

A classical painting of a cherub with curly hair, holding a scroll with Latin text. The cherub is depicted from the chest up, looking slightly to the right. The scroll is held in both hands and contains the text: "NVNC·DIMI", "TIS·SERVE", "IVVM·IN·PA".

# Apprentissage de la lecture: L'apport des sciences cognitives

**Stanislas Dehaene**

Collège de France

et

Unité INSERM-CEA  
de Neuroimagerie Cognitive

NeuroSpin, Saclay, France

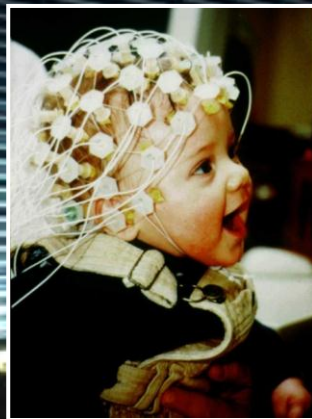
[www.unicog.org](http://www.unicog.org)

# NeuroSpin France

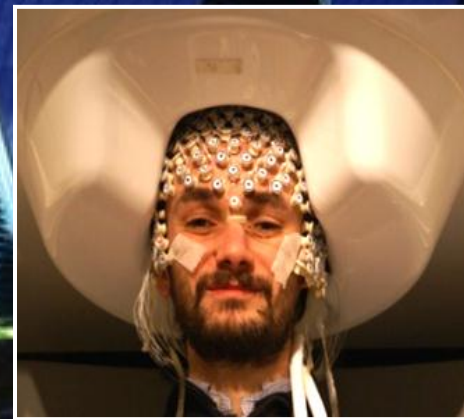
IRM fonctionnelle



Potentiels évoqués



Magnétoencéphalographie



# Une révolution technologique: The Bio-Optically Organized Knowledge center



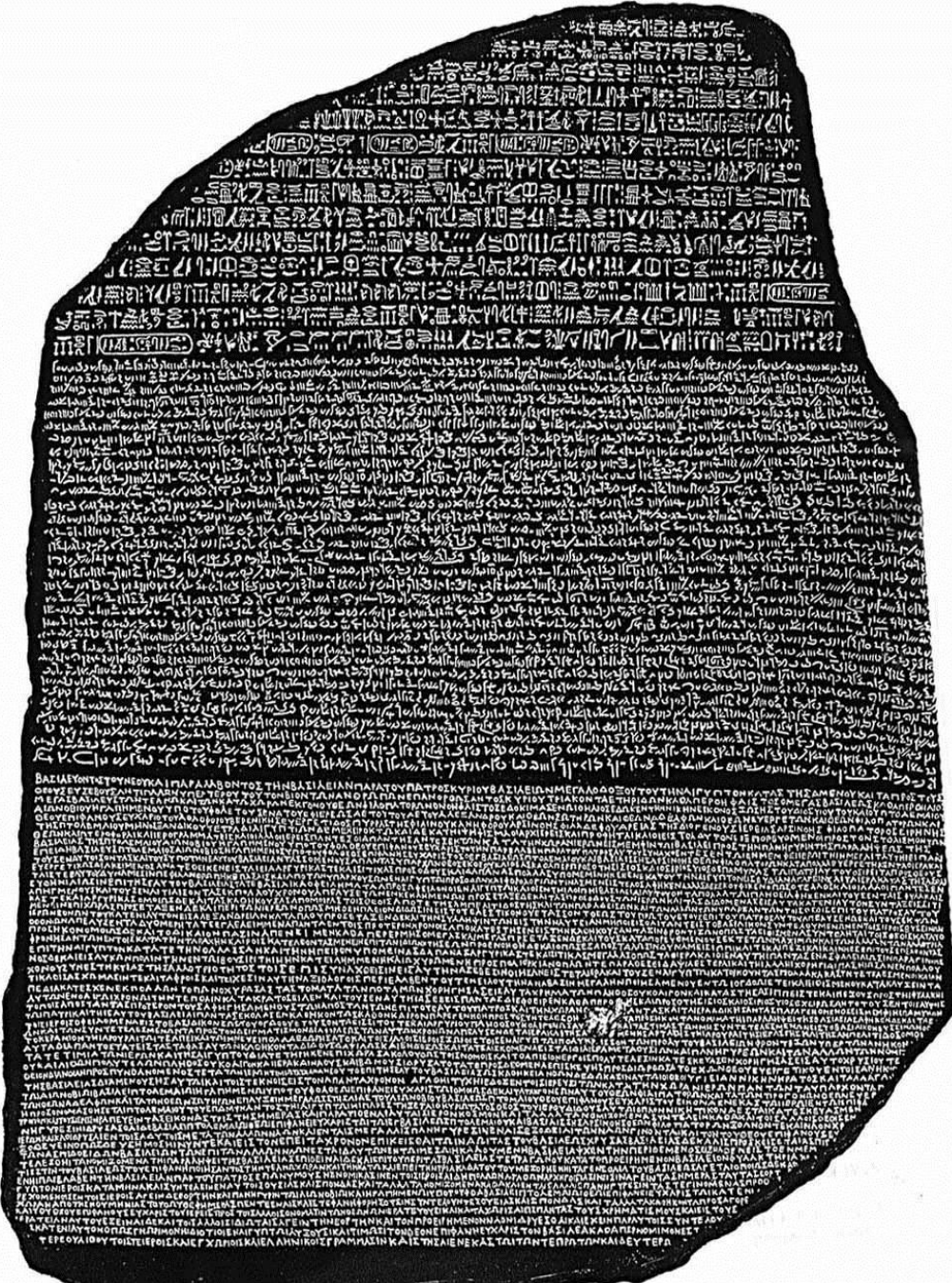
... un nouveau dispositif bio-optique  
d'enregistrement des connaissances,

# Qu'est-ce que lire?

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

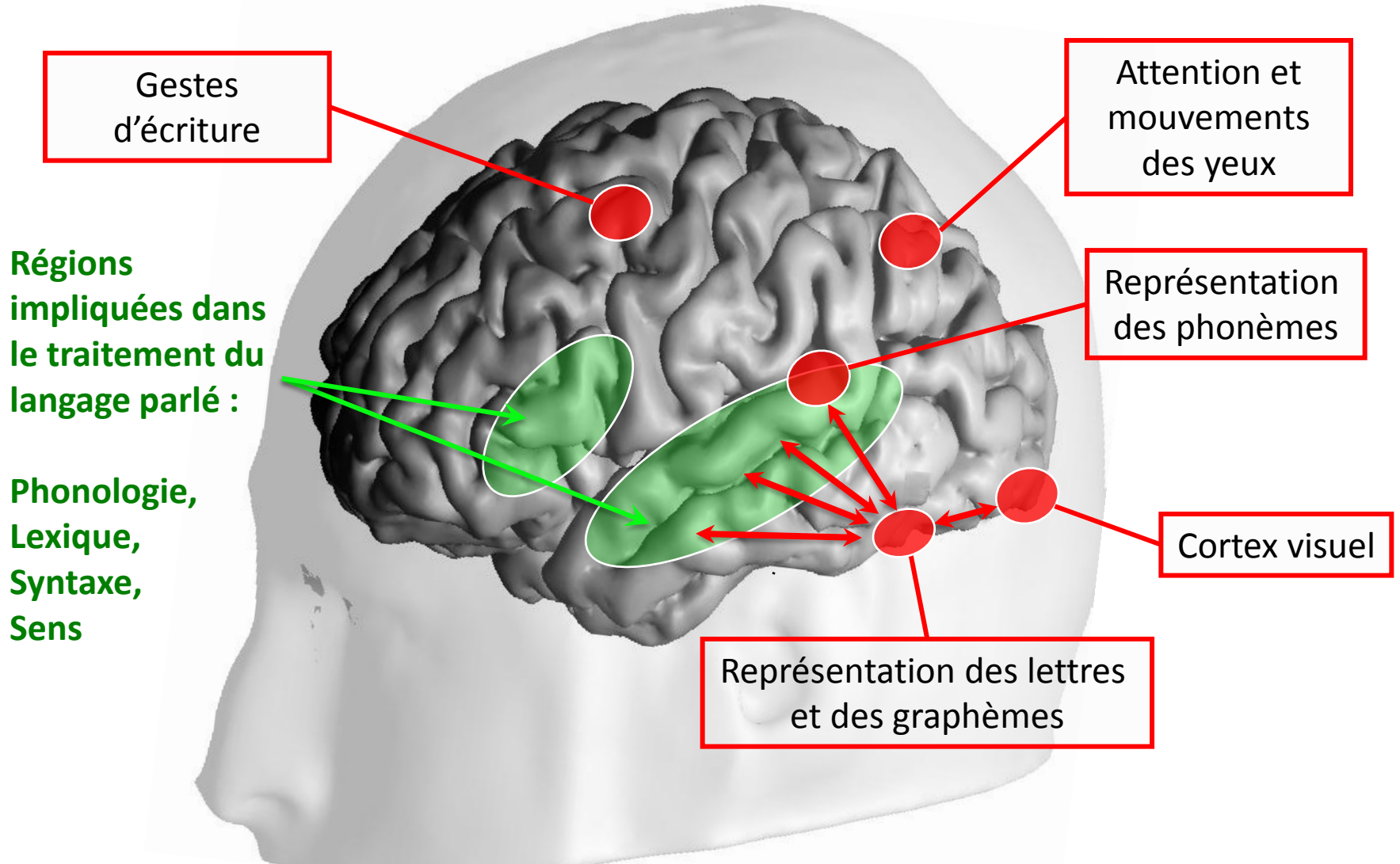
Francisco de Quevedo

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



# 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)



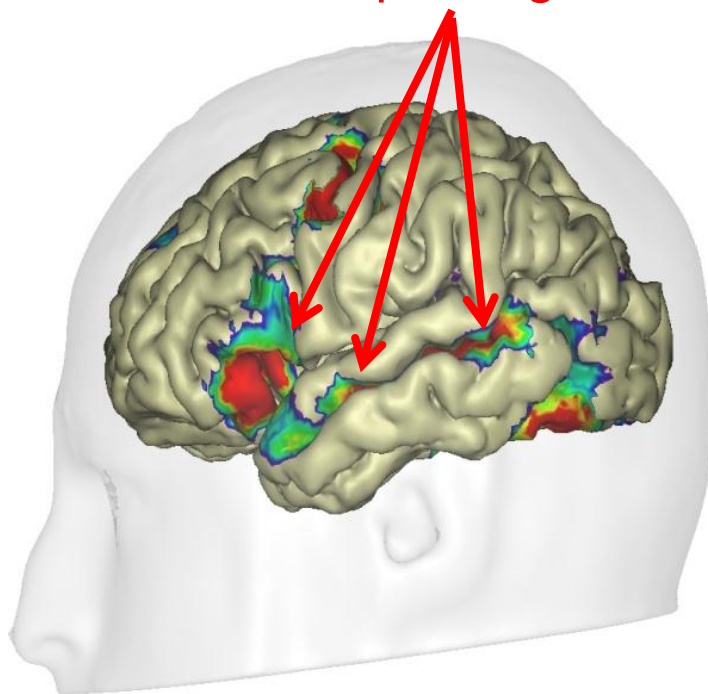


Lucia Braga  
Sarah Hospitals  
Brazil

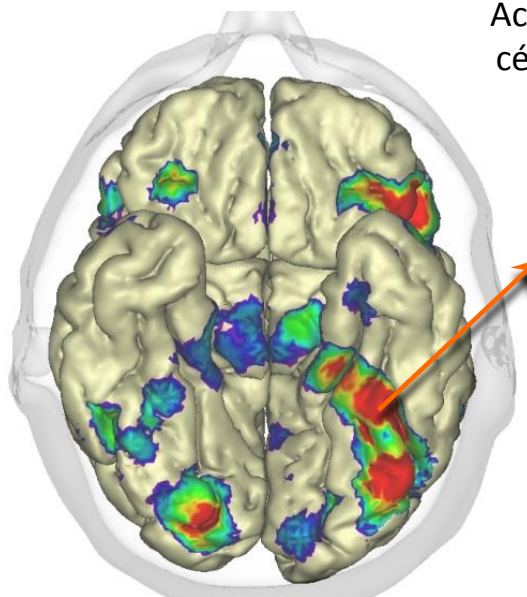


# L'apprentissage de la lecture accroît l'activité cérébrale en réponse aux phrases écrites

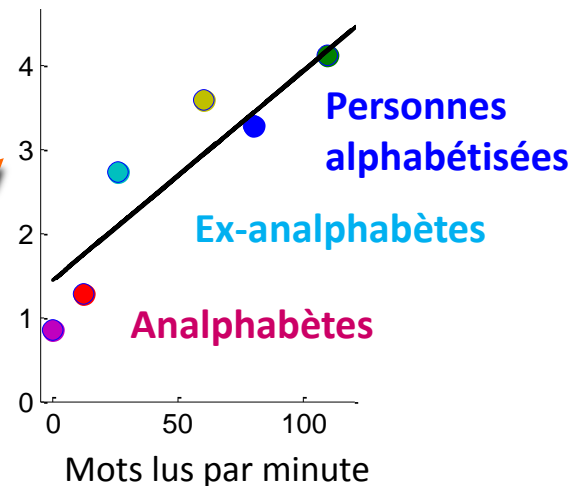
Dans les aires du langage de l'hémisphère gauche



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



Activation cérébrale



La « boîte aux lettres du cerveau » accroît sa réponse, même chez les personnes qui ont appris à lire à l'âge adulte.

