

LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

17^e Colloque AQISEP – 21 Mars 2018



LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

Un site web interactif sur le cerveau et les comportements humains

● Visite guidée

● Plan du site

● Diffusion

● Présentations

● Nouveautés

● English

Principes fondamentaux



Du simple au complexe

- ✦ Anatomie des niveaux d'organisation
- ✦ Fonction des niveaux d'organisation



Le bricolage de l'évolution

- ✦ Notre héritage évolutif

Le développement de nos facultés

- ✦ De l'embryon à la morale



Le plaisir et la douleur

- ✦ La quête du plaisir
- ✦ Les paradis artificiels
- ✦ L'évitement de la douleur



Les détecteurs sensoriels

- ✦ La vision



Le corps en mouvement

- ✦ Produire un mouvement volontaire

Fonctions complexes



Au coeur de la mémoire

- ✦ Les traces de l'apprentissage
- ✦ Oubli et amnésie



Que d'émotions

- ✦ Peur, anxiété et angoisse



De la pensée au langage

- ✦ Communiquer avec des mots



Dormir, rêver...

- ✦ Le cycle éveil - sommeil - rêve
- ✦ Nos horloges biologiques



L'émergence de la conscience

- ✦ Le sentiment d'être soi

Dysfonctions



Les troubles de l'esprit

- ✦ Dépression et mania-co-dépression
- ✦ Les troubles anxieux
- ✦ La démence de type Alzheimer

Le BLOGUE du CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

Chercher dans le blogue

Envoyer

Catégories

- Au coeur de la mémoire
- De la pensée au langage

Lundi, 13 février 2012

Des protéines qui guident le câblage cérébral



Le cerveau humain contient des millions de fois plus de connexions entre ses neurones que les quelque 20 000 ou 25 000 gènes contenus dans l'ADN de nos cellules. Et pourtant, durant le développement de notre cerveau, les extrémités des axones de nos neurones en développement ressemblent à de véritables « **têtes chercheuses** » qui réussissent à trouver leur cible spécifique à travers la soupe moléculaire complexe que constitue le milieu extracellulaire.

Instituts de recherche en santé du Canada

Le cerveau à tous les niveaux est financé par l'**Institut des neurosciences, de la santé mentale et des toxicomanies (INSMT)**, l'un des 13 **instituts de recherche en santé du Canada (IRSC)**.

L'INSMT appuie la recherche dans différents domaines afin de réduire l'incidence des maladies du cerveau. L'INSMT fait ainsi progresser notre compréhension

LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

Retour à l'accueil

Niveau d'explication

Débutant
Intermédiaire
Avancé

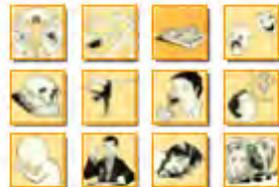


Niveau d'organisation

- △ Social
- Psychologique
- Cérébral
- Cellulaire
- ▽ Moléculaire

Thème

Le plaisir et la douleur



Sous-thème

La quête du plaisir

Les paradis artificiels

L'évitement de la douleur

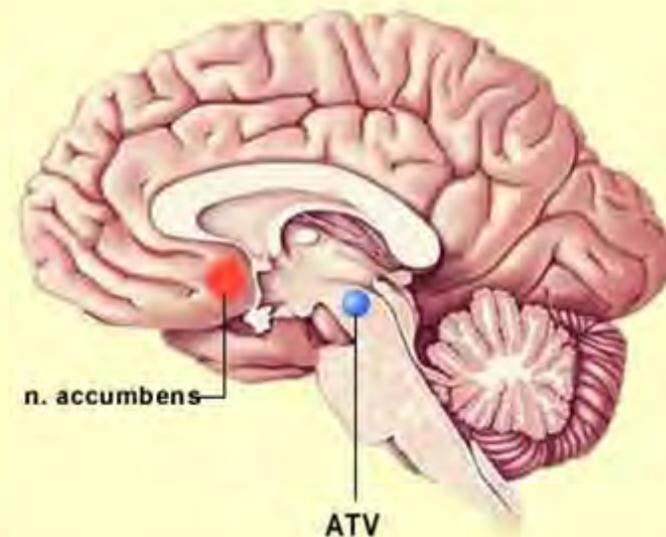


Un stimulus sensoriel qui n'apporte ni récompense ni punition est rapidement ignoré et oublié. C'est le phénomène de l'habituation qui nous fait oublier le contact de nos vêtements avec notre peau ou le tic tac de l'horloge du bureau.

LES CENTRES DU PLAISIR

1

Pour qu'une espèce survive, ses individus doivent en premier lieu assurer leurs fonctions vitales comme se nourrir, réagir à l'agression et se reproduire. L'évolution a donc mis en place dans notre cerveau des régions dont le rôle est de "récompenser" l'exécution de ces fonctions vitales par une sensation agréable.



Ce sont ces régions, interconnectées entre elles, qui forment ce que l'on appelle le **circuit de la récompense**.

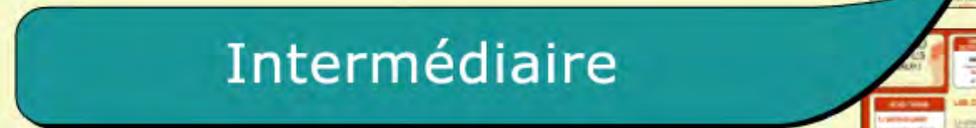
L'aire tegmentale ventrale (ATV), un groupe de neurones situés en plein centre du cerveau, est particulièrement importante dans ce circuit. Elle reçoit de l'information de plusieurs autres régions qui l'informent du niveau de satisfaction des besoins fondamentaux ou plus spécifiquement humains.

3 niveaux d'explication

Niveau d'explication

Débutant
Intermédiaire
Avancé

◀ ◻ ▶



LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

Titre: LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!
Auteur: [Nom de l'auteur]
Mot-clé: [Mots-clés]

UN CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!



Le cerveau est un organe complexe qui contrôle toutes les fonctions de notre corps. Il est divisé en deux hémisphères, chacun spécialisé dans des tâches différentes. Les neurones, les cellules du cerveau, communiquent entre eux pour transmettre des informations. Le cerveau est également capable de se régénérer et de s'adapter à de nouvelles situations.

LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

Titre: LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!
Auteur: [Nom de l'auteur]
Mot-clé: [Mots-clés]

UN CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!



Le cerveau est un organe complexe qui contrôle toutes les fonctions de notre corps. Il est divisé en deux hémisphères, chacun spécialisé dans des tâches différentes. Les neurones, les cellules du cerveau, communiquent entre eux pour transmettre des informations. Le cerveau est également capable de se régénérer et de s'adapter à de nouvelles situations.

LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

Titre: LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!
Auteur: [Nom de l'auteur]
Mot-clé: [Mots-clés]

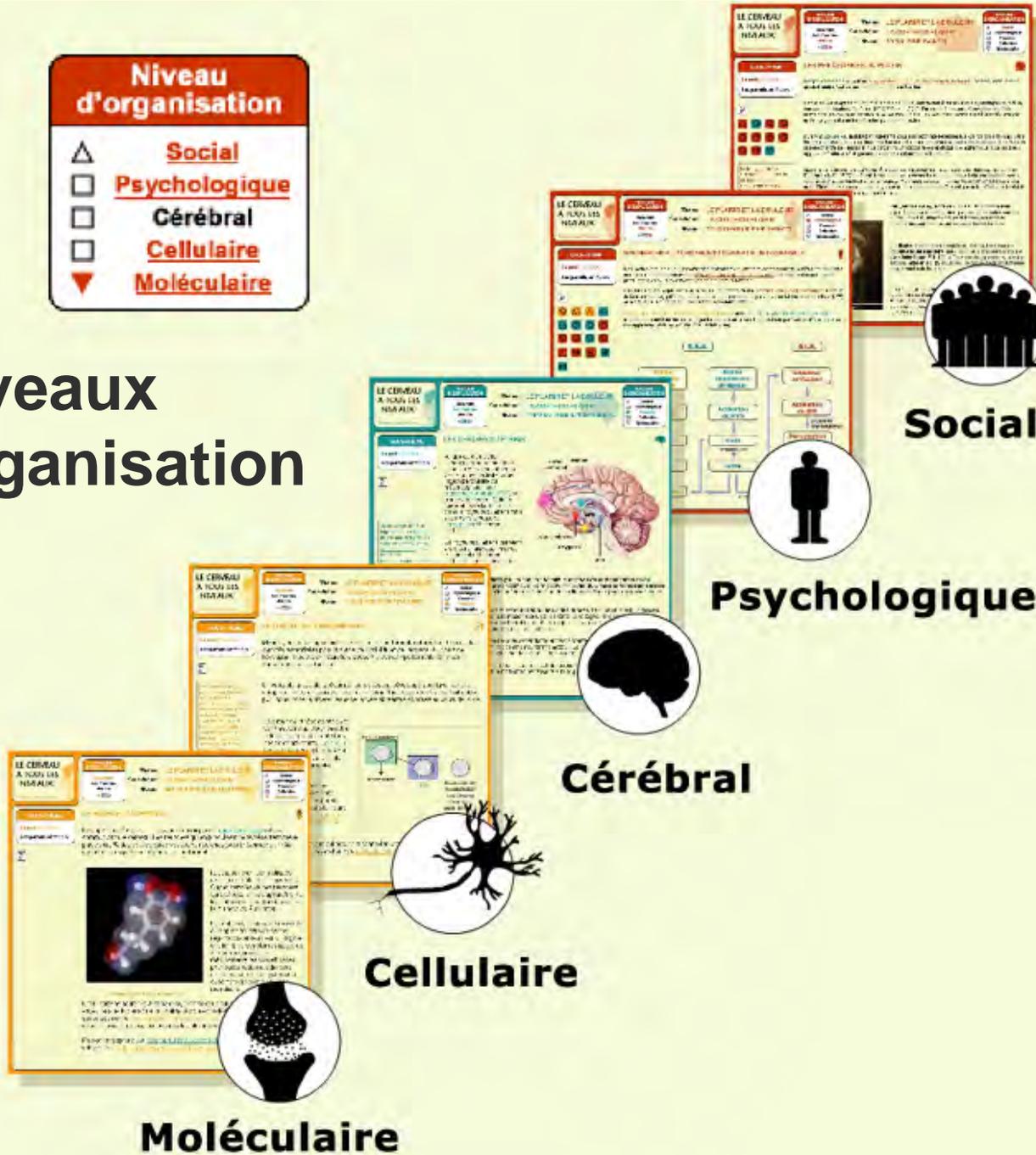
UN CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!



Le cerveau est un organe complexe qui contrôle toutes les fonctions de notre corps. Il est divisé en deux hémisphères, chacun spécialisé dans des tâches différentes. Les neurones, les cellules du cerveau, communiquent entre eux pour transmettre des informations. Le cerveau est également capable de se régénérer et de s'adapter à de nouvelles situations.



5 niveaux d'organisation



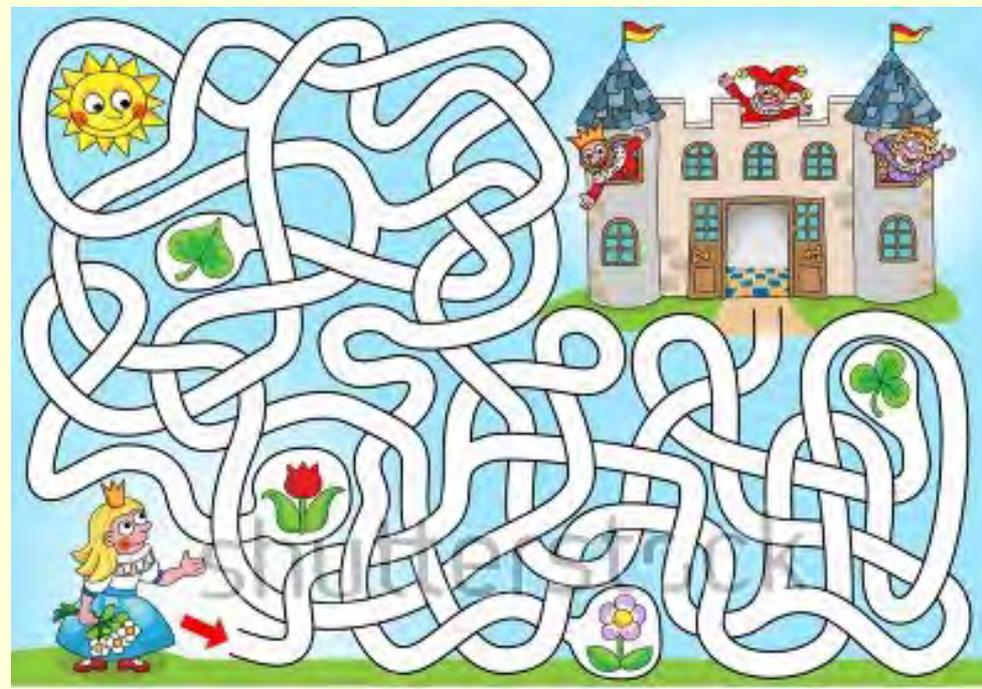
Je ne suis pas professeur.
Je ne suis pas médecin.
Je ne suis pas spécialiste.

Je suis un « généraliste »...

Faire en 1h ce que je fais en 20h...



Trouver un parcours qui vous rejoint





Qu'est-ce qui détermine nos choix ?

De construction d'une présentation

D'étude ou de carrière

Et même des multiples petits choix que nous faisons chaque jour ?





Qu'est-ce qui détermine nos choix ?

De construction d'une présentation

D'étude ou de carrière

Et même des multiples petits choix que nous faisons chaque jour ?



Comment se construit cet organe qui détermine nos choix ?

Plan :

Le cerveau à tous les niveaux

Cerveau – Corps – Environnement

La prise de décision

Le cerveau prédictif

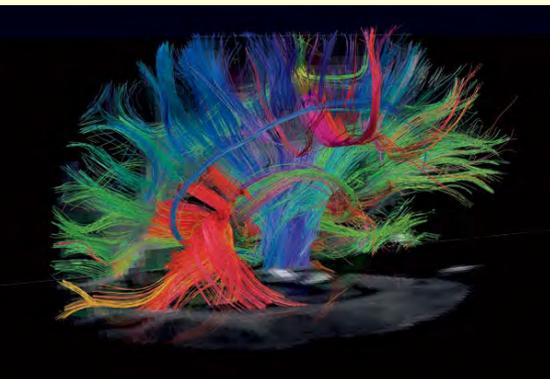
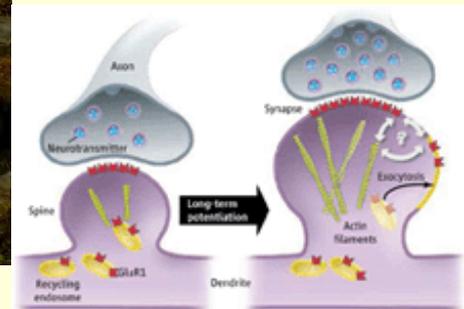
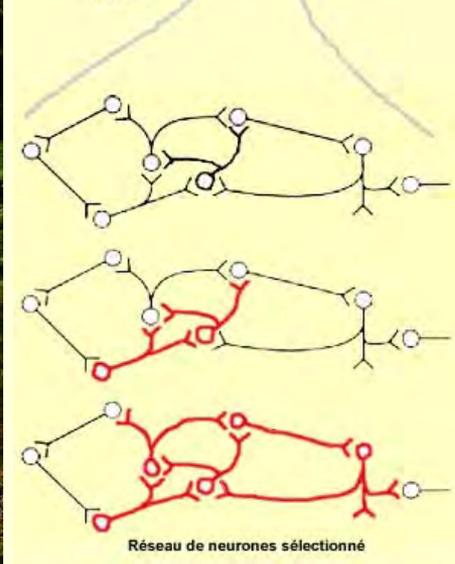
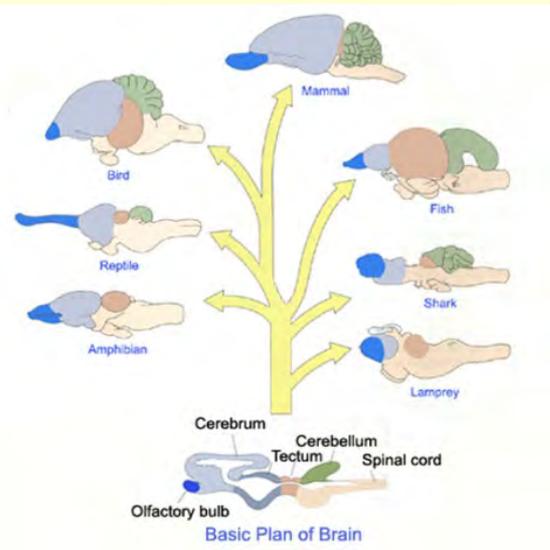
Ou

Cerveau – Corps

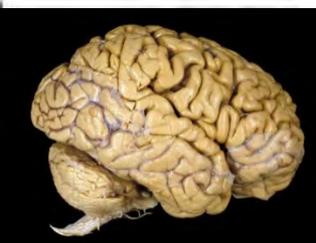
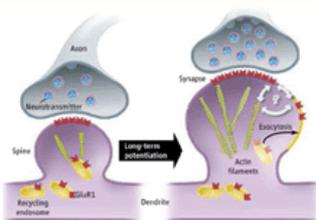
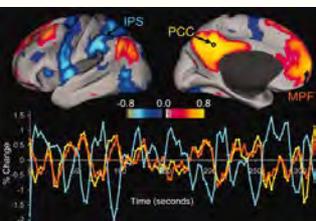
L'exemple du stress

Six « conseil santé »





Des processus dynamiques à toutes les échelles de temps :



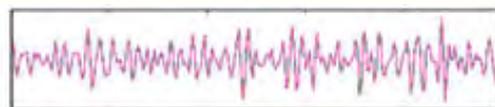
10^{-3} s

10^{-1} s

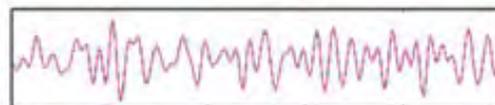
10^1 s

10^6 s

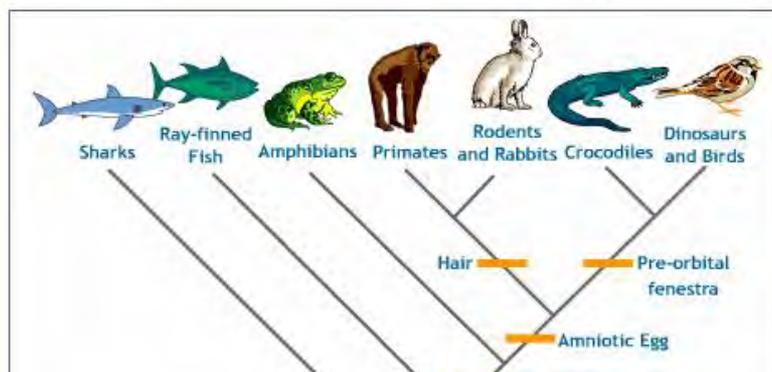
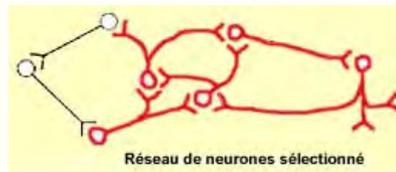
10^{13} s



Gamma
40 - 70hz



Beta
12 - 40hz



Perception et action devant des situations en temps réel grâce à des coalitions neuronales synchronisées temporairement

L'apprentissage durant toute la vie par la plasticité des réseaux de neurones

Développement du système nerveux par des mécanismes épigénétiques

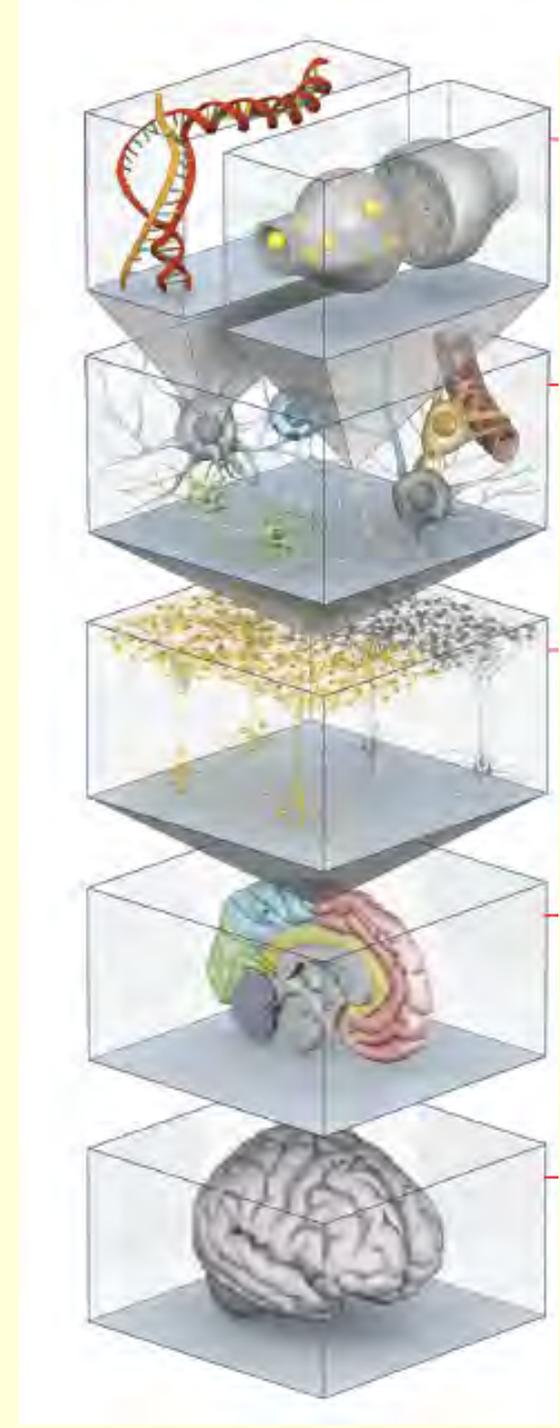
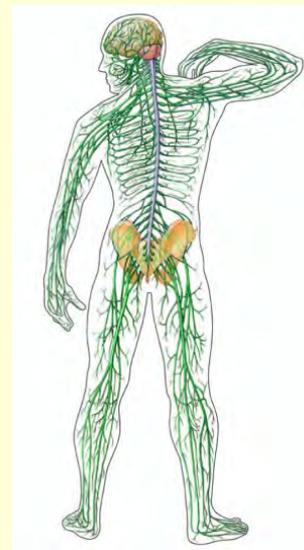
Évolution biologique qui façonne les plans généraux du système nerveux n

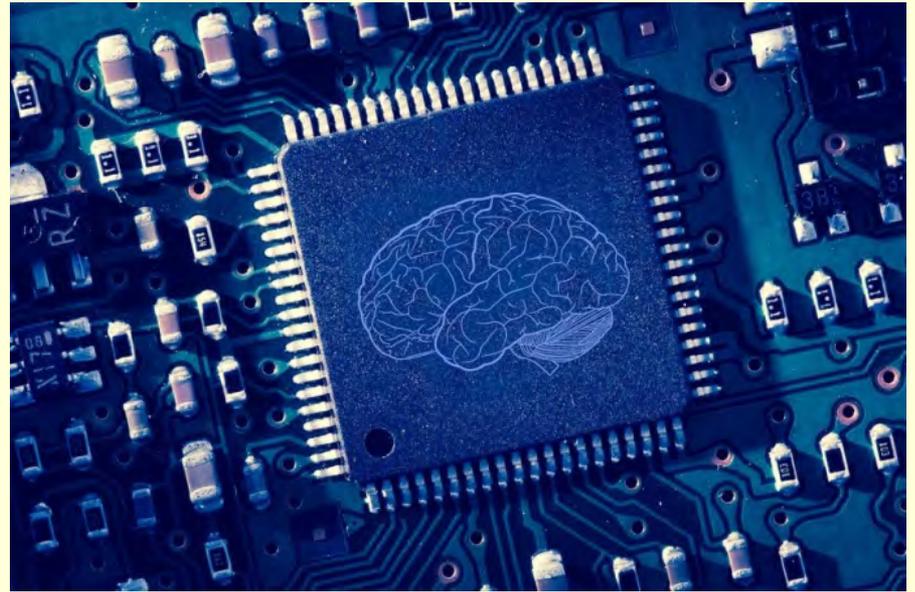
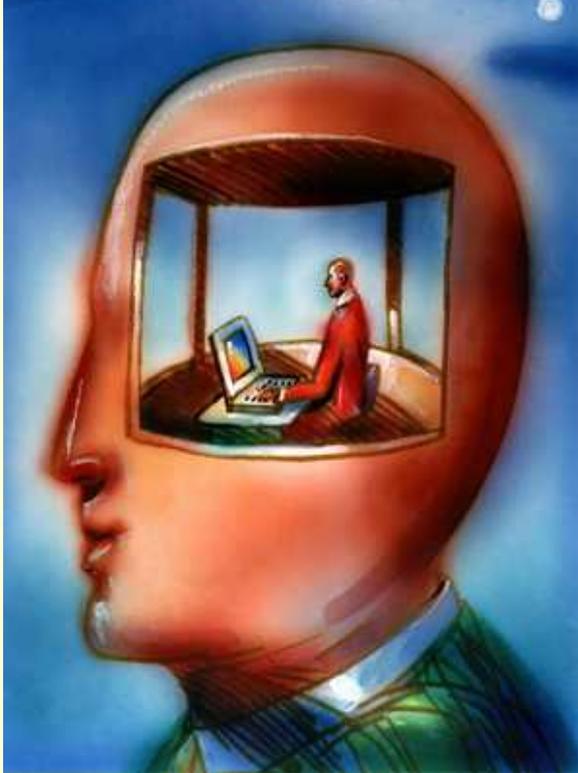


Le social
(corps-cerveau-environnement)



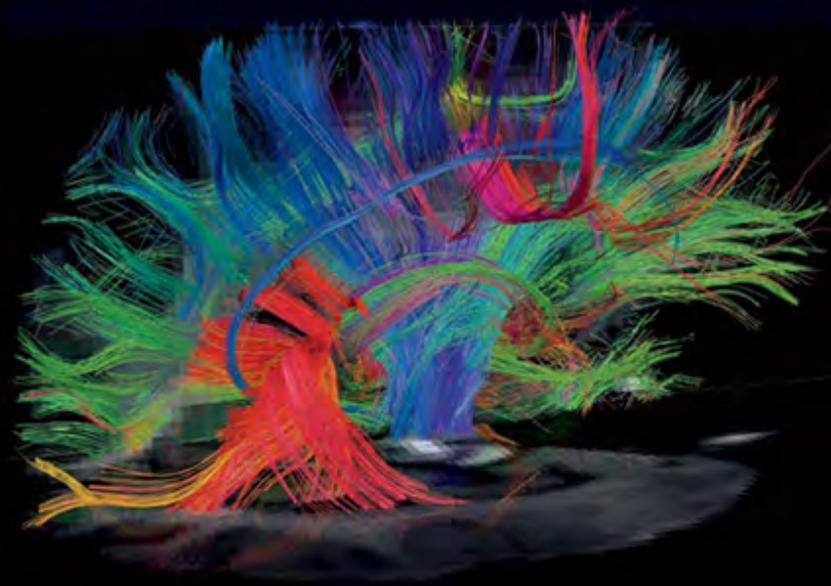
L'individu
(corps-cerveau)



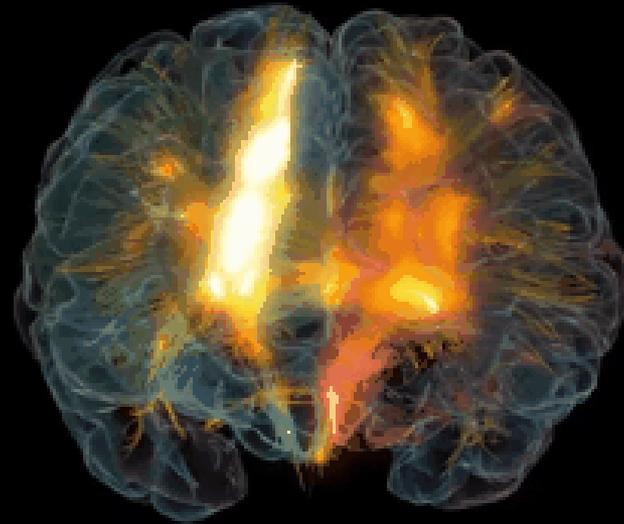


<h2>Software</h2>	<h2>Hardware</h2>
	
	
<h3>Sistema Operativo</h3>	
	
MS Word	Antivirus

Ceci n'est pas un ordinateur

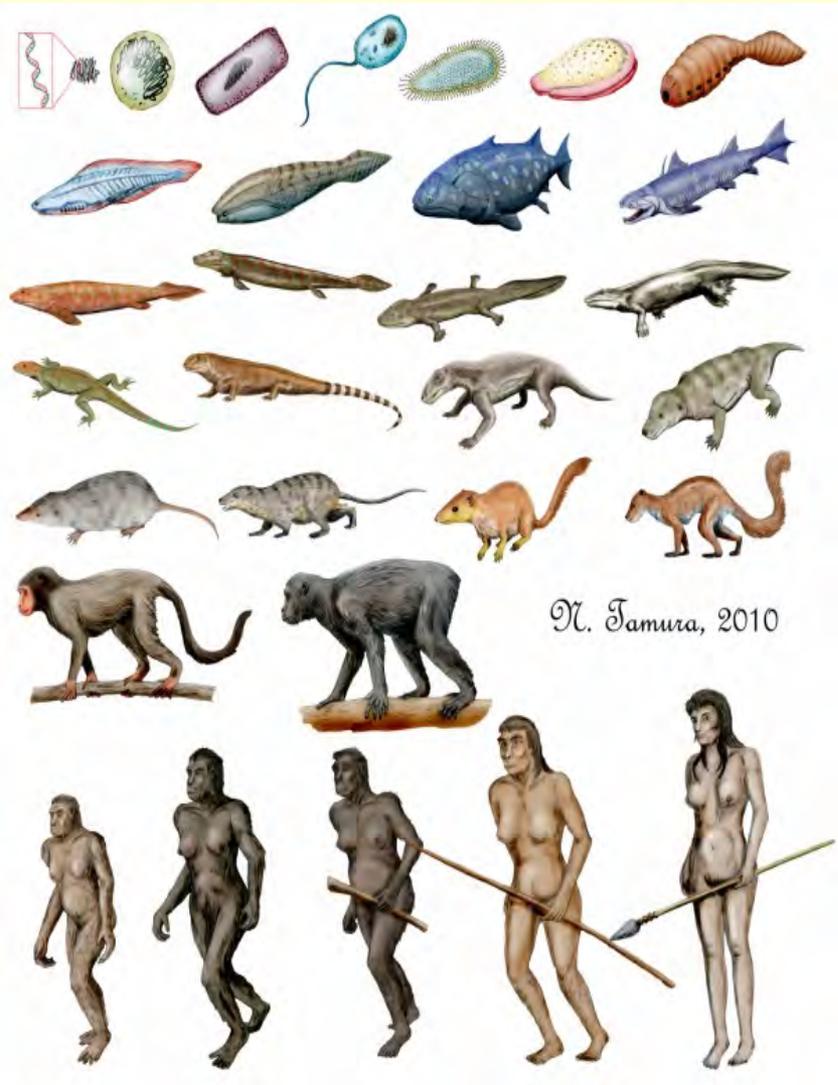


Software	Hardware
	
Sistema Operativo	
 MS Word	 antivirus
	





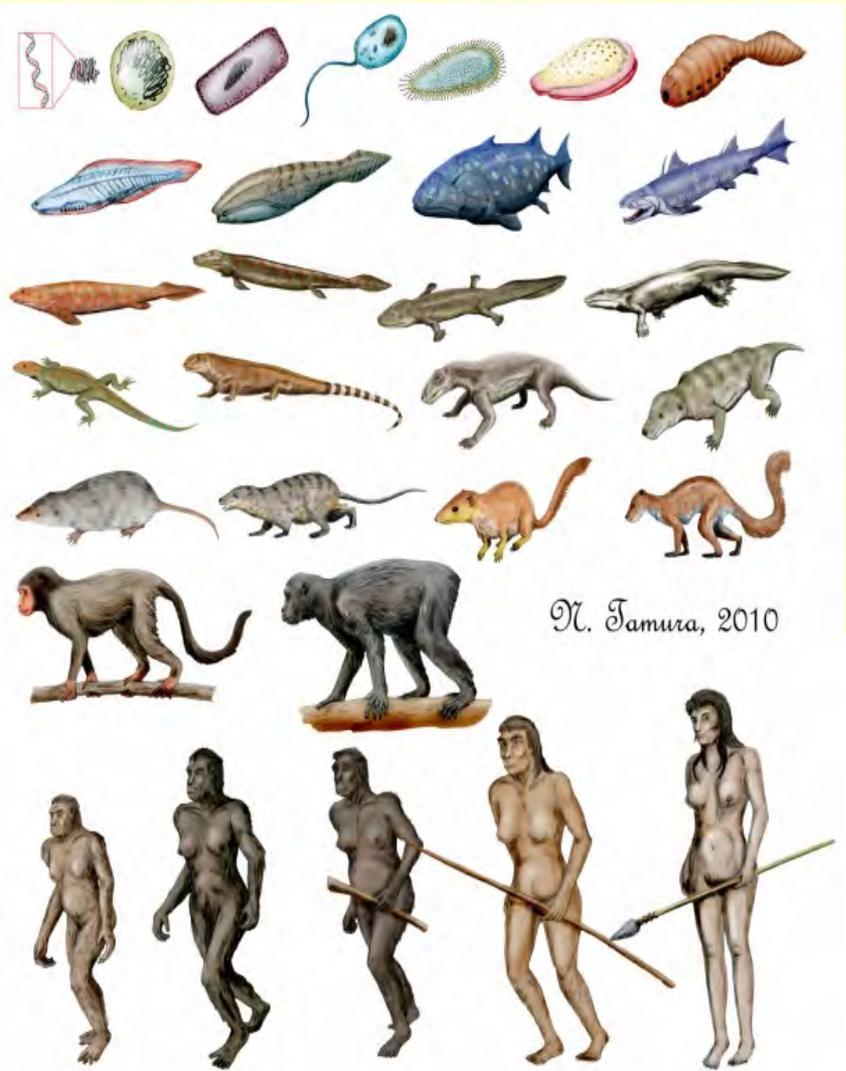




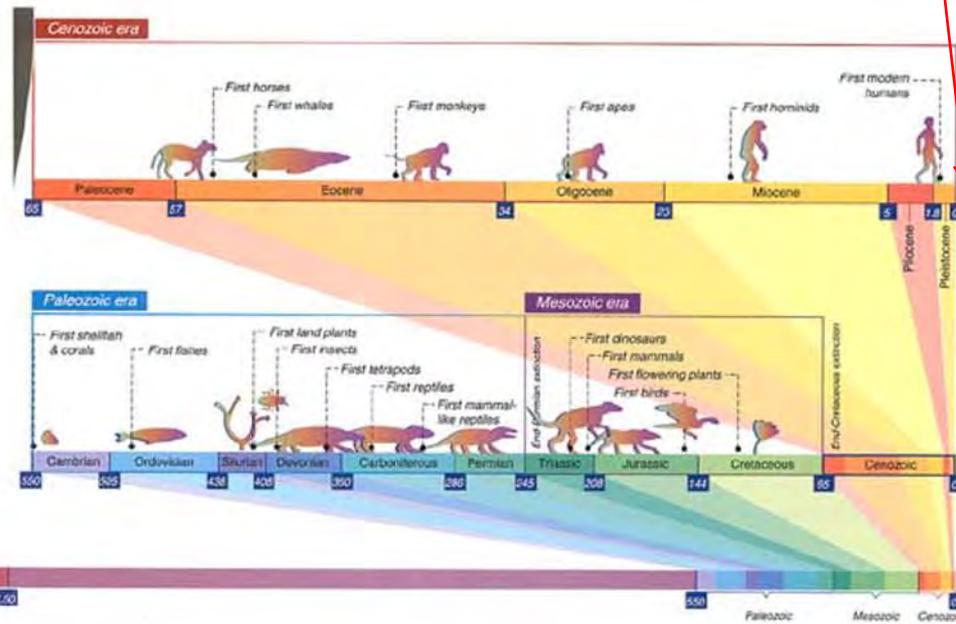
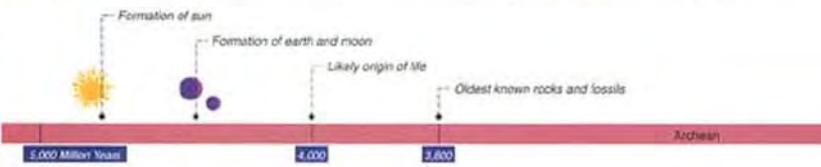
« Rien en biologie n'a de sens, si ce n'est à la lumière de l'évolution »

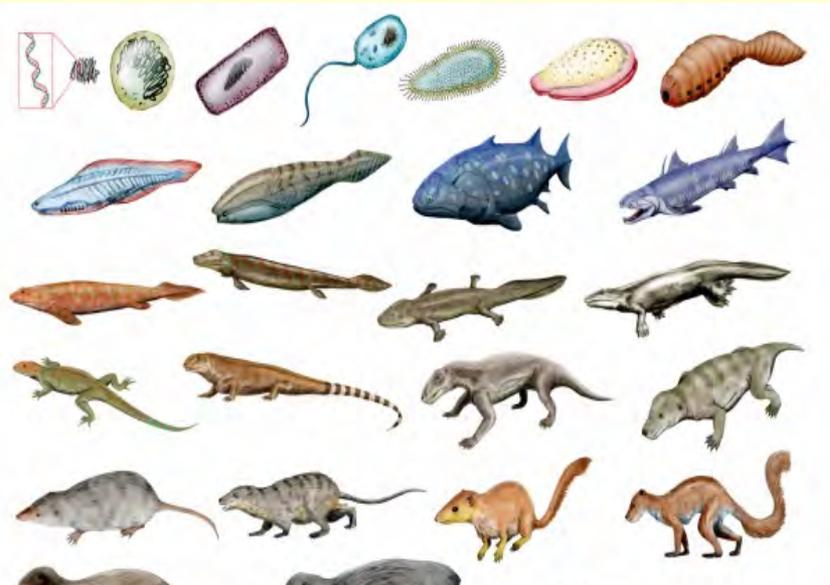
- Theodosius Dobzhansky (1900-1975)



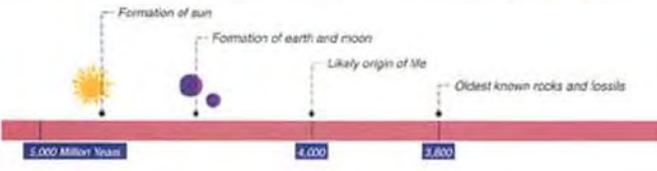
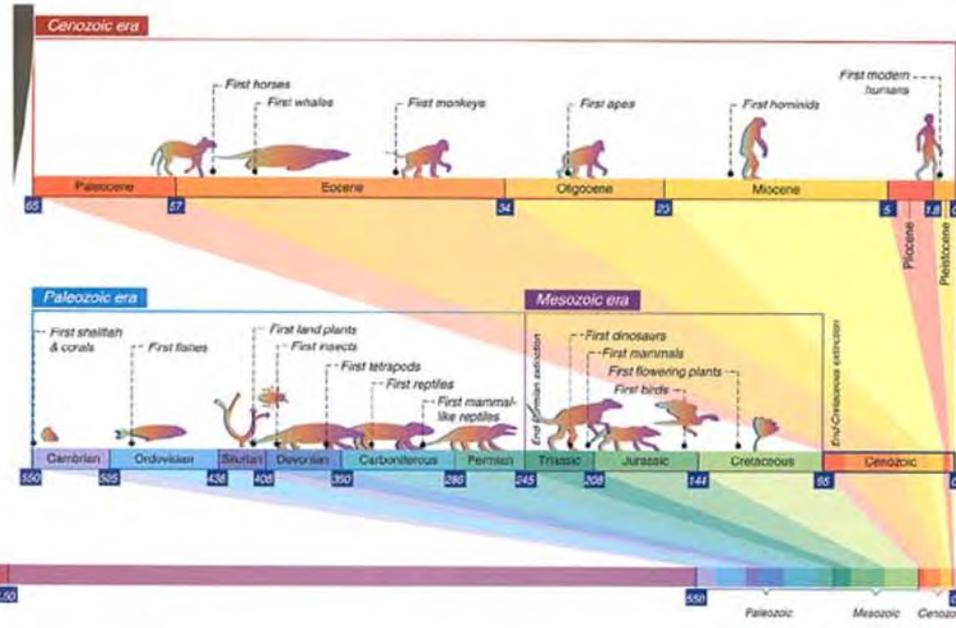


N. Tamura, 2010



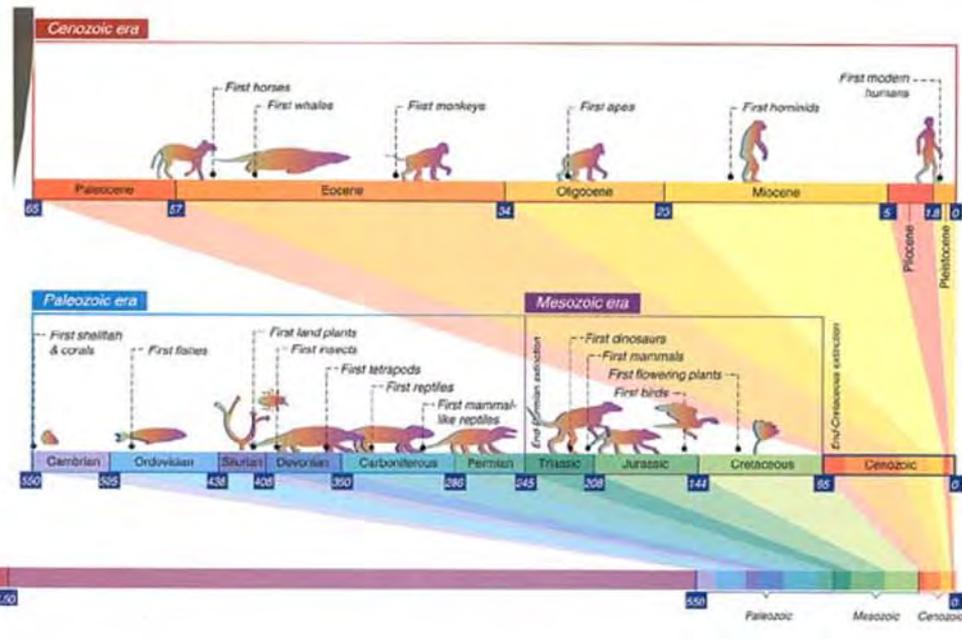
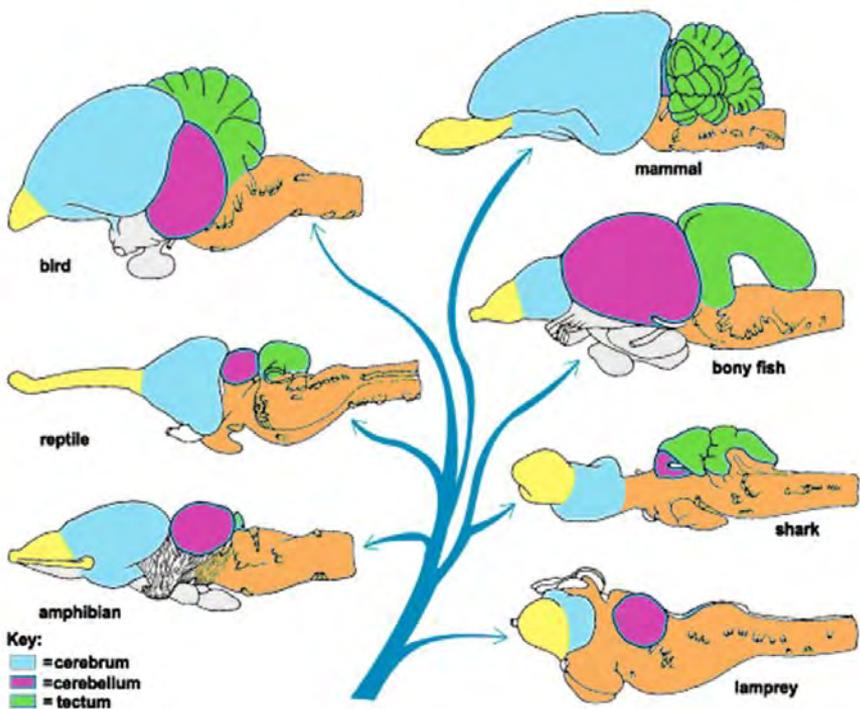
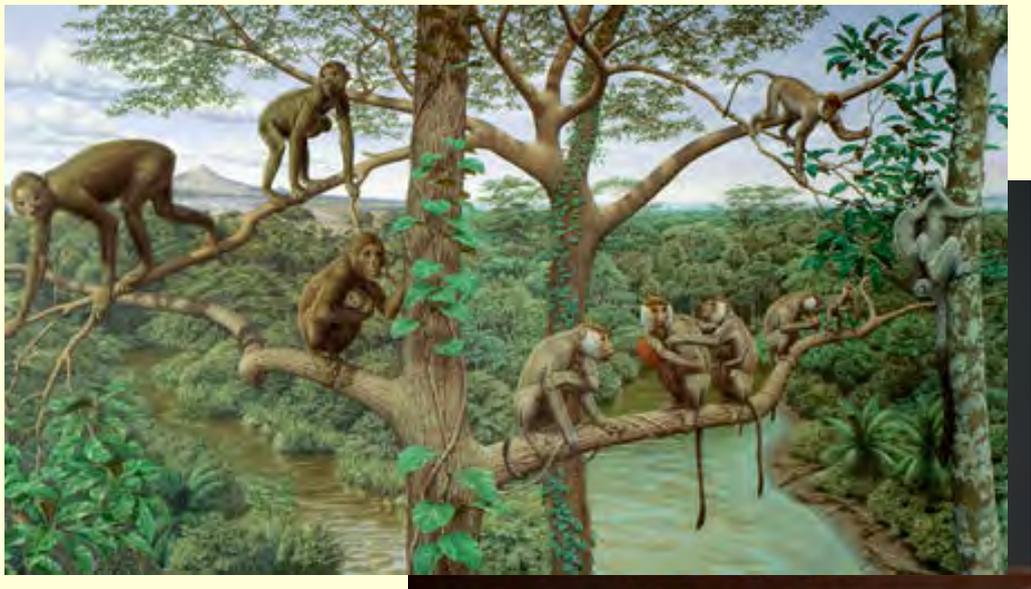


N. Tamura, 2010





Notre cerveau, bricolage de l'évolution





Vous êtes nés il y a
13,7 milliards
d'années

Évolution cosmique, chimique et biologique



(Crédit : modifié de Robert Lamontagne)

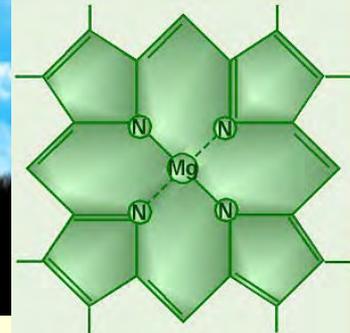
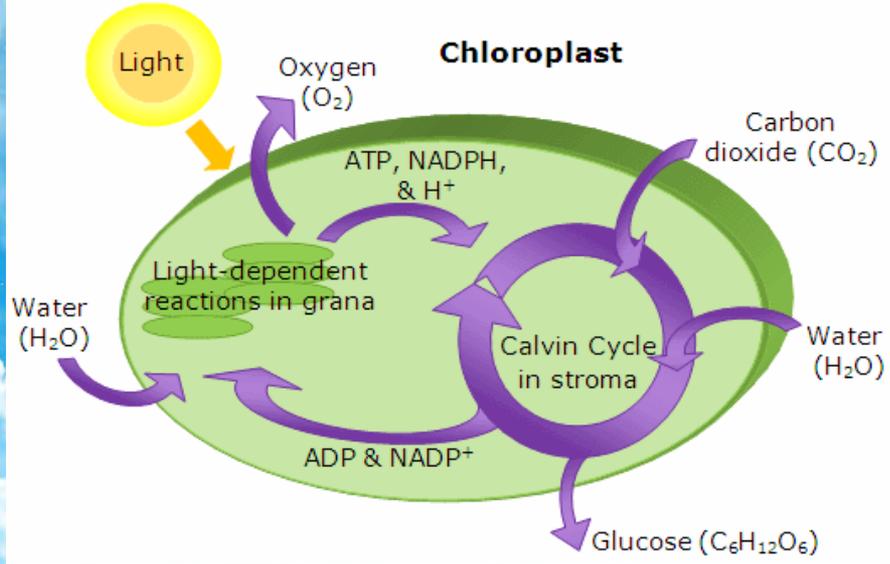
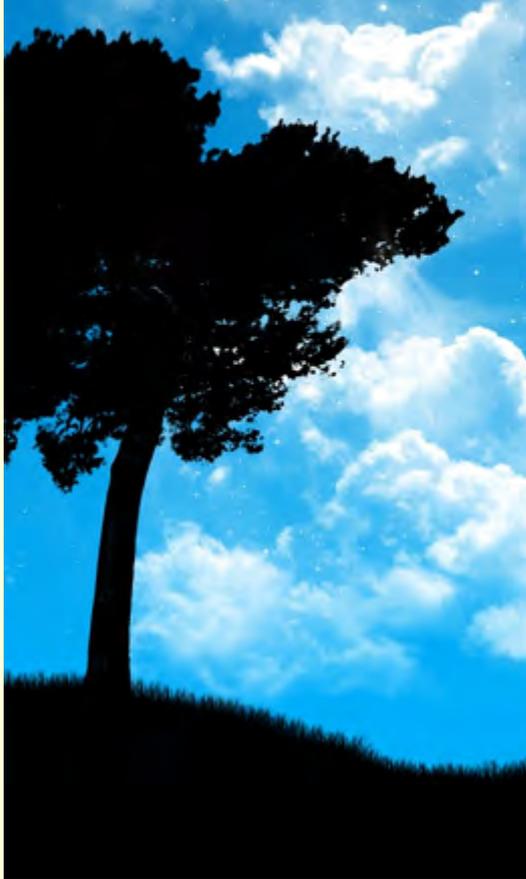
il faut rappeler ici le 2^e principe de la thermodynamique





« La seule raison d'être d'un être vivant, c'est **d'être**,
c'est-à-dire de **maintenir sa structure.** »

- Henri Laborit

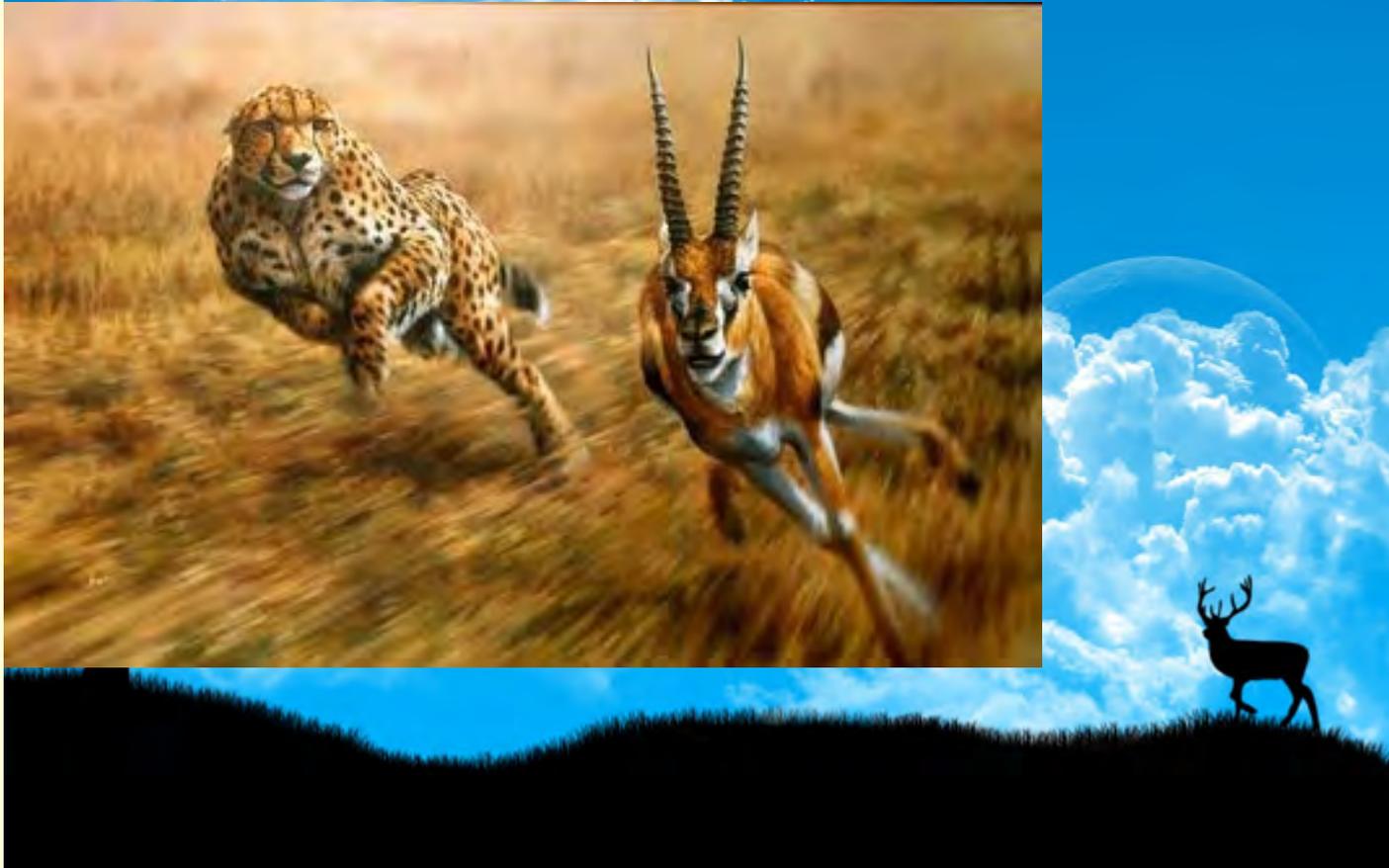


Plantes :

photosynthèse

grâce à l'énergie du soleil

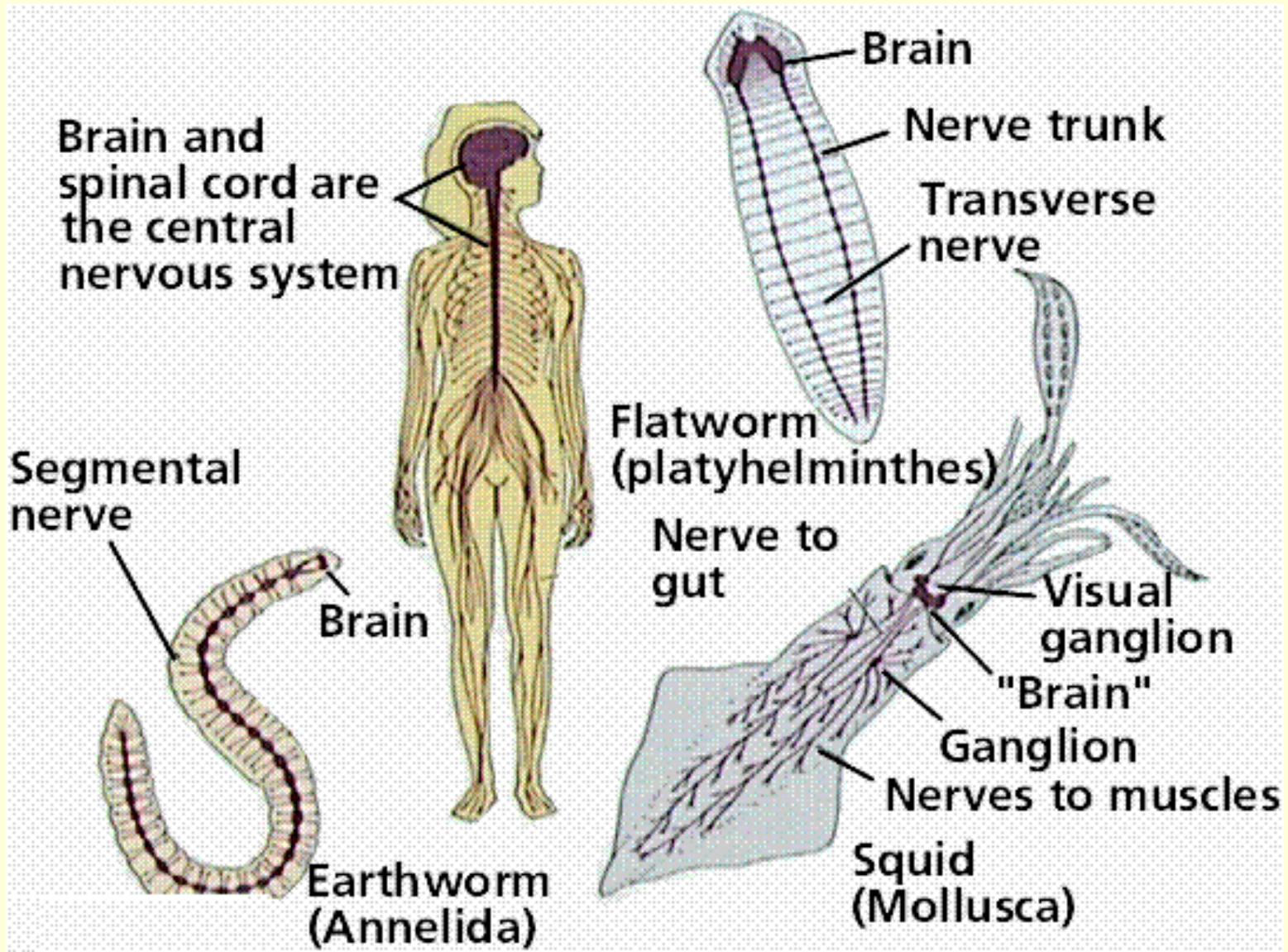




Animaux :

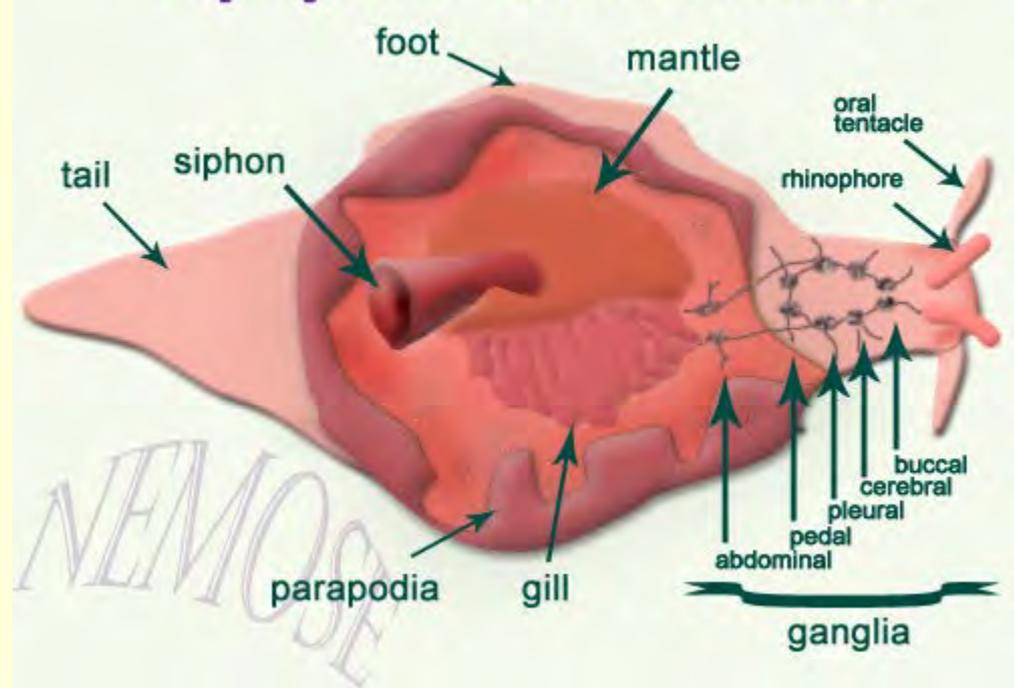
autonomie motrice
pour trouver leurs ressources
dans l'environnement

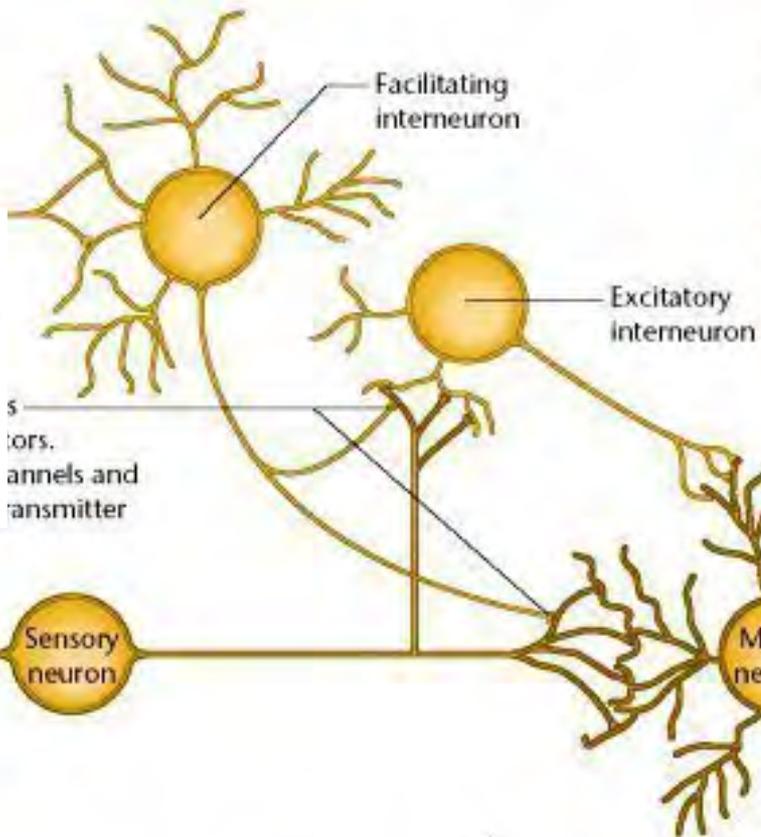
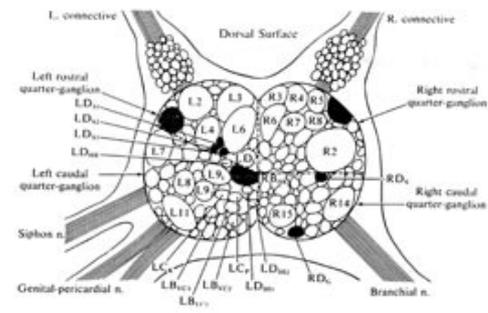
Systemes nerveux !





