

Plan du cours

~~Cours 1: Évolution cosmique, chimique et biologique (des unicellulaires aux multicellulaires)~~

~~Cours 2: Un neurone, deux neurones, quelques neurones (la grammaire de base du cerveau)~~

~~Cours 3: Des milliers et des millions de neurones (des structures cérébrales distinctes)~~

~~Cours 4: Des milliards de neurones (qui forment des réseaux à l'échelle du cerveau entier)~~

~~Cours 5: Des réseaux de milliards de neurones qui oscillent et se synchronisent dans le temps~~

~~Cours 6: Tout ce qui précède dans un corps situé dans un environnement~~

Cours 7 : Tout ce qui précède fait émerger les « fonctions supérieures »

Cours 8 : Tout ce qui précède pour considérer de grandes questions (libre arbitre, éducation, etc.)

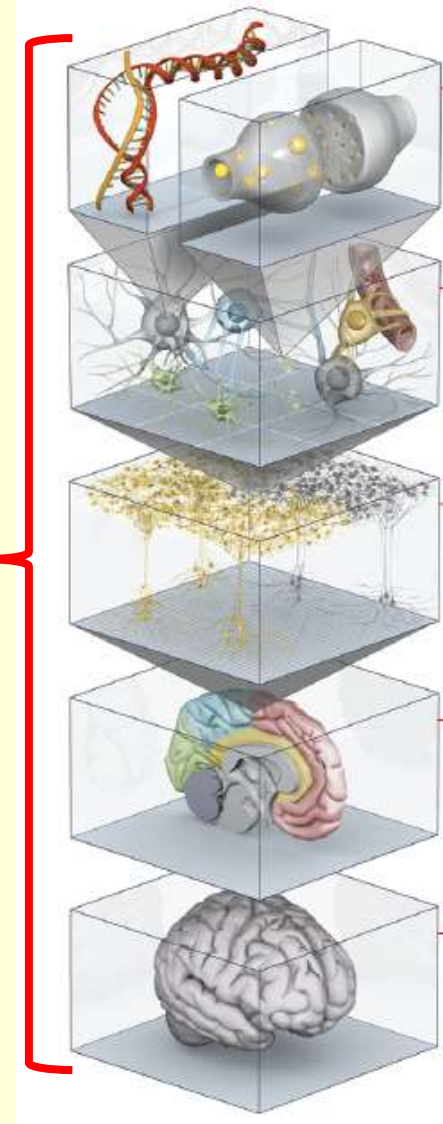
La semaine dernière:

Le social
(corps-cerveau-environnement)



Les 5
premiers cours:

L'individu
(corps-cerveau)



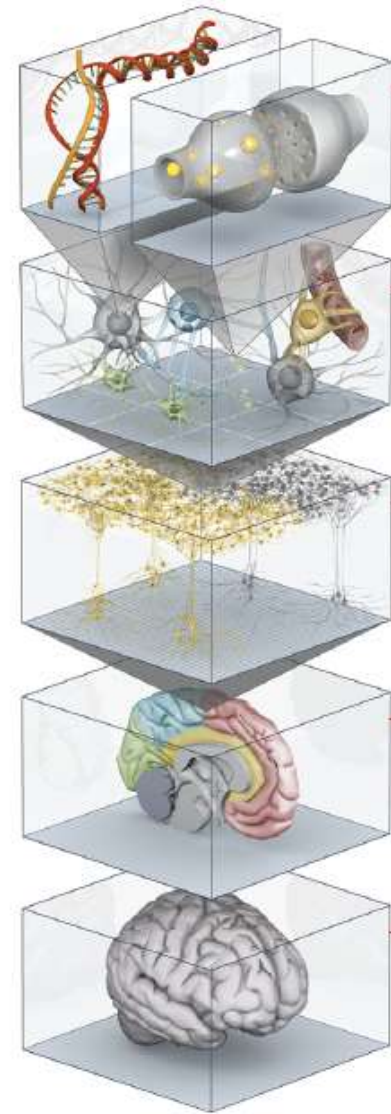


Cours 7 :
Tout ce qui précède
fait émerger les
« fonctions
supérieures »

Le social
(corps-cerveau-environnement)



L'individu
(corps-cerveau)



Plan

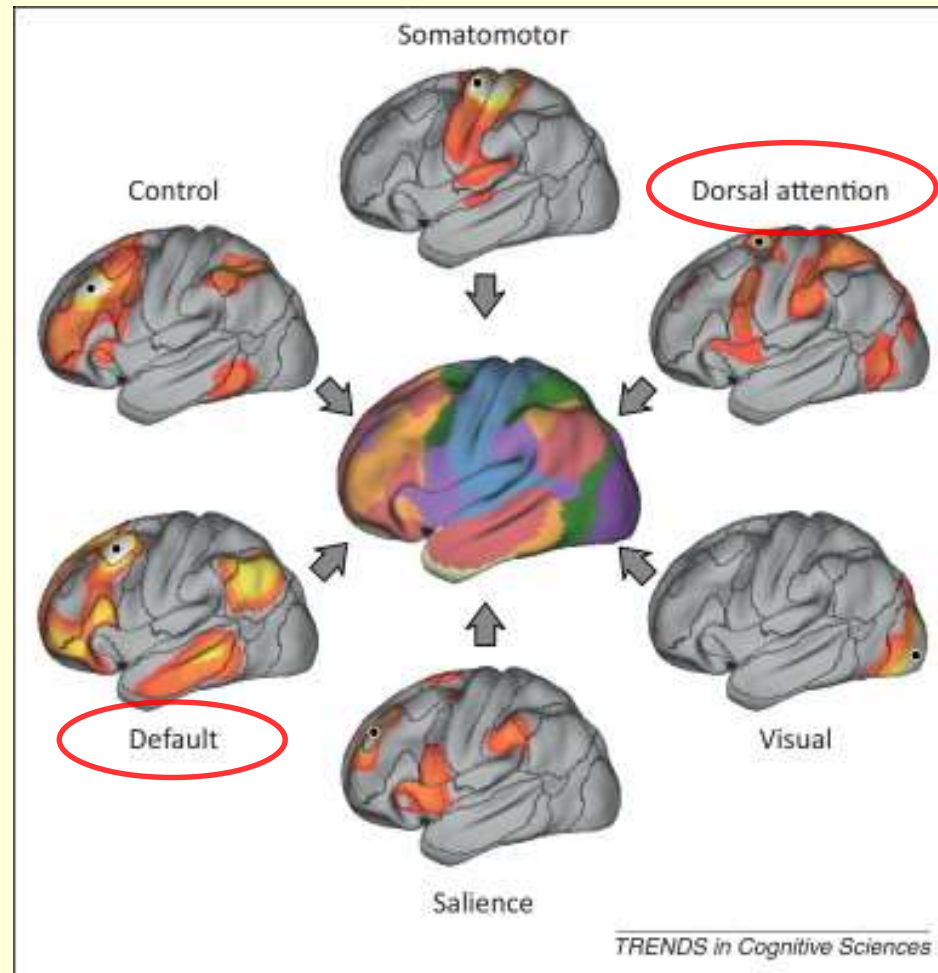
- **Intro : les fonctions « exécutive » ou « supérieures »**
- L'attention
- L'inhibition des automatismes
- La lecture, une tâche sollicitant diverses fonctions exécutives

[Pause]

- Simulation mentale
- L'analogie, cœur de la pensée
- Le cerveau comme une machine à faire des prédictions

Repartons de quelques notions abordées dans des cours précédents.

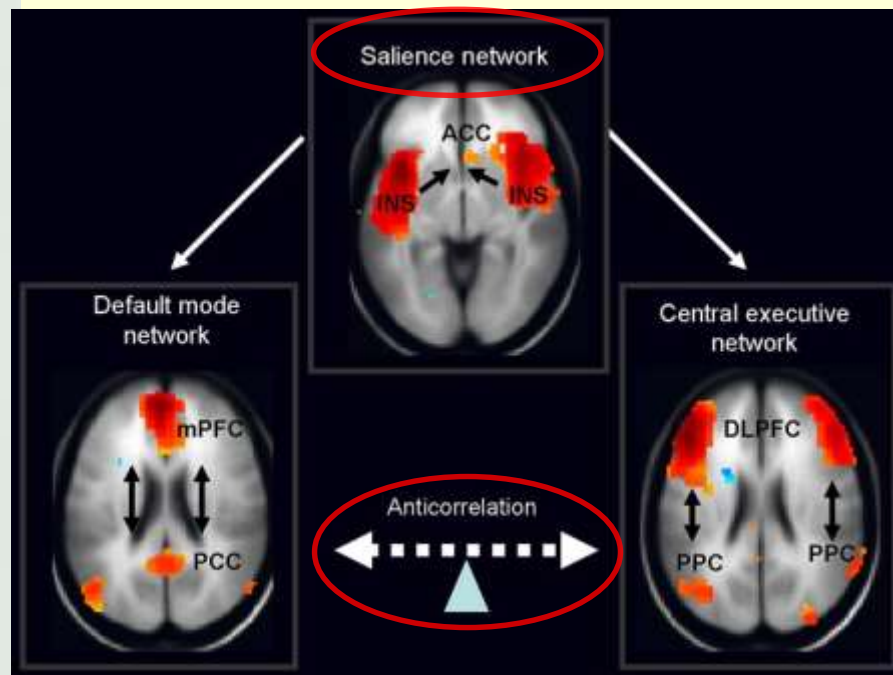
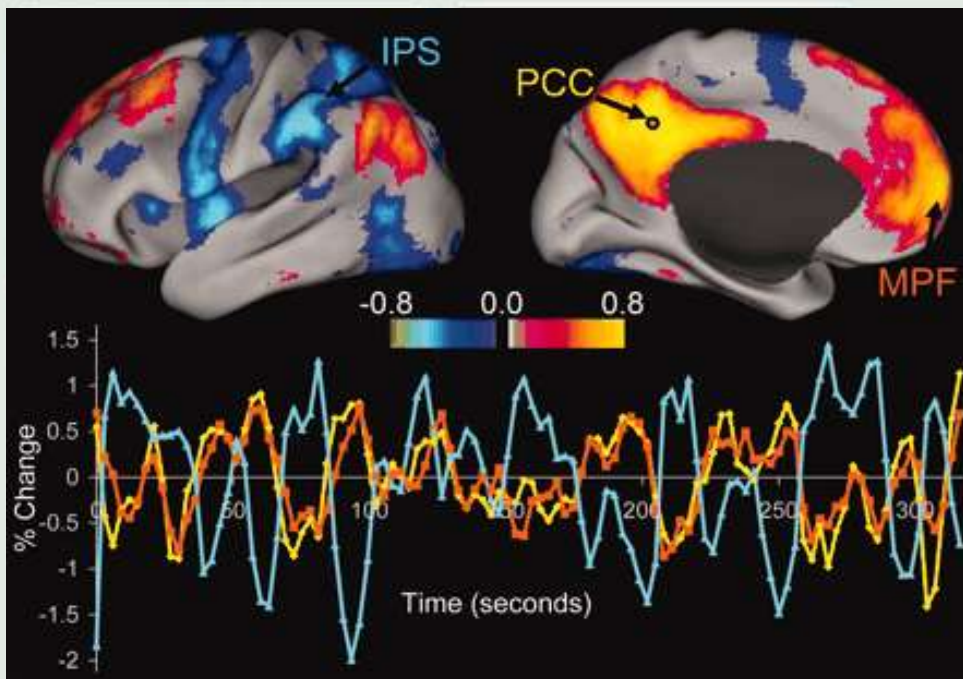
Vous vous souvenez des différents **grands réseaux cérébraux** que l'on commence à mettre en évidence...



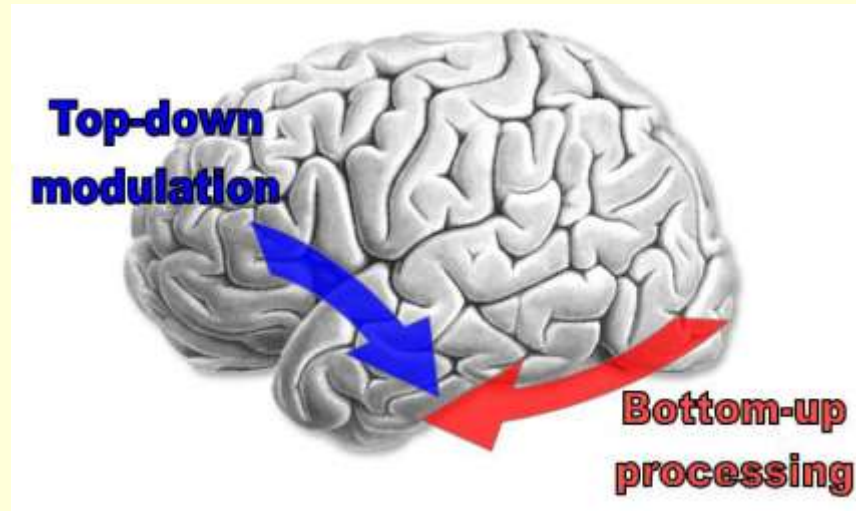


Dorsal Attention Network

Default Mode Network



Mais avant de parler des « **fonctions supérieures** »,



une distinction pratique...

comme l'attention



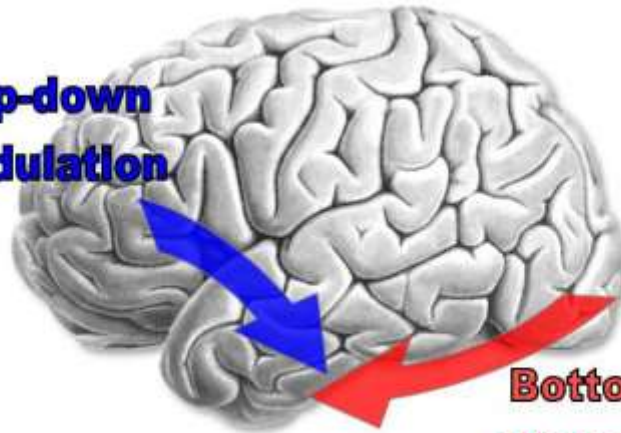
ou le contrôle exécutif



Des « fonctions exécutives »
comme l'**attention** peuvent être
sollicitées pour **contrer** des stimuli
« bottom up » trop intrusifs...



**Top-down
modulation**



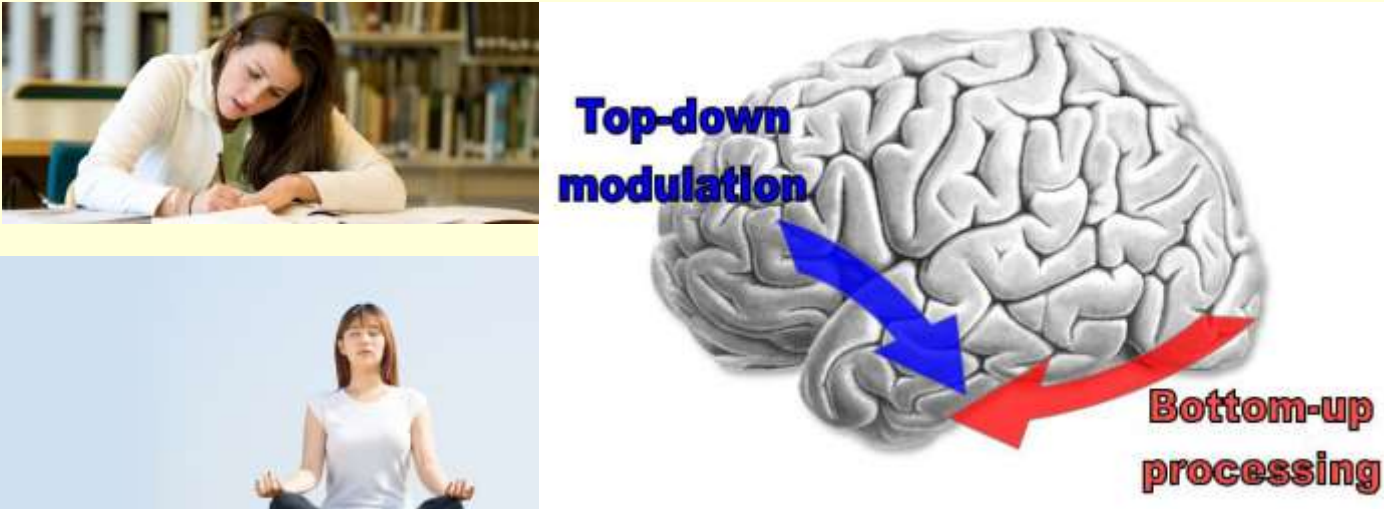
**Bottom-up
processing**



À une époque plus « calme
et frugale », la recherche
de nouvelles ressources
prometteuses a été un
mécanisme adaptatif
fondamental de notre cerveau
qui demeure donc très
sensible au « bottom up ».



Les « fonctions exécutives » sont une famille de processus typiquement « **top down** ».



Les « fonctions exécutives » comprennent des processus généraux comme :

- la mémoire de travail
- le contrôle inhibiteur
- la flexibilité cognitive
- l'attention

À partir desquels d'autres « fonctions exécutives » **de plus haut niveau** se construisent (planification, raisonnement, résolution de problèmes, élaboration de stratégies, etc.)

Plan

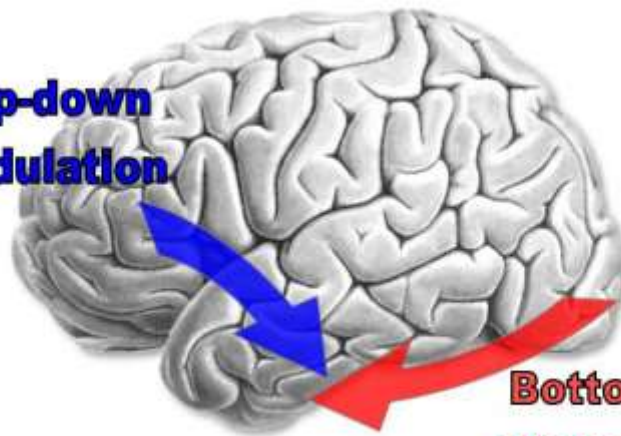
- Intro : les fonctions « exécutive » ou « supérieures »
- **L'attention**
- L'inhibition des automatismes
- La lecture, une tâche sollicitant diverses fonctions exécutives

[Pause]

- Simulation mentale
- L'analogie, cœur de la pensée
- Le cerveau comme une machine à faire des prédictions



**Top-down
modulation**



**Bottom-up
processing**



« 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. »

- **Jean-Philippe Lachaux**

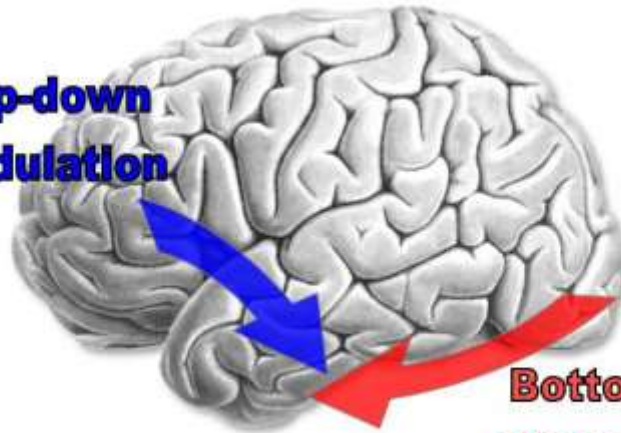
<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2013/03/11/2463/>



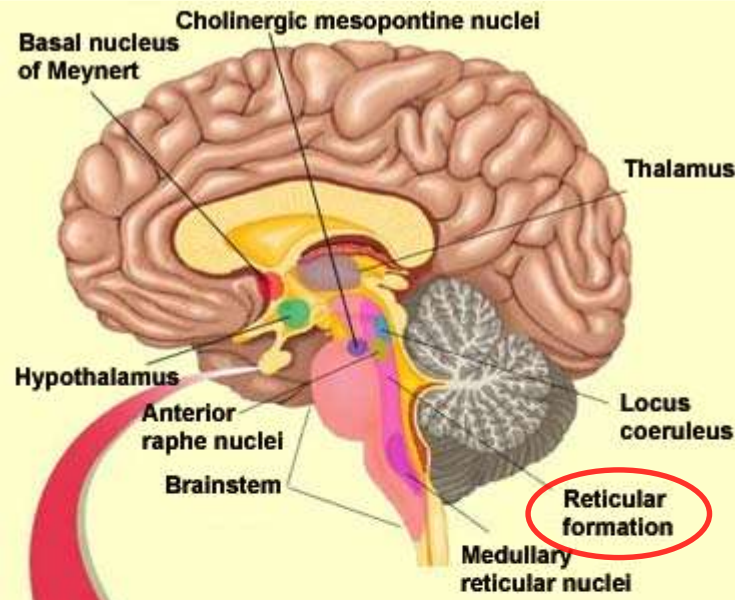
Selon le psychologue Michael Posner, l'**attention** peut référer à des réseaux cérébraux possiblement distincts pour, par exemple, la modulation globale de la **vigilance** (ou notre capacité à résister aux distractions)



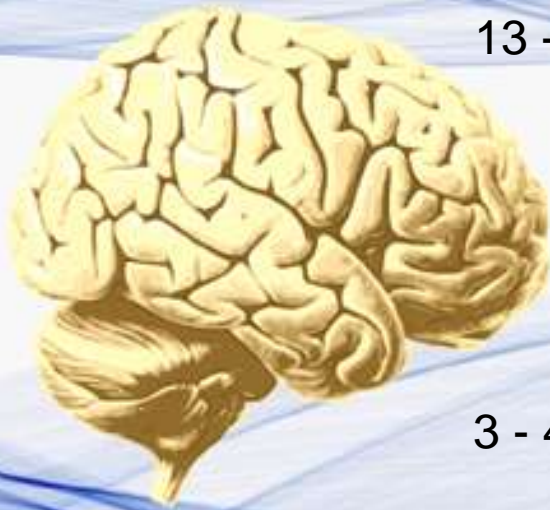
**Top-down
modulation**



**Bottom-up
processing**



EEG brainwaves



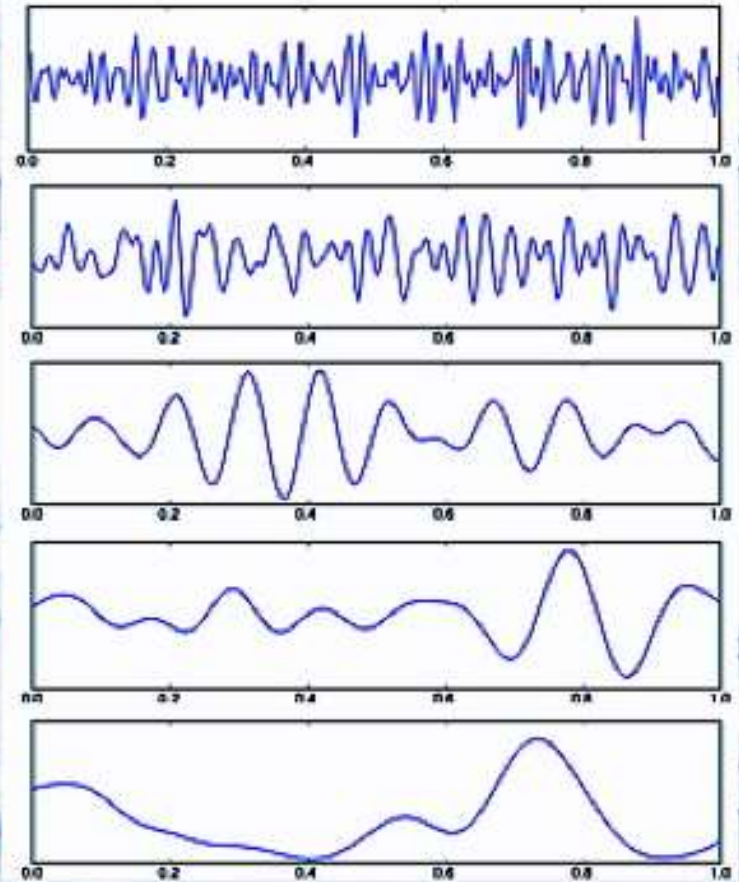
> 30 - 35 Hz **Gamma**
Problem solving,
concentration

13 -15 à 30 Hz **Beta**
Busy, active mind

8 à 12 Hz **Alpha**
Reflective, restful

3 - 4 à 7- 8 Hz **Theta**
Drowsiness

0,5 à 3 -4 Hz **Delta**
Sleep, dreaming



Il faut aussi prendre conscience que nous vivons dans un monde riche et chaotique que notre cerveau **ne peut pas appréhender dans sa globalité**.

Nous n'avons donc pas le choix de **sélectionner** à tout moment certains aspects de son environnement.

(un autre sens du mot attention pour Posner, avec ses réseaux spécifiques)

Pourtant nous pouvons avoir l'impression d'être attentif à l'ensemble d'une scène visuel...



...mais ce n'est qu'une impression !



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>

Daniel 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.



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

Frederick Adams and Kenneth Aizawa

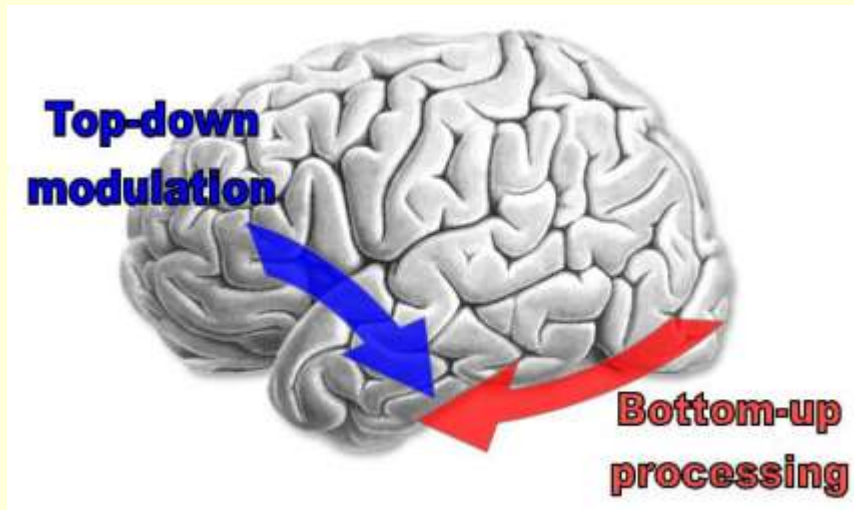
The Bounds of Cognition

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

Reviewed by Max Velmans,

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

Le contrôle du « haut vers le bas » (ou « **top down** ») peut aussi constituer 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 « cécité attentionnelle »

La version « 2.0 »

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

Hahaha...