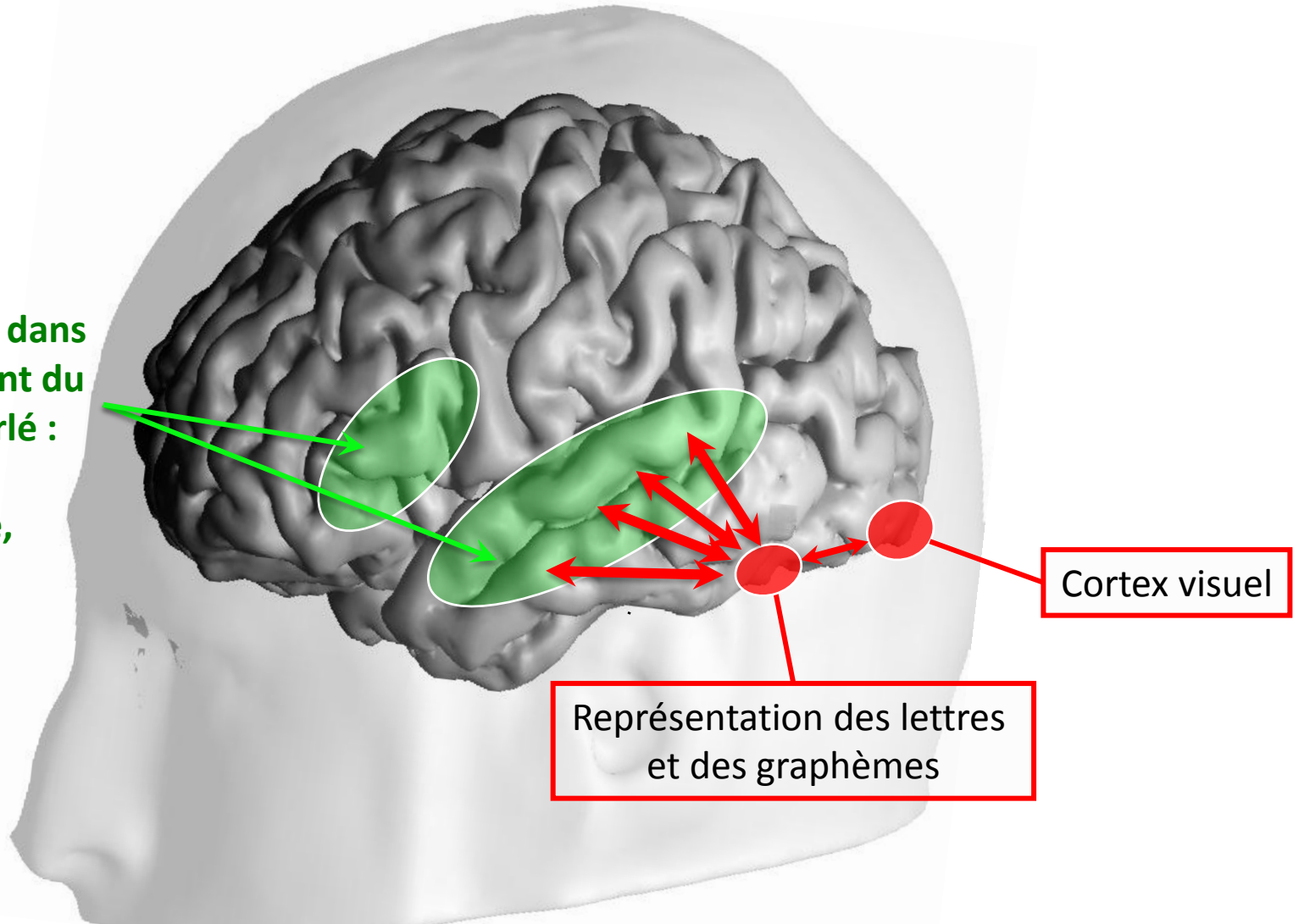


# L'architecture cérébrale de lecture

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

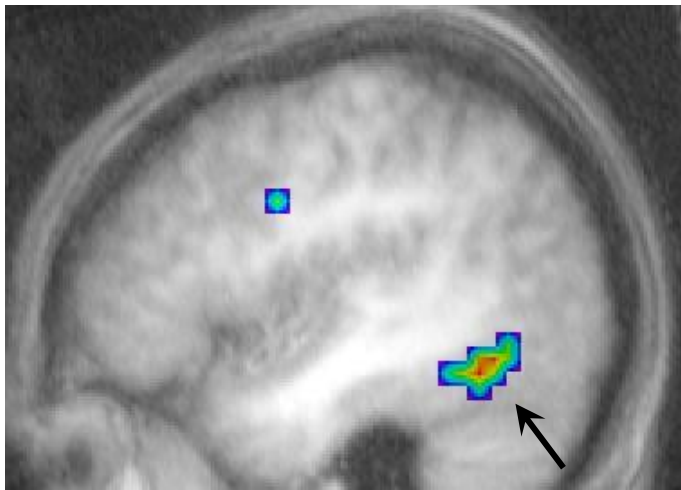


# L'aire de la forme visuelle des mots :

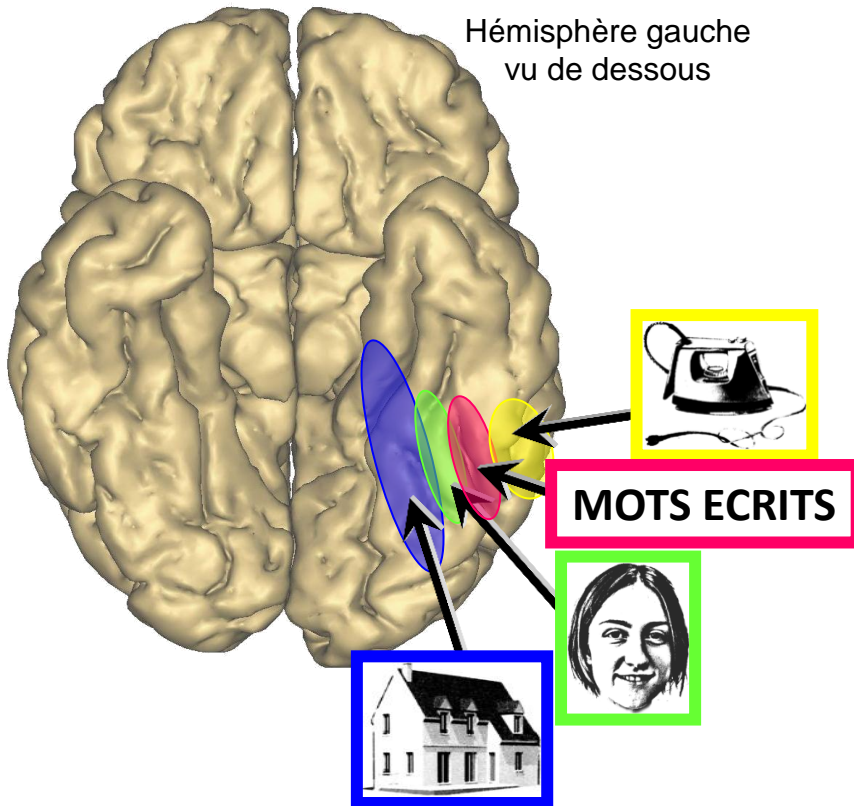
(*Visual Word Form Area, VWFA*)

## La « boîte aux lettres » du cerveau

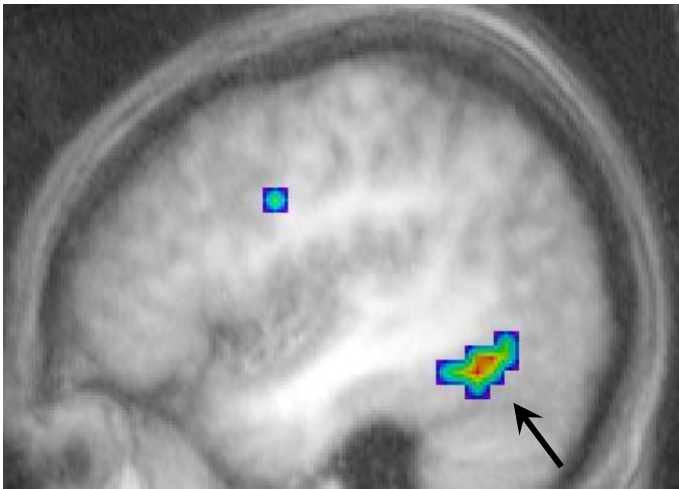
- Une région détectable en quelques minutes d'IRM chez **tous les lecteurs**
- Spécialisée pour la **reconnaissance de l'écriture** que sait lire le sujet.
- Située au même endroit, dans **toutes les cultures**
- Entourée d'une mosaïque de régions reproductibles spécialisées dans la reconnaissance des objets, des visages, des lieux...



Hémisphère gauche  
vu de dessous



# La reconnaissance visuelle des lettres et des graphèmes



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

deux quatre **re** six huit    deux quatre **si**x huit

*DEUX QUATRE **RE** 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

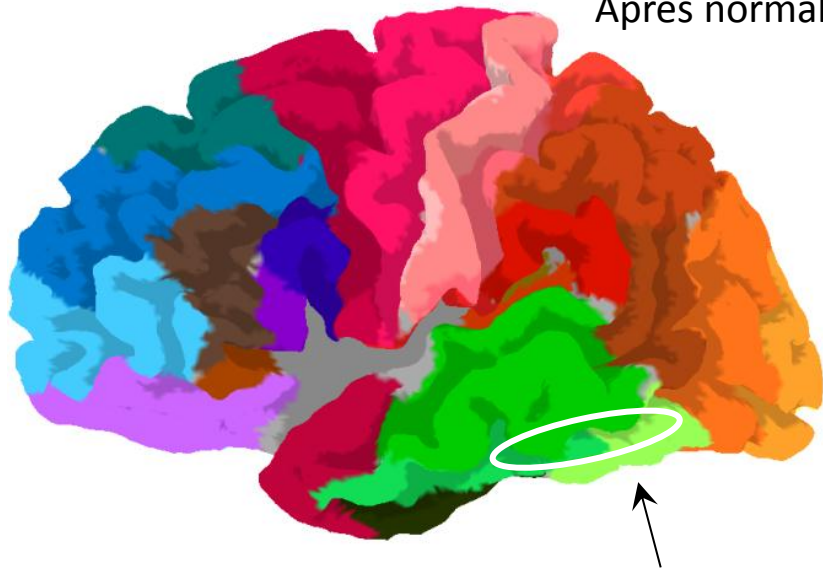
phgks

# Quel est l'origine du circuit cérébral de la lecture?

La lecture **recycle** des régions anciennes dans l'évolution, impliquées dans la reconnaissance visuelle des objets et des visages.

