

Bases cérébrales de l'écriture: quels changements induits par la frappe au clavier?

Marieke Longcamp

Laboratoire de Neurosciences
Cognitives, CNRS et Aix-Marseille
Université

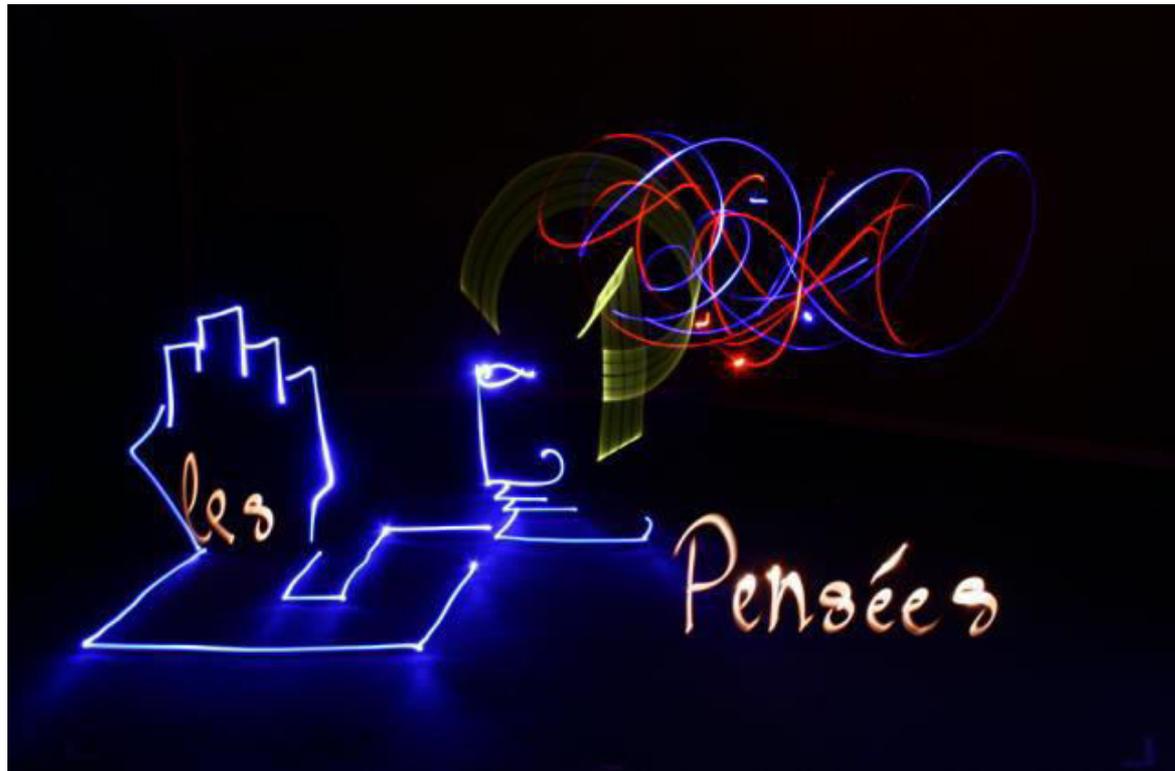
I- Qu'est ce qu'écrire?

II- Bases cérébrales de l'écriture

III- Changements induits par le clavier

IV- Liens entre écriture et lecture: modifications liées à la pratique de la frappe sur clavier

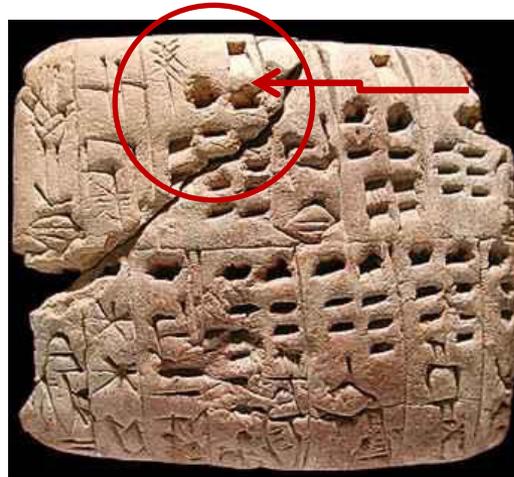
I- Qu'est ce qu'écrire ?



Gildas Malassiné
Lightpainting

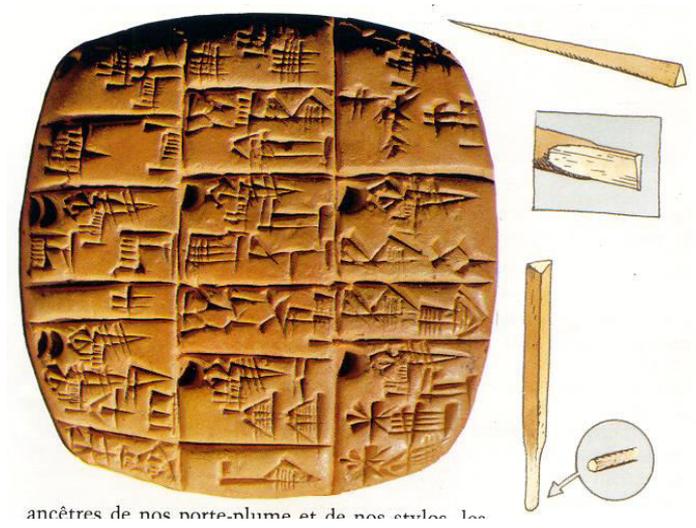
L'écriture évolue et se transforme

L'écriture sumérienne : -3500 av JC



Signe de l'orge +
Combien d'orge

Cunéiforme



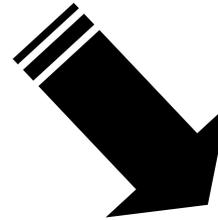
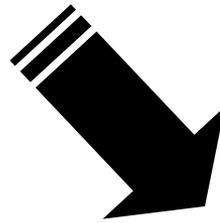
	c. 3100	c. 2800	c. 2400	c. 600
barley				
head				
bird				
ox				
tree				

Début du principe phonographique



Orge ('she')

L'écriture a toujours été dépendante des changements techniques

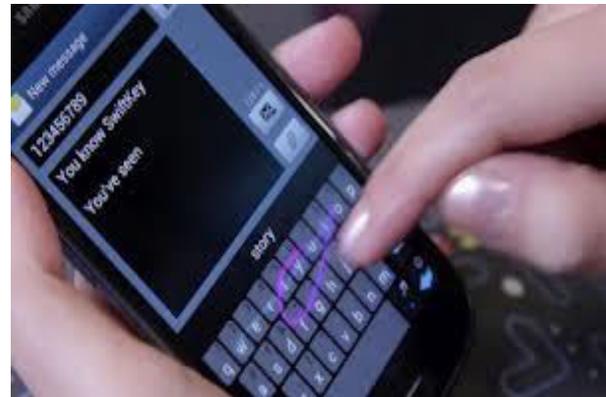


Les nouveau « scribes » : un changement radical



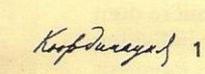
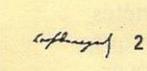
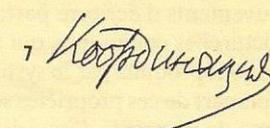
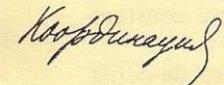
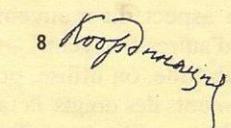
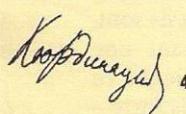
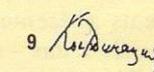
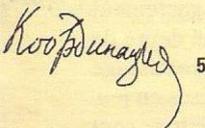
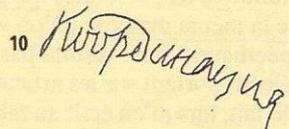
Les deux mains sont souvent impliquées

Le geste consiste à pointer un lieu dans l'espace



Le programme moteur

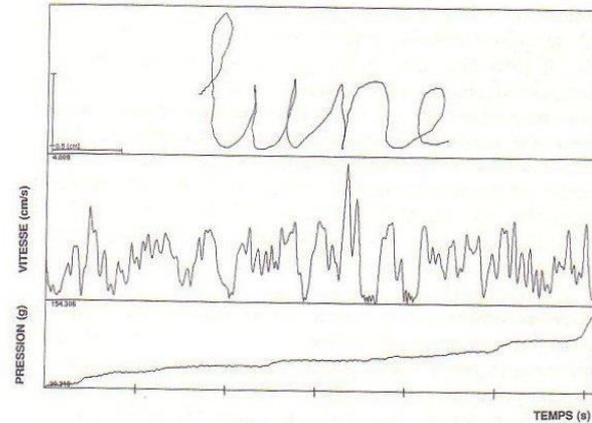
Equivalence motrice (Bernstein 1967)

<i>Taille normale</i>			<i>En attachant le stylo à l'épaule</i>
<i>Petite taille</i>			<i>au gros orteil du pied droit</i>
<i>En bloquant les doigts</i>			<i>Avec les dents</i>
<i>En attachant le stylo au dessus du poignet</i>			<i>Avec la main gauche</i>
<i>En attachant le stylo au coude</i>			<i>... au gros orteil du pied gauche</i>

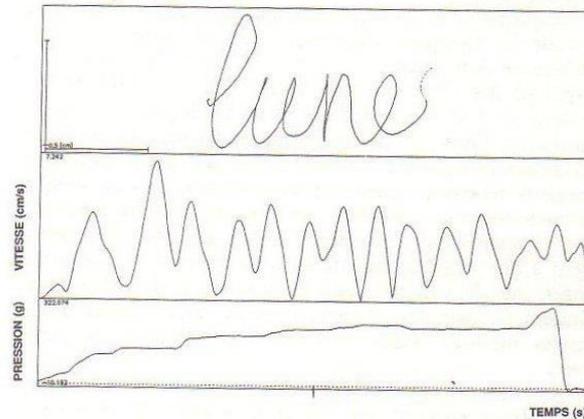
Enfants : construire les programmes moteurs



18 mois



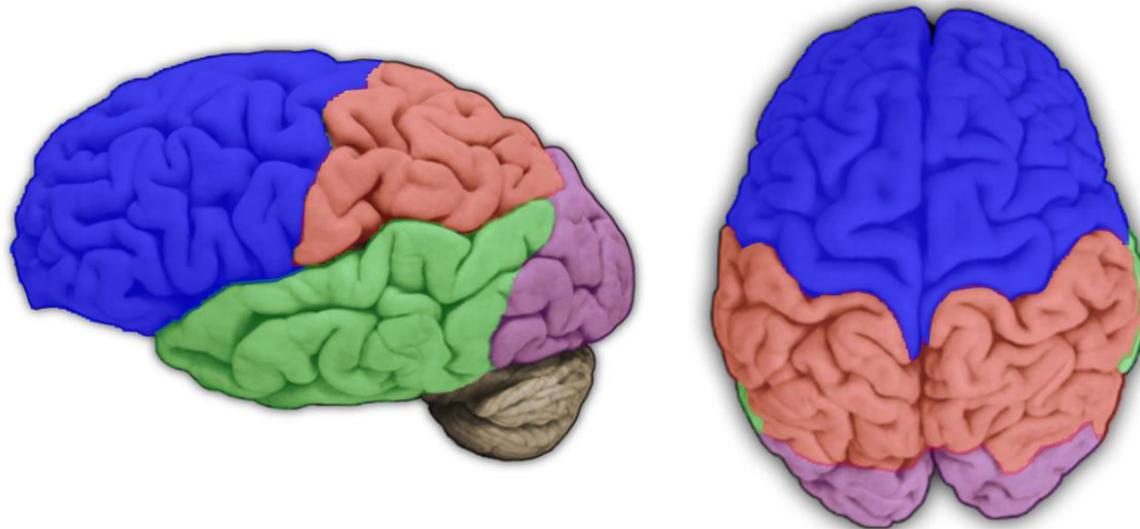
8 ans



12 ans

Fig. 5.1. — Tracés et profils de la vitesse absolue et de la pression pour le mot « lune » écrit par un enfant de 8 ans (panneau supérieur) et par un enfant de 12 ans (panneau inférieur) ; les échelles temporelles et spatiales sont adaptées aux caractéristiques respectives des productions.

II- Bases cérébrales de l'écriture



Contrôle cérébral du mouvement: Cortex moteur primaire

Sillon central

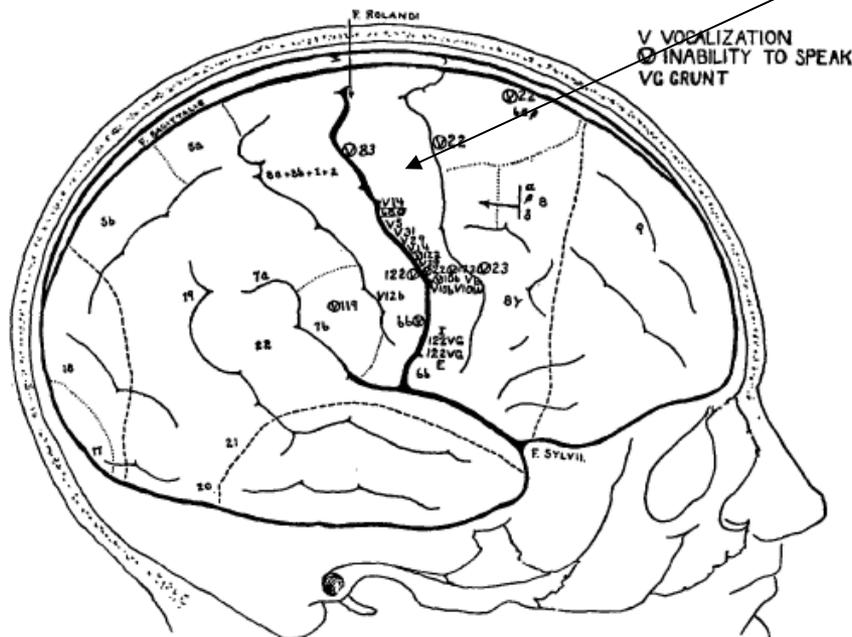


FIG. 11.—Vocalization.

