



UEL

LE CERVEAU APPRENANT

Cécile BARBACHOUX

Cecile.barbachoux@unice.fr

**Les diapositives sont disponibles sur le site
<http://cst.unice.fr>**

Les chapitres du cours

- Ch. 1: Le cerveau – les sciences cognitives
- Ch. 2: Atlas du cerveau: les grandes aires fonctionnelles du cerveau
- Ch. 3: La perception
- **Ch. 4: Bases neurales de la lecture**
- Ch. 5: Bases neurales des mathématiques
- Ch. 6: La mémoire
- Ch. 7: Les émotions
- Ch. 8: La fabrication du cerveau

Les mécanismes cérébraux de la lecture

Chapitre 4 – UEL le cerveau apprenant

Référence: cours de S. Dehaene
collège de France
session 2006

**LECTURE: UNE ACTIVITÉ CULTURELLE
ISSUE DE NOTRE
CAPACITÉ DE SYMBOLISATION**



Grotte Chauvet
~32,000 ans

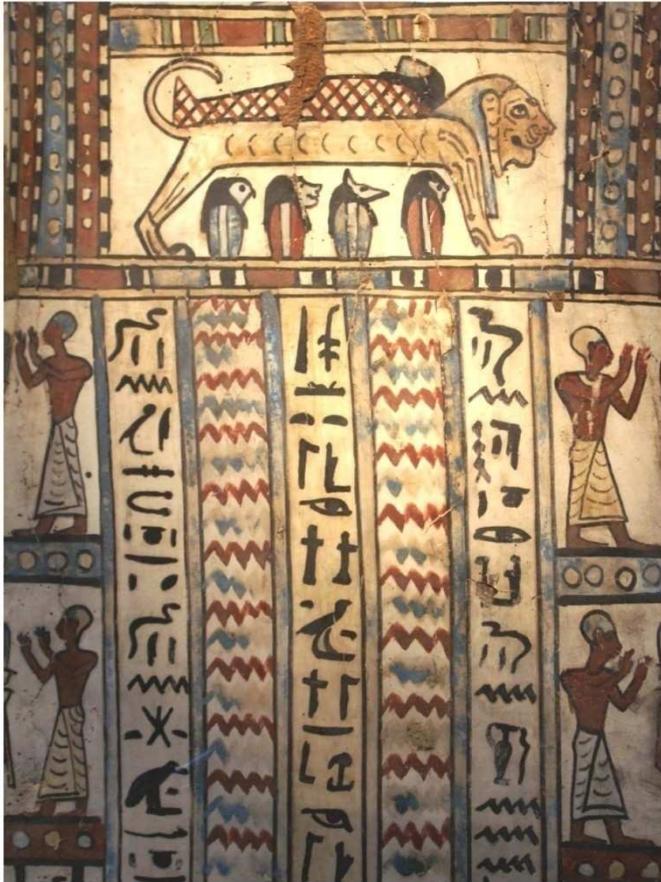


Grotte de Lascaux
~18,000 ans

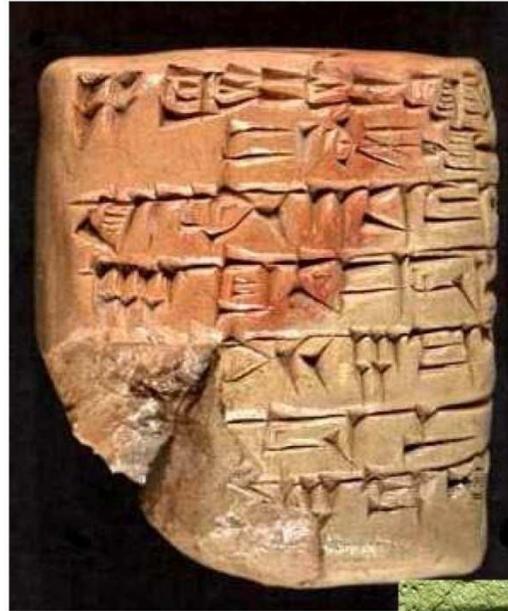


Invention de l'écriture

Hiéroglyphes égyptiens



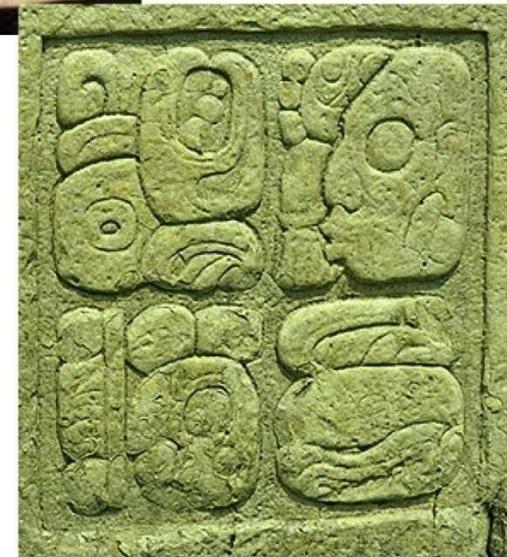
Cunéiforme



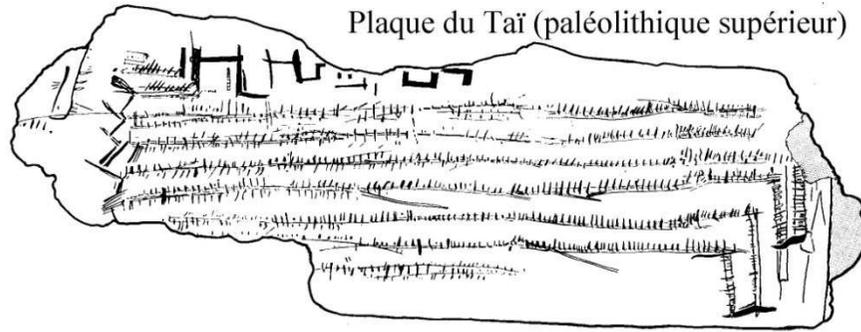
Chinois



Maya



**L'UTILISATION DE SYMBOLES A
PERMIS LE DÉVELOPPEMENT DE
NOMBRES ACTIVITÉS HUMAINES**



Plaque du Taï (paléolithique supérieur)

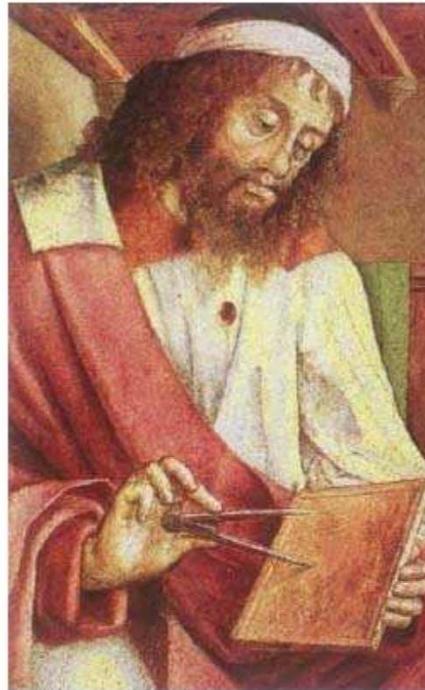
Emergence de symboles mathématiques



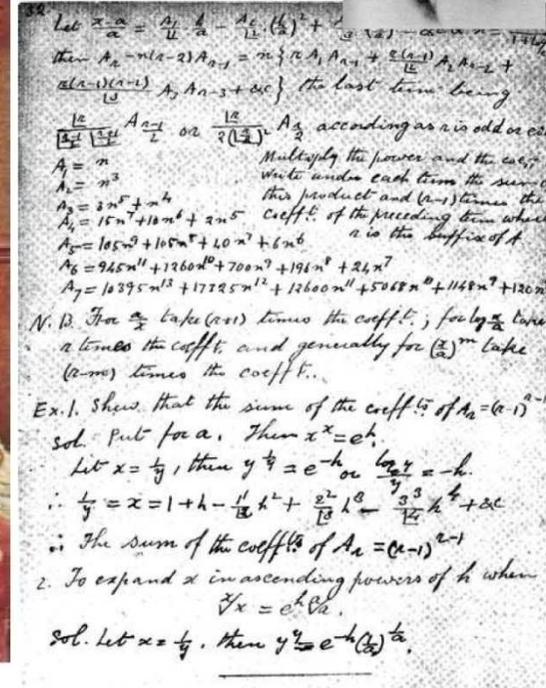
Papyrus Rhind



Elements d'Euclide



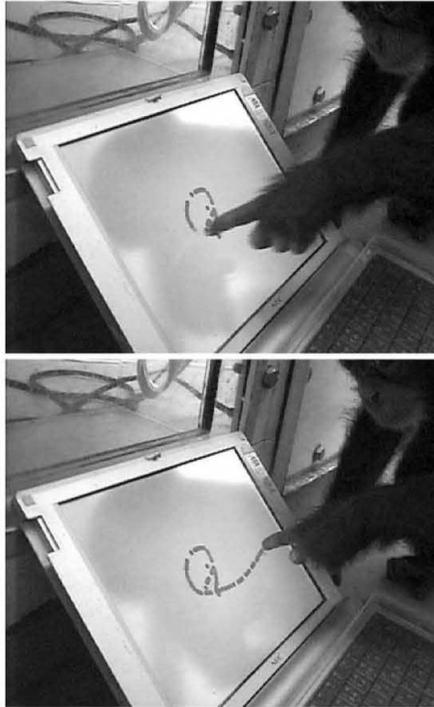
Carnets de Ramanujan



**LA CAPACITÉ DE SYMBOLISER: UNE
ACTIVITÉ CULTURELLE PROPRE À
L'HOMME**

La singularité culturelle de l'espèce humaine

Tracé de courbes sur une tablette graphique
par un chimpanzé de 13 mois
(Tanaka et al., 2003)



“Composition” produite par un chimpanzé adulte
vivant en semi-autonomie dans la réserve forestière
de Mefou au Cameroun (© Canadian Ape Alliance)

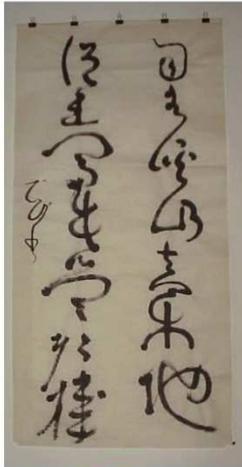


- Les grands primates ont clairement des capacités d'apprentissage, y compris l'utilisation d'outils (Iriki, 2005) et même de symboles tels que les chiffres arabes (Matsuzawa, 1985)
- Ils possèdent des traits « culturels » rudimentaires (Whiten et al., 1999) transmis localement
- Mais leur **créativité culturelle** est bien moindre que celle de l'espèce humaine

Lecture – l'écriture

- L'écriture vient de la capacité de l'humain à pouvoir créer et utiliser des symboles.
- La capacité de symboliser a permis le développement de nombreuses activités humaines comme par exemple les mathématiques ...
- c'est une activité propre à l'homme
 - Pourquoi? Est-ce une limite associée à la culture?
 - chez les chimpanzés, on repère jusqu'à 10 traits culturels propres à un groupe local d'individus

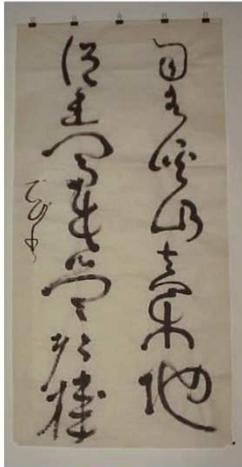
NATURE BIOLOGIQUE DU CERVEAU ET CULTURE



Un débat classique : nature et culture

- L'humanité a conçu, en quelques dizaines de milliers d'années, des activités culturelles d'une extraordinaire diversité, dont l'écriture.
- Au premier abord, un gouffre semble séparer ces inventions culturelles de la biologie du cerveau.
- Comment pourrions posséder des régions spécialisées pour la lecture, sachant que l'écriture est une invention très récente (environ 5400 ans)? La sélection naturelle n'a pas eu la possibilité d'adapter notre architecture cérébrale aux difficultés particulières que pose la reconnaissance des mots.
- Rares sont les chercheurs en sciences sociales qui considèrent la biologie du cerveau et la théorie de l'évolution pertinentes pour leur domaine d'étude.
- La plupart adhèrent à un modèle implicite du cerveau que j'appellerai ici celui de la plasticité généralisée et du relativisme culturel, qui voit dans le cerveau humain un dispositif universel d'apprentissage
- Libéré des entraves de la biologie, le cerveau humain, à la différence de celui des autres espèces animales, serait capable d'absorber toute forme de culture, aussi variée soit-elle.

