

# Mécanismes cérébraux de la lecture

Stanislas Dehaene  
Chaire de Psychologie Cognitive Expérimentale

Second Cours

Vers une physiologie de la lecture

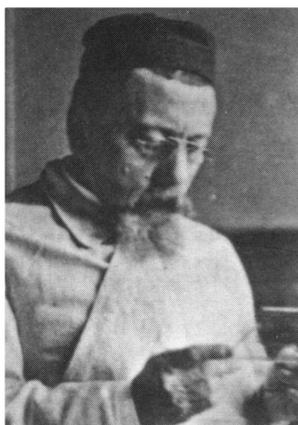
# Résumé du premier cours et plan du second cours

- La lecture est une invention culturelle qui « recycle » une partie de notre système visuel afin d'accéder aux représentations linguistiques par le biais de notre vision
- Les contraintes imposées par notre système visuel sont considérables:
  - nous devons sans cesse déplacer le regard sur la page
  - nous n'acquérons d'informations que sur une dizaine de lettres à chaque fixation
  - nous ne recevons du stimulus « montant » que des informations statistiques partielles, auxquelles notre système visuel ajoute des informations « descendantes » issues des statistiques de notre langue à de nombreux niveaux (bigrammes, syllabes, mots...)
- Aujourd'hui:
  - **Quelle région cérébrale** est responsable de l'identification visuelle des mots?
  - Comment l'**invariance perceptive** est-elle atteinte?

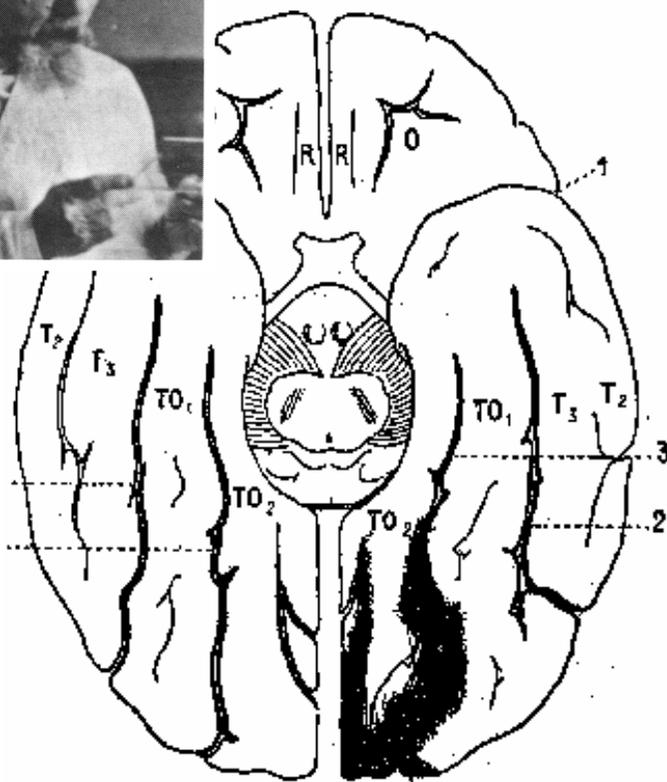
# La découverte d'une spécialisation cérébrale pour la lecture

Nous sommes absurdement accoutumés au miracle de quelques signes écrits capables de contenir une imagerie immortelle, des tours de pensée, des mondes nouveaux avec des personnes vivantes qui parlent, pleurent, rient. (...) Et si un jour nous allions nous réveiller, tous autant que nous sommes, et nous trouver dans l'impossibilité absolue de lire ?

Vladimir Nabokov, *Feu Pâle*



Déjerine, 1892



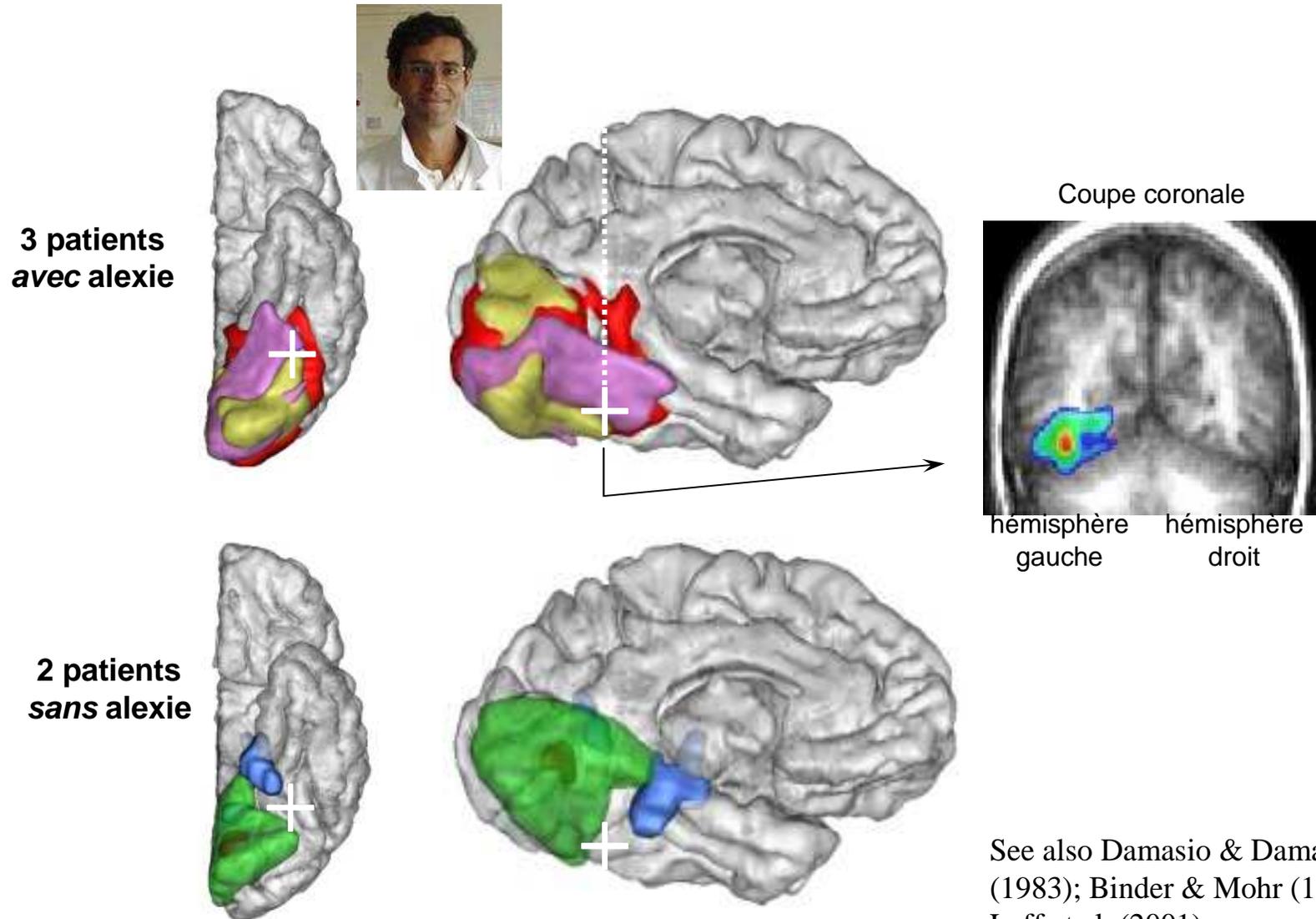
En October 1888, Monsieur C., négociant retraité, se rend soudainement compte qu'il ne parvient plus à lire un seul mot.

## L'alexie pure

- L'identification des mots écrits est difficile ou impossible
- La dénomination des objets et la reconnaissance des visages peuvent être préservés
- La perception et la production de la parole, et même l'écriture, sont intactes

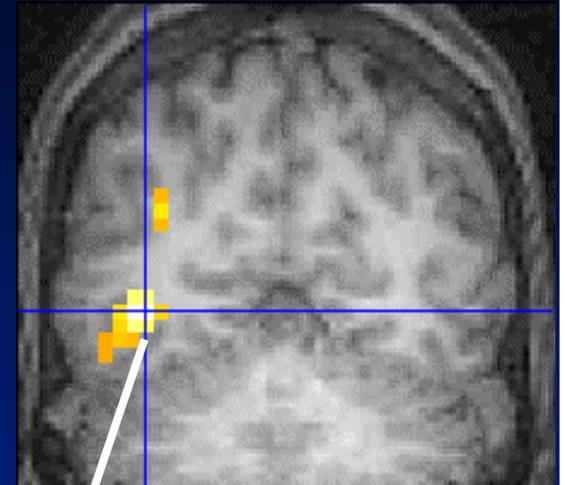
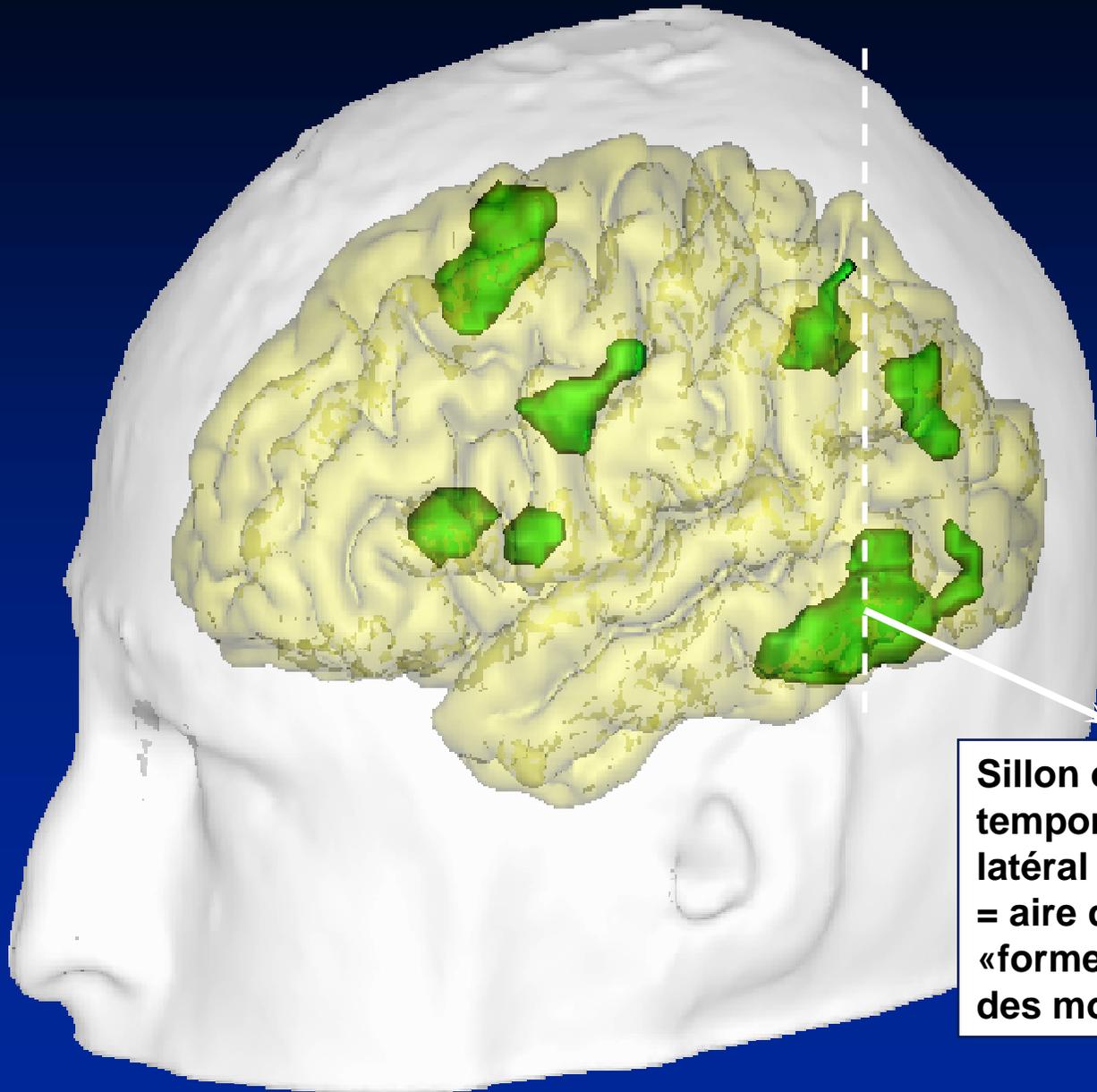
# Le site anatomique des lésions dans l'alexie pure: La région occipito-temporale ventrale gauche

