

## Bases neurobiologiques du développement du langage

M. Habib

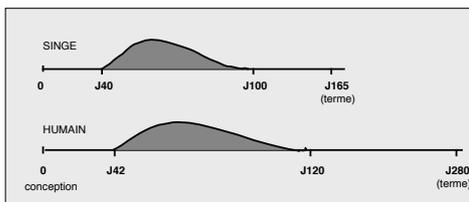
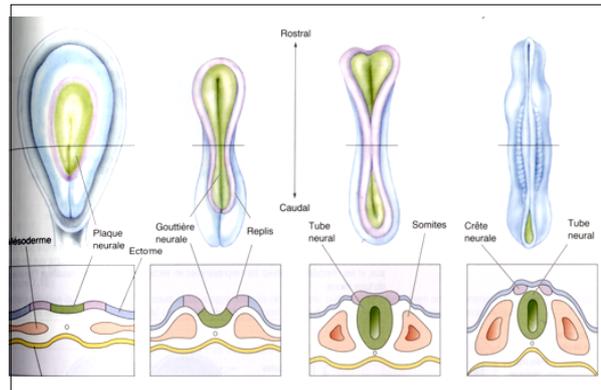
<http://resodys.org>

## Plan

- I/ Quelques notions sur le développement du système nerveux : les étapes de la maturation
- II/ Quelques notions sur le développement du langage : apports récents de la recherche en psycholinguistique
- III/ Hémisphères et latéralisation
  - Développement de la latéralité
  - Latéralité et morphologie cérébrale
- IV/ Effet de la langue maternelle :

## I/ Les étapes de la maturation du système nerveux

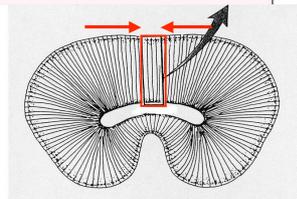
- Prolifération
- Migration
- Établissement des connexions et mort neuronale
- Pousse dendritique et élimination des synapses
- Synaptogénèse
- Myélinogénèse
- Rôle de l'expérience sur le développement cérébral



phase de prolifération neuronale

## 1. Prolifération neuronale

- Commence avec la fermeture du tube neural



### 1. Prolifération neuronale

- Commence avec la fermeture du tube neural

### 2: Migration cellulaire

- Les cellules non en cours de division migrent à partir de la couche ventriculaire
- Crée un développement radiaire de l'intérieur à l'extérieur

Tout laisse à penser que les règles d'organisation de cette phase migratoire sont incluses dans le programme génétique de l'individu, c'est-à-dire que la position qu'adoptera chaque cellule dans le cortex est déjà prévue dès sa production initiale

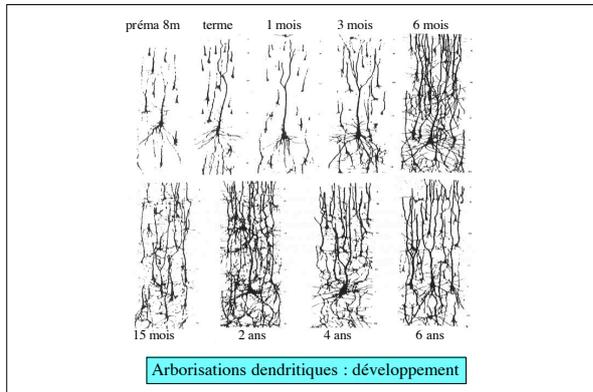
chaque neurone semble "choisir" son rail glial en fonction de la présence à la surface de ce dernier de certaines molécules, dites molécules d'adhésion

### 3- établissement des connexions et perte physiologique des neurones

1- compétition pour l'établissement de synapses

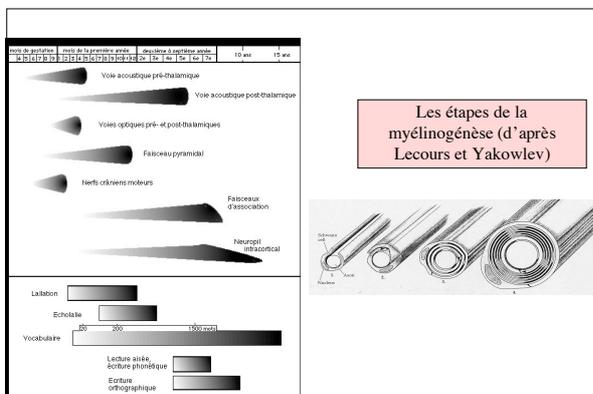
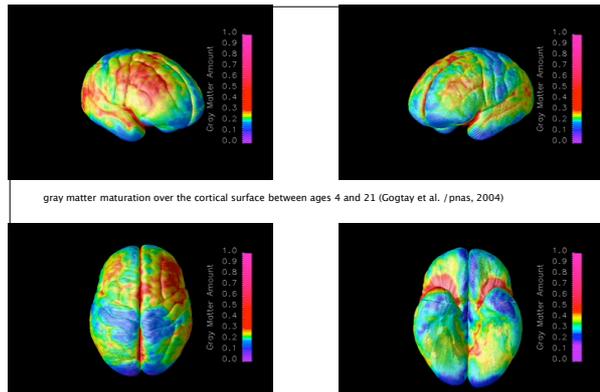
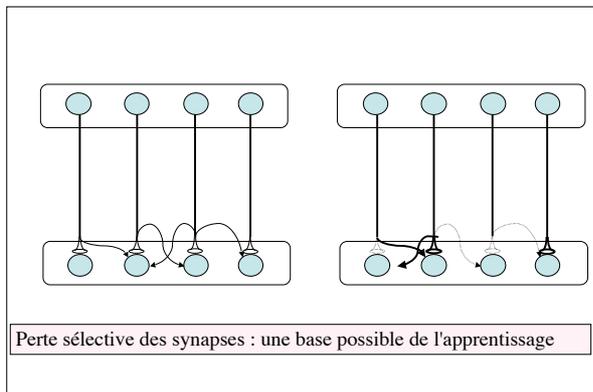
2- des facteurs trophiques déterminent, par leur concentration au niveau des terminaisons synaptiques, la survie ou l'élimination des neurones

4- Prolifération dendritique : atteint son maximum vers 2 ans : ensuite, perte de milliers de connexions ("pruning"). Vers 16 ans, seulement la moitié des synapses persistent



## Synaptogenèse

- A lieu au fur et à mesure de la création des arborisations dendritiques
- Les synapses se forment à un rythme différent selon les régions
  - lobe occipital : début pré-natal, niveau proche de la densité adulte entre 2 et 4 ans
  - cortex pré-frontal : n'atteint pas son niveau définitif avant le début de l'âge adulte



## Rôle de l'expérience sur le développement cérébral

- Rôle de « l'empreinte » néo-natale (les oies de Konrad Lorenz, les canards colverts choisissent leur partenaire dans la même espèce)
- La privation visuelle peut conduire à la cécité : non utilisation du système visuel pendant une période critique (chat : qqes semaines, primates, 6 mois) provoque une cécité définitive
- La privation monoculaire donne une réorganisation des colonnes de dominance
- Idem pour strabisme expérimental

• L’empreinte est un apprentissage irréversible limité à une période sensible dans la vie de l’animal. Elle augmente l’aptitude en facilitant l’apprentissage



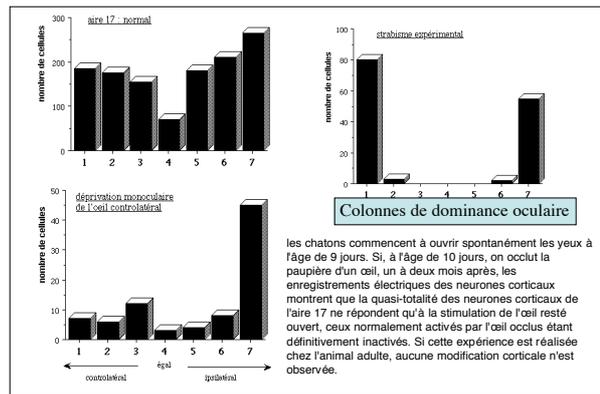
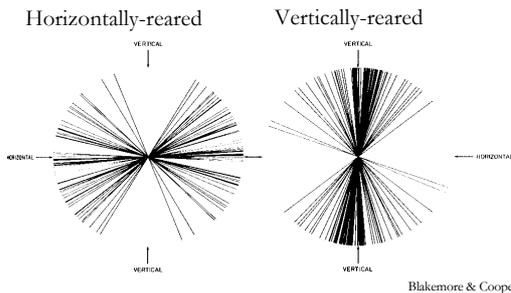
## Effet de l’isolement perceptif

Expérience célèbre de Blakemore et Cooper (1970) sur des chats. Exposition à un environnement de barres horizontales ou verticales - 5 heures par jour pendant deux semaines.

Après 5 mois, tests: les chats sont aveuglés aux stimuli qu’ils n’ont jamais vu (du moins n’y portent pas attention). De plus absence de neurones dans le cortex visuel sensibles aux orientations qu’ils n’ont jamais vues.