<http://www.youtube.com/watch?v=z9aUseqqCiY>

Clues

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

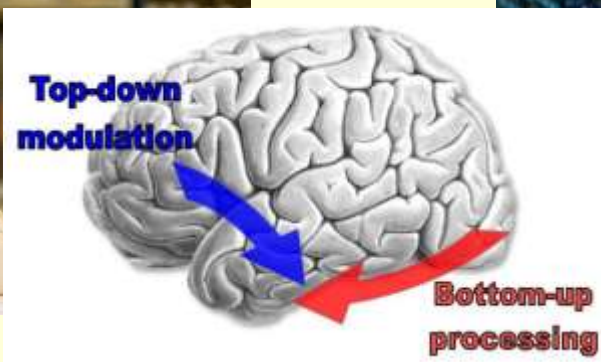
Person swap (Building on the work of Daniel Simons' original "[Door Study](#),")

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



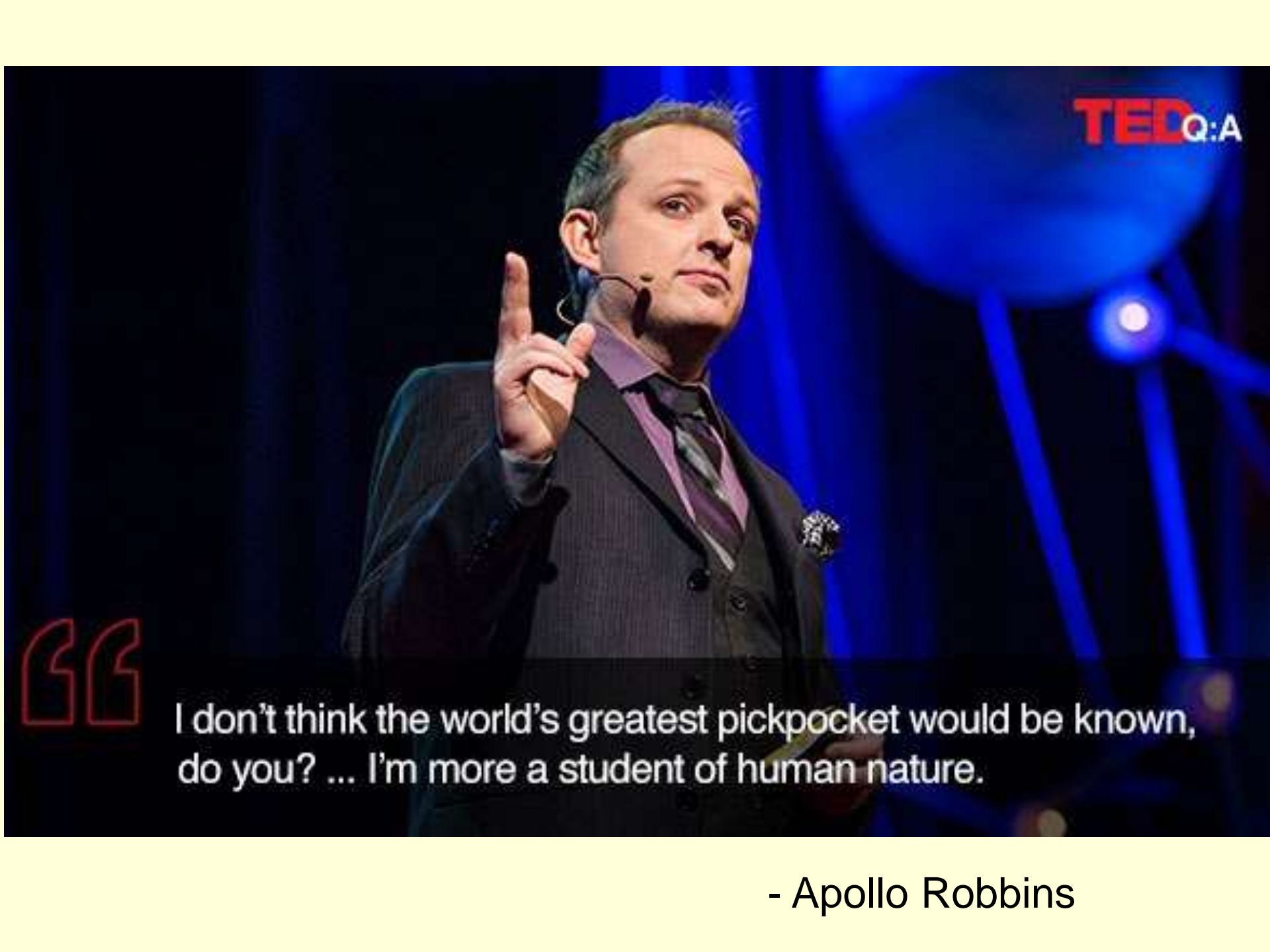
L'attention nous permet donc la **sélection** d'une information particulière parmi plusieurs autres qui sont « filtrées ».

Cette sélection peut être influencée par des stimuli saillants **bottom up**,
une concentration **top down**...



...ou encore
elle peut être
influencée ou
manipulée par
une **autre personne.**



A man in a dark suit and purple shirt is speaking on a stage. He is gesturing with his right hand, pointing upwards. The background is dark with blue lighting and a large, stylized graphic of a person's head and neck. The TED Q:A logo is in the top right corner.

“ 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)

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)



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

Rejoint l'hypothèse de l'attention comme « **faisceau attentionnel** » (Posner, 1980) considère que le traitement des stimuli soumis à ce faisceau feront l'objet d'un traitement approfondi, **au détriment des autres stimuli.**



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

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

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)



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

Limite de l'attention :

On ne peut pas réaliser deux tâches véritablement en même temps (à part bien sûr les comportements devenus automatiques...)

« **multitasking** » → on peut apprendre à alterner rapidement entre **deux** tâches (mais si on introduit une 3^e tâches, les performances chutent...)

Le mythe du cerveau multitâche

Émilie Auvrouin (2010)

http://www.pourlascience.fr/ewb_pages/a/actu-le-mythe-du-cerveau-multitache-24989.php

Plan

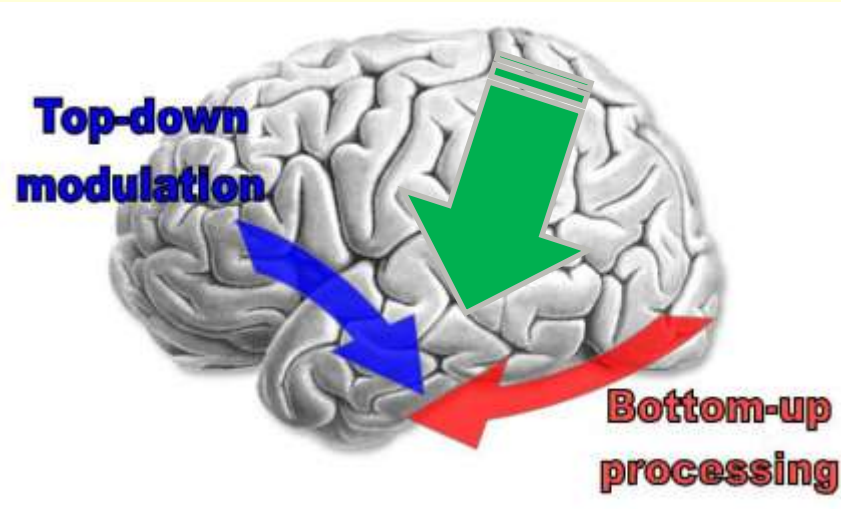
- Intro : les fonctions « exécutive » ou « supérieures »
- L'attention
- **L'inhibition des automatismes**
- La lecture, une tâche sollicitant diverses fonctions exécutives

[Pause]

- Simulation mentale
- L'analogie, cœur de la pensée
- Le cerveau comme une machine à faire des prédictions

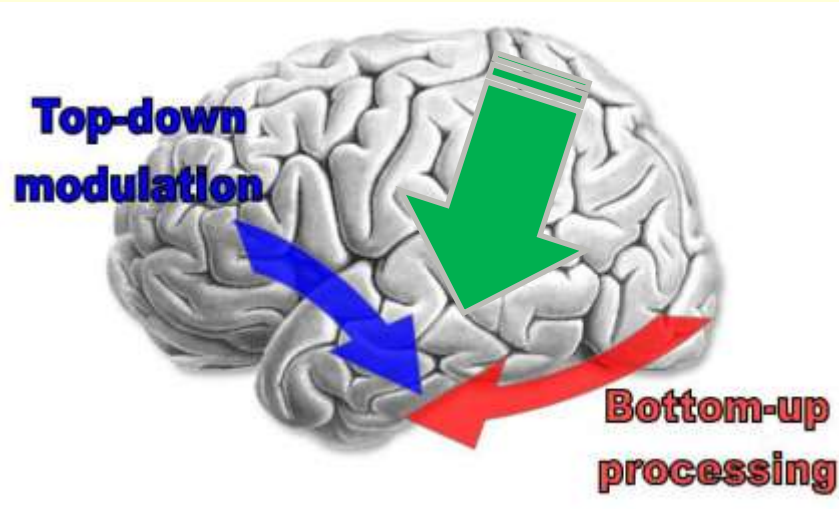
Quand on parle de flexibilité cognitive, de penser “outside the box”

D'autres « fonctions exécutives » comme **l'inhibition** peuvent être sollicitées pour **contrer** certains **automatismes comportementaux ou de pensée.**



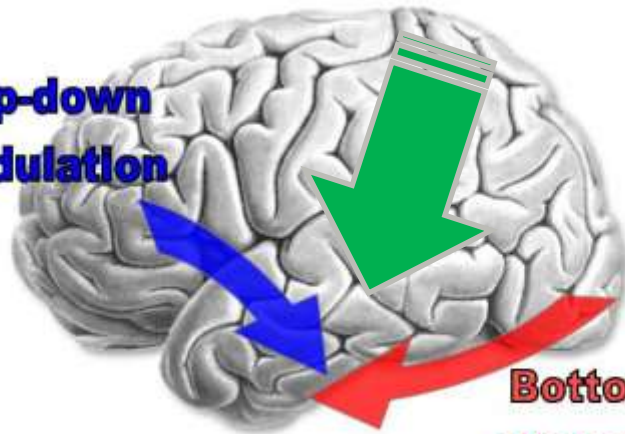
Quand on parle de flexibilité cognitive, de penser "outside the box" =

D'autres « fonctions exécutives » comme **l'inhibition** peuvent être sollicitées pour **automatismes comportementaux ou de pensée.**





**Top-down
modulation**

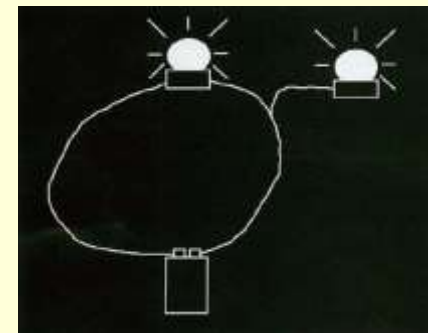


**Bottom-up
processing**

Inhibition : mécanismes qui permettent la **suppression** des cognitions et des actions **inappropriées**...



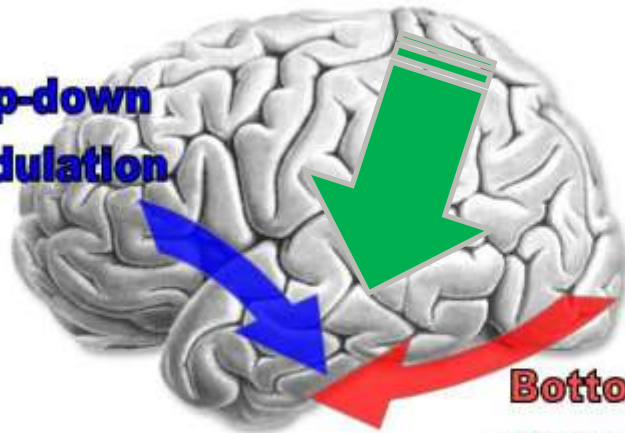
innées....



ou acquises....

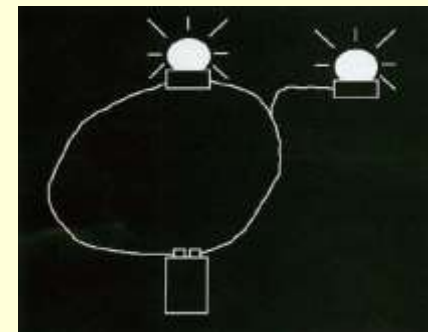


**Top-down
modulation**



**Bottom-up
processing**

Inhibition : mécanismes qui permettent la **suppression** des cognitions et des actions **inappropriées**...



ainsi que la **résistance** aux interférences de l'information non-pertinente.

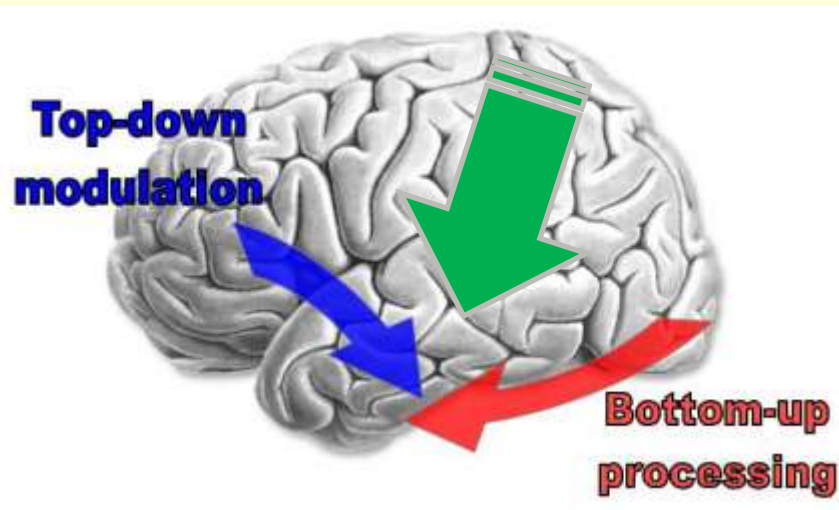
Exemple

Lorsque l'on demande à des personnes d'écrire « **je les porte** » alors qu'elles sont en situation d'interférences (perturbées dans leur concentration), même celles qui ont un très bon niveau de français écrivent « je les portes ».

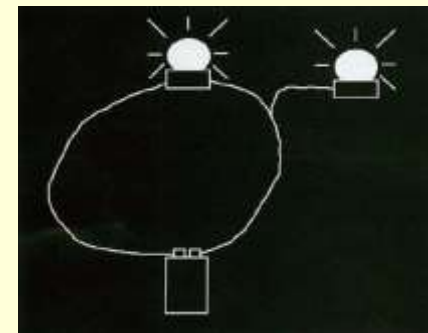
Leur cerveau applique l'automatisme « les = pluriel = s ».

Pour donner la bonne réponse, il doit mettre en oeuvre un **mécanisme d'inhibition court-circuitant l'automatisme.**

[Science et Vie Hors série #278, Mars **2017**, p.30]



Inhibition : mécanismes qui permettent la **suppression** des cognitions et des actions **inappropriées**...



ainsi que la **résistance** aux interférences de l'information non-pertinente.

Elle est aussi liée à la **compétence sociale** et la **régulation émotionnelle**.

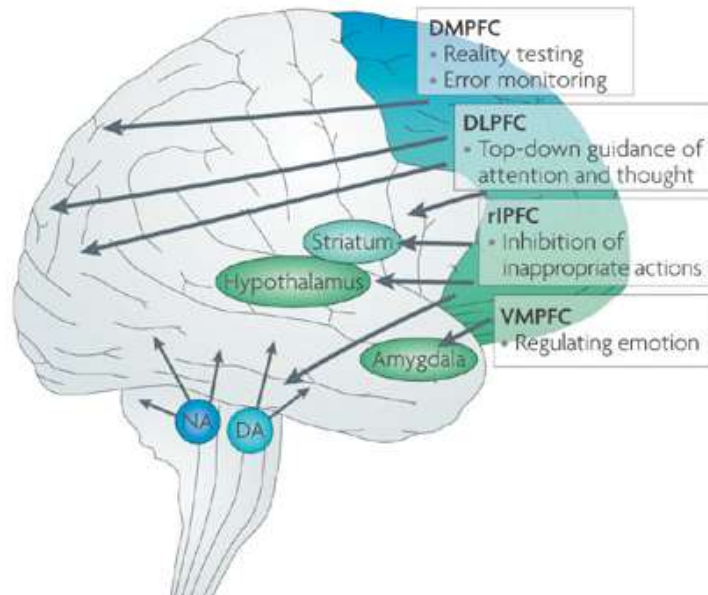
Le contrôle inhibiteur



Le test du Chamallow

<https://www.youtube.com/watch?v=QEQLSJ0zcpQ>

a Prefrontal regulation during alert, non-stress conditions

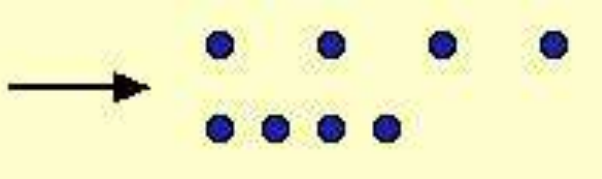


apprendre
à résister
olivier houdé





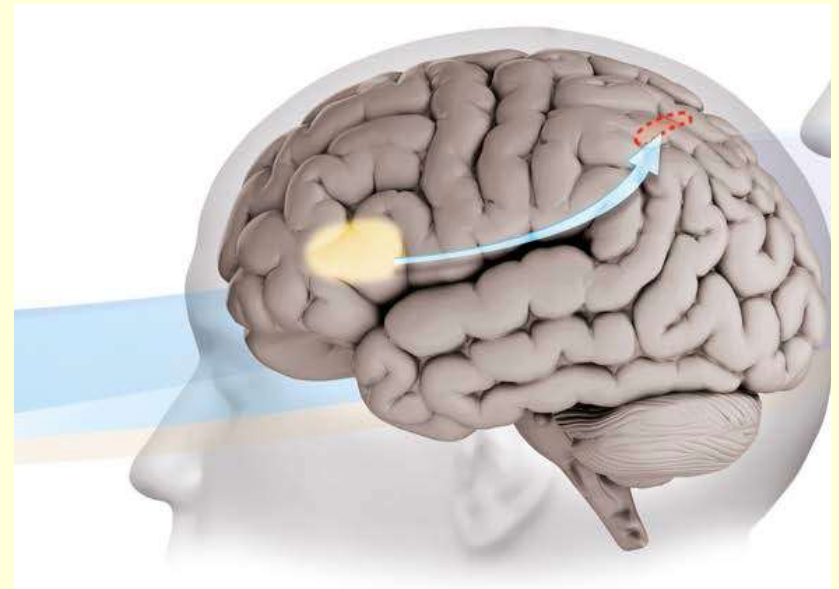
Ce que l'équipe de Houdé a mis en évidence, c'est que vers l'âge de 6-7 ans, ou avec l'aide d'un parent avant, **l'enfant parvient à mettre entre parenthèses sa croyance spontanée** pour examiner la situation au moyen de ses outils logiques.



À ce moment, on observe une activation au niveau du cortex **cortex préfrontal inférieur**.

Or on sait que les neurones de cette régions projettent leur axone vers d'autres zones du cerveau impliquées dans ces automatismes de pensée

(le **sillon intrapariétal latéral**, par exemple).

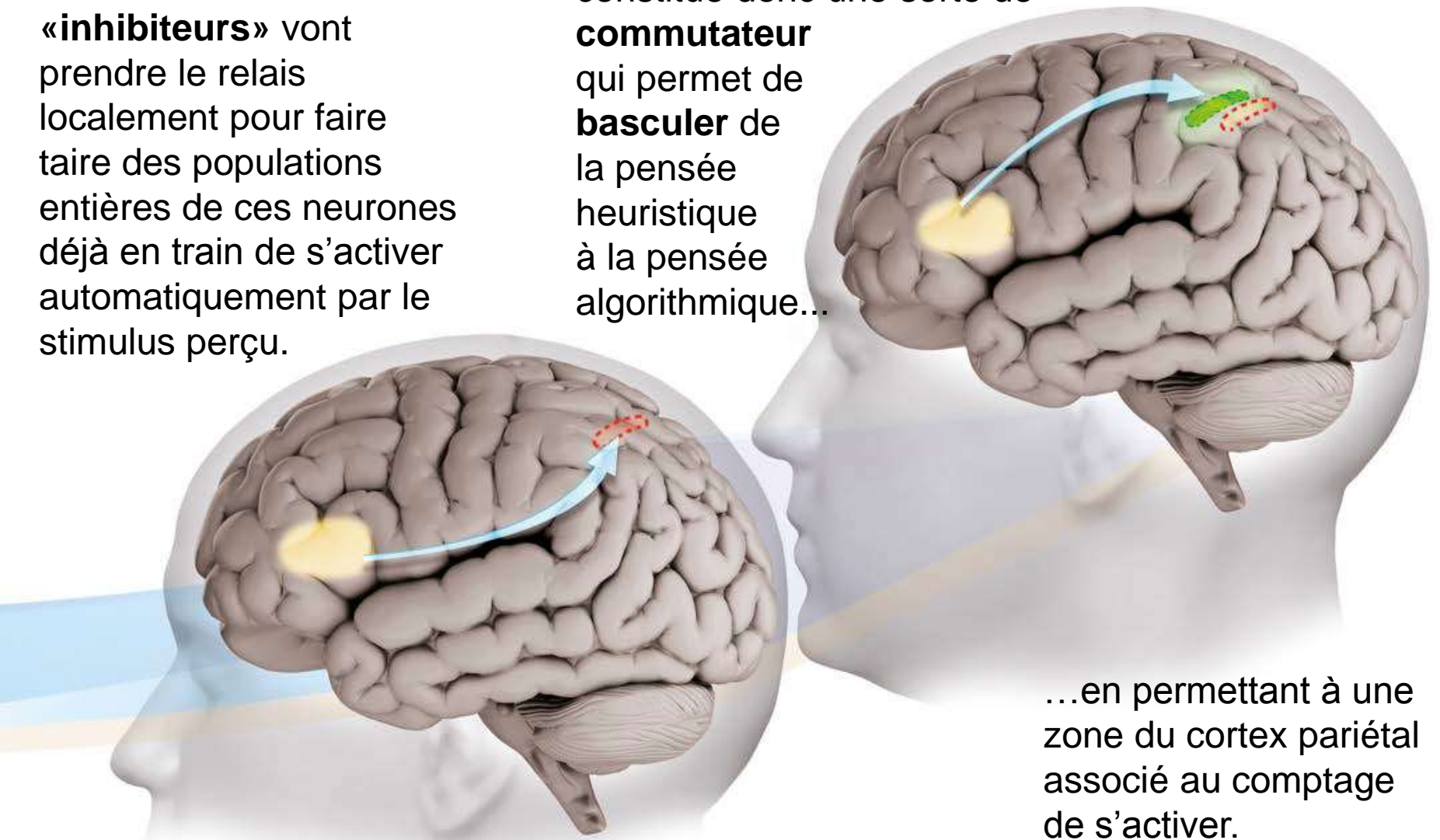


Dans ces zones, d'autres **neurones dits «inhibiteurs»** vont prendre le relais localement pour faire taire des populations entières de ces neurones déjà en train de s'activer automatiquement par le stimulus perçu.

Ce cortex préfrontal inférieur constitue donc une sorte de **commutateur** qui permet de **basculer** de la pensée heuristique à la pensée algorithmique...

...en permettant à une zone du cortex pariétal associé au comptage de s'activer.

Bref, le **cortex préfrontal inférieur permet de bloquer les automatismes mentaux** pour activer une pensée discursive et logique.



Les trois systèmes cognitifs

Systeme heuristique

Pensée «automatique»
et intuitive

Fiabilité  Rapidité 



1

Anatomiquement, le système inhibiteur est la région du cerveau qui se développe le plus **tardivement** et le plus **lentement**.

Le système heuristique et celui algorithmique **coexistent très tôt**, sans doute dès le début du développement, c'est-à-dire dans les premiers mois de la vie.

