

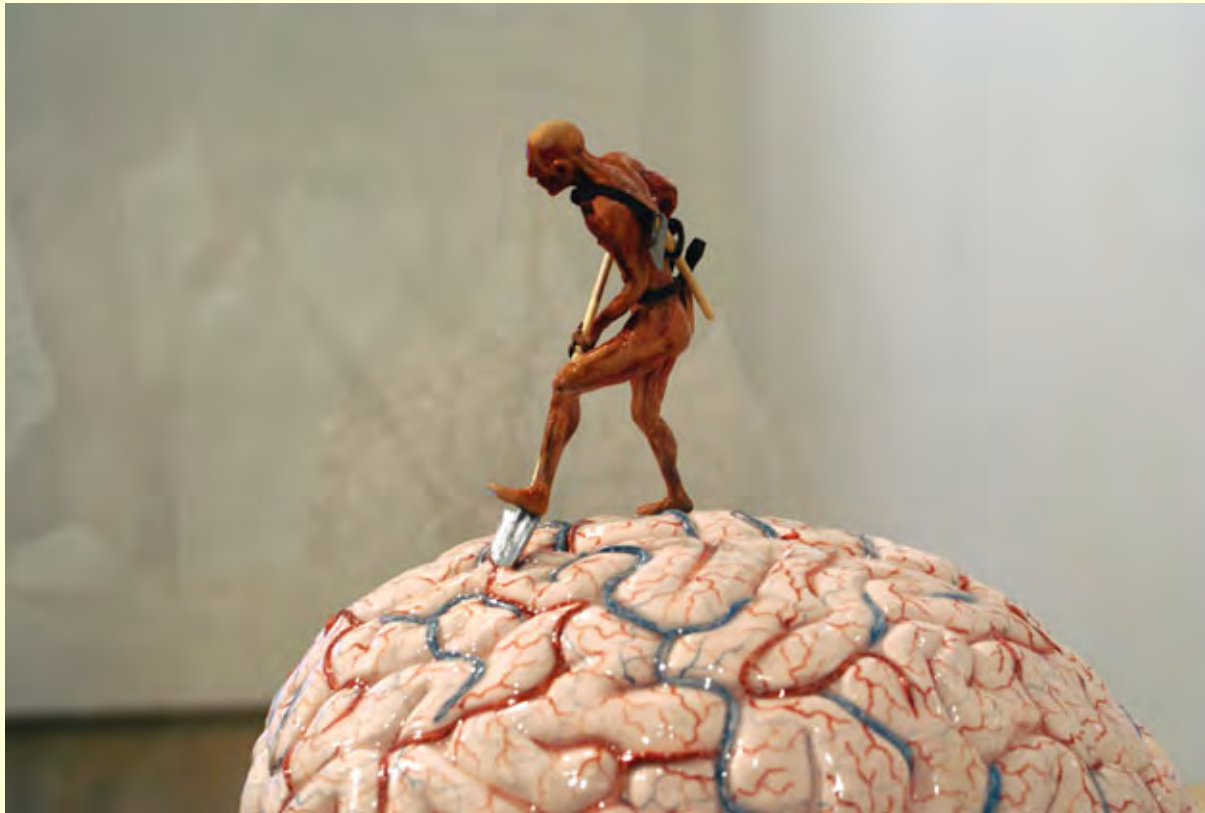
École des profs



**COLLÈGE
ROSEMONT**

3 décembre 2015

12h30 à 14h30



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

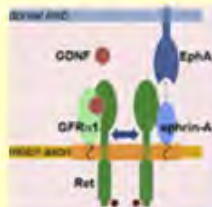
Envoyer

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

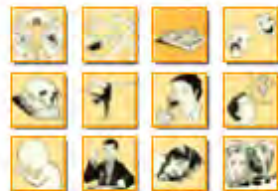


Niveau d'organisation

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

Thème

Le plaisir et la douleur



Sous-thème

La quête du plaisir

Les paradis artificiels

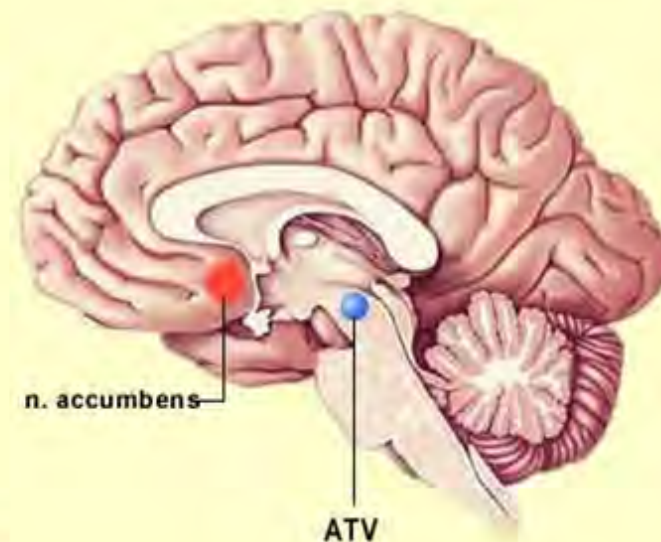
L'évitement de la douleur



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

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**.

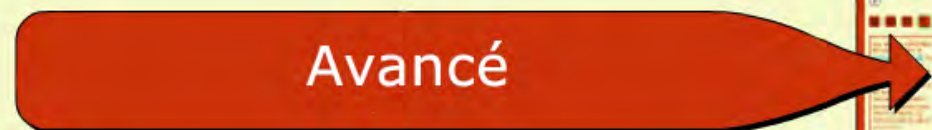
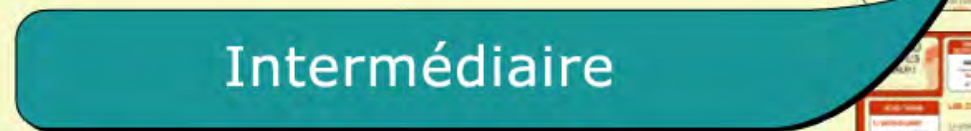
L'aire tegmentale ventrale (ATV), un groupe de neurones situés en plein centre du cerveau, est particulièrement importante dans ce circuit. Elle reçoit de l'information de plusieurs autres régions qui l'informent du niveau de satisfaction des besoins fondamentaux ou plus spécifiquement humains.

3 niveaux d'explication

Niveau d'explication

Débutant
Intermédiaire
Avancé

◀ ◻ ▶



LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

Titre: LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!
Thème: LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!
Mot-clé: Cerveau, neurones, cerveau.

LES DIFFÉRENTS NIVEAUX

Le cerveau est un organe complexe qui permet de penser, de sentir, de ressentir et de contrôler le corps. Il est composé de milliards de neurones qui communiquent entre eux pour produire des pensées, des émotions et des actions.




LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

Titre: LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!
Thème: LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!
Mot-clé: Cerveau, neurones, cerveau.

LES DIFFÉRENTS NIVEAUX

Le cerveau est un organe complexe qui permet de penser, de sentir, de ressentir et de contrôler le corps. Il est composé de milliards de neurones qui communiquent entre eux pour produire des pensées, des émotions et des actions.



LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

Titre: LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!
Thème: LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!
Mot-clé: Cerveau, neurones, cerveau.

LES DIFFÉRENTS NIVEAUX

Le cerveau est un organe complexe qui permet de penser, de sentir, de ressentir et de contrôler le corps. Il est composé de milliards de neurones qui communiquent entre eux pour produire des pensées, des émotions et des actions.



LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

Retour à l'accueil

Niveau d'explication

Débutant
Intermédiaire
Avancé

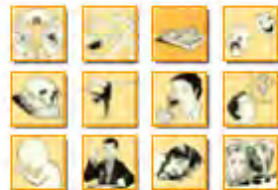


Niveau d'organisation

- △ 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

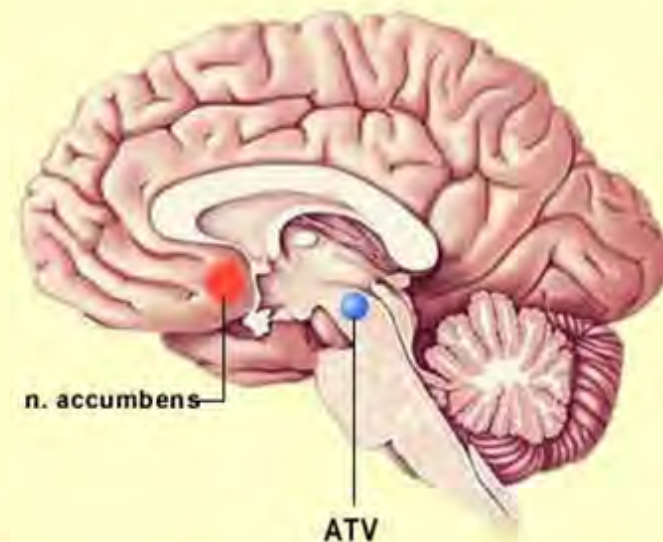


Un stimulus sensoriel qui n'apporte ni récompense ni punition est rapidement ignoré et oublié. C'est le phénomène de l'habituation qui nous fait oublier le contact de nos vêtements avec notre peau ou le tic tac de l'horloge du bureau.

LES CENTRES DU PLAISIR

1

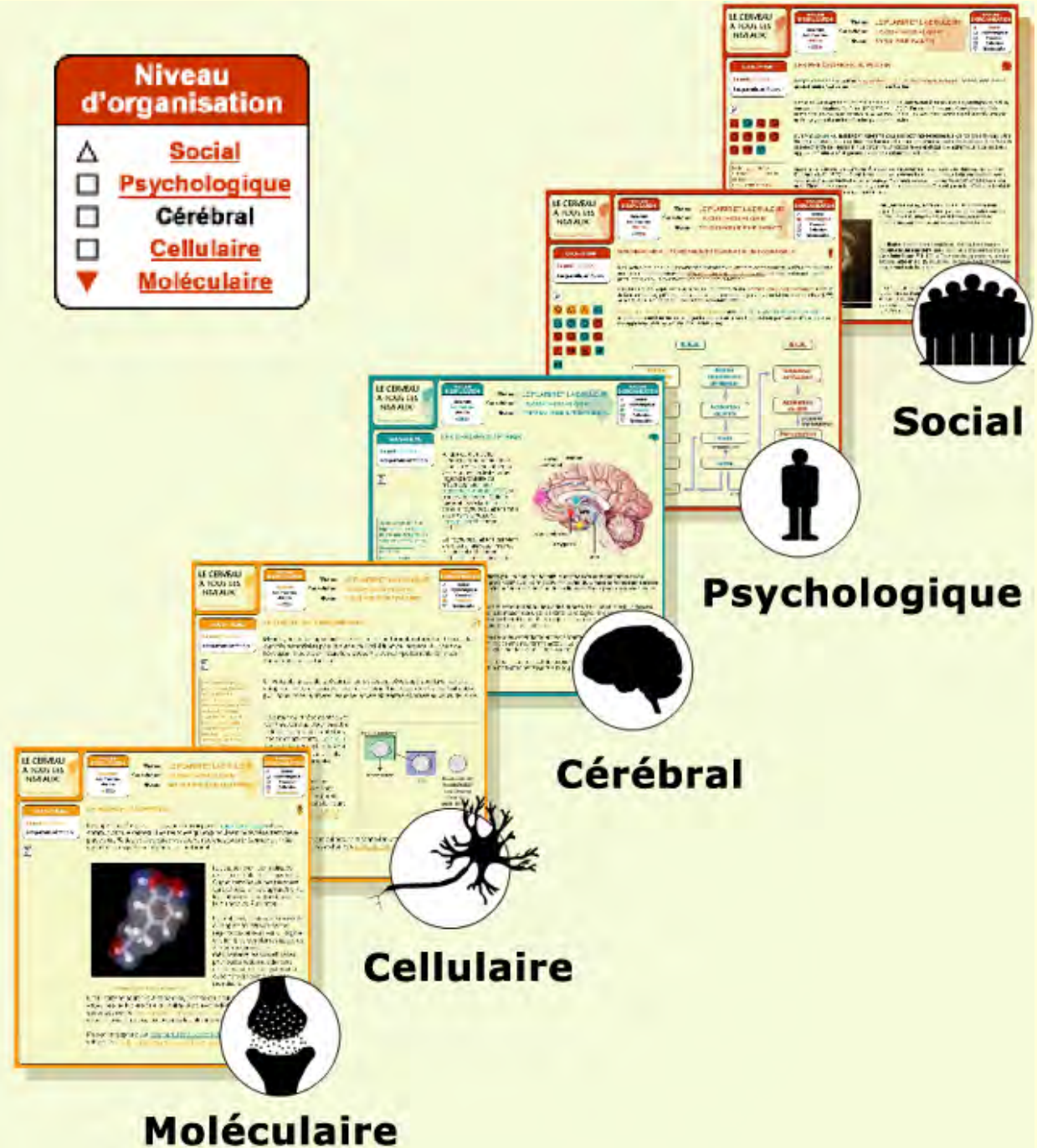
Pour qu'une espèce survive, ses individus doivent en premier lieu assurer leurs fonctions vitales comme se nourrir, réagir à l'agression et se reproduire. L'évolution a donc mis en place dans notre cerveau des régions dont le rôle est de "récompenser" l'exécution de ces fonctions vitales par une sensation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



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

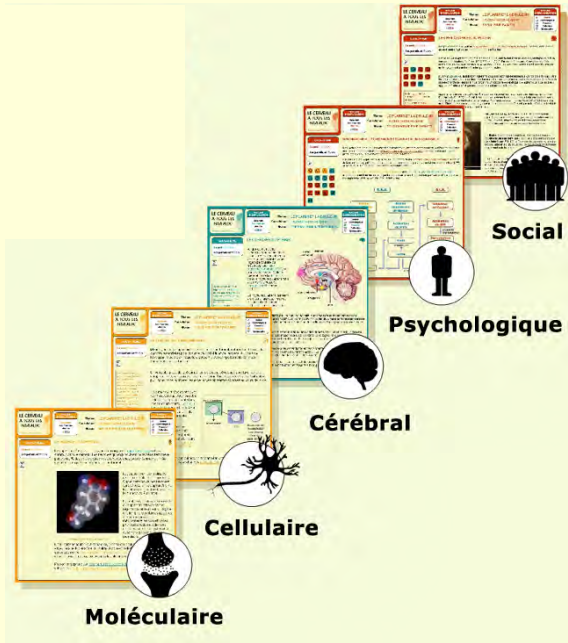
L'aire tegmentale ventrale (ATV), un groupe de neurones situés en plein centre du cerveau, est particulièrement importante dans ce circuit. Elle reçoit de l'information de plusieurs autres régions qui l'informent du niveau de satisfaction des besoins fondamentaux ou plus spécifiquement humains.

5 niveaux d'organisation





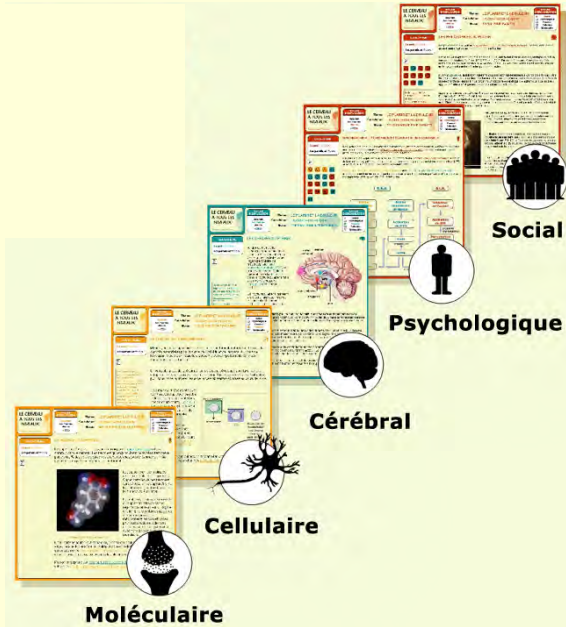
Henri Laborit (1914 – 1995)





« Chaque heure passée par un enfant sur un banc d'école devrait commencer par définir la structure de ce qui va être dit **dans les structures d'ensemble.**

Henri Laborit (1914 – 1995)

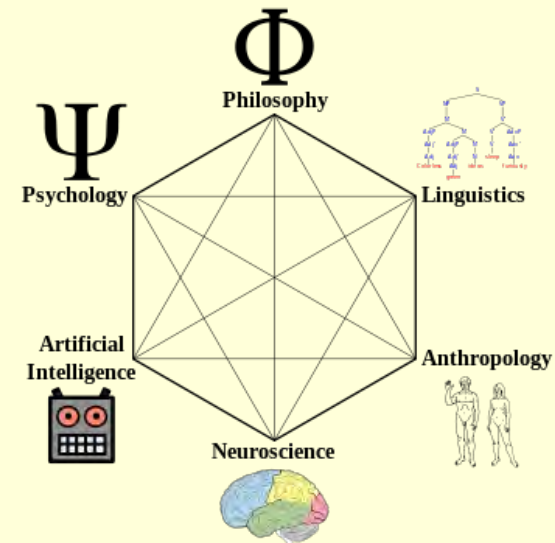
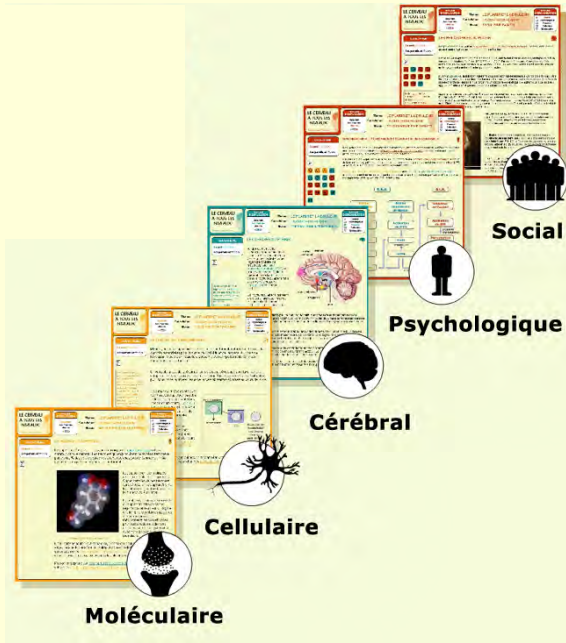




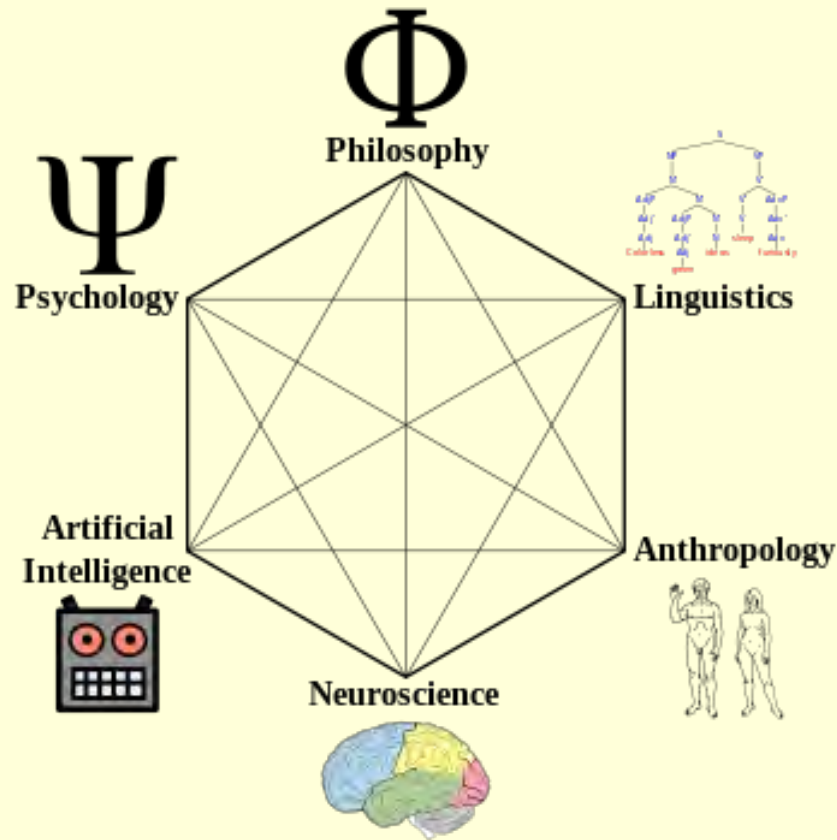
Henri Laborit (1914 – 1995)

« Chaque heure passée par un enfant sur un banc d'école devrait commencer par définir la structure de ce qui va être dit **dans les structures d'ensemble**.

Chaque chose apprise doit se mettre en place dans **un cadre plus vaste**, par niveaux d'organisation [...], aussi bien dans le sens horizontal du présent, que vertical du passé et de l'avenir. »



J'ai l'impression que Laborit
se sentirait quand même moins seul aujourd'hui
dans ce réseau transdisciplinaire
que sont devenues les **sciences cognitives**
et dont les **neurosciences** font partie.

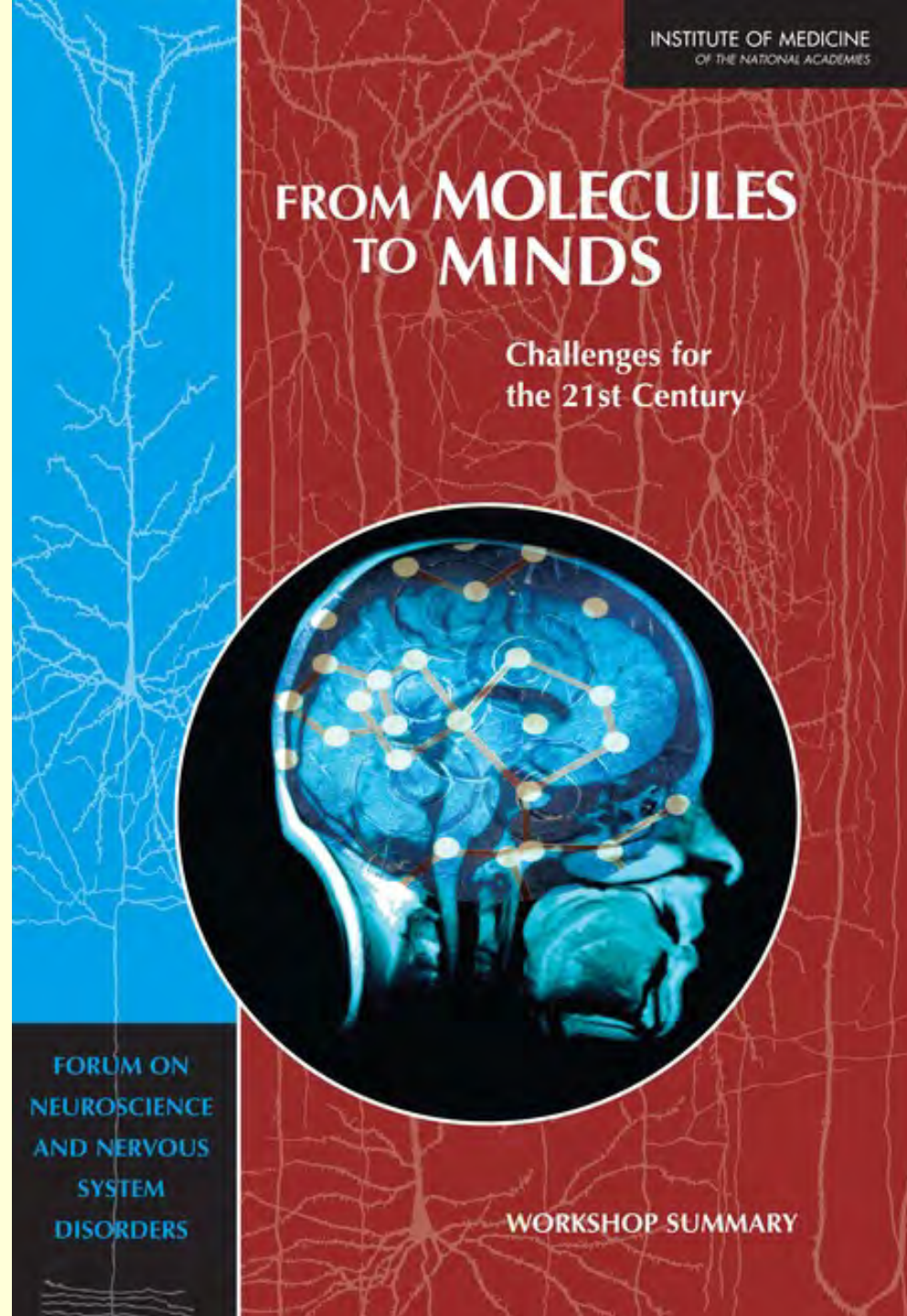


Avec des congrès
comme celui-ci

tenu en 2008 et
ayant pour titre

« Des molécules à
la pensée ».

Et qui sera un
peu le trajet
que je vous
propose
aujourd'hui !



Plan (très) général

I- Évolution

II- Neurones

III- Mémoires

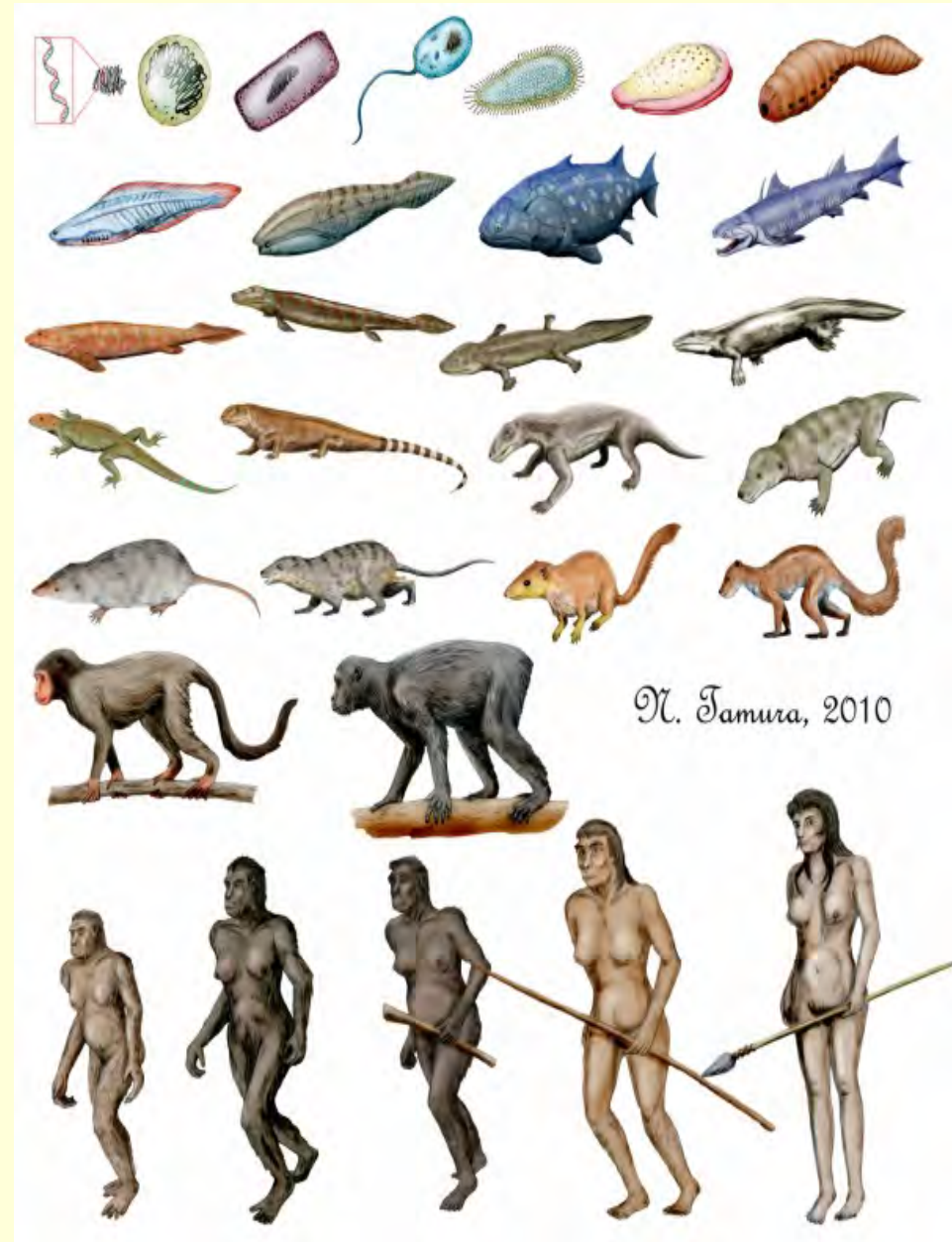
IV- Réseaux cérébraux

V- Conscience & Langage

I- Évolution

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

disait le généticien
Theodosius Dobzhansky
(1900-1975)

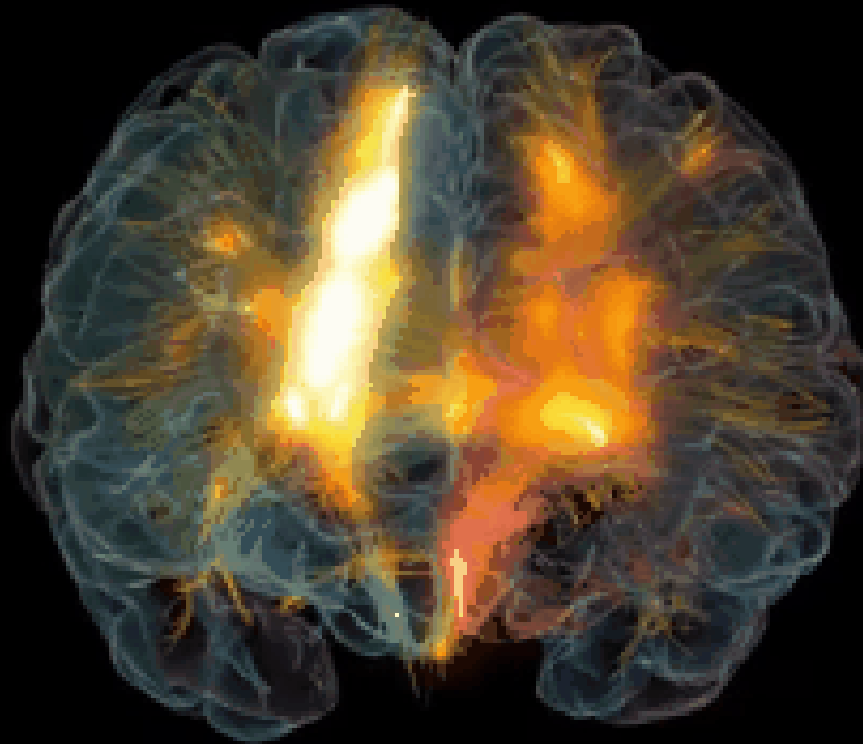


Voilà l'objet dont nous allons parler.

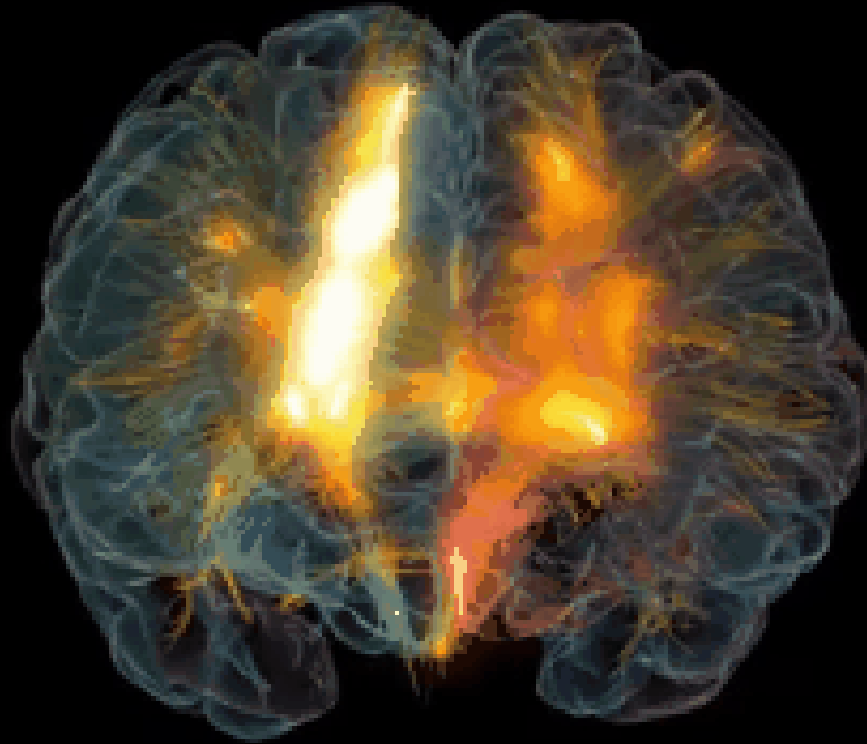
Avec sa forme étrange, mais aussi...



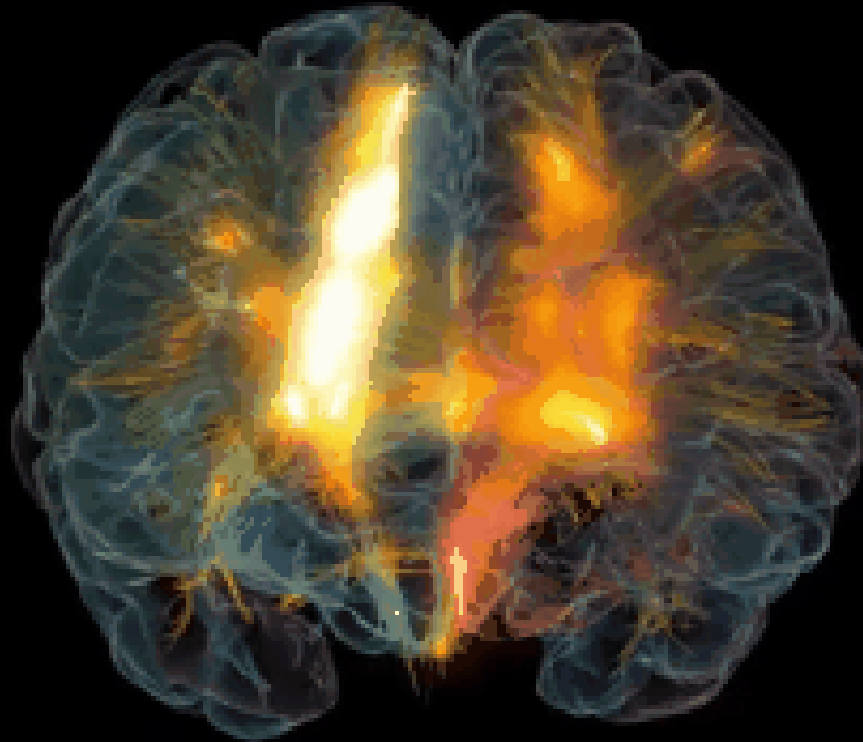
...son activité dynamique incessante,
C'est probablement l'objet le plus complexe de l'univers connu
dont on a tous un exemplaire entre les deux oreilles !



Mais c'est pas juste le cerveau qui est complexe,



Mais c'est pas juste le cerveau qui est complexe,
c'est toute **la vie avant** lui qui a permis son émergence et toutes
les sociétés humaines après qui se sont constituées grâce à lui !





« 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 !)

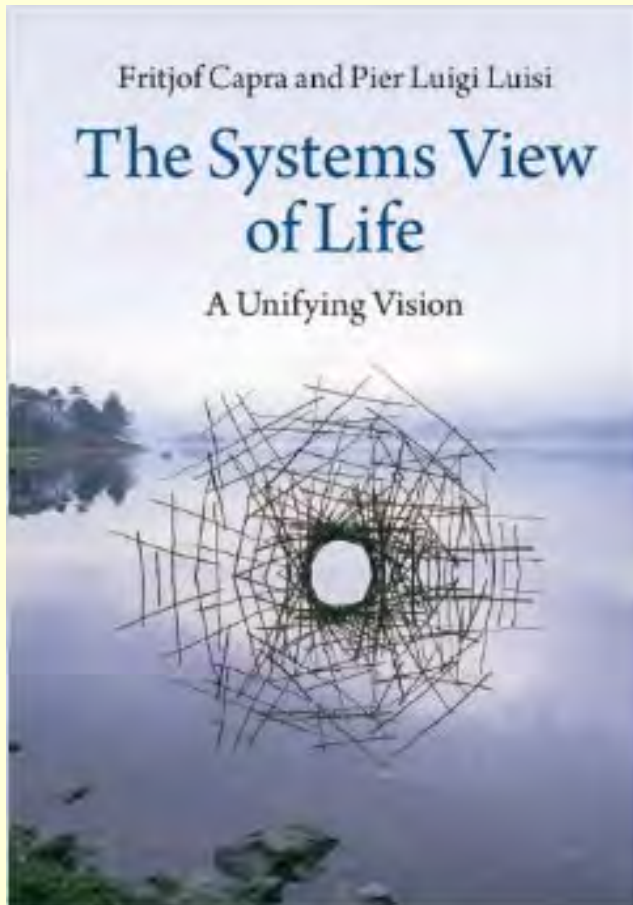
10^{29}

100 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000

Évolution
cosmique

Évolution
chimique

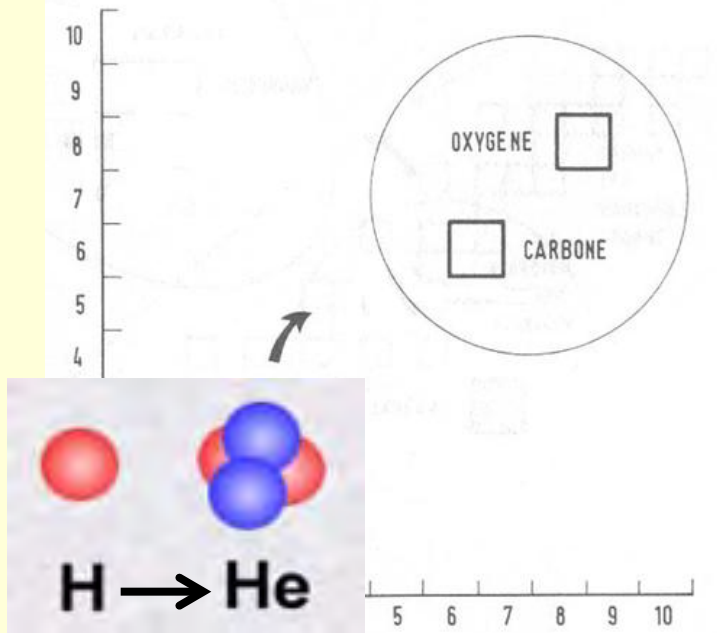
Évolution
biologique



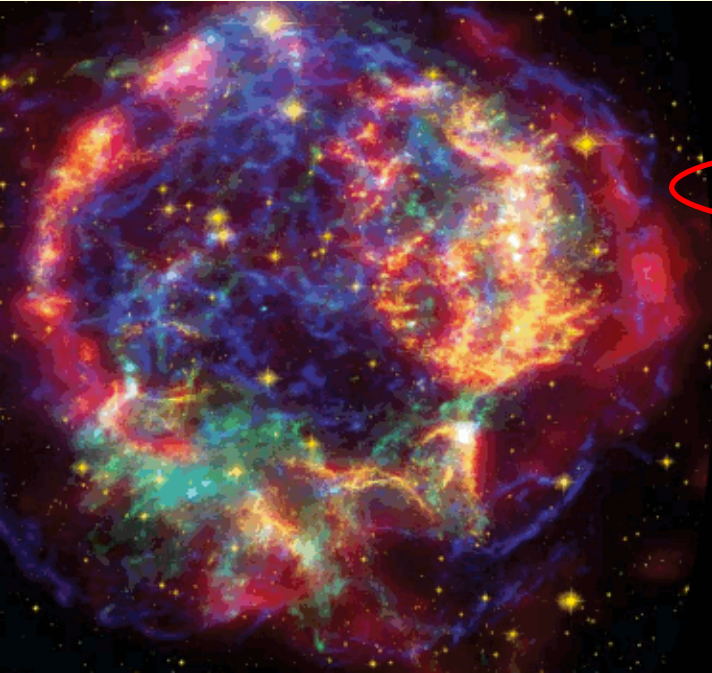
Durant l'histoire occidentale de la science et de la philosophie, il y a eu une tension entre 2 perspectives :

- l'étude de la **matière** : de quoi c'est fait ?
- l'étude de la **forme** : quel est le pattern ?

Combustion de l'hélium



- l'étude de la **matière** : de quoi c'est fait ?



Elles s'éclatent pour vous!

Sans les étoiles mortes, vous ne seriez pas là.

Le calcium de vos os, l'oxygène que vous respirez et le fer dans votre sang ont tous été formés dans des étoiles disparues depuis des milliards d'années.

craq-astro.ca

CoolCosmos.net

Combustion de l'hélium

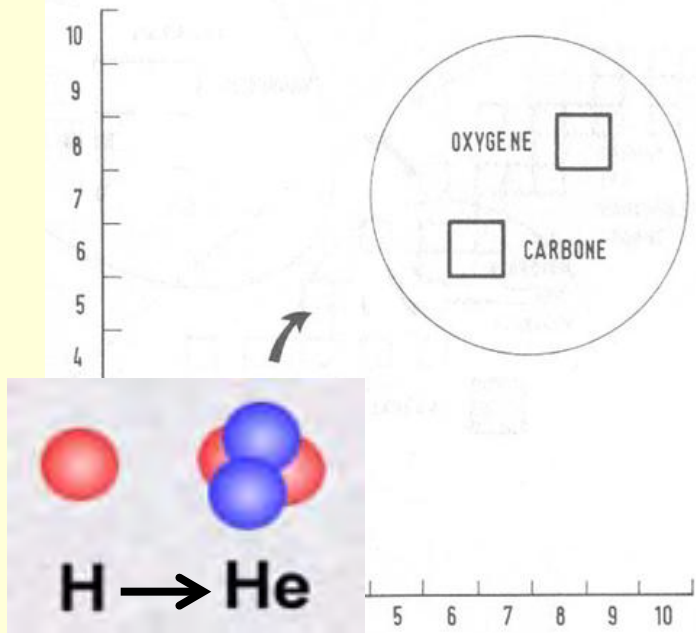



Tableau Périodique des Éléments

Tableau Périodique des Éléments. Les groupes sont colorés : Métaux alcalins (orange), Métaux alcalino-terreux (jaune), Métaux de transition (rose), Lanthanides (orange clair), Actinides (violet), Métaux pauvres (bleu), Non-métaux (vert), Gaz rares (cyan), Solide (C), Liquide (Br), Gaz (H), et Artificiel (Tc). Les numéros atomiques sont indiqués dans les cases.

Elles s'éclatent pour vous!

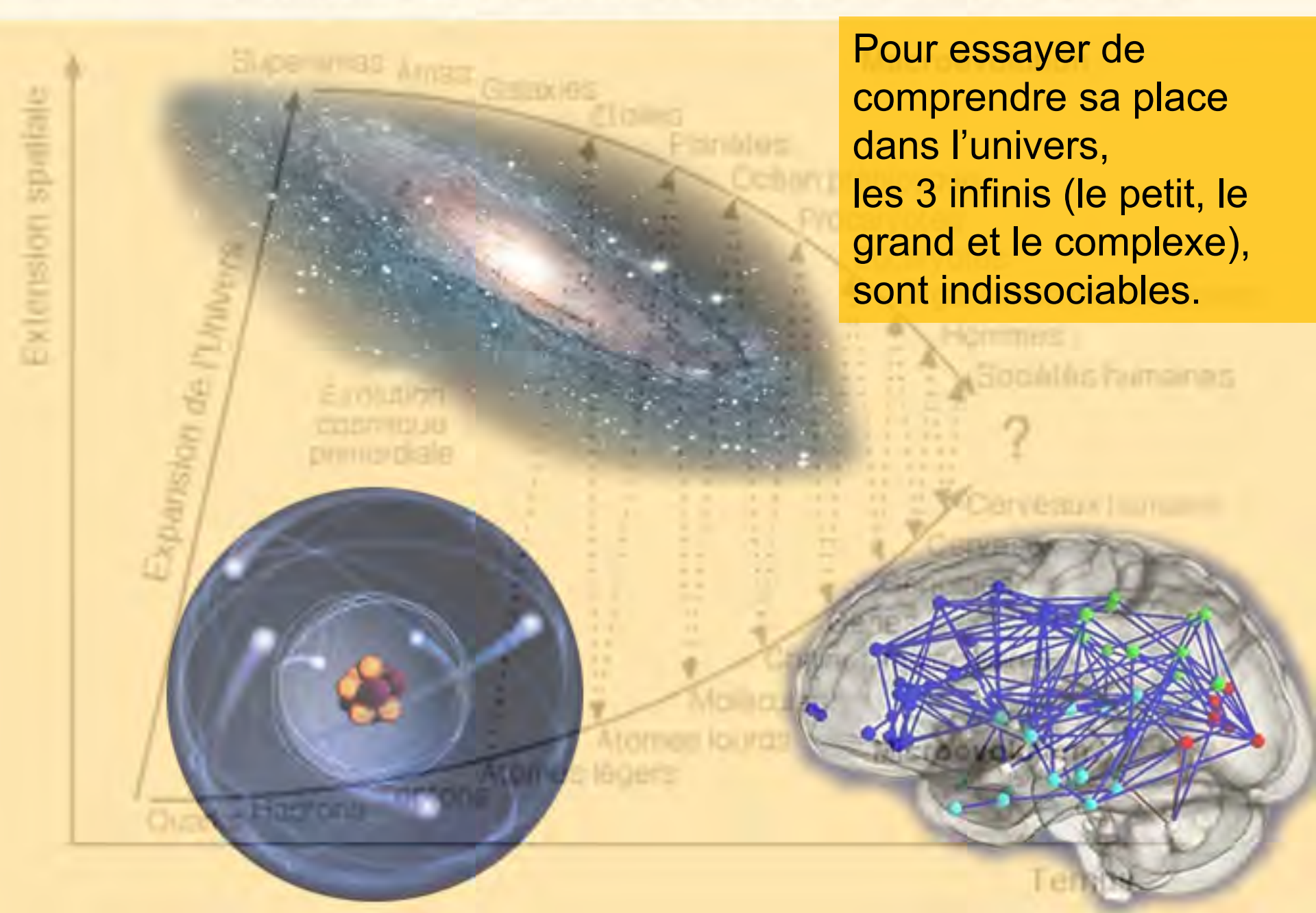
Sans les étoiles mortes, vous ne seriez pas là.

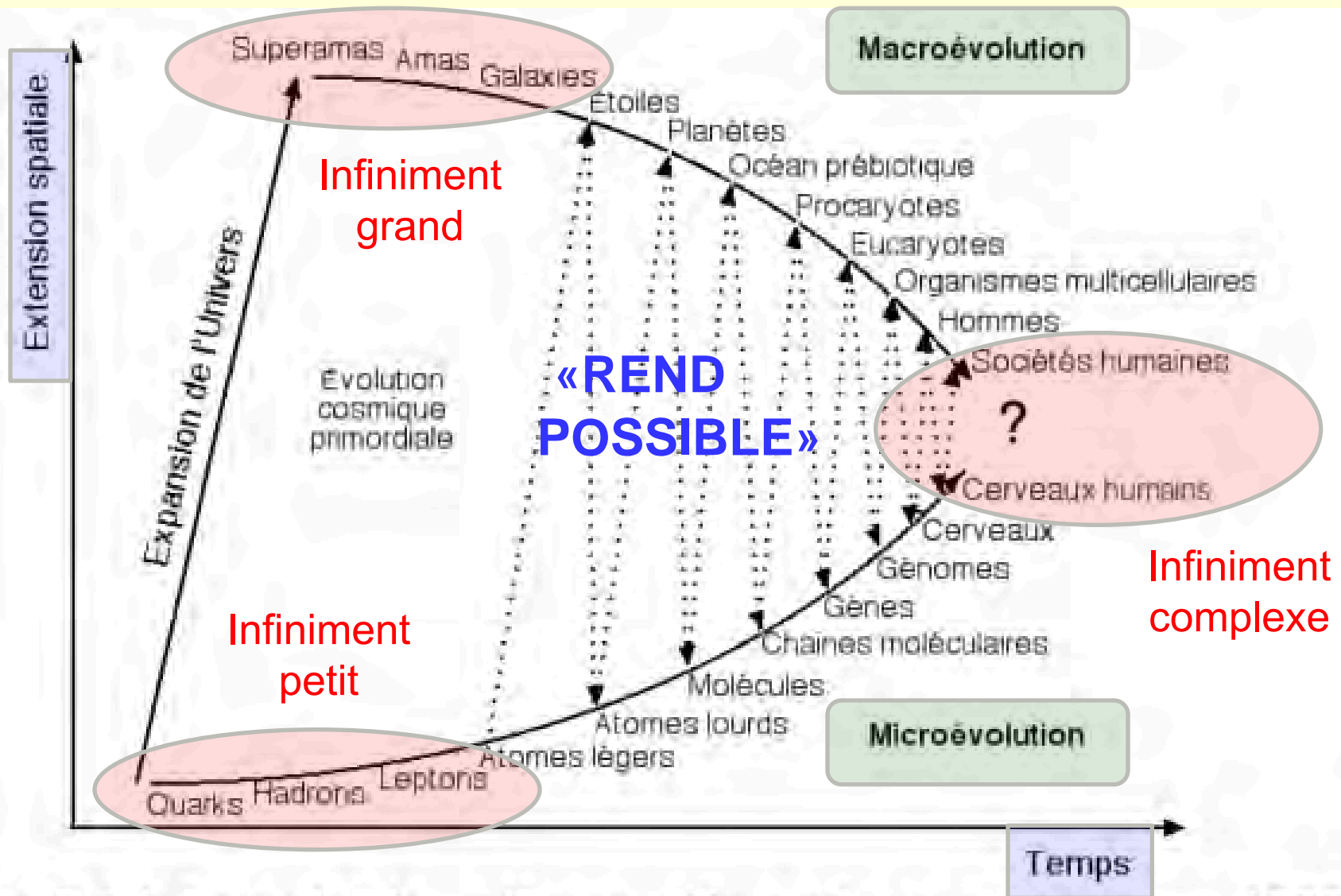
Le calcium de vos os, l'oxygène que vous respirez et le fer dans votre sang ont tous été formés dans des étoiles disparues depuis des milliards d'années.

A photograph of a person standing in a dark forest at night, looking up at a starry sky. The person is illuminated by a warm, orange light from a tent. The tent is also illuminated from within, casting a glow. The background shows a dark lake and mountains under a deep blue night sky with many stars.

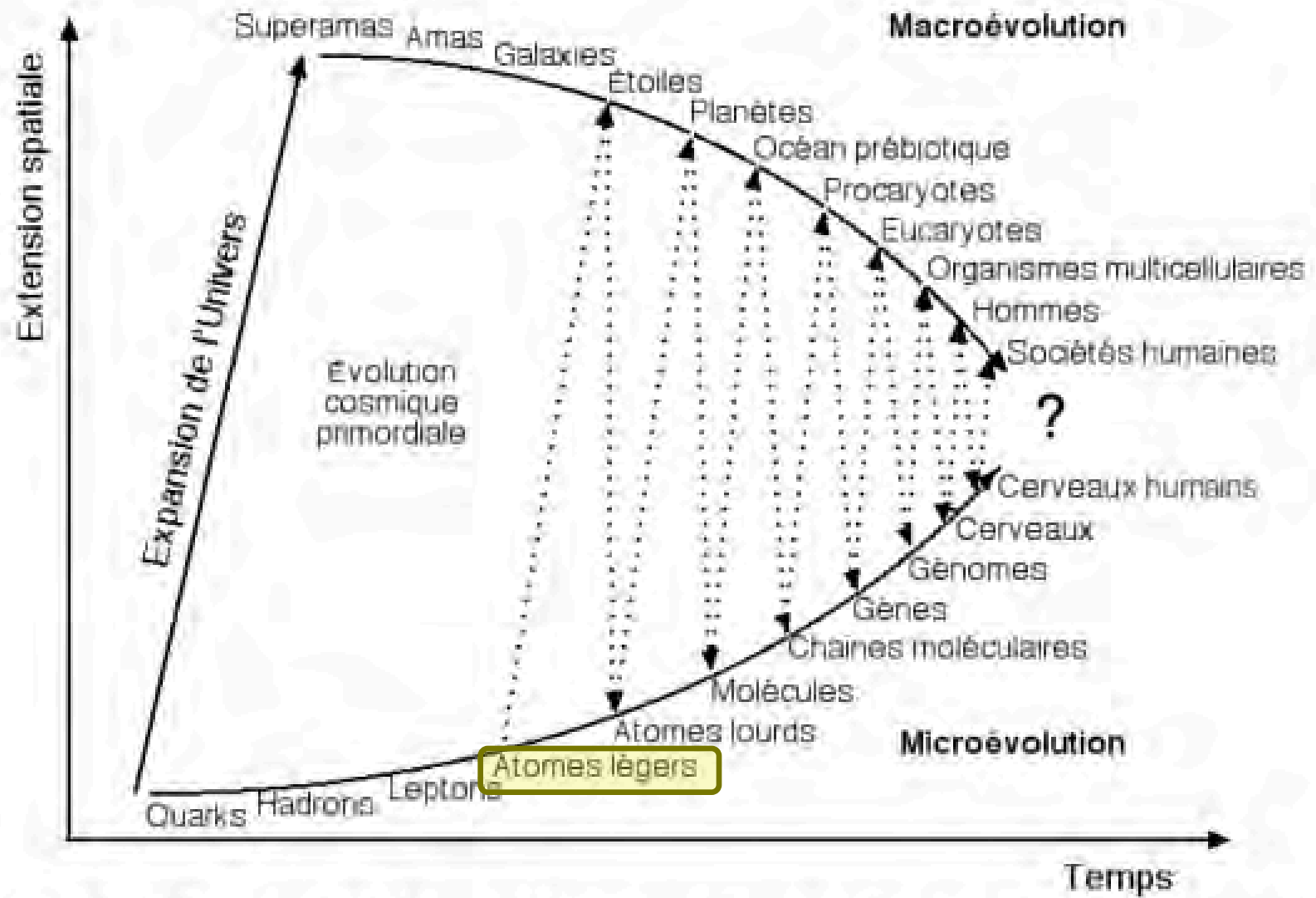
Pour essayer de
comprendre sa place
dans l'univers,
les 3 infinis (le petit, le
grand et le complexe),
sont indissociables.

Pour essayer de comprendre sa place dans l'univers, les 3 infinis (le petit, le grand et le complexe), sont indissociables.

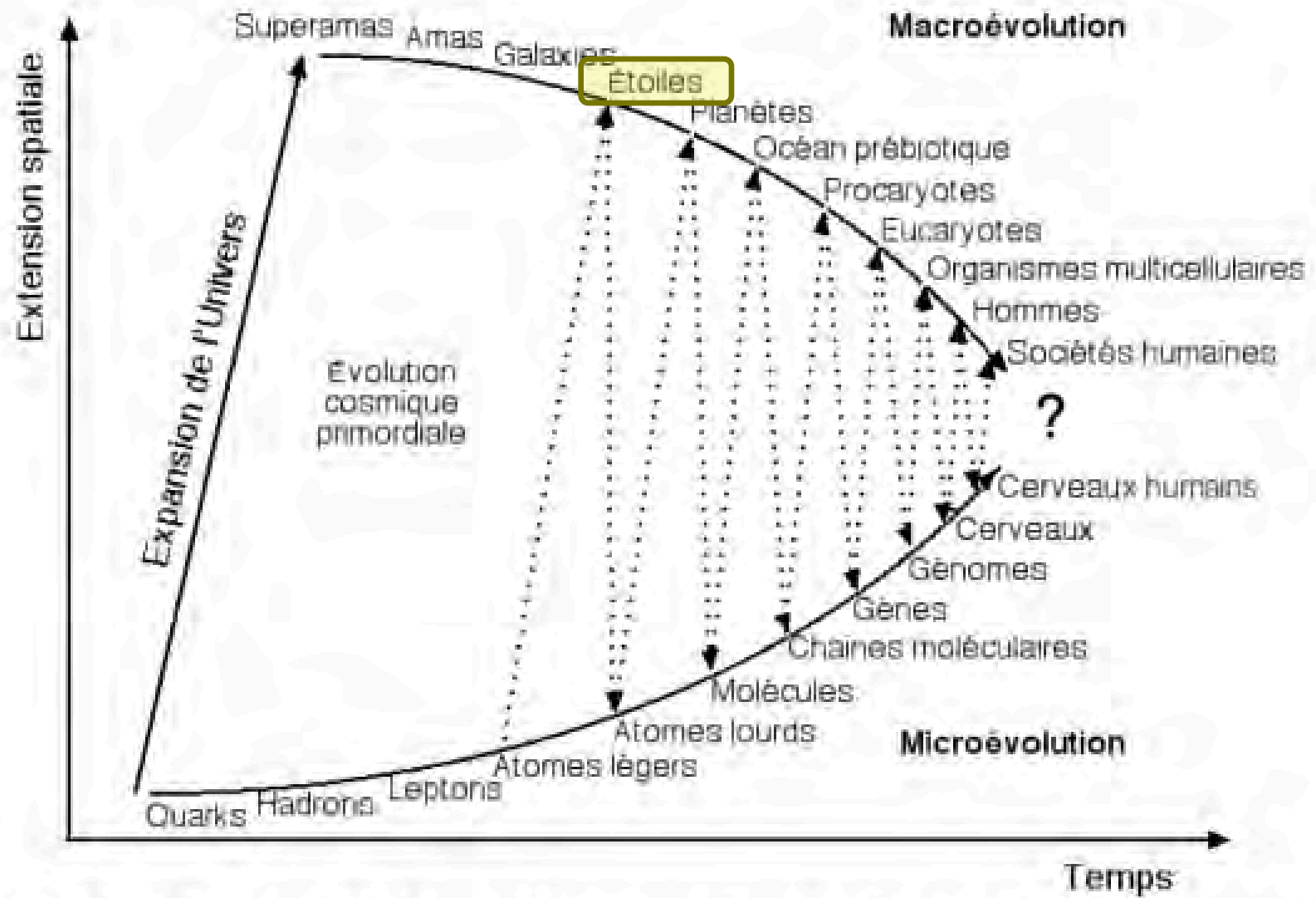




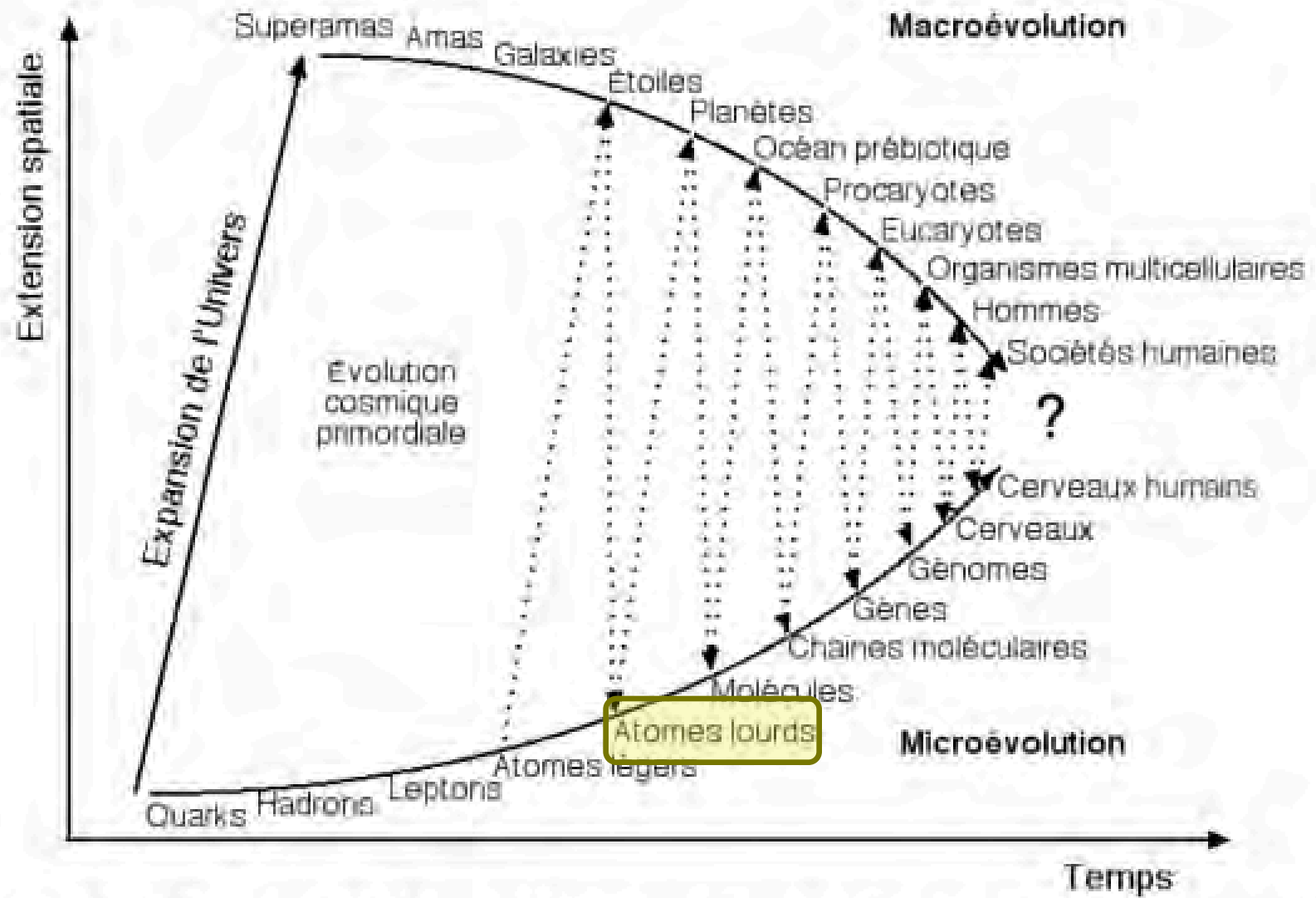
D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.



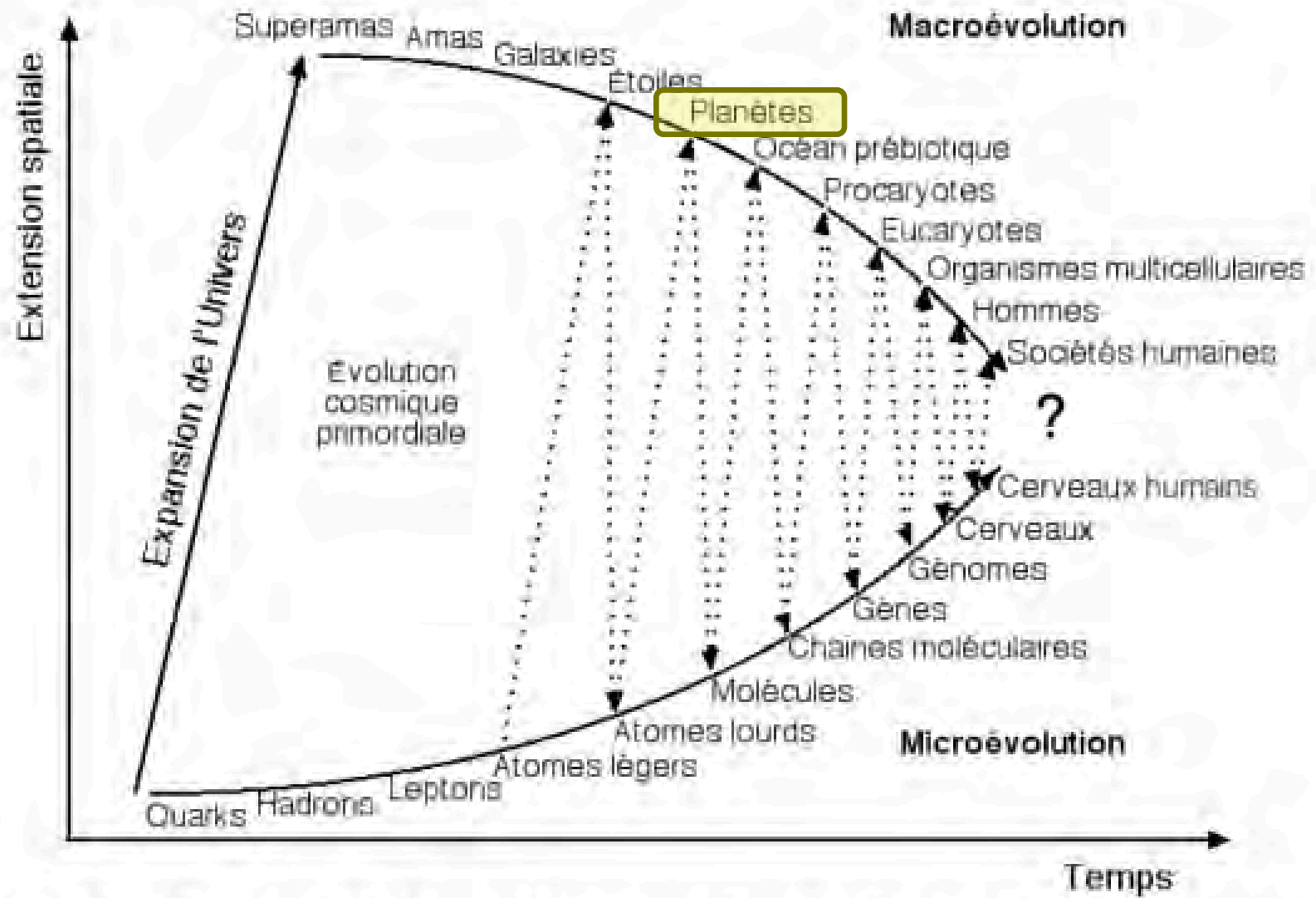
D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.



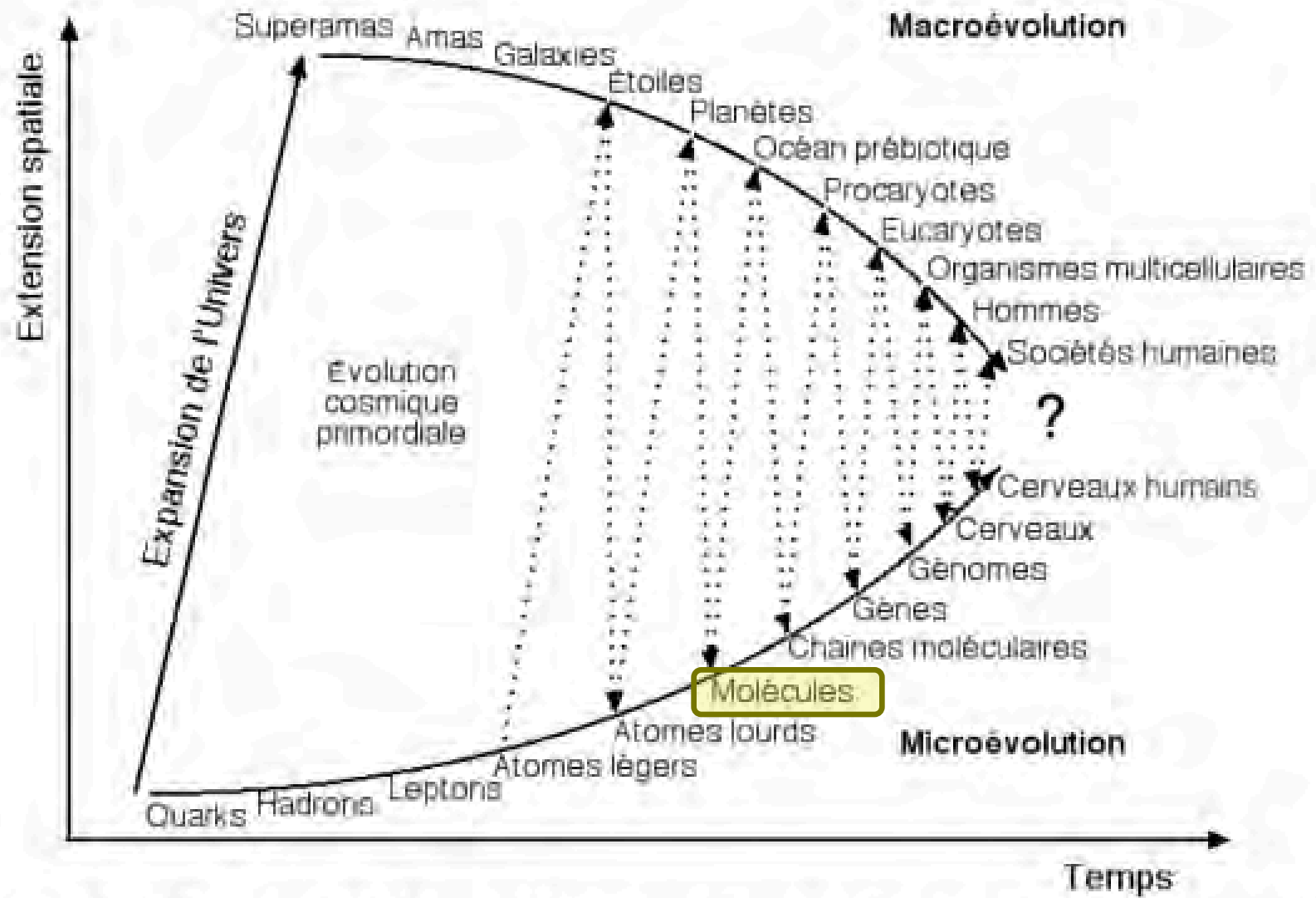
D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.



D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.



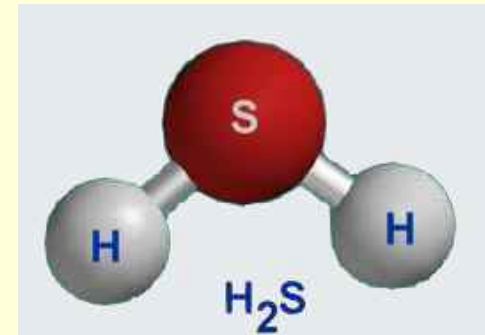
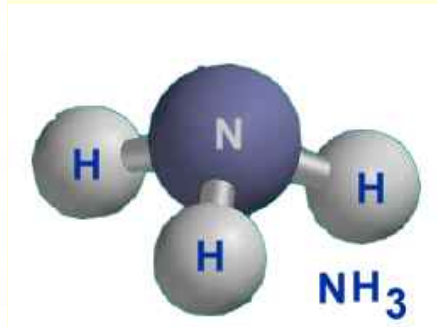
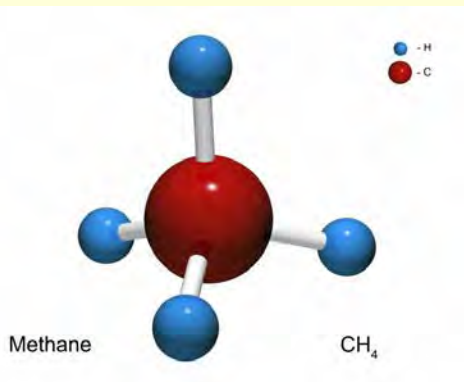
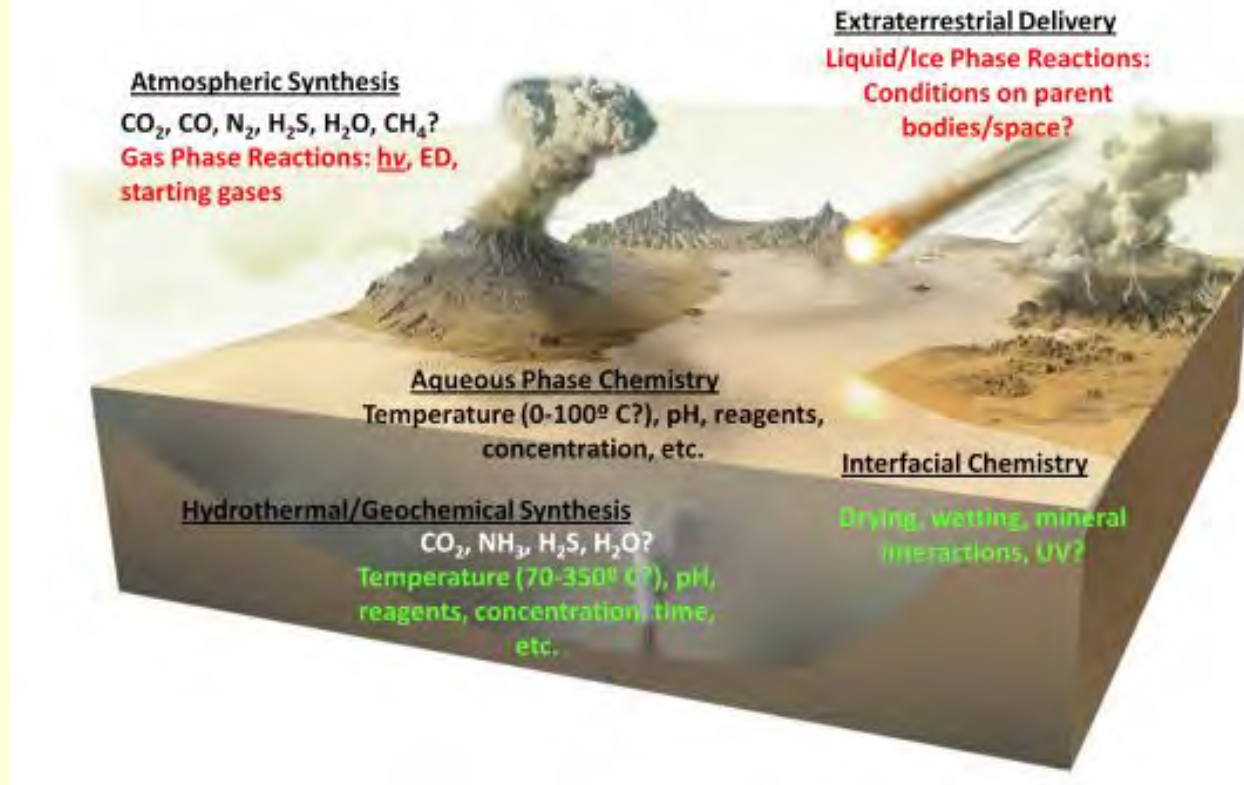
D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.



D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.

L'atmosphère primitive de notre planète aurait été constituée d'un mélange « inhospitalier » des **molécules simples** suivantes:

méthane (CH_4), ammoniac (NH_3), de vapeur d'eau (H_2O), de dioxyde de carbone (CO_2) et de sulfure d'hydrogène (H_2S).

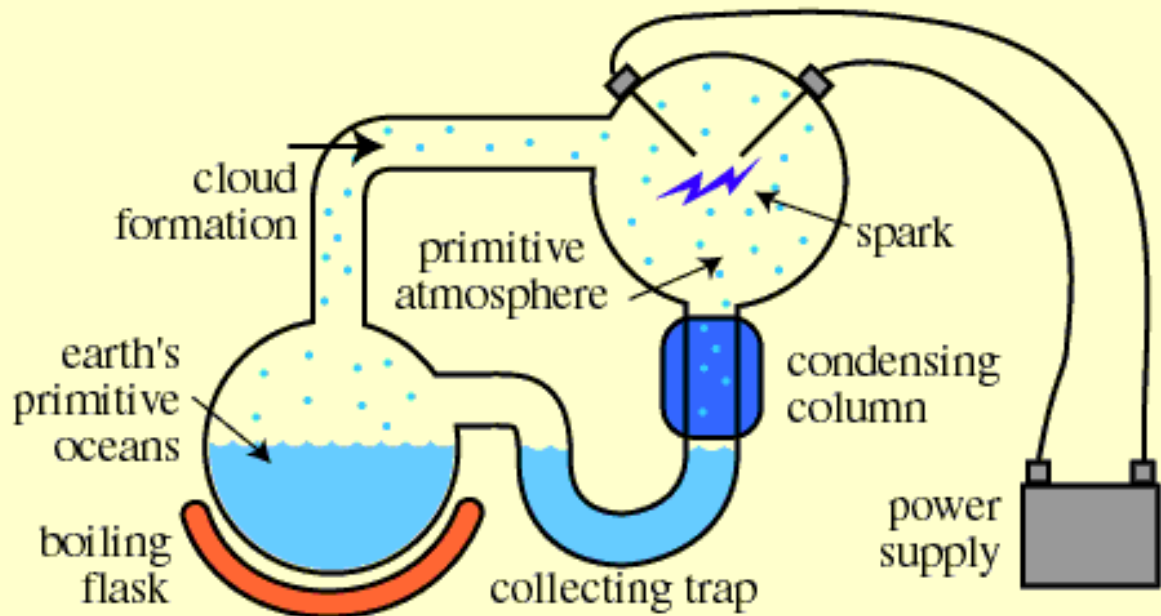


Ces molécules simples ont pu se complexifier jusqu'à un certain point dans les « **mares chaudes** » dont parlait déjà Darwin et qu'on a ensuite appelé « **soupe primitive** ».

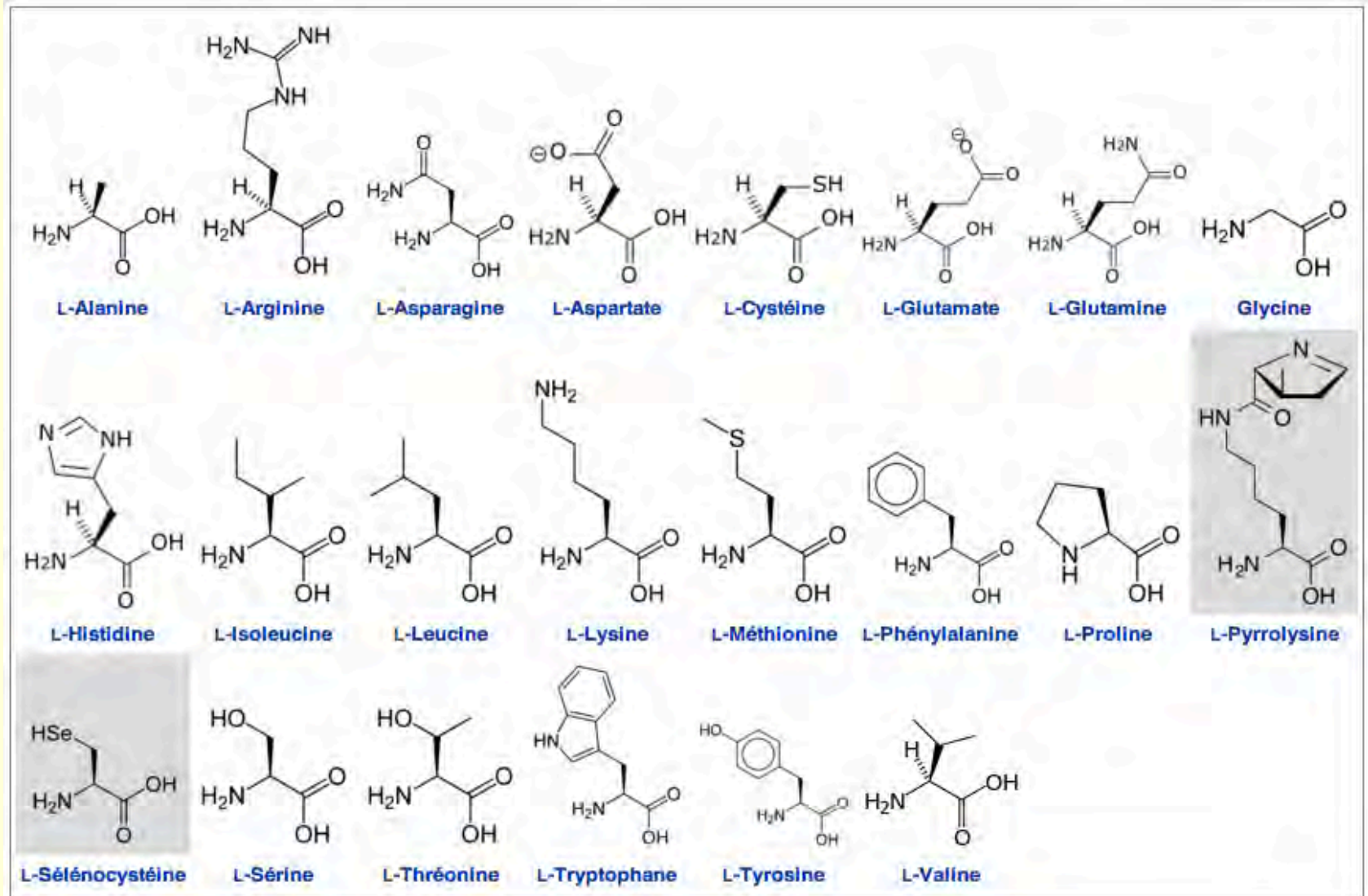


atmosphère et "soupe" primitive

1953, Miller et Urey :
confirment cette hypothèse par une célèbre expérience in vitro où des molécules organiques apparaissent
(**acides aminés**, etc.)



En présence du puissant rayonnement solaire (rayons UV...), ce mélange de gaz aurait donc pu donner naissance à plusieurs **molécules un peu plus complexe** telles que les **acides aminés** (qui formeront plus tard les protéines).

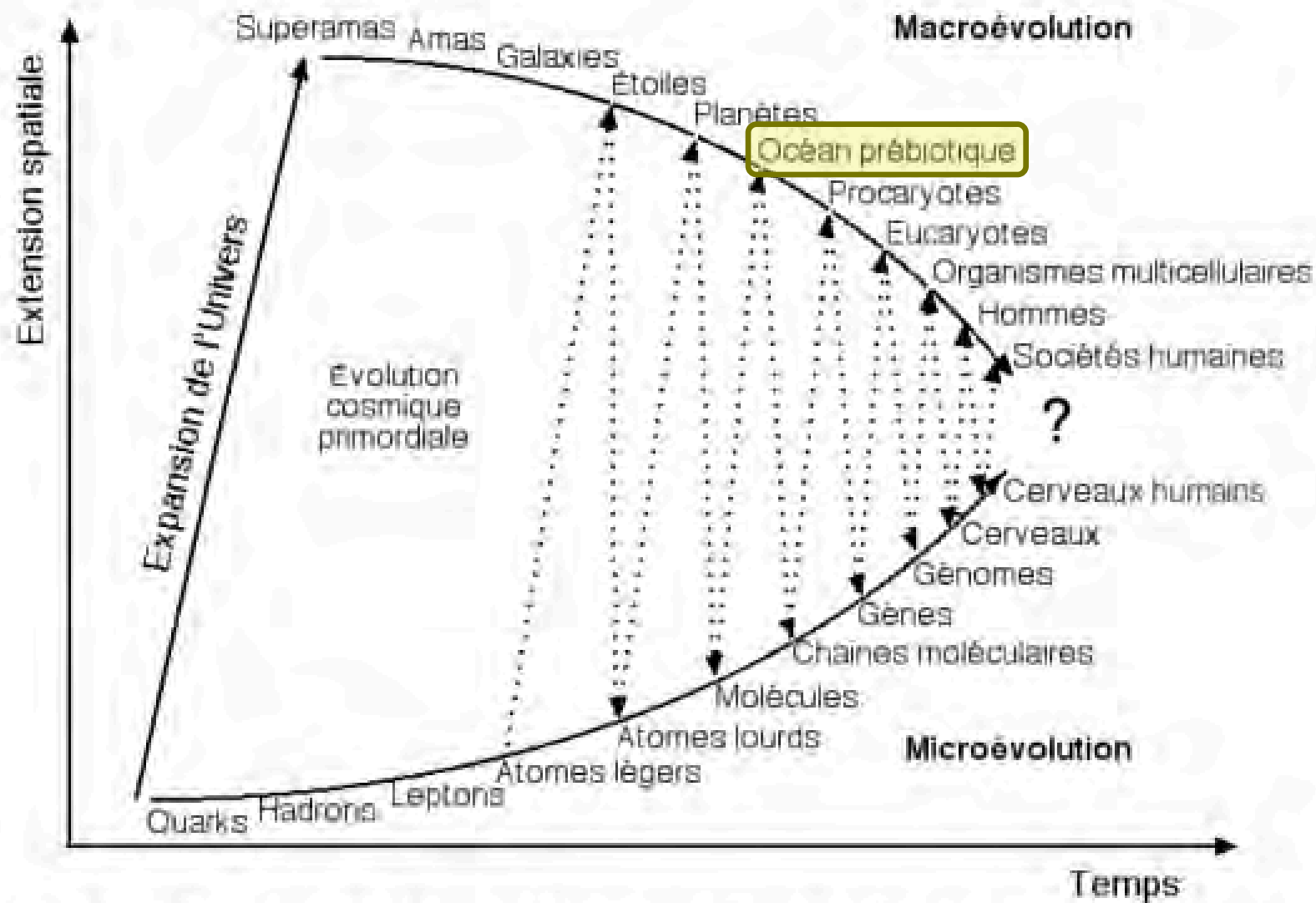


On peut donc dire que le passage de molécules simples vers des molécules organiques comme les acides aminés s'accompagne d'une **croissance de la complexité**.

On parle aussi “**d'auto-organisation**” pour désigner un tel processus.

Et de tels processus chimique d'auto-organisation **sont “sous contrôle thermodynamique”**,

c'est-à-dire qu'ils se produisent “spontanément” sans l'intervention de forces extérieures si les bonnes conditions de départ sont réunies.



D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.

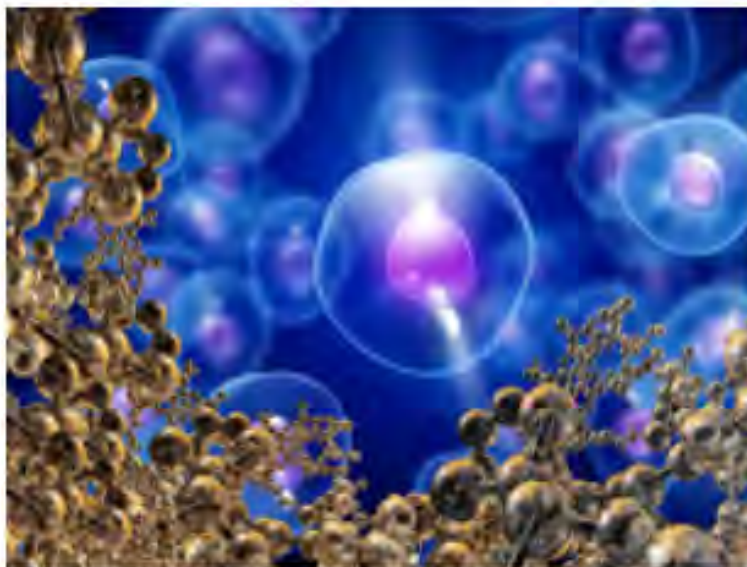


CONFÉRENCE - AMPHITHÉÂTRE

19 mars 2015 - 19h00

DU CHIMIQUE AU BIOLOGIQUE

AINSI VINT LA VIE!



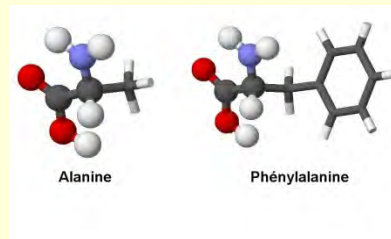
Une conférence de Christophe Malaterre

De la formation de la Terre, il y a environ 4,5 milliards d'années, à l'apparition de la vie, il y a de cela 3,5 à 3,8 milliards d'années, que s'est-il passé?

Comment sommes-nous passés de l'inerte au vivant? Une évolution chimique aurait-elle précédé l'évolution biologique? Et quels en seraient les processus évolutifs? Enquête scientifique et philosophique sur les origines et la nature même de la vie.

Christophe Malaterre est professeur de philosophie des sciences à l'UQAM et

Comment passe-t-on de molécules organiques simples (acides aminés, etc.)...



...à des chaînes de molécules...

...comme de petits ARN...

...et éventuellement à de longues chaînes informationnelles comme l'ADN ?

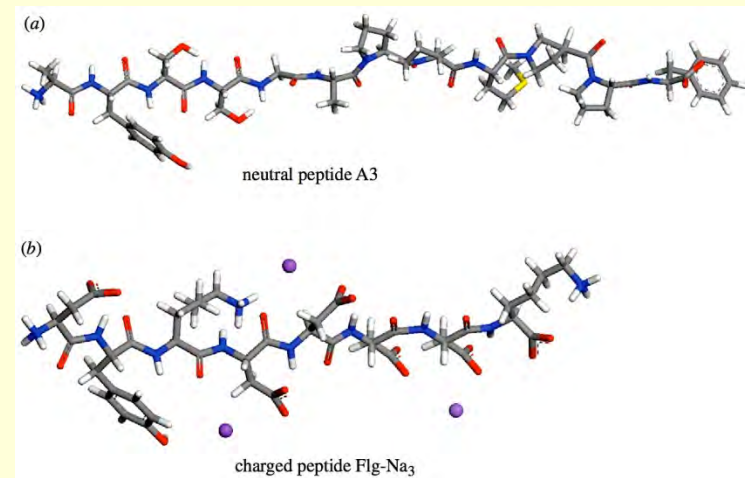
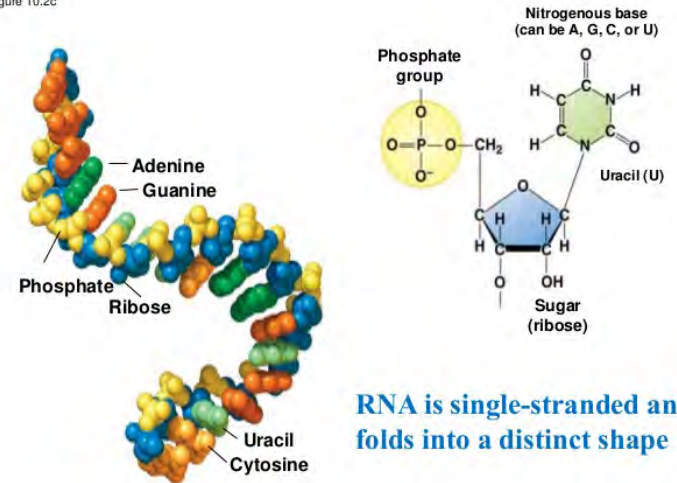


Figure 10.2c



La notion **d'évolution chimique** occupe actuellement une place centrale dans le débat scientifique sur les origines de la vie.

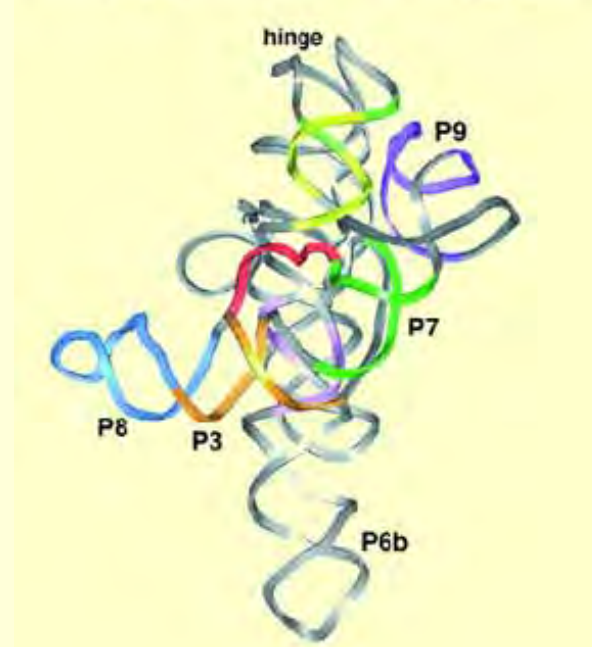
Certains chercheurs transposent dans le monde chimique le concept darwinien de **sélection naturelle**.

Et pensent que des ARN autocatalytiques peuvent donner lieu à de la **variation / sélection**.

1980 : Thomas Cech et Sydney Altman découvrent que certains ARN (les ribozymes) peuvent avoir une **fonction catalytique**, exactement comme les protéines.

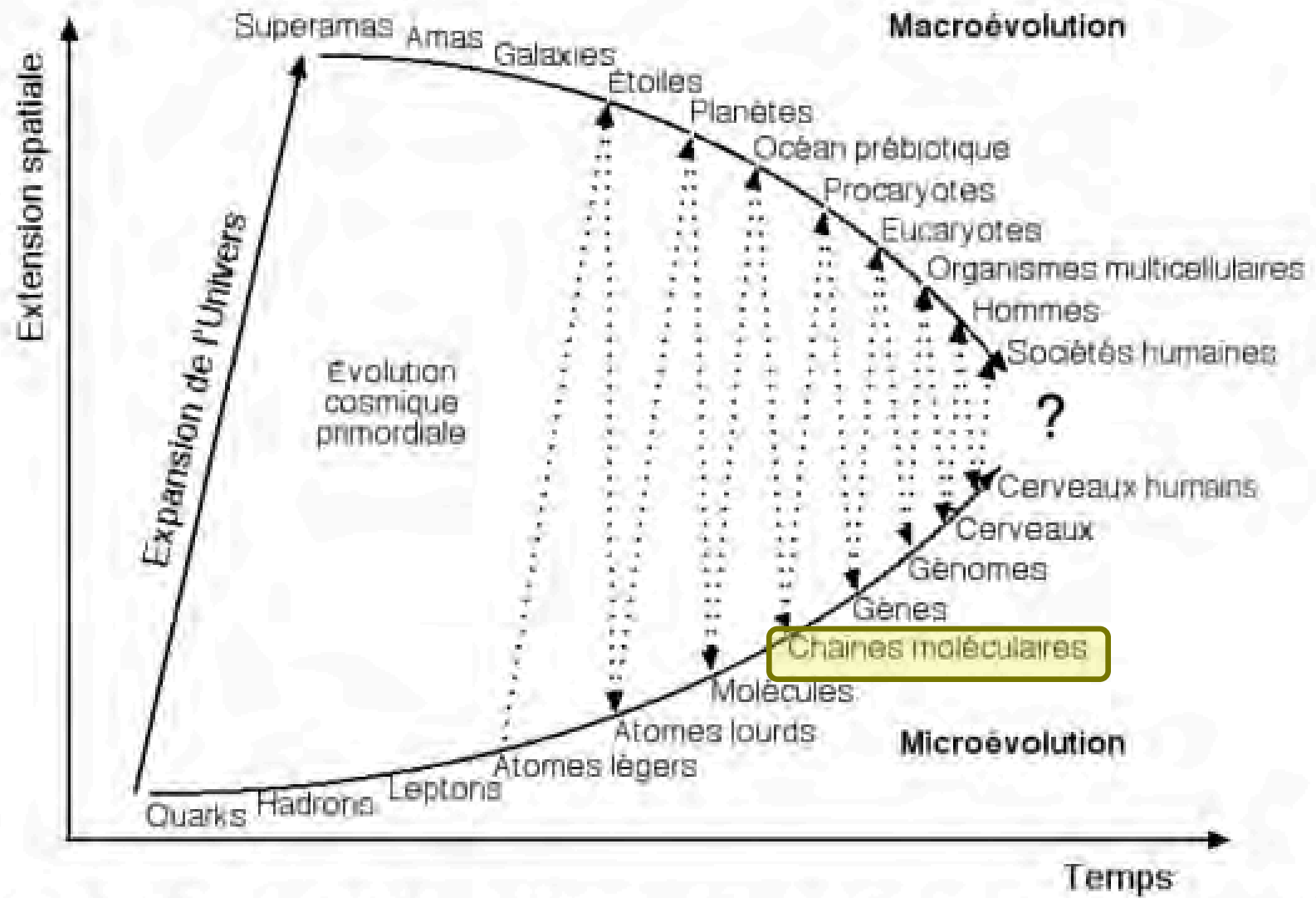
Donc on peut imaginer des ARN capables de **s'auto-catalyser** (pour se reproduire) en plus d'être des **polymères informationnels**.

L'ARN (apparue probablement avant l'ADN) aurait ainsi pu jouer à la fois le rôle de l'ADN et celui des protéines (enzymes), brisant ainsi le cercle vicieux de « l'œuf ou de la poule »...



D'autres considèrent que l'évolution chimique renvoie à des processus évolutifs différents,

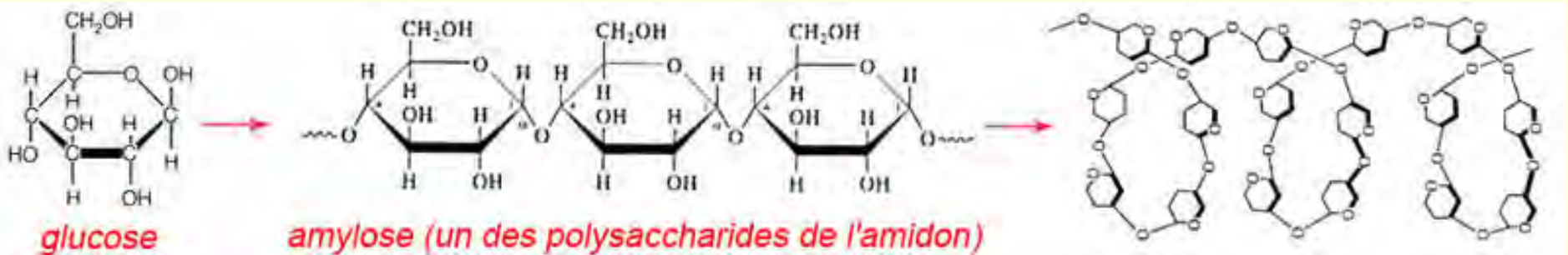
la sélection naturelle n'étant pas le seul moteur ou mécanisme de l'évolution (comme on le verra un peu plus loin...).



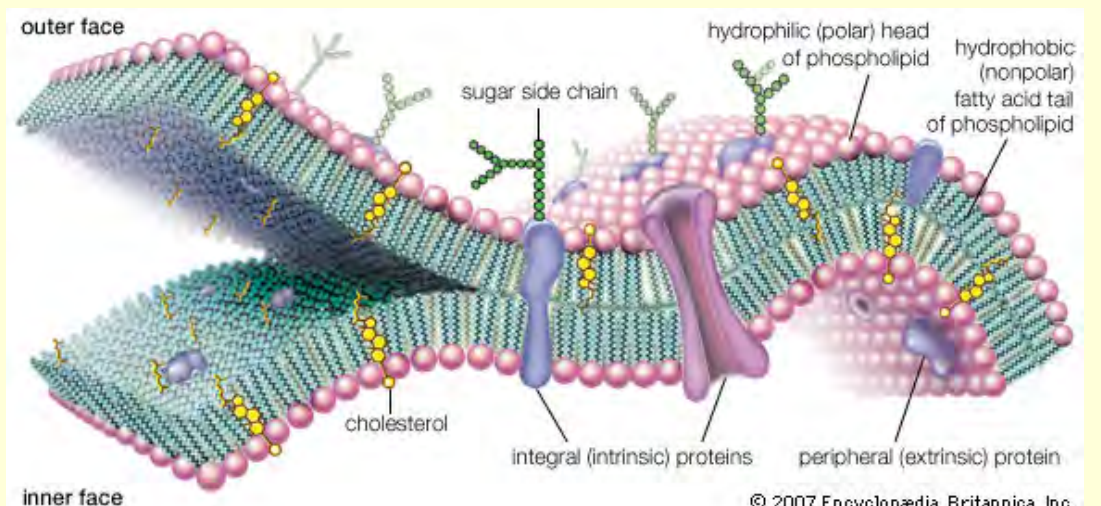
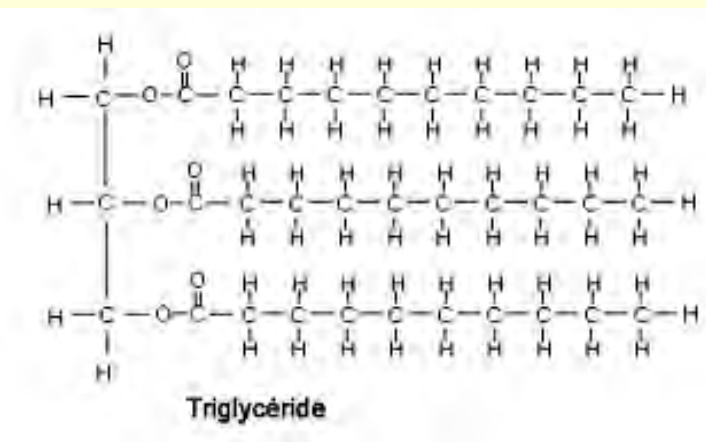
D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.

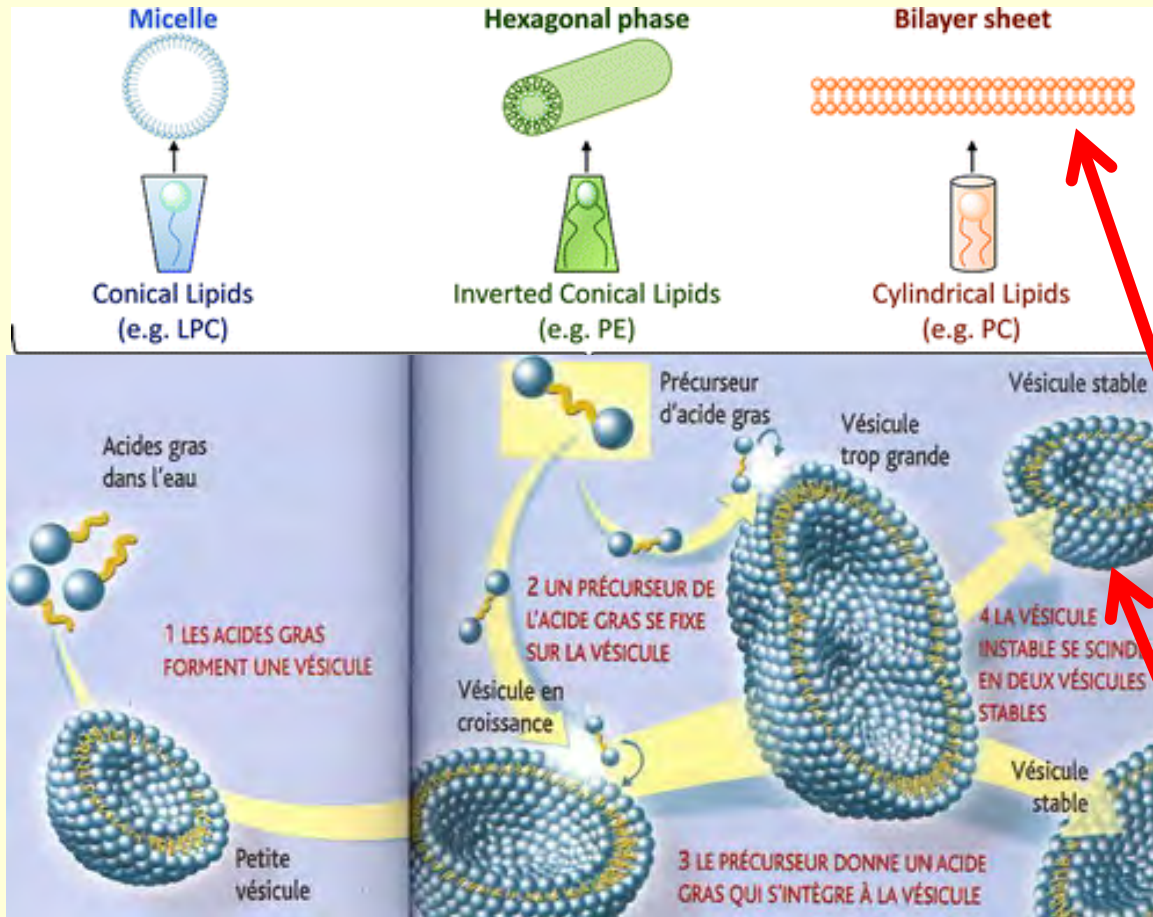
Quoi qu'il ait pu être ses mécanismes, cette évolution chimique va donner lieu à des chaînes moléculaires de :

- Glucides



- Lipides





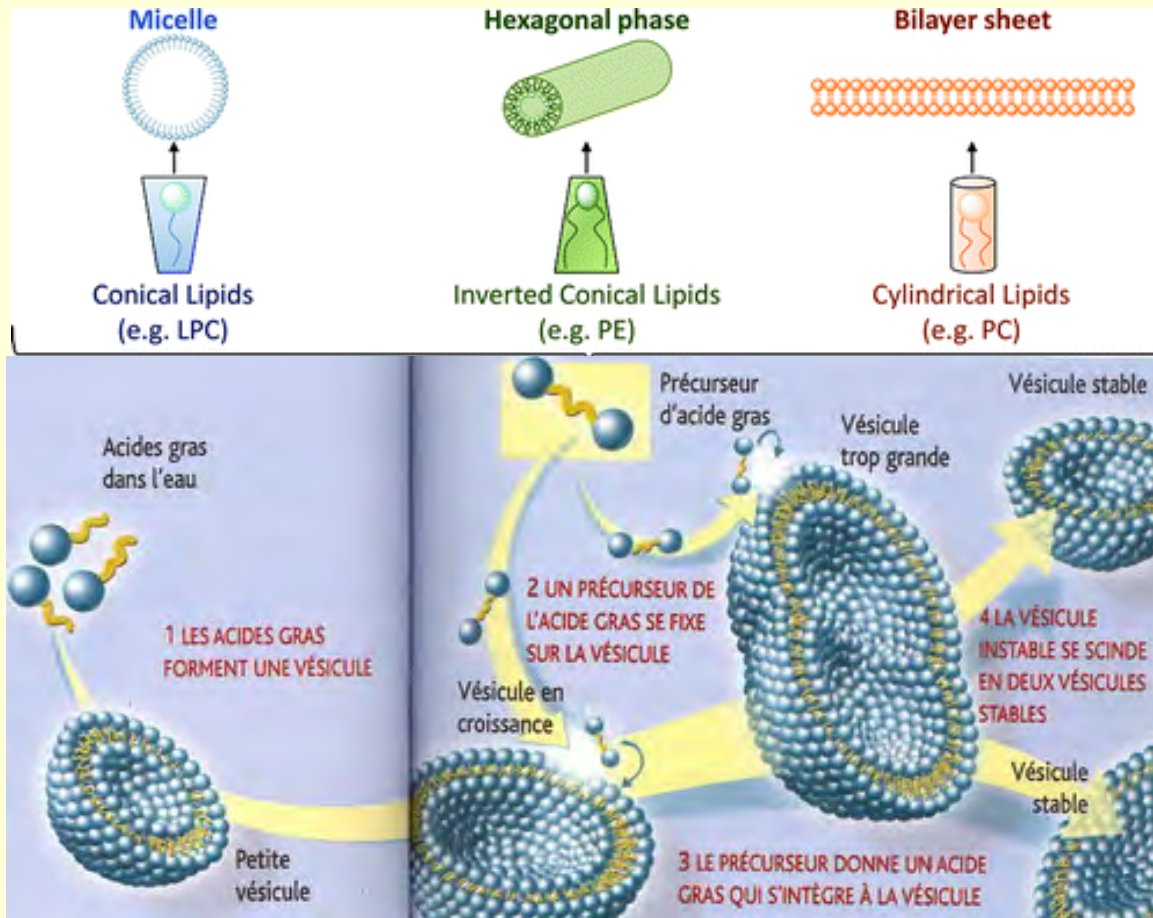
Ces chaînes de lipides vont donner lieu à des phénomènes **d'auto-organisation** mais cette fois-ci au niveau **supra-moléculaires** :

par exemple, des **couches bi-lipidiques**

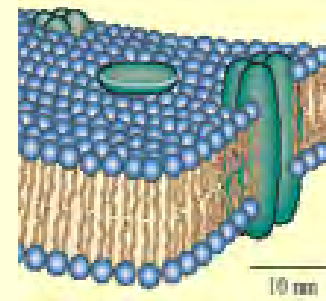
qui vont former à leur tour des **vésicules** qui deviendront les futures membranes cellulaires.

“there is an overall increase of entropy (or disorder) due to the “liberation” of water molecules, which makes the process **thermodynamically favorable.**”

- The Systems View of Life



« Pas de membrane, pas de cellules.
Pas de cellules, pas de neurones.
Pas de neurones, pas de cerveaux.
Pas de cerveaux, pas d'humains ! »



Lumière sur les premières membranes cellulaires

« On n'a pas le choix que de supposer qu'à un moment donné au début de l'évolution, une réaction biochimique capable de fabriquer des membranes a pu être **catalysée par une molécule non organique**, c'est-à-dire n'étant pas issue du métabolisme d'une cellule vivante.

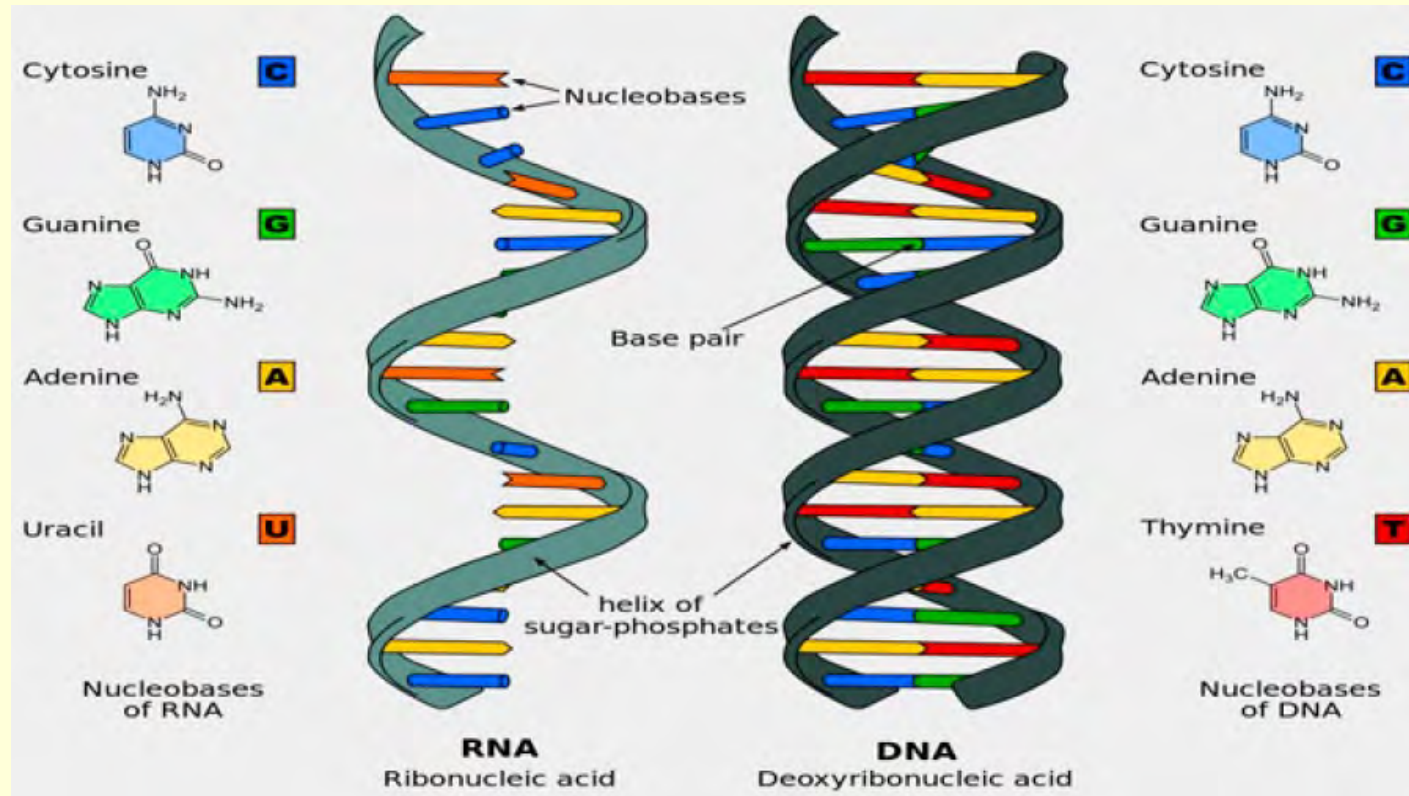
C'est justement ce que viennent de réaliser (**janvier 2012**) les chimistes Neal Devaraj et Itay Budin en utilisant des **ingrédients simples** (eau, huile, détergent) et de simples **ions de cuivre comme catalyseur** pour unir les deux chaînes lipidiques »

<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2012/02/06/lumiere-sur-les-premieres-membranes-cellulaires/>

A screenshot of the website 'Le BLOGUE du CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX'. The page has an orange header with navigation links: Accueil, Contact, CREER, S'abonner, Lien d'accès. Below the header, there are three columns of content. The left column has a sidebar with 'LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!' and a list of categories like 'Mode d'emploi', 'Vieille guidée', etc. The middle column features several articles with icons, including 'Du simple au complexe', 'Le bricolage de l'évolution', and 'Le développement de nos facultés'. The right column has 'Fonctions complexes' and 'Dysfonctions'. A red circle highlights a specific article titled 'L'intelligence collective des groupes humains' dated 'Lundi, 28 janvier 2013'. The article text discusses psychology and group intelligence. At the bottom, there are 'Archives' and a 'La petite boutique' section.

...cette évolution chimique va donner lieu à des chaînes moléculaires de :

- Glucides
- Lipides
- **Bases nucléiques**

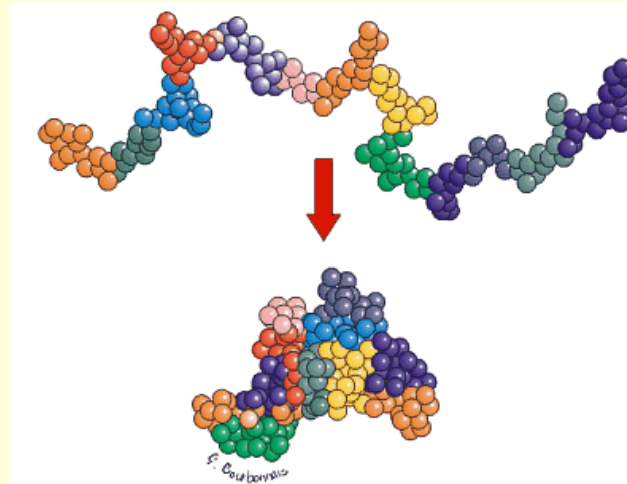
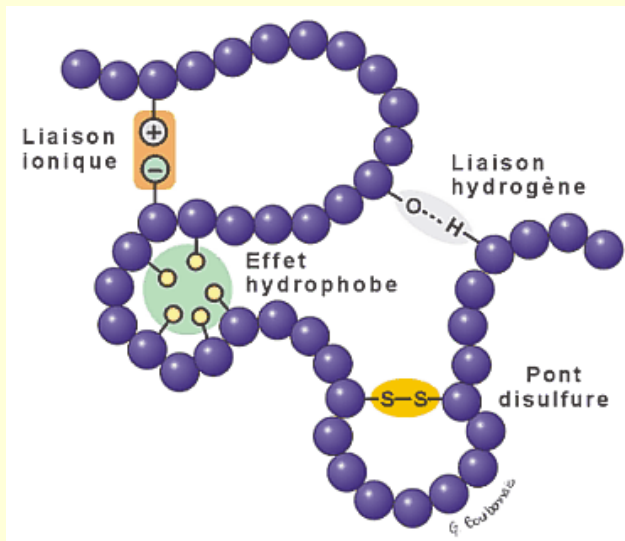
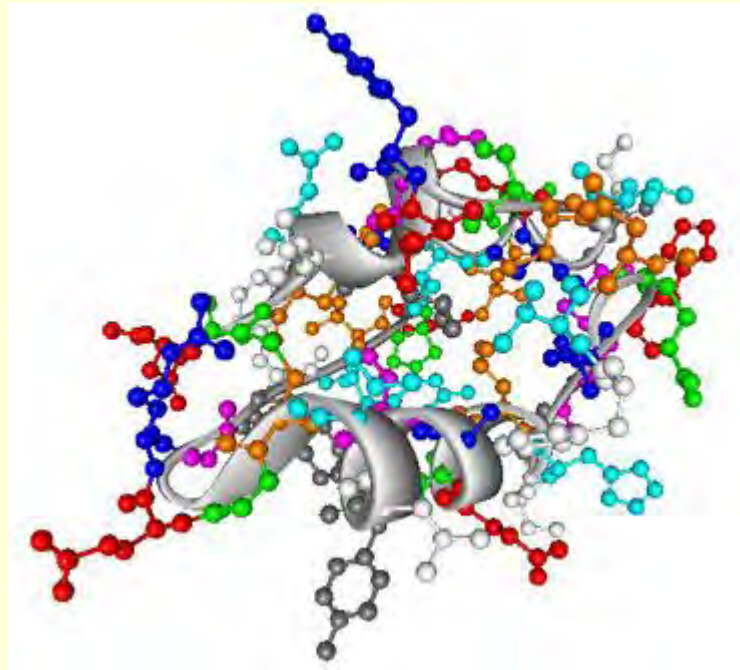


Même principe d'organisation que pour les lipides:

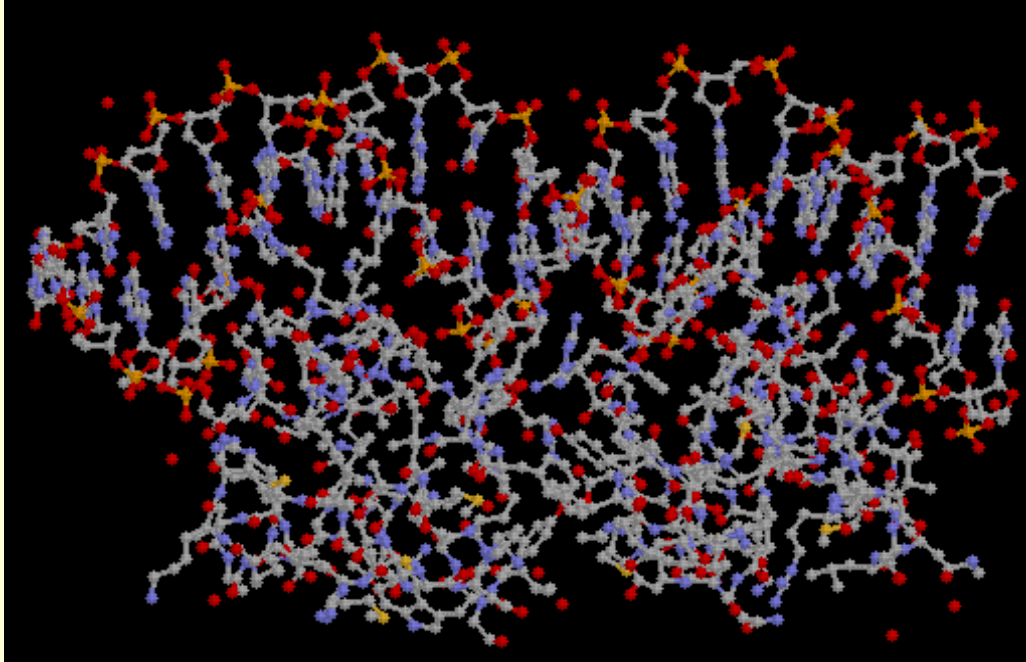
les deux brins complémentaires d'AND forment un duplex dans lequel les bases nucléiques hydrophobiques complémentaires fuient le contact de l'eau, laissant les "doigts" hydrophiliques des groupes phosphates s'occuper de la solubilité avec l'eau...

...cette évolution chimique va donner lieu à des chaînes moléculaires de :

- Glucides
- Lipides
- Bases nucléiques
- **Protéines**



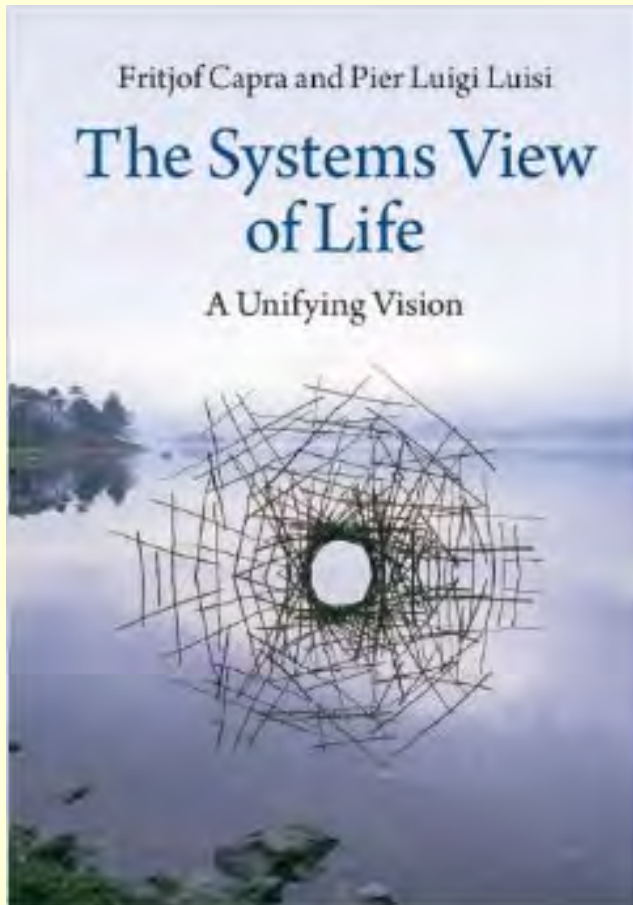
Le repliement de la chaîne d'acides aminés est déterminé par la séquence primaire des acides aminés de la protéine (la suite des « perles » dans le « collier de perles »).



On peut donc dire encore une fois que **ce repliement s'auto-organise** (toujours sous contrôle thermodynamique), amenant « l'émergence » de nouvelles propriétés fonctionnelles au niveau de la structure 3D de la protéine (site de liaison d'un enzyme, le pore d'un canal membranaire, etc...) :

Et **Chris Anfinsen** a démontré en **1954** que ce repliement spontané à partir de la structure primaire de la protéine est aussi le plus stable thermodynamiquement parlant.

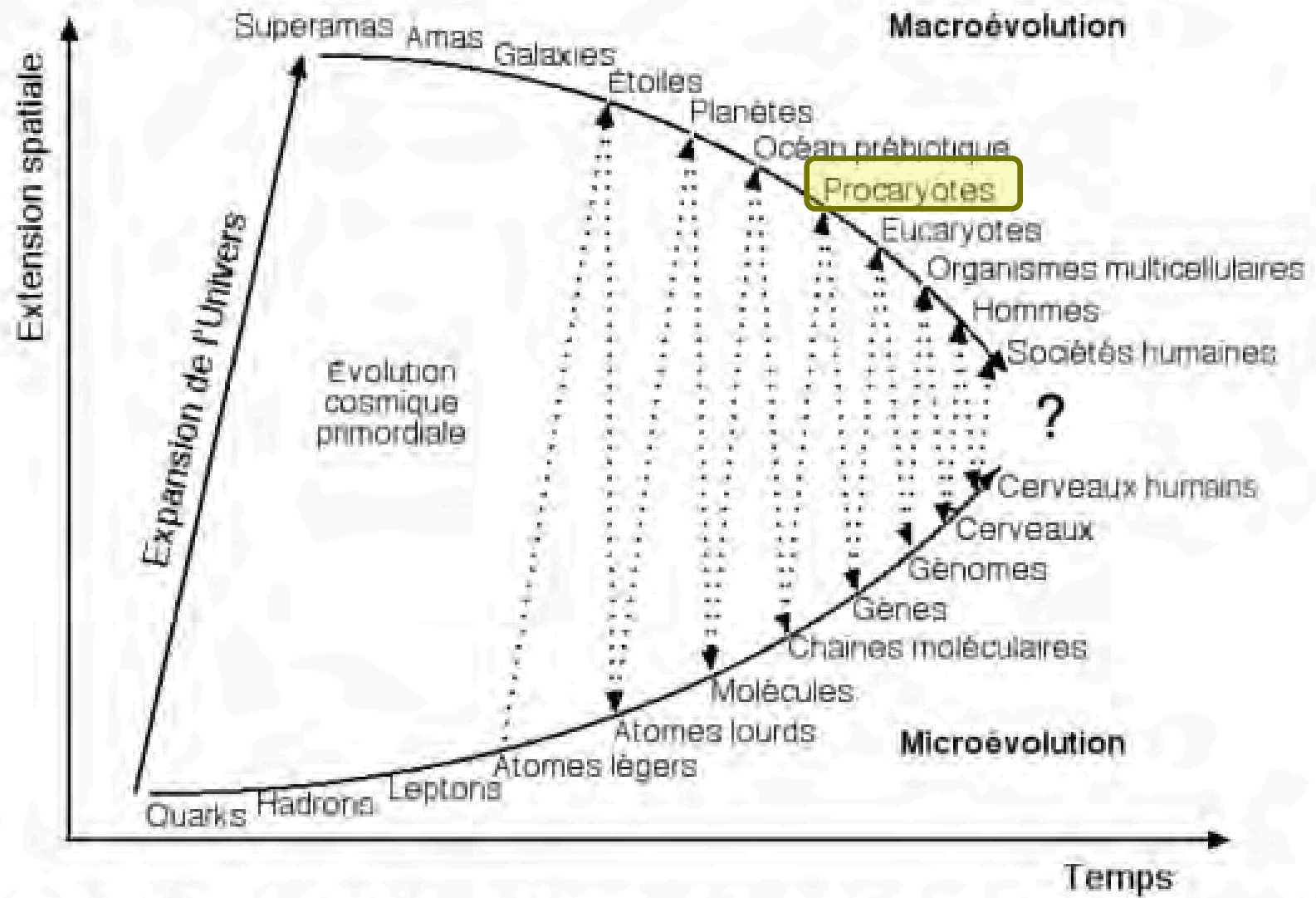
Si l'on dénature une protéine avec de l'urée, ce qui change sa forme et lui fait perdre sa fonction biologique, le retrait de l'urée amène la protéine à reprendre sa forme originale.



