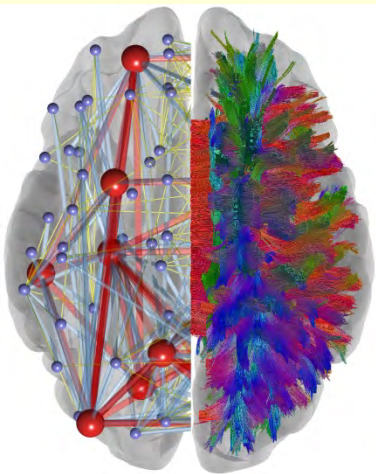
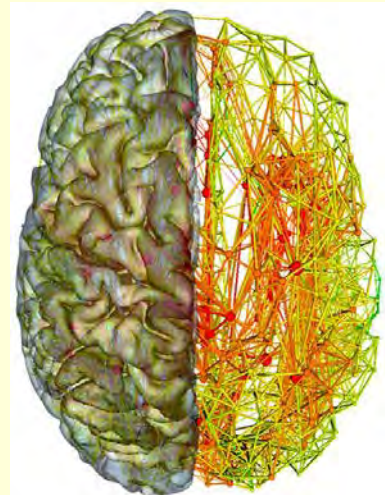


Qu'est-ce que les neurosciences ont à dire sur ce que nous sommes ?



Comment on ne peut plus concevoir le cerveau au XXIe siècle



Qu'est-ce que les neurosciences ont à dire sur ce que nous sommes ?

Mémoire

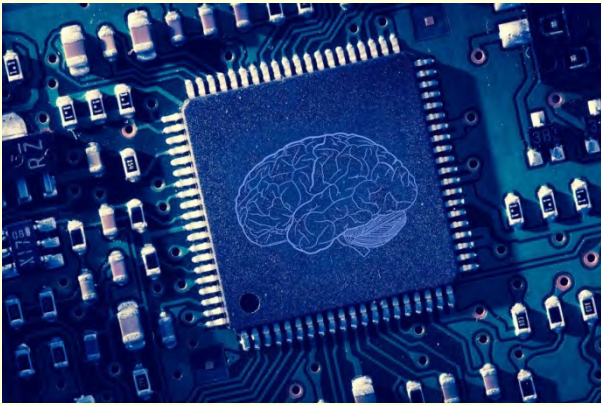
Imagination

Attente

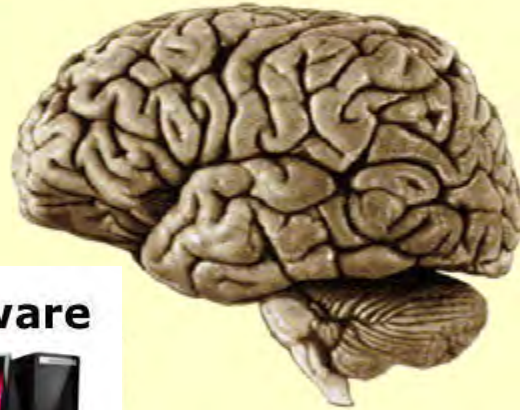
Attention

Désir





Quelle serait
la meilleure
métaphore
pour le
cerveau ?

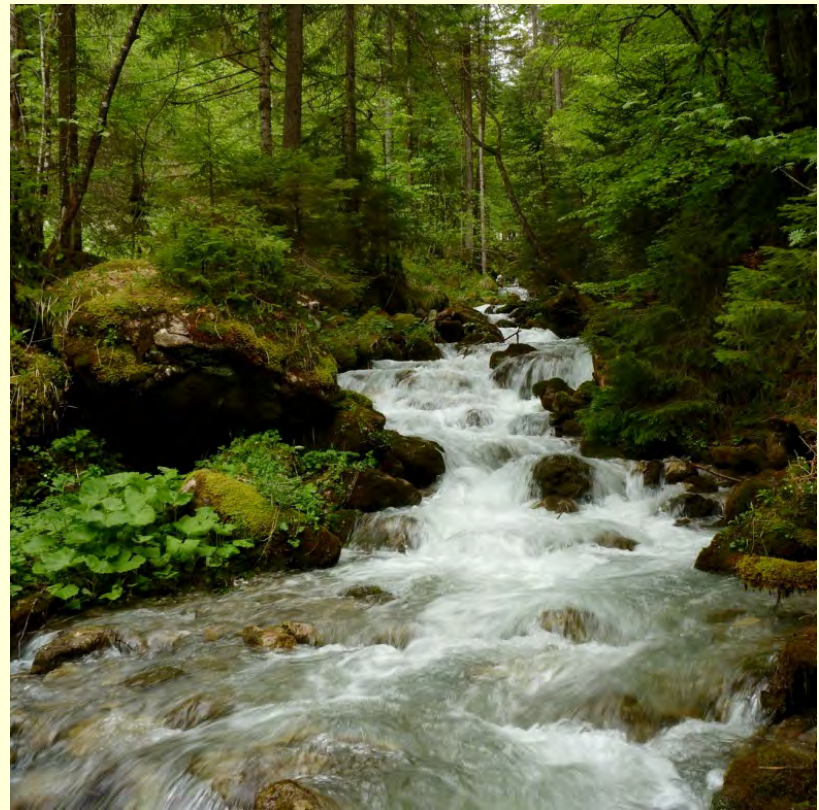


Software	Hardware
 guada Linux Windows Mac OS X Sistema Operativo	
 MS Word	





Quelle serait
la meilleure
métaphore
pour le
cerveau ?

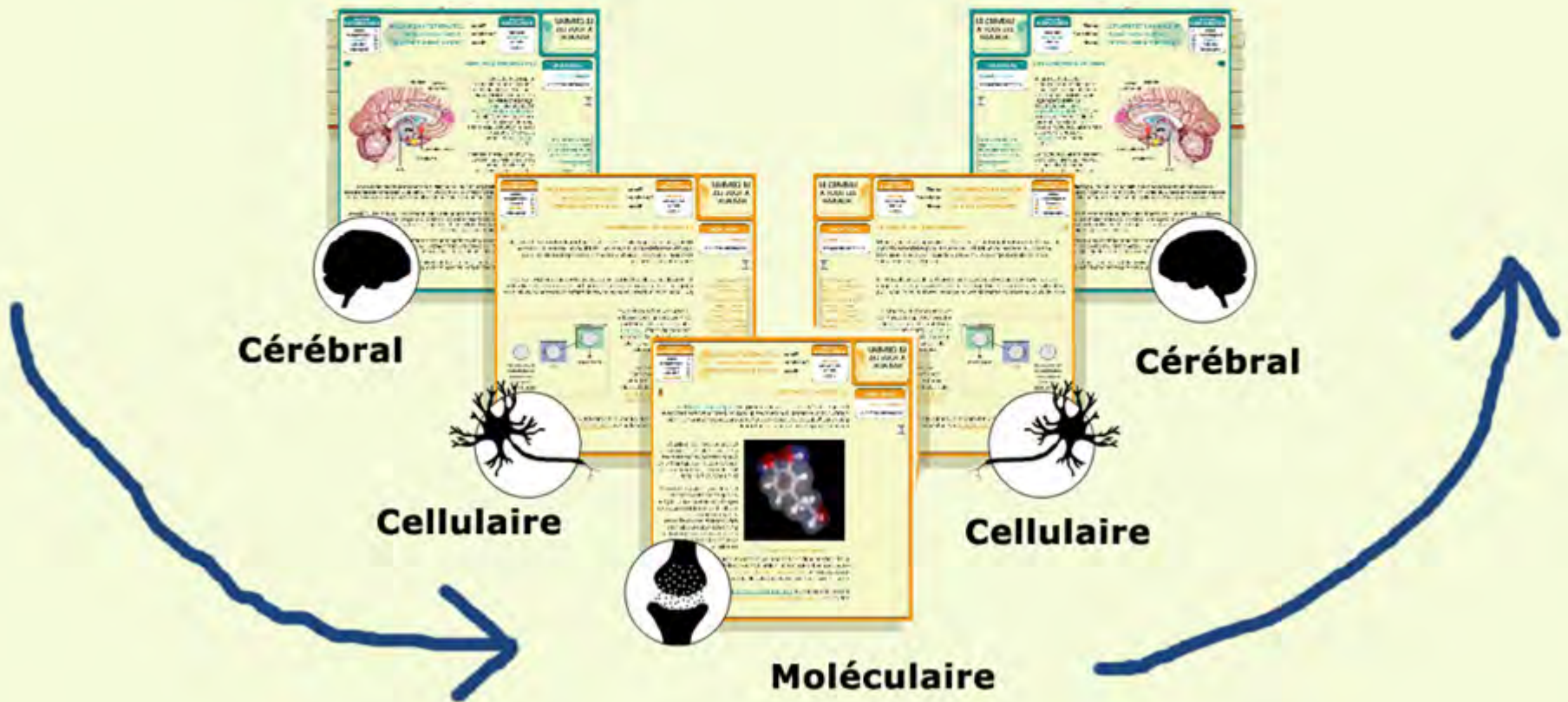


Introduction :

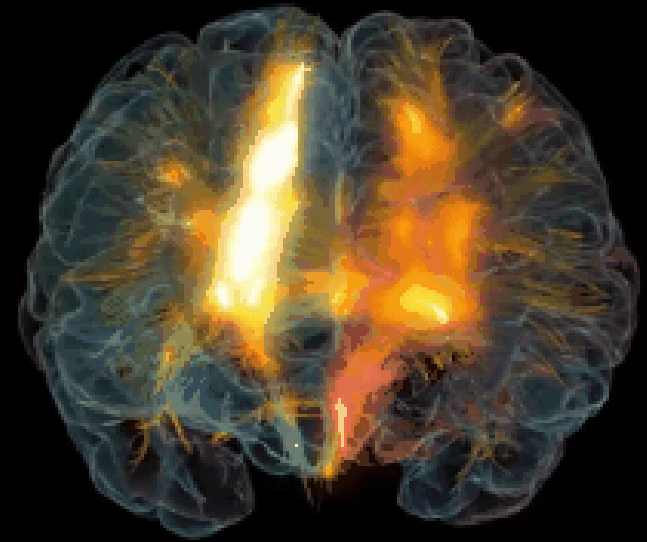
- Perspective évolutive

Conclusion :

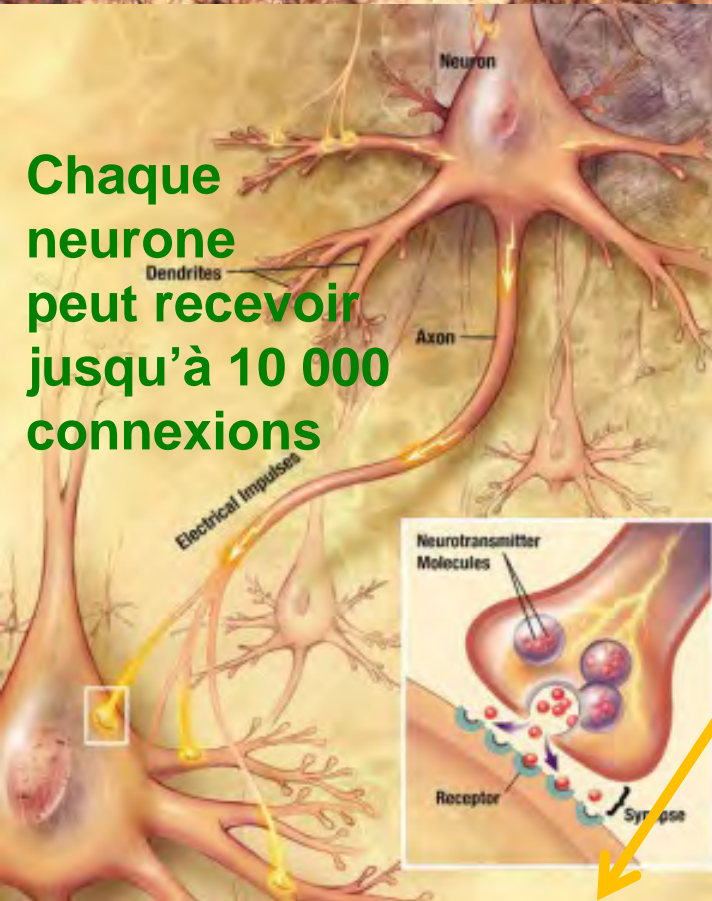
- ma métaphore
cérébrale préférée



85 milliards de neurones
(et autant de cellules gliales)

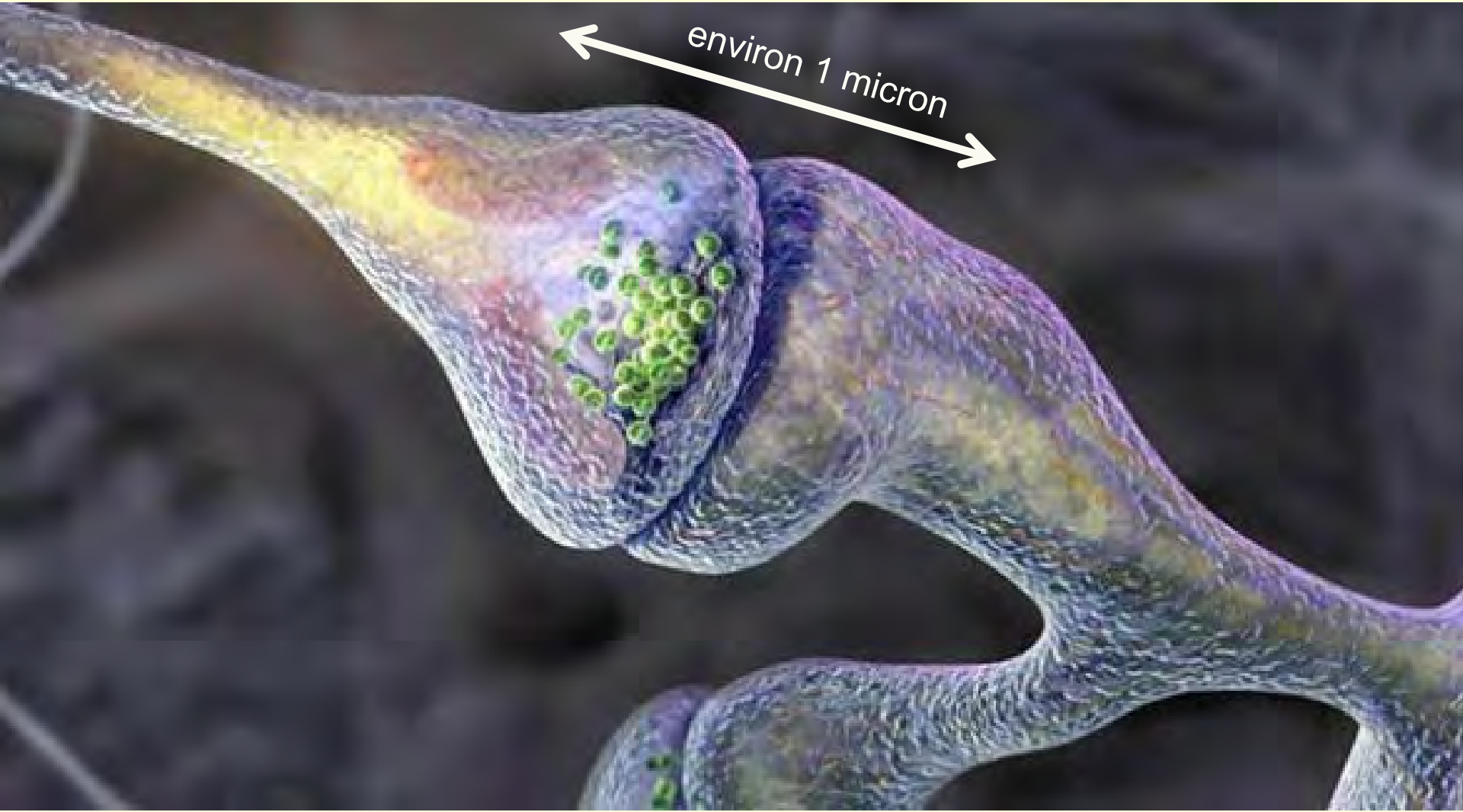


Chaque neurone peut recevoir jusqu'à 10 000 connexions



environ 1 micron



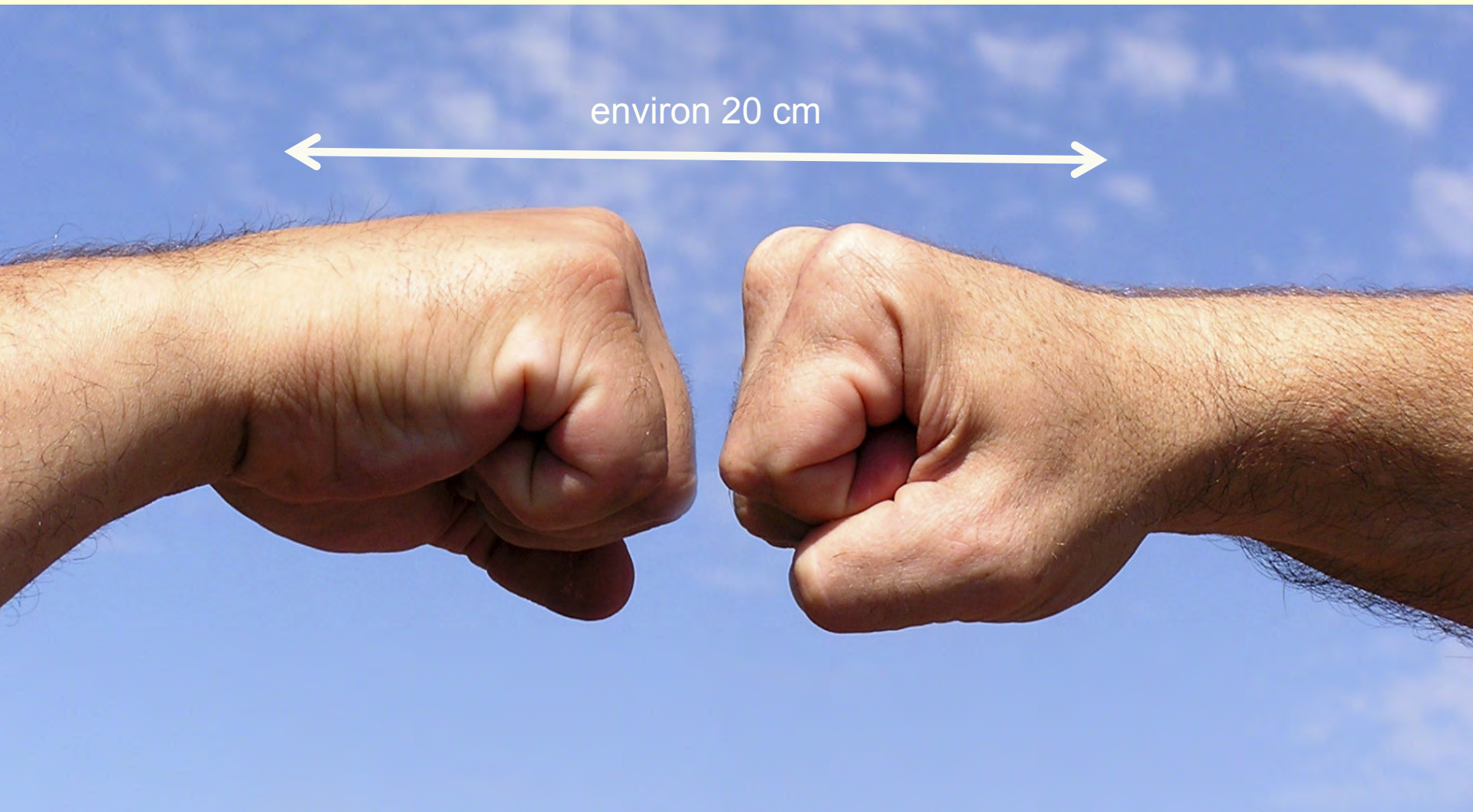


environ 1 micron

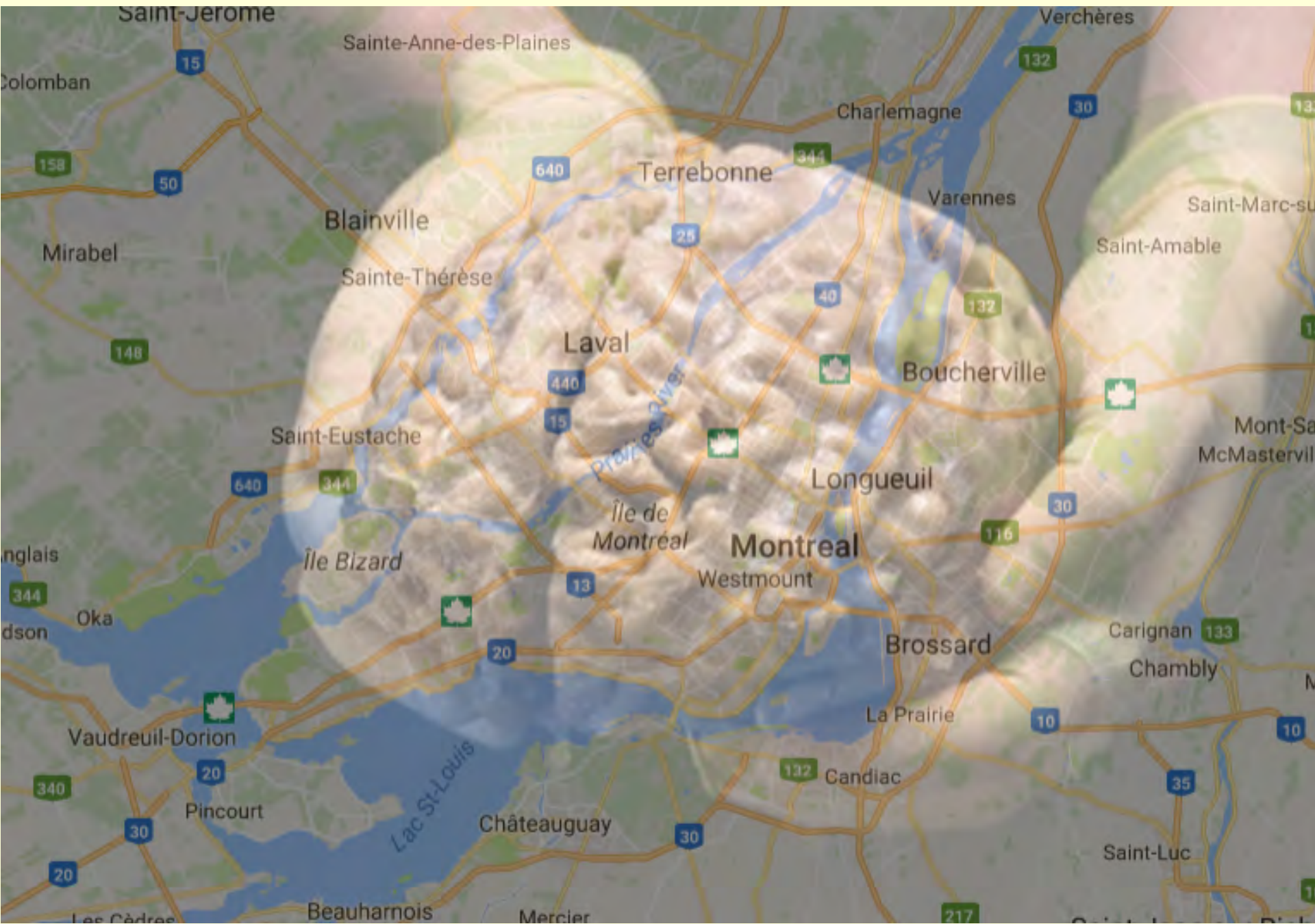


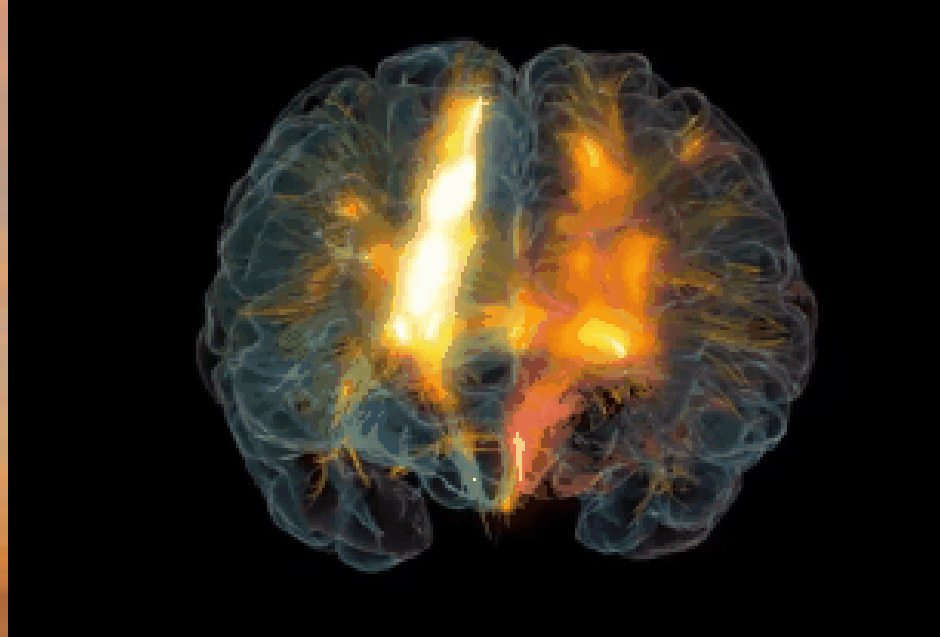
environ 20 cm

Quelle devrait être la taille d'un cerveau
dont les synapses auraient la taille de deux poings ?



Alors : $0,2 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} / 0,000 \text{ } 001 \text{ m} = 40 \text{ } 000 \text{ m} = \mathbf{40 \text{ km}}$











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

- Theodosius Dobzhansky
(1900-1975)





« Quand vous prenez conscience de votre existence, vous faites l'acte le plus extraordinairement complexe qui n'ait jamais été fait dans l'Univers et cela exige que 100 milliards de milliards de milliards de quarks et d'électrons jouent un rôle précis pour que vous soyez en mesure de **penser** ».


Plus de 13,7 milliards d'années d'organisation et de complexification depuis le Big Bang ont été nécessaires pour concrétiser ce simple fait. »

- Hubert Reeves



Croissance de complexité

(ce qui ne veut pas dire que
l'humain en soit la finalité !)



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



Évolution cosmique, chimique et biologique



(Crédit : modifié de Robert Lamontagne)

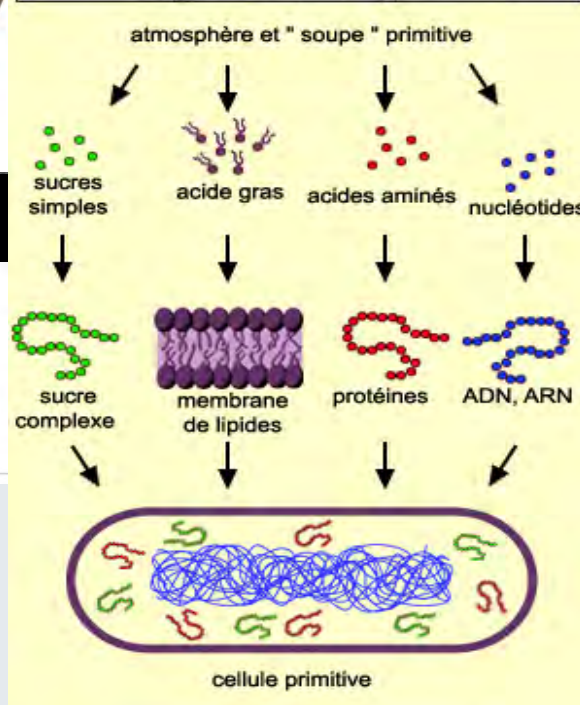
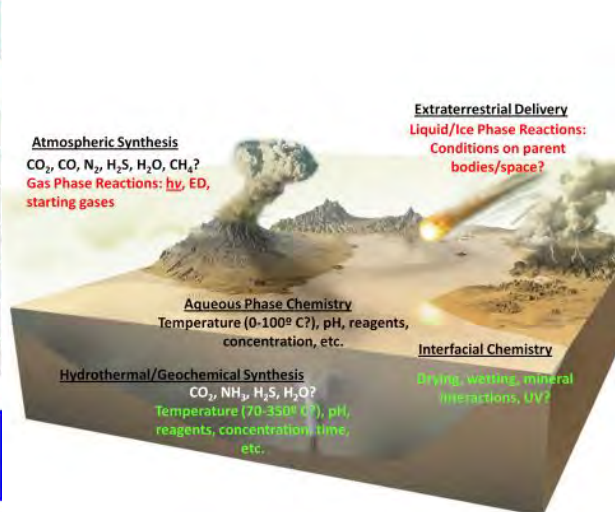


Croissance de complexité

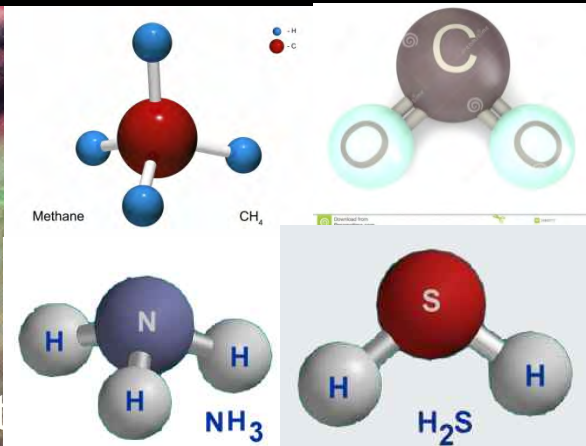
(ce qui ne veut pas dire que l'humain en soit la finalité !)

Tableau Périodique des Éléments

1 H Hydrogène																		18 He Hélium	
2 He Hélio																		10 Ne Néon	
3 Li Lithium												19 K Potassium		36 Ar Argon					
4 Be Béryllium												20 Ca Calcium		54 Xe Xénon					
5 B Bore												21 Sc Scandium		86 Rn Radon					
6 C Carbone												22 Ti Titane		88 Ra Radium					
7 N Azote												23 V Vanadium		87 Fr Francium					
8 O Oxygène												24 Cr Chrome		89 Ac Actinium					
9 F Fluor												25 Mn Manganèse							
10 Ne Néon												26 Fe Fer							
												27 Co Cobalt							
												28 Ni Nickel							
												29 Cu Cuivre							
												30 Zn Zinc							
												31 Ga Gallium							
												32 Ge Germanium							
												33 As Arsenic							
												34 Se Sélénium							
												35 Br Brome							
												36 Kr Krypton							
												37 Rb Rubidium							
												38 Sr Strontium							
												39 Yttrium							
												40 Zr Zirconium							
												41 Nb Niobium							
												42 Mo Molybdène							
												43 Tc Technétium							
												44 Ru Ruthénium							
												45 Rh Rhodium							
												46 Pd Palladium							
												47 Ag Argent							
												48 Cd Cadmium							
												49 In Indium							
												50 Sn Étain							
												51 Sb Bismuth							
												52 Te Tellure							
												53 I Iode							
												54 Xe Xénon							
												55 Cs Césium							
												56 Ba Baryum							
												57 La Lanthane							
												58 Ce Cérium							
												59 Pr Praseodyme							
												60 Nd Néodyme							
												61 Pm Prométhée							
												62 Sm Samarium							
												63 Eu Europium							
												64 Gd Gadolinium							
												65 Tb Terbium							
												66 Dy Dysprosium							
												67 Ho Holmium							
												68 Er Erbium							
												69 Tm Thulium							
												70 Yb Ytterbium							
												71 Lu Lutécium							
												72 Hf Hafnium							
												73 Ta Tantalum							
												74 W Tungstène							
												75 Re Rhenium							
												76 Os Osmium							
												77 Ir Iridium							
												78 Pt Platine							
												79 Au Or							
												80 Hg Mercure							
												81 Tl Thallium							
												82 Pb Plomb							
												83 Bi Bismuth							
												84 Po Polonium							
												85 At Astatine							
												86 Rn Radon							
												87 Fr Francium							
												88 Ra Radium							
												89 Ac Actinium							
												90 Th Thorium							
												91 Pa Protactinium							
												92 U Uranium							
												93 Np Neptunium							
												94 Pu Plutonium							
												95 Am Americium							
												96 Cm Curium							
												97 Bk Bériquelium							
												98 Cf Californium							
												99 Es Einsteinium							
												100 Fm Fermium							
												101 Md Mendelevium							
												102 No Nihonium							
												103 Lr Lawrencium							
												104 Rf Rutherfordium							
												105 Db Dubnium							
												106 Sg Seaborgium							
												107 Bh Bohrium							
												108 Hs Hassium							
												109 Mt Meitnerium							
												110 Ds Darmstadtium							
												111 Rg Roentgenium							
												112 Cn Copernicium							
												113 Nh Nihonium							
												114 Fl Flerovium							
												115 Lv Livermorium							
												116 Ts Tennessine							
												117 Uu Ununseptium							
												118 Uu Ununoctium							



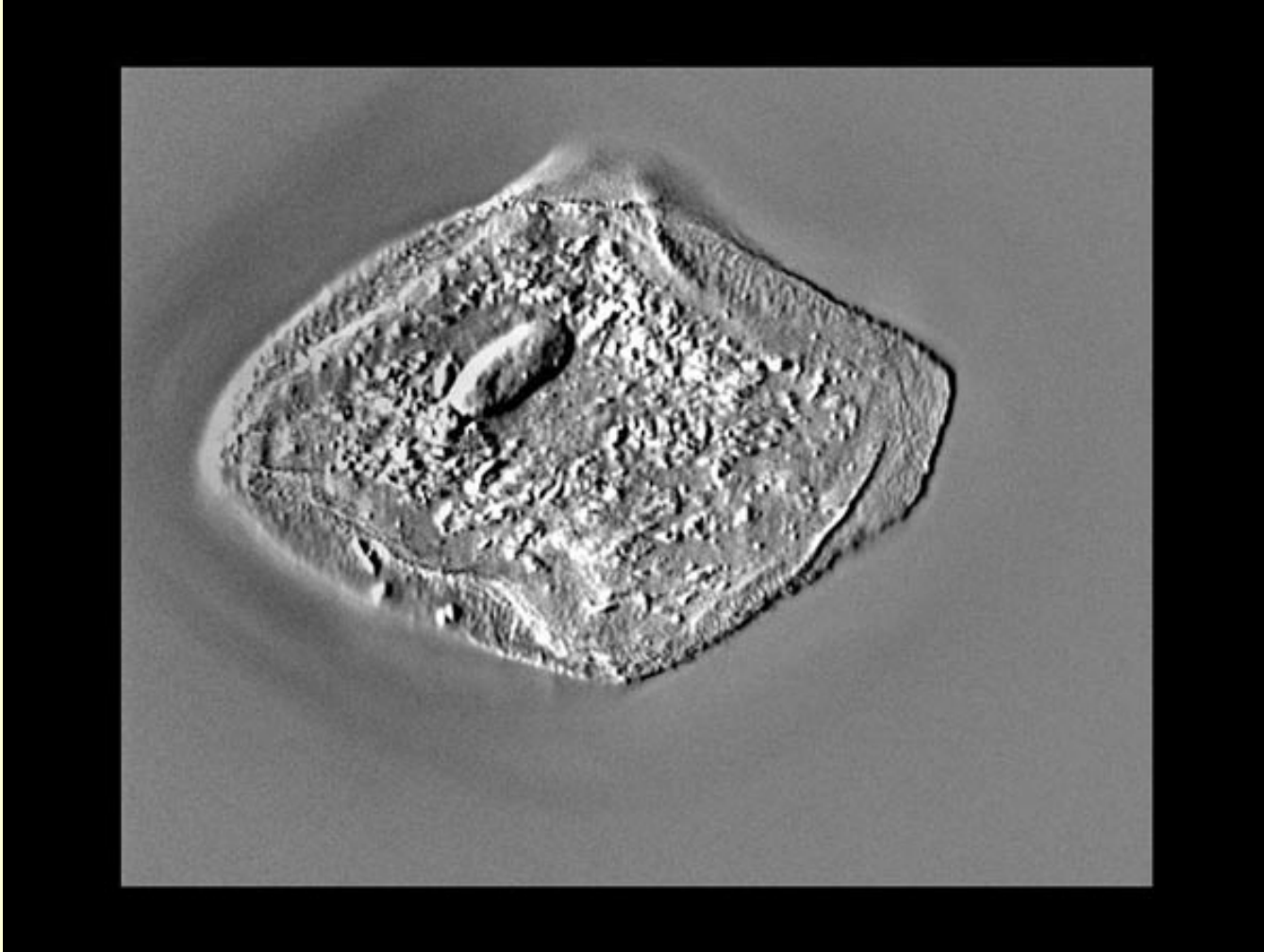
Évolution cosmique, chimique



(Crédit : modifié de Robert Lamont)

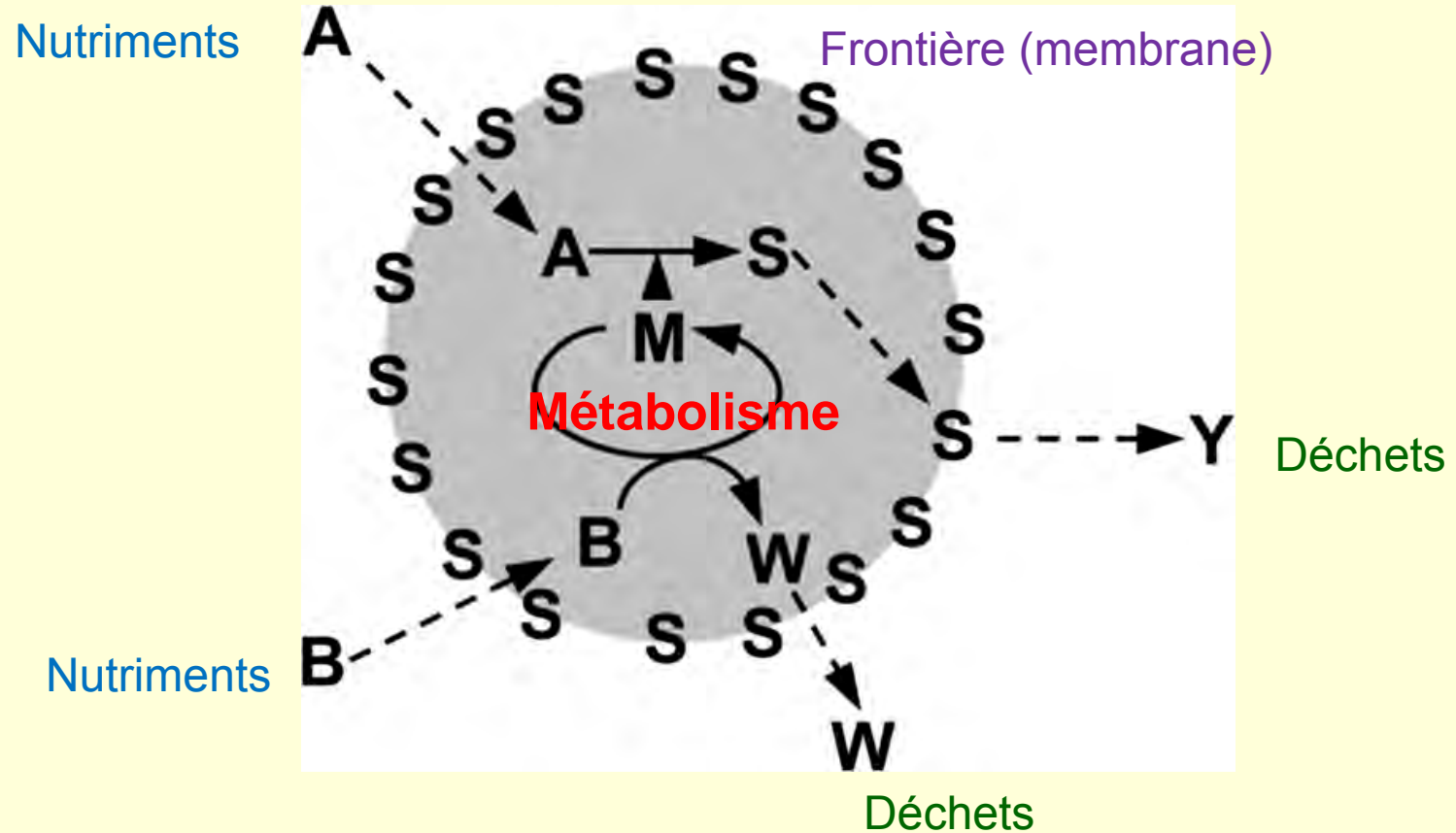
C'est quoi une cellule ?

(à part le fait que c'est l'élément de base de tout être vivant)

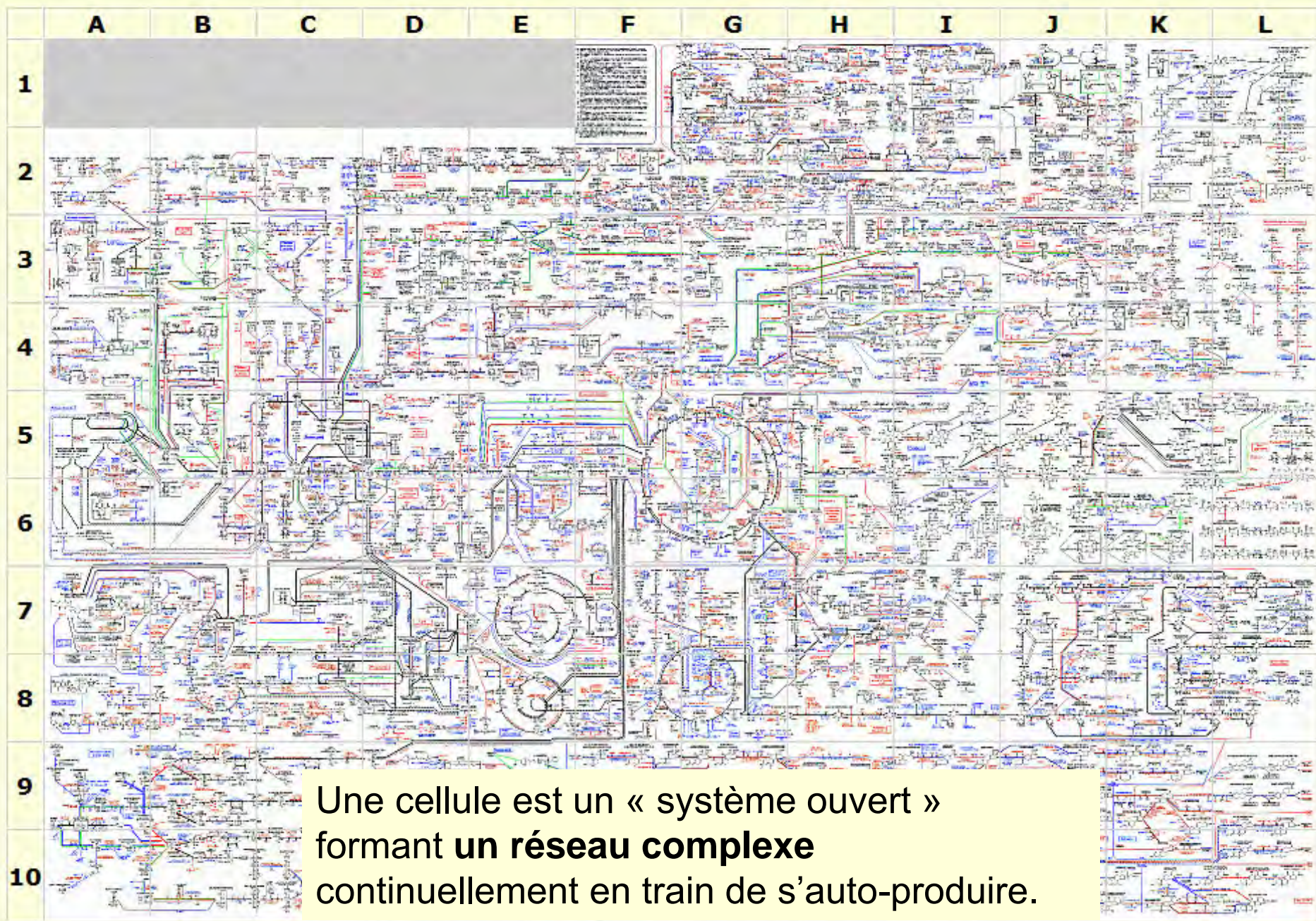


C'est quoi une cellule ?

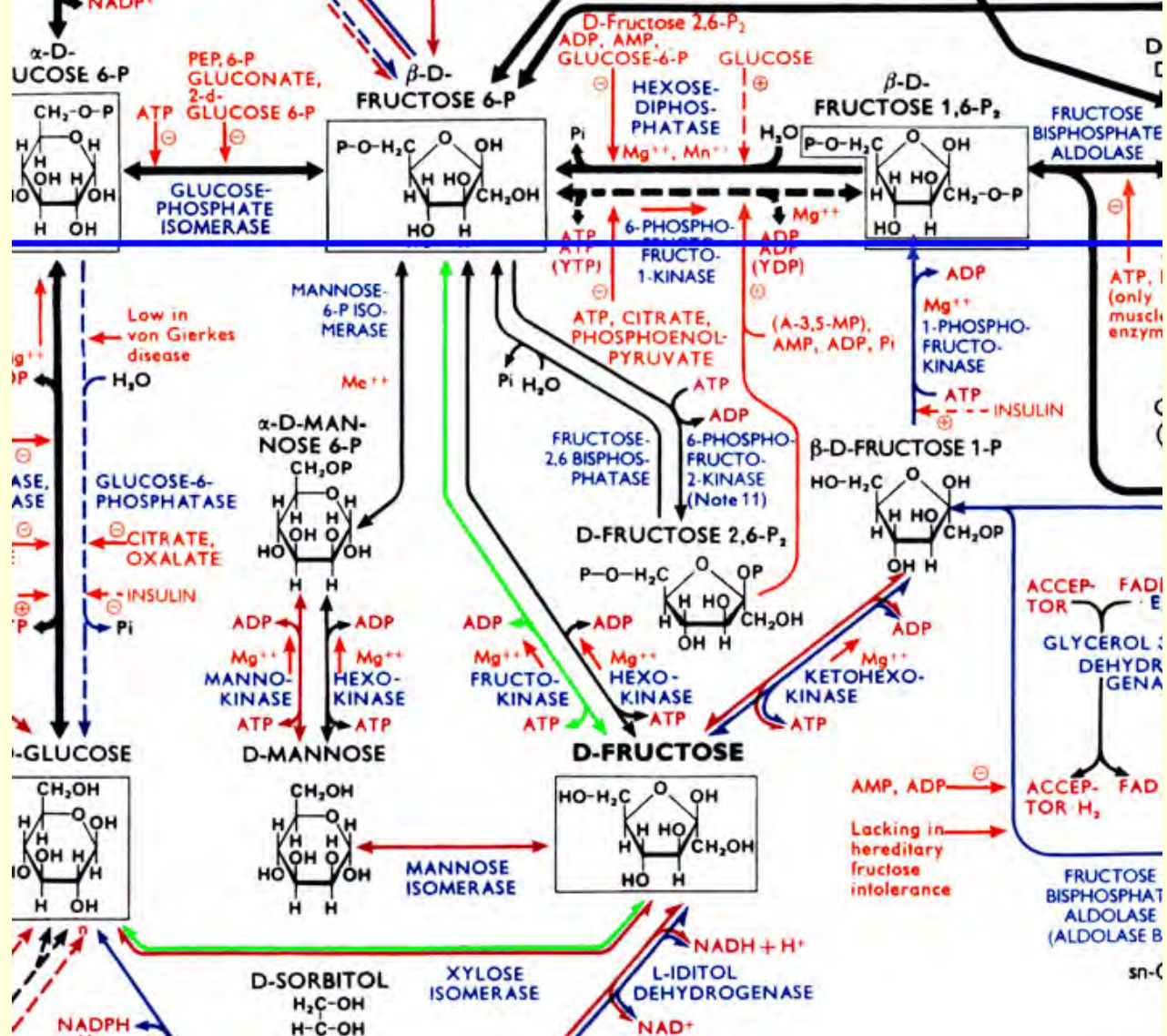
(à part le fait que c'est l'élément de base de tout être vivant)



Une cellule est un « **système ouvert** »
formant un réseau complexe
continuellement en train de s'auto-produire.

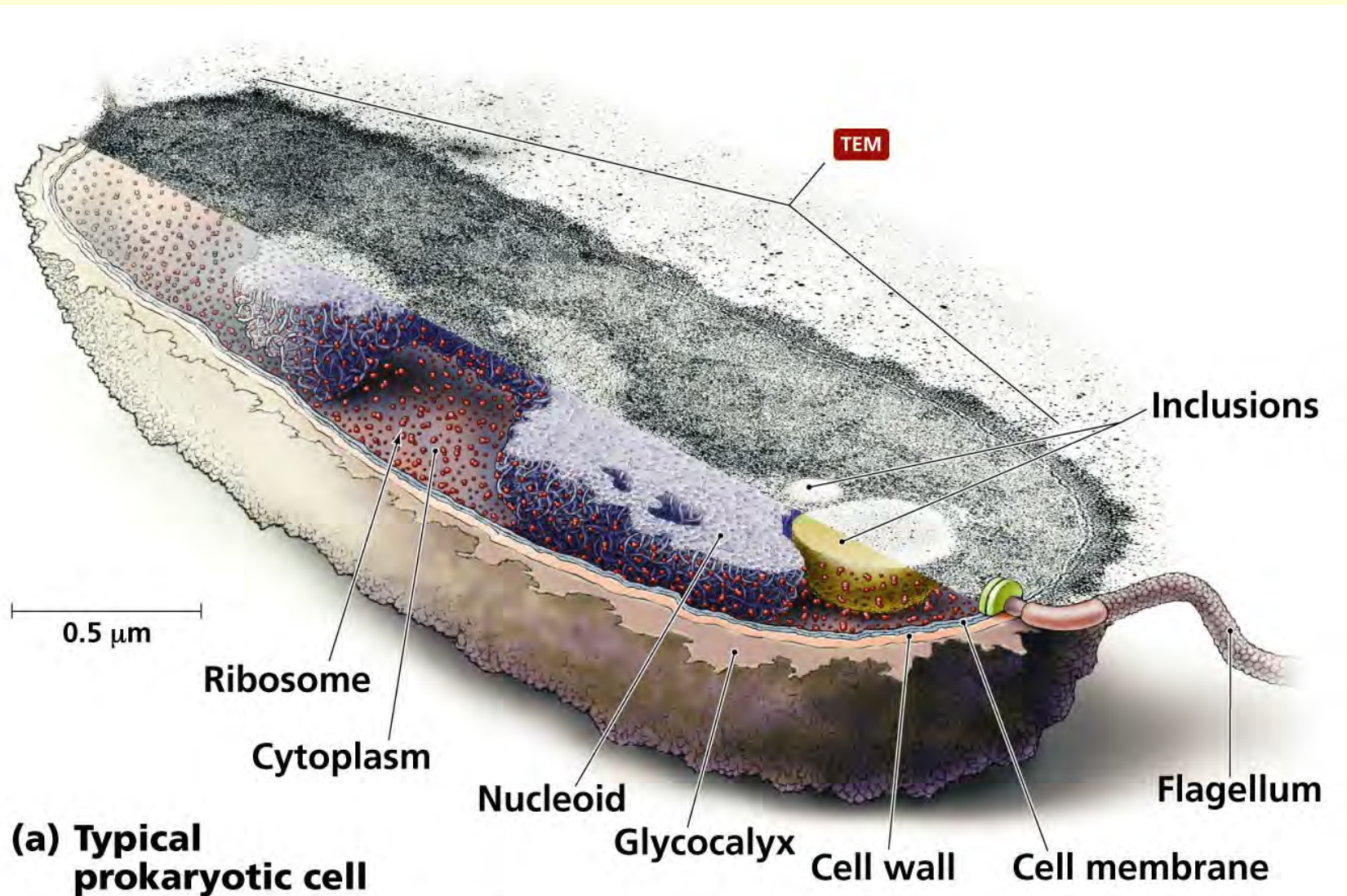


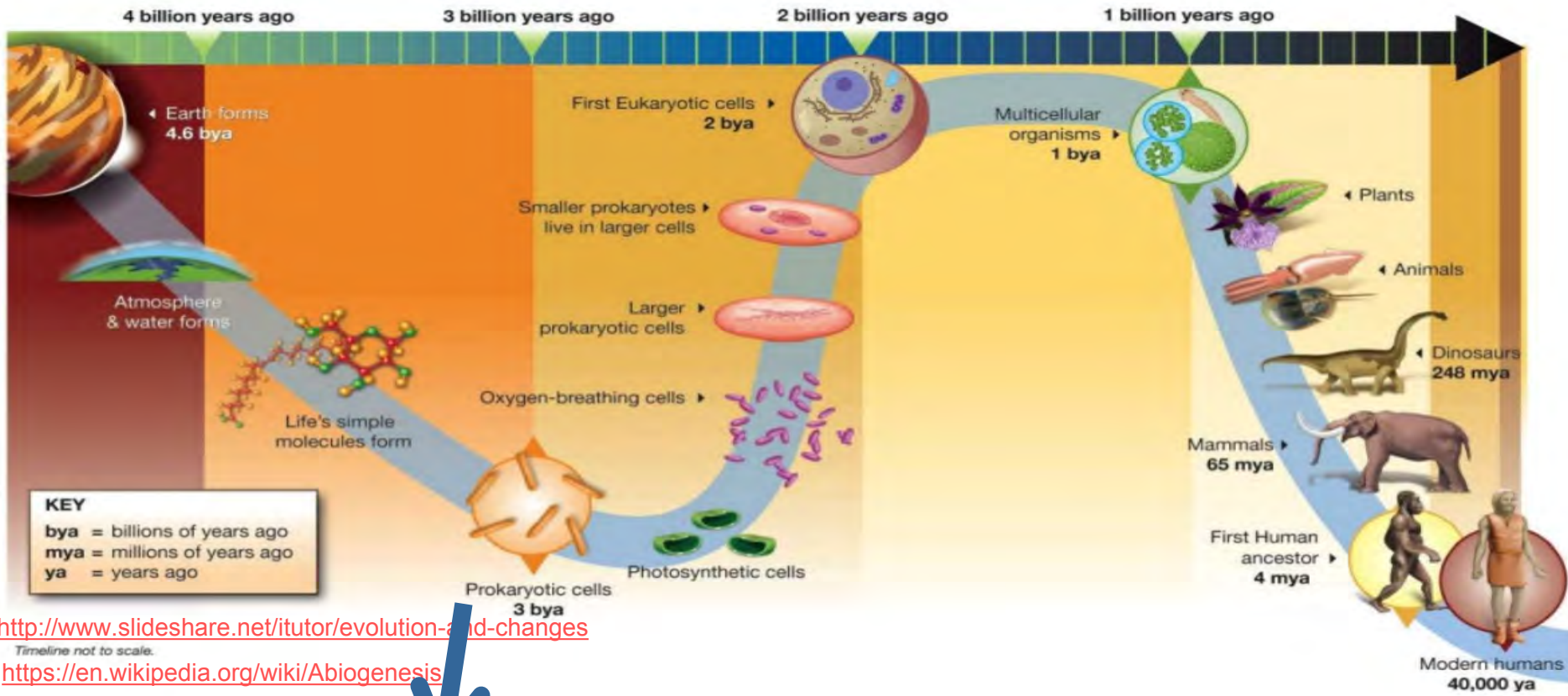
Une cellule est un « système ouvert »
formant **un réseau complexe**
continuellement en train de s'auto-produire.



Une cellule est un « système ouvert » formant un réseau complexe continuellement en train de s'auto-produire.

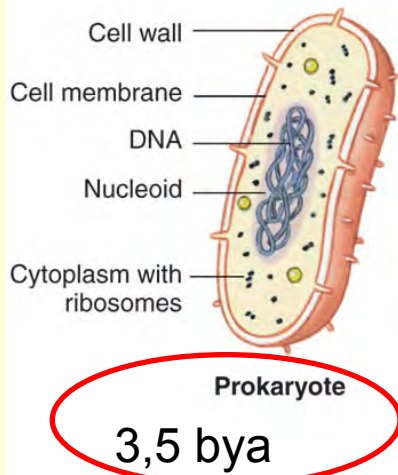
Bref, les premières cellules vivante sont déjà infiniment complexes !