**LA LECTURE ET L'ÉCRITURE COMME
EXEMPLE D'ACTIVITÉ HUMAINE
CONTRAIT PAR LA BIOLOGIE
CÉRÉBRALE**

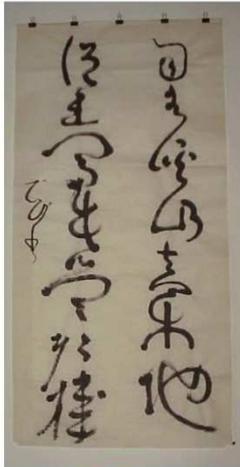


Dépasser l'opposition nature-culture

- « La richesse et la spécificité des instincts des animaux expliqueraient leurs remarquables exploits dans certains domaines et leur manque de compétence dans d'autres ; tandis que l'espèce humaine, dépourvue de toute structure instinctive articulée, serait libre de penser, de parler, de découvrir et de comprendre sans bornes.

Tant la logique du problème que ce que nous commençons à comprendre suggère que cela n'est pas la bonne manière de caractériser la position de notre espèce dans le monde animal. »

Noam Chomsky, *Knowledge of Language*, 1986



L'opposition nature-culture à la lumière des neurosciences cognitives

- Notre cerveau est évidemment capable d'apprentissage, sans quoi il ne pourrait jamais incorporer de nouveaux objets culturels. Mais cet apprentissage est étroitement limité.
- Chez tous les individus, dans toutes les cultures du monde, les mêmes régions cérébrales interviennent dans la lecture, et les mêmes contraintes caractérisent les systèmes d'écriture
- **Le modèle du recyclage neuronal:** Chaque objet culturel doit trouver sa « niche écologique » dans le cerveau : un circuit dont le rôle initial est assez proche, et dont la flexibilité est suffisante pour être reconverti à ce nouvel usage.
- Chaque circuit possède des propriétés intrinsèques qui le rendent plus ou moins approprié à son nouvel usage, et confèrent aux objets culturels des traits universels.

QU'EST CE QUE LIRE?

Qu'est-ce que lire?

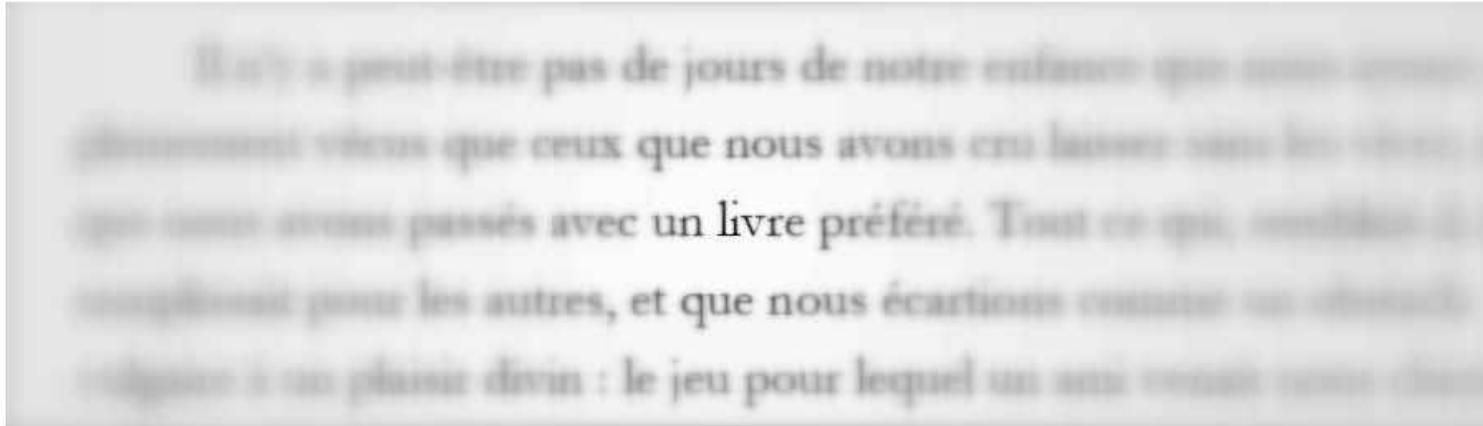
- Lire consiste à **accéder aux représentations linguistiques par la modalité visuelle**, ce qui requiert:
 - d'apprendre à reconnaître efficacement les lettres et leurs combinaisons (la « forme visuelle des mots »)
 - de créer une interface entre l'écrit et la parole, ce qui nécessite probablement de modifier le codage des sons (développement de la « conscience phonologique »)
- **Deux sens du mot « lire »**
 - Lecture à haute voix: accès à la **prononciation** des mots
 - Lecture silencieuse: accès au **sens** du texte
- On peut donc distinguer, très schématiquement, trois grandes divisions au sein de la lecture des mots:
 - la **reconnaissance visuelle des mots**
 - la voie de **conversion graphème – phonème**
 - l'accès au **lexique** et au **sens des mots et des phrases**

PARTIE I: LES FACTEURS VISUELS DE LA LECTURE

La lecture

- Commence lorsqu'un mot écrit s'imprime sur notre rétine
- Il va falloir reconnaître sa forme et qu'il s'agit d'un mot
- Mais la structure du capteur contraint la lecture

La lecture est étroitement contrainte sur le plan visuel



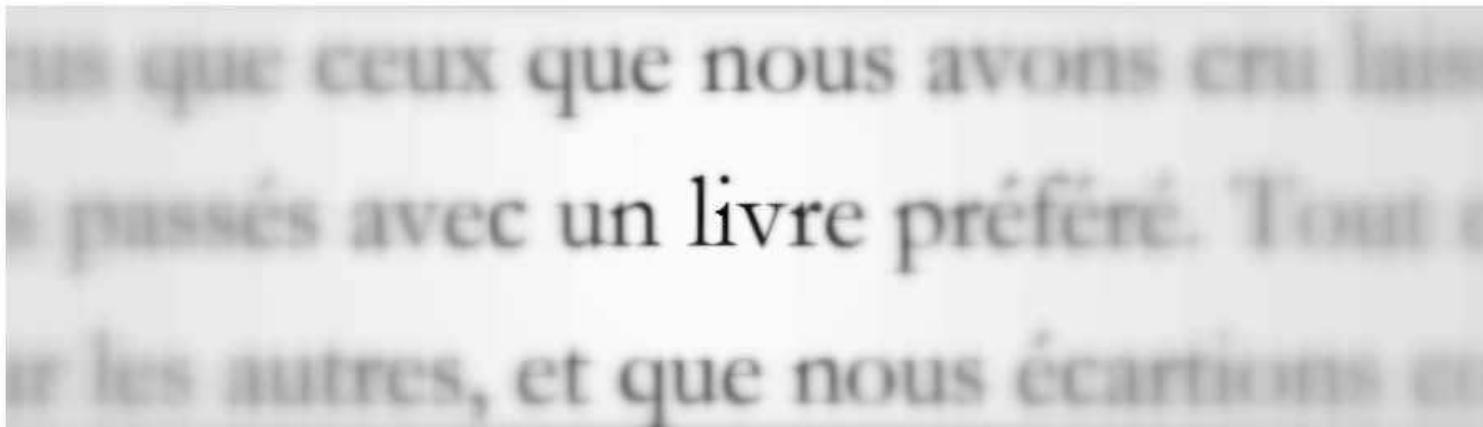
Algorithme simulant comment la rétine filtre le monde extérieur

La résolution de la rétine

- La fovéa a une résolution élevée (centre de la rétine)
- La résolution diminue autour
- La résolution est différente d'un point à l'autre de la page
- dès que l'on s'écarte d'un ou deux mots, la résolution est réduite

La lecture est étroitement contrainte sur le plan visuel

Il n'est guère utile d'agrandir la police, car la résolution diminue avec l'excentricité.
La seule solution consiste donc à déplacer le regard.



Sere, Marendaz & Herault, *Perception* (2000)

Les caractéristiques de la lecture

- Les caractéristiques de la lecture dépendent **du nombre de lettres et pas de la taille absolue du texte**
- La seule solution **pour acquérir plus d'informations** au cours de la lecture consiste à **déplacer le regard** de sorte à amener la fovéa sur les nouvelles informations à acquérir
→ On parle de **fixations du regard**

LA LECTURE: SUITE DE FIXATIONS ET SACCADES

L'information visuelle est acquise presque mot à mot, au cours de brèves périodes de fixation séparées par des saccades

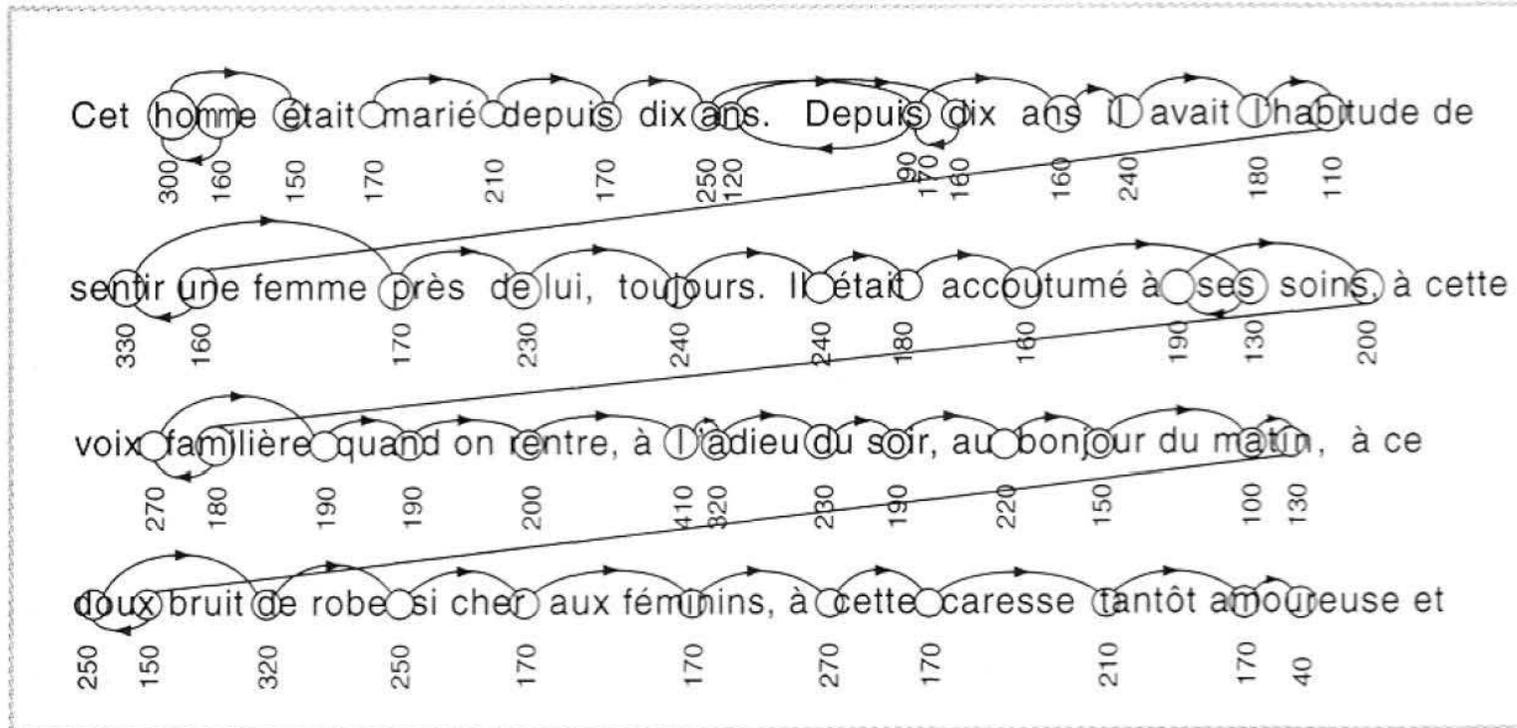


Figure 2.1

Exemples de fixations (cercles), de saccades (flèches progressives) et de régressions (flèches rétroactives) au cours de la lecture d'un texte (d'après O'Regan & Levy-Schoen, 1978). Les valeurs correspondent aux durées des fixations en millisecondes.

