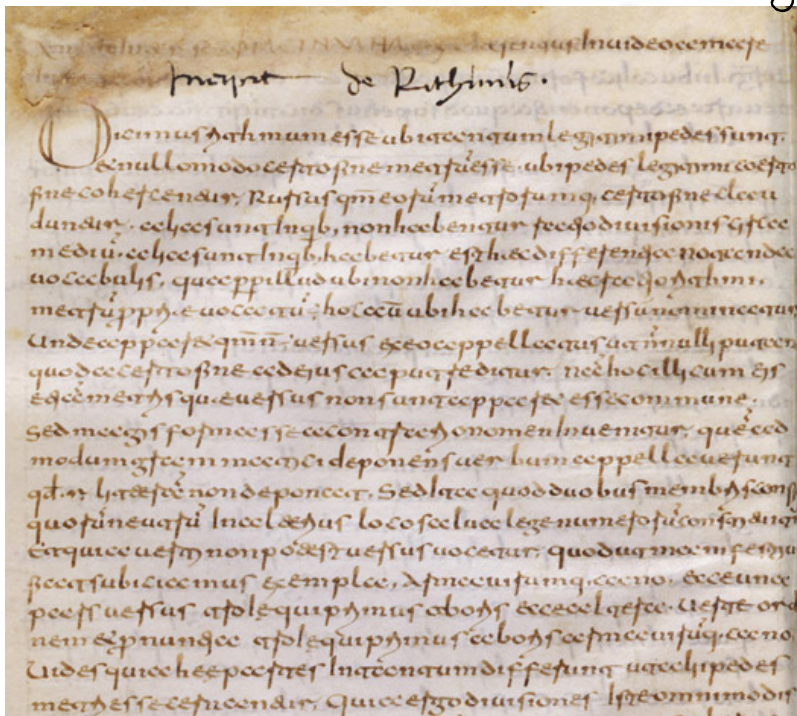


Apprendre à écrire: Quels changements dans le cerveau? Quelles conséquences sur la lecture?

Jean-luc Velay
velay@incm.cnrs-mrs.fr



Question de Société



Changement du geste d'écriture, induit par l'utilisation du clavier

un problème des Sciences de l'Éducation

Constats:

Les ordinateurs sont utilisés de plus en plus souvent pour écrire;

Ils sont utilisés de plus en plus tôt à l'école.

C'est lors des premiers contacts avec l'écrit que les enfants acquièrent les représentations de base de la lecture

Qu'en serait-il si le crayon cédait la place au clavier au moment de l'apprentissage de l'écrit?

Les changements graphomoteurs auraient-ils des répercussions sur la représentation de l'écrit ?

sur les aptitudes à la lecture ?

deux questions des Neurosciences:

- représentation cérébrale du langage écrit

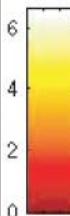
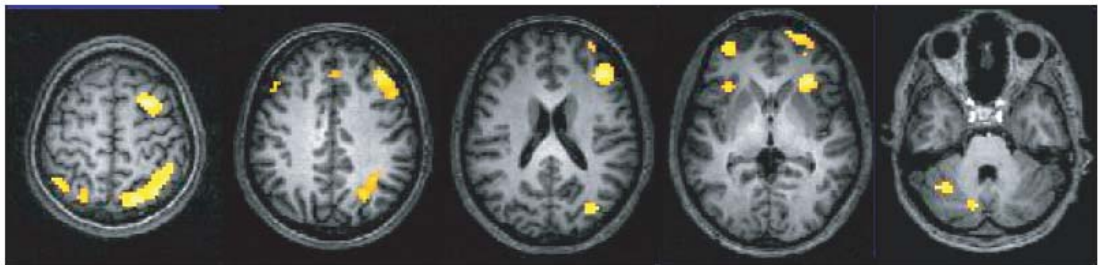
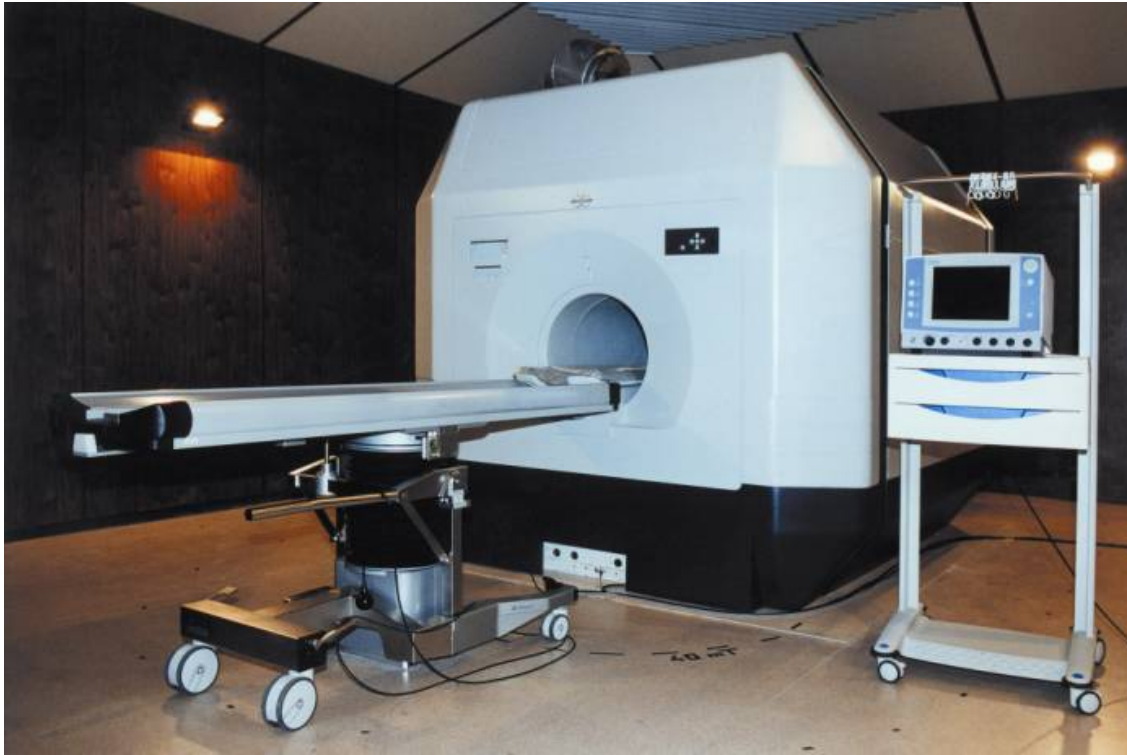
- rôle perceptif et cognitif de la motricité

Théorie motrice de la perception



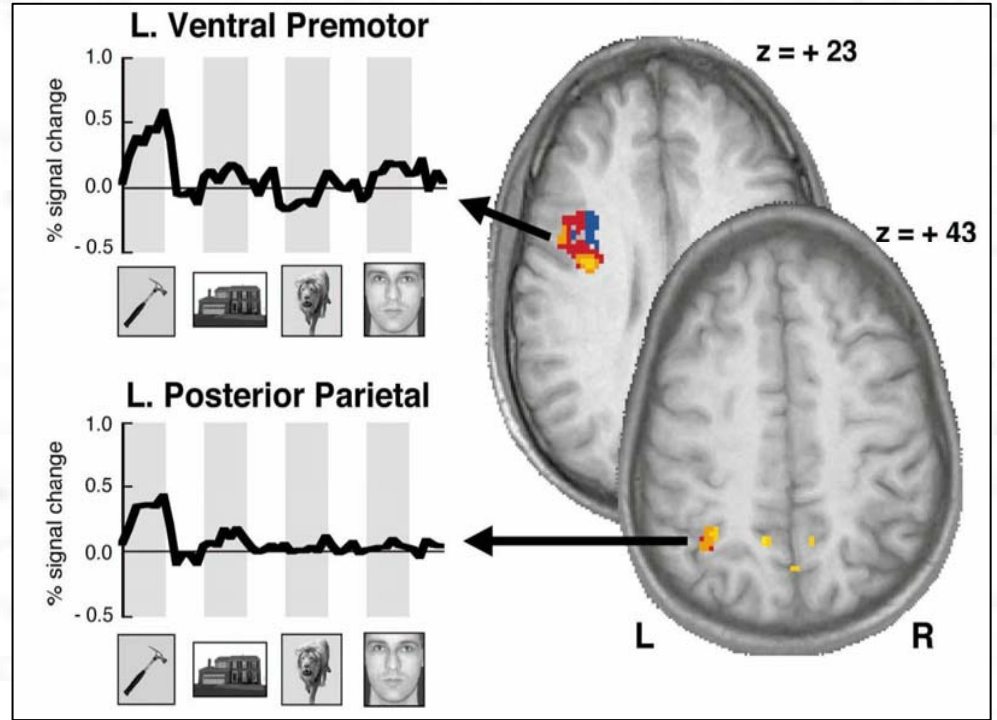
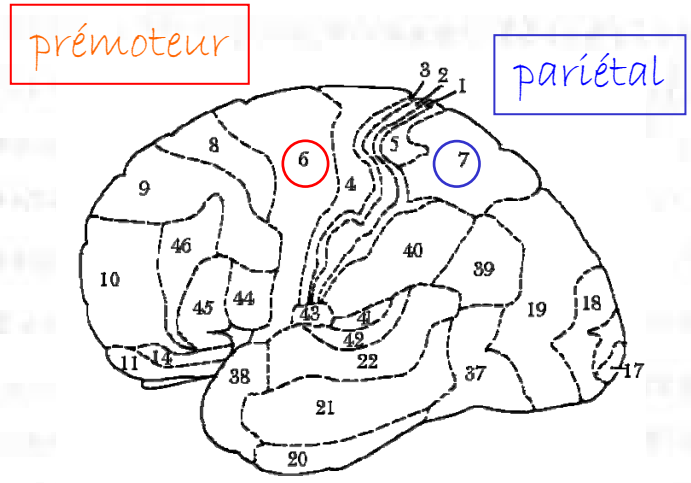
Percevoir un objet c'est percevoir les attributs qui définissent cet objet, parmi lesquels sa forme, sa couleur, son mouvement éventuel, sa température, son poids... Et également, pour les objets manipulables, les mouvements associés à leur utilisation.

