

UTA – St-Jean – Cours 7 (13 novembre 2014)

Les « fonctions supérieures »

(lecture, attention, conscience, etc.)



Au menu aujourd'hui :

1^{ère} heure :

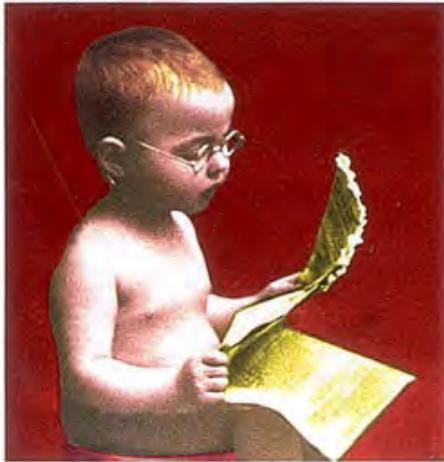
Les neurones de la lecture

2^e heure :

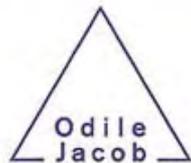
Les « fonctions supérieures » :
attention, conscience, etc.

STANISLAS DEHAENE

LES NEURONES
DE LA LECTURE



préface de
Jean-Pierre Changeux



Publié en 2007



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

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 ?

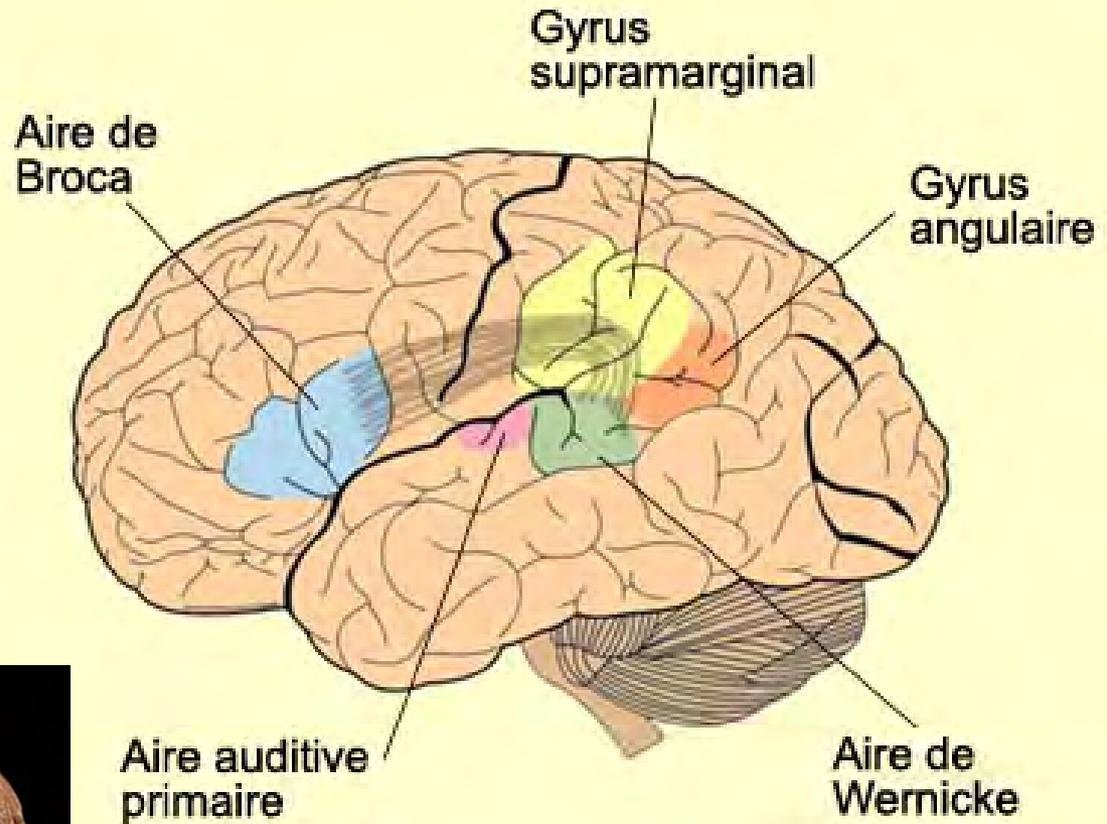
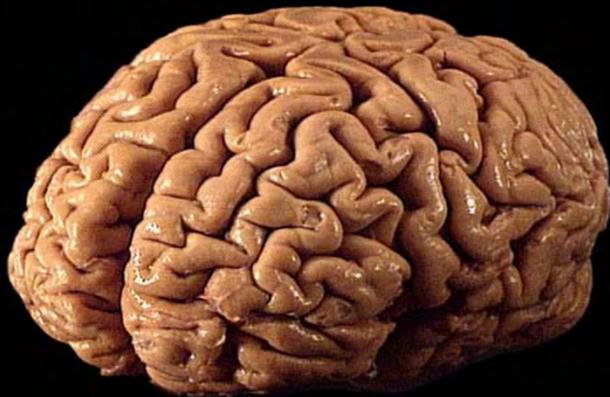


Qu'est-ce que lire pour un neurobiologiste ?

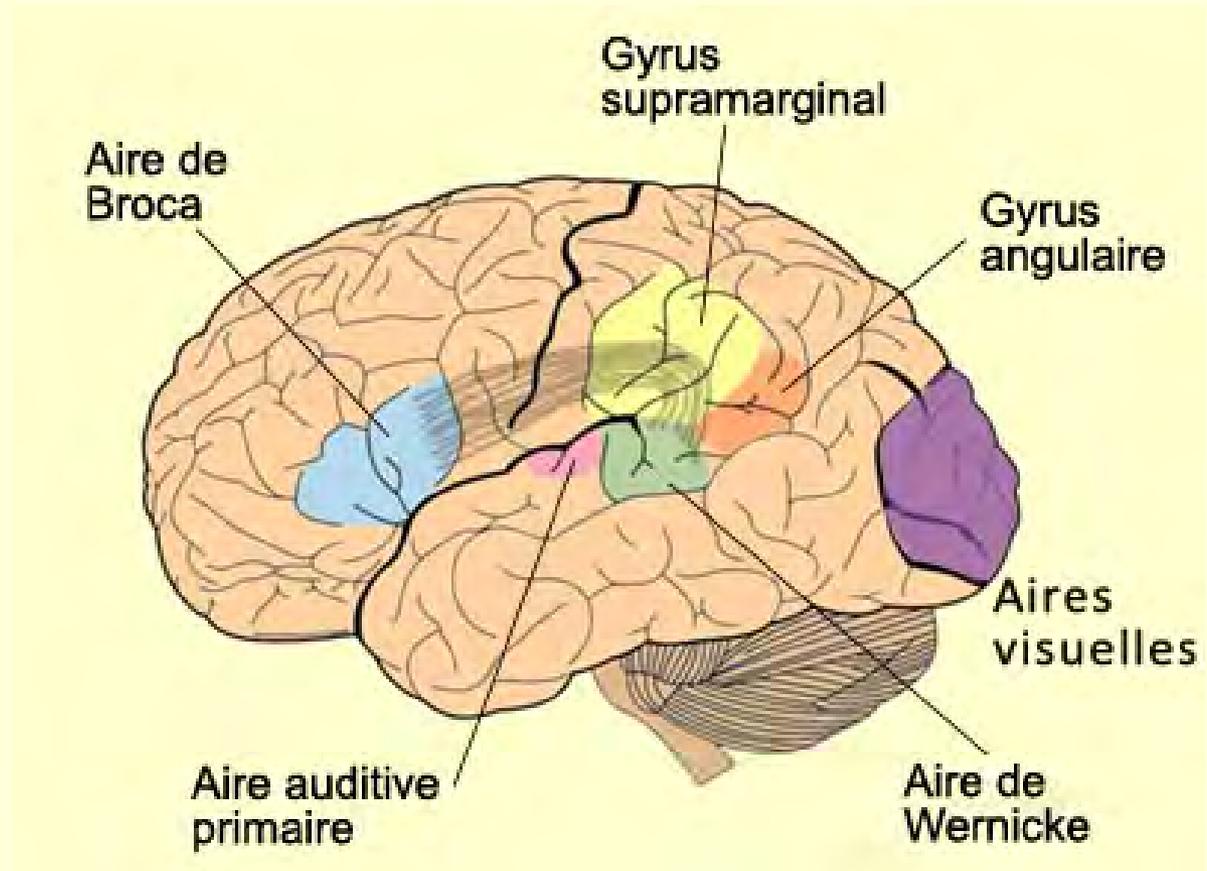


C'est rendre
accessibles les
aires du langage...

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



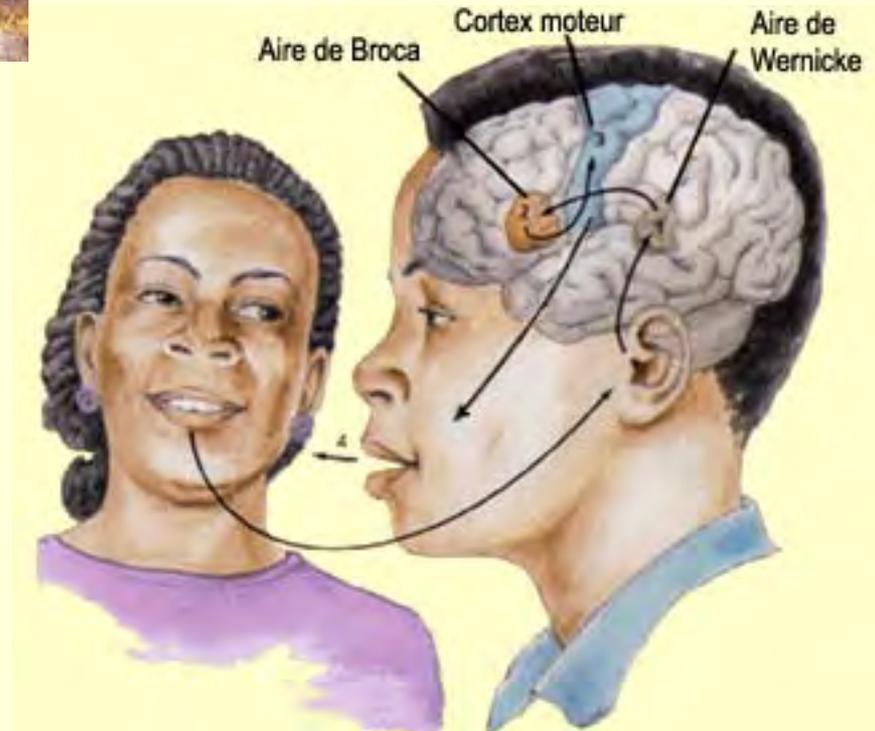
...par les
aires visuelle !

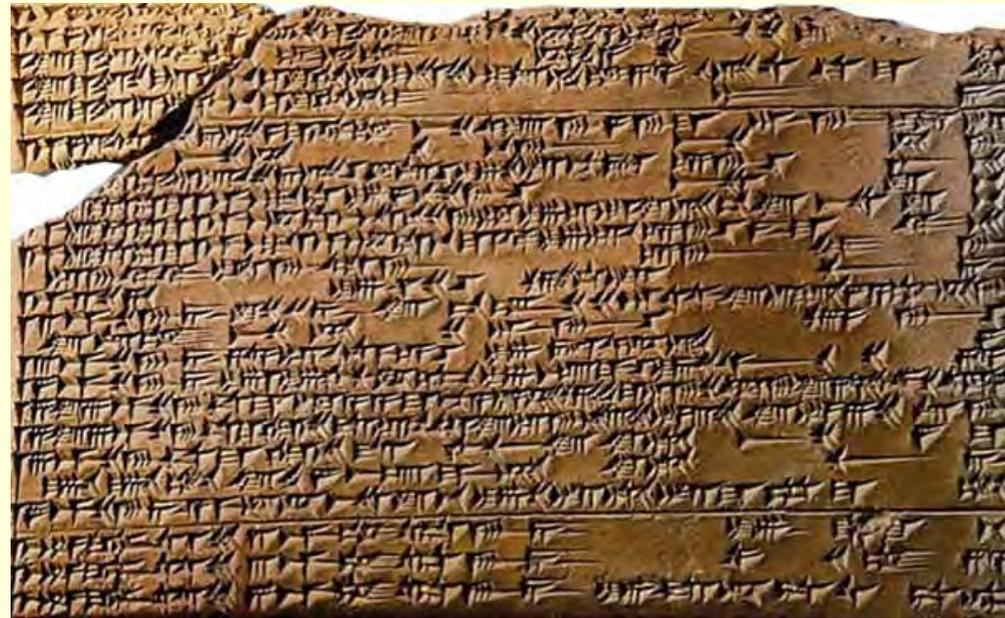




Car si des circuits cérébraux ont pu être **sélectionnés pour le langage** durant l'hominisation...

(des centaines de milliers d'années)





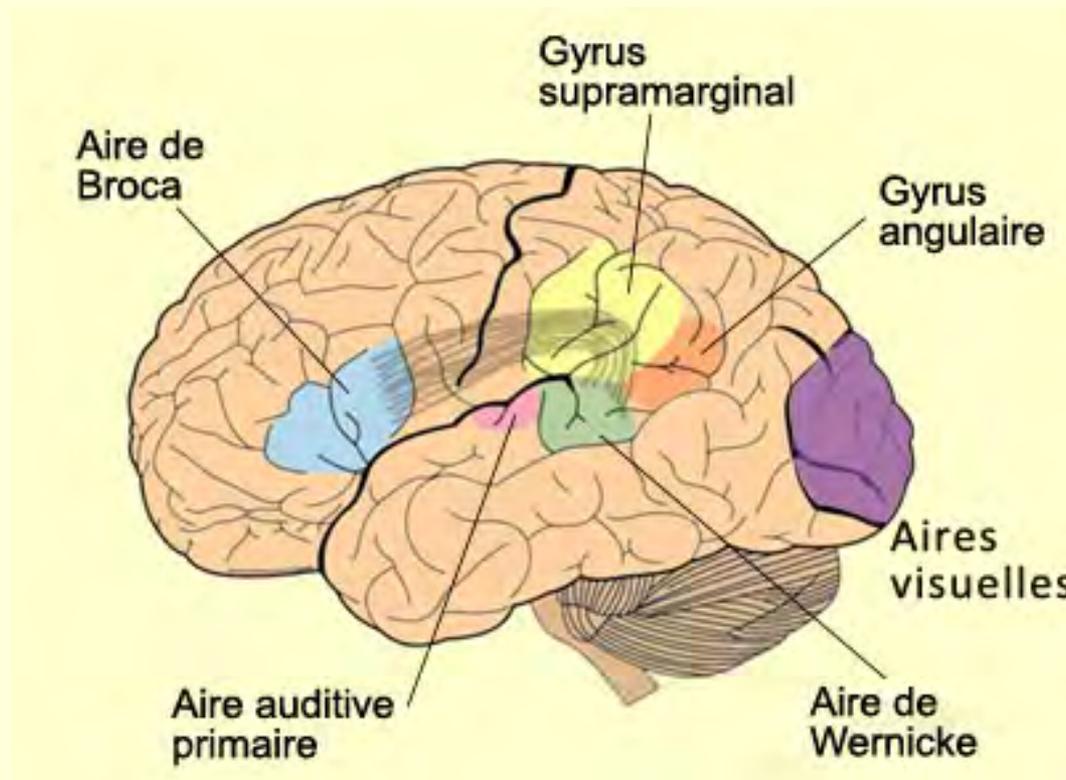
...il est difficile d'imaginer
des circuits cérébraux
sélectionnés pour l'écriture.

(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 ?



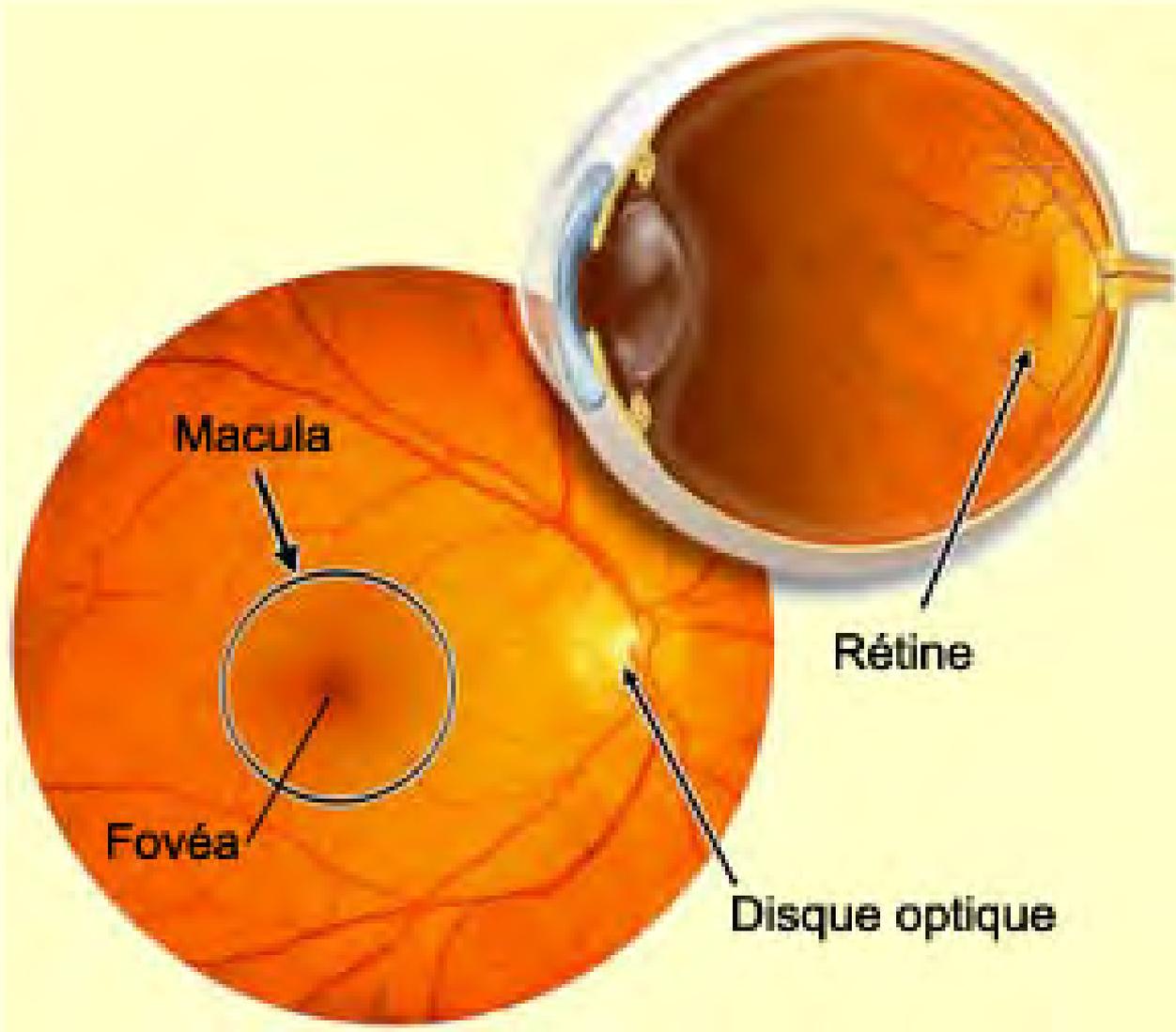
Ce que nous voyons d'une page de Proust...

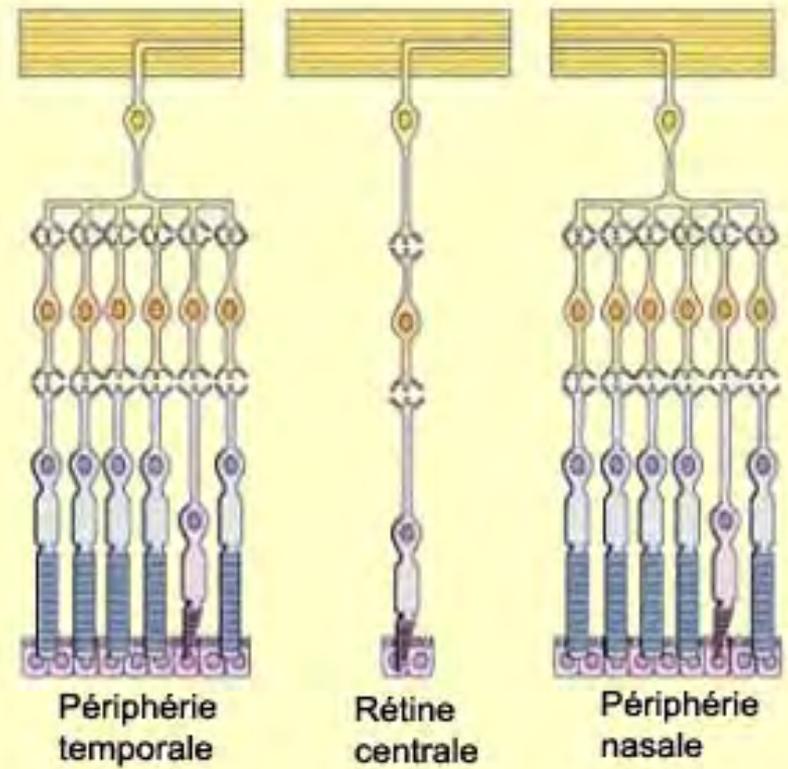
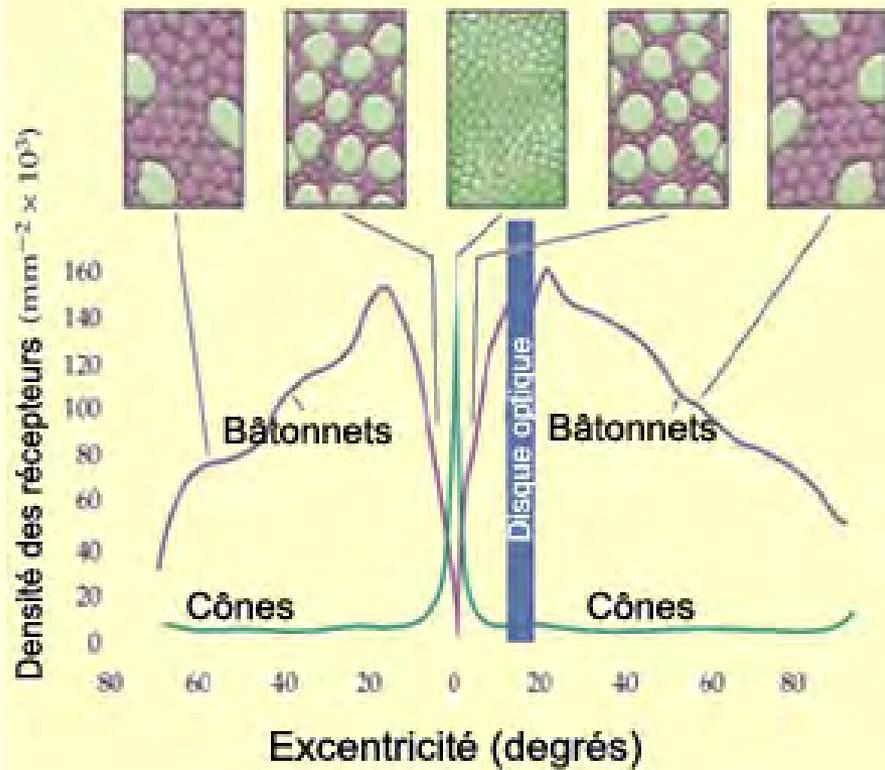
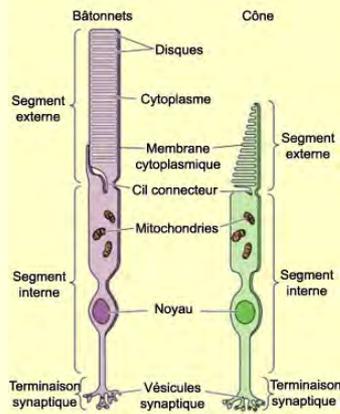
Il n'y a peut-être pas de jours de notre existence qui nous soient
plus agréables que ceux que nous avons cru laisser aller à l'écart,
que nous avons passés avec un livre préféré. Tout ce qui, semblait à
l'époque pour les autres, et que nous écartions comme un obstacle
à un plaisir divin : le jeu pour lequel un autre nous avait

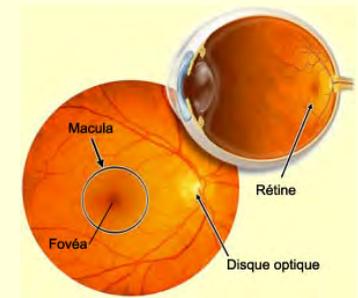
us que ceux que nous avons cru laiss
passés avec un livre préféré. Tout c
les autres, et que nous écartions

Sere, Marendaz & Héroult, Perception (2000)

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







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 rört 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.

