



Apport de l'imagerie cérébrale  
pour comprendre les mécanismes  
d'apprentissage chez l'enfant

G Dehaene-Lambertz

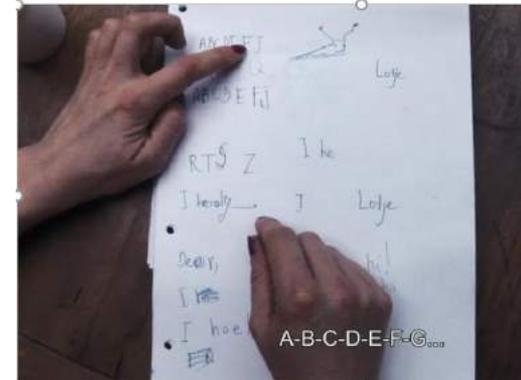
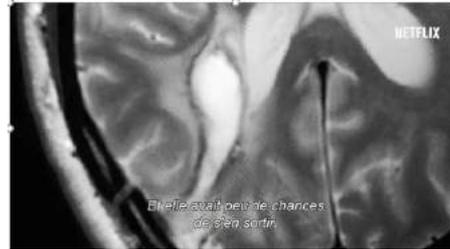
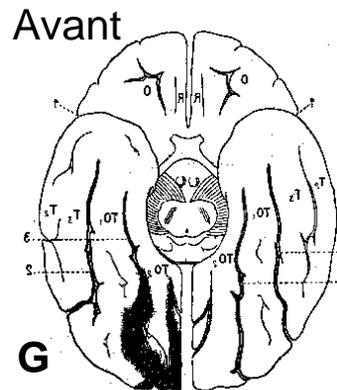
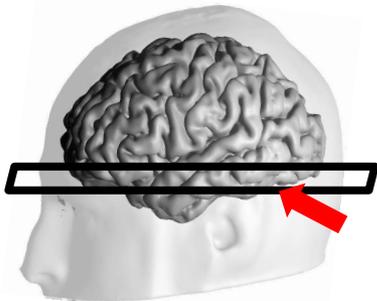
CNRS-INSERM-CEA, Paris, France

NeuroSpin

*Pino Daeni, Late night readers, 1939*

# Quand le cerveau est touché: Alexie chez l'adulte après une lésion cérébrale

- À la fin du mois d'octobre 1887, monsieur C. « s'aperçut brusquement qu'il ne pouvait plus lire un seul mot, tout en écrivant et en parlant très bien et en distinguant aussi nettement qu'auparavant les objets et les personnes qui l'entouraient »
- L'ophtalmologue consulté rapporte que monsieur C. ne peut nommer les lettres qu'il lui présente, « cependant, il affirme les voir parfaitement. [...] Il compare l'A à un chevalet, le Z à un serpent, le P à une boucle ».



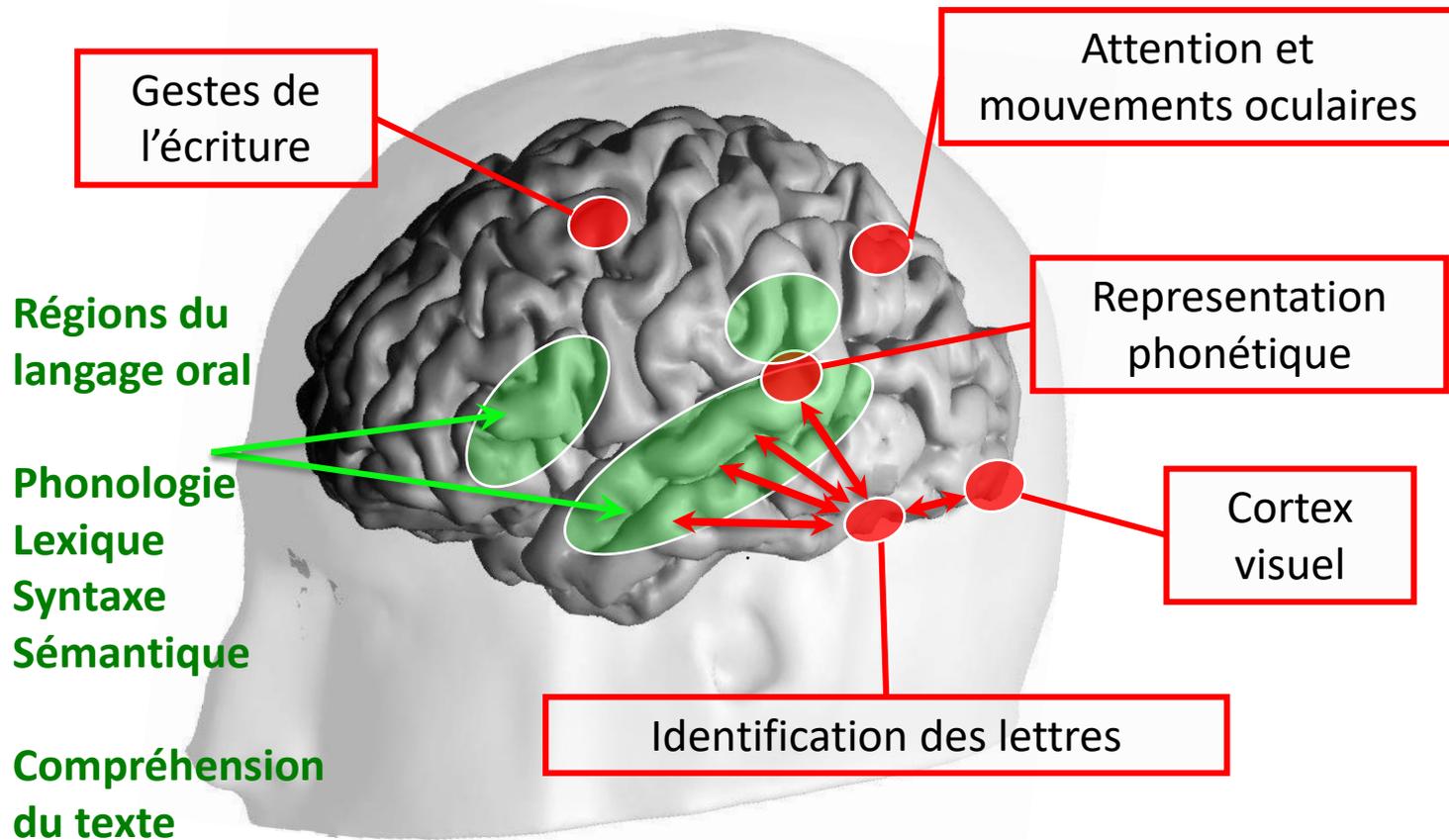
Lotje Sodderland

34 ans, cinéaste

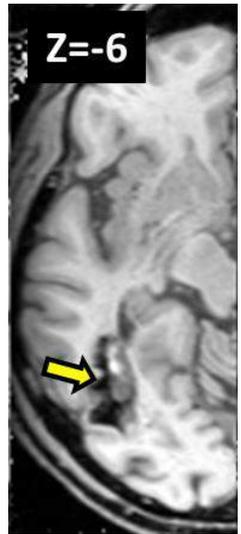
Nov 2011, elle perd soudainement la possibilité de parler, lire et écrire