La neuroimagerie aujourd'hui: anatomique et fonctionnelle



Imagerie
par résonance magnétique
Fonctionnelle (IRMf)

Perception des objets ...



Chao et Martin, NeuroImage, 12, 2000

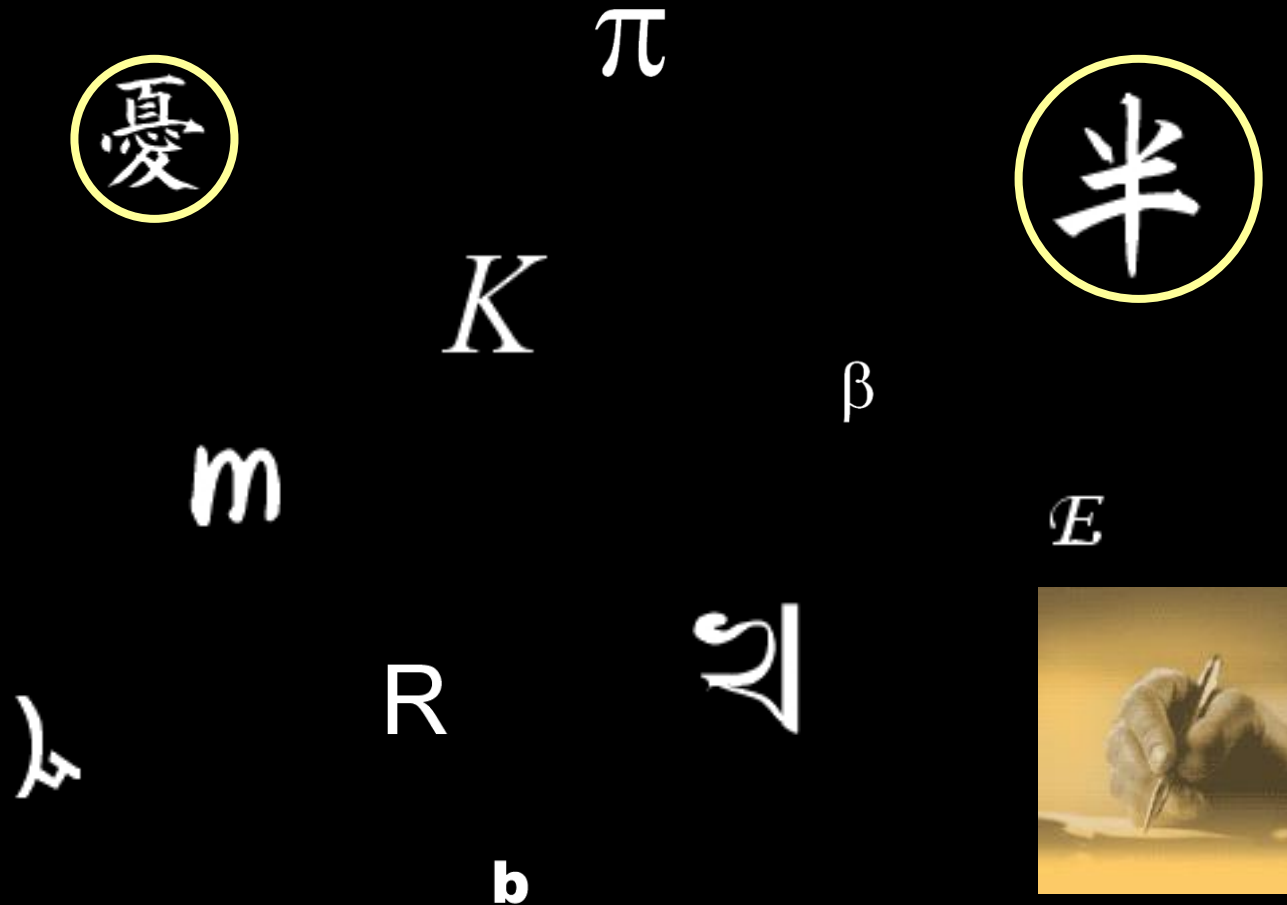
Donc, pour les objets manipulables...

Ces données d'imagerie cérébrale chez l'humain indiquent que la représentation cérébrale des objets reposerait sur un réseau distribué sur plusieurs régions corticales.

Chez les droitiers, régions du cortex pariétal postérieur gauche, et du cortex prémoteur gauche appartiennent à ce réseau qui associe l'information visuelle relative à un objet manipulable aux mouvements qui permettent d'agir avec.

Notre capacité à identifier ces objets pourrait dépendre de l'activation de ces aires sensorimotrices.

Les caractères : des objets particuliers?



Ce ne sont pas des objets manipulables mais une relation sensorimotrice pourrait sous-tendre leur représentation car ils sont étroitement associés à un mouvement très spécifique: le mouvement graphique.

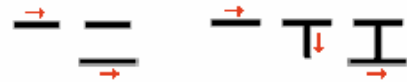


- Les idéogrammes sont nombreux et visuellement complexes car composés d'un grand nombre de traits,
- les traits les composant doivent être écrits dans un ordre rigoureux,
- l'écriture répétitive est un moyen utilisé communément pour aider les enfants japonais à mémoriser les idéogrammes (kanji).

Apprendre l'écriture et la lecture du Kanji requiert 6 à 10 ans

2 - Les séquences

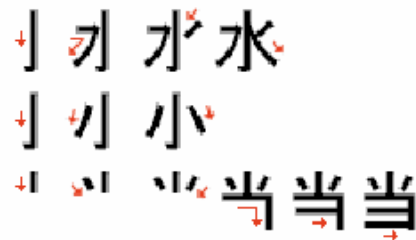
- Un *kanji* se trace du haut vers le bas :



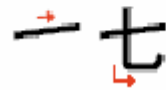
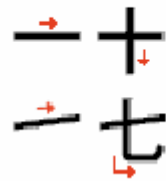
- Et de gauche à droite :



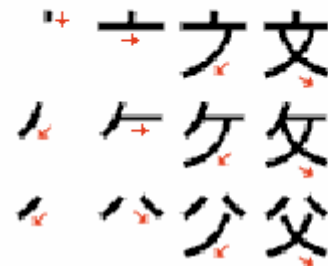
- Le trait central doit être tracé avant les traits latéraux :



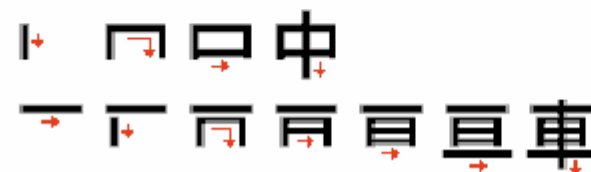
- Lorsque deux traits se croisent, le trait horizontal se trace d'abord :



- Lorsque divers traits obliques se croisent, le trait partant du haut à droite pour se terminer vers le bas à gauche est tracé en premier :



- Le trait sectionnant vertical est tracé en dernier :



Conséquences

- L'ordre d'écriture des traits fait partie intégrante de la représentation interne des caractères
- Tracer les idéogrammes 'en l'air' avec le doigt favorise leur reconnaissance ('Kusho')
- L'ordre de traçage des traits est un facteur déterminant dans leur mémorisation (Flores D'Archaïs, Eur. J. Cog. Psychol, 6(4) 1994)
- Chez certains alexiques: 'facilitation kinesthésique' (Sekí et al, Neuropsychologia, 33(5), 1995)

Les caractères romains sont moins nombreux et complexes que les idéogrammes, toutefois il faut apprendre la séquence de mouvements qui permet de les écrire.

Ces programmes moteurs sont appris pendant la petite enfance et actualisés tout au long de la vie .

Question: Les processus moteurs de l'écriture sont-ils mis en jeu au cours de la perception visuelle de lettres ?

