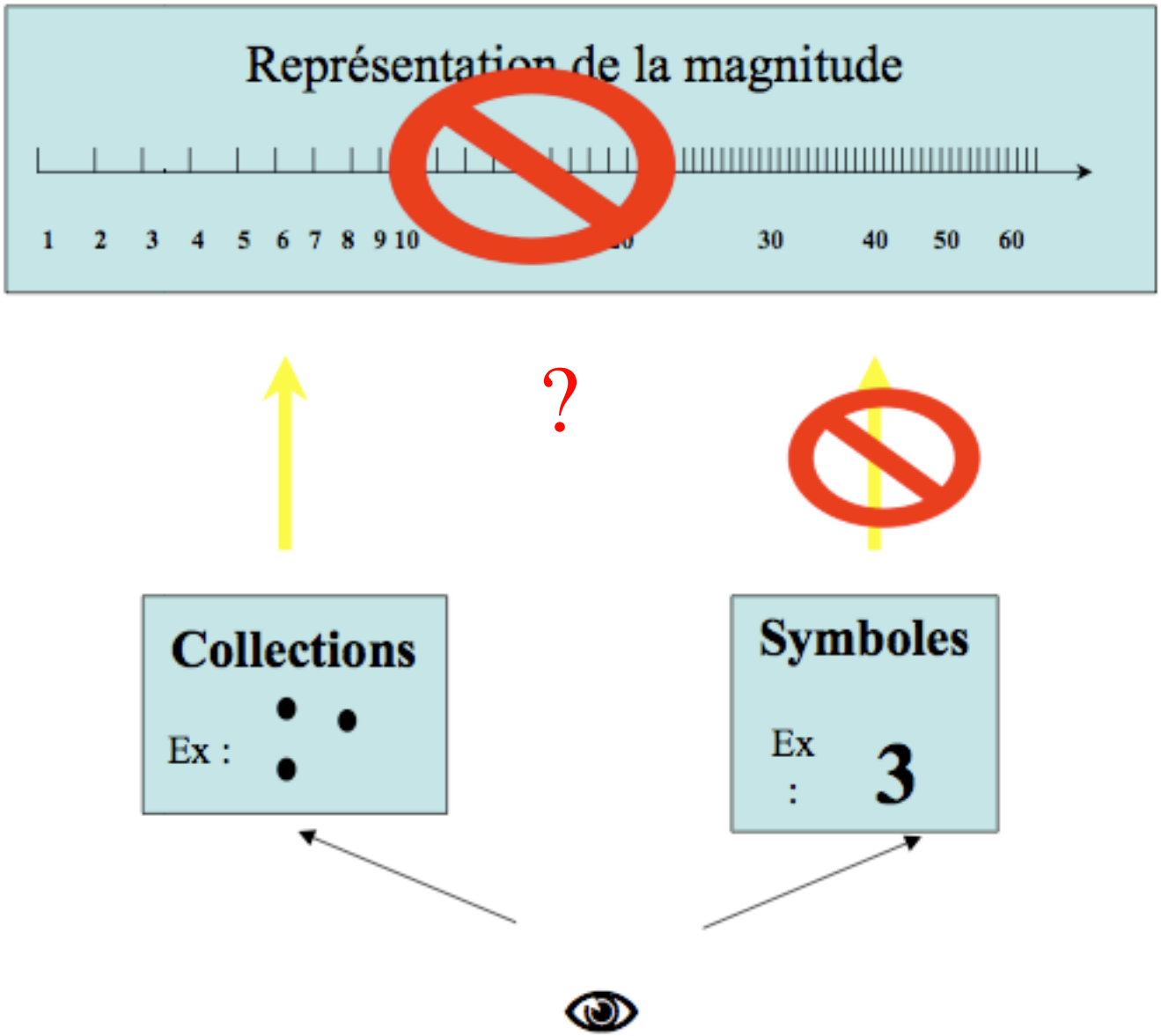
Number stroop. Charles vs controls





interférence

facilitation


Représentation de la magnitude
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
30 40 50 60
?
Collections
Ex :
Symboles
Ex :
3

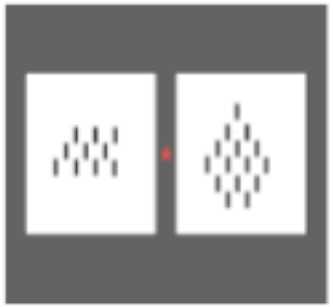
- population
  - 46 enfants DC : score < pc 15 dans un test de math
  - La moitié d'entre eux sont aussi DL
  - 47 enfants contrôles
  - Pairés sur
    - age (8 ans),
    - Niveau intellectuel (WISC),
    - Classe (2ième primaire, donc CE1)

Rousselle & Noël (Cognition, 2006)

- Traitement des quantités à partir de symboles

2 5

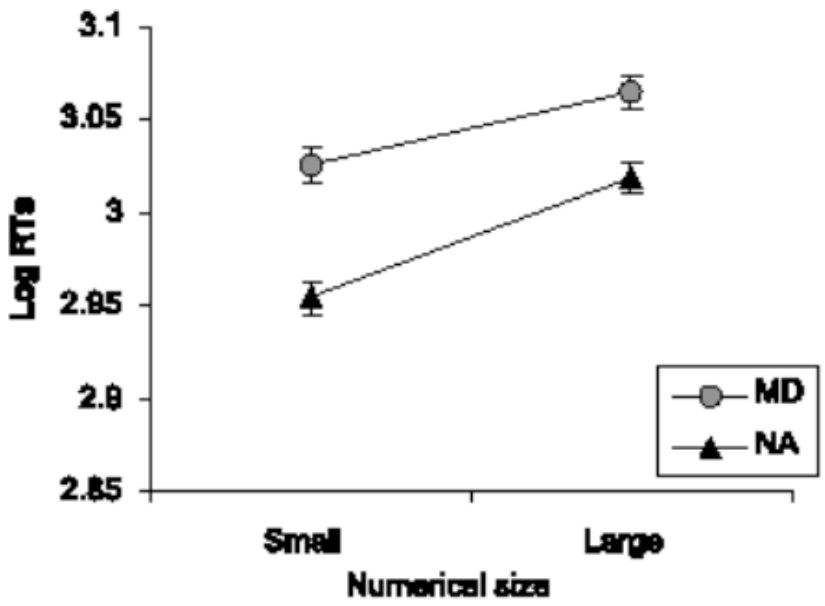
- Traitement des quantités à partir de collections



Easy Condition

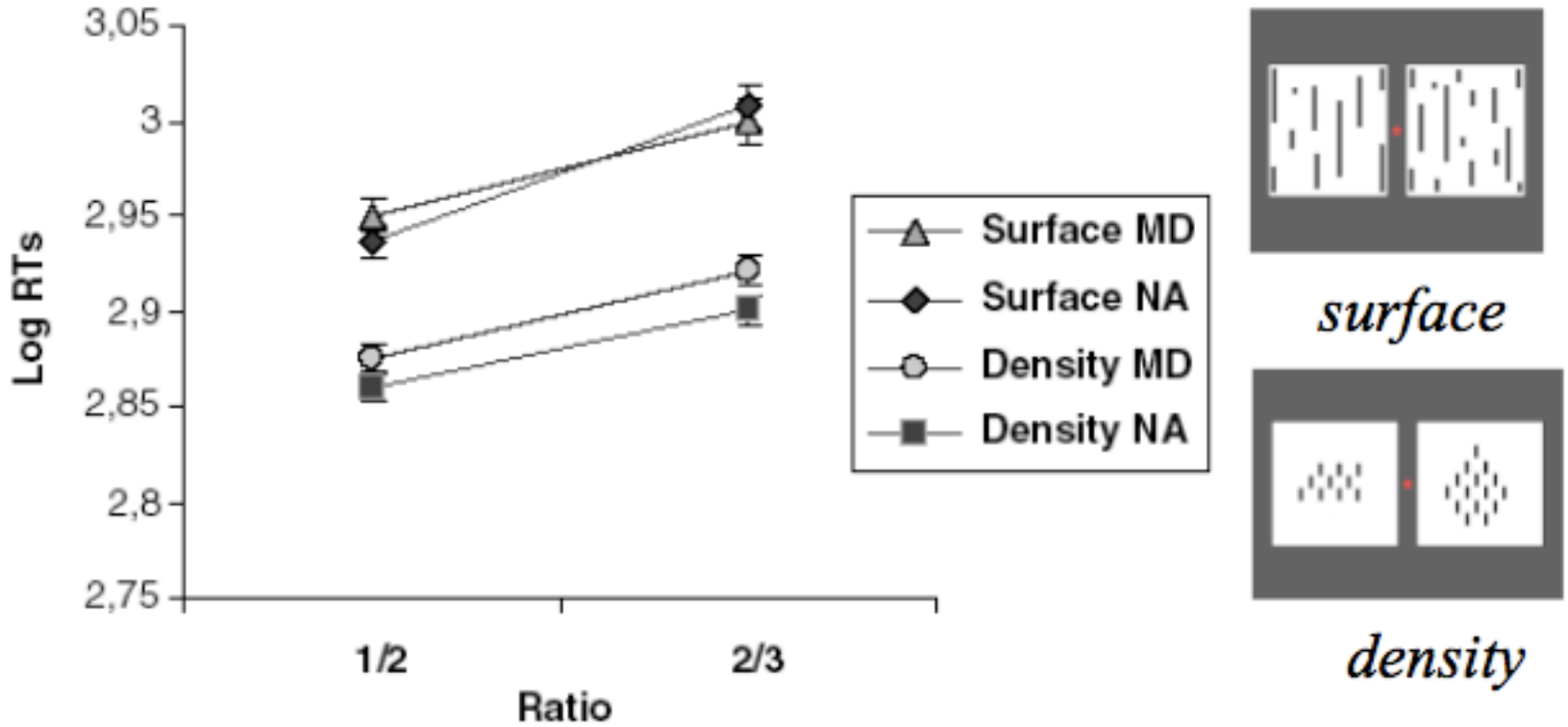
Difficult Condition

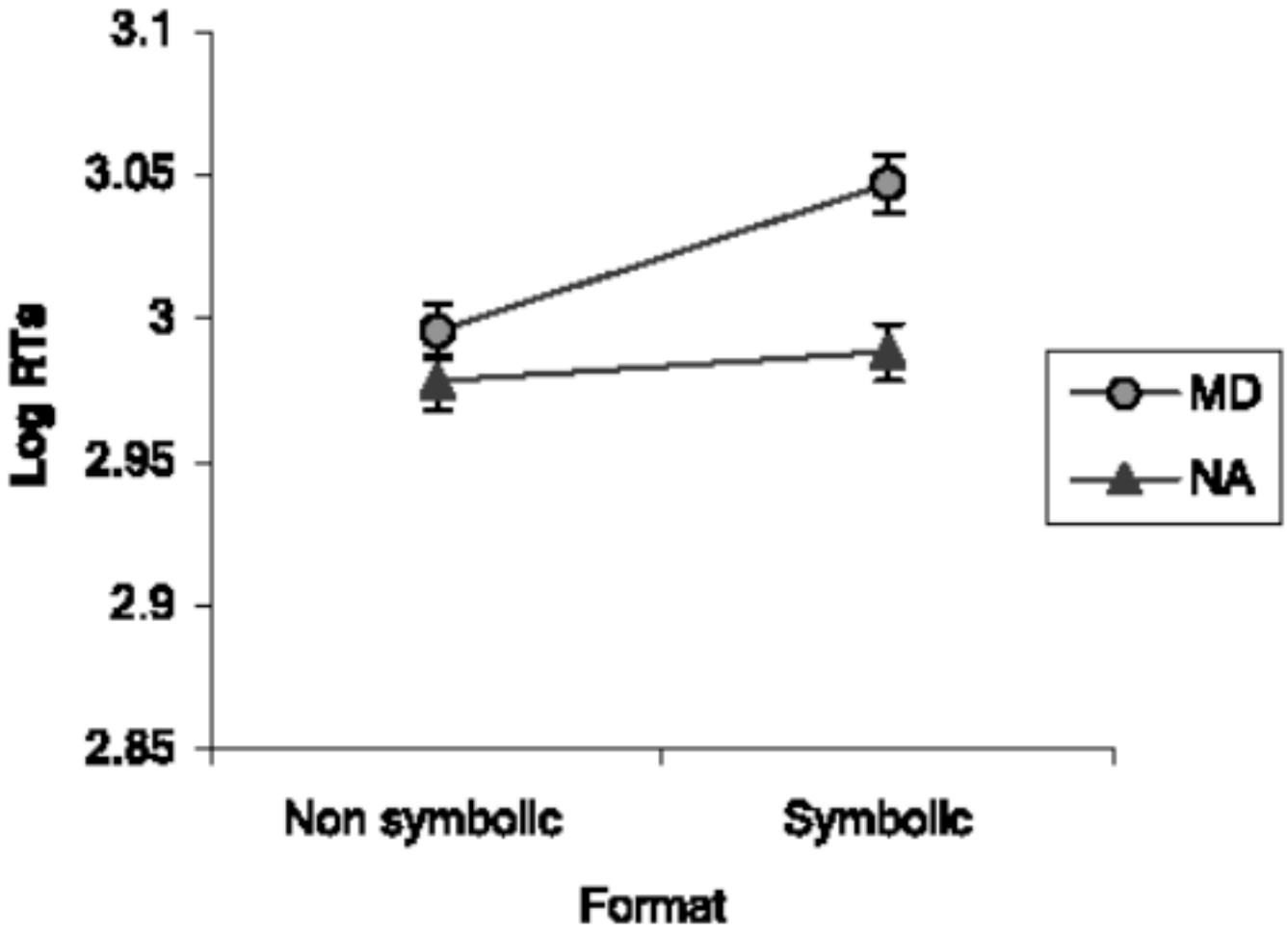
Comparaison de chiffres Arabes



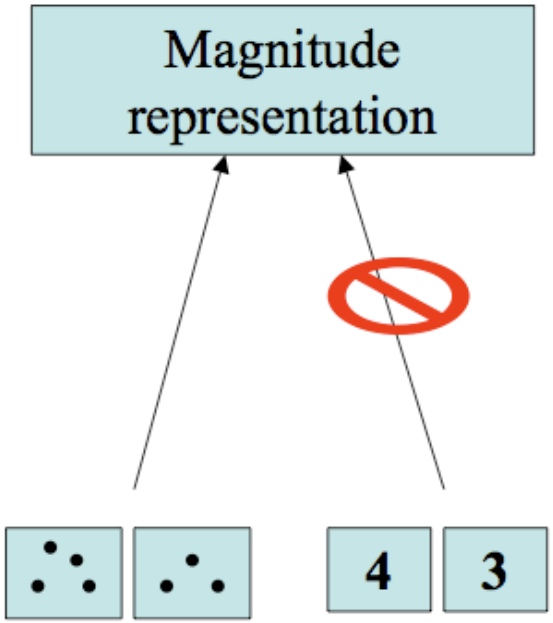
MD= DC et DC-DL
NA=contrôles

Comparaison de collections




3.1
3.05
3
2.95
2.9
2.85
Log RTs
Non symbolic
Symbolic
Format
MD
NA

Conclusion



⇨ La représentation de la magnitude est préservée

⇨ Difficultés à accéder à la représentation de la magnitude à partir de codes symboliques

