

STANISLAS DEHAENE

LES NEURONES
DE LA LECTURE



préface de
Jean-Pierre Changeux



La présentation sera en grande partie basée sur ce livre de Stanislas Dehaene.



Publié en 2007

Plus une petite mise à jour critique
avec quelques articles vers la fin...

Comments and Controversies

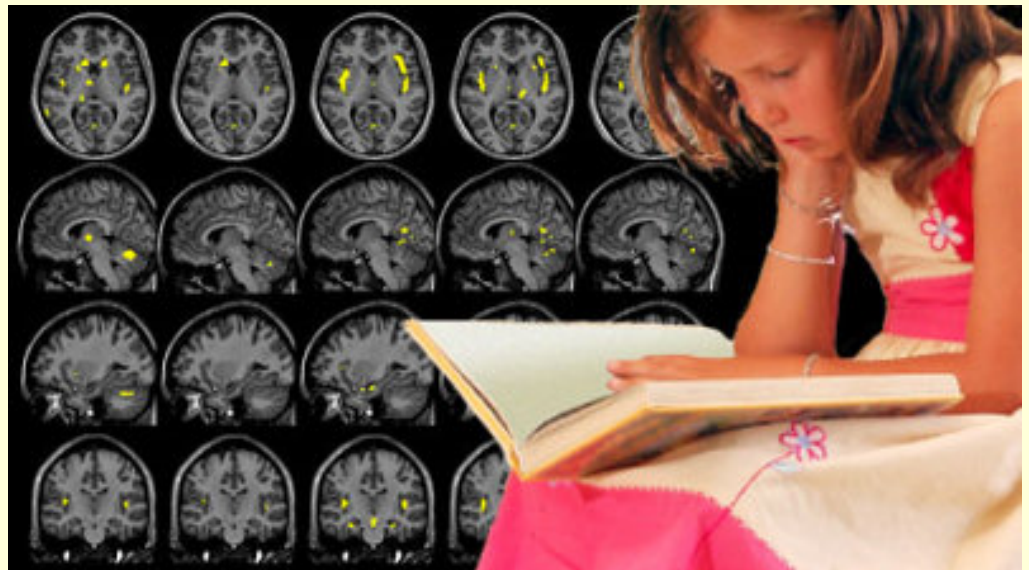
**The myth of the visual word
form area**, *NeuroImage* 19 (2003)
473– 481 Cathy J. Price

**The Interactive Account of
ventral occipitotemporal
contributions to reading**, *Trends
in Cognitive Sciences*, June 2011,
Cathy J. Price, Joseph T. Devlin

Qu'est-ce que lire ?

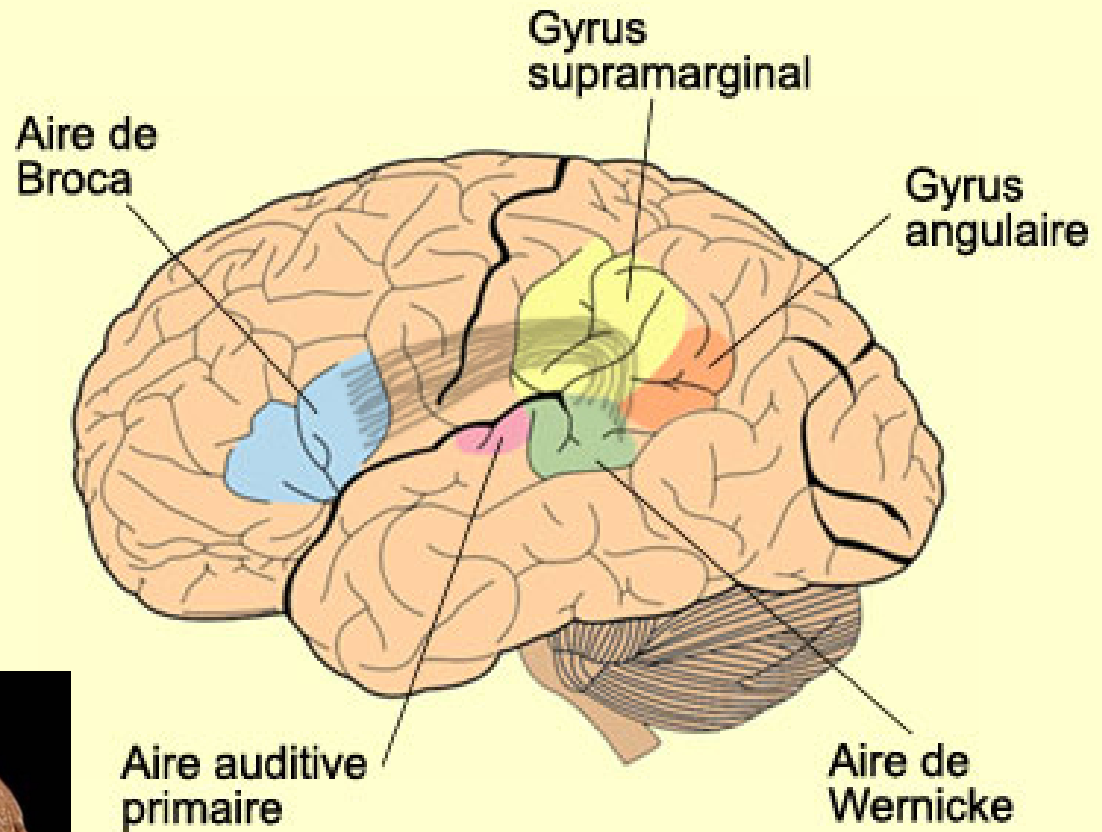


Qu'est-ce que lire pour un neurobiologiste ?

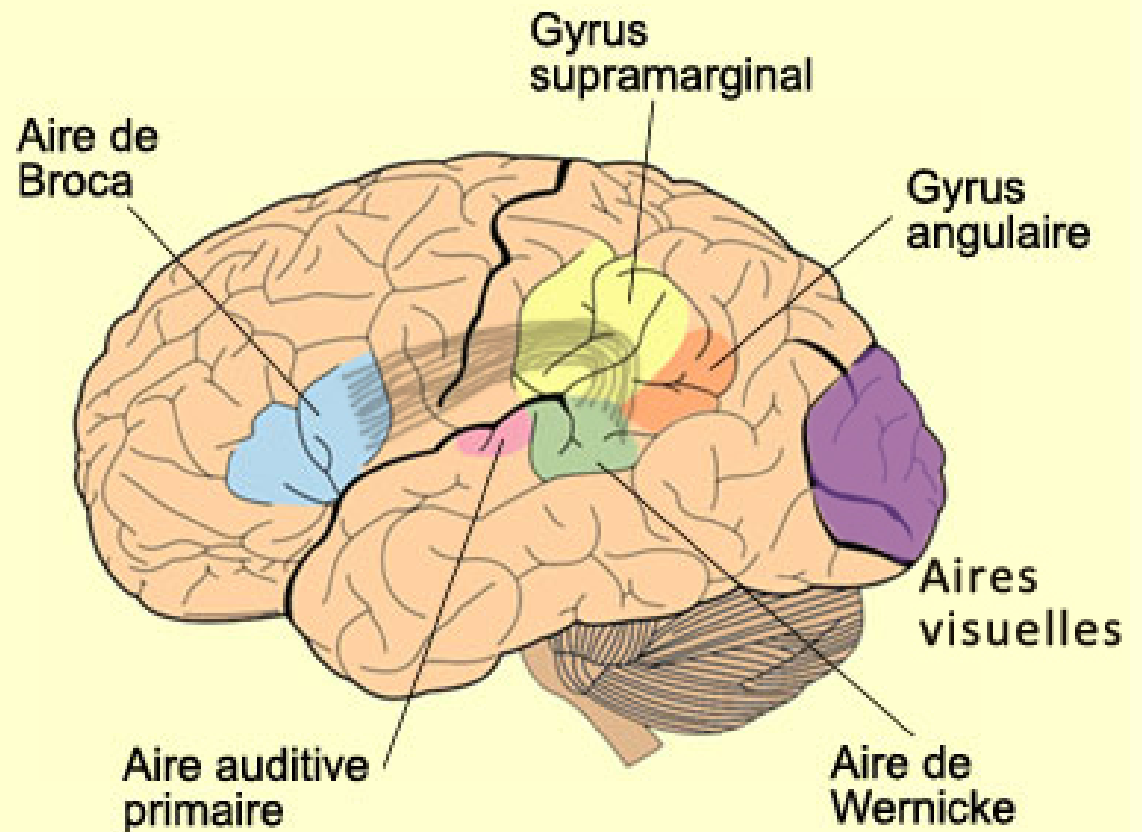


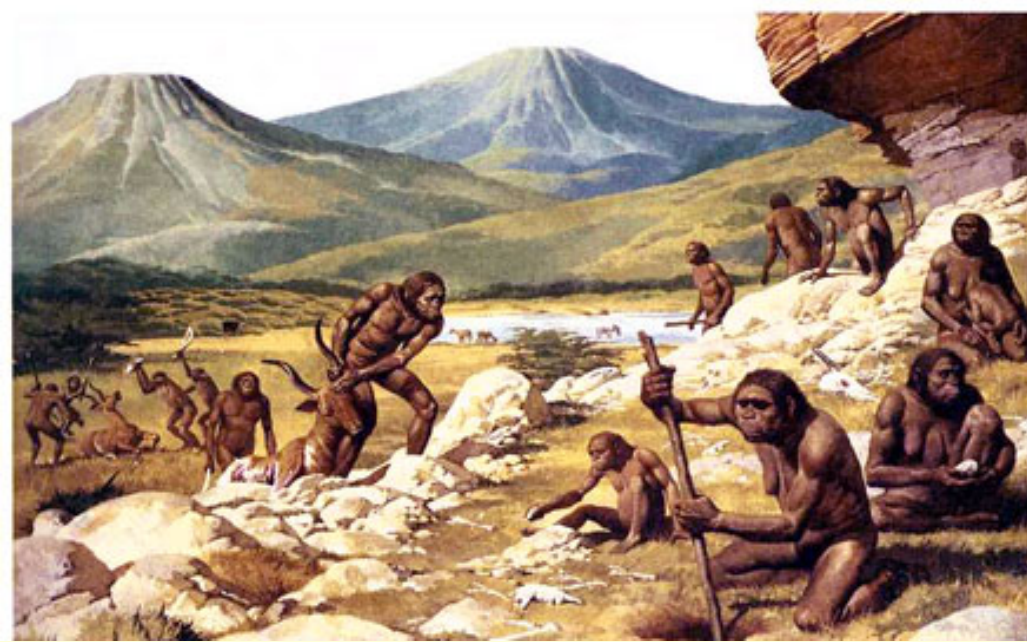
C'est rendre
accessibles les
aires du langage...

(situées dans
l'hémisphère gauche
pour la majorité
des gens)



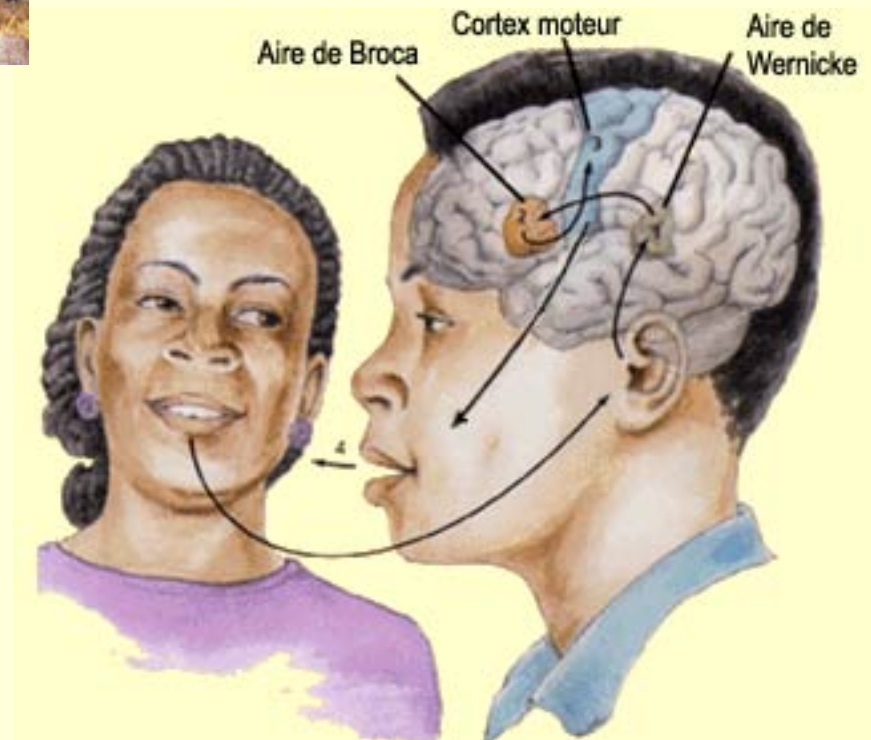
...par les
aires visuelle !

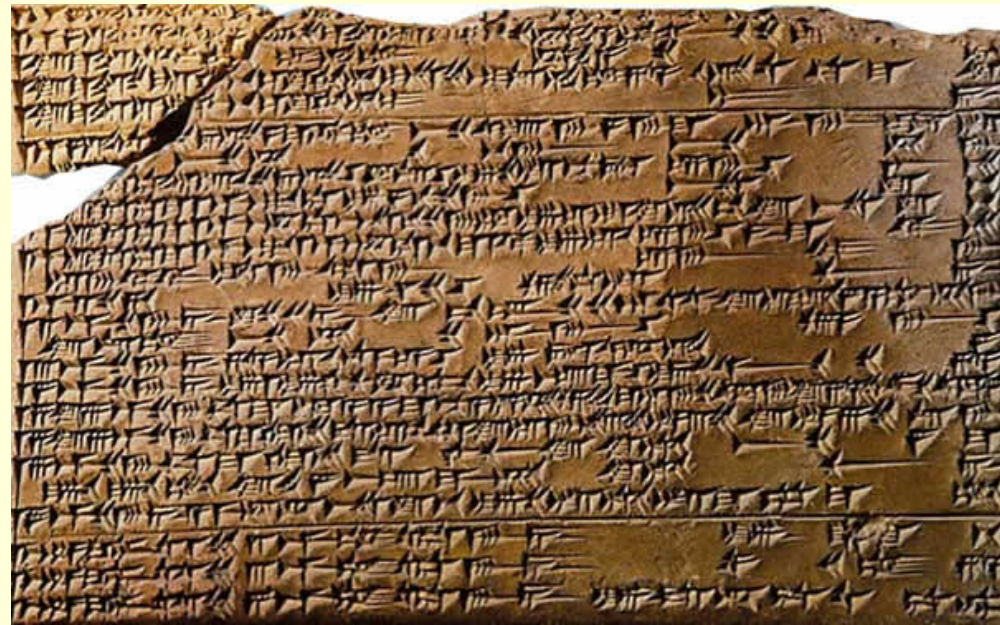




Car si des circuits cérébraux ont pu être **sélectionnés pour le langage** durant l'hominisation...