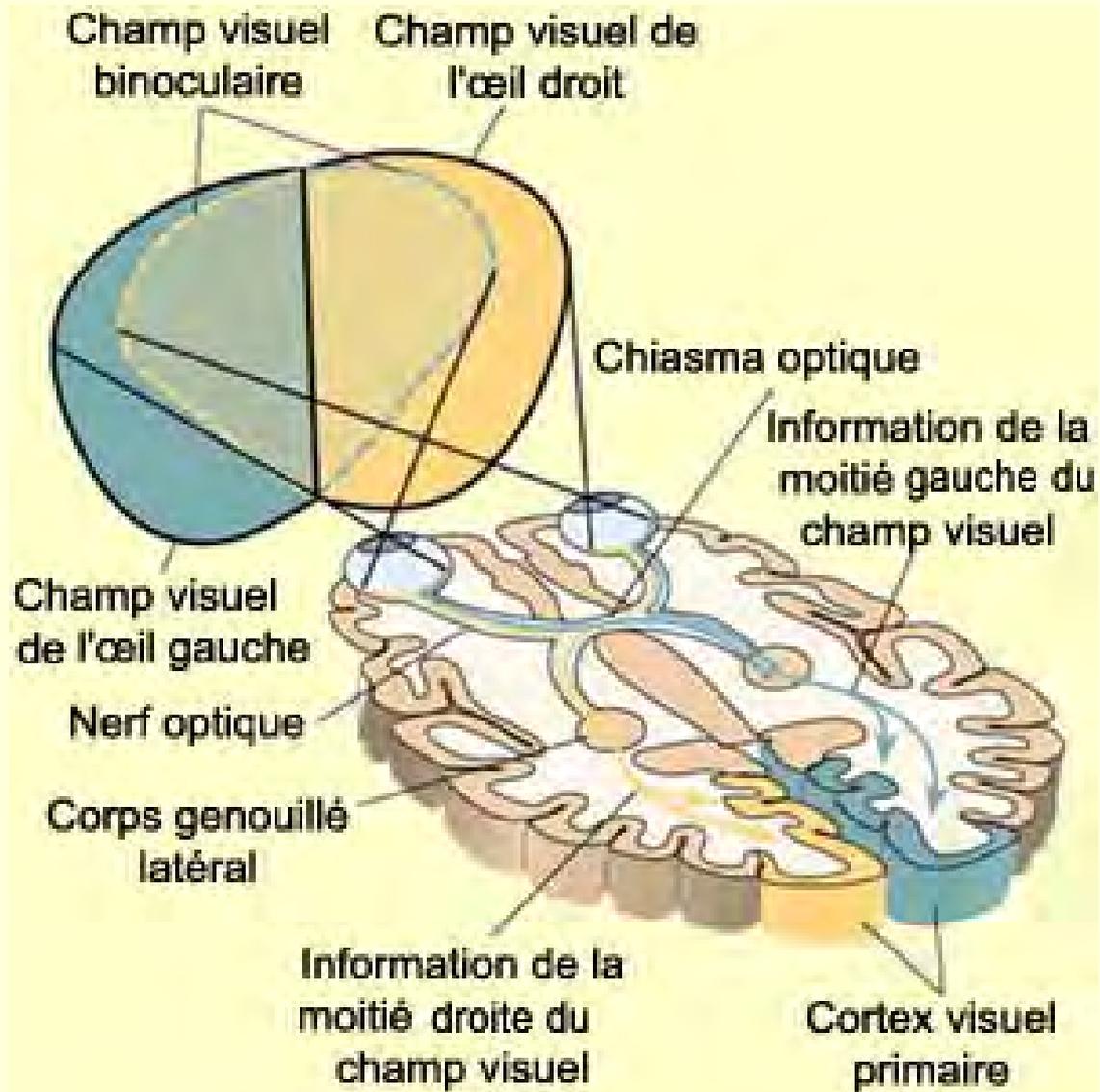
En fait, nous n'identifions vraiment que de **dix à douze lettres par saccade**:

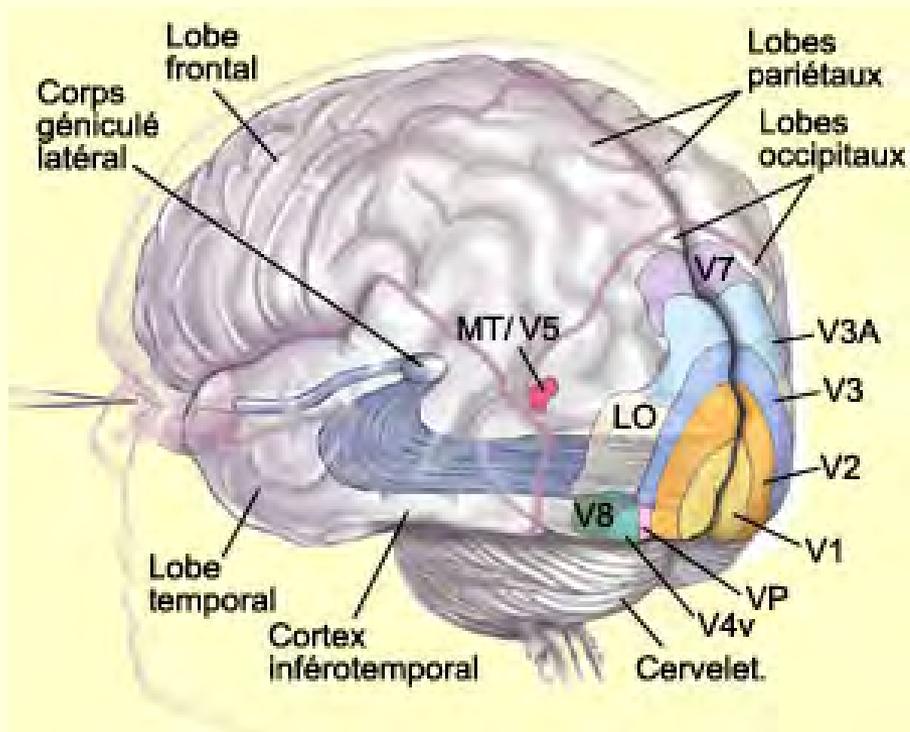
trois ou quatre lettres à gauche du centre du regard,
et sept ou huit lettres à droite.

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.

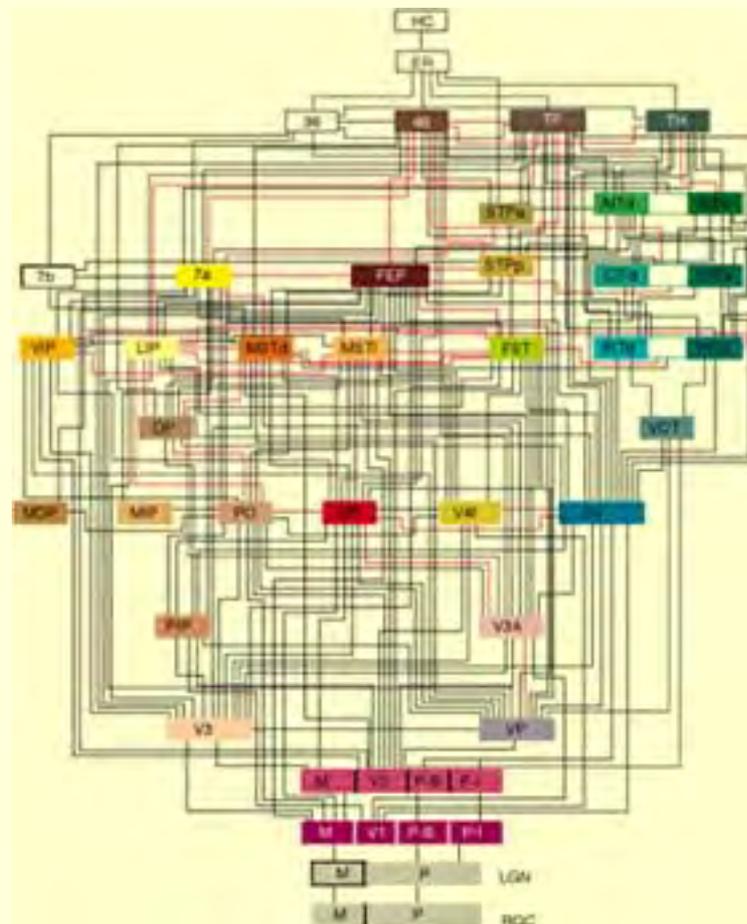
Ensuite:

De la rétine
au cortex
visuel

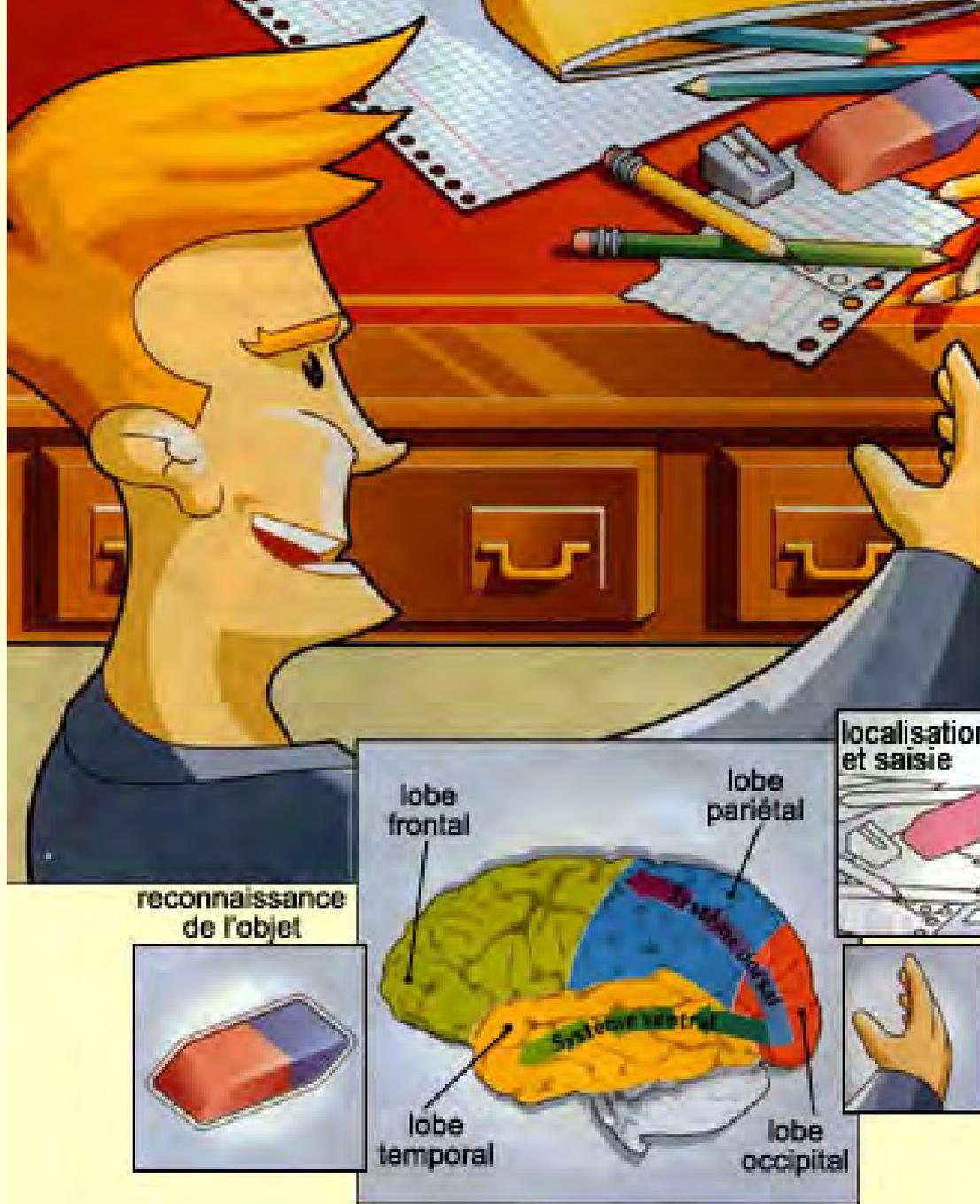




Quelques grandes aires visuelles dans le cortex occipital.



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.

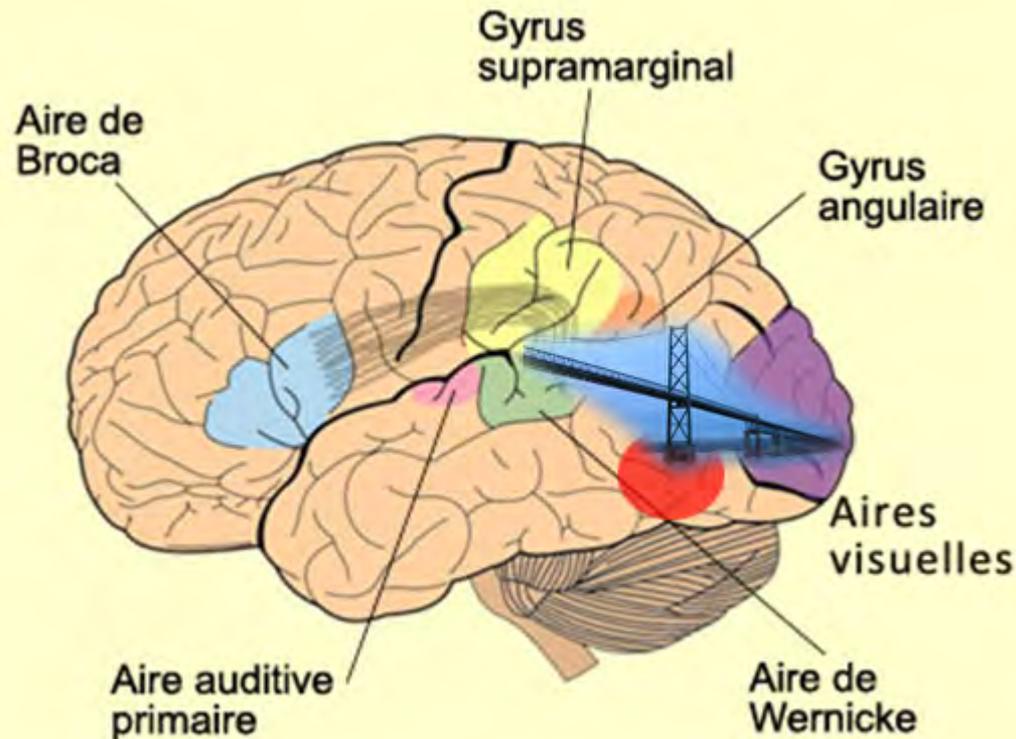
Donc... durant la lecture, comment le cerveau parvient-il à **donner accès aux aires du langage par les aires visuelles ?**

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 spécialisée pour une chose **pour laquelle nous n'avons pas évolué ?**



Avant de tenter de répondre à cette question, quelques informations sur

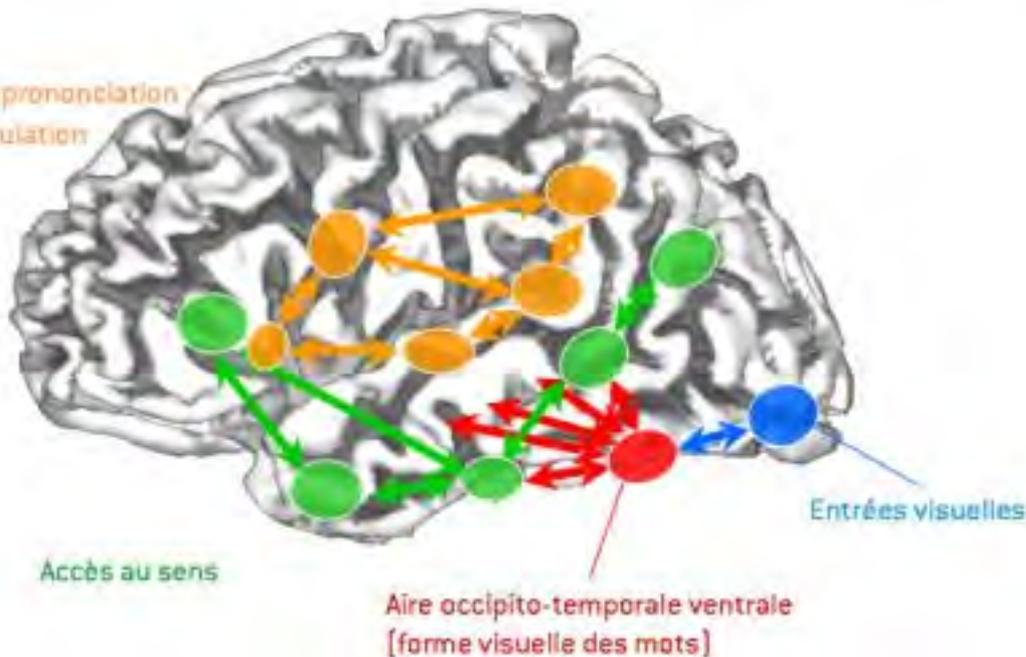
cette région clé pour la reconnaissance visuelle des mots

(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



Accès au sens

Aire occipito-temporale ventrale
[forme visuelle des mots]

Entrées visuelles

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

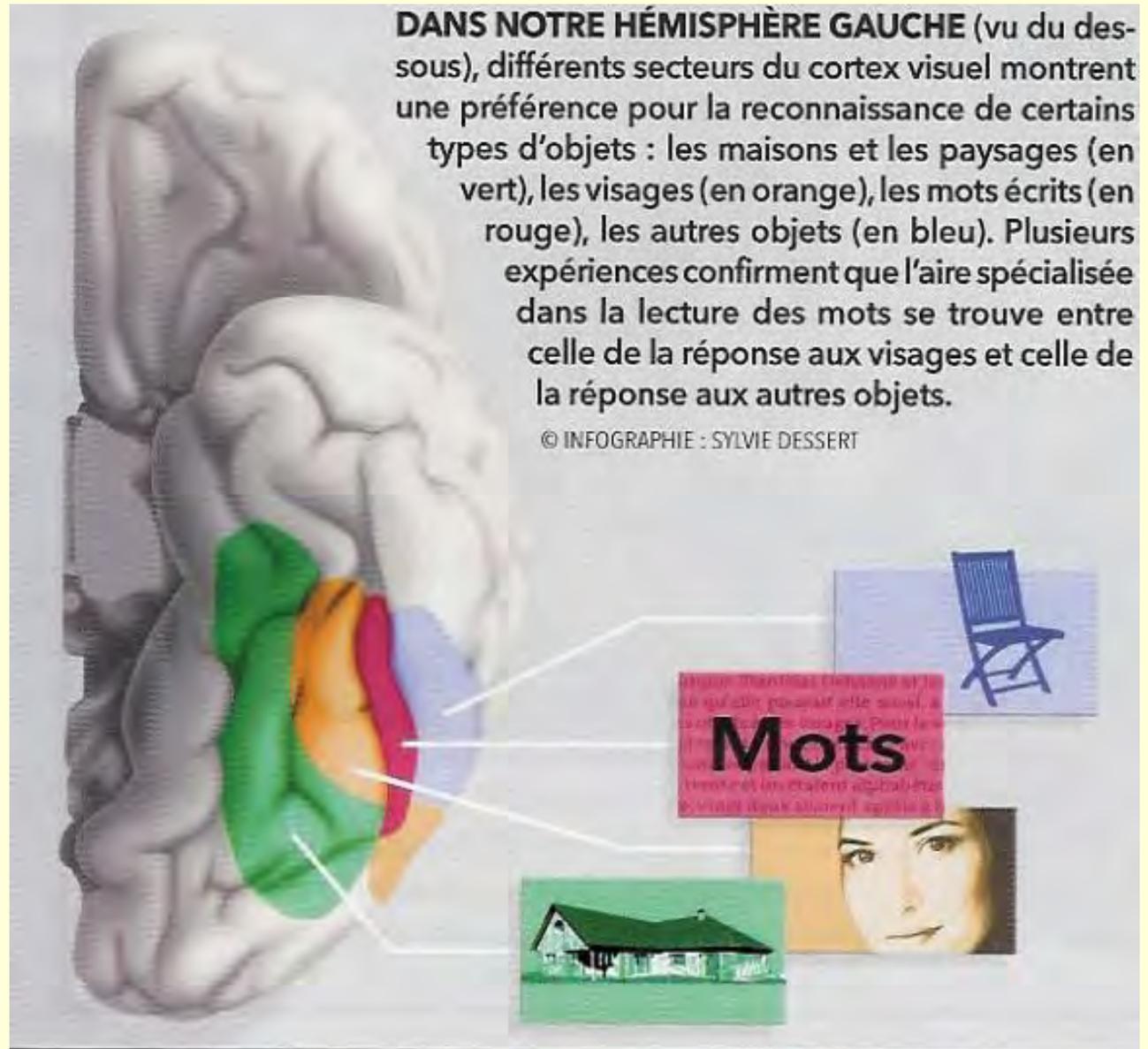
puis vers **170 ms** elle s'étend à la région **occipito-temporale gauche**.

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

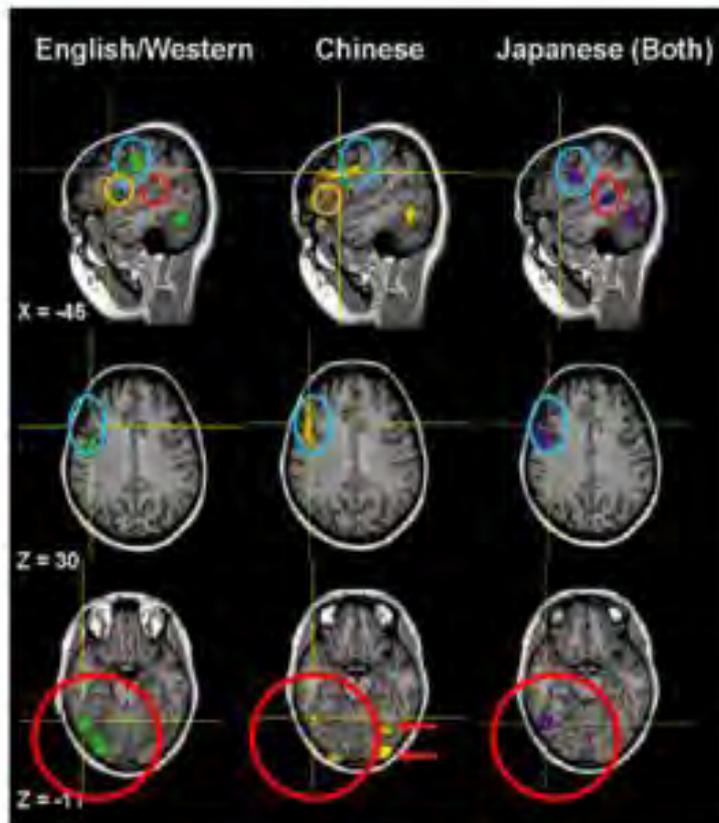
la voie ventrale de la vision dans le

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



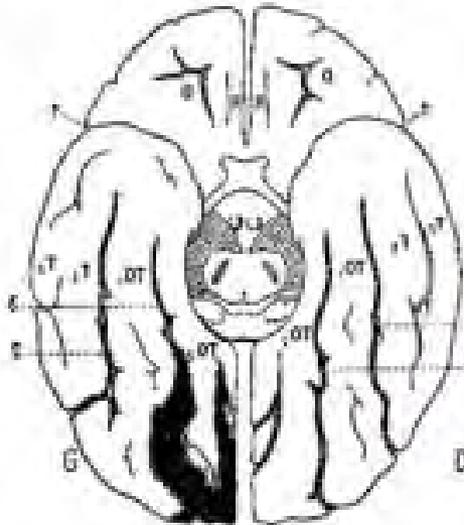
Remarquable recouvrement des activations dans la région occipito-temporale gauche [« aire de la forme visuelle des mots »]

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

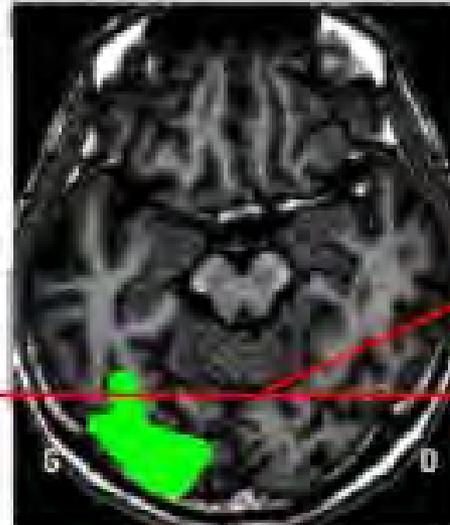
| Stimuli | x | y | z |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|
| Western words | -46 | -56 | -13 |
| Chinese characters | -49 | -53 | -10 |
| Japanese Kana | -46 | -55 | -8 |
| Japanese Kanji | -47 | -58 | -9 |
| Average (SD) | -47.2 (1.3) | -55.2 (1.9) | -11.6 (3.6) |

La lésion de cette région entraîne une « **alexie pure** »

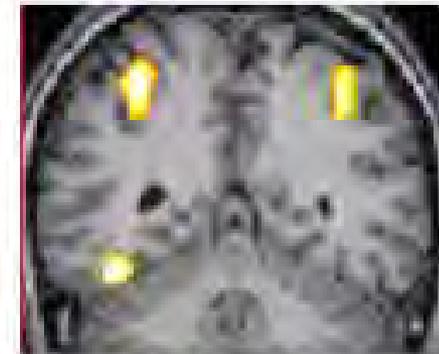
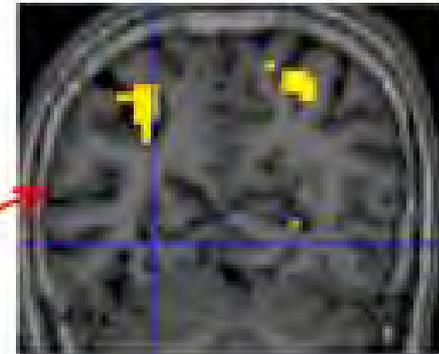
Déjerine, 1892



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.