Aplysie
(mollusque marin)

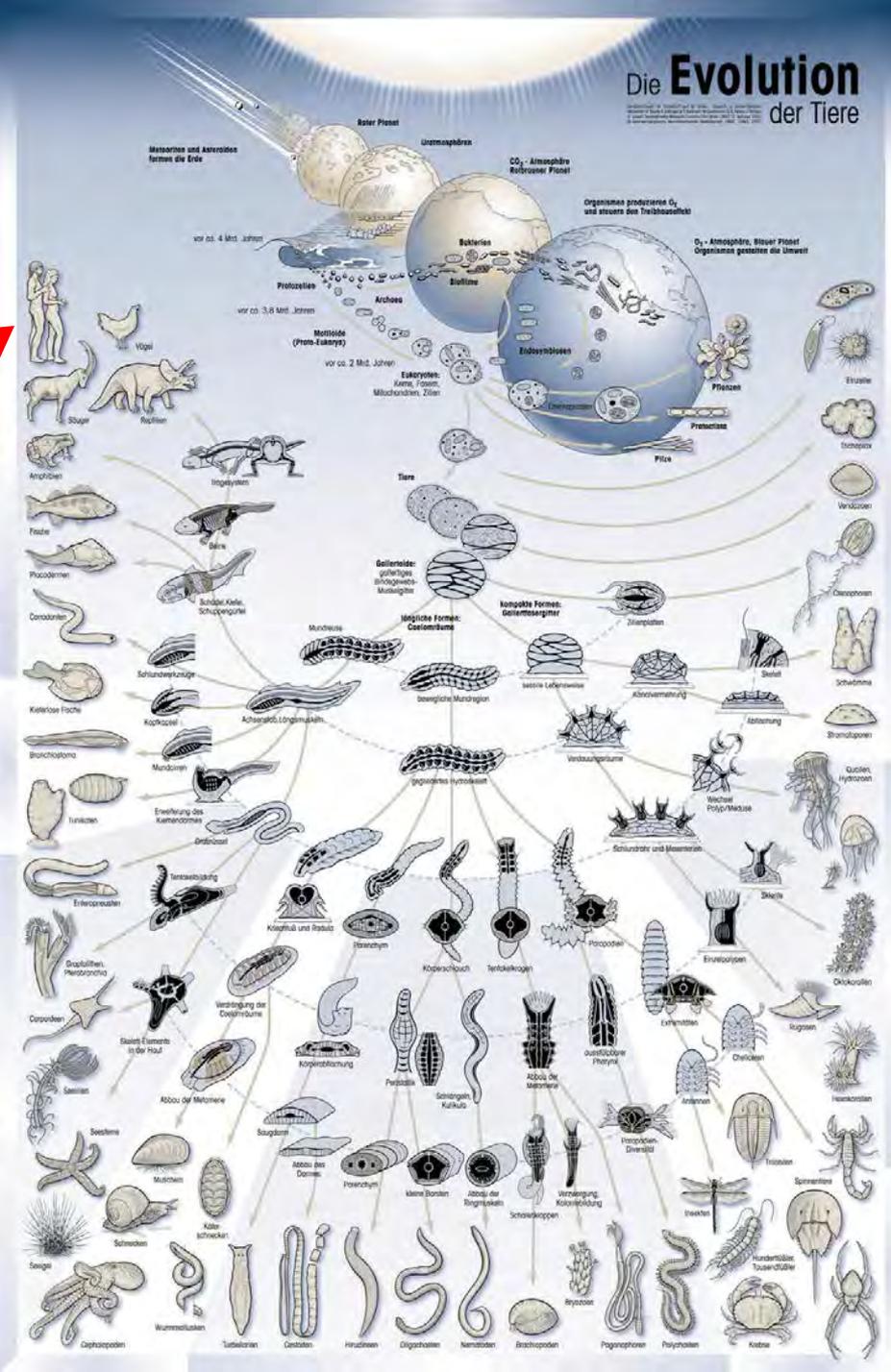




Une boucle sensori - motrice

Pendant des centaines de millions d'années, c'est cette boucle-sensorimotrice qui va se complexifier...

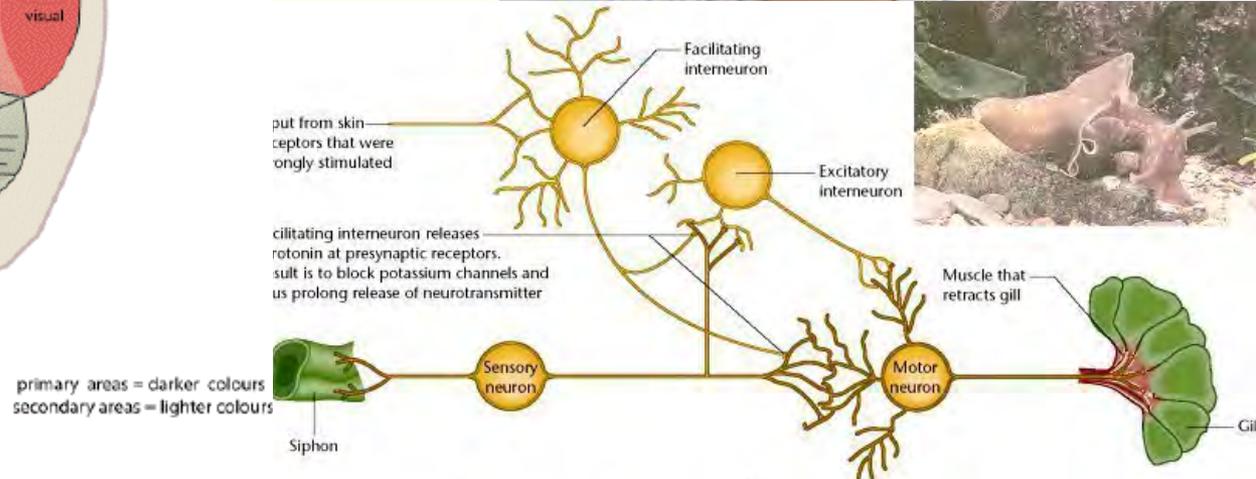
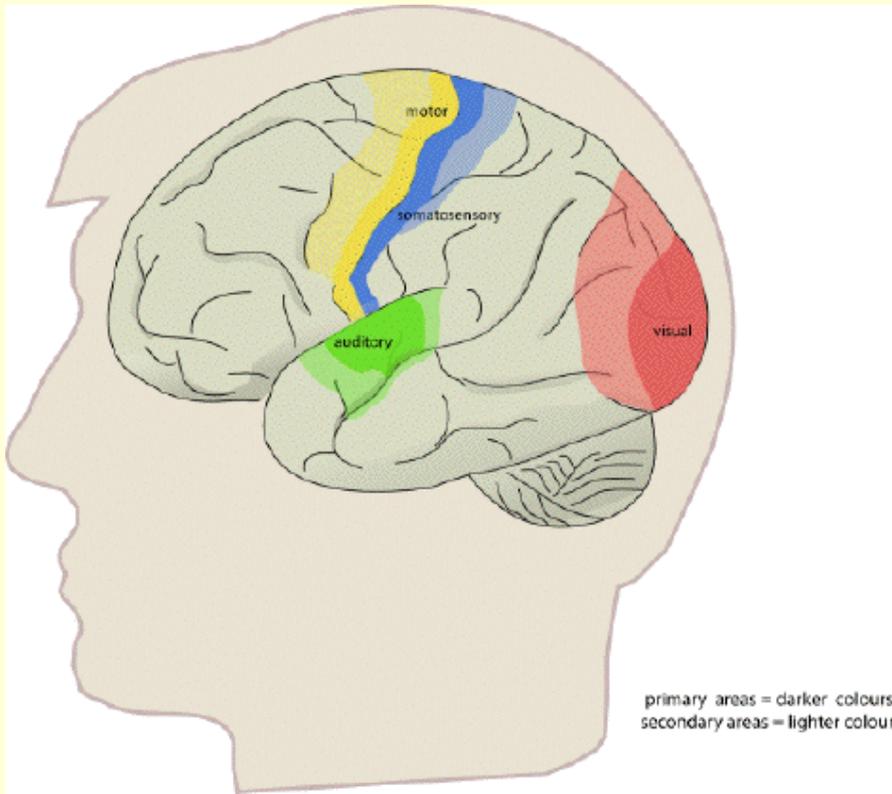
...et l'une des variantes sera nous !

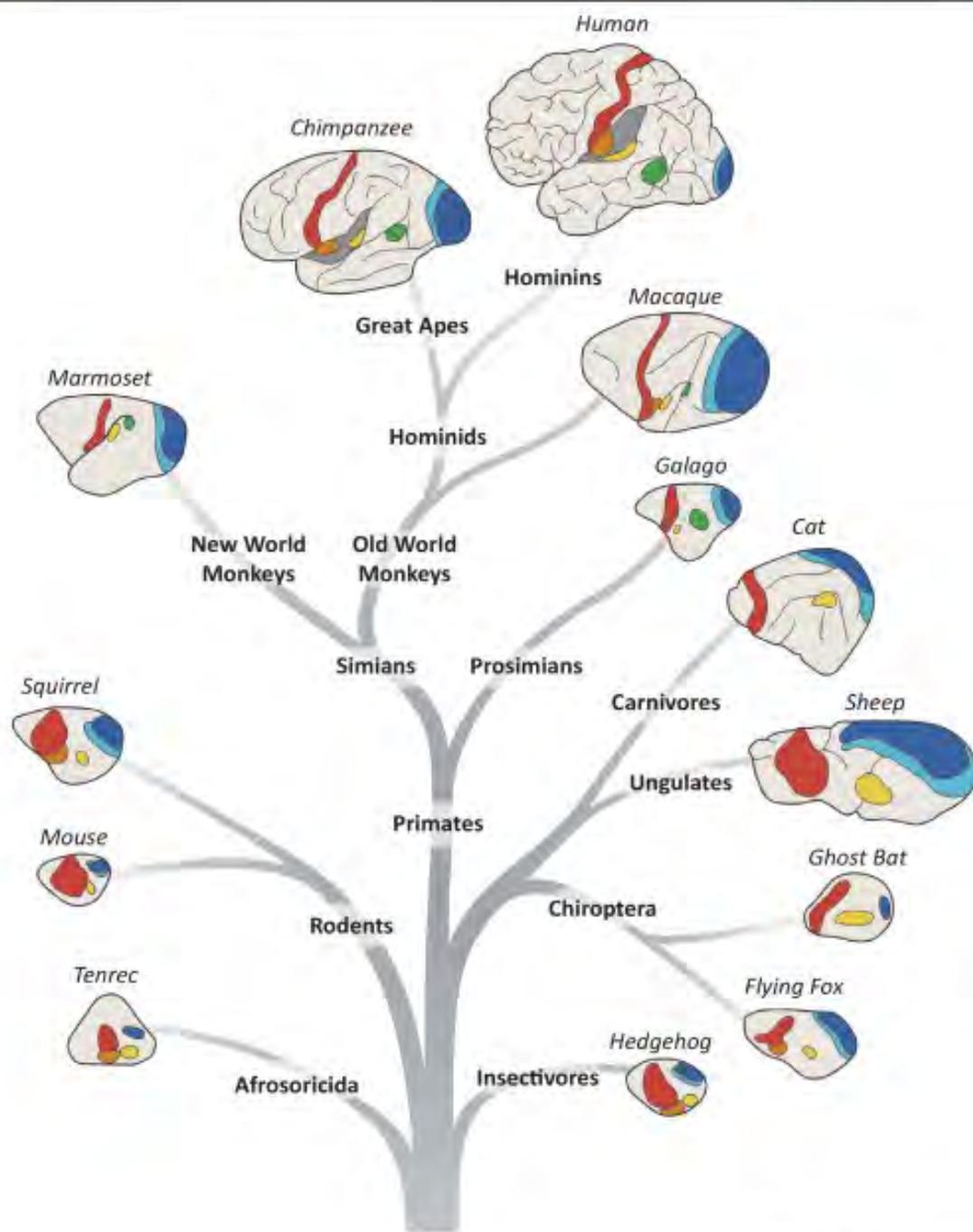


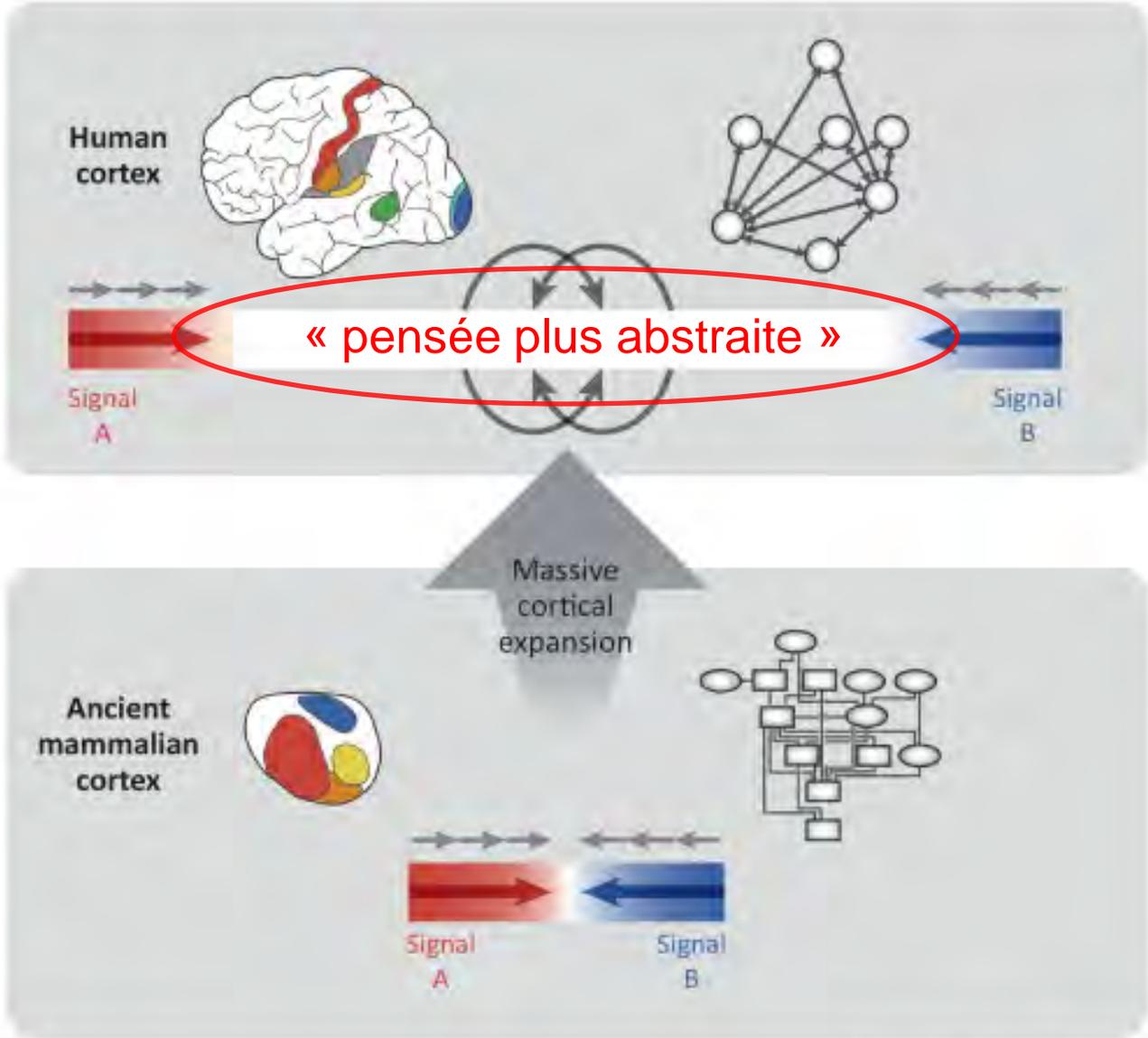
Le cerveau humain est encore construit sur cette **boucle perception – action**,

mais la plus grande partie du cortex humain va essentiellement **moduler cette boucle**,

comme les inter-neurones de l'aplysie.



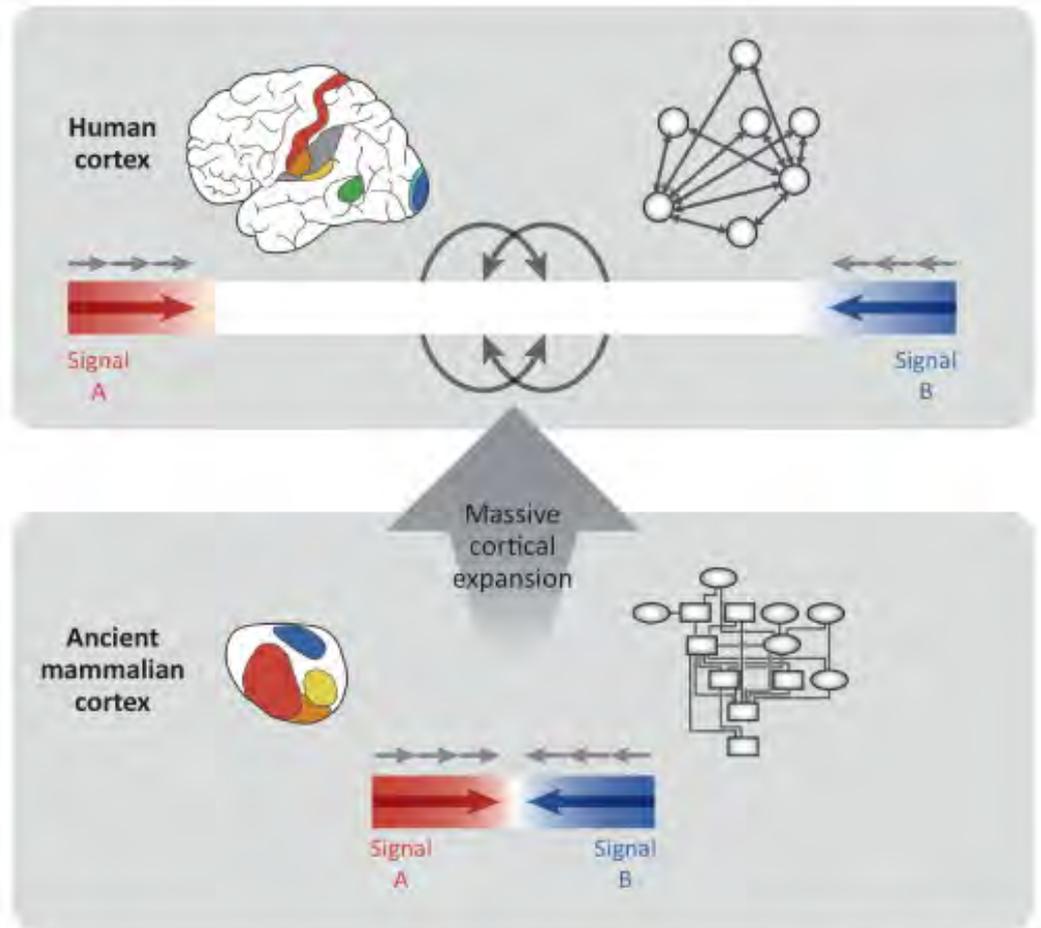




TRENDS in Cognitive Sciences

TRENDS in Cognitive Sciences

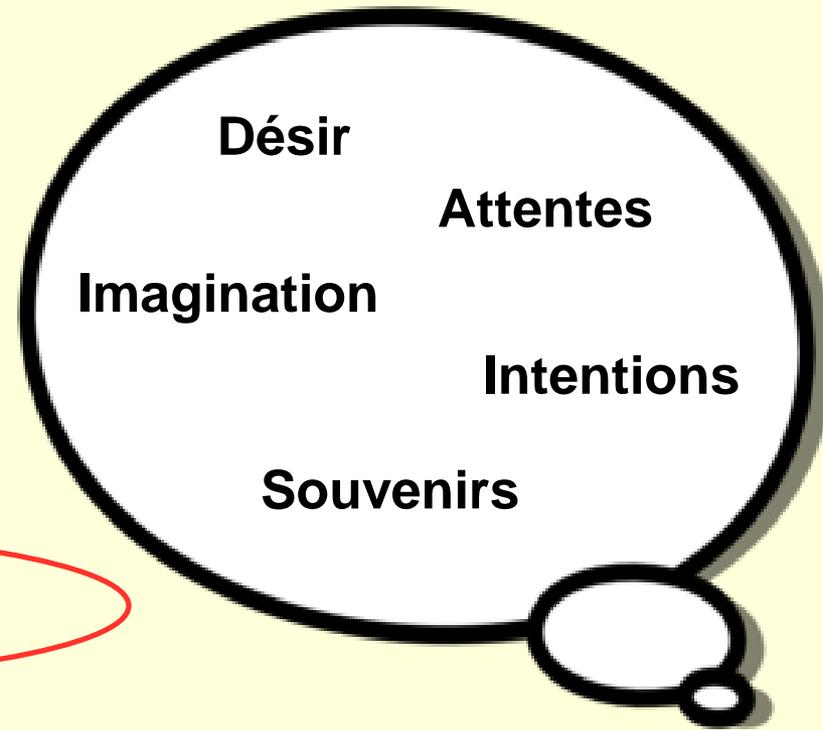
Et progressivement, on aura l'option supplémentaire de faire du « offline »



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

L'aspect **subjectif** est
LA caractéristique
unique du cerveau
comparé à tout autre
objet...

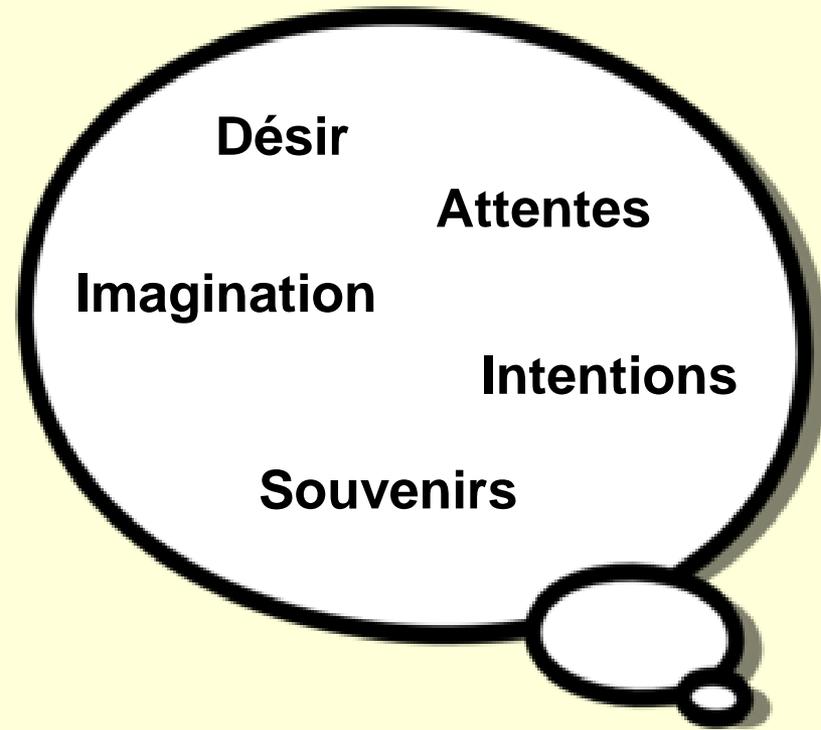
« pensée plus abstraite »





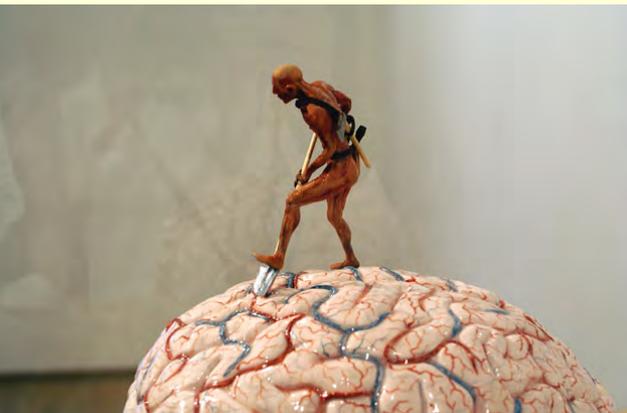
Approche
« subjective »
ou

à la 1^{ère}
personne

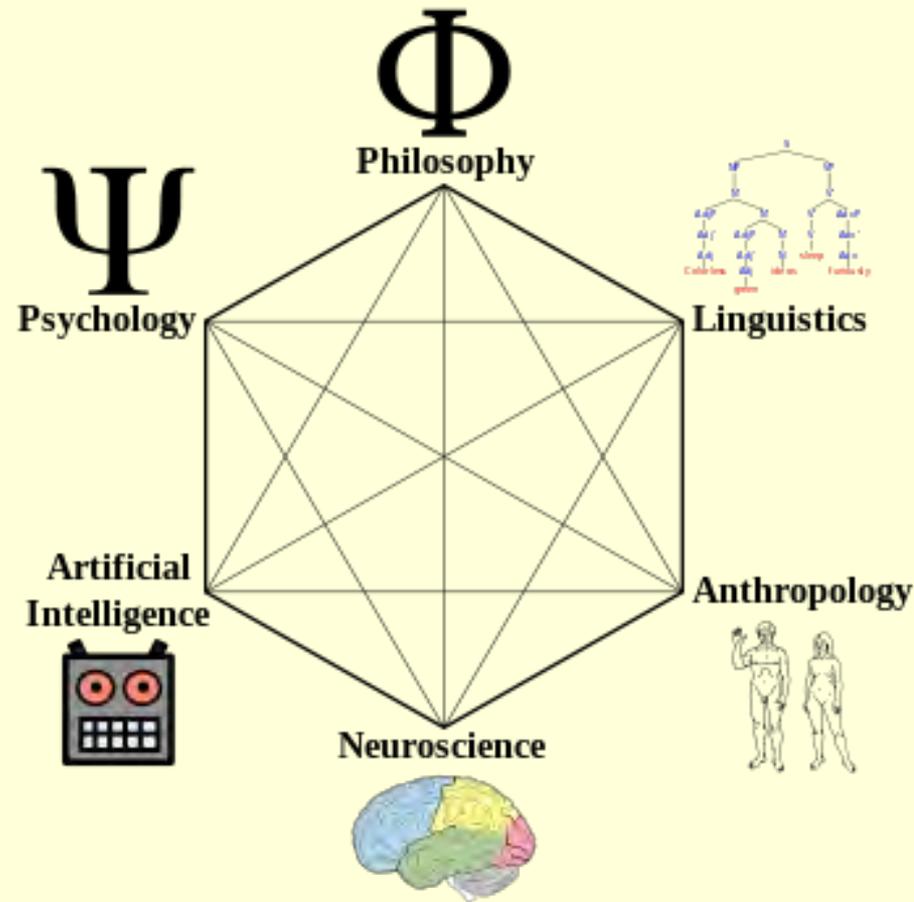


Le grand défi est de tenter de relier
cet aspect **subjectif** de la pensée

à l'étude **objective**
du corps et du cerveau !

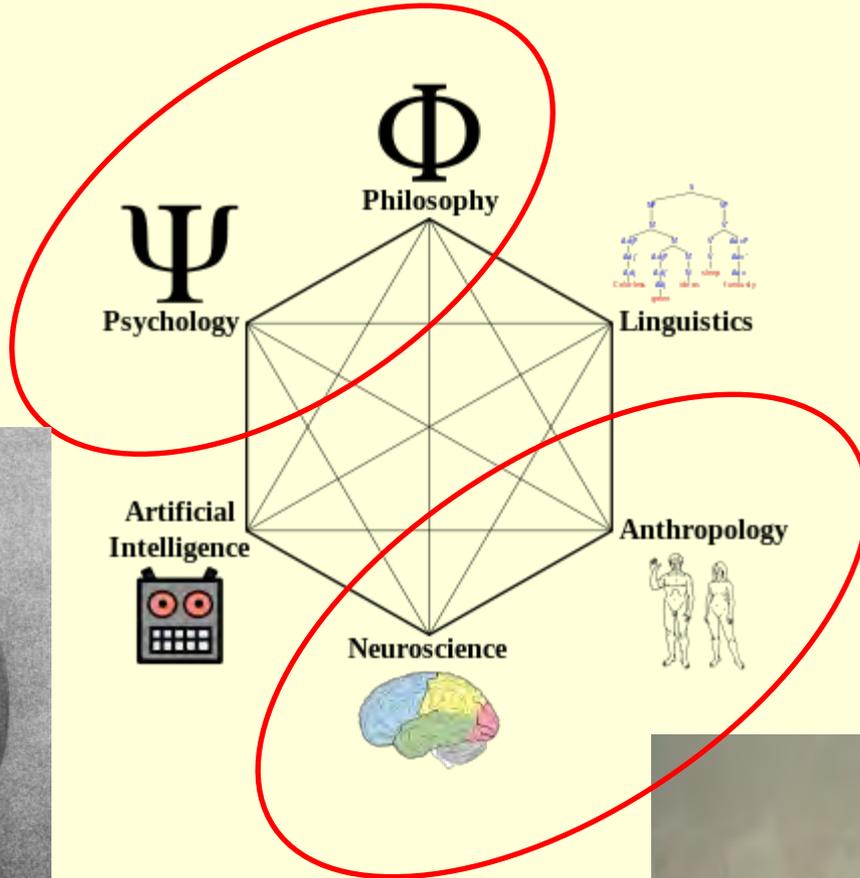


C'est le vaste domaine de ce qu'on appelle les « **sciences cognitives** »

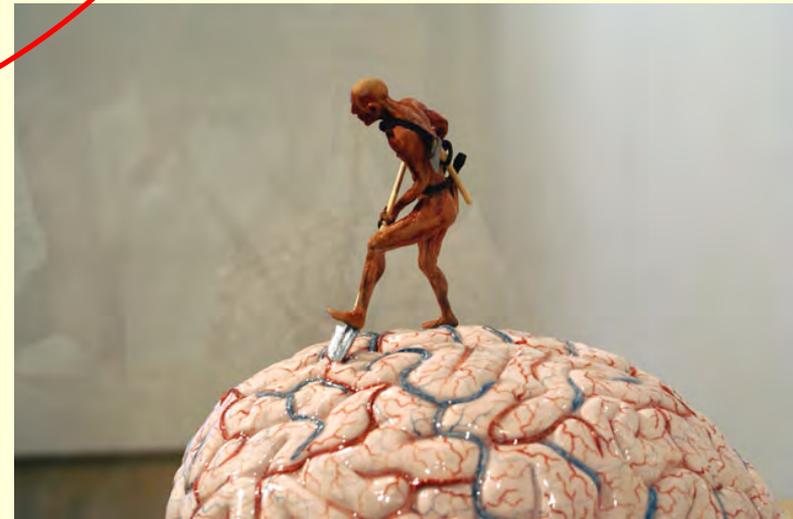


Dont certaines disciplines vont s'intéresser davantage à

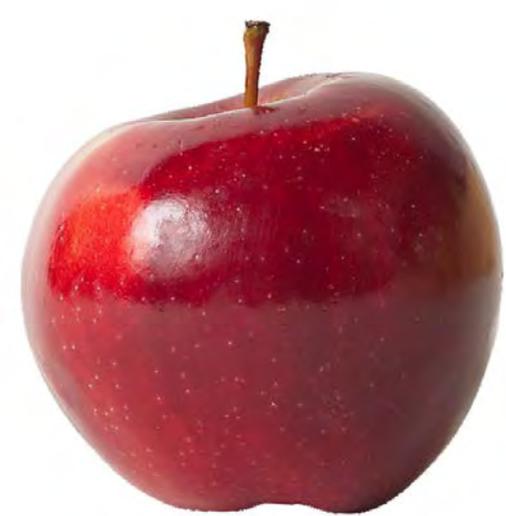
l'aspect « subjectif »
ou à la 1^{ère} personne



l'aspect « objectif »
ou à la 3^e personne

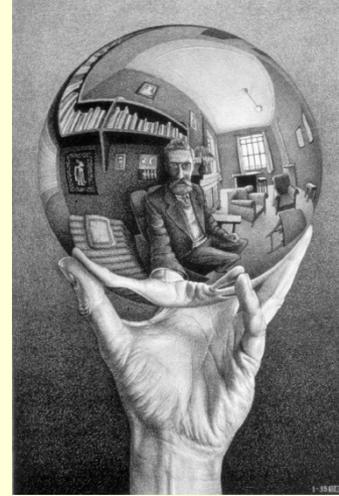


Et ce n'est pas facile de concilier les deux...



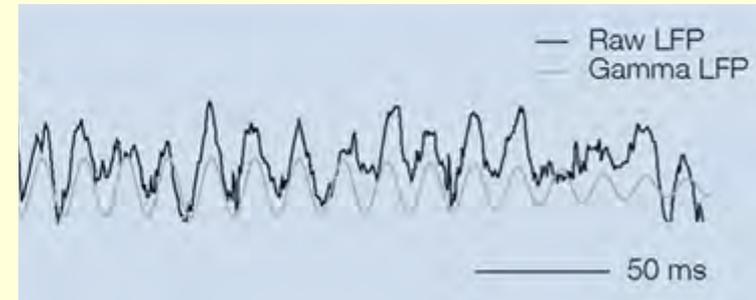
Le rouge que l'on ressent à la vue de cette pomme...

...c'est notre sentiment « subjectif » ou à la 1^{ère} personne.

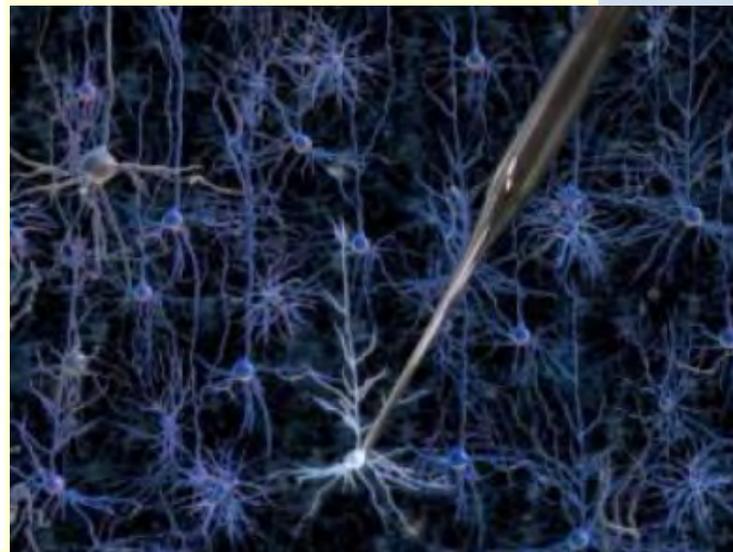
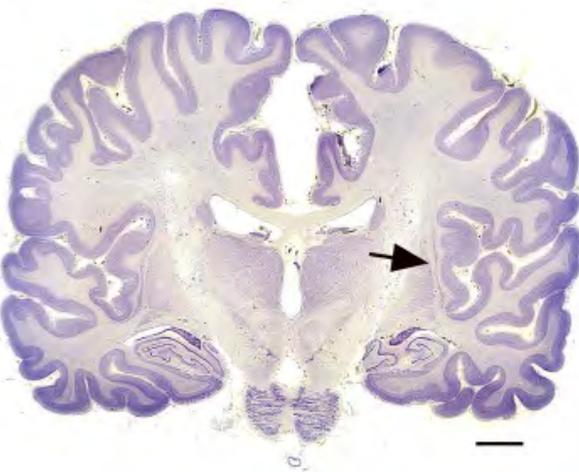


Mais il est où le rouge dans notre cerveau ?

Car si on regarde dans le cerveau, on voit juste de l'activité électrique qui parcourt des neurones, i.e. des ions qui traversent des membranes...!

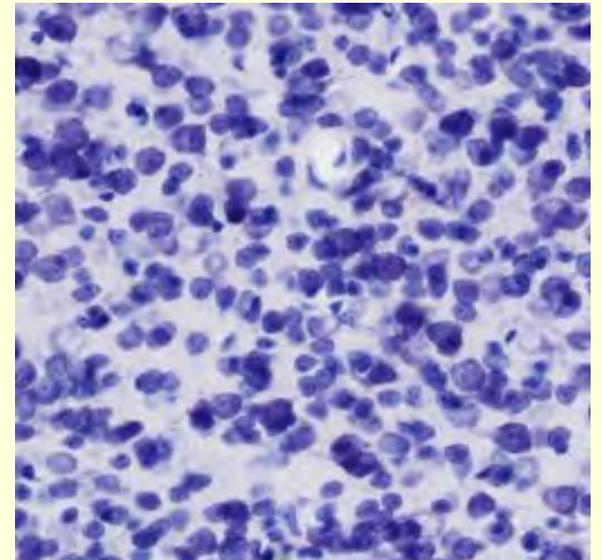
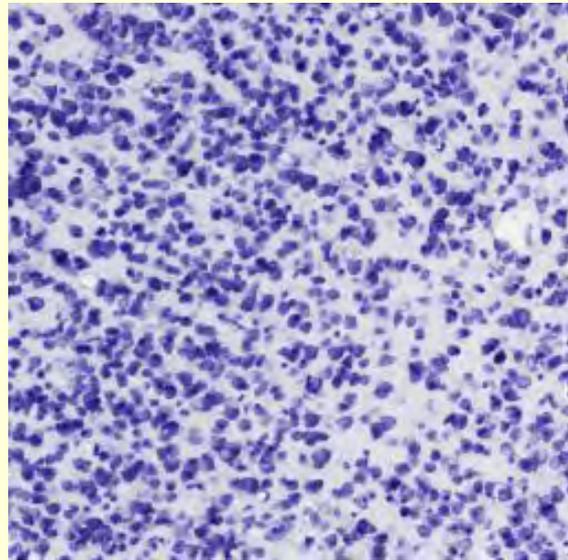
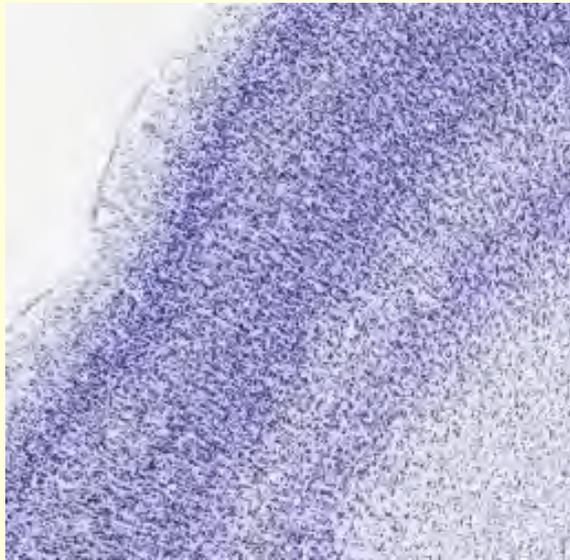
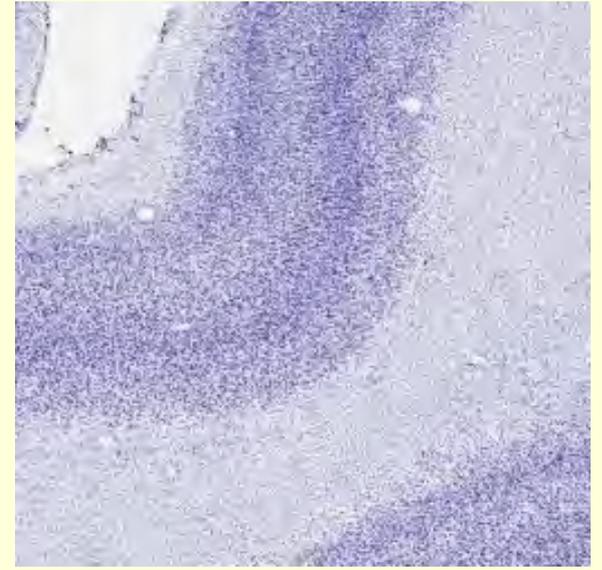
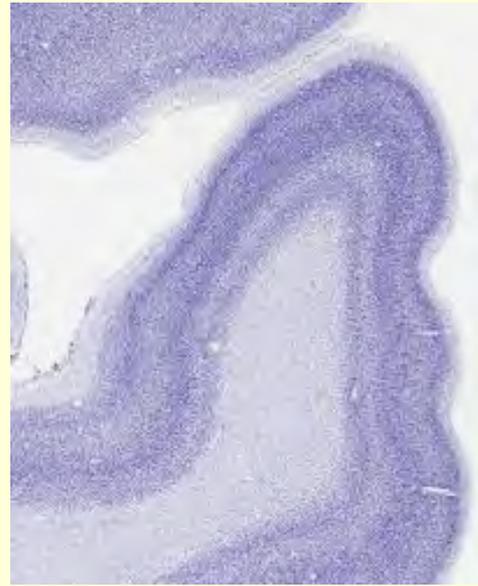
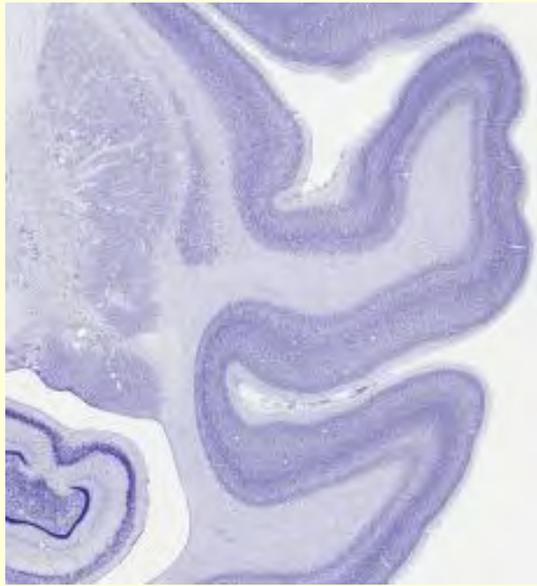


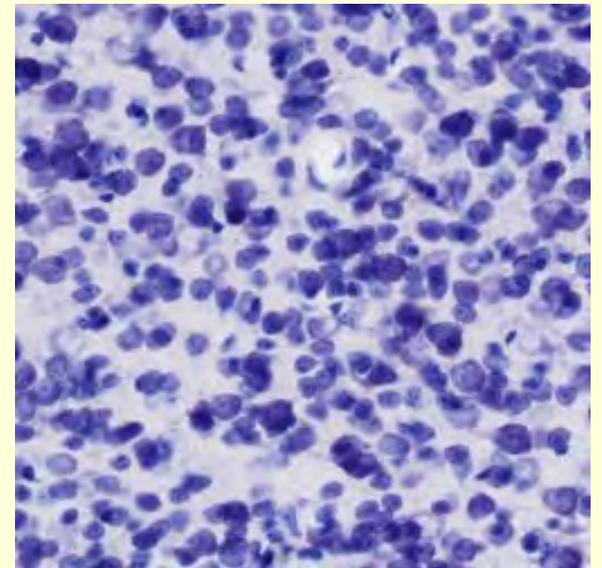
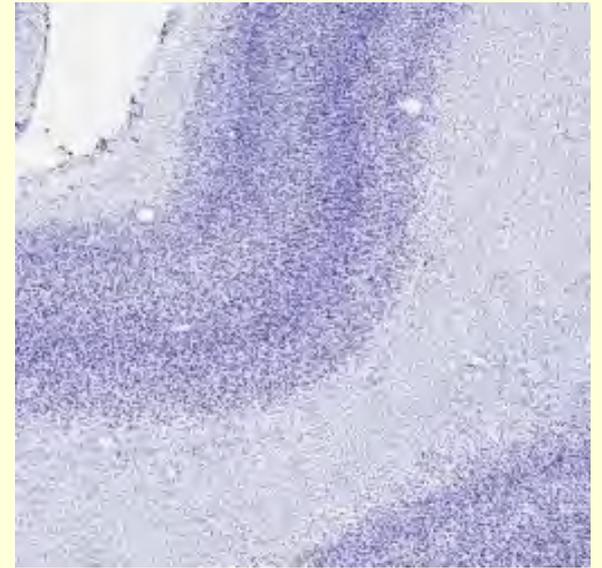
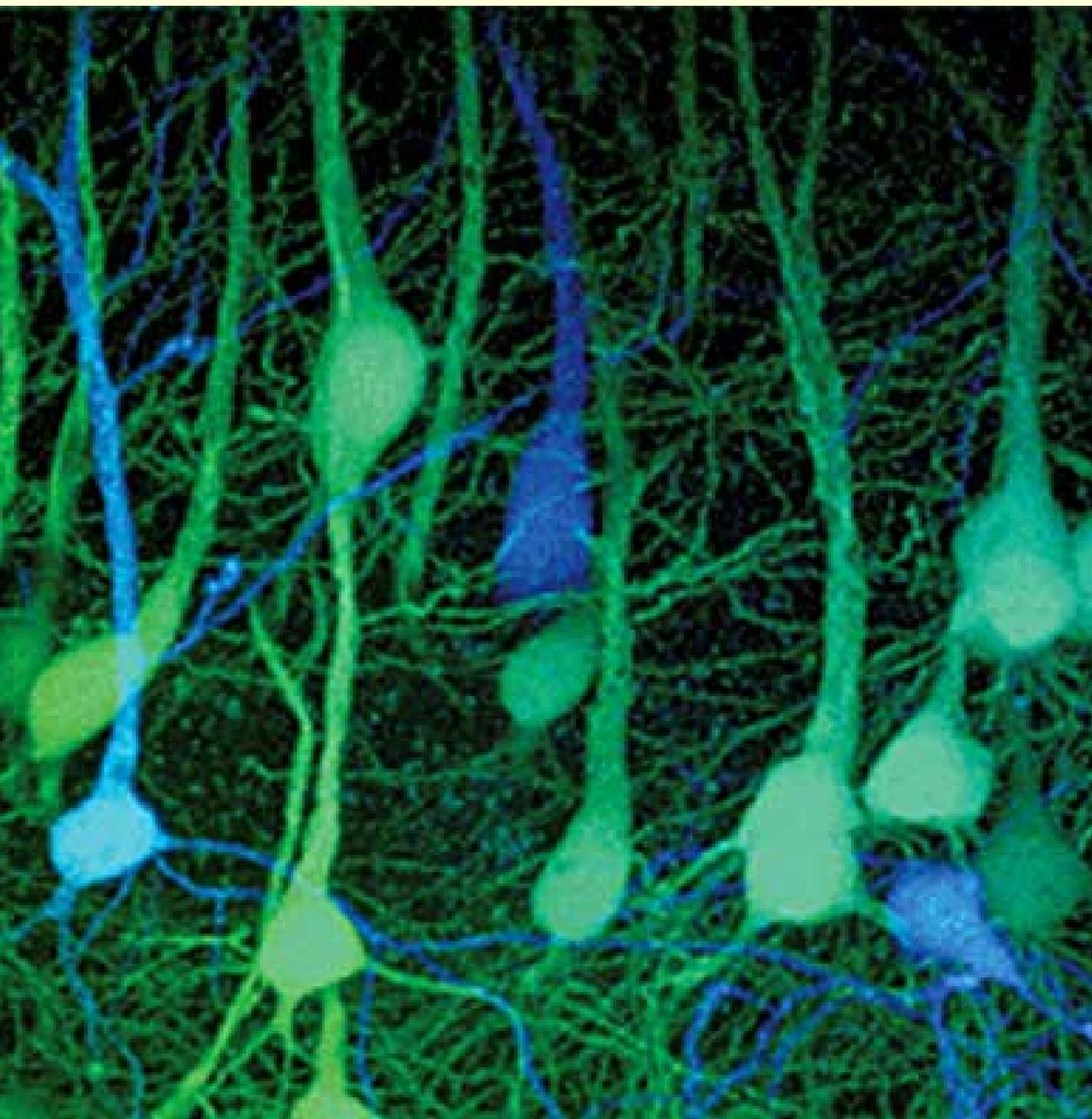
B



Le niveau neuronal ou moléculaire n'est pas le bon niveau pour voir des analogies intéressantes avec notre pensée... **mais il y est nécessaire !**

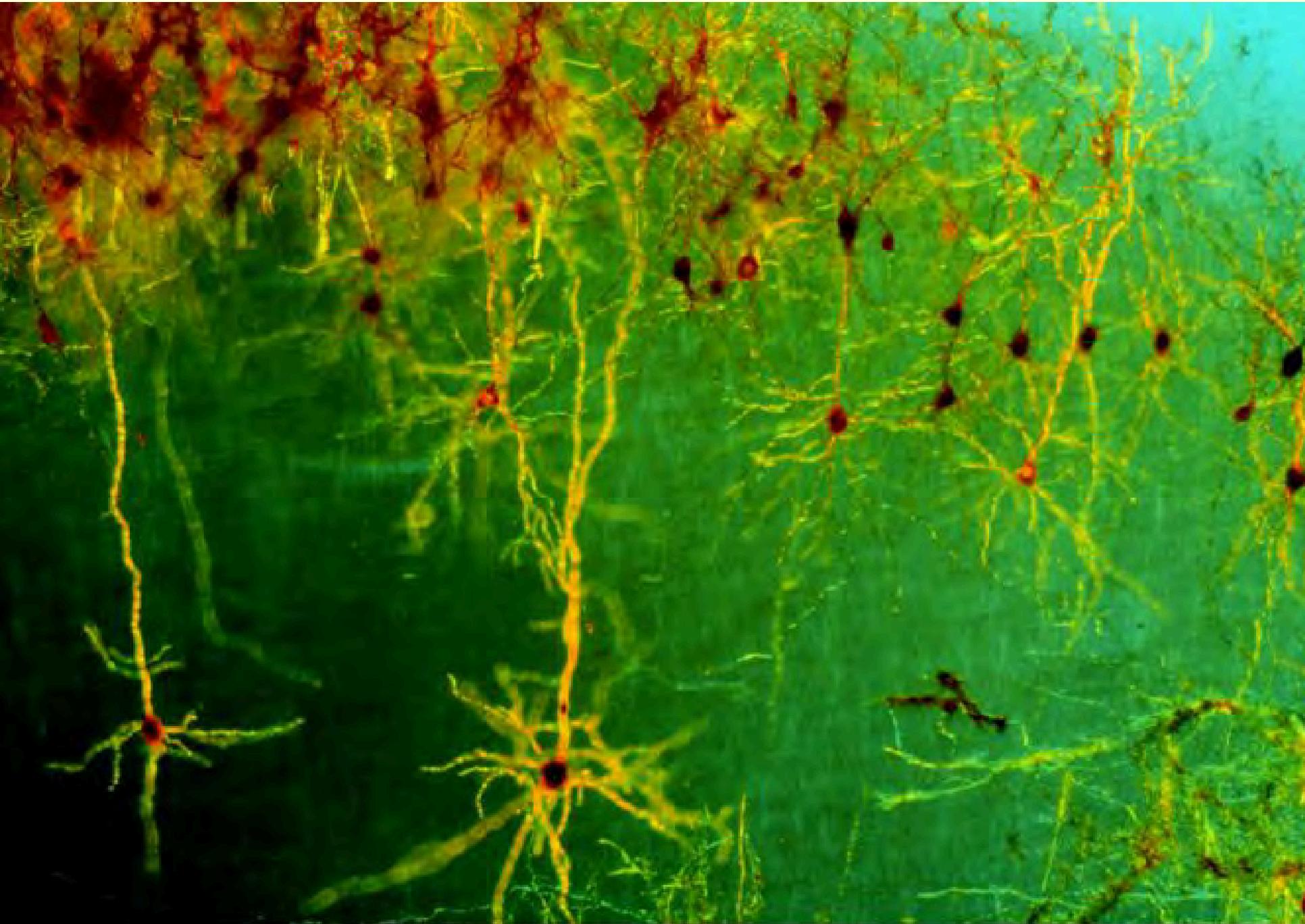




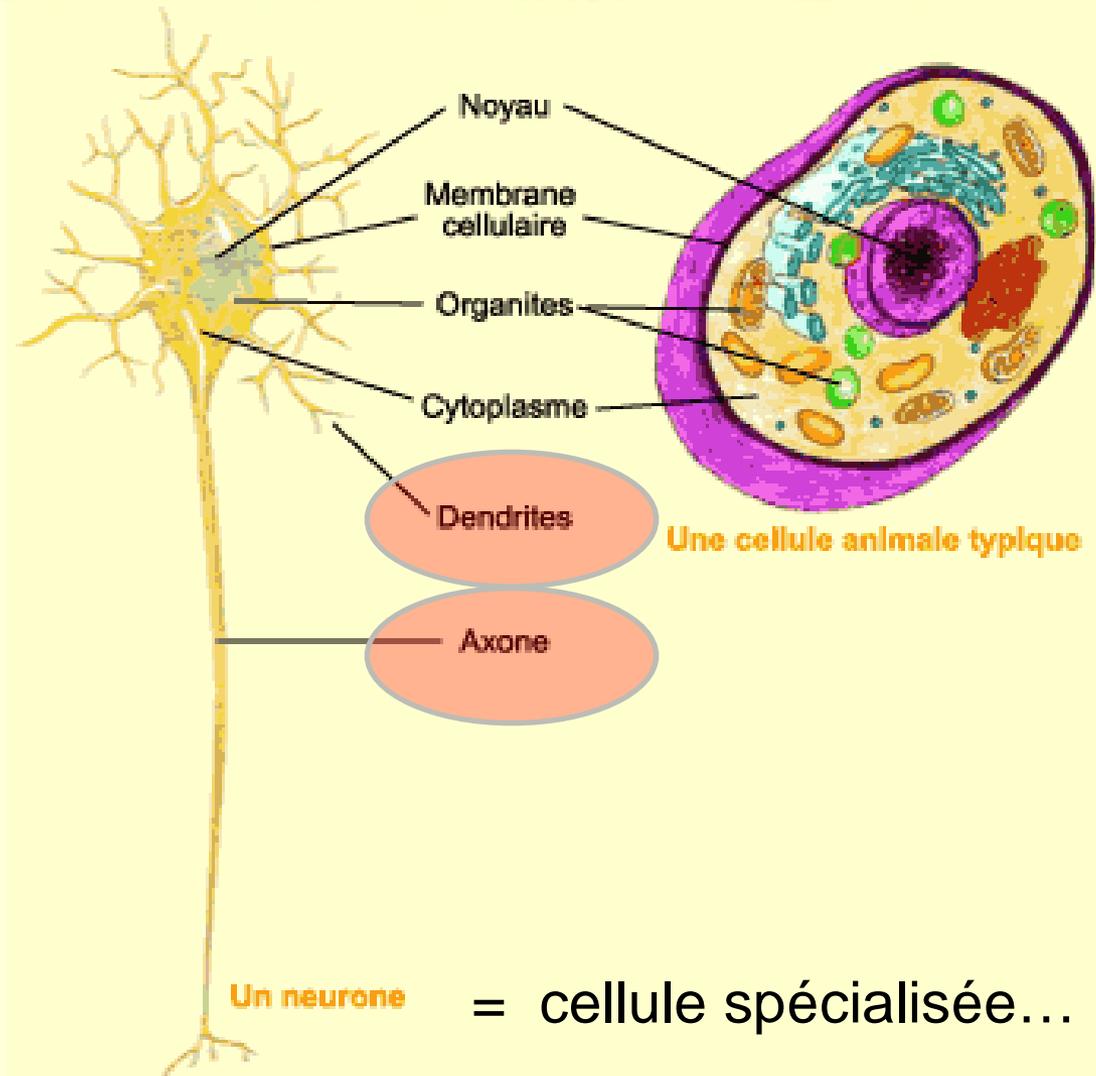
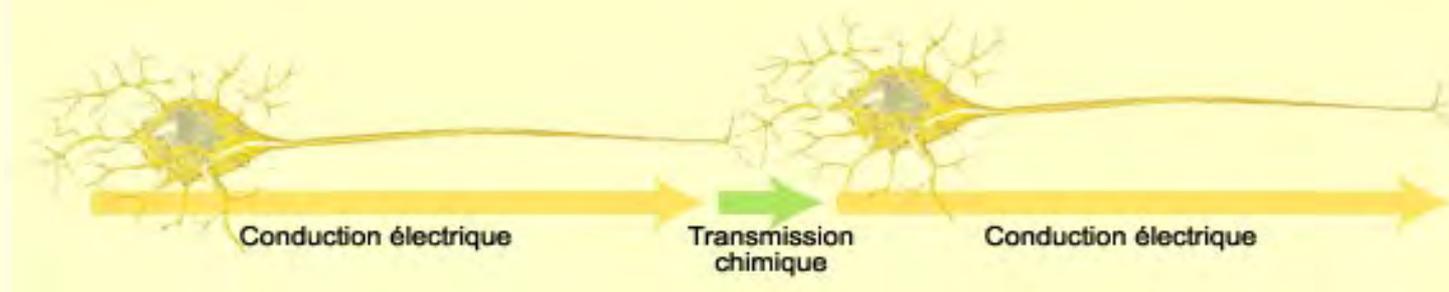