Laurent Cohen et al, 2003

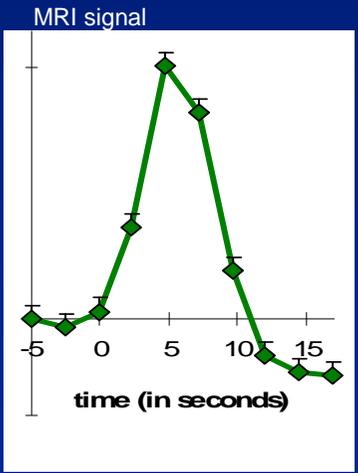


See also Damasio & Damasio (1983); Binder & Mohr (1992); Leff et al. (2001)

# L'IRM fonctionnelle de la lecture pointe vers une région similaire

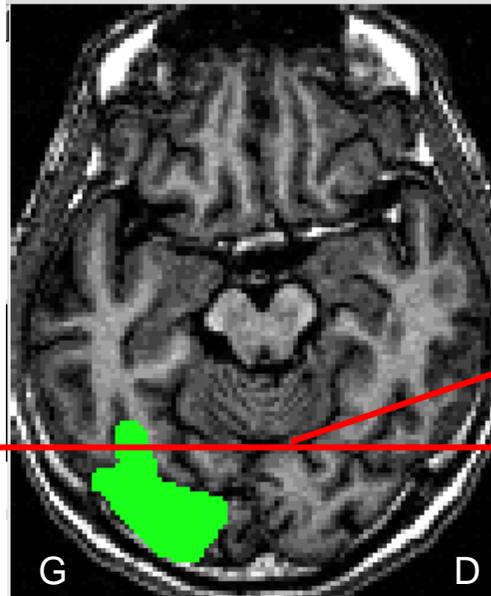


**Sillon occipito-temporal latéral gauche = aire de la «forme visuelle des mots»**

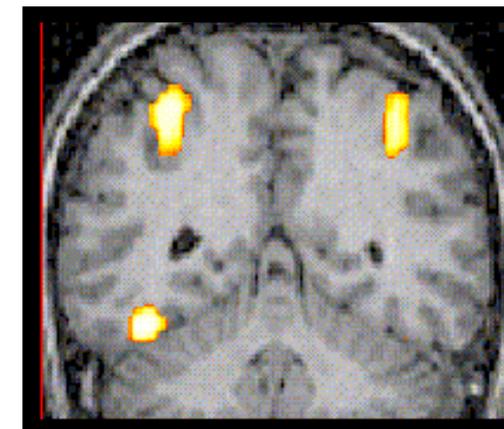
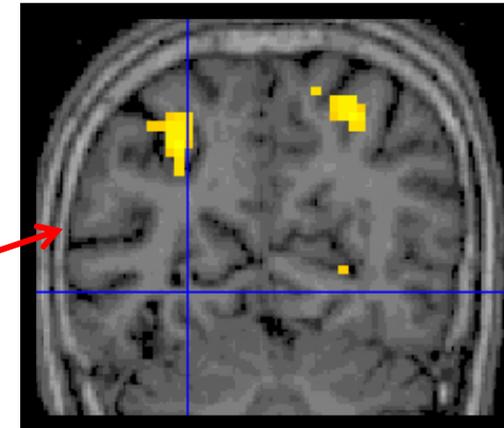


# Cette région cesse d'être activée dans l'alexie pure

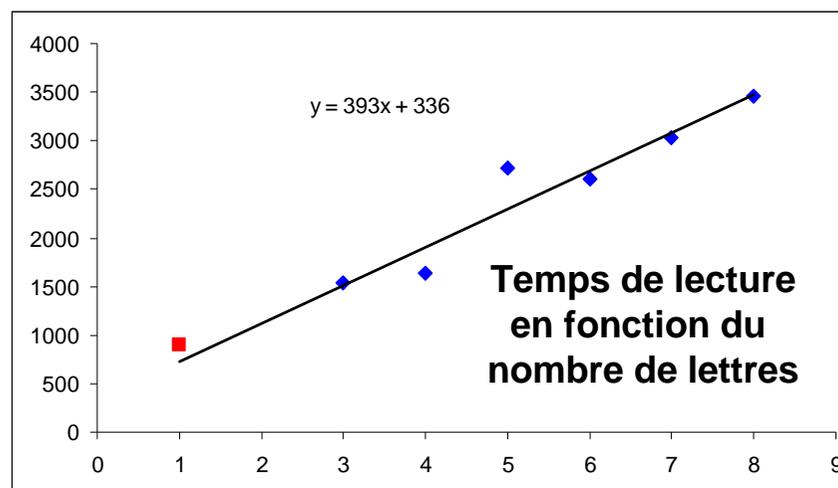
Cohen et al, 2002



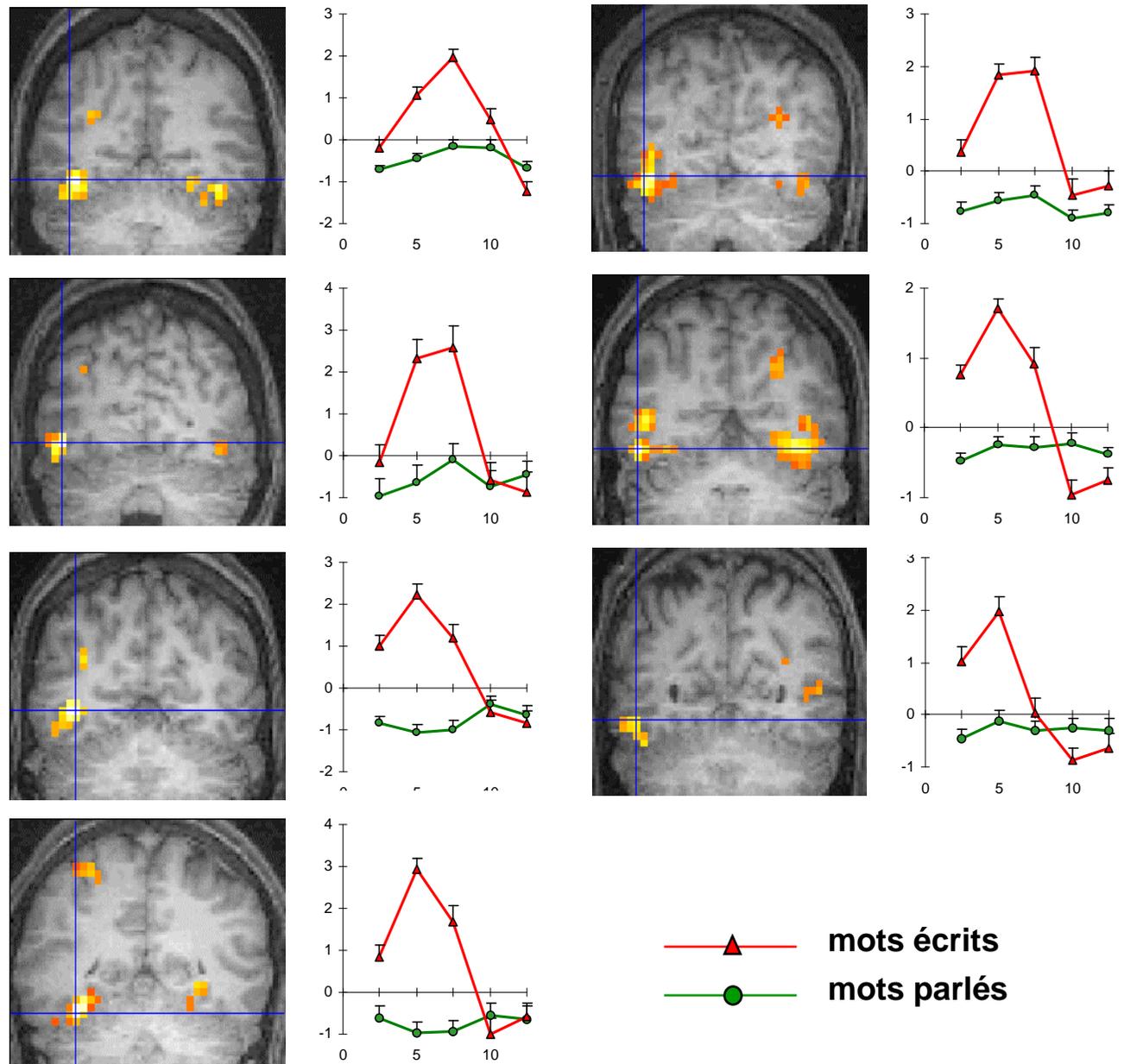
Lecture chez le patient



Sujet normal



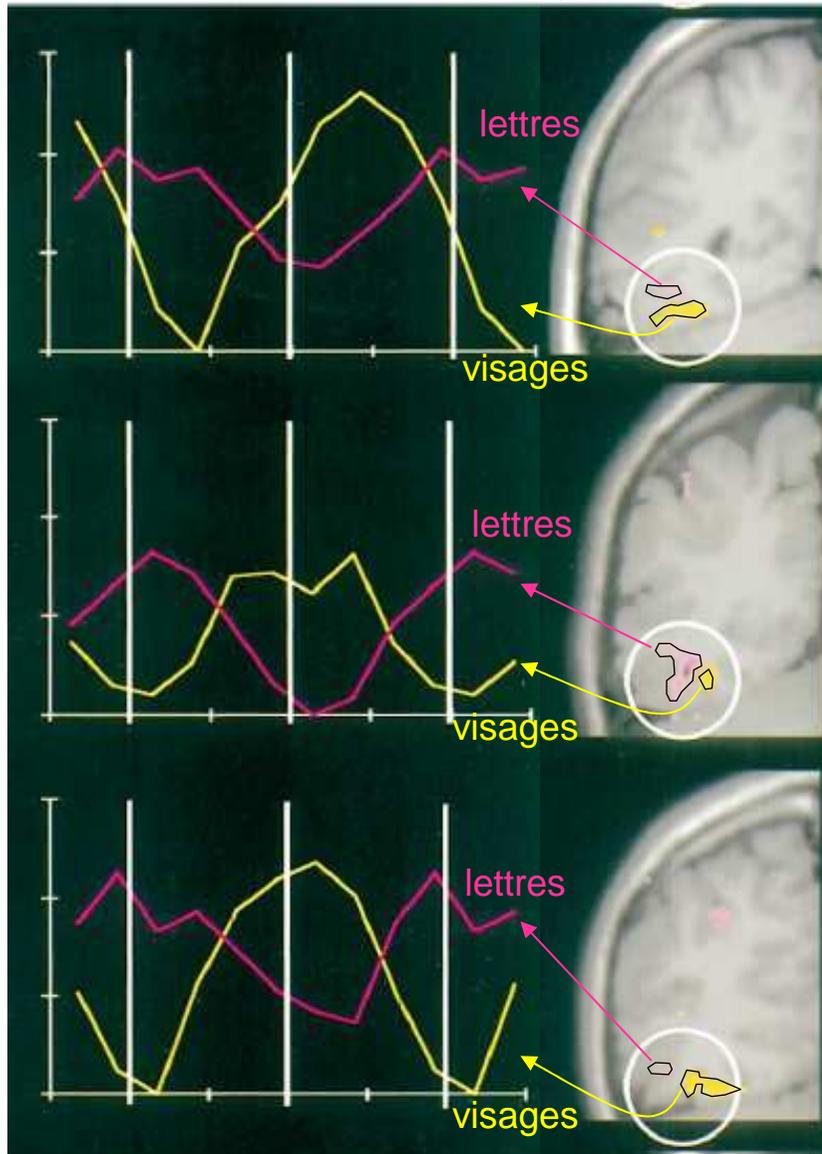
# L'aire de la forme visuelle des mots se retrouve chez tous les bons lecteurs



(Dehaene, Leclech, et al., 2002)