# Lire est une activité cérébrale qui met en jeu de nombreuses régions qui doivent communiquer entre elles



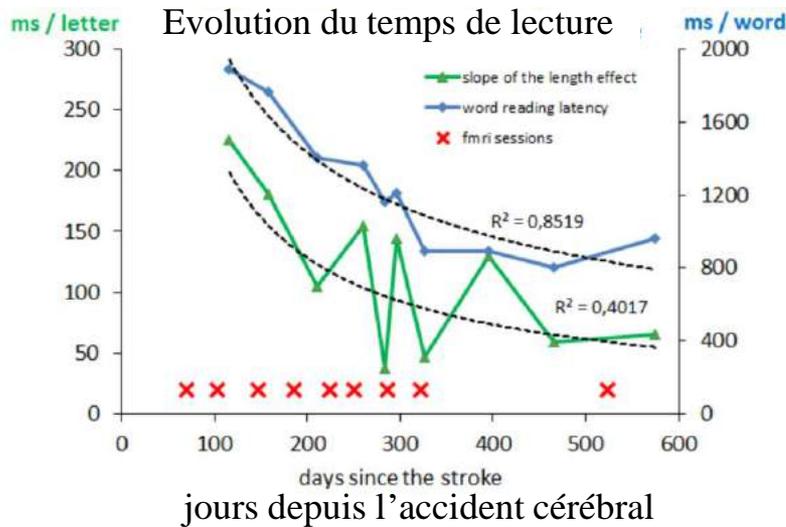
# Réapprendre à lire après une lésion cérébrale



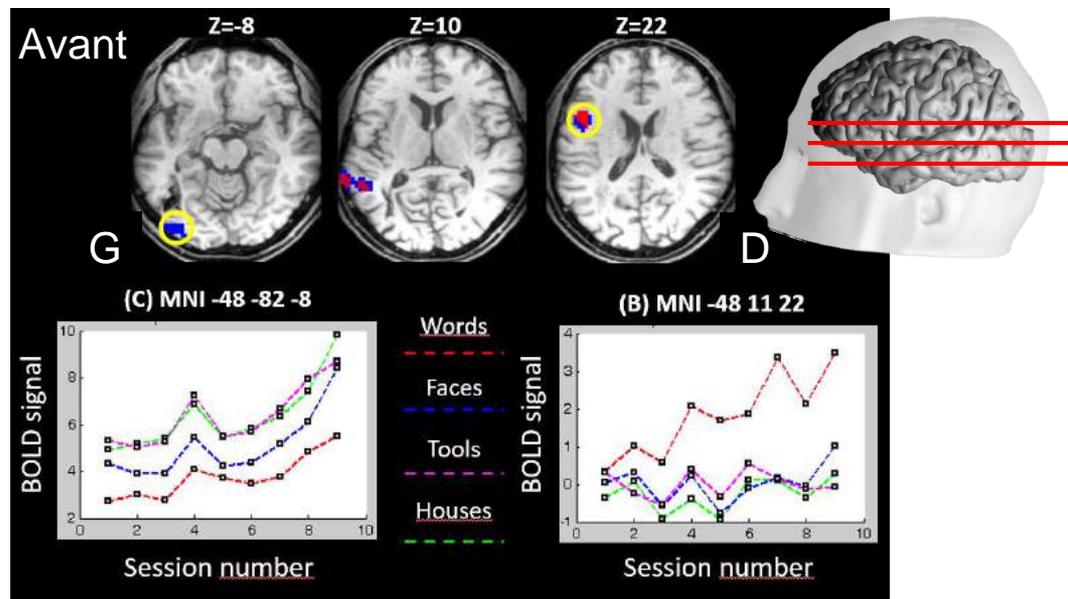
- Mr Z, 54 ans, brutale incapacité de lire avec une vision intacte
- Le langage parlé et l'écriture sont intacts

## Après 18 mois

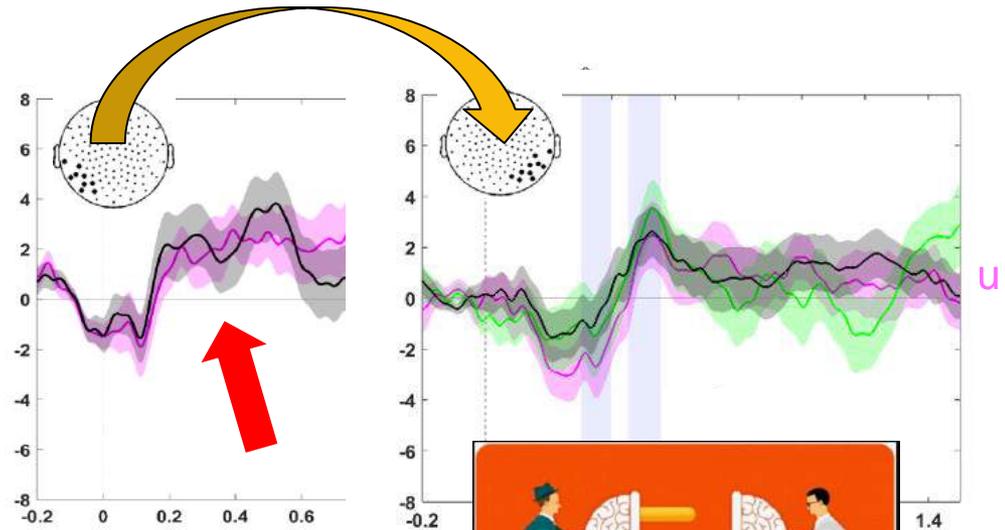
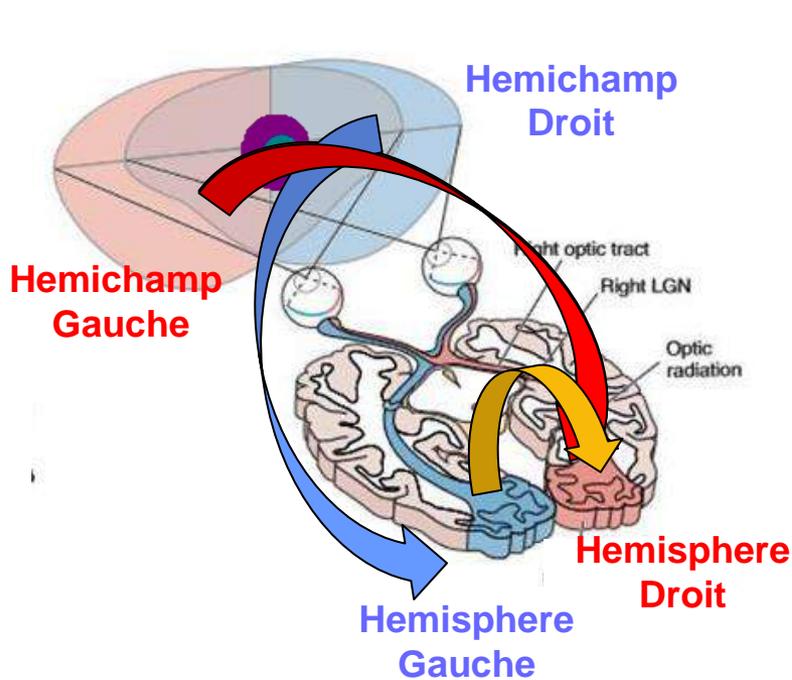
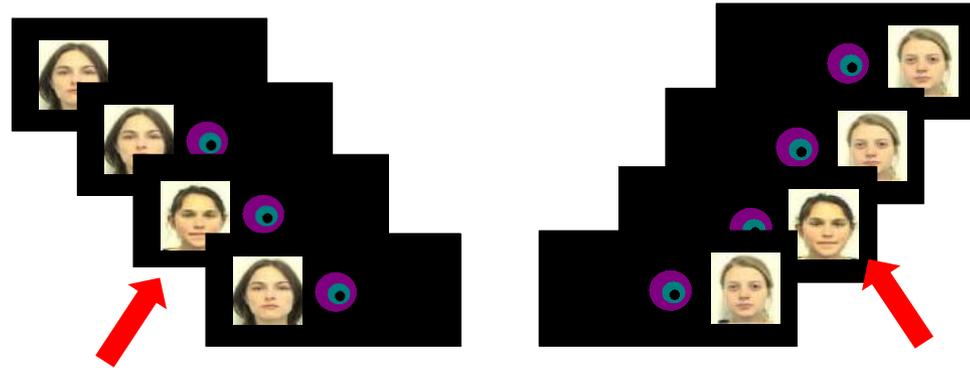
- La lecture reste laborieuse (lettre à lettre)
- Pas de récupération d'une réponse spécialisée pour les mots dans les régions visuelles



