

Cours 2014:

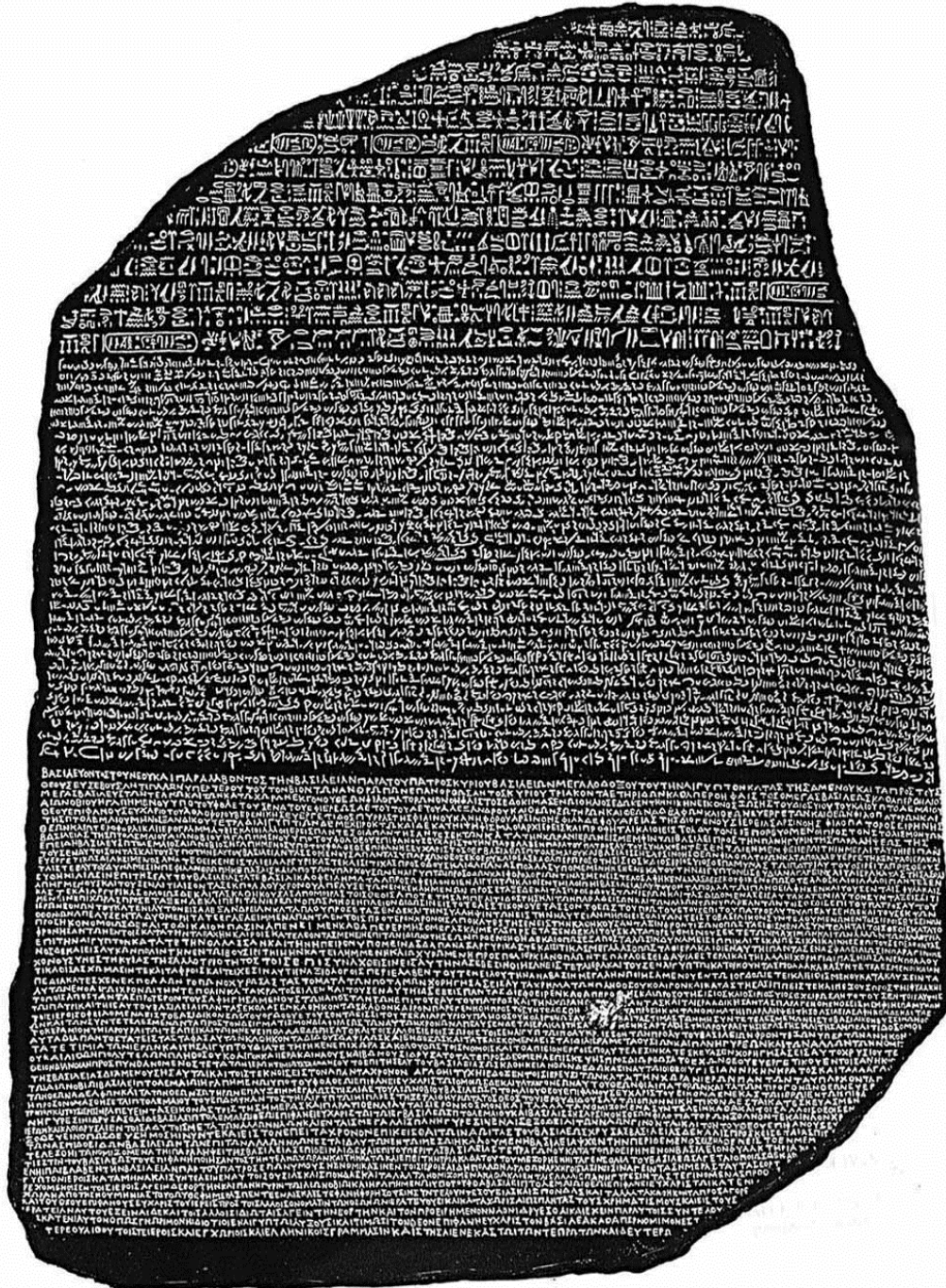
Fondements cognitifs des apprentissages scolaires

Stanislas Dehaene

Chaire de Psychologie Cognitive Expérimentale

Cours n°6

Fondements cognitifs de l'apprentissage de la lecture



Qu'est-ce que lire?

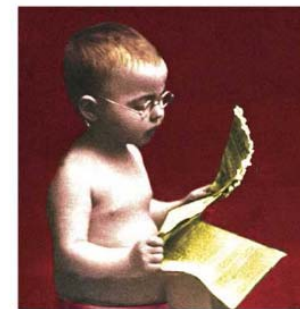
« Je converse avec les défunts
Et écoute les morts avec les yeux. »

Francisco de Quevedo

- Que savons-nous des circuits cérébraux de la lecture ?
- Comment ces connaissances éclairent-elles l'apprentissage de la lecture?

STANISLAS DEHAENE

LES NEURONES DE LA LECTURE

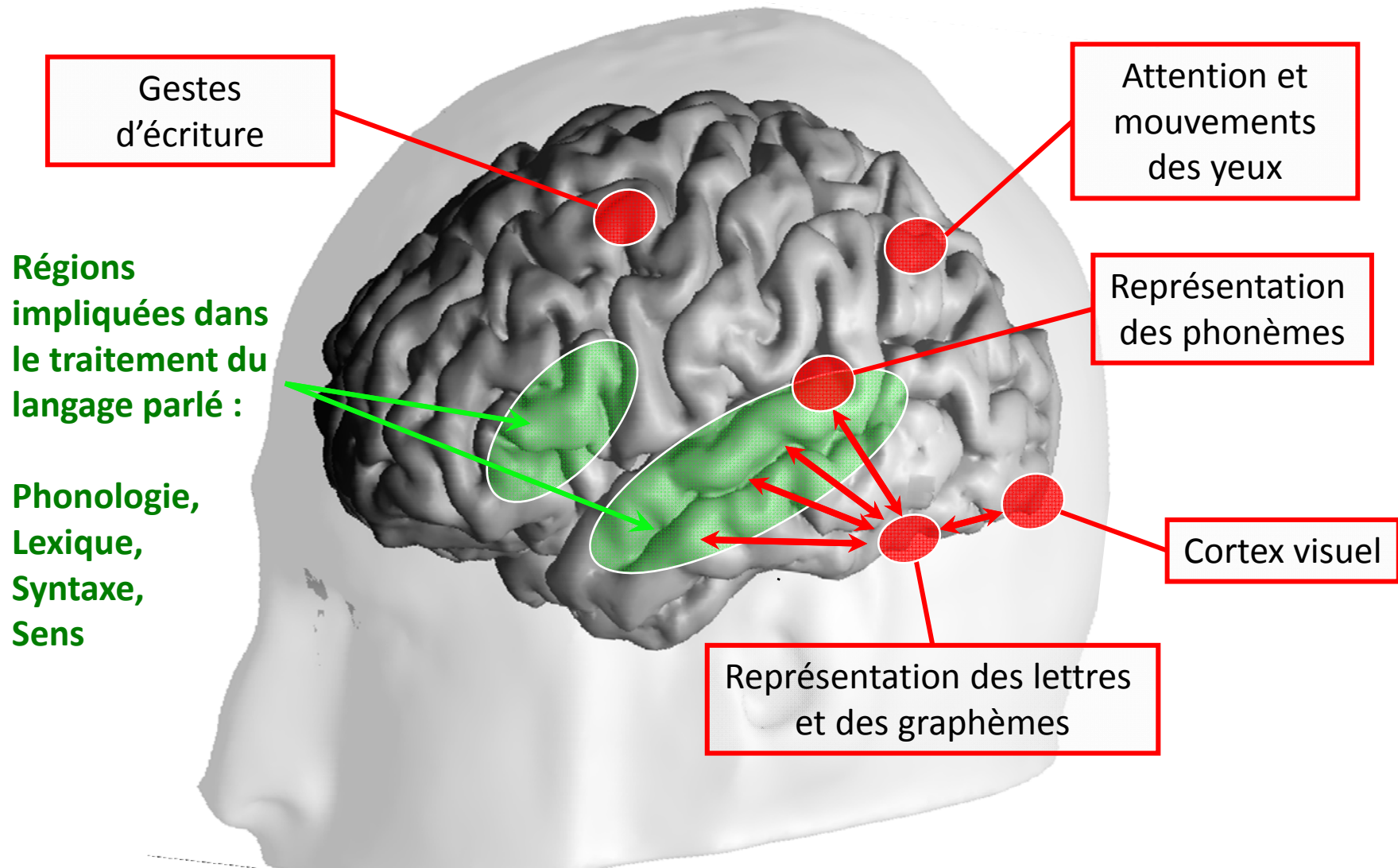


préface de
Jean-Pierre Changeux



L'architecture cérébrale de lecture

Apprendre à lire consiste à accéder, par la vision, aux aires du langage parlé.



La visualisation des circuits de la lecture

Dehaene, Pegado, Braga, Ventura, Nunes Filho, Jobert, Dehaene-Lambertz, Kolinsky, Morais and Cohen
How learning to read changes the cortical networks for vision and language. Science, 2010

Pour identifier les changements cérébraux induits par la lecture, nous avons comparé les activations cérébrales chez

- Des analphabètes, jamais allés à l'école (au Brésil)
- Des ex-analphabètes (alphabétisés à l'âge adulte; Brésil et Portugal)
- Des adultes alphabétisés dès l'enfance (Brésil et Portugal)



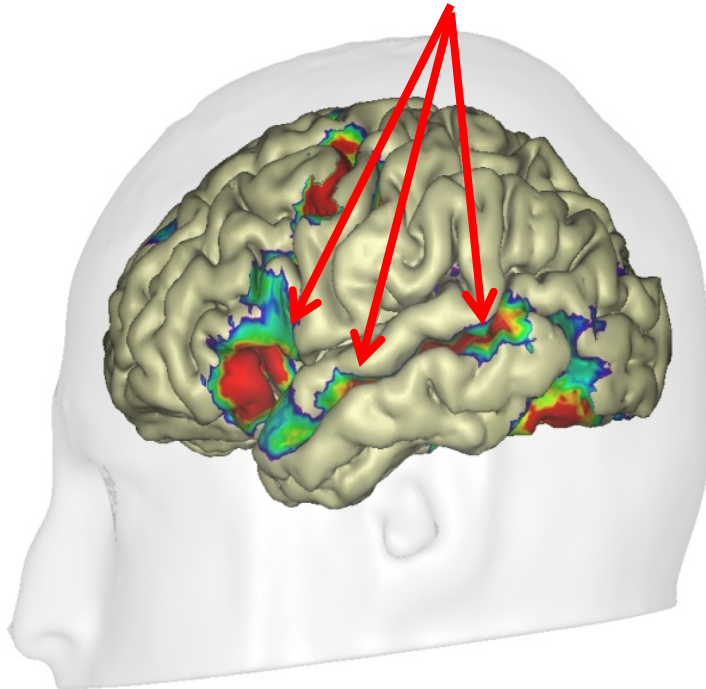


Lucia Braga
Sarah Hospitals
Brazil

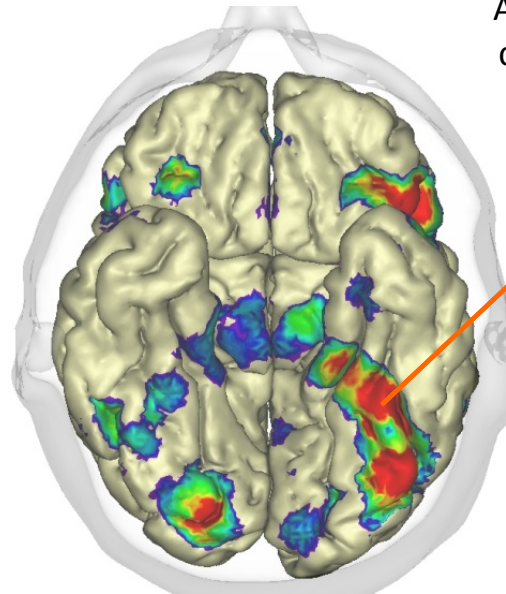


L'apprentissage de la lecture accroît l'activité cérébrale en réponse aux phrases écrites

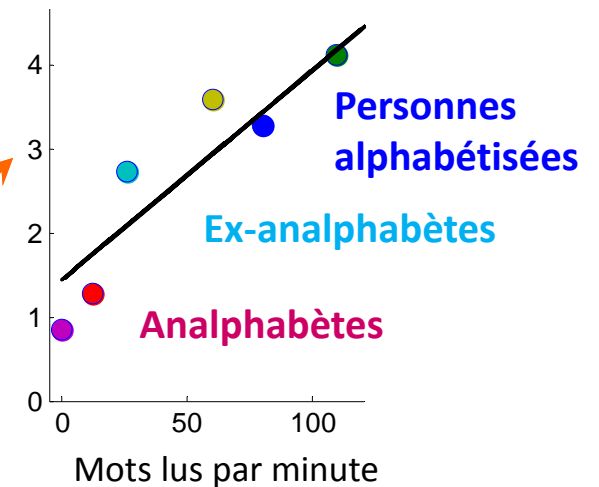
Dans les aires du langage de l'hémisphère gauche



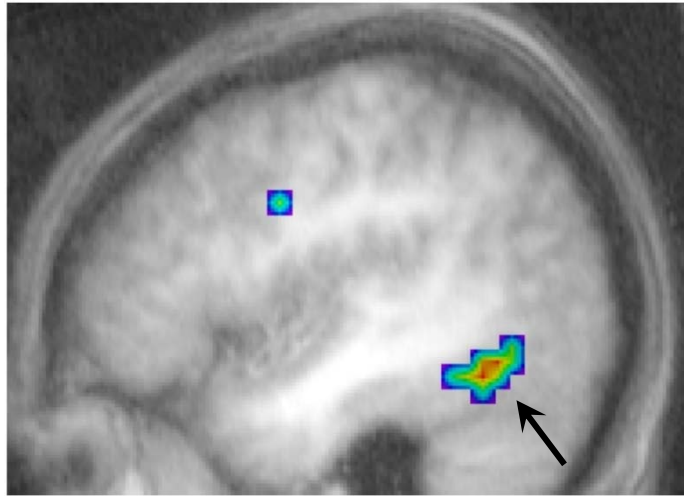
Dans les aires visuelles, et notamment la région occipito-temporale ventrale: l'aire de la forme visuelle des mots



Activation cérébrale



Le circuit cérébral de la lecture accroît sa réponse, même chez les personnes qui ont appris à lire à l'âge adulte.



L'aire de la forme visuelle des mots

(Visual Word Form Area, VWFA)

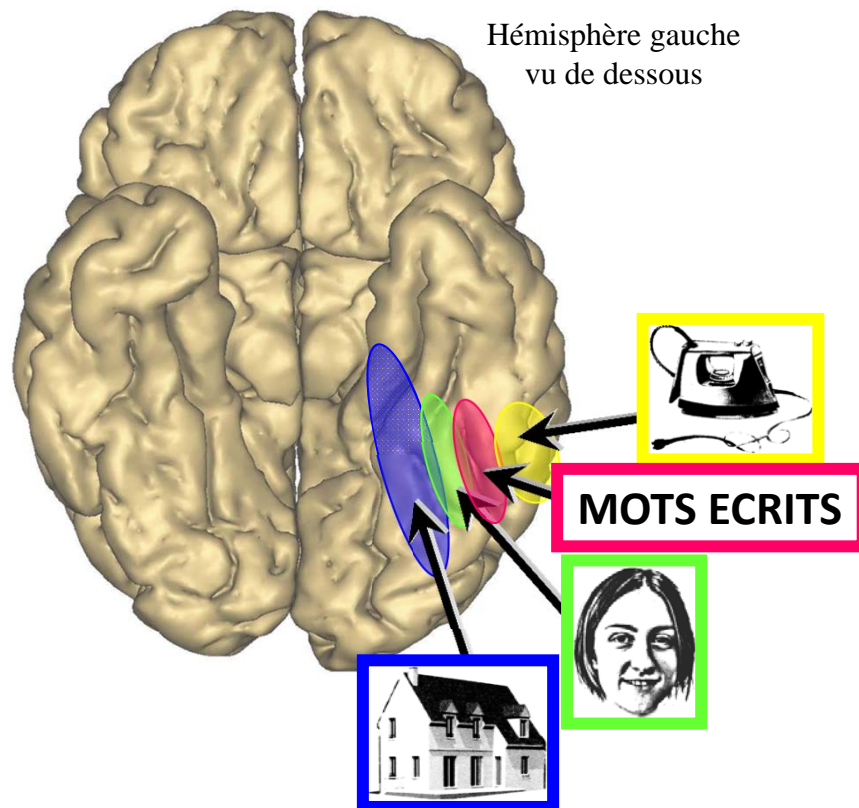
La « boîte aux lettres » du cerveau

- Une région détectable en quelques minutes d'IRM chez **tous les lecteurs**

- Spécialisée pour la **reconnaissance des caractères** que le sujet a appris à lire.

- Située au même endroit, dans **toutes les cultures**

- Entourée d'une mosaïque de régions reproductibles spécialisées dans la reconnaissance des objets, des visages, des lieux...



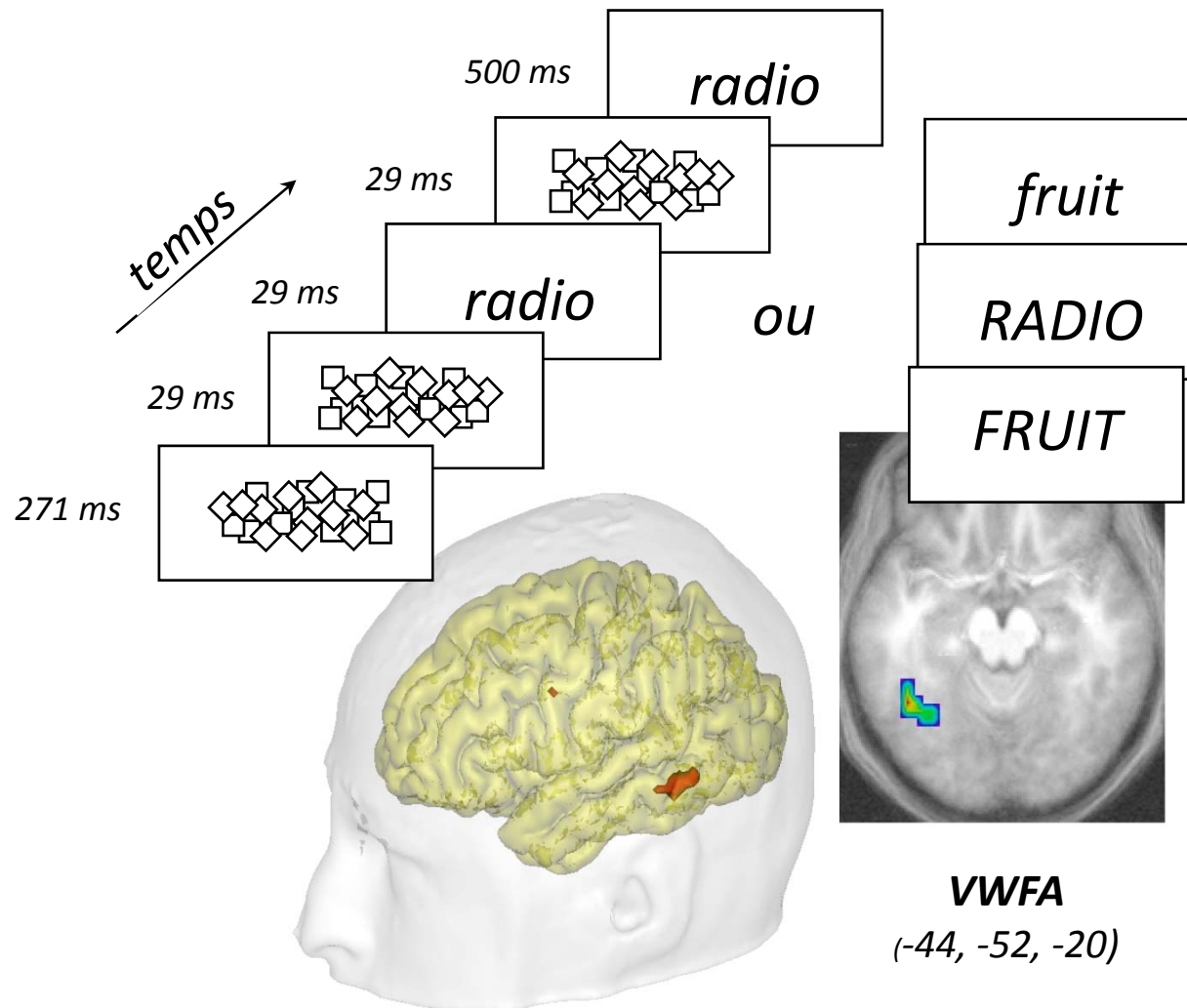
Cohen, L., & Dehaene, S. (2004). Specialization within the ventral stream: the case for the visual word form area. *Neuroimage*, 22(1), 466–76.