Systeme d'inhibition

Interrompt le système heuristique pour activer celui des algorithmes

→ *Fonction d'arbitrage*

3

Systeme algorithmique

Pensée réfléchie
«logico-mathématique»

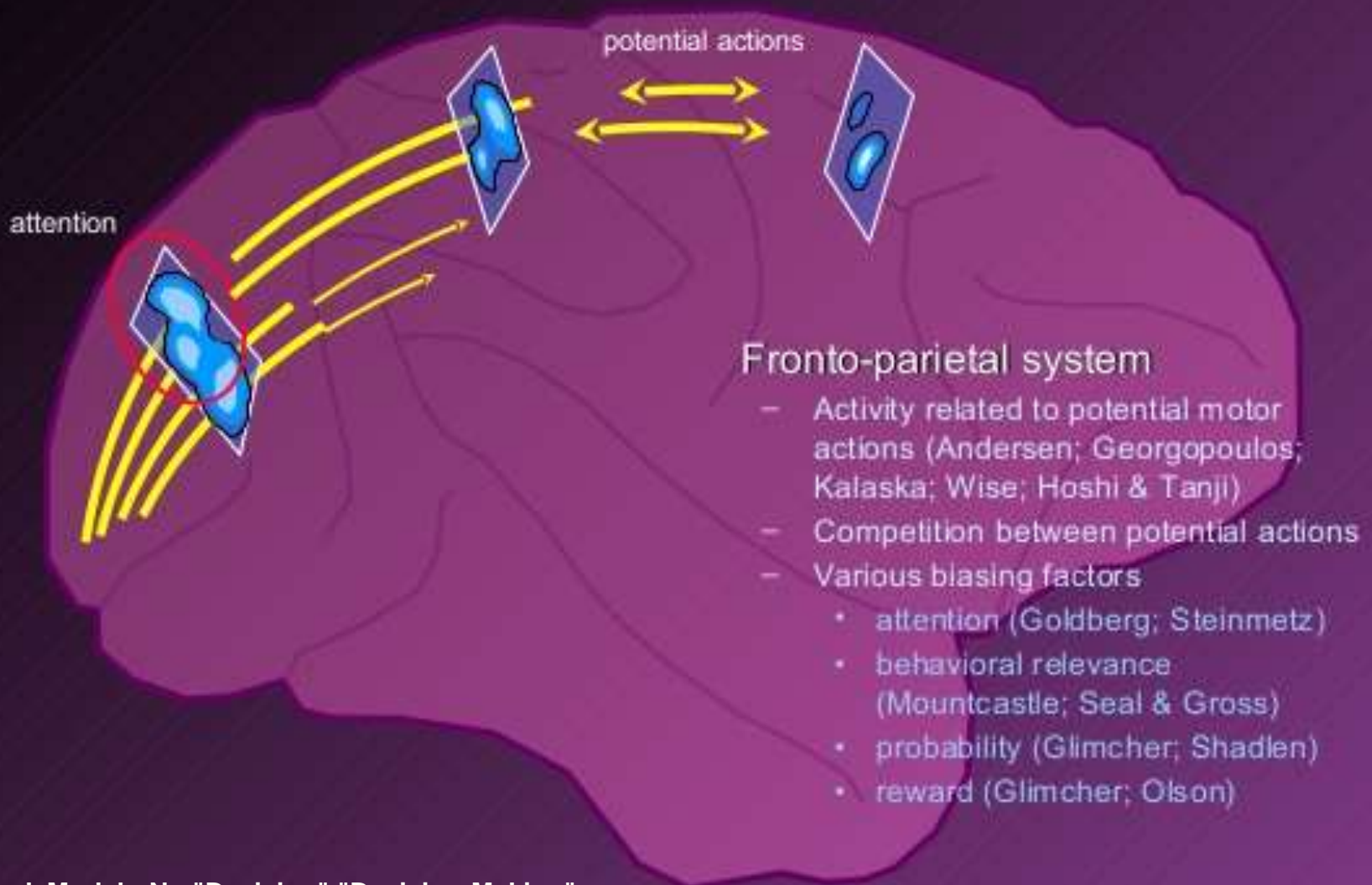
Fiabilité  Rapidité 

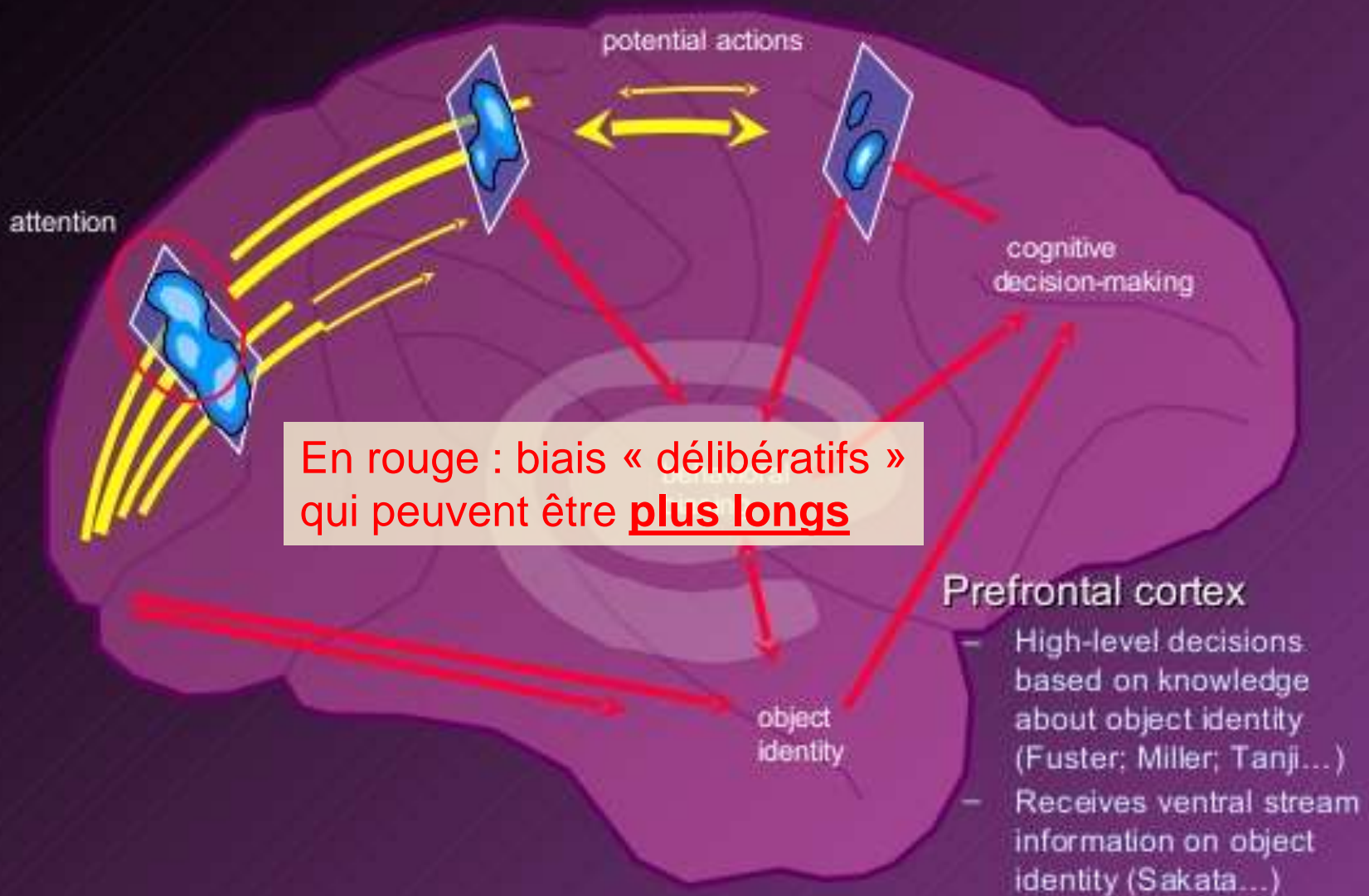


2

La maturation du cortex préfrontal commence seulement à **partir de 12 mois** et elle dure **jusqu'à l'âge adulte**.

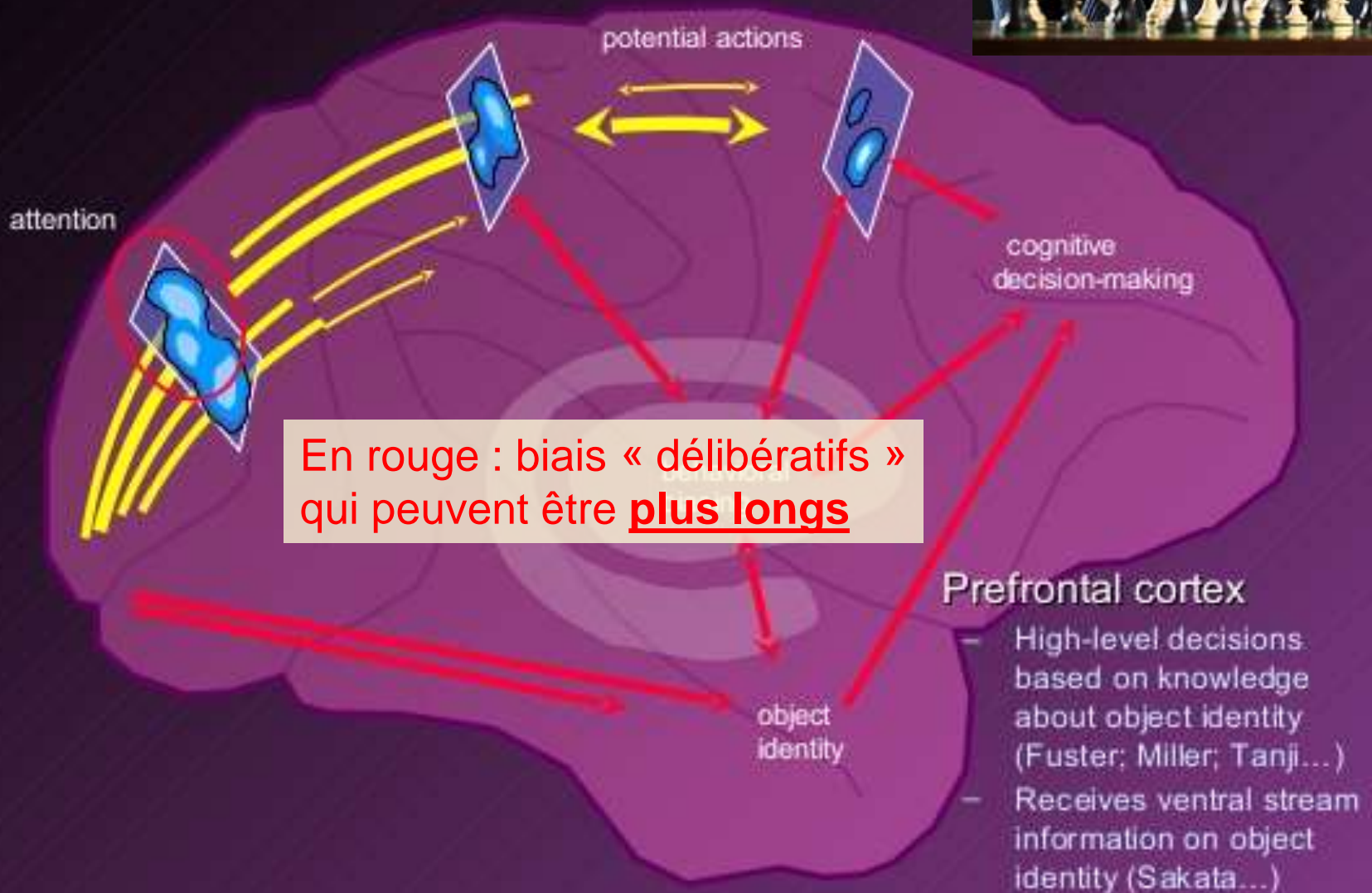
En jaune : première réponse rapide





En rouge : biais « délibératifs »
qui peuvent être plus longs

En se donnant un temps de « délibération » suffisant, on augmente nos chances d'inhiber les réponses heuristiques rapides et d'avoir accès à **d'autres systèmes d'algorithmes.**



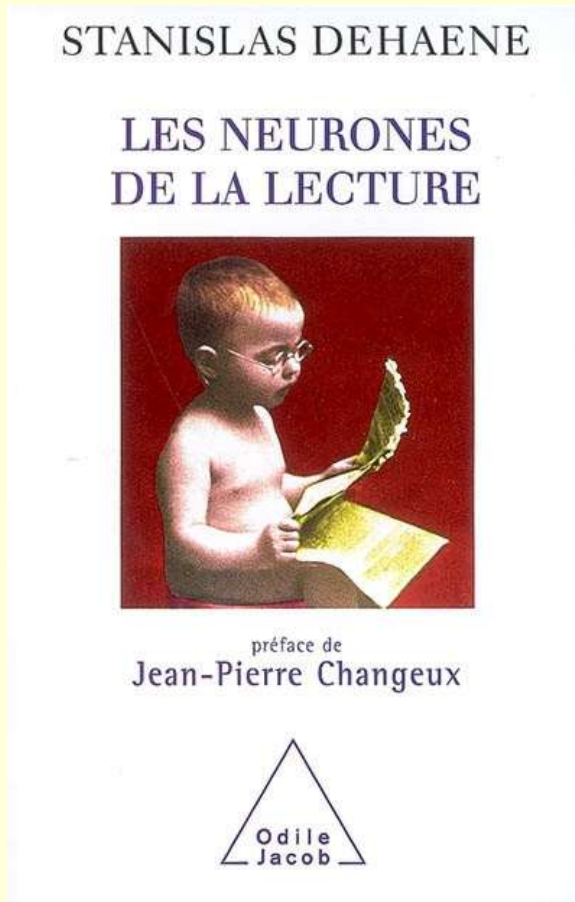
Plan

- Intro : les fonctions « exécutive » ou « supérieures »
- L'attention
- L'inhibition des automatismes
- **La lecture, une tâche sollicitant diverses fonctions exécutives**

[Pause]

- Simulation mentale
- L'analogie, cœur de la pensée
- Le cerveau comme une machine à faire des prédictions

On va maintenant parler de la **lecture**, une tâche sollicitant diverses fonctions exécutives (attention, mémoire de travail, etc.)



(2007)

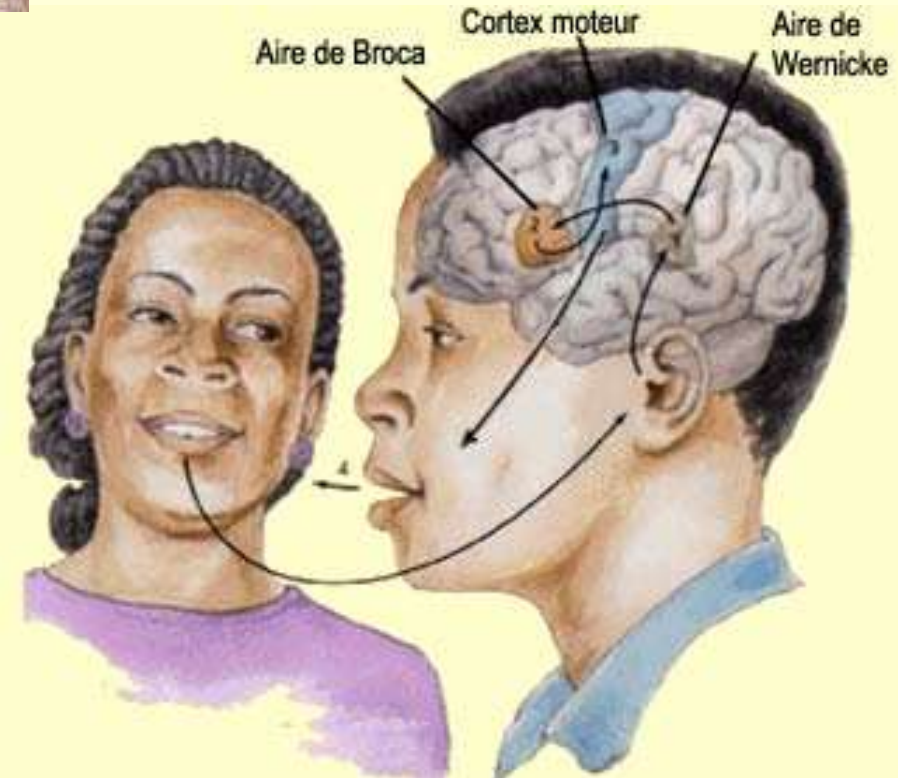


Qu'est-ce que lire pour un neurobiologiste ?



Des circuits cérébraux particuliers ont été **sélectionnés pour le langage oral** durant l'hominisation.

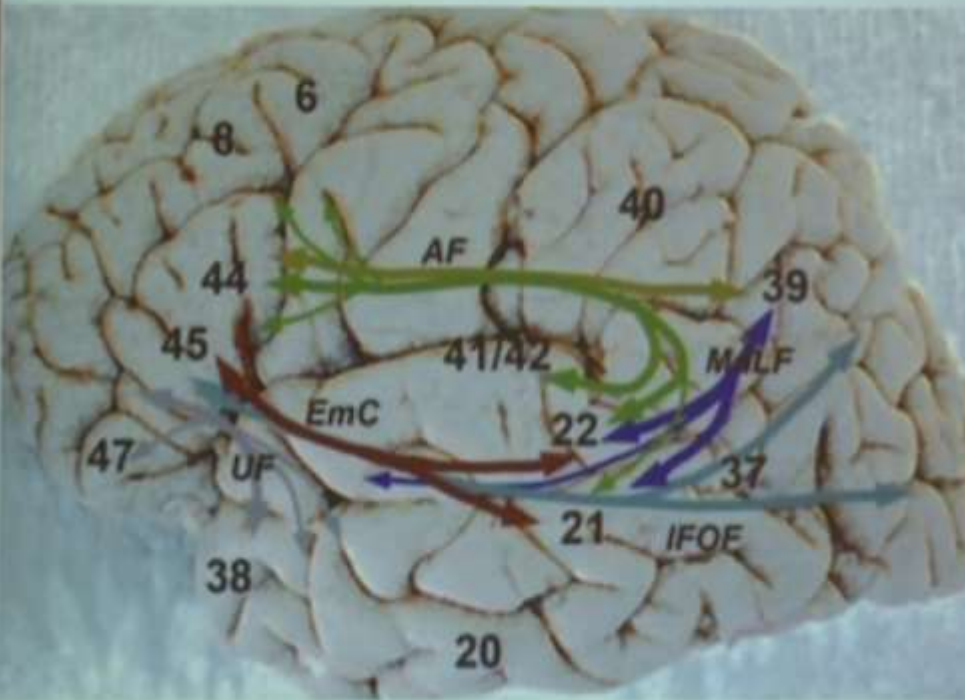
(durant des centaines de milliers d'années)



Aujourd'hui on se rend compte que ces circuits sont beaucoup plus complexes les quelques aires initialement identifiés par **Broca** et **Wernicke**.

Connectivité fronto-temporale des aires du langage

Axer, H., Klingner, C. M., & Prescher, A. (2013). Fiber anatomy of dorsal and ventral language streams. *Brain and Language*, 127(2), 192–204.



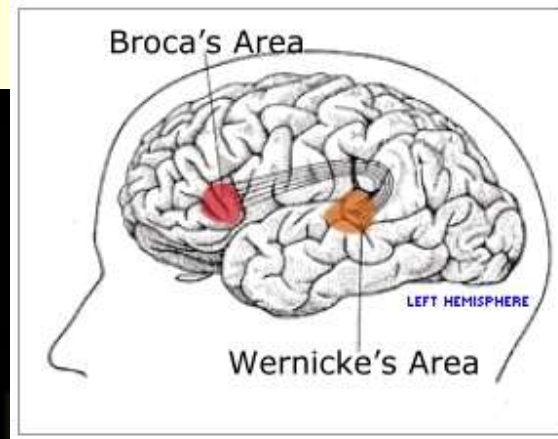
Trois principaux faisceaux de connexion fronto-temporale impliquant la « région de Broca »:

Faisceau arqué (*arcuate fasciculus*)

Capsule extrême

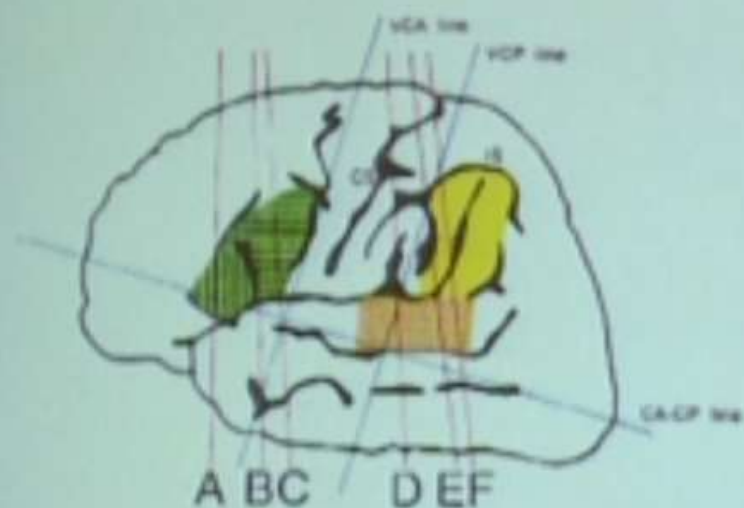
Faisceau unciné (*uncinate fasciculus*)

Fig. 4. Connectivity scheme of human language-related areas.



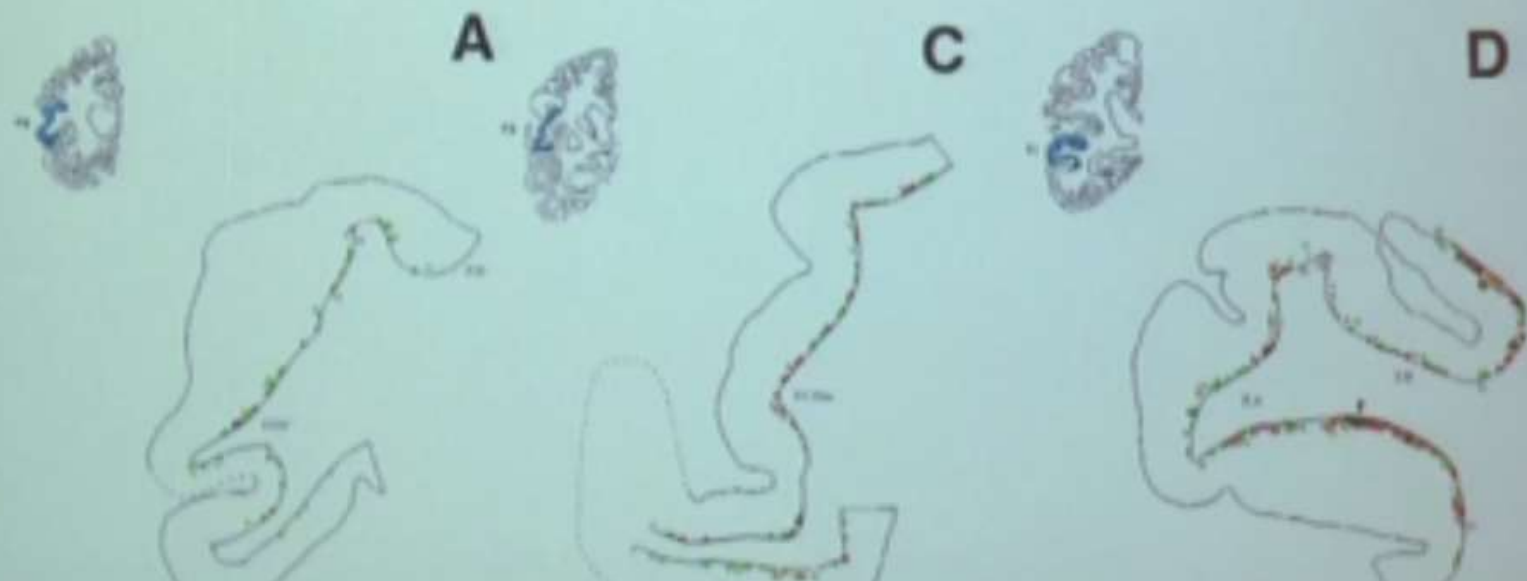
Les aires du langage reçoivent de nombreuses connexions à longue distance, y compris en provenance de l'hémisphère droit.

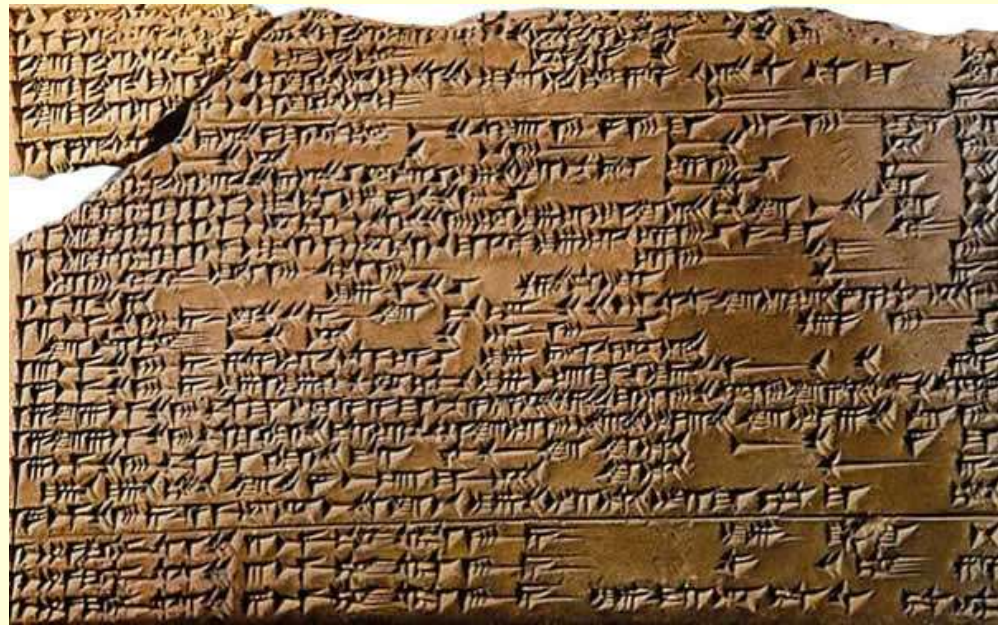
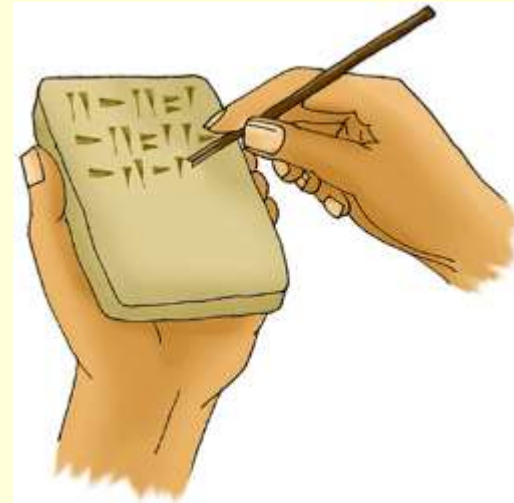
Di Virgilio, G., & Clarke, S. (1997). Direct interhemispheric visual input to human speech areas. *Hum Brain Mapp*, 5, 347-354.



Examen post-mortem des terminaisons, supposément monosynaptiques, dans l'hémisphère gauche, en provenance d'une petite région occipito-temporale de l'hémisphère droit.