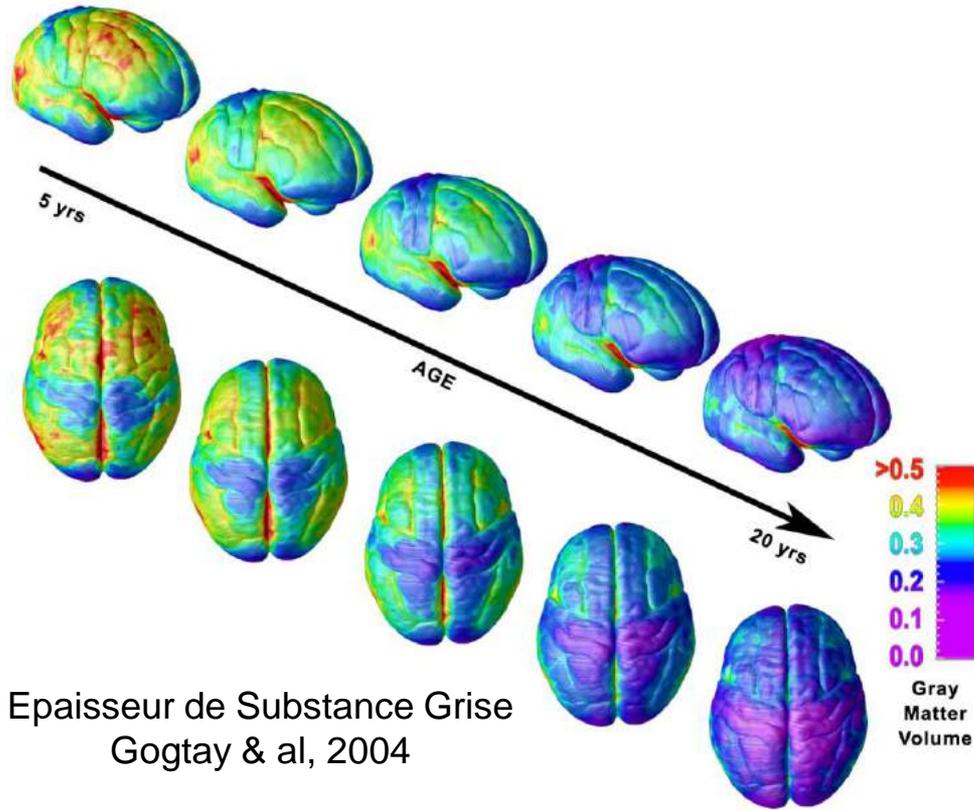
Lecteur adulte moyen: 200 ms/mot  
 Universitaire: 100 ms/mot



# Discrimination de deux visages pendant les premiers 6 mois



# La maturation cérébrale est lente et hétérogène



ACCURACY OF NAMING EIGHT COLORS  
AT SIX AGES<sup>a</sup>

Age in Years	Mean percentage correct
3	0
4	25
5	18
6	77
7	94
8	88

Synolds et Pronko (1949)

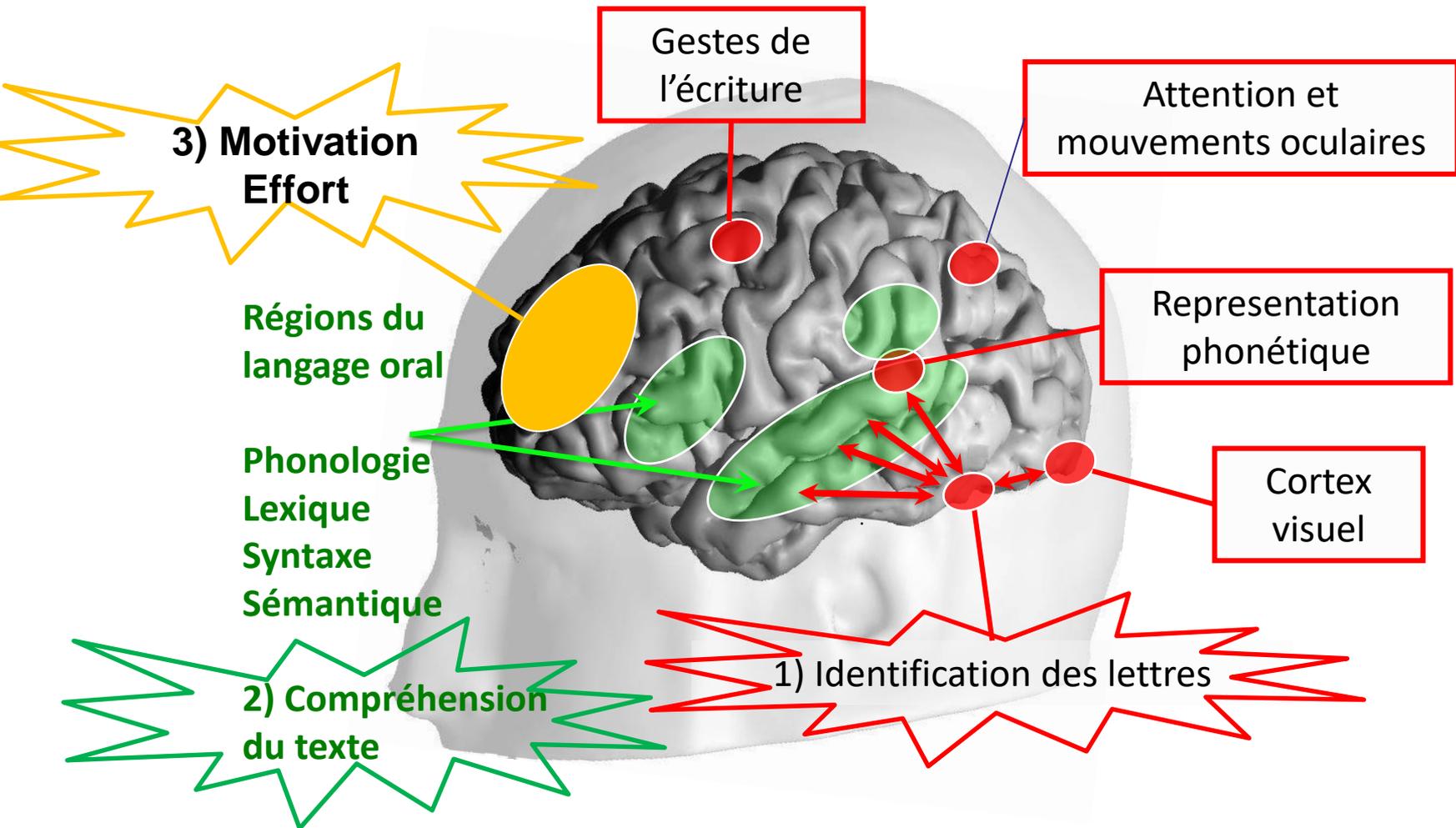
Enfants de 3.5 ans	Nommer une forme	Nommer une couleur
% succès (36 essais max) pour apprendre 3 noms	96%	31%
Moyenne nombre d'essais	13.6	21.7