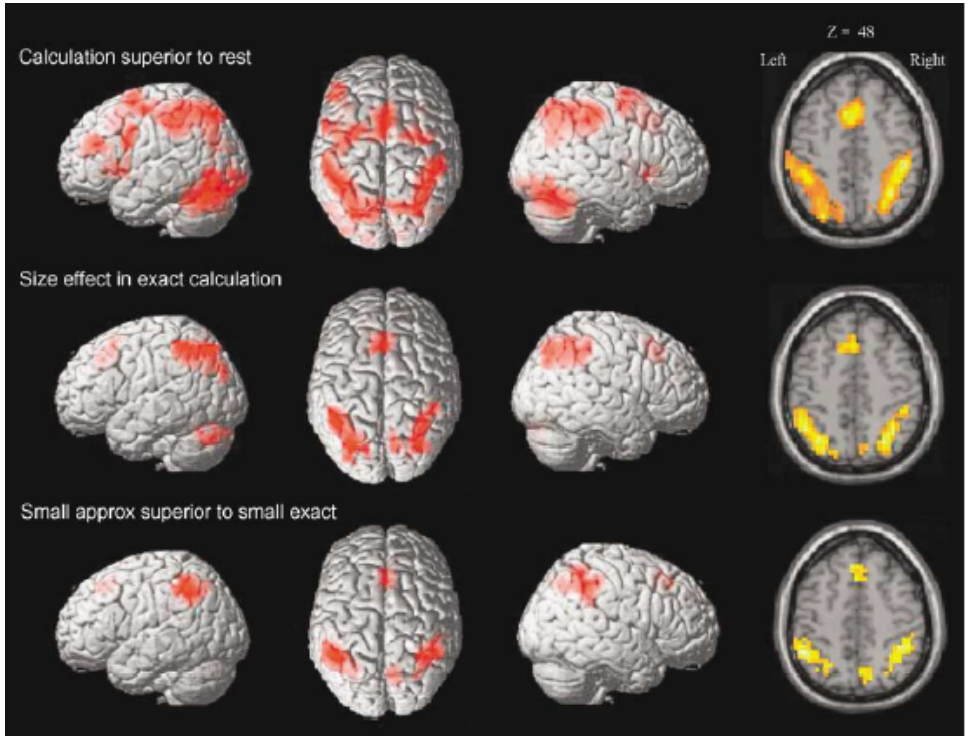
Deuxième conclusion

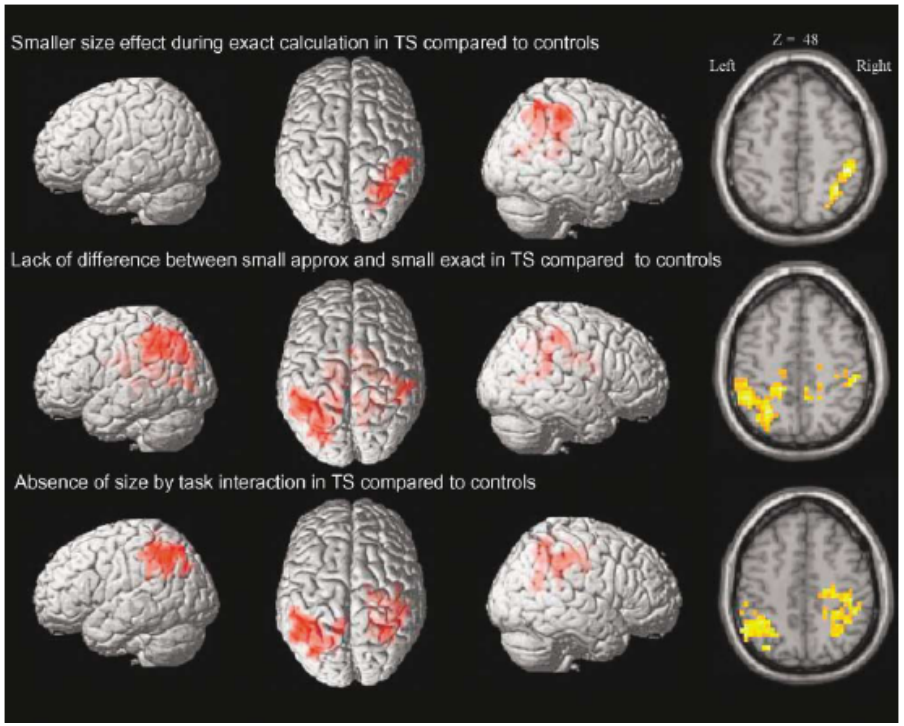
- Il existe une convergence d'arguments suggérant un déficit de l'accès automatique à la représentation de la magnitude chez les dyscalculiques:
  - Altération de la reconnaissance des petites numérosités
  - Altération de l'effet de distance
  - Altération de l'effet Stroop numérique
- Ce déficit concerne les comparaisons symboliques comme non symboliques, avec toutefois une altération plus nette pour les symboliques

Neuron, Vol. 40, 847–858, November 13, 2003, Copyright ©2003 by Cell Press

Nicolas Molko,[1,*] Arnaud Cachia,[2,3]
Denis Rivière,[1,2] Jean-François Mangin,[2]
Marie Bruandet,[1] Denis Le Bihan,[2]
Laurent Cohen,[1,4] and Stanislas Dehaene[1]
[1]INSERM U 562

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

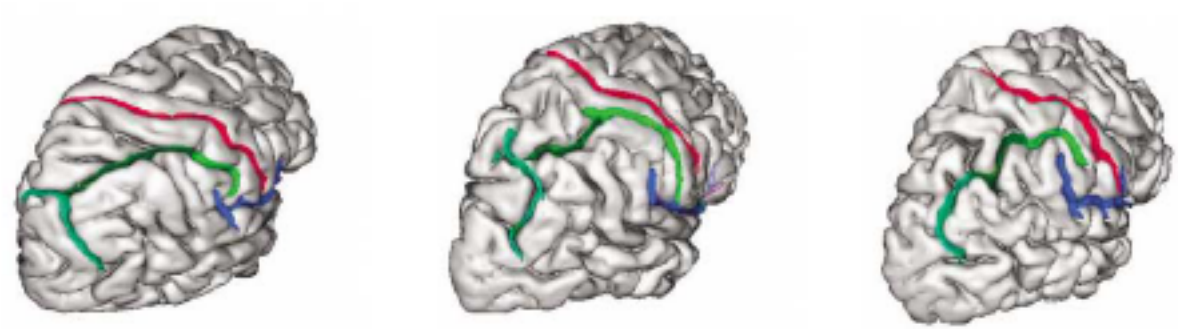




témoins

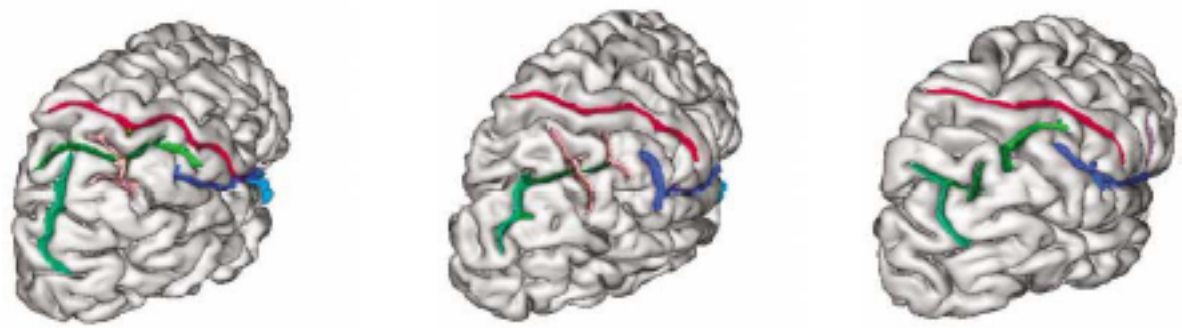
Syndrome de Turner
(X seul, 1F / 2500)