Grande concentration de connexions vers les aires du langage: régions « de Broca » et « de Wernicke »





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

(qui existe depuis quelques
milliers d'années seulement)

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

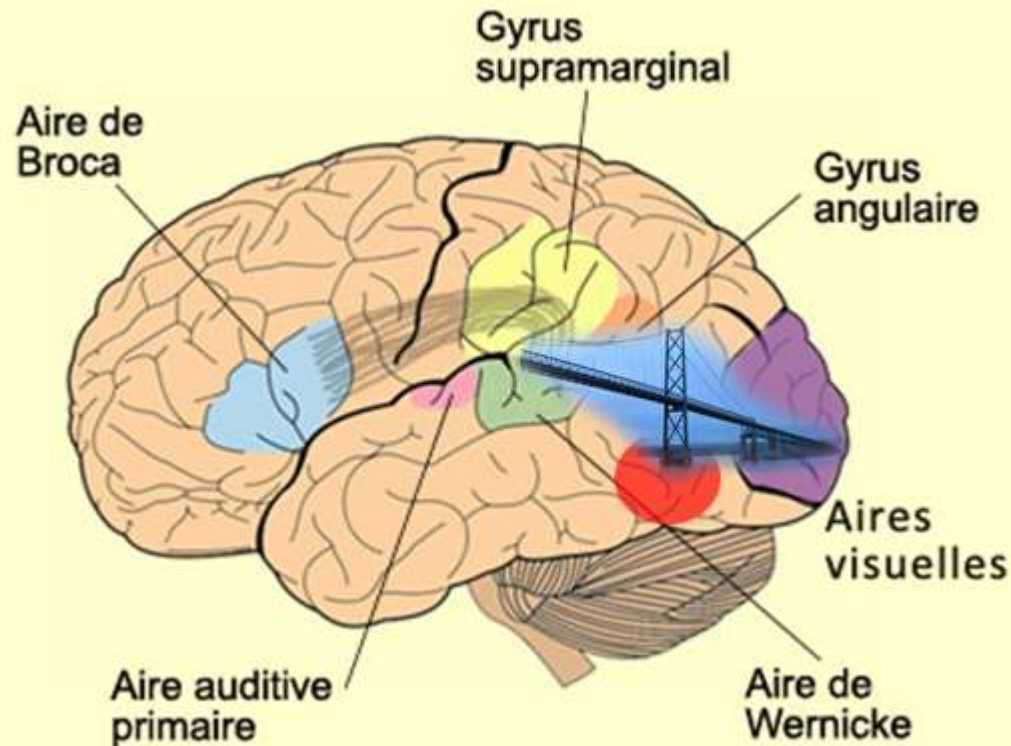
Donc... durant la lecture, comment le cerveau parvient-il à **donner accès aux aires du langage par les aires visuelles ?**

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

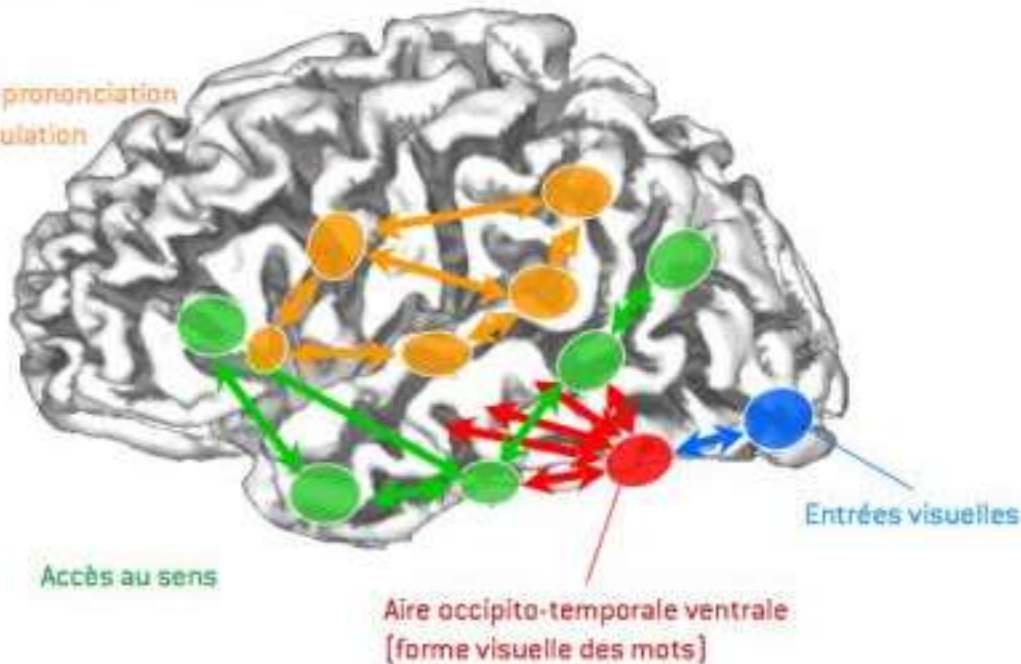
cette région clé pour la reconnaissance visuelle des mots

(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**,

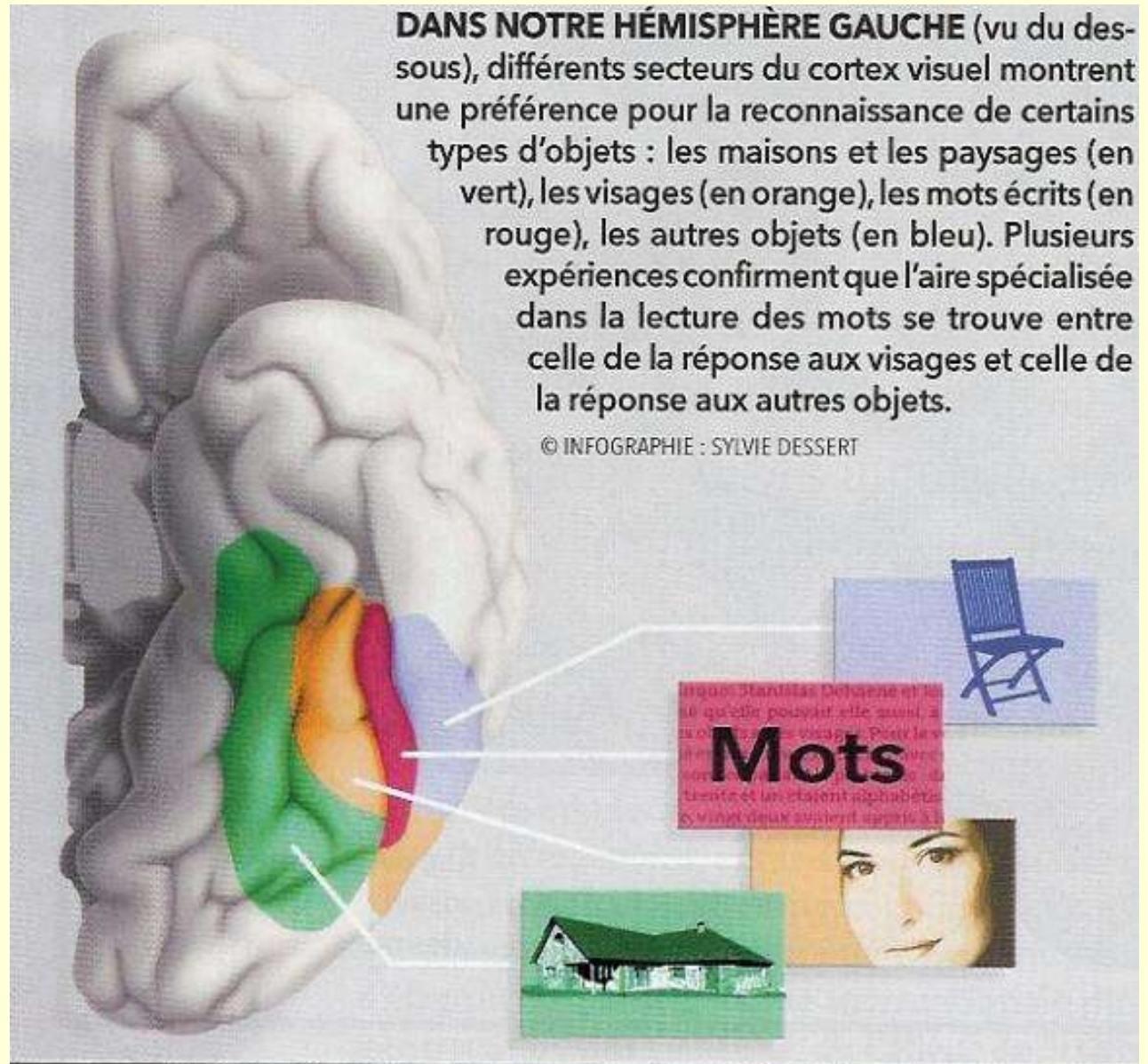
puis vers **170 ms** elle s'étend à la région **occipito-temporale gauche**.

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

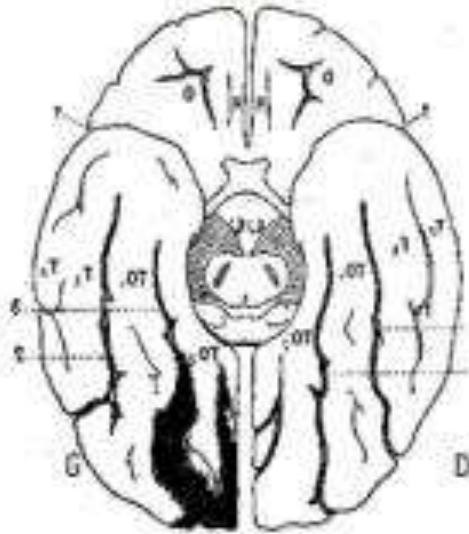
la voie ventrale de la vision dans le

cortex ventral occipito-temporal gauche.

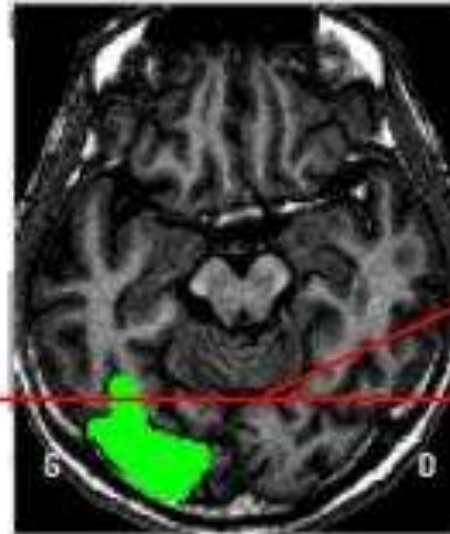


La lésion de cette région entraîne une « alexie pure »

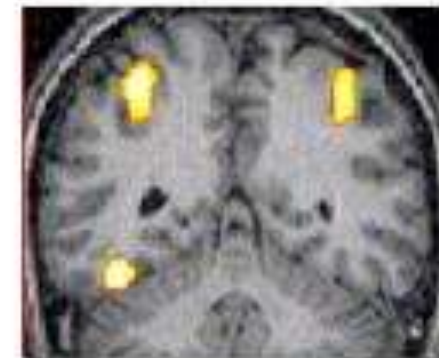
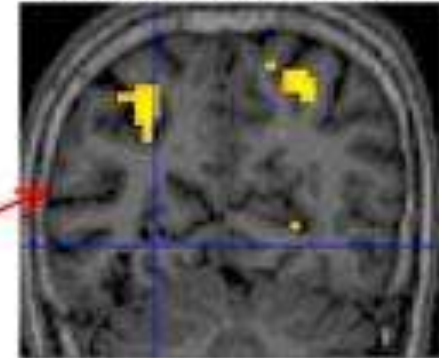
Déjerine, 1892



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 qui semble extrêmement sensible pour une chose **pour laquelle nous n'avons pas eu le temps d'évoluer ?**

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**,

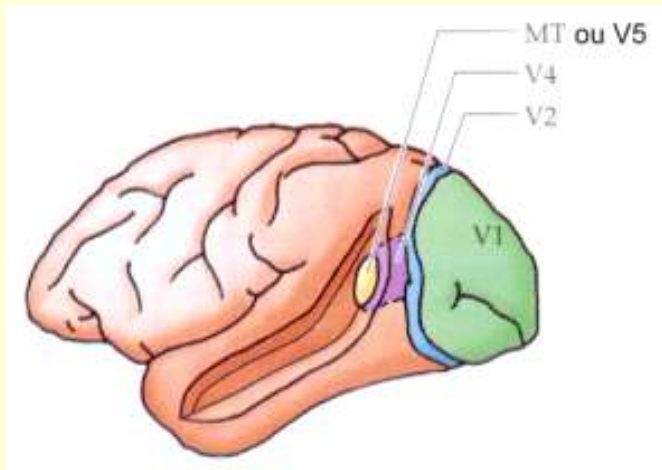
pour l'adapter à la reconnaissance des formes **des lettres des systèmes d'écriture**.



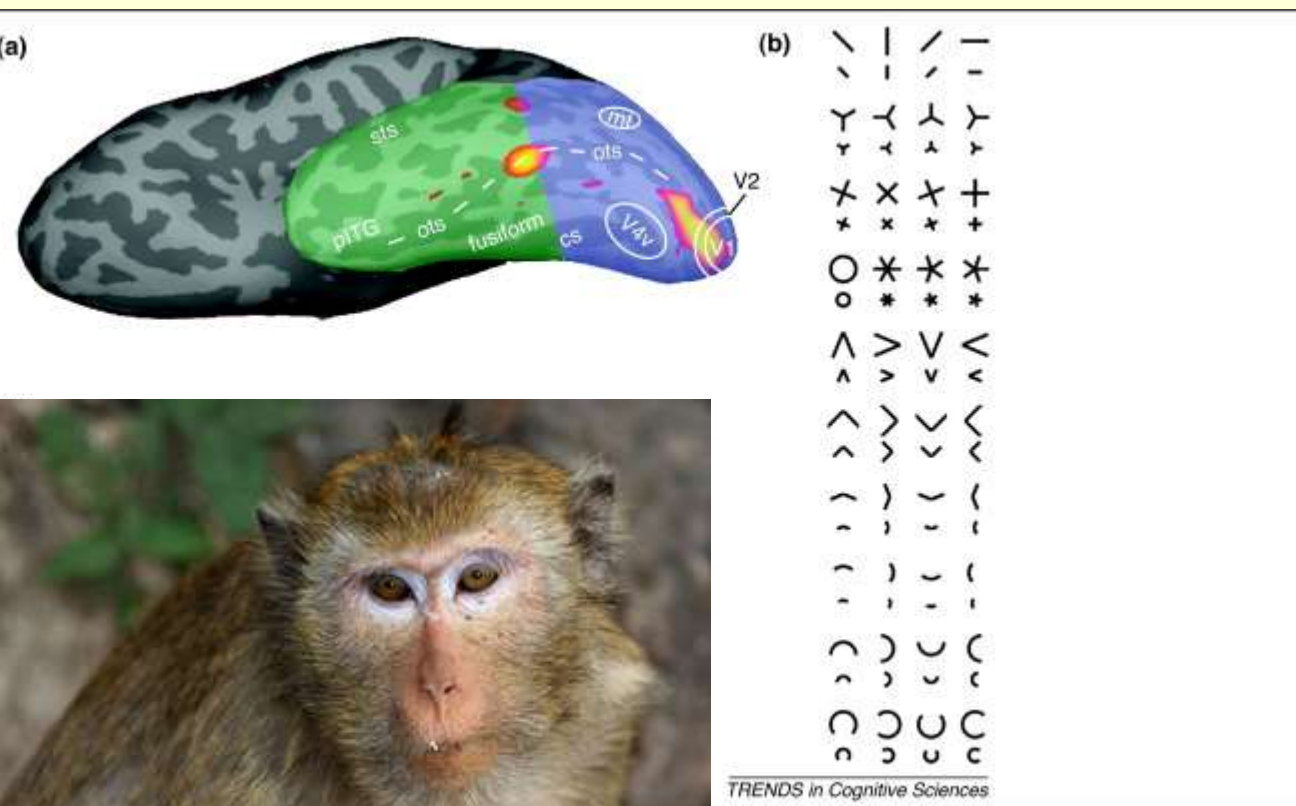
Chez le singe macaque :



- Similitudes entre des aires visuelles, dont la **présence de l'aire occipito-temporale ventrale**
- Répond en fait à **certaines propriétés de ces objets**, comme des formes simples de lignes qui se croisent.



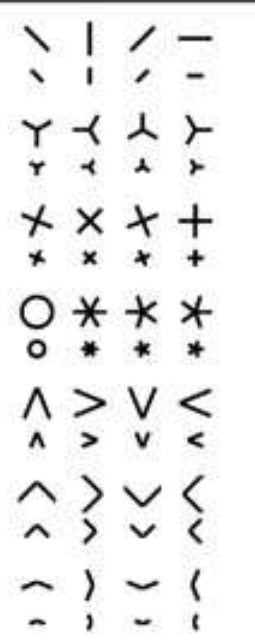
Or, plusieurs de ces formes simples ressemblent à nos lettres, pourrait être des lettres...



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.





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,

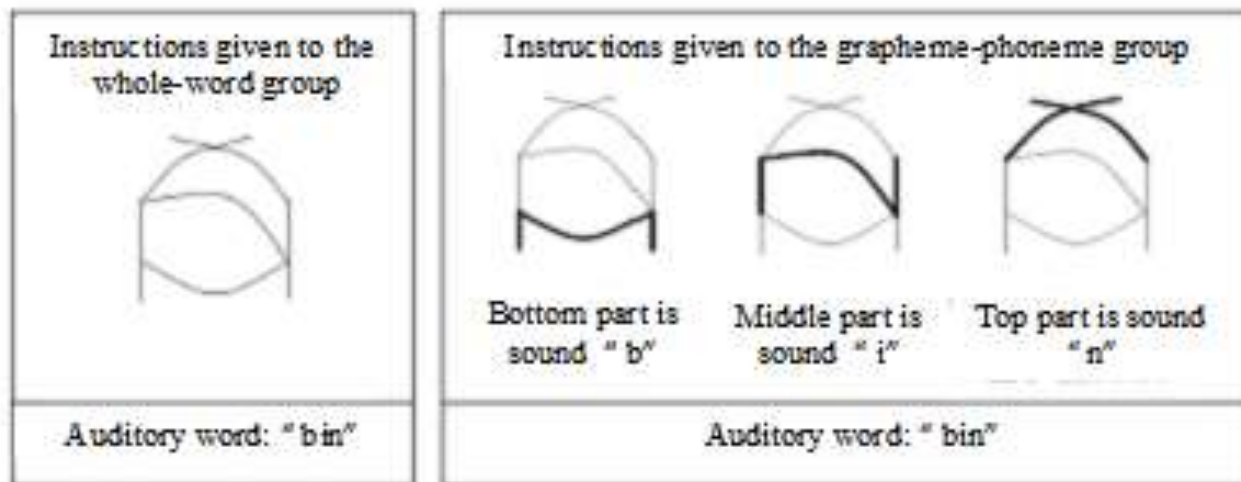
comme elle permettait déjà la reconnaissance de ces arrêtes et de ces jonctions pour les objets naturels.

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

Comment ce sur quoi on porte notre attention peut moduler le type d'activation cérébrale



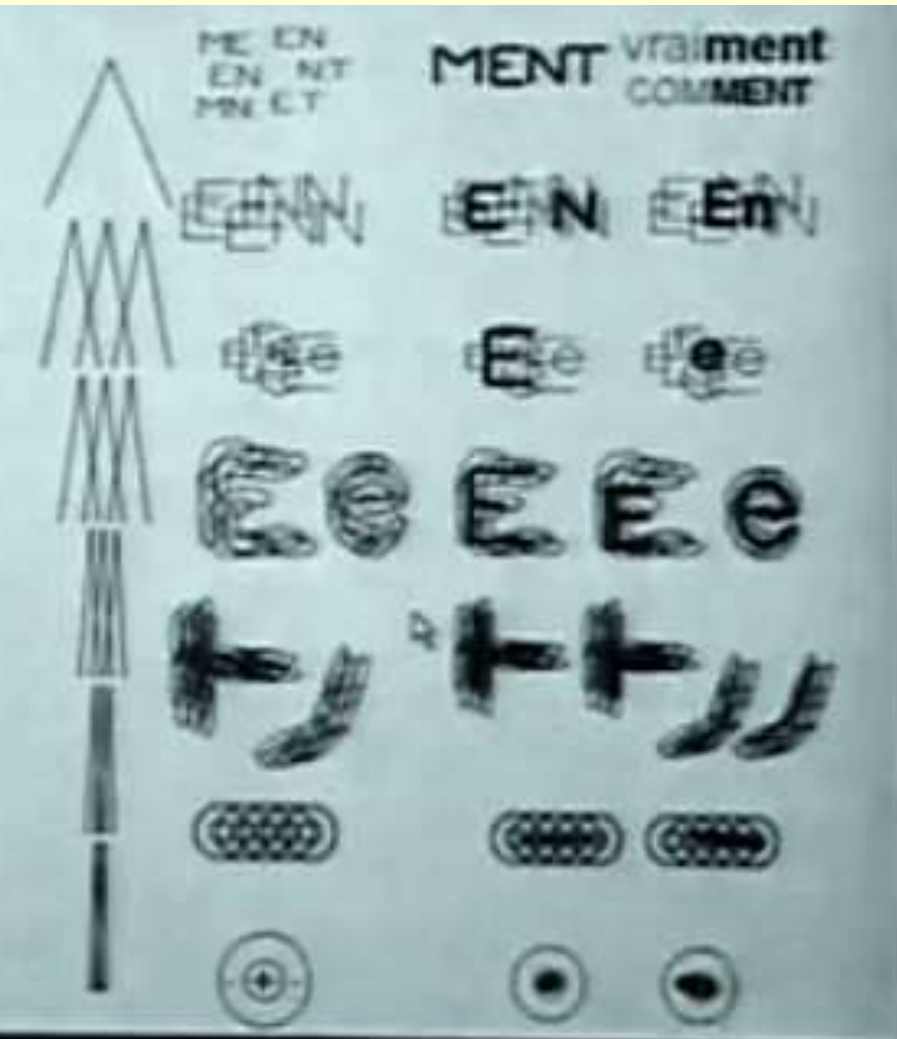
L'ensemble du symbole considéré comme un mot :

→ activation préférentielle dans hémisphère droit.

Le symbole est décomposable en « lettres » (graphème / phonème) :

→ activation préférentielle dans hémisphère **gauche**, particulièrement dans l'aire occipito-temporale ventrale.

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 »

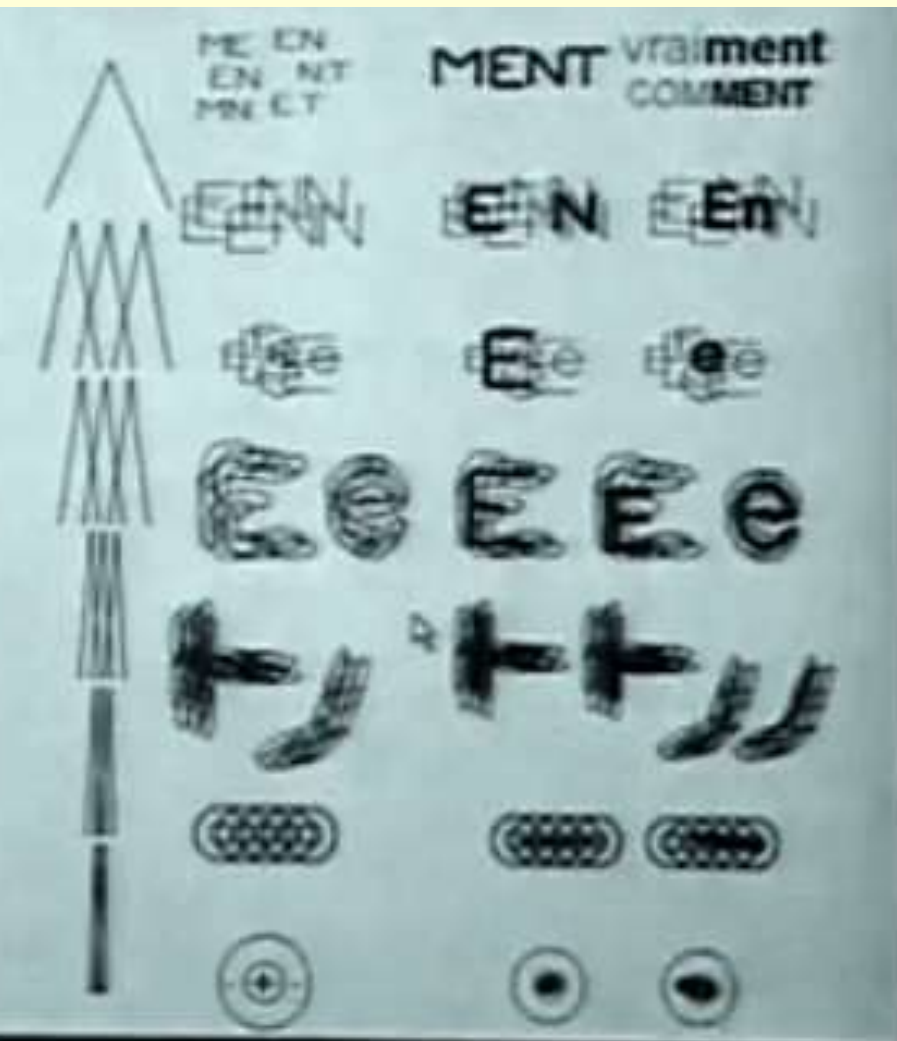
la même chose mais indépendamment de la forme (majuscule ou minuscule...),

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

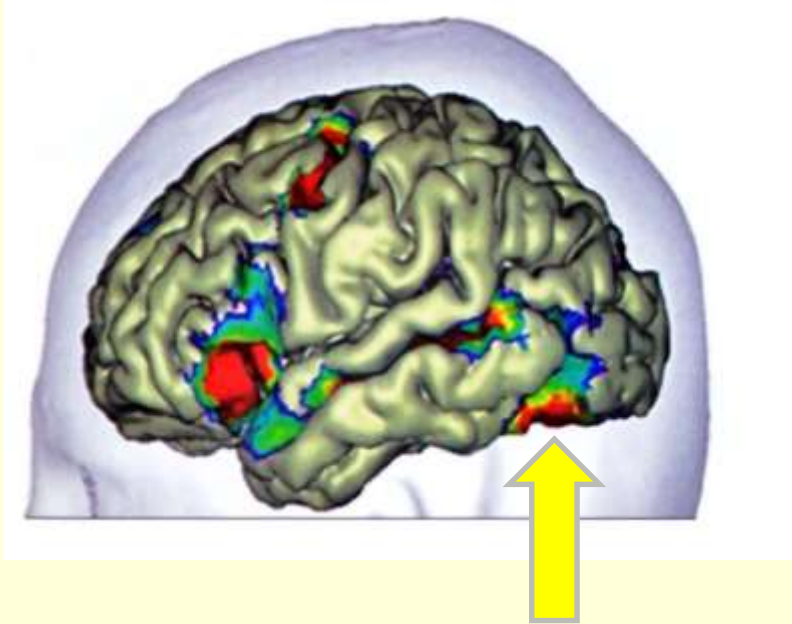
des c. de ces c. des intersections de traits,

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

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



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)



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...)



Autres indices qui confirment le rôle crucial de cette région cérébral 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.