Durant l'histoire occidentale de la science et de la philosophie, il y a eu une tension entre 2 perspectives :

- l'étude de la **matière** : de quoi c'est fait ?
- l'étude de la **forme** : quel est le pattern ?

Car ça va devenir fondamental avec les premières cellules...



D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.

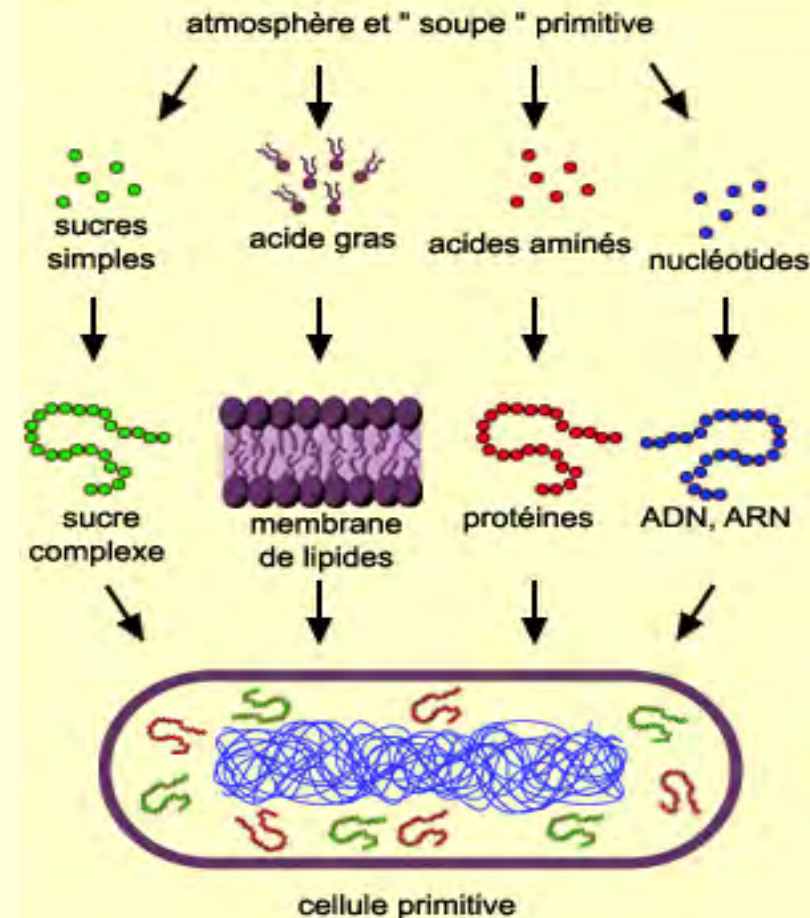
Dans ce passage de l'évolution **chimique** à l'évolution **biologique**,

quand apparaît la vie ?

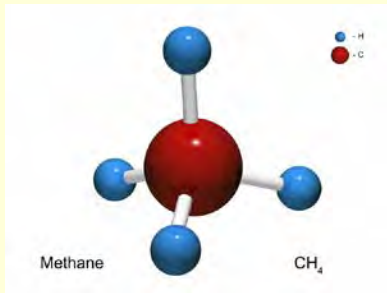
Les définitions de la vie (on va y revenir...) sont souvent des listes de critères comprenant des éléments comme :

Développement ou croissance
Métabolisme
Motilité
Reproduction
Réponse à des stimuli
Etc.

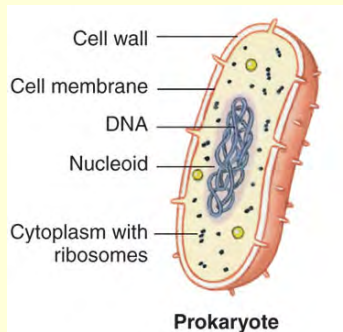
Le biologiste Radu Popa a listé plus de 300 définitions de la vie...dont aucune ne fait l'unanimité !



Dans ce passage de l'évolution chimique à l'évolution biologique, quand apparaît la vie ?



+ ou – vivants de différentes manières...

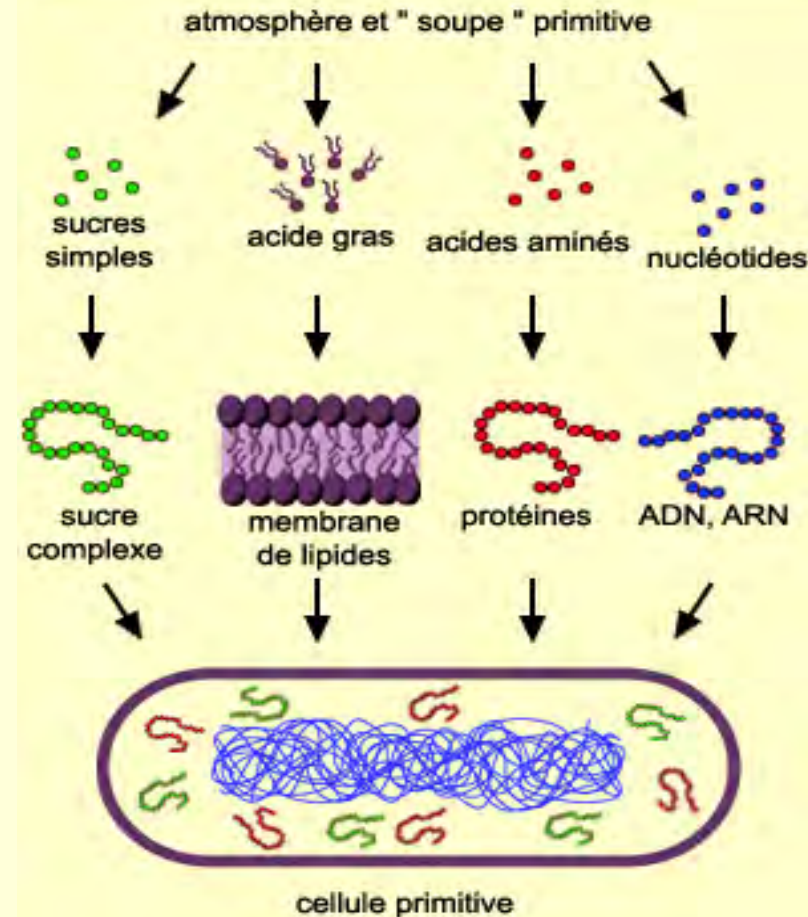


Non



Oui

un gradient





Différentes machines permettant de voler, utilisant différents principes, comportant certaines forces et faiblesses en fonction de différents aspects considérés...

De même, il pourrait très bien y avoir différentes façon « d'être vivant », comportant certaines forces et faiblesses en fonction de différents aspects considérés...

Développement ou croissance + ou -

Métabolisme + ou -

Motilité + ou -

Reproduction + ou -

Réponse à des stimuli + ou -

Différentes « signature de vie »

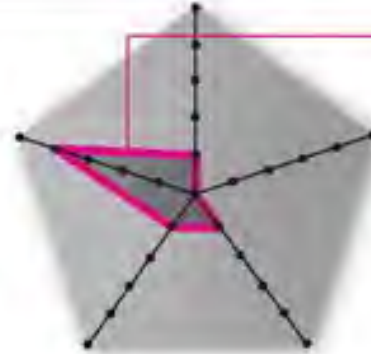
mais des organismes à mi-chemin entre les deux

A MI-CHEMIN
ENTRE LE VIVANT
ET L'INERTE, CES
"PRESQUE VIVANTS"
POSSÈDENT CERTAINES
FONCTIONS PHARES
DE LA VIE



Virus

Parfois inerte, parfois actif, il est doté de 4 capacités fondamentales : il se reproduit, évolue et possède une membrane qui l'individualise.



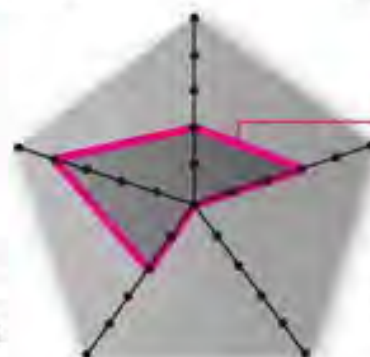
Prion

Cette protéine anormale est individualisée, elle se reproduit et évolue.



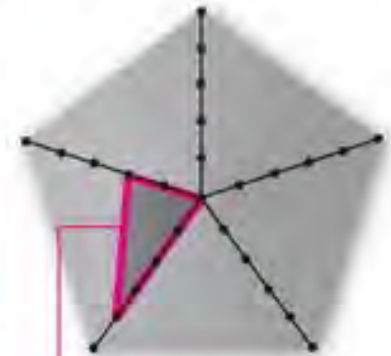
Pepsine

Cette protéine enzymatique digestive se reproduit (elle s'auto-catalyse) et entretient un métabolisme.



Ribozyme

Cet ARN est capable de catalyser des réactions, dont sa propre réplication. Il est individualisé, évolue et possède un métabolisme.



Liposome

C'est une vésicule individualisée dont la membrane est composée de lipides et qui se reproduit.

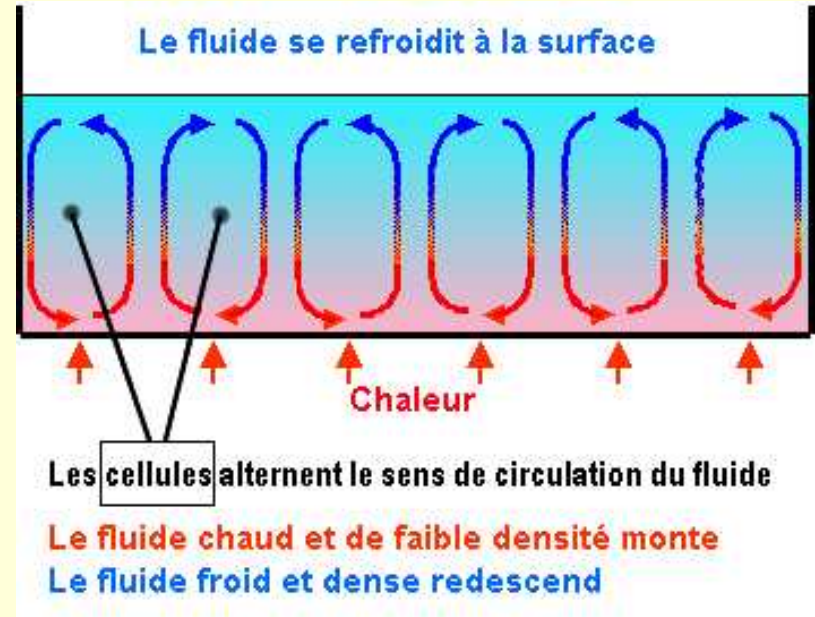
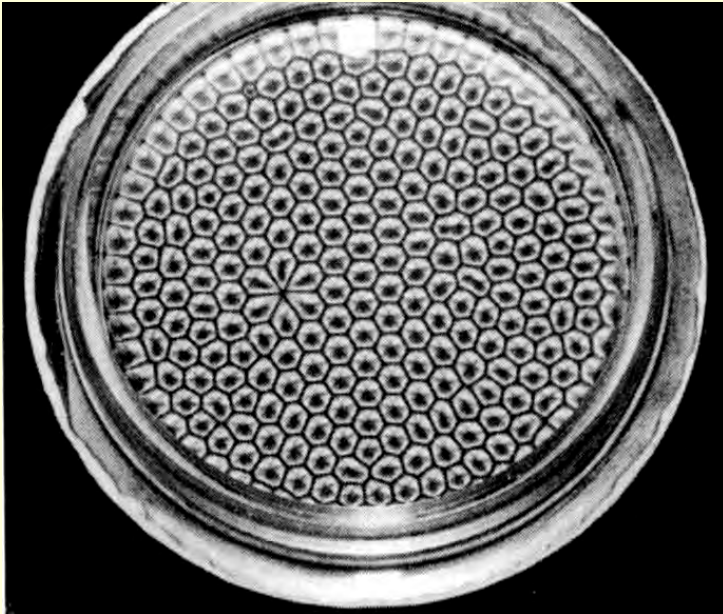
On peut aussi se demander (comme un enfant fatigant!),
pourquoi apparaît la vie ?

Et la réponse pourrait bien être pas très différente de
“pourquoi il y a des molécules ou des macro-molécules ?”

Autrement dit, ces bonnes vieilles
lois de la thermodynamique
qui pourraient encore contrôler l'affaire...

Un exemple de phénomène **dissipatif auto-organisé** :

les **cellules de Bénard**



Des cellules presque vivantes.

<http://www.francois-roddier.fr/?p=109>

Lundi, 29 décembre 2014

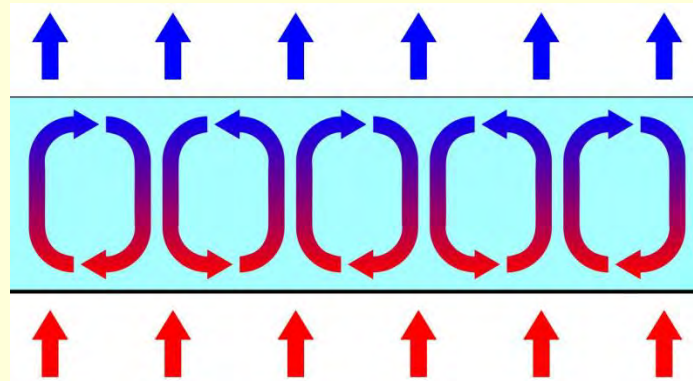
Des « liens-cadeaux » pour finir l'année 2014

Jeremy England, physicien de 31 ans, pense que les organismes vivants existent parce qu'ils ont simplement tendance à **mieux capturer l'énergie de leur environnement et à la dissiper sous forme de chaleur**, conformément au deuxième principe de la thermodynamique.



La démonstration mathématique de England montre que :

« quand un groupe d'atomes est entraîné par une source d'énergie externe (comme le soleil ou des carburants chimiques) et entouré par un bain de chaleur (comme l'océan ou l'atmosphère), **il se restructure progressivement afin de dissiper de plus en plus d'énergie.**



La démonstration mathématique de England montre que :

« quand un groupe d'atomes est entraîné par une source d'énergie externe (comme le soleil ou des carburants chimiques) et entouré par un bain de chaleur (comme l'océan ou l'atmosphère), **il se restructure progressivement afin de dissiper de plus en plus d'énergie.**

Cela pourrait signifier que dans certaines conditions, **la matière acquiert inexorablement l'attribut physique associé à la vie.** »

Qualifiée de spéculative mais prometteuse par plusieurs de ses collègues, cette idée est en voie d'être mise à l'épreuve empiriquement. Affaire à suivre en 2015, donc...

Pourquoi la vie existe-t-elle ? Ce physicien a développé une théorie qui pourrait bouleverser les fondements actuels

<http://soocurious.com/fr/physicien-idee-revolutionne-raison-origine-vie-terre-science/>

(incluant une présentation vidéo d'une heure de England)

A New Physics Theory of Life

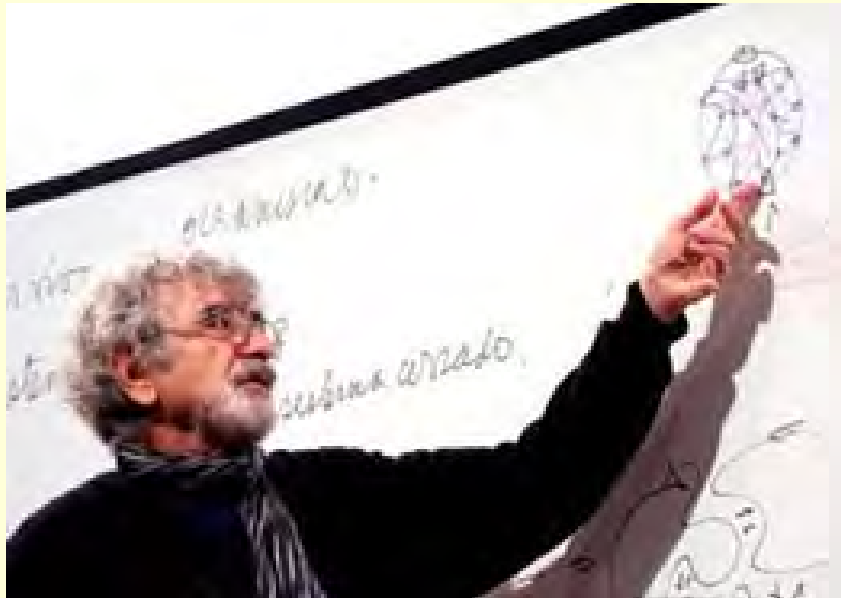
<https://www.quantamagazine.org/20140122-a-new-physics-theory-of-life/>

Pour comprendre ce qu'est une **cellule vivante**,

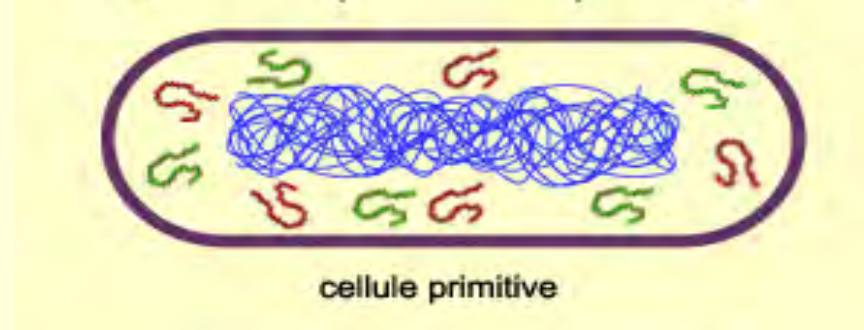


cellule primitive

une notion très utile est celle **d'autopoïèse**,
élaborée par Humberto Maturana et Francisco Varela
dans les années 1970.



Pour comprendre ce qu'est une **cellule vivante**,

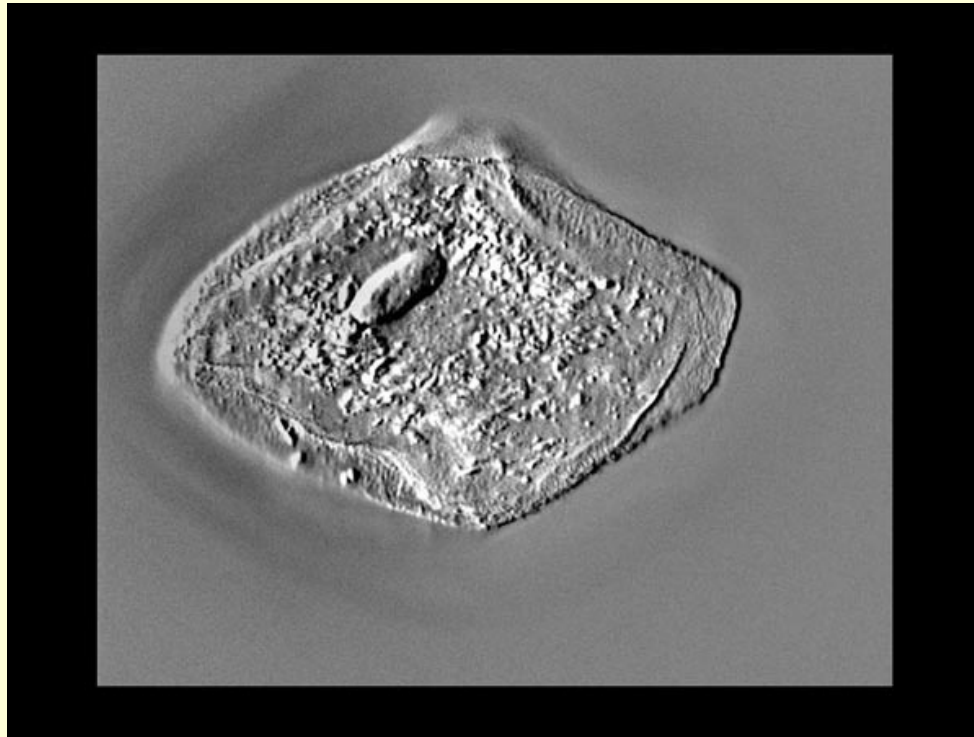


une notion très utile est celle **d'autopoïèse**,
élaborée par Humberto Maturana et Francisco Varela
dans les années 1970.

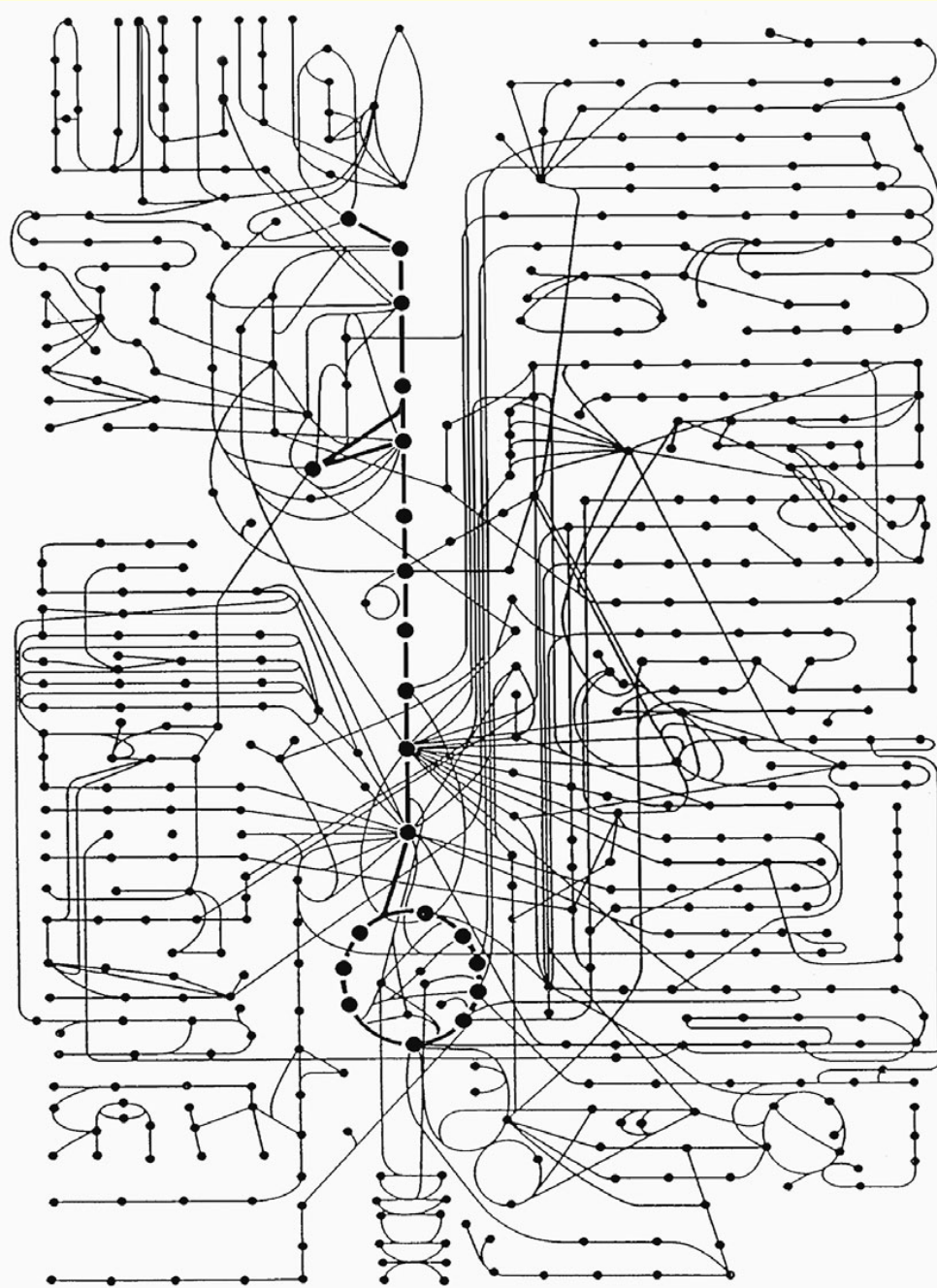
« Notre proposition est que les être vivants sont caractérisés par le fait que, littéralement, ils sont continuellement en train de **s'auto-produire**. »

- Maturana & Varela, *L'arbre de la connaissance*, p.32

« Un système autopoïétique est un **réseau complexe d'éléments** qui, par leurs interactions et transformations, **régénèrent constamment le réseau** qui les a produits. »



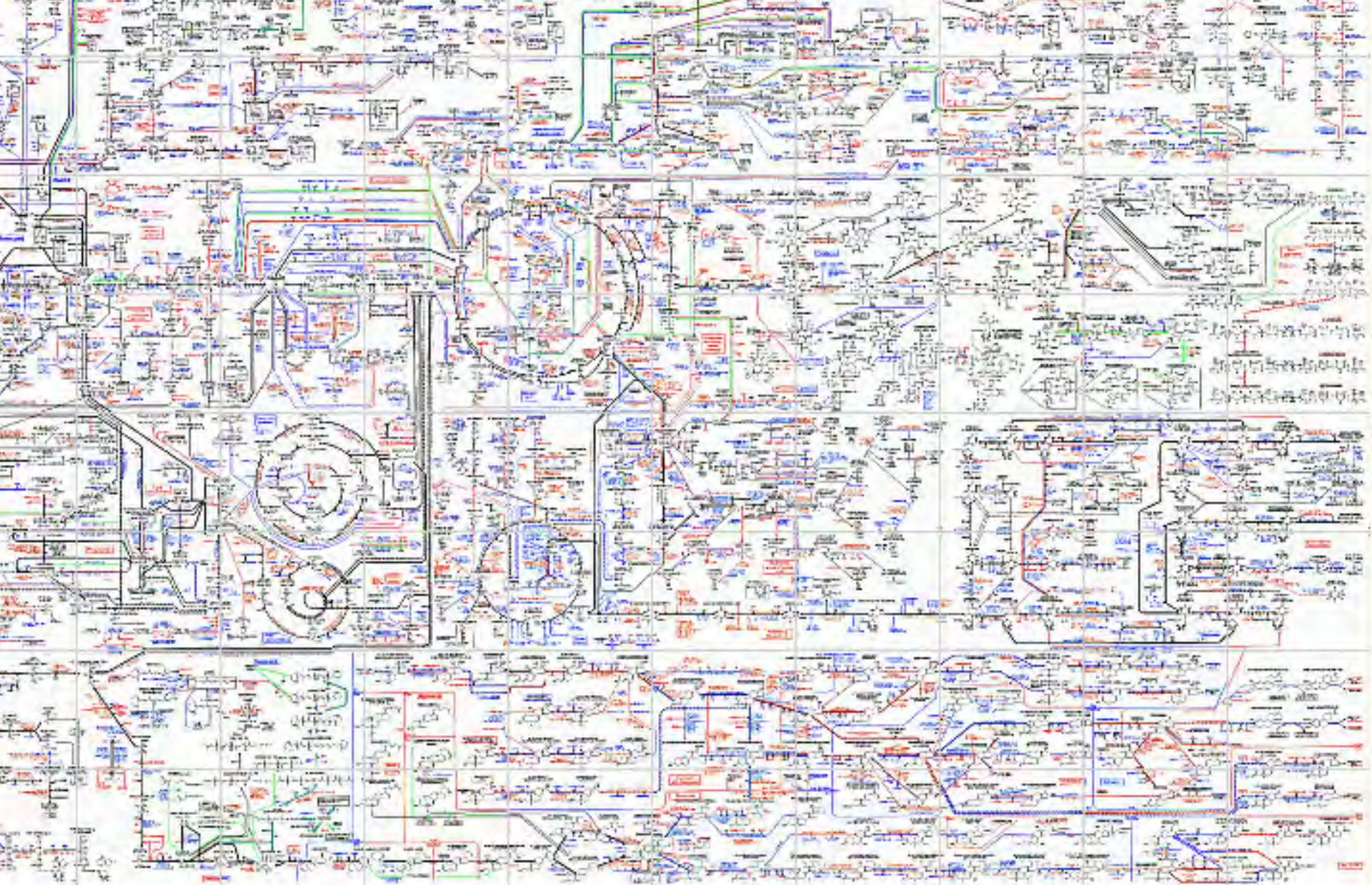
An image of a human buccal epithelial cell obtained using Differential Interference Contrast (DIC) microscopy
(www.canisius.edu/biology/cell_imaging/gallery.asp)



« un réseau »...

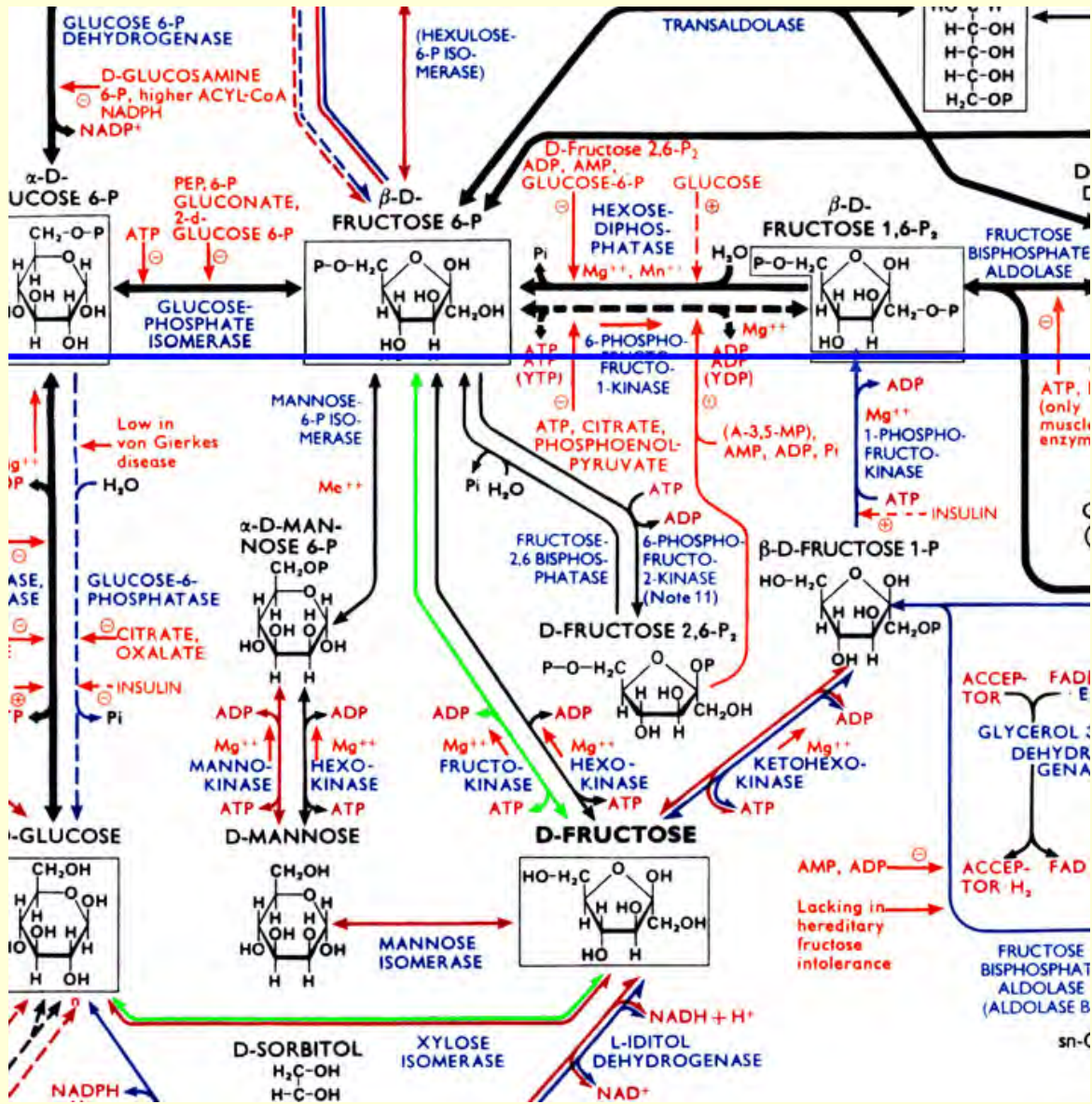
= des éléments qui entretiennent
des relations

Et dans ce réseau, il y a
constance de la structure
générale malgré le changement
de ses éléments constitutants.



« un réseau complexe »... = cascades de réactions biochimiques dans une cellule

« un réseau complexe d'éléments »... : enzymes (protéines), ADN, etc.



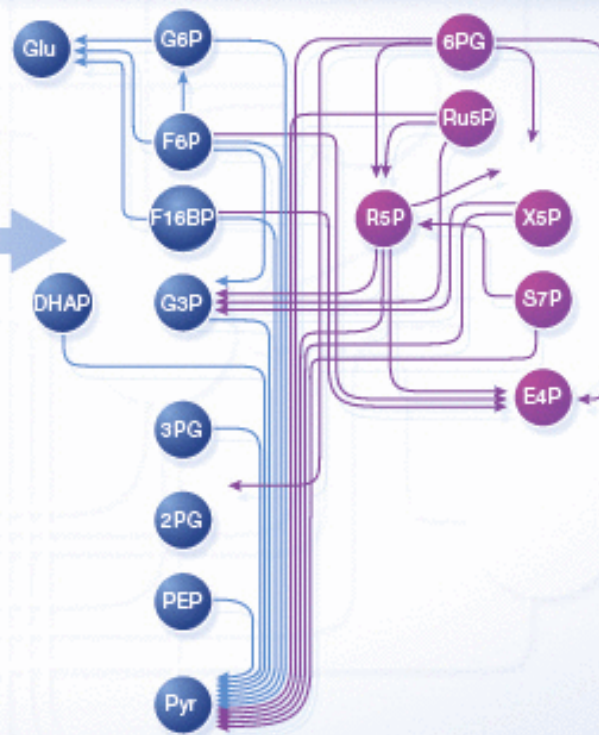
..qui régénèrent constamment, par leurs interactions et transformations, le réseau qui les a produits.

Glycolysis and PPP intermediates



Archean
Ocean
environment
70°C

Enzyme-free reaction cascade



Non-enzymatic glycolysis and pentose phosphate pathway-like reactions in a plausible Archean ocean

Markus A Keller,
Alexandra V Turchyn,
Markus Ralser

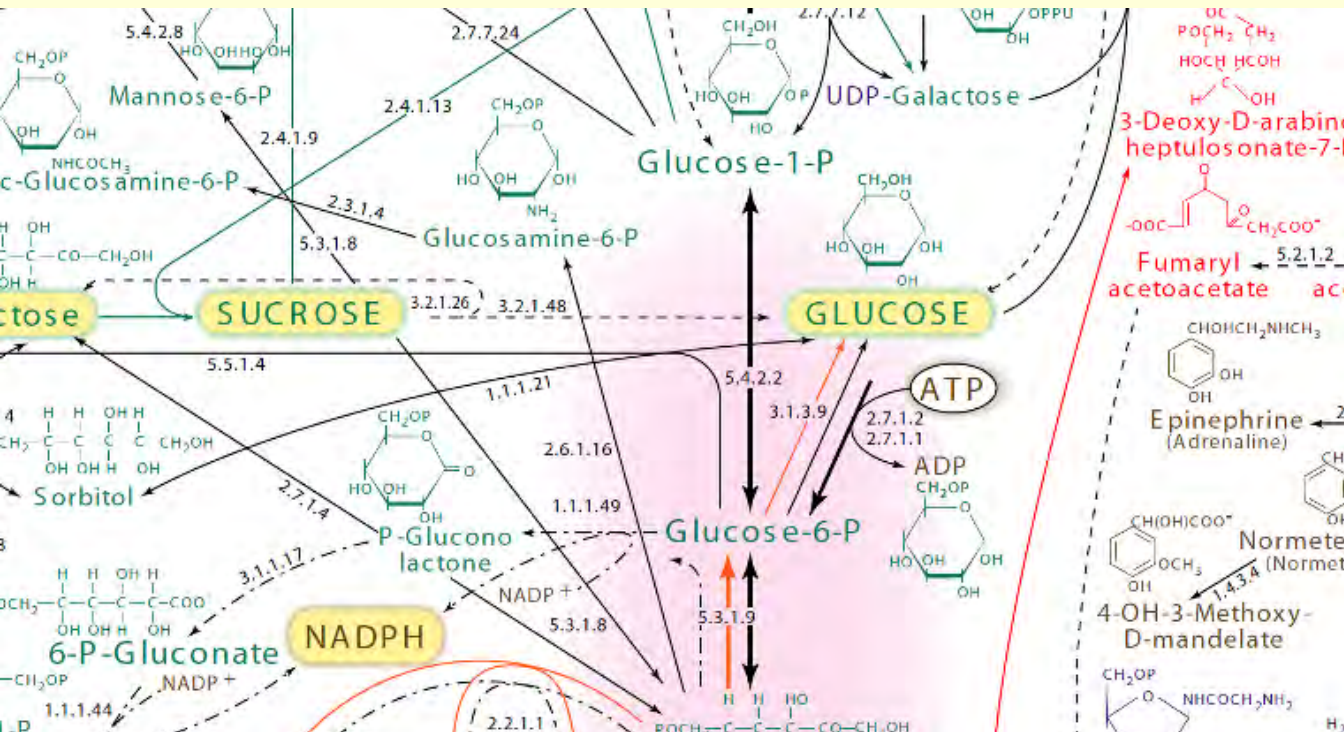
Published

25.04.2014

<http://msb.embopress.org/content/10/4/725>

« metabolism could be of prebiotic origin. »

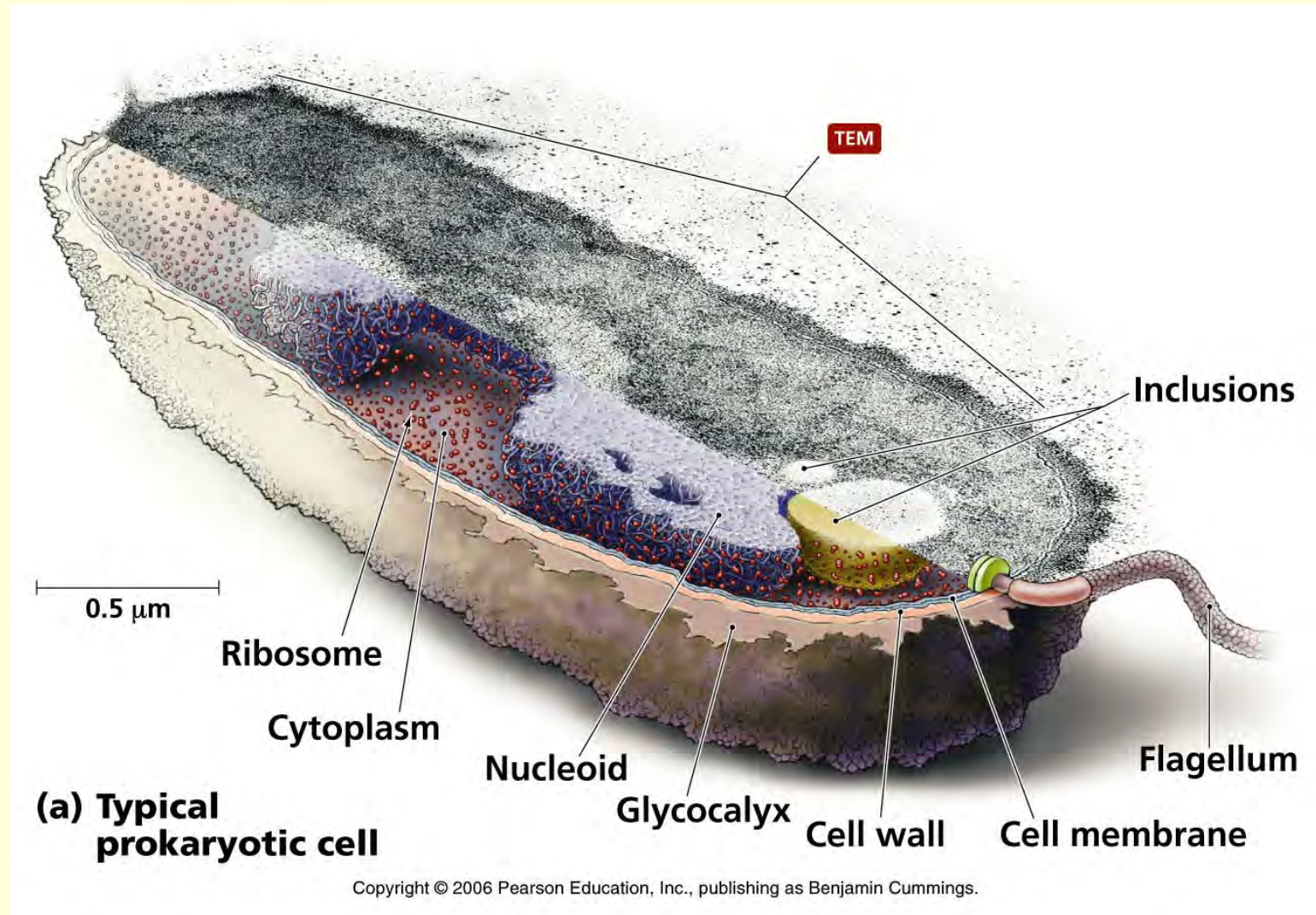
« un réseau complexe d'éléments »... : enzymes (protéines), ADN, etc.



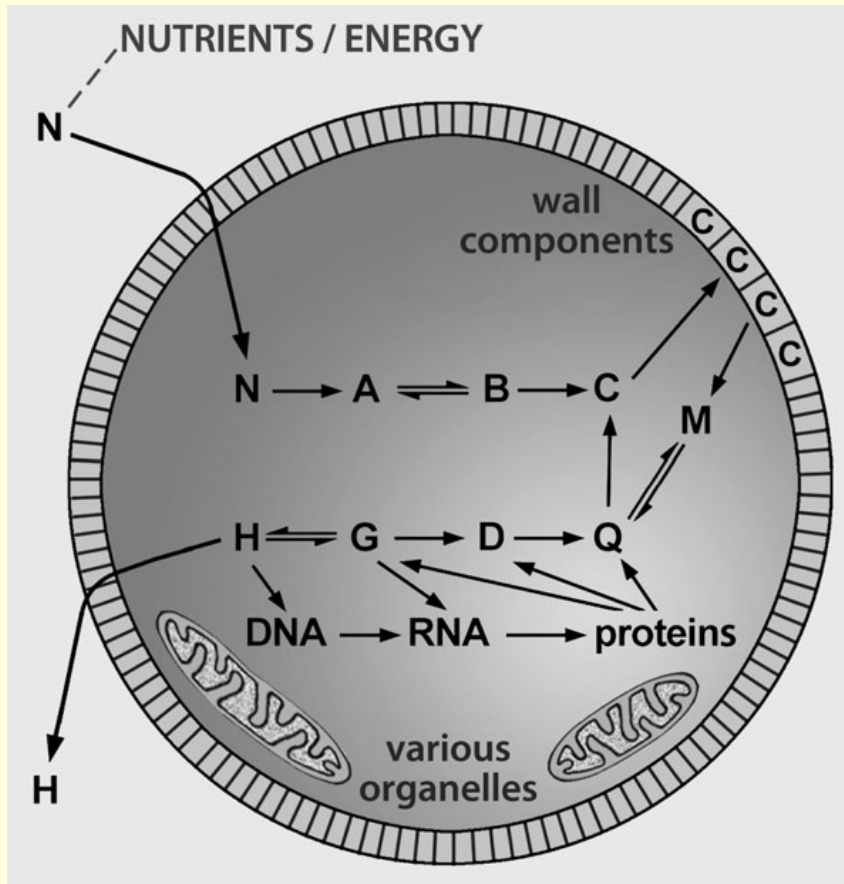
..qui régénèrent constamment, par leurs interactions et transformations, le réseau qui les a produits.

« Pas de métabolisme, pas de cellules.
Pas de cellules, pas de neurones.
Pas de neurones, pas de cerveaux.
Pas de cerveaux, pas d'humains ! »

Les premières cellules vivante sont déjà infiniment complexes !



“ Life is a factory that makes itself from within. “



Il n'y a pas d'endroit particulier qui pourrait être associé à un "centre de la vie" à l'intérieur de la cellule (pas plus qu'il n'y a de "centre de" quoi que ce soit dans le cerveau...)

Car la vie n'est pas localisée.

C'est une propriété globale qui **émerge des interactions collectives du réseau** des composants moléculaires qui forment la cellule.

La vie est une propriété émergente qui n'est pas présente dans les parties mais dans le tout que forment ces parties.

"Le tout est plus que la somme de ses parties."

Exemple de propriétés émergentes en chimie



+



=

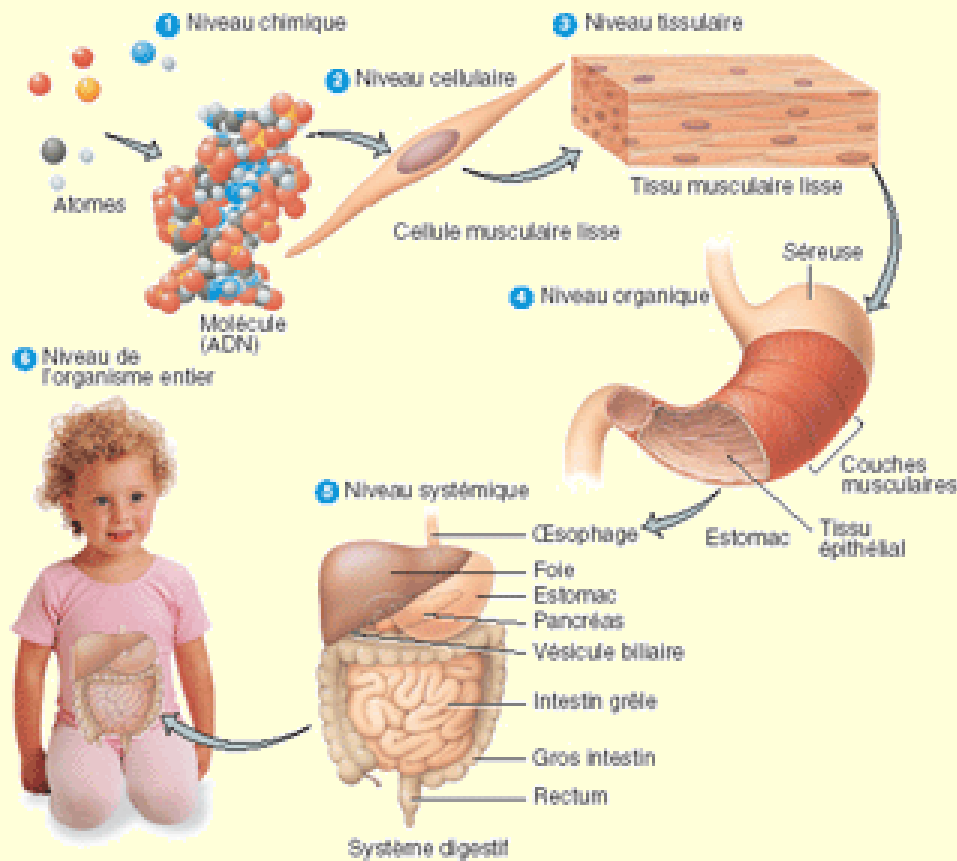


Sodium (Na)
(métal hautement inflammable)

Chlore (Cl)
(gaz très toxique)

Chlorure de sodium (NaCl)
(sel de table,
parfaitement comestible)

Organisation structurale du corps humain (Figure 1.1)



Et s'il est vrai que la biologie se construit à partir de la chimie,

l'émergence du vivant en tant que **propriété** ne peut pas être réduit aux propriétés de ses constituants chimiques.

L'approche **réductionniste** en science où l'on cherche à réduire le tout en ses parties n'est applicable que lorsqu'on parle de **ce qui compose** la structure du vivant.

Et non des propriétés (issues de la **forme** de ses réseaux).

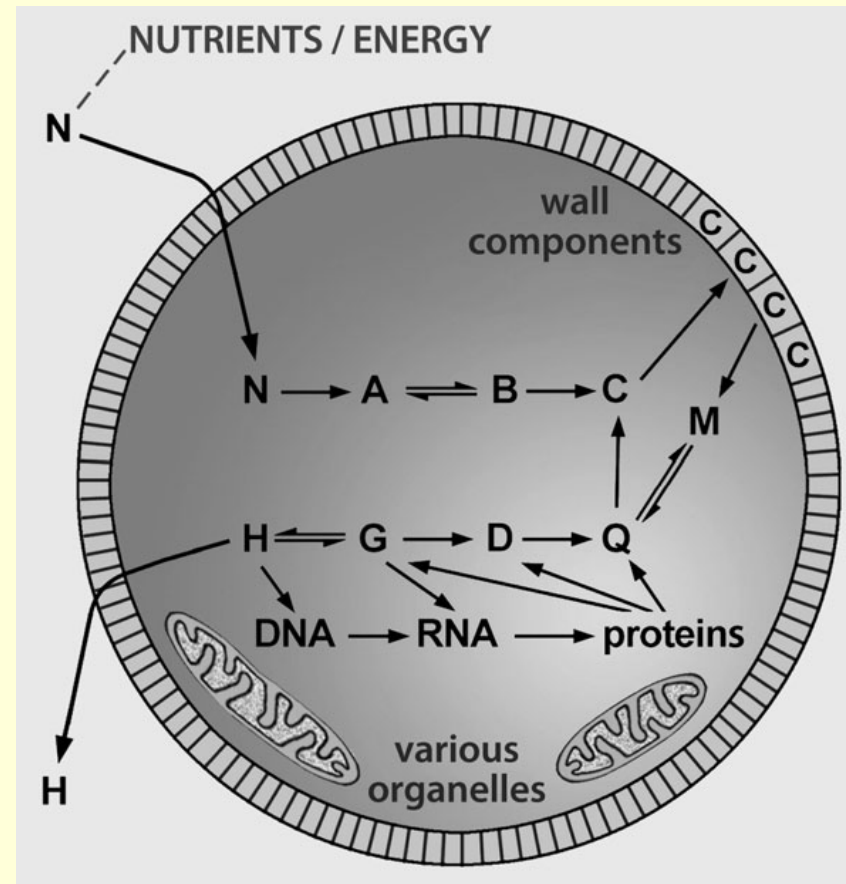
En biologie, c'est donc la 2^e question qui va nous intéresser :

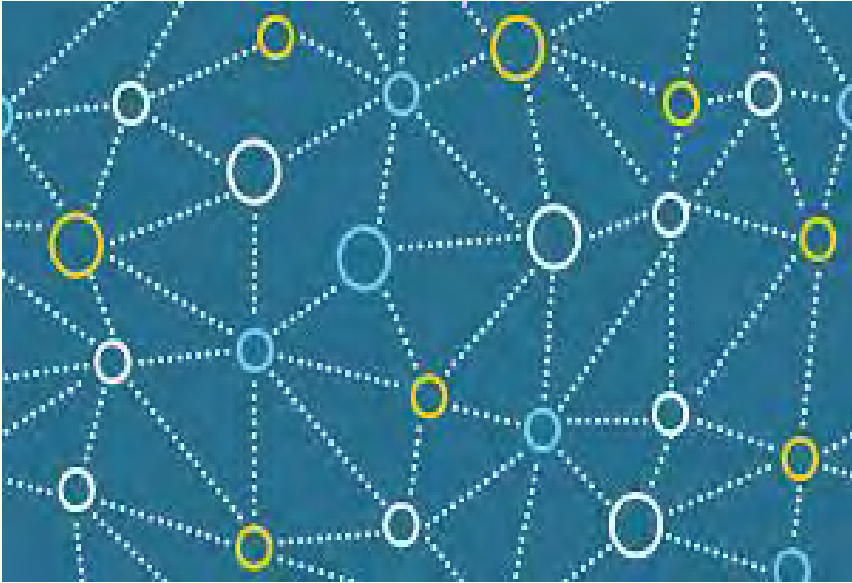
l'étude de la **forme** : quel est le pattern ?

Est-ce qu'il y a un pattern commun qu'on peut associer à tous les systèmes vivants?

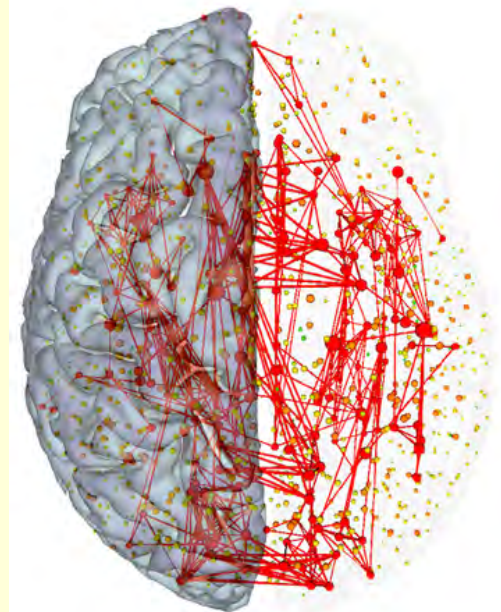
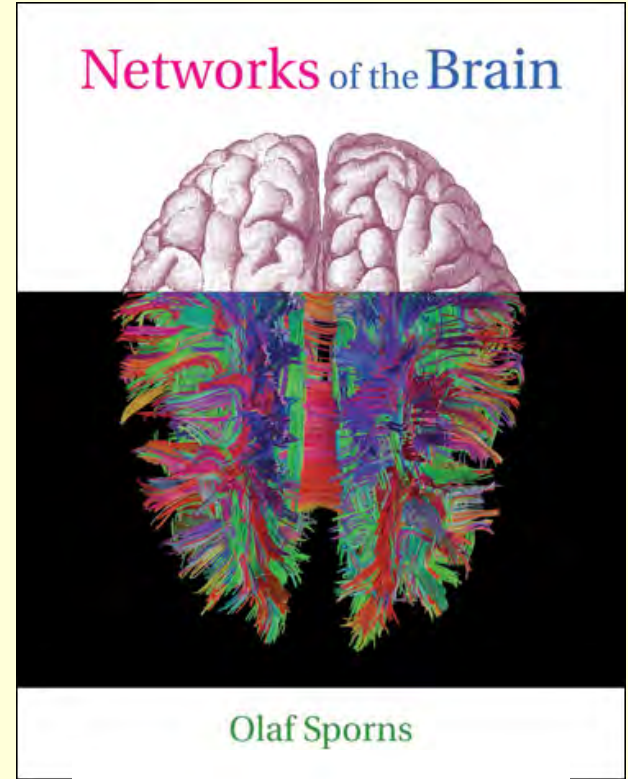
Je vous donne tout de suite le punch :

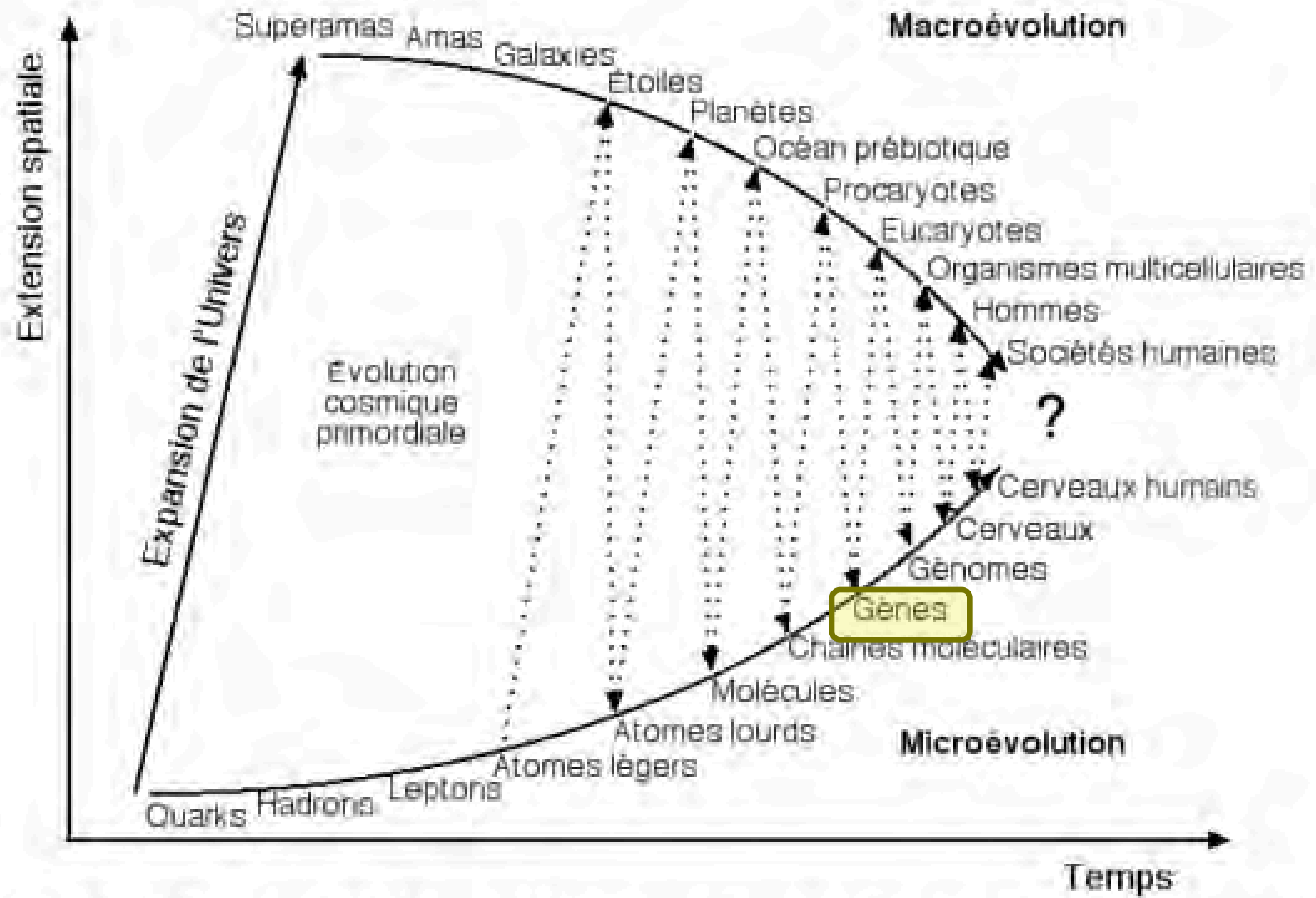
« **Whenever we look at life, we look at networks.** »





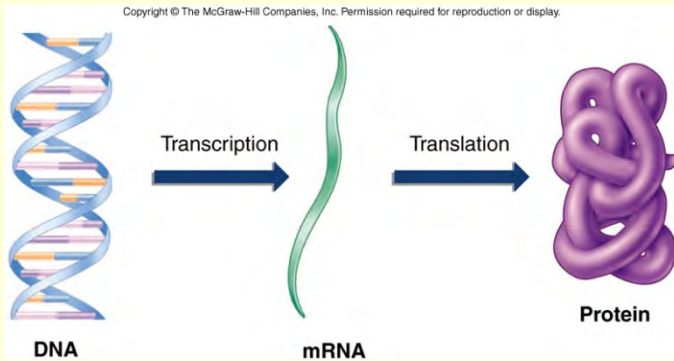
« Whenever we look at life,
we look at networks.”



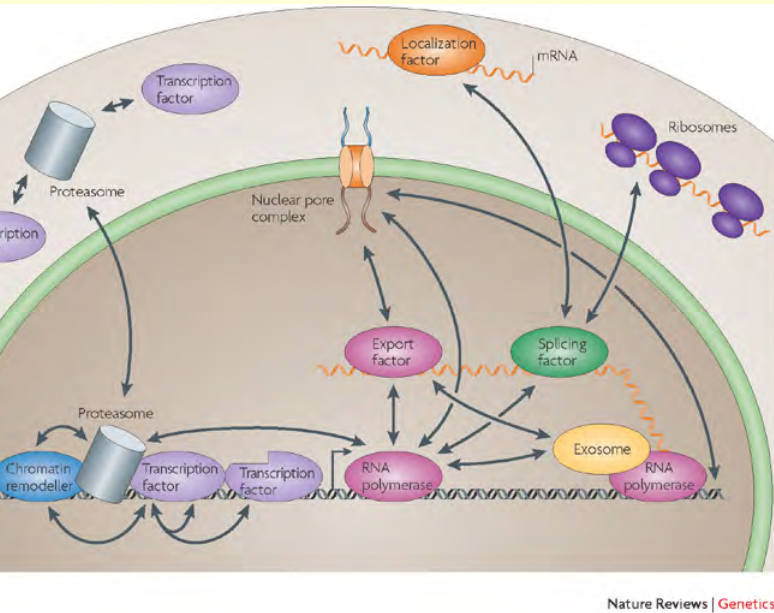


D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.

Et ça se vérifie déjà au niveau du gène...

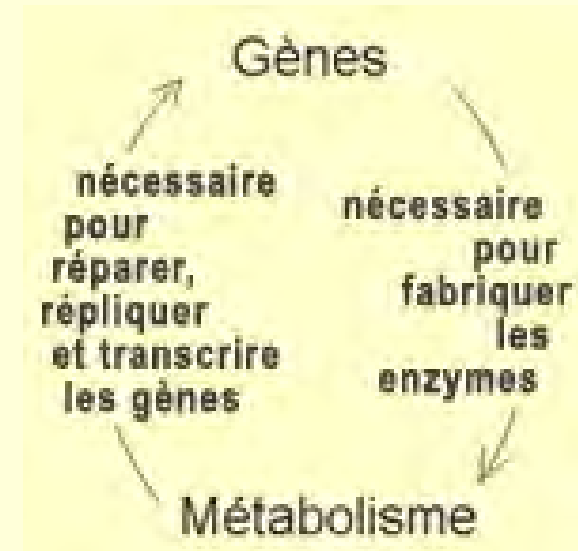


On a longtemps pensé que les gènes n'étaient que les « plans » pour fabriquer nos protéines.



Mais on sais maintenant que certains gènes servent à fabriquer des enzymes qui vont revenir se fixer sur d'autres gènes et en influencer l'expression.

Dans l'autopoïèse, le **métabolisme** et les **gènes** forment ensemble un réseau.



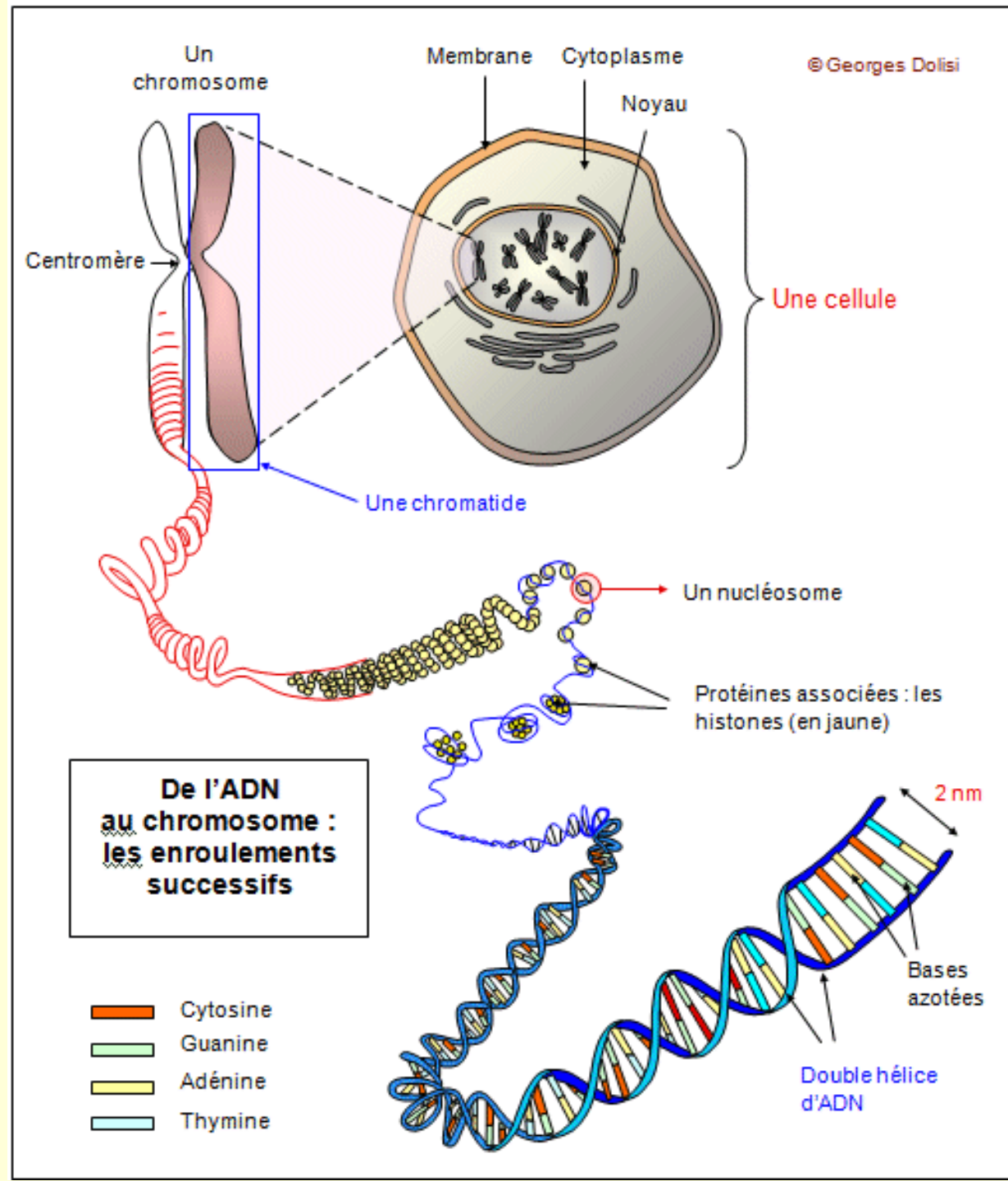
Ces réseaux doivent cependant réussir à se **reproduire** en faisant des copies d'eux-mêmes.

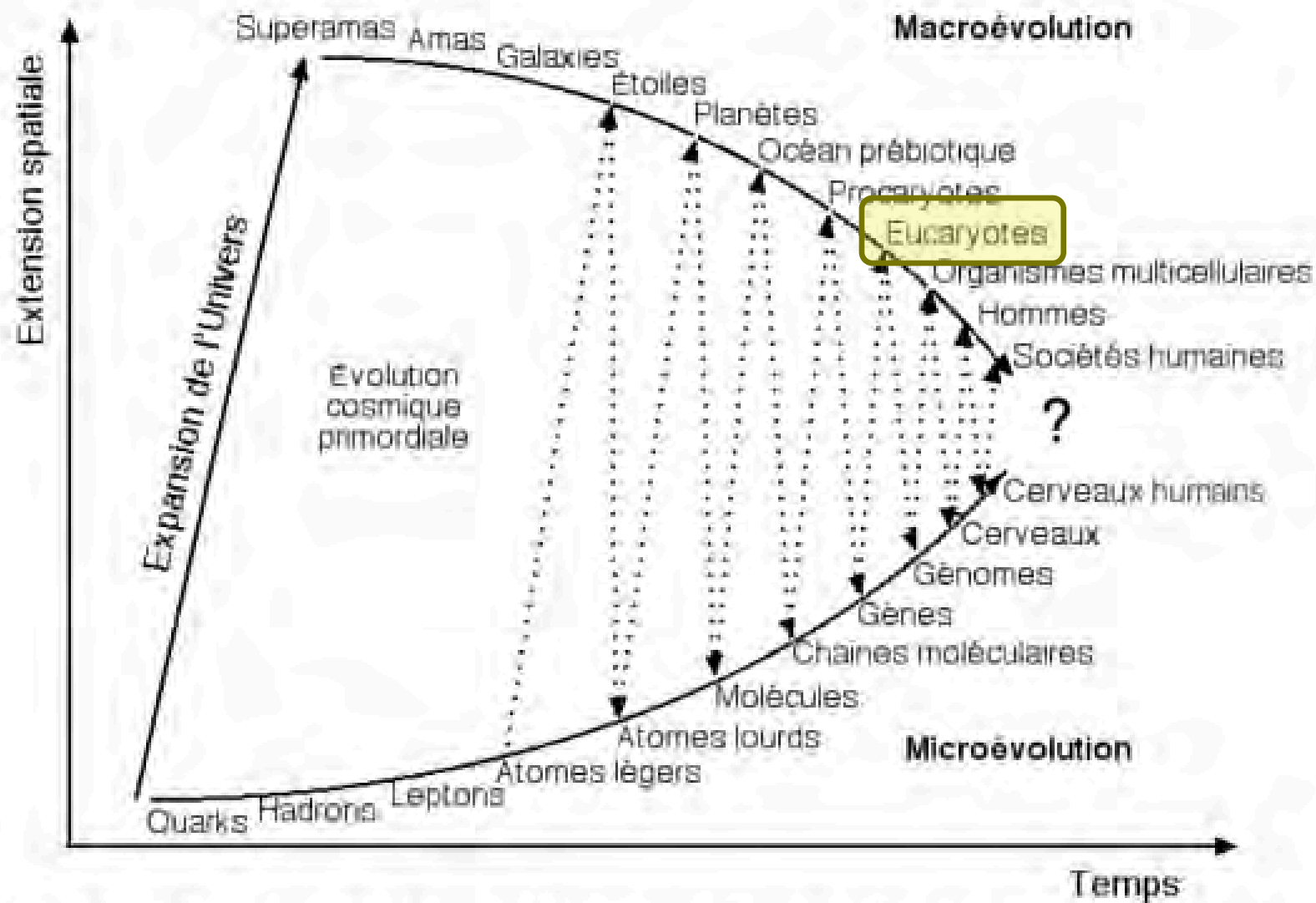
Car la vie implique aussi une capacité de **mémoire** pour retenir les bons coups du hasard.

C'est ce que fait l'**ADN**, cette **longue** molécule relativement **stable** située dans le noyau de chacune de nos cellules.

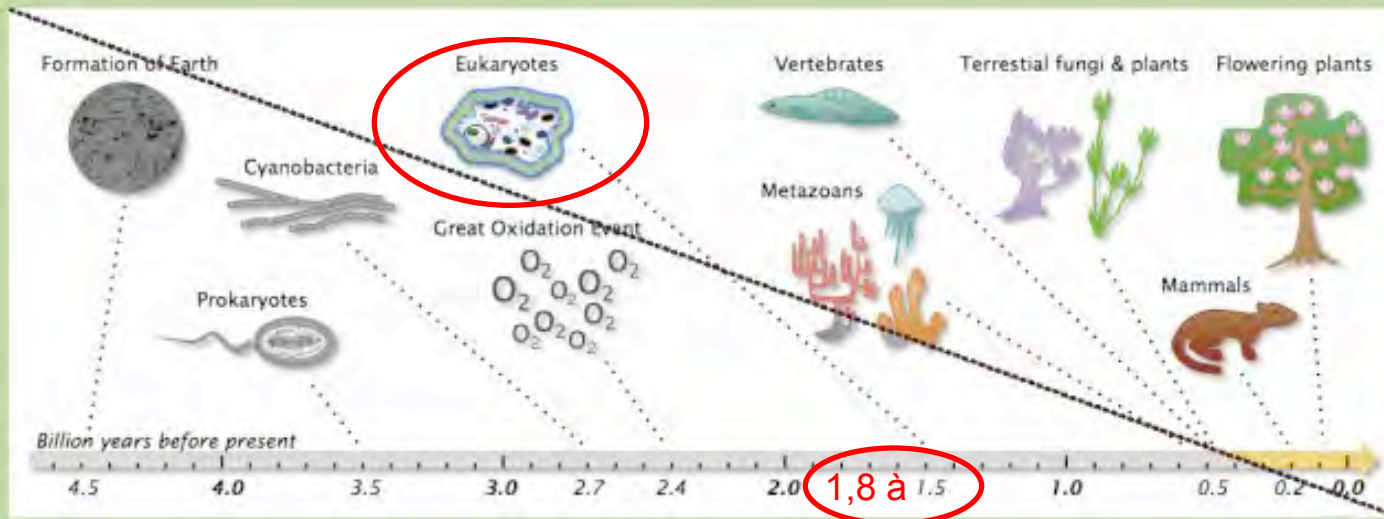
Mais cette stabilité ne lui confère pas un statut particulier vis-à-vis des autres molécules :

l'ADN fait partie d'un **réseau complexe d'interactions moléculaires**.

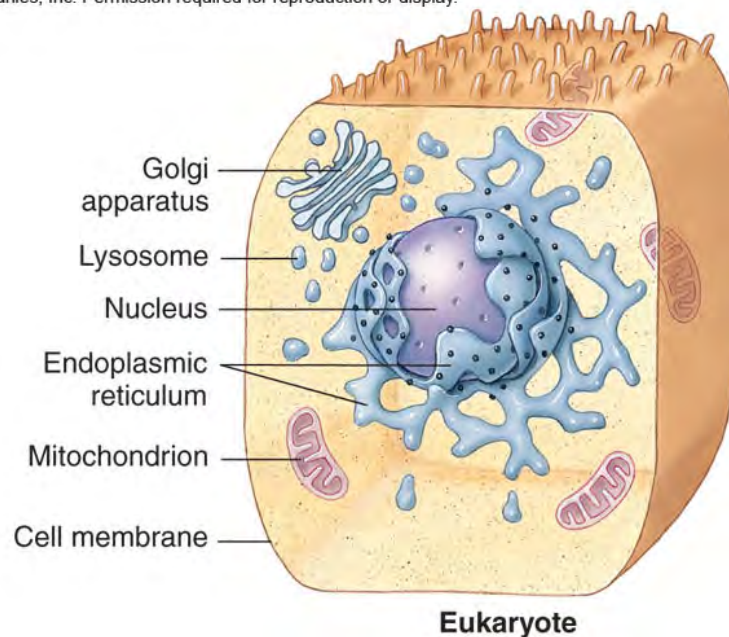
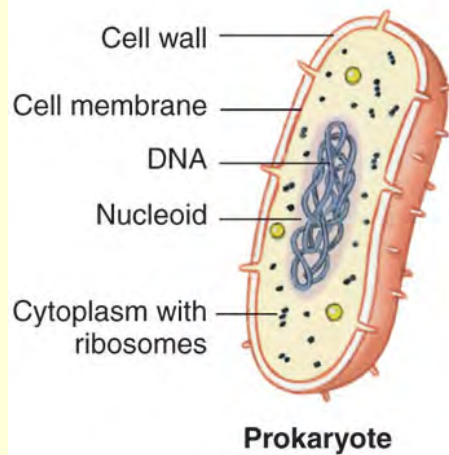




D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.



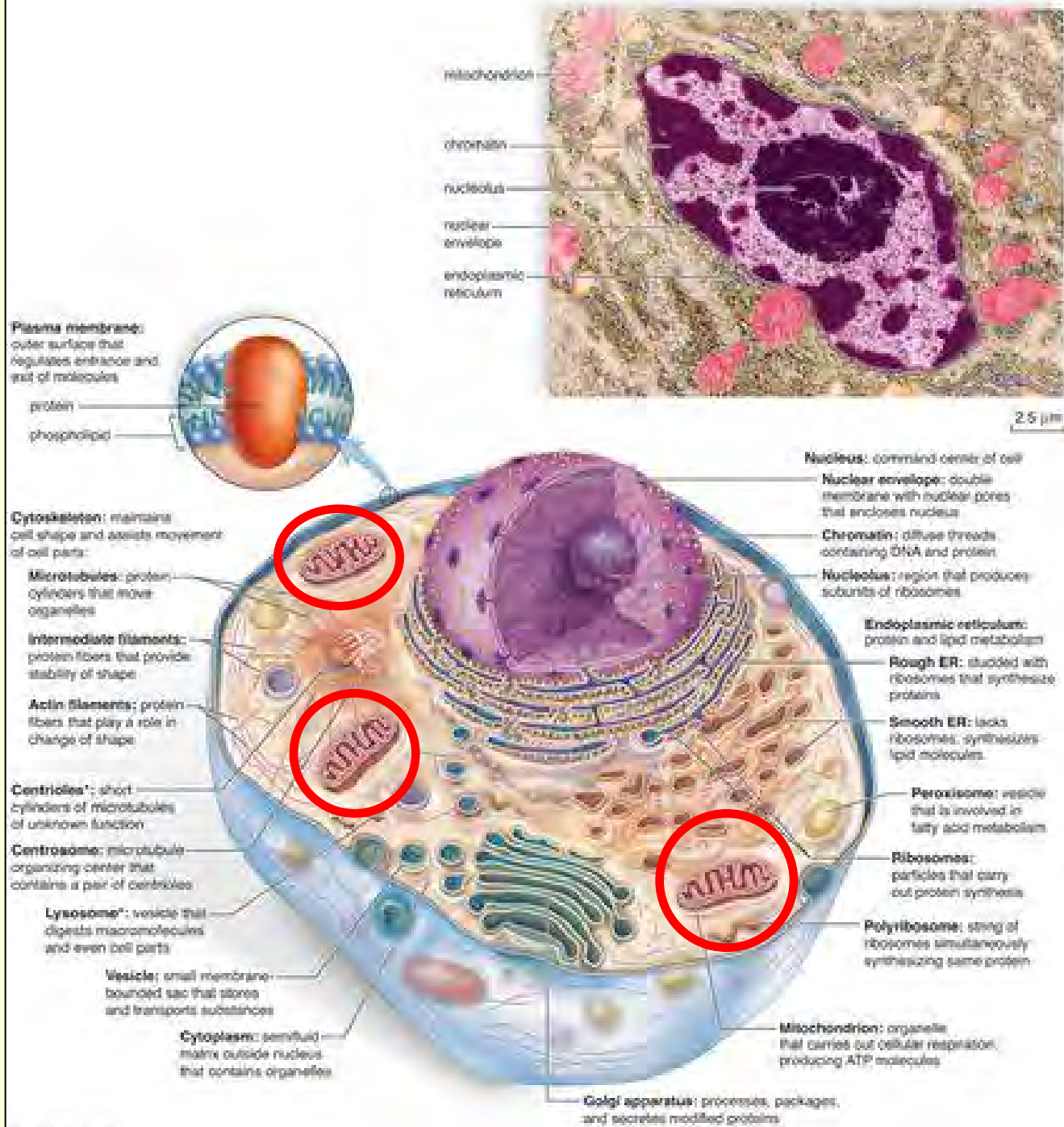
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



Les réseaux complexes se « compartimentalisent »

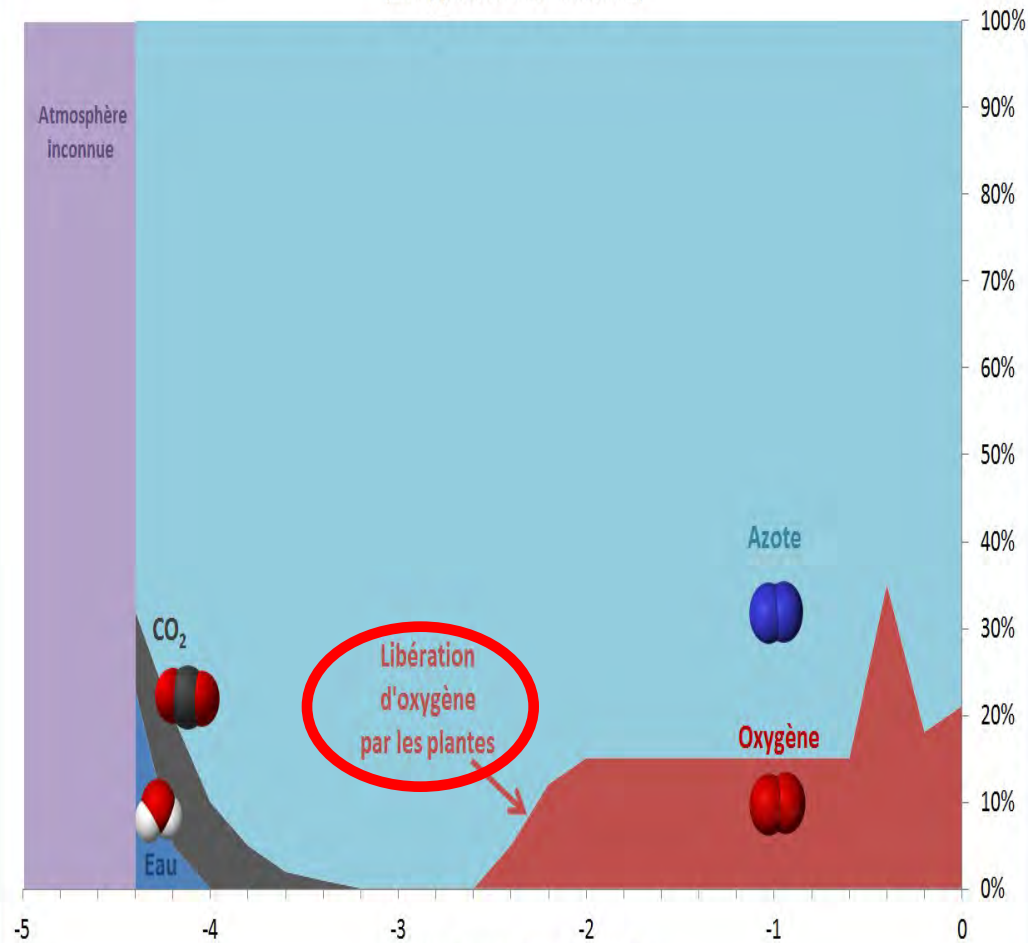
Dans le **noyau**, où se retrouve l'ADN.

Mais aussi dans différents compartiments, dont un très important, les **mitochondries**.

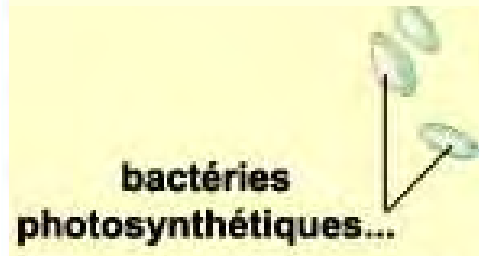


Composition de l'atmosphère depuis 5 milliards d'années

(en %) (Source : Pour la Science)



© Olivier Berruyer, www.les-crisis.fr

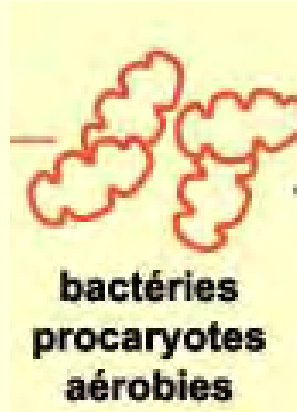




**cellule eucaryote
primitive anaérobie**

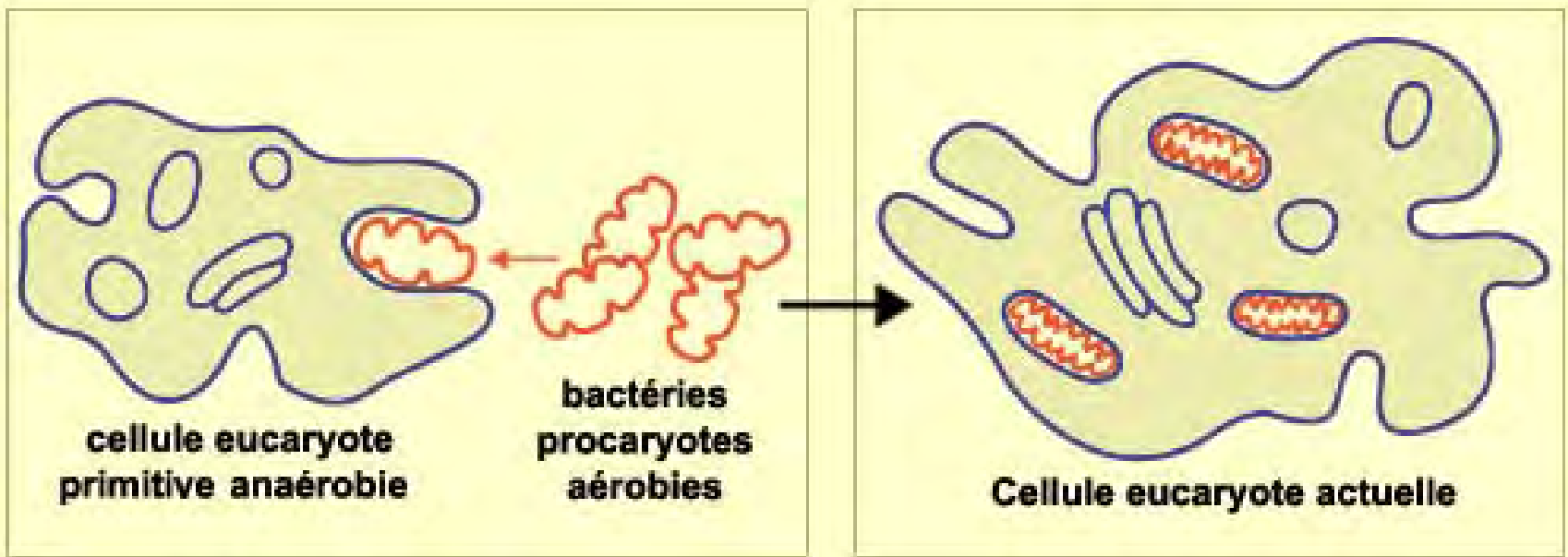
Avant, avec seulement la glycolyse :

Bilan énergétique : 2 ATP



capables d'utiliser la molécule d'oxygène.

Bilan énergétique : 38 ATP !

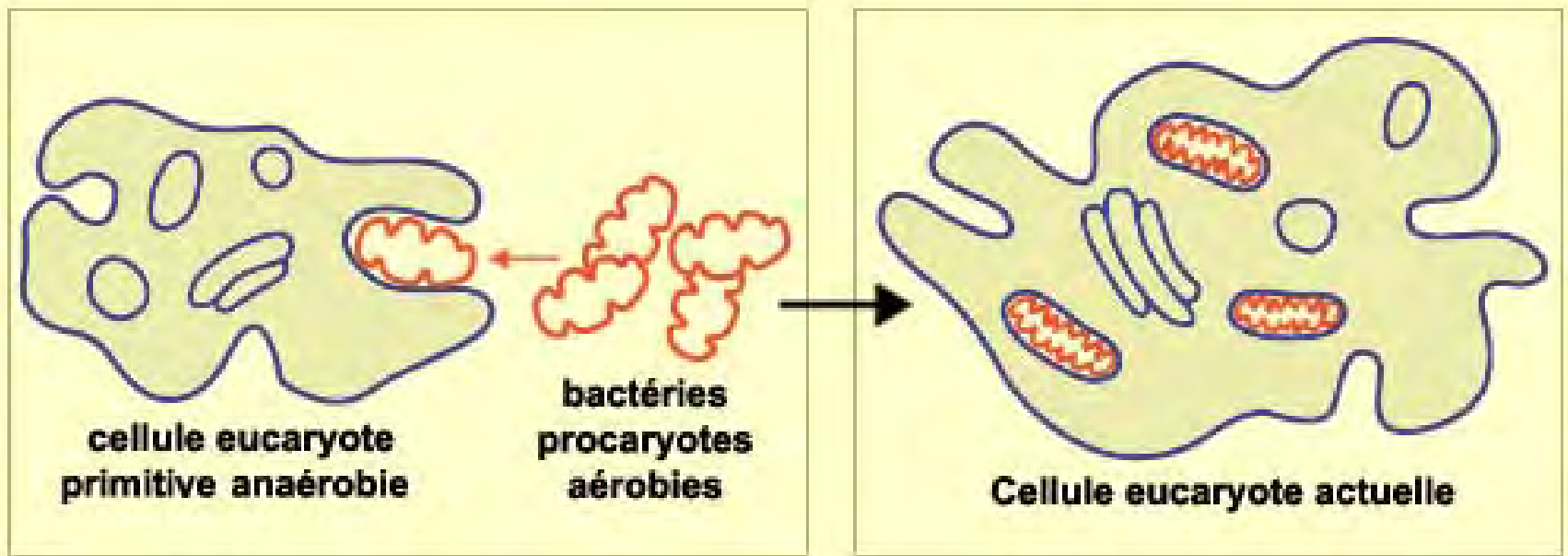


Avant, avec seulement la glycolyse : le **glucose** sera transformé en absence d'oxygène, en alcool éthylique qui sert d'accepteur interne pour les électrons.

Bilan énergétique : 2 ATP

Avec la mitochondrie, la molécule d'oxygène est utilisée comme accepteur final d'électrons et permet une oxydation complète de la molécule de glucose qui sera complètement transformée en CO₂ et H₂O.

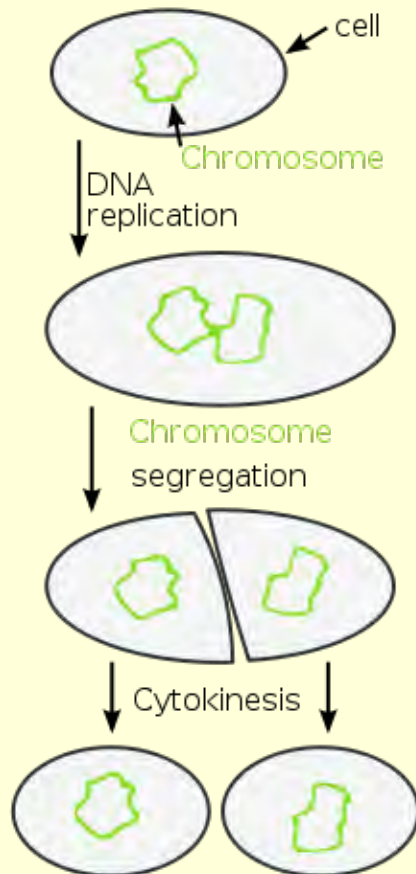
Bilan énergétique : 38 ATP,
soit 19 fois plus que la glycolyse !



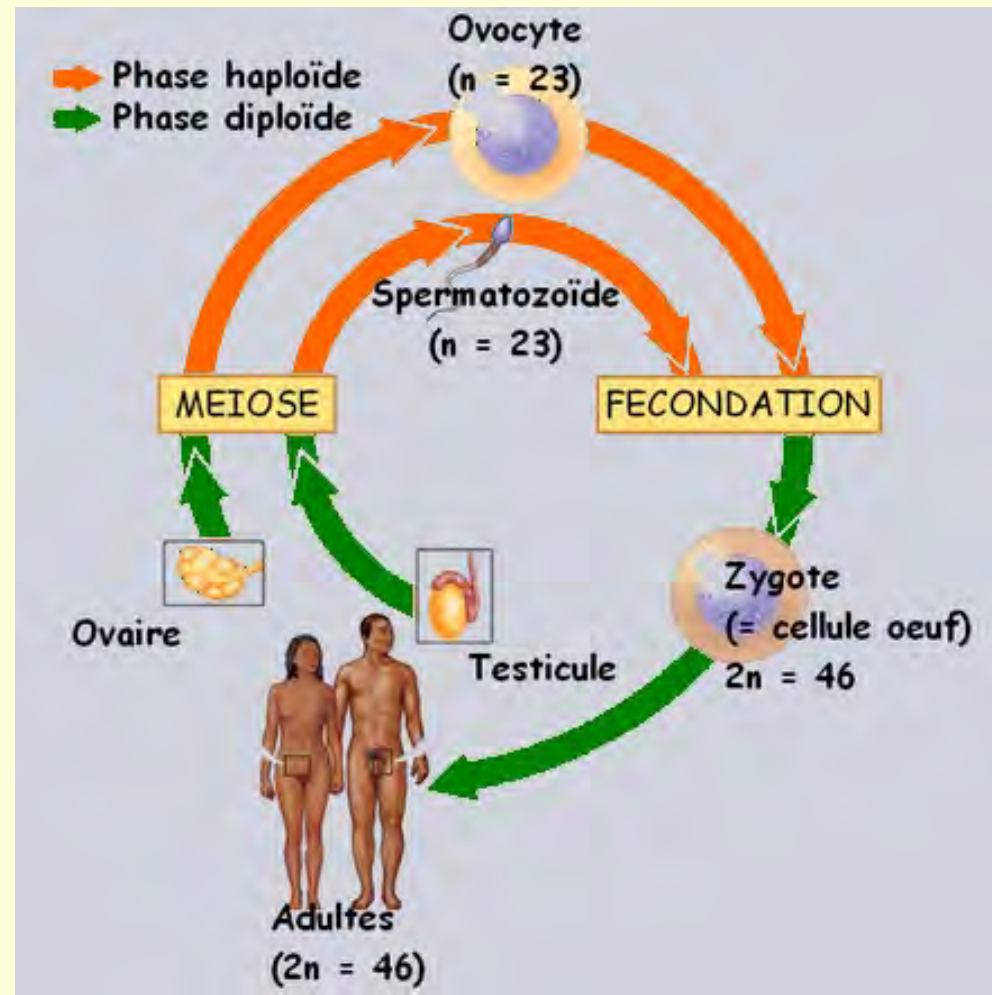
« Pas de relation **symbiotique** cellules eucaryotes - bactéries aérobie
(une forme de coopération), pas de neurones si énergivores.
Pas de neurones, pas de cerveaux.
Pas de cerveaux, pas d'humains ! »

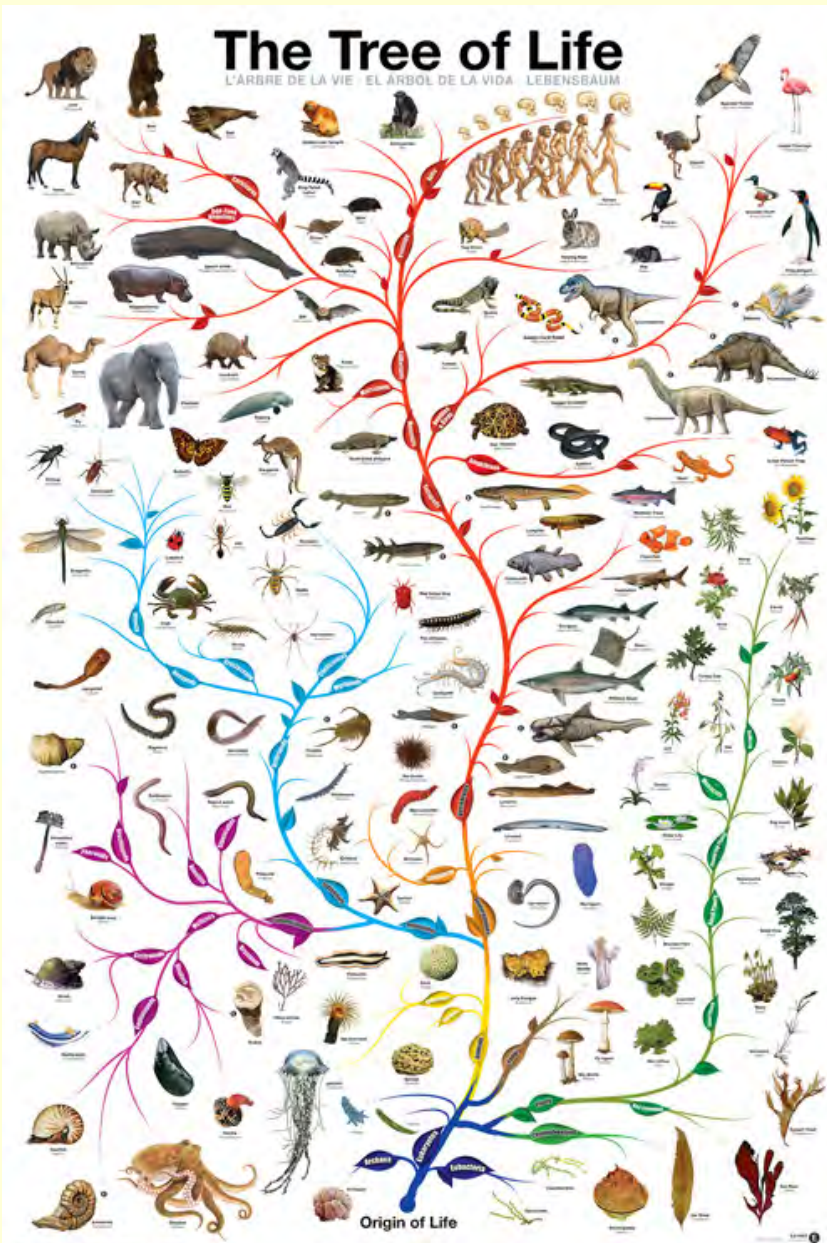
Autre étape importante : apparition de la **reproduction sexuée**, vraisemblablement avec les premiers eucaryotes.

Car avant : multiplication asexuée qui permet à **un** « parent » de se multiplier seul en faisant **deux copies identiques** de lui-même

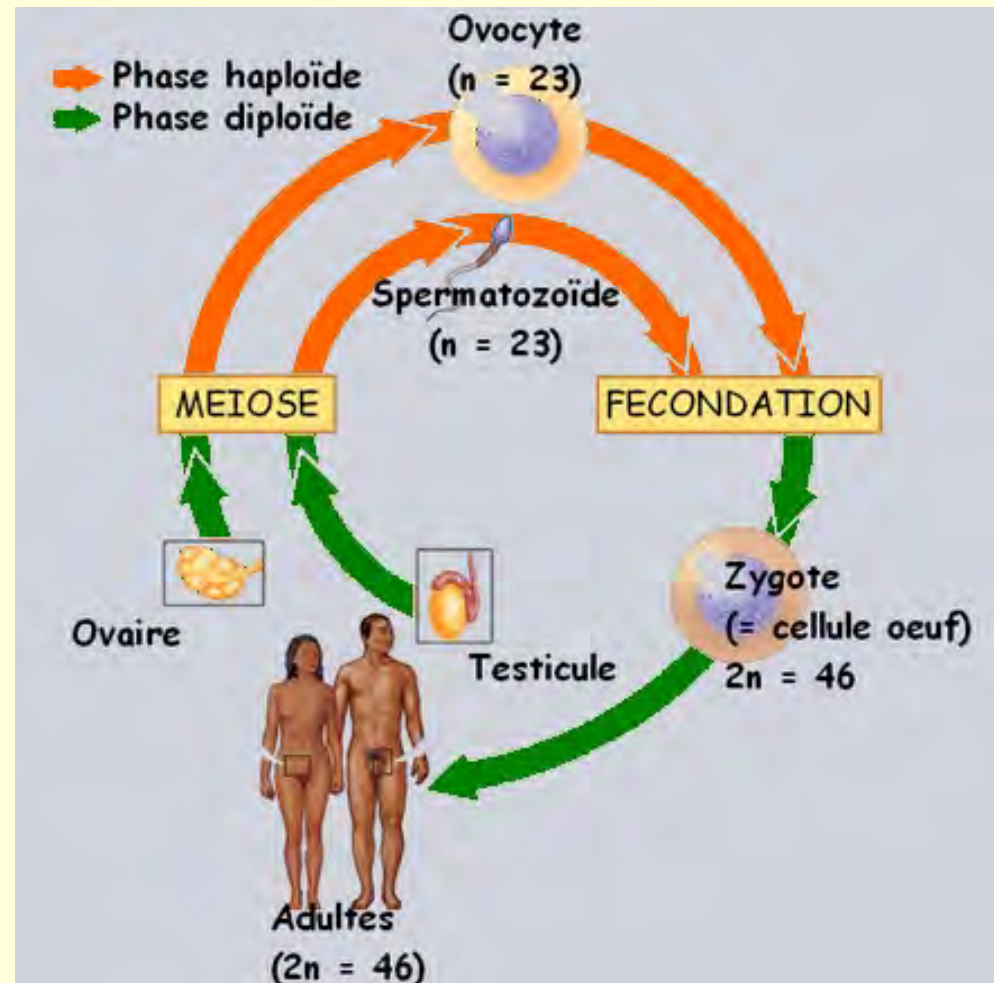


La sexualité : **deux** « parent » se mettent ensemble pour faire **un** individu toujours **différent** grâce au **brassage** du patrimoine génétique (crée beaucoup plus de **diversité**)



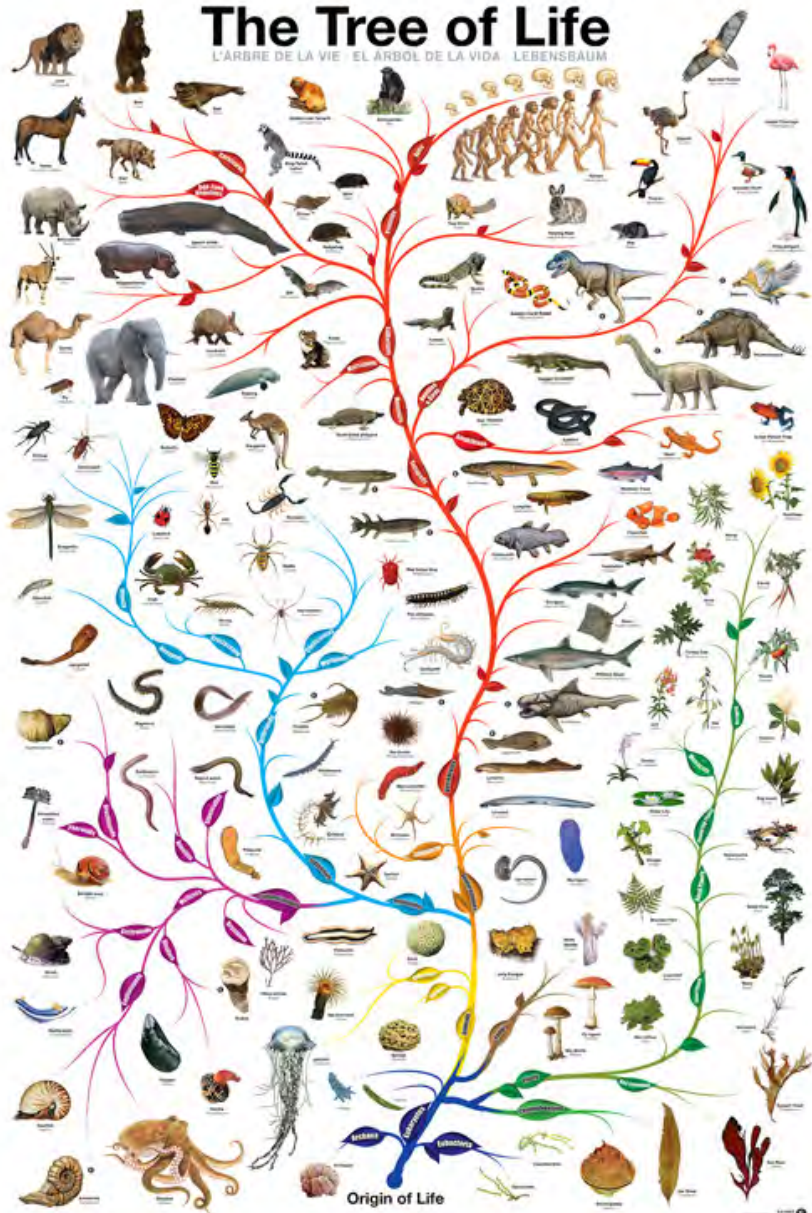


La sexualité : **deux** « parent » se mettent ensemble pour faire **un** individu toujours **différent** grâce au **brassage** du patrimoine génétique (crée beaucoup plus de **diversité**)



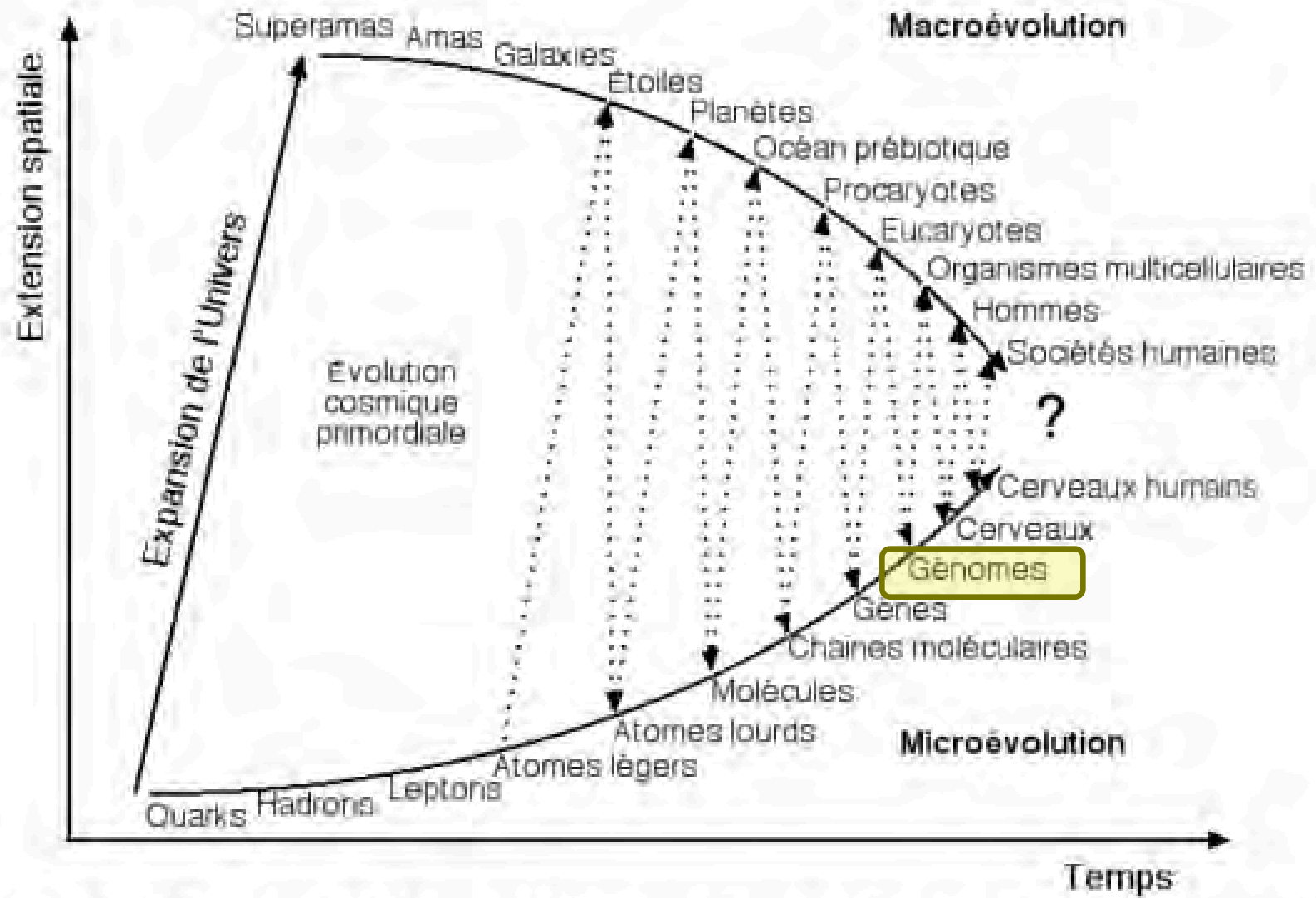
The Tree of Life

L'ARBRE DE LA VIE · EL ÁRBOL DE LA VIDA · LEBENSBAUM



« Pas de sexualité, peu de diversité.
Peu de diversité, peu d'évolution
biologique.

Peu d'évolution biologique,
peu de chance de produire
des cerveaux humains ! »



D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.

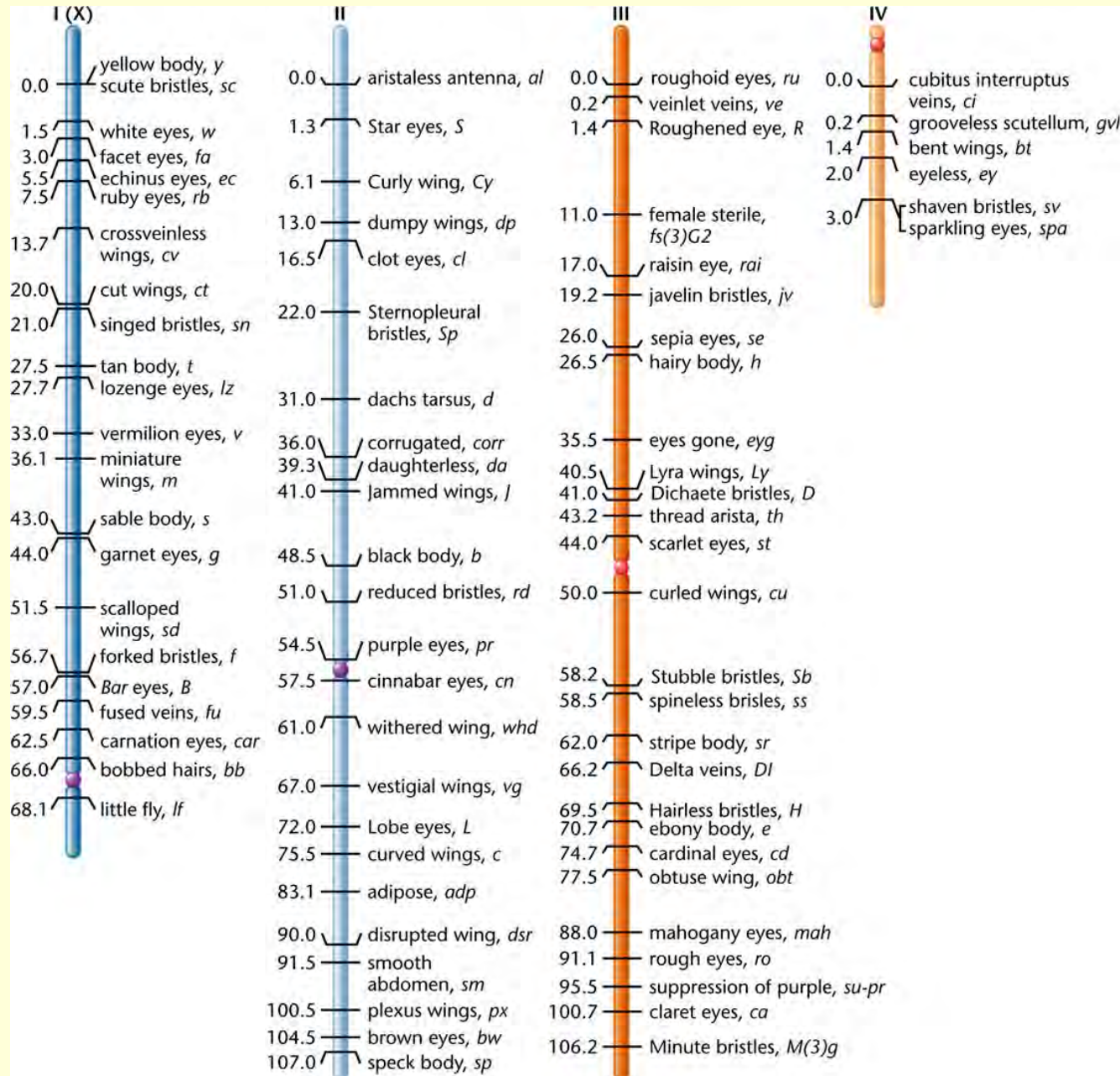
Mouche mutante

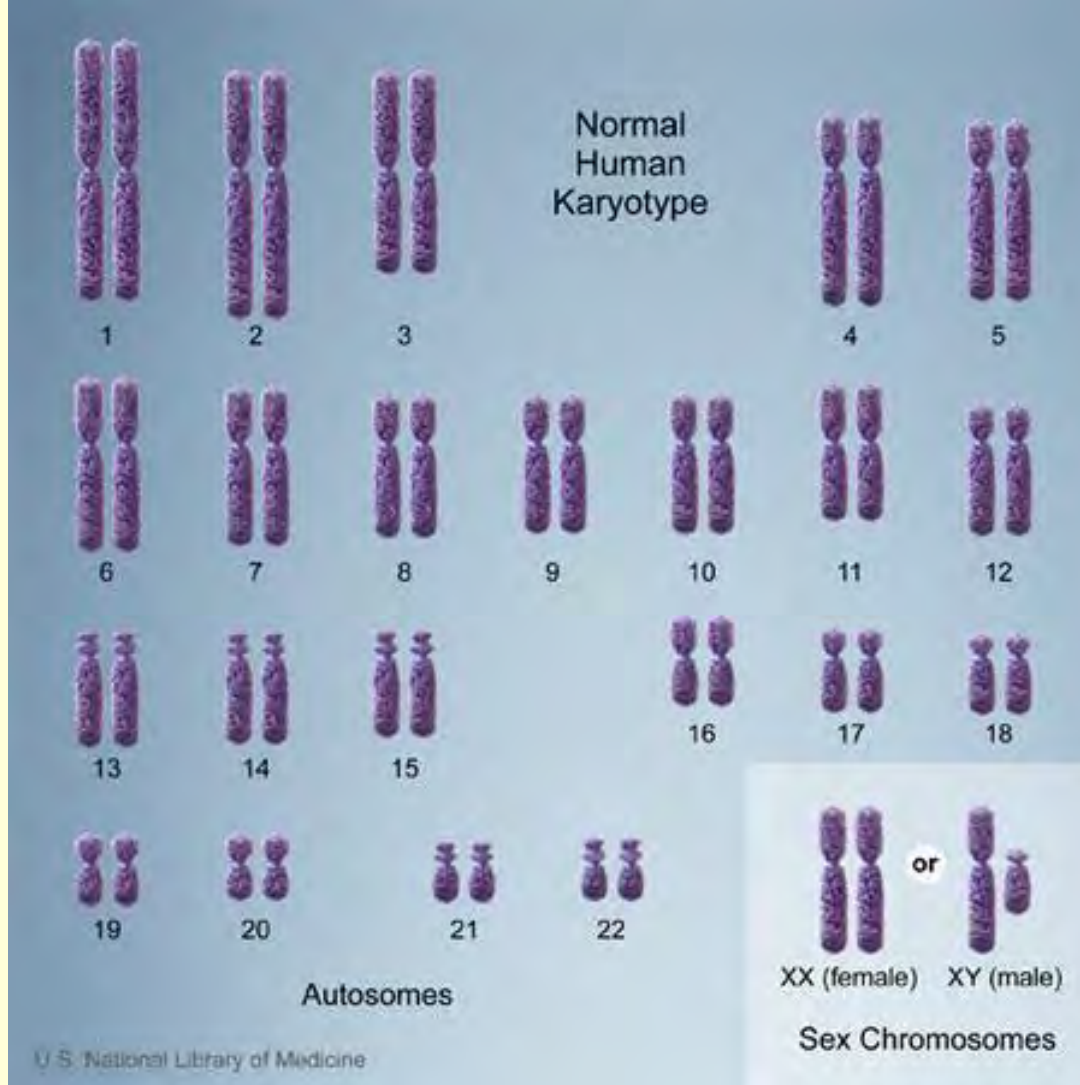


Mouche normale



La mouche drosophile a un génome constitué de **13 000** gènes porté sur 4 paires de chromosomes





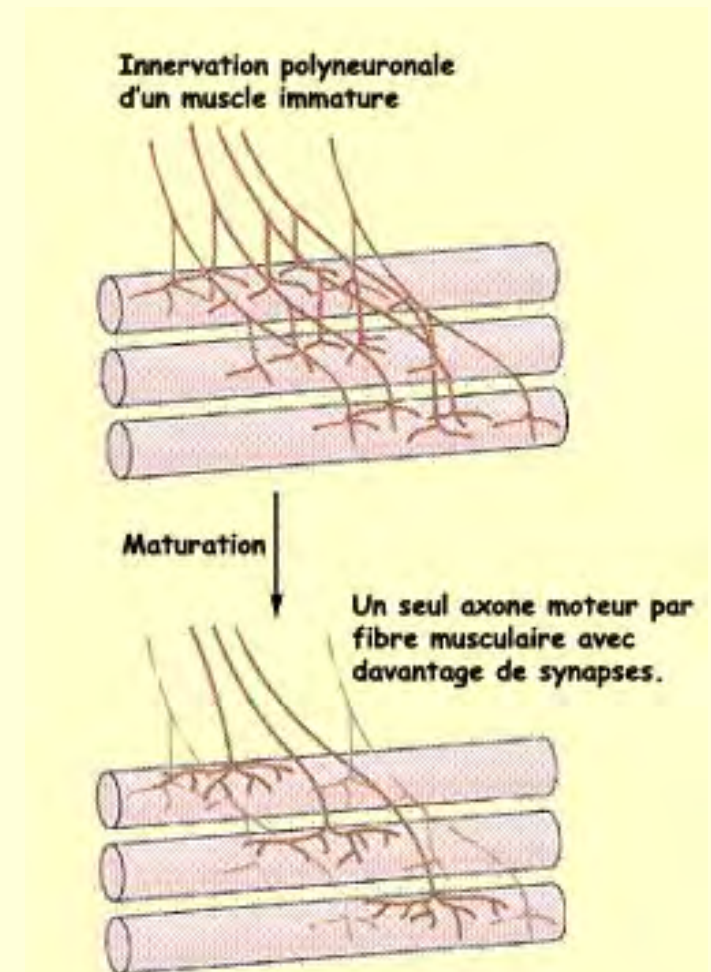
Chez l'humain, on estime le nombre de gènes codant une protéine à environ **20 000**, porté sur 23 paires de chromosomes.

20 000 gènes pour spécifier l'emplacement de 85 milliards de neurones et de leur 1000 ou 10 000 connexions chacun, **c'est pas assez !**

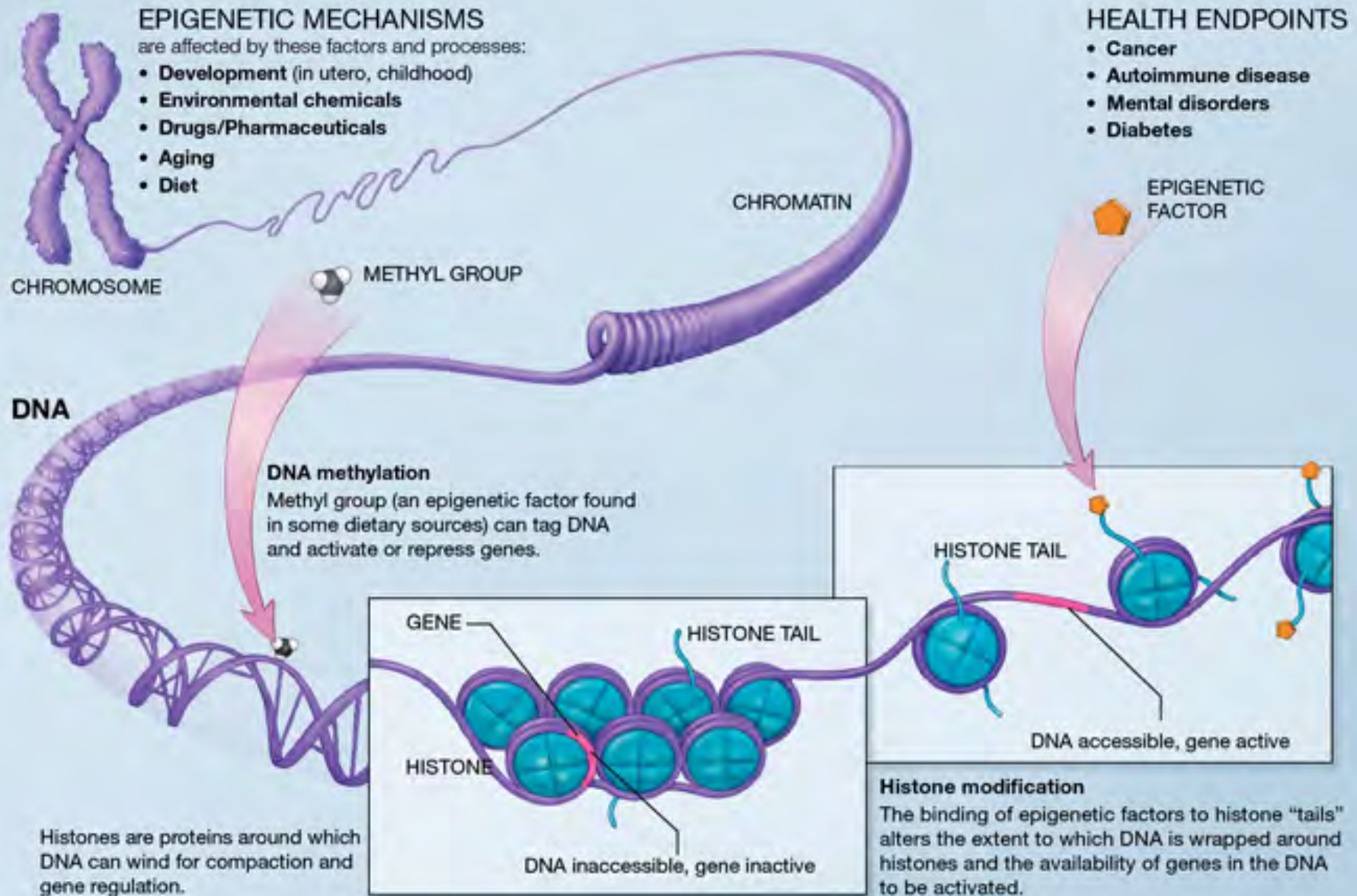
Il va donc devoir y avoir des choses qui se passent « après les gènes », durant le développement.

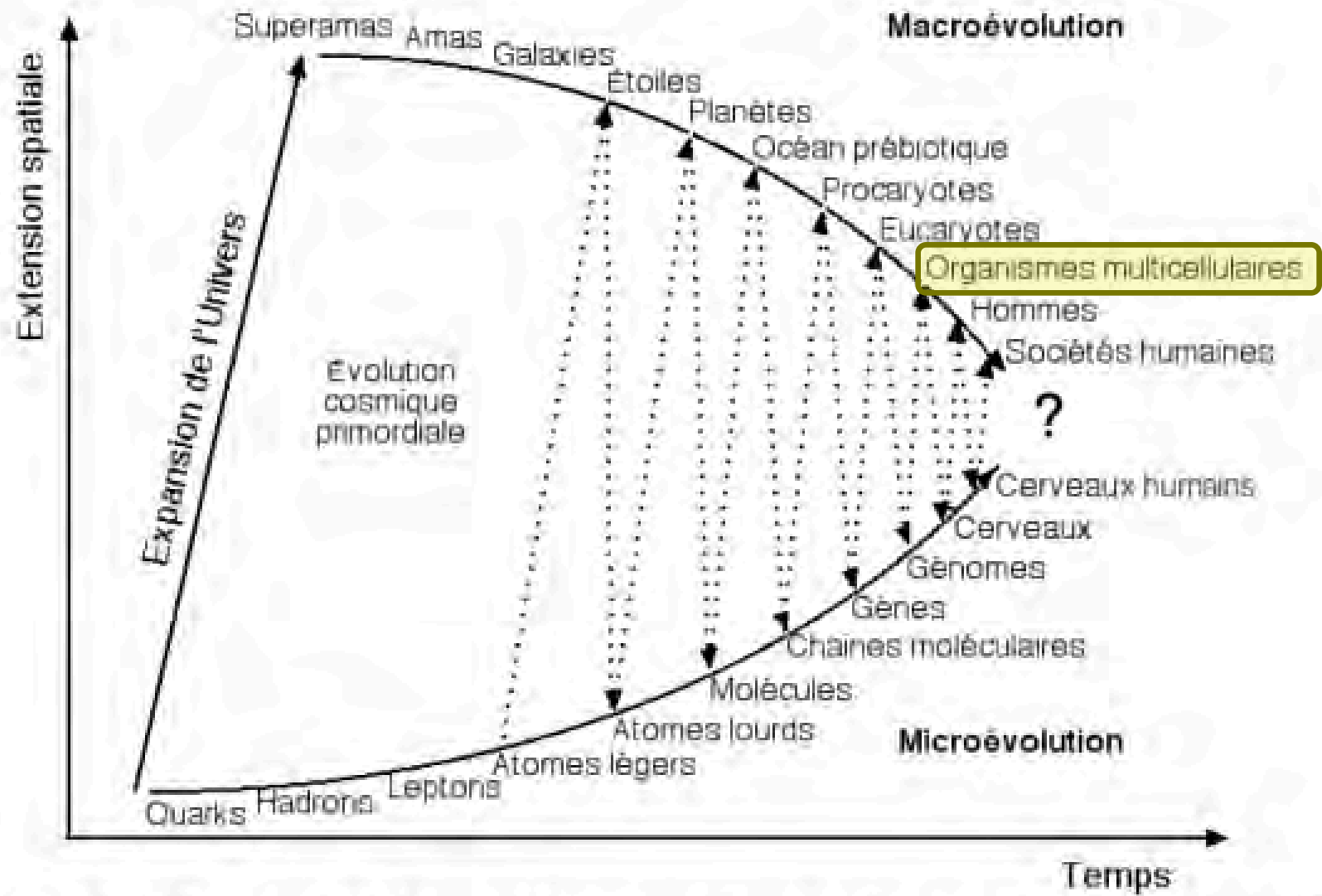
Ces phénomènes **épigénétiques** », qui surviennent donc après la naissance, ont été déjà observés vers 1972 par J-P Changeux et son équipe (rapportés dans *l'Homme neuronal*, 1983),

sont sous le contrôle de l'activité du réseau et se font sur le mode "darwinien" de **compétition** et **d'élimination** de synapses.