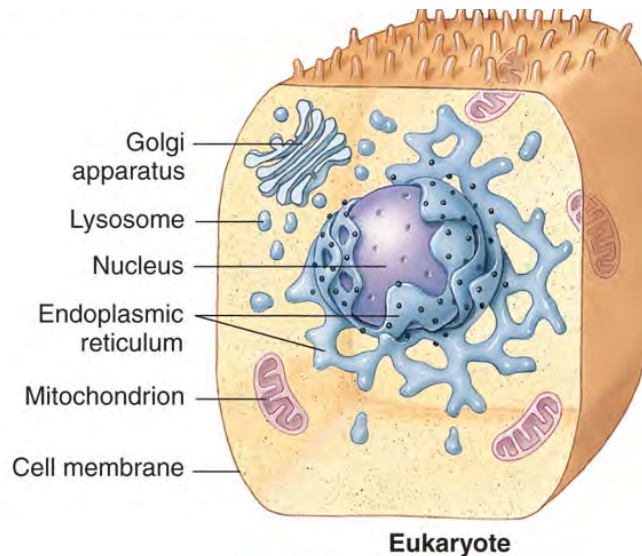
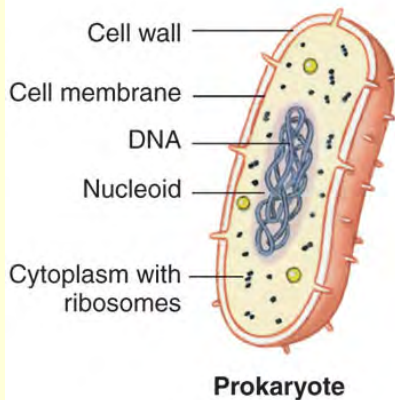
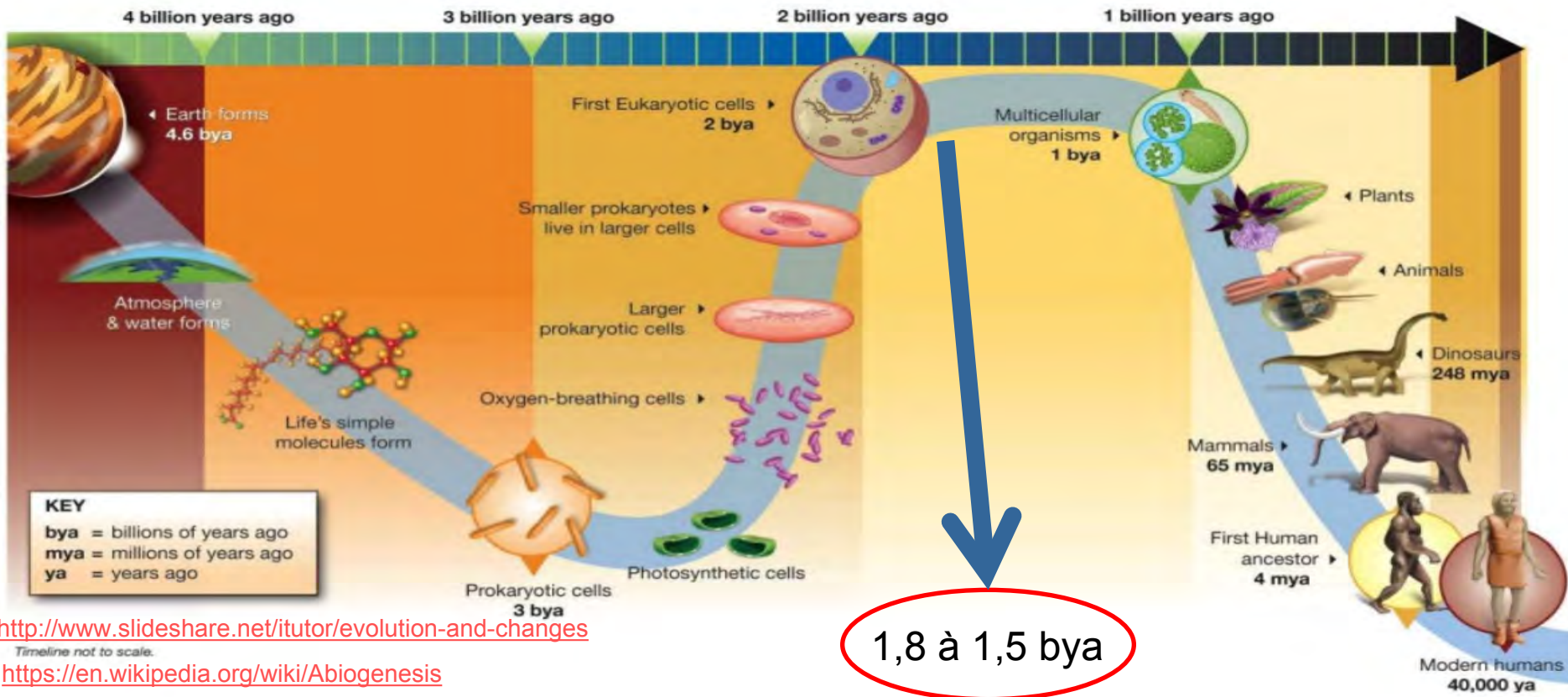




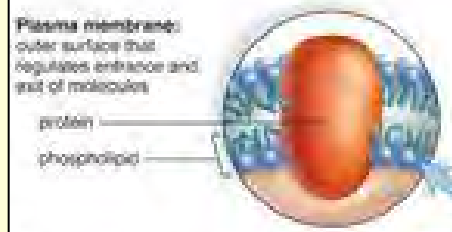
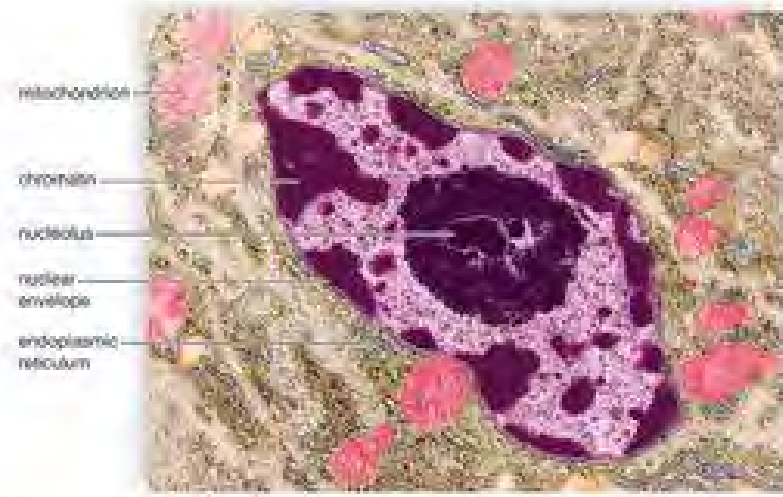
<http://www.slideshare.net/itutor/evolution-and-changes>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Abiogenesis>





Les réseaux complexes se « compartimentalisent »



Cytoskeleton: maintains cell shape and assists movement of cell parts:

- Microtubules:** protein; cylinders that move organelles
- Intermediate filaments:** protein fibers that provide stability of shape
- Actin filaments:** protein fibers that play a role in change of shape

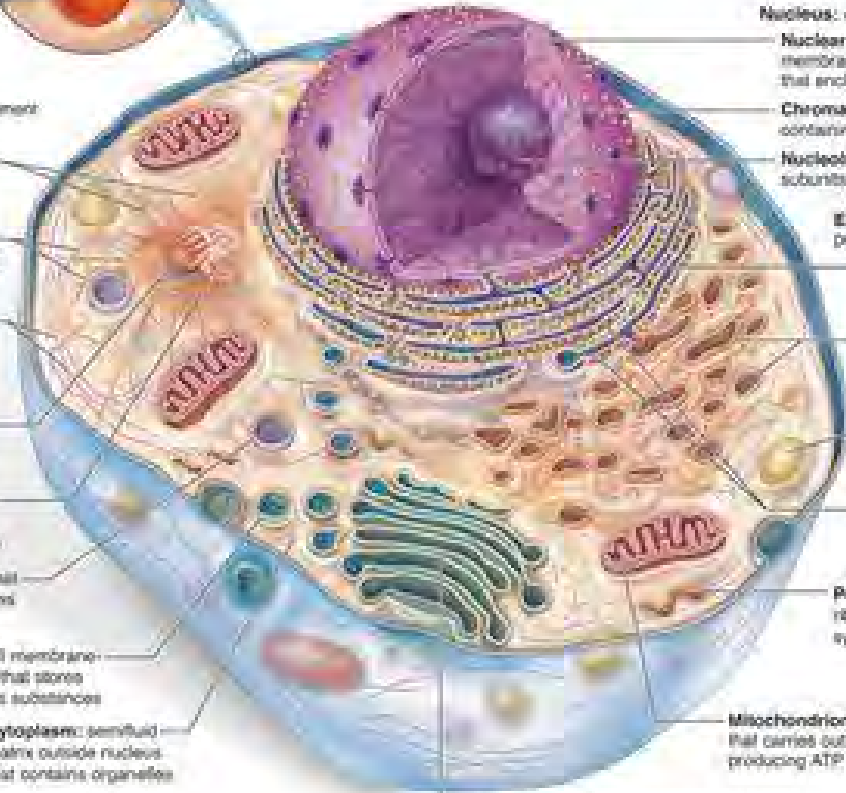
Centrioles*: short cylinders of microtubules of unknown function

Centrosome: microtubule organizing center that contains a pair of centrioles

Lysosome*: vesicle that digests macromolecules and even cell parts

Vesicle: small membrane-bounded sac that stores and transports substances

Cytoplasm: semifluid matrix outside nucleus that contains organelles



Nucleus: command center of cell

Nuclear envelope: double membrane with nuclear pores that encloses nucleus

Chromatin: diffuse threads containing DNA and protein

Nucleolus: region that produces subunits of ribosomes

Endoplasmic reticulum: protein and lipid metabolism

Rough ER: studded with ribosomes that synthesize proteins

Smooth ER: lacks ribosomes; synthesizes lipid molecules

Peroxisome: vesicle that is involved in fatty acid metabolism

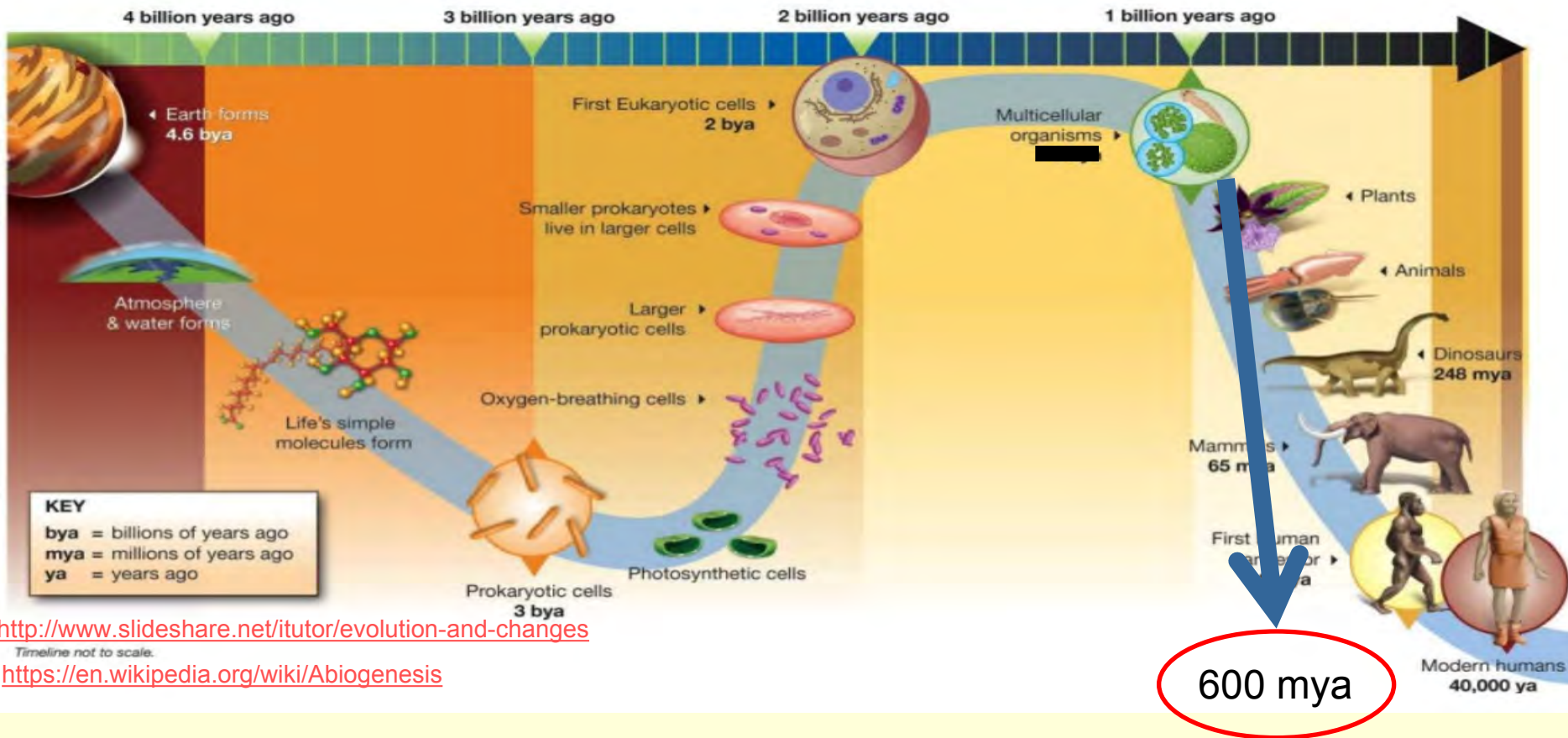
Ribosomes: particles that carry out protein synthesis

Polyribosome: string of ribosomes simultaneously synthesizing same protein

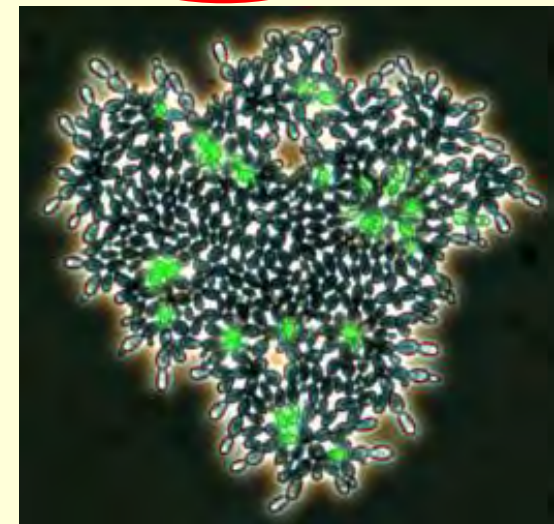
Mitochondrion: organelle that carries out cellular respiration, producing ATP molecules

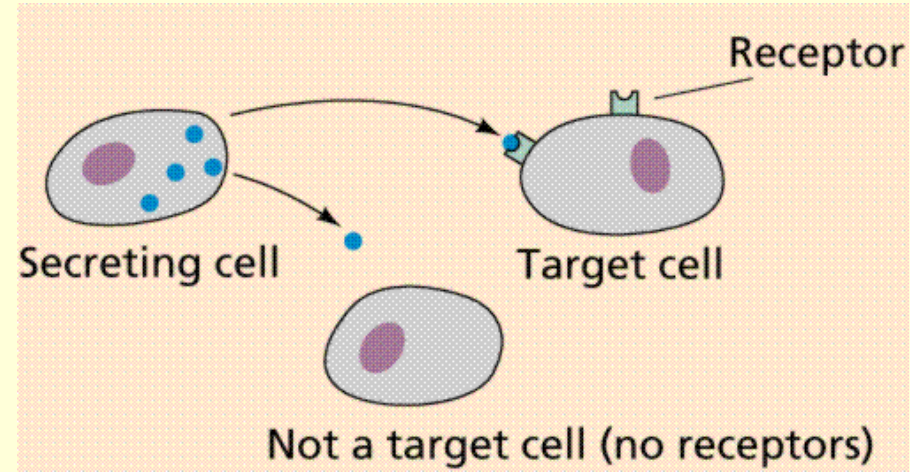
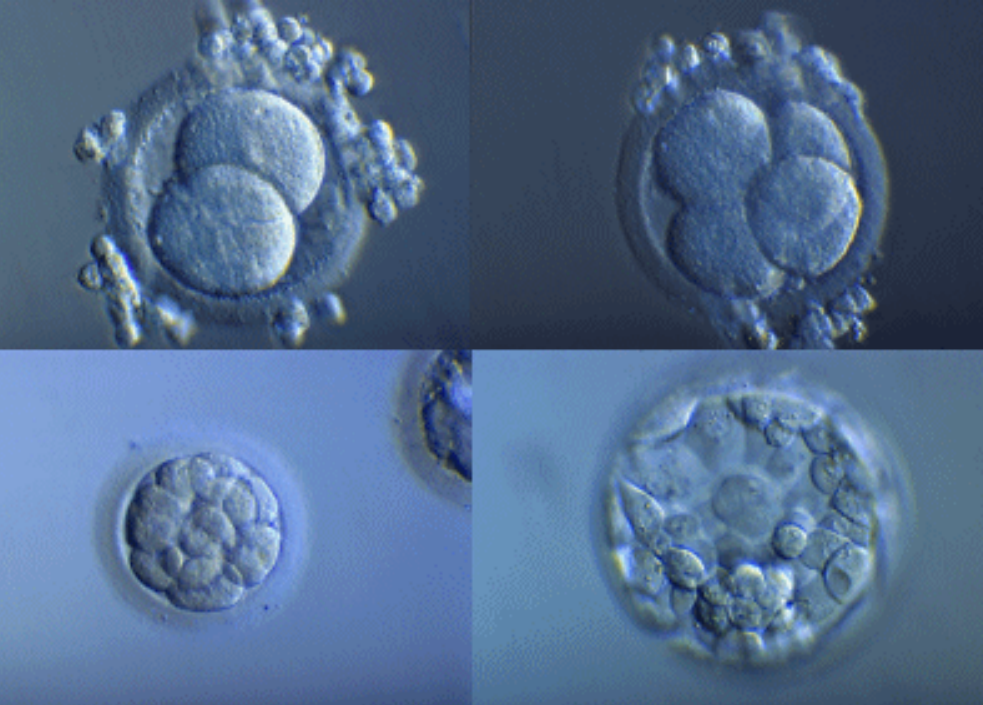
Golgi apparatus: processes, packages, and secretes modified proteins

*Not in plant cells



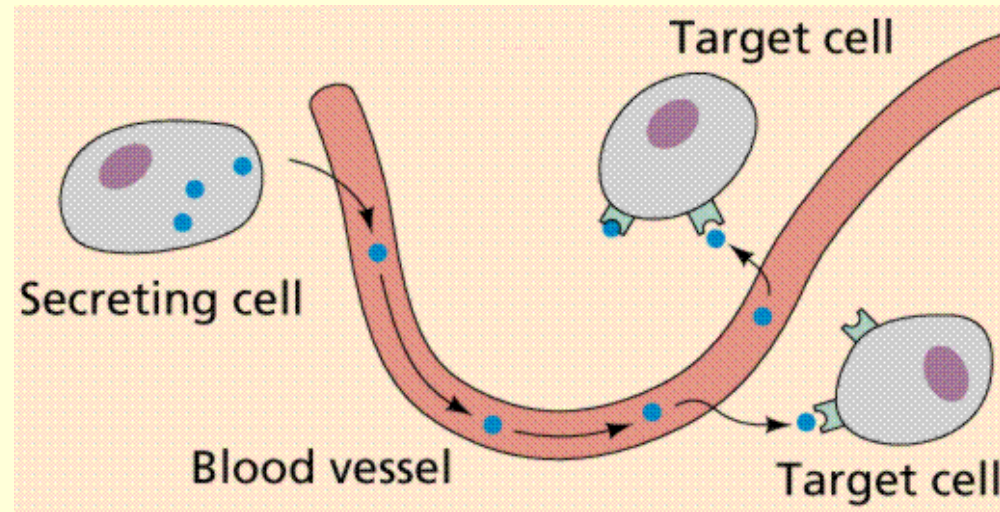
Et puis, après des essais infructueux il y a environ 2 milliards d'années, l'émergence de la vie **multicellulaire** apparaît véritablement il y a un peu plus de 600 millions d'années.

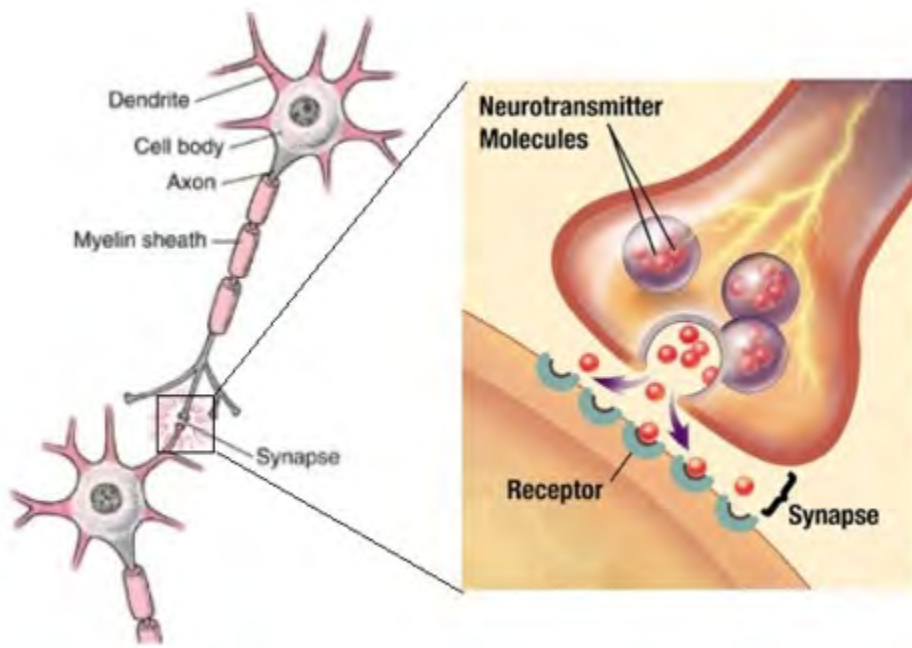




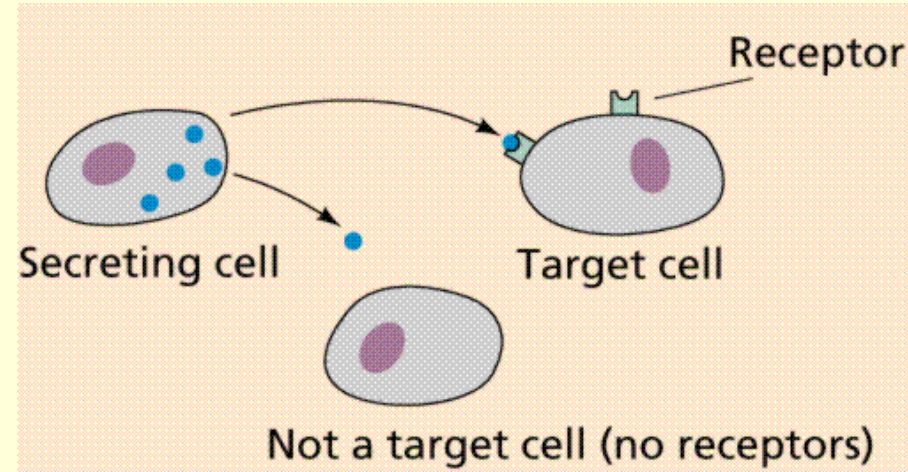
Hormones !

(système endocrinien)

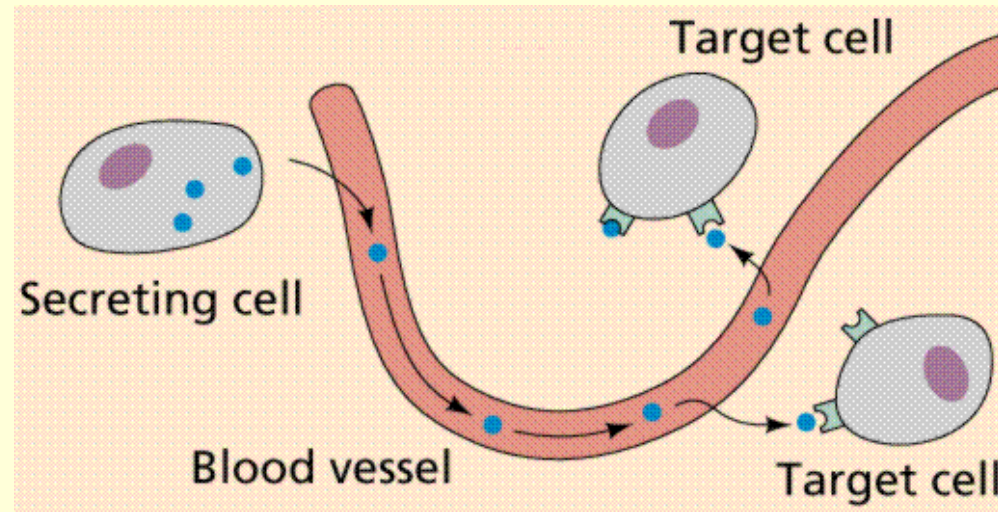




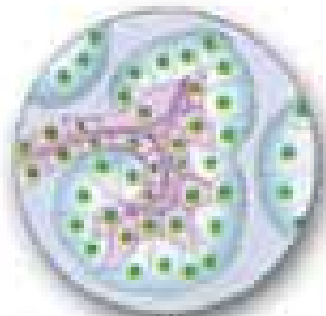
...mais aussi neurotransmetteurs et récepteur des neurones du **système nerveux !**



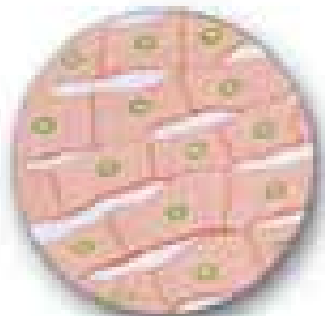
Hormones !
(système endocrinien)



Chez les multicellulaires, on va aussi assister au phénomène de **spécialisation cellulaire**...



cellule
pancréatique



cellule
cardiaque



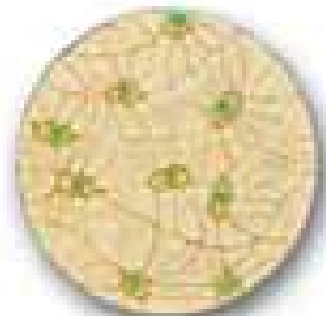
cellule
sanguine



cellule
pulmonaire



ovule



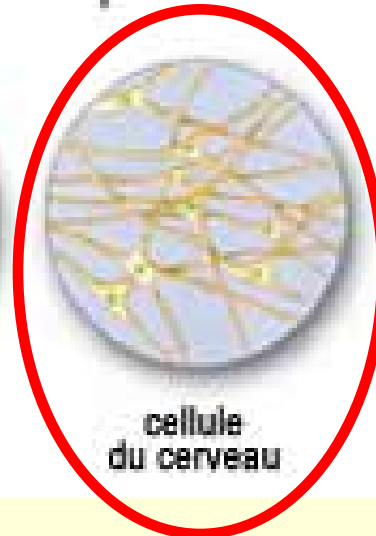
cellule
osseuse



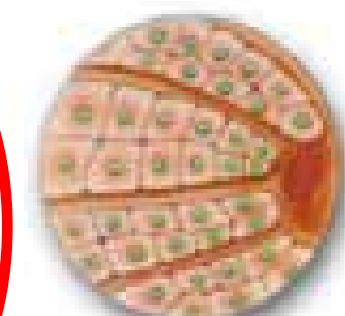
cellule
de la rate



cellule
musculaire



cellule
du cerveau



cellule
du foie

Mais avant de poursuivre avec l'avènement
des **systemes nerveux** chez les animaux...

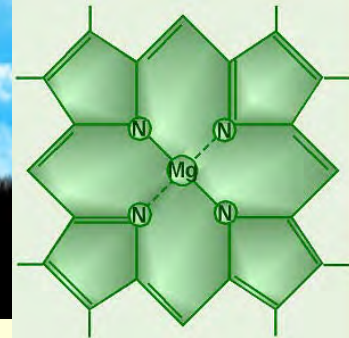
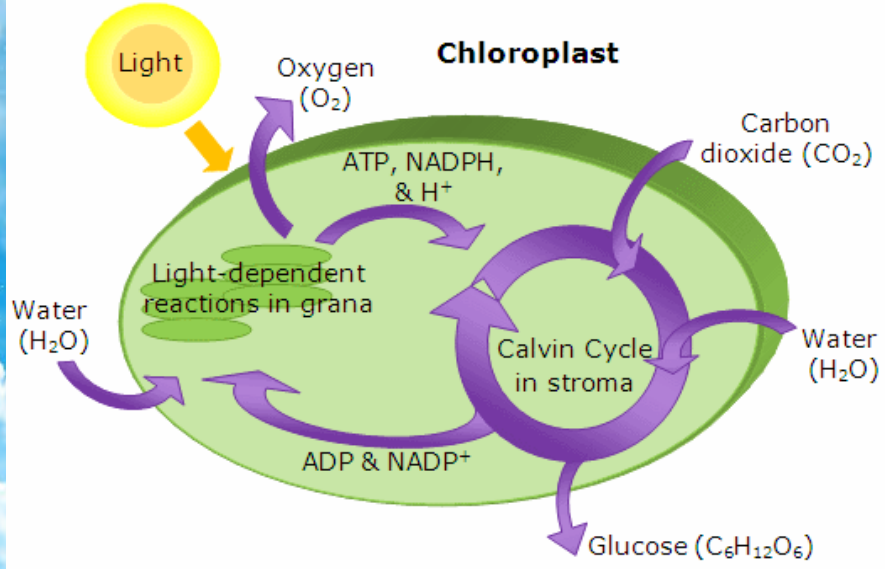
il faut rappeler ici le 2^e principe de la thermodynamique





« 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

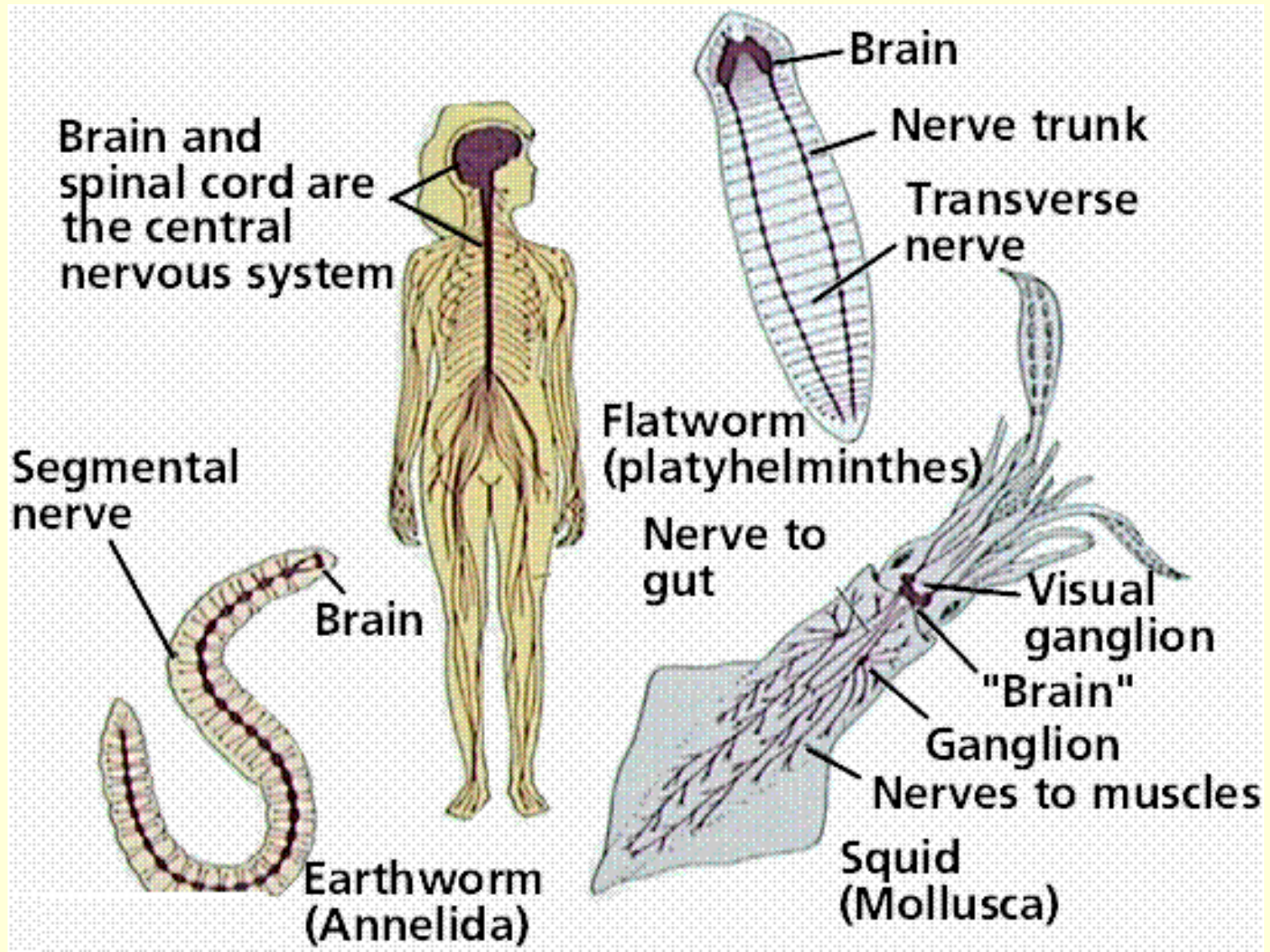




Animaux :

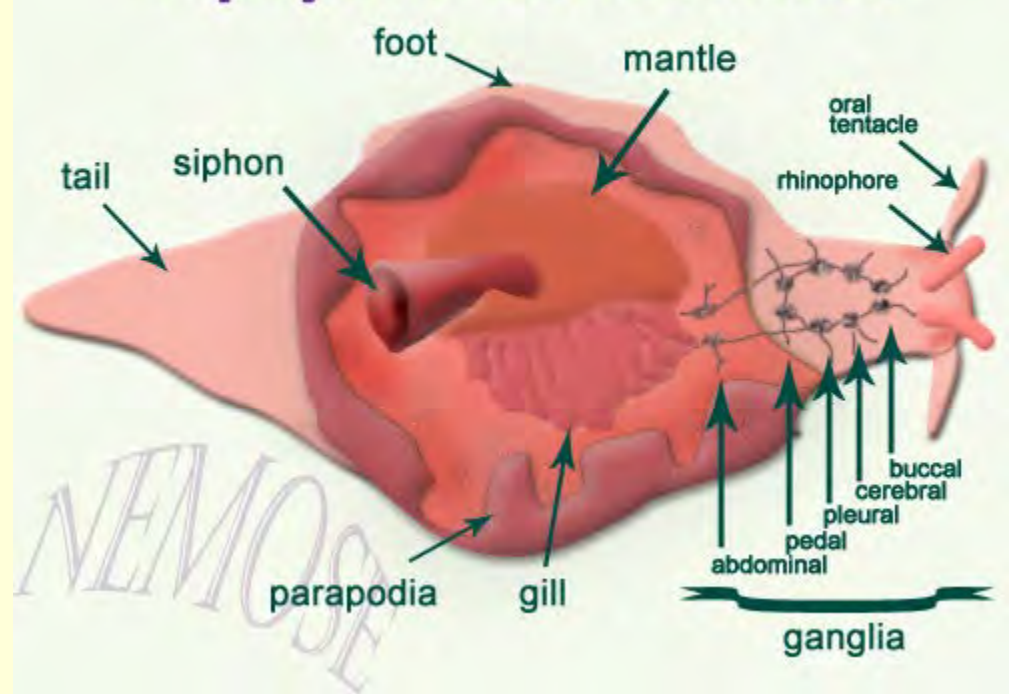
autonomie motrice
pour trouver leurs ressources
dans l'environnement

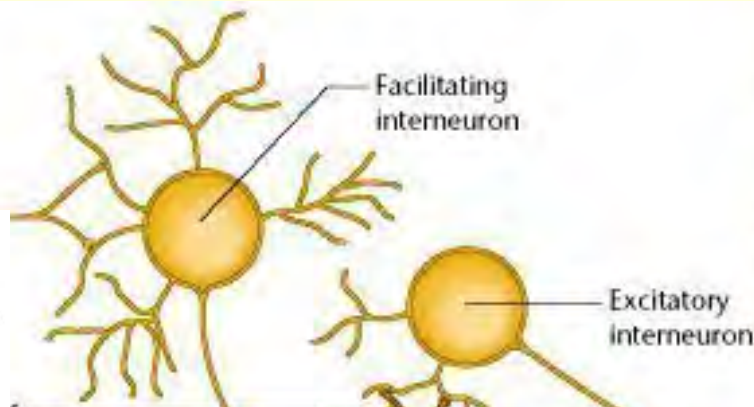
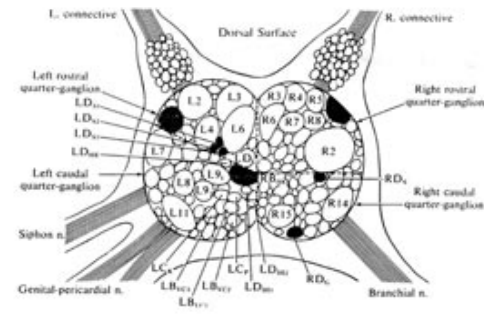
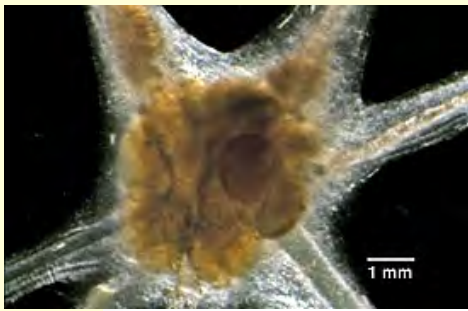
Systemes nerveux !



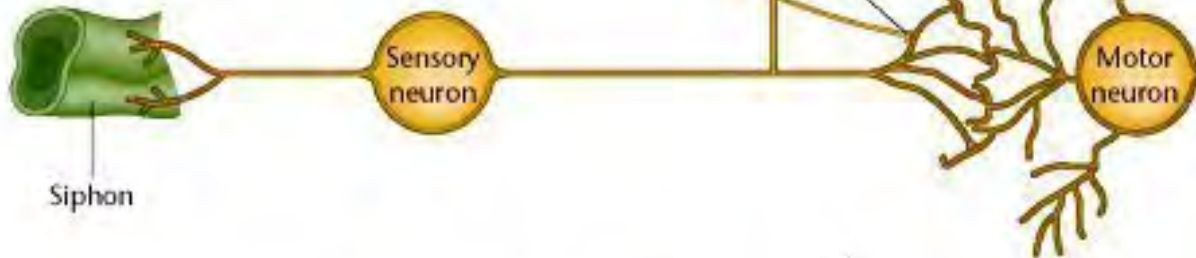
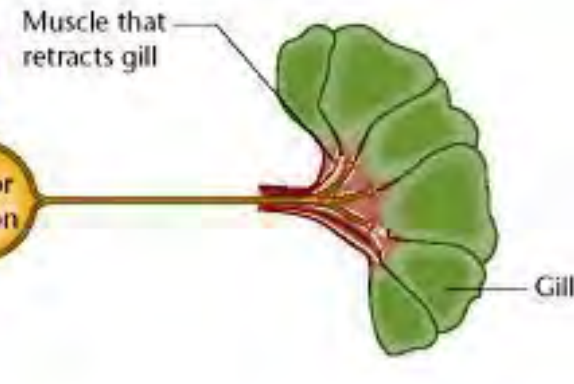


Aplysie
(mollusque marin)





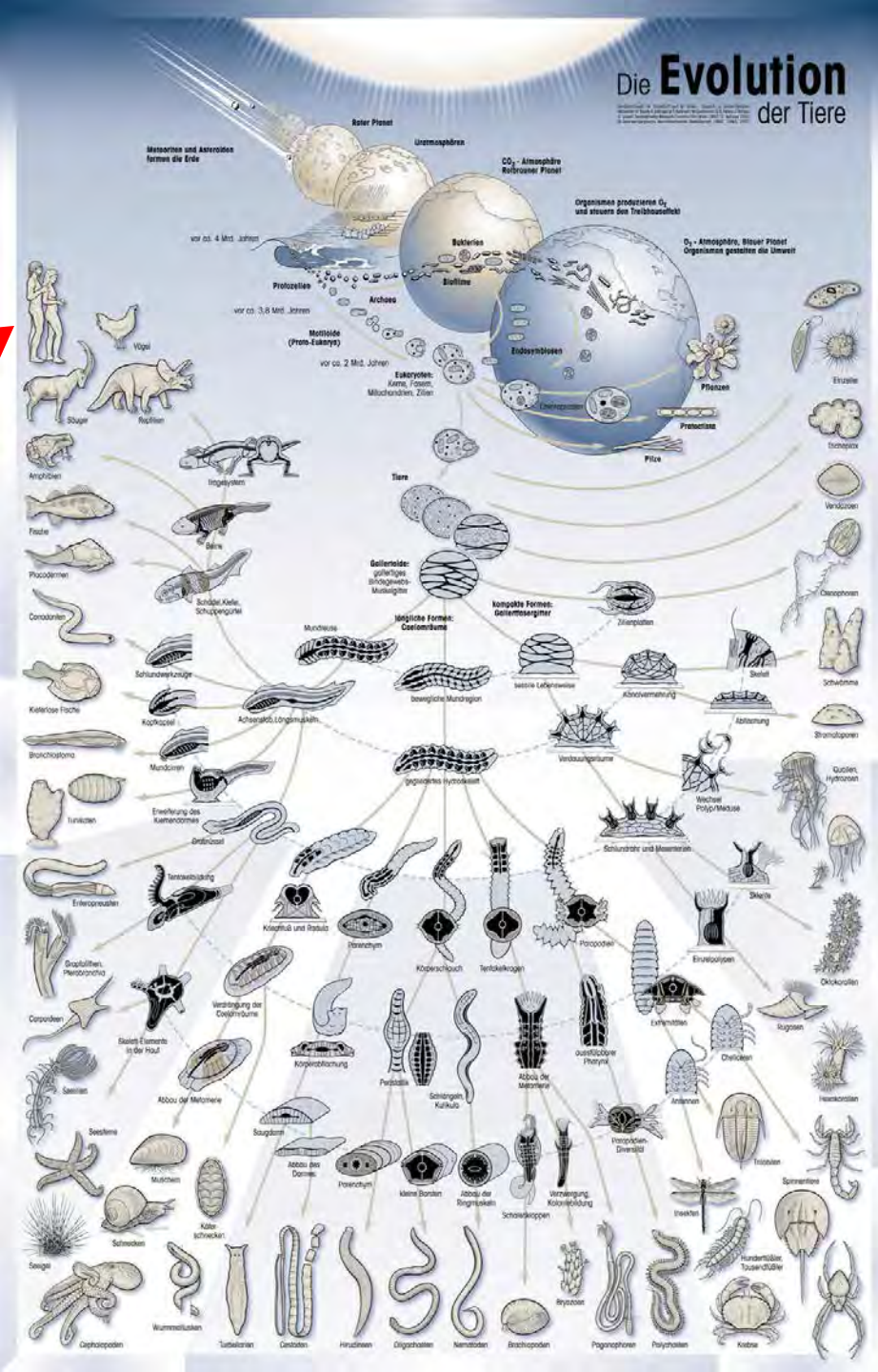
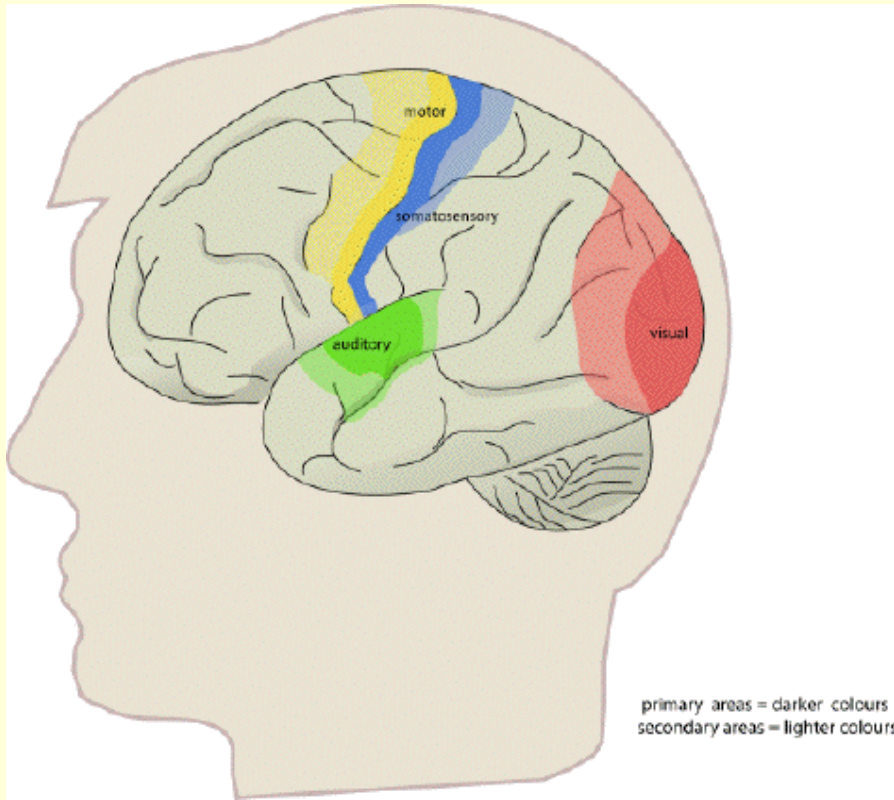
Synapses, neurotransmitter



Une boucle sensori - motrice

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

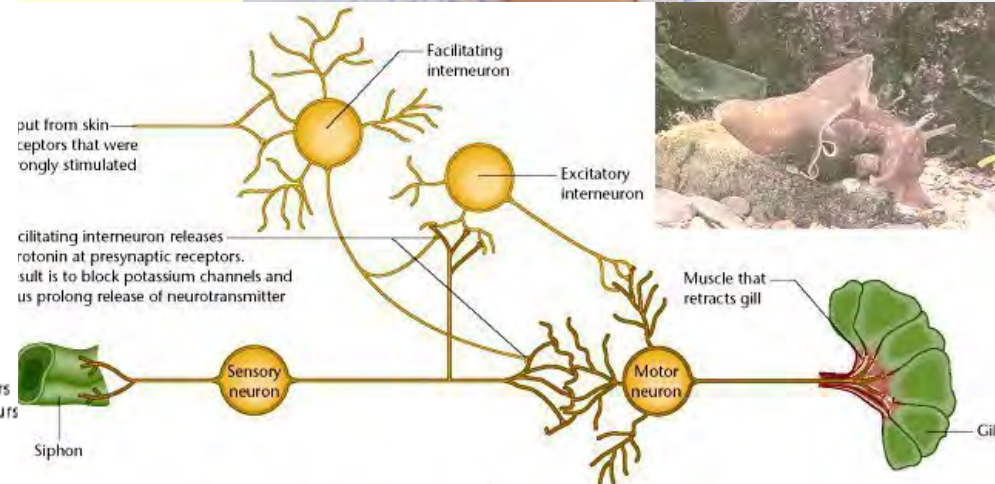
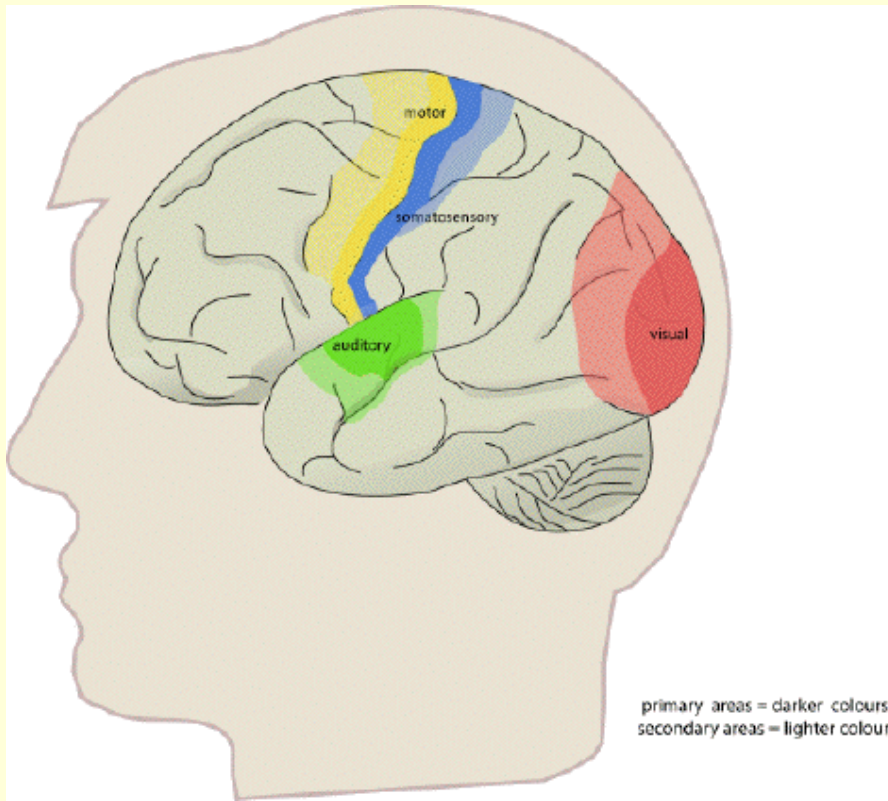
...et l'une des variantes sera nous !



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.

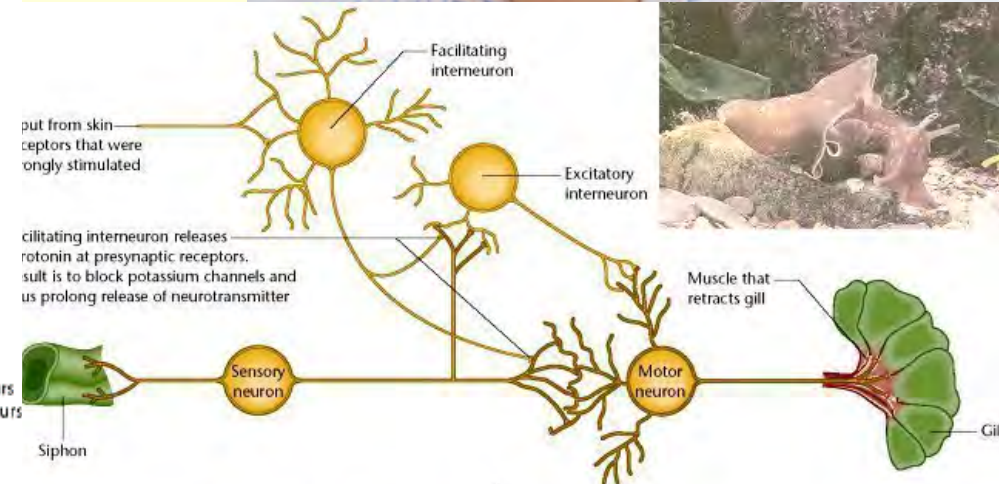
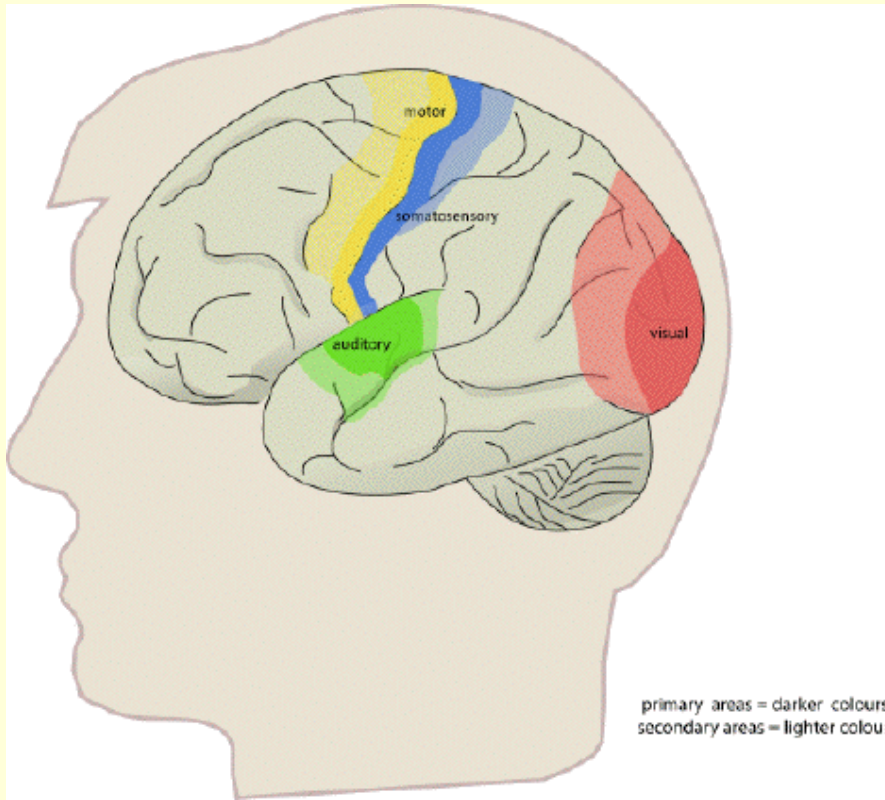


« **Je bouge**, alors je suis. »

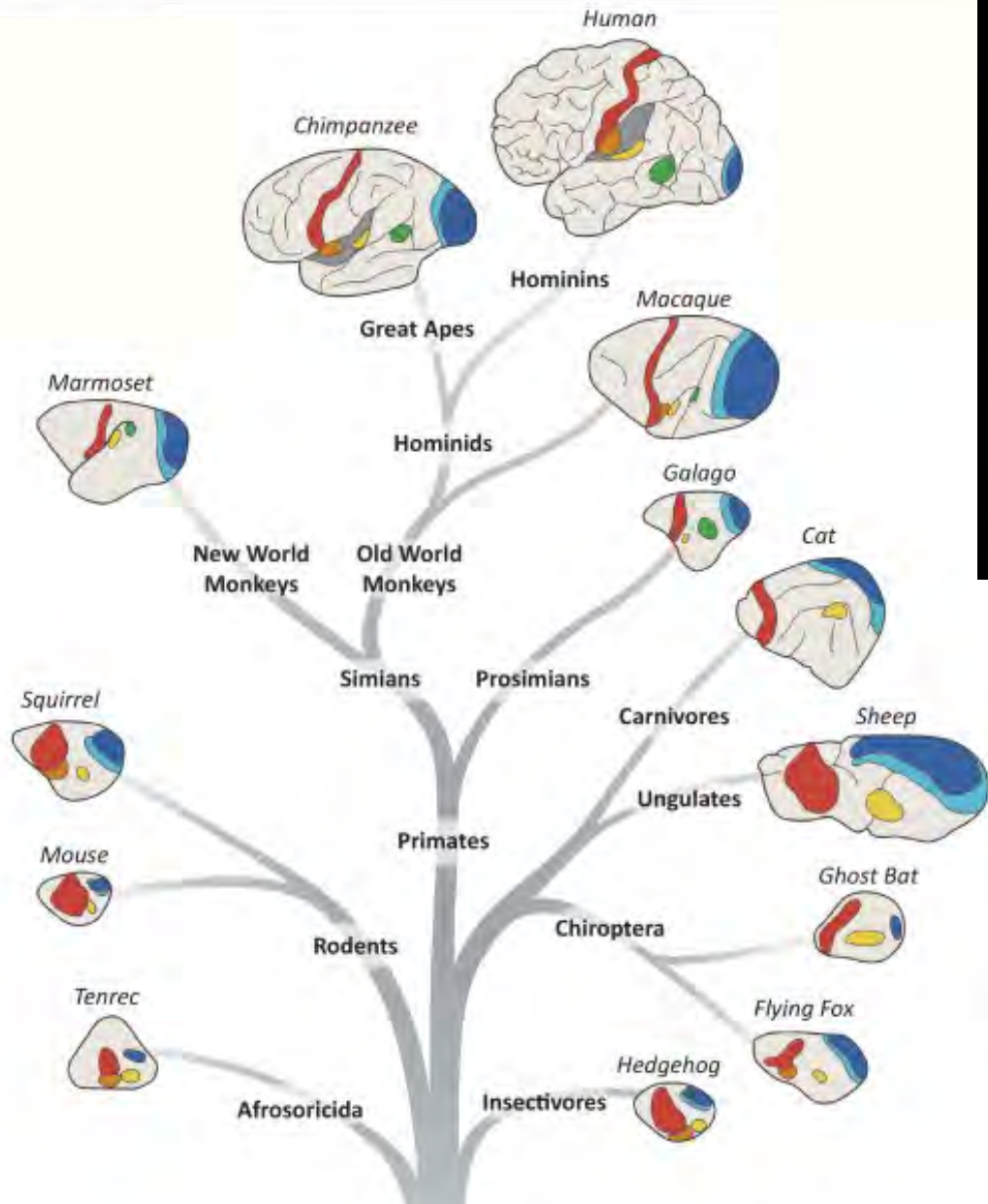
- Rodolfo Llinas

« **Je peux**, donc je suis »

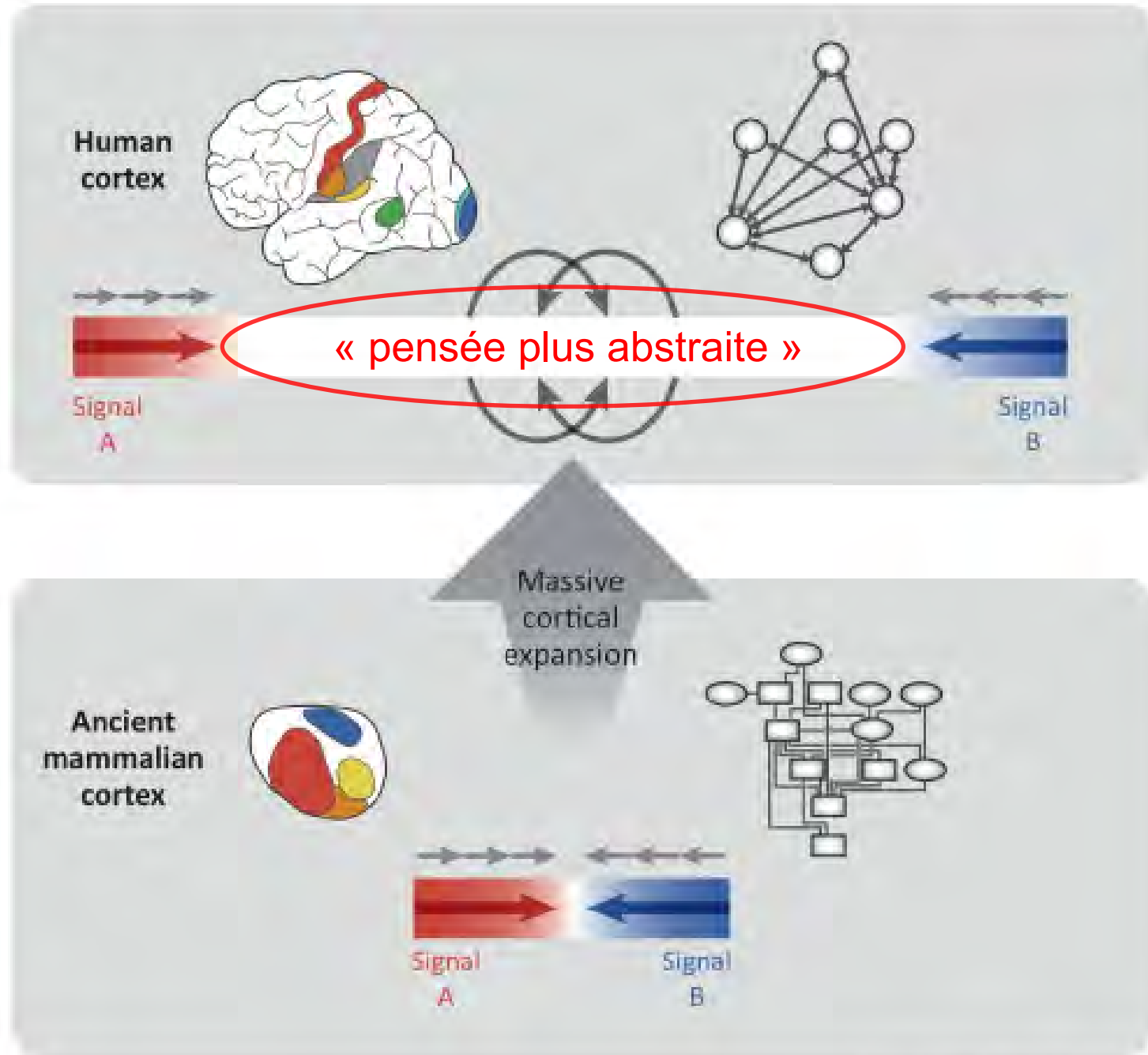
- Evan Thompson



Ces aires associatives ont pris beaucoup d'expansion durant l'évolution des mammifères



pour culminer
chez l'humain
où elles sont
plus ou moins
détachées des
cortex
sensoriels.