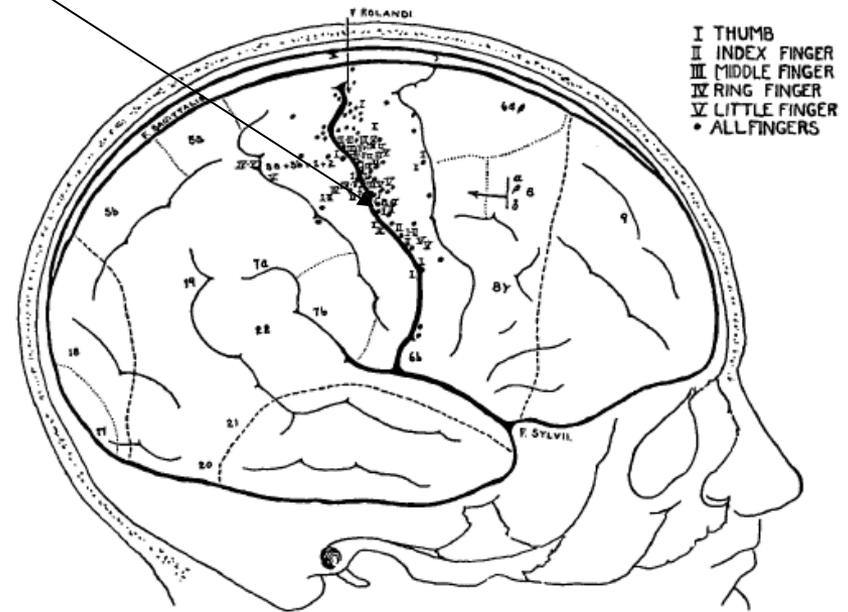
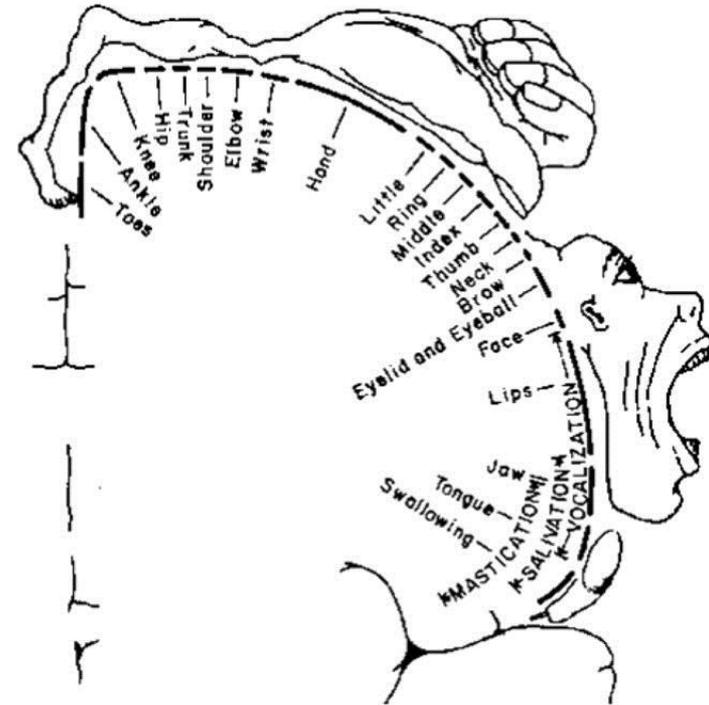
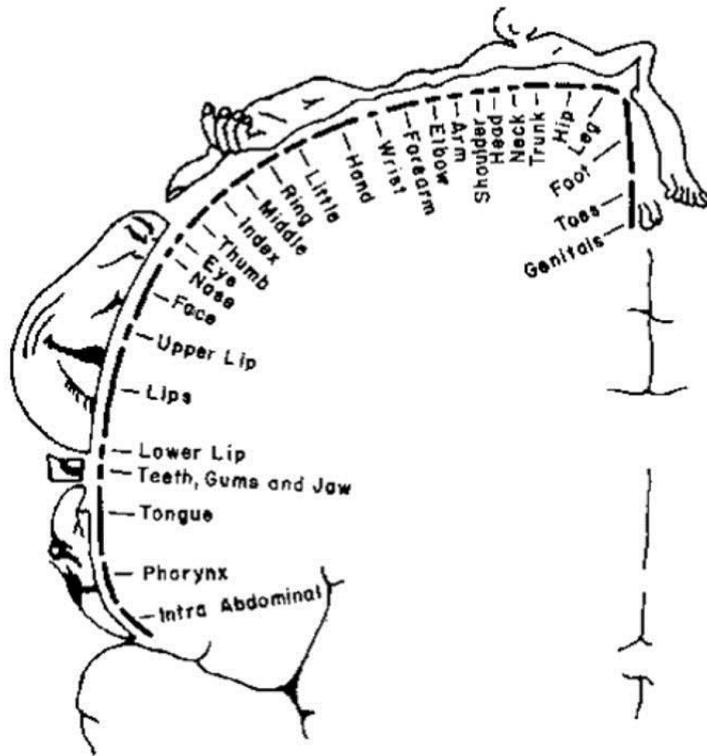


FIG. 12.—Movement of digits.

- Stimulation de différentes parties du cortex → mouvements ou sensations dans différentes parties du corps du côté opposé

L'homonculus de Penfield



++ PLASTICITE
très importante



Motor Homunculus by Chris Macivor

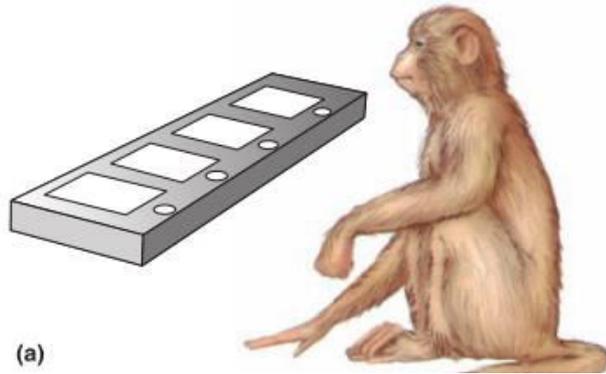
Cortex prémoteur

Neurones activés avant et pendant des actions, contenant des composantes de mouvements organisées en un comportement plus complexe

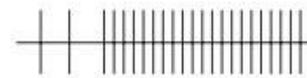
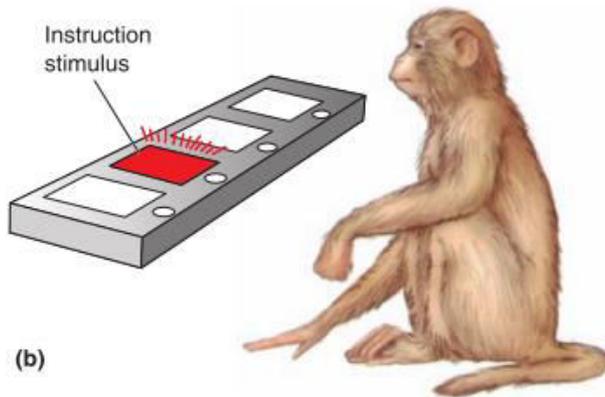
Neurones activés pour des actions déclenchées par des signaux externes; préparation de l'action

+ autres régions importantes pour le contrôle moteur (cervelet, cortex pariétal...)

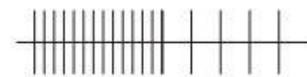
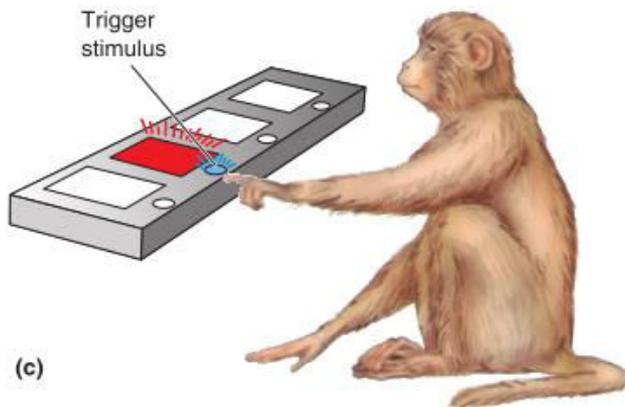
=Système moteur cérébral



Action potential activity of PMA neuron



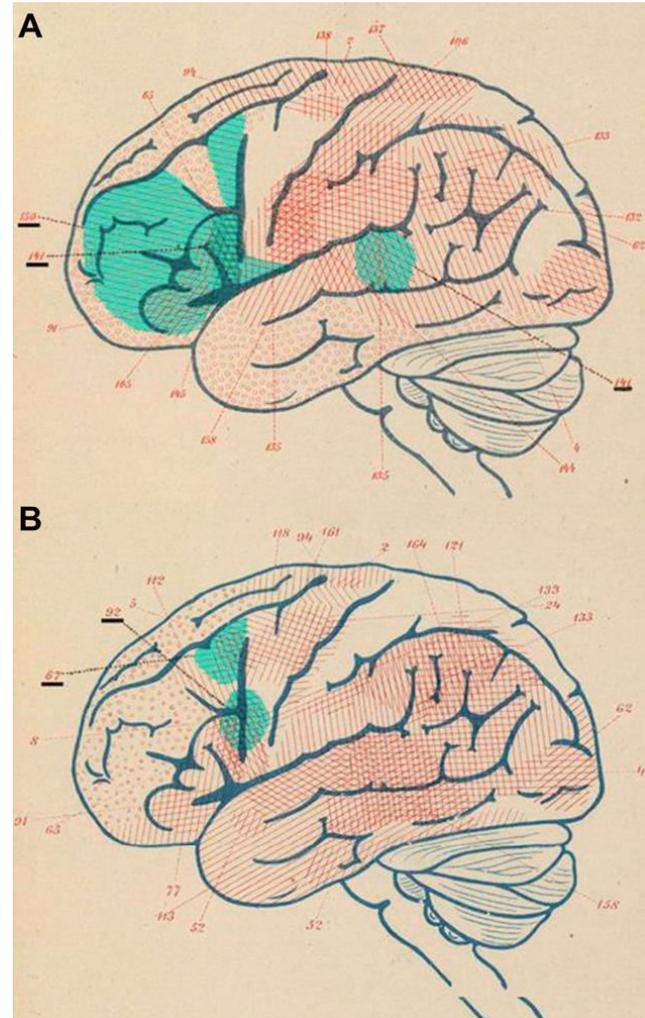
Instruction stimulus on



Trigger stimulus on

Un centre cérébral de l'écriture? Un débat très ancien

S. Exner, 1846-1926



Neuropsychologie et écriture

H.L. right hand
"shoe" "lamp" "table"

S H O E
L A M P
T A P L E

H.L. drawing (right hand) "hammer"



Gentleman
Therefore
intellectual
brothers
instead

Writing in Lower Case

ThrougHout
colourful
WhAt
PlAce
THAN

Writing in Upper Case

Passed
possible
Parks
Pictures

Pre-morbid writing

cloud CLOUD
early EARLY
throughout THROUGHOUT
furthermore FURTHERMORE

Copying Lower Case

H.L. left hand
"tree" "tiger"

T B E E
T I G E R

J.G.E. left hand "eye" arrow"

EYE
ARROW

Rapp et Caramazza, 1997

from the ~~wrong~~ side of the Road the Boy on the
Bicycle is overladen and is on the wrong side of
the Road PASSING above which is stopping at the Bus
STOP - a young girl is running for the Bus but
is about to fall on a BANANA SKIN

Spontaneous writing during picture description task

Forbes & Venneri, 2003

a) b) c)



Figure 1 Initial writing under dictation—a) letter P, b) patient's name "Michel", c) "je suis à l'hôpital".

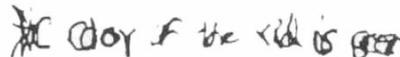
Croisile et al., 1990

Name: 

Handwriting sample illustrating the characteristic features of apraxic agraphia: writing of lower (A) and upper (B) case words to dictation at 1 month and copying of a pre-morbidly written sample (C) at 6 months after onset (D).

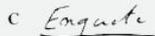


The color of the wall is green



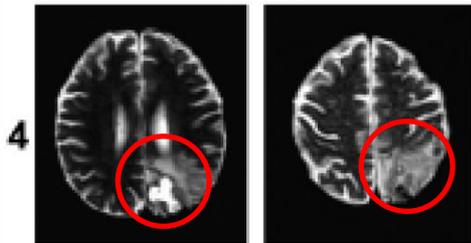
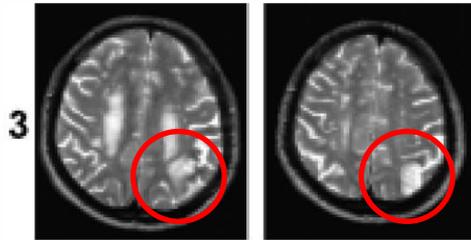
Anderson et al., 1990

Figure 2 Handwriting sample

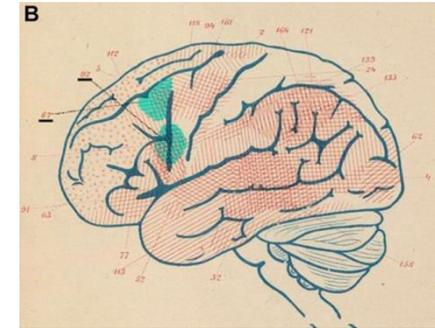
A 
B 
C 
D 

Marien et al., 2007

Deux régions cérébrales impliquées dans l'agraphie apraxique

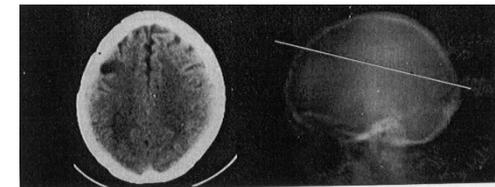


Sakurai et al., 2007

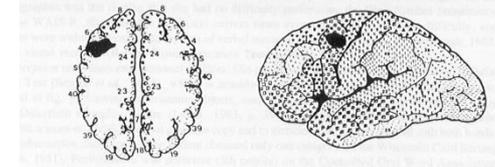


Exner, 1881

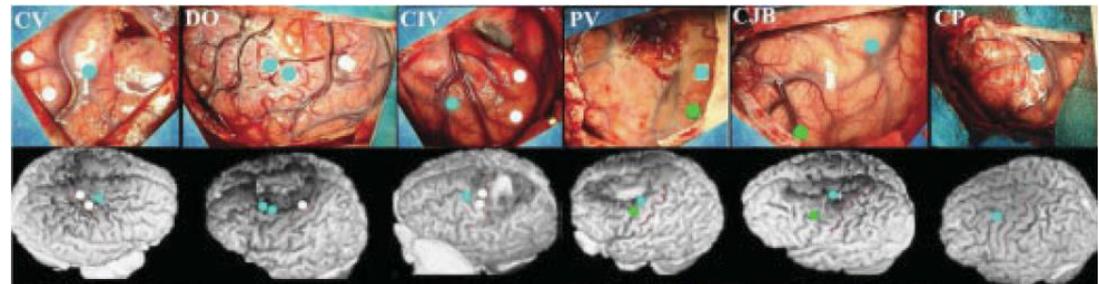
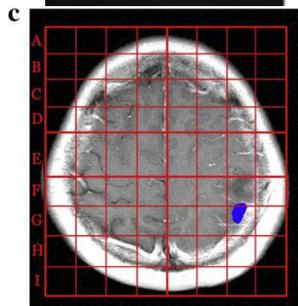
Otsuki et al., 1999



Anderson et al., 1990



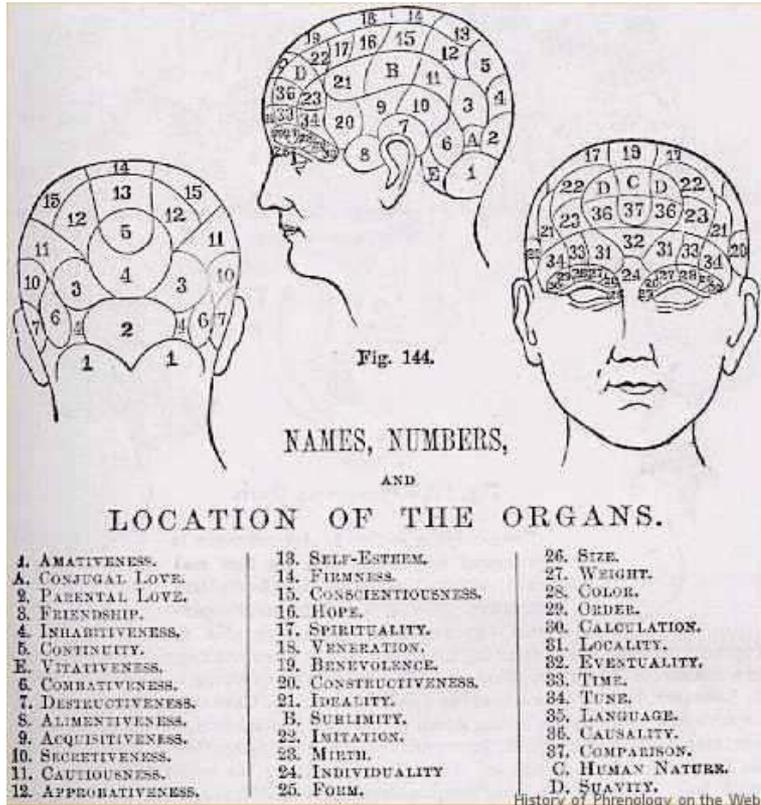
Magrassi et al., 2010



Roux et al., 2009

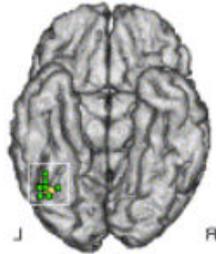
La bosse de l'écriture?