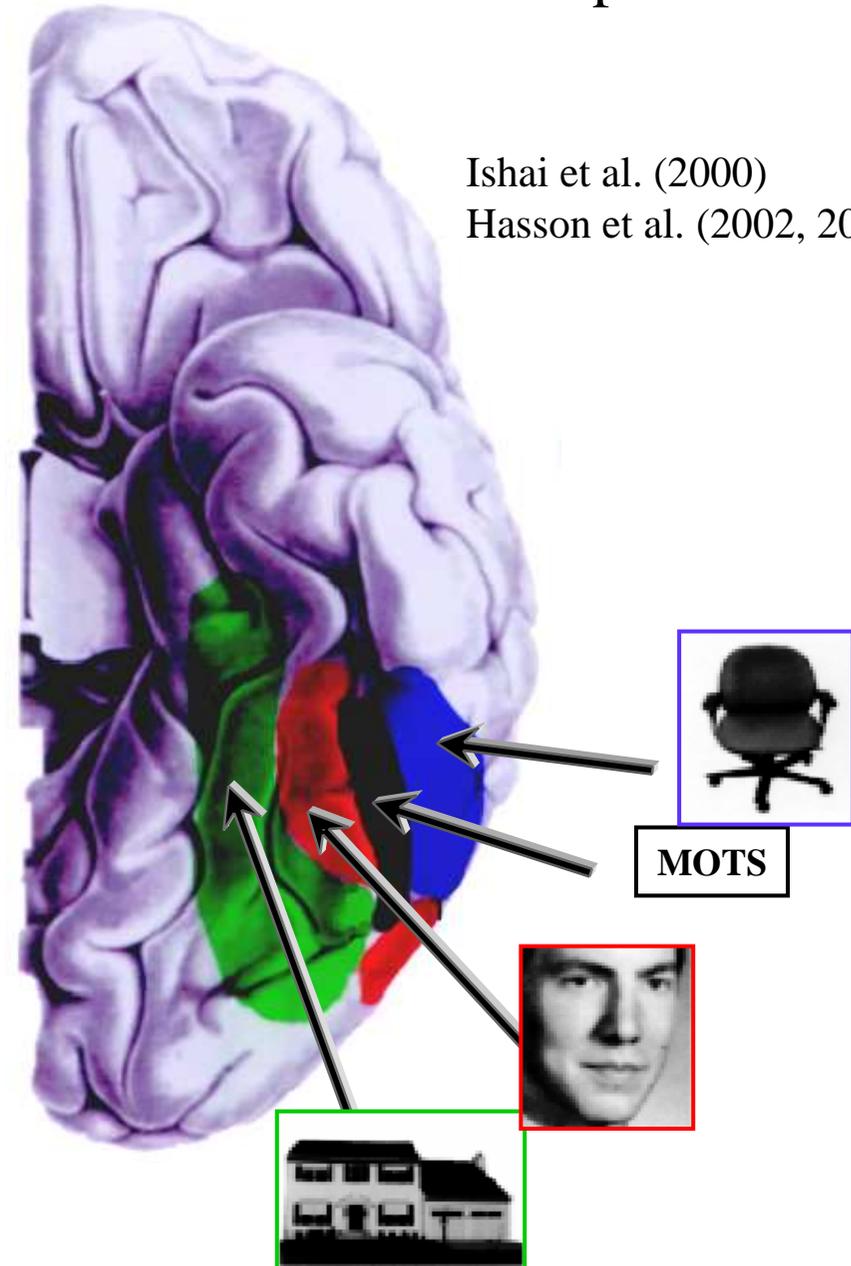
# La lecture fait appel à une région bien précise au sein de la mosaïque de régions spécialisées du cortex temporal ventral

Puce, Allison et al (1996)

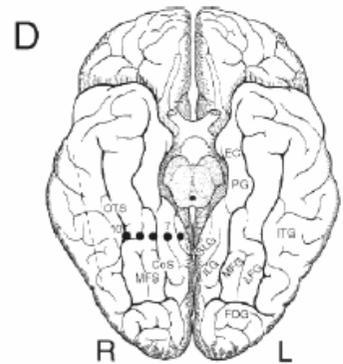
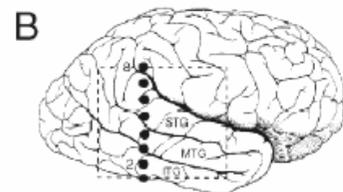
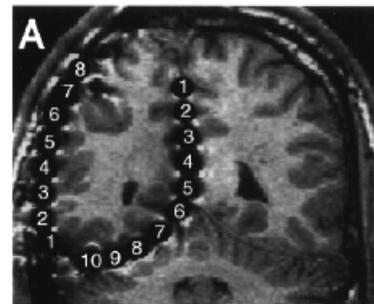


Ishai et al. (2000)

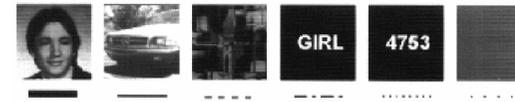
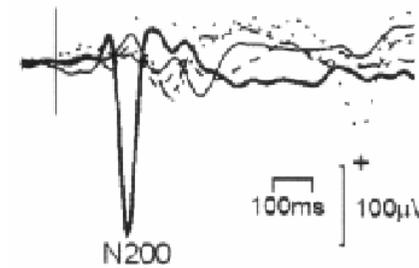
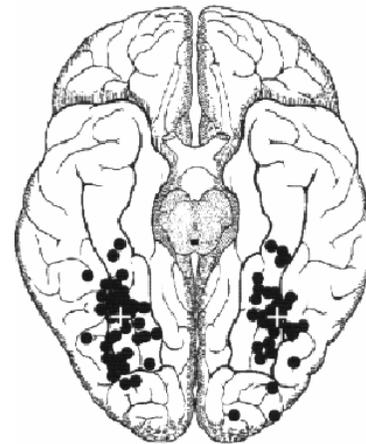
Hasson et al. (2002, 2003)



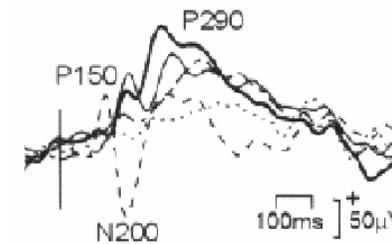
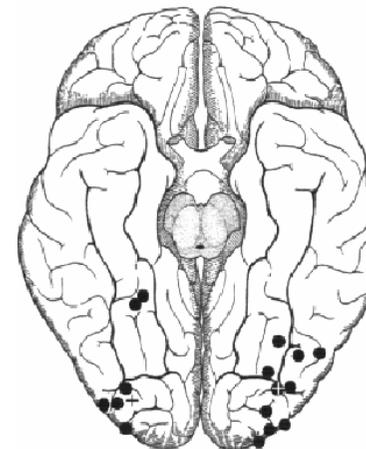
# L'électrophysiologie intracrânienne confirme l'existence d'une mosaïque de micro-régions spécialisées, et donne une estimation de leur latence d'activation



Vue de dessous visages



mots



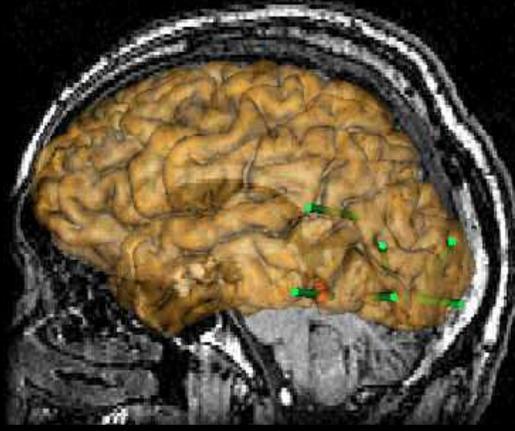
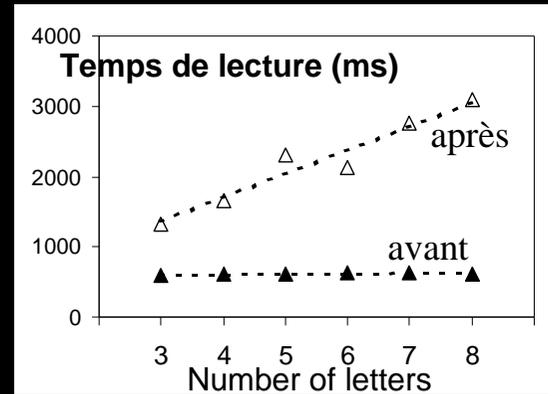
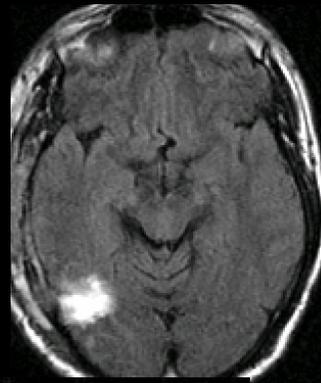
Hémisphère droit Hémisphère gauche

Puce et al. (1996)

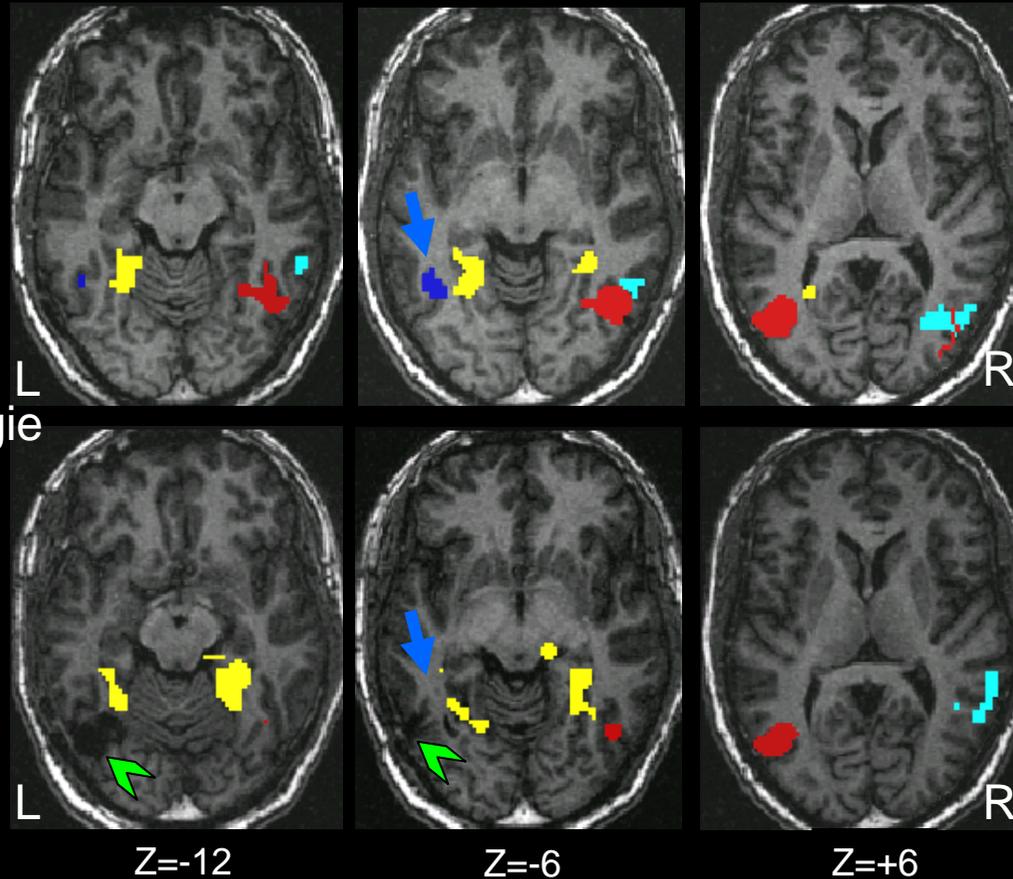
# Rôle causal de la région occipito-temporale dans la lecture

Gaillard et al., *Neuron*, 2006

Petite lésion chirurgicale occipito-temporale gauche



Après chirurgie



- Maisons
- Visages
- Mots
- Outils
- Contrôle = images mélangées
- lésion

Le déroulement temporel de la lecture peut être visualisé par l'électro- et la magnéto-encéphalographie