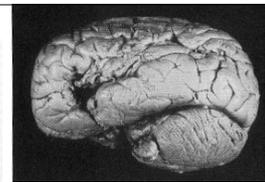


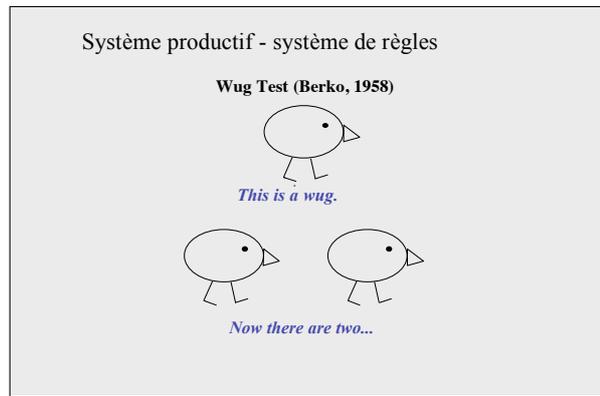
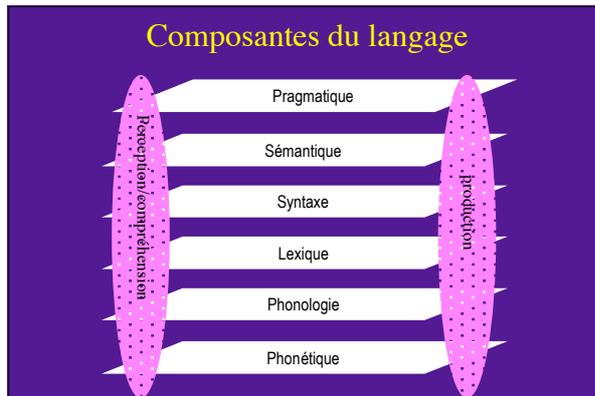
## Preferred orientations of kitten cortical neurons



## II/ Mécanismes de l’apprentissage du langage

- Cerveau et langage
- N. Chomsky et la grammaire universelle
- preuves d’un caractère génétique
- Apprendre c’est perdre : quelques exemples
  - Cas des oiseaux chanteurs
  - Perception des sons du langage chez l’enfant
  - Confirmations électrophysiologiques (G. Dehaene)
  - Cas des enfants bilingues





### D'où viennent les règles grammaticales ?

**Position 1 : Nativiste**  
Prédisposition génétique déclenchée par simple stimulation (Chomsky)

- ⇒ « Poverty of stimulus » argument (input est tellement appauvri qu'il ne permettrait pas une acquisition grammaticale si parfaite)
- ⇒ « lack of negative evidence » argument
- ⇒ Toutes les langues partagent un nombre de principes universels

**Position 2 : Socio-cognitiviste**  
Règles extraites grâce à des mécanismes d'apprentissage généraux  
Constructivisme (Piaget)  
Neuroconstructivisme (Karmiloff-Smith)

Karmiloff-Smith, A. (1998) Development itself is the key to understanding developmental disorders. Trends Cogn. Sci. 2, 389-398  
Piaget, J. (1973) Introduction à l'Épistémologie Génétique. Presses Universitaires de France  
Vygotsky, L.S. (1978) Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes. Harvard University Press

### Molecular evolution of *FOXP2*, a gene involved in speech and language

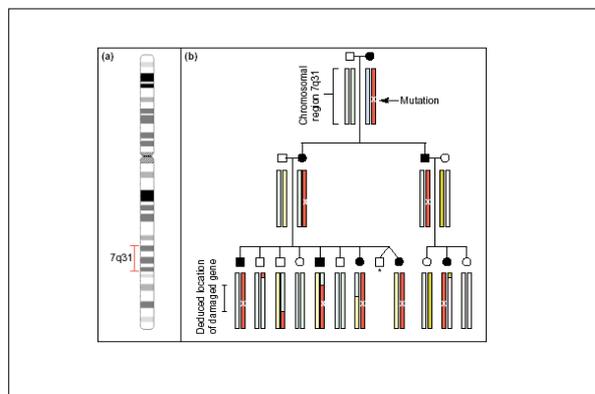
Wolfgang Enard<sup>1</sup>, Mety Przeworski<sup>1</sup>, Simon E. Fisher<sup>1</sup>, Cecilia S. L. Lai<sup>1</sup>, Victor Wieder<sup>1</sup>, Takashi Kitano<sup>1</sup>, Anthony P. Monaco<sup>1</sup> & Svante Pääbo<sup>1</sup>

NATURE | 14 AUGUST 2002 | doi:10.1038/nature01025

Language is a uniquely human trait likely to have been a prerequisite for the development of human culture. The ability to develop articulate speech relies on capabilities, such as fine control of the larynx and mouth, that are absent in chimpanzees and other great apes. *FOXP2* is the first gene relevant to the human ability to develop language<sup>1</sup>. A point mutation in *FOXP2* co-segregates with a disorder in a family in which half of the members have severe articulation difficulties accompanied by linguistic and grammatical impairment<sup>2</sup>. This gene is disrupted by translocation in an unrelated individual who has a similar disorder. Thus, two functional copies of *FOXP2* seem to be required for acquisition of normal spoken language. We sequenced the complementary DNAs that encode the *FOXP2* protein in the chimpanzee, gorilla, orang-utan, chimpzee and mouse, and compared them with the human cDNA. We also investigated intraspecific variation of the human *FOXP2* gene. Here we show that human *FOXP2* contains changes in amino acid coding and a pattern of nucleotide polymorphism, which strongly suggest that this gene has been the target of selection during recent human evolution.

Correspondence to: Kari Watkins, Cognitive Neuroscience Unit, Montreal Neurological Institute, 3801 University Street, Montreal, QC, Canada H3A 2B4. E-mail: kwatkin@mc.mcgill.ca

Developmental Cognitive Neuroscience Unit and Radiology and Physics Unit, Institute of Child Health, Wellcome Department of Cognitive Neurology, Institute of Neurology, University College London Medical School, London, UK; Department of Experimental Psychology, University of Oxford, Oxford, UK and <sup>1</sup>Department of Neurosciences, National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA



### Language fMRI abnormalities associated with *FOXP2* gene mutation

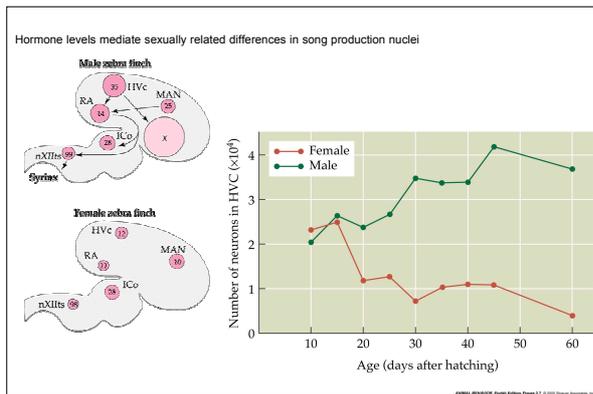
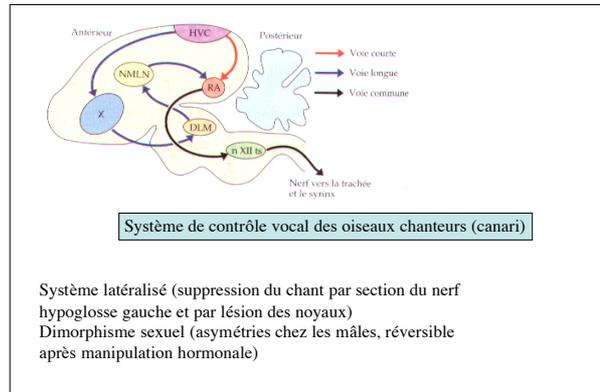
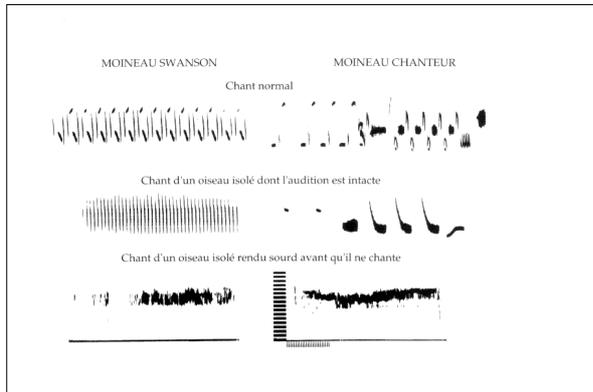
Frédérique Liégeois<sup>1,2</sup>, Torsten Baldeweg<sup>1,2</sup>, Alan Connelly<sup>3,3</sup>, David G Gadian<sup>3,3</sup>, Mortimer Mishkin<sup>4</sup> & Faranah Vargha-Khadem<sup>1,2</sup>

Half the members of the **KE family** suffer from a speech and language disorder caused by a mutation in the *FOXP2* gene. We examined functional brain abnormalities associated with this mutation using two fMRI language experiments, one involving  **covert (silent) verb generation** and the other **overt (spoken) verb generation and word repetition**. The unaffected family members showed a typical left-dominant distribution of activation involving Broca's area and a more bilateral distribution in the repetition task, whereas the affected members showed a more posterior and more extensively bilateral pattern of activation in all tasks. Consistent with previously reported bilateral morphological abnormalities, the affected members showed significant underactivation relative to the unaffected members in Broca's area and its right homolog, as well as in other cortical language-related regions and in the putamen. Our findings suggest that the *FOXP2* gene is critically involved in the development of the neural systems that mediate speech and language.

Unaffected group      Affected group

R      L      R      L

Figure 1 Covert language task: group average fMRI activation in the unaffected and affected members of the KE family. Activated regions are projected onto the surface rendering of a typical 3D individual brain (within SPM99), displayed at a statistical threshold of  $P < 0.05$ , corrected for multiple comparisons. See Table 1 for detailed list of activated regions. L, left hemisphere; R, right hemisphere.