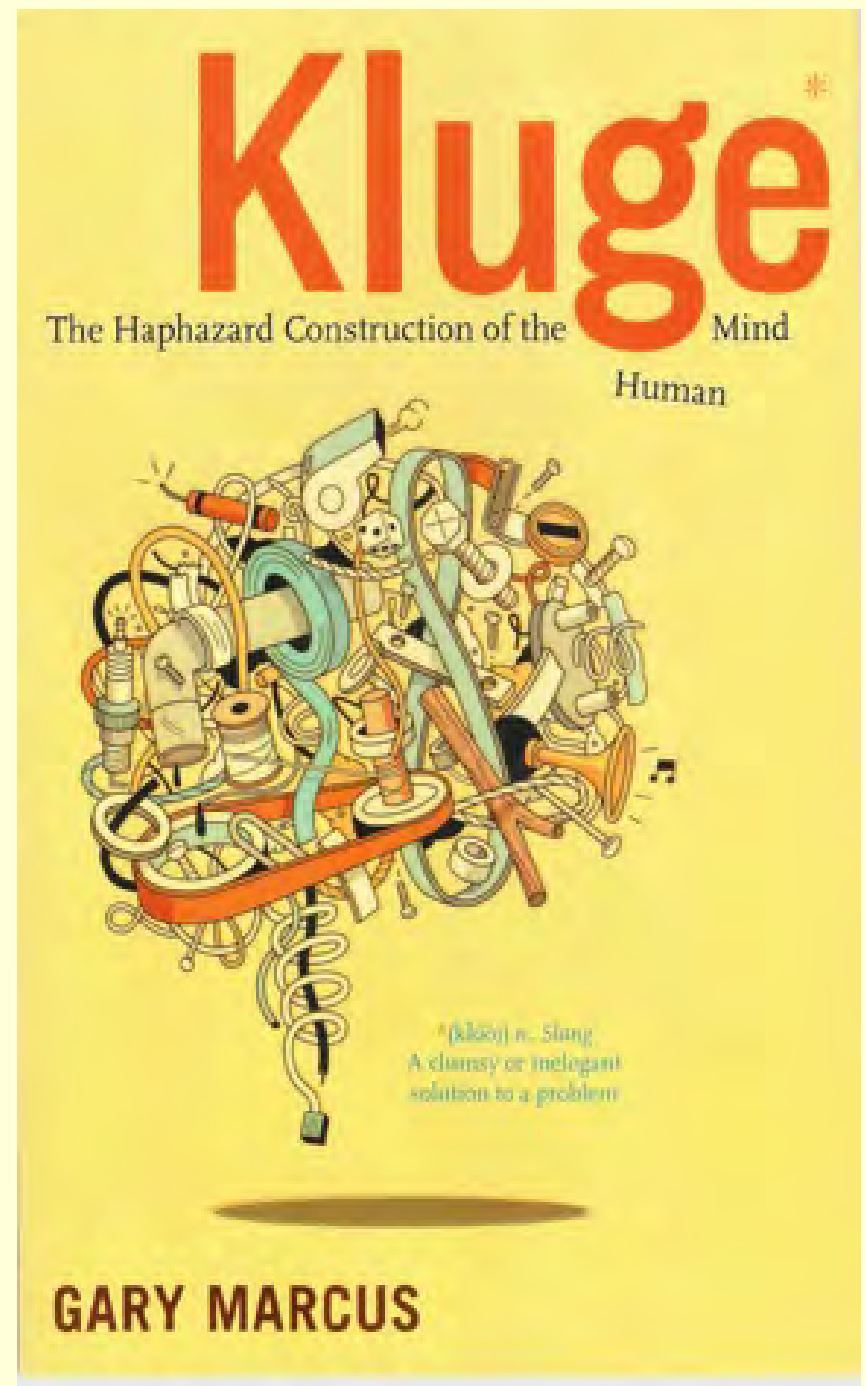




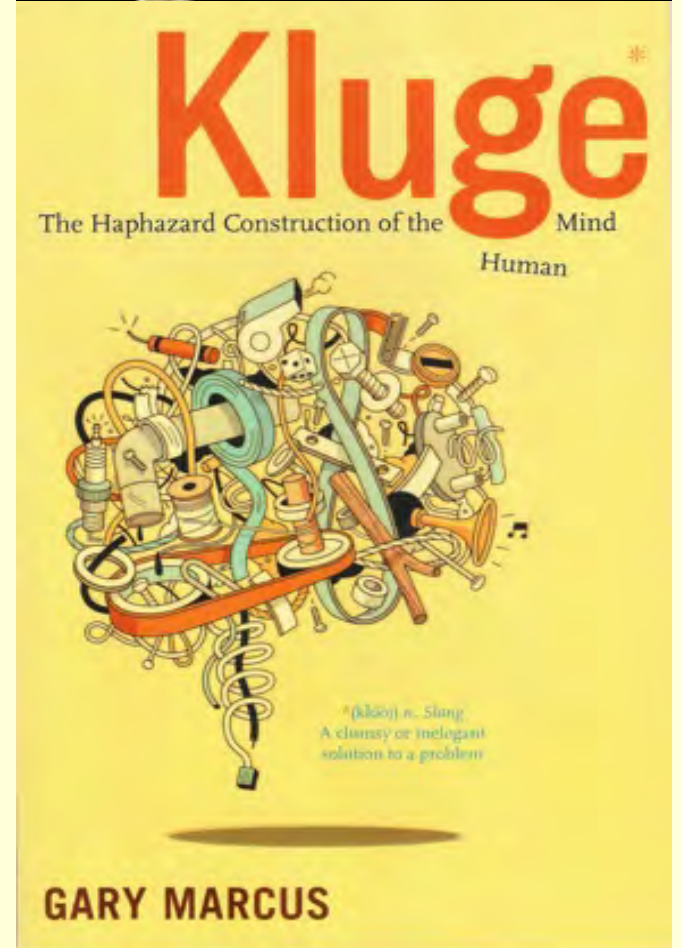
« L'évolution travaille sur ce qui existe déjà. [...] »

La sélection naturelle opère à la manière **non d'un ingénieur, mais d'un bricoleur**; un bricoleur qui ne sait pas encore ce qu'il va produire, mais **recupère** tout ce qui lui tombe sous la main. »

- François Jacob
(Le Jeu des possibles, 1981)



Le cerveau humain actuel s'inscrit donc dans **une longue évolution** qui a façonné ses circuits.



¹(kløø) n. Slang
A clumsy or inelegant
solution to a problem

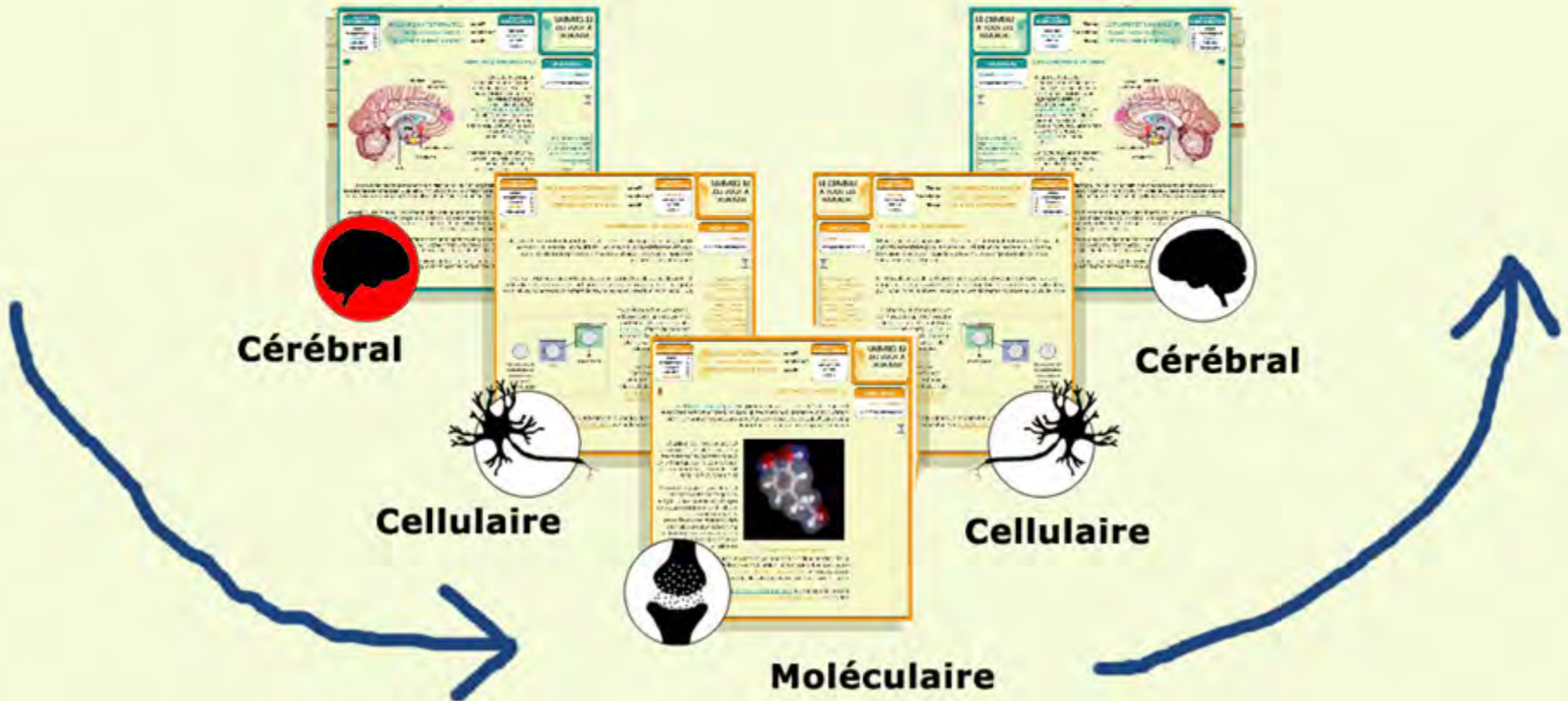
GARY MARCUS

Introduction :

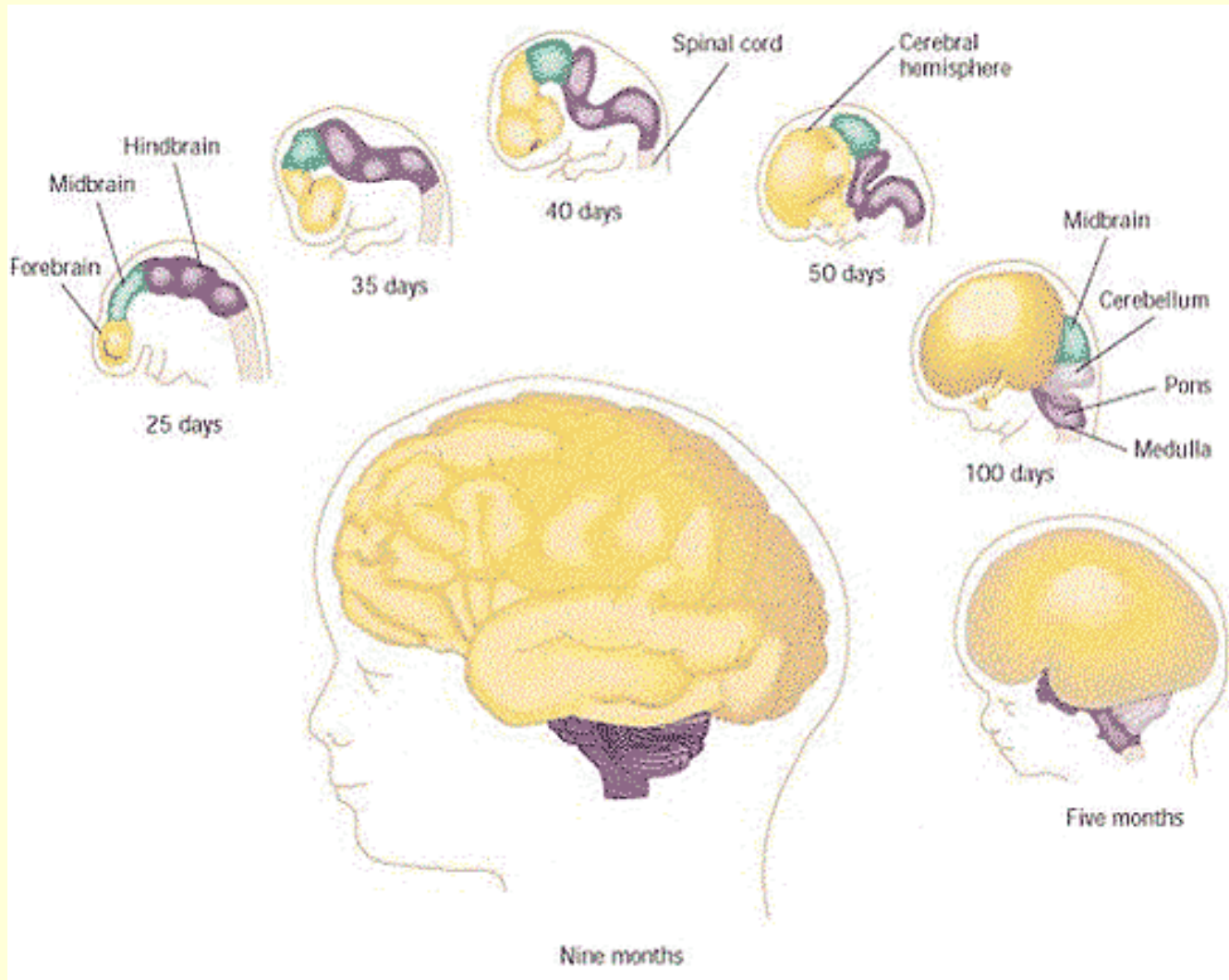
- Perspective évolutive

Conclusion :

- ma métaphore
cérébrale préférée

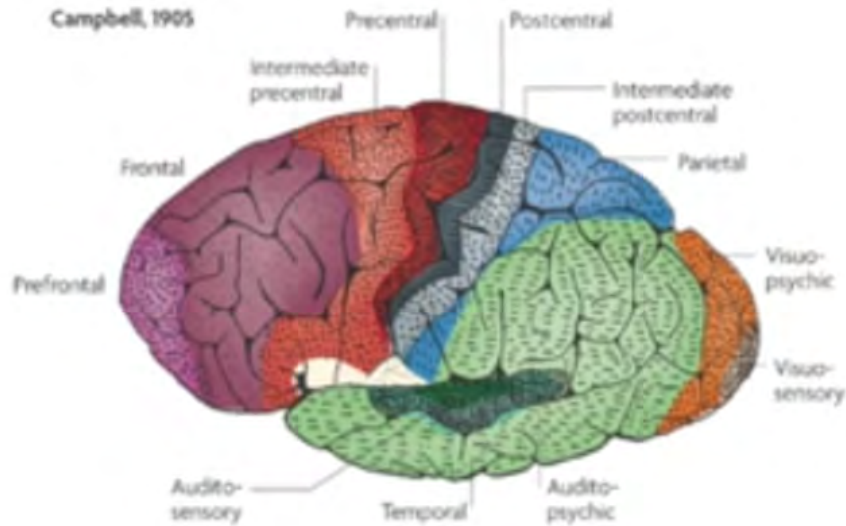


Durant le développement, le **cortex** des mammifères possède l'augmentation relative de taille la plus grande de toutes les structures cérébrales.

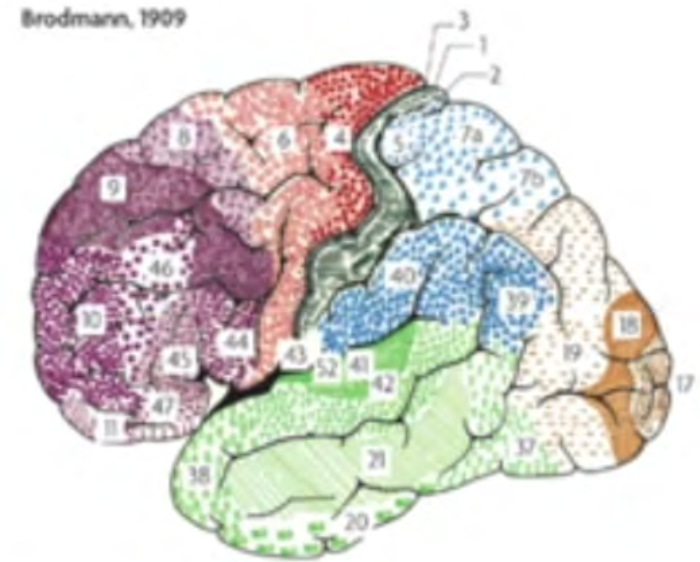




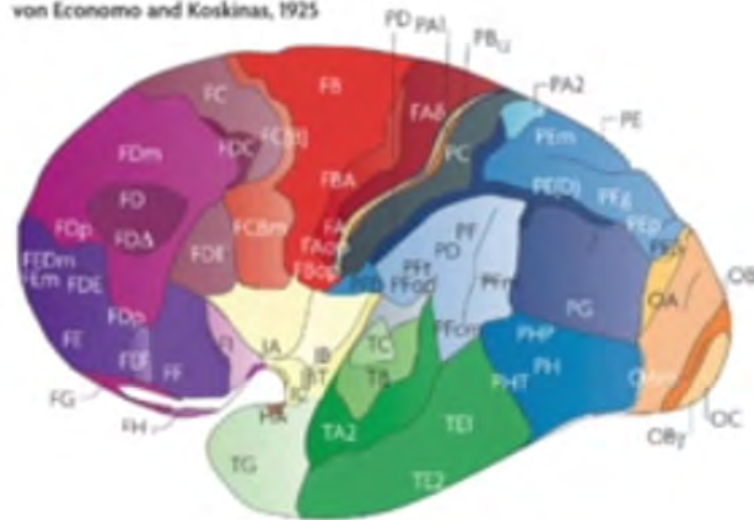
Campbell, 1905



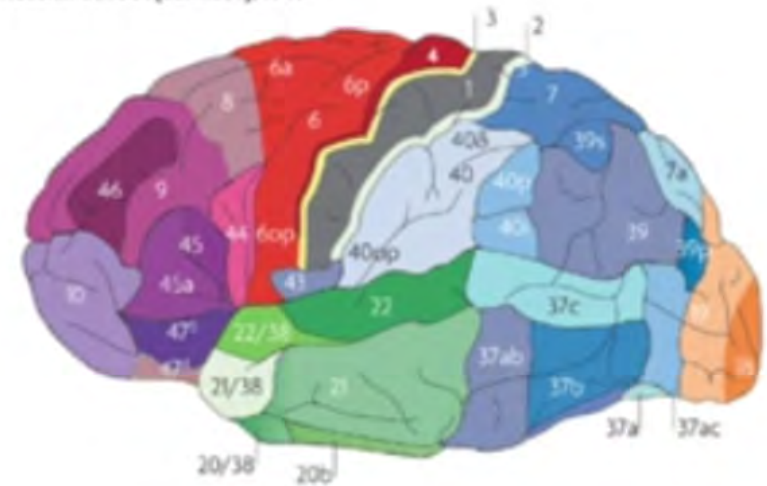
Brodmann, 1909



von Economo and Koskinas, 1925



Russian school (Sarkisov), 1949

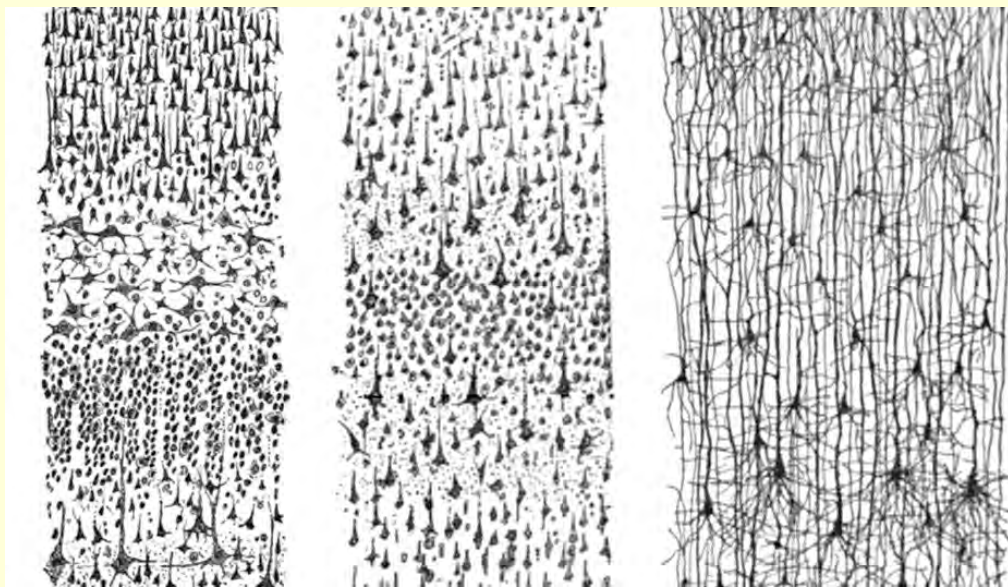
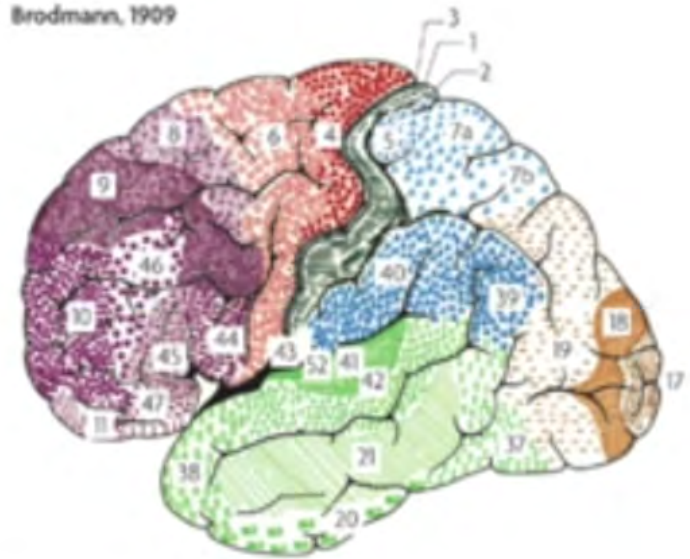
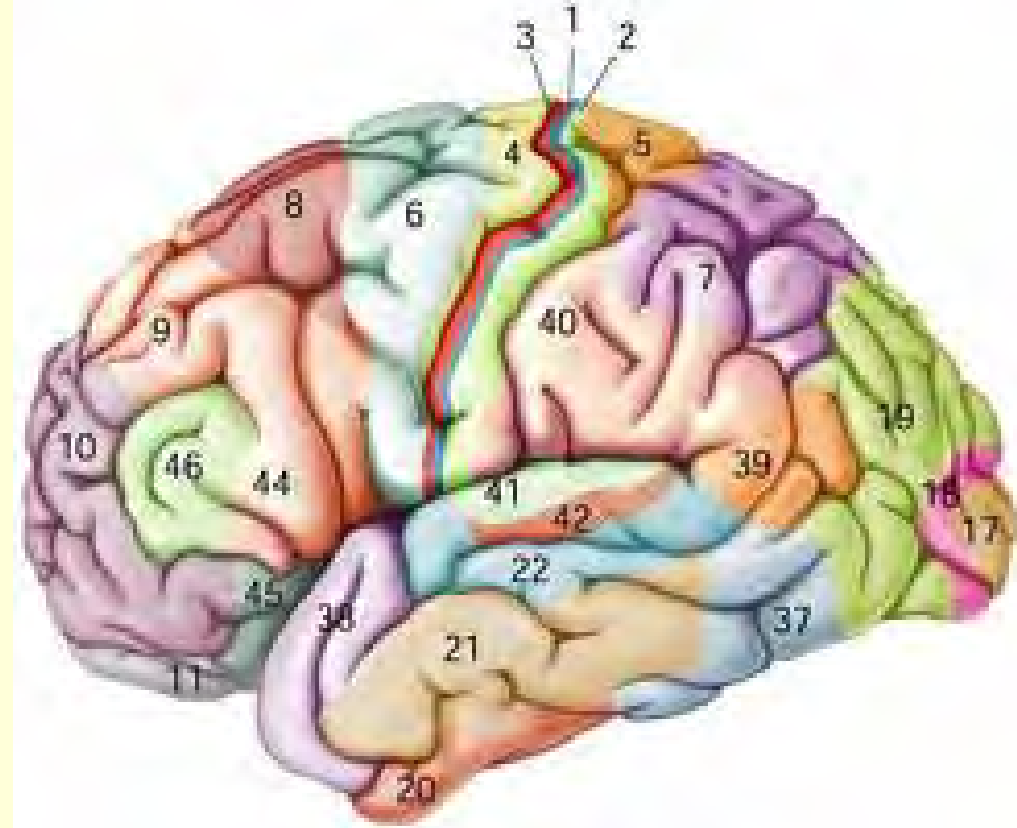


von Economo and Koskinas, 1925

Russian school (Sarkisov), 1949

Brodmann, 1909

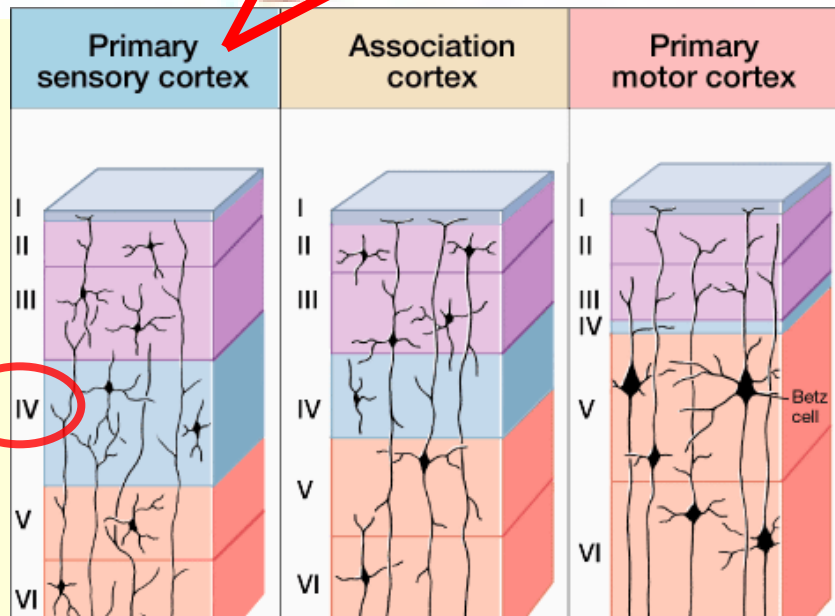
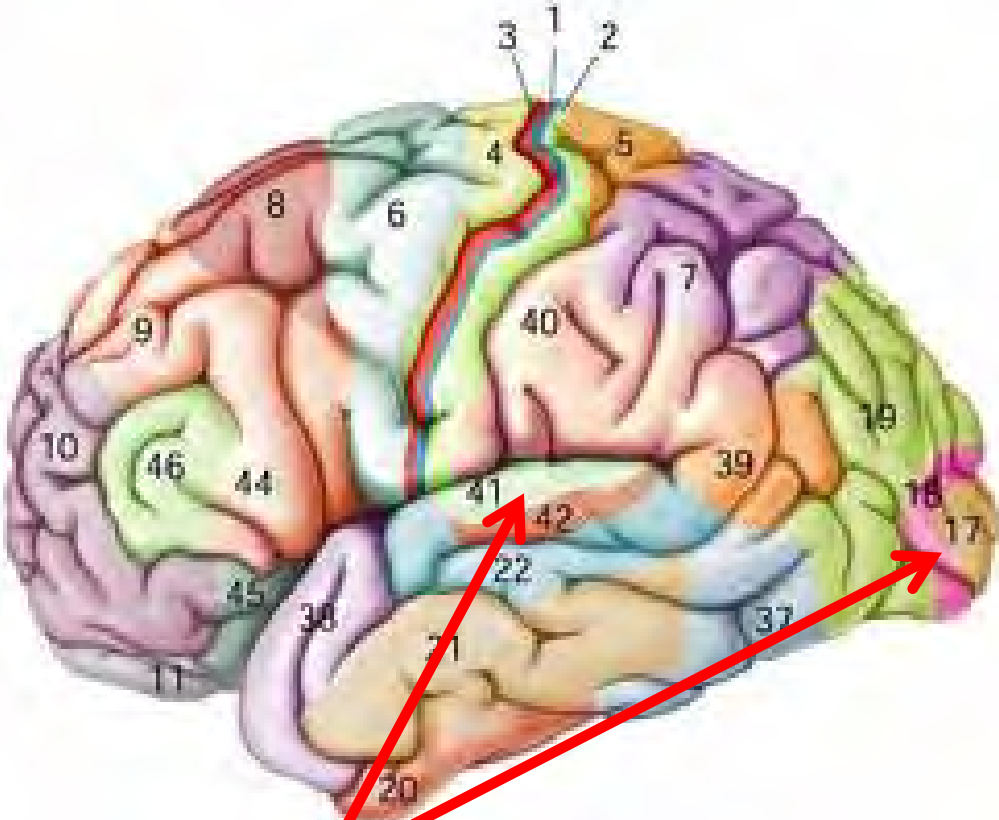
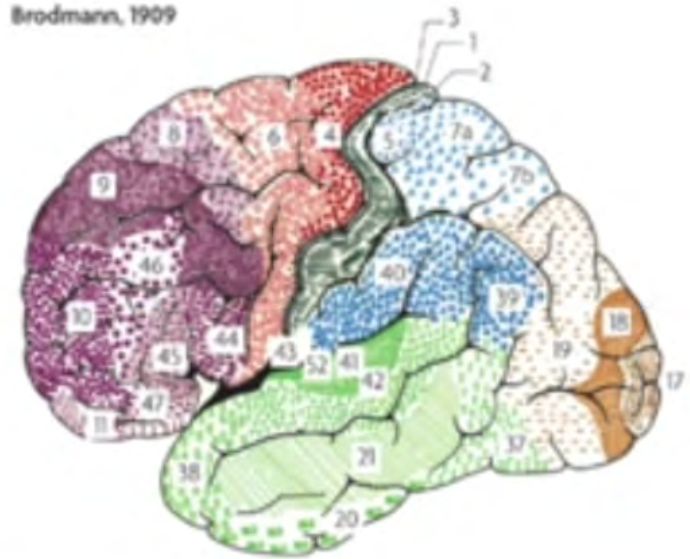
Brodmann, 1909



Carte basées sur la cytoarchitecture c'est-à-dire la **densité**, la **taille** des neurones et le **nombre de couches** observées sur des coupes histologiques.

Brodmann, 1909

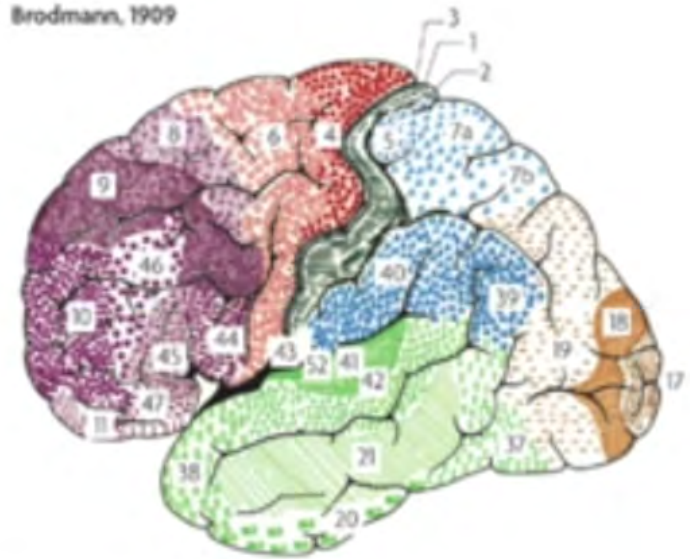
Brodmann, 1909



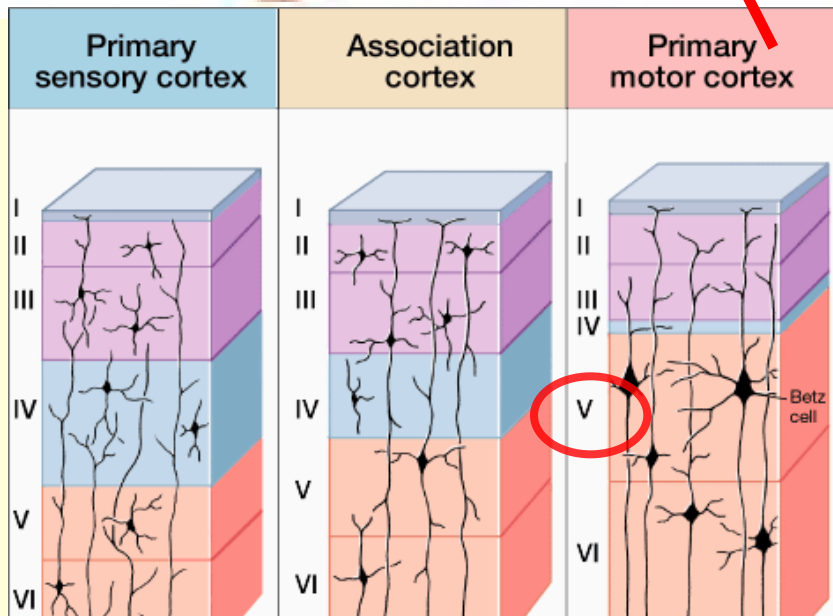
Carte basées sur la cytoarchitecture c'est-à-dire la **densité**, la **taille** des neurones et le **nombre de couches** observées sur des coupes histologiques.

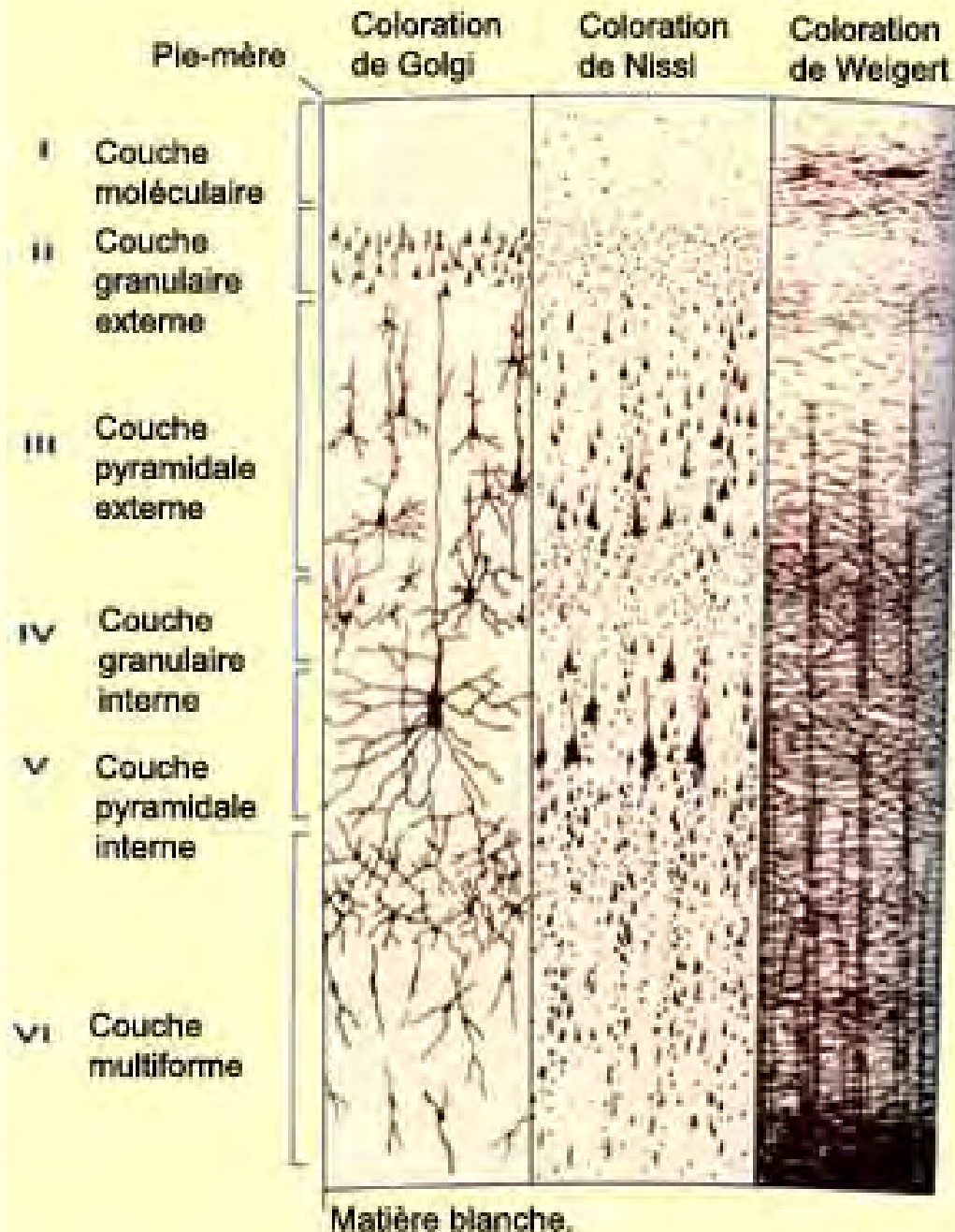
Brodmann, 1909

Brodmann, 1909



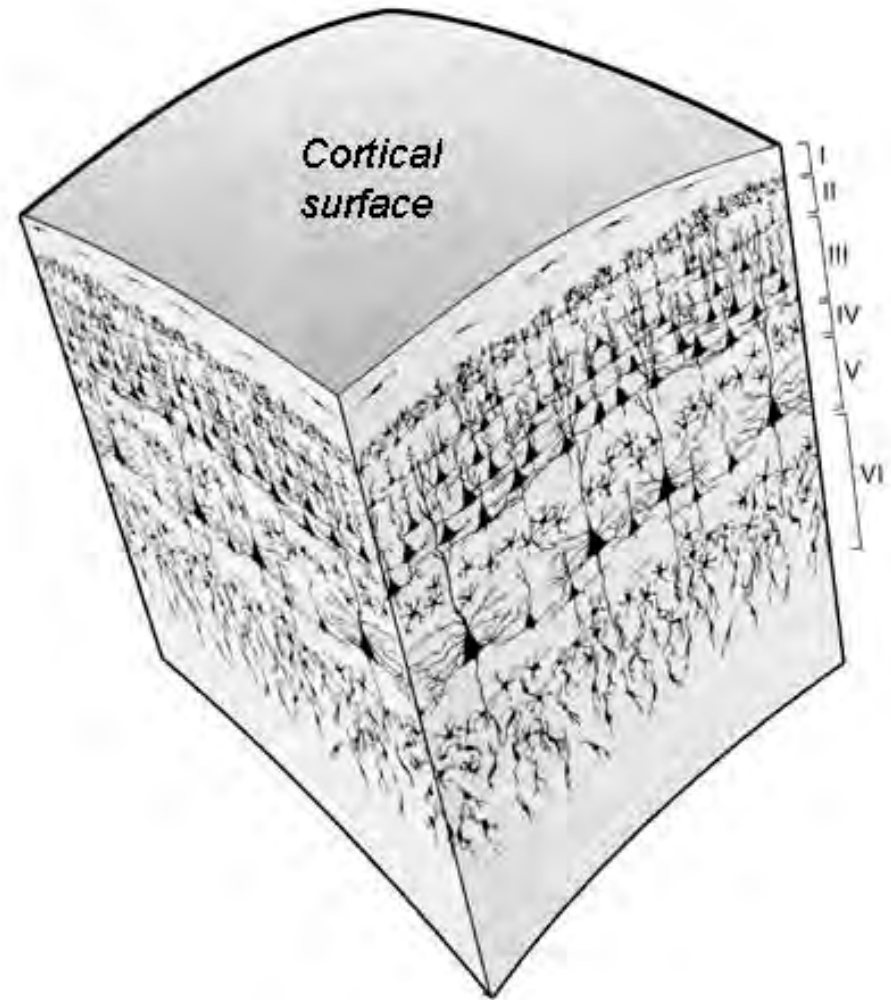
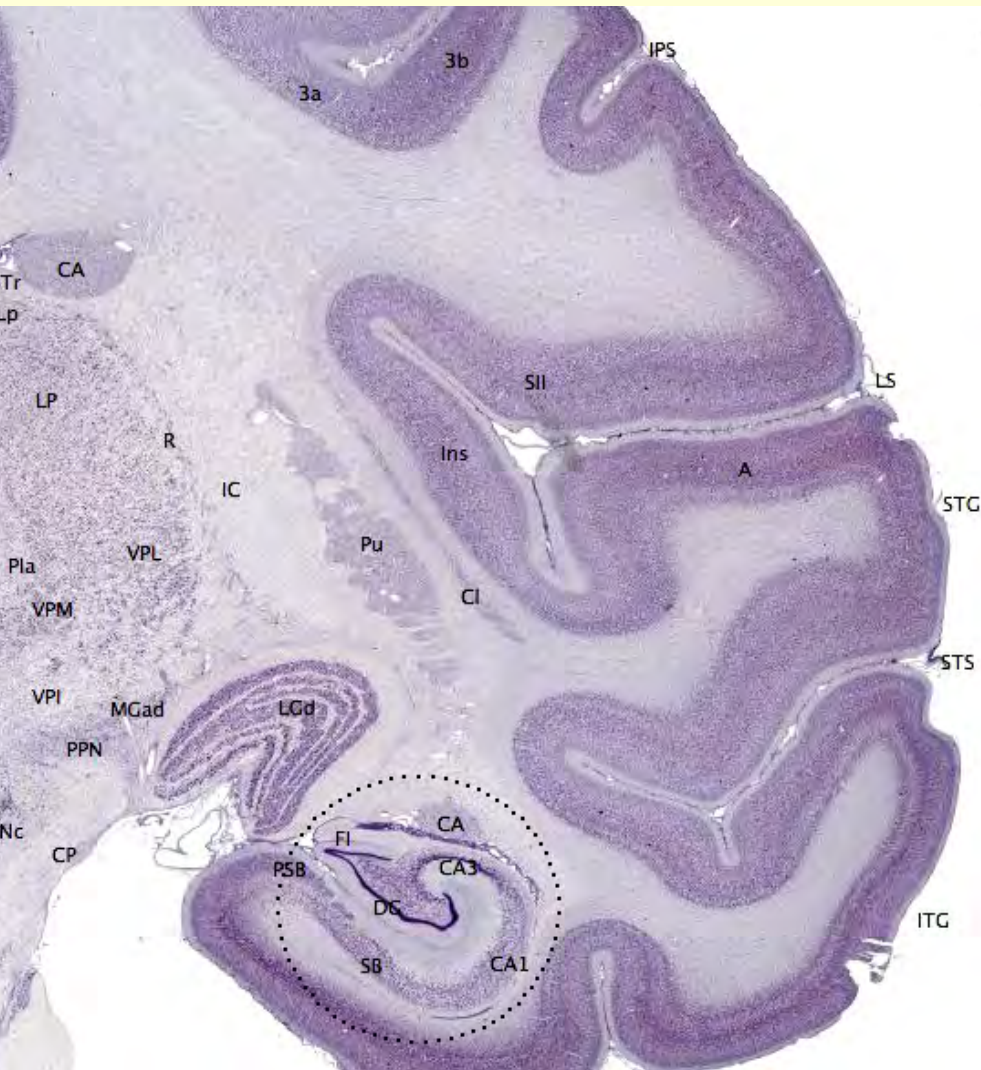
Carte basées sur la cytoarchitecture c'est-à-dire la **densité**, la **taille** des neurones et le **nombre de couches** observées sur des coupes histologiques.





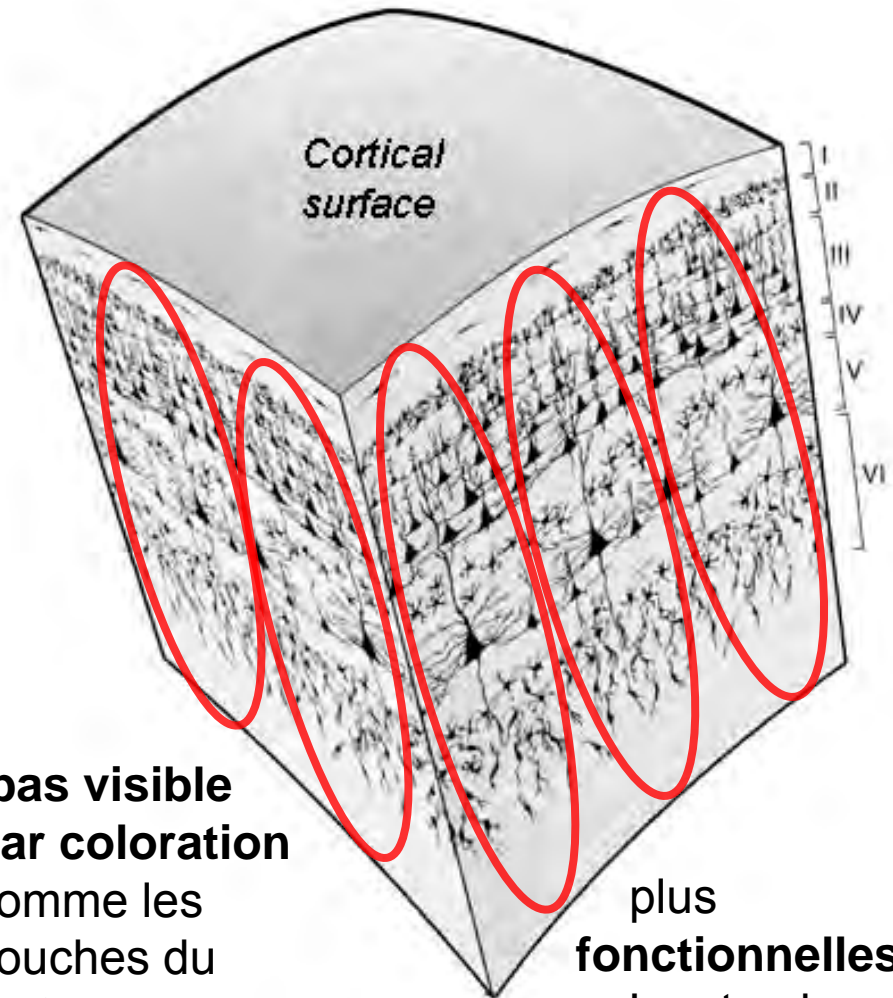
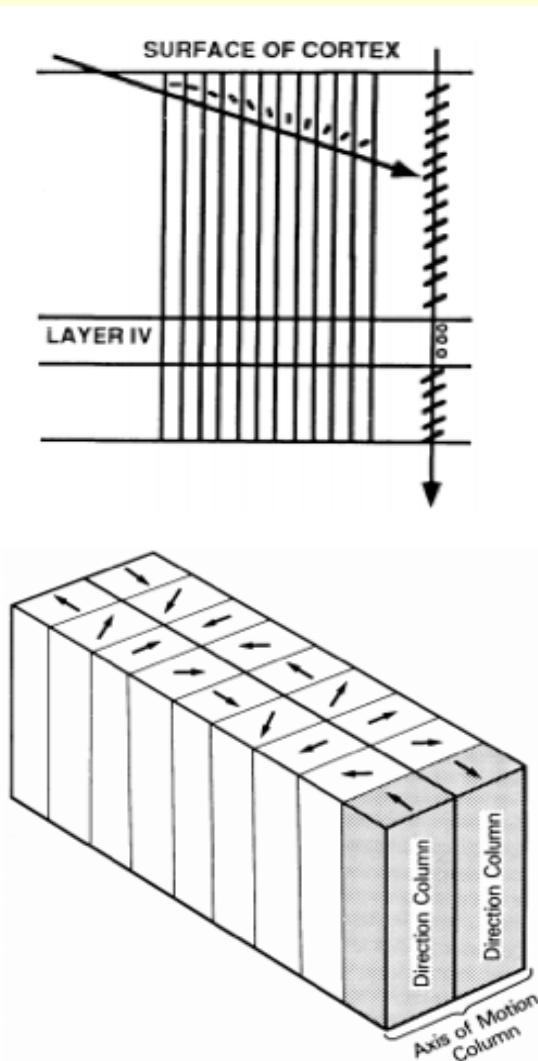
Et l'on sait aujourd'hui qu'effectivement cette **organisation en différentes couches du cortex** n'est pas sans rapport avec les capacités computationnelles d'une région corticale donnée.

En plus de cette organisation **en couches horizontales** dans le cortex...



On a aussi découvert dans la 2e moitié du XXe siècle une organisation **en colonne** !

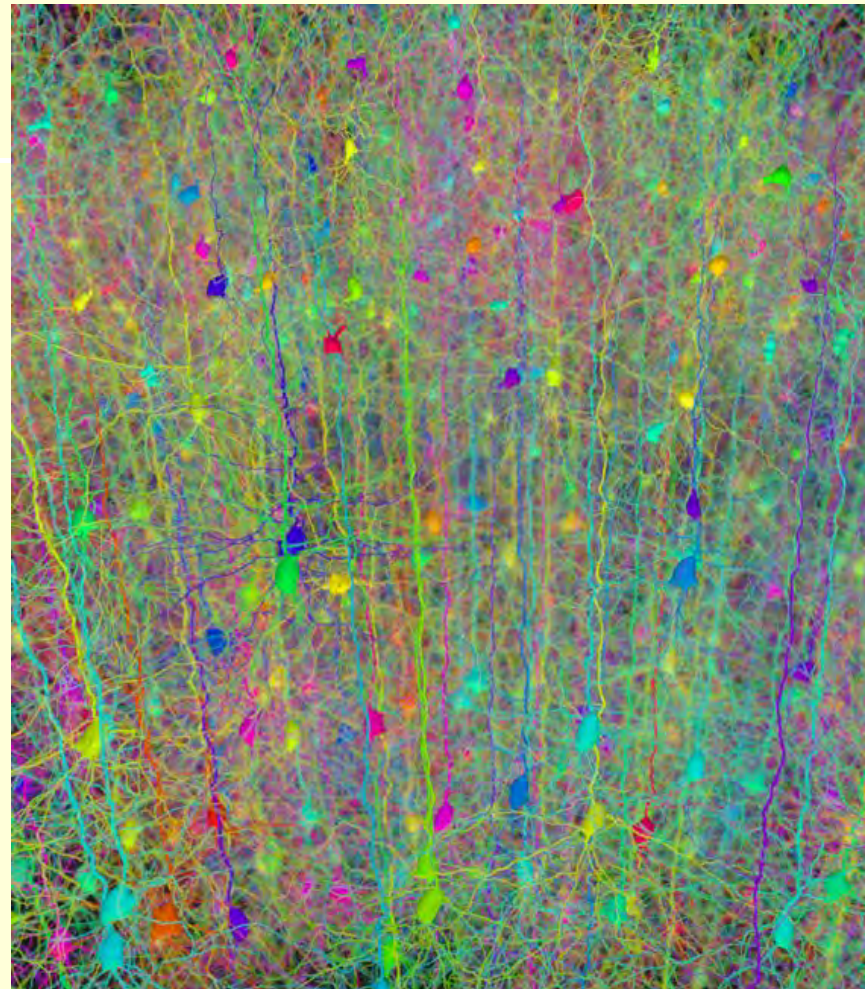
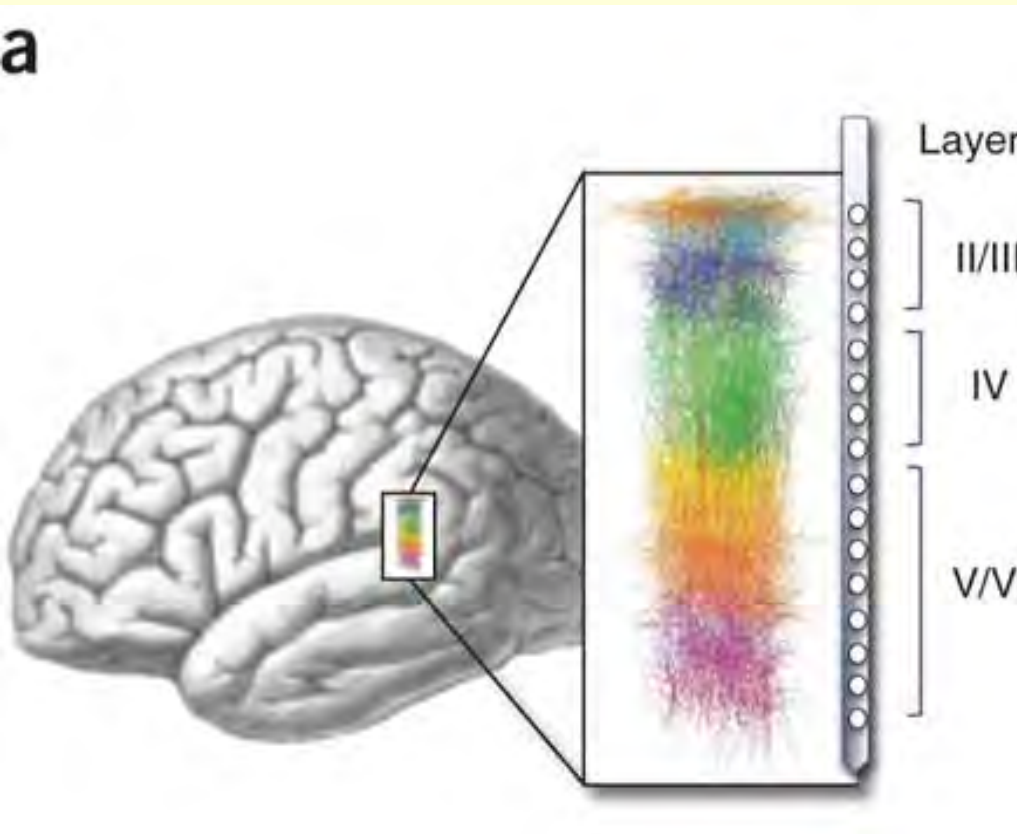
Les neurones ont des connexions préférentielles à la **verticale**.



(pas visible
par coloration
comme les
couches du
cortex;

plus
fonctionnelles
qu'anatomiques)

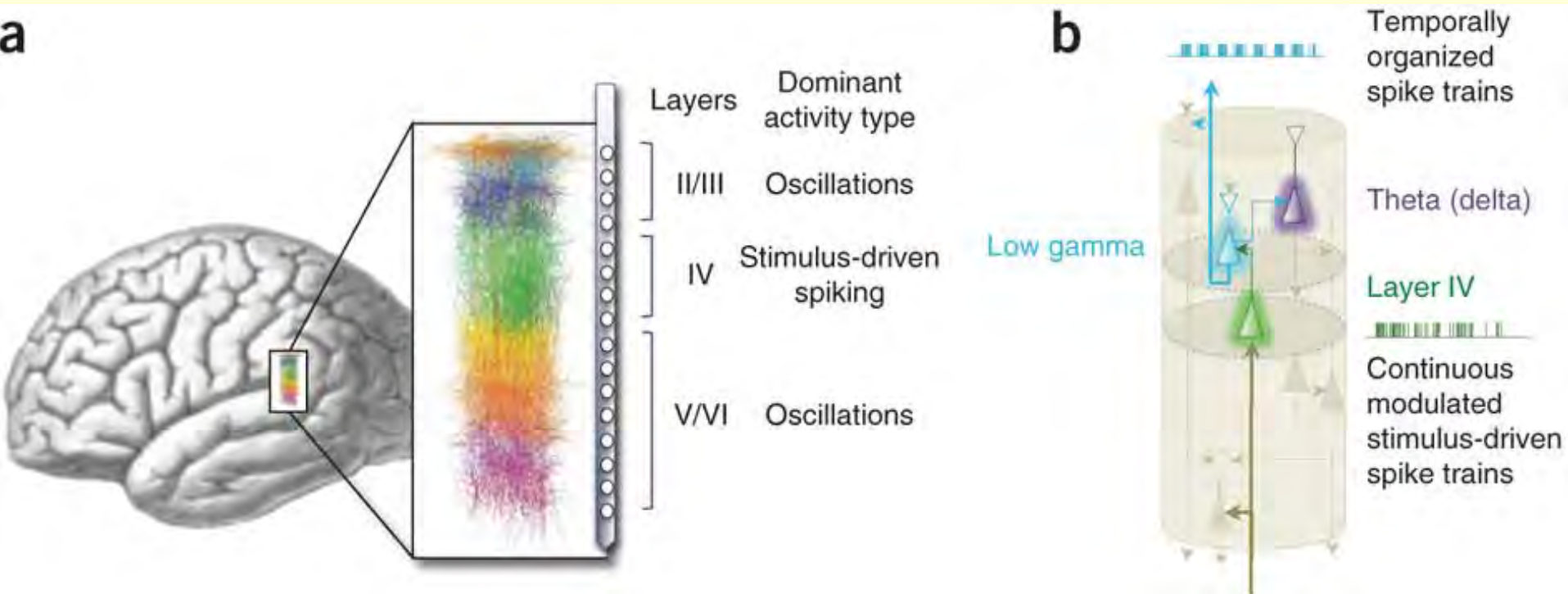
Même s'il est difficile de définir une **colonne corticale** de façon formelle, la notion demeure **attrayante** parce qu'elle suggère qu'on peut simplifier l'insurmontable complexité du câblage cérébral





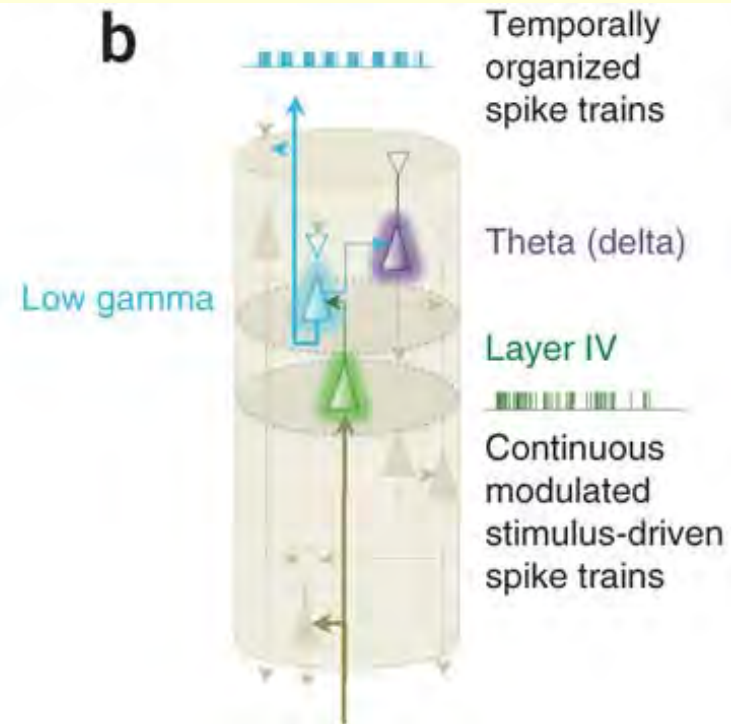
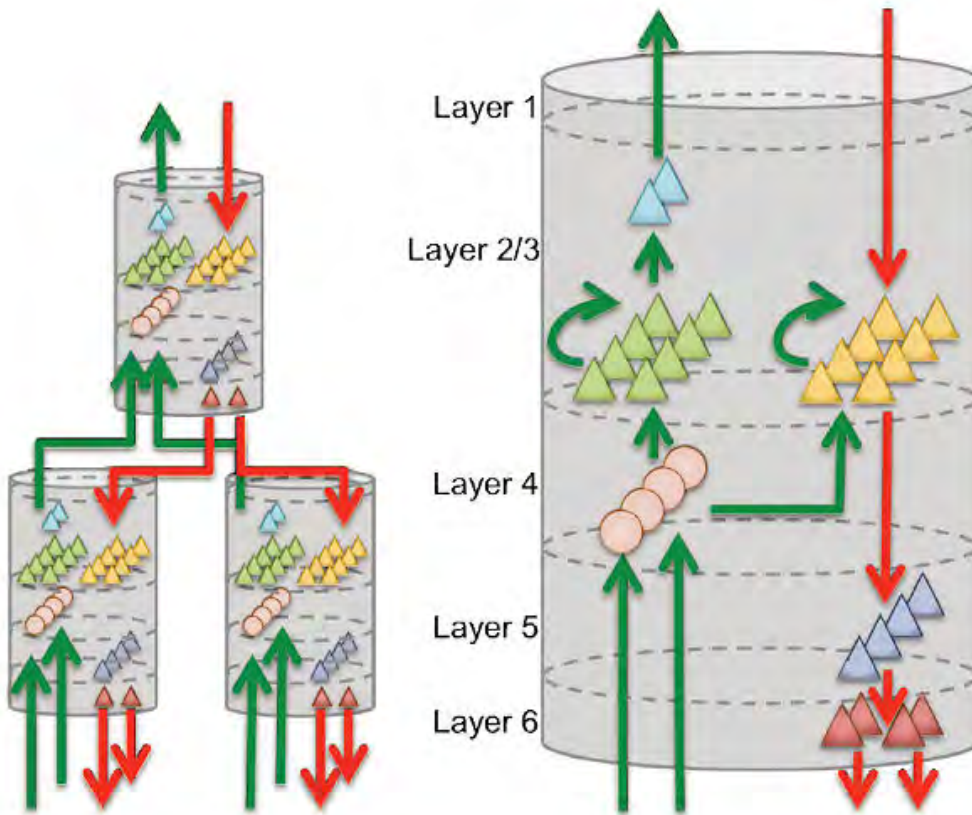


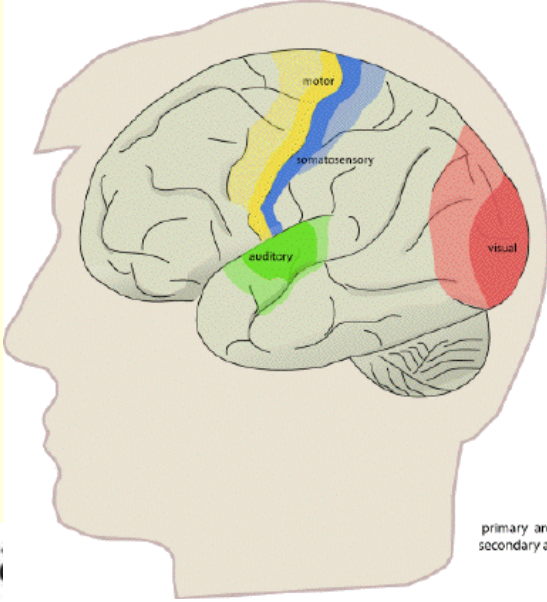
Donc cela suggère qu'on pourrait simplifier l'insurmontable complexité du câblage cérébral en un **arrangement de d'unités similaires** organisées en parallèle.