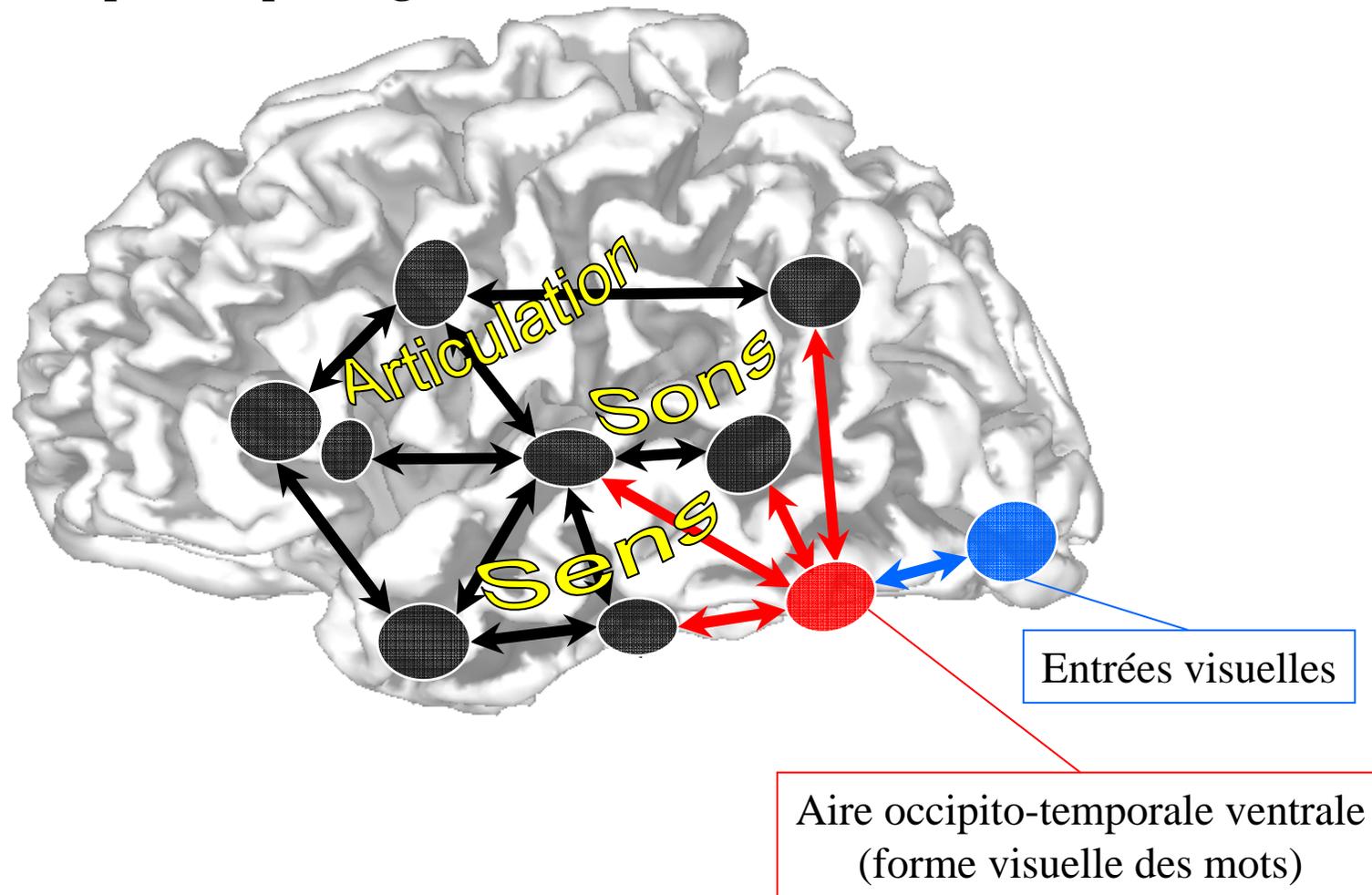
0 ms

## Résumé: le rôle schématique de l'aire de la forme visuelle des mots

Apprendre à lire consiste à

- créer une **représentation visuelle invariante** des mots écrits
- la mettre en connexion avec les aires cérébrales codant pour les **sons** et les **sens**

**La région occipito-temporale gauche semble servir de « voie d'entrée » visuelle de la lecture**



# Quelques problèmes que notre système visuel résout lorsqu'il identifie un mot

1. Reconnaissance invariante pour la position, la taille, et la casse:

deux quatre six huit

2. Amplification de différences petites mais pertinentes: deux doux

3. Sensibilité à l'agencement des composants:

TREFLE

REFLET

4. Variabilité culturelle des formes de surface:

מברג

屋顶

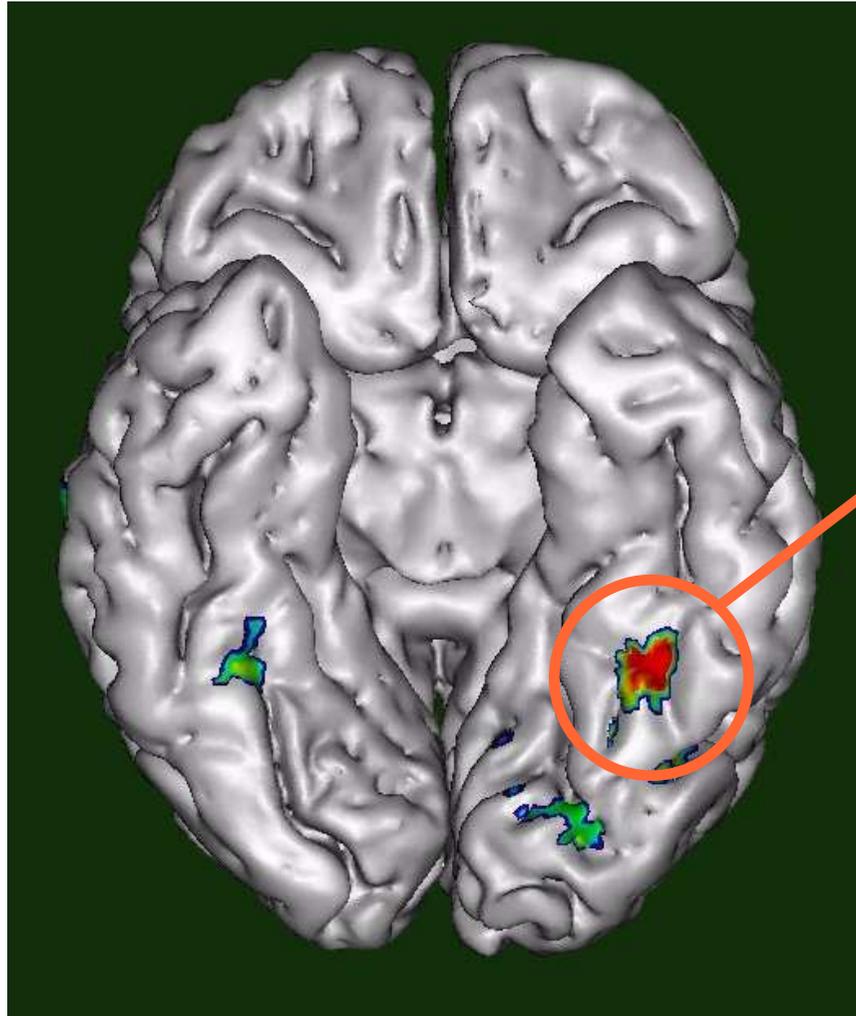


5. Apprentissage de régularités orthographiques:

qhgks collège

# Invariance pour la position

La région occipito-temporale ventrale gauche est la première à répondre de façon invariante, quelle que soit la position des mots.



Intersection des activations  
évoquées par des mots  
situés à droite ou à gauche  
de la fixation

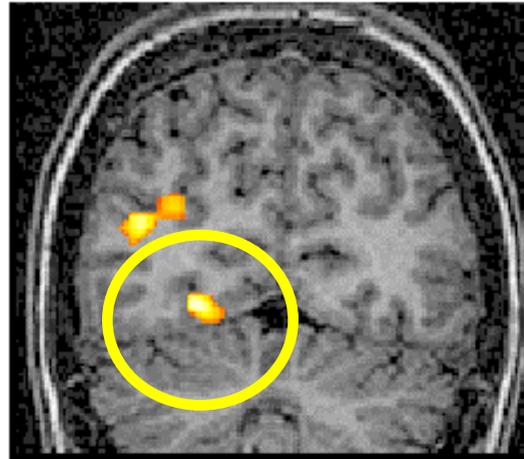
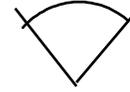
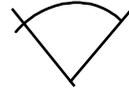
+ TABLE

TABLE +

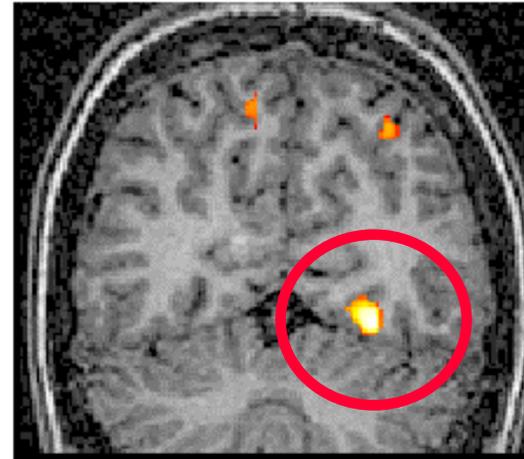
Left  
words



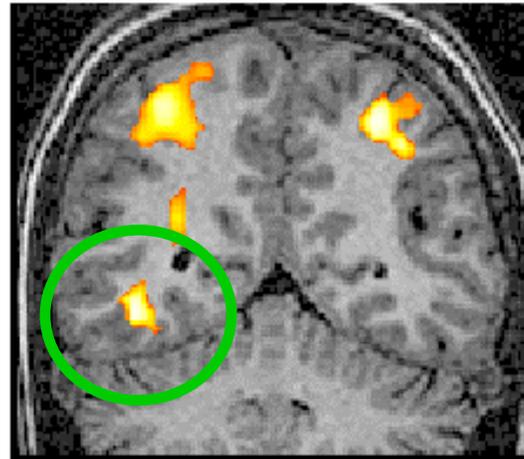
Right  
words



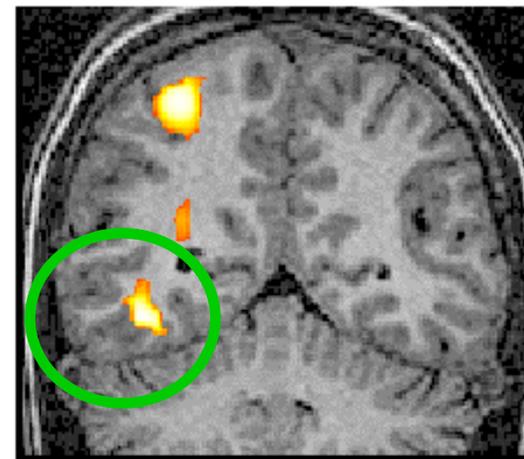
30, -69, -12 (Z=7.99)



-21, -72, -6 (Z=6.79)



-42, -54, -6 (Z=7.52)



-39, -57, -9 (Z=7.46)

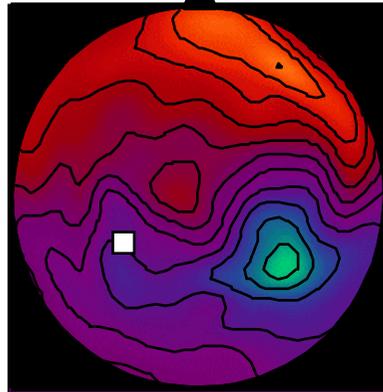
Cohen, Dehaene et al. *Brain* (2000)