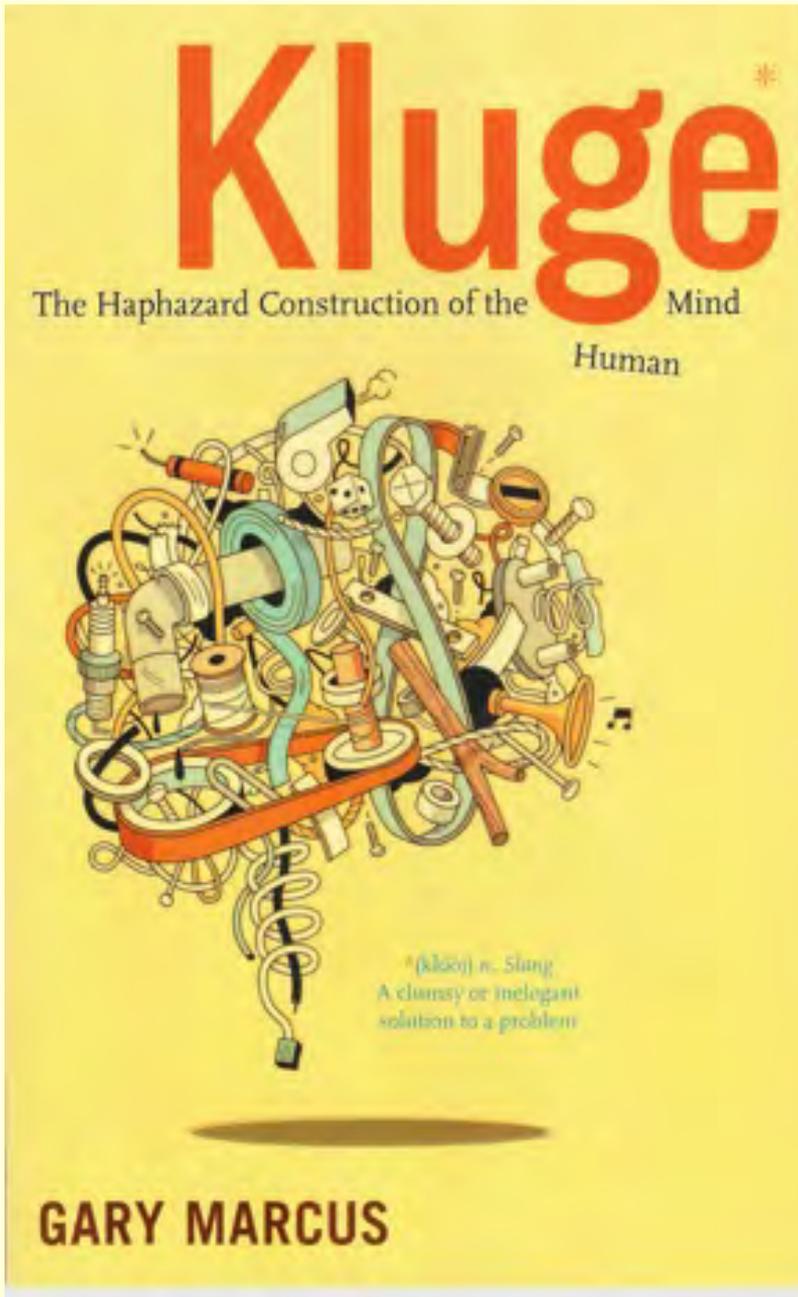
Mais quelques secondes après ne peut pas se relire !

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**.





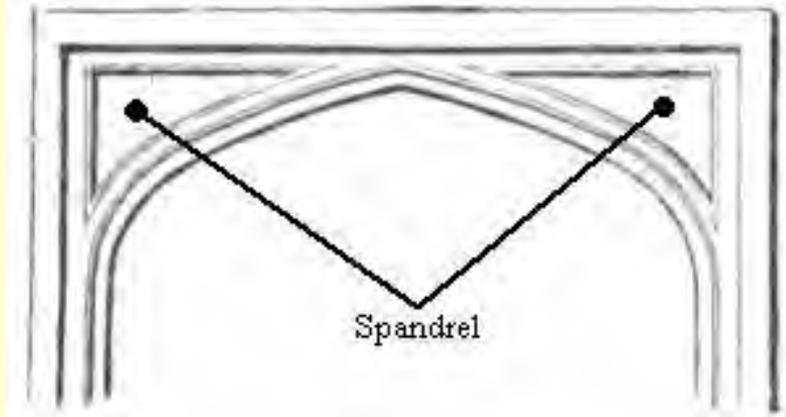
Il s'agit d'un phénomène général plus large :

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.

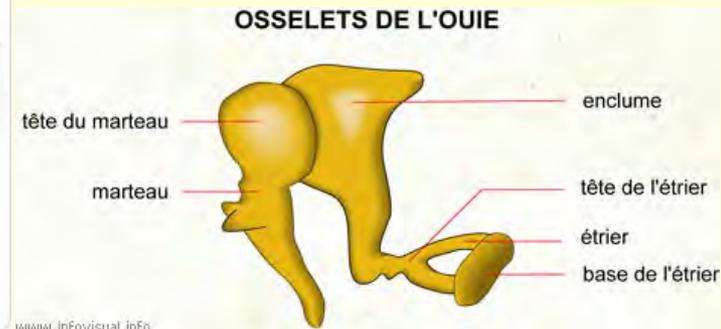
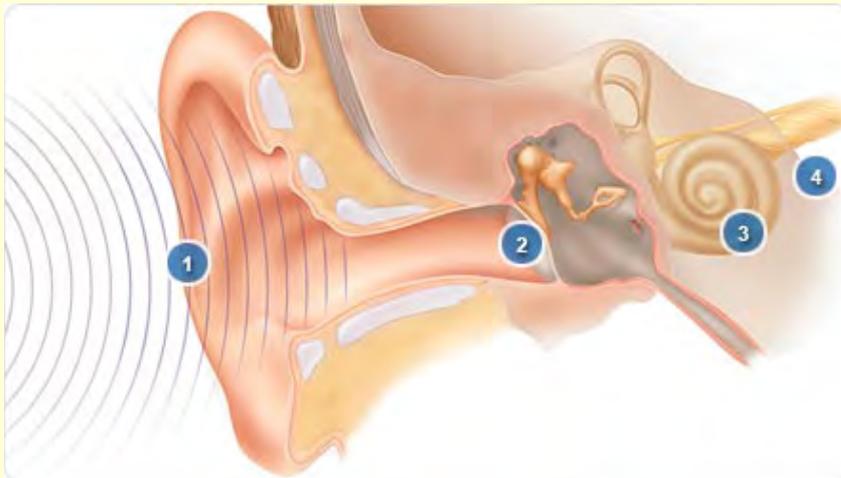
(S. Jay Gould)





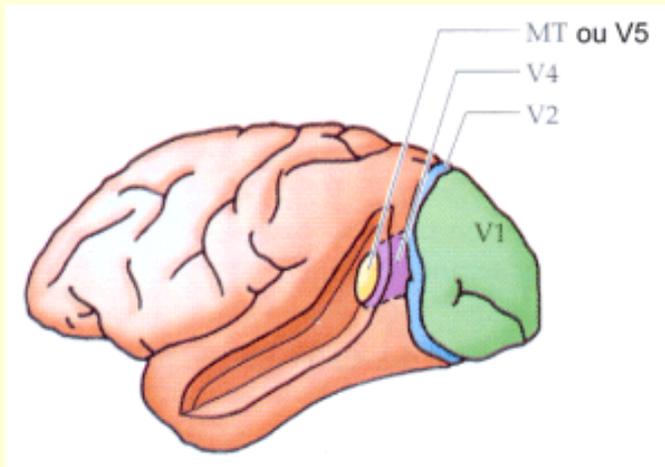
Exemple 1 : les plumes de l'oiseau, d'abord apparue pour la thermorégulation

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



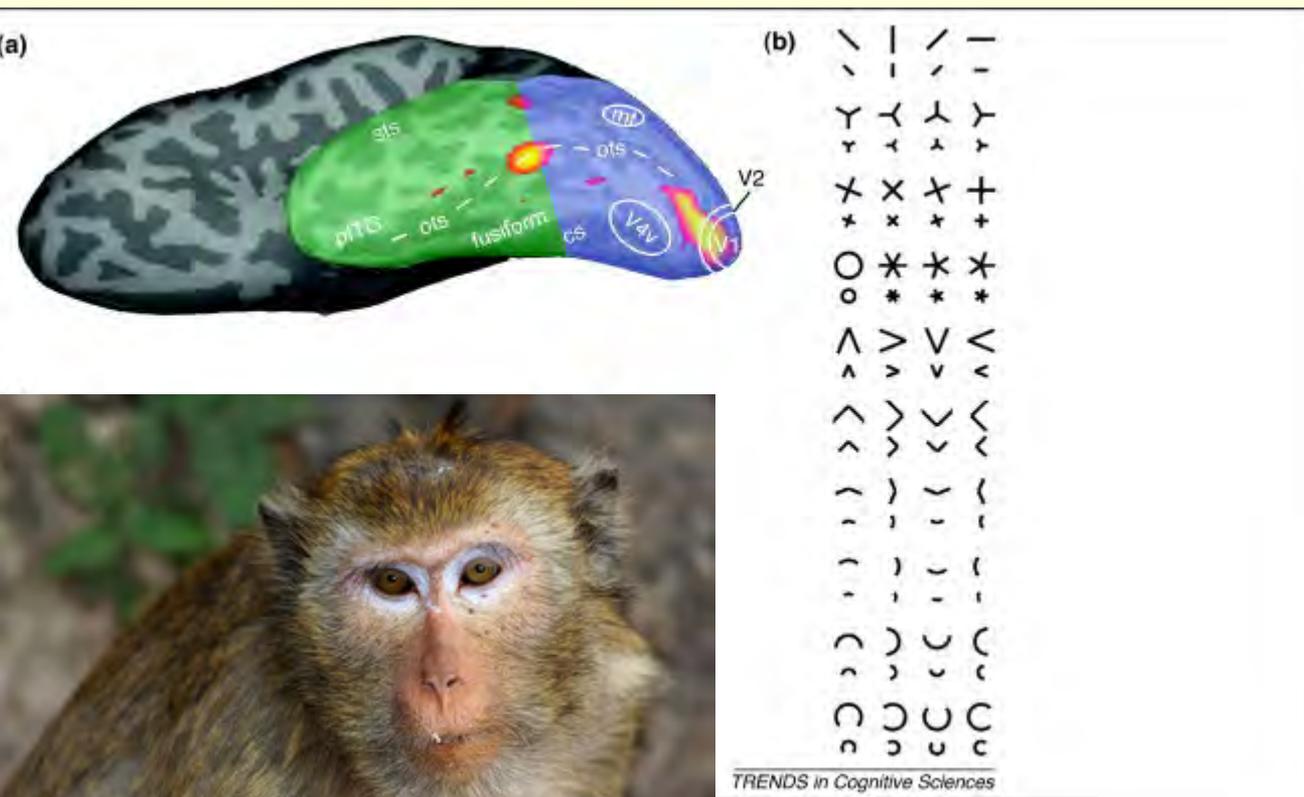
Quelques données qui appuient cette idée de « **recyclage neuronal** »
de **l'aire occipito-temporale ventrale gauche** pour la lecture :
(mais pas à l'échelle de l'évolution mais bien à l'échelle d'une vie...)

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.

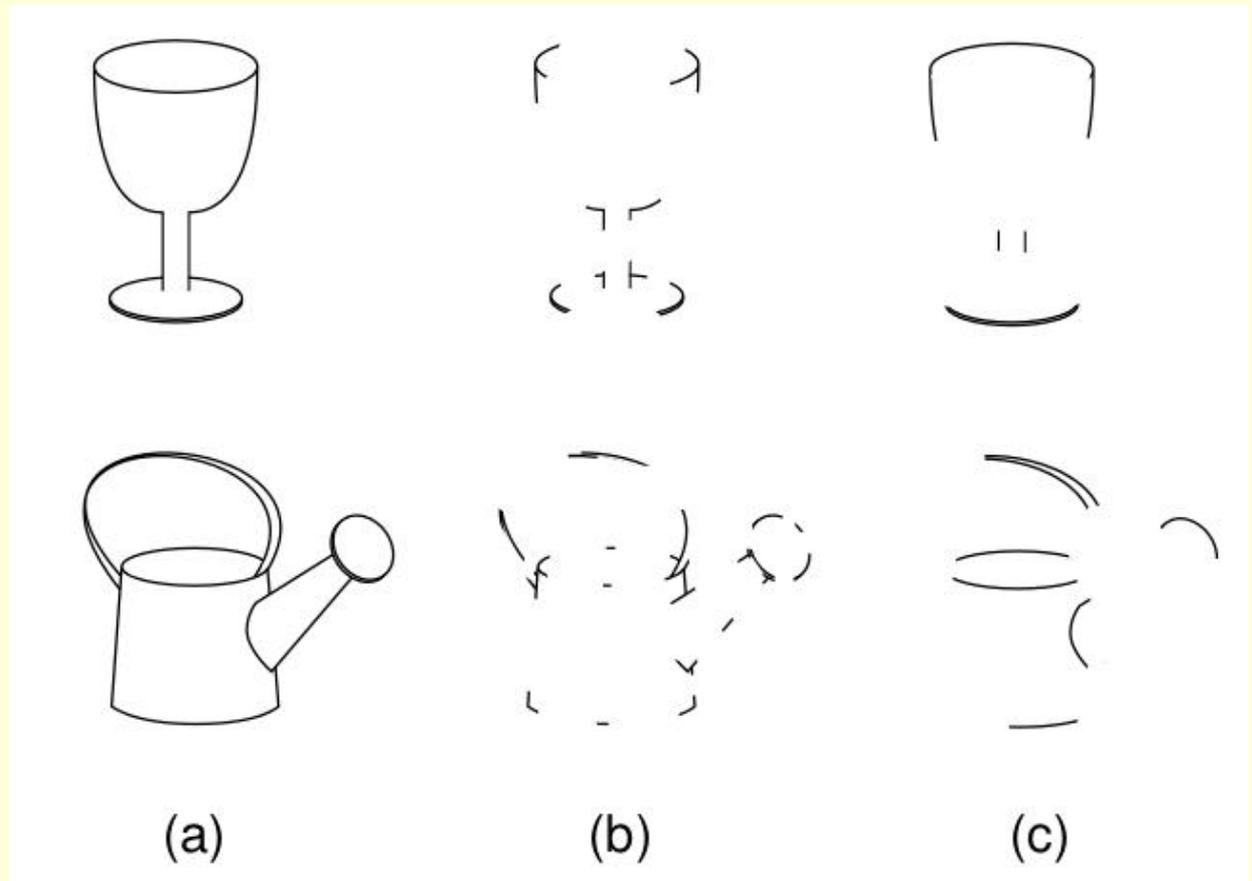


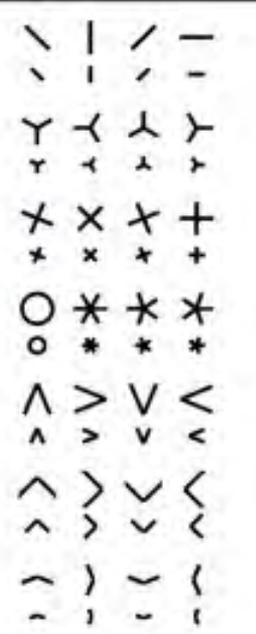
Chez l'humain aussi, ces formes sont très importante dans la reconnaissance visuelle.

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)

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.

؟ "دوڪَ نوِي" ةد حوملا ةرفشلا يه ام

並 丫 中 夊 丰 卩 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

אבגדהוזחטיךכלםמנסעףקצקרשקו"י"י"ו"ו"ת"ש"ק"צ"ף"ע"ס"נ"מ"ל"כ"ך"י"ט"ז"ה"ו"ה"ד"ג"ב"א

กขฃคฅฉงจฉฌญฎฏฐฑฒณดตถทธนบ

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...)

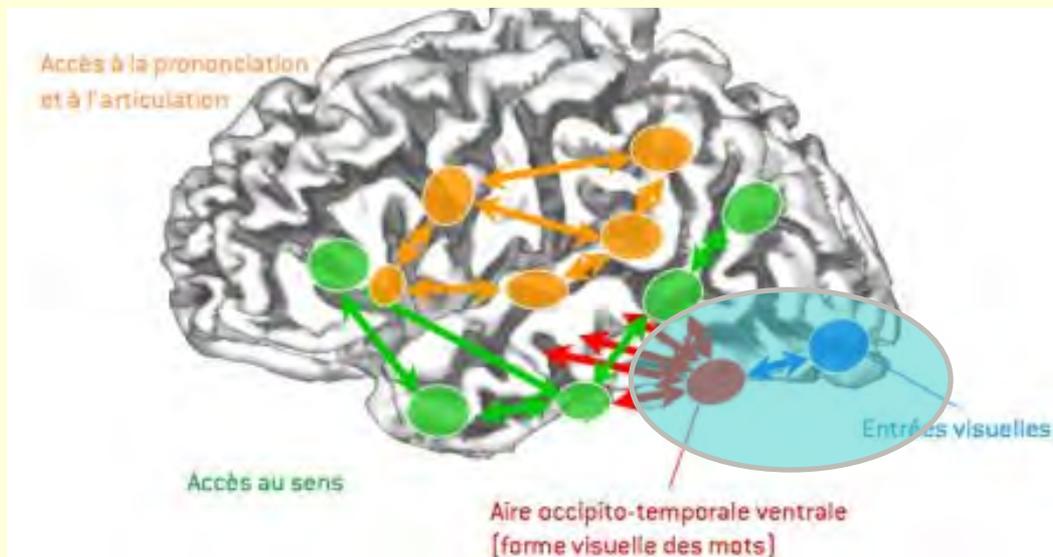
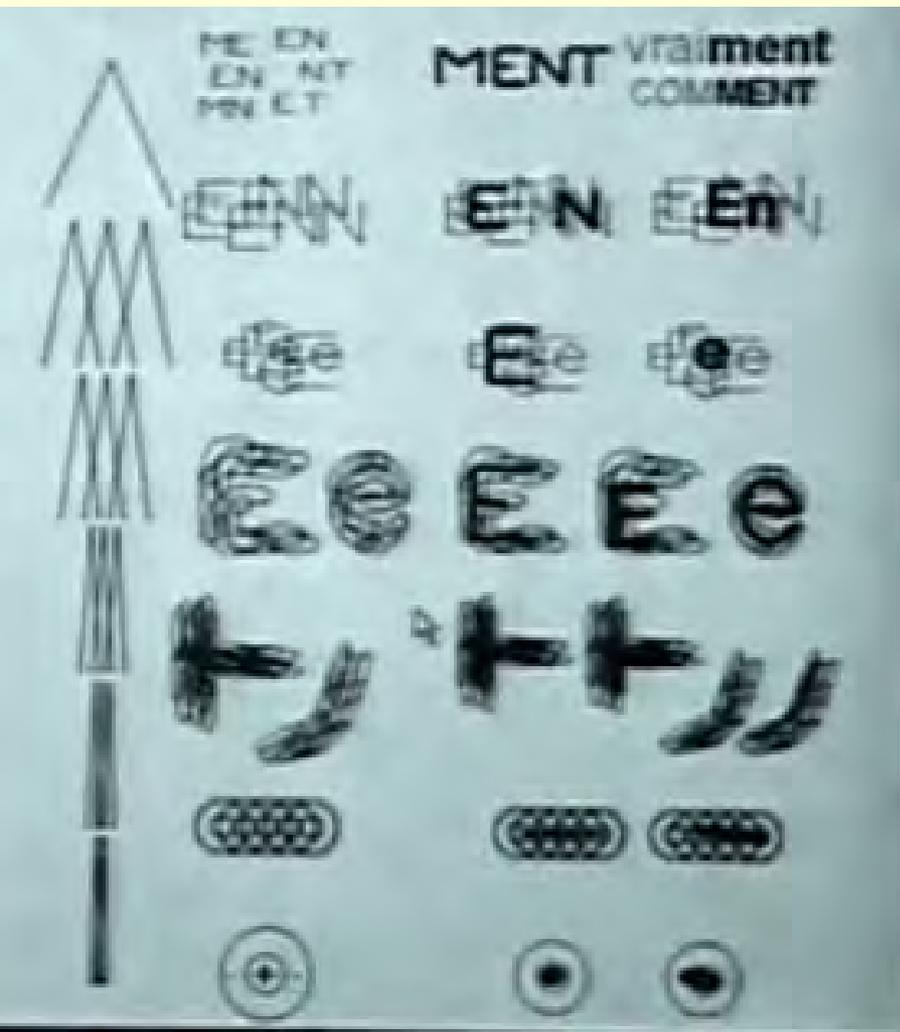


Schéma hiérarchique pour le traitement des mots lus dans les aires visuelles.