(des centaines de milliers d'années)





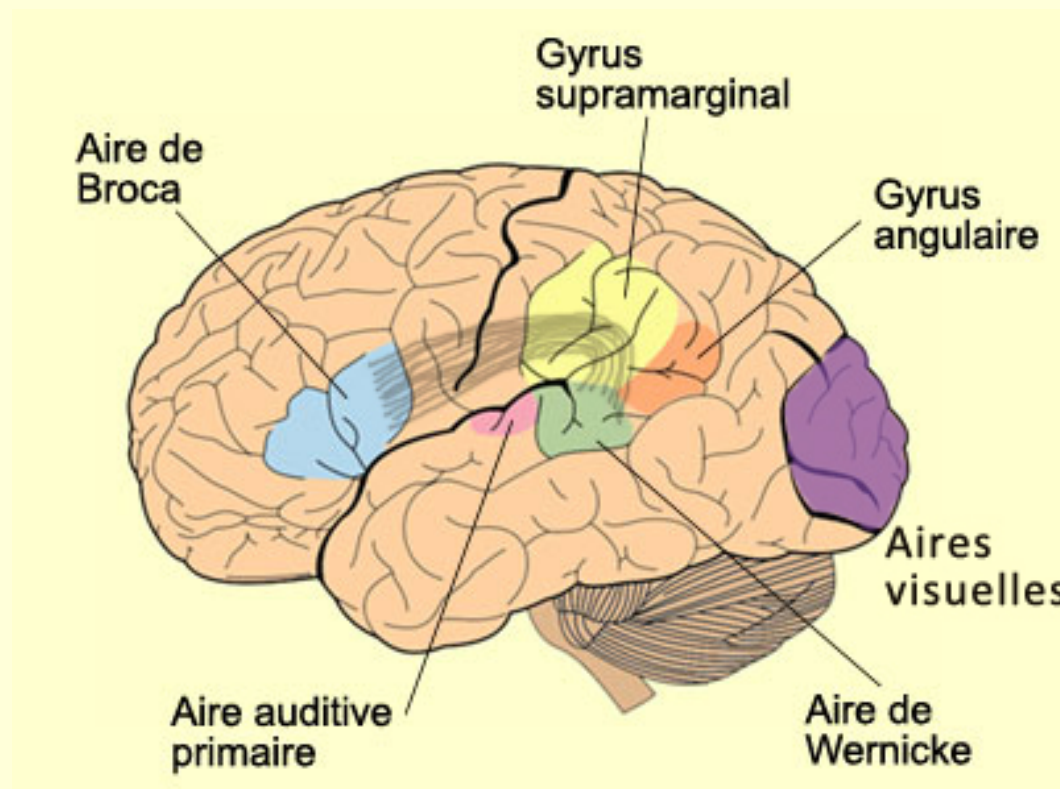
...il est difficile d'imaginer
des circuits cérébraux
sélectionnés pour l'écriture.

(quelques milliers d'années)

L'une des plus vieilles formes d'écriture :
il y a environ **5 400** ans chez les **Babyloniens.**

Comment alors expliquer que le cerveau humain arrive à lire ?

Comment parvient-il à donner accès aux aires du langage par les aires visuelles ?



Pour répondre à cette question, on va devoir avant répondre à une autre question :

Quelles sont les premières étapes de la lecture dans les voies cérébrales visuelles ?



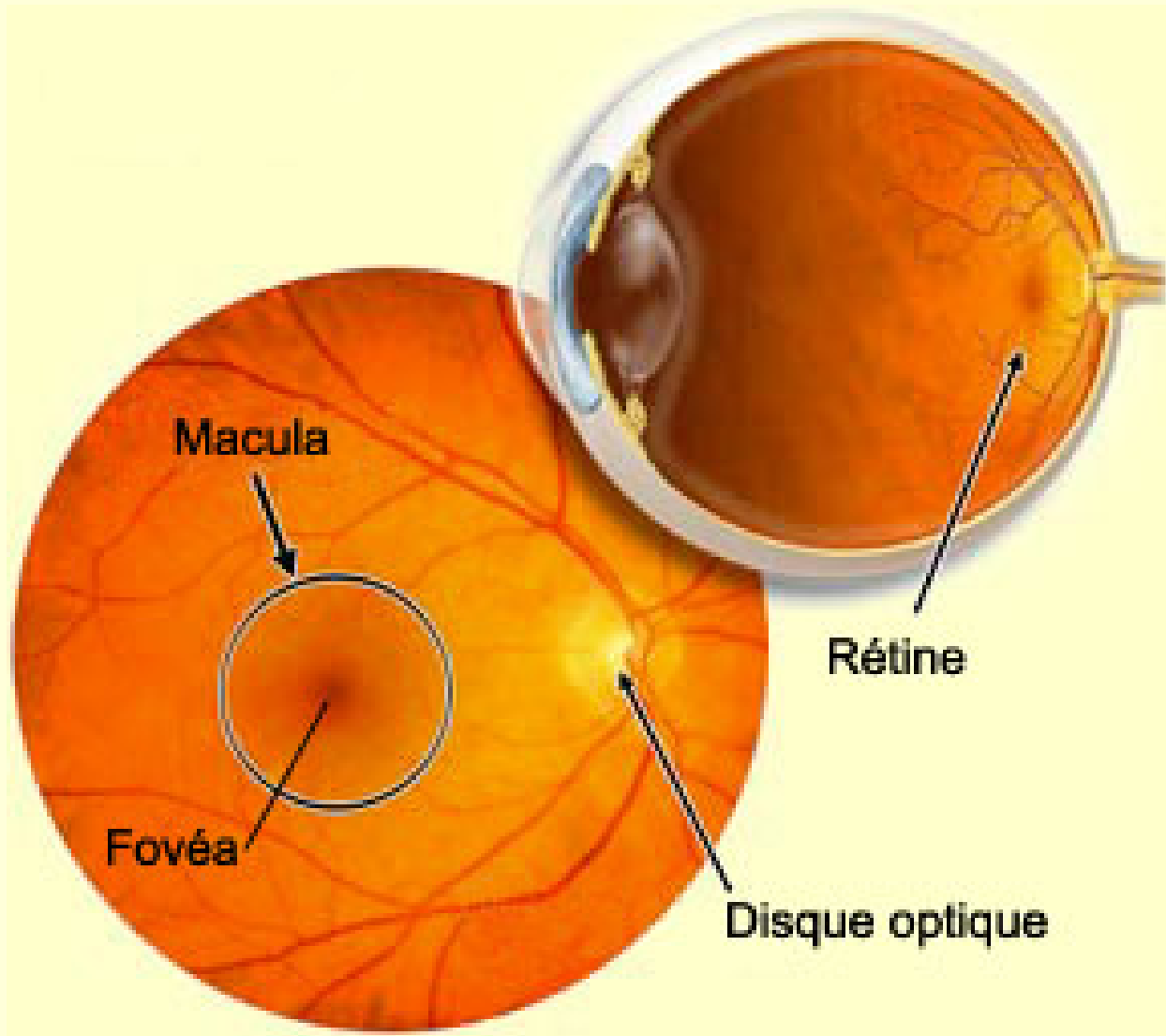
Ce que nous voyons d'une page de Proust...

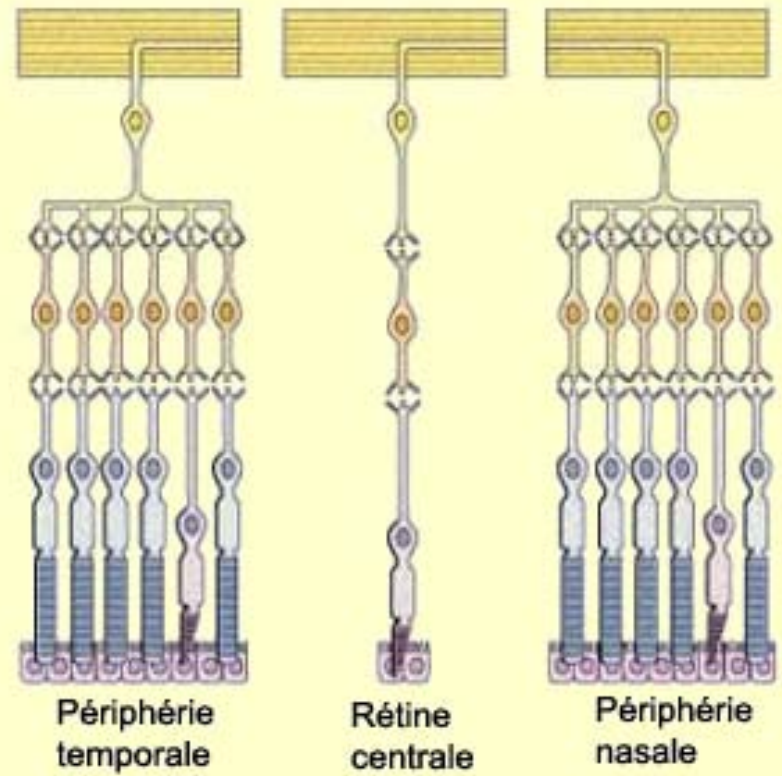
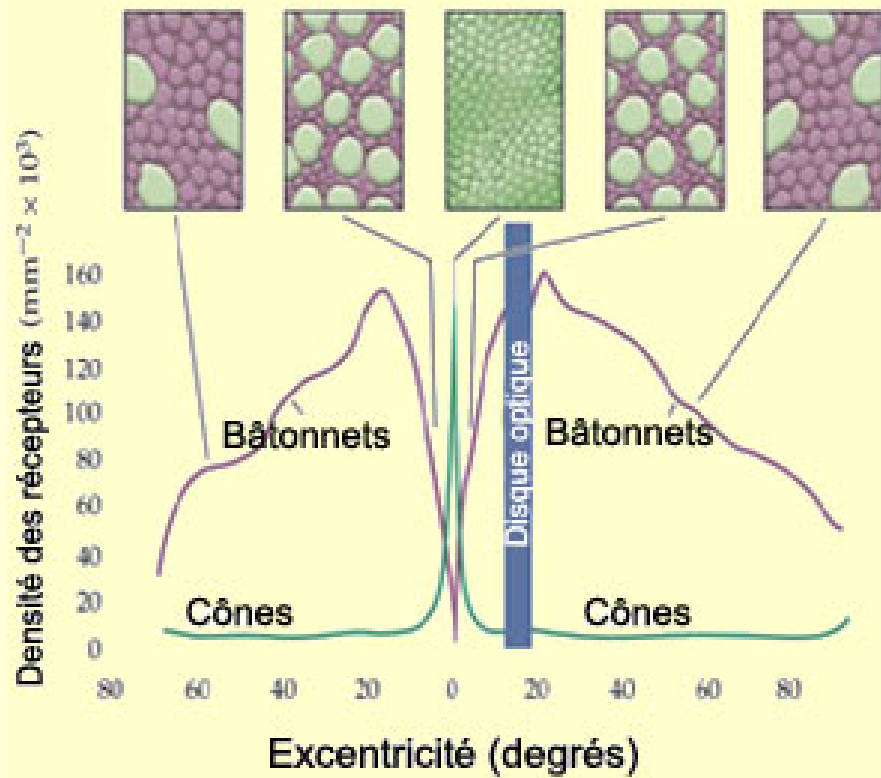
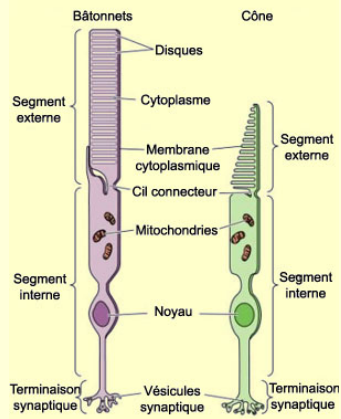
Il n'y a peut-être pas de jours de notre enfance que nous avons plus vivement vécus que ceux que nous avons cru laisser sans les vivre, que nous avons passés avec un livre préféré. Tout ce que, assidûment, nous complétons pour les autres, et que nous écartions comme un obstacle, est en réalité un plaisir divin : le jeu pour lequel un ami nous a choisis.

us que ceux que nous avons cru laiss
passés avec un livre préféré. Tout e
r les autres, et que nous écartions e

Sere, Marendaz & Héroult, Perception (2000)

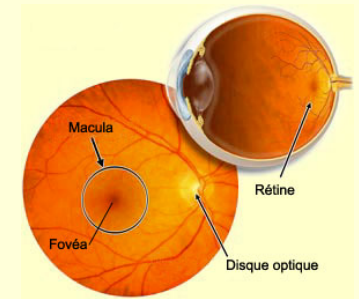
Simulation montrant la petite zone claire et précise correspondant à la **fovea** sur la rétine.



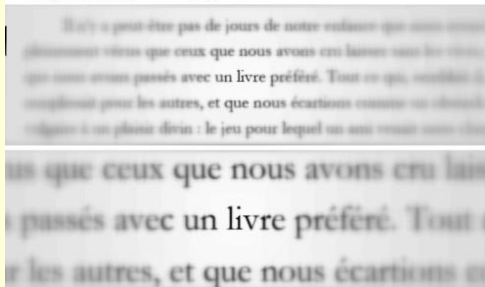


Fovea :

- occupe environ **15 degrés** du champ visuel;
- est la seule à capter les lettres avec suffisamment de précision pour permettre de les reconnaître.
- si cette région rétinienne est détruite, la lecture est impossible.



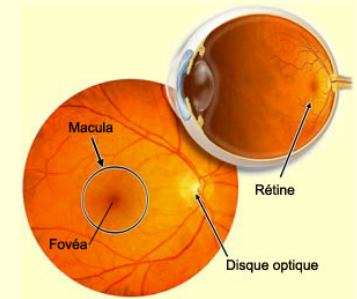
Ce que nous voyons d'une page de Proust...



C'est pour cela que **notre regard doit se déplacer constamment quand nous lisons.**

Car on ne parvient à voir à la fois qu'un ou quelques mots.

On peut sauter les petits mots (déterminants) quand on est un bon lecteur mais pratiquement tous les mots à contenu doivent être fixés.



DANS, KÖN OCH JAGPROJEKT

På jakt efter ungdomars kroppsspråk och den "synkretiska dansen", en sammansmältning av olika kulturers dans, har jag i mitt fältarbete under hösten hört mig på olika arenor inom skolans värld. Nordiska, afrikanska, syd- och östeuropeiska ungdomar gör sina röster hörda genom sång, musik, skrik, skraff och gestaltar känslor och uttryck med hjälp av kroppsspråk och dans.

Den individuella estetiken framträder i kläder, frisyrer och symboliska tecken som förstärker ungdomarnas "jagprojekt" där också den egna stilen i kroppsrörelserna spelar en betydande roll i identitetsprövningen. Upphållsrummet fungerar som offentlig arena där ungdomarna spelar upp sina performanceliknande kroppsspråk.

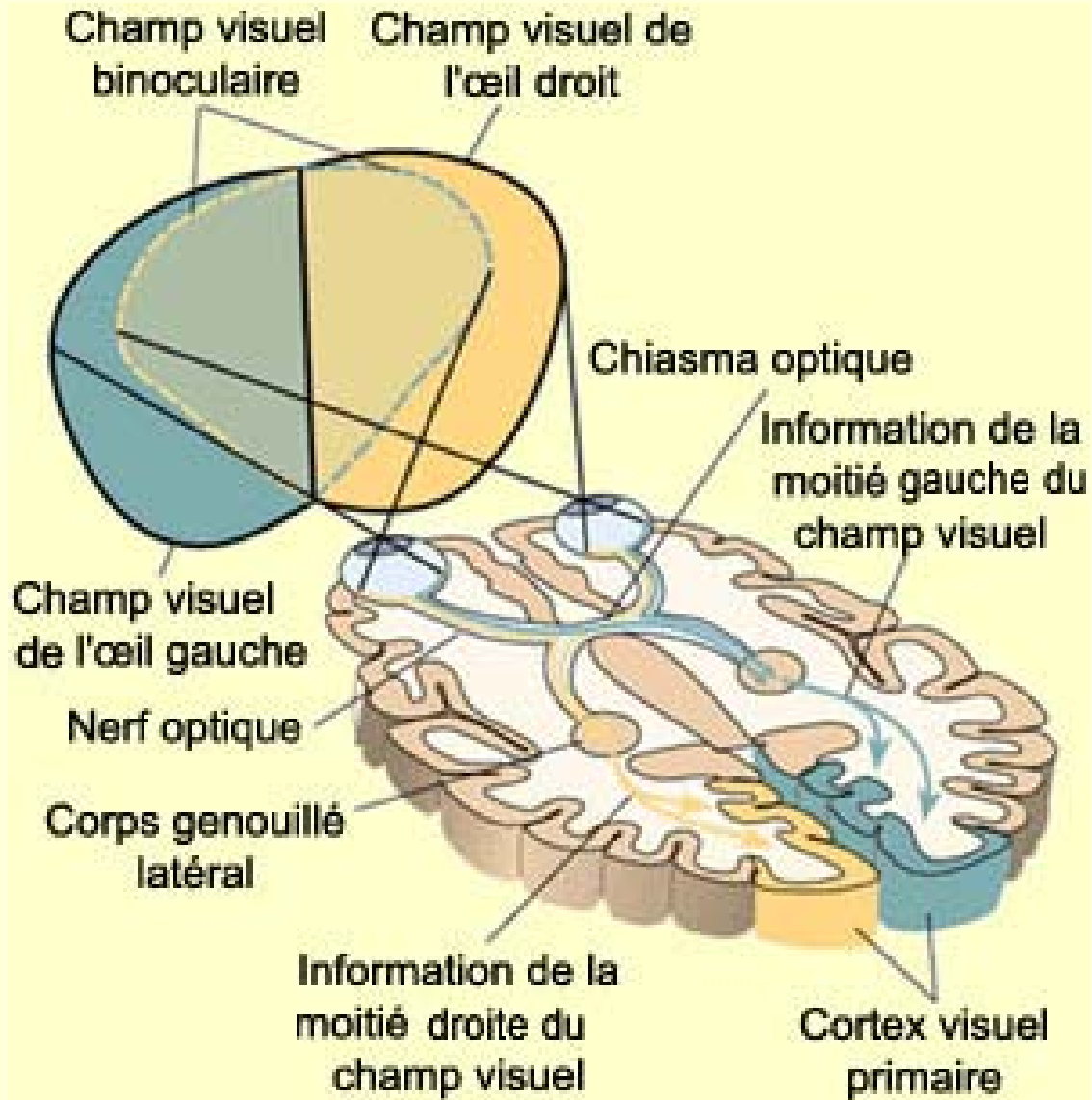
En fait, nous n'identifions vraiment que de **dix à douze lettres par saccade**:

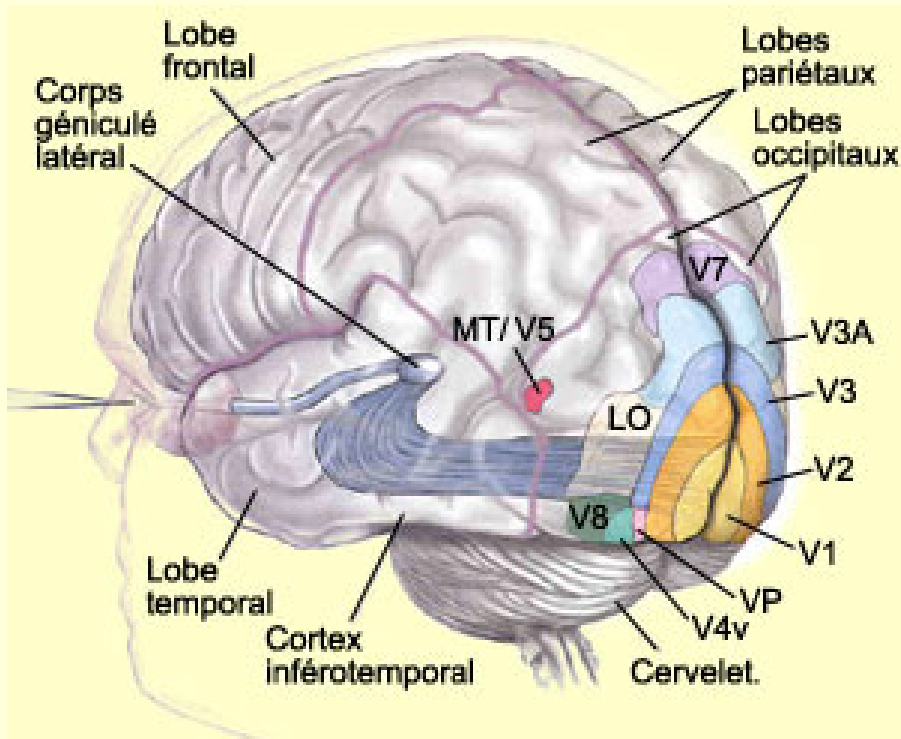
trois ou quatre lettres à gauche du centre du regard,
et sept ou huit lettres à droite.

Au-delà de cette zone, nous ne sommes plus sensibles à l'identité des lettres, mais seulement à la présence des espaces qui délimitent le mot suivant.

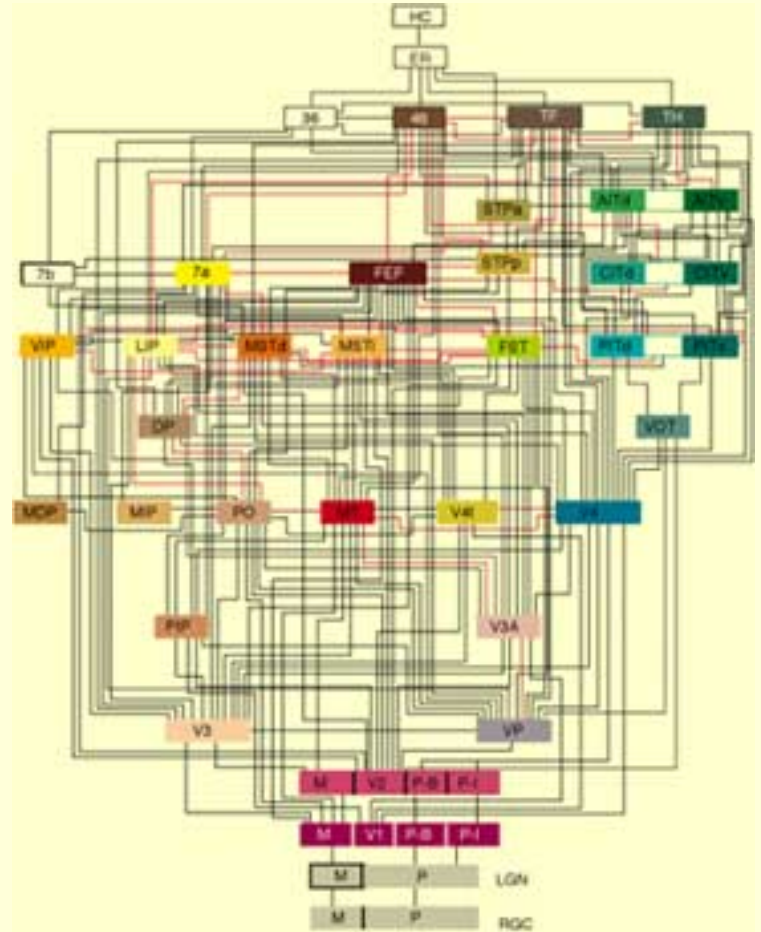
Ensuite:

De la rétine
au cortex
visuel





Quelques grandes aires visuelles dans le cortex occipital.



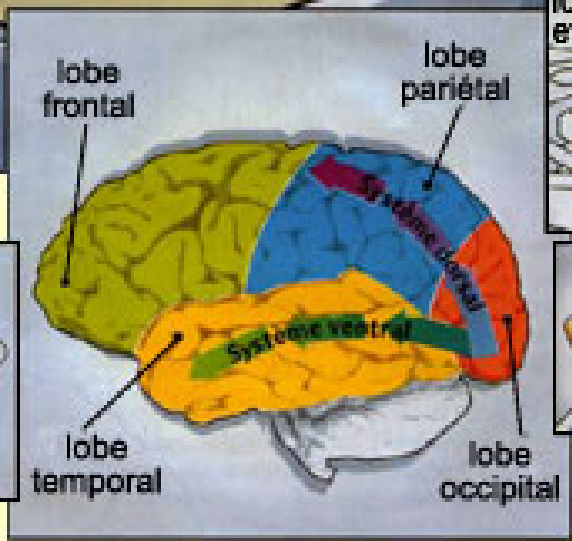
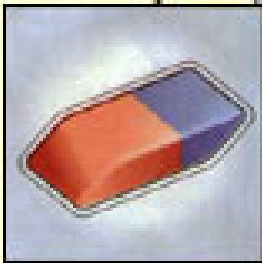
Felleman and Van Essen's Circuit Diagram of the Macaque Brain as of December 1990



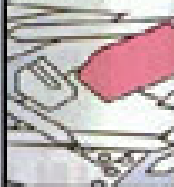
Voie ventrale et dorsale.

C'est dans la voie ventrale qu'il y aura activation pour la reconnaissance des mots.

reconnaissance de l'objet



localisation et saisie



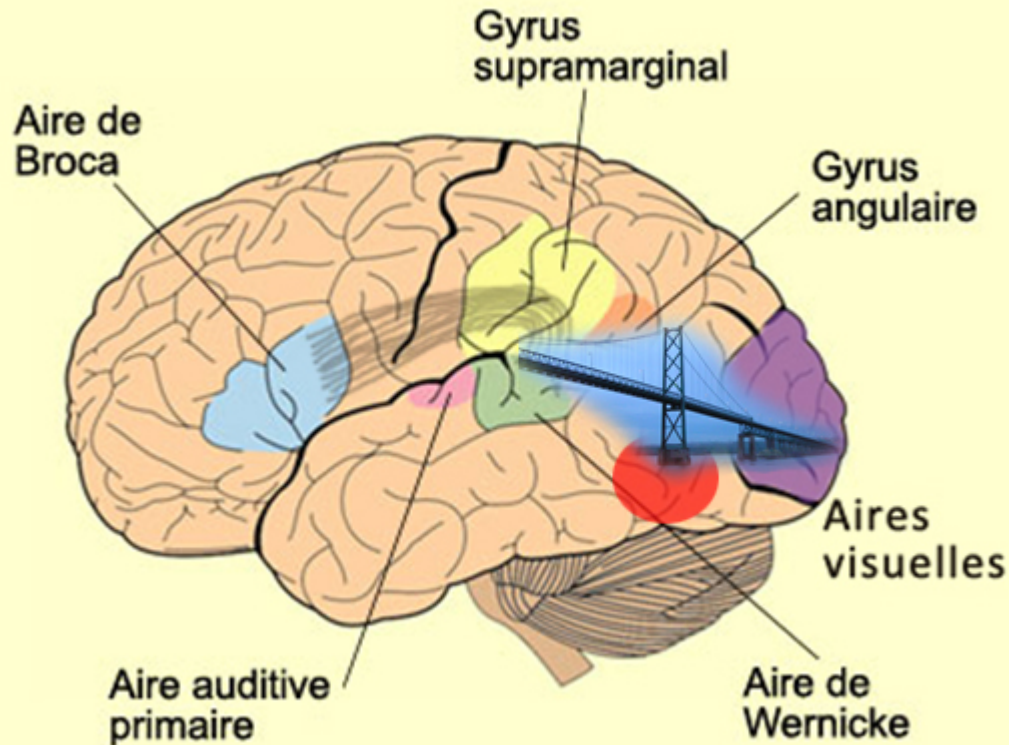
Donc... durant la lecture, comment le cerveau parvient-il à **donner accès aux aires du langage par les aires visuelles ?**

Comment fait-il le pont ?

Selon Dehaene et ses collègues :

grâce à une région **spécialisée pour la lecture.**

Mais comment peut-on avoir une région une région spécialisée **pour quelque chose pour laquelle nous n'avons pas évolué ?**



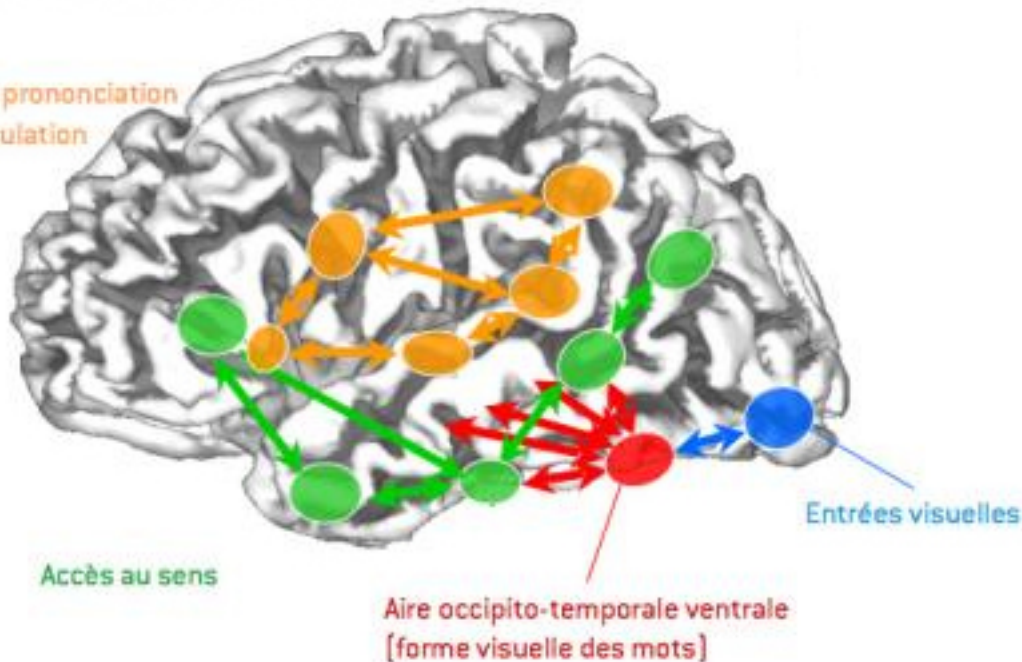
Avant de tenter de répondre à cette question, quelques informations sur
cette région clé pour la reconnaissance visuelle des mots

(qui va ensuite permettre à d'autres réseaux d'en extraire le sens,
d'en produire la prononciation, etc.)

L'architecture cérébrale de lecture

Reconnaissance d'un mot en 300 ms

Accès à la prononciation
et à l'articulation



Durant la lecture,
l'activation débute
dans le pôle **occipital**,
vers 100 ms,

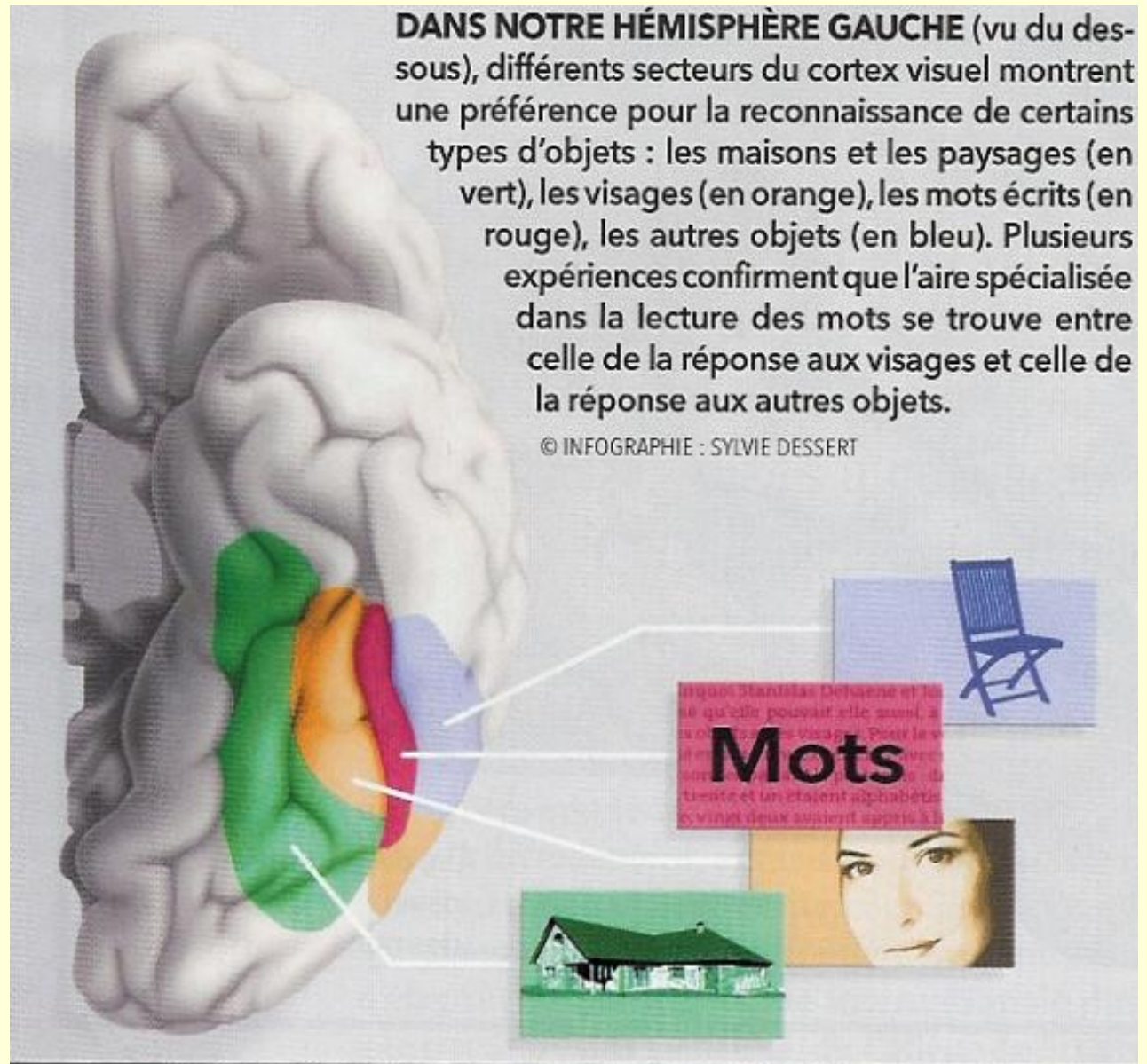
puis **vers 170 ms**
elle s'étend à la région
occipito-temporale
gauche.