# La voie visuelle ventrale collecte les informations sur l'identité du mot en moins de 200 millisecondes

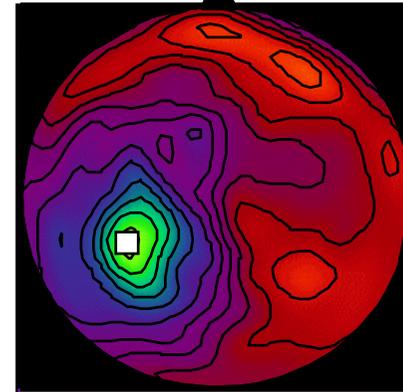
Mot à gauche

Mot à droite

Négativité  
controlatérale  
150 ms

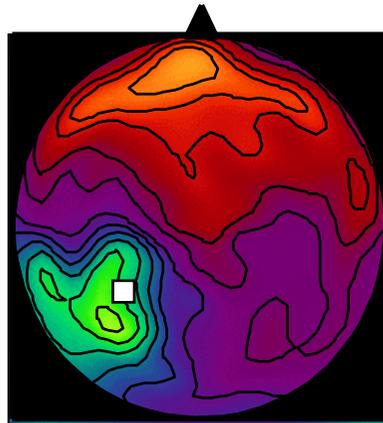


168 ms

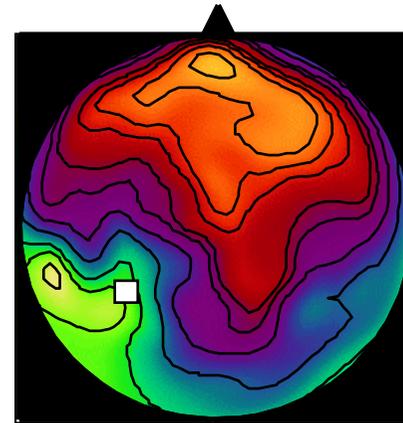


152 ms

Négativité  
à gauche  
seulement  
200 ms

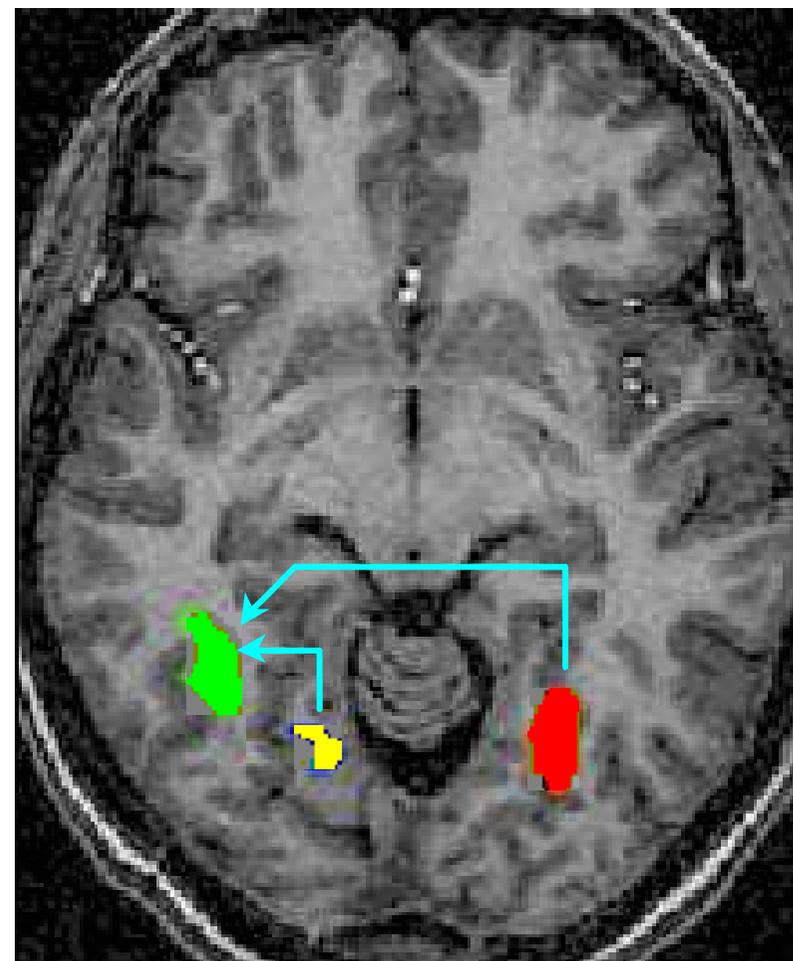
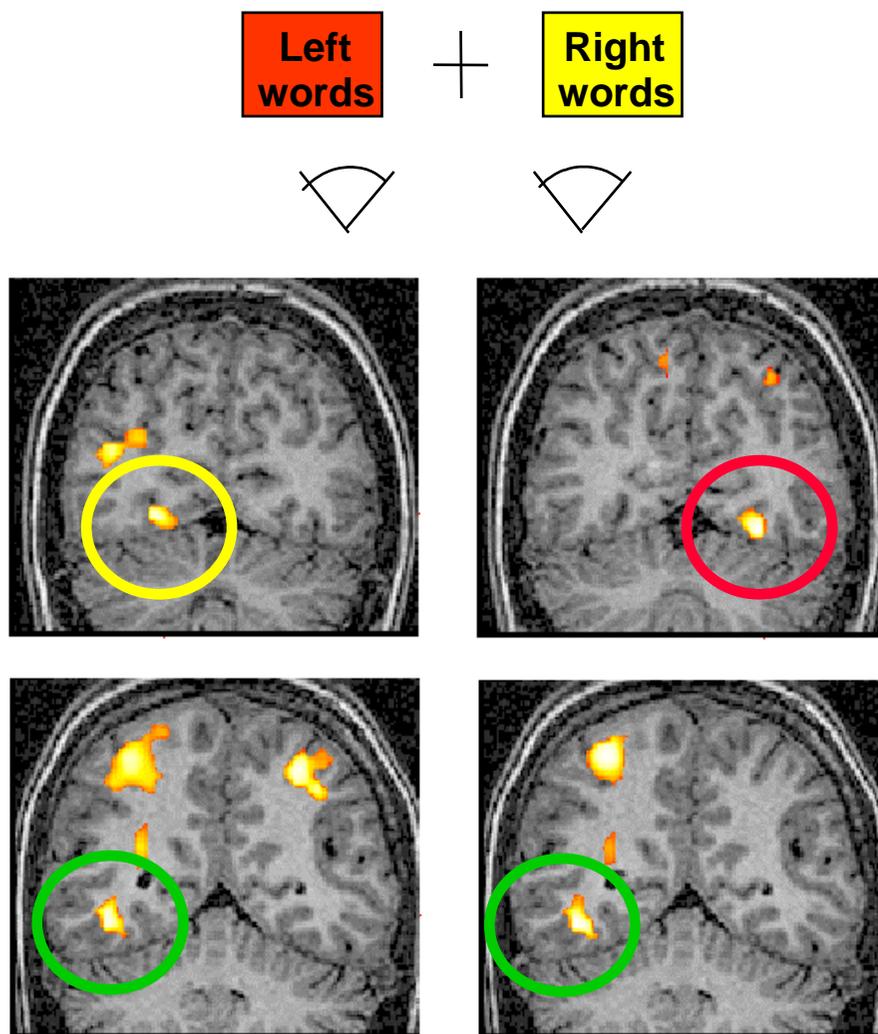


200 ms



184 ms

# L'invariance spatiale nécessite une transmission des informations visuelles par le corps calleux



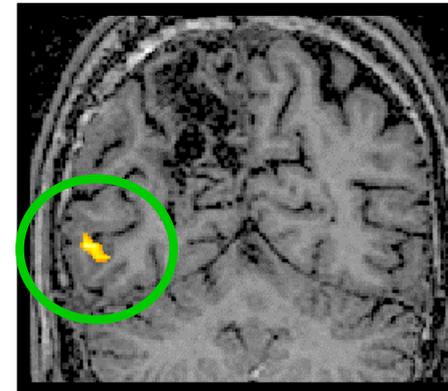
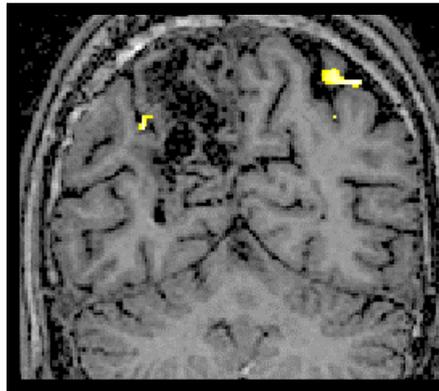


# Lésions du corps calleux absence d'activation de la région occipito-temporal gauche

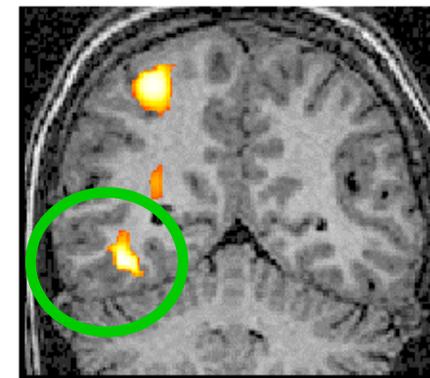
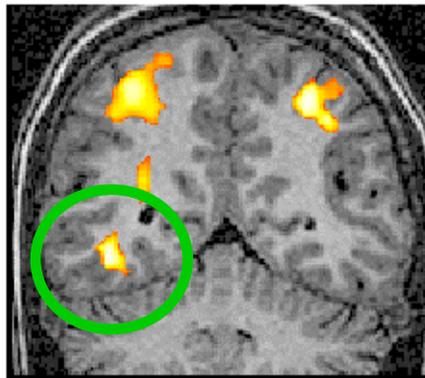
Mots à gauche