Normal variability of the right IPS in three controls



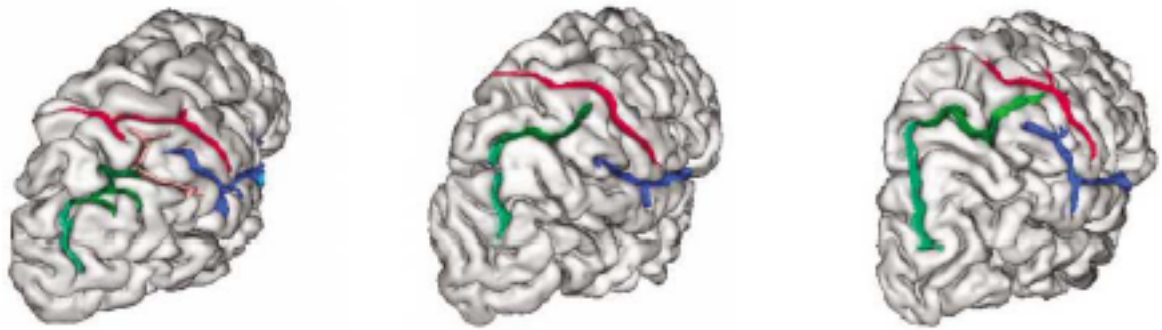
Témoins variations normales IPS

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



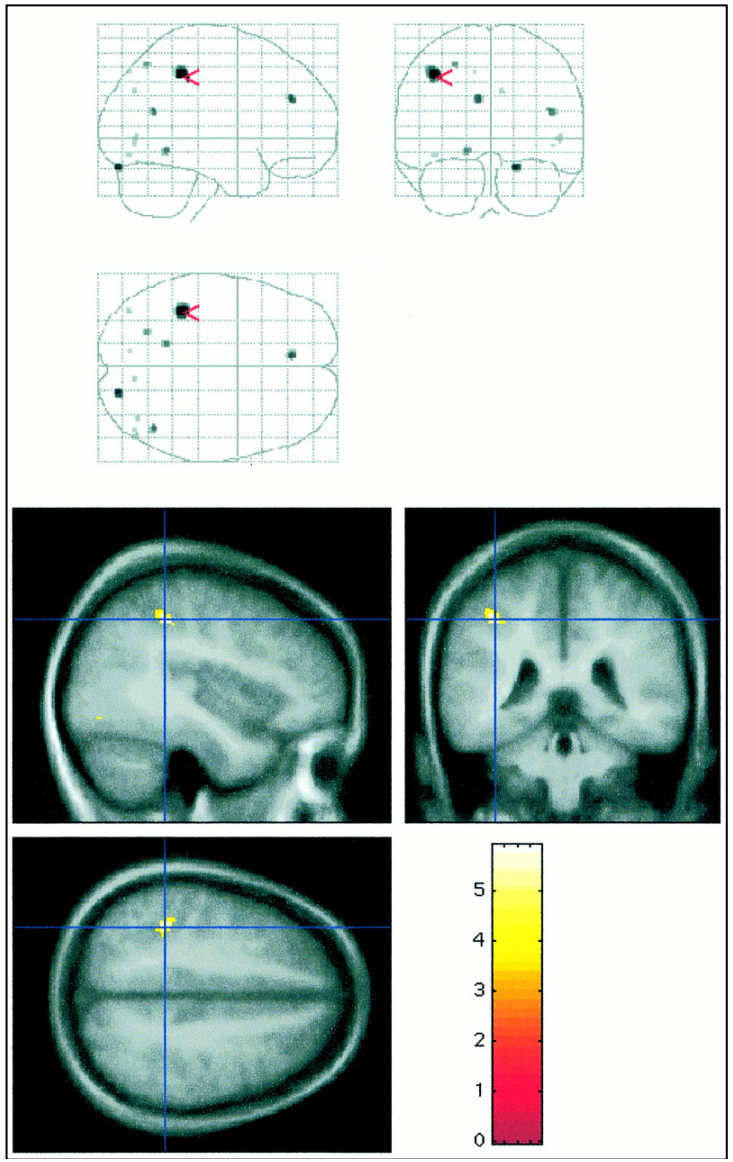
S de Turner : Interruptions anormales

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



S. De Turner : Anomalies de direction et ou branches

Reduced grey matter in VLBW adolescents poor on simple number tests



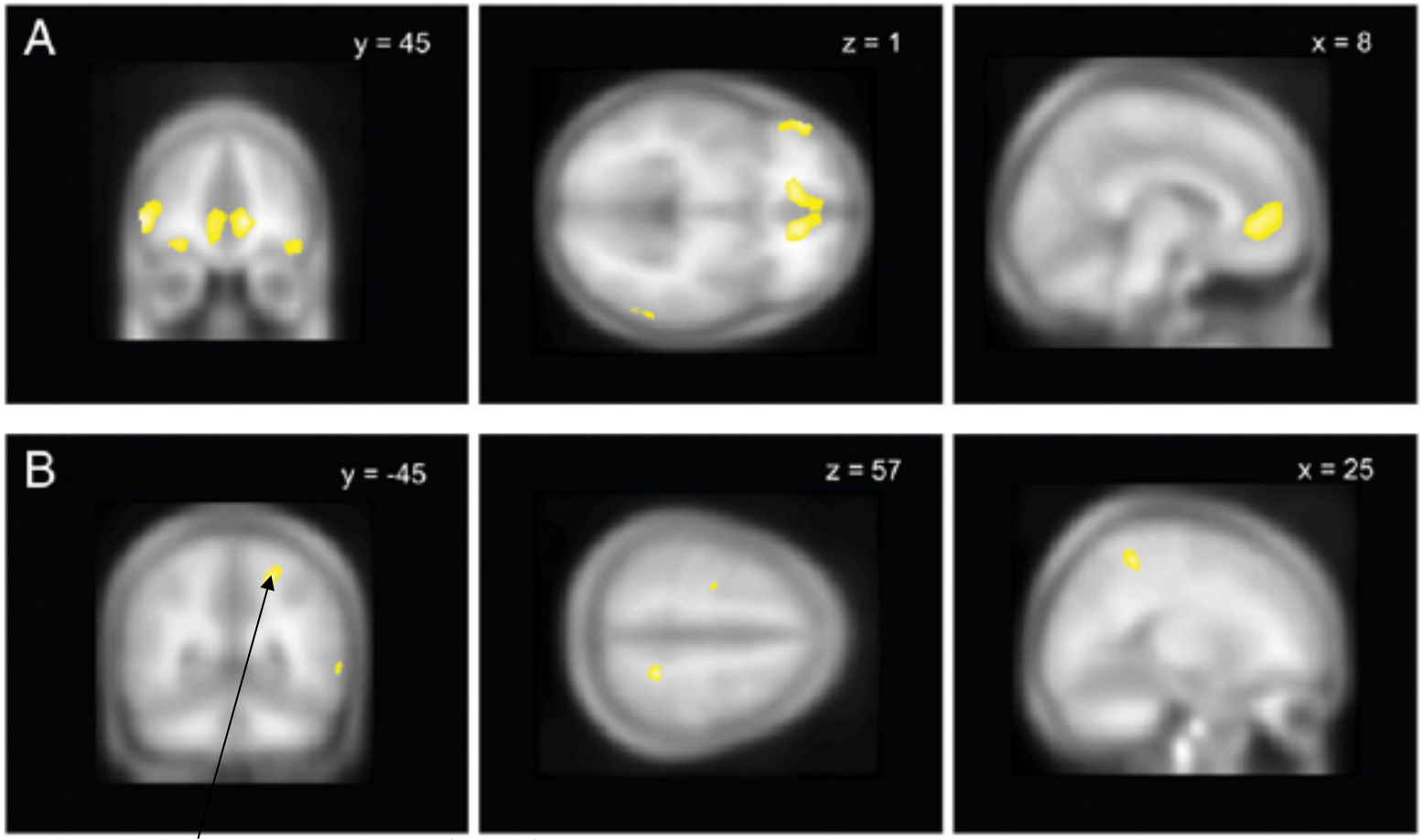
From Isaacs et al,
Brain, 2001

www.elsevier.com/locate/ynimg
NeuroImage xx (2007) xxx–xxx

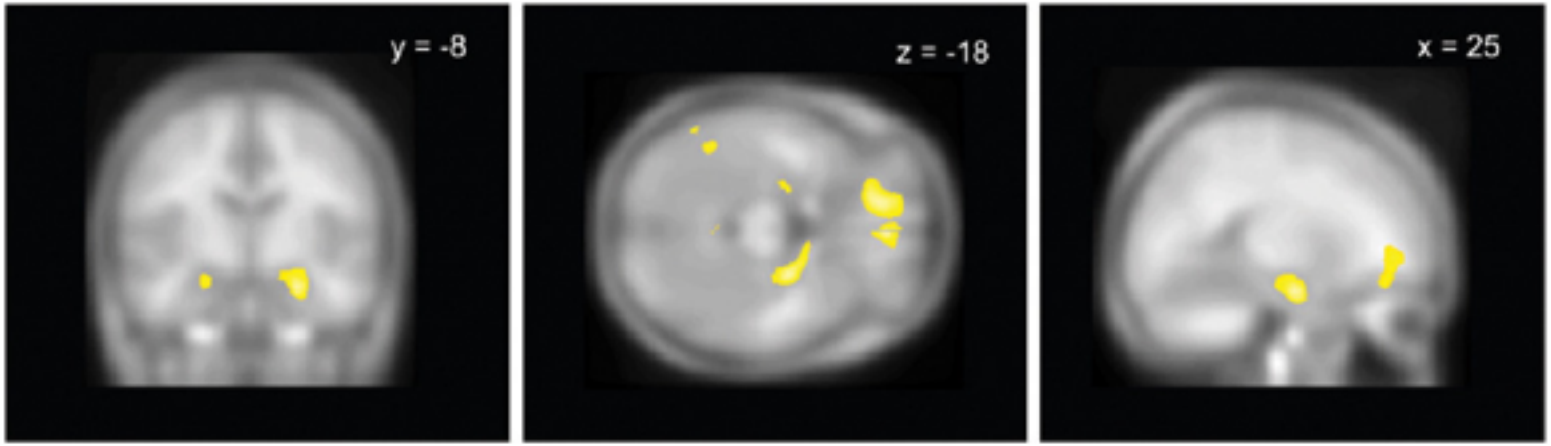
Optimized voxel-based morphometry in children with developmental dyscalculia

S. Rotzer,[a,*,1] K. Kucian,[a,1] E. Martin,[a] M. von Aster,[a,c] P. Klaver,[a] and T. Loenneker[a,b]

[a] *University Children's Hospital, MR-Center, Steinwiesstrasse 75, CH-8032 Zurich, Switzerland*
[b] *Center for Integrative Human Physiology, University of Zurich, Switzerland*
[c] *Department of Child and Adolescent Psychiatry, German Red Cross Hospitals Westend, Berlin, Germany*



Right intra-parietal sulcus controls more grey matter



White matter : decreased right para-hippocampal volume (spatial memory)

Behavioral and Brain Functions

BioM

Published: 5 August 2009
Behavioral and Brain Functions 2009, 5:35 doi:10.1186/1744-9081-5-35

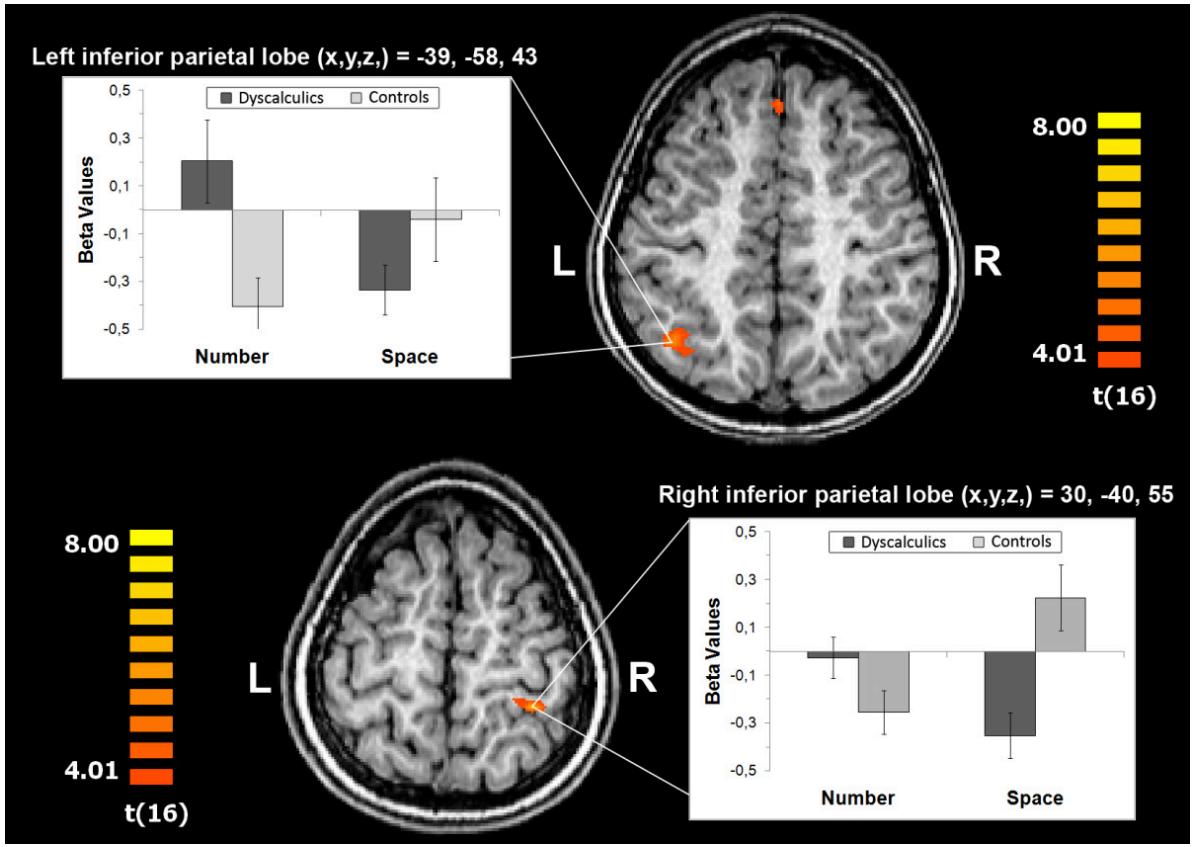
Received: 6 February 2009
Accepted: 5 August 2009

Research

Open Access

Developmental dyscalculia: compensatory mechanisms in left intraparietal regions in response to nonsymbolic magnitudes

Liane Kaufmann*[1,2], Stephan E Vogel[1,3], Marc Starke[2,3], Christian Kremser[4], Michael Schocke[4] and Guilherme Wood[2,5]



Stimuli : paires de mains représentant des numérosités de face palmaire ou dorsale

Condition "nombre" : comparaison de numérosité

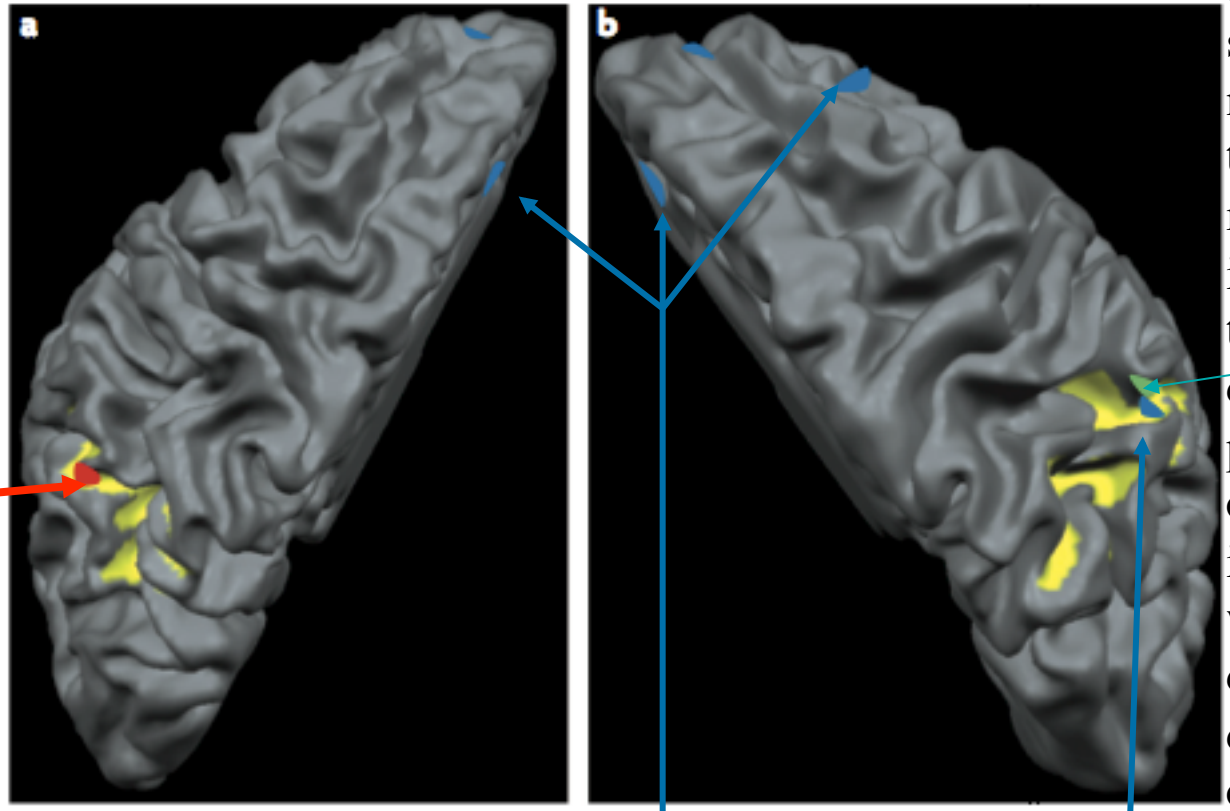
Condition "espace" : comparaison d'orientation (dos/palme)

Dyscalculiques : moindre déactivation en condition "nombre" dans IPS droit + suractivation compensatoire dans IPS gauche

278 | APRIL 2008 | VOLUME 9 www.nature.com/reviews/neuro

© 2008 Nature Publishing Group

Box 1 | **Neural basis of developmental dyscalculia**



Low birth weight and dyscalculia (Isaacs et al., 2001)

magnitude comparison task : although the non-symbolic numerical distance task significantly modulated activity in the right IPS in the typically developing participants, this effect was absent in the children with developmental dyscalculia (Price et al., 2007)

children with developmental dyscalculia have less right-parietal grey matter and have grey matter abnormalities in regions of the frontal cortex (Rotzer et al., 2008)