Bornstein, 1985

Les possibilités d'apprentissage vont varier d'un âge à l'autre en fonction de la maturation cérébrale:

- des concepts simples pour les adultes ne le sont pas forcément pour les enfants
- des erreurs deviennent compréhensibles

# Lire est une activité cérébrale qui met en jeu de nombreuses régions qui doivent communiquer entre elles

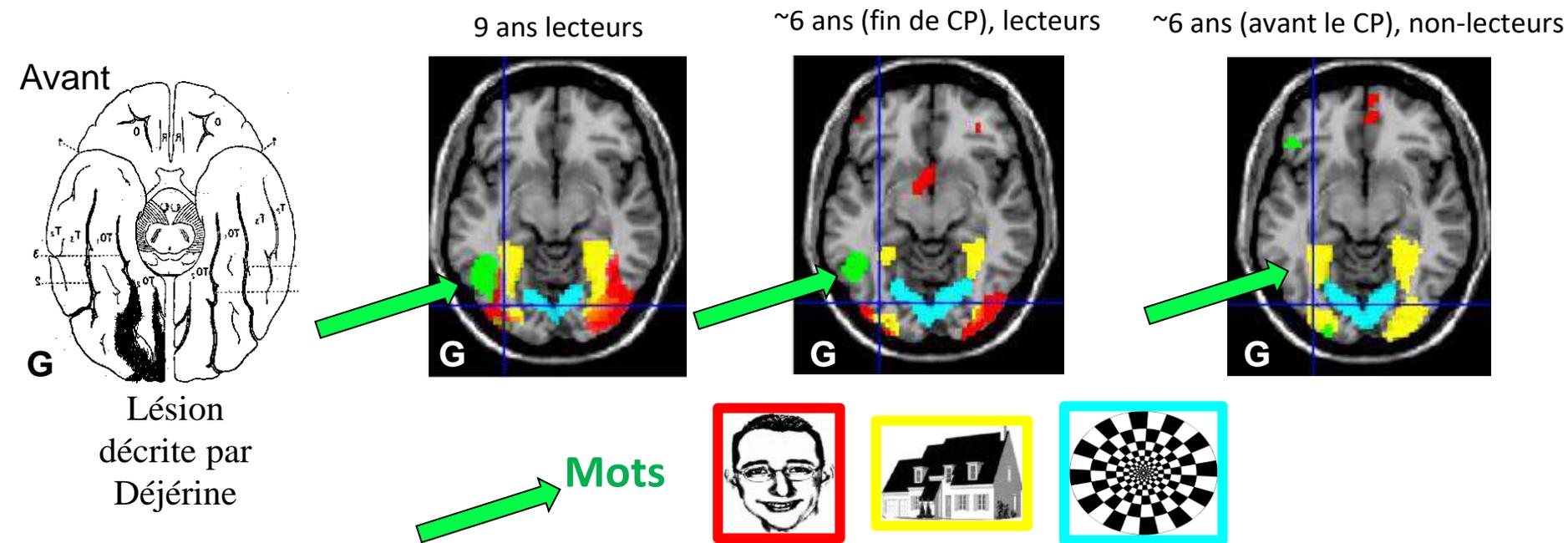




# 1) Le système visuel change quand l'enfant apprend à lire



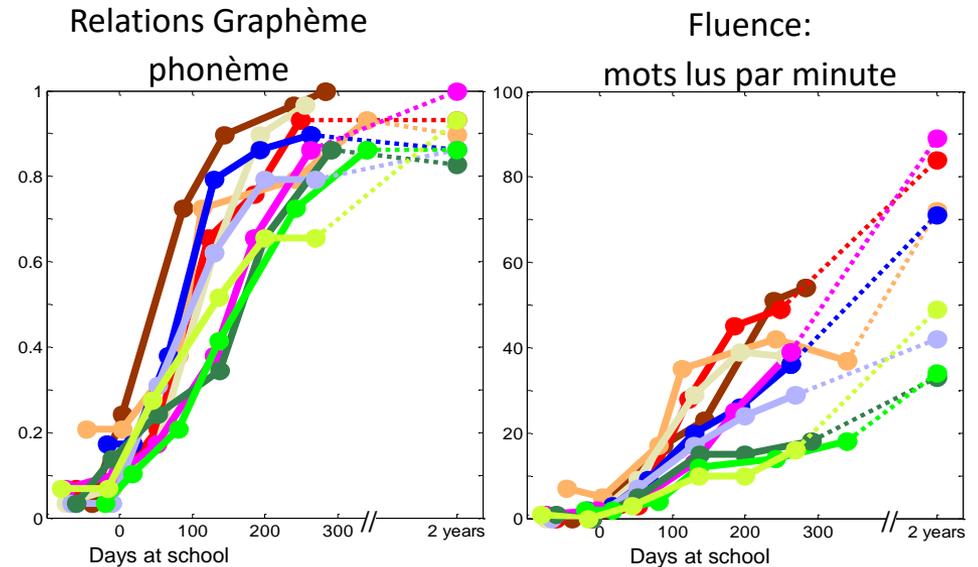
- La VWFA, « boîte aux lettres du cerveau » spécialisée pour les mots écrits, apparaît au cours de la première année d'apprentissage.
- Son activation prédit les scores de lecture des enfants



# Le développement de la lecture : une étude longitudinale

Nous avons reçu, du comité d'éthique, la permission de scanner 10 enfants tous les deux mois

- Deux IRM en fin de maternelle (aucun ne savait lire)
- Quatre IRM tout au long de l'année de CP
- Une IRM un an plus tard (fin de CE1)



**Paysages**



**Objets**



**Corps**



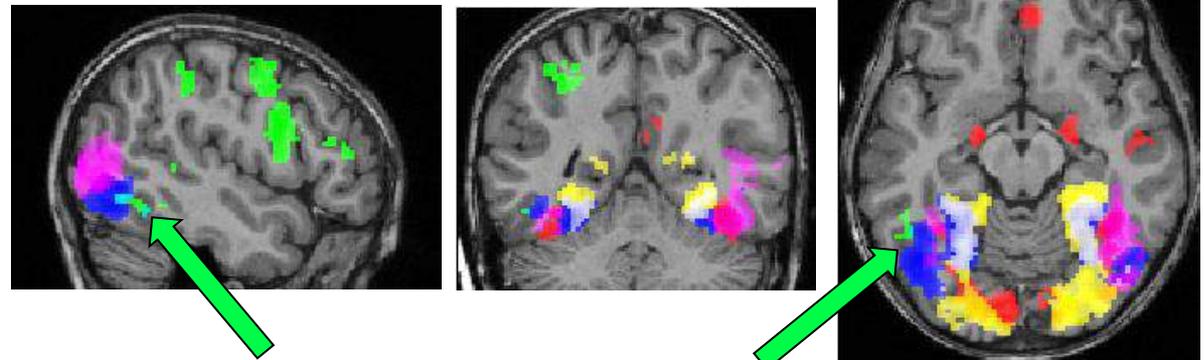
**Faces**



**Mots**  
ciel

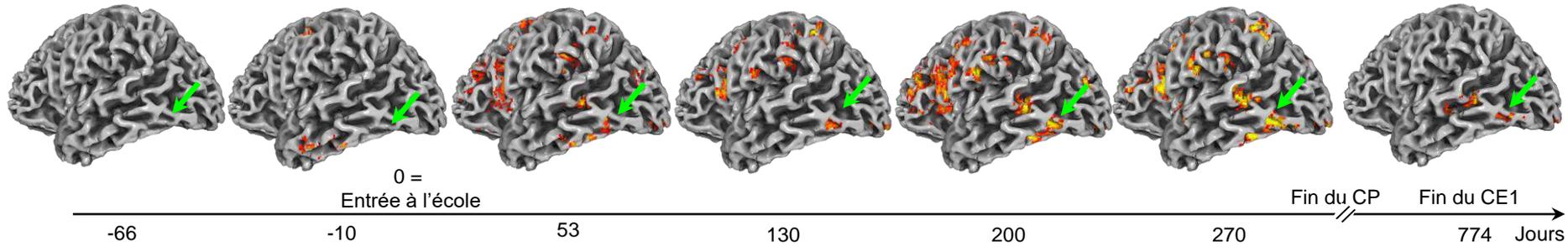
**Nombres**

1708



Voici l'émergence du réseau de la lecture chez l'un de nos dix enfants:

mots

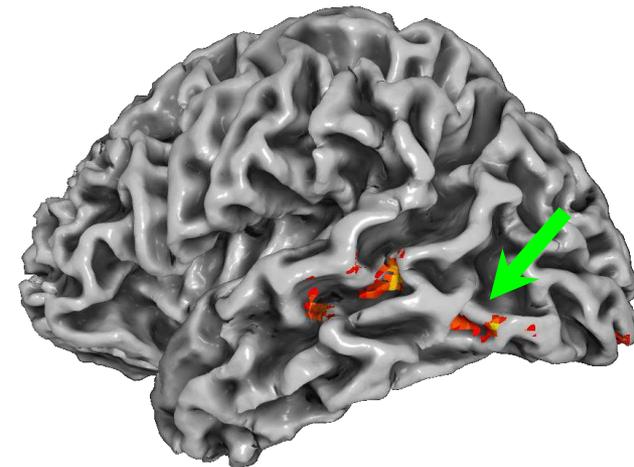
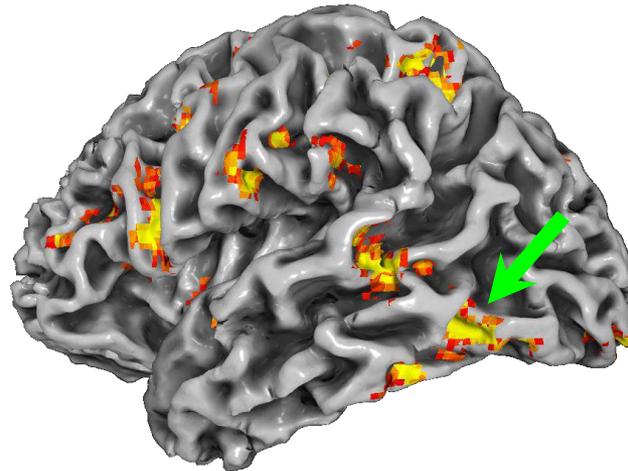
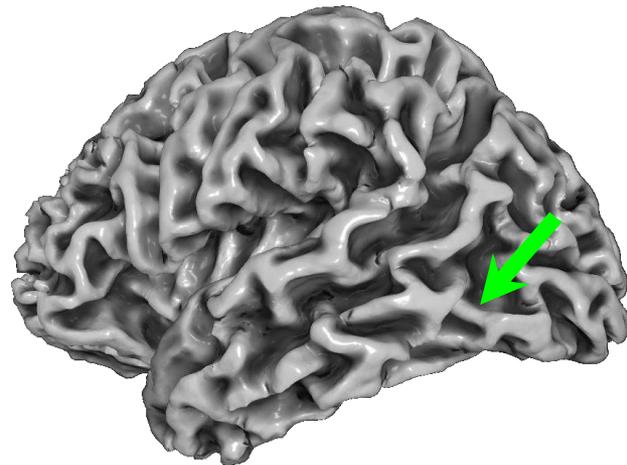


## Le développement de la lecture: Effort et automatisisation

Fin de maternelle

Fin de CP

Fin de CE1



Non lecteur

Lecture avec effort

Lecture automatisée

Réseau pariétal et frontal  
de l'attention spatiale et exécutive

Circuit spécialisé  
et restreint

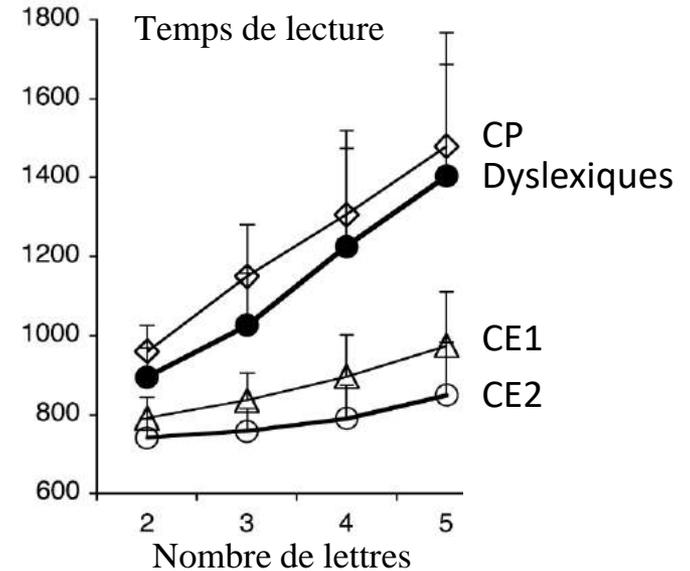
## Automatisation: Transfert de l'explicite vers l'implicite

Au début, l'enfant retient les correspondances graphème-phonème sous forme de règles explicites, et applique ces connaissances une par une lorsqu'il lit un mot.

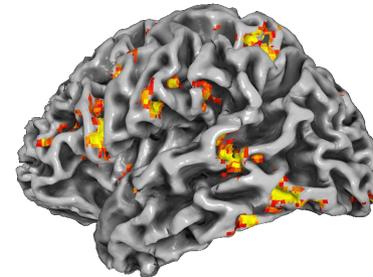
Par la suite, le décodage devient de plus en plus routinier et fondé sur des connaissances implicites, rapides et non-conscientes.

### Cette automatisation est essentielle:

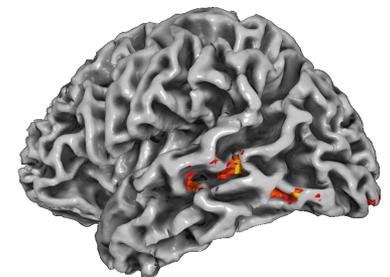
Lorsque la lecture devient fluide et automatique, l'enfant cesse de se concentrer sur le décodage et peut mieux réfléchir au sens du texte.