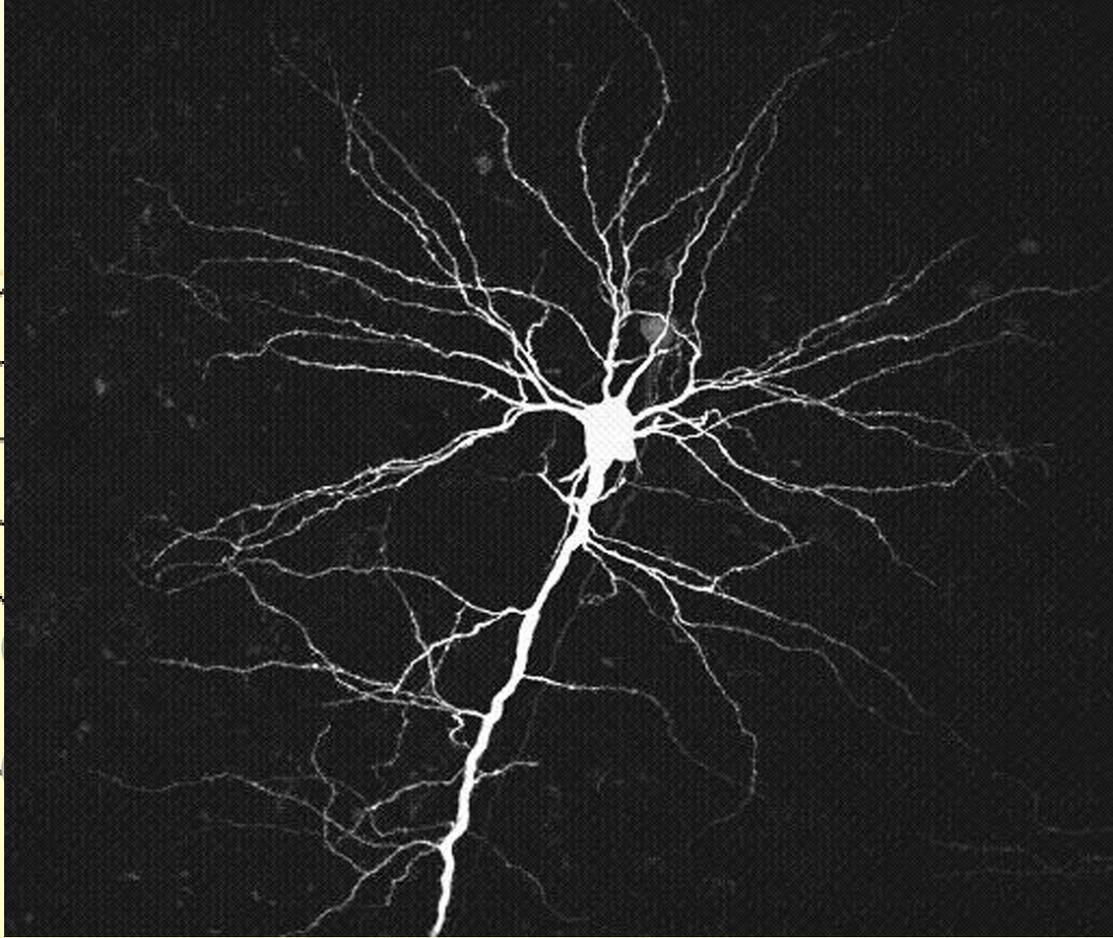
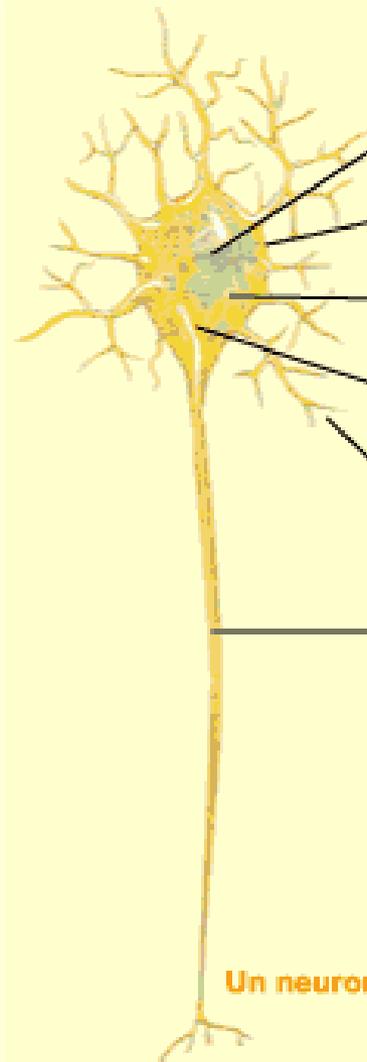




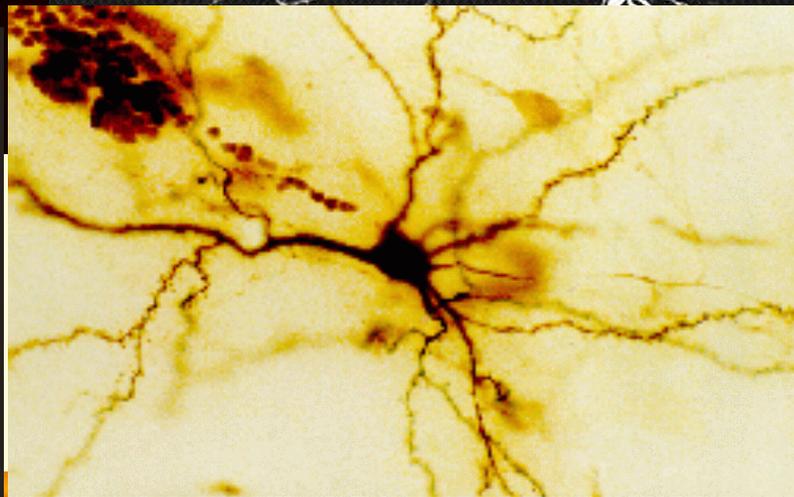
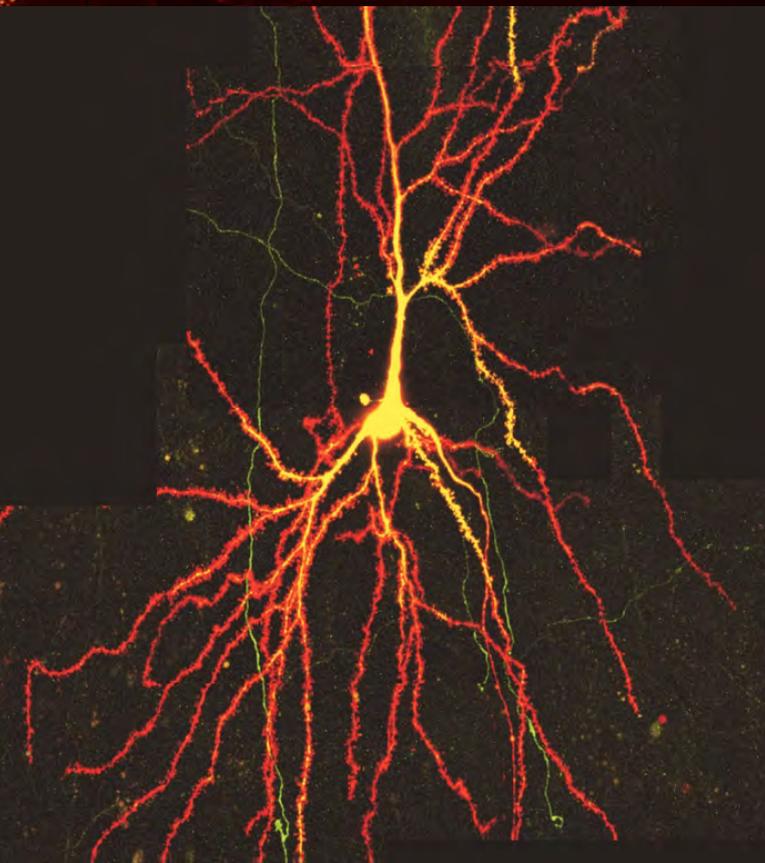
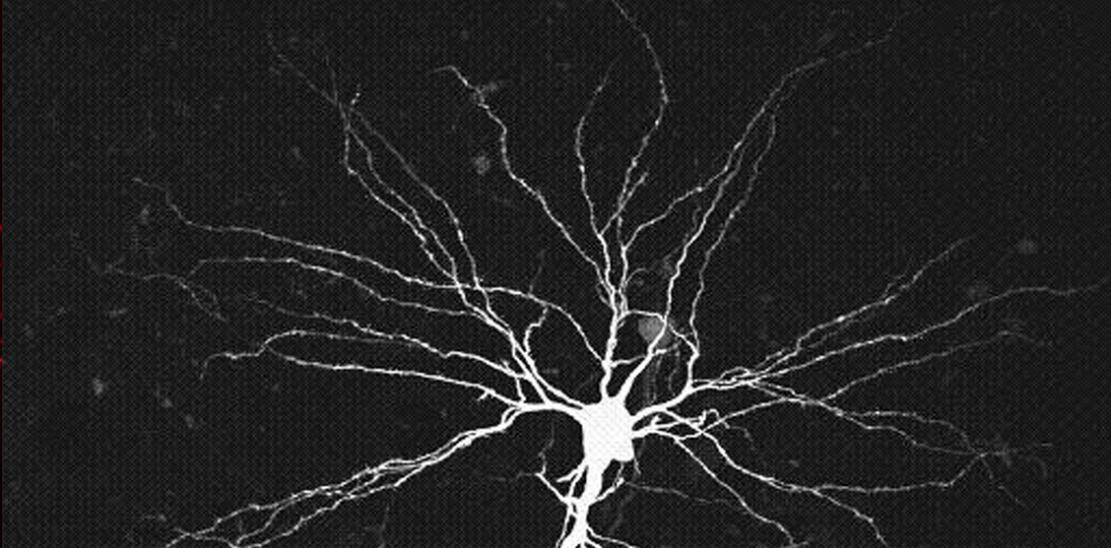
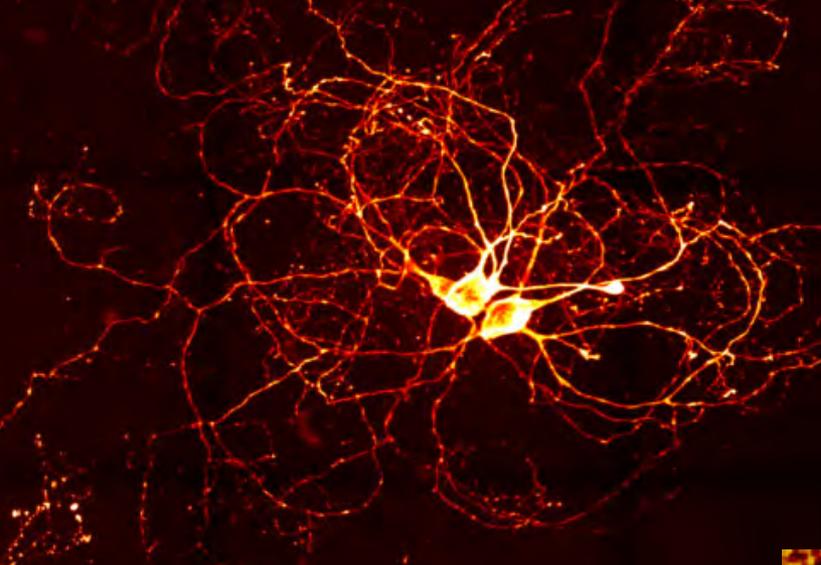


Pyramidal neurons of mouse cortex. Picture: Tobias Bonhoeffer, MPI of Neurobiology





Un neurone = cellule spécialisée...

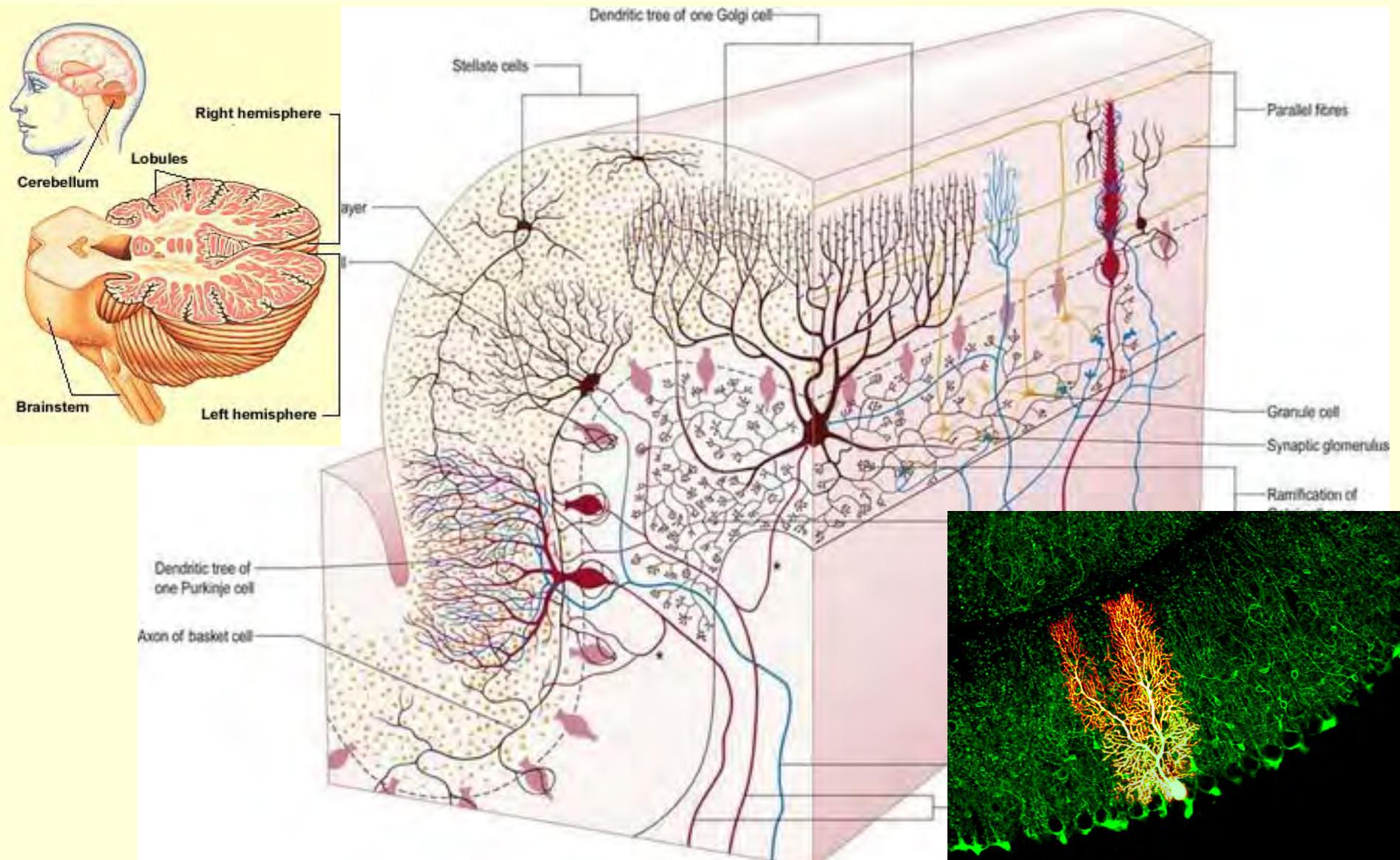


Très grand nombre de types de neurones différents

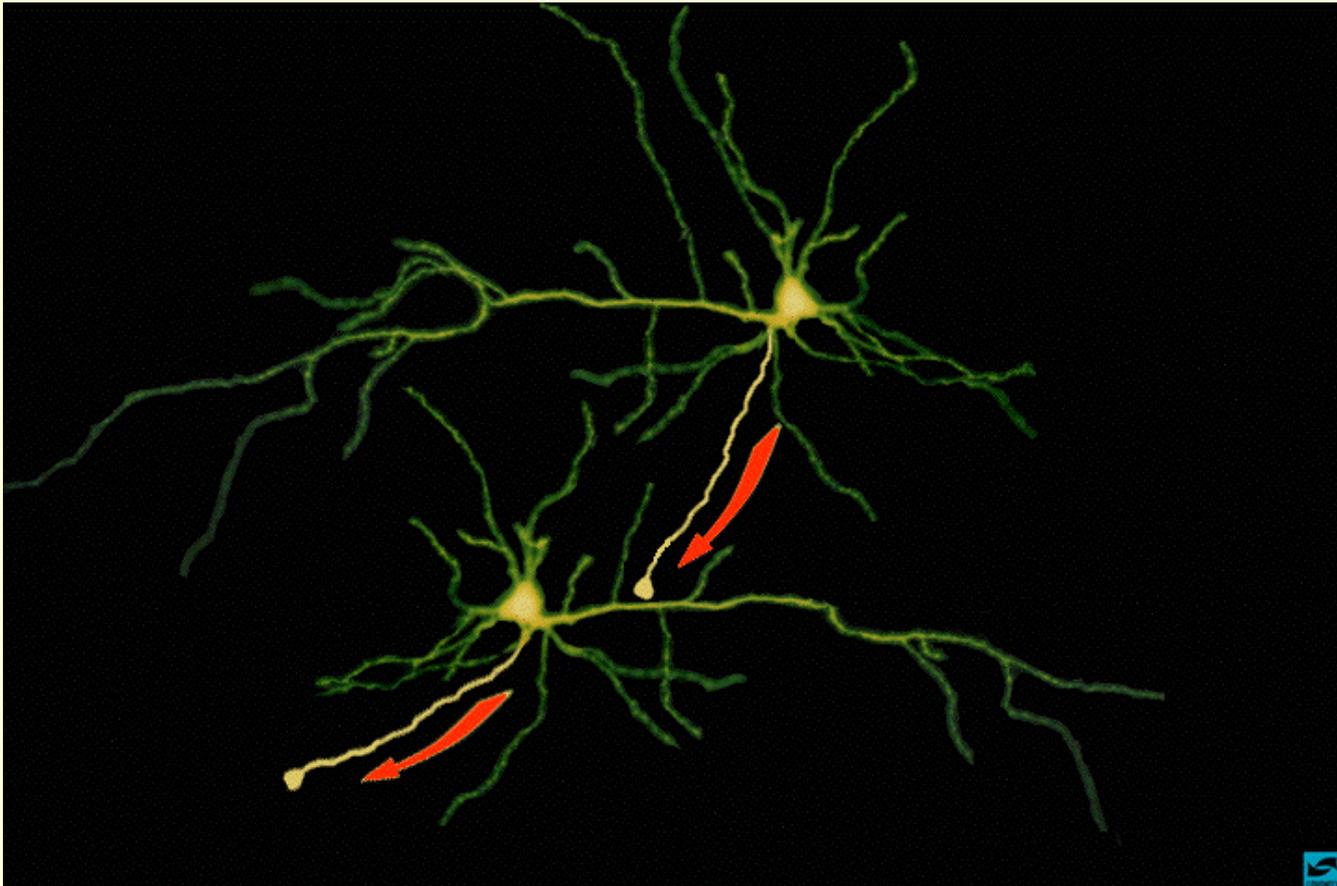
(estimé à plus de 1 000 et peut-être beaucoup plus, voire un continuum de types...).

<http://jonlieffmd.com/blog/how-many-different-kinds-of-neurons-are-there>

Grande variabilité de forme des neurones qui s'explique par leur pattern de connectivité avec les autres neurones, qui lui-même dépend de la fonction de ce **circuit nerveux**.

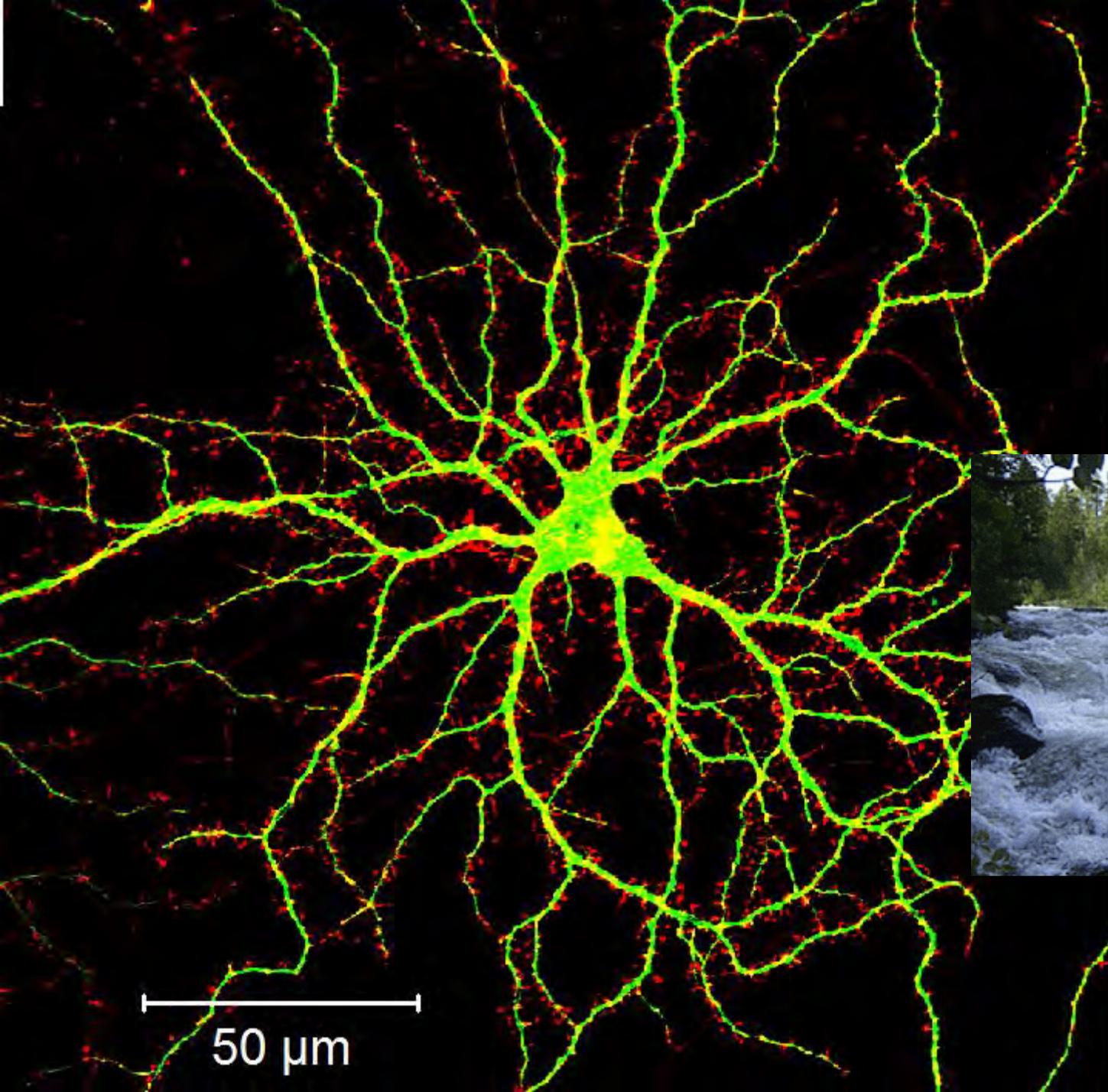


*« Le fait qu'une cellule vivante se soit adaptée en une structure capable de recevoir et **d'intégrer** des données, de **prendre des décisions** fondées sur ces données, et **d'envoyer des signaux** aux autres cellules en fonction du résultat de cette intégration est un exploit remarquable de l'évolution. »*



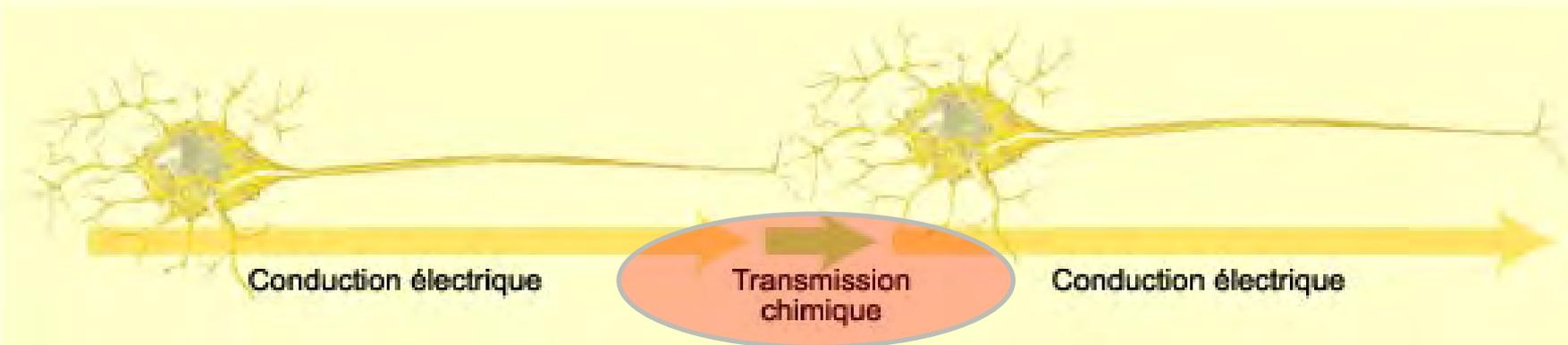
*« Le fait qu'une cellule vivante se soit adaptée en une structure capable de recevoir et **d'intégrer** des données, de **prendre des décisions** fondées sur ces données, et **d'envoyer des signaux** aux autres cellules en fonction du résultat de cette intégration est un exploit remarquable de l'évolution. »*



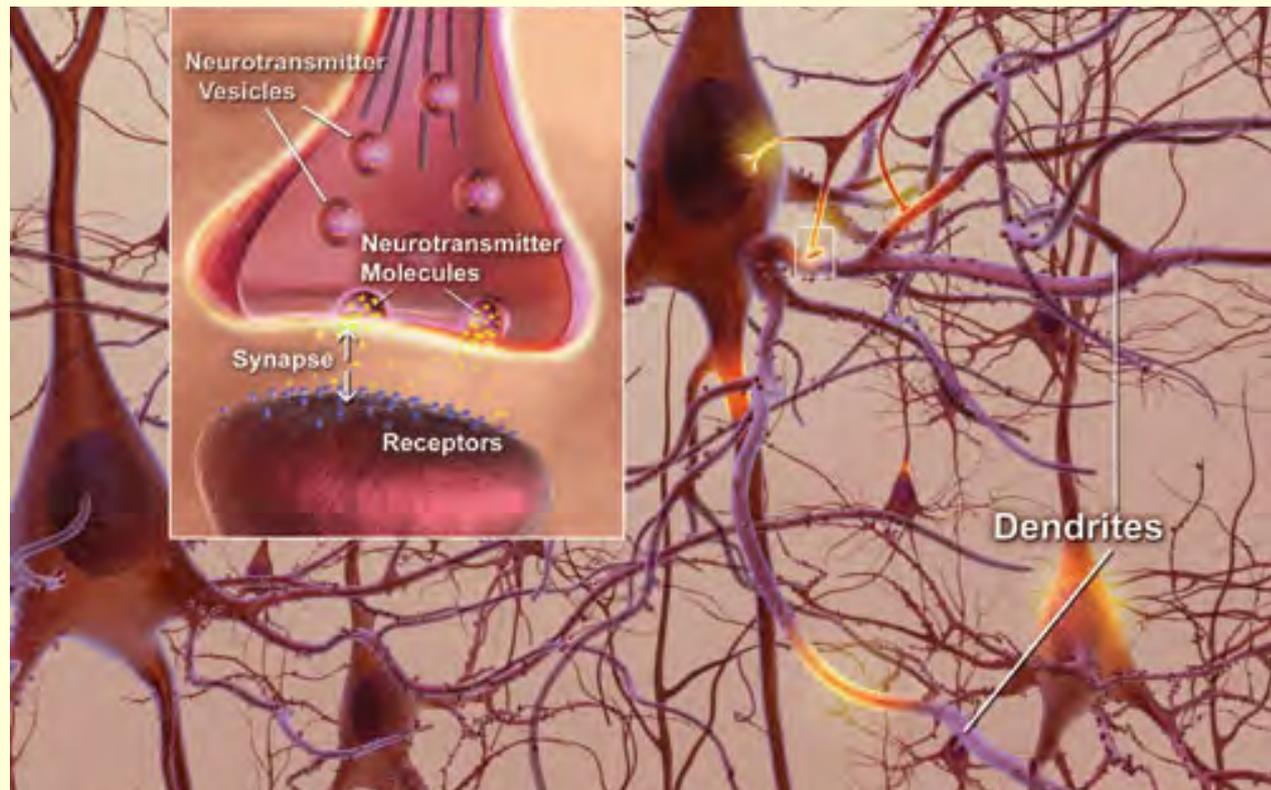


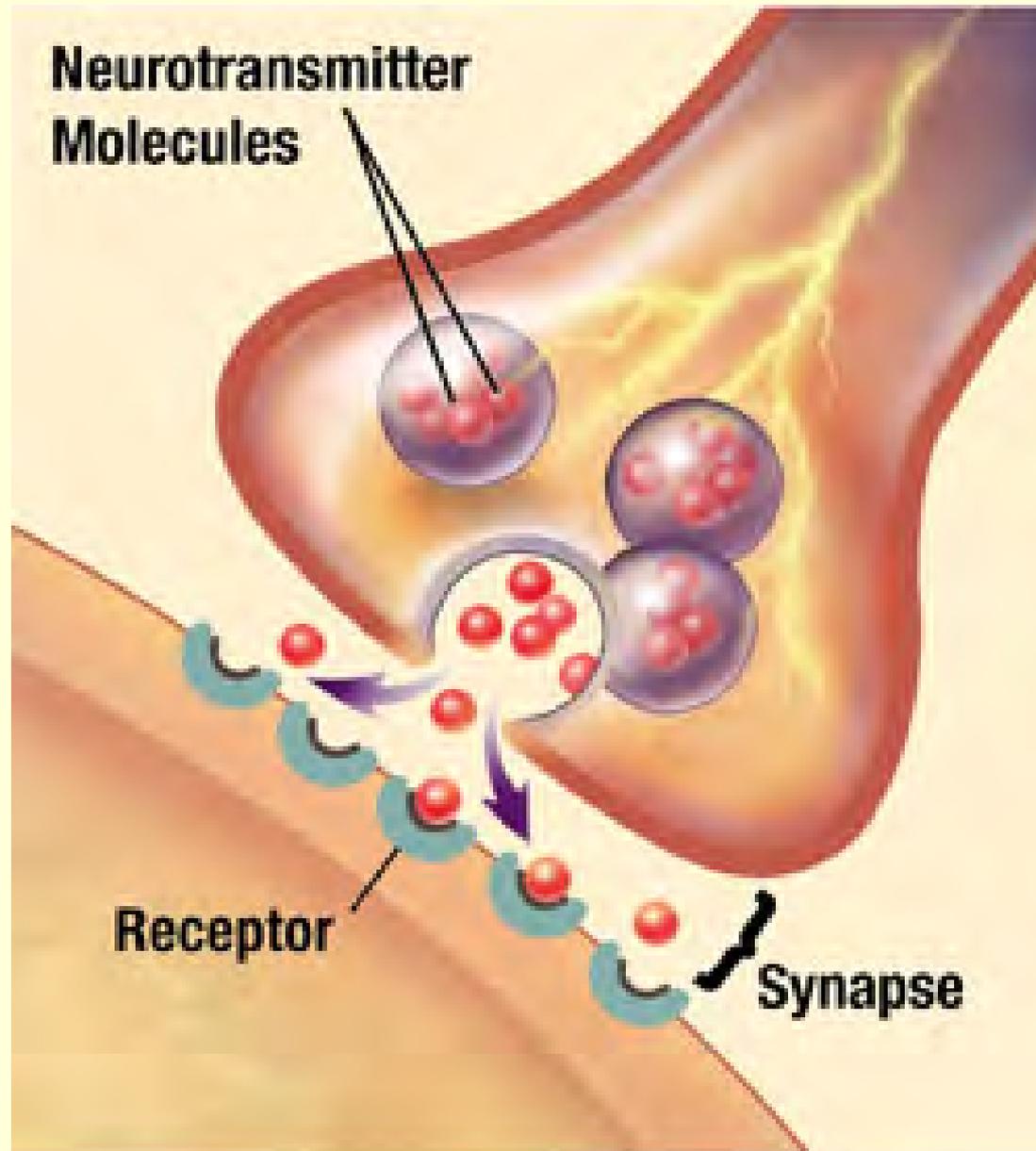
Chaque neurone est donc un **intégrateur** extrêmement dynamique

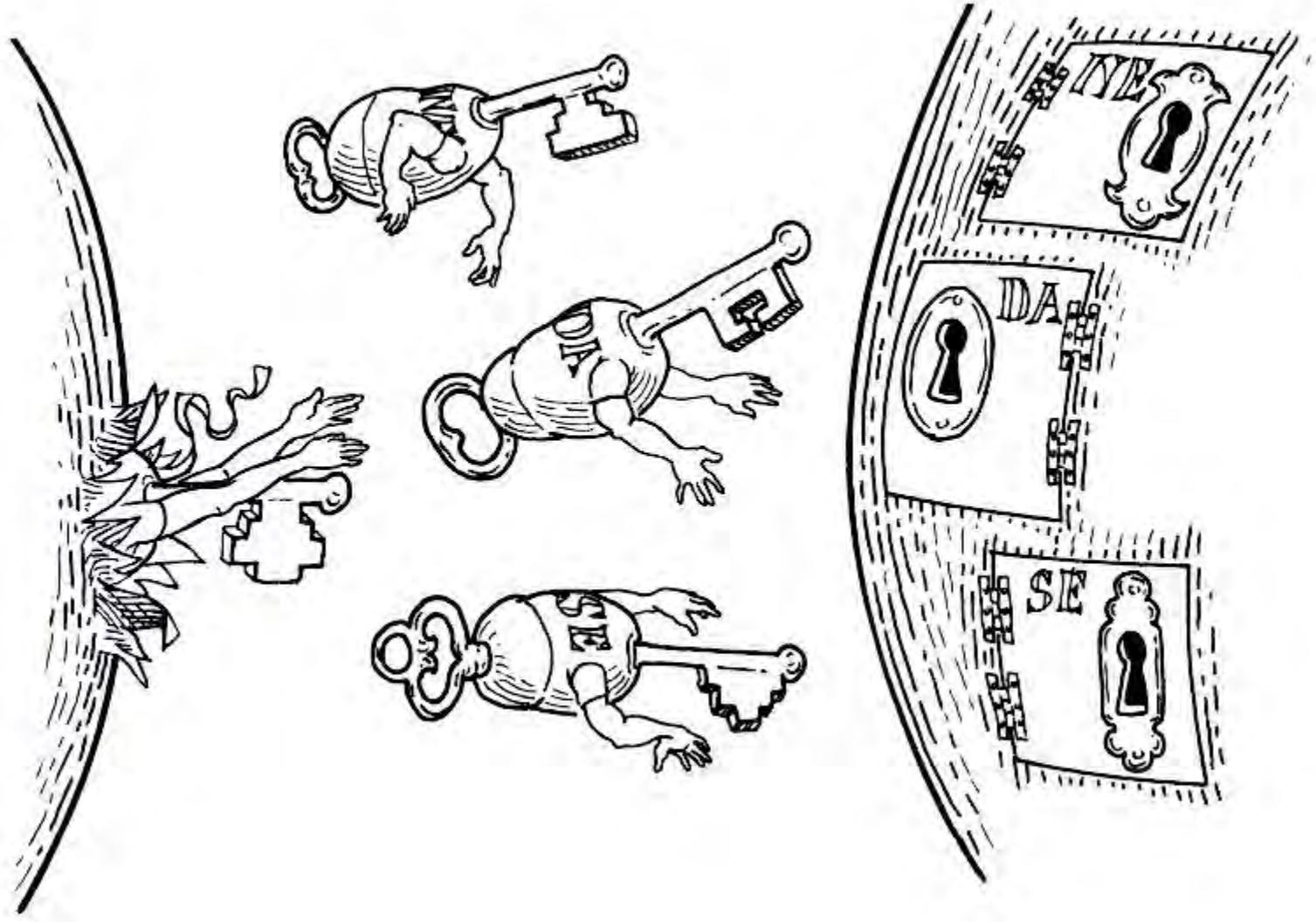


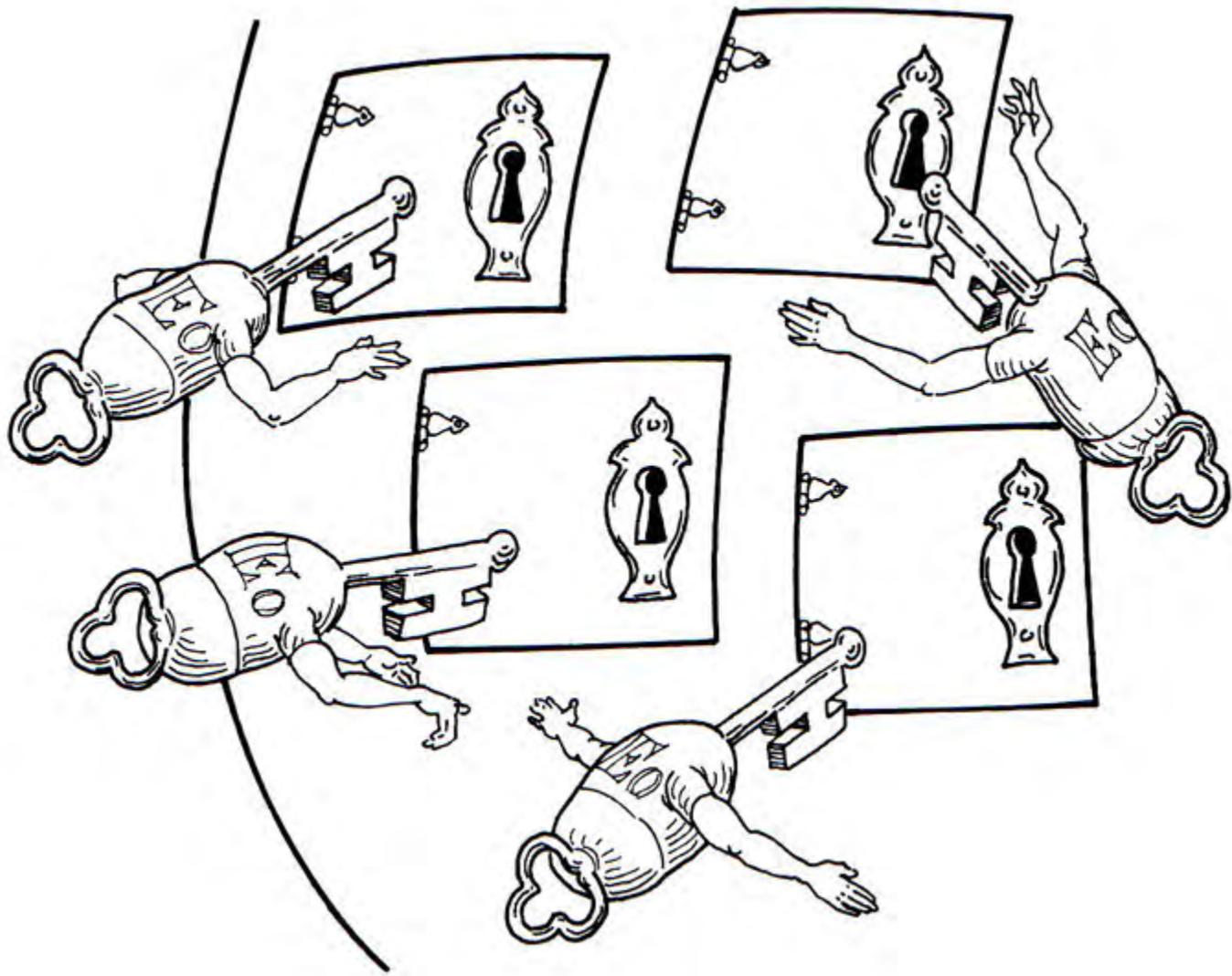


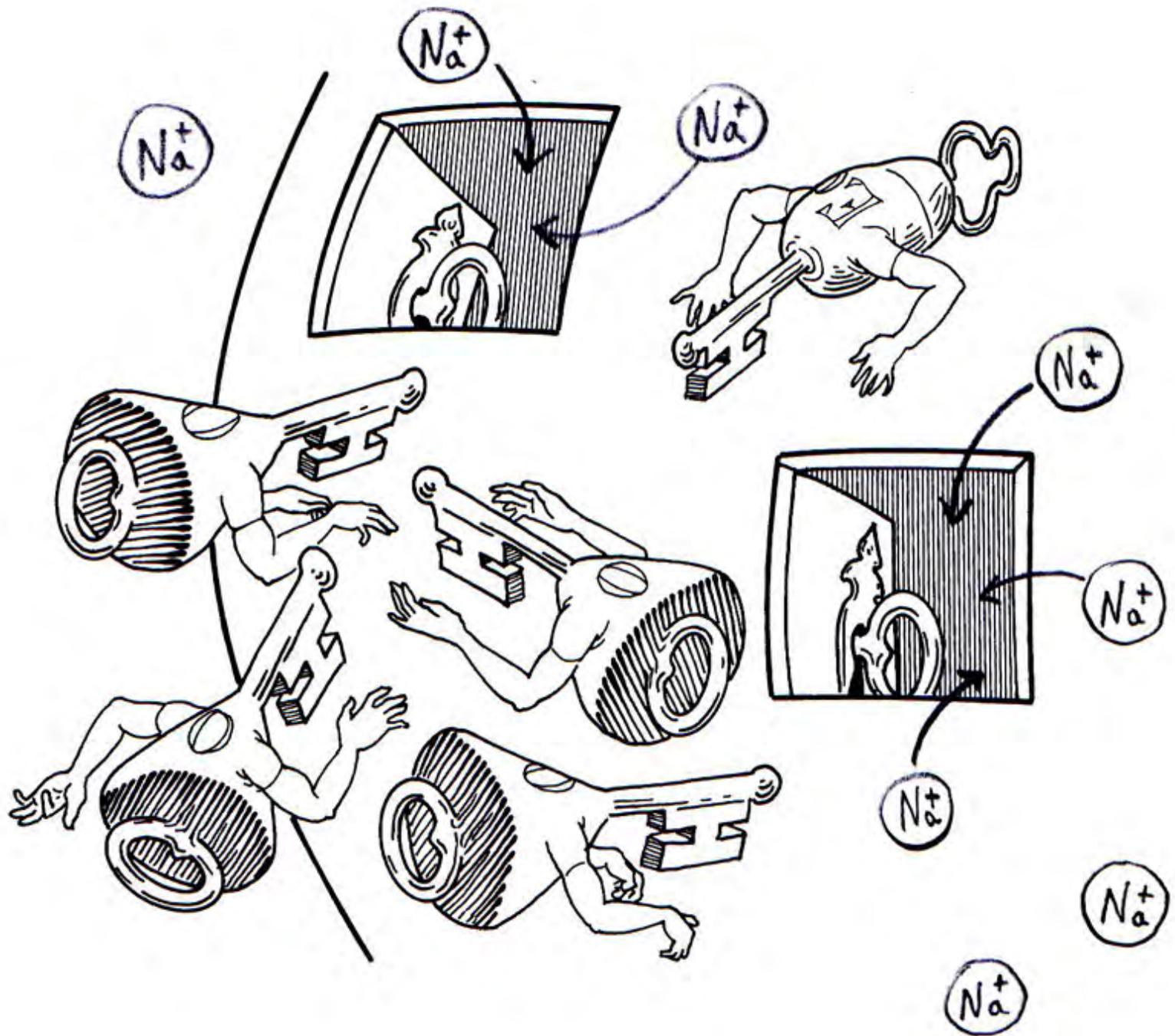
Comment se transmet l'influx nerveux si les neurones ne se touchent pas ?







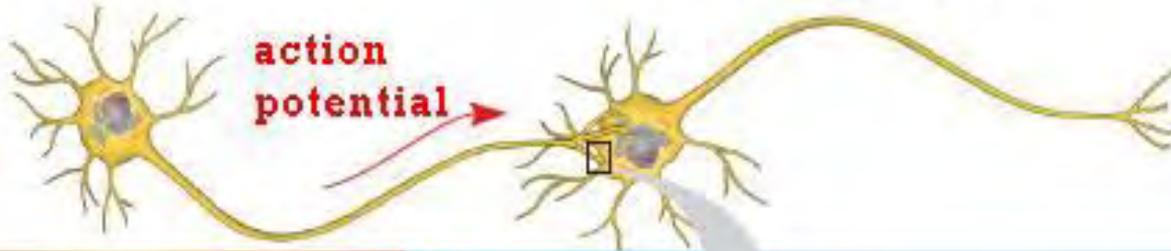




Presynaptic cell

Postsynaptic cell

action potential



Synaptic vesicles containing neurotransmitter

Presynaptic membrane

Voltage-gated Ca^{2+} channel

1 Ca^{2+}

Synaptic cleft

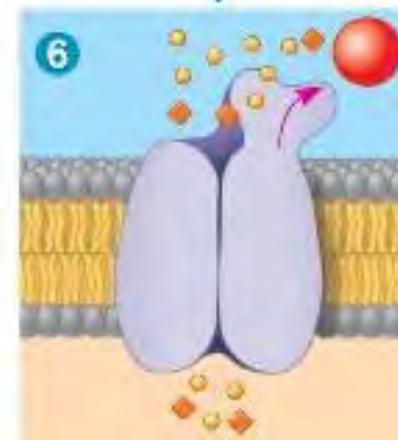
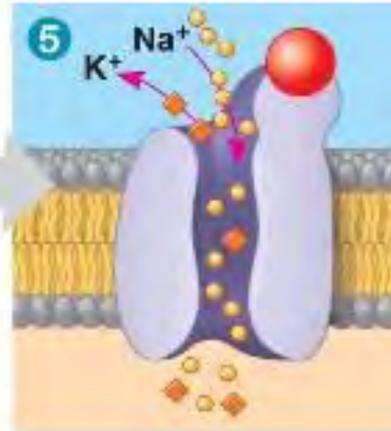
2

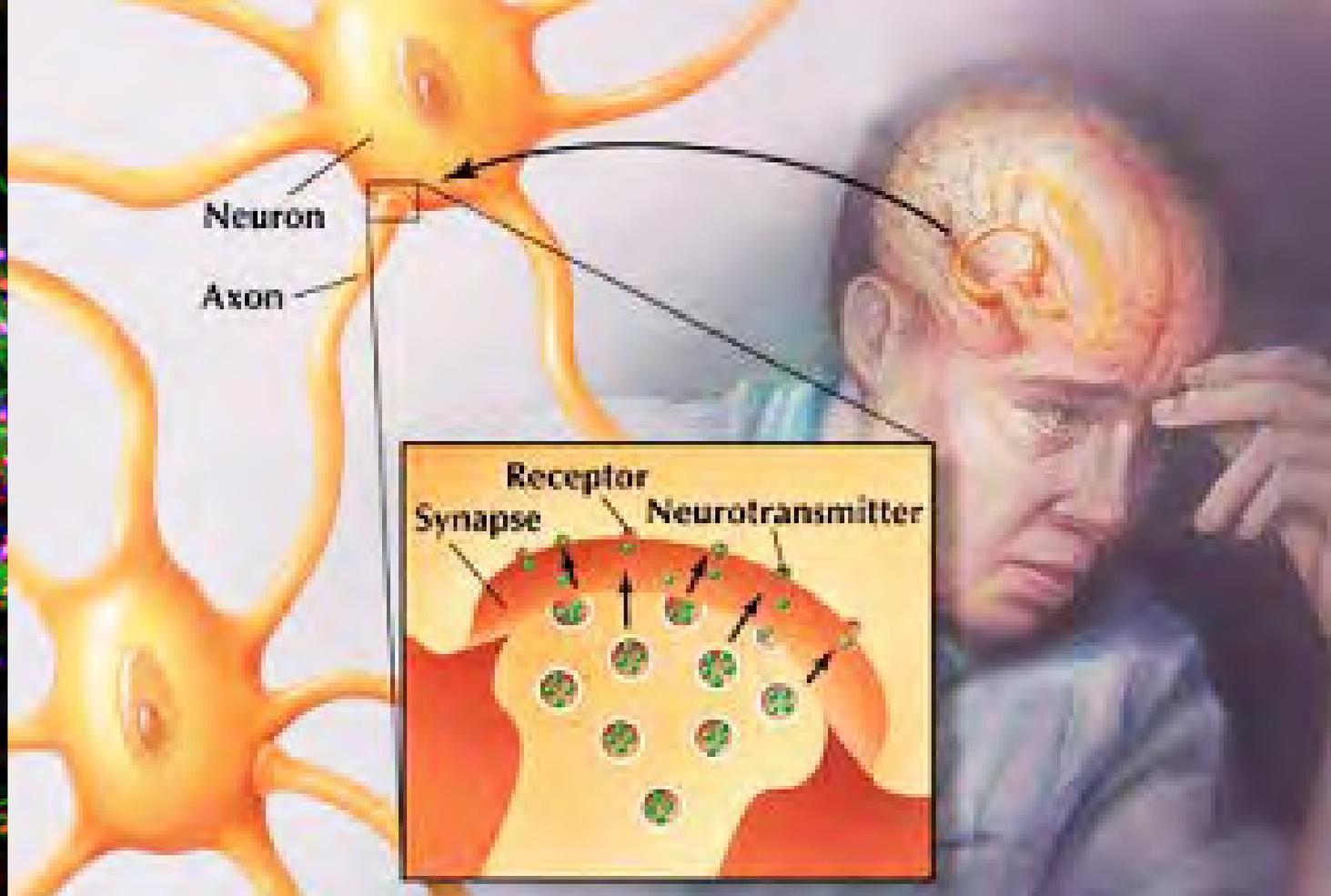
3

4

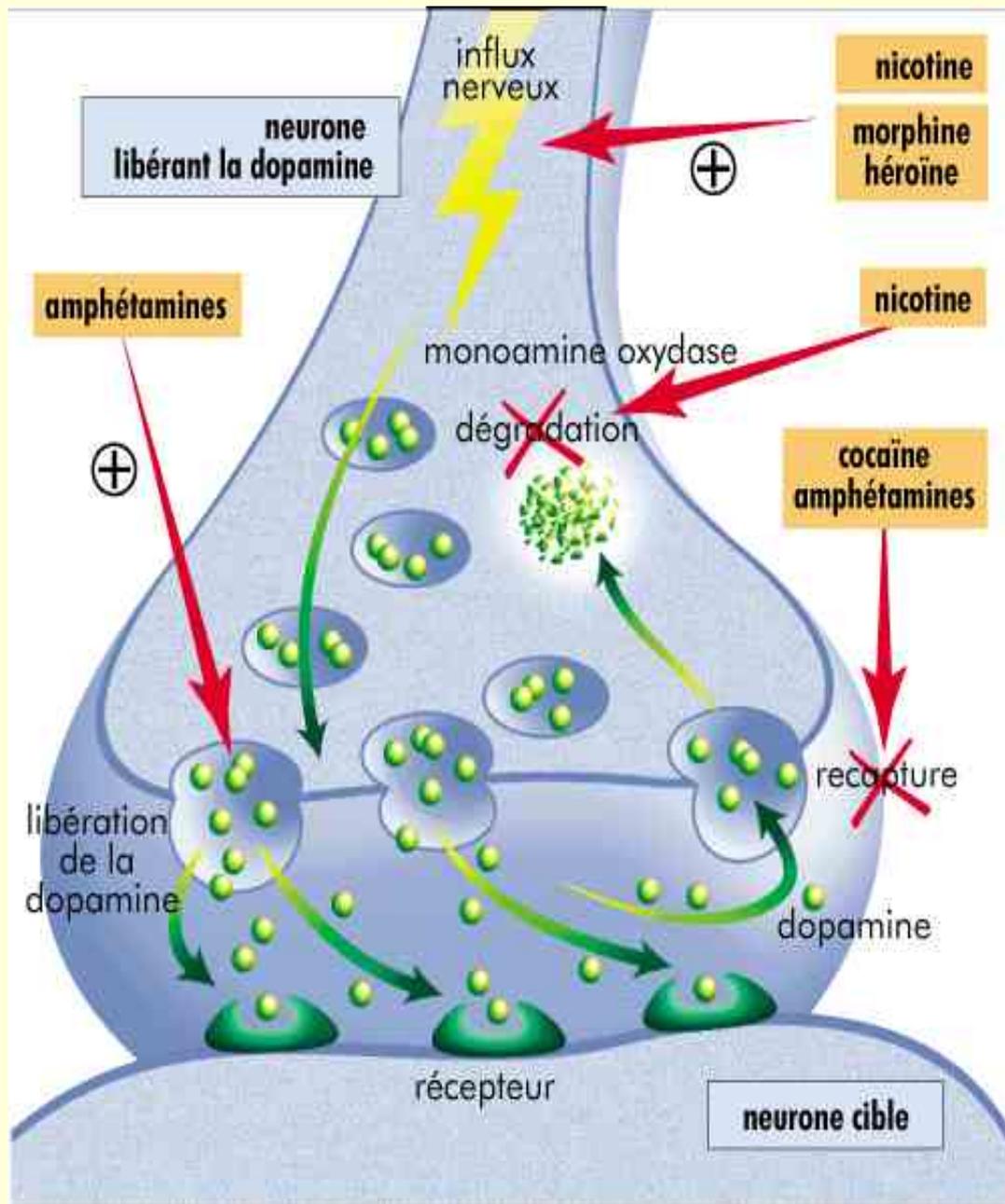
Ligand-gated ion channels

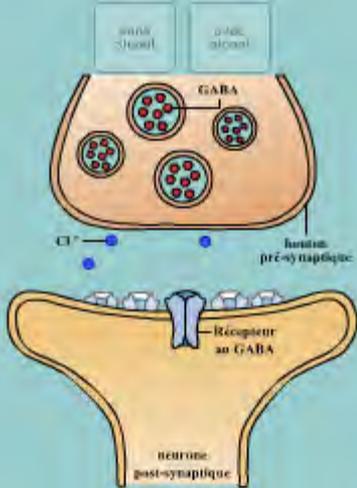
Postsynaptic membrane





C'est à la synapse qu'agissent
la grande majorité des
médicaments et
des **drogues**





Alcool

neurone
portant la dopamine

amines

influx
nerveux

monoamine oxydase

dégradation

cocaïne
amphétamines

Caféine

Nicotine

http://lecerveau.mcgill.ca/flash/i/i_03/i_03_m/i_03_m_par/i_03_m_par.html

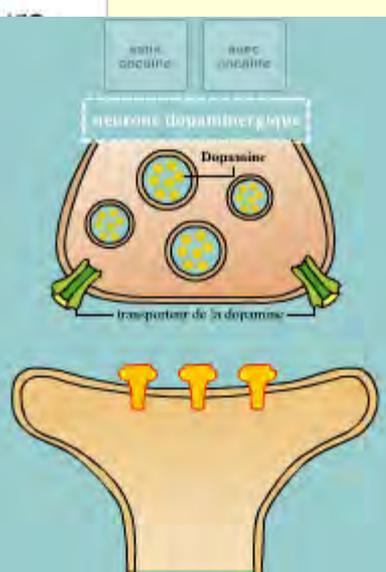
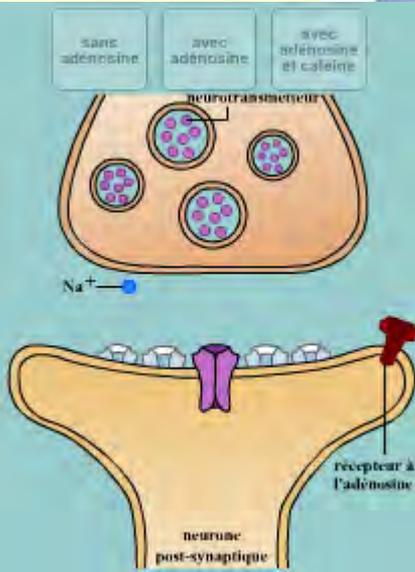
⊕