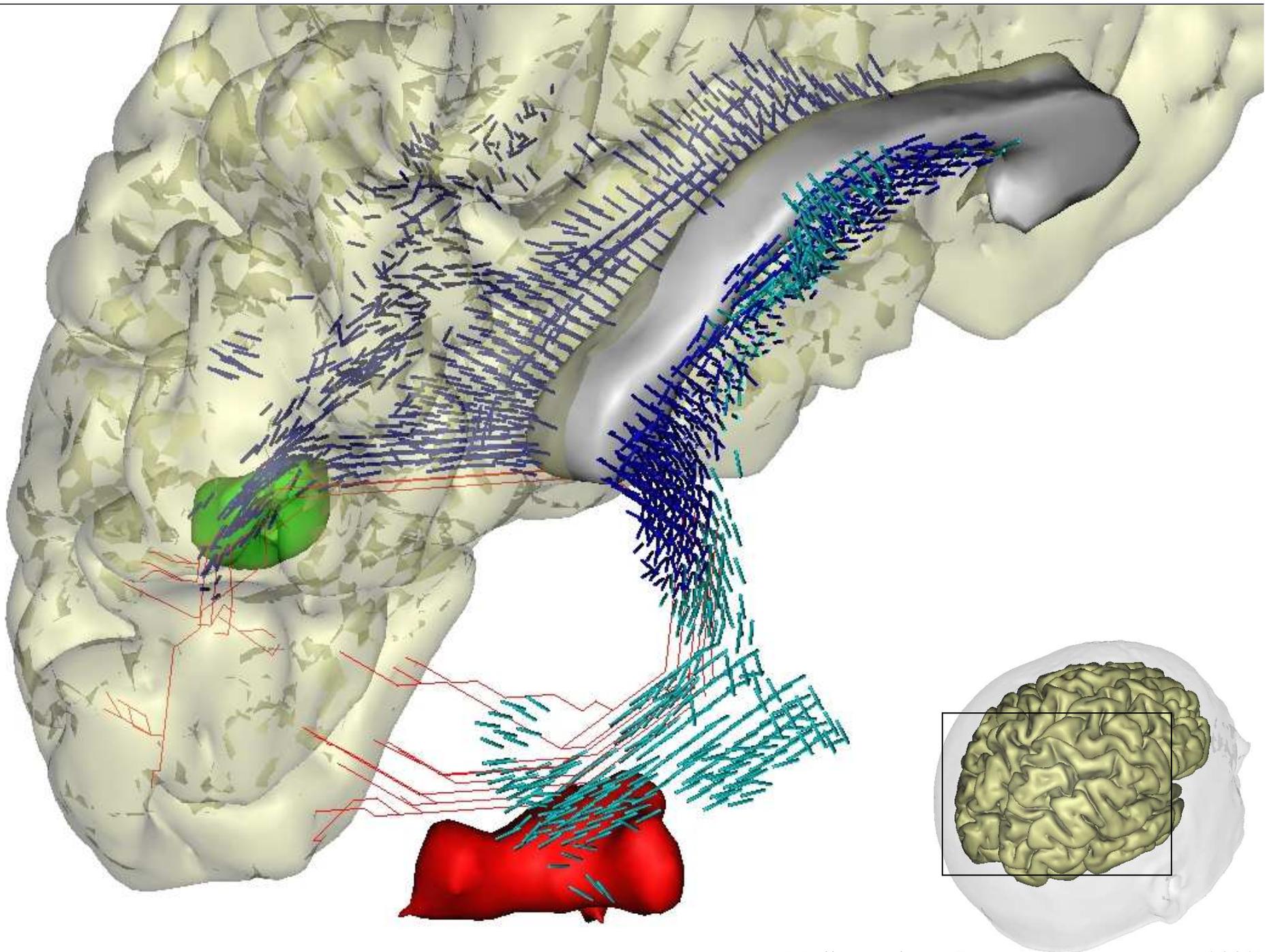
Mots à droite

**Patient AC**

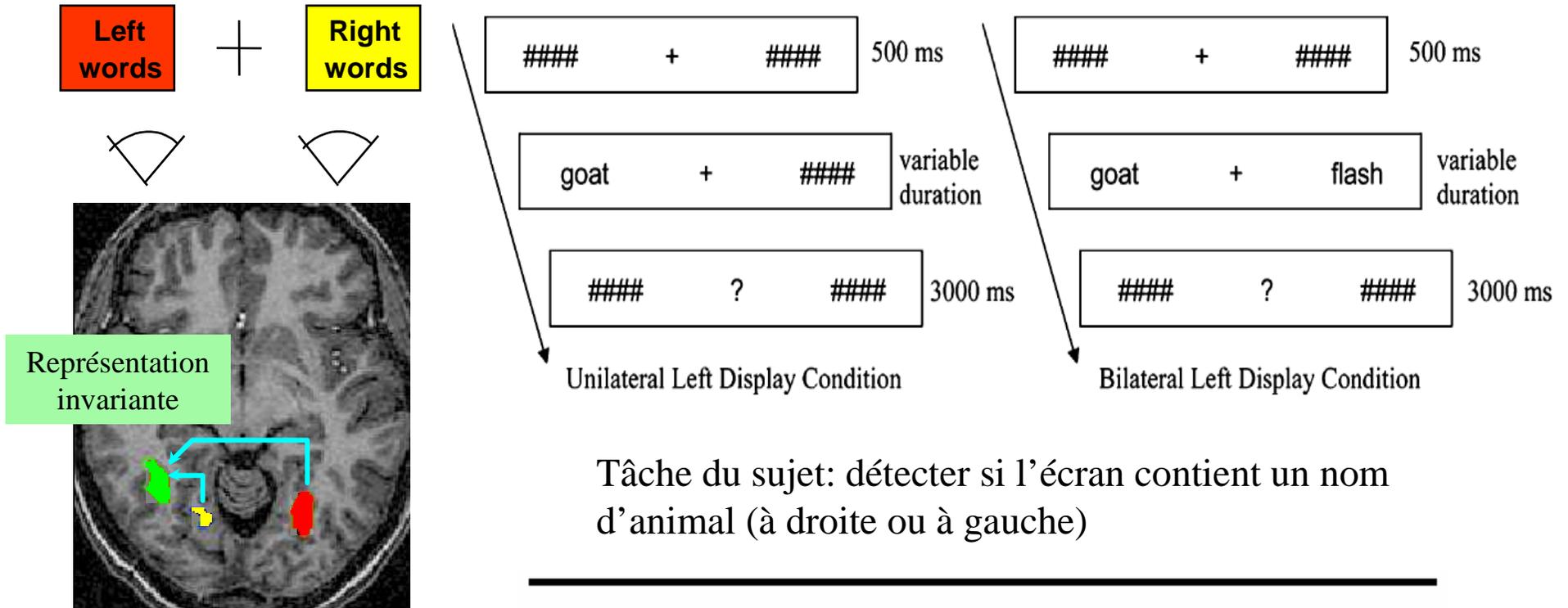


**5 contrôles**



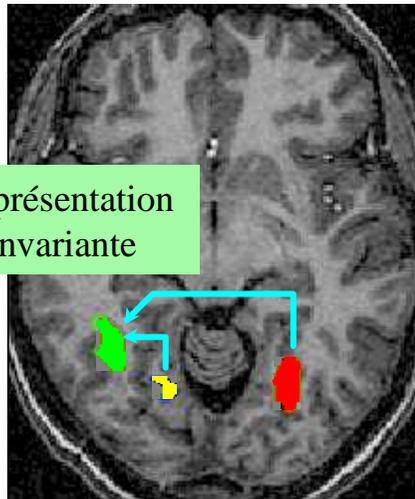
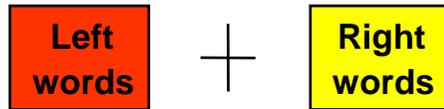


# Confirmation par le comportement: Les mots présentés du côté droit ont un accès privilégié

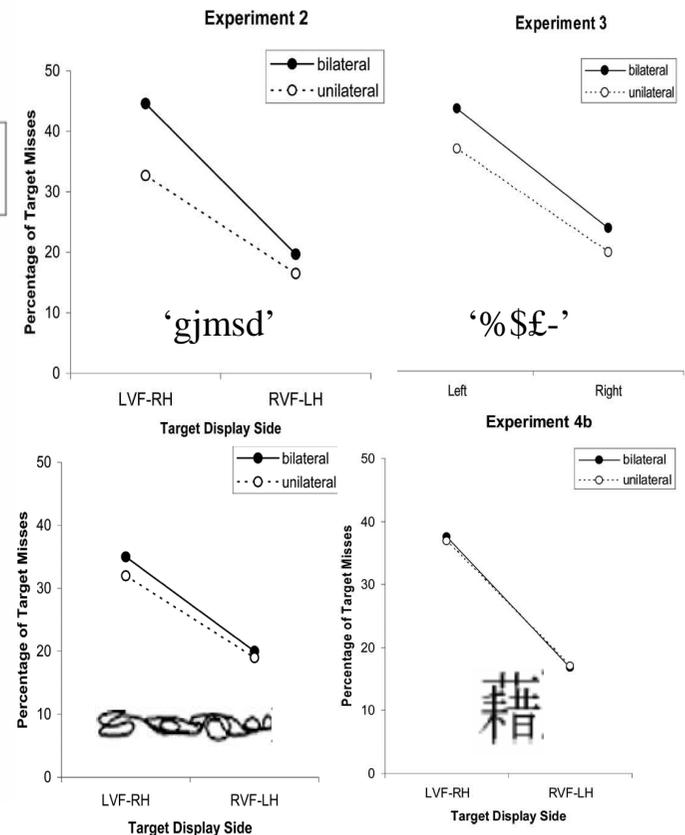
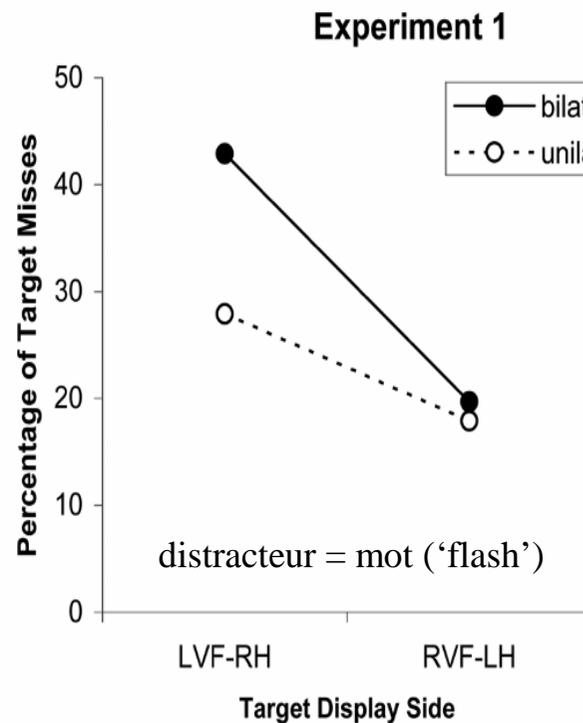


| <i>Display condition</i> | <i>Target (yes) trials</i> |   |       | <i>Foil (no) trials</i> |   |       |
|--------------------------|----------------------------|---|-------|-------------------------|---|-------|
| <i>Unilateral left</i>   | goat                       | + | ####  | boat                    | + | ####  |
| <i>Unilateral right</i>  | ####                       | + | goat  | ####                    | + | boat  |
| <i>Bilateral left</i>    | goat                       | + | flash | boat                    | + | flash |
| <i>Bilateral right</i>   | flash                      | + | goat  | flash                   | + | boat  |

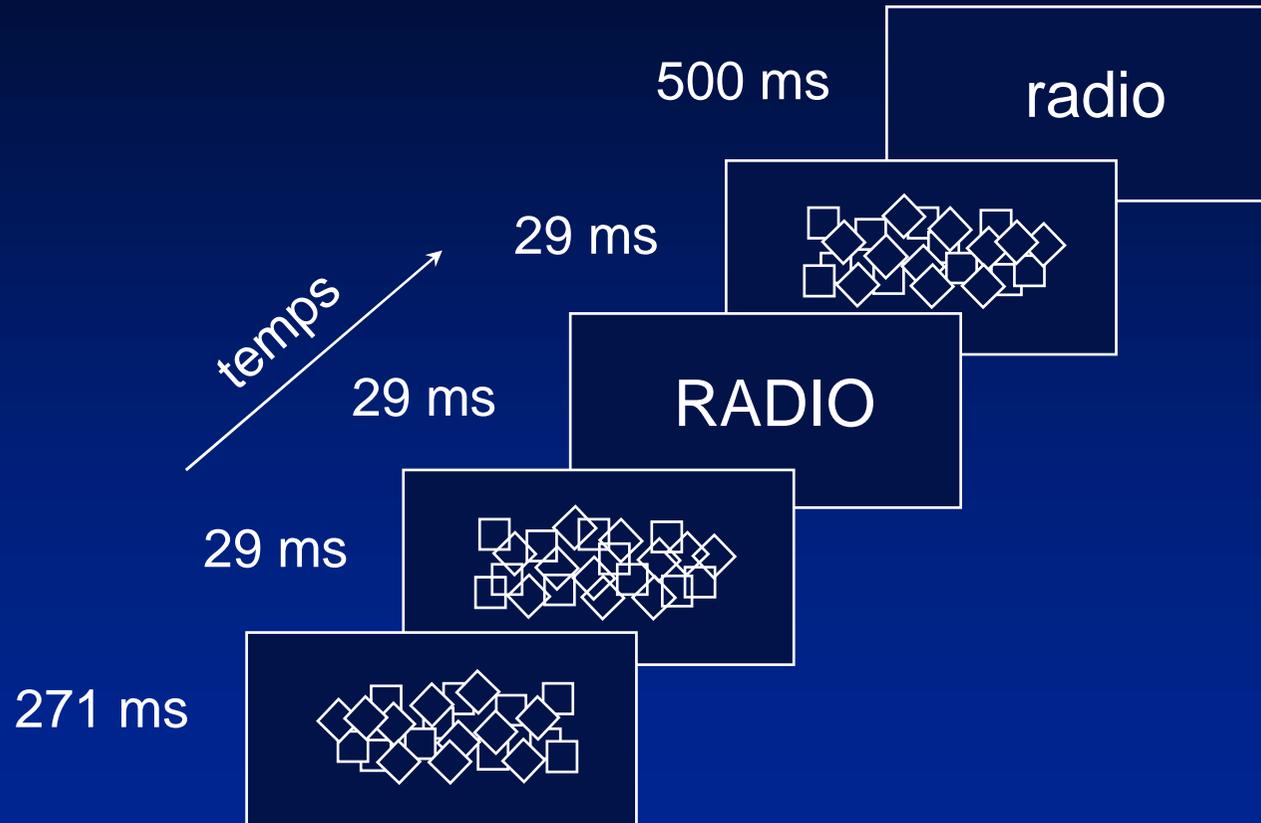
# Confirmation par le comportement: Les mots présentés du côté droit ont un accès privilégié