Cerveau humain

Après normalisation pour la taille



Reconnaissance visuelle  
des objets, des visages  
et des mots écrits

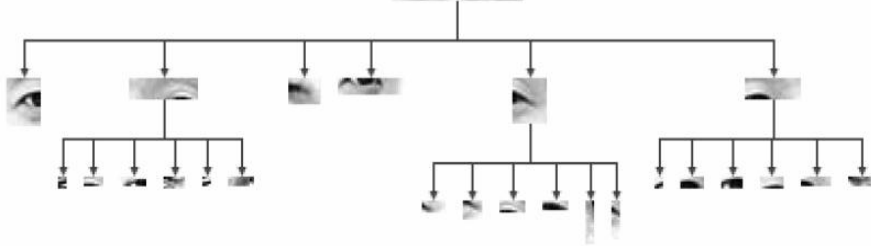
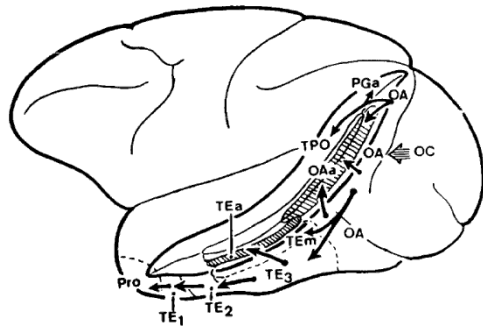
Singe macaque



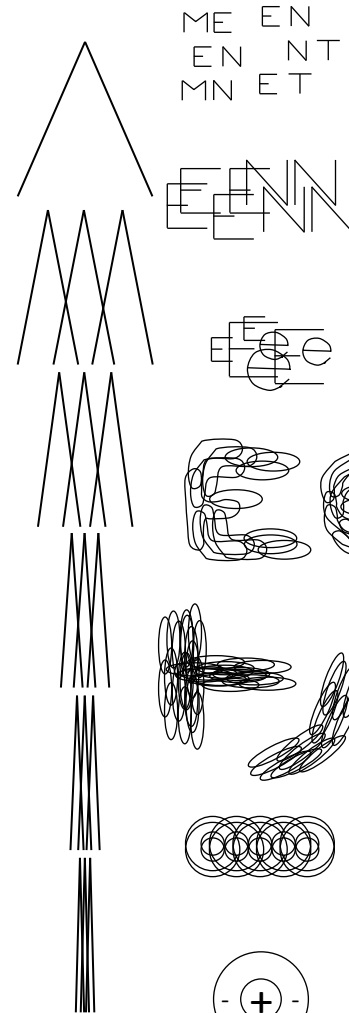
Reconnaissance visuelle  
des objets et des visages

# Une hiérarchie neuronale permet la reconnaissance visuelle

La reconnaissance visuelle des mots semble reposer sur une pyramide hiérarchique de neurones codant pour les **lettres**, les **graphèmes**, et les **morphèmes**.



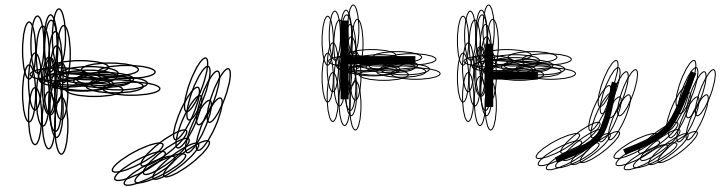
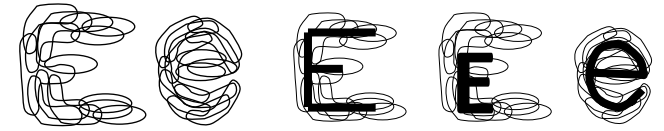
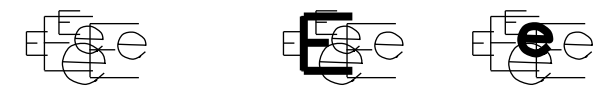
Taille et structure  
du champ récepteur



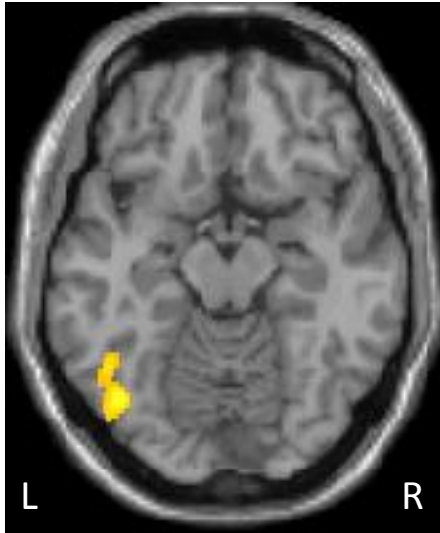
ME EN  
EN NT  
MN ET

Exemples de stimuli préférés

MENT vraiment  
COMMENT



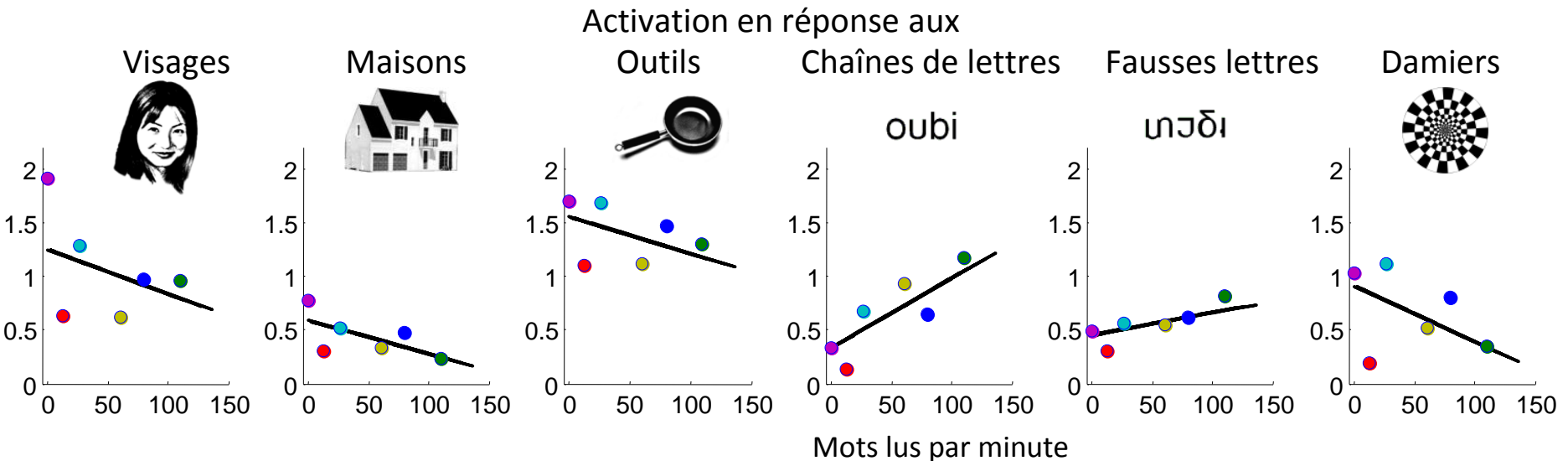
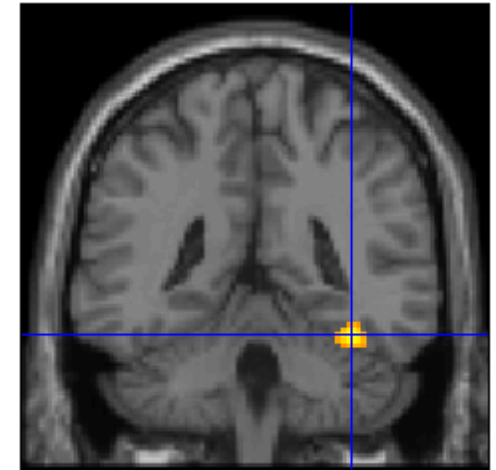
# Que fait cette région avant d'apprendre à lire?



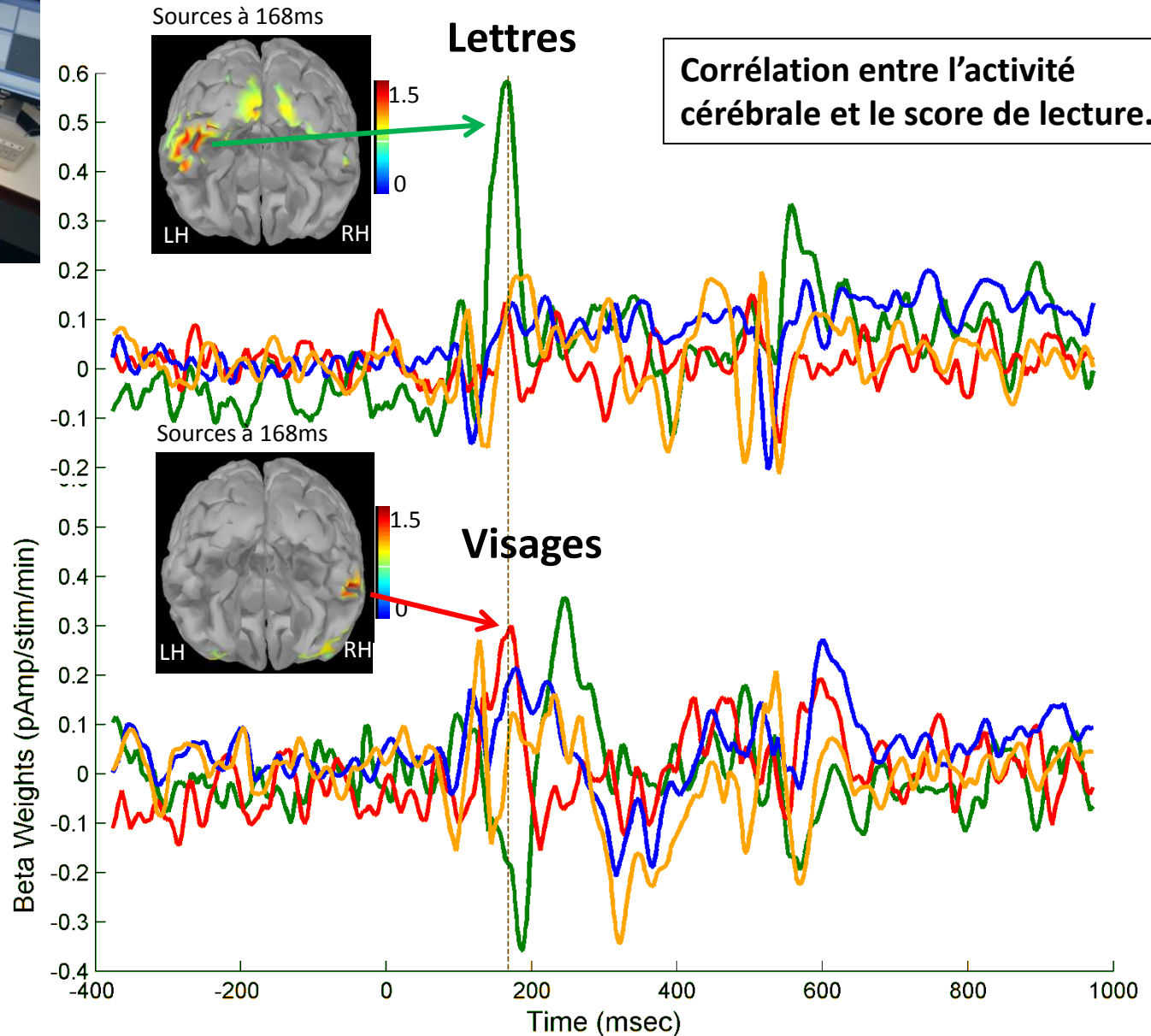
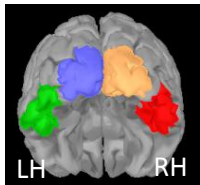
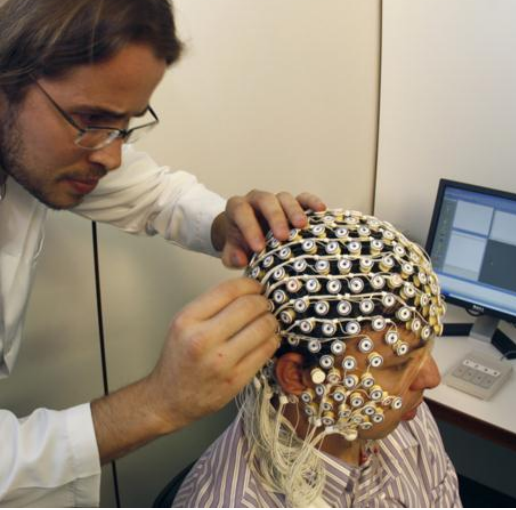
Chez les illettrés, elle répond massivement aux **visages** (et aussi aux outils et aux damiers)