Hypothèses:

- La simple présentation visuelle de lettres devrait activer automatiquement des aires cérébrales motrices
- Ces aires devraient être impliquées dans les mouvements d'écriture

Des formes graphiques inconnues ne devraient pas donner lieu à de telles activations

Étude IRMf chez l'adulte

Part 1 : Reading

Letter



Pseudoletter



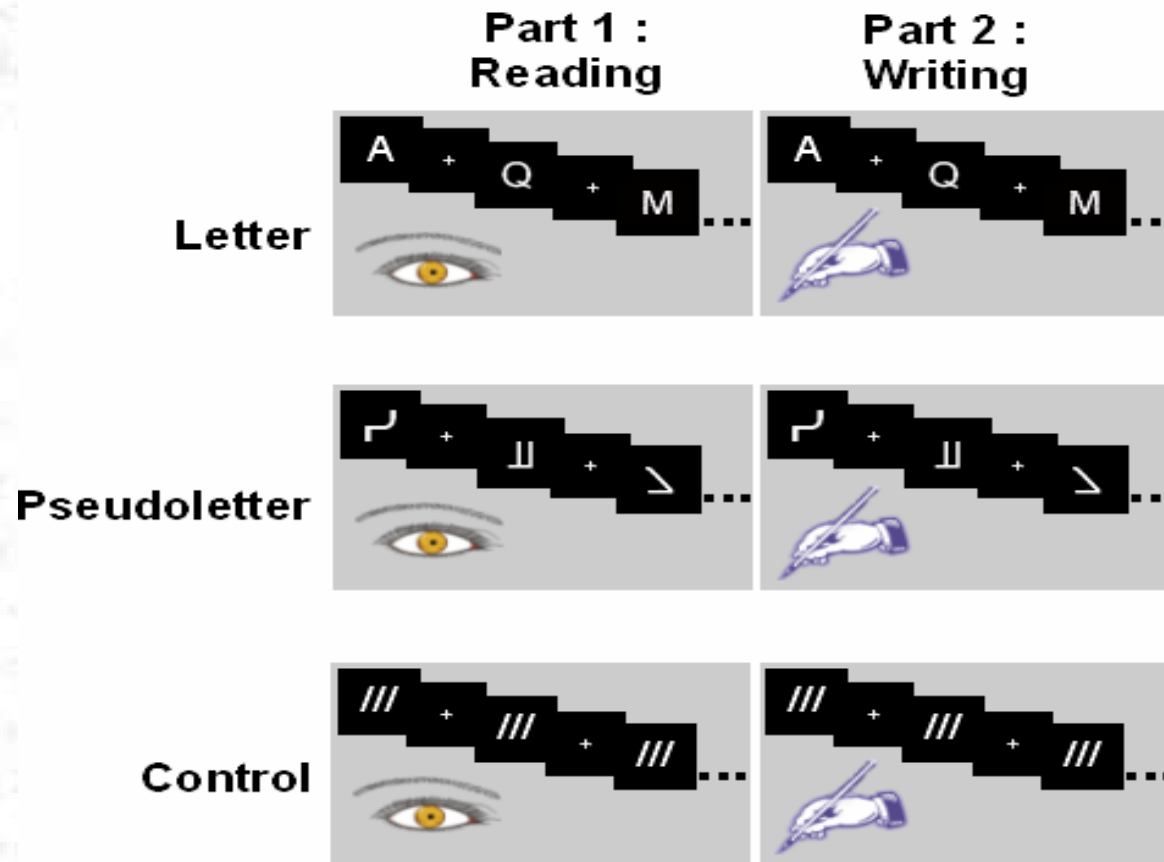
Control



Protocole en blocs
11 sujets droitiers

Longcamp et al., NeuroImage, 2003.

Étude IRMf chez l'adulte

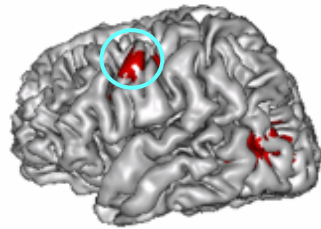


Protocole en blocs
11 sujets droitiers

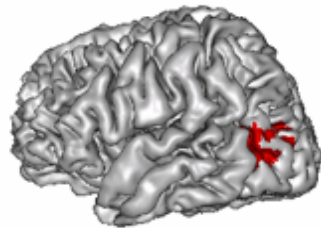
Longcamp et al., NeuroImage, 2003.

Résultats

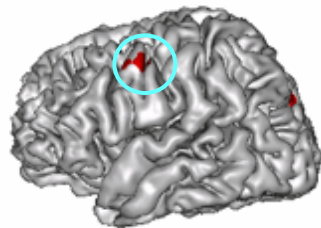
“Reading”



Letter -
Control

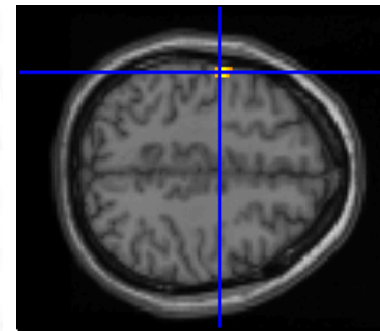
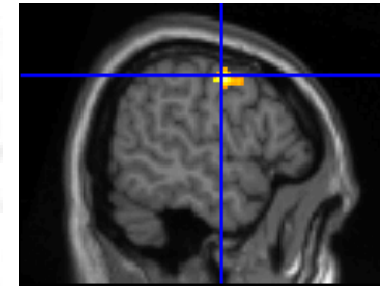
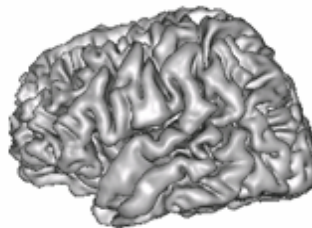
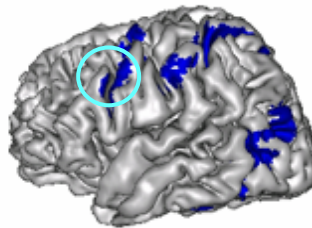
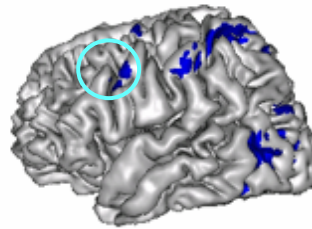


Pseudoletter -
Control



Letter -
Pseudoletter

“Writing”



Talairach coordinates: -53, -6, 43

Chez les droitiers, une partie de l'aire prémotrice gauche (BA6) est activée à la fois pendant la présentation visuelle et pendant l'écriture des lettres.

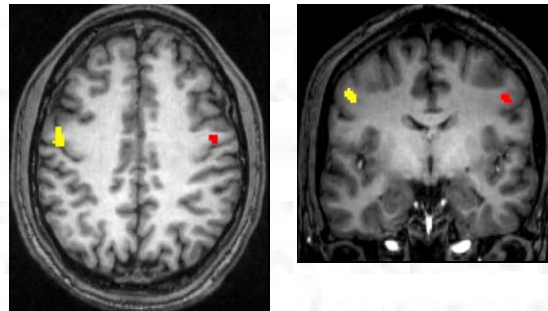
Longcamp et al., NeuroImage, 2003.

Chez les gauchers...?

Les programmes moteurs de l'écriture sont latéralisés dans l'hémisphère droit.

même protocole: observation passive de lettres, pseudolettres et ///

Lettres > Pseudolettres



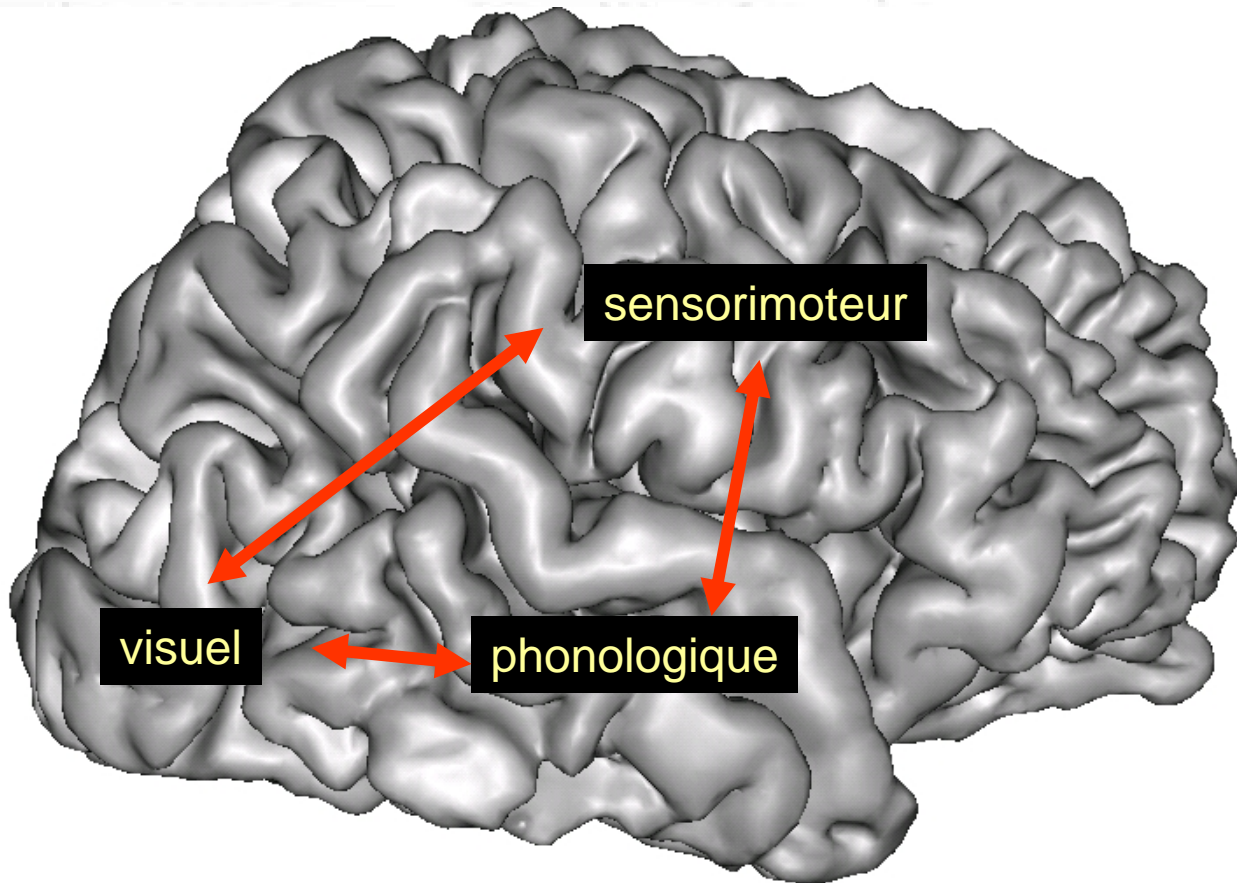
■ droitiers
■ gauchers

15 adultes gauchers

En résumé:

- observer des lettres provoque l'activation d'une région prémotrice (BA6)
 - de l'hémisphère gauche chez les droitiers
 - de l'hémisphère droit chez les gauchers
 - cette région est incluse dans le réseau mis en jeu dans l'écriture
 - elle n'est pas activée par les pseudolettres
- La perception visuelle de lettres déclenche des processus moteurs implicites

Un réseau multimodal



- Ce réseau se mettrait en place au moment de l'apprentissage conjoint de la lecture/écriture

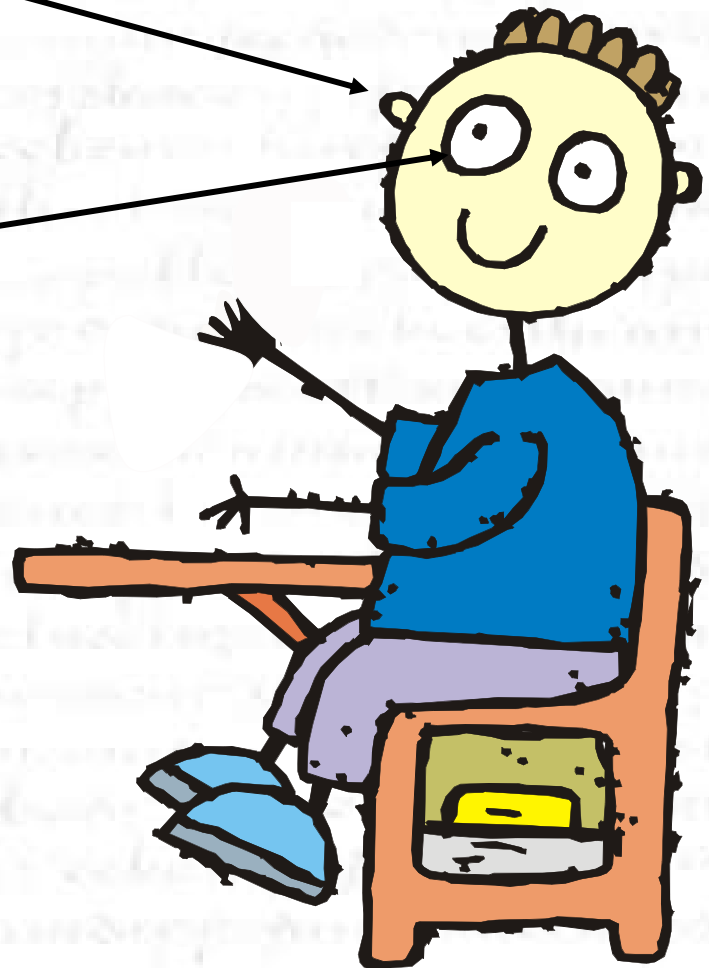
Une fois en place, la présence d'une seule des composantes suffirait à ré-activer l'ensemble du réseau

auditive

[a]

visuelle

A



auditive

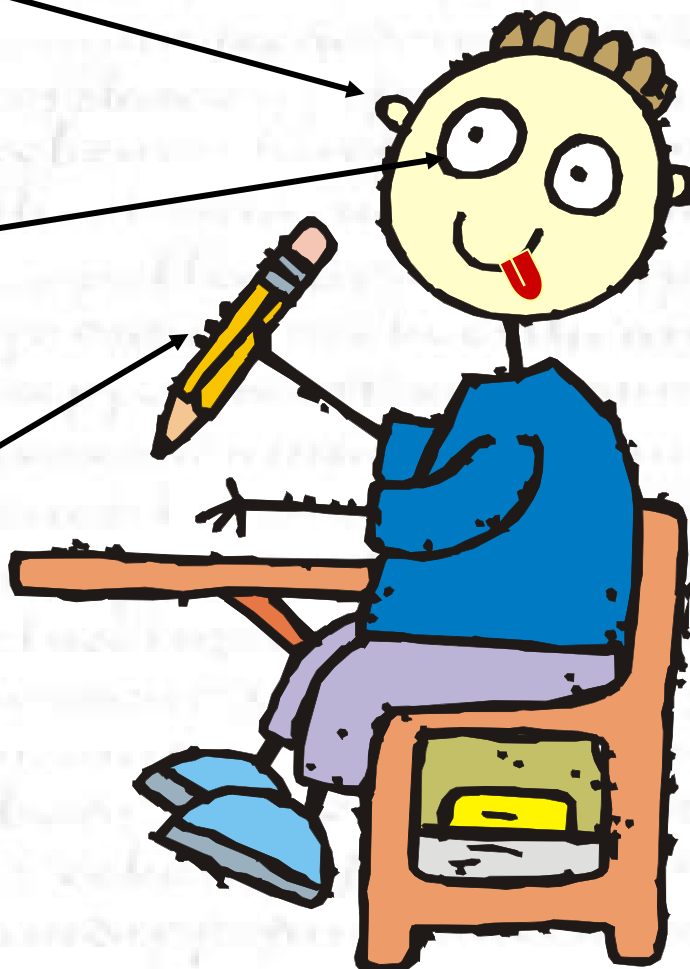
[a]

visuelle

A

sensorimotrice

A



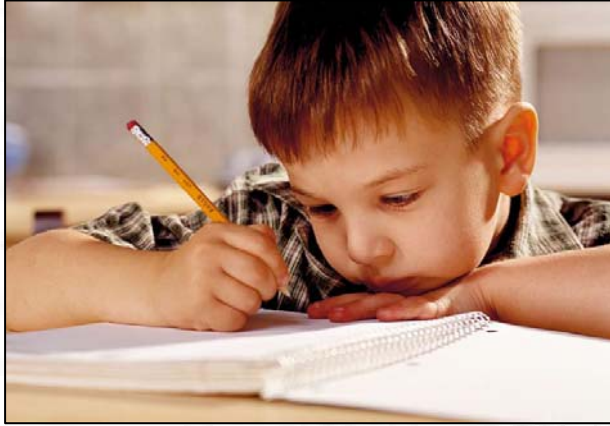
L'existence d'une composante sensorimotrice n'implique pas qu'elle soit impliquée dans la reconnaissance des lettres !

Savoir écrire les lettres permet-il de les reconnaître plus facilement ?

Et si le crayon cédait la place au clavier pendant l'apprentissage de l'écriture:
cela modifierait probablement la composante sensorimotrice de la représentation des lettres...

et les capacités de reconnaissance?

Influence du mode d'apprentissage de l'écriture sur la reconnaissance des lettres chez des enfants n'ayant pas encore été familiarisés avec l'écrit



- **apprentissage manuscrit**: nécessite d'apprendre un mouvement qui décrit complètement la forme de la lettre de façon à élaborer un modèle interne de la lettre → correspondance unique entre la forme visuelle et le mouvement.

- **Apprentissage au clavier**: localiser précisément une touche associée à une lettre et la presser (pointage).

Protocole

76 enfants de maternelle: 2:9 ans à 4:9 ans

1- 2 groupes (N=38) équilibrés en termes d'âge, genre, latéralité, dextérité manuelle, niveau scolaire et reconnaissance initiale des lettres