### Prédispositions innées en perception et production

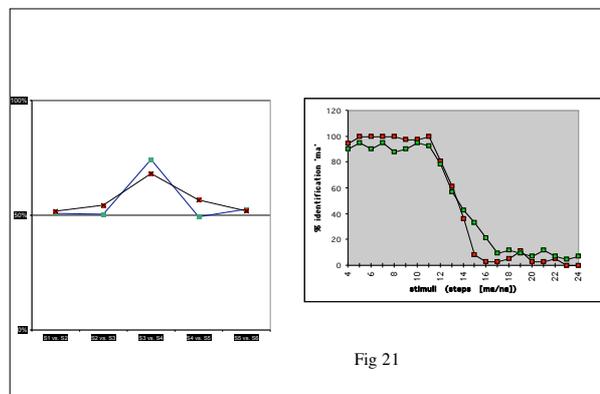
- Très tôt après la naissance, les enfants répondent à des différences entre unités phonétiques, même dans les langues autres que la langue maternelle
- Ils distinguent de très fins changements (p/b, b/g, ou r/l)
- En outre, ils présentent, comme les adultes, le phénomène de perception catégorielle
- Ce phénomène est présent dès la naissance, y compris pour des sons d'autres langues que leur langue maternelle
- Cette même capacité a été démontrée chez d'autres mammifères (chinchilla et singe).

**Il n'existe pas de correspondance stricte entre le signal acoustique et les segments phonétiques**

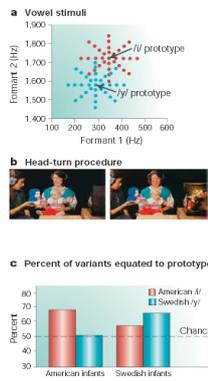
Les phonèmes varient en fonction du contexte

Le même segment phonétique dans deux mots différents ne donne pas forcément le même signal acoustique !

--> nécessité d'une « perception catégorielle »



## The Conditioned Head Turn Task

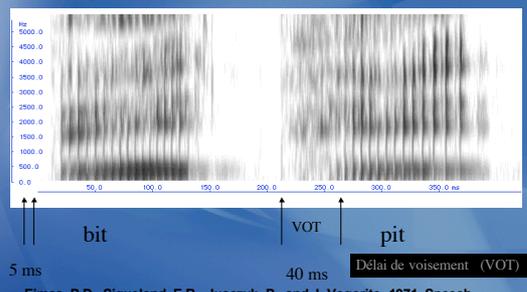


## Catégorisation des Voyelles de la langue maternelle à 6 mois, Kuhl et al, 1992

Les nourrissons américains et suédois doivent discriminer parmi 32 variantes d'un prototype de leur langue ou de l'autre langue. Les variantes étaient considérées comme équivalentes au prototype seulement pour la langue maternelle.

## Eimas et al (1971)

Les bébés sont-ils capables de discriminer les contrastes telles que /b/ versus /p/ ?



Eimas, P.D., Siqueland, E.R., Jusczyk, P., and J. Vogorito. 1971. Speech perception in infants. *Science* 171:303-306.

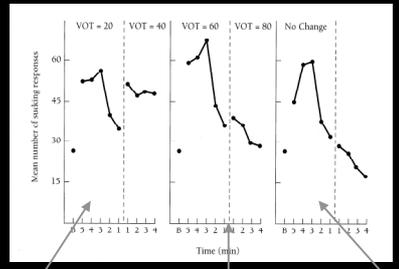


## Succion non nutritive

<http://www.ehess.fr/centres/lscp>

- Les bébés tètent vigoureusement lorsqu'ils sont stimulés
- Une fois familiarisés avec le stimulus, l'ennui s'installe et ils tètent moins
- La reprise de succion lors d'un changement de stimulus indique donc que le bébé a bien perçu une différence
- La nouveauté suscite un regain d'intérêt qui se traduit par une augmentation de l'amplitude de la succion.

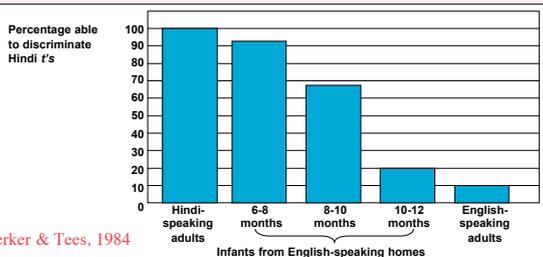
## Résultats : Eimas et al.



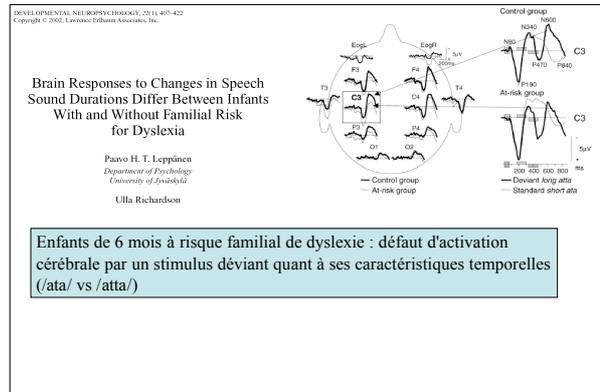
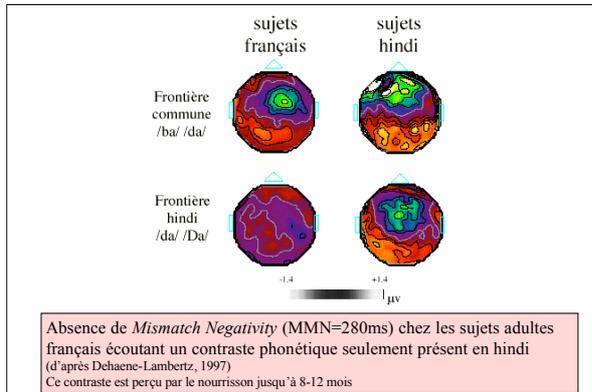
Contraste phonologique /b/ versus /p/      Changement acoustique /p/ versus /p'/      Même stimulus /p/ versus /p/

## Perception de la parole

• Si les bébés sont capables de reconnaître tous les sons de parole dès la naissance, leurs capacités initiales précoces de discrimination de contrastes phonétiques "étrangers" déclinent entre 6 et 12 mois



Werker & Tees, 1984



**La sensibilité spécifique à la langue maternelle à 10 mois s'étend à de nombreux autres domaines du langage**

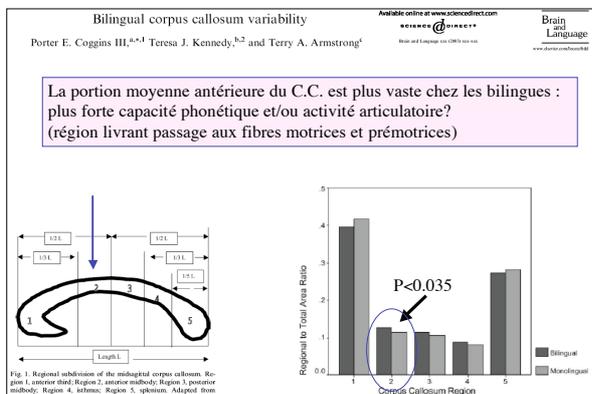
- Voyelles de la langue native (Polka & Werker)
- Patterns d'accent dans le mot (Cutler, Jusczyk, & Redanz)
- Phonotactique (Jusczyk, et. al., Frederici, et. al.): I.e. : ils démontrent une préférence pour l'écoute de mots avec des séquences de sons "acceptables" (e.g. "strink" mieux que "kinstr")

**1. les bébés utilisent des régularités statistiques pour reconnaître la forme des mots de leur langue**

**Indice de régularité statistique de la langue**  
Saffran, 1996

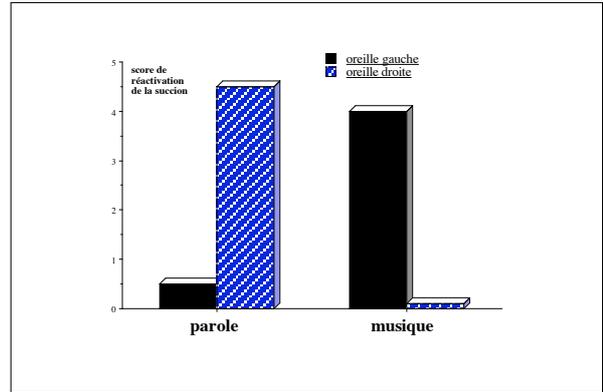
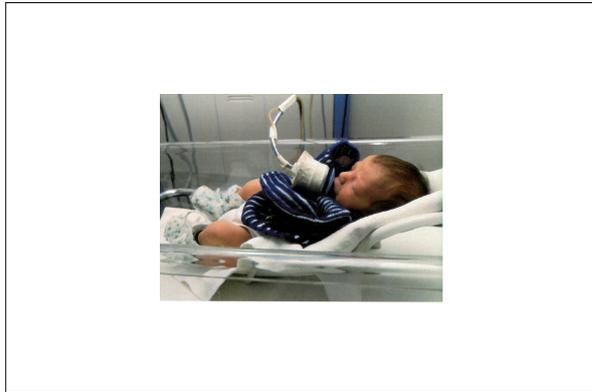
**2. procédure expérimentale: discriminer deux syllabes (de vs ti) dans une séquence trisyllabique:**  
Paradigme A: de**koga** vs **tikoga**,  
Paradigme B: de**koga** vs **tigako**,  
Paradigme C: de**koko** vs **tikoko**

L'enfant préfère le paradigme "A" à 8 mois car il permet de considérer koga comme un mot, et donc plus facile à segmenter de de ou de ti