Fin de CP



Fin de CE1



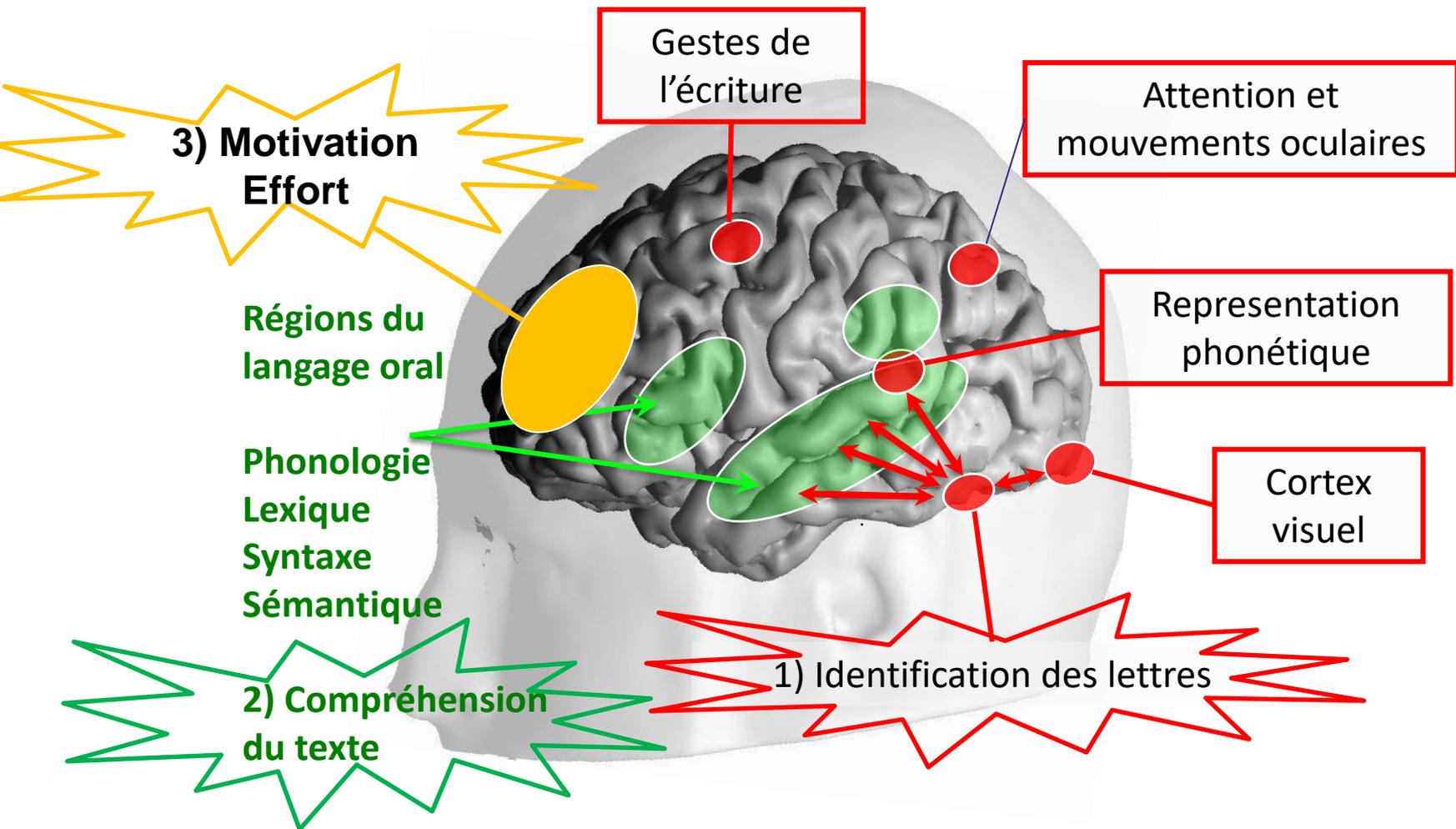
**Lecture avec effort**

Réseau pariétal et frontal  
de l'attention spatiale et exécutive

**Lecture automatisée**

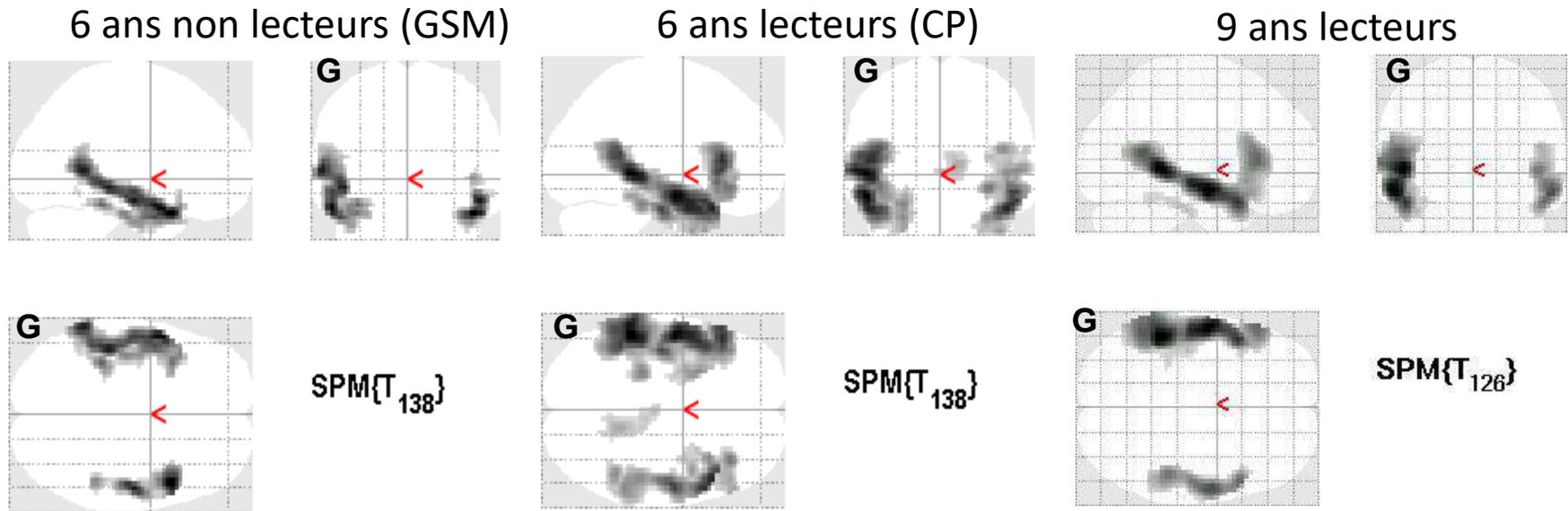
Circuit spécialisé  
et restreint

# Lire est une activité cérébrale qui met en jeu de nombreuses régions qui doivent communiquer entre elles



## 2) Langage oral-langage écrit: les deux faces de notre système linguistique et conceptuel

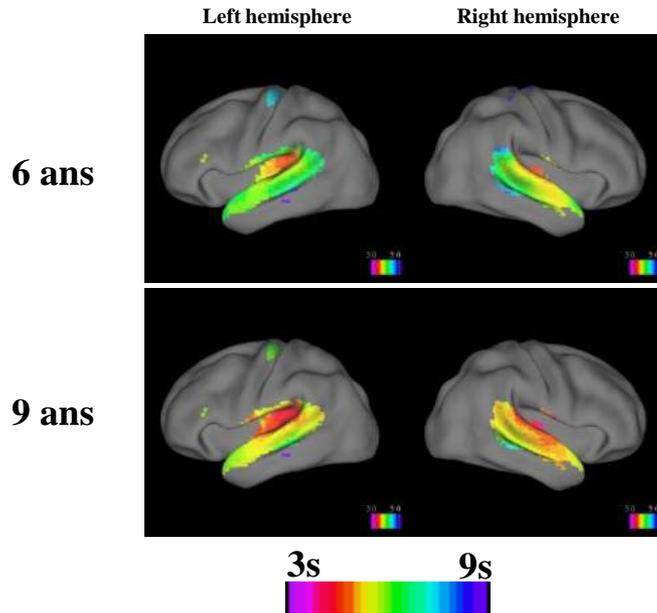
Ecoute de phrases en Français et Japonais  
répétées une fois  
chez des enfants de 6 ans (CP et GSM) et de 9-10 ans



Régions cérébrales plus activées par la langue maternelle  
que par la langue étrangère