Combien d'information extrayons-nous au cours d'une fixation? Le paradigme de la fenêtre mobile de McConkie & Rayner (1975)

Longtemps xx xx xxxx xxxxxx xx xxxxx xxxxx.



xxxxxxxxx je me suis xxxxxx xx xxxxx xxxxx.



xxxxxxxxxx xx xx xxis couché dx xxxxx xxxxx.



xxxxxxxxxx xx xx xxxx xxxxxx de bonne hxxxx.



xxxxxxxxxx xx xx xxxx xxxxxx xx xxxne heure.



Principaux résultats:

-Le lecteur n'est pas conscient de cette manipulation!

-Avec environ 4 lettres à gauche, et 15 lettres à droite, la vitesse de lecture reste normale.

-Seule est extraite l'identité de 3-4 lettres à gauche et 7-8 lettres à droite de la fixation

-L'asymétrie s'inverse en hébreu

-50 ms de temps de présentation suffisent à une lecture normale

-**Conclusion:** La lecture procède essentiellement mot par mot, même si quelques informations parafovéales semblent extraites du mot suivant.

Systeme de détection oculaire couplé à un mécanisme de fenêtre mobile, de présentation visuelle

Informations capturées lors d'une fixation

- Accès limité à la conscience de la page même si notre impression est autre
- Peu d'info extraite lors d'une fixation
- Mais l'empan est encore plus réduit car indépendant de la nature des lettres (lettre vs espace)
- Asymétrie de l'empan visuel dépend du sens de lecture
- Effet de la durée de présentation de l'info, vitesse lecture normale pour des fixations d'au moins 50 ms

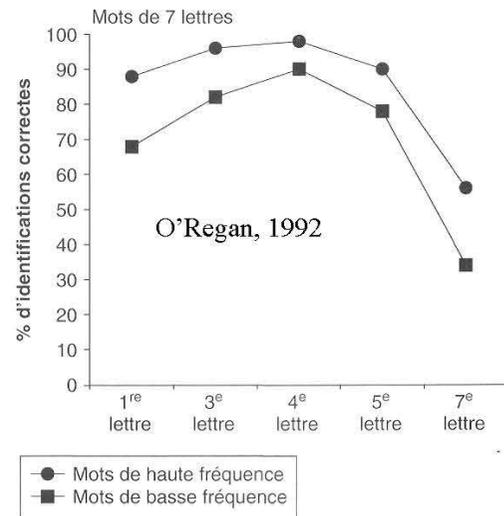
La lecture

- Suite de saccades et de fixation
- Avec un temps de fixation d'au moins 50 ms
- Lecture pratiquement mot à mot
(même si il y a un début de traitement du mot suivant, effet d'amorçage)
- justifie la pratique expérimentale du traitement par mot isolé
Mécanismes d'intégration du mot dans la phrase non encore étudiés: complexes

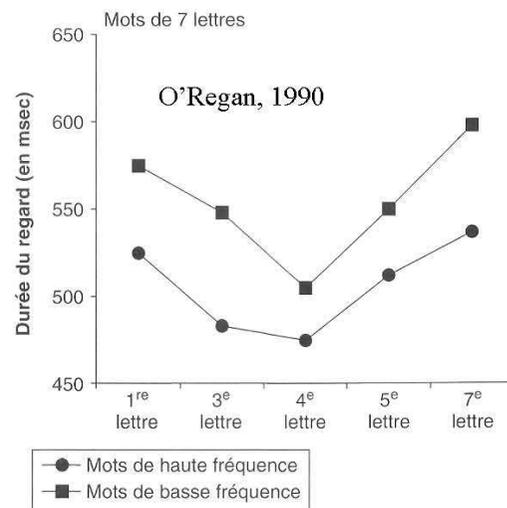
Lecture par mot isolé

- Même pour un mot isolé, les contraintes visuelles restent réelles et continuent d'affecter notre capacité de reconnaissance des mots.
- Par exemple: effet de la position du mot par rapport au centre du regard
Effet sur la vitesse de traitement
et sur la compréhension

Effet de la position du regard dans le mot



- La position optimale du regard est proche du centre du mot
- Cette position minimise l'excentricité moyenne des lettres, donc maximise l'information visuelle disponible
- Différents facteurs modulent cette position optimale:
 - la quantité d'information apportée par le début ou par la fin du mot (en général plus grande en début de mot)
 - la position où atterrit habituellement le regard au cours de la lecture
 - l'accès direct des lettres de droite à l'hémisphère gauche



Ces facteurs contribuent à déplacer la position optimale vers la gauche en français, et la droite en hébreu.

Rôle de l'apprentissage dans la lecture mot à mot

- Apprentissage à poser le regard au centre des mots
- Évolution culturelle de la capacité à poser les regards
Rôle de l'espacement entre les mots pour favoriser la lecture
- La courbe n'est pas symétrique (comme pour l'empan),
décalage vers la gauche pour le français
 - Rend compte de la pertinence des débuts de mots vs fins de mots pour l'identification
 - Du chemin parcouru dans le cerveau
 - Inversion partielle pour l'hébreu (à cause du facteur biologique)

PARTIE II

RECONNAISSANCE VISUELLE DES MOTS

QUELQUES DONNÉES FONDAMENTALES

La reconnaissance des lettres d'un mot s'effectue en parallèle

• Bien que les données ne soient pas parfaitement stables d'une étude à l'autre, la plupart s'accordent à conclure que **le nombre de lettres n'influence pratiquement pas le temps de lecture.**

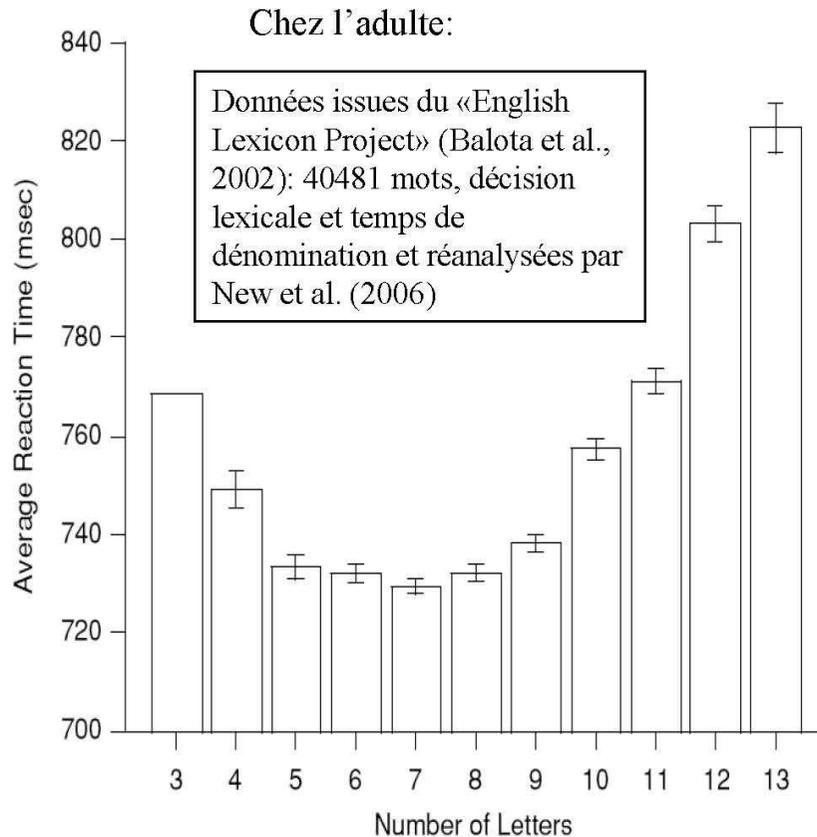
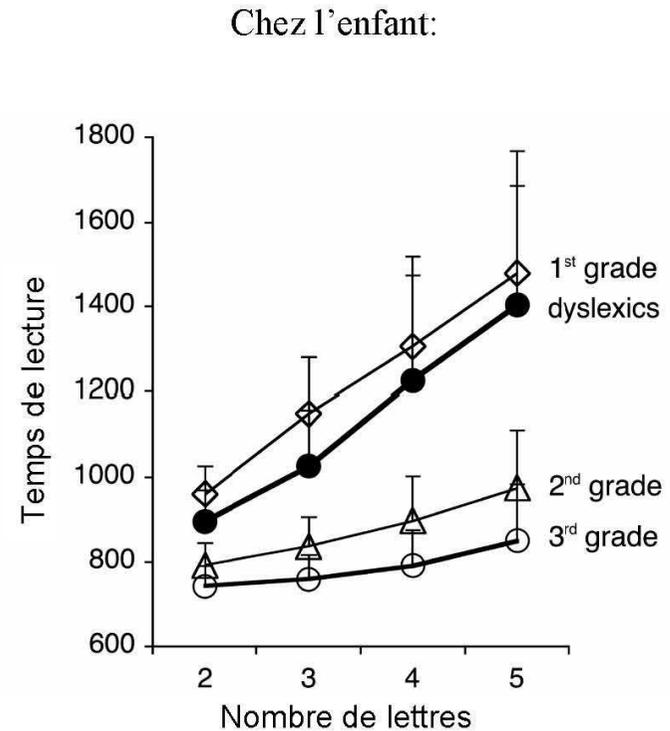


Figure 2. Average reaction time and 95% confidence interval for words with lengths from 3 to 13 letters if length was the only factor having an influence (all other factors have been partialled out).



Noter que l'effet de longueur réapparaît:

- lorsque les mots sont dégradés
- lors de la lecture de pseudo-mots

Dans un mot: reconnaissance des lettres d'un mot en // (et pas en série)

- Chez l'adulte: mise en évidence par l'effet de la longueur des mots sur le temps de lecture
 - Pas d'effet de la longueur des mots dans un intervalle de 3 à 7 lettres
 - Remarques:
 - la courbe est corrigée de l'effet de fréquence,
 - la forme quadratique de la courbe n'est pas encore totalement expliquée:
 - la partie droite: effet de l'empan visuel (la résolution de la rétine)
 - le partie gauche: effet de redondance des mots?

Dans un mot: reconnaissance des lettres d'un mot en // (et pas en série)

- Évolution entre les enfants et les adultes
- Chez l'enfant
 - Au début: extraction sérielle de l'information
 - Progressivement, on arrive à une reconnaissance parallèle
 - Cette courbe est un bon marqueur pour les enfants ayant des difficultés de lecture
- Chez l'adulte l'effet de longueur réapparaît quand on dégrade les mots (pseudo-mots, bruits visuels)
 - manque chez les enfants un système pour extraire l'info de manière efficace et parallèle?

**L'EFFET DE LA REDONDANCE DANS
L'ACQUISITION EN // DU SENS DES
MOTS**

Expérience basique sur l'effet de redondance dans la compréhension des mots

- Se basant sur la théorie de l'information
- Utilisation de statistiques de distribution des lettres dans des chaînes
- Production de hiérarchies en se rapprochant progressivement de mots anglais

Le système visuel exploite les redondances de la chaîne de lettres

(Miller, Bruner et Postman, 1954)

- Création de chaînes de 8 lettres qui constituent des approximations de l'anglais à des ordres variables
 - Ordre 0 = lettres aléatoires et indépendantes
 - Ordre 1 = lettres indépendantes mais respectant les fréquences de l'anglais
 - Ordre 2 (resp. 4) = les paires (resp. les quadrigrammes) respectent les fréquences de l'anglais
- Présentation tachistoscopique à des durées d'exposition variables
- Le sujet doit remplir un tableau de huit cases avec les lettres qu'il croit avoir vu.