Phrénologie: Gall (1808)

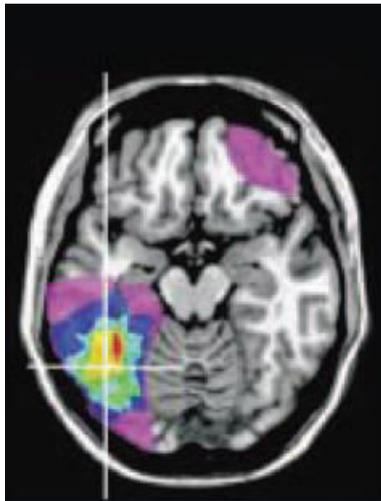


« Mr. Craniose déballe sa collection et démontre que la phrénologie s'appuie sur des faits, que ces faits sont des bosses, que ces bosses indiquent le vol dans les têtes qui ont appartenu à un voleur, le meurtre dans les crânes qui ont appartenu à un meurtrier, et le savoir dans les crânes qui ont appartenu à un savant. » (Topffer, M. Crépin, 1837)

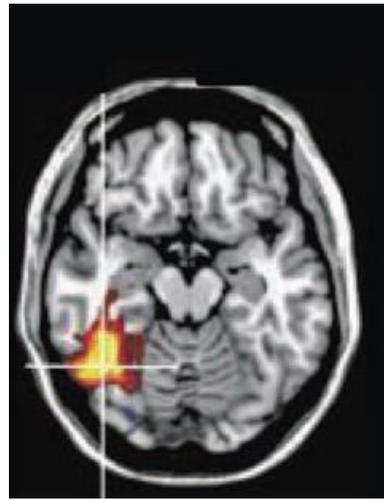
Un centre cérébral de l'écriture: Un débat actuel? Le cas de la lecture



Alexie Pure



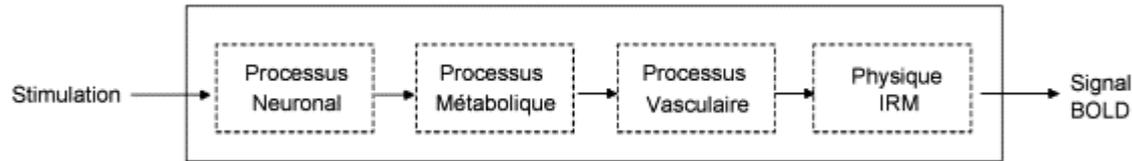
VWFA



Hypothèse du
recyclage neuronal
pour la reconnaissance
visuelle de mots

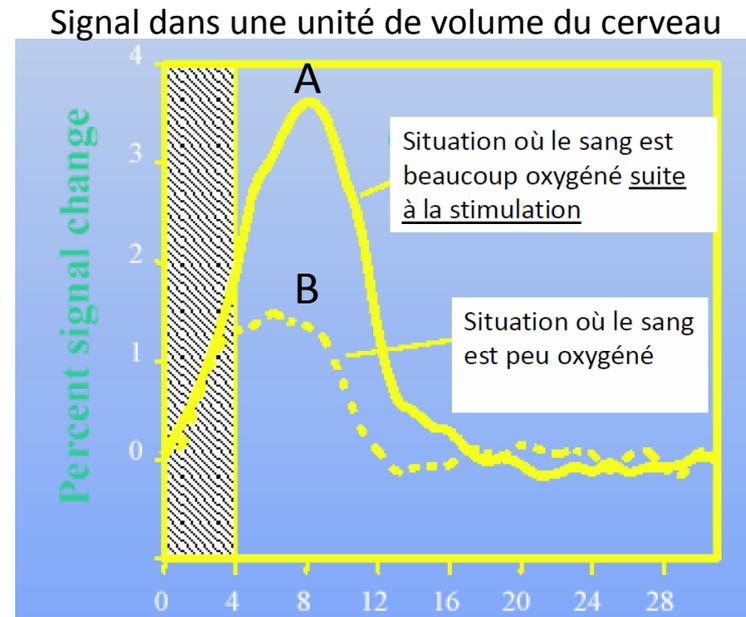
Lecture = acquisition
d'une expertise visuelle

Approche de l'écriture par IRM fonctionnelle



1- Le problème de la « tâche de contrôle »

→ l'IRMf nous dit ce qui est PLUS activé par une situation d'intérêt A relativement à une situation de référence B



Approche de l'écriture par IRM fonctionnelle

2- Les problèmes plus « ergonomiques »



Groupe de droitiers / groupe de gauchers

Letters :

N + A + B + K + ...

Pseudoletters :

↶ + ↷ + ↓ + ↘ + ...

Control :

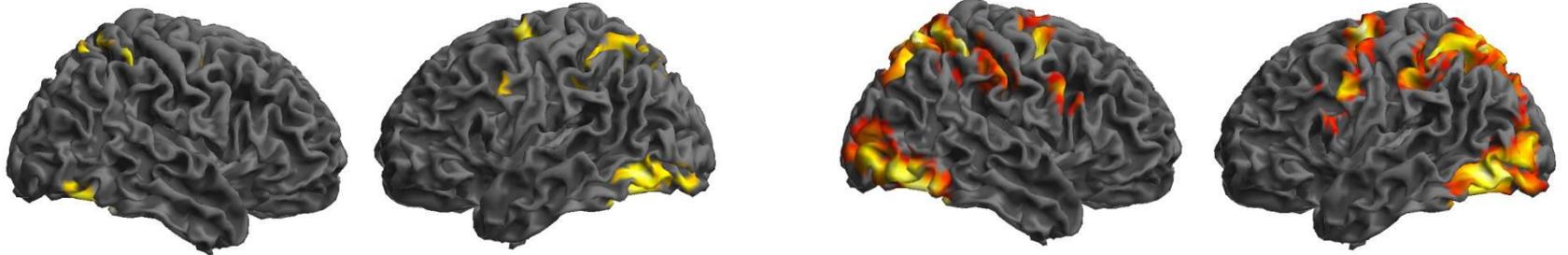
≡ + ≡ + ≡ + ≡ + ...

Dans les trois cas, les mouvements exécutés sont très similaires

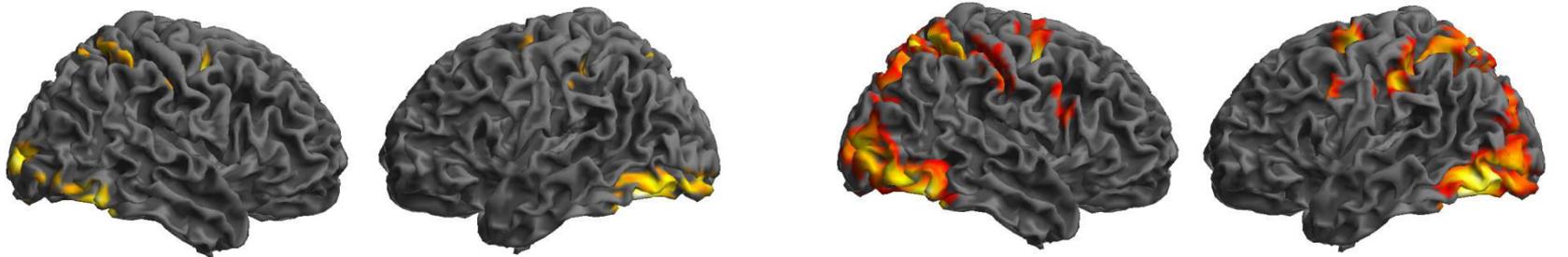
Copie de Lettres >
copie des hachures

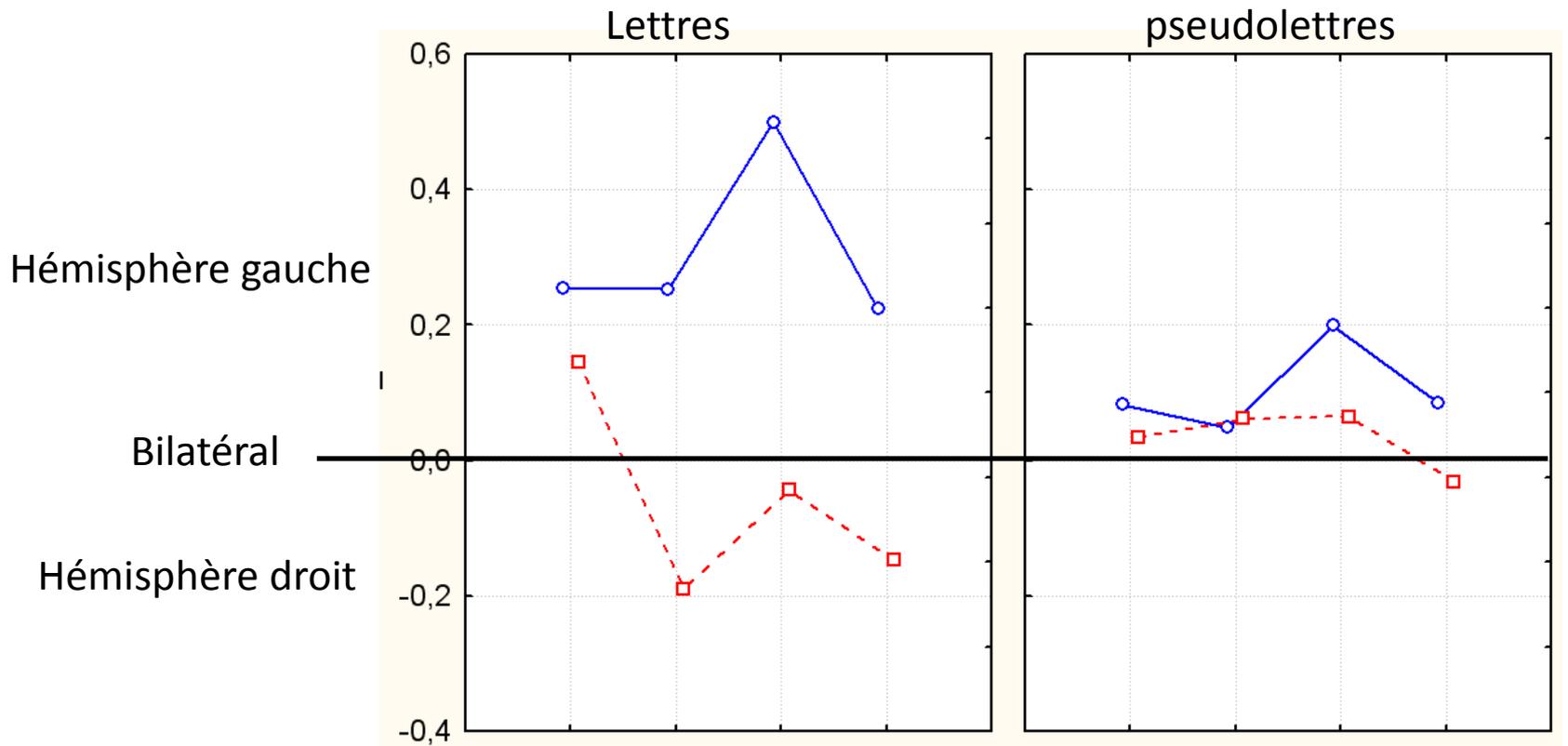
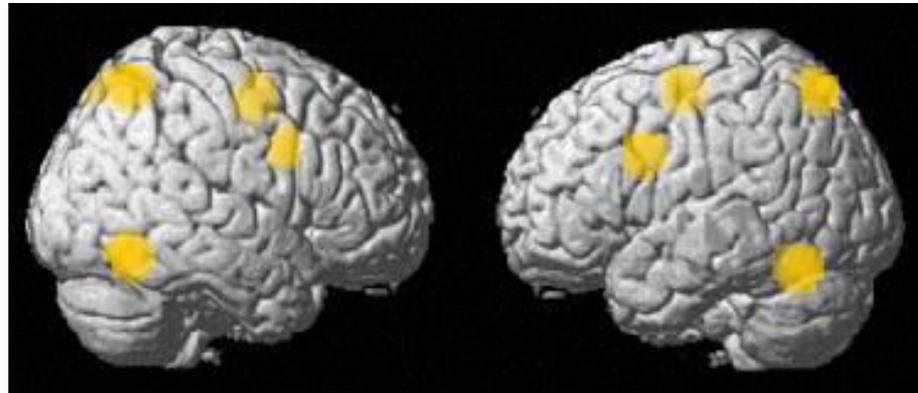
Copie de Pseudo-Lettres >
copie des hachures

Droitiers



Gauchers





→ Conclusion 1: Aucune région pariétale ou frontale ne semble spécialisée dans l'écriture de lettres (/pseudolettres)

→ Conclusion 2: Si les activations purement sensorimotrices sont soustraites, les gauchers et les droitiers utilisent majoritairement les mêmes régions pariétales et frontales pour écrire

→ Conclusion 3: La latéralisation des activations pariétales et frontales est par contre dépendante de ce qui est écrit, et de la main qui écrit

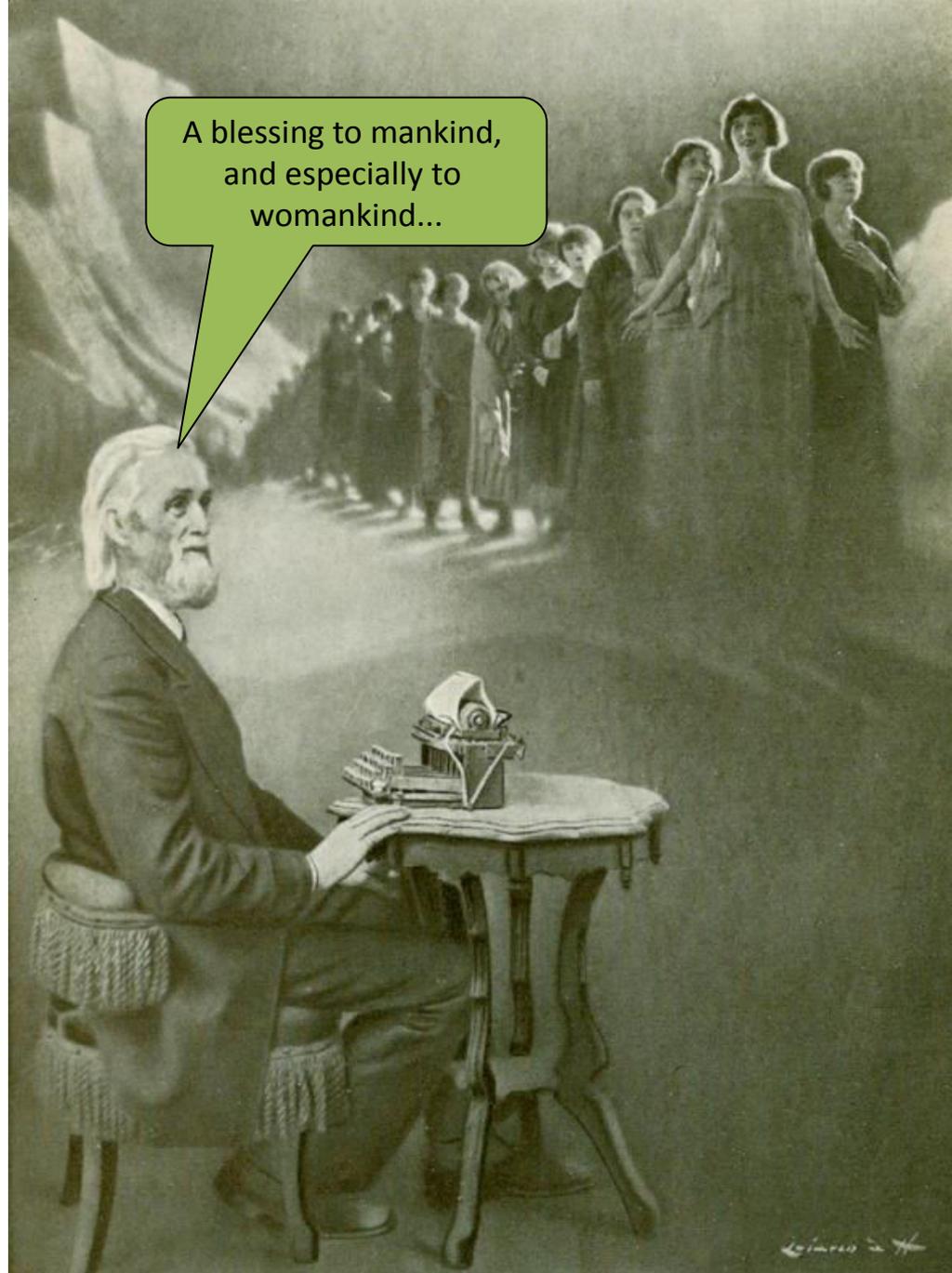
- Ecriture de lettres > écriture de chiffres en IRMf