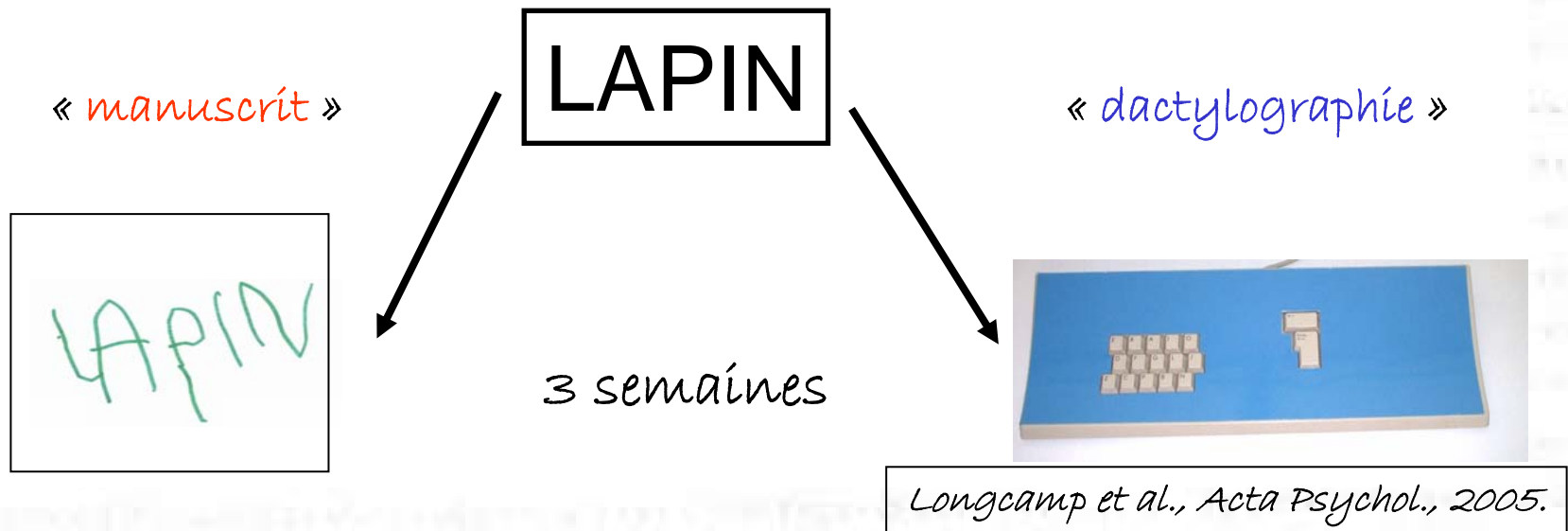
3 sous-groupes:

'petits': 38 mois (N=12)

'moyens': 45 mois (N=13)

'grands': 53 mois (N=13)

2- deux modes d'apprentissage de 12 lettres majuscules: **BCDEFGJLNPRZ**



Tests de reconnaissance des lettres:

- premier test avant l'apprentissage (pre-test),
- second test immédiatement à la fin de l'apprentissage (T1),
- troisième test une semaine après (T2).

Э С

*"montre moi la bonne lettre
avec ton doigt!"*

С Е

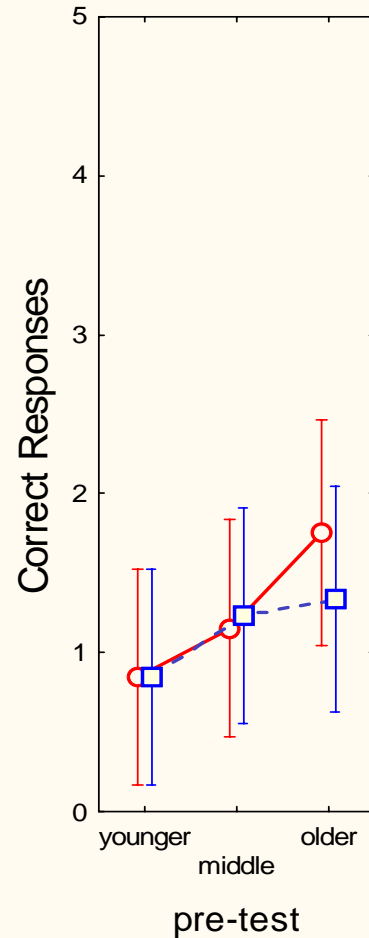
Résultats

Réponses correctes

q p
q P

Younger: 38 months
Middle: 45 months
Older: 53 months

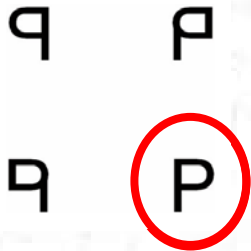
T1: last day of learning
T2: 1 week later



○ handwriting
□ typing

Résultats

Réponses correctes



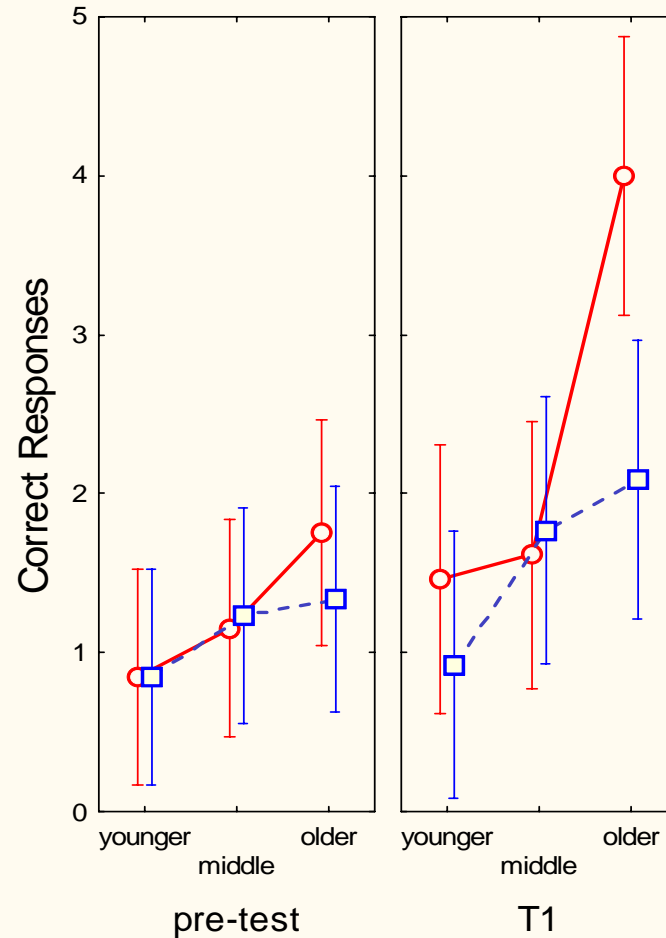
Younger: 38 months

Middle: 45 months

Older: 53 months

T1: last day of learning

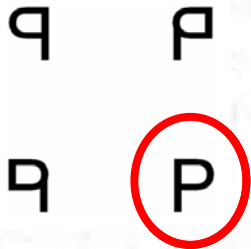
T2: 1 week later



○ handwriting
□ typing

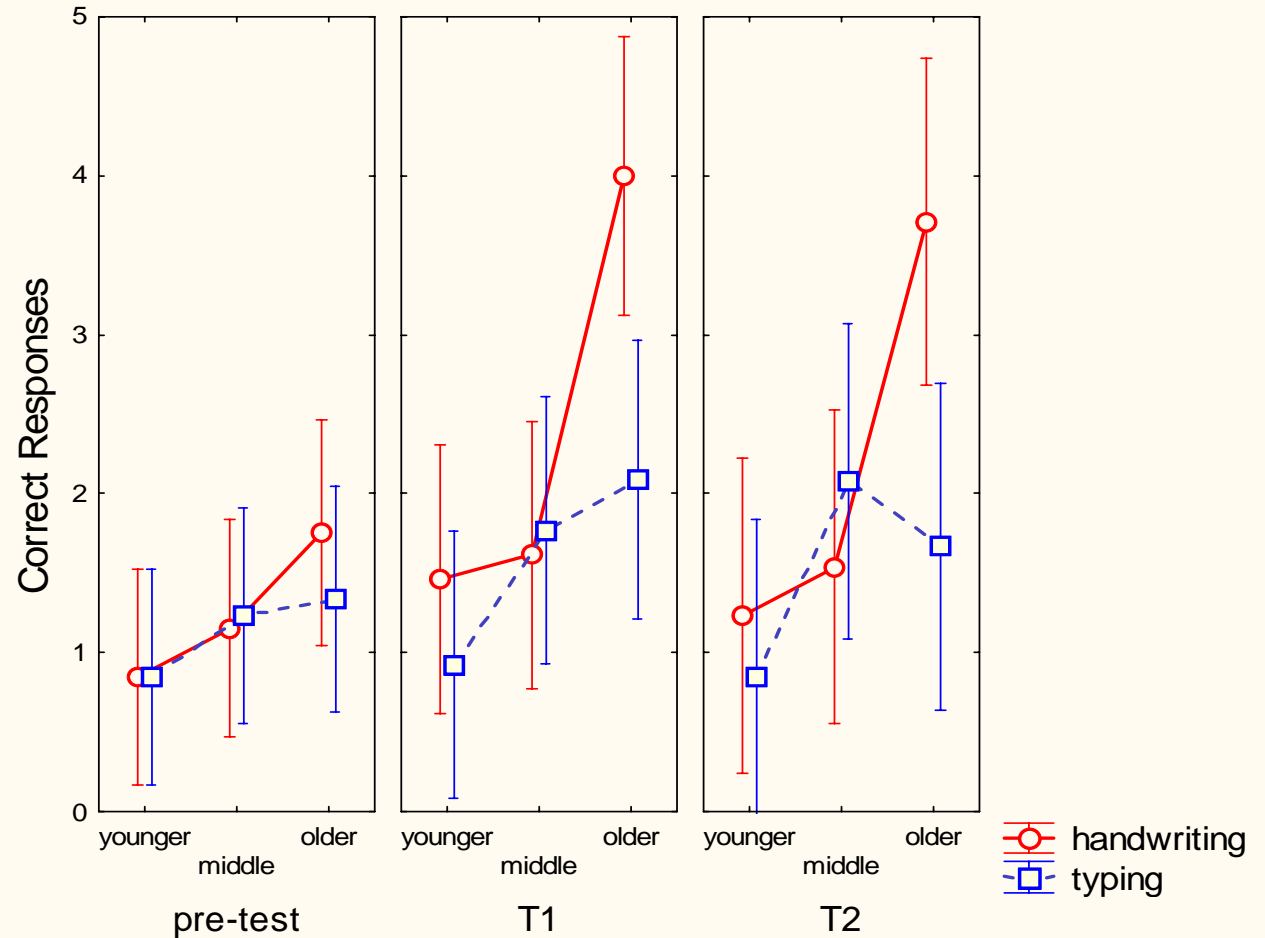
Résultats

Réponses correctes



Younger: 38 months
Middle: 45 months
Older: 53 months

T1: last day of learning
T2: 1 week later



Conclusion

- La motricité manuelle mise en jeu au cours de l'apprentissage conjoint de la lecture et de l'écriture influence la mémorisation et donc la reconnaissance des lettres.
- L'écriture manuscrite permet de mieux mémoriser les lettres
- La composante sensori-motrice de la représentation des lettres aurait un rôle fonctionnel
- Toutefois, un certain niveau de développement (sensori-moteur) est nécessaire
- L'écriture dactylographique semble moins efficace pour créer une composante sensori-motrice de la représentation cérébrale des lettres