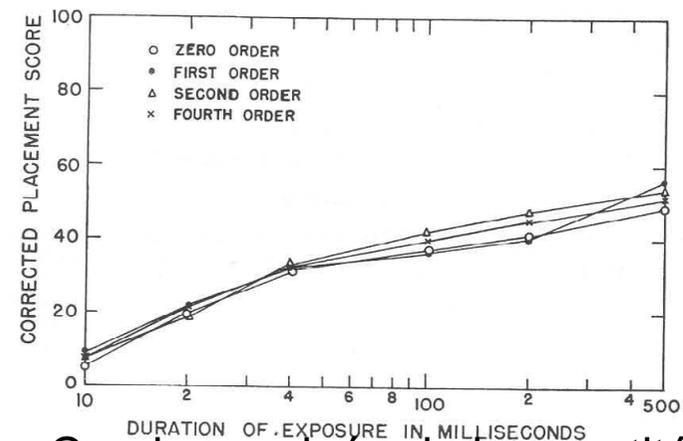
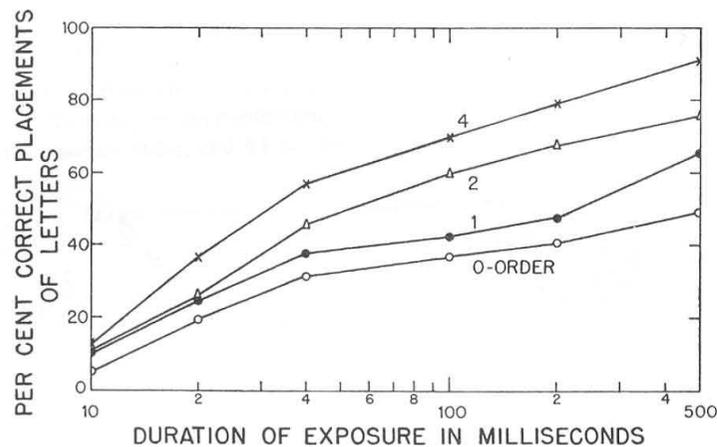
PSEUDO WORDS CONSTRUCTED AT DIFFERENT ORDERS OF APPROXIMATION TO ENGLISH

0-Order	1-Order	2-Order	4-Order
YRULPZOC	STANUGOP	WALLYLOF	RICANING
OZHGPMJTJ	VTYEHULO	THERARES	VERNALIT
DLEGQMNW	EINOAASE	CHEVADNE	MOSSIAN
GFUJXZQA	IYDEWAKN	NERMBLIM	POKERSON
WXPAUJVB	RPITCQET	ONESTEVA	ONETICUL
VQWBVIFX	OMNTOHCH	ACOSUNST	ATEDITOL
CVGJCDHM	DNEHHSNO	SERRRTHE	APHYSTER
MFRSIWZE	RSEMPOIN	ROCEDERT	TERVALLE
EJOYOEVS	ISAAESPW	HEFLINYC	CULATTER
GFXRWMXR	ITYNENEE	EDINGEDL	PREVERAL
BHDTUNQK	OAENSTVT	LIKINERA	FAVORIAL
ANROAHOV	NHIDCFRA	RIPRYPLI	LYMISTIC
HHJHUFWS	YWDNMIIE	UMATSORE	OTATIONS
IJHBWSTT	IODTIRPS	SINEDSIN	INFOREMS
EAPMZCEN	NHGTTEDE	EDESENER	EXPRESPE

Le système visuel exploite les redondances de la chaîne de lettres

(Miller, Bruner et Postman, 1954)

- Les performances s'améliorent avec la durée d'exposition
- Mais elles sont nettement meilleures pour les séquences d'ordre élevé (que la mesure tienne ou non compte du bon positionnement des lettres)
- Le système visuel exploite donc le fait que, dans les séquences d'ordre élevé, les lettres peuvent en partie être prédites par le contexte
- Les scores deviennent superposables une fois multipliés par la quantité d'information par lettre.
- Ainsi, le système visuel extrait une quantité fixe d'information du stimulus. Le reste de l'information est apporté par une connaissance internalisée des régularités orthographiques.



Courbe corrigée de la quantité d'informations véhiculées par la lettre (corrigée de l'effet de redondance)

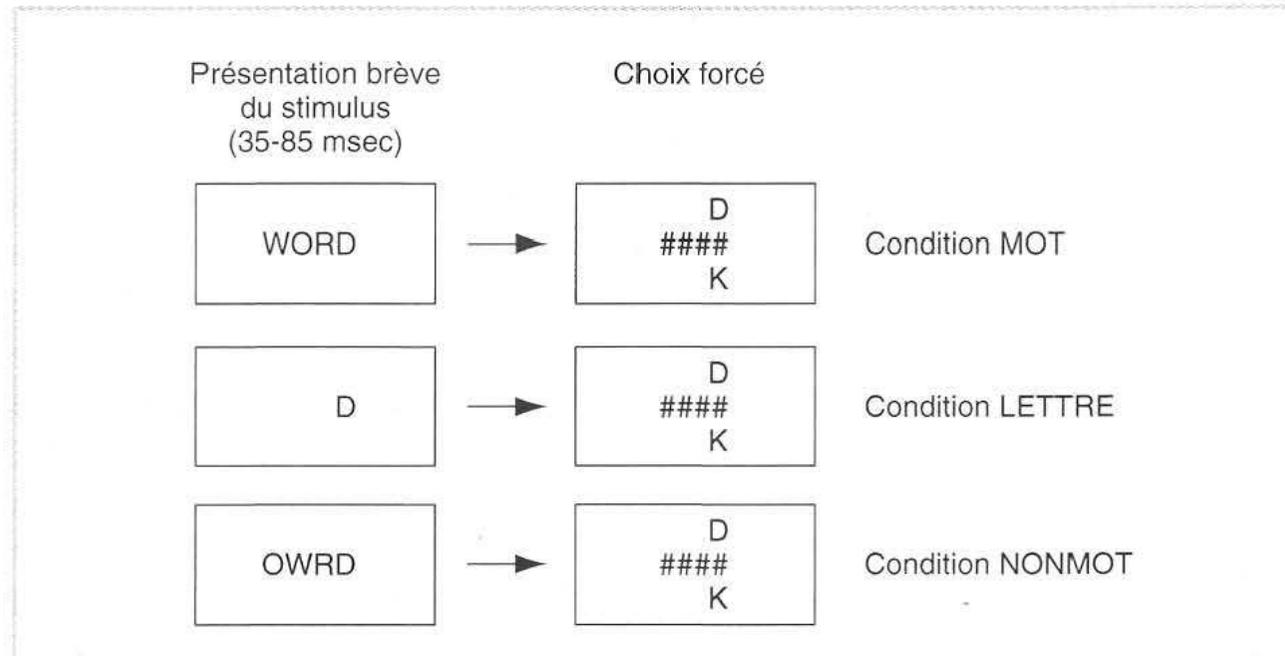
Effet de redondance

- Le système visuel d'un bon lecteur exploite l'effet de redondance (les particularités orthographiques) d'une langue dans la chaîne de caractère

Le système visuel exploite les redondances de la chaîne de lettres

(Reicher, 1969; Spoehr & Smith, 1975; Rumelhart & McClelland, 1982)

L'effet de supériorité lexicale



-Résultats: Bien que l'information objective soit la même, la perception des lettres s'améliore dans le contexte d'un mot, ou même d'une chaîne régulière de lettres.

-L'effet s'étend à d'autres conditions:

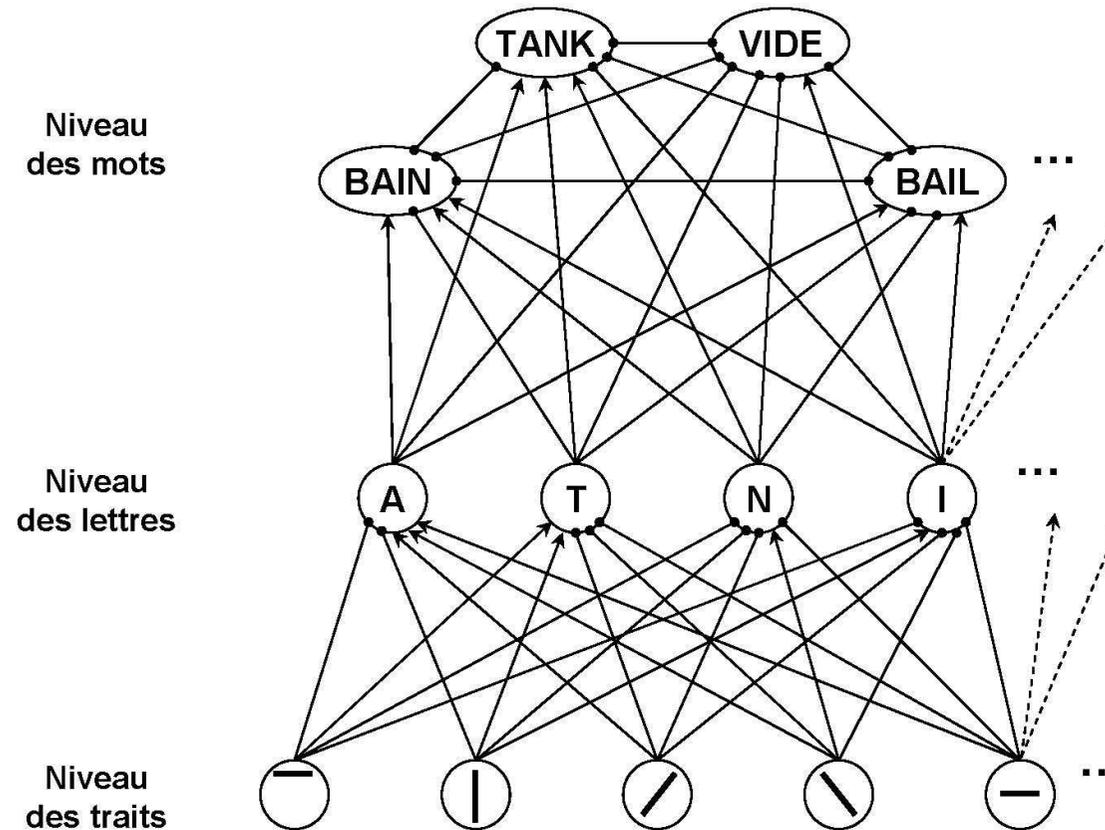
Néologismes (GORD)

Chaines régulières de consonnes (STND)

Diagramme typique d'interprétation du phénomène de redondance

L'interprétation de McClelland et Rumelhart (1981; Rumelhart et McClelland, 1982)

Montée de l'information (bottom-up) et redescente de signaux lexicaux (top-down)
qui « votent » pour la présence de leurs lettres



Toutefois, une autre interprétation non-interactive est possible dans un modèle strictement «ascendant» (bottom-up): L'incertitude est réduite lorsque la prise de décision se fonde sur des niveaux multiples.

Quelques autres facteurs déterminant la vitesse de lecture

- **Rôle des unités de lecture:**
 - La présence de **graphèmes** complexes (ch, oi, eau) ralentit l'identification
- **Effet de fréquence** d'usage du mot dans la langue:
 - Les mots les plus fréquents sont reconnus plus rapidement
 - L'effet dépend également de la **familiarité** subjective et de l'**âge d'acquisition**
- **Effets de voisinage** des mots
 - On appelle « voisins orthographiques » des mots qui ne diffèrent que d'une lettre (par exemple « chat » et « char »; le mot « drap » n'a pas de voisins).
 - Effet de **fréquence de voisinage**: Le traitement d'un mot est généralement ralenti lorsqu'il possède un ou plusieurs voisins de plus haute fréquence (inhibition lexicale)
 - Effet du **nombre de voisins**: le traitement d'un mot s'accélère souvent (mais pas toujours) avec le nombre de voisins, particulièrement en décision lexicale rapide.
- **Effets de régularité ou de consistance** de la conversion graphème-phonème
 - Il s'agit de la **cohérence** (« consistency ») avec laquelle une lettre ou un groupe de lettre est transcrite en phonèmes (consistance *grapho-phonologique*), et vice-versa (consistance *phono-graphémique*) Ex: Mars et gars// veau
 - -Le temps de « stabilisation » de la reconnaissance d'une chaîne de lettres se ralentit lorsque les liens qu'elle entretient avec la prononciation sont ambigus

Niveaux de traitement des mots écrits (d'après Ferrand, 2001)

Niveaux de traitement	Unités de représentations	Exemples
Visuel	Traits visuels	/(\ \ _) n > <
Orthographique et phonologique prélexical	Lettres	A, B, C, D
	Graphèmes	CH, IN, PH
	Phonèmes	/u/, /p/, /l/
	Rimes	-age, -on, -ire
	Syllabes	bal, ba, cra
Orthographique et phonologique lexical	Forme orthographique globale	ROSE
	Forme phonologique globale	/ROZ/
Morphologique	Préfixes	re- (dans « refaire »)
	Suffixes	-ier (dans « potier »)
	Racines	faire, pot
Sémantique	Traits sémantiques	Homme [+ humain] [+ adulte] [+ mâle] [- enfant] [- femelle]

En résumé

- 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...)

lecture:= 3 ensembles de circuits neuronaux

- Reconnaissance visuelle (le plus connu)
- Conversion des caractères écrits en une représentation phonologique
- En //, interrogation du lexique et du sens des mots

**ÉLÉMENTS DE PHYSIOLOGIE DE LA
LECTURE
LA ZONE DE LA RECONNAISSANCE
VISUELLE DES MOTS**

- Quelle région cérébrale est responsable de la reconnaissance des mots?
- Comment fonctionne l'invariance perceptive (indépendamment de la police, la casse, la position sur la rétine)?