⊕

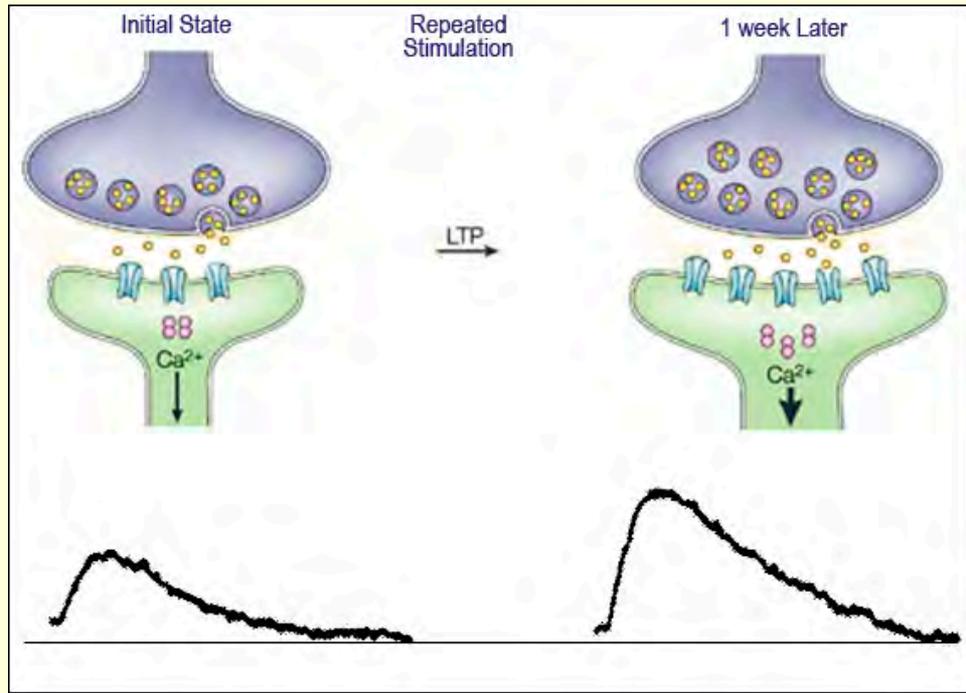
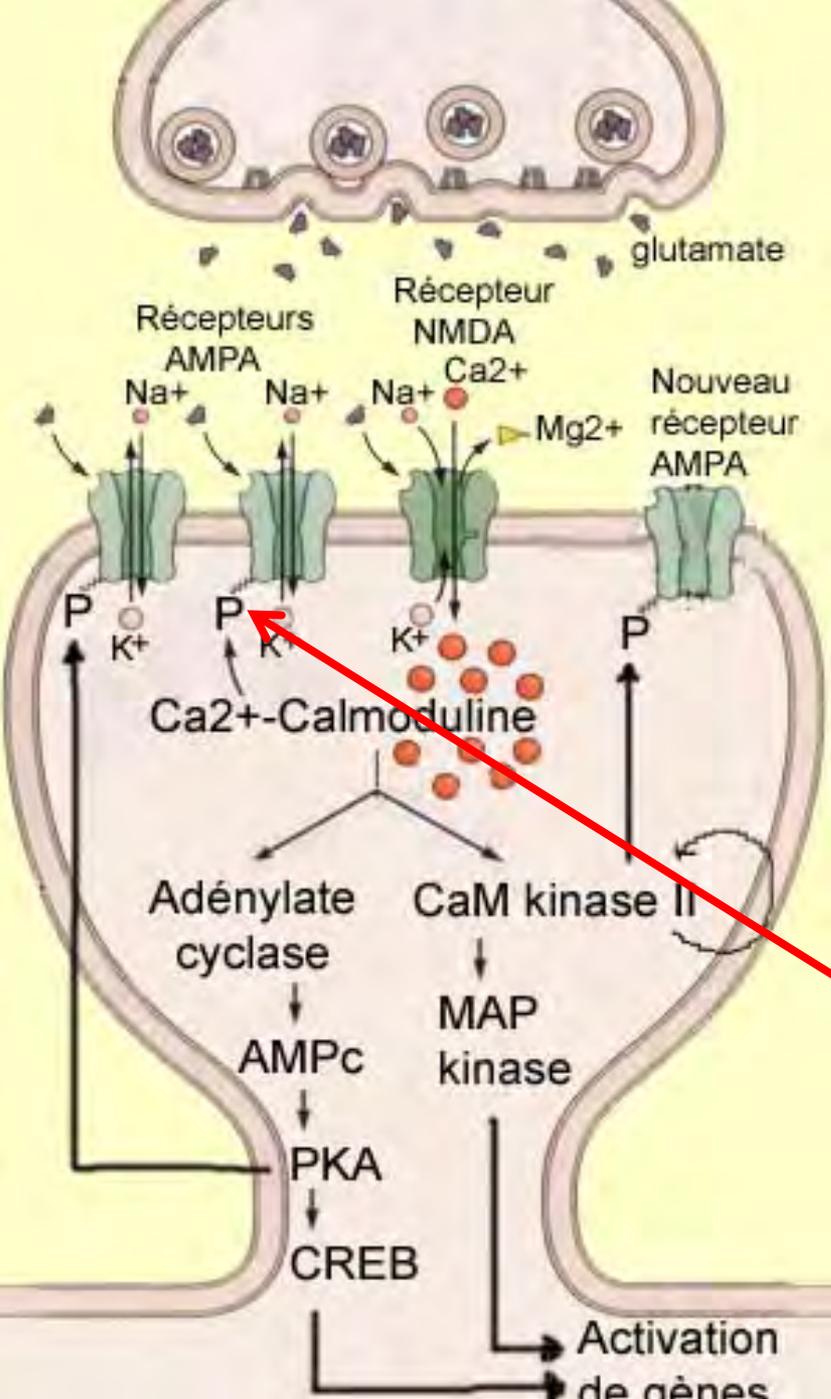
récepteur

ne

Cocaïne

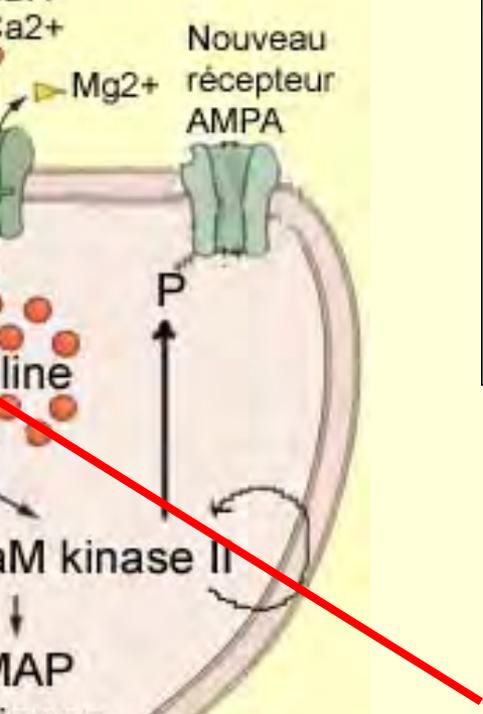


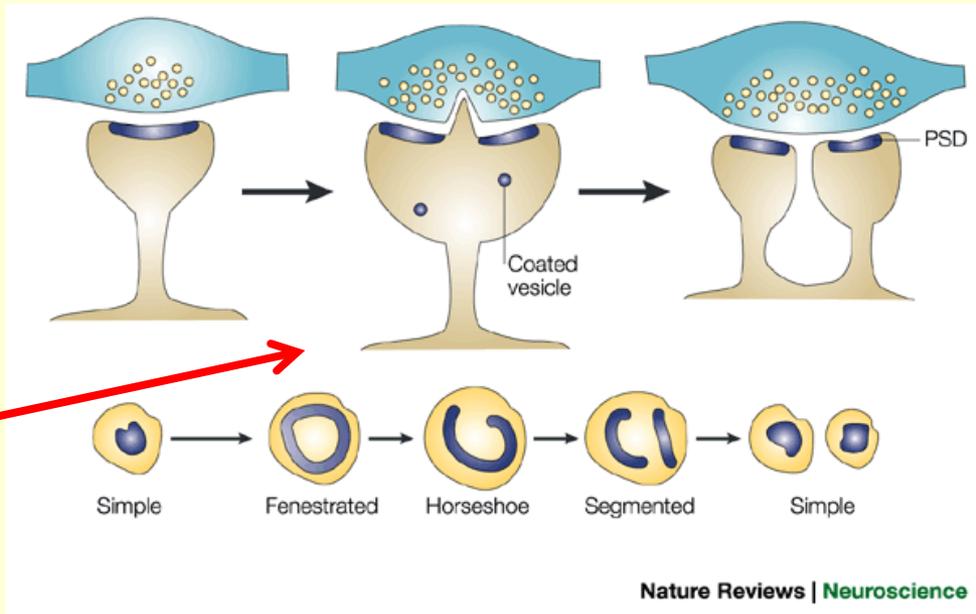
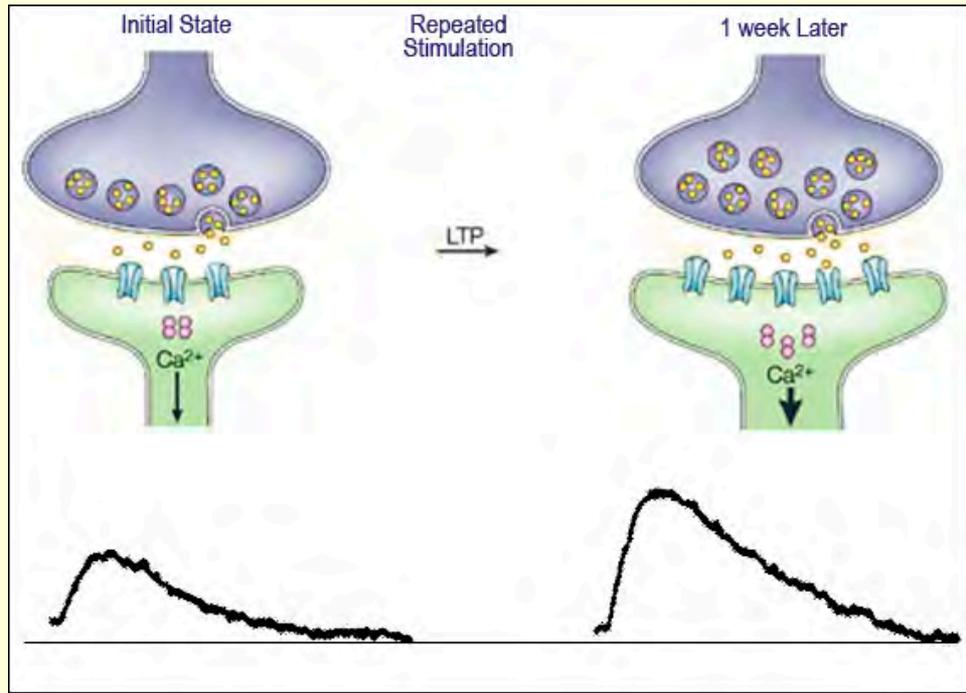
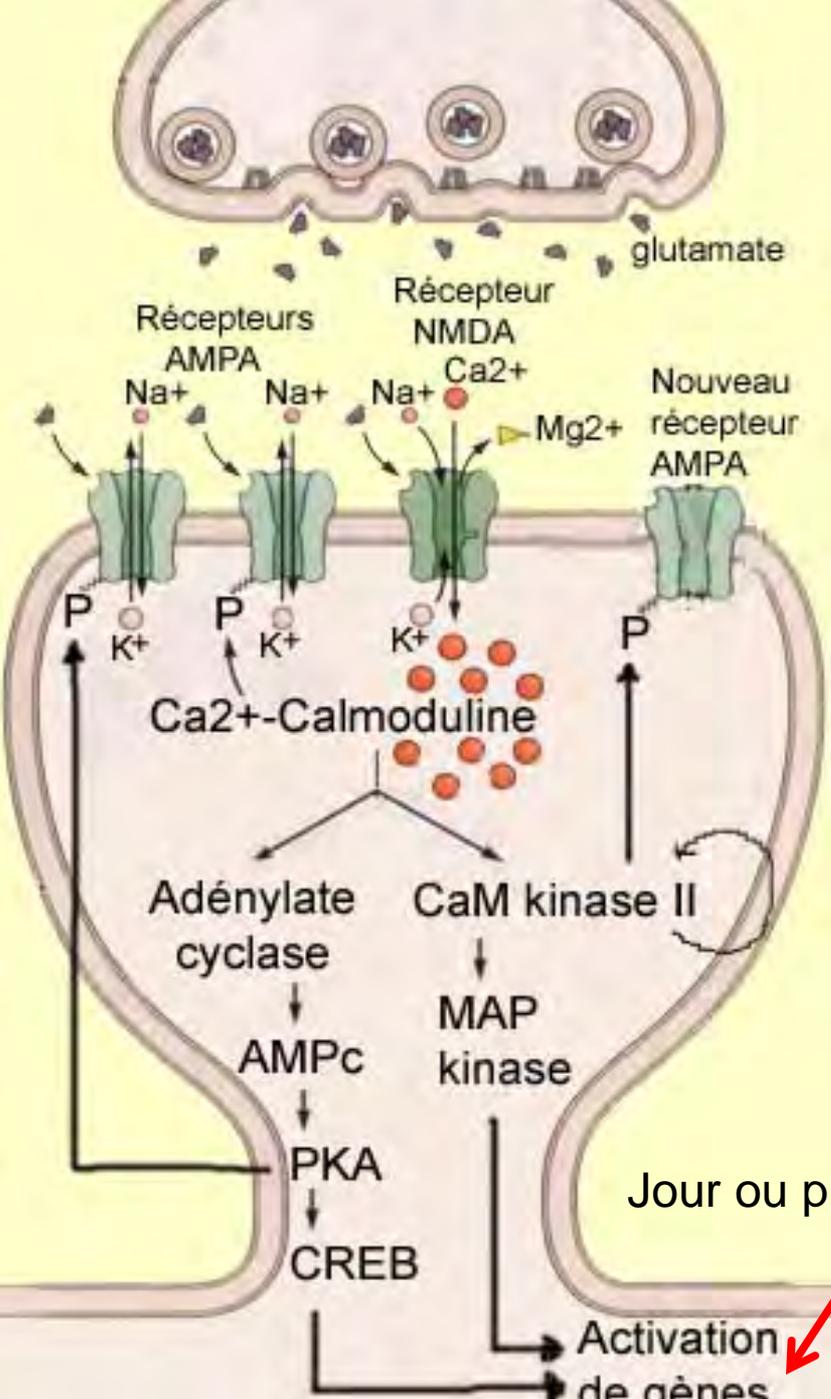




Ordre de grandeur temporelle :

Minutes ou heures

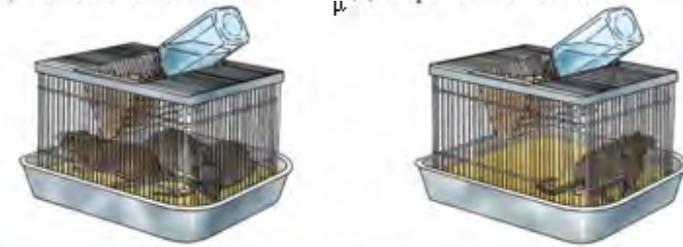




Jour ou plus

a) Standard condition

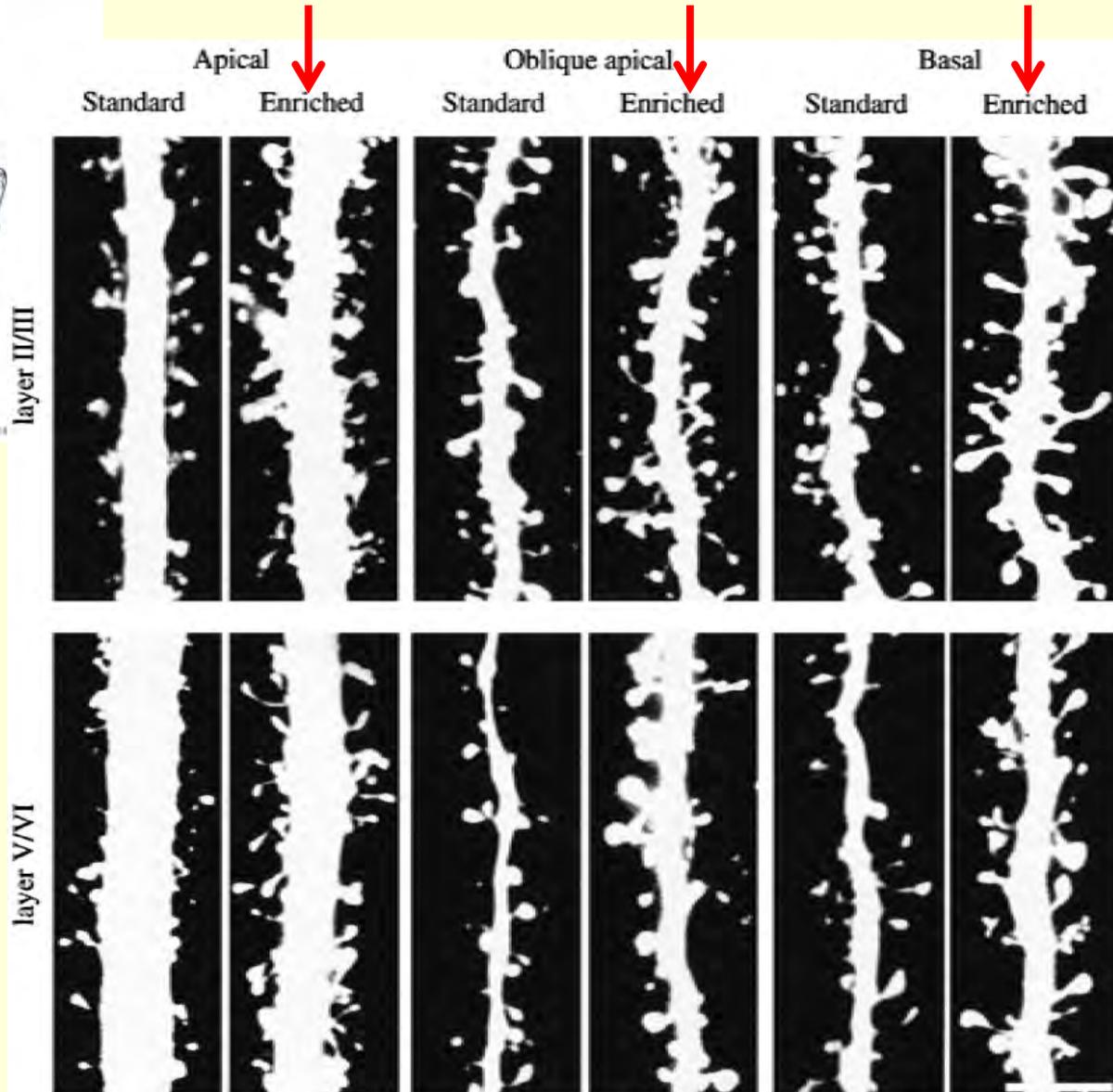
b) Impoverished condition



(c) Enriched condition

Psychology 6e, Figure 17.17

Les neurones pyramidaux du groupe venant de l'environnement **enrichi** ont davantage d'épines dendritiques que ceux des rats du groupe standard à la fois dans les couches II/III et V/VI.



Épines dendritique de neurones du cortex somatosensoriel de rats adultes ayant grandi dans des cages **standard** ou dans un environnement **enrichi** durant 3 semaines.

Changes in grey matter induced by training

Nature, 2004

Bogdan Draganski*, Christian Gaser†, Volker Busch*, Gerhard Schuierer‡, Ulrich Bogdahn*, Arne May*

https://www.researchgate.net/publication/305381022_Neuroplasticity_changes_in_grey_matter_induced_by_training

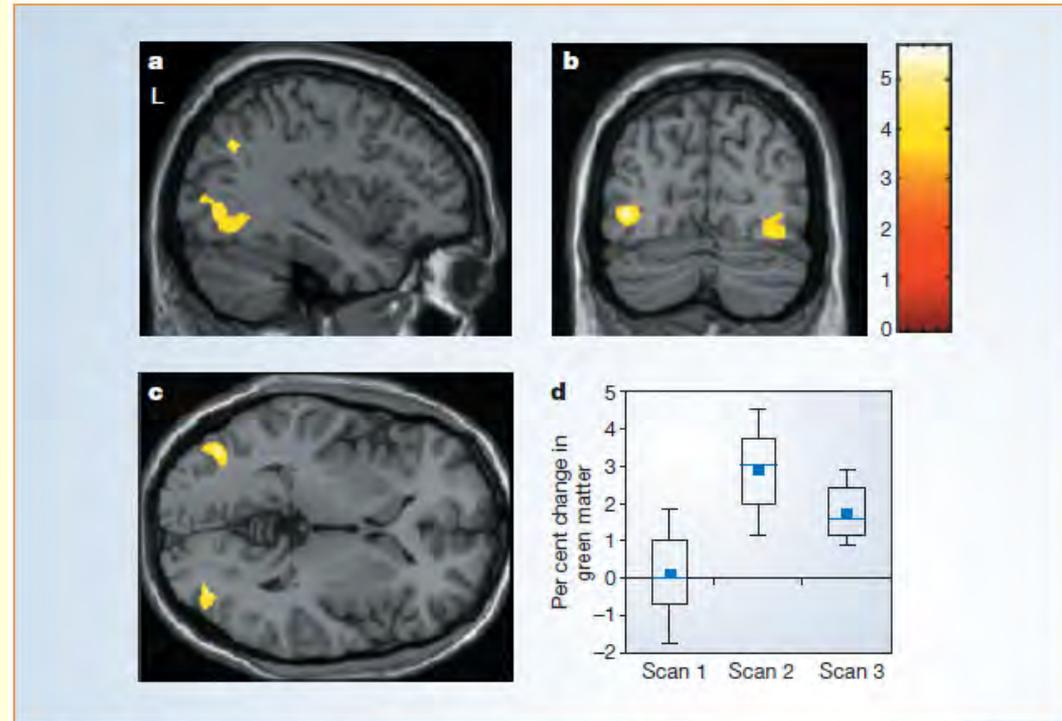


Figure 1 Transient changes in brain structure induced while learning to juggle. **a–c**, Statistical parametric maps showing the areas with transient structural changes in grey matter for the jugglers group compared with non-juggler controls. **a**, Sagittal view; **b**, coronal view; **c**, axial view. The increase in grey matter is shown superimposed on a normalized T1 image. The left side (L) of the brain is indicated. A significant expansion in grey matter was found between the first and second scans in the mid-temporal area (hMT/V5) bilaterally (left: $x, -43; y, -75; z, -2$, with $Z = 4.70$; right: $x, 33; y, -82; z, -4$, with $Z = 4.09$) and in the left posterior intraparietal sulcus ($x, -40; y, -66; z, 43$ with $Z = 4.57$), which had decreased by the time of the third scan. Colour scale indicates Z scores, which correlate with the significance of the change. **d**, Relative grey-matter change in the peak voxel in the left hMT for all jugglers over the three time points. The box plot shows the standard deviation, range and the mean for each time point.

NATURE | VOL 427 | 22 JANUARY 2004 | www.nature.com/nature

Augmentation de l'épaisseur de 2 régions du cortex 3 mois après être devenu « **expert** », puis **diminution** après 3 mois **d'inactivité**.

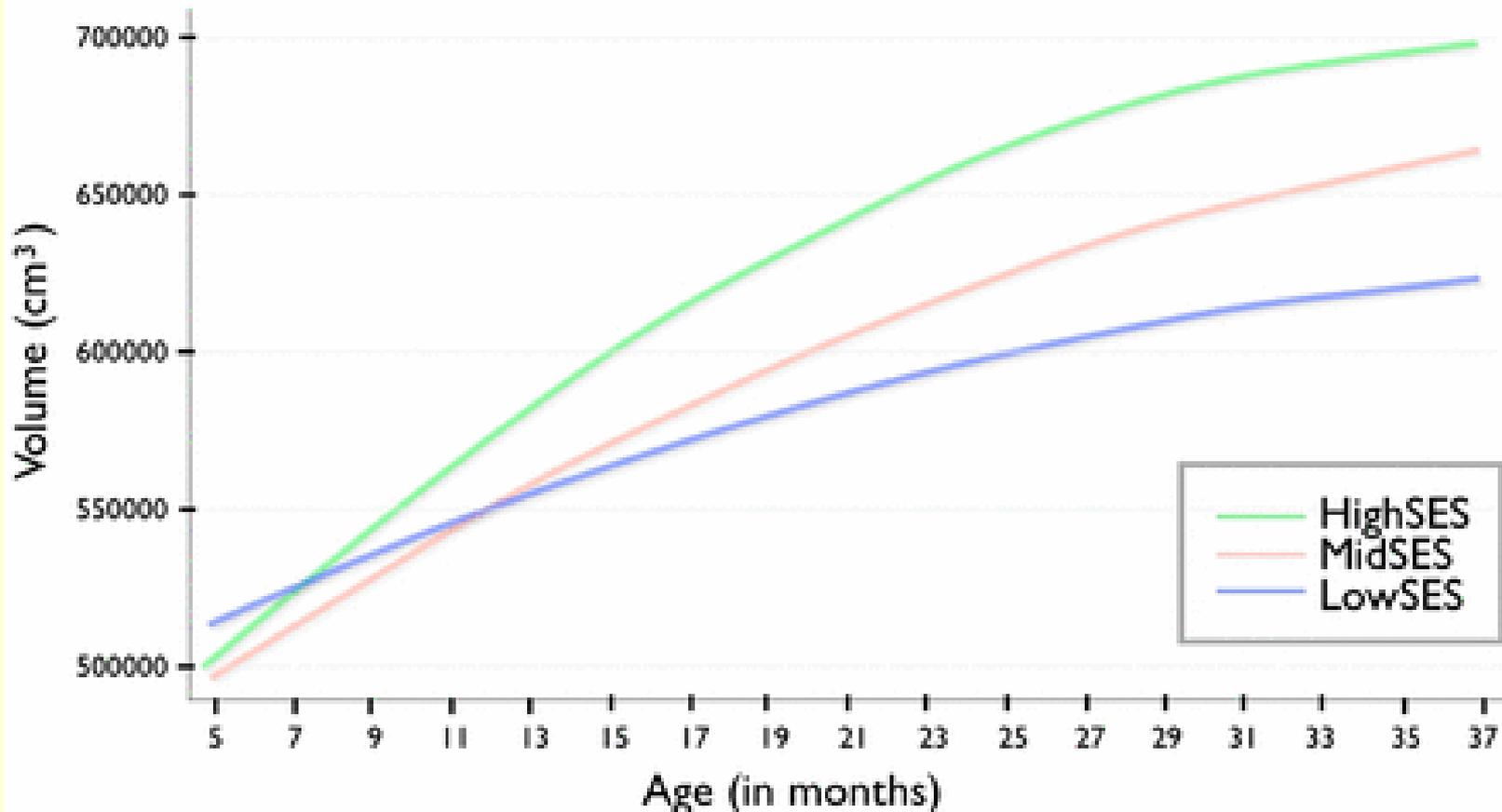
Wednesday, **February 03, 2016**

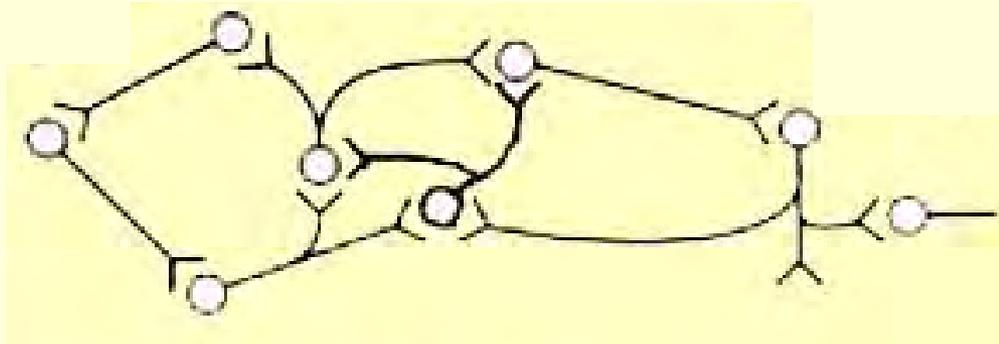
The neuroscience of poverty.

http://mindblog.dericbownds.net/2016/02/the-neuroscience-of-poverty.html?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed%3A+Mindblog+%28MindBlog%29

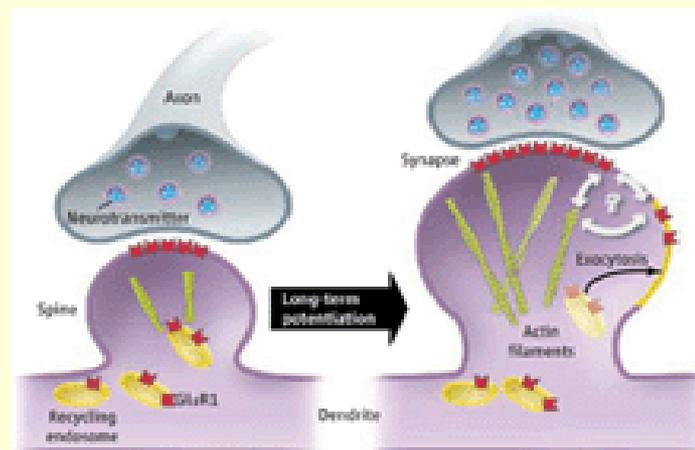
Total Gray Matter

Surtout dans le lobe frontal et l'hippocampe.



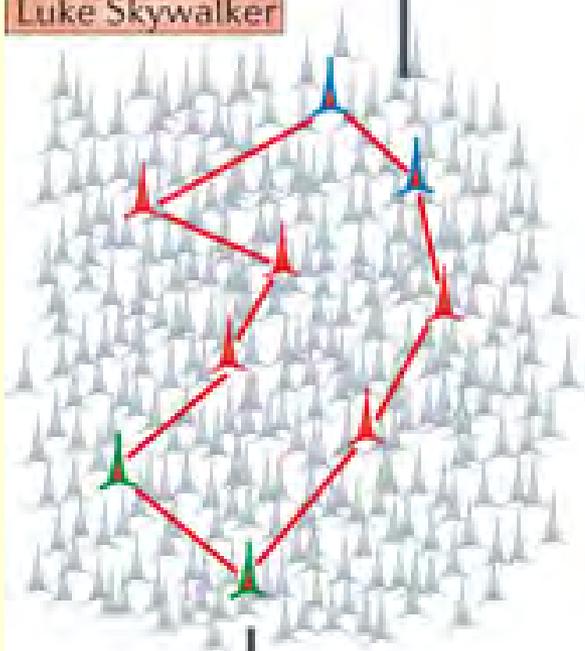


Qu'arrive-t-il lorsqu'on apprend ?





Luke Skywalker



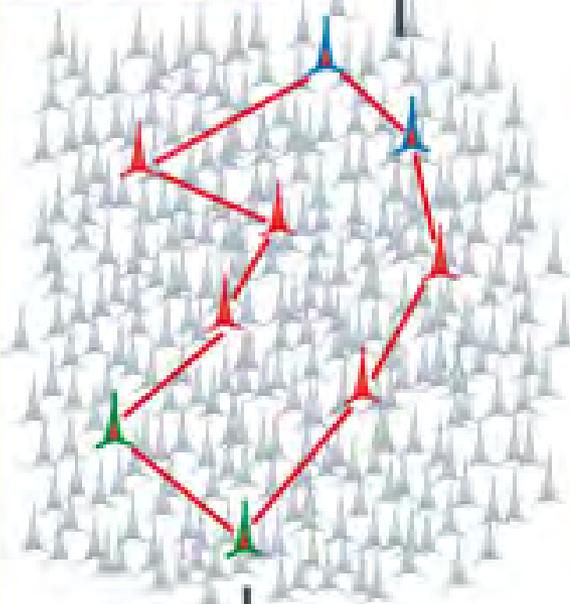
Et ce sont ces réseaux de neurones sélectionnés qui vont constituer ce qu'on appelle **l'engramme** d'un souvenir.



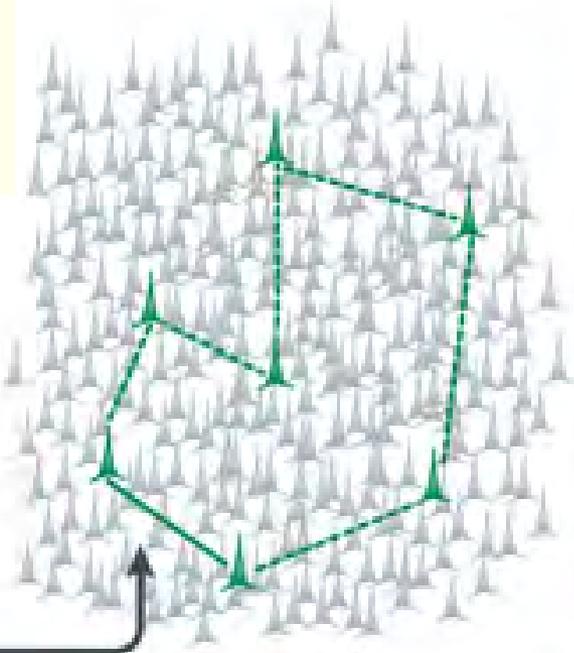
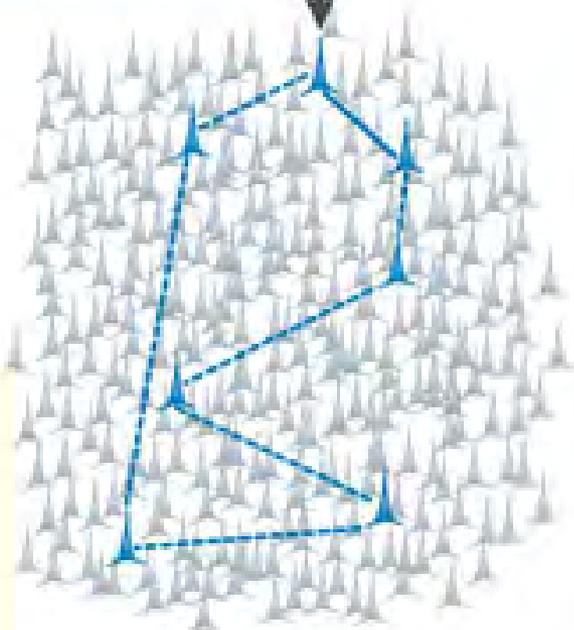
Luke Skywalker



Yoda



C'est aussi de cette façon qu'un concept ou un souvenir peut en évoquer un autre...



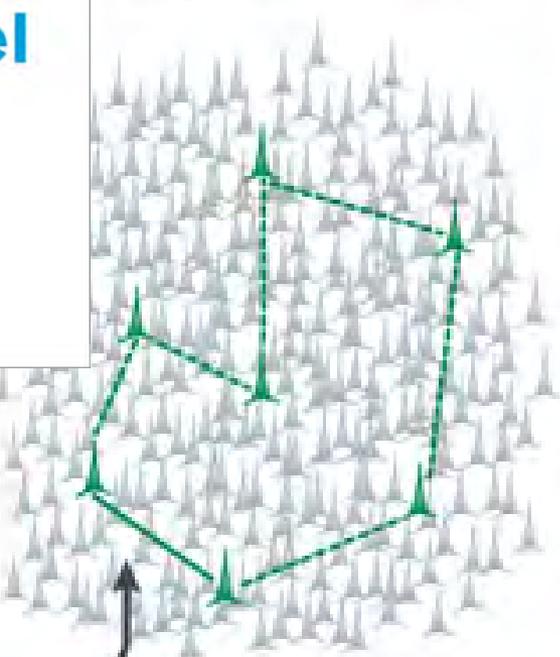
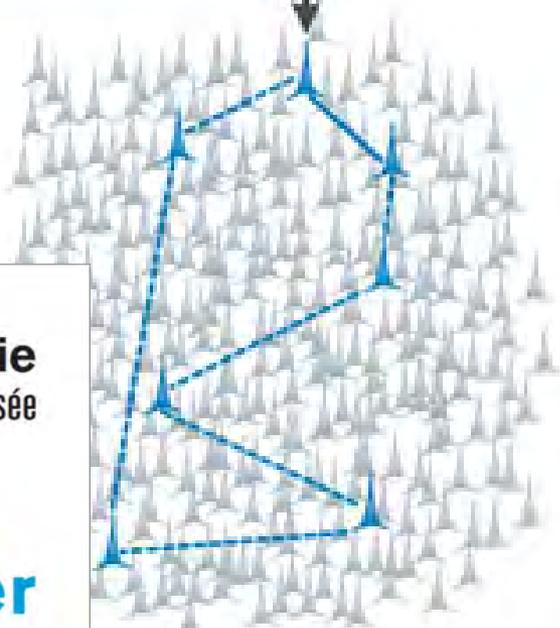
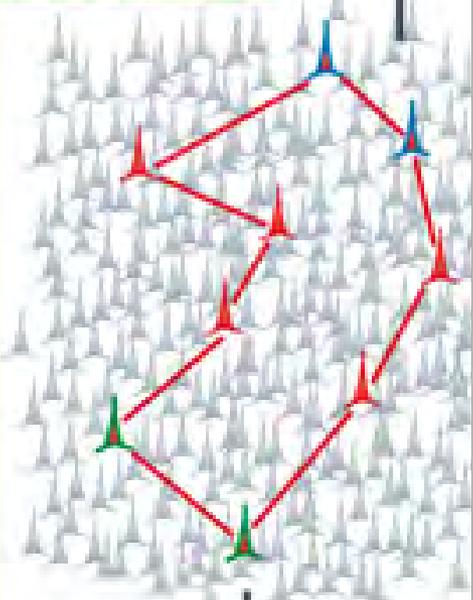
Darth Vader



Luke Skywalker



Yoda



 **L'Analogie**
Cœur de la pensée

**Douglas
Hofstadter
Emmanuel
Sander**


Odile
Jacob
sciences

(2013)



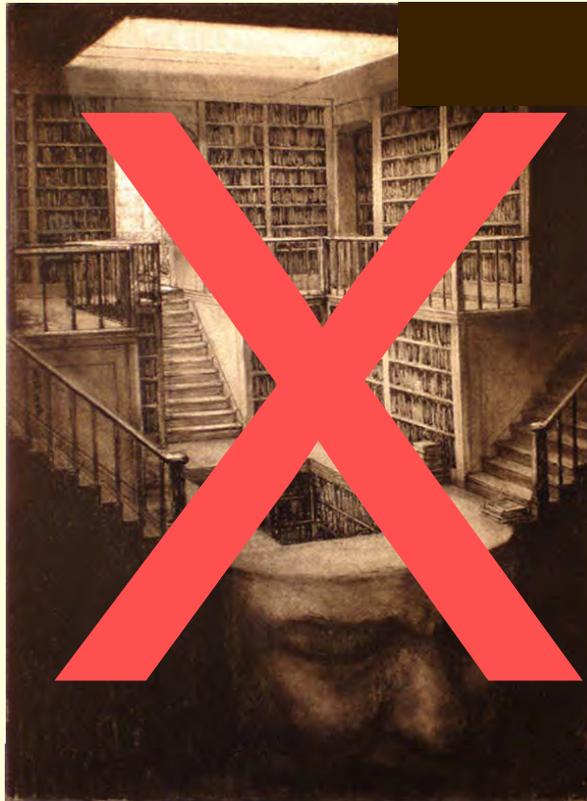
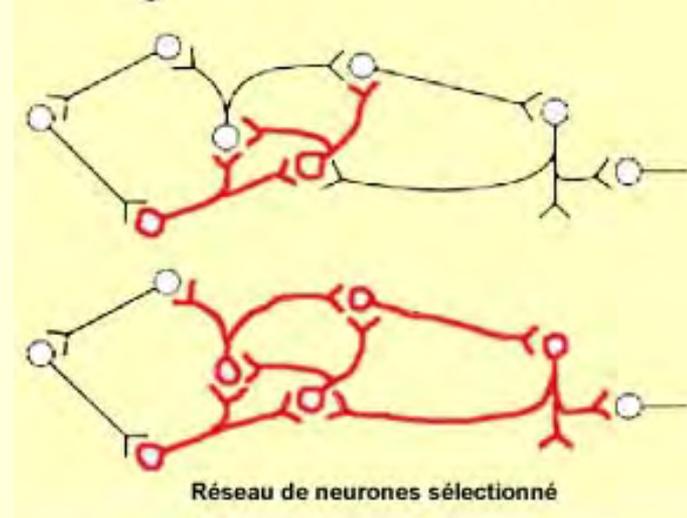
Darth Vader

Par conséquent, notre **mémoire** n'est pas stockée dans notre cerveau comme l'est celle d'un ordinateur sur un disque dur ou un livre dans un tiroir ou une étagère



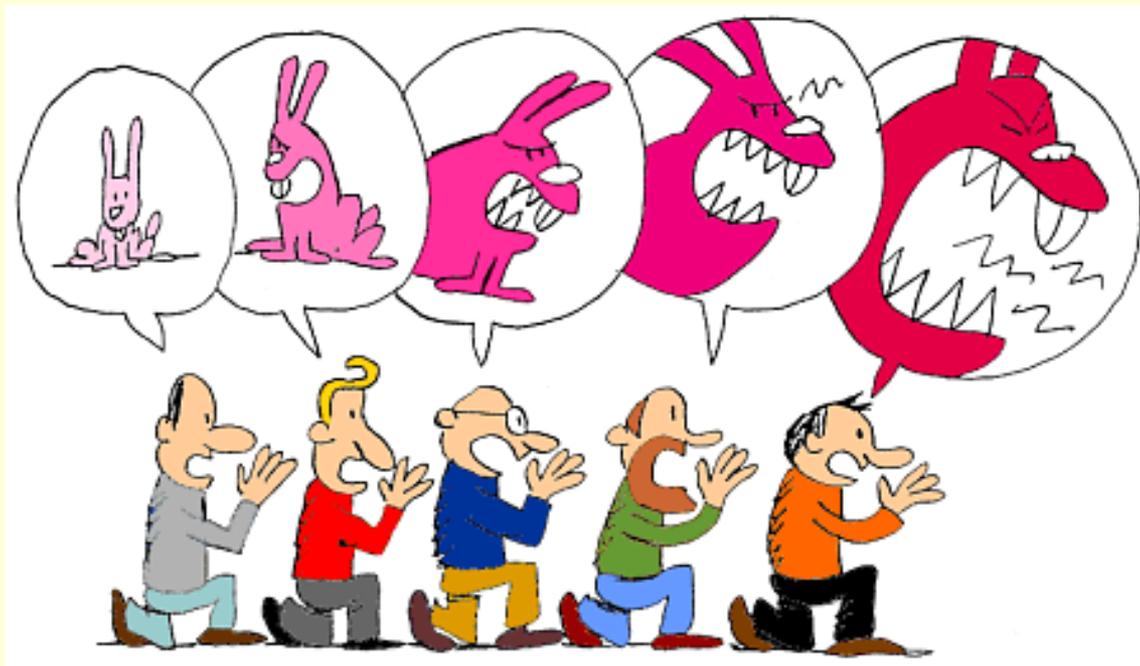
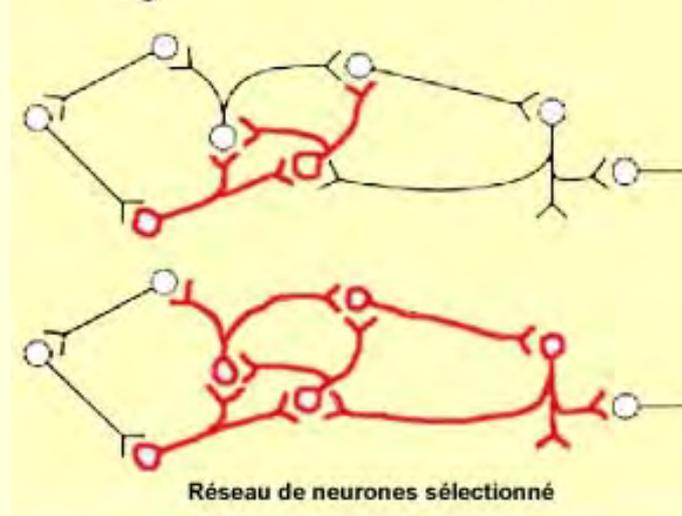
Ces synapses n'étant jamais exactement les mêmes jour après jour...

La mémoire humaine est forcément une **reconstruction**.



Ces synapses n'étant jamais exactement les mêmes jour après jour...

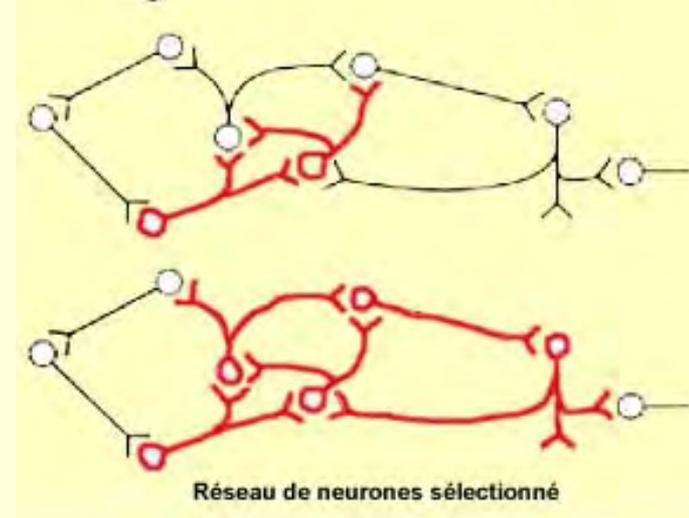
La mémoire humaine est forcément une **reconstruction**.



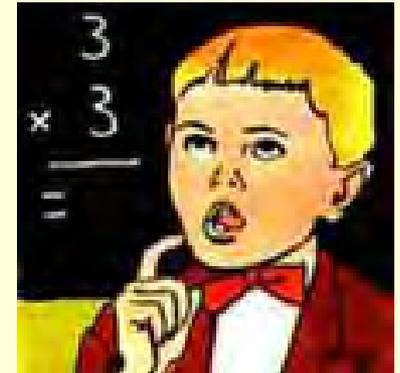
D'où, par exemple, le phénomène des « faux souvenirs ».

Ces synapses n'étant jamais exactement les mêmes jour après jour...

La mémoire humaine est forcément une **reconstruction**.



Ça veut aussi dire que
l'intelligence
(« whatever that means ... »)
ce n'est **pas** quelque chose
qui est **fixé d'avance**.



On peut tous **apprendre et s'améliorer** durant toute notre vie
parce que notre cerveau se modifie constamment.

En **2006**, Carol Dweck a démontré qu'expliquer aux jeunes (ici de 5^e année) que leur cerveau est **plastique** (et peut donc développer de nouvelles habiletés avec la pratique et l'effort) a des effets positifs sur leur apprentissage futur :

- meilleure attitude après des erreurs ou des échecs;
- motivation plus forte pour atteindre la maîtrise d'une compétence.

Social Cognitive and Affective Neuroscience

Soc Cogn Affect Neurosci. 2006 September; 1(2): 75–86.
doi: [10.1093/scan/nsl013](https://doi.org/10.1093/scan/nsl013)

PMCID: PMC1838571
NIHMSID: NIHMS16001

Why do beliefs about intelligence influence learning success? A social cognitive neuroscience model

[Jennifer A. Mangels](#),¹ [Brady Butterfield](#),² [Justin Lamb](#),¹ [Catherine Good](#),³ and [Carol S. Dweck](#)⁴

[Author information](#) ▶ [Article notes](#) ▶ [Copyright and License information](#) ▶

This article has been [cited by](#) other articles in PMC.

Abstract

Go to:

Students' beliefs and goals can powerfully influence their learning success. Those who believe intelligence is a fixed entity (entity theorists) tend to emphasize 'performance goals,' leaving them vulnerable to negative feedback and likely to disengage from challenging learning opportunities. In contrast, students who believe intelligence is malleable (incremental theorists) tend to emphasize 'learning goals' and rebound better from occasional failures. Guided by cognitive neuroscience models of top-down, goal-directed behavior, we use event-related potentials (ERPs) to understand how these beliefs influence attention to information associated with successful error correction. Focusing on waveforms associated with conflict detection and error correction in a test of general knowledge, we found evidence indicating that entity theorists oriented differently toward negative performance feedback, as indicated by an enhanced anterior frontal P3 that was also positively correlated with concerns about proving ability relative to others. Yet, following negative feedback, entity theorists demonstrated less sustained memory-related activity (left temporal negativity) to corrective information, suggesting reduced effortful conceptual encoding of this material—a strategic approach that may have contributed to their reduced error correction on a subsequent surprise retest. These results suggest that beliefs can influence learning success through top-down biasing of attention and conceptual processing toward goal-congruent information.

Keywords: Dm, episodic memory, P3a, TOI, achievement motivation

Mais cette plasticité a aussi son revers...

« Je suis effrayé par les automatismes qu'il est possible de créer à son insu dans le système nerveux d'un enfant.

Il lui faudra dans sa vie d'adulte une chance exceptionnelle pour s'évader de cette prison, s'il y parvient jamais. »

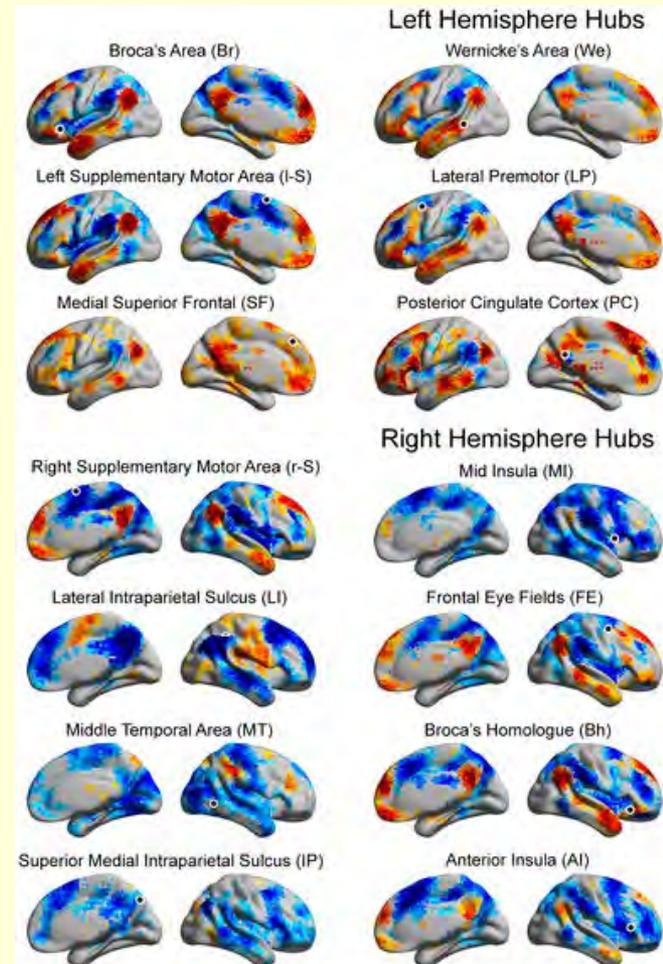
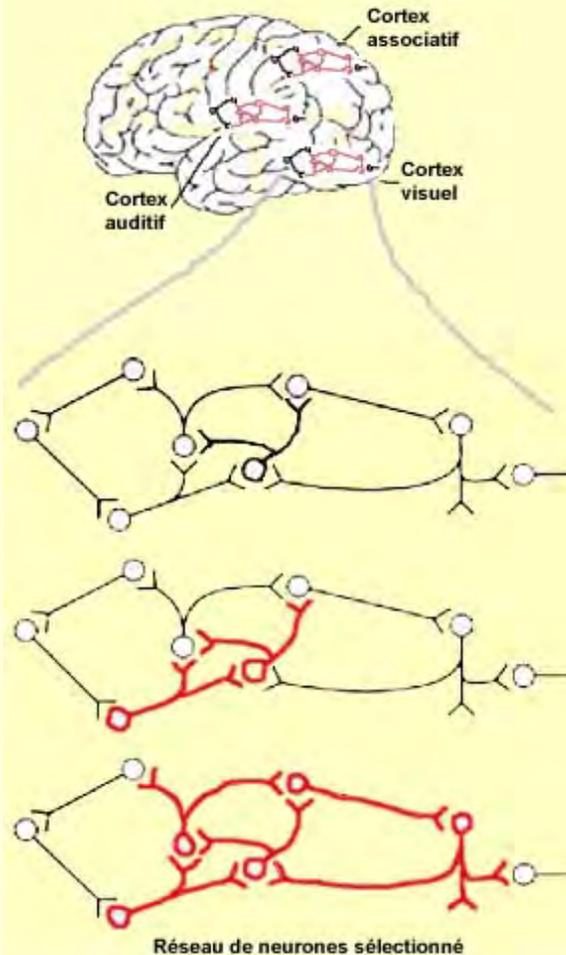
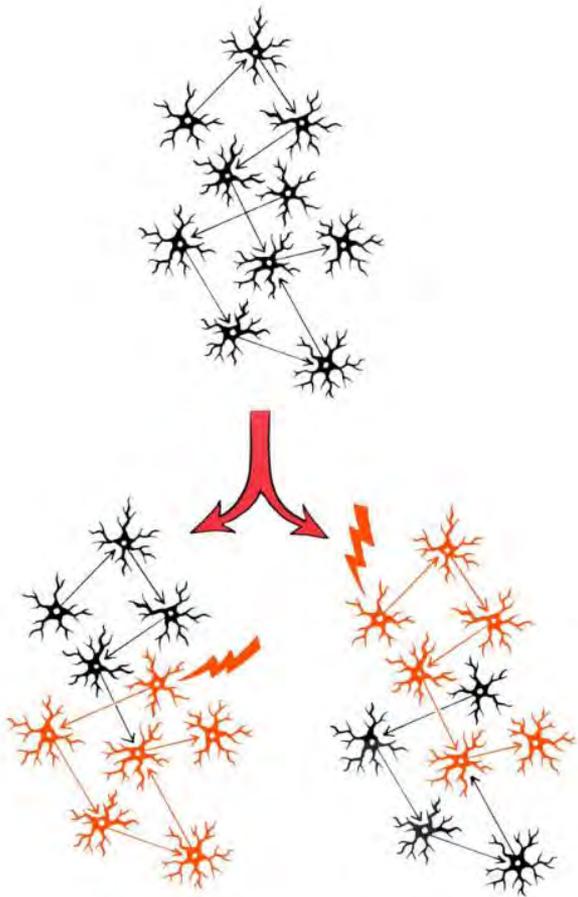
- Henri Laborit



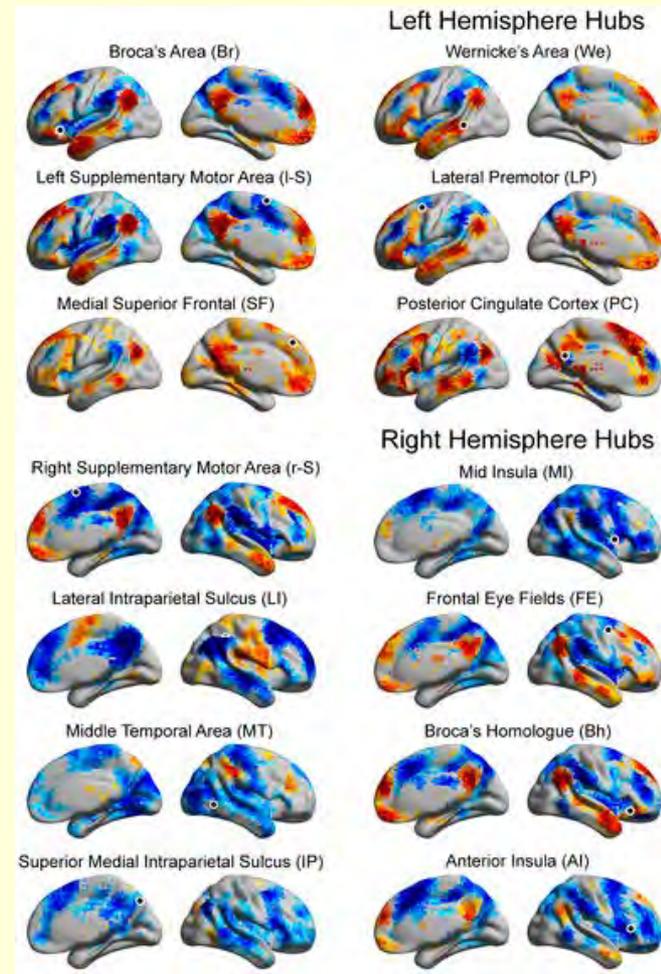
**TOUS LES JOURS
JE LAVE MON CERVEAU
AVEC LA PUB**



Ces réseaux de neurones renforcés vont ainsi influencer la formation **d'assemblées de neurones transitoires** qui se produisent non seulement dans certaines structures cérébrales, mais dans des réseaux **largement distribués à l'échelle du cerveau entier**.

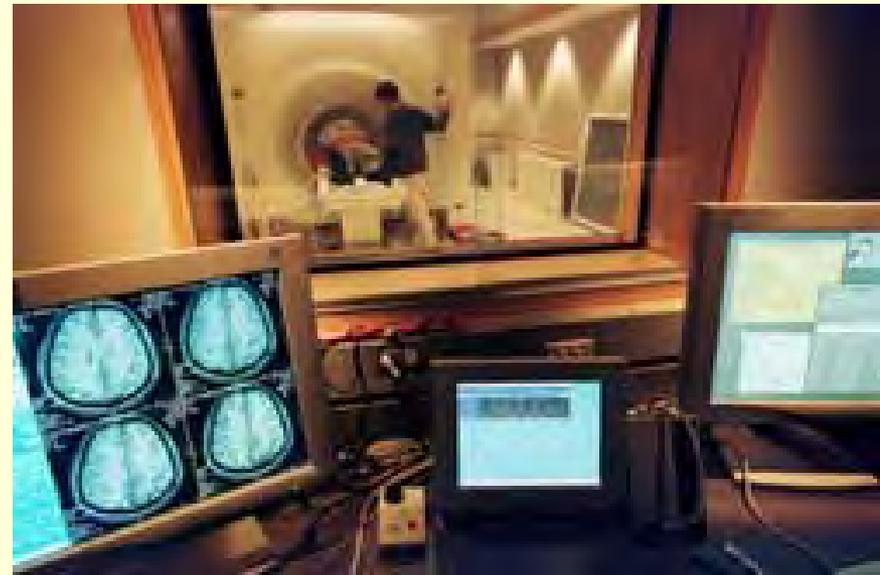
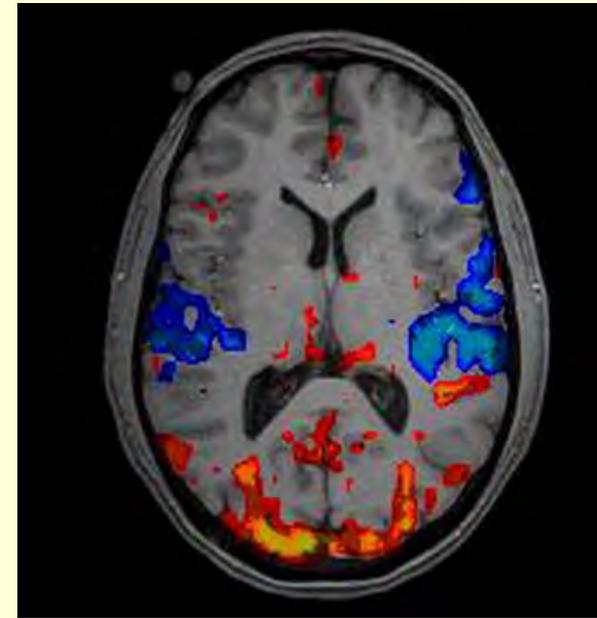


Petite parenthèse sur **l'imagerie cérébrale**
qui permet de **cartographier** ce cerveau entier...

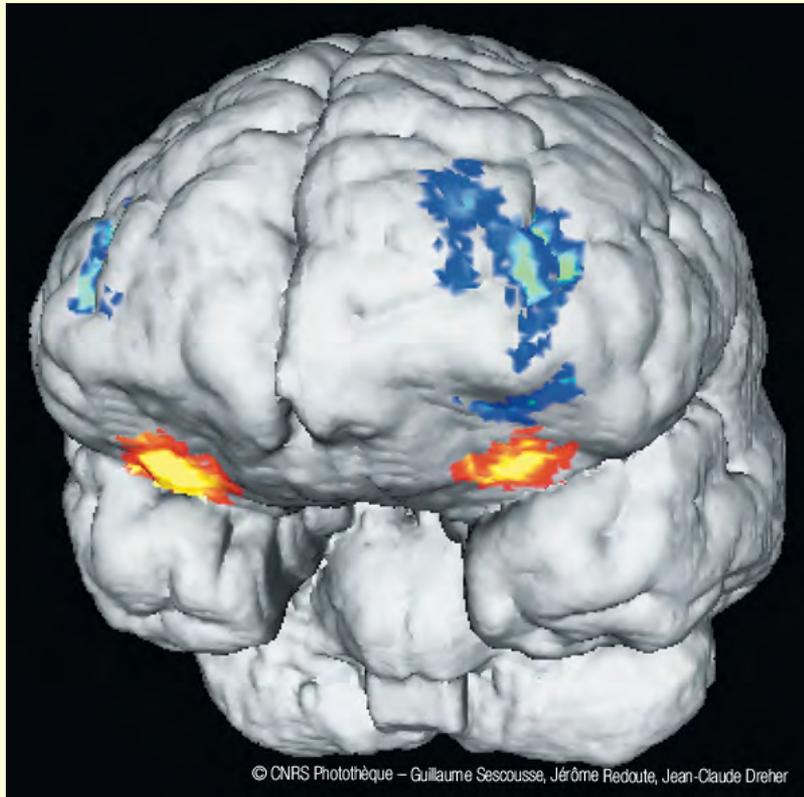


Imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf)

- À partir des années **1990**
- nous renseigne sur l'**activité** des différentes régions cérébrales
- L'appareillage qui entoure le sujet et le fonctionnement de base est sensiblement le même qu'avec l'IRM, mais les **ordinateurs** qui analysent le signal **diffèrent**.