Dehaene, S., & Cohen, L. (2011). The unique role of the visual word form area in reading. *Trends Cogn Sci*, 15(6), 254–62.

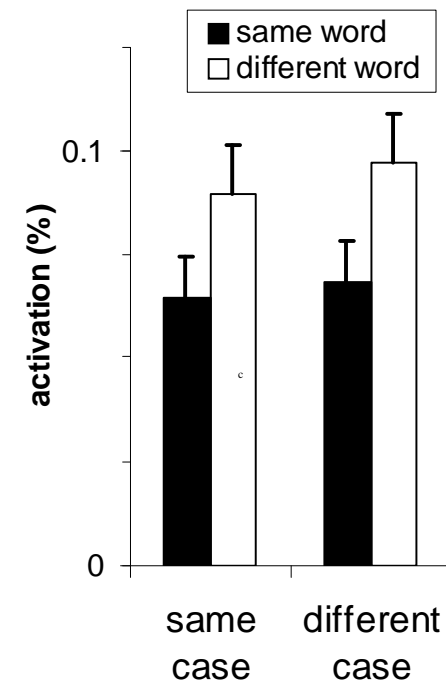
L'amorçage subliminal démontre une invariance pour la casse dans l'aire de la forme visuelle des mots

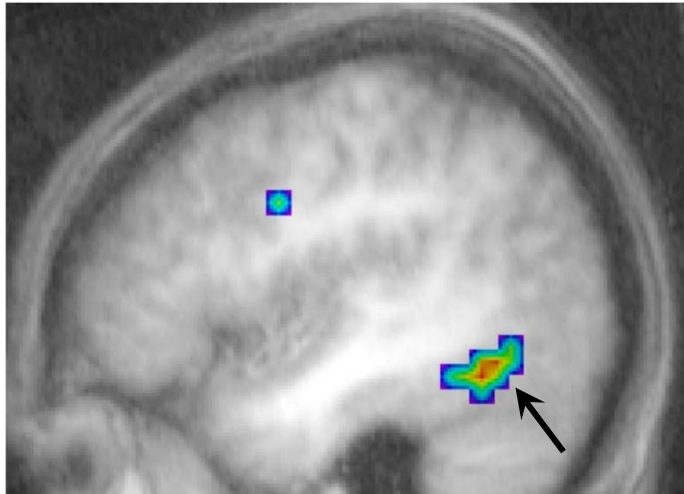
Dehaene, S., Jobert, A., Naccache, L., Ciuciu, P., Poline, J. B., Le Bihan, D., & Cohen, L. (2004). Letter binding and invariant recognition of masked words: behavioral and neuroimaging evidence. *Psychol Sci*, 15(5), 307–13.

Dehaene, S., Naccache, L., Cohen, L., Le Bihan, D., Mangin, J. F., Poline, J. B., & Rivièrè, D. (2001). Cerebral mechanisms of word masking and unconscious repetition priming. *Nat Neurosci*, 4(7), 752–8.



Une diminution d'activité lors des essais répétés (*repetition suppression*) implique que la VWFA a reconnu l'identité invariante des mots.





L'aire de la forme visuelle des mots joue un rôle clé dans la reconnaissance invariante des lettres et des graphèmes

1. **Invariance** pour la position, la taille, et la casse:

deux quatre six huit deux quatre six huit

DEUX QUATRE SIX HUIT

DeUx qUaTrE slx hUiT

2. **Amplification** de différences petites mais pertinentes: deux doux

3. **Sensibilité à l'agencement** des lettres :

TREFLE

REFLET

4. **Régularités orthographiques:**

collège

qhgks

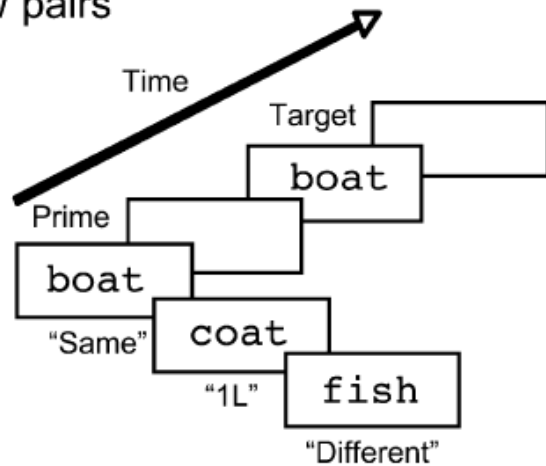
Binder, J. R., Medler, D. A., Westbury, C. F., Liebenthal, E., & Buchanan, L. (2006). Tuning of the human left fusiform gyrus to sublexical orthographic structure. *Neuroimage*, 33(2), 739–48.

Vinckier, F., Dehaene, S., Jobert, A., Dubus, J. P., Sigman, M., & Cohen, L. (2007). Hierarchical coding of letter strings in the ventral stream: dissecting the inner organization of the visual word-form system. *Neuron*, 55(1), 143–56.

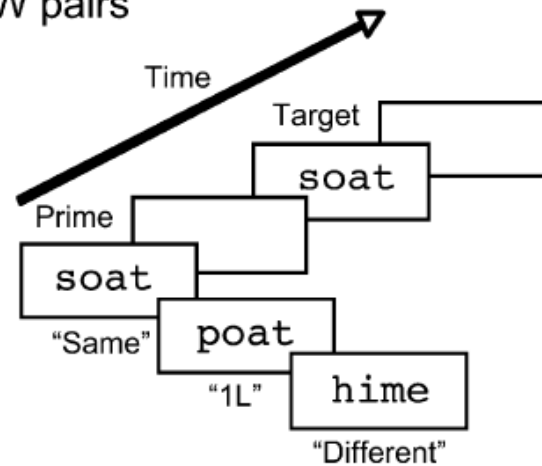
Certaines populations de neurones pourraient coder des mots entiers

Glezer, L. S., Jiang, X., & Riesenhuber, M. (2009). Evidence for highly selective neuronal tuning to whole words in the “visual word form area.” *Neuron*, 62(2), 199–204.

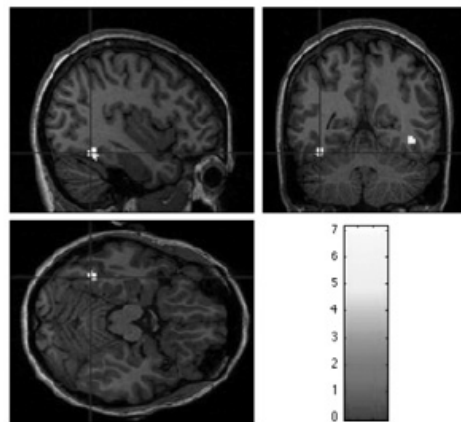
RW pairs



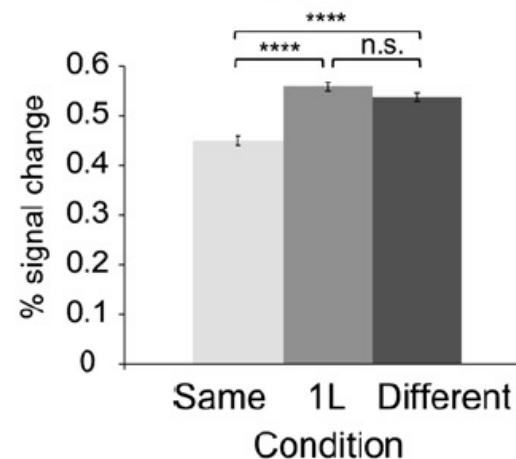
PW pairs



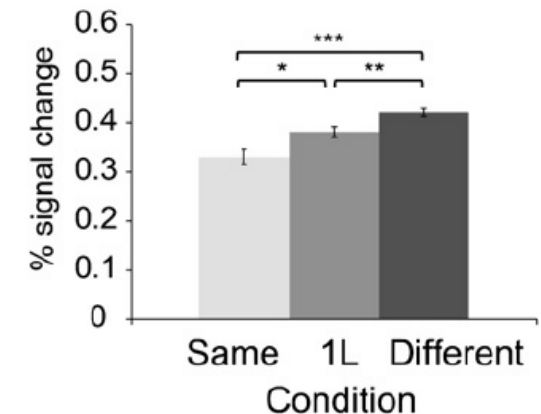
La VWFA montre une extrême sensibilité au changement d’une seule lettre – mais uniquement pour les chaînes de lettres qui forment des mots connus.
 → Réponse neuronale sélective aux mots entiers?



RW Group (Experiment 1)

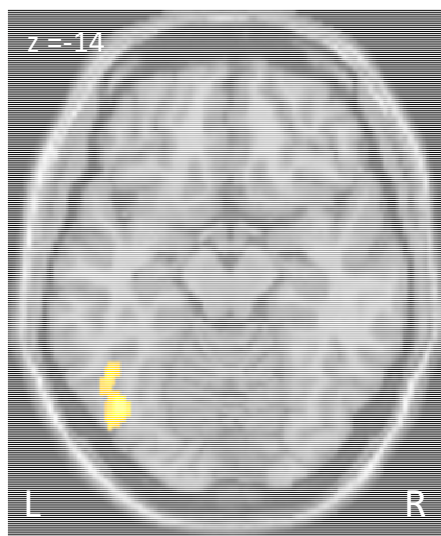


PW Group (Experiment 2)



Que fait cette région avant d'apprendre à lire?

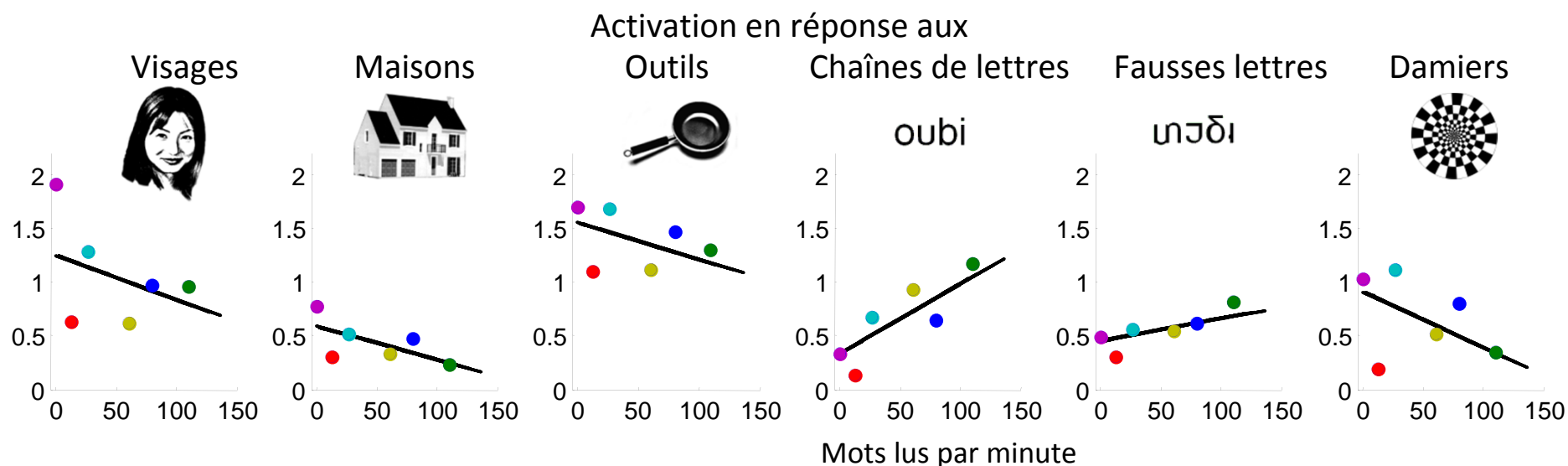
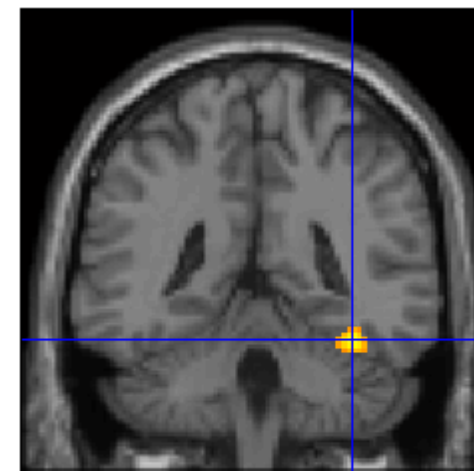
Dehaene, Pegado, Braga, Ventura, Nunes Filho, Jobert, Dehaene-Lambertz, Kolinsky, Morais and Cohen
 How learning to read changes the cortical networks for vision and language. *Science*, 2010



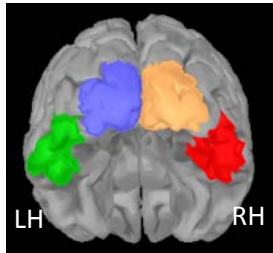
Chez les illettrés, elle répond massivement aux **visages** (et aussi aux outils et aux damiers)

Sa réponse aux visages décroît avec la compétence en lecture.

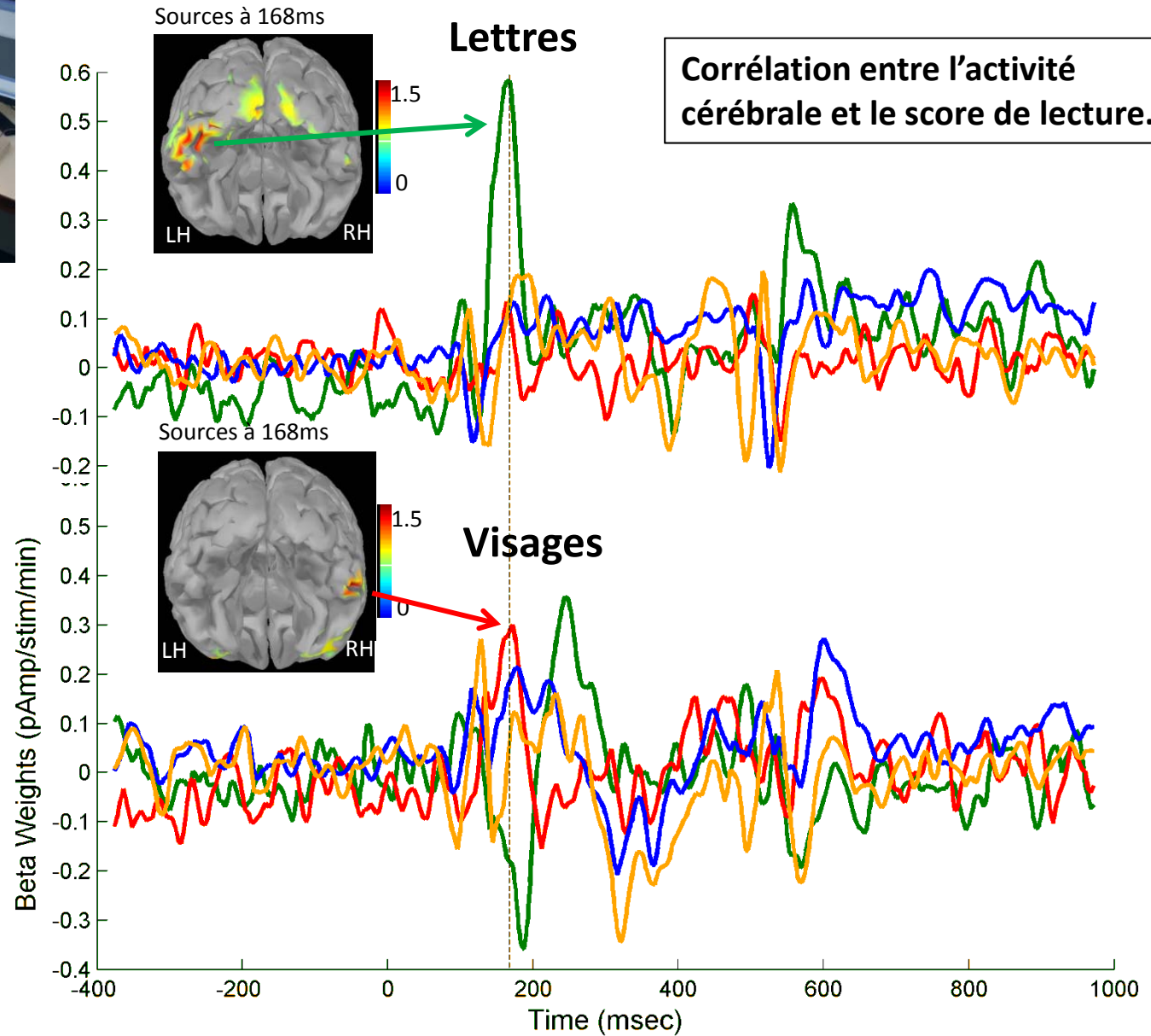
Les visages se déplacent en direction de l'hémisphère droit.



L'apprentissage modifie l'onde N170 en réponse aux lettres et aux visages



Pegado, F., Comerlato, E., Ventura, F., Jobert, A., Nakamura, K., Buiatti, M., ... Dehaene, S. (2014). Timing the impact of literacy on visual processing. *PNAS*, 111(49), E5233–5242.