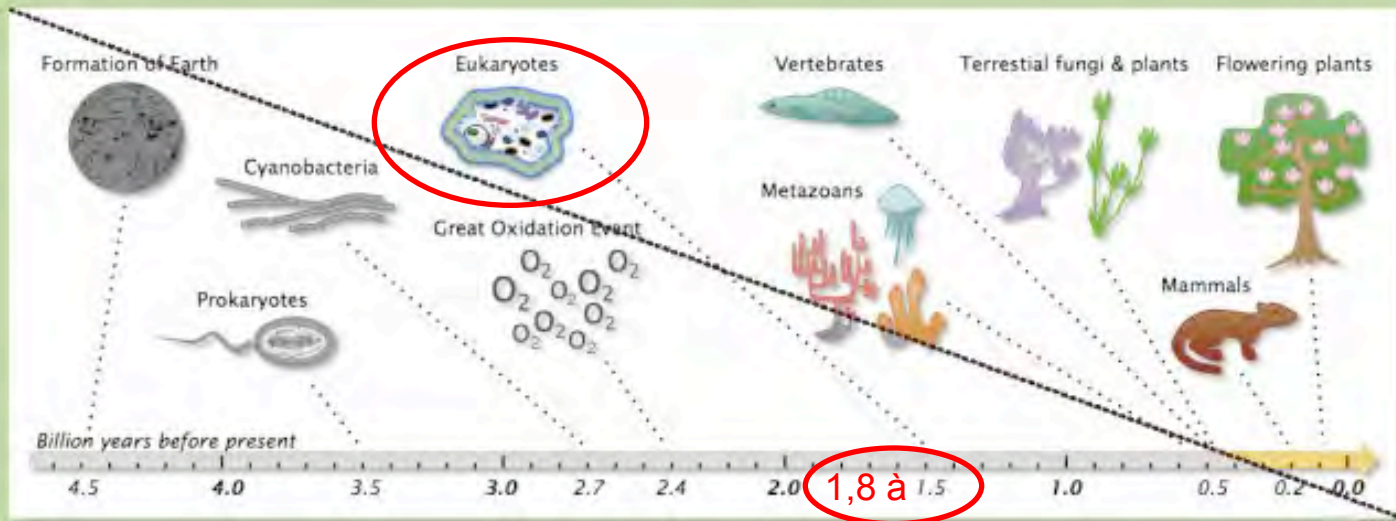


Le spectre des phénomènes **épigénétiques** s'est beaucoup élargi et on connaît maintenant certains mécanismes moléculaires qui les sous-tendent.

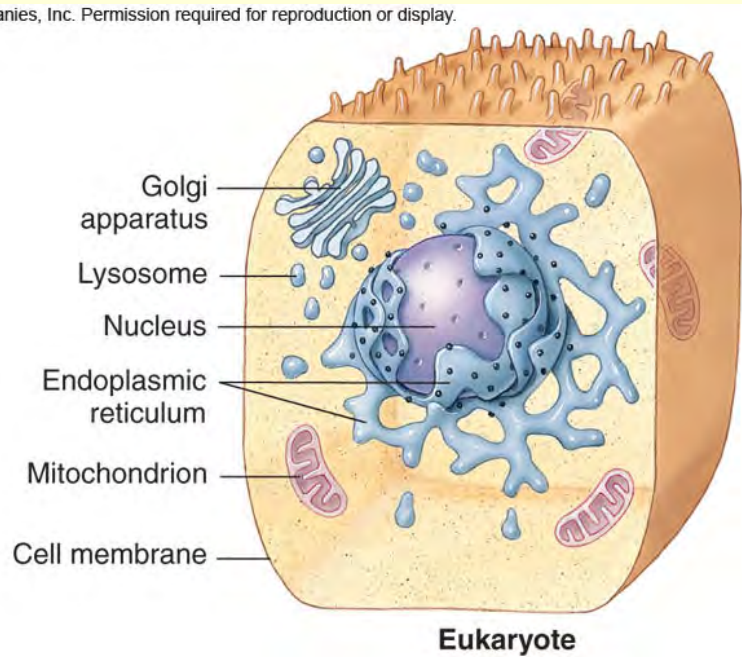


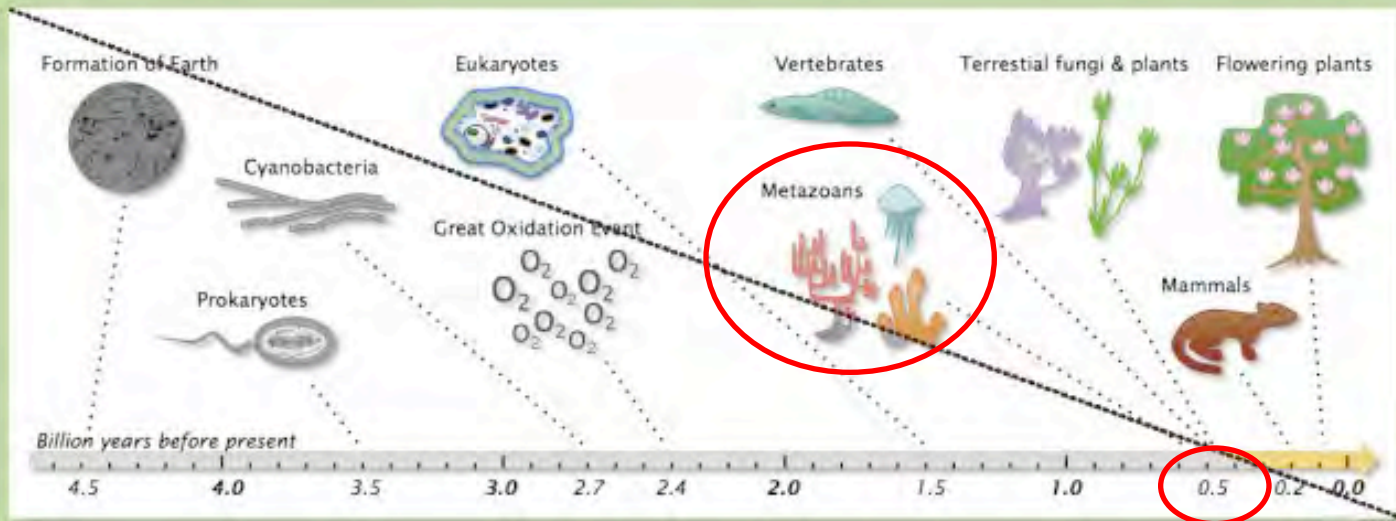


D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.

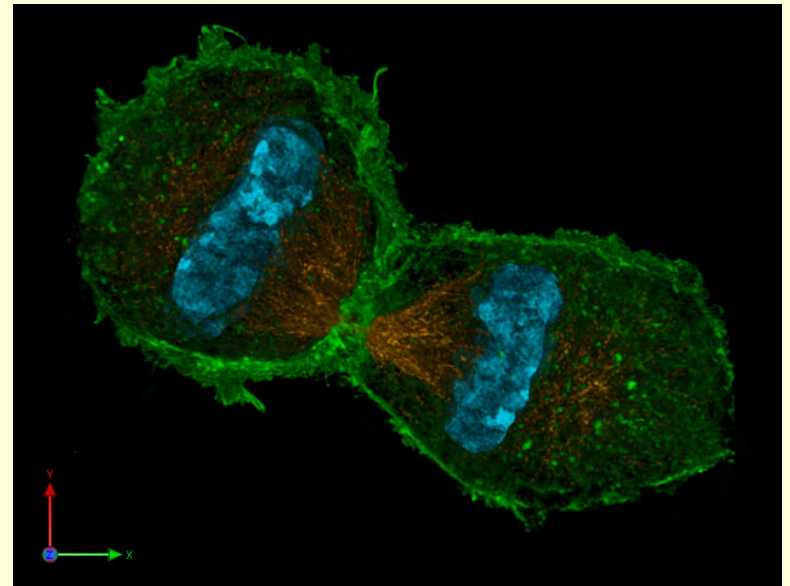
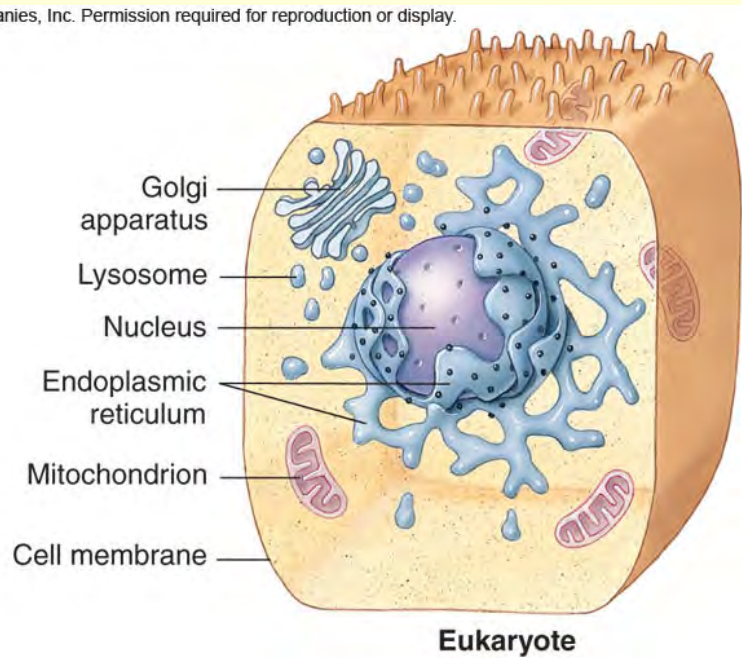


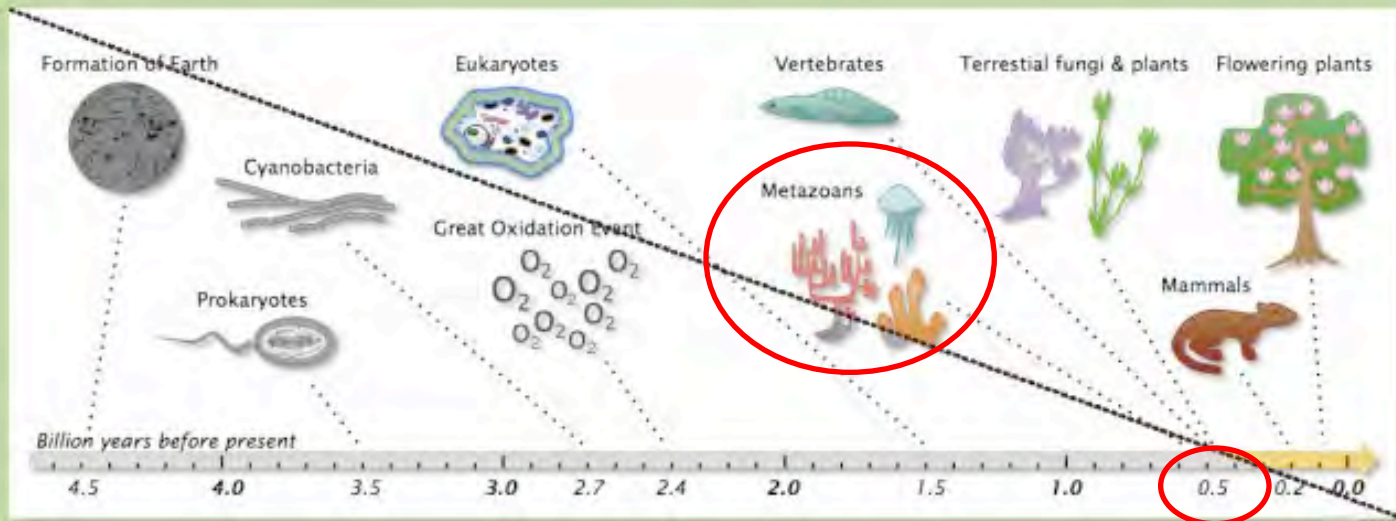
© 2008 McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



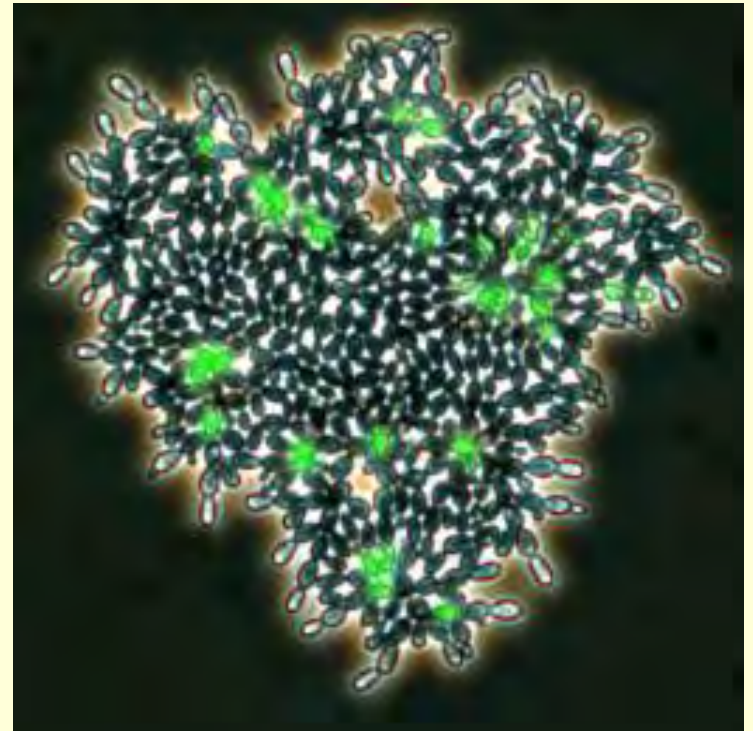
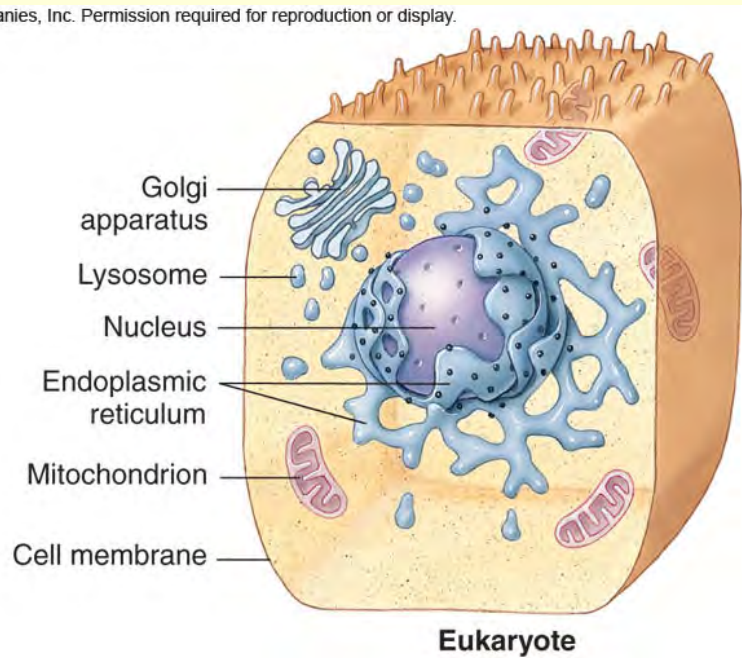


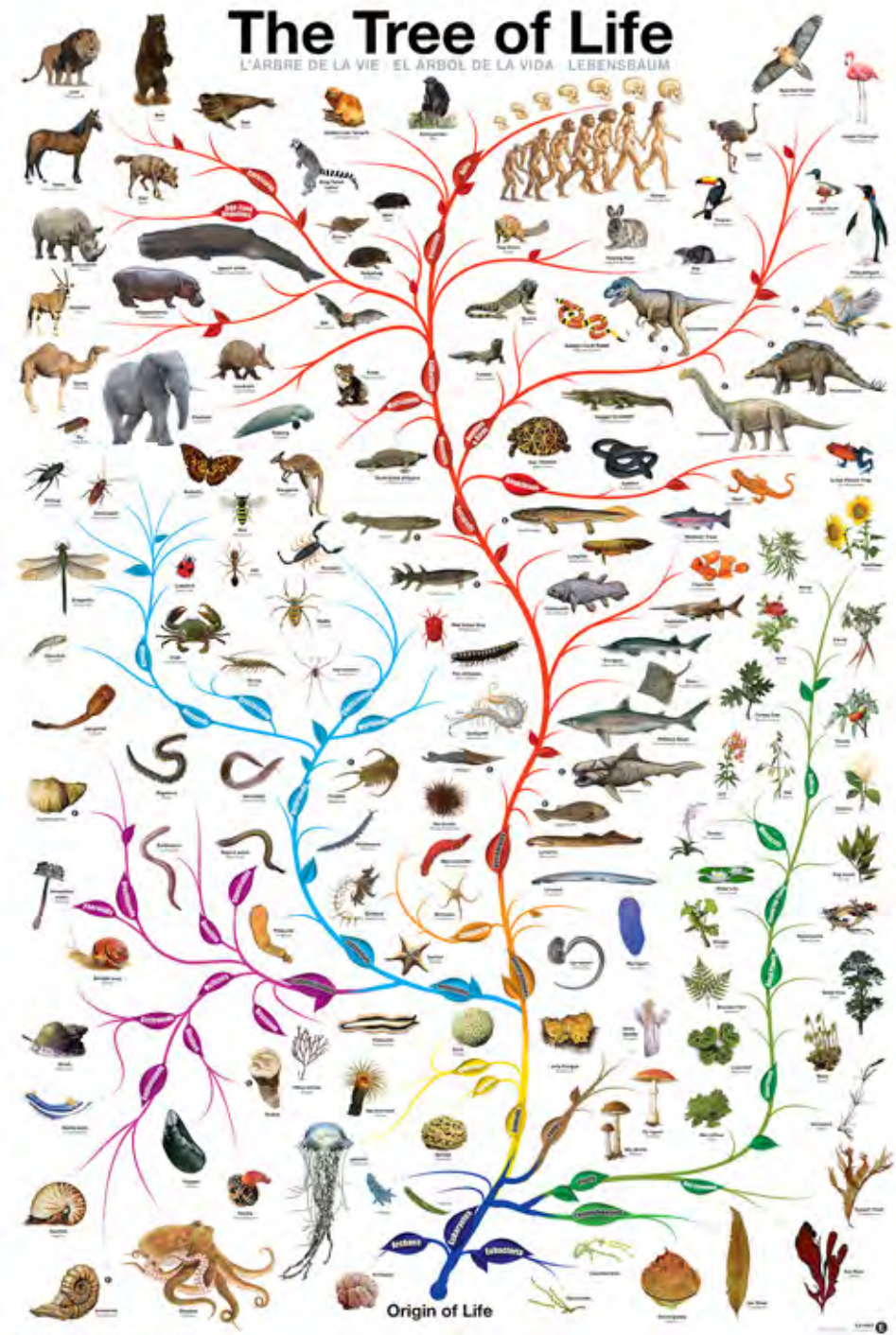
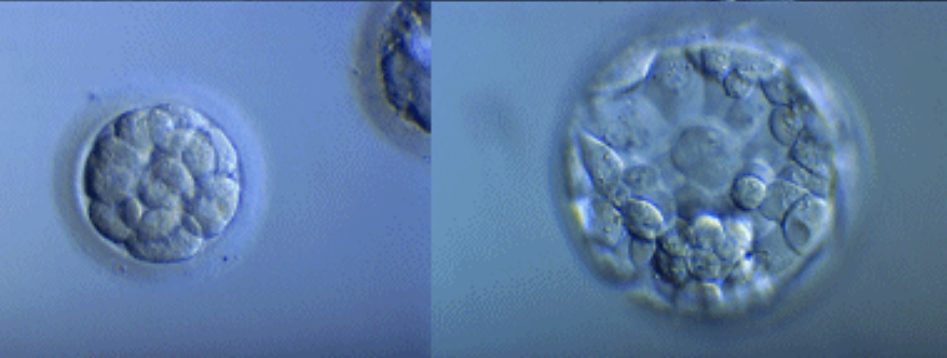
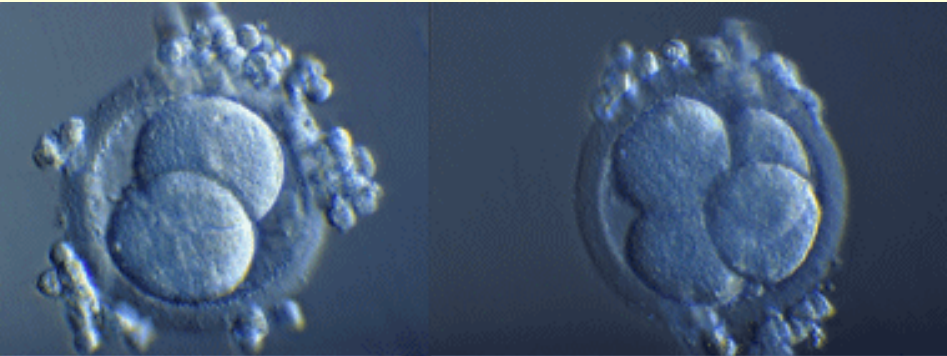
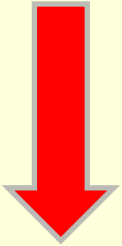
© 2008 McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



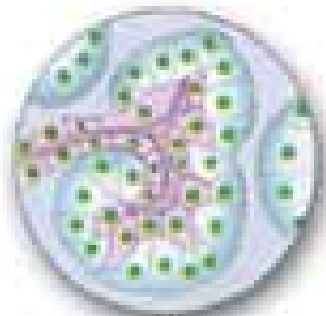


Copyright © 2008 McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

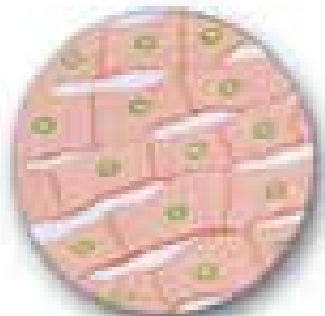




Chez les multicellulaires, on va aussi assister au phénomène de **spécialisation cellulaire**...



cellule
pancréatique



cellule
cardiaque



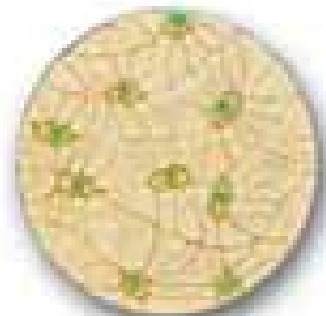
cellule
sanguine



cellule
pulmonaire



ovule



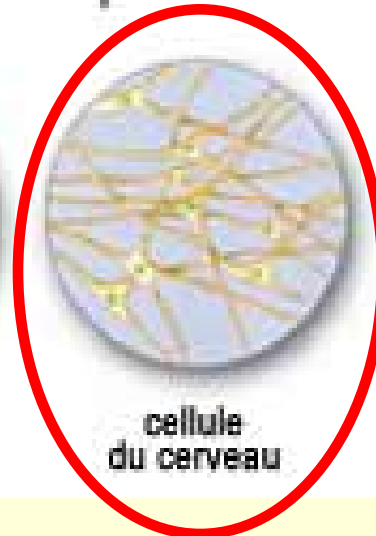
cellule
osseuse



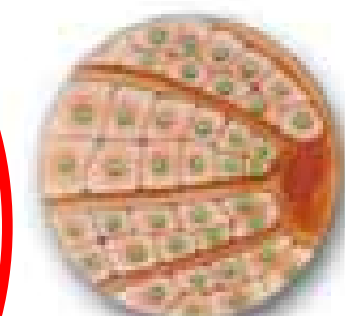
cellule
de la rate



cellule
musculaire

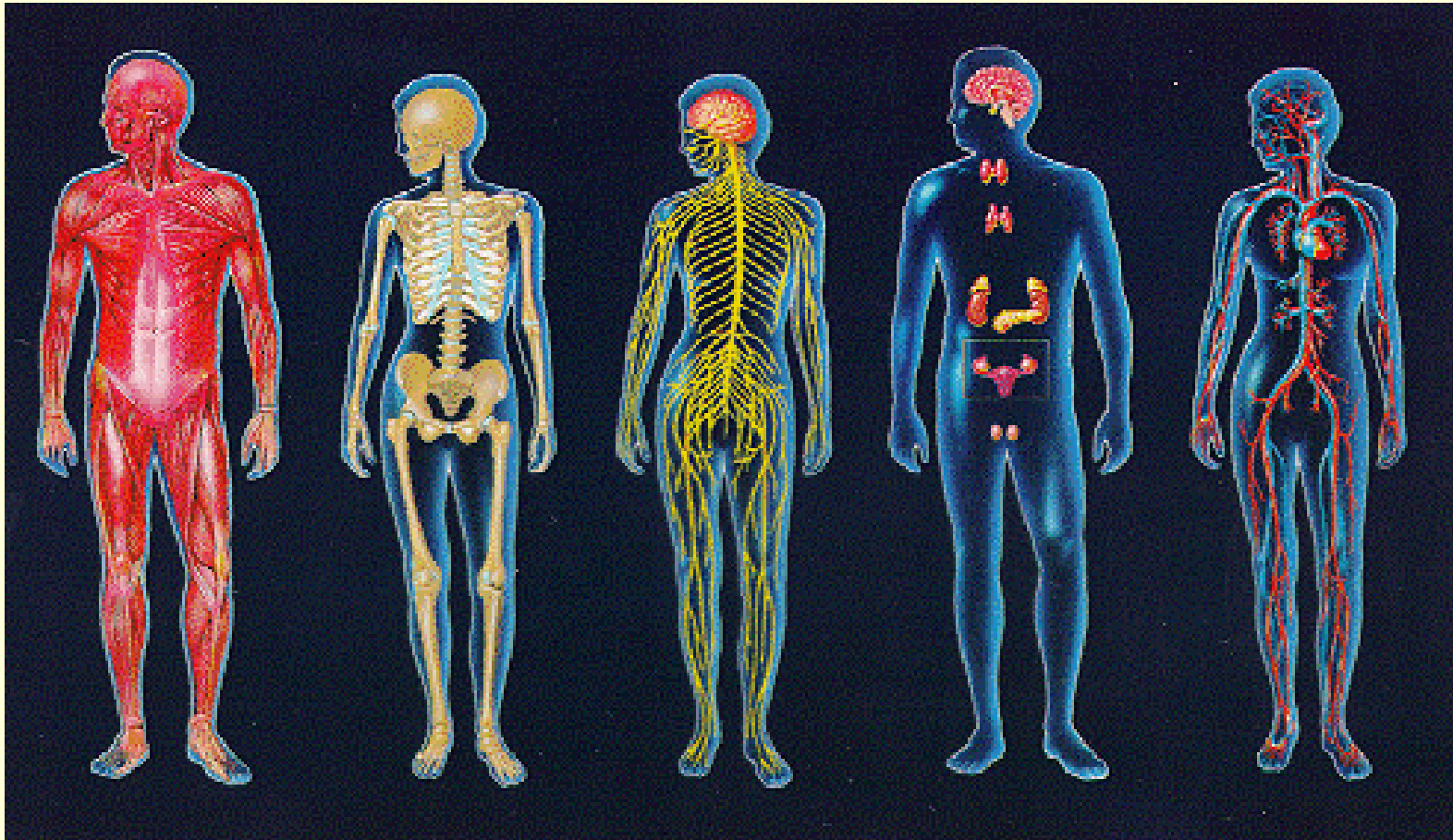


cellule
du cerveau



cellule
du foie

Ces cellules spécialisées forment différents **tissus** et **organes**,
et finalement différents **grands systèmes**...



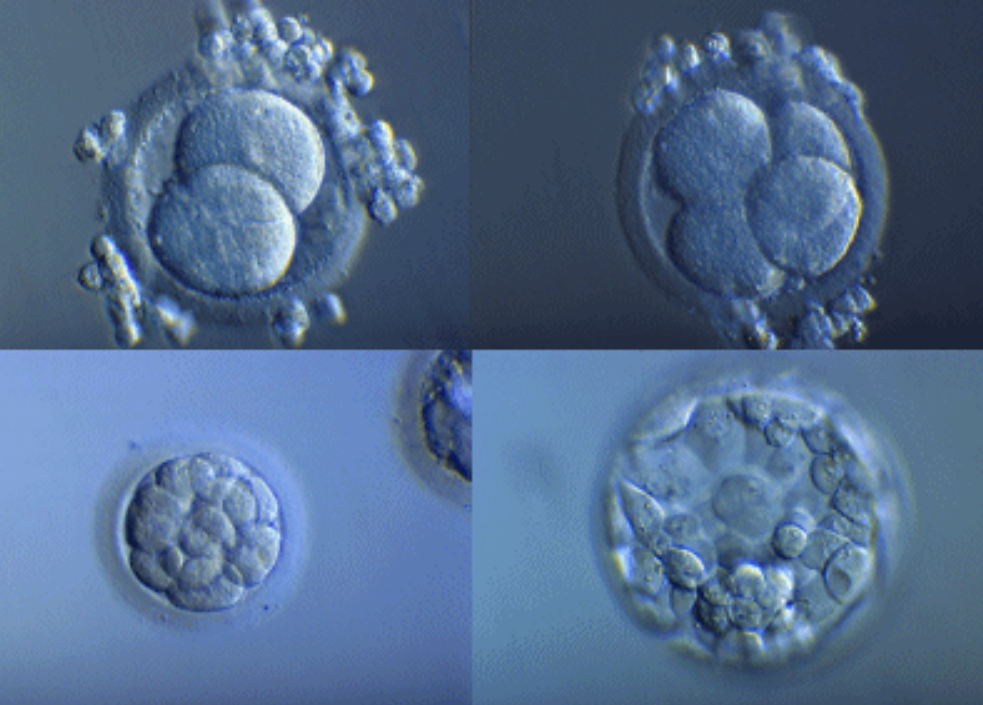
Musculo-squelettique

Nerveux

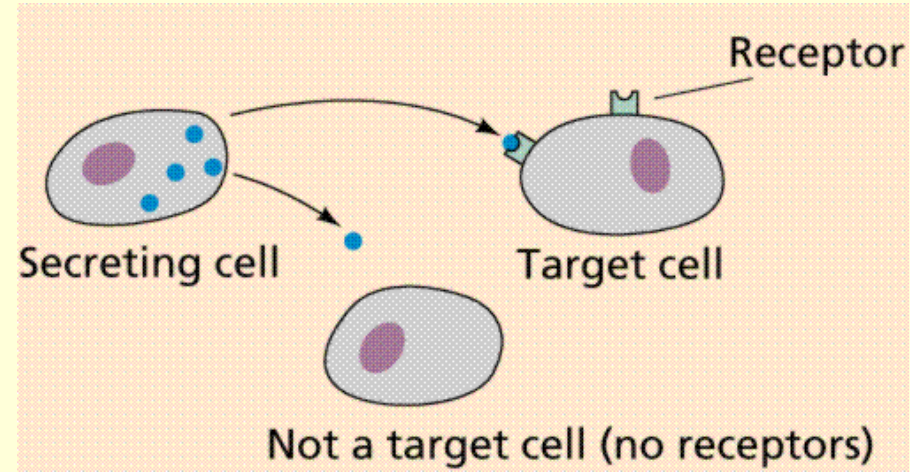
Endocrinien

Circulatoire

« Pas de multicellulaires, pas de cellules spécialisées.
Pas de cellules spécialisées, pas de neurones.
Pas de neurones, pas de cerveaux.
Pas de cerveaux, pas d'humains ! »



L'origine de la communication neuronale est très ancienne !



Plan (très) général

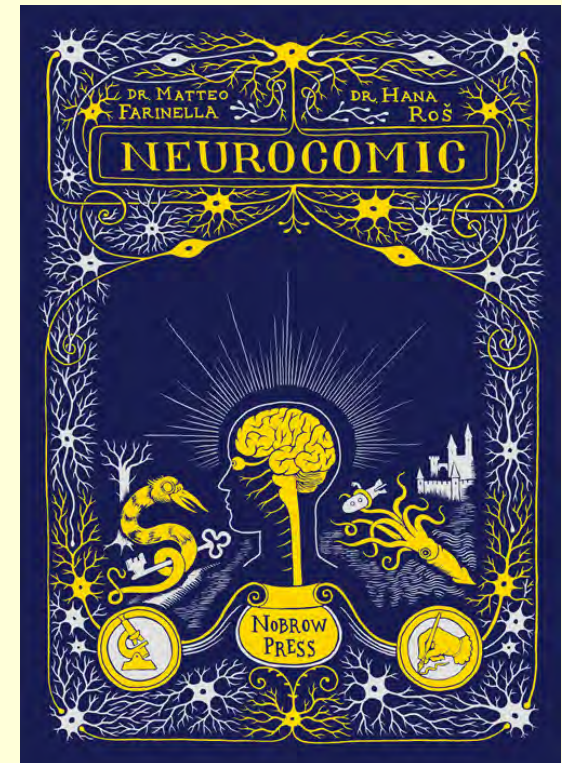
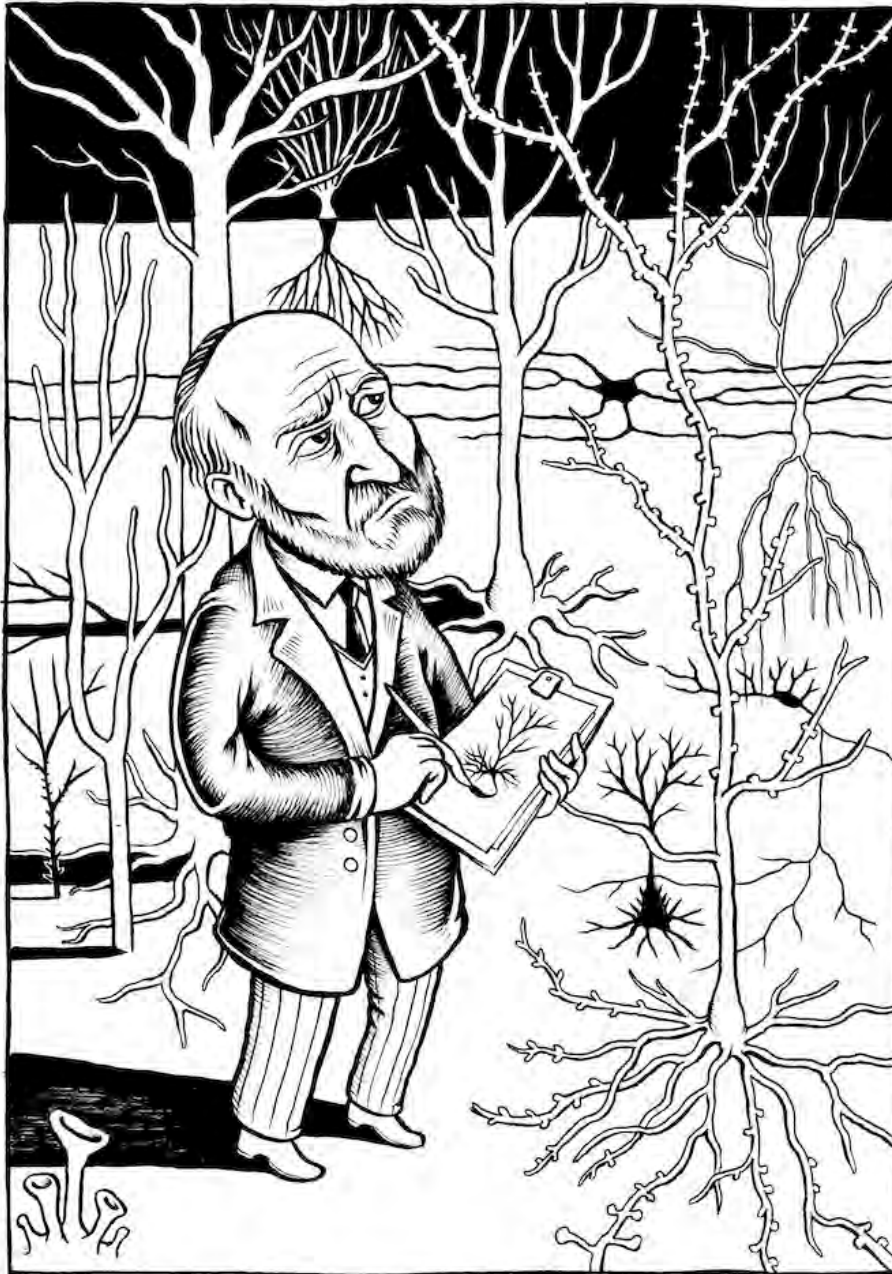
I- Évolution

II- Neurones

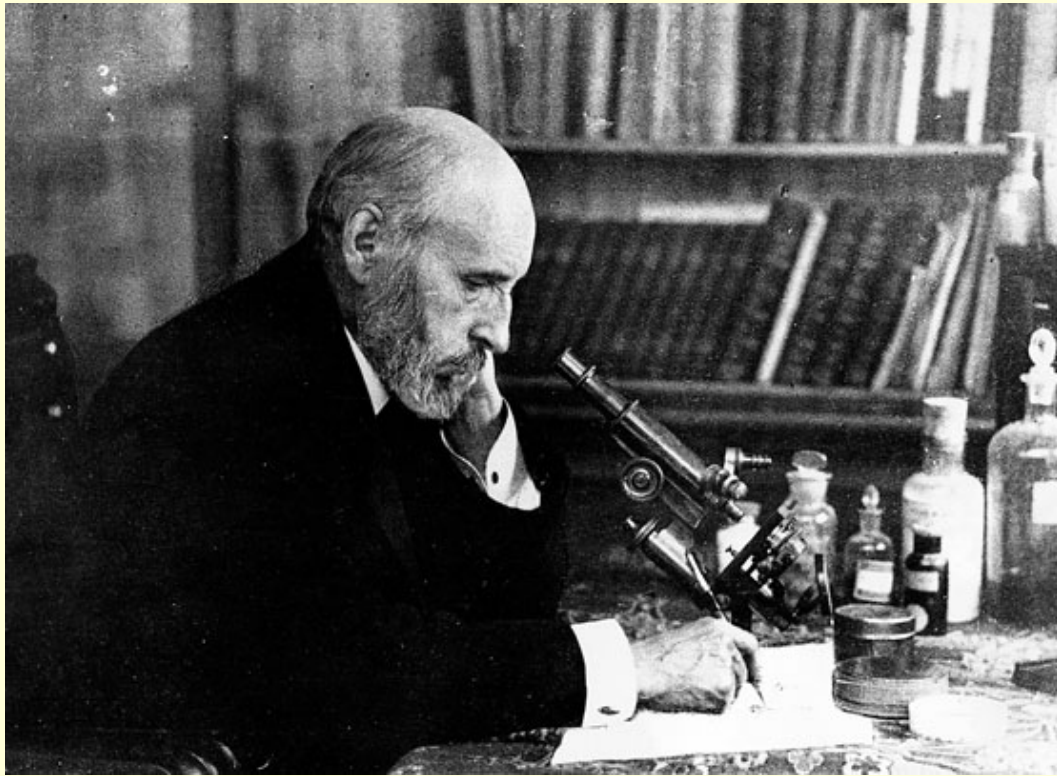
III- Mémoires

IV- Réseaux cérébraux

V- Conscience & Langage

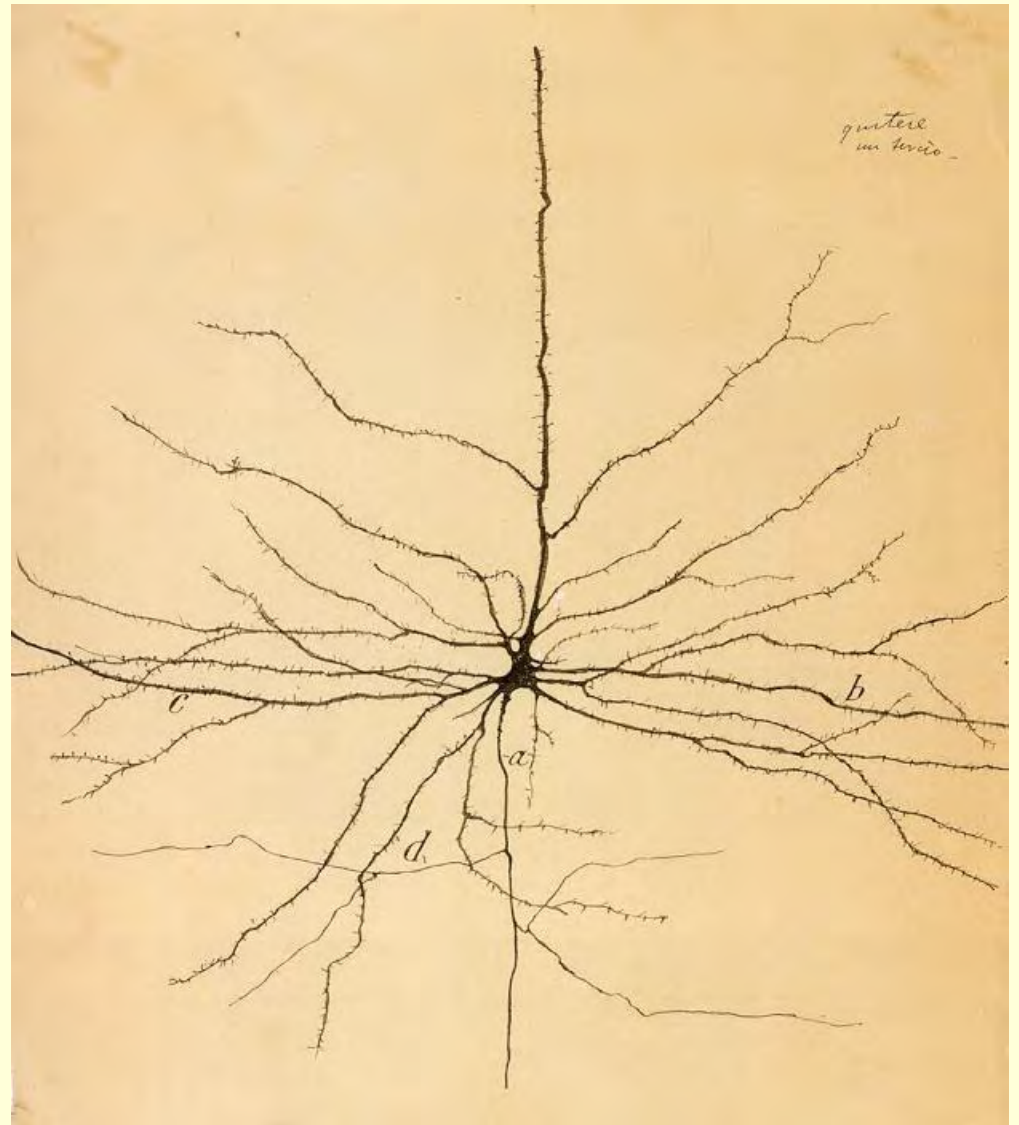


http://www.brainpickings.org/index.php/2014/04/02/neurocomic-nobrow/?utm_content=buffer78bdd&utm_medium=social&utm_source=twitter.com&utm_campaign=buffer



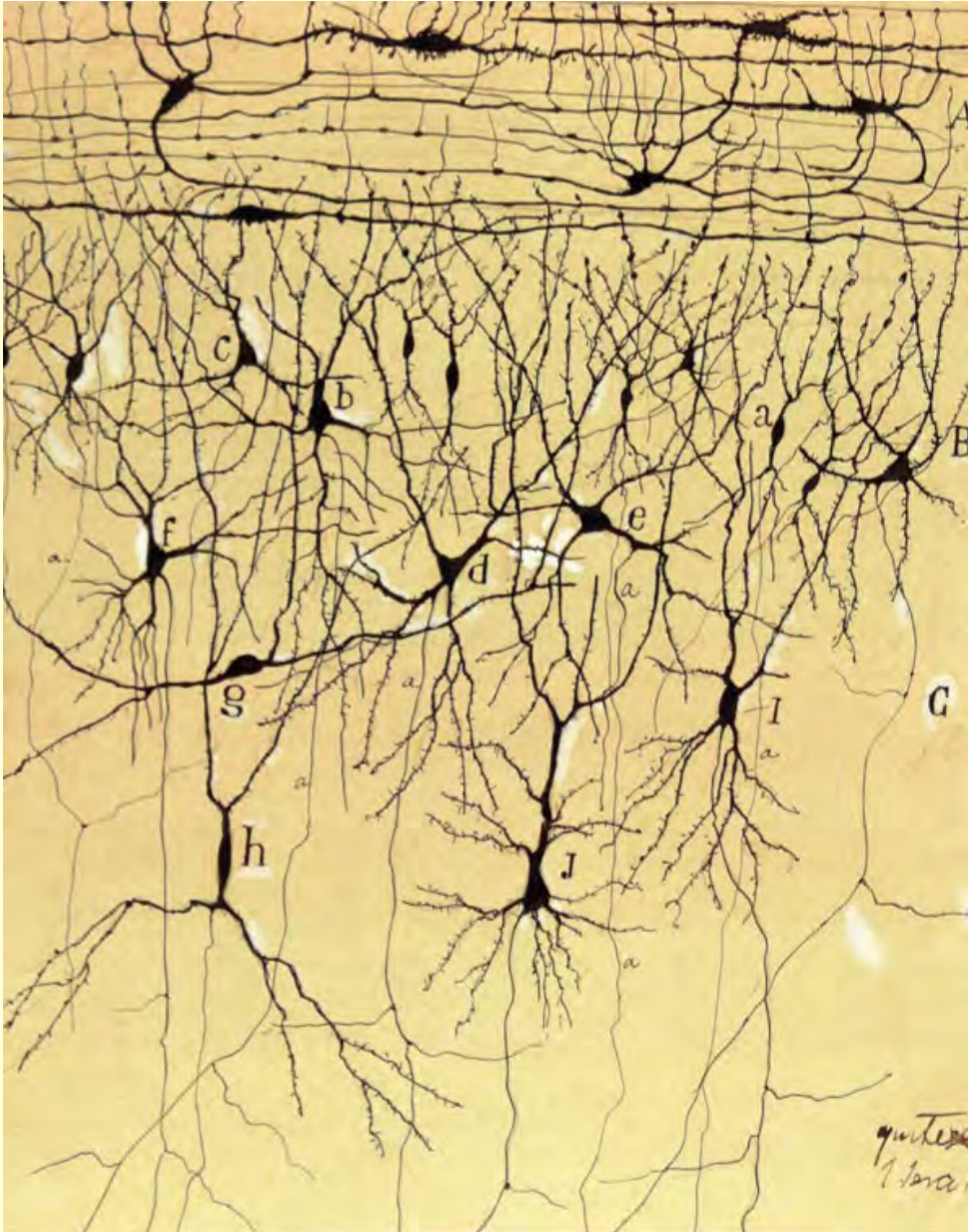
Ramon y Cajal

une des plus anciennes techniques de coloration, la coloration de Golgi, permettait déjà de voir ces prolongements au début du XXe siècle



Neurone pyramidal du cortex moteur

permettait aussi d'observer que ces cellules nerveuses sont organisées en **couches** d'épaisseur variables selon les différentes régions du **cortex**



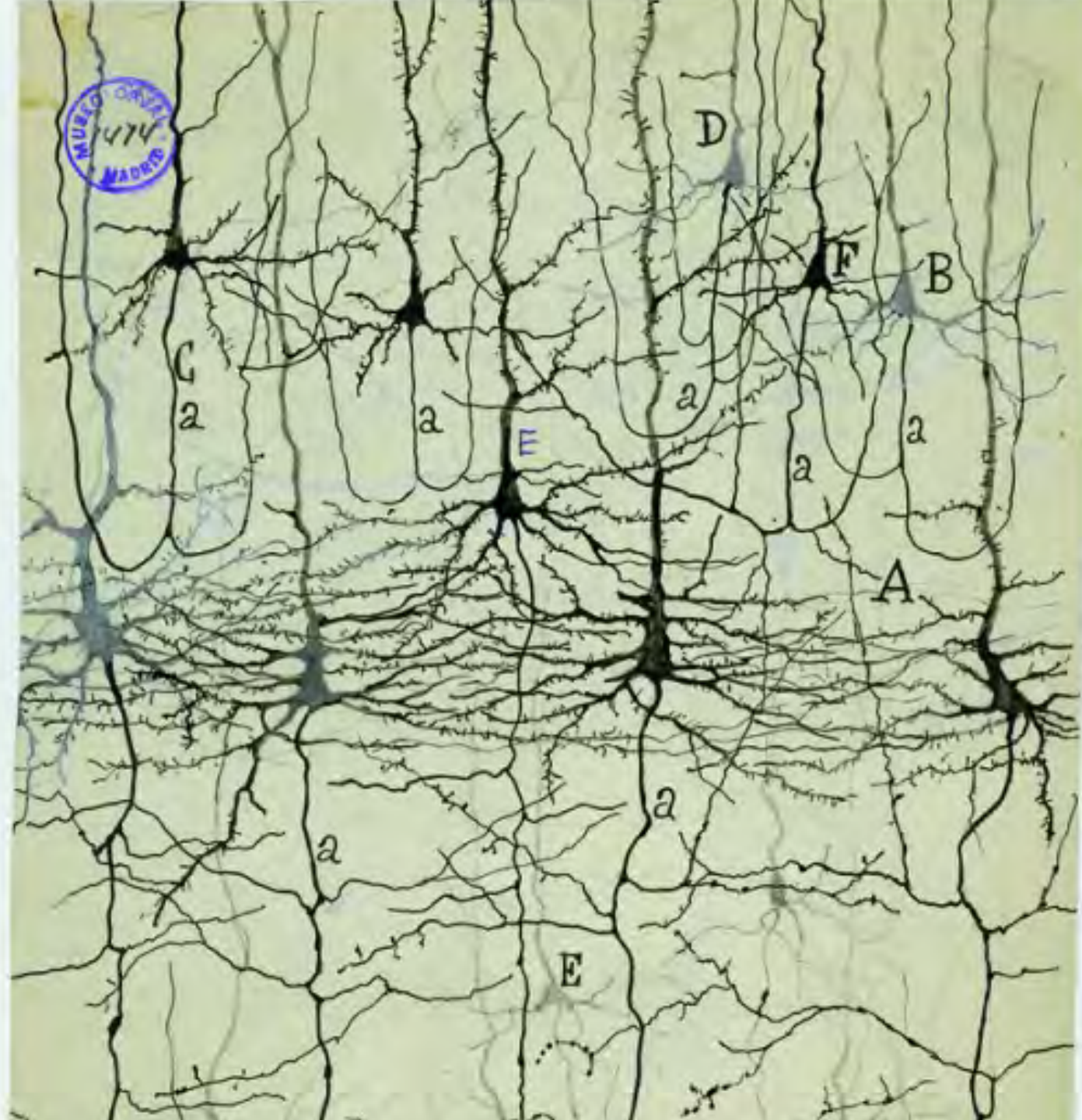
Santiago Ramón y Cajal
Capas 1ª y 2ª de la corteza olfativa de la circunvolución del hipocampo del niño, n. 1901
© Herederos de Ramón y Cajal

« Cortex olfactif de la région de l'hippocampe, 1901

Mais à cette époque,

le paradigme dominant était encore que le système nerveux était constitué d'un **maillage fusionné**

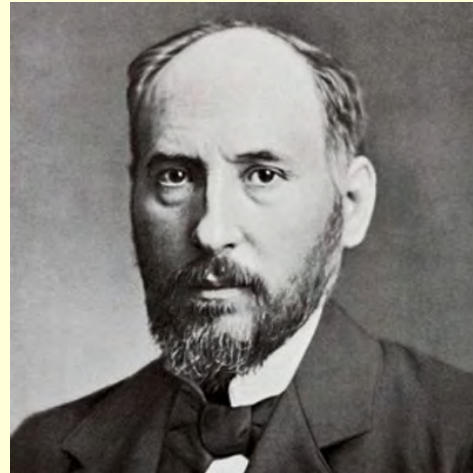
ne comportant **pas de cellules isolées.**



Golgi et Cajal obtiennent le Prix Nobel de physiologie ou médecine en 1906.

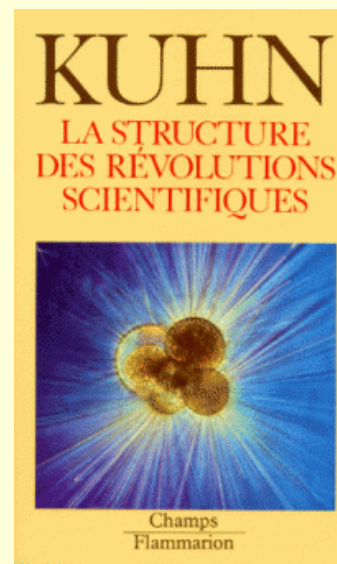


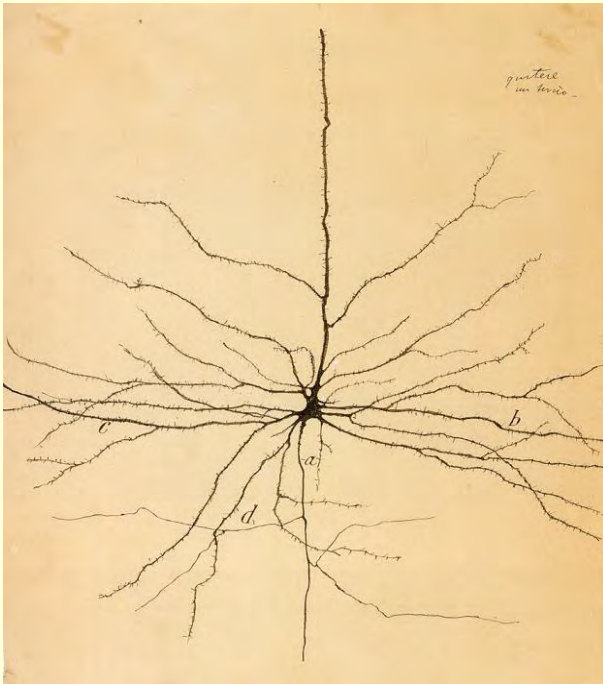
Dans son discours de réception du prix, Golgi défendit la **théorie réticulaire**.



Cajal, qui parlait après lui, contredit la position de Golgi et exposa sa **théorie du neurone...**

qui fut bientôt admise.





Neurone pyramidal du cortex moteur

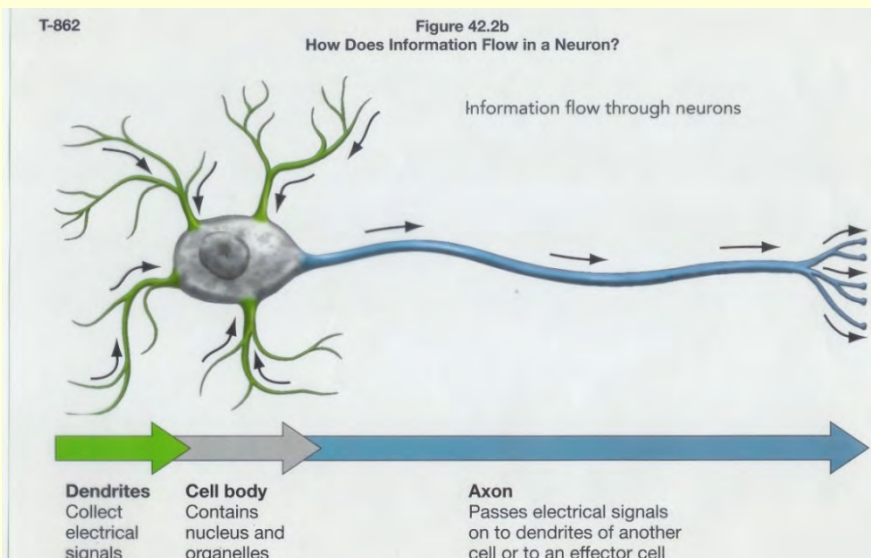
La théorie (ou doctrine) du neurone :

1) **Le neurone** est l'unité structurelle et fonctionnelle de base du système nerveux;

2) Les neurones sont des cellules discrètes qui ne sont **pas reliées en continu entre elles**;

3) Un neurone est composé de 3 parties : les **dendrites, le corps cellulaire et l'axone**;

4) L'information circule le long d'un neurone **dans une direction** (des dendrites à l'axone, via le corps cellulaire).



Dendrites

Collect electrical signals

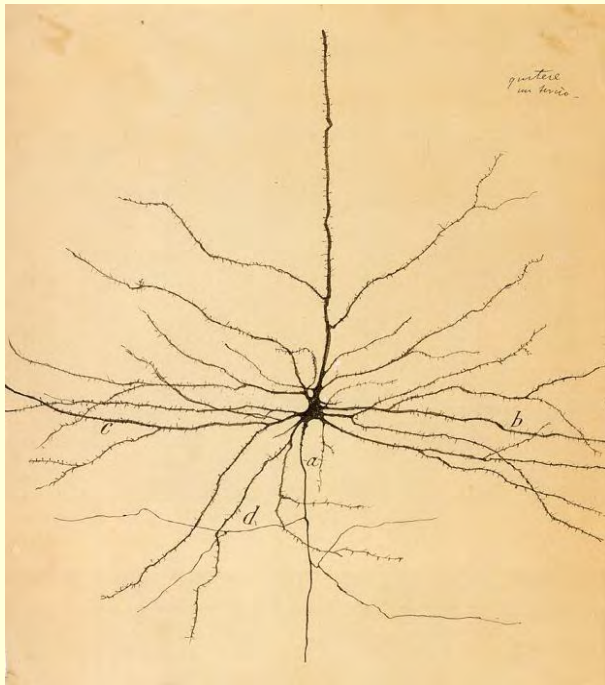
Cell body

Contains nucleus and organelles

Axon

Passes electrical signals on to dendrites of another cell or to an effector cell

- La théorie du neurone
 - **Ce qu'on peut garder**
 - Tout ce qu'on sait maintenant qui lui manque...



Neurone pyramidal du cortex moteur

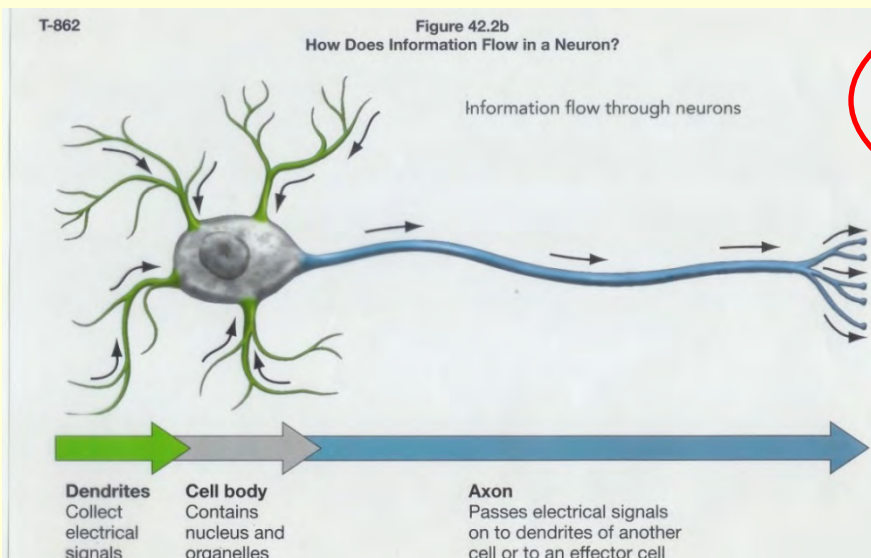
La théorie (ou doctrine) du neurone :

1) **Le neurone** est l'unité structurelle et fonctionnelle de base du système nerveux;

2) Les neurones sont des cellules discrètes qui ne sont **pas reliées en continu entre elles**;

3) Un neurone est composé de 3 parties : les **dendrites, le corps cellulaire et l'axone**;

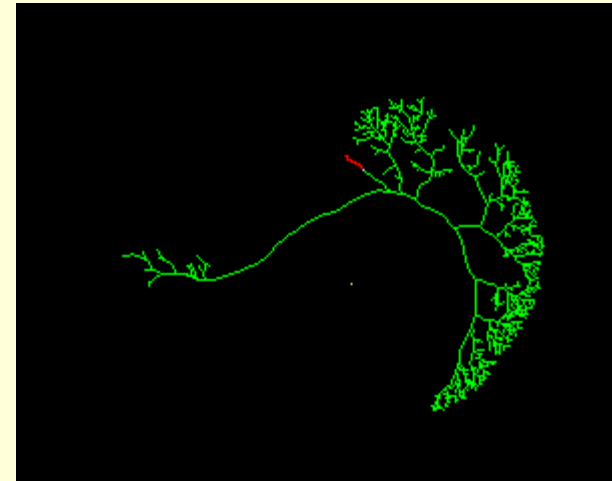
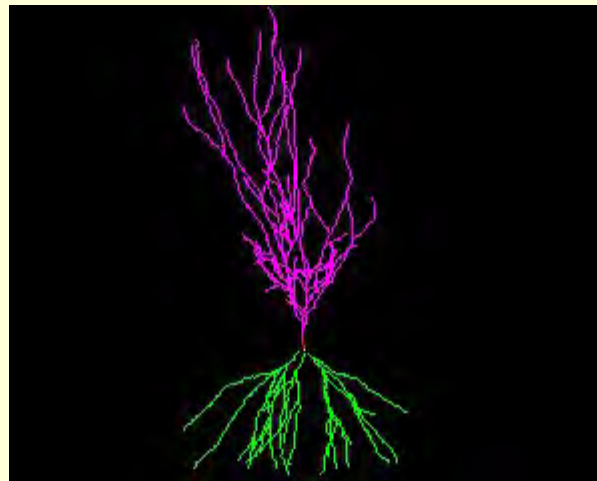
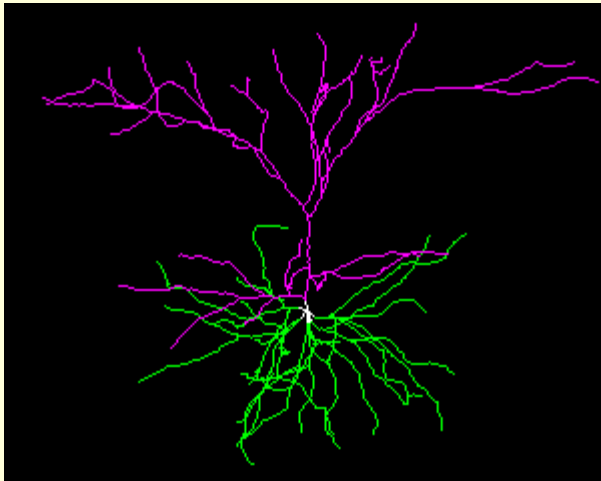
4) L'information circule le long d'un neurone **dans une direction** (des dendrites à l'axone, via le corps cellulaire).

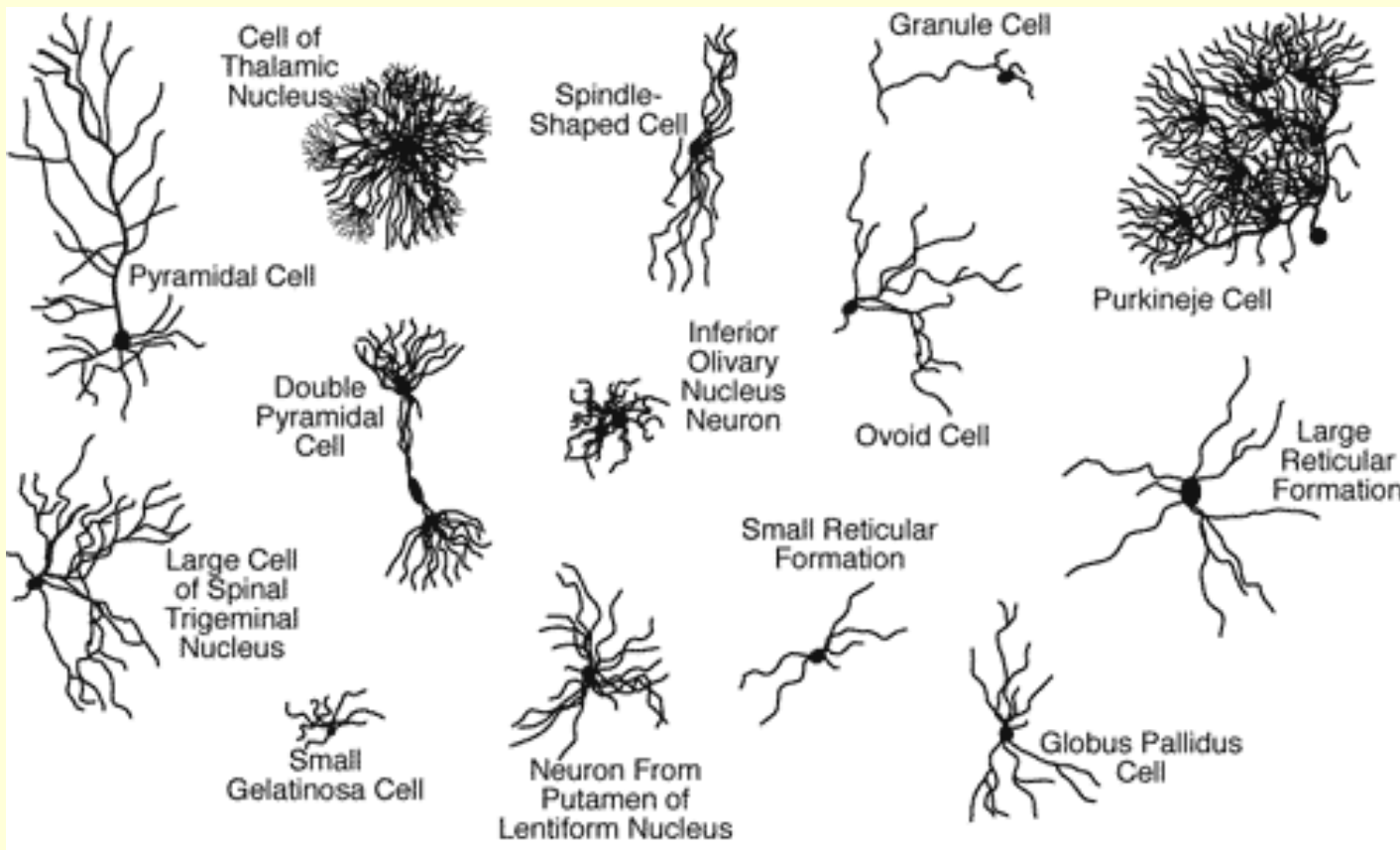


Les mille et un visages du neurone

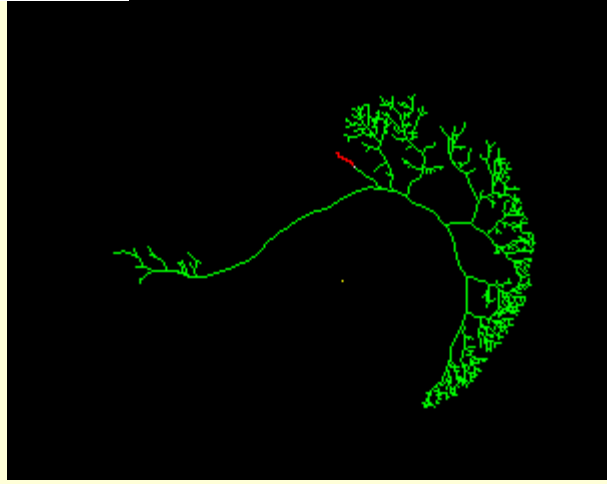
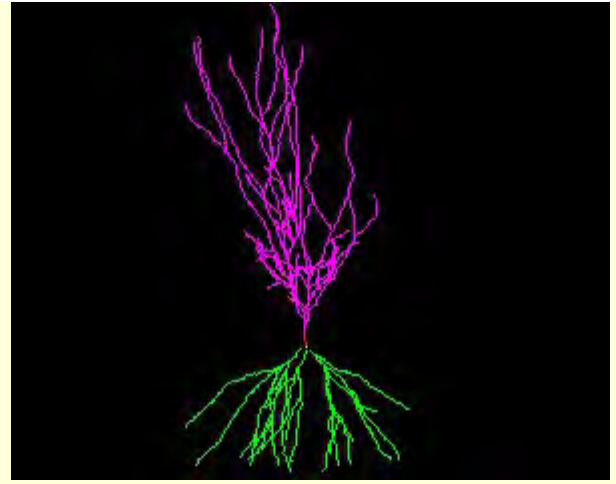
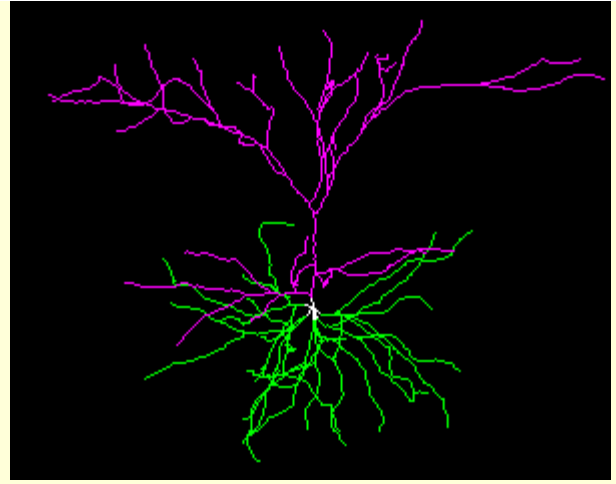
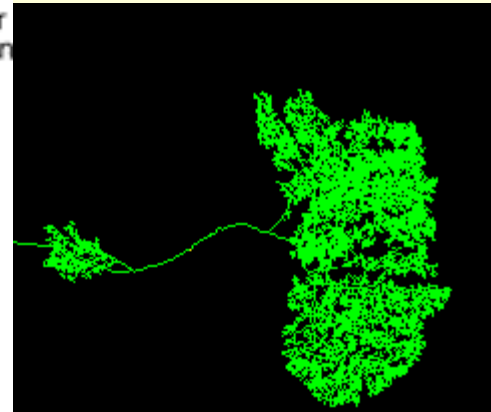
L'image typique d'un neurone utilisée pour en présenter les prolongements particuliers (axone et dendrites) fait parfois oublier l'incroyable diversité de formes que peuvent prendre les cellules nerveuses.

Pour vous en convaincre, allez faire un tour sur le site web www.NeuroMorpho.Org



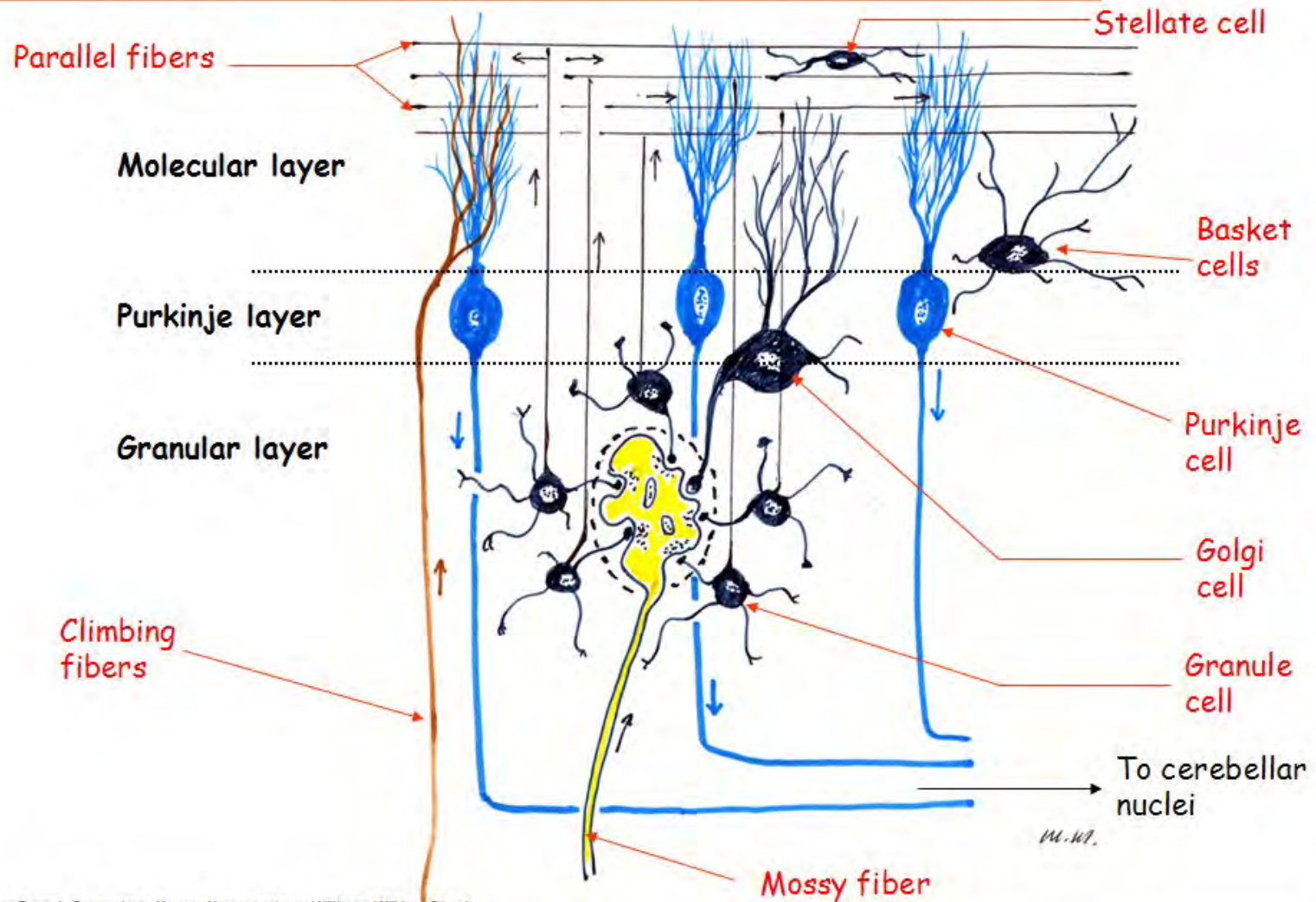


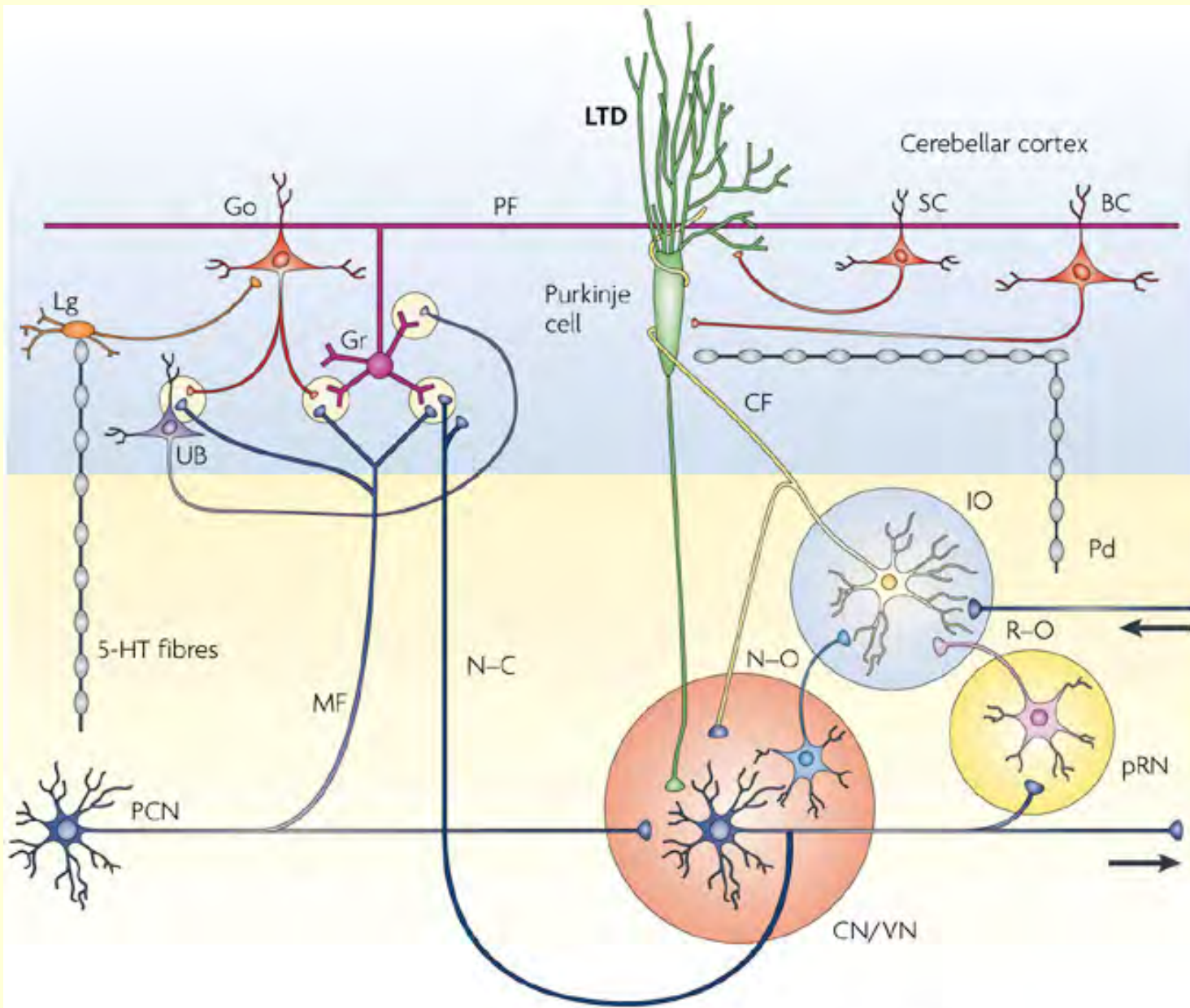
Très grande variabilité de forme et de taille dont la géométrie varie selon le rôle du neurone dans le circuit nerveux...



...et selon son pattern de connexion avec les autres neurones, qui lui-même dépend de la fonction de cette voie nerveuse.

Functional Organization of Cerebellum



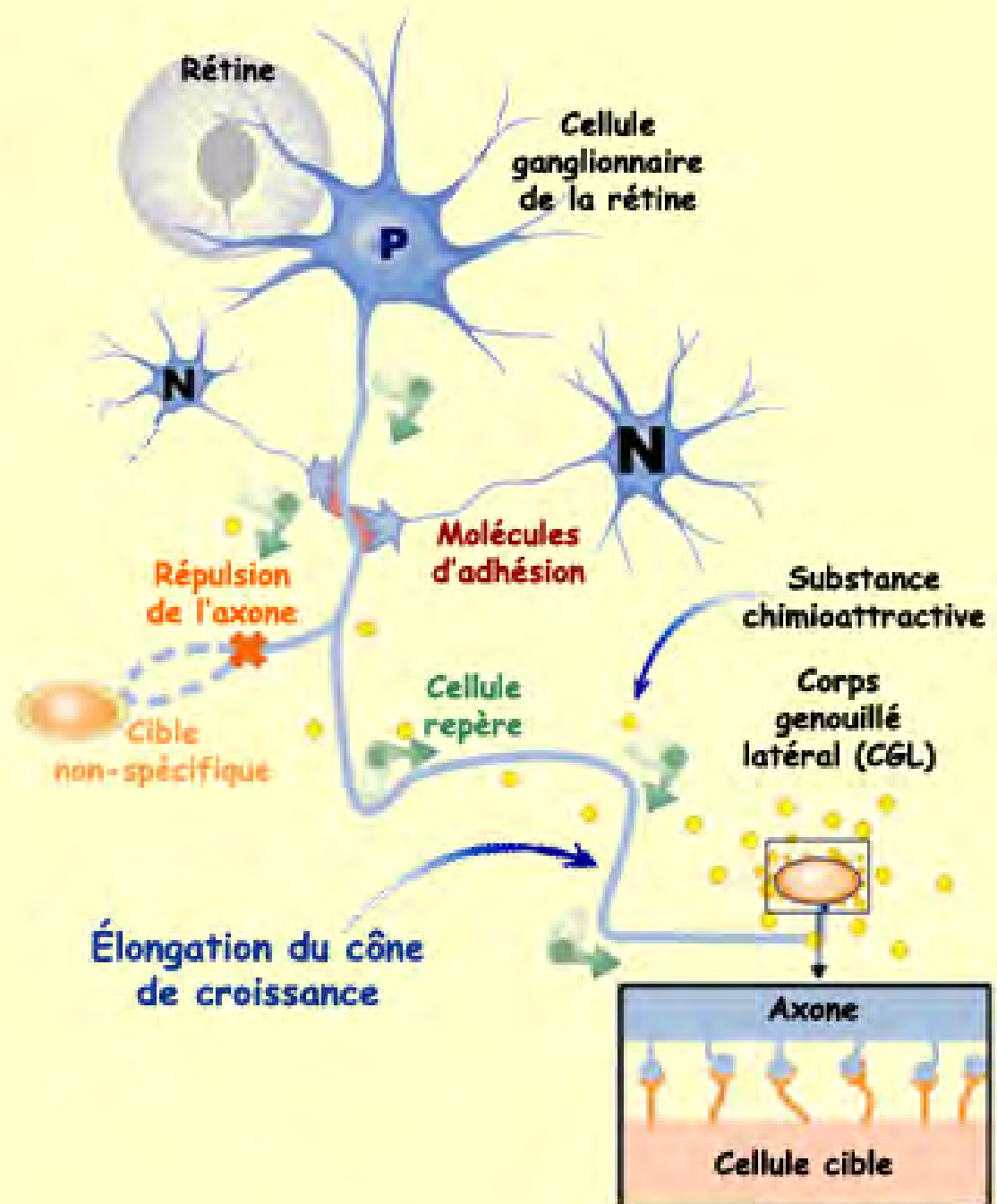


Tout cela se met en place durant le développement embryonnaire par des processus de guidage complexes impliquant d'innombrables molécules.

[on ne va pas aborder le développement du cerveau par manque de temps mais...]

...mais en 2 diapos,
disons seulement
que :

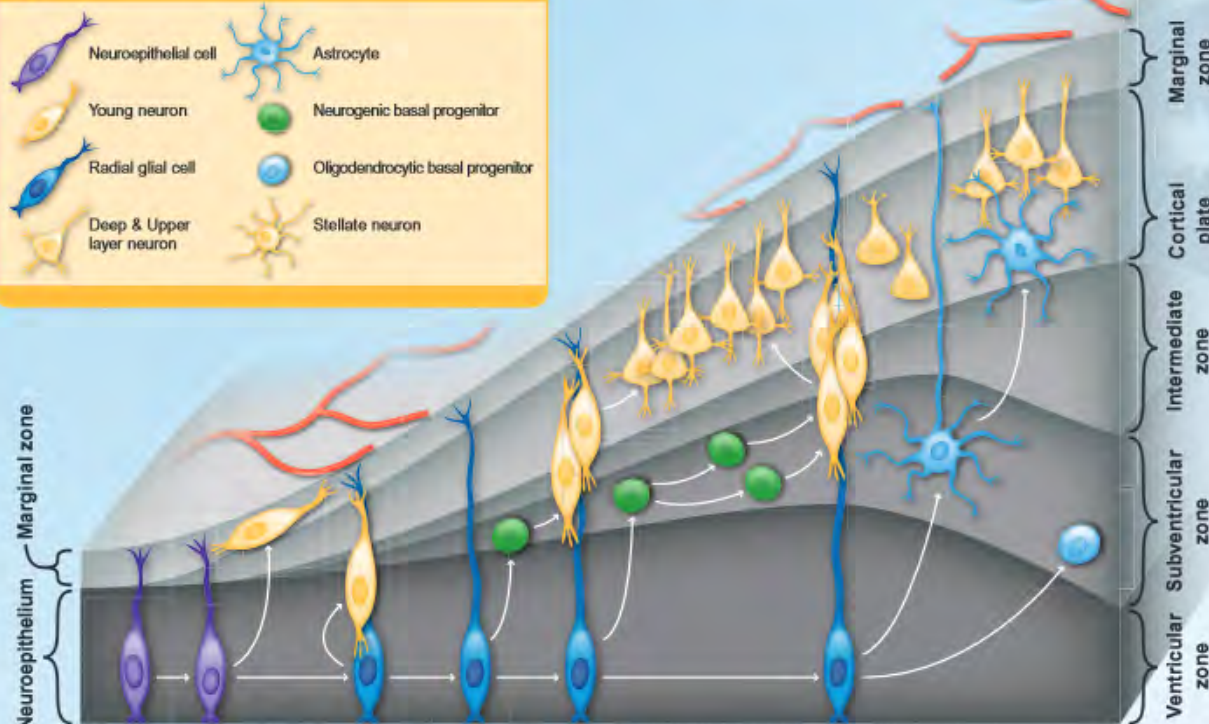
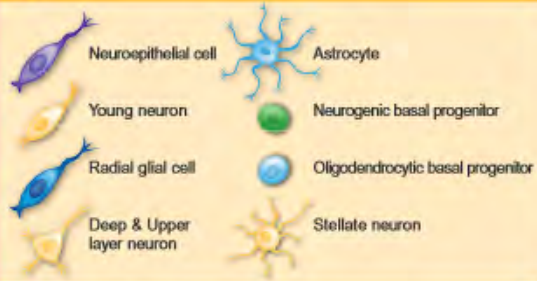
1) différents
mécanismes vont
permettre aux
axones d'atteindre
leur **cellule cible**;



2) cela va globalement donner lieu à une véritable chorégraphie permettant par exemple ici aux 6 couches du cortex de se structurer correctement.

Temporal development of the neocortex

Key



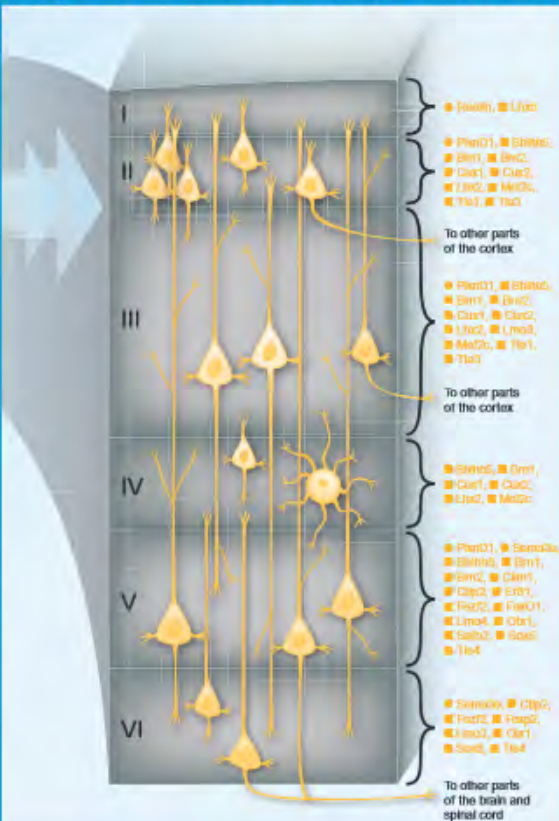
TIME EMBRYONIC BIRTH

- | | | | | | | | | |
|---|--|---|--|--|---|--|--|--|
| Neuroepithelial cell
● Nolz1
■ AP2y
■ Emx1
■ Emx2
■ Hes1
■ Hes5
■ Nf87
■ NICD
■ P-H3
■ Pax6
■ Talluss | Early born young neurons
▲ Gfll1
▲ Gfll2
▲ Gfll3
▲ Gfll4
▲ Gfll5
▲ Gfll6
▲ Gfll7
▲ Gfll8
▲ Gfll9
▲ Gfll10
▲ Gfll11
▲ Gfll12
▲ Gfll13
▲ Gfll14
▲ Gfll15
▲ Gfll16
▲ Gfll17
▲ Gfll18
▲ Gfll19
▲ Gfll20
▲ Gfll21
▲ Gfll22
▲ Gfll23
▲ Gfll24
▲ Gfll25
▲ Gfll26
▲ Gfll27
▲ Gfll28
▲ Gfll29
▲ Gfll30
▲ Gfll31
▲ Gfll32
▲ Gfll33
▲ Gfll34
▲ Gfll35
▲ Gfll36
▲ Gfll37
▲ Gfll38
▲ Gfll39
▲ Gfll40
▲ Gfll41
▲ Gfll42
▲ Gfll43
▲ Gfll44
▲ Gfll45
▲ Gfll46
▲ Gfll47
▲ Gfll48
▲ Gfll49
▲ Gfll50 | Radial glia
● ERG2
● Nolz1
● Nolz3
▲ aPKC
▲ Par1
▲ Par3
▲ Par6
▲ AP2y
■ Emx1
■ Emx2
■ Sox2
■ Hes1
■ Nf87
■ P-H3
■ Neurog1
■ Neurog2
■ Pax6
■ Talluss | Basal progenitor
■ Brn1
■ Cux1
■ Cux2
■ Tbr2
■ Neurog1
■ Neurog2
■ pHNeurog2
■ AP2y | Young neuron
▲ p115
▲ Gfll1
▲ Gfll2
▲ Gfll3
▲ Gfll4
▲ Gfll5
▲ Gfll6
▲ Gfll7
▲ Gfll8
▲ Gfll9
▲ Gfll10
▲ Gfll11
▲ Gfll12
▲ Gfll13
▲ Gfll14
▲ Gfll15
▲ Gfll16
▲ Gfll17
▲ Gfll18
▲ Gfll19
▲ Gfll20
▲ Gfll21
▲ Gfll22
▲ Gfll23
▲ Gfll24
▲ Gfll25
▲ Gfll26
▲ Gfll27
▲ Gfll28
▲ Gfll29
▲ Gfll30
▲ Gfll31
▲ Gfll32
▲ Gfll33
▲ Gfll34
▲ Gfll35
▲ Gfll36
▲ Gfll37
▲ Gfll38
▲ Gfll39
▲ Gfll40
▲ Gfll41
▲ Gfll42
▲ Gfll43
▲ Gfll44
▲ Gfll45
▲ Gfll46
▲ Gfll47
▲ Gfll48
▲ Gfll49
▲ Gfll50 | Deep layer neuron
● Ctip2
● Fezf2
● NeuL1
● Gsx5
● Tbr1 | Radial glia (generating astroglia)
■ Ring1B
■ Olig2 | Upper layer neuron
■ Cux1
■ Cux2
■ Cux3
■ Cux4
■ Cux5
■ Cux6
■ Cux7
■ Cux8
■ Cux9
■ Cux10
■ Cux11
■ Cux12
■ Cux13
■ Cux14
■ Cux15
■ Cux16
■ Cux17
■ Cux18
■ Cux19
■ Cux20
■ Cux21
■ Cux22
■ Cux23
■ Cux24
■ Cux25
■ Cux26
■ Cux27
■ Cux28
■ Cux29
■ Cux30
■ Cux31
■ Cux32
■ Cux33
■ Cux34
■ Cux35
■ Cux36
■ Cux37
■ Cux38
■ Cux39
■ Cux40
■ Cux41
■ Cux42
■ Cux43
■ Cux44
■ Cux45
■ Cux46
■ Cux47
■ Cux48
■ Cux49
■ Cux50 | Astrocyte
● GLAST
● GLT1
▲ GFAP
▲ Glutamine synthetase
▲ S100β |
|---|--|---|--|--|---|--|--|--|

Key

- Membrane
- ▲ Intracellular
- Nuclear

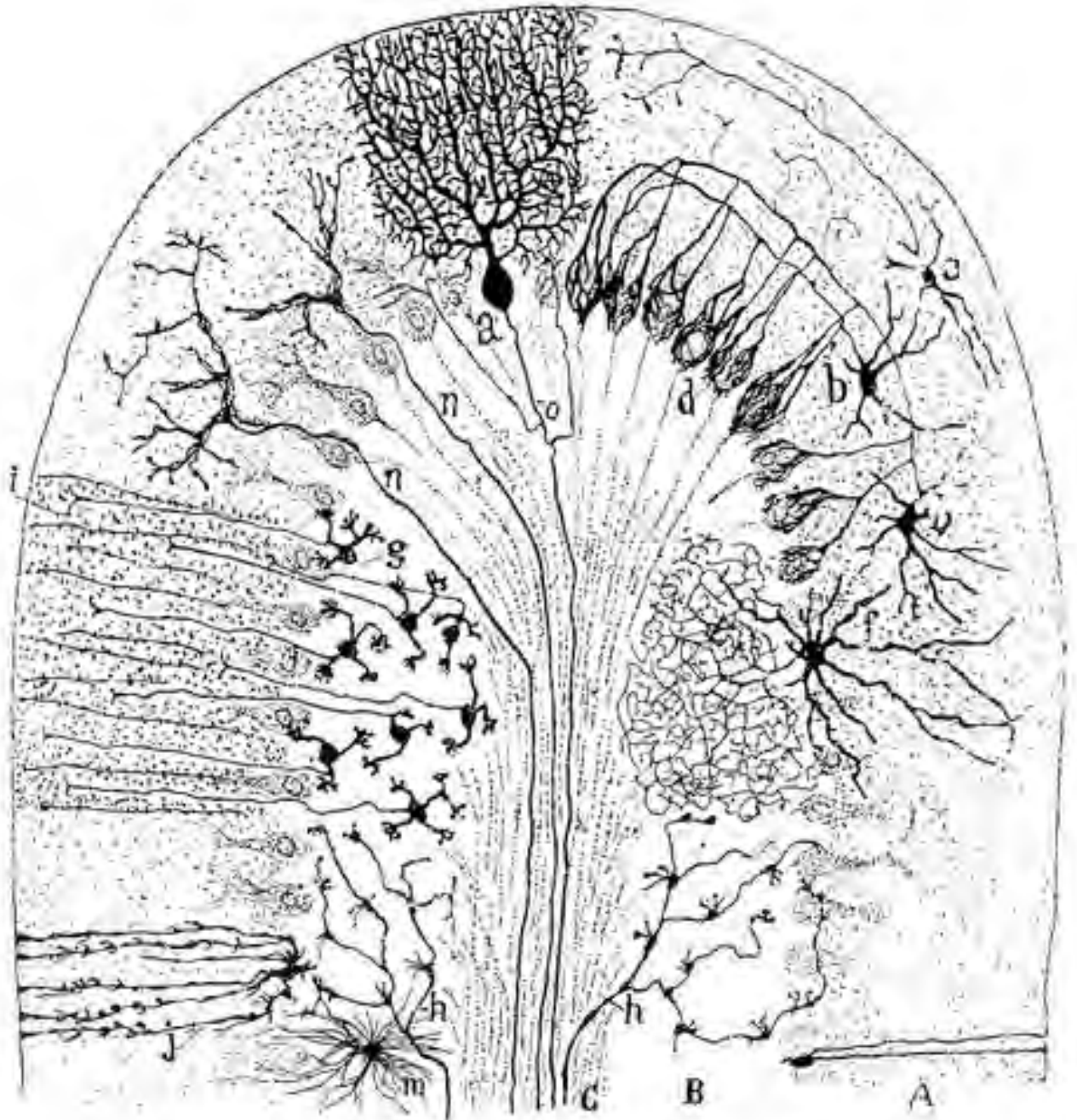
Layered structure of developed neocortex

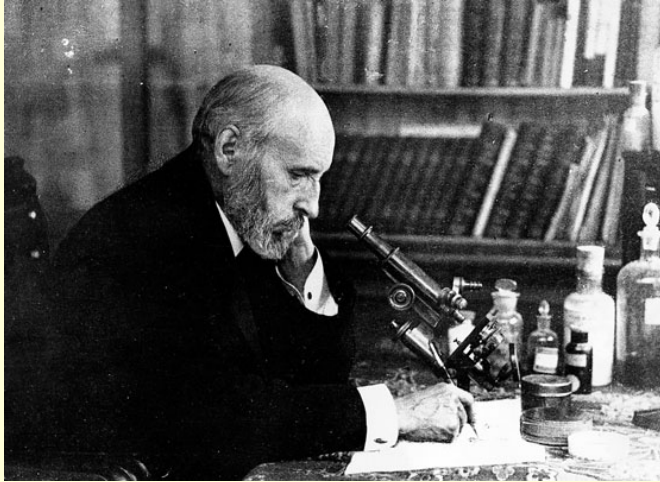


The developed neocortex consists of six layers (enumerated by Roman numbers). Layer I harbors few cells and most neurons are located between layers II-VI. Generally, neurons of the deeper layers have been generated earlier than those of the upper layers. They differ in morphology, connectivity and their axonal projection from each other. Selective expression of transcription factors is responsible for this specification. Some transcription factors are expressed only during specific phases, while others persist. This allows for the identification of the distinct subtypes of glutamatergic neurons based on their transcription factor expression. Not depicted are a variety of GABAergic interneurons (originating from the ventral telencephalon), responsible for local inhibition.

References:
 Galanov F. Cellular and molecular control of neurogenesis in the mammalian telencephalon. *Curr Opin Cell Biol* 2005; 17(1):630-47.
 Heintsch C, Blum R, Casco S, Messadell C, Tripodi P, Sánchez R, Tiedt S, Schroeder T, Colz M, Berringer B. Directing astroglia from the cerebral cortex into subtype specific functional neurons. *PLoS Biol* 2010; 8(5):e1000373.
 Kishimoto T, et al. Astrocyte fate: The cell cycle of astrocytes and adult stem cells. *Ann Rev Neurosci* 2009; 32:1-24.

Revenons à la **théorie du neurone** avec le premier dessin connu des neurones du cervelet, de Santiago Ramon y Cajal (1852-1934).





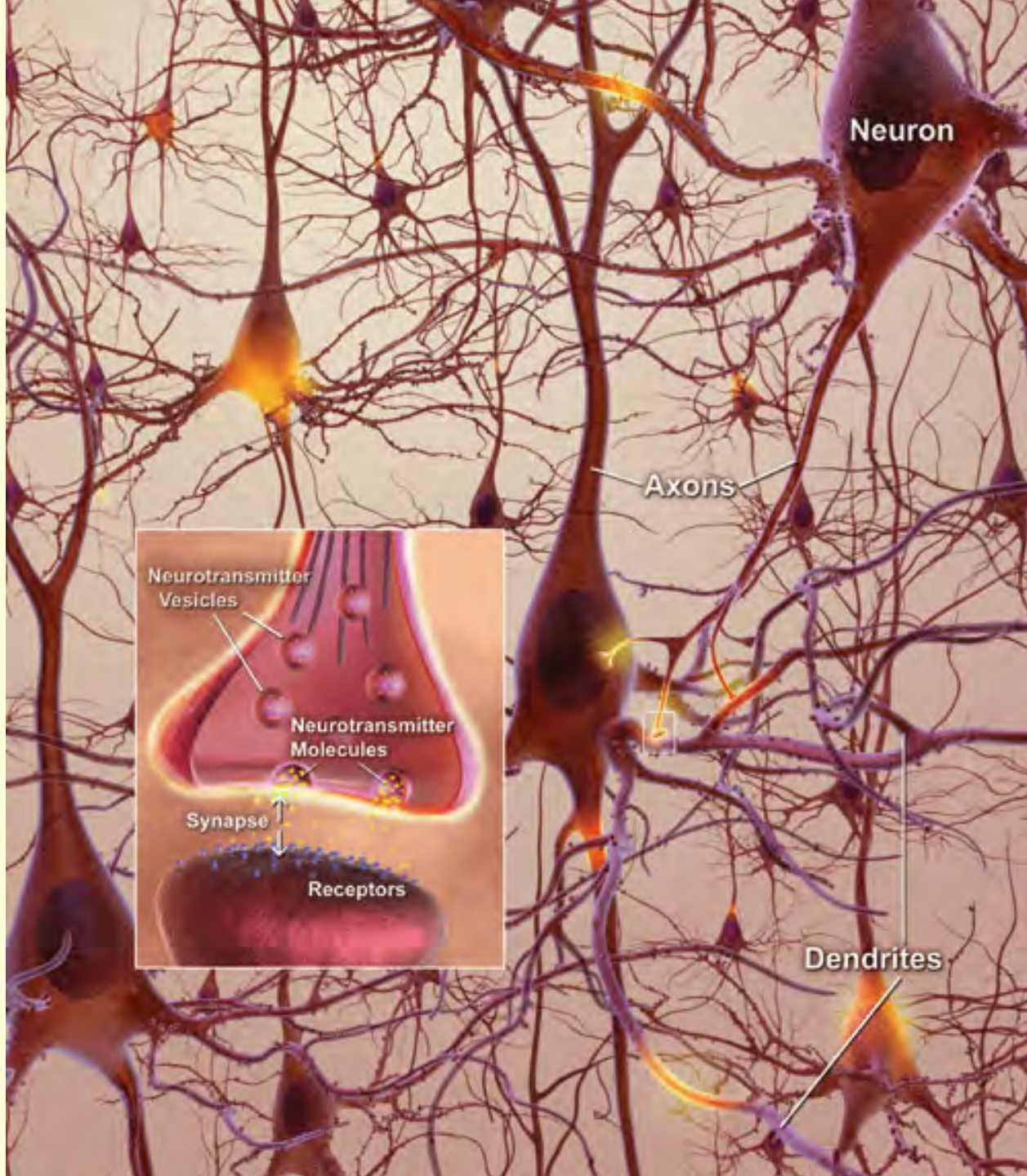
La théorie (ou doctrine) du neurone :

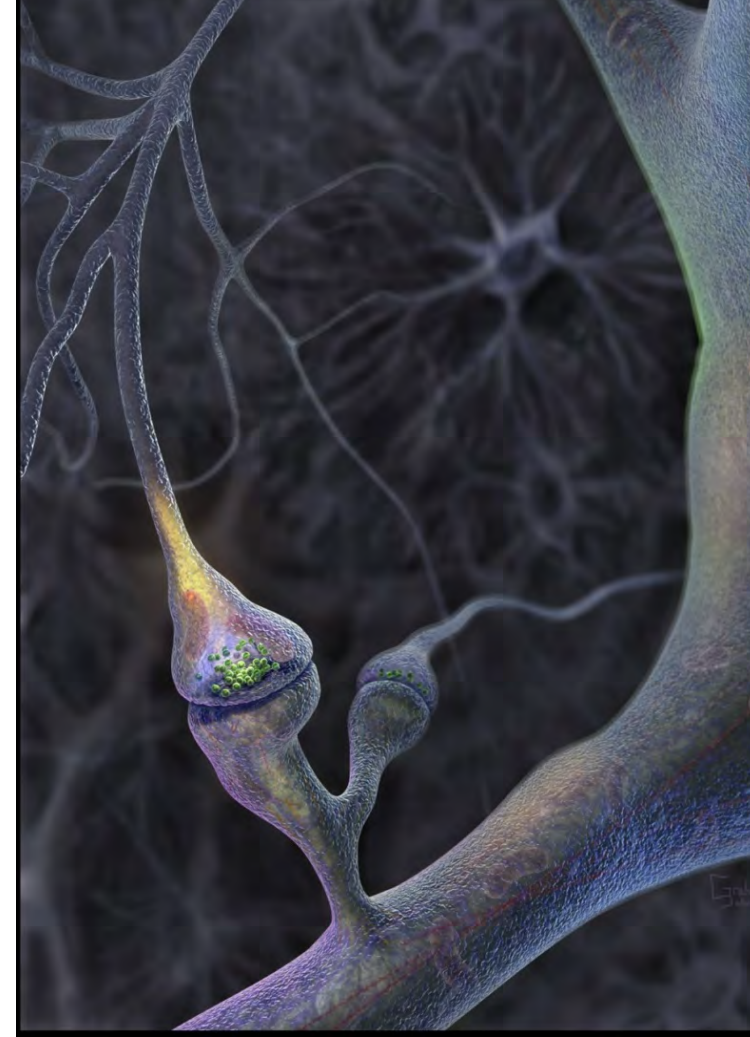
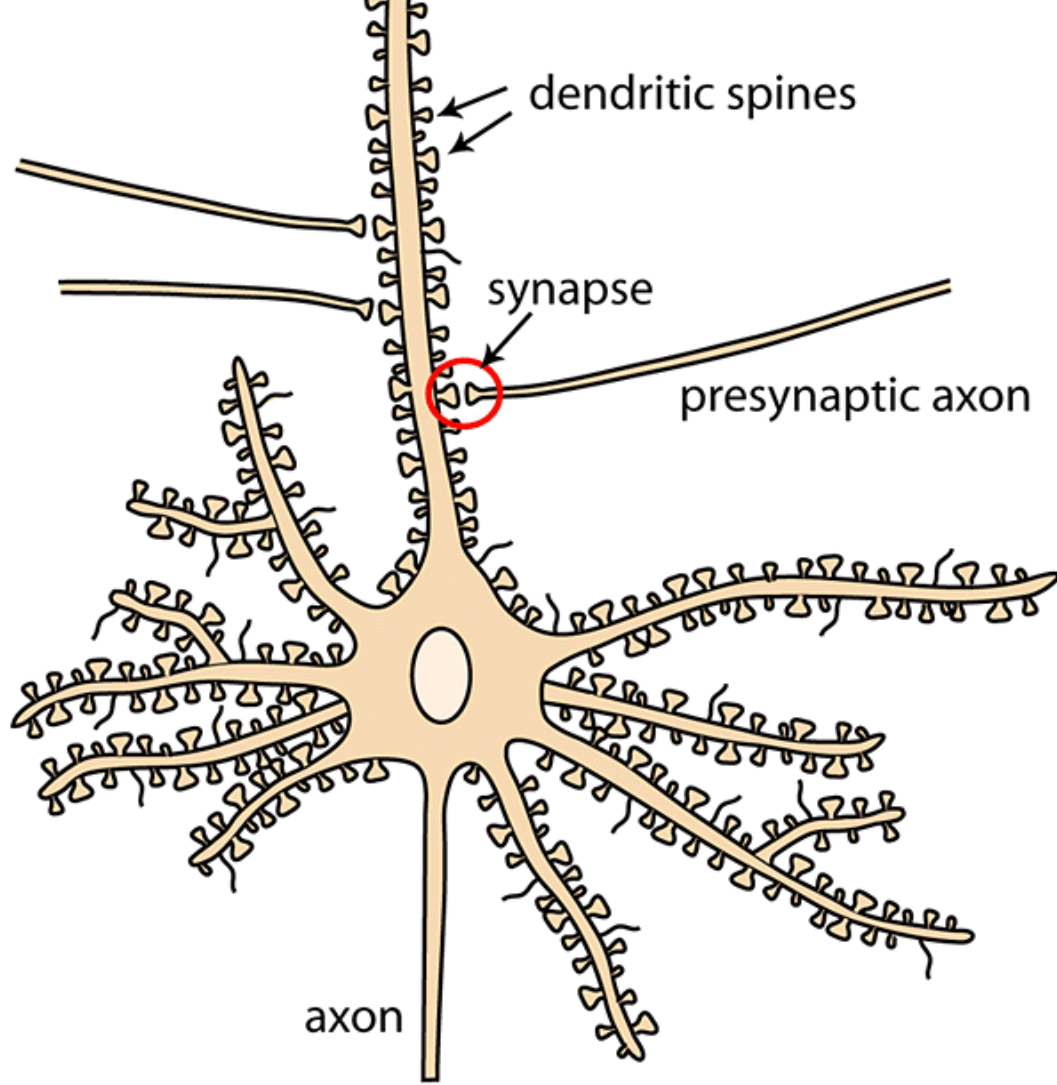
1) **Le neurone** est l'unité structurelle et fonctionnelle de base du système nerveux;

2) Les neurones sont des cellules discrètes qui ne sont **pas reliées en continu entre elles**;

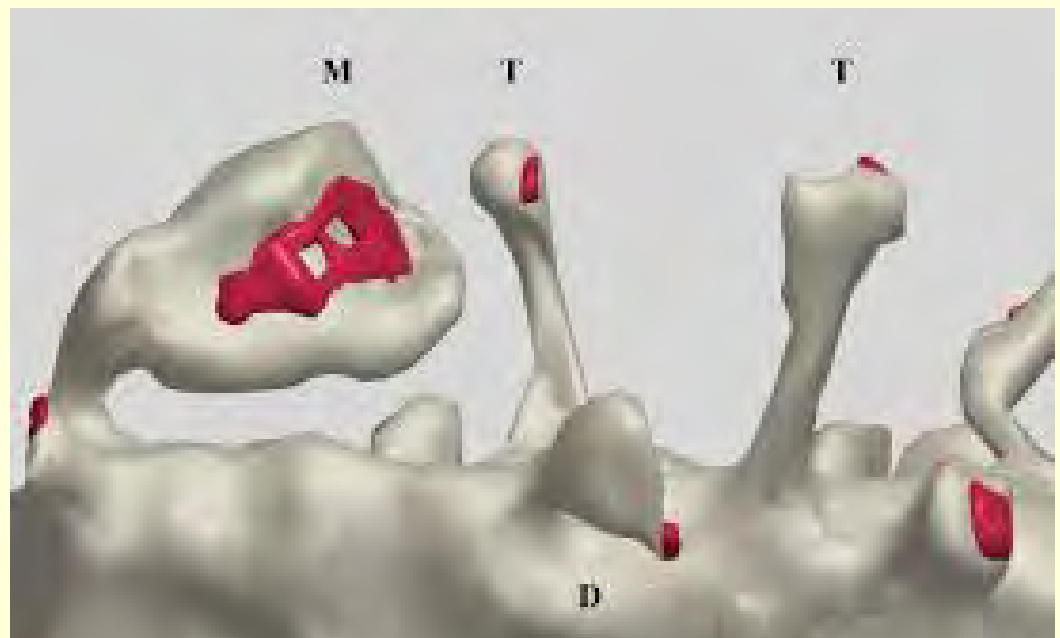
3) Un neurone est composé de 3 parties : les **dendrites, le corps cellulaire et l'axone**;

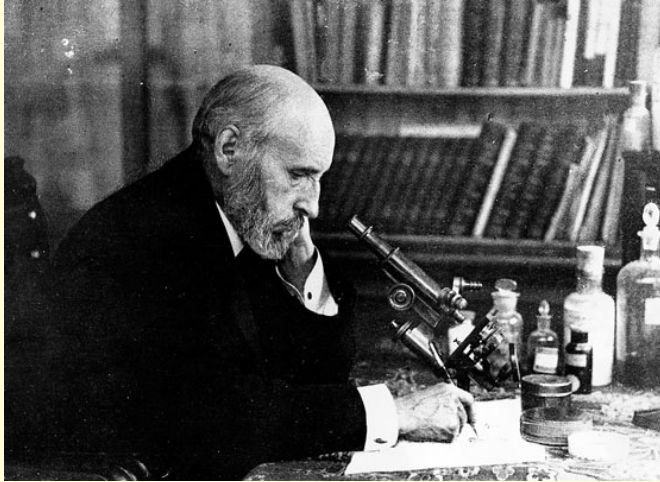
4) L'information circule le long d'un neurone **dans une direction** (des dendrites à l'axone, via le corps cellulaire).





Smrt & Zhao. Frontiers in Biology 2010





La théorie (ou doctrine) du neurone :

1) **Le neurone** est l'unité structurelle et fonctionnelle de base du système nerveux;

2) Les neurones sont des cellules discrètes qui ne sont **pas reliées en continu entre elles**;

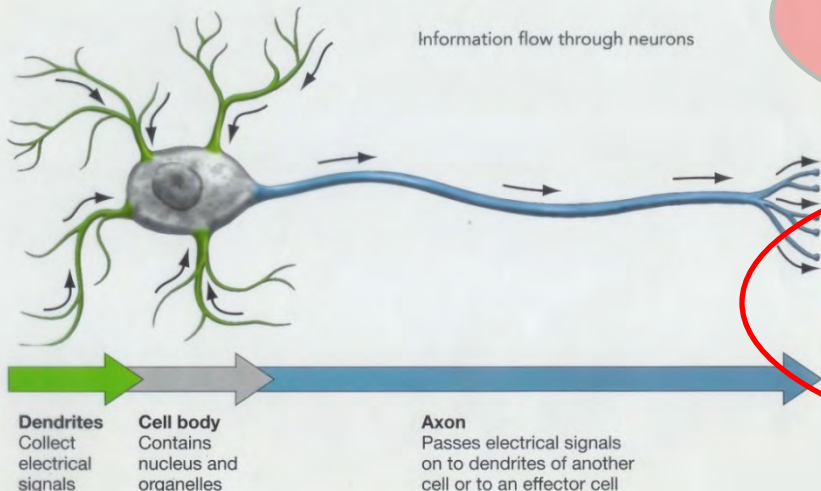
3) Un neurone est composé de 3 parties : les **dendrites, le corps cellulaire et l'axone**;

4) L'information circule le long d'un neurone **dans une direction** (des dendrites à l'axone, via le corps cellulaire).

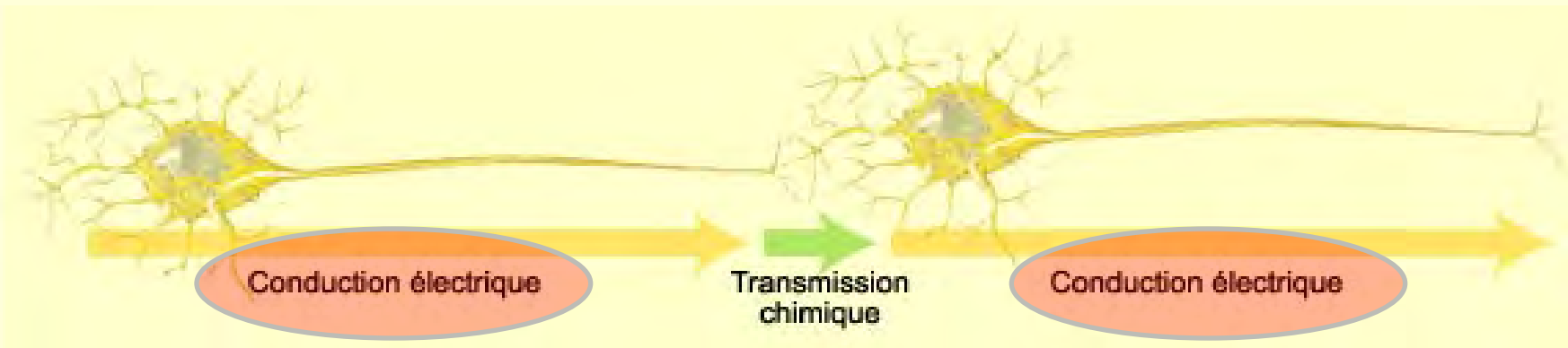
T-862

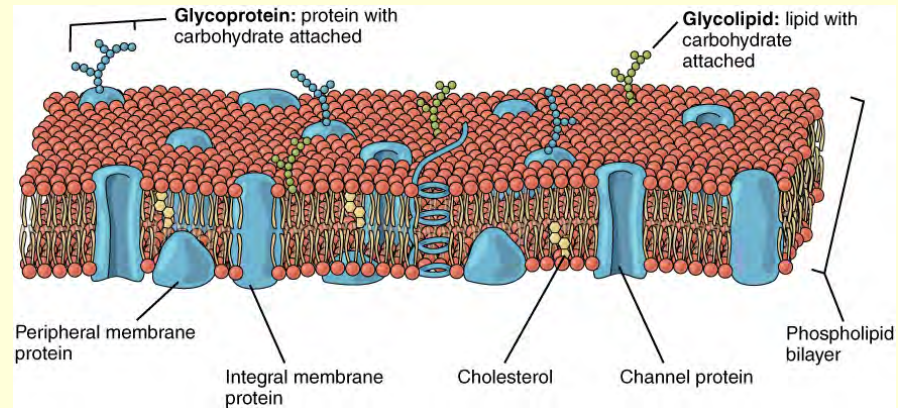
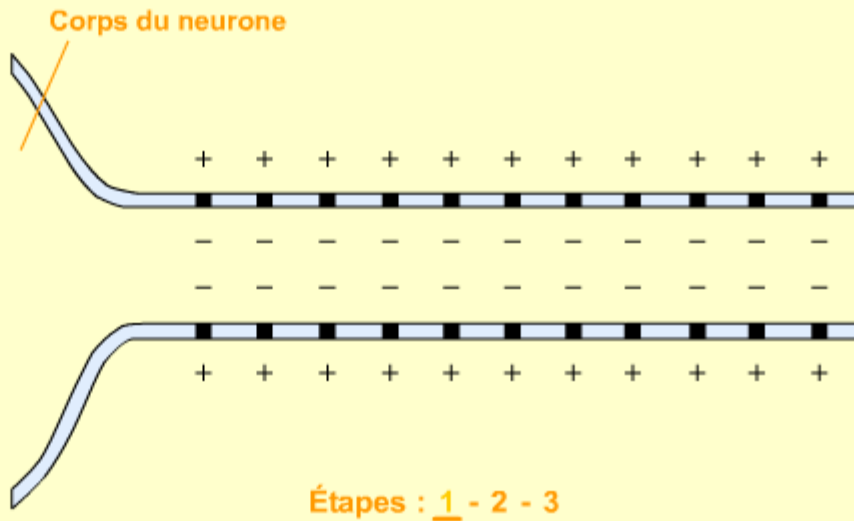
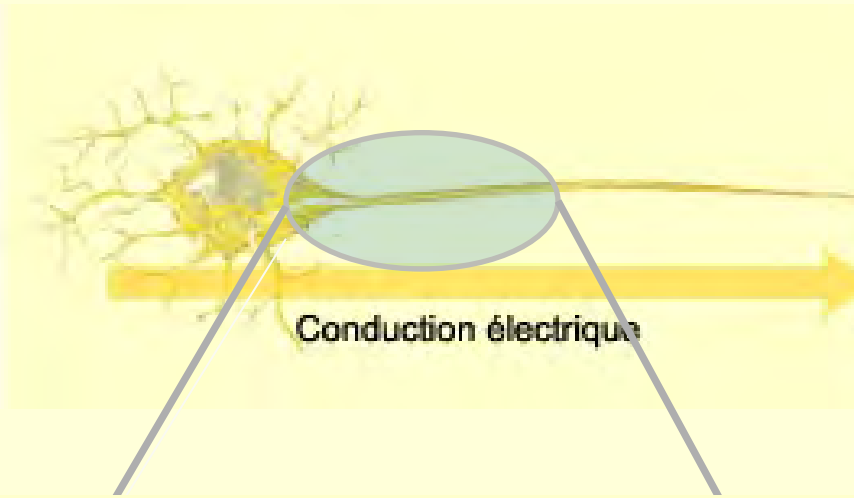
Figure 42.2b
How Does Information Flow in a Neuron?

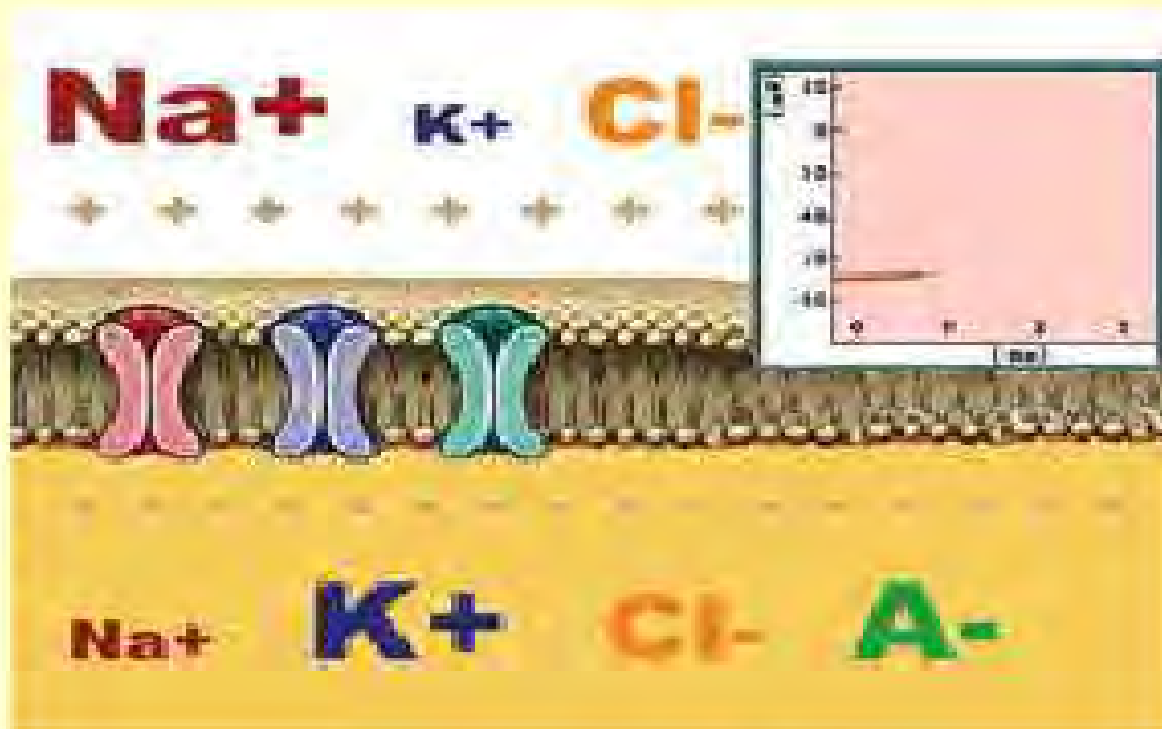
Information flow through neurons



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

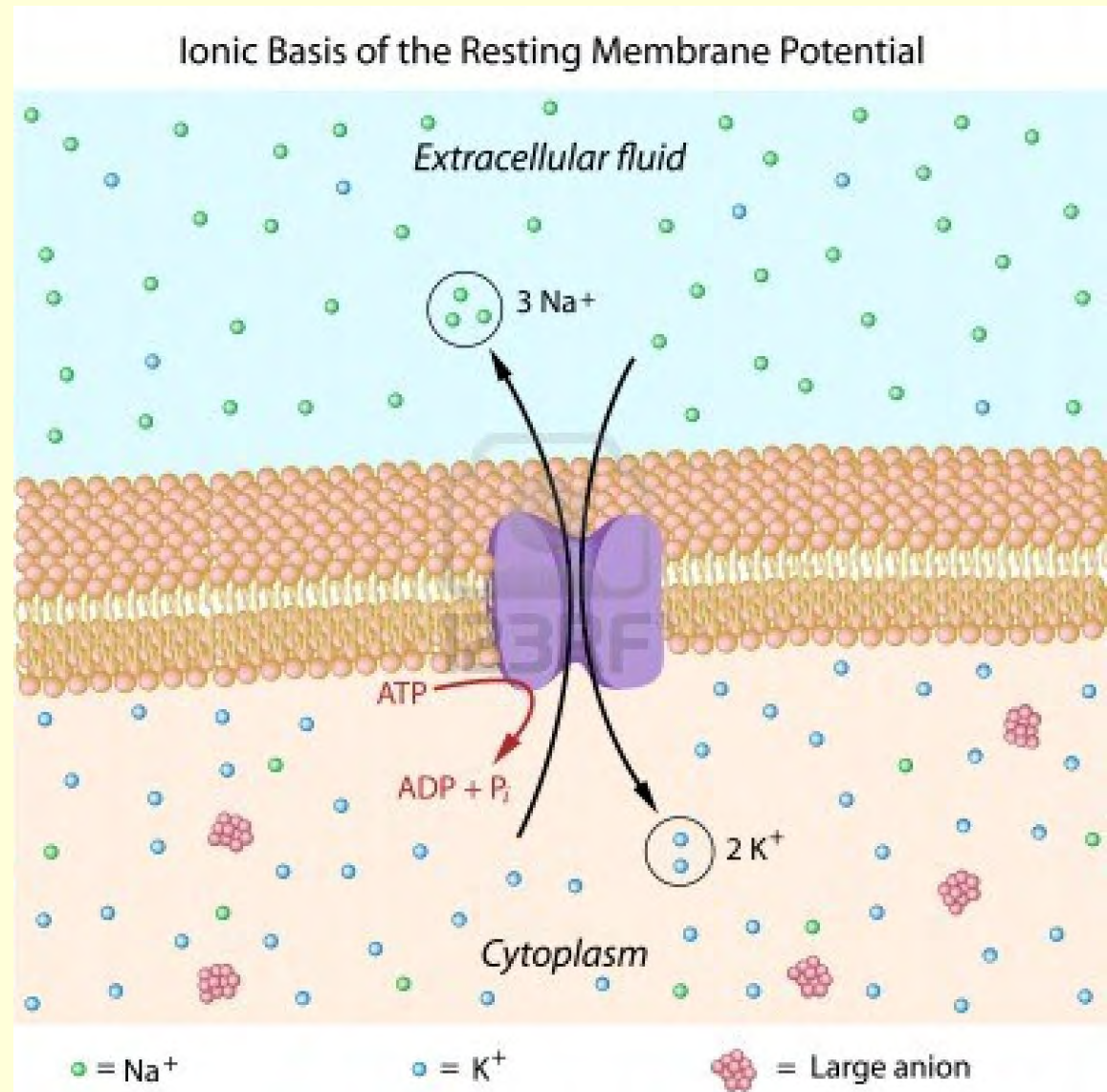




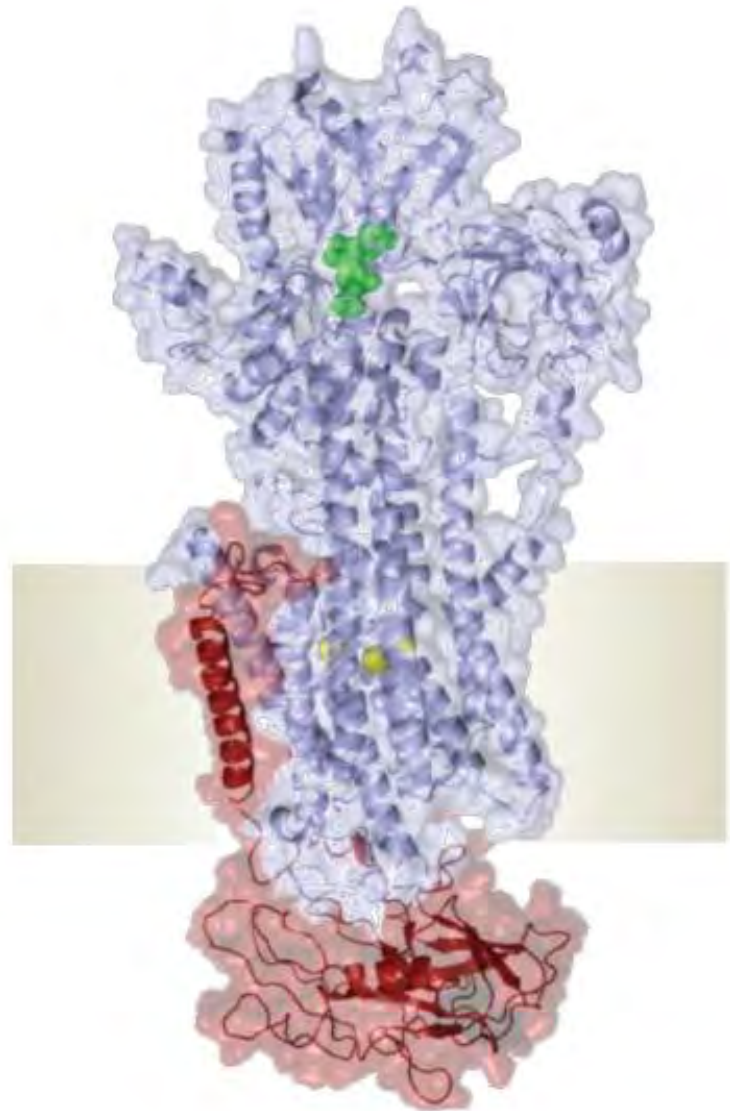


Étapes : 1 - 2 - 3 - 4

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



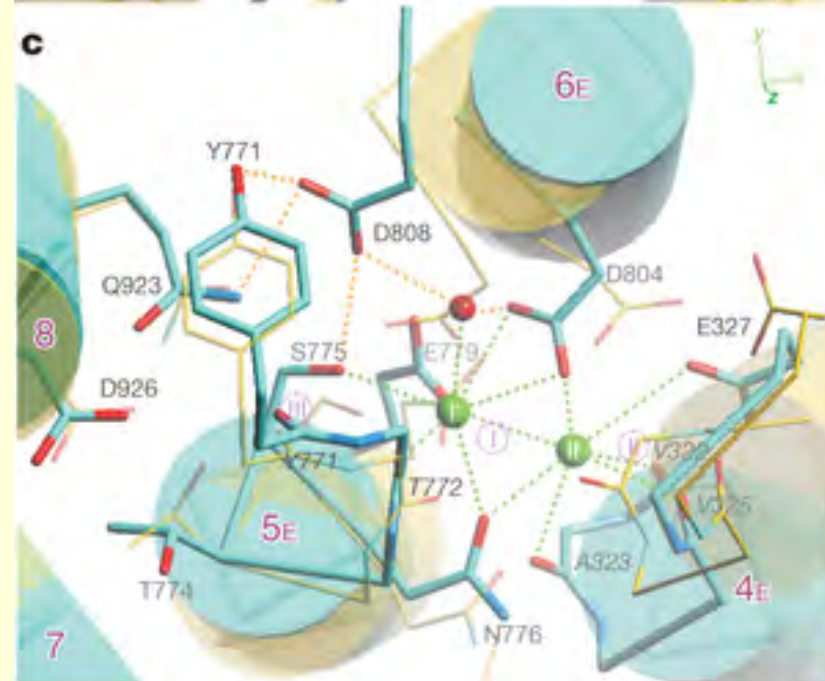
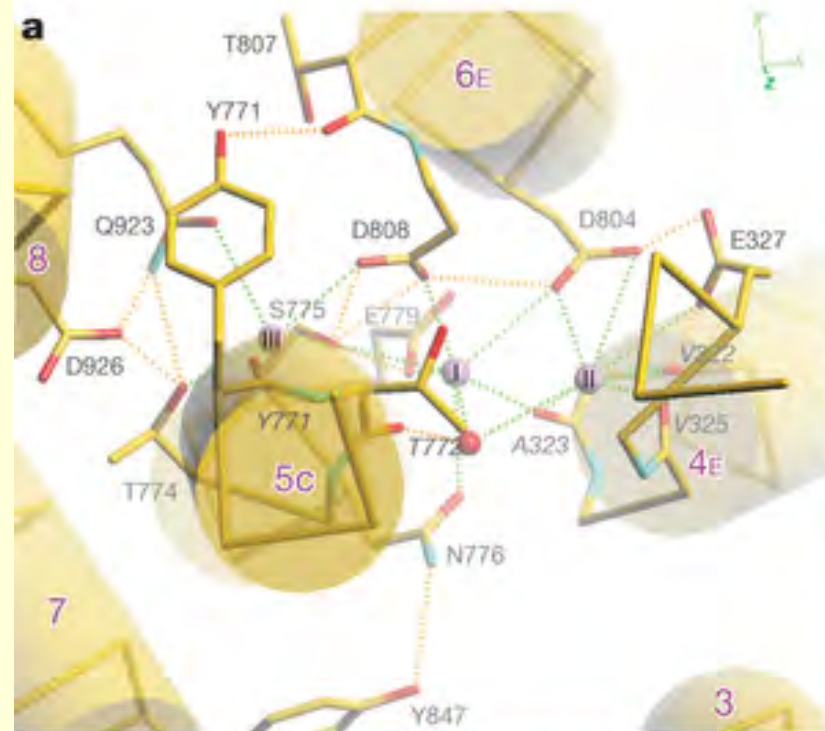
C'est seulement en **2009**,
que sa structure globale
a pu être observée.