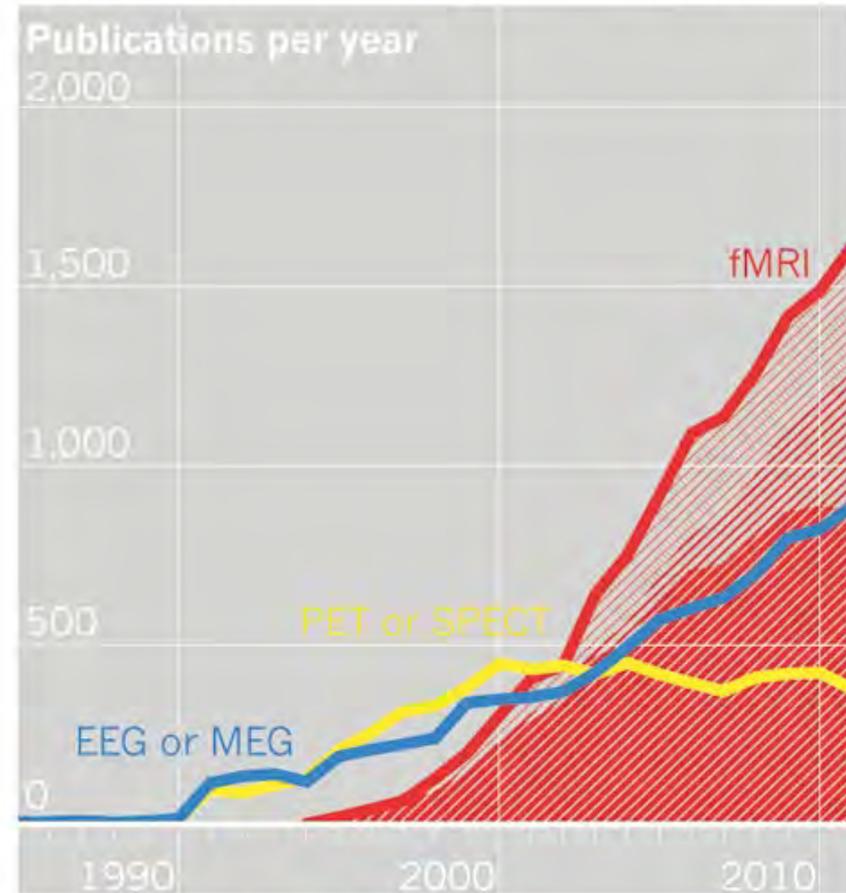


L'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf)



THE RISE OF fMRI

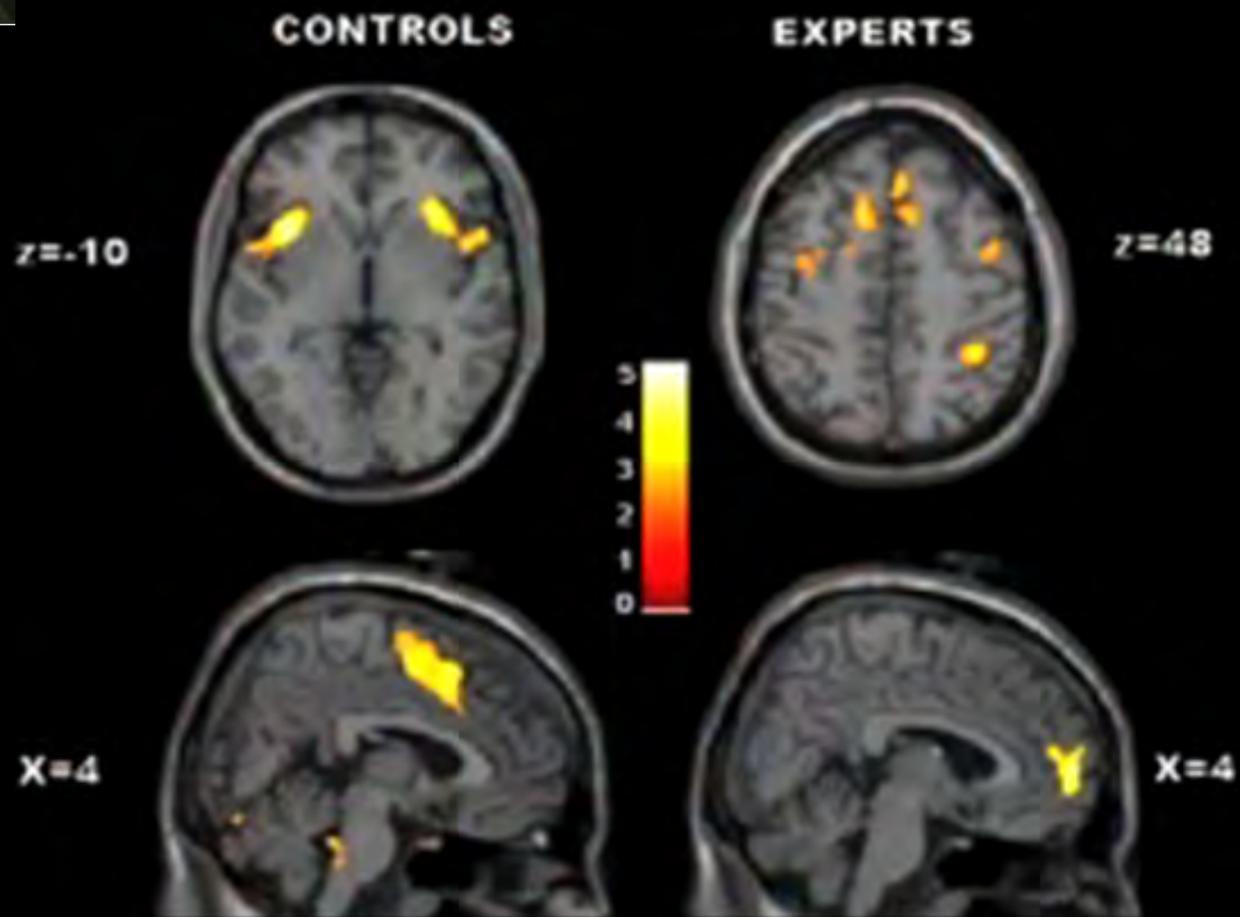
Use of fMRI has rocketed, and now more studies are looking at connectivity between regions.



fMRI publications by subject:

Activation  Connectivity  Other 

fMRI, functional magnetic resonance imaging; PET, positron emission tomography; SPECT, single-photon emission computed tomography; EEG, electroencephalography; MEG; magnetoencephalography
Data from ISI Web of Knowledge.

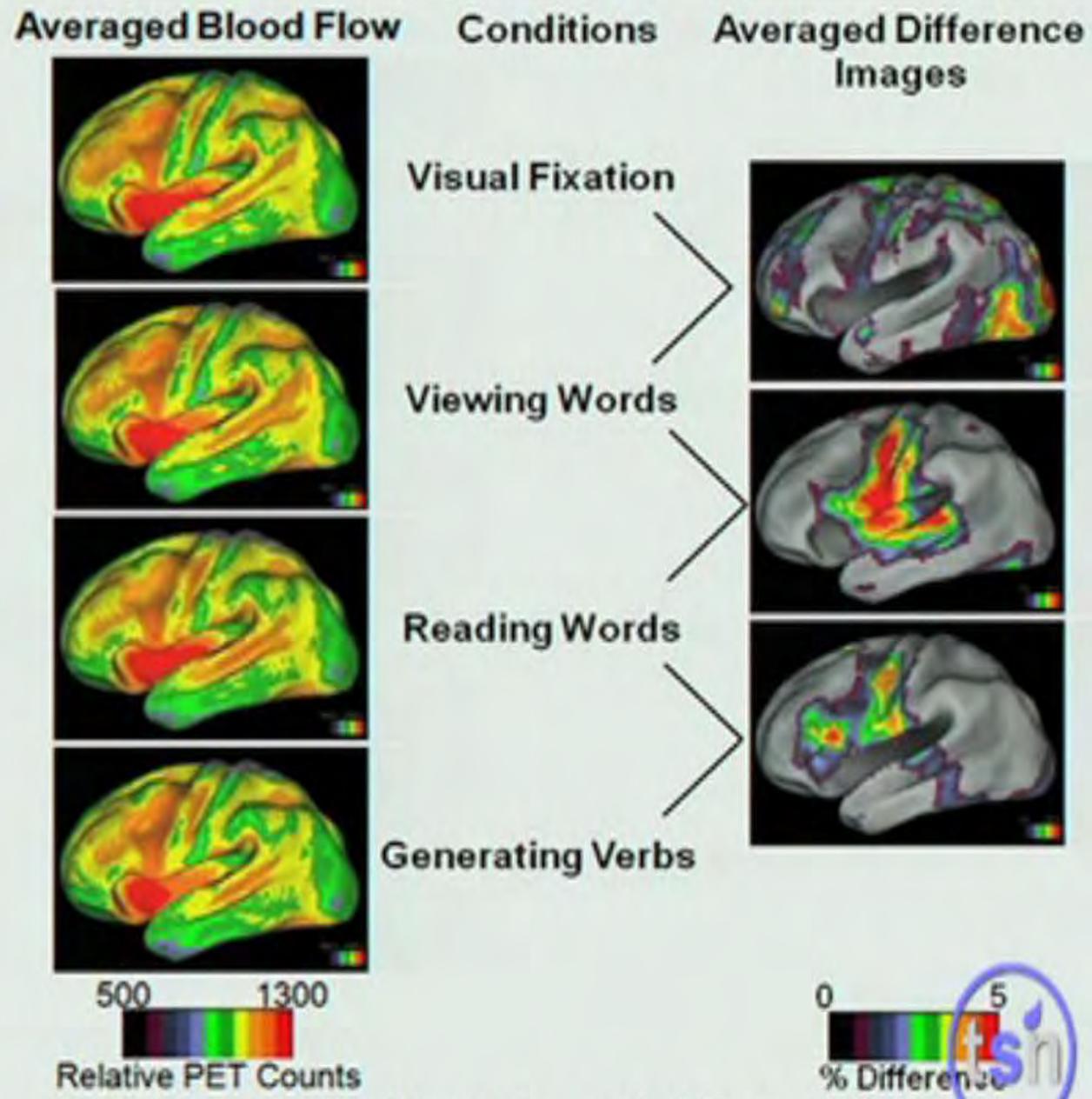


Et bien sûr, c'est toujours **une activité différentielle issue d'une soustraction** entre un état contrôle et l'état de lors d'une tâche.

« Our resting brain is never at rest. »

- Marcus Raichle

Task Performance

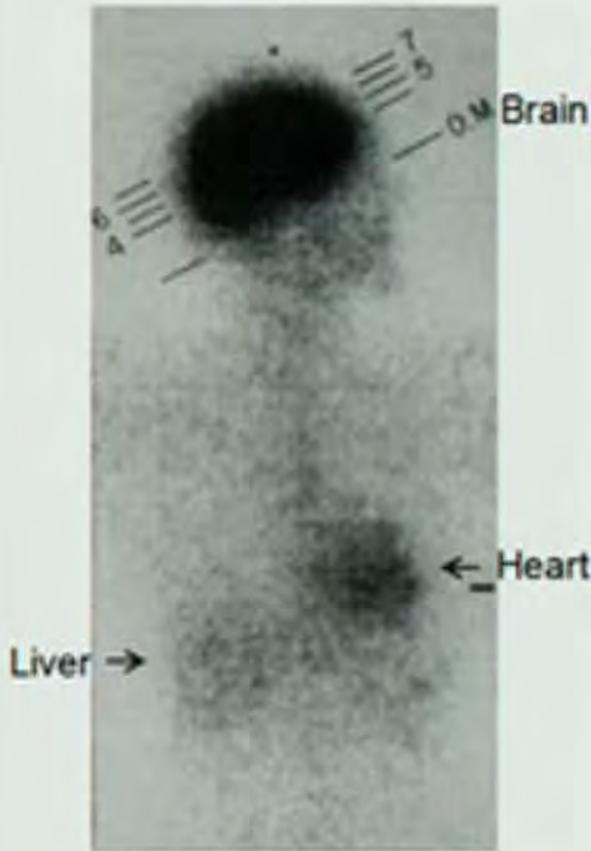


(Adapted from Petersen et al (Nature) 1988)

Two views of brain function

<http://www.cell.com/trends/cognitive-sciences/fulltext/S1364-6613%2810%2900029-X>

Resting Metabolism



Alavi & Reivich (2002)

C'est à cause de toute cette activité intrinsèque que le cerveau, qui ne représente environ que **2 % du poids** du corps humain,

mobilise pourtant en permanence environ **20 % du glucose et de l'oxygène** de notre organisme.

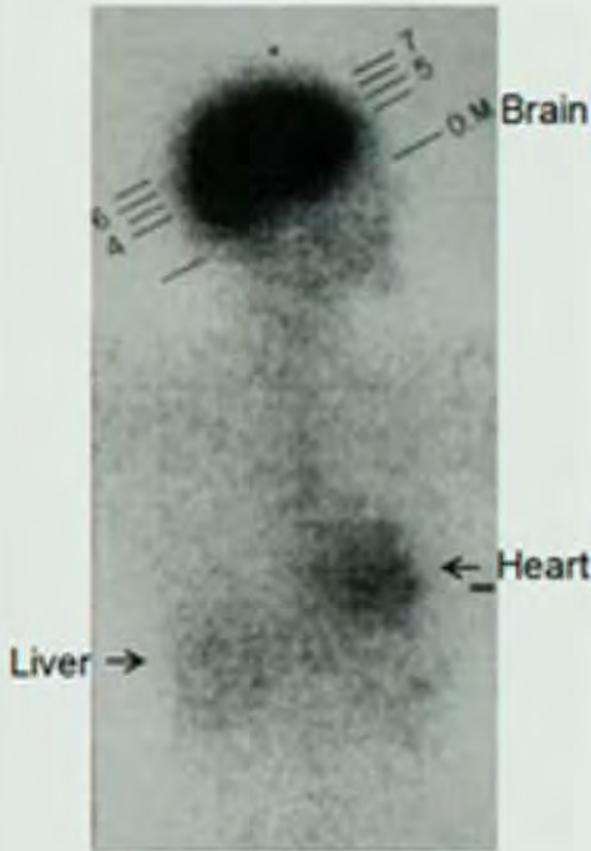
Et ce, même quand on est dans la lune ou quand on dort !

SYMPOSIUM 2: The Connectome: Mapping the Brain (Boston, 2011)

Marcus Raichle

<http://thesciencenetwork.org/programs/one-mind-for-research/symposium-2-the-connectome-mapping-the-brain> (6:30 à 17 min.)

Resting Metabolism



Alavi & Reivich (2002)

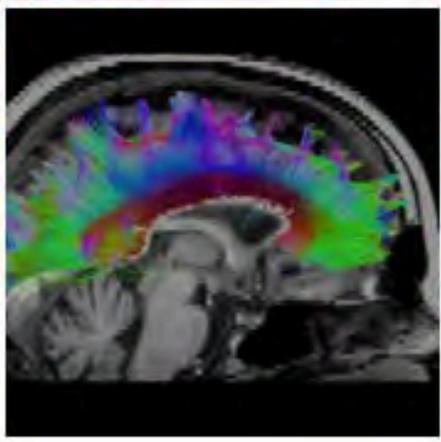
C'est à cause de toute cette activité intrinsèque que le cerveau, qui ne représente environ que **2 % du poids** du corps humain,

mobilise pourtant en permanence environ **20 % du glucose et de l'oxygène** de notre organisme.

Si seulement 10% de notre cerveau n'était utilisé, à 50% d'utilisation, il prendrait déjà 100% de l'énergie consommée...

Oups !



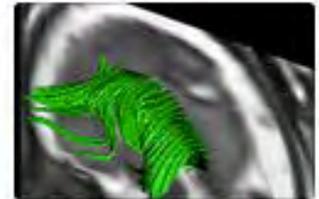


Diffusion Imaging

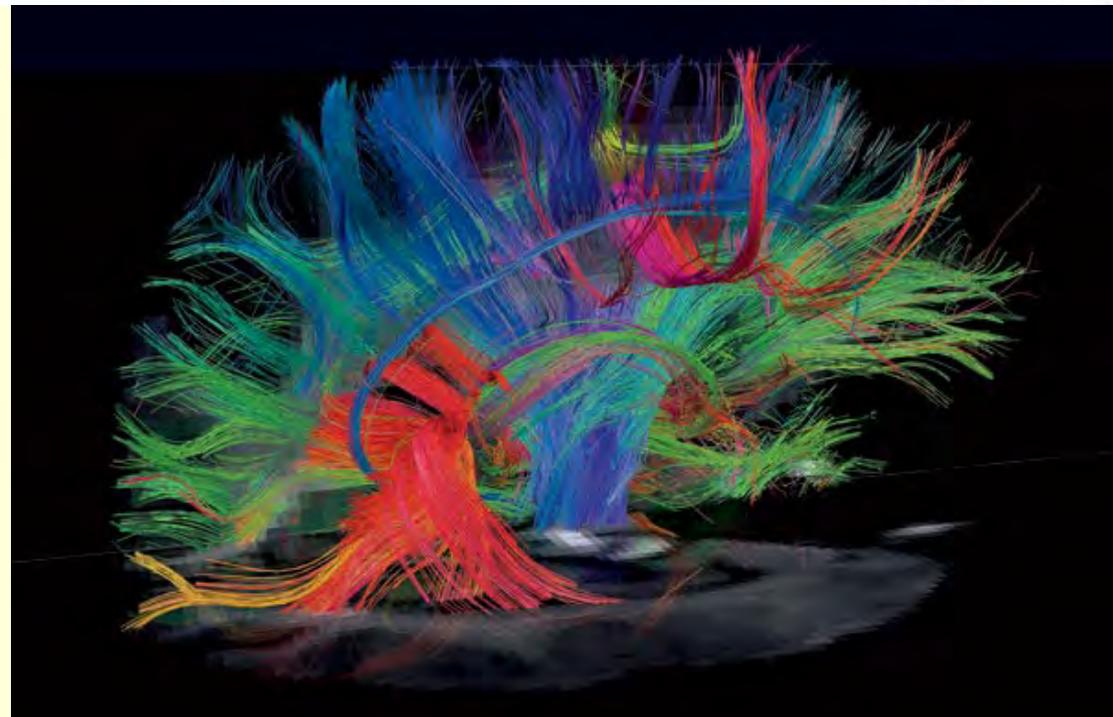
13 likes

Community [?]

Diffusion Tensor Imaging is a cutting edge imaging technique that provides quantitative information with which to visualize and study connectivity and continuity of neural pathways in the central and peripheral nervous systems in vivo (Basser et al. 2000)



Méthode **non invasive**
qui permet de visualiser
les grandes connections
entre différentes parties
du cerveau sur une base
individuelle



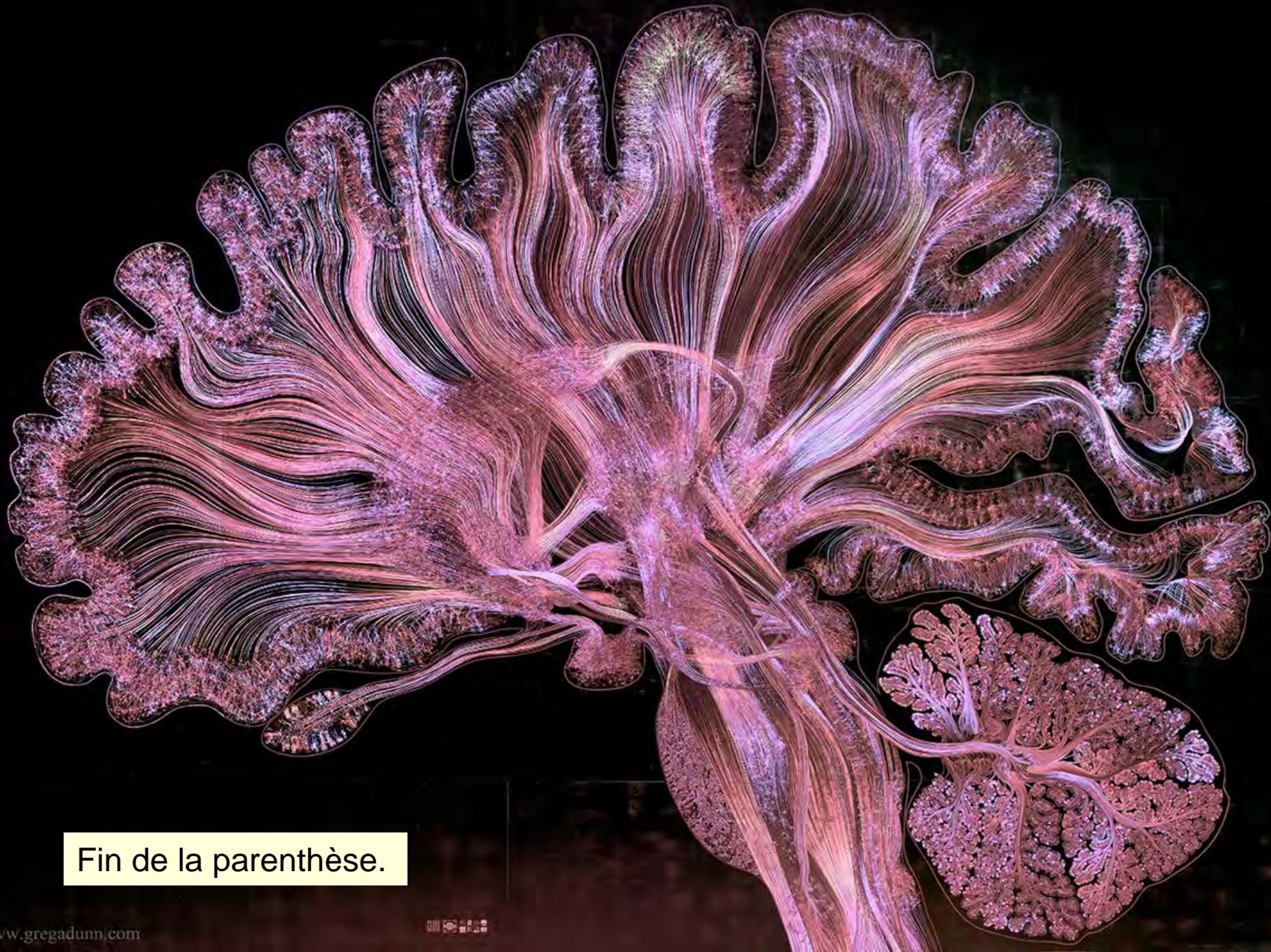
Self-reflected

<http://www.gregadunn.com/self-reflected/>
(2016)

Technique créée par
le Dr. **Greg Dunn**
(artiste et neuroscientifique)

et le Dr. **Brian Edwards**
(artiste et physicien appliqué).



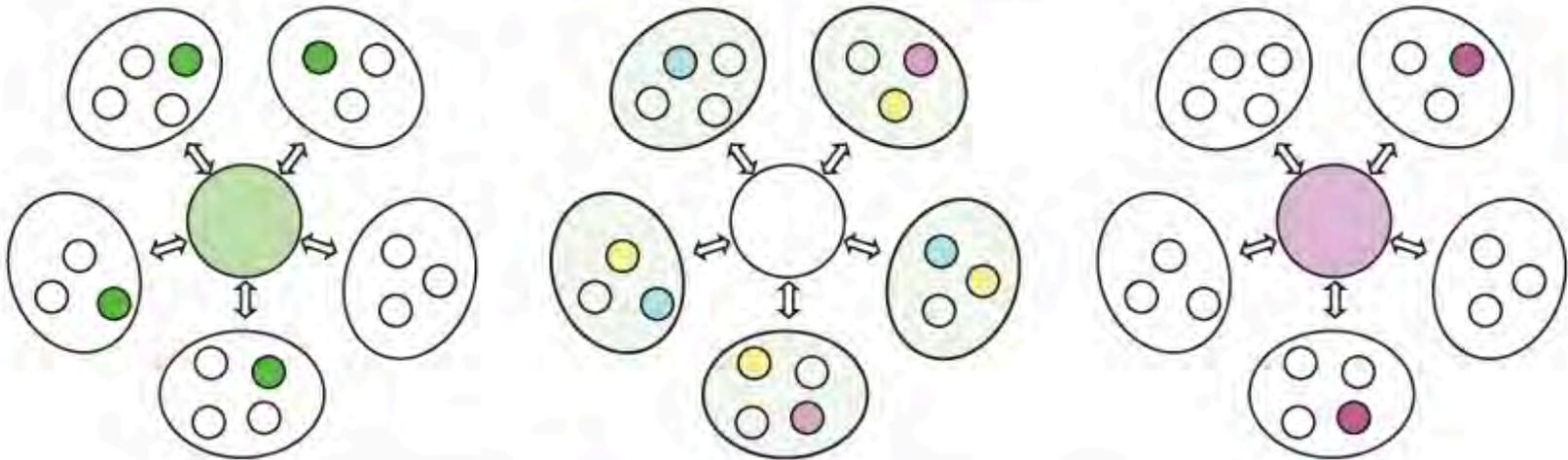


Fin de la parenthèse.

broadcast

state-to-state transitions result from
parallel competitive attractor dynamics

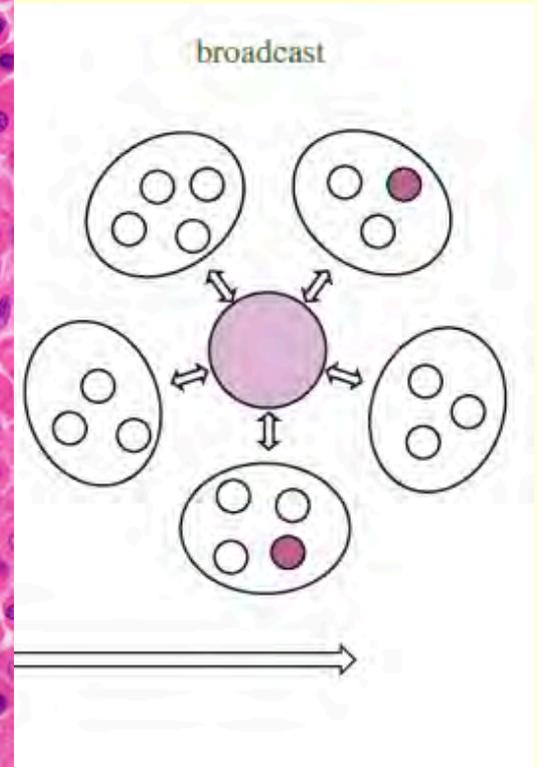
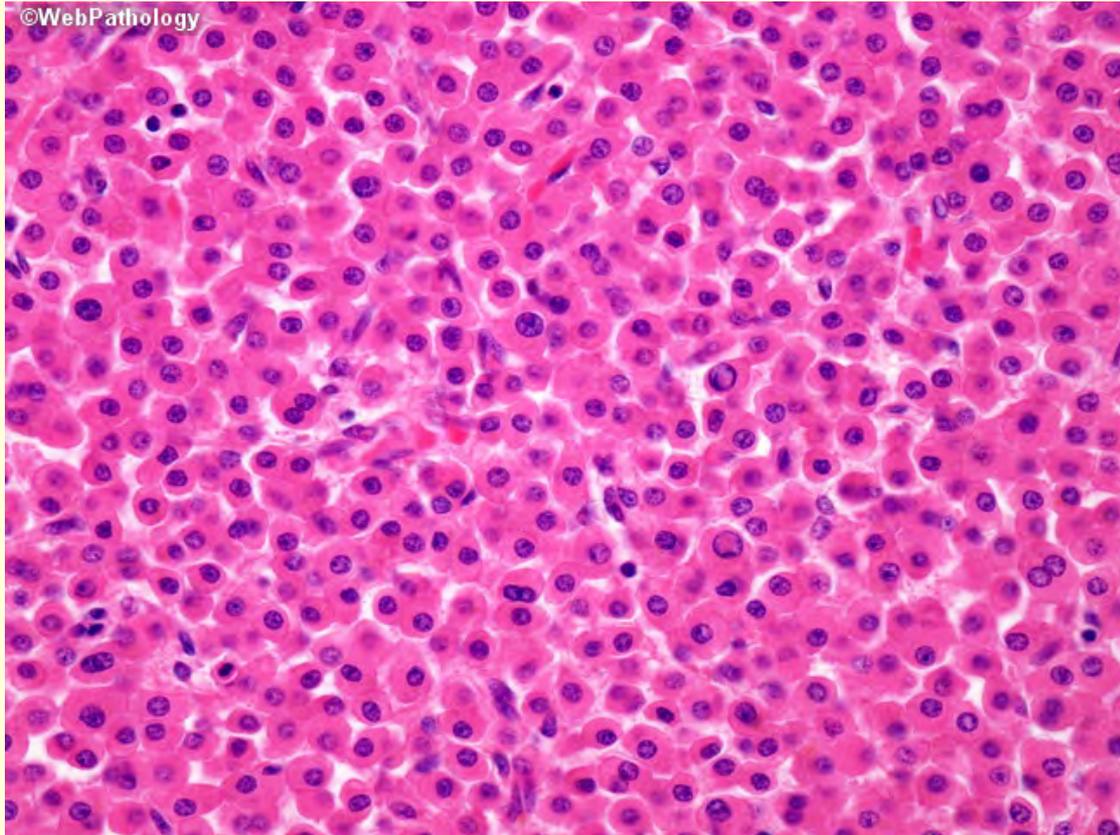
broadcast



serial procession of broadcast states
punctuated by competition

On peut dire que le cerveau est anatomiquement « surconnecté » et doit trouver une façon de **mettre en relation** (de « synchroniser » ?) à tout moment les meilleures « assemblées de neurones » pour faire face à une situation.

Ces coalitions ont lieu entre différentes structures cérébrales qui n'ont pas une organisation cellulaire homogène comme les cellules du foie, par exemple.



Ces coalitions ont lieu entre différentes structures cérébrales qui n'ont pas une organisation cellulaire homogène comme les cellules du foie, par exemple.

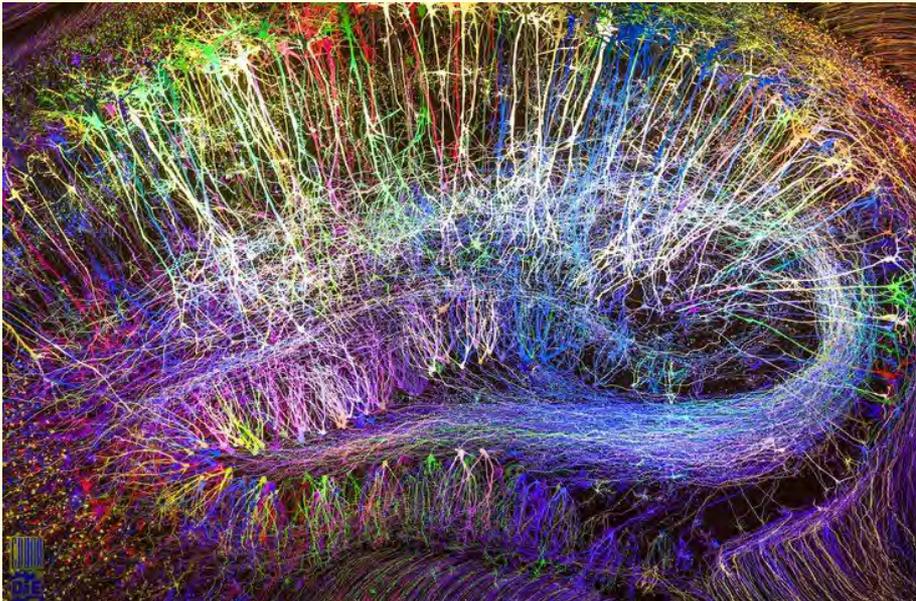
Au contraire, l'organisation neuronale est bien **différenciée** selon les régions du cerveau.

Cela amène des **capacités computationnelles distinctes** (mais pas de « spécialisation » pour une fonction unique : tout est réseau dans le cerveau)

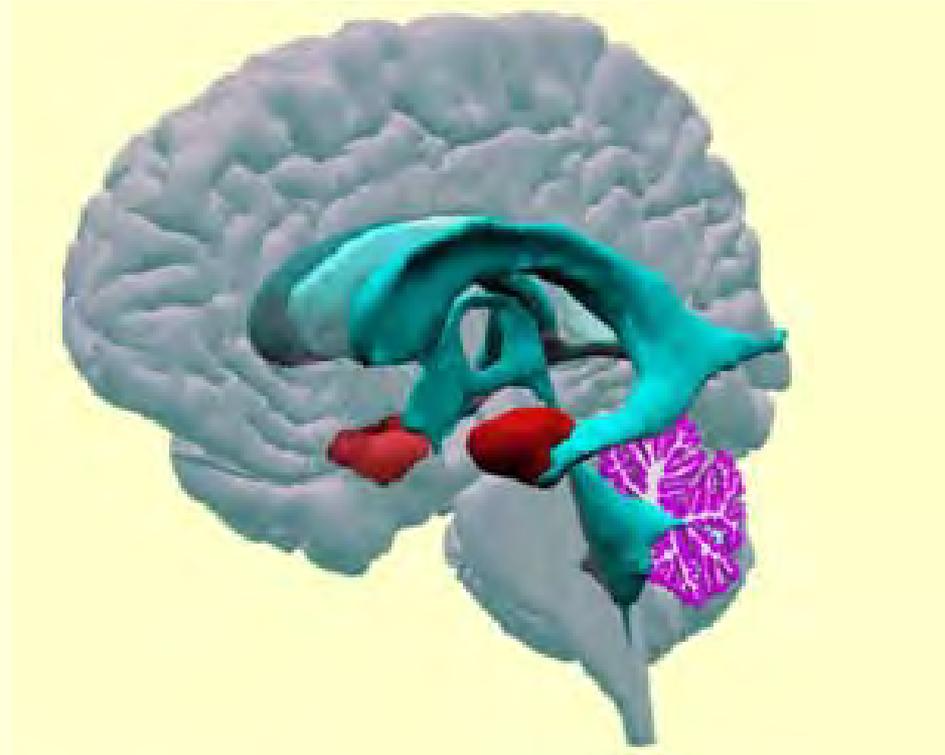
l'hippocampe

ou du

cervelet.



Et peut-être aussi...



Amygdale = peur ?

Et peut-être aussi...



Amygdale = peur ?



Et peut-être aussi...

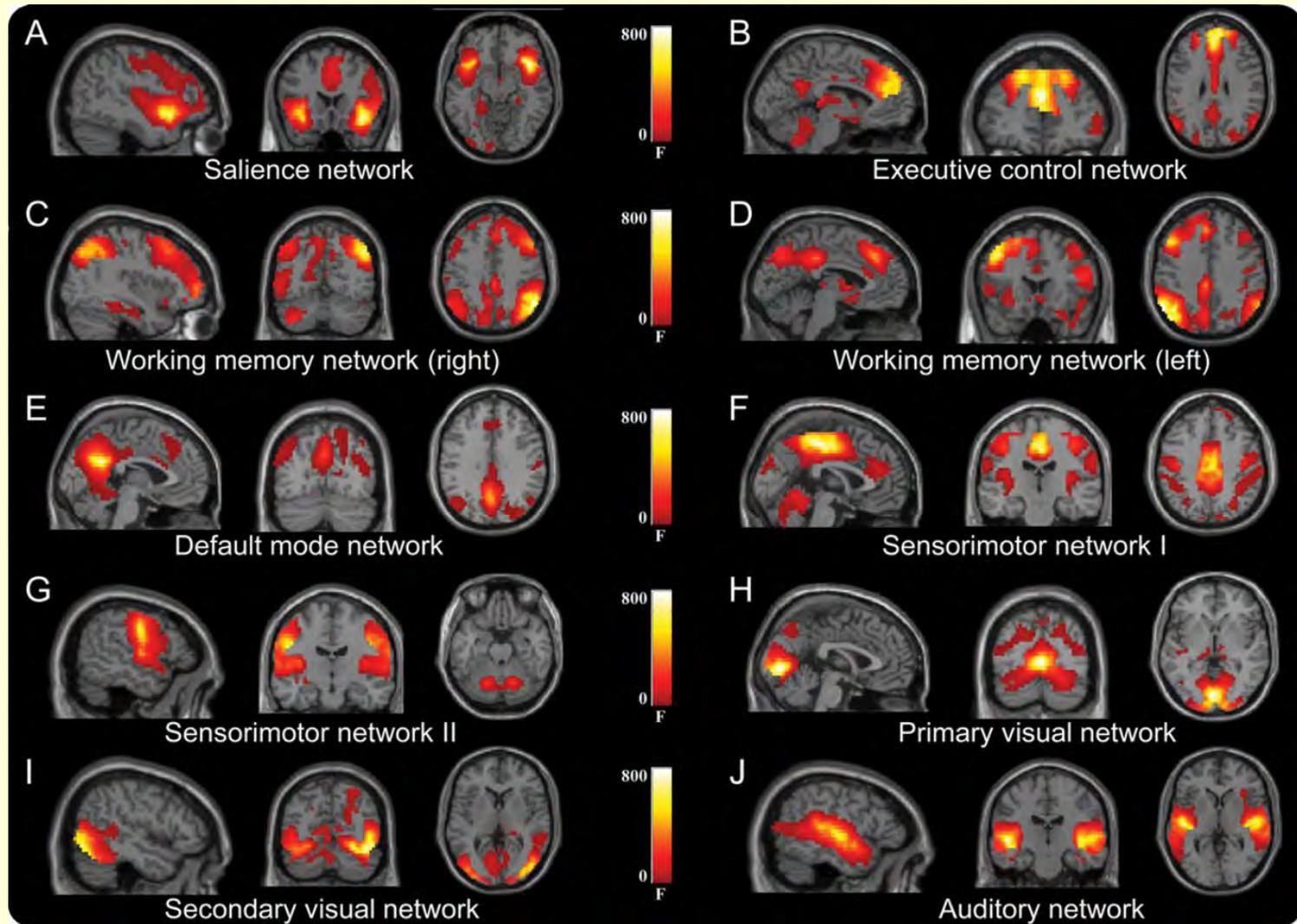


Amygdale ~~X~~ peur ?

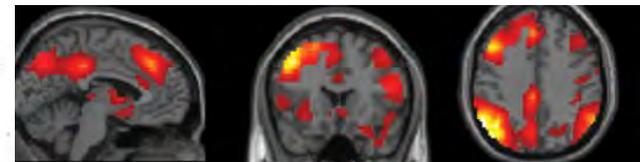
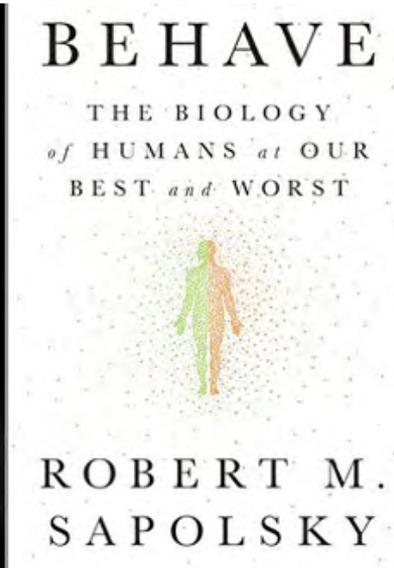
Non. Amène une composante de « préoccupation » qui, en collaboration avec d'autres régions, va correspondre à différents états affectifs.



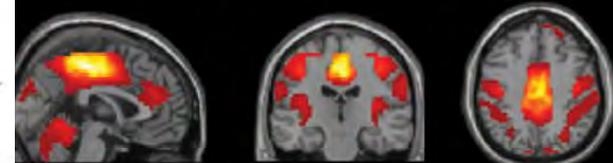
Si l'amygdale peut être active dans des situations si différentes, c'est qu'elle n'agit pas seule : s'intègre dans différents circuits cérébraux impliquant plusieurs structures.



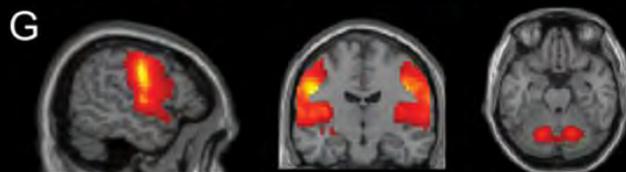
large. Given that every brain region is getting projections from and sending projections to a zillion other places, it is rare that an individual brain region is “the center for” anything. Instead it’s all networks where, far more often, a particular region “plays a key role in,” “helps mediate,” or “influences” a behavior. The function of a particular brain region is embedded in the context of its connections.



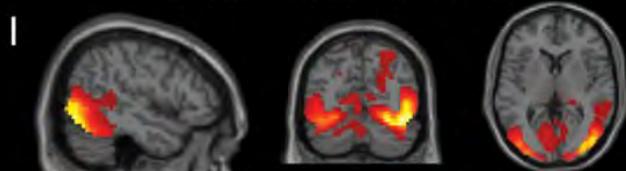
Working memory network (left)



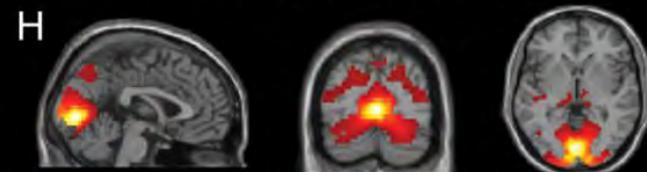
Sensorimotor network I



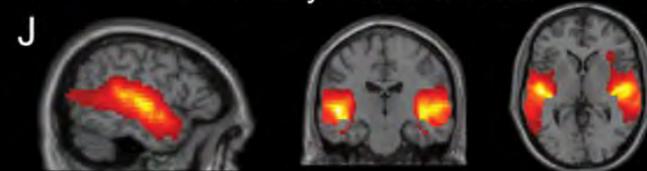
Sensorimotor network II



Secondary visual network

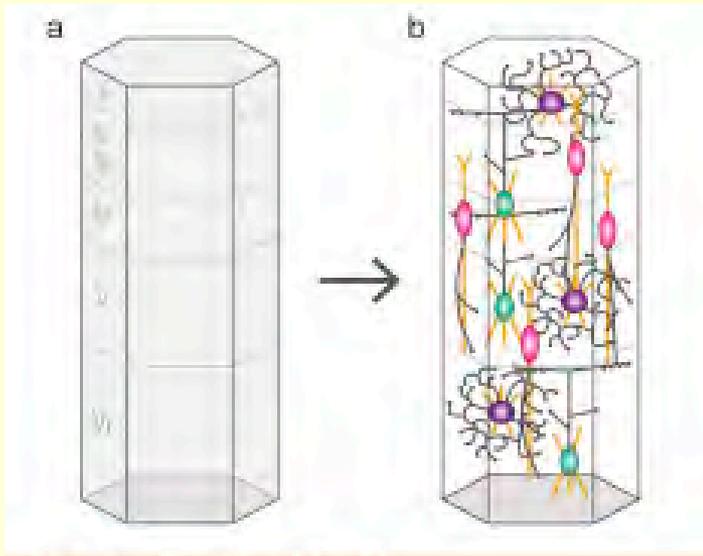


Primary visual network

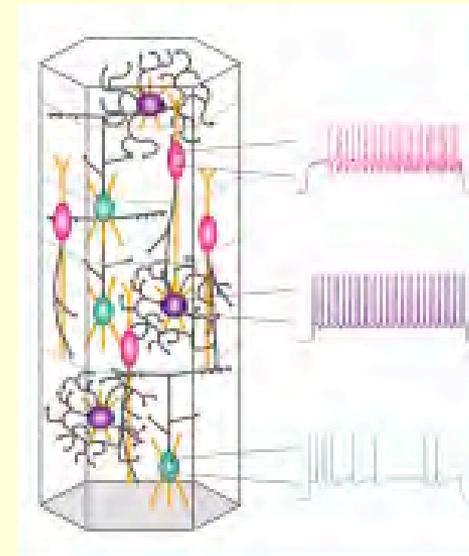


Auditory network



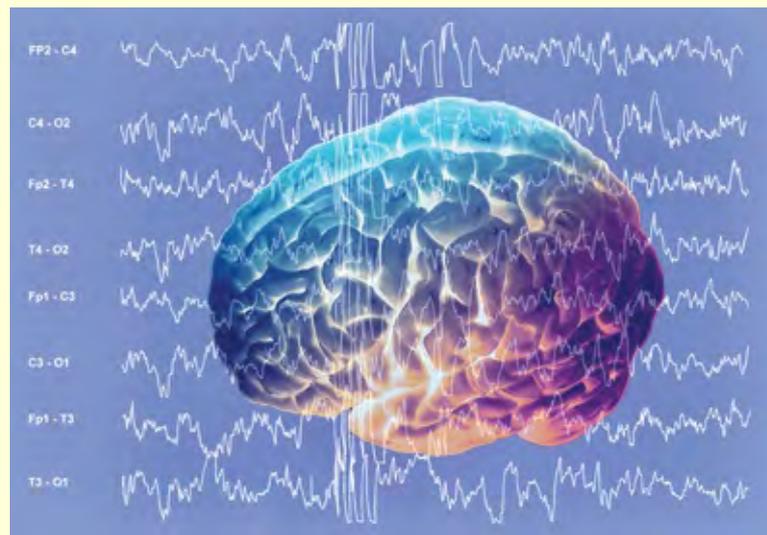


Donc après avoir placé un peu
l'anatomie des circuits nerveux...

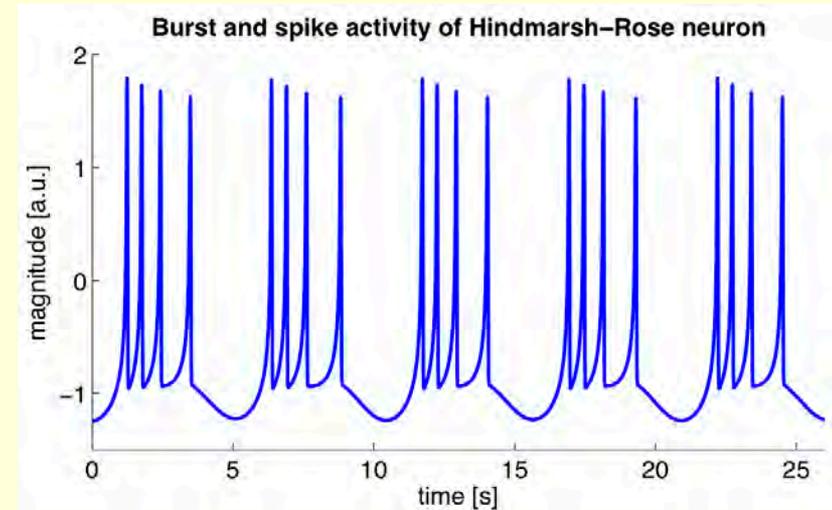
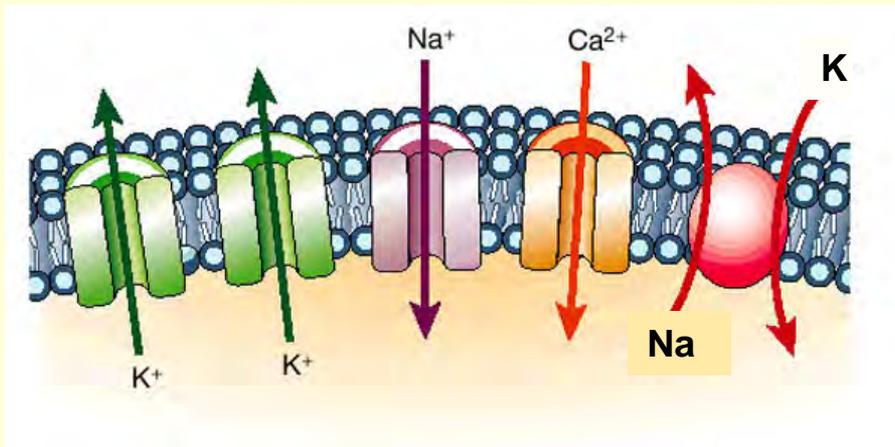


et avoir introduit l'activité électrique
dans ces circuits...

on va simplement
mentionner l'apparition de
**variations cycliques dans
cette activité électrique**
à différentes échelle,
incluant à l'échelle du
cerveau entier.



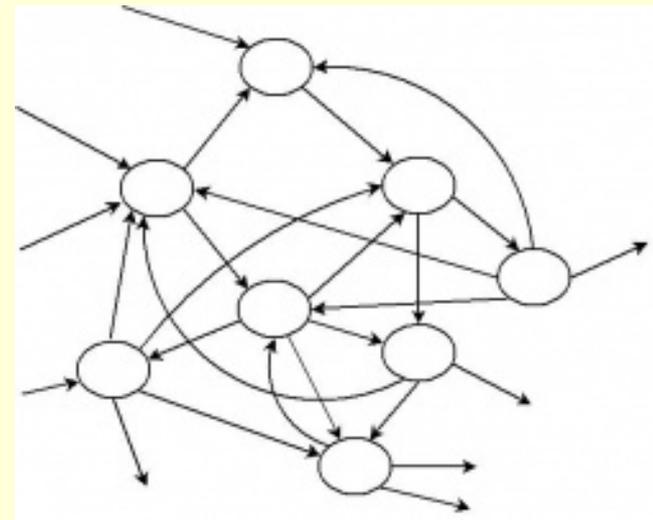
Une première façon de générer des rythmes : par les **propriétés intrinsèque de la membrane** du neurone (« endogenous bursting cells »)



Des rythmes peuvent aussi être générés par les **propriétés du réseau**,

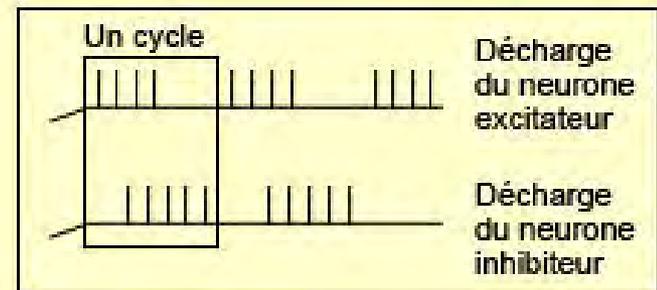
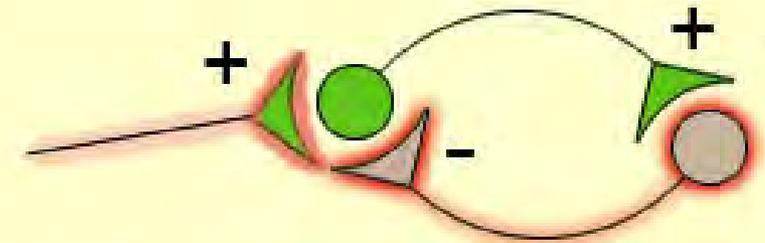
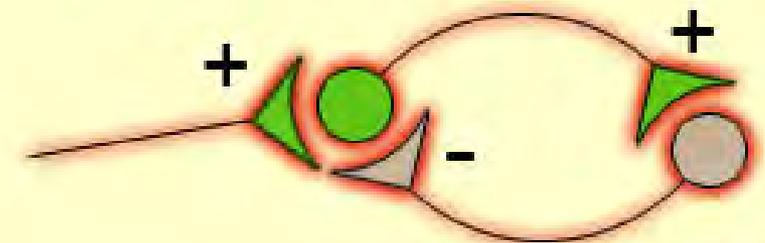
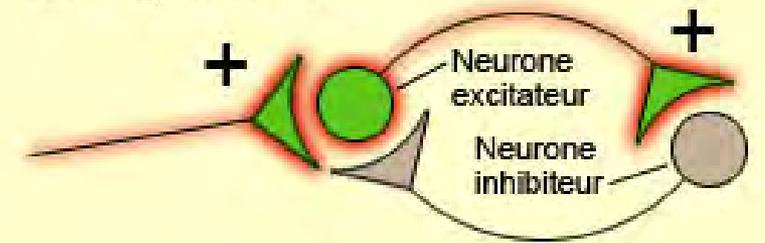
c'est-à-dire par des **boucles**

(excitation-inhibition
ou inhibition-inhibition)

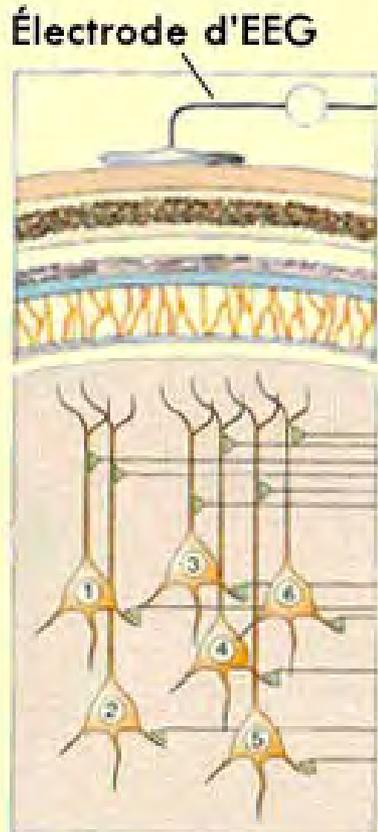


Exemple d'activité rythmique
générée par une boucle
« excitation-inhibition » entre
un **neurone pyramidal**
et un **interneurone**.

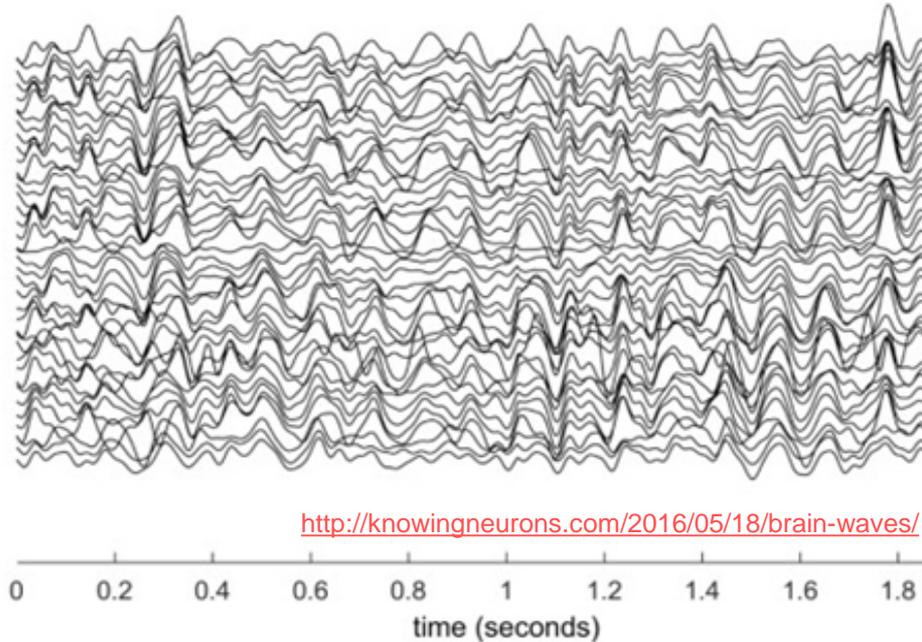
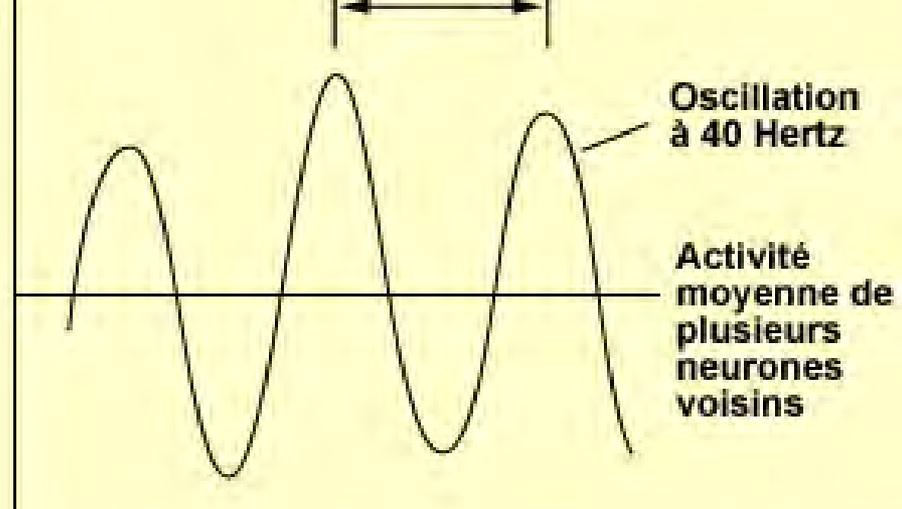
Afférence excitatrice
active en permanence



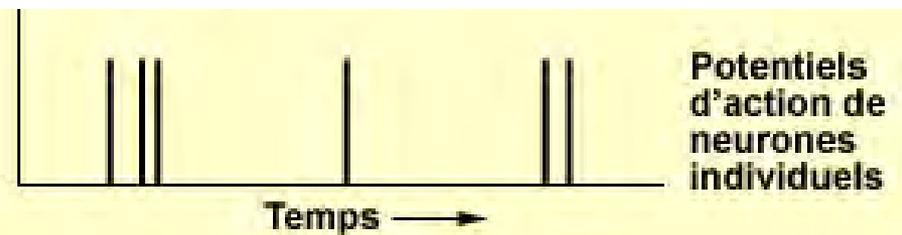
EEG :
niveau « macro »



“Local field potentials” :
niveau « meso »

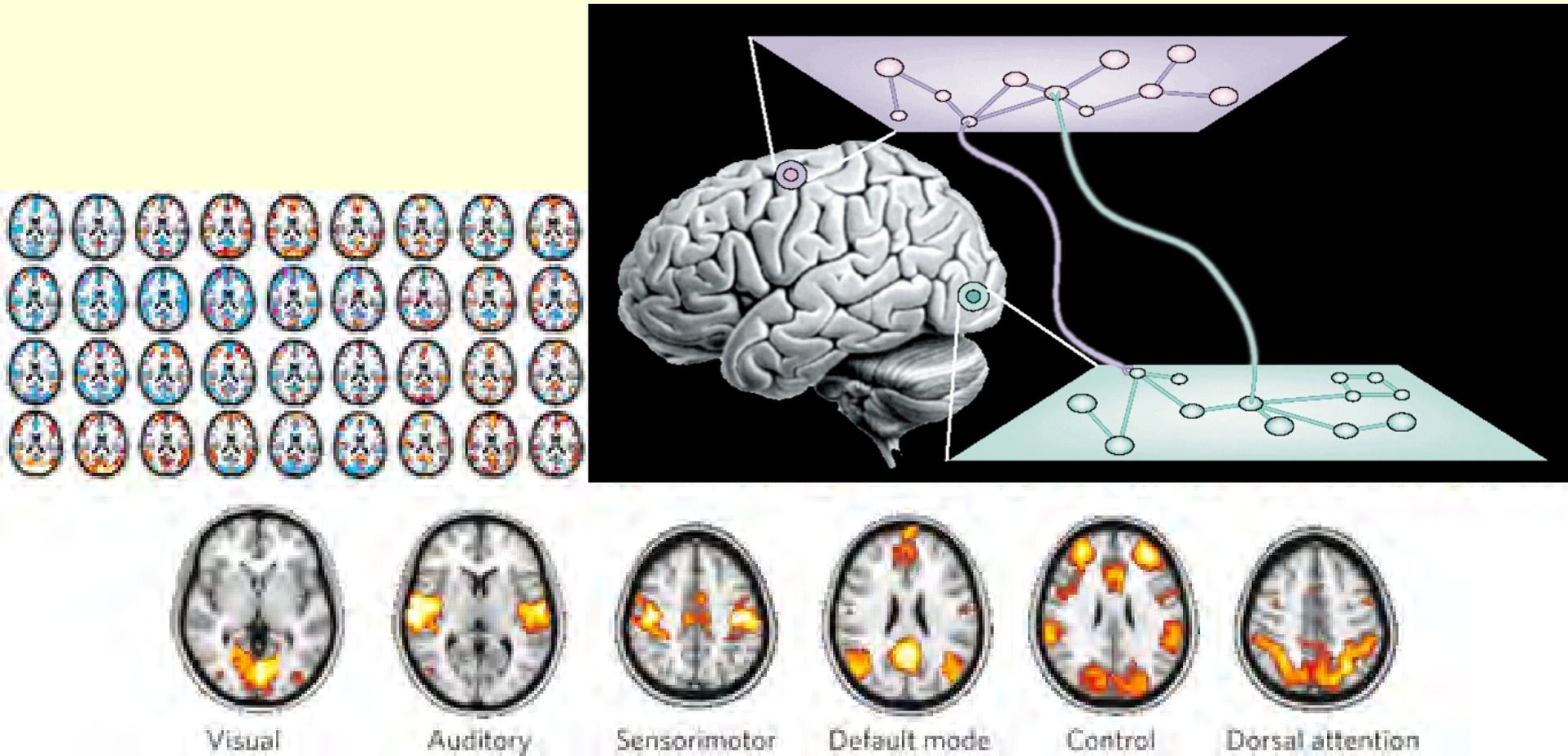


Potentiels d'action :
niveau « micro »



La connectivité fonctionnelle (fcMRI)

Quelles régions cérébrales forment des réseaux, coopèrent ou « travaillent ensemble » ?