L'imagerie de la lecture chez l'enfant



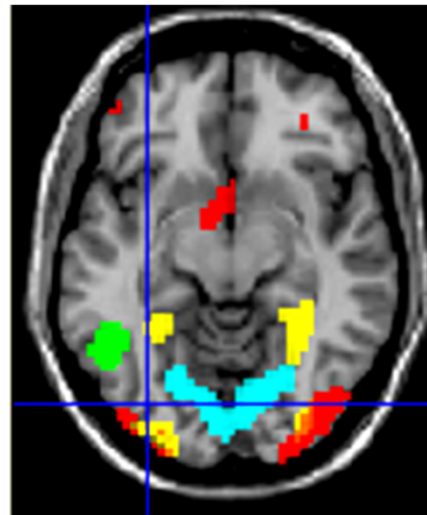
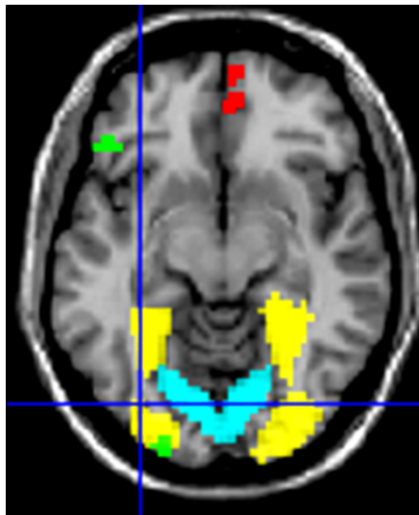
Le système visuel change quand l'enfant apprend à lire

Monzalvo, K., Fluss, J., Billard, C., Dehaene, S., & Dehaene-Lambertz, G. (2012). Cortical networks for vision and language in dyslexic and normal children of variable socio-economic status. *Neuroimage*, 61(1), 258–74.

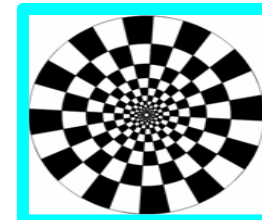
- La spécialisation visuelle pour les mots écrits (aire de la forme visuelle des mots, VWFA) apparaît au cours de la première année d'apprentissage.
- Son activation prédit les scores de lecture des enfants
- Les visages s'organisent et s'installent préférentiellement dans l'hémisphère droit.

6 ans (avant le CP), non-lecteurs 6 ans (fin de CP), lecteurs

9 ans lecteurs



Mots





Peut-on apprendre à lire avant le CP ?

G. Dehaene-Lambertz, Karla Monzalvo, C. Alvarez, travaux en cours
<https://lamaternelledesenfants.wordpress.com/>

A NeuroSpin, Ghislaine et Karla ont scanné des enfants en grande maternelle ou en CP.

Enfants non-lecteurs

Age = 6 ans 2 mois

Niveau de lecture = 6 ans 3 mois



Enfants lecteurs

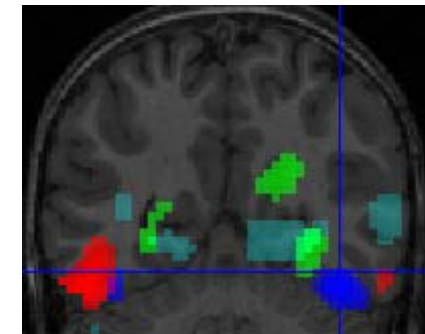
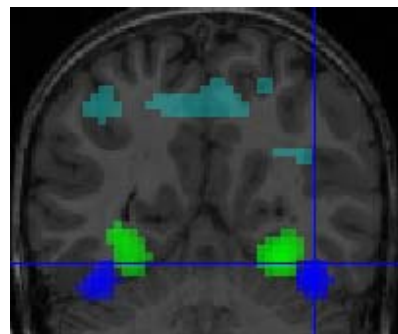
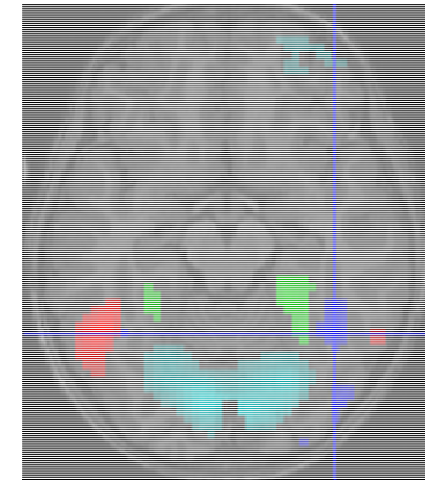
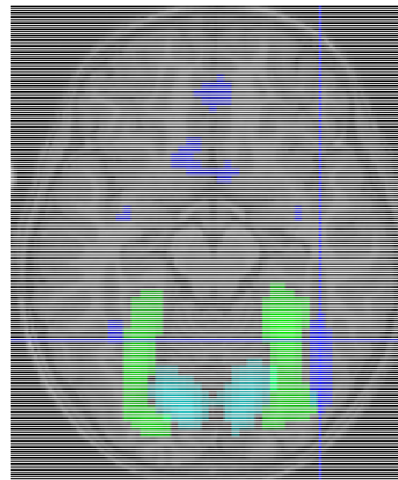
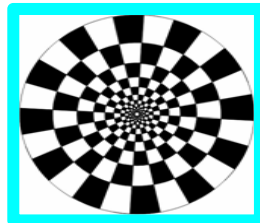
(beaucoup issus de Genevilliers)

Age = 6 ans 3 mois

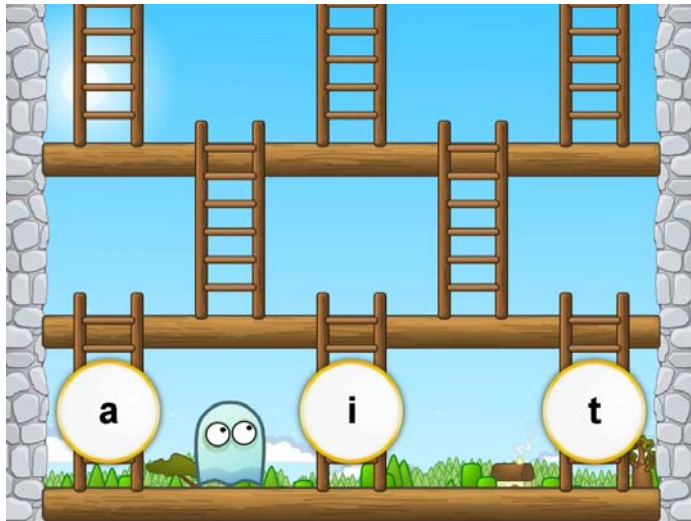
1 an et demi d'avance en lecture!!

42 mots lus par minute

Mots



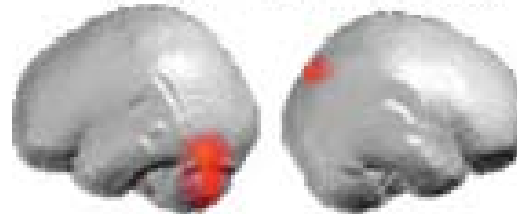
L'effet bénéfique des correspondances graphème-phonème



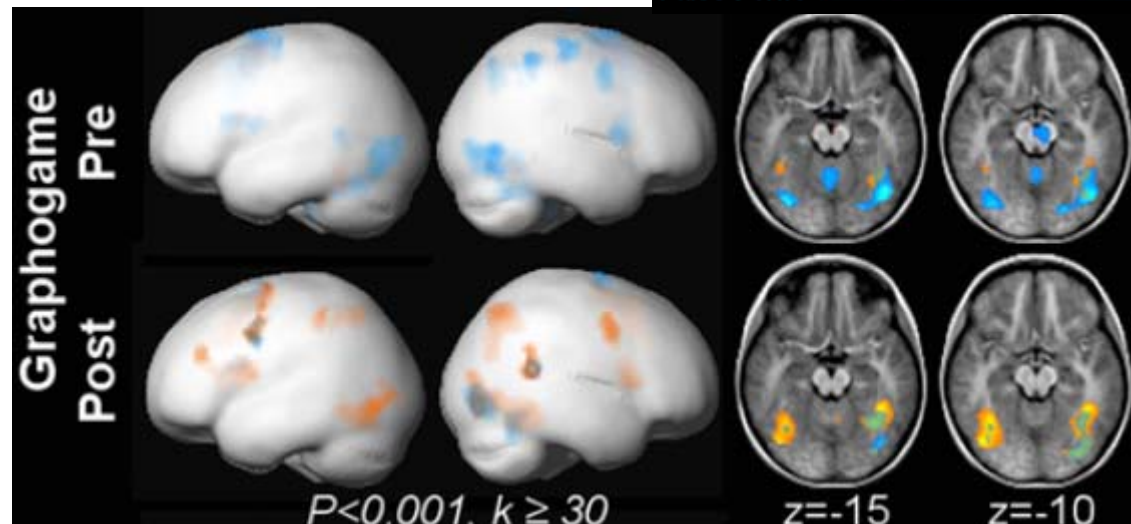
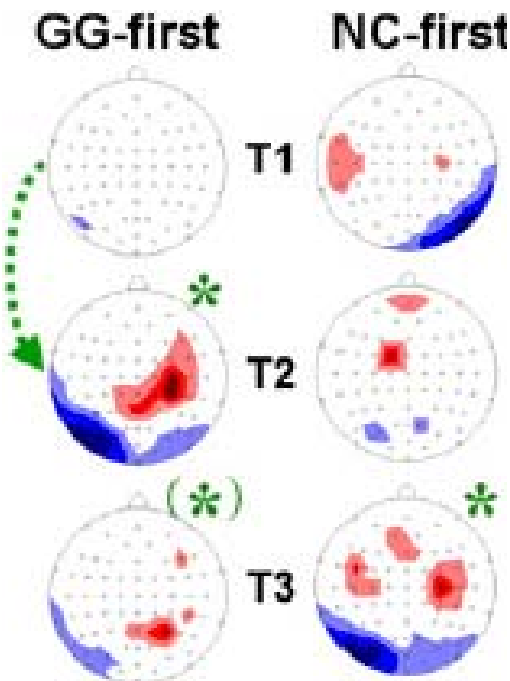
Brem, S., Bach, S., Kucian, K., Guttorm, T. K., Martin, E., Lyttinen, H., ... Richardson, U. (2010). Brain sensitivity to print emerges when children learn letter-speech sound correspondences. *PNAS*, 107(17), 7939–44.

Heikki Lyttinen et ses collègues ont créé le **graphogame**, un logiciel de jeu qui enseigne les correspondances graphème-phonème (bientôt traduit en français par Jo Ziegler!). Des enfants de maternelle ont été entraînés pendant 8 semaines avec le *graphogame* et un jeu mathématique de contrôle (moins de 4 heures au total !).

N1 sources
(Post- vs. Pre-GG)



L'imagerie cérébrale en IRMf et en potentiels évoqués a révélé l'émergence très rapide des aires associées à la lecture.



Le système visuel est désorganisé chez les dyslexiques

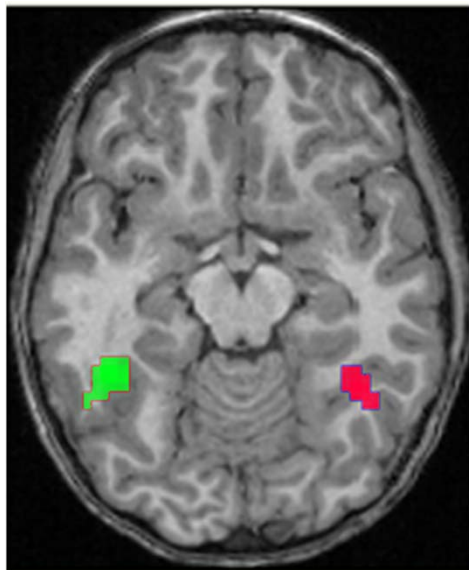
Monzalvo, K., Fluss, J., Billard, C., Dehaene, S., & Dehaene-Lambertz, G. (2012). Cortical networks for vision and language in dyslexic and normal children of variable socio-economic status. *Neuroimage*, 61(1), 258–74.

- Les enfants dyslexiques, à 9 ans, montrent une activité réduite aux mots écrits dans la VWFA, et aux visages dans l'hémisphère droit (Fusiform Face Area).

Activité supérieure chez
l'enfant normal que chez
l'enfant dyslexique

mots écrits

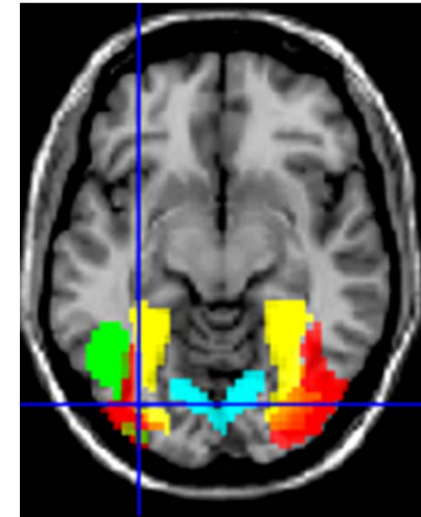
visages



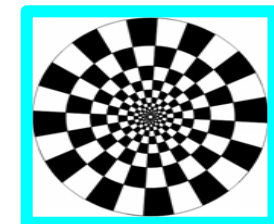
9 ans,
dyslexiques



9 ans,
lecteurs



Mots



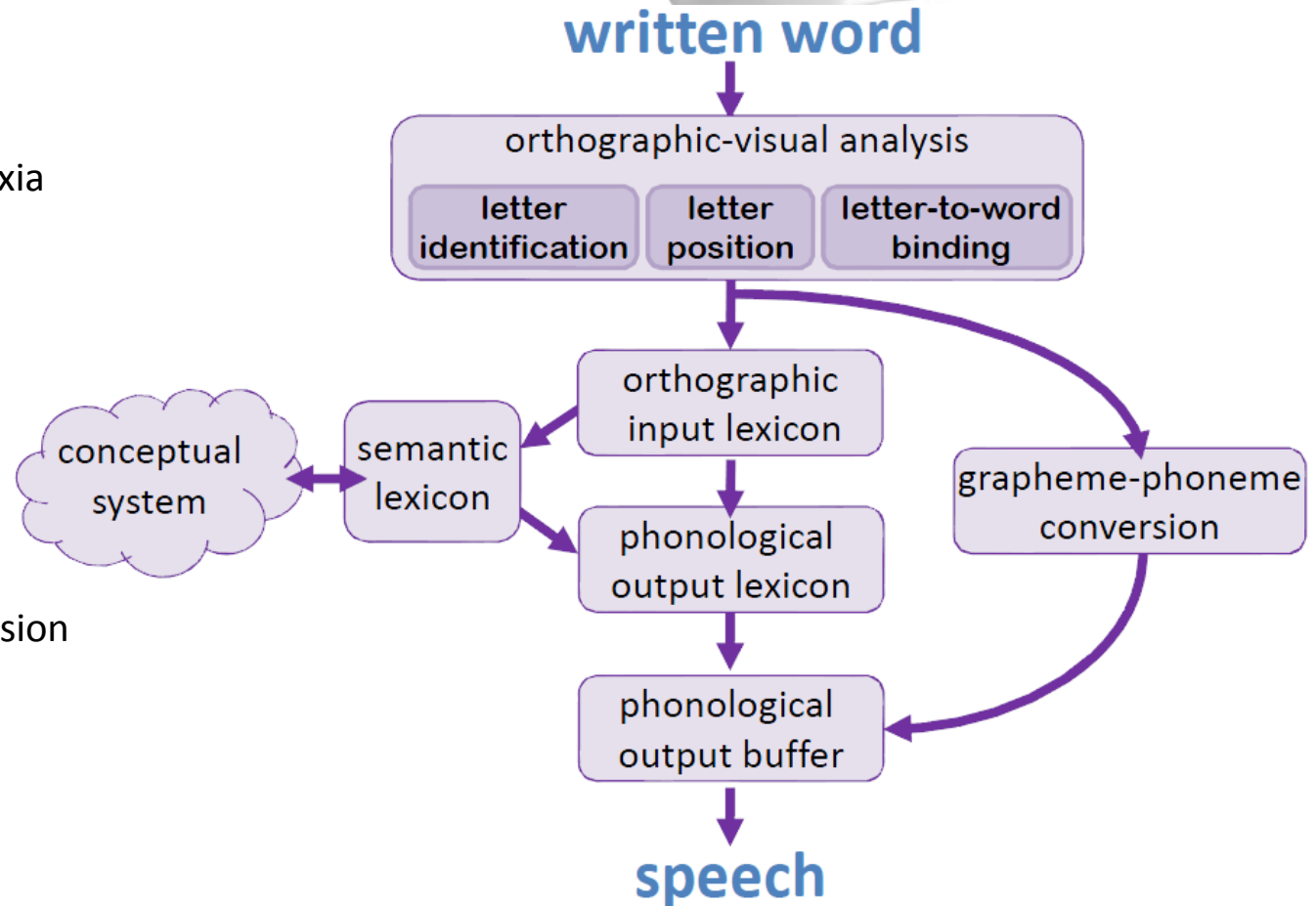
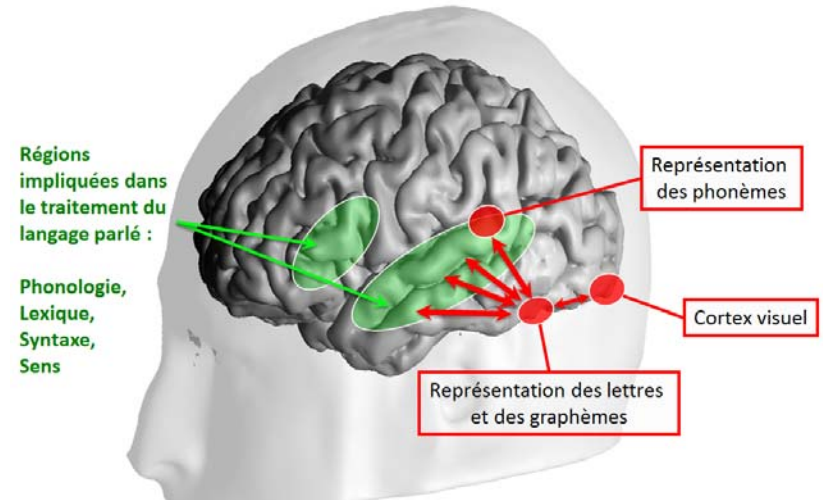
Le modèle standard de la lecture et les multiples origines de la dyslexie

Rappel du séminaire de Naama Friedmann

<http://www.college-de-france.fr/site/stanislas-dehaene/seminar-2015-02-10-11h00.htm>

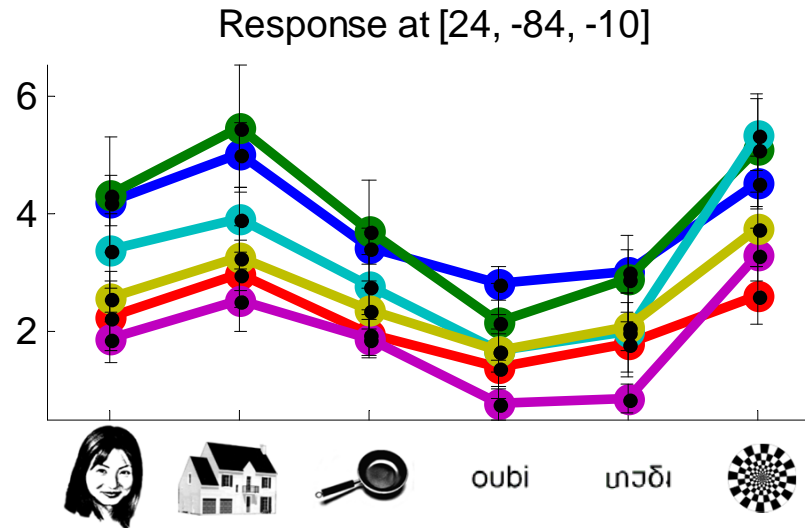
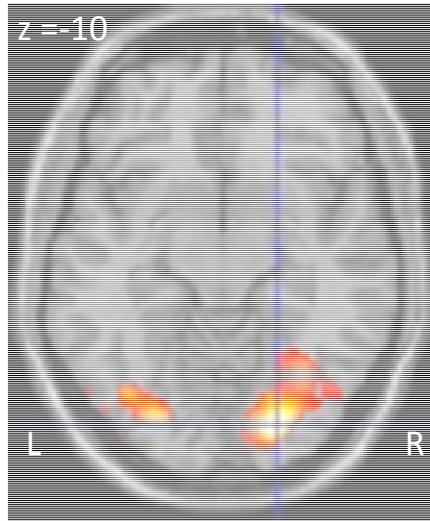
Au moins 19 sous-types de dyslexies:

- Visual letter agnosia
- Letter identity dyslexia
- Letter position dyslexia
- Visual output dyslexia
- Graphemic input buffer dyslexia
- Neglect dyslexia –word
- Neglect dyslexia -text
- Attentional dyslexia
- Surface dyslexia-lex
- Surface dyslexia-lexoutput
- Surface dyslexia-interlex
- Surface dyslexia-phonlex
- Vowel dyslexia
- Phonological dyslexia: conversion
- Phonological buffer dyslexia
- Dyzlegzia
- Deep dyslexia (3 types)
- Direct dyslexia (hyperlexia)



La lecture a un effet positif sur les aires visuelles précoces

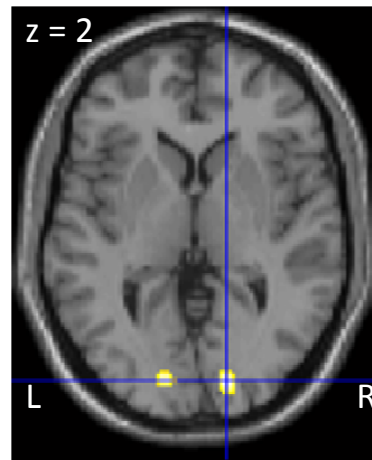
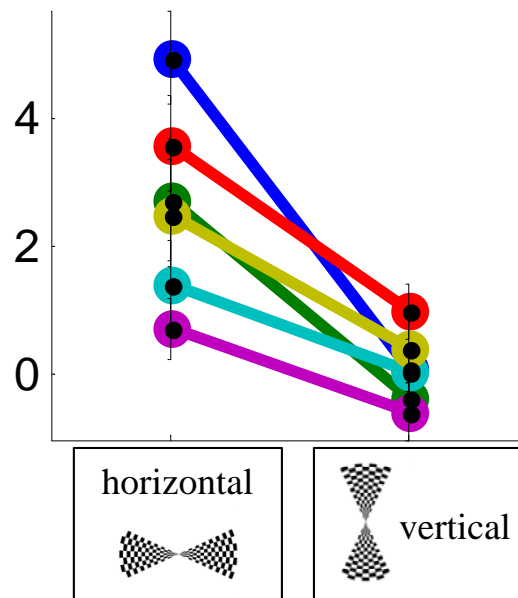
Dehaene, Pegado, Braga, Ventura, Nunes Filho, Jobert, Dehaene-Lambertz, Kolinsky, Morais and Cohen
 How learning to read changes the cortical networks for vision and language. *Science*, 2010



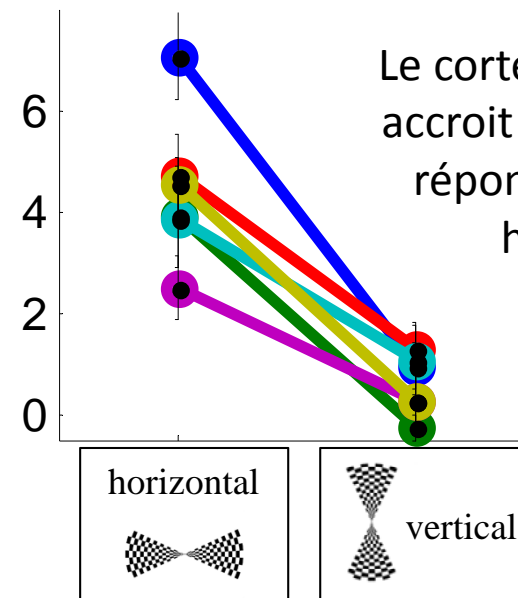
- Literates (LB1)
- Literates (LP)
- Literates (LB2)
- Ex-illiterates (EXB)
- Ex-illiterates (EXP)
- Illiterates (ILB)

Les réponses à toutes les catégories d'images augmentent dans la région occipitale.

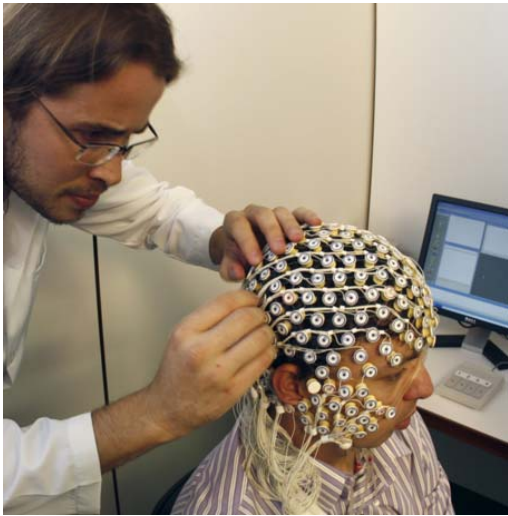
Response at [-12, -88, 2]



Response at [16, -88, 2]

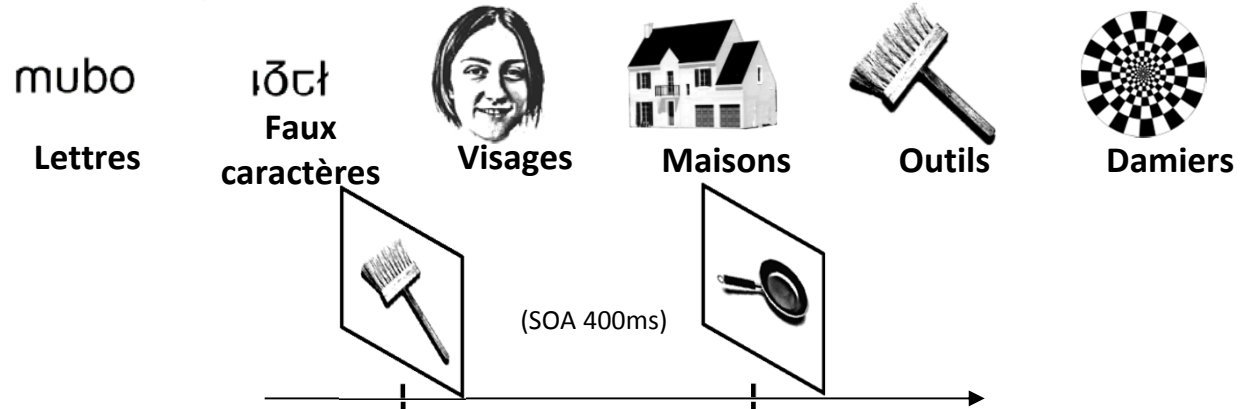


Le cortex visuel primaire accroit sélectivement sa réponse aux damiers horizontaux

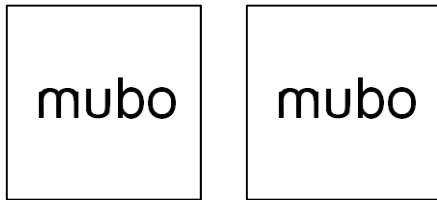


L'apprentissage de la lecture augmente la sensibilité du système visuel précoce à la répétition

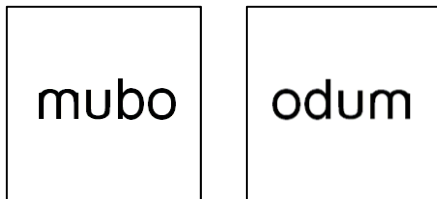
Pegado, F., Comerlato, E., Ventura, F., Jobert, A., Nakamura, K., Buiatti, M., ... Dehaene, S. (2014). Timing the impact of literacy on visual processing. *PNAS*, 111(49), E5233–5242.



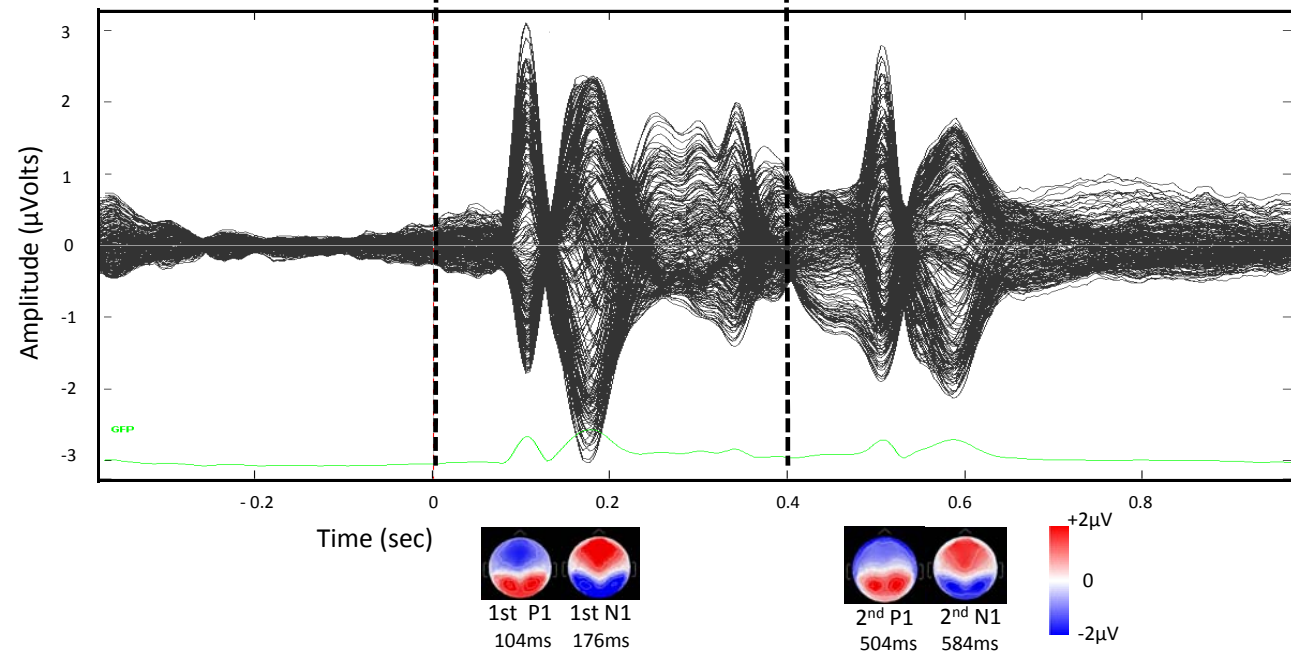
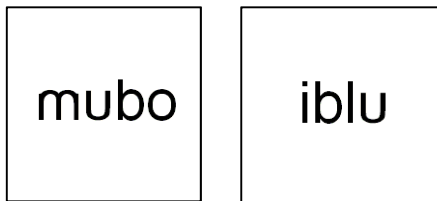
Essai « identique »



Essai « miroir »



Essai « différent »





L'apprentissage de la lecture augmente la sensibilité du système visuel précoce à la répétition

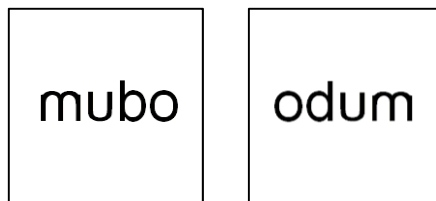
Pegado, F., Comerlato, E., Ventura, F., Jobert, A., Nakamura, K., Buiatti, M., ... Dehaene, S. (2014). Timing the impact of literacy on visual processing. *PNAS*, 111(49), E5233–5242.

Globalement, l'effet de répétition affecte les électrodes occipito-temporales entre 100 et 150 millisecondes après le second stimulus.

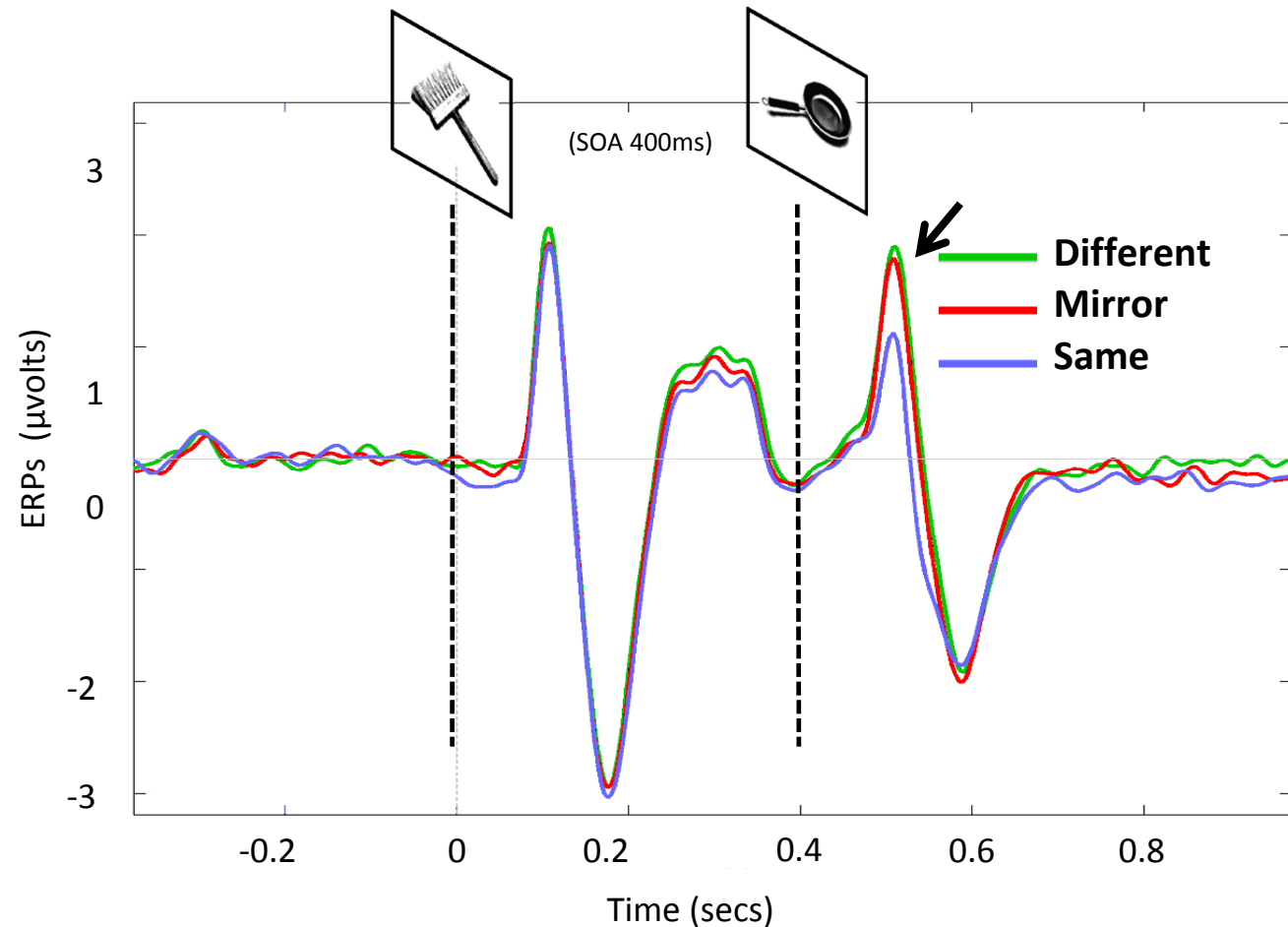
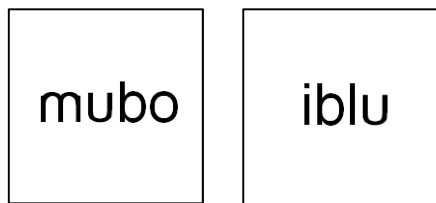
Essai « identique »



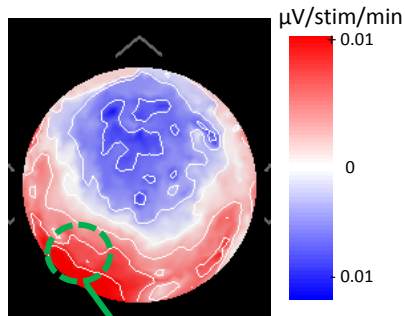
Essai « miroir »



Essai « différent »

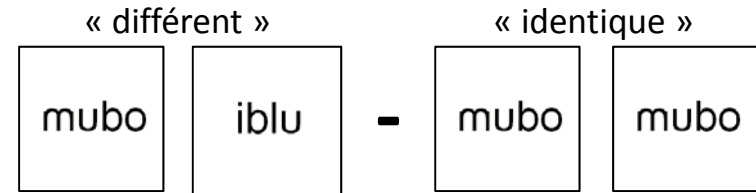


La lecture augmente la sensibilité aux petites différences visuelles



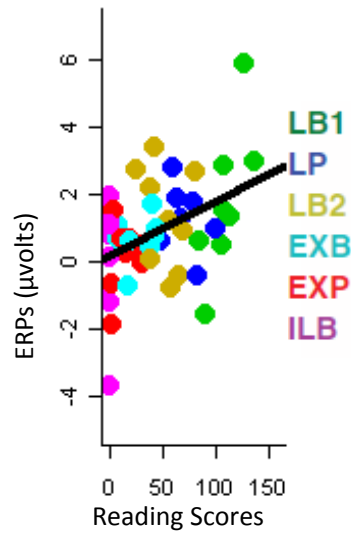
« Repetition Suppression »
(différent – identique)