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 »

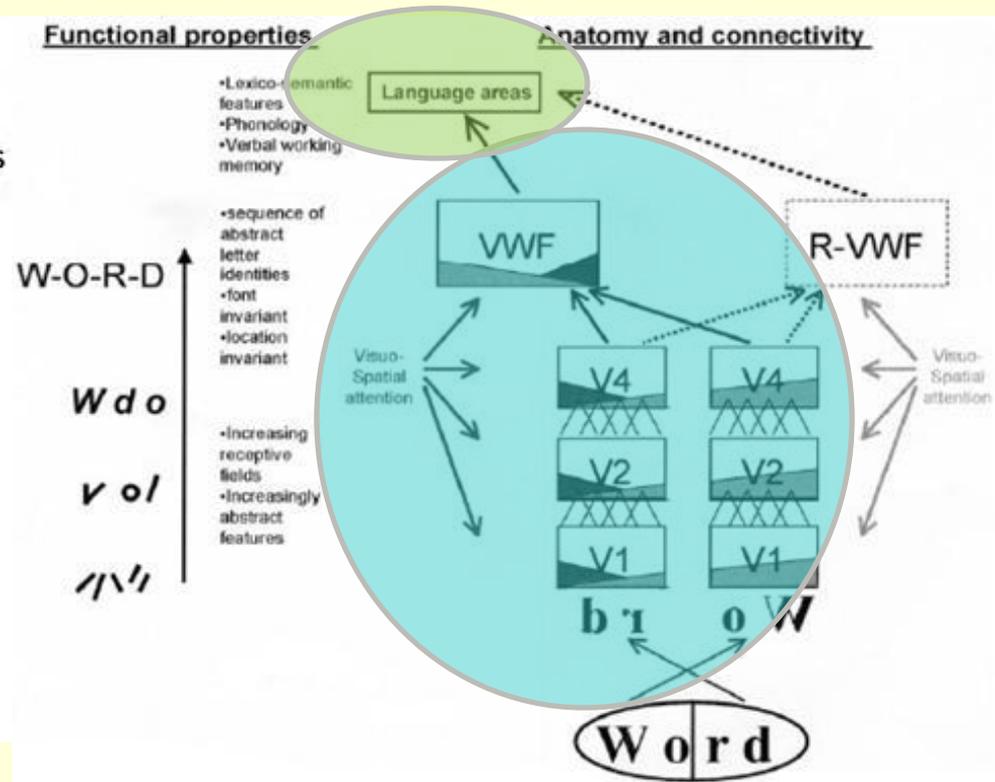
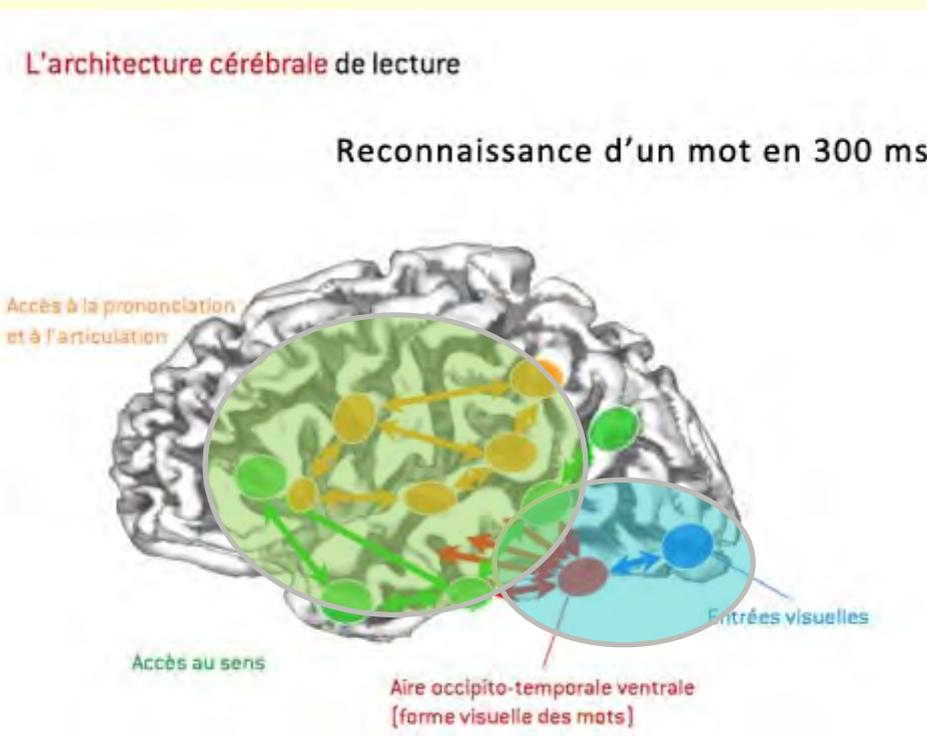
la même chose mais indépendamment de la forme (majuscule ou minuscule...),

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,

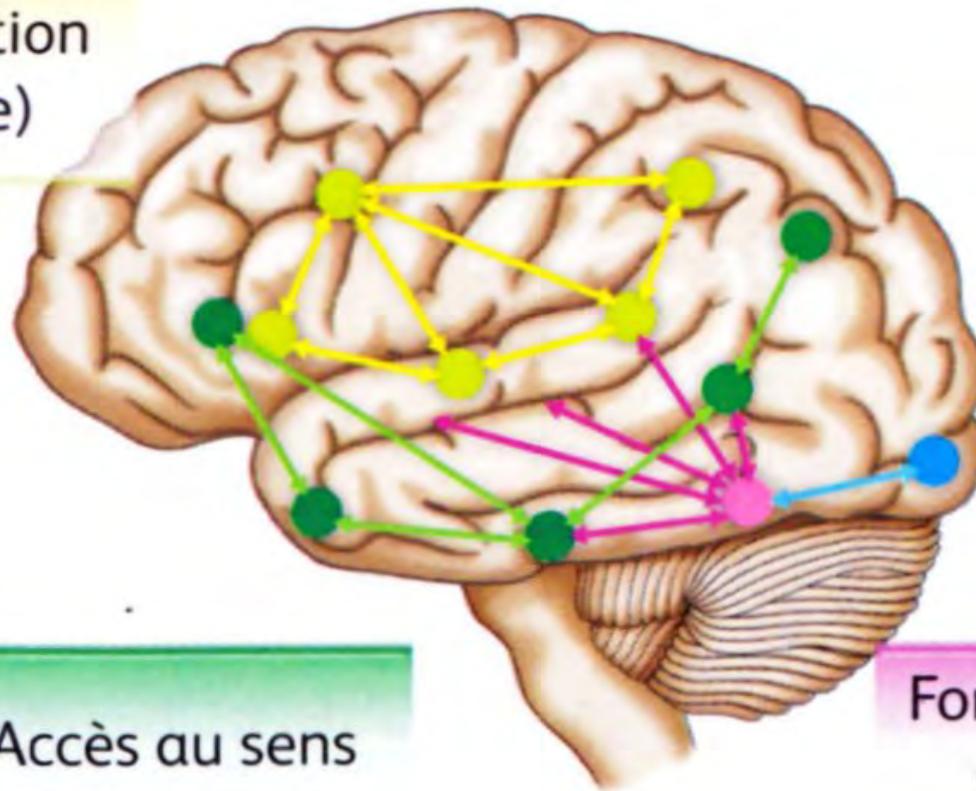
Schéma hiérarchique pour le traitement des mots lus dans les aires visuelles.



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

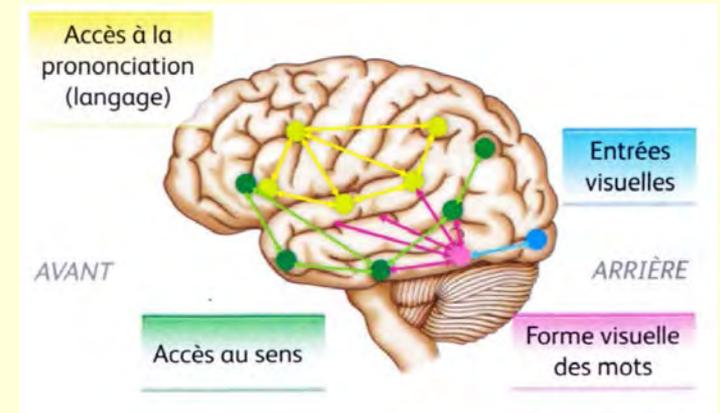
AVANT

ARRIÈRE

Accès au sens

Forme visuelle
des mots

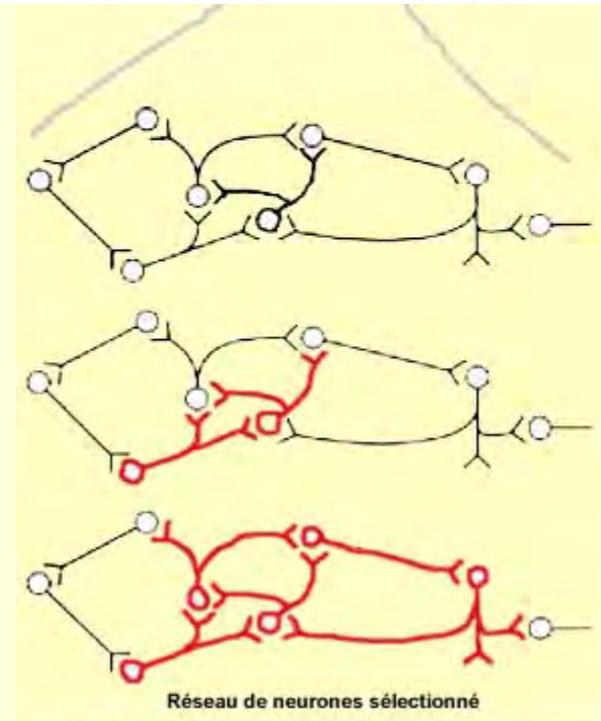
À chaque étape, ce sont donc des **assemblées de neurones** (et non pas un seul) qui vont coder pour des propriétés progressivement de plus en plus abstraites qui permettent de reconnaître un mot particulier.



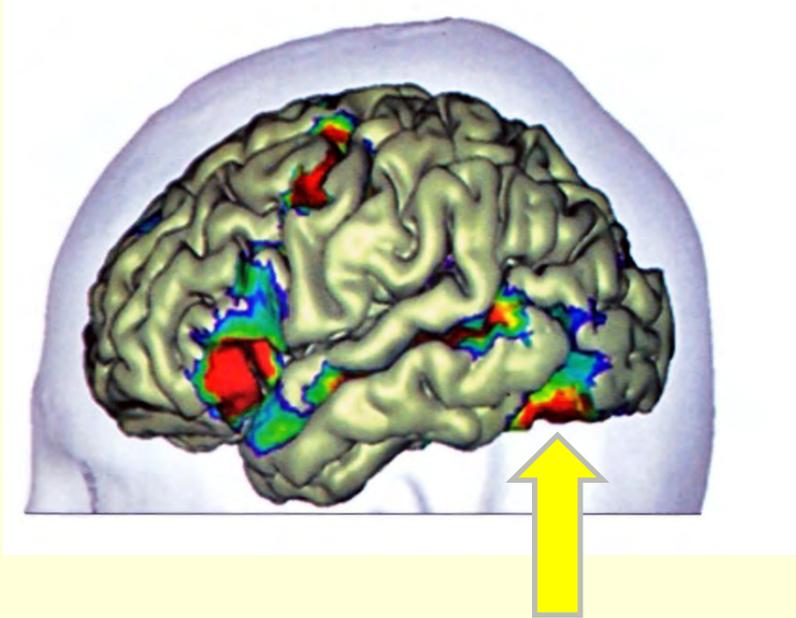
C'est un modèle théorique pour l'instant, mais il y a quand même des **données qui l'appuient**.

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...)

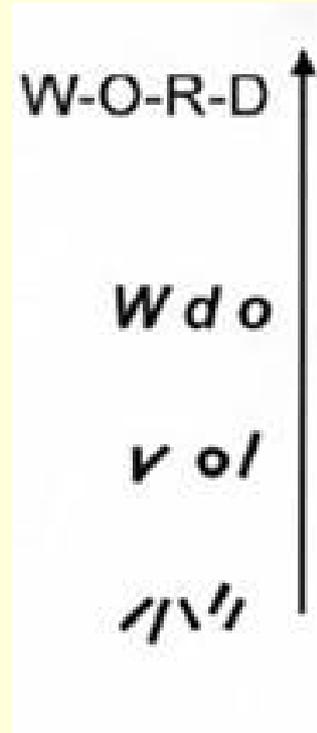


Un mot pour dire que ces régions de l'hémisphère gauche ne semblent donc **pas fonctionner du tout par reconnaissance globale des mots.**

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.

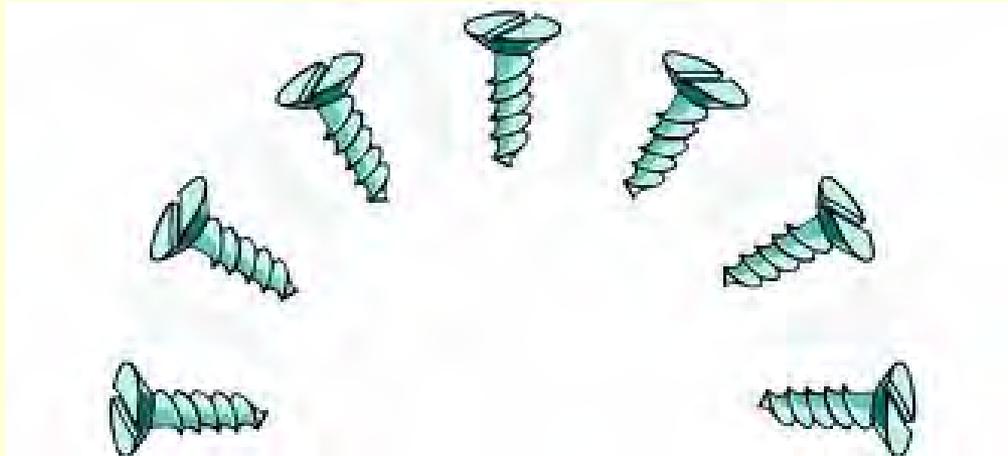


Même si des images sont « flippées » horizontalement (et donc n'offre pas du tout la même image sur la rétine), notre système visuel reconnaît immédiatement qu'il s'agit de la même image.

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.

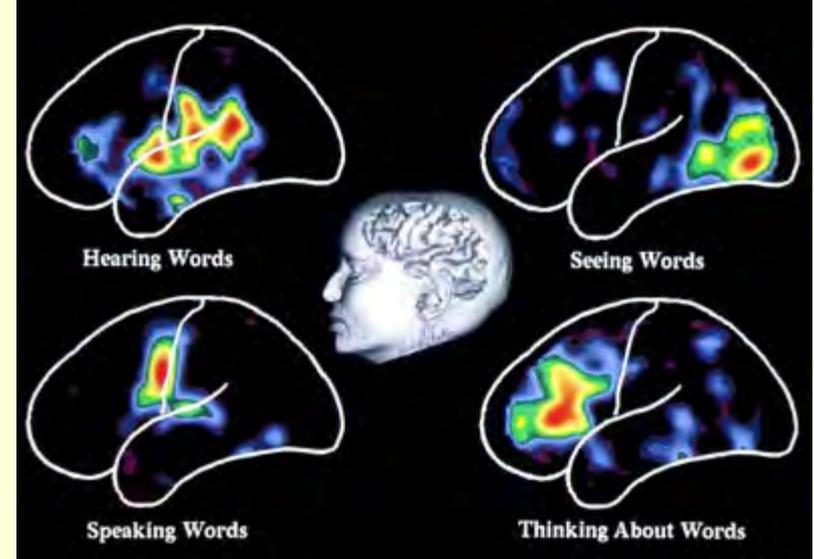
Plaidoyer efficace pour une réforme de l'orthographe...
(a eu lieu en Turquie au début du siècle)



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://nwpsych.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

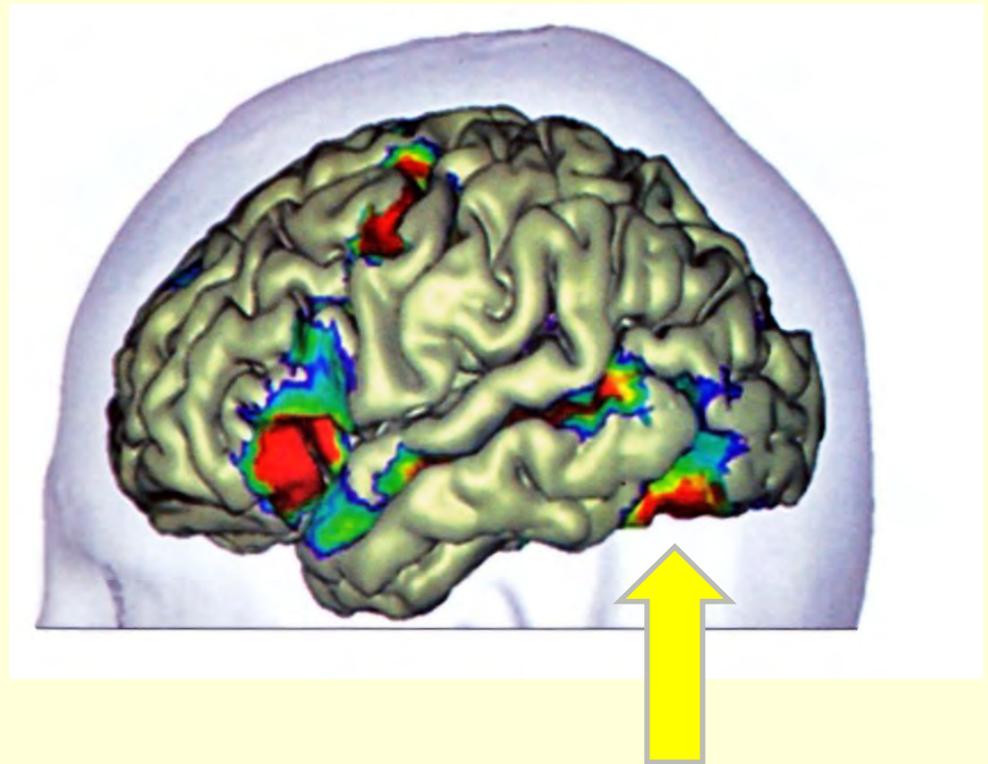
The myth of the visual word form area

« [...] 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. “

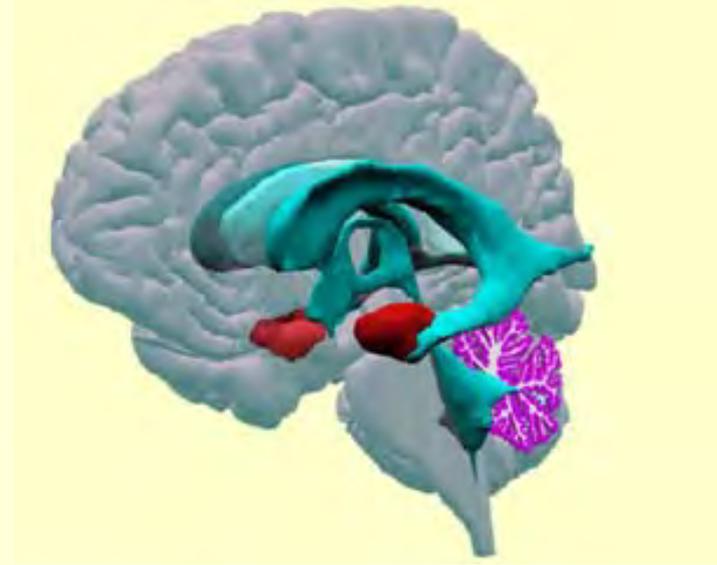
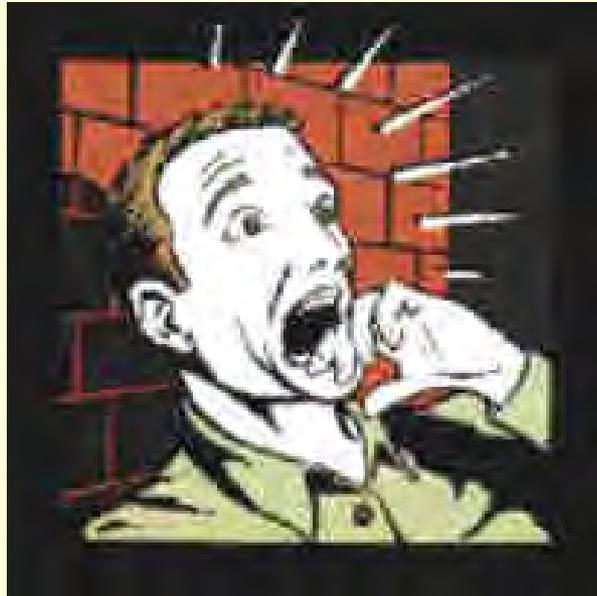
Donc, pour eux, si cette région n'a qu'**une seule fonction**, ce n'est pas celle du traitement visuel des mots...]

Et 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...



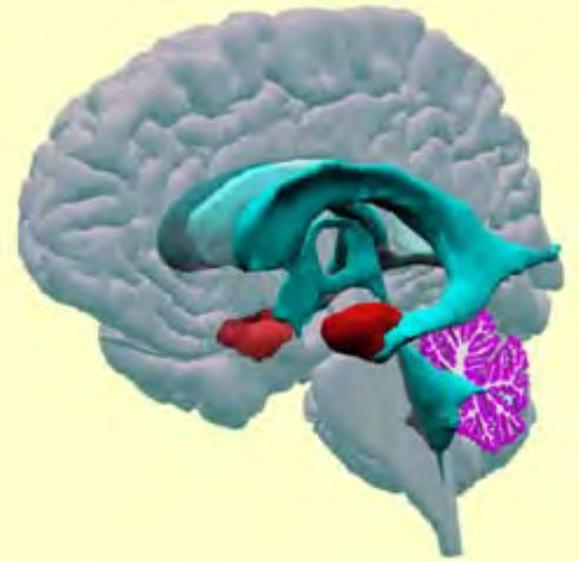
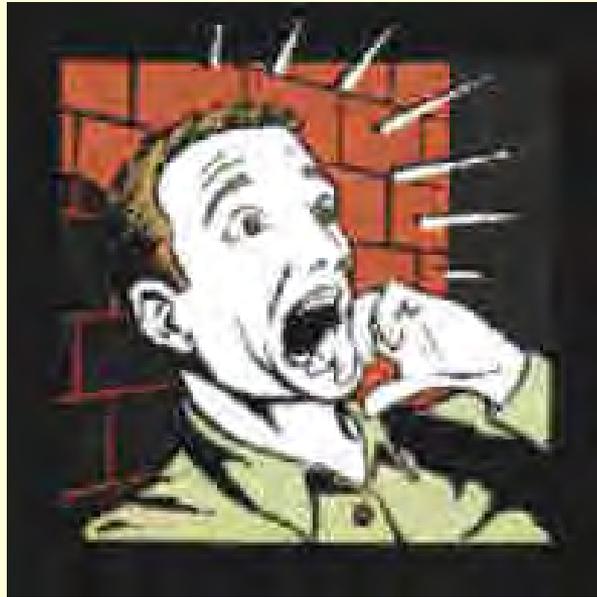
Ces réponses à diverses propriétés suggèrent pour eux que l'aire occipito-temporale ventrale gauche contribue à **plusieurs fonctions** différentes qui changent en fonction des autres régions avec lesquelles elle interagit.

Dans ce contexte, **il est difficile de trouver une étiquette fonctionnelle** qui expliquerait toutes les réponses de l'aire occipito-temporale ventrale gauche.



Autrement dit, 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

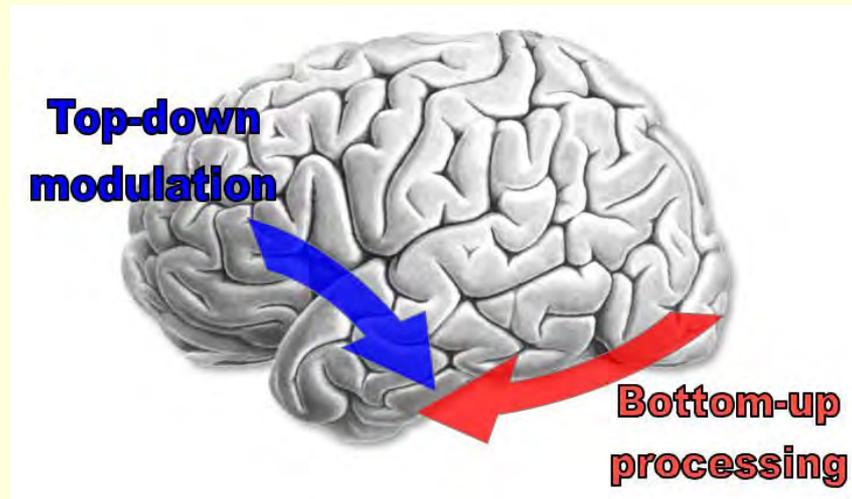
Abstract :

The ventral occipitotemporal cortex (vOT)

is involved in the perception of visually presented **objects** and **written words**.

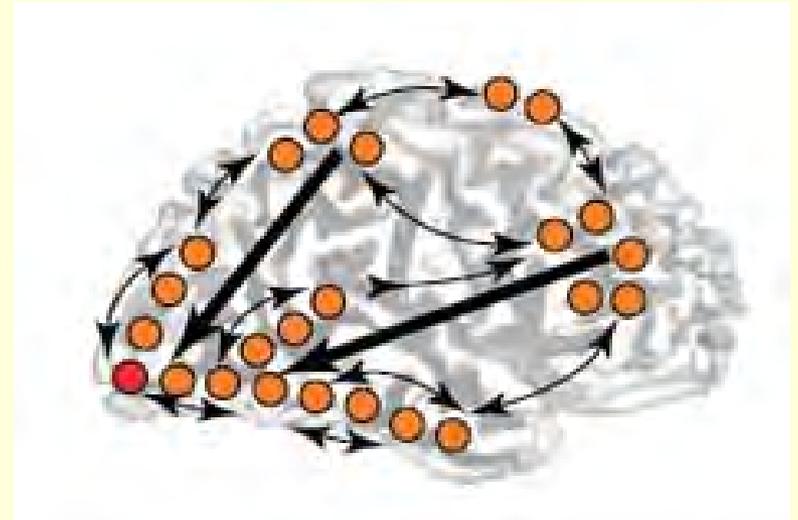
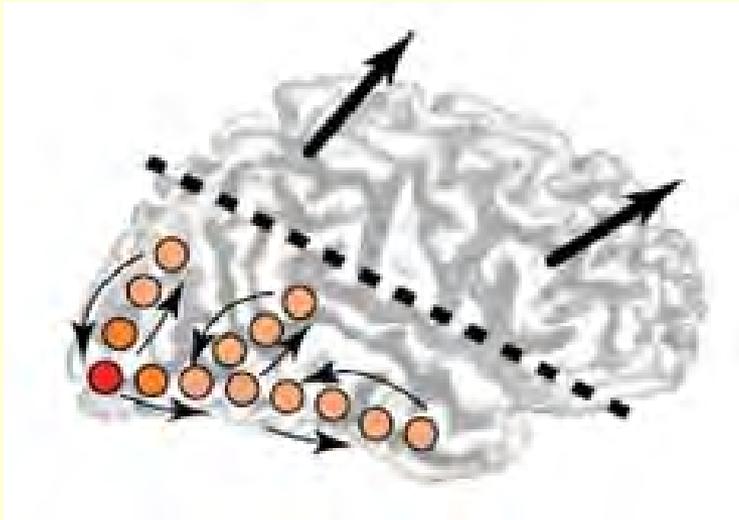
The Interactive Account of vOT function is based on the premise that perception involves the synthesis of bottom-up sensory input with top-down predictions that are generated automatically from prior experience.