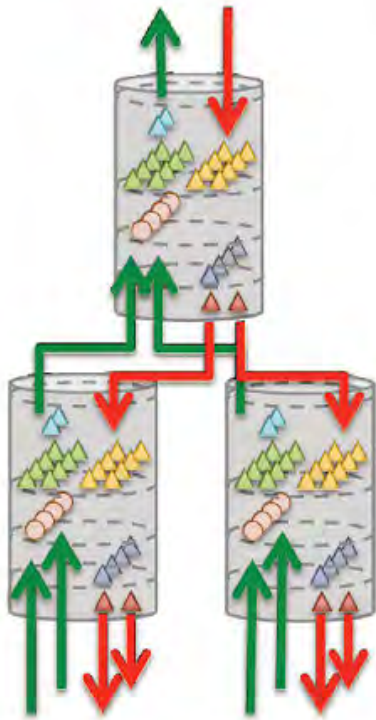
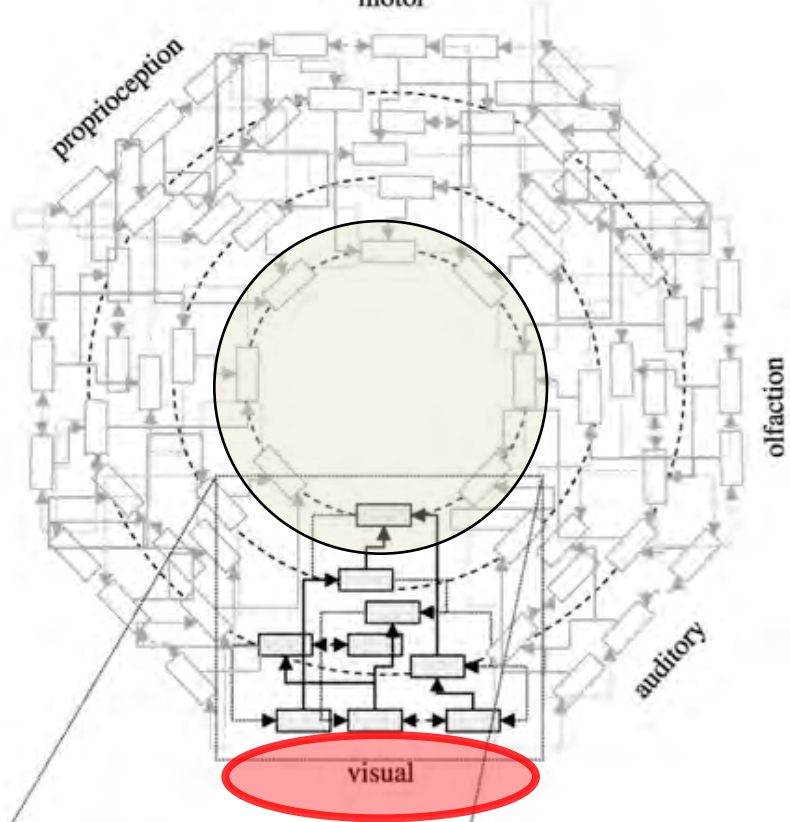
Le problème devient soudainement plus abordable:

**comprenez une colonne “générique”,
et vous les comprendrez toutes !**

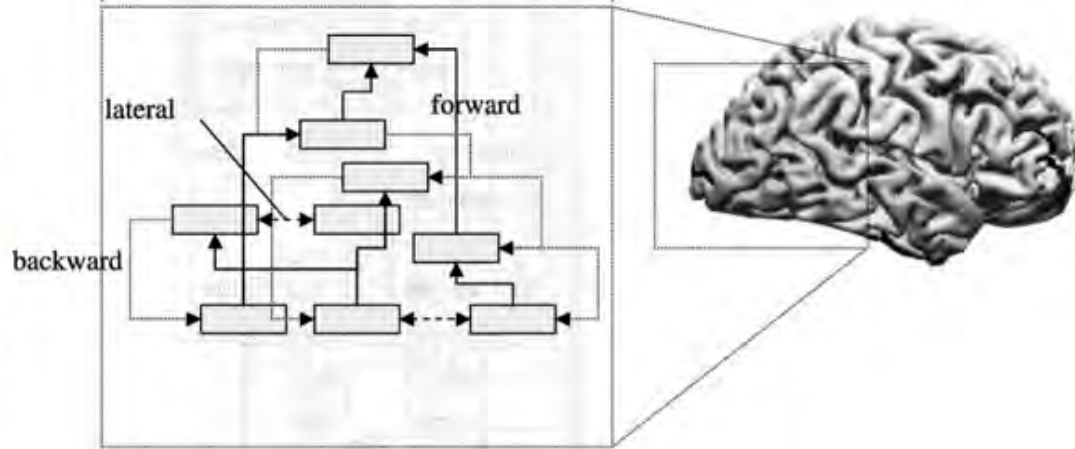


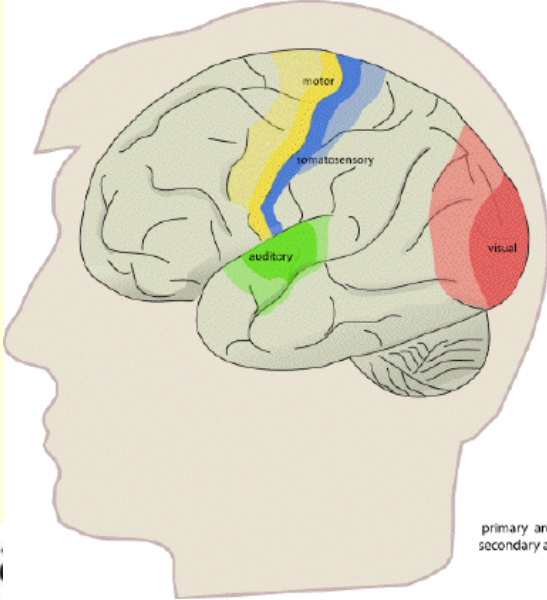


primary areas = darker colours
secondary areas = lighter colours

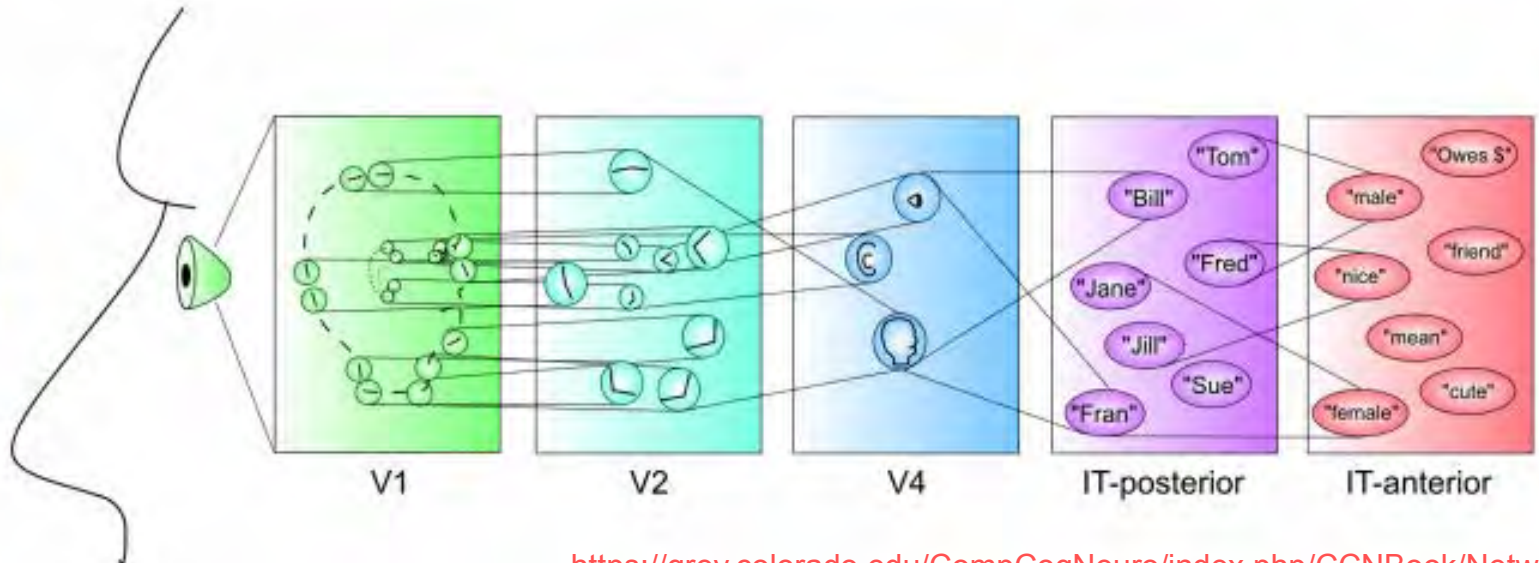
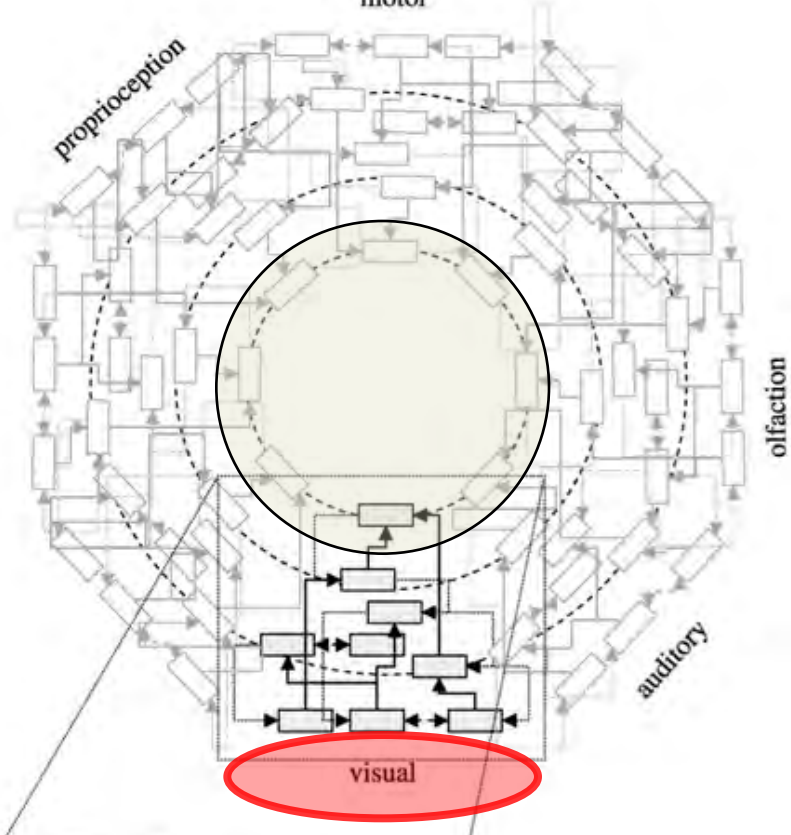


processing hierarchy

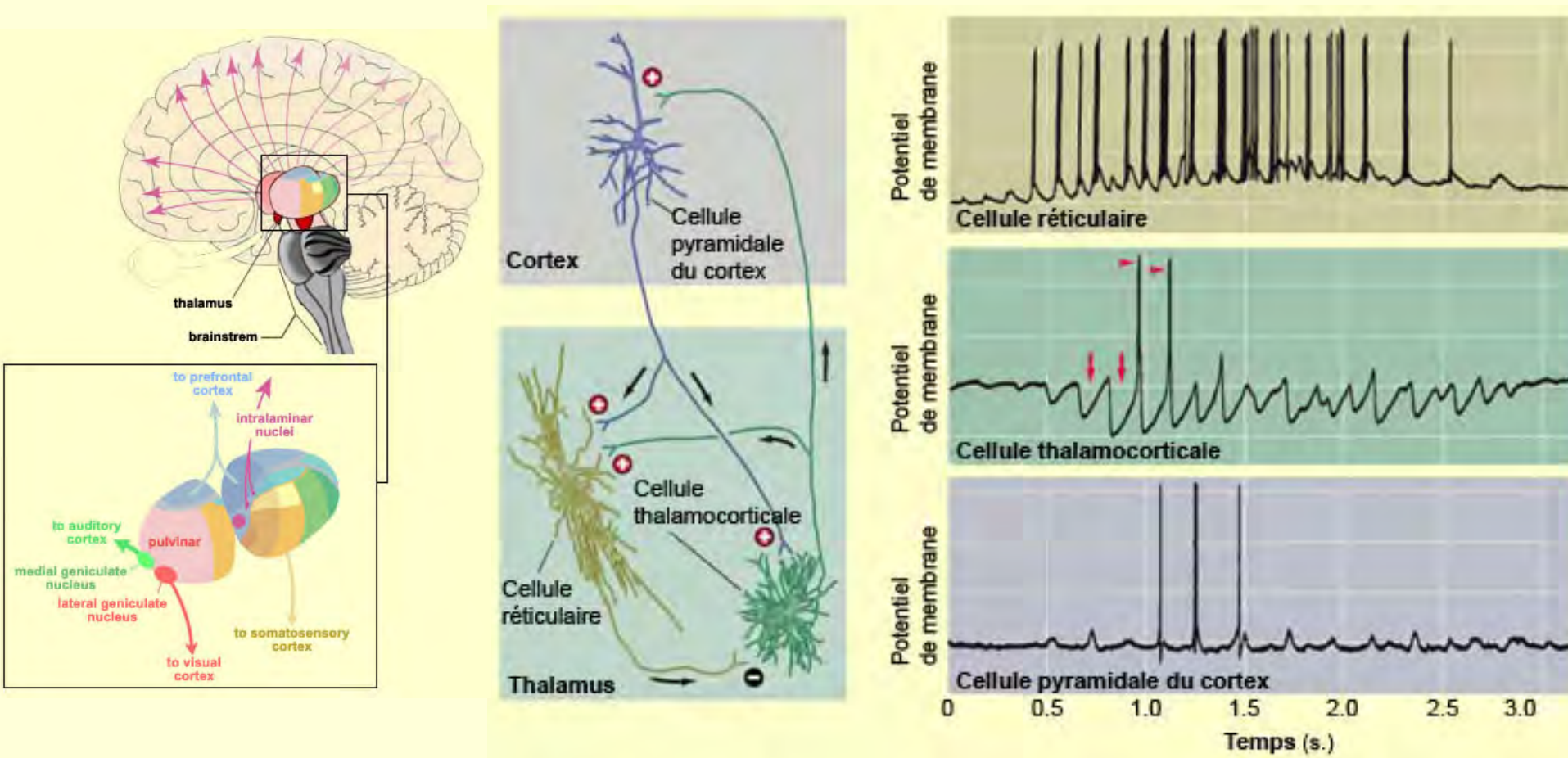




primary areas = darker colours
secondary areas = lighter colours



Il y a aussi des circuits neuronaux **entre** différentes structures cérébrales, comme le cortex et le thalamus.



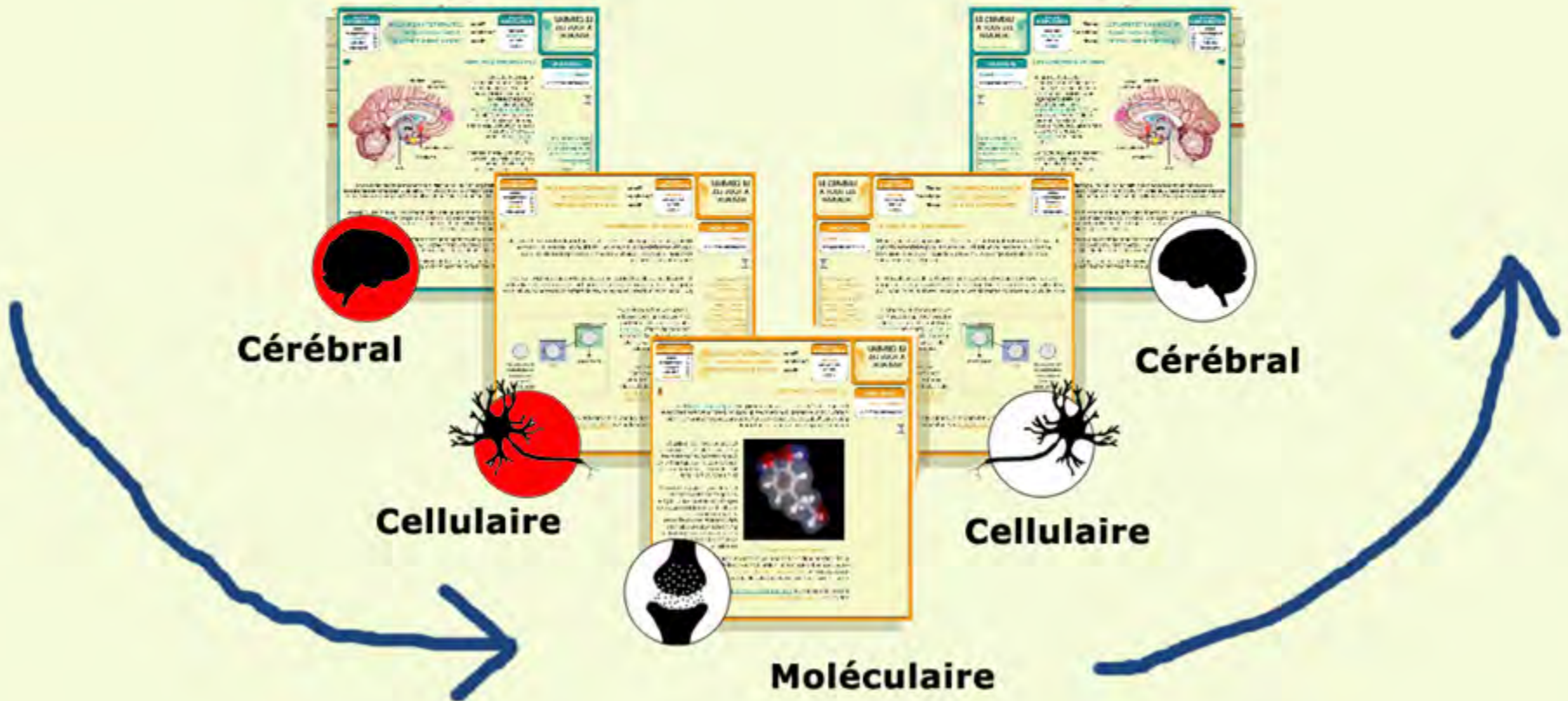
Grâce à leurs prolongements, les neurones créent des **réseaux très interconnectés** où l'activité d'un neurone peut influencer l'activité d'autres neurones éloignés.

Introduction :

- Perspective évolutive

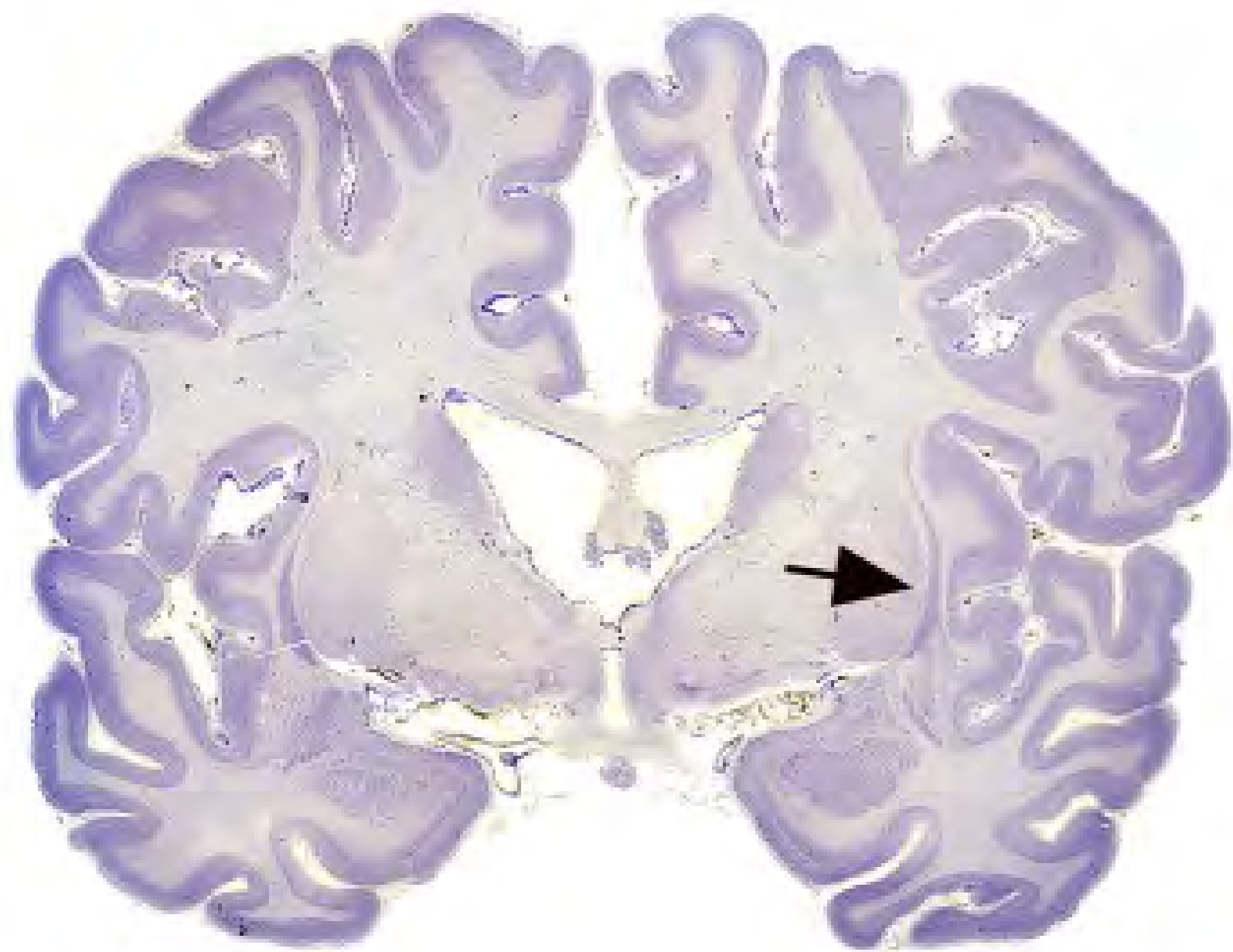
Conclusion :

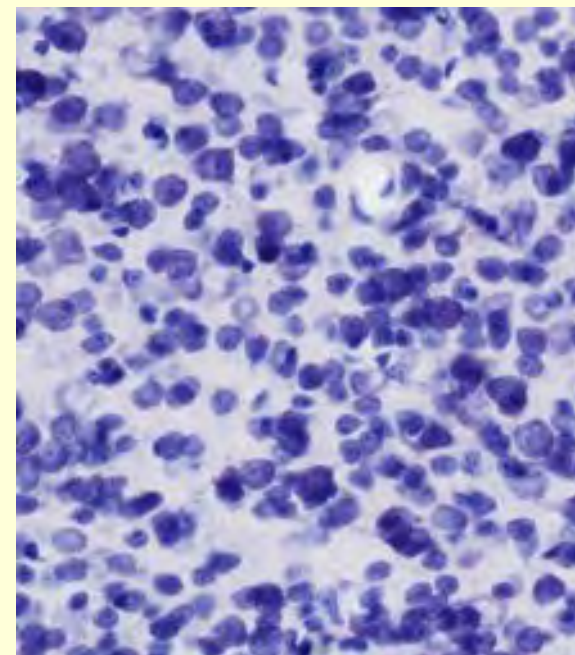
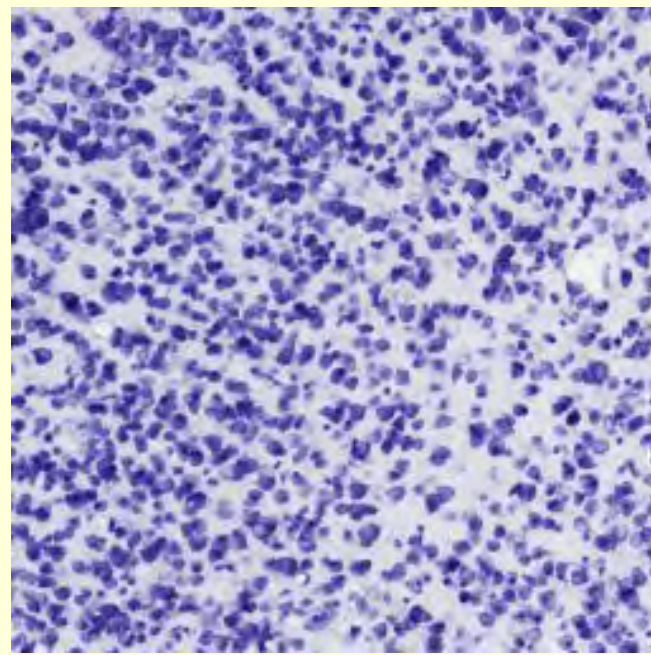
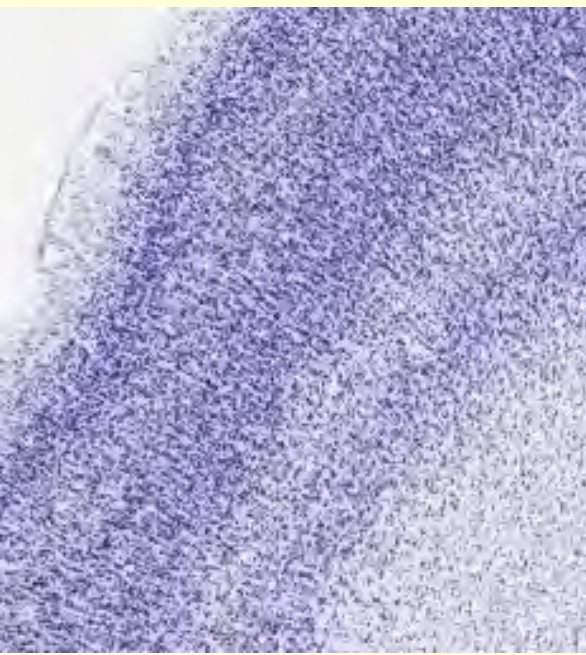
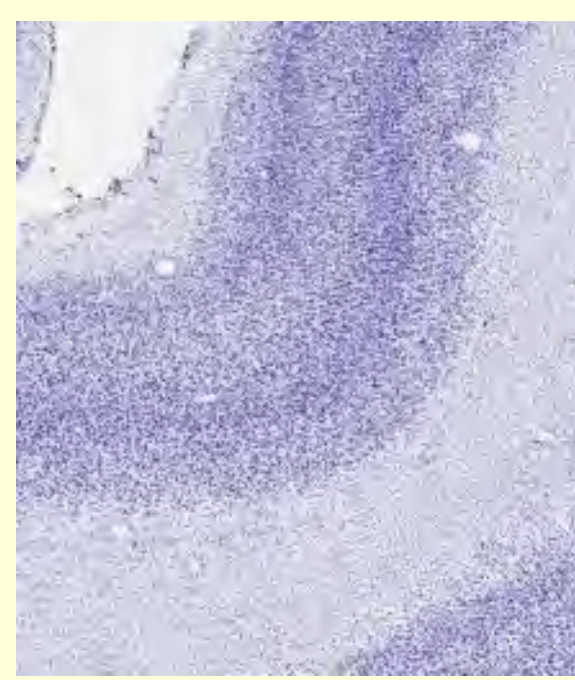
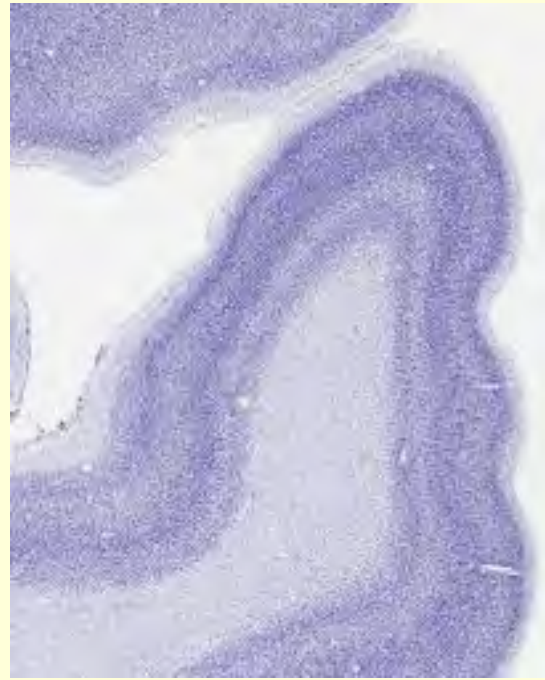
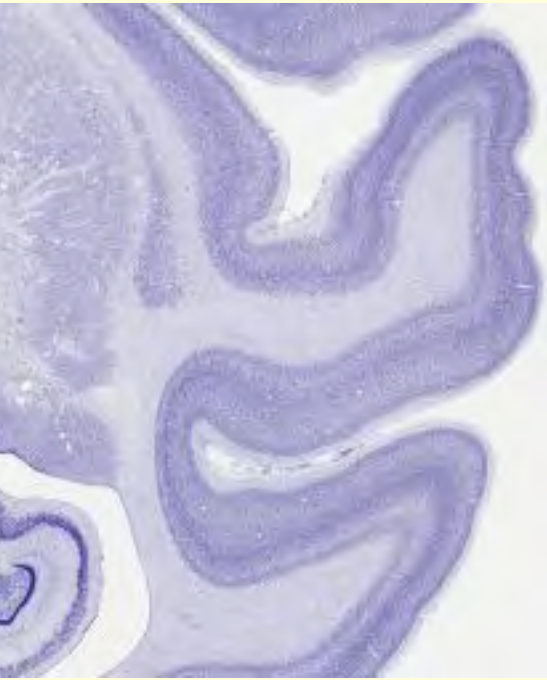
- ma métaphore
cérébrale préférée



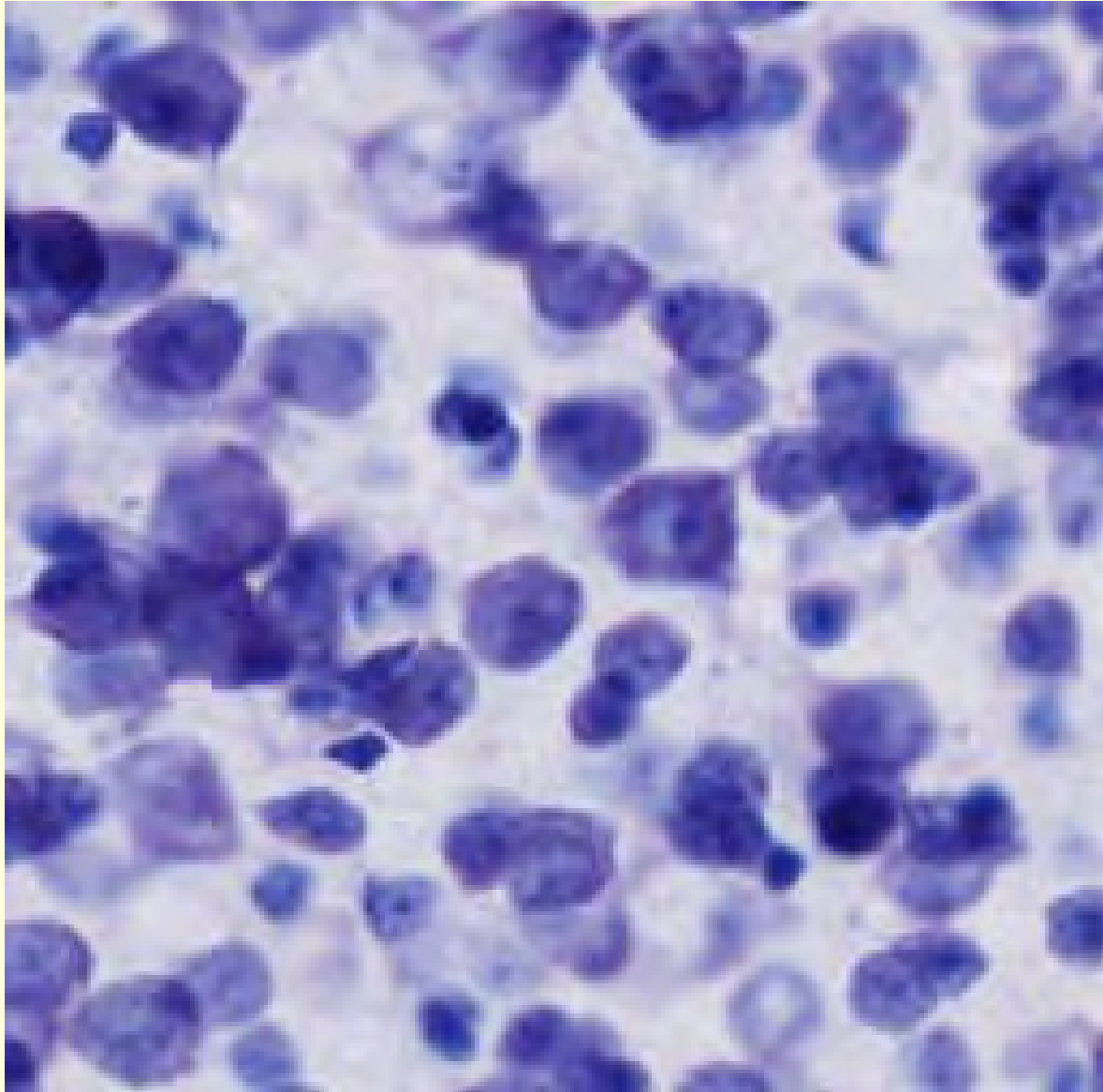
A

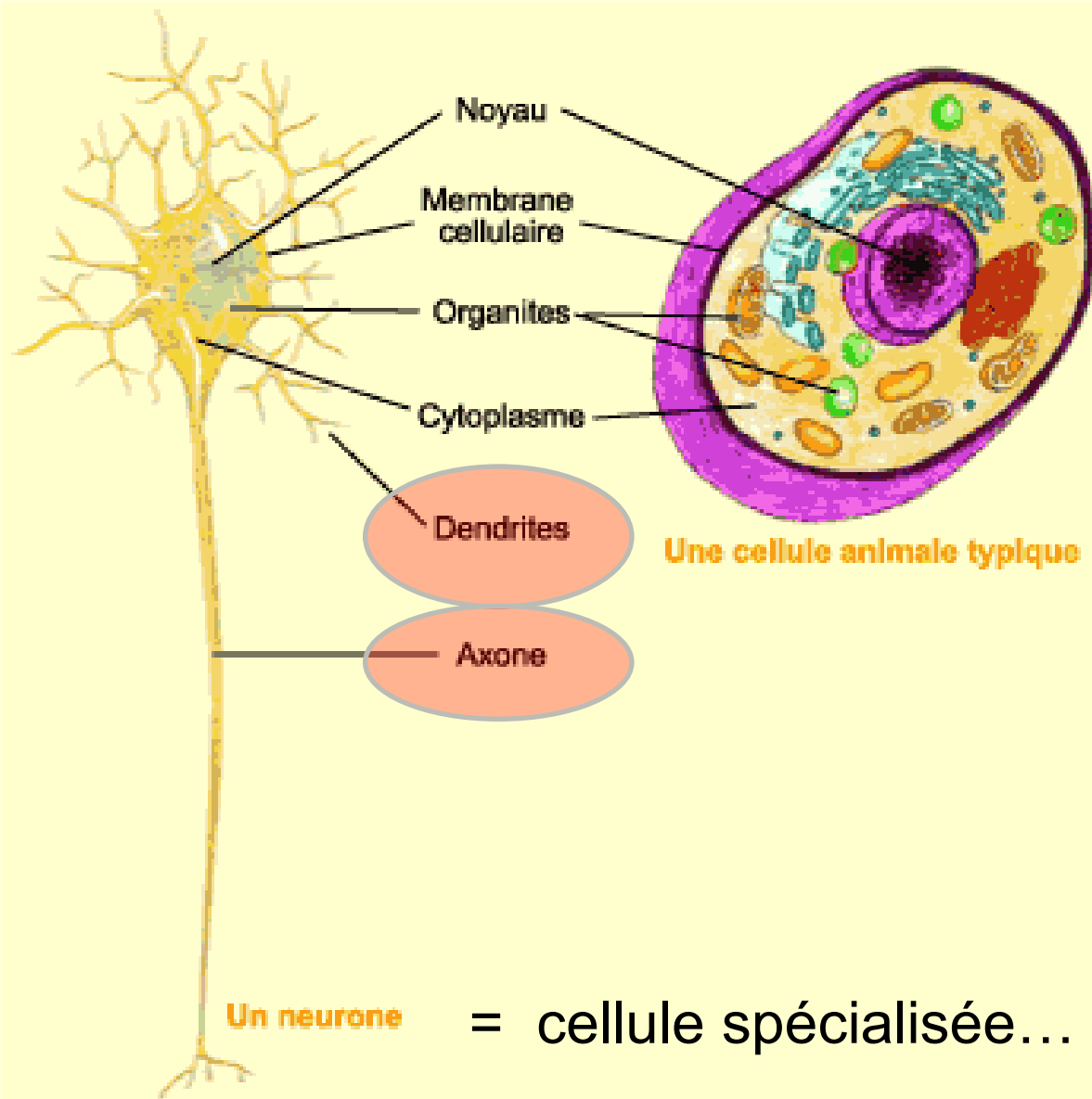
Human





matière grise : corps cellulaires des cellules du cerveau, les neurones

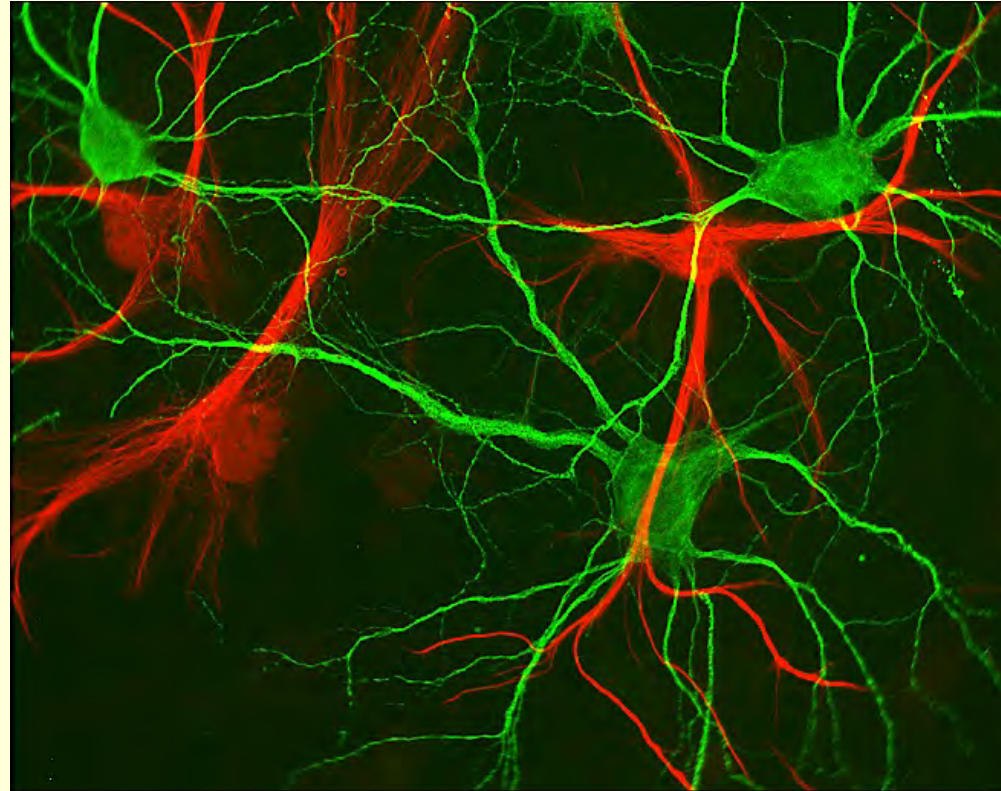




**Mais il y a aussi
« l'autre moitié du cerveau » :**

les cellules gliales !

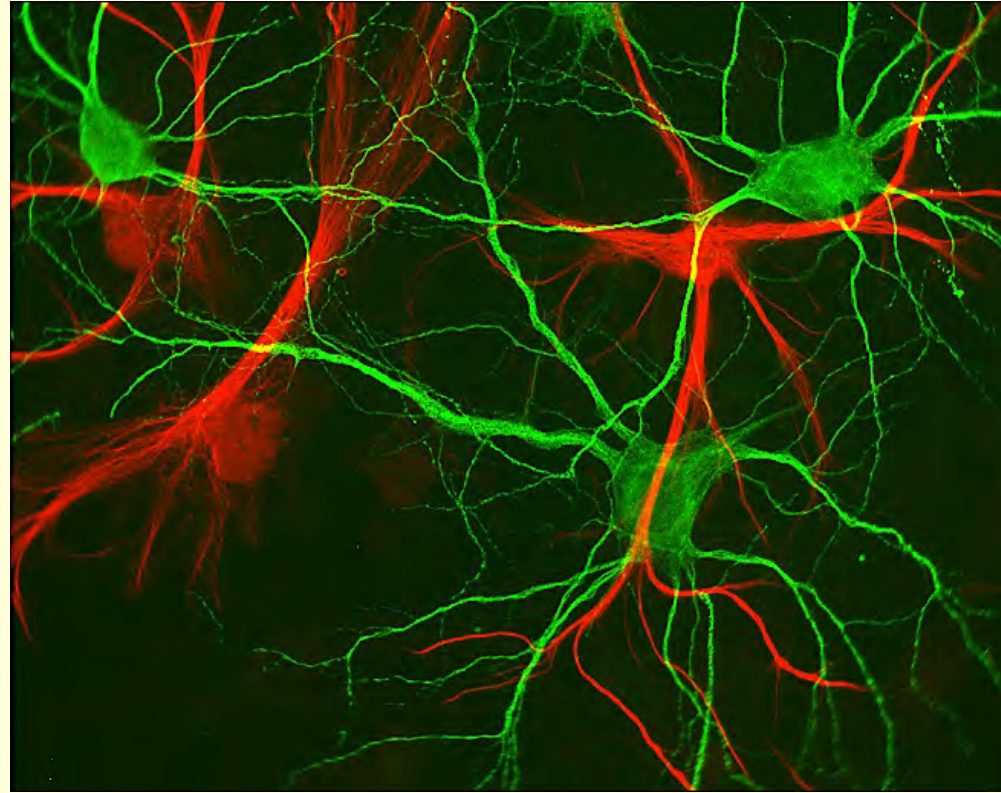
(en rouge ici,
et les neurones en vert)

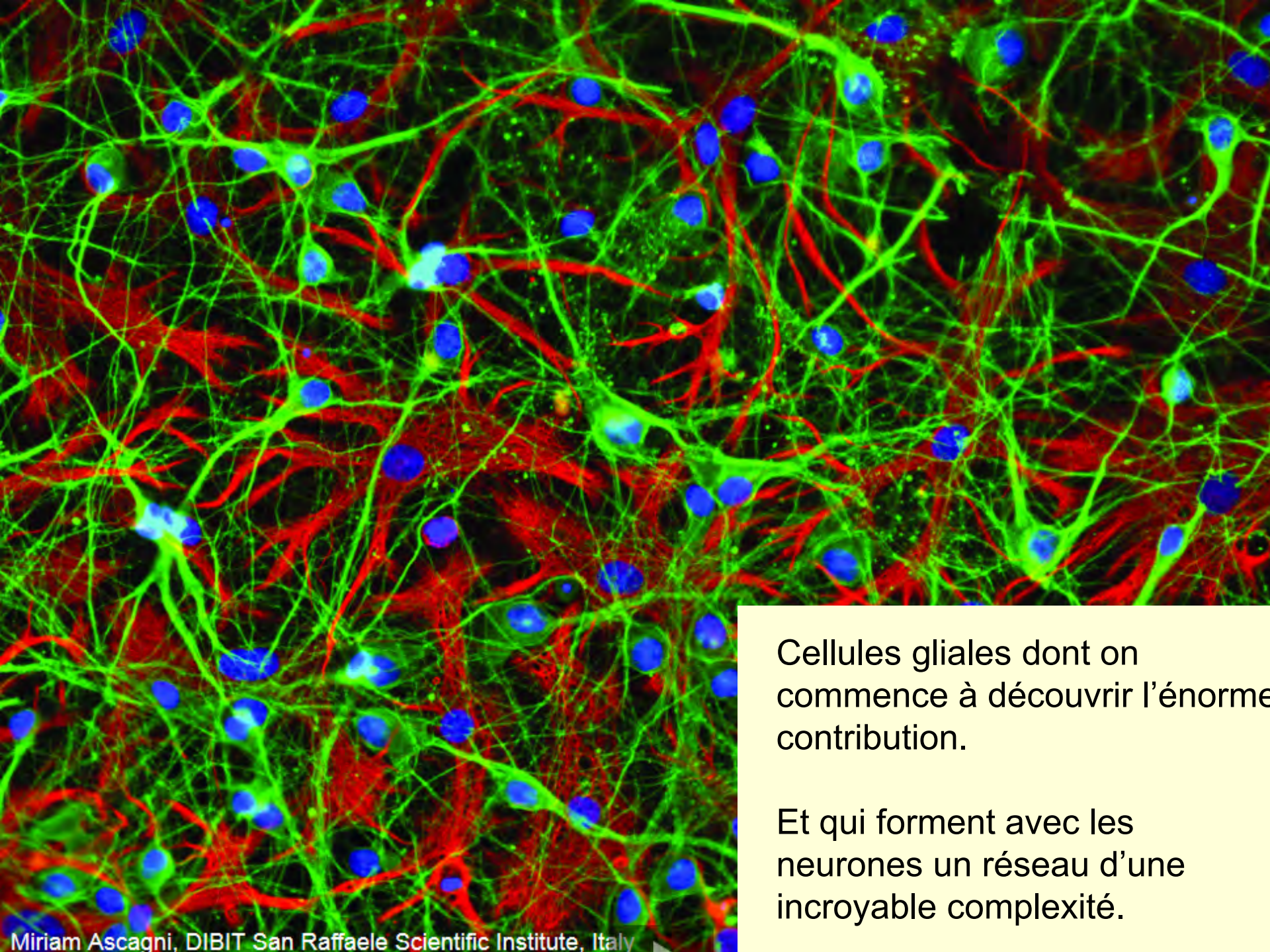


85 000 000 000
cellules gliales

+

85 000 000 000
neurones !

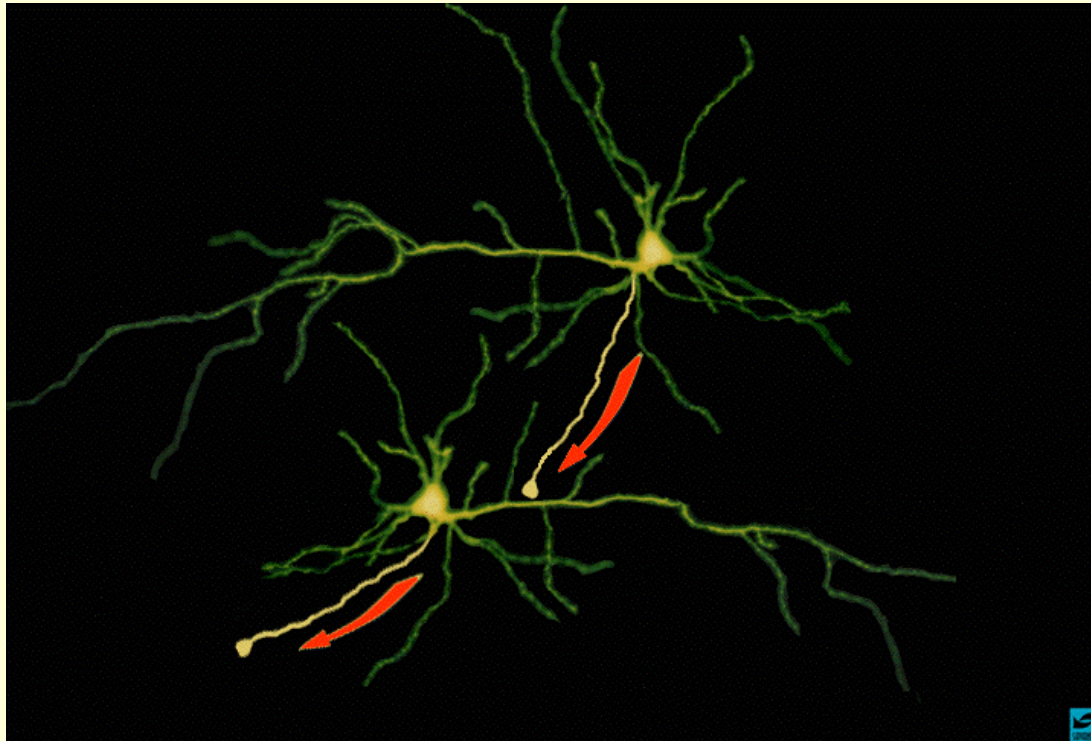




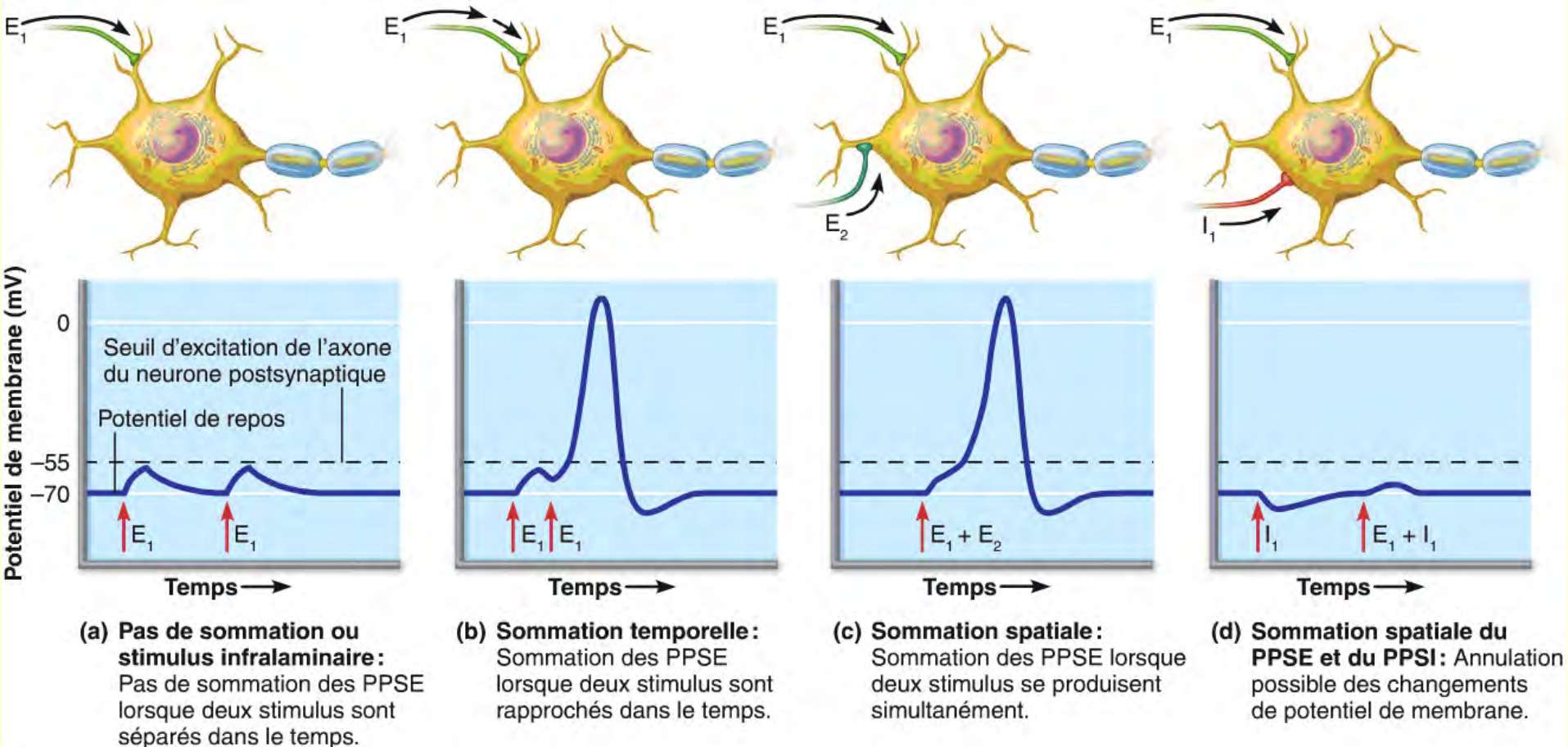
Cellules gliales dont on commence à découvrir l'énorme contribution.

Et qui forment avec les neurones un réseau d'une incroyable complexité.