Mais on s'était toujours demandé comment la pompe faisait pour prendre des ions sodium dans la première phase de son travail, et des ions potassium dans la deuxième, **sans se tromper.**

Dans un articles publié dans ***Nature*** en octobre **2013** Kanai *et al.* ont pu démontrer que la clé réside dans le fait que

la pompe **change de conformation entre ces deux étapes.**



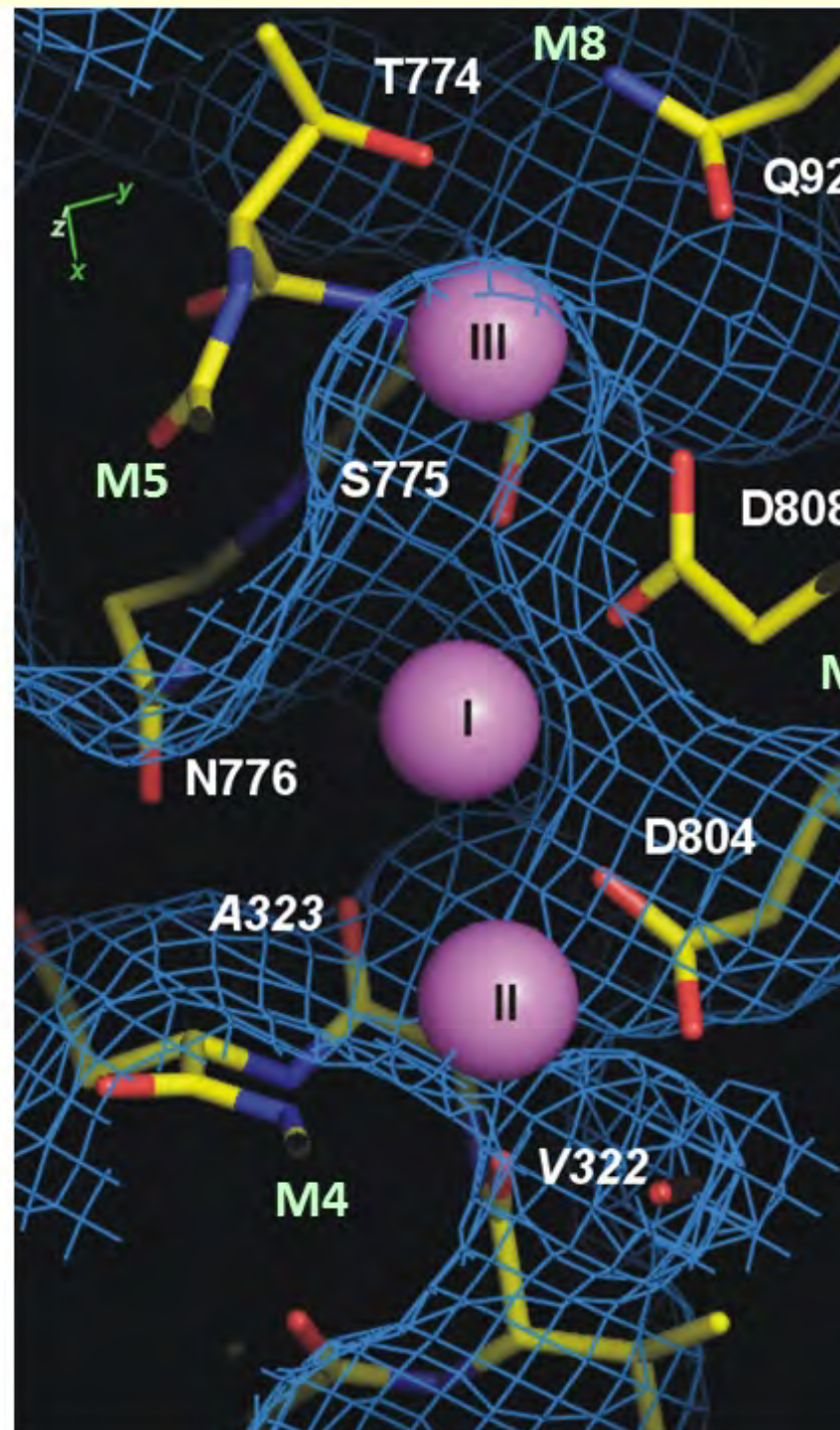
Par exemple, dans la première conformation, elle possède une cavité comportant **trois logements** qui ont exactement la taille d'ions sodium.

Mais ces logements sont **trop petits** pour accepter des ions potassium.

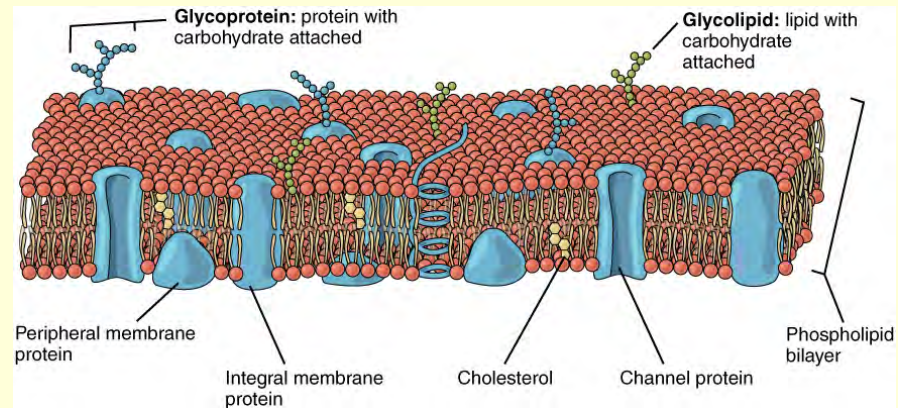
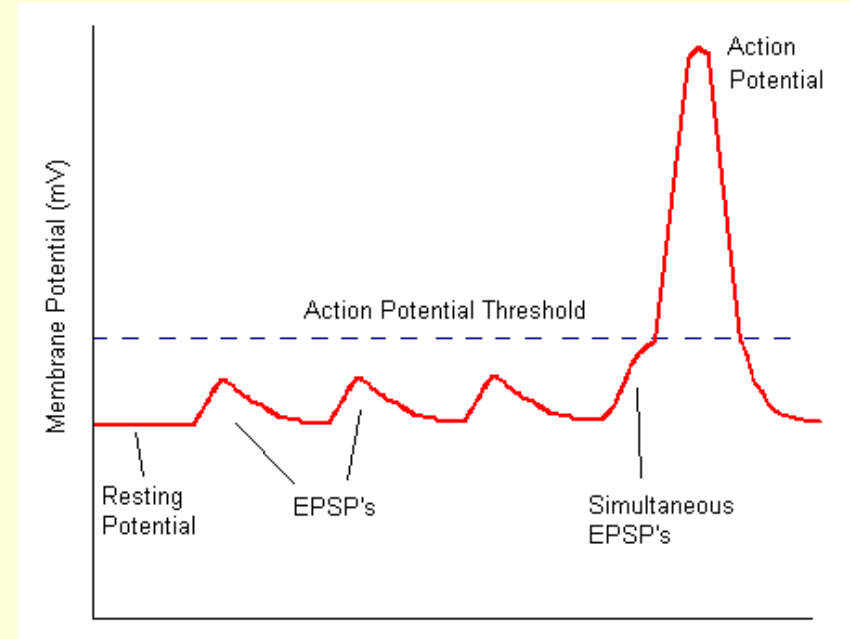
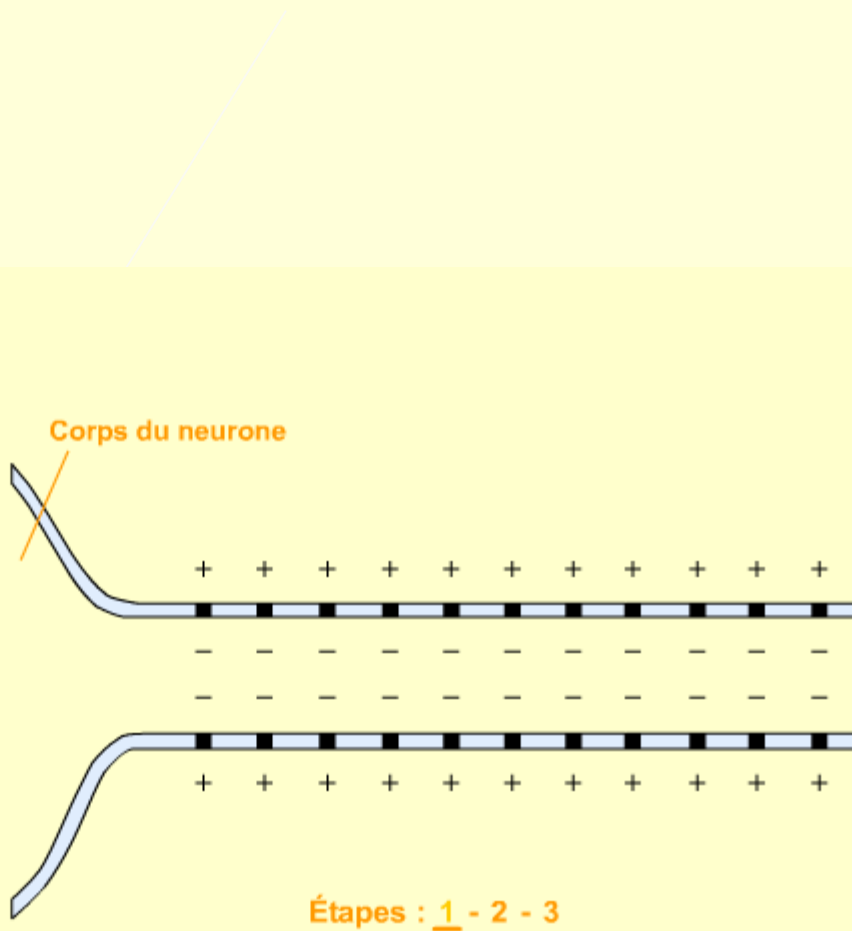
Ce réglage très précis permet à la pompe de **discriminer** entre les deux sortes d'ions.

Et de créer ainsi le potentiel de repos qui rendra possible les potentiel d'action.

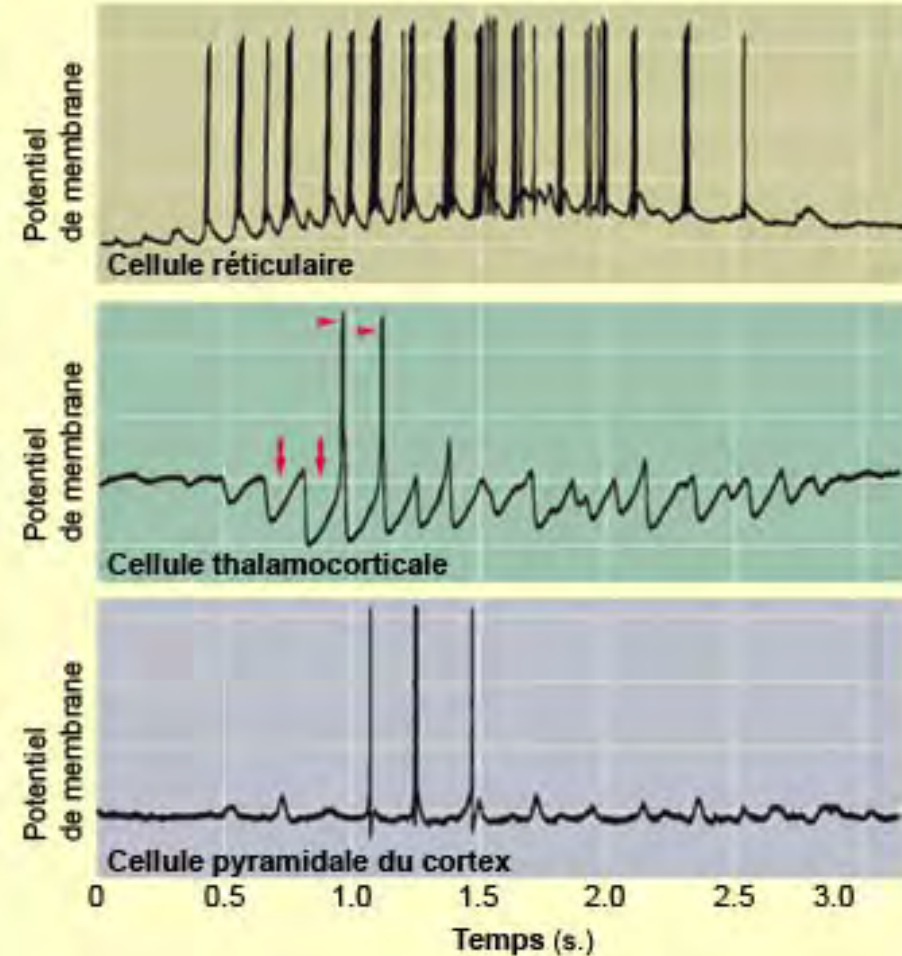
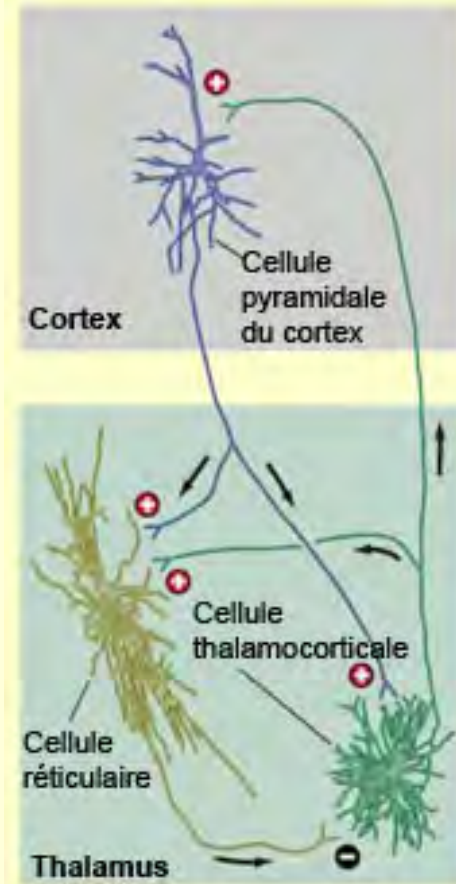
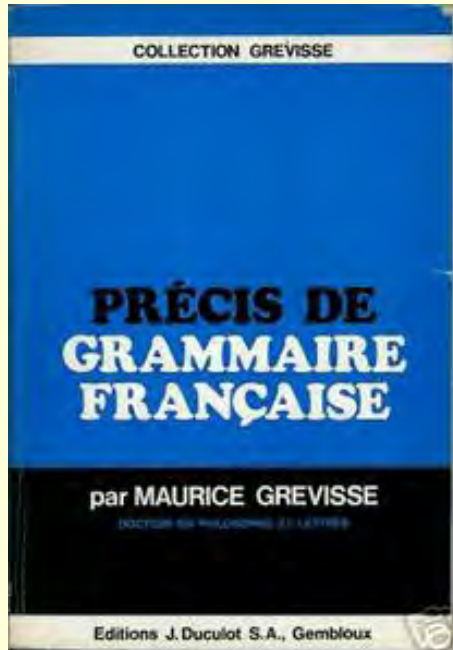
Et à partir de là, le cerveau pourra commencer à penser...



le « **potentiel d'action** », que l'on visualise ainsi sur un oscilloscope, se déclenche de manière « **tout ou rien** » quand l'excitation atteint un certain **seuil**



Intégration neuronale



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

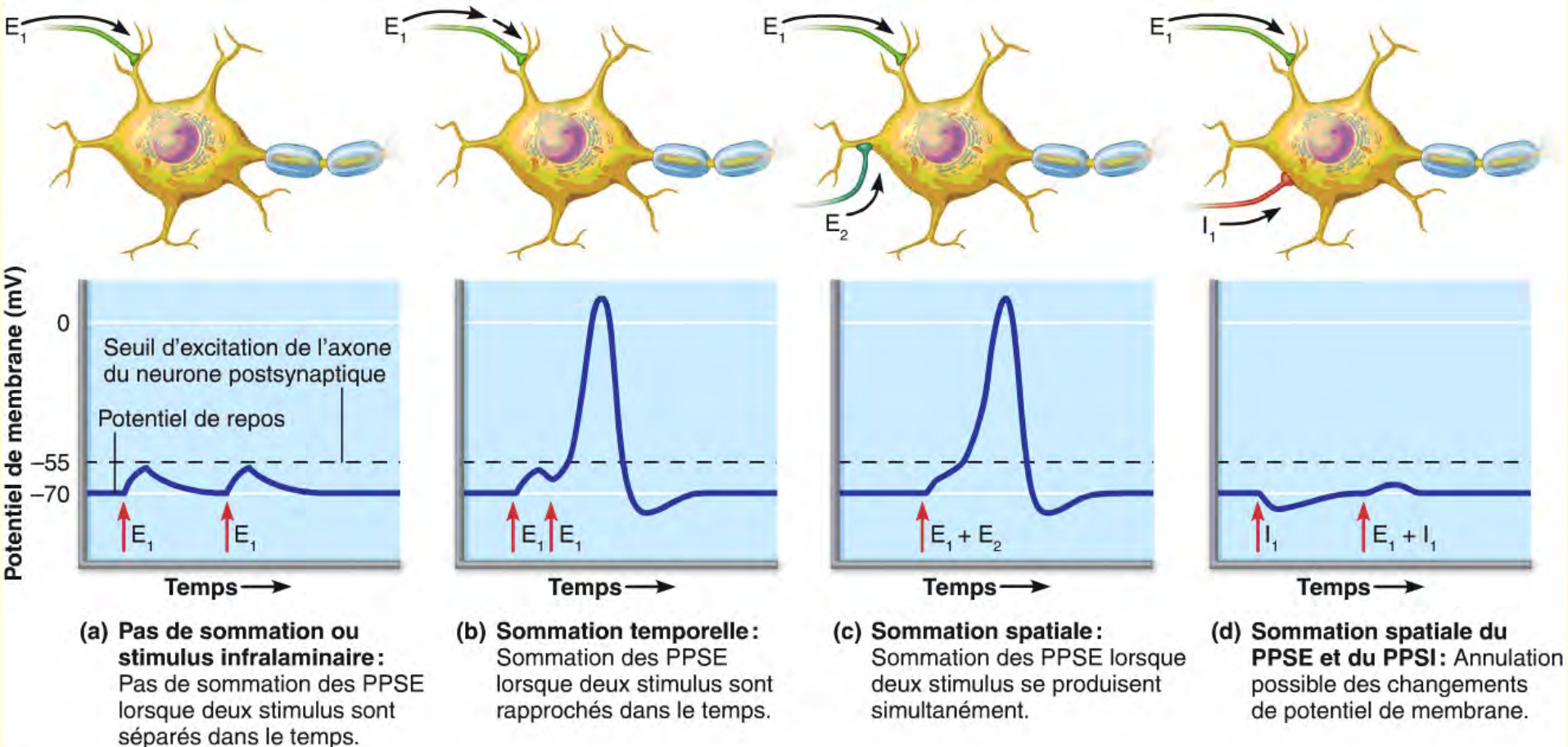
*« Le fait qu'une cellule vivante se soit adaptée en une structure capable de recevoir et **d'intégrer** des données, de **prendre des décisions** fondées sur ces données, et **d'envoyer des signaux** aux autres cellules en fonction du résultat de cette intégration est un exploit remarquable de l'évolution.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

“The adaptation of a biological cell into a structure capable of receiving and integrating input, making a decision based on that input, and signaling other cells depending on the outcome of that decision is a remarkable feat of evolution. »

<http://m.cacm.acm.org/magazines/2011/8/114944-cognitive-computing/fulltext>

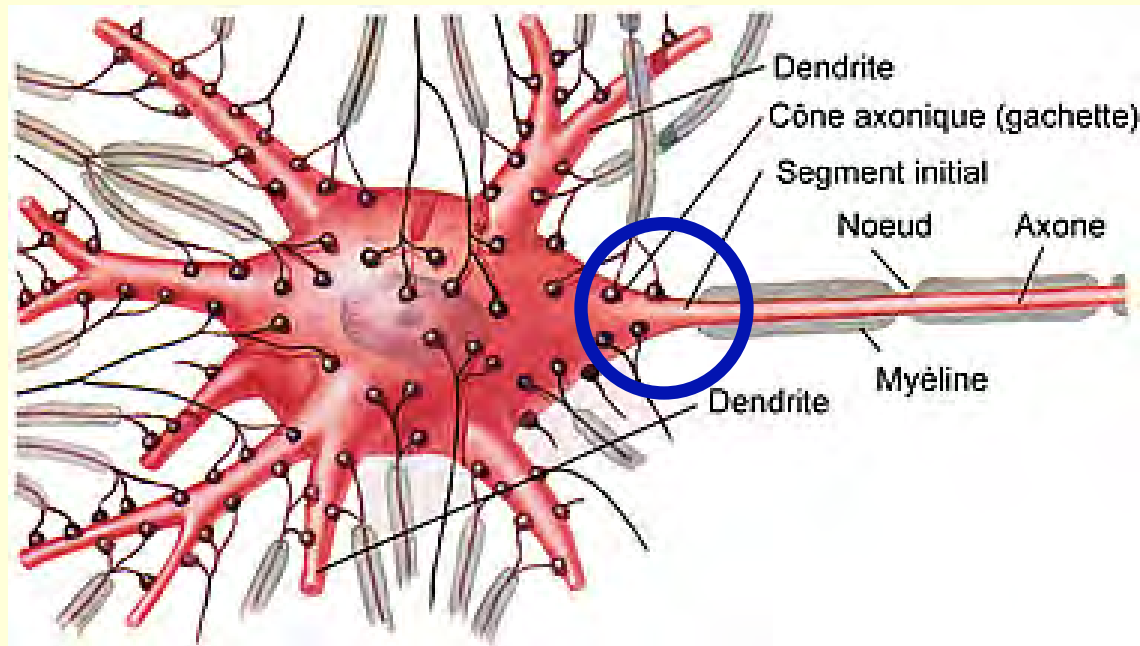
Dharmendra S. Modha, Rajagopal Ananthanarayanan, Steven K. Esser, Anthony Ndirango, Anthony J. Sherbondy, Raghavendra Singh
Communications of the ACM, Vol. 54 No. 8, Pages 62-71 (2011)

« 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. »*

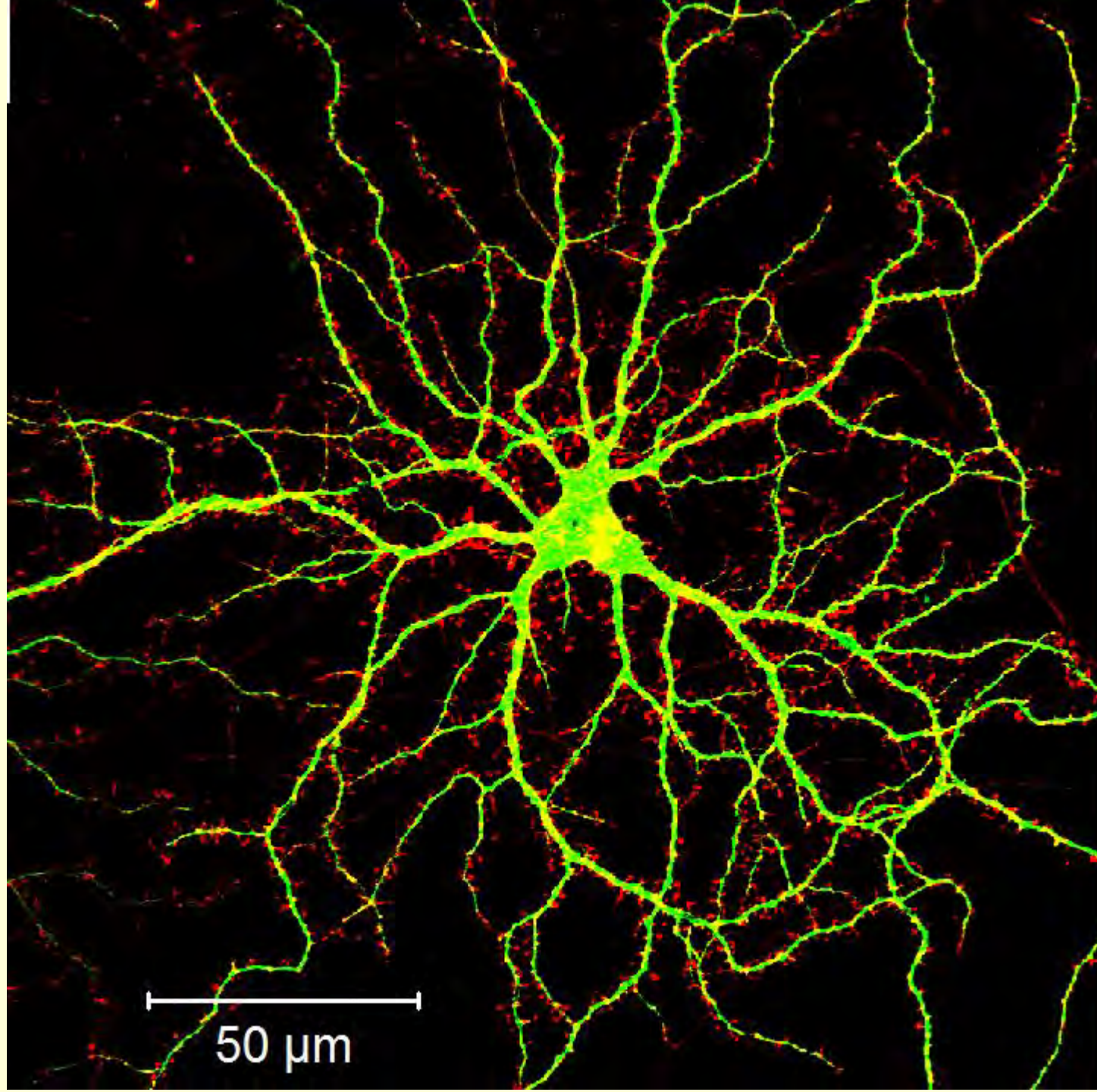


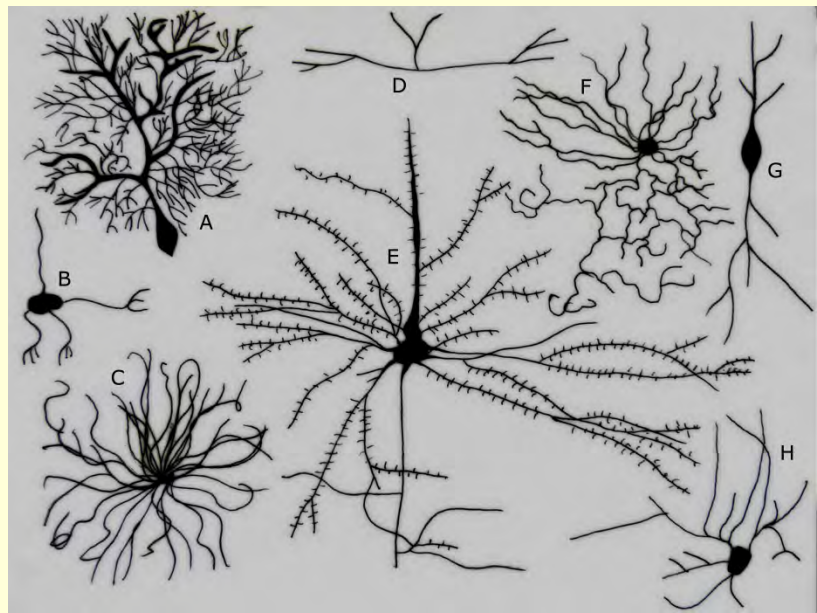
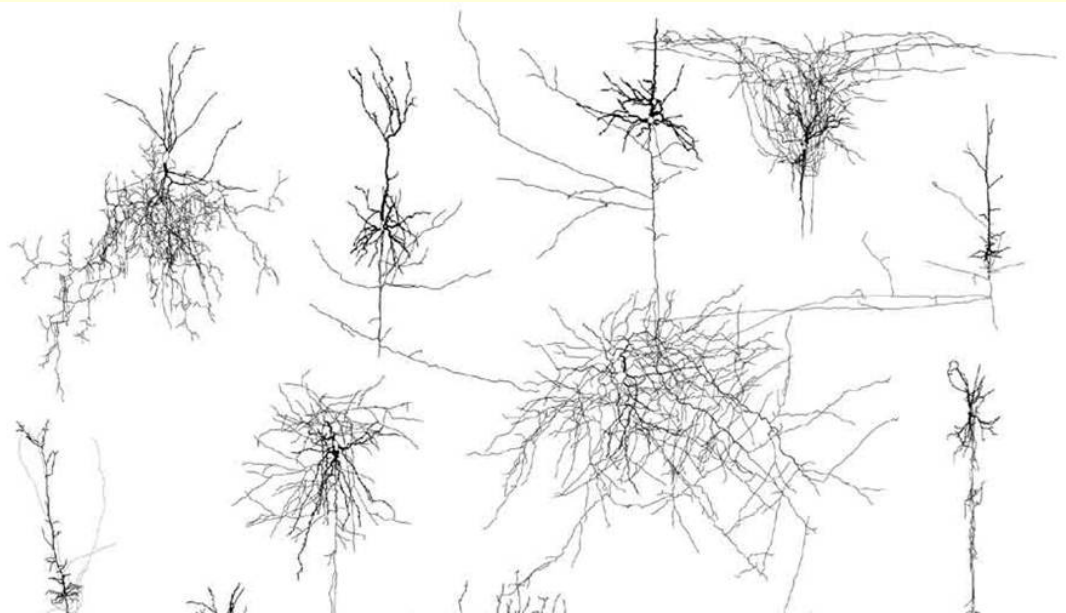
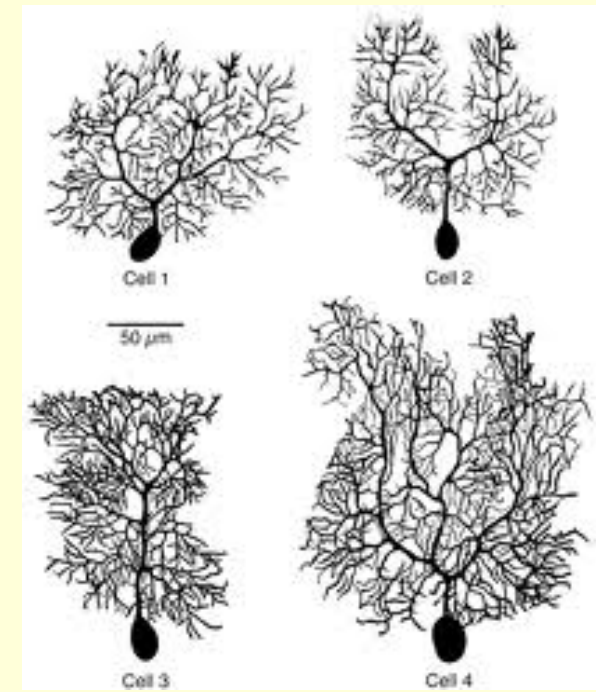
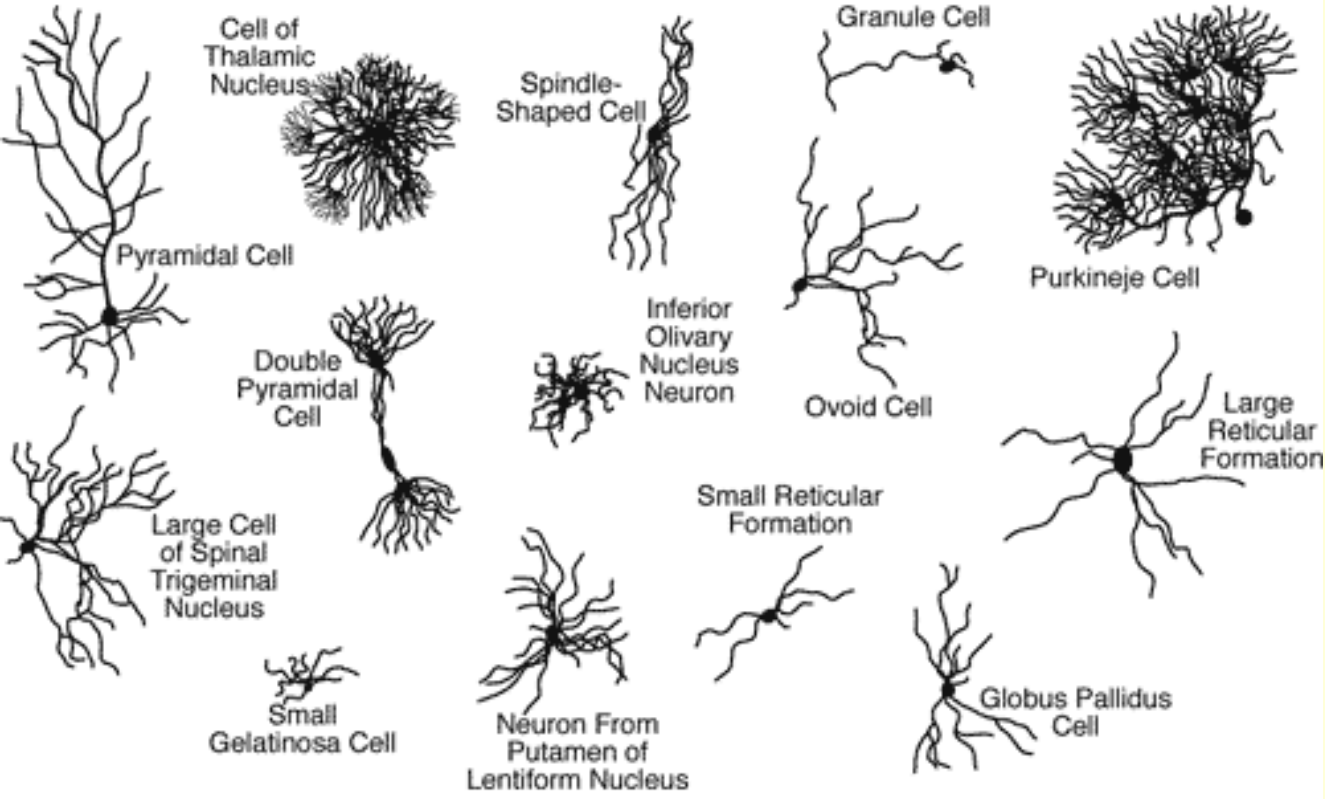


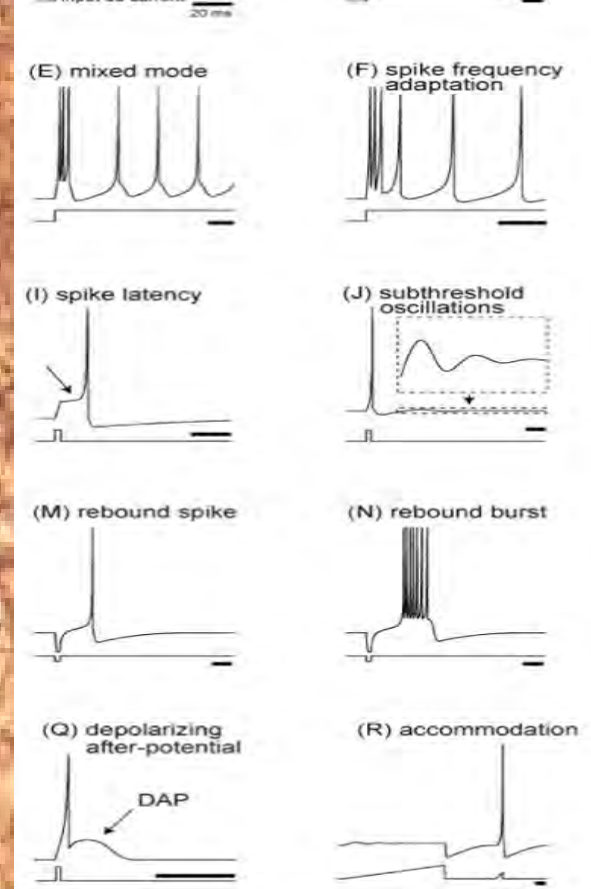
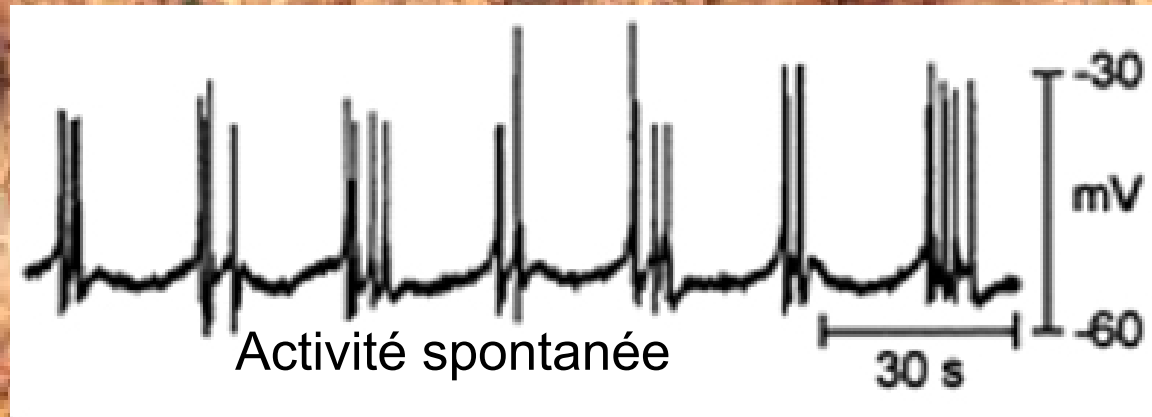
De petits potentiels excitateurs ou inhibiteurs sont donc **constamment générés** sur les dendrites et le corps cellulaire du neurone suite à la fixation des neurotransmetteurs sur leurs récepteurs.

La diffusion passive de ces potentiels post-synaptique (leur intensité diminue avec le trajet) amène une **sommation de leurs effets excitateurs ou inhibiteurs**.

Et plus la dépolarisation se fera au niveau proximal des dendrites (près du corps cellulaire, de la **zone gâchette**), plus cette dépolarisation sera susceptible d'engendrer un potentiel d'action.







85 000 000 000 neurones

Chaque neurone peut faire jusqu'à 10 000 connexions avec d'autres neurones.

On est toujours dans



La théorie (ou doctrine) du neurone :

Et l'on va considérer rapidement où l'on en est aujourd'hui dans notre compréhension de cette « information » qui circule d'un neurone à l'autre...

1) **Le neurone** est l'unité structurelle et fonctionnelle de base du système nerveux;

2) Les neurones sont des cellules discrètes qui ne sont **pas reliées en continu entre elles**;

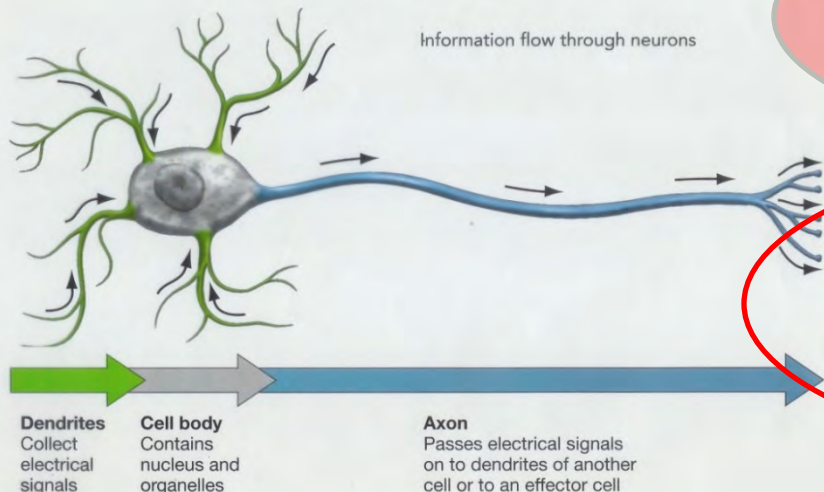
3) Un neurone est composé de 3 parties : les **dendrites, le corps cellulaire et l'axone**;

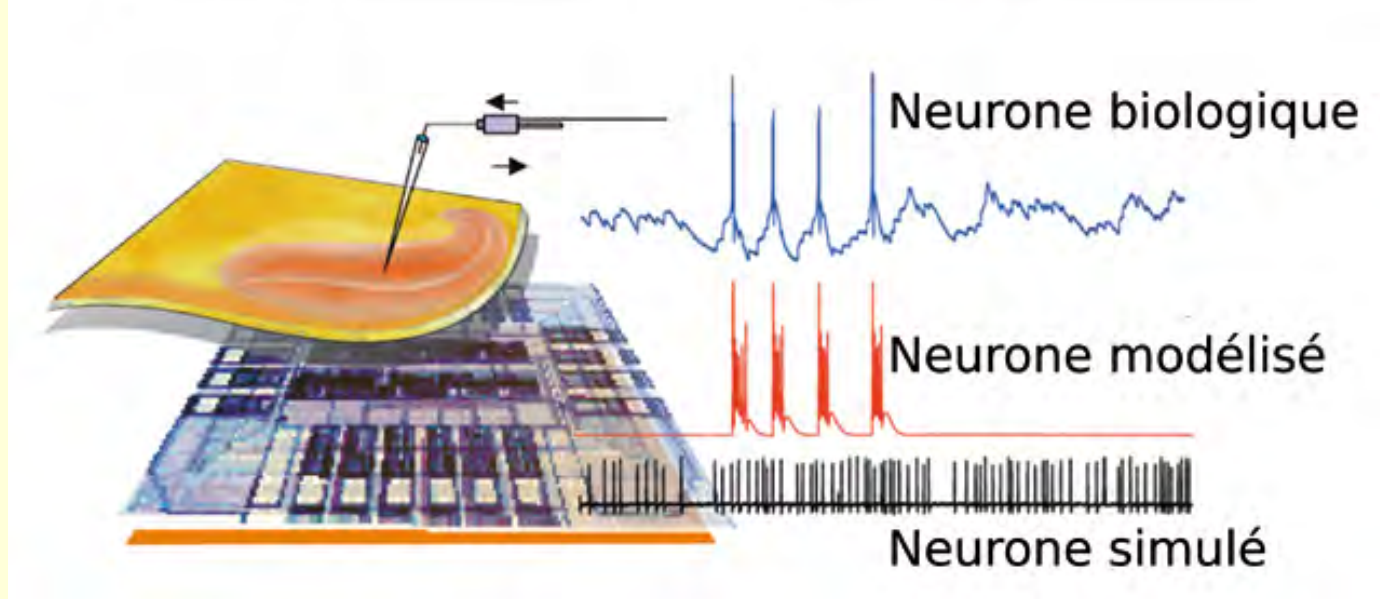
4) L'information circule le long d'un neurone **dans une direction** (des dendrites à l'axone, via le corps cellulaire).

T-862

Figure 42.2b
How Does Information Flow in a Neuron?

Information flow through neurons





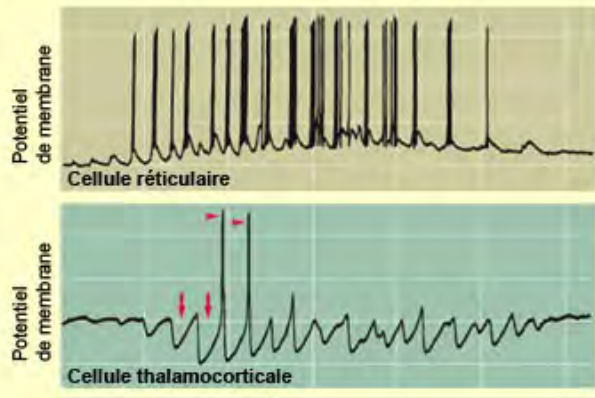
Les neurosciences computationnelles

(du latin computare = compter)

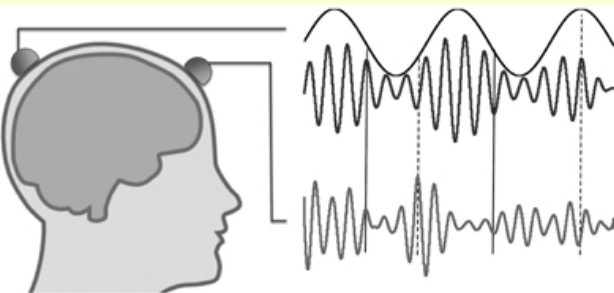
Introduites lors d'une conférence tenue en **1985** en Californie, les neurosciences computationnelles regroupent un ensemble d'approches **mathématiques, physiques et informatiques** appliquées à la **compréhension du système nerveux**

“computation = coding + dynamics”

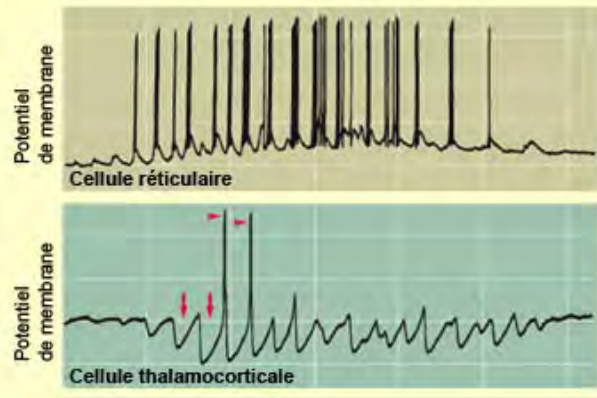
Les deux termes de droite de cette équation sont les deux grandes questions des neurosciences computationnelles :



Comment sont encodées les variables computationnelles que l'on peut isoler dans l'activité nerveuse ?



Comment le comportement dynamique des réseaux de neurones émerge-t-il des propriétés des neurones ?



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

alors que la synchronisation relative entre les neurones était considérée moins importante.

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.

On va en parler un peu plus loin...

Voilà pour ce rapide survol de ce qui tient toujours avec la « théorie du neurone »

La théorie (ou doctrine) du neurone :

1) **Le neurone** est l'unité structurelle et fonctionnelle de base du système nerveux;

2) Les neurones sont des cellules discrètes qui ne sont **pas reliées en continu entre elles**;

3) Un neurone est composé de 3 parties : les **dendrites, le corps cellulaire et l'axone**;

4) L'information circule le long d'un neurone **dans une direction** (des dendrites à l'axone, via le corps cellulaire).

- La théorie du neurone
 - Ce qu'on peut garder
 - **Tout ce qu'on sait maintenant qui lui manque...**

On va maintenant mettre la hache dedans et voir ce qui ne tient plus la route...

La théorie (ou doctrine) du neurone :

1) **Le neurone** est l'unité structurelle



neurone **dans une direction** (des dendrites à l'axone, via le corps cellulaire).

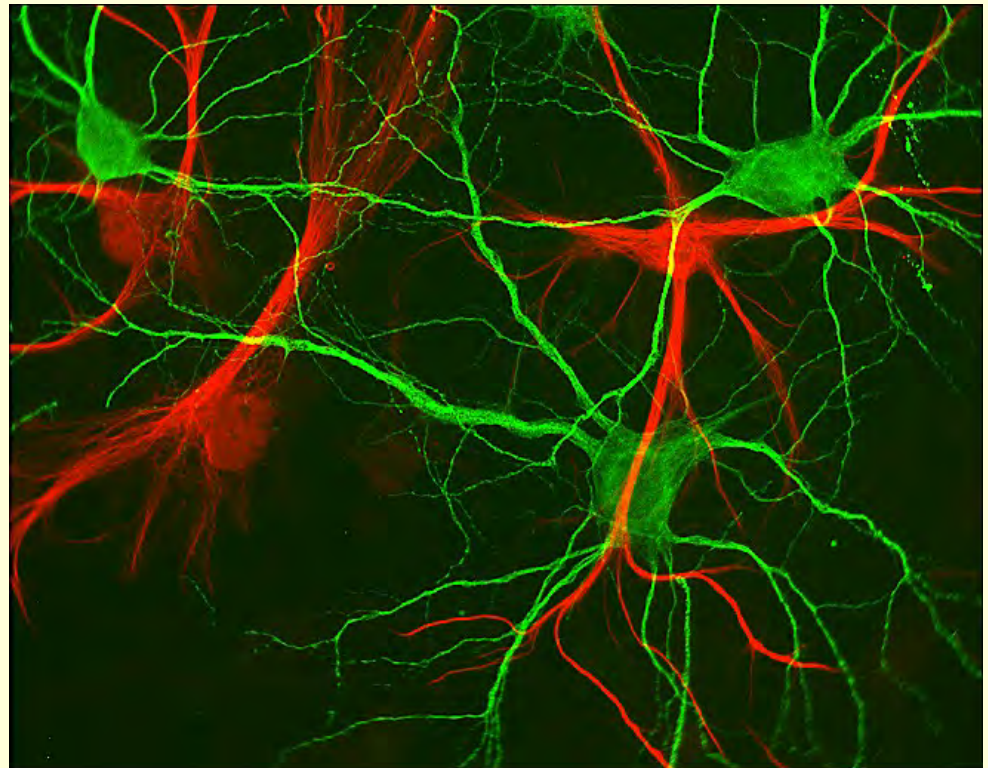
La théorie du neurone :

1) ~~Le neurone~~ est l'unité structurelle ~~et~~ fonctionnelle de base du système nerveux;

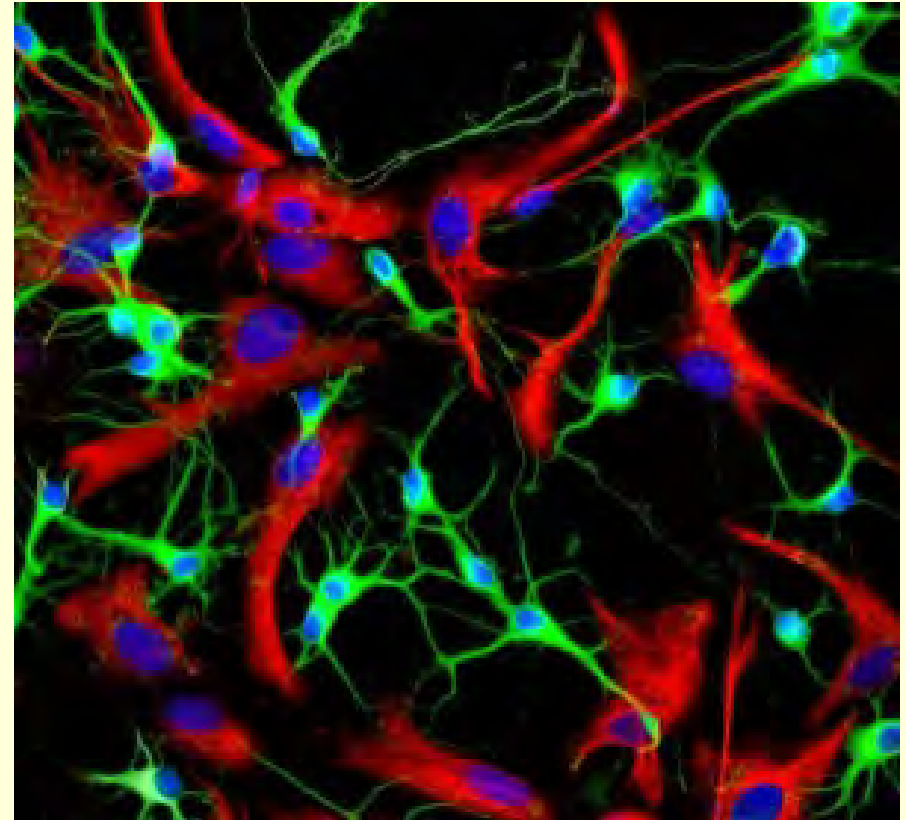
Il y a aussi « l'autre moitié du cerveau » :

les cellules gliales !

(en rouge ici,
et les neurones en vert)



Les cellules gliales, encore en rouge ici



85 000 000 000
cellules gliales

+

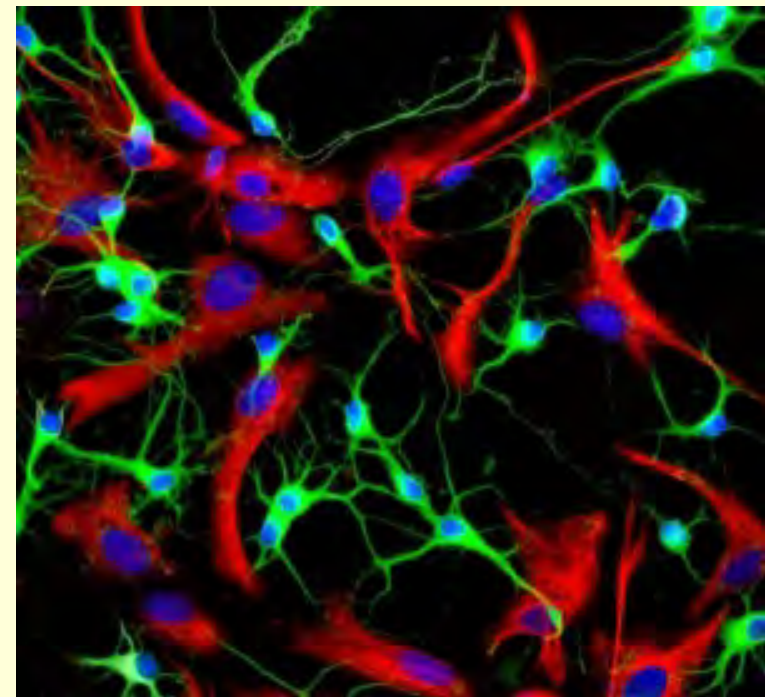
85 000 000 000
neurones !



Déjà, un vieux dogme à briser sur le nombre des cellules gliales:

La plupart des manuels de neurosciences affirment encore qu'il y a beaucoup plus de cellules gliales dans le cerveau que de neurones.

On lit souvent 10 fois plus.

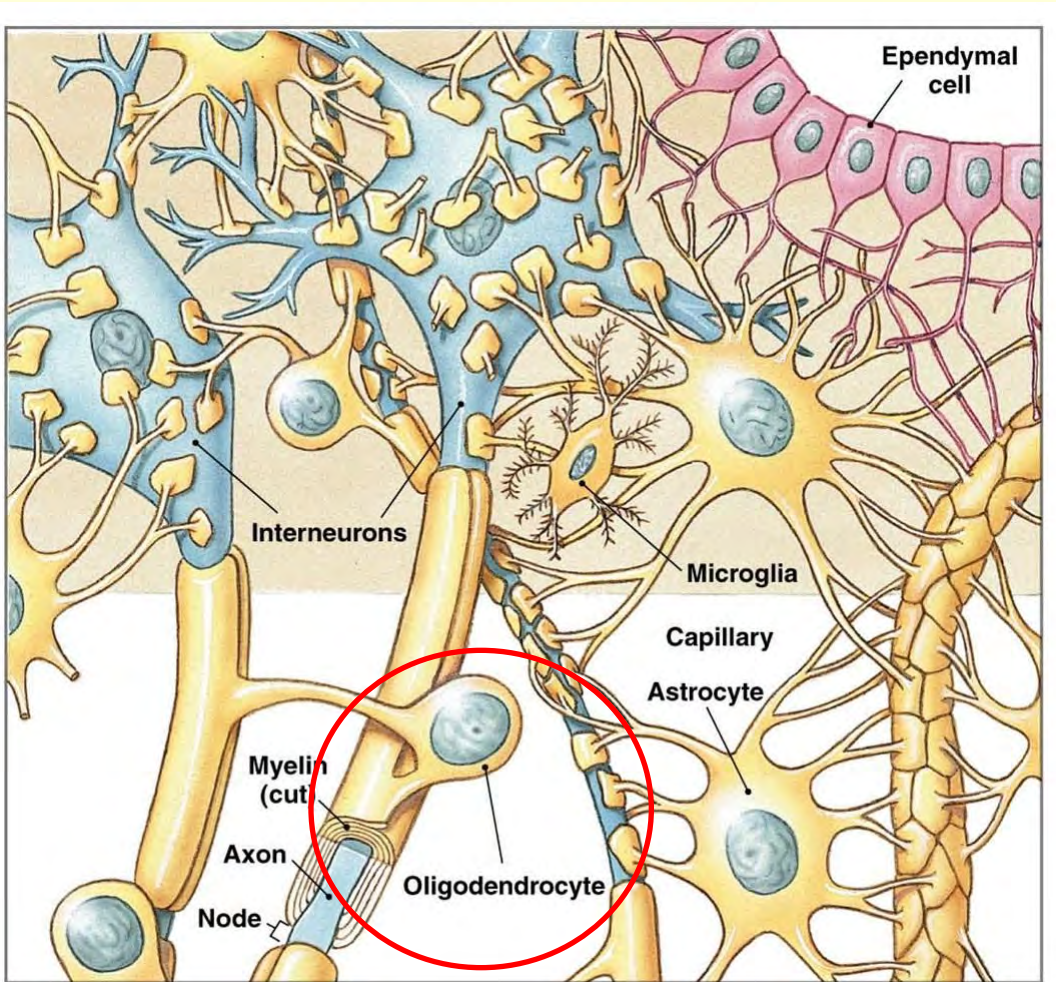


Or les études récentes penchent plus vers un ratio beaucoup plus conservateur, **autour de un pour un**.

Par exemple, en **2009**, Azevedo et ses collègues estiment qu'il y a environ **86 milliards de neurones et 85 milliards de cellules gliales** dans le cerveau humain adulte mâle.

Bien que ce ratio varie selon les structures cérébrales observées, et qu'il puissent être un peu plus élevé dans certaines structures sous-corticales où il y a beaucoup de cellules gliales, il ne dépasse jamais le deux pour un en faveur des cellules gliales dans le cortex.

Différents types de cellules gliales



En une phrase :
(on va détailler plus loin...)

Les **astrocytes** approvisionnent les neurones en nutriments et assurent l'équilibre du milieu extracellulaire.

La **microglie** : les macrophages du cerveau.

Les **oligodendrocytes** constituent la gaine de myéline qui entourent les axones de nombreux neurones.

Quelques découvertes récentes
sur les cellules gliales qui montrent qu'elles
**n'assurent définitivement pas qu'un rôle
de soutien ou de nutrition !**

Microglie

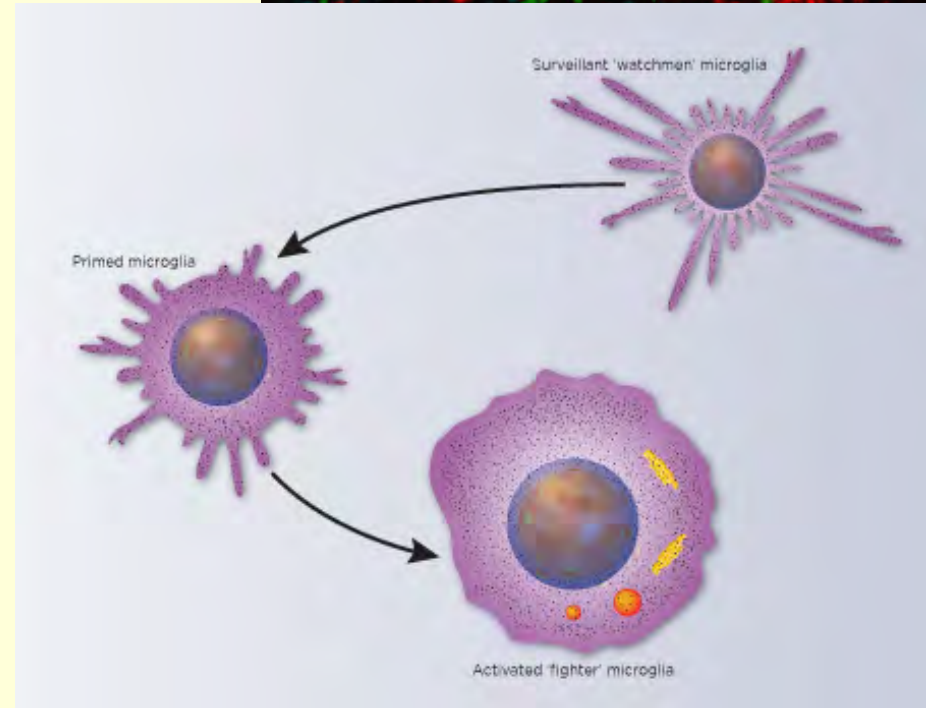
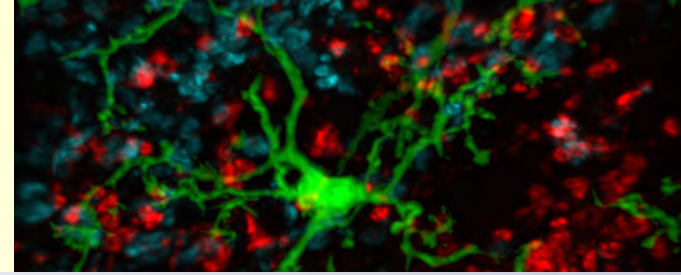
« Resting Microglial Cells Are Highly Dynamic Surveillants of Brain Parenchyma in Vivo » (2005)

<http://www.sciencemag.org/content/308/5726/1314.short>

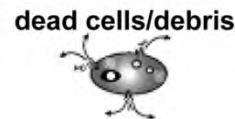
On connaissait le rôle de **cellules immunitaire du cerveau** de la microglie. Mais on les croyait inactives quand il n'y avait pas de microbes à combattre ou de neurones morts à éliminer.

Mais un article de 2005 a révélé qu'au contraire les cellules microgliales **patrouillent constamment leur entourage** en déployant et rétractant leurs prolongements membranaires.

Elles “mangent” aussi littéralement les synapses rejetées durant le éveloppement et probablement durant toute la vie adulte.



MICROGLIA STIMULATOR



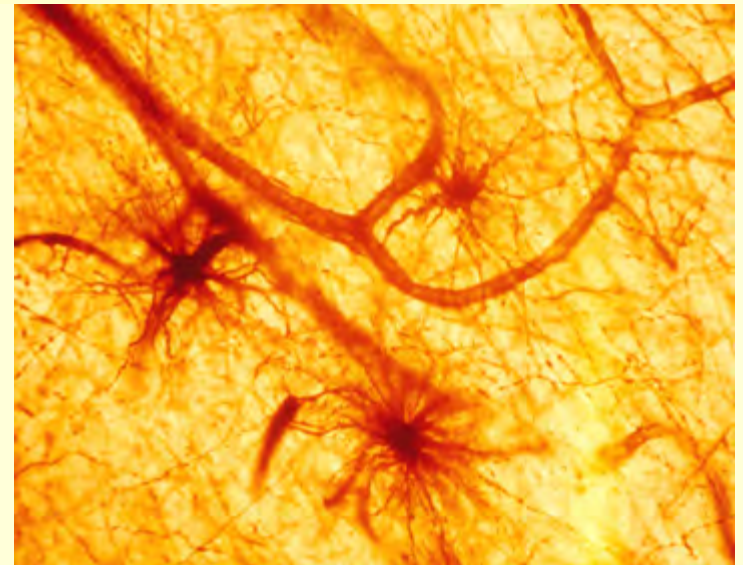
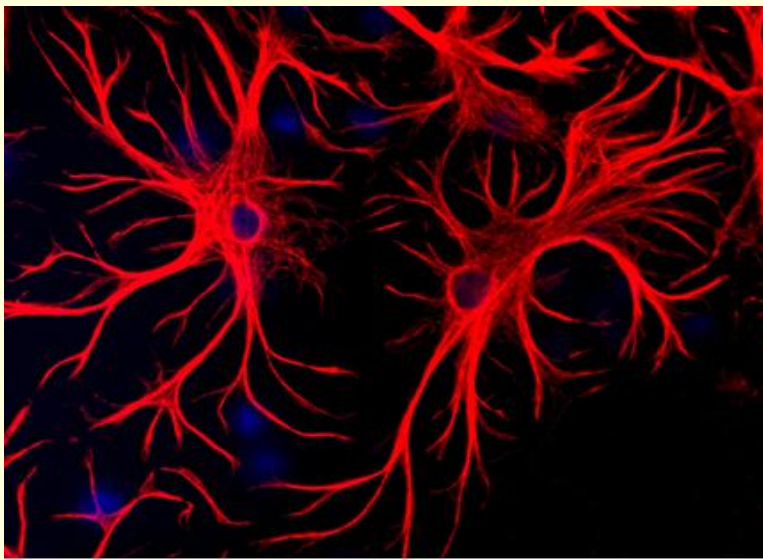
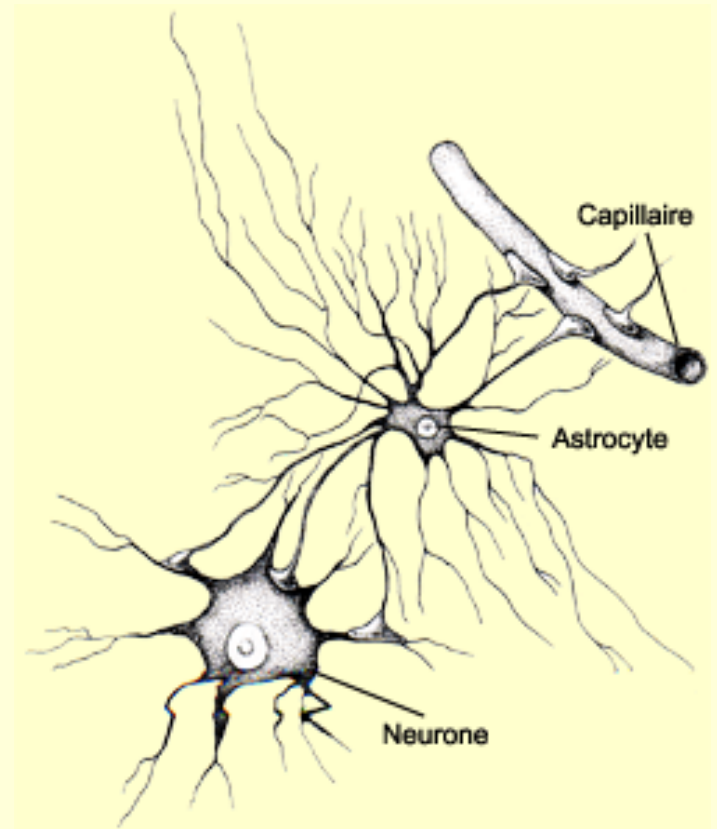
CNS toxins
ABeta40/42



Astrocytes

On connaît depuis longtemps leur rôle de pourvoyeur du glucose nécessaires à l'activité nerveuse.

Grâce à leurs "pieds" apposés contre la paroi des capillaires sanguins cérébraux, le glucose peut pénétrer dans les astrocytes où il est partiellement métabolisé et retransmis aux neurones.



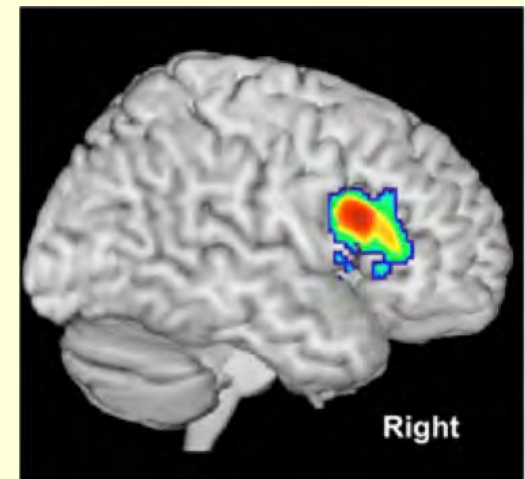
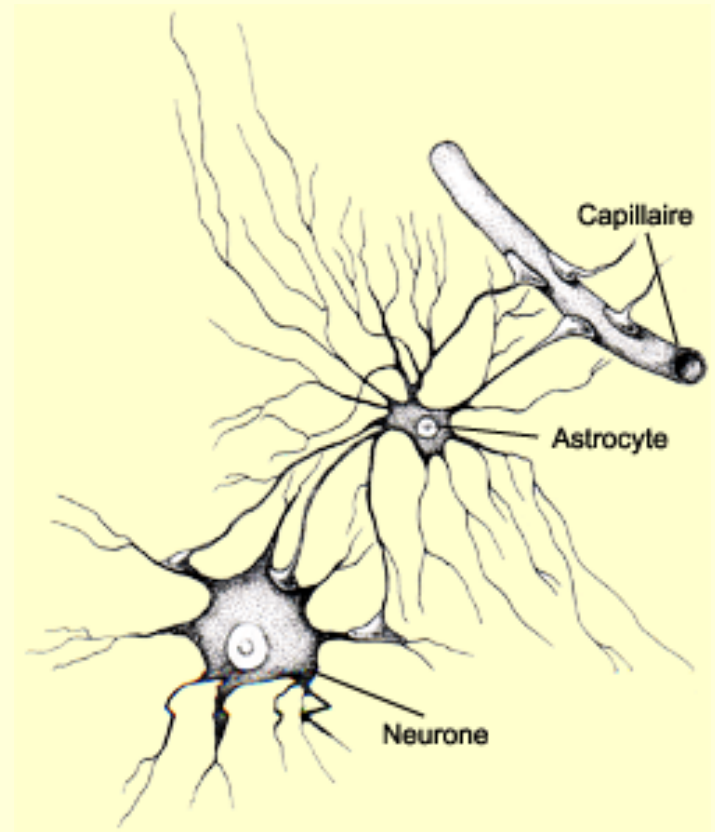
Astrocytes

On connaît depuis longtemps leur rôle de pourvoyeur du glucose nécessaires à l'activité nerveuse.

Grâce à leurs "pieds" apposés contre la paroi des capillaires sanguins cérébraux, le glucose peut pénétrer dans les astrocytes où il est partiellement métabolisé et retransmis aux neurones.

On sait qu'une activité neuronale plus intense dans une région du cerveau favorise un apport plus élevé de glucose **en activant le travail des astrocytes.**

C'est d'ailleurs le phénomène exploité par l'imagerie cérébrale...



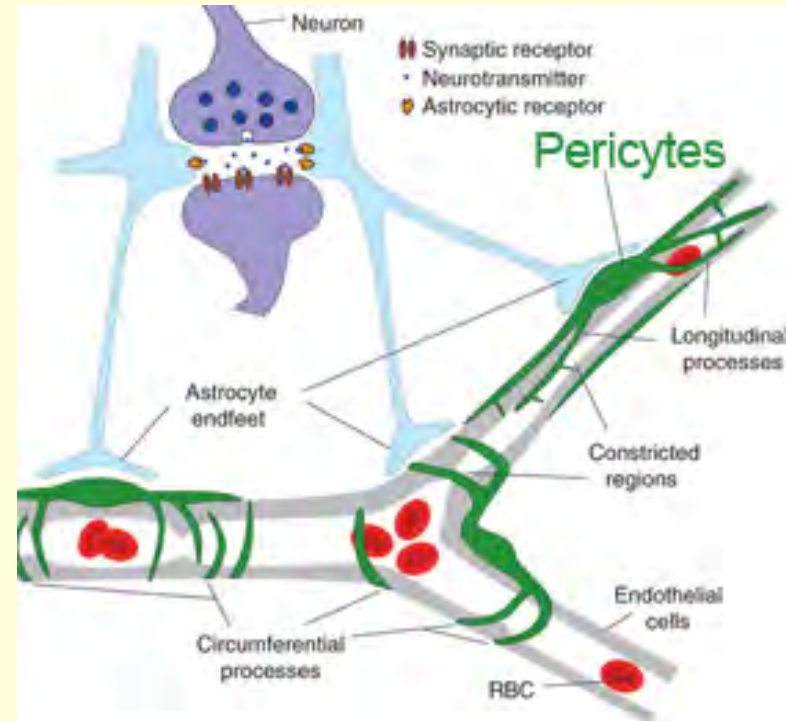
Mercredi, 3 juin 2015

Des péricytes qui font le travail attribué aux astrocytes ?

L'explication classique de ce phénomène est donc depuis longtemps attribué aux astrocytes.

Mais ce que suggère l'article du groupe de David Attwell, c'est un rôle majeur possible dans ce processus pour les **péricytes**, de petites cellules contractiles capables d'enserrer les vaisseaux sanguins.

Un rôle cependant à confirmer, car les données présentées n'apportent pas une preuve causale directe que la relaxation des péricytes observée avec l'activation neuronale produit effectivement une dilatation des capillaires.



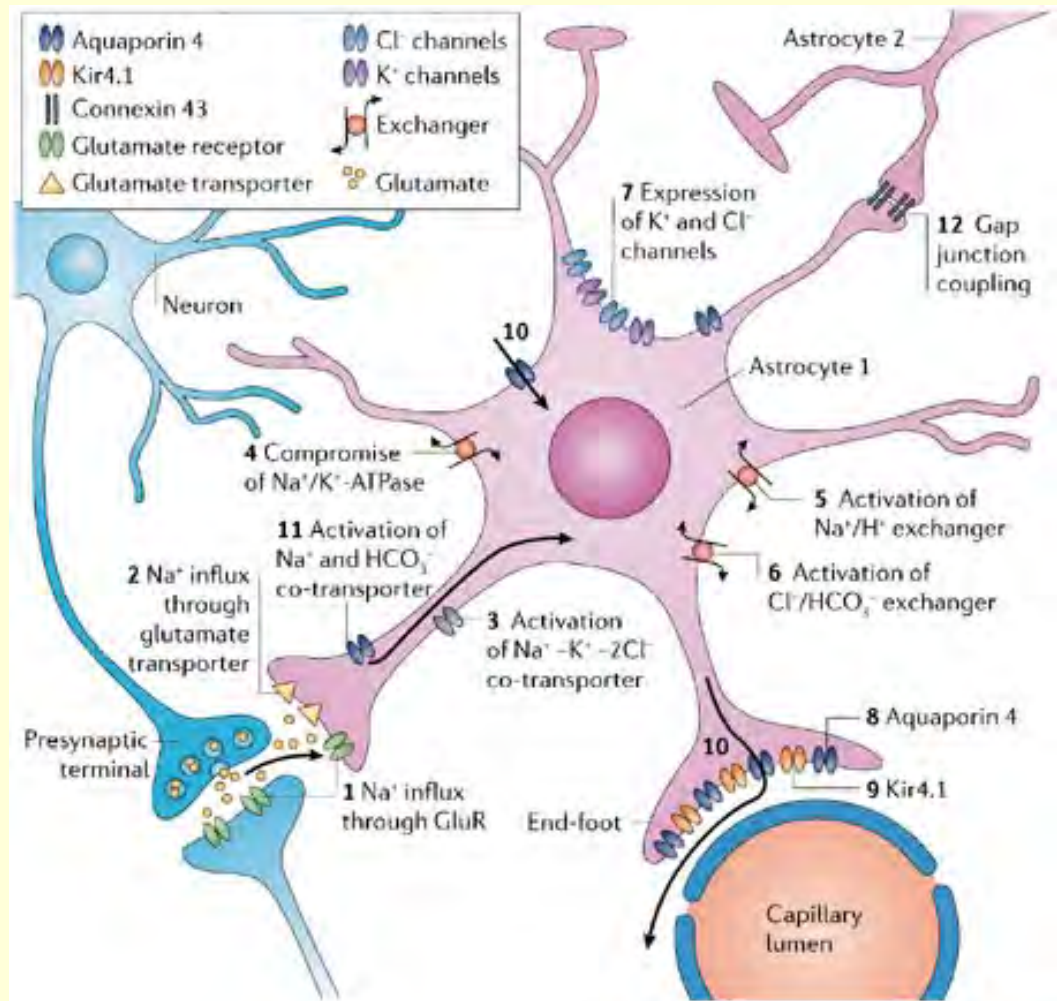
Glutamate Released from Glial Cells Synchronizes Neuronal Activity in the Hippocampus

María Cecilia Angulo, Andreï S. Kozlov, Serge Charpak, and Etienne Audinat. *The Journal of Neuroscience*,

4 August 2004.

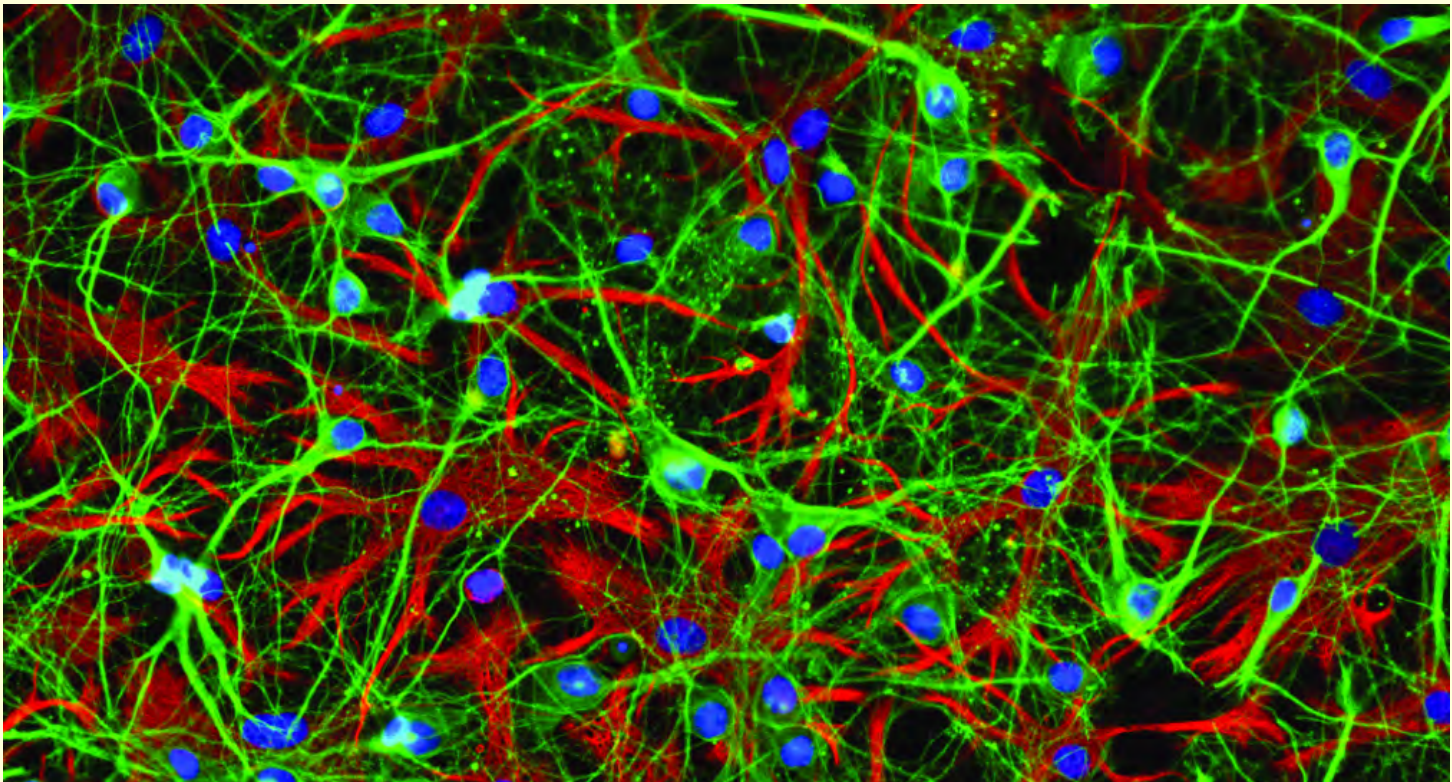
Cet article démontre que du **glutamate** relâché par des cellules gliales génère un courant transitoire

dans les neurones pyramidaux d'hippocampe de rats par l'entremise de **récepteurs NMDA**.



À cause de leur enchevêtrement avec de nombreux neurones :
possibilité pour les cellules gliales de contrôler simultanément
l'excitabilité de plusieurs neurones voisins.

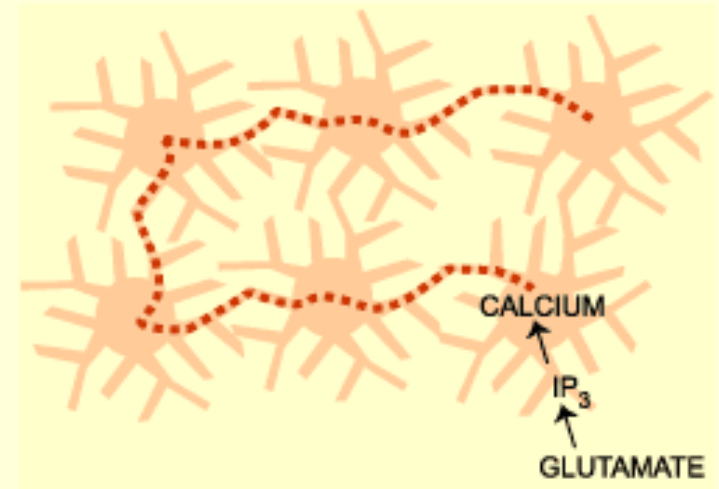
Et donc, selon ces auteurs, le glutamate relâché par les cellules gliales
contribue probablement à **synchroniser** l'activité neuronale dans
l'hippocampe.



*Neurons and astrocytes isolated from rat hippocampus stained for DNA (blue), neuronal-specific β III-tubulin (green) and **astrocyte-specific GFAP (red)**.*

On sait aussi que les astrocytes sont **couplés** les uns aux autres par des "gap-jonctions" à travers lesquels peuvent circuler divers métabolites.

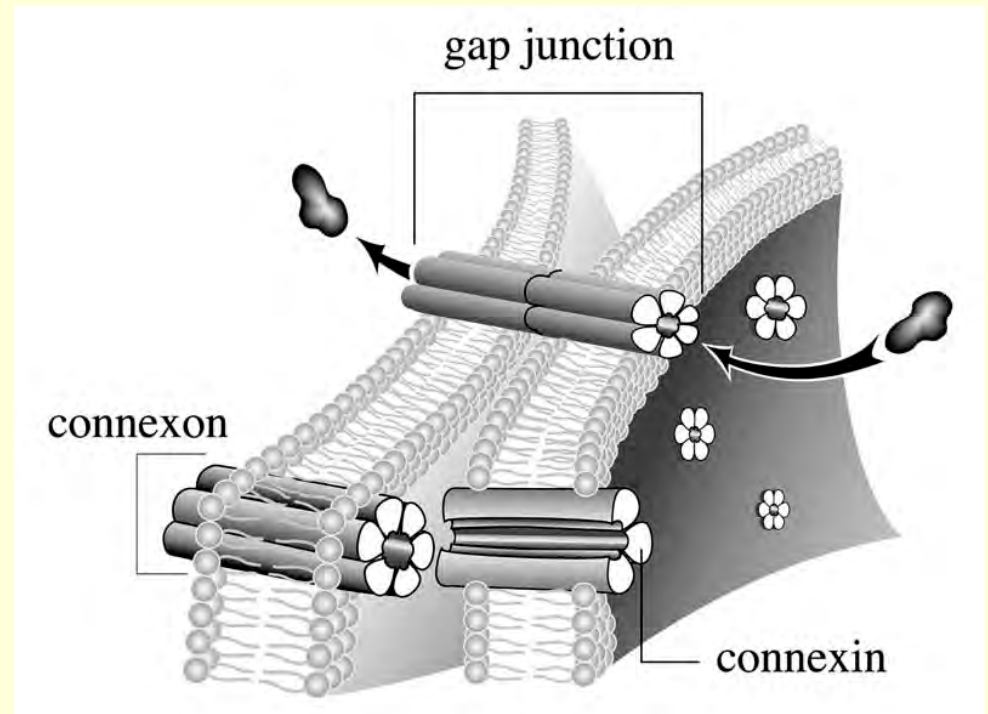
À travers ce réseau se propagent des **vagues d'ions calcium** dont l'effet régulateur pourrait se faire sentir dans un grand nombre de synapses entre neurones.



Vidéo de 10 sec. :

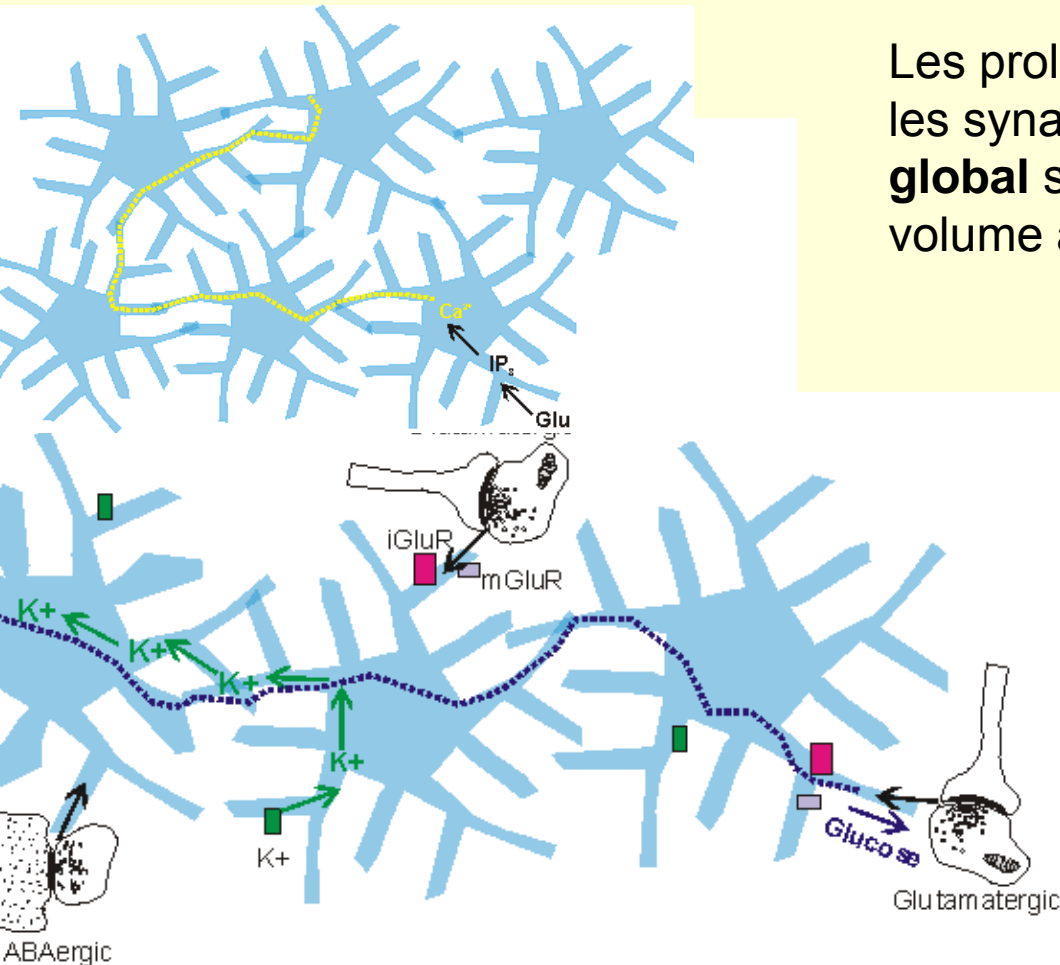
« This video captures the waves of calcium ions passing between rat astrocytes as they engage in non-electrical communication. »

<http://www.nature.com/news/neuroscience-map-the-other-brain-1.13654>

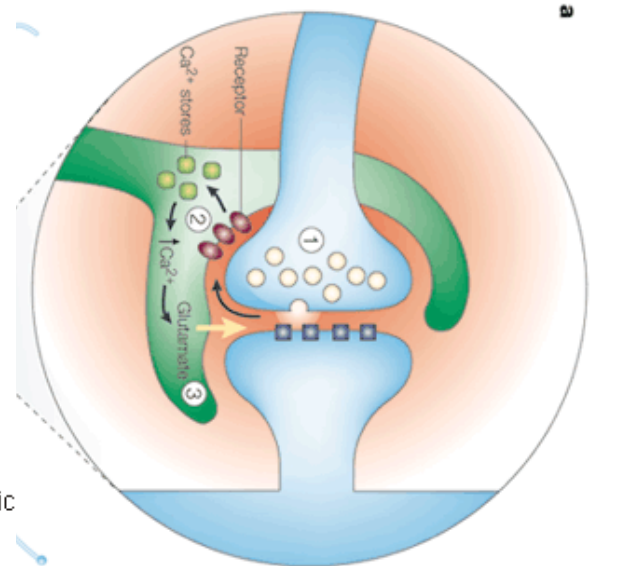


Emerging role for astroglial networks in information processing: from synapse to behavior,

Trends in Neurosciences, July 2013



Les prolongements astrocytaires qui entourent les synapses pourraient **exercer un contrôle global** sur la concentration ionique et le volume aqueux dans les fentes synaptiques.



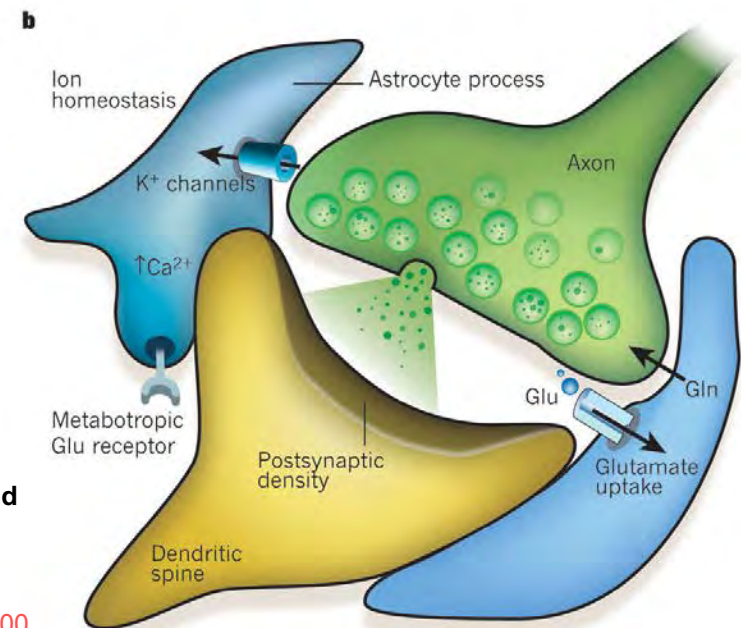
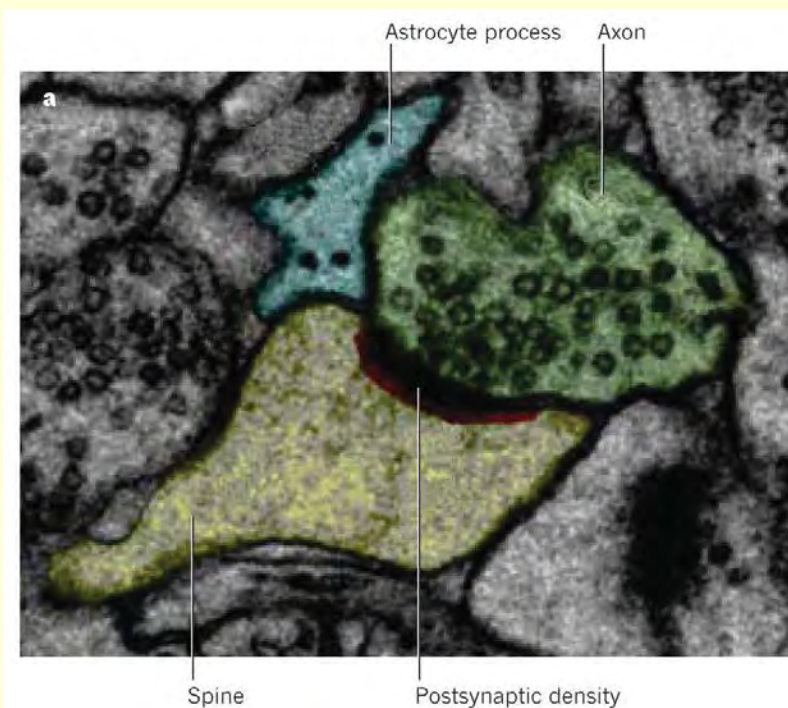
Tripartite synapses : astrocytes process and control synaptic information,

Trends in Neuroscience, Perea G, Navarrete M, Araque A. **2009**

“**One human astrocyte** (an intricate, bush-like cell) can encompass, and therefore influence, **two million synapses**⁹.”

Forebrain Engraftment by Human Glial Progenitor Cells Enhances Synaptic Plasticity and Learning in Adult Mice

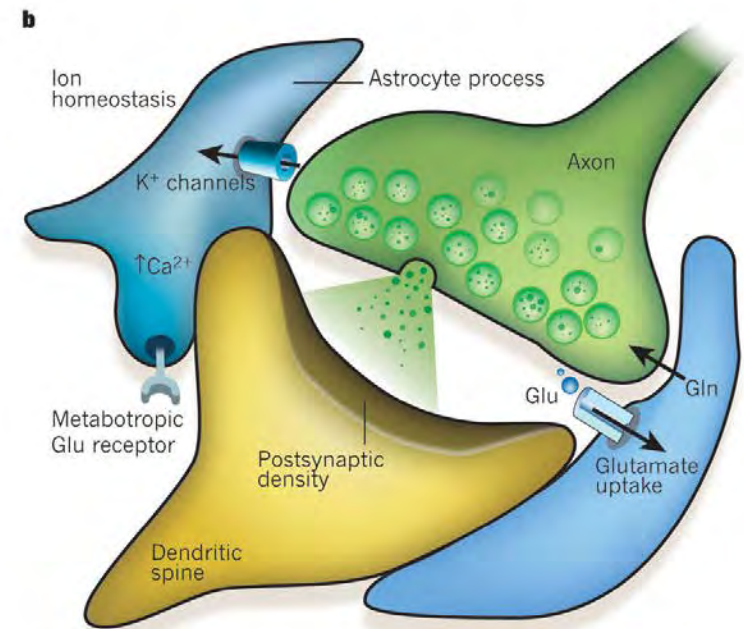
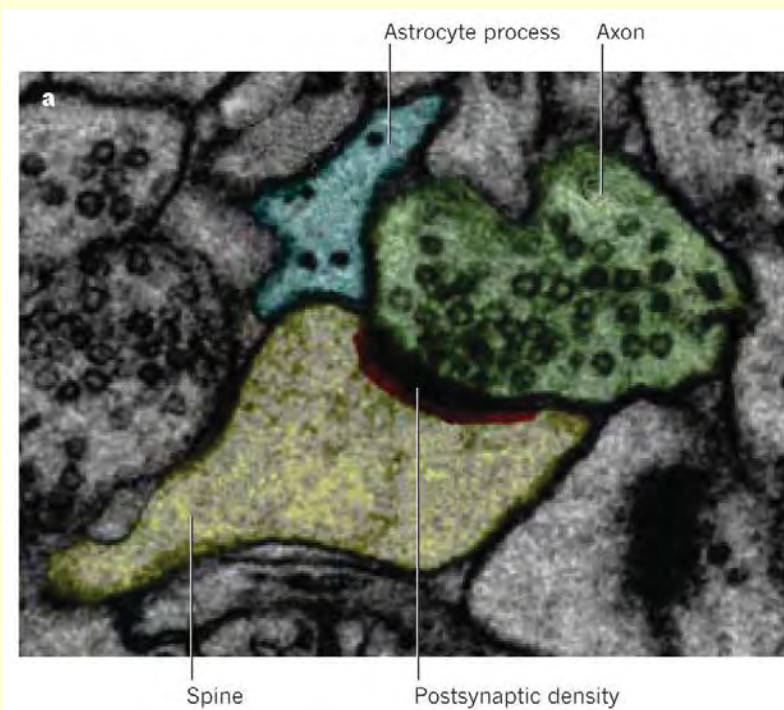
http://www.cell.com/cell-stem-cell/abstract/S1934-5909%2813%2900007-6?_returnURL=http%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS1934590913000076%3Fshowall%3Dtrue



Tripartite synapses : astrocytes process and control synaptic information,

Trends in Neuroscience, Perea G, Navarrete M, Araque A. **2009**

Idée (qui va revenir avec les oligodendrocytes) qu'une cellule gliale (ici l'astrocyte) peut influencer **plusieurs** circuits de neurones.



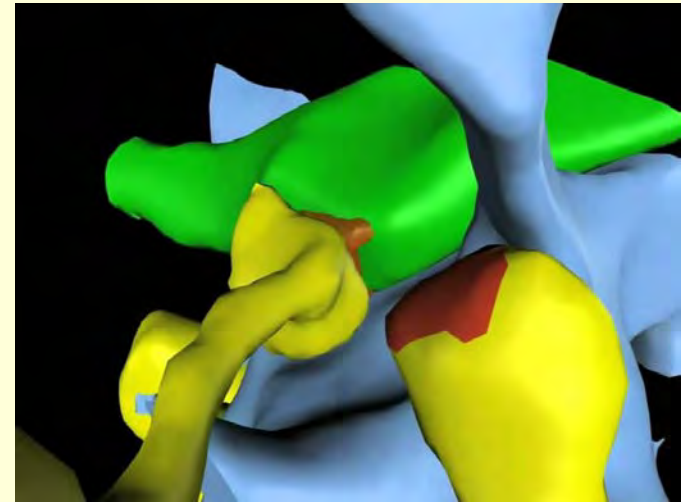
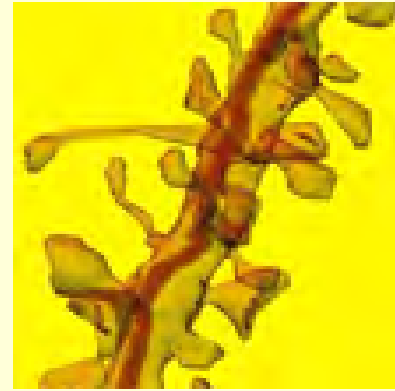
Richesse et complexité structurale du neurone

Waltz through hippocampal neuropil

Reconstruction of a block of hippocampus from a rat approximately 5 micrometers on a side from serial section transmission electron microscopy in the lab of Kristen Harris at the University of Texas at Austin in collaboration with Terry Sejnowski at the Salk Institute and Mary Kennedy at Caltech.

Voir le court segment du vidéo où l'on ajoute en bleu les **cellules gliales** (0:45 à 2:00):

<http://www.youtube.com/watch?v=FZT6c0V8fW4>



Ultrastructural Analysis of Hippocampal Neuropil from the Connectomics Perspective

Neuron, Volume 67, Issue 6, p1009–1020, 23 September **2010**

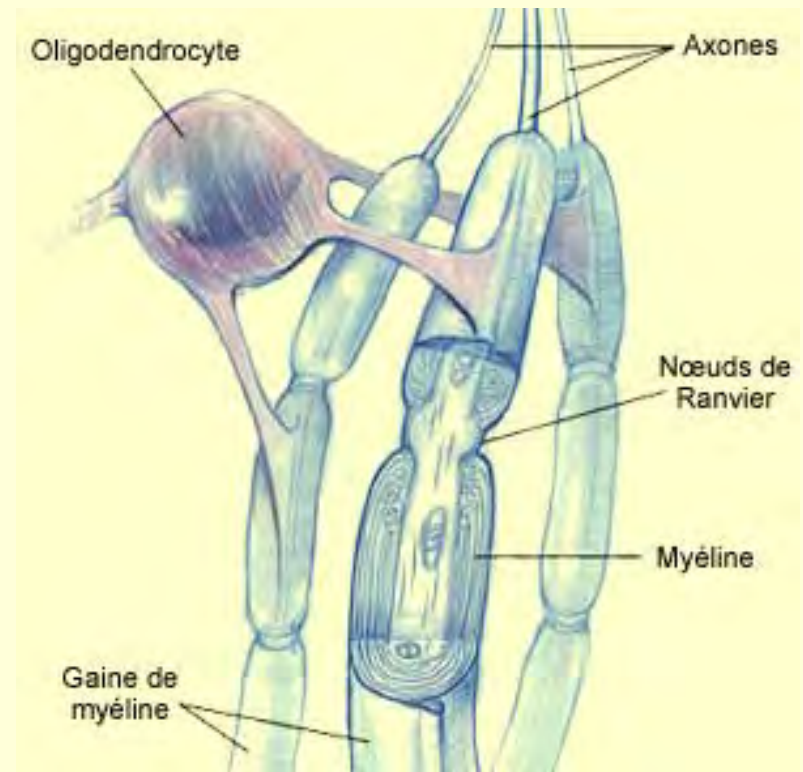
<http://www.cell.com/neuron/abstract/S0896-6273%2810%2900624-0>

Spiking and nonspiking classes of oligodendrocyte precursor glia in CNS white matter.

Ragnhildur Káradóttir et al., Nature Neuroscience 11, 450 - 456 (2008)

Des **oligodendrocytes**, qui reçoivent des input synaptiques d'axones, peuvent **produire des potentiels d'action !**

En quoi est-ce si extraordinaire ?

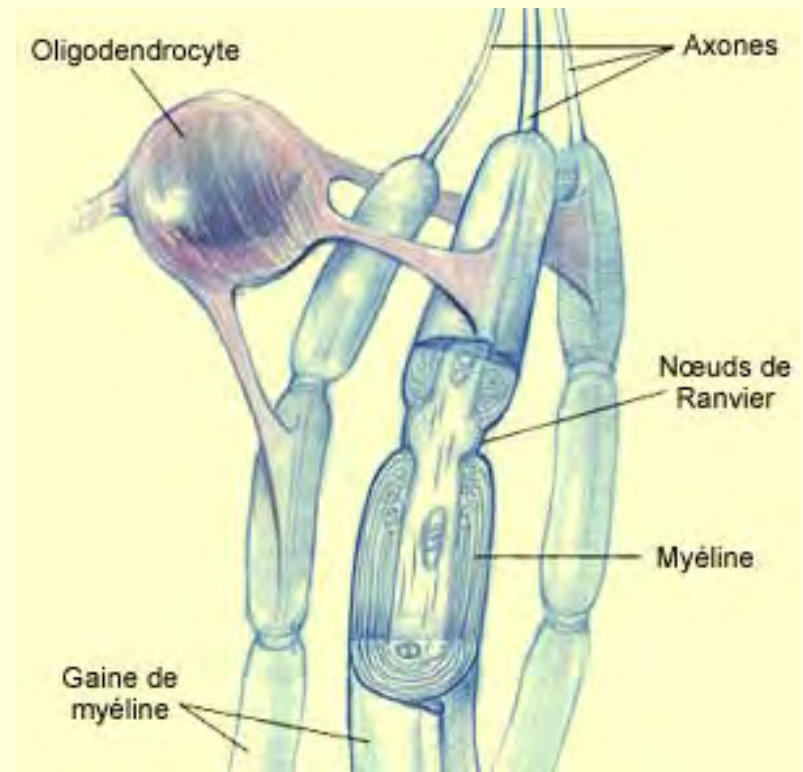


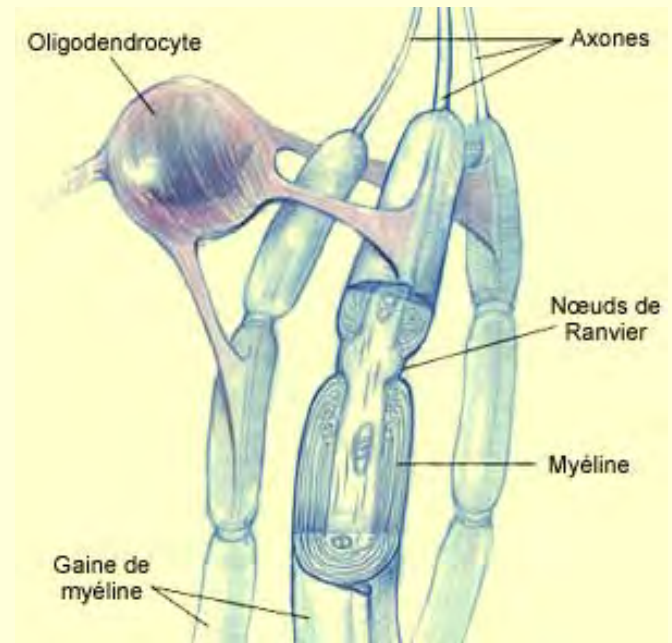
Spiking and nonspiking classes of oligodendrocyte precursor glia in CNS white matter.

Ragnhildur Káradóttir et al., Nature Neuroscience 11, 450 - 456 (2008)

Parce que par définition, l'incapacité des cellules gliales à produire des potentiels d'action est l'une des principales choses **supposées les distinguer des neurones !**

Et ce n'est pas tout...





Oligodendrocytes Changing the Rules:

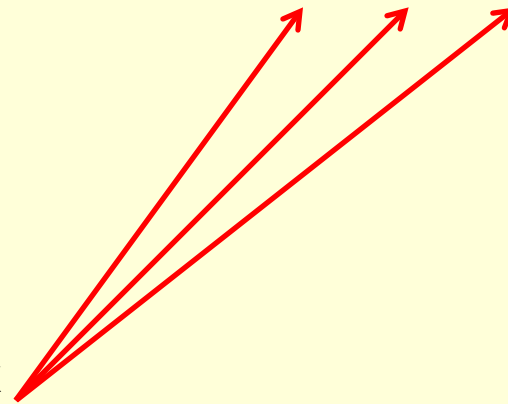
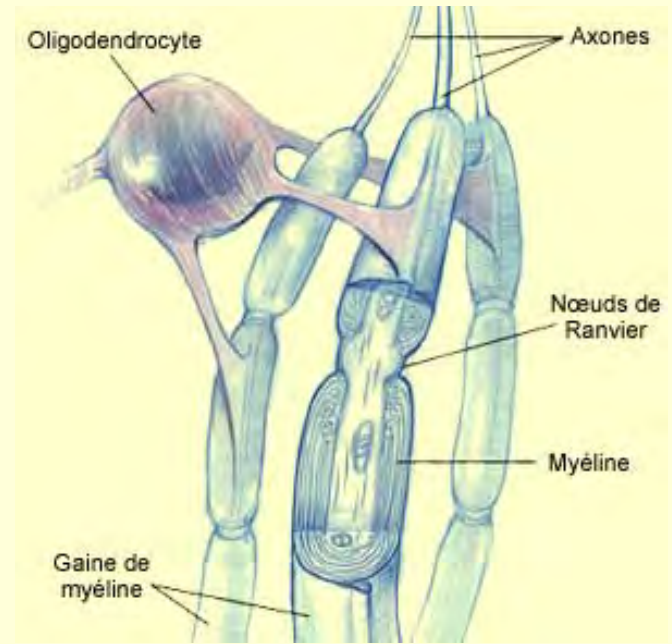
Action Potentials in Glia and Oligodendrocytes **Controlling Action Potentials,**

R. Douglas Fields, Neuroscientist. **2008** December; 14(6): 540–543.

Les oligodendrocytes de l'hippocampe de rat sont non seulement dépolarisés par l'activité des neurones qu'ils isolent avec leur gaine de myéline,

mais quand ils le sont (dépolarisés), ils **favorisent la conduction nerveuse sur ces axones.**

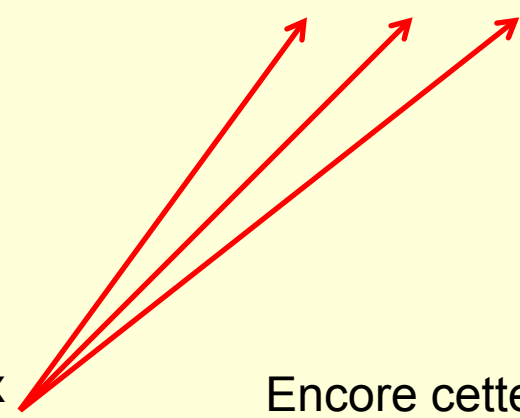
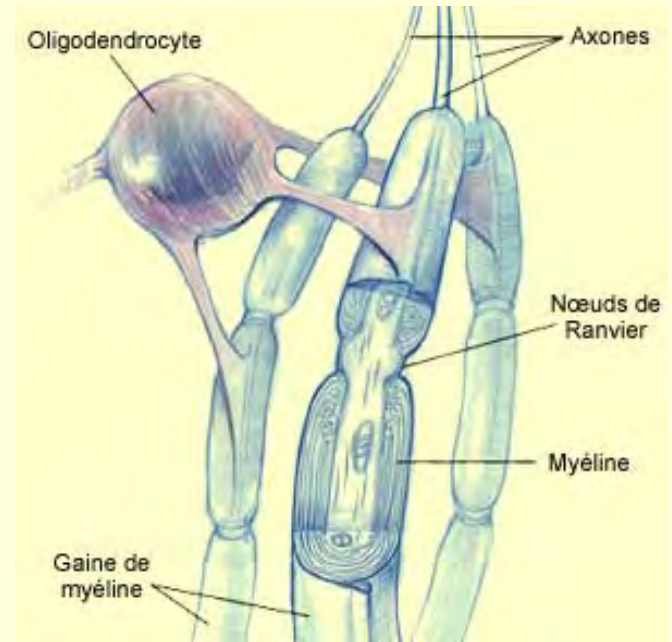
Cela suggère donc un rôle dynamique de la gaine de myéline dans la régulation de l'influx nerveux qui permettrait la **synchronisation** des différents neurones isolés par un même oligodendrocyte.



Les oligodendrocytes de l'hippocampe de rat sont non seulement dépolarisés par l'activité des neurones qu'ils isolent avec leur gaine de myéline,

mais quand ils le sont (dépolarisés), ils **favorisent la conduction nerveuse sur ces axones.**

Cela suggère donc un rôle dynamique de la gaine de myéline dans la régulation de l'influx nerveux qui permettrait la **synchronisation** des différents neurones isolés par un même oligodendrocyte.



Encore cette intimité des cellules gliales avec les neurones et cette idée de synchronisation de leur activité...

Bref :

“**Most neuroscientists are still extremely** **“neuron-centric,”** thinking almost exclusively in terms of neuronal activity when explaining brain function, while ignoring glia..”

- Mo Costandi,
scientific writer

“It's very obvious that we have to redefine our approach to the brain, and to **stop dividing it into neurons and glia.**“

- Alexei Verkhratsky,
neurophysiologist,
University of Manchester

THE
OTHER BRAIN



From Dementia to Schizophrenia,
How New Discoveries about the
Brain Are Revolutionizing Medicine
and Science

R. DOUGLAS FIELDS, Ph.D.

No Brain Mapping Without Glia

May 17, **2015**

Jon Lieff

http://jonlieffmd.com/blog/no-brain-mapping-without-glia?utm_source=General+Interest&utm_campaign=048f7a464d-RSS_EMAIL_CAMPAIGN&utm_medium=email&utm_term=0_471703a831-048f7a464d-94278693

La « théorie du neurone » :

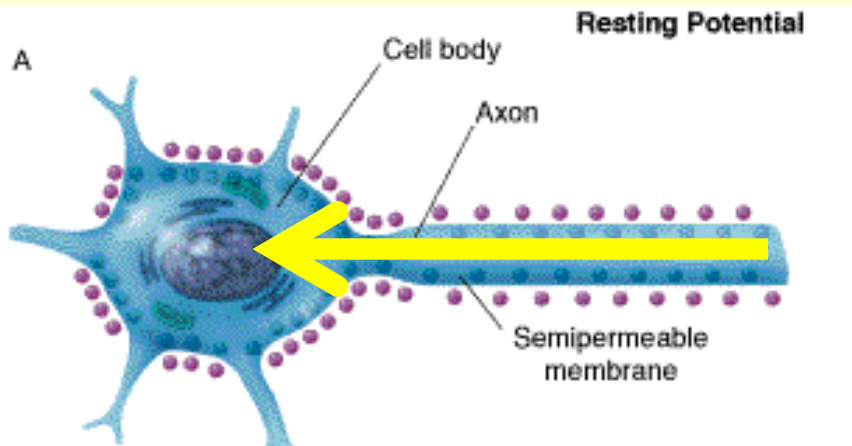
1) **Le neurone** est l'unité structurelle et fonctionnelle de base du système nerveux;

2) Les neurones sont des cellules discrètes qui ne sont **pas reliées en continu entre elles**;

3) Un neurone est composé de 3 parties : les **dendrites, le corps cellulaire et l'axone**;

4) L'information circule le long d'un neurone **dans une direction** (des dendrites à l'axone, via le corps cellulaire).

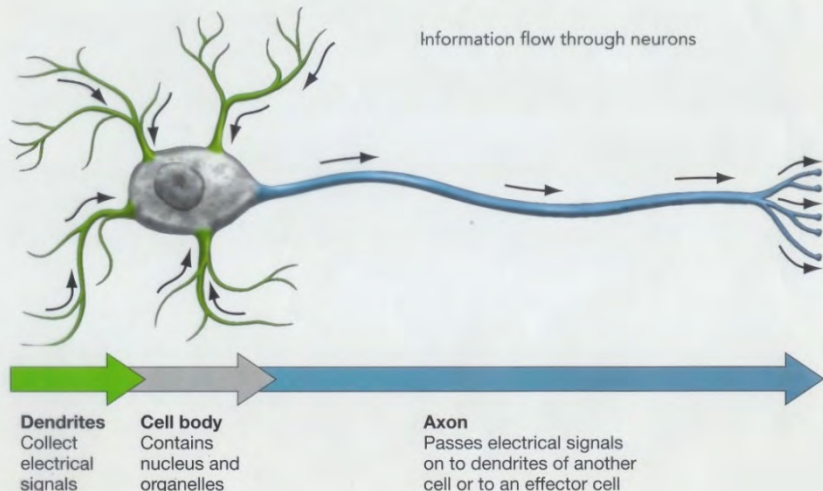
Des couplages électriques donnent lieu à des potentiels d'action antidromiques.



T-862

Figure 42.2b
How Does Information Flow in a Neuron?

Information flow through neurons



La « théorie du neurone » :

1) **Le neurone** est l'unité structurelle et fonctionnelle de base du système nerveux;

2) Les neurones sont des cellules discrètes qui ne sont **pas reliées en continu entre elles**;

3) Un neurone est composé de 3 parties : les **dendrites**, le **corps cellulaire** et l'**axone**;

4) L'information circule le long d'un neurone **dans une direction** (des dendrites à l'axone, via le corps cellulaire).

Neuron. **2001** Sep 13;31(5):831-40.

Axo-axonal coupling.

A novel mechanism for ultrafast neuronal communication.

Schmitz D, et al.

Information processing in the axon.

Dominique Debanne. Nature Reviews Neuroscience 5, 304-316

(April **2004**)

« the functional capabilities of axons are much more diverse than traditionally thought.»

Electrotonic Coupling between Pyramidal Neurons in the Neocortex

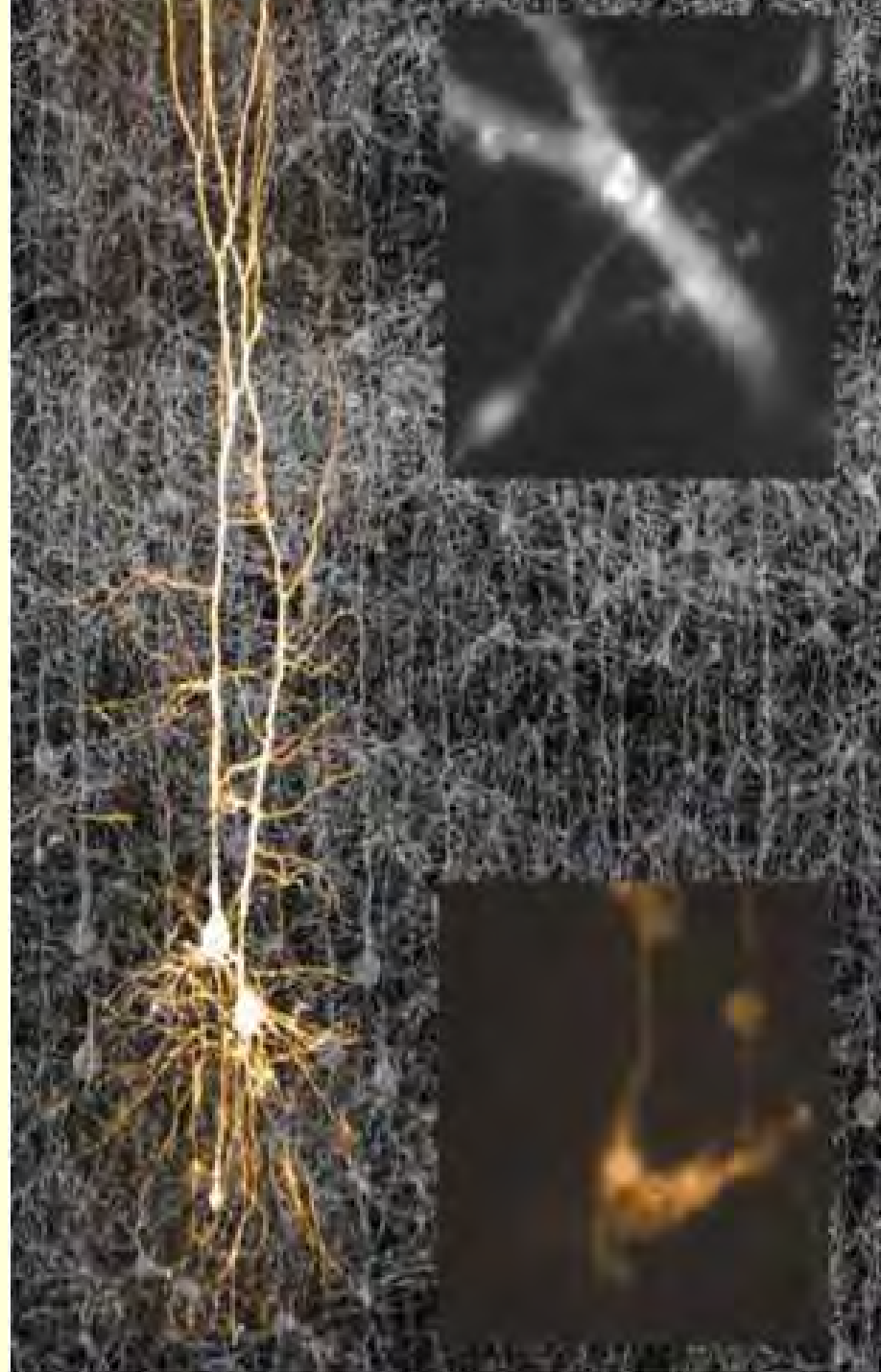
Yun Wang mail, et al., April 26, 2010

Couplages électriques enregistrés
entre des **neurones pyramidaux**

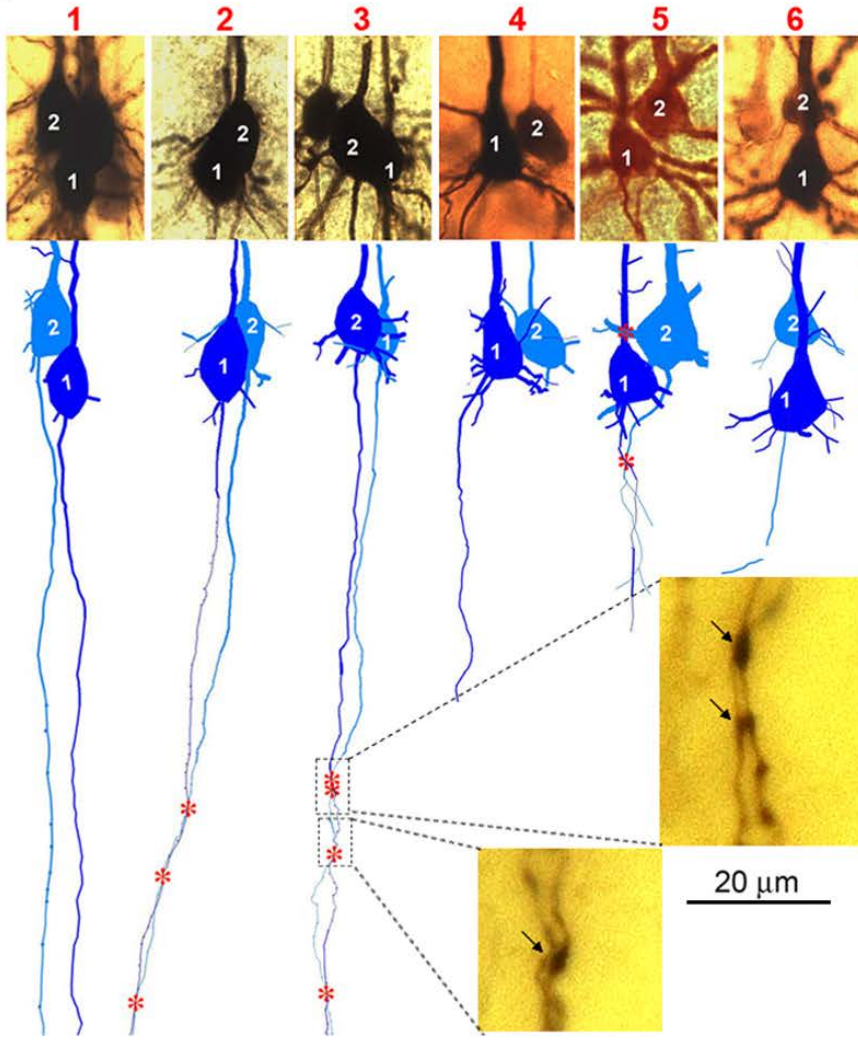
dans le **cortex préfrontal médian**
et dans le **cortex visuel**
du rat et du furet.