[...]



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.

Ils proposent que l'aire occipito-temporale ventrale gauche **intègre** les caractéristiques visuospatiales des **inputs sensoriel** avec les **associations de niveau supérieur** (comme les sons des mots, leur signification, leur prononciation, etc.)



Pour eux, la spécialisation pour l'orthographe **émerge** des interactions régionales sans assumer que l'aire occipito-temporale ventrale gauche est spécifique aux propriétés orthographiques des mots.

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

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

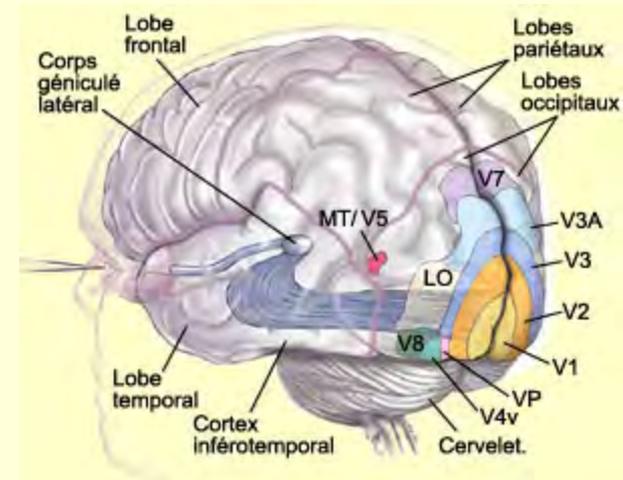
whether this region is **truly selective for words relative to common objects**;

[...]; and whether reading expertise **also** relies on **perceptual learning** within **earlier visual areas**.”

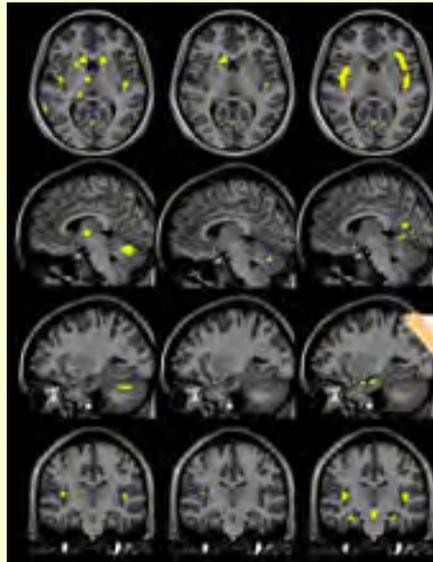
Résultats de leurs expériences en IRMf :

Montrent que l'activité de l'aire occipito-temporale ventrale gauche **recouvre partiellement celle d'autres régions** du cortex visuel ventral particulièrement sensibles à la présence de jonctions de lignes utiles pour **la reconnaissance d'objets**.

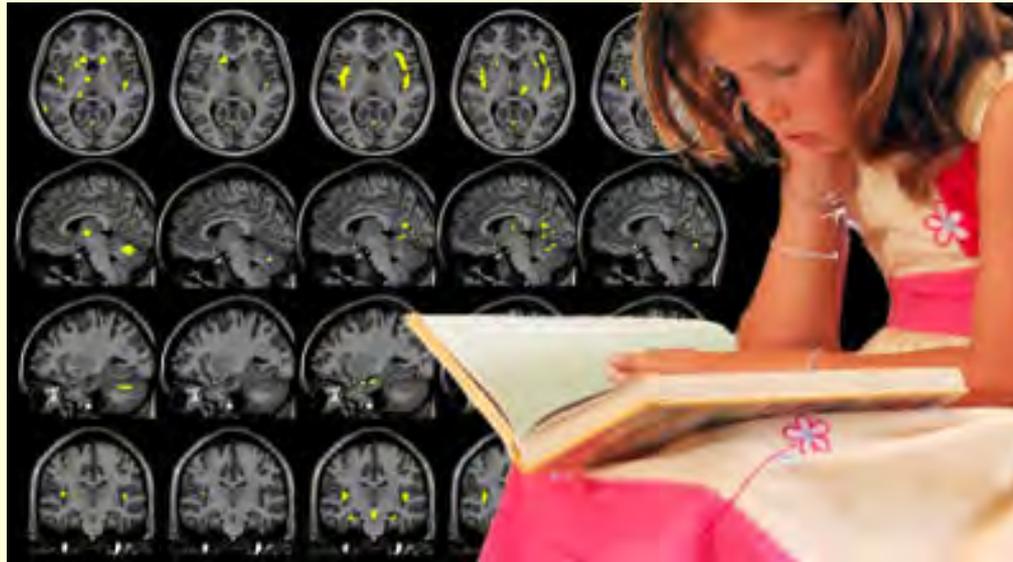
Mais ils ont aussi présentés à des sujets des **mots écrits** et des **objets** dessinés avec des lignes comparables à la graphie des mots et obtiennent des **réponses plus grandes aux mots écrits** qu'aux objets, non seulement dans l'aire occipito-temporale ventrale gauche, **mais aussi dans les aires V1/V2 et V3v/V4**.



Ce résultat indique donc que le traitement préférentiel des mots peut être observé dans **différentes régions** du cortex visuel.



Et que 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...

La lecture d'un roman augmente la connectivité de régions cérébrales

<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2013/12/30/3213/>

What is literature good for?

http://mindblog.dericbownds.net/2014/11/what-is-literature-good-for.html?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed%3A+Mindblog+%28MindBlog%29

- SAVES YOU TIME
- MAKES YOU NICER
- IS A CURE FOR LONELINESS
- PREPARES YOU FOR FAILURE

Au menu aujourd'hui :

1^{ère} heure :

Les neurones de la lecture

2^e heure :

Les « fonctions supérieures » :
attention, conscience, etc.

2^e heure, en détail :

Inconscient et rationalité

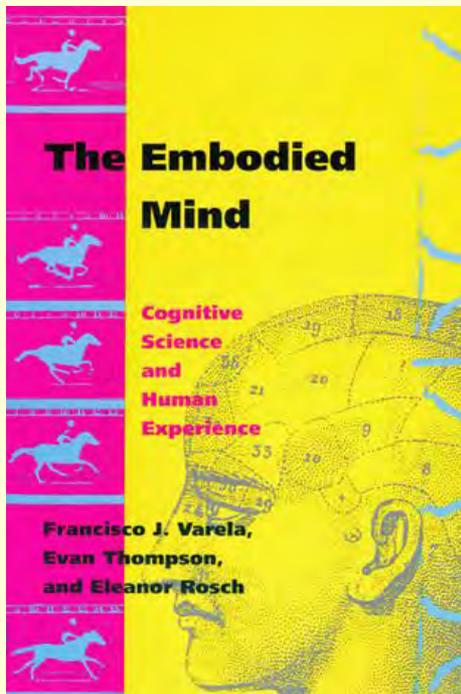
Inconscient et émotion

Conscience et attention

(parenthèse : neurones miroirs)

Contrôle « top down » et « bottom up »

Corrélat neuronal de la conscience



Dans la vie de tous les jours,
ce qu'on fait surtout,
c'est agir spontanément
et efficacement sur le
monde qui nous entoure,
sans délibération ou
réflexion.



Il est possible qu'un événement nouveau ou imprévu nous force à prendre une **décision consciente**.

Mais très vite, nous allons nous remettre à cette nouvelle tâche sans y penser...





Deux systèmes de pensée dans le même cerveau ?

<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2011/06/13/deux-systemes-de-pensee-dans-le-meme-cerveau/>

L'idée que notre pensée sous-tend des mécanismes de raisonnement de différentes natures est très ancienne.

Ce qu'on appelle aujourd'hui les **théories à processus duaux** (« dual process theories », en anglais) s'inscrivent dans cette longue tradition.

En gros, c'est l'idée que cohabitent dans notre cerveau deux grands types de processus cognitifs :

un premier type rapide, automatique et inconscient;

et un second plus lent, plus flexible et nécessitant un contrôle conscient.



Exhibit 1

A Comparison of System 1 and System 2 Thinking

**System 1
"Fast"**

DEFINING CHARACTERISTICS

Unconscious
Effortless
Automatic

WITHOUT Self-Awareness or Control

**System 2
"Slow"**

DEFINING CHARACTERISTICS

Deliberate and Conscious
Effortful
Controlled Mental Process

WITH Self-Awareness or Control

Aujourd'hui, le « système 1 » et le « système 2 », désignés ainsi par Stanovich en 1999, sont les étiquettes que l'on donne à deux grands systèmes de pensée qui cohabiteraient dans le cerveau humain.

On s'entend maintenant pour dire que **le système 1 aurait les origines évolutives les plus anciennes** et que nous le partagerions avec les autres animaux.

Le système 2 serait apparu plus récemment au cours de l'évolution, ses connaissances sont conscientes et explicites. Son contrôle séquentiel est cependant plus lent et de capacité moindre, mais plus flexible et capable d'abstraire les éléments de leur contexte. Ces deux dernières caractéristiques lui confèrent un avantage certain en terme de prédiction du futur et d'adaptation à la nouveauté.

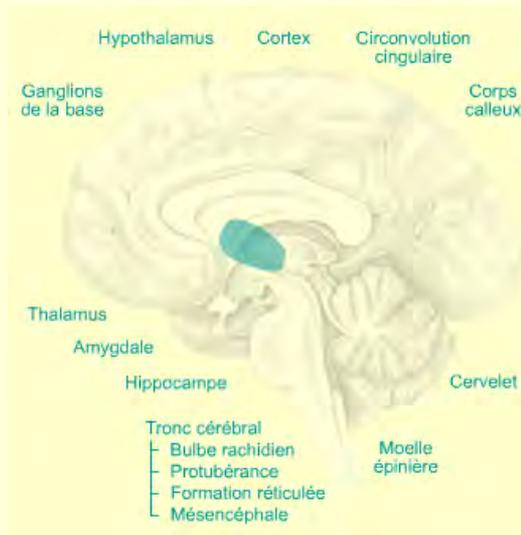
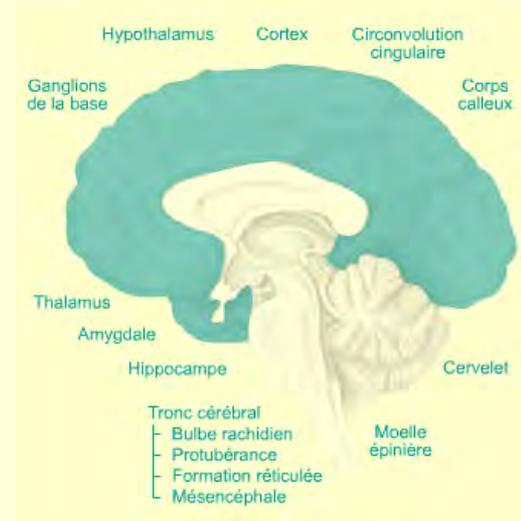




Applying the new science to brands



**TOUS LES JOURS
JE LAVE MON CERVEAU
AVEC LA PIBB**

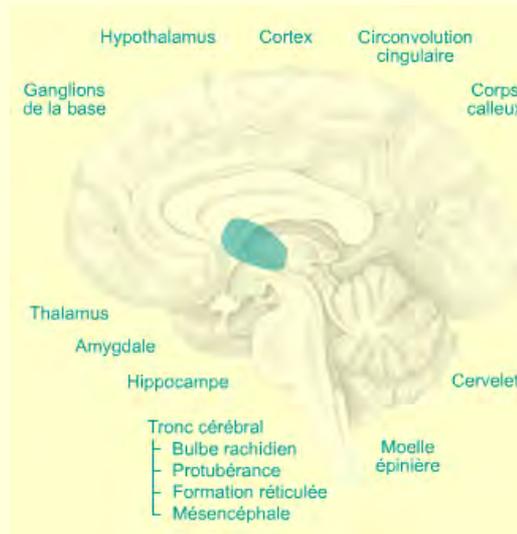
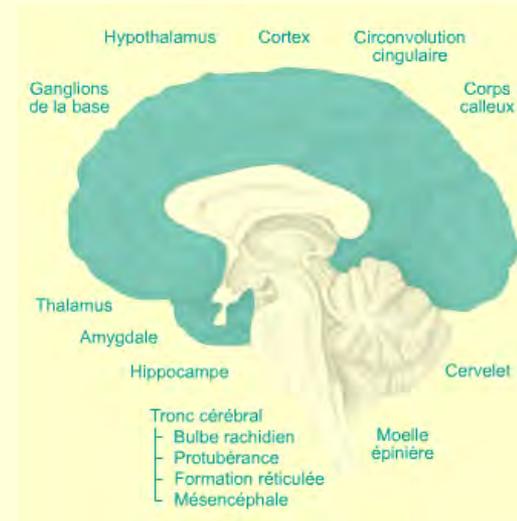


« **Le système 2** derrière notre petite voix intérieure, celle qu'on associe à notre libre arbitre, est toutefois constamment **en pourparlers secrets** avec les processus inconscients du système 1 qui serait, selon plusieurs auteurs, le système dominant par défaut. »

Applying the new science to brands



**TOUS LES JOURS
JE LAVE MON CERVEAU
AVEC LA PIIB**



Homo Heuristicus: Why Biased Minds Make Better Inferences

Gerd Gigerenzer and Henry Brighton

Article first published online: 30 JAN 2009

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1756-8765.2008.01006.x/abstract>

Abstract

Heuristics are efficient cognitive processes that ignore information. In contrast to the widely held view that less processing reduces accuracy, the study of heuristics shows that **less information, computation, and time can in fact improve accuracy.**

A discussion of **Gut Feelings: The Intelligence of the Unconscious** (2007), by Gerd Gigerenzer.

(Brain Science Podcast 19)

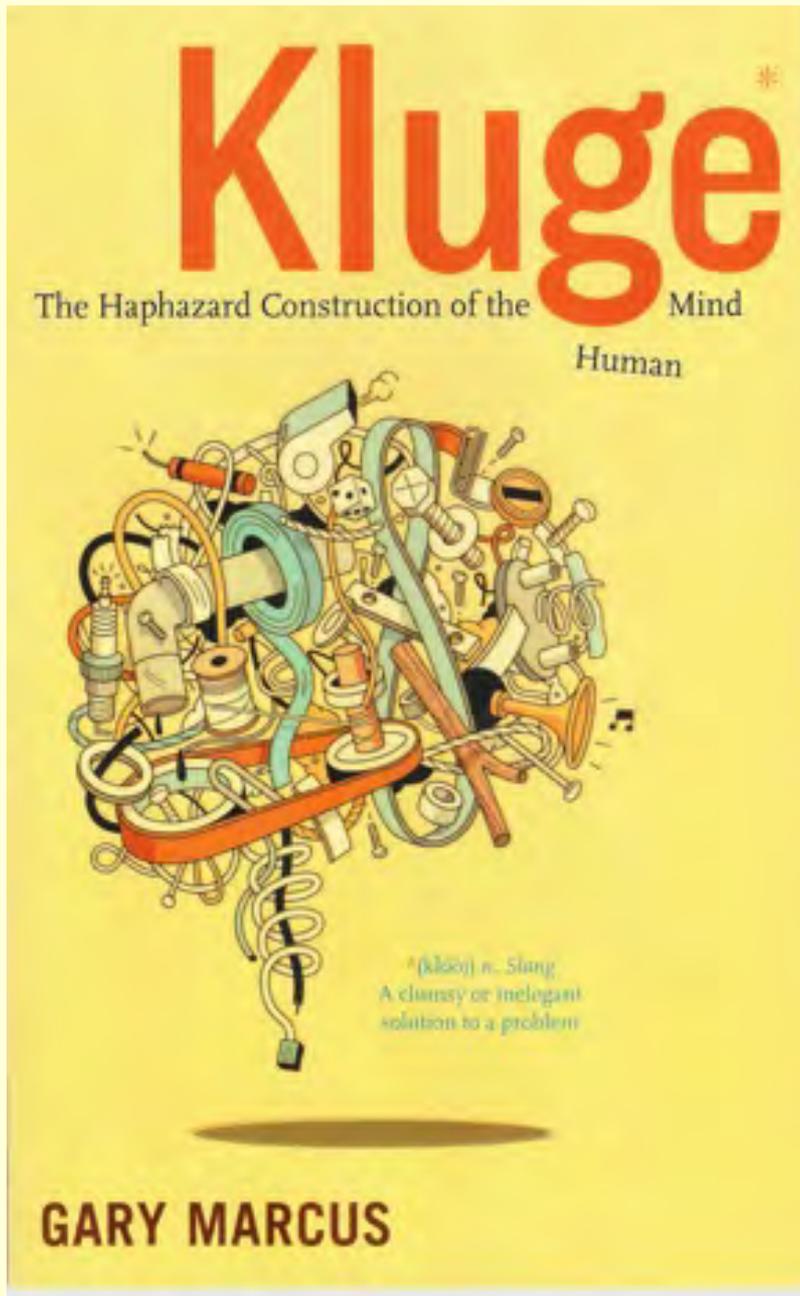
<http://brainsciencepodcast.com/bsp/review-of-gut-feelings-bsp-19.html>

“If you ask people to choose which of two cities is larger they will **tend to pick the one that they’ve heard of** if they’ve only heard of one out of two.

And they will usually be right. This represents the instinct to go with what you know. And it’s easy to see **how this would have had survival value** in the natural world.

For example, eating a **strange** food out in the woods could be fatal. »

Gigerenzer argues that **rules of thumb** are the basis of most of our so-called unconscious or intuitive decisions.



Car la pensée humaine telle qu'on la connaît, souple et merveilleusement adaptée à notre vie sociale, mais avec aussi tous **ces biais cognitifs** particuliers qui nous caractérisent.

Comme le fait d'avoir **plus peur de prendre l'avion que de rouler en auto** alors que statistiquement il y a beaucoup plus de probabilité de mourir d'un accident d'auto que d'un accident d'avion.

Mais ce genre d'erreur n'est pas si désespérant puisque, pour le dire comme Marcus, « **les façons que nous avons d'être stupides peuvent nous aider à révéler comment fonctionne le cerveau** ».

Au menu :

Inconscient et rationalité

Inconscient et émotion

Conscience et attention

(parenthèse : neurones miroirs)

Contrôle « top down » et « bottom up »

Corrélat neuronal de la conscience



Lundi, 8 août 2011

Quand la peur nous fait réagir en conservateur

<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2011/08/08/quand-la-peur-nous-fait-reagir-en-conservateur/>

L'équipe de Paul Nail l'Université de Central Arkansas a réalisé une série d'expériences qui montre **comment un contexte psychologiquement menaçant peut influencer notre pensée.**

Des étudiants avaient été préalablement classés en “conservateurs” ou “libéraux” selon leurs convictions politiques générales.

Les étudiants des deux catégories étaient soit exposés à un contexte **neutre** ou à un contexte **menaçant** (injustice, mort, etc.) avant de donner leur opinion sur un enjeu controversé.

Dans trois situations différentes, l'évocation d'une menace juste avant de se prononcer sur l'enjeu controversé **pousse temporairement les étudiants autrement libéraux vers une posture plus conservatrice.**

Une réaction psychologique inconsciente à un sentiment de vulnérabilité général.



Lundi, 23 janvier 2012

Le dégoût derrière nos choix, même politiques ?

Le dégoût, cette émotion puissante, nous a sans doute préservé de bien des maladies en nous détournant instinctivement de la putréfaction et d'autres corps pustuleux.

Or ce que l'on découvre de plus en plus, c'est que le dégoût **pourrait influencer nos choix** dans des domaines apparemment fort éloignés des souches microbiennes, par exemple notre positionnement dans **le spectre politique classique gauche / droite ou libéral / conservateur**.

Dans l'une de ces études, on a trouvé que les personnes qui s'identifiaient elles-mêmes comme ayant une position politique conservatrice ou de droite étaient celles qui ressentaient spontanément **le plus d'aversion à la vue d'images dégoûtantes** (comme celle de la personne qui mange des vers ci-haut).

Une autre étude montre que des **images repoussantes** amènent temporairement les sujets à **éviter la nouveauté**, un trait de caractère associé à la pensée conservatrice.

On a vu la semaine passée comment le corps peut influencer les **émotions** qu'on peut décoder ou ressentir.

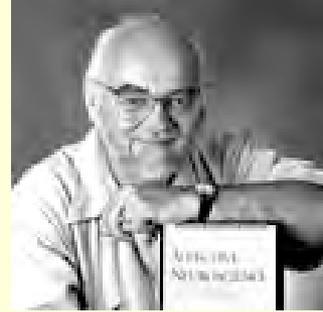
Par exemple :

Bbloquer les expressions faciale nous fait ressentir de la même façon les vrais et les faux sourirs alors qu'on les distingue normalement.

Blocking Mimicry Makes True and False Smiles Look the Same

Magdalena Rychlowska et al. Published: March 26, **2014**

<http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0090876>



Aux origines des émotions : les neurosciences affectives

En **1998**, **Jaak Panksepp** publiait un ouvrage de référence dont le titre, “**Affective Neuroscience**” (les neurosciences affectives, en français), allait devenir l’expression consacrée pour ce « jeune » champ de recherche qui étudie les **mécanismes neuronaux derrière nos émotions**.

Panksepp plaide pour une véritable **réhabilitation des structures cérébrales sous corticales** associées aux 7 émotions primaires qu’il distingue et sans lesquelles notre cortex ne pourrait fonctionner convenablement.

Ces systèmes émotionnels, Panksepp les présente souvent **des plus anciens aux plus récents, évolutivement parlant**.

À commencer par la **RECHERCHE des ressources** nécessaire à la survie qui se traduit par un comportement exploratoire associé à ce qu'on a appelé le circuit de la récompense, avec une structure cérébrale importante appelée noyau accumbens.

Puis vient le risque de rencontrer un prédateur durant cette exploration, d'où la **PEUR**, un second système émotionnel impliquant l'amygdale qui permet de mobiliser nos ressources pour faire face à la menace.

Bien sûr aussi, nous ne sommes pas seuls à chercher des ressources, et une réponse comportementale adaptative pour protéger ces objets gratifiants a été la **COLÈRE**.

Une fois notre survie assurée, l'essentiel devient alors de transmettre nos gènes en nous reproduisant. Le **DÉSIR SEXUEL**, et son avatar humain l'amour romantique, devient également un système émotionnel des plus fondamentaux.

(+ le **SOIN à sa progéniture**; + **panique-anxiété-dépression**; + « **jeu** »)

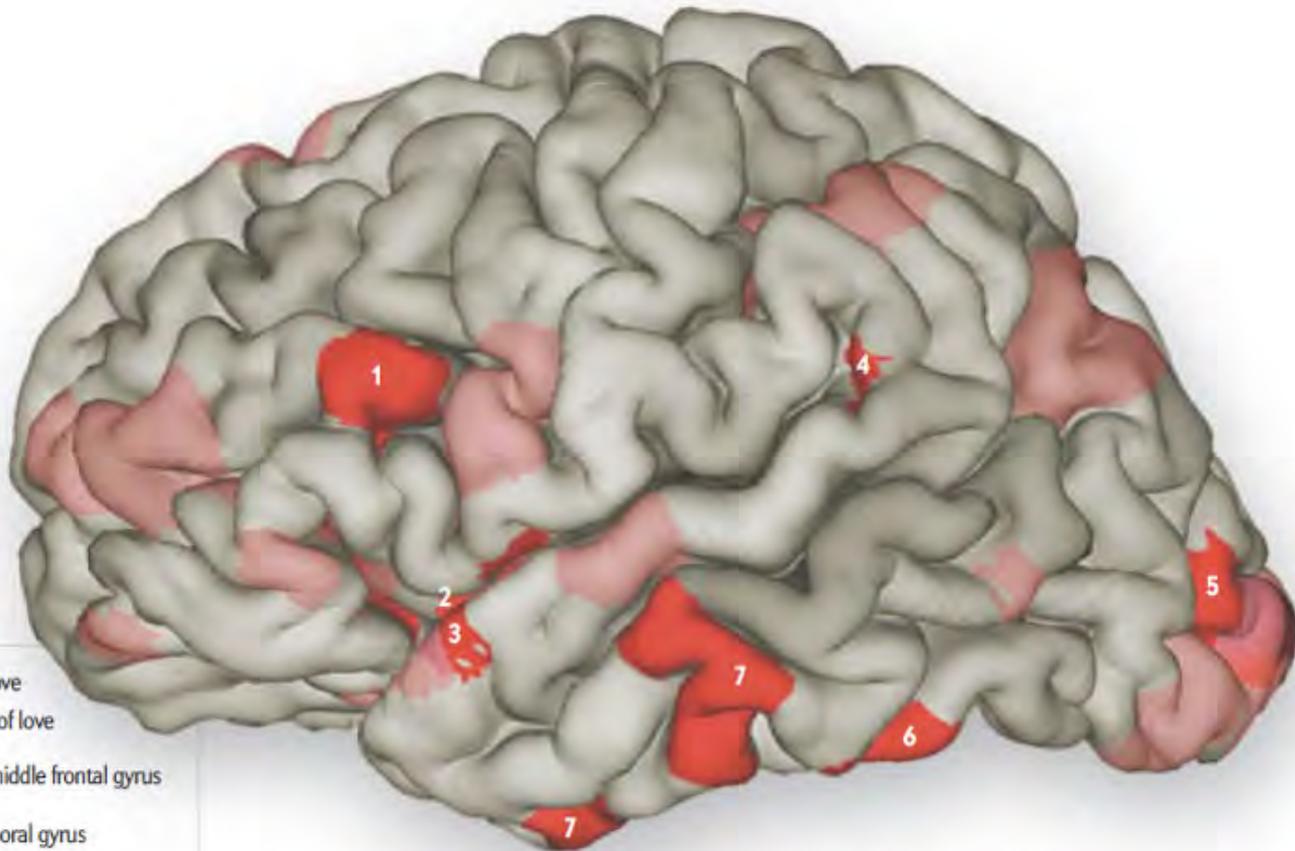


Mais en fait, à bien des égards, **le sentiment amoureux ressemble à une dépendance**. Il partage avec elle de nombreuses caractéristiques comme l'obsession, la focalisation mentale, les fluctuations émotionnelles, la distorsion de la réalité, les changements de personnalité, la prise de risque ou la perte de contrôle de soi.