Montre une spécialisation de certaines parties du cerveau pour l'écriture des unités du langage



III- Changements induits par le clavier





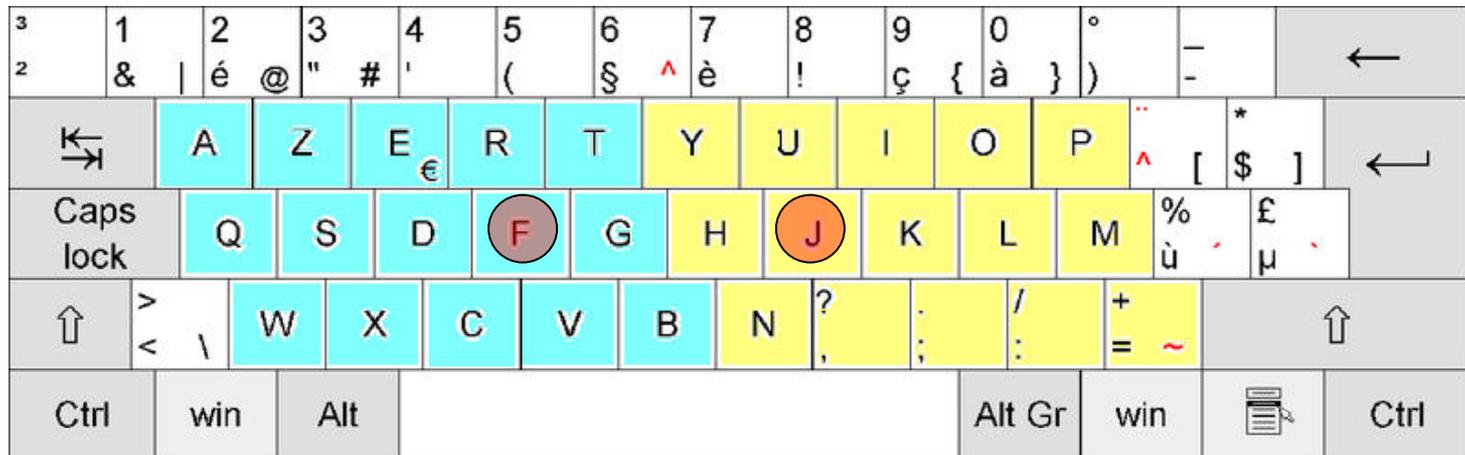
Christopher Latham Sholes, 1873

Dactylographie experte

Beaucoup étudiée dans les années 80. Elle n'est souvent pas évaluée dans les examens neuropsychologiques

La frappe au clavier peut être très très rapide (200 mpm, ie environ 18 keystrokes par seconde)

Expertise en dactylographie: association standardisée entre un doigt et une lettre



Un modèle de la dactylographie experte: Rumelhart et Norman, 1982

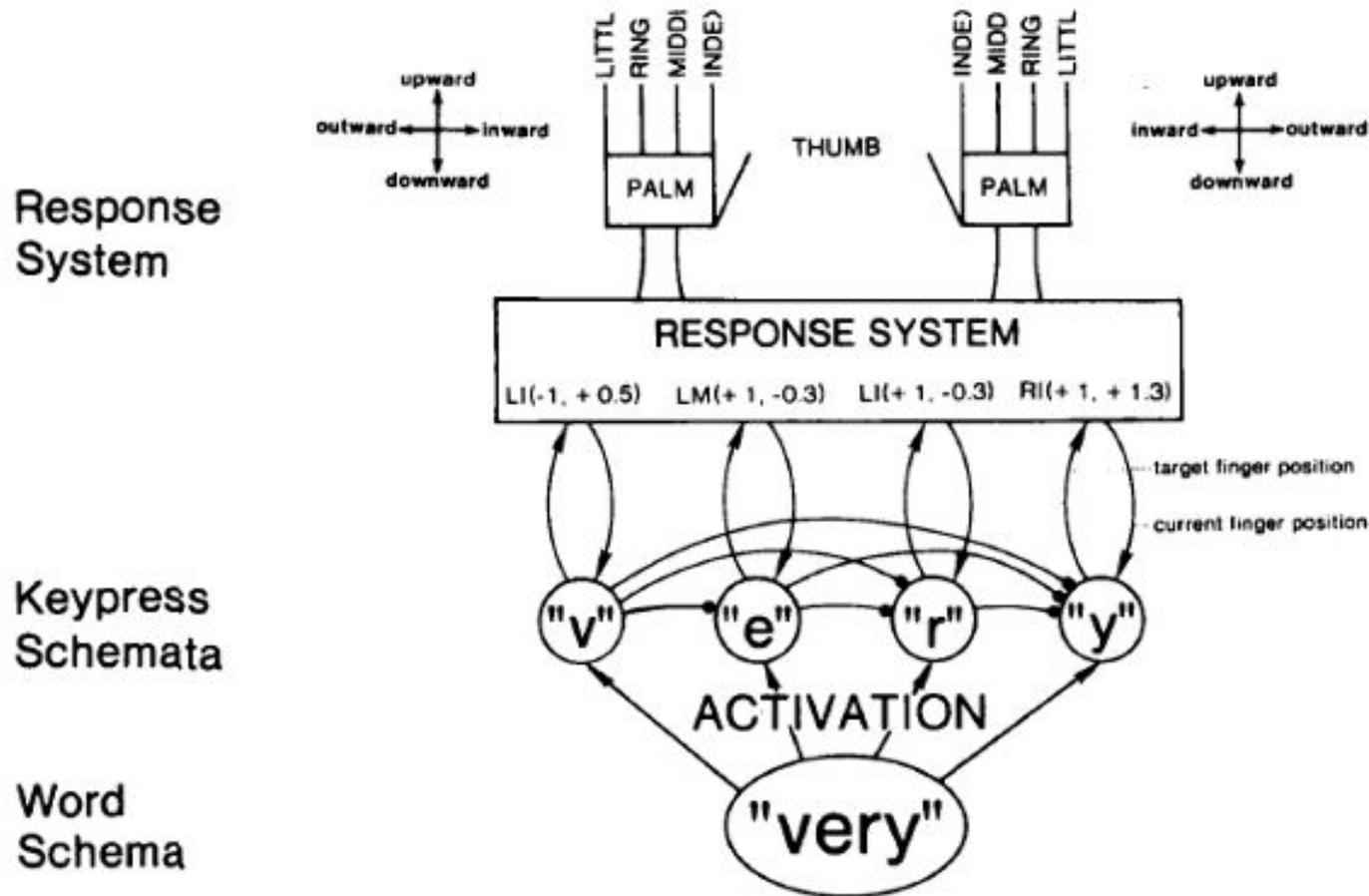


Figure 3. The interaction of activations when the word *very* is to be typed. The *very* schema is activated by the perceptual system and parser, activating each of the schema for the component letters. Each letter schema specifies the target finger position, specified in a keyboard coordinate system. L and R stand for the left and right hands, and I and M for the index and middle fingers. In the coordinate system, the first variable is upward/downward (up is positive) and the second variable is inward/outward (inward is positive). The keypress schemata receive information about the current finger position from the response system. Each letter schema inhibits the activation of all letter schemata that follow it: inhibition is shown by the lines with solid circles at their termination.

Un modèle de la dactylographie experte: Rumelhart et Norman, 1982

« Very well »

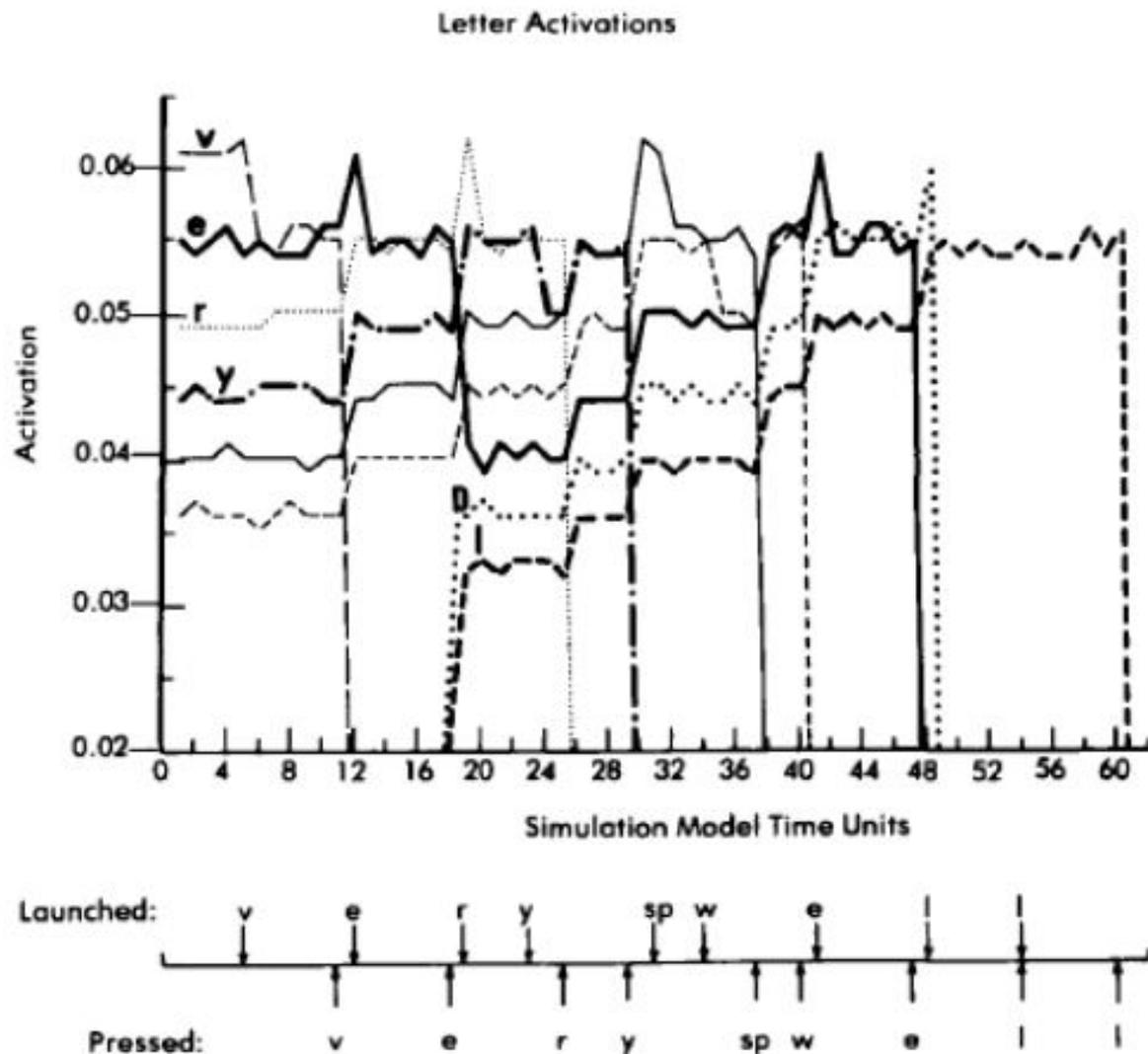
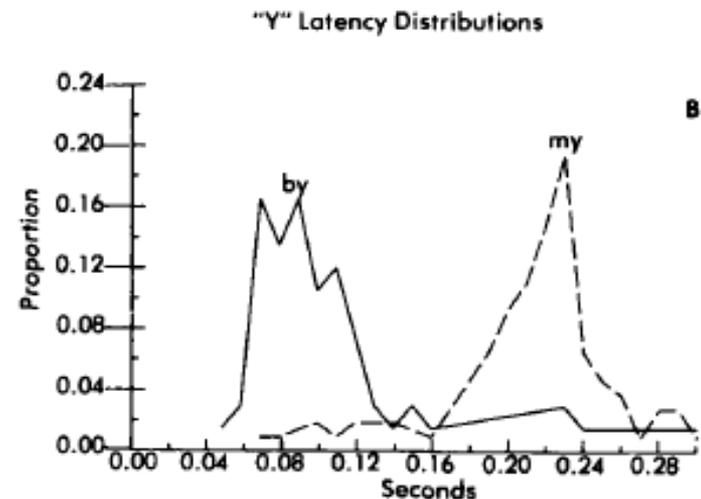


Figure 4. Patterns of activation for the various keypress schemata during the typing of the string *very well*. *D* stands for *double schema*. See the text for details.

- Explique pourquoi les intervalles interfrappes sont très courts (tout est réalisé en parallèle, et on ne voit que la partie « émergée » de l'iceberg.
- Pourquoi les intervalles « inter-manuels » sont plus courts que les intervalles « intramanuels »



- Les intervalles intramanuels sont fonction de la distance entre les deux touches, et du CONTEXTE

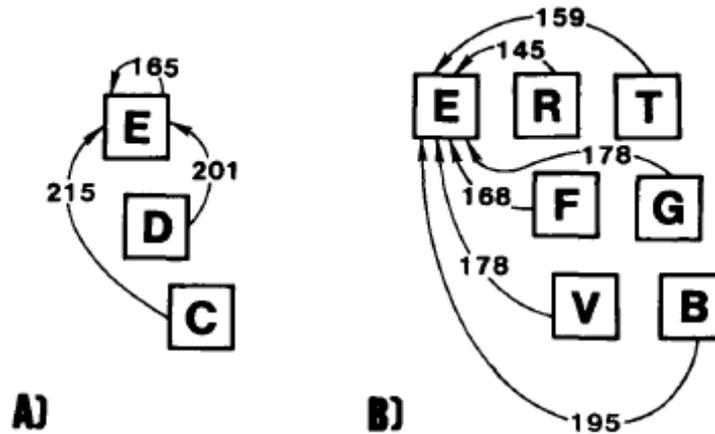


Figure 7. Part A shows a comparison of interkeystroke intervals to type a key when the preceding letter was on the same hand and the same finger: e to e, d to e, and c to e. Part B shows a similar comparison, except with the preceding letter on the same hand going from a letter typed with the index finger to an e (typed with the middle finger). The arrangement of the letters in the figure is the same as the arrangement of the keys on the keyboard. Times are shown in milliseconds.

- Une fois le mouvement déclenché, les caractéristiques cinématiques sont stables pour un dactylographe donné (Soechting & Flanders, 1992; 1997)

Corrélatés cérébraux de la dactylographie

- Déficits sélectifs de la frappe au clavier (Boyle & Canter, 1987 left parietal lesion; Otsuki et al., 2002: Dystypia after lesion in foot of the second frontal convolution and the frontal operculum, left) ou déficits combinés de l'écriture manuscrite et la frappe au clavier (Magrassi, 1010, Cortex parietal gauche)
 - Cannonieri et al., 2007: Correlation entre la quantité de matière grise (voxel based morphometry) et le nombre d'années de pratique
- modifications anatomiques cérébrales avec la pratique dans plusieurs régions corticales et cérébelleuses reliées aux habiletés bimanuelles.