Conclusions des deux études

IRMf chez l'adulte: La perception visuelle de lettres déclenche des processus moteurs implicites

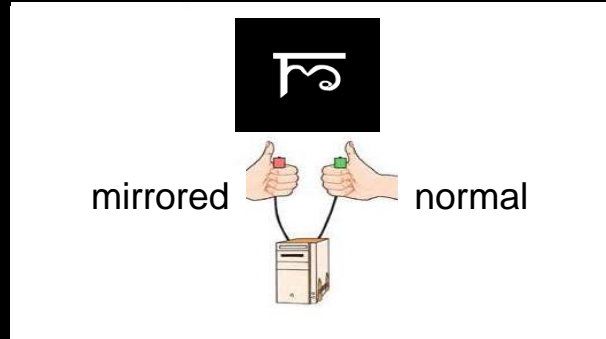
Apprentissage chez l'enfant: apprendre les lettres à la main aide à mémoriser leur forme et/ou leur orientation

→ **Apprentissage de nouveaux caractères et IRMf chez l'adulte**

চ চ ট হ ল জ ট ঝ ঞ

ণ ঙ ন হ ঞ ঞ ঞ ঞ ঞ

Protocole



learning

recognition tests

3

0

1

3

5

Time (weeks) →



fMRI

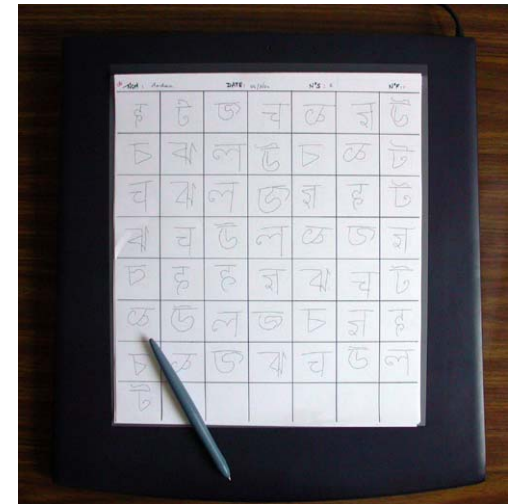


Apprentissage

police 1: চ ব উ হ ল জ ট ঝ ঞ ঞ

police 2: ঞ ঙ ন হ ঞ ঞ ঞ ঞ ঞ ঞ

24 adultes



3 semaines

même présentation
visuelle des caractères

Chacun est écrit 60
fois

dactylographie

police 1 : sujets 1-12

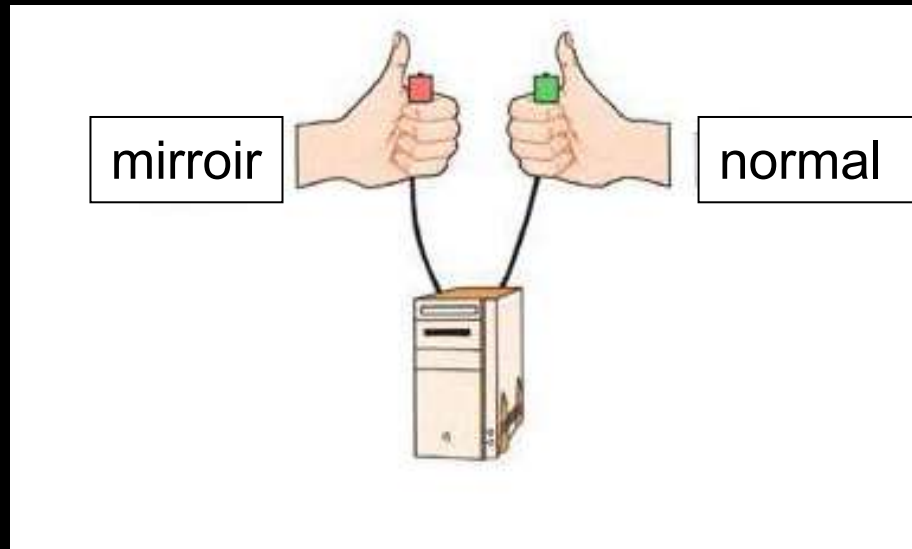
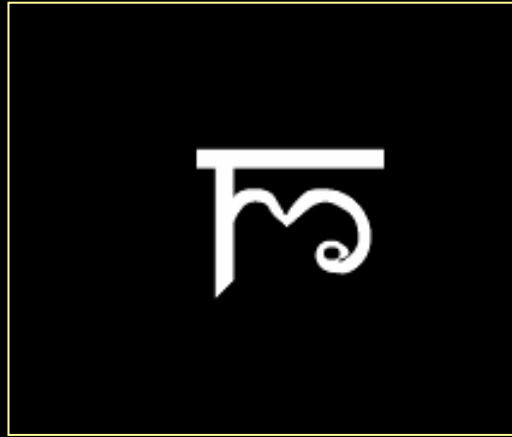
police 2 : sujets 13-24