# Le circuit du langage oral

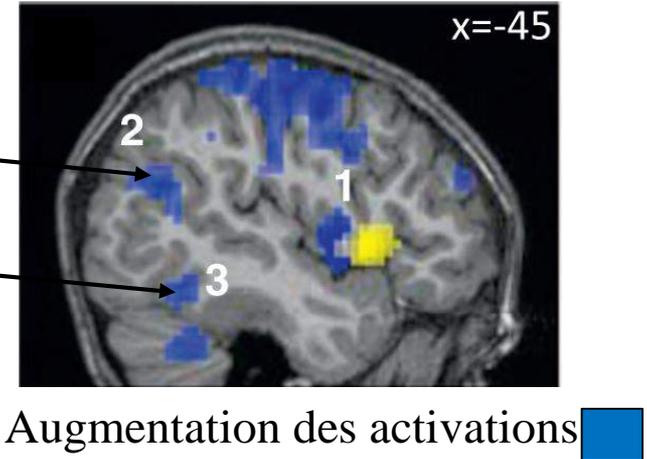
## Effets de l'âge (9 ans vs. 6 ans)



Accélération des réponses cérébrales

Représentations phonologiques

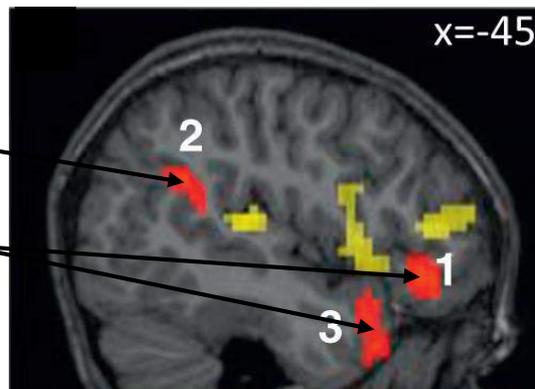
Représentations orthographiques



## Effets de la lecture chez les 6 ans

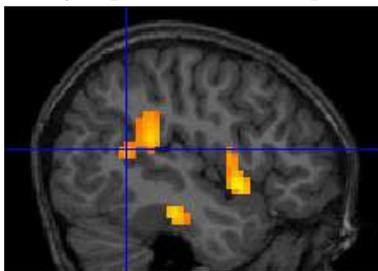
Représentations phonologiques

Régions d'intégration

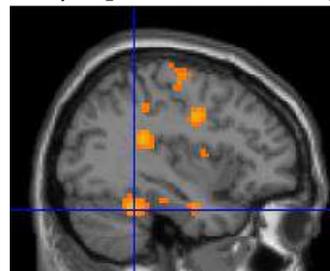


# Amélioration de la compréhension (des phrases dans le bruit de l'IRM)

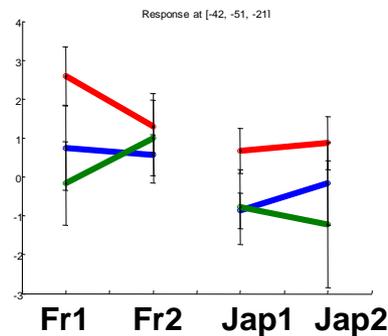
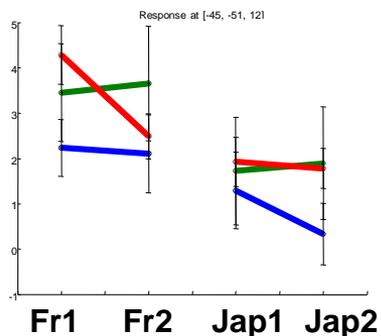
1) : [-45, -51, 12]



2): [- 42, -51, -21]

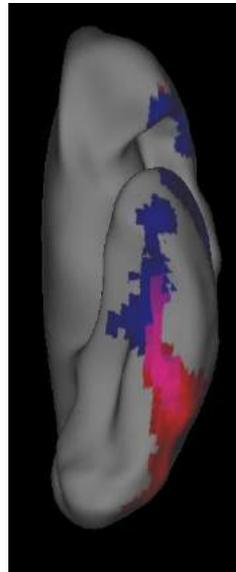
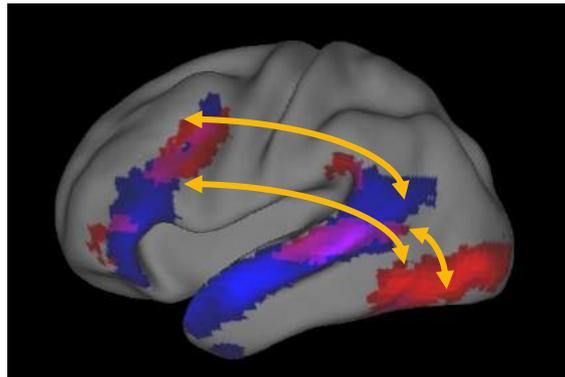


6 ans {  
 10 ans ————  
 CP ————  
 Non lecteurs ————

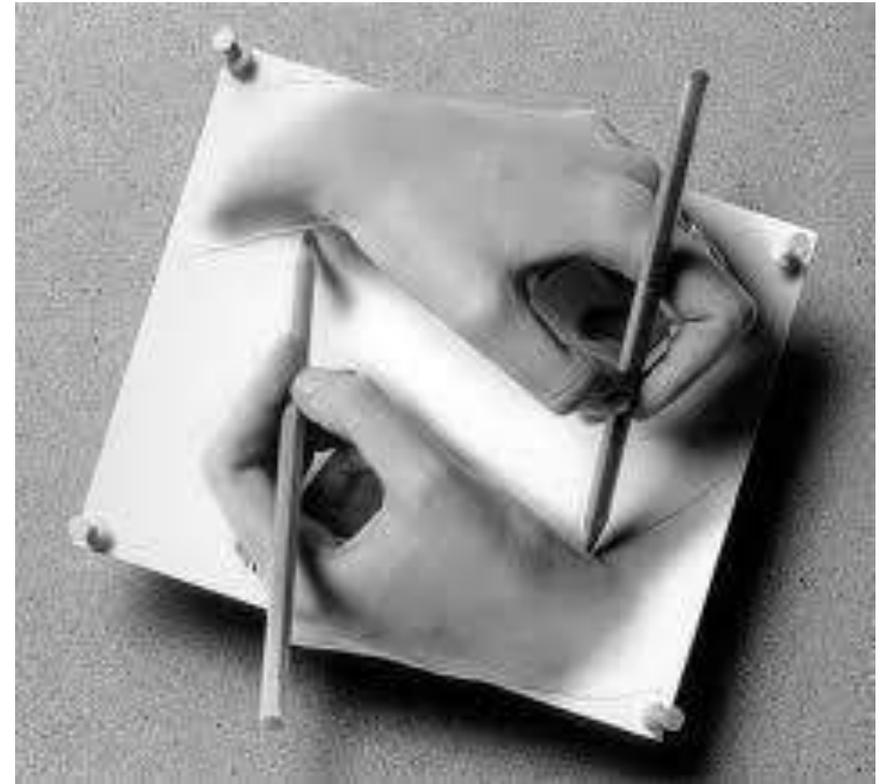


- Activation plus forte pour la langue maternelle chez tous
- Pas d'effet de répétition de la phrase chez les 6 ans
- Plus d'activations pour la 1<sup>ère</sup> présentation de la phrase en français (Fr1) chez les lecteurs par rapport aux non-lecteurs
- Activation de la VWFA area uniquement chez les lecteurs les plus experts