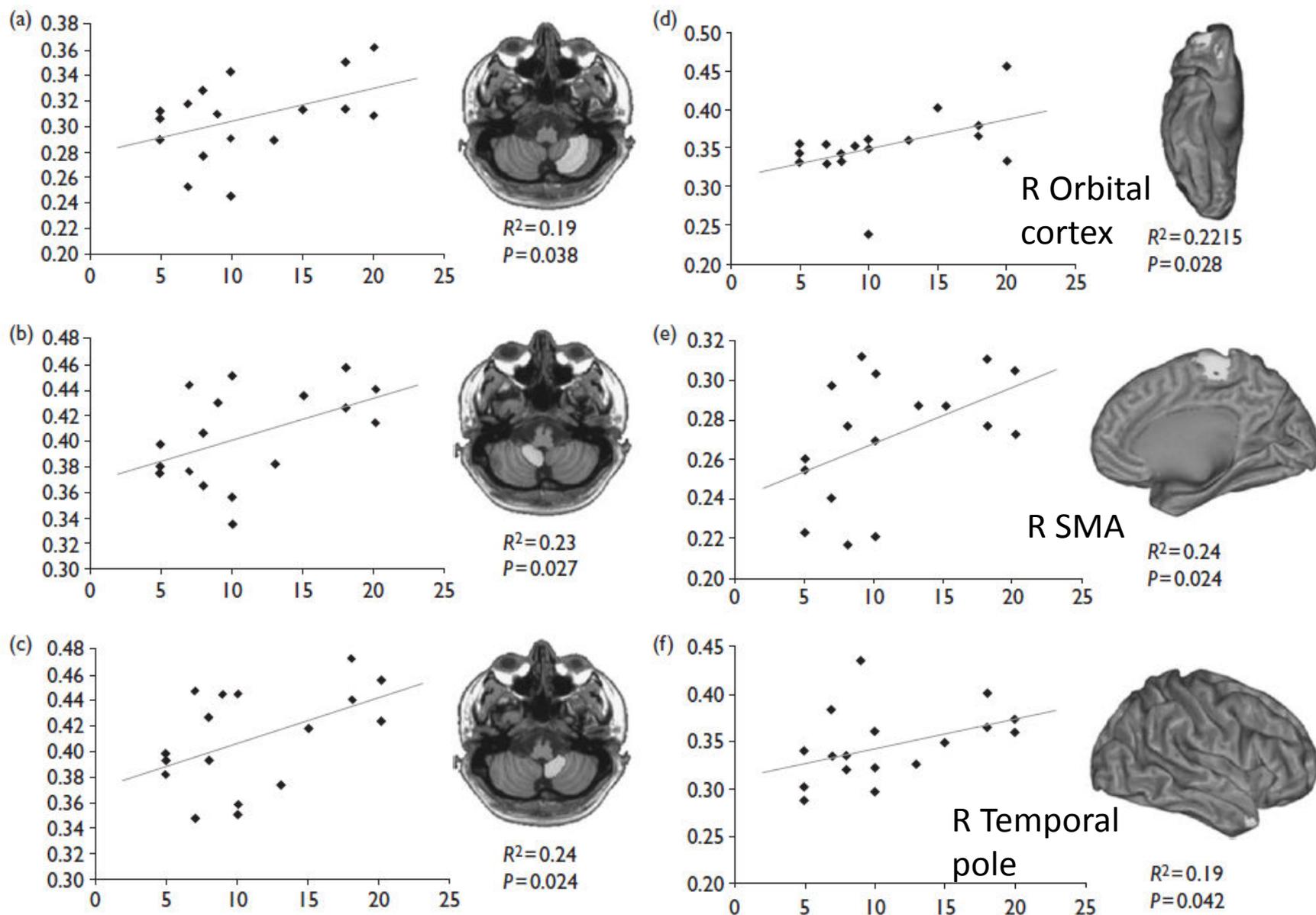
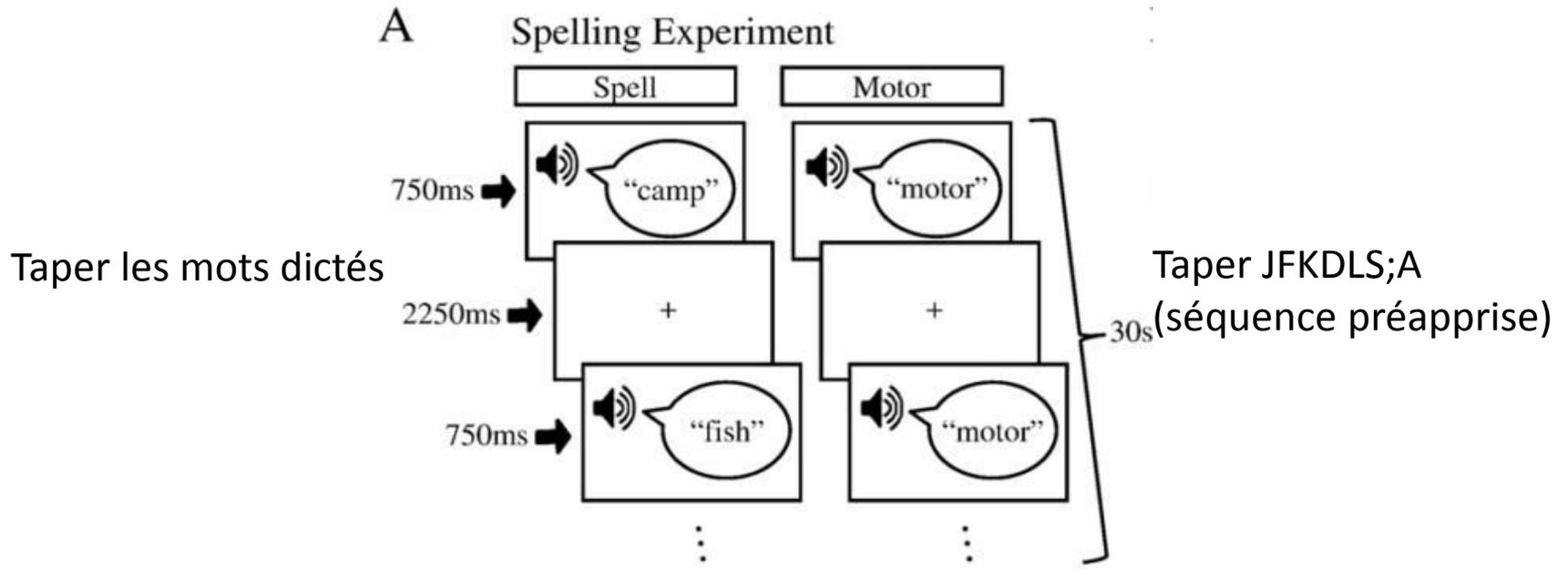


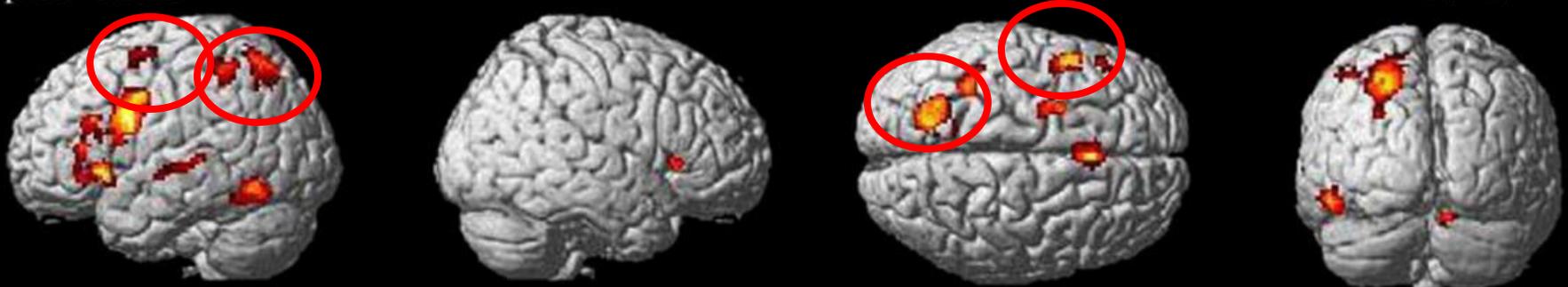
Fig. 1 Display ROIs, which showed a significant linear correlation between grey matter volume and time of typewriting training [infratentorial ROIs in (a), (b) and (c) and supratentorial ROIs in (d), (e) and (f)]. The graphs plot the distribution of grey matter volume for time of training. Each ROI is shown overlaid in a normal T1 template [(a), (b) and (c)] or in inflated normal cortical map (Caret: www.brainmap.wustl.edu/) [(d) inferior view, (e) medial view, (f) lateral view]. Each graph displays the significant linear correlation trendline. The corresponding squared R and P values are displayed underneath the ROI overlay. ROI, region of interest.

Etude IRMf de la frappe de mots au clavier

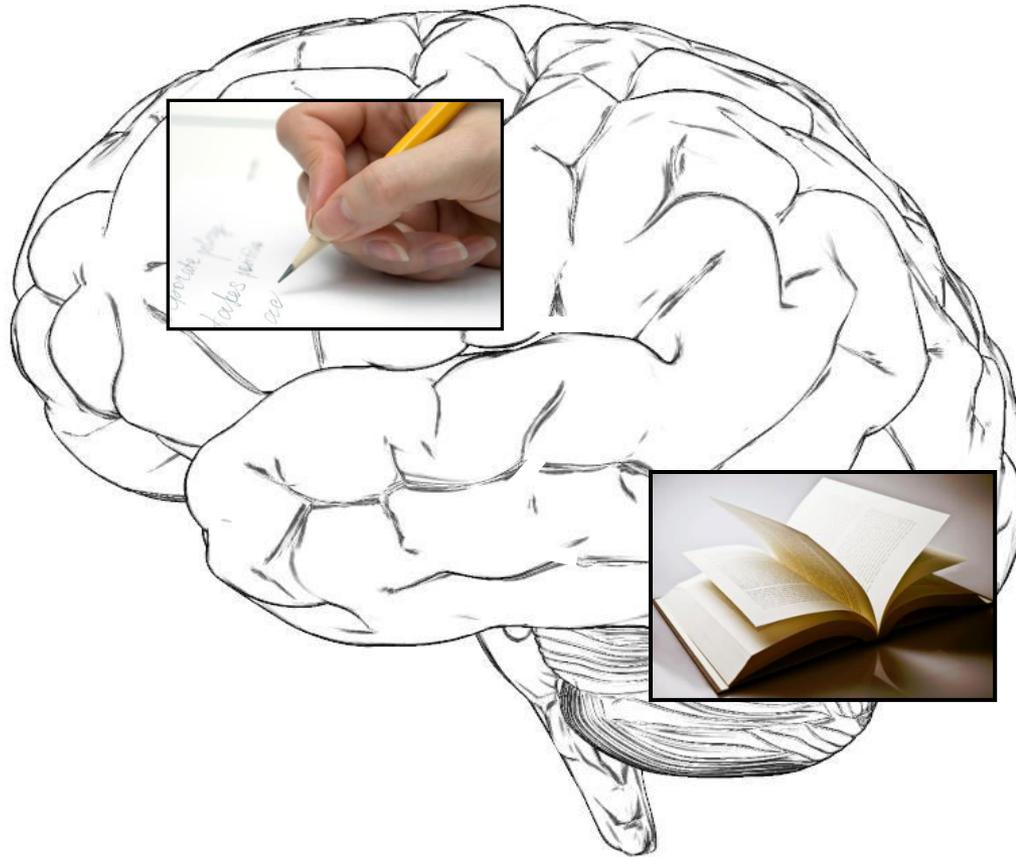


A. Spell > Motor

N=17

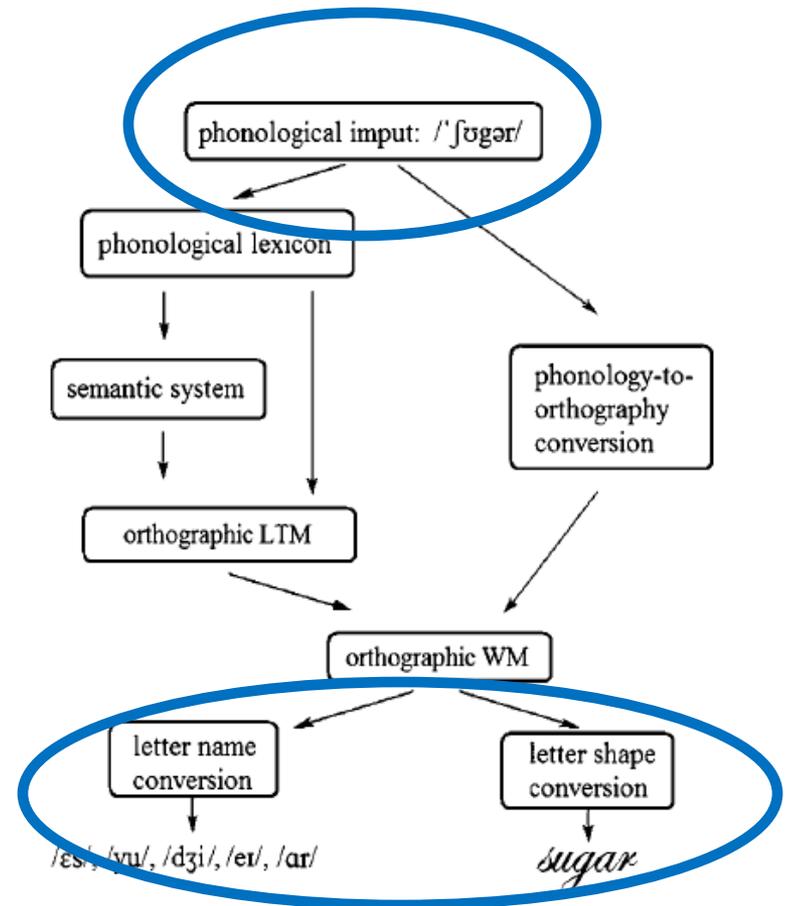
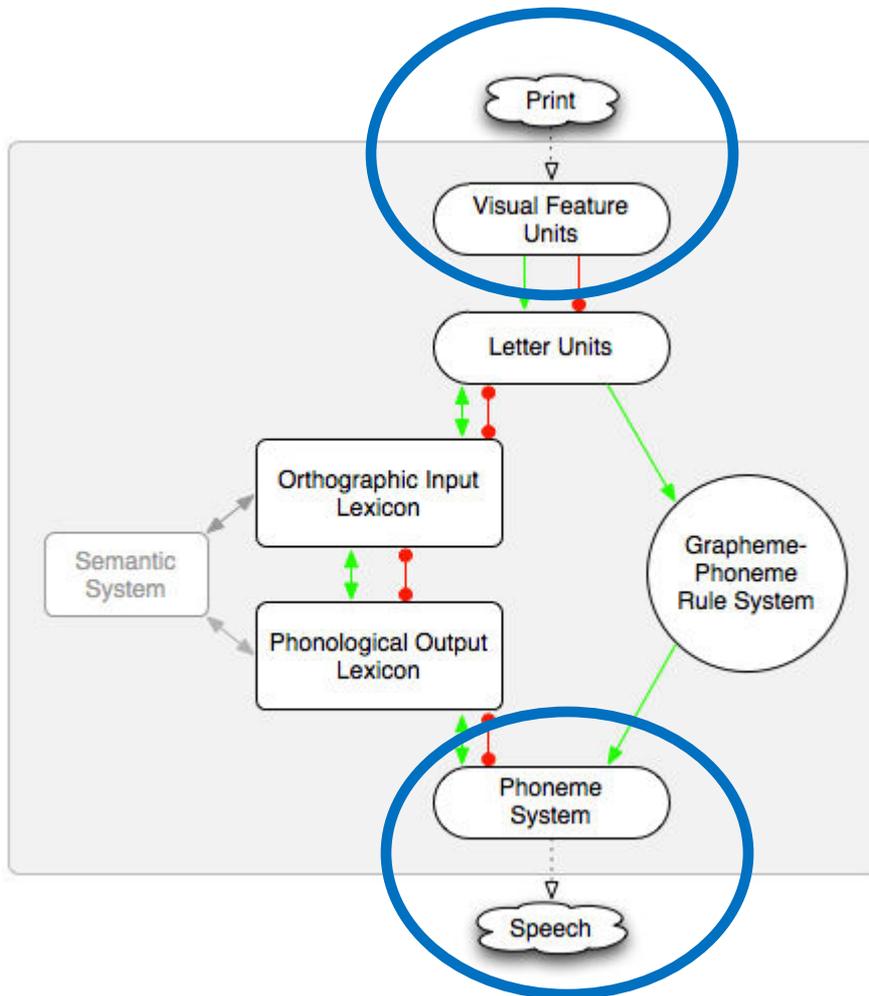