Potentiels d'action parfaitement
synchronisés entre
les neurones pyramidaux couplés.

Suggère un rôle dans la
synchronisation neuronale
dans le cortex...



A



Information processing in the axon.

Dominique Debanne

Nature Reviews Neuroscience 5, 304-316

(April 2004)

Gap junctions create gaps that connect animal cells.

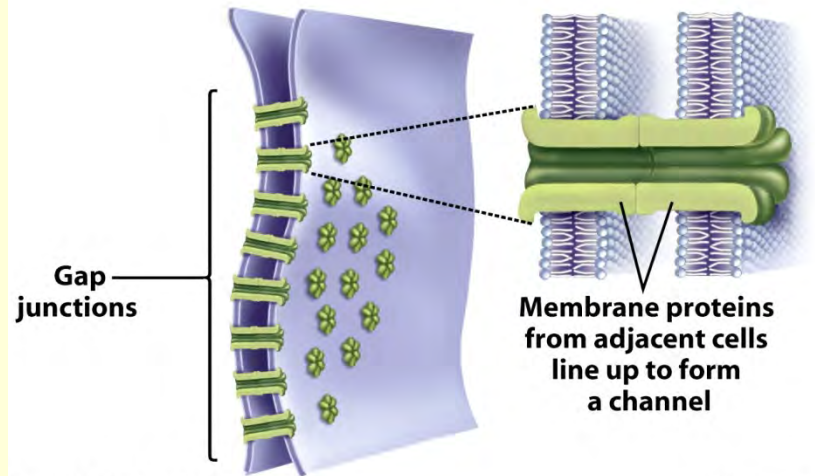
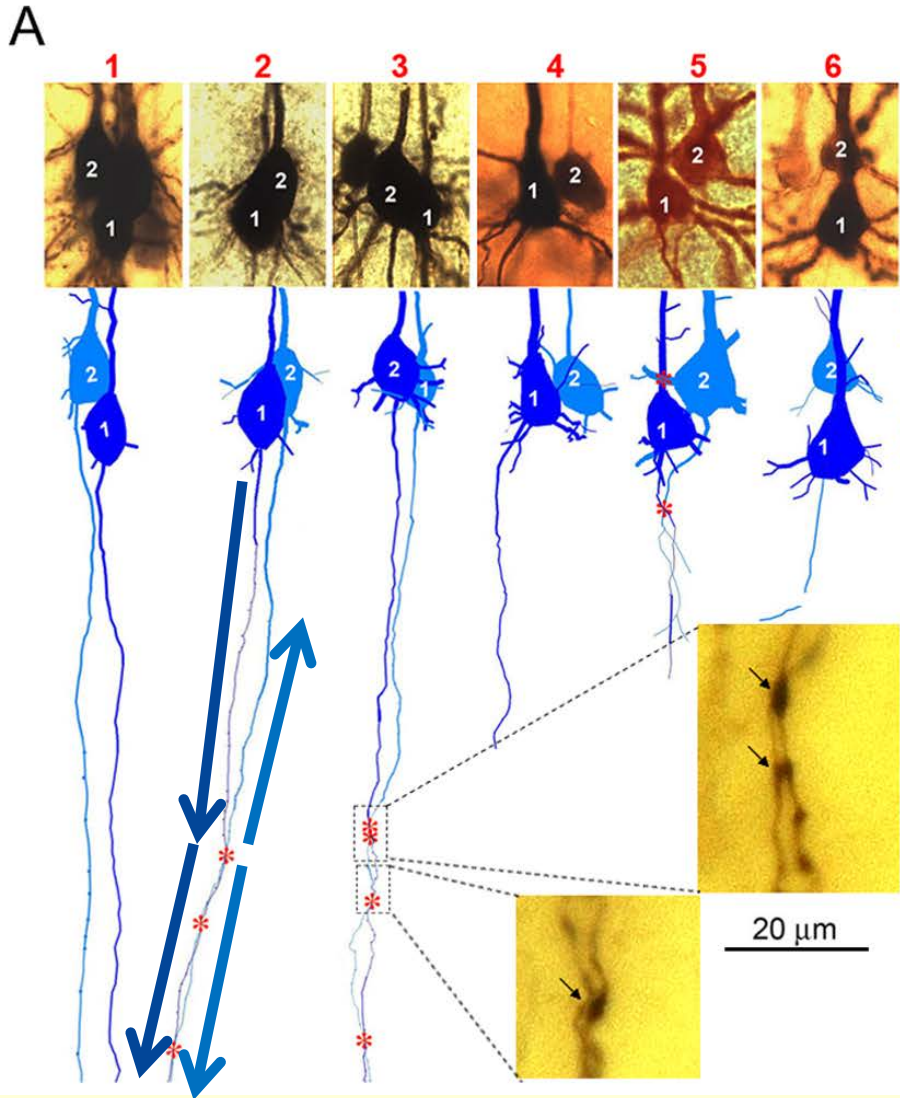


Figure 8-13b part 2 Biological Science, 2/e



Gap junctions create gaps that connect animal cells.

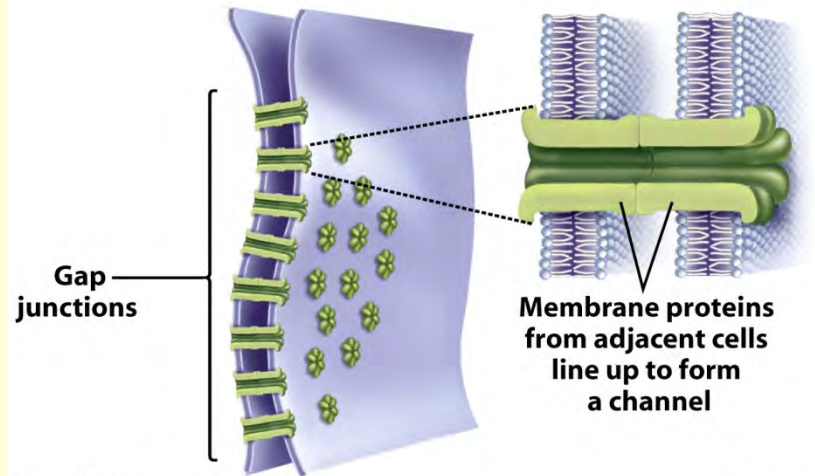
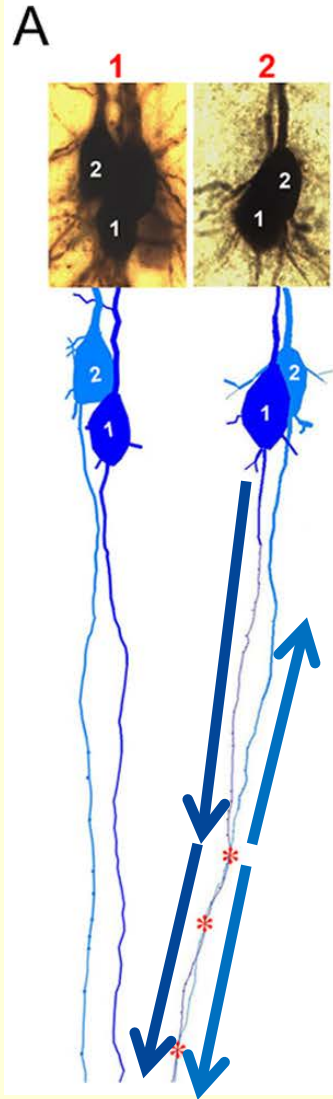
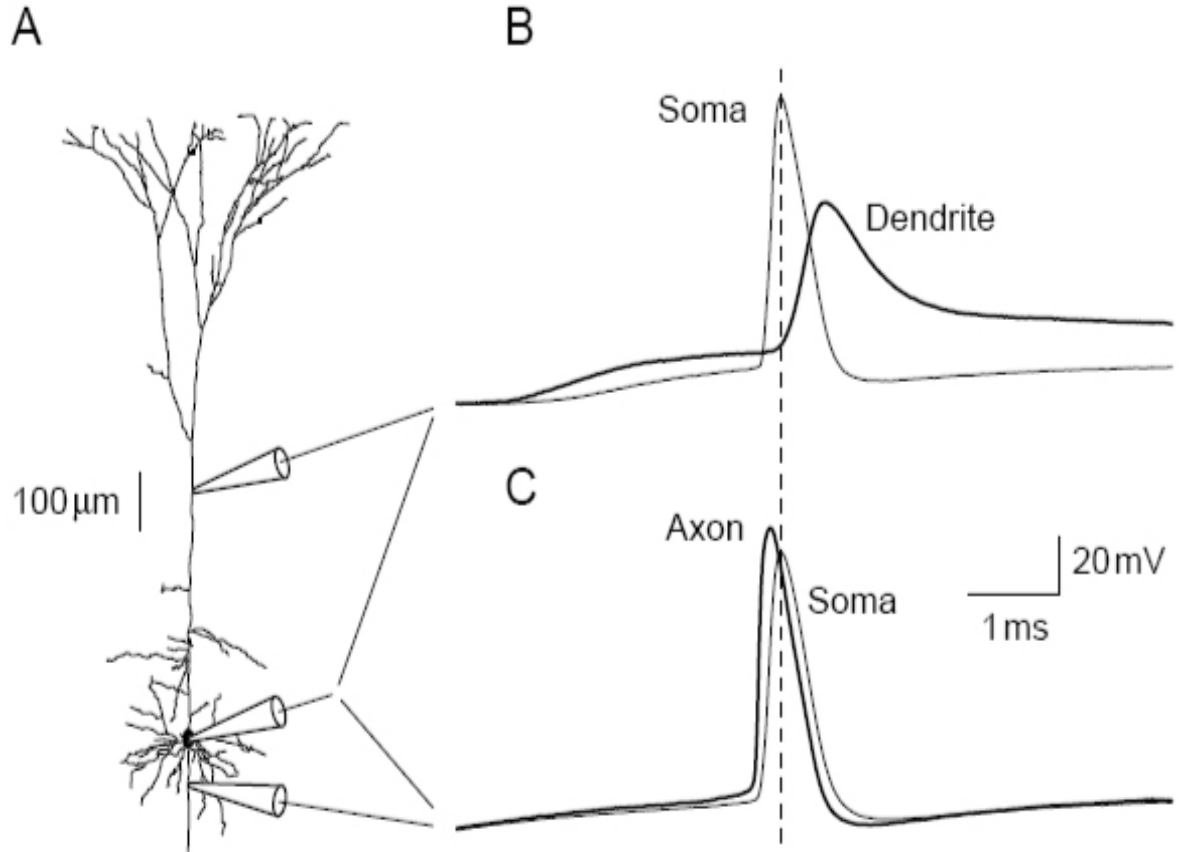


Figure 8-13b part 2 Biological Science, 2/e

On connaissait le phénomène depuis longtemps...



Spike is first recorded in the Axon than the soma and later in the soma



Le “coming out” de la synapse électrique

<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2014/05/05/le-coming-out-de-la-synapse-electrique/>

Electrical synapses and their functional interactions with chemical synapses

Alberto E. Pereda

Nature Reviews Neuroscience 15, 250–263 (2014)

<http://www.nature.com/nrn/journal/v15/n4/full/nrn3708.html>

Un article parue dans la revue Nature Reviews Neuroscience en mars **2014** rapporte que les synapses électriques sont beaucoup **plus répandues** que ce que l’on croyait dans le cerveau humain.

Les synapses chimiques et électriques **interagiraient énormément**, que ce soit durant le développement de notre système nerveux que dans le cerveau humain adulte.

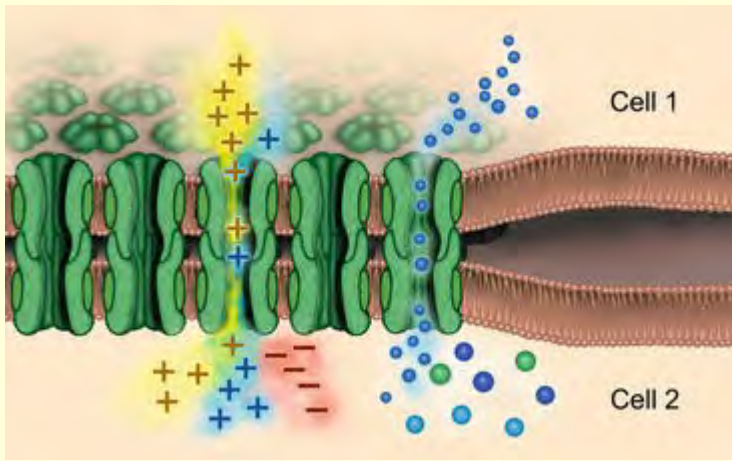
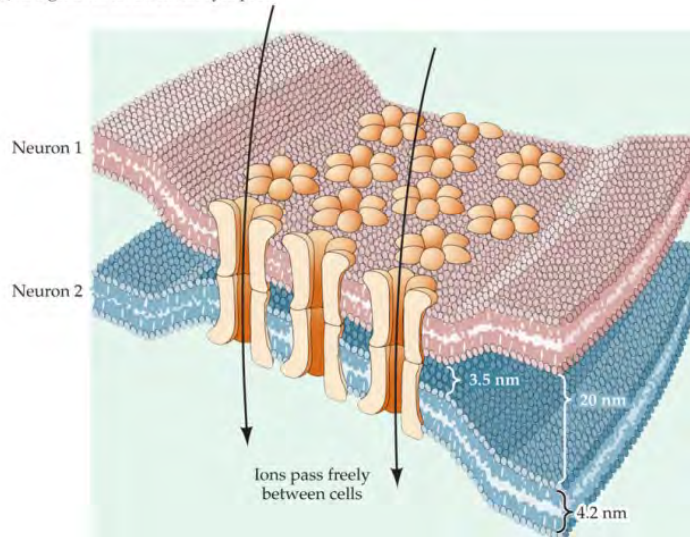
De plus, la synapse électrique atteindrait des niveaux de **complexité** et de **plasticité** tout à fait comparable à la synapse chimique.

Rappelons que ces connexions bidirectionnelles des synapses électriques étaient traditionnellement décrites comme rapides mais **rigides**, contrairement à la synapse chimique.

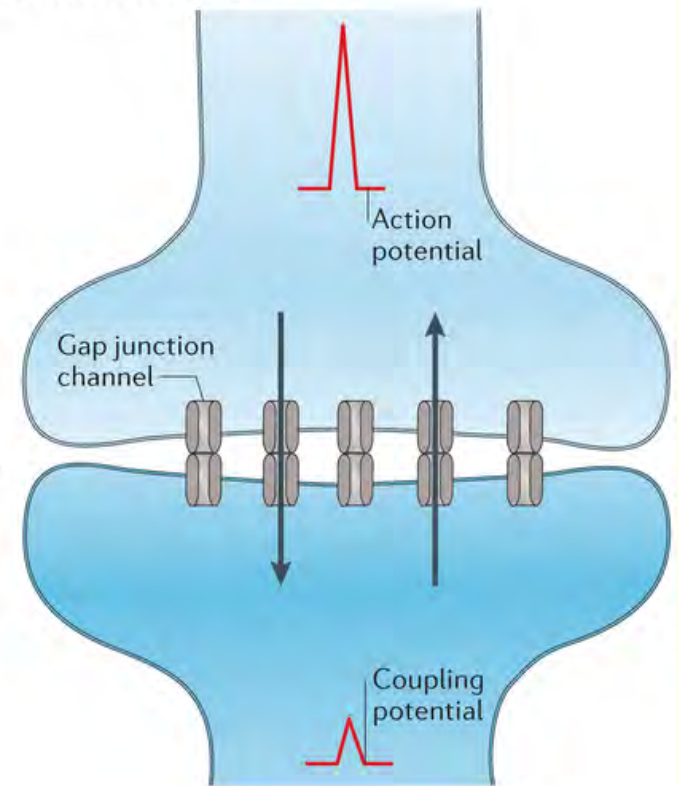
(a) Electron micrograph of an electrical synapse



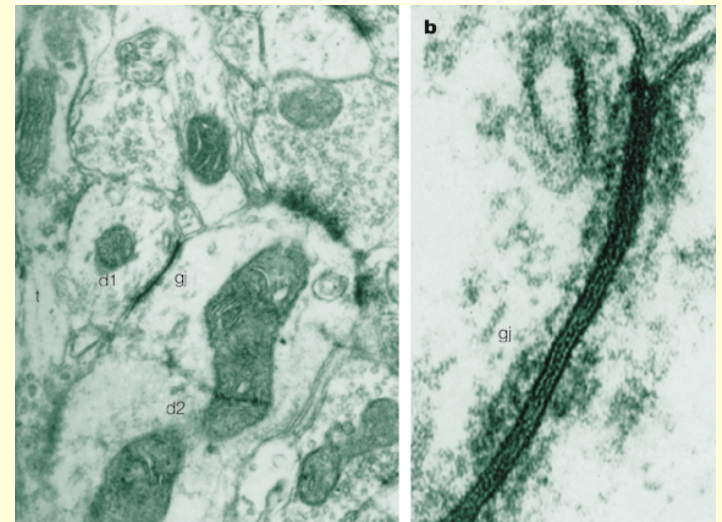
(b) Diagram of an electrical synapse



b Electrical synapse



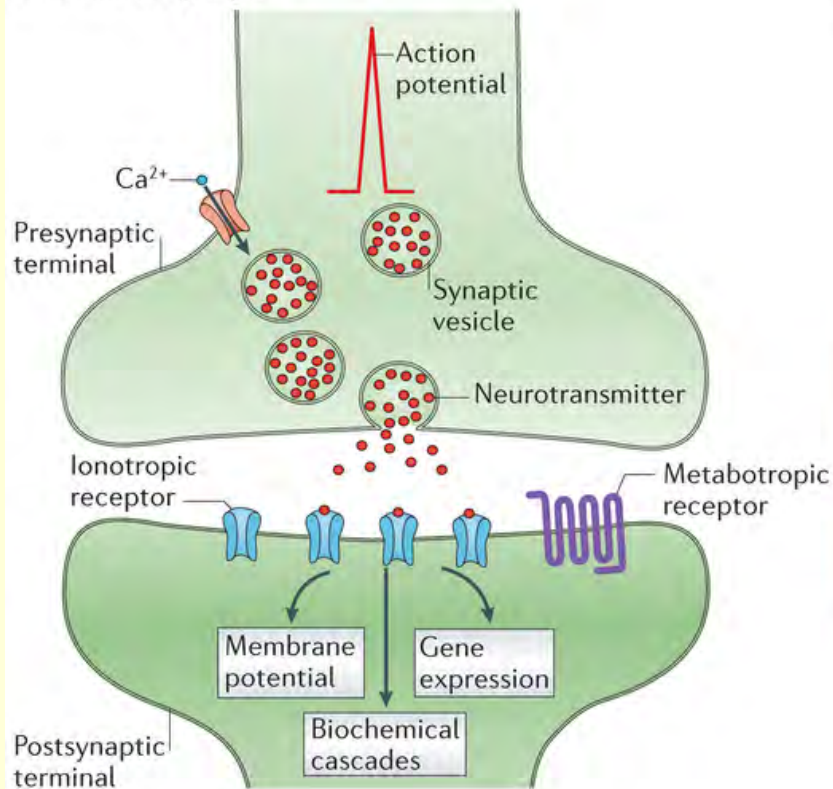
Nature Reviews | Neuroscience



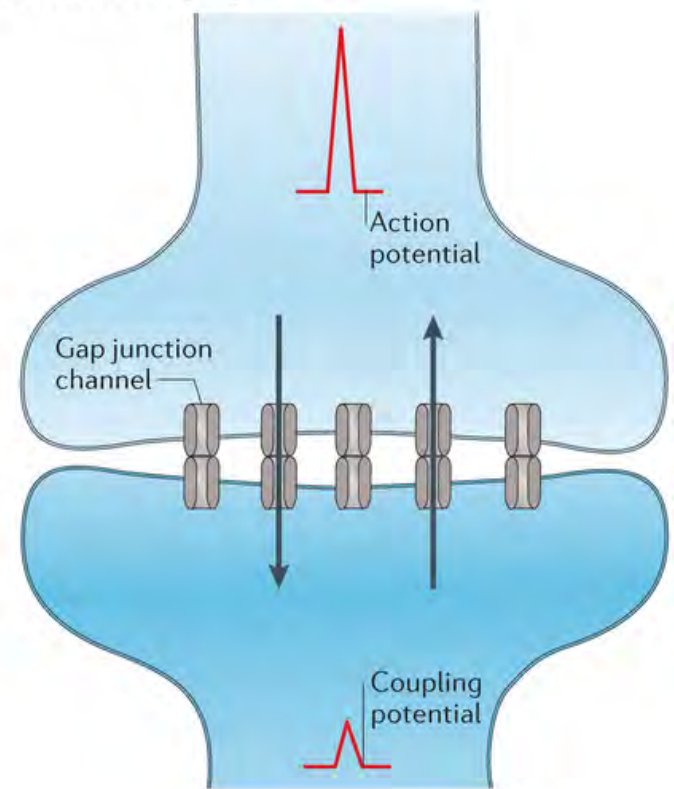
Synapse
électrique

Origine
évolutive
ancienne.

a Chemical synapse

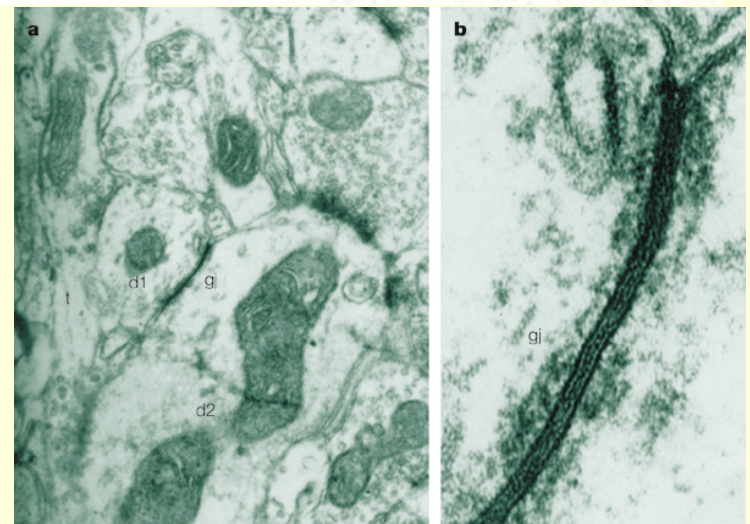


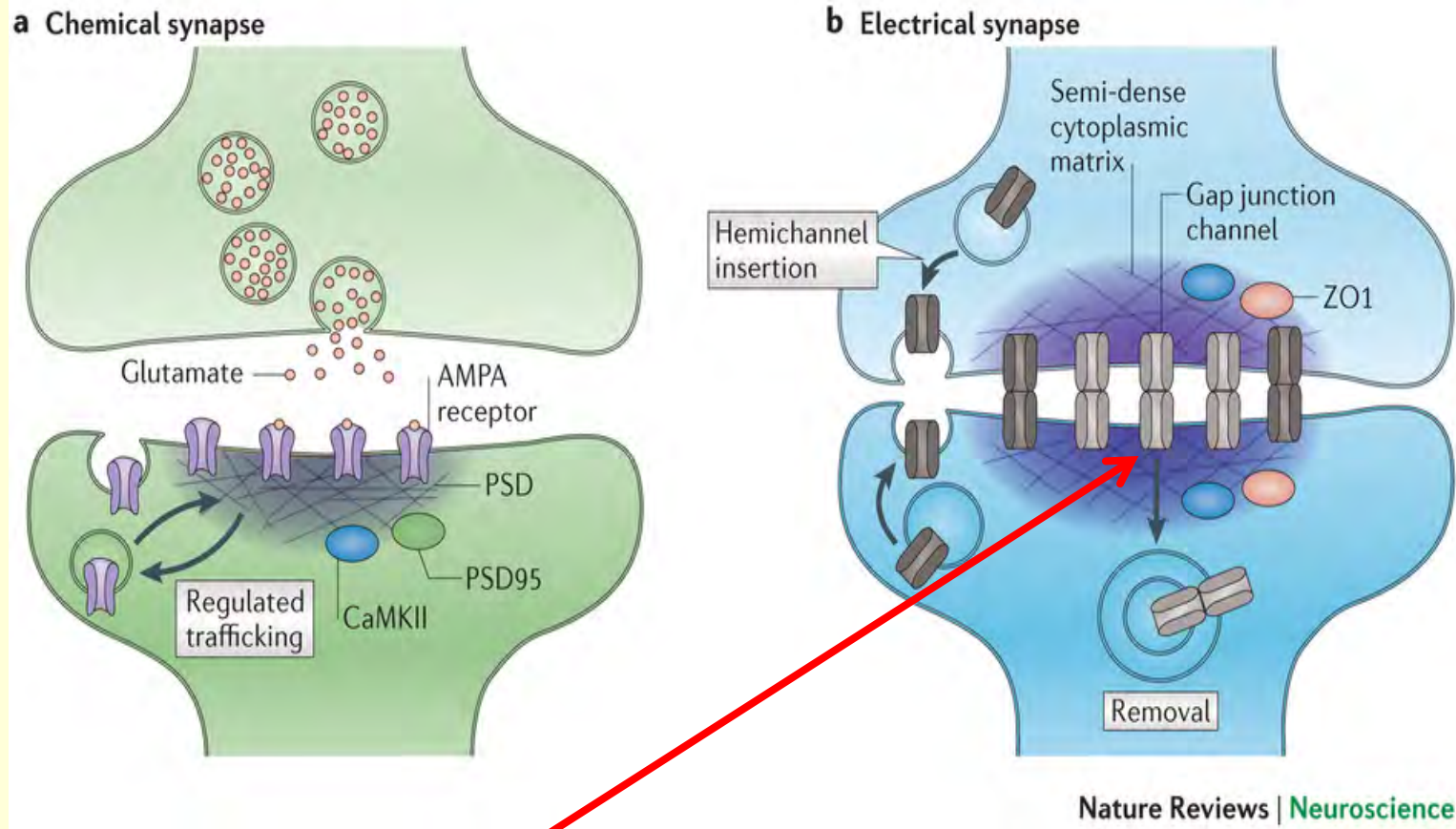
b Electrical synapse



Nature Reviews | Neuroscience

Synapse chimique,
que l'on va voir en détail dans un instant...

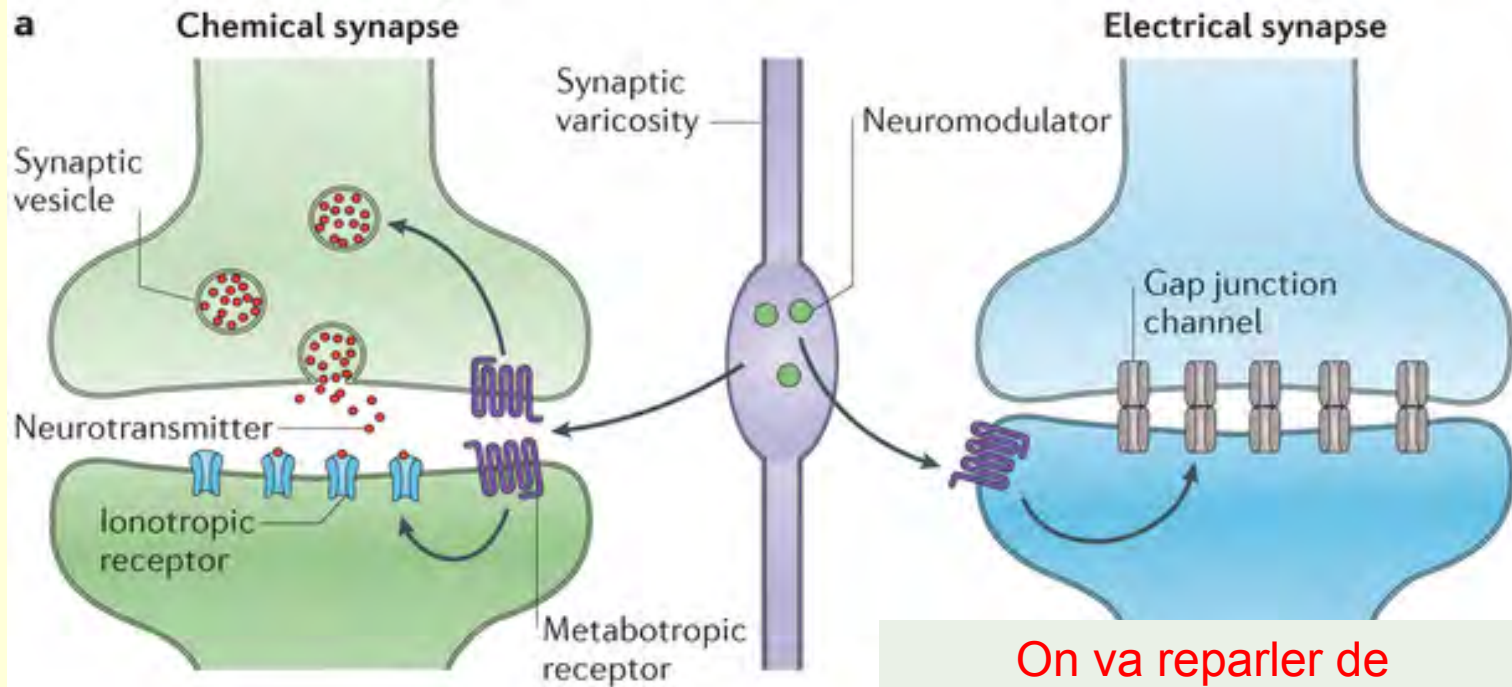




Plasticité :

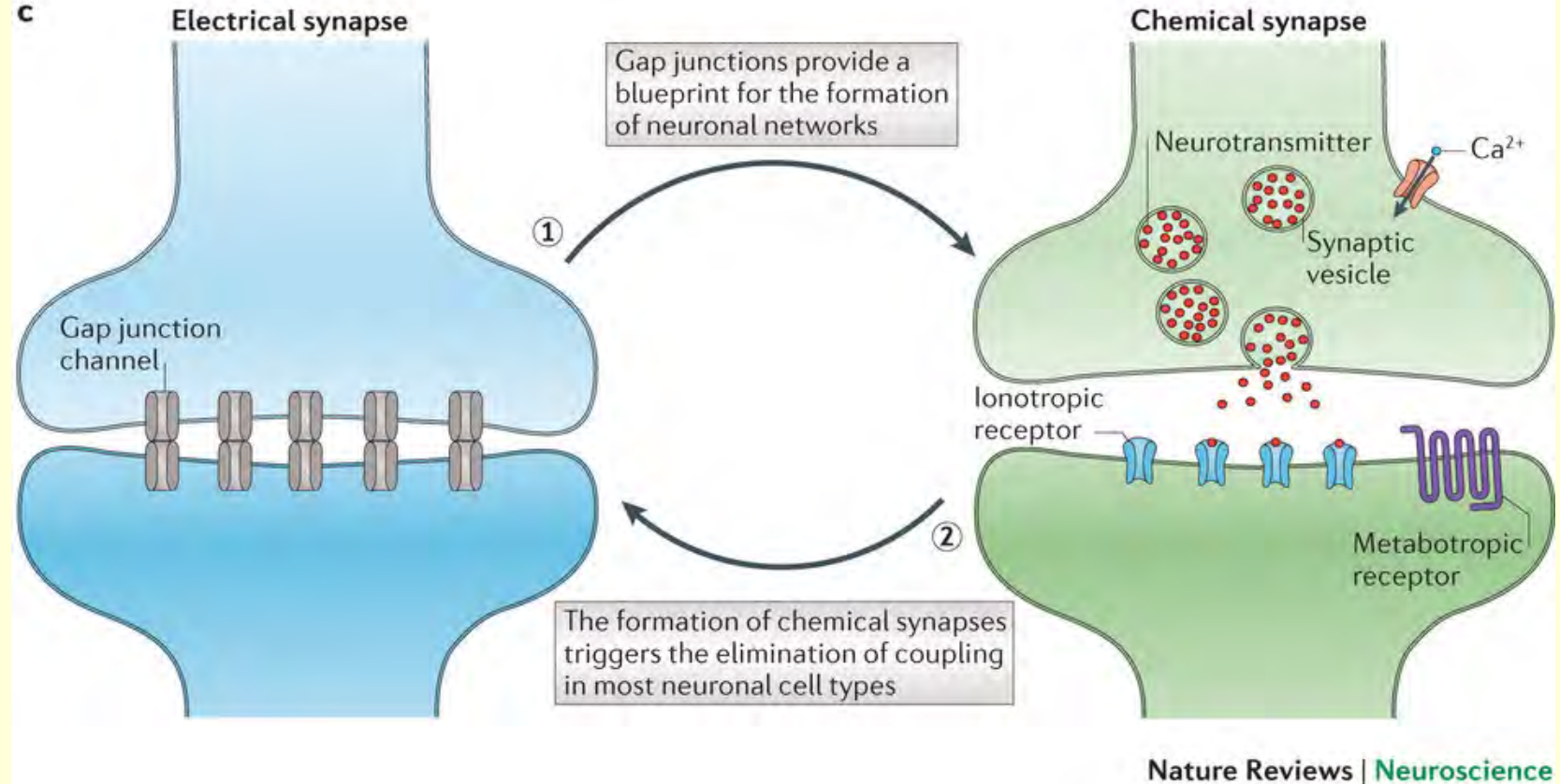
Les molécules de **connexine** qui forment les synapses électriques peuvent être altérées afin d'en augmenter ou d'en diminuer la porosité, donc la facilité avec laquelle les petites molécules chargées peuvent la traverser,

de la même manière qu'un récepteur à un neurotransmetteur peut être modifié pour renforcer une synapse chimique, comme on va le voir dans un instant !



Neuromodulation :

Il existe même des **substances modulatrices des connexines**, comme la **dopamine**, émise par d'autres neurones à une certaine distance de la synapse électrique et qui, en se fixant sur des récepteurs spécifiques, vont activer des réactions biochimiques capables de modifier l'efficacité de la synapse électrique.

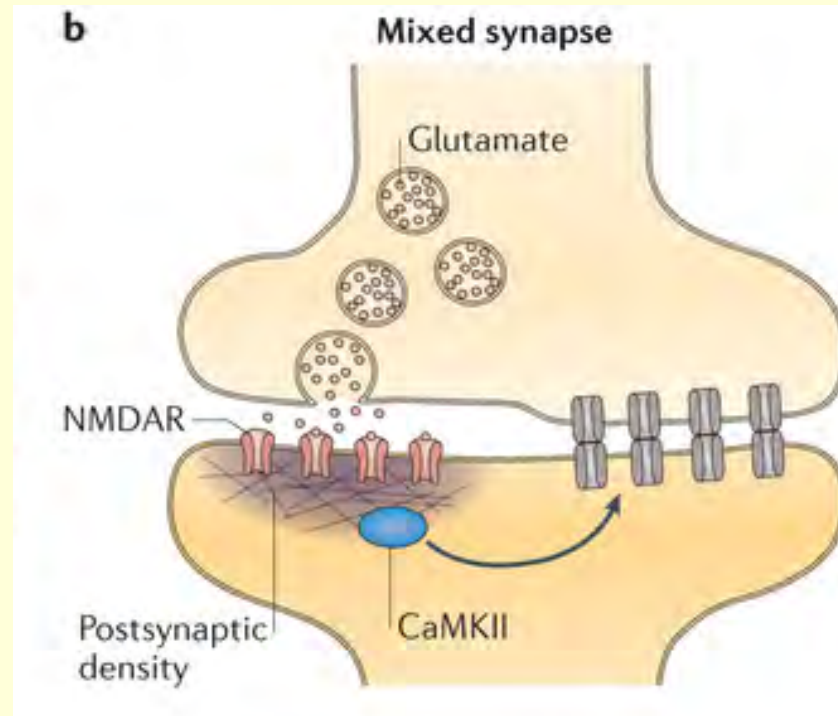


Développement :

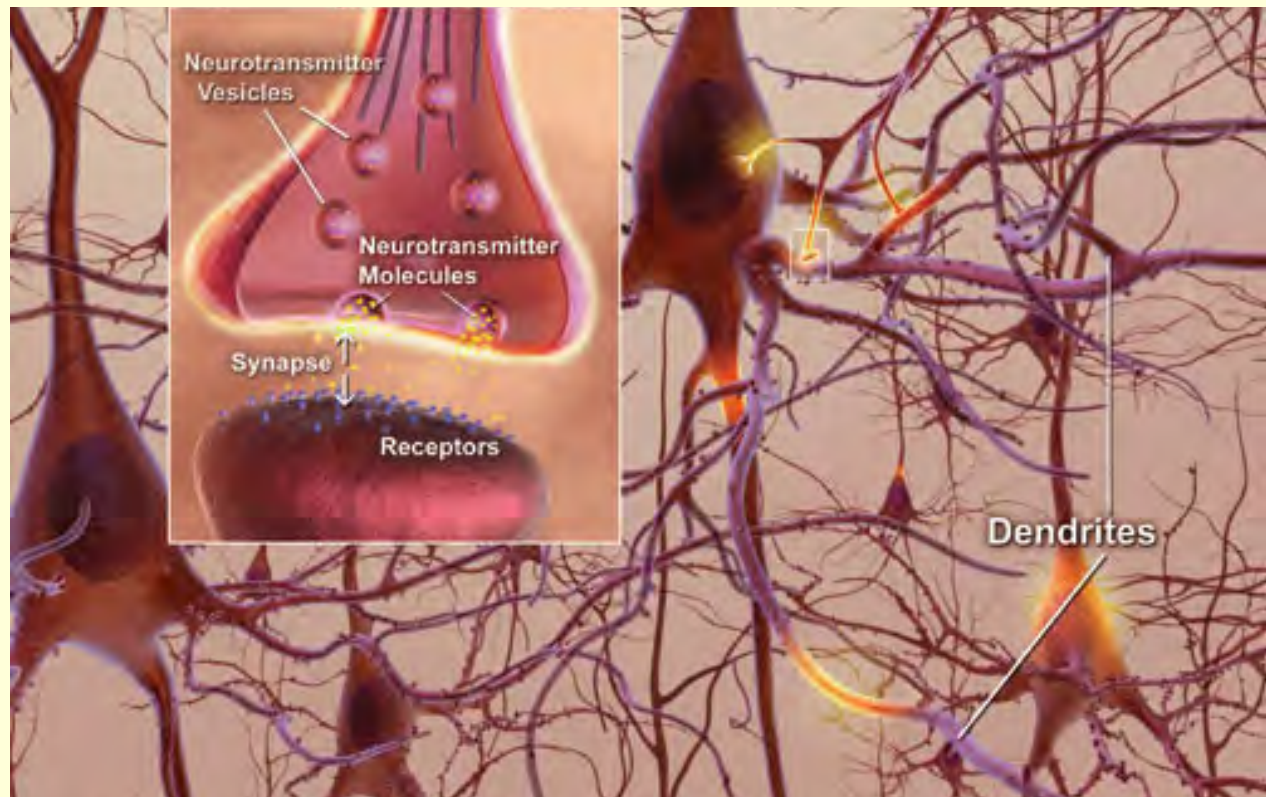
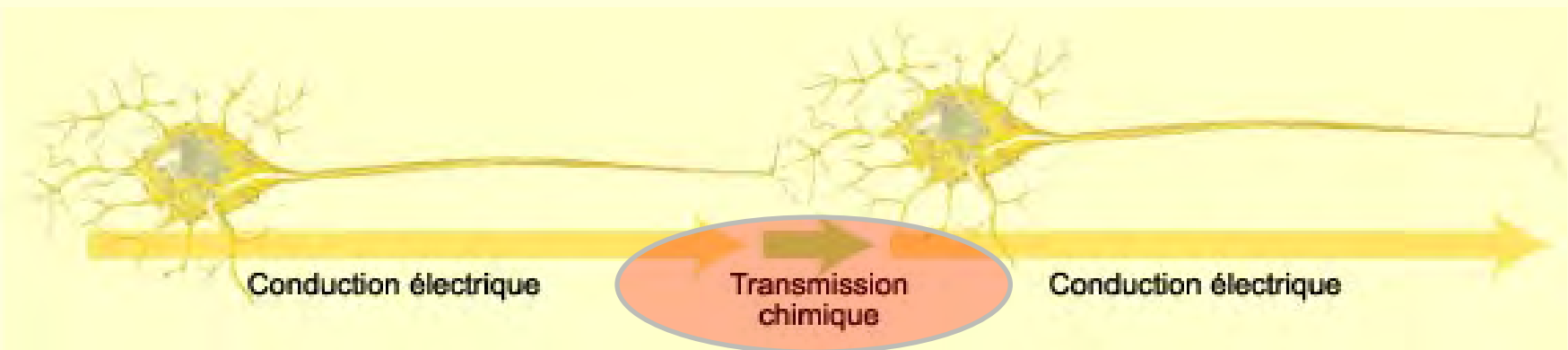
Sans parler de l'interaction entre les synapses électriques et chimique **durant le développement embryonnaire**, où l'activité électrique dans les réseaux de neurones due aux premières permet progressivement aux synapses chimiques de se mettre en place.

Synapses mixtes :

Le tableau se complique encore avec la découverte de **synapses « mixtes »** avec une composante chimique et une composante électrique dans la même région synaptique.



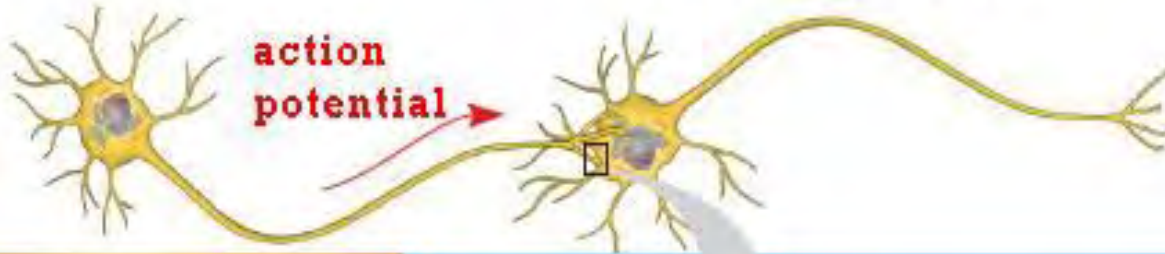
Allons voir justement...
...cette synapse chimique.



Presynaptic cell

Postsynaptic cell

action potential



Synaptic vesicles containing neurotransmitter

Presynaptic membrane

Voltage-gated Ca^{2+} channel

1 Ca^{2+}

Synaptic cleft

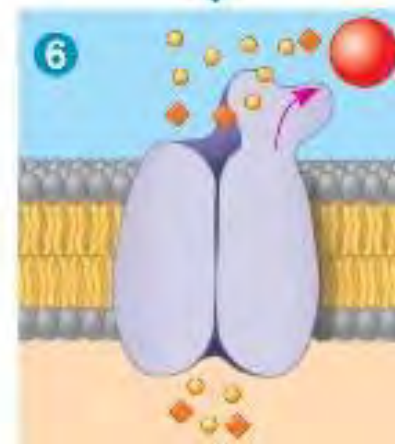
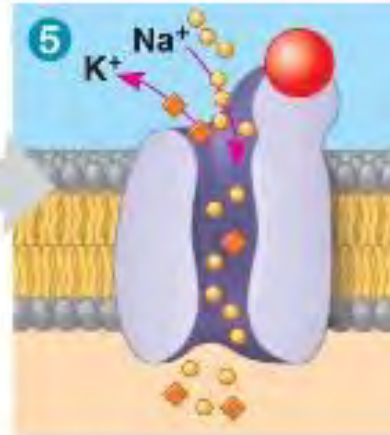
2

3

4

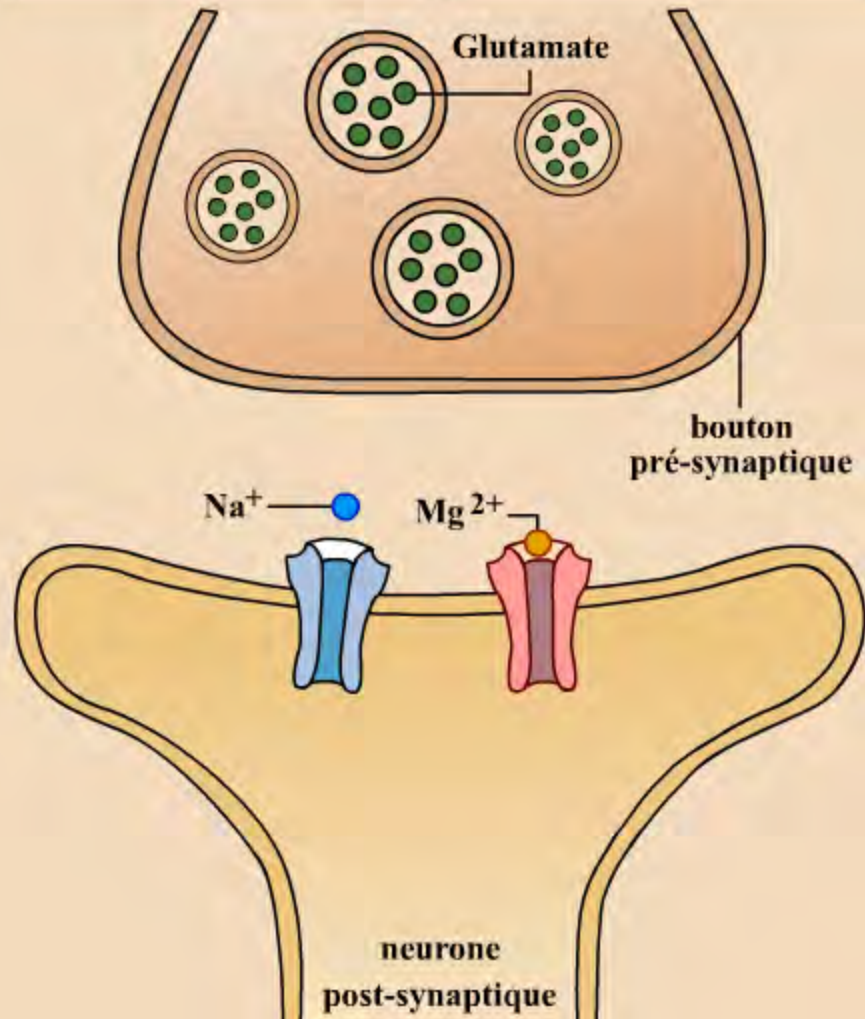
Ligand-gated ion channels

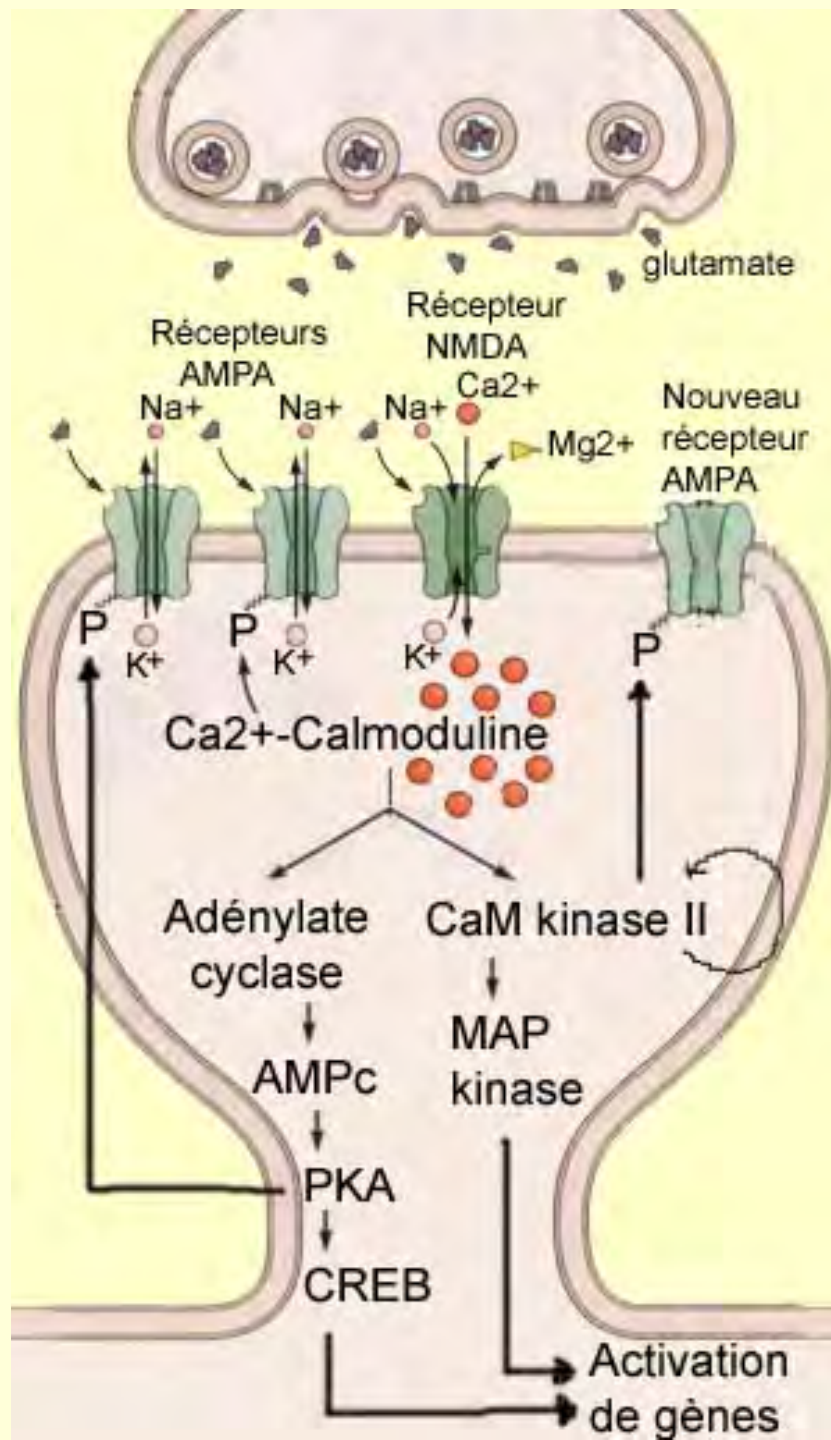
Postsynaptic membrane



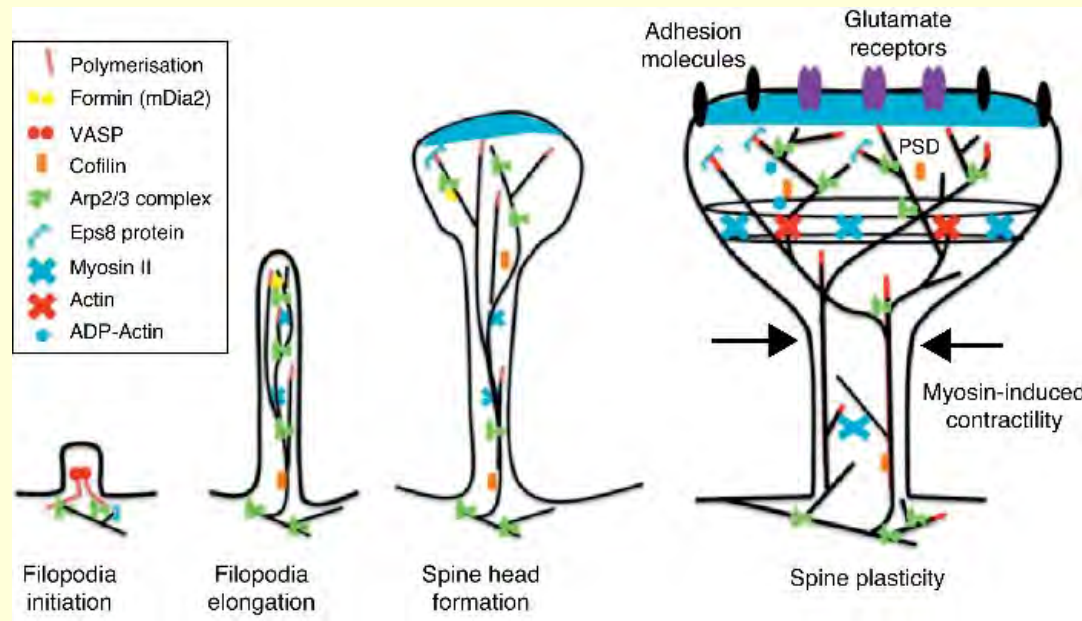
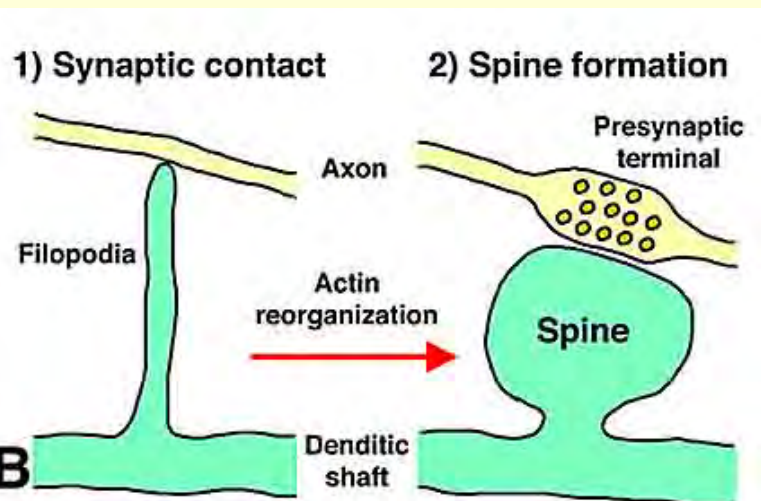
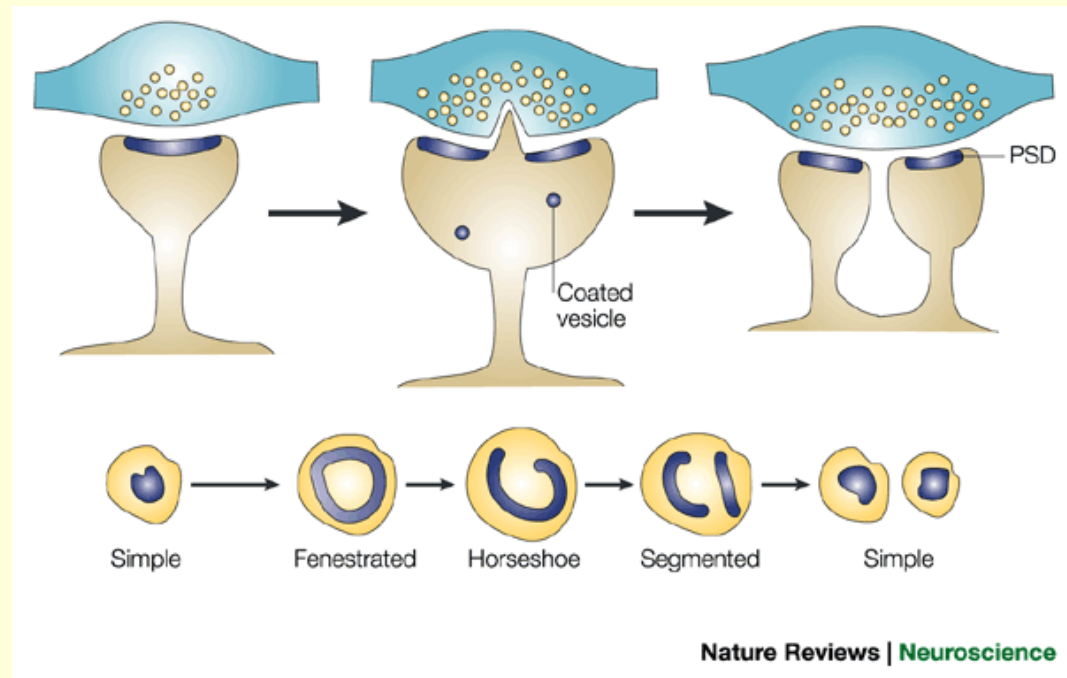
Transmission d'un
potentiel d'action
unique

Stimulation à haute
fréquence produisant
la PLT



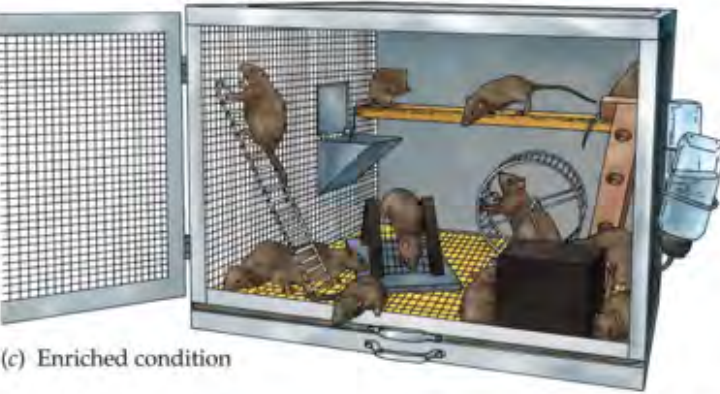
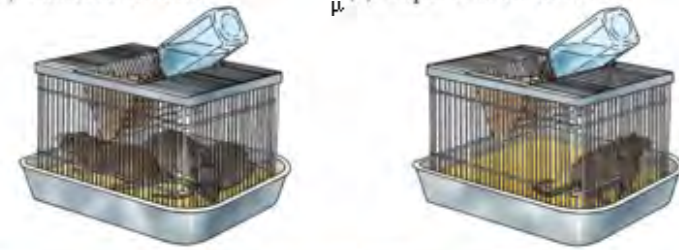


Les voies nerveuses qui servent souvent vont même pouvoir **modifier la microstructure complexe des épines dendritiques** pour que le contact synaptique entre deux neurones devienne plus intime.



a) Standard condition

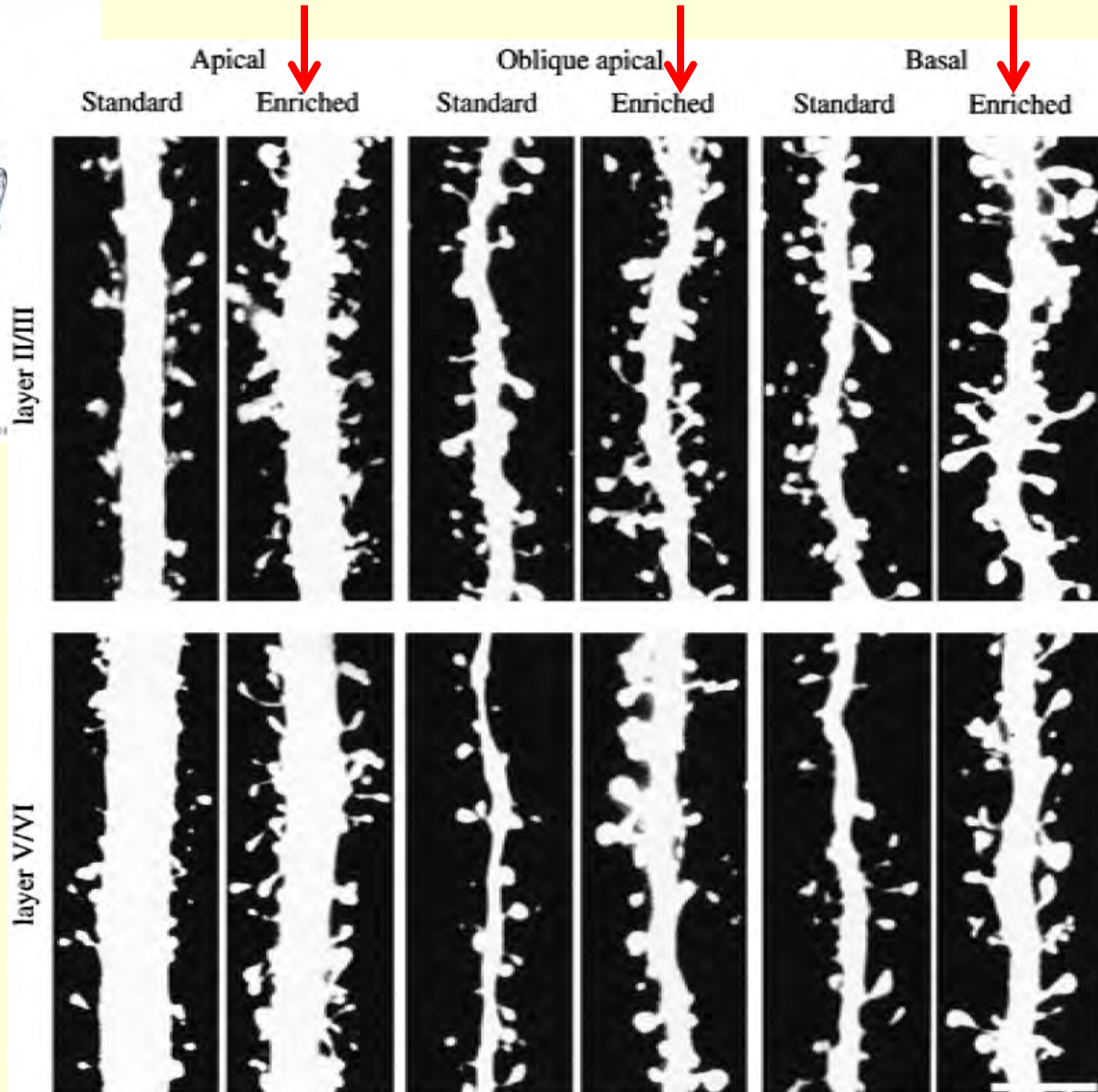
b) Impoverished condition



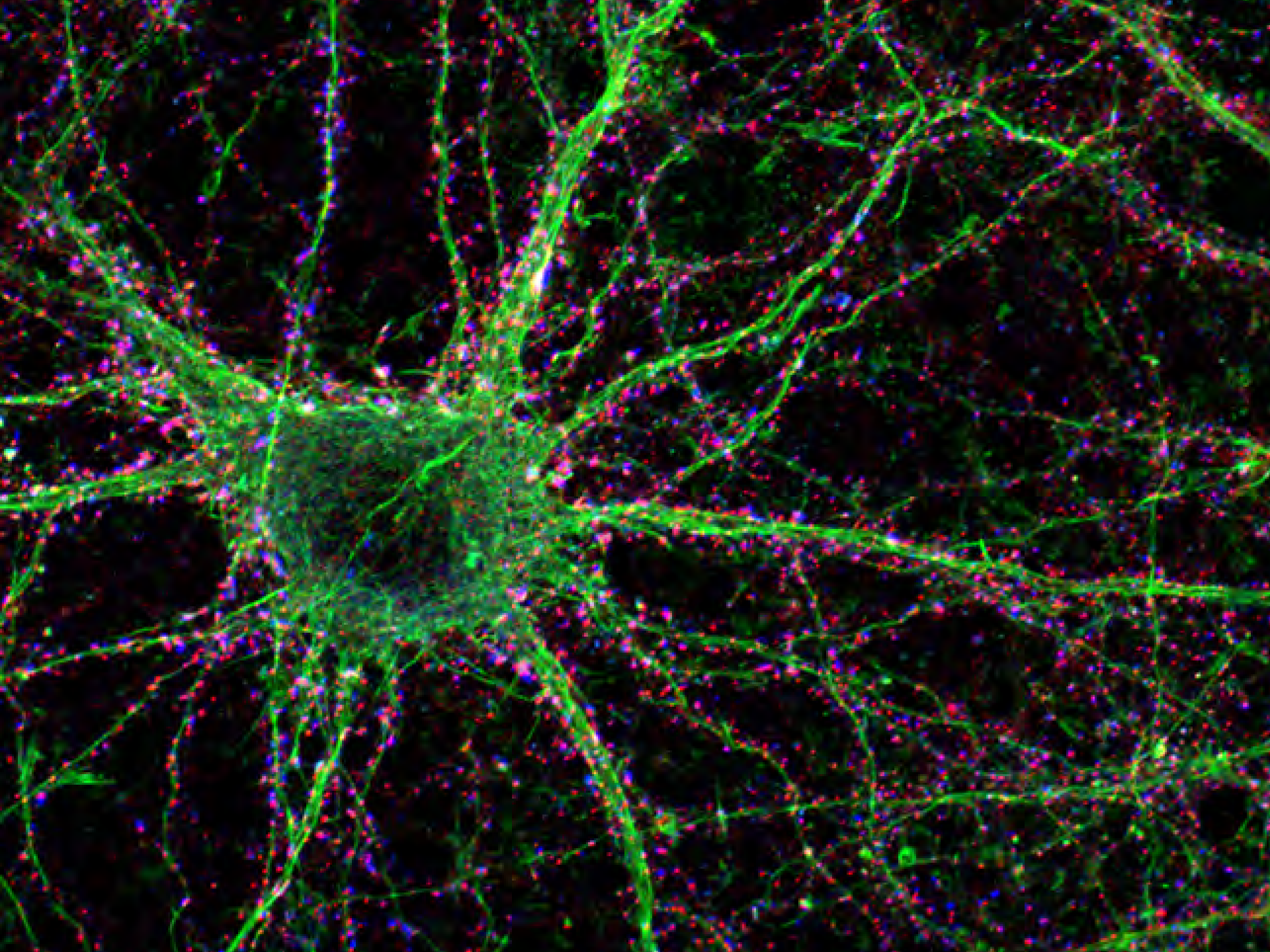
(c) Enriched condition

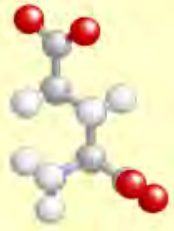
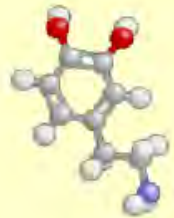
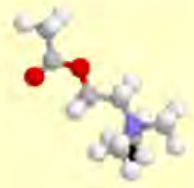
Psychology 6e, Figure 17.17

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.

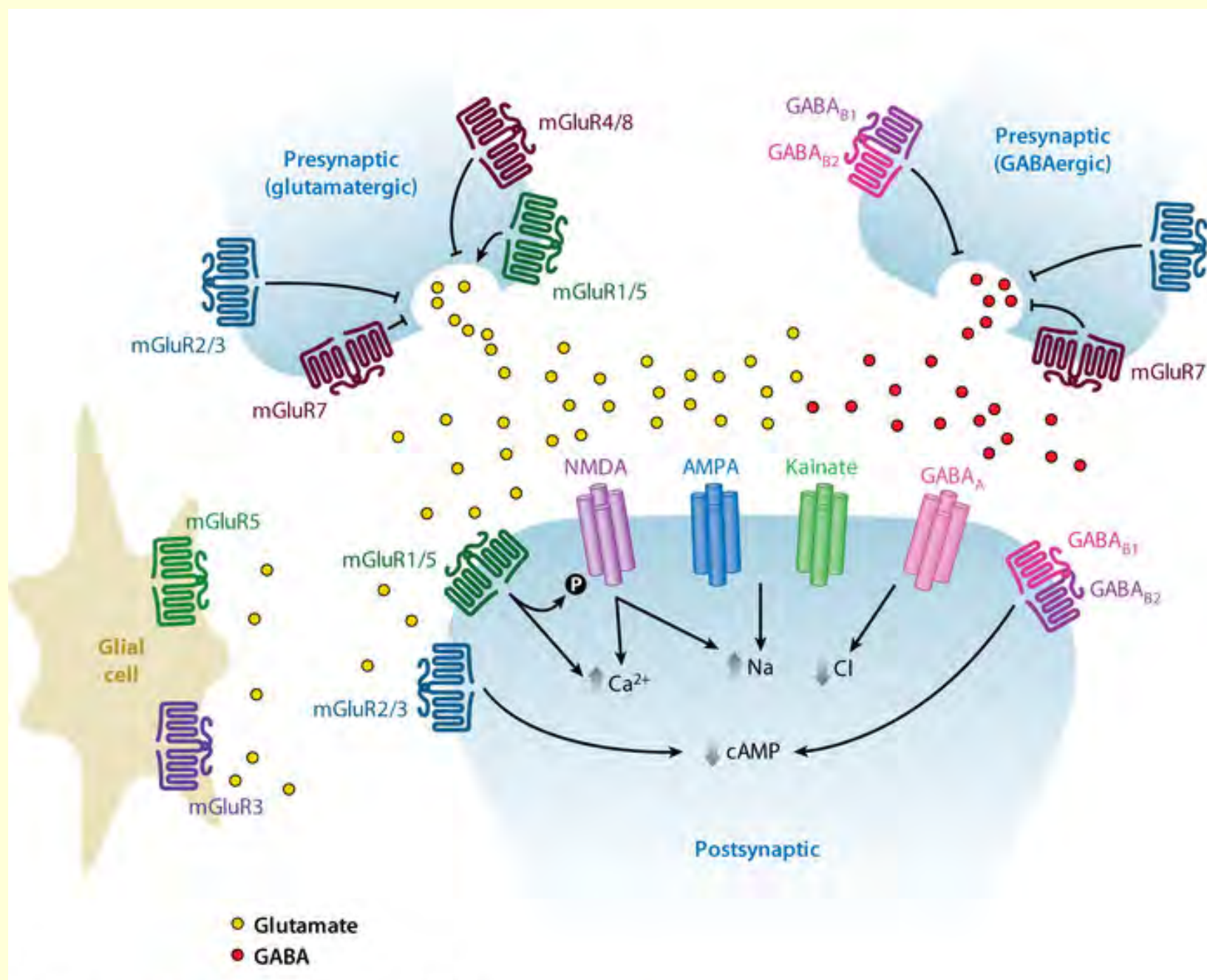


Épines dendritique de neurones du cortex somatosensoriel de rats adultes ayant grandi dans des cages **standard** ou dans un environnement **enrichi** durant 3 semaines.



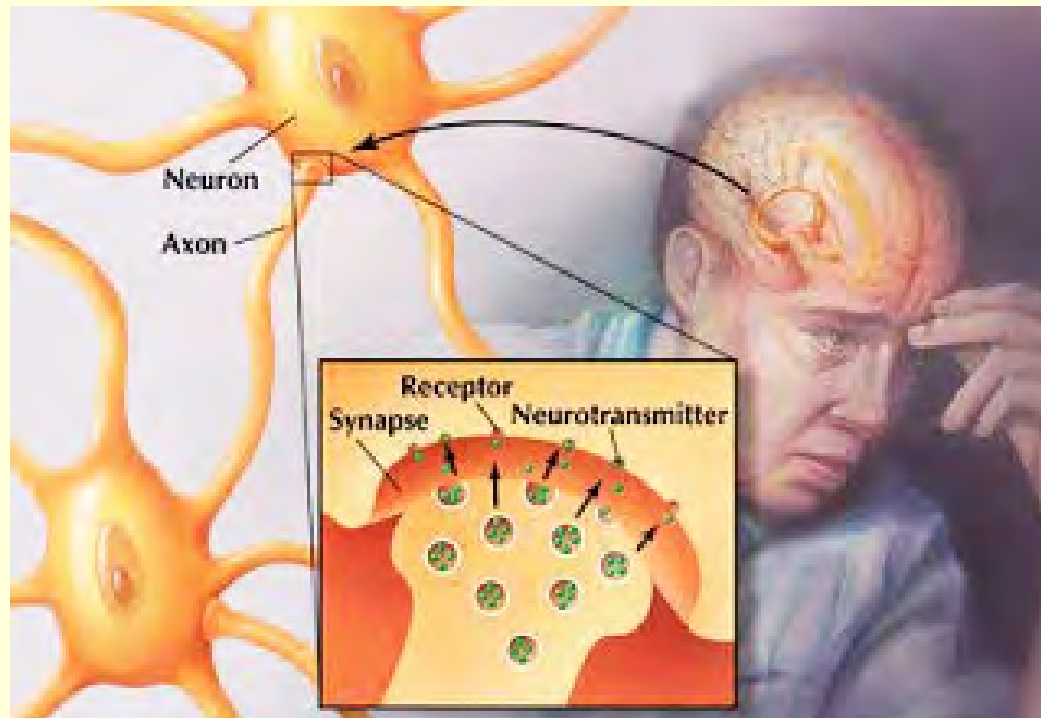


Etc, etc...

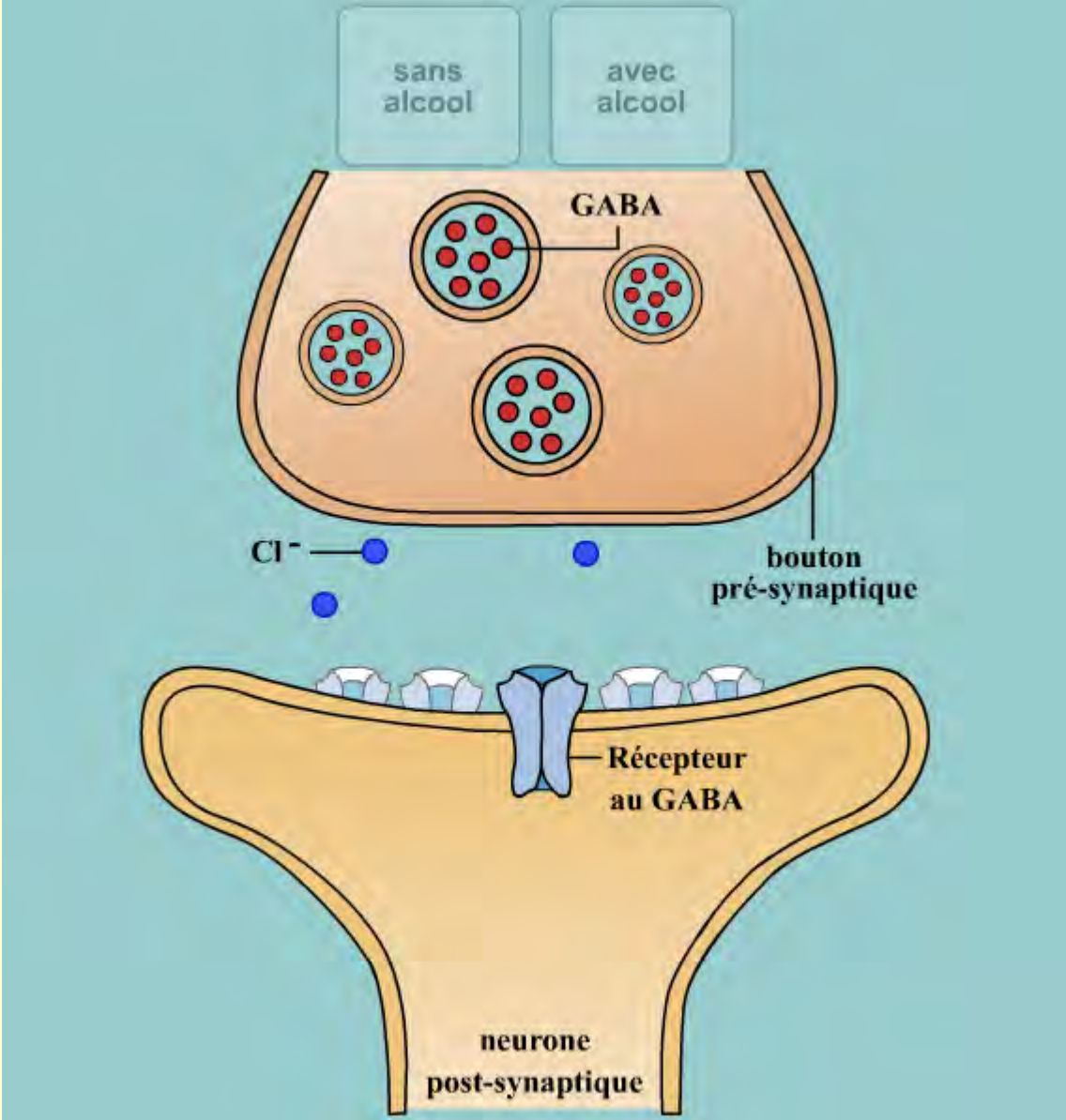


Neurotransmetteurs, médicaments, drogues

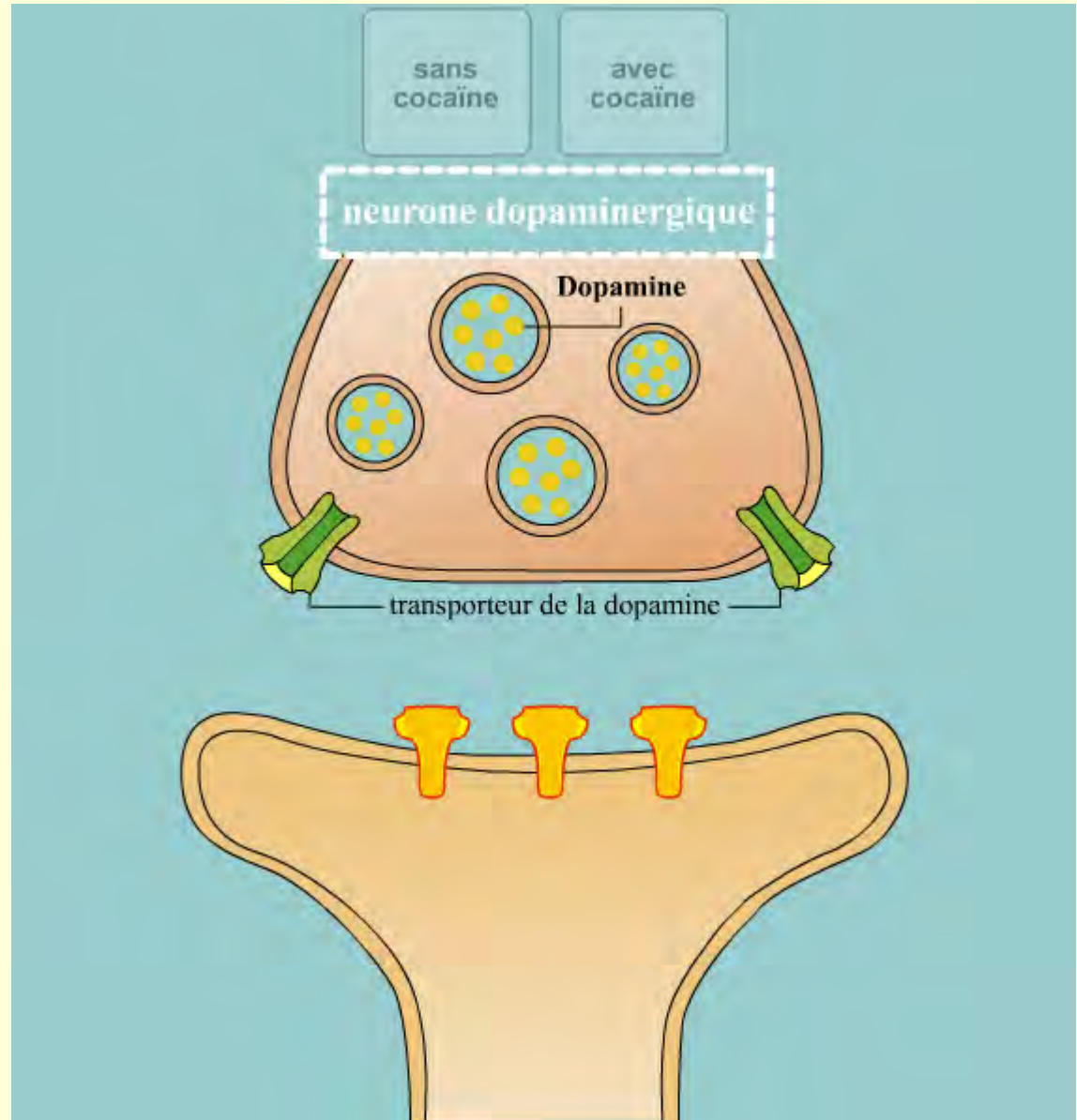
Les molécules qui affectent notre pensée



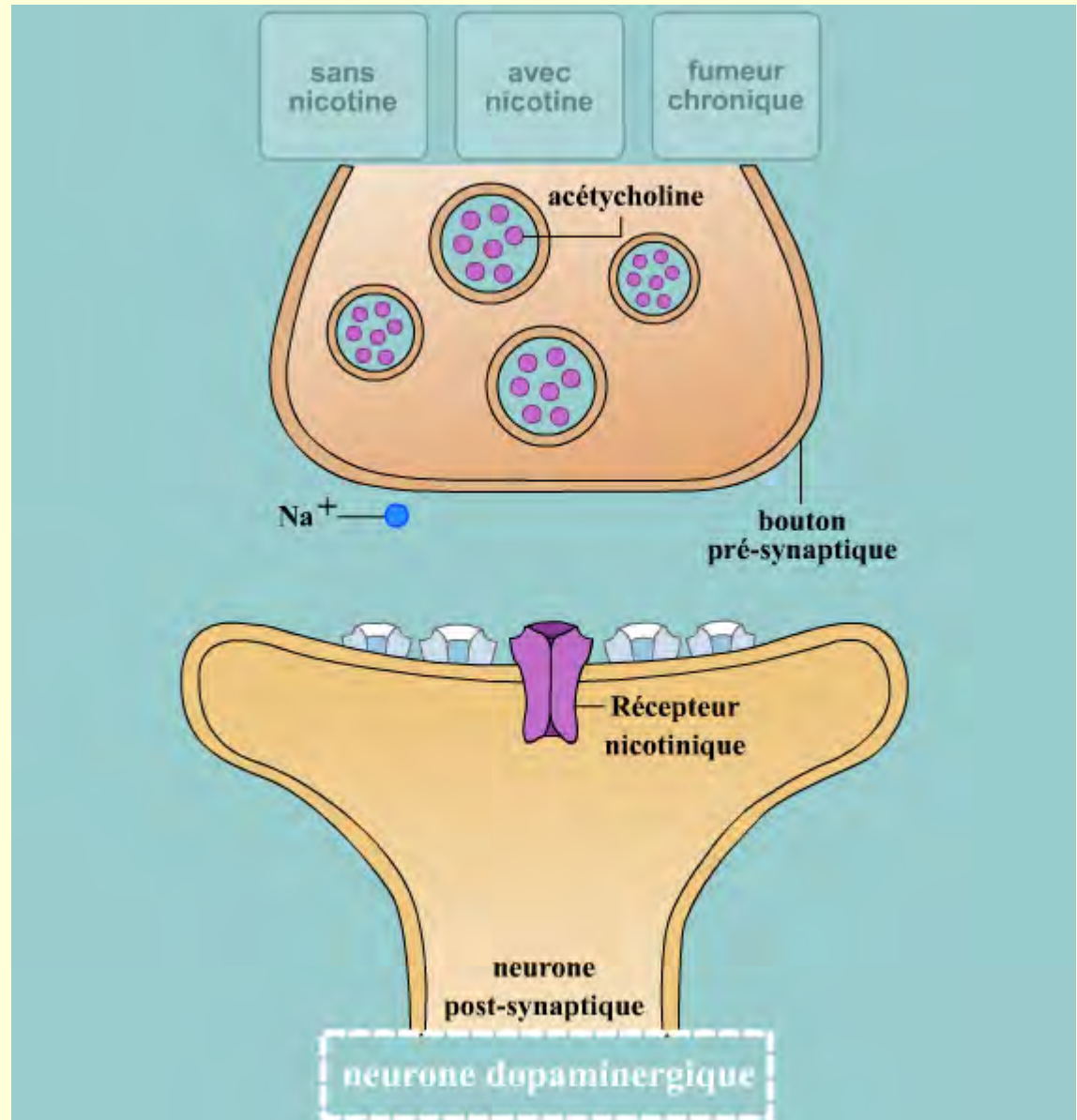
Alcool



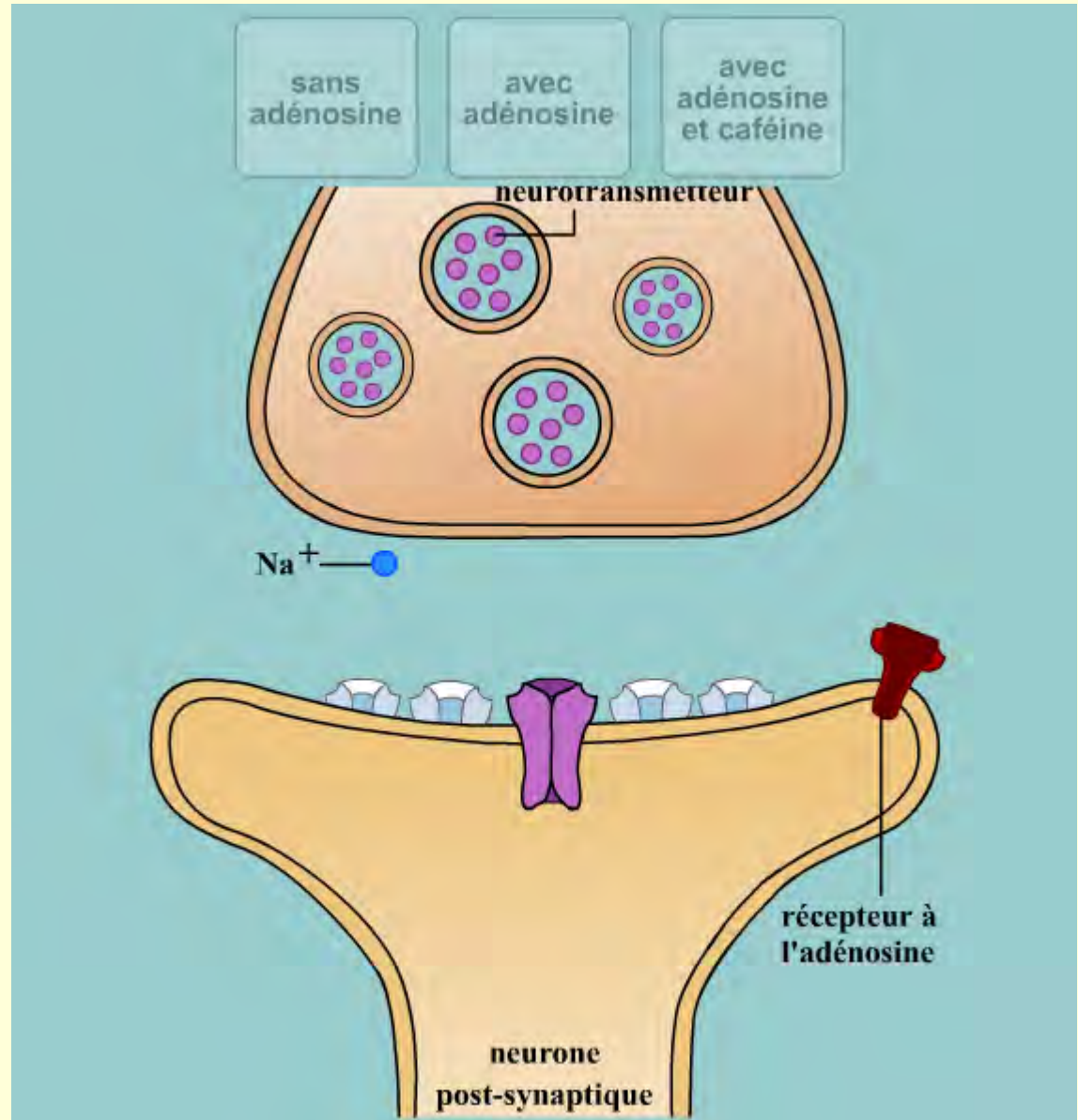
Cocaïne



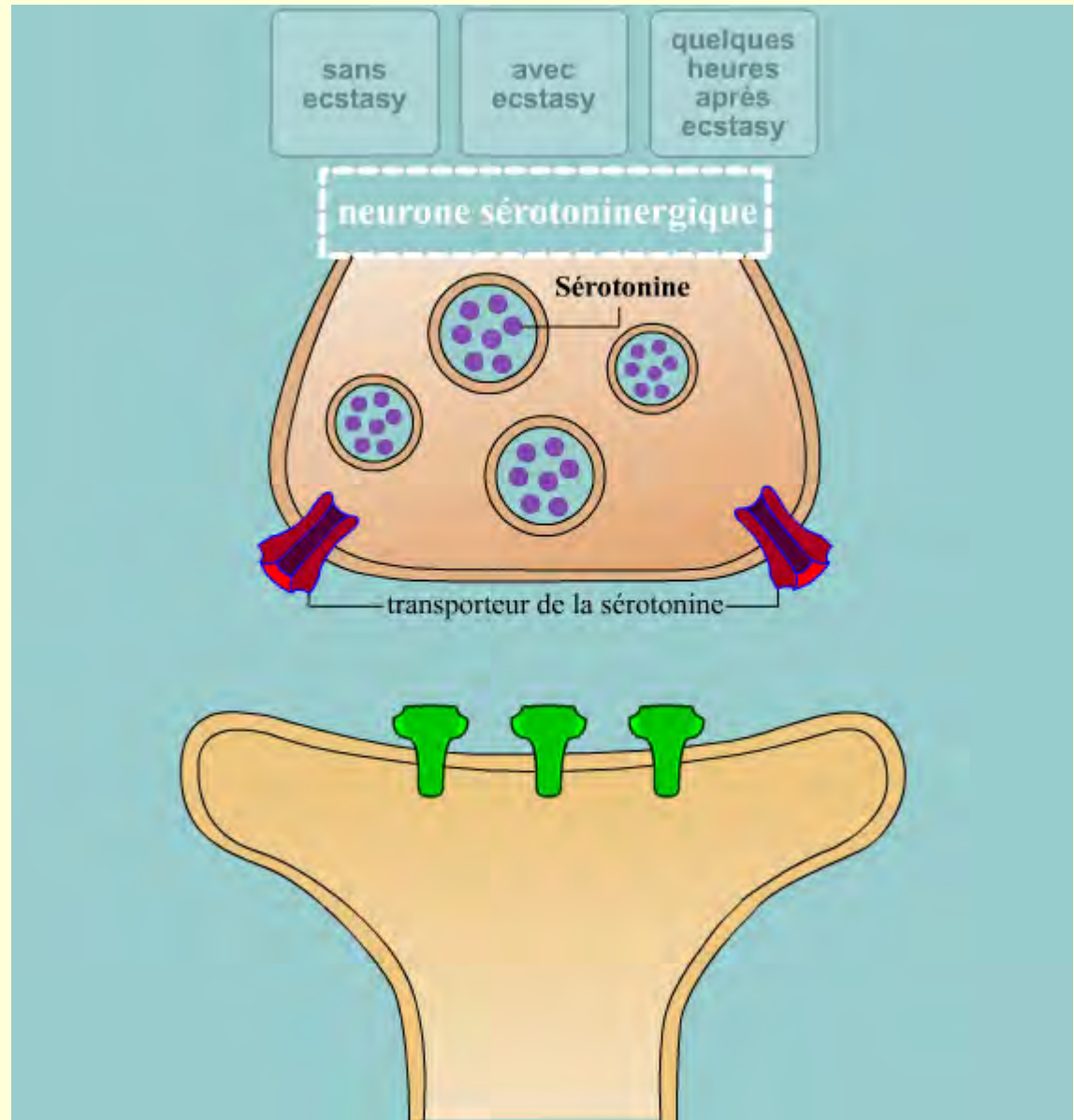
Nicotine



Caféine



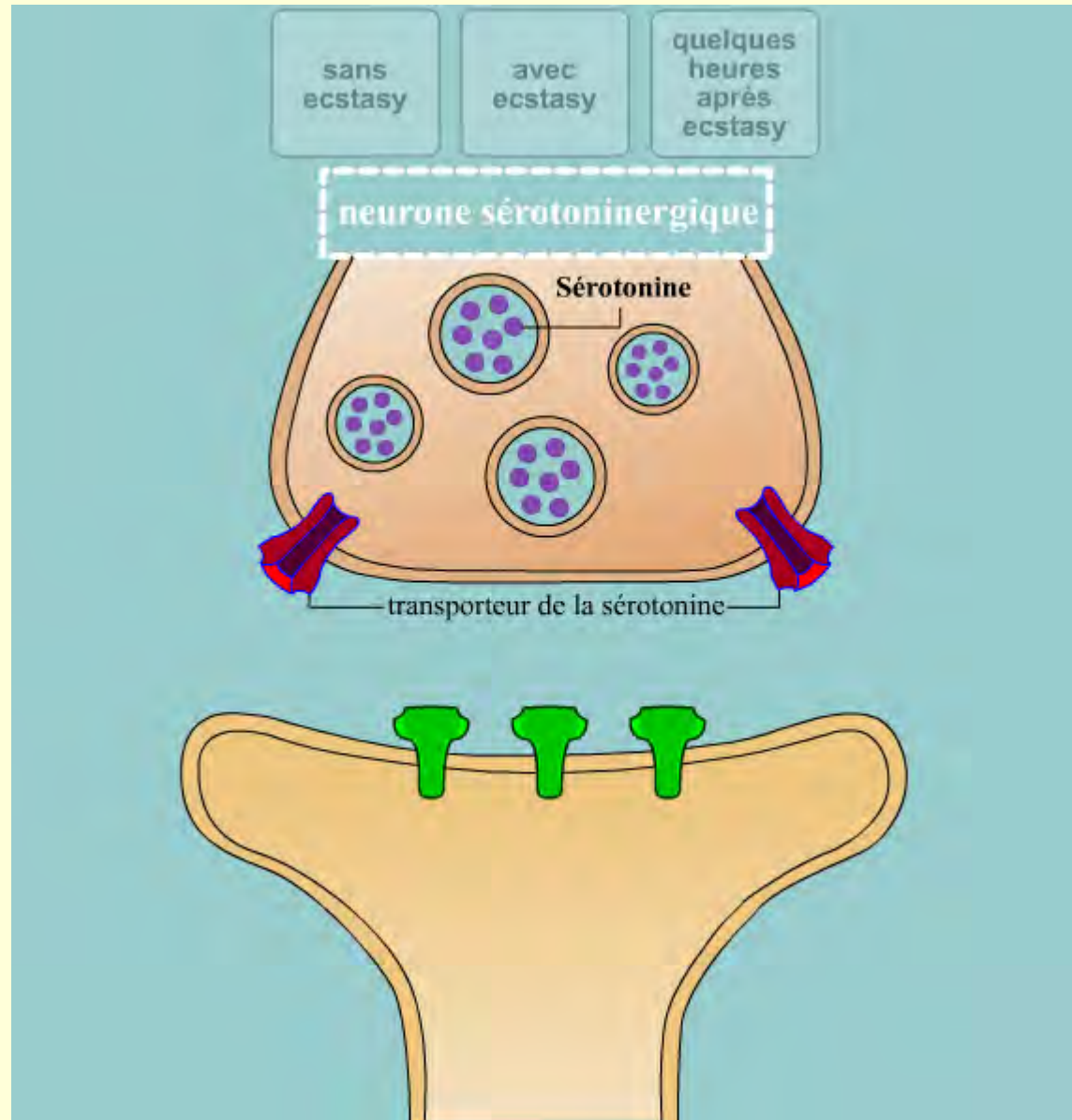
Ecstasy



Ecstasy

On constate que **l'augmentation artificielle d'un neurotransmetteur exerce une rétroaction négative sur l'enzyme chargée de le fabriquer.**

Résultat : quand cesse l'apport extérieur de la drogue, le système se retrouve en état de manque.



Les phénomènes **d'accoutumance** et de **sevrage** s'expliquent ainsi lorsqu'il y a un apport exogène de substance dans un système hautement régulé par rétroactions négatives...

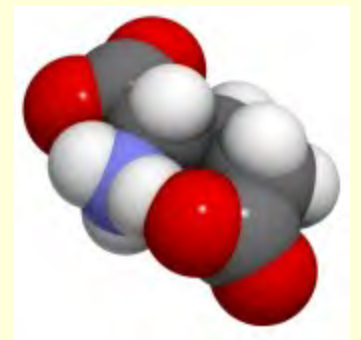
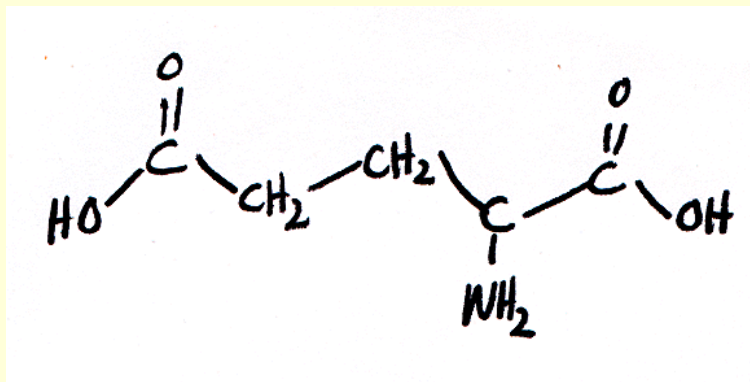
- La théorie du neurone
 - Ce qu'on peut garder
 - Tout ce qu'on sait maintenant qui lui manque...

Le récepteur NMDA du glutamate

Le récepteur NMDA du glutamate

“**Glutamate** is actually, by far,
the predominant neurotransmitter in the brain.

Glutamate is used by up to **50% to 80% of all neurons** and
80% of all synapses in the brain use glutamate
(many synapses use multiple neurotransmitters)”



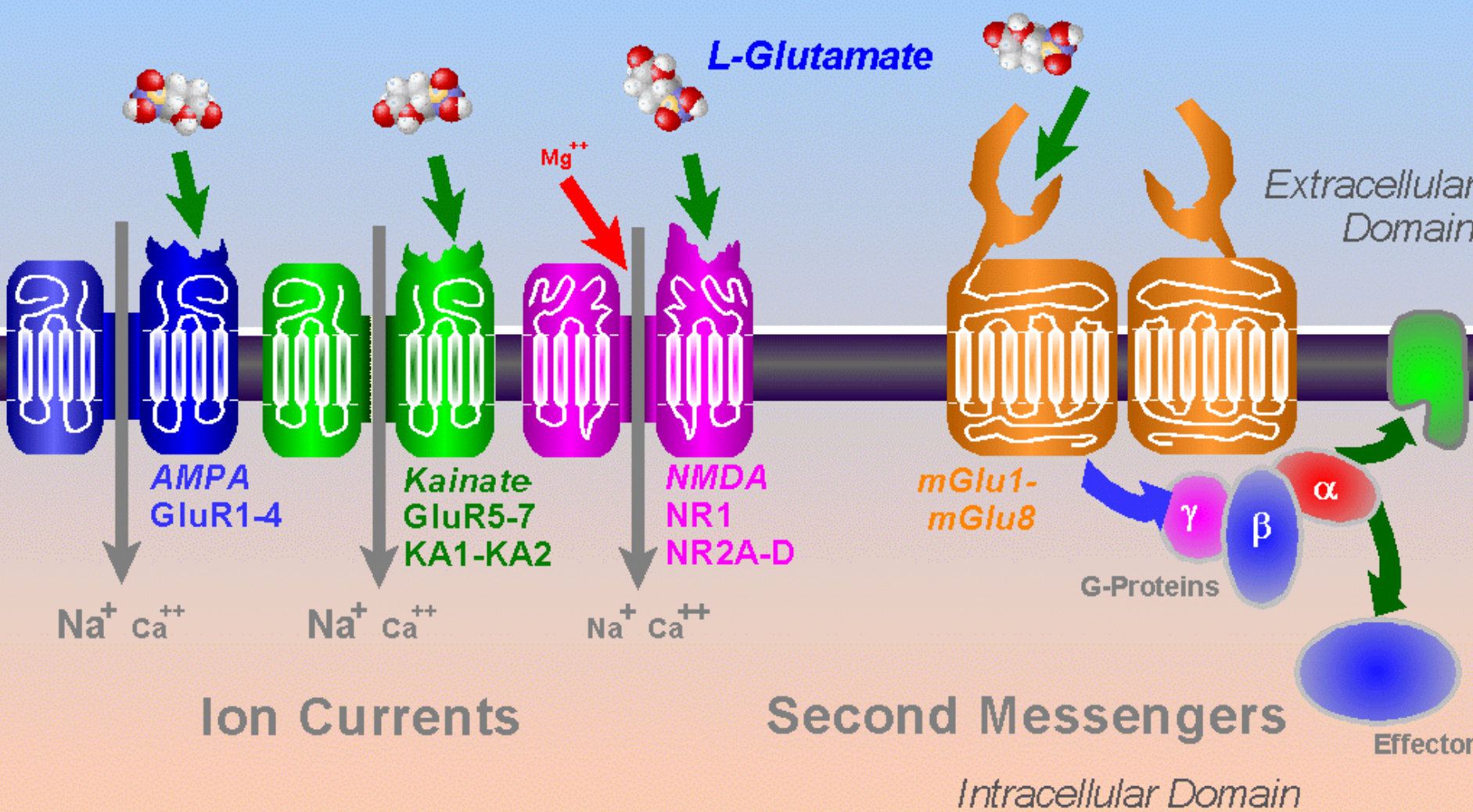
Another Form of Neuroplasticity by Switching Glutamate NMDA Subunits

July 14, **2013** (le résumé de l'article suivant)

<http://jonlieffmd.com/blog/another-form-of-neuroplasticity-by-switching-glutamate-nmda-subunits>

IONOTROPIC GLUTAMATE RECEPTORS

METABOTROPIC GLUTAMATE RECEPTORS



Channel blockers

Memantine

Mg²⁺

Antagonists

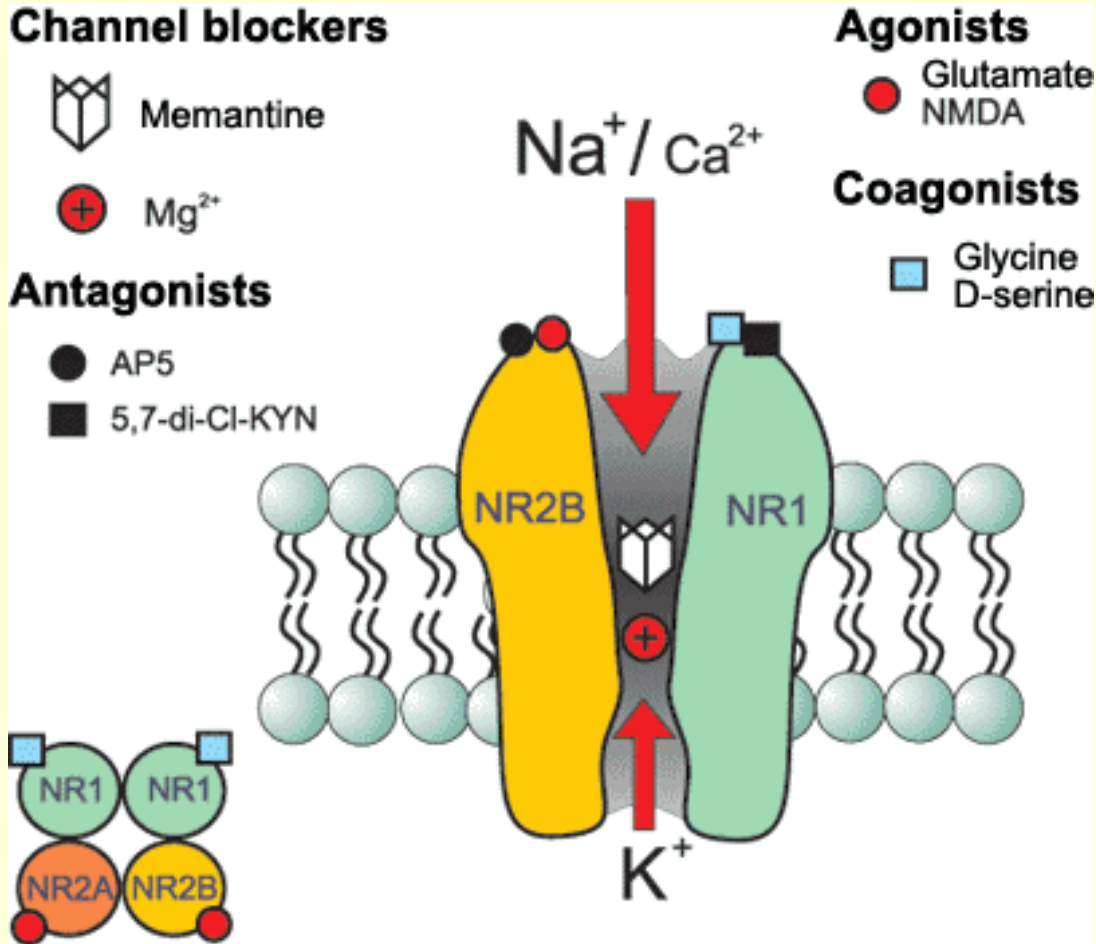
AP5
5,7-di-CI-KYN

Agonists

Glutamate
NMDA

Coagonists

Glycine
D-serine



Le récepteur NMDA

Son ouverture est à la fois influencée par un neurotransmetteur ET la différence de voltage entre l'intérieur du neurone et l'extérieur.

Récepteur NMDA au glutamate

NMDA receptor subunit diversity: impact on receptor properties, synaptic plasticity and disease

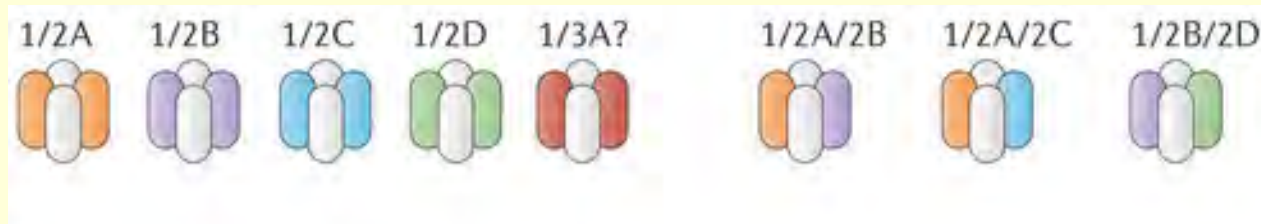
Pierre Paoletti, Camilla Bellone & Qiang Zhou

Nature Reviews Neuroscience 14, 383–400 (2013)

<http://www.nature.com/nrn/journal/v14/n6/full/nrn3504.html>

On savait que les récepteur NMDA forment des **complexes de 4 sous-unités homologues**.

Ce que cet article va montrer, c'est que **la composition** du récepteur NMDA est elle-même **plastique** à cause de la combinatoire de différentes sous-unités, ce qui donne lieu à un grand **nombre de sous-types de récepteurs possibles**.

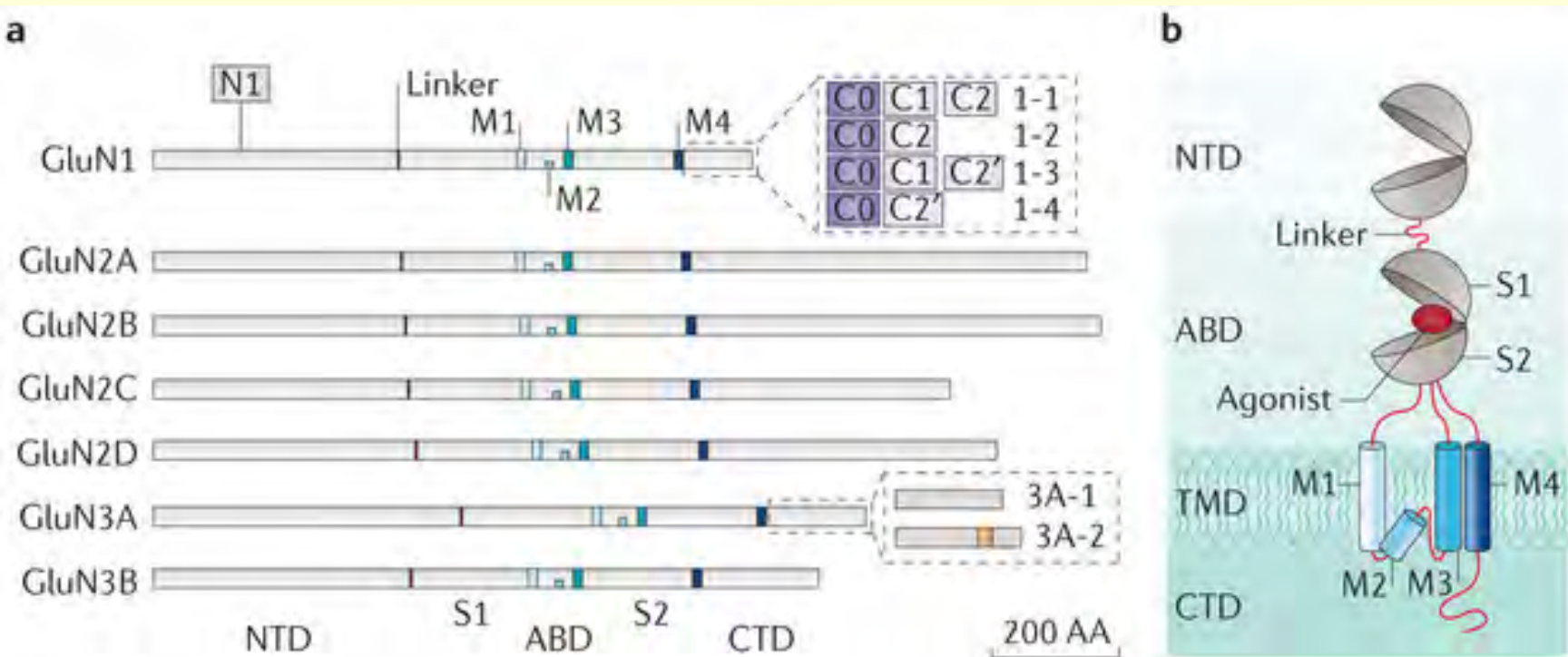


Cette étude explore donc les effets de la composition des différentes sous-unités sur un récepteur.

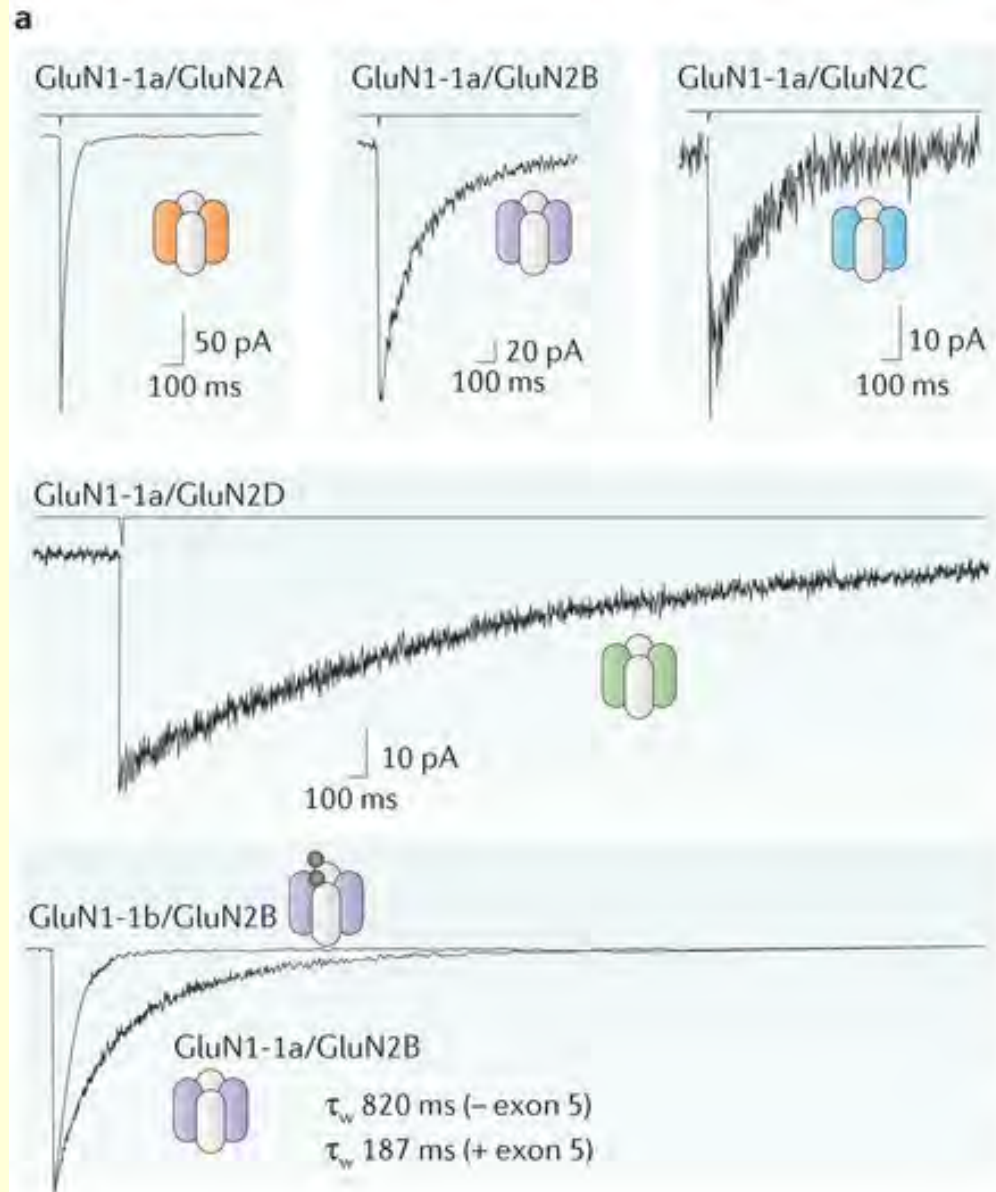
D'abord au niveau **structurel** :

a) 7 sous-unités différentes ont été identifiées

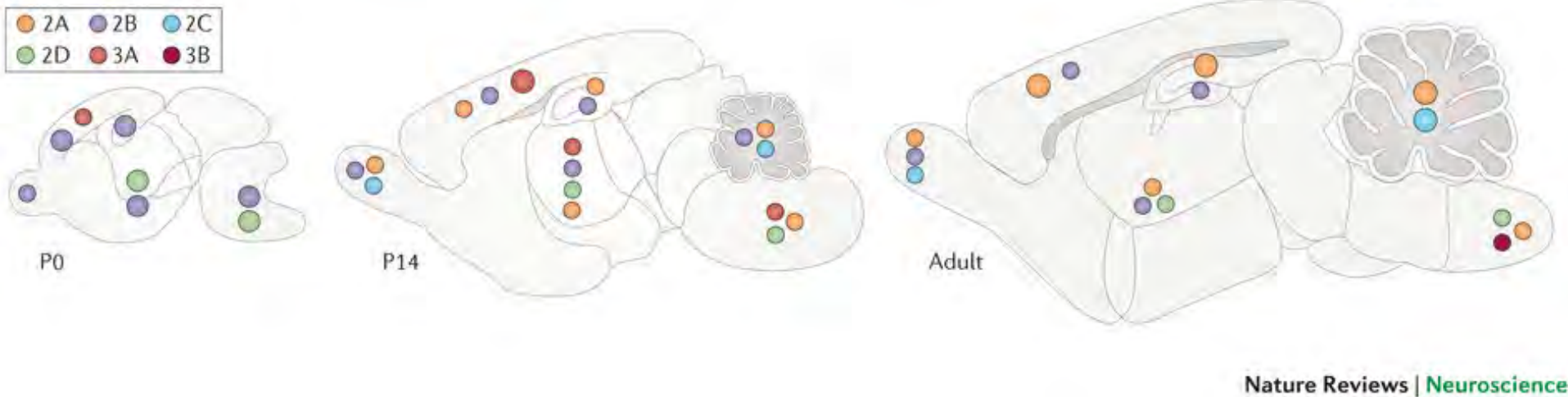
b) Toutes les sous-unités partagent une même architecture modulaire faite de 4 domaines distincts



Ensuite au niveau des **propriétés biophysiques** du récepteur (par exemple la durée d'ouverture suite à la fixation du glutamate).

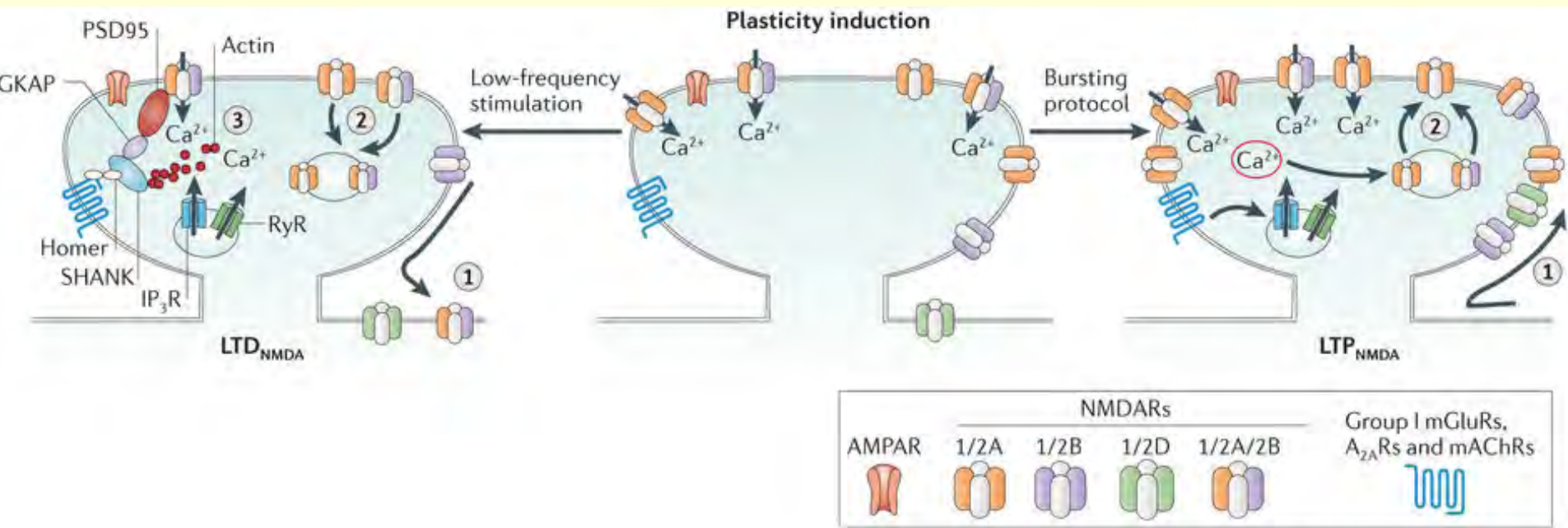


Au niveau de leur **distribution** dans le cerveau durant le développement :



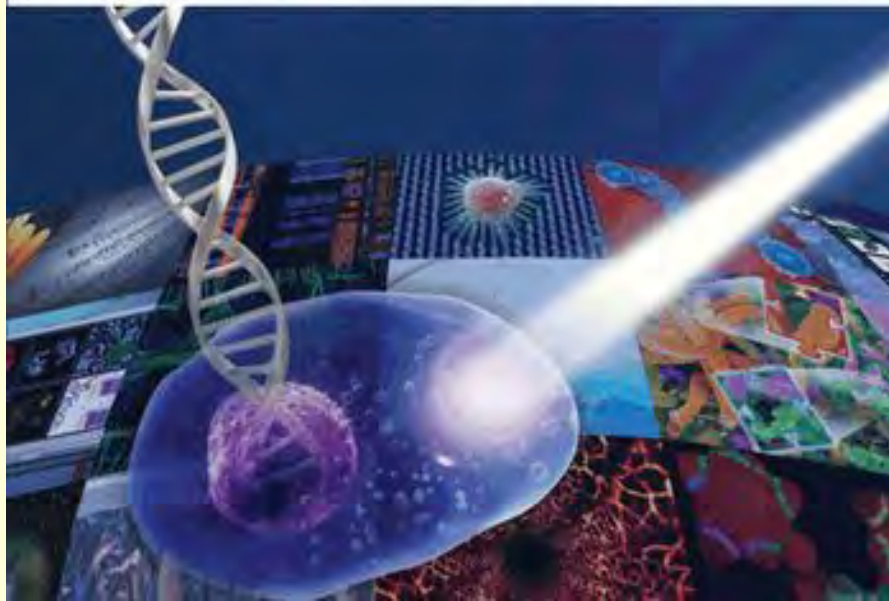
Distribution des différents sous-types de récepteur NMDA dans le cerveau de la souris à la naissance (P0), à 14 jours (P14) et à l'âge adulte.

Et finalement il y a cette **nouvelle forme de plasticité** ou les sous-unités semblent mobiles et capables d'être échangées d'un récepteur à l'autre.



La cellule semble savoir comment ajuster la structure de ses propres composantes moléculaire en fonction de l'activité dans un circuits beaucoup plus large dont l'activité fluctue à l'échelle de la milliseconde...

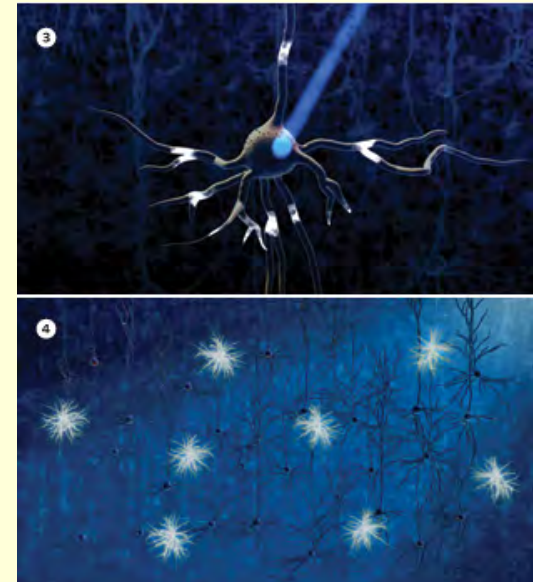
L'optogénétique



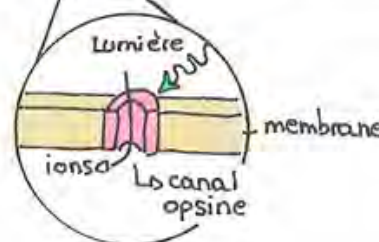
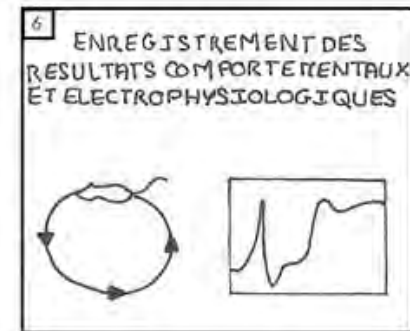
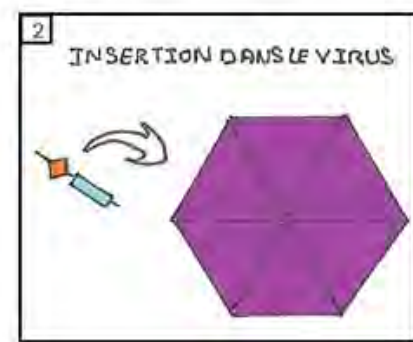
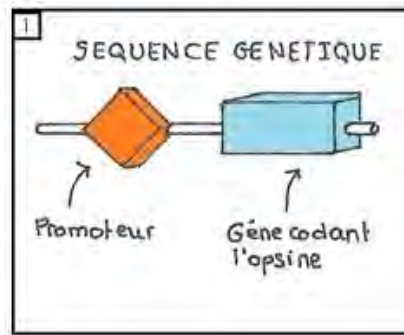
Un mélange de génétique, de virologie et d'optique permettant d'activer ou d'inactiver instantanément des groupes spécifiques de neurones dans le cerveau d'animaux vivants.