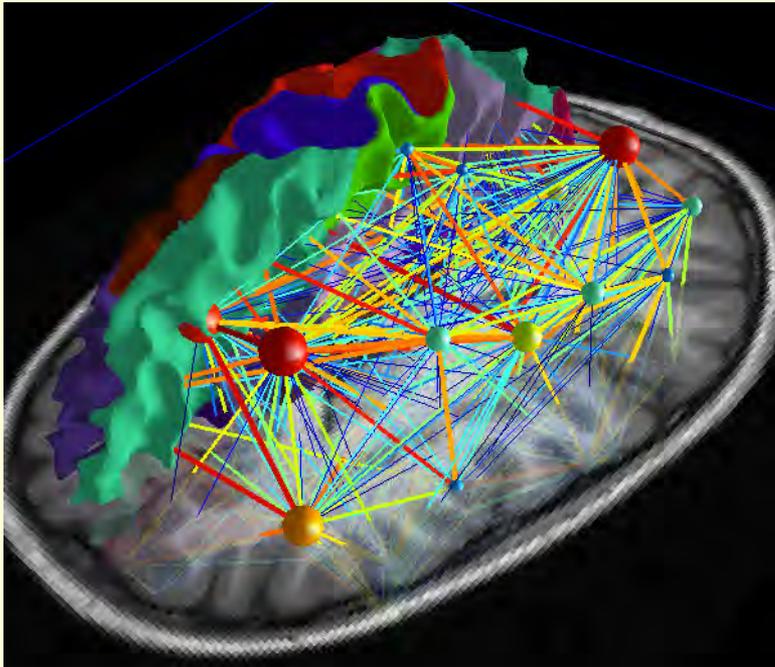


On établit la **connectivité fonctionnelle**

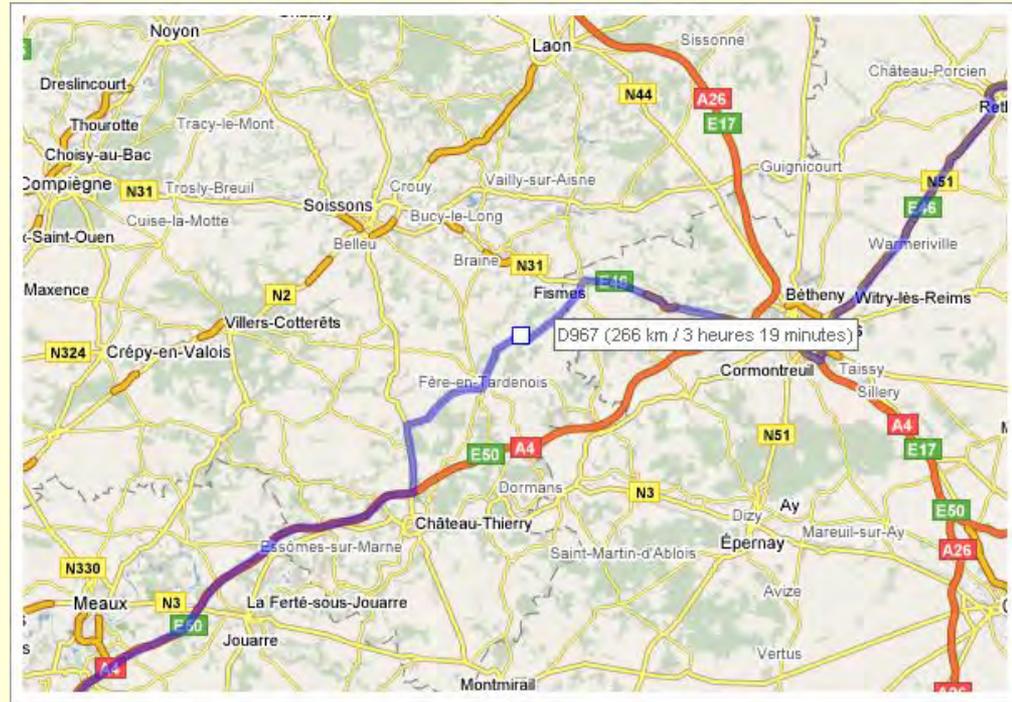
(**fcMRI** ou rs-fcMRI (pour « resting state » fcMRI)) entre différentes régions du cerveau :

en mesurant les fluctuations spontanées à basse fréquence du signal BOLD (que l'on associe aux **fluctuations à basse fréquence** des « local field potentials »),

on tente d'identifier des régions qui fluctuent au même rythme et en phase et qui ont ainsi naturellement tendance à « **travailler ensemble** ».

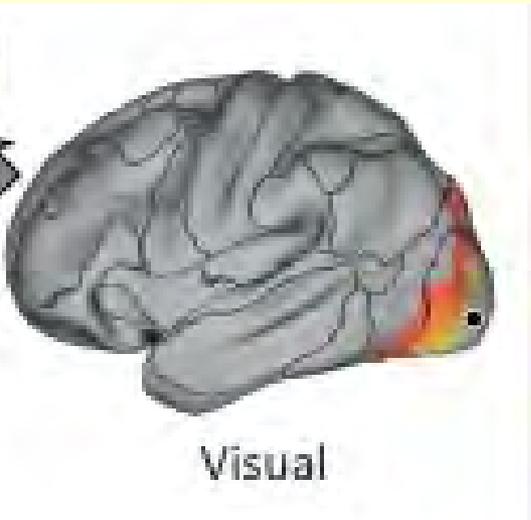


<http://lts5www.epfl.ch/diffusion>



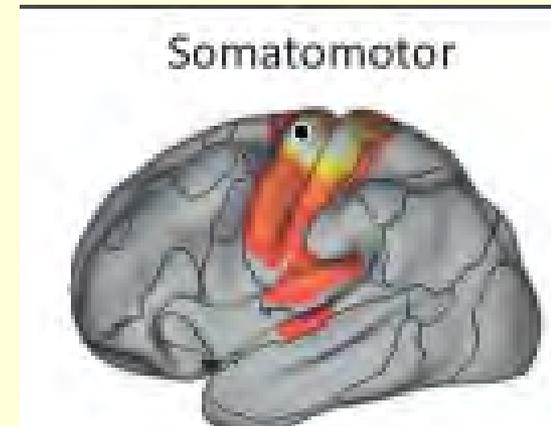
fc-IRM :

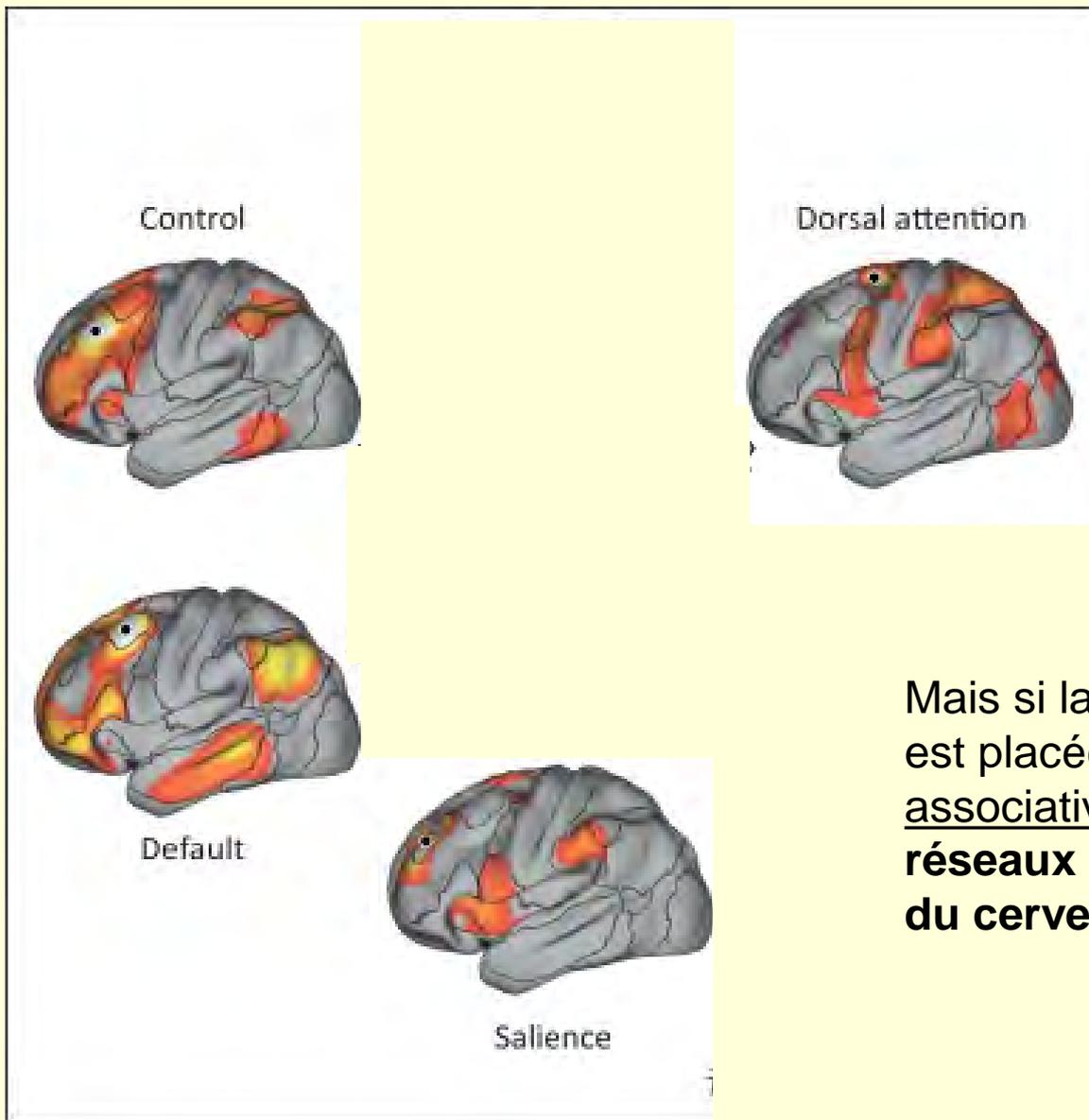
Comment ça marche et qu'observe-t-on ?



Si la « région semence » est placée dans les zones sensorielles et motrices **primaires**,

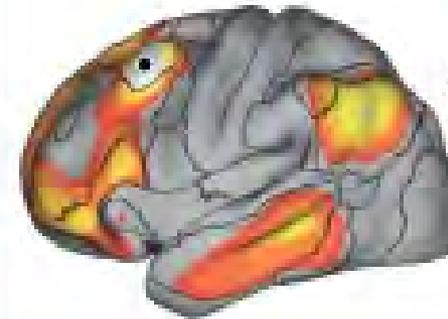
les réseaux obtenus affichent une **connectivité largement locale** (réseaux visuels et sensorimoteurs).





Mais si la « région semence » est placées dans les zones associatives, on observe des **réseaux distribués à l'échelle du cerveau entier**.

Soit nous sommes envahis par les innombrables stimuli de notre environnement (et ils sont fort nombreux à l'heure des téléphones intelligents et des réseaux sociaux) et notre **réseau du mode par défaut** nous repasse ensuite des extraits de ce film de notre vie personnelle et sociale quand il est moins sollicité.

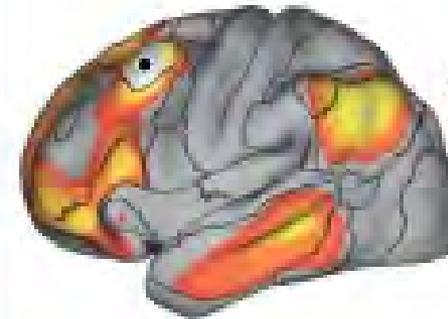


Default

Why Your Brain Needs More Downtime

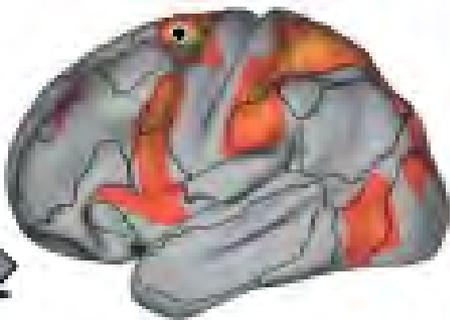
Research on naps, meditation, nature walks and the habits of exceptional artists and athletes reveals how mental breaks increase productivity, replenish attention, solidify memories and encourage creativity

Soit nous sommes envahis par les innombrables stimuli de notre environnement (et ils sont fort nombreux à l'heure des téléphones intelligents et des réseaux sociaux) et notre **réseau du mode par défaut** nous repasse ensuite des extraits de ce film de notre vie personnelle et sociale quand il est moins sollicité.



Default

Dorsal attention



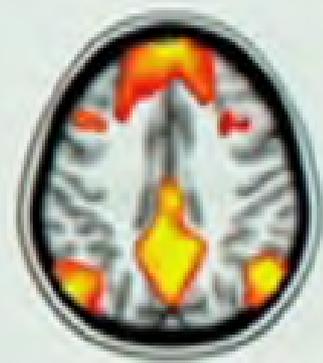
Ou soit, par l'entremise fréquente de régions frontales de notre cortex, nous concentrons notre **attention** sur une tâche cognitive pour la résoudre.

Et ce que l'on observe c'est :

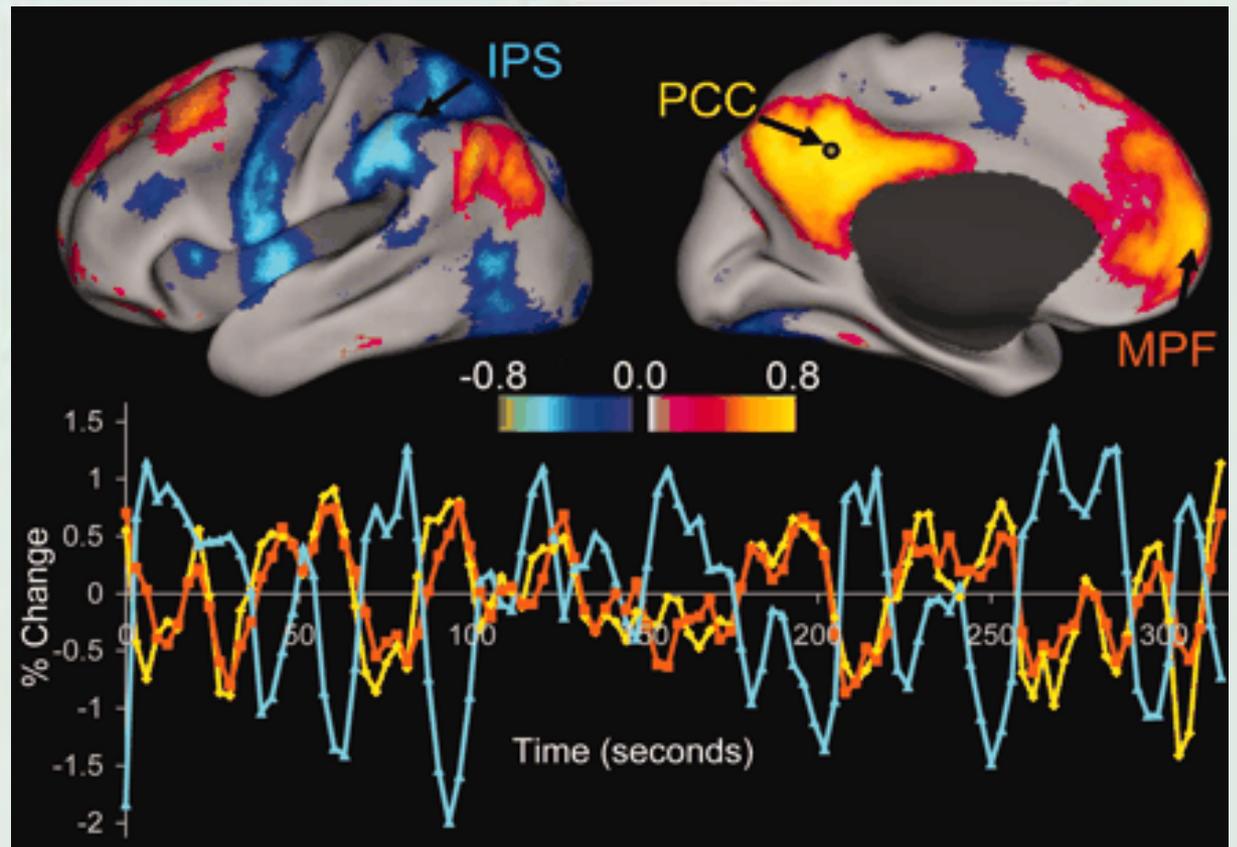
une **anti-corrélation** entre les activités de ces deux systèmes qui est visible dans leur activité spontanée au repos,

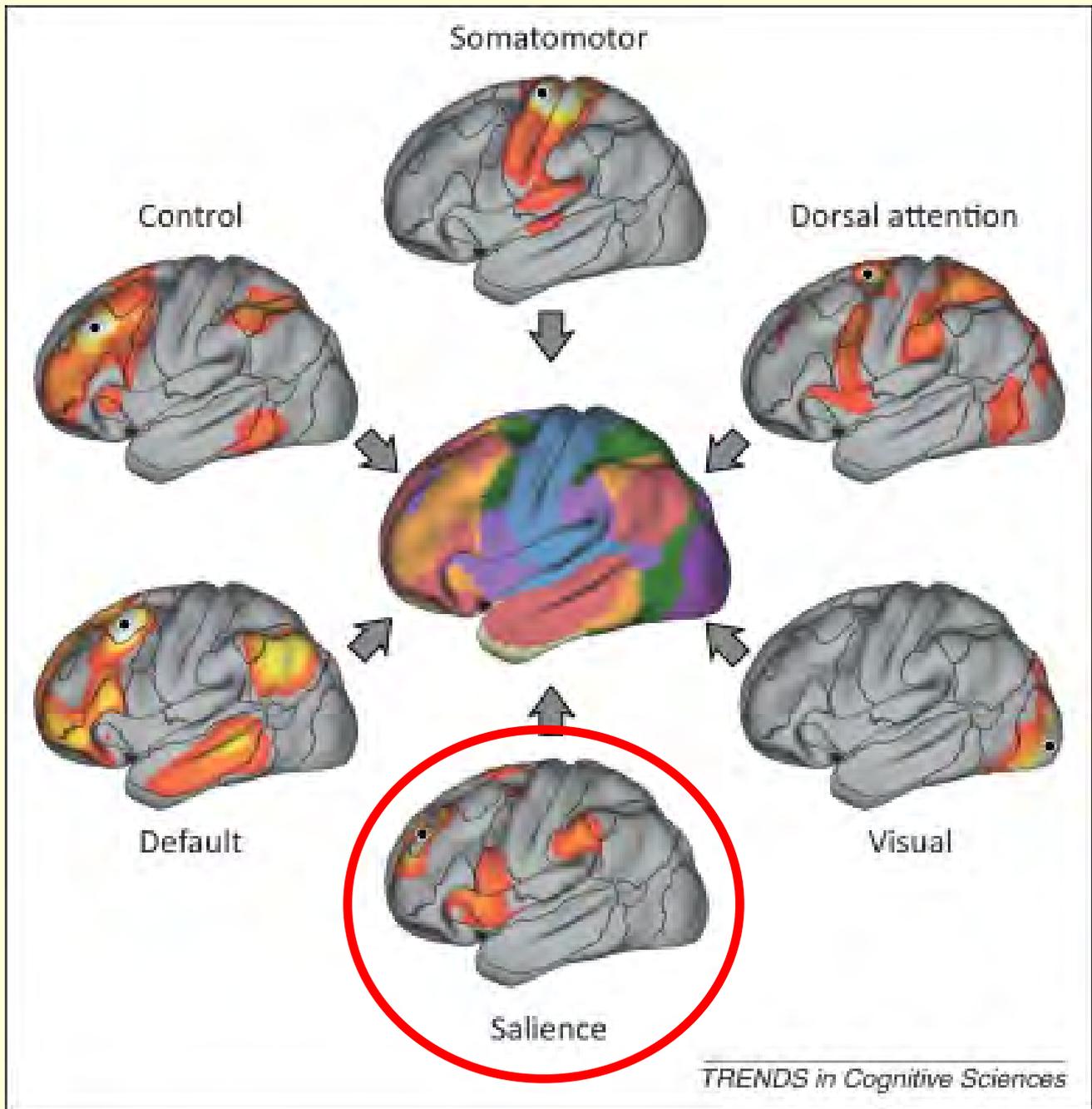


Dorsal Attention Network

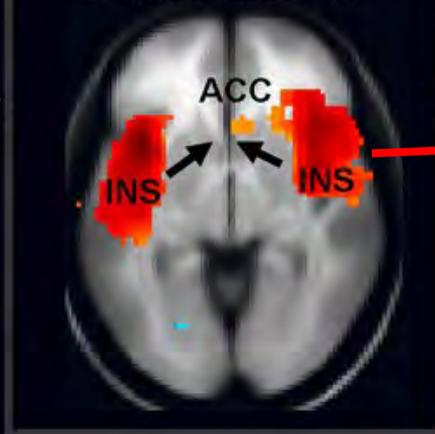


Default Mode Network

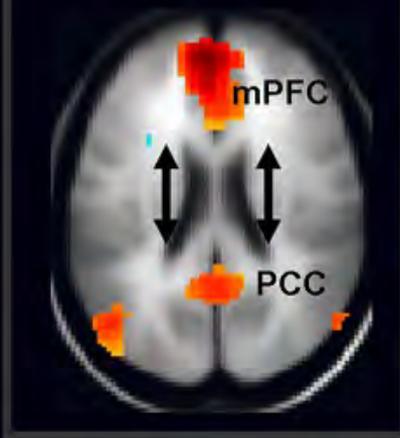




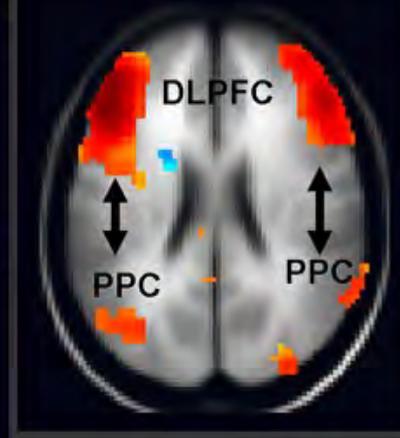
Saliience network



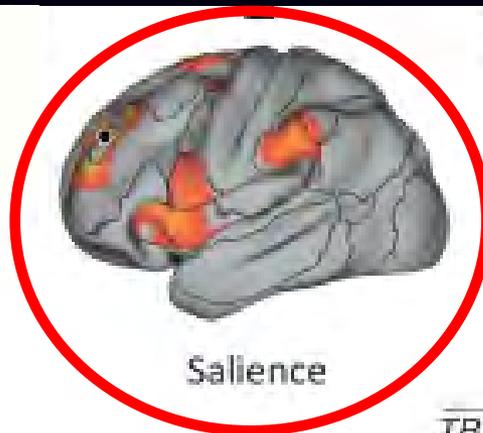
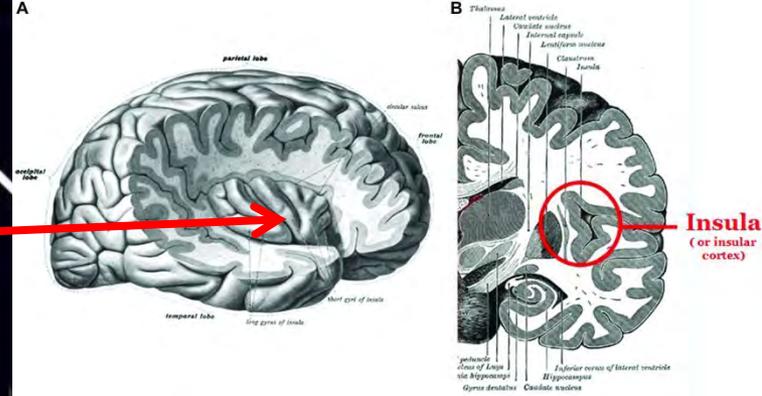
Default mode network



Central executive network

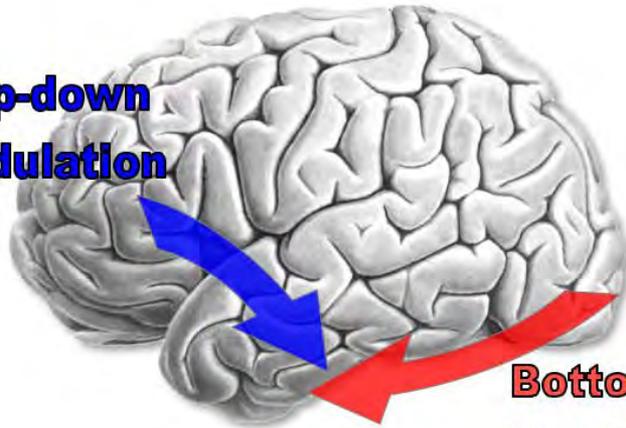


Anticorrelation





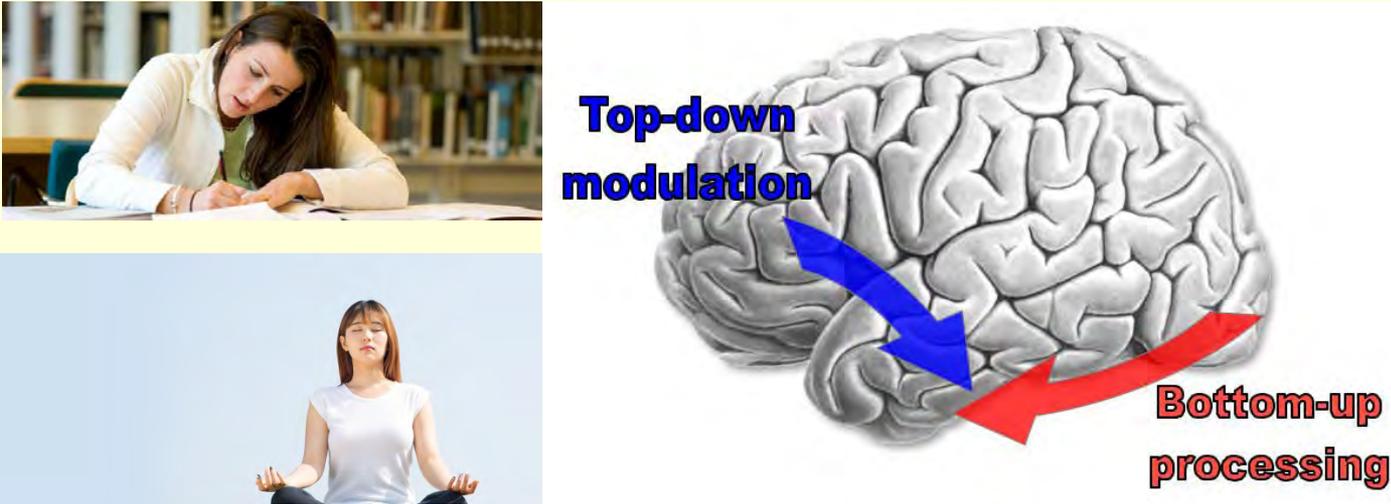
**Top-down
modulation**



**Bottom-up
processing**



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



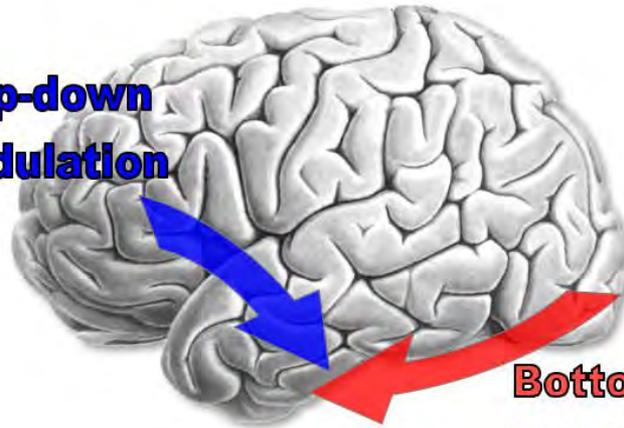
On a l'habitude d'y inclure des processus généraux comme :

- la mémoire de travail
- le contrôle inhibiteur
- la flexibilité cognitive

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



**Top-down
modulation**



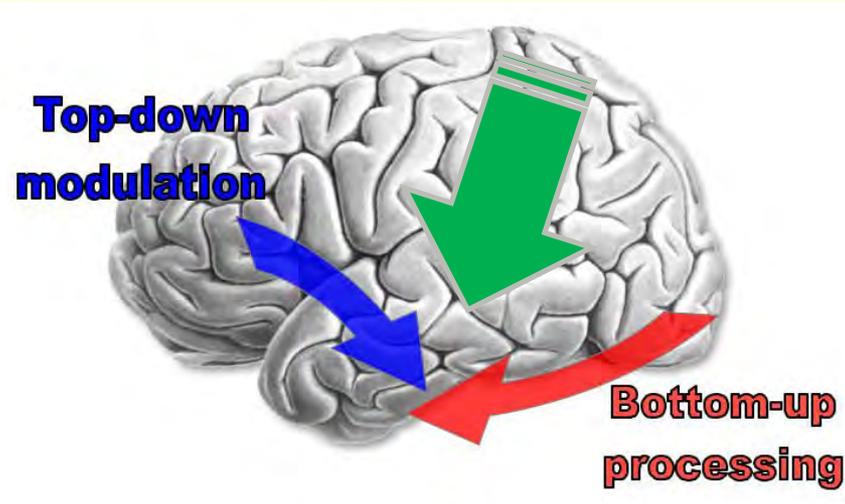
**Bottom-up
processing**

(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 »)

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

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.**

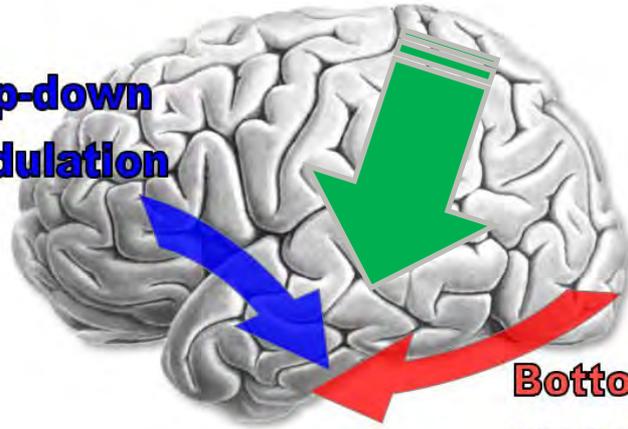


Quand on parle de flexibilité cognitive, de penser "outside the box" =

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



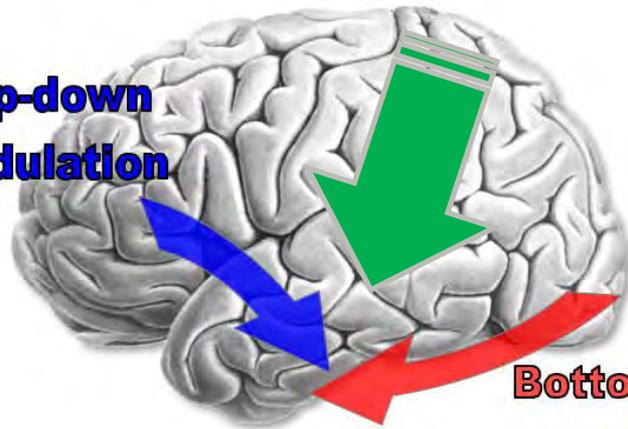
Top-down modulation



Bottom-up processing



**Top-down
modulation**

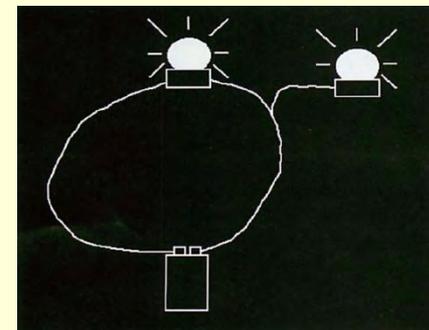


**Bottom-up
processing**

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



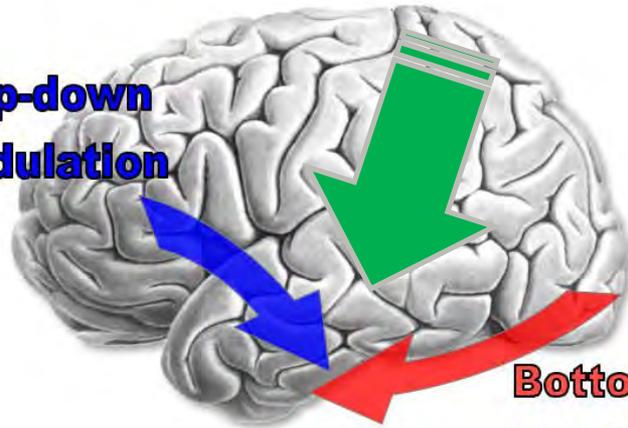
innées....



ou acquises....

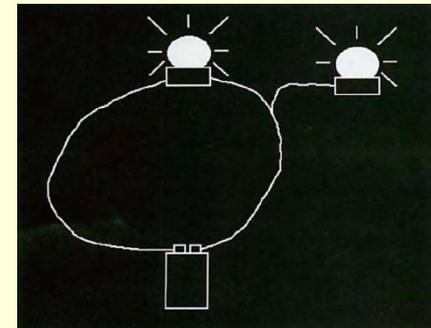


**Top-down
modulation**



**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 ».

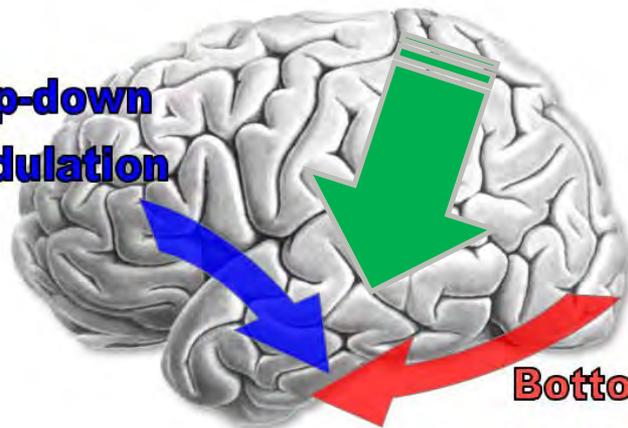
Leur cerveau applique l'automatisme « les = pluriel = s ».

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]

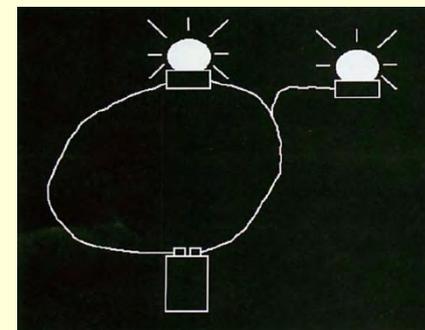


**Top-down
modulation**



**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.

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

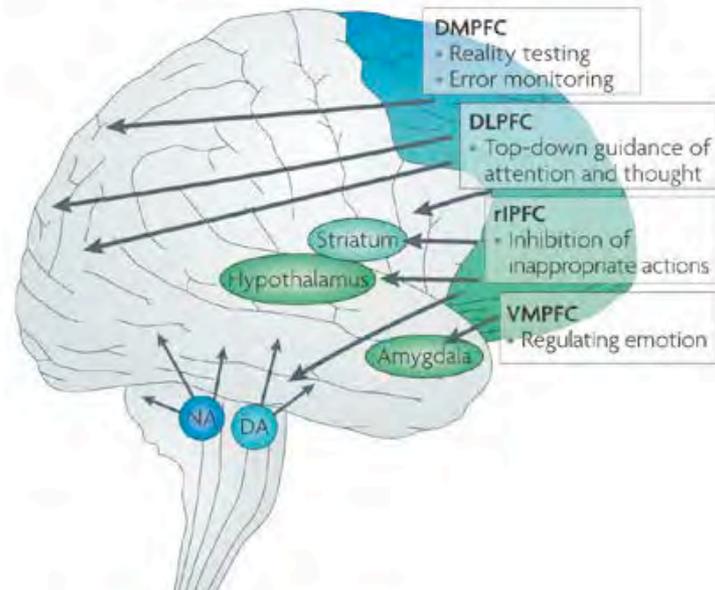
Le contrôle inhibiteur



Le test du Chamallow

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

a Prefrontal regulation during alert, non-stress conditions

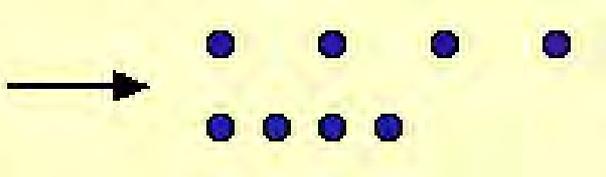


apprendre
à résister
olivier houdé





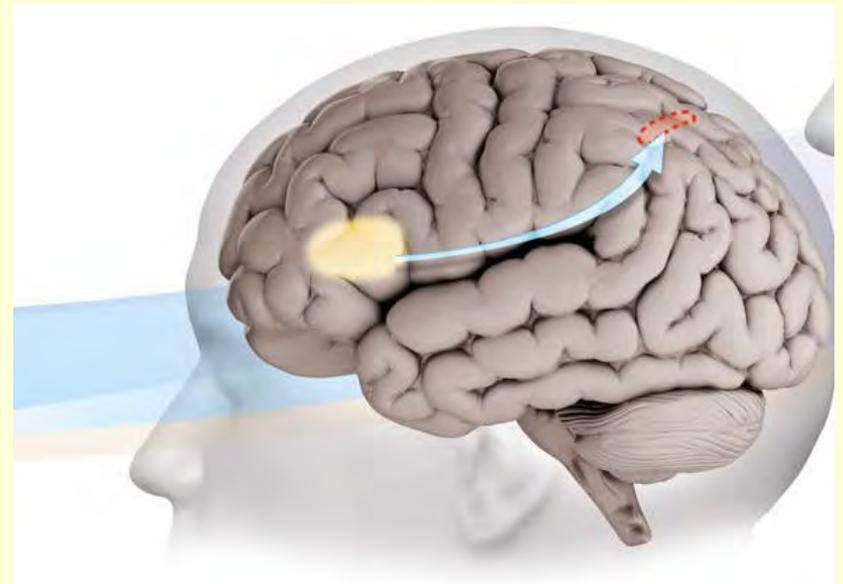
Ce que l'équipe de Houdé a mis en évidence, c'est que vers l'âge de 6-7 ans, ou avec l'aide d'un parent avant, **l'enfant parvient à mettre entre parenthèses sa croyance spontanée** pour examiner la situation au moyen de ses outils logiques.



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

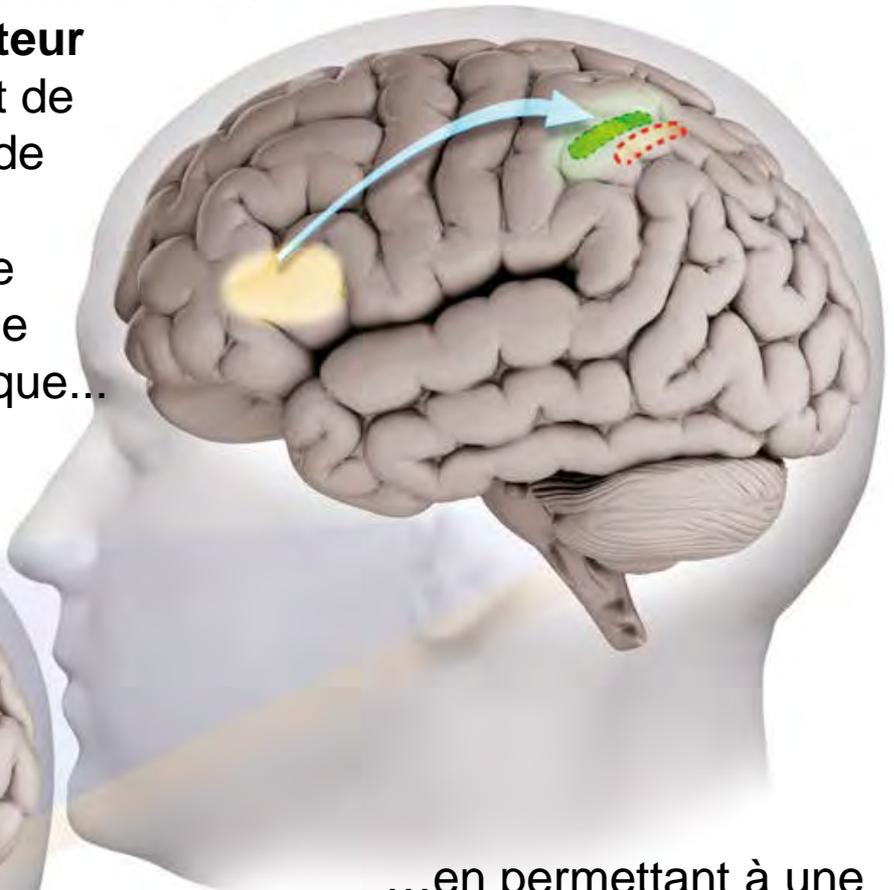
Or on sait que les neurones de cette régions projettent leur axone vers d'autres zones du cerveau impliquées dans ces automatismes de pensée

(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»

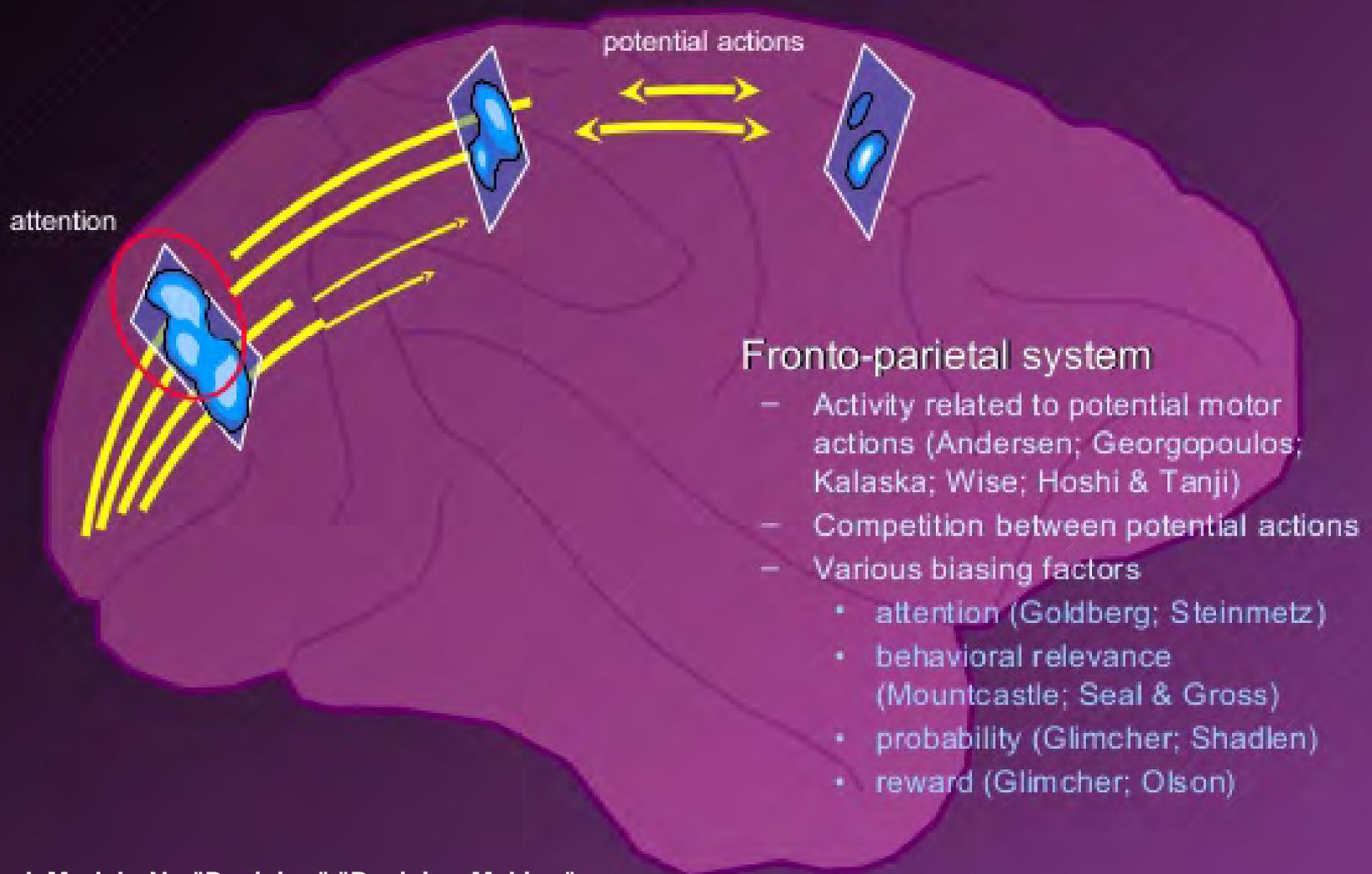
Fiabilité  Rapidité 

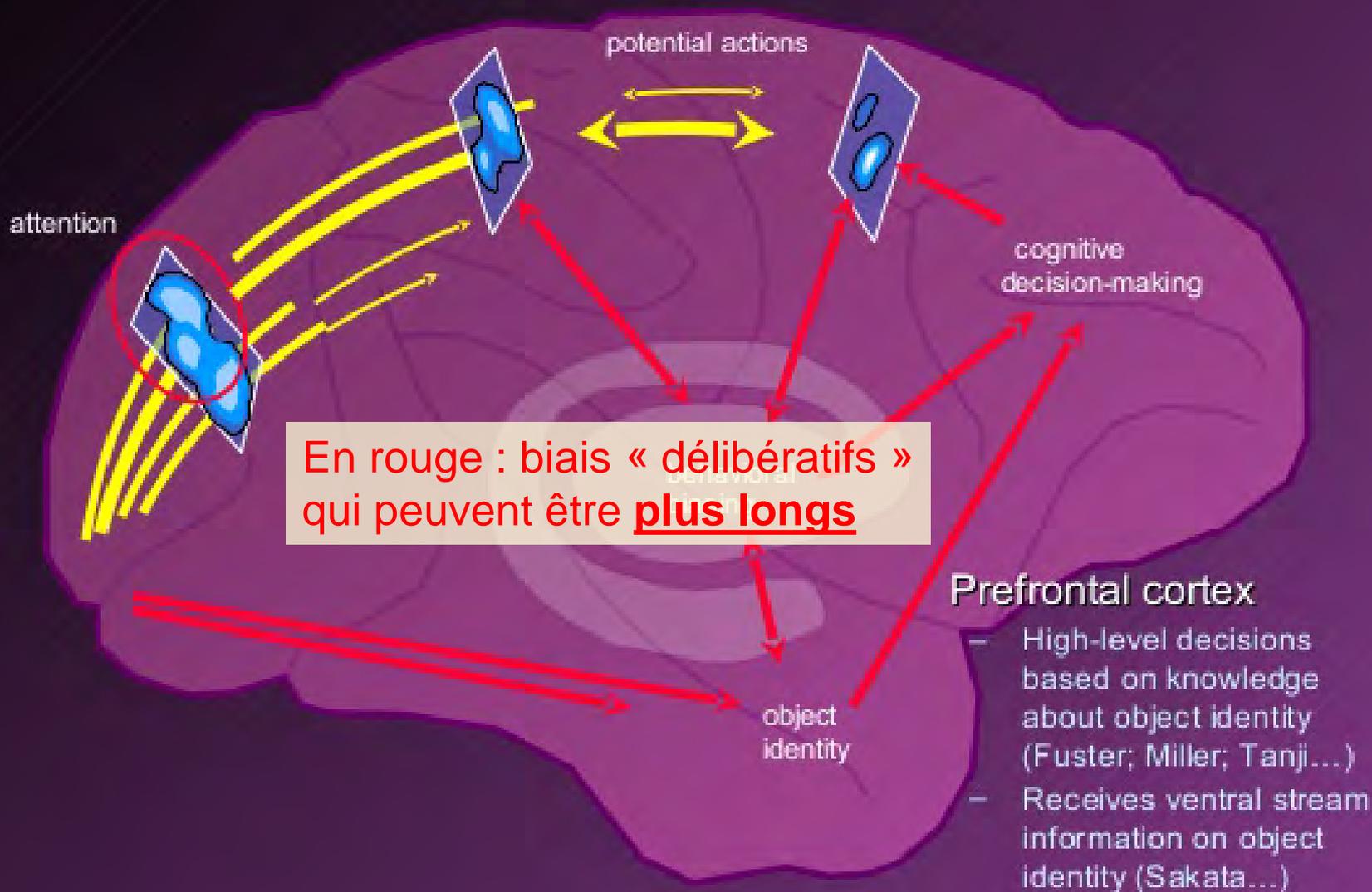


2

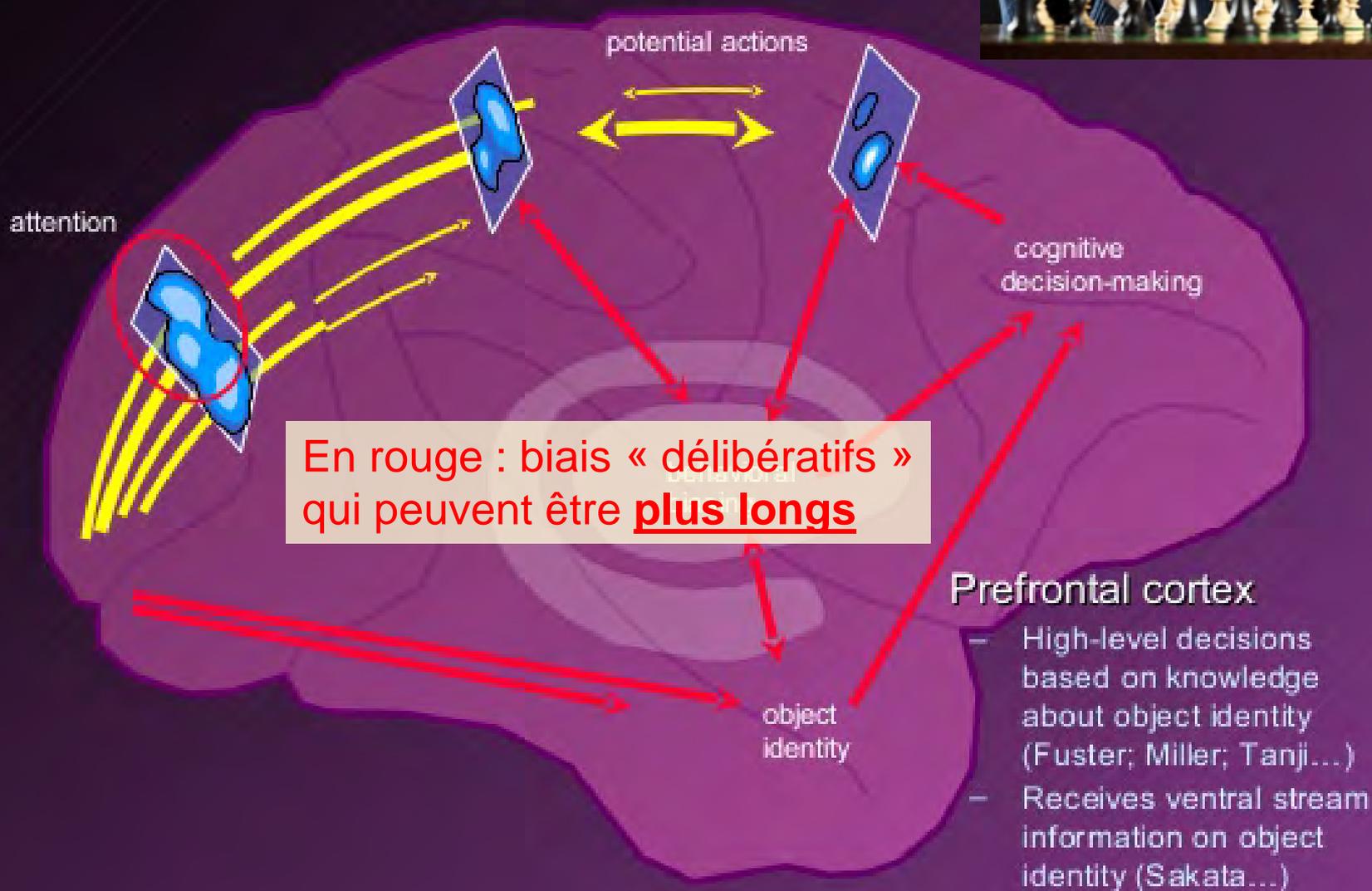
La maturation du cortex préfrontal commence seulement à **partir de 12 mois** et elle dure **jusqu'à l'âge adulte**.

En jaune : première réponse rapide





En 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 :

Le cerveau à tous les niveaux

Cerveau – Corps – Environnement

La prise de décision

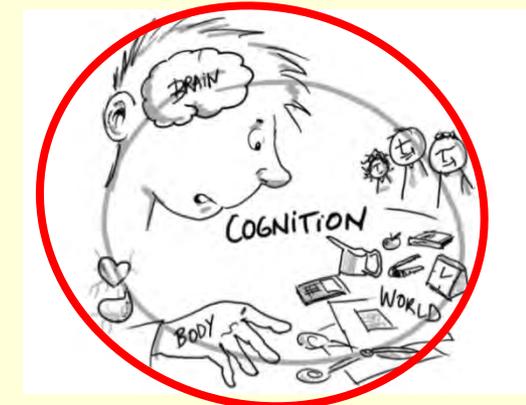
Le cerveau prédictif

Ou

Cerveau – Corps

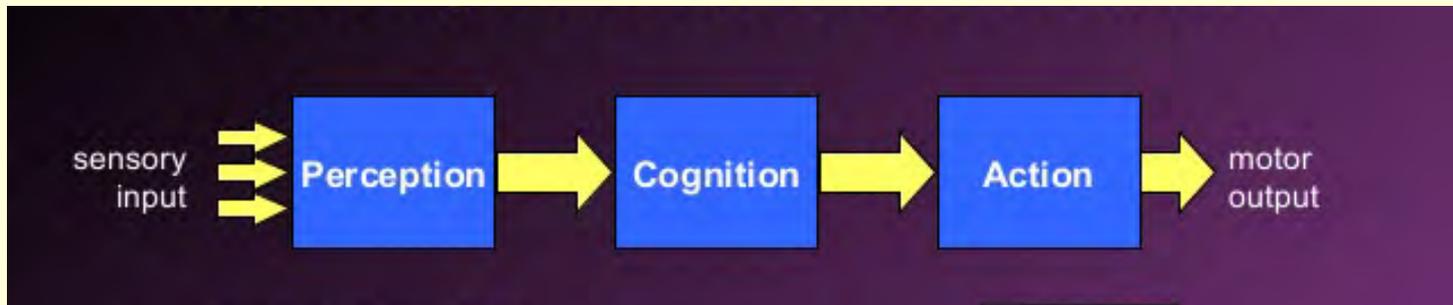
L'exemple du stress

Six « conseil santé »





Voici le schéma classique de la prise de décision



→ manipulations
de représentations

→ décision

→ préparation
du mouvement

→ *action*

Il est vrai que certaines décisions peuvent

→ prendre plusieurs minutes



→ Ou même des jours
ou des mois...



Mais beaucoup d'autres peuvent

→ prendre quelques secondes



→ Ou dizaines de secondes



→ Ou une seconde

→ Ou une fraction de seconde



Pour nombre de décisions simples et rapides,
les données expérimentales
n'appuient pas le schéma classique :

« décision → préparation du bon mouvement → action »



Pour nombre de décisions simples et rapides,

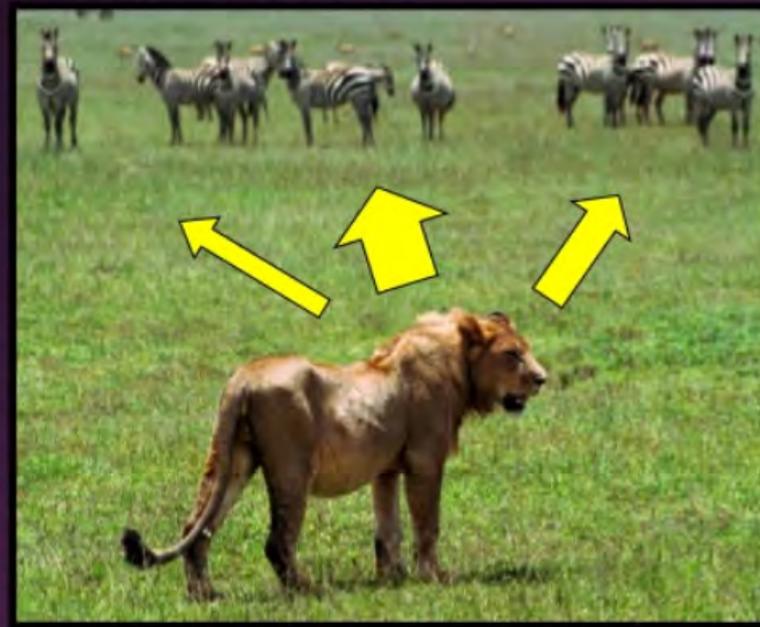
les données expérimentales

n'appuient pas le schéma classique :

« décision → préparation du bon mouvement → action »

Comment décide-t-on alors la plupart du temps ?

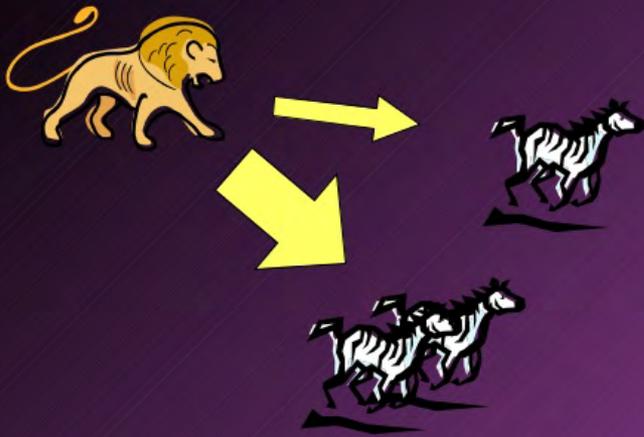
Decision-making in the wild



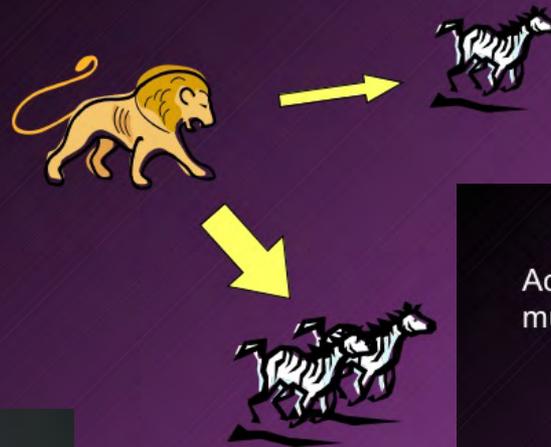
- The world presents animals with multiple opportunities for action ("affordances")
- Cannot perform all actions at the same time
- Real-time activity is constantly modifying affordances, introducing new ones, etc.

Paul Cisek Model - No "Decision" "Decision-Making"

<http://www.slideshare.net/BrainMoleculeMarketing/uqam2012-cisek>

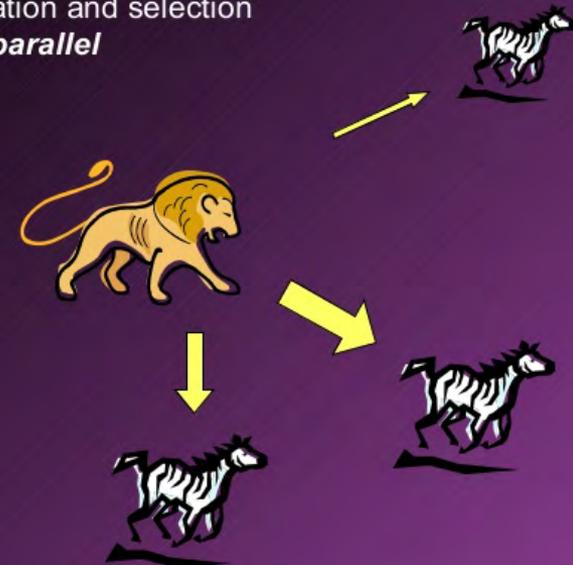


L'origine de la prise de décision c'est ça...