Ensuite : explosion
d'activité dans de
multiples régions
temporales et
frontales partagées
avec l'audition des
mots.

Cette région qui répond spécifiquement aux **mots écrits** se situe au milieu d'une mosaïque d'aires de

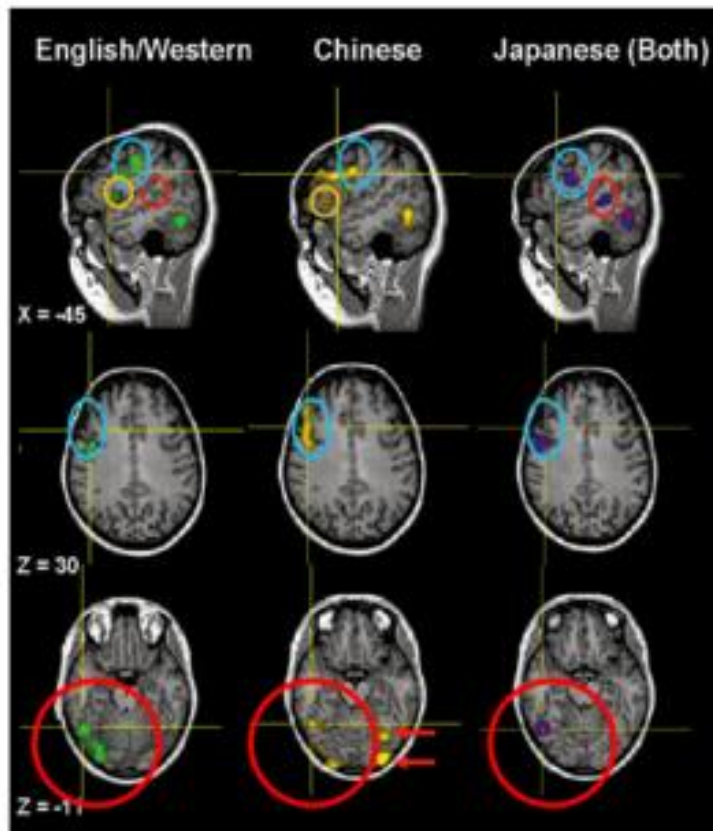
la voie ventrale de la vision dans le

cortex ventral occipito-temporal gauche.



Cette région est pratiquement **au même endroit** pour tout le monde, peu importe la langue dans laquelle vous lisez.

Universalité des réseaux de la lecture dans différents systèmes d'écriture



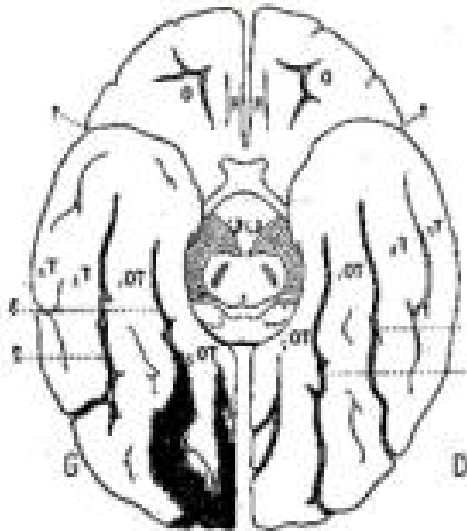
Remarquable recouvrement des activations dans la région occipito-temporale gauche [« aire de la forme visuelle des mots »]

Coordonnées proposées par Cohen et al. (2002): -42, -57, -12

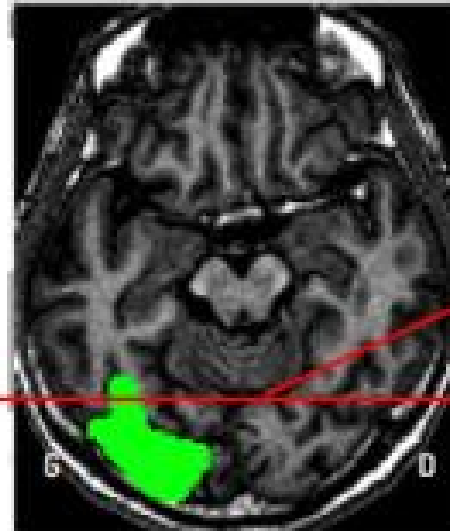
Stimuli	x	y	z
Western words	-46	-56	-15
Chinese characters	-49	-53	-10
Japanese Kana	-46	-55	-8
Japanese Kanji	-47	-58	-9
Average (SD)	-47.2 (1.3)	-55.2 (1.9)	-11.6 (3.6)

La lésion de cette région entraîne une « alexie pure »

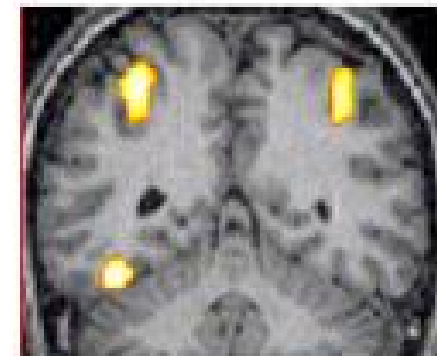
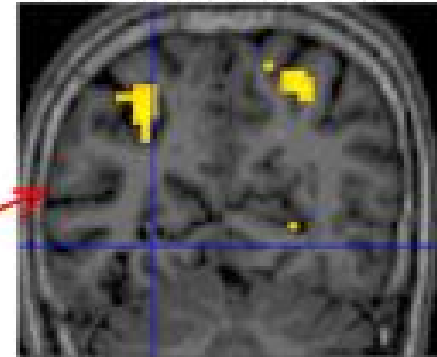
Déjerine, 1892



Cohen et al, 2002



Lecture chez le patient



Sujet normal

Alexie pure : incapacité à lire.

Et pas d'autres problèmes apparents :
la personne reconnaît les visages,
comprend, parle, et même écrit.

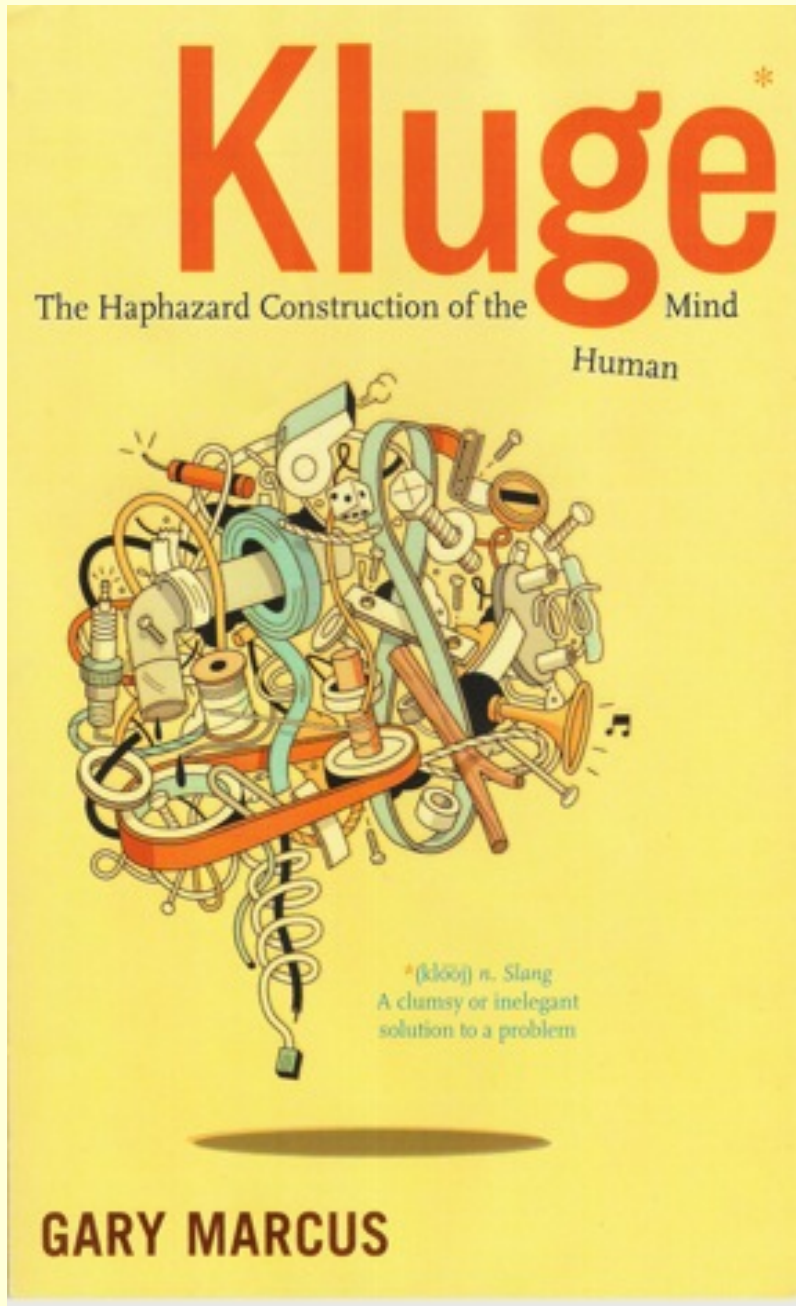
Mais quelques secondes après ne peut pas se relire !

Mais comment peut-on avoir une région aussi spécialisée
pour une chose pour laquelle nous n'avons pas évolué ?

L'hypothèse de Dehaene et ses collègues est que nous avons **recyclé** cette région qui s'est probablement d'abord mise en place pour jouer un rôle plus ancien et fondamental qui est la **reconnaissance visuelle des formes**,

pour l'adapter à la reconnaissance des formes **des lettres des systèmes d'écriture**.





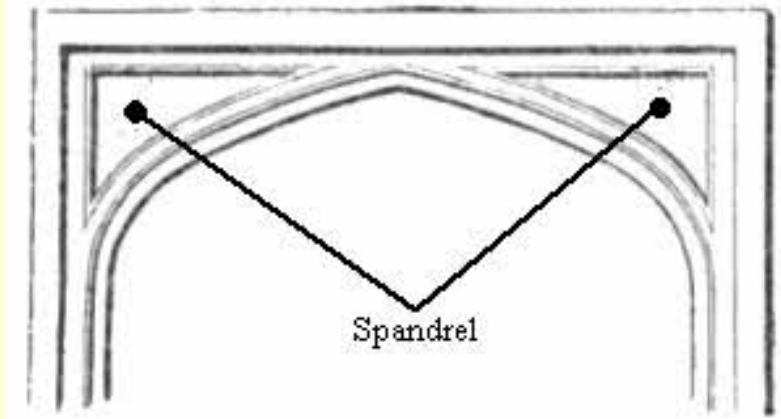
Il s'agit d'un phénomène général plus large :

le détournement de fonctions cognitives
autrefois employées à d'autres fins
vers une autre utilisation.

Le « bricolage » de l'évolution

"L'évolution ne tire pas ses nouveautés du néant. Elle travaille sur ce qui existe déjà. [...] la sélection naturelle opère à la manière non d'un ingénieur, mais d'un bricoleur ; un bricoleur qui ne sait pas encore ce qu'il va produire, mais récupère tout ce qui lui tombe sous la main [...]"

- (François Jacob / né en 1920 / Le jeu des possibles / 1981)



Le « recyclage neuronal » de Dehaene s'apparente au concept d'« **exaptation** » :

une structure biologique ayant évolué en vue d'une fonction précise mais qui se trouve réutilisée ou recyclée pour une autre fonction.

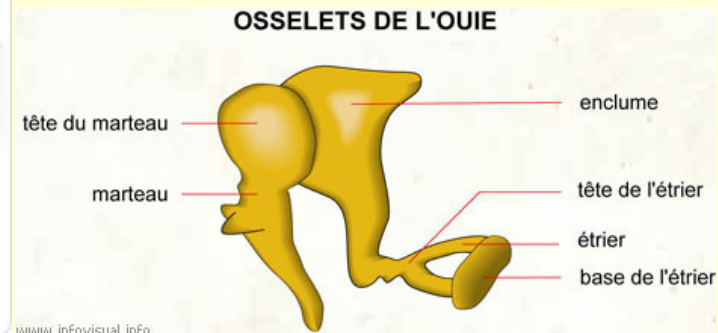
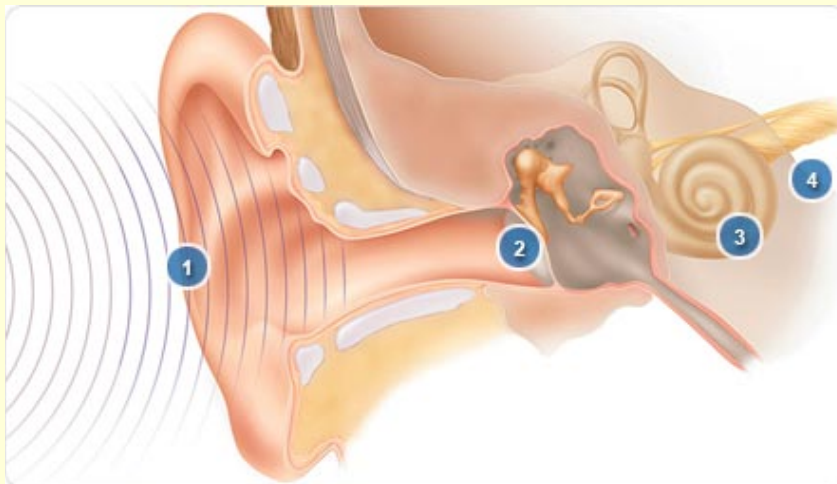
(S. Jay Gould)





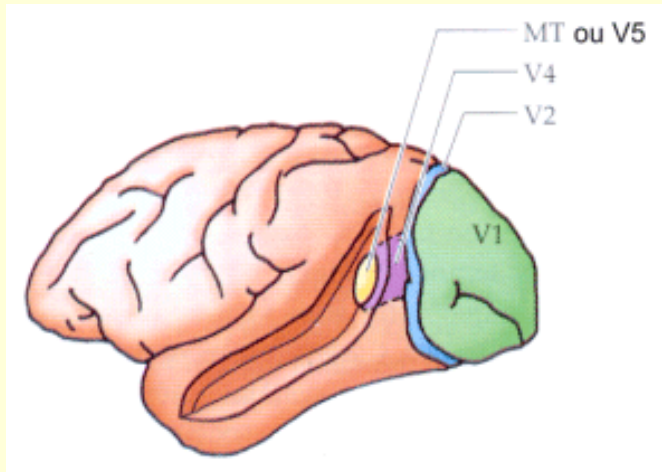
Exemple 1 : les plumes de l'oiseau, d'abord apparue pour la thermorégulation

Exemple 2 : les osselets de l'oreille interne, d'abord apparus comme des os de la mâchoire