**III/ Hémisphères et latéralisation**

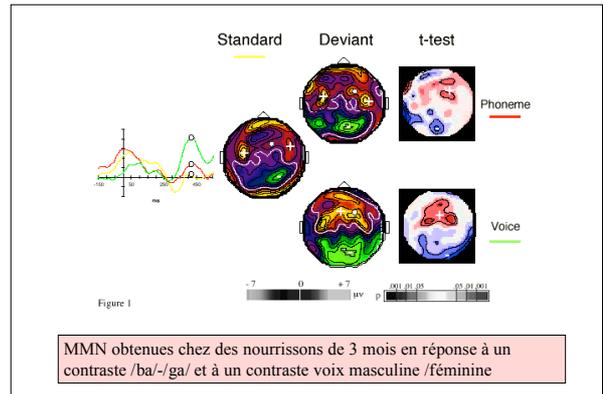
- Les deux hémisphères sont génétiquement programmés pour se spécialiser dans des fonctions différentes
- Equipotentialité, invariance, périodes critiques
- Bases cérébrales de la latéralisation



**CEREBRAL SPECIALIZATION FOR SPEECH AND NON-SPEECH STIMULI IN INFANTS**  
G. Dehaene-Lambertz\*

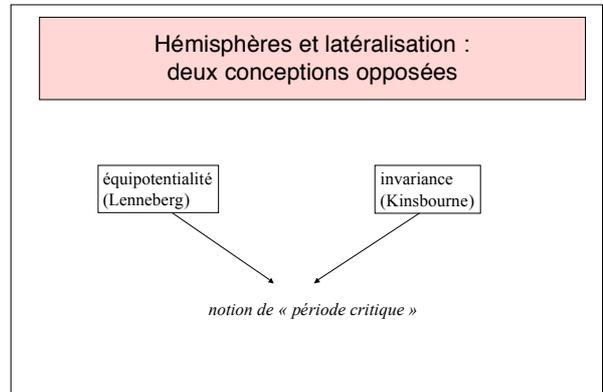
Early cerebral specialization and lateralization for auditory processing in 4-month-old infants was studied by recording high-density evoked potentials to acoustical and phonetic changes in series of repeated stimuli (either tones or syllables). Mismatch responses to these stimuli exhibit a distinct topography suggesting that different neural networks within the temporal lobe are involved in the perception and representation of the different features of an auditory stimulus. These data confirm that specialized modules are present within the auditory cortex very early in development. However, both for syllables and continuous tones, higher voltages were recorded over the left hemisphere than over the right with no significant interaction of hemisphere by type of stimuli. This suggests that there is no greater left hemisphere involvement in phonetic processing than in acoustic processing during the first months of life.

<http://www.ehess.fr/centres/lscp/persons/ghis/>



**Etudes sur la spécialisation hémisphérique de la perception du langage: conclusions**

- Les réseaux cérébraux impliqués dans la perception du langage sont spécialisés dès les premiers instants de la vie, donc probablement génétiquement programmés
- Au cours de la première année, sous l'influence de l'environnement linguistique propre à chaque langue, ils se déterminent dans leur fonction définitive en perdant une partie des aptitudes initiales
- Les autres aspects (production, syntaxe, lexique, sémantique...) sont probablement également soumis à une période critique, s'étalant sur les 10 premières années de vie.



## Equipotentialité et invariance

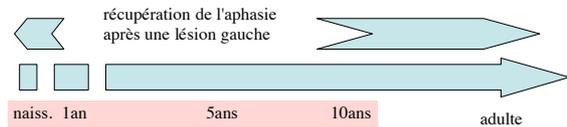
- invariance (Kinsbourne) : la latéralisation des fonctions cérébrales est un phénomène inné qui ne fait que se préciser avec l'âge.
- équipotentialité (Lenneberg) : les deux hémisphères du cerveau de l'enfant ont, à la naissance, une potentialité égale de recevoir le langage et que l'hémisphère gauche se spécialise progressivement ensuite pour aboutir aux rapports qu'entretient le cerveau adulte avec le langage

### • La question de l'âge critique:

Lenneberg (1967) : après la puberté, il est beaucoup plus difficile d'acquérir une deuxième langue

=> "les deux hémisphères sont tous deux capables de traiter du langage jusqu'à l'âge de 3 à 5 ans. A partir de l'âge de 10 ans, l'hémisphère droit deviendrait lui-même plus spécialisé et commencerait à perdre la capacité de s'adapter, capacité qui serait pratiquement disparue à partir de 14 ans"

## L'hémisphère gauche se spécialise progressivement au cours de l'enfance

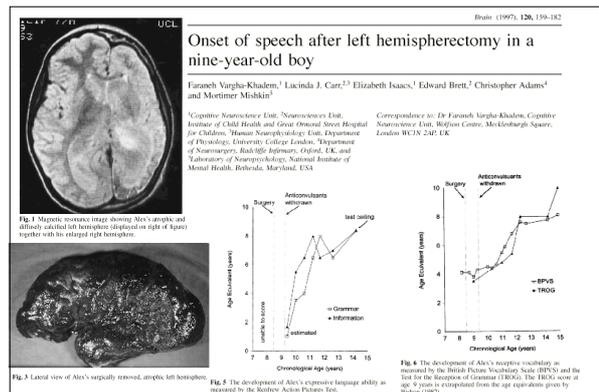


explication : rôle de l'hémisphère droit?

+ organisation intra-hémisphérique?

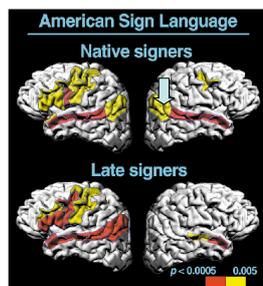
## Notion de période critique : les preuves

- Cas classiques d'enfants en isolation sociale (Genie, etc...)
- Conséquences sur le langage de lésions cérébrales plus ou moins précoces
- Langues secondes apprises après 13 ans sont toujours parlées avec un accent; compréhension et usage des règles grammaticales sont toujours moins bien réalisées dans une deuxième langue apprise tard (après 11 - 12 ans), quel que soit le temps passé depuis l'immigration.
- Comparaison d'adultes sourds ayant appris l'ASL depuis la naissance, entre 4 et 6 ans ou après l'âge de 12 ans montre une régression des performances en production et compréhension de la grammaire de l'ASL

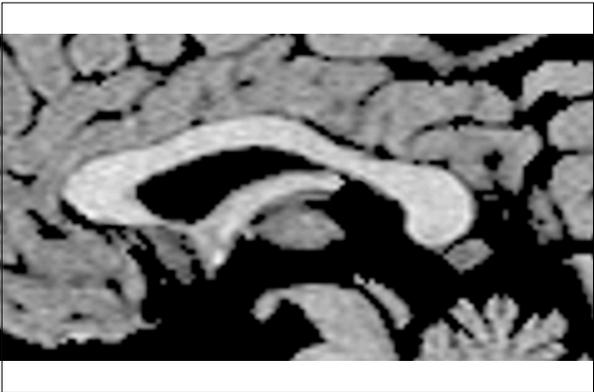
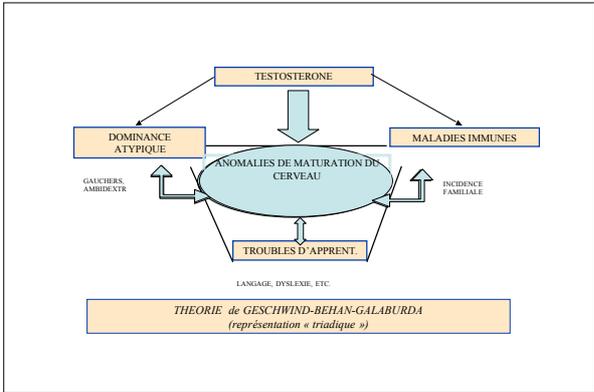
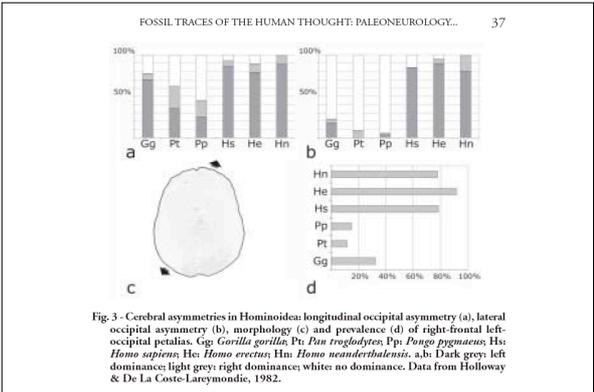
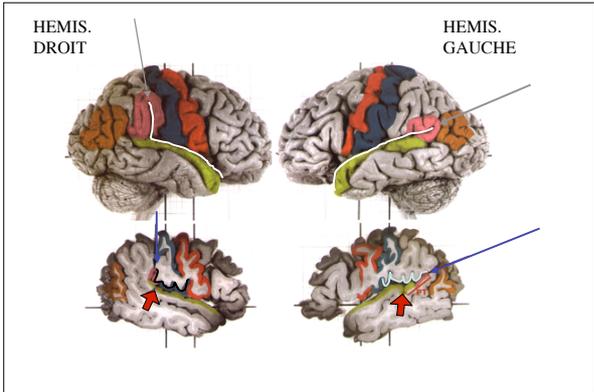
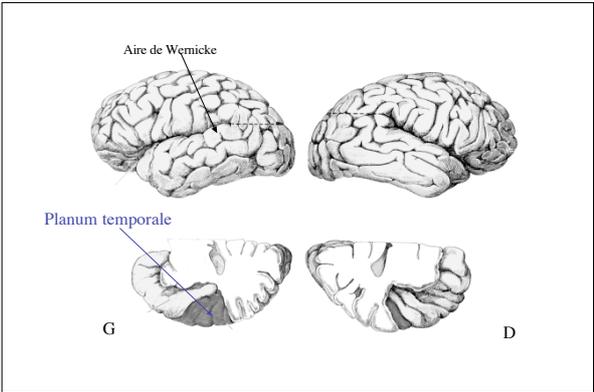
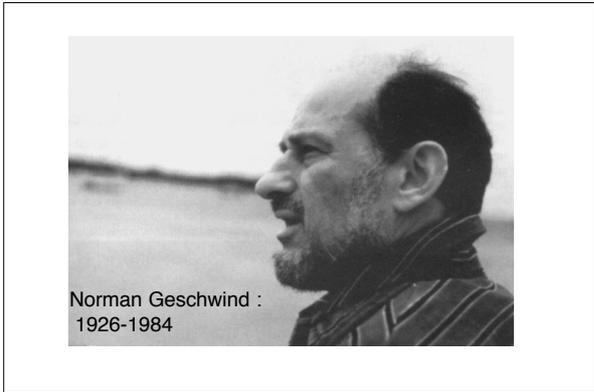