[100-148ms] après S2



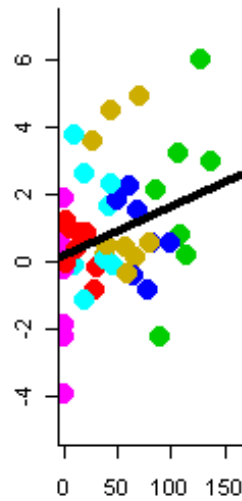
Lettres

$r = 0.42$; $p = 0.002$



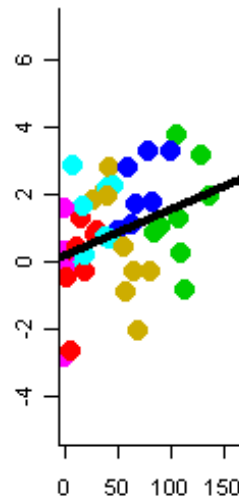
Faux caractères

$r = 0.31$; $p = 0.03$



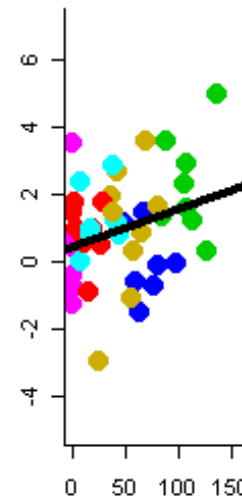
Visages

$r = 0.37$; $p = 0.009$



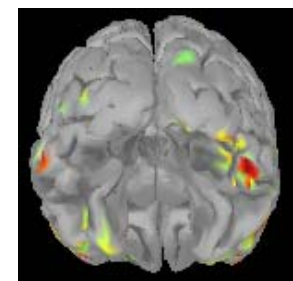
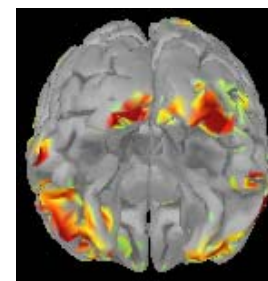
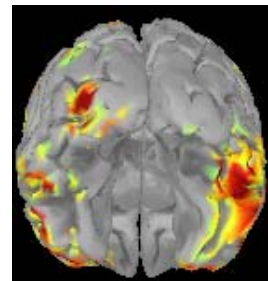
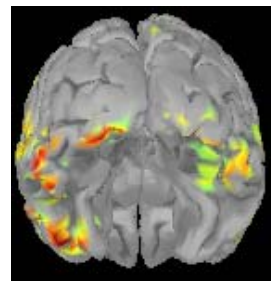
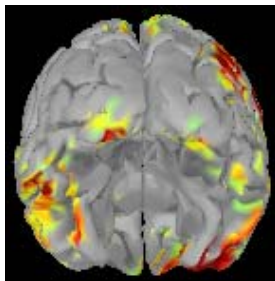
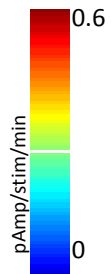
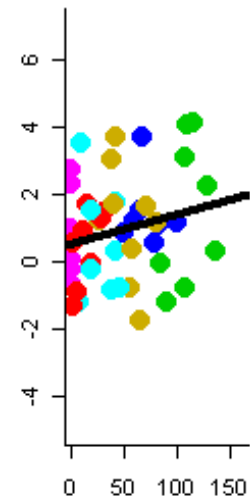
Maisons

$r = 0.3$; $p = 0.04$

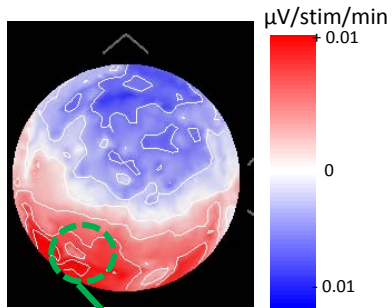


Outils

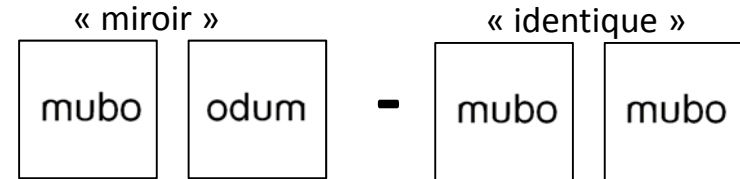
$r = 0.23$; $p = 0.1$



La lecture augmente la discrimination des images miroir

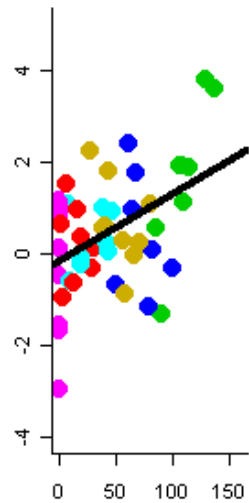


**Discrimination en miroir
(miroir – identique)**

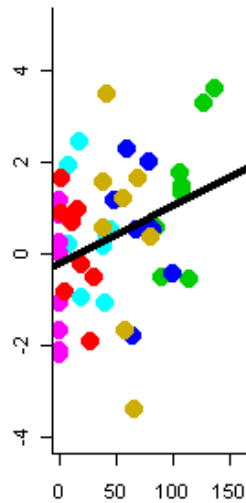


[100-148ms] après S2

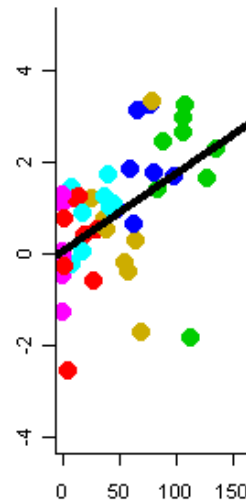
Lettres
 $r = 0.45; p = 0.001$



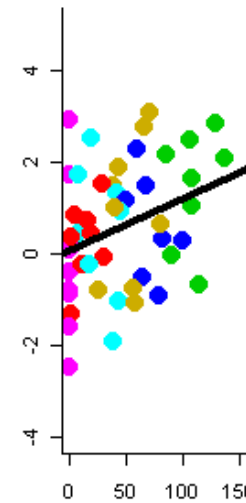
Faux caractères
 $r = 0.33; p = 0.02$



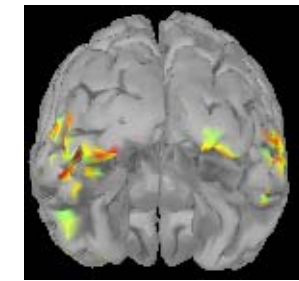
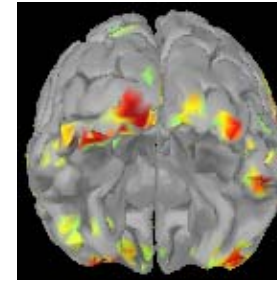
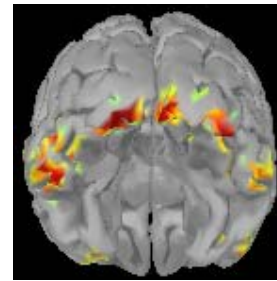
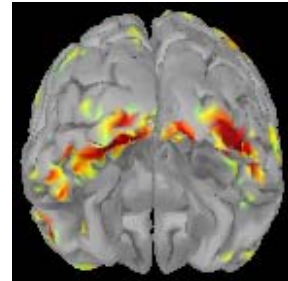
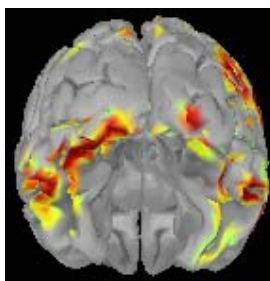
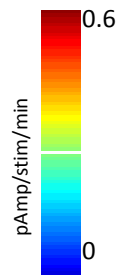
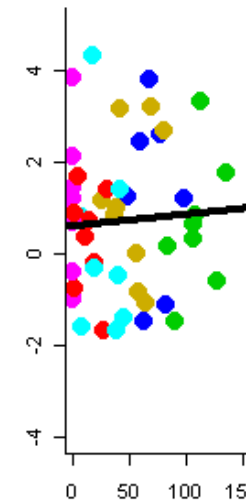
Visages
 $r = 0.5; p < 0.001$



Maisons
 $r = 0.33; p = 0.02$



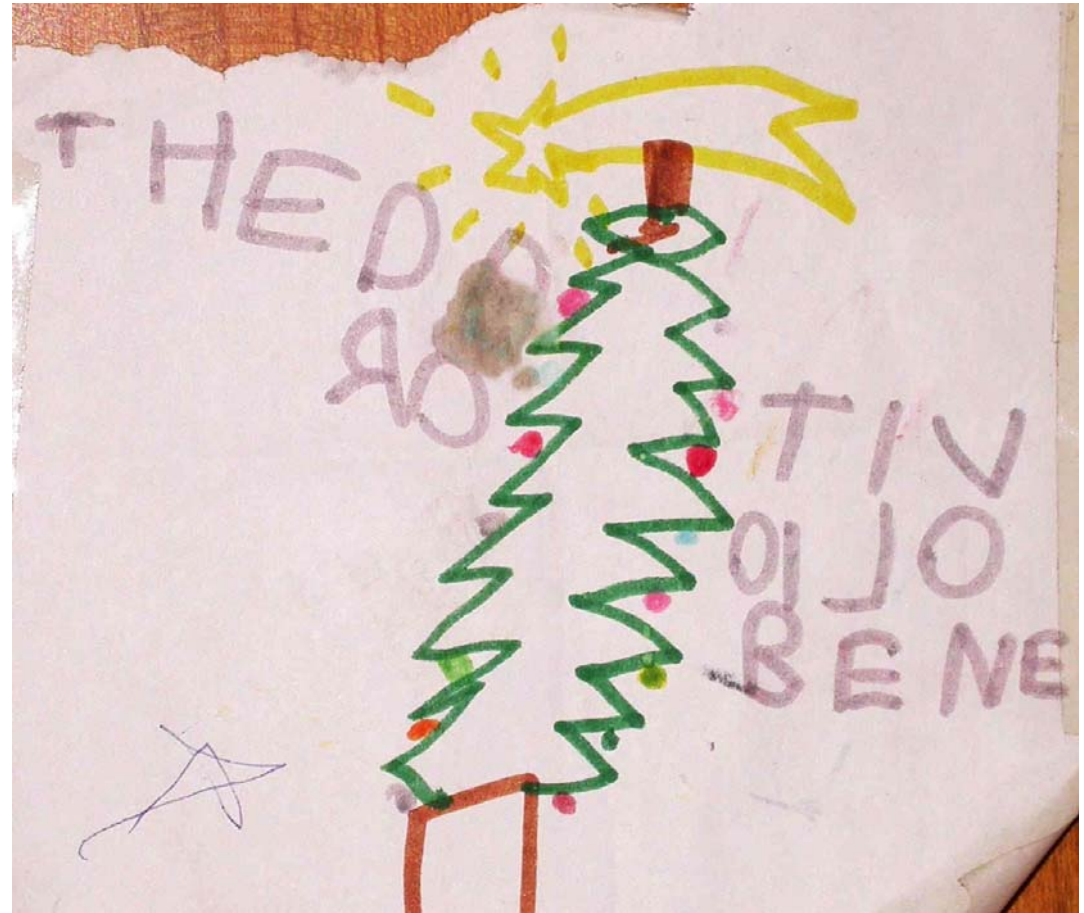
Outils
 $r = 0.07; p = 0.7$



Un mystère expliqué: L'écriture et la lecture en miroir



La réinvention du boustrophédon



(Remerciements à Manuela Piazza et Marc Smith)

L'invariance en miroir: Une compétence spontanée que nous perdons lorsque nous apprenons à lire

Dehaene, S. (2007). *Les neurones de la lecture*, Chapitre 7.

Dehaene, S., Nakamura, K., Jobert, A., Kuroki, C., Ogawa, S., & Cohen, L. (2010). Why do children make mirror errors in reading? Neural correlates of mirror invariance in the visual word form area. *Neuroimage*, 49(2), 1837–48.



- Nous héritons, de notre évolution, un mécanisme d'invariance visuelle par symétrie en miroir:

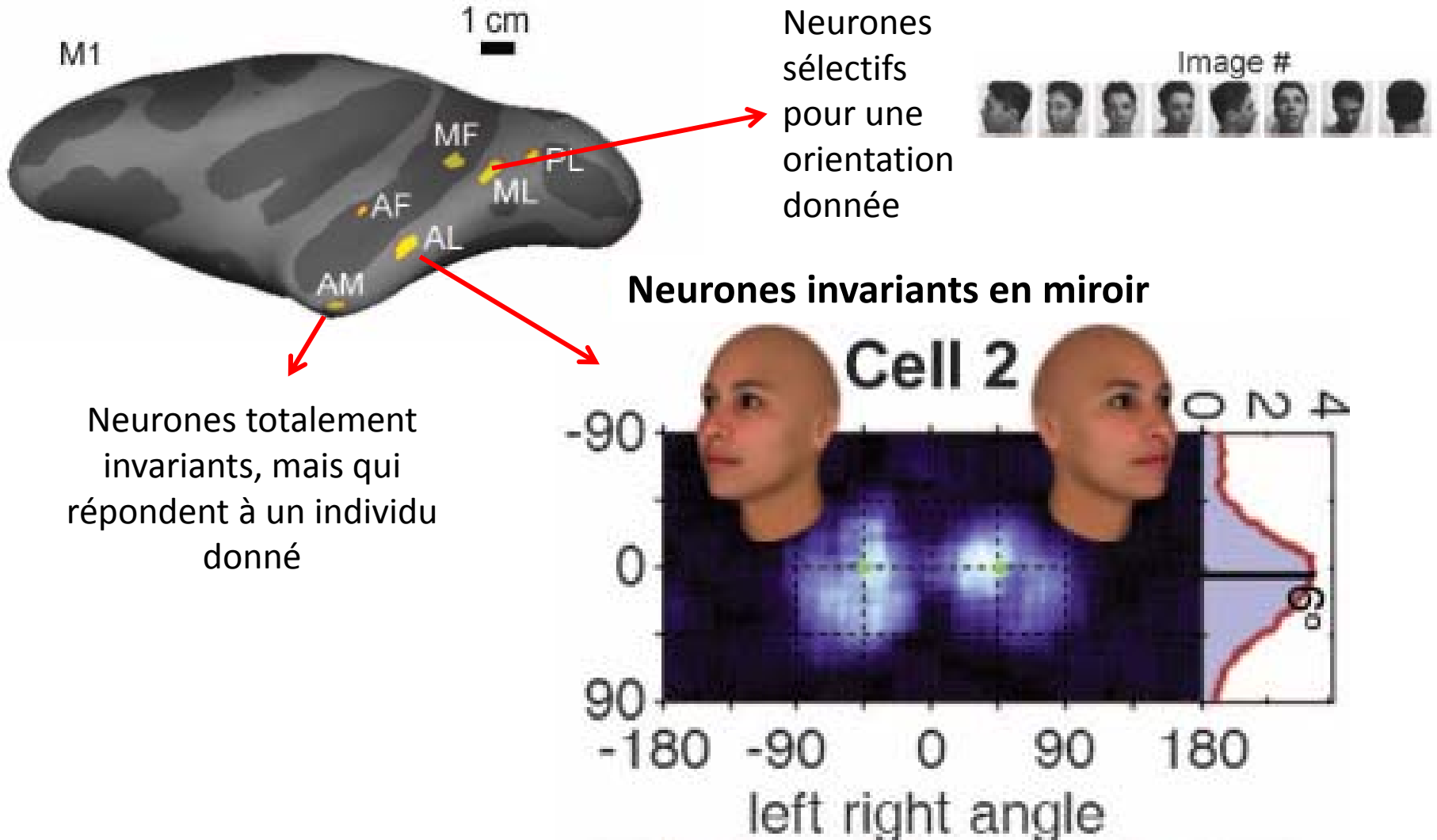


- Cette généralisation en miroir doit être « désapprise » lorsque nous apprenons à lire:

odil libo

L'invariance en miroir au niveau neuronal chez le singe macaque

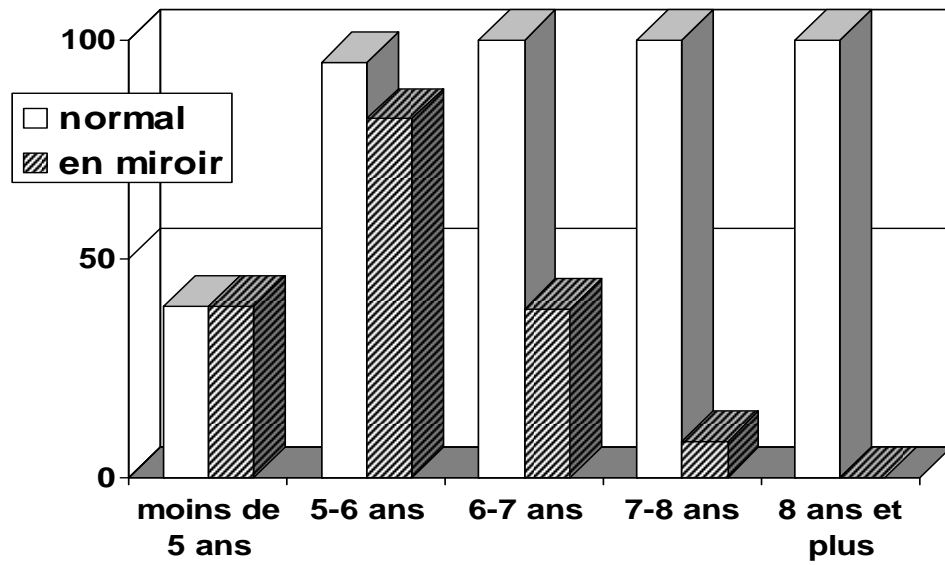
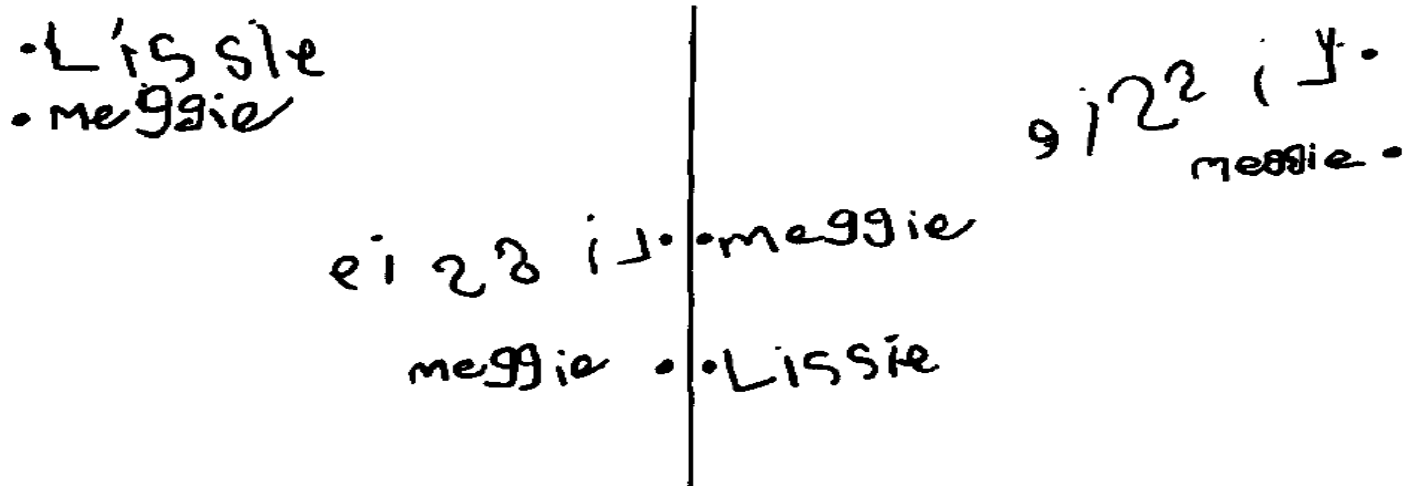
Freiwald, W. A., & Tsao, D. Y. (2010). Functional compartmentalization and viewpoint generalization within the macaque face-processing system. *Science*, 330(6005), 845–51.