IV- Liens écriture lecture: modifications liées à l'expertise en dactylographie



Le sandwich

- Exemple du langage écrit



Cognition incarnée

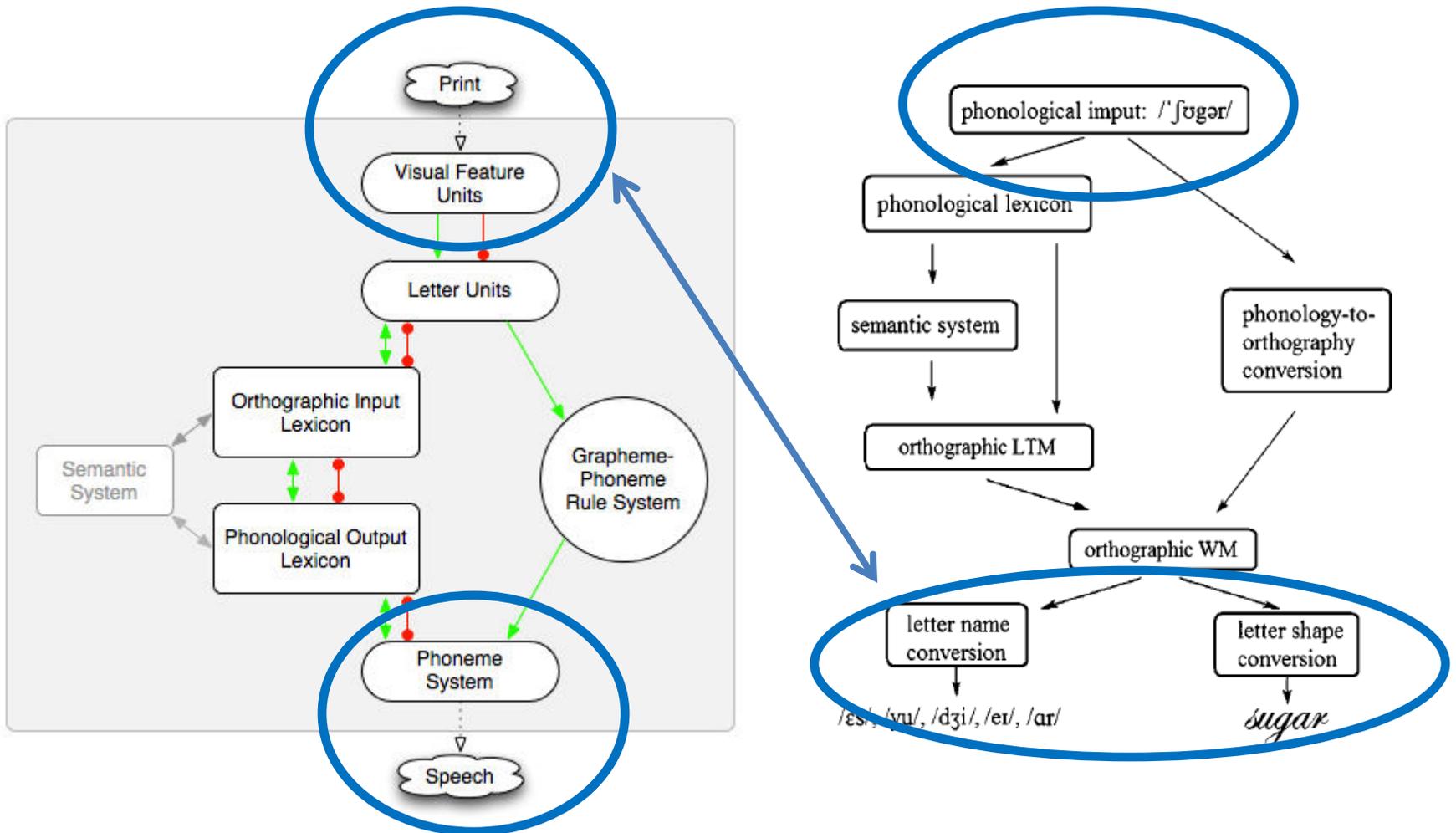
Shapiro (2007): 'La cognition incarnée est une approche de la cognition qui se distingue des sciences cognitives traditionnelles par sa réticence à considérer la cognition comme « computationnelle ». Elle considère que le corps d'un organisme est un élément signifiant pour ce que pense l'organisme, et comment il pense.'

Le corps amène donc une contrainte majeure sur l'organisation de l'esprit

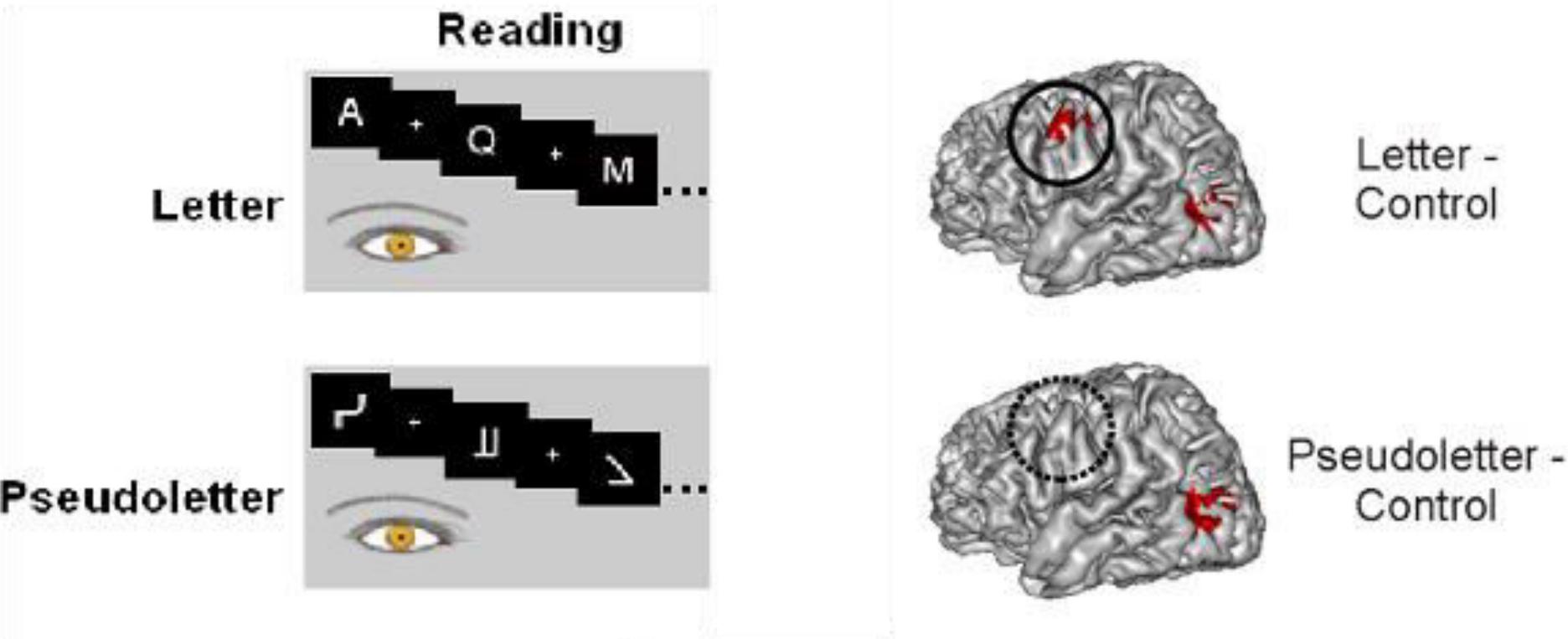
Les connaissances ne sont pas des symboles amodaux mais sont basées sur les représentations sensorielles et motrices (« modales »)

Le sandwich

- Exemple du langage écrit

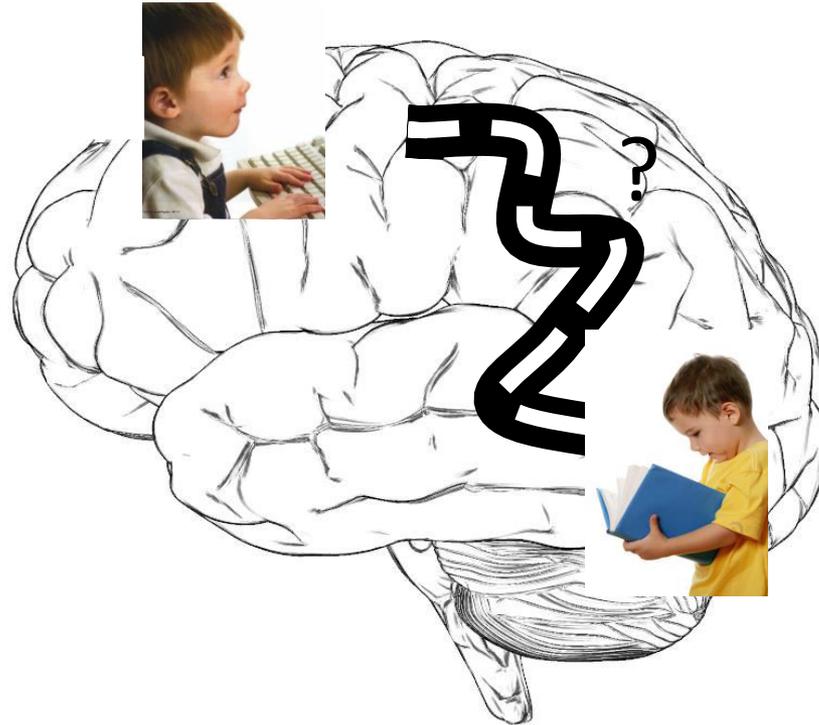


Lettres que l'on sait / que l'on ne sait pas écrire

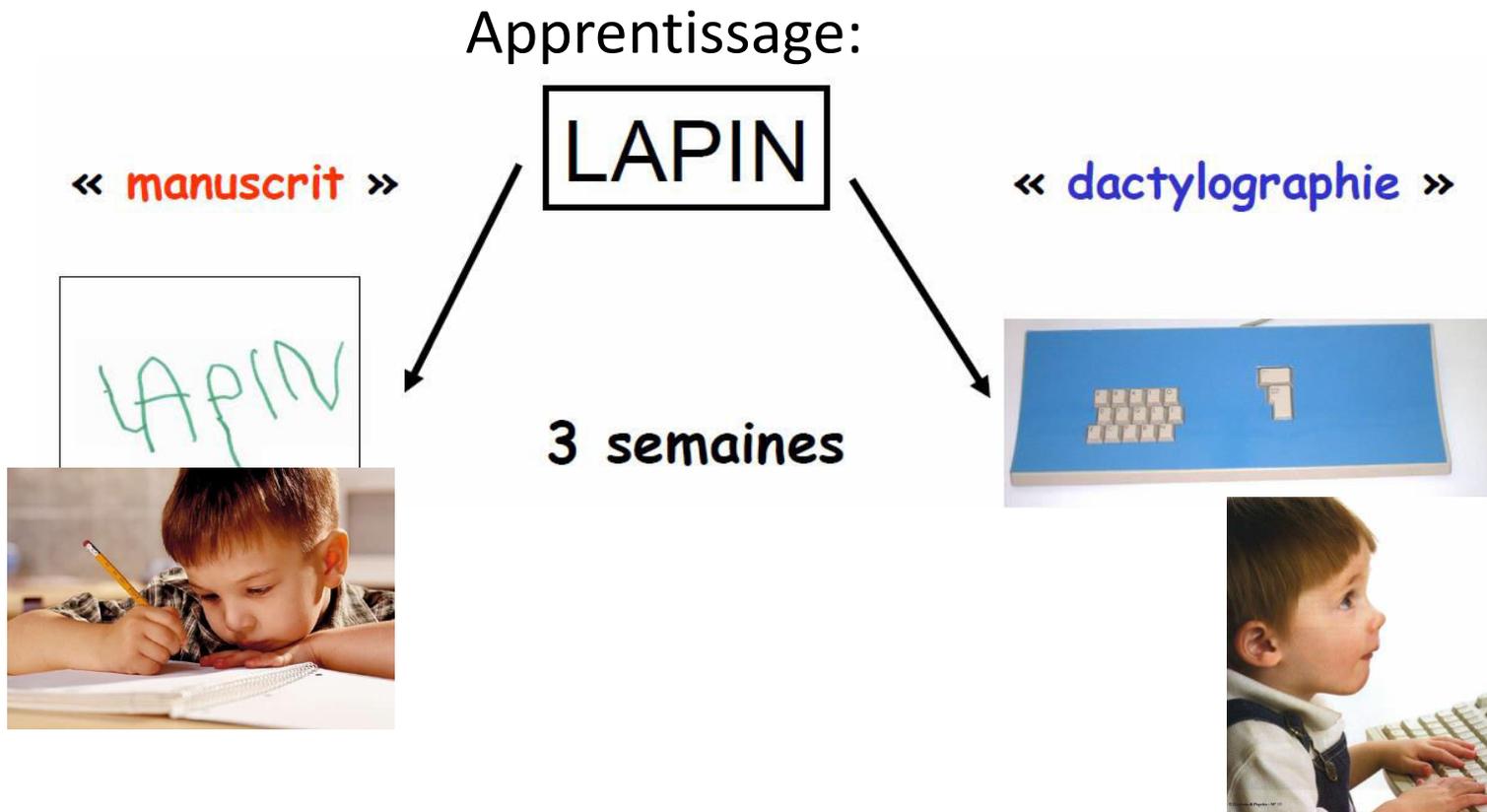


Lecture et écriture sont deux expertises

Leur acquisition modifie profondément le fonctionnement du cerveau

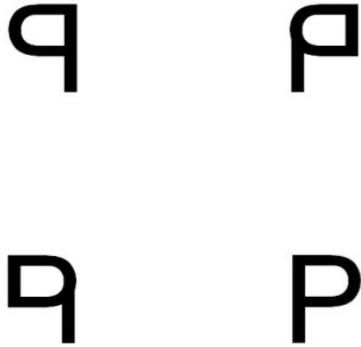


Une expérience avec des enfants prélecteurs

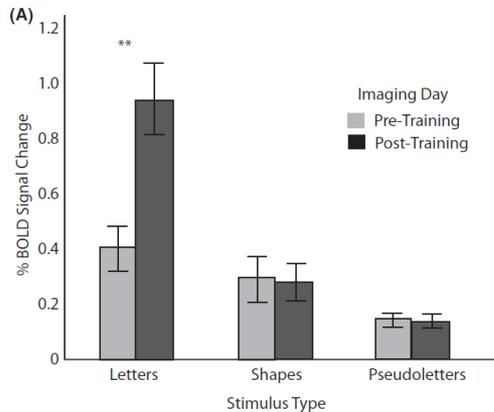
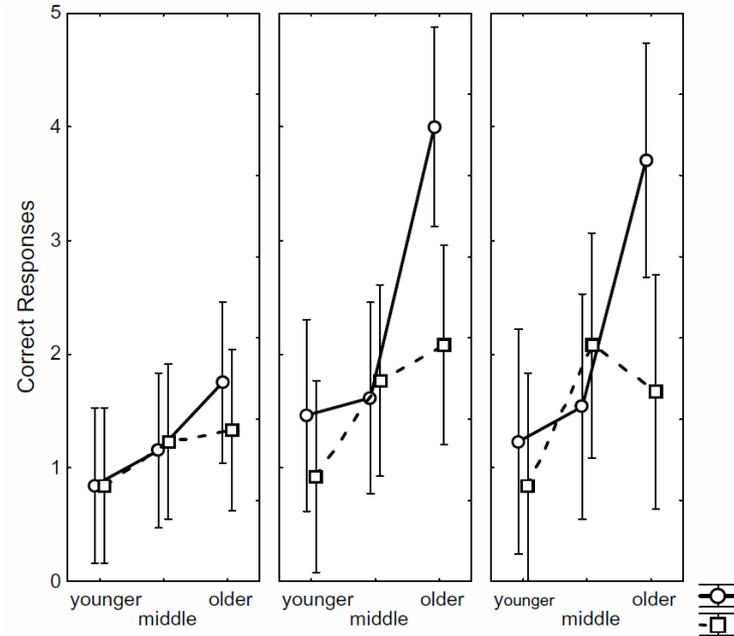