# Les circuits du langage oral et écrit chez des enfants de 10 ans



-  Langage écrit
-  Langage oral
-  Aires communes

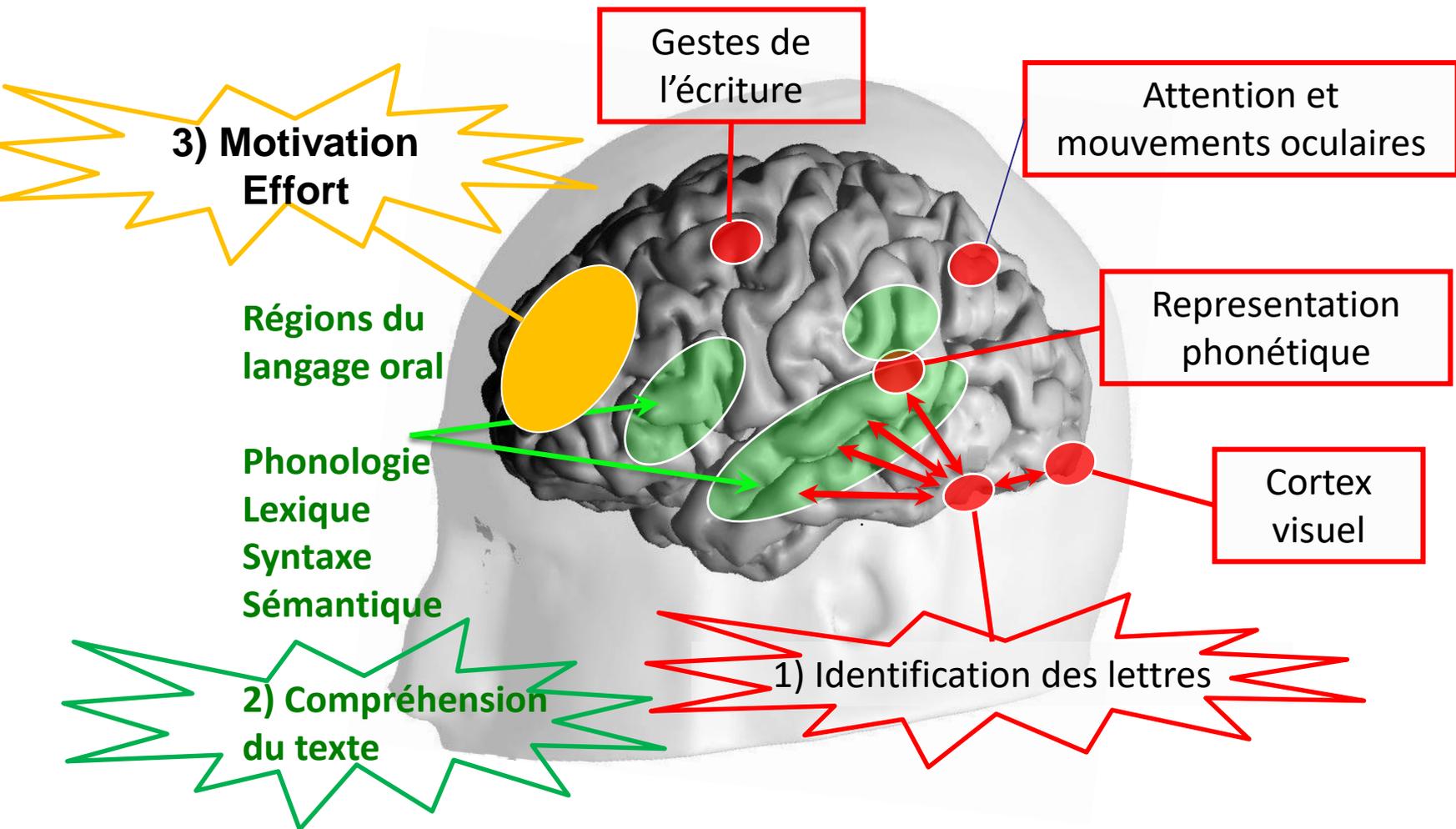


Interactions constantes entre maturation et éducation

Le cerveau se transforme lui-même s'affine

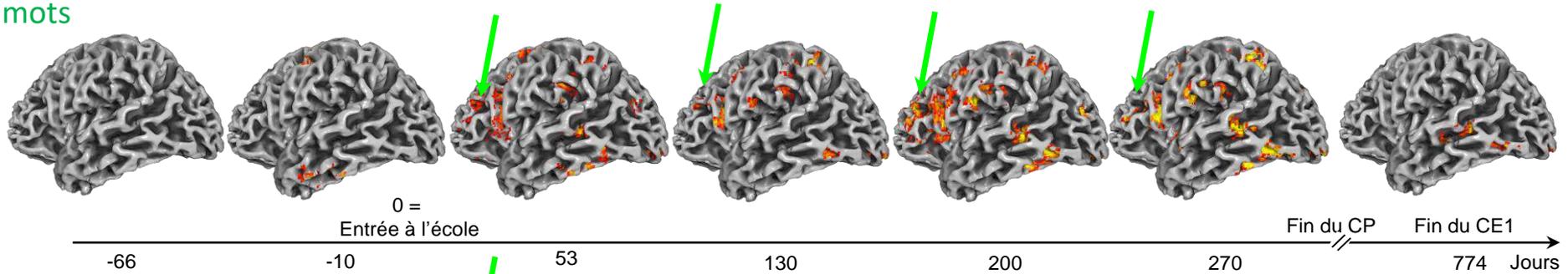
Et utilise toutes les ressources à sa disposition

# Lire est une activité cérébrale qui met en jeu de nombreuses régions qui doivent communiquer entre elles

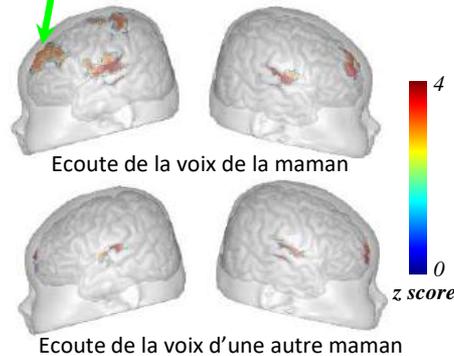


# Effort, motivation, émotions

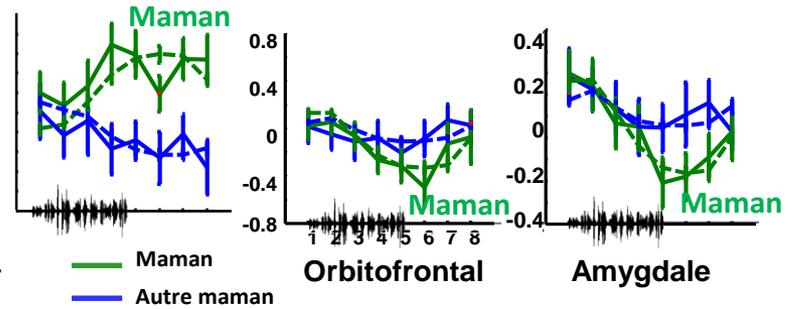
mots



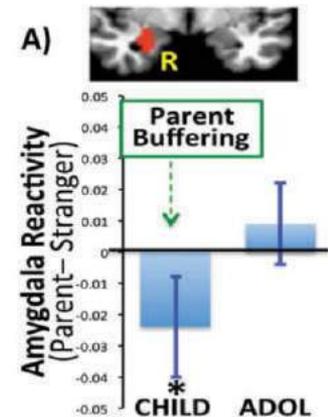
Medial prefrontal  
Self/familiarité



Orbito-frontal  
assignement de valeur



Diminution de l'activité dans  
l'amygdale par la vue d'une  
personne familière  
(Gee et al, J of NS, 2013)





Clairvoyance Magritte