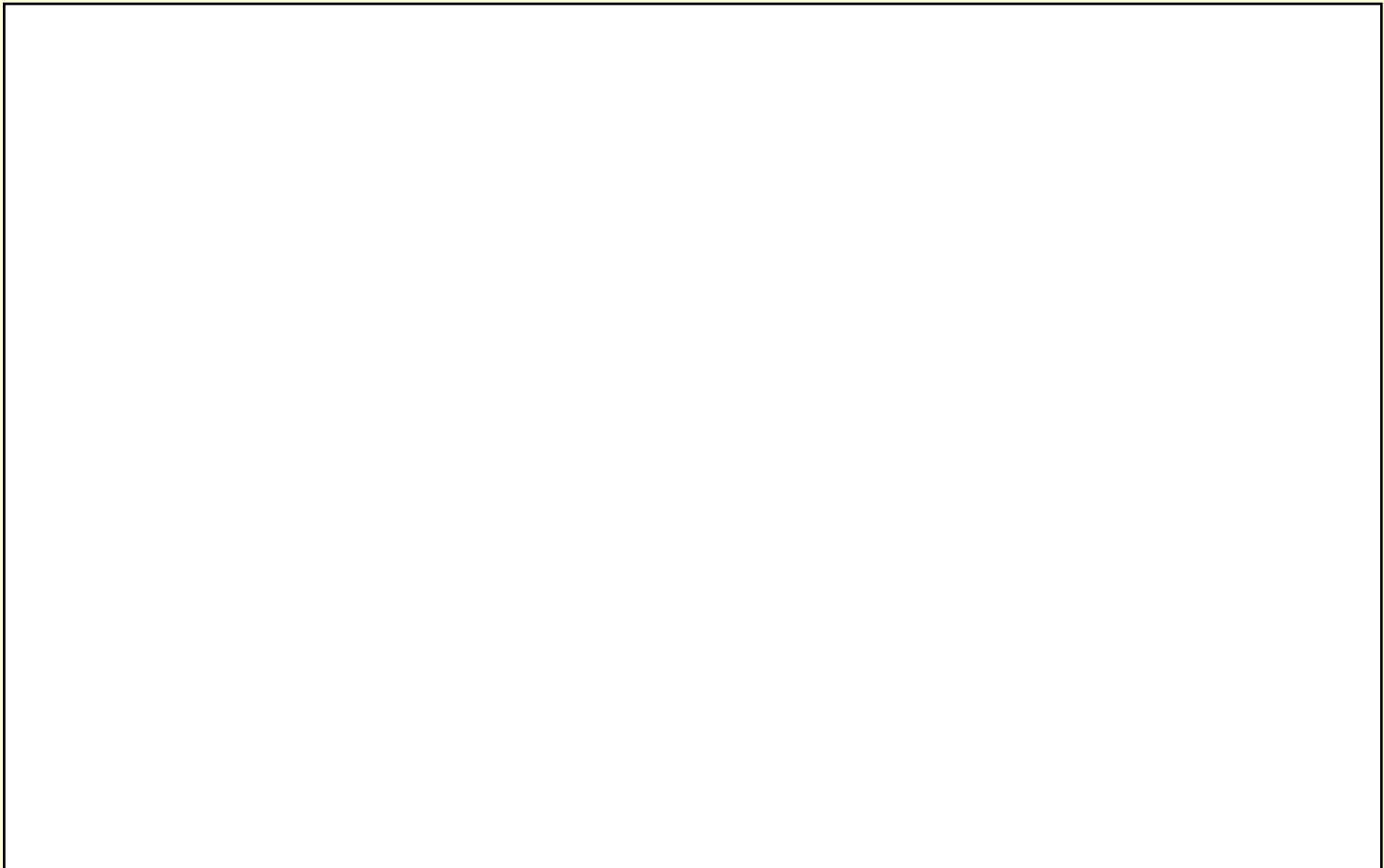
*« Le fait qu'une cellule vivante se soit adaptée en une structure capable de recevoir et **d'intégrer** des données, de **prendre des décisions** fondées sur ces données, et **d'envoyer des signaux** aux autres cellules en fonction du résultat de cette intégration est un exploit remarquable de l'évolution.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

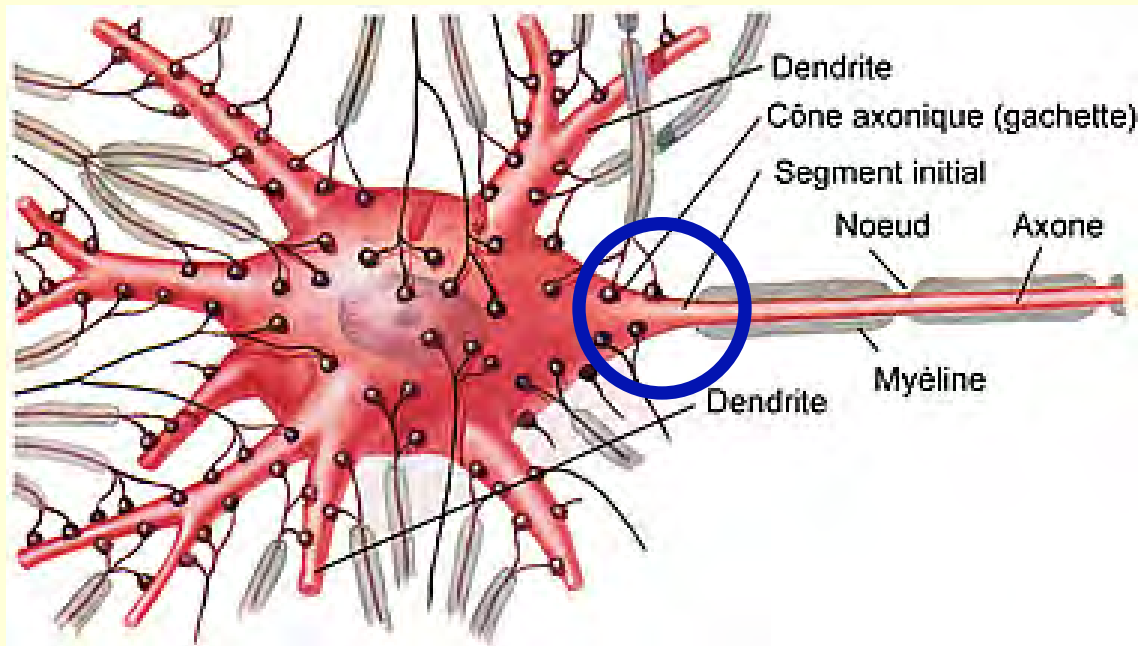


« Le fait qu'une cellule vivante se soit adaptée en une structure capable de recevoir et **d'intégrer** des données, de **prendre des décisions** fondées sur ces données, et **d'envoyer des signaux** aux autres cellules en fonction du résultat de cette intégration est un exploit remarquable de l'évolution.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

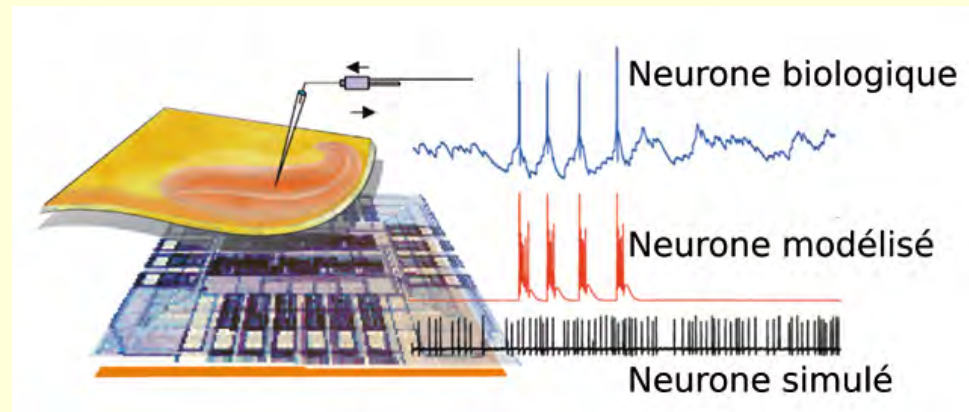
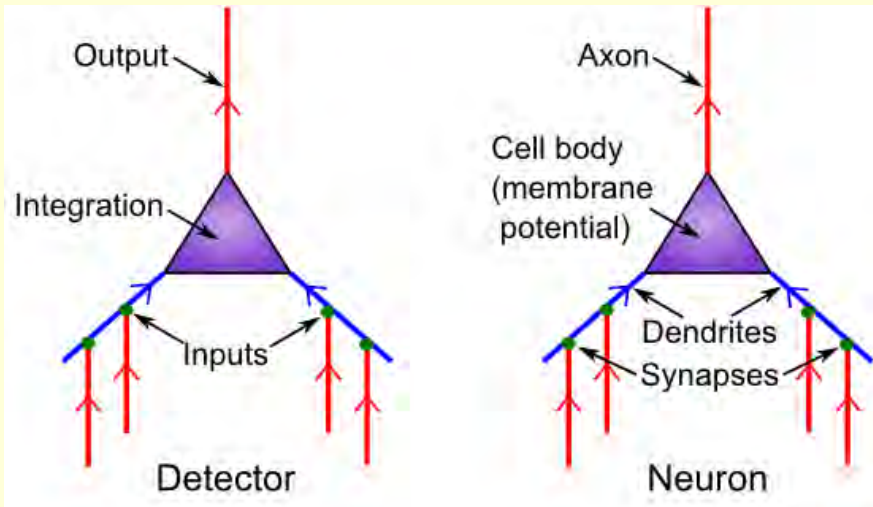


*« Le fait qu'une cellule vivante se soit adaptée en une structure capable de recevoir et **d'intégrer** des données, de **prendre des décisions** fondées sur ces données, et **d'envoyer des signaux** aux autres cellules en fonction du résultat de cette intégration est un exploit remarquable de l'évolution.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





Les neurosciences computationnelles



computation :

coding + dynamics

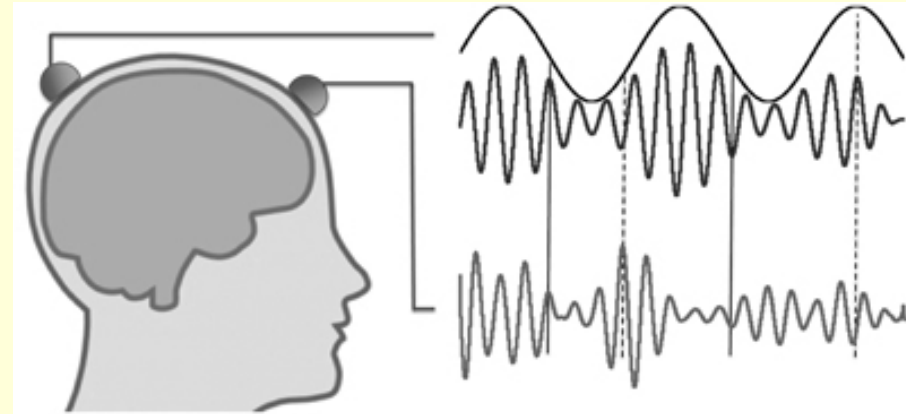
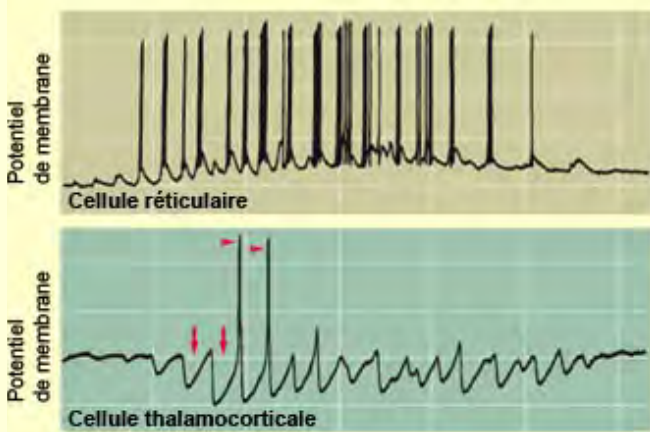


computation :

coding

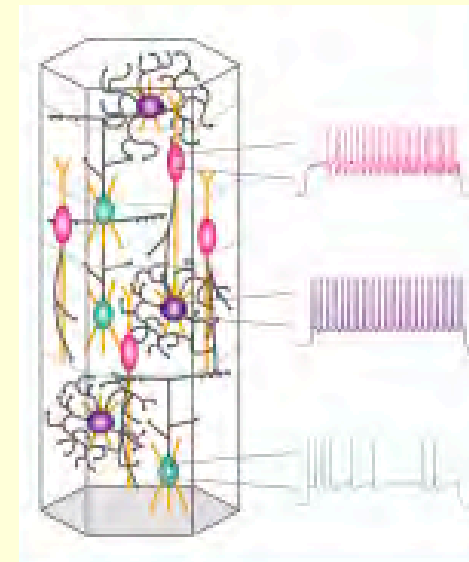
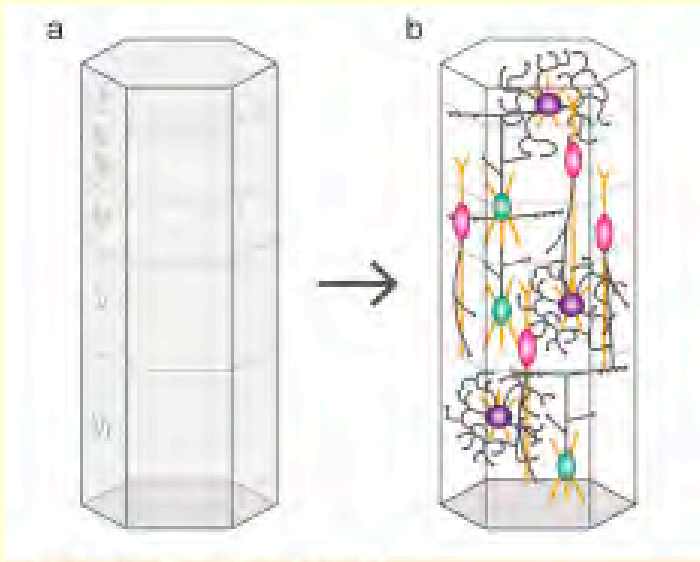
+

dynamics



L'approche dominante a toujours considéré que les neurones encodent l'information en terme de leur **taux de décharge**.

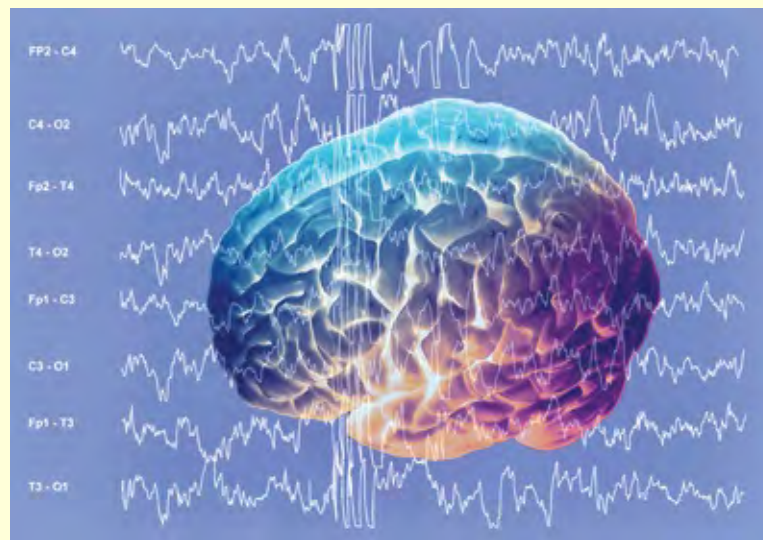
Mais beaucoup de données se sont accumulées et montrent qu'il y a une **“valeur ajoutée”** dans la **synchronisation temporelle précise des potentiels d'action**.



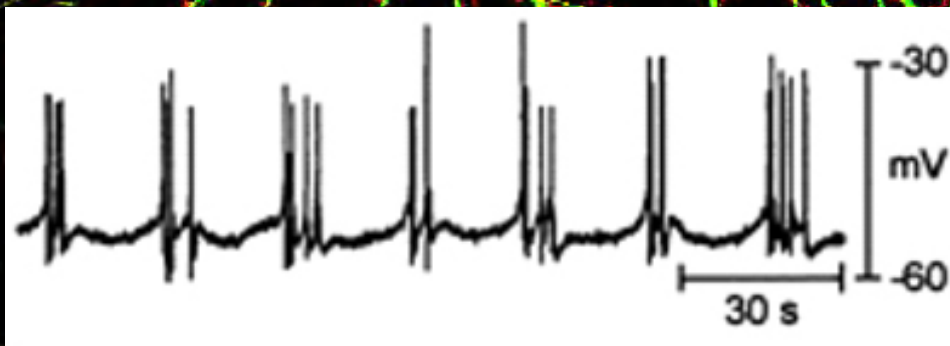
Donc après avoir placé un peu l'anatomie des circuits nerveux...

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

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



On a vu que
chaque
neurone est
donc un
intégrateur
extrêmement
dynamique.

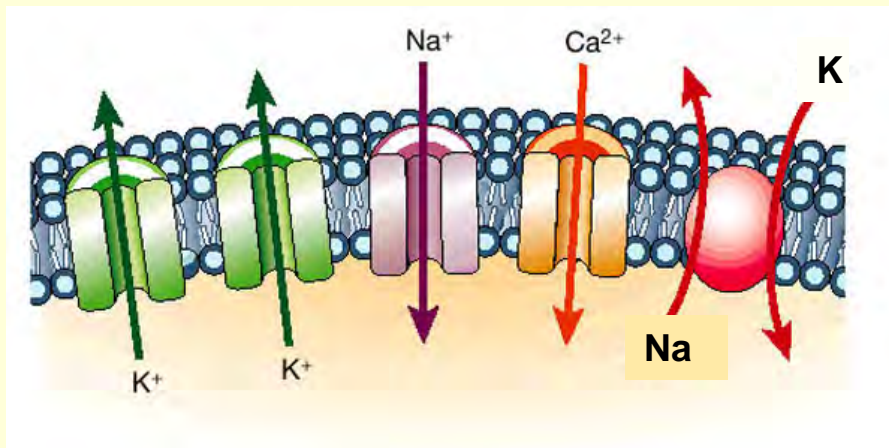


Plusieurs neurones
montrent en plus
une activité
spontanée
(cyclique)
de base.

György Buzsáki : les phénomènes **fluctuants (ou cycliques)** comme les oscillations neuronales sont omniprésents dans la nature.

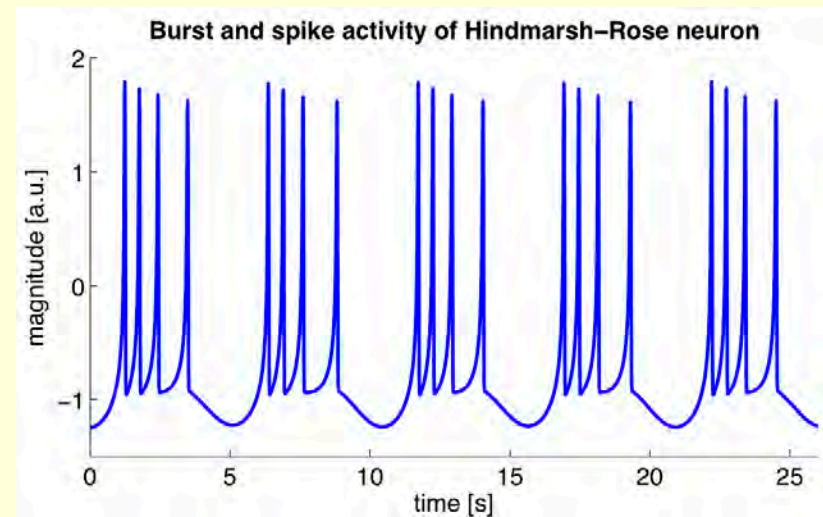
Il suffit que **deux forces s'opposent** pour que le calme plat soit rapidement **remplacé par un rythme**.

Et notre cerveau regorge de forces qui s'opposent, à commencer par les **canaux ioniques** qui **dépolarisent** ou **hyperpolarisent** les neurones.



Et c'est ce qui va permettre à de nombreux neurones d'avoir une **activité spontanée**

dont le rythme et la signature varie, mais qui peuvent faire des **bouffées rythmiques**, par exemple.



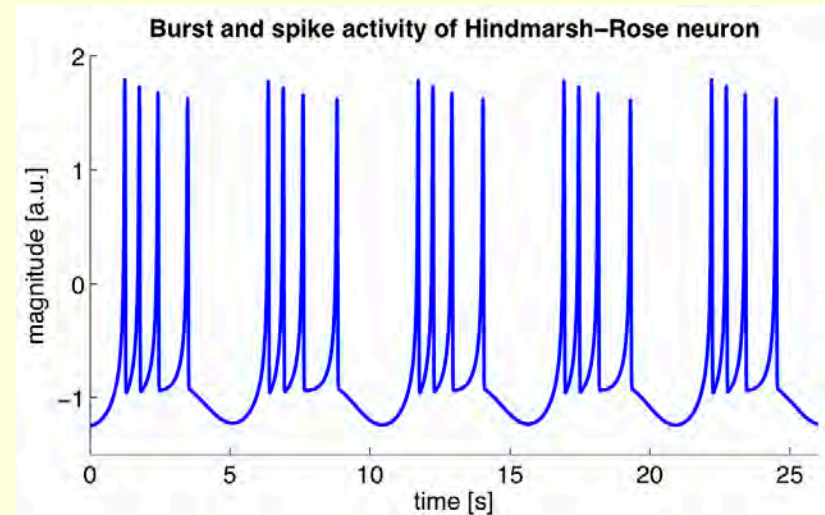
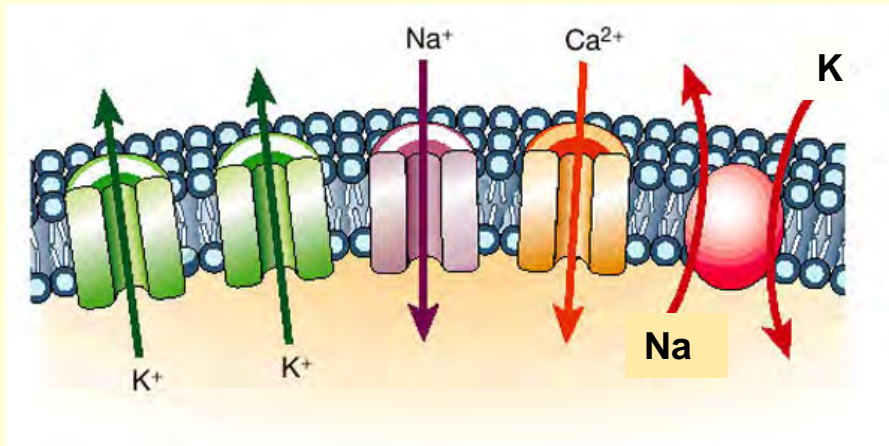
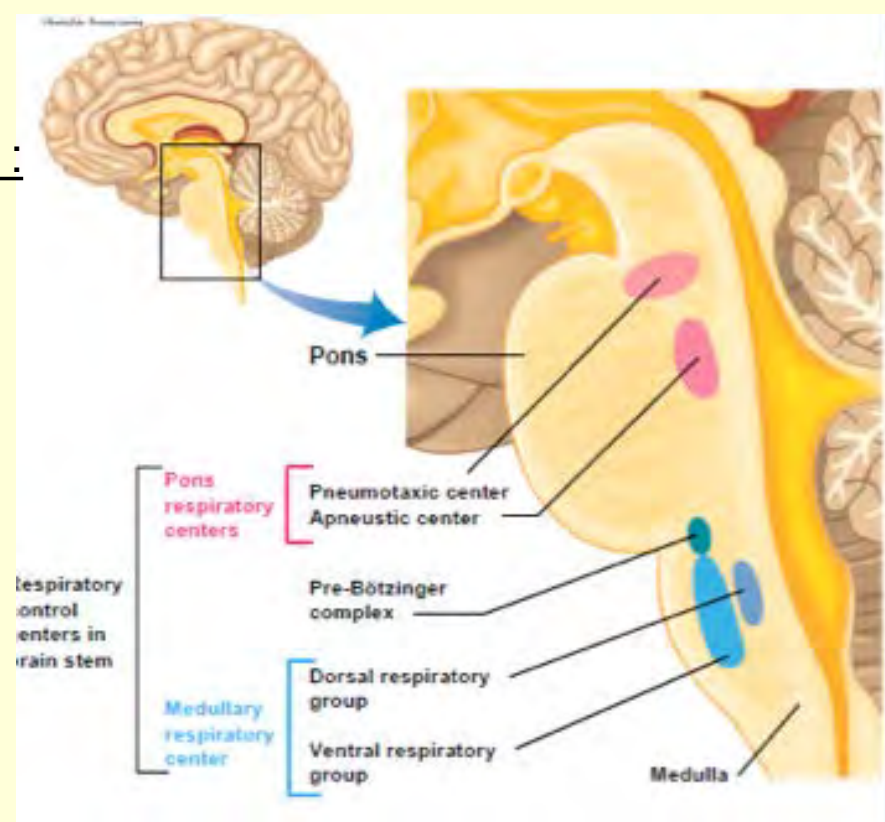
Donc première façon de générer des rythmes :

- par les propriétés intrinsèque de la membrane du neurone (« endogenous bursting cells »)

Thalamus : presque tous les neurones

Cortex : non

Cortex enthorinal (près de l'hippocampe) : certains neurones

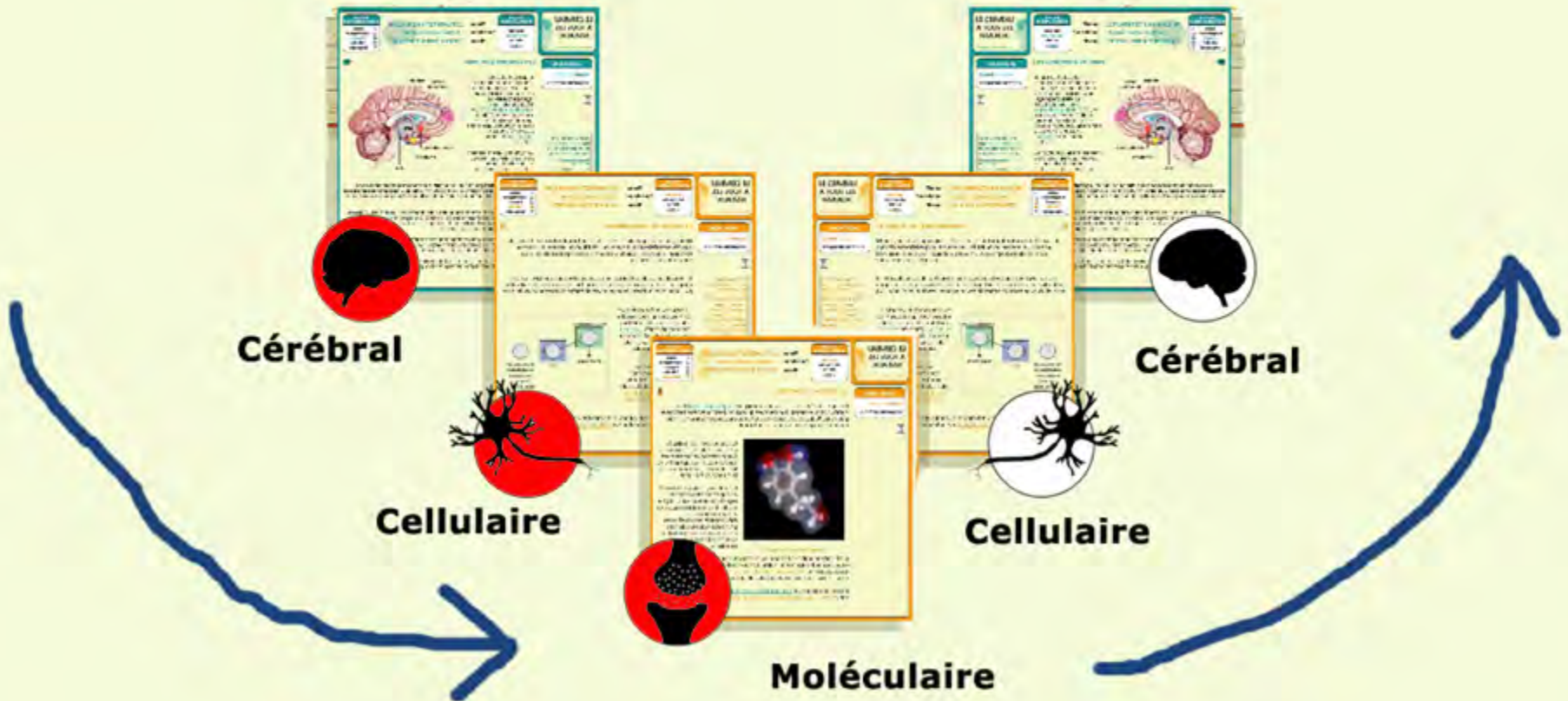


Introduction :

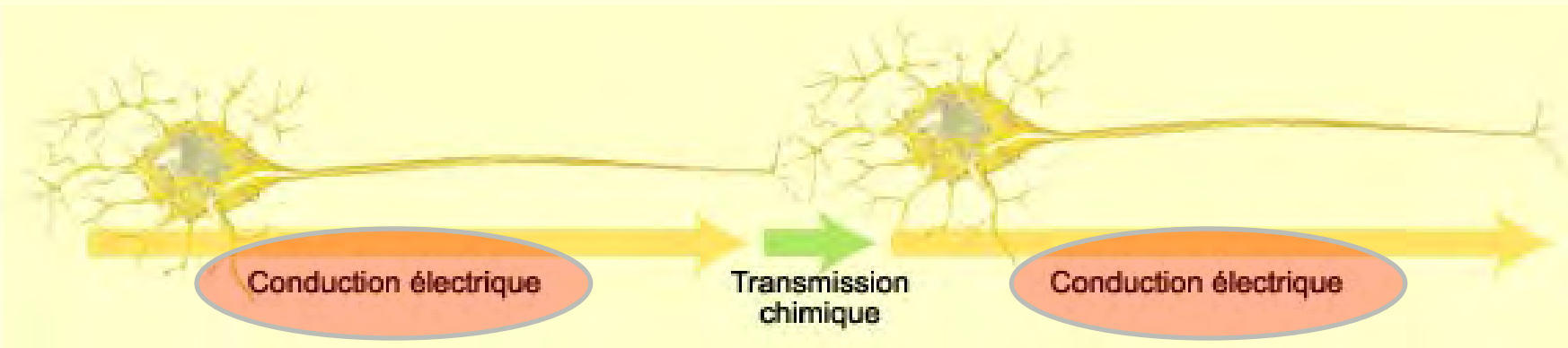
- Perspective évolutive

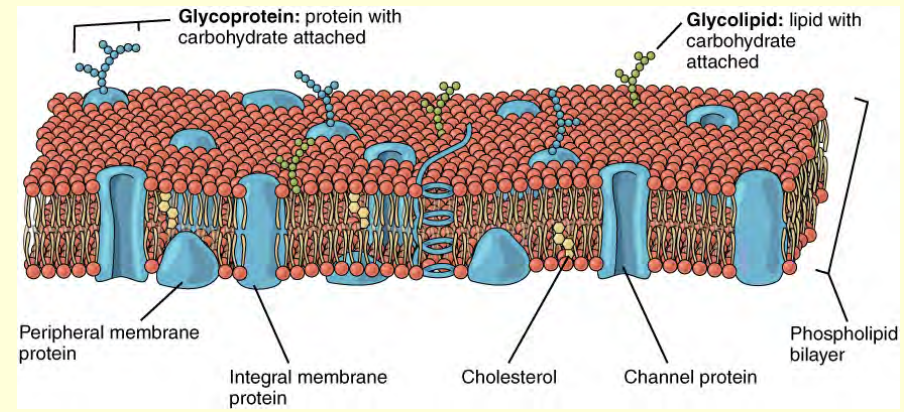
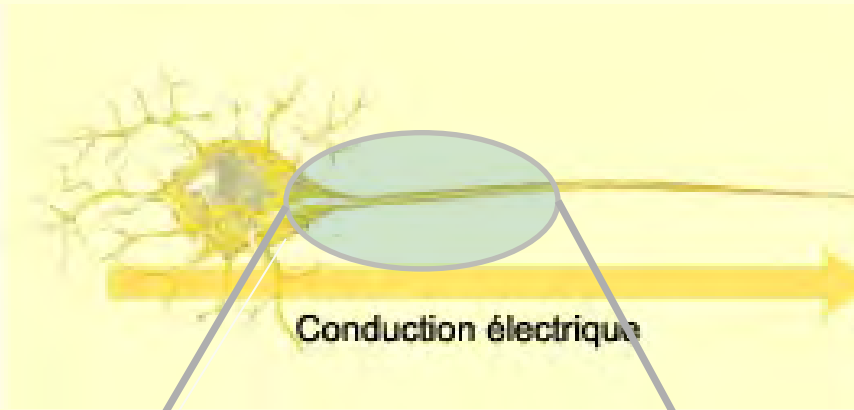
Conclusion :

- ma métaphore
cérébrale préférée



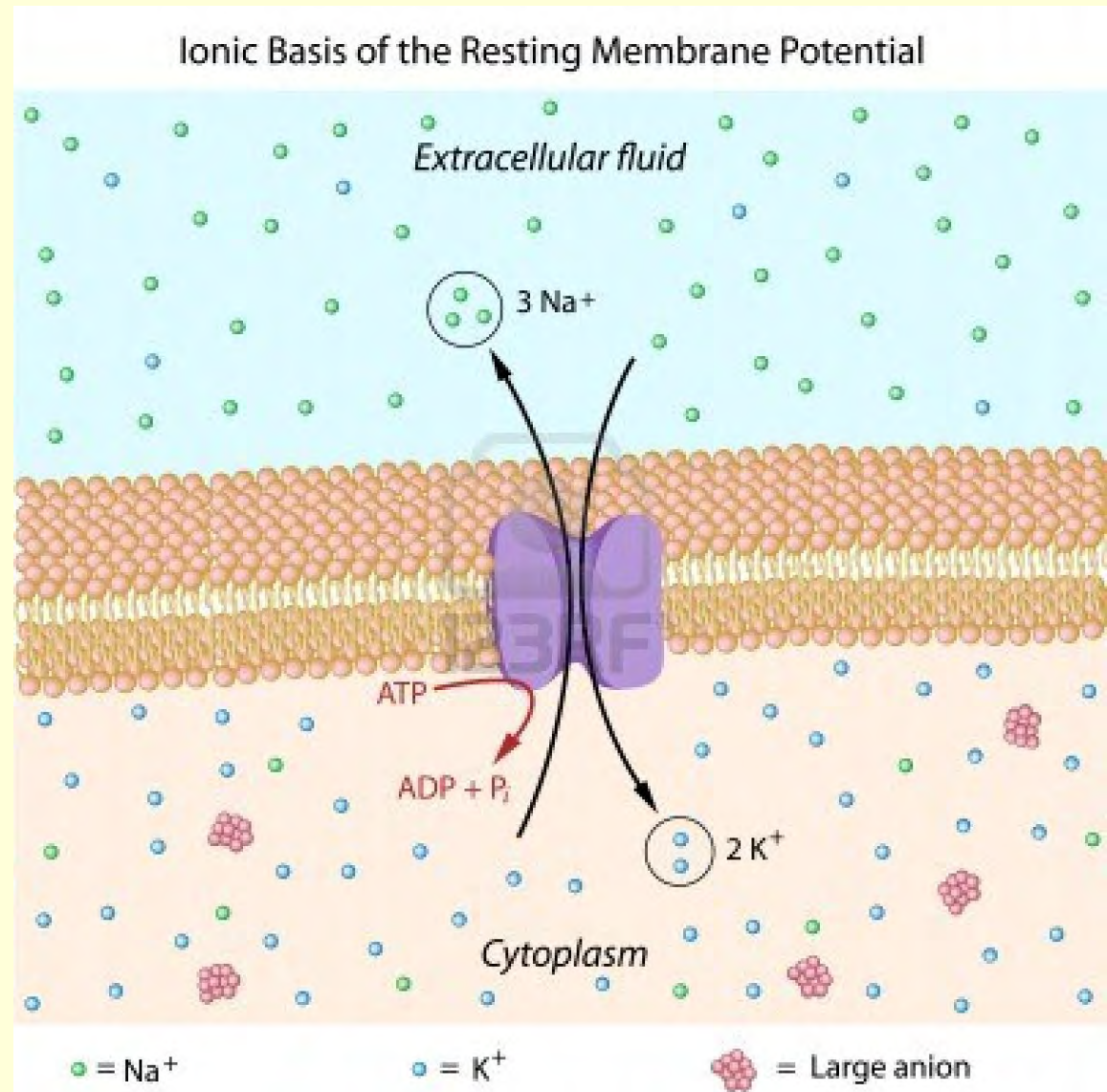
Les neurones ont des dendrites et des axones pour communiquer **rapidement** avec d'autres neurones



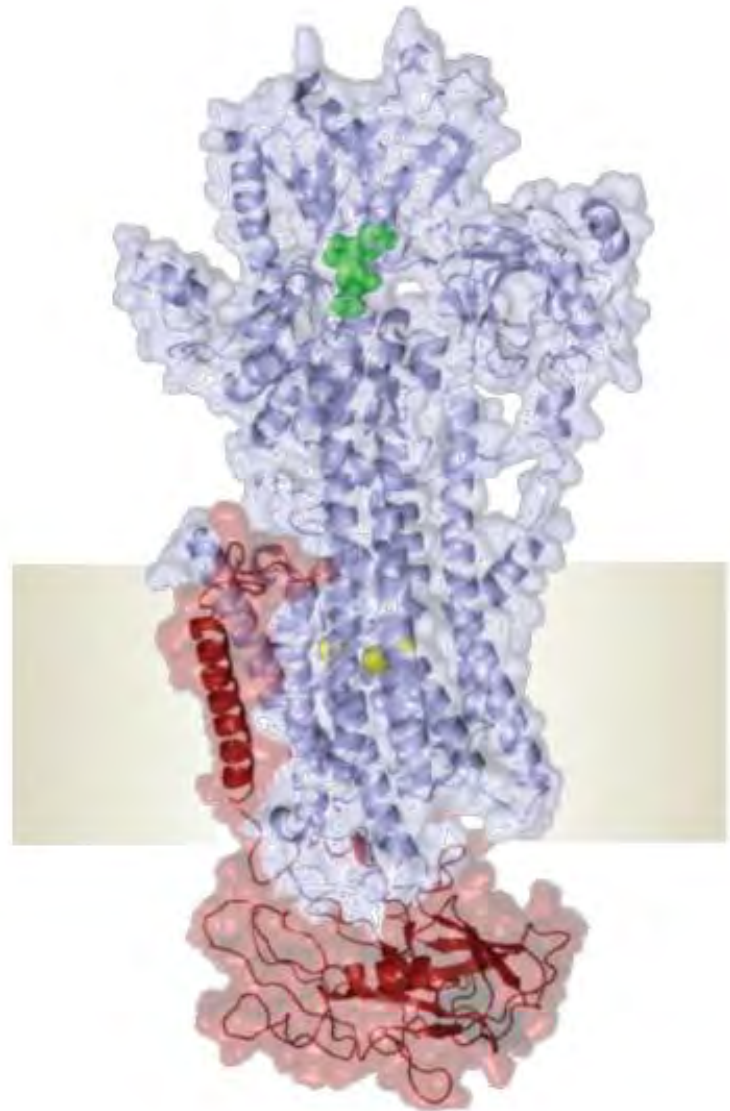




Un bref aperçu de la **pompe au sodium/potassium** :
l'une des nombreuses protéines qui rend possible l'influx nerveux



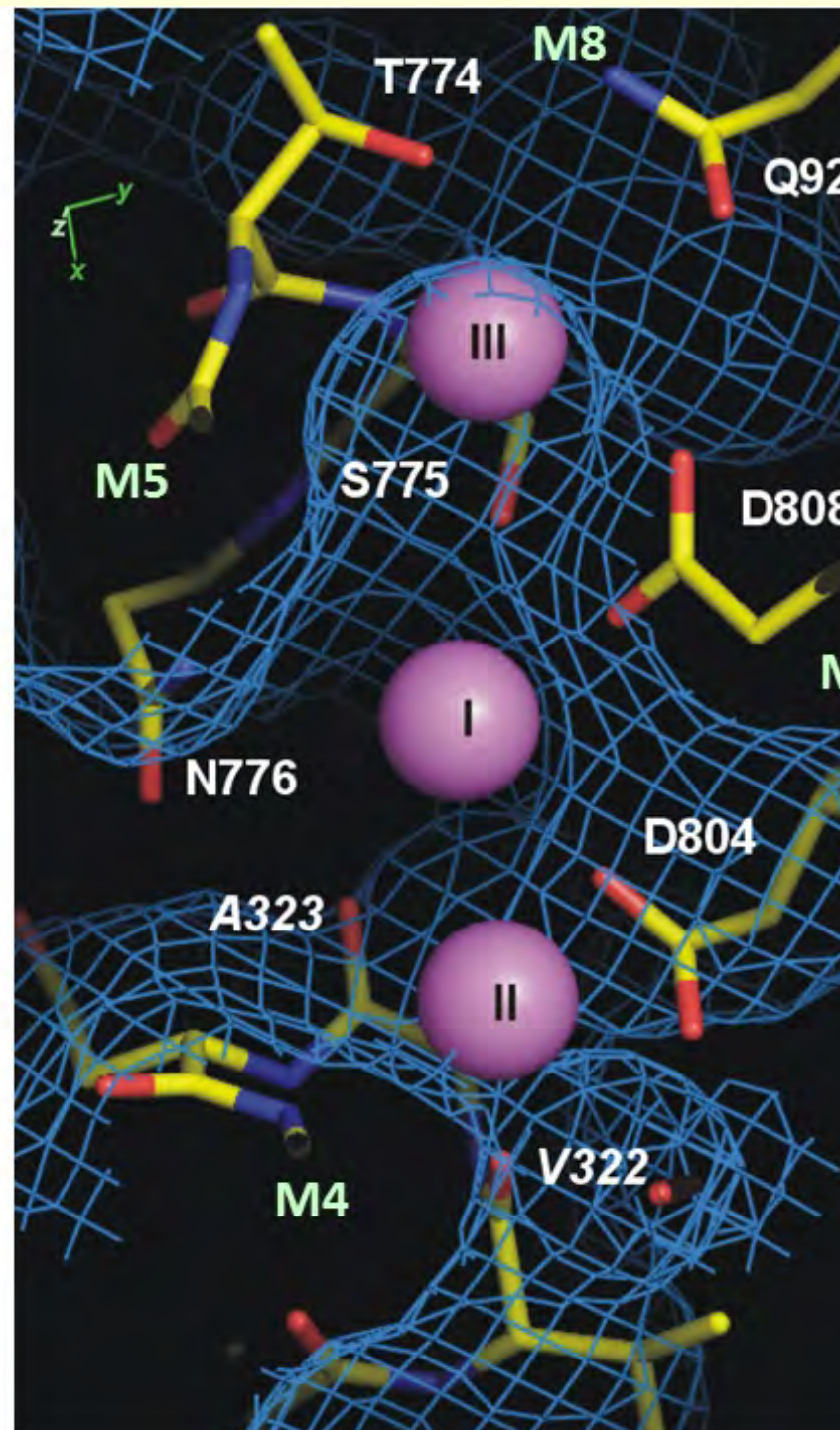
C'est seulement en **2009**,
que sa structure globale
a pu être observée.

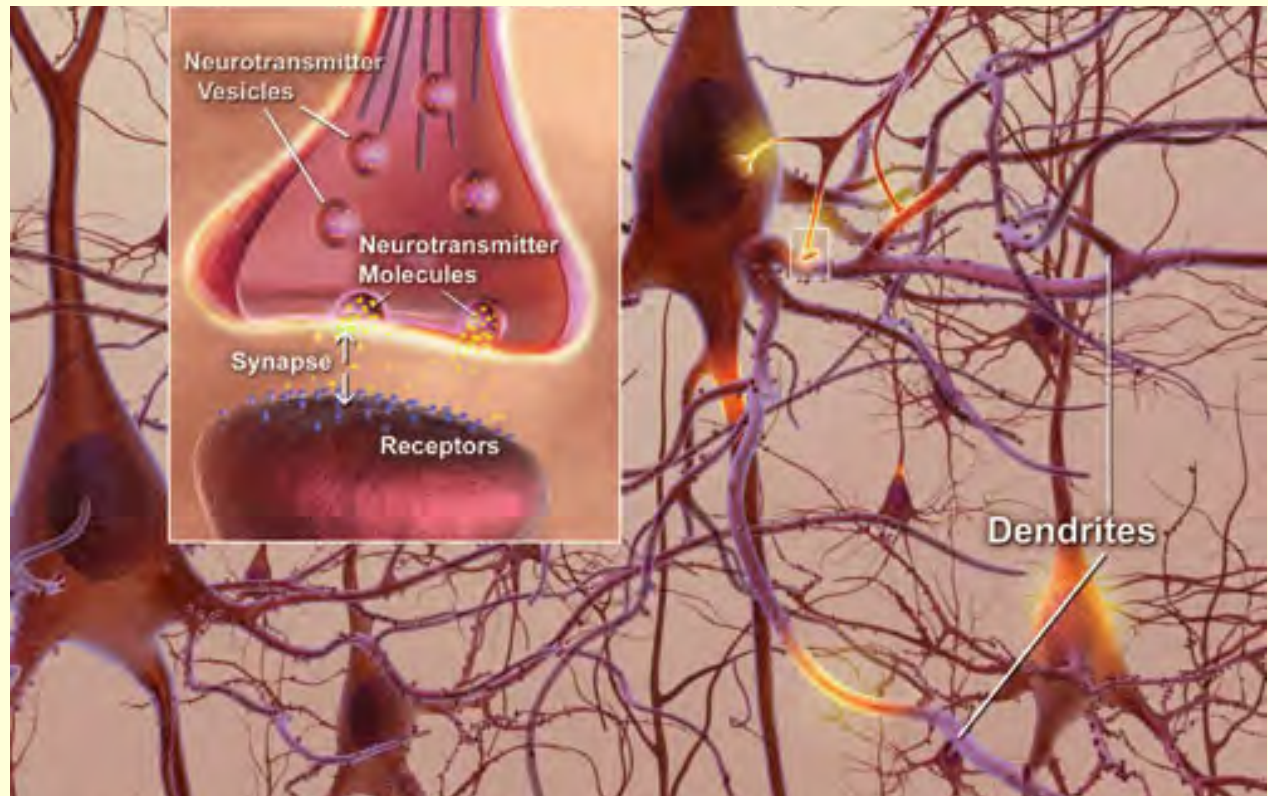
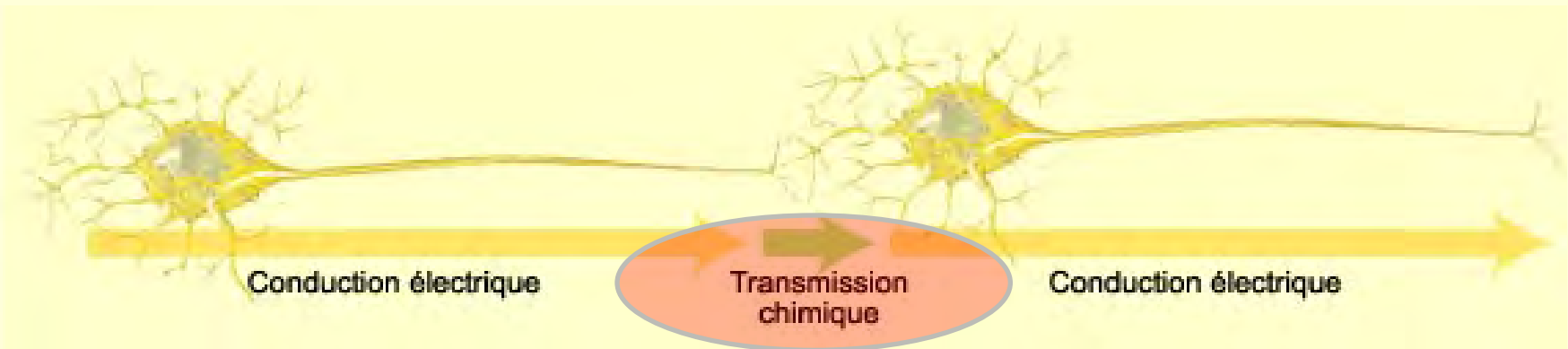


Et ce n'est que dans un articles
publié dans ***Nature*** en octobre
2013 par Kanai *et al.* que l'on a
pu démontrer que la pompe ne
se trompe pas d'ions

parce qu'elle **change de
conformation entre
ces deux étapes.**

**Et à partir de là, le cerveau
pourra commencer à penser...**





Presynaptic cell

Postsynaptic cell

action potential



Synaptic vesicles containing neurotransmitter

Presynaptic membrane

Voltage-gated Ca^{2+} channel

1 Ca^{2+}

Synaptic cleft

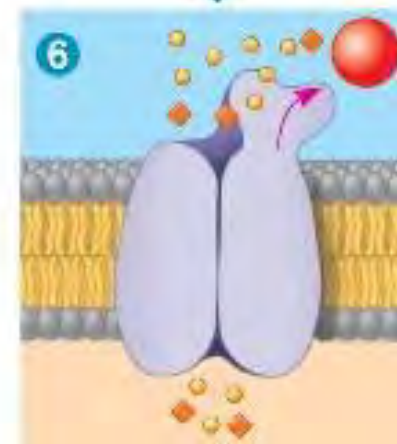
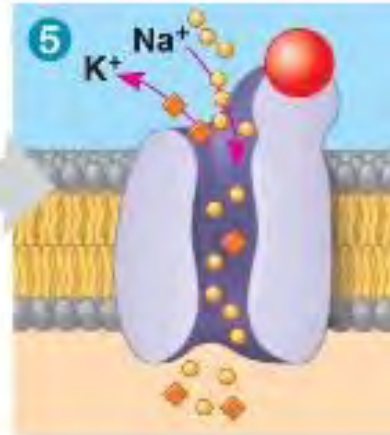
2

3

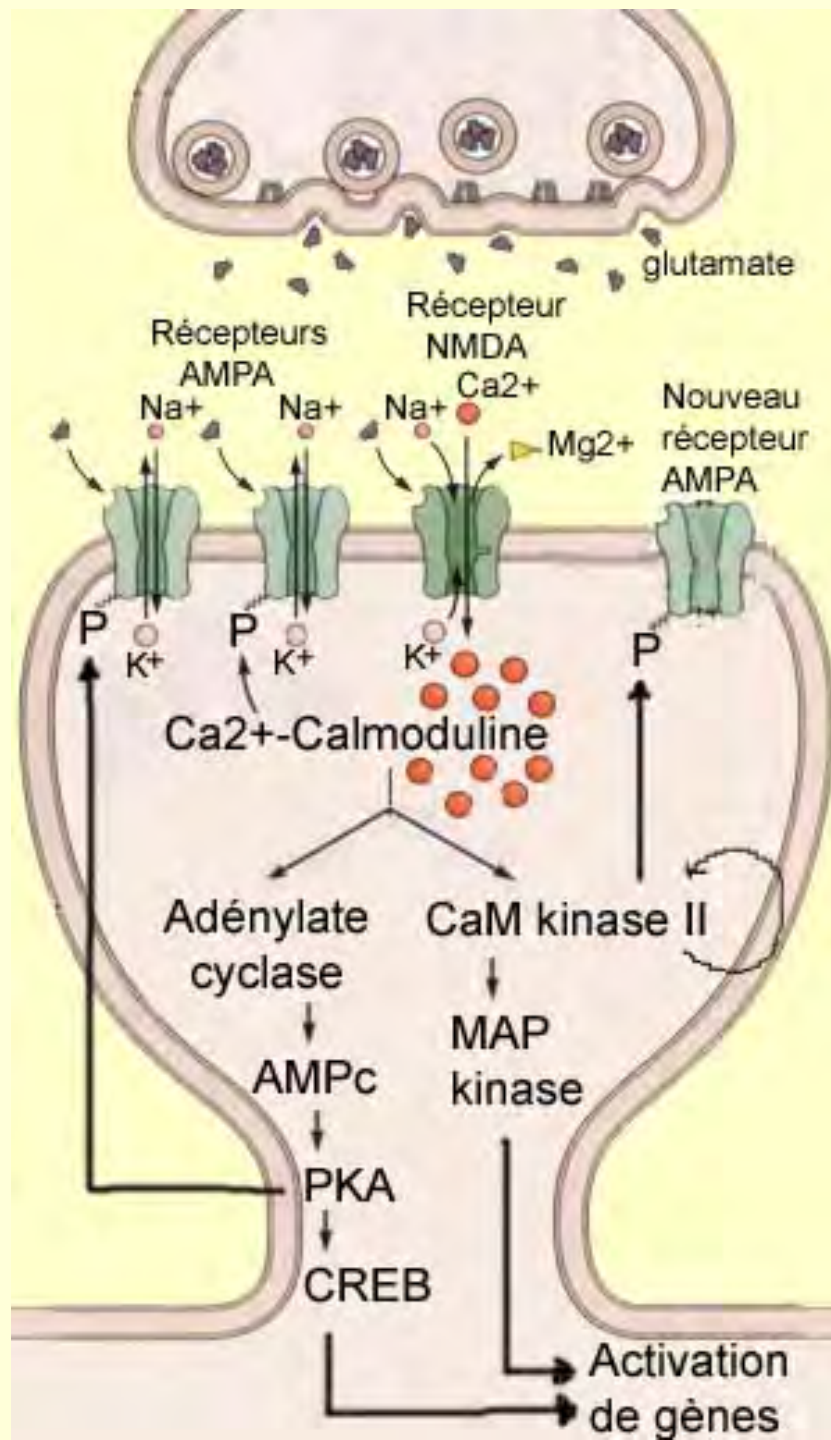
4

Ligand-gated ion channels

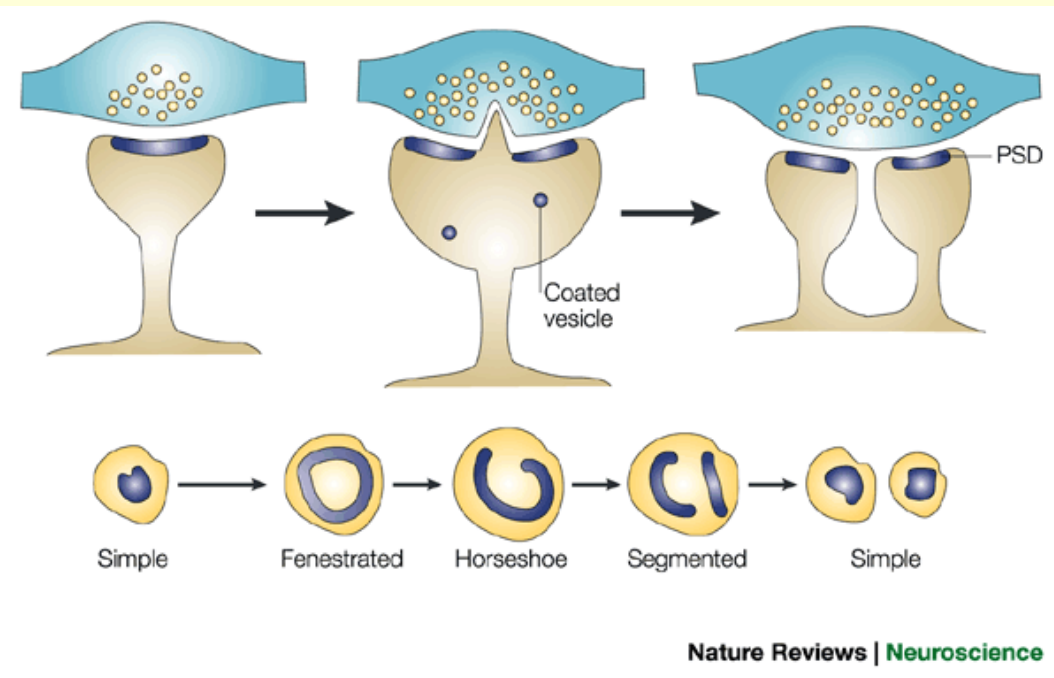
Postsynaptic membrane





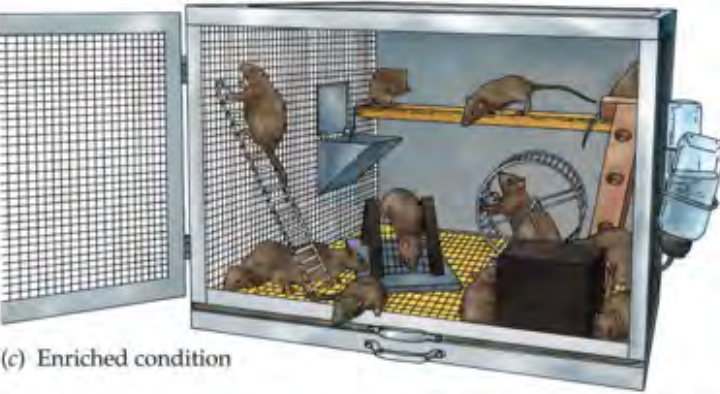
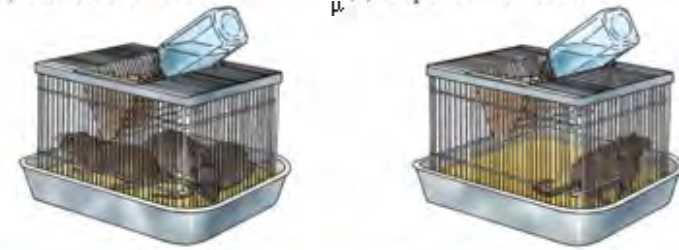


Les voies nerveuses qui servent souvent vont même pouvoir **modifier la microstructure complexe des épines dendritiques** pour que le contact synaptique entre deux neurones devienne plus intime.



a) Standard condition

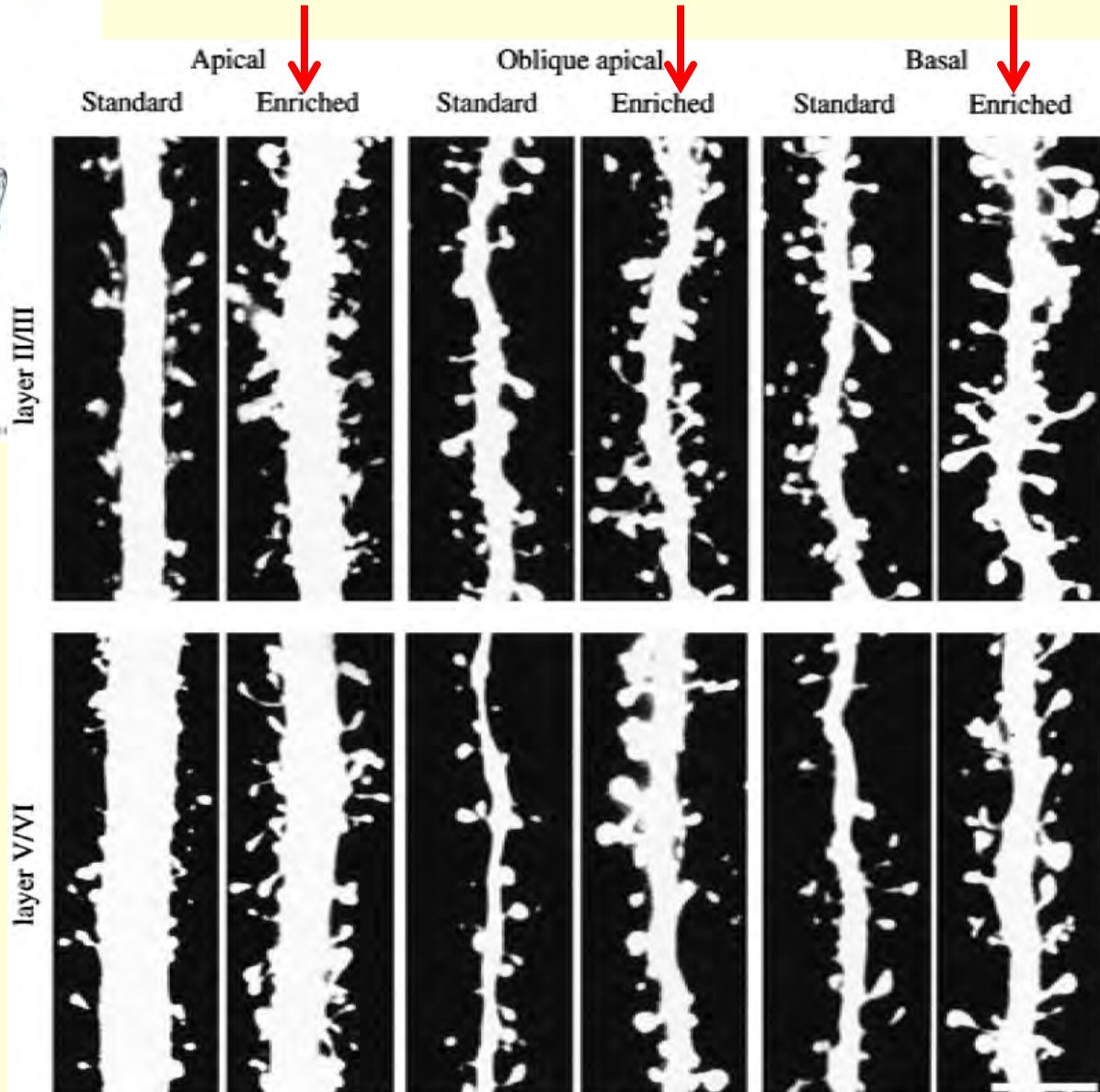
b) Impoverished condition



(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.



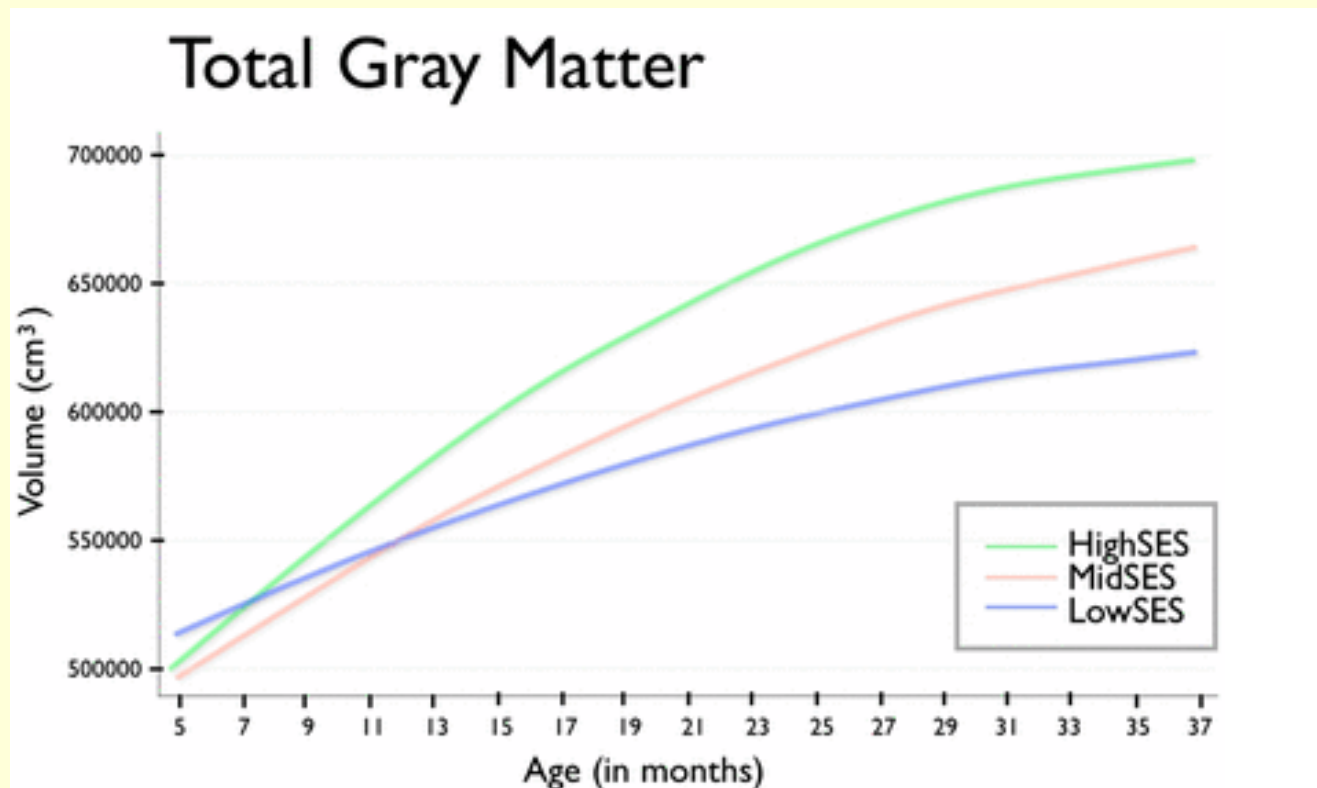
Épines dendritique de neurones du cortex somatosensoriel de rats adultes ayant grandi dans des cages **standard** ou dans un environnement **enrichi** durant 3 semaines.