**Sa réponse aux visages décroît** avec la compétence en lecture.

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



# Le cerveau du lecteur reconnaît les chaînes de lettres en moins d'un cinquième de seconde



Pegado et coll.,  
*PNAS*, 2014, sous  
presse

# L'imagerie de la lecture chez l'enfant





# Le système visuel change quand l'enfant apprend à lire

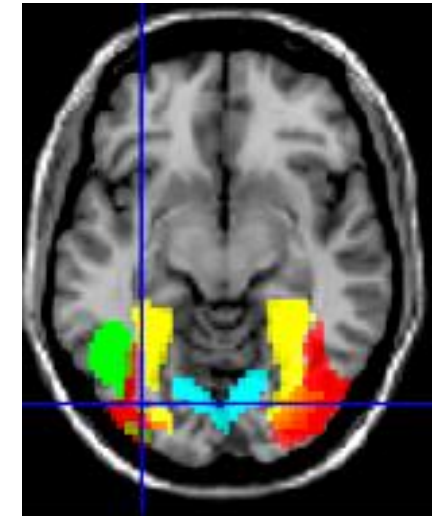
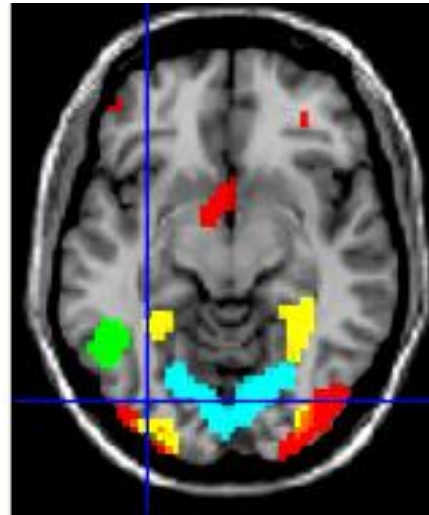
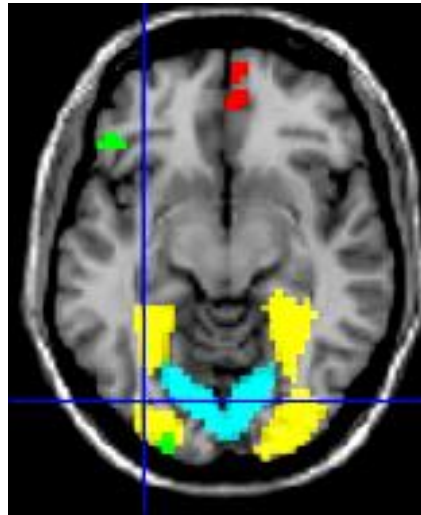
G. Dehaene-Lambertz, with Karla Monzalvo, C. Billard, S. Dehaene (NeuroImage, 2012)

- La VWFA, « boîte aux lettres du cerveau » spécialisée pour les mots écrits, 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.

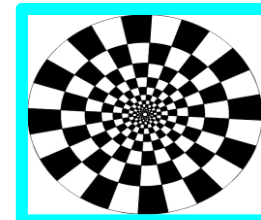
6 ans (avant le CP), non-lecteurs

6 ans (fin de CP), lecteurs

9 ans lecteurs



Mots



# Le système visuel est désorganisé chez les dyslexiques

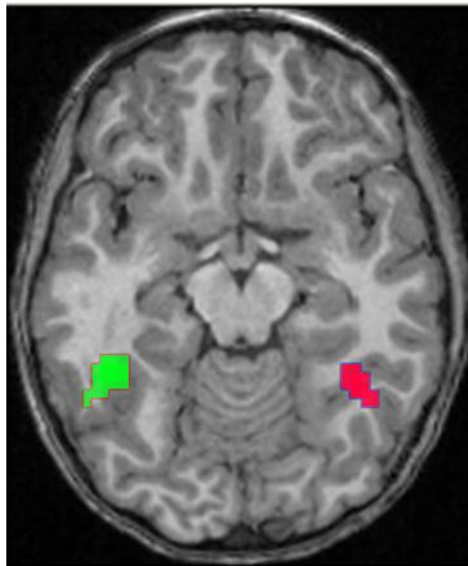
G. Dehaene-Lambertz, with Karla Monzalvo, C. Billard, S. Dehaene (NeuroImage, 2012)

- 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).

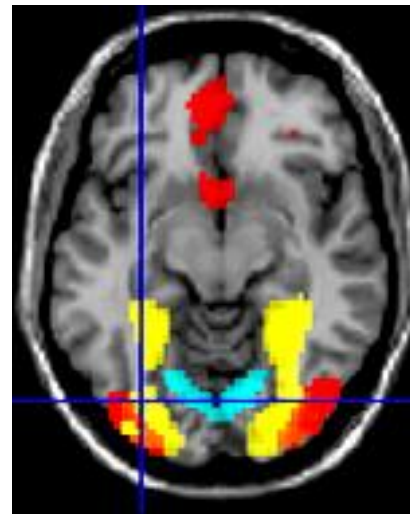
Activité supérieure chez  
l'enfant normal que chez  
l'enfant dyslexique

mots écrits

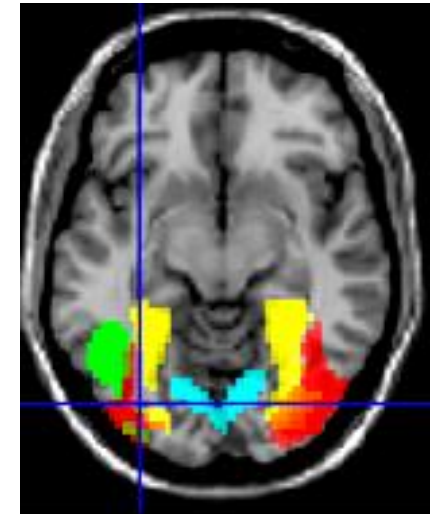
visages



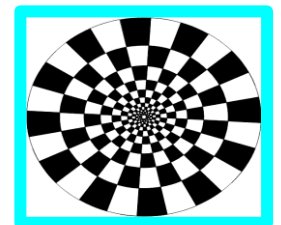
9 ans,  
dyslexiques



9 ans,  
lecteurs



Mots





# Peut-on apprendre à lire avant le CP ?

G. Dehaene-Lambertz, Karla Monzalvo, C. Alvarez, travaux en cours

- Au sein de l'éducation nationale, dans une maternelle en ZEP à Gennevilliers, Céline Alvarez a lancé une expérimentation avec le matériel et la pédagogie Montessori révisités par les sciences cognitives.

<http://lamaternelledesenfants.wordpress.com/>



## — Classe maternelle, Gennevilliers

Recherche pédagogique guidée par les enfants | ZEP – Plan Violence

[Accueil](#) / [Blog](#) / [Expérimentation](#) / [Vidéos des enfants](#) / [La recherche](#) /

[Témoignages des parents](#) / [Publications & Interventions](#) / [Contact](#)

Recherche





# Peut-on apprendre à lire avant le CP ?

G. Dehaene-Lambertz, Karla Monzalvo, C. Alvarez, travaux en cours

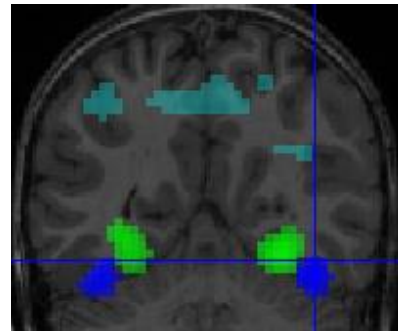
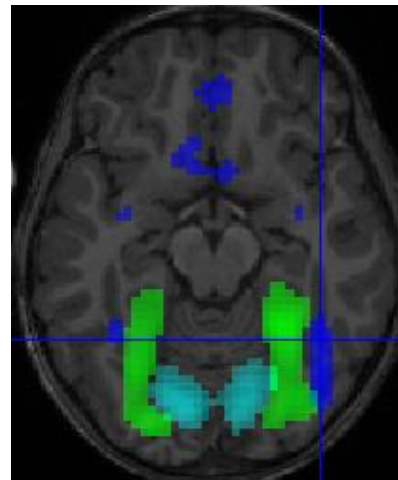
A NeuroSpin, Ghislaine et Karla ont scanné des enfants en grande maternelle ou en CP.



## Enfants non-lecteurs

Age = 6 ans 2 mois

Niveau de lecture = 6 ans 3 mois



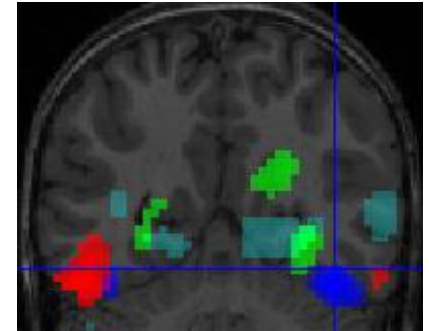
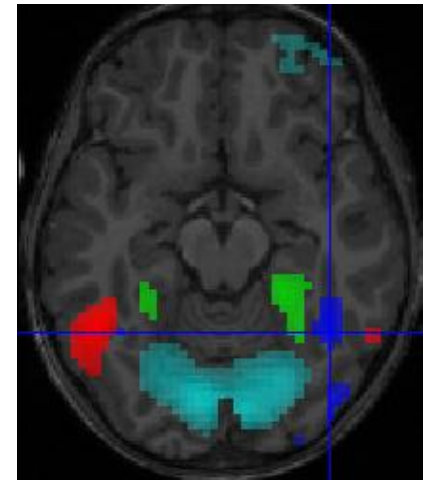
## Enfants lecteurs

(beaucoup issus de Genevilliers)

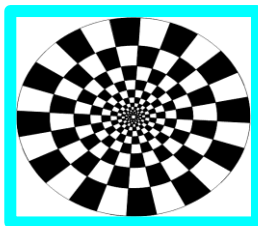
Age = 6 ans 3 mois

**1 an et demi d'avance en lecture!!**

**42 mots lus par minute**



**Mots**



# L'effet bénéfique des correspondances graphème-phonème

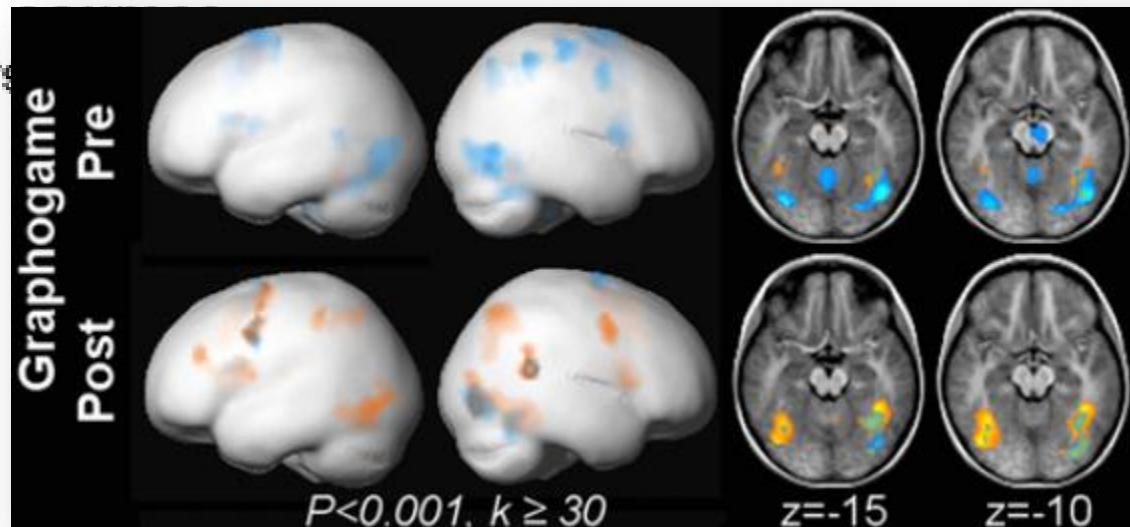
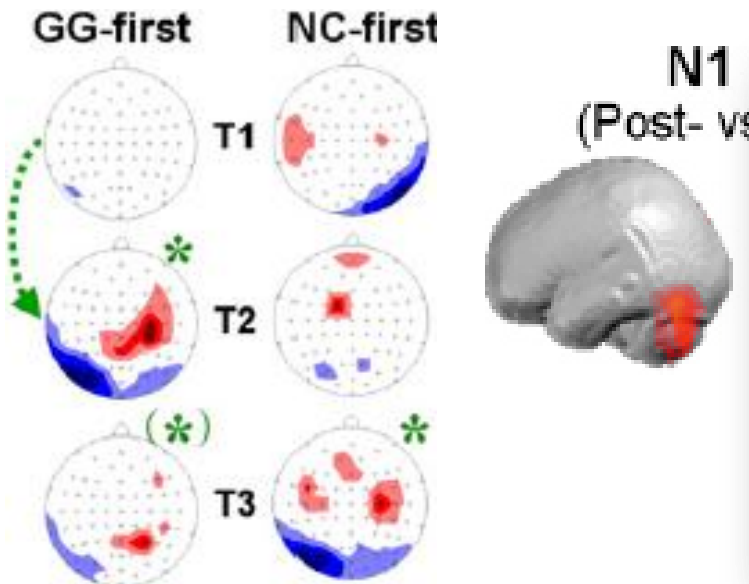
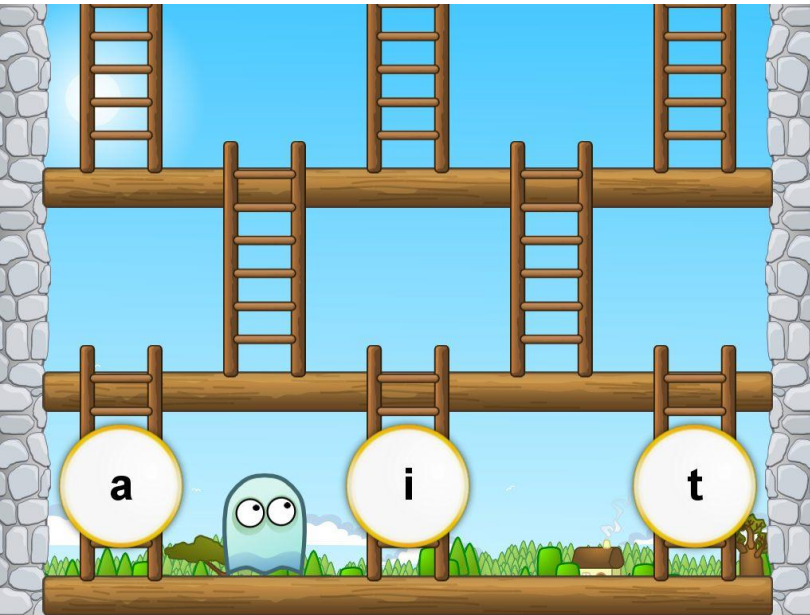
Brem et al., PNAS 2010

Lyytinen et ses collègues ont créé le **graphogame**, un logiciel de jeu qui enseigne les correspondances graphème-phonème.