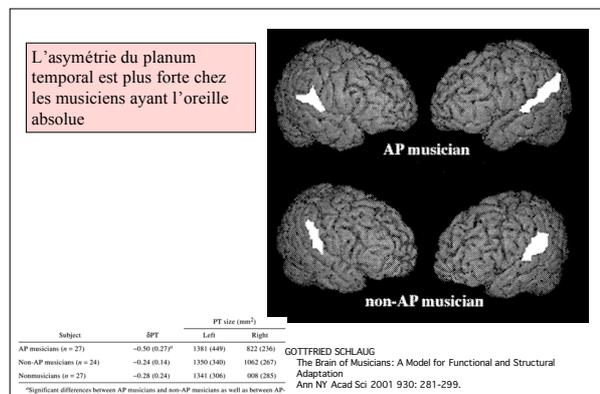
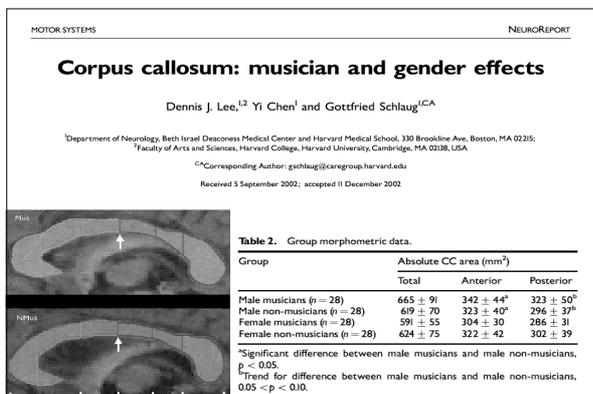
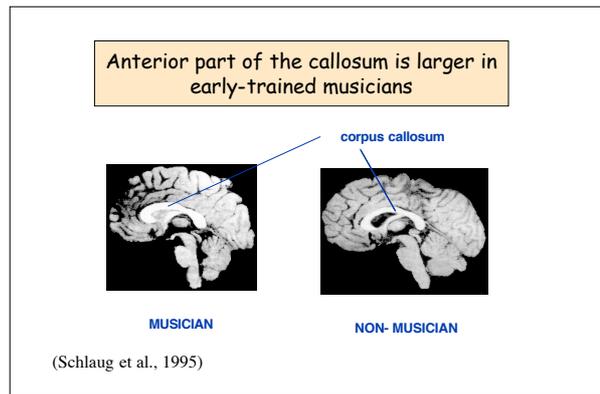
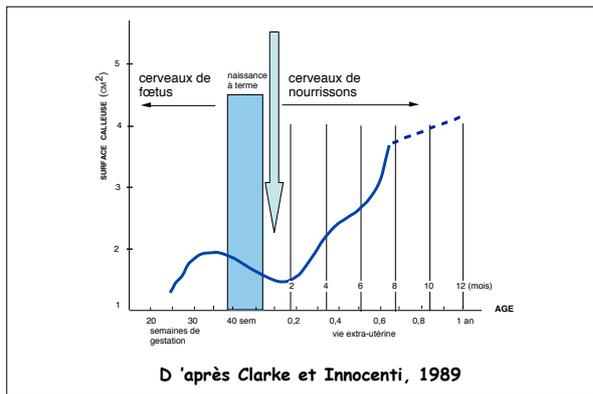
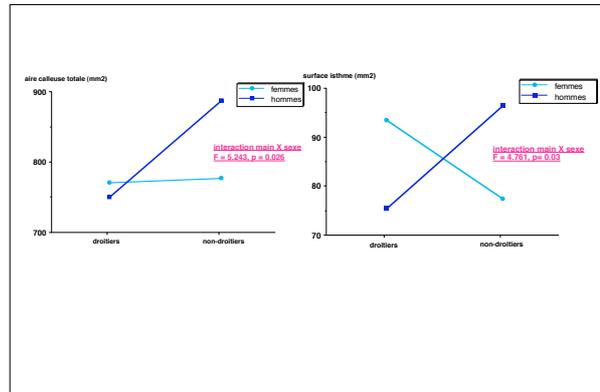
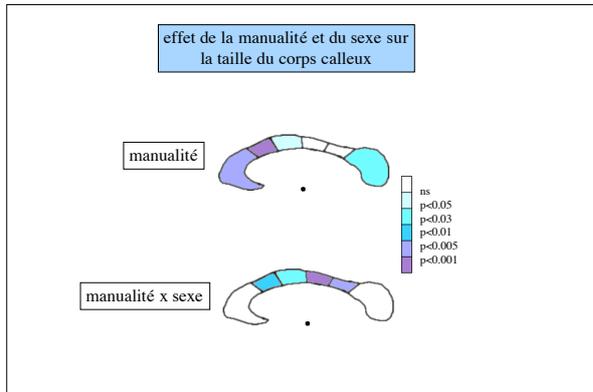
## A critical period for right hemisphere recruitment in American Sign Language processing

Anna L. Newman<sup>1</sup>, Daphne Bavelier<sup>2</sup>, David Corballis<sup>3</sup>, Devin Isomaa<sup>4</sup> and Helen J. Neville<sup>1</sup>

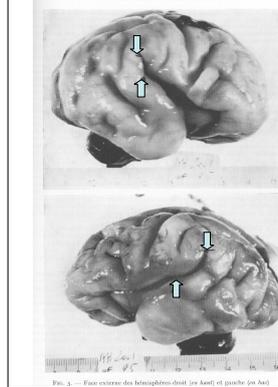
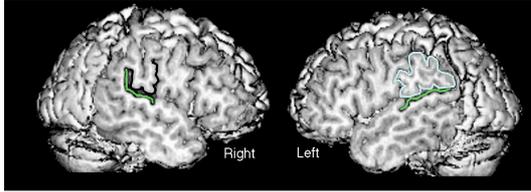


## Latéralité et morphologie cérébrale





### Divergent asymmetry of temporal and parietal cortex



Teszner et al., 1972 :  
asymétrie du planum déjà présente sur un cerveau de fœtus à terme

### Asymmetry of Chimpanzee Planum Temporale: Humanlike Pattern of Wernicke's Brain Language Area Homolog

Patrick J. Gannon,\* Ralph L. Holloway, Douglas C. Broadfield, Allen R. Braun

SCIENCE • VOL. 279 • 9 JANUARY 1998 • www.sciencemag.org

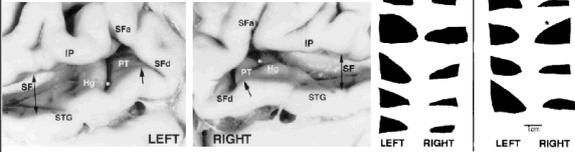


Fig. 2. Cortical surface area of the PT in left and right hemispheres of 15 chimpanzee brains, as measured by black plastic templates (19). Asterisk indicates right greater than left.

### The Epigenesis of Planum Temporale Asymmetry in Twins

Mark A. Eckert, Christiana M. Leonard, Elizabeth A. Molloy,  
Jonathan Blumenthal<sup>1</sup>, Alex Zijdenbos<sup>2</sup> and Jay N. Giedd

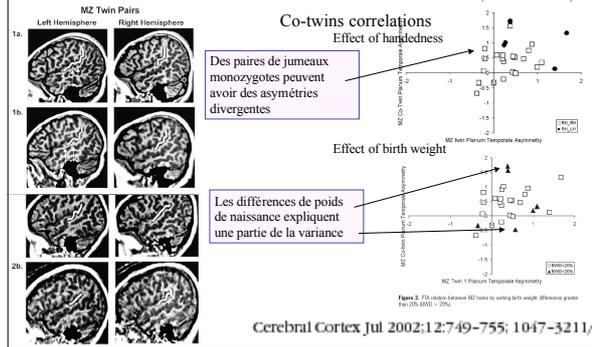


Figure 3. P33: Index between MZ twins by using birth weight difference predictor for 206 MZOs.

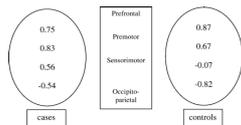
Cerebral Cortex Jul 2002;12:749-755; 1047-3211



### Cerebral asymmetry in 14 year olds born very preterm

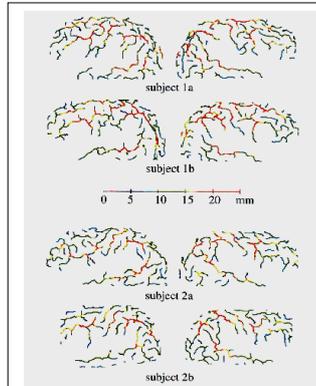
Kristin Lancefeld\*, Chiara Nosrati<sup>1</sup>, Larry Rifkin<sup>1</sup>, Matt Allin<sup>1</sup>, Pak Sham<sup>1</sup>, Robin Murray<sup>2</sup>

19 adolescents nés entre 1979 et 1981 à <33 sem. 61 d'entre eux : IRM comparés à 49 témoins nés à terme.