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

This open source [review article by Alla Katsnelson is sobering](#), and worth a read. The major foci in the brain that appear to show disparities in poor children are the hippocampus and frontal lobe. I pass on this graphic illustrating the decline in total brain gray matter (nerve cell) volume in young children of middle and low socioeconomic status individuals.



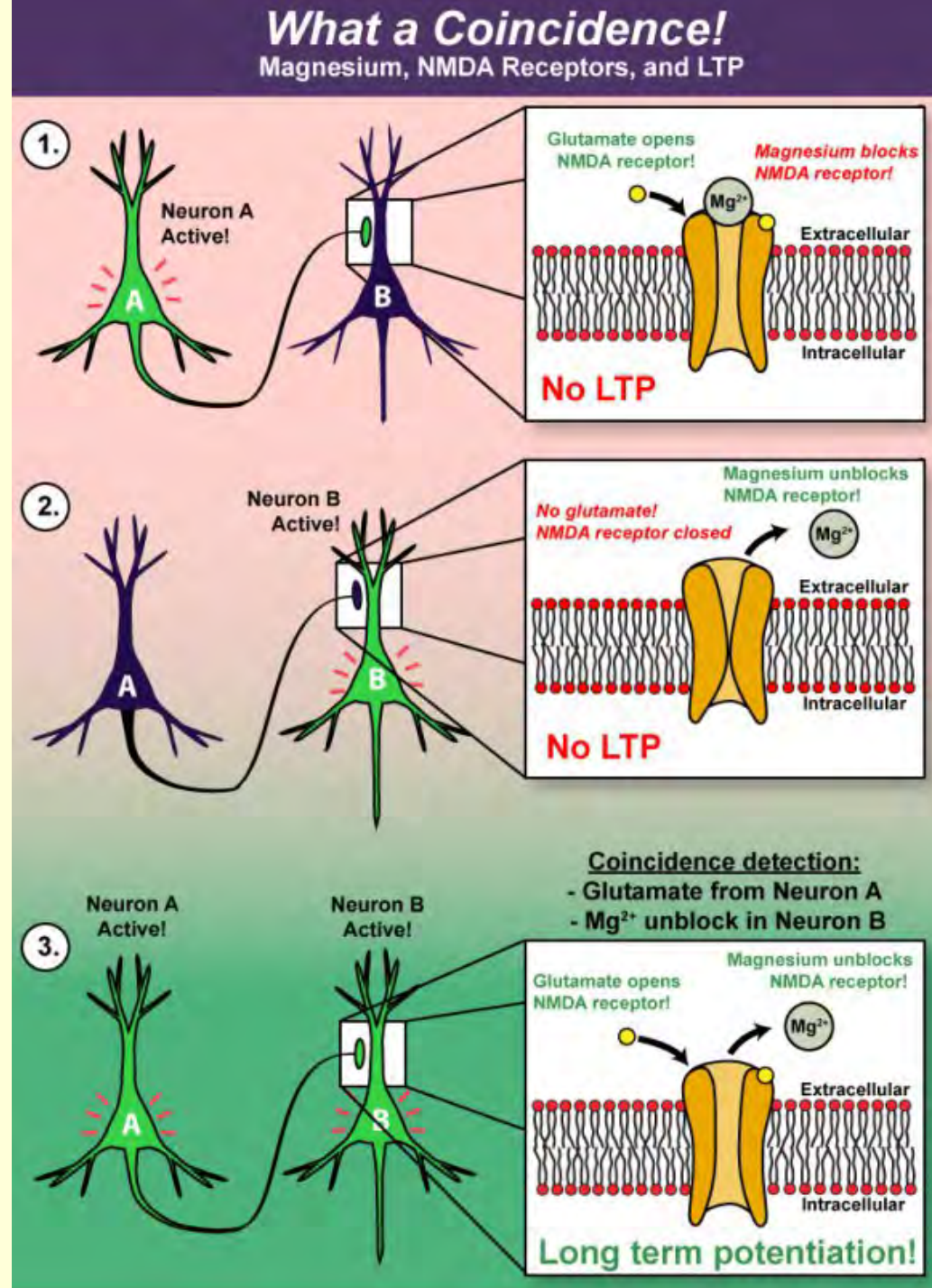
On connaît plusieurs autres mécanismes de plasticité neuronale.

Exemple : la **plasticité dépendante du temps d'occurrence des impulsions** (en anglais « Spike-timing-dependent plasticity » ou **STDP**) mis en évidence plus récemment (début – milieu des années 1990).

Encore une fois ici, le **récepteur NMDA** jouerait un rôle clé grâce à sa capacité à détecter les coïncidences.

Et sans cette protéine, bien des apprentissages seraient impossibles...

<http://knowingneurons.com/2013/05/30/what-a-coincidence/>

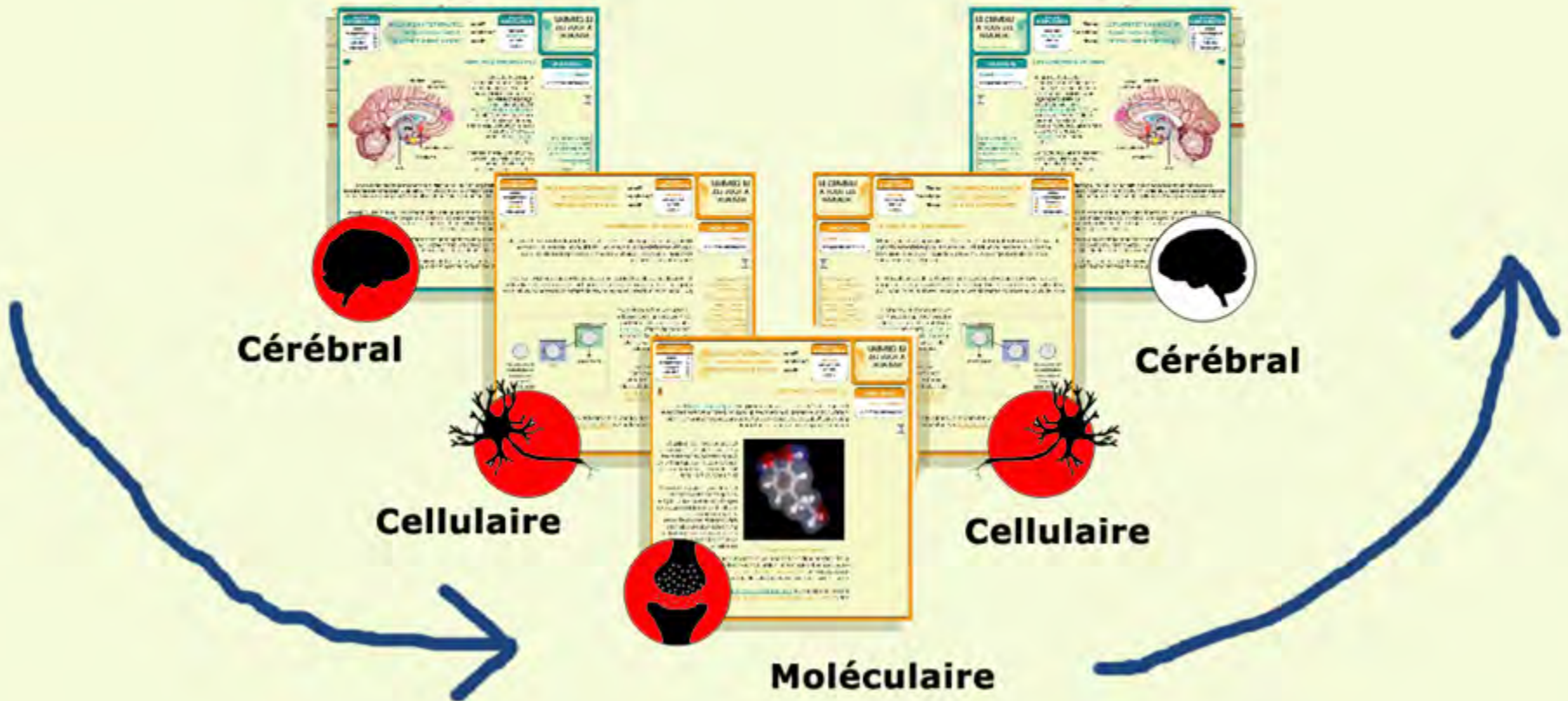


Introduction :

- Perspective évolutive

Conclusion :

- ma métaphore
cérébrale préférée



“l’engram mnésique” (Richard Semon, 1923)



Et ça revient en force ces dernières années :

Identification and Manipulation of Memory Engram Cells (2014)

[Xu Liu^{1,2,3}](#), [Steve Ramirez¹](#), [Roger L. Redondo^{1,2}](#) and [Susumu Tonegawa^{1,2}](#)
<http://symposium.cshlp.org/content/79/59.full>

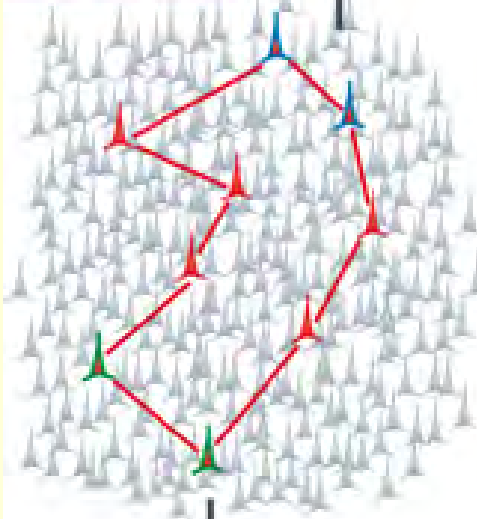
What is memory? The present state of the engram (2016)

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4874022/>

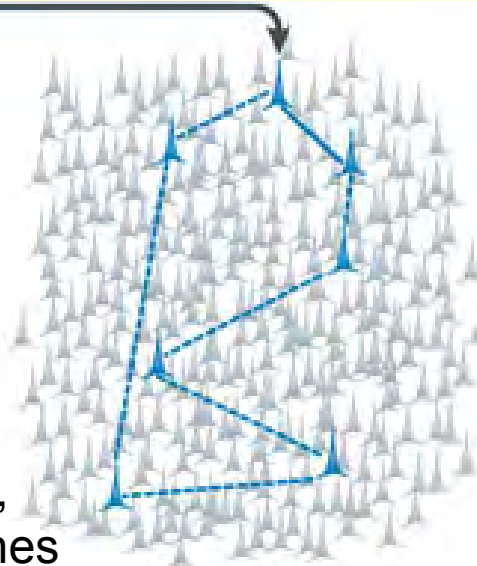
La théorie de Semon contenait implicitement l'idée de "pattern completion" comme mécanisme de rappel



Luke Skywalker



"si une partie des stimuli originaux sont rencontrés à nouveau, ces neurones constituant l'engramme sont réactivés pour évoquer le rappel de ce souvenir spécifique."

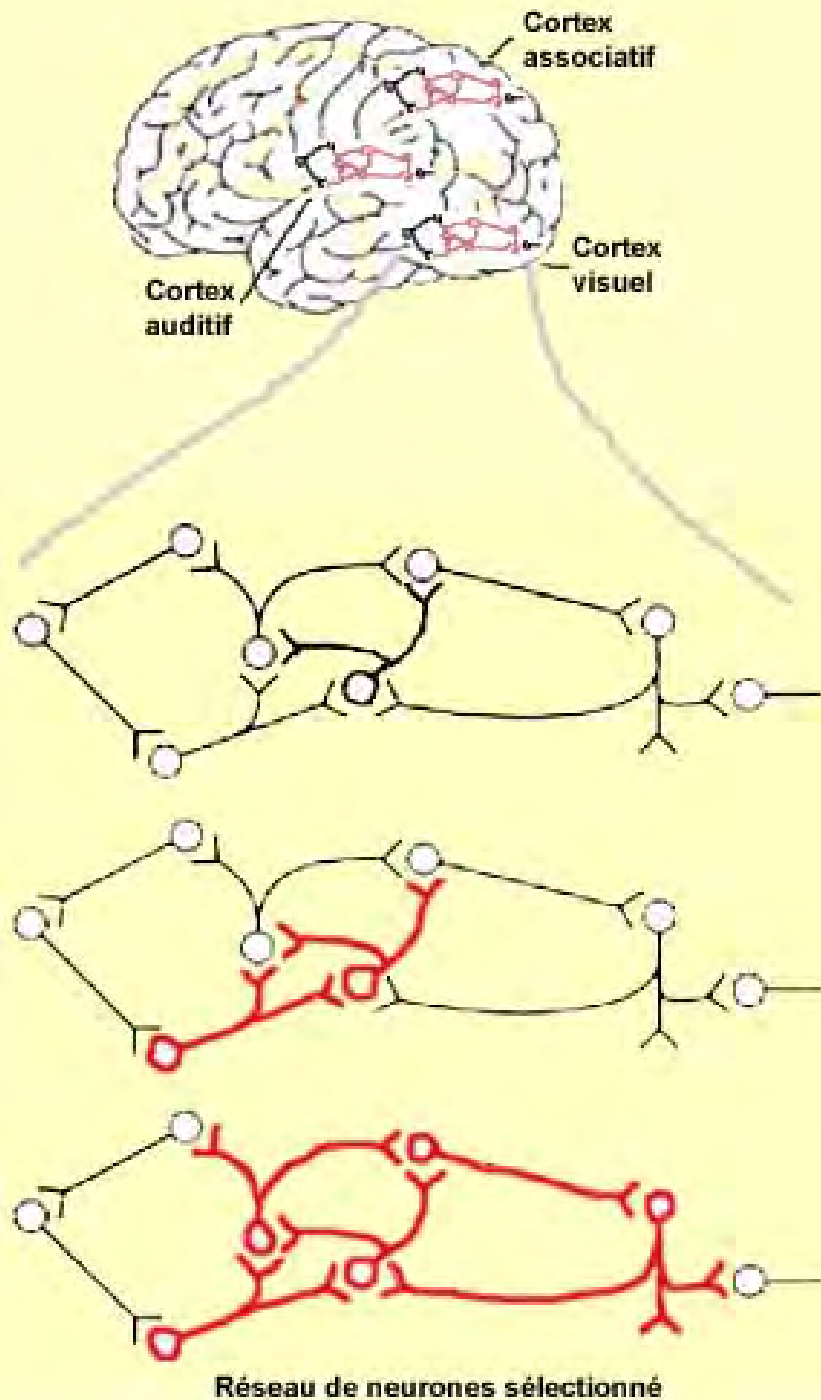


Yoda

...ou l'évocation de souvenirs semblables.



Darth Vader



Le substrat physique de notre mémoire au niveau cellulaire serait donc ces **réseaux ou « assemblées de neurones » sélectionnés**

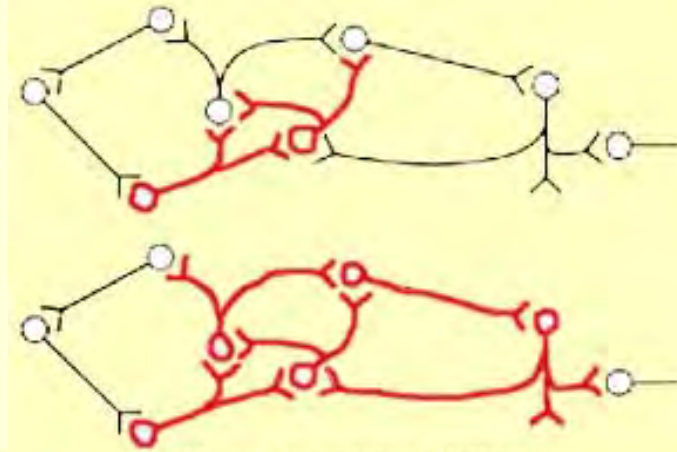
(les “cell assemblies” de Donald Hebb).

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 bibliothèque.



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

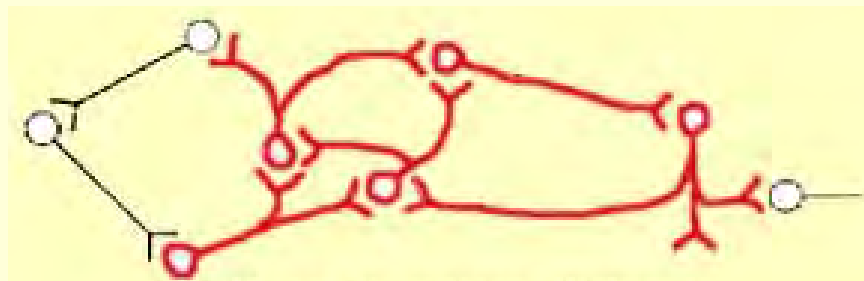
La mémoire humaine est forcément une **reconstruction**.



Réseau de neurones sélectionné

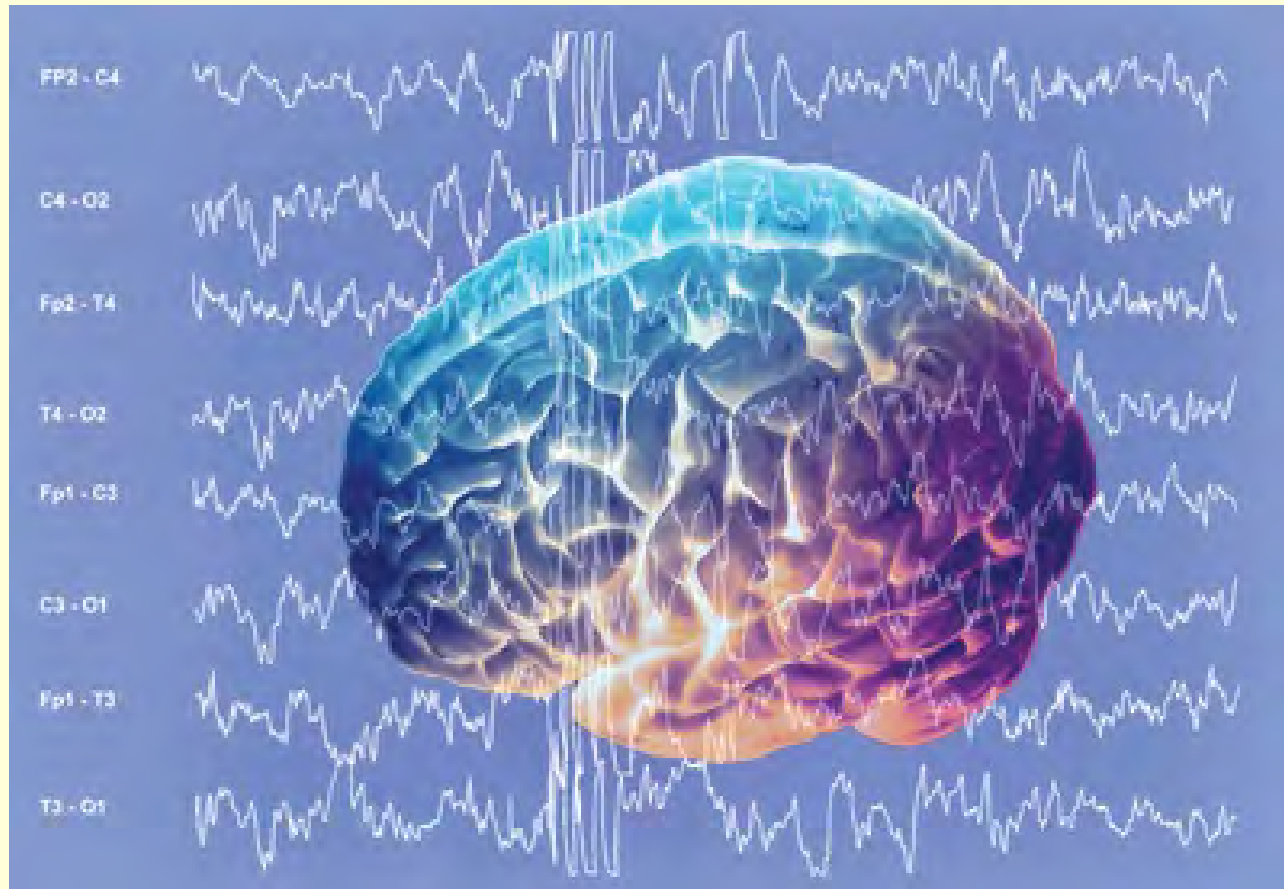


D'où, par exemple, le phénomène des « faux souvenirs ».



Réseau de neurones sélectionné

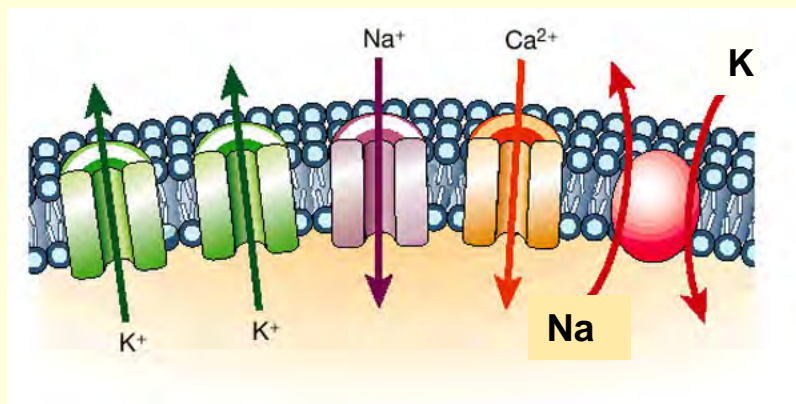
Certains de ces réseaux vont aussi constituer l'autre grande manière qu'utilise le cerveau pour produire ses **rythmes**.



Vous vous souvenez...

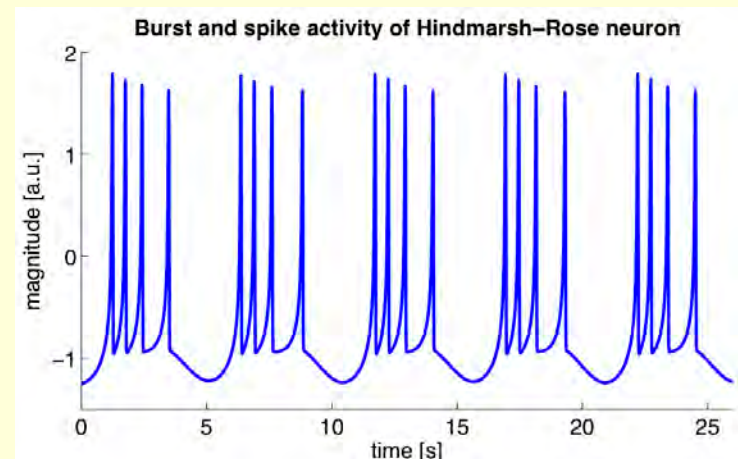
« Il suffit que **deux forces s'opposent** pour que le calme plat soit rapidement **remplacé par un rythme.** »

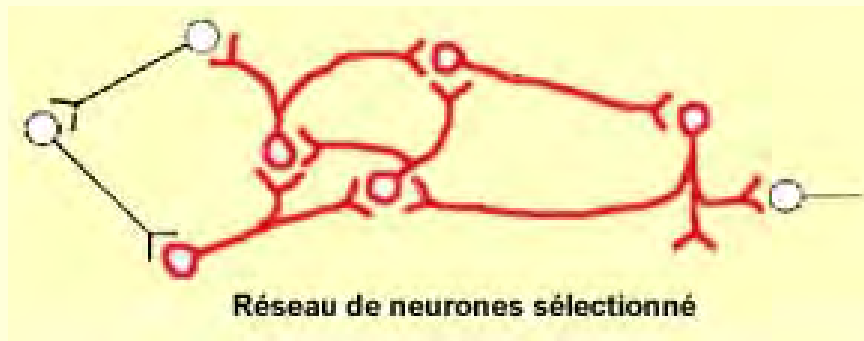
Et notre cerveau regorge de forces qui s'opposent, à commencer par les **canaux ioniques** qui **dépolarisent** ou **hyperpolarisent** les neurones.



Donc première façon de générer des rythmes :

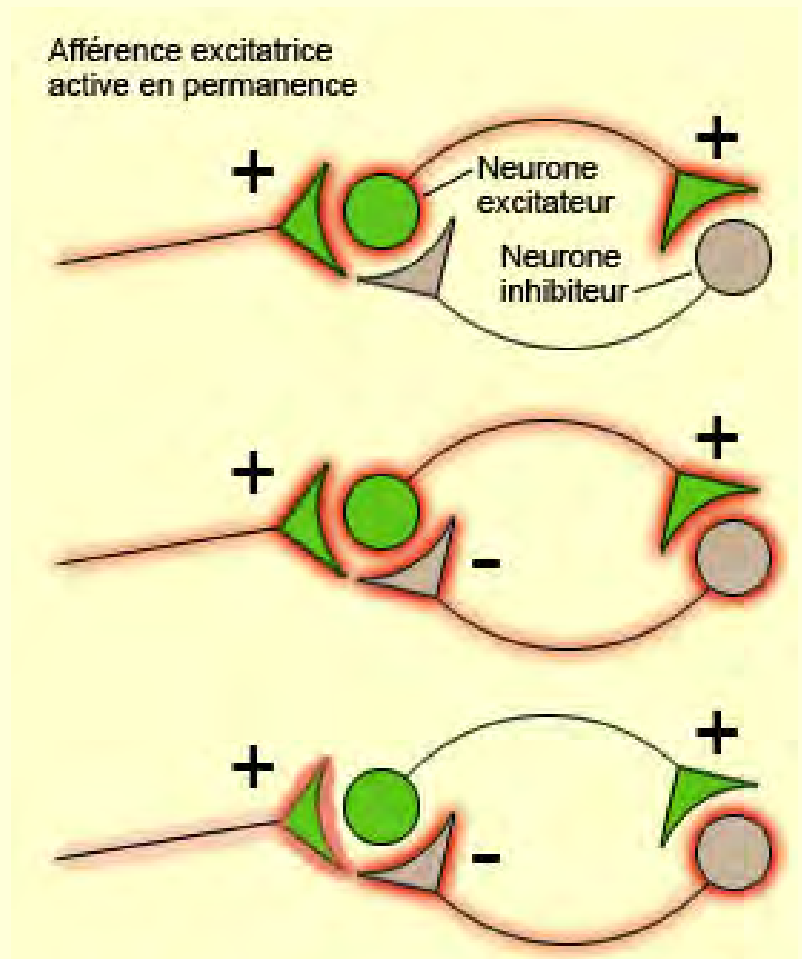
- par les propriétés intrinsèque de la membrane du neurone (« endogenous bursting cells »)

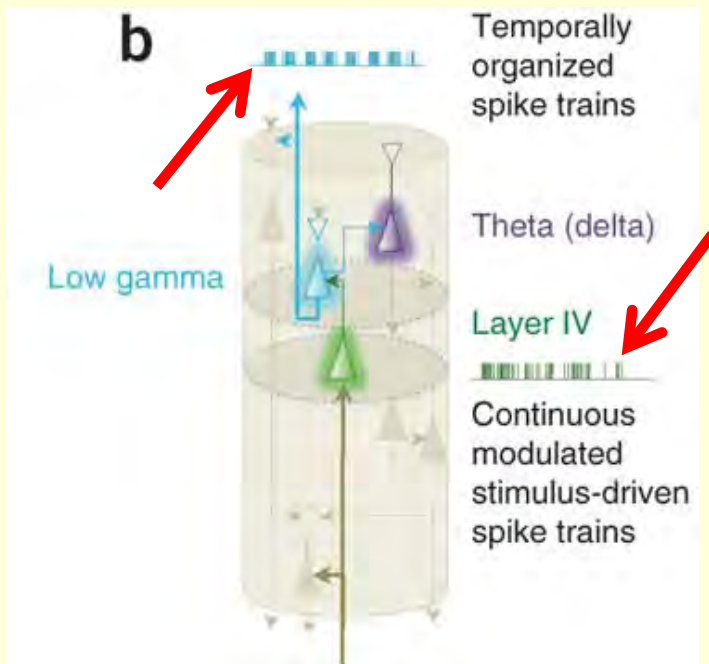
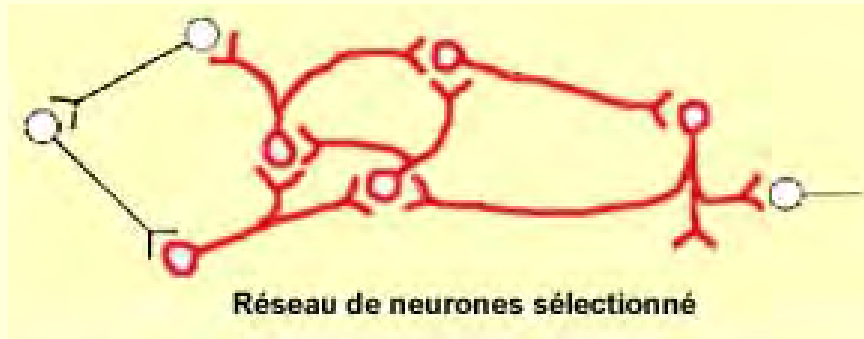




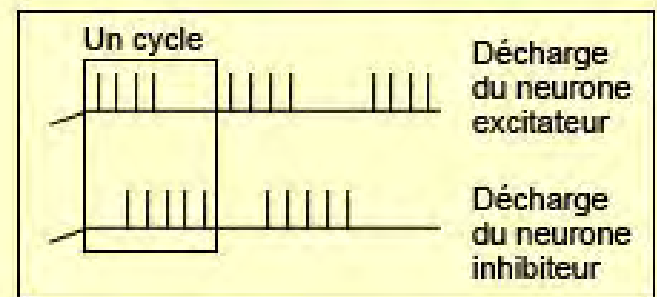
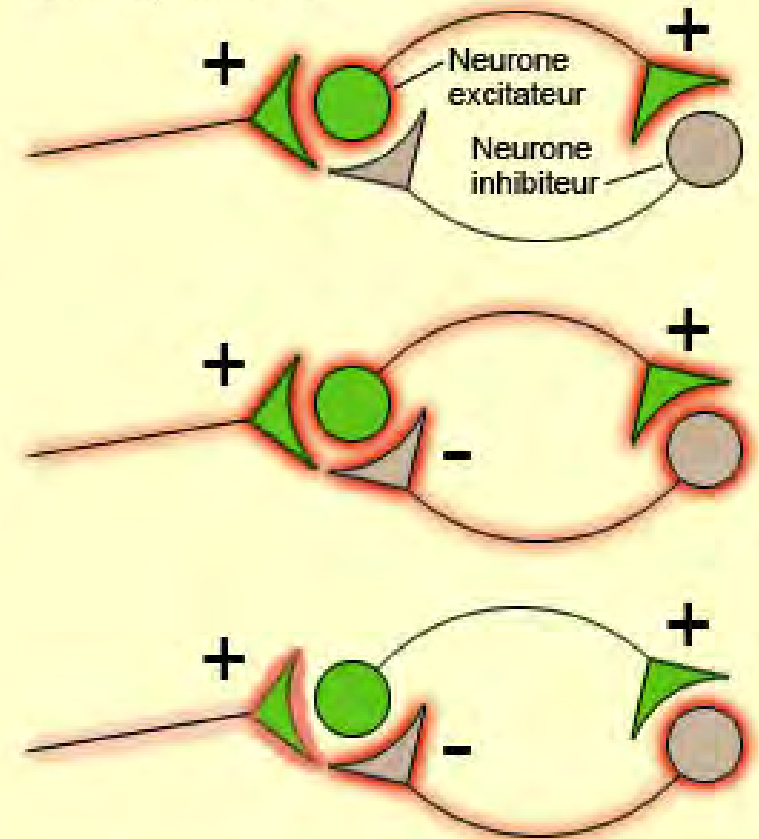
Une deuxième façon de générer des rythmes :

- par les connexions entre les neurones **excitateurs** et les neurones **inhibiteurs**



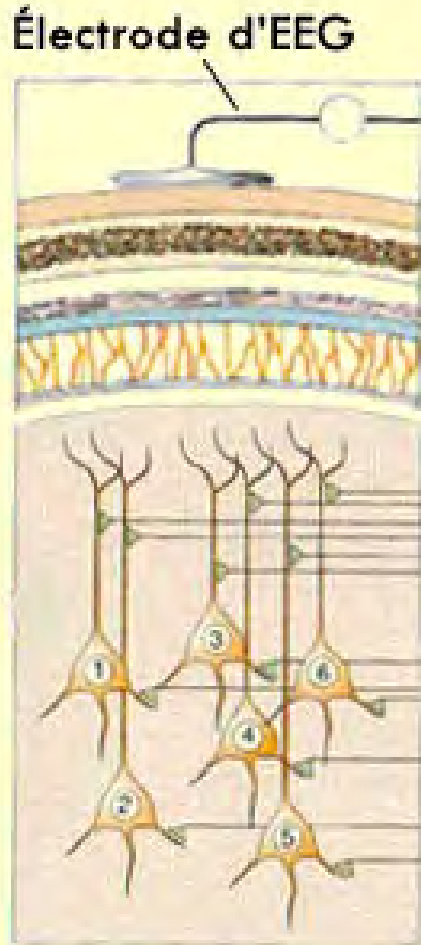


Afférence excitatrice active en permanence

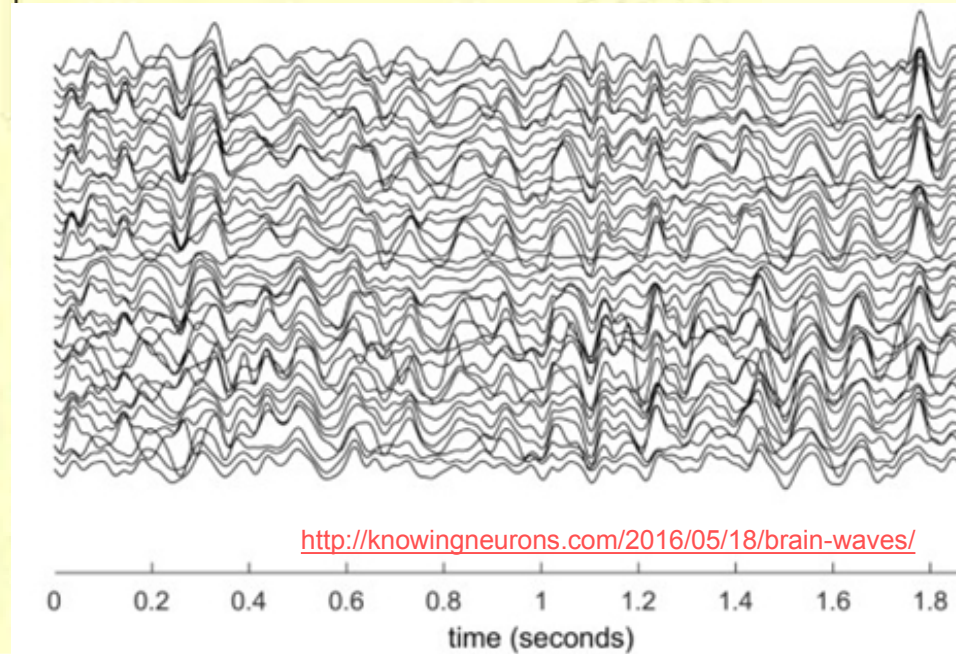
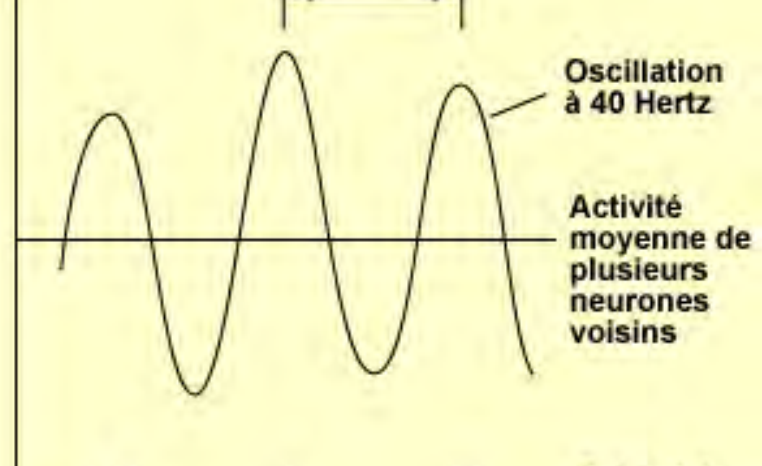


Exemple d'activité rythmique provenant des microcircuits corticaux formés des interneurones et des cellules pyramidales.

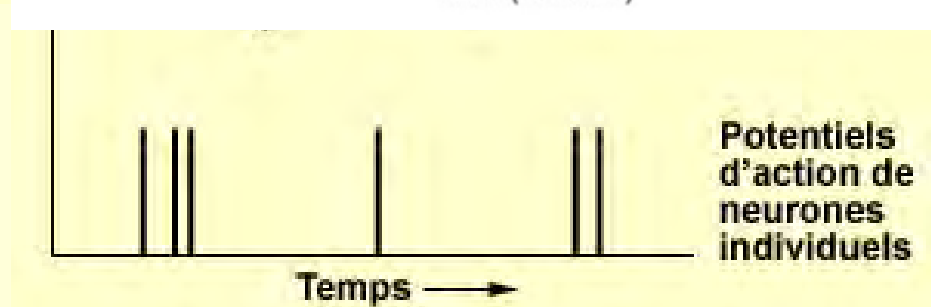
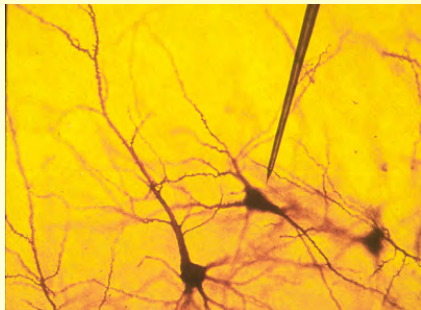
EEG :
niveau « macro »



Potentiels de champ locaux
niveau « meso »



Potentiels d'action :
niveau « micro »

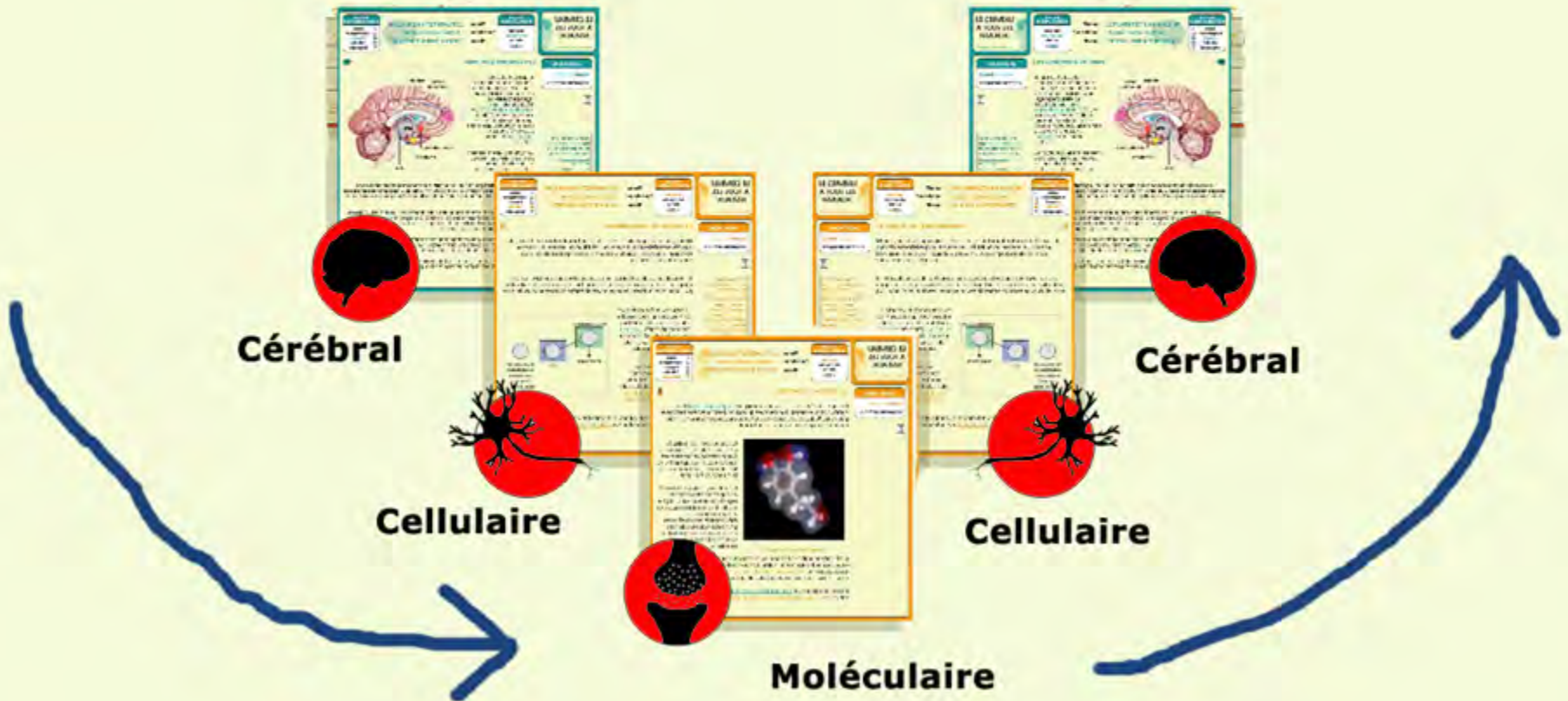


Introduction :

- Métaphores cérébrales
- Perspective évolutive

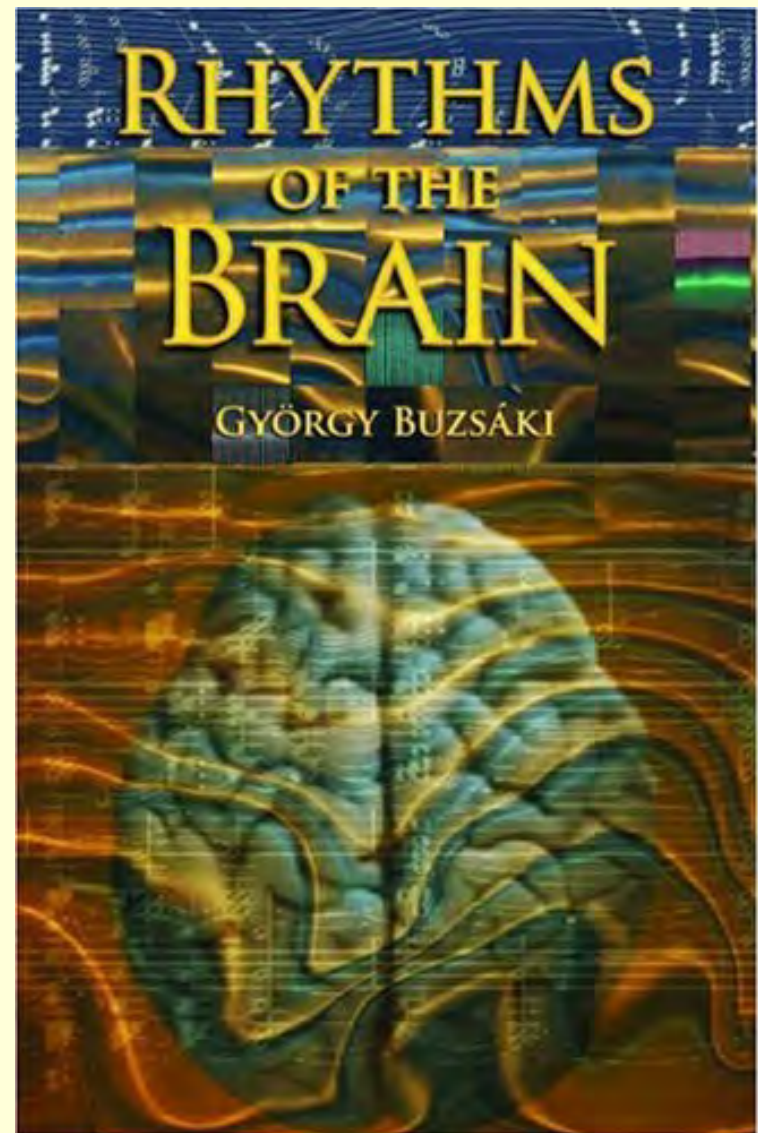
Conclusion :

- ma métaphore
cérébrale préférée



La dimension temporelle de l'activité cérébrale, qui se traduit par ces **rythmes cérébraux**,

est maintenant au cœur des travaux dans des champs de recherche complexes comme le sommeil ou la conscience.

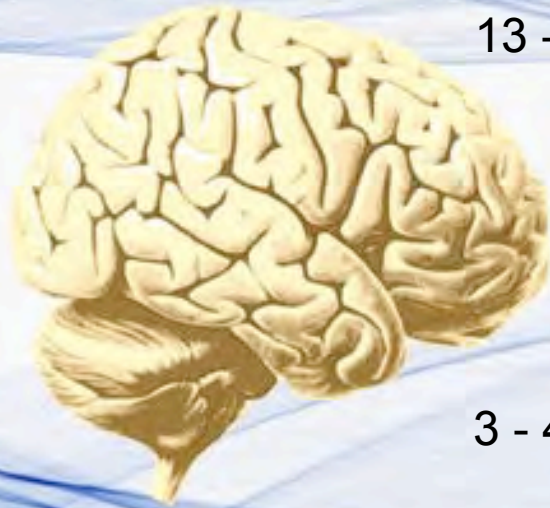


György Buzsáki - My work

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

(2:00 à 4:30)

EEG brainwaves



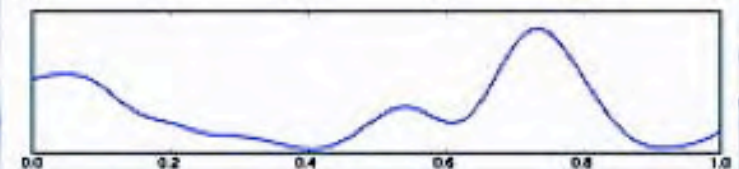
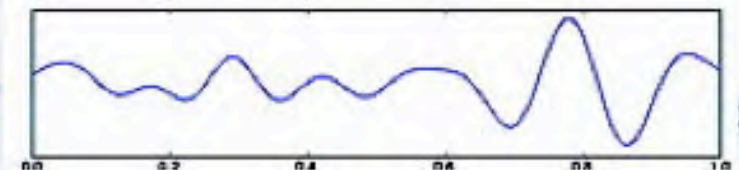
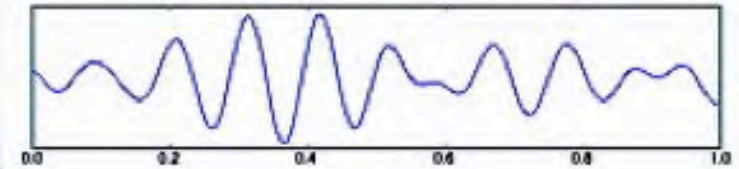
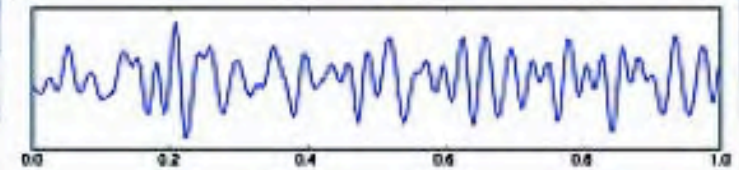
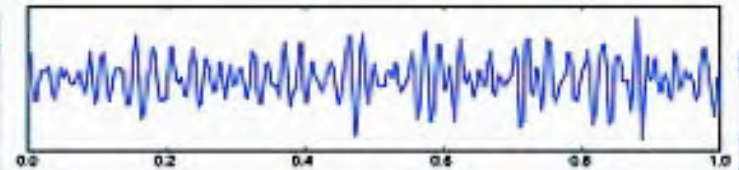
> 30 - 35 Hz **Gamma**
Problem solving,
concentration

13 - 15 à 60 Hz **Beta**
Busy, active mind

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

3 - 4 à 7- 8 Hz **Theta**
Drowsiness

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



Il faut bien distinguer entre :

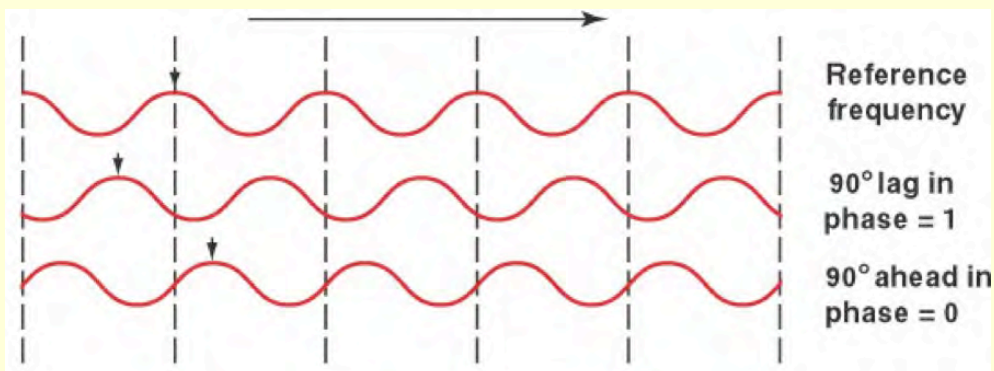
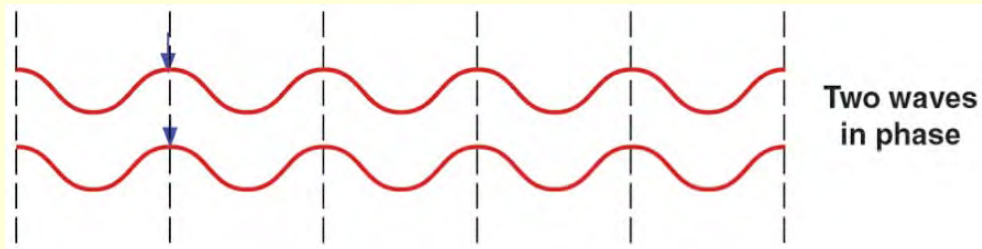
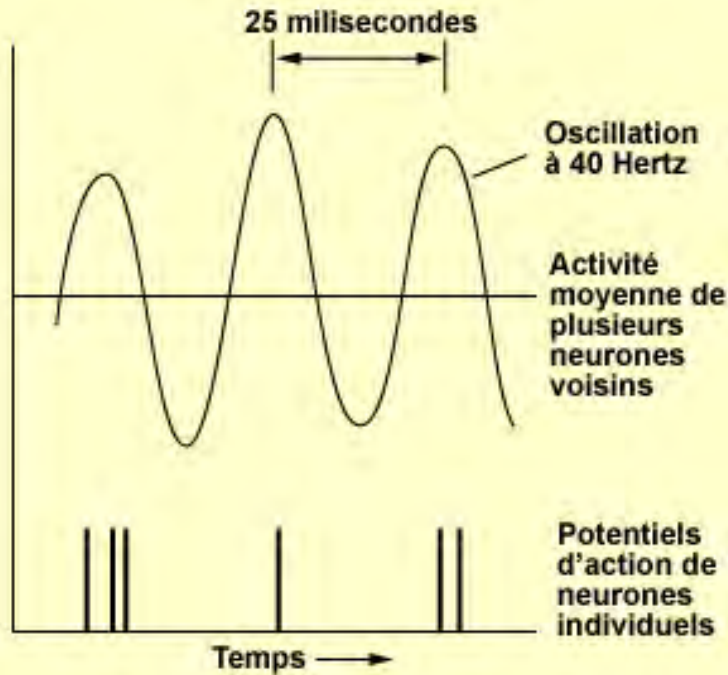
Oscillations

(selon un certain rythme
(en Hertz))

et

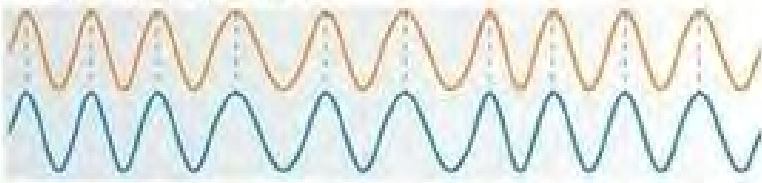
Synchronisation
(activité simultanée)

ou non



A

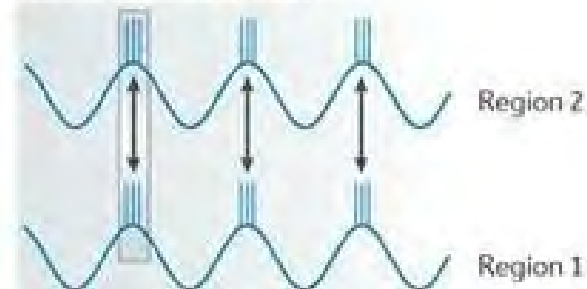
Phase synchronization



Les **oscillations** sont une façon très **économe** pour le cerveau de favoriser une synchronisation d'activité neuronale **soutenue**, rappelle György Buzsáki.

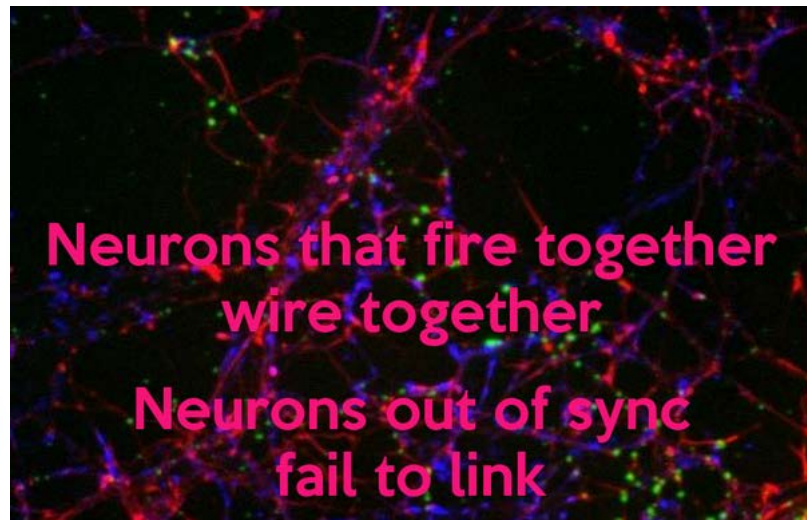
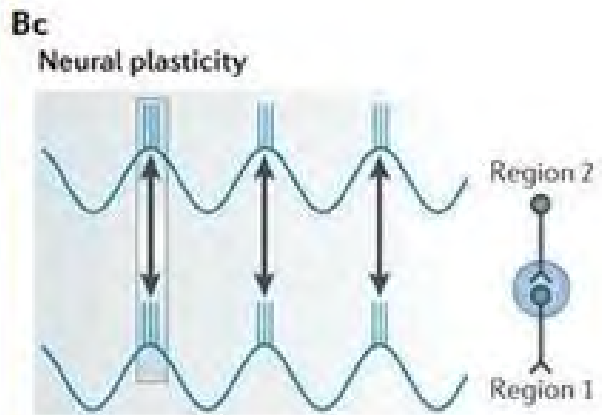
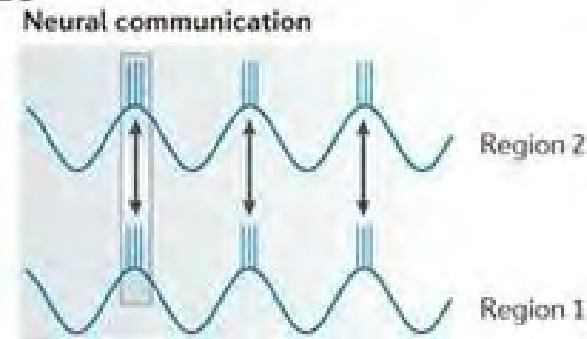
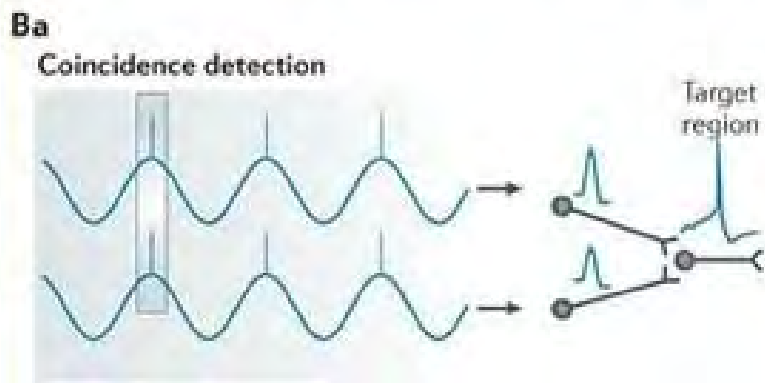
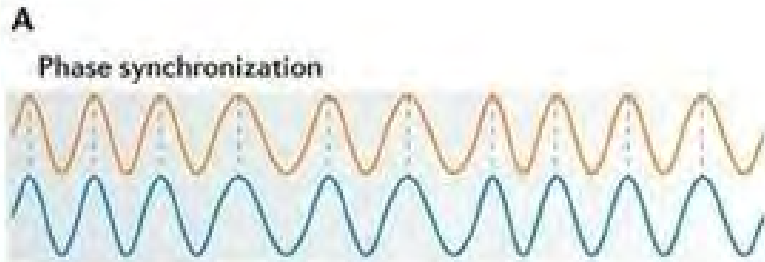
Car lorsque deux populations de neurones oscillent au **même rythme**, il devient beaucoup **plus facile** pour elles de synchroniser un grand nombre d'influx nerveux en adoptant simplement la **même phase** dans leur oscillation.