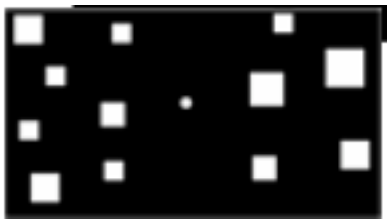
Current Biology Vol 17 No 24
R1042

Correspondences

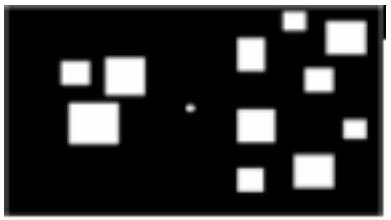
Impaired parietal magnitude processing in developmental dyscalculia

Gavin R. Price[1], Ian Holloway[2], Pekka Räsänen[3], Manu Vesterinen[1] and Daniel Ansari[2]

NSC



NSF



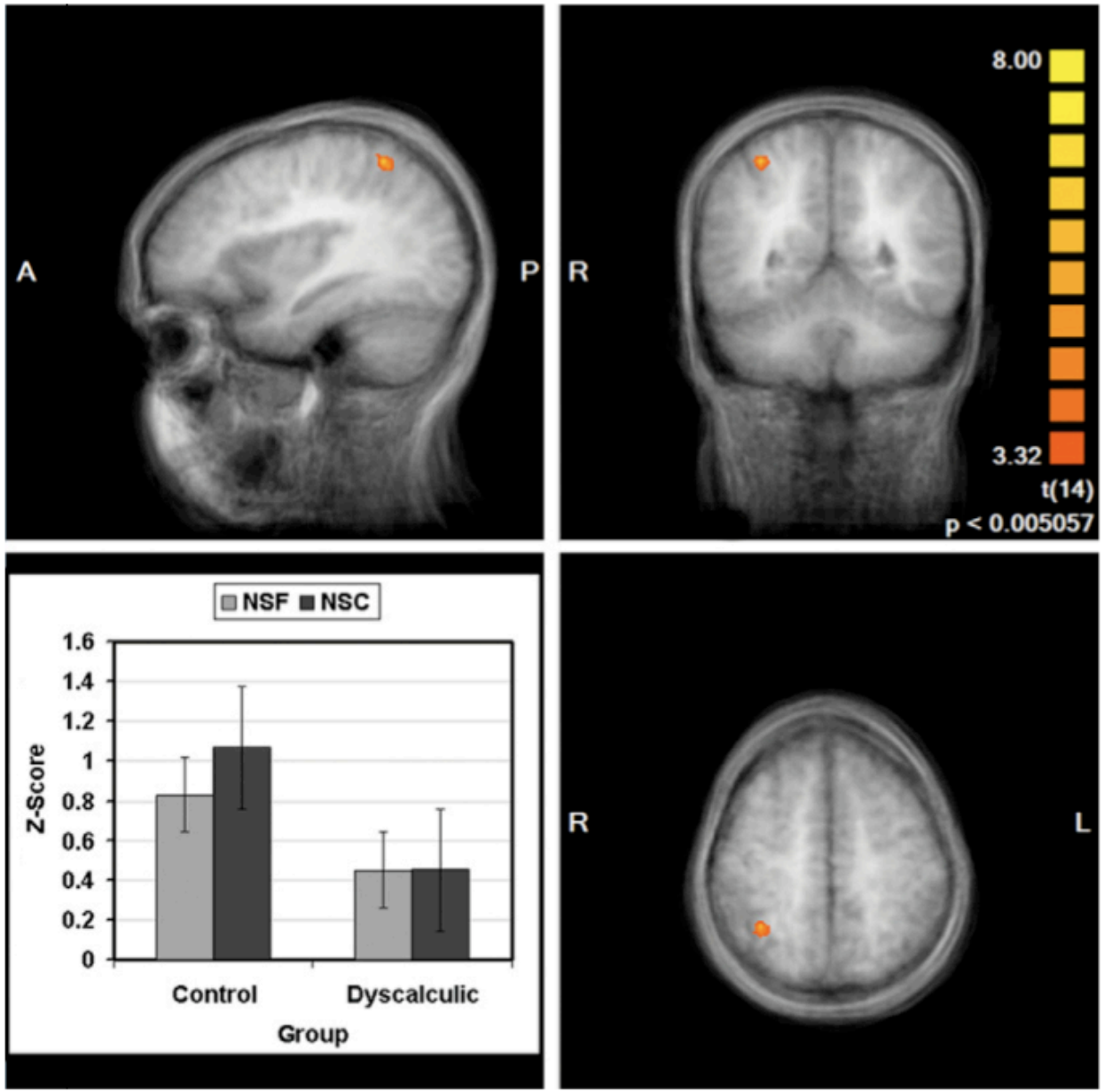


Figure 1. Interaction of group X distance in the right intraparietal sulcus.

Current Biology 17, 689–693, April 17, 2007 ©2007 Elsevier Ltd All rights reserved DOI 10.1016/j.cub.2007.02.056

Report

Virtual Dyscalculia Induced by Parietal-Lobe TMS Impairs Automatic Magnitude Processing

Roi Cohen Kadosh,[1,2,*] Kathrin Cohen Kadosh,[1] Teresa Schuhmann,[4] Amanda Kaas,[4,5] Rainer Go Avishai Henik,[1] and Alexander T. Sack[4]
[1] Department of Behavioral Sciences and Zlotowski Center for Neuroscience
Ben-Gurion University of the Negev
Beer-Sheva 84105
Israel

2 4 congruent

2 4 incongruent

2 4 Neutral : physical

2 2 Neutral : numerical

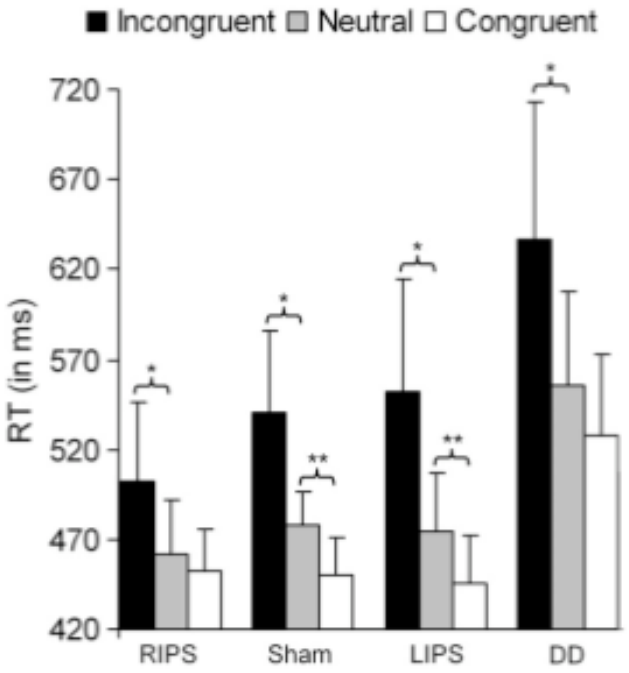
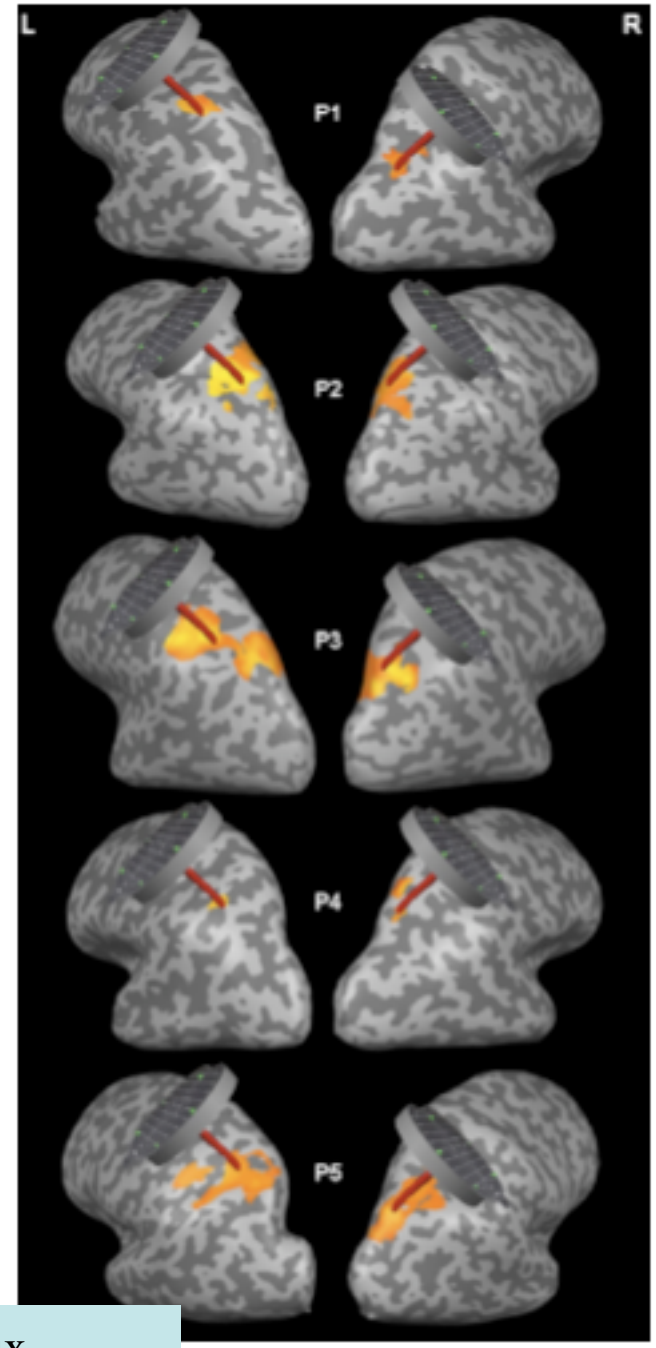


Figure 3. Reaction Times as a Function of Congruity for the Group with Developmental Dyscalculia and for TMS Stimulation Sites for the Nondyscalculic Group

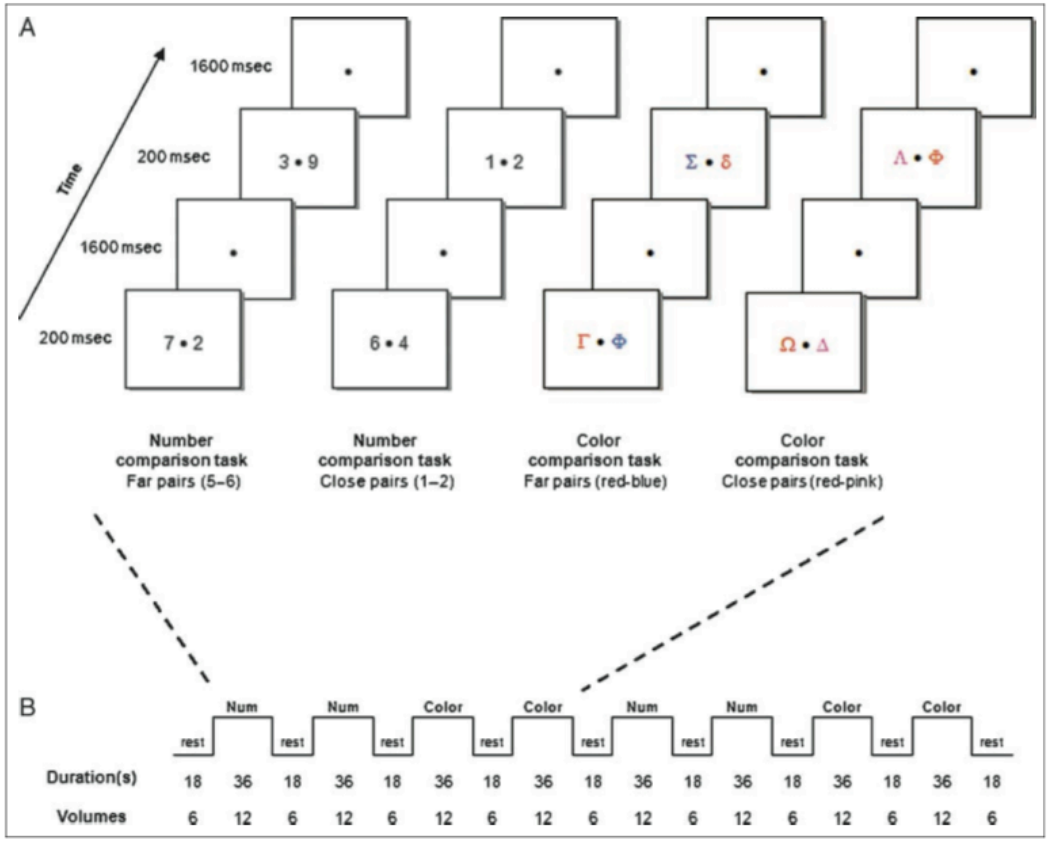
Error bars depict one standard error of the mean. * < 0.05, ** < 0.005. The following abbreviations are used: developmental dyscalculia (DD), left IPS (LIPS), and right IPS (RIPS).