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

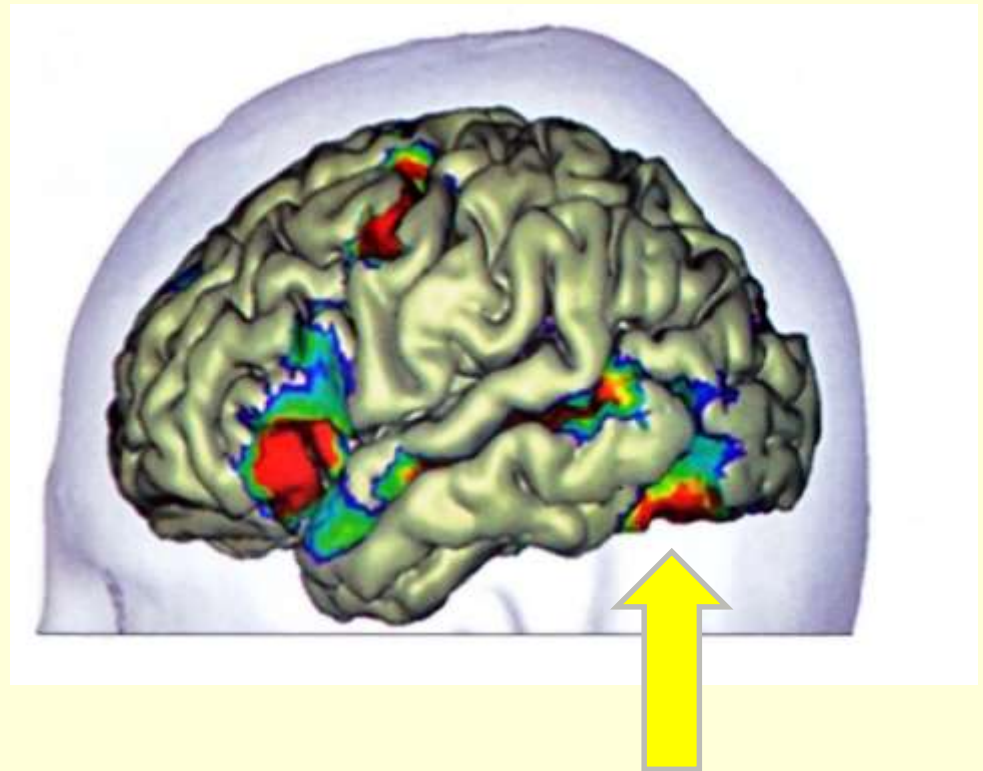
and Joseph T. Devlin

University of Oxford, Oxford, UK

The myth of the visual word form area

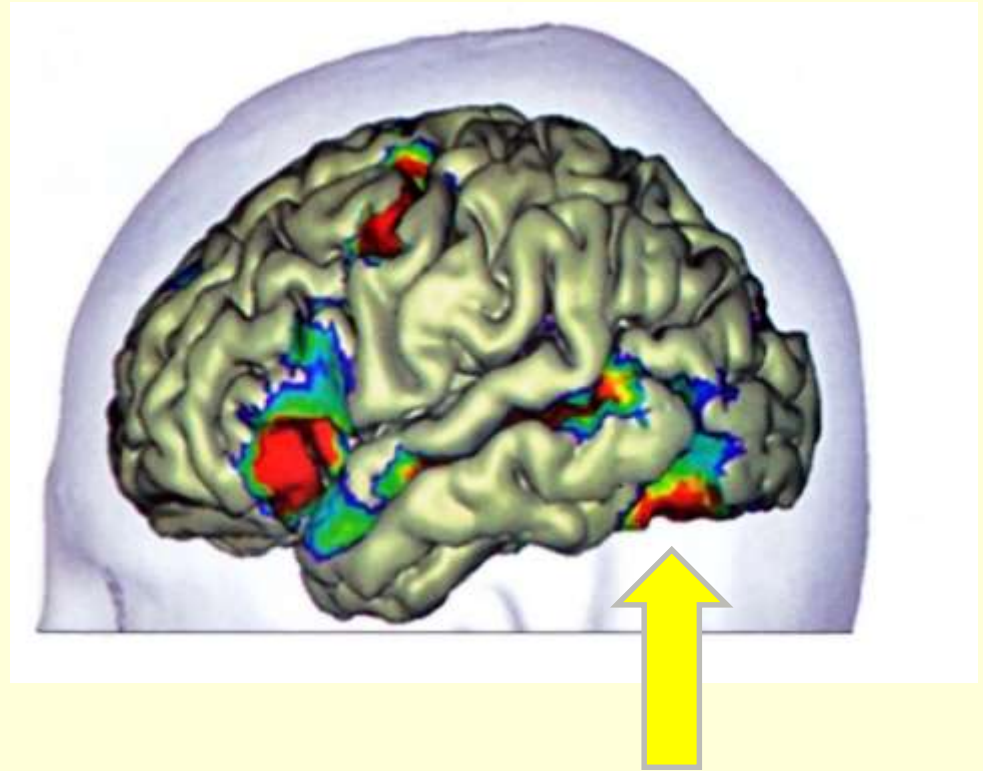
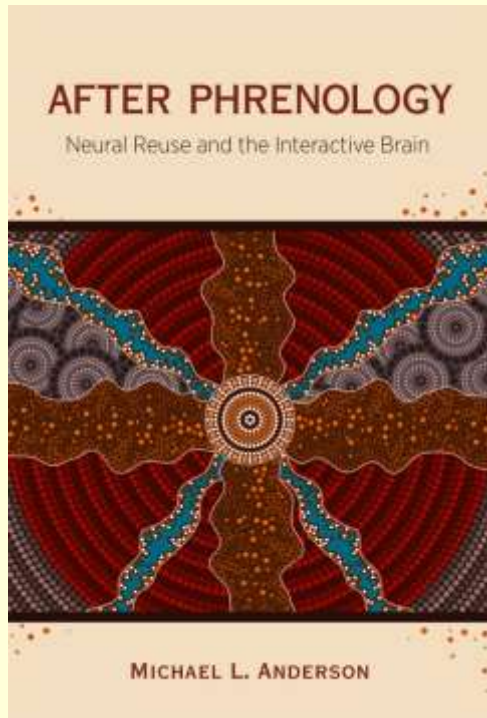
« [...] we present functional imaging data to demonstrate that the so-called **VWFA** is activated by normal subjects during **tasks that do not engage visual word form processing** such as

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



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.

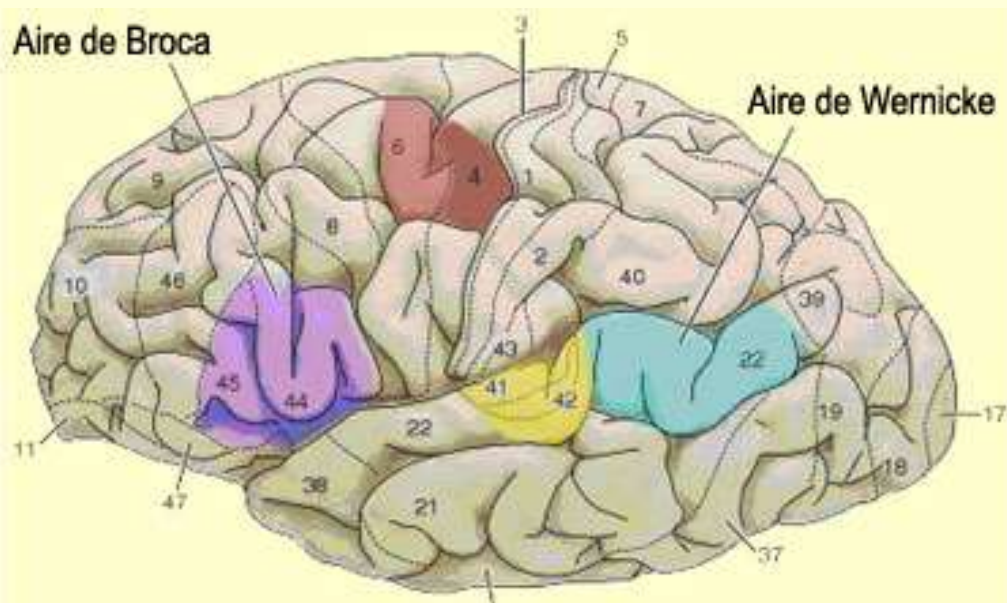


Autrement dit, le recyclage neuronal **n'empêcherait pas la fonction initiale** de l'aire occipito-temporale ventrale gauche, et **même d'autres** fonctions de reconnaissance visuelle associées.

(notion de réseau plutôt que centre)

Puisqu'on s'intéresse au langage, rappelons que...

...il semble y avoir, en réalité, très peu de régions cérébrales dédiées à une fonction cognitive unique, prenons une méta-analyse de 3 222 études d'imagerie cérébrale effectuée par Russell Poldrack en 2006.



Cette étude démontre que l'aire de Broca, typiquement associée au langage, est plus fréquemment activée dans des tâches **non langagières** que dans des tâches liées au langage !

Le BLOGUE du CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

[Après « L'erreur de Descartes », voici « L'erreur de Broca »](#)

[Parler sans aire de Broca](#)

[Repenser la contribution de l'aire de Broca au langage](#)

**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

Cathy J. Price¹, ,

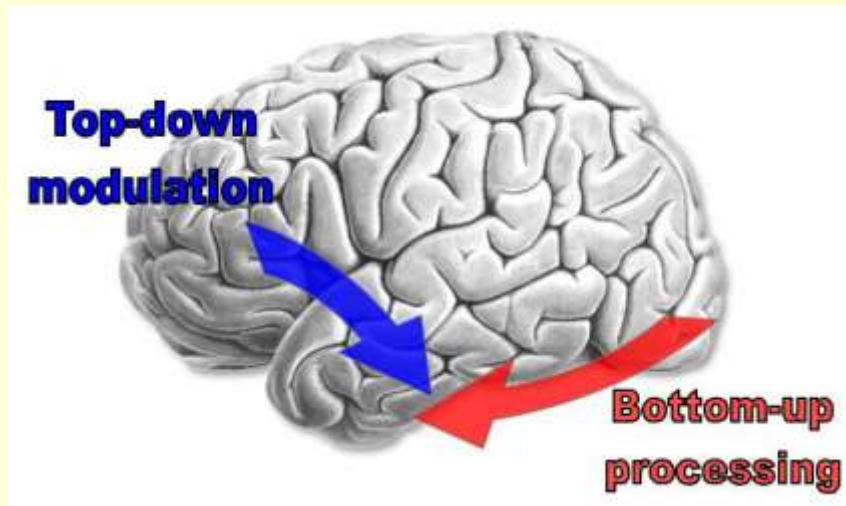
Joseph T. Devlin²

University College London,

University of London

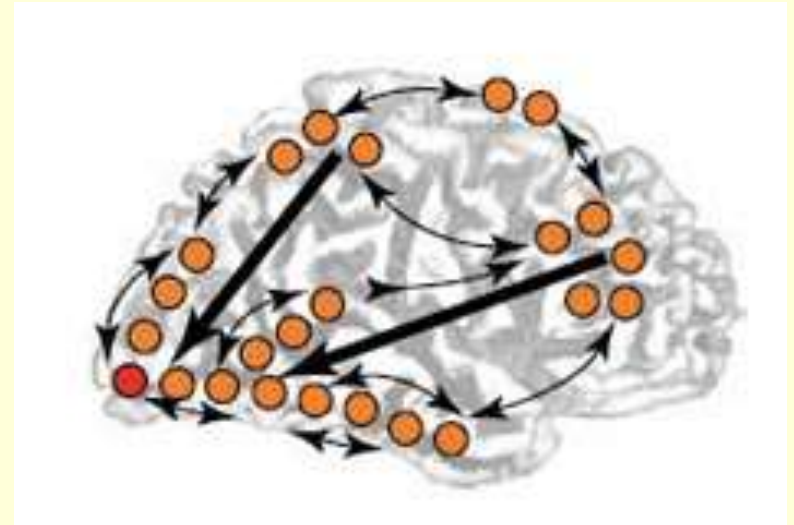
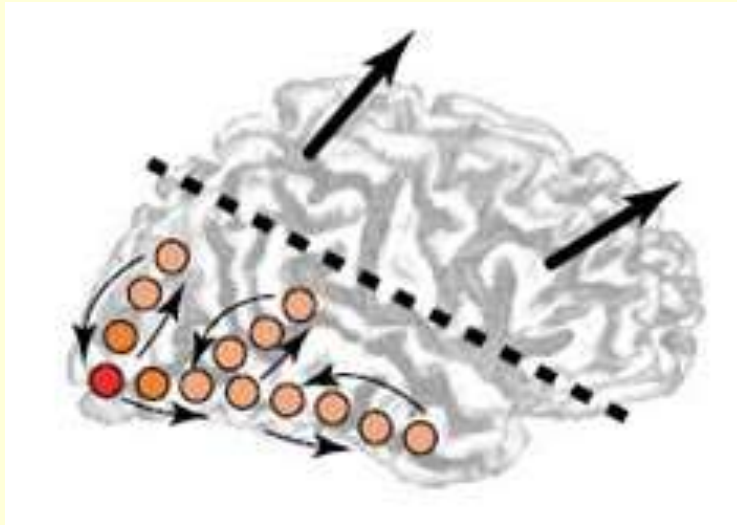
The Interactive Account of ventral occipitotemporal contributions to reading

« ...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.

Plan

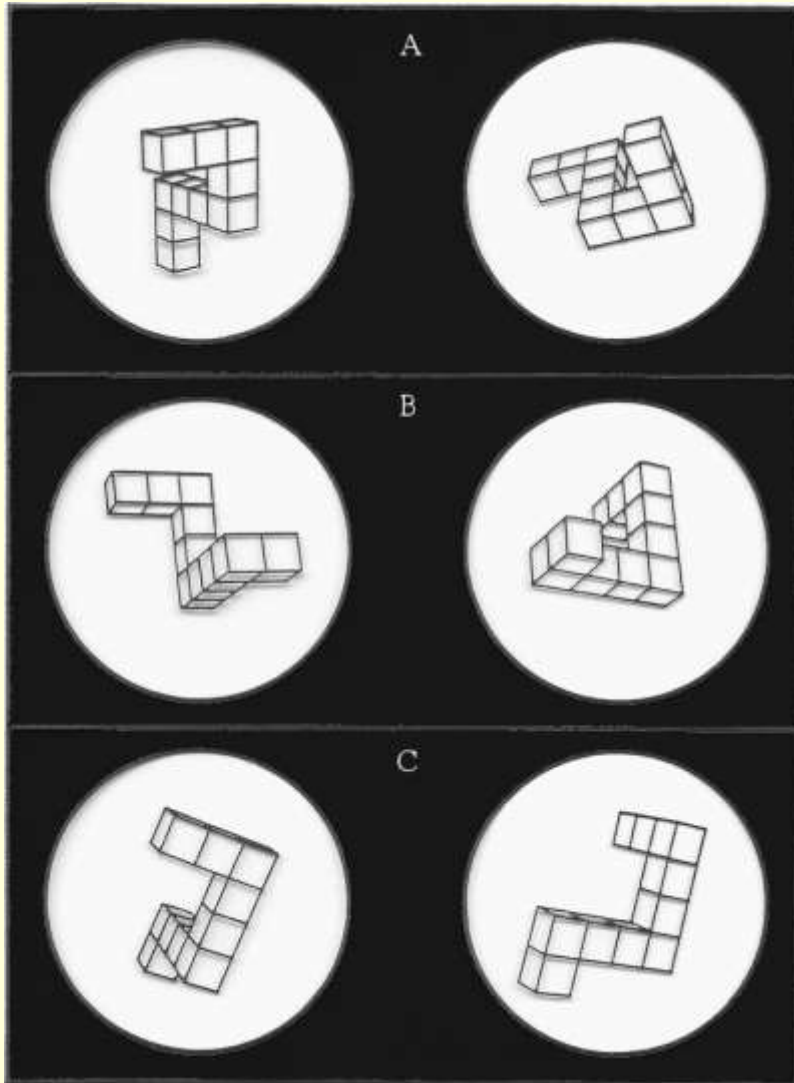
- Intro : les fonctions « exécutive » ou « supérieures »
- L'attention
- L'inhibition des automatismes
- La lecture, une tâche sollicitant diverses fonctions exécutives

[Pause]

- **Simulation mentale**
- L'analogie, cœur de la pensée
- Le cerveau comme une machine à faire des prédictions

On va maintenant parler de « **simulation mentale** », qui a un rapport avec la lecture.

Dès les années 1960, des expériences comme celles de la **rotation de figures dans l'espace** montrent...



....que le temps de réponse est corrélé avec le nombre de degrés d'écart entre les figures

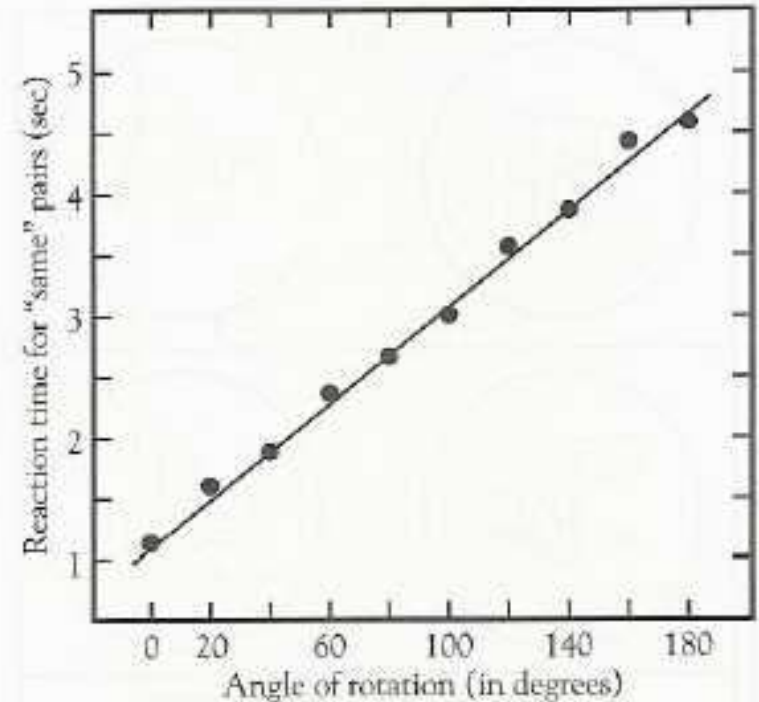
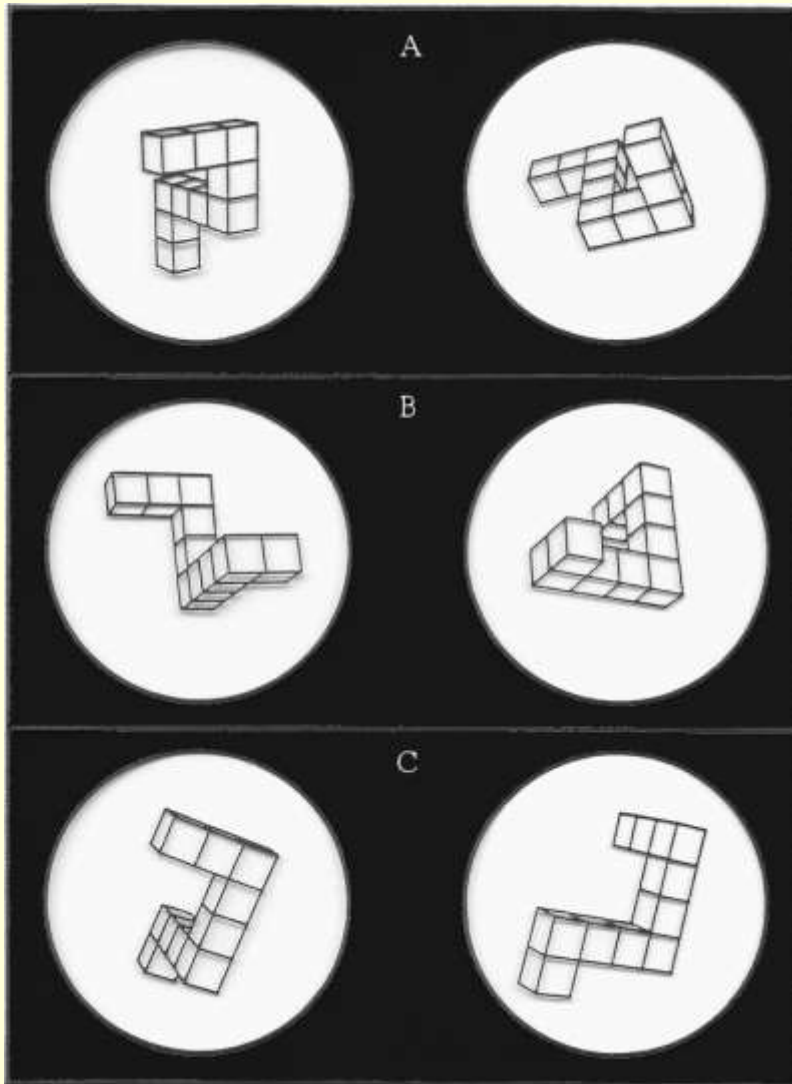


Figure 7.11 Reaction time to judge whether two patterns have the same three-dimensional shape

Mental Rotation of Three-Dimensional Objects
Roger N. Shepard and Jacqueline Metzler
Science, Vol. 171, No. 3972 (1971)

<http://www.jstor.org/stable/1731476>

En général, percevoir des atéfacts manipulables, ou même juste voir leur nom, active des régions cérébrales **motrices** qui sont activées pendant qu'on saisit réellement l'objet avec la main ("grasping").

Tucker & Ellis (1998)

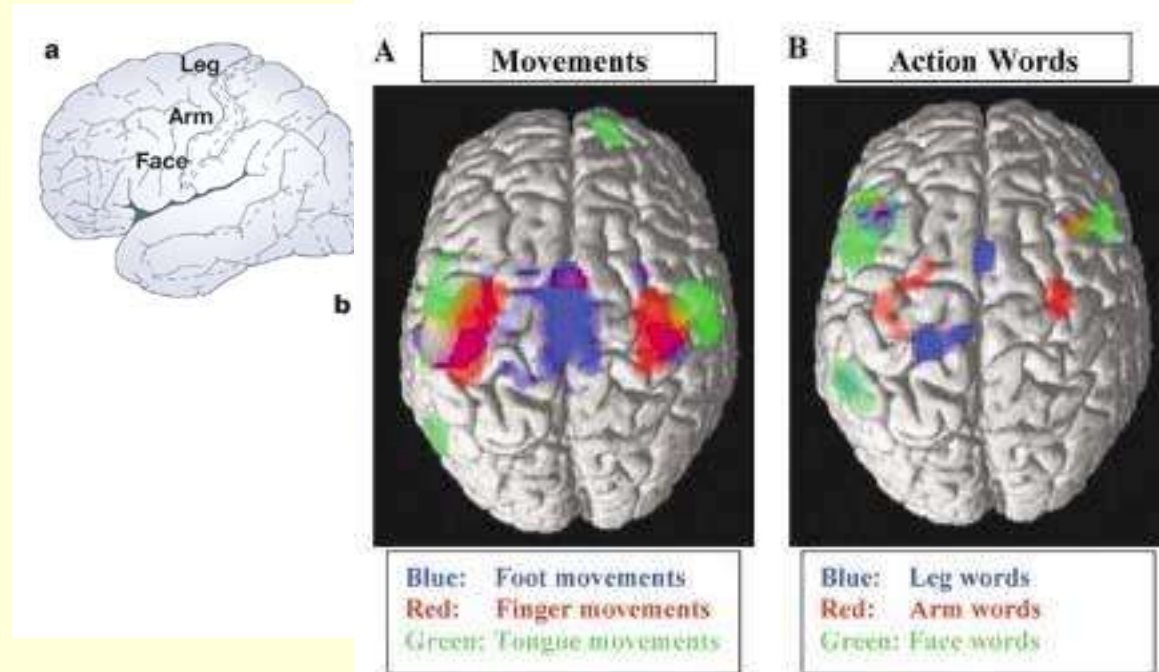
La simple perception de **l'anse d'une tasse** active la simulation de systèmes moteurs correspondants à l'action de prendre la tasse (**affordances** !)

Pulvermüller (2006)
Hauk et al. (2004)

Lire des mots d'action comme *kick*, *kiss*, *pick* produit une activation du système moteur qui est organisée de manière somatotopique.

Exemple : lire *kiss* active la région motrice de la bouche;

lire *kick* active la région motrice de la jambe, etc.



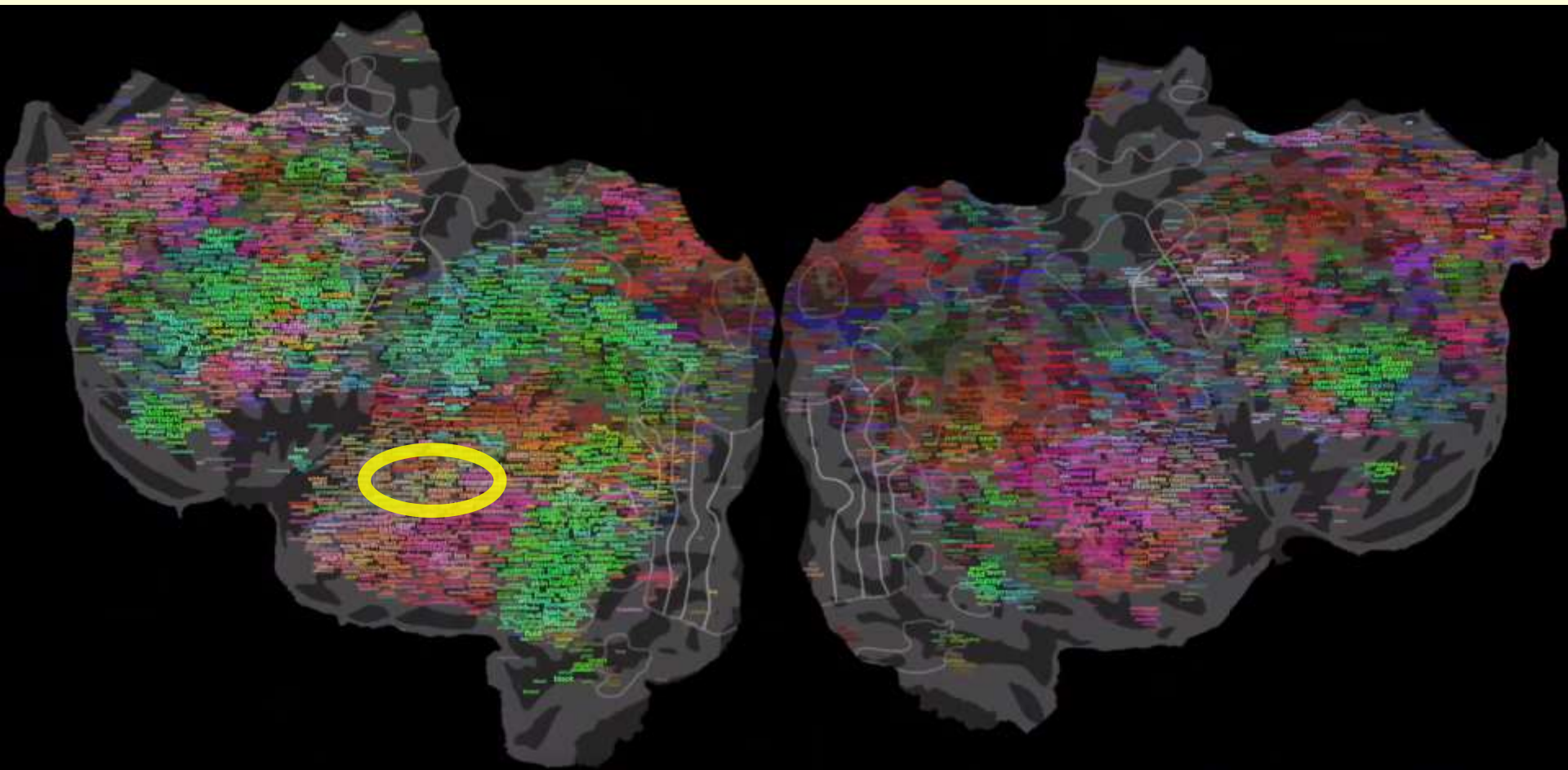
Des tâches de **rappel de verbes** activent aussi les régions cérébrales motrices impliquées dans ces actions.