Un « stade du miroir » semble exister chez pratiquement tous les enfants au cours de l'apprentissage de la lecture et de l'écriture

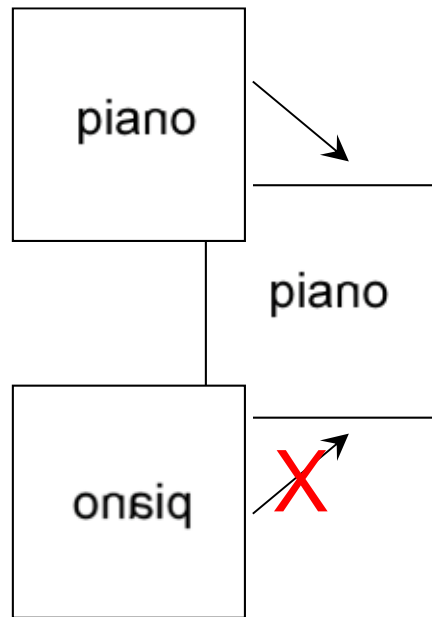
Cornell. (1985). Spontaneous mirror-writing in children. *Can J Exp Psychol*, 39, 174–179.

Bornstein, M. H., Gross, C. G., & Wolf, J. Z. (1978). Perceptual similarity of mirror images in infancy. *Cognition*, 6(2), 89–116.

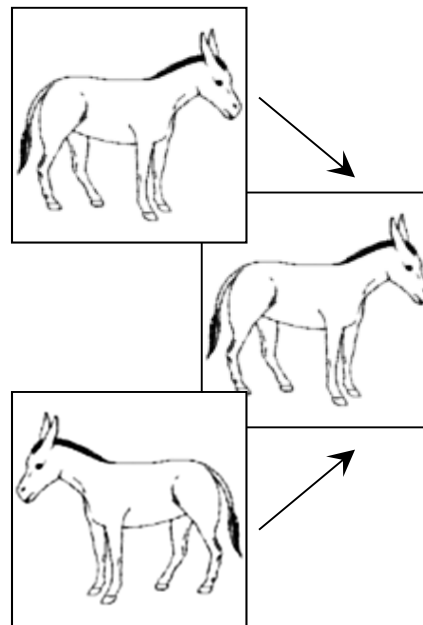
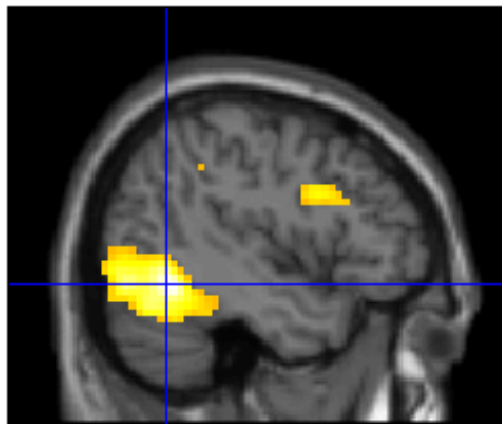


Les bases cérébrales de l'invariance en miroir

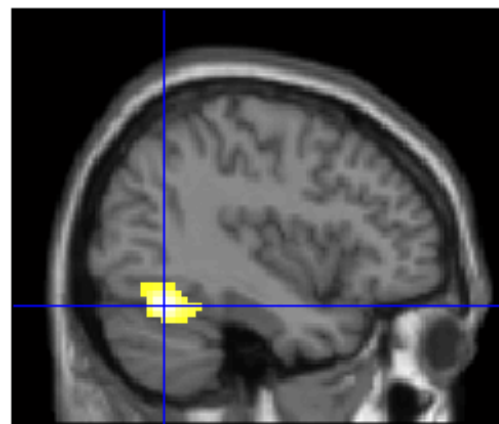
Dehaene, Nakamura et al., *NeuroImage*, 2009; Pegado et al, *Neuroimage*, 2011



Amorçage pour les mots
MAIS PAS leurs images en miroir



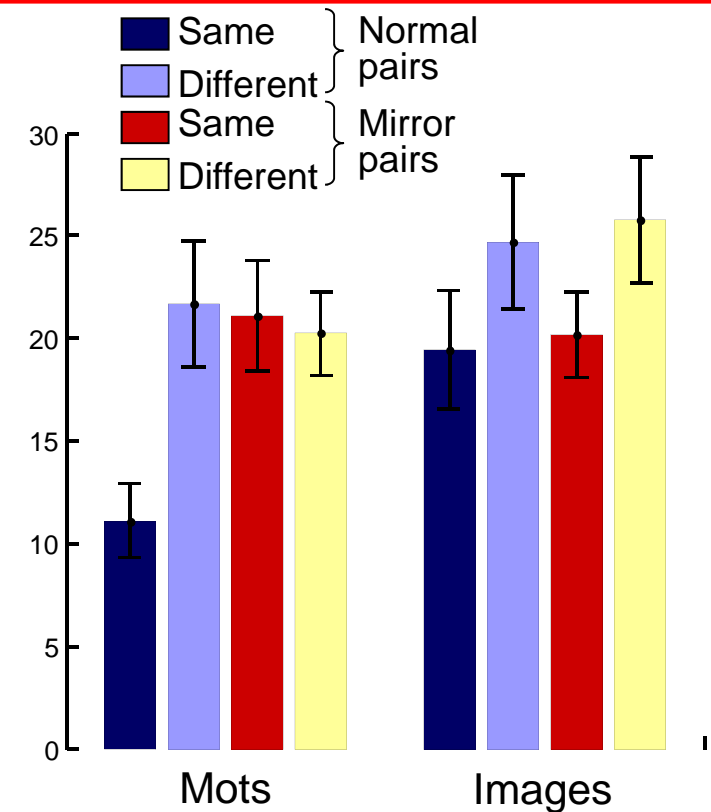
Amorçage pour les images
répétées ET en miroir



Nous apprenons à lire précisément avec l'aire cérébrale qui reconnaît le mieux les images en miroir!!

→ il n'est guère étonnant que nous éprouvions tant de difficultés avec les lettres p, q, b or d

→ Pas de rapport avec la dyslexie



L'invariance en miroir est (relativement) meilleure chez les illettrés

Pegado, F., Nakamura, K., Braga, L. W., Ventura, P., Nunes Filho, G., Pallier, C., ... Dehaene, S. (2014). Literacy breaks mirror invariance for visual stimuli: a behavioral study with adult illiterates. *Journal of Experimental Psychology. General*, 143(2), 887–894.

Ces images sont-elles identiques?

Images

Faux caractères

Chaînes de lettres



Coût pour répondre « pareil » (par rapport aux images physiquement identiques)

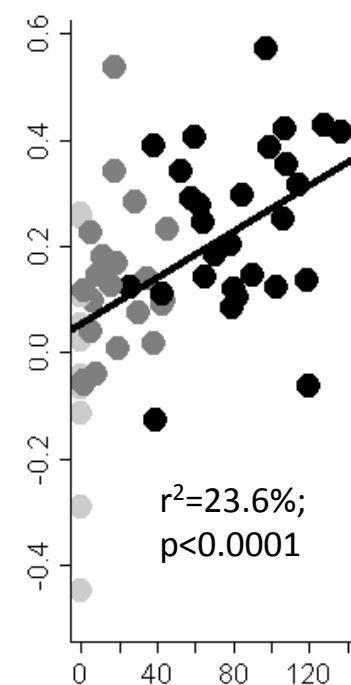
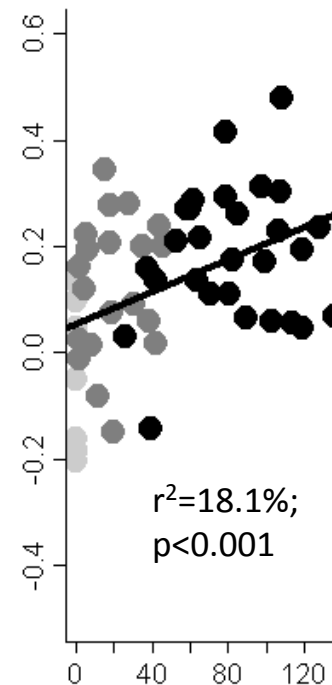
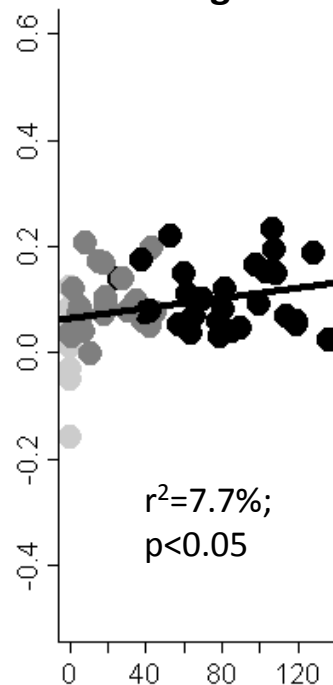
Le temps supplémentaire pour décider que deux images en miroir sont identiques *augmente* avec le score de lecture: les illettrés sont (relativement) meilleurs!

Revers de la médaille, les illettrés éprouvent de grandes difficultés à distinguer les images en miroir (p et q; L et J).

images

Faux caractères

Chaînes de lettres



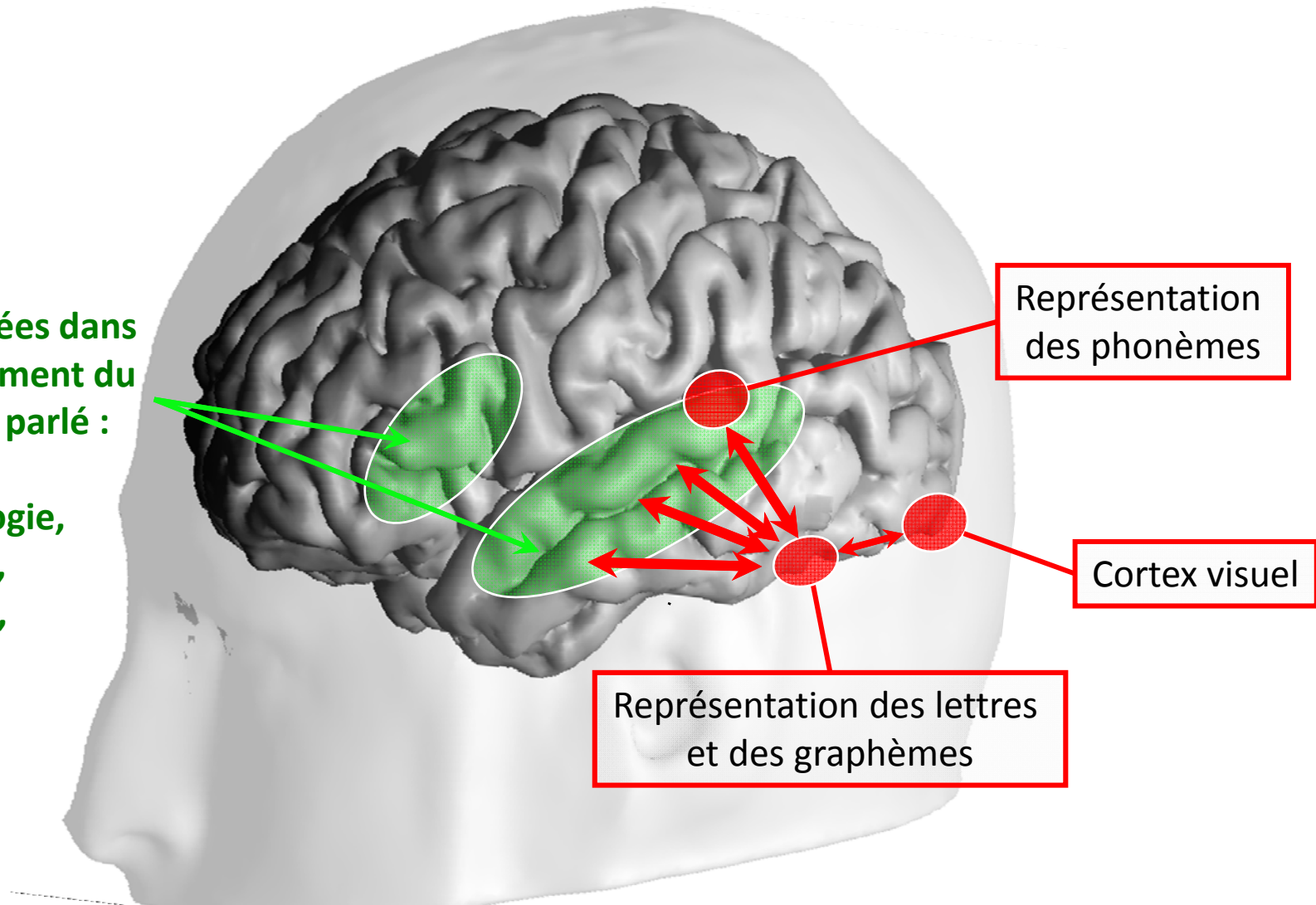
Nombre de mots et de pseudomots lus par minute

L'architecture cérébrale de lecture

Apprendre à lire consiste à accéder, par la vision, aux aires du langage parlé.

Régions
impliquées dans
le traitement du
langage parlé :

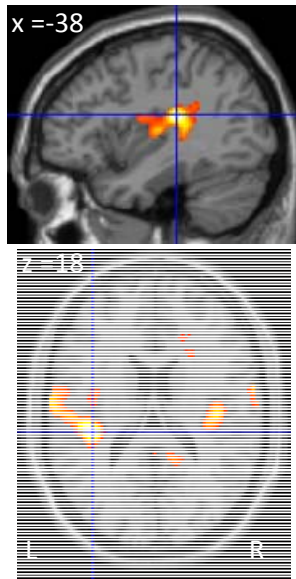
Phonologie,
Lexique,
Syntaxe,
Sens



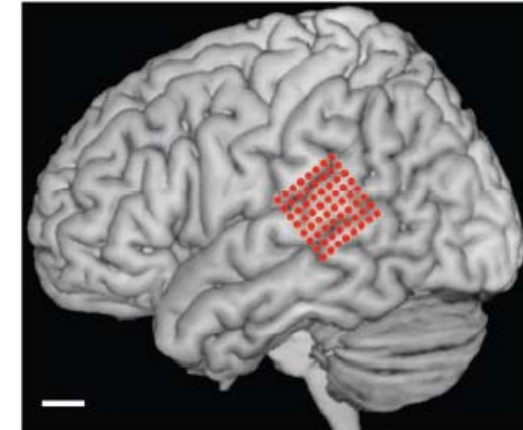
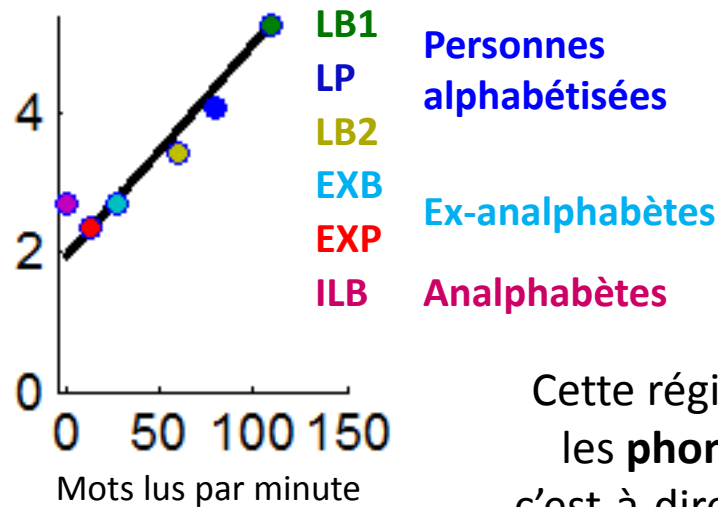
L'apprentissage de la lecture modifie également les aires auditives

Dehaene, Pegado, Braga, Ventura, Nunes Filho, Jobert, Dehaene-Lambertz, Kolinsky, Morais and Cohen
 How learning to read changes the cortical networks for vision and language. *Science*, 2010

L'apprentissage de la lecture augmente l'activation du *Planum Temporale* en réponse au langage *parlé*.

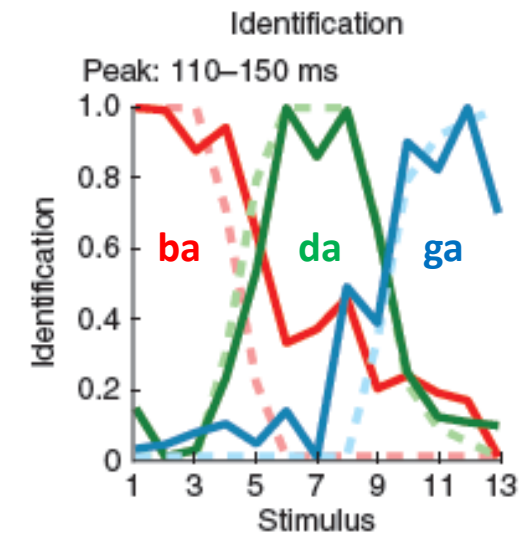
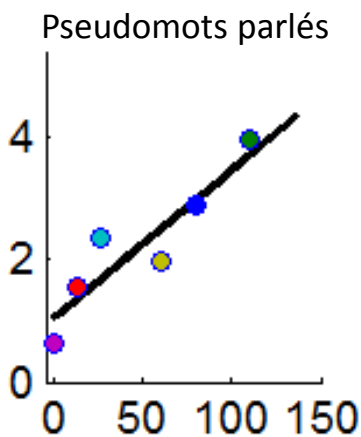
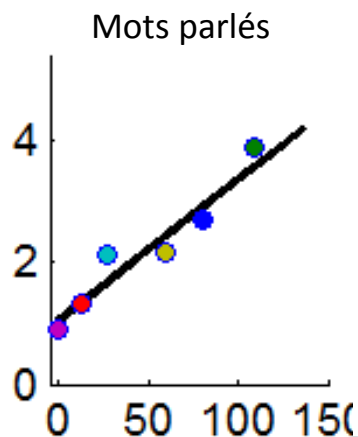


Activation aux phrases parlées



Cette région code les **phonèmes**, c'est-à-dire les sons élémentaires du langage parlé.

L'alphabétisation permet de prendre conscience des phonèmes.