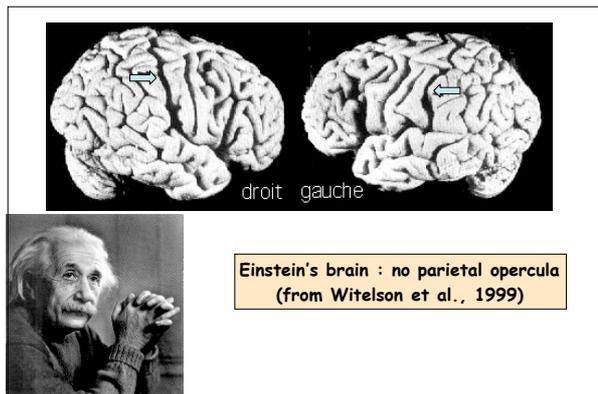
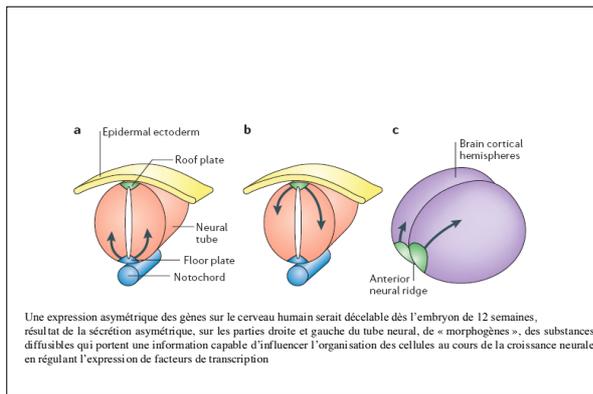
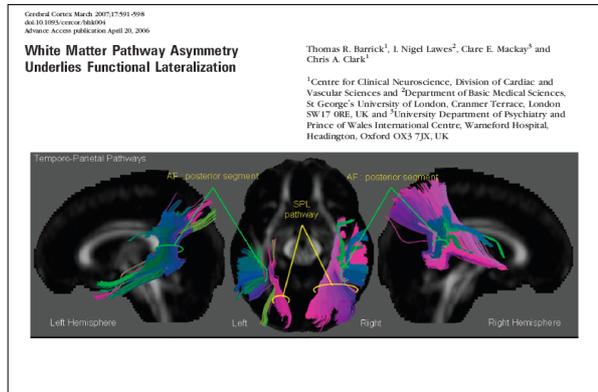
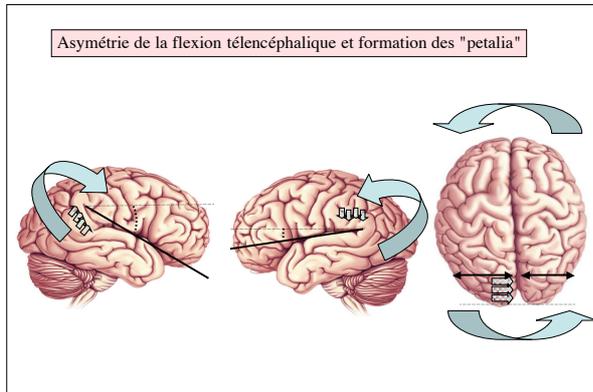
Pas de différence significative d'indice d'asymétrie ("torque") entre cas et témoins.

Fig. 1 - Diagrammatic representation of axial view of asymmetry index contribution to regression factor resembling 'torque', in very preterm (cases) and in full-term individuals (controls).



### Différence d'anatomie sulcale entre jumeaux

- similarité plus grande entre jumeaux
- plus prononcée pour les sillons les plus profonds (plus précoces)



ELSEVIER Brain and Language xxx (2009) xxx–xxx www.elsevier.com/locate/bsl

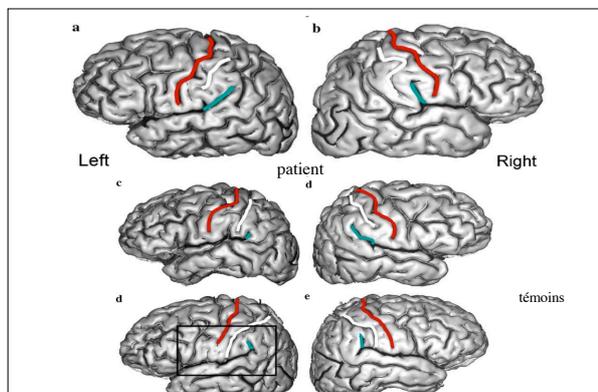
**Neuroanatomical and behavioral asymmetry in an adult compensated dyslexic<sup>1,2</sup>**

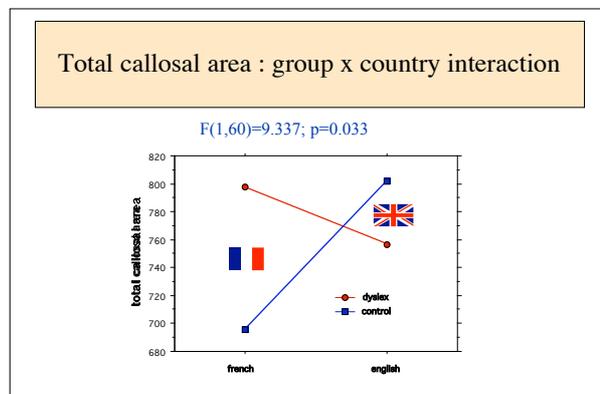
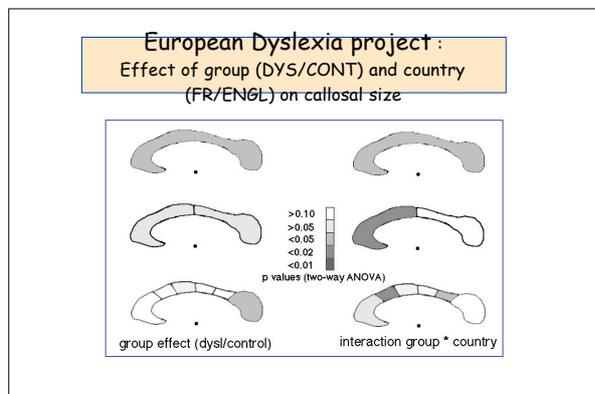
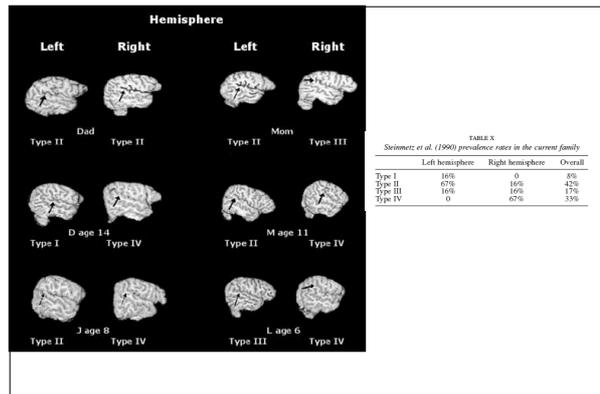
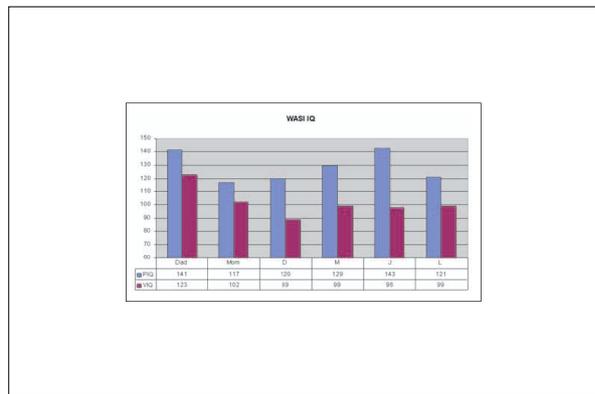
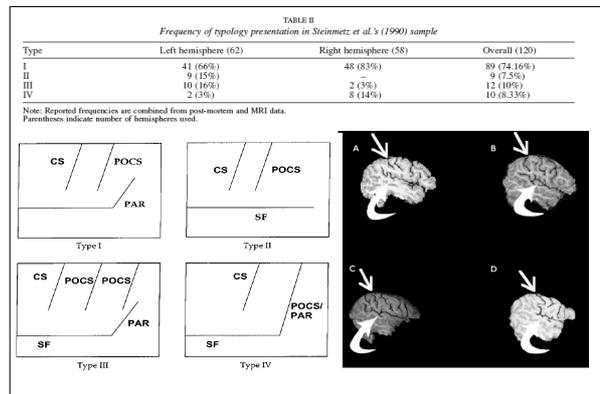
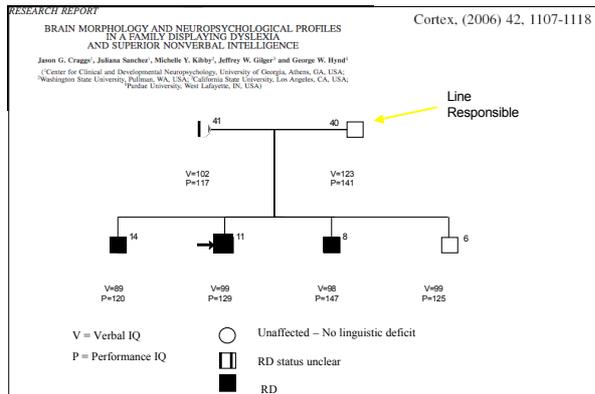
Christine Chiarello<sup>1,2,\*</sup>, Linda J. Lombardino<sup>3</sup>, Natalie A. Kacinik<sup>1,2,4</sup>, Ronald Otto<sup>5</sup>, Christianna M. Leonard<sup>5</sup>

Table 1  
Standardized test results for T.F.