Lundi, 20 mars 2017

Une première carte sémantique sur le cortex humain

<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2017/03/20/6369/>



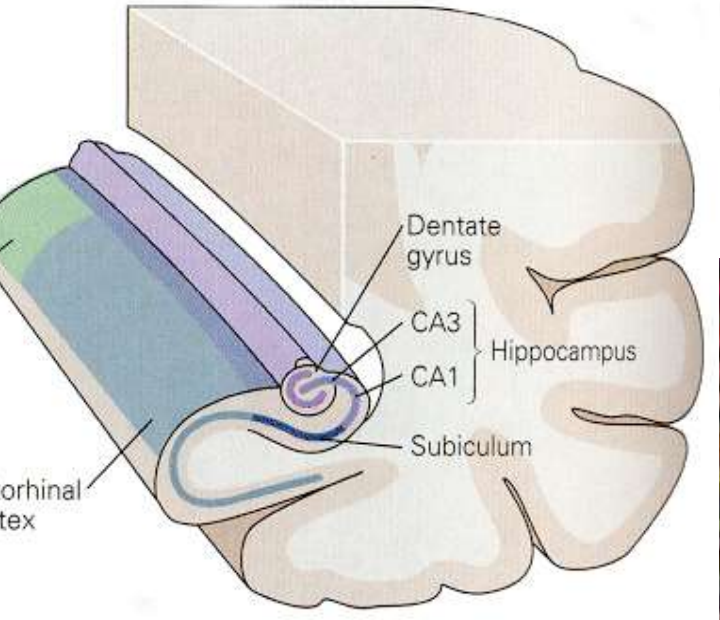
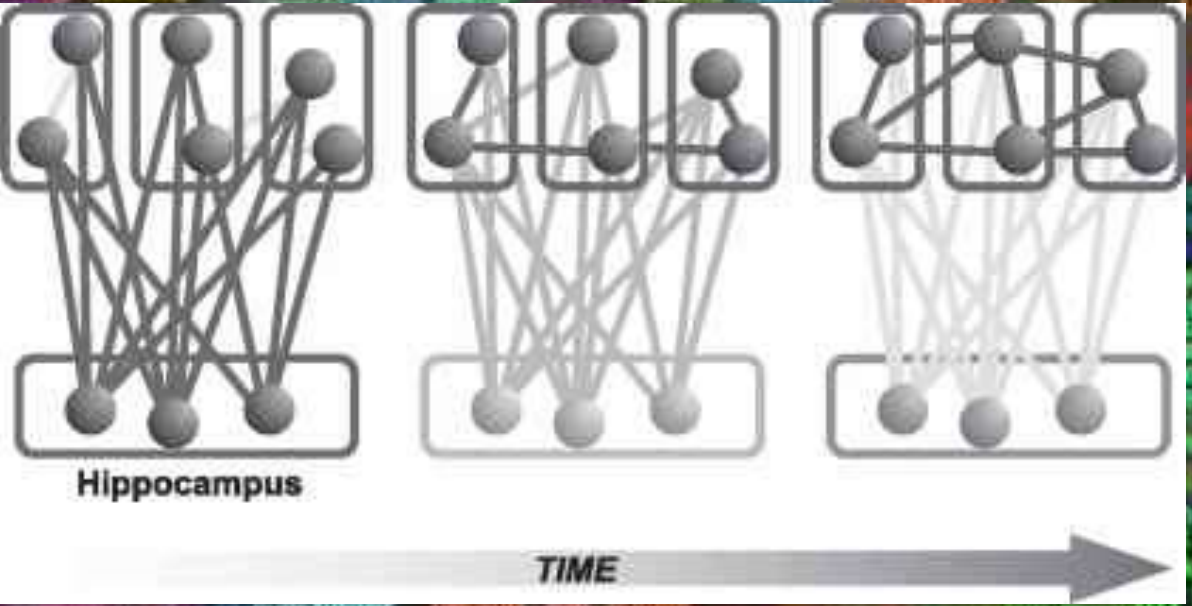




lighter black thin top inch lower pounds fabric flesh

top items top six top inch

innocent children lives poor family caused death child



Ces résultats supportent donc l'hypothèse que les **systemes perceptuels** sont utilisés de manière routinière dans notre compréhension du langage.

Il semble que des **simulations** ont lieu dans nos régions cérébrales sensorielles et motrices et qu'elles contribuent à notre compréhension du langage.

L'exemple de la lecture est un cas particulier intéressant de ce phénomène.

Depuis 2006, les travaux de psychologues comme Raymond A. Mar ont montré que les **lecteurs et lectrices de fiction** semblent être **meilleur.es** pour comprendre les autres, éprouver de l'empathie pour eux et voir le monde selon leur perspective.

En 2010, Mar a observé le même phénomène chez les enfants d'âge préscolaire: plus on leur lisait d'histoires, meilleure était leur capacité de se mettre dans la peau des autres.

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

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

En 2013, Gregory S. Berns et ses collègues ont demandé à une vingtaine de personnes de venir lire un roman durant neuf jours dans un scanner pendant que les scientifiques observaient leur connectivité cérébrale.

Au fil des séances, ils ont constaté une **augmentation de connectivité** entre des zones cérébrales qui avaient, par le passé, déjà été associées à **la prise de perspective d'une autre personne** et à la compréhension d'une histoire

(le gyrus angulaire supramarginal gauche et le gyrus temporal postérieur droit).

Monday, April 20, **2015** http://www.onfiction.ca/2015/04/mental-life-and-action-in-literary.html?utm_source=feedburner&utm_medium=email&utm_campaign=Feed%3A+onfiction+%28OnFiction%29

Mental life and action in literary stories

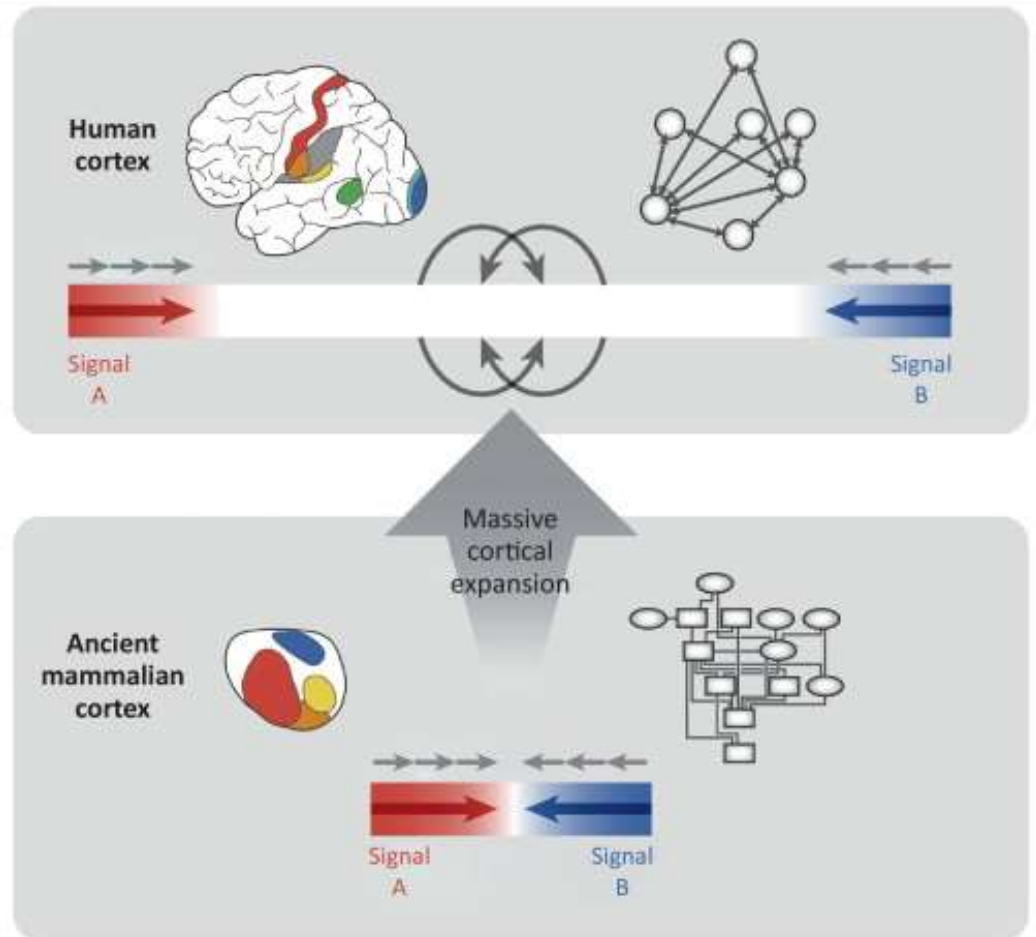
It has been found that at least **two kinds of brain networks** are involved when people read or listen to literary fiction.

One network, which includes the anterior medial prefrontal cortex and the right temporo-parietal junction is called the **mentalizing network**. It is concerned with understanding other people, that is to say with theory-of-mind.

Another area, which includes the **motor cortex**, is concerned with action.

Annabel Nijhof and Roel Willems (2015) report that when people read or listen to stories there are individual differences in their preference for using one or other of these two networks, and hence for engaging in one or other of these two modes of thinking.

...et progressivement, on aura l'option supplémentaire de faire du « offline »



Au début de la vie, tout se fait en « online »

La visualisation, ou imagerie mentale (un exemple “off-line”)

L'une des études les plus citées dans le domaine est celle publiée par le psychologue australien **Alan Richardson** dans Research Quarterly.

Richardson forme 3 groupes au hasard et les fait tirer 100 fois au panier de basketball pour évaluer leur performance. Ensuite, il demande à un groupe de pratiquer ses lancers 20 minutes par jour. Au second de ne rien faire du tout. Et au troisième de visualiser des lancers réussis pendant 20 minutes par jour.

Trois semaines plus tard chaque groupe est évalué à nouveau. Le premier, celui qui a pratiqué, s'est amélioré de 24%. Le second, celui qui n'a rien fait, ne s'est pas amélioré du tout. Mais le troisième, **celui qui a seulement fait de la visualisation, s'est amélioré de 23% !**

Preuve que la simple activation des réseaux sensori-moteurs en « offline » avait amélioré leur connectivité !



On Wayne Rooney and Free Throws: Visualization in Sports

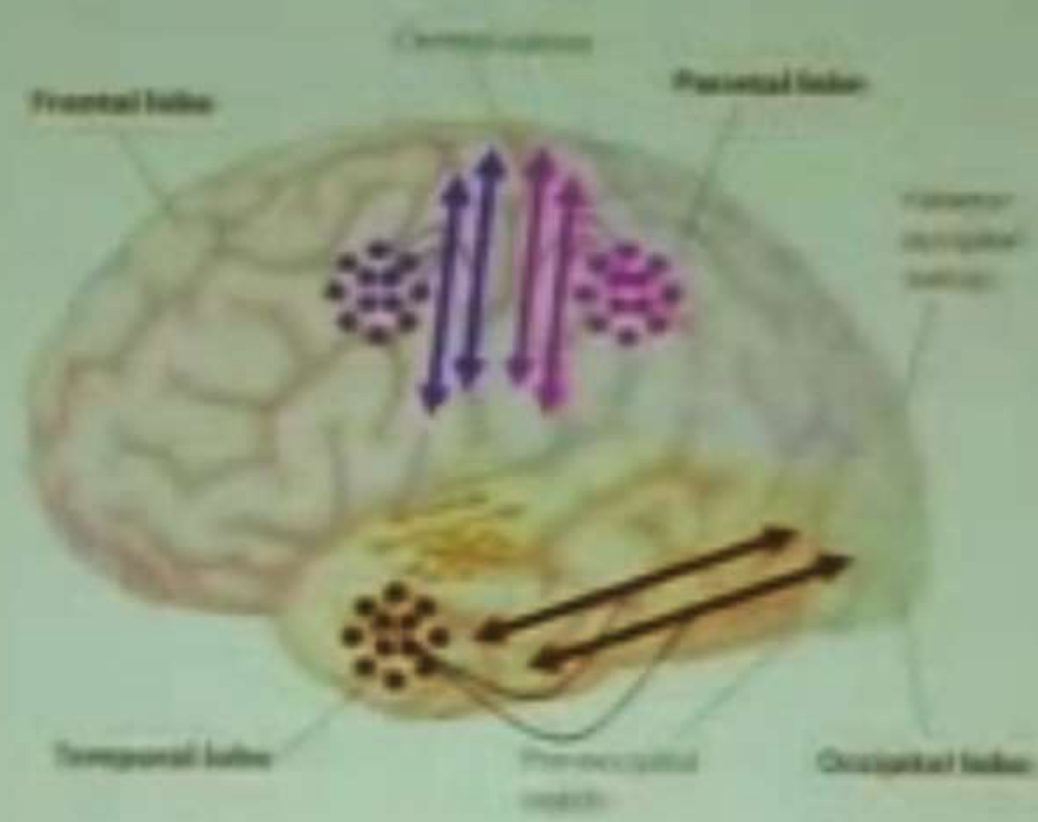
<https://goalop.wordpress.com/2012/06/13/visualize-your-sports/>

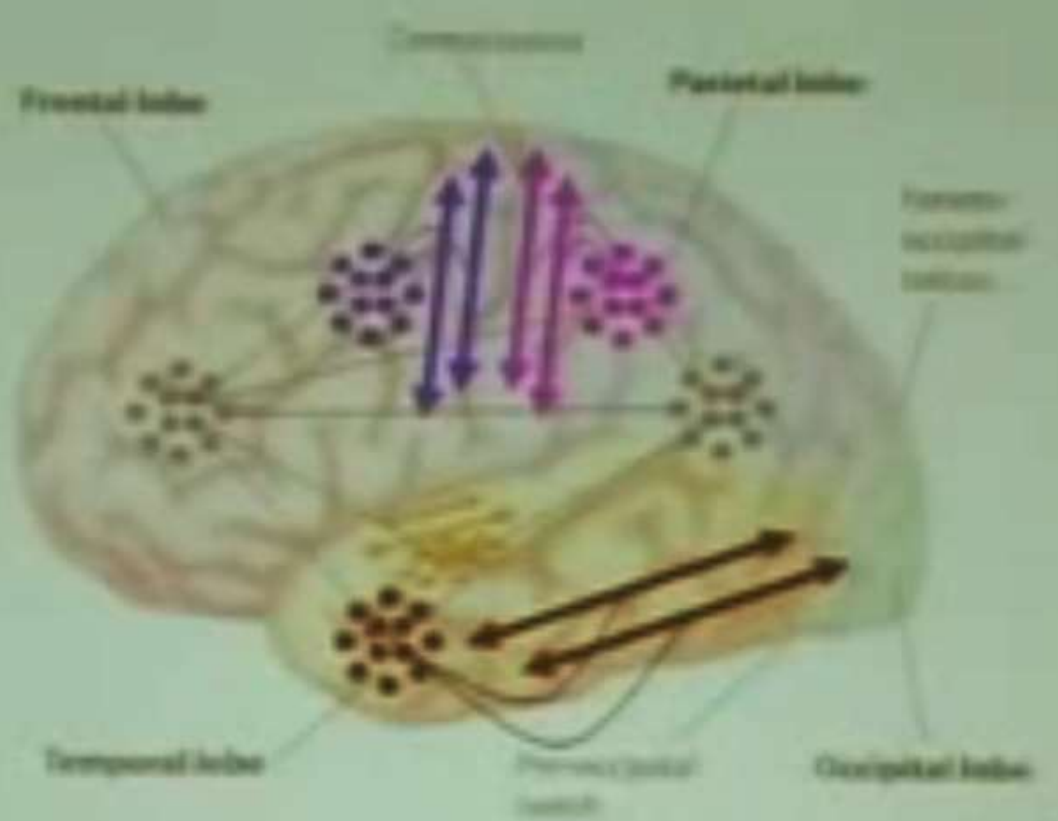
Is visualisation almost as effective as practice?

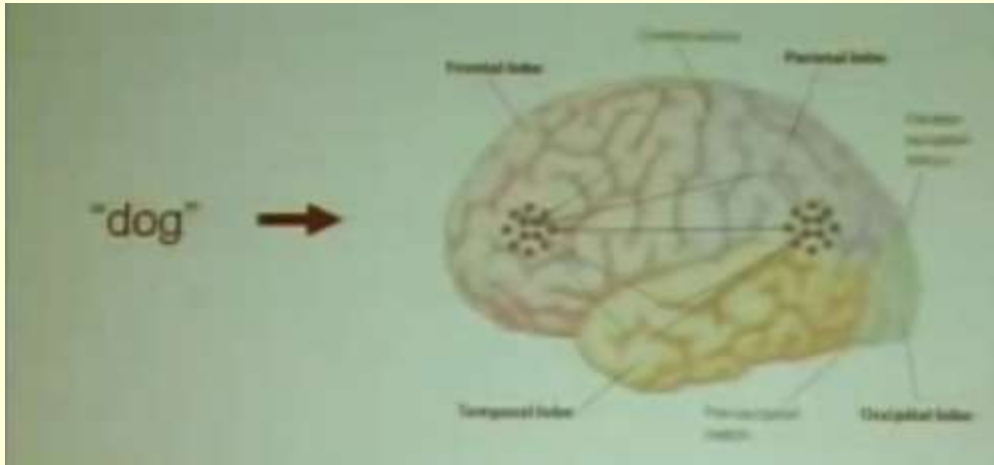
<http://skeptics.stackexchange.com/questions/8531/is-visualisation-almost-as-effective-as-practice>

The Power of Vision

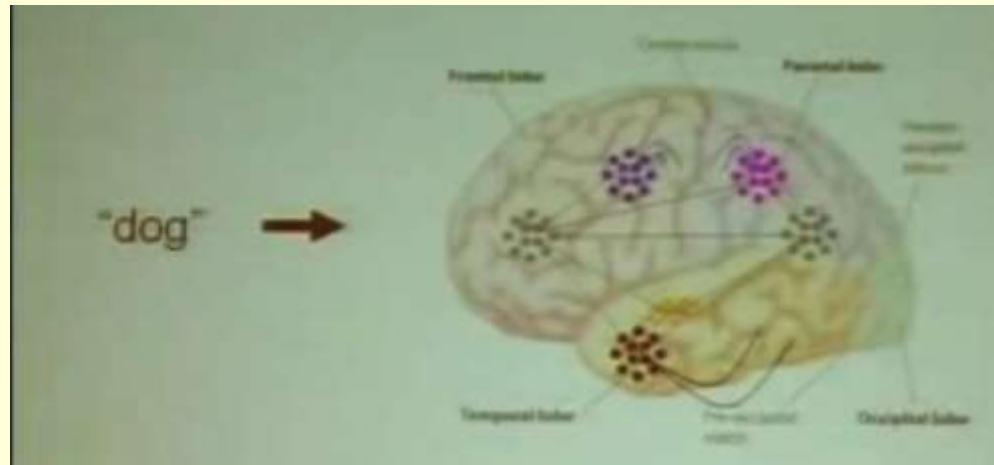
<http://www.navigatechange.net/tag/psychology/>



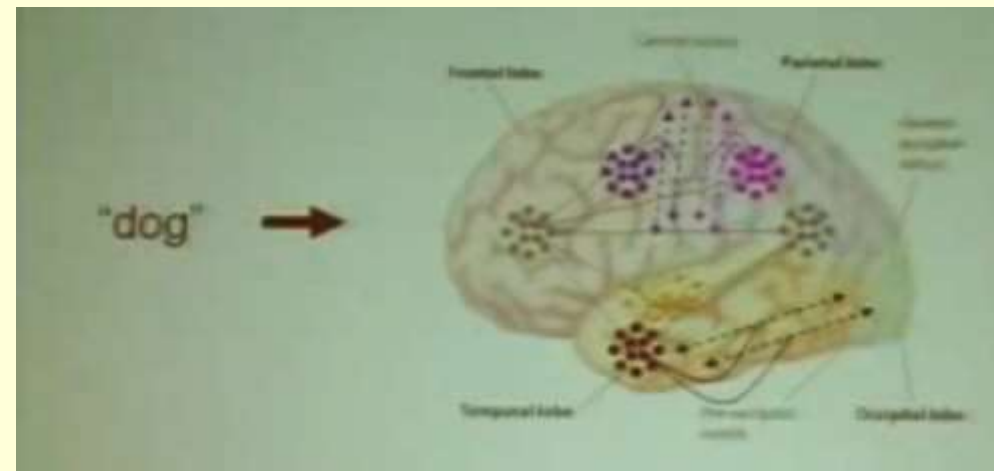




Un mot représentant un concept peut alors **réactiver un simulateur** (aires associatives multimodales)



qui "**réactive**" à son tour des simulations d'états perceptuels, moteurs, mais aussi introspectifs (aires associatives unimodales).

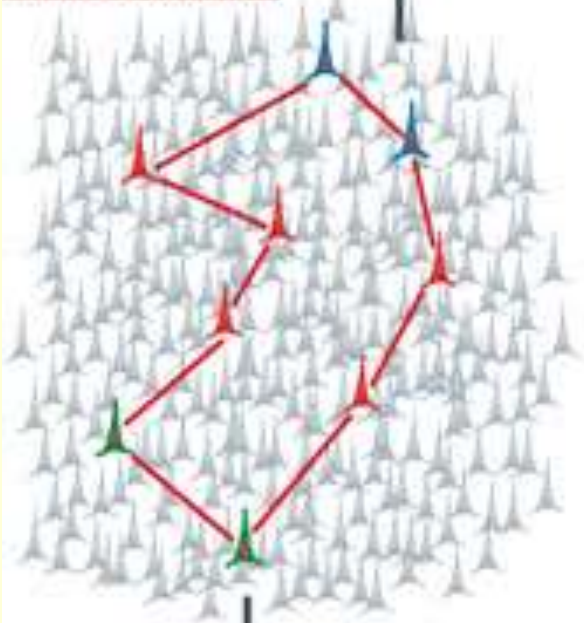


Et ces simulations seront associées à des **recréations partielles** (sensorielles) de l'expérience acquise

et peuvent contenir des biais et des erreurs.



Luke Skywalker



Lawrence Barsalou écrit :

« Une fois qu'un symbole perceptuel est emmagasiné, il ne fonctionne pas de manière rigide comme un symbole discret.

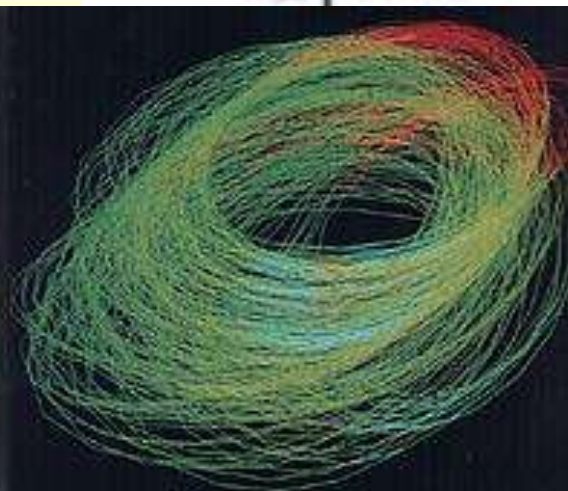
Parce qu'un symbole perceptuel correspond à une **assemblée de neurones**, ses activations subséquentes ont des propriétés dynamiques.

Sa réactivation ne sera jamais exactement identique

et le stockage additionnel d'autres symboles perceptuels dans la même région peut modifier les connexions dans le pattern original et rendre sa réactivation différente.

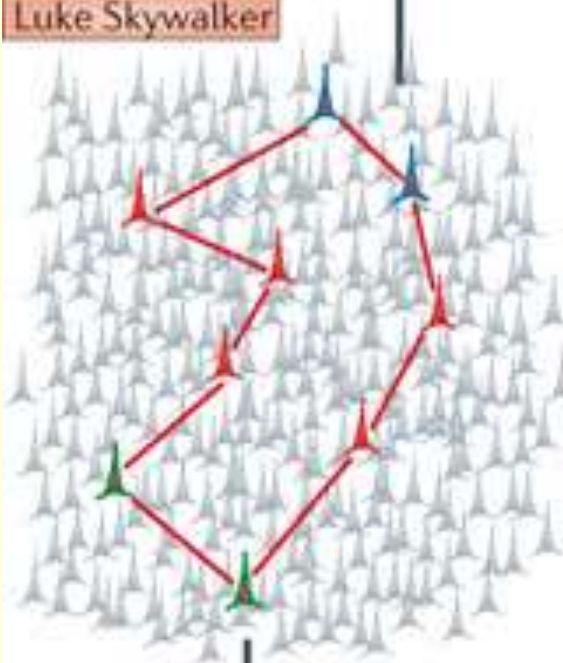
Pour ces raisons, on considère un symbole perceptuel comme un **attracteur** dans un réseau connexionniste.

Quand le réseau change avec le temps, l'attracteur change aussi. Et quand le contexte varie, l'activation de l'attracteur covarie.”