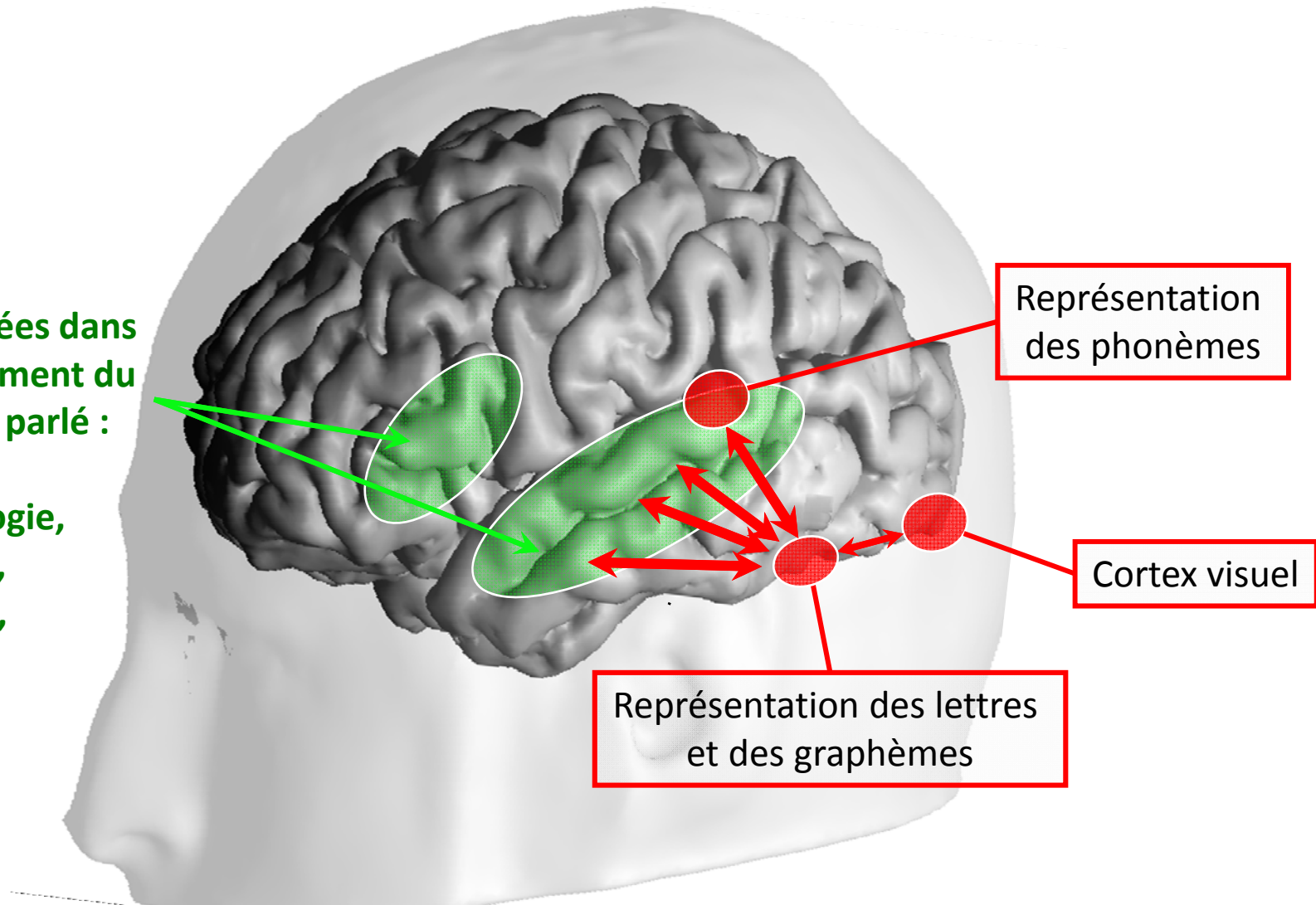


L'architecture cérébrale de lecture

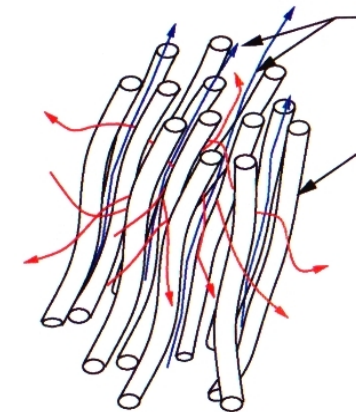
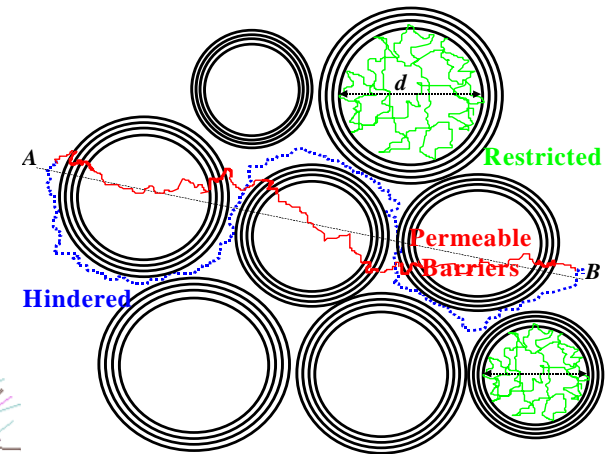
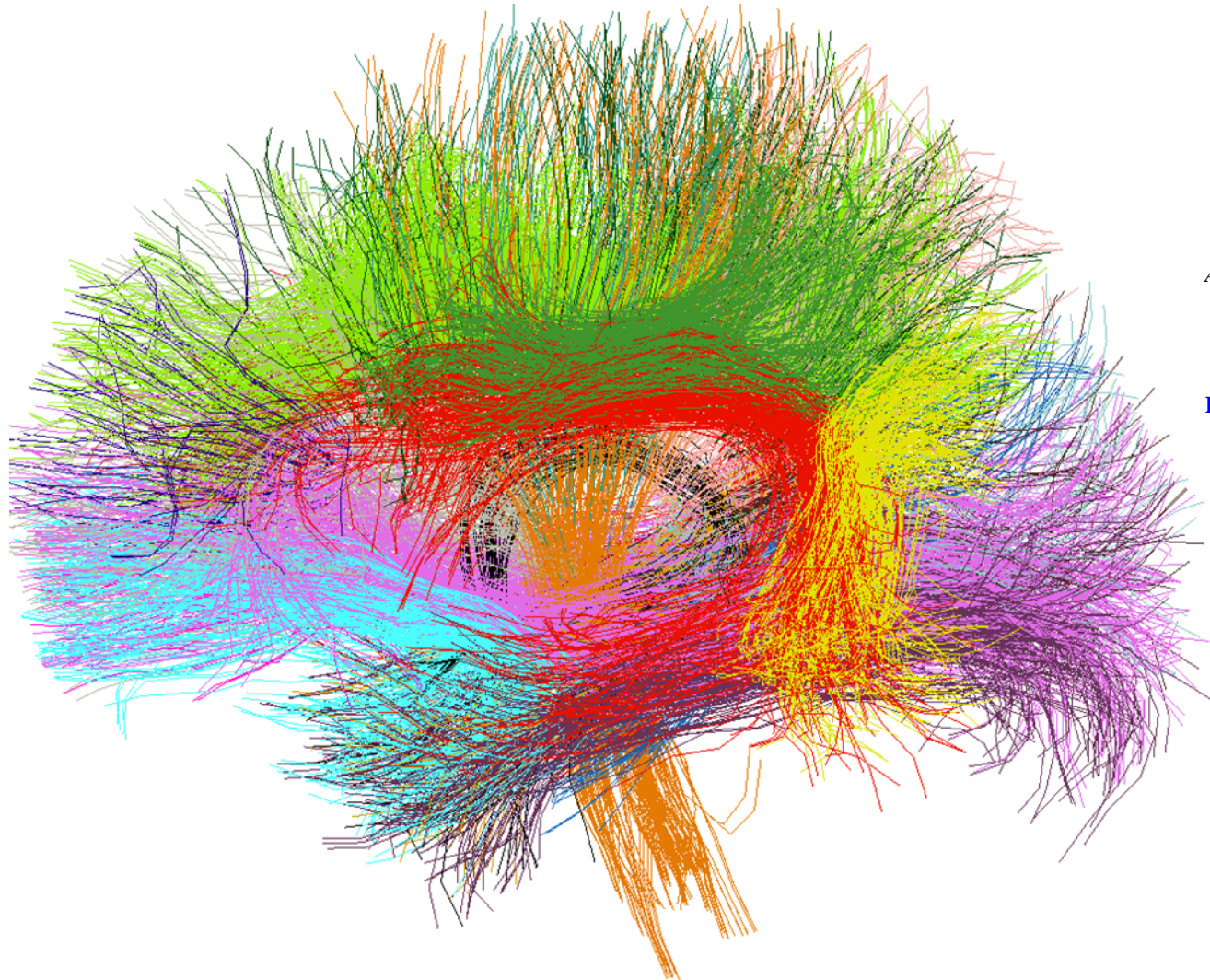
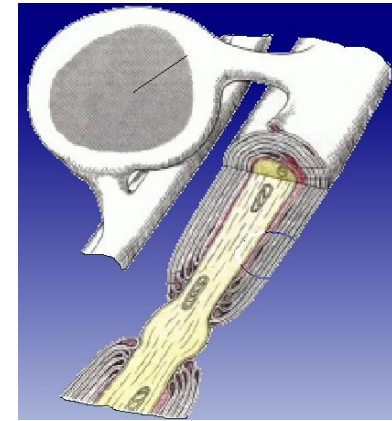
Apprendre à lire consiste à accéder, par la vision, aux aires du langage parlé.

Régions
impliquées dans
le traitement du
langage parlé :

Phonologie,
Lexique,
Syntaxe,
Sens



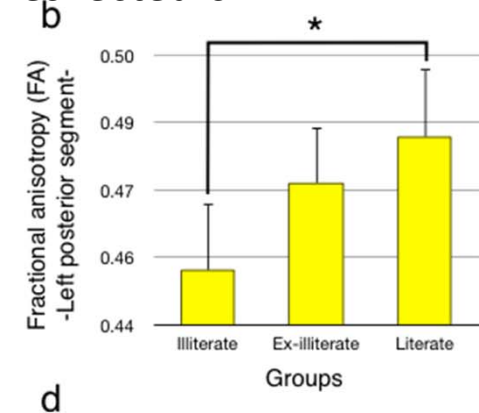
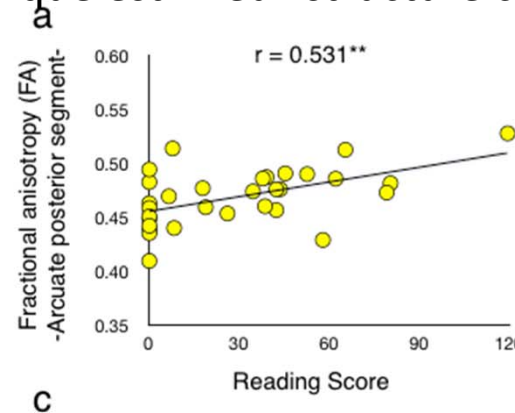
L'anatomie du cerveau change-t-elle lorsque nous apprenons à lire?



La lecture modifie les connexions cérébrales

Thiebaut de Schotten, M., Cohen, L., Amemiya, E., Braga, L. W., & Dehaene, S. (2014). Learning to read improves the structure of the arcuate fasciculus. *Cerebral Cortex*, 24(4), 989–995.

Le segment postérieur du faisceau arqué est mieux structuré chez les lecteurs

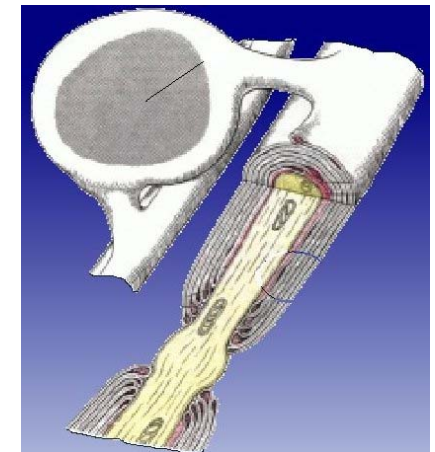


Anatomical connections

- Arcuate long segment
- Arcuate posterior segment
- Arcuate anterior segment
- Inferior fronto-occipital fasciculus
- Inferior longitudinal fasciculus

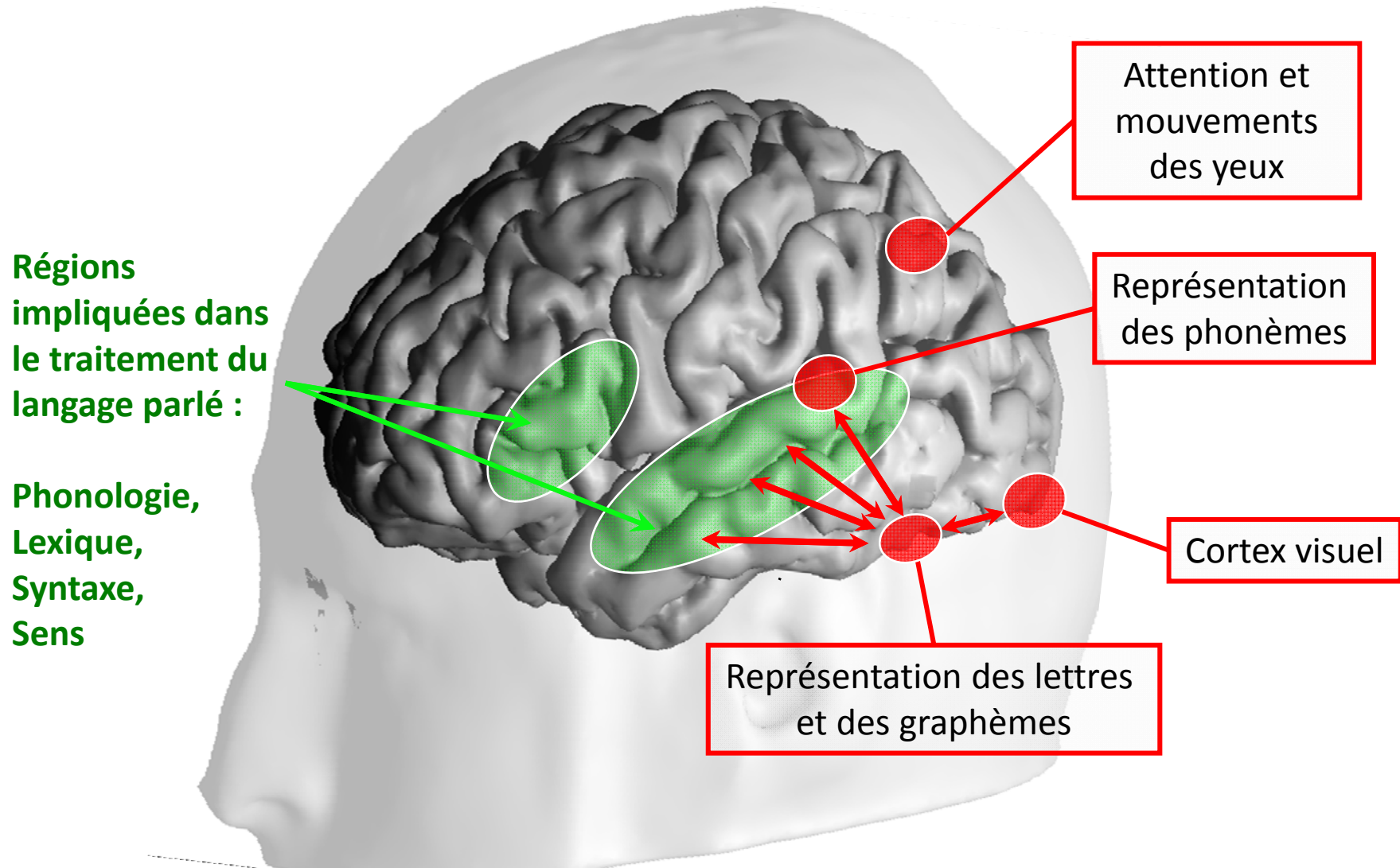
- Cet effet existe chez les ex-illettrés: l'apprentissage modifie le cerveau adulte.

- La diffusion transverse est modifiée, mais pas la longitudinale, ce qui suggère un changement de **myélinisation**.



L'architecture cérébrale de lecture

Apprendre à lire consiste à accéder, par la vision, aux aires du langage parlé.



Lecture sérielle et lecture parallèle

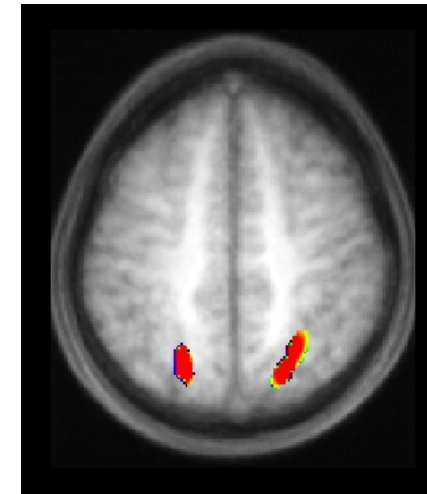
Cohen, L., Dehaene, S., Vinckier, F., Jobert, A., & Montavont, A. (2008). Reading normal and degraded words: contribution of the dorsal and ventral visual pathways. *Neuroimage*, 40(1), 353–66.

Chez le lecteur expert, toutes les lettres des mots sont traitées **en parallèle**: le temps de lecture ne dépend pas du nombre de lettres (entre 3 et 8 lettres).

→ illusion de lecture « globale » due à l'extrême efficacité de l'aire de la forme visuelle des mots.

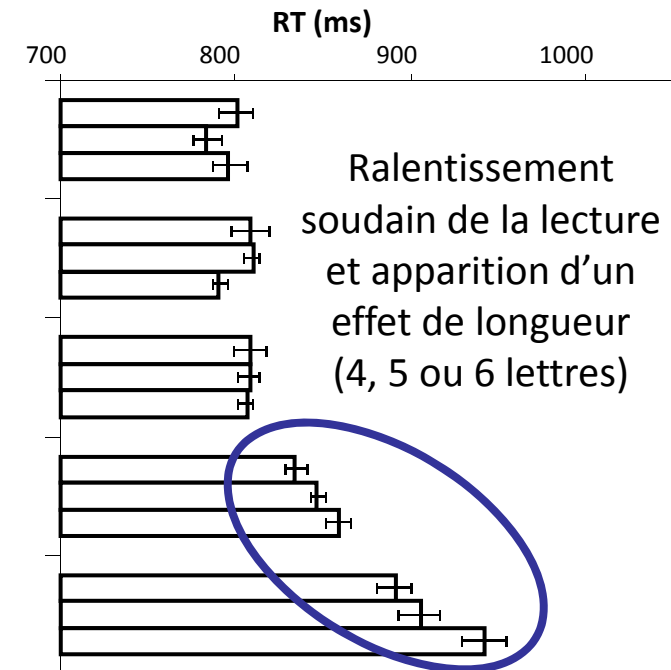
Lorsqu'on empêche cette lecture parallèle, on voit apparaître un autre circuit essentiel de la lecture.