manuscrit

police 1 : sujets 13-24

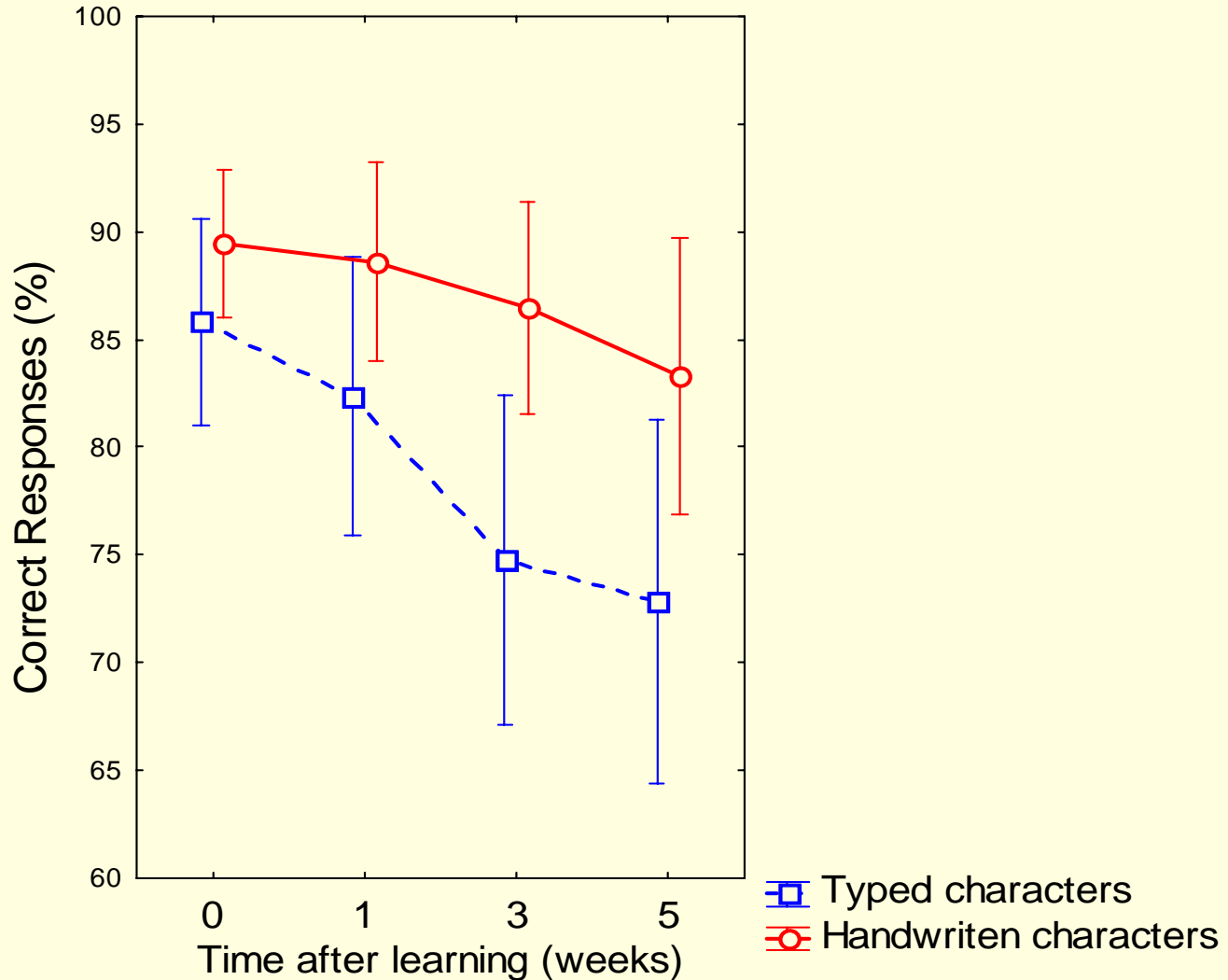
police 2 : sujets 1-12

Juger de l'orientation



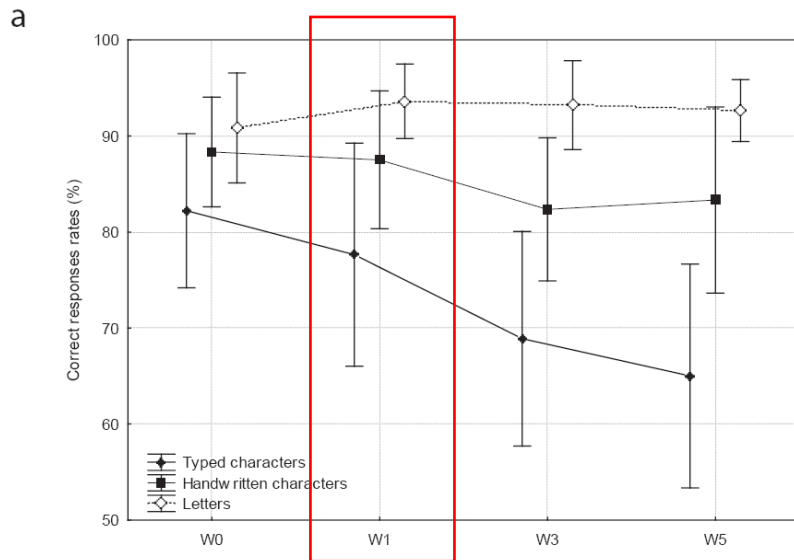
Résultats comportementaux

24 sujets

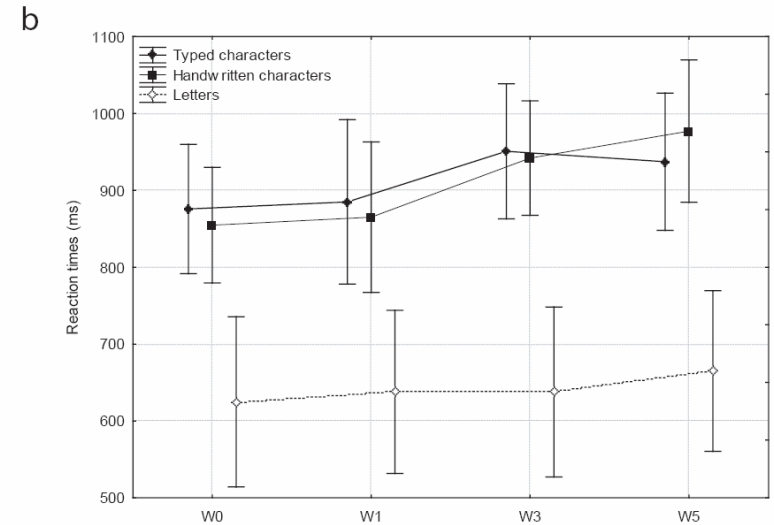


12 sujets (6F, 6H) qui ont passé l'examen IRMF

Réponses correctes



Temps de réaction



Protocole IRMf

protocole en blocs

Organisation d'un bloc:

- 8 à 11 caractères séparés par des croix de fixation (croix : 500 ms et caractère : 1 sec),
- « R » (signal de réponse) présenté pendant 3 sec.
- Tâche: combien de caractères 'à l'endroit' dans la série (0, 1 ou 2) ?
- Réponse main gauche avec le clavier de réponse (0 : pouce, 1 : index, 2 : majeur).

- 4 conditions :

1 - lettres romaines,

2 - nouveaux caractères appris au clavier,

3 - nouveaux caractères appris à la main,

4 - croix de fixation.

- 5 blocs par condition répartis aléatoirement

- 4 runs de 20 blocs.

- Acquisition anatomique : sagittale.

- Acquisitions fonctionnelles :

- 36 coupes

- TR : 3 sec

- Epaisseur : 3 mm

- Nb répétitions : 167

- Durée d'un scan : 8 min.

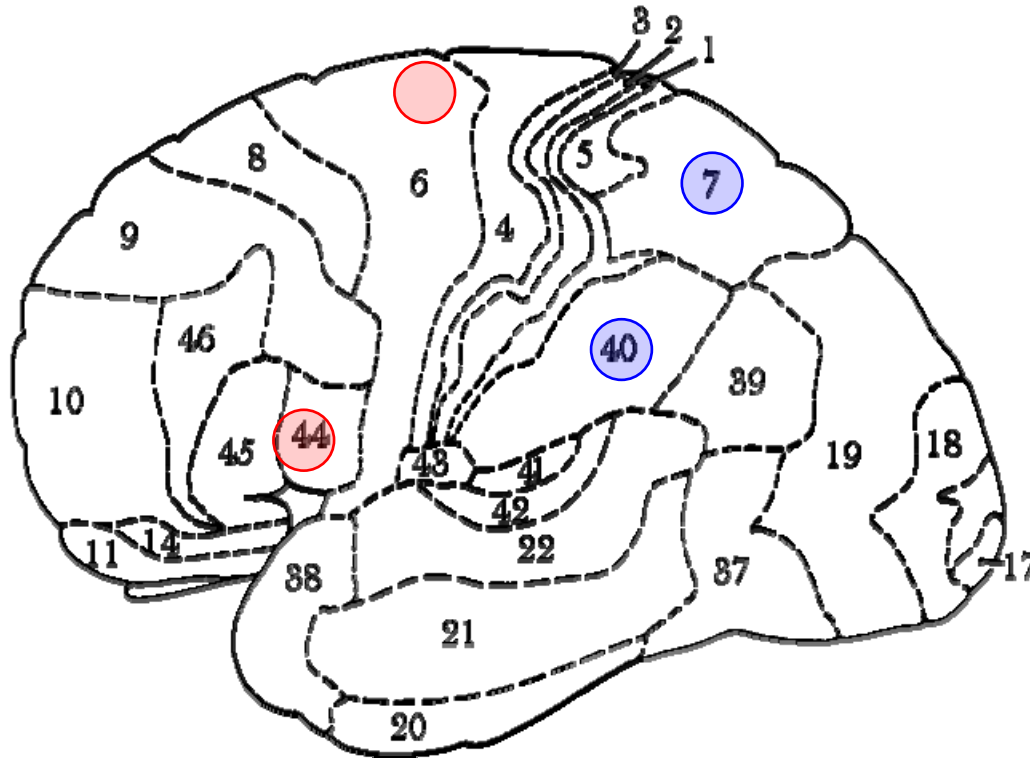
Résultats IRMf

Résultats comportementaux dans la machine en accord avec ceux obtenus pendant les tests:

Orientation des caractères manuscrits mieux reconnue que celle des caractères frappés (RC/20, $p < 0.05$)

Orientation des lettres romaines: quasi sans faute

Comparaison: Caractères appris à la main - caractères frappés

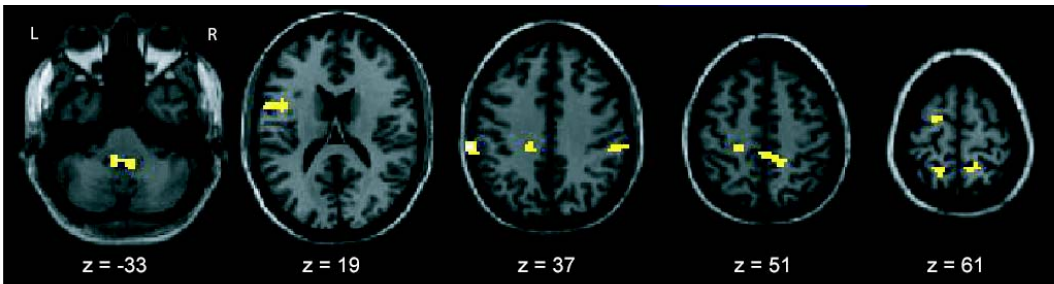


Peu de régions, plutôt à gauche:
parietal inférieur bilatéral (BA 40)
Aire de Broca (BA 44)
premoteur dorsal (BA 6)
gyrus postcentral (BA 7)