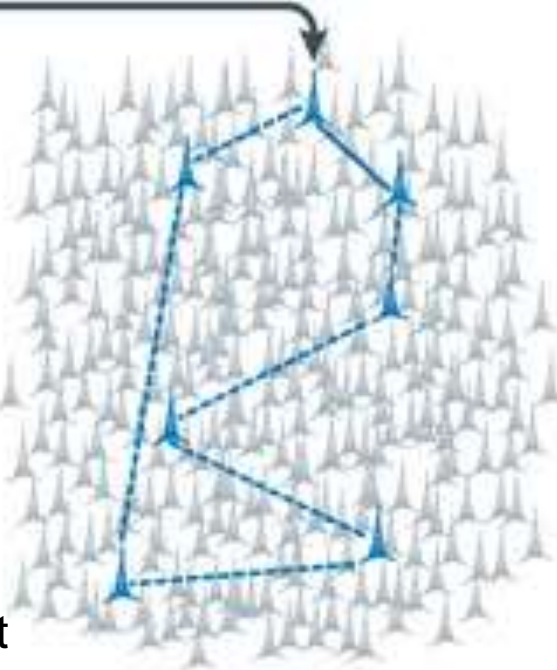




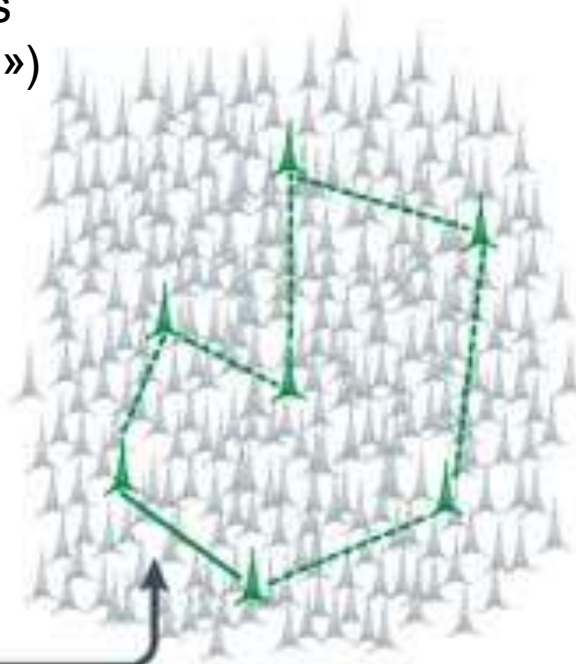
Luke Skywalker



Des formes d'activation semblables rendent aussi possible des **effets de contexte** (embrasement d'assemblées de neurones »)



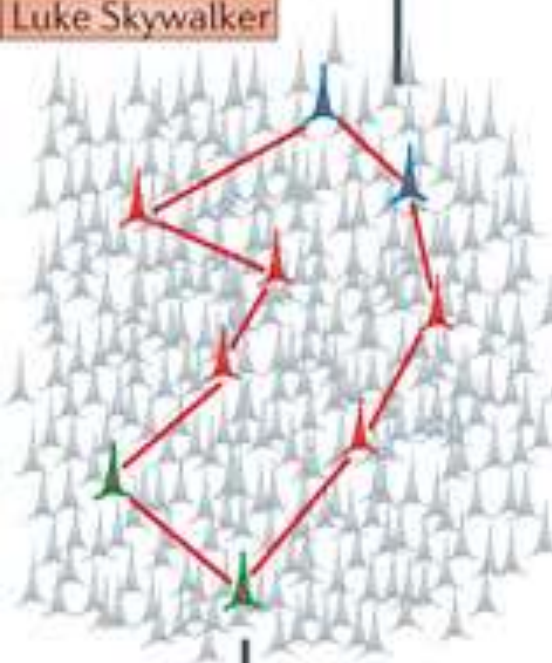
Yoda



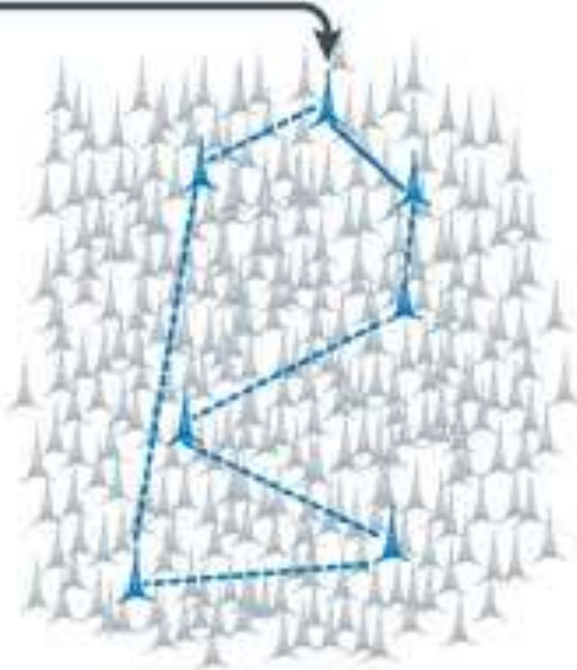
Darth Vader



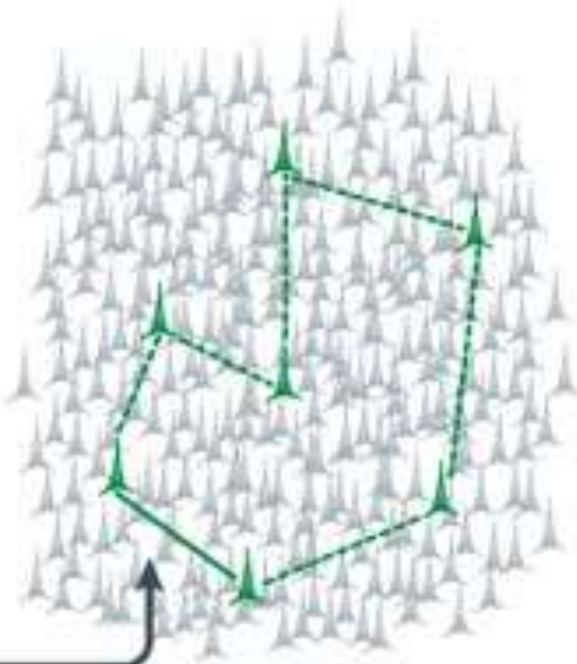
Luke Skywalker



Ce qui nous amène à parler des **glissements** et des **analogies** entre catégories dans les activités cognitives.



Yoda



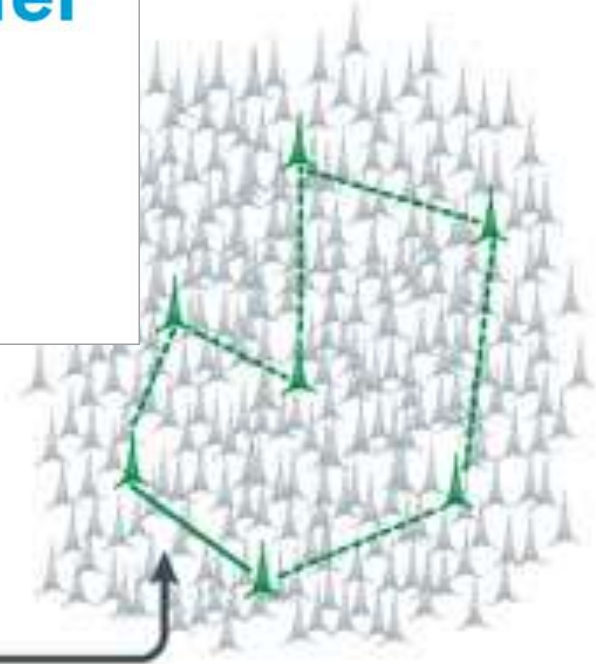
Darth Vader



Luke Skywalker



Yoda

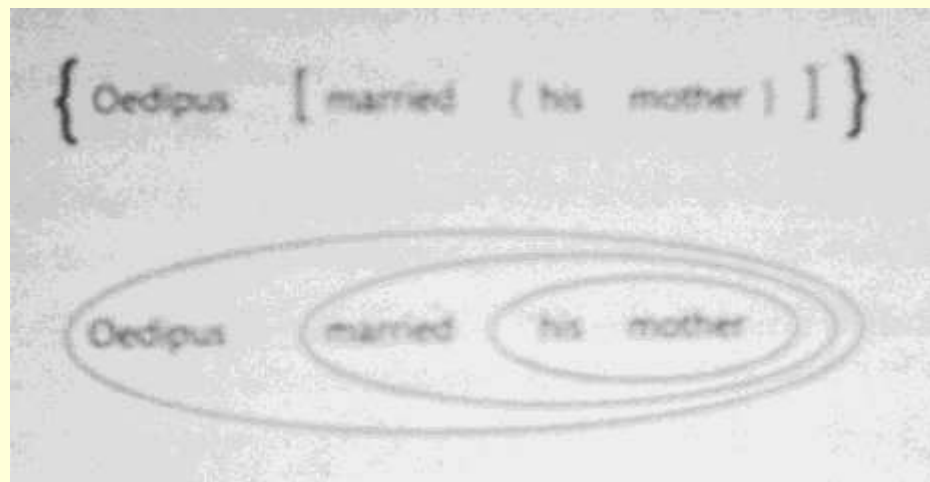
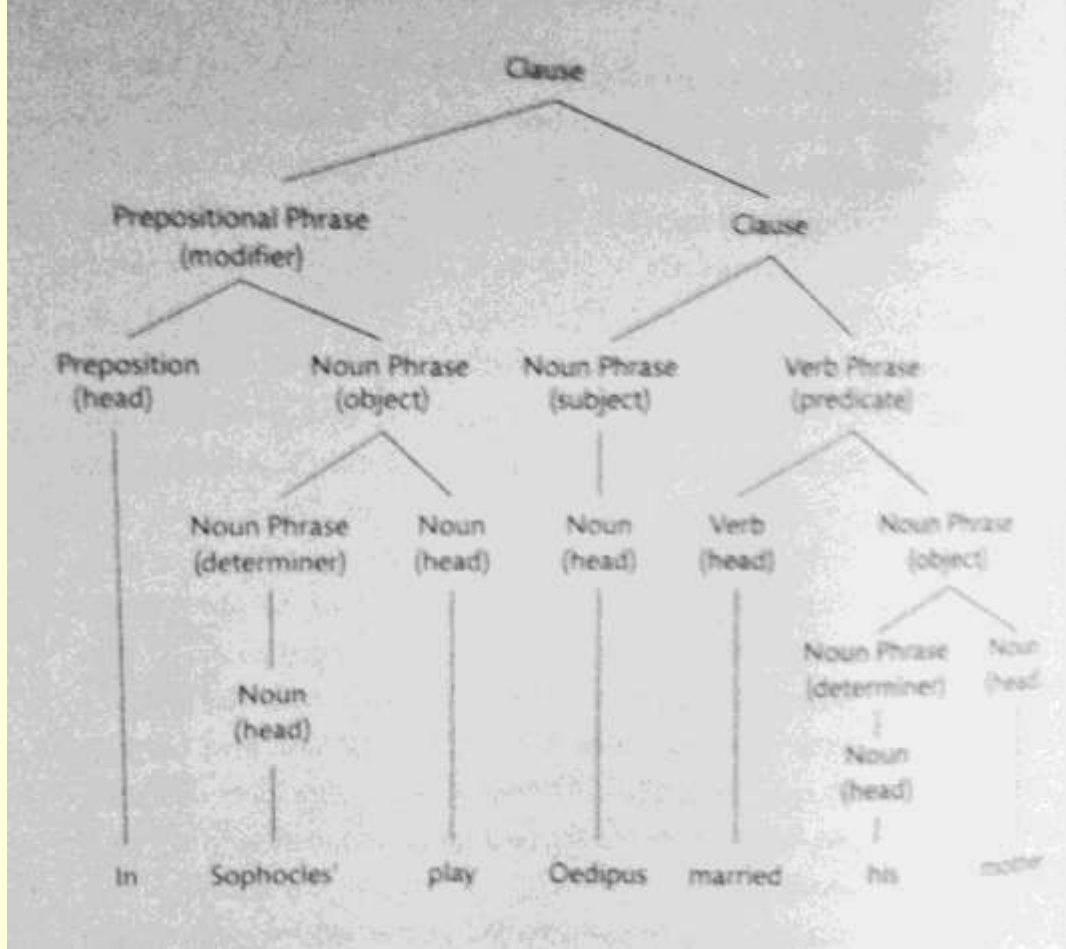


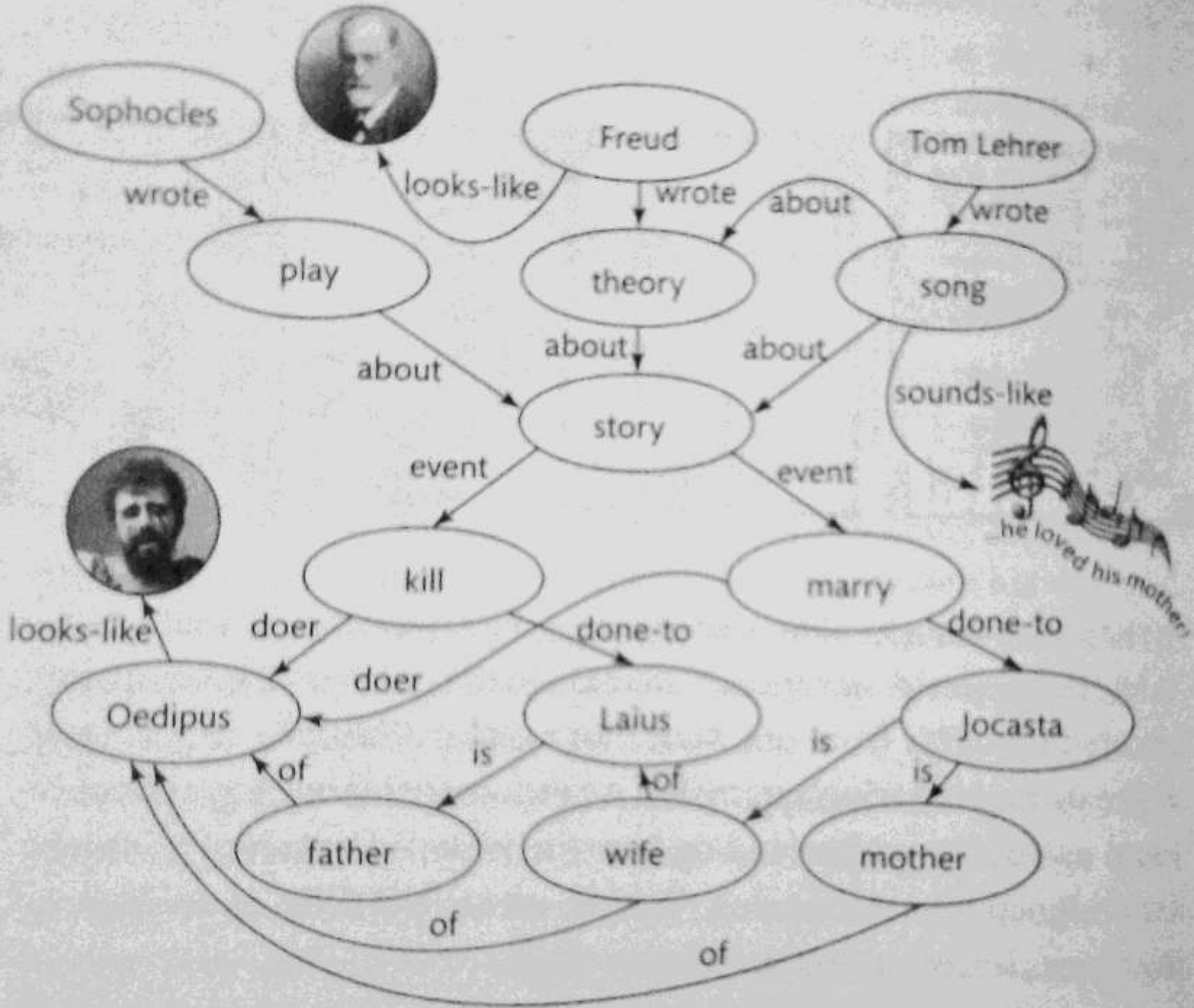
Darth Vader

L'Analogie
Cœur de la pensée

Douglas Hofstadter
Emmanuel Sander

Odile Jacob sciences





Plan

- Intro : les fonctions « exécutive » ou « supérieures »
- L'attention
- L'inhibition des automatismes
- La lecture, une tâche sollicitant diverses fonctions exécutives

[Pause]

- Simulation mentale
- **L'analogie, cœur de la pensée**
- Le cerveau comme une machine à faire des prédictions



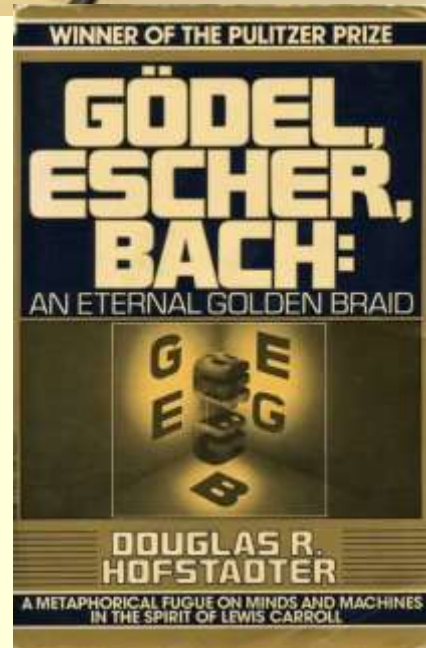
L'Analogie
Cœur de la pensée

**Douglas
Hofstadter**
**Emmanuel
Sander**



2013

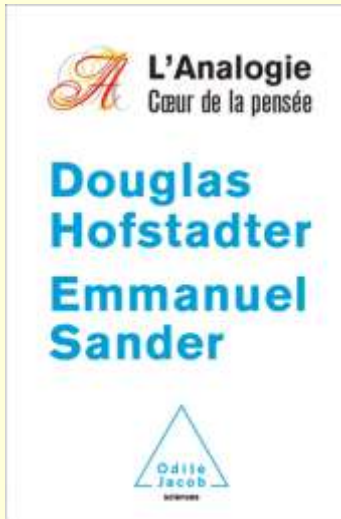
la pensée conceptuelle



1979

**Double Book Review:
The Emperor's New
Mind and Gödel,
Escher, Bach: An
Eternal Golden Braid**
January 13, **2016**

<http://knowingneurons.com/2016/01/13/double-book-review/>



« Nous affirmons que **la cognition** est constituée d'un flux ininterrompu de catégorisations

et qu'aux racines de la pensée se situe non pas la classification, qui place des objets dans des cases mentales rigides,

mais la catégorisation/analogie, dont dépend la remarquable fluidité de la pensée humaine. »

p.28-29

Faire une analogie, c'est établir une comparaison entre des phénomènes dans lesquels on perçoit tout à coup une ressemblance cachée.

L'articulation de mon coude ressemble à celle de mon genou, qui ressemble au « coude » d'un tuyau, ou au virage sur une route.

Manger et lire ont quelque chose en commun : dans un cas on nourrit son corps, dans l'autre on se nourrit l'esprit. Je peux donc « dévorer des livres » ou parler de « nourritures spirituelles ».

L'analogie fut longtemps tenue comme un simple procédé littéraire ou un mode de raisonnement particulier. Pour Hofstadter et Sander, elle est carrément **« au cœur de la pensée »**, en ce sens que le cerveau utilise des analogies pour penser à tout bout de champ.

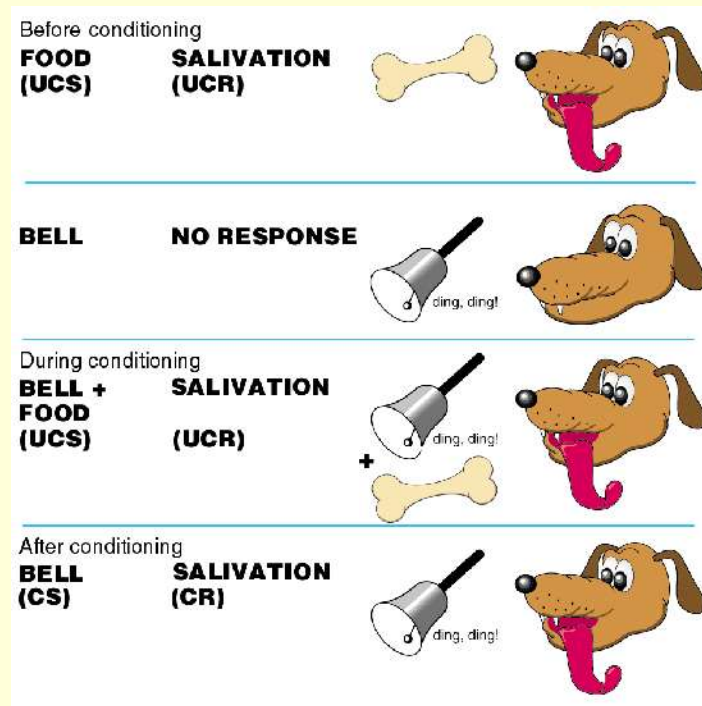
Pour Hofstadter et Sander, l'analogie dresse un pont entre un phénomène **extérieur** et des structures mentales **préalablement construites**, entre le monde et moi.

L'analogie serait ce **pont entre le présent et le passé.**

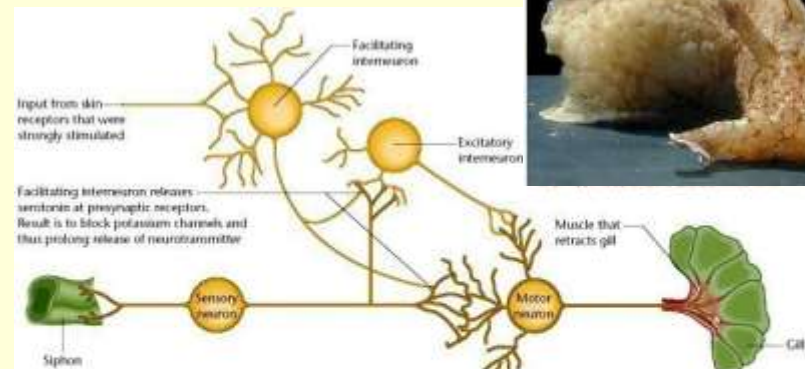
Bref, faire des analogies nous permet de penser et d'agir dans des **situations inconnues.**

Elles ont un caractère prédictif de comportement pour les situations futures.

On peut ainsi remonter au caractère associatif aussi de notre mémoire, aux apprentissages associatifs, comme les conditionnements classiques et opérants, des phénomènes phylogénétiquement très anciens...



Cette idée de mettre une chose présente en relation avec une autre, souvent passée, a une valeur adaptative indéniable.



D'où viennent les concepts présent dans notre esprit ?

Ils doivent leur existence à une immense suite d'analogies élaborées inconsciemment au fil du temps.

L'exemple du concept de « maman » :

Le nourrisson repère des régularités de son environnement : lorsqu'il est en détresse, une « entité » qui possède certaines caractéristiques plus ou moins stables de forme, de taille, de couleur... vient le nourrir, le changer, l'apaiser. Cette succession de régularités donne naissance au **concept de maman.**

En grandissant, l'enfant s'aperçoit que d'autres enfants sont entourés d'autres adultes qui se comportent envers eux *grosso modo* comme sa propre maman se comporte envers lui.

C'est une analogie entre lui-même et un autre enfant, entre une autre grande personne et sa Maman, entre une forme de relation protectrice et une autre. "Maman" perd alors sa majuscule pour devenir "maman".

A un moment, on passe de "maman" à "mère". Chemin faisant, on rencontre des cas plus étranges, comme la reine mère des abeilles, et le concept englobe des sens plus abstraites qualifiées communément de métaphoriques telles que « mère poule » ou « mère patrie ».

Ou encore lorsqu'on dit "la Révolution américaine est la mère de la Révolution française" ou "l'oisiveté est la mère de la philosophie".

Par analogies successives leur concept de maman va donc évoluer jusqu'à prendre une forme culturellement partagée.

Nos catégories mentales sont ainsi enrichies par extension tout au long de notre vie. Les concepts ne cessent donc jamais d'évoluer et il y a un potentiel de raffinement à peu près infini pour chaque concept.

Grâce à l'analogie, on finit par reconnaître une chaise, même si elle s'écarte du stéréotype classique.

Par exemple, si vous êtes féru de design de meubles, vous aurez un concept de chaise beaucoup plus développé, raffiné et inclusif que votre voisin.



Un exemple de raffinement conceptuel : le vocabulaire des jeunes enfants.

Une fillette de 2 ans disait ainsi « **déshabiller la banane** ». Il n'est pas tout à fait aberrant d'utiliser le concept de « déshabiller » pour un fruit, mais un concept plus fin existe dans notre culture, celui d'« éplucher ».

Sa catégorie « déshabiller » est moins spécifique que celle des adultes et s'applique à des contextes plus variés.

Une analogie comme celle-ci fonctionne par **proximité sémantique**.

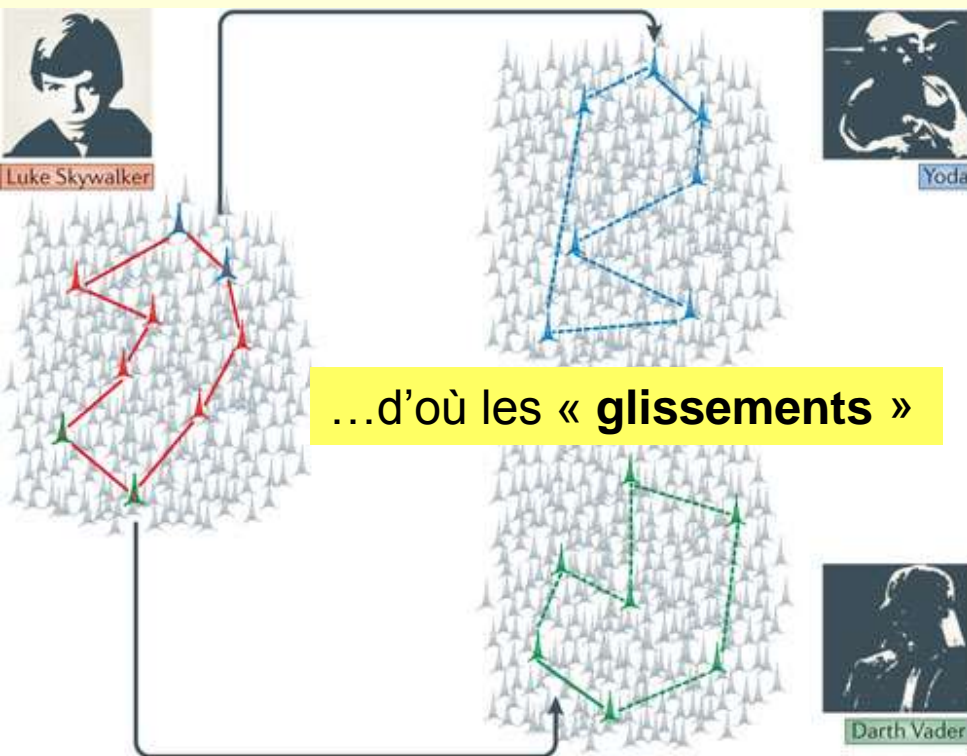
La fillette a repéré que ce que l'on fait à la banane est analogue à ce que l'on fait à l'être humain.

En s'exprimant ainsi, l'enfant sera corrigé par un adulte et elle affinera son concept de « déshabiller ».

Et il en est de même pour un enfant qui dit « J'ai cassé le livre » ou encore « Maman, tu peux recoller mon bouton ? »

Comment surgit un concept dans notre pensée ?