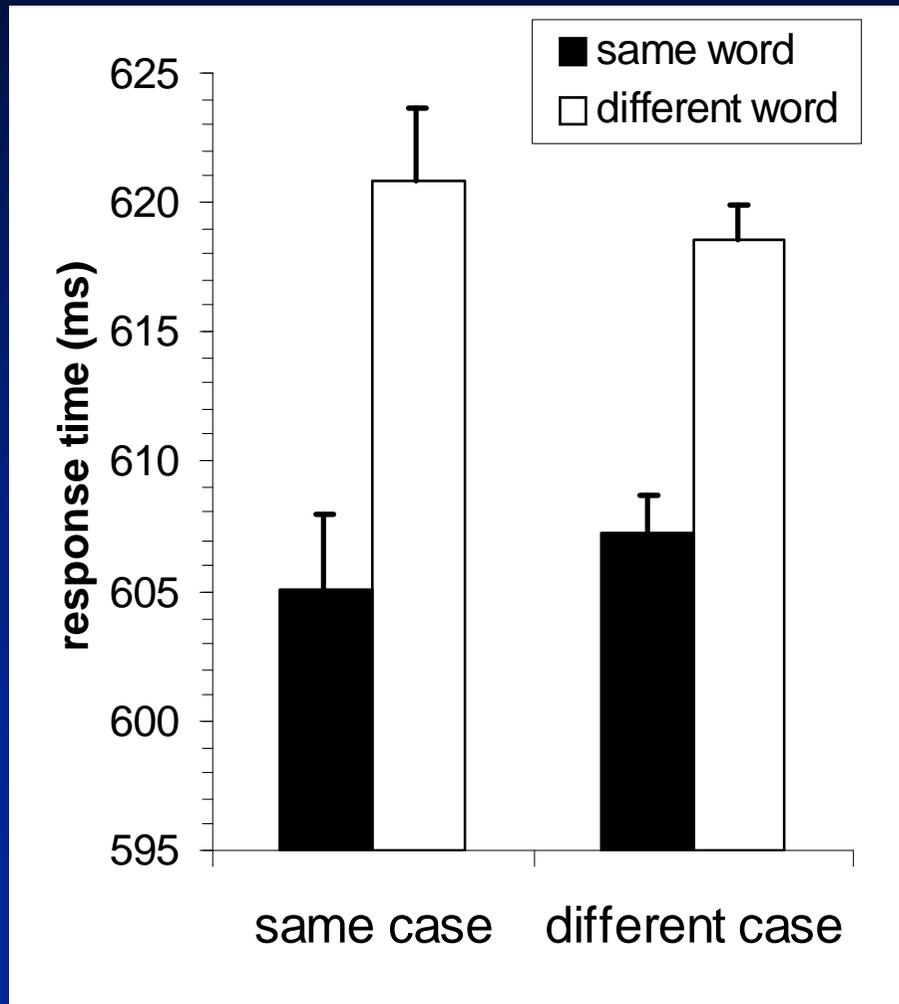
| Display condition | Target (yes) trials |   |       | Foil (no) trials |   |       |
|-------------------|---------------------|---|-------|------------------|---|-------|
| Unilateral left   | goat                | + | ####  | boat             | + | ####  |
| Unilateral right  | ####                | + | goat  | ####             | + | boat  |
| Bilateral left    | goat                | + | flash | boat             | + | flash |
| Bilateral right   | flash               | + | goat  | flash            | + | boat  |



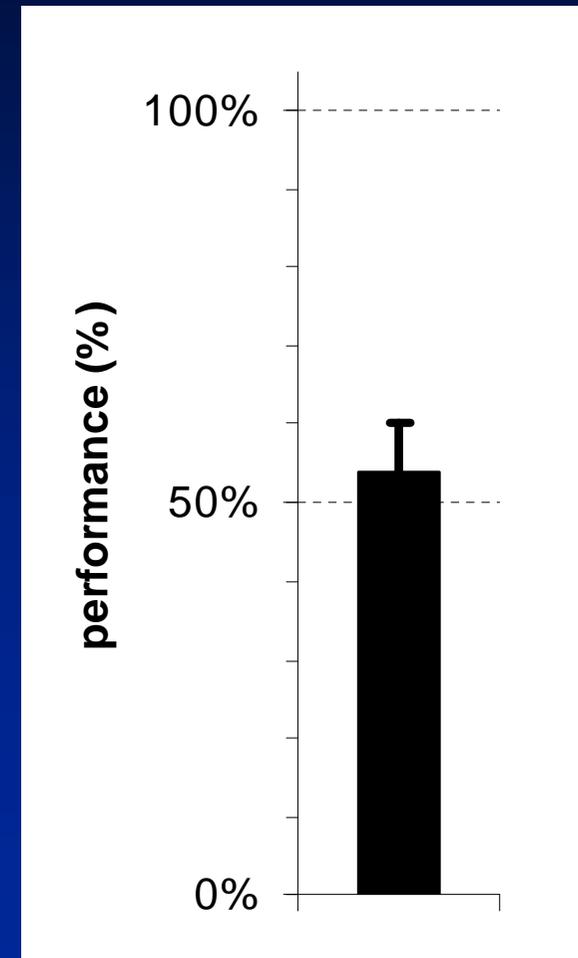
# Invariance pour la « casse » (majuscules/minuscules): Méthode d' « amorçage subliminal »

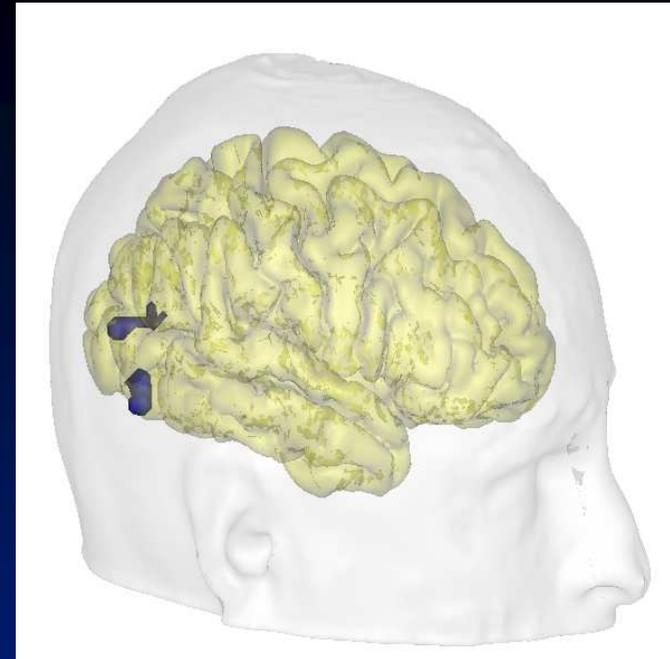
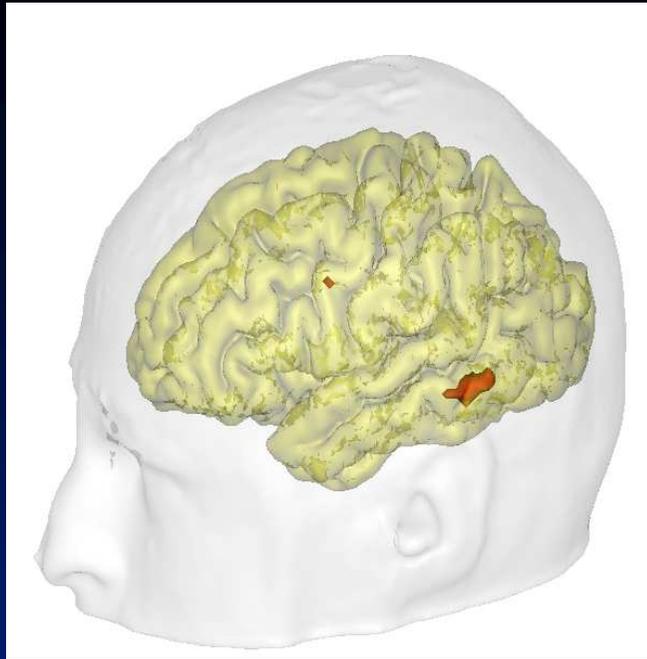


## Effet d'amorçage inconscient indépendant de la casse

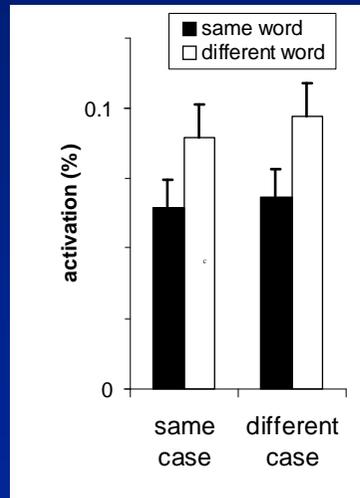
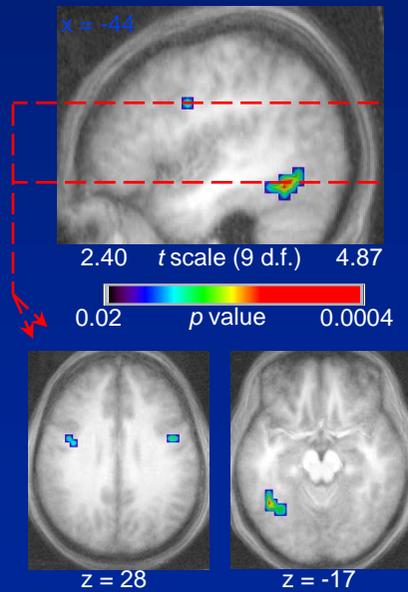


## La reconnaissance consciente des mots masqués est impossible



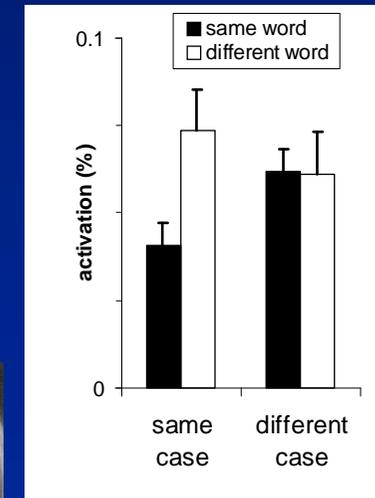
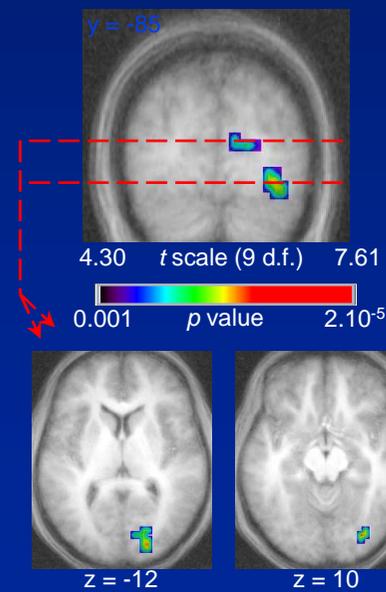


### Amorçage indépendant de de la casse



left fusiform  
(-44, -52, -20)

### Effet de répétition physique



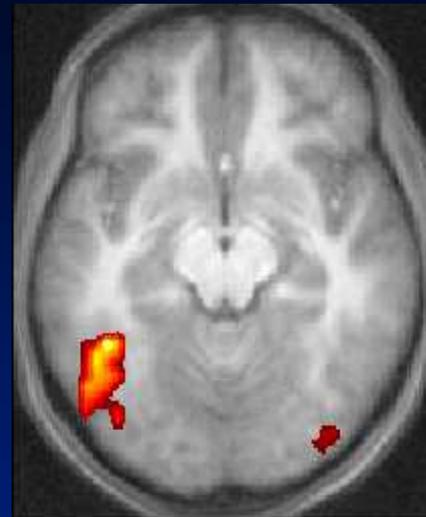
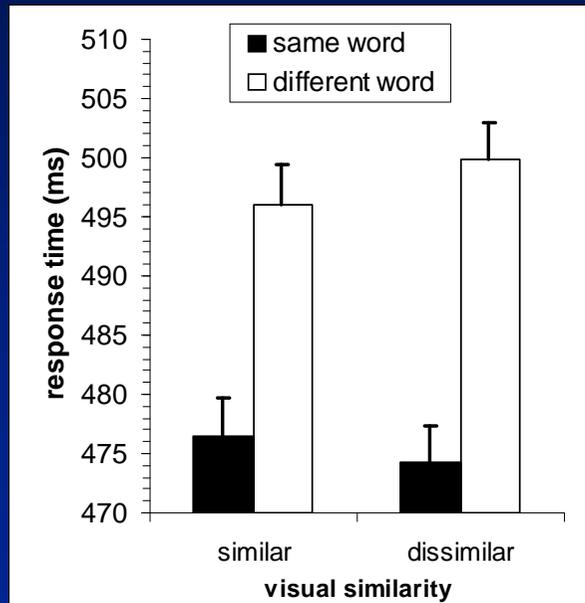
right extrastriate  
(32, -80, -16)

## L'amorçage pourrait-il être dû à la similarité? (RADIO/radio)

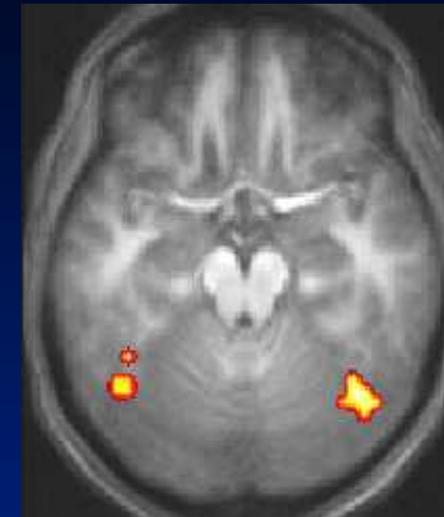
|                 | Formes similaires<br>(Cc, Ff, Kk, Oo, Pp, Uu, Vv) | Formes arbitraires<br>(Aa, Ee, Gg, Rr, Tt) |
|-----------------|---|--|
| Même mot        | COUP-coup   | RAGE-rage                                  |
| Mots différents | COUP-rage   | RAGE-coup                                  |