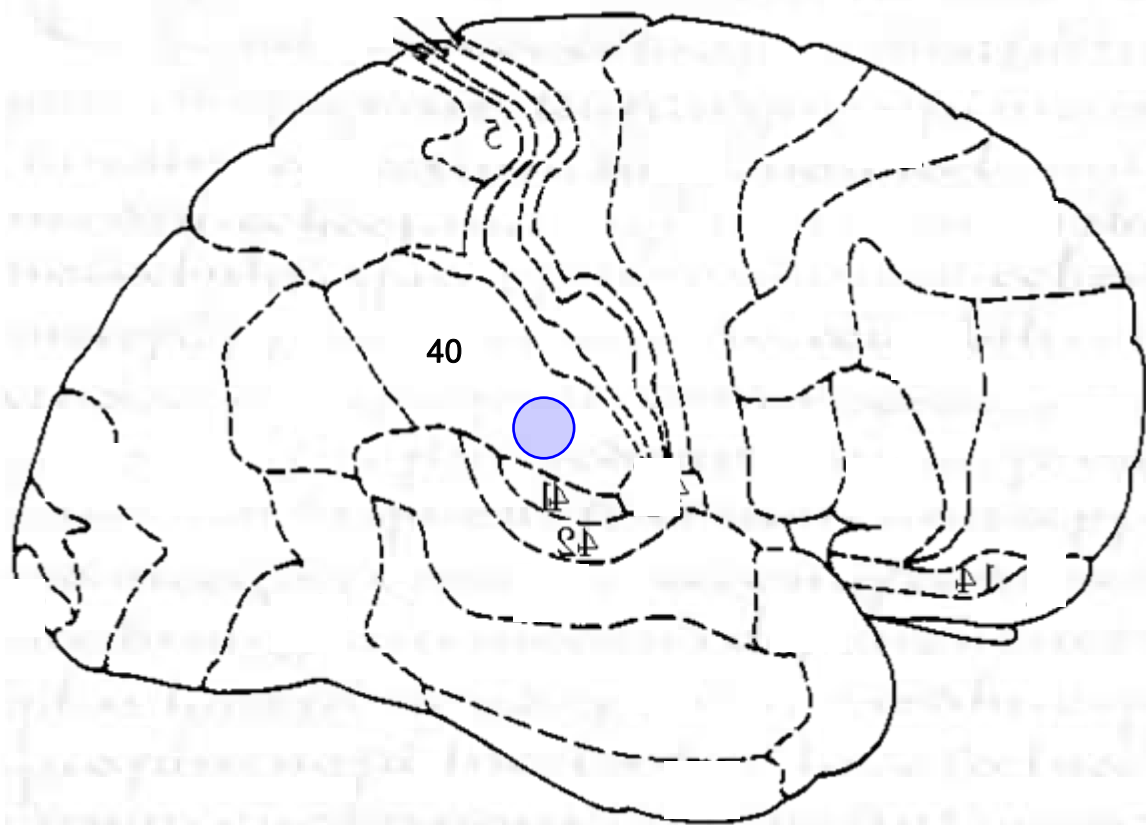
— aire de Broca gauche: impliquée dans la planification des séquences motrices représentation des actions (neurones miroirs)...

séquence motrice propre à l'écriture?

— parietal inférieur (BA40) (AIP):
interactions main-objet,
exécution-
imagination-observation des actions de la main



Comparaison: Caractères frappés - caractères écrits à la main



Post-tests (après 6 semaines)

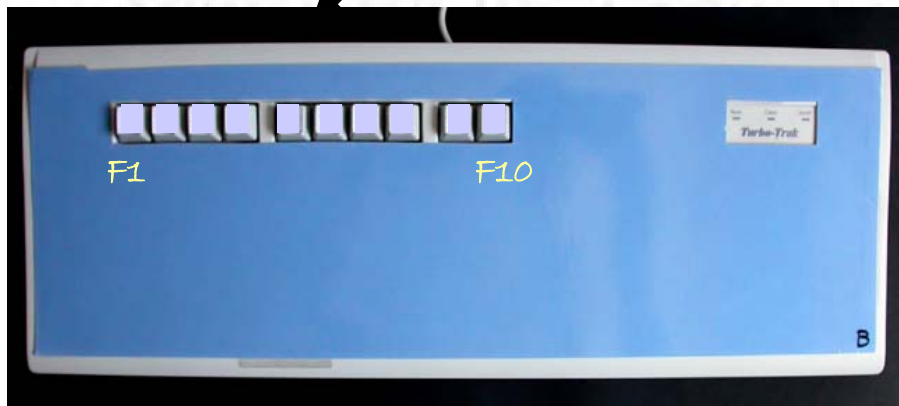
1 semaine après la fin des tests on vérifie si les 'élèves' savent encore écrire les caractères. Les caractères sont présentés brièvement et ils doivent les écrire ou retrouver leur position sur le clavier:

Vitesse d'écriture manuscrite pas différente de celle mesurée en fin d'apprentissage

Écriture au clavier:



?

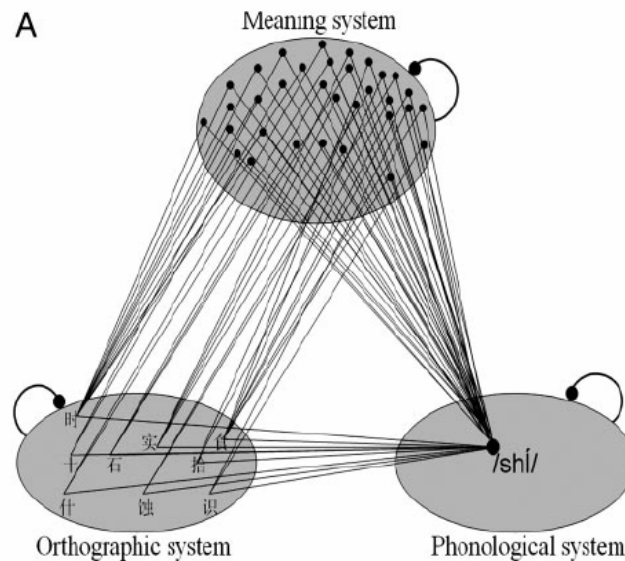


12 sujets		réponse observée									
		F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
réponse attendue	F1	6	2	0	1	2	0	1	0	0	0
	F2	2	2	5	1	0	0	0	0	1	1
	F3	2	4	2	3	1	0	0	0	0	0
	F4	0	2	2	3	1	2	1	1	0	0
	F5	0	0	1	1	5	1	3	1	0	0
	F6	1	0	2	0	1	4	1	0	1	0
	F7	0	1	0	2	2	0	1	2	3	1
	F8	0	0	1	3	2	0	4	2	0	0
	F9	0	0	0	0	0	5	1	2	2	2
	F10	0	0	0	0	0	0	0	3	3	6

Conclusion

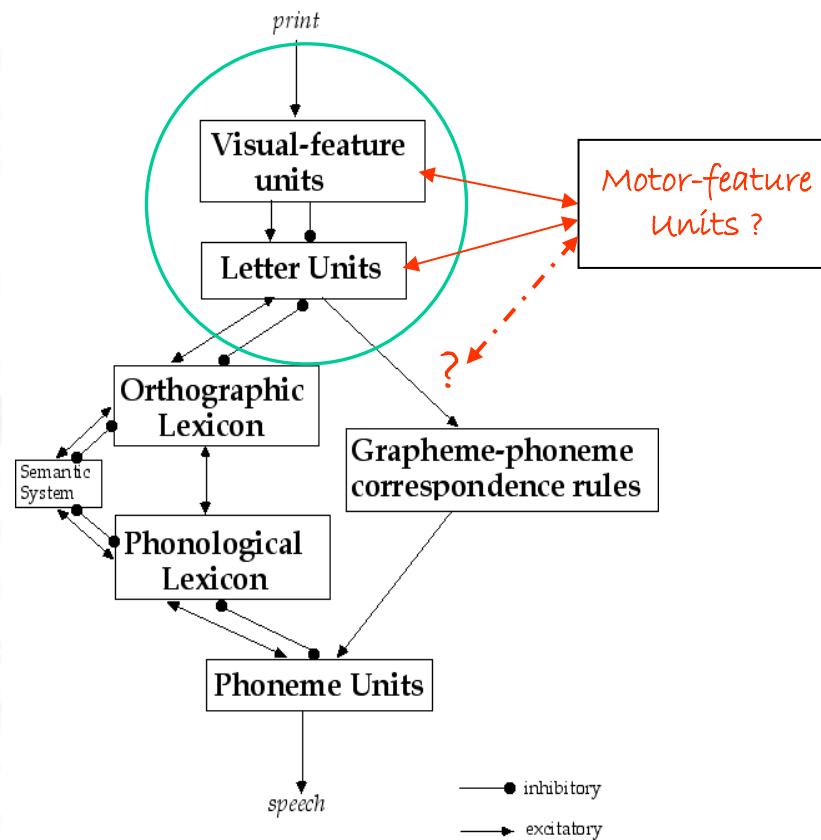
- ces résultats indiquent que l'apprentissage manuscrit aide à mémoriser et à reconnaître la forme et/ou l'orientation des caractères.
- la composante sensorimotrice de la représentation des lettres jouerait un rôle fonctionnel
- cela est-il vrai pour la lecture, où des mots sont traités et non des lettres isolées?

Tan et al., "*Reading depends on writing, in Chinese*", PNAS, 102, 2005.



Maïs pour les systèmes alphabétiques, à quel niveau les processus moteurs (graphiques) pourraient-ils intervenir pendant la lecture?

Le traitement cognitif premier dans la reconnaissance visuelle des mots consiste à identifier des traits noirs sur un papier blanc comme différentes lettres de l'alphabet. Selon les modèles classiques, la reconnaissance des lettres est un processus purement visuel basé sur un module nommé 'visual analysis system'



DONC,...

- apprendre l'écriture manuscrite interfère avec la lecture
- Liens entre dyslexie et dysgraphie..?

- N'apprend-t-on pas trop tôt...?
- simplifier ? (MAJUSCULES, script, *cursives*?)
- Faciliter l'apprentissage avec l'ordinateur ?



merci!

velay@incm.cnrs-mrs.fr