Une expérience avec des enfants prélecteurs

TEST :

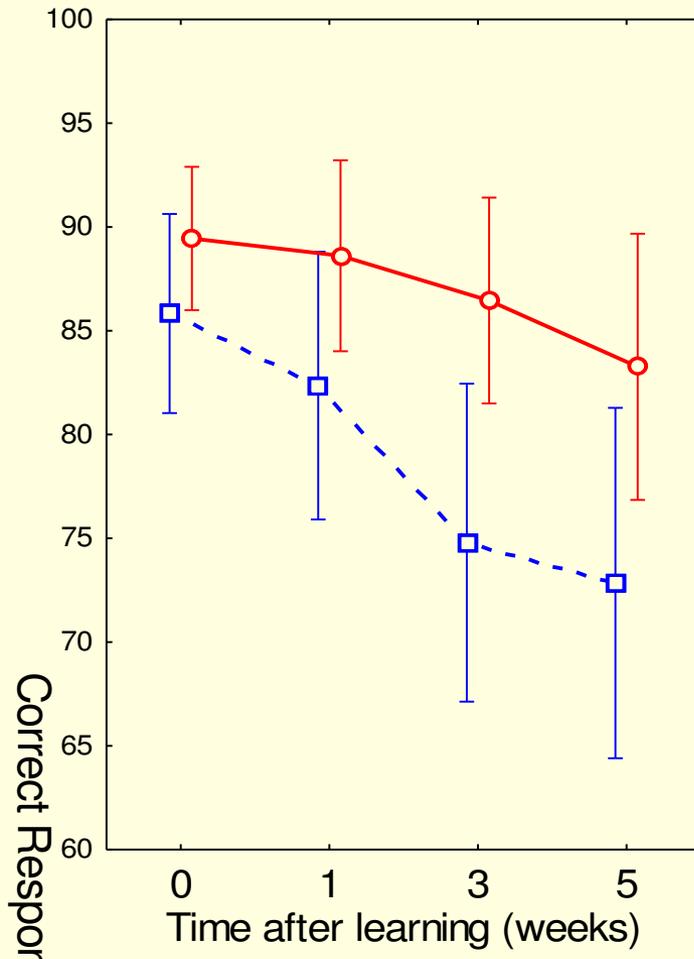


Résultats du test :

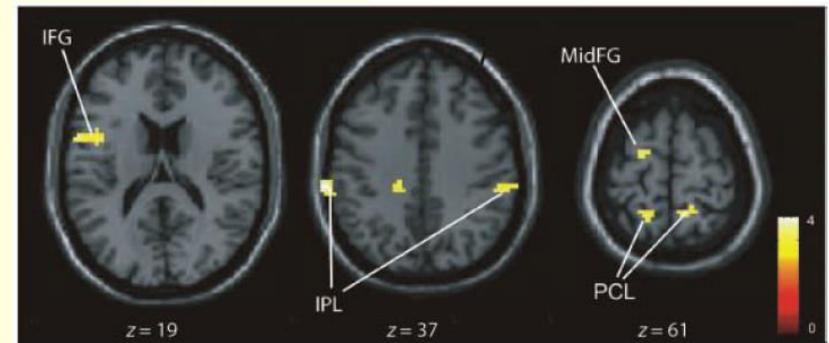


**Aire visuelle de la forme des mots
Avant et après apprentissage**

Des résultats comparables chez des adultes qui apprennent un nouvel alphabet



চ ব ট হ ল জ ট বা ঙ স
ণ ঙ ত ই ঞ তে য ড অ ঙ



■ Typed characters
● Handwritten characters

Le changement d'écriture : un problème important pour les chinois



China's language input system in the digital age affects children's reading development

Li Hai Tan^{1,2}, Min Xu¹, Chun Qi Chang, and Wai Ting Siok²

State Key Laboratory of Brain and Cognitive Sciences, Department of Linguistics, and Shenzhen Institute of Research and Innovation, University of Hong Kong, Hong Kong

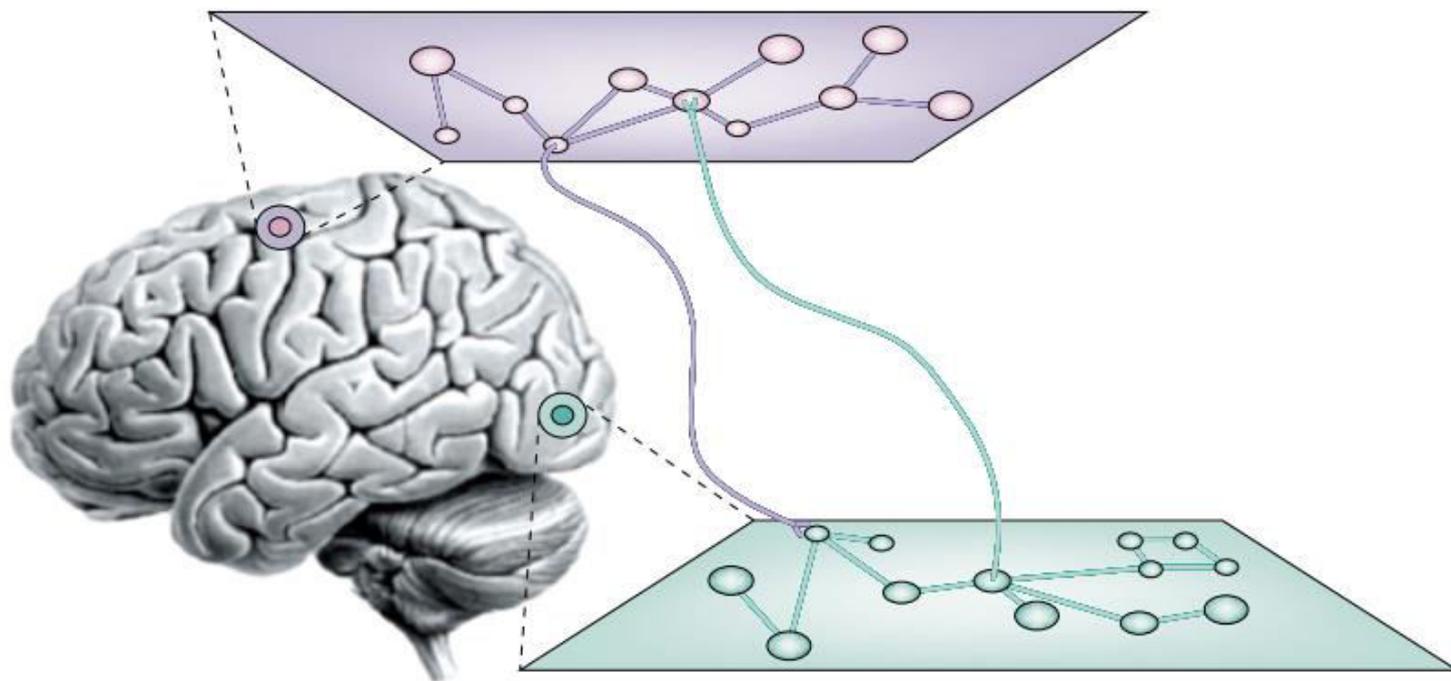
Edited by Dale Purves, Duke–National University of Singapore Graduate Medical School, Singapore, and approved December 5, 2012 (received for review August 7, 2012)

Written Chinese as a logographic system was developed over 3,000 analysis of characters and to establish their representation in long-

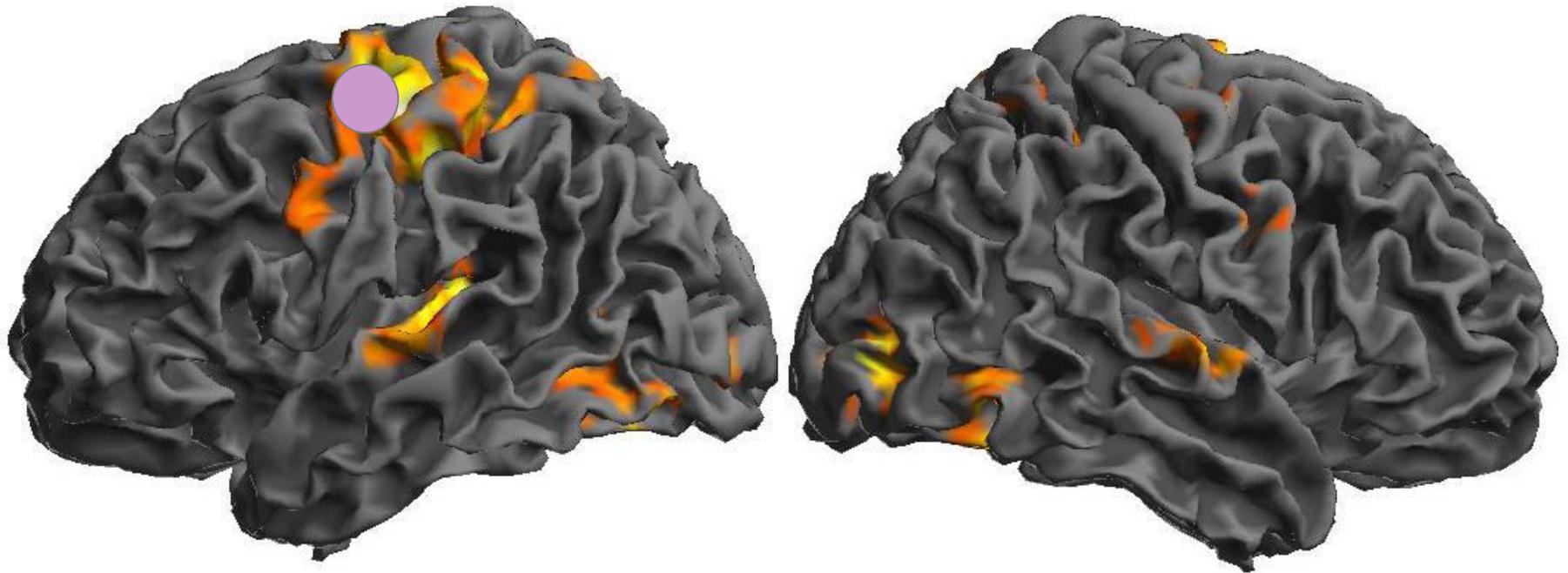
Apprentissages « multimodaux »

- Held et Hein (années 60) chez les chatons
- La perception n'est pas une fonction modulaire avec des systèmes opérant de manière indépendante
- Beaucoup de neurones répartis dans une grande partie du cerveau répondent pour plusieurs modalités sensorielles
- Beaucoup d'études montrent que l'apprentissage multisensoriel, ou impliquant une modalité sensorielle et motrice, est plus efficace (même pour apprendre une nouvelle langue Macedonia et al., 2011)
- Notion de simulation = le traitement d'un concept (par exemple fauteuil) est basé sur la simulation (« re-encatment ») par le cerveau des états perceptifs, moteurs, et émotionnels acquis durant l'expérience avec ce concept
- L'efficacité dépend de la congruence entre les modalités: avec le clavier l'association est moins pertinente

Francisco Varela (2001): assemblées de neurones et synchronisation longue distance



Exemple de l'écriture : le cerveau en train d'écrire



Impact plus global de la frappe sur clavier?

- Chez les experts, les lettres sont très fortement associées à un mouvement d'une main et d'un doigt

Motricité dactylographique et jugements « d'amabilité » des lettres

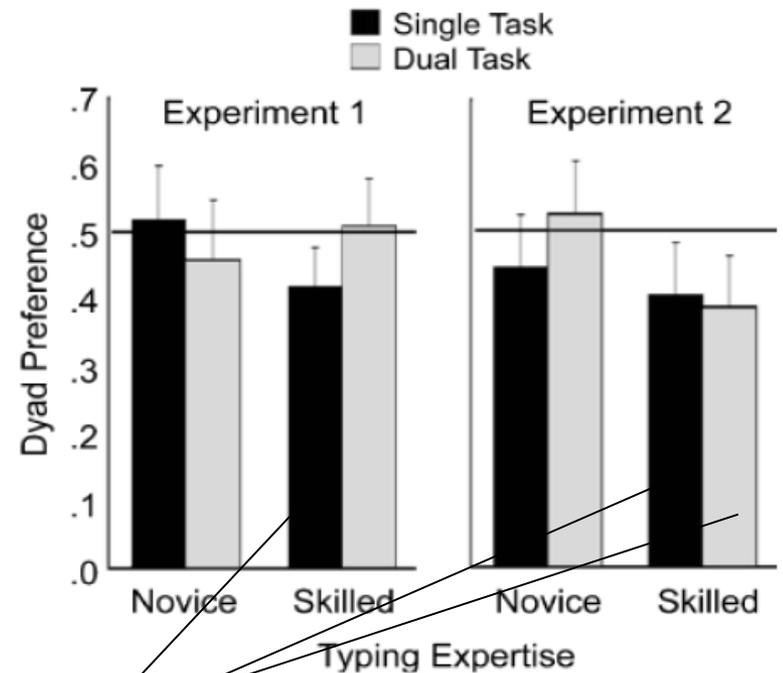
Van Den Bergh et al., 1990; Beilock & Holt, 2007

Single- vs dual-task

Dyades: soit tapées avec même doigt (FV) soit tapées avec 2 doigts de 2 mains différentes (CJ)

Jugements de préférence (choix forcé)

Tâche interférente: préparer une séquence de mouvements de frappe et l'exécuter après le jugement de préférence