Des enfants de maternelle ont été entraînés pendant 8 semaines avec le *graphogame* et un jeu mathématique de contrôle.

Moins de 4 heures de jeu au total!

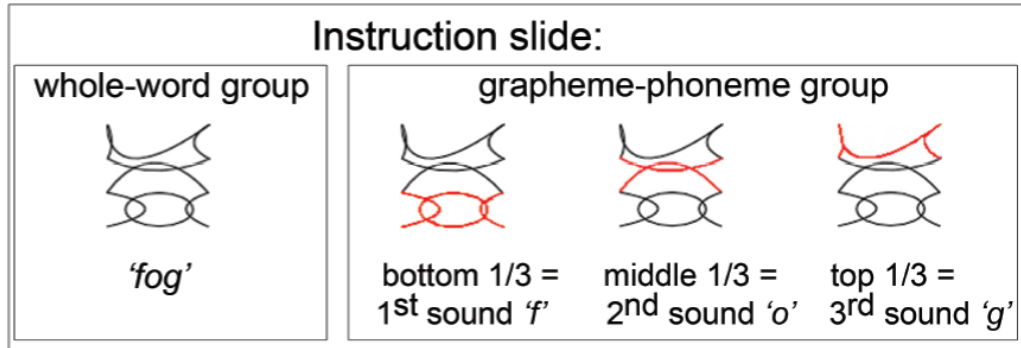
L'imagerie a révélé l'émergence très rapide des aires associées à la lecture.



# L'importance de l'attention focale et non pas globale

Yoncheva, Y. N., Blau, V. C., Maurer, U., & McCandliss, B. D. (2010).  
*Developmental Neuropsychology*, 35(4), 423–445.

Eviter absolument les devinettes non fondées sur la séquence de lettres



Training set:  
both groups



'bin'

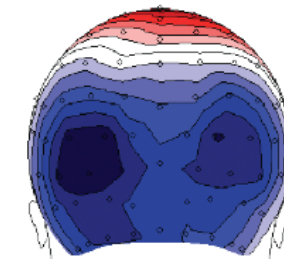


- 30 adultes sont entraînés pendant 20 minutes, avec 16 mots, soit à une lecture « globale », soit à une lecture « phonique ».

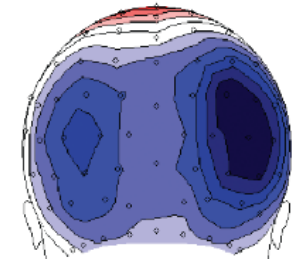
Résultats:

- Seul l'entraînement « phonique » active la région de la forme visuelle des mots. **L'entraînement global active les circuits inappropriés de l'hémisphère droit.**
- Dans le comportement, on observe un léger avantage comportemental du groupe « global » pour les 16 mots appris par cœur (95% vs 89% de réussite), mais **aucune généralisation** (58% de réussite = le niveau du hasard), contre 78% de réussite pour le groupe « phonique ».

A. Trained characters

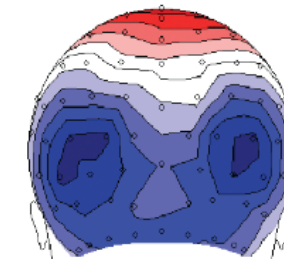


grapheme-phoneme

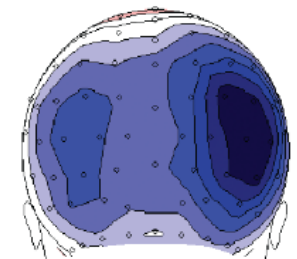


whole-word

B. Transfer characters



grapheme-phoneme



whole-word

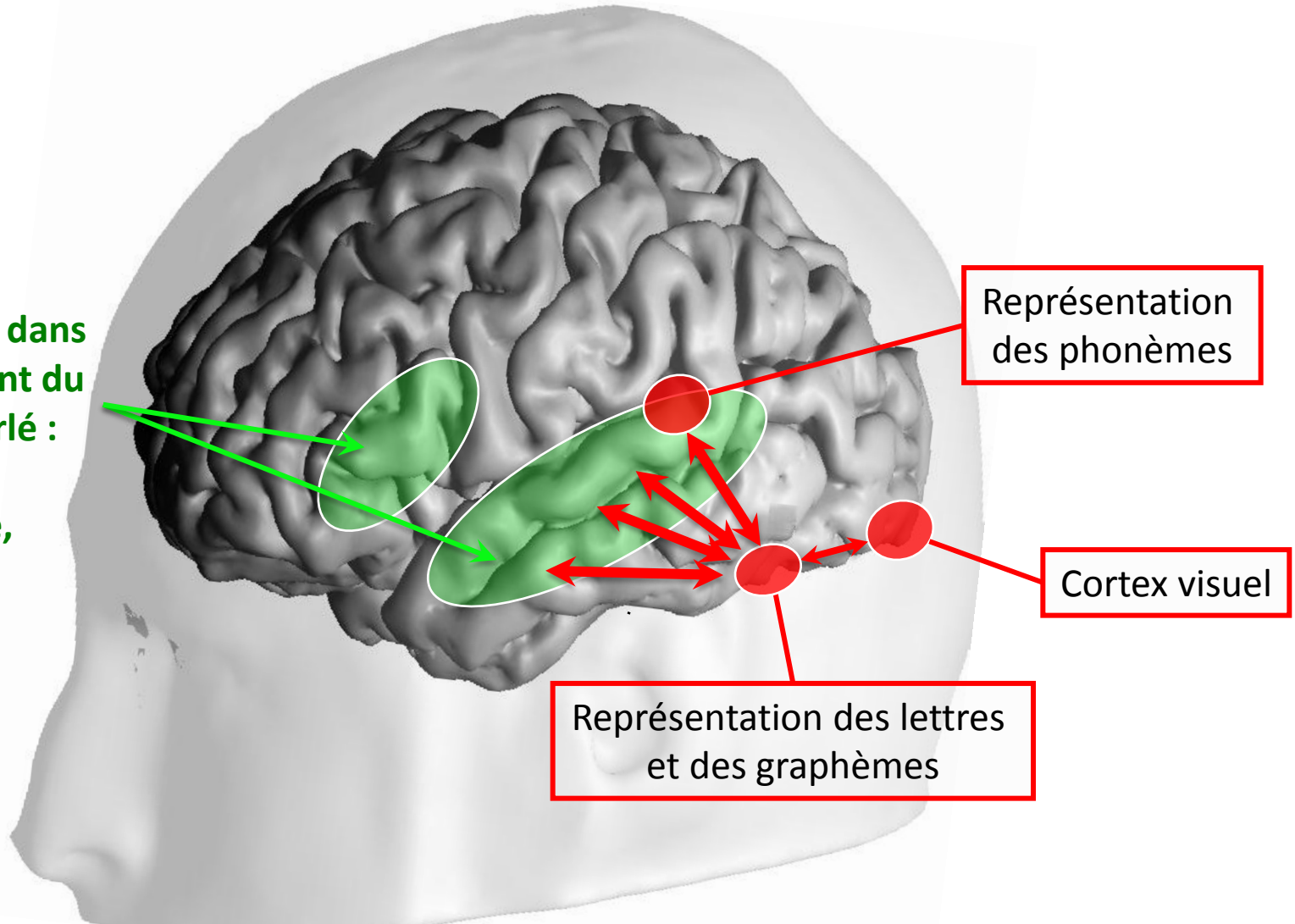
1.4  
0µV  
-1.4

# L'architecture cérébrale de lecture

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

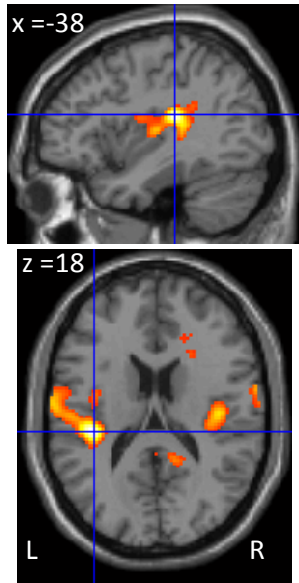
Régions  
impliquées dans  
le traitement du  
langage parlé :

Phonologie,  
Lexique,  
Syntaxe,  
Sens

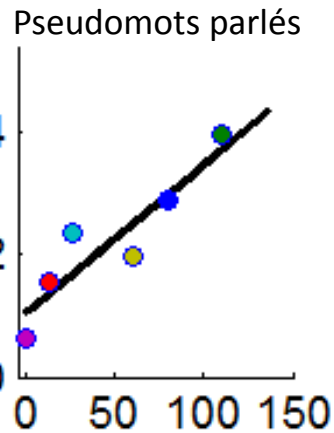
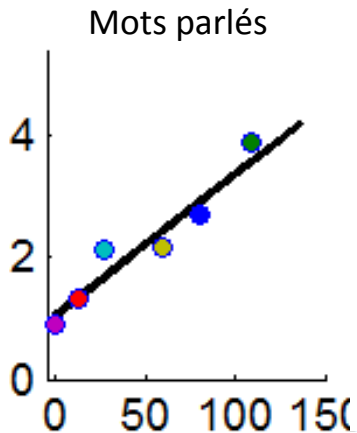
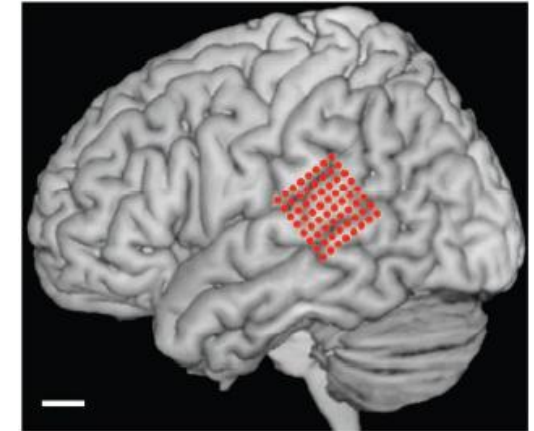
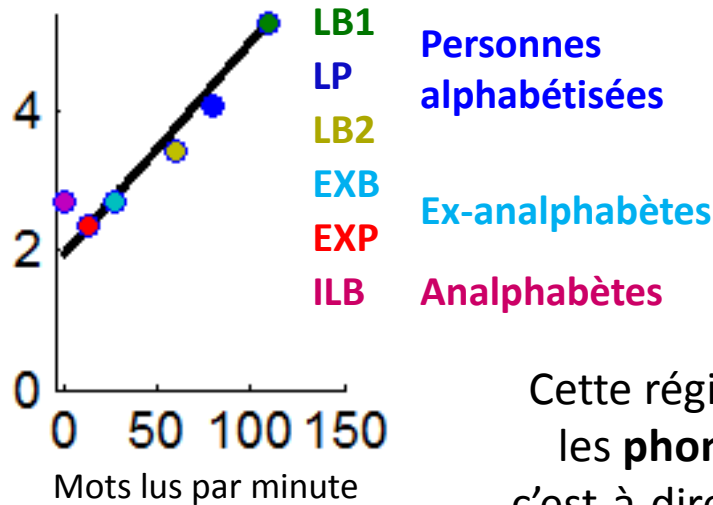


# L'apprentissage de la lecture modifie également les aires auditives

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

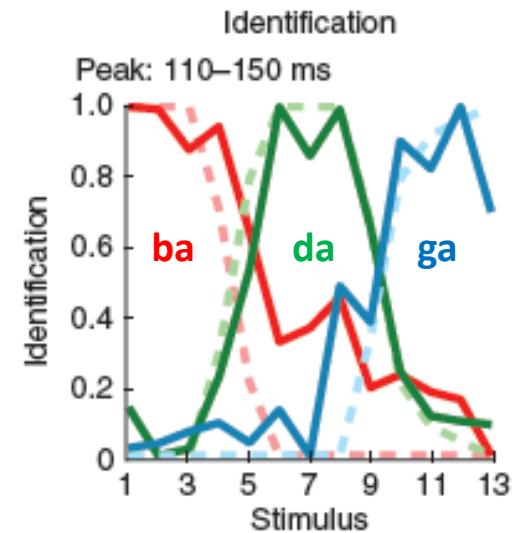


Activation aux phrases parlées



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

L'alphabetisation permet de prendre conscience des phonèmes.