"This is God's gift to neurophysiologists"

En **2006**, une trentaine de laboratoires commencent à utiliser une technique nouvelle, l'**optogénétique**, mises au point par Karl Deisseroth et Ed Boyden l'année précédente.



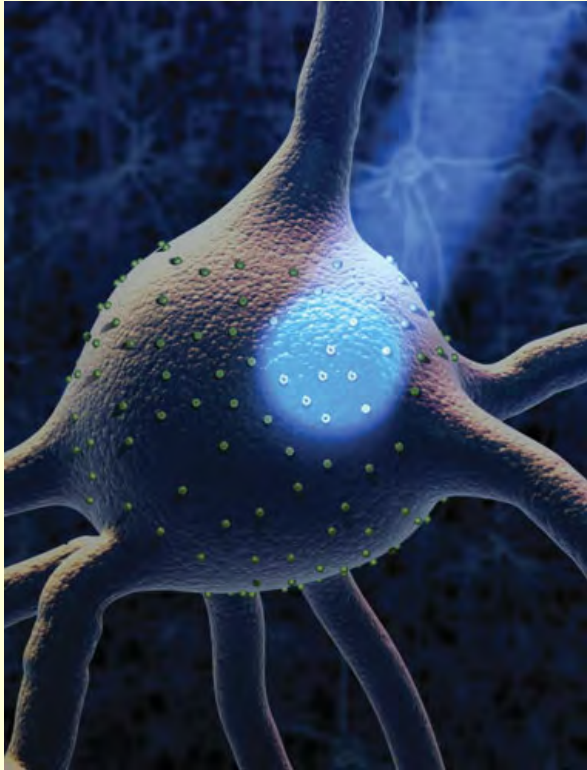
On peut utiliser des **promoteurs spécifiques** à un type cellulaire donné. Par exemple pour stimuler des neurones excitateurs du noyau subthalamique d'animaux modèles de la maladie de Parkinson, c'est le promoteur CamKIIa.



Et comme on peut faire s'exprimer dans une même population de neurones des **canaux à rhodopsine** excitateurs et inhibiteurs,

on peut, avec **différentes longueurs d'onde**, exciter ou inhiber sur demande cette population de neurones !





Comme le dit Gero Miesenböck, l'un des artisans principaux de l'optogénétique, « **pour briser un code, il faut pouvoir jouer avec**, n'importe quel « hacker » vous le dira. »

Et c'est exactement ce qu'apporte l'optogénétique :

la possibilité de « jouer avec » l'activité neuronale à une échelle temporelle (millisecondes) et spatiale (populations neuronales spécifiques) encore inégalée, et d'en observer l'effet sur le comportement.

A fait rentrer beaucoup de bouquins de biologie moléculaire et de virologie dans les labos d'électrophysiologie et occasionne encore bien des maux de tête techniques mais...

"Soon enough, this is going to be standard technology," says Philip Sabes.

Deux références :

The Birth of Optogenetics

An account of the path to realizing tools for controlling brain circuits with light.

By Edward S. Boyden | **July 1, 2011**

<http://www.the-scientist.com/?articles.view/articleNo/30756/title/The-Birth-of-Optogenetics/>

Optogenetics As Good As Electrical Stimulation

Neuroscience News

December 12, 2013

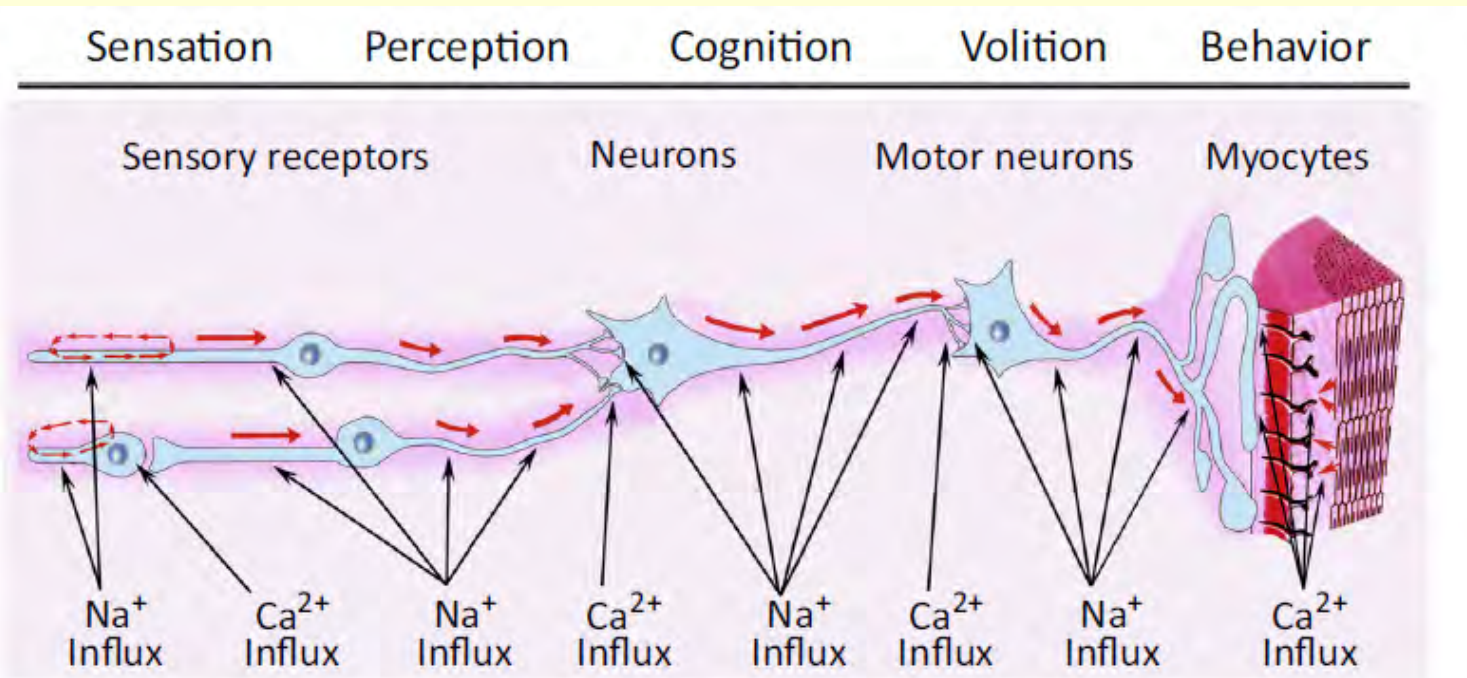
Optogenetics had been used in small rodent models. Research reported in *Current Biology* has shown that **optogenetics works effectively in larger, more complex brains.**

http://neurosciencenews.com/optogenetics-electrical-stimulation-neuroscience-research-675/?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed%3A+neuroscience-rss-feeds-neuroscience-news+%28Neuroscience+News+Updates%29

Une dernière question intéressante :

Quel serait l'événement « premier » à partir duquel se construirait toute « sentience » subséquente dans la psychologie animale, du simple réflexe sensori-moteur jusqu'à la conscience humaine ?

Cette perturbation environnementale première qui alerte en quelque sorte la cellule qu'il se passe « quelque chose » qui la concerne dans l'environnement serait, selon N.D. Cook, G.B. Carvalho et A. Damasio, les **ions positifs**, essentiellement de sodium (Na^+) et de calcium (Ca^{2+}) qui entrent massivement dans la cellule...

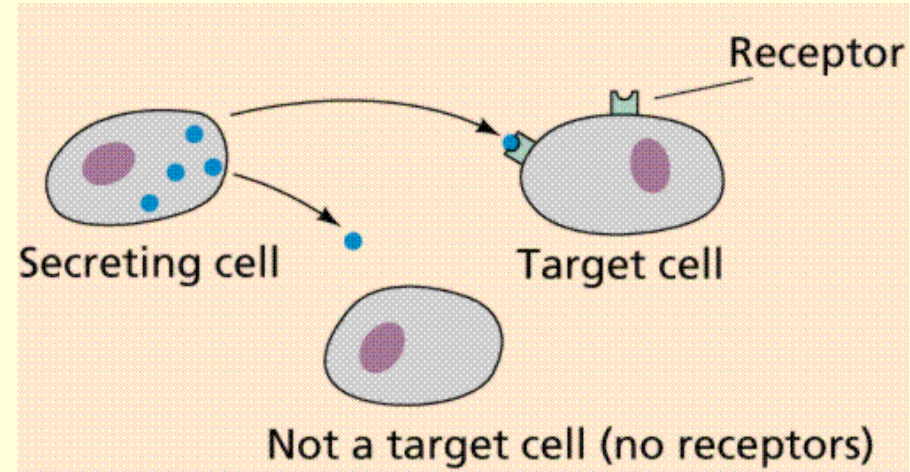
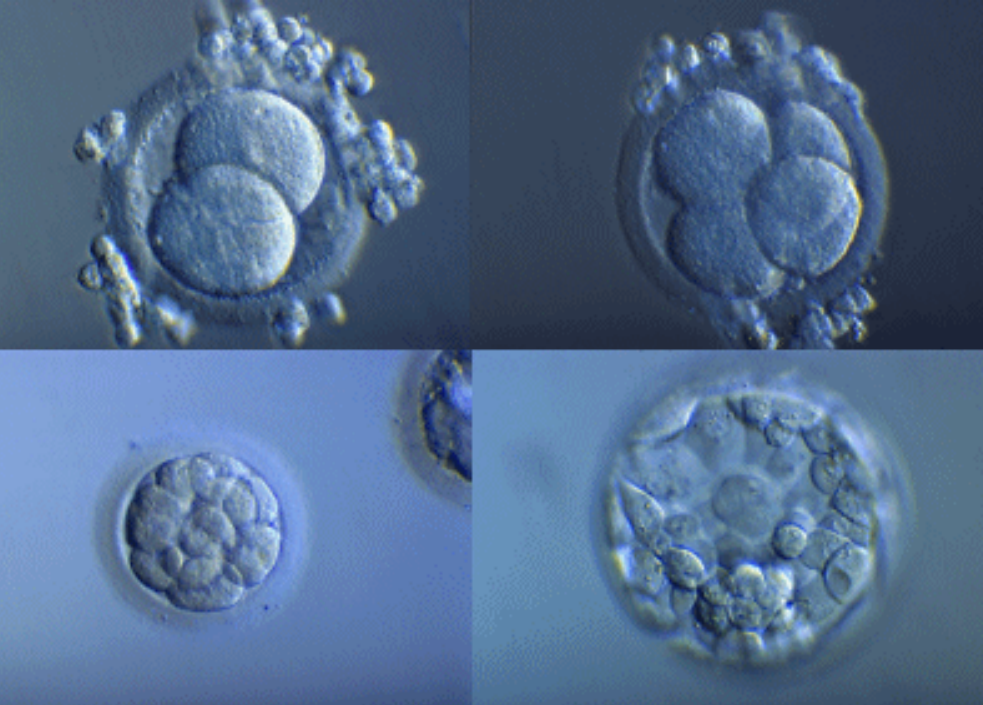


From membrane excitability to metazoan psychology

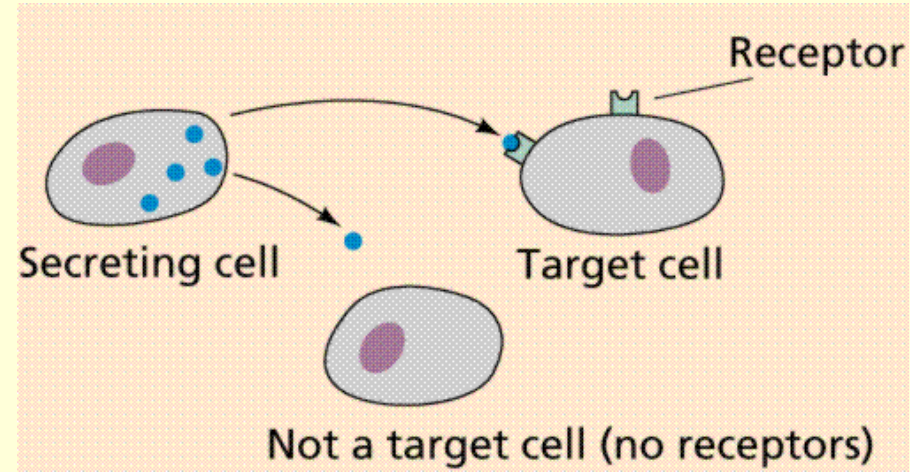
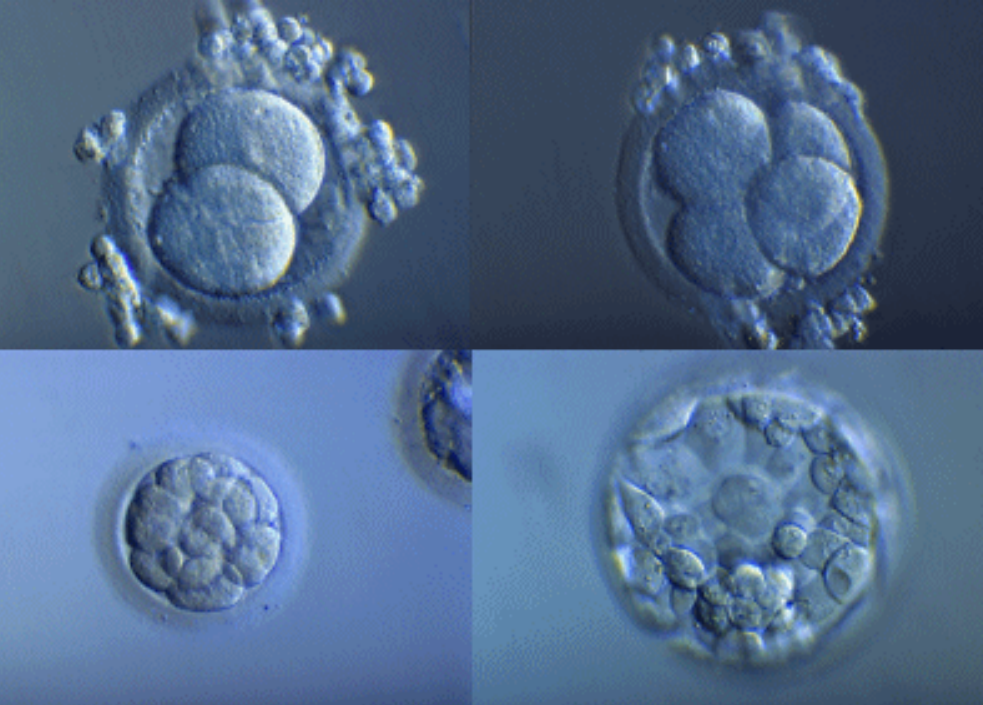
<http://www.cell.com/trends/neurosciences/abstract/S0166-2236%2814%2900128-3?cc=y>

Trends in Neuroscience,

December 2014

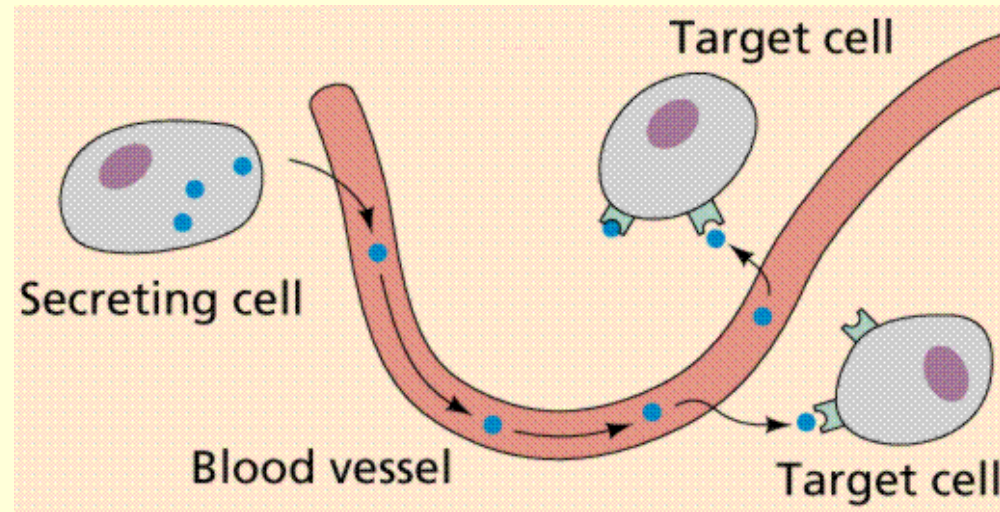


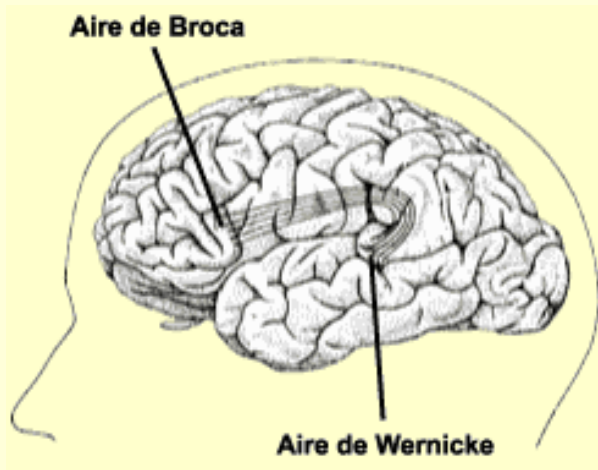
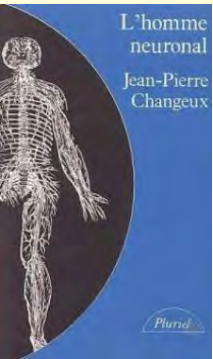
Retour aux multicellulaires...



Hormones !

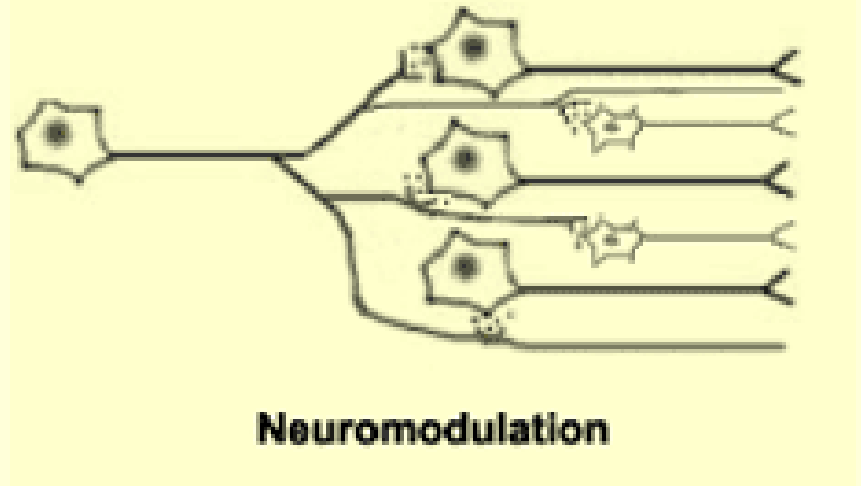
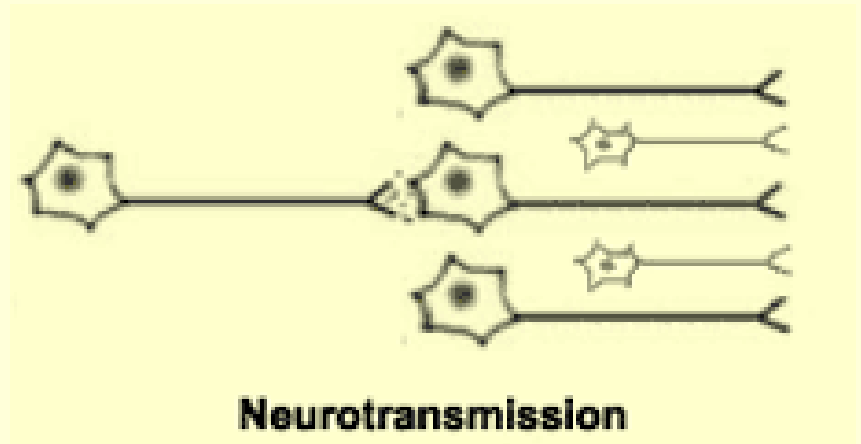
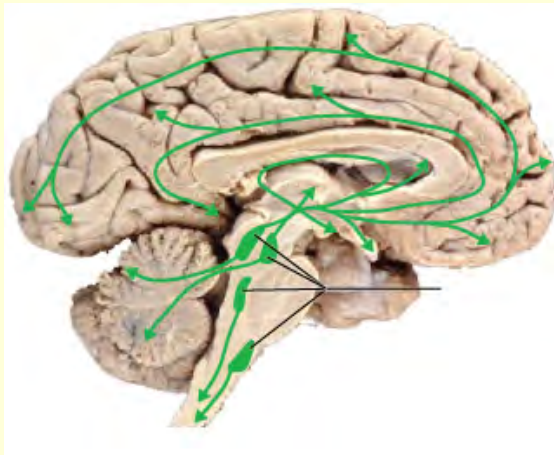
(système endocrinien)



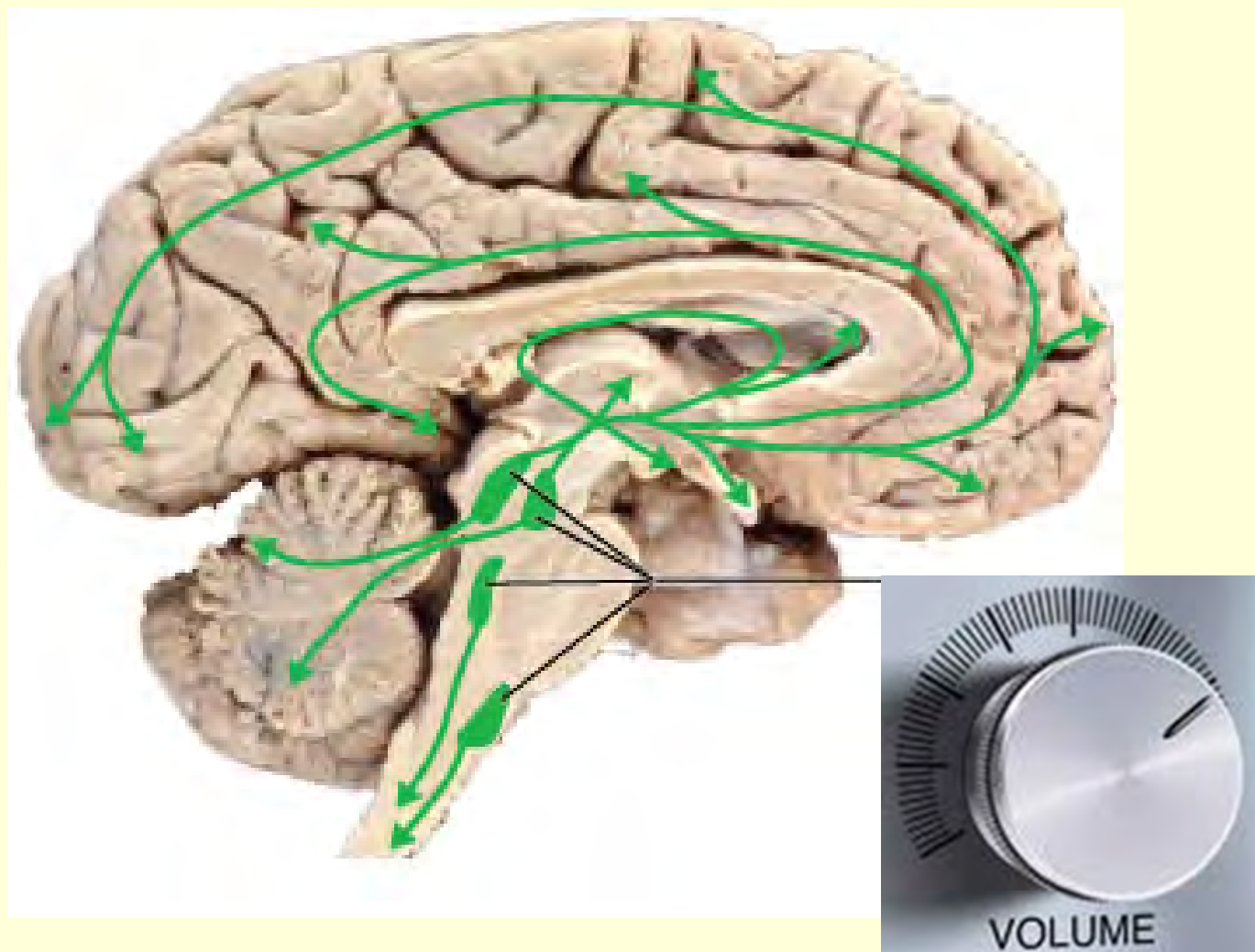


JEAN-DIDIER VINCENT

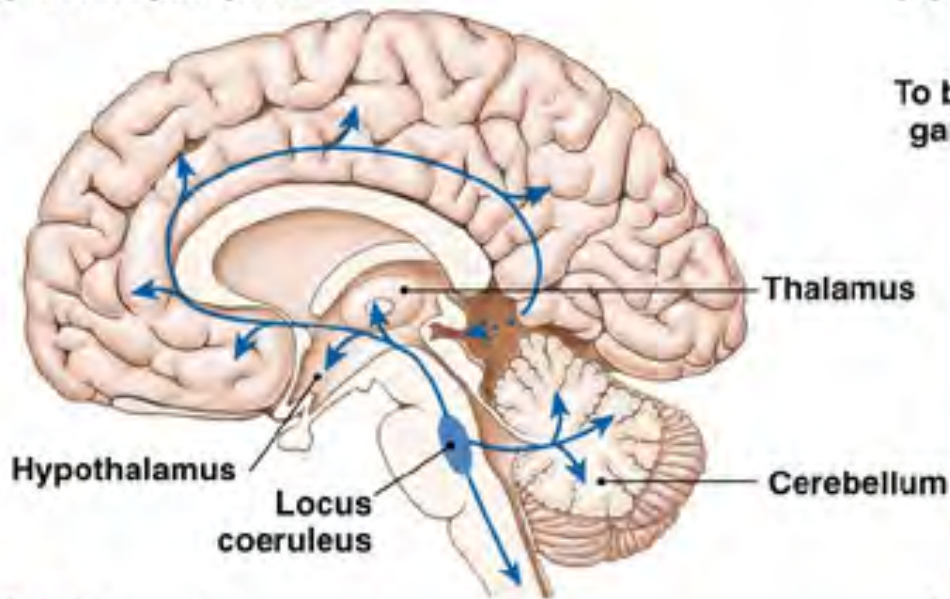
BIOLOGIE
DES PASSIONS



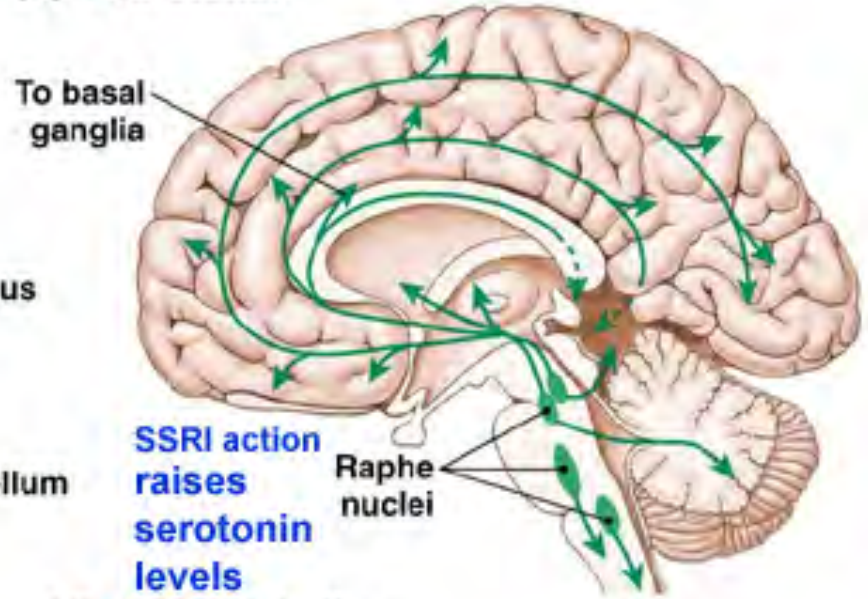
“cerveau hormonal”



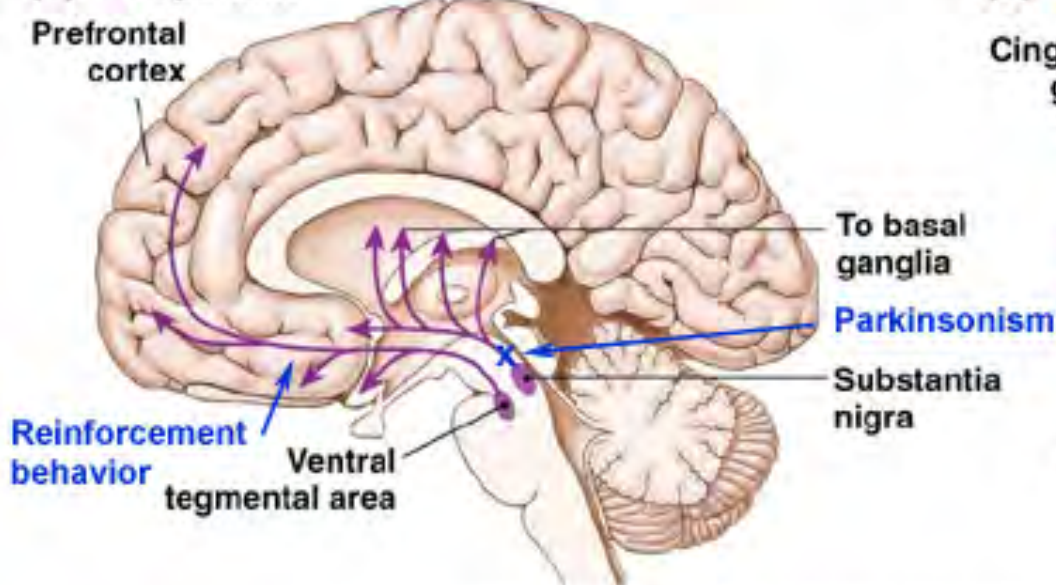
(a) ● Norepinephrine



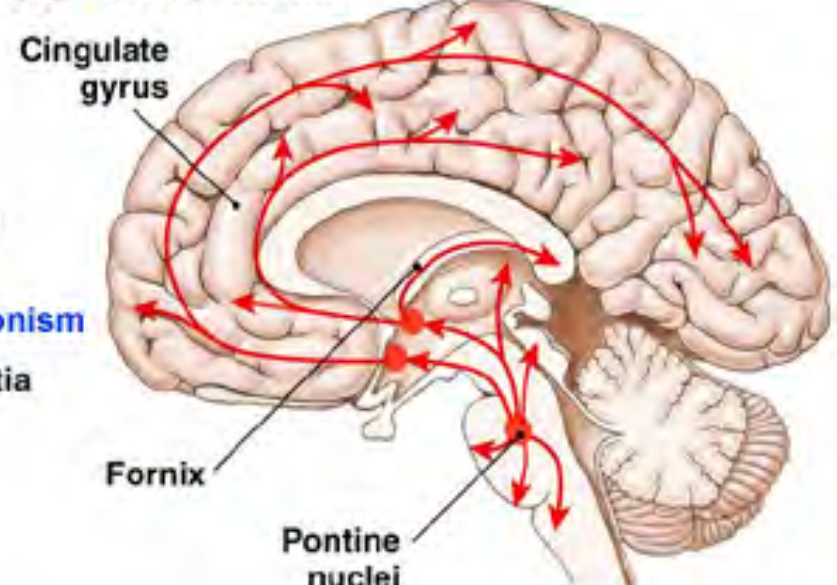
(b) ● Serotonin



(c) ● Dopamine

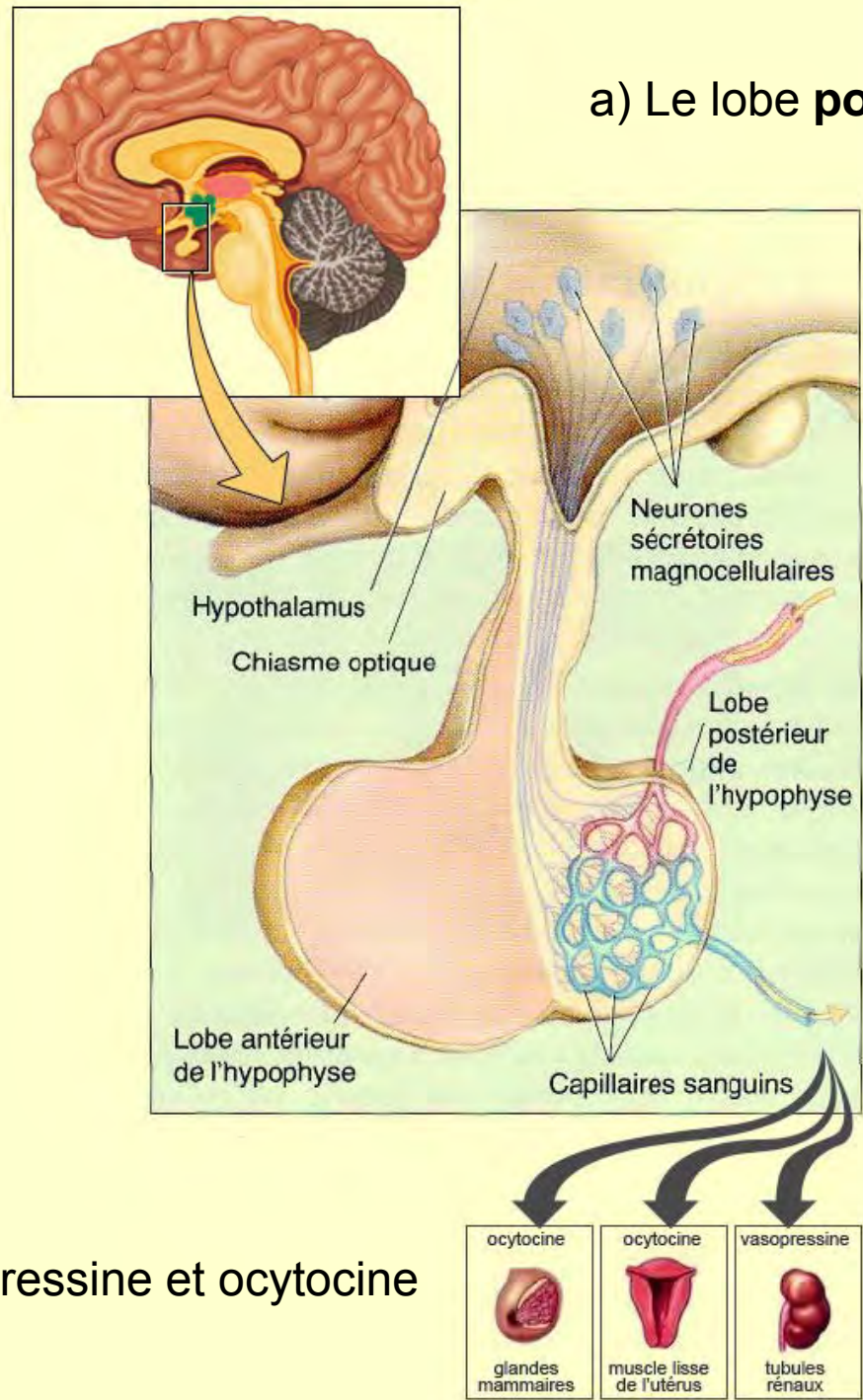


(d) ● Acetylcholine



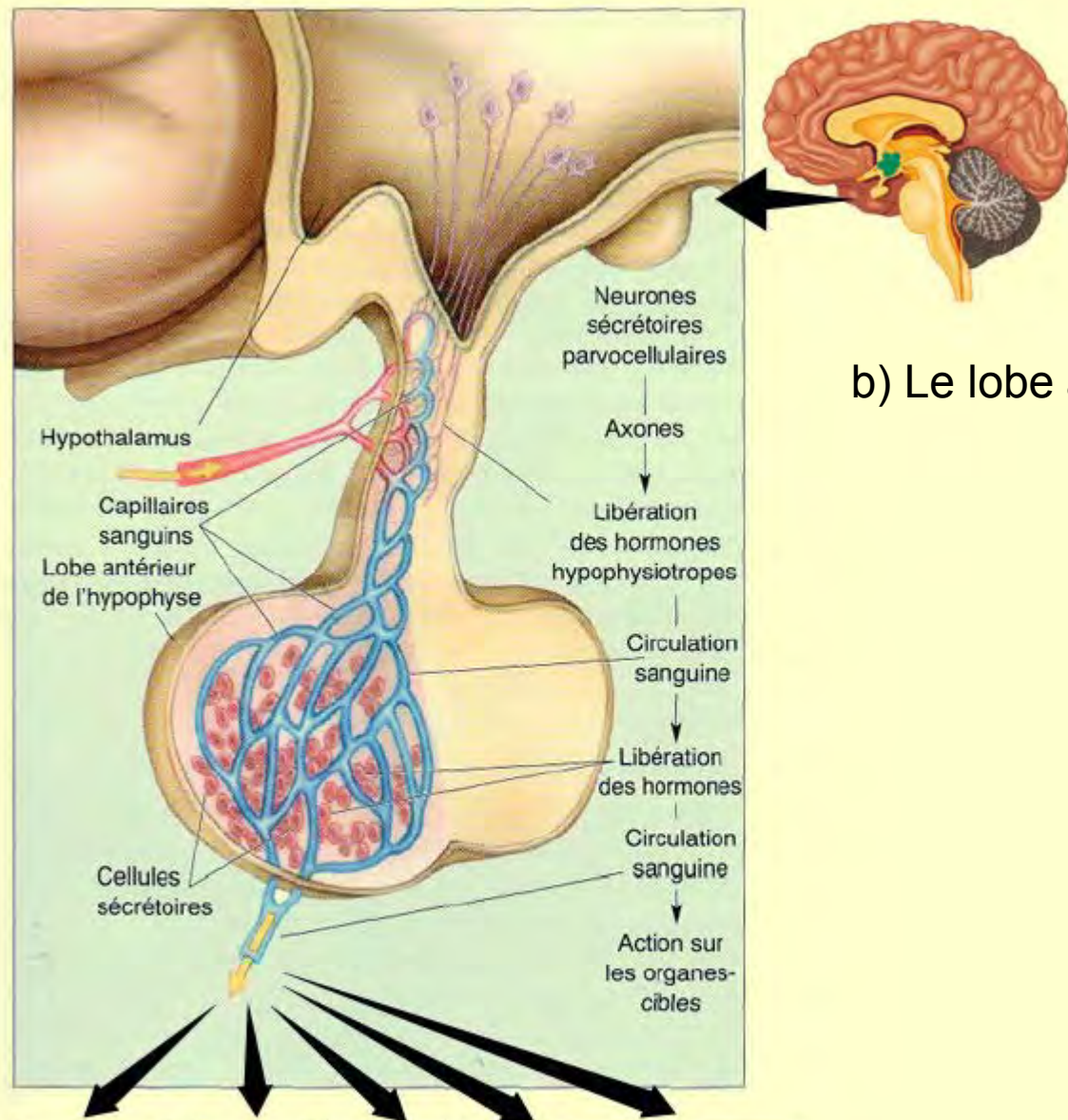
L'hypophyse et ses 2 lobes

a) Le lobe postérieur



par où diffusent la vasopressine et oxytocine

L'hypophyse et ses 2 lobes

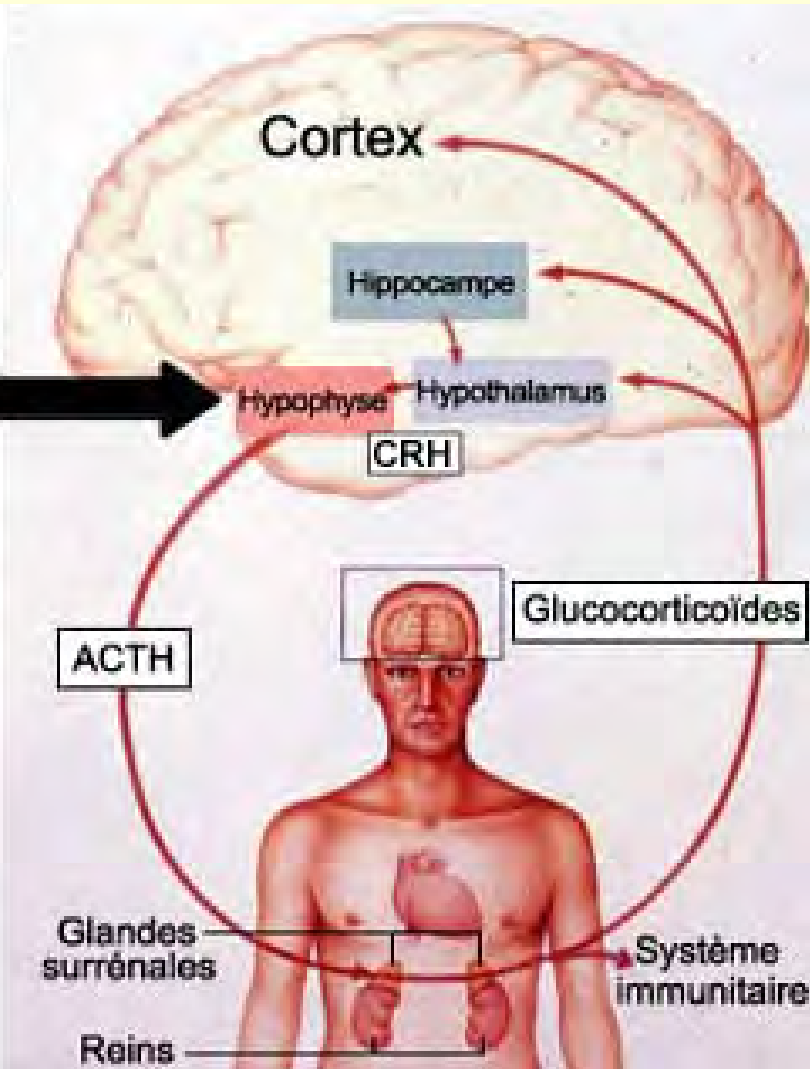


b) Le lobe antérieur



La Neuroendocrinologie

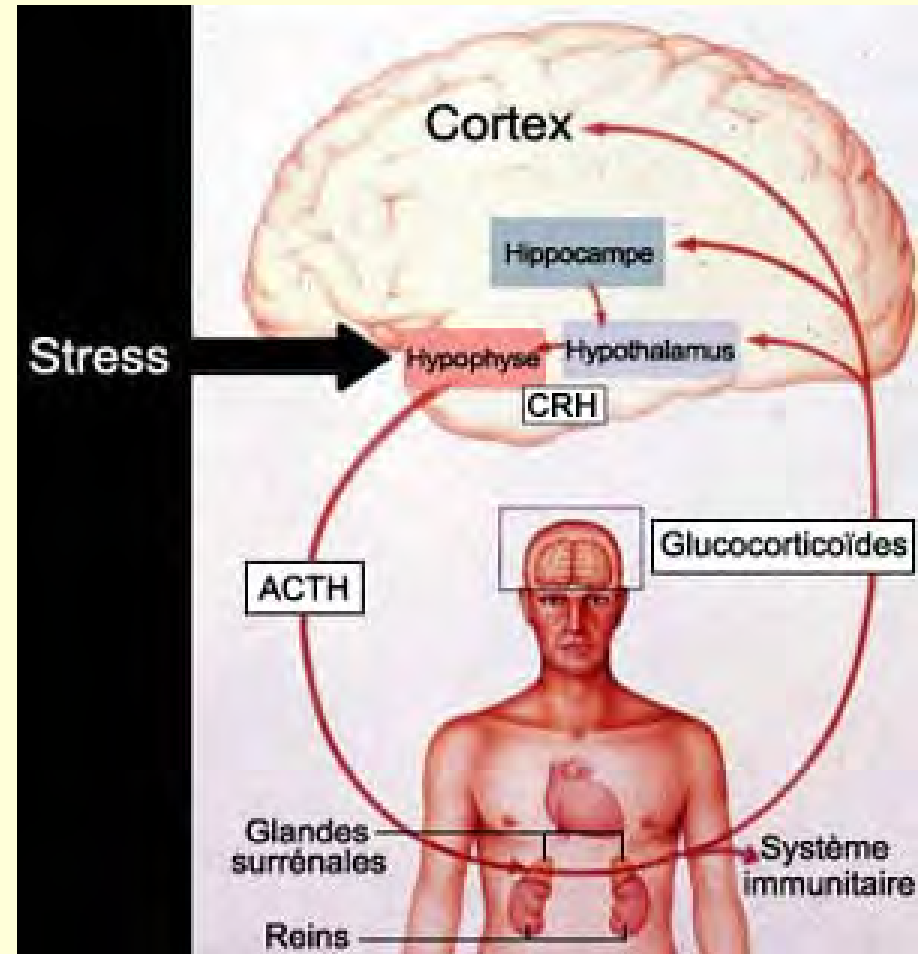
- étudie les interactions entre le **système nerveux** et le **système endocrinien**

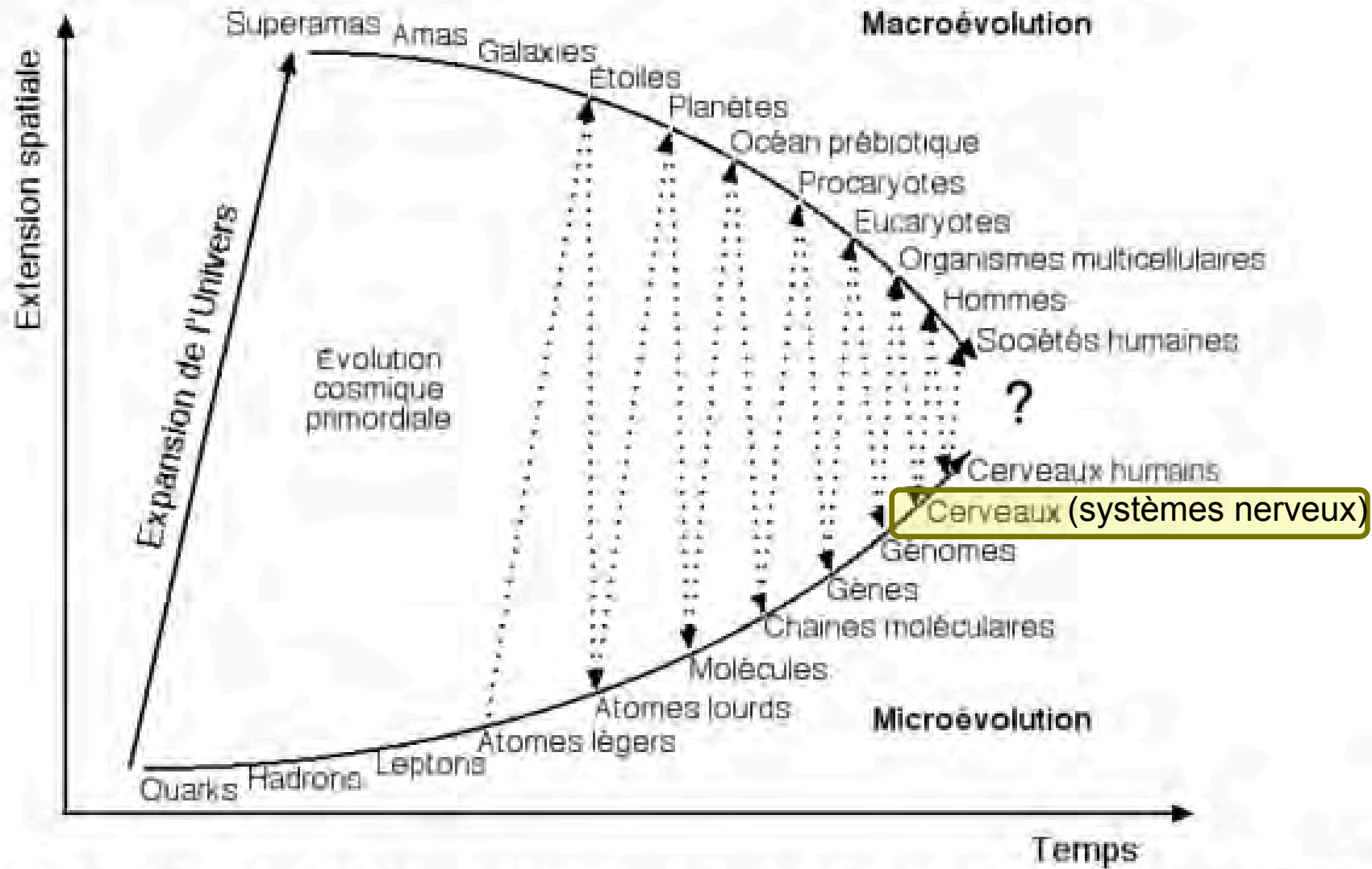


Neuro-psycho-immunologie

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

D'où les **maladies dites « de civilisation »** que l'on peut associer à l'inhibition de l'action (maladies cardio-vasculaire, ulcère d'estomac, etc)





D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.

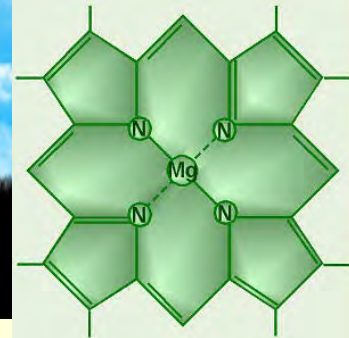
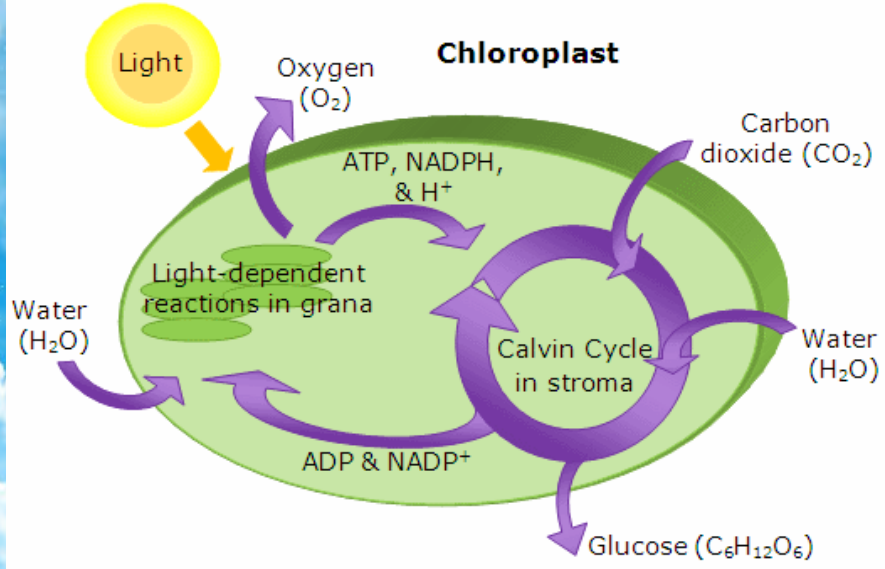
2^e principe de la thermodynamique : entropie, désordre...





« 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

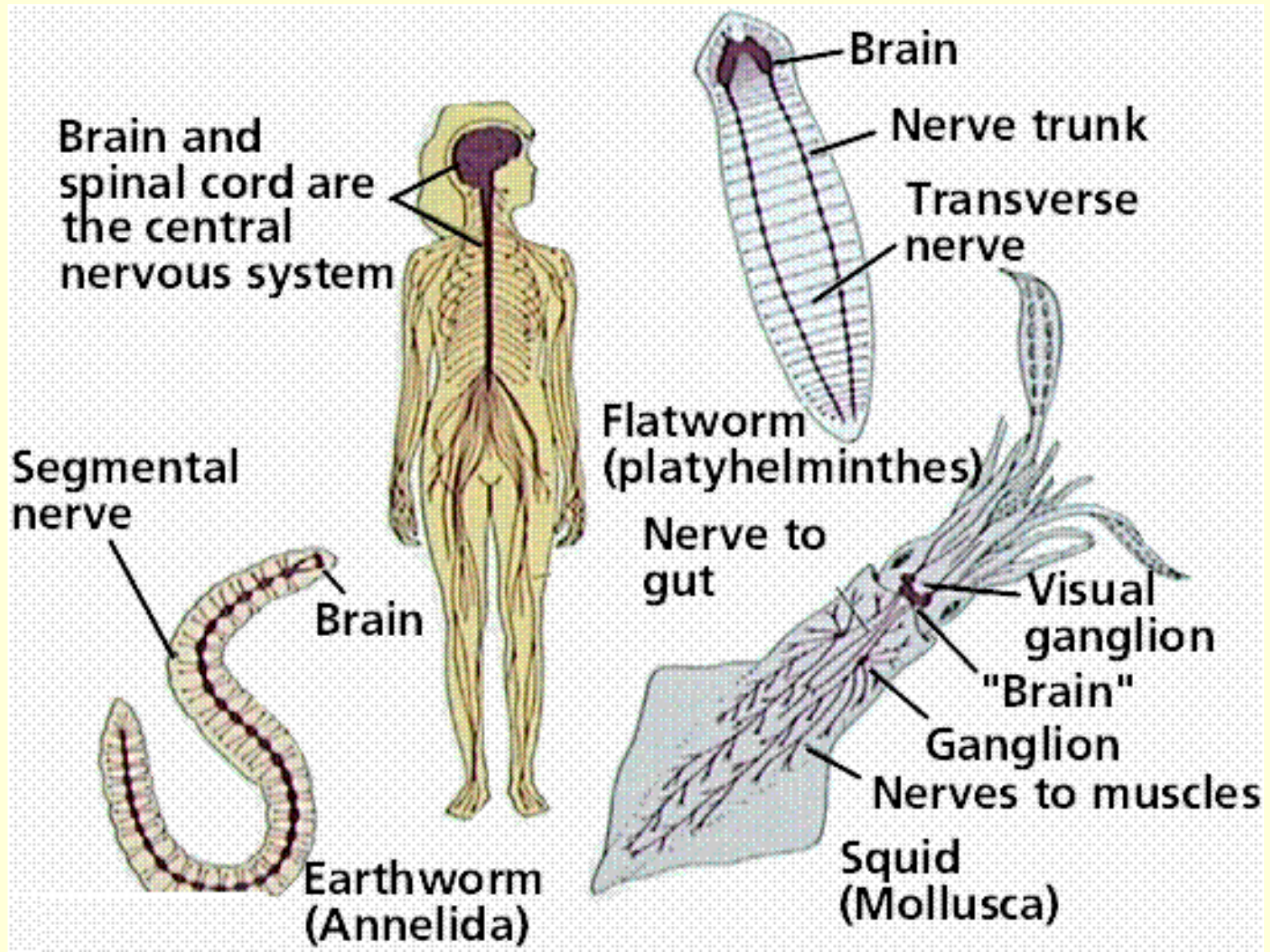




Animaux :

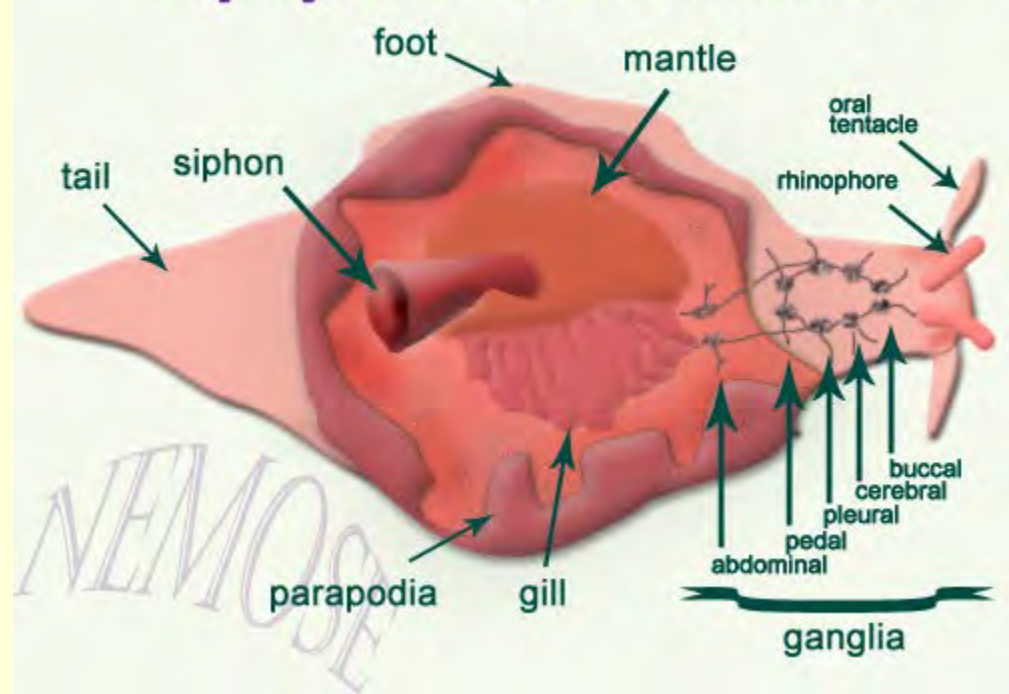
autonomie motrice
pour trouver leurs ressources
dans l'environnement

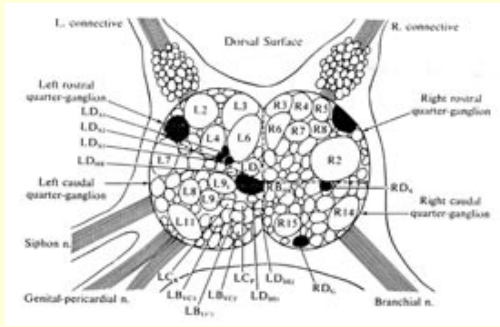
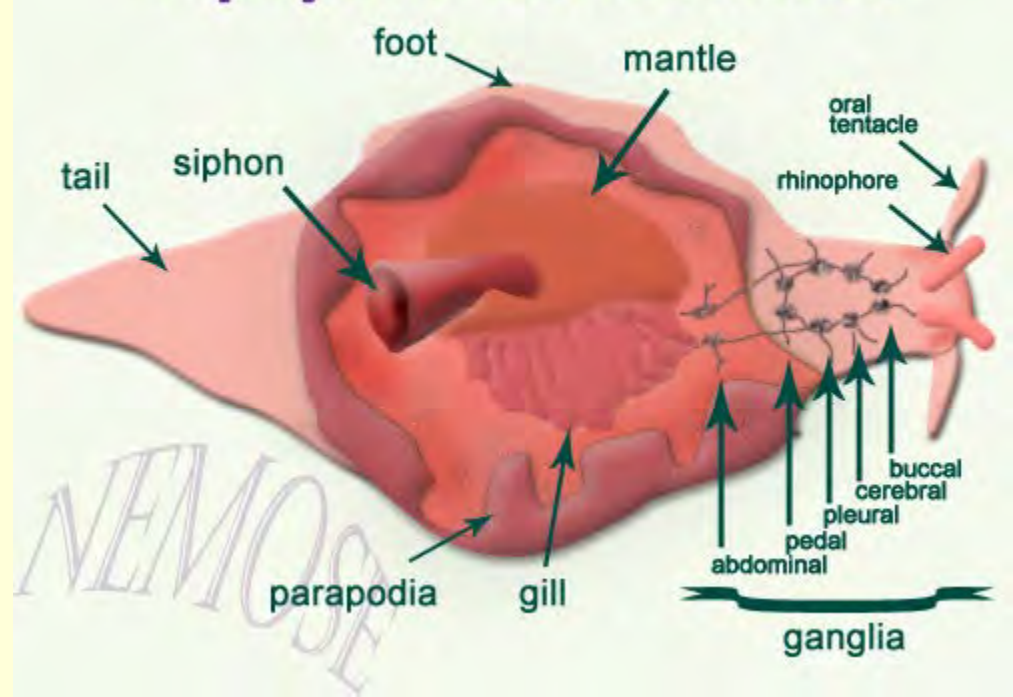
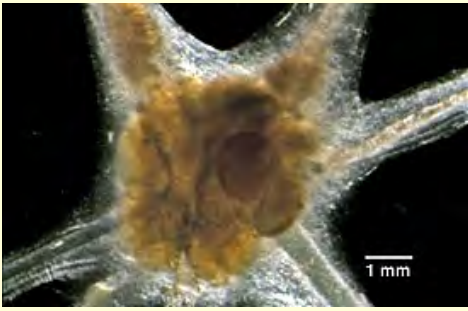
Systemes nerveux !

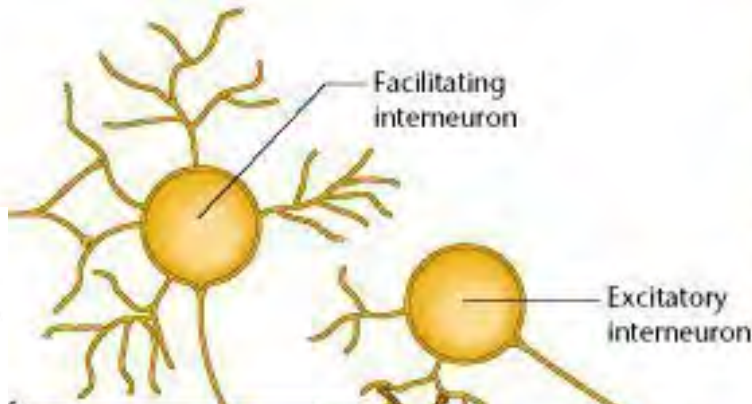
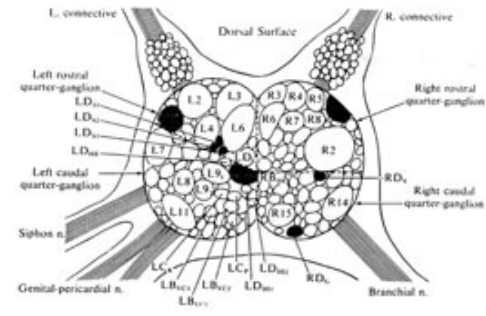
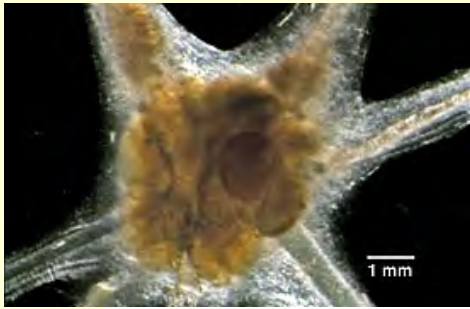




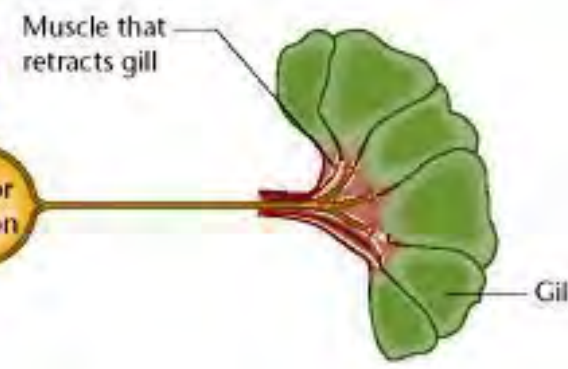
Aplysie
(mollusque marin)





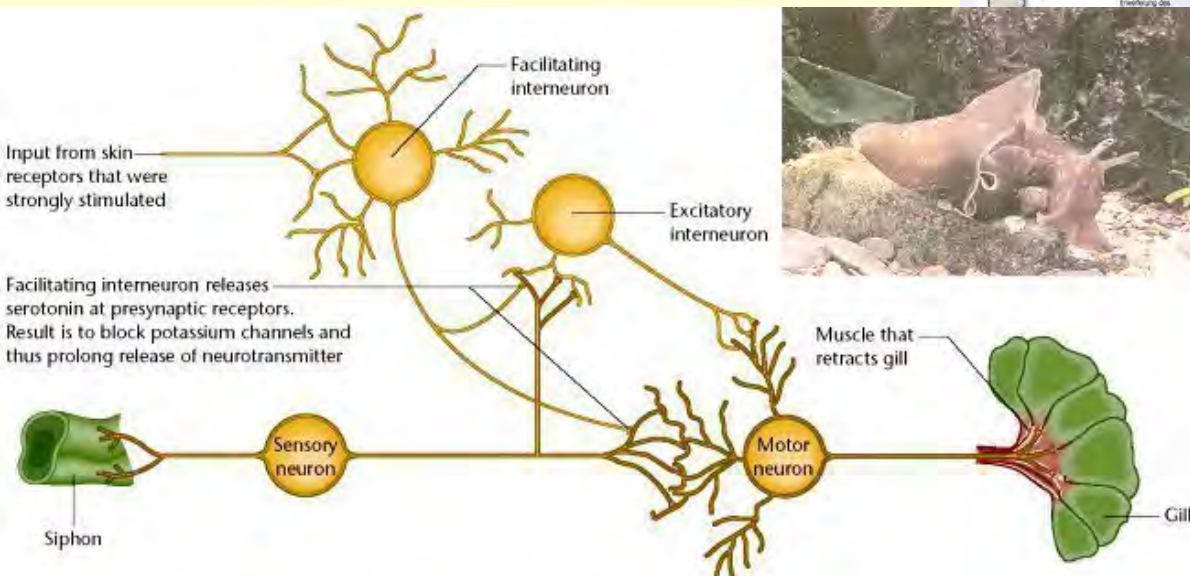
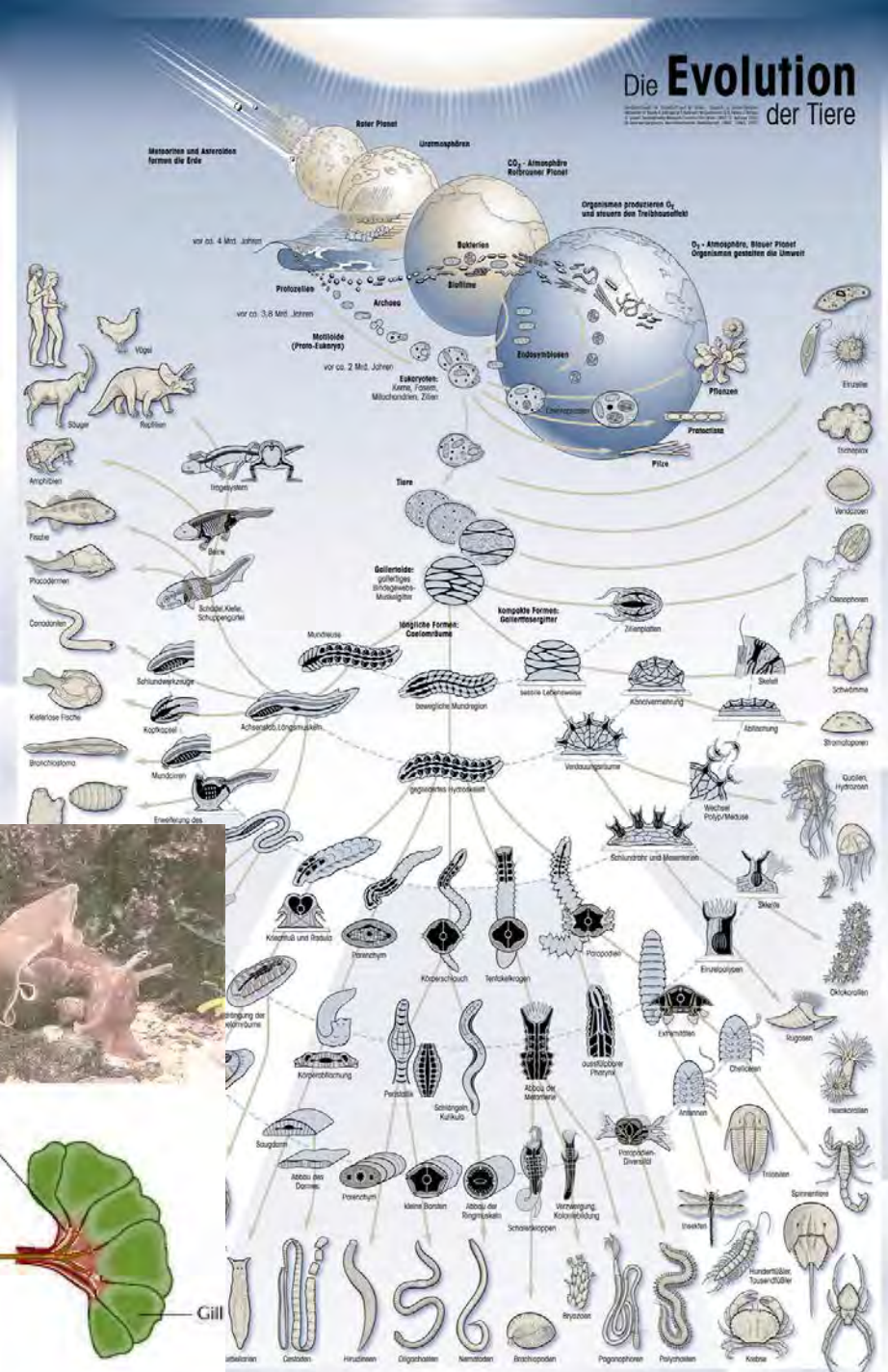


S
 IOPS.
 annels and
 ansmitter



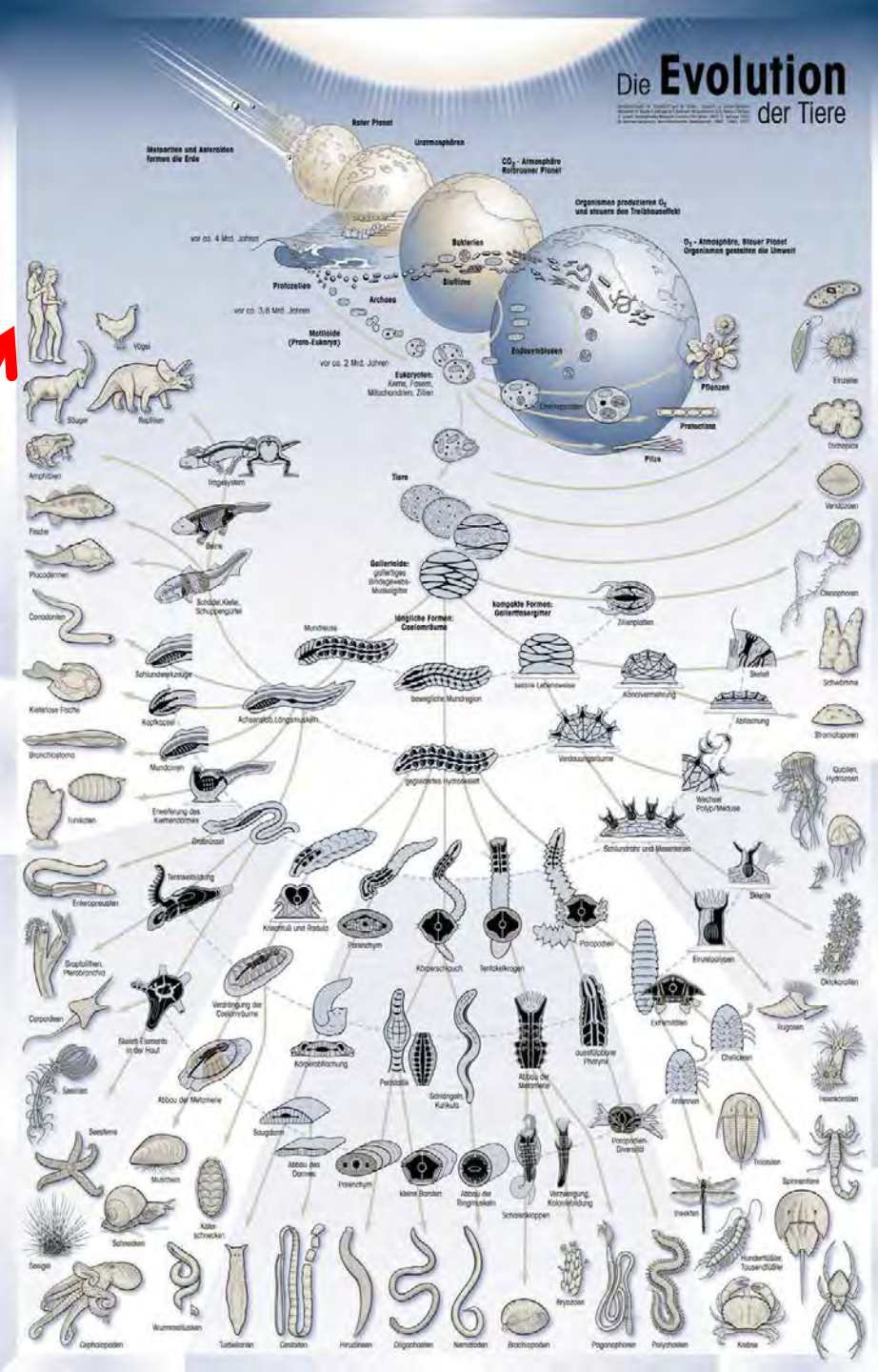
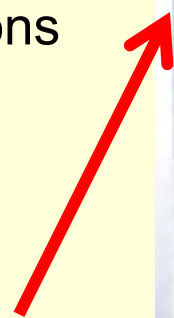
Une boucle sensori - motrice

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



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

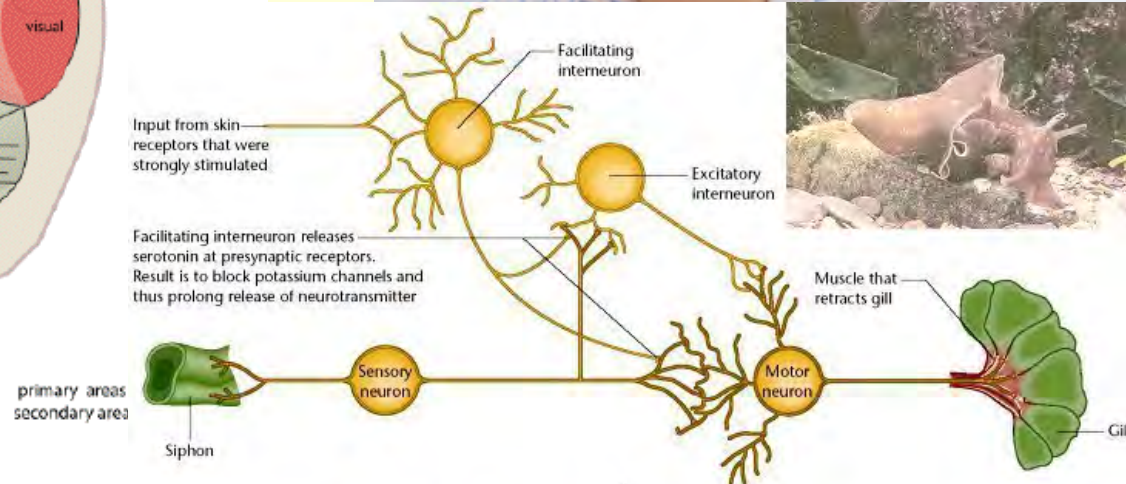
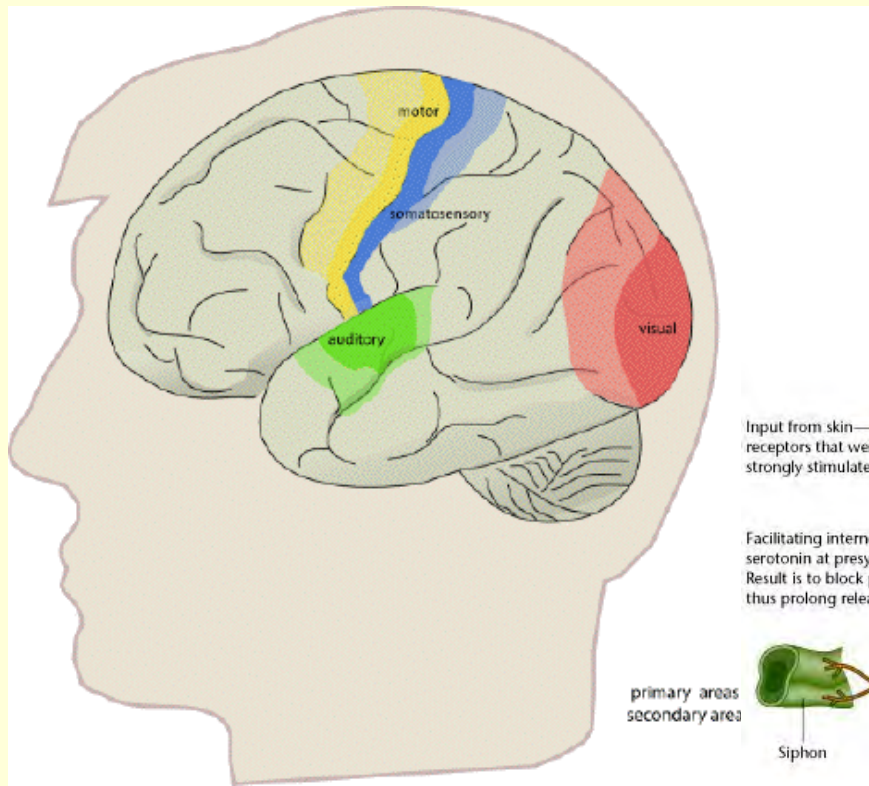
...et l'une des variantes sera nous !



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.

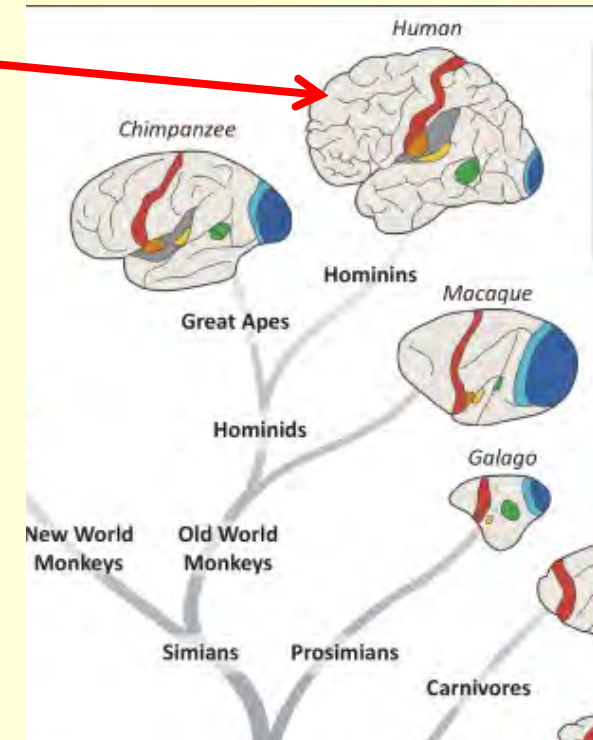
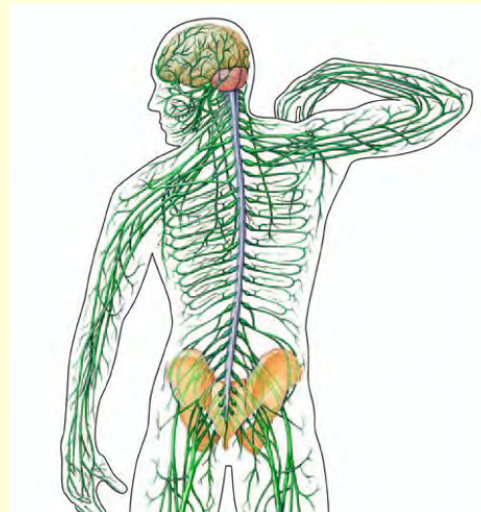


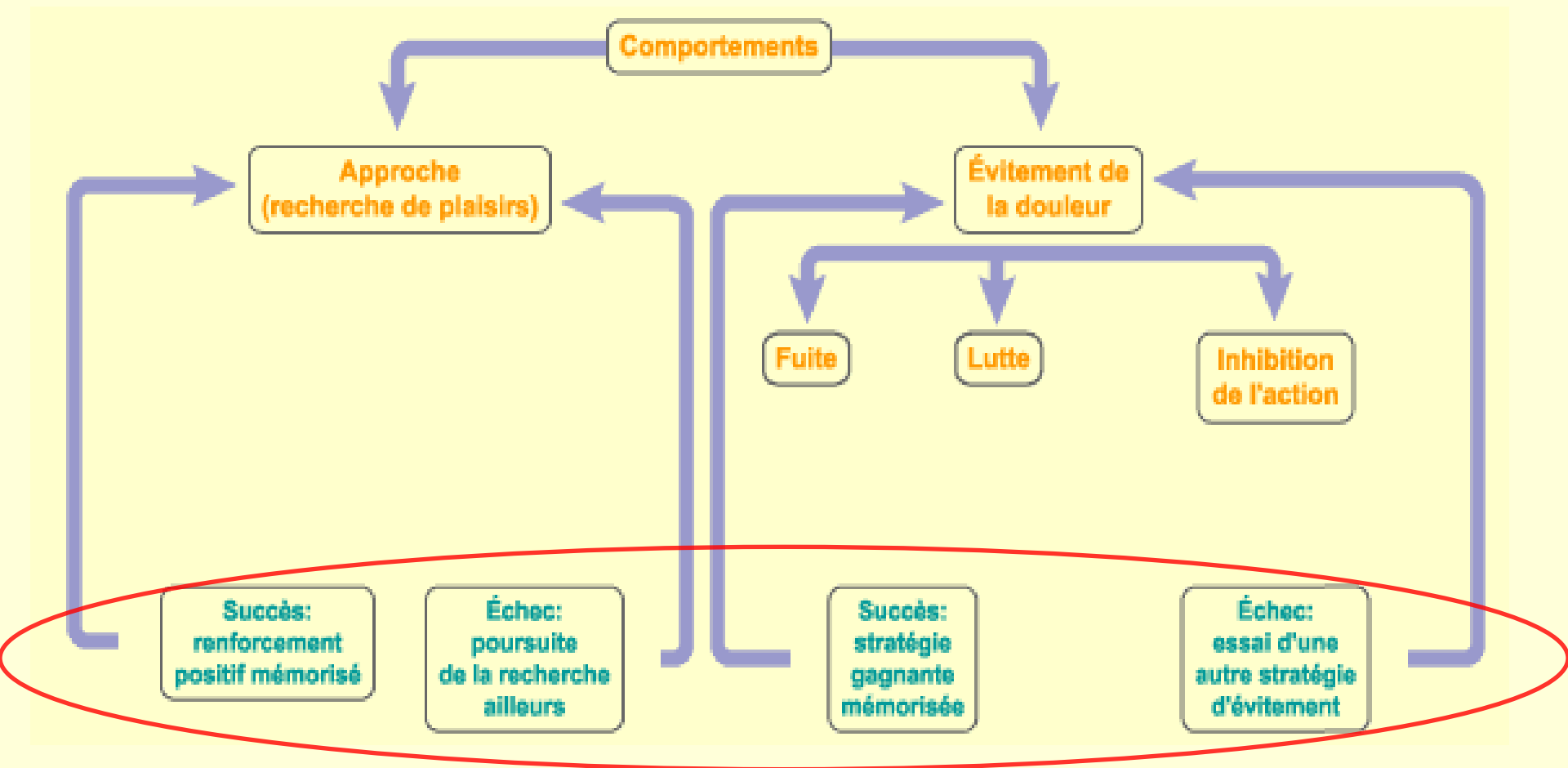
Que faisons-nous ?

...avec cette boucle sensori-motrice ,

modulée par de plus en plus
« d'interneurones »,

bref avec ce système nerveux
d'un être humain





Apprentissage et mémoire

Plan (très) général

I- Évolution

II- Neurones

III- Mémoires

IV- Réseaux cérébraux

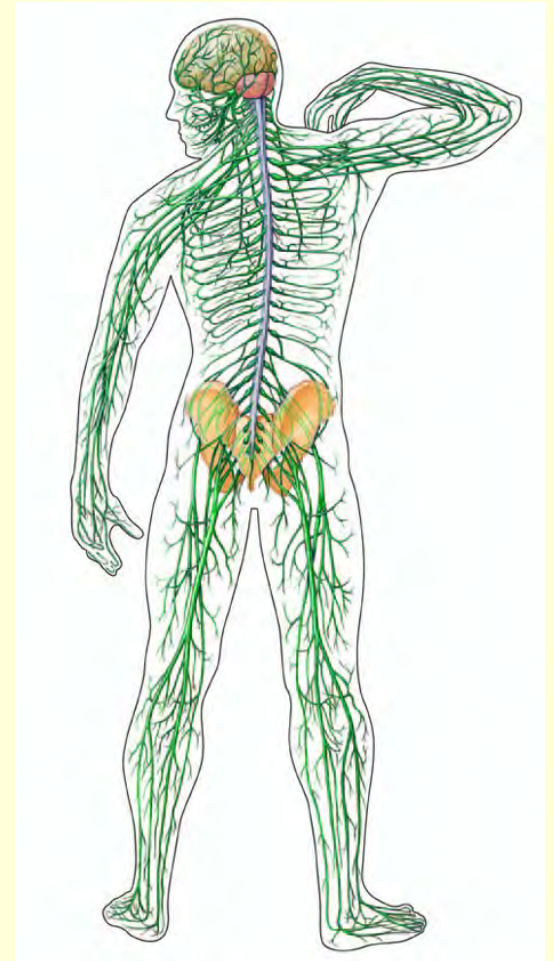
V- Conscience & Langage

« 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.** »

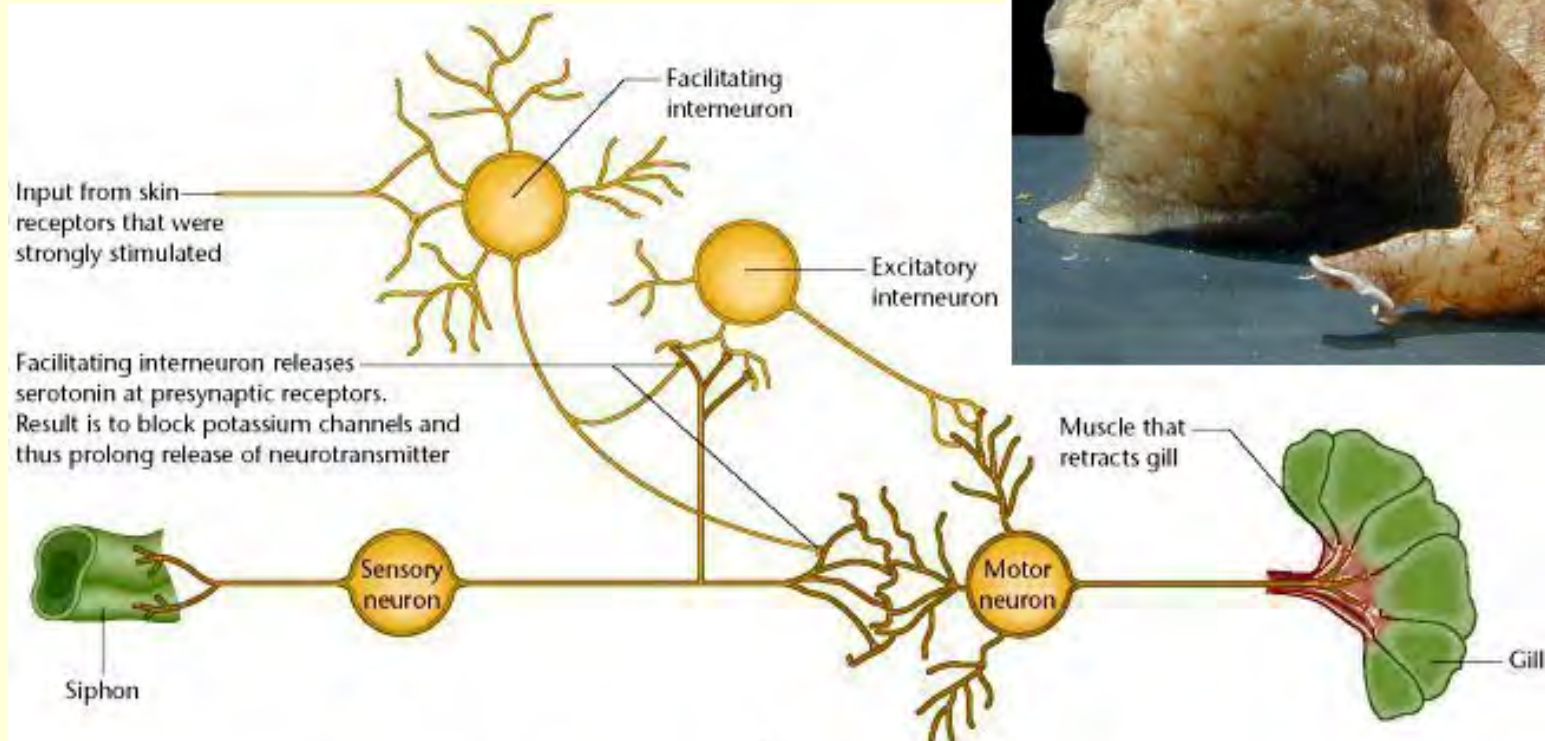
- Alain Berthoz

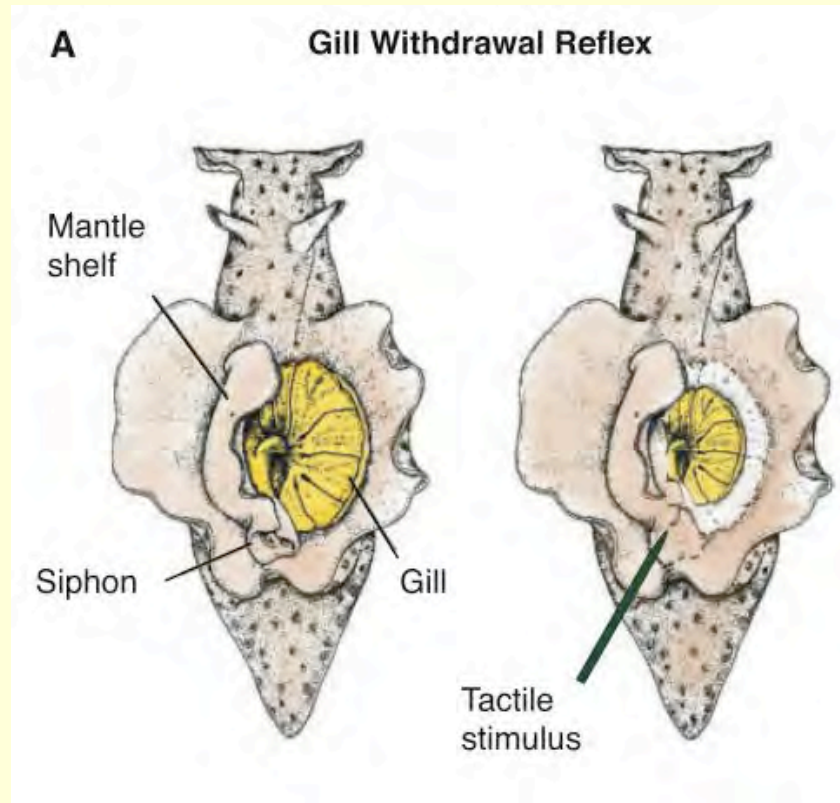
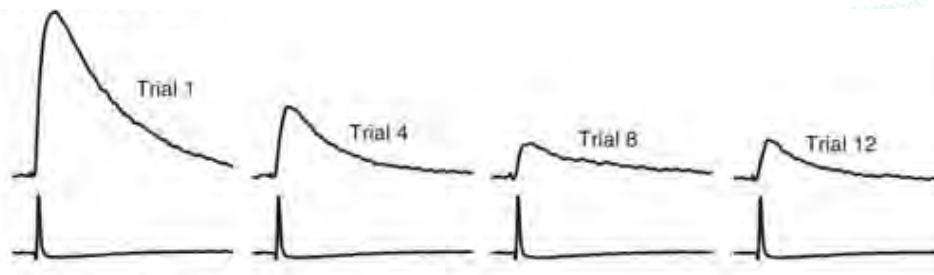
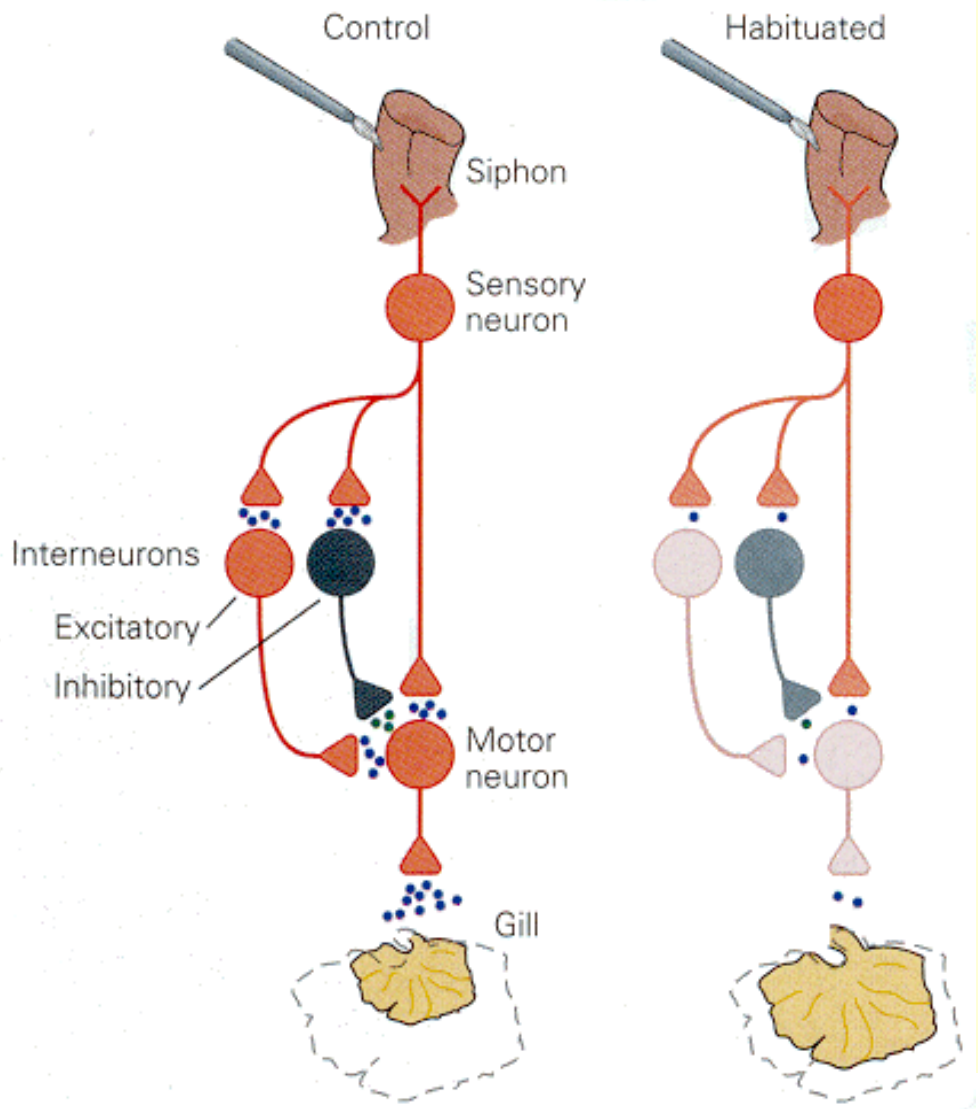
Encore une fois,
une perspective évolutive
sera très éclairante...



Déjà chez un mollusque comme l'aplysie,

avec les circuits que font ses 20 000 neurones...

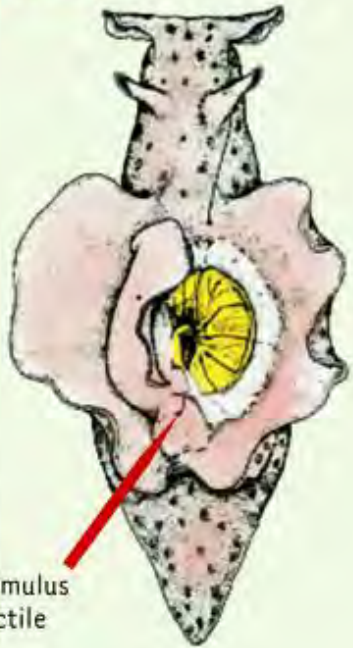




L'habituaton

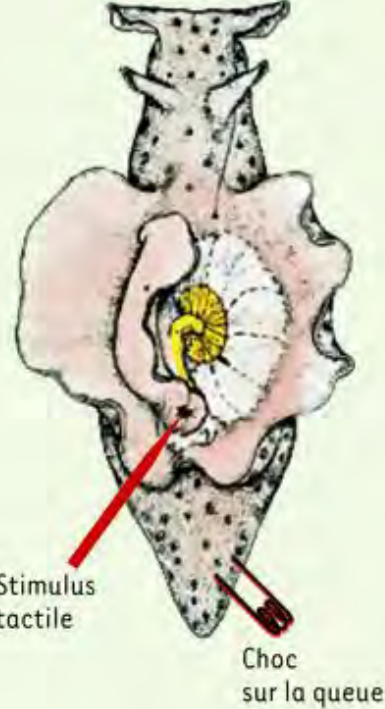
- Exemple : l'horloge que l'on n'entend plus

État de l'ouïe



Stimulus tactile

Sensibilisation



Stimulus tactile

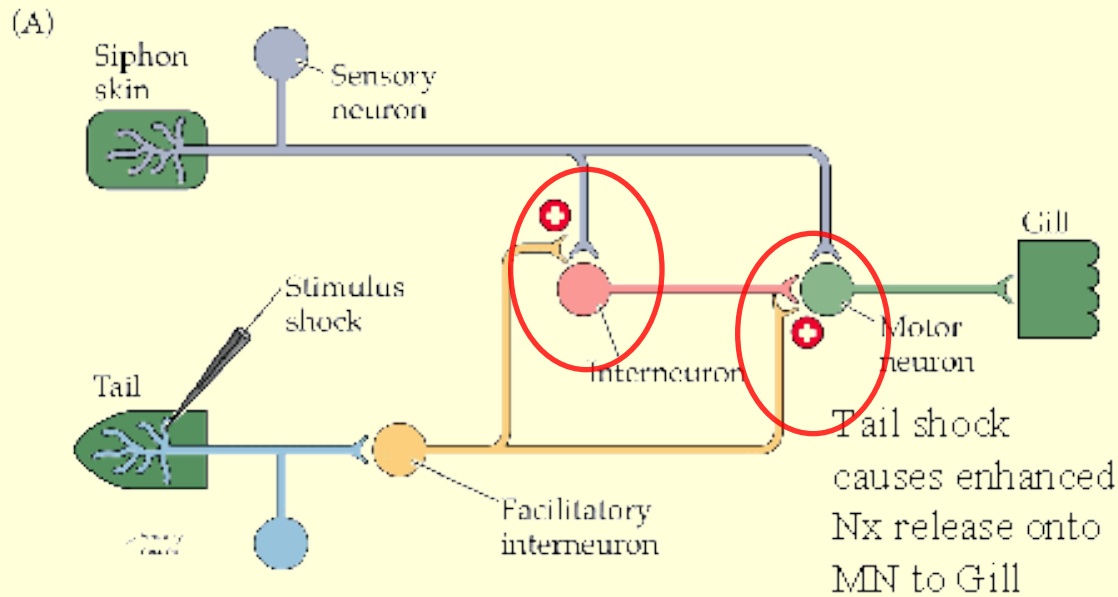
Choc sur la queue

Autre mécanisme
d'apprentissage :

La sensibilisation

Exemple : on réagit davantage
à un faible son après en avoir
entendu un très fort

(on va sans doute remarquer la
sonnerie de l'horloge après que
le détecteur de fumée soit parti)



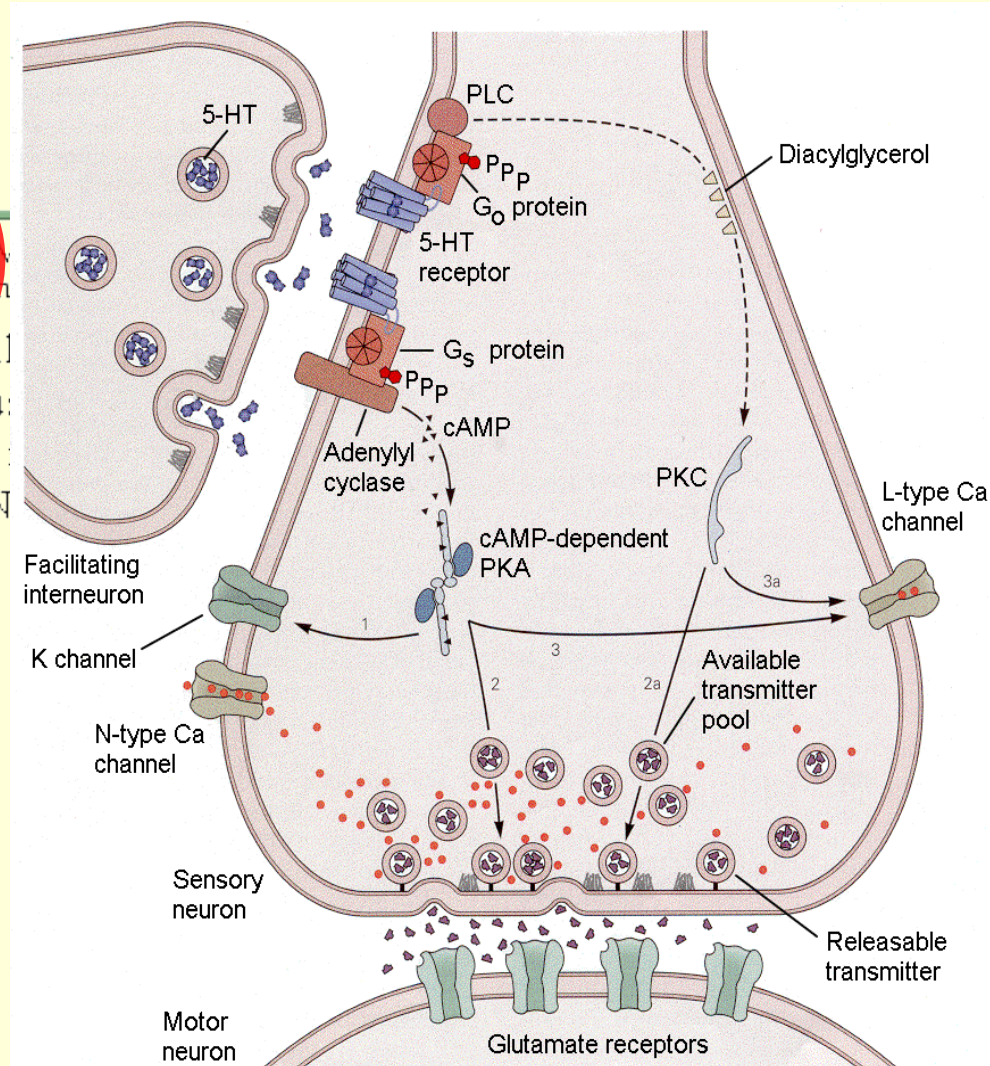
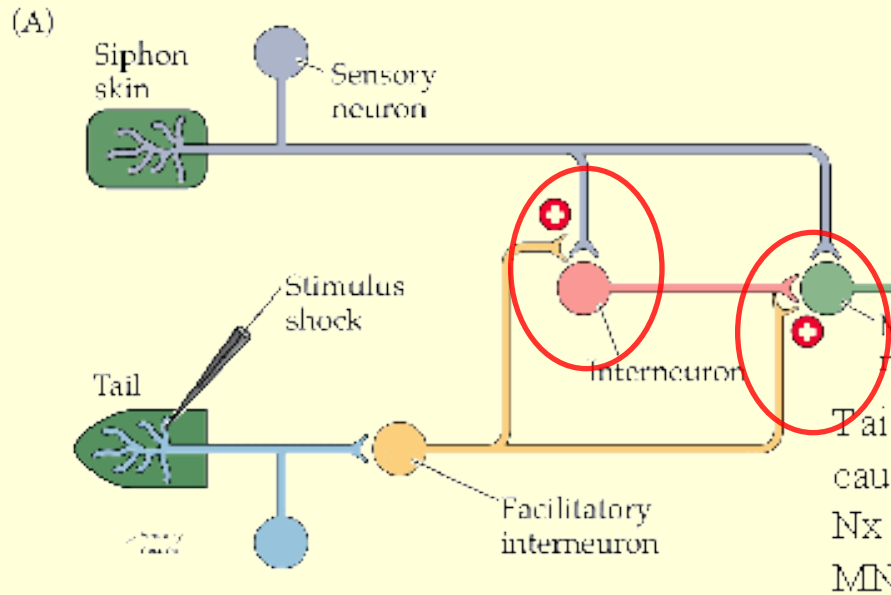
Autre mécanisme
d'apprentissage :

La sensibilisation



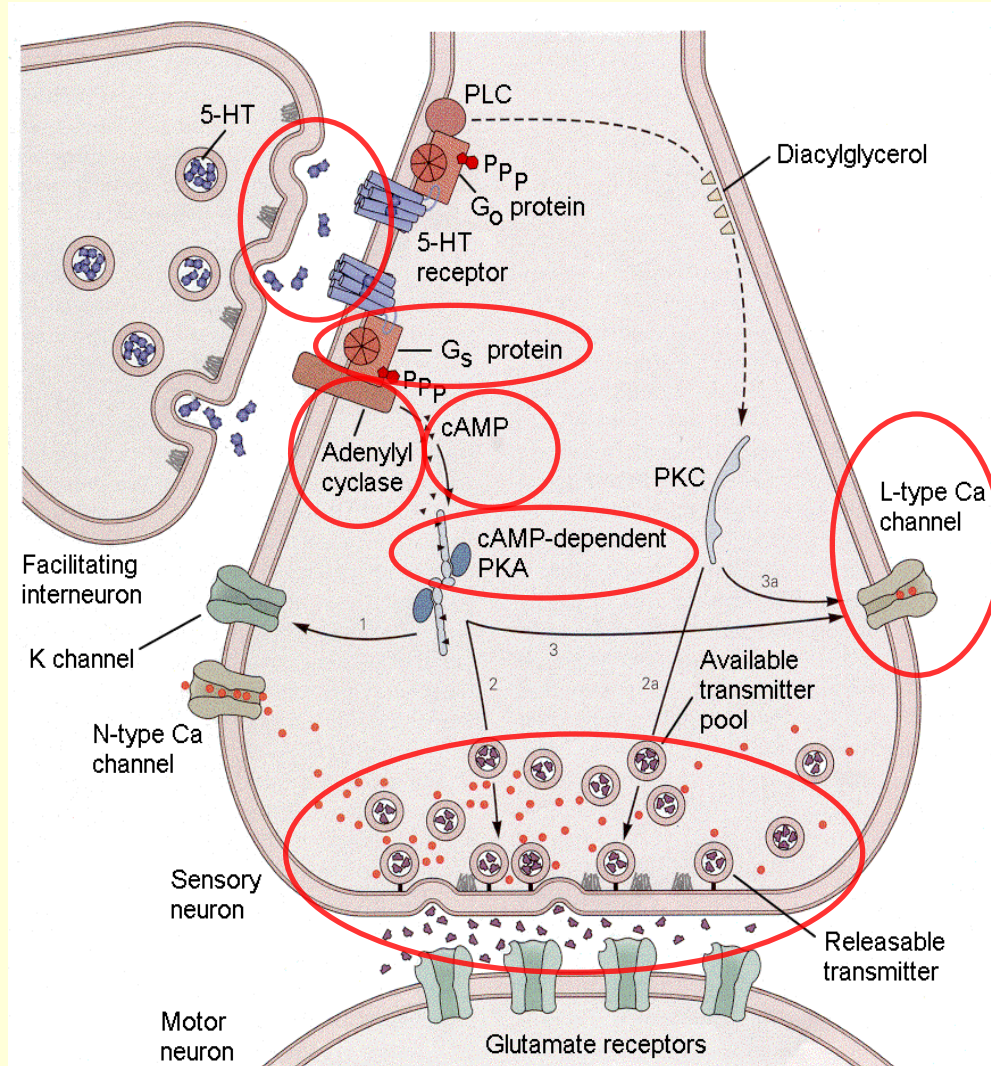
Autre mécanisme
d'apprentissage non-associatif :

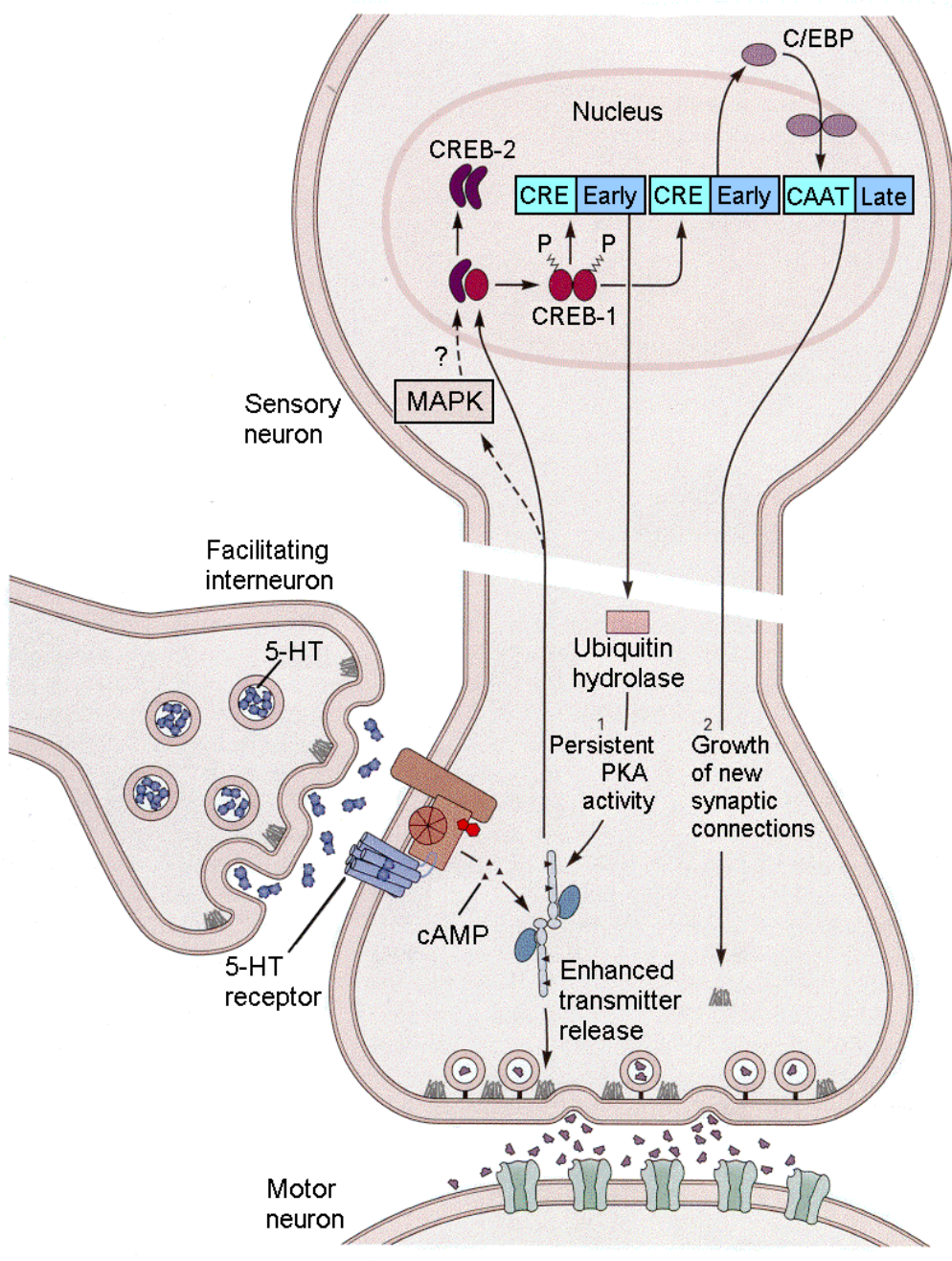
La sensibilisation



Autre mécanisme
d'apprentissage non-associatif :

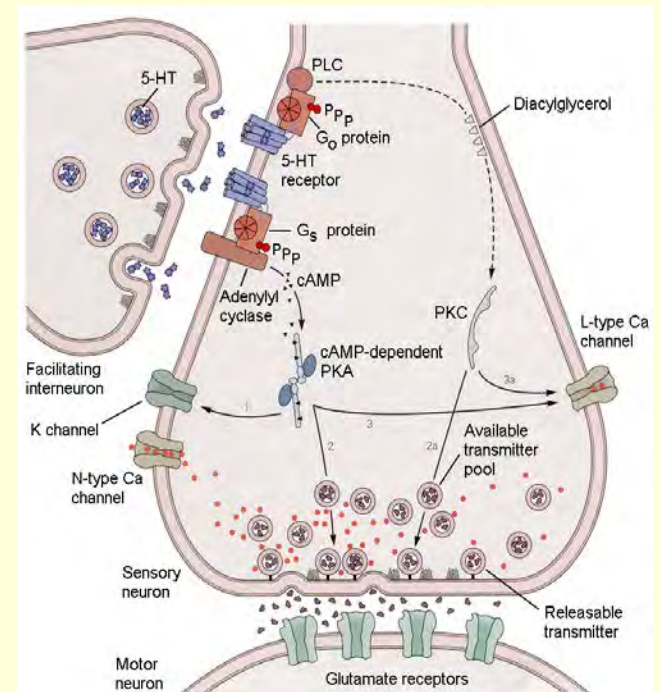
La sensibilisation





Selon le nombre de stimulations,
on peut avoir des changements
à **court terme** dans la synapse

mais aussi à **long terme**
dans le nombre des synapses



Et même chose pour l'habituation, à court et long terme...

Mémoires

Associatives

Non associatives

Conditionnement

classique et opérant

Habituation et Sensibilisation

Conditionnement classique

On apprend que 2 stimuli sont associés.

Before conditioning

**FOOD
(UCS)**

**SALIVATION
(UCR)**



BELL

NO RESPONSE



During conditioning

**BELL +
FOOD
(UCS)**

**SALIVATION
(UCR)**

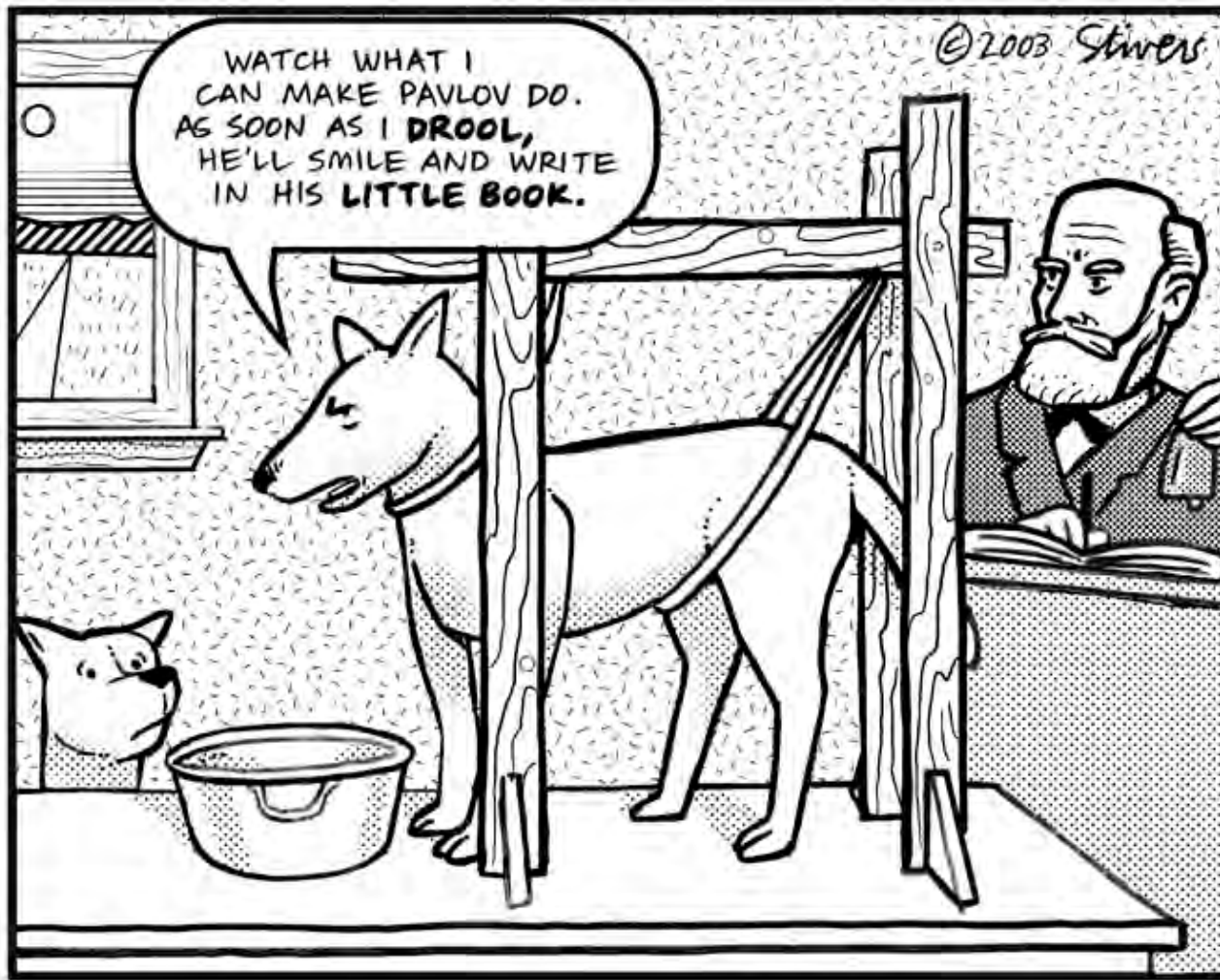


After conditioning

**BELL
(CS)**

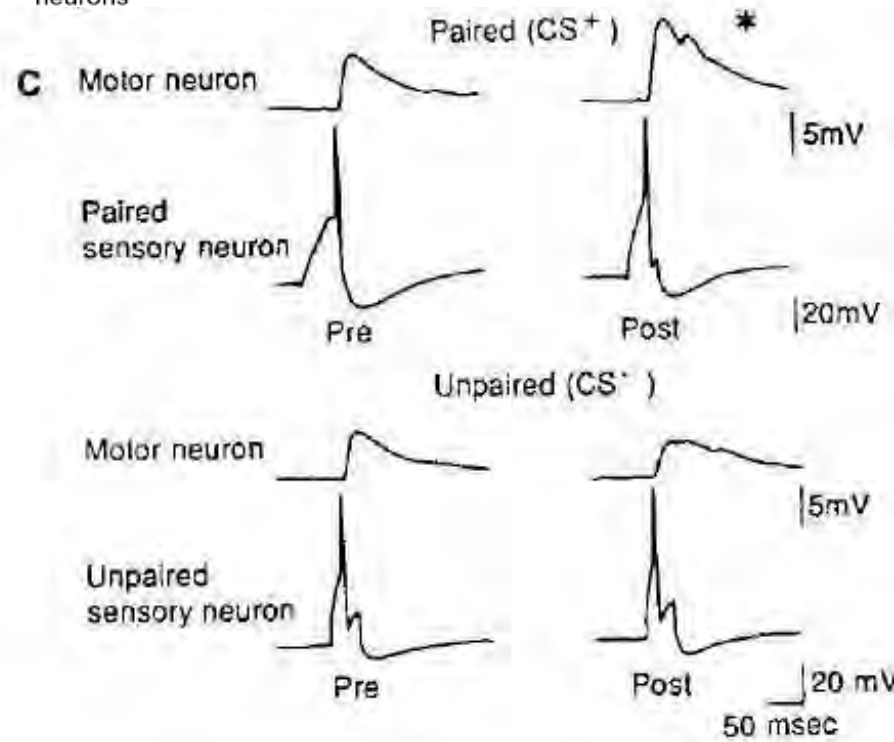
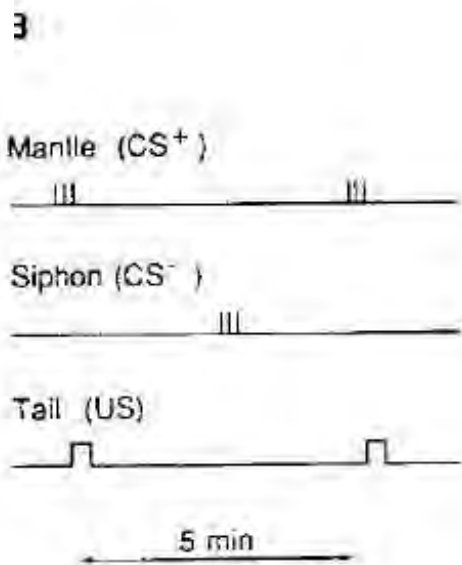
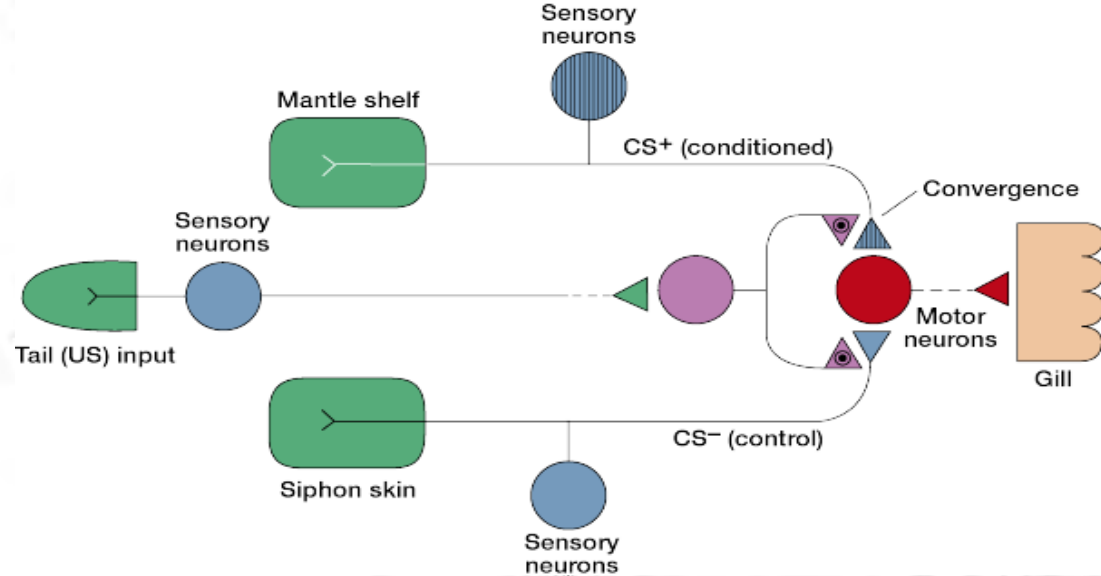
**SALIVATION
(CR)**





WATCH WHAT I
CAN MAKE PAVLOV DO.
AS SOON AS I **DROOL**,
HE'LL SMILE AND WRITE
IN HIS **LITTLE BOOK**.

©2003 Stivers



Conditionnement classique...

...déjà chez l'aplysie

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

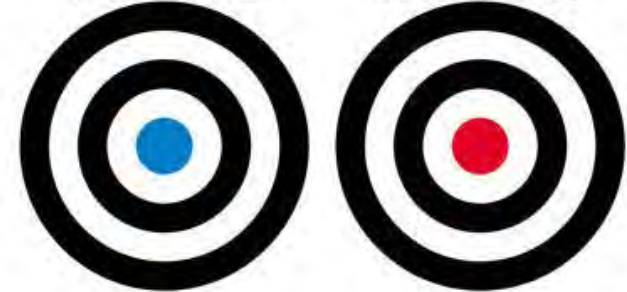


« Je suis effrayé par les automatismes qu'il est possible de créer à son insu dans le système nerveux d'un enfant.

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

- Henri Laborit

**LES MÉDIAS VEILLENT
DORMEZ CITOYENS**





Éloge de la suite

autour d'Henri Laborit et d'autres parcours qui l'ont croisé

À PROPOS DU FILM



POURQUOI CE FILM ?

SYNOPSIS

PERSONNAGES

BANDE-ANNONCE



POURQUOI CE SITE ?

BIOGRAPHIES

LIVRES

ARTICLES

AUDIO

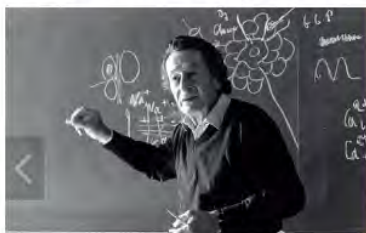
VIDÉO

PHOTOS

CITATIONS

CONTACT

LA SUITE... (INFLUENCES DEPUIS SON DÉCÈS EN 1995, ET PROJETS EN COURS)



NON CLASSÉ

Ce site est en cours de construction et n'est pas prêt à être consulté ! Revenez nous voir le 21 novembre 2014...

Publié le 30 août 2014 • Laisser un commentaire

DERNIERS ARTICLES

COMME L'EAU QUI JAILLIT

Comme l'eau qui jaillit

Publié le 16 novembre 2014 • Laisser un commentaire

« Depuis ma tendre enfance, je m'arrête toujours devant un jet d'eau, parce que pour

OÙ ÊTES-VOUS ?