# Effet d'amorçage indépendant de la similarité visuelle

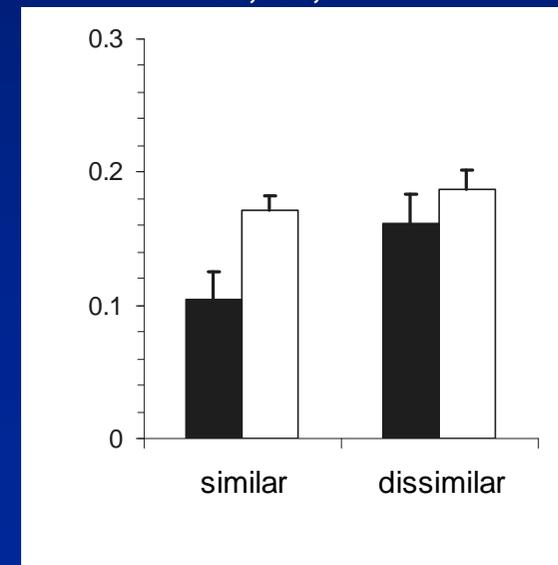
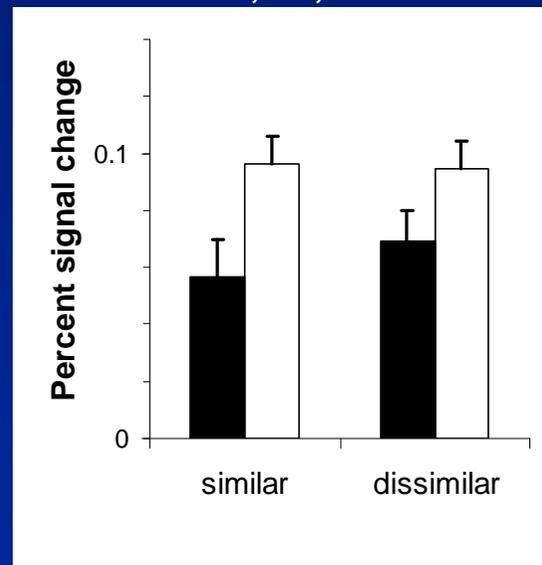
## Behavior



Left fusiform  
-48, -52, -12



Right fusiform  
36, -60, -16



# Sensibilité de l'amorçage à l'organisation des lettres



Lettre unique?  
Plusieurs lettres?  
Mot entier?

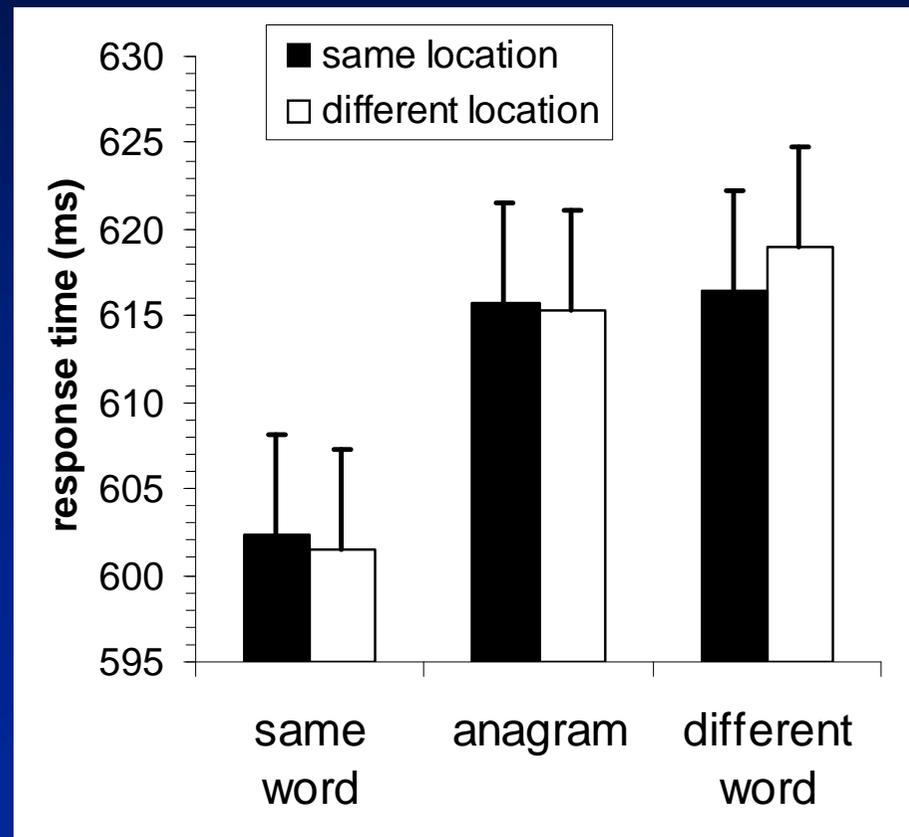
## Relation entre l'amorce et la cible

|                                   | Même mot           | Anagramme          | Mots différents    |
|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Position<br>des mots<br>identique | #REFLET<br>#reflet | #TREFLE<br>#reflet | #PATERE<br>#reflet |
| différente                        | REFLET#<br>#reflet | TREFLE#<br>#reflet | EPATER#<br>#reflet |

### Prime-Target Relation

|           | same word | anagram | different word |
|-----------|-----------|---------|----------------|
| word      | #REFLET   | #TREFLE | #PATERE        |
| locations | #reflet   | #reflet | #reflet        |
| same      |           |         |                |
| different | REFLET#   | TREFLE# | EPATER#        |
|           | #reflet   | #reflet | #reflet        |

Comportement:  
L'amorçage est sensible à la  
répétition du mot entier  
(« binding » ou liage  
inconscient)

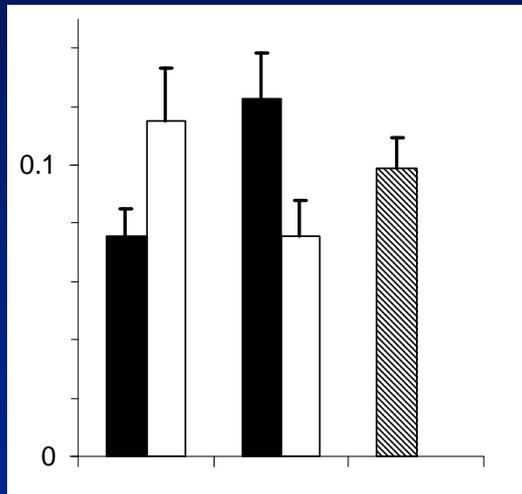


### Prime-Target Relation

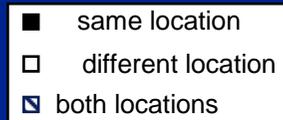
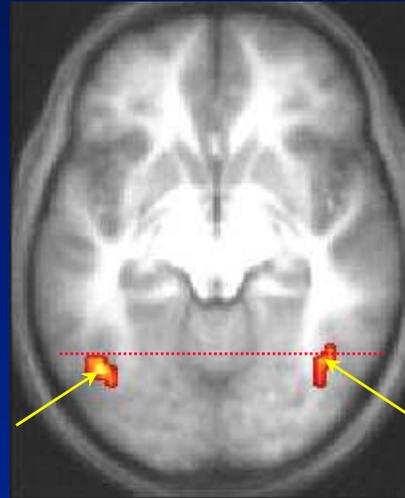
|           | same word | anagram | different word |
|-----------|-----------|---------|----------------|
| word      | #REFLET   | #TREFLE | #PATERE        |
| locations | #reflet   | #reflet | #reflet        |
| same      |           |         |                |
| different | REFLET#   | TREFLE# | EPATER#        |
|           | #reflet   | #reflet | #reflet        |

Une région postérieure bilatérale est sensible à la répétition des lettres

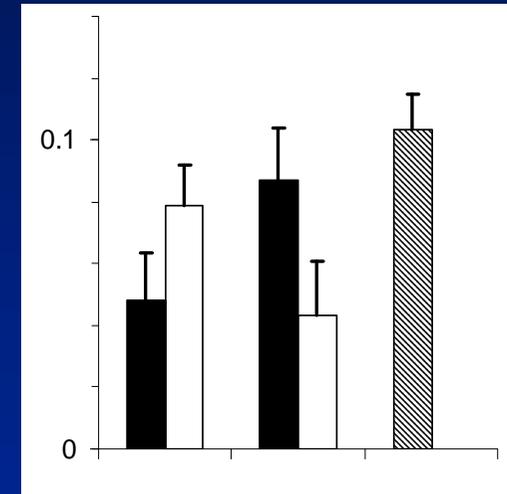
Left posterior fusiform



same word    anag    diff word



right posterior fusiform



same word    anag    diff word

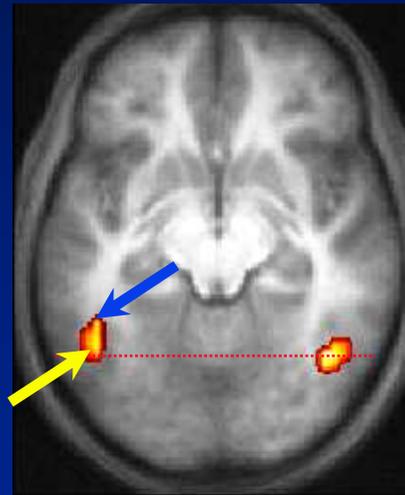
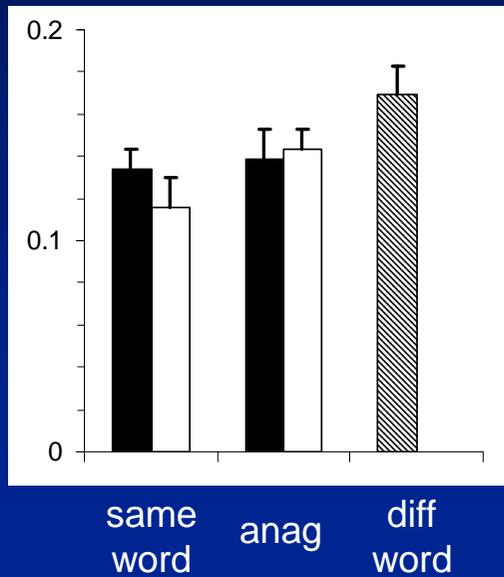
Codage des lettres à une position donnée

### Prime-Target Relation

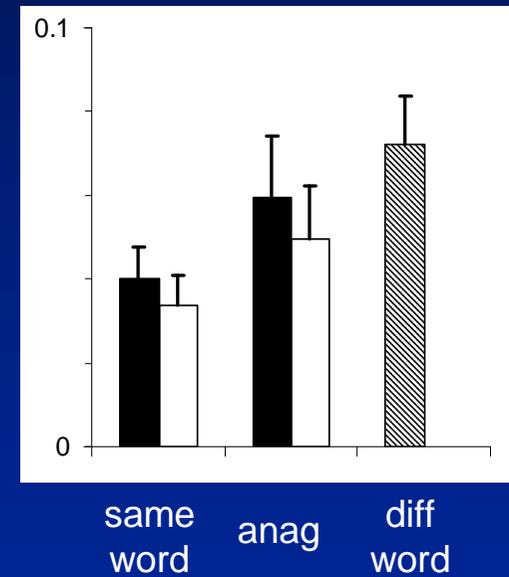
|           | same word | anagram | different word |
|-----------|-----------|---------|----------------|
| word      | #REFLET   | #TREFLE | #PATERE        |
| locations | #reflet   | #reflet | #reflet        |
| same      |           |         |                |
| different | REFLET#   | TREFLE# | EPATER#        |
|           | #reflet   | #reflet | #reflet        |

Une région plus antérieure est **invariante** pour la position et **sensible à l'agencement des lettres**

Left middle fusiform (y=-56)



Left middle fusiform (y=-48)



Lettres ou fragments de mots, quelle que soit leur position exacte

Unité plus grande (mot entier?)