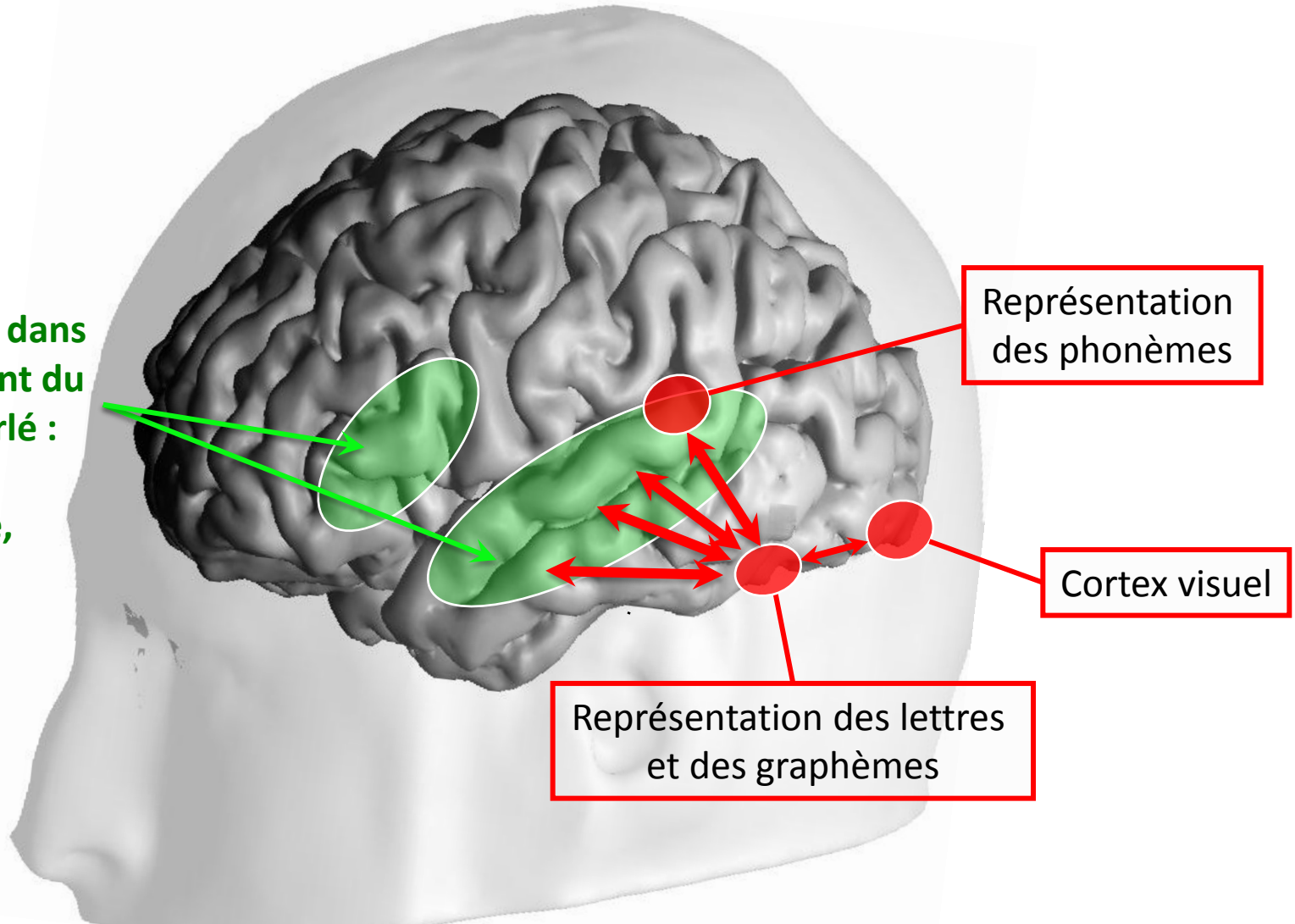


# L'architecture cérébrale de lecture

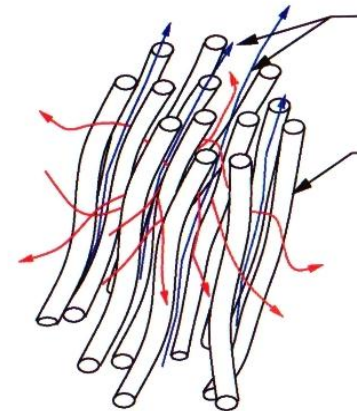
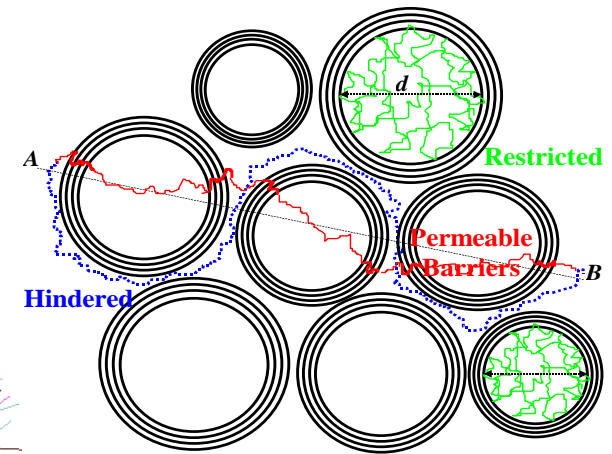
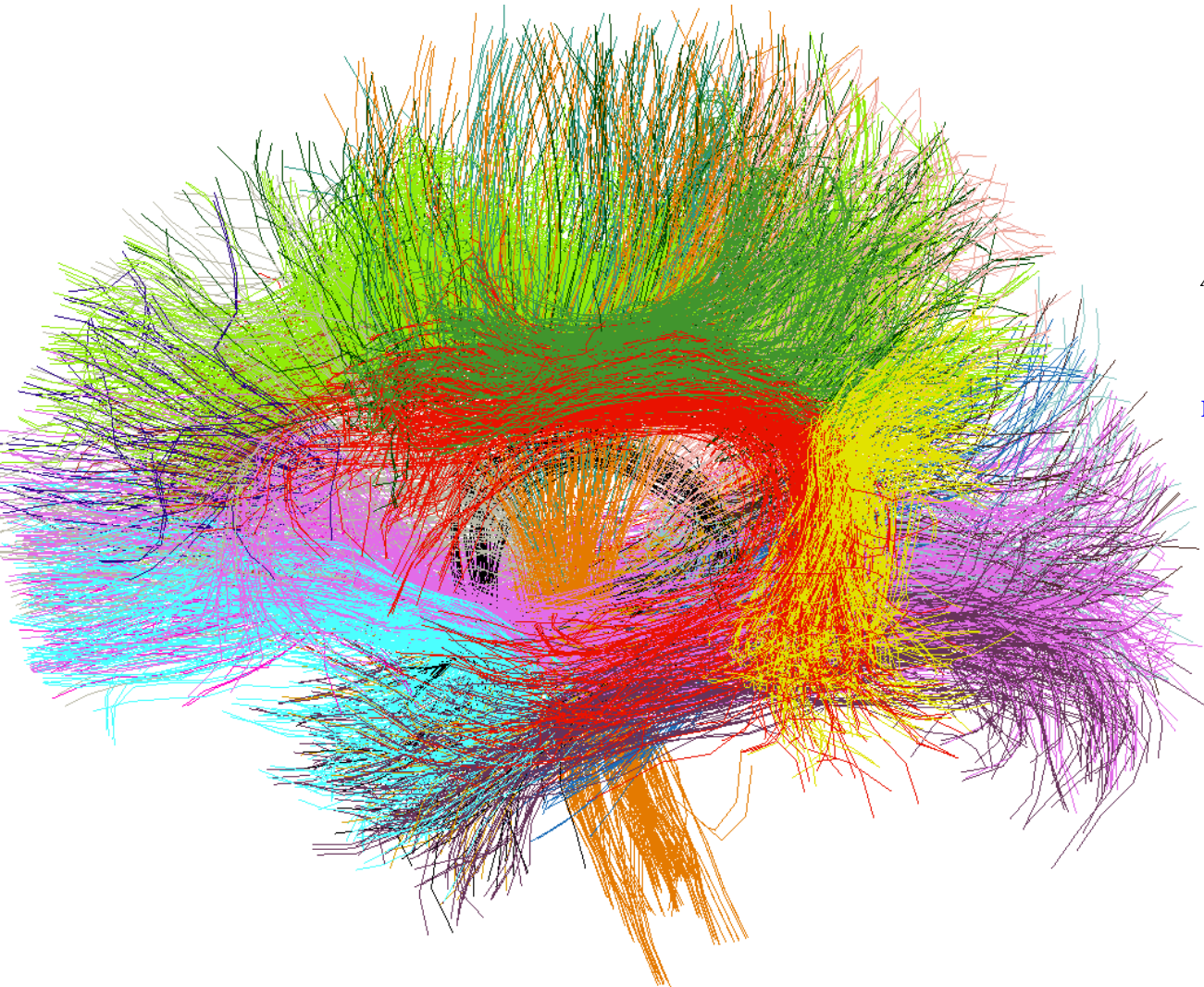
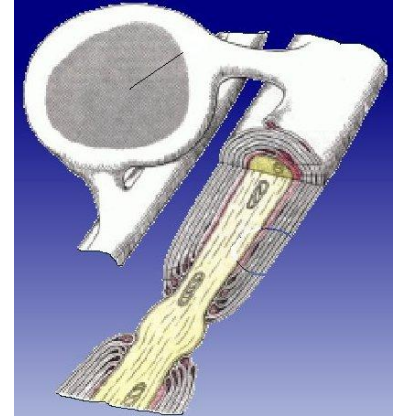
Apprendre à lire consiste à accéder, par la vision, aux aires du langage parlé.

Régions  
impliquées dans  
le traitement du  
langage parlé :

Phonologie,  
Lexique,  
Syntaxe,  
Sens



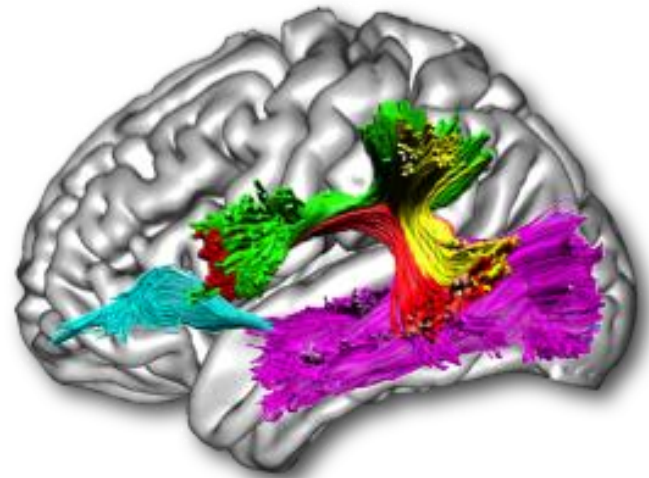
# L'anatomie du cerveau change-t-elle lorsque nous apprenons à lire?