Vous êtes sur un site web qui tente de rassembler le plus de documents possible autour de l'oeuvre d'Henri Laborit dans le but d'en faire profiter gratuitement le plus grand nombre. Un film en préparation sur des parcours qui ont croisé Laborit utilise également ce site comme vitrine.

Le site a été lancé le 21 novembre 2014, date à



"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 tant que l'on n'aura pas dit que jusqu'ici cela a toujours été pour dominer l'autre, il y a peu de chance qu'il y ait quoi que ce soit qui change."

- Henri Laborit, dernière phrase du film *Mon oncle d'Amérique* (1980)

Né en 1914, Henri Laborit fut d'abord chirurgien de la marine française où il bouscula plusieurs concepts de la médecine.

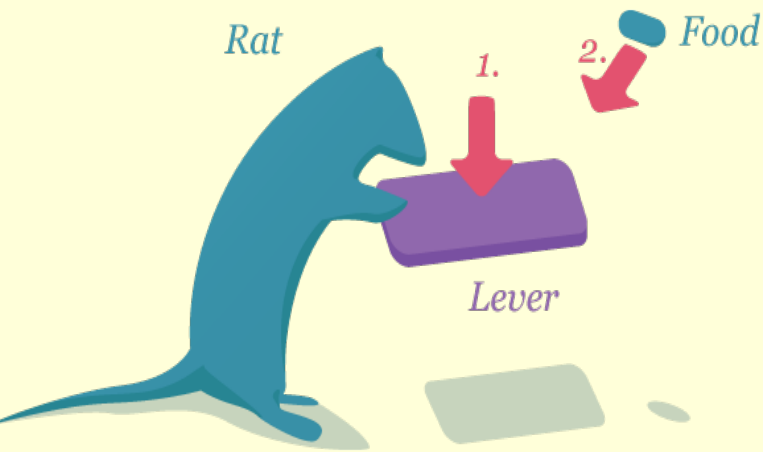
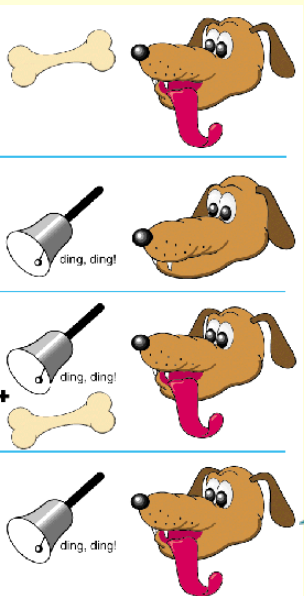
www.elogedelasuite.net

Mémoires

Associatives

Conditionnement

classique et opérant positif (récompense)



Mémoire à long terme

« on apprend sans
s'en rendre compte »

Implicite (Non-déclarative)

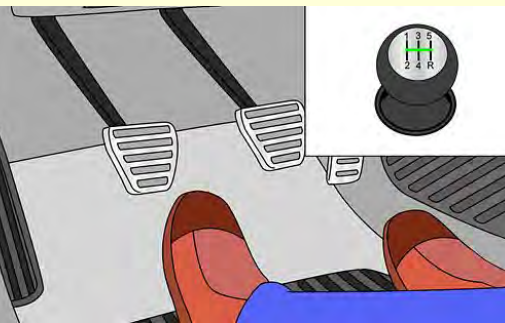
Non associatives

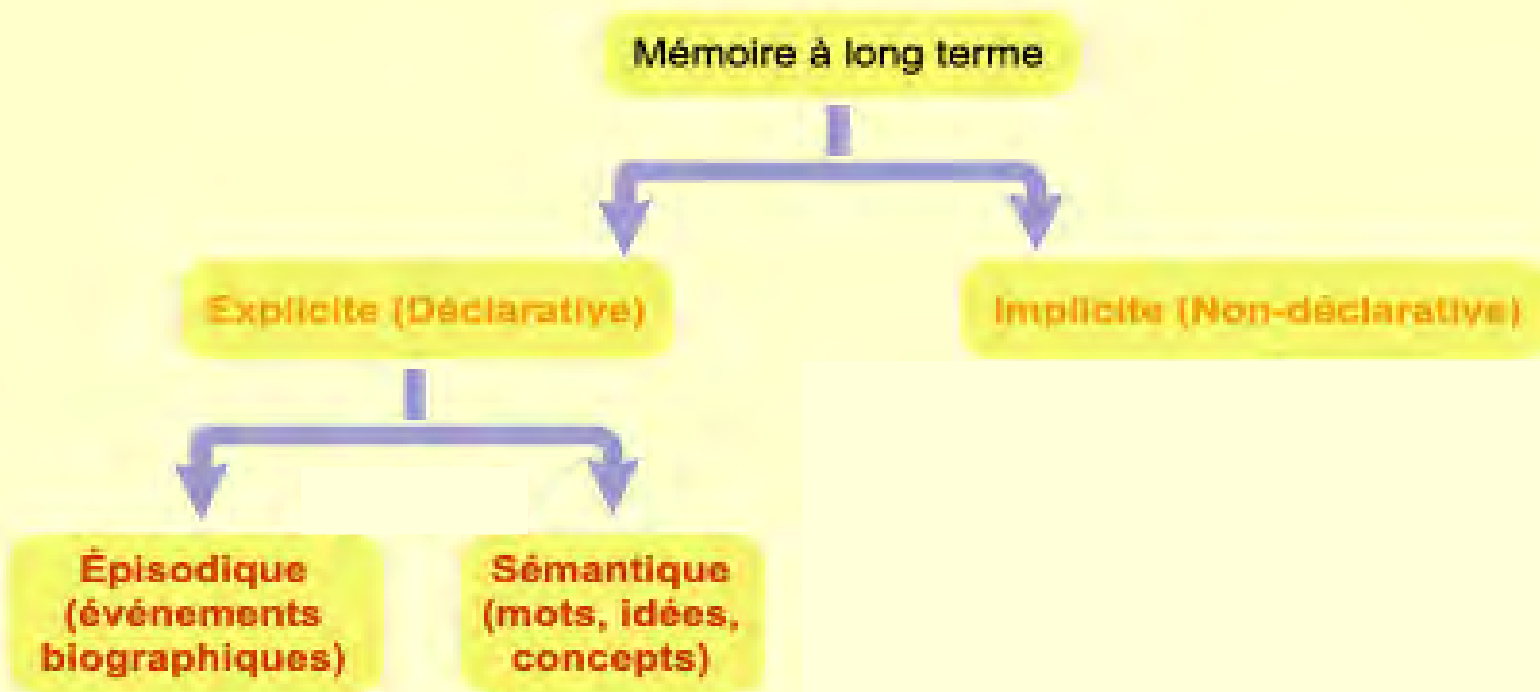
Habitude
Sensibilisation

Associatives

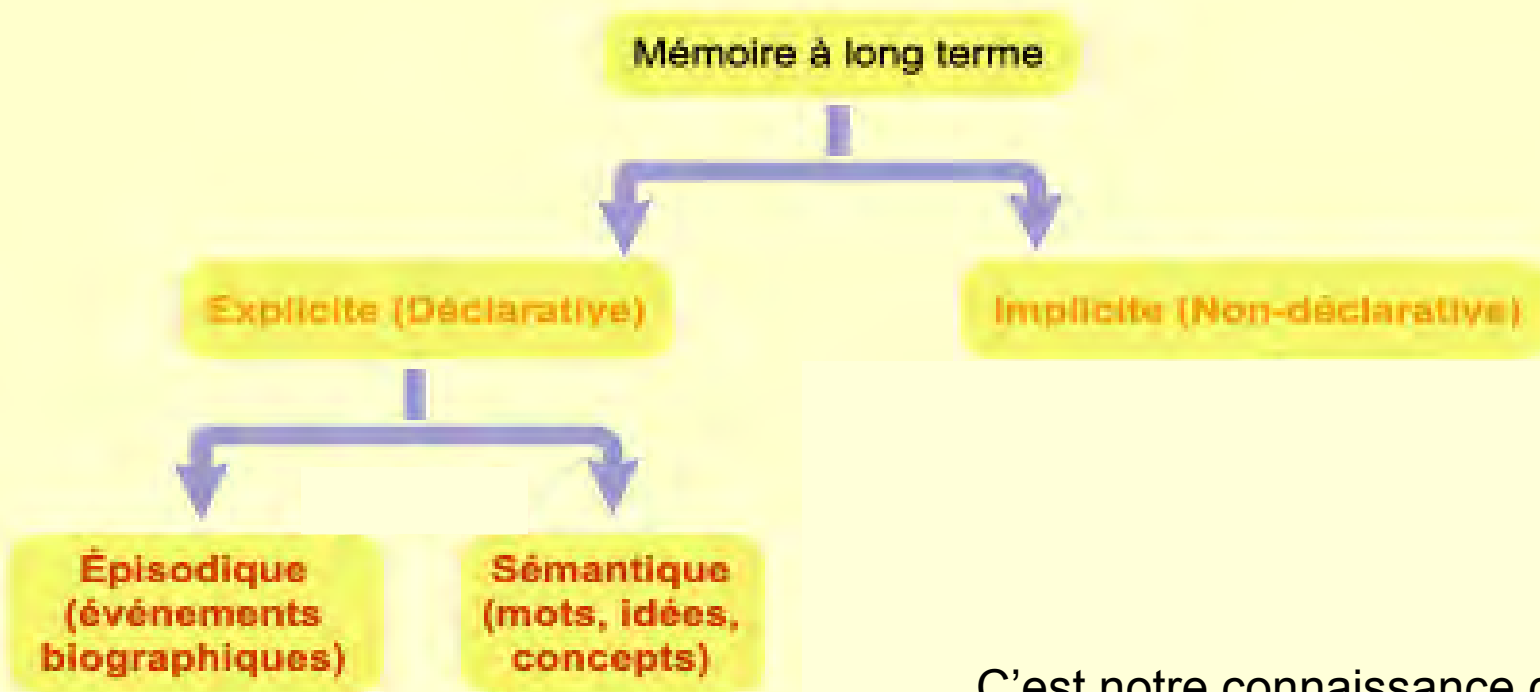
Conditionnement
classique et opérant

Procédurale
(habiletés)





On est l'acteur des événements qui sont mémorisés avec tout leur contexte et leur charge émotionnelle.



C'est notre connaissance du monde dont une grande partie nous est accessible rapidement et sans effort.



Mémoire à long terme

Explicite (Déclarative)

Implicite (Non-déclarative)

Épisodique
(événements
biographiques)

Sémantique
(mots, idées,
concepts)

Non associatives

Habitude
Sensibilisation

Associatives

Conditionnement
classique et opérant

Procédurale
(habiletés)

On retrouve donc dans le cerveau humain de multiples systèmes de mémoire qui cohabitent

et qui impliquent **différentes structures cérébrales** que l'on connaît de mieux en mieux.

Mémoire à long terme



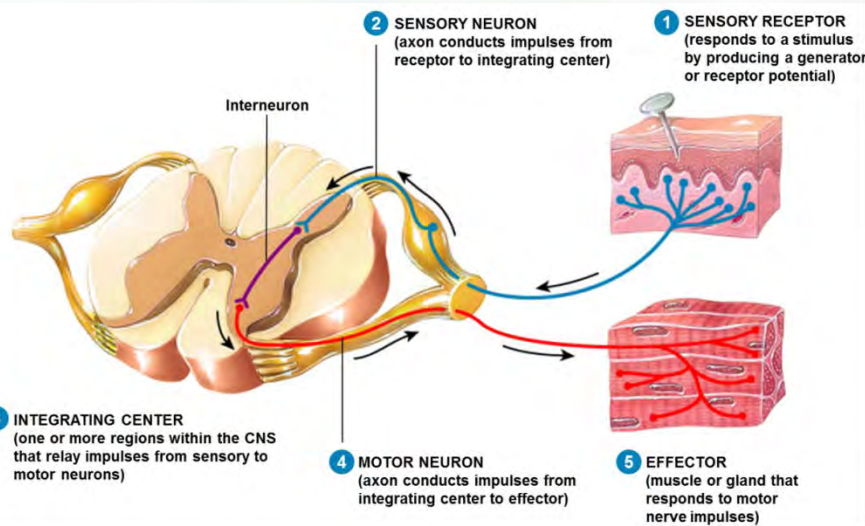
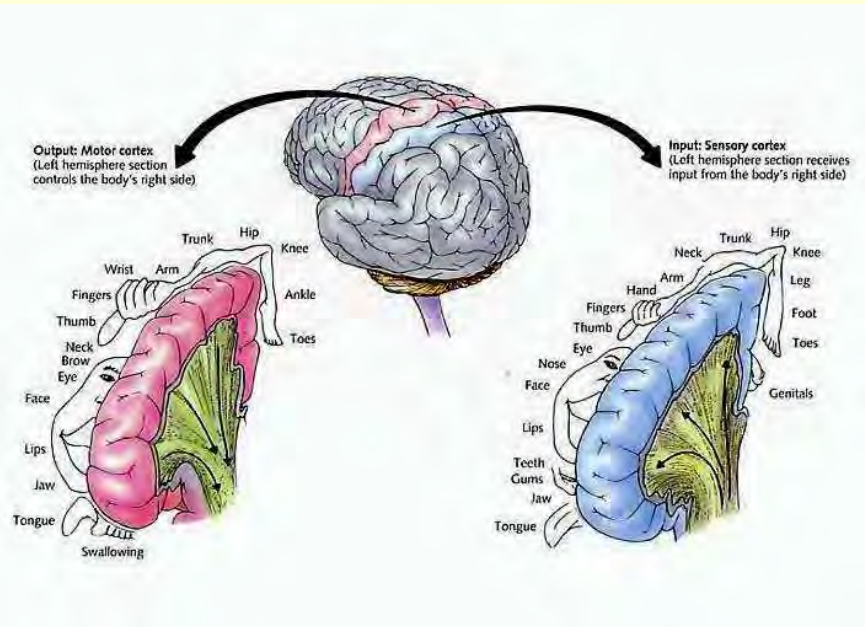
Implicite (Non-déclarative)

Non associatives

Habituation
Sensibilisation

Associatives

Conditionnement
classique



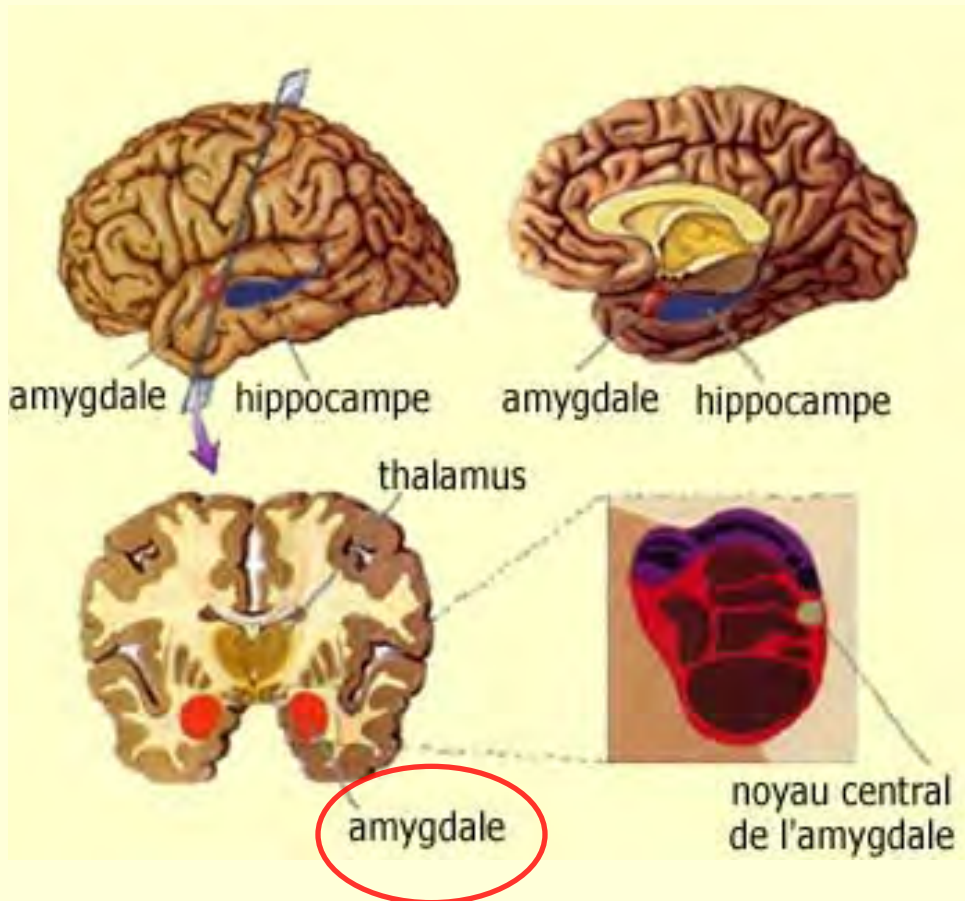


Peur conditionnée

Mémoire à long terme



Implicite (Non-déclarative)



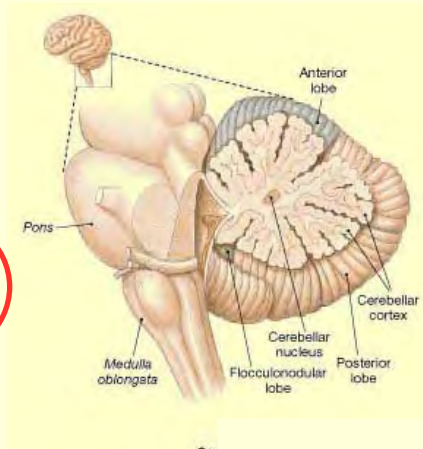
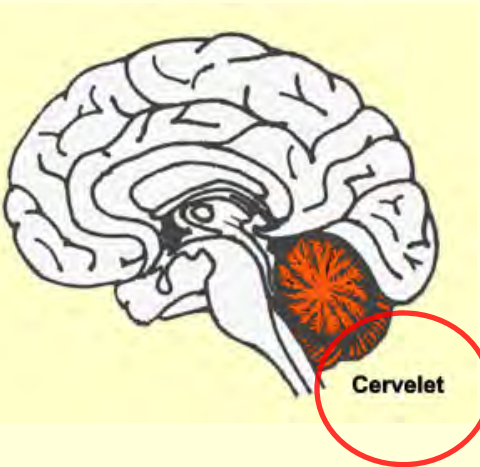
Non associatives

Habituation
Sensibilisation

Associatives

Conditionnement
classique

Mémoire à long terme



Implicite (Non-déclarative)

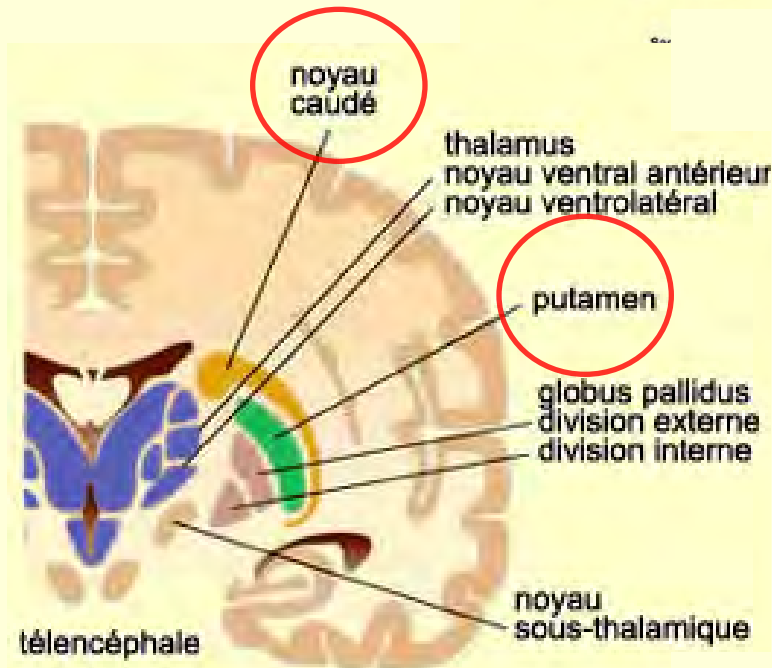
Le BLOGUE du CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

Mardi, 13 octobre 2015

Le cortex moteur pas nécessaire pour exécuter une séquence de mouvement automatisée

Conditionnement opérant

Procédurale (habiletés)

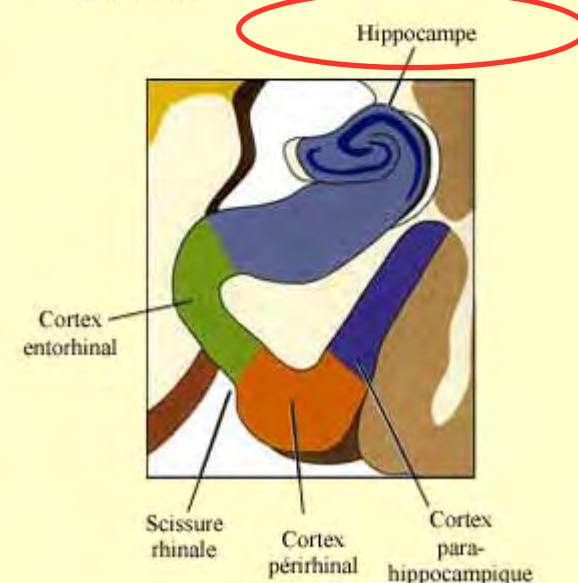
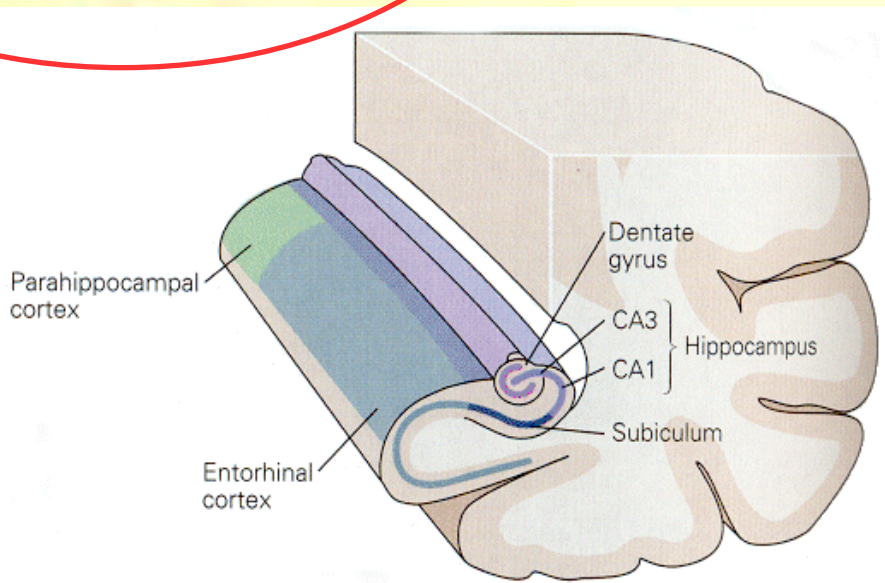
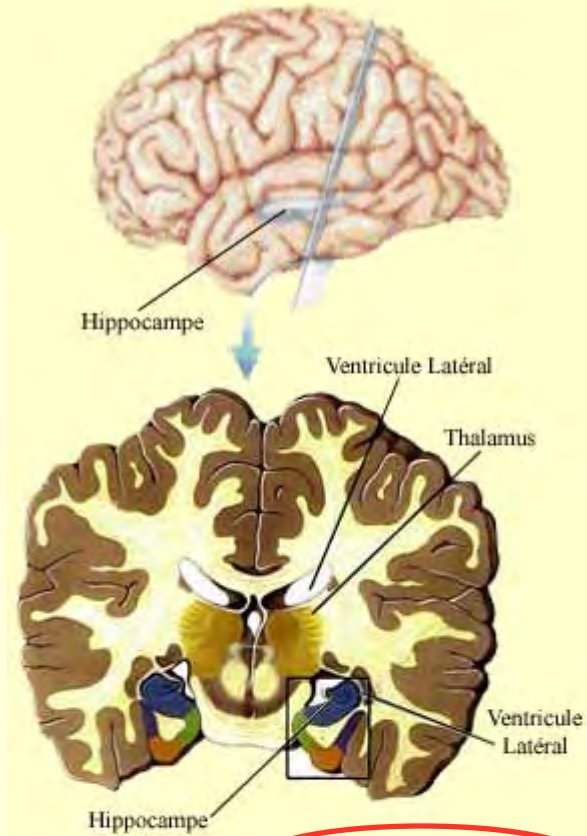


Mémoire à long terme

Explicite (Déclarative)

Épisodique
(événements
biographiques)

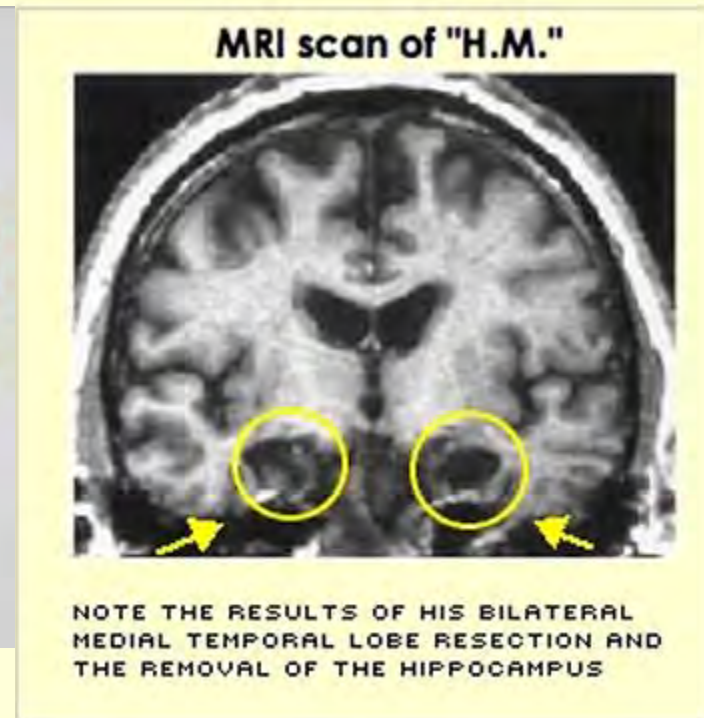
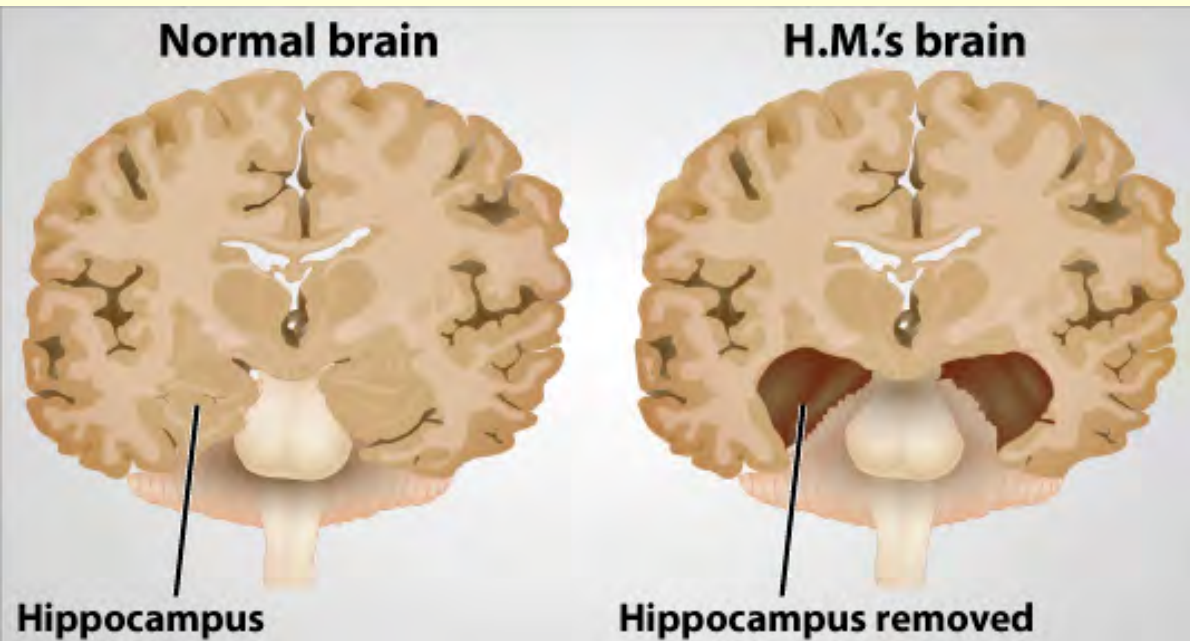
Sémantique
(mots, idées,
concepts)





La personne ayant probablement contribué plus que quiconque à notre compréhension de la mémoire humaine (décédé en décembre 2008 à l'âge de 82 ans).

Henry Molaison (le fameux « patient H.M. ») était un jeune épileptique auquel on avait enlevé en 1953, à l'âge de 27 ans, les deux **hippocampes** cérébraux pour diminuer ses graves crises d'épilepsie.



L'opération fut un succès pour contrôler l'épilepsie mais eut un effet secondaire imprévu : **H.M. avait perdu la capacité de retenir de nouvelles informations sur sa vie ou sur le monde** (mémoire déclarative).

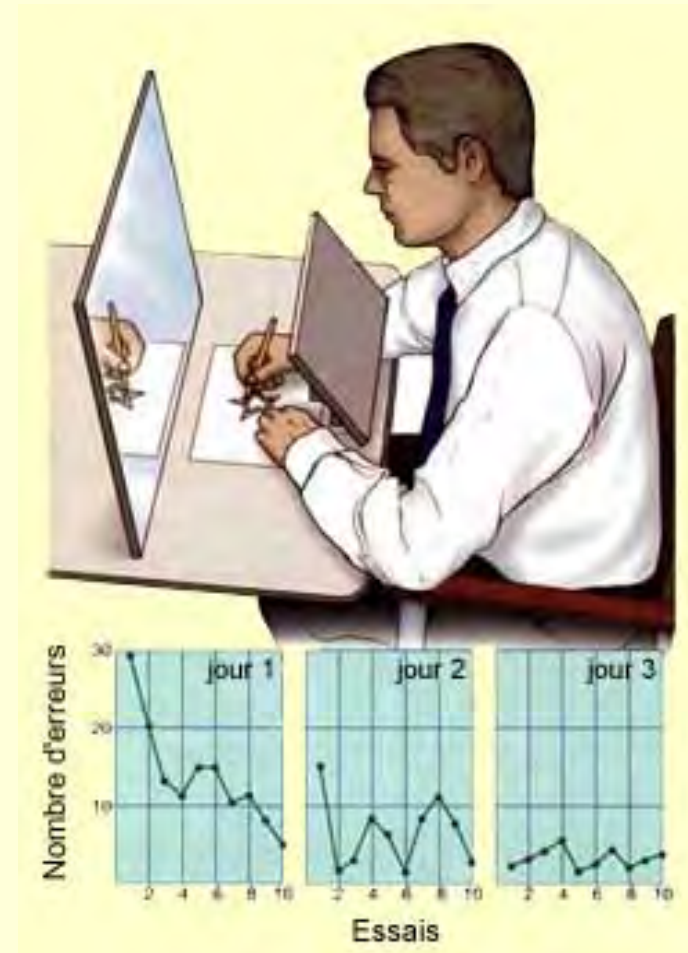


L'opération fut un succès pour contrôler l'épilepsie mais eut un effet secondaire imprévu : **H.M. avait perdu la capacité de retenir de nouvelles informations sur sa vie ou sur le monde** (mémoire déclarative).

Mais...



La **mémoire procédurale**, faite d'automatismes sensorimoteurs inconscients, **était préservée**, ce qui suggérait des voies nerveuses différentes.



Mémoire à long terme

~~Explicite (Déclarative)~~

~~Épisodique
(événements
biographiques)~~

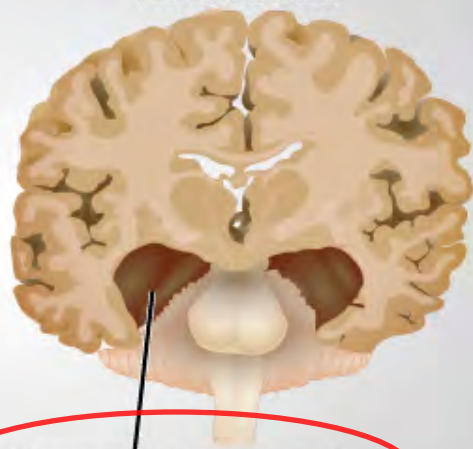
~~Sémantique
(mots, idées,
concepts)~~

Normal brain



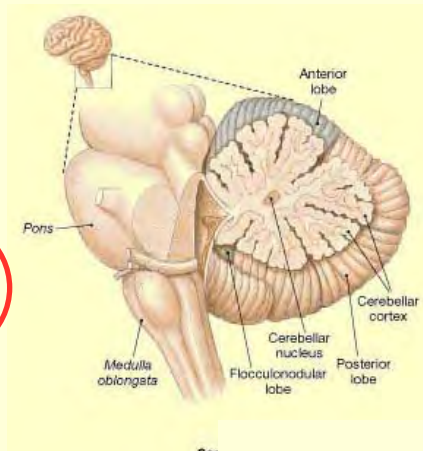
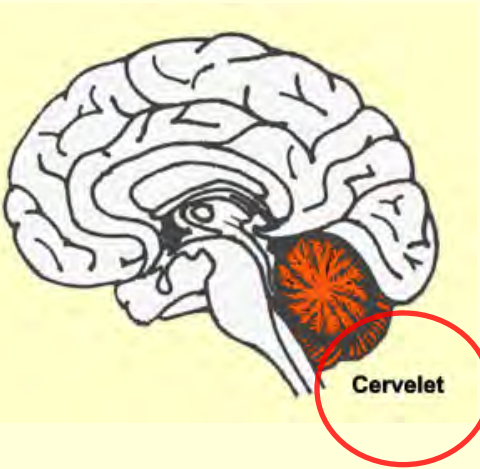
Hippocampus

H.M.'s brain



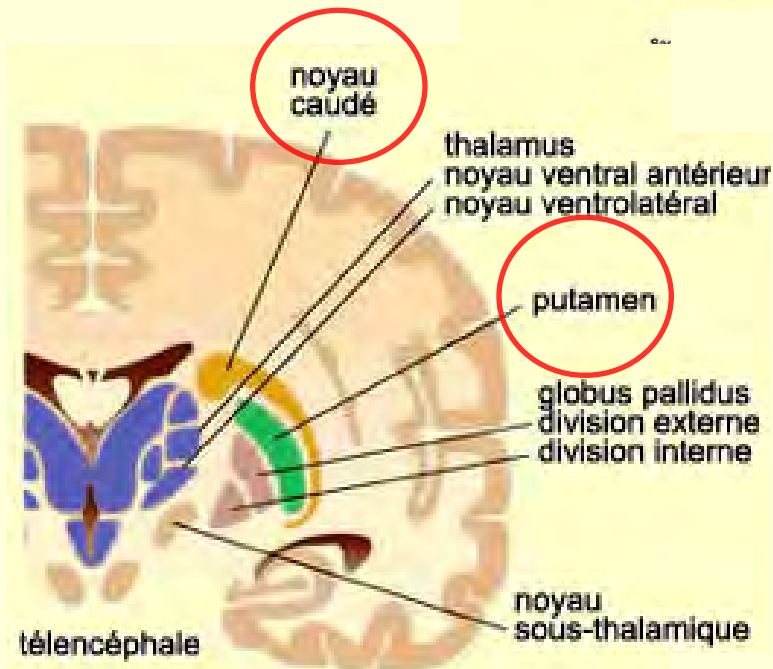
Hippocampus removed

Mémoire à long terme



Implicite (Non-déclarative)

Procédurale
(habiletés)

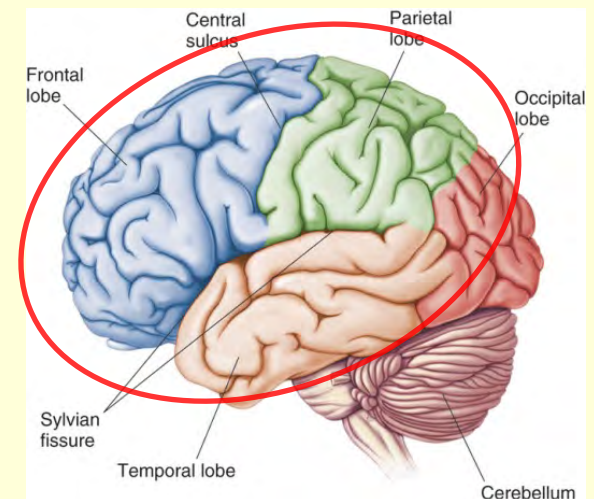


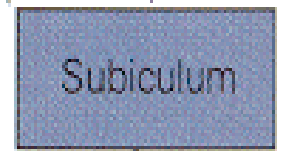
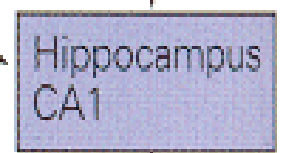
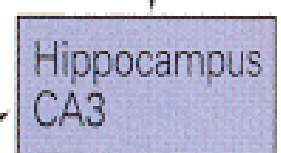
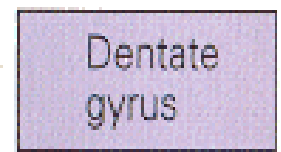
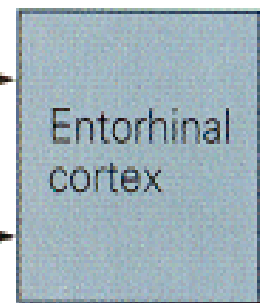
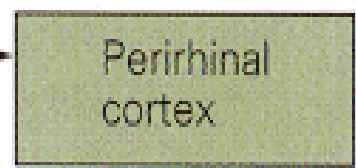
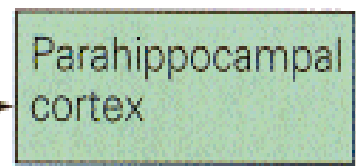
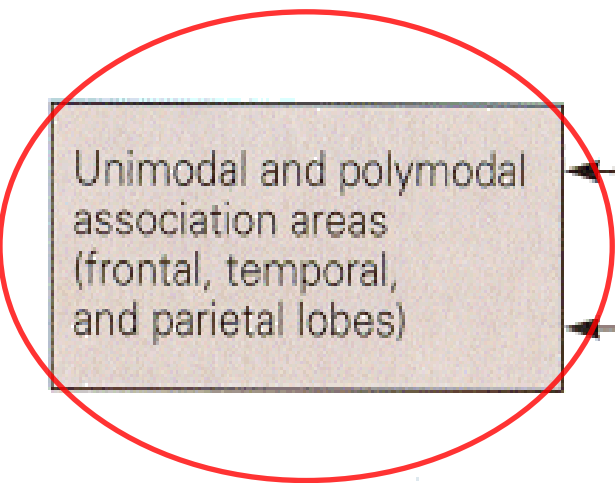
- En plus de cette amnésie « antérograde », H.M. avait une amnésie « **rétrograde** » **graduelle** (pouvait se rappeler d'avant l'opération, et de mieux en mieux à mesure qu'on reculait dans le temps)



Les très vieux souvenirs semblent pouvoir se passer de l'hippocampe,

comme si la trace pouvait être transférée au cortex de façon complète et définitive...

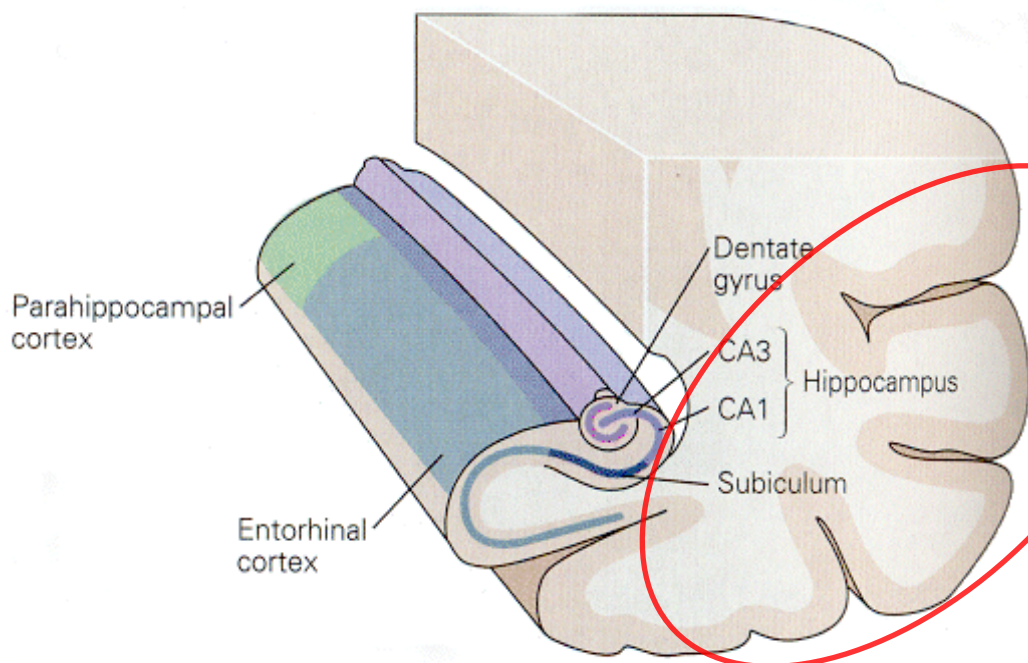


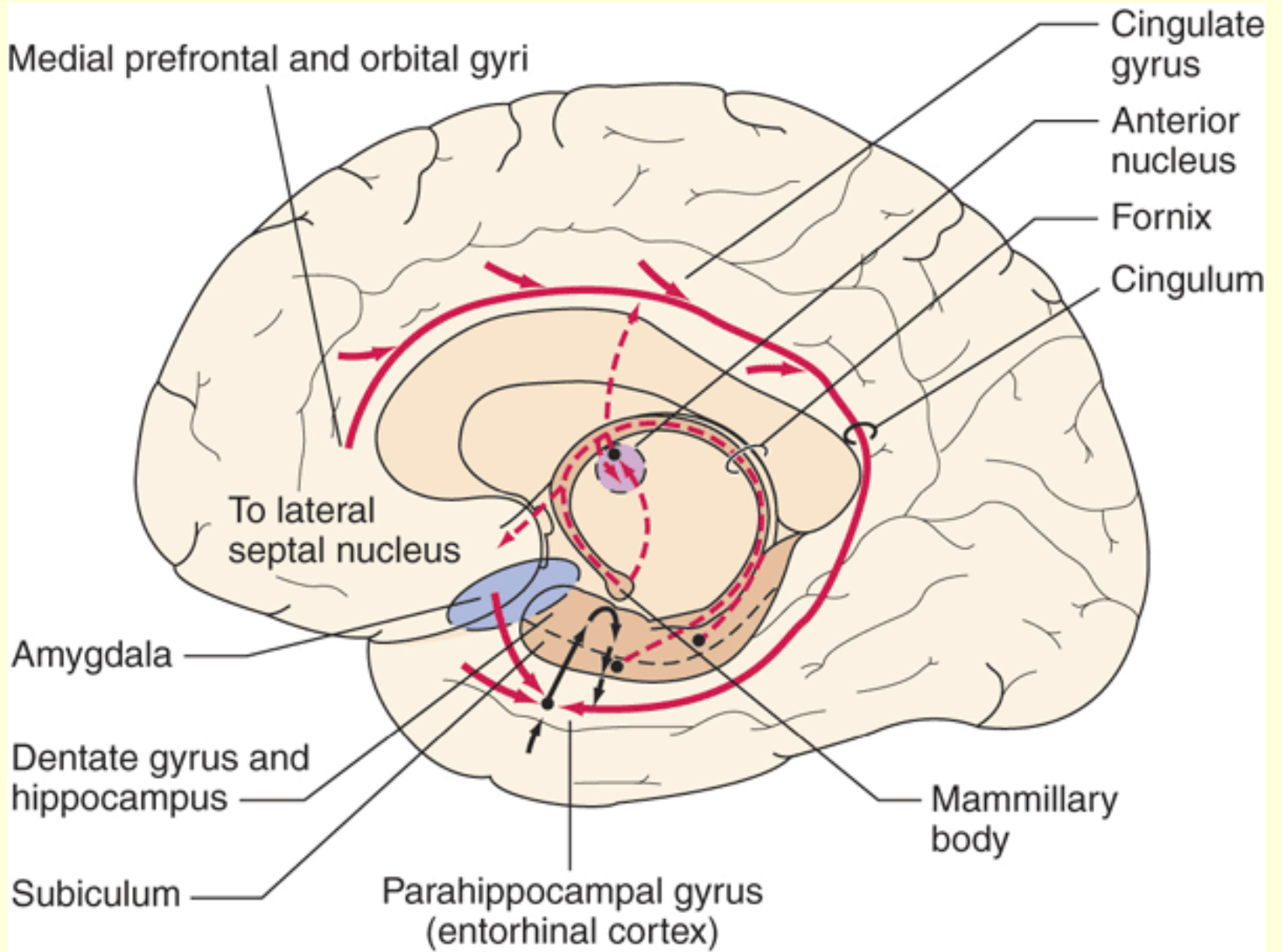


Perforant pathway

Mossy fiber pathway

Schaffer collateral pathway





- En plus de cette amnésie « antérograde », H.M. avait une amnésie « **rétrograde** » **graduelle** (pouvait se rappeler d'avant l'opération, et de mieux en mieux à mesure qu'on reculait dans le temps)
- Par contre, H.M. pouvait retenir des choses sur de courtes périodes. Sa **mémoire à court terme** (ou mémoire de travail) était intacte.

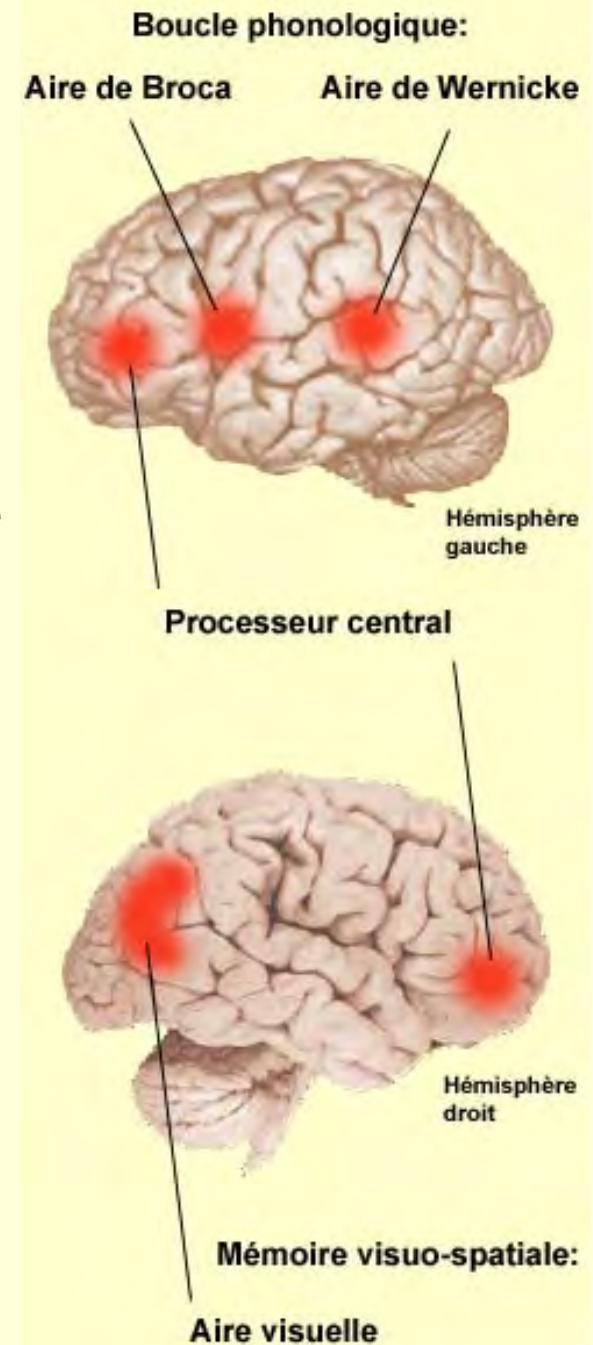
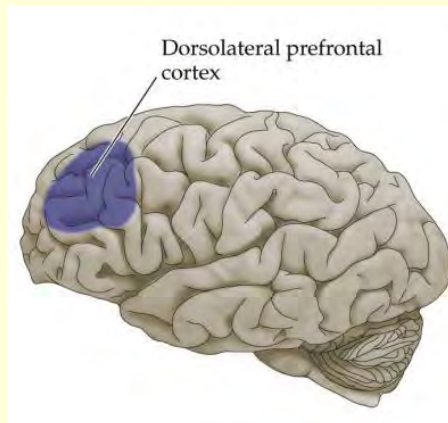


Donc encore une fois, pas les mêmes structures cérébrales...

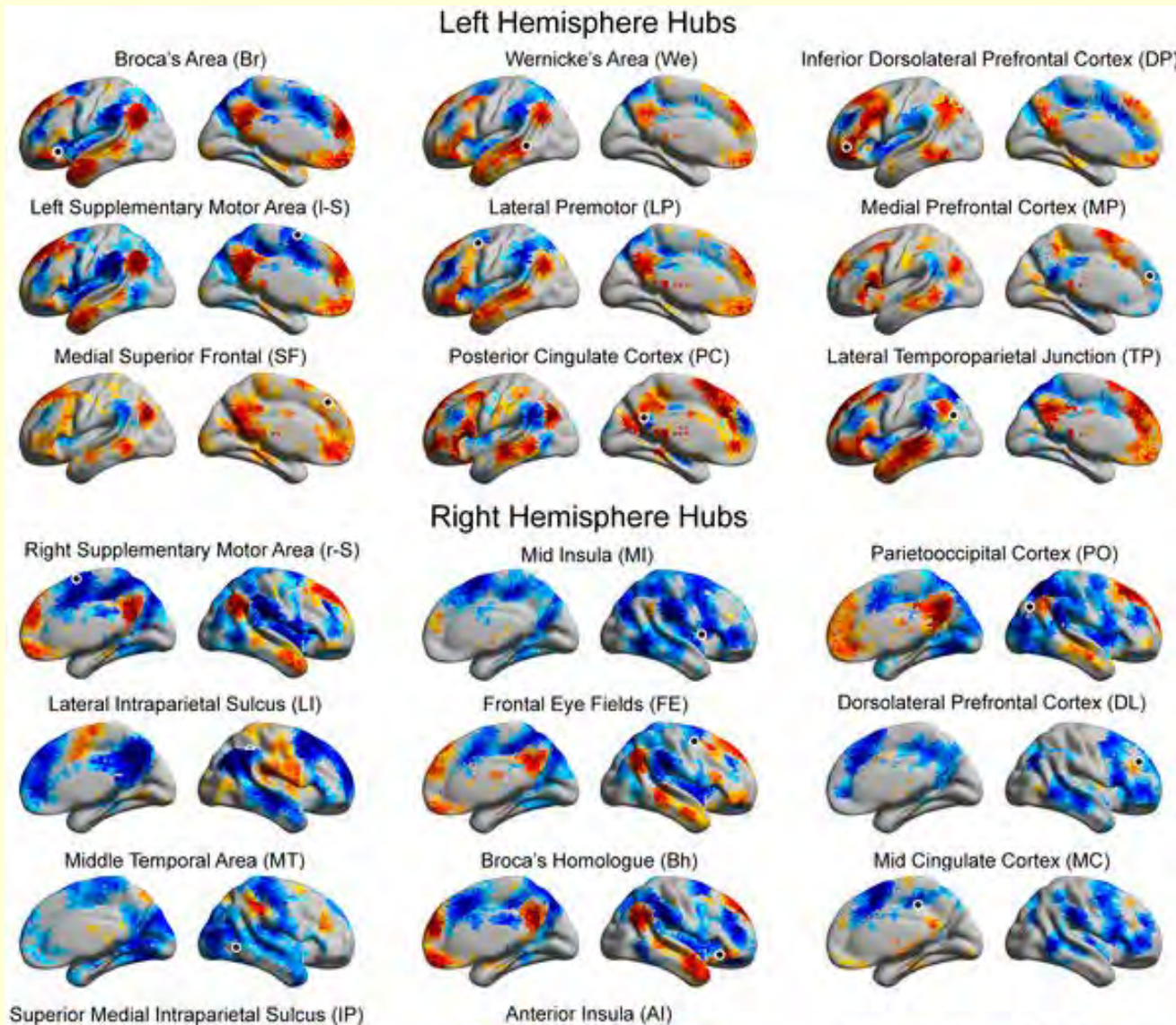
- Par contre, H.M. pouvait retenir des choses sur de courtes périodes. Sa **mémoire à court terme** (ou mémoire de travail) était intacte.

Donc, pas les mêmes structures cérébrales...

Oui... et non ! Car certaines, comme le cortex préfrontal dorsolatéral (**DLPFC**) est impliqué dans les deux types de mémoire, à court et à long terme.



On va voir tantôt qu'une même région peut être impliquée dans différents réseaux cérébraux.



À l'autre extrême de l'histoire de H.M. : Se souvenir de chaque jour de notre vie

Une vingtaine de personnes connues à ce jour ont une **mémoire épisodique** exceptionnellement supérieure qui leur donne accès à ce qu'elles ont fait un jour précis de leur vie, mais il y a 10, 20, voir même 30 ans après !

Ces personnes vivant avec ce que l'on nomme désormais le « **syndrome hyperthymésique** », peuvent ainsi se rappeler de ce qu'elles ont fait virtuellement chaque jour de leur vie.

Dans cette émission, les réponses des sujets hyperthymésiques pouvaient être vérifiées et démontraient un taux de véracité avoisinant les 100%.



The image is a screenshot of the CBS News website. At the top, there is a navigation bar with links for 'CBS News.com', 'CBS Evening News', 'The Early Show', '48 Hours Mystery', and '60 Minutes'. Below this is a large banner for '60 MINUTES' featuring a clock face. Underneath the banner is a secondary navigation bar with links for 'HOME', 'UP NEXT', 'BIOS', 'NEWSMAKERS', 'POLITICS', 'HEALTH + SCIENCE', and 'BUSINESS'. The main content area shows a group of five people (three men and two women) looking towards the camera. To the right of the group, there is a text box with the date 'December 16, 2010' and the title 'Preview: Endless Memory'. Below the title is a short paragraph of text: 'If you remember virtually every day of your life, you may have what is called "superior autobiographical memory." Lesley Stahl reports on this unique condition Sunday, Dec. 19, at 7 p.m. ET/PT.' At the bottom right of the text box are two buttons: 'Watch Video' and 'Read Story'.



Le premier cas documenté, le cas A.J., remonte à peine à 2006. Comme tous les autres découverts par la suite, A.J. n'est pas autiste et n'a pas les capacités de calcul de certains autistes qui peuvent dire quel jour tombait le 7 février il y a 100 ans, par exemple.

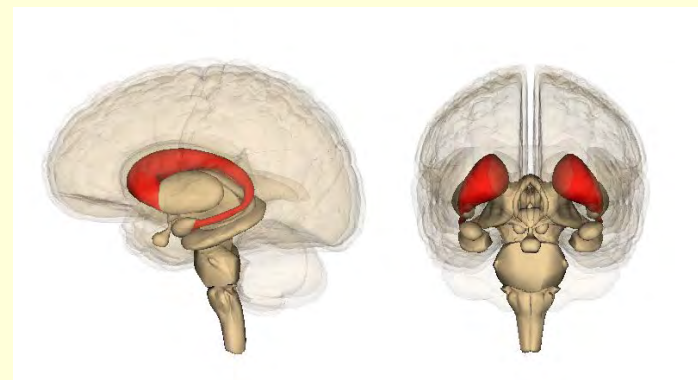
Au contraire, ce sont des gens tout à fait « normaux » en ce qui concerne le reste de leur vie.

Enfin, presque... puisque les hyperthymésiques, outre le fait qu'ils passent beaucoup de temps à penser à leurs souvenirs autobiographiques et à les organiser, semblent avoir des prédispositions à la **compulsion**.

Sans souffrir du **trouble obsessionnel-compulsif (TOC)**, ils sont extrêmement sensibles à l'ordre, à la vérification, à la propreté, etc., toutes ces choses qui sont exacerbées chez les personnes souffrant du TOC.



Les résultats préliminaires des études d'imagerie cérébrale avec quelques cas d'hyperthymésie vont d'ailleurs en ce sens, montrant par exemple des **noyaux caudés** plus volumineux, une structure impliquée dans les habitudes motrices et... le TOC !





Drawing of Hippocampus by Camilo Golgi

Subregions of the hippocampus exhibit histological differences.





Coloration Brainbow

NEWS FEATURE

NATURE | Vol 457 | 29 January 2009



MAKING CONNECTIONS

By turning neurons technicolour, Jeff Lichtman exposed the brain's wiring. **Jonah Lehrer** meets the 'unapologetic cell biologist' with ambitions to map every connection in the human brain.

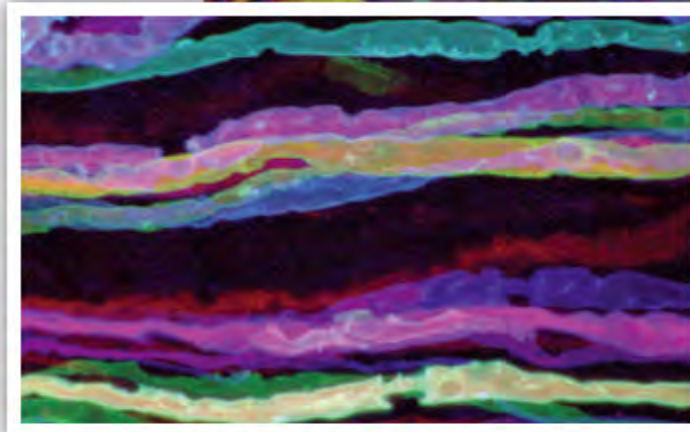
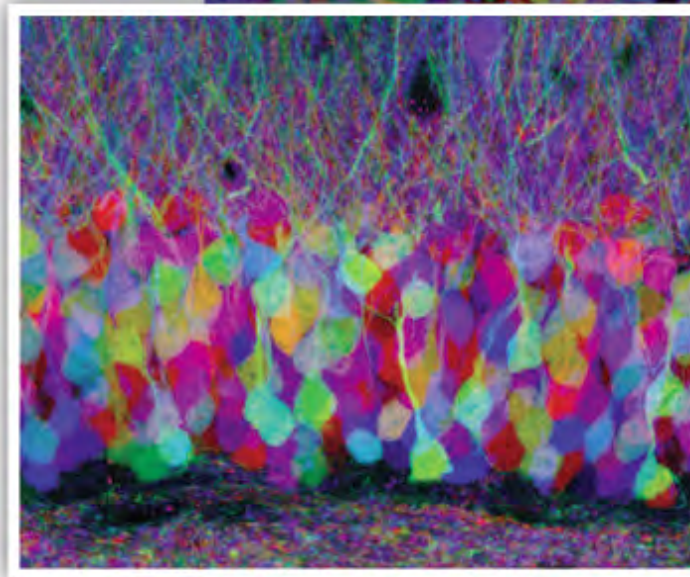
At first glance, Jeff Lichtman seems to be hanging long strips of sticky tape from the walls of his Harvard lab. The tape flutters in the breeze from the air-conditioner. But closer inspection

result is a seamless sliver of tissue, less than 10 nanometres thick and around 5 metres long, that is deposited on the plastic film spinning around the spools.

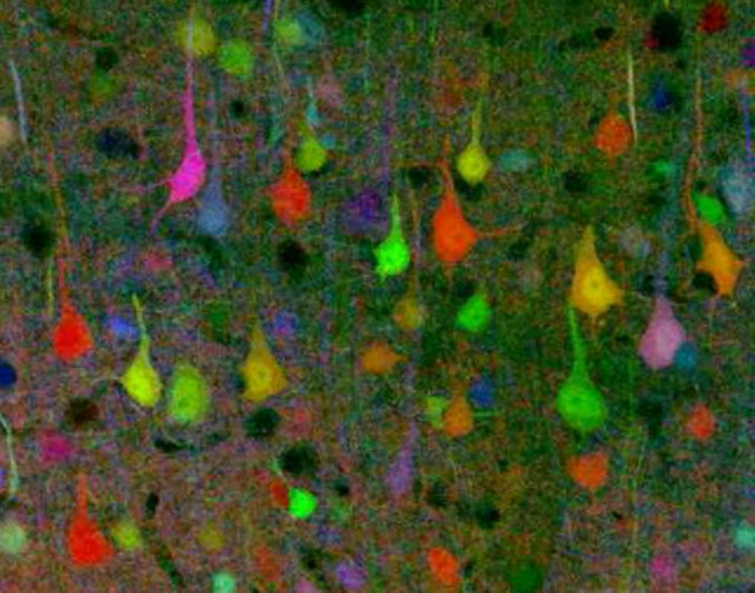
Although Lichtman appreciates the techni-

proponent of a new field that is working to create a connectome, a complete map of neural wiring in the mammalian brain. Currently, such a map exists only for the nematode *Caenorhabditis elegans*, which has 302 neurons.

C. SPENTER/AP



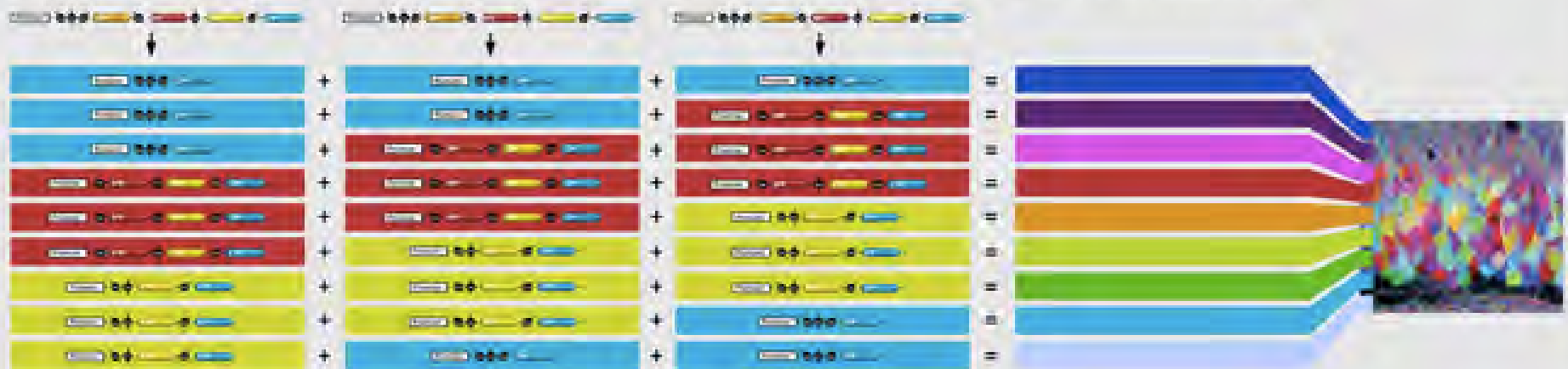
Brainbow-coloured nerve cells in the brainstem (main picture), in the dentate gyrus of the hippocampus (inset, top) and in a peripheral nerve.

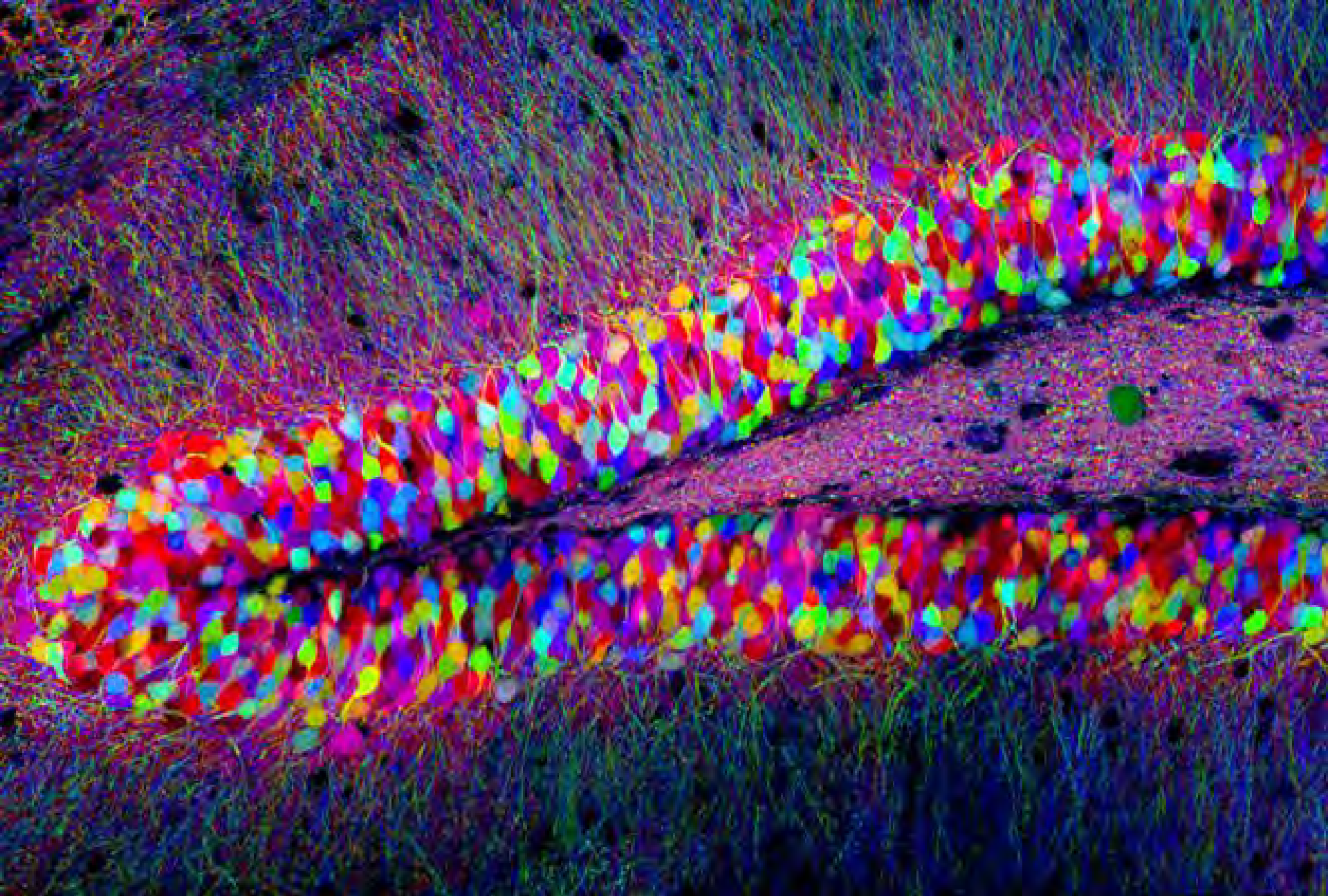


- Fonctionne par l'expression, dans chaque neurone, de **différents ratios** de variétés rouges, vertes et bleues d'un pigment fluorescent

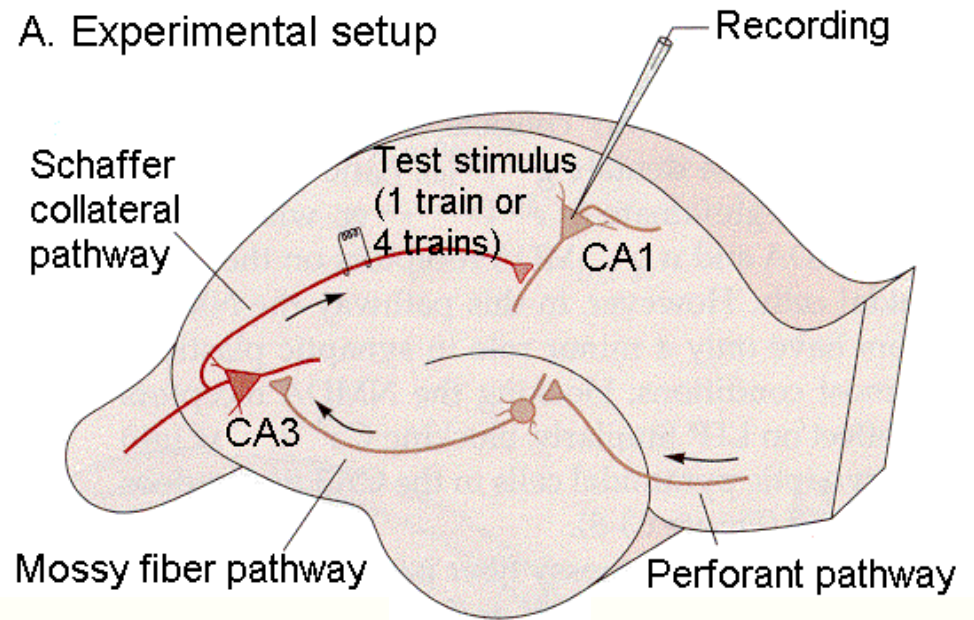
Building Brainbow

Three copies of the genetic construct allow for the expression of multiple fluorophore color combinations.

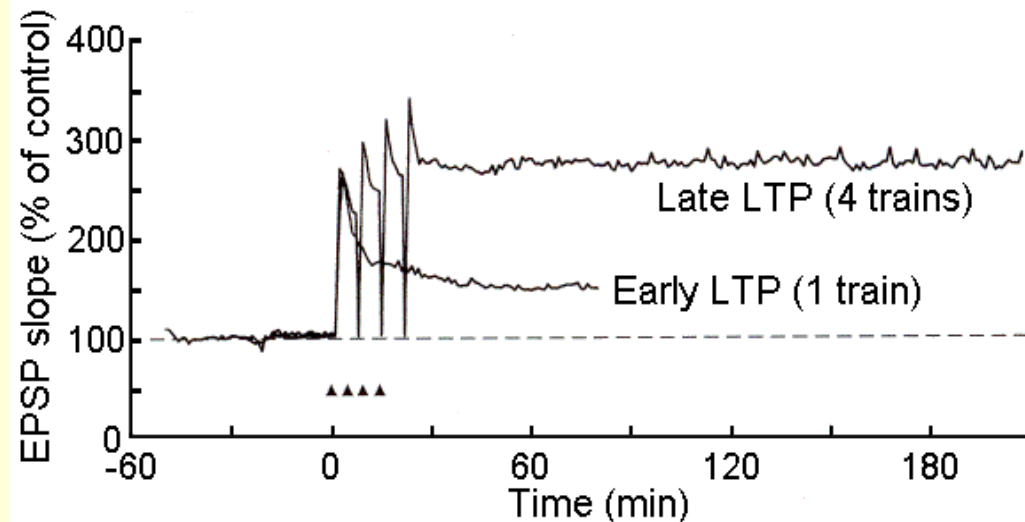




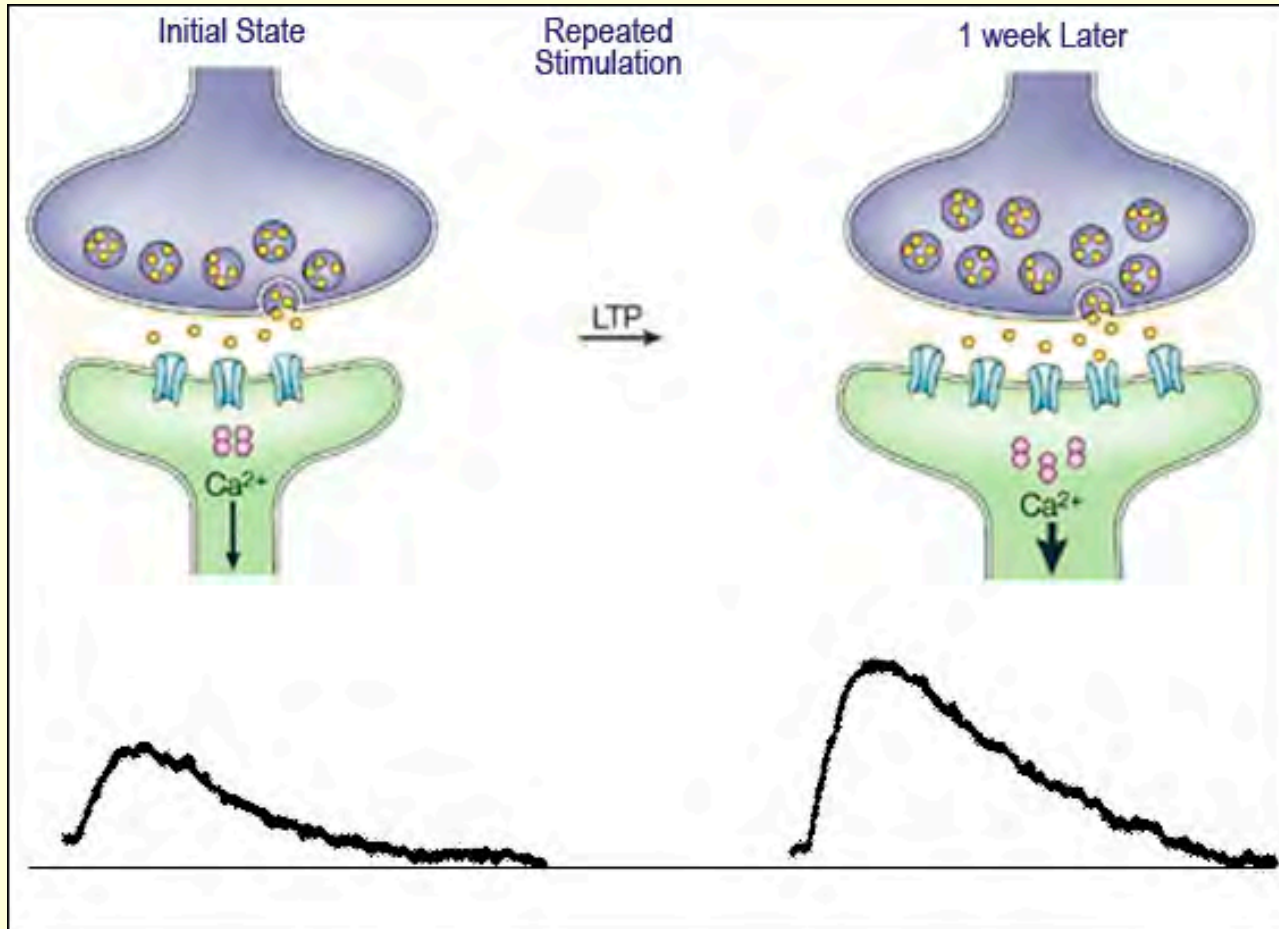
Les neurones de l'hippocampe sont importants parce que c'est là où, en 1973, on a découvert un phénomène qu'on appelle la **potentialisation à long terme (PLT)**.



B. LTP in the hippocampus CA1 area



La **potentialisation à long terme** (PLT) est l'un des mécanismes les plus certains derrière les phénomènes d'apprentissage et de mémoire.



Apprentissage que l'on peut qualifier ici de **non associatif**.

Mais la PLT n'est pas le seul mécanisme cellulaire pouvant être à la base d'apprentissages.

Du côté des apprentissages **associatifs** maintenant :

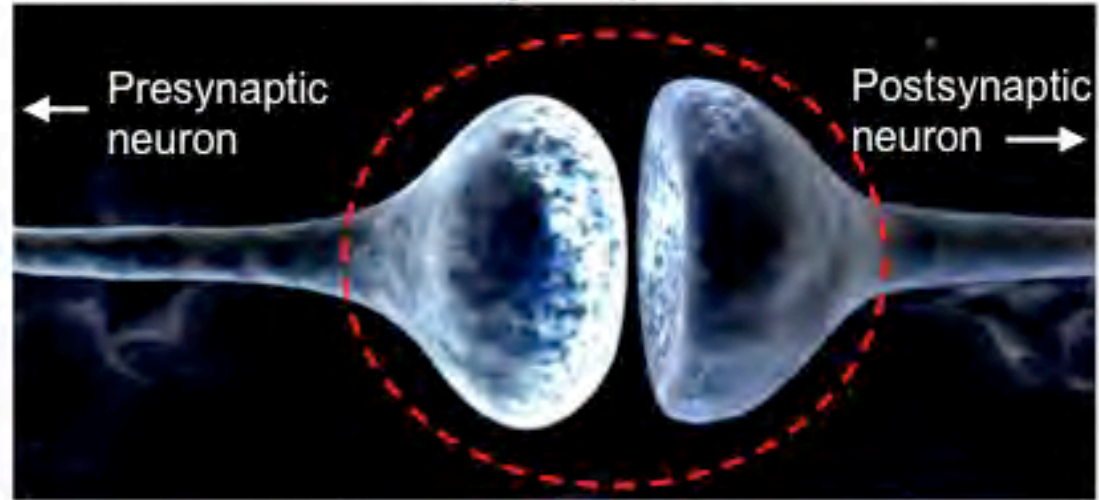
Un bon candidat est la **plasticité dépendante du temps d'occurrence des impulsions** (en anglais « Spike-timing-dependent plasticity » ou **STDP**)


Il s'agit d'un autre processus de modification du poids des synapses découvert plus récemment (début – milieu des années 1990).

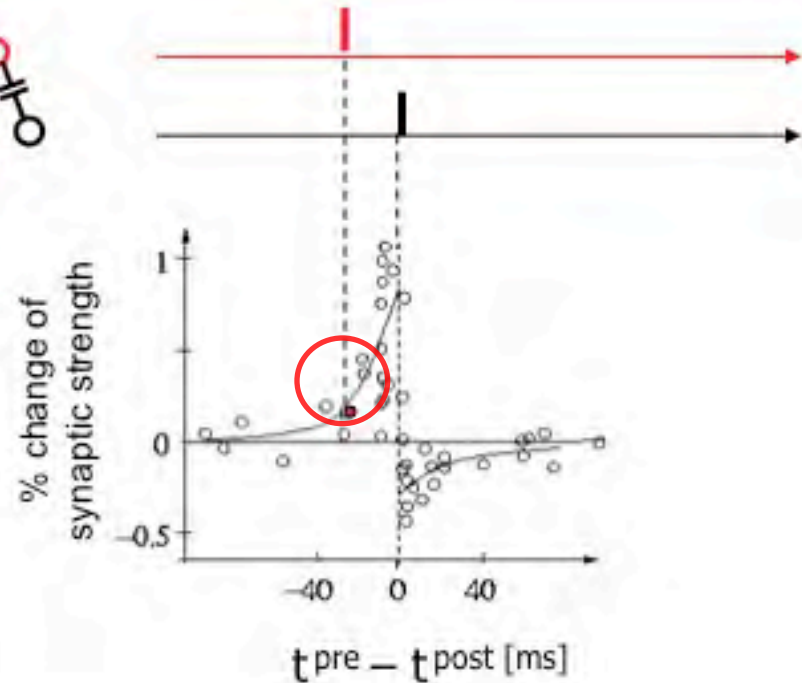
La STDP fut démontrée définitivement par **Henry Markram** alors dans le laboratoire de Bert Sakmann en 1993 avec l'article complet finalement publié en **1997**.

Si un neurone **pré-synaptique** tend, en moyenne, à faire feu tout juste **avant** que le neurone **post-synaptique** émette lui aussi un influx nerveux, alors cet input pré-synaptique va devenir **plus efficace**.

synapse



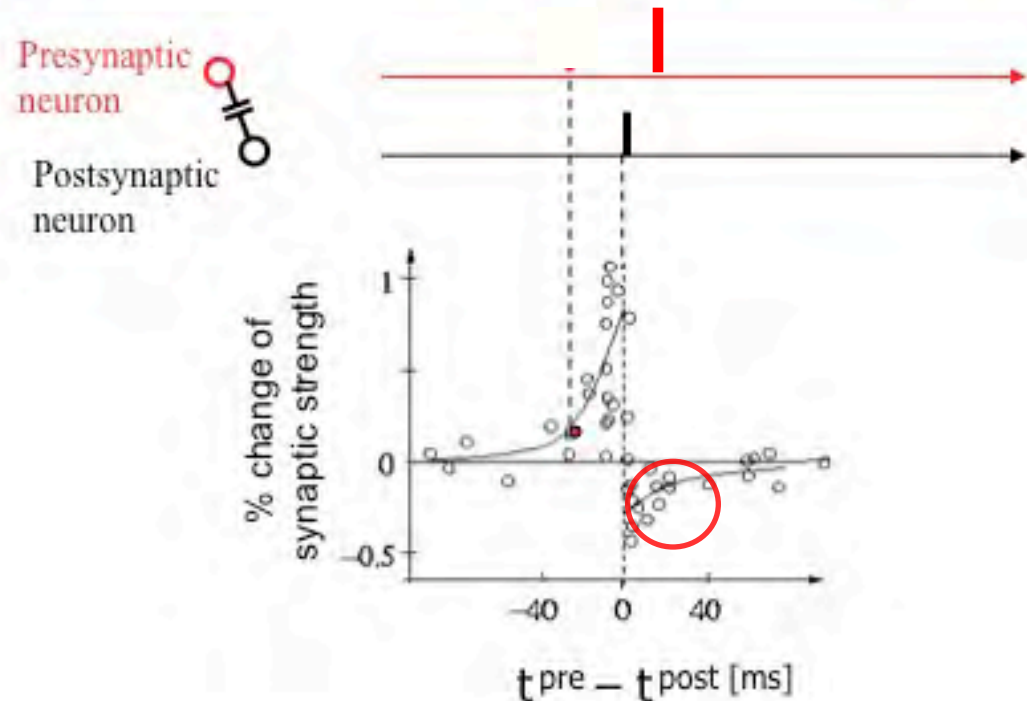
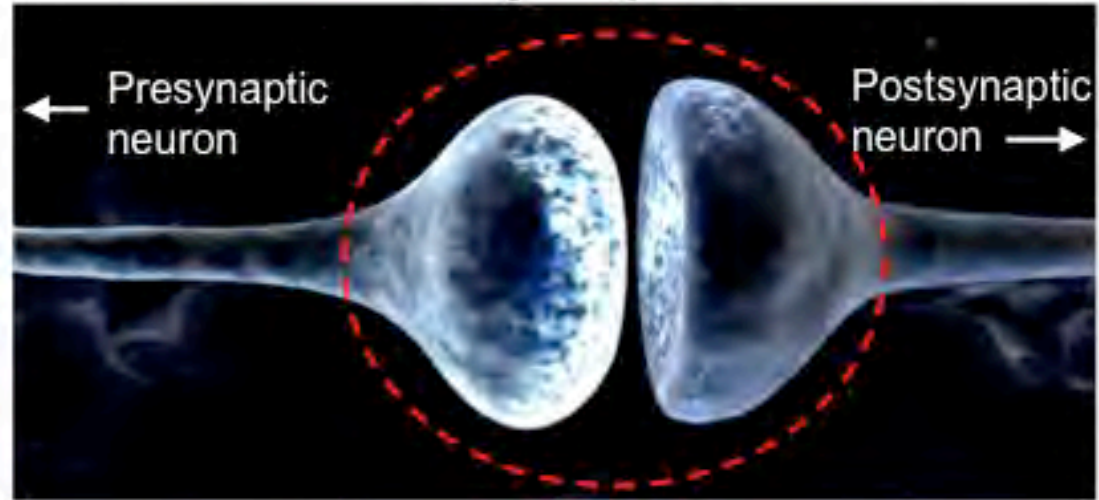
Presynaptic neuron 
Postsynaptic neuron



Si un neurone **pré-synaptique** tend, en moyenne, à faire feu tout juste **avant** que le neurone **post-synaptique** émette lui aussi un influx nerveux, alors cet input pré-synaptique va devenir **plus efficace**.

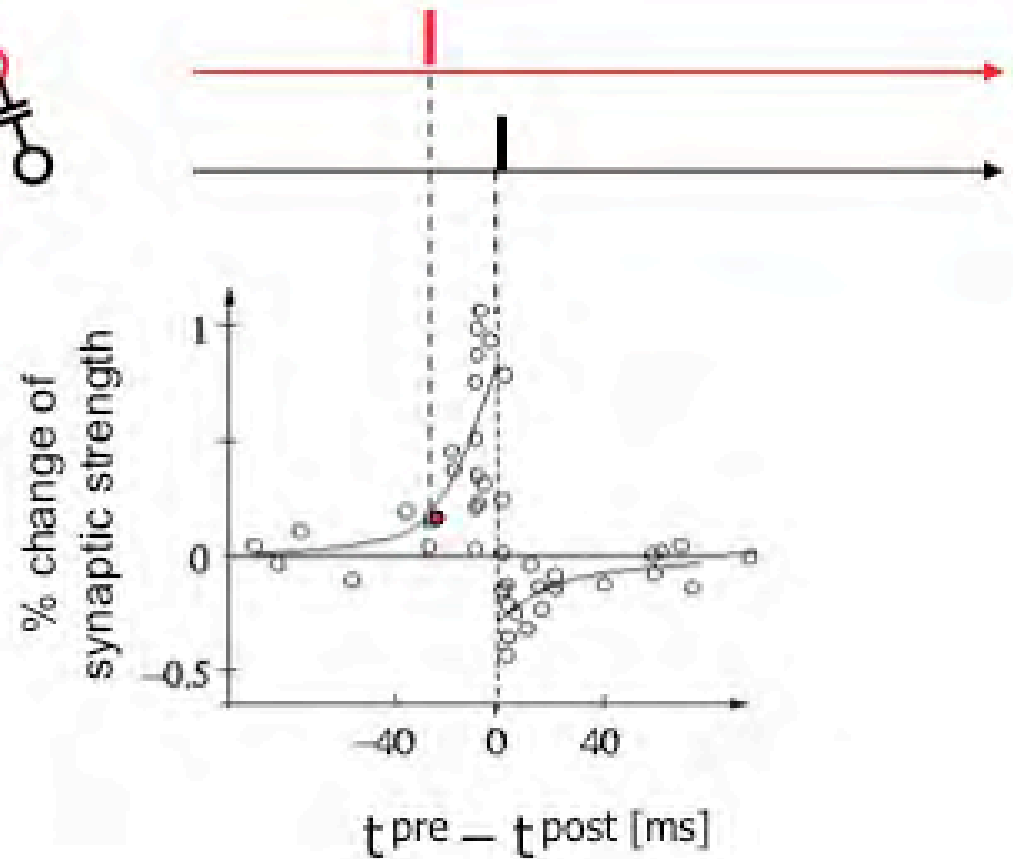
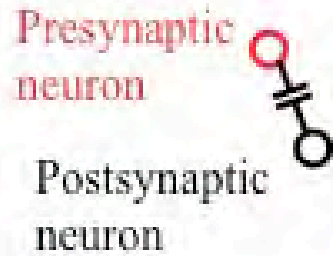
Mais si l'input pré-synaptique arrive immédiatement **après** le déclenchement du potentiel d'action du neurone post-synaptique, **alors il sera par la suite moins efficace**.

synapse



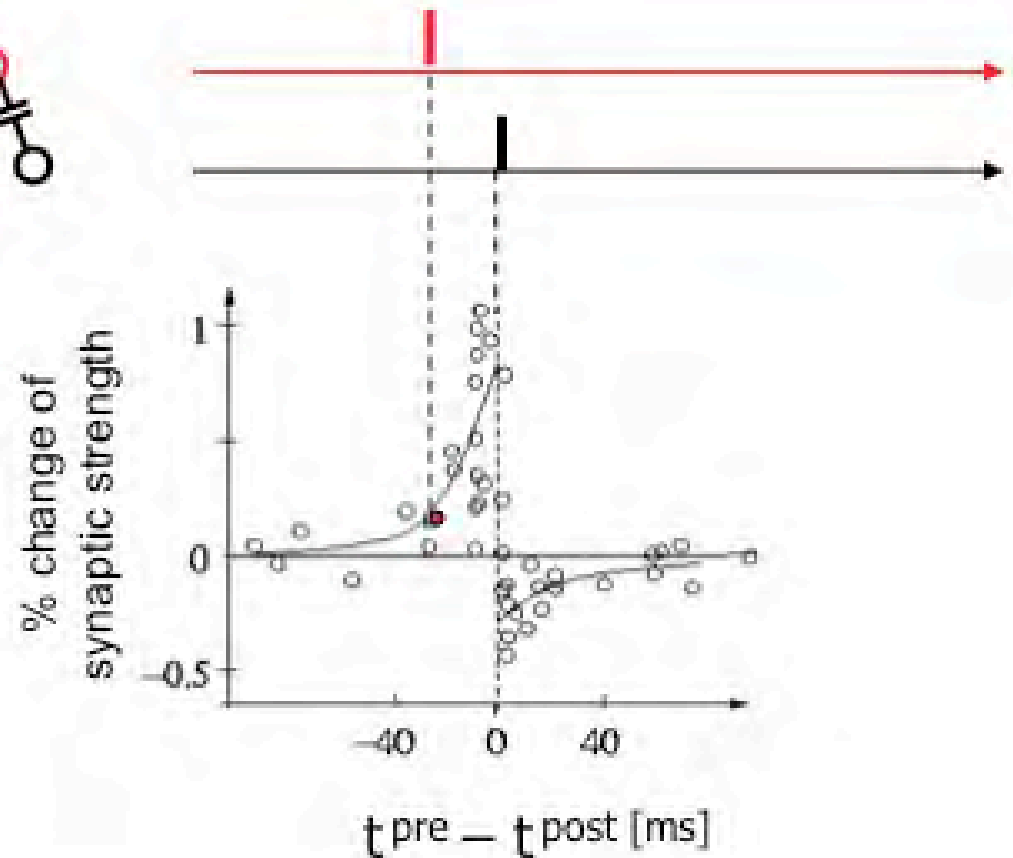
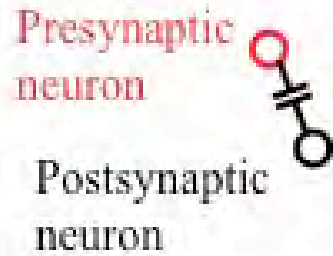
Tout se passe comme si l'input qui peut être la cause de l'excitation du neurone post-synaptique voyait l'importance de sa contribution synaptique future augmentée

(et l'inverse pour les inputs qui arrivent après et ne peuvent pas en être la cause).



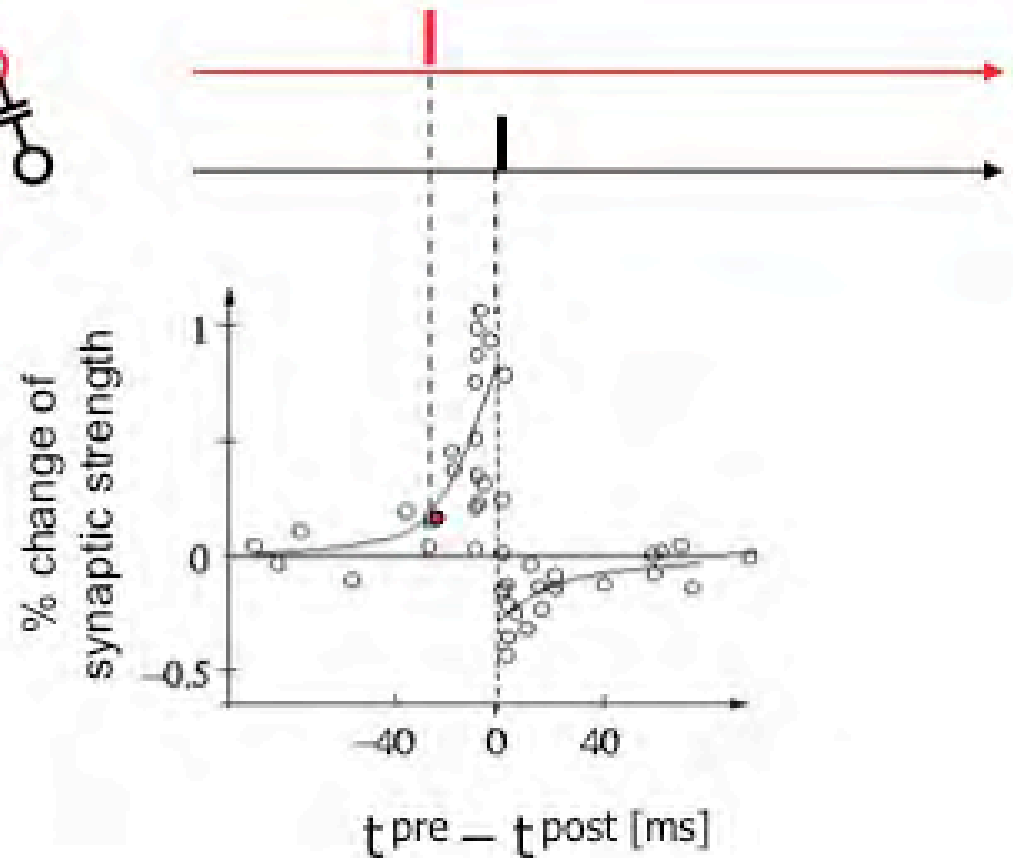
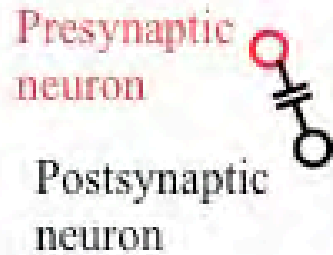
La fenêtre temporelle est de l'ordre de 5 à 40 ms, tant avant l'activité dans le neurone post-synaptique pour une augmentation de l'activité synaptique que après pour une diminution de l'efficacité synaptique.

Plusieurs explications concernant le **rôle fonctionnel** de ce phénomène ont été avancées, notamment qu'il pourrait être un substrat à la règle classique d'apprentissage de Hebb.



"Neurons that fire together wire together"

Plusieurs explications concernant le **rôle fonctionnel** de ce phénomène ont été avancées, notamment qu'il pourrait être un substrat à la règle classique d'apprentissage de Hebb.

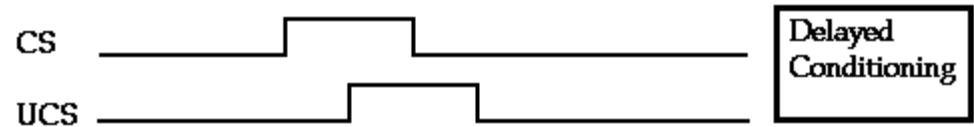
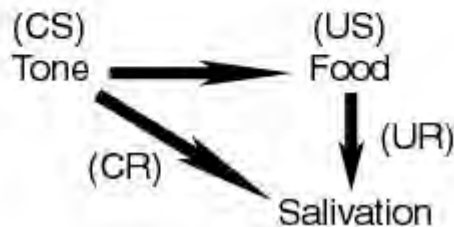
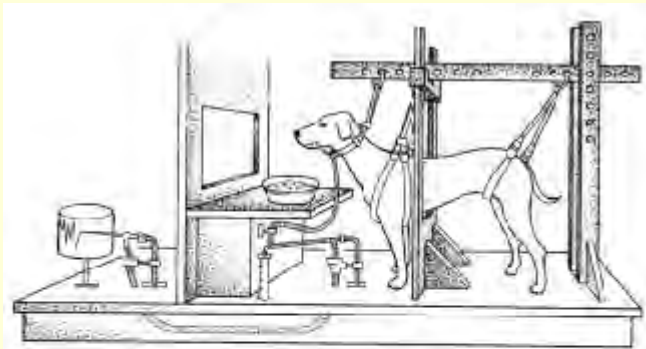


"Neurons that fire together wire together"

Plutôt "légèrement avant" que "together", car si deux neurones font feu **exactement en même temps** (donc pas de relation causale possible entre eux), il y a peu ou **pas d'effet, ni dans un sens, ni dans l'autre**.

Mais si l'activité dans le neurone pré-synaptique **prédit de façon constante** et dans la fenêtre temporelle optimale décrite l'activité dans le neurone post-synaptique, alors un renforcement robuste de cette synapse apparaît.

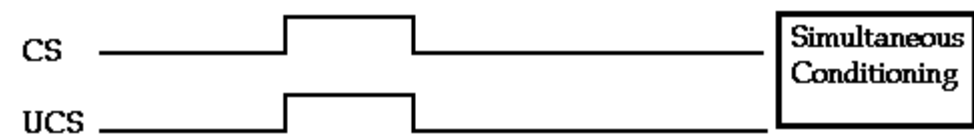
Renforcement qui fait écho au niveau cellulaire à ce que l'on observe au niveau comportemental dans le **conditionnement classique**, avec en plus la même importance fondamentale au niveau de la séquence temporelle des stimuli.



Easily established conditioning



Ease of conditioning depends on length of trace



Very little conditioning established

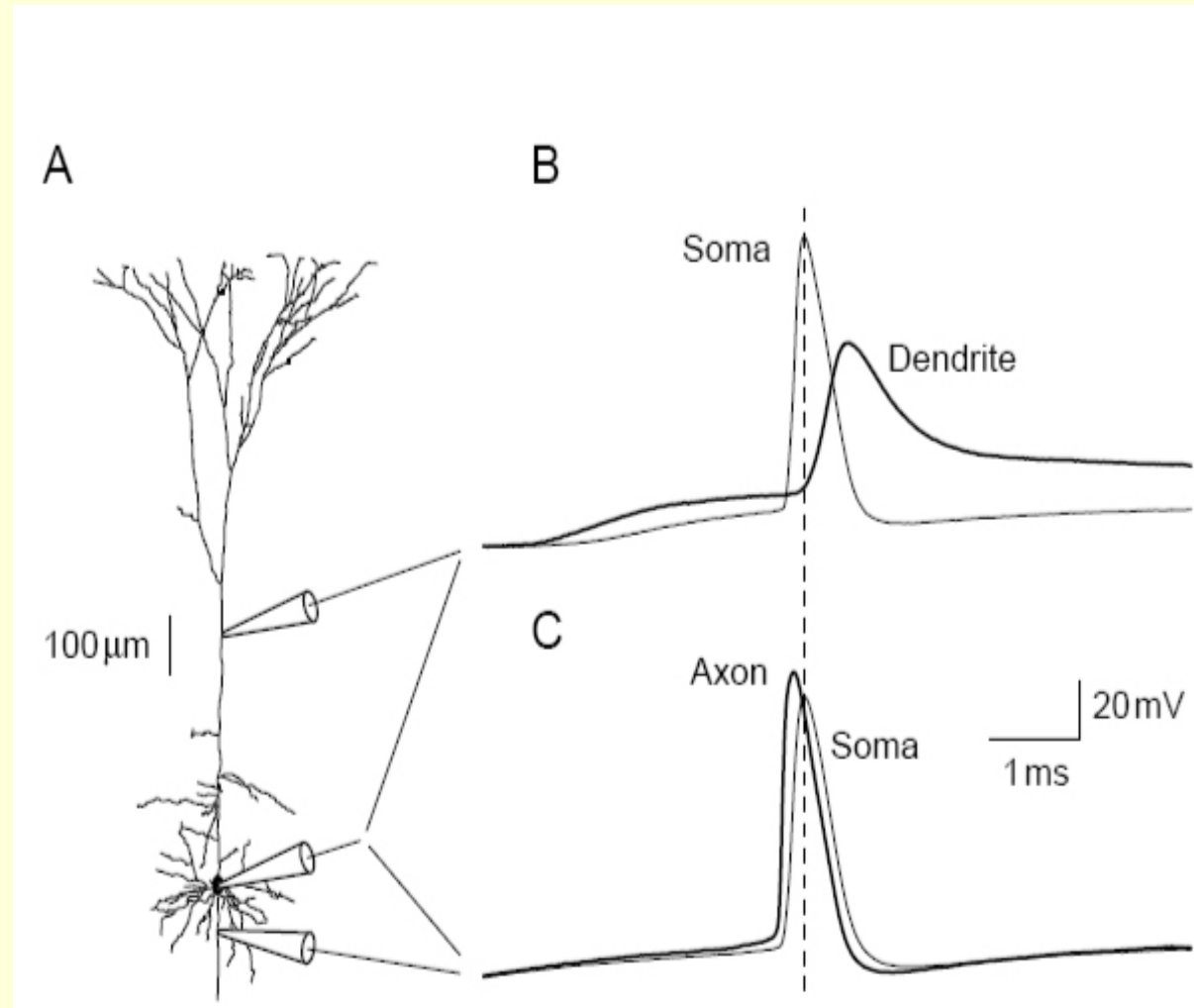
Mécanismes probables de la STDP

Les récepteurs NMDA sont très sensibles au potentiel de membrane (comme on l'a vu avec la LTP).

Or le déclenchement d'un **potentiel d'action dans le neurone post-synaptique** provoque souvent également une dépolarisation dans tout le réseau dendritique de ce neurone par « **rétropropagation** » (« **neural backpropagation** », en anglais).

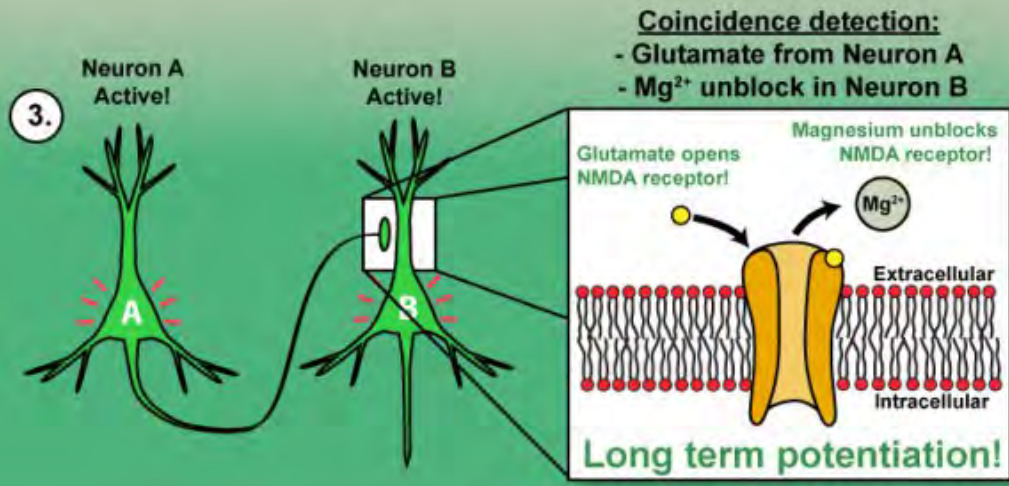
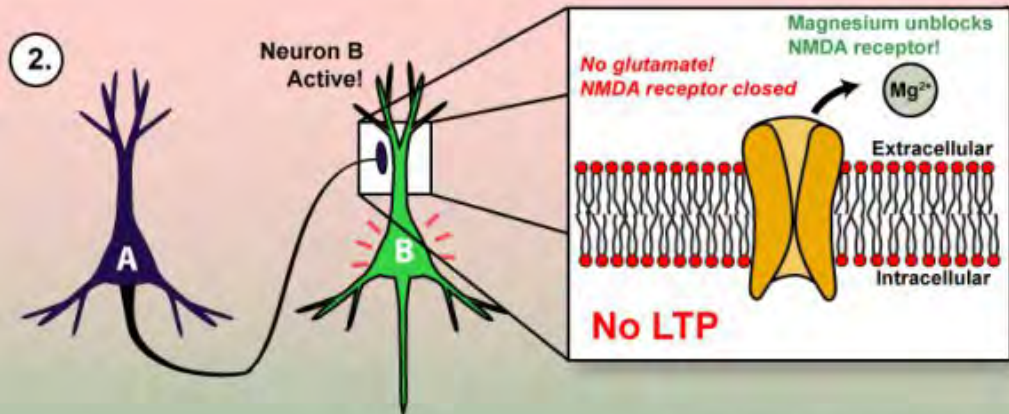
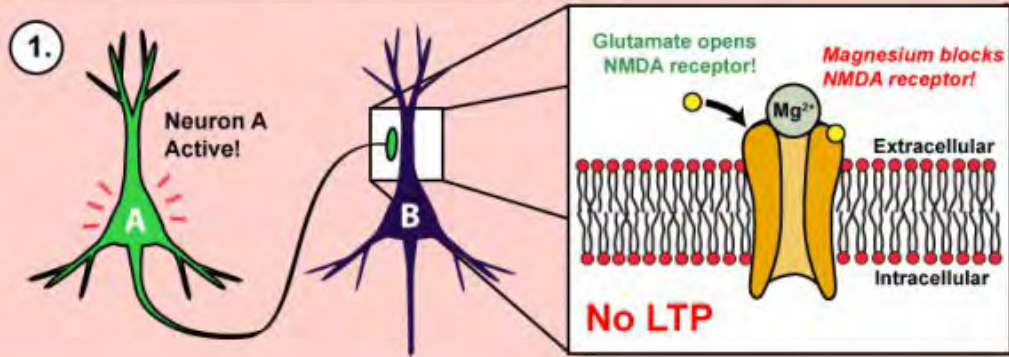
Cette « **backpropagation** », on l'avait mentionnée quand on avait parlé des **synapses électriques**.

Or il semble que dans plusieurs neurones, elle se déploie spontanément dans les dendrites les plus proches du corps cellulaire **à chaque fois que le neurone fait feu**, par l'entremise de canaux calciques sensibles au voltage.



What a Coincidence!

Magnesium, NMDA Receptors, and LTP



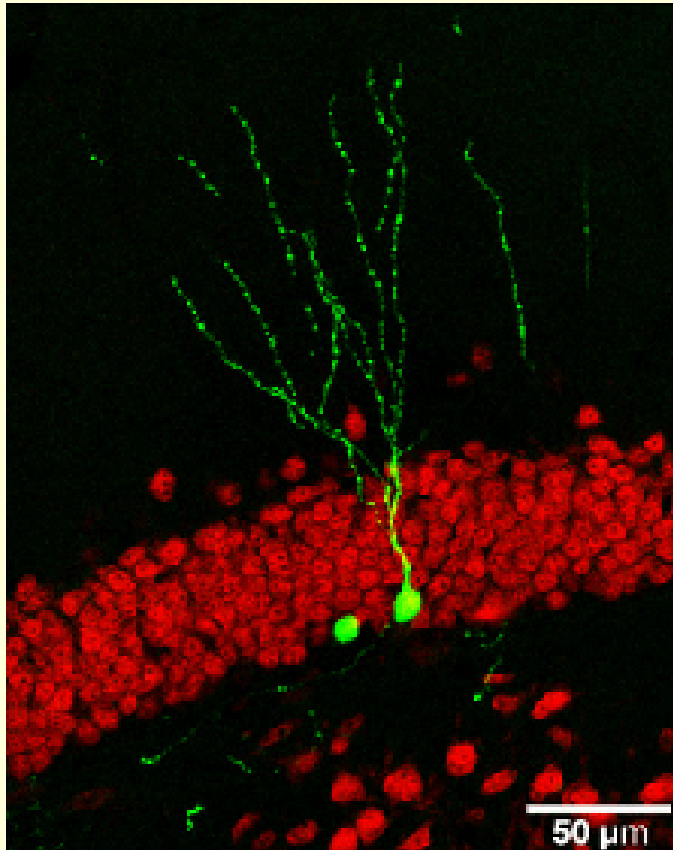
Neurogenèse

Depuis plus d'un siècle, on tenait pour un **dogme** le fait qu'il ne se développait pas de nouveaux neurones dans le cerveau humain adulte.

On naissait avec notre stock maximal de neurones, et celui-ci ne faisait que décroître tout au long de notre vie...

En **1992** et **1993**, Elizabeth Gould mentionne dans deux articles plusieurs signes de la naissance de nouveaux neurones dans **l'hippocampe de rat adulte.**

Depuis une quinzaine d'années, on sait que certaines parties du cerveau des primates, y compris l'être humain, maintiennent leur capacité de **produire de nouveaux neurones** durant toute la vie **adulte.**



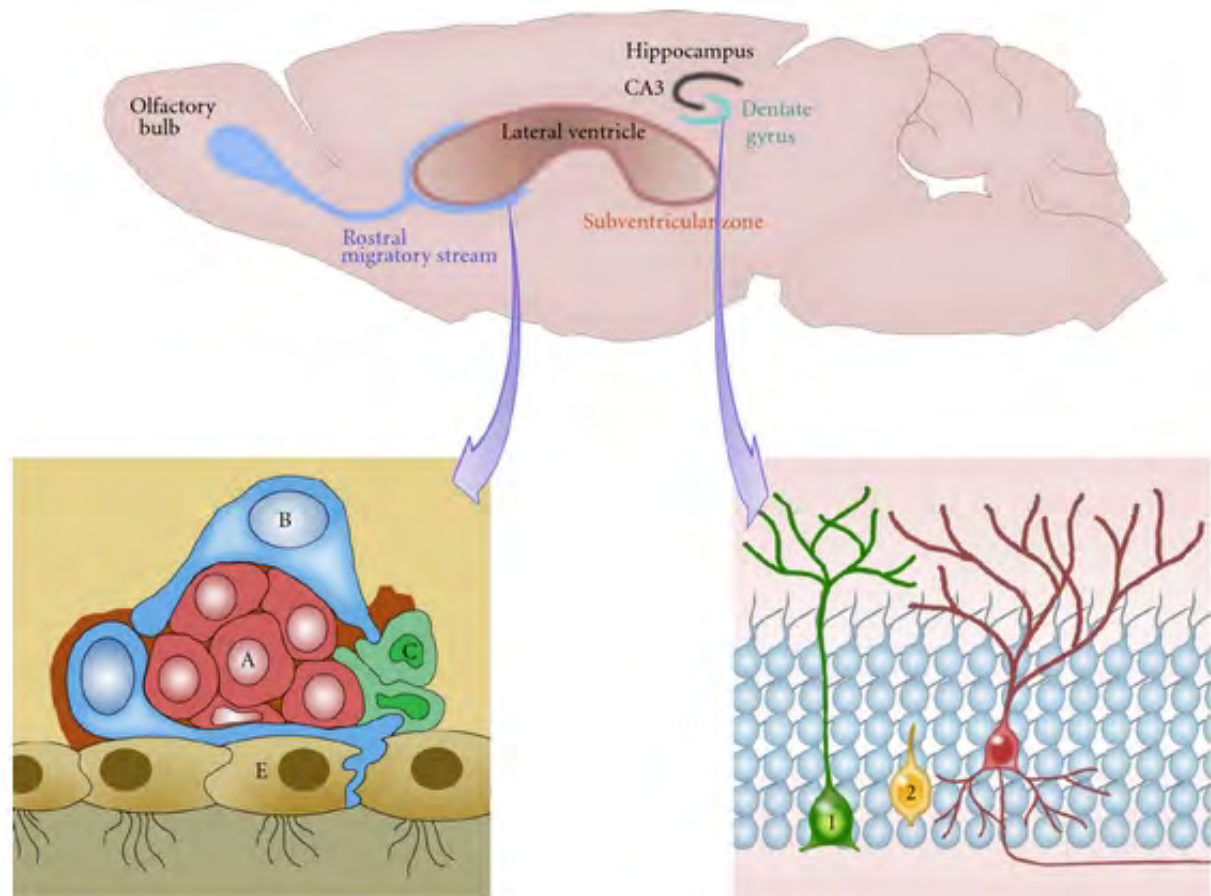
Nouveau neurone apparu dans l'hippocampe d'une souris adulte.

La neurogenèse se déroulerait principalement dans deux régions du cerveau des mammifères **adultes**, dont l'être humain :

1) Le gyrus dentelé de l'hippocampe

(cerveau de rat)

2) La zone sous-ventriculaire,
(située sous la paroi
des ventricules latéraux)



Après des travaux s'échelonnant sur plus d'une décennie,
une équipe suédoise a publié :

Dynamics of Hippocampal Neurogenesis in Adult Humans

Kirsty L. Spalding et al., Volume 153, Issue 6, 6 June
2013, Pages 1219–1227

Le BLOGUE du CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2013/07/01/sur-les-epaules-de-darwin/>



par **Jean-Claude Ameisen**
le samedi de 11h05 à 12h

sur les épaules de Darwin

- accueil
- écoutez le direct
- programmes
- émissions
- chroniques

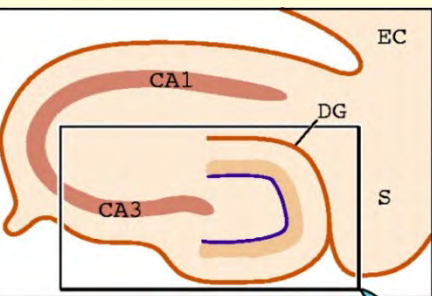


Après des travaux s'échelonnant sur plus d'une décennie,
une équipe suédoise a publié :

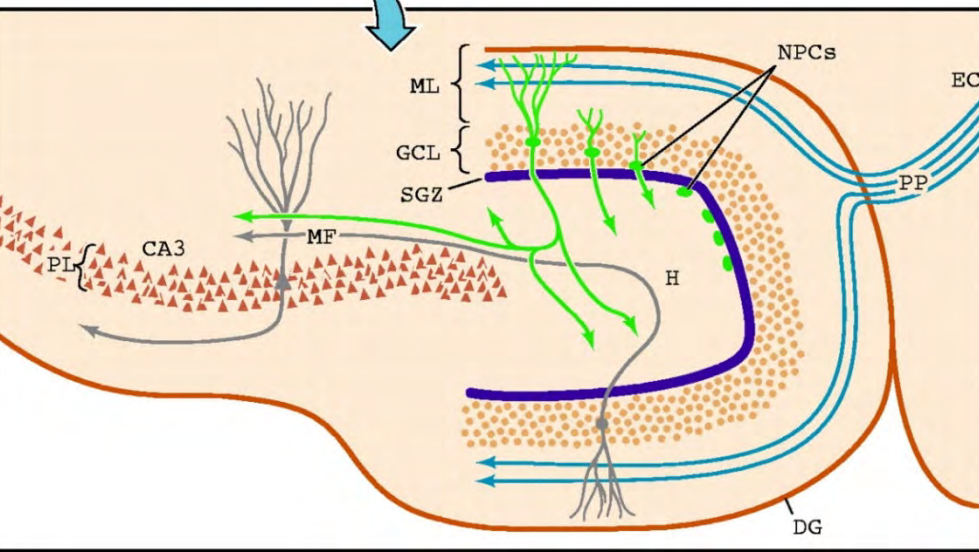
Dynamics of Hippocampal Neurogenesis in Adult Humans

Kirsty L. Spalding et al., Volume 153, Issue 6, 6 June
2013, Pages 1219–1227

Dans le gyrus
denté de
l'hippocampe (DG)

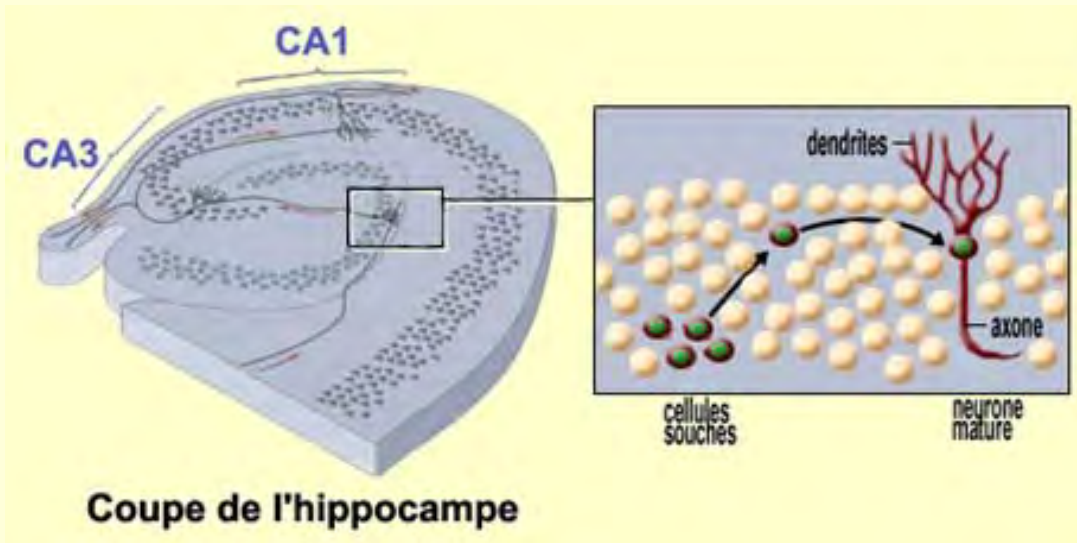


- environ 700 cellules se différencient en nouveaux neurones chaque jour dans chacun de nos hippocampes,



- soit 250 000 par année
(ou près de 2% de la population neuronale de l'hippocampe par année)

- près du tiers des cellules nerveuses de l'hippocampe subiraient ce renouvellement au cours d'une vie.

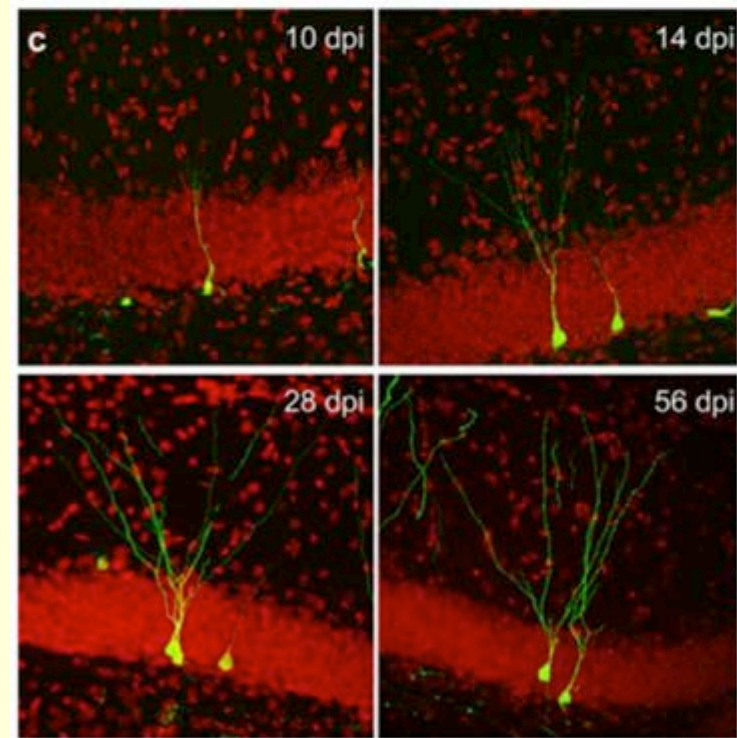


Autres données intéressantes sur la neurogenèse dans l'hippocampe :

- le stress, qui est un facteur aggravant de la dépression, **diminue** la neurogenèse.
- les antidépresseurs, qui améliorent souvent les symptômes de la dépression, **augmentent** aussi la neurogenèse.
- L'exercice, qui améliore le moral des sujets normaux comme des personnes en dépression, **favorise** la neurogenèse.

Au moins un rôle fonctionnel possible pour la neurogenèse :

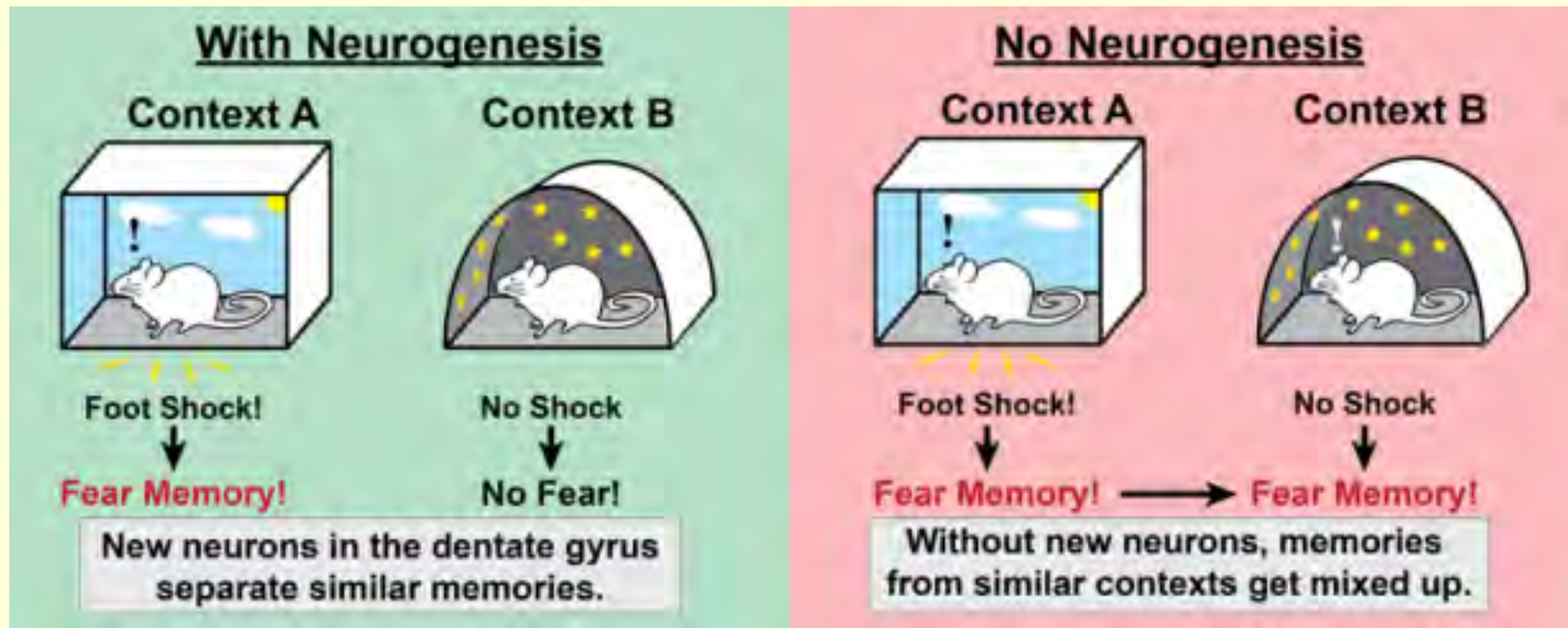
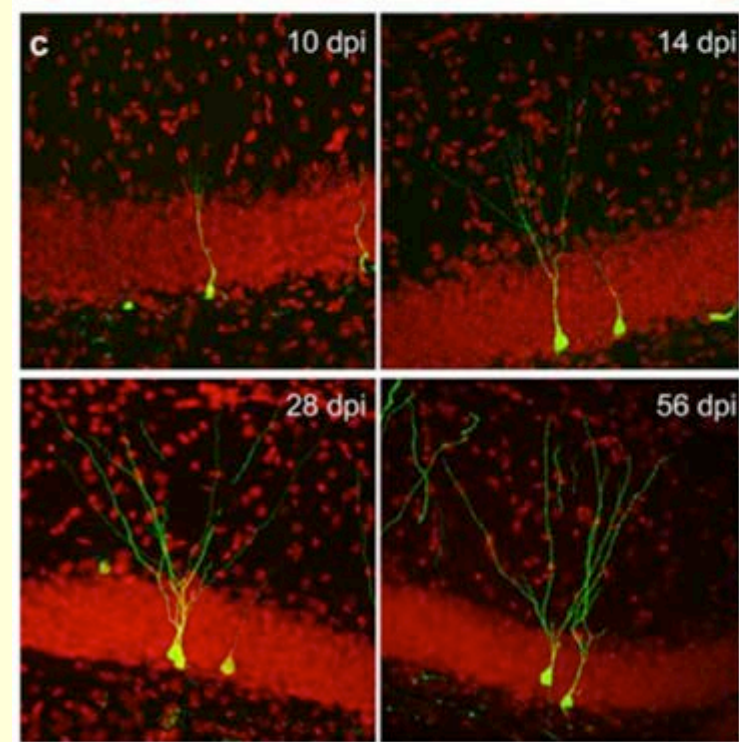
elle permettrait de mieux discerner deux souvenirs formés dans des contextes similaire (“**pattern separation**”).



Resolving New Memories: Adult Neurogenesis

<http://knowingneurons.com/2014/02/05/resolving-new-memories-adult-neurogenesis/>

Susumo Tonegawa a démontré (2012) que si l'on empêche le gyrus dentelé de produire de nouveaux neurones, les souvenirs formés dans des contextes similaires deviennent flous et peuvent se confondre.



Différentes sous-régions de l'hippocampe peuvent être **activées lors d'une tâche donnée** alors que l'information circule à travers les circuits de l'hippocampe.