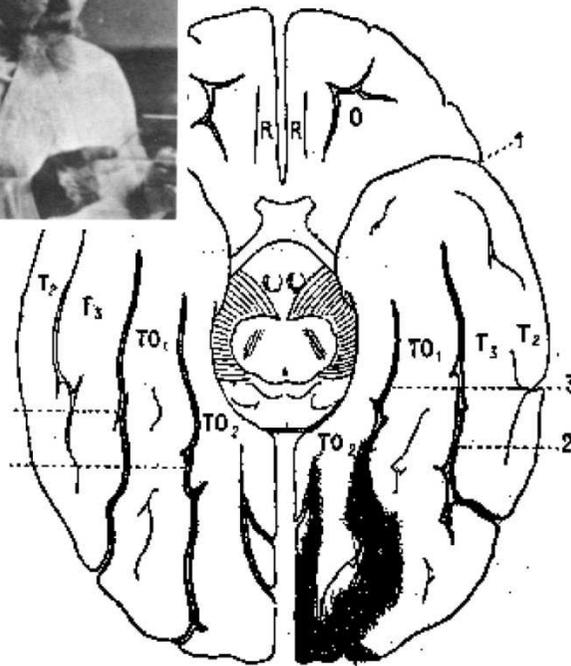
La découverte d'une spécialisation cérébrale pour la lecture

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



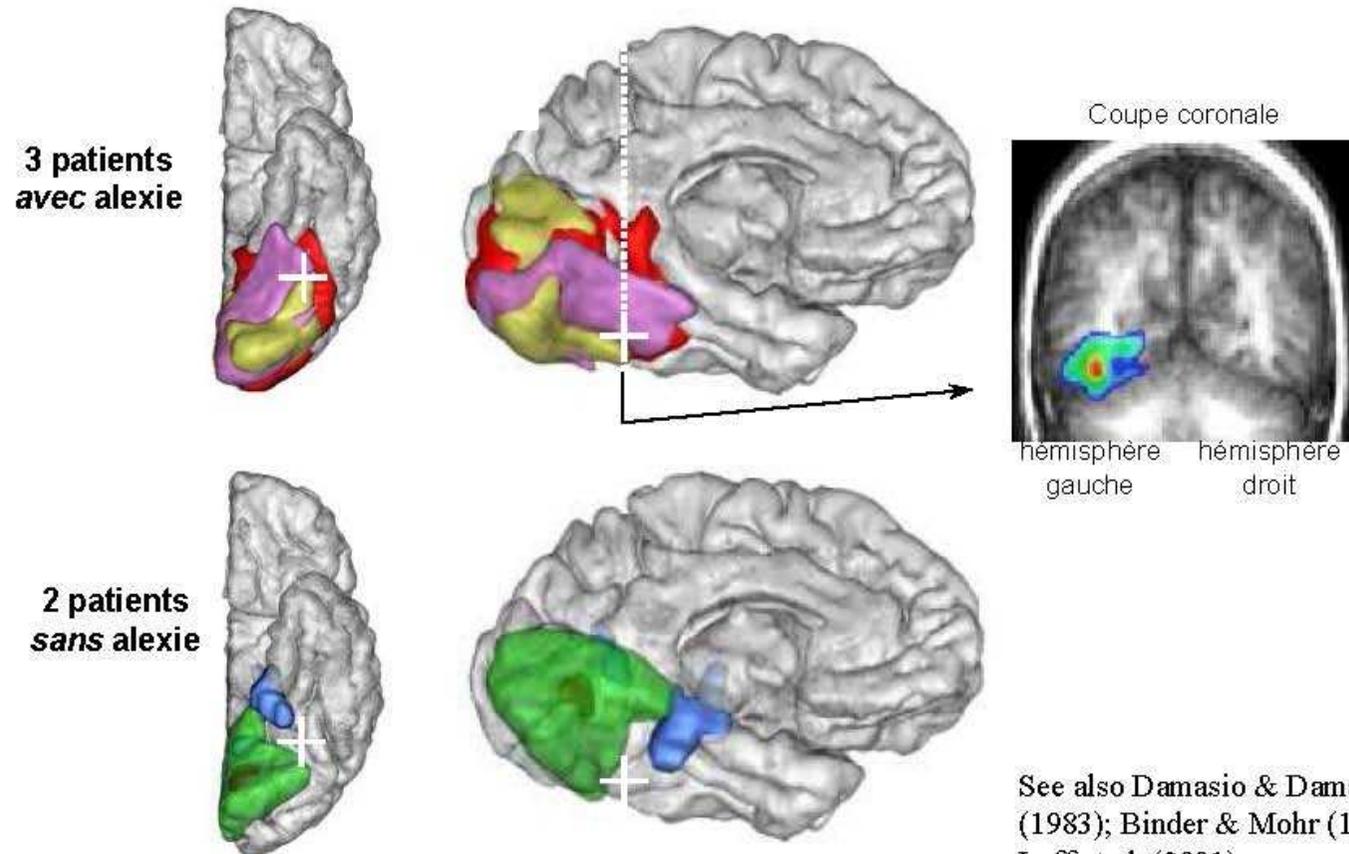
En October 1888, Monsieur C., négociant retraité, se rend soudainement compte qu'il ne parvient plus à lire un seul mot.

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

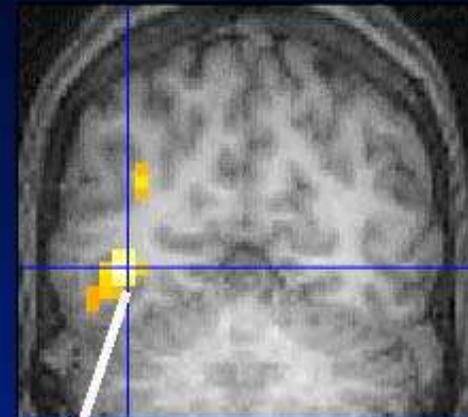
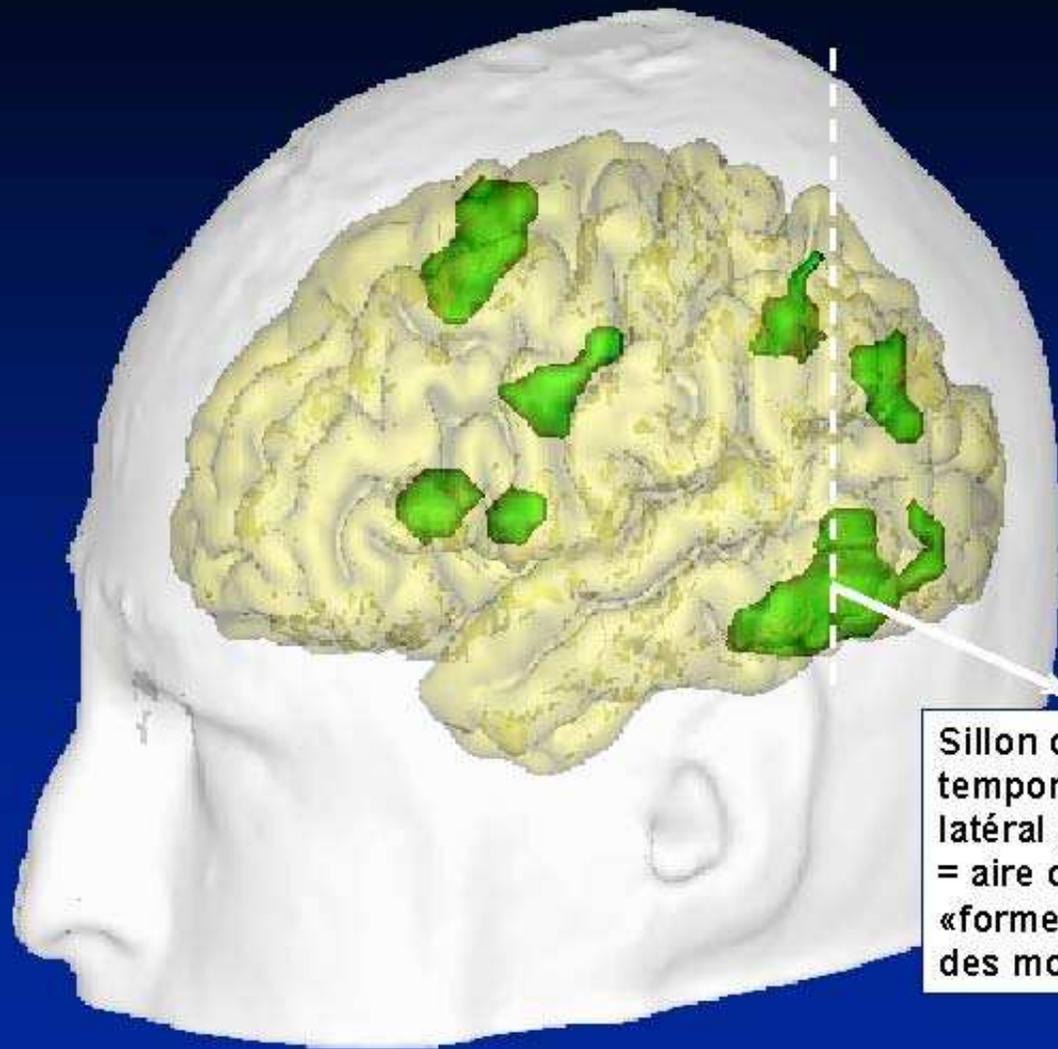
Le site anatomique des lésions dans l'alexie pure: La région occipito-temporale ventrale gauche

Laurent Cohen et al, 2003

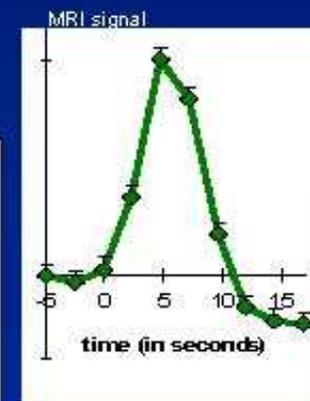


See also Damasio & Damasio (1983); Binder & Mohr (1992); Leff et al. (2001)

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

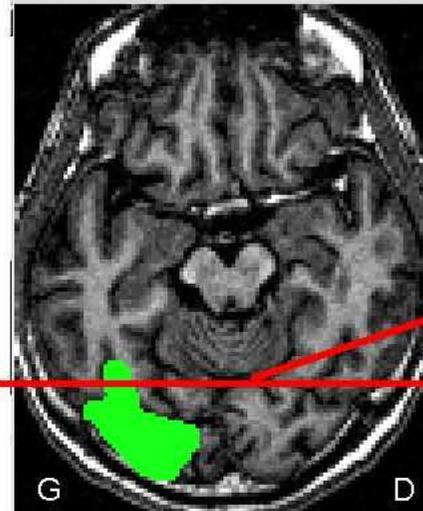


Sillon occipito-temporal latéral gauche = aire de la «forme visuelle des mots»