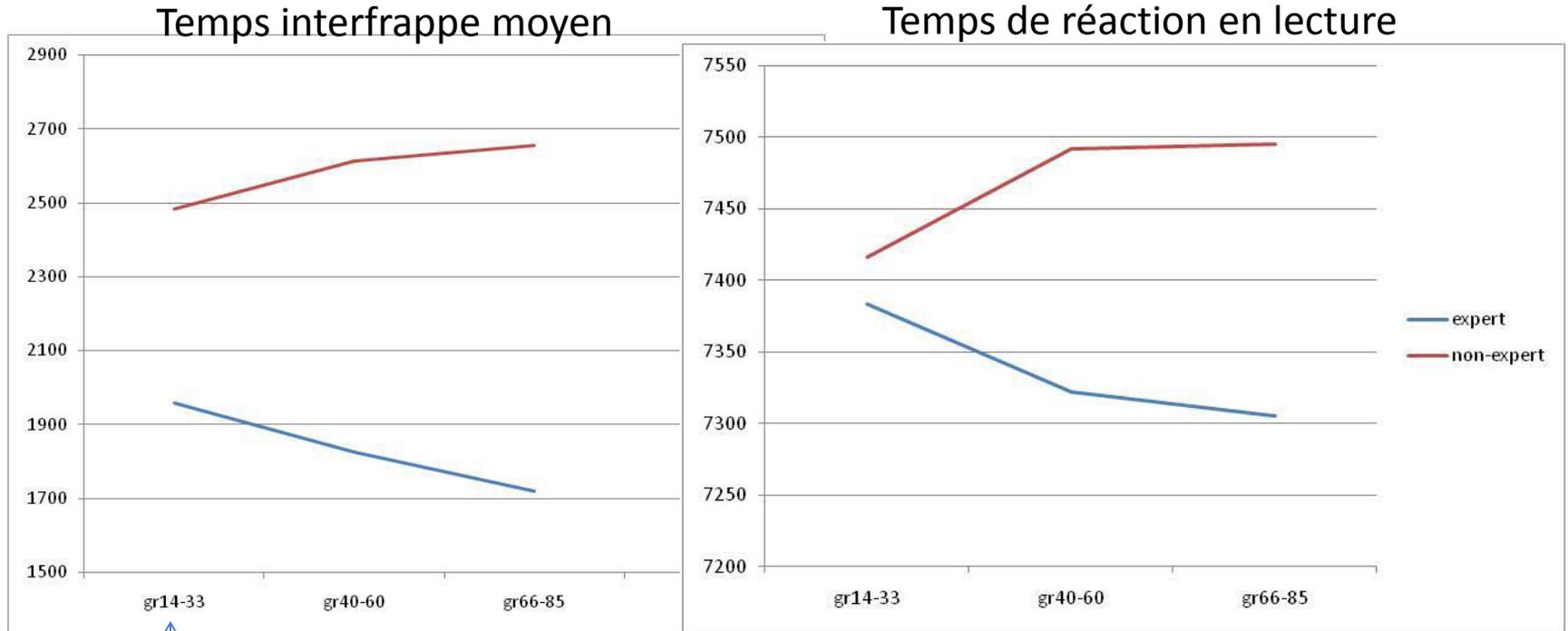
Préférence pour les dyades tapées avec des doigts différents

Mêmes types d'effets avec une tâche de mémorisation de paires de lettres

(Yang, Gallo & Beilock, 2009)

- Expert typists make more false recognition errors to letter dyads which would be easier or more fluent to type than nonfluent dyads, while no typing action was involved
- This effect was minimized with a secondary motor task that implicated the same fingers that would be used to type the presented dyads

Dactylographie experte et lecture



Mots plutôt difficiles

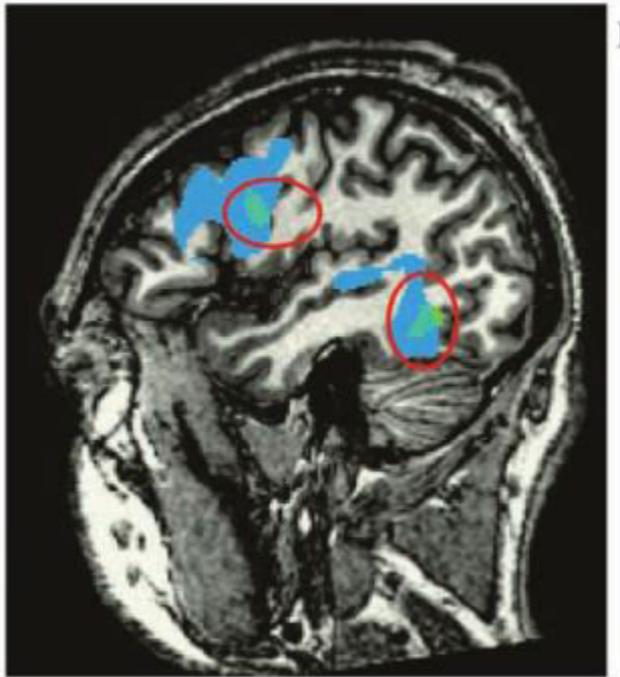
a taper:
injure
hasard
espion
gratin...

Mots plutôt faciles

a taper:
esprit
jambon
hameau
pantin....

Et en effet....

Lecture et production d'orthographe de mots partagent des corrélats cérébraux communs



Etude en IRMf

- L'effet « querty » (en anglais...)
- Valence émotionnelle des mots dépendrait de leur latéralisation sur le clavier... !

L'approche « texting » pour remédier à l'aphasie

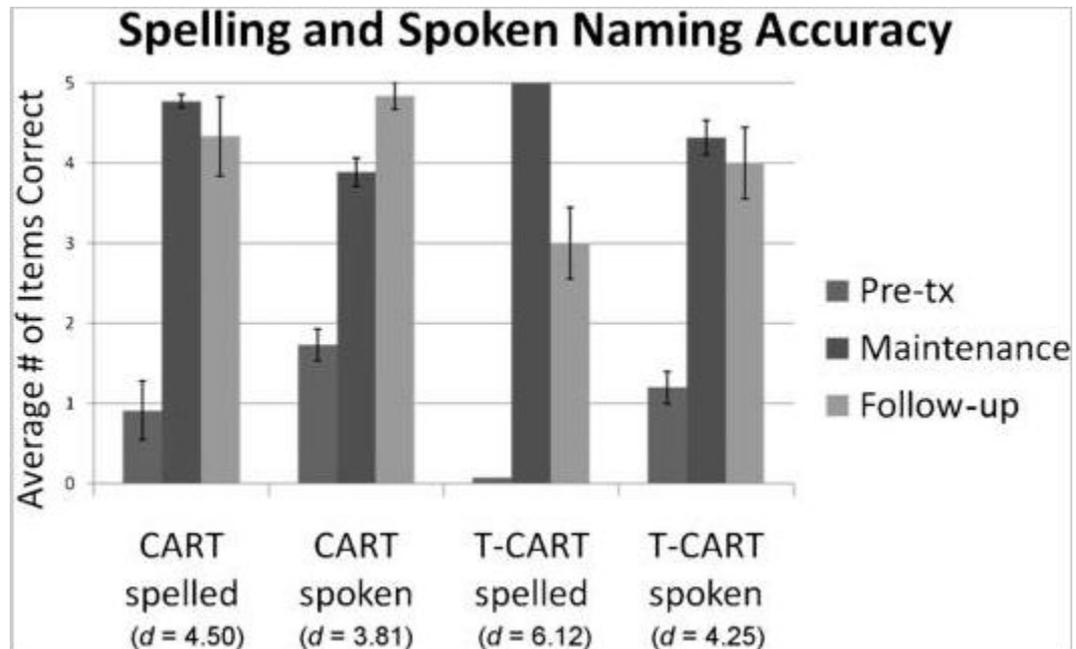
Beeson et al., J Speech Lang Hear Res, 2013

Patient avec une aphasie de Broca, et la persévération de la syllabe /tu/, très peu de mots produits correctement (avec artère cérébrale moyenne)

La lésion a épargné les centres cérébraux de l'écriture

Méthode CART: vise à renforcer les représentations orthographiques pour remédier à la perte de la parole (copy and recall treatment) en écrivant avec la main non hémiparétique (non dominante); méthode efficace sur certains patients et transfert sur la parole

Essai de la méthode T-CART (texting, sur smartphone)



Traitement: 13 semaines

Follow-up: 19 à 23 semaines après

Comparaison du stylo et du clavier dans la production de textes chez des enfants avec /sans troubles de l'apprentissage (Berninger et al., 2009)

- Etude de la transcription: traduction du langage interne en symboles écrits pour exprimer une idée; incluse l'écriture et l'orthographe
- Effets du mode de transcription sur les textes produites (nombre de mots)? Chez des enfants avec et sans LDTD (learning disability in transcription)
- Hypothèse d'un effet bénéfique du clavier pour les enfants en difficulté
- 2 cohortes d'enfants à tous les niveaux de primaire (n = 241)

- Résultats: textes produits plus longs en écriture manuscrite, et chez les enfants les plus âgés, phrases plus complètes (mesure de construction des phrases) en écriture manuscrite
- Les effets sont les mêmes pour les enfants avec et sans trouble d'apprentissage
- Hypothèses des « enveloppes graphotactiques des mots », qui seraient facilitées par l'apprentissage manuscrit et unimanuel

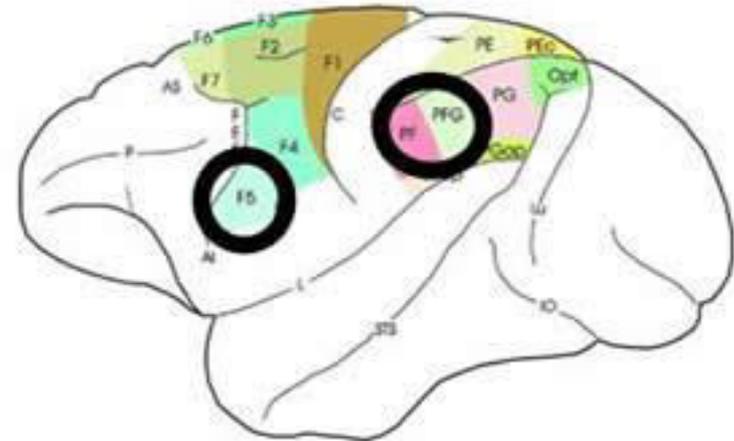
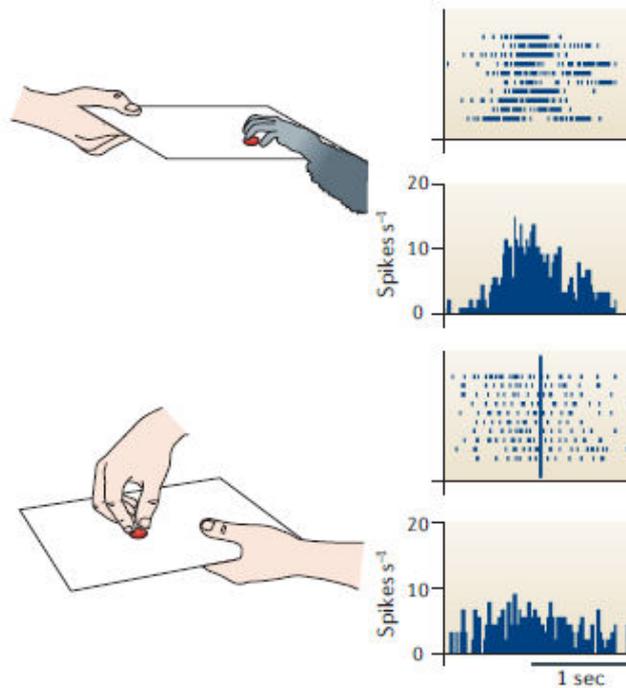
Perception de l'écriture manuscrite



Perception de l'écriture manuscrite



Les neurones miroir



Les neurones miroir
« s'activent » quand
l'animal effectue une action
orientée vers un objet ou
observe la même action

Le système des neurones miroir chez l'homme au cours du développement : un lien avec l'imitation?



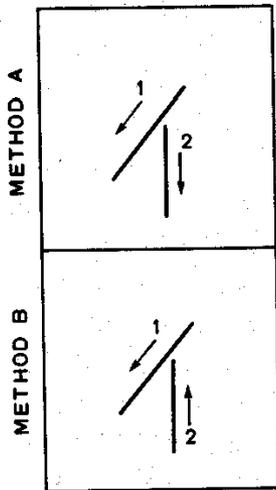
Enfants de moins de 10 ans : activation des structures MNS durant l'imitation d'expressions faciales d'autres enfants du même âge.

L'exemple de l'écriture

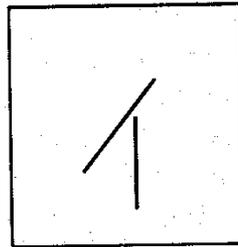
Hypothèse: La reconnaissance de l'écriture manuscrite prend en compte la manière dont les lettres ont été formées

Training

DRAWING METHODS

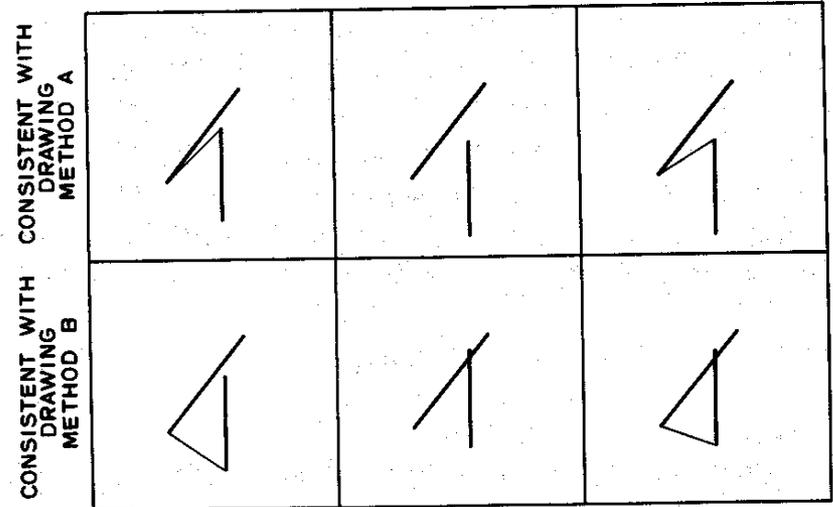


NON-DISTORTED CHARACTER



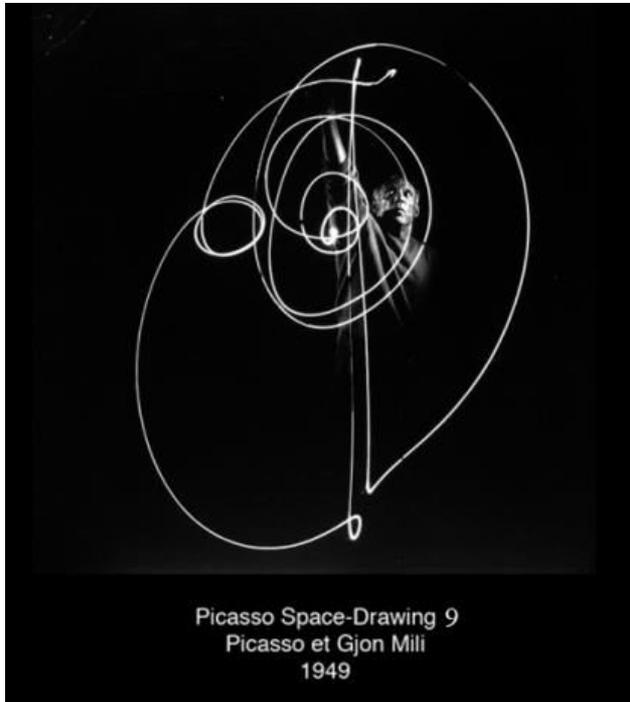
Recognition

CONNECTING LINES SLOPPY LINES CONNECTING AND SLOPPY LINES



"[...] in fact we may be so prone to perceive dynamic information that we do so when we are presented with only static stimuli"

Les lettres manuscrites



i	m	f	g	
<i>i</i>	<i>m</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	Target
				<i>a</i>
l	t	h	q	<i>a</i>
<i>l</i>	<i>t</i>	<i>h</i>	<i>q</i>	

Imagerie cérébrale: activation de l'aire d'Exner, des neurones miroir et du cortex moteur primaire plus forte pour les lettres manuscrites