Activations pariétales :
mouvements de l'attention
et des yeux



Trois manières de dégrader les mots

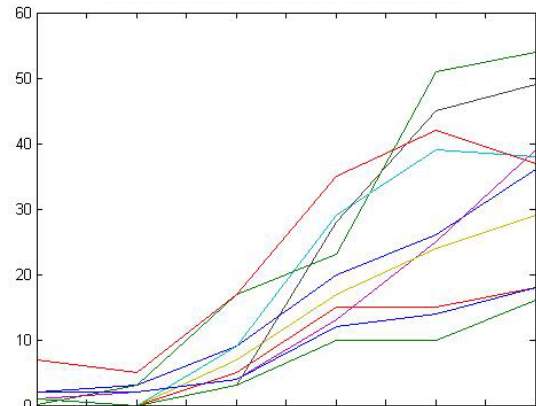
	Rotation	Espacement	Position gauche
1	fête	fête	fête
2	fête fête	f ê t e	fête
3	fête fête	f ê t e	fête
Seuil critique au-delà duquel la lecture cesse d'être parallèle			
4	fête fête	f ê t e	fête
5	fête fête	f ê t e	fête



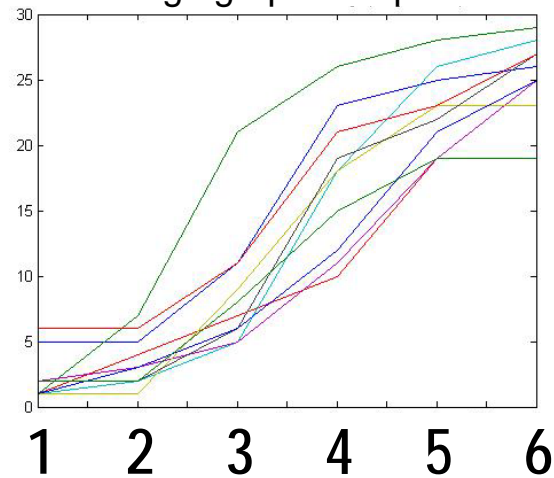
Les aires pariétales jouent un rôle transitoire dans l'apprentissage: Une étude longitudinale de la lecture chez 10 enfants

Fin de maternelle **T1** → Entrée CP **T2** → **T3** → **T4** → **T5** → **T6** Fin du CP
 Scans : Juin-Juillet Septembre Novembre Janvier-Février Mars-Avril Mai-Juillet

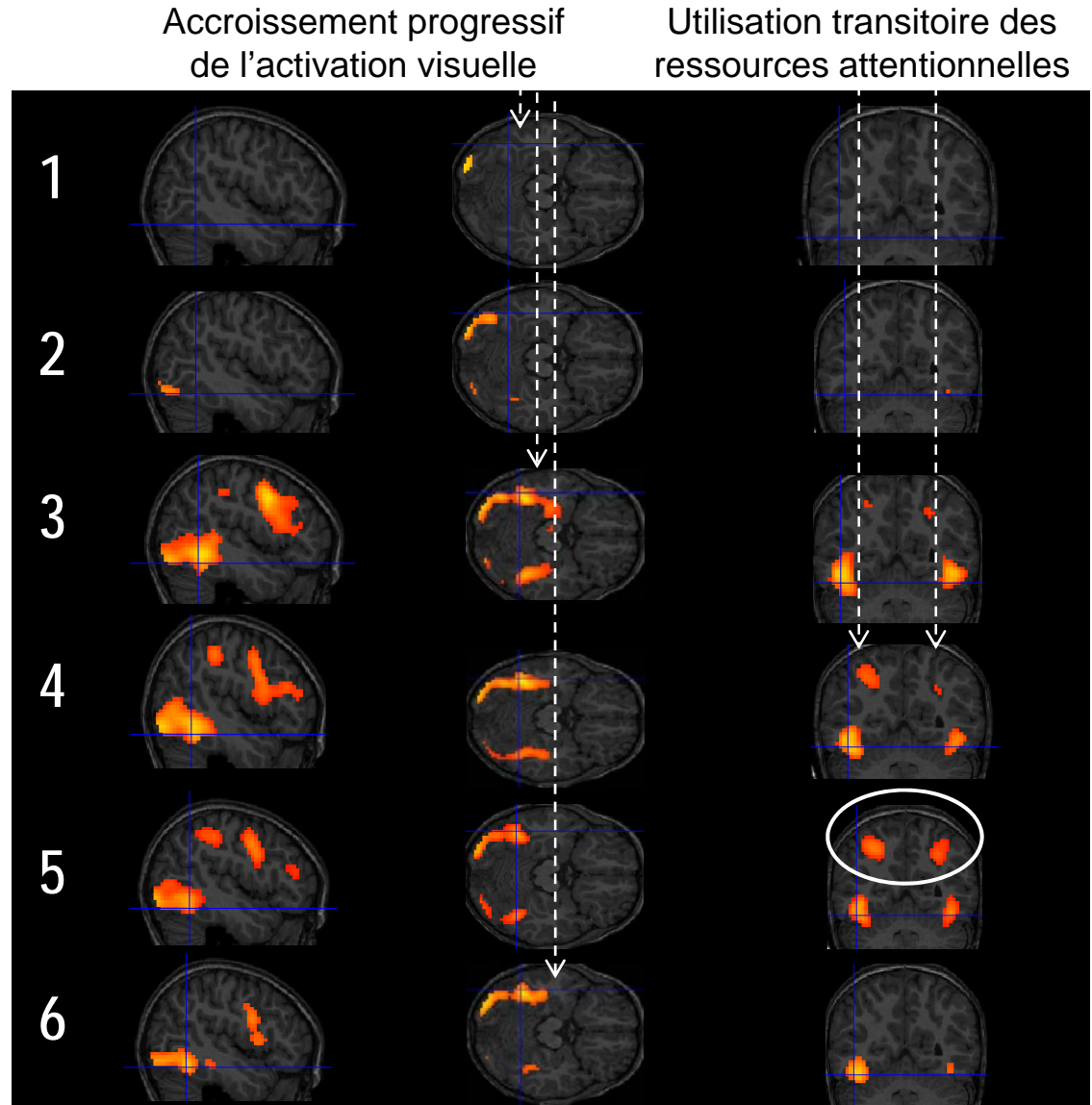
Nombre de mots lus en une minute



Décodage graphème-phonème



(Dehaene-Lambertz, Monzalvo, Dehaene, Recherches en cours)



L'importance de l'automatisation

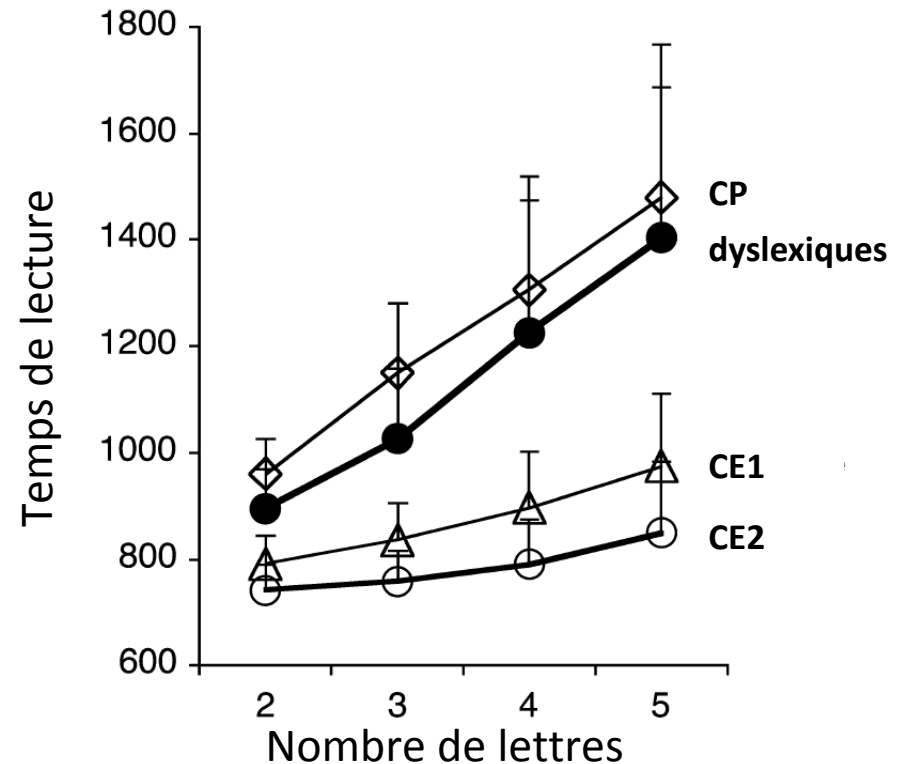
Au début, l'enfant applique les correspondances graphème-phonème sous une forme explicite, une par une, lorsqu'il lit un mot → lecture sérielle.

Par la suite, le décodage s'automatise, il s'appuie sur des connaissances implicites, rapides et non-conscientes.
→ lecture parallèle.

Cette automatisation est essentielle:

C'est seulement lorsque la lecture devient fluide et automatique que l'enfant peut cesser de se concentrer sur le décodage et mieux réfléchir au sens du texte.

**L'un des meilleurs tests de lecture:
Le temps de lecture en fonction de la
longueur des mots:**



D'après Zoccolotti et al., 2005

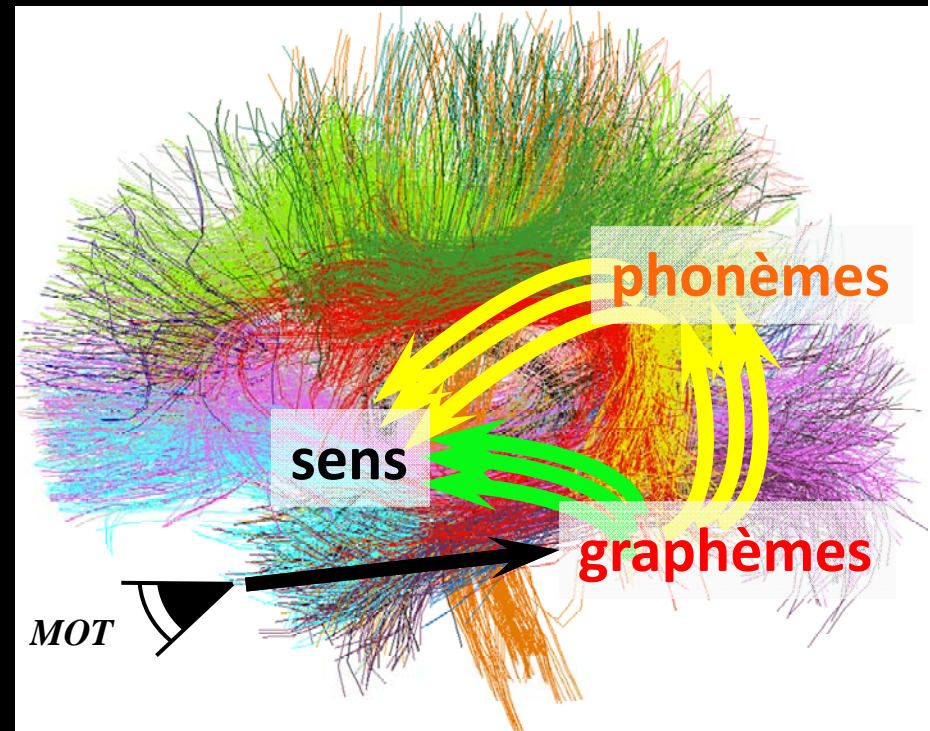
Revenons en enfance...

Il n'y a peu de jours de notre enfance que nous n'ayons préférés à ceux que nous avons passés avec un livre préféré.

Marcel Proust, *Sur la lecture*

Résumé : Comment se produit l'apprentissage de la lecture ?

- L'apprentissage de la lecture spécialise une région du cortex visuel pour la **reconnaissance des chaînes de lettres (graphèmes)** et la connecte aux régions spécialisées dans le traitement des **sons du langage (phonèmes)**.
- Les règles de correspondance graphème-phonème ne vont pas de soi pour l'enfant: il faut les lui enseigner explicitement.
- **Au départ**, l'enfant « déchiffre » (**voie en jaune**): avec effort, il analyse le mot, en convertit, une par une, les lettres en sons, puis il « écoute » et comprend le mot.
- **Au fil des années**, la lecture s'automatise et emprunte une voie non-consciente (**en vert**): toutes les lettres sont reconnues simultanément, ce qui permet d'accéder rapidement au sens.
- L'enseignant doit se focaliser sur la voie jaune. La voie verte se développe spontanément avec la pratique.
- Trois variables clés prédisent la réussite: la **connaissance des phonèmes**, la **taille du vocabulaire oral**, et la **présence de livres dans l'environnement** de l'enfant.

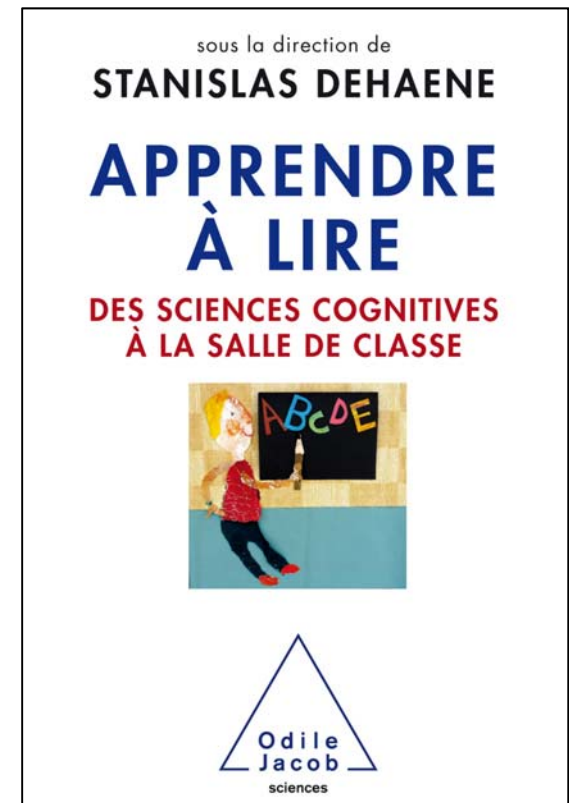


Conclusion:

Les grands principes de l'enseignement de la lecture

Sur la base des **neurosciences cognitives de la lecture**, et des **règles qui gouvernent l'apprentissage**, nous avons essayé de dégager **7 grands principes pédagogiques** pour l'apprentissage de la lecture:

1. Enseignement explicite du code alphabétique
2. Progression rationnelle
3. Apprentissage actif associant lecture et écriture
4. Transfert de l'explicite vers l'implicite
5. Choix rationnel des exemples et des exercices
6. Engagement actif, attention, et plaisir
7. Adaptation au niveau de l'enfant



Enseignement explicite du code alphabétique

Adultes, nous avons oublié la complexité de l'invention du code alphabétique.

- **Correspondance graphème – phonème**

L'existence même des phonèmes ne va pas de soi pour l'enfant

- **Combinatoire des lettres ou des graphèmes**

la, le, li, lo... ba da ga ma ta sa...

- **Mobilité des lettres ou des graphèmes**

Lettres aimantées ou découpées

- **Correspondance spatio-temporelle**

On lit de gauche à droite. li versus il

- **Discrimination en miroir**

Briser la symétrie entre b et d, p et q

Apprentissage actif associant lecture et écriture

Nakamura, K., Kuo, W. J., Pegado, F., Cohen, L., Tzeng, O. J., & Dehaene, S. (2012). Universal brain systems for recognizing word shapes and handwriting gestures during reading. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 109(50), 20762–7.

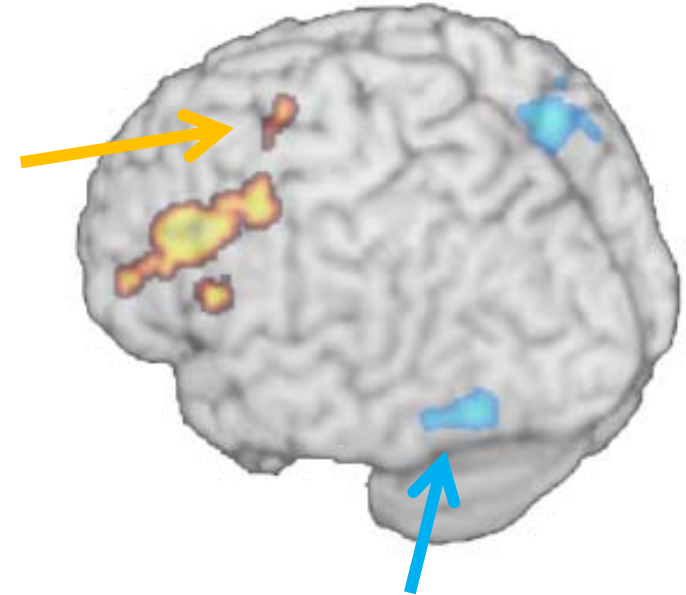
Notre cerveau comprend deux circuits de lecture bien distincts pour la reconnaissance:

- de la **forme** des lettres et leurs combinaisons
- des gestes de l'écriture, ce qui facilite particulièrement la lecture de l'écriture manuscrite.

Apprendre à écrire facilite la lecture: **la lecture s'améliore lorsque l'enfant pratique l'exploration active des lettres par le toucher et apprend leur tracé.**

En ajoutant un code moteur au répertoire mental des lettres, ces activités facilitent la mémoire des correspondances graphème-phonème.

Elles réduisent également les ressemblances entre des lettres en miroir comme b et d.



Progression rationnelle

Les graphèmes doivent être introduits un par un, selon une progression rationnelle qui prend en compte :

- **La facilité de prononciation des consonnes isolées**

Liquides (l, r), nasales (m, n) ou fricatives (f, v, j, ch, z, s) sont plus faciles à combiner avec les voyelles car « on peut les entendre »

- **La régularité des correspondances graphème-phonème**

v se prononce toujours /v/, tandis que g se prononce /g/ ou /j/

- **La fréquence des graphèmes et des phonèmes**
- **La complexité de la structure syllabique**

Consonne-Voyelle (CV) et VC, avant CVC, CCV, etc

- **L'inséparabilité des graphèmes complexes** comme eau
- **Les lettres muettes**
- **Les petits « mots outils »** comme « est », « ses », « eu »
- **L'importance des morphèmes** comme -tion, -aient, etc.

Choix rationnel des exemples et des exercices

Il faut faciliter la compréhension des règles de lecture en choisissant très soigneusement les mots présentés:

- **Concordance avec l'enseignement:**

Ne jamais proposer des mots qui font appel à des correspondances graphème-phonème qui n'auraient pas encore été apprises.

Eviter les mots irréguliers, au moins au départ.

- **Corriger rapidement les fautes d'orthographe**

L'apprentissage implicite pourrait inscrire dans le cerveau de l'enfant des mots mal orthographiés (genou / jenou, bateau / bato)

- **Distinguer le son et le nom des lettres:**

pi se lit /pi/ et non /péi/

- **Variation des exemples et des exercices**

Entraîner également la morphologie des mots et la compréhension des phrases

- De nombreuses particularité de l'orthographe du français s'expliquent par la **morphologie** : racines des mots, préfixes, suffixes.
 - L'orthographe complique l'écriture, mais facilite la compréhension en lecture
 - Exemples: femme (/fam/), féminin; grand, grande; mangé, manger, mangeai, mangeais...
 - Ces particularités peuvent et doivent être enseignées aux enfants
- **Un entraînement spécifique à la compréhension profonde des textes est bénéfique** (anaphores, temps des verbes, négations...)
 - Exemple: travaux de Maryse Bianco (voir la vidéo de l'exposé du 13 novembre 2014)

Bianco, M., Pellenq, C., Lambert, E., Bressoux, P., Lima, L., & Doyen, A.-L. (2012). Impact of early code-skill and oral-comprehension training on reading achievement in first grade. *Journal of Research in Reading*, 35(4), 427–455.

Travail systématique de recherche du sens. Exemple:

« Sarah et Abel sont allés au parc avec leur ami Noé. Ils ont mangé des bonbons et de la glace. Abel a fait du toboggan. Le garçon a eu un peu peur car il a glissé très vite. Les deux autres ont fait de la balançoire...

	ENS. CODE	ENS SENS
Conscience phonologique	↗	=
Lecture (décodage)	↗	=
Compréhension orale	=	↗
Compréhension en lecture	=	↗

682 enfants sont entraînés au décodage ou à la compréhension. Les deux types d'entraînement ont des effets très complémentaires sur l'identification des mots et sur la compréhension des textes.

→ Le **décodage** est essentiel, et doit être automatisé, mais **la structure des mots et des textes** doit également faire l'objet d'un travail approfondi.