Traverser un pays entier sur un coup de tête pour quelques baisers de l'être aimé a certes quelque chose qui peut faire sourire. Mais ce n'est pas sans rappeler la dépendance psychologique (ou « craving », en anglais) d'une personne droguée en manque et prête à tout pour obtenir sa dose.

Également, tout comme avec une drogue, la nécessité, pour diverses raisons, de mettre un terme à la relation amoureuse peut être vécue très douloureusement et amener de nombreuses « rechutes ».

Enfin, les études comparant le cerveau de gens « tombés en amour » depuis peu à celui de gens dans différents états émotionnels (excitation sexuelle, sentiment de bonheur ou euphorie induite par la cocaïne) montrent que **le pattern d'activation du cerveau « en amour » est unique**. Il y a cependant une **superposition partielle** et une grande proximité entre ces différents états émotionnels positifs.



Active regions

- Passionate love
- Other types of love

1. Dorsolateral middle frontal gyrus
2. Insula
3. Superior temporal gyrus
4. Angular gyrus
5. Occipital cortex
6. Occipitotemporal cortex
7. Ventral temporal regions

Interior passion regions not visible:
Caudate nucleus, thalamus,
anterior cingulate, posterior
hippocampus, precentral gyrus

Blood levels and effects



Heightened cognitive functions

- Body image Sees partner's body as better than own
- Self-representation Sees partner as completing self
- Attention Focuses on partner; ignores others
- Social cognition Understands partner's intentions

Brain chemicals and effects



Au menu :

Inconscient et rationalité

Inconscient et émotion

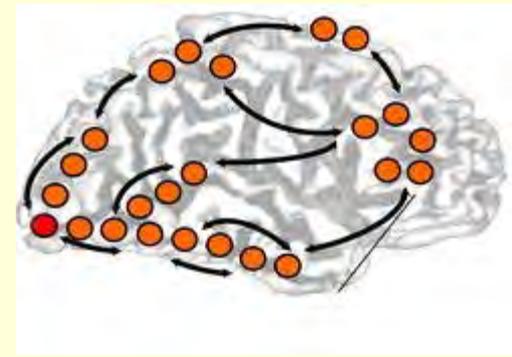
Conscience et attention

(parenthèse : neurones miroirs)

Contrôle « top down » et « bottom up »

Corrélat neuronal de la conscience

L'étude de la **conscience** a été le sujet de réflexion de nombreux philosophes. Aujourd'hui, c'est au tour des neuroscientifiques de s'y intéresser.



À commencer par sa définition. Qu'est-ce que la conscience ?

- Pour certains, être conscient, c'est être **éveillé**, par opposition aux situations où la conscience disparaît (sommeil, coma, anesthésie).
- Pour d'autres, c'est avoir **accès** à ses pensées et au monde environnant.
- Pour d'autres encore, c'est la **conscience de soi**, sa capacité à se représenter en tant qu'individu ici et maintenant.

Mais d'abord, qu'est-ce qui différencie l'attention de la conscience ?

Koch, C. and N. Tsuchiya (2007).

Attention and consciousness: two distinct brain processes.

Trends Cogn Sci 11(1): 16-22.

http://www.nyu.edu/gsas/dept/philo/courses/consciousness08Fall/papers/2006_TICS_Tsuchiya.pdf

Couramment utilisé dans la littérature scientifique, l'«attention» et la «conscience» ont résisté à toute définition claire et convaincante.

Ce regrettable état de choses restera jusqu'à ce que le mécanisme de base de ces phénomènes auront été décrits aux niveaux neuronaux et moléculaires.

Rares sont ceux qui contestent que la relation entre l'attention sélective et la conscience est très étroite.

Koch, C. and N. Tsuchiya (2007).

Attention and consciousness: two distinct brain processes.

Trends Cogn Sci 11(1): 16-22.

http://www.nyu.edu/gsas/dept/philo/courses/consciousness08Fall/papers/2006_TiCS_Tsuchiya.pdf

Lorsque nous percevons un objet, nous devenons conscients de ses attributs; quand nous détournons l'attention, l'objet disparaît de la conscience. Cela en a amené plusieurs à affirmer que ces deux processus étaient **inextricablement liés, si ce n'est pas identiques.**

D'autres, cependant, remontant au 19ème siècle, ont fait valoir que l'attention et la conscience sont des phénomènes distincts qui ont des fonctions et des mécanismes neuronaux distincts.

Si cette proposition était vraie, quelle serait la nature de leur interaction causale?

Est-ce que porter attention à quelque chose est nécessaire et suffisant pour en être conscient ? Ou est-ce que la perception consciente peut se produire en dehors du faisceau de l'attention?

Bien entendu, ceci suppose que la conscience est un concept unitaire, ce qui n'est pas le cas. Celle-ci a été disséqué sur des bases conceptuelles (conscience d'accès par rapport à la conscience phénoménale), ontologique (problème difficile versus problème facile) et psychologiques (processus explicites par rapport aux processus implicites).

Nous résumons ici des données psychophysiques récentes **en faveur d'une dissociation** entre l'attention et la conscience, et fournissons des justifications fonctionnelles à cette position.

Nous soutenons que des événements ou des objets peuvent être pris en charge par l'attention sans être perçus consciemment. En outre, un événement ou un objet peuvent être perçus consciemment en la quasi-absence de traitement attentionnel top-down.

Et pour certains, comme **Jesse Prinz**, la conscience, c'est... l'attention !

The Conscious Brain: How Attention Engenders Experience

Jesse J. Prinz, Oxford University Press, **2012**

Reviewed by Christopher Mole, University of British Columbia

<http://ndpr.nd.edu/news/36606-the-conscious-brain-how-attention-engenders-experience/>

Chalmers's synthesis led him to claim that 'no explanation given in wholly physical terms can ever account for the emergence of conscious experience' (Chalmers, 1996, p. 93), **Prinz's** leads him to claim that there is now 'a satisfying and surprisingly complete theory [given in wholly physical terms] of how consciousness arises in the human brain' (p. 3).

At the philosophical core of Prinz's theory is the claim that

consciousness occurs when and only when **an integrated representation of a stimulus's several properties**, as perceived from a particular point of view, is made available to working memory.

This process of making a representation available to working memory is

what Prinz calls **“attention”**



**THINK YOU
YOU CAN'T
BE FOOLED**



** You just were. Look again.*



“ I don't think the world's greatest pickpocket would be known, do you? ... I'm more a student of human nature.

- Apollo Robbins



http://www.youtube.com/watch?v=LoUSO_Mj1TQ

(2:37 à 5: 25 (3 min.), sur le faisceau de l'attention)



<http://www.youtube.com/watch?v=MG2HPtbV-80>

Neuroscience Meets Magic - by Scientific American

<http://www.youtube.com/watch?v=i80nVAwO5xU>

4:00 à 9:13 (5 minutes)

(notions abordées : Top down control, Bottom up control, mirror neurons)

Au menu :

Inconscient et rationalité

Inconscient et émotion

Conscience et attention

(parenthèse : neurones miroirs)

Contrôle « top down » et « bottom up »

Corrélat neuronal de la conscience

Understanding motor events - A neurophysiological study.

di Pellegrino, G., Fadiga, L., Fogassi, L., Gallese, V., & Rizzolatti, G. (**1992**). *Experimental Brain Research*, 91(1), 176-180.

Cortical Mechanisms of Human Imitation

Marco Iacoboni, Roger P. Woods, Marcel Brass, Harold Bekkering, John C. Mazziotta, Giacomo Rizzolatti. *Science* 24 December **1999**: Vol. 286 no. 5449 pp. 2526-2528

A Touching Sight

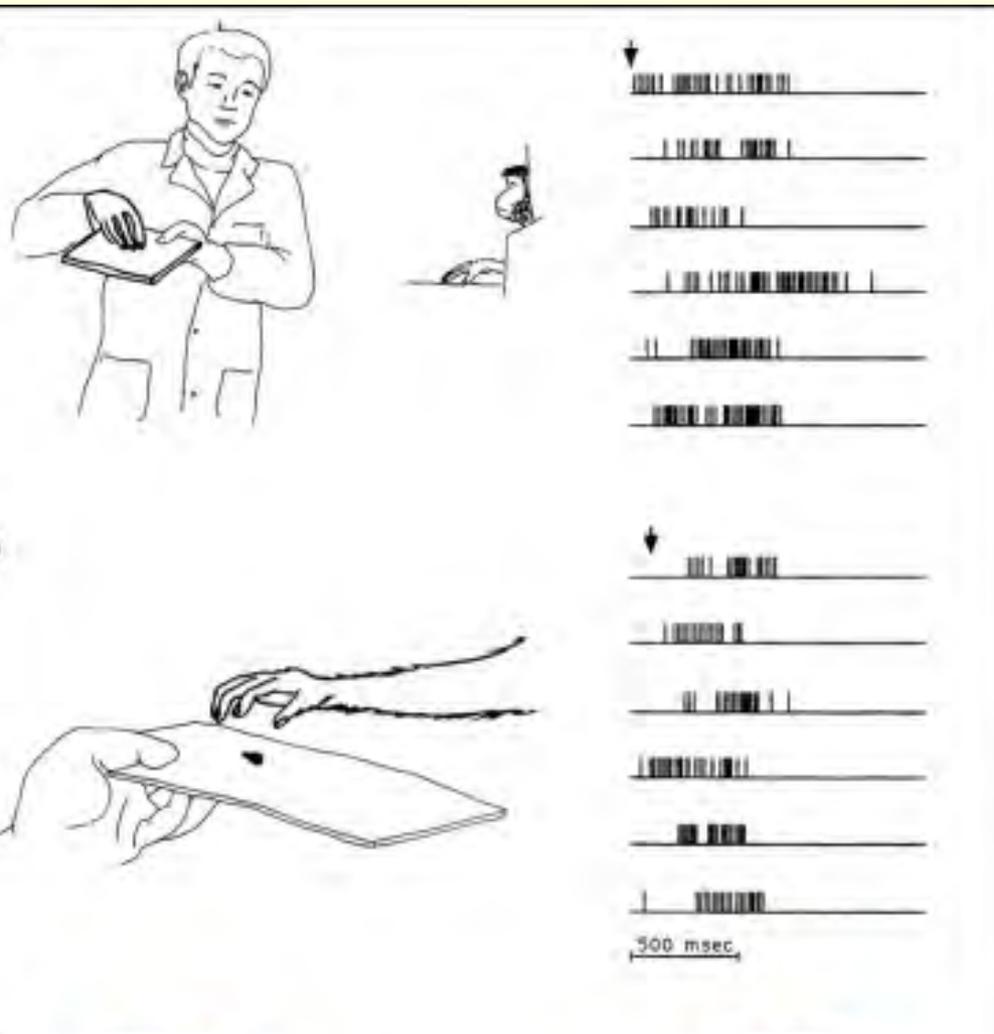
Christian Keysers , Bruno Wicker, Valeria Gazzola, Jean-Luc Anton, Leonardo Fogassi, Vittorio Gallese. *Neuron*, Volume 42, Issue 2, 335-346, 22 April **2004**

Grasping the intentions of others with one's own mirror neuron system.

Iacoboni, M., Molnar-Szakacs, I., Gallese, V., Buccino, G., Mazziotta, J. C., & Rizzolatti, G. (**2005**). *Plos Biology*, 3(3), 529-535

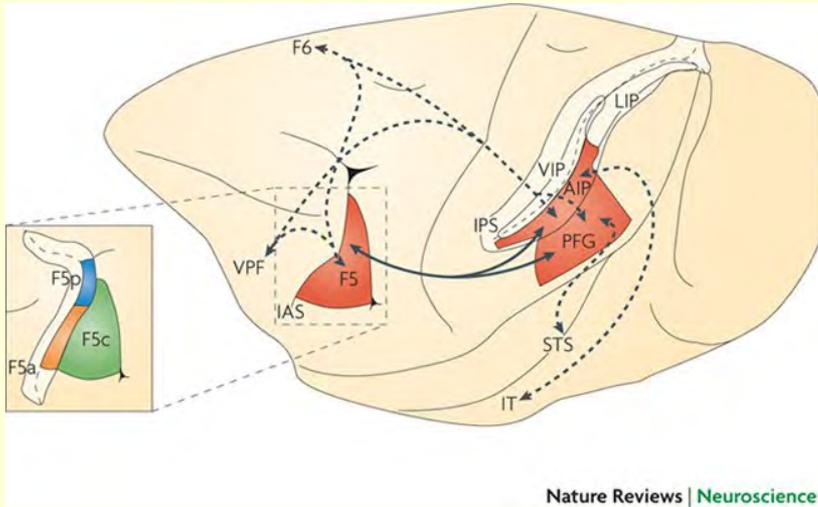
Understanding motor events - A neurophysiological study.

di Pellegrino, G., Fadiga, L., Fogassi, L., Gallese, V., & Rizzolatti, G. (1992). Experimental Brain Research, 91(1), 176-180.



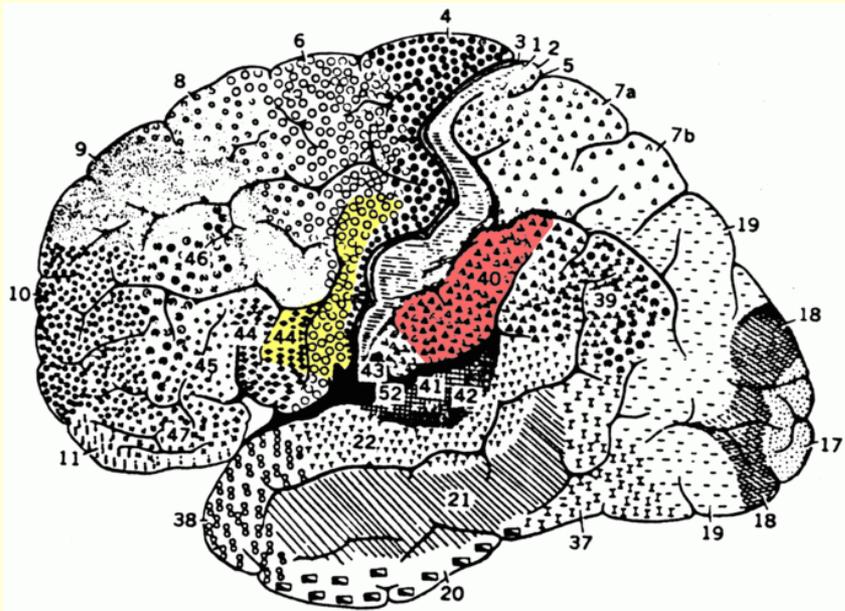
Dans l'aire **F5** du cortex **prémoteur** ventral du singe, on a découvert, vers le milieu des années 1990, que certains neurones émettaient des potentiels d'action non seulement lorsque le singe faisait un mouvement de la main ou de la bouche, mais aussi lorsqu'il regardait simplement un autre animal ou un humain faire le même geste. On appela ces neurones des «**neurones miroirs**».

Un autre type de neurones dits «**canoniques**» s'activent quant à eux à la simple vue d'un objet saisissable par le mouvement de préhension de la main codé par ce neurone. Comme si cerveau anticipait une interaction possible avec cet objet et se préparait en conséquence.



Singe :

Enregistrements intracellulaires



Humain :

IRMf : preuve indirecte

Mirror Neurons



THE NEW SCIENCE OF HOW
WE CONNECT WITH OTHERS

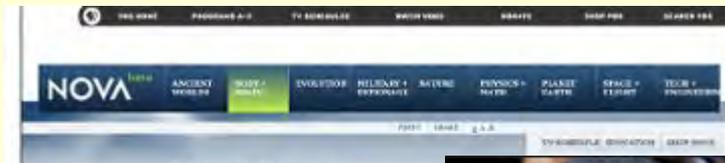
Mirroring People

MARCO
IACOBONI



Cortical Mechanisms of Human Imitation

Marco Iacoboni, Roger P. Woods, Marcel Brass, Harold Bekkering, John C. Mazziotta,
Giacomo Rizzolatti. *Science* 24 December **1999**: Vol. 286 no. 5449 pp. 2526-2528



Mirror Neurons

Transcript of NOVA video

Why do sports fans feel so emotionally invested in the winning team and they seem part of the game. How do we learn to imitate others? In fact, it's not just imitating we can't help it and it's not just imitating we can't help it. As the video reveals, our so-called mirror neurons are what make us so human.

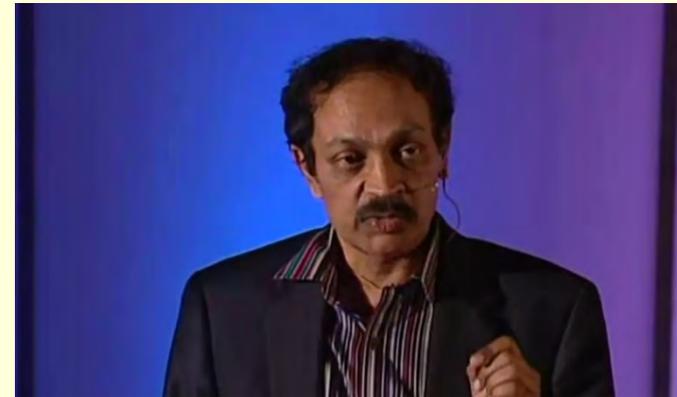


'the neurons that shaped civilization'

'the single most important "unreported" story of the decade'

Rôle attribué dans :

- notre compréhension des **intentions** et des états mentaux des autres,
- notre capacité **d'imitation**
- **l'empathie** (ou ses troubles, par exemple **l'autisme**)
- l'évolution et l'apprentissage du **langage** (l'aire F5 chez le singe est considérée comme l'homologue de l'aire de Broca)



V.S. Ramachandran

Single-Neuron Responses in Humans during Execution and Observation of Actions

Roy Mukamel, Arne D. Ekstrom, Jonas Kaplan, Marco Iacoboni, and Itzhak Fried. Current Biology 20, 750–756, April 27, **2010**

Avec des électrodes intra-crâniennes chez un patient épileptique en évaluation pour subir une chirurgie, cette équipe affirme avoir observé **des neurones qui font feu à la fois quand un patient observe ou exécute une action.**

Ces neurones étaient toutefois situés dans plusieurs régions hors du “circuit de neurones miroirs” classique chez l’humain (par exemple l’hippocampe).

Critiqué pour cette raison, parce que s’ils sont partout, ils perdent ainsi beaucoup de leur puissance explicative pour quoi que ce soit.

Mais aussi parce que ce n’était qu’un faible pourcentage des neurones qui se comportaient ainsi (2 à 14 %, selon les régions).

Asymmetric fMRI adaptation reveals **no evidence for mirror neurons in humans**

PNAS, Angelika Lingnau, Benno Gesierich, and Alfonso Caramazza
approved April 24, **2009**

En utilisant un phénomène **d'adaptation** où les neurones réduisent leur activité en réponse à un même stimulus présenté de manière répétitive :

Affirment que leur données **ne supportent pas le postulat de base des neurones miroirs**, à savoir que ce sont les mêmes neurones qui répondent pour une action spécifique observée ou exécutée.

Eight problems for the mirror neuron theory of action understanding in monkeys and humans.

Hickok G. J Cogn Neurosci. **2009** Jul;21(7):1229-43.

Huit problèmes avec les neurones miroirs

<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2011/07/18/huit-problemes-avec-les-neurones-miroirs/>

Cette théorie explicative générerait selon lui cette belle unanimité parce qu'elle est simple à comprendre et semble aller de soit.

Mais empêcherait du même coup l'exploration d'autres fonctions potentiellement aussi intéressantes pour les neurones miroirs.

Par exemple, les neurones miroirs pourraient « **enrichir** » **de manière sensorimotrice certains concepts abstraits**, par exemple celui de saxophone ou d'un style de danse particulier.

Les scientifiques à l'origine de leur découverte ont écrit récemment que les neurones miroir pourraient avoir un rôle plus restreint que ce qui avait été d'abord anticipé.

« They suggest that the cells play a role in helping us to understand, **'from the inside'**, actions that we already know how to perform. Critics argue that this confirms the alternative theory that mirror neurons are involved instead in selecting and controlling actions.”

Fermer la parenthèse sur les
neurones miroirs et retour à
l'attention...

Au menu :

Inconscient et rationalité

Inconscient et émotion

Conscience et attention

(parenthèse : neurones miroirs)

Contrôle « top down » et « bottom up »

Corrélat neuronal de la conscience



Maîtres et esclaves de notre **attention**

<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2013/03/11/2463/>

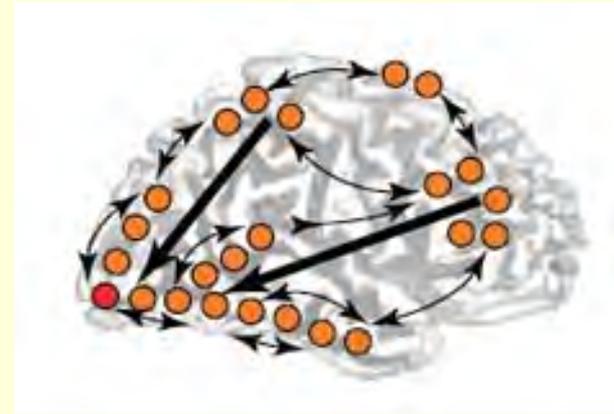
« Nous sommes à la fois maîtres et esclaves de notre attention. Nous pouvons l'orienter et la focaliser, mais elle peut aussi nous échapper, être captée par des événements ou objets extérieurs. »

Les deux visages fondamentaux de l'attention sont ainsi décrits par **Jean-Philippe Lachaux**, directeur d'un laboratoire en neurosciences cognitives à Lyon, France.

Lachaux rappelle que nous vivons dans un monde riche et chaotique que notre cerveau **ne peut pas appréhender dans sa globalité**. Il n'a donc pas le choix de **sélectionner** à tout moment certains aspects de son environnement. Mais lesquels ?

C'est que l'attention est constamment tirillée entre ce qui peut l'aider à **accomplir la tâche qu'on est en train de faire** et les nombreuses sollicitations de l'environnement qui peuvent nous en distraire.

Dans le premier cas, on parle de contrôle du « haut vers le bas » (ou « **top down** », en anglais) pour rendre l'idée que c'est l'individu qui fixe délibérément son attention sur une tâche. Il s'agit d'un formidable filtre qui nous empêche d'être distrait par d'autres stimuli que ceux qui concerne la tâche à effectuer.



Au point de nous rendre « **aveugles** » à des choses qui peuvent être assez surprenantes...

La version « 2.0 »

http://www.youtube.com/watch?v=IGQmdoK_ZfY&feature=relmfu

Hahaha...