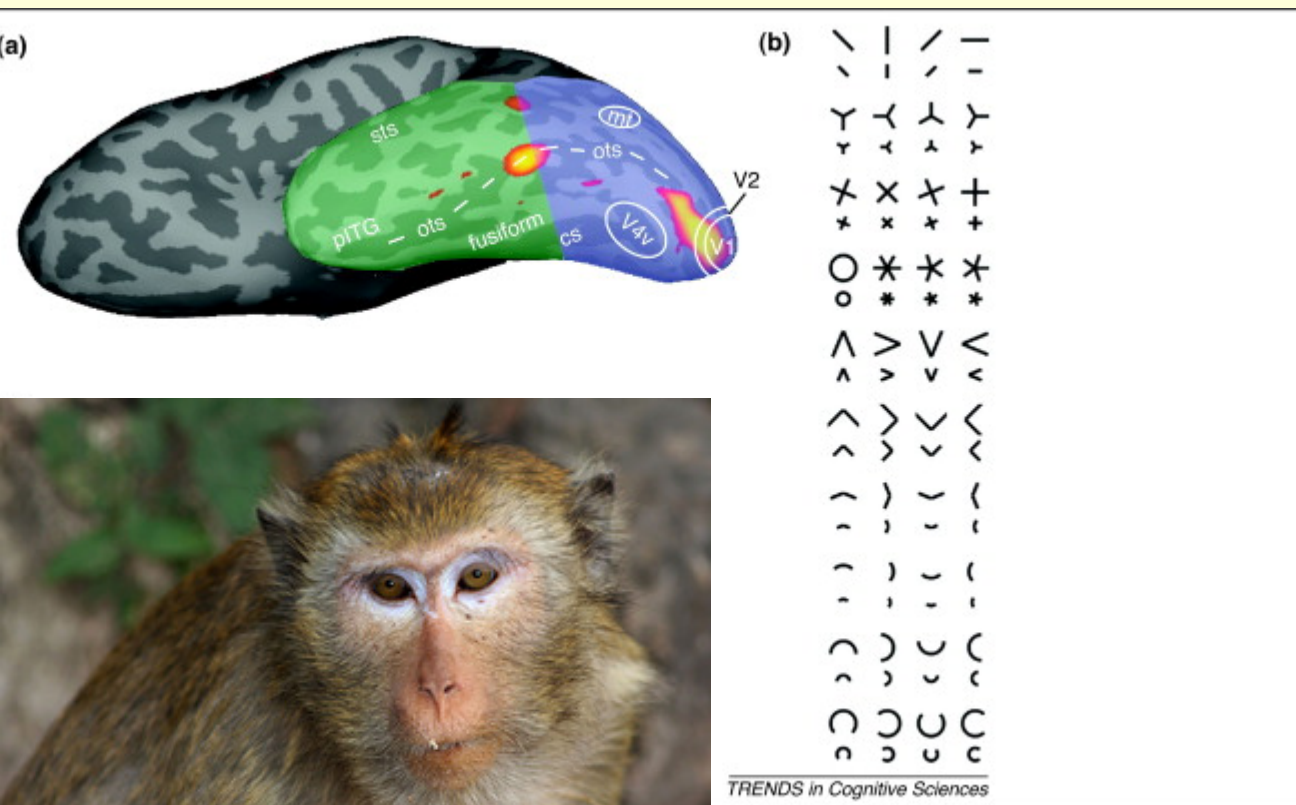
Quelques données qui appuient cette idée de « **recyclage neuronal** »
de **l'aire occipito-temporale ventrale gauche** pour la lecture :
(mais pas à l'échelle de l'évolution mais bien à l'échelle d'une vie...)

Chez le singe macaque :



- Similitudes entre des aires visuelles, dont la **présence de l'aire occipito-temporale ventrale**
- L'enregistrement dans un neurones de cette aire montre une réponse seulement pour un objet sur 100 (une chaise, par exemple)
- Répond en fait à **certaines propriétés de ces objets**
(ex : si un neurone répond à un cube, on lui présente une forme en T et il répond autant sinon plus)

Or, plusieurs de ces formes simples ressemblent à nos lettres, pourrait être des lettres...



Il y a donc déjà, dans le cerveau du singe, des neurones répondant à un véritable alphabet de ces formes simples qui l'aident à percevoir les objets multiformes présents dans la nature.

Ces formes simples sont très utiles pour reconnaître des propriétés qu'on appelle **non accidentelles** ou **invariantes** des objets.

Par exemple, si vous avez un objet qui en cache un autre, la jonction des arrêtes va former un T, ce qui nous aiderait à déterminer quelle forme est devant telle autre.

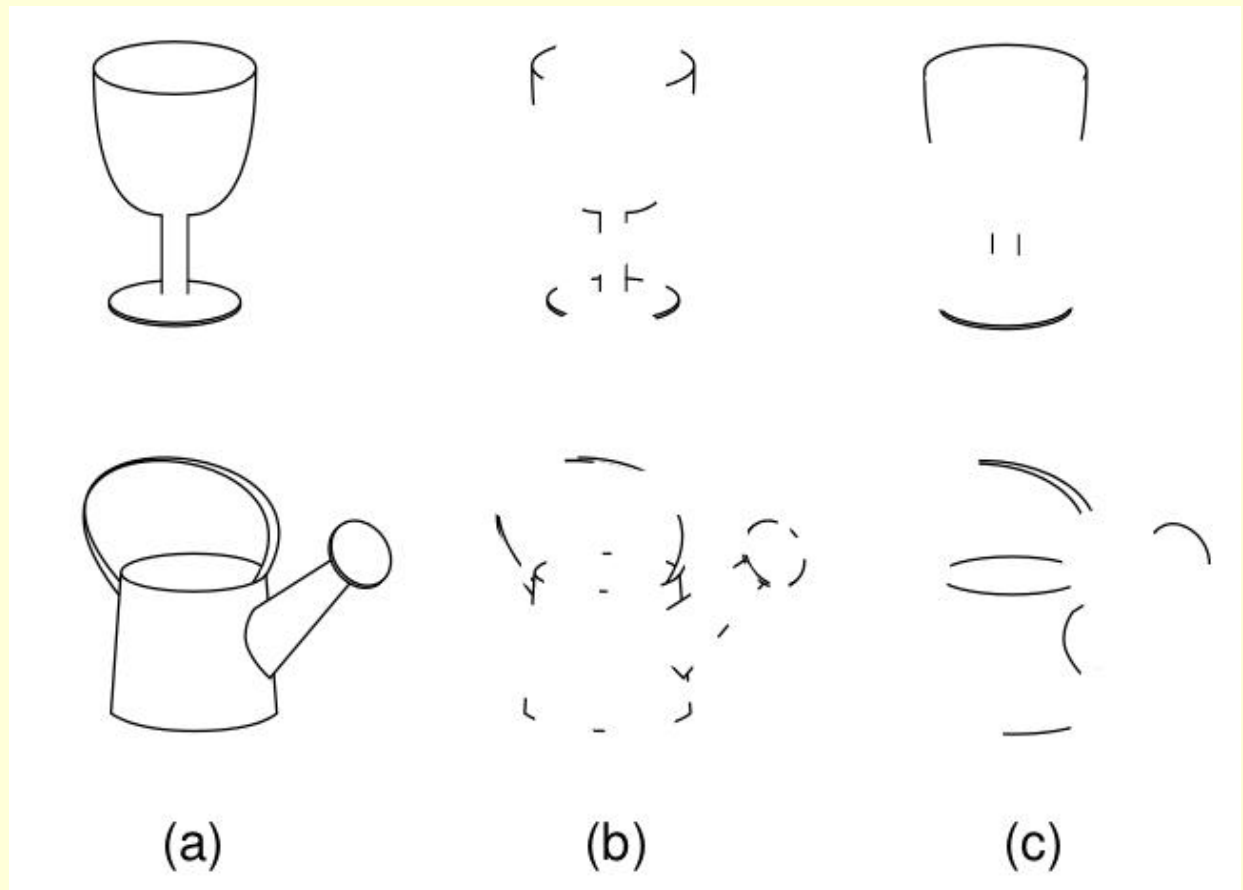


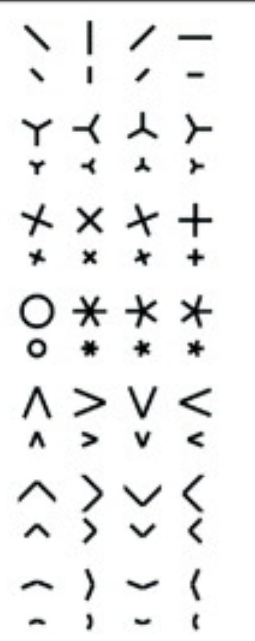
Chez l'humain aussi, ces formes sont très importante dans la reconnaissance visuelle.

Irving Biederman, **1987**.

Il est plus **facile** de reconnaître un dessin si l'on cache de longues sections des lignes du dessin (b)

que si l'on cache seulement les intersections de ces lignes (c).





Notre région **occipito-temporale ventrale**, qui était donc déjà présente chez nos cousins primates, va nous permettre de reconnaître les arrêtes et les jonctions des lettres de nos alphabets, comme elle permettait déjà la reconnaissance de ces arrêtes et de ces jonctions pour les objets naturels.

D'où l'idée **ce n'est pas notre cerveau qui a évolué pour lire** (il n'a pas eu le temps), mais que c'est nous qui, culturellement, avons **favorisé certaines formes arbitraires dans nos alphabet**.

Le **recyclage neuronal** est donc rendu possible par des systèmes d'écriture qui prennent parti de notre facilité à détecter ces formes particulières fréquentes dans la nature.

English	Theban	Malachin
A	𐤀	𐤀
B	𐤁	𐤁
C	𐤂	𐤂
D	𐤃	𐤃
E	𐤄	𐤄
F	𐤅	𐤅
G	𐤆	𐤆
H	𐤇	𐤇
I	𐤈	𐤈
J	𐤉	𐤉
K	𐤊	𐤊
L	𐤋	𐤋
M	𐤌	𐤌
N	𐤍	𐤍
O	𐤎	𐤎
P	𐤏	𐤏
Q	𐤐	𐤐
R	𐤑	𐤑
S	𐤒	𐤒
T	𐤓	𐤓
U	𐤔	𐤔
V	𐤕	𐤕
W	𐤖	𐤖
X	𐤗	𐤗
Y	𐤘	𐤘
Z	𐤙	𐤙

Si cette histoire est vraie, on devrait trouver que beaucoup de ces formes se retrouvent dans toutes les écritures du monde

(i.e. qu'il y a des invariants transculturels)

؟ "دوكِ نوِي" ةد حوملا ةرفشلا ي ه ام

並 丫 中 𠃉 丰 𠃉 串 弗 丸 丹 主 井 义

कम्प्यूटर, मूल रूप से, नंबरों से सम्बंध रखते हैं। ये प्रत्येक

The quick brown fox jumped over the lazy dog

אבגדהוזחטיךכלםמןנסעףפץקצרקעןשארשוותויי"ו"ן

กขฃคฅฉงจฉฌญฎฏฐฑฒณดตถทธนบ

Si cette histoire est vraie, on devrait trouver que beaucoup de ces formes se retrouvent dans toutes les écritures du monde

(i.e. qu'il y a des invariants transculturels)

Une étude de l'institut Caltech en Californie a pris un très grand nombre d'écritures dans le monde et a compté combien de fois on trouve des jonctions particulières (ex. L, T, X (avec leur rotation)).

Elle constate une régularité remarquable dans la distribution de ces traits pour toutes les langues ($L > T > X$).

Une régularité qu'on ne retrouve pas au hasard (gribouillage sur feuille de papier, allumettes lancées au hasard, etc).

Mais une régularité statistique qu'ils retrouvent cependant dans les images de la nature !

Il semble donc que le système visuel humain,
adapté pour bien discriminer les objets dans le monde naturel,

a contraint les possibilités d'écriture des lettres de manière universelle dans toutes les cultures, de manière à rendre ces lettres reconnaissables de manière optimale par notre cerveau lors de la lecture.

؟ "دوكِ نوِي" ؤد حوملا ؤرفشلا ي ه ام

並 亅 中 廾 丰 𠂇 串 弗 丸 丹 主 井 义

कम्प्यूटर, मूल रूप से, नंबरों से सम्बंध रखते हैं। ये प्रत्येक

The quick brown fox jumped over the lazy dog

א ב ג ד ה ו ז ח ט י כ ל מ נ ס ע פ צ ק ר ש ת ן ף ץ װ ן ן ן ן ן ן ן ן ן ן ן ן ן ן

ก ข ฃ ค ฅ ฉ ง จ ฉ ช ๕ ๖ ๗ ๘ ๙ ๐ ๑ ๒ ๓ ๔ ๕ ๖ ๗ ๘ ๙ ๐

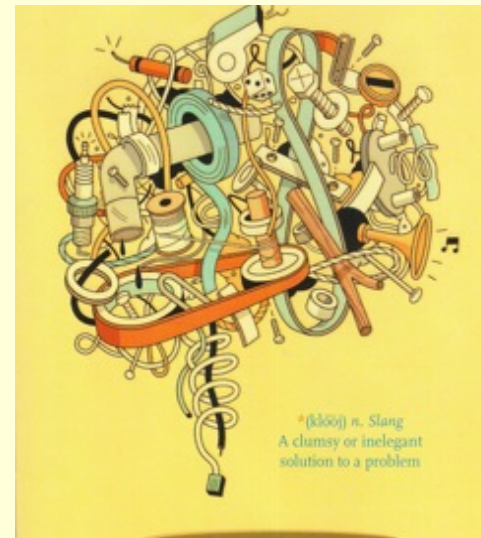
Dehaene relève des **caractéristiques communes à tous les systèmes d'écriture** qui résultent, selon lui, des contraintes propres au cerveau humain.

[Parenthèse :

Dans les sciences sociales, on a encore souvent tendance à fonctionner selon un modèle implicite du cerveau avec une **plasticité généralisée** à l'origine d'un grand relativisme culturel.

Or notre cerveau n'est pas une « table rase » où s'accumulent des constructions culturelles.

C'est un organe **fortement structuré par son évolution** et qui fait du neuf avec du vieux, comme on vient de le voir pour la lecture...]



Dehaene relève des **caractéristiques communes à tous les systèmes d'écriture** qui résultent, selon lui, des contraintes propres au cerveau humain.

- ils jouent d'un effet de contraste important, en général noir sur blanc, dans les caractères qui sont présentés à la fovéa de l'œil.
- ils utilisent un système hiérarchique à la base duquel se trouve un **alphabet**, c'est-à-dire **un ensemble limité de signes simples combinés ensuite de multiples façons** afin de représenter des sons, des syllabes et des mots.
- ils considèrent comme allant de soi que la **taille** et la **position absolues** des caractères n'ont pas d'importance, mais les caractères doivent toujours être orientés dans le même sens ;
- ils dénotent à la fois des **éléments de son** (phonétique) et **de sens** (sémantique)

Comment cette aire visuelle occipito-temporale ventrale va-t-elle « coder » ou « représenter » les **chaînes de caractères** que sont les **mots**, et pas seulement des formes ou des lettres ?

Dehaene propose le schéma hiérarchique suivant pour le **traitement des mots lus dans les aires visuelles**

(il s'agit d'un domaine moins connu, plus spéculatif...)