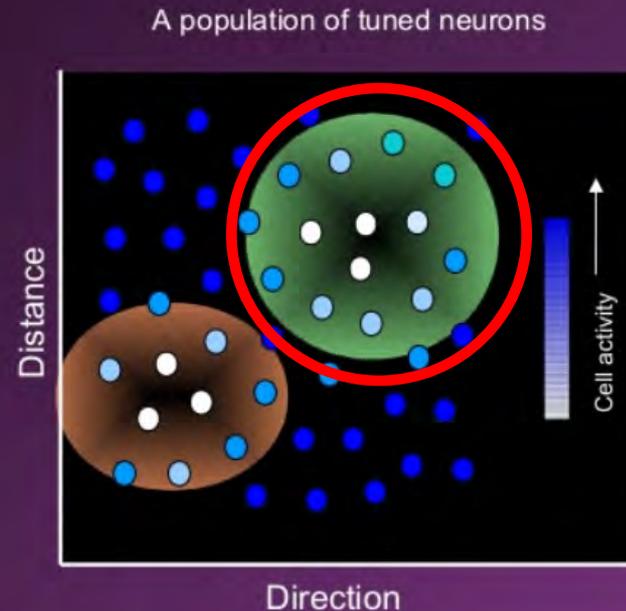
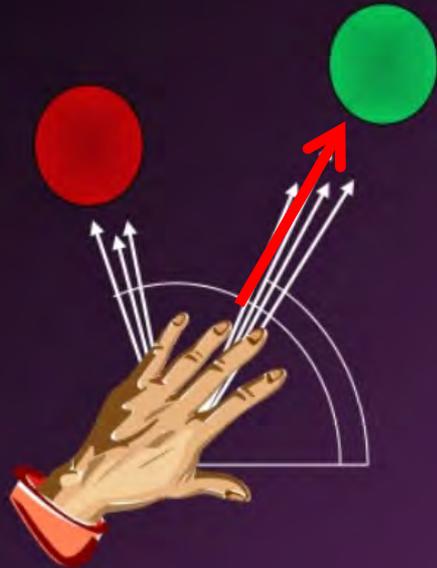


...et pas ça !

Action specification and selection must occur *in parallel*



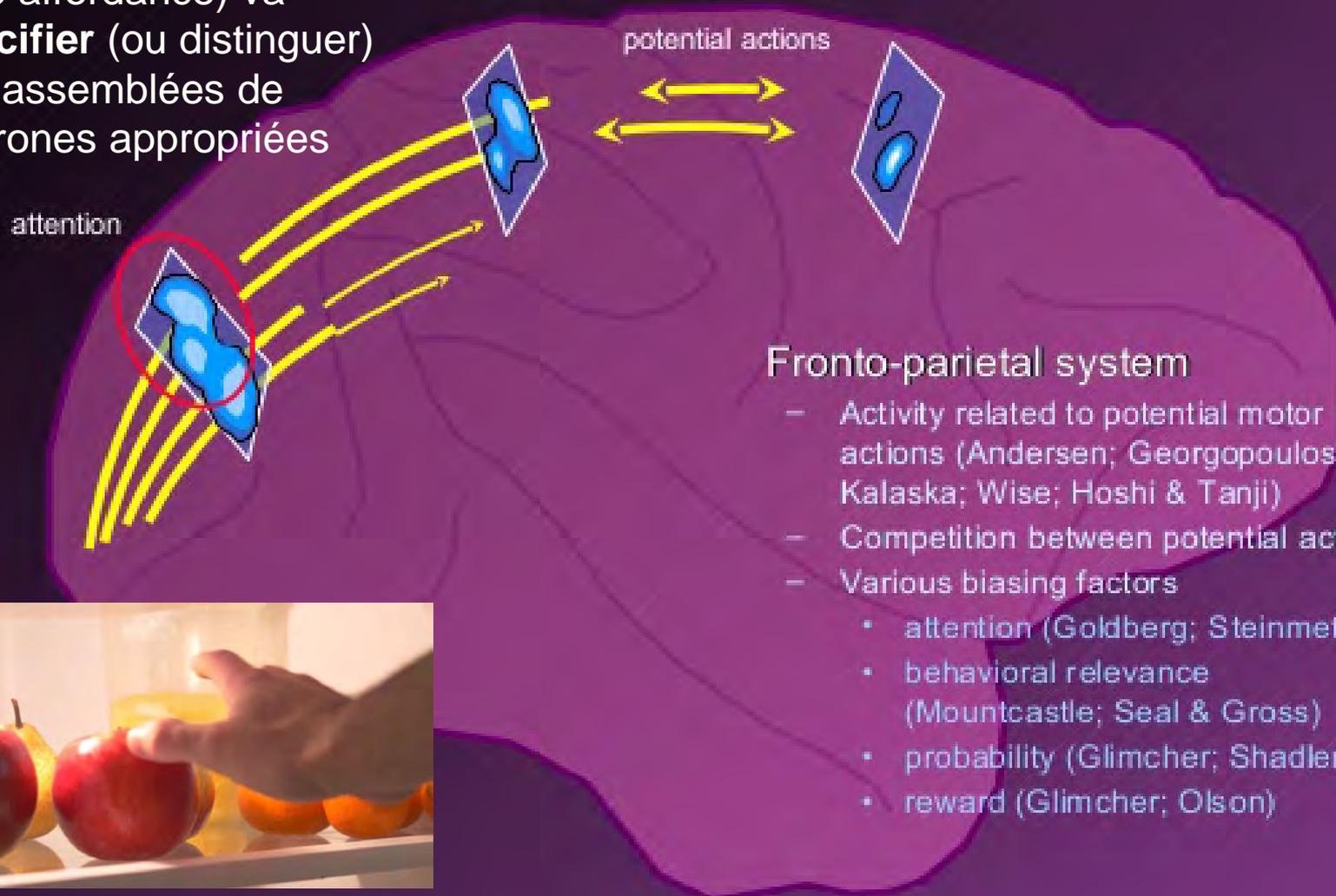
Specification and selection in parallel



Les neurones répondent préférentiellement à une direction...

- **Action Specification:** Activation of parameter regions corresponding to potential actions
- **Action Selection:** Competition between distinct regions of activity

Une situation donnée
(une affordance) va
spécifier (ou distinguer)
des assemblées de
neurones appropriées



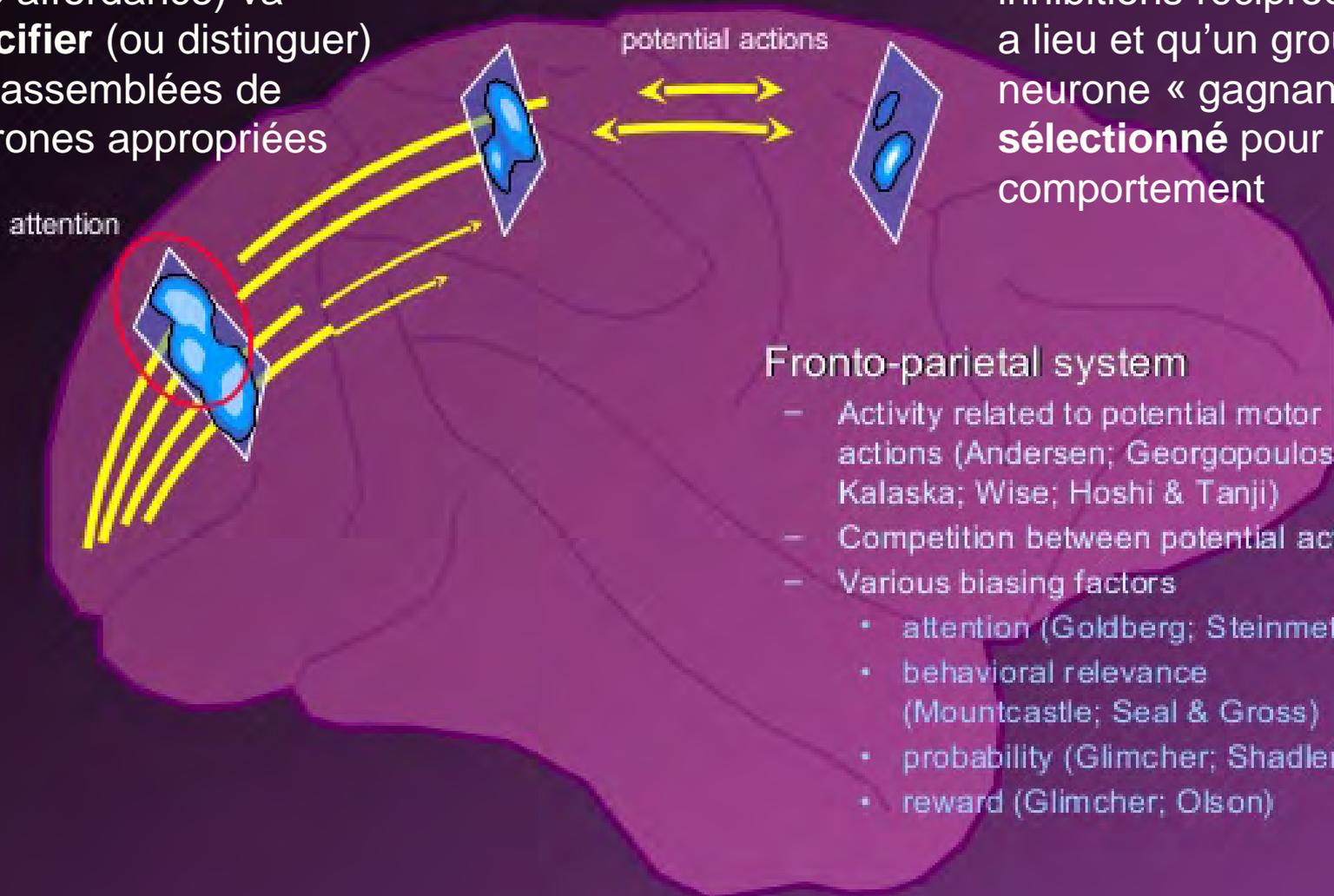
Fronto-parietal system

- Activity related to potential motor actions (Andersen; Georgopoulos; Kalaska; Wise; Hoshi & Tanji)
- Competition between potential actions
- Various biasing factors
 - attention (Goldberg; Steinmetz)
 - behavioral relevance (Mountcastle; Seal & Gross)
 - probability (Glimcher; Shadlen)
 - reward (Glimcher; Olson)



Une situation donnée
(une affordance) va
spécifier (ou distinguer)
des assemblées de
neurones appropriées

Une compétition (par
inhibitions réciproques)
a lieu et qu'un groupe de
neurone « gagnant » va être
sélectionné pour un
comportement

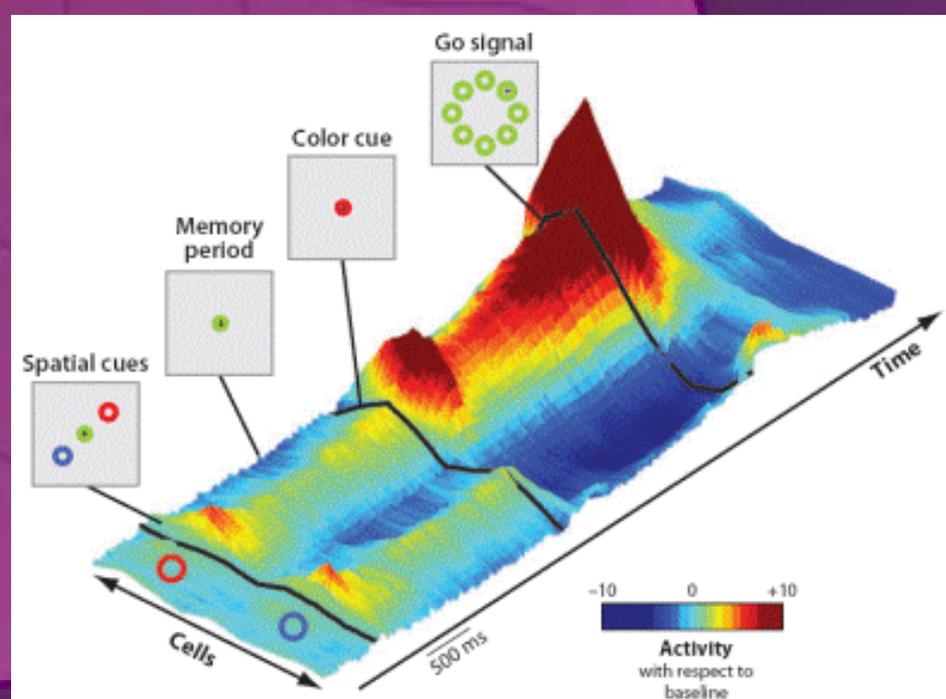
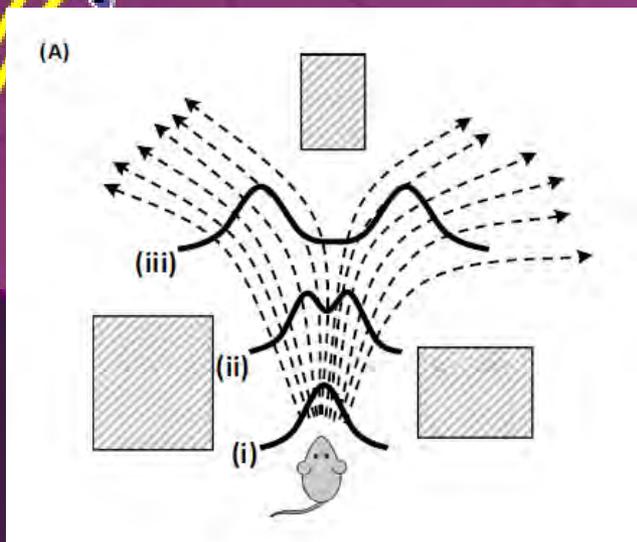


Fronto-parietal system

- Activity related to potential motor actions (Andersen; Georgopoulos; Kalaska; Wise; Hoshi & Tanji)
- Competition between potential actions
- Various biasing factors
 - attention (Goldberg; Steinmetz)
 - behavioral relevance (Mountcastle; Seal & Gross)
 - probability (Glimcher; Shadlen)
 - reward (Glimcher; Olson)

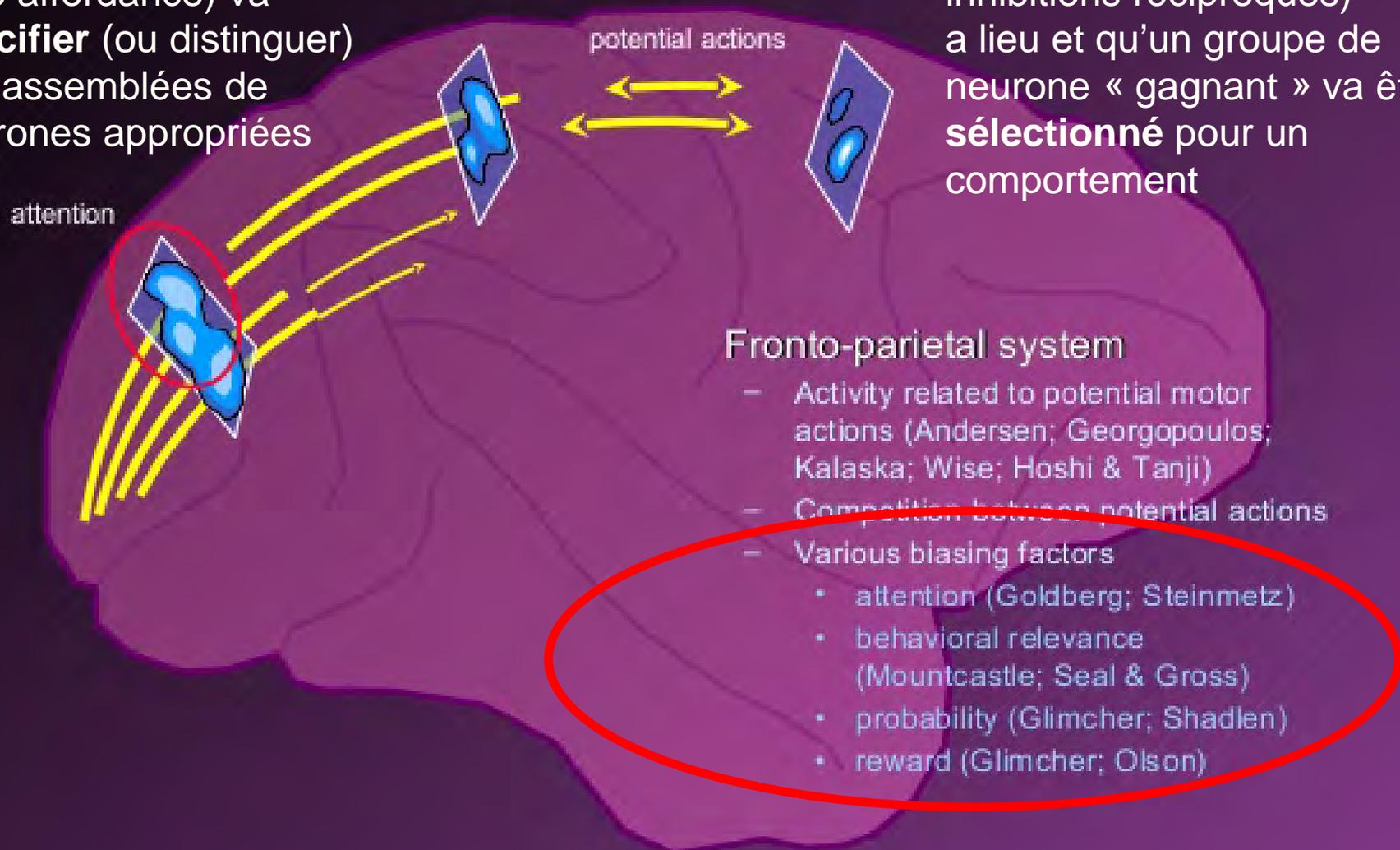
Une situation donnée (une affordance) va **spécifier** (ou distinguer) des assemblées de neurones appropriées

Une compétition (par inhibitions réciproques) a lieu et qu'un groupe de neurone « gagnant » va être **sélectionné** pour un comportement



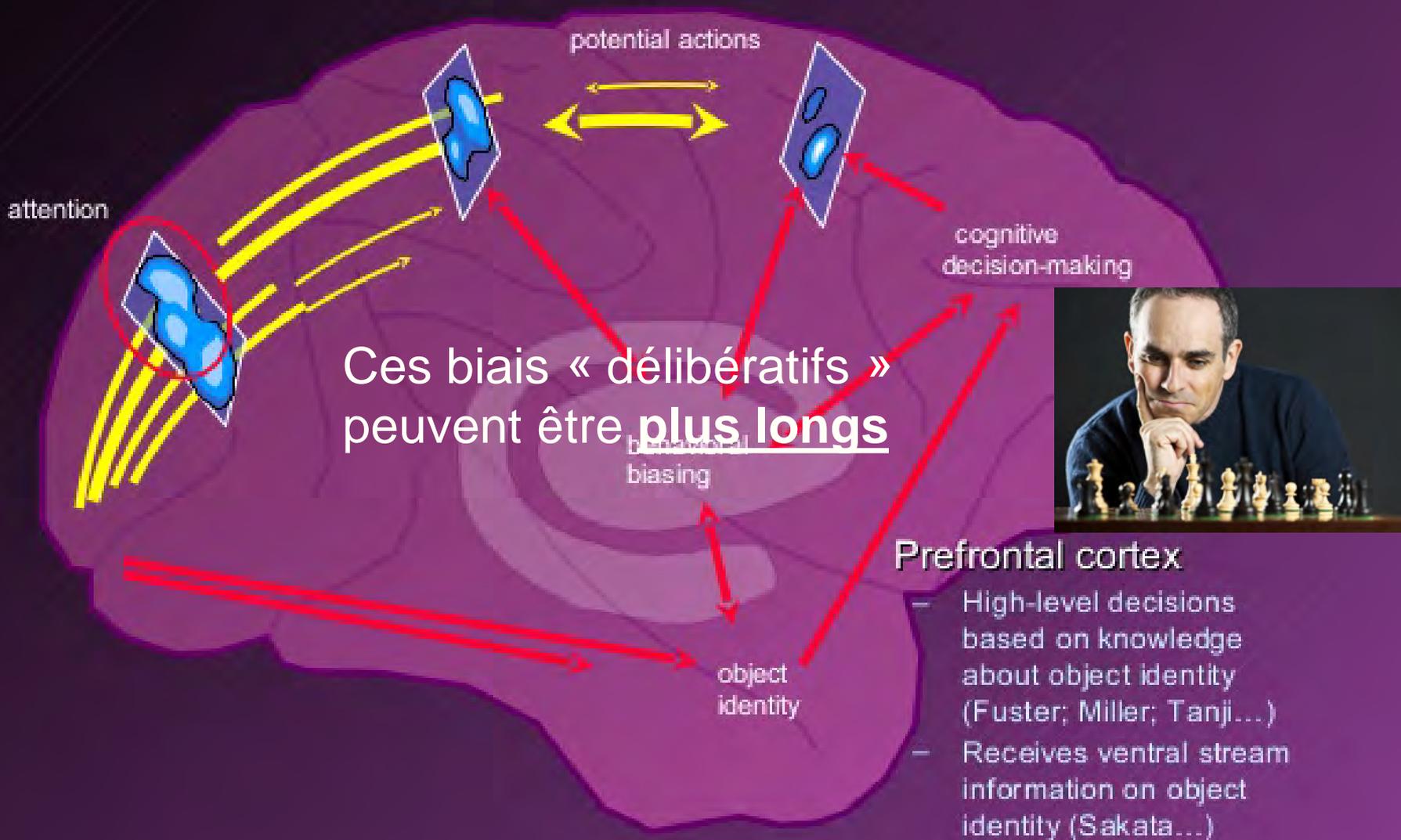
Une situation donnée
(une affordance) va
spécifier (ou distinguer)
des assemblées de
neurones appropriées

Une compétition (par
inhibitions réciproques)
a lieu et qu'un groupe de
neurone « gagnant » va être
sélectionné pour un
comportement



Fronto-parietal system

- Activity related to potential motor actions (Andersen; Georgopoulos; Kalaska; Wise; Hoshi & Tanji)
- Competition between potential actions
- Various biasing factors
 - attention (Goldberg; Steinmetz)
 - behavioral relevance (Mountcastle; Seal & Gross)
 - probability (Glimcher; Shadlen)
 - reward (Glimcher; Olson)



Plan :

Le cerveau à tous les niveaux

Cerveau – Corps – Environnement

La prise de décision

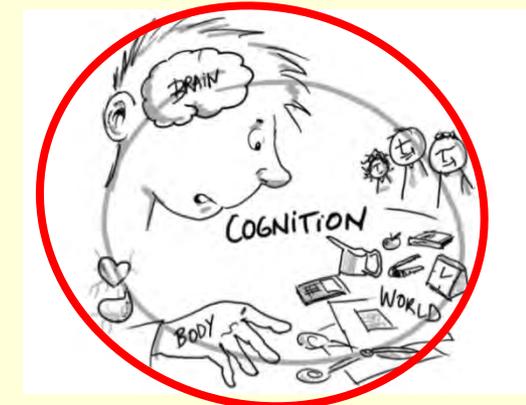
Le cerveau prédictif

Ou

Cerveau – Corps

L'exemple du stress

Six « conseil santé »



- L'étude du changement conceptuel doit être abordée comme l'étude du processus de construction des nouvelles conceptions, où l'incertitude permet de passer de l'insatisfaction à la recherche de nouvelles intuitions.

Devis de recherche sur le rôle du doute dans l'apprentissage des sciences

Élaine Turmel, Patrice Potvin, Steve Masson et Martin Riopel (2011)

(citant Potvin et Thouin, 2003)

<http://www.associationneuroeducation.org/congres?year=2011>

- L'étude du changement conceptuel doit être abordée comme l'étude du processus de construction des nouvelles conceptions, où l'incertitude permet de passer de l'insatisfaction à la recherche de nouvelles intuitions.



Notre monde physique et celui de nos modèles pour l'expliquer sont remplis **d'incertitude**.



« Predictive processing » (« the Bayesian Brain »)

Le BLOGUE du CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

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

décembre 2016

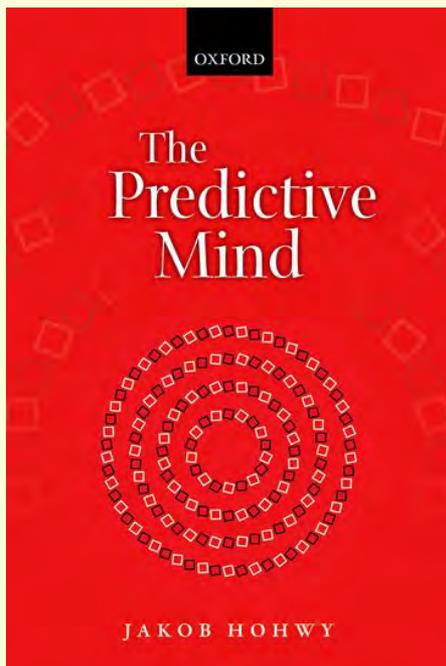
<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2016/12/12/6120/>

L'erreur forge le cerveau

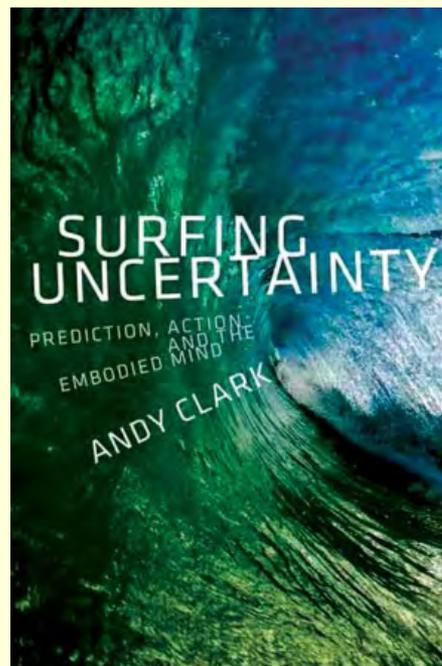
Cerveau&Psycho

avril 2017

http://www.cerveauetpsycho.fr/ewb_pages/a/article-l-erreur-forge-le-cerveau-38272.php



2014



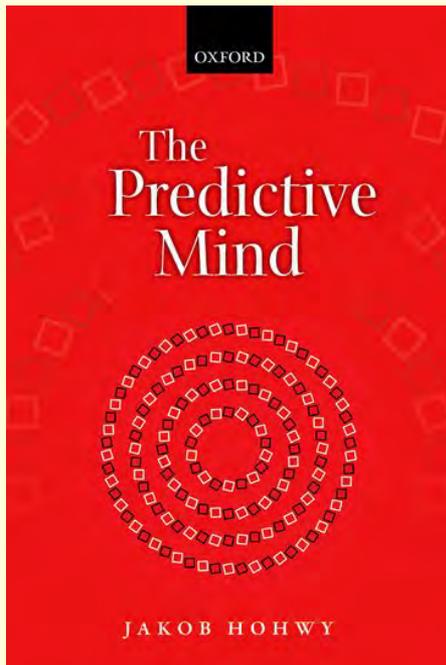
2015



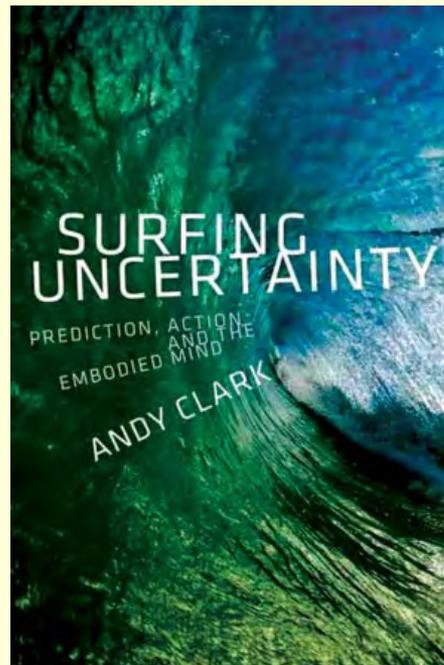
Karl Friston

« Predictive processing » (« the Bayesian Brain »)

Le cerveau serait fondamentalement une machine à prédiction
à partir de **modèles internes** construits par son **expérience préalable.**
(innée et acquise)



2014



2015



Karl Friston

« Predictive processing » (« the Bayesian Brain »)

Le cerveau serait fondamentalement une machine à prédiction à partir de **modèles internes** construits par son **expérience préalable**.
(innée et acquise)

Le cerveau contient, dès la naissance, un algorithme d'apprentissage statistique très sophistiqué (S. Dehaene).

Son cerveau dispose d'emblée d'un **jeu d'hypothèses** hiérarchiques (**hérité de sa longue histoire évolutive**) qu'il projette sur le monde extérieur, et dont certaines sont très abstraites

(ex: le monde est constitué d'objets rigides: principe de causalité (Spelke))

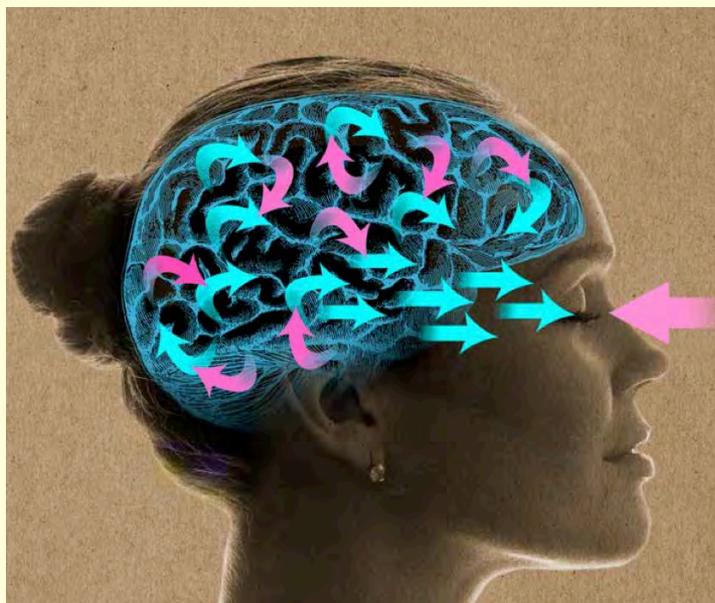
Mais très vite, l'enfant sélectionne aussi des hypothèses ou schémas mentaux en fonction de leur plausibilité **au vu des expériences qu'il fait** ou des entrées qu'il reçoit.

Bref, pour employer une expression anglaise,
on n'apprend pas grand-chose « from scratch »...

Dans ce paradigme du “cerveau prédictif”, le cerveau n’est plus vu comme un simple organe de “traitement de l’information” qui attendrait passivement ses inputs, mais comme une machine pro-active qui **tente constamment d’anticiper la forme des signaux sensoriels** qui lui parviennent.

Autrement dit, c’est un organe **statistique générant constamment des hypothèses** (ou des attentes...)

qui sont testées par rapport aux évidences fournies par les sens.



Cela économise de la “bande passante”, exactement comme les **techniques de compression** d'image (JPEG) ou de son (MP3) nous permettent de diminuer le poids de ces fichiers.



Finalement, ce qui « monte » est ce qui est « **surprenant** ».



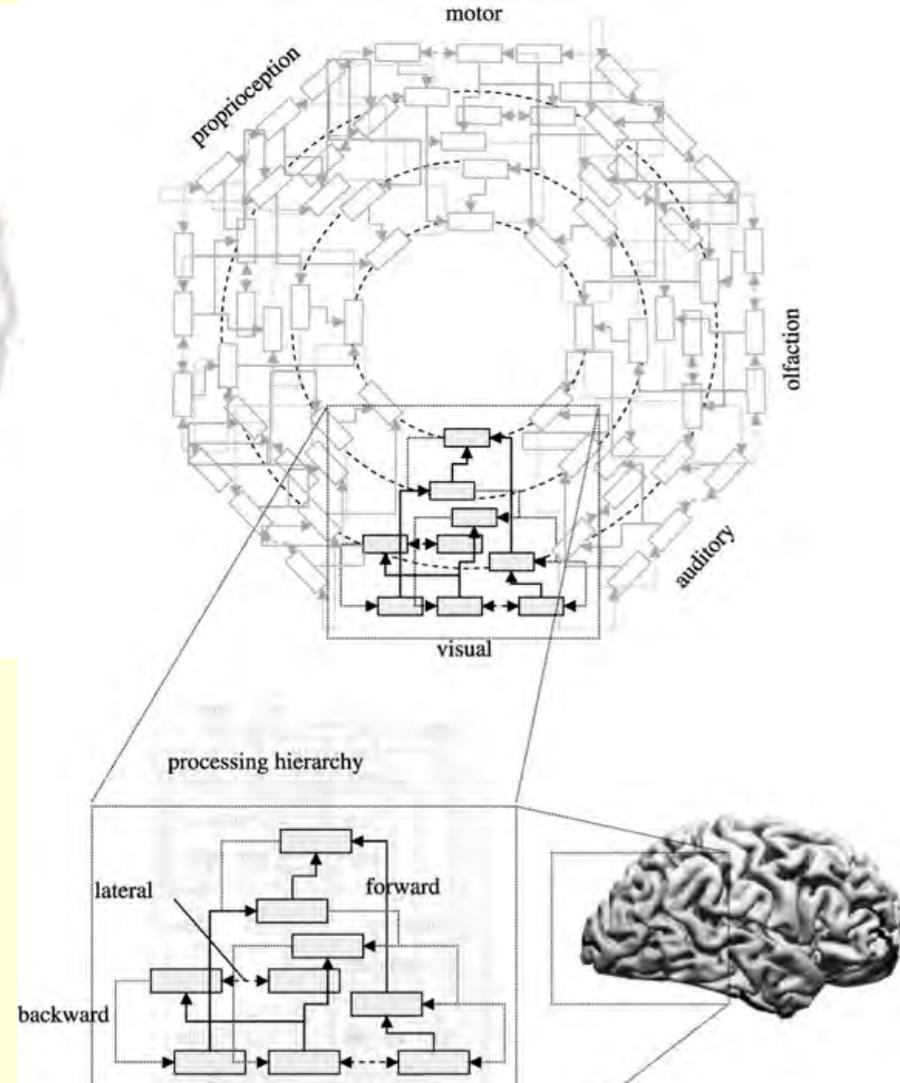
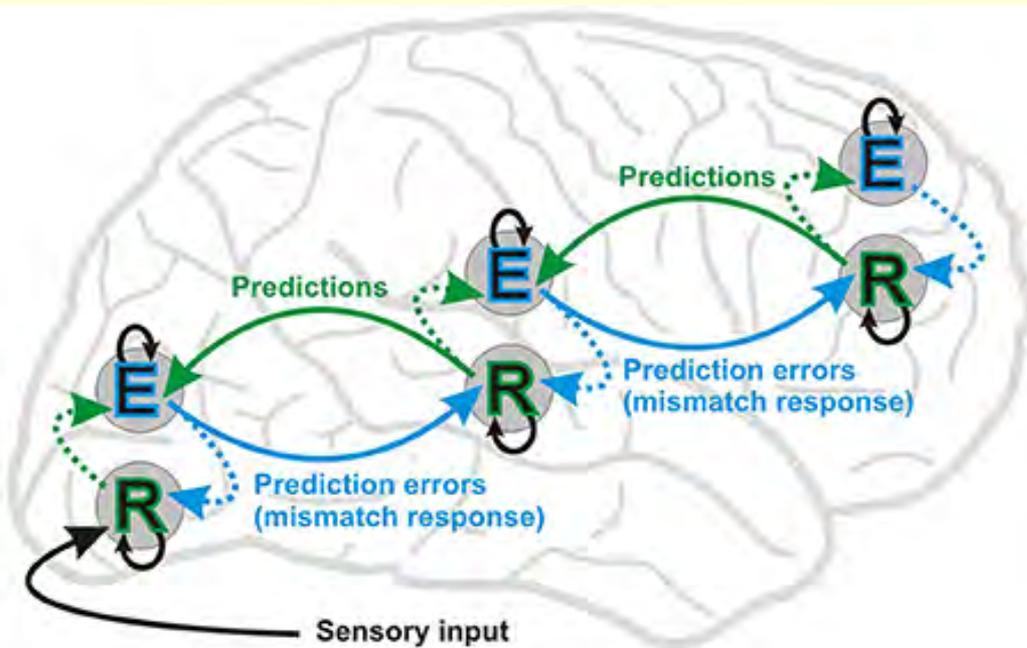
Animation



Background

Et dans les cerveaux humains
(en particulier le cortex), il y a une architecture
neuronale **compatible avec ces principes** :

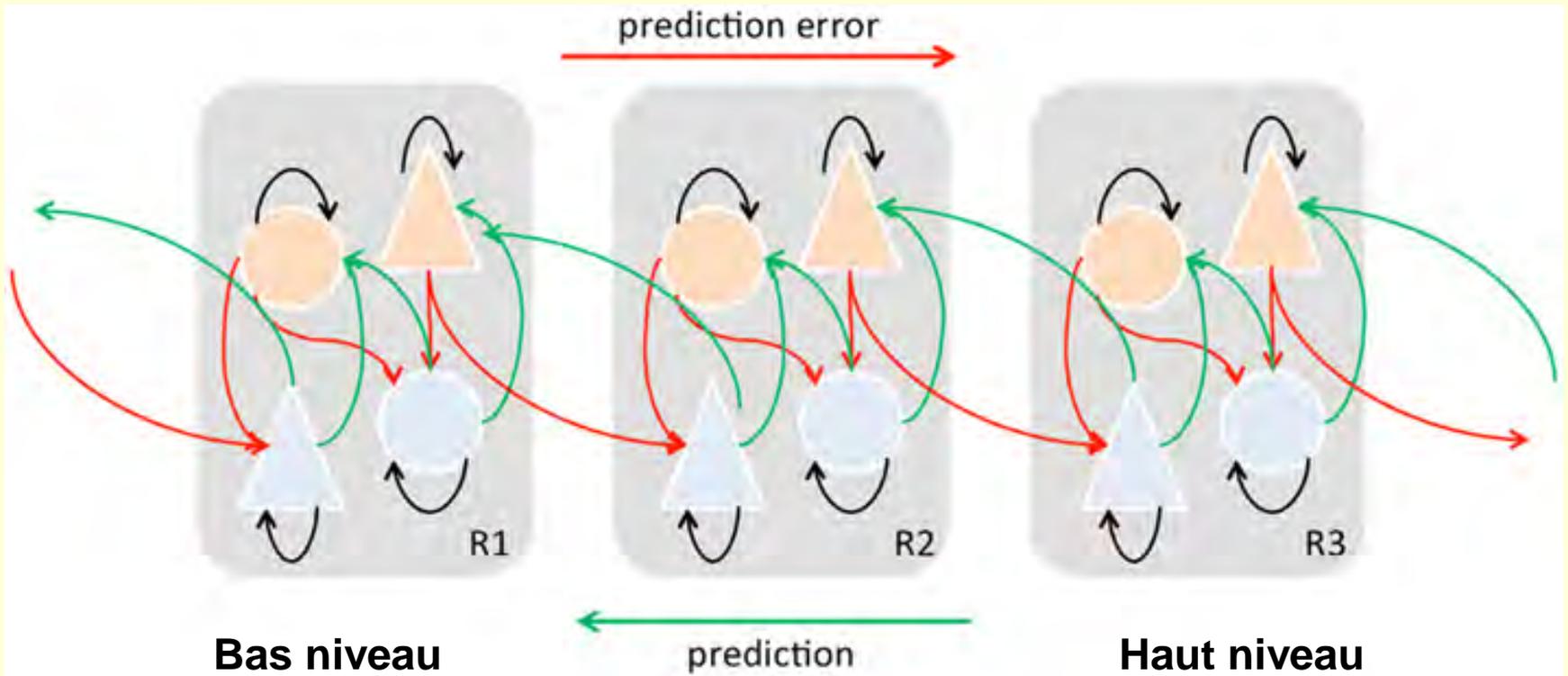
une architecture aux **multiples
niveaux** où chaque niveau essaie
de prédire l'état du niveau en-
dessous de lui.



Simplified scheme of the hierarchical predictive coding
framework ([Friston, 2005](https://doi.org/10.1016/j.neurosci.2005.08.039), [2008](https://doi.org/10.1016/j.neurosci.2008.08.039), [2010](https://doi.org/10.1016/j.neurosci.2010.08.039)).

<http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fnhum.2014.00666/full>

L'idée que des **motifs simples** dans un corps-cerveau dynamique pourraient permettre l'émergence de comportements complexes est donc aussi fondamentale dans cette nouvelle approche.



Predictive coding and how the dynamical Bayesian brain achieves specialization and integration

December 24, 2015

<http://neuroconscience.com/2015/12/24/predictive-coding-and-how-the-dynamical-bayesian-brain-achieves-specialization-and-integration/>
<http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fpsyg.2011.00395/full>

Et donc, on peut **minimiser l'erreur de prédiction**

soit en changeant le modèle par rapport au monde (**plasticité**)

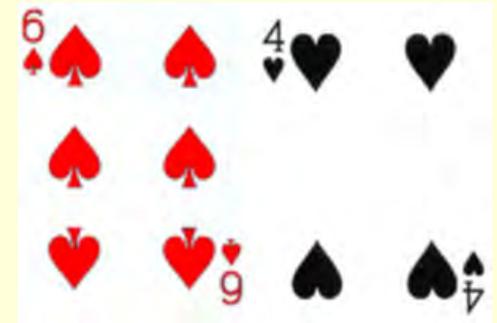
ou soit en changeant le monde par rapport à nos modèles (**action**).

L'expérience célèbre de J.S. Bruner et Leo Postman publiée en 1949 sous le titre "**On the Perception of Incongruity: A Paradigm**"

montre à quel point on est disposé à voir le réel à travers les catégories qu'on a déjà intériorisées.

Des cartes à jouer ont été présentées **très brièvement** à des sujets qui devaient les identifier.

Mais certaines cartes **anormales** avaient été glissées dans le jeu !



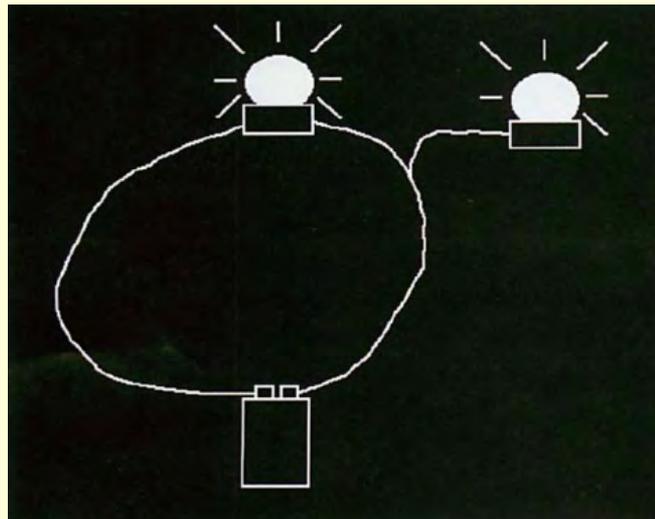
Avec des **temps de présentation très brefs**, les sujets les ont identifié comme faisant partie de catégories déjà connues, prenant par exemple le quatre de cœur noir pour un quatre de pique noir.

(des temps d'exposition **plus long** les faisaient toutefois **douter**...)

C'est comme si leurs catégories ou leurs « **modèles internes** » (ou encore leur « **expérience préalable** ») leur indiquait **qu'il ne pouvait exister que quatre types de cartes à jouer** et qu'ils se convainquaient que ce qu'ils avait vu devait donc rentrer absolument dans l'une de ces 4 catégories.

- L'étude du changement conceptuel doit être abordée comme l'étude du processus de construction des nouvelles conceptions, où l'incertitude permet de passer de l'insatisfaction à la recherche de nouvelles intuitions.

On lui demandait « c'est quoi alors ? » (**doute**).
Et là il y avait une ouverture pour intégrer une nouvelle conception...



« Ce circuit est correct. »



– L'étude du changement conceptuel doit être abordée comme l'étude du processus de construction des nouvelles conceptions, où l'incertitude permet de passer de l'insatisfaction à la recherche de nouvelles intuitions.

On lui demandait « c'est quoi alors ? » (**doute**).
Et là il y avait une ouverture pour intégrer une nouvelle conception...

Autrement dit, en termes de « **cerveau prédictif** » :

Une erreur de prédiction importante est constatée
devant l'incapacité à expliquer un phénomène.

Cela amène le sujet à vouloir **changer son modèle a priori**
(son « prior prediction », i.e. sa préconception spontanée erronée)

Et il est alors plus réceptif à une explication scientifique davantage basée sur des faits, des observations, etc. (i.e.: des « erreurs de prédiction » par rapport à son ancien modèle)

Si l'on revient aux grands principes de l'apprentissage,

il y en a un qu'on énonce souvent comme le « **retour d'information** »
(le corrigé d'un test, par exemple)

Encore ici, on peut traduire ça aisément en terme de « predictive processing » :

Car dans ce cadre, l'apprentissage se déclenche lorsqu'un **signal d'erreur** montre qu'une prédiction n'est pas parfaite (pas d'apprentissage si tout est parfaitement prévisible).

Le **signal d'erreur** peut venir d'une correction explicite (de l'enseignant, par exemple) ou de la détection endogène (par le cerveau lui-même) d'un **décalage entre prédiction (probabiliste) et observation (surprise)**.

Ainsi, des signaux d'erreur se propagent en permanence dans le cerveau sans que nous en ayons nécessairement conscience, et **ajustent sans cesse nos modèles mentaux**.

Conséquence pour l'éducation :

L'erreur et l'incertitude sont normales – elles sont même **indispensables**.

Ces erreurs n'impliquent **ni sanctions ni punitions**
(qui ne font qu'augmenter la peur, le stress et le sentiment d'impuissance).

Un signal d'erreur (ou la correction d'un test...) est d'autant plus efficace
que le feed-back est immédiat, lorsque l'élève peut comprendre tout de suite
son erreur.

Mieux vaut donc multiplier les **évaluations courtes corrigées immédiatement**
que d'attendre une semaine avant de remettre les copies corrigées
(je sais, c'est pas toujours évident... ;-)

Autres éléments de conclusion :

Il faut tendre vers un enseignement structuré, cohérent et dans un environnement **enrichi** (cf. l'expérience des rats dans un environnement enrichi).

Donc **exigeant**, mais tout en étant **accueillant, généreux, et tolérant à l'erreur**.

Dehaene ne croit pas en « LA » méthode d'enseignement, mais **une multitude structurée...**

Ces principes sont compatibles avec une **grande liberté pédagogique** (enseignant comme expérimentateur)

Et ne pas oublier, comme le montre Houdé, que les **connaissances antérieures** fondent nos connaissances actuelles et **demeurent sous-jacentes** (ne sont pas dépassées complètement comme disait Piaget...)

Plan :

Le cerveau à tous les niveaux

Cerveau – Corps – Environnement

La prise de décision

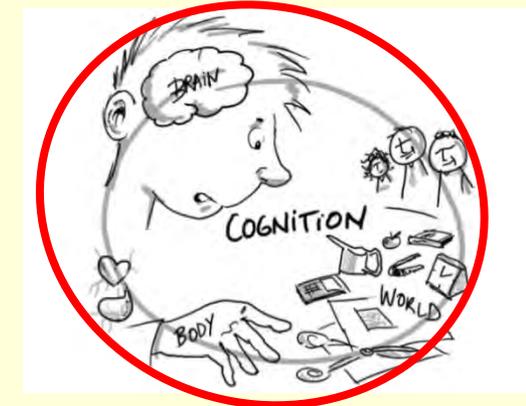
Le cerveau prédictif

Ou

Cerveau – Corps

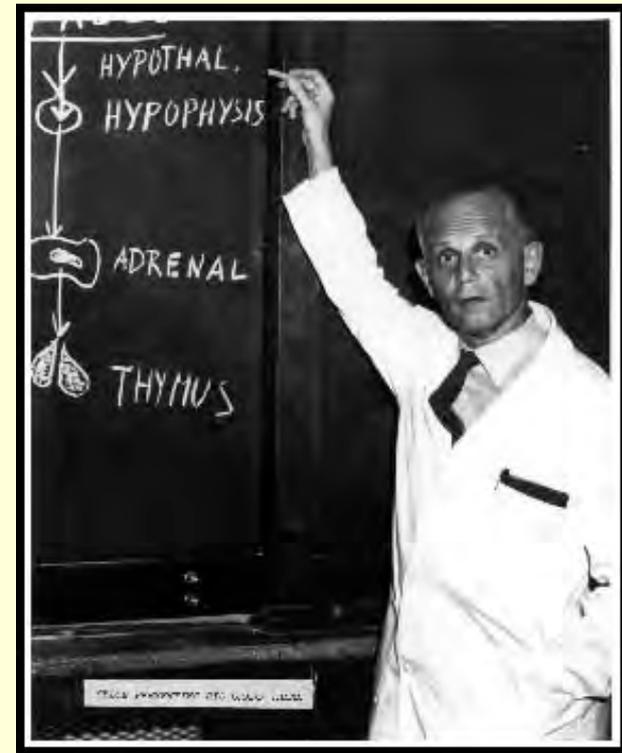
L'exemple du stress

Six « conseil santé »



On savait grâce aux travaux de **Hans Selye dans les années 1940 et 1950**, que la réaction de l'organisme à l'agression était **non spécifique**.

C'est-à-dire que l'organisme réagissait globalement de la même manière face aux brûlures, au froid, aux exercices musculaires, aux infections et au traumatisme de l'acte chirurgical.

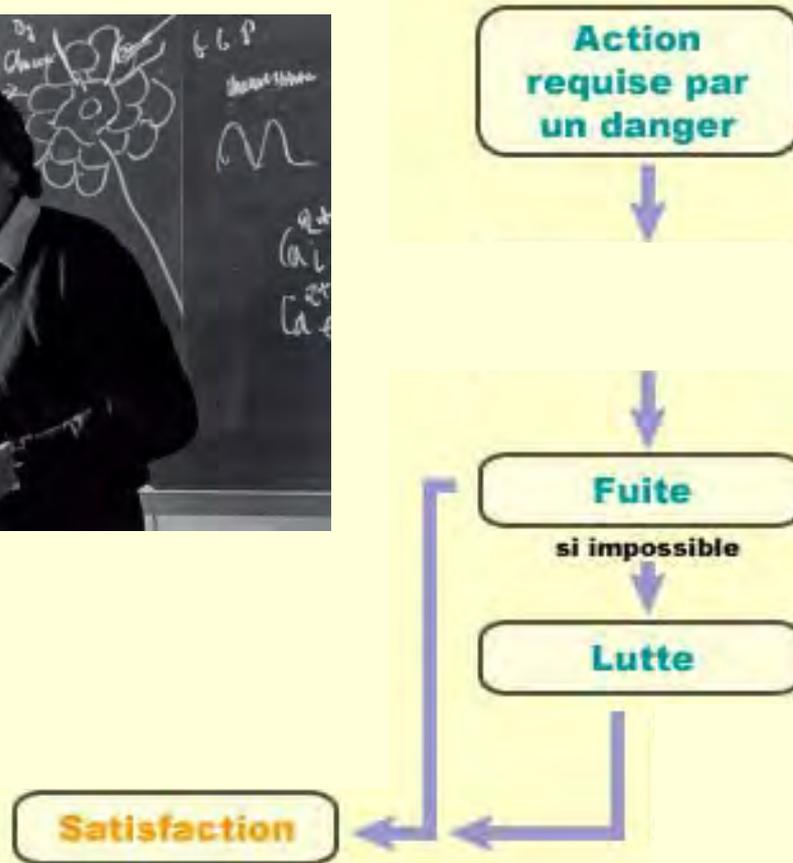
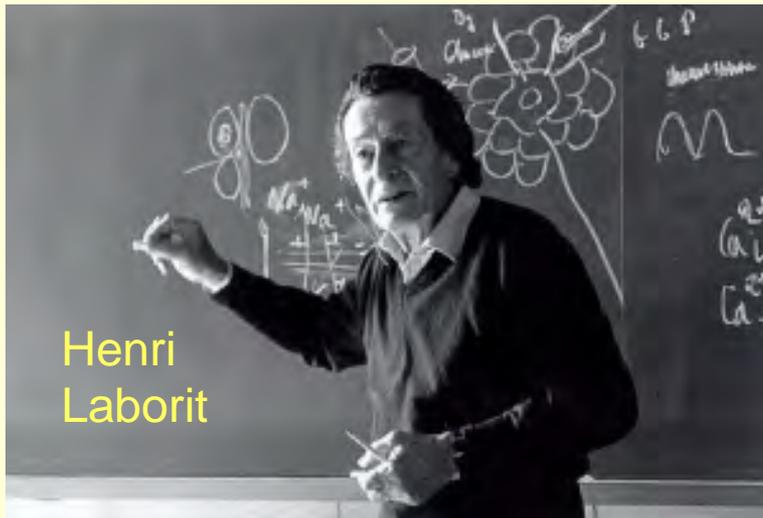


Selye a donc d'abord mis l'accent sur les **stresseurs physiques** mais il avait également ouvert la porte à une autre forme d'agression, dont l'agent principal se cache dans la vie de tous les jours: **l'agression psychosociale**.

Henri Laborit, qui connaissait bien Selye, va développer cette idée avec son concept **d'inhibition de l'action**.

Dans plusieurs de ses ouvrages, dont « **L'inhibition de l'action** » (1979) <http://www.elogedelasuite.net/?p=580>

Laborit explique que la perception par le cerveau d'un danger menaçant la survie de l'organisme met en branle dans tout le corps plusieurs mécanismes favorisant la **fuite ou la lutte**.



Nos réactions physiologiques à une menace viennent de la nécessité de **sauver sa peau !**

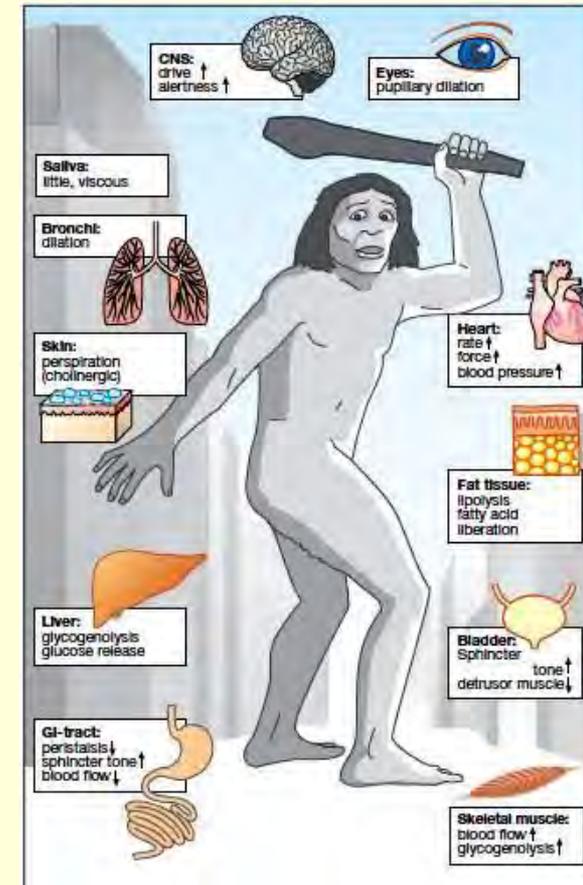
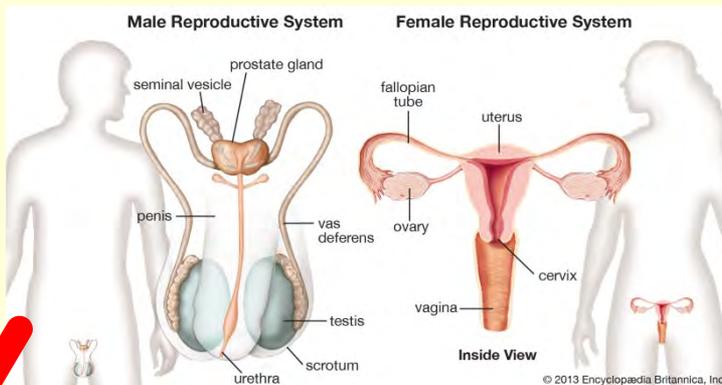
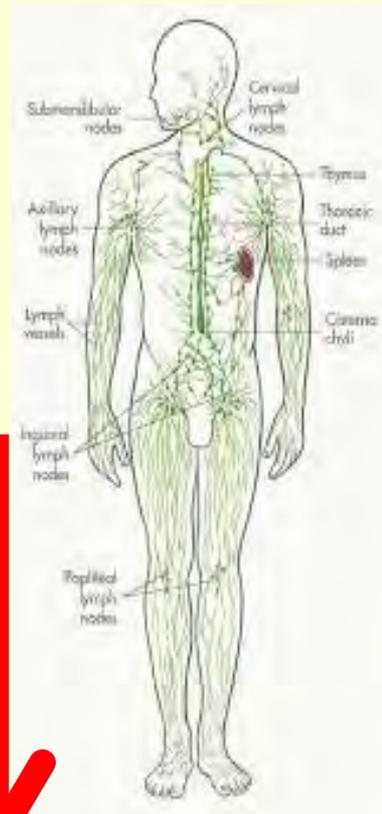
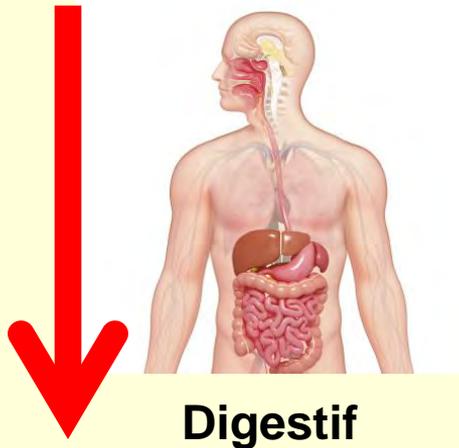
Que ce soit pour **fuir** ou, s'il ne peut pas, pour **se battre**, il y aura de vastes remaniements nerveux et hormonaux chez l'individu menacé pour allouer le plus de ressources possible aux muscles et au système cardiorespiratoire.



A. Responses to sympathetic activation

Mais qui dit plus de ressources à certains systèmes dit forcément **moins de ressources dans d'autres** : les systèmes digestif, reproducteur ou immunitaire pâtiront ainsi pendant un court instant de cette réallocation nécessaire pour assurer la survie de l'organisme.

Cela aura peu d'effet si la fuite ou la lutte élimine la présence du prédateur et que tout revient à la normale après ce stress de **courte durée** (ou « stress aigu »).





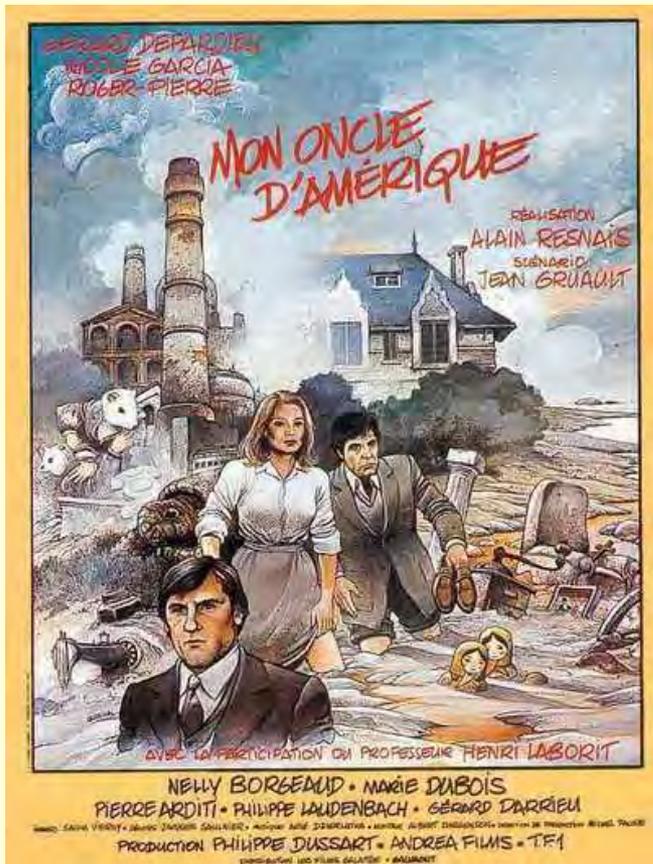
Même chose dans une troisième situation où un rongeur traversant un champ ouvert, par exemple, aperçoit un oiseau de proie au-dessus de lui.