Inactivation pariétale droite : effet similaire aux dyscalculiques (interférence, mais pas de facilitation

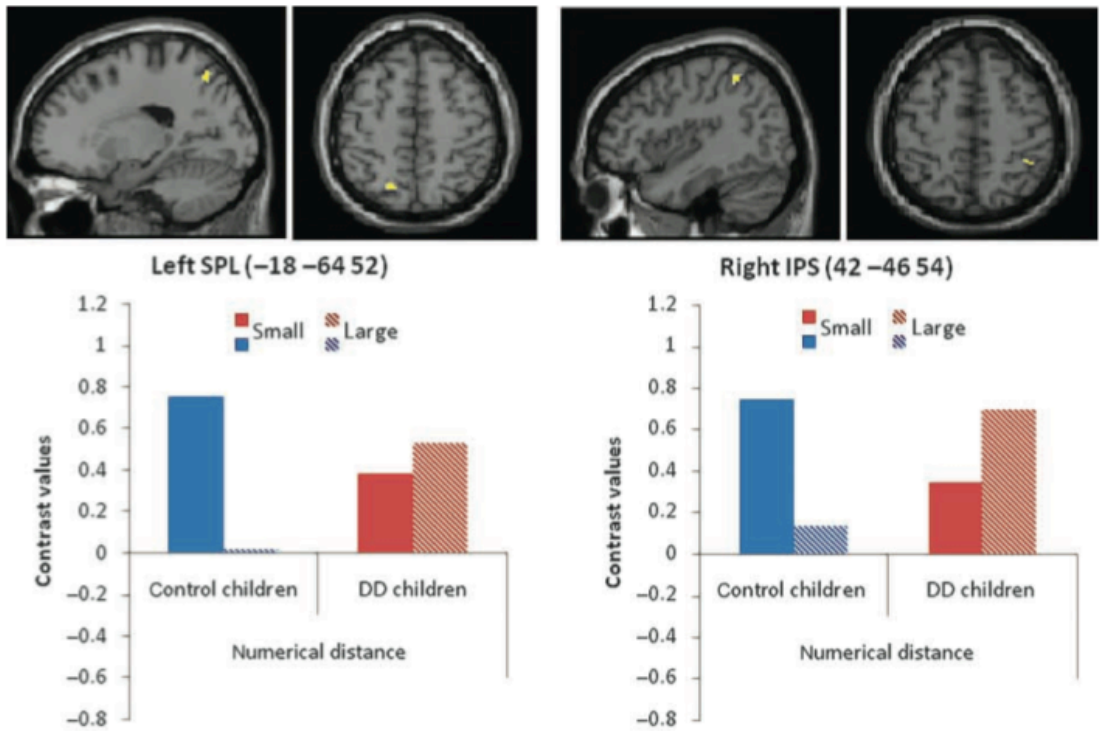
Neural Correlates of Symbolic Number Comparison in Developmental Dyscalculia

Christophe Mussolin[1], Anne De Volder[2], Cécile Grandin[2], Xavier Schlögel[2], Marie-Cécile Nassogne[2], and Marie-Pascale Noël[1]



© 2009 Massachusetts Institute of Technology

Journal of Cognitive Neuroscience 22:5, pp. 860–874



Brain activation in bilateral intraparietal sulcus (IPS) was modulated by numer- ical distance in controls but not in children with DD. Moreover, although the right IPS responded to numerical distance only, the left IPS was influenced by both numerical and color distances in control children. Our findings suggest that dyscalculia is associated with impairment in areas involved in number magnitude processing and, to a lesser extent, in areas dedicated to domain- general magnitude processing.

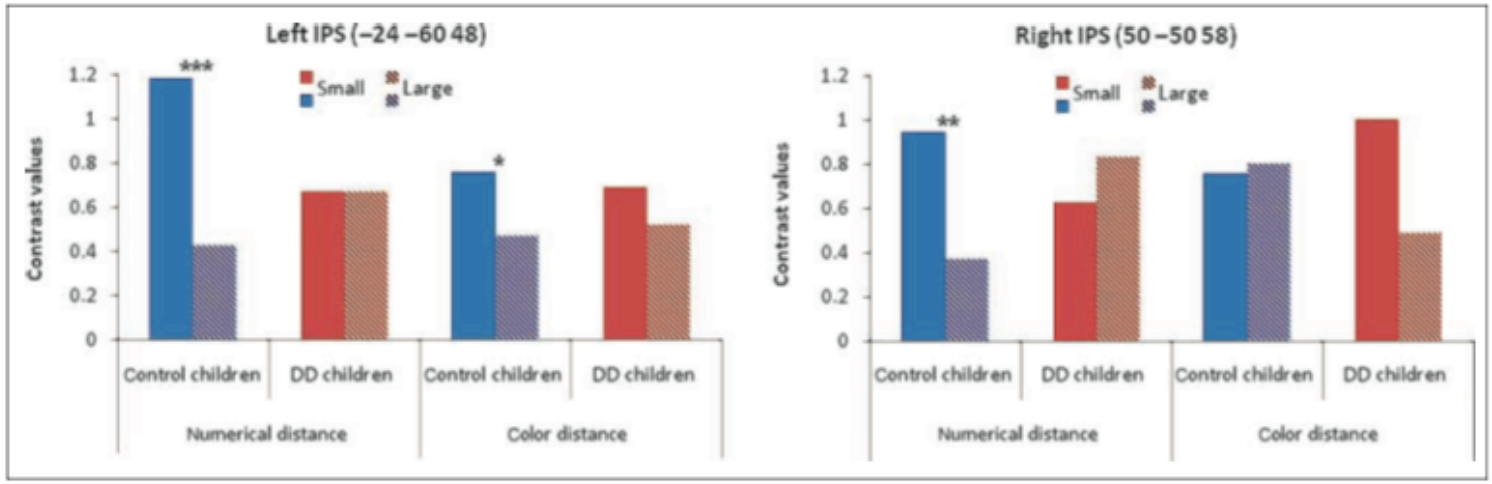


Figure 3. ROI analysis. Bar charts depict modulation of brain activation (mean contrast values) in left and right IPS during numerical and color distances, as computed in these regions for both control and DD children. Significant group differences are marked with one (*$p_{corrected} < .05$), two (**$p_{corrected} < .01$), or three asterisks (***$p_{corrected} < .001$), corrected for multiple comparisons.

Dev Sci. 2015 May ; 18(3): 351–372. doi:10.1111/desc.12216.

Brain hyper-connectivity and operation-specific deficits during arithmetic problem solving in children with developmental dyscalculia

Miriam Rosenberg-Lee[1], **Sarit Ashkenazi**[1,2], **Tianwen Chen**[1], **Christina B. Young**[3], **David C. Geary**[4,5], and **Vinod Menon**[1,6,7,8]

[1]Department of Psychiatry & Behavioral Sciences, Stanford University School of Medicine, USA

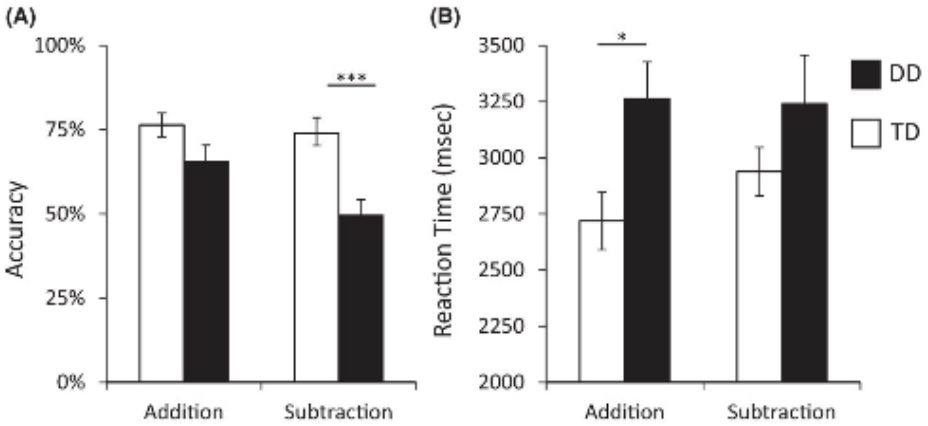


Figure 1. Behavioral performance in DD and TD children on addition and subtraction problems

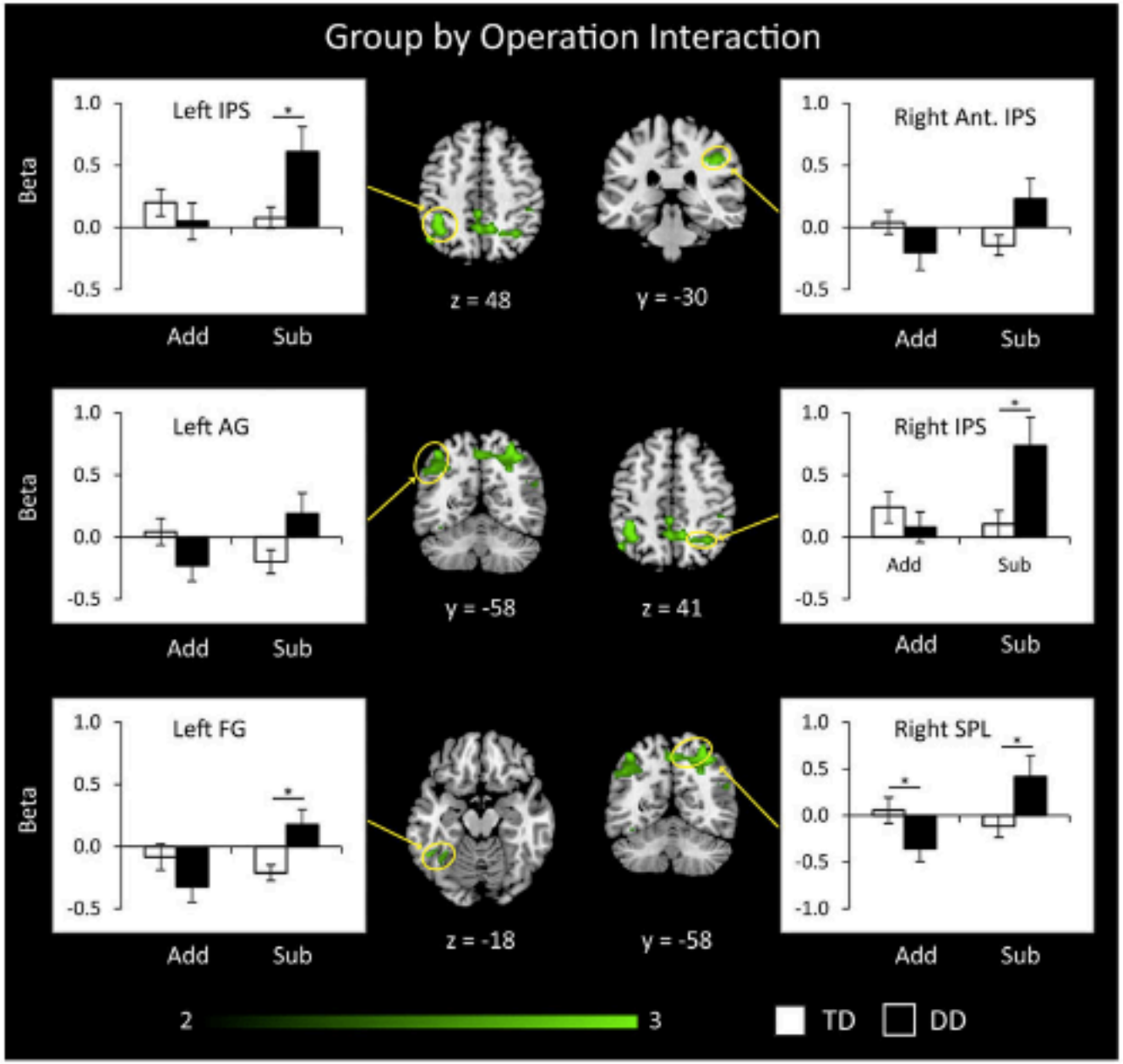


Figure 5. Brain areas that showed significant group differences in activation to addition versus subtraction problems

Troisième conclusion

- Il existe un nombre croissant d'arguments suggérant que la dysfonction caractéristique de la dyscalculie se situe au niveau de l'IPS
- La latéralisation de cette dysfonction pariétale est variable, le plus souvent à droite
- La modulation de l'activation de l'IPS par la distance numérique est un argument en faveur d'un trouble spécifique de la représentation des magnitudes
- La dysfonction de l'IPS ne serait pas spécifique aux nombres et serait amodale

frontiers in
HUMAN NEUROSCIENCE

ORIGINAL RESEARCH ARTICLE
published: 24 November 2009
doi: 10.3389/neuro.09.051.2009

Neuroanatomical correlates of developmental dyscalculia: combined evidence from morphometry and tractography

Elena Rykhlevskaia[1,2], Lucina Q. Uddin[1], Leeza Kondos[1] and Vinod Menon[1,3,4]*

[1] *Department of Psychiatry and Behavioral Sciences, Stanford University, CA, USA*
[2] *Department of Psychology, Stanford University, CA, USA*
[3] *Program in Neuroscience, Stanford University, CA, USA*
[4] *Symbolic Systems Program, Stanford University, CA, USA*