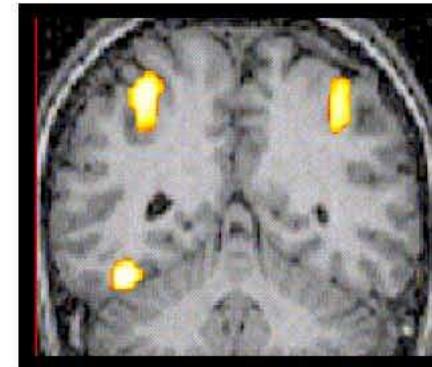
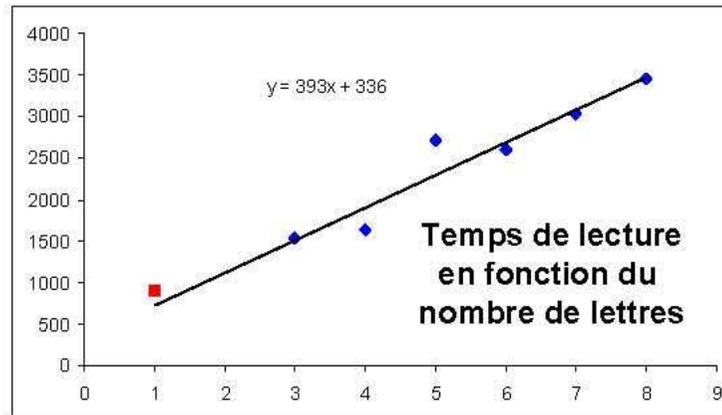
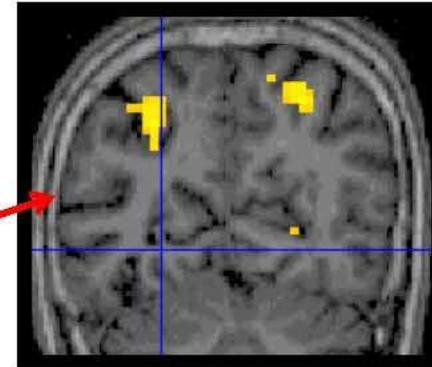


Cette région cesse d'être activée dans l'alexie pure

Cohen et al, 2002

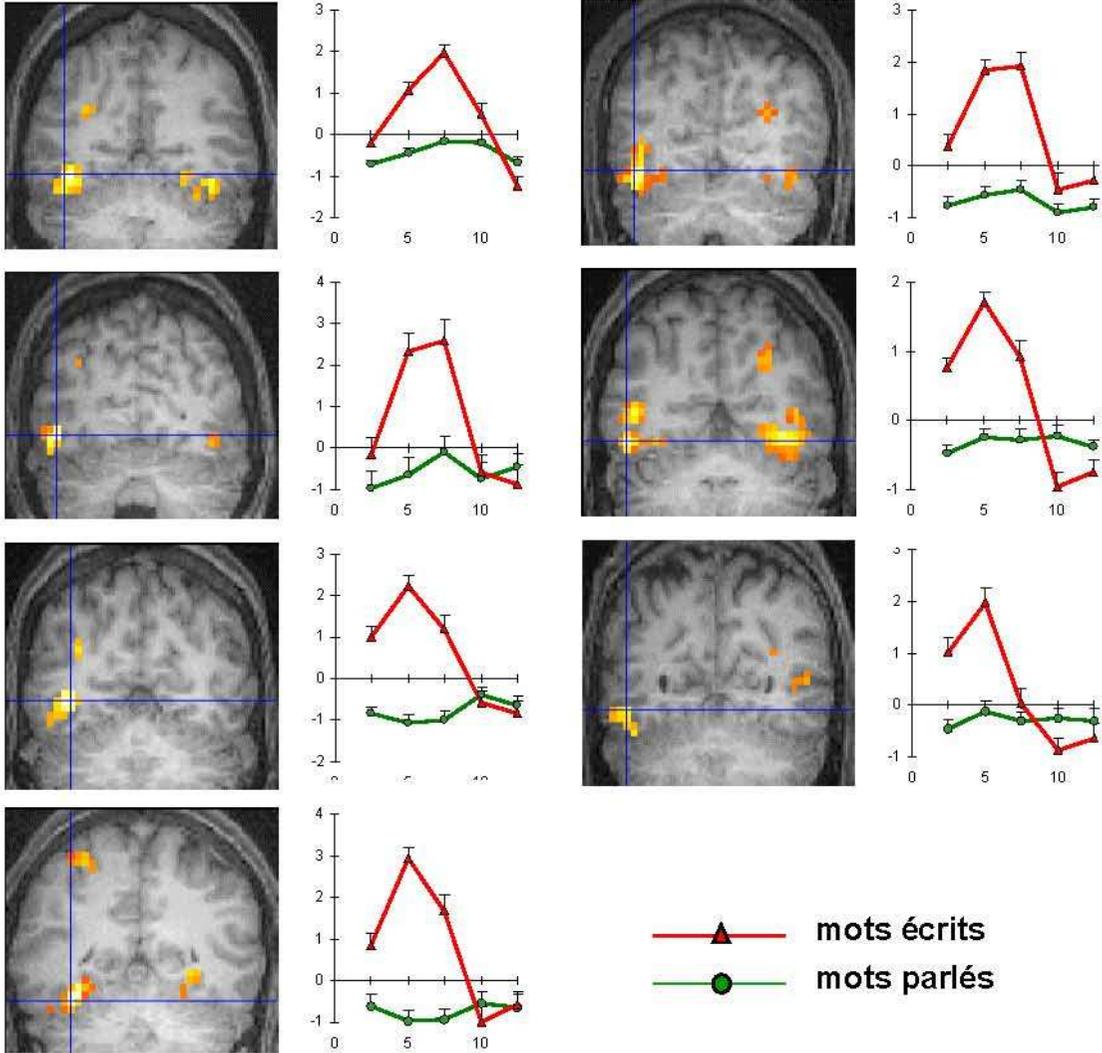


Lecture chez le patient



Sujet normal

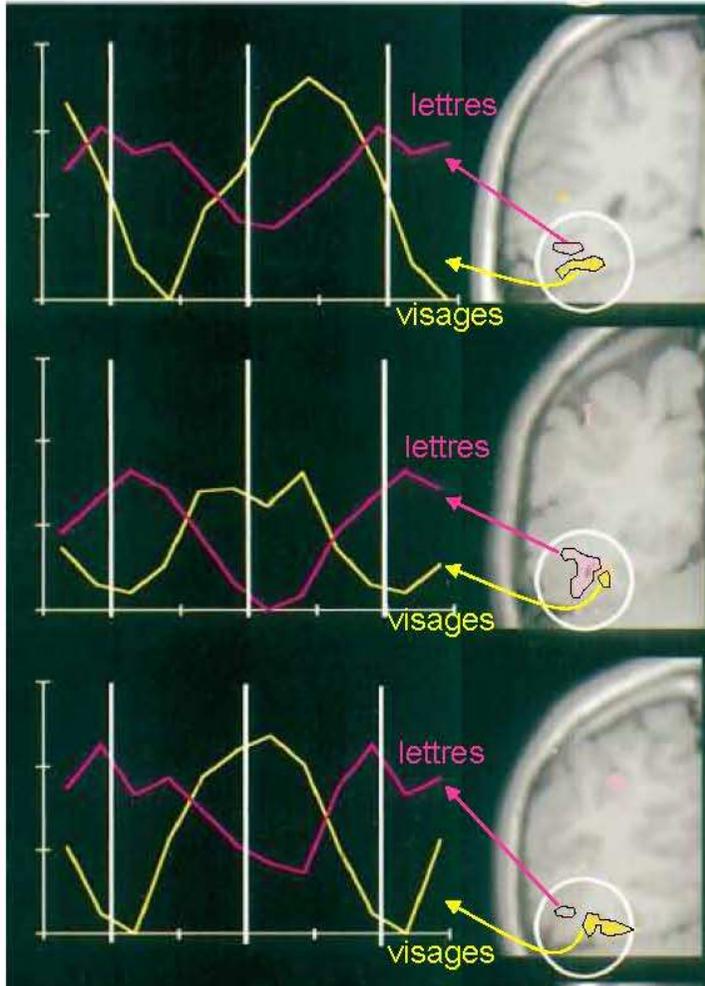
L'aire de la forme visuelle des mots se retrouve chez tous les bons lecteurs



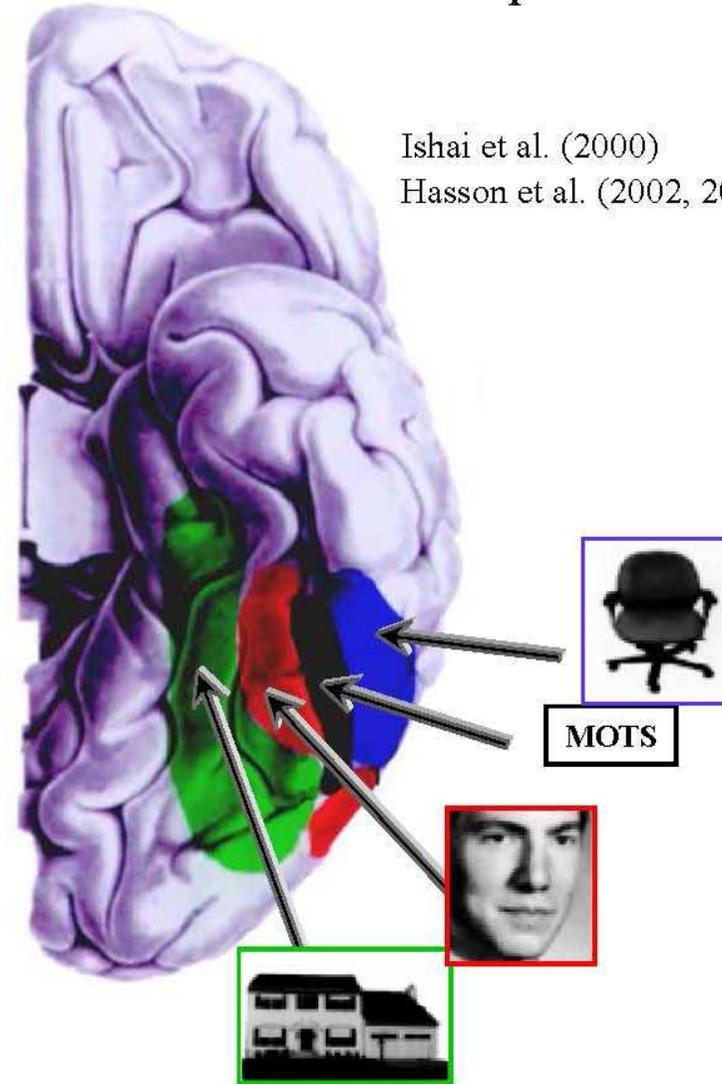
(Dehaene, Leclech, et al., 2002)

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)