Neural communication

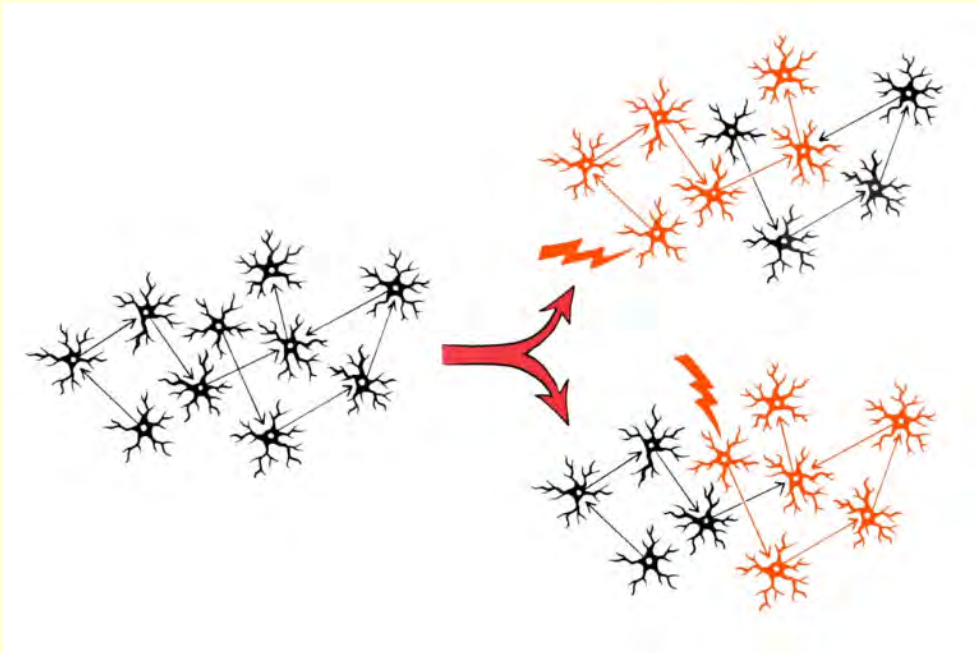


Du coup, ce sont des assemblées de neurones **entières** qui se « reconnaissent et se parlent ».

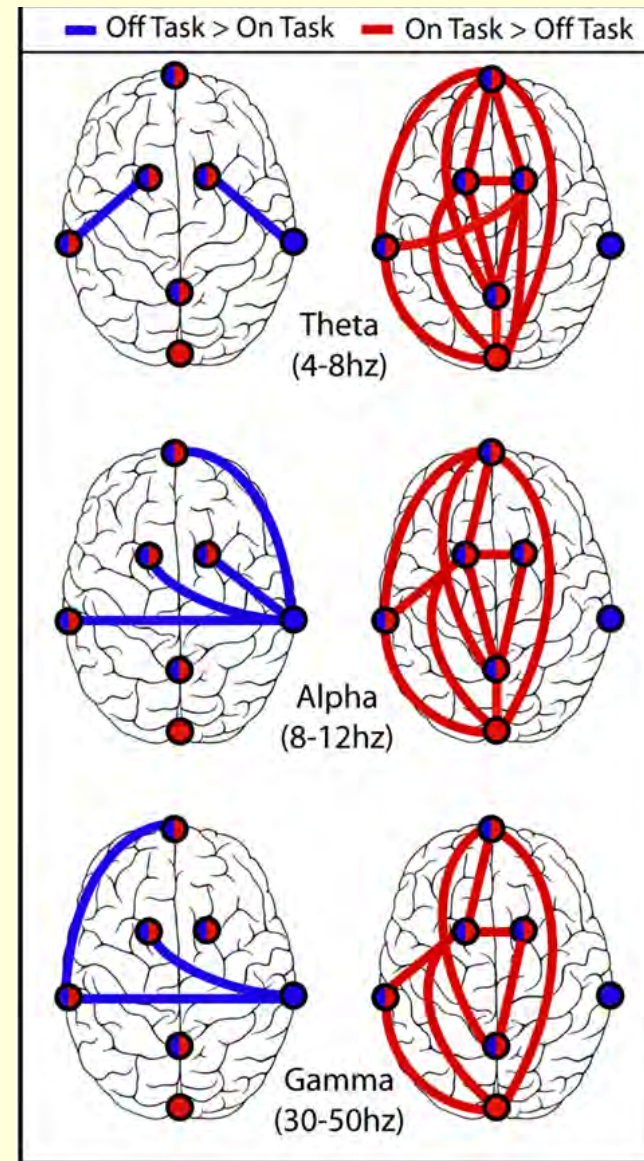
D'autres rôles fonctionnels possibles pour les oscillations neuronales

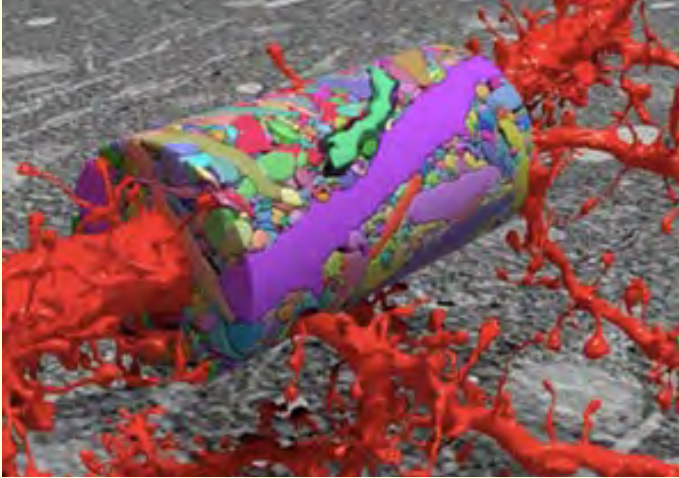


On observe donc la formation
d'assemblées de neurones transitoires,
rendues possible par des oscillations
et des synchronisations,



qui se produisent non seulement dans certaines
structures cérébrales, mais dans des réseaux
largement distribués à l'échelle du cerveau entier.

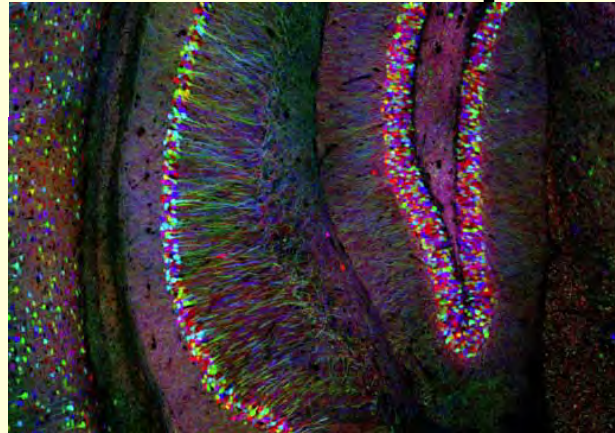




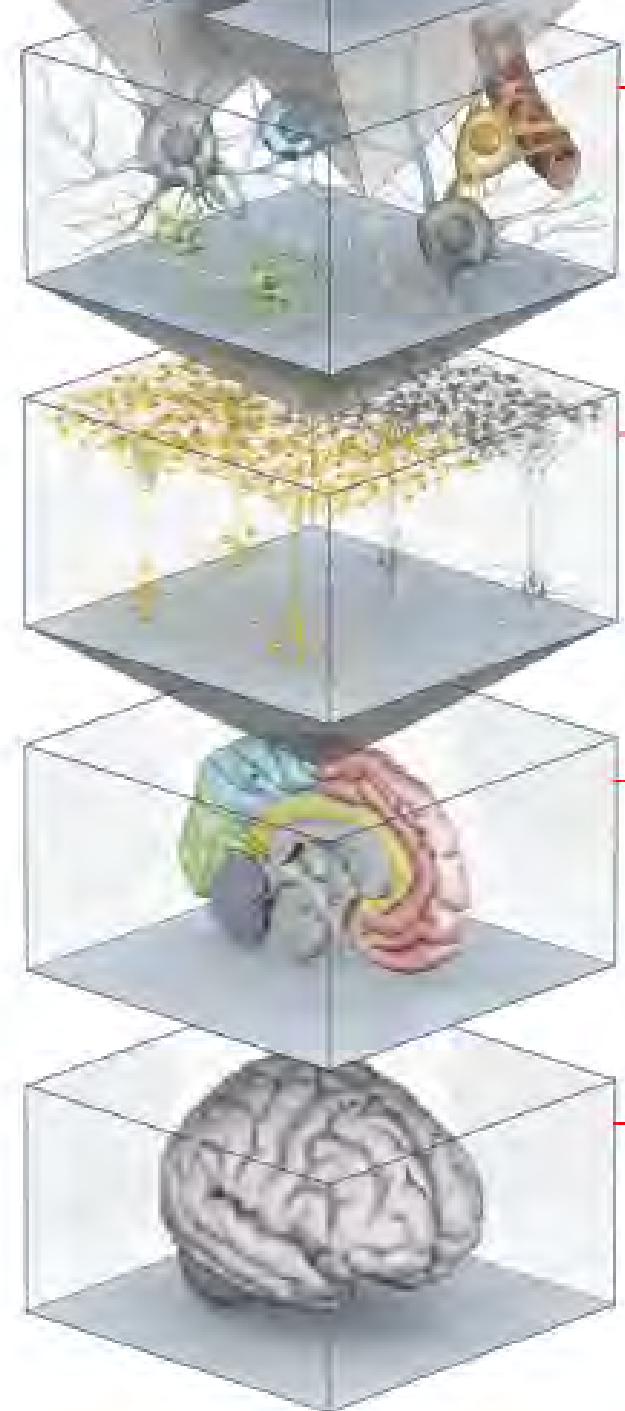
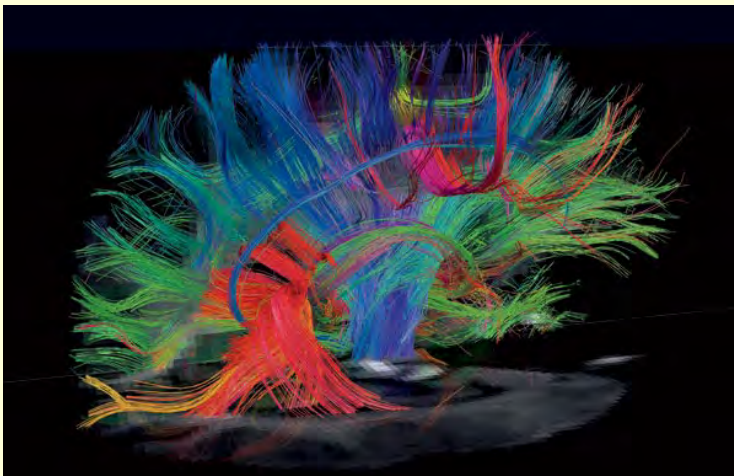
de l'échelle
« micro »



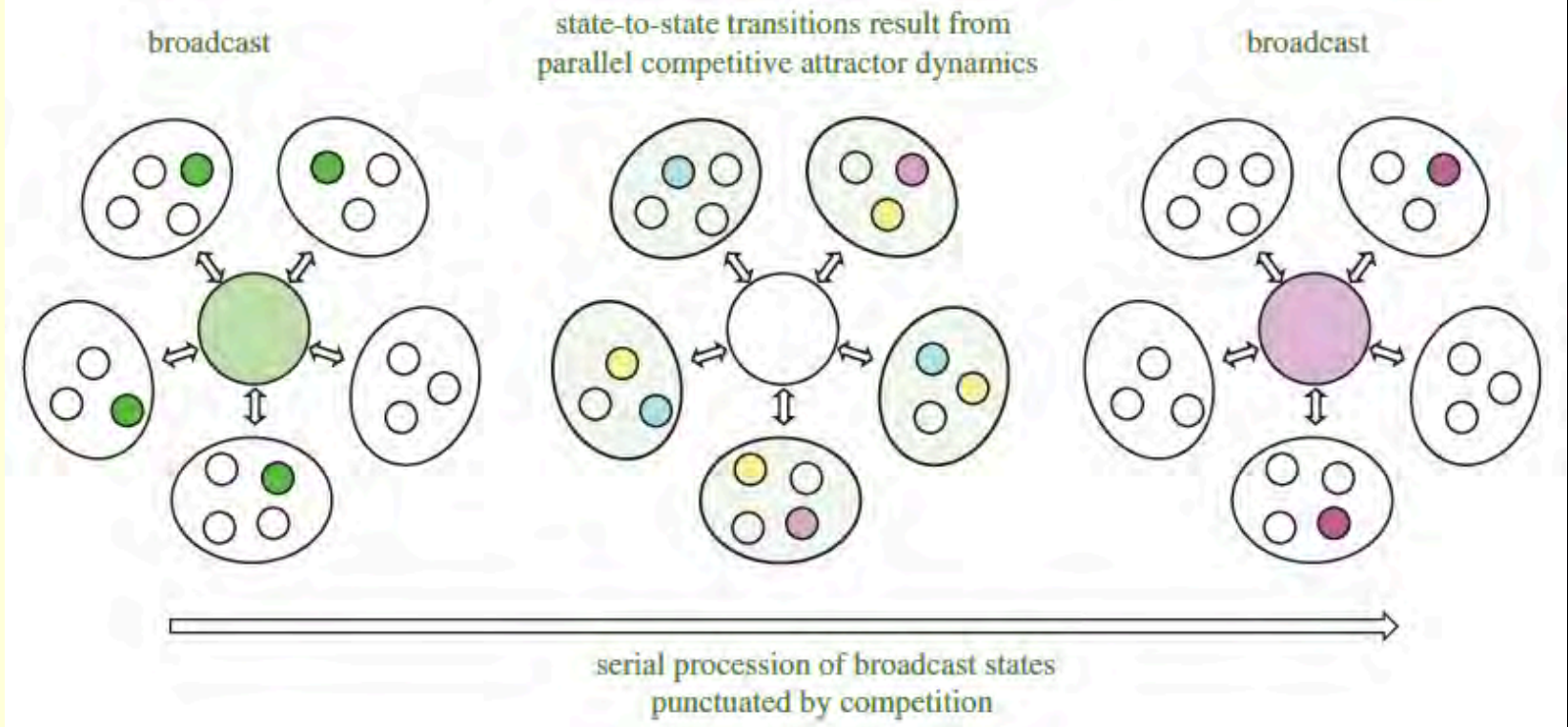
Car il faut se
rappeler que
peu importe
l'échelle
que l'on
considère...



à l'échelle
« macro »

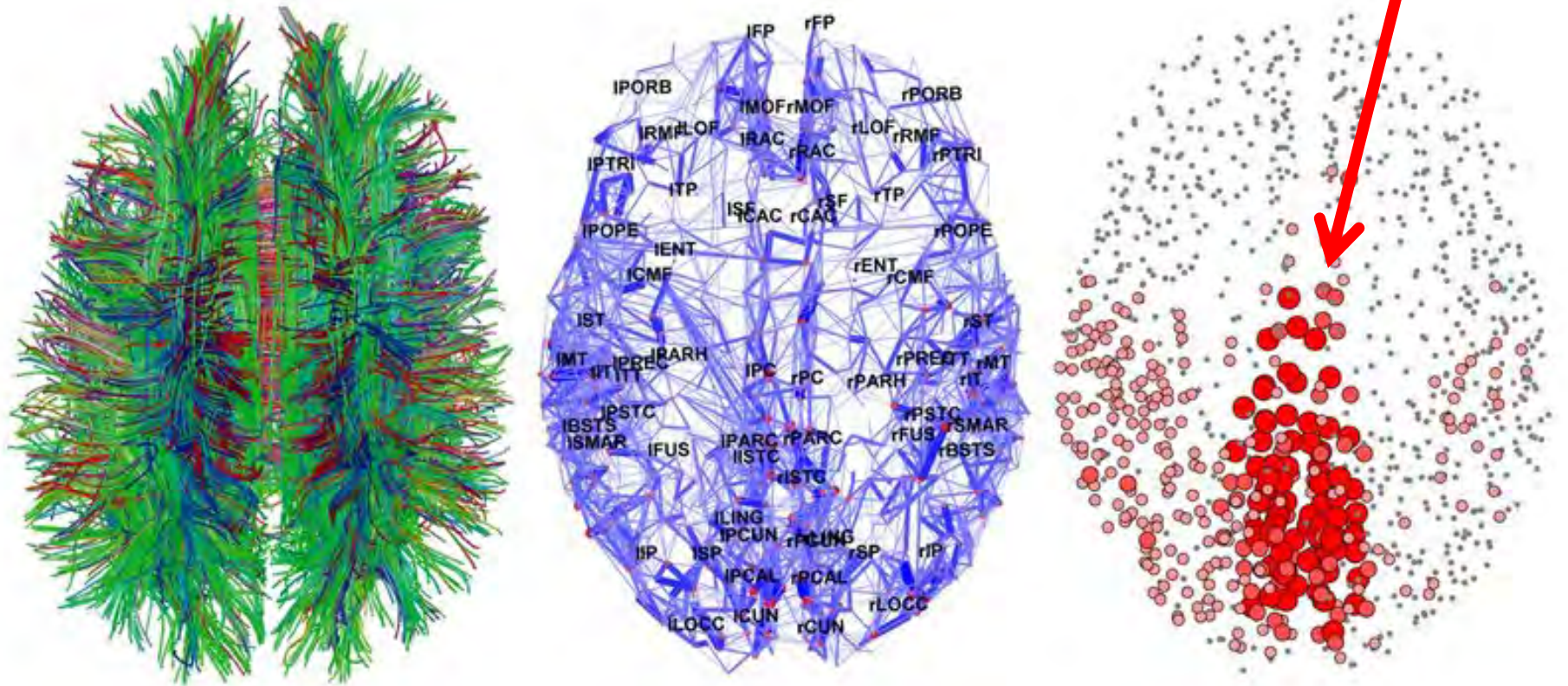


Hypothèse du « Connective core » (M. Shanahan)



...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.

C'est l'idée générale que l'on peut, à partir de l'organisation d'un **système complexe en réseau** comme le cerveau, dégager un certain nombre de "**hubs**", c'est-à-dire de **points de passage plus fréquemment utilisés** pour construire les coalitions entre assemblées de neurones.

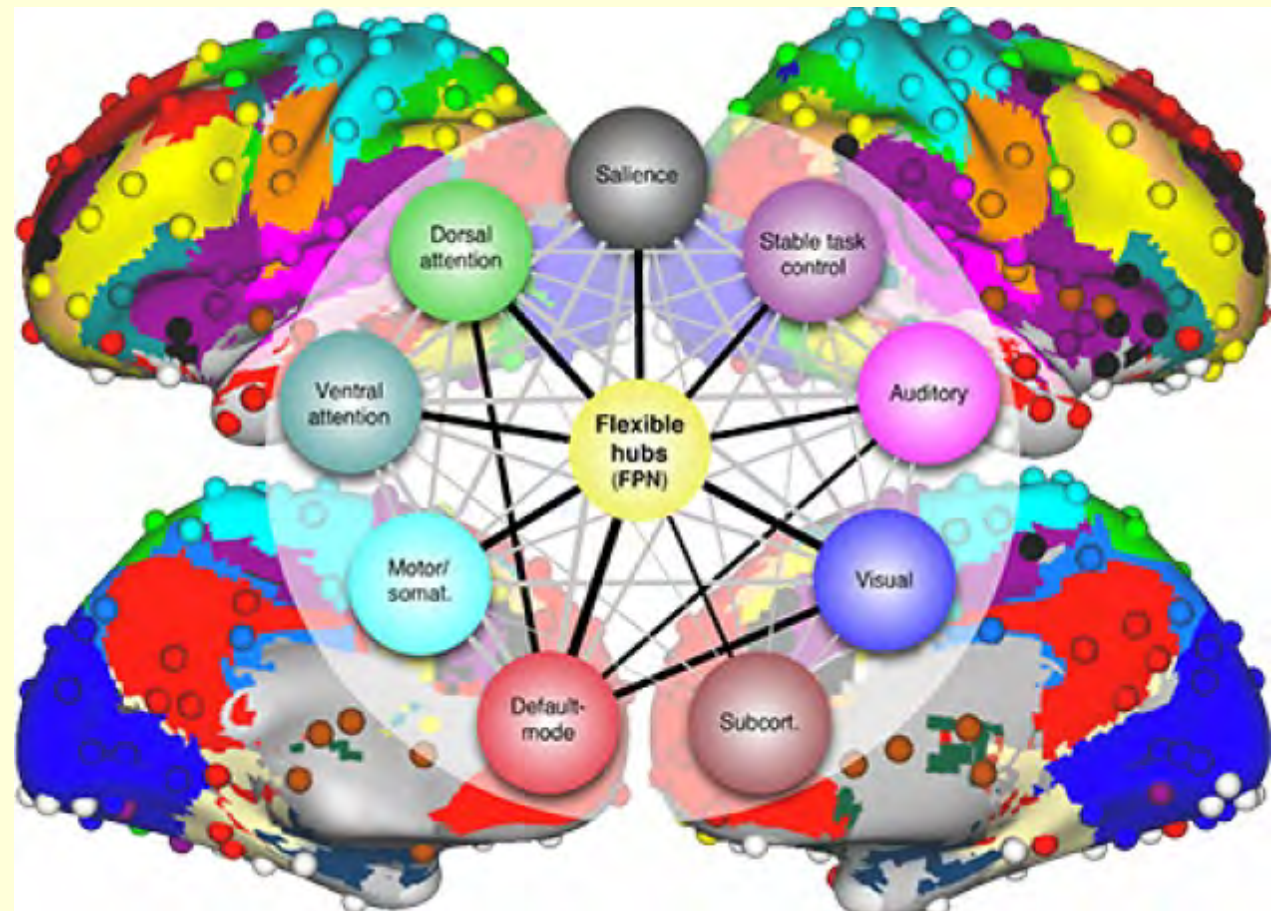


The fiber architecture of the human brain as revealed by diffusion imaging (left), a reconstructed structural brain network (middle) and the location of the brain's core, its most highly and densely interconnected hub (right).

Multi-task connectivity reveals flexible hubs for adaptive task control

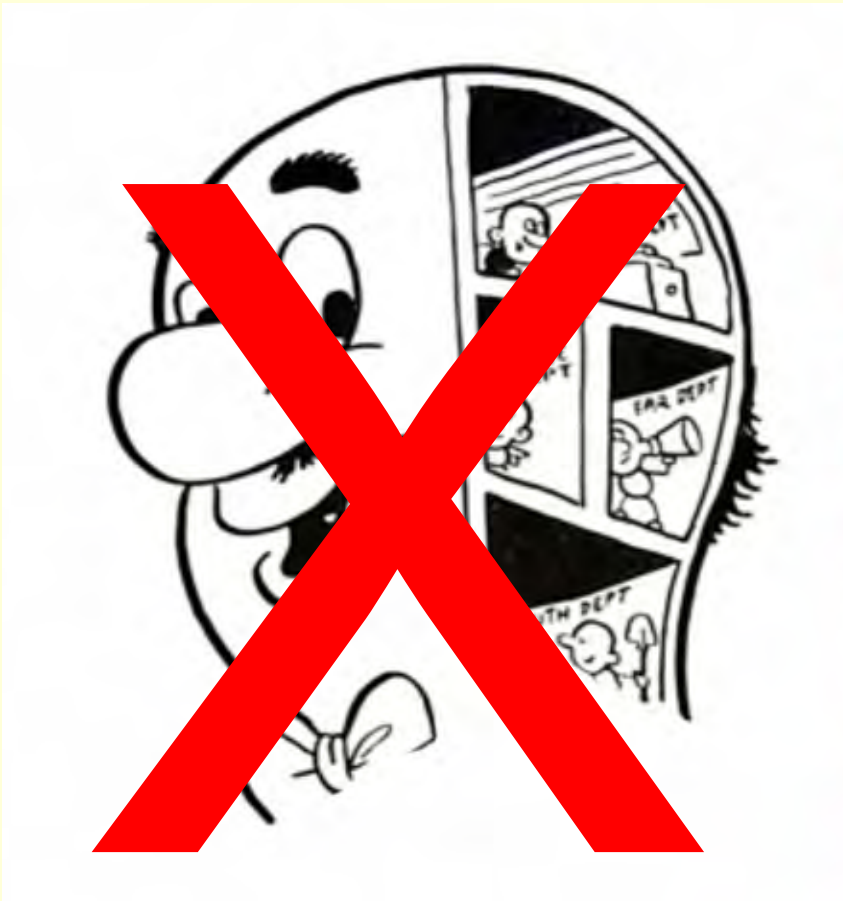
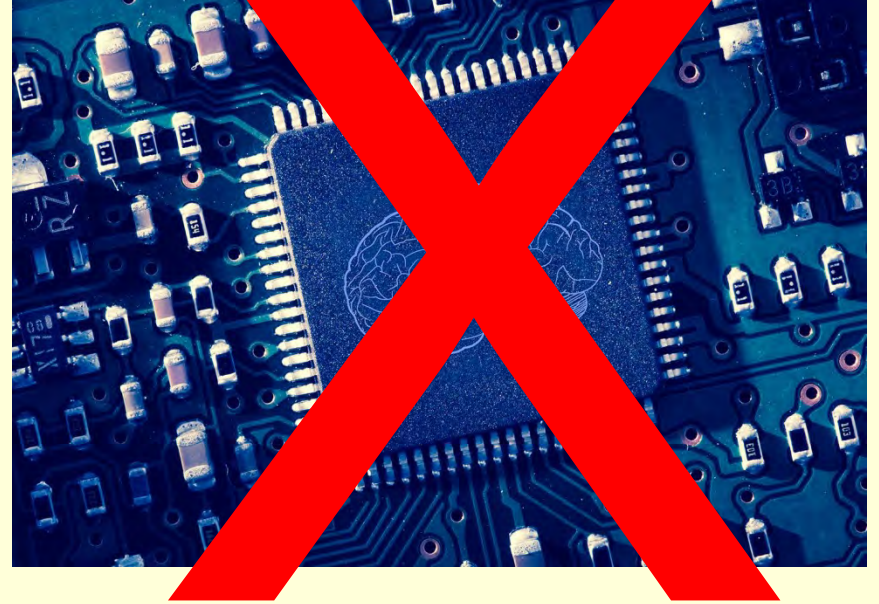
•Michael W Cole, et al. Nature Neuroscience 16, 1348–1355 (2013)

Cette étude détaille la position centrale d'un "flexible hub" permettant de **basculer** d'un réseau fonctionnel à un autre parmi les 9 principaux décrits comprenant 264 sous-régions.





Neuromythe à oublier

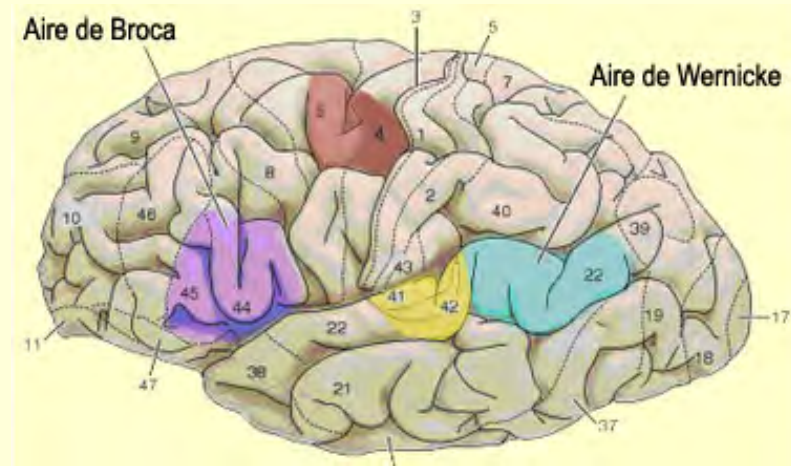
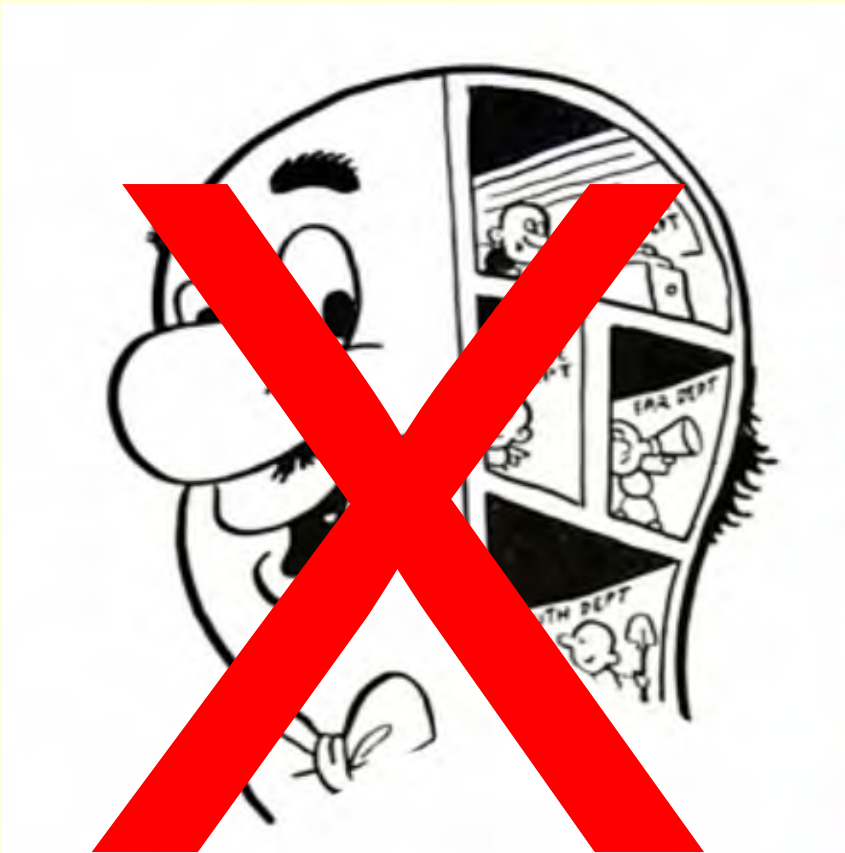


Pas de « centre de... »
dans le cerveau.

« **There is no boss in the brain.** »

- M. Gazzaniga

Plusieurs données remettent en question une conception très spécialisée des aires cérébrales héritée en grande partie de l'idée de **module spécialisé** (Fodor)...

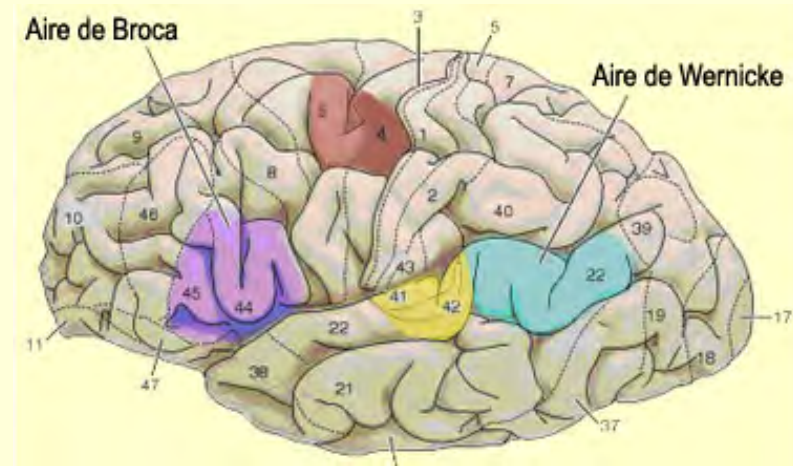


Par exemple, Russell Poldrack (2006) estimerait que l'idée que "**l'aire de Broca**" est une aire spécialisée pour le langage est peu appuyée par les données expérimentales dans le sens où cette région est activée plus fréquemment par des tâches **non langagières** que par des tâches langagières.



Bien sûr « l'aire de Broca » est activée dans les tâches langagières.

Mais elle ne semble pas être **spécifique** au langage.



Par exemple, Russell Poldrack (2006) estimerait l'idée que "l'**aire de Broca**" est une aire spécifique pour le langage est peu appuyé par les données expérimentales dans le sens où cette région est activée plus fréquemment par des tâches **non langagières** que par des tâches langagières.



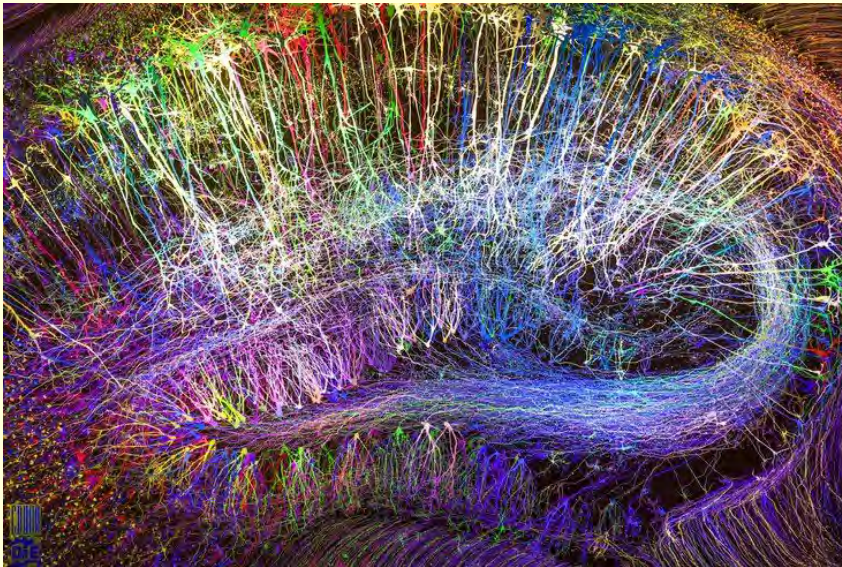
Cela dit, ce n'est pas parce qu'il y a très peu de chance de trouver des « centre de » quoi que ce soit dans le cerveau que l'on ne peut pas y trouver des structures cérébrales bien **différenciées** avec circuits neuronaux capables d'effectuer des calculs particuliers.

Car on trouve effectivement beaucoup de ces structures aux **capacités computationnelles particulières** mais auxquelles on ne peut accoler une étiquette fonctionnelle unique, comme les circuits de

l'hippocampe

ou du

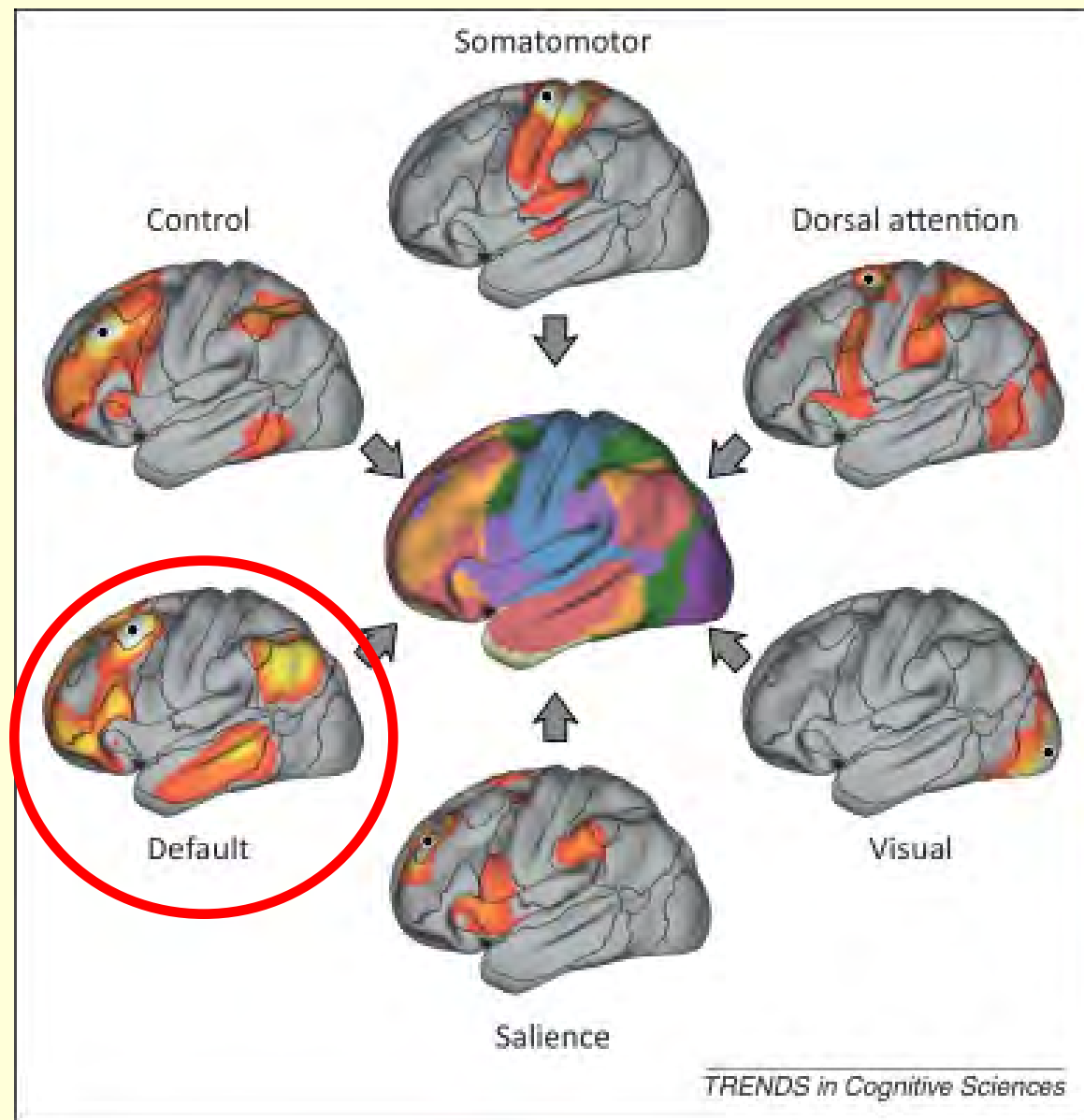
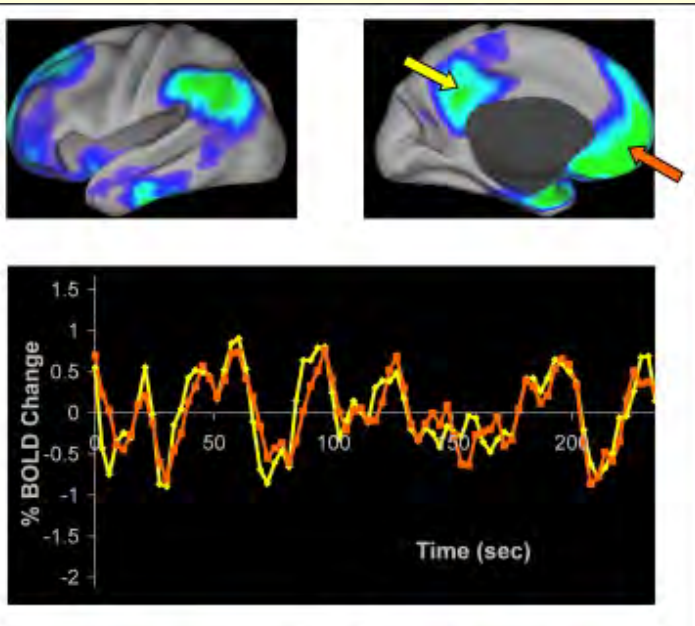
cervelet.



Mais ils vont toujours être en collaboration avec d'autres régions pour **former des réseaux**.

On a pu identifier plusieurs **réseaux** cérébraux à large échelle actifs dans différentes situations

(corrélation d'oscillations lentes à partir d'une zone prise comme référence)



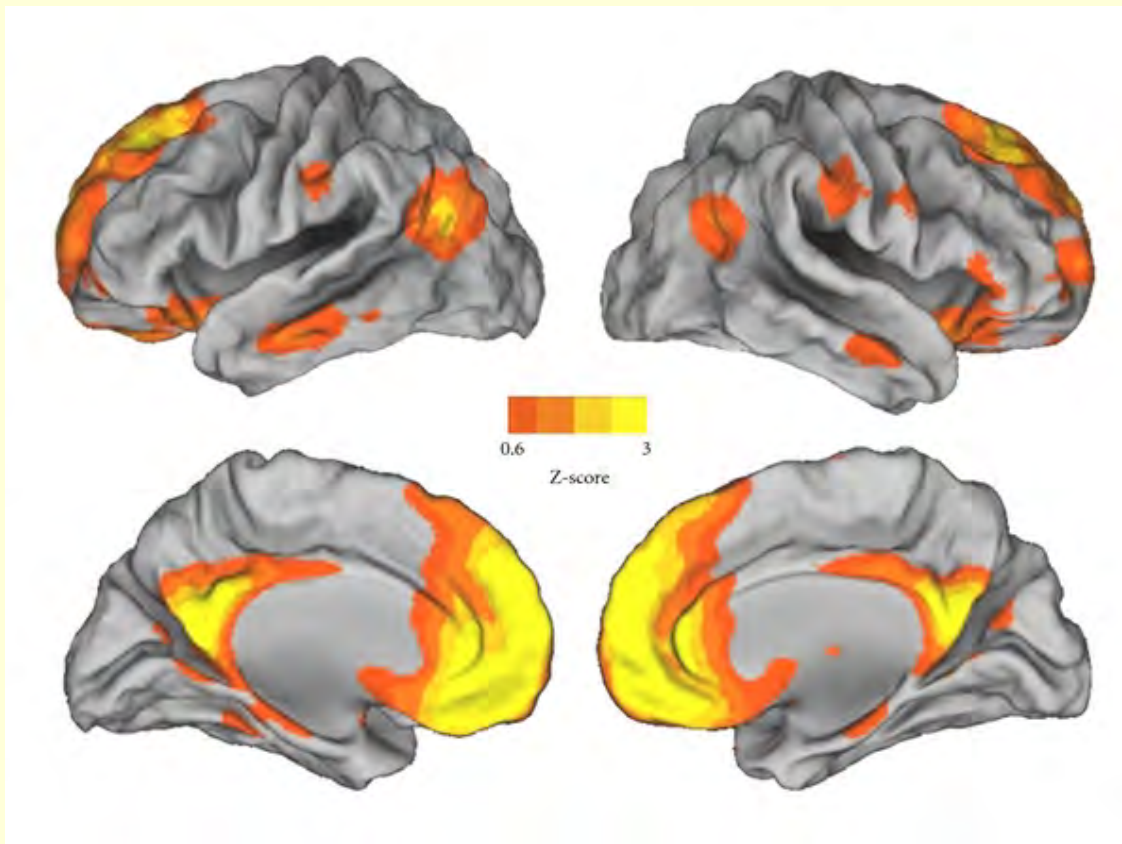
The evolution of distributed association networks in the human brain, Randy L. Buckner & Fenna M. Krienen, *Trends in Cognitive Sciences*, Vol. 17, Issue 12, 648-665, **13 November 2013**

A default mode of brain function.

Raichle, M.E. et al. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. **2001**; 98: 676–682

Raichle et ses collègues ont renversé la perspective jusque-là admise :

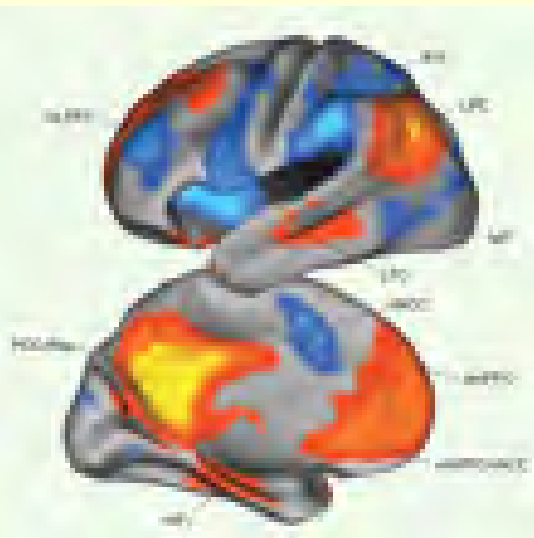
au lieu de voir ces régions comme étant simplement désactivées durant les tâches, ils les ont considéré comme étant **plus actives** quand les sujets ne faisaient **aucune tâche**, leur donnant ainsi une raison d'être !



**Is the Default Mode
of the Brain to
Suffer?**

January 19, 2017

<http://nymag.com/scienceofus/2017/01/why-your-mind-is-always-wandering.html>

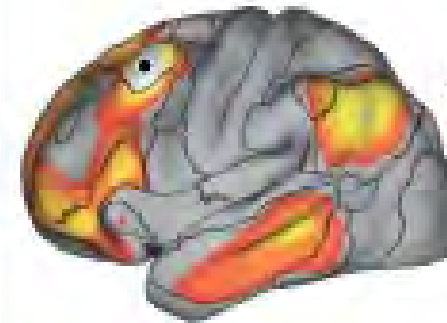


Lundi, 29 septembre 2014

Qu'est-ce qui détermine « ce qui nous trotte dans la tête » ?

On se trouve souvent dans **deux grands états mentaux qui s'opposent** et sont, d'une certaine façon, mutuellement exclusifs.

Soit notre **réseau du mode par défaut** nous repasse des extraits de ce film de notre vie personnelle et sociale quand nous sommes peu sollicité par notre environnement.



Default

Dorsal attention



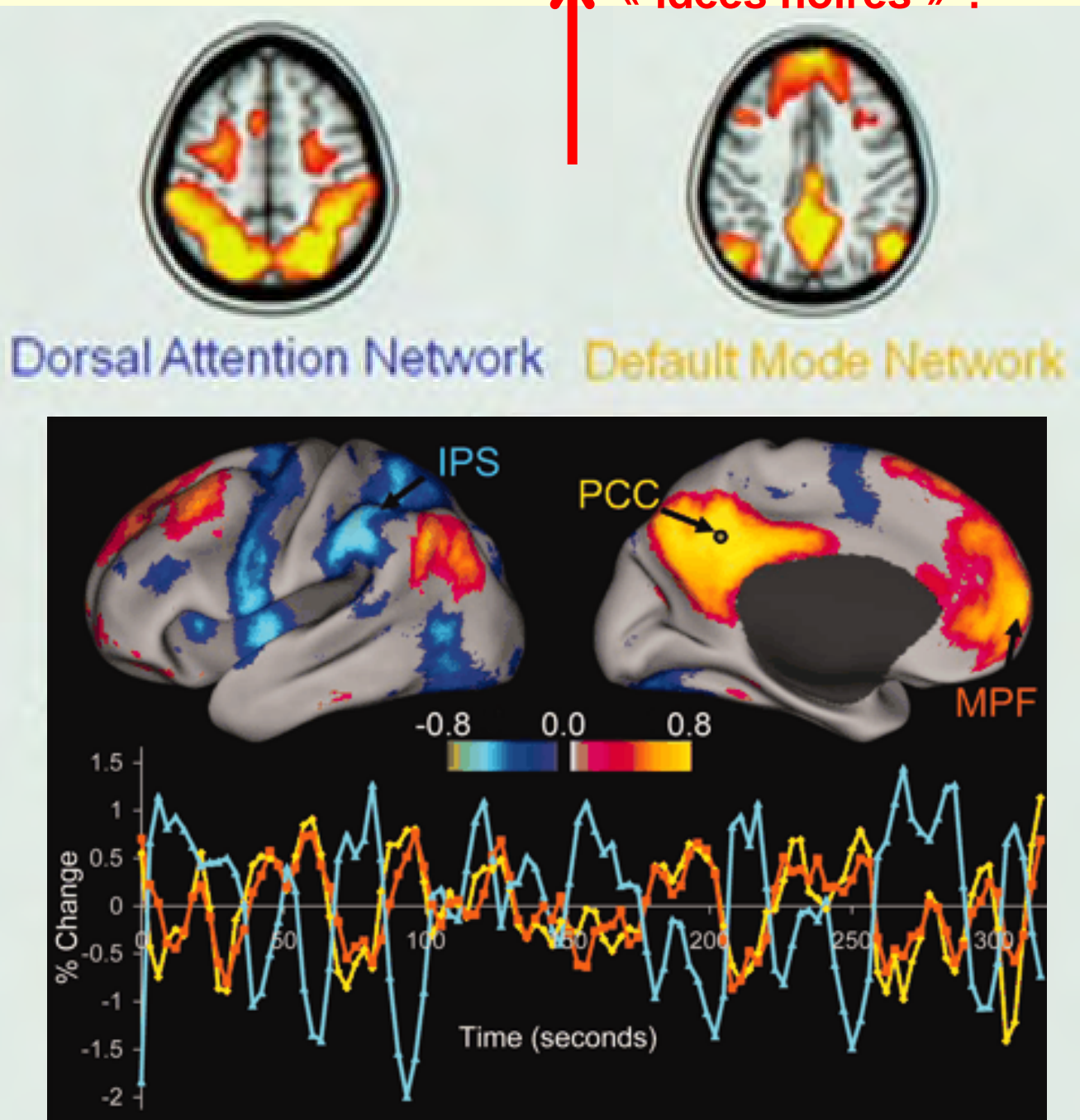
Ou soit, par l'entremise fréquente de régions frontales de notre cortex, nous concentrons notre **attention** sur une tâche cognitive pour la résoudre.

Et c'est ce que l'on observe :

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

The human brain is intrinsically organized into dynamic, anticorrelated functional networks
Fox et al (2005) PNAS
<http://www.pnas.org/content/102/27/9673.full>

« idées noires » ?



Modèles impliquant le réseau du mode par défaut en psychiatrie **pour la dépression** :

Depressive Rumination, the Default-Mode Network, and the Dark Matter of Clinical Neuroscience

J. Paul Hamilton, Madison Farmer, Phoebe Fogelman, Ian H. Gotlib

Received: July 28, 2013; Received in revised form: February 9, 2015; Accepted: February 11, 2015; Published Online:

February 24, 2015

<http://www.biologicalpsychiatryjournal.com/article/S0006-3223%2815%2900143-2/abstract>

Default mode network mechanisms of transcranial magnetic stimulation in depression.

[Liston C](#)¹, [Chen AC](#)², [Zebley BD](#)³, [Drysdale AT](#)⁴, [Gordon R](#)⁴, [Leuchter B](#)⁴, [Voss HU](#)⁵, [Casey BJ](#)⁴, [Etkin A](#)², [Dubin MJ](#)⁴. Biol Psychiatry. 2014 Oct 1;76(7):517-26. doi:

10.1016/j.biopsych.2014.01.023. Epub **2014 Feb 5**.

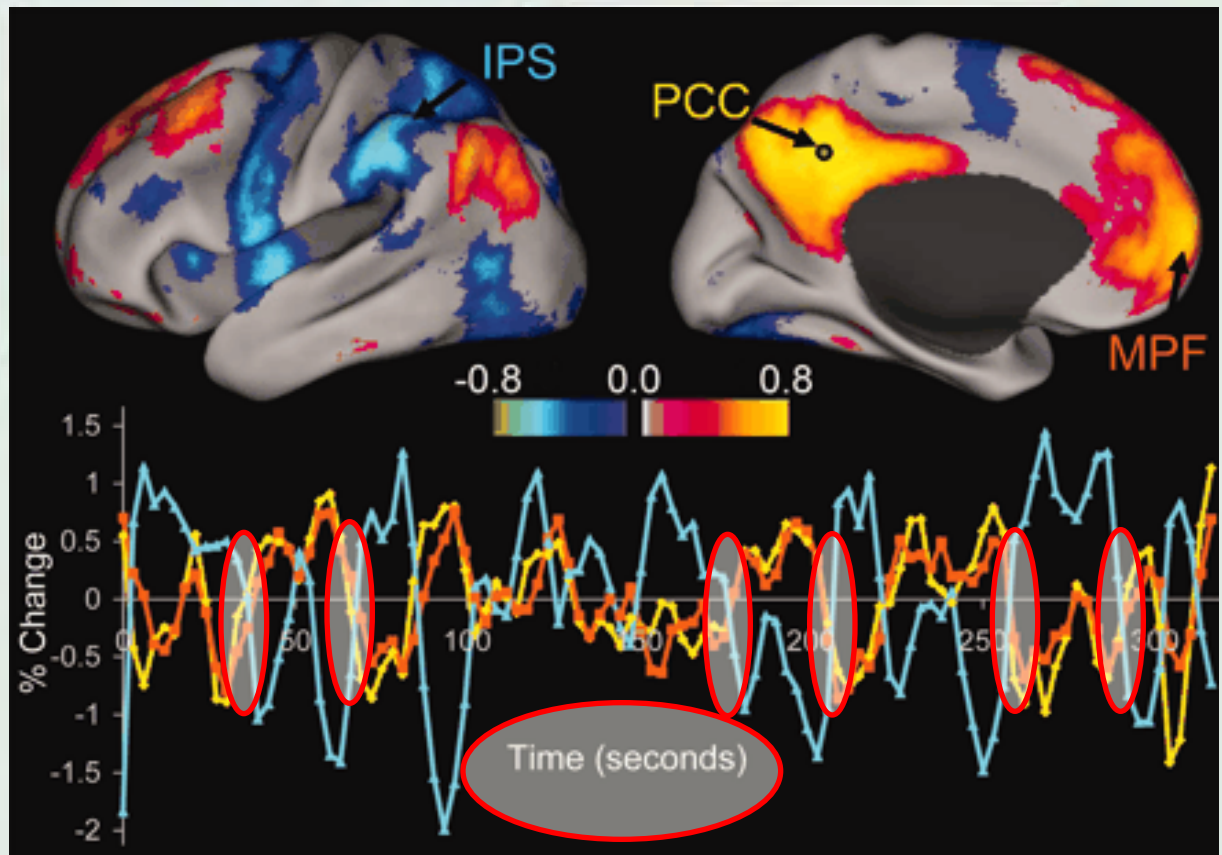
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24629537>



Dorsal Attention Network



Default Mode Network



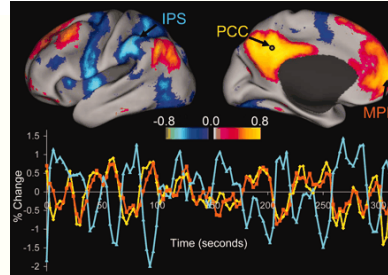
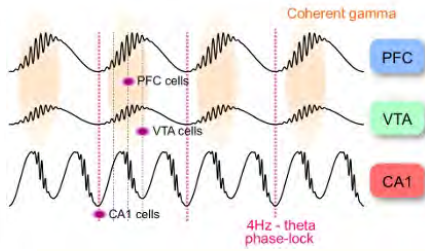
The human brain is intrinsically organized into dynamic, anticorrelated functional networks

Fox et al (2005) PNAS

<http://www.pnas.org/content/102/27/9673.full>

time-scale

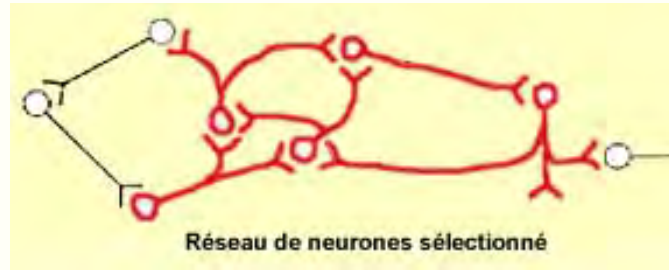
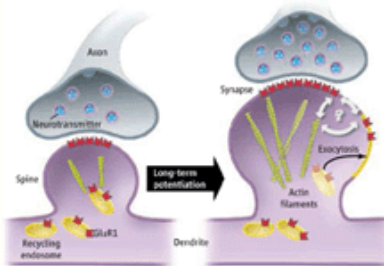
$10^{-3} s$



Processus dynamiques :

Attention, perception, action

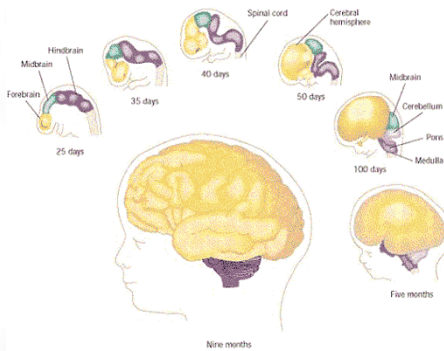
$10^{-1} s$



Apprentissage

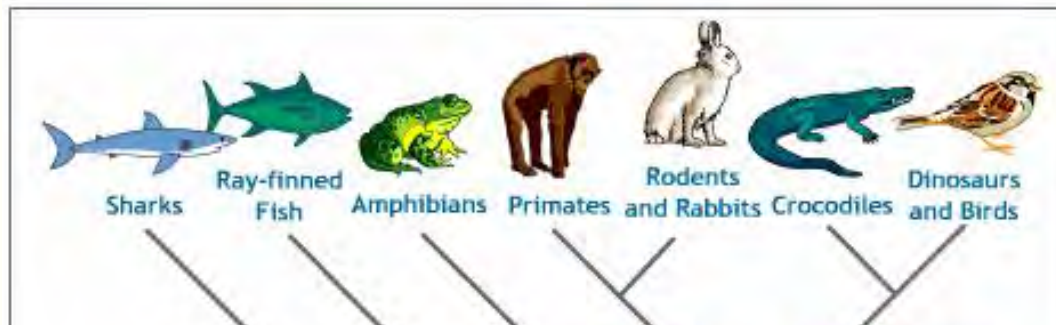
$10^1 s$

$10^0 s$



Développement

$10^{10} s$



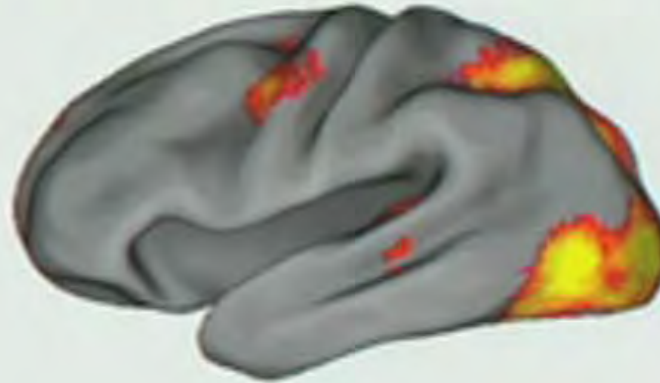
Évolution

An Historical View

Reflexive

(Sir Charles Sherrington)

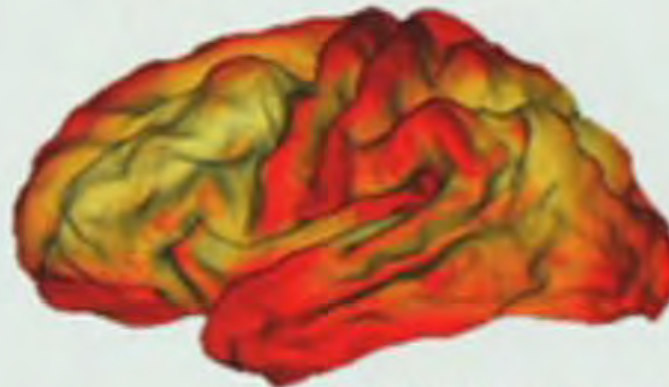
On est passé d'une conception **passive** d'un cerveau qui attend ses inputs de l'environnement pour y réagir...