Ne pouvant ni fuir ni lutter, **il fige sur place**, en espérant que l'oiseau ne le verra pas.

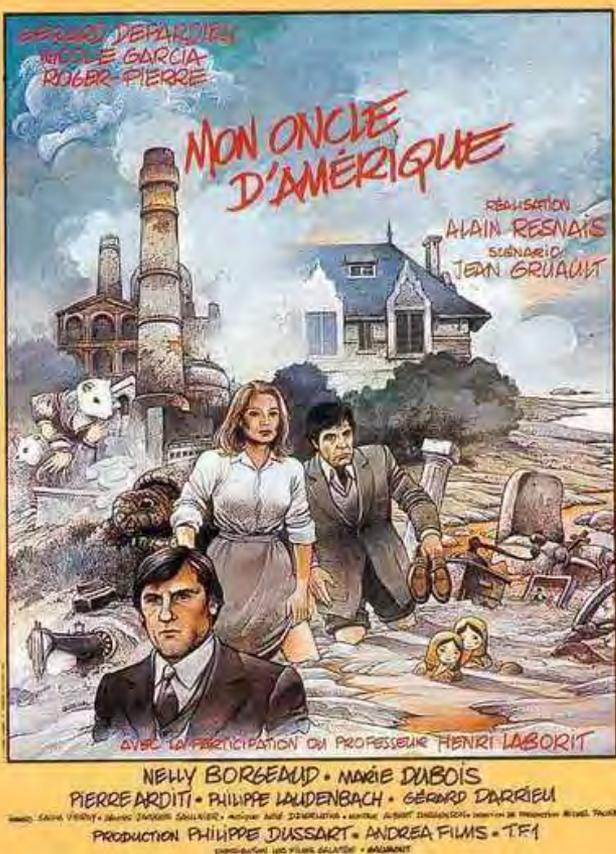
Si c'est le cas, encore une fois le stress **aigu** ne dure pas et le rongeur en est quitte pour une bonne frousse.

Mais qu'en est-il s'il dure, c'est-à-dire si le stress devient **chronique** ?
C'est là que les choses **se compliquent...**





Pour illustrer ceci, une expérience de Laborit qu'il décrit dans le film *Mon oncle d'Amérique*.



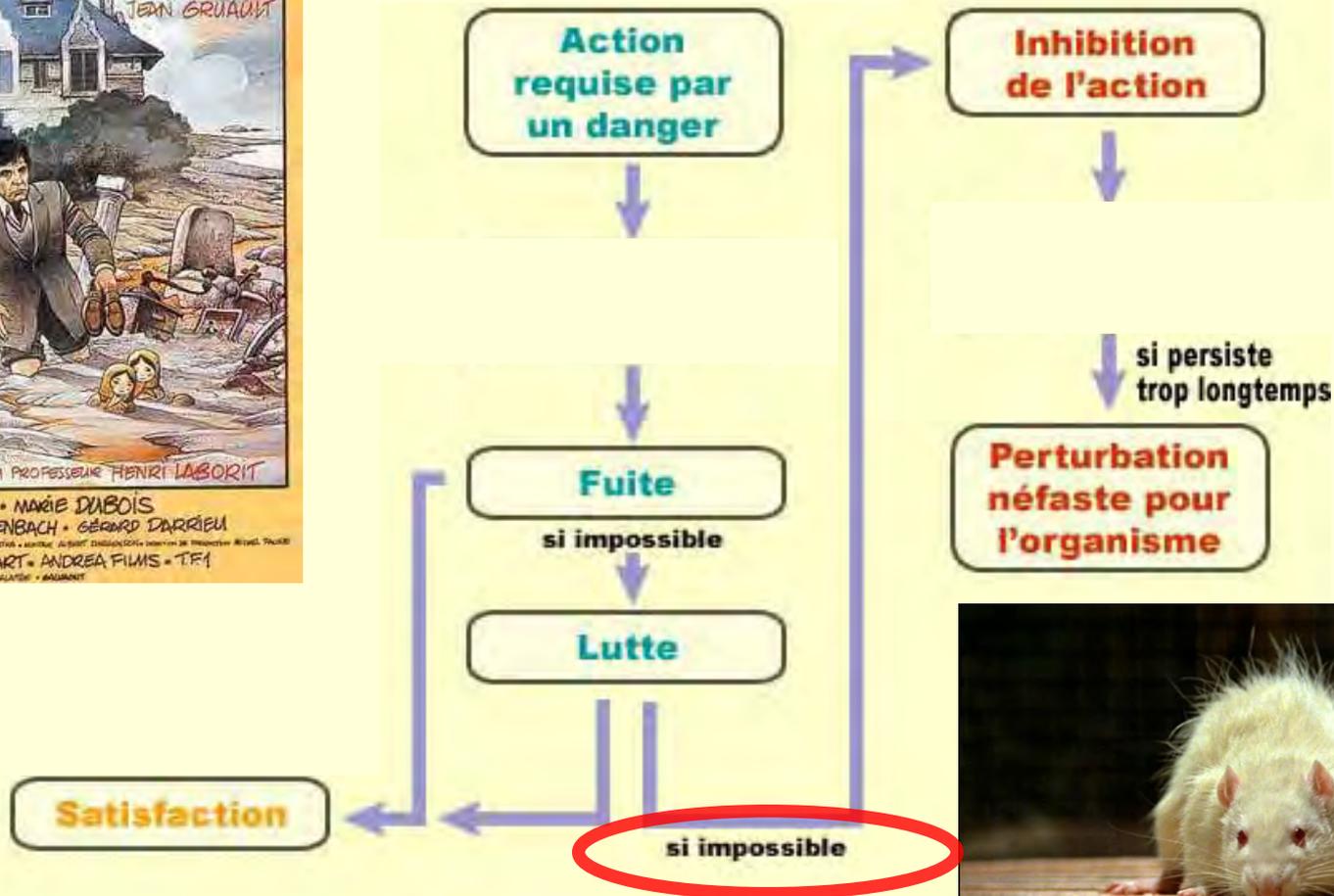
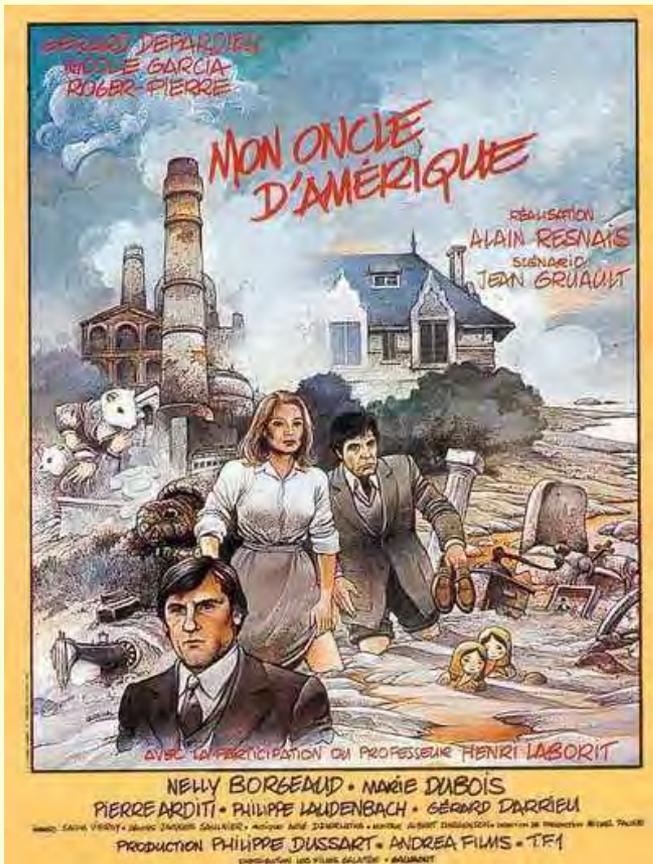
Action
requise par
un danger

Fuite
si impossible

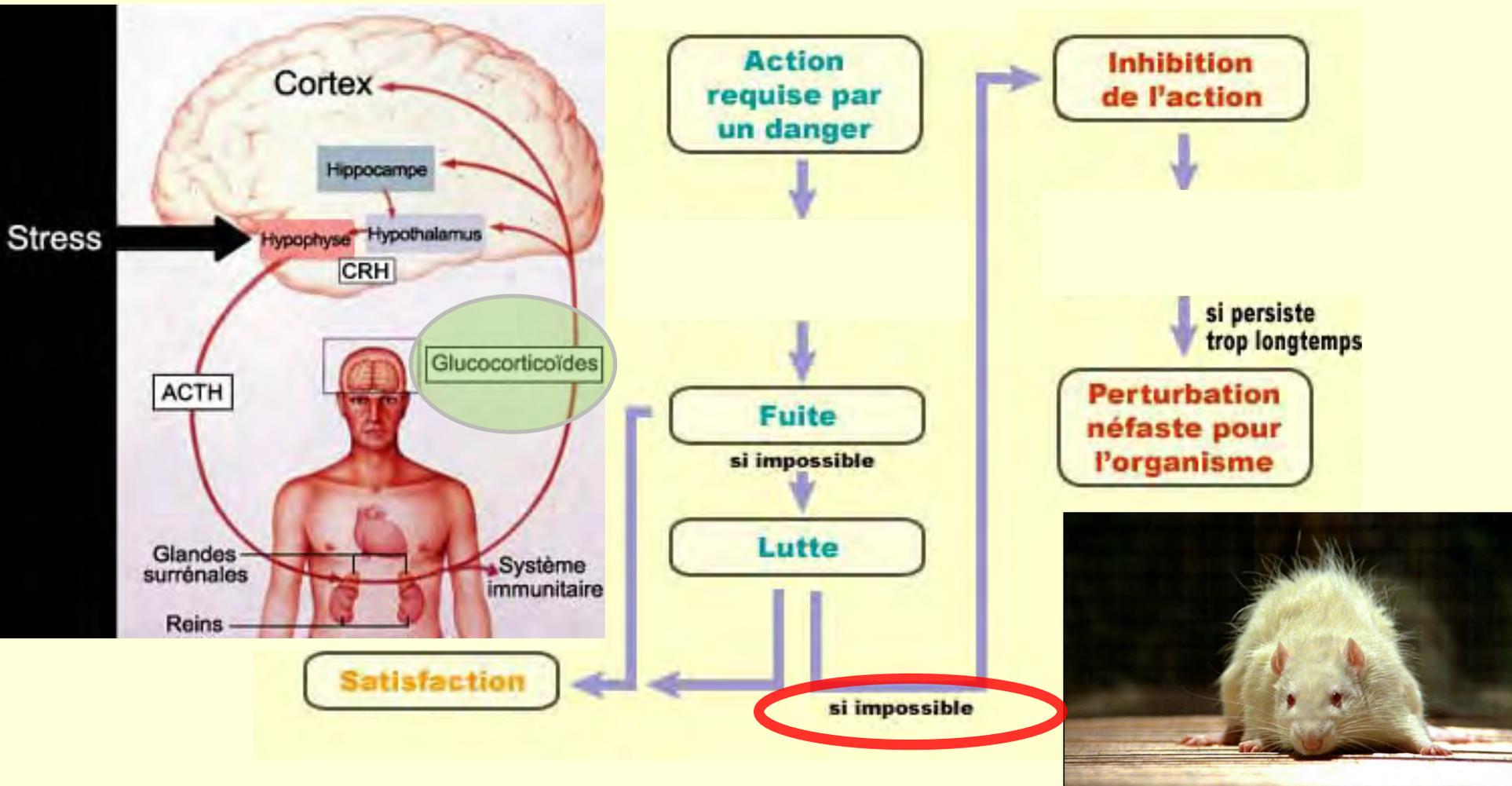
Lutte

Satisfaction





Certaines hormones, comme les glucocorticoïdes, qui demeurent alors à un taux élevé dans le sang durant une **longue période**, vont **affaiblir le système immunitaire** et même affecter le cerveau.





Les **ressources** moindres allouées durant un stress chronique au système immunitaire lui feront alors un tort considérable et ouvrira la porte à de nombreuses pathologies.



Impact de la pauvreté sur le système immunitaire

→ Un statut social bas **diminue les fonctions immunitaires**

La position relative d'un singe rhésus dans la hiérarchie de dominance de son groupe affecte son système immunitaire :



- plus le rang d'un singe est bas dans la hiérarchie, **moins il produit de cellules immunitaires** d'un certain type
- et plus il active de gènes reliés à **l'inflammation**
- parmi les individus **subordonnés**, ceux qui se faisaient **le plus toletter** ("grooming") étaient ceux qui avaient les processus inflammatoires les **moins élevés**.

"If we're able to improve an individual's environment and social standing, that should be rapidly reflected in their physiology and immune cell function."

- Dr. Snyder-Mackler

Social status alters immune regulation and response to infection in macaques

Noah Snyder-Mackler et al. *Science* 25 Nov **2016**.

<http://science.sciencemag.org/content/354/6315/1041>

Ce qui nous ramène à **l'inhibition de l'action chez l'humain**, car c'est exactement ce que les individus subordonnés subissent chroniquement.



Et à deux conséquences importantes de ces études :

- Le **soutien social** semble avoir un effet bénéfique important sur les phénomènes inflammatoires néfastes induits par l'inhibition de l'action.
- Ces derniers semblent être **rapidement réversible** avec des changements environnementaux bénéfiques (changement de groupe de l'animal)

Très rapidement, en fait : le fait de prendre une position « de **dominance** » ou « de **soumission** » peut induire les remaniements hormonaux correspondants dans le corps.

Quand notre posture influence notre cerveau

<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2014/04/28/quand-notre-posture-influence-notre-cerveau/>

Que ce soit chez les chats, les loups ou les grands singes, lorsqu'un animal affirme sa dominance sur un congénère, il le fait en adoptant **une posture qui le fait paraître plus gros.**

Mettre nos mains sur nos hanches ou lever les bras au ciel après une victoire sont des postures universelles de **dominance**.

À l'opposé, une position du corps recroquevillée est un signe aussi certain de **soumission** chez tous les humains.



Amy Cuddy et son équipe ont donc simplement demandé à des sujets de **mimer ces postures pendant deux minutes** et ont ensuite regardé si certains niveaux d'hormones avaient changé. Lesquelles ?

Celle que l'on sait le plus associées à la dominance dans le monde animal, soit la **testostérone**, alors élevée, et le **cortisol**, alors bas.

Or les dosages avant / après la prise de posture dominante par les sujets reflétait exactement cela : hausse du taux de testostérone et baisse de celui de cortisol ! Même chose au niveau comportemental : **la prise de risque**, bien connue pour sa corrélation positive avec le niveau de confiance, augmentait également.

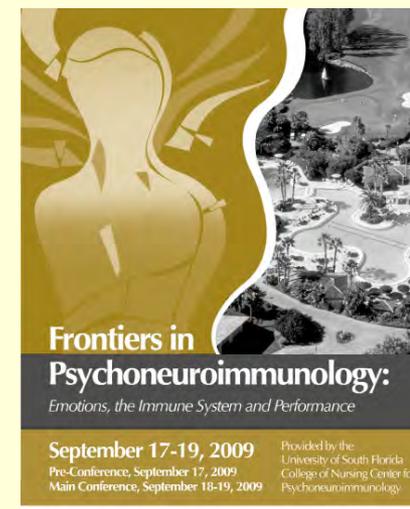
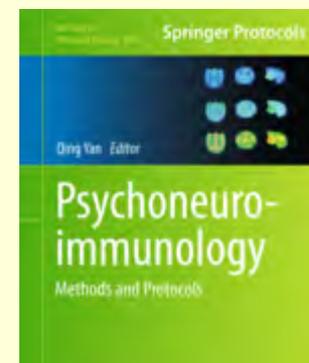
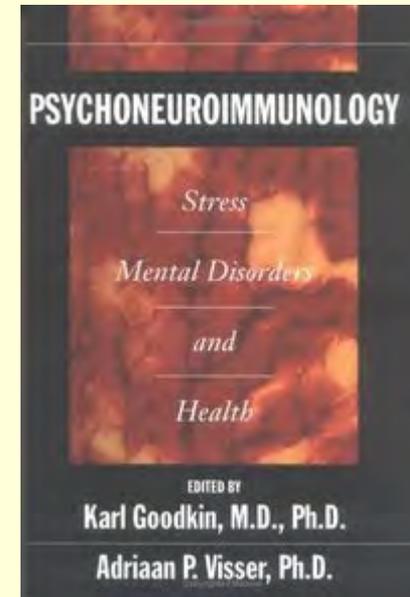
Quant aux sujets qui avaient adopté une posture de **soumission** avant les tests, ils ont, pour leur part, montré exactement les fluctuations **inverses**.

Le stress n'affecte pas que **le système nerveux sympathique et le système hormonal** (et les nombreux remaniements physiologiques qui l'accompagne).

Il affecte aussi, comme on l'a dit, **le système immunitaire.**

La **psycho-neuro-immunologie**, s'est développée à partir des travaux de Robert Ader à partir du milieu des années 1970.

Celui-ci a réussi à conditionner des rats en associant la prise d'un liquide sucré à une substance immunosuppressive, de sorte que **l'eau sucrée seule parvenait ensuite à diminuer les défenses immunitaires de l'animal.**



Aquisition

Le goût est perçu par le système nerveux.

Le stimulus conditionnel et le stimulus inconditionnel sont associés et mémorisés dans le cerveau.

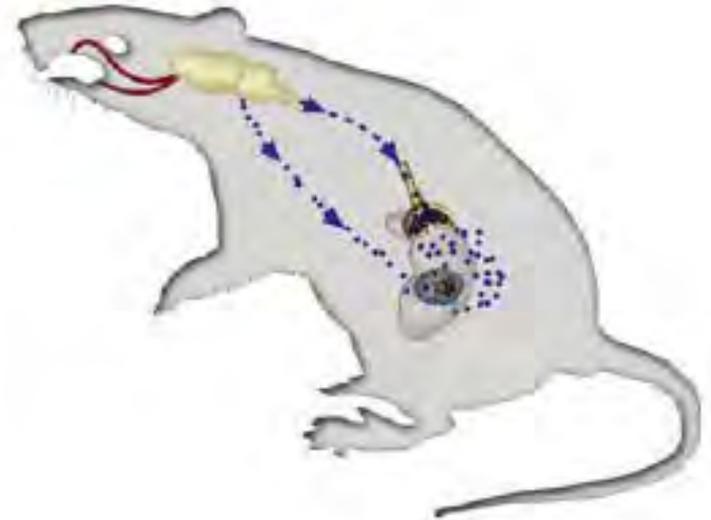


La substance immunosuppressive elle-même et/ou ses effets physiologiques sont détectés par le système nerveux via ses afférences nerveuses ou humorales.

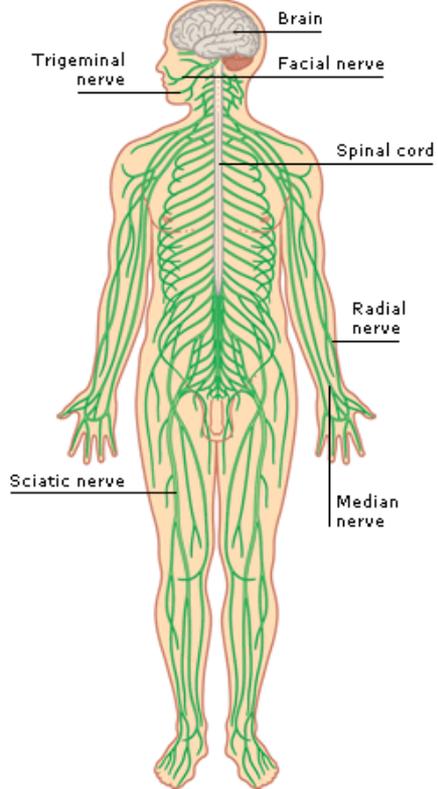
••• humoral / - - - neural afferent pathway
••• humoral / - - - neural efferent pathway

Evocation

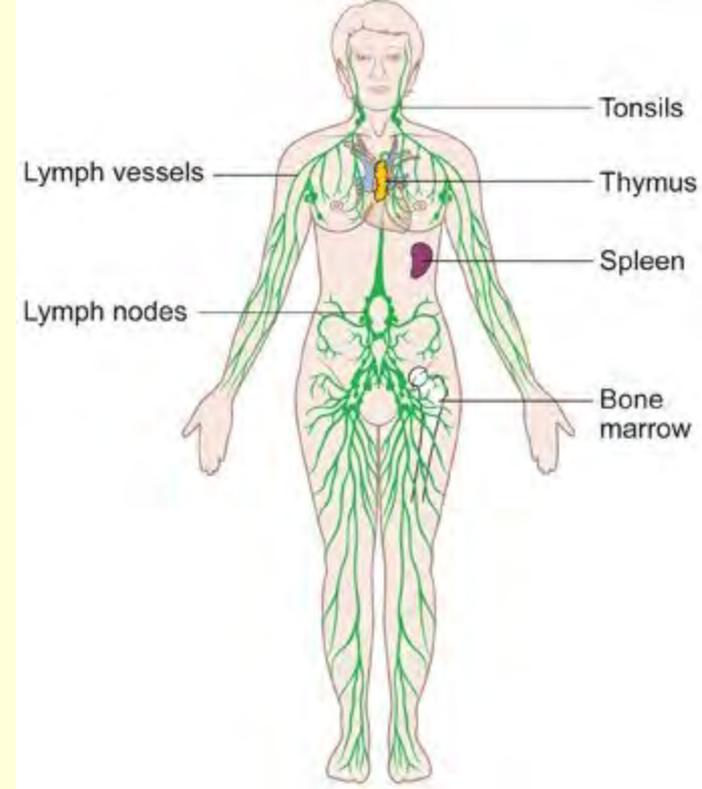
Plus tard, quand l'animal est réexposé seulement au goût,



celui-ci est maintenant capable de réactiver la réponse immunitaire via les efférences nerveuses ou humorales.



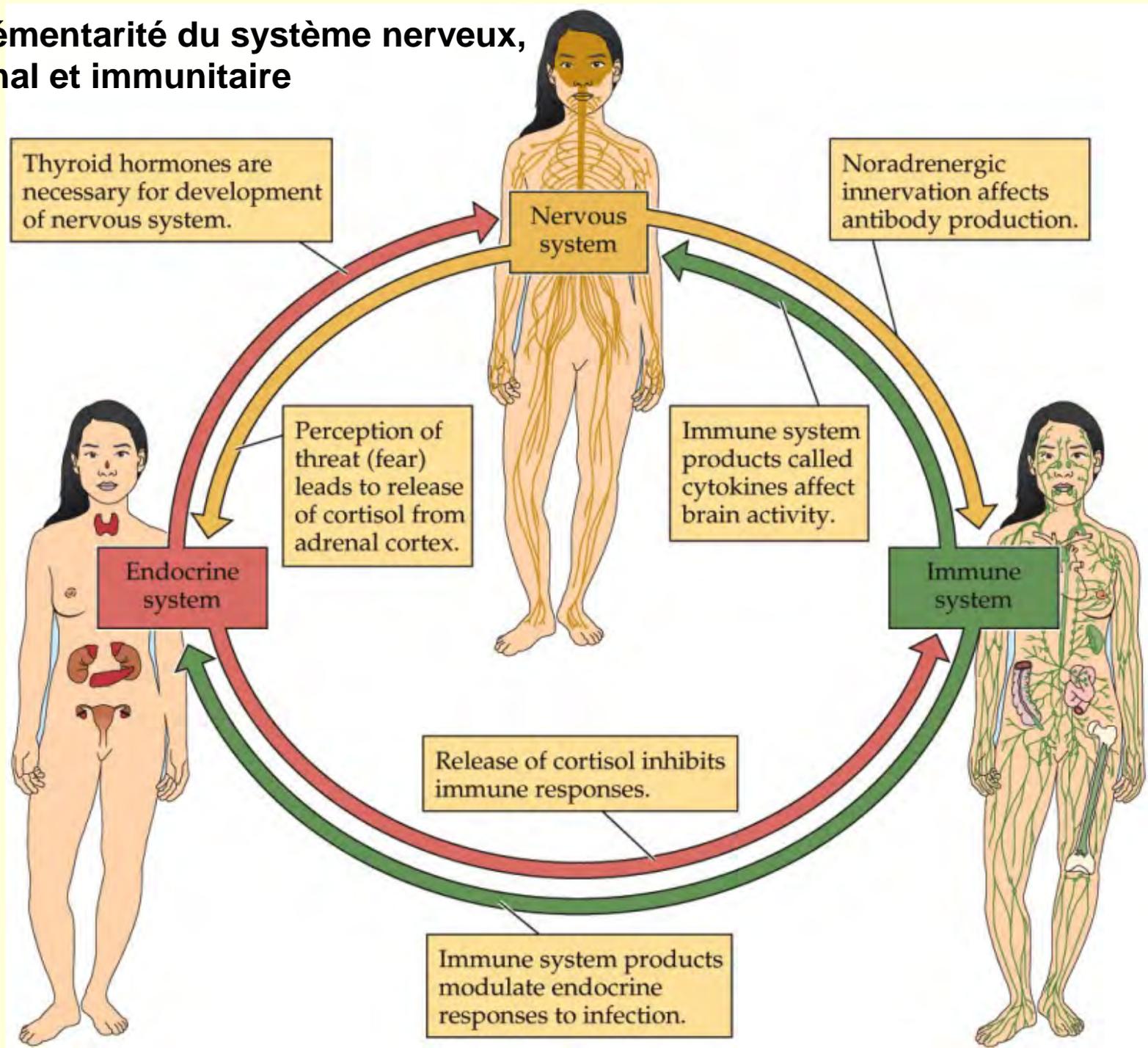
C'était la première évidence scientifique que le système nerveux peut influencer le système immunitaire.

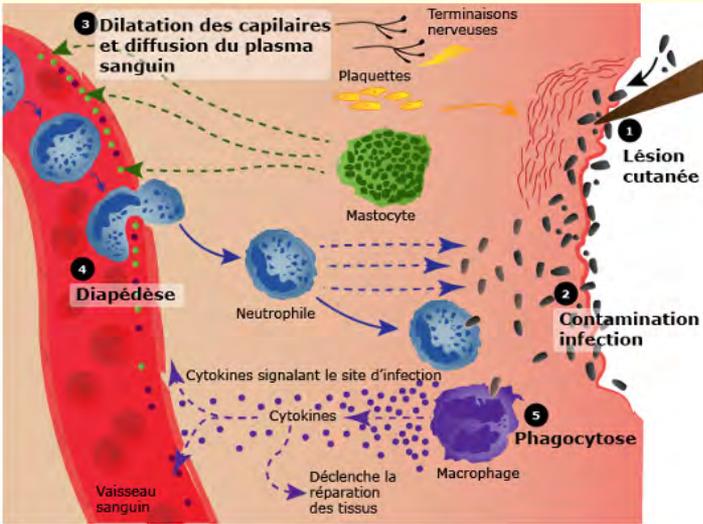


Et l'on a, depuis, commencé à élucider les mécanismes de communication entre système nerveux et immunitaire...

...ainsi qu'avec le **système hormonal**.

Complémentarité du système nerveux, hormonal et immunitaire





L'inflammation est normale et utile pour combattre les infections.

Mais l'inflammation chronique en l'absence de microbe et causée par le stress peut être très **néfastes pour la santé**.

Liens intimes entre système nerveux et immunitaire

(2009) <http://www.blog-lecerveau.org/blog/2013/09/09/2929/>

une **situation sociale perçue comme menaçante** par notre cerveau mettrait en branle des processus inflammatoires passablement néfastes pour l'organisme.

Chronic stress and anxiety can damage the brain, increase the risk of major psychiatric disorders. January 21, 2016

<http://www.baycrest.org/news/chronic-stress-and-anxiety-can-damage-the-brain-increase-the-risk-of-major-psychiatric-disorders/>

Can anxiety damage the brain? Mah L, et al. Curr Opin Psychiatry. 2016 Jan;29.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26651008>

L'anxiété et le stress chronique **exacerbent les circuits cérébraux de la peur** (amygdale) et altère **les structures régulant le contrôle du stress** comme le cortex préfrontal et l'hippocampe

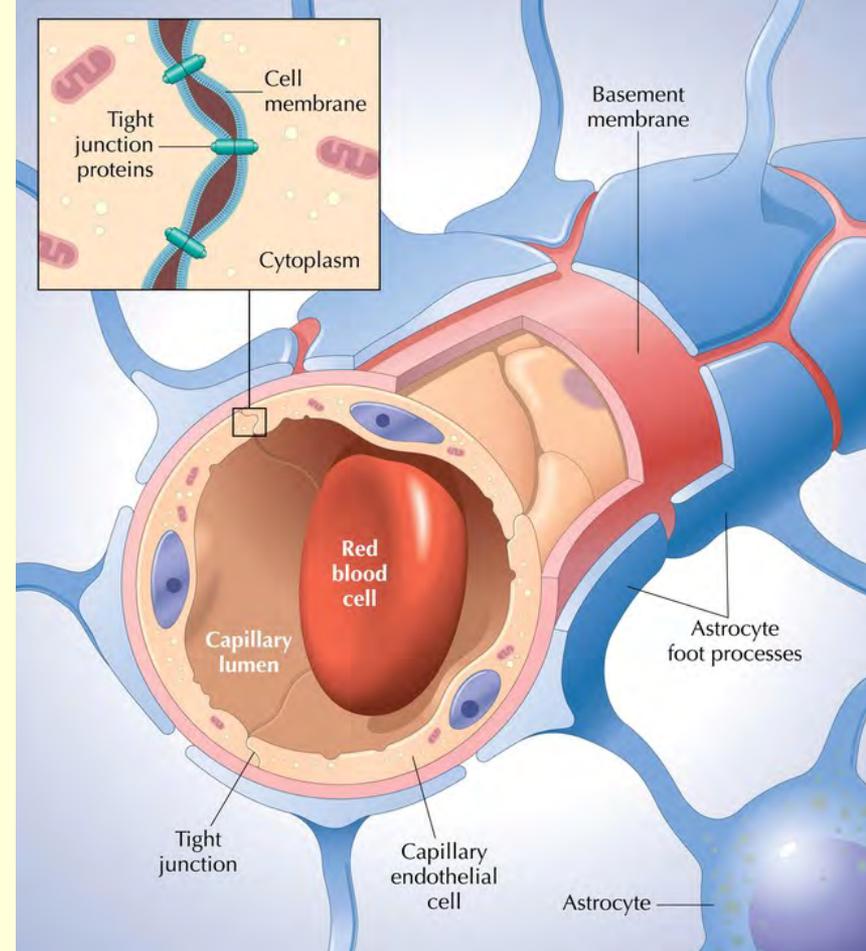
→ Risque accru de **troubles mentaux** (dépression, démence, etc.)

Comment la dépression entre dans le cerveau

Publié le mardi 27 février 2018

<http://ici.radio-canada.ca/premiere/emissions/medium-large/segments/chronique/60987/comment-depression-entre-dans-cerveau-sonia-lupien>

L'exposition au stress chronique réduirait l'étanchéité d'une **protéine (claudin-5)** protégeant la barrière hématoencéphalique du cerveau, permettant aux **cytokines proinflammatoires (interleukin-6)** de s'y introduire, causant ainsi la dépression.

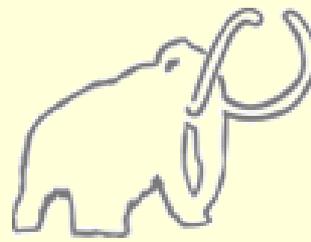


Social stress induces neurovascular pathology promoting depression

Nat Neurosci. 2017 Dec;20(12) <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29184215>

Caroline Ménard (québécoise) et al.

Prévention du stress



CENTRE D'ÉTUDES
SUR LE STRESS
HUMAIN (CESH)

(l'acronyme « **CINÉ** »)

La menace :

Exemple :

**CONTRÔLE
FAIBLE**

Pris dans embouteillage

IMPRÉVISIBILITÉ

Votre poste pourrait être coupé

NOUVEAUTÉ

Vous attendez votre premier enfant

ÉGO MENACÉ

On remet en question vos
compétences professionnelles

Cela dit, il n'y a pas de façon universelle de gérer son stress.

Bien que le yoga et la méditation puissent fonctionner pour certaines personnes, ces techniques, pour d'autres personnes, peuvent être une véritable torture!

Chacun de nous doit trouver sa propre façon de gérer son stress.

L'important étant d'utiliser l'énergie mobilisée par les hormones de stress (même si ça n'a pas rapport... pensez aux rats qui se battent...)

et d'être le moins possible dans un état **d'inhibition de l'action**.

Certains favoriseront la **lutte**. D'autres la **fuite**, comme Laborit qui favorisait essentiellement une fuite dans **l'imaginaire...**

www.elogedelasuite.net

The screenshot shows the homepage of the website 'Éloge de la suite' dedicated to Henri Laborit. The main header features the title 'Éloge de la suite' and a sub-header 'à PROPOS DU FILM' with an arrow pointing to the right. Below this, it says 'autour d'Henri Laborit et d'autres parcours qui l'ont croisé'. A navigation menu includes 'POURQUOI CE SITE?', 'BIOGRAPHIES', 'LIVRES', 'ARTICLES', 'AUDIO', 'VIDÉO', 'PHOTOS', 'CITATIONS', and 'CONTACT'. A secondary menu lists 'POURQUOI CE FILM?', 'FINANCEMENT', 'PERSONNAGES', 'BAND', and 'ANNONCE'. The main content area has a section titled 'LA SUITE... (INFLUENCES DEPUIS SON DÉCÈS EN 1993, ET PROJETS EN COURS)'. Below this is a featured article with a yellow background: 'LE FILM! Découvrez le film « Sur les traces d'Henri Laborit » associé à ce site! Publié le 27 novembre 2014 - Laisser un commentaire. Consultez les sections du menu en haut à droite de la page pour tout.' To the right of this article is a small image of Henri Laborit with a quote: '« Tant qu'on n'aura pas diffusé très largement à travers les hommes de cette planète la façon dont fonctionne leur cerveau, la façon dont ils l'utilisent et sans que l'un n'ait pu dire que jusqu'ici cela a toujours été pour dominer l'autre, il n'y a pas de chance qu'il y ait quoi que ce soit qui change. »'. Below the featured article is a section 'DERNIÈRES PUBLICATIONS SUR LE SITE:' with a link to 'Sur les traces d'Henri Laborit - Partie 2: Biologie'. On the far right, there is a small image of Henri Laborit and a quote: '« Henri Laborit, dernière phase du film Mosaïque d'Amérique (1984) »'. At the bottom, there is a section 'OÙ ÊTES-VOUS?' with a link to 'Vous êtes sur un site web qui tente de rassembler le plus de documents possible autour de l'œuvre d'Henri Laborit dans le but d'en faire profiter généralement le plus grand nombre. Un film en préparation sur des parcours qui ont croisé Laborit utilise également ce site comme vidéo.'



Dans plusieurs de ses ouvrages, Laborit rappelle que l'être humain dispose, grâce à son **vaste cortex associatif**, de capacités d'imagination qui lui offrent d'autres options que la seule fuite physique.



Cette fuite dans **l'imaginaire** peut l'être au niveau :

- **artistique**
- **scientifique**
- **de notre vie personnelle**
- **des structures sociales**

Bien sûr, idéalement, il faut chercher les causes ultimes de l'inhibition de l'action.

Et bien souvent, elles se retrouvent dans les **inégalités sociales** qu'il faut donc combattre (une bonne façon d'ailleurs de ne pas être en inhibition de l'action !).

Impact de la pauvreté sur les fonctions cognitives

→ « La pauvreté, c'est **mentalement fatigant** »



Les efforts requis pour faire face à des problèmes matériels de base **épuisent les capacités mentales des personnes pauvres**, leur laissant peu d'énergie cognitive pour se consacrer à leur éducation ou pour entretenir des relations sociales de qualité.

Poverty Impedes Cognitive Function

Anandi Mani et al., *Science* 30 Aug **2013**.

<http://science.sciencemag.org/content/341/6149/976>

→ La pauvreté augmente l'anxiété qui nuit à la **prise de décision**

Celle-ci est plus facilement **biaisée** par des stimuli environnementaux saillants au détriment des choix flexibles découlant de processus « top down ». Bref, on se fait plus facilement influencer par des choses comme la **publicité** (celle de la malbouffe, par exemple).

Anxiety Evokes Hypofrontality and Disrupts Rule-Relevant Encoding by Dorsomedial Prefrontal Cortex Neurons

Junchol Park et al., *The Journal of Neuroscience*, 16 March **2016**.

<http://www.jneurosci.org/content/36/11/3322.abstract>

La pauvreté augmente aussi l'isolement social

→ Conclusion d'une méta-analyse de 148 études réalisées sur plus de 300 000 personnes :

- vivre seul avec peu de contact avec sa communauté est aussi **toxique que le tabagisme, l'alcoolisme, l'obésité ou vivre sans activité physique !**

Loneliness and Social Isolation as Risk Factors for Mortality. A Meta-Analytic Review

Julianne Holt-Lunstad et al. *Perspectives on Psychological Science*, March 11, **2015**.

<http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1745691614568352?journalCode=ppsa&>

Six choses qui, de façon plus générale,
font du bien à notre corps-cerveau.

1) **diète équilibrée**, faible en gras saturés et riche en fruits, légumes, noix, céréales, poisson, huile d'olive, etc...

HEALTHY EATING PLATE



Use healthy oils (like olive and canola oil) for cooking, on salad, and at the table. Limit butter. Avoid trans fat.

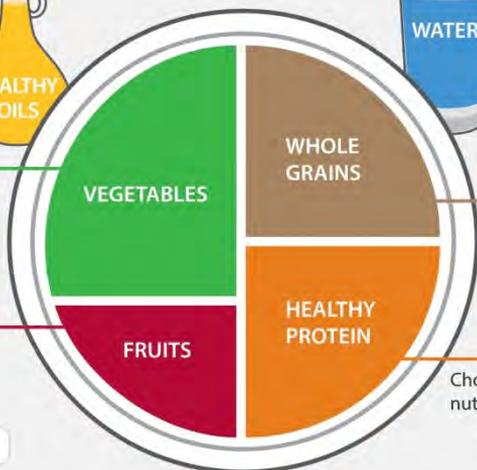
The more veggies – and the greater the variety – the better. Potatoes and French fries don't count.

Eat plenty of fruits of all colors.



© Harvard University

Harvard T.H. Chan School of Public Health
The Nutrition Source
www.hsph.harvard.edu/nutritionsource

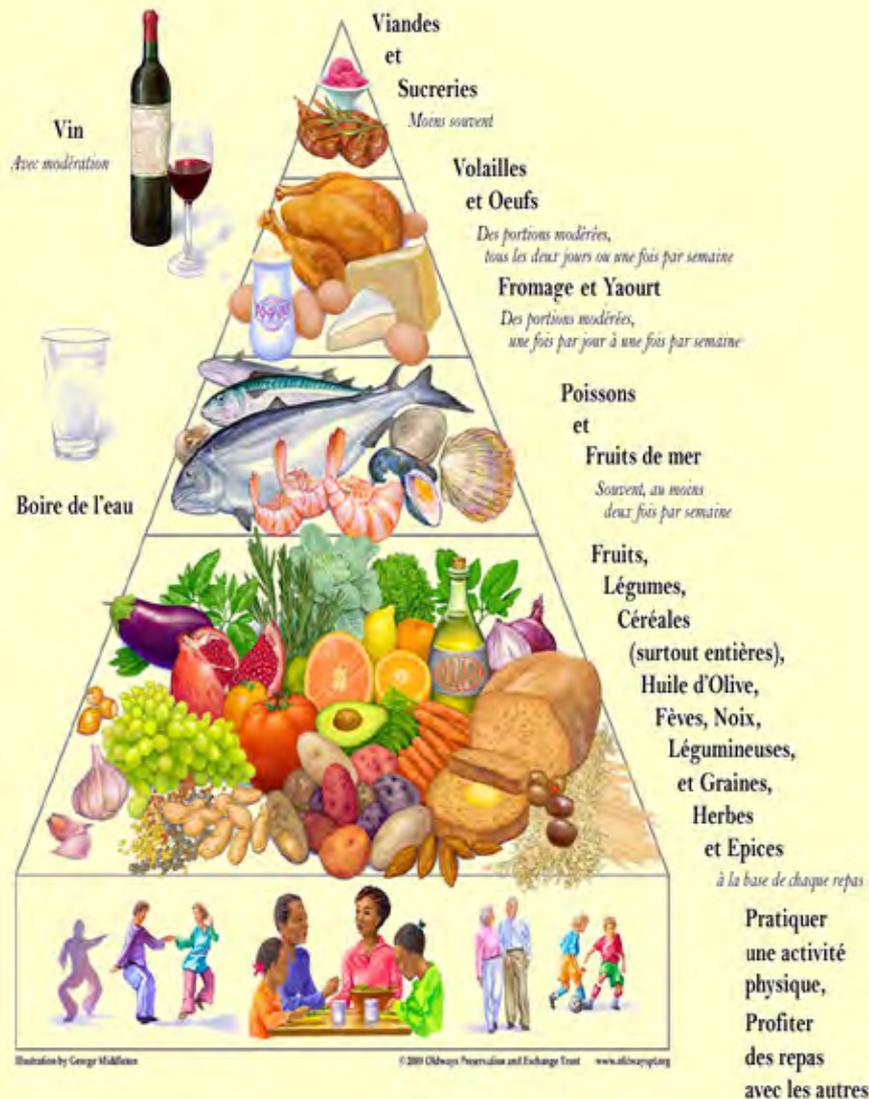


Drink water, tea, or coffee (with little or no sugar). Limit milk/dairy (1-2 servings/day) and juice (1 small glass/day). Avoid sugary drinks.

Eat a variety of whole grains (like whole-wheat bread, whole-grain pasta, and brown rice). Limit refined grains (like white rice and white bread).

Choose fish, poultry, beans, and nuts; limit red meat and cheese; avoid bacon, cold cuts, and other processed meats.

Harvard Medical School
Harvard Health Publications
www.health.harvard.edu



L'huile d'olive extra-vierge protège vraiment le cerveau

<http://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1041287/huile-olive-extra-vierge-protection-cerveau-autophagie>

22 juin 2017



Le BLOGUE du CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

Malbouffe et Alzheimer : des liens plus étroits qu'on pensait

<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2012/09/17/malbouffe-et-alzheimer-des-liens-plus-etroits-quon-pensait/>

L'huile d'olive extra-vierge protège vraiment le cerveau

<http://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1041287/huile-olive-extra-vierge-protection-cerveau-autophagie>

22 juin **2017**

« Le régime méditerranéen et surtout l'huile d'olive extra-vierge préservent la mémoire et protègent le cerveau contre la démence et la maladie d'Alzheimer, confirme une étude américaine »

2) **activité physique**, non seulement bénéfique pour le système cardiovasculaire, mais aussi pour les fonctions cognitives



Le BLOGUE du CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

Préserver notre corps et notre cerveau des maux de la civilisation

<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2014/06/30/preserver-notre-corps-et-notre-cerveau-des-maux-de-la-civilisation/>



L'exercice régulier : un remède contre l'anxiété

<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2013/07/15/lexercice-regulier-un-remede-contre-lanxiete/>

Les médecins du Québec peuvent maintenant prescrire de l'activité physique

4 septembre **2015**

<http://ici.radio-canada.ca/nouvelles/societe/2015/09/04/001-medecins-activite-physique-prescription-pierre-lavoie-quebec.shtml>

September 30, 2015

Does exercise change your brain?

http://mindblog.dericbownds.net/2015/09/does-exercise-change-your-brain.html?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed%3A+Mindblog+%28MindBlog%29

“...the most physically active elderly volunteers [...] **had better oxygenation and healthier patterns of brain activity** than the more sedentary volunteers — especially in parts of the brain, including **the hippocampus**, that are known to be involved in improved memory and cognition, and in connecting different brain areas to one another.”

March 04, 2016

New nerve cells in the brain generated best by sustained aerobic exercise

http://mindblog.dericbownds.net/2016/03/new-nerve-cells-in-brain-generated-best.html?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed%3A+Mindblog+%28MindBlog%29

« in rats, that **aerobic exercise is much more effective** than high-intensity interval training or resistance training in **enhancing generation of new nerve cells** in the hippocampus of the adult rat brain. »

Six règles pour régénérer son cerveau

Pierre-Marie Lledo Neurobiologiste, Institut Pasteur

September 13, 2016

<https://theconversation.com/six-regles-pour-regenerer-son-cerveau-65294>

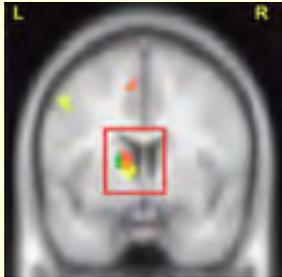
1) il faut s'ouvrir au changement et fuir la routine. Socrate nous dit : la sagesse commence avec l'émerveillement. On parle ici de l'émerveillement d'apprendre et de comprendre.

2) qui sait mais n'a pas compris, est condamné à l'anxiété. En tant que sujet je deviens un spectateur, au lieu d'être un acteur. Il est important, pour nous tous, de trier l'information utile, c'est-à-dire l'information qui nous fait comprendre, et de laisser de côté l'information futile, qui nous fait juste savoir.

3) gardons-nous de la tentation facile des anxiolytiques et des somnifères. En prenant ces médicaments de façon chronique, vous ne pouvez plus satisfaire au premier principe.

4) lutter contre la sédentarité. Il existe une corrélation directe entre l'activité musculaire et la production de nouveaux neurones. Alors, choisissez la marche, plutôt que le métro ou la voiture.

3) activités intellectuelles stimulantes (travail, passion, loisirs...)



Le BLOGUE du CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

Apprendre à piquer la curiosité

<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2011/04/11/apprendre-a-piquer-la-curiosite/>

4) activités sociales et implication dans la communauté



LE SOUTIEN FAMILIAL ET SOCIAL

http://lecerveau.mcgill.ca/flash/i/i_08/i_08_s/i_08_s_alz/i_08_s_alz.html

What makes a good life? Lessons from the longest study on happiness

TEDxBeaconStreet · 12:46 · Filmed Nov **2015**

https://www.ted.com/talks/robert_waldinger_what_makes_a_good_life_lessons_from_the_longest_study_on_happiness?language=en

What keeps us happy and healthy as we go through life? If you think it's fame and money, you're not alone – but, according to psychiatrist **Robert Waldinger**, you're mistaken.

“Les gens les plus satisfaits de leurs **relations inter-personnelles** dans la cinquantaine étaient les plus en santé autour de 80 ans.”

Why loneliness can be as unhealthy as smoking 15 cigarettes a day

Posted: Aug 16, 2017

<http://www.cbc.ca/news/health/loneliness-public-health-psychologist-1.4249637>

5) l'importance du sommeil



La mémoire et l'oubli

<http://www.franceinter.fr/emission-sur-les-epaules-de-darwin-la-memoire-et-loubli-1>

Sleep promotes branch-specific formation of dendritic spines after learning *Science* 6 June 2014:

These findings indicate that **sleep has a key role in promoting learning-dependent synapse formation and maintenance** on selected dendritic branches, which contribute to **memory storage**.

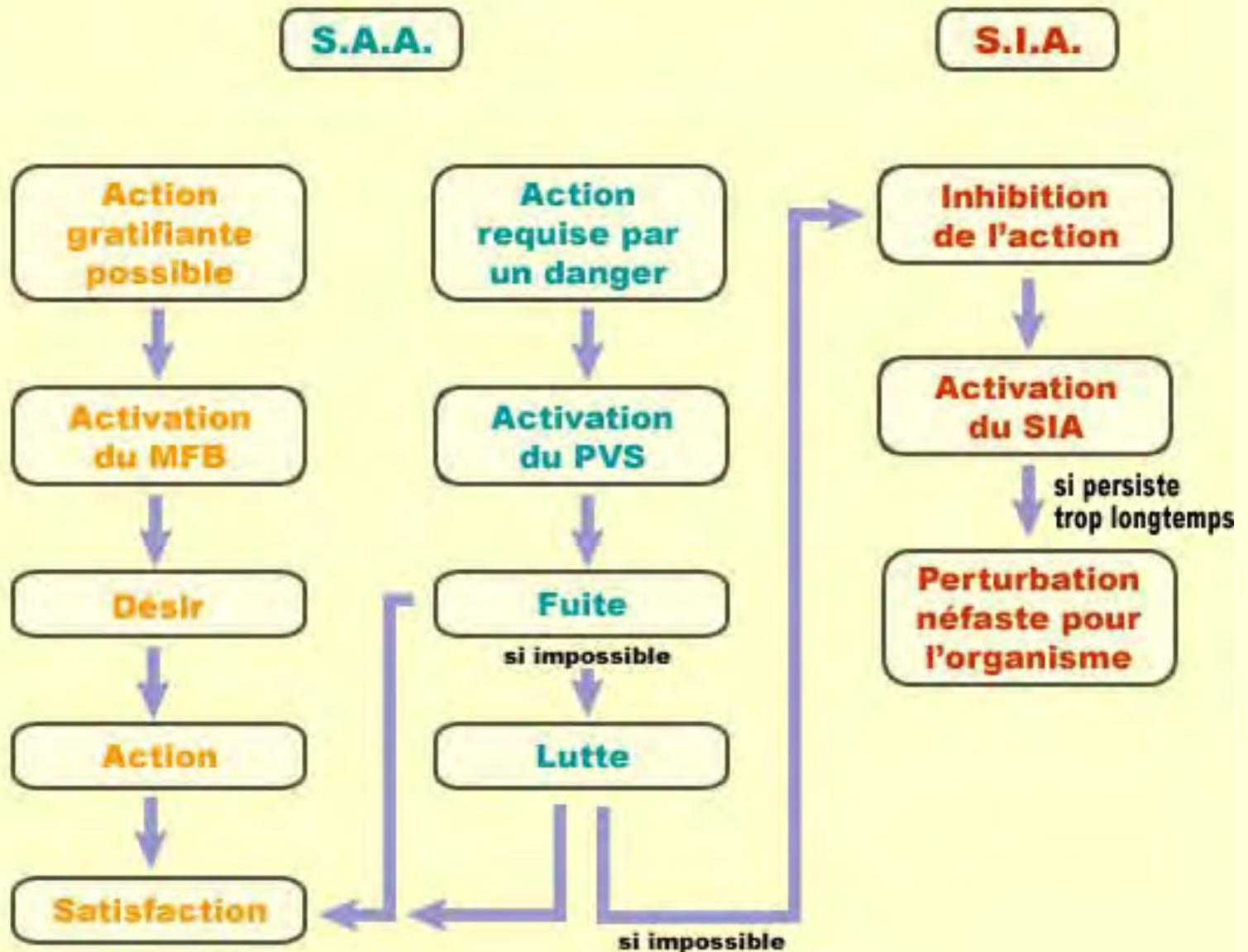
Le manque de sommeil fait le lit d'Alzheimer

Par [Elena Sender](#) le 08.01.2018

https://www.sciencesetavenir.fr/sante/sommeil/le-manque-de-sommeil-augmente-le-risque-de-maladie-d-alzheimer_119620?utm_content=buffereabbd&utm_medium=social&utm_source=facebook.com&utm_campaign=buffer

Le manque de sommeil favoriserait la pathologie d'Alzheimer en augmentant la production de peptide bêta-amyloïde dans le cerveau, selon une équipe américaine.

6) absence de stress chronique (inhibition de l'action)



Monday, February 22, 2016

A mindfulness meditation intervention enhances connectivity of brain executive and default modes and lowers inflammation markers.

http://mindblog.dericbownds.net/2016/02/a-mindfulness-meditation-intervention.html?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed%3A+Mindblog+%28MindBlog%29

Creswell et al. recruited 35 stressed-out adult job-seekers, getting half to participate in an intensive **three-day mindfulness meditation retreat** while the other half completed a three day relaxation retreat program without the mindfulness component. Brain scans and blood samples were obtained before and **four months after the program.**

The result was that **mindfulness meditation correlated with reduced blood levels of interleukin-6,** a marker of stress and inflammation,

and **increased functional connectivity between the participants' resting default mode network and areas in the dorsolateral prefrontal cortex important to attention and executive control.**

Neither of these changes were seen in participants who received only the relaxation training. The suggestion is that the brain changes cause the decrease in inflammatory markers.

How Nature Can Make You Kinder, Happier, and More Creative

By [Jill Suttie](#) | March 2, **2016**

http://greatergood.berkeley.edu/article/item/how_nature_makes_you_kinder_happier_more_creative

Being in nature decreases stress

View through a window may influence recovery from surgery.

by Roger S. Ulrich **April 27, 1984**

<https://mdc.mo.gov/sites/default/files/resources/2012/10/ulrich.pdf>

Pictures of green spaces make you happier.

March 22, **2016**

http://mindblog.dericbownds.net/2016/03/pictures-of-green-spaces-make-you.html?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed%3A+Mindblog+%28MindBlog%29

→ viewing pictures of green versus built urban areas enhances parasympathetic nervous system activity that is **calming and restorative**.

Les espaces verts prolongent la vie des Canadiens

11 octobre **2017**

<http://www.ledevoir.com/environnement/actualites-sur-l-environnement/510190/les-espaces-verts-prolongent-la-vie-des-canadiens-selon-une-etude>

Joël de Rosnay sur l'épigénétique (2013)

<https://www.youtube.com/watch?v=XTyhB2QgjKg>

ou comment nos comportements affectent l'expression de nos gènes

« En d'autres termes, l'épigénétique est la modulation de l'expression de nos gènes en fonction de notre comportement relatif à **5 éléments** connectés constamment dans nos vies de tous les jours:

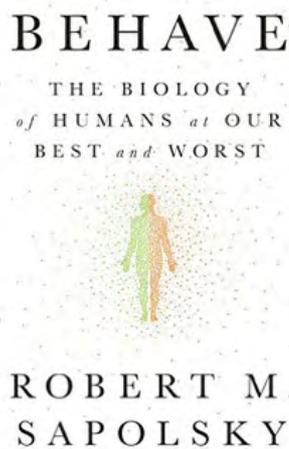
1. Notre **alimentation**, ce que nous mangeons, notre façon de nous nourrir nous et les centaines de milliers de milliards de microbes qui constituent en majeure partie chacun de nous

2. Une **activité physique** appropriée

3. Notre façon personnelle de **gérer le stress** (nos pensées influent également sur l'expression de nos gènes)

4. **Le plaisir dans ce que nous faisons**

5. Un **réseau social**, amical et familial qui nous rendent heureux »



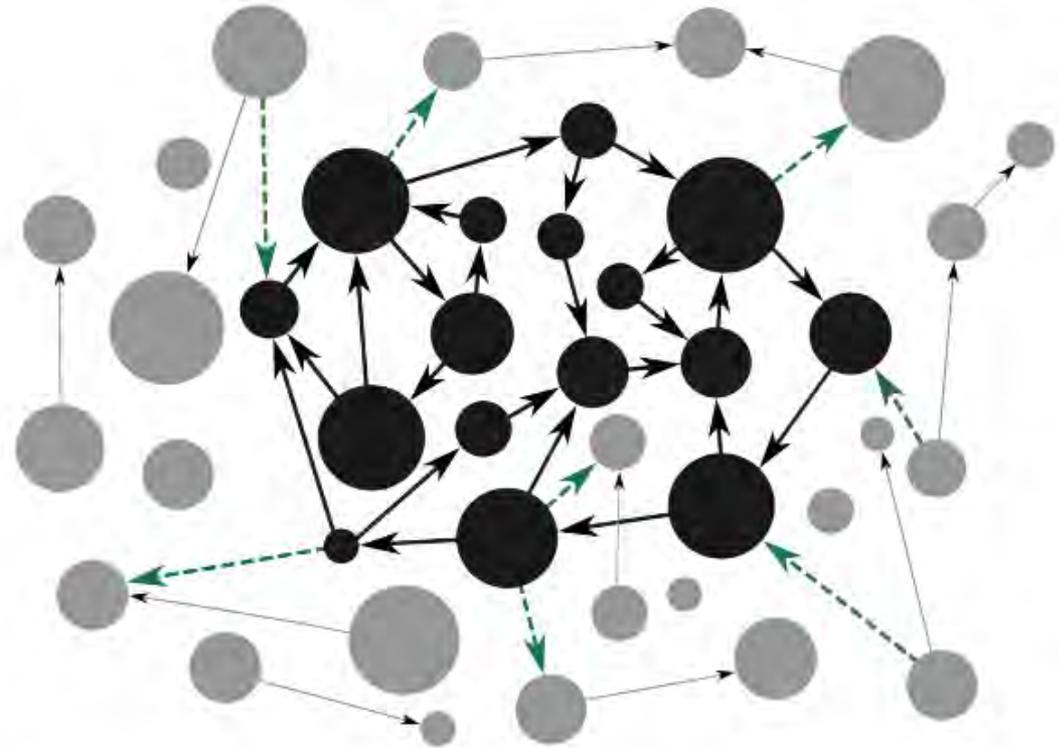
Genes have plenty to do with behavior. Even more appropriately, all behavioral traits are affected to some degree by genetic variability.⁶⁵ They have to be, given that they specify the structure of all the proteins pertinent to every neurotransmitter, hormone, receptor, etc. that there is. And they have plenty to do with individual differences in behavior, given the large percentage of genes that are polymorphic, coming in different flavors. But their effects are supremely context dependent. Ask not what a gene does. Ask what it does in a particular environment and when expressed in a particular network of other genes (i.e., gene/gene/gene/gene . . . /environment).

En noir :

Le réseau de gènes

que forme notre **génom**e

où l'expression de chaque gène est régulé par de nombreux facteurs environnementaux (en gris).



Copyright Ezequiel Di Paolo, 2013. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported License. http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.en_US

En guise de mot de la fin :

Maladies neurologiques McGill mise sur l'approche « science ouverte »

<http://www.ledevoir.com/societe/science-et-technologie/463234/maladies-neurologiques-mcgill-mise-sur-l-approche-science-ouverte>

« On parle de la maladie de Parkinson, dit-elle, mais on devrait plutôt parler des **maladies de Parkinson** ! »

[et c'est sans doute la même chose pour l'Alzheimer...]

Ainsi, les spécialistes estiment qu'il pourrait y avoir possiblement **une dizaine de formes de maladie de Parkinson**, ou possiblement **une dizaine de mécanismes** qui font que quelqu'un développe à la fin les mêmes symptômes.

« C'est dire qu'**aucun médicament ne pourra à lui seul servir contre ces dix mécanismes** », souligne Viviane Poupon.

Lundi, 6 octobre 2014

Alzheimer : amélioration de la mémoire pour la première fois

<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2014/10/06/alzheimer-amelioration-de-la-memoire-pour-la-premiere-fois/>

L'Alzheimer résiste à tous les médicaments jusqu'ici conçus pour la traiter. Aucun n'a encore réussi à en arrêter la progression ou même à la ralentir. Tout au plus certains en réduisent-ils certains symptômes.

Et dans la dernière décade seulement, on estime à un milliard de dollars les sommes englouties pratiquement en vain dans les essais cliniques de ces médicaments.

Mais...