# La lecture modifie les connexions cérébrales

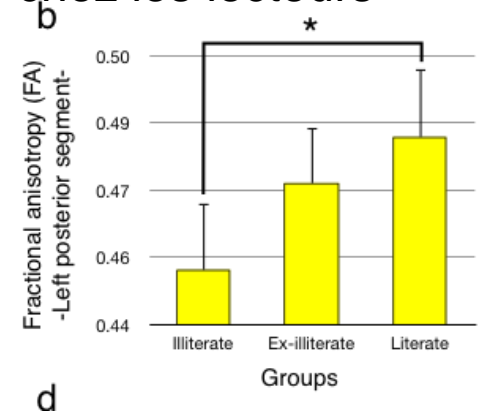
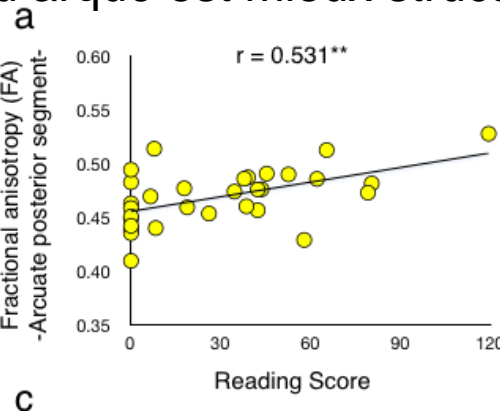
avec Michel Thiebaut de Schotten et Laurent Cohen

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



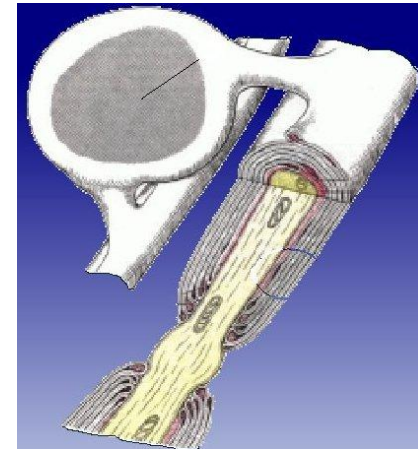
## Anatomical connections

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



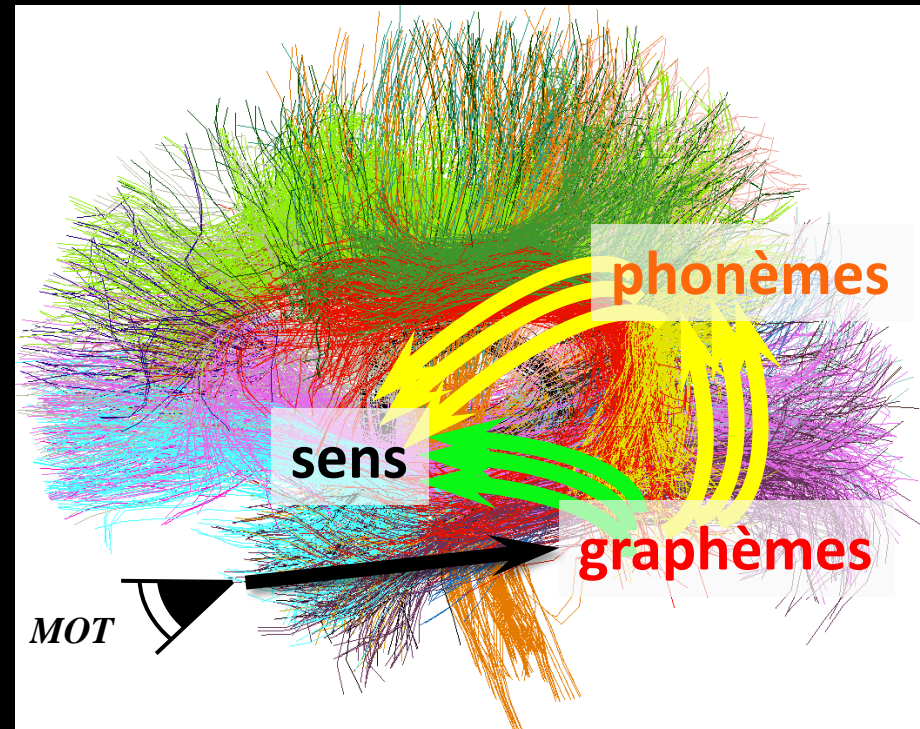
- Cet effet existe chez les ex-illettrés: l'apprentissage modifie le cerveau **adulte**.

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



# 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.

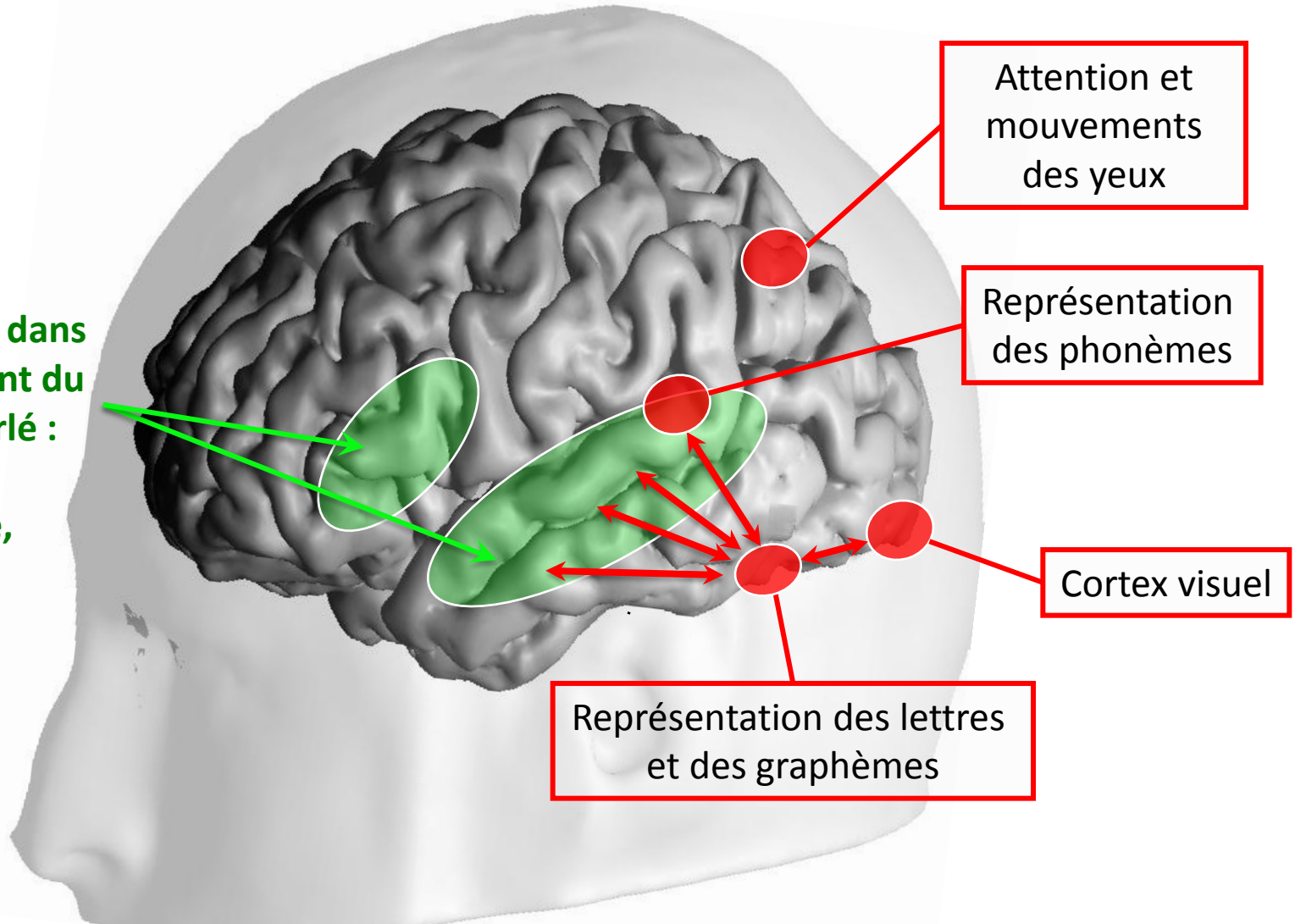


# L'architecture cérébrale de lecture

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



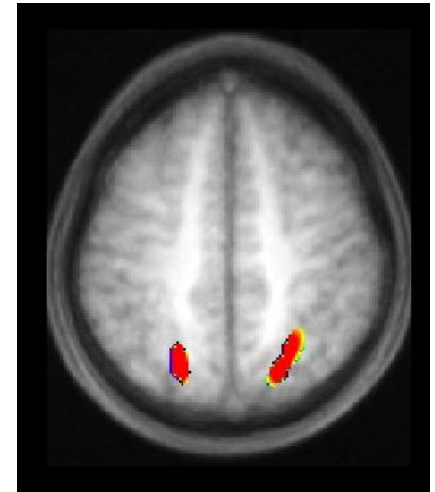
# Lecture sérielle et lecture parallèle

Activations pariétales :  
mouvements de l'attention  
et des yeux

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.

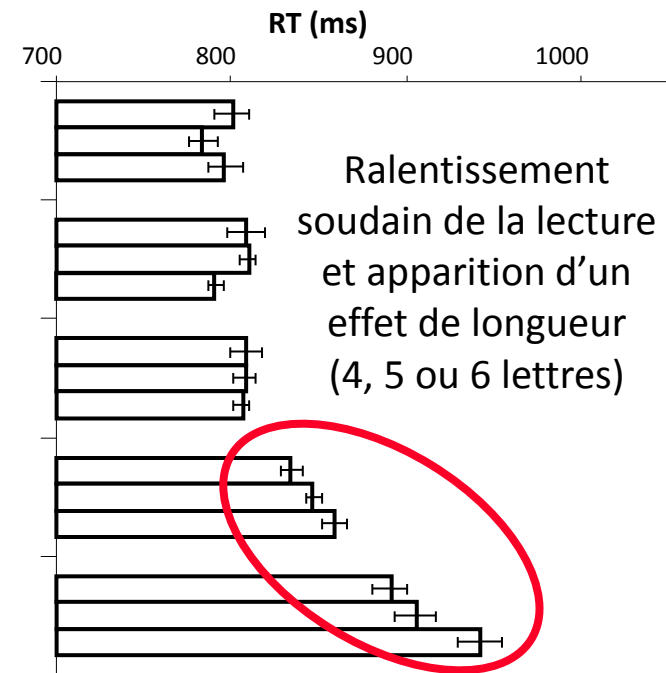
Lorsqu'on empêche cette lecture parallèle, on voit apparaître un autre circuit essentiel de la lecture.



Trois manières de dégrader les mots

	Rotation	Espacement	Position gauche
1	fête	fête	fête
2	fête fête	f ê t e	fête
3	fê <sup>t</sup> fête	f ê t e	fête
4	fête fête	f ê t e	fête
5	fête fête	f ê t e	fête

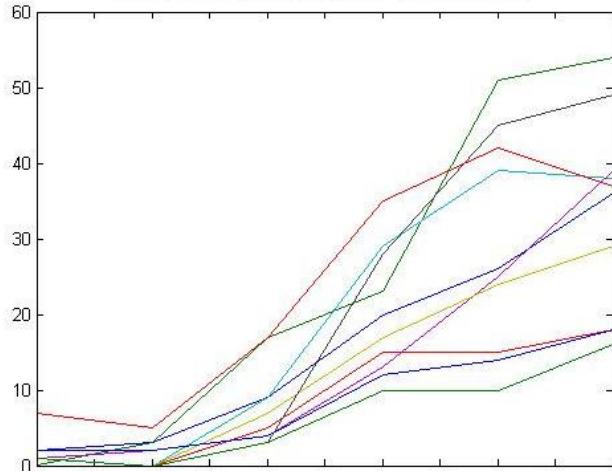
Seuil critique au-delà duquel la lecture cesse d'être parallèle



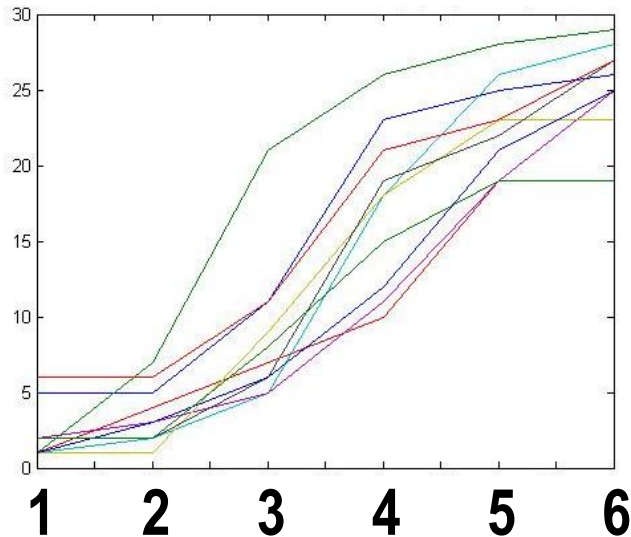
# Les aires pariétales jouent un rôle transitoire dans l'apprentissage: Une étude longitudinale de la lecture chez 10 enfants