<http://www.youtube.com/watch?v=z9aUseqgCiY>

Clues

<http://www.youtube.com/watch?v=ubNF9QNEQLA>

Person swap (Building on the work of Daniel Simons' original "[Door Study](#),")

<http://www.whatispsychology.biz/perception-change-blindness-video>

Le retour du gorille invisible

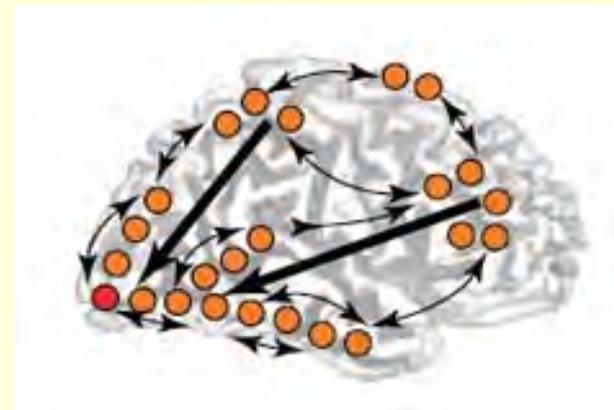
<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2012/04/09/le-retour-du-gorille-invisible-2/>

Simons, Chabris et leurs démonstrations de la **cécité attentionnelle** viennent bousculer notre conviction de percevoir toujours l'ensemble des éléments qui se trouvent dans notre champ visuel.

Simons explique que dans la vie de tous les jours, on passe notre temps à manquer des éléments présents dans notre champ de vision. Ce qui nous rend si confiants en nos sens, c'est justement que **nous n'avons pas conscience de tout ce que nous ne remarquons pas** ! On assume donc bien naïvement que l'on perçoit toujours tout.

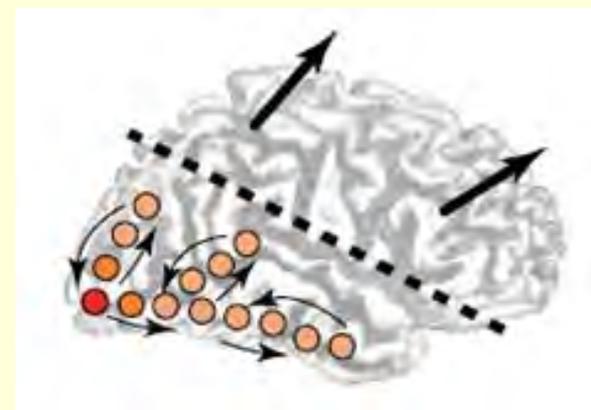


Dans le premier cas, on parle de contrôle du « haut vers le bas » (ou « **top down** », en anglais) pour rendre l'idée que c'est l'individu qui fixe délibérément son attention sur une tâche. Il s'agit d'un formidable filtre qui nous empêche d'être distrait par d'autres stimuli que ceux qui concerne la tâche à effectuer.



Au point de nous rendre « aveugles » à des choses qui peuvent être assez surprenantes...

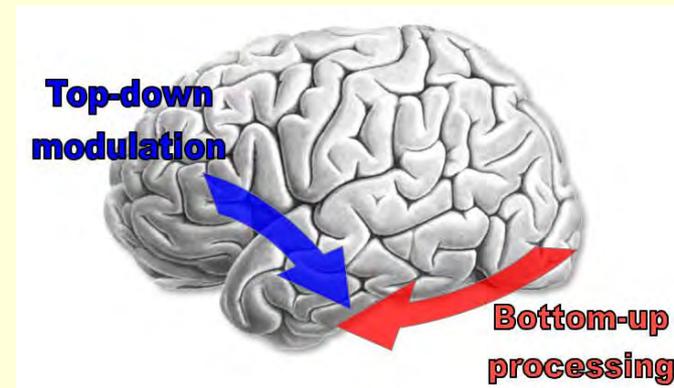
Dans le second cas, le stimulus en provenance de l'environnement extérieur va pour ainsi dire se frayer un chemin jusqu'à l'attention, la capter du fait de sa connotation dangereuse ou prometteuse pour l'organisme. On parle alors de mécanismes allant du « bas vers le haut » (ou « **bottom up** » en anglais). C'est le cas de la publicité qui assaille nos sens par son intensité sonore ou visuelle, de son contenu affectif, etc. Ou, de nos jours, des courriels et des statuts de nos ami.e.s des médias sociaux qui viennent à tout moment nous rappeler leur présence, même sur nos téléphones portables, donc partout et à tout moment.



Or notre système d'alarme cérébral et la recherche de nouveautés prometteuses en ressources sont deux mécanismes adaptatifs très puissants de notre cerveau qui sont branchés en permanence sur le « bottom up », autrement dit sur ce qui nous arrive par nos sens.

Et ce que Lachaux et d'autres spécialistes de l'attention montrent, c'est que nos « ressources attentionnelles » sont l'objet d'une véritable **lutte d'influence** entre des régions cérébrales privilégiant des objectifs conscients et planifiés, et d'autres régions sensibles à ce qui pourrait potentiellement nous faire du mal ou du bien dans notre environnement.

C'est donc ce **rapport de force** qui se joue en nous à chaque instant et qui détermine le déplacement ou le maintien de l'attention. Le comprendre est essentiel pour trouver comment demeurer maître de nous-mêmes quand notre attention a tendance à se focaliser là où on ne le souhaite pas.



Frederick Adams and Kenneth Aizawa

The Bounds of Cognition

Blackwell Publishing, Malden, MA, 2008, 197 pp.

Reviewed by Max Velmans,

http://www.imprint.co.uk/pdf/16_1%20books.pdf

Studies of **inattentional blindness** such as Simons & Chabris (1999), for example, suggest that we do not see what we do not attend to even when we are directing our gaze at it.

Equally surprising, studies of **change blindness** such as Simons & Levin (1998) demonstrate that we do not notice major changes in what we are gazing at unless fast transitions capture our attention, or we happen to be focusing our attention on the precise features that change.

Taken together, such findings provide persuasive demonstrations that **what we notice about the perceived world is less complete and detailed than we usually think.**

The findings also challenge a commonly held view within psychology about how perception works, namely that we have a detailed, and complete inner representation of the external world [...]



Cécité au changement

http://www.gocognitive.net/sites/default/files/change_blindness.v.0.93_0.swf

<http://www.cs.ubc.ca/~rensink/flicker/download/Dinner.mov>

Au menu :

Inconscient et rationalité

Inconscient et émotion

Conscience et attention

(parenthèse : neurones miroirs)

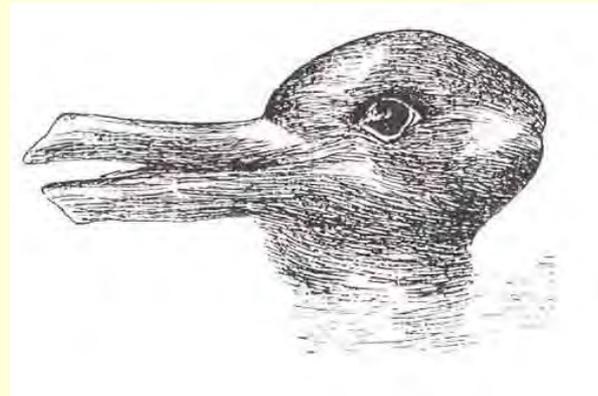
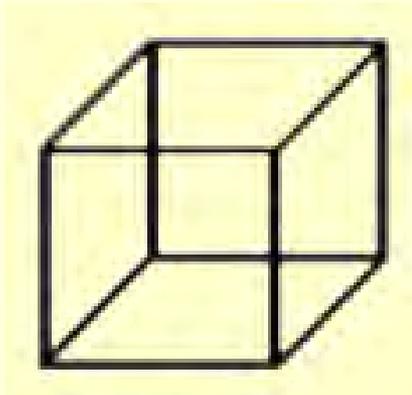
Contrôle « top down » et « bottom up »

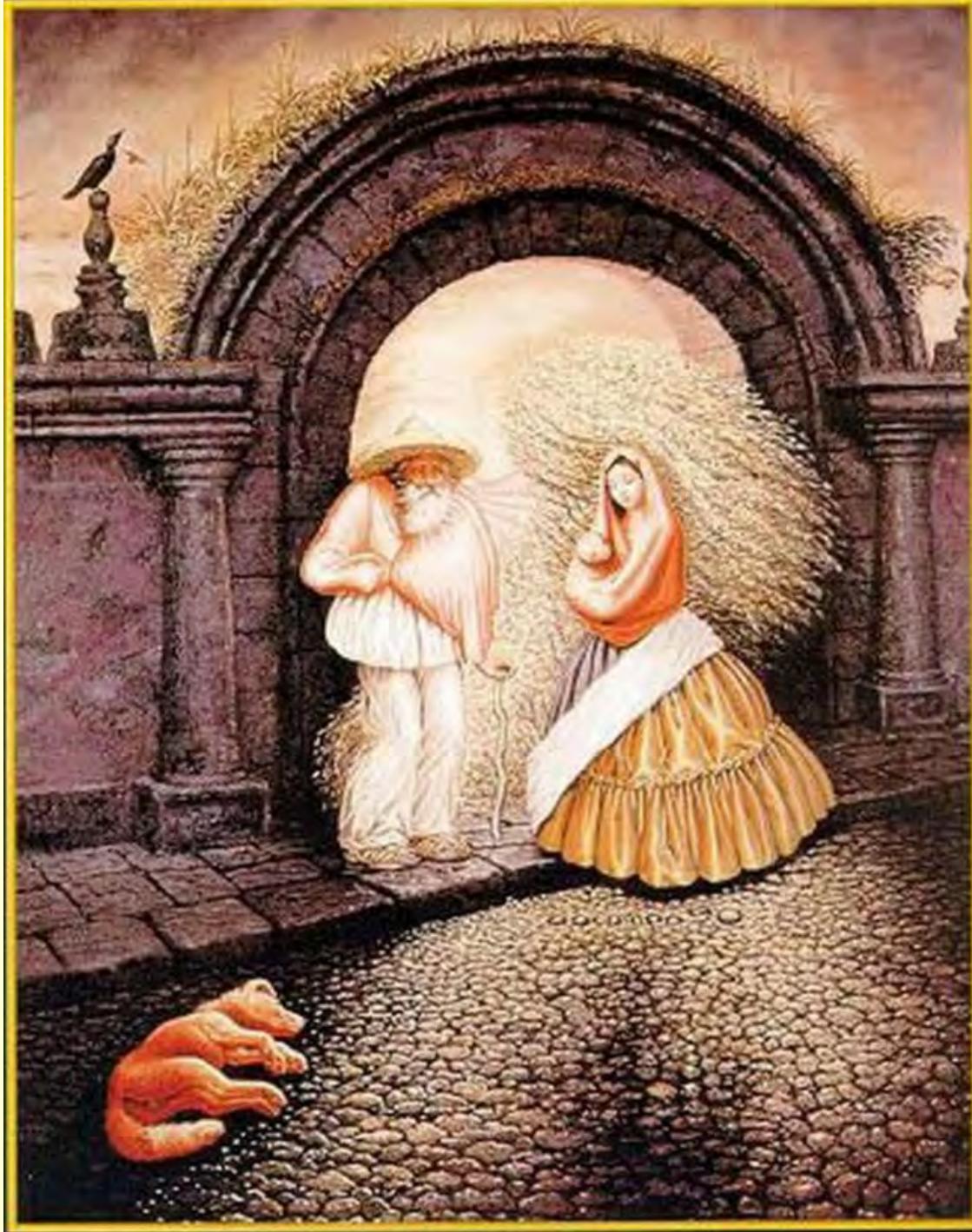
Corrélat neuronal de la conscience

Comment peut-on étudier la conscience si l'on ne s'entend sur une définition précise ?

On peut par exemple examiner des situations où **la perception consciente change alors que le stimulus présenté, lui, ne change pas.**

Le phénomène de la **rivalité binoculaire** est un exemple de perceptions rivales. Par exemple, le figure bistables :

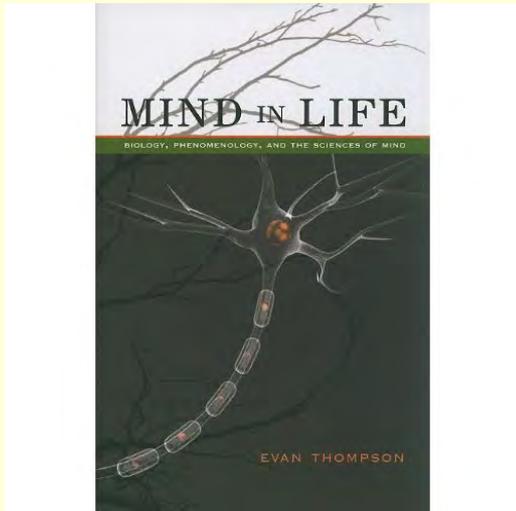




On peut aussi créer une rivalité binoculaire en regardant dans des oculaires qui donnent à voir une **image différente pour chaque oeil**.

Dans ces conditions, la perception subjective du sujet **va osciller entre deux états** : il verra tantôt le stimulus présenté à l'œil gauche, tantôt celui présenté à l'œil droit.

Si l'on fait cette expérience en enregistrant l'activité du cerveau des sujets auxquels on demande d'indiquer lequel des deux stimuli ils **perçoivent** à un moment donné, on observe une variation de l'activité de certaines régions du cerveau **en fonction de l'expérience subjective**.



2007



Evan Thompson - "Waking, Dreaming, Being" at CIIS

<https://www.youtube.com/watch?v=IZyJODW4IQs>

Extrait vidéo : de 10:30 à 14:00 min. (3 min. 30 sec.)

<http://www.deepdive.com/lp/elsevier/waves-of-consciousness-ongoing-cortical-patterns-during-binocular-6PWTeNMz7x>



ELSEVIER

NeuroImage

www.elsevier.com/locate/ynimg
NeuroImage 23 (2004) 128–140

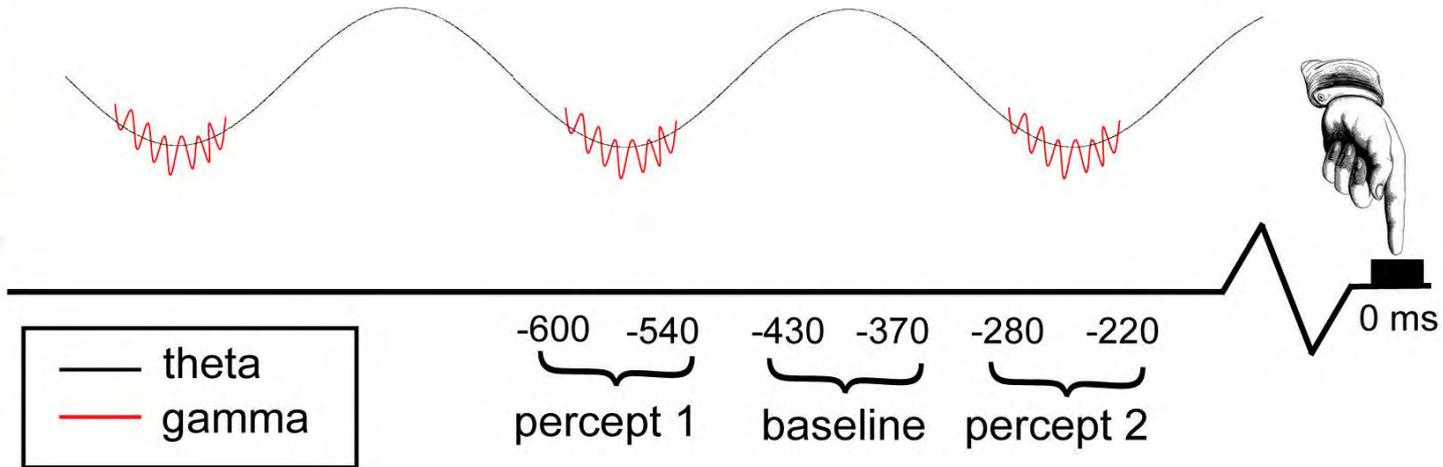
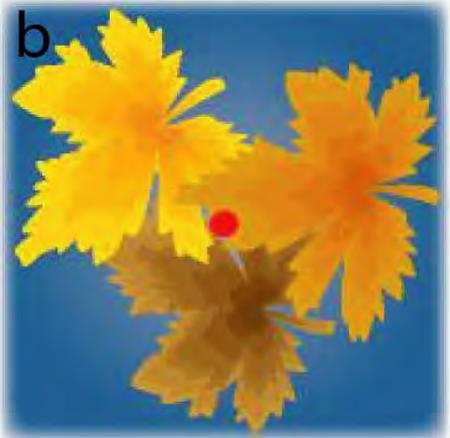
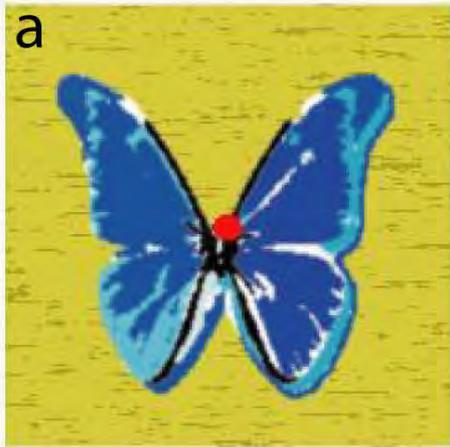
Waves of consciousness: ongoing cortical patterns during binocular rivalry

Diego Cosmelli,* Olivier David,¹ Jean-Philippe Lachaux, Jacques Martinerie, Line Garnero, Bernard Renault,* and Francisco Varela²

Cognitive Neuroscience and Brain Imaging Laboratory, CNRS UPR 640, Hôpital de La Salpêtrière, 75651 Paris Cedex 13, France

Received 18 December 2003; revised 4 May 2004; accepted 11 May 2004

Pour qu'il y ait conscience, il semble donc qu'il doit y avoir échange ou résonance entre différentes régions du cerveau.



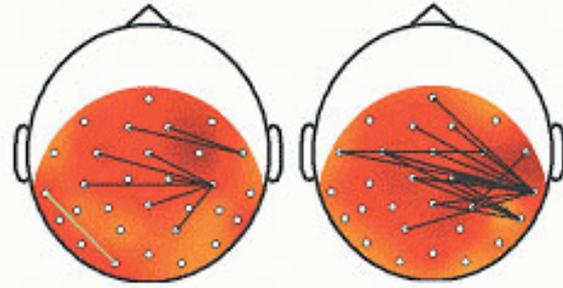
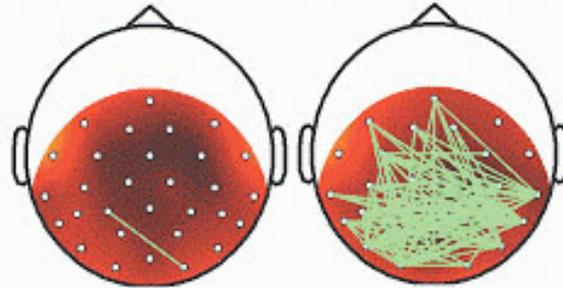
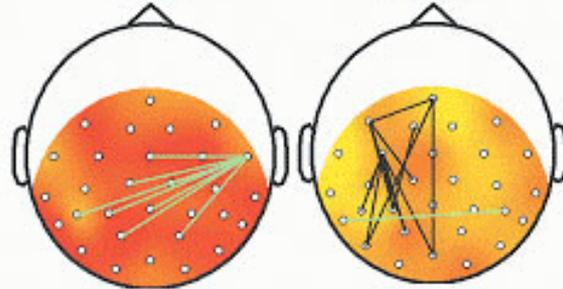
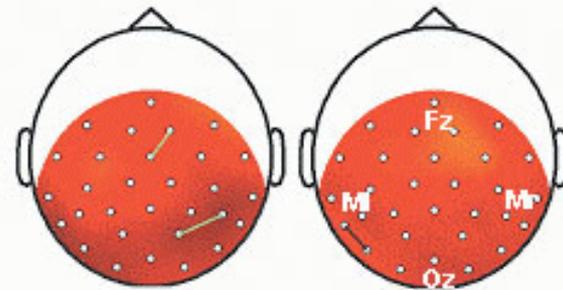


'Mooney' faces

Significant phase locking

Significant phase scattering

No Perception Perception



0 - 180 ms

180 - 360 ms

360 - 540 ms

540 - 720 ms

Time

6 8 10 12



Gamma power (σ)

(from Rodriguez *et al*, 1999).

Mot non perçu consciemment



Temps



Mot perçu consciemment

Jouer l'animation
au ralenti

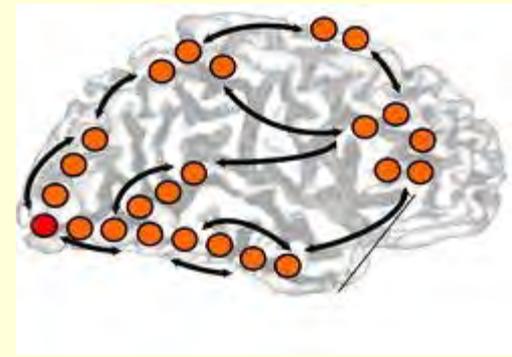
Jouer l'animation
en temps réel

Que le mot soit perçu ou pas, les 275 premières millisecondes (ms) sont identiques : seul le **cortex visuel** est activé. Cela correspond bien au traitement modulaire bien connu du cortex visuel.

Mais par la suite, quand le mot est vu consciemment, l'activation est largement amplifiée et réverbérée d'abord à travers le **cortex frontal** (dès 275 ms), ensuite **préfrontal** (dès 300 ms), **cingulaire antérieur** (dès 430 ms) et finalement **pariétal** (dès 575 ms).

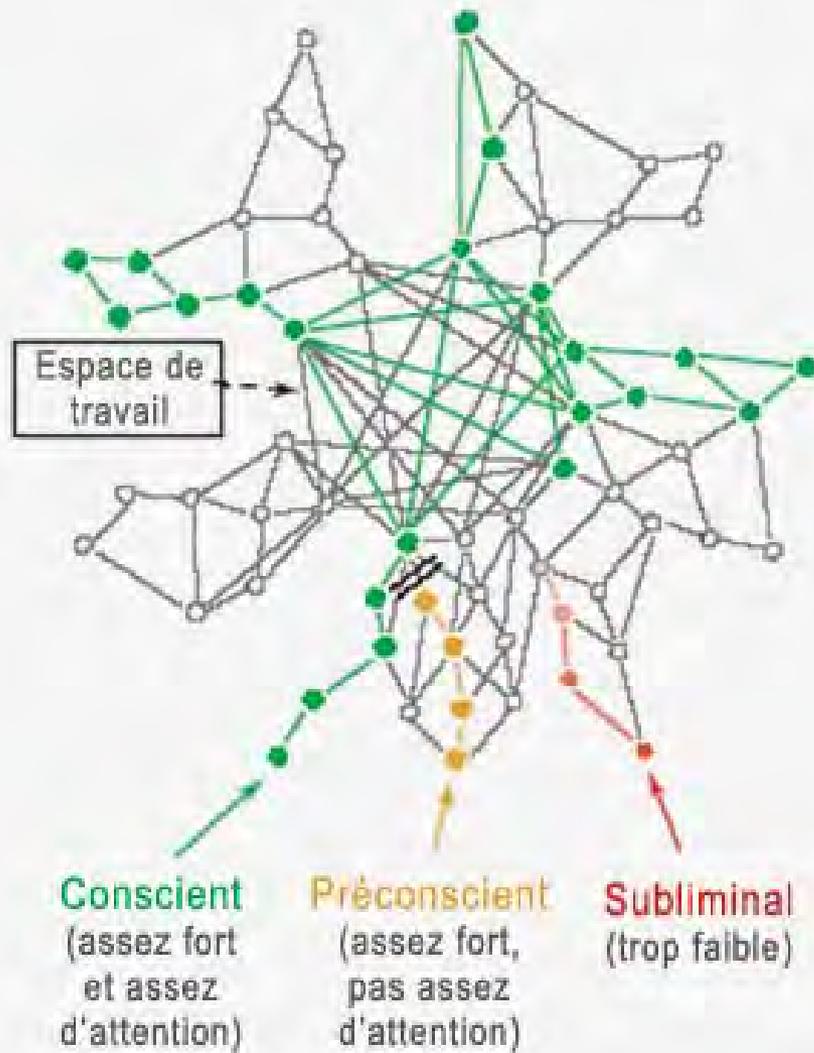
Mais lorsque le mot n'est pas vu consciemment, l'activation demeure localisée dans le **cortex visuel** et s'éteint progressivement jusqu'à ce que toute activité cesse à partir de 300 ms.

L'étude de la **conscience** a été le sujet de réflexion de nombreux philosophes. Aujourd'hui, c'est au tour des neuroscientifiques de s'y intéresser.