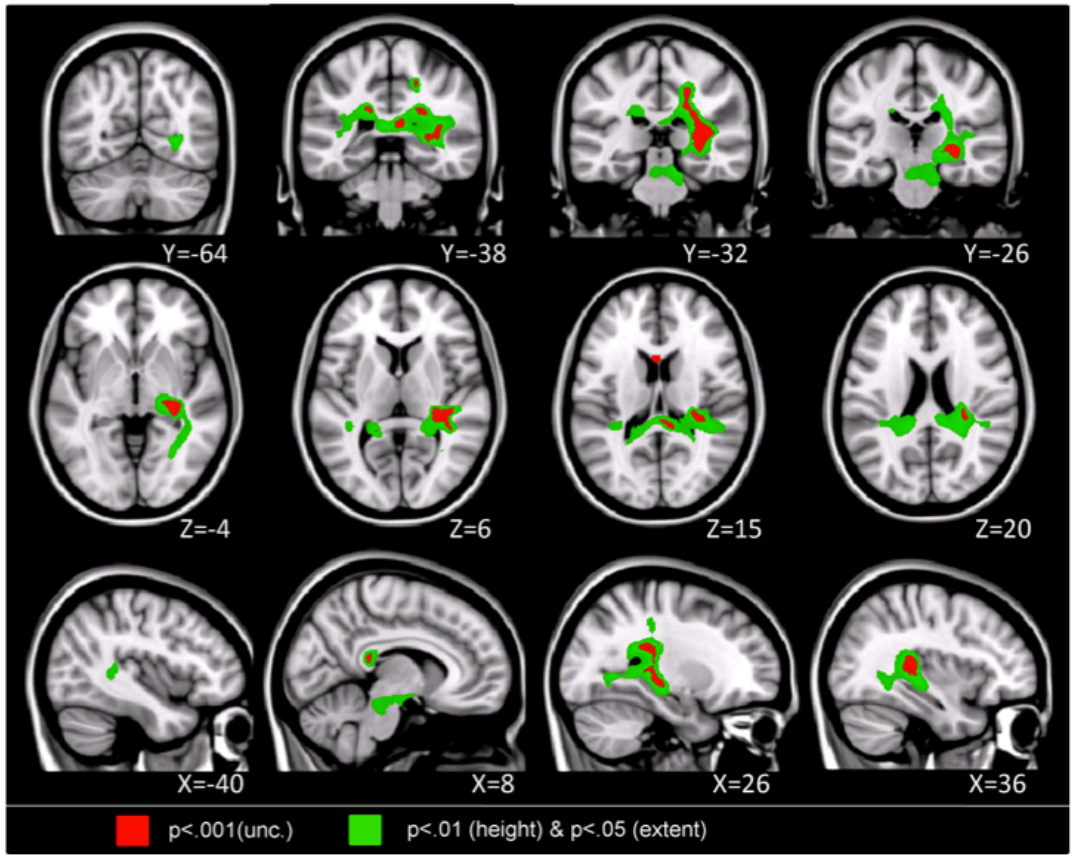
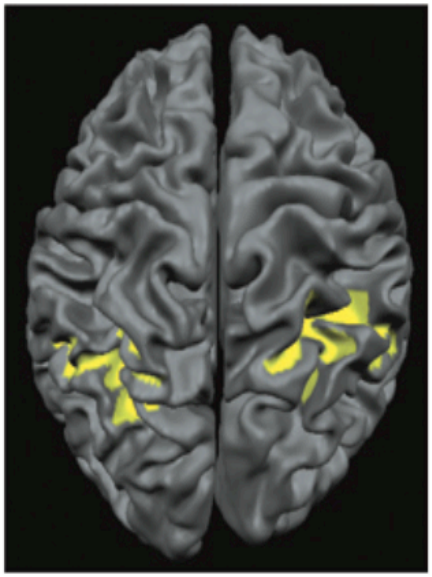
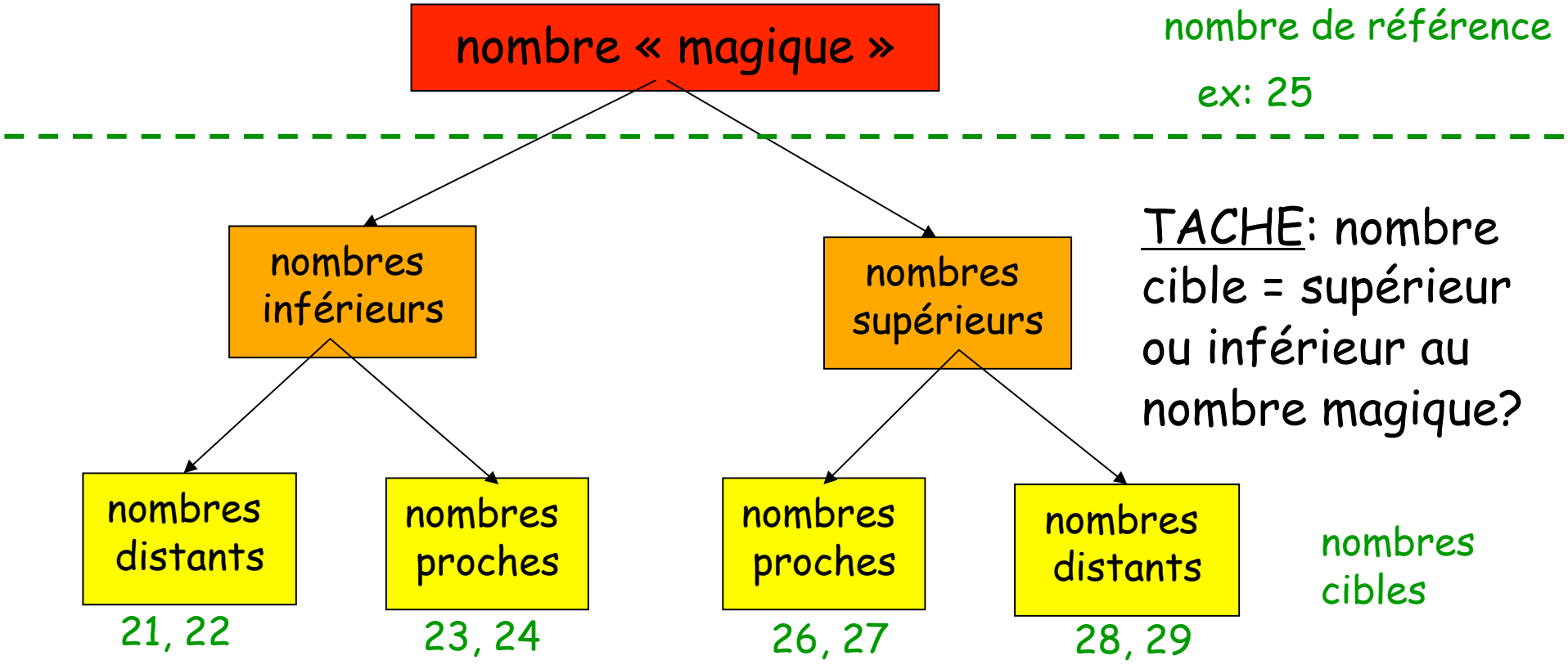


FIGURE 2 | Brain regions where children with DD showed significant white matter deficits, compared to TD children (two-sample *t*-test results for TD > DD contrast). Red: $p < 0.001$; Green: height threshold $p < 0.01$, extent threshold $p < 0.05$ with family-wise error correction for multiple comparisons and correction for non-isotropic smoothness.



DTI tractography suggests that long-range WM projection fibers linking the right fusiform gyrus with temporal-parietal WM are a specific source of vulnerability in DD

Protocole expérimental



analyses:

- Temps de Réaction (TRs)
- % erreurs
- Potentiels Evoqués (PEs) par la cible

METHODES

EXPERIENCE MAGI:

données comportementales (TRs et % erreurs)

données électrophysiologiques (PEs)

- 10 enfants dyslexiques (8 à 12 ans)
- 12 enfants normolecteurs (7 à 8 ans)

données orthophoniques (L2MA)

test mathématique (Zareki-R)

HYPOTHESES - comportement

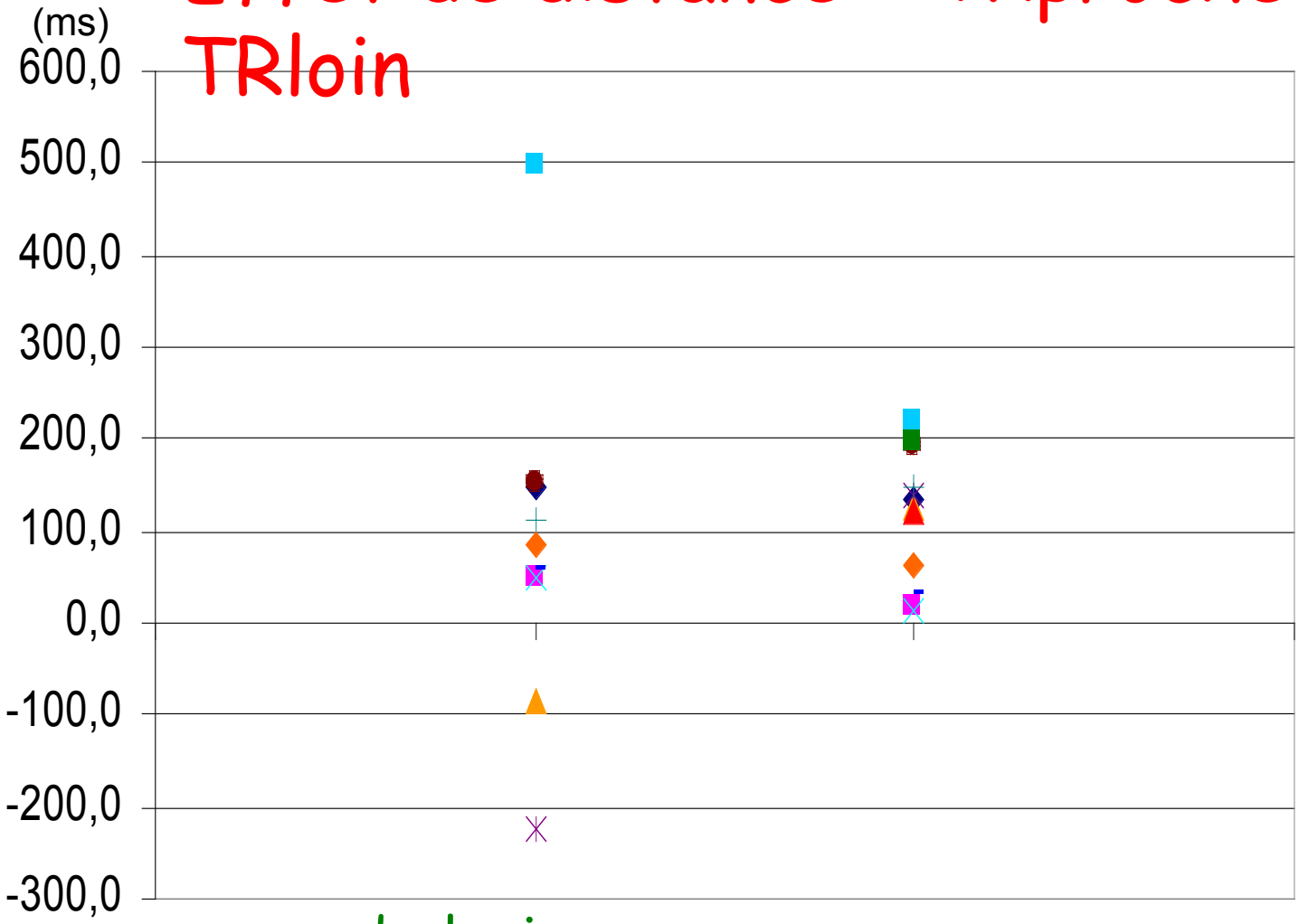
enfants de CONTRÔLE → EFFET DE DISTANCE

TRs et % erreurs nombres proches > nombres distants

enfants DYSLEXIQUES → TRs et % erreurs plus élevés que les contrôles

→ PAS D'EFFET DE DISTANCE ?

Effet de distance = TRproche-TRloin



dyslexiques

moy=84ms
(ou 38ms)

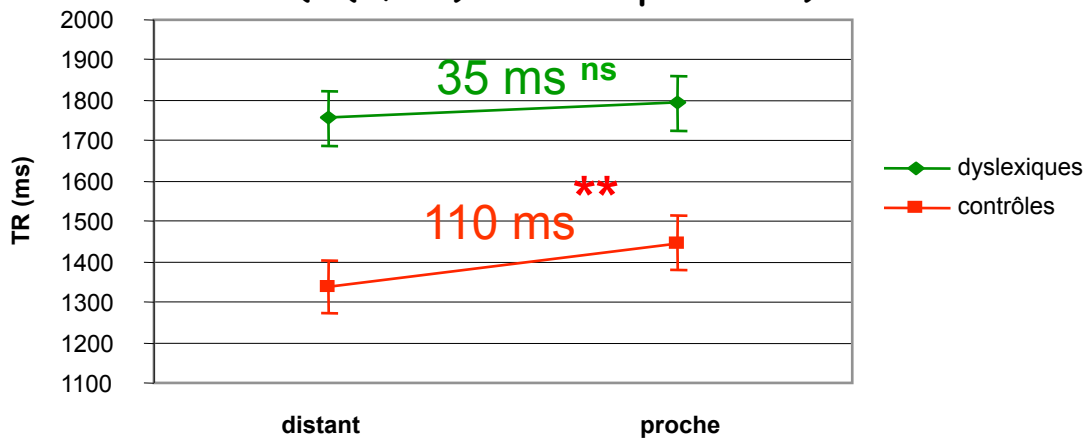
normolecteurs

moy=116ms

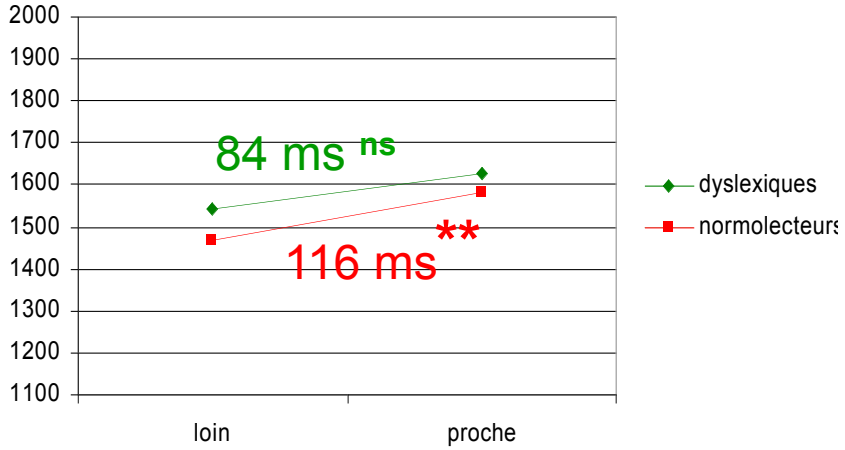
DONNEES comportementales - TRs

Expérience comportementale M2: (18 dyslexiques/18 normolecteurs)