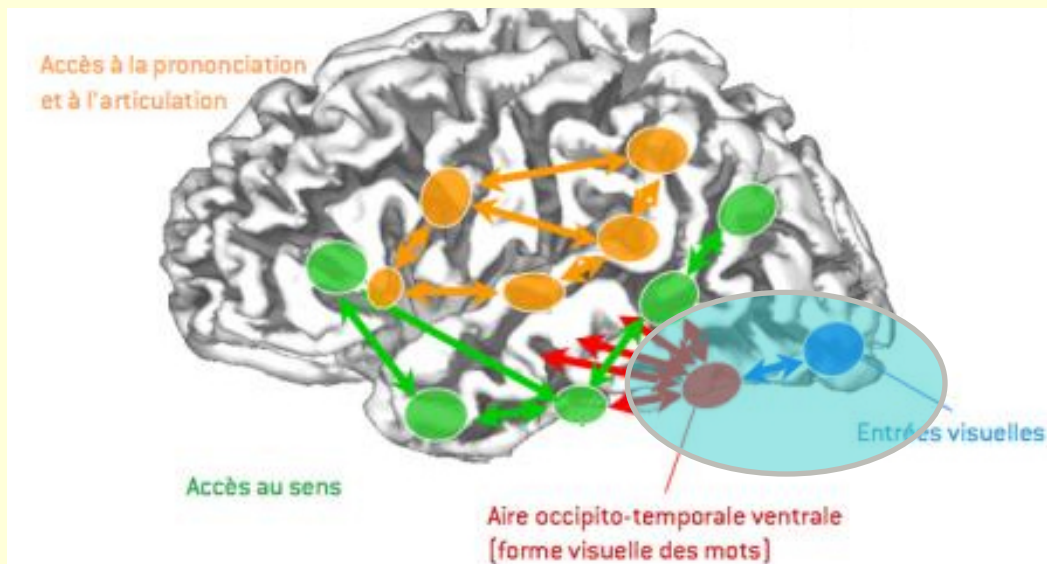
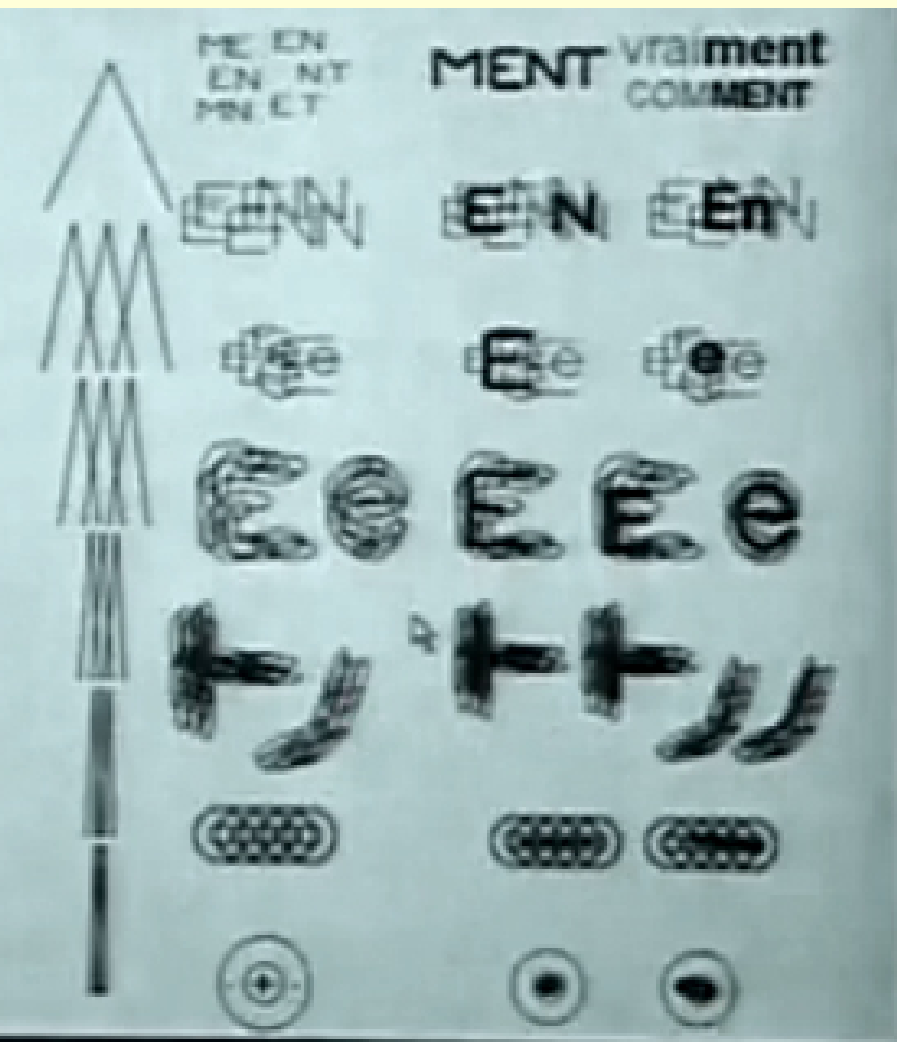


Schéma hiérarchique pour le traitement des mots lus dans les aires visuelles.



et au plus haut niveau, on va être capable de reconnaître des mots.

les c. d'une lettre avec les c. d'une autre lettre des « bigrammes »

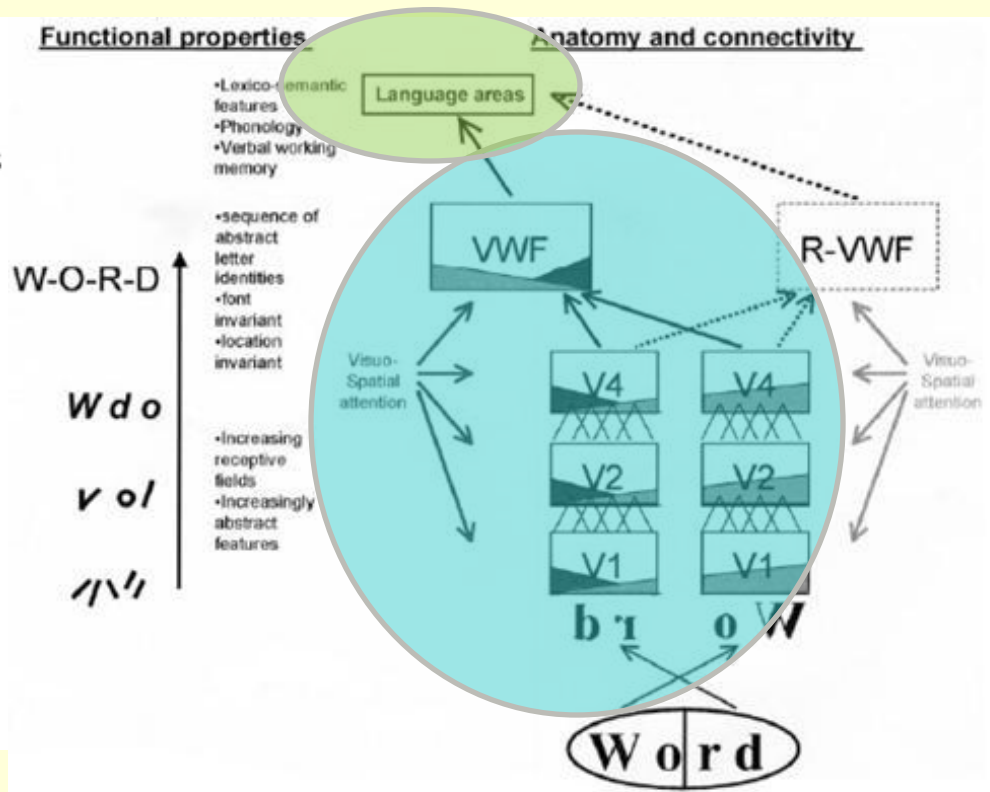
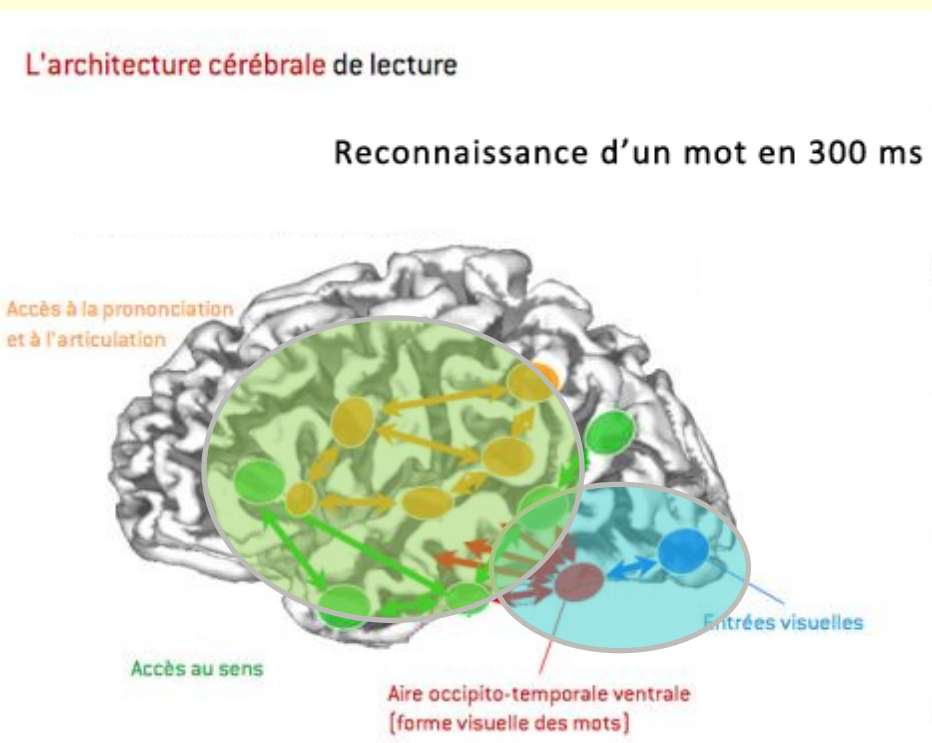
la même chose mais indépendamment de la forme (majuscule ou minuscule...),

des c. de ces c. de ces c. des formes élémentaires de lettre e;

des c. de ces c. des intersections de traits,

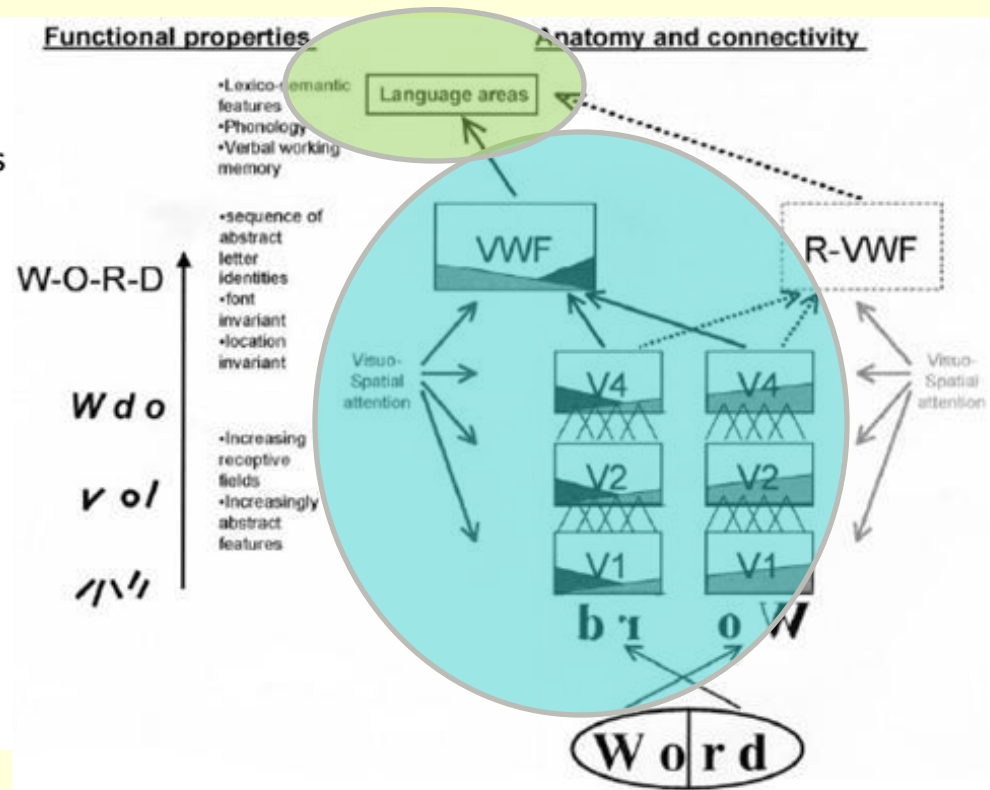
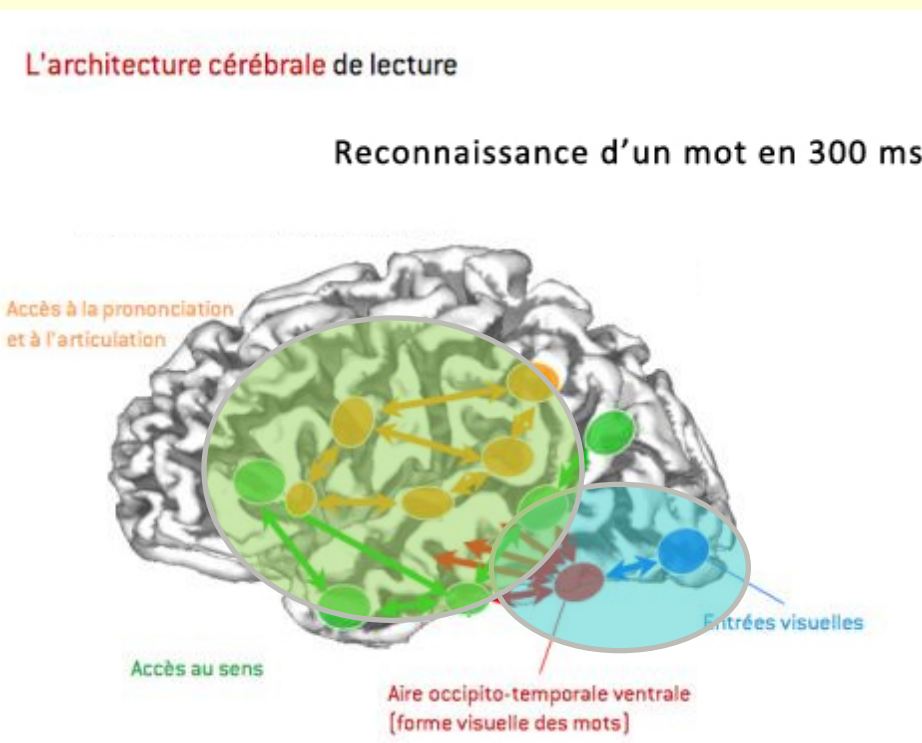
Des combinaisons (c.) de neurones vont permettre de reconnaître des traits,

Schéma hiérarchique pour le traitement des mots lus dans les aires visuelles.



Ce qu'on vient de décrire se passe dans la région en bleu, puis le traitement se poursuit dans la région en vert.

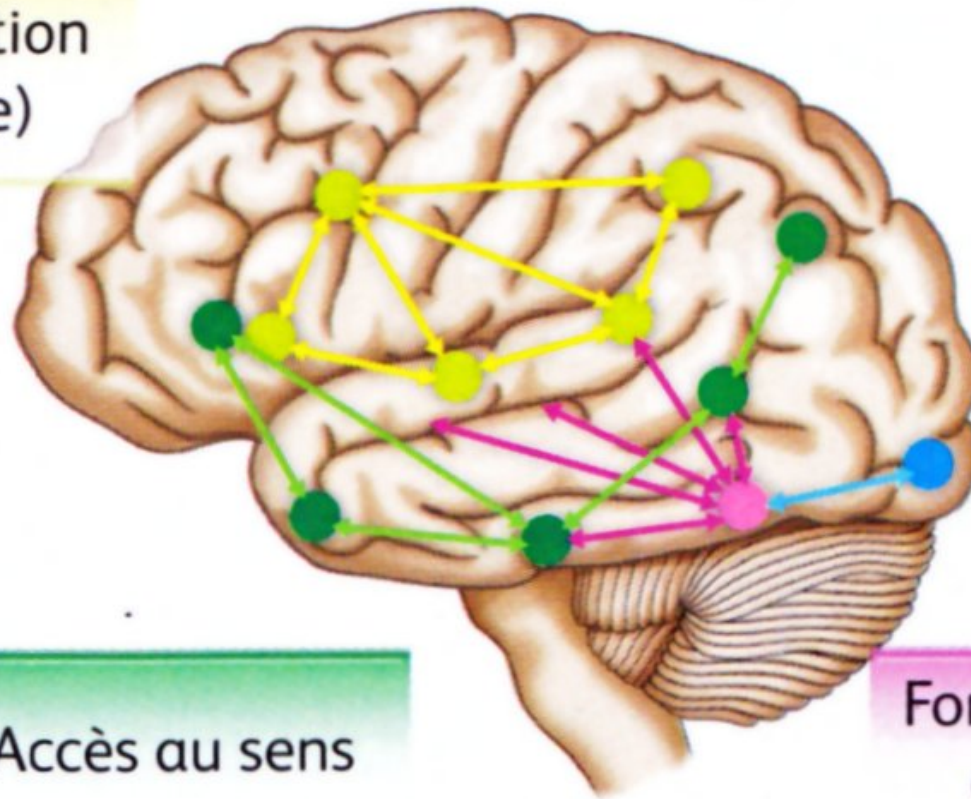
Schéma hiérarchique pour le traitement des mots lus dans les aires visuelles.