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

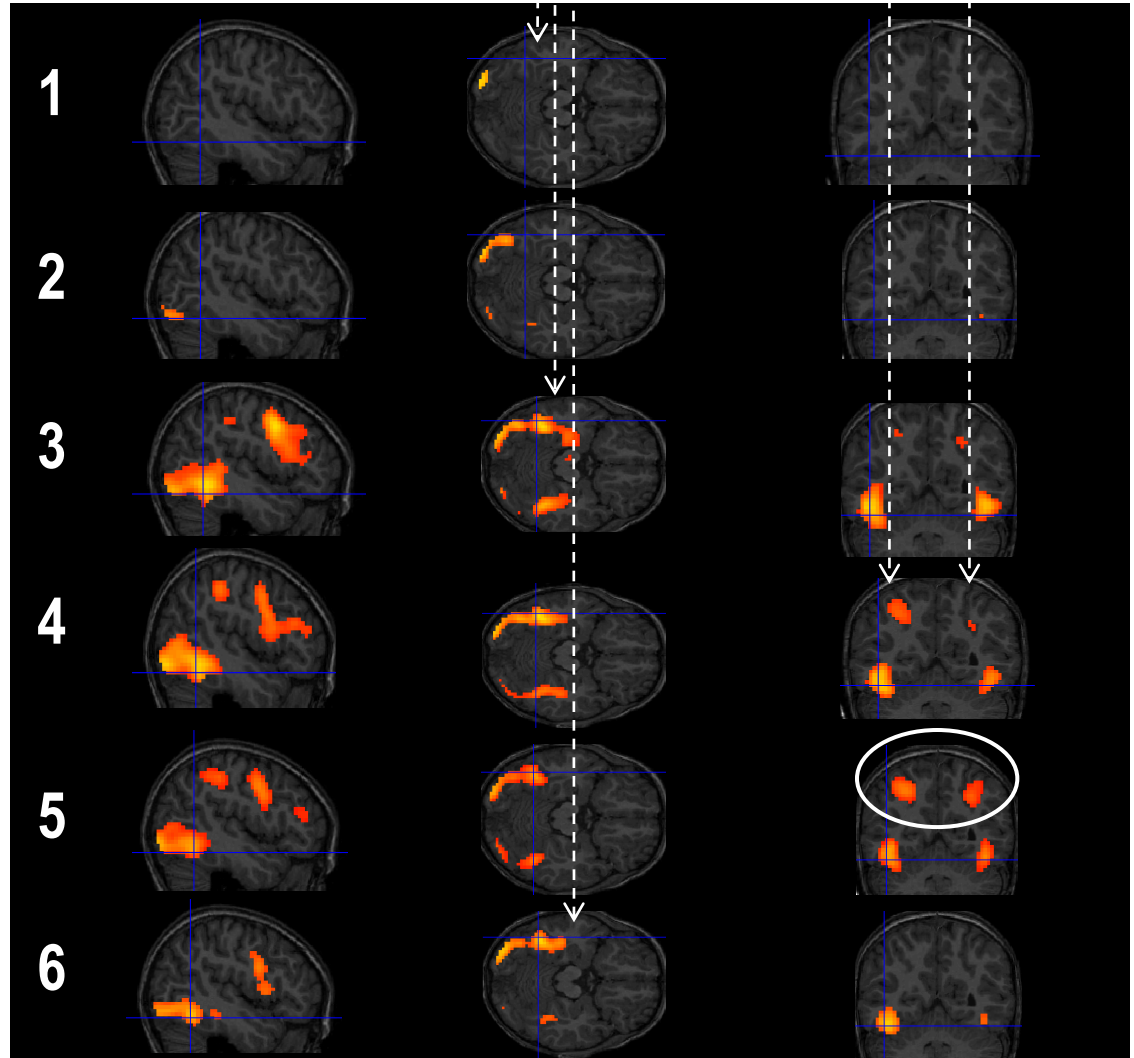


Décodage graphème-phonème



Accroissement progressif  
de l'activation visuelle

Utilisation transitoire des  
ressources attentionnelles



# L'importance de l'automatisation

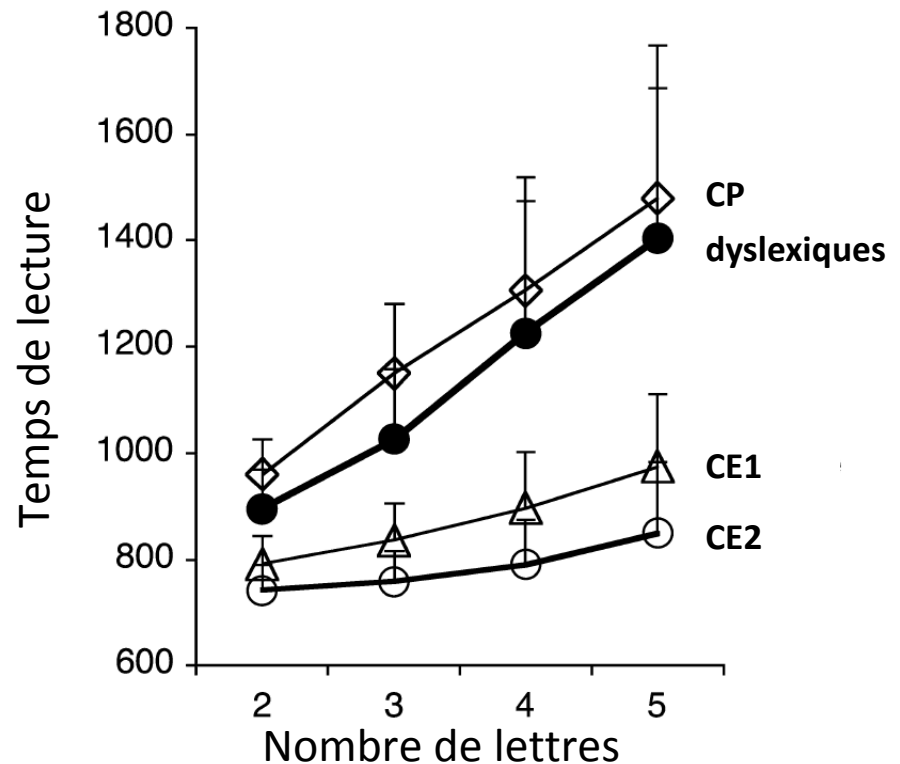
Au début, l'enfant applique les correspondances graphème-phonème sous une forme explicite, une par une, lorsqu'il lit un mot → lecture sérielle.

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



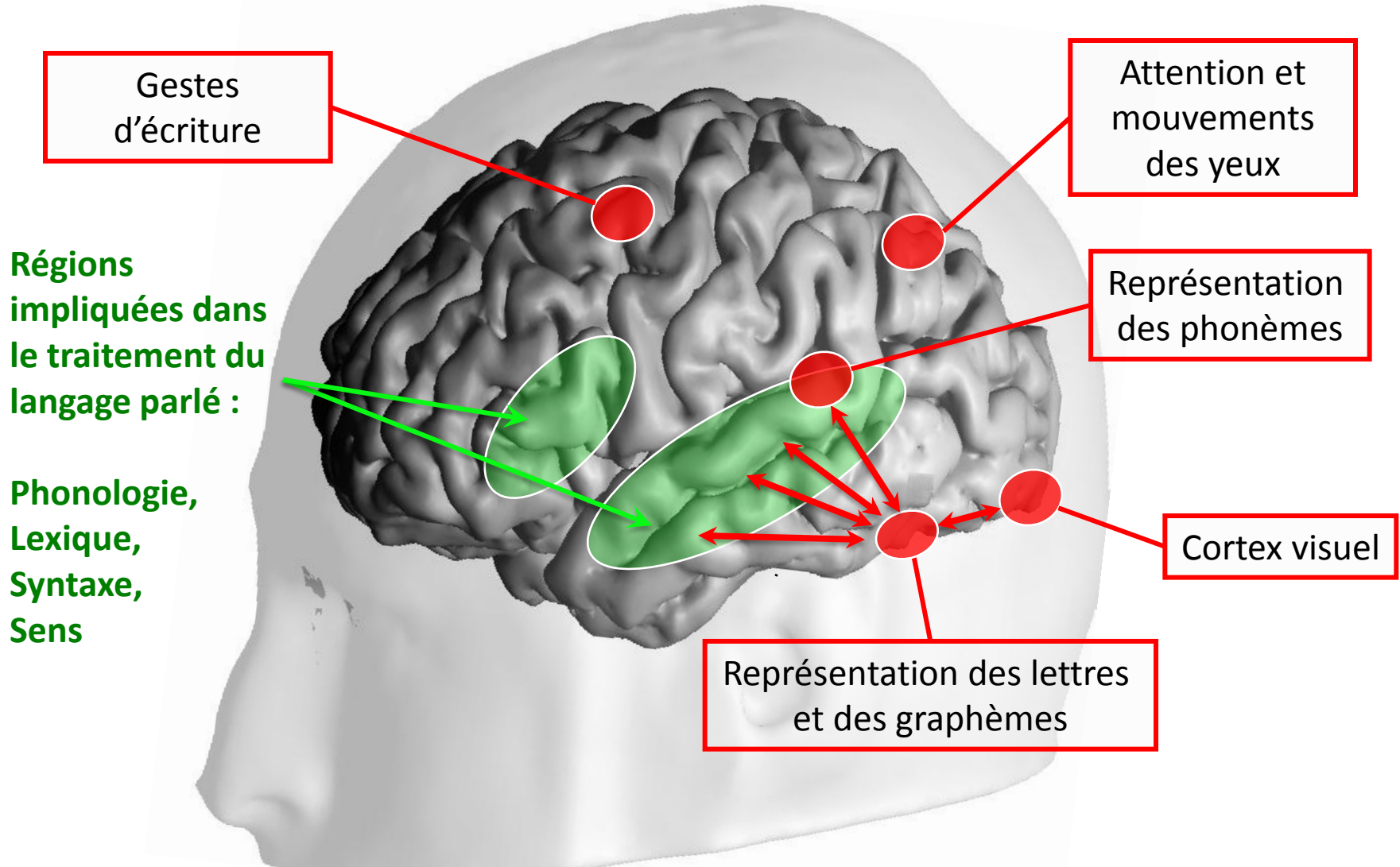
Revenons en enfance...

Il n'y a peu de jours de notre enfance où nous n'ayons pu lire sans vivre, ceux que nous avons passés avec un livre préféré.

Marcel Proust, *Sur la lecture*

# L'architecture cérébrale de lecture

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



# L'importance de l'écriture... pour la lecture

Nakamura, Kuo, Dehaene et al., Universal brain systems for recognizing word shapes and handwriting gestures during reading. PNAS, 2012

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

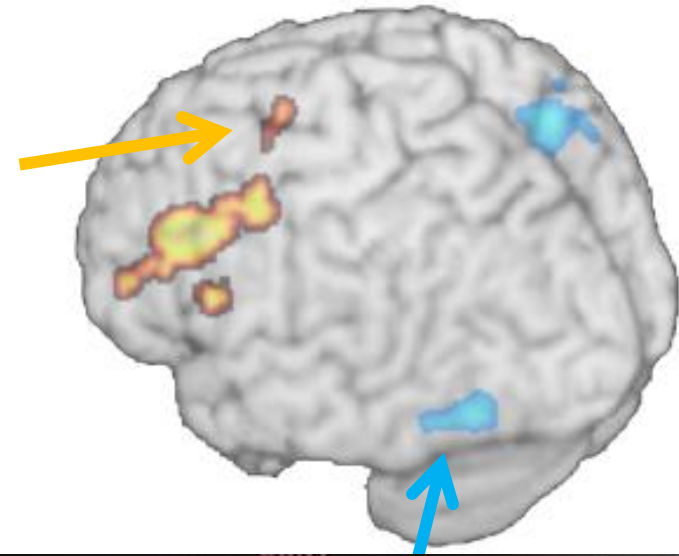
- de la **forme** des lettres et leurs combinaisons
- des gestes de l'écriture, ce qui facilite particulièrement la lecture de l'écriture manuscrite.

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**



Il faut donc continuer de pratiquer l'écriture manuscrite en maternelle

Mais aussi apprendre à taper à la machine avec tous les doigts!



# 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

Entraîner initialement les correspondances graphèmes-phonèmes (méthodes « phoniques »), mais aussi, très vite, la **compréhension** des mots et des textes (exposé de Maryse Bianco).