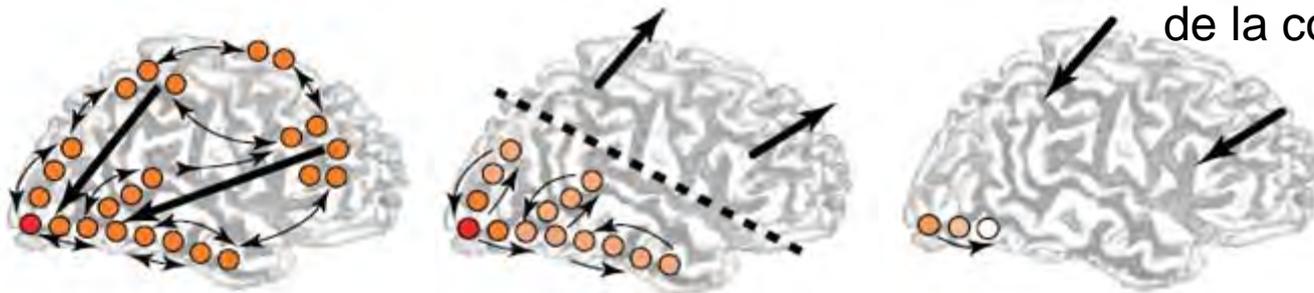


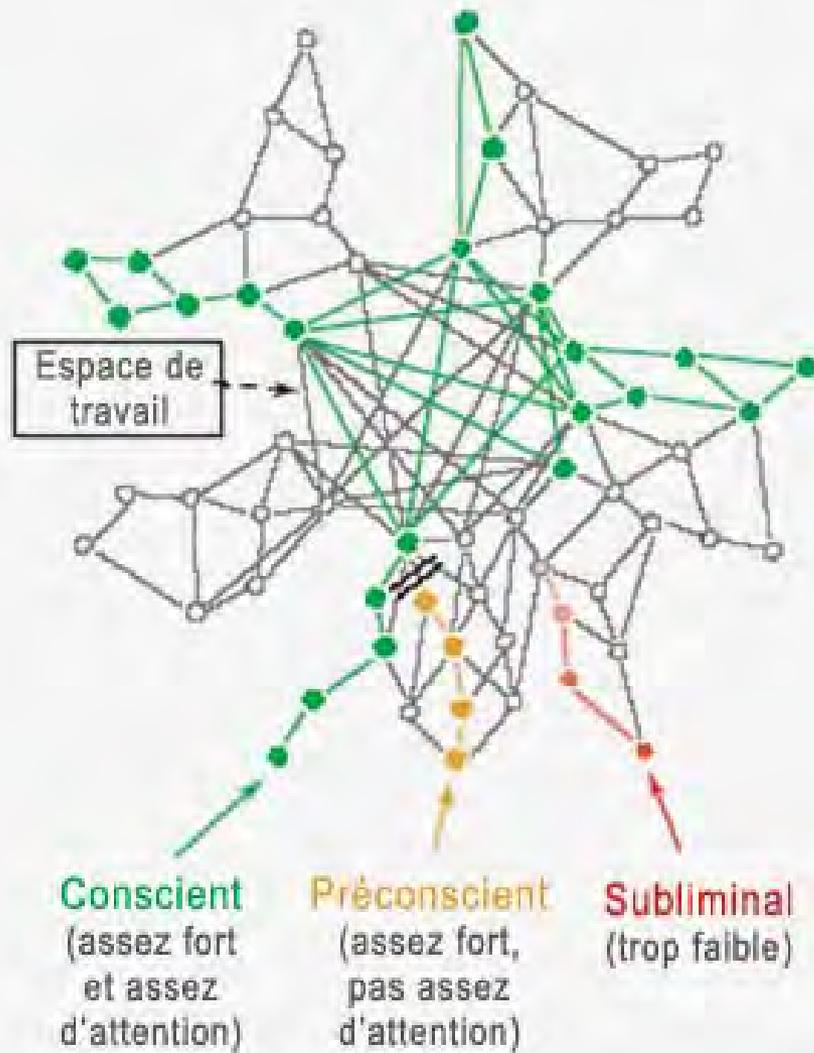
À commencer par sa définition. Qu'est-ce que la conscience ?

- Pour certains, être conscient, c'est être **éveillé**, par opposition aux situations où la conscience disparaît (sommeil, coma, anesthésie).
- Pour d'autres, c'est avoir **accès** à ses pensées et au monde environnant.
- Pour d'autres encore, c'est la **conscience de soi**, sa capacité à se représenter en tant qu'individu ici et maintenant.

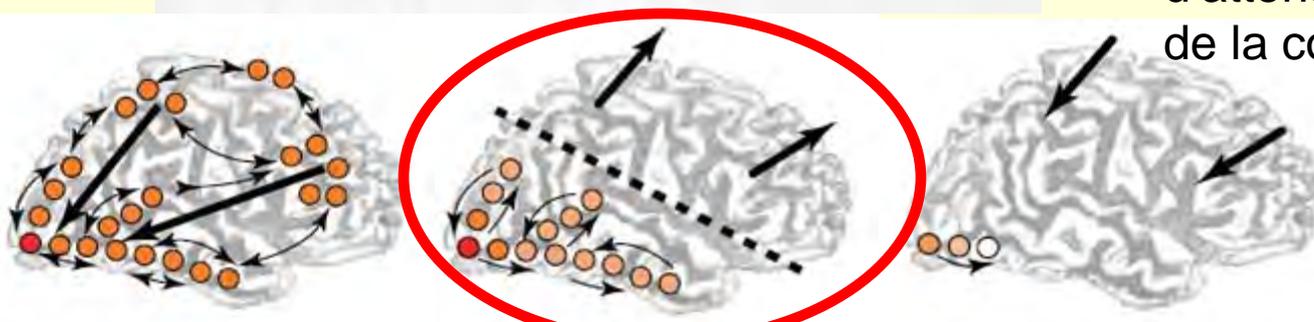


- un premier niveau de traitement **subliminal** où l'activation de bas en haut n'est pas suffisante pour déclencher un état d'activation à grande échelle dans le réseau;
- un second niveau **préconscient** qui possède suffisamment d'activation pour accéder à la conscience mais est temporairement mis en veilleuse par manque d'attention de haut en bas;
- un troisième niveau **conscient**, qui envahit l'espace de travail global lorsqu'un stimulus préconscient reçoit suffisamment d'attention pour franchir le seuil de la conscience.

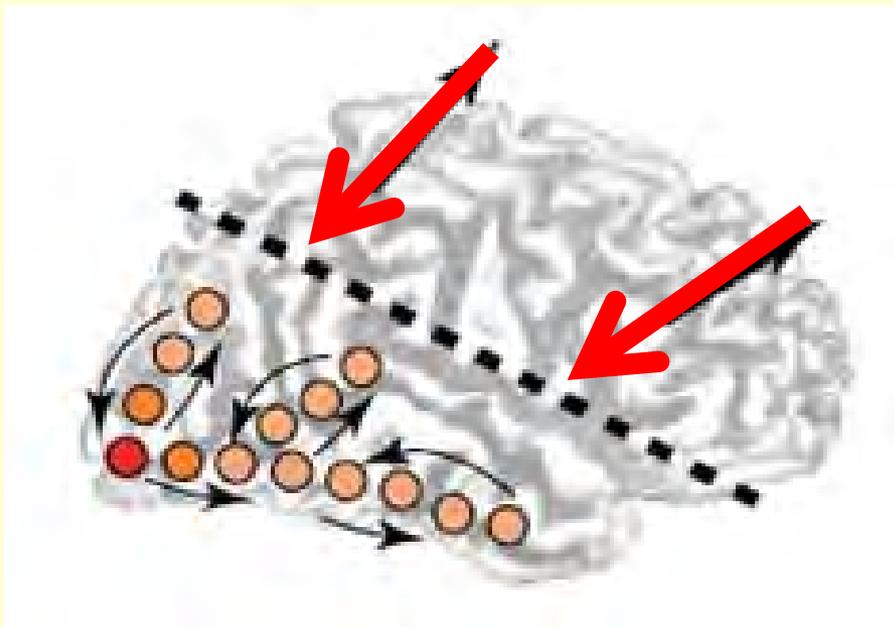




- un premier niveau de traitement **subliminal** où l'activation de bas en haut n'est pas suffisante pour déclencher un état d'activation à grande échelle dans le réseau;
- un second niveau **préconscient** qui possède suffisamment d'activation pour accéder à la conscience mais est temporairement mis en veilleuse par manque d'attention de haut en bas;
- un troisième niveau **conscient**, qui envahit l'espace de travail global lorsqu'un stimulus préconscient reçoit suffisamment d'attention pour franchir le seuil de la conscience.



Peut-on avoir accès aux processus ou aux éléments préconscients (ou inconscients) ?



Nisbett, Richard, & Wilson, Timothy. (1977).
**Telling more than we can know:
Verbal reports on mental processes.**

Psychological Review, 84, 231-259.

<http://people.virginia.edu/~tdw/nisbett&wilson.pdf>



On demande à des gens de **mémoriser des paires de mots**. Table-chaise, fenêtre-porte, pain-beurre, etc. Pour certaines personnes, il y a une paire de mot bien particulière... la paire **océan-lune**.

On leur demande ensuite quelle est votre marque de poudre à lessiver préférée? Les personnes du groupe qui a dû retenir la paire de mots *océan-lune* choisissent beaucoup plus **la poudre à lessiver Tide** (qui n'existe plus aujourd'hui). L'expérience se déroule en anglais, et notez qu'en anglais, Tide veut dire **marée**... phénomène physique bien connu lié à l'interaction entre la lune et l'océan.... notre paire de mots mémorisée.

On demande ensuite aux gens **pourquoi avez-vous choisi la poudre Tide**. Ils sont incapable de faire le lien avec la paire de mots et font plutôt référence au fait que la boîte est jolie et que sa couleur attire l'attention, ou au fait que leur maman utilisait cette poudre quand ils étaient petits.

Bref, nous sommes très peu capables de faire le lien entre une cause et sa conséquence dès lors qu'il s'agit d'influences subtiles, mais nous avons par contre **toujours une explication valide ou probable ou plausible à avancer**.

(on va voir la semaine prochaine que cela rejoint bien d'autres expériences, celle avec les sujets à cerveau divisé (« split-brain »), entre autres...)

<http://philpapers.org/archive/JOHFTD.pdf>

Johansson, P., Hall, L., Sikström, S., & Olsson, A. (2005).

Failure to detect mismatches between intention and outcome in a simple decision task.

Science (New York, N.Y.), 310 (5745), 116 –9.

Abstract:

A fundamental assumption of theories of decision-making is that we detect mismatches between intention and outcome, adjust our behavior in the face of error, and adapt to changing circumstances. Is this always the case?

We investigated the relation between intention, choice, and introspection. Participants made choices between presented face pairs on the basis of attractiveness, while we covertly manipulated the relationship between choice and outcome that they experienced.



Participants failed to notice conspicuous mismatches between their intended choice and the outcome they were presented with, **while nevertheless offering introspectively derived reasons for why they chose the way they did.** We call this effect **choice blindness.** (nommée après les deux autres)

We seem to have little or no awareness of choices we've made and why we've made them. **We then use rationalisations to try and cover our tracks.**

This is just one example of the general idea that we have relatively **little access** to the inner workings of our minds.

Petitmengin C., Remillieux A., Cahour C., Carter-Thomas S. (2013).

A gap in Nisbett and Wilson's findings?

A first-person access to our cognitive processes.

http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/94/04/22/PDF/A_first-person_access.pdf

Conscious. Cogn. 22, 654–669.10.1016

Abstract

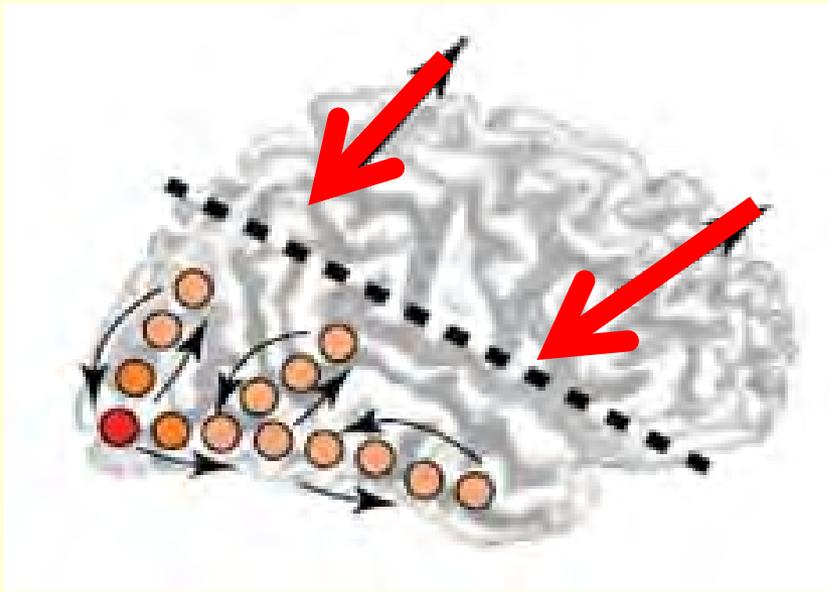
The well-known experiments of Nisbett and Wilson lead to the conclusion that we have no introspective access to our decision-making processes. Johansson et al. have recently developed an original protocol consisting in manipulating covertly the relationship between the subjects' intended choice and the outcome they were presented with: **in 79.6% of cases, they do not detect the manipulation and provide an explanation of the choice they did *not* make**, confirming the findings of Nisbett and Wilson.

We have reproduced this protocol, while introducing for some choices an expert guidance to the description of this choice. **The subjects who were assisted detected the manipulation in 80% of cases.** Our experiment confirms Nisbett and Wilson's findings that we are usually unaware of our decision processes, but goes further by showing that we can access them through specific mental acts.

Thèse de Krystèle Appourchaux (2012):

« Varela et Shear parlent ainsi de « phénomènes subpersonnels ou non conscients », qui ne sont pas ordinairement présents à la conscience, mais qui peuvent néanmoins être accessibles grâce aux méthodes que nous venons de décrire.

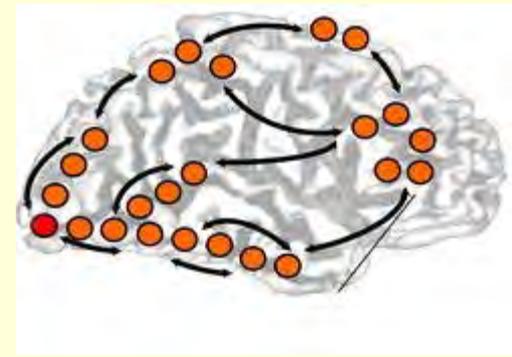
Ils dénoncent « le préjugé naïf selon lequel la ligne de démarcation entre ce qui est strictement subpersonnel et ce qui est conscient est fixe », puisque des techniques de conversion de l'attention et d'explicitation font reculer le seuil entre ce qui parvient à la conscience et ce qui reste de l'ordre du « préréfléchi ». »



Donc une question de **degrés...**

comme la conclusion de ce qui vient en 2^e heure...

L'étude de la **conscience** a été le sujet de réflexion de nombreux philosophes. Aujourd'hui, c'est au tour des neuroscientifiques de s'y intéresser.

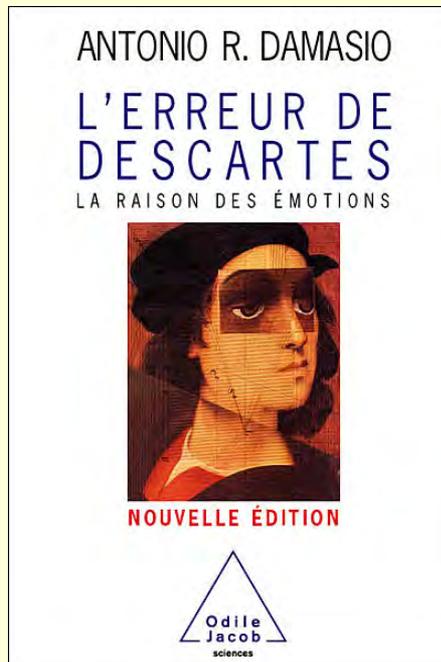


À commencer par sa définition. Qu'est-ce que la conscience ?

- Pour certains, être conscient, c'est être **éveillé**, par opposition aux situations où la conscience disparaît (sommeil, coma, anesthésie).
- Pour d'autres, c'est avoir **accès** à ses pensées et au monde environnant.
- Pour d'autres encore, c'est la **conscience de soi**, sa capacité à se représenter en tant qu'individu ici et maintenant.

Aux **différents niveaux d'accessibilité des contenus** de conscience décrits par Changeux et Dehaene s'ajoutent un autre continuum : celui de la **capacité d'un cerveau à se représenter le « soi »**.

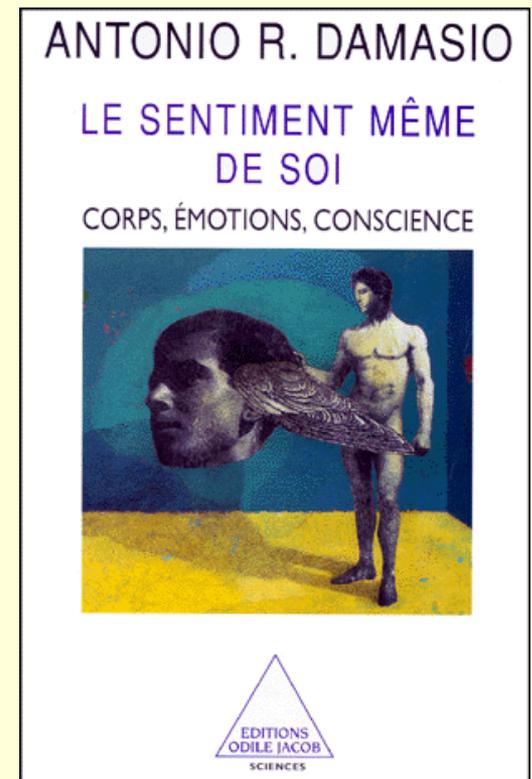
Comment cette représentation de soi contribue-t-elle à l'expérience consciente ? Voilà une question au centre des préoccupations de chercheurs comme [Edelman](#), [Tononi](#), [Llinás](#) et surtout



Antonio Damasio, dans *L'Erreur de Descartes* publié en 1994, que la pensée consciente dépend substantiellement de la perception viscérale que nous avons de notre corps. Nos décisions conscientes découlent de raisonnements abstraits mais Damasio montre que ceux-ci s'enracinent dans notre perception corporelle et que c'est ce constant monitoring des échanges entre corps et cerveau qui permet la prise de décision éclairée.

C'est ce que signifie le concept de « marqueur somatique » de Damasio tout en clarifiant le rôle et la nature des émotions d'un point de vue évolutif. Les manifestations somatiques de ces émotions, en étant prises en compte dans la mémoire de travail, permettent de « marquer » d'une valeur affective l'information perceptuelle en provenance de l'environnement extérieur, et donc d'en évaluer l'importance pour l'organisme. Ce qui s'avère essentiel pour toute prise de décision impliquant la survie de l'organisme en question.

En 1999, dans *Le sentiment même de soi*, Damasio développe son modèle pour rendre compte des différents niveaux possibles de la conscience de soi. Le monitoring viscéral décrit plus haut devient le **proto-soi**, une perception d'instant en instant de l'état émotionnel interne du corps rendue possible, entre autres, par l'insula.



Lundi, 18 mars 2013

Nos sentiments pourraient se passer de l'insula



L'insula est une partie du cortex cérébral dont la position en repli à l'intérieur des circonvolutions cérébrales la rend moins accessible. Voilà pourquoi elle est restée méconnue pendant longtemps, jusqu'à ce que des neurobiologistes comme **Antonio Damasio** mettent en évidence son rôle dans nombre de nos sentiments.

Très branchée sur nos réactions viscérales, elle était parfaitement positionnée pour nous faire prendre consciences de ces bouleversements corporels internes associés à la moindre de nos émotions.

Or voilà que le même Damasio vient de publier un article dans la revue *Nature Neuroscience* où il **relativise la contribution de l'insula dans la genèse de nos sentiments**. Il rappelle plusieurs observations qui ne sont pas très compatibles avec la thèse forte voulant que l'insula soit la plateforme essentielle de nos émotions et, par extension, de la conscience humaine qui s'élabore à partir de celles-ci.

[Parenthèse... fermée]

Par la suite, une perception du monde extérieur devient consciente quand elle est mise en relation avec ce proto-soi. Cette concordance d'un ordre supérieur, appelé **conscience noyau** par Damasio («core consciousness», en anglais) correspond à la question «Qu'est-ce que je ressens face à cette scène visuelle ou à cette phrase, par exemple ?». De nombreuses espèces animales pourraient être pourvues de ce sentiment du «ici et maintenant».

Un troisième niveau, la **conscience étendue**, devient possible lorsque l'on peut se représenter ses expériences conscientes dans le passé ou le futur par l'entremise de la mémoire et de nos fonctions supérieures permettant la conceptualisation abstraite.

La conscience qu'ont les êtres humains d'être soi-même et pas un autre, cette conscience autobiographique, serait donc ancrée pour Damasio dans tous ces instants de la vie où notre conscience noyau donne une valeur affective à ce que nous vivons. Par conséquent, ce moi autobiographique est sans cesse en reconstruction, éclairée qu'il est par le passé autant qu'influencé par nos attentes sur le futur.

Cette hiérarchisation de la conscience de soi en trois niveaux proposée par Damasio, on en retrouve plusieurs variantes dans les travaux d'autres chercheurs contemporains ou du passé.

La **conscience noyau** de Damasio correspond par exemple au soi-agent de William James ou à la conscience noétique de Endel Tulving (ces termes ne se recouvrant cependant pas complètement). L'expression générale de **conscience primaire** («awareness», en anglais) est fréquemment utilisée pour décrire cette conscience noyau ou «conscience-attention» correspondant à l'état de veille où nous sommes en relation avec notre environnement.

L'être humain partagerait ainsi la conscience primaire avec la plupart des animaux dotés d'organes sensoriels sophistiqués et d'un cerveau complexe. On parle aussi de «**conscience de créature**» pour décrire cette forme élémentaire de conscience qui permet par exemple à la mouche de naviguer dans l'espace et qui suppose qu'elle sait faire la différence entre ses propres mouvements et ce que fait le monde autour d'elle.

Les nouveaux-nés sont par contre encore incapables de faire la différence entre eux-mêmes et le reste du monde, y compris leur mère. Cette prise de conscience se développe entre l'âge de six mois et un an.

Ce que Damasio désigne comme **conscience-étendue**, cette conscience d'exister en tant que personne dans le temps, on y distingue souvent deux formes.

D'abord une **conscience réflexive** (ou introspective) qui met surtout l'emphase sur le fait que c'est moi qui perçois, qui dirige mon attention vers tel ou tel objet, telle ou telle pensée, qui contrôle mon raisonnement ou mon comportement. C'est la conscience d'avoir conscience de quelque chose qui serait commune aux humains et aux grands singes.

Cette conscience réflexive serait la condition nécessaire à la **conscience de soi**, c'est-à-dire le fait de connaître mon histoire personnelle, pourquoi je suis où je suis à l'instant présent ou pourquoi je serai à tel endroit ce soir. C'est la conscience auto-noétique de E. Tulving, le soi-objet de William James, autrement dit la construction du soi dans le temps qui ne s'amorce pas avant l'âge de deux ans chez l'être humain. Cela lui permettra éventuellement de se raconter, de se mettre en scène et de modifier ses souvenirs à mesure que sa vie se déroulera.

Références pour ce cours :

LES FAILLES DU MODÈLE CLASSIQUE DE LA CONSCIENCE

http://lecerveau.mcgill.ca/flash/i/i_12/i_12_p/i_12_p_con/i_12_p_con.html#4

BROCA, WERNICKE ET LES AUTRES AIRES DU LANGAGE + latéralisation + contribution hémisphère droit au langage

http://lecerveau.mcgill.ca/flash/d/d_10/d_10_cr/d_10_cr_lan/d_10_cr_lan.html#1 et suivantes...

-

LES LIENS ENTRE PENSÉE ET LANGAGE

http://lecerveau.mcgill.ca/flash/d/d_10/d_10_p/d_10_p_lan/d_10_p_lan.html et suivantes...

Conférences sur la conscience sur Internet

<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2012/07/02/conferences-sur-la-conscience-sur-internet/>

Neuroscience-fictions (in)conscientes : apport des neurosciences à l'étude des interprétations croyances conscientes

<http://vimeo.com/45396460>

Consciousness as Social Perception (BSP 108)

<http://brainsciencepodcast.com/bsp/108-graziano>

Evan Thompson - "Waking, Dreaming, Being" at CIIS

<https://www.youtube.com/watch?v=IZyJODW4IQs>

Références pour ce cours :

FONCTION ET ORIGINE ÉVOLUTIVE DE LA CONSCIENCE

http://lecerveau.mcgill.ca/flash/d/d_12/d_12_s/d_12_s_con/d_12_s_con.html et suivantes...

Quelle conscience pour les autres animaux ?

http://lecerveau.mcgill.ca/flash/capsules/experience_rouge06.html

Attention in the real world: toward understanding its neural basis

<http://www.cell.com/trends/cognitive-sciences/abstract/S1364-6613%2814%2900047-3>