Et toute cette pyramide va être sujette à un **apprentissage** important pour encoder entre autre les régularités statistiques d'occurrence des lettres d'une langue particulière

(ex. « en » en français, « ough » en anglais...)

Accès à la
prononciation
(langage)



Entrées
visuelles

AVANT

ARRIÈRE

Accès au sens

Forme visuelle
des mots

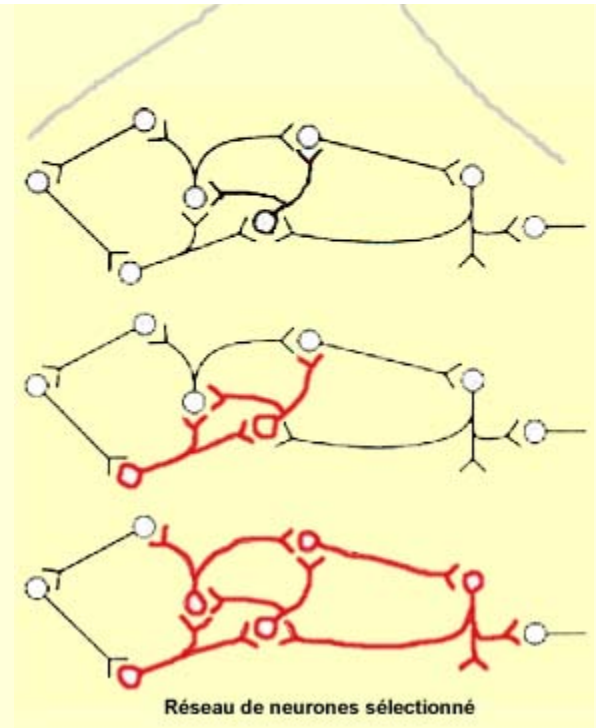
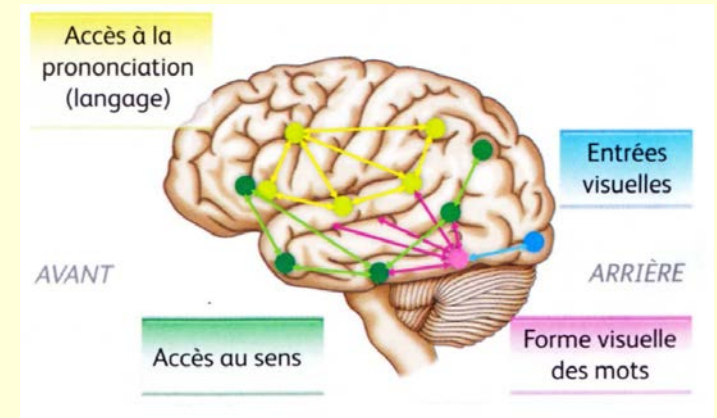
À chaque étape, ce sont donc des **assemblées de neurones** (et non pas un seul) qui vont coder pour des propriétés progressivement de plus en plus abstraites qui permettent de reconnaître un mot particulier.

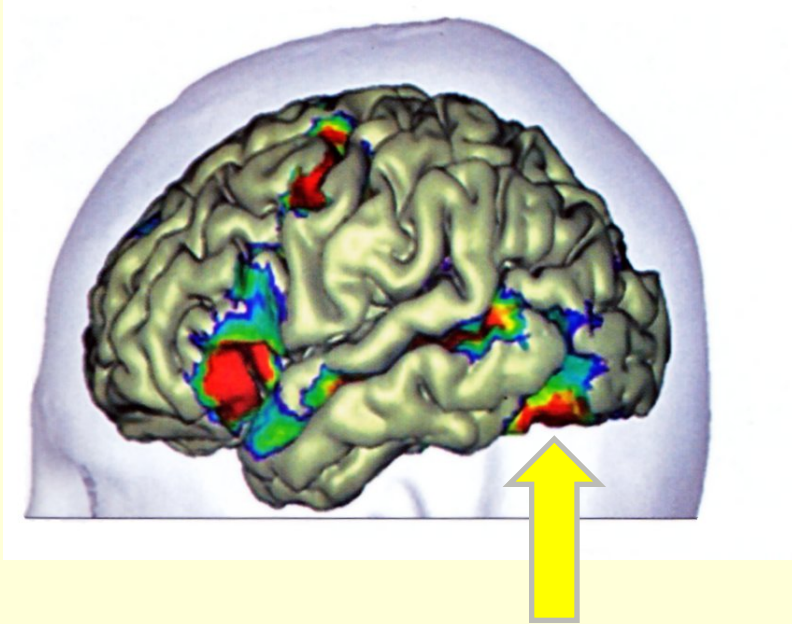
C'est un modèle théorique pour l'instant, mais il y a quand même des **données qui l'appuient**.

Par exemple :

En IRMf, si on présente des stimuli des plus élémentaires vers les mots, ce qu'on observe c'est une activation progressive **de l'arrière vers l'avant !** (de manière cumulative)

Et l'hémisphère droit ne fait pas ça, c'est canalisé vers le gauche.





La région occipito-temporale ventrale gauche **répond avec plus d'intensité** :

- aux lettres de l'alphabet de votre langue maternelle qu'aux autres alphabets;
- pour un mot de votre langue que pour une chaîne de caractères appareillés qui sonne comme un mot, aurait pu être un mot, mais n'en est pas un. (ex.: « taxi » versus « taksy »)
- pour des chaînes de caractères inexistantes, à mesure que la probabilité d'apparition augmente pour une langue donnée (ex : en anglais, « ohuc », « ouch », « ough »)

(Cela expliquerait peut-être le sentiment qu'on a d'avoir fait une faute en regardant un mot, sans tout de suite savoir trop laquelle...)

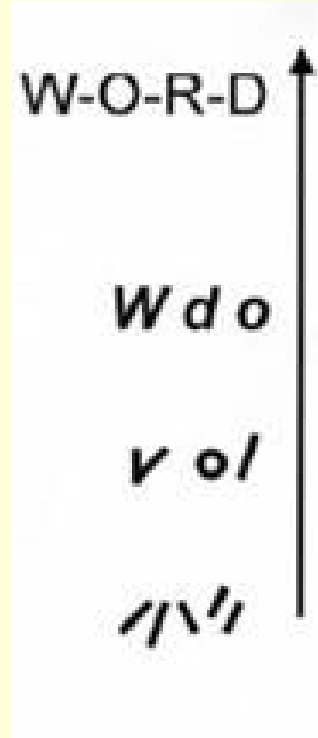


Un mot pour dire que ces régions de l'hémisphère gauche ne semblent donc **pas fonctionner du tout par reconnaissance globale des mots.**

Car dès l'entrée dans la rétine le mot est « explosé » en fragments, dont les arrêtes sont d'abord reconnues par les aires visuelles primaires, etc...

Et donc le « mot » n'existe pas pour le cerveau...

Le problème du cerveau, c'est de remettre ensemble tout ça, et pour le faire, il doit passer par la hiérarchie que l'on vient de décrire.



(L'idée de la reconnaissance globale des mots remonterait au début du XXe siècle alors que les psychologues avaient notés que le temps de lecture est constant chez l'adulte, il ne dépend pas du nombre de lettres. D'où cette idée de lecture globale. Mais le cerveau fait beaucoup de traitement en parallèle, et ça donne cette illusion de lecture globale.

Et en plus chez l'enfant, le temps de lecture dépend du nombre de lettre.)

Ce qui est trompeur, c'est que la lecture devient **extrêmement automatisée** et nous n'avons plus conscience de toutes ces étapes extrêmement complexe que réalise notre cerveau pour la lecture.

Par conséquent, pour Dehaene, il vaut mieux enseigner à l'enfant les correspondances explicites entre les lettres et les sons

Même en anglais, qui est une langue très irrégulière, l'enfant bénéficie plus (apprend plus vite) de cette façon.

Mais on peut soit montrer des mots et les décomposer en syllabes et en lettre, soit l'inverse, i.e. partir des lettres, montrer qu'on peut les assembler en syllabes, puis en mots.





Mais comme tout recyclage, celui de l'aire occipito-temporale ventrale gauche n'est pas parfait.

Et il peut aussi être à l'origine de certaines **limitations** de la nouvelle fonction (ici la lecture).

Autrement dit, la présence de **propriété sous-optimale**, en accord avec la fonction originale, viendrait appuyer la thèse du recyclage neuronal

et montrer que le système n'a pas été conçu par un quelconque « intelligent design » pour la lecture.

Et cette propriété, Dehaene pense que c'est **la symétrie gauche droite**.

La symétrie gauche droite.

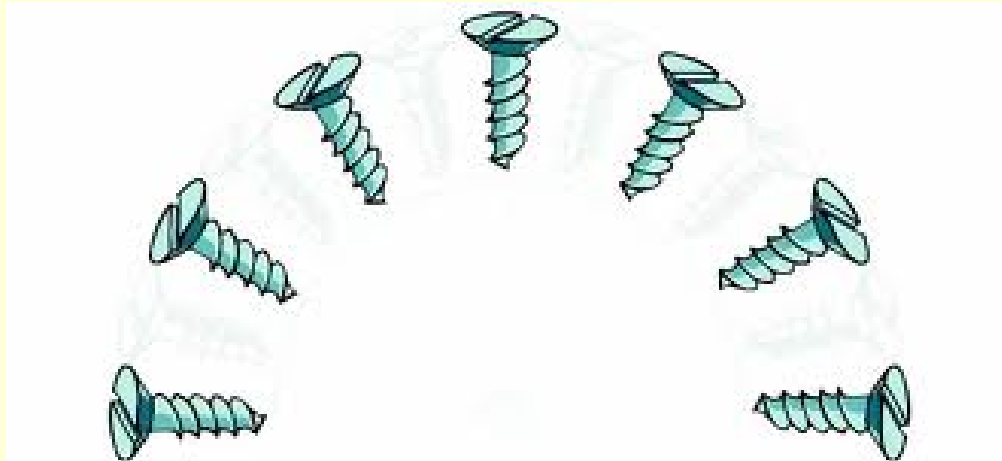


Même si des images sont « flippées » horizontalement (et donc n'offre pas du tout la même image sur la rétine), notre système visuel reconnaît immédiatement qu'il s'agit de la même image.

Probablement parce que dans le monde naturel on peut tourner comme ça les objets d'un bord ou de l'autre sans que cela ne change l'identité de l'objet en question, qui est par conséquent toujours reconnu comme étant le même.

Bref, cette propriété de notre système visuel **facilite la reconnaissance des objets indépendamment de leur orientation.**

Nos neurones et les neurones des singes macaques **généralisent donc spontanément en miroir.**



Si on enregistre dans un neurone qui décharge pour une forme asymétrique vers la gauche, quand on tourne la forme de 10, 20, 30 degrés etc. il y a diminution de la décharge, mais en remontant et en arrivant à 180 degrés, le neurone décharge à nouveau de façon similaire.

Mais pour la lecture, **cela devient une propriété tout à fait indésirable** dans la mesure où l'on doit par exemple apprendre à faire la distinction entre un « d » et un « b ».



L'enfant a d'ailleurs plus de facilité à écrire de droite vers la gauche (en français ou en italien) que l'adulte.

D'autres expériences ont montré que tous les enfants sont capables spontanément d'écrire en miroir vers 5-6 ans quand on leur demande d'écrire à côté d'un point placé à droite d'une page.

Et cette compétence semble se « désapprendre » plus tard...

Par conséquent,

Quand un enfant commence à apprendre à lire, pour son système visuel, **le « p » et le « q », c'est exactement le même objet !**

D'où les difficultés à les associer à des sons différents.

Il faudra donc aux enfants aller à l'encontre des propriétés naturelles de cette aire visuelle et **modifier ses circuits pour apprendre** que ces lettres symétriques ne sont pas les mêmes...

[Ce phénomène serait présent chez tous les enfants (et pas de rapport normalement avec la dyslexie). Si l'enfant continue à lire en miroir vers 10, 11, 12 ans, là il faut peut-être commencer à s'inquiéter, mais avant c'est une propriété normale du système...]

On a donc tous les mêmes structures cérébrales impliquées,
mais selon le degré d'invariance d'une langue,
le temps d'apprentissage sera plus ou moins long.

En fin de maternelle, un enfant allemand ou italien sait lire (ce dernier en quelques mois), un français va faire 22 % d'erreur, un anglais 67% d'erreur (donc il ne sait pas lire).

Donc c'est un problème de transparence de chaque langue.
Les anglais rattrapent, mais ça prend du temps.

Plaidoyer efficace pour une réforme de l'orthographe...
(a eu lieu en Turquie au début du siècle)



Autres indices qui confirment le rôle crucial de cette région cérébrale durant l'apprentissage de la lecture :

- L'activation est **de plus en plus forte** et focalisée dans la région occipito-temporale ventrale gauche à mesure que l'enfant apprend à lire des mots.
- le degré d'activation de cette zone est étroitement corrélé avec les scores de lecture.
- une gradation d'activation reflète le niveau de lecture entre illettrés, lettrés ayant appris à lire adulte, et lecteur normal ayant appris enfant.
- tout le réseau du langage remonte son niveau d'activation lors de la présentation de mots écrits à mesure qu'une personne apprend à lire

Pourquoi l'hémisphère gauche :



Le système visuel de l'**hémisphère gauche** est meilleur pour la discrimination des petites formes locales, tandis que le droit préfère les formes globales.

Il se pourrait aussi que l'apprentissage de la lecture sélectionne les régions visuelles dont les projections vers les aires du langage (situées dans les régions temporales et frontales de l'hémisphère gauche) sont **les plus nombreuses et les plus directes**, donc les plus **rapides**, parce que du même côté (que la région occipito-temporale).

Pourquoi l'hémisphère gauche :



Fait à noter :

En cas d'ablation chirurgicale de la région occipito-temporale gauche durant les années d'apprentissage de la lecture, c'est la région symétrique de l'hémisphère droit qui prend le relais.

Par exemple, une enfant de 4 ans s'est fait enlever une tumeur au cerveau et avec elle l'aire occipito-temporale ventral gauche. Elle a ensuite quand même réussi à lire quasiment normalement et à 11 ans a passé un scan : l'aire analogue mais du côté droit s'activait lors de la lecture !

En résumé :

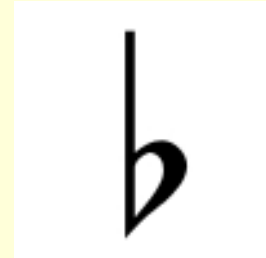
La lecture est un phénomène extrêmement contraint par notre cerveau, par sa longue histoire évolutive qui a « bricolé » ses différentes régions spécialisées.

Des contraintes toutefois couplées à une grande plasticité quand on apprend à lire car le cerveau se trouve encore dans une période d'élimination synaptique importante.

Et donc on « **recâble** » avec les mots de notre langue maternelle (dont l'alphabet a été « adapté » aux capacités particulières de nos aires visuelles), ces régions du cerveau qui sont alors prêtes à s'y ajuster plus finement grâce à cette plasticité.



Et pour conclure, deux bémols





Comments and Controversies

NeuroImage 19 (**2003**) 473– 481

The myth of the visual word form area

http://nwkpsych.rutgers.edu/~jose/courses/578_mem_learn/2012/readings/Price_Devlin_2003.pdf

Cathy J. Price

and Joseph T. Devlin

University of Oxford, Oxford, UK

The myth of the visual word form area

Abstract

[...] we present functional imaging data to demonstrate that **the so-called VWFA** is activated by normal subjects **during tasks that do not engage visual word form processing such as**

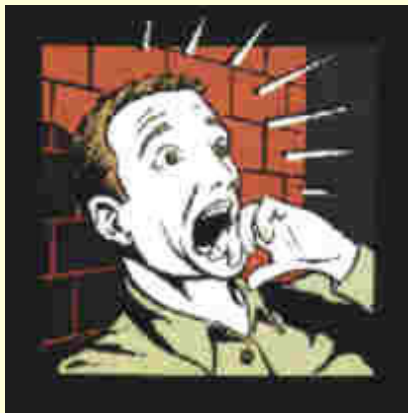
naming colors, naming pictures, reading Braille, repeating auditory words, and making manual action responses to pictures of meaningless objects.