Mais chaque sous-région performerait également des **opérations computationnelles distinctes**,

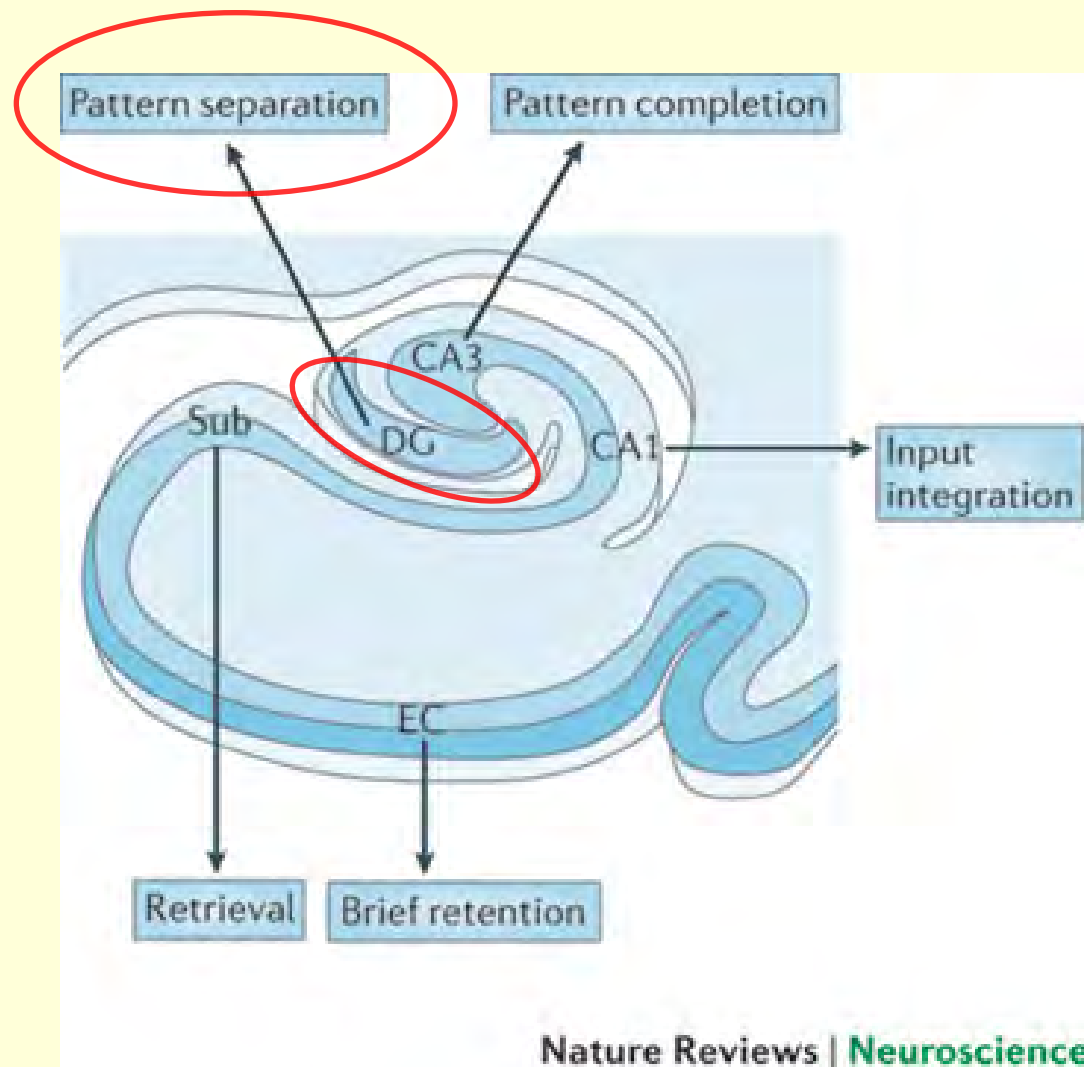
ce que cet article propose :

A proposed 'functional map' of the hippocampal circuit.

In : [A pathophysiological framework of hippocampal dysfunction in ageing and disease](#)

Scott A. Small, Scott A. Schobel, Richard B. Buxton, Menno P. Witter & Carol A. Barnes

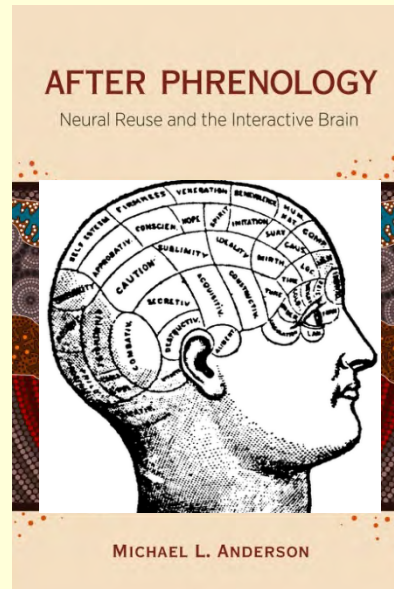
Nature Reviews Neuroscience 12, 585-601 (October **2011**)



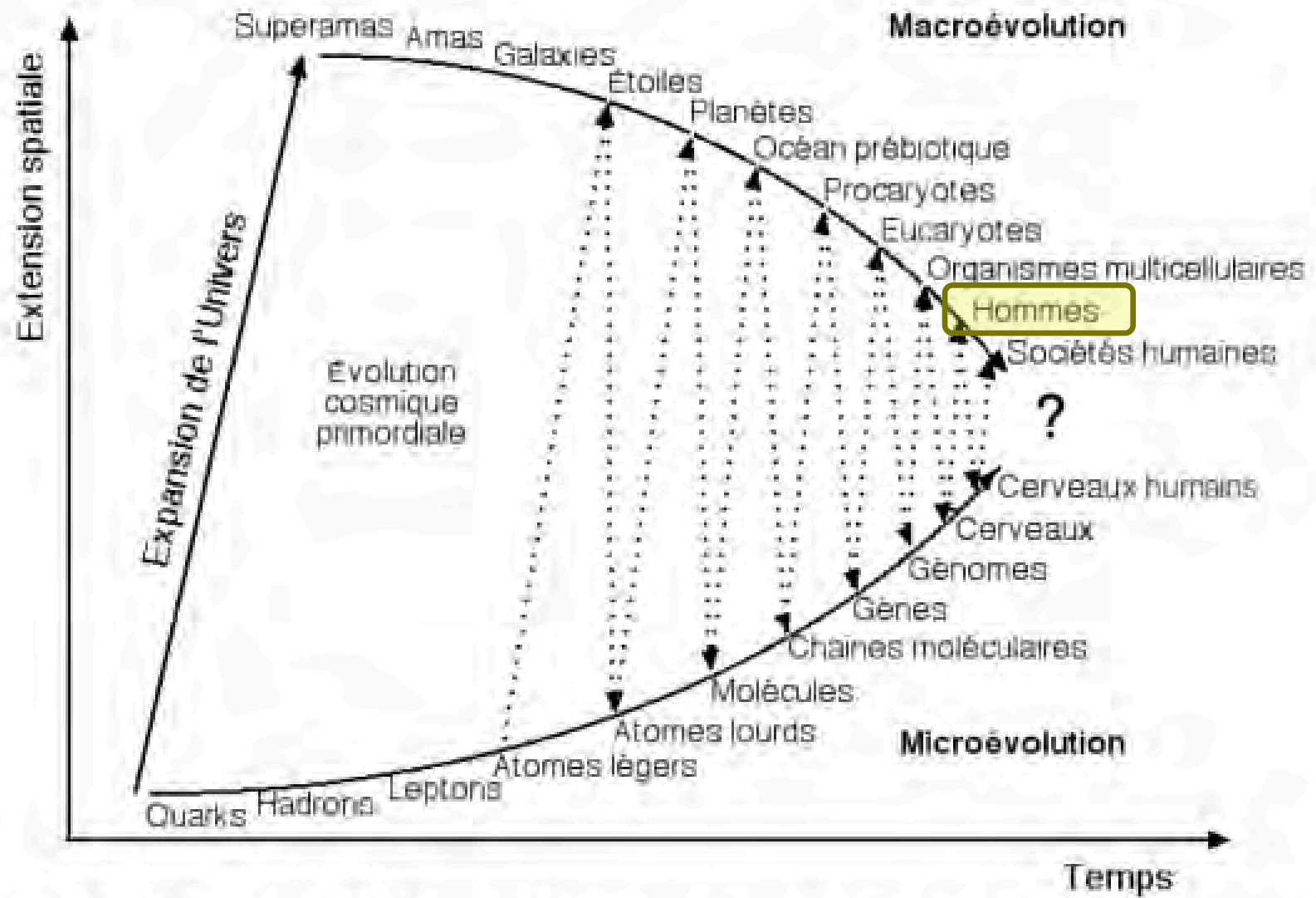
Nature Reviews | **Neuroscience**

Différentes sous-régions de l'hippocampe peuvent être **activées** lors d'une tâche donnée alors que l'information circule à travers les circuits de l'hippocampe.

Mais chaque sous-région performerait également des **opérations computationnelles distinctes**,



Débat sur la **spécificité** des **régions** **cérébrales** que nous aborderons dans un instant...

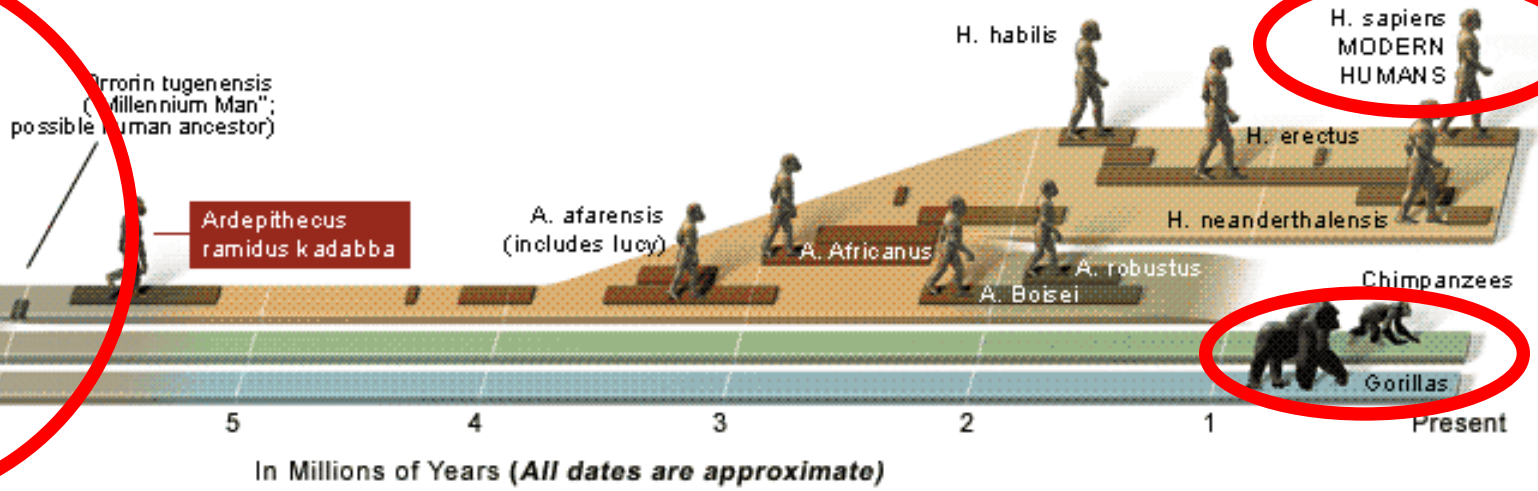


D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.

A WALK THROUGH HUMAN EVOLUTION

The newest fossils have brought scientists tantalizingly close to the time when humans first walked upright—splitting off from the chimpanzees. Their best guess now is that it happened at least 6 million years ago [Click here to read the cover story >>](#)

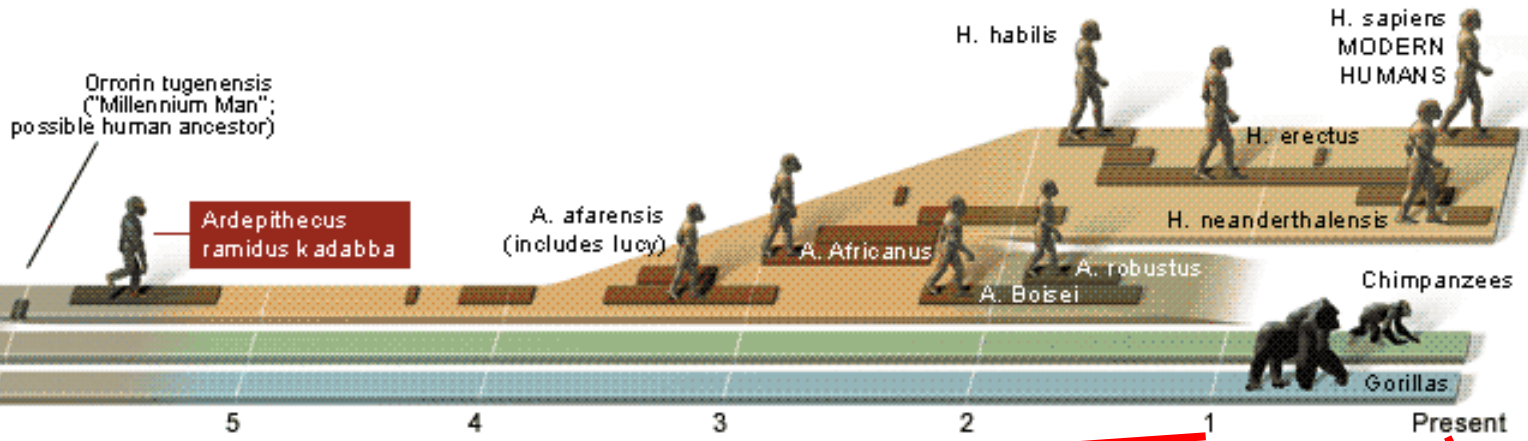
LAST COMMON ANCESTOR
It should have a mosaic of features reminiscent of both apes and humans—but that's true of several species already found, so identification might be tough



A WALK THROUGH HUMAN EVOLUTION

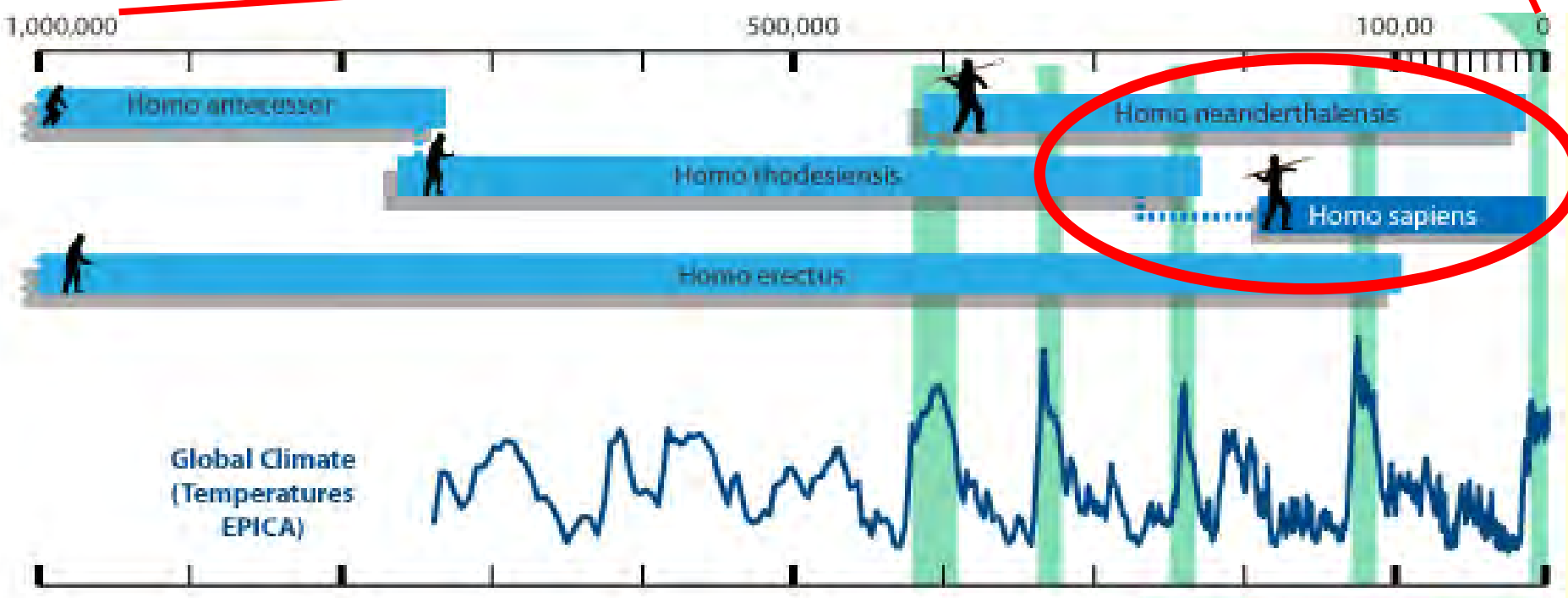
The newest fossils have brought scientists tantalizingly close to the time when humans first walked upright—splitting off from the chimpanzees. Their best guess now is that it happened at least 6 million years ago [Click here to read the cover story >>](#)

LAST COMMON ANCESTOR
It should have a mosaic of features reminiscent of both apes and humans—but that's true of several species already found, so identification might be tough



Timeline by Joe Lertola

In Millions of Years (All dates are approximate)



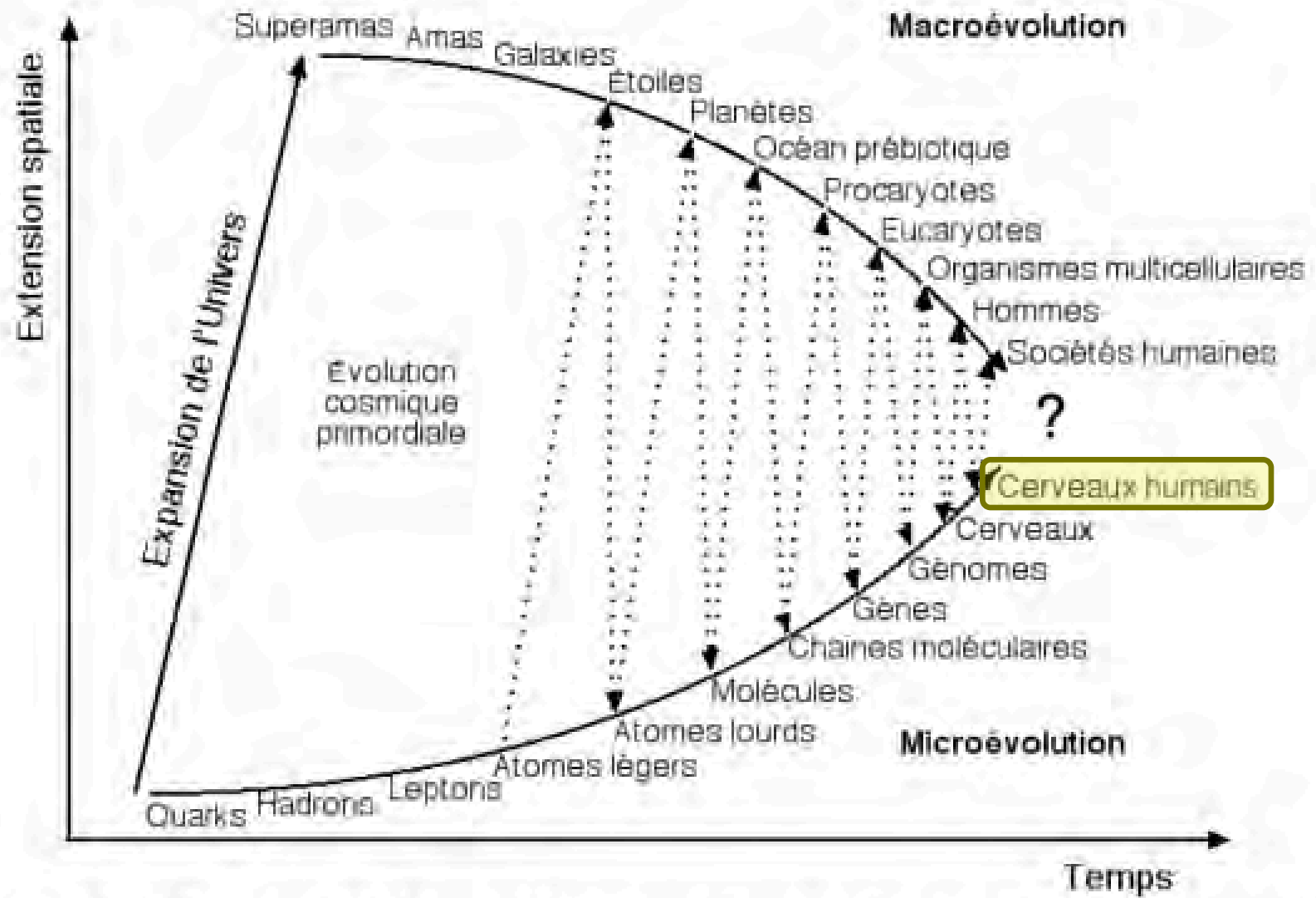
Les révélations du génome néandertalien

<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2013/12/23/les-revelations-du-genome-neandertalien/>

Il semble par exemple maintenant à peu près certain, suite aux résultats obtenus en **décembre 2013**, que **certains de nos ancêtres Homo sapiens se sont reproduits avec des néandertaliens**, une question qui demeurait débattue jusqu'alors.

La présence de **1,5 à 2,1% de gènes de néandertaliens** dans notre génome témoignant de cette reproduction croisée.





D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.

Plan (très) général

I- Évolution

II- Neurones

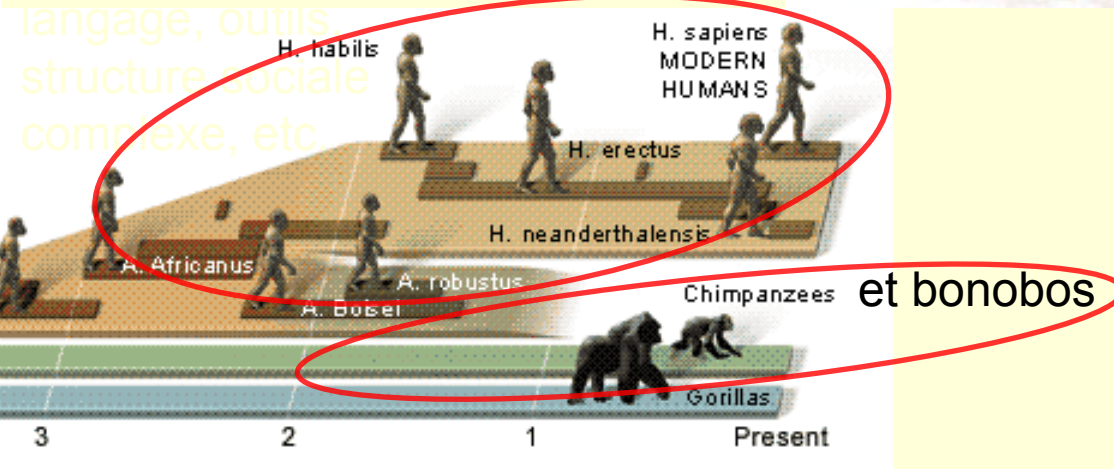
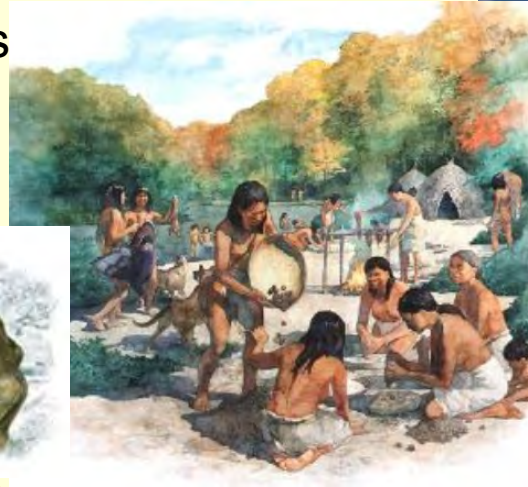
III- Mémoires

IV- Réseaux cérébraux

V- Conscience & Langage

Mais rien de comparable aux transformations cognitives chez les hominidés durant à peine plus longtemps (3 millions d'années)

- langage, outils, structure sociale complexe, etc.



CHIMPANZEE vs BONOBO

WHICH TEAM ARE YOU ON?

War, violence & **MEN** rule

Peace, love & **WOMEN** rule



Évolution divergente chimpanzés / bonobos
il y a **1-2 millions d'année** a donné :

- organisation sociale différente (bonobos: matriarcale; chimpanzé: dominée par mâle alpha)
- utilisation d'outils présente chez l'un (chimpanzé) mais pas chez l'autre.

MAINTENANT EN LIBRAIRIE



Bernard CHAPAIS

LIENS DE SANG

Aux origines biologiques de la société humaine

Essai · 368 pages · 29,95 \$ · PDF et ePub : 21,99 \$



8 novembre 2015

L'auteur des Années lumière :

Liens de sang avec Bernard Chapais

http://ici.radio-canada.ca/emissions/les_annees_lumiere/2011-2012/chronique.asp?idChronique=388800

Liens de sang

Aux origines biologiques de la société humaine

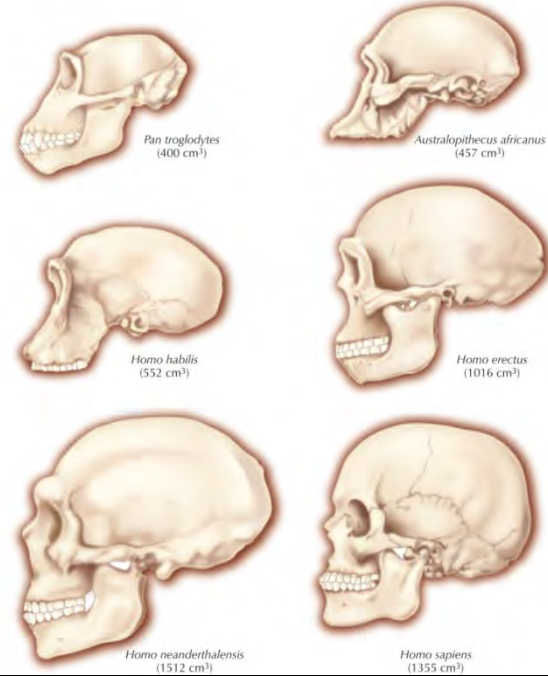
<http://www.editionsboreal.qc.ca/catalogue/livres/liens-sang-2457.html>



L'expansion cérébrale

qui nous sépare des grands singes
peut être une part de l'explication
derrière ces changements cognitifs
spectaculaires.

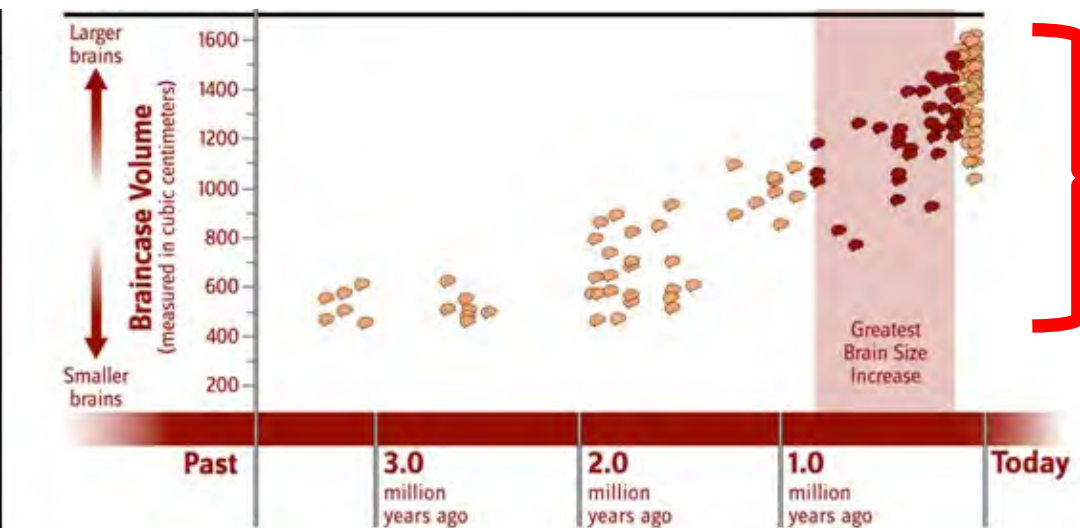
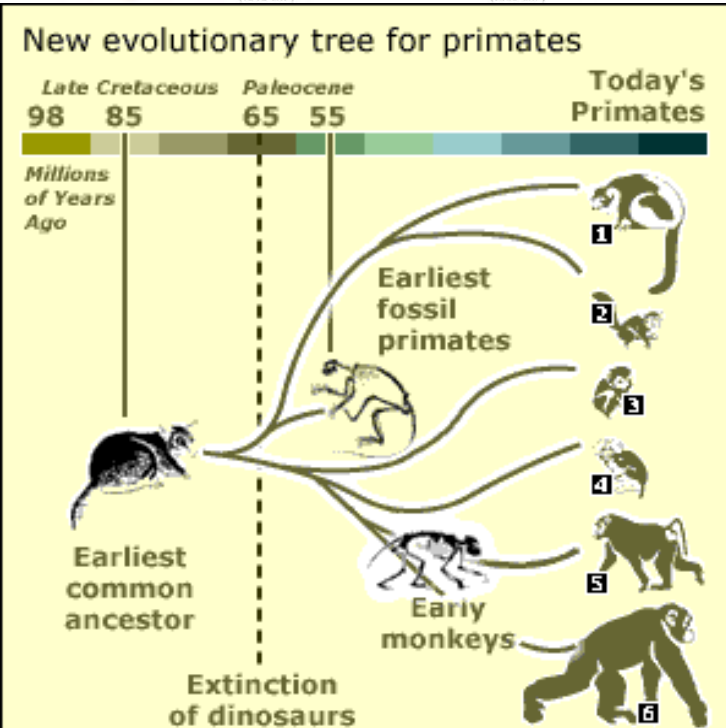
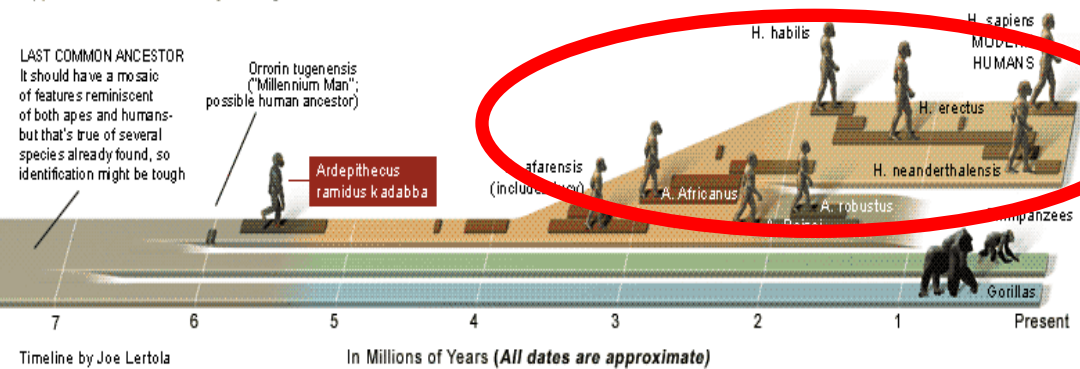




En moins de 4 millions d'années, un temps relativement court à l'échelle de l'évolution, le cerveau des hominidés va donc **trippler** de volume par rapport à celui qu'il avait acquis en 60 millions d'années d'évolution des primates.

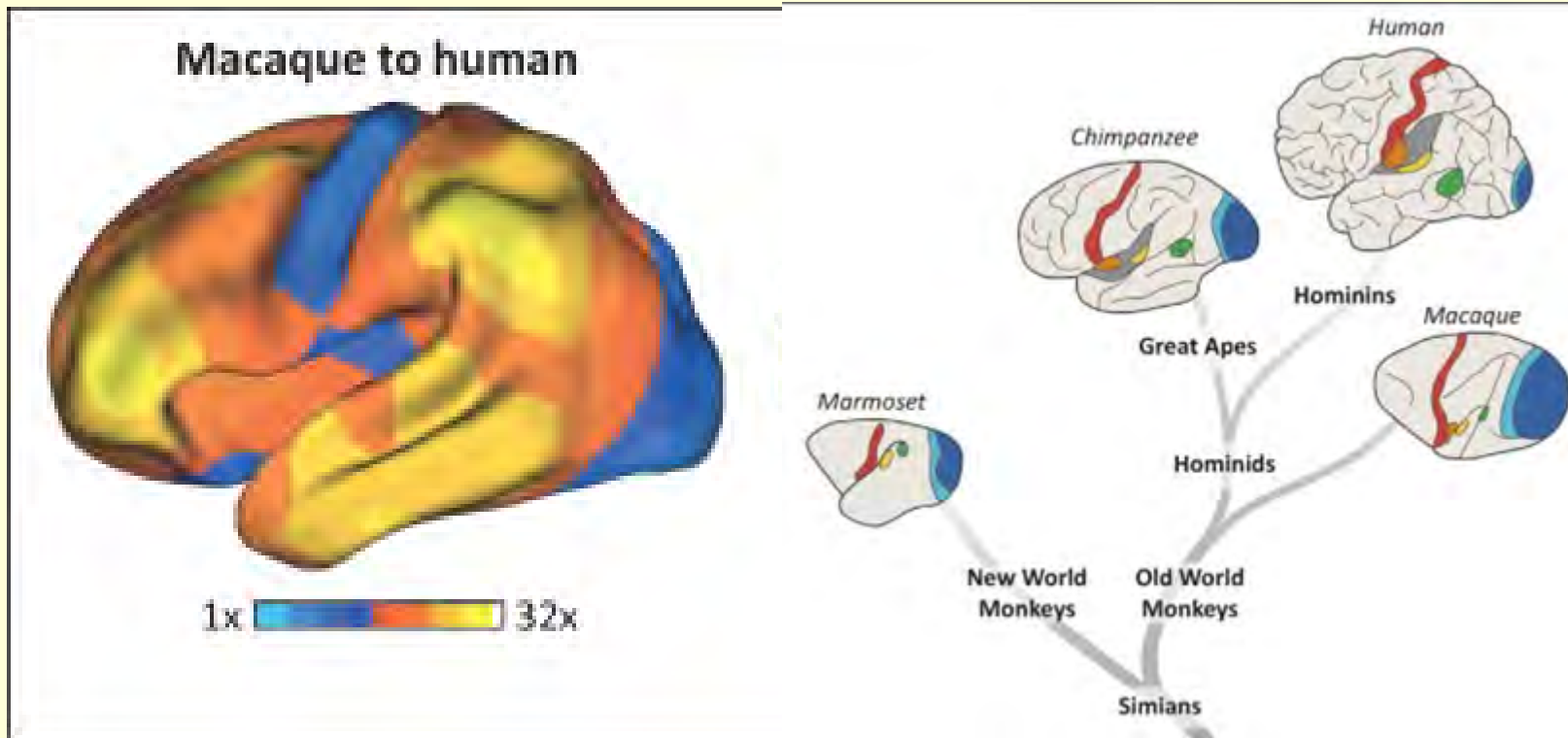
A WALK THROUGH HUMAN EVOLUTION

The newest fossils have brought scientists tantalizingly close to the time when humans first walked upright—splitting off from the chimpanzees. Their best guess now is that it happened at least 6 million years ago [Click here to read the cover story >>](#)



Graphs showing changes in climate and changes in braincase volume.

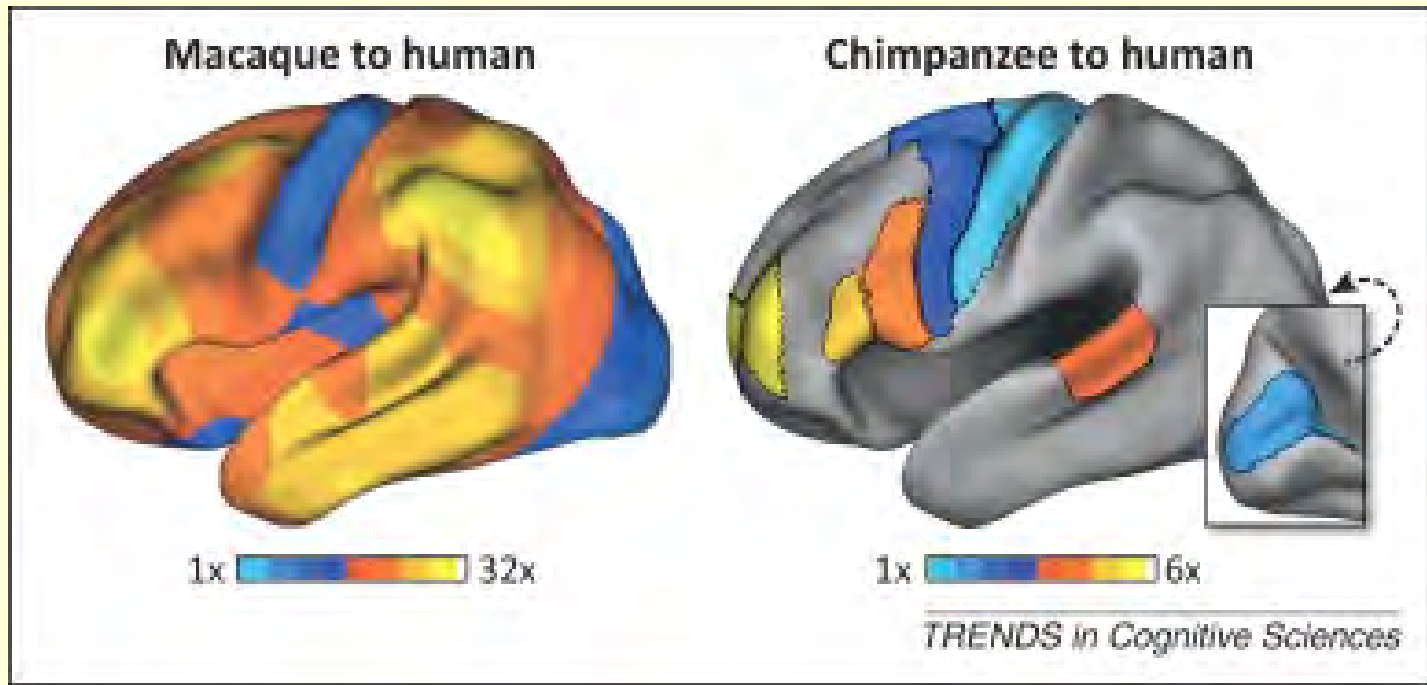
C'est durant la transition des primates à l'humain que le **néocortex s'est le plus développé**.



Les couleurs représentent ici la valeur de l'augmentation de surface nécessaire pour que chaque région soit transposée du cerveau de **macaque** et du cerveau de **chimpanzé** au **cerveau humain**.

(notre ancêtre commun avec le macaque auraient vécu il y a environ 25 millions d'années).

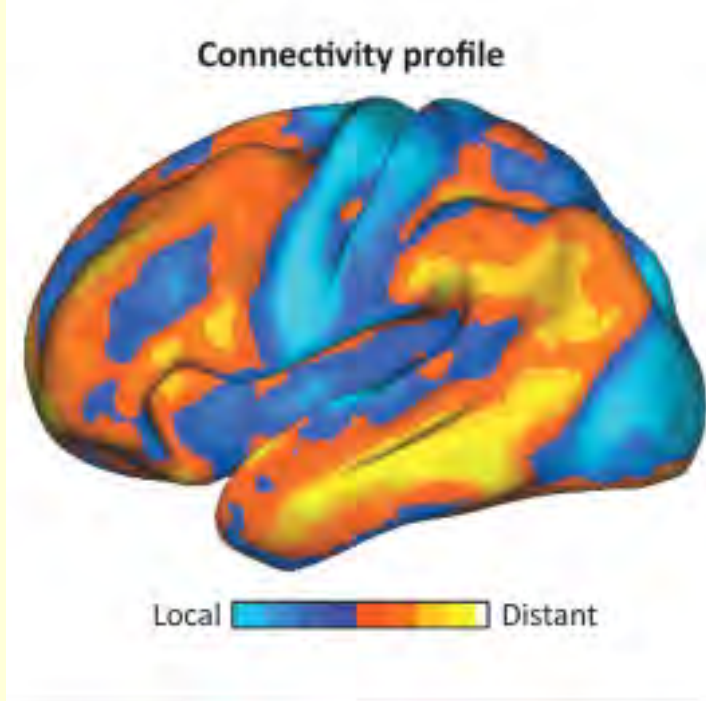
C'est durant la transition des primates à l'humain que le **néocortex s'est le plus développé**.



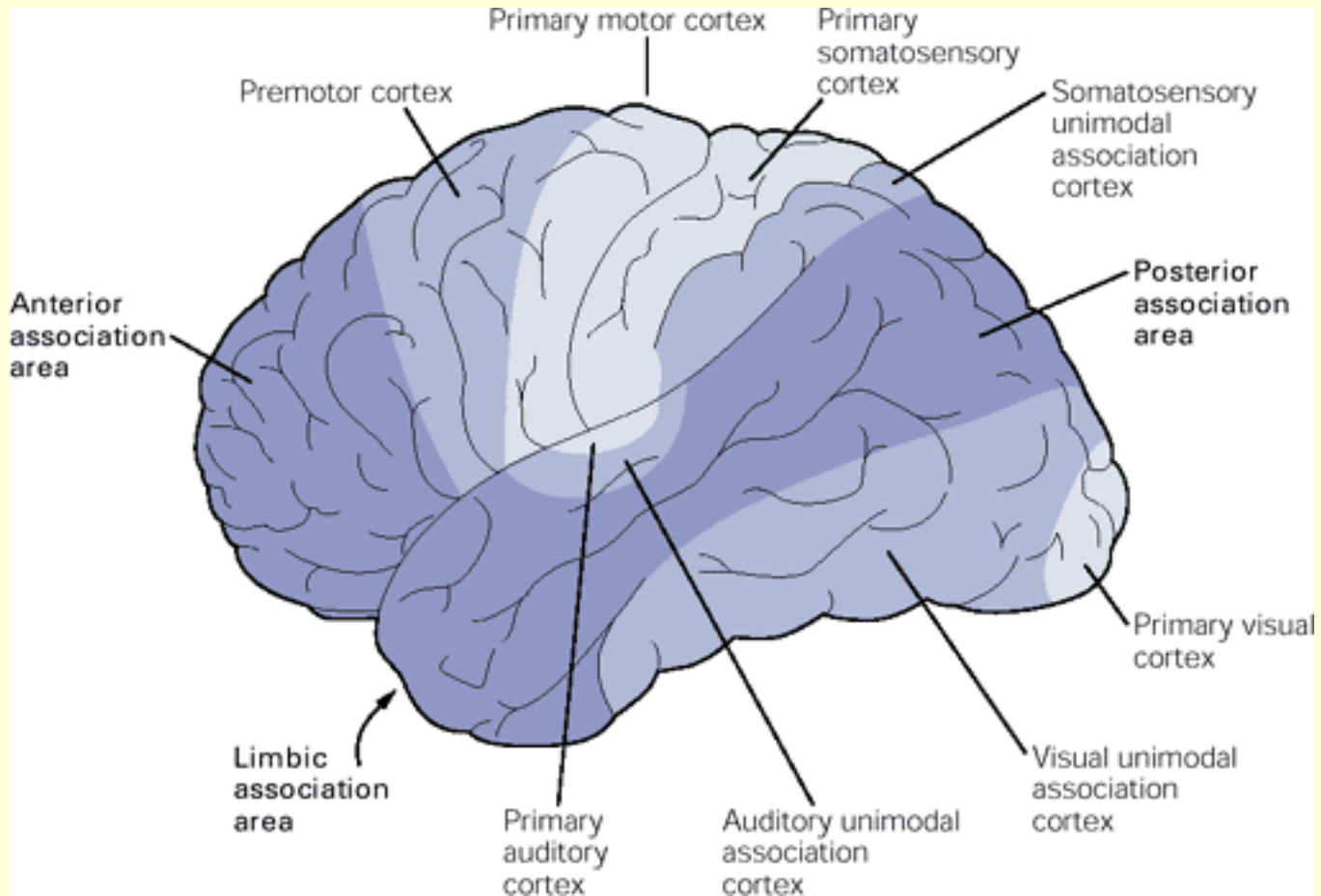
Les couleurs représentent ici la valeur de l'augmentation de surface nécessaire pour que chaque région soit transposée du cerveau de **macaque** et du cerveau de **chimpanzé** au **cerveau humain**.

(dont notre ancêtre commun avec le premier auraient vécu il y a environ 25 millions d'années et 5-7 millions d'années pour le second).

Ces réseaux des aires associatives ont aussi tendance à avoir des **connexions distantes plutôt que locales** (comme c'est le cas dans les aires sensorimotrices).



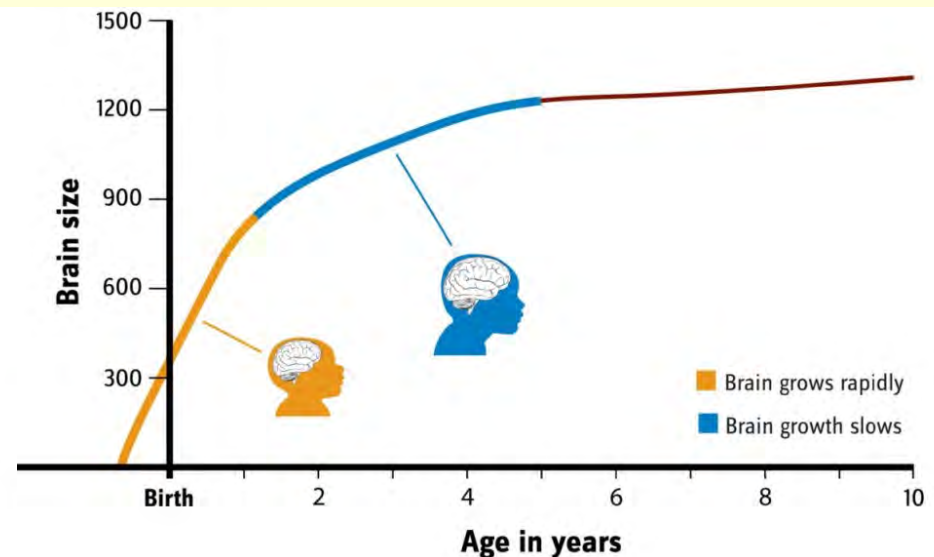
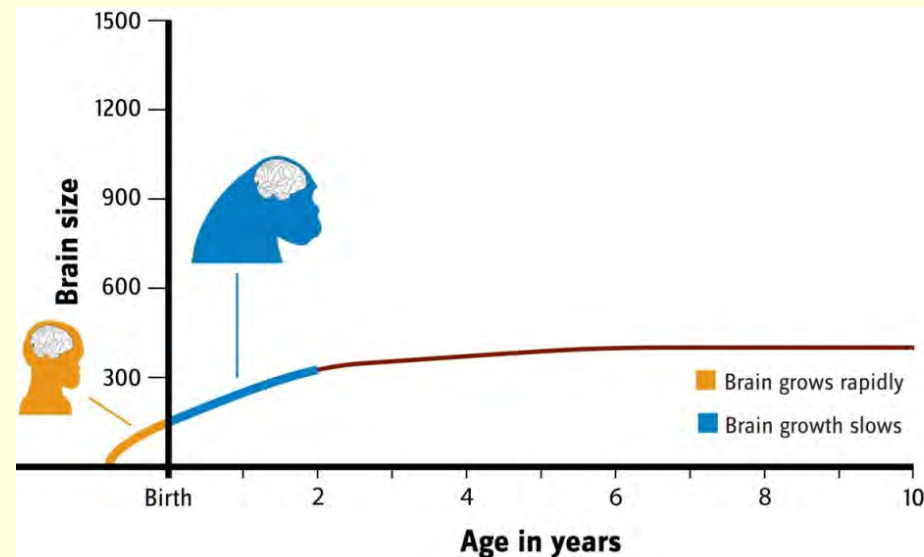
En résumé, l'expansion rapide du cortex chez l'humain a fait émerger de large portions de **cortex dit « associatif »** plus ou moins détachées des cortex sensoriels.



En résumé, l'expansion rapide du cortex chez l'humain a fait émerger de large portions de **cortex dit « associatif »** plus ou moins détachées des cortex sensoriels.

Ce vaste cortex humain est donc largement constitué de :

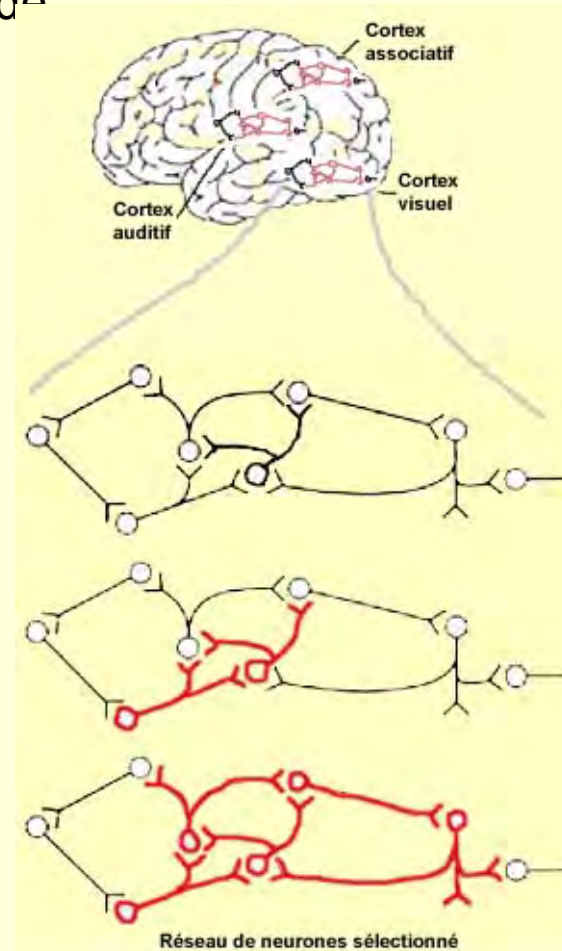
- **réseaux associatifs** interconnectés et distribués
- qui se mettent en place **tardivement** durant le développement



En résumé, l'expansion rapide du cortex chez l'humain a fait émerger de large portions de **cortex dit « associatif »** plus ou moins détachées des cortex sensoriels.

Ce vaste cortex humain est donc largement constitué de :

- **réseaux associatifs** interconnectés et distribués
- qui se mettent en place **tardivement** durant le développement
- et qui sont grandement **dépendants d'influences extérieures** grâce à **leur importante plasticité** découlant de cette maturation lente et prolongée.



Et ce cortex, on a commencé à vouloir le cartographier il y a au moins deux siècles...



La phrénologie :

Hypothèse d'abord proposée en **1796** par le médecin autrichien **Franz Joseph Gall** (1758 - 1828).

1) Chaque fonction ou comportement humain a pour origine une région particulière du cerveau dédiée à cette seule fonction.

La compréhension du cerveau augmenterait donc en identifiant quelles parties sont responsables de quelles fonctions.





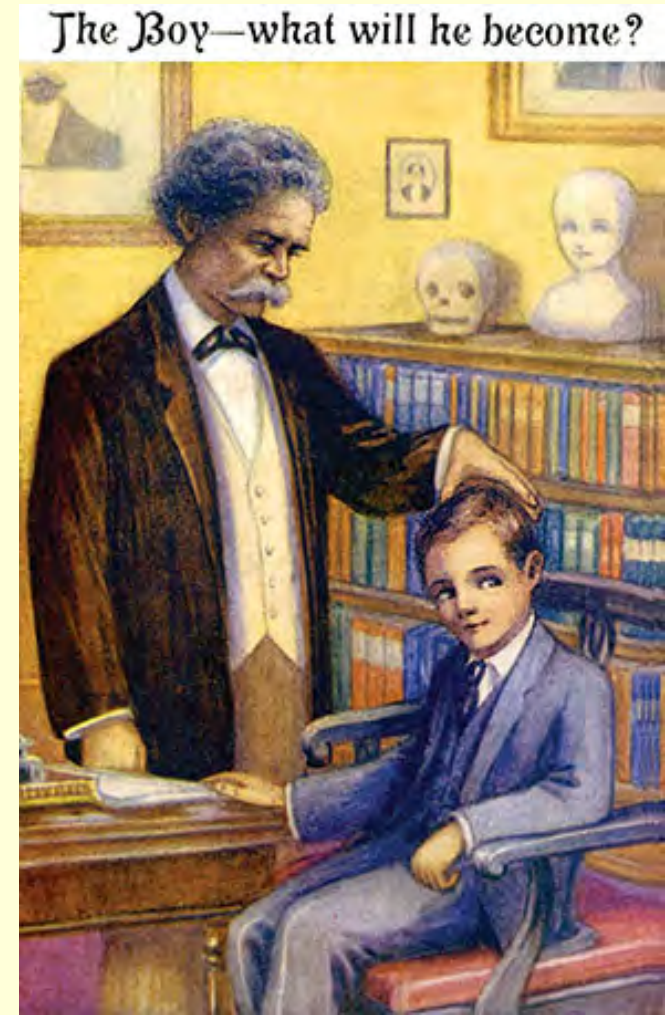
La phrénologie :

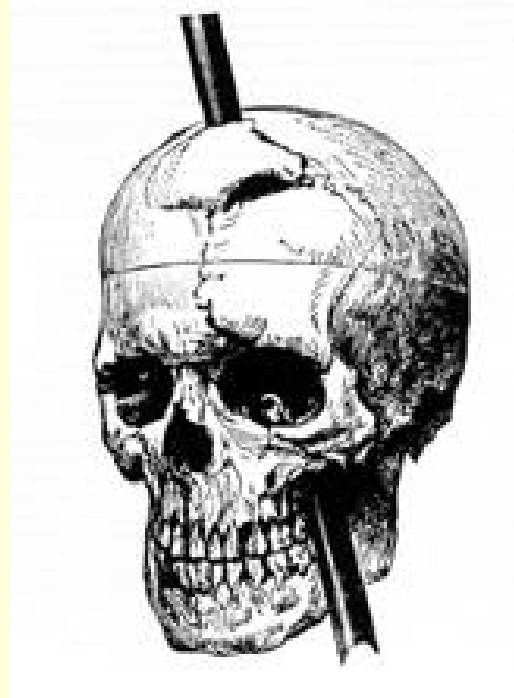
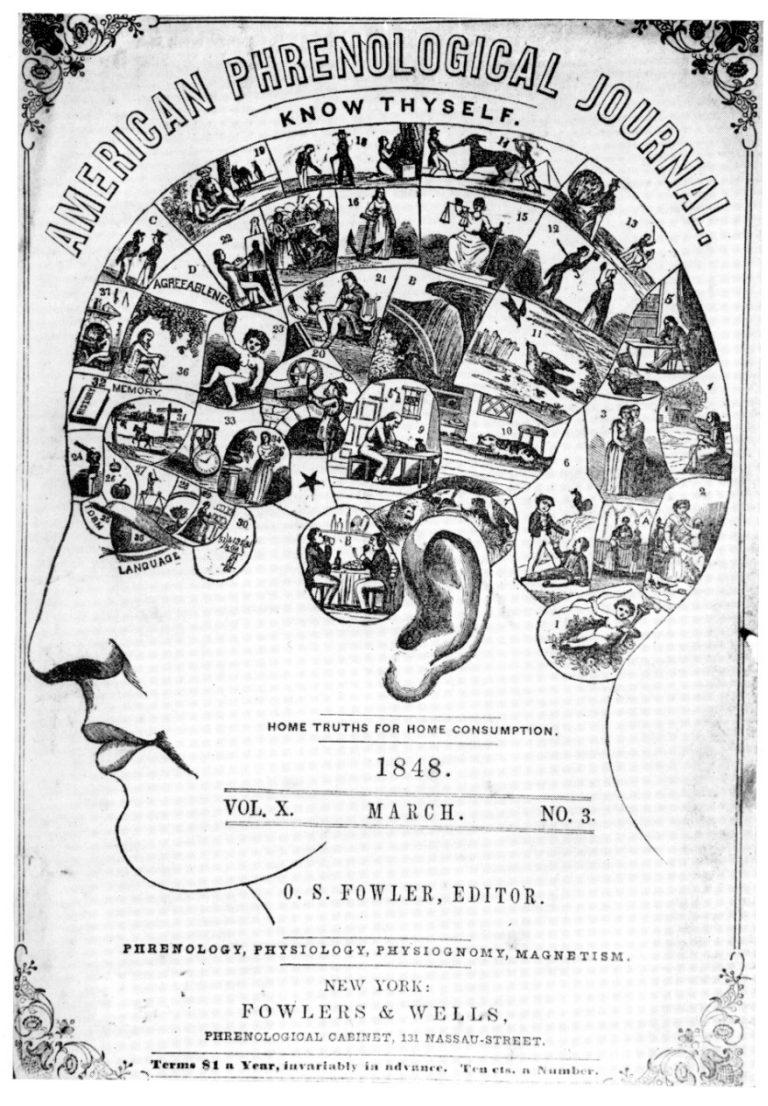
Hypothèse d'abord proposée en **1796** par le médecin autrichien **Franz Joseph Gall** (1758 - 1828).

1) Chaque fonction ou comportement humain a pour origine une région particulière du cerveau dédiée à cette seule fonction.

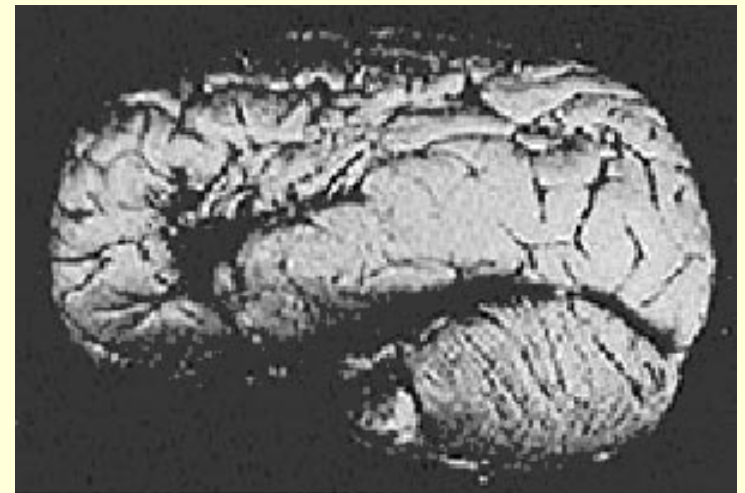
La compréhension du cerveau augmenterait donc en identifiant quelles parties sont responsables de quelles fonctions.

2) Les régions du cerveau qui correspondent aux fonctions qu'un individu utilisait beaucoup s'hypertrophient et produisent des bosses observables sur le crâne.





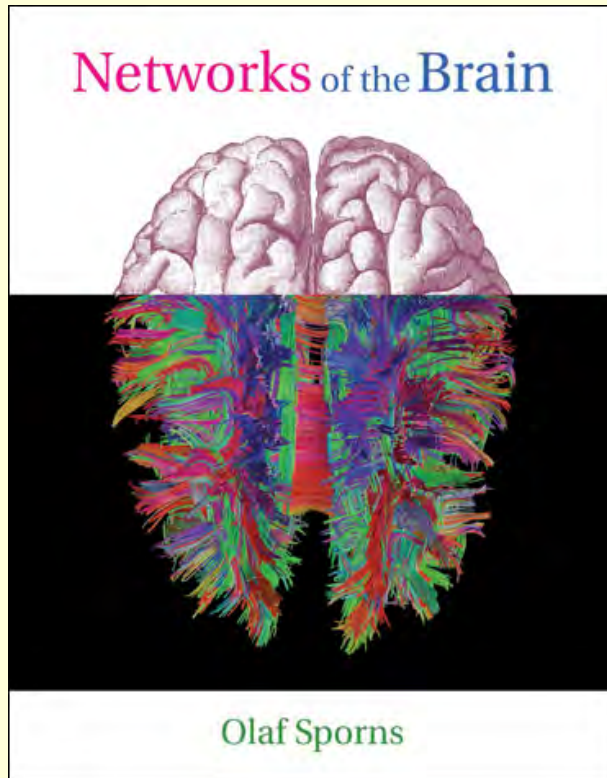
Phineas Gage,
1848



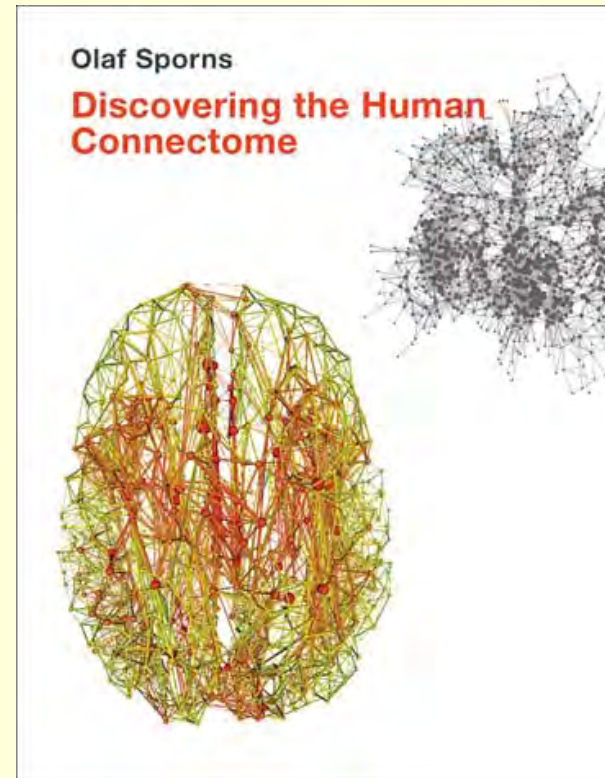
Le cerveau du patient Tan,
observé par Paul Broca en 1861

Connectome anatomique

Il y a, aujourd'hui, plusieurs grands projets qui tentent d'établir la carte des voies nerveuses du cerveau humain.



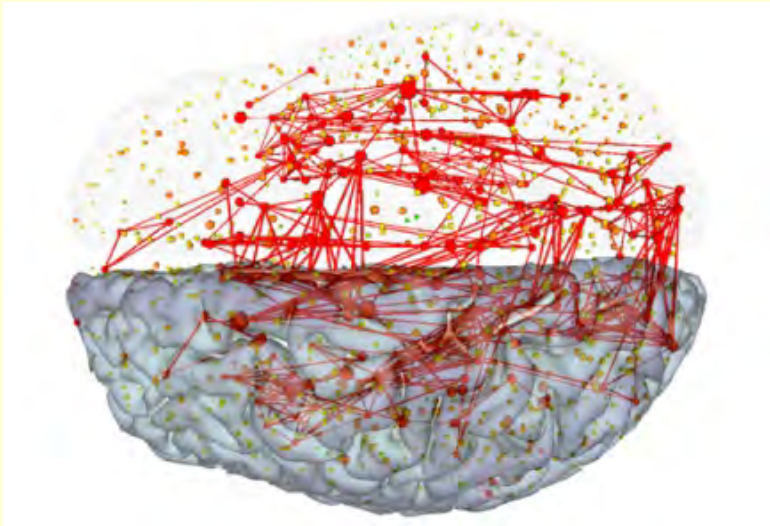
2010



2012

C'est l'idée d'établir une cartographie de ces réseaux densément interconnectés :

le « **connectome** » humain
(par analogie au génome).



*“The **connectome** is the complete description of the structural connectivity (the physical wiring) of an organism’s nervous system.”*

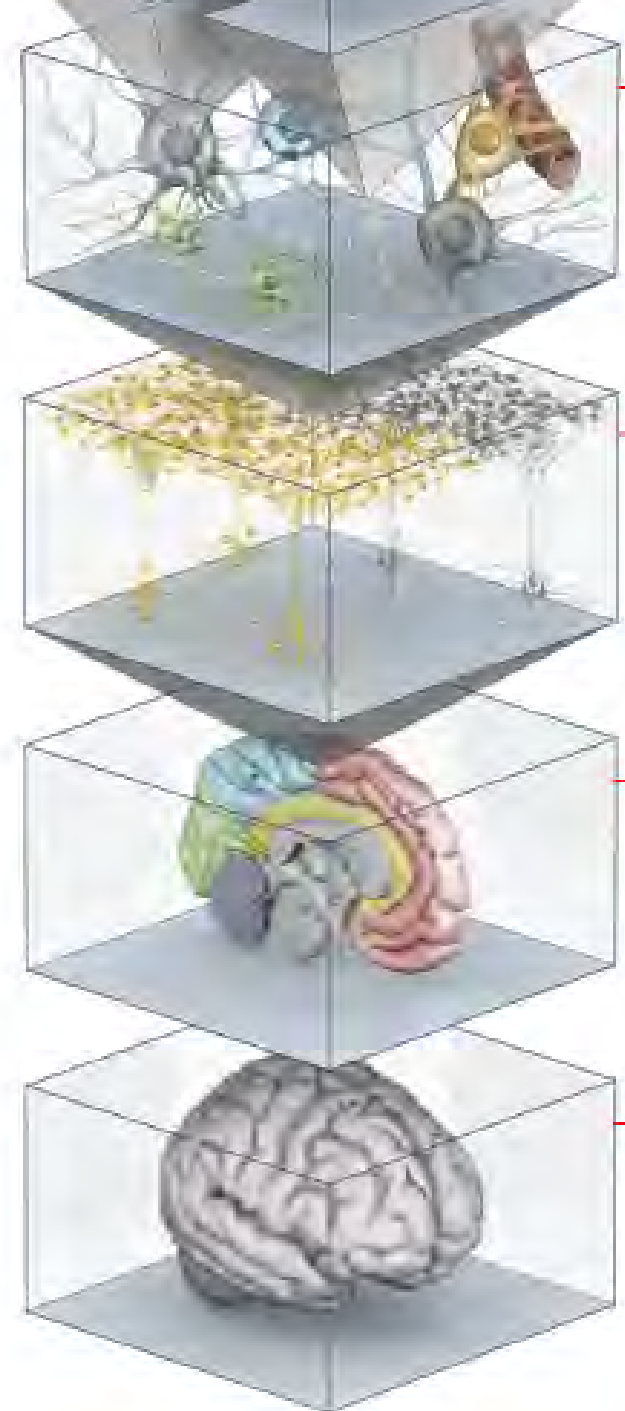
(Sporns et al., 2005, Hagmann, 2005),

Différentes approches
d'investigation
anatomique de ces
« réseaux densément
interconnectés » :

l'échelle « micro »

l'échelle « meso »

l'échelle « macro »



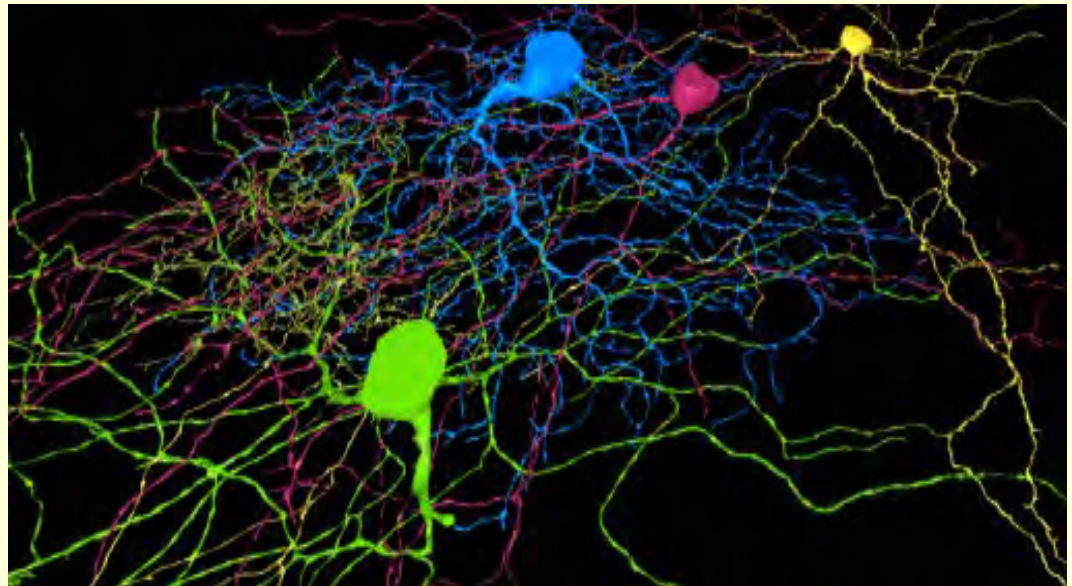
À l'échelle « micro » :

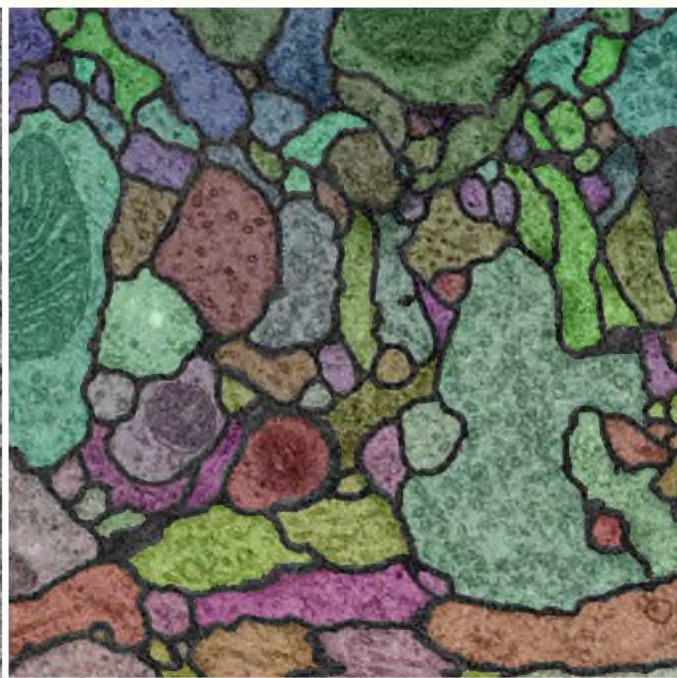
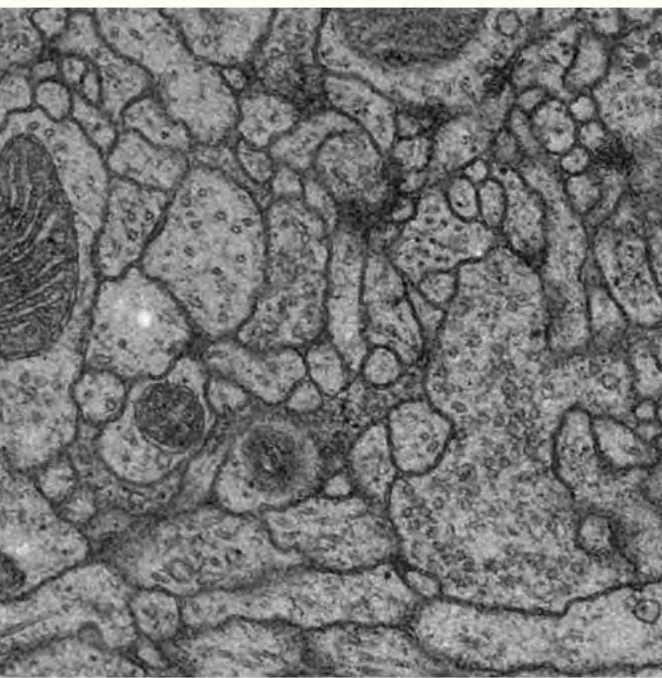
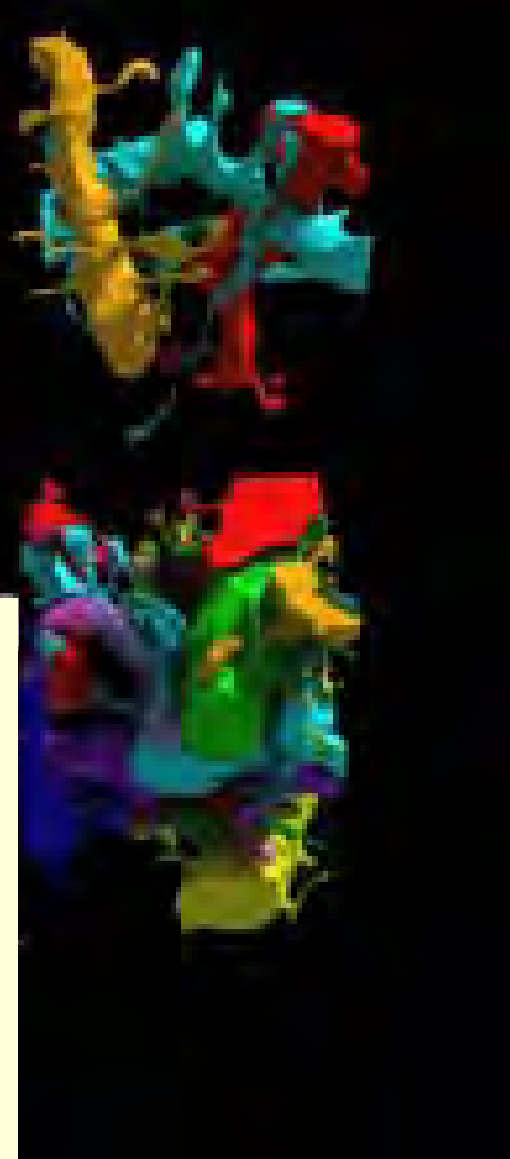
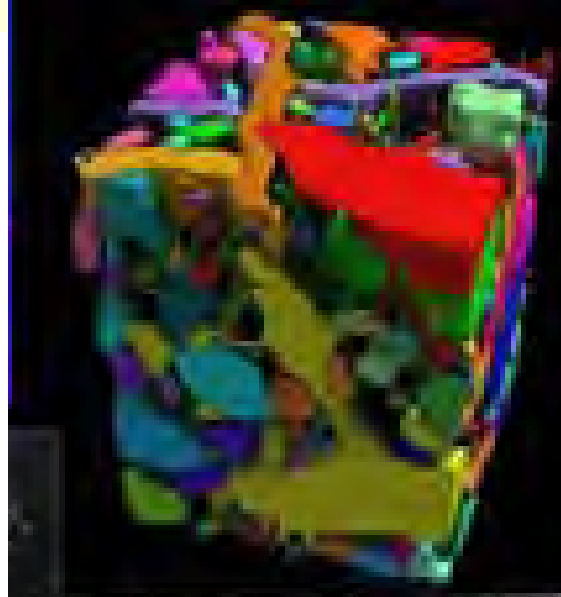
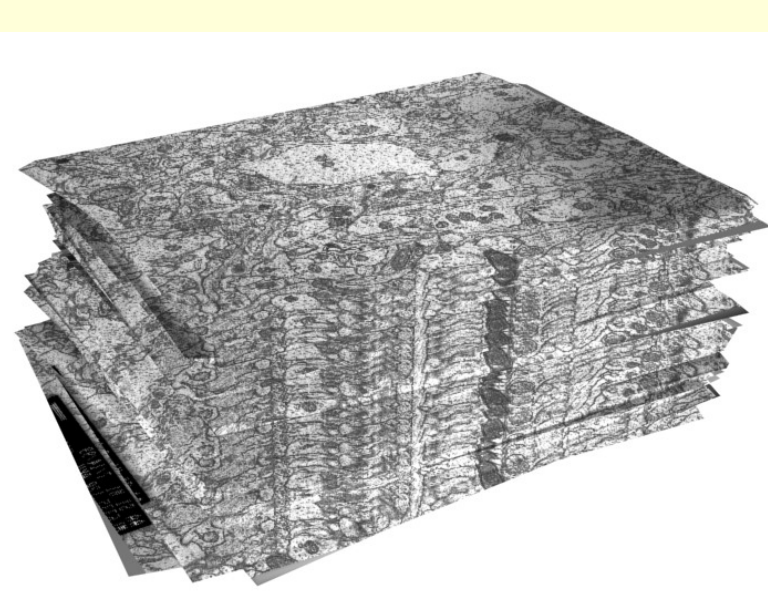
Le BLOGUE du CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

Aidez à cartographier nos connexions neuronales

<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2013/06/10/aidez-a-cartographier-nos-connexions-neurones/>

« **EyeWire** », mené par **Sebastian Seung**, que l'on pourrait traduire par « le câblage de l'œil », se concentre uniquement sur un sous-groupe de **cellules ganglionnaires de la rétine** appelées « cellules J » et fait appel au public.

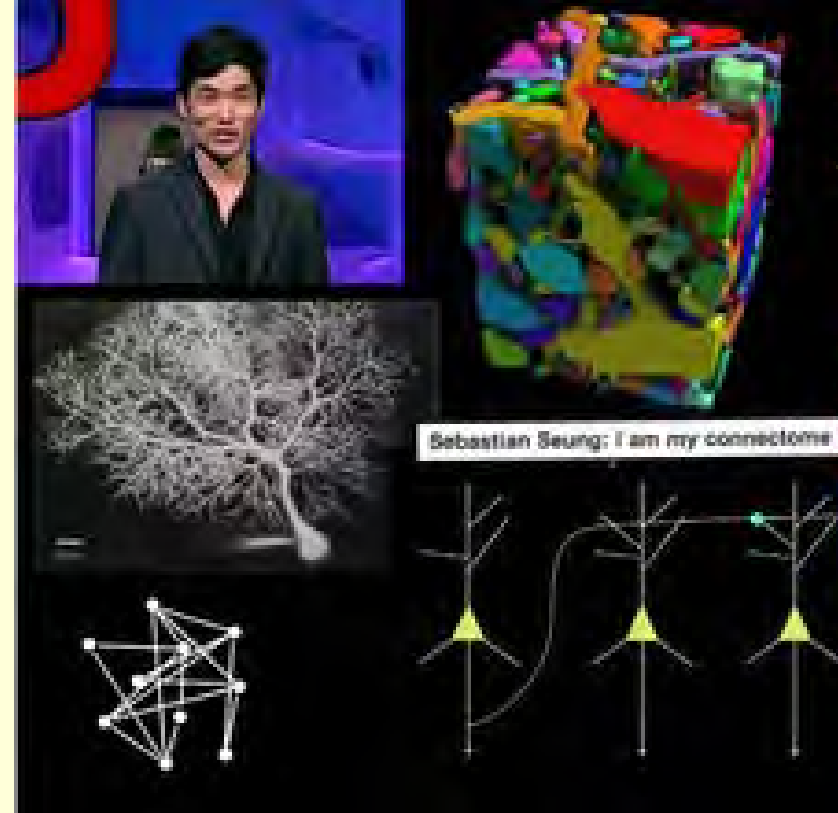




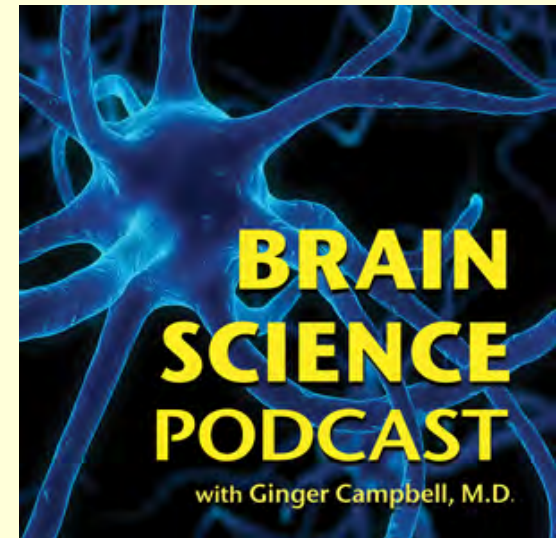
C'est de ce point de vue **microscopique** (c'est-à-dire où précisément, et comment, les axones et les épines dendriques se connectent) que Seung va critiquer par exemple le Blue Brain Project de Markram.

Sebastian Seung, Brain Science Podcast, Episode 85

<http://brainsciencepodcast.com/bsp/sebastian-seung-explores-brains-wiring-bsp-85.html>



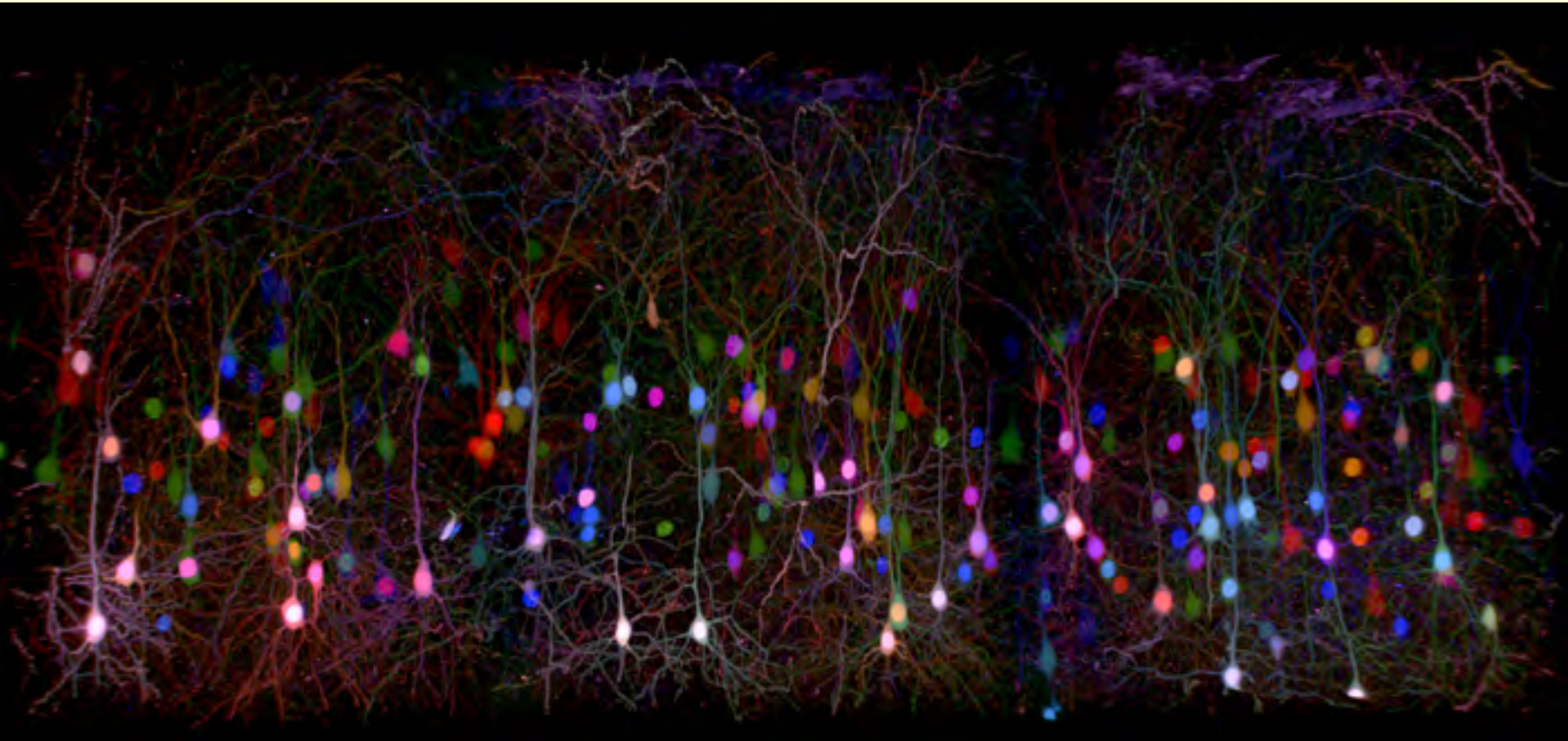
<http://brainsciencepodcast.com/>



C'est aussi la démarche de :
Jeff Lichtman, *Professor of
Molecular and Cellular Biology*
Harvard University

<http://www.hms.harvard.edu/dms/neuroscience/fac/lichtman.php>

Avec sa coloration **Brainbow**,

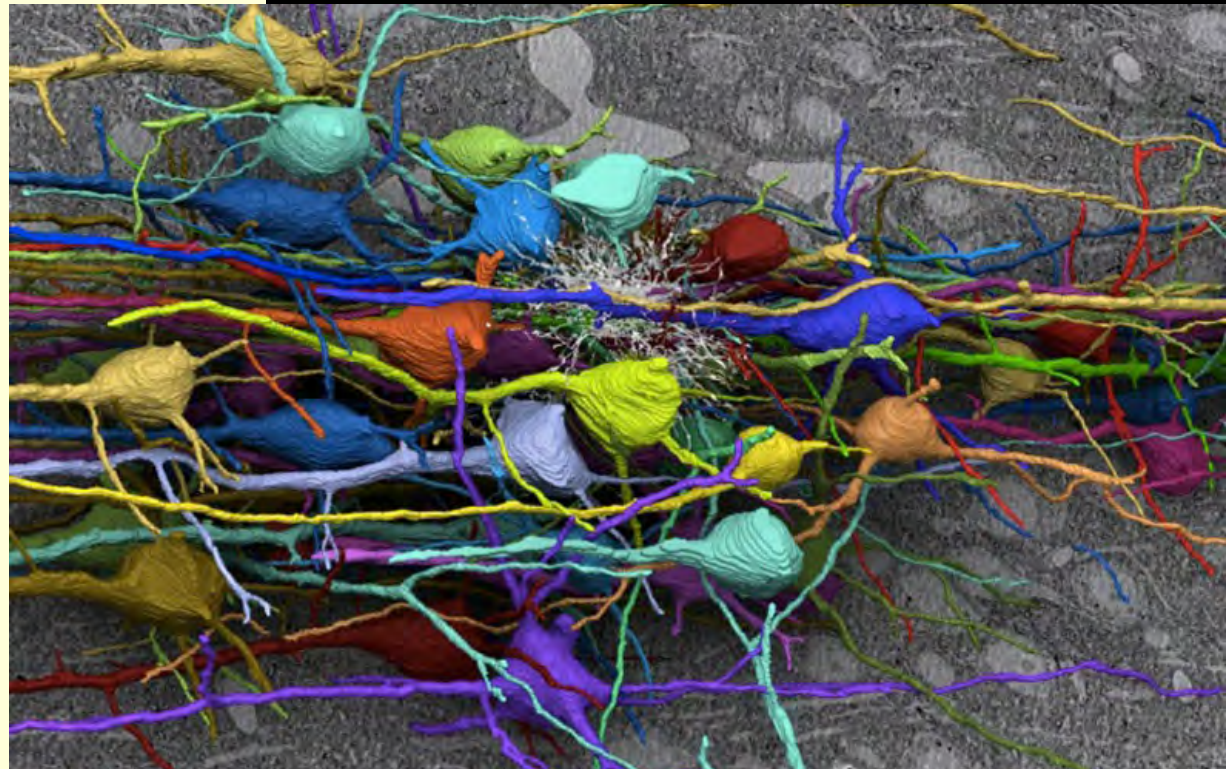


C'est aussi la démarche de :
Jeff Lichtman, *Professor of
Molecular and Cellular Biology*
Harvard University

<http://www.hms.harvard.edu/dms/neuroscience/fac/lichtman.php>

Avec sa coloration **Brainbow**,
mais aussi :

*“In addition we have
developed automated
tools to map neural
connections
(connectomics) at
nanometer resolution
using a new method of
serial electron
microscopy.”*



Lundi, **15 septembre 2014**

Des synapses microscopiques et des microscopes gigantesques

<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2014/09/15/des-synapses-microscopiques-et-des-microscopes-gigantesques/>

[...] Lichtman rappelle en outre que les scientifiques de sa génération ont vécu à une époque de **grandes idées théoriques** qui ont pu foisonner parce qu'il y avait peu de données accessibles sur le cerveau. Ce n'est que dans un deuxième temps que l'on cherchait des indices empiriques pour confirmer ces grandes théories.

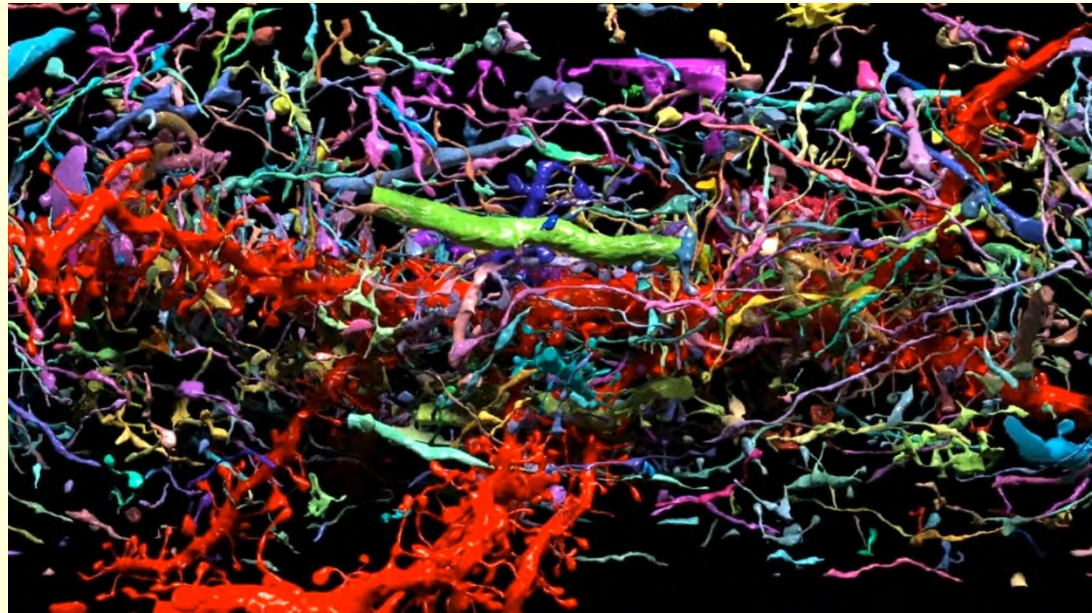
Mais aujourd'hui, à l'heure des « big data » rendues possibles par les ordinateurs et les mastodontes à 61 faisceaux, c'est l'inférence qui redevient selon Lichtman l'approche la plus prometteuse.

Un peu comme Darwin, rappelle-t-il, qui s'est immergé pendant des années dans la diversité des formes vivantes avant de pouvoir imaginer ses idées sur l'évolution par sélection naturelle.



Lichtman de conclure :

ce sont les jeunes qui vont baigner dans cet univers foisonnant de données, qui en seront imprégnés sans idées préconçues, qui pourront peut-être en discerner de grand principes permettant de mieux comprendre cette complexité...



Cell, Volume 162, Issue 3, p648–661, **30 July 2015**

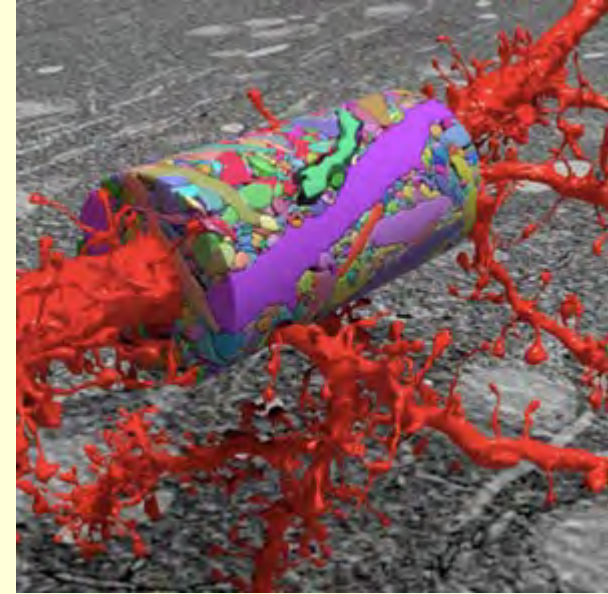
Saturated Reconstruction of a Volume of Neocortex

<http://www.cell.com/cell/abstract/S0092-8674%2815%2900824-7>

Video: An incredibly detailed tour through the mouse brain

Without seeing the brain's wiring on a synaptic level, some neuroscientists believe we'll never truly understand how it works. [Others worry that a flood of data will drown the field.](#)

Now, a new video showing the nanoscale connections within a tiny chunk of mouse cortex shows what neuroscientists are up against. Using a technology called VAST, which can automatically label individual neurons, glia, and blood vessels different colors, as well as smaller structures such as dendrites and mitochondria, the researchers analyzed the contents of three cylindrical chunks of brain tissue, each no bigger than grains of salt. Among other structures, [they created an annotated inventory of 1700 synapses](#), the team reports online today in *Cell*.



<http://news.sciencemag.org/brain-behavior/2015/07/detailed-video-mouse-brain-will-make-you-think-twice-about-studying>

À l'échelle « meso » :

Mouse Brain Architecture Project

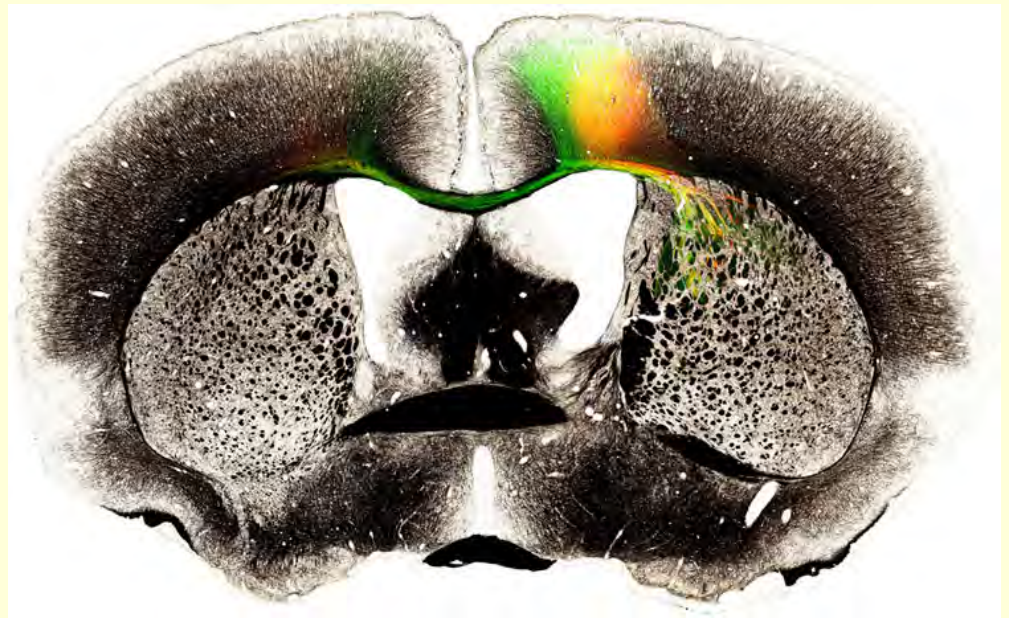
<http://brainarchitecture.org/mouse/about>

Projet de cartographie de l'ensemble des connexions cérébrales de la souris à l'échelle « **mésoscopique** », plus fine que celle que l'on peut obtenir avec l'imagerie cérébrale, mais allant moins dans le détail que la microscopie électronique, capable de montrer le détail des synapses.
(mais applicable sur des cerveaux entiers que pour de très petits cerveaux, comme celui de la mouche à fruits)

Les neurobiologistes du Cold Spring Harbor Laboratory, aux États-Unis, ont rendu public le **1^{er} juin 2012** les premiers 500 téraoctets de données.

Ce genre de projet est rendu possible par les bas coûts et les grandes capacités de **stockage** des ordinateurs d'aujourd'hui.

Ils étaient simplement impensable il y a une dizaine d'années à peine.



Neural Networks of the Mouse Neocortex

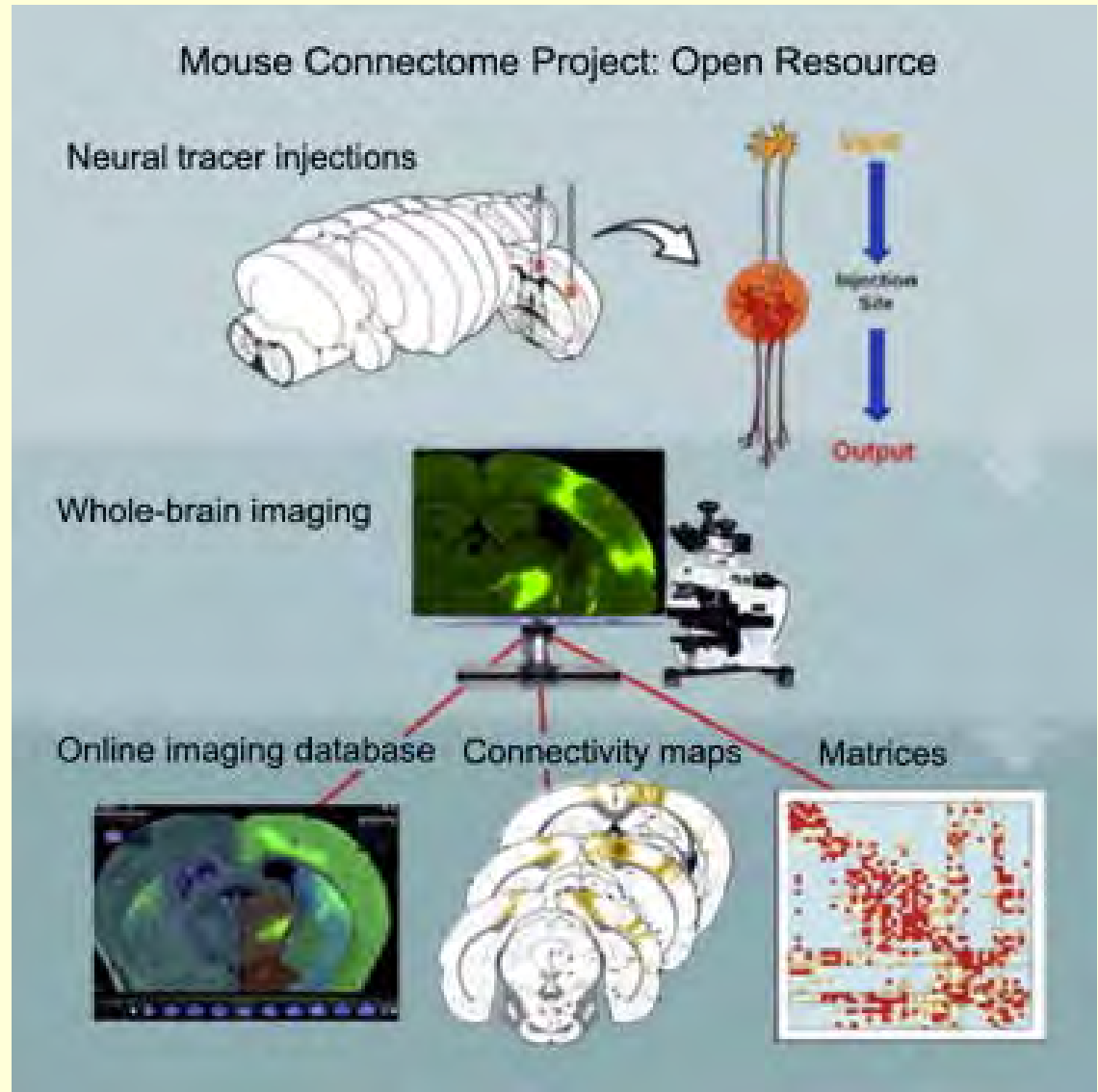
Zingg B., Hintiryan H., Gou L., Song M., Bay M., Bienkowski M., Foster N., Yamashita S., Bowman I. & Toga A. & Dong H.W. (2014).
Cell, 156 (5) 1096-1111.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0092867414002220>

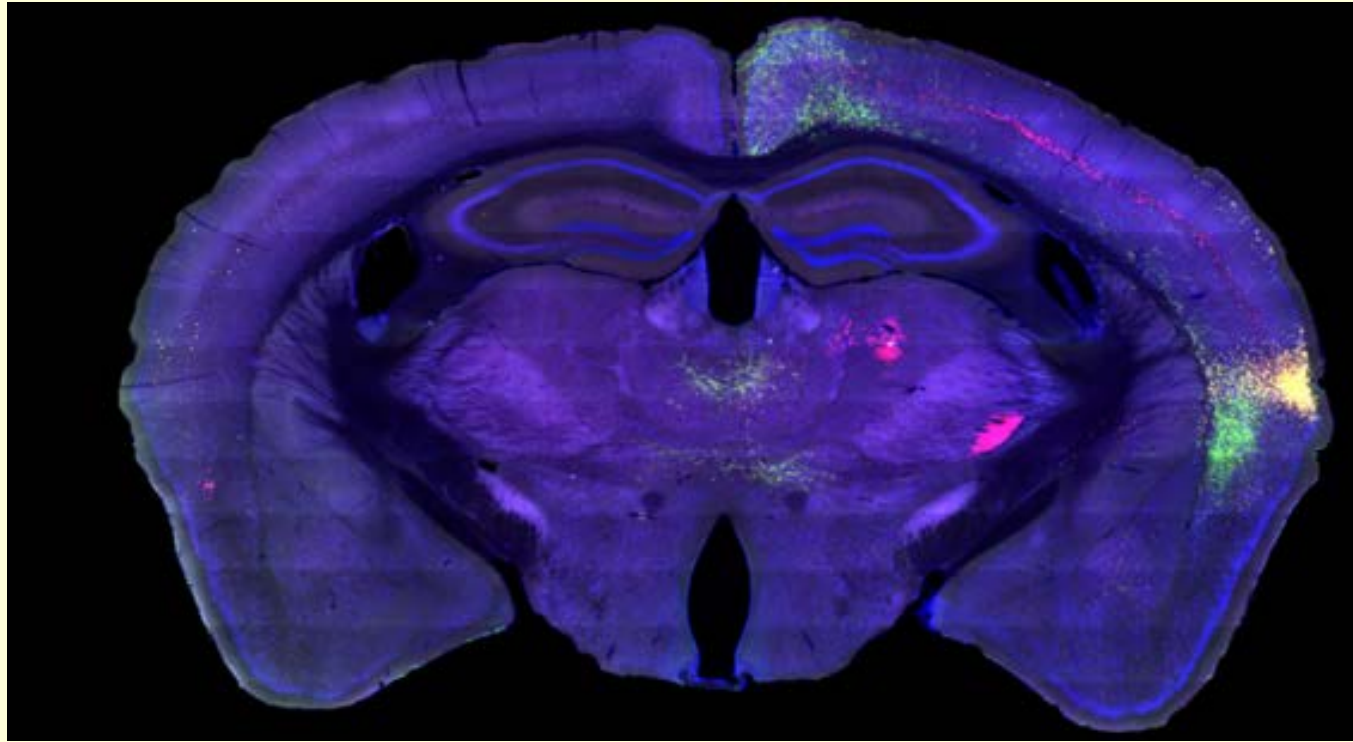
Mouse Connectome Project (MCP)

Mapping the Information Highway in the Brain

<http://knowingneurons.com/2014/03/26/mapping-the-information-highway-in-the-brain/http://knowingneurons.com/2014/03/26/mapping-the-information-highway-in-the-brain/>



Mouse Connectome Project (MCP)



*“The MCP also used an advanced method to map the brain circuits better: **double coinjection tract tracing**.*

*The researchers injected one **anterograde** tracer, which travels down the axons of the cell, and one **retrograde** tracer, which travels up toward the cell body, simultaneously to examine the input and output pathways of the cortex.”*

À l'échelle « macro » :

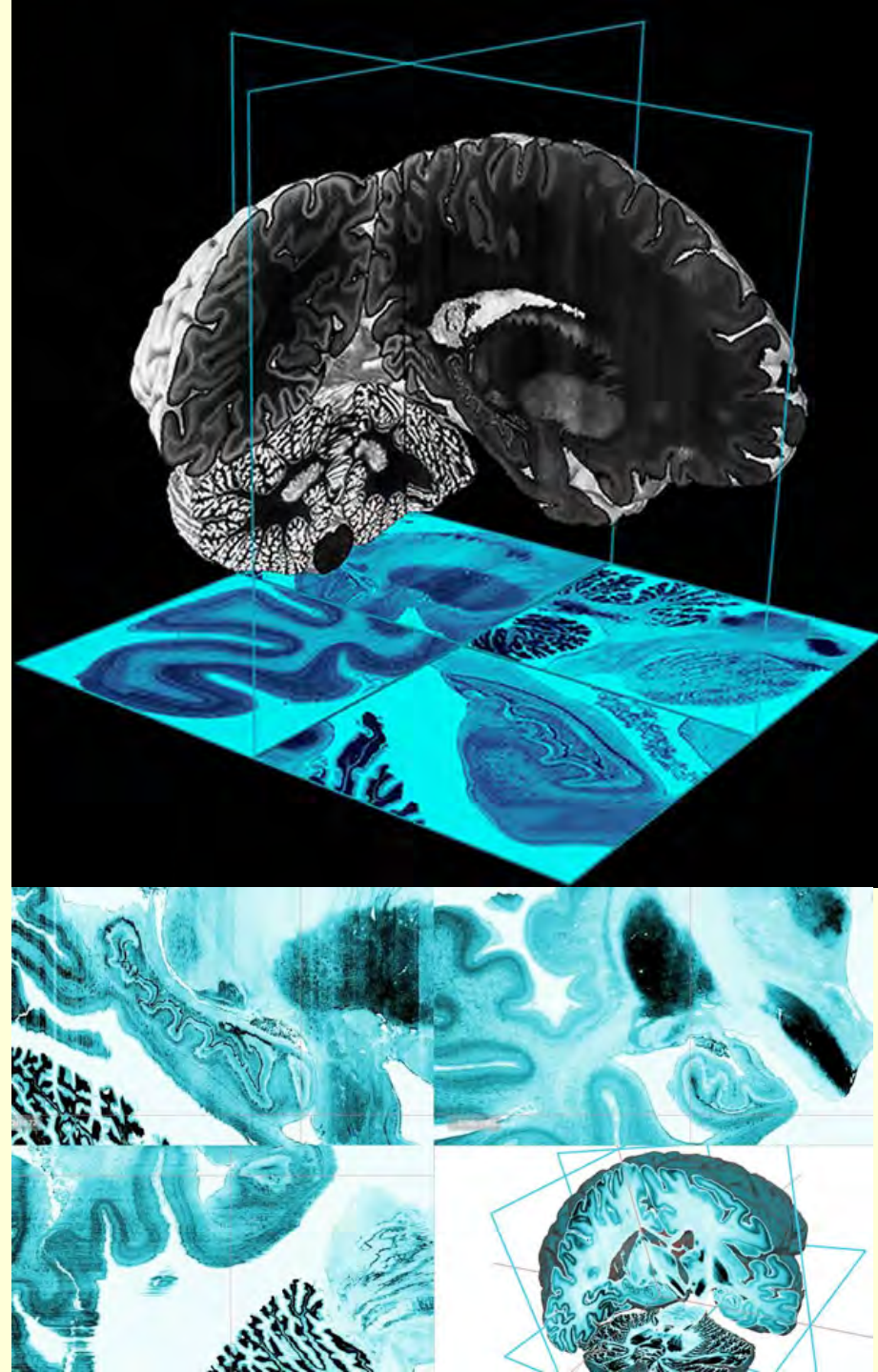
BigBrain

Un groupe international de chercheurs en neurosciences ont tranché, imagée et analysé le cerveau d'une femme de 65 ans, pour créer **la carte la plus détaillée de l'intégralité d'un cerveau humain.**

Cet atlas 3D a été rendu public en **juin 2013** et est le fruit du travail de scientifiques du Montreal Neurological Institute et du German Forschungszentrum Jülich et fait partie du Human Brain Project.

3D Map Reveals Human Brain in Greatest Detail Ever

<http://www.livescience.com/37605-human-brain-mapped-in-3d.html>



L'atlas a été réalisé grâce à la compilation de 7400 des tranches de ce cerveau conservé dans de la paraffine, chacune plus fine qu'un cheveu humain (20-microns).

Il a fallu 1000 heures pour les imager à l'aide d'un scanner à plat, générant ainsi 1 milliard de milliards d'octets de données pour **reconstruire le modèle 3D du cerveau sur un ordinateur.**



Des **cerveaux de référence** ont déjà été cartographiés avec l'IRMf, mais ils n'ont une résolution que de 1 mm cube alors que les tranches de 20 μm de BigBrain permettent une **résolution 50 fois meilleure.**

L'imagerie par résonance magnétique (IRM)

L'avènement de l'IRM à la fin des années **1970** a eu l'effet d'une bombe dans le milieu médical.

Cette nouvelle technique n'utilisait *ni les rayons X*, ni les ultrasons, mais faisait plutôt appel aux **champs magnétiques** en exploitant des propriétés physiques de la matière au niveau sub-atomique,

en particulier de l'eau qui constitue environ les trois quart de la masse du corps humain.

Pour plus de détails sur ces techniques, leur principe de fonctionnement, etc., voir le cours de l'Université du troisième âge à Valleyfield (automne 2015)

Cours 4 : A- Cartographier notre connectome à différentes échelles; B- Imagerie cérébrale et réseaux fonctionnels

http://lecerveau.mcgill.ca/flash/pop/pop_pres/UTA%20Val%20-%20cours%204%20-%20connectome%20-aut%202015%20-%20v%20finale%20-%20pour%20pdf.pdf



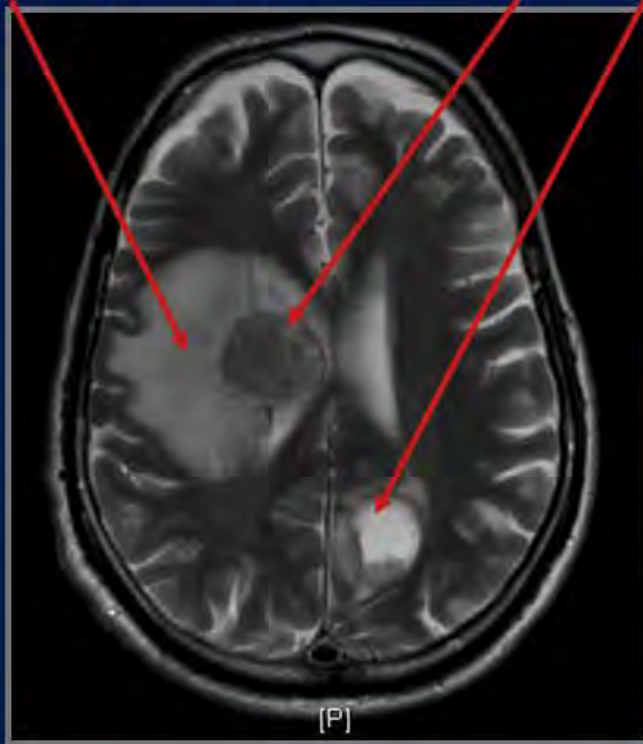
L'IRM, en plus d'une **définition supérieure au CT scan** (rayons X assistés par ordinateur),



Brain Metastases on MRI Images

Edema (swelling)

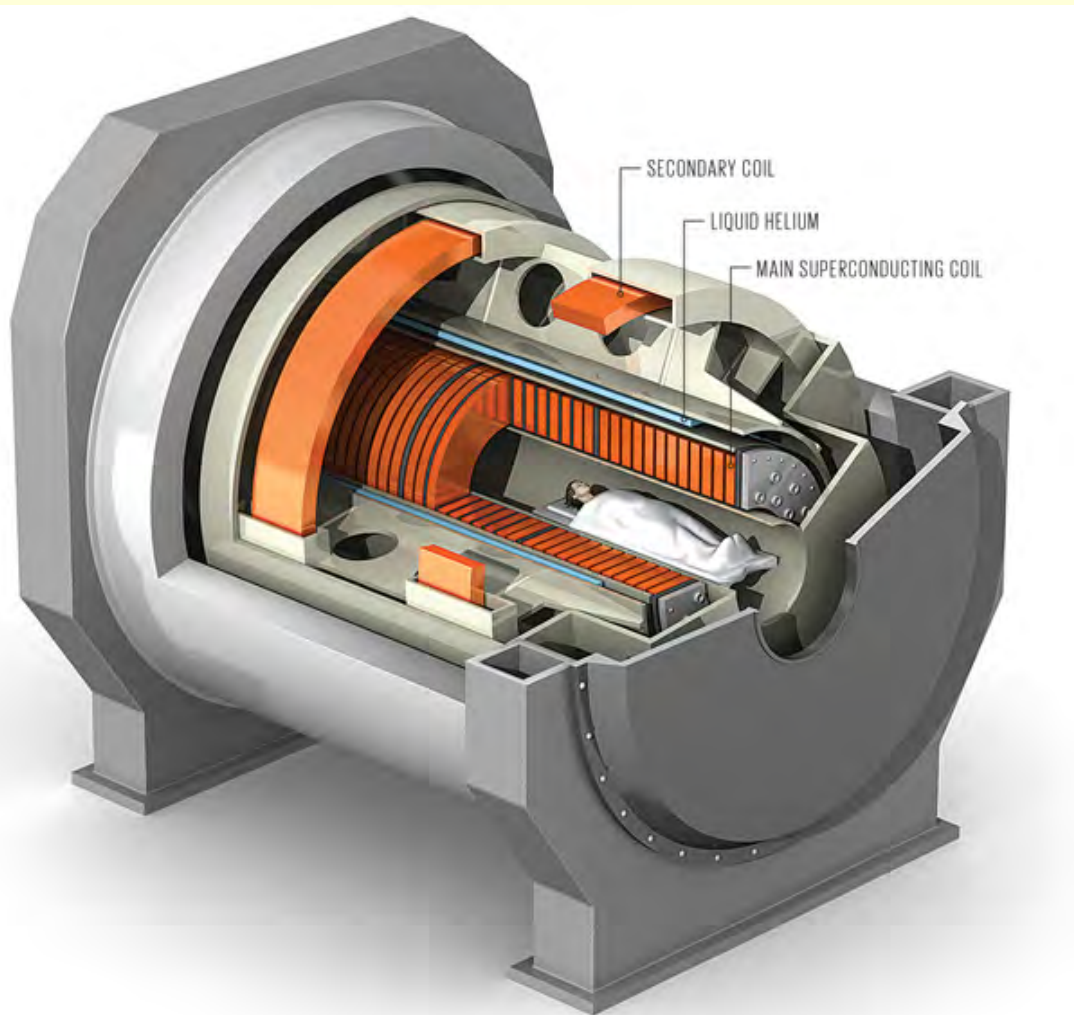
Brain metastases



World's most powerful MRI gets set to come online

Oct 24, **2013** by John Hewitt

<http://phys.org/news/2013-10-world-powerful-mri-online.html>



- Capable de générer **11,75 Tesla** (le record précédent était de 9,4 Tesla)
- Champ magnétique assez fort pour soulever 60 tonnes métriques (plus fort que celui du Grand Collisionneur de Hadron)
- Fera passer la taille des voxels de 1 mm à **0.1 mm** (un volume pouvant encore contenir plus de 1000 neurones)
- Nécessitera des implants spéciaux pour les patients qui auront à l'utiliser



Diffusion Imaging

13 likes

cutting edge imaging technique that provides quantitative
analyze and study connectivity and continuity of neural pathways in the
systems in vivo (Basser et al. 2000)

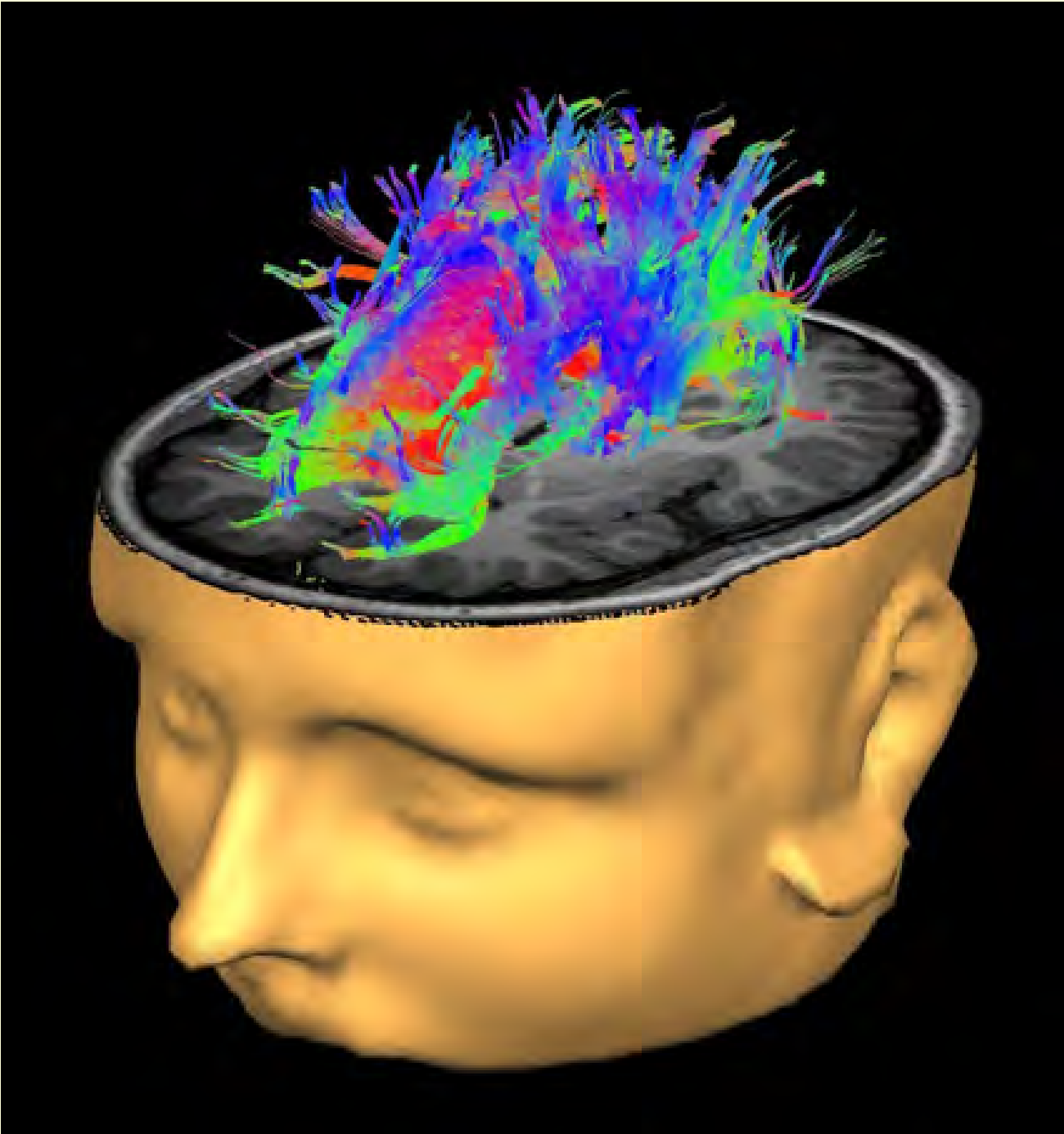


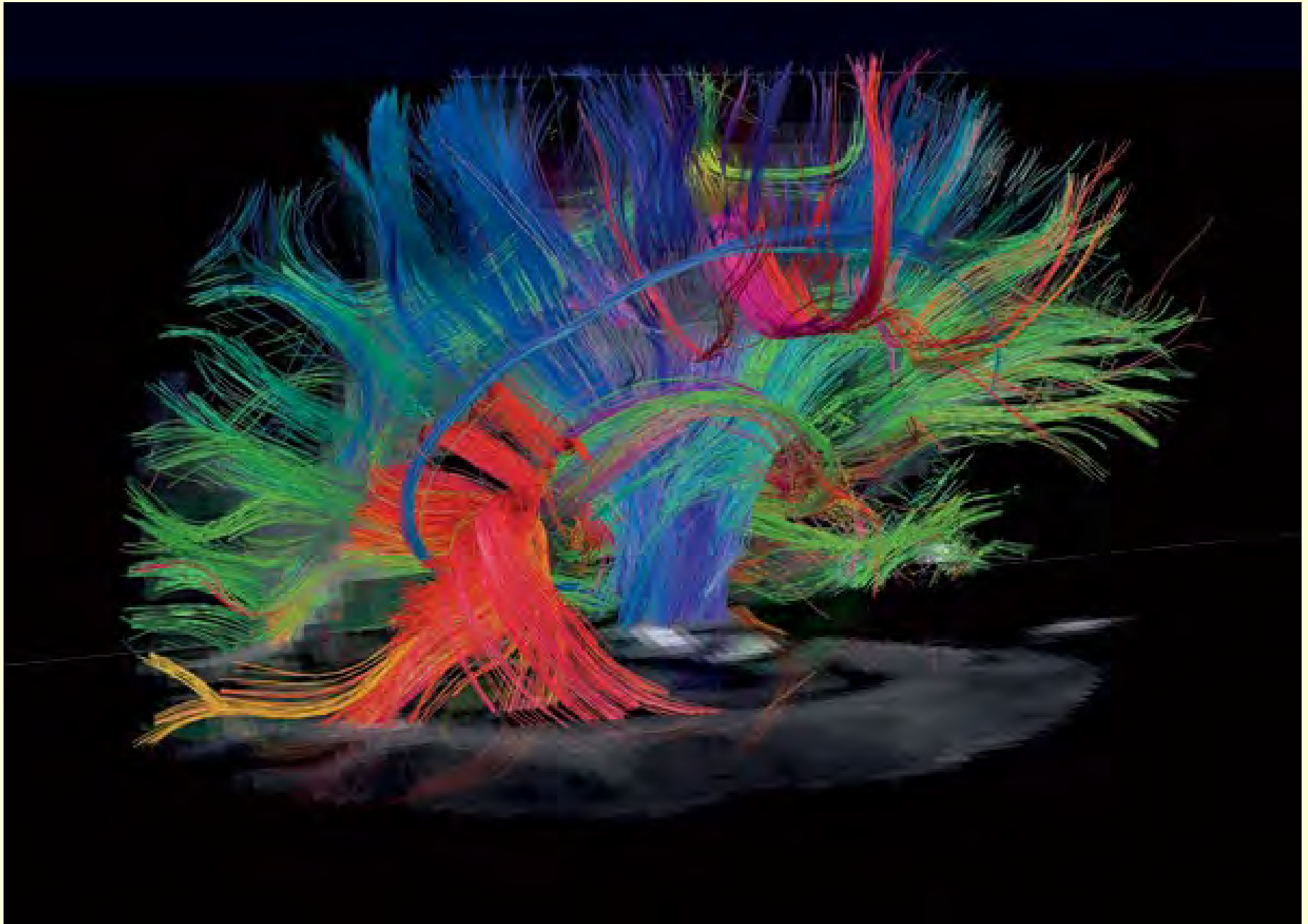
**Diffusion Tensor
Imaging (DTI)**

Variantes :
**diffusion weighted
imaging (DWI)**

**diffusion spectrum
imaging (DSI)**

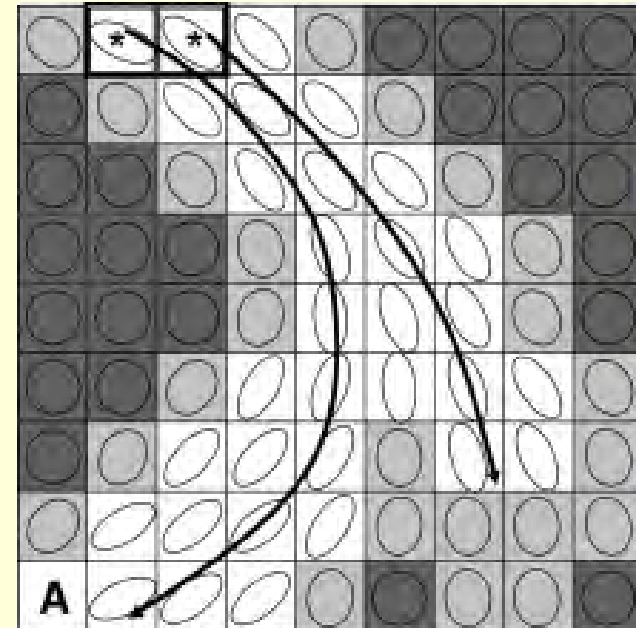
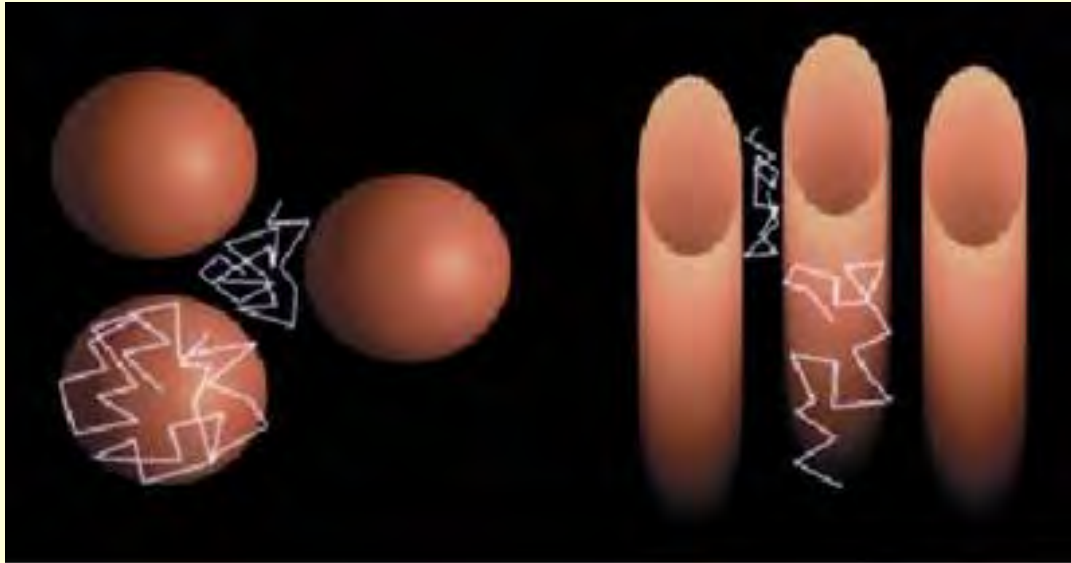
- Premières images : **1985**
- Applications cliniques, en particulier pour visualiser les