Intrinsic

(T. Graham Brown)

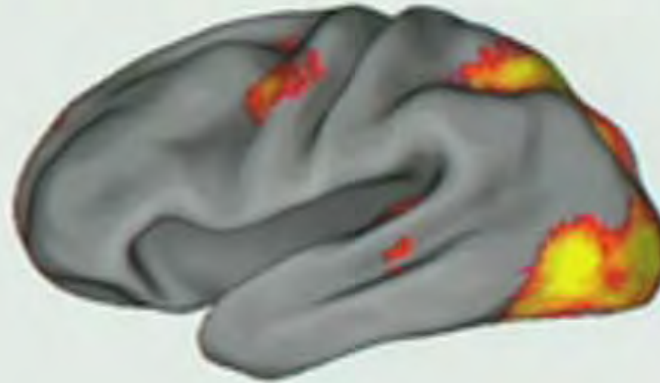
à une conception d'un cerveau **actif** ayant toujours une activité endogène dynamique



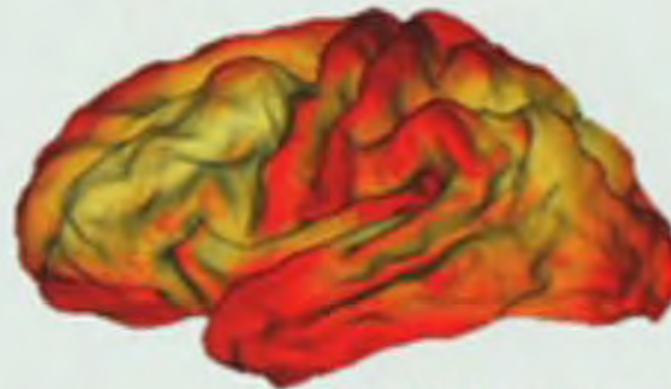
Processus dynamiques

An Historical View

Reflexive
(Sir Charles Sherrington)



Intrinsic
(T. Graham Brown)

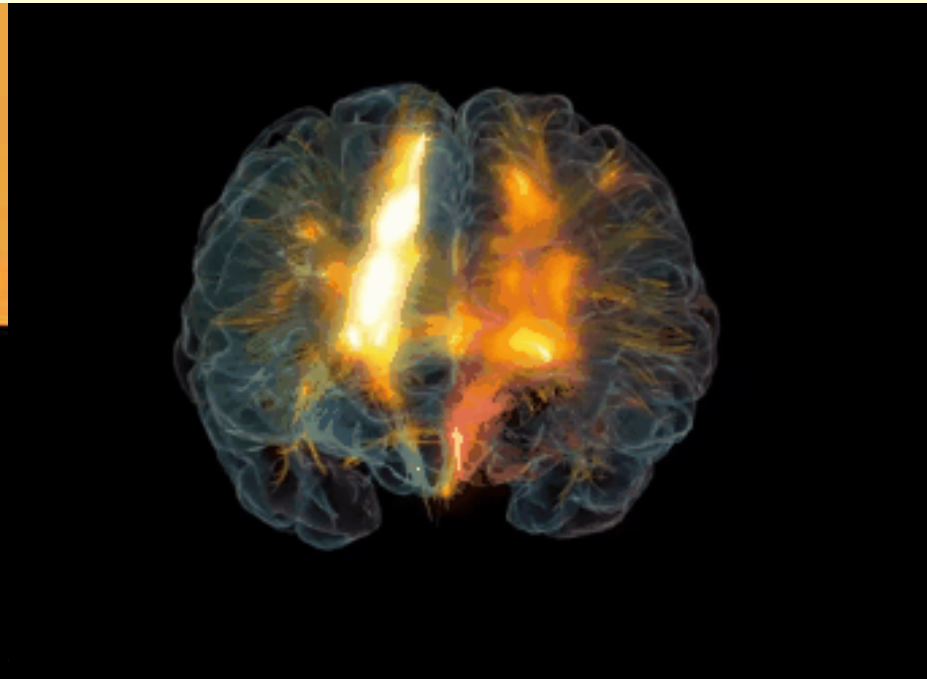


« Il pleut tout
le temps
dans notre
cerveau ! »



Bonne métaphore

Il faut penser le cerveau en terme **d'activité dynamique**,
comme des musiciens de jazz !

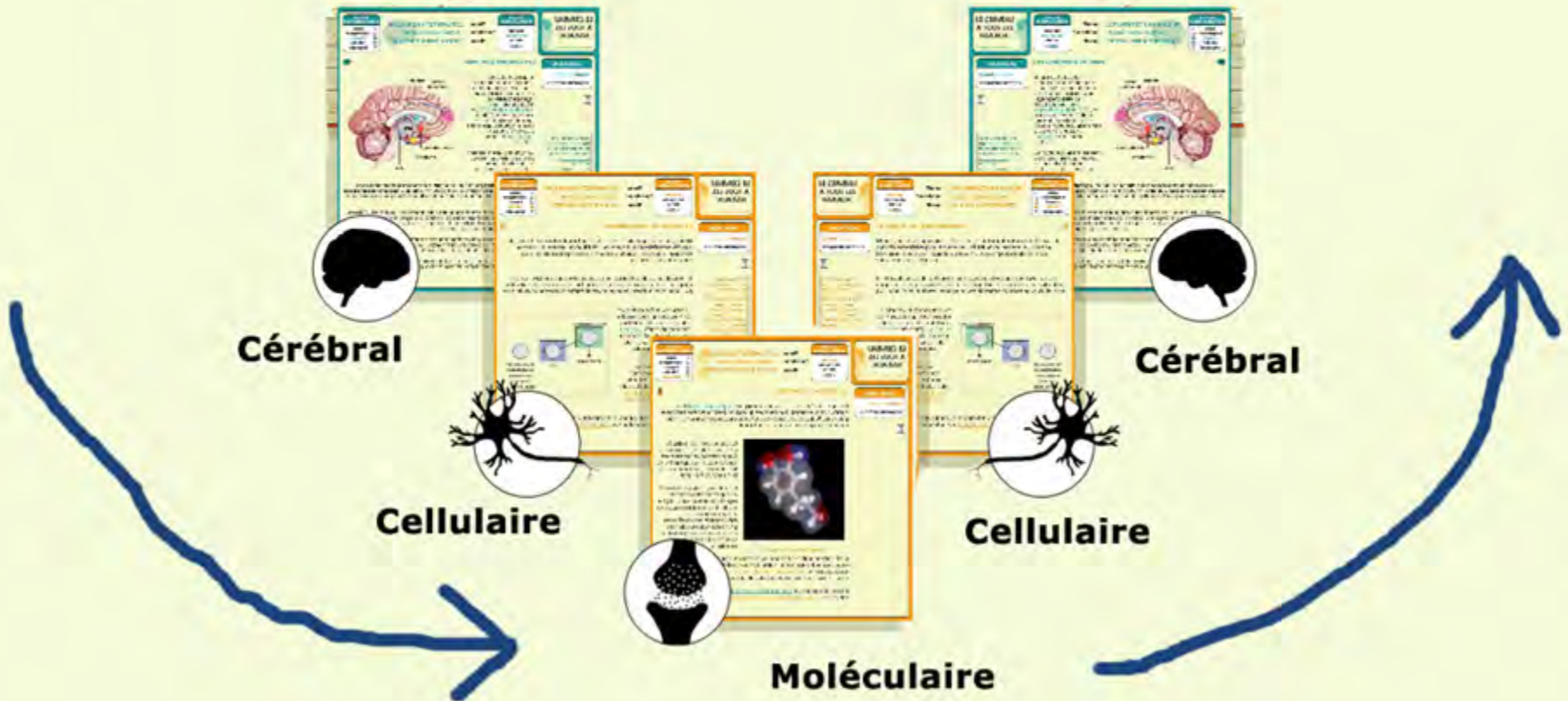


Introduction :

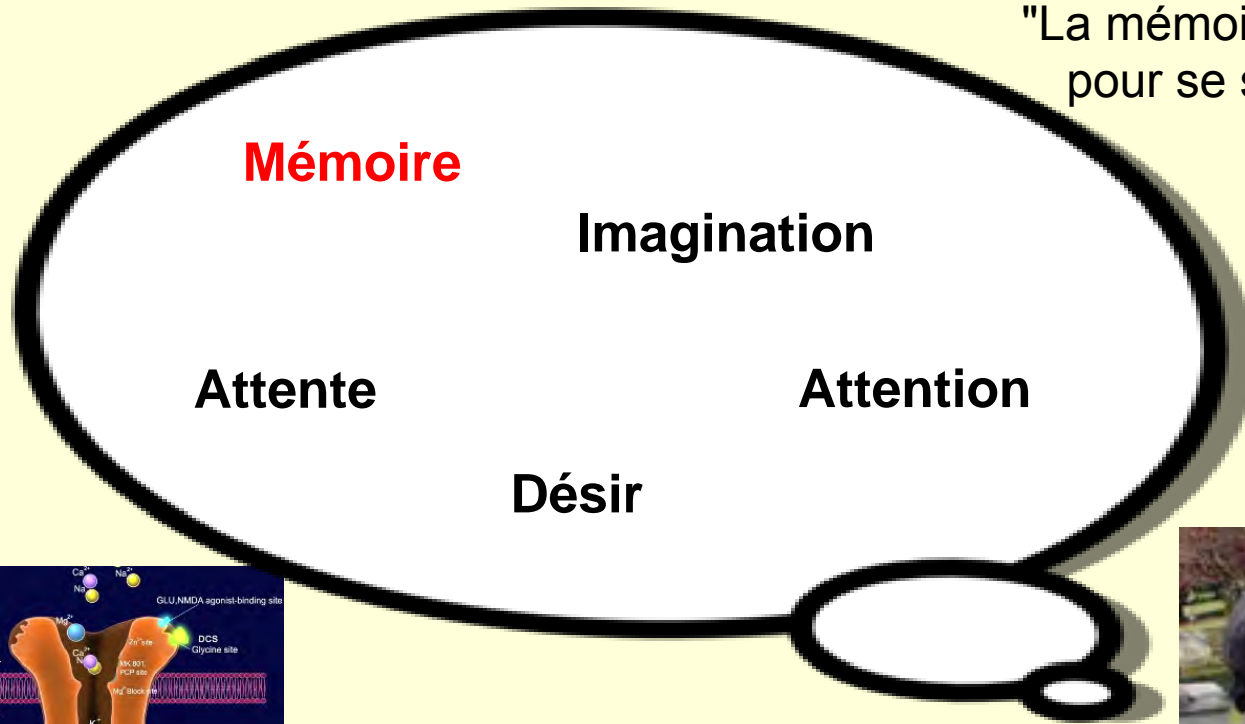
- Métaphores cérébrales
- Perspective évolutive

Conclusion :

- **ma métaphore
cérébrale préférée**



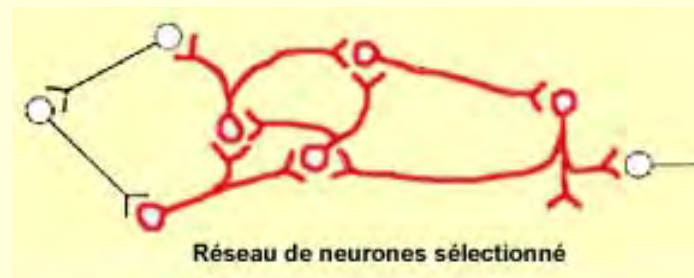
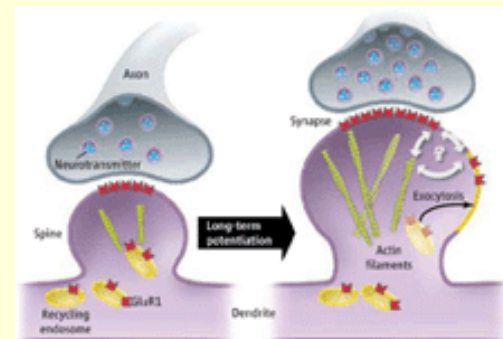
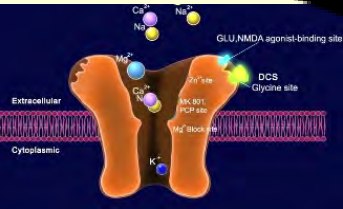
Qu'est-ce que les neurosciences ont à dire sur ce que nous sommes ?



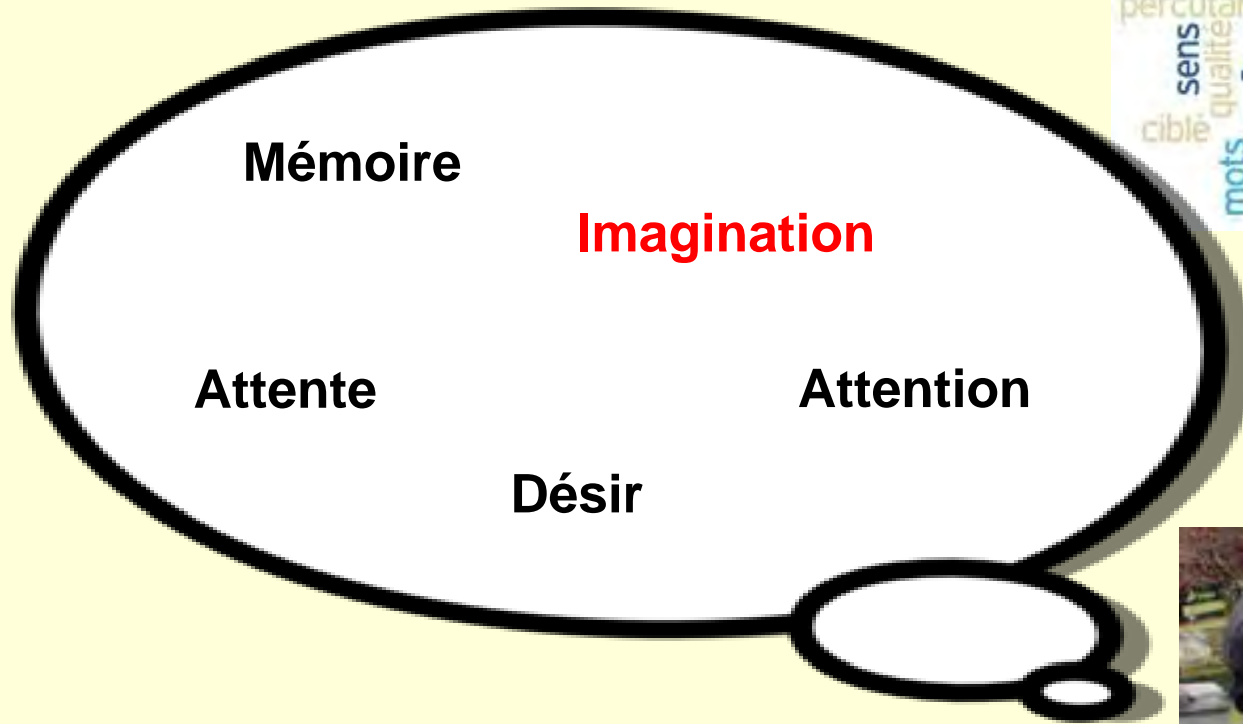
"La mémoire du passé n'est pas faite pour se souvenir du passé, elle est faite pour prévenir le futur."

La mémoire est un instrument de prédiction."

- Alain Berthoz



Qu'est-ce que les neurosciences ont à dire sur ce que nous sommes ?



Sur le langage :

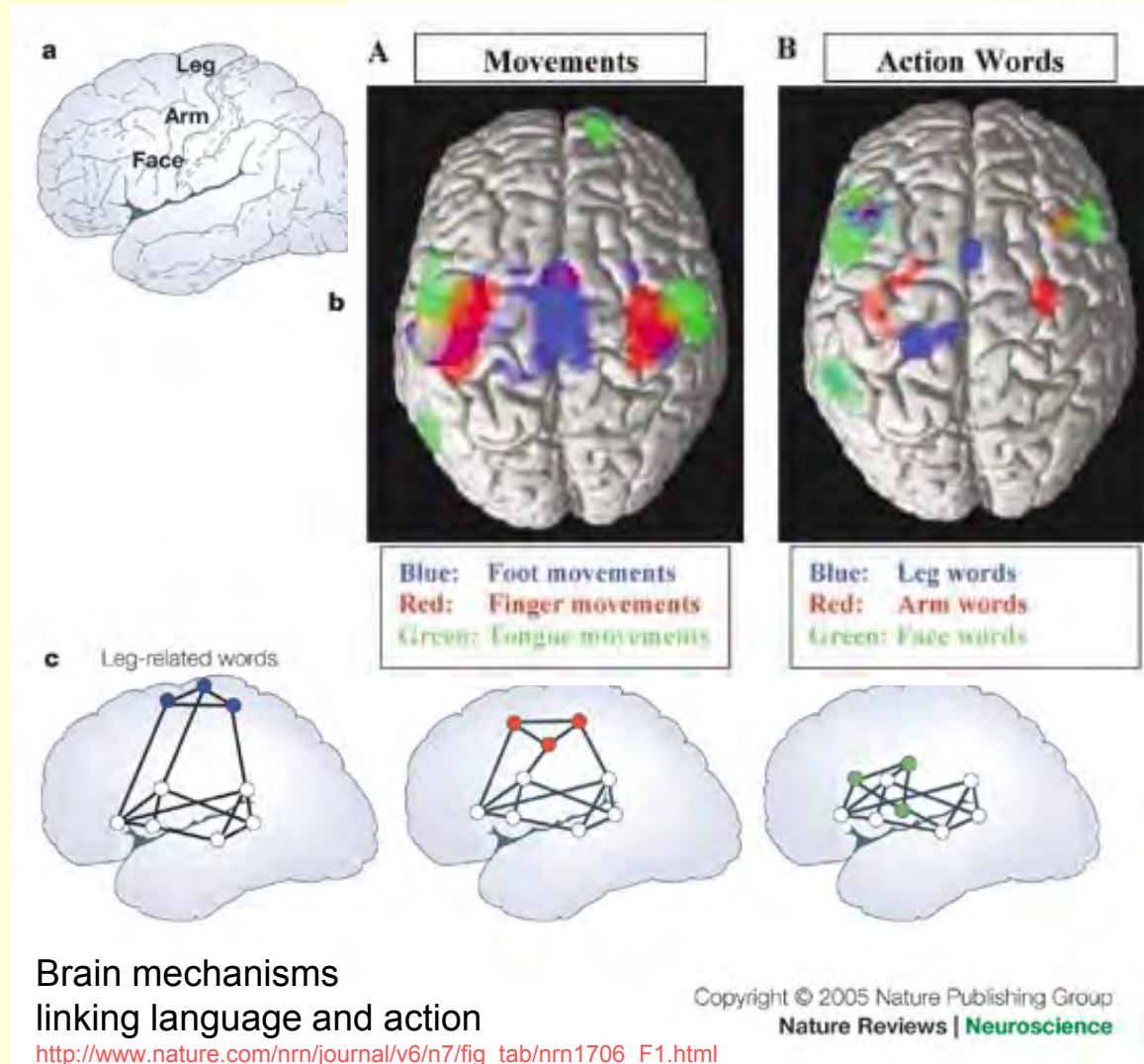
Pulvermüller (2006)

Hauk et al. (2004)

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

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

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



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

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

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

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

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

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



On Wayne Rooney and Free Throws: Visualization in Sports

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

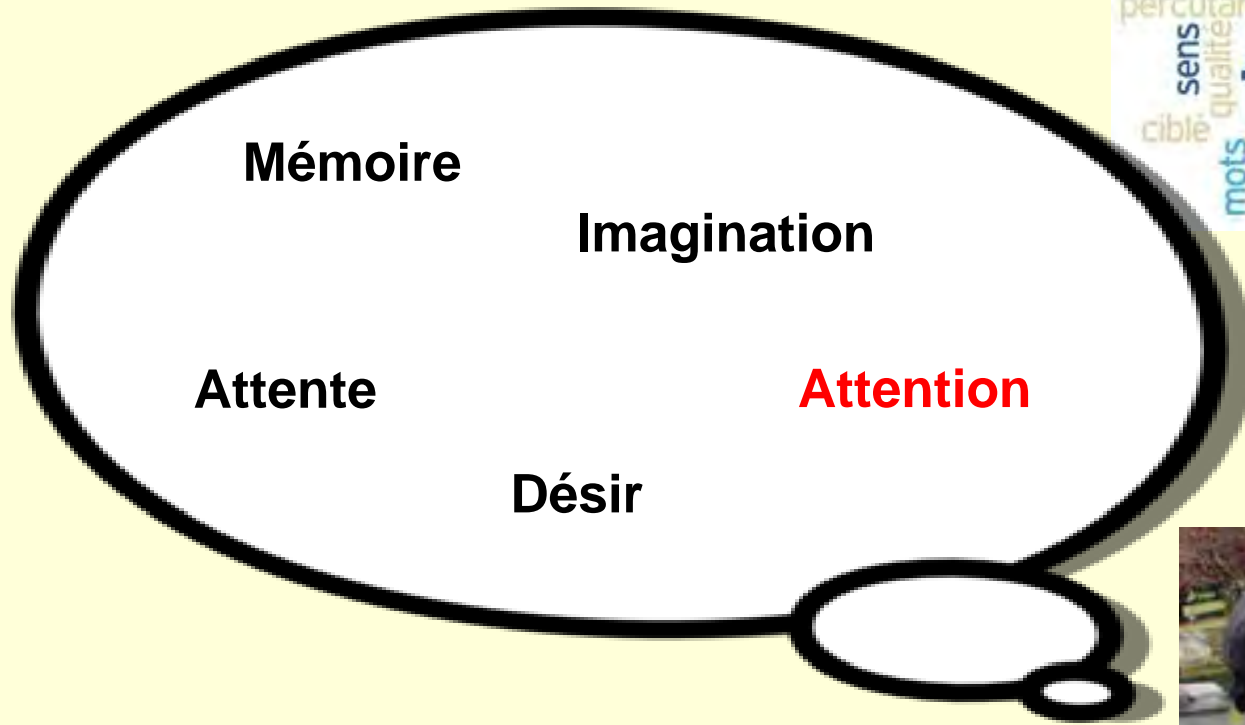
Is visualisation almost as effective as practice?

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

The Power of Vision

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

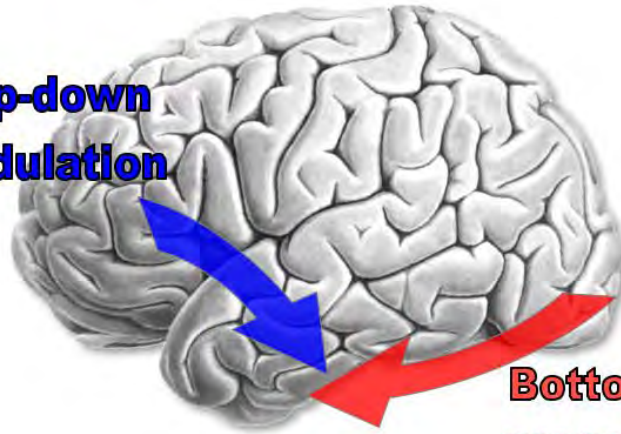
Qu'est-ce que les neurosciences ont à dire sur ce que nous sommes ?



Attention



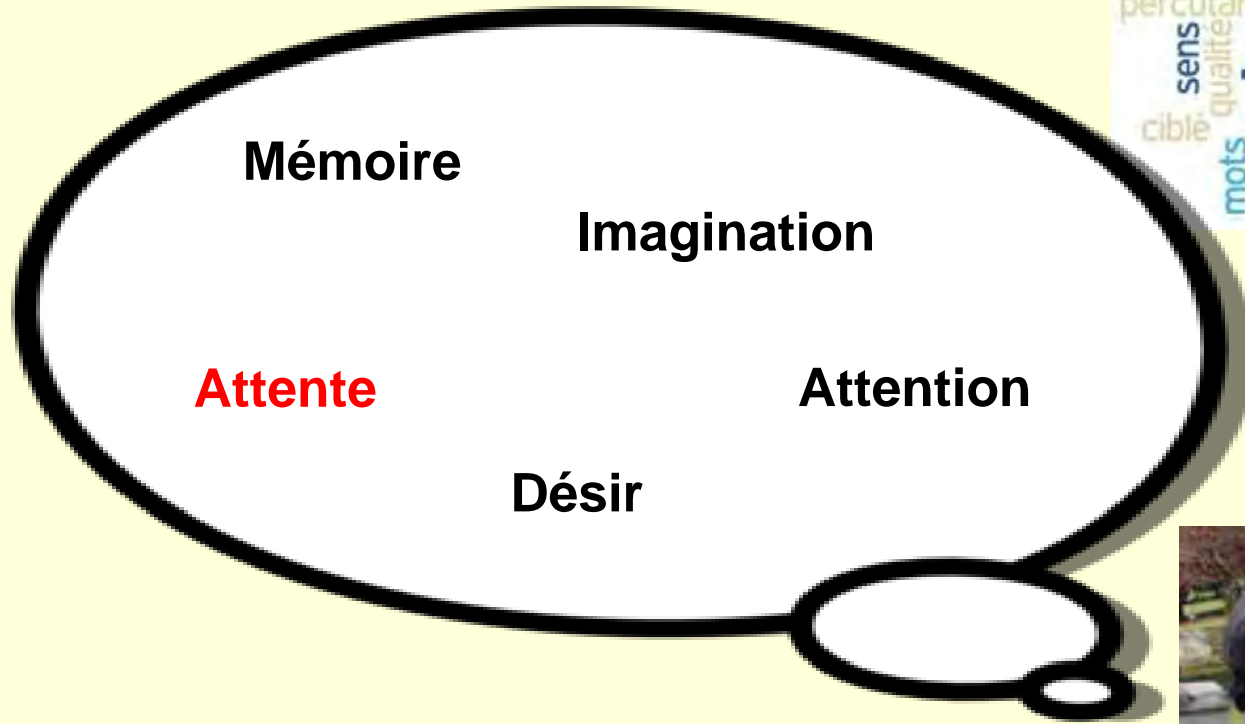
**Top-down
modulation**



**Bottom-up
processing**



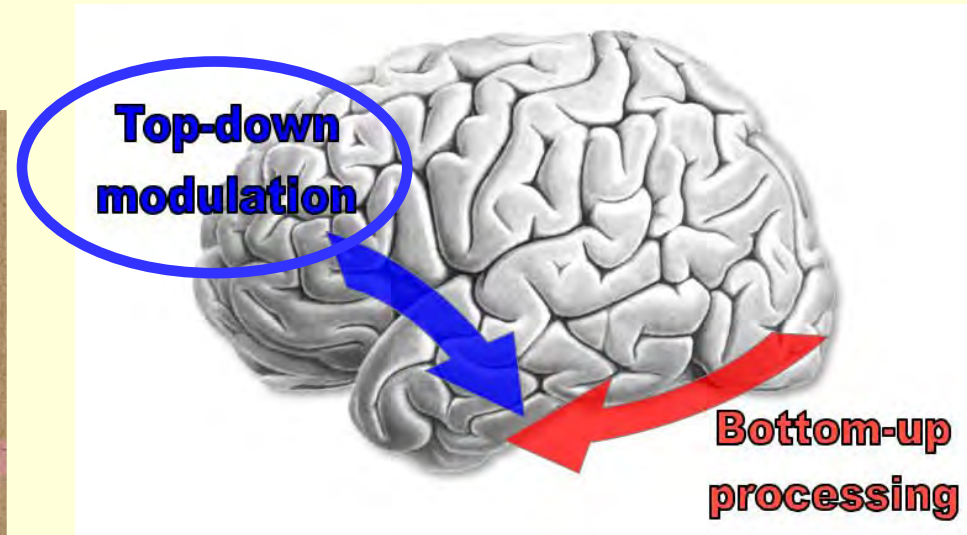
Qu'est-ce que les neurosciences ont à dire sur ce que nous sommes ?



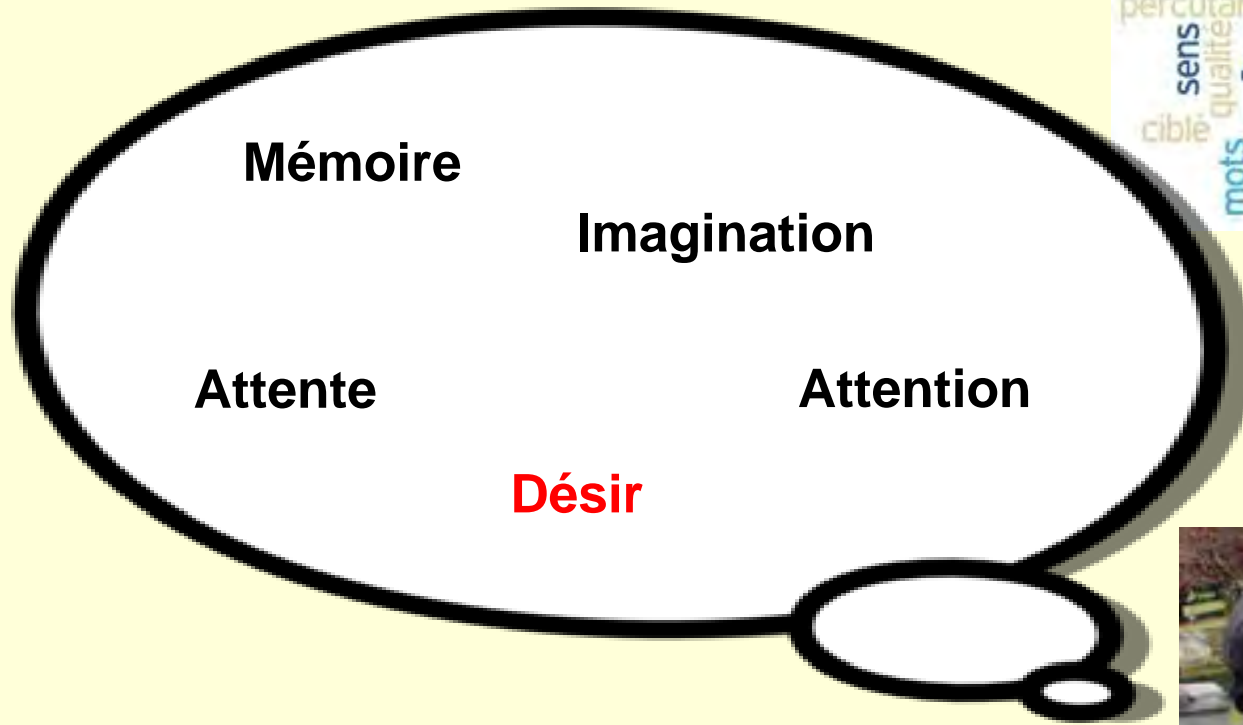
Attente



Le « cerveau prédictif »
(« predictive processing »)

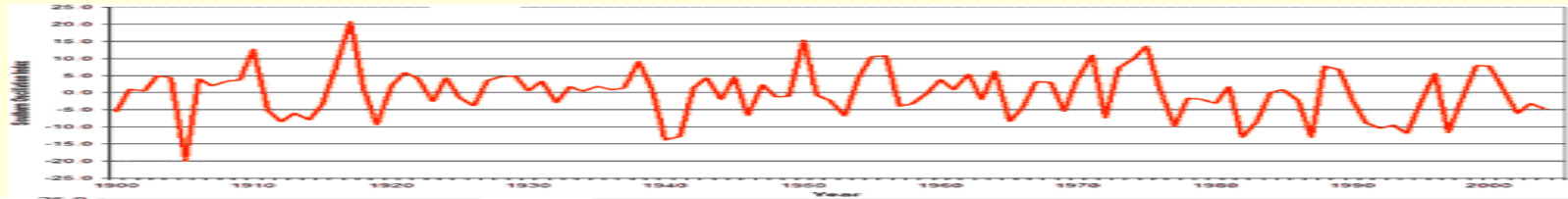


Qu'est-ce que les neurosciences ont à dire sur ce que nous sommes ?

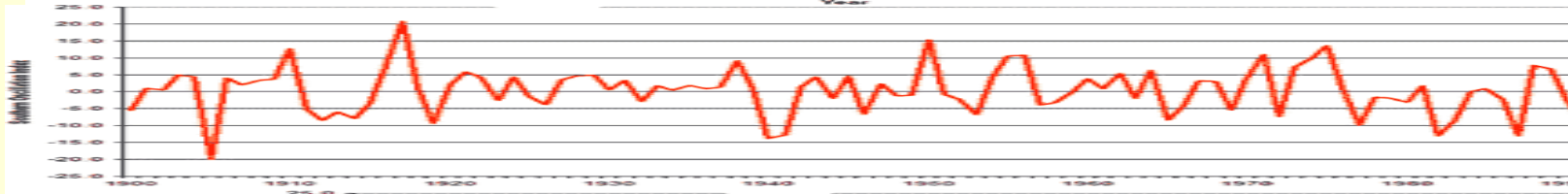


Nos besoins fondamentaux subissent des fluctuations qui s'éloignent parfois de la valeur optimale...

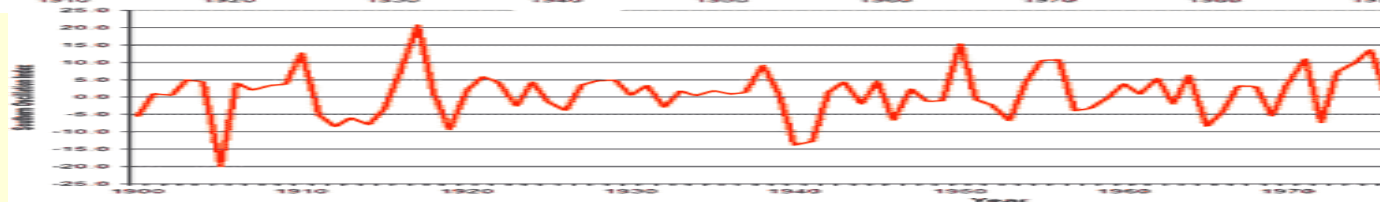
FAIM



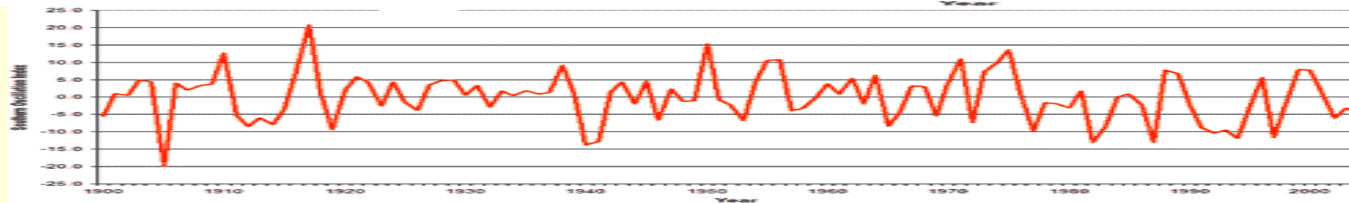
SOIF



TEMPÉRATURE



REPRODUCTION



...vers laquelle l'organisme **tend constamment à revenir** toujours par 2 moyens :

Éventuellement,
va devoir être aidé par :

Système **nerveux**

=

autonomie motrice

pour trouver leurs ressources
dans l'environnement

Donc boucles sensori-motrices

Donc **comportements**



Système **endocrinien**

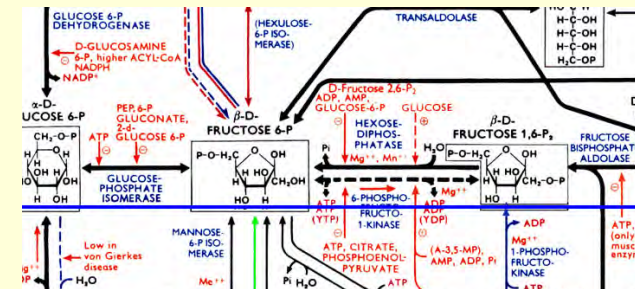
=

Équilibre métabolique

de l'environnement
interne

Donc boucles de rétroaction
biochimiques

Donc **régulations
hormonales**



Éventuellement,
va devoir être aidé par :

Système **nerveux**

=

autonomie motrice

pour trouver leurs ressources
dans l'environnement

Donc boucles sensori-motrices

Donc **comportements**



Système **endocrinien**

=

Équilibre métabolique

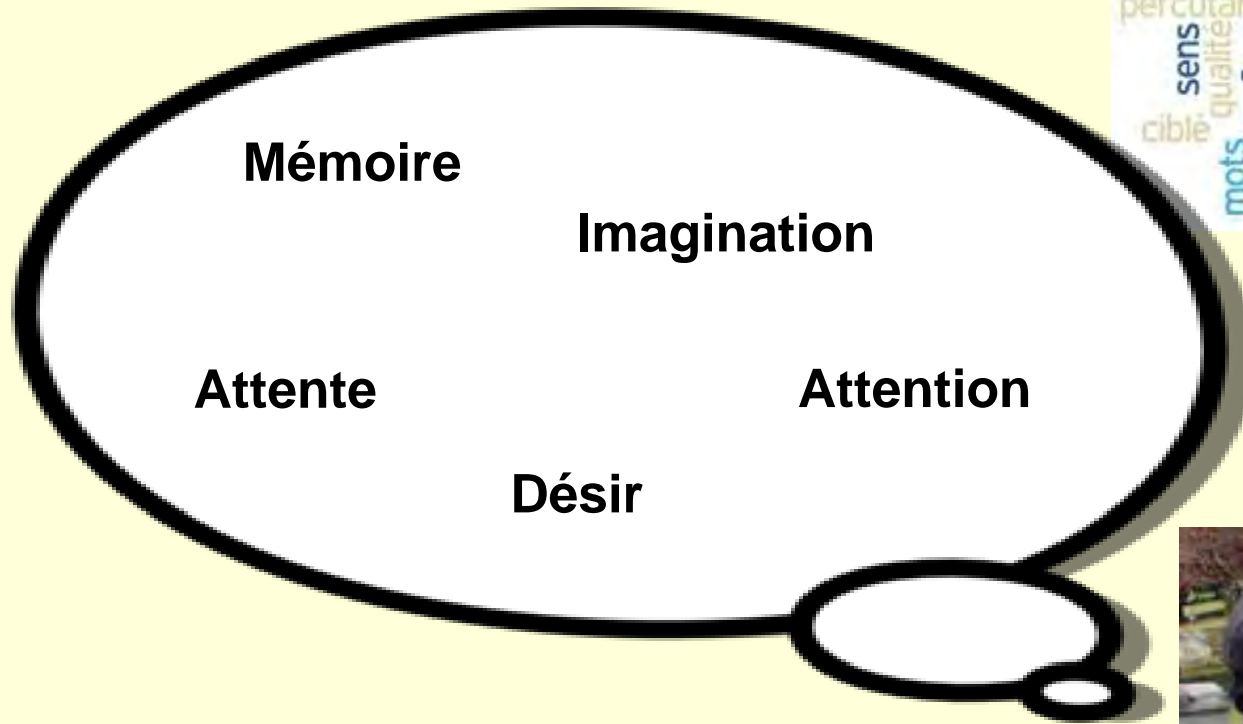
de l'environnement
interne

Donc boucles de rétroaction
biochimiques

Donc **régulations
hormonales**

Et si les comportement échouent,
le système endocrinien devra déclencher
d'autres remaniements métaboliques plus radicaux...

Qu'est-ce que les neurosciences ont à dire sur ce que nous sommes ?

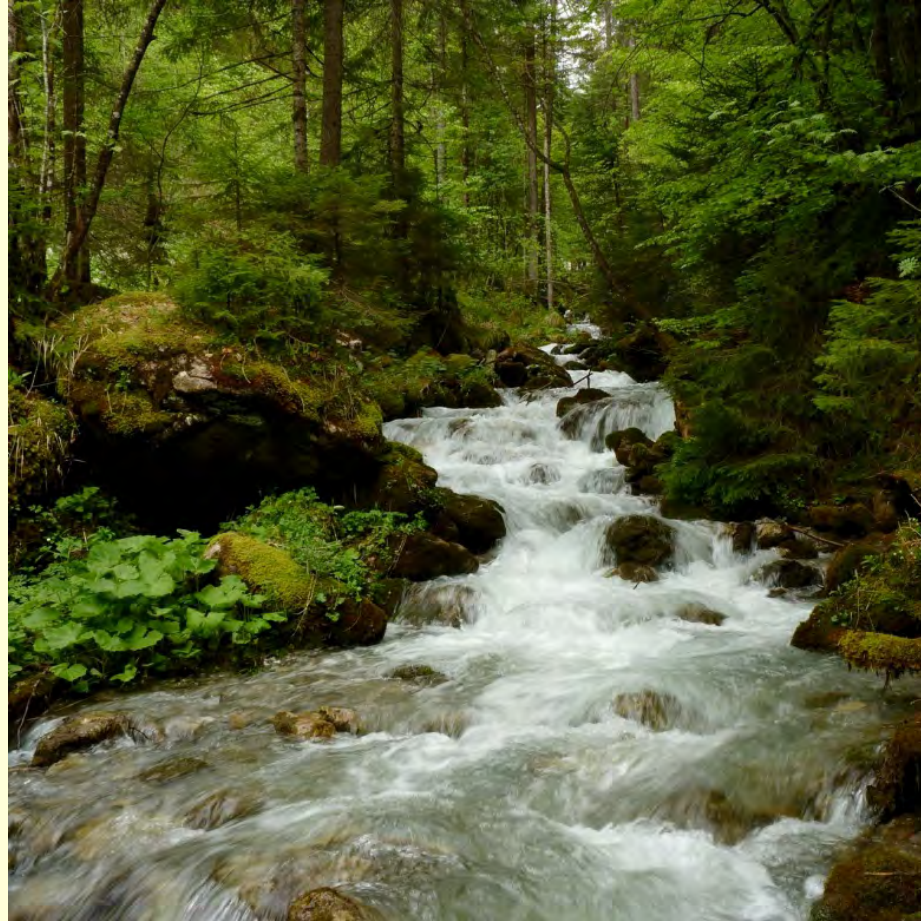




Qu'est-ce que les neurosciences ont à dire **sur ce que nous sommes ?**

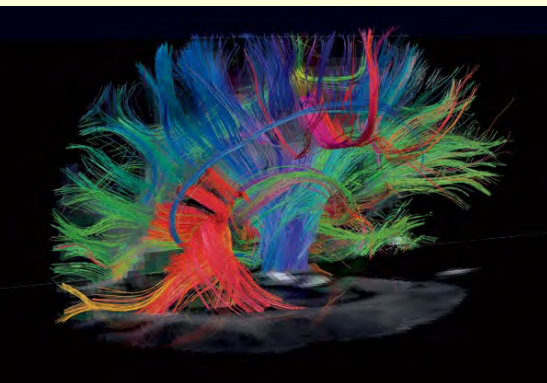
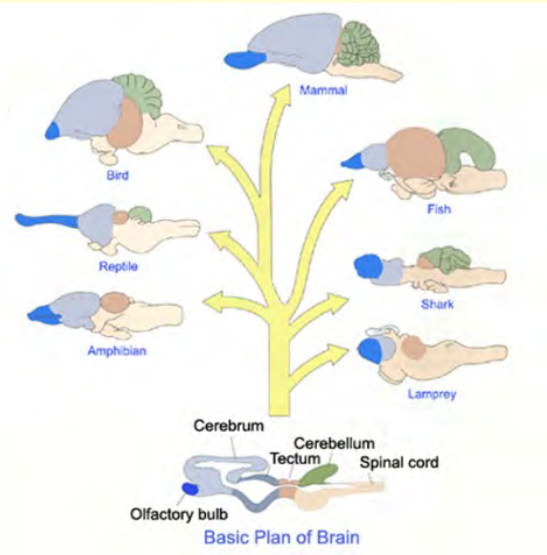
Ma métaphore préférée demeure...

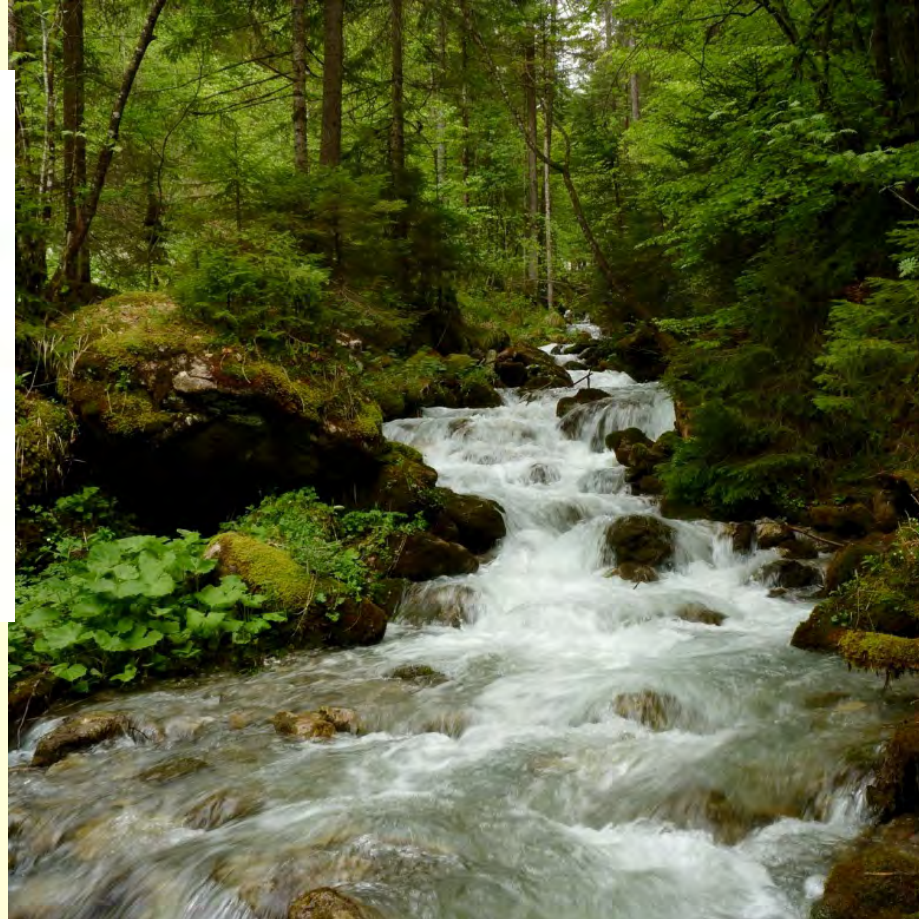
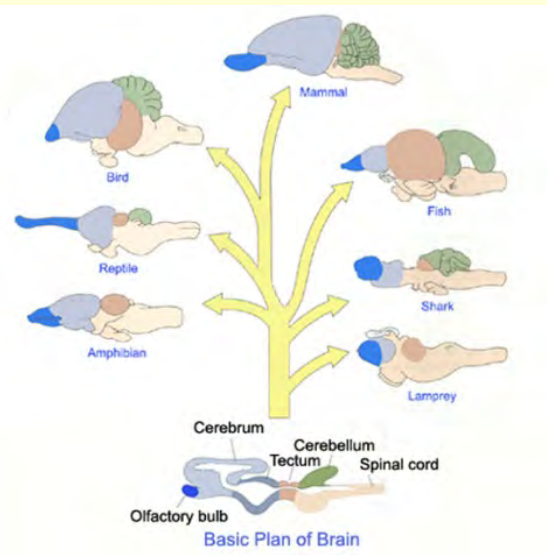




Le flux de l'eau est l'activité électrique du cerveau qui fluctue constamment.

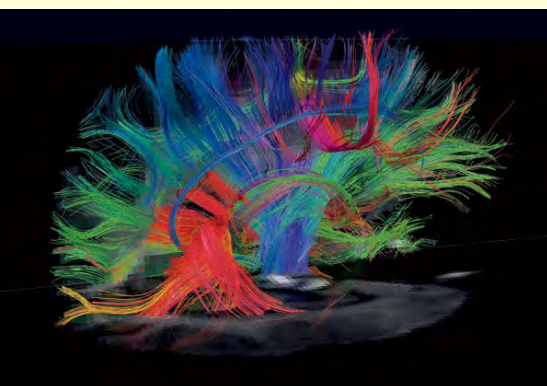
Et ces fluctuations sont contraintes par le système nerveux humain issu de sa longue histoire évolutive.

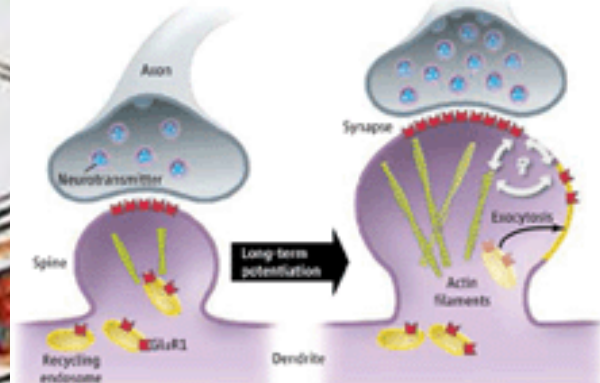
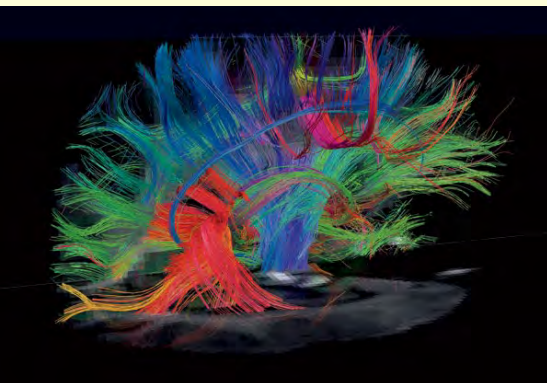
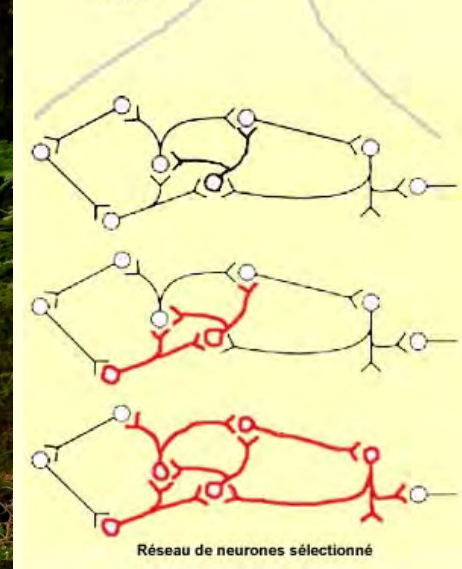
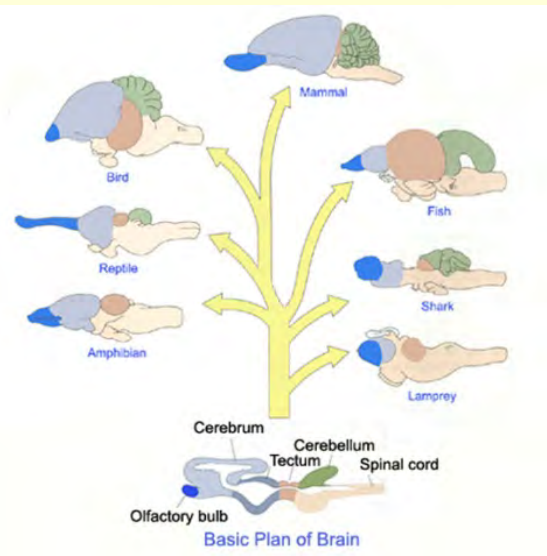




Mais sur une échelle de temps plus longue, le lit de la rivière est **érodé** par l'eau et **se modifie**.

Tout comme les petites routes de nos circuits nerveux sont modifiées par notre histoire de vie.

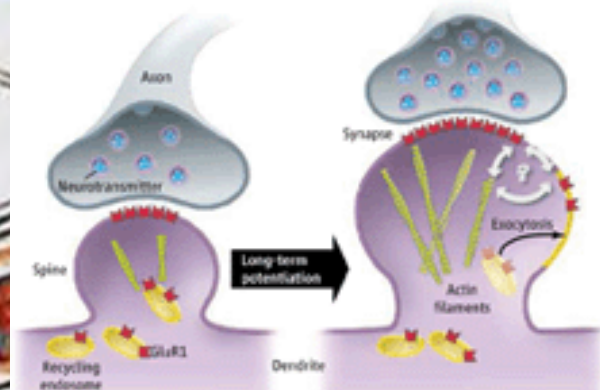
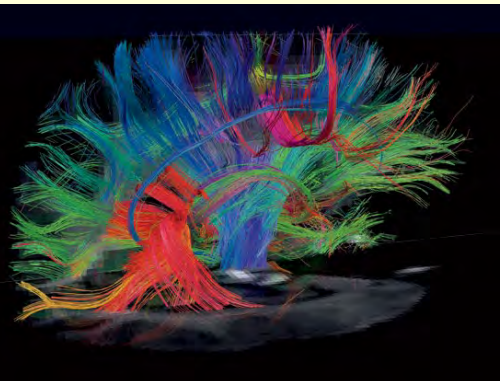
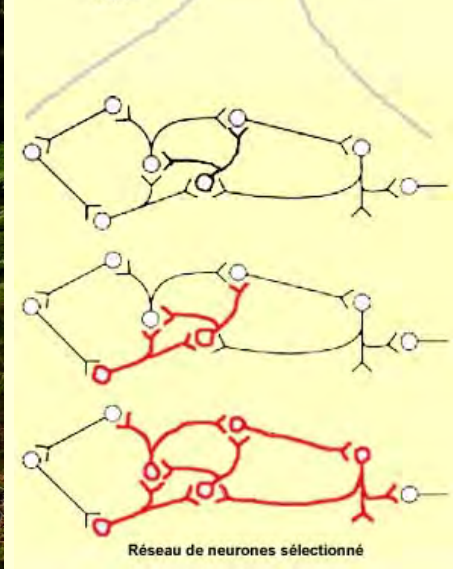
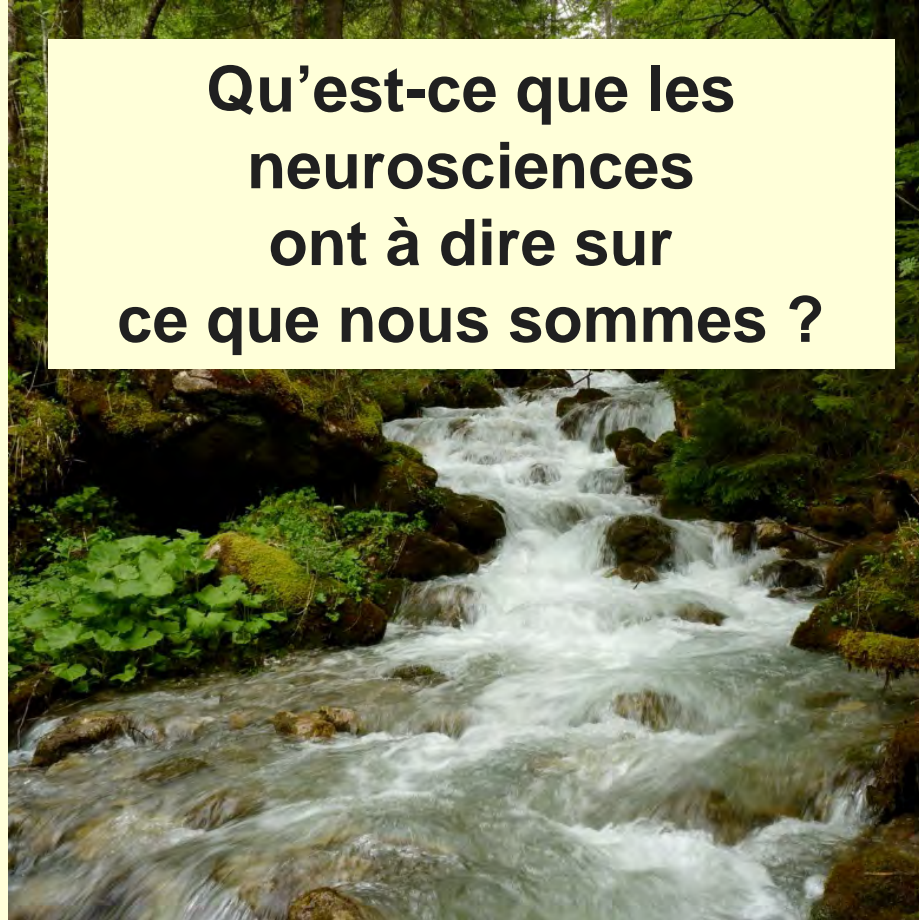




Qu'est-ce que les neurosciences ont à dire sur ce que nous sommes ?

« You are your connectome. »

- Sebastian Seung



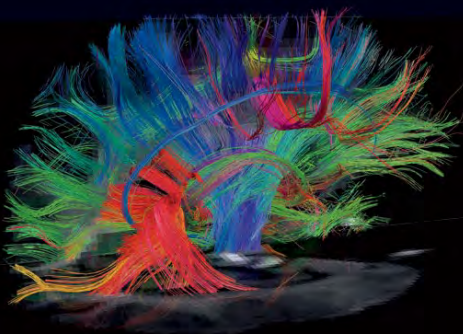
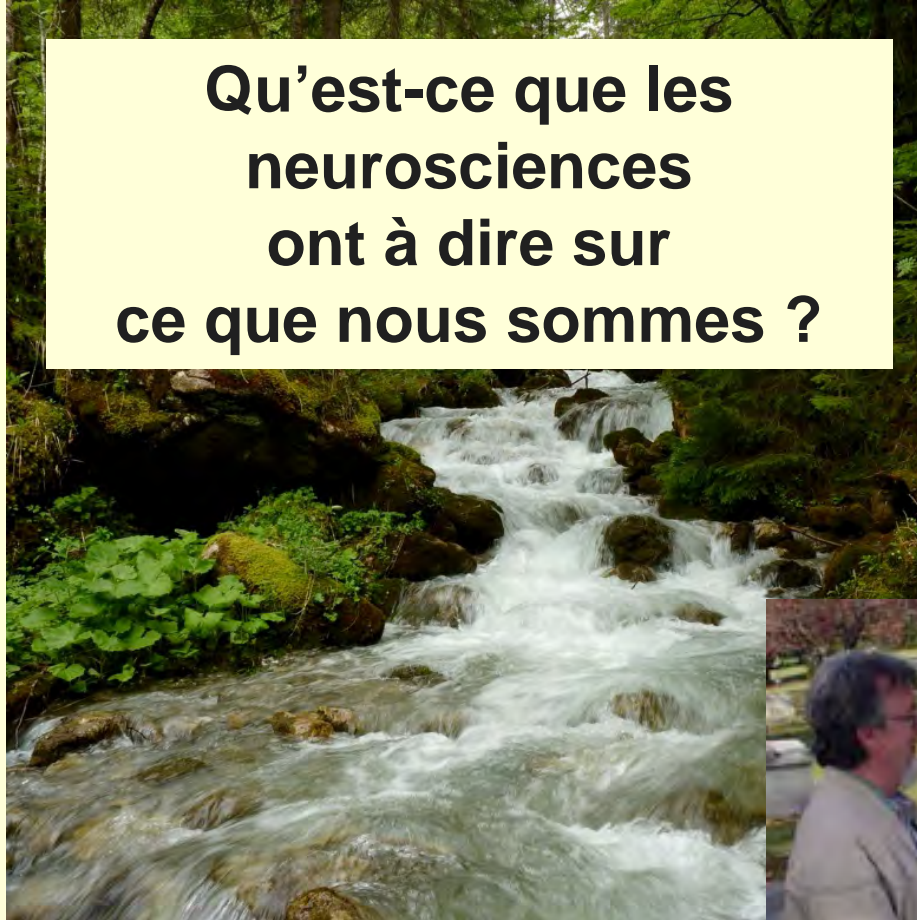
**Qu'est-ce que les
neurosciences
ont à dire sur
ce que nous sommes ?**

**« Je suis parce
que je suis ému
et parce que
tu le sais ! »**

- Jean-Didier
Vincent

**« You are your
connectome. »**

- Sebastian Seung



« Je suis parce
que je suis ému
et parce que
tu le sais ! »

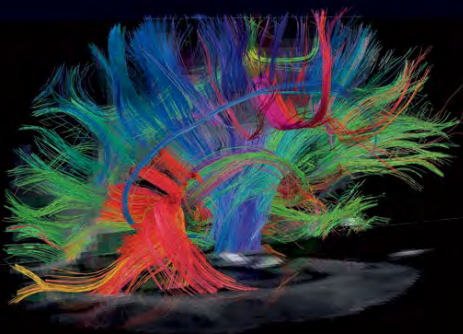
- Jean-Didier
Vincent

“You are **what you spend
your time doing.**”

- Deric Bownds

« You are your
connectome. »

- Sebastian Seung



Je vous remercie de votre attention !

« Je suis parce
que je suis ému
et parce que
tu le sais ! »

“You are **what you spend
your time doing.**”

- Jean-Didier
Vincent

- Deric Bownds

« You are your
connectome. »

- Sebastian Seung