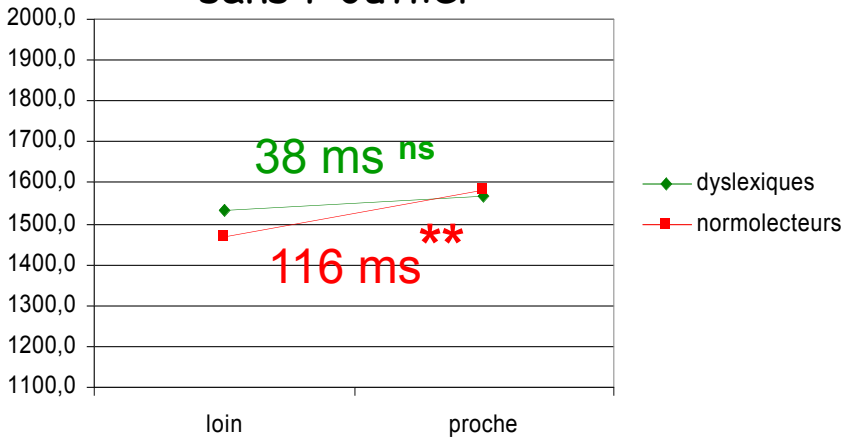
Interaction entre les effets des facteurs Distance et Groupe
(F(1,34)= 5.53; p<0.001)



Expérience (septembre 2007): (10 dyslexiques/12normolecteurs)



sans l' outlier



Résumé: données comportementales

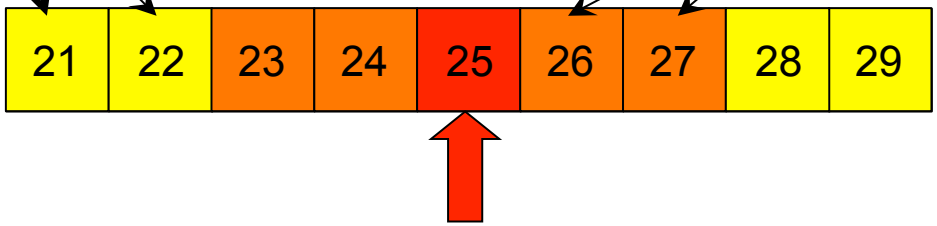
enfants NORMOLECTEURS: effet de distance → TR nombres proches > TR nombres distants

↓

2 stratégies de calcul:

Calcul approximatif pour les nombres distants

Calcul exact pour les nombres proches



enfants DYSLEXIQUES: pas d'effet de distance significatif ↓

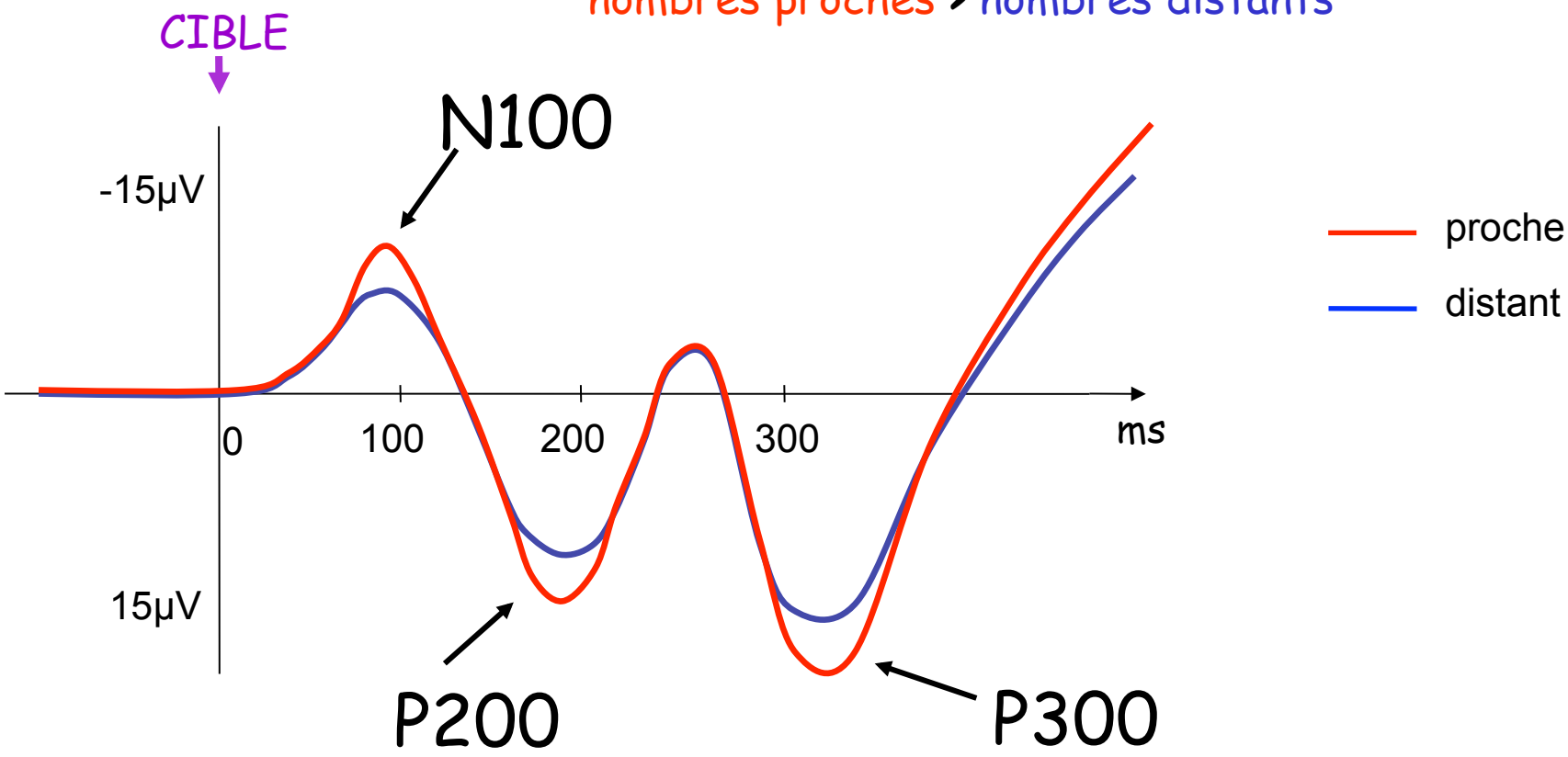
1 seule stratégie de calcul:

Calcul exact pour les nombres proches et distants (comptage)

HYPOTHESES - électrophysiologie

NORMOLECTEURS

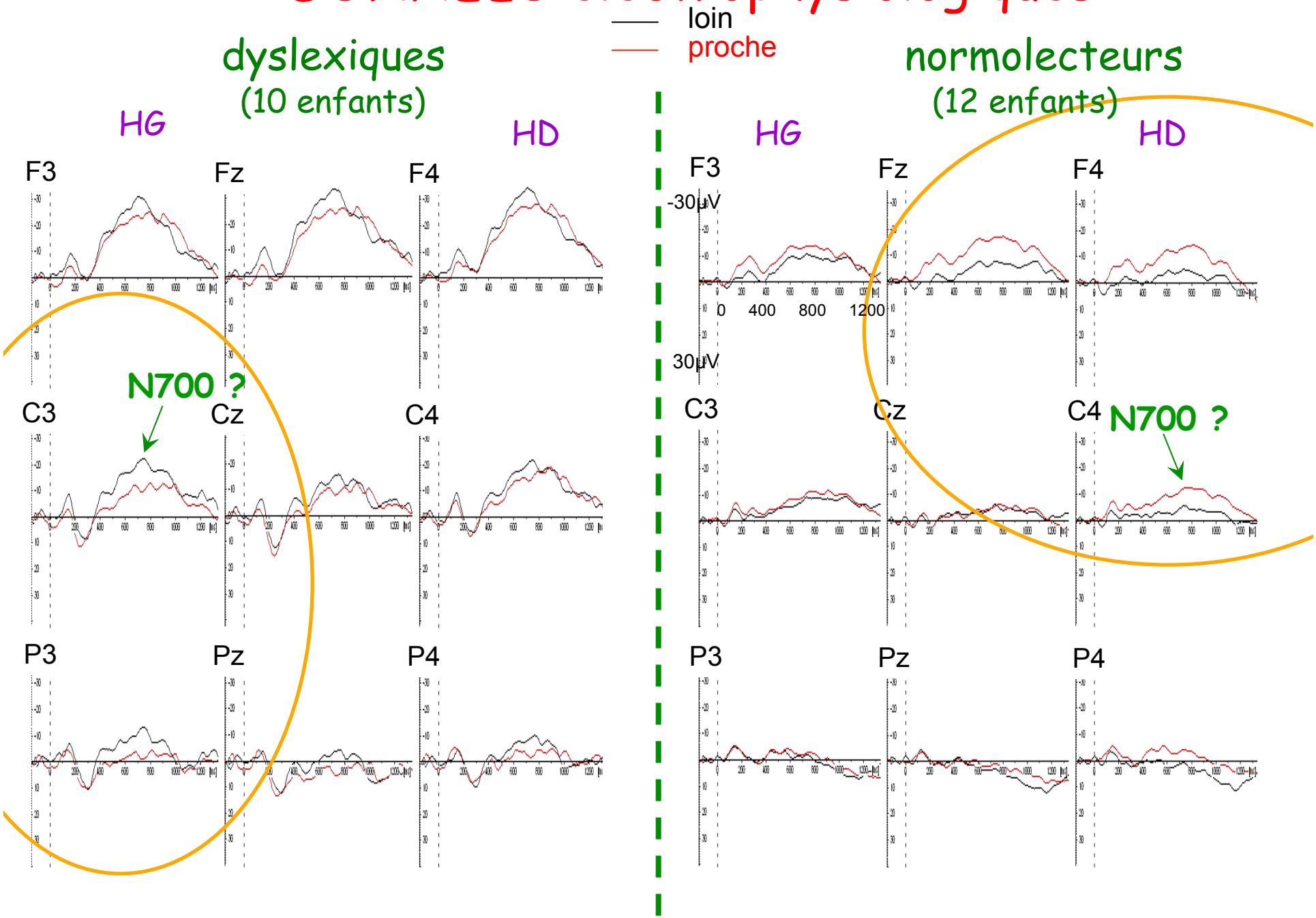
Amplitude composantes PEs associées aux
nombres proches > nombres distants



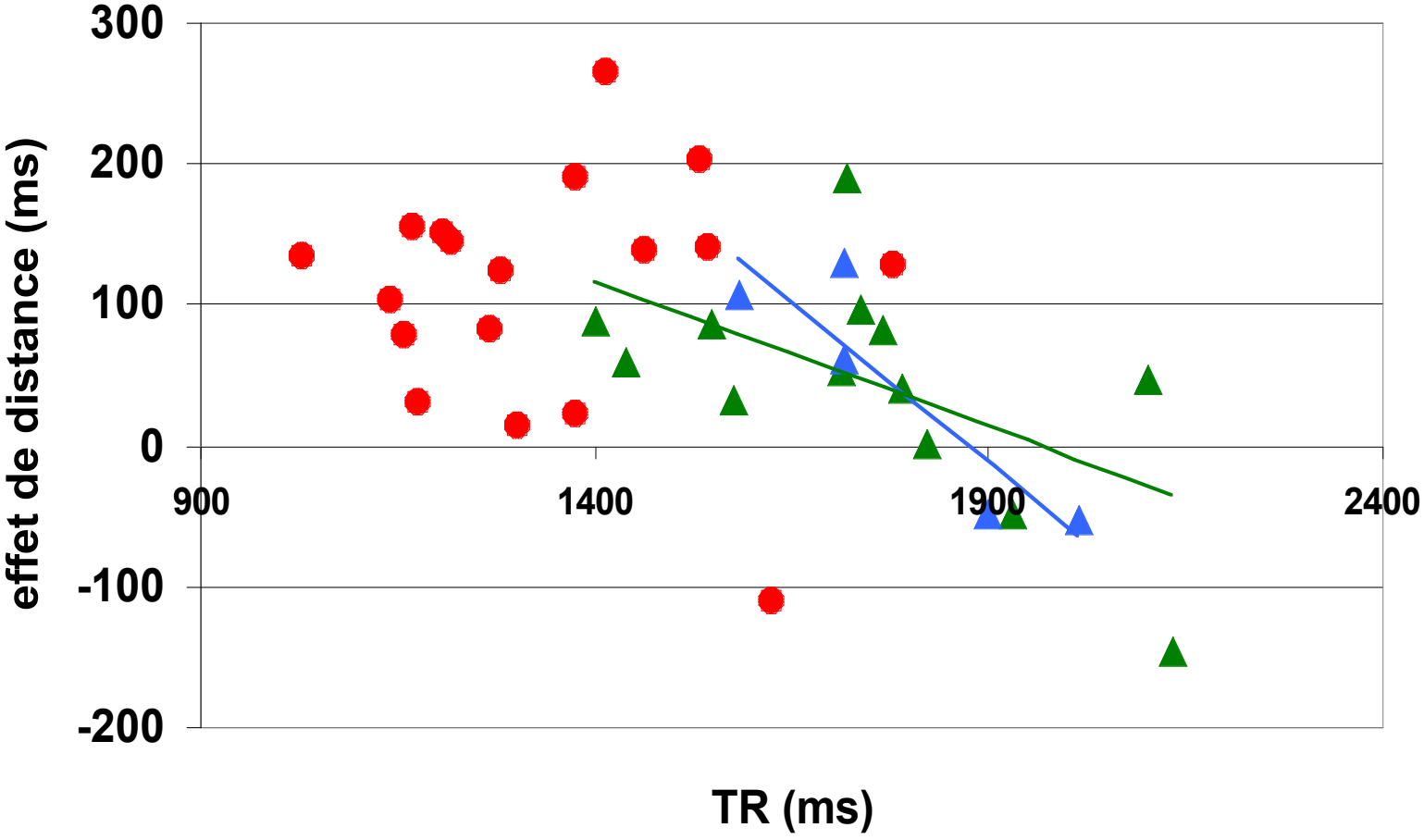
DYSLEXIQUES

Pas d'effet de distance sur les composantes PEs ?