If the **midfusiform region** has a **single** function that underlies all these tasks, then it does not correspond to visual word form processing. [si cette région n'a qu'une seule fonction, ce n'est pas celle du traitement visuel des mots...]

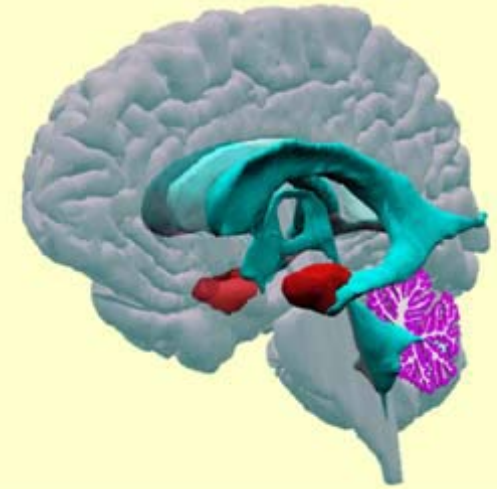
b1

On the other hand, if the region participates in **several functions** as defined by its interactions with other cortical areas, then identifying the neural system sustaining visual word form representations **requires identification of the set of regions involved**. [si cette région a plusieurs fonctions grâce à ses interactions avec d'autres régions corticales, alors l'identification du substrat neuronal du traitement visuel des mots nécessite l'identification de l'ensemble de ces autres régions...]

We conclude that there is no evidence that visual word form representations are subtended by a single patch of neuronal cortex and it is misleading to label the left midfusiform region as the visual word form area.



Autrement dit, un peu comme l'amygdale, d'abord associée à la peur, s'est avérée être impliquée dans plusieurs situations où nous sommes préoccupés par quelque chose, pas seulement une menace mais aussi par la faim où le fait de voir souffrir un proche, par exemple...



...le recyclage neuronal n'empêcherait pas la fonction initiale de l'aire occipito-temporale ventrale gauche, et même d'autres fonctions de reconnaissance visuelle associées.

(notion de réseau plutôt que centre)

The Interactive Account of ventral occipitotemporal contributions to reading

Volume 15, Issue 6, June 2011, Pages 246–253

[http://www.psychologie.uzh.ch/fachrichtungen/angpsy/life-fall-academy-2013/
Price11_TiCS_reading_interactive.pdf](http://www.psychologie.uzh.ch/fachrichtungen/angpsy/life-fall-academy-2013/Price11_TiCS_reading_interactive.pdf)

Cathy J. Price¹,

Joseph T. Devlin²

University College London,

University of London

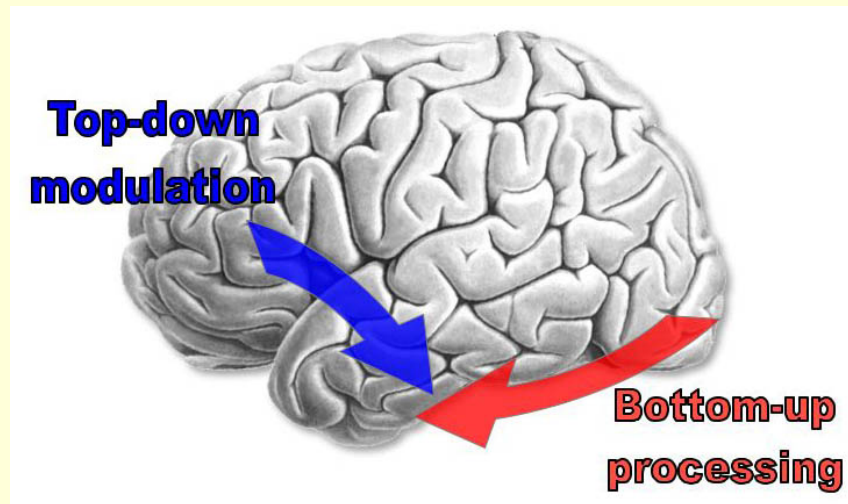
The Interactive Account of ventral occipitotemporal contributions to reading

Abstract :

The **ventral occipitotemporal cortex (vOT)** is involved in the perception of visually presented objects and written words.

The Interactive Account of vOT function is based on the premise that perception involves the synthesis of **bottom-up sensory input** with **top-down predictions** that are generated automatically from prior experience.

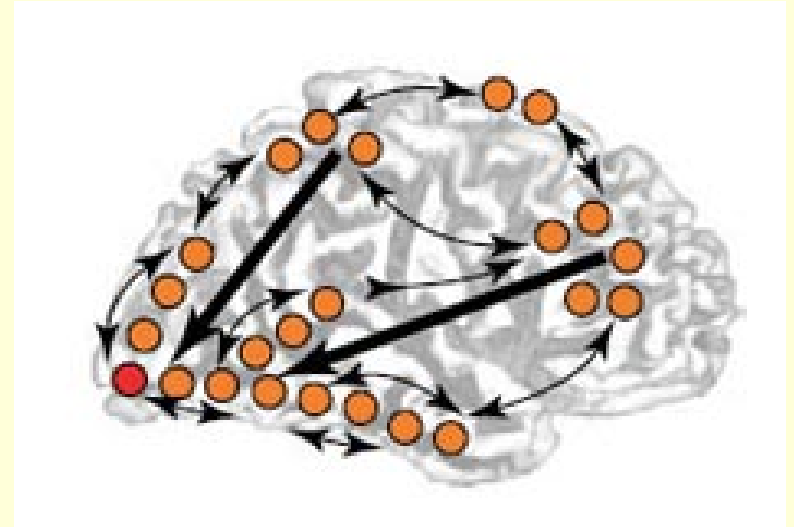
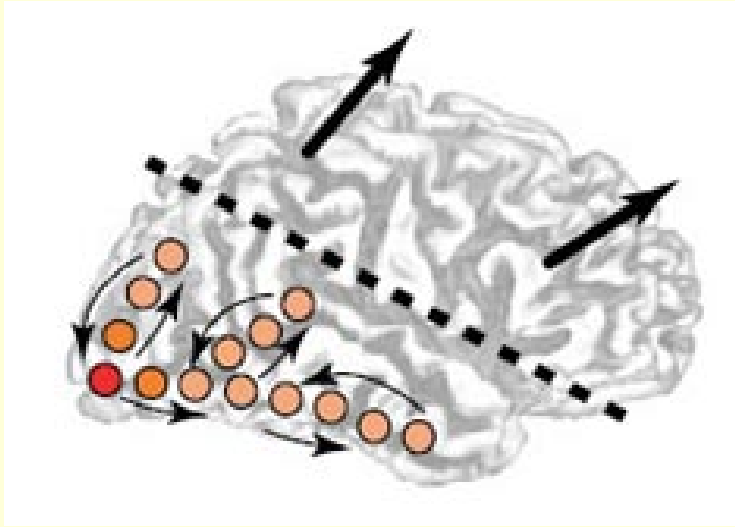
[...]



D'ailleurs, Dehaene rapporte qu'on peut aussi activer cette région occipito-temporale ventrale de manière top down **en pensant** à l'orthographe d'un mot.

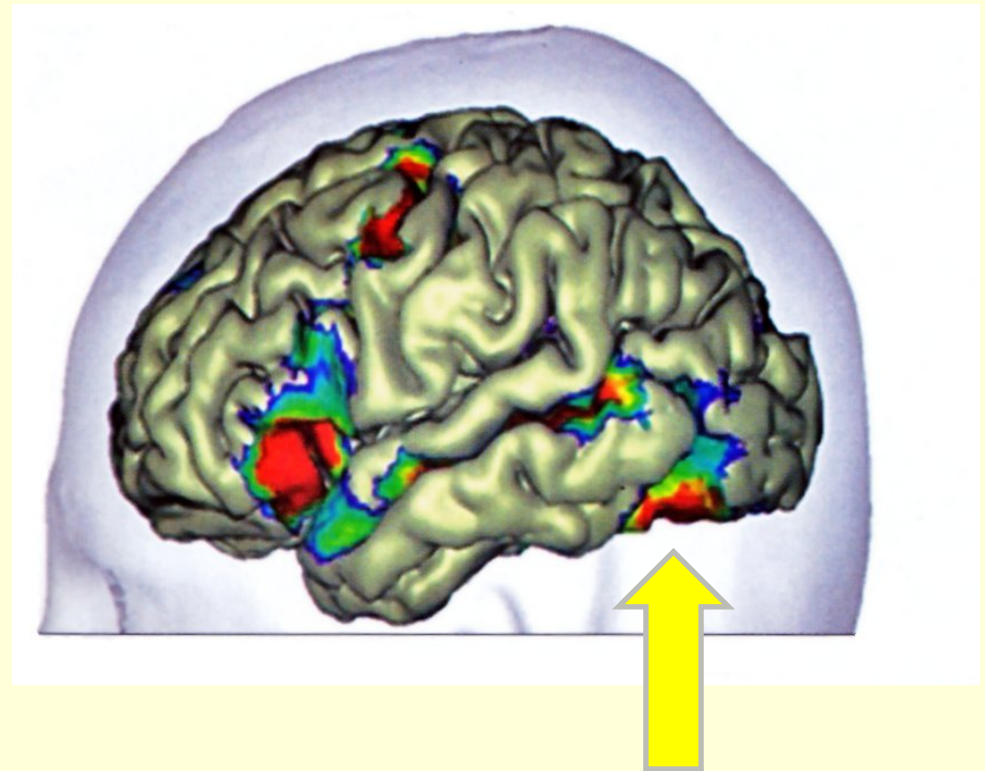
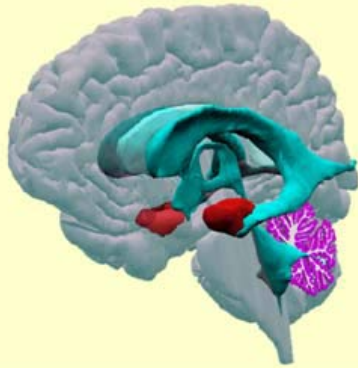
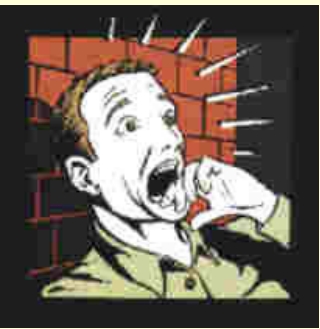
The Interactive Account of vOT function is based on the premise that perception involves the synthesis of **bottom-up sensory input** with **top-down predictions** that are generated automatically from prior experience.

[...]



We propose that vOT **integrates** visuospatial features **abstracted from sensory inputs** with higher level associations such as speech sounds, actions and meanings.

In this context, **specialization for orthography** **emerges from regional interactions** without assuming that vOT is selectively tuned to orthographic features.



“These diverse response properties suggest that vOT contributes to many different functions that change as it interacts with different areas.

In this context, it is difficult to find a functional label that explains all vOT responses.”

Le dernier mot à Dehaene...

Specialization for written words over objects in the visual cortex

http://www.unicog.org/publications/szwed_et_al_Neuroimage_2011.pdf

Janvier 2011

Marcin Szwed, **Stanislas Dehaene**,
Andreas Kleinschmidt, Evelyn Eger,
Romain Valabrègue, Alexis Amadonc,
Laurent Cohen



The **Visual Word Form Area (VWFA)**

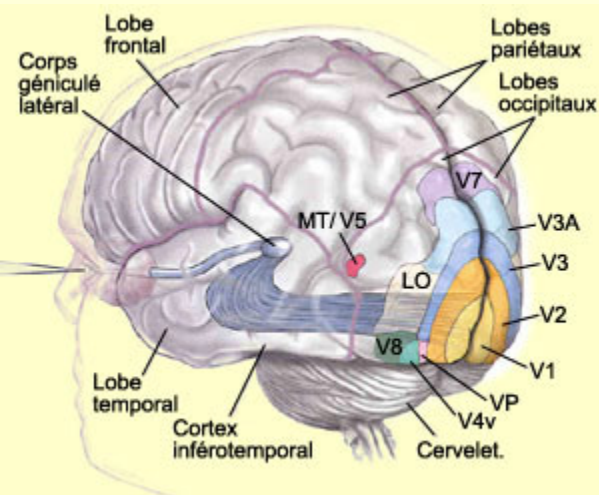
is part of the left ventral visual stream

that underlies the invariant identification of visual words. **It remains debated**

whether this region is truly selective for words relative to common objects;

why this particular part of the visual system is reproducibly engaged in reading; and

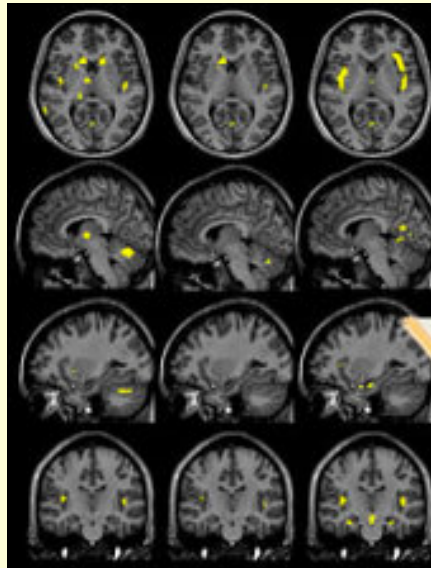
whether reading expertise **also** relies on perceptual learning within earlier visual areas.



In this fMRI study we matched **written words** and **line-drawings of objects** in luminance, contour length and number of features. [...] [ils ont présentés à des sujets dans des scanners à IRM des mots et des objets dessinés avec des lignes comparables à la graphie des mots]

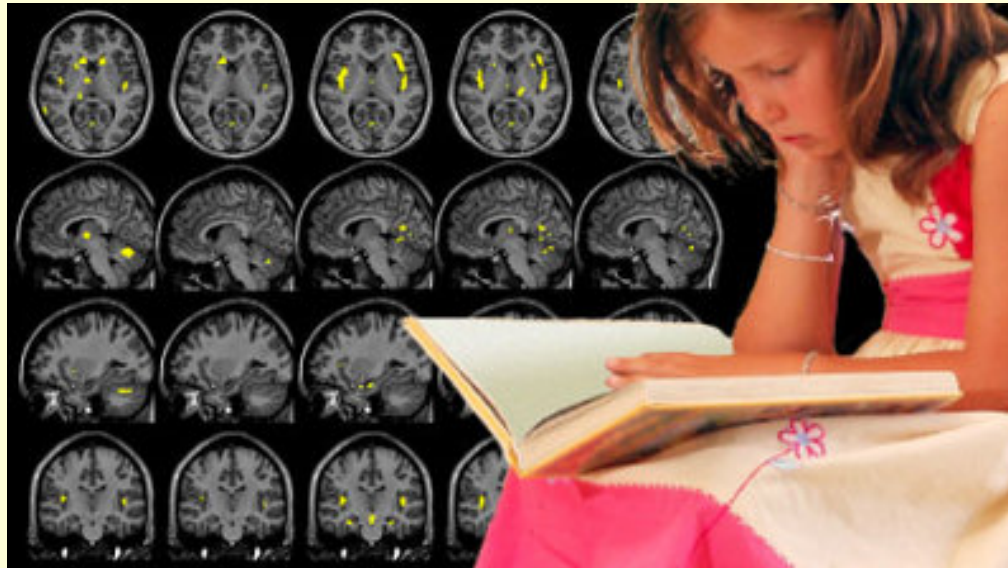
Greater responses to written words than to objects were found not only in the VVFA, but **also in areas V1/V2 and V3v/V4.**

Our results indicate that preferential processing of written words can be observed **at multiple levels** of the visual system.
[leurs résultats indiquent que le traitement préférentiel des mots peut être observé dans **différentes** régions du cortex visuel]



[...] our results [...] suggest that these early visual activations reflect the effects of perceptual learning under pressure for fast, parallel processing that is more prominent in reading than other visual cognitive processes.

[ces activations observées très tôt dans le cortex visuel primaire reflètent un important apprentissage perceptuel vers un traitement en parallèle rapide encore plus nécessaire pour la lecture que pour tout autre processus cognitif]



Merci d'avoir lu toutes ces diapos avec moi...