Nos concepts sont sélectivement évoqués à tout moment **par les analogies** qu'établit sans cesse notre cerveau afin d'interpréter ce qui est nouveau et inconnu dans des termes anciens et connus. » p.9



Notre mémoire est « **associative** »...



Une thèse essentielle du livre :

nous désignons nos catégories mentales par des **mots**,
i.e. des concepts verbalement étiquetés, comme chien, chat, joie,
résignation, contradiction, etc.

Mais aussi par des **mots composés**, **des locutions figées**,
des **maximes**, des **proverbes**, des **fables** et même des **expériences
personnelles** qui peuvent prendre plusieurs phrases à décrire
et qui nous sont arrivées qu'une seule fois !

Ces derniers sont des concepts sans étiquettes verbales,
comme « la fois où je me suis retrouvé grelottant dehors parce que la
porte s'était claquée tout d'un coup ».

De tels concepts, quel que soit leur niveau de concrétude ou
d'abstraction, sont mobilisés à chaque instant,
le plus souvent **sans que nous en ayons conscience**.

Des exemples

(mais pas autant qu'il n'y en a dans leur bouquin !)

D'abord on peut percevoir des analogies entre objets **sans avoir recours au langage** (les bricoleurs qui vont utiliser une pierre ou un bout de bois comme marteau le savent bien).

Un exemple concret : **la douche...**

Quand vous passez quelques jours chez un ami, vous découvrez toujours une douche avec des particularités différentes, des imprévus. Mais on se débrouille grâce à ses expériences antérieures.

Si nous n'avions pas cette faculté de **rapprocher chaque situation** dans laquelle nous nous trouvons **d'une myriade d'autres situations analogues** déjà vécues, nous serions continuellement perdus dans ce monde, incapables de la moindre action, de la moindre pensée.

Les technologies numériques sont la rupture la plus radicale avec le siècle dernier, mais des mots comme "bureau", "corbeille", "copier-coller" ont été utilisés pour décrire des phénomènes analogues à ceux que les gens connaissaient.

Inversement, les technologies numériques, dans lesquelles nous baignons, sont en train de devenir elles-mêmes sources d'analogies pour comprendre plus clairement le monde matériel.

Ainsi, on entendra dire "J'ai le cerveau qui bogue" ou "Je me suis fait scanner par ma future belle-mère"...

Hofstadter et Sander considèrent aussi **les concepts comme des « attracteurs »** parce qu'ils essaient de capter dans leur environnement ce qui est suffisamment proche pour être intégré à eux.

Un exemple : en France, le ministre du Budget, Jérôme Cahuzac a reconnu avoir placé une grosse somme d'argent sur un compte en Suisse.

Lorsqu'il a démissionné, très vite on a vu apparaître en cherchant sur Google la catégorie des « Cahuzac ». Des journaux titraient par exemple « Sommes-nous tous des Cahuzac ? » Ils sont partis d'un événement singulier qu'ils ont généralisé.

Même dans une langue commune, « ***les concepts restent flous*** », notent les auteurs. Ainsi, lors de la conférence qu'ils ont donnée au Collège de France le 27 février 2013, ils ont posé à la salle la question suivante: «***Est-ce qu'un chapeau est un vêtement?***». Résultat : environ 50% de oui et 50% de non...

Autre exemple : qu'est-ce qu'un sandwich ?...

Les auteurs mentionnent également toutes les **expressions populaires, style proverbe ou dicton**: «*On ne parle pas de corde dans la maison d'un pendu*», «*Faire d'une pierre, deux coups*», «*Chat échaudé craint l'eau froide*»...

Il s'agit toujours de **mettre en relation des situations similaires** à travers un concept commun, un rapprochement, une similitude.

Des **catégories non lexicalisées**, souvent très personnelles :

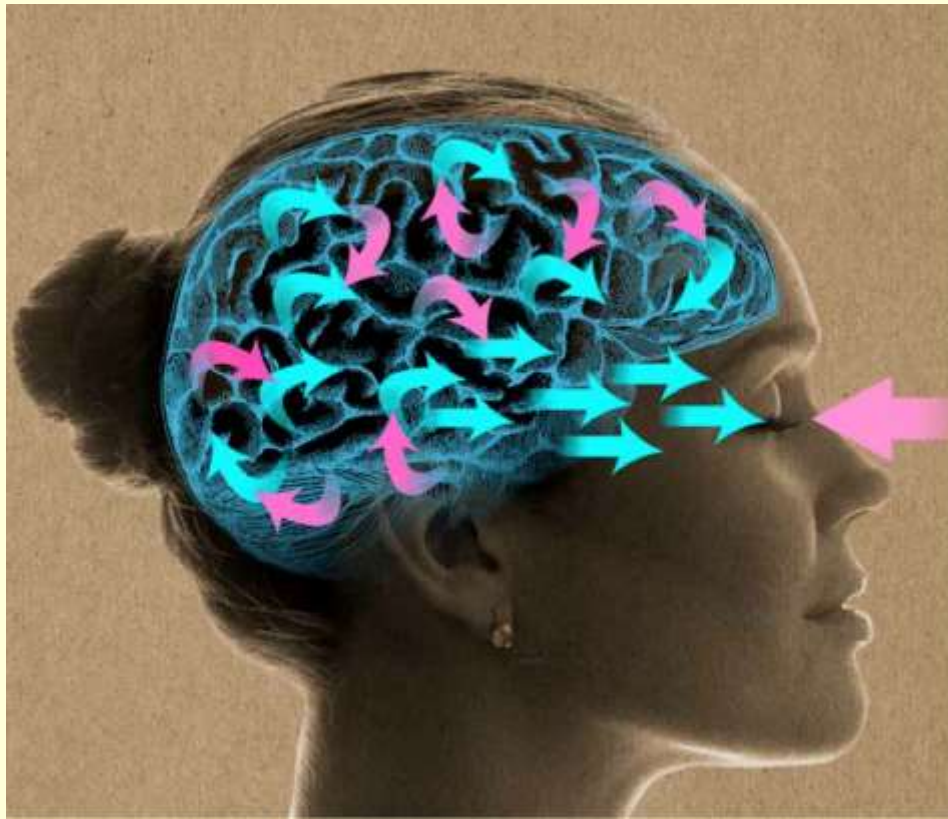
L'anecdote sur les indices mathématiques qui déçoivent Hofstadter, et l'analogie qu'il fait plusieurs décennies plus tard quand sa fille est déçue que le deuxième bouton sur l'aspirateur ne fait pas de bruit.

La langue a constamment recours aux analogies. Les auteurs notent ainsi les expressions du langage ordinaire qui les révèlent très explicitement. Par exemple, dans une conversation, lorsque nous commençons une phrase par: **«Moi aussi, cela m'est arrivé...»**.

Souvent, la situation citée est fort éloignée de l'original. Mais, pour celui qui fait la comparaison, elle rentre dans la même catégorie car il y voit **une similarité profonde au-delà des dissemblances apparentes**.

C'est ainsi que fonctionne le cerveau : il se demande en permanence **dans quelle mesure ce que nous avons vécu** de singulier est susceptible de s'appliquer à notre compréhension du monde.

Le « cerveau prédictif » (« predictive processing »)



En ce sens, Hofstadter et Sander défendent l'idée que **la découverte scientifique** emprunte très souvent les chemins de **l'analogie**.

C'est par analogie que Galilée a conçu que **le concept de lune** ne s'appliquait pas uniquement au satellite de la Terre comme on le pensait alors : il valait de manière analogue pour d'autres objets qu'il avait observés autour de **Jupiter**.

Une telle analogie constituait une avancée scientifique gigantesque, car l'idée de « pluraliser » le concept de lune était bien au-delà de l'imagination de qui que ce soit à l'époque.

Autre exemple :

L'onde qui se répand dans l'eau quand on jette un caillou a servi, par analogie, à forger **la théorie physique du son** qui se propage par ondes dans l'air.

Puis Huyghens a proposé la première théorie ondulatoire de la lumière **par analogie avec l'onde sonore...**

Comprendre les analogies qui engendrent les concepts dans l'enseignement, et en particulier **l'enseignement des sciences**, est très important.

Autrement dit, **des analogies spontanées sont parfois trompeuses.**

Par exemple, une analogie naturelle de ces enfants du primaire consiste à penser que « soustraire », c'est forcément « retirer ». D'où ce type de problème: « J'ai 12 billes, j'en perds 3 à la récréation. Combien m'en reste-il ? »

Une méthode d'enseignement qui n'utiliserait que ce type de problème risquerait de renforcer la connaissance naïve de l'élève et passerait à côté d'une partie du concept de soustraction. Car soustraire c'est aussi « **calculer un écart** ». Ce qui correspond à des problèmes du type : « J'ai 3 billes. J'en gagne à la récréation et maintenant j'en ai 12. Combien en ai-je gagné ? »

Il faut donc favoriser la construction de l'équivalence entre « soustraire en enlevant » et « soustraire en comptant l'écart qu'il y a » pour que les élèves construisent **un concept plus riche que le concept naïf.**

Autrement dit, les enfants sont loin d'être des pages blanches lorsqu'ils entrent à l'école. Ils ont déjà en eux beaucoup de concepts.

Cela pourrait expliquer par exemple la difficulté que pose une opération en apparence simple: **la division**.

*«Le sens strict est "séparer en parties" et l'analogie est celle du **partage**. Mais alors comment expliquer que le résultat final peut-être plus grand que la valeur de départ?» (dans le cas d'une division par une fraction, par exemple; $4 / 0,5 = 8$).*

Il s'agit là des **«analogies naïves»** qu'il faut dépasser si l'on veut progresser dans un domaine.

(autre exemple d'«*analogies naïves*» : le cerveau est comme un ordinateur !)

Autre point important : de plus en plus on se rend compte que **les concepts sont liés à nos perceptions, que ce sont même eux qui nous permettent de percevoir !**

Cela va à l'encontre de l'idée la plus commune qui veut que la perception d'un objet, par exemple, commence par une observation objective de ce dernier dans laquelle aucune connaissance n'intervient, suivie d'une pensée conceptualisée.

Comme si percevoir consistait à « activer » dans notre cerveau un état objectif du monde selon un découpage de l'environnement indépendant de l'observateur.

Pourtant, si nous ne possédions pas le concept de



Autrement dit, nous avons besoin d'avoir déjà construit cette catégorie pour reconnaître ces objets. Même chose pour des concepts plus abstraits.

Le « cerveau prédictif » (« predictive processing »)



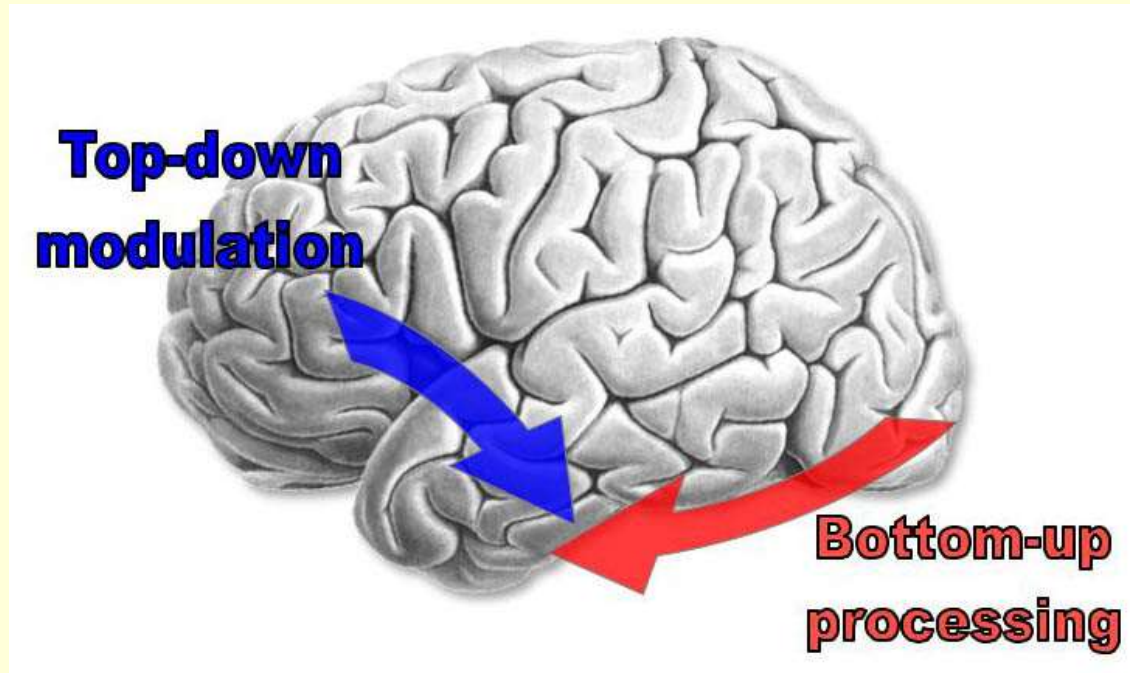
Autrement dit, nous avons besoin d'avoir déjà construit cette catégorie pour reconnaître ces objets. Même chose pour des concepts plus abstraits.

Par exemple, nous sommes à un dîner, et il reste un seul mets sur la table que personne n'ose prendre. Si tout le monde perçoit cette situation, c'est parce que **nous possédons tous le concept, pourtant non lexicalisé en français, du « dernier morceau dans l'assiette »**, qui ne tient pas compte de la nature de l'aliment. Ce n'est pas simplement un signal visuel.

On peut difficilement imaginer un algorithme de reconnaissance des formes qui sache repérer « **le dernier** » **en dépit de la forme qu'il revêt** : la dernière olive dans une coupelle, la dernière tranche de rôti dans un plat, la dernière part de purée, le fond de la bouteille de vin... sont tous visuellement très différents. Mais les humains dans certaines cultures les reconnaissent (et les ont parfois même lexicalisé: « **morceau de la honte**, en italien ou espagnol...)

Ainsi, les concepts et les stimuli qui proviennent de nos organes sensoriels sont en interaction permanente ;

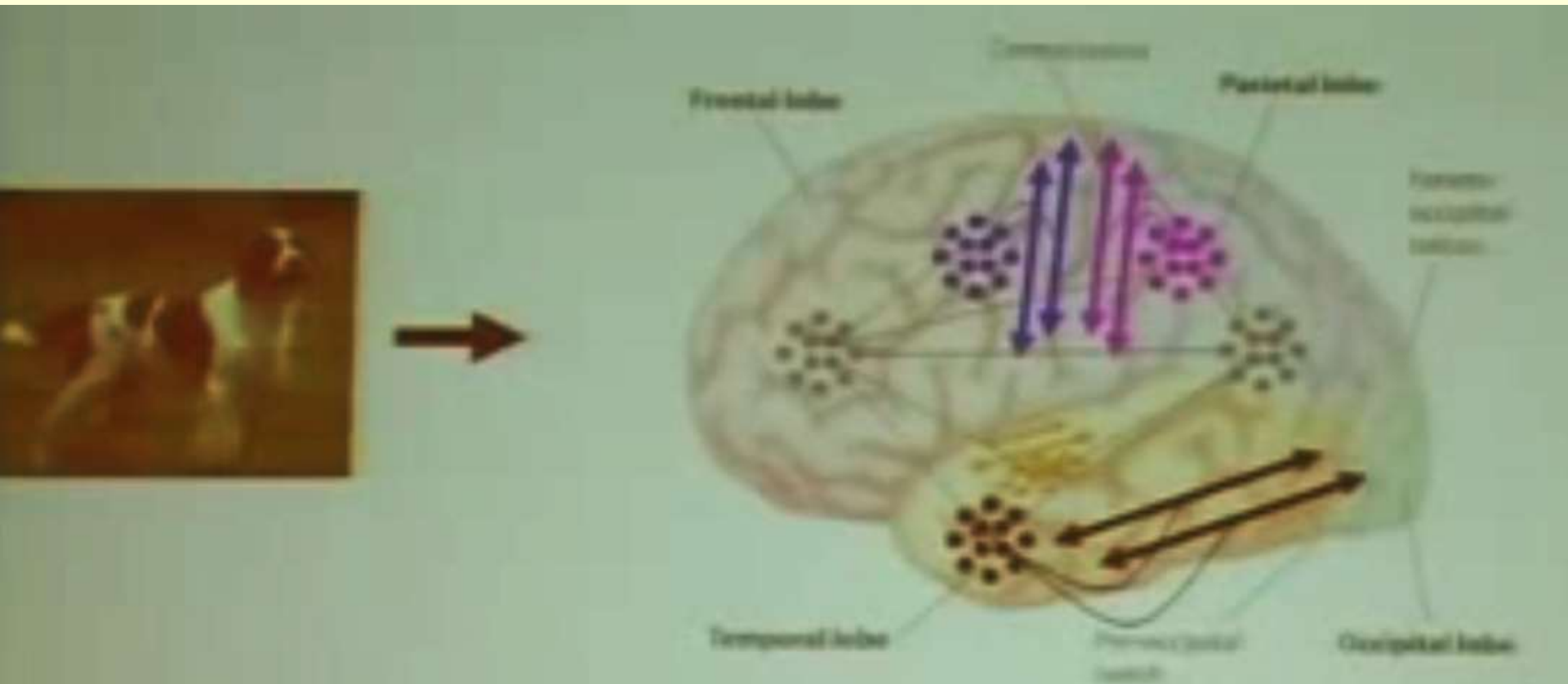
il n'existe pas de frontière étanche entre percevoir et concevoir.



Ainsi, **les concepts et les stimuli** qui proviennent de nos organes sensoriels sont **en interaction permanente** ;

il n'existe pas de frontière étanche entre **percevoir** et **concevoir**.

Évoquer un **concept** active d'ailleurs souvent **plusieurs** zones sensorielles et motrices.



Plan

- Intro : les fonctions « exécutive » ou « supérieures »
- L'attention
- L'inhibition des automatismes
- La lecture, une tâche sollicitant diverses fonctions exécutives

[Pause]

- Simulation mentale
- L'analogie, cœur de la pensée
- **Le cerveau comme une machine à faire des prédictions**

Le cerveau comme une **machine à faire des prédictions** :
(« predictive processing »)

Le cerveau serait fondamentalement une **machine à prédiction** qui projette ses modèles internes sur le monde (de façon « top down »)

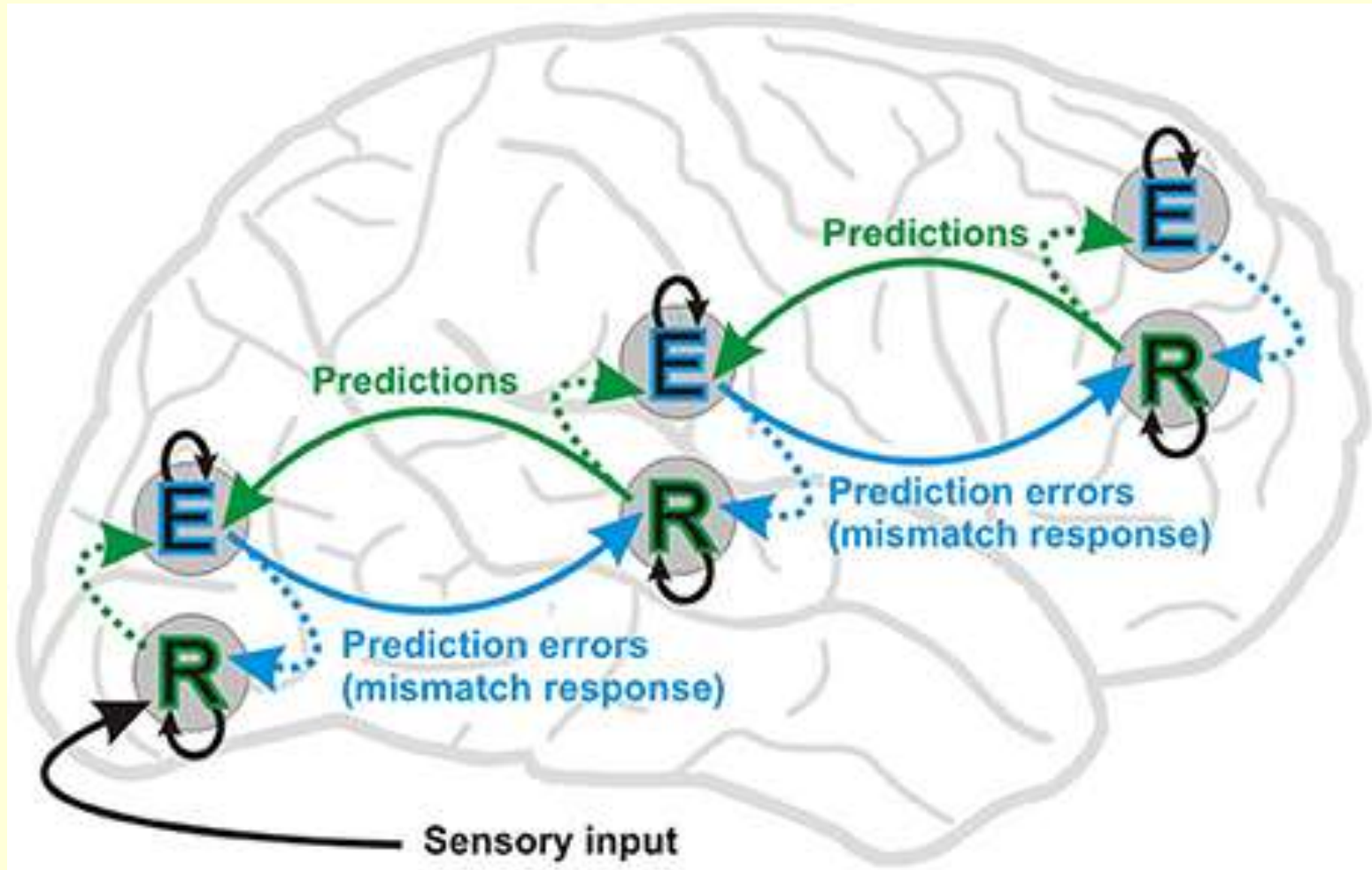
et qui, surtout, utilise les *erreurs* de ses *prédictions* (recueillies de façon « bottom up ») pour modifier ses comportements et/ou ses modèles internes du monde.

Et tout cela se passe inconsciemment la plupart du temps...



Des prédictions et des correction d'erreurs qui se font à de multiples niveaux.

(Friston, 2005, 2008, 2010). <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fnhum.2014.00666/full>



Brains like that are not cognitive couch-potatoes, passively awaiting the next waves of sensory stimulation.

Instead, they are *pro-active prediction engines* constantly trying to anticipate the shape of the incoming sensory signal.

- Andy Clark

An Historical View

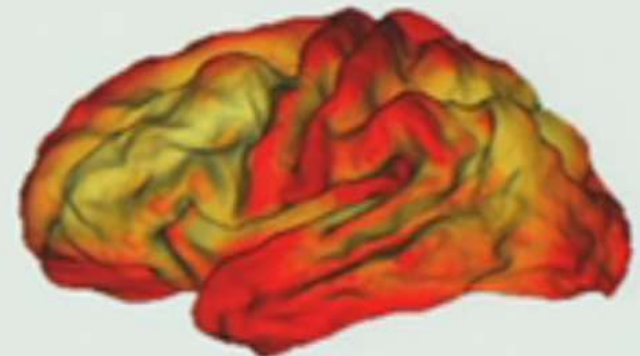
Reflexive

(Sir Charles Sherrington)



Intrinsic

(T. Graham Brown)

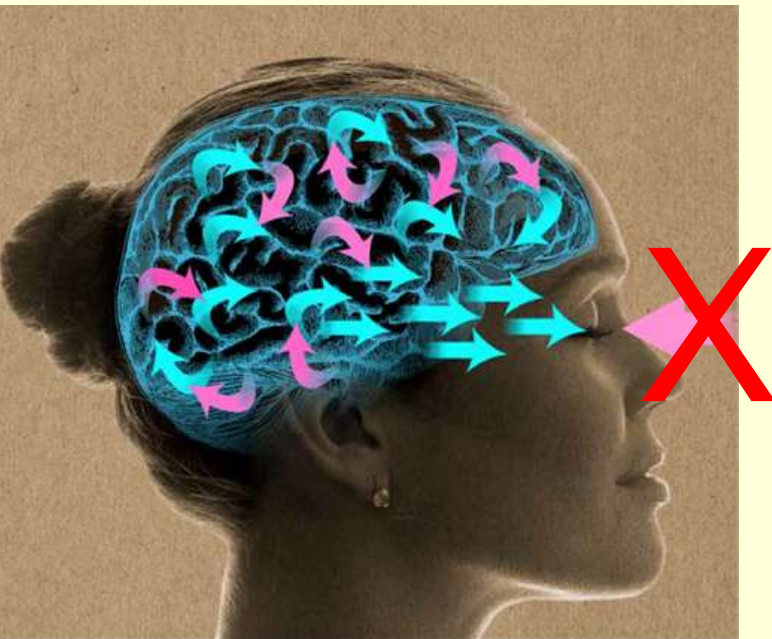


Raichle: Two Views

Lundi, 12 décembre 2016

« La cognition incarnée », séance 14 :

**Minimisation de l'énergie libre et codage prédictif
(anticiper l'environnement pour agir plus efficacement)**



L'imagination trouve aussi une explication naturelle dans cette façon de voir les choses.

Si l'on néglige l'apport du « bottom up » sensoriel,

on libère, d'une certaine façon, les modèles génératifs « top down » qui peuvent ainsi, libérés des contraintes du réel, s'en donner à cœur joie dans les scénarios fictifs !

Ou **rêver** au sens propre (car durant notre sommeil paradoxal, on est vraiment coupé des inputs sensoriels).

Enfin, la **perception** et la **compréhension**, vues sous l'angle du « predictive processing », peuvent sembler des phénomènes très proches, écrit Andy Clark.

Car dans cette optique percevoir le monde, c'est déployer un savoir non seulement sur la façon dont le signal sensoriel devrait se présenter à nous, mais aussi sur la façon dont il va probablement changer et évoluer au fil du temps.

Les créatures qui déploient cette stratégie, lorsqu'elles voient des herbes bouger, s'attendent déjà non seulement à voir une proie apparaître, mais à ressentir les sensations de leurs propres muscles se préparant à l'action.

Or un animal qui a ce genre d'emprise sur son monde est déjà profondément impliqué dans la compréhension de ce monde.



Comme le dit encore Andy Clark : « Peut-être que nous, les humains, et beaucoup d'autres organismes, déployons une stratégie fondamentale, économique et axée sur des prédictions qui s'enracinent dans nos architectures neuronales, et qui permet de **percevoir**, de **comprendre** et **d'imaginer** grâce à cet unique « package deal » »...