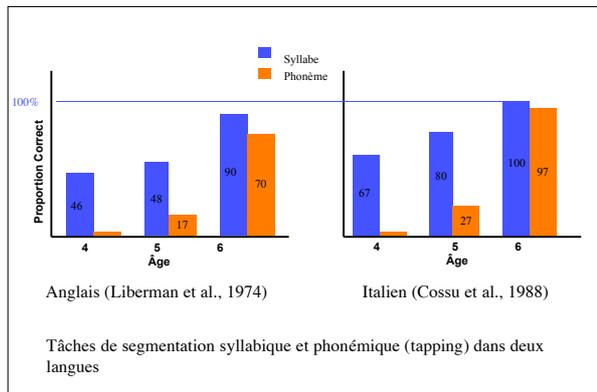
Category	Skill (measure)	Score <sup>a</sup>	Percentile
Nonverbal IQ	(Ravens Advanced Progressive Matrices)	29	86
	Untimed word reading aloud (WRMT-R Word Identification)	93	32
Reading	Timed word reading aloud (TOWRE-Sight Word Efficiency)	83	13
	Untimed nonword reading aloud (WRMT-R Word Attack)	92	29
	Timed nonword reading aloud (TOWRE-Phonemic Decoding Efficiency)	94	35
	Word comprehension (WRMT-R Word Comprehension)	109	72
	Text comprehension (WRMT-R Passage Comprehension)	124	95
Spelling	Untimed written spelling of spoken words (WRAT5)	104	61
	Grammar	92	30
Rapid naming	Syntax Construction (CASL Syntax Construction)	100	50
	Letter naming (CTOPP Rapid Letter Naming)	10	50
	Digit naming (CTOPP Rapid Digit Naming)	10	50
Spun memory	(WAIS-R Digits Forward)	11	52
	(WAIS-R Digits Backward)	6	14
Math	Timed arithmetic computations (WI COG III Math Fluency)	96	39
	Untimed computations and solving equations (WI COG III Calculation)	109	61
		112	78

<sup>a</sup> Note: Scores listed are standard scores for all tests except WAIS digit spans, and Raven's Matrices.





## IV/ Effet de la langue maternelle



## Conscience phonologique et langue maternelle

- Développement plus précoce des aptitudes de segmentation chez enfants grecs ou allemands que chez les anglophones (Goswami, Wimmer)
- Comptage syllabique et phonémique meilleur chez enfants italiens qu'anglais (Cossu, 1988)
- Effet similaire chez les pré-lecteurs (effet de la langue orale?)
- Comparaison tchèque/anglais : idem (supériorité des tchèques même prélecteurs dans une tâche de repérage de consonne dans un cluster)
- Cas particulier du turc : de loin la conscience syllabique la plus efficace

## Reading Acquisition, Developmental Dyslexia, and Skilled Reading Across Languages: A Psycholinguistic Grain Size Theory

Johannes C. Ziegler  
Centre National de la Recherche Scientifique  
and Université de Provence

Usha Goswami  
University of Cambridge

Data (% Correct) From Syllable and Phoneme Counting Tasks in Kindergarten and First-Grade Children Across Different Languages

Language	Study	Kindergarten		First grade	
		Syllable	Phoneme	Syllable	Phoneme
Turkish	Durgumoglu & Oney (1999)	94	67	98	94
Italian	Cossu et al. (1988)	80	27	100	90
Greek	Harris & Giannouli (1999)	85	0	100	100
French	Demont & Gombert (1996)	69	2	77	61
English	Lieberman et al. (1974)	48	17	90	70

« French and English have quite complex syllable structures with many consonant clusters and larger vowel repertoires, and children raised with these languages develop lower levels of syllable awareness prior to literacy »

ELSEVIER

Cognition 81 (2001) 227–241

www.elsevier.com/locate/cognition

## The development of phonological awareness: effects of spoken language experience and orthography

Him Cheung<sup>a</sup>, Hsuan-Chih Chen<sup>b,\*,c</sup>, Chun Yip Lai<sup>b</sup>,  
On Chi Wong<sup>b</sup>, Melanie Hills<sup>d</sup>

<sup>a</sup>University of Otago, Dunedin, New Zealand

<sup>b</sup>The Chinese University of Hong Kong, Shatin, N.T., Hong Kong

Received 20 September 2000; received in revised form 3 February 2001; accepted 18 April 2001

Comparaison enfants 1- anglophones, 2- chinois de Hong-Kong et de 3- Canton (expérience alphabétique du Pinyin)

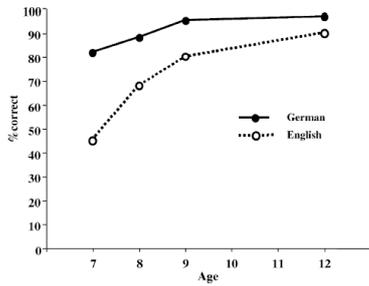
Prédictions :

- pas de différence 2-3 en pré-lecteurs
- supériorité de 1 en pré-lecteur (complexité syllabique/clusters)
- 3 supérieurs à 2 chez les lecteurs

## Comparaison inter-langage

- En Anglais : 40 phonèmes - 1120 graphèmes
- En Italien : 25 phonèmes - 33 graphèmes
- 2 à 3 fois plus de dyslexiques aux USA qu'en Italie (Lindgren et al., 1985)
- Apprentis lecteurs italiens : 92% d'exactitude en lecture de mots après 6 mois d'apprentissage
- Exactitude et temps de lecture après 3 ans d'apprentissages très supérieurs chez les enfants allemands qu'anglais
- Lecture de non-mots très significativement plus lente chez les anglais que les italiens ou les serbo-croates

LECTURE DE PSEUDO-MOTS : ENFANTS ANGLAIS VS ALLEMANDS



Frith, U., Wimmer, H., & Landerl, K. (1998). Differences in phonological recoding in German- and English-speaking children. *Scientific Studies of Reading*, 2, 31-54.

Applied Psycholinguistics 24 (2003), 621-635  
 Printed in the United States of America  
 DOI: 10.1017/S0142716403000316

Learning to read: English in comparison to six more regular orthographies

MIKKO ARO  
 University of Jyväskylä and Niilo Mäki Institute  
 HEINZ WIMMER  
 University of Salzburg

Number word and pseudoword items in each language

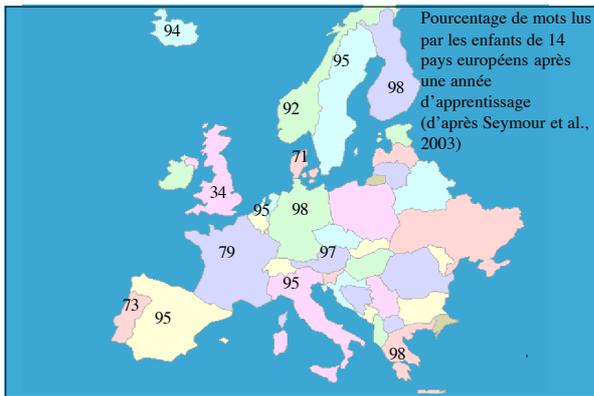
English		German		Dutch	
Two	Thro	Zwei	Nei	Twee	Tee
Three	Nee	Drei	Fei	Drie	Nie
Four	Nour	Vier	Zwier	Vier	Twier
Five	Twive	Funf	Sünf	Vijf	Zijf
Six	Tix	Sechs	Vechs	Zes	Twes
Seven	Evven	Sieben	Zieben	Zeven	Neven
Nine	Thrine	Neun	Negen	Negen	Dregen
Ten	Sen	Zehn	Zwehn	Tien	Vien
Twelve	Felve	Zwölf	Soif	Twaalf	Zaalf

Swedish		French		Spanish	
Två	Sjä	Deux	Seux	Dos	Sos
Tre	Ne	Trois	Dois	Tres	Ces
Fyra	Tvyra	Quatre	Datre	Cuatro	Duattro
Fem	Tem	Cinq	Dinq	Cinco	Ninco
Ses	Tex	Six	Nix	Seis	Ceis
Sju	Tru	Sept	Trept	Siete	Diete
Nio	Sio	Neuf	Seuf	Nueve	Dueve

Table 3. Percentage of accurately read pseudowords (means and standard deviations)

	Grade 1		Grade 2		Grade 3		Grade 4	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
English	50.3	32.8	71.0	32.5	73.5	28.8	88.2	15.2
French	86.7	5.9	96.7	3.5	98.4	2.4	98.5	2.7
German	88.0	12.4	87.3	9.5	86.0	15.2	87.2	19.5
Dutch	85.2	8.0	88.9	9.1	91.2	8.1	95.1	5.8
Spanish	87.3	12.2	90.4	8.1	90.9	6.8	90.6	8.2
Swedish	93.2	9.6	90.8	10.5	95.4	8.2	97.4	4.3
Finnish	84.9	13.6	89.6	10.1	88.4	8.1	93.7	8.3



Data (% Correct) From Seymour, Aro, and Erskine's (2003) Large-Scale Study of Reading Skills at the End of Grade 1 in 14 European Languages

Language	Familiar real words	Pseudowords
Greek	98	92
Finnish	98	95
German	98	94
Austrian German	97	92
Italian	95	89
Spanish	95	89
Swedish	95	88
Dutch	95	82
Icelandic	94	86
Norwegian	92	91
French	79	85
Portuguese	73	77
Danish	71	54
Scottish English	34	29

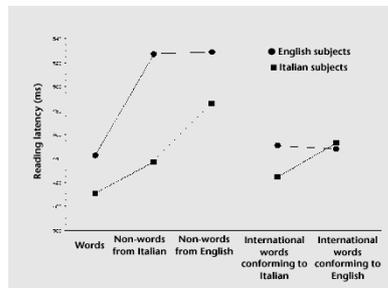
Note. From "Foundation Literacy Acquisition in European Orthographies," by P. H. K. Seymour, M. Aro, and J. M. Erskine, 2003, *British Journal of Psychology*, 94, pp. 153, 156. Copyright 2003 by the British Psychological Society. Reprinted with permission.