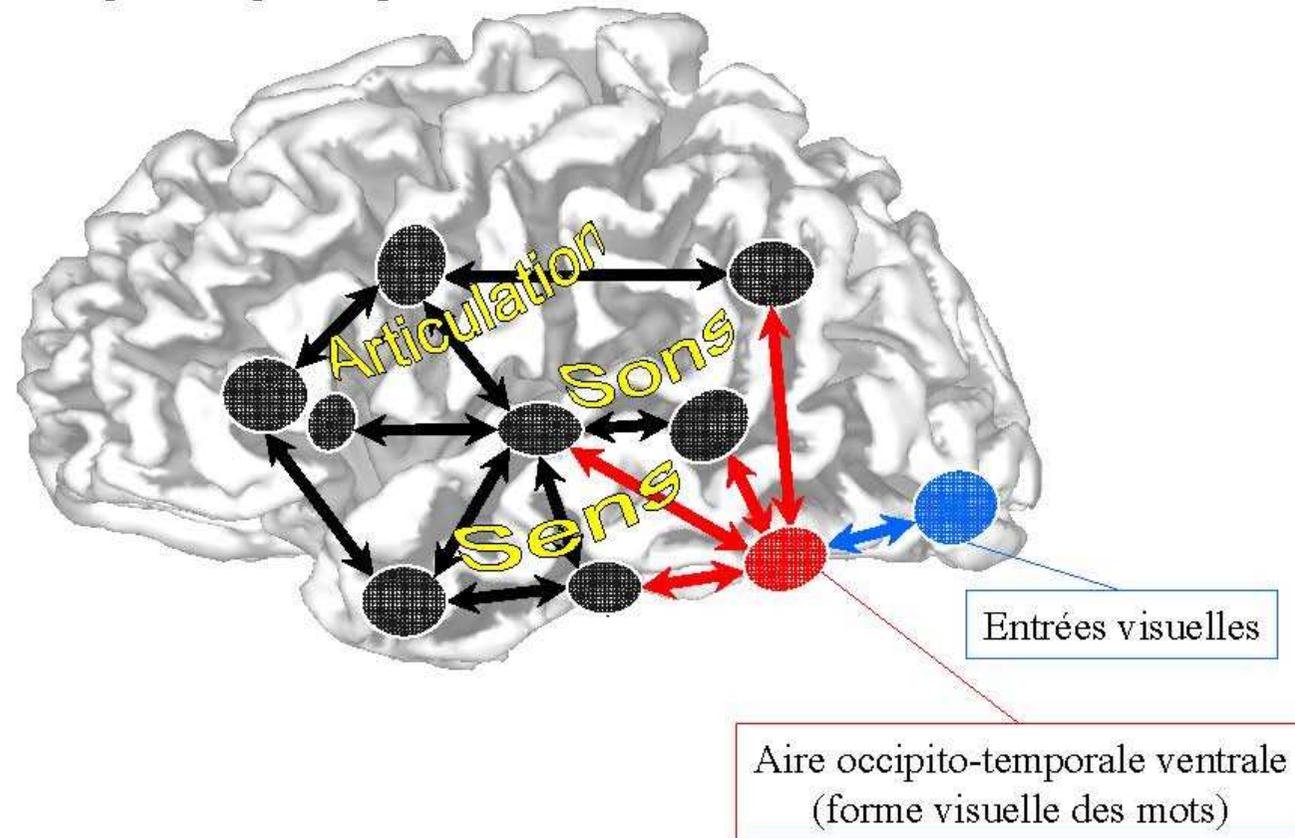


Résumé: le rôle schématique de l'aire de la forme visuelle des mots

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**

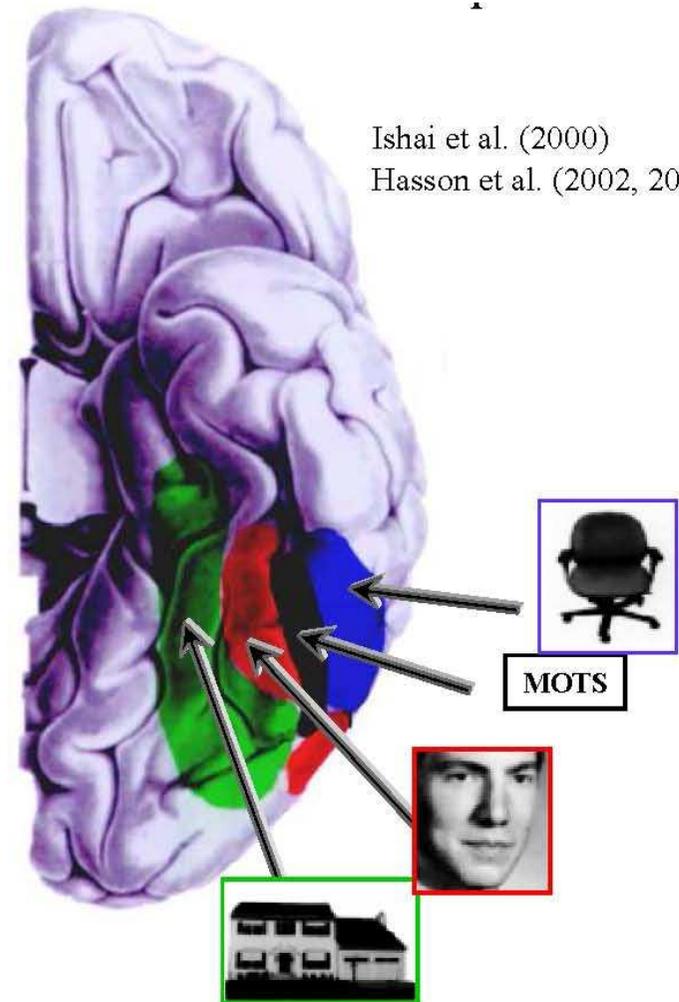
La région occipito-temporale gauche semble servir de « voie d'entrée » visuelle de la lecture



**RECONNAISSANCE INVARIANTE DE
LA CHAÎNE DE CARACTÈRE DE L'AIRE
OCCIPITO-TEMPORALE VENTRALE**

Aire de la forme visuelle de la forme des mots

- Région occipito-temporale ventrale gauche
- Fournit aux régions linguistiques du lobe temporal un code visuel compact de la chaîne des lettres, invariant de taille, police.



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:

collège

Pourquoi cette zone du cerveau en particulier?

- Chez le singe macaque, cette région réalise:
 - L'invariance par la position, la taille, l'angle de vue
 - Elle a une grande plasticité
 - Elle a la capacité d'apparier des neurones pour correspondre à de nouvelles formes (par exemple apprentissage des majuscules et des minuscules)
 - Comprend un « alphabet » de formes élémentaires proches des lettres
- pour l'homme: on peut supposer que l'apprentissage de la lecture va modifier les préférences de certains neurones qui vont coder les formes des lettres et leur combinaison.

Les mécanismes cérébraux de la lecture

Chapitre 4 – UEL le cerveau apprenant

Cours II

Lecture – l'écriture

- L'écriture vient de la capacité de l'humain à pouvoir créer et utiliser des symboles.
- La capacité de symboliser a permis le développement de nombreuses activités humaines comme par exemple les mathématiques ...
- c'est une activité propre à l'homme
 - Pourquoi? Est-ce une limite associée à la culture?
 - chez les chimpanzés, on repère jusqu'à 10 traits culturels propres à un groupe local d'individus

lecture:= 3 ensembles de circuits neuronaux

- Reconnaissance visuelle (le plus connu)
- Conversion des caractères écrits en une représentation phonologique
- En //, interrogation du lexique et du sens des mots

**PARTIE I: MÉCANISME DE LA LECTURE:
RECONNAISSANCE VISUELLE DES
MOTS**

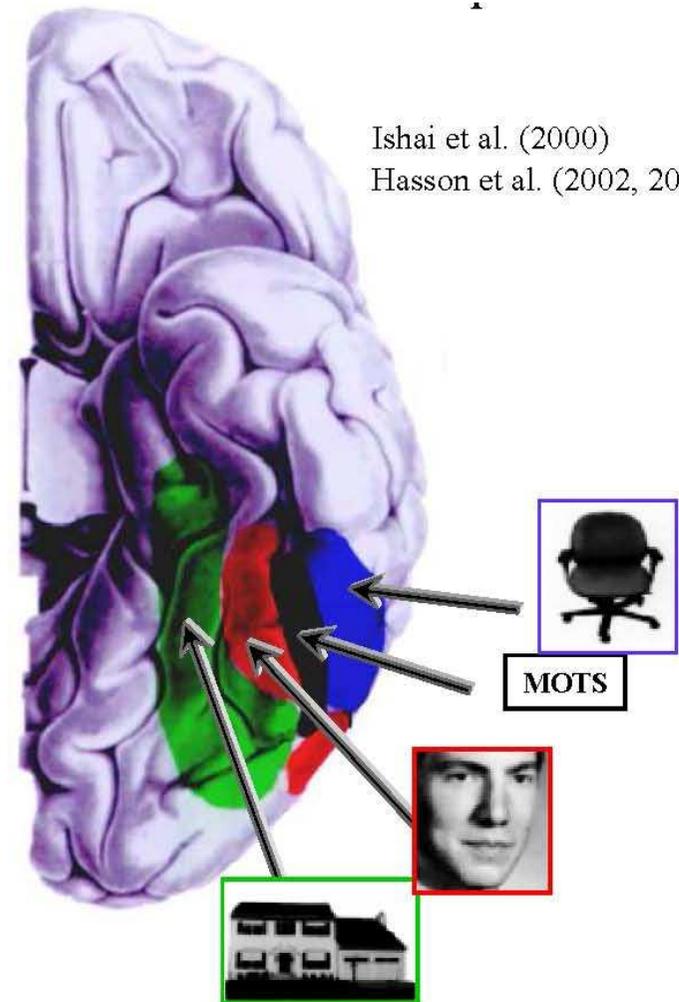
Les mécanismes de la lecture

- Par mot isolé
- Suite de fixations et de saccades d'environ 50ms
- Dans un mot: reconnaissance des lettres d'un mot en // chez l'adulte
- Chez l'enfant la reconnaissance se fait série, et progressivement les mécanismes de reconnaissance tendent à la lecture en //
- Effet de redondance:
 - La reconnaissance des mots tient compte des mécanismes du lexique

PARTIE II: L'AIRE DE LA FORME VISUELLE DES MOTS

Aire de la forme visuelle de la forme des mots

- Région occipito-temporale ventrale gauche
- Fournit aux régions linguistiques du lobe temporal un code visuel compact de la chaîne des lettres, invariant de taille, police.



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:

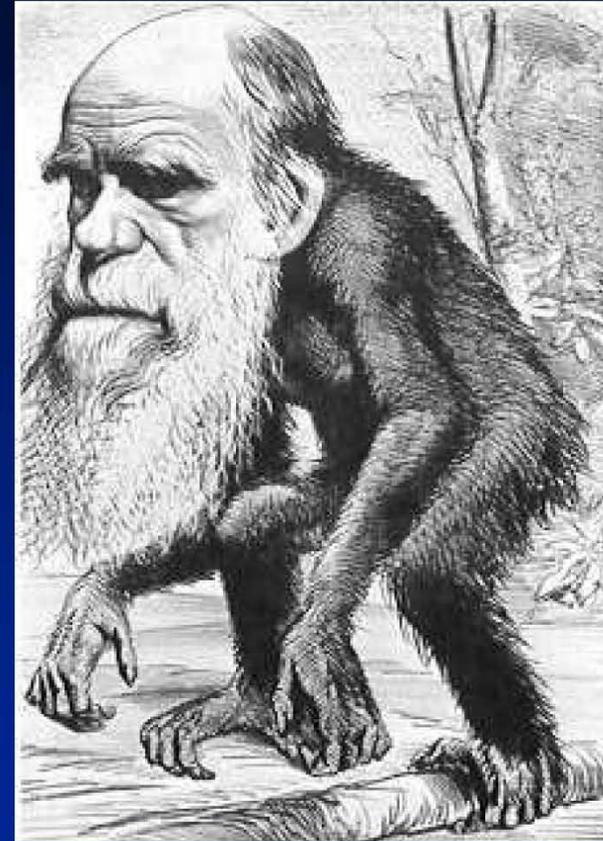
collège

Pourquoi cette zone du cerveau en particulier?

- Chez le singe macaque, cette région réalise:
 - L'invariance par la position, la taille, l'angle de vue
 - Elle a une grande plasticité
 - Elle a la capacité d'apparier des neurones pour correspondre à de nouvelles formes (par exemple apprentissage des majuscules et des minuscules)
 - Comprend un « alphabet » de formes élémentaires proches des lettres
- pour l'homme: on peut supposer que l'apprentissage de la lecture va modifier les préférences de certains neurones qui vont coder les formes des lettres et leur combinaison.

Le « paradoxe de la lecture »

- Tous les bons lecteurs font appel à une région restreinte qui paraît hautement adaptée à la reconnaissance invariante des lettres et des mots
 - Sa localisation est reproductible à travers les individus et les cultures (écart-type ~5-7 mm)
 - Pourtant, la lecture est une activité bien trop récente pour avoir exercé une pression sélective sur l'évolution de notre cerveau
- « paradoxe de la lecture »
- Chez tous les primates, la région occipito-temporale ventrale joue un rôle essentiel dans la reconnaissance invariante des objets et des visages.
 - Nous la « recyclons » pour la lecture
 - Cette région réalise déjà l'invariance pour la position, la taille et l'angle de vue
 - Elle contient déjà un alphabet de formes proches de celles de nos lettres



**PARTIE III- LES DEUX VOIES DE LA
LECTURE À L'ISSUE DE
RECONNAISSANCE DES MOTS**

Deux voies de lecture

Après la reconnaissance visuelle des mots:

En parallèle

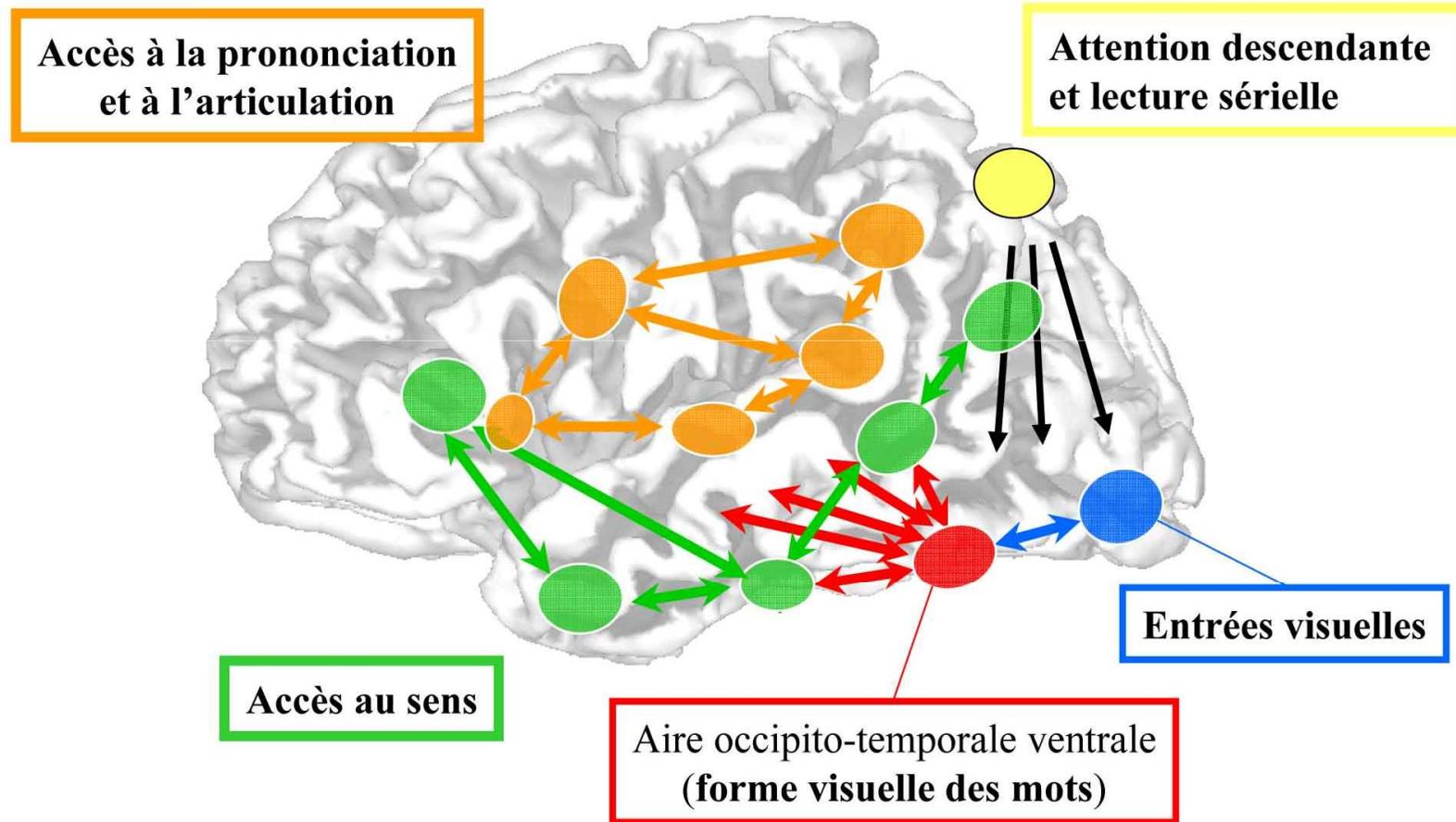
- Lexique et au sens des mots
 - voie profonde
 - alexie profonde: pas d'accès au sens des mots
- Représentation phonologique (conversion graphème-phonème)
 - voie de surface ou périphérique
 - Alexie de surface: sens des mots mais pas de possibilité de les prononcer
- Modulation de l'usage de ces deux voies

Trois catégories de mots

- Pseudo-mots (bapo) (voie de surface)
- Les mots réguliers (bateau) (les deux voies)
- Les mots irréguliers (oignon) (voie profonde)

Les deux voies travaillent en parallèle mais la vitesse de lecture est déterminée par l'une ou l'autre voie suivant la nature du mot

Les régions des deux voies



PARTIE IV: VARIABILITÉ CULTURELLE DE LA LECTURE

Recyclage neuronale

Suivant l'hypothèse du recyclage neuronal, pour tenir compte des contraintes de notre cerveau, adaptation de l'écriture ?

- Peut-on alors trouver des universaux transculturels dans l'écriture?

Universaux transculturels?

Universaux dans l'écriture

- Acquisition séquentielle - saccades oculaires
- Traits contrastés (fovéa)
- Petit répertoire de formes de base dont les combinaisons forment les caractères
- Position et taille absolue des caractères indifférentes (invariance)

Universaux et cortex

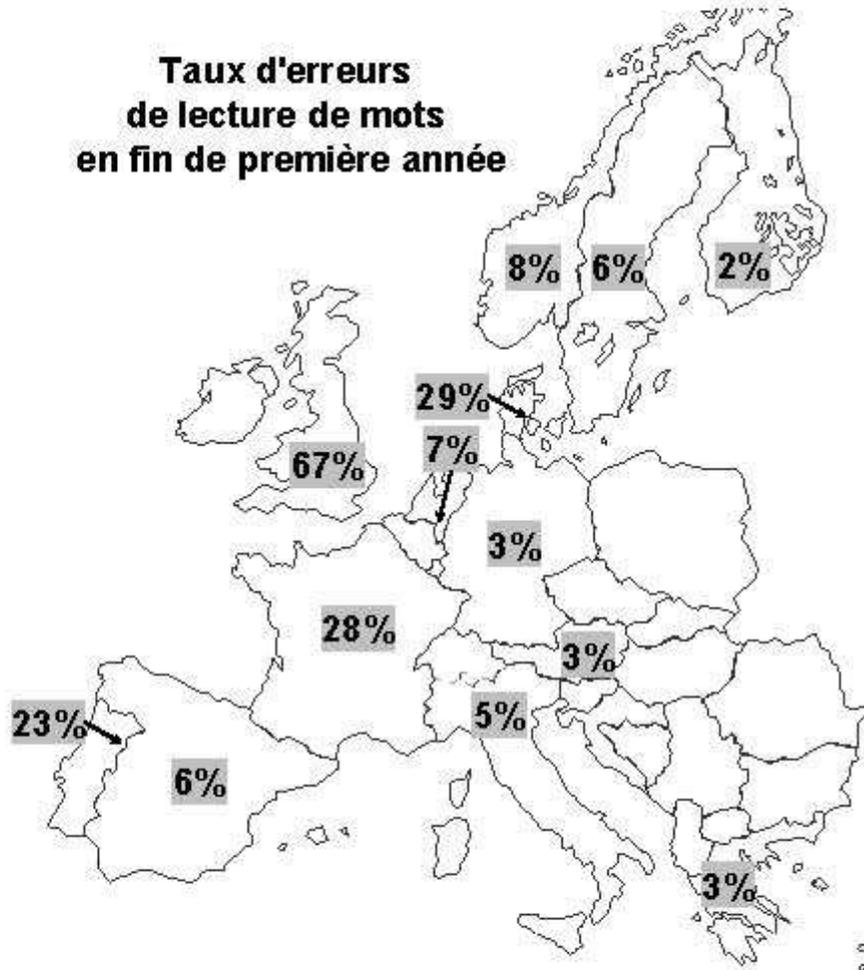
- Compatibles avec un codage plus facile dans le cortex temporal impliqué dans la reconnaissance des objets
- Compatible avec activations cérébrales: universalité des réseaux de la lecture
- Variabilité au niveau de la taille des unités de parole codées par écrit et la relation écrit-oral

Relation graphème- phonème

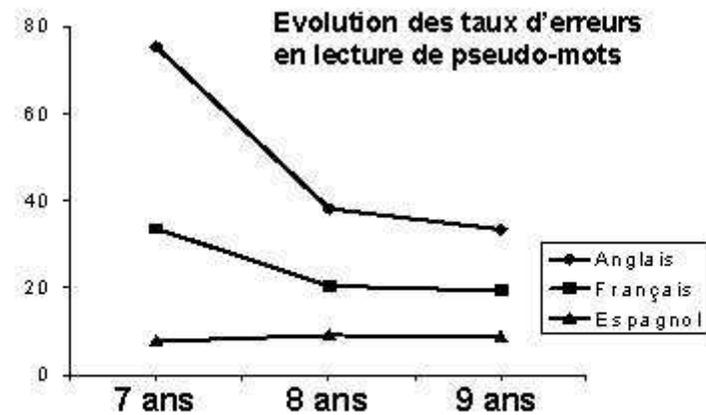
- La transparence orthographique affecte l'apprentissage de la lecture
 - Italien (relation bijectif orthographe- oral)
 - Français, anglais (exceptions orthographiques)
- ralentissement de l'apprentissage (plusieurs années)
- Lecteur italien active plus la région temporelle supérieure (représentation phonologique) vs
- Lecteur anglais, aires occipito-temporale ventrale et frontale inférieure (voie lexico-sémantique)

Impact de la transparence orthographique sur l'apprentissage de la lecture

Taux d'erreurs de lecture de mots en fin de première année



Seymour et coll., 2003, table 5



Goswami et coll., 1998, table 8

PARTIE V: LECTURE ET APPRENTISSAGE

3 étapes

- Logographique ou picturale: mémorisation de la forme de quelques mots sans généralisation (vers 4 ans)
- Phonologique: mise en place de la conversion graphème- phonème (vers 5-6 ans)
- Orthographique: apparition de l'expertise pour l'orthographe d'une langue, apparition des effets morphologiques lexicaux (vers 6-7 ans)

Au niveau cérébral

- Augmentation de la quantité d'activations occipito-temporales gauches avec l'âge compatible avec les scores de la lecture
- Mais cette région n'est pas irremplaçable et une grande plasticité existe au cours du développement
 - Exemple: fille de 4 ans avec ablation occipito-temporale gauche apprend à lire normalement en faisant appel à la région symétrique de l'hémisphère droit

CONCLUSION, PISTES OUVERTES

conclusion

- Lecture: activité culturelle propre à l'homme
 - Émanation de la richesse de notre culture
- Une zone du cerveau est « recyclée » pour servir ce propos:
 - théorie du recyclage neuronale fondée sur la plasticité cérébrale
- Impose des contraintes fortes sur la façon dont on lit
 - Existence d'invariants transculturels

dyslexie, dysorthographe, dyscalculie

LES TROUBLES DE L'APPRENTISSAGE

Les troubles de l'apprentissage

- **Les principaux troubles des apprentissages scolaires sont:**
 - la dyslexie (trouble spécifique de la lecture),
 - la dyscalculie (trouble spécifique du calcul)
 - La dysorthographe (trouble spécifique de l'expression écrite).

Troubles de l'apprentissage

- La dyslexie se manifeste, après le début de l'apprentissage de la lecture au cours préparatoire, par une **mauvaise association entre graphèmes et phonèmes**.
- **La dysorthographe** est essentiellement étudiée chez les enfants atteints de dyslexie et l'on ignore s'il en existe des formes indépendantes d'un trouble spécifique de la lecture.
- Les enfants atteints de **dyscalculie ont pour leur part une mauvaise** compréhension du dénombrement, des difficultés de mémorisation et d'apprentissage des tables d'addition et de multiplication.

Impacts des troubles d'apprentissage

- **Lire, écrire, compter, ces apprentissages sont la base du cursus scolaire.**
- **Un enfant connaissant des difficultés en ces domaines court un risque accru de marginalisation, voire de stigmatisation, et une difficulté ultérieure d'insertion sociale.**

Combien d'enfants touchés ? Une prévalence incertaine

- en France pas d'étude représentative de la population générale sur la dyslexie :
 - Nécessité de la mettre en place
- Différents travaux estiment cette prévalence de la dyslexie (modérée à sévère) à un peu moins de 5 % des enfants à partir du CP —
- Au niveau mondiale: pour les enfants de 10 ans dans les études internationales Les enfants atteints de dyslexie représenteraient environ **un quart des enfants présentant des difficultés en lecture.**
- **Il semble que la dyscalculie se** rencontre plus rarement que la dyslexie, mais les données manquent sur sa prévalence.

Hypothèses pour la dyslexie

- Observation: Développement anormal de la région occipito-temporal gauche (sous-activité)
 - mais serait le résultat du déficit de lecture (conséquence et non cause)
 - D'autres régions plus fondamentales en jeu
- Hypothèse dominante: anomalie du traitement phonologique
- anomalie de la densité de matière grise dans les régions temporales qui sont sous-activées associées à une anomalie génétique de la migration neuronale

Rééducation

- **Pour la dyslexie,**
 - **les méthodes les plus fréquentes** sont de type orthophonique et portent sur l'entraînement des capacités phonologiques de l'enfant.
 - D'autres rééducations ont pour objectif de permettre à l'enfant de développer des stratégies de compensation pour contourner son handicap.