DONNEES électrophysiologiques



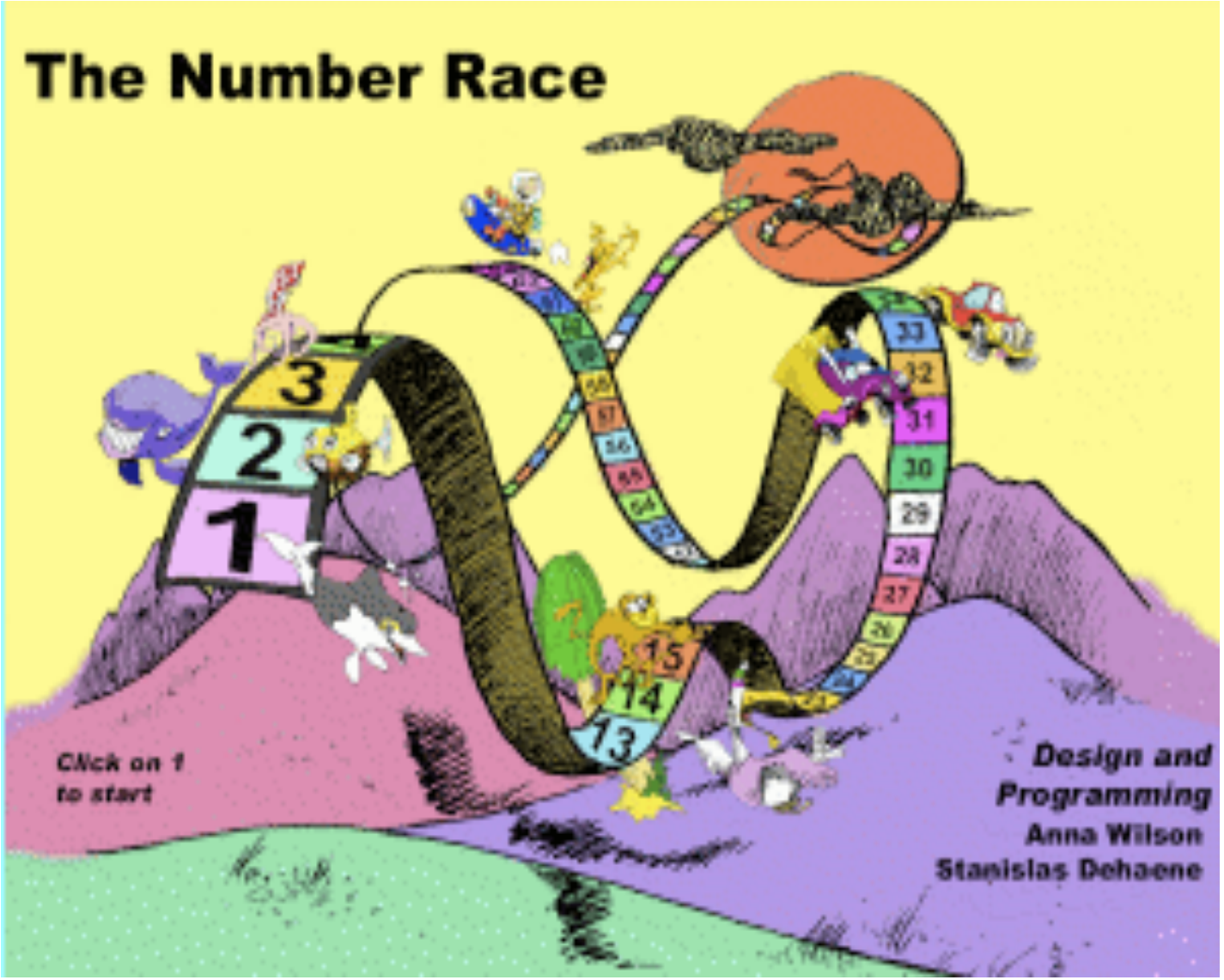
Analyse du TR en fonction de l' effet de distance

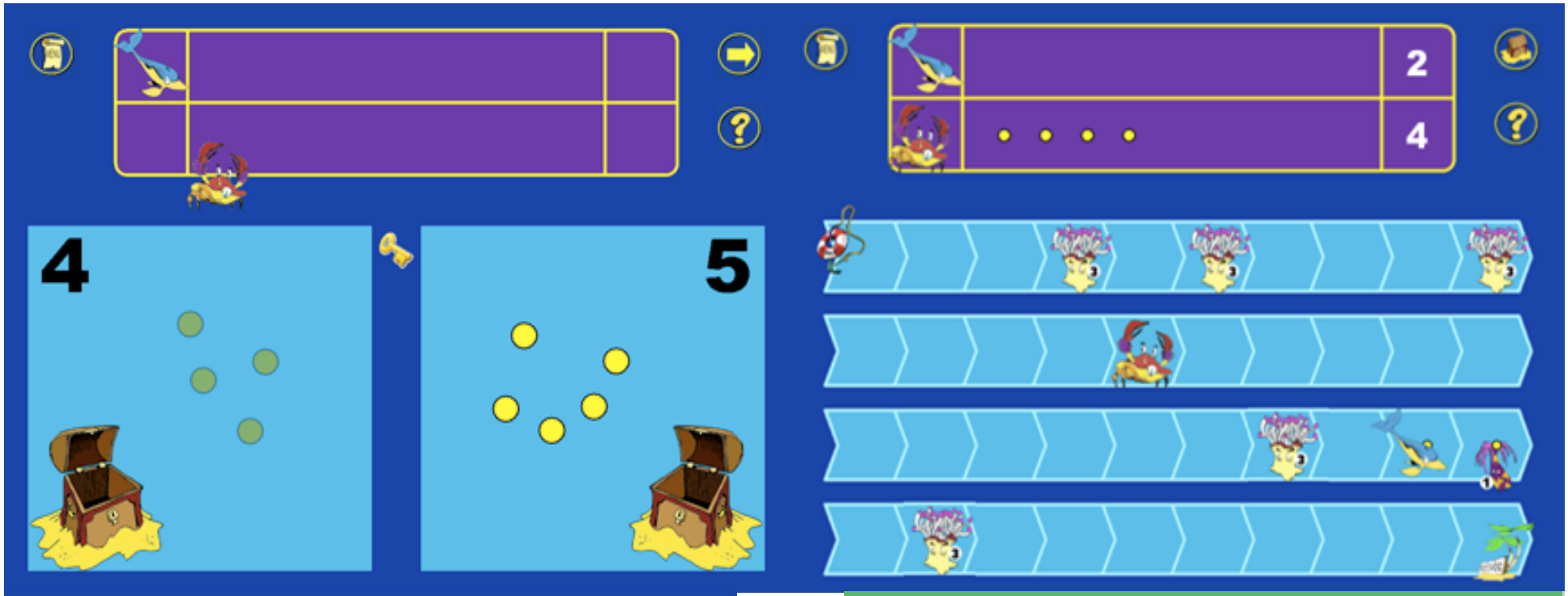


- normolecteurs (18)
- dyslexiques (13)
- dyslexiques-dyscalculiques (5)
- corrélation (dyslexiques)
- corrélation (dyslexiques-dyscalculiques)

Expérience 'magi' : conclusion

- Les dyslexiques ne présentent pas l'effet de distance caractéristique lors d'une tâche de comparaison de nombre
- Les dyslexiques, même non dyscalculiques, ont un défaut d'accès à la représentation automatique des magnitudes
- Cette absence d'effet de distance est corroboré par une altération des potentiels évoqués enregistrés lors de la passation de l'épreuve
- Les dyslexiques semblent utiliser une stratégie de comptage (hémisphérique gauche) pour résoudre la comparaison alors que les témoins utilisent une stratégie de calcul approximatif (hémisphérique droit)


The Number Race
Click on 1
to start
Design and
Programming
Anna Wilson
Stanislas Dehaene


4
5
2
4

6-4=2
4+0=4

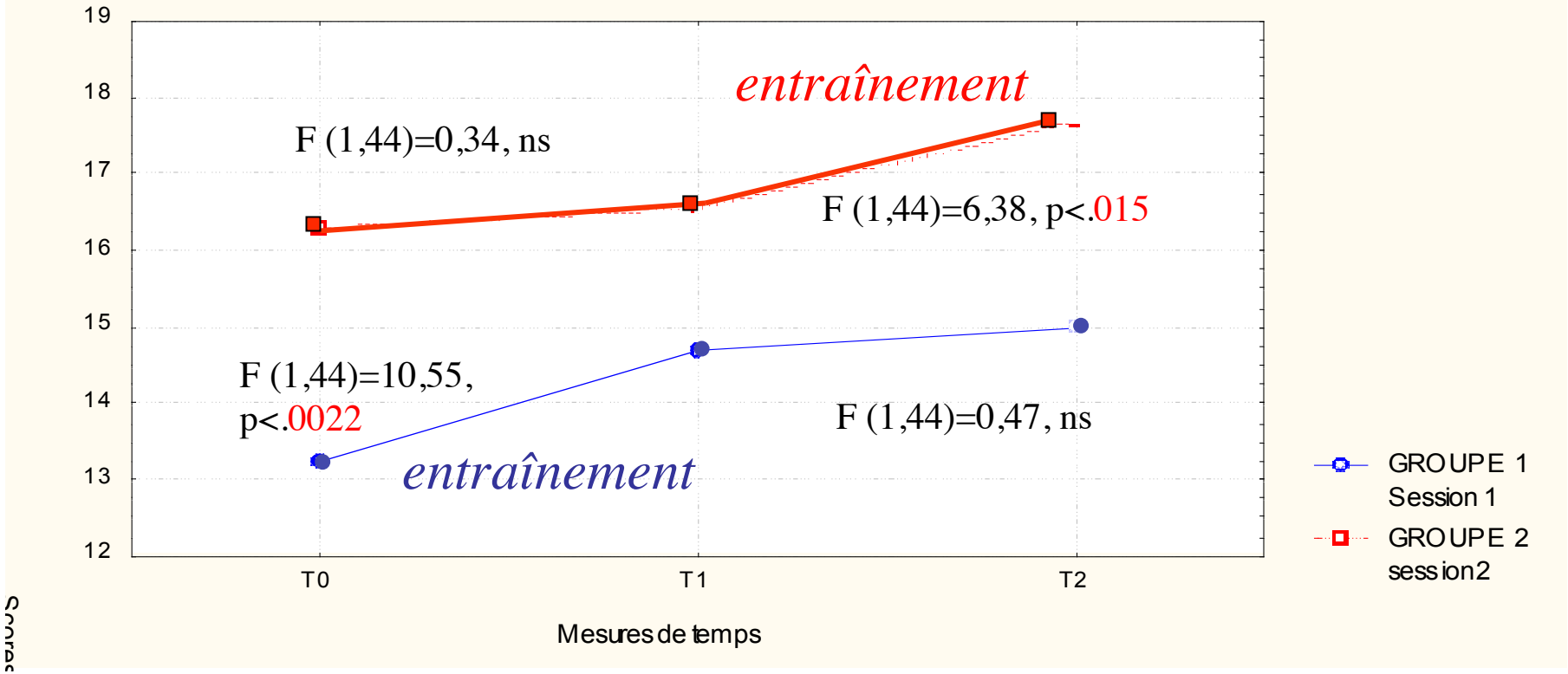
Efficacité de la "course au nombres" sur les aptitudes arithmétiques

- 48 sujets, âge moyen de 7.8 ans (7.0 à 9.0).
- issus de deux classes de CE1 d'un même établissement.
- Le niveau intellectuel de chaque enfant a été vérifié préalablement à l'aide de la batterie WISC-IV et/ou des épreuves PM47
- Exclusion si scores sont inférieurs au 25ème percentile au PM 47 et/ou inférieurs à 8/19 au subtest Similitudes du WISC.
- Zareki : 6 enfants mesurés comme dyscalculiques

Protocole d'entraînement

- Entraînement quotidien, 1/2 heure par jour durant 4 semaines
- Design expérimental : la population totale a été divisée en deux groupes représentant approximativement la moitié de chacune des deux classes. Deux sessions de 4 semaines séparées par les vacances de février
- 3 mesures des capacités arithmétiques scolaires à T0, T1 et T2
- Le groupe 1 a réalisé l'entraînement lors des 4 premières semaines (T0 à T1), le groupe 2 pendant les 4 semaines suivantes (T1 à T2)

Résultats (1)



Amélioration significative des performances en arithmétique seulement lors de la période spécifiquement entraînée

Résultats (2) : mesure des subtests du Zareki®

- un effet significatif sur les subtests
  - « comptage oral à rebours» [F (1,90)= 10,95, p<.001] ;
  - « Dictée de nombres » [F (1,90)= 17,53, p<.0001] ;
  - « Position de nombres sur une échelle verticale» [F (1,90)= 17,30, p<.0001]
  - « calcul mental oral » [F (1,90)= 30,32, p<.0001] ;
  - « Problèmes arithmétiques présentés oralement » [F (1,90)= 11,93, p<.001]
- un effet non significatif sur les subtests
  - « dénombrement de points» [F (1,90)= .058, ns]
  - « comparaison de deux nombres présentées oralement » [F (1,90)= .080, ns] ;
  - « estimation visuelle de quantité» [F (1,90)= .09, ns] ;
  - « estimation qualitative de quantités en contexte » [F (1,90)= .30, ns] ;
  - « comparaison de deux nombres écrits » [F (1,90)= 2,40, ns].

Conclusion

- Cette étude confirme l'utilité d'un entraînement adaptatif spécifique de la représentation des magnitudes (comparaisons numériques et symboliques) sur les aptitudes mathématiques d'enfants en période d'apprentissage
- L'effet ne se réduit pas aux épreuves impliquant directement le code analogique (approximation, comparaisons…) mais s'étend également à diverses autres tâches comme le calcul mental ou la résolution de problèmes
- Cela suggère le rôle déterminant du système de représentation des magnitudes sur le développement des aptitudes mathématiques générales