A cultural effect on brain function

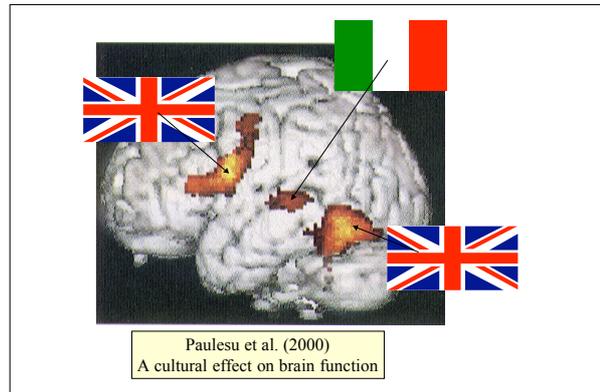
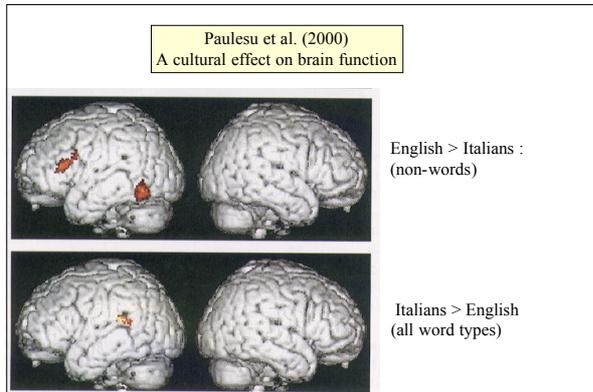
E. Paulesu, E. McCrory, E. Fazio, L. Menoncello, N. Brambilla, S. F. Cappa, M. Cotelli, C. Cossati, F. Corti, M. Lorusso, S. Pesenti, A. Gallagher, D. Perani, C. Price, C. D. Frith, and U. Frith

- <sup>1</sup> Scientific Institute H. H. Jeppia, IRI-CNR, University of Milan-Brescia, Milan, Italy
- <sup>2</sup> Institute of Cognitive Neuroscience, University College London, 7 Queen Square, London WC1N 3AR, UK
- <sup>3</sup> Wellcome Department of Cognitive Neurology, Institute of Neurology, 12 Queen Square, London WC1N 3BG, UK
- <sup>4</sup> Neurology Department, University of Brescia, Brescia, Italy
- <sup>5</sup> Psychology Department, University Sive Saba di San Raffaele, Milan, Italy
- <sup>6</sup> Istituto di Psicologia, University of Rome, Rome, Italy
- <sup>7</sup> Scientific Institute Eugenio Medea di Sesto San Giovanni, Sesto San Giovanni, Italy

We present behavioral and anatomical evidence for a multi-component reading system in which different components are differentially weighted depending on culture-specific demands of orthography. Italian orthography is consistent, enabling reliable conversion of graphemes to phonemes to yield correct pronunciation of the word. English orthography is inconsistent, complicating mapping of letters to word sounds. In behavioral studies, Italian students showed faster word and non-word reading than English students. In two PET studies, Italians showed greater activation in left superior temporal regions associated with phoneme processing. In contrast, English readers showed greater activations, particularly for non-words, in left posterior inferior temporal gyrus and anterior inferior frontal gyrus, areas associated with word retrieval during both reading and naming tasks.



Vocal reaction times in single word and non-word reading (Paulesu et al. 2000)



**Dyslexia: Cultural Diversity and Biological Unity**

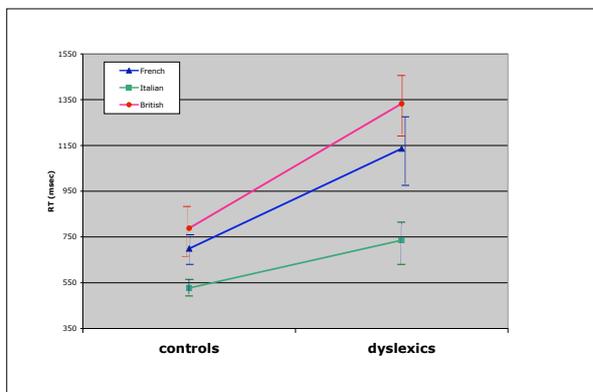
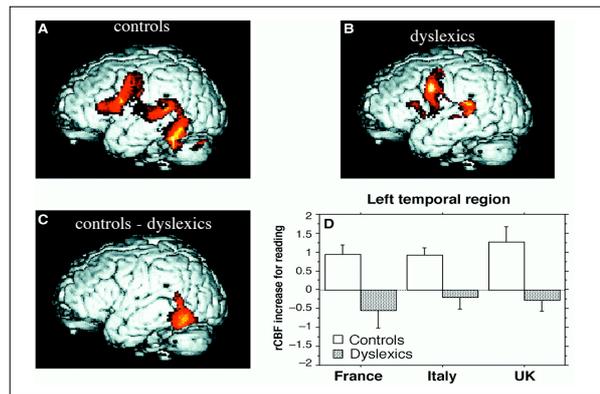
E. Paulesu,<sup>1,2\*</sup> J.-F. Démonet,<sup>3</sup> F. Fazio,<sup>2,4</sup> E. McCrory,<sup>5</sup> V. Chanoine,<sup>3</sup> N. Brunswick,<sup>6</sup> S. F. Cappa,<sup>7</sup> G. Cossu,<sup>8</sup> M. Habib,<sup>9</sup> C. D. Frith,<sup>9</sup> U. Frith<sup>9</sup>

The recognition of dyslexia as a neurodevelopmental disorder has been hampered by the belief that it is not a specific diagnostic entity because it has variable and culture-specific manifestations. In line with this belief, we found that Italian dyslexics, using a shallow orthography which facilitates reading, performed better on reading tasks than did English and French dyslexics. However, all dyslexics were equally impaired relative to their controls on reading and phonological tasks. Positron emission tomography scans during explicit and implicit reading showed the same reduced activity in a region of the left hemisphere in dyslexics from all three countries, with the maximum peak in the middle temporal gyrus and additional peaks in the inferior and superior temporal gyri and middle occipital gyrus. We conclude that there is a universal neurocognitive basis for dyslexia and that differences in reading performance among dyslexics of different countries are due to different orthographies.

Psychology Department, University of Milan Bicocca, Milan, Italy; <sup>1</sup>IRP-CNR, Scientific Institute H San Raffaele, Milan, Italy; <sup>2</sup>INSERM U455, Hôpital Purpan, Toulouse, France; <sup>3</sup>Neuroscience and Biomedical Technologies Department, University of Milan Bicocca, Milan, Italy; <sup>4</sup>Institute of Cognitive Neuroscience, University College London, London, UK; <sup>5</sup>Wellcome Department of Cognitive Neurology, Institute of Neurology, London, UK; <sup>6</sup>Psychology Department, University Vita e Salute H San Raffaele, Milan, Italy; <sup>7</sup>Institute of Human Physiology, University of Parma, Parma, Italy; <sup>8</sup>Centre de Recherche Institut Universitaire de Gériatrie, Montréal, Québec, Canada.

\*To whom correspondence should be addressed at University of Milan Bicocca, E-mail: eradopaulesu@unibicc.it

www.sciencemag.org SCIENCE VOL 291 16 MARCH 2001



NeuroImage 13, 636–646 (2001)  
doi:10.1006/nimg.2001.0749, available online at <http://www.elsevier.com/locate/ynimg>

The Neural System Underlying Chinese Logograph Reading

Li Hai Tan,<sup>1</sup> Ho-Ling Liu,<sup>1</sup> Charles A. Perfetti,<sup>2</sup> John A. Spinks,<sup>3</sup> Peter T. Fox,<sup>4</sup> and Jia-Hong Gao<sup>1</sup>

pronounce /yue/	阅 + 看	meaning “view”, “read” “look”, “view.”	pronounce /hua/	画 + 话	meaning “draw” “talk”, “words”
--------------------	-------------	----------------------------------------------	--------------------	-------------	--------------------------------------

Semantic similarity judgment      Homophone judgment

**Biological abnormality of impaired reading is constrained by culture** NATURE | VOL 431 | 2 SEPTEMBER 2004 | www.nature.com/nature

Wai Ting Siok<sup>1</sup>, Charles A. Perfetti<sup>2</sup>, Zhen Jin<sup>1</sup> & Li Hai Tan<sup>1,4</sup>

Orthography - to-phonology mapping  
Homophone judgm - letter size decision

Orthography -to-semantic mapping  
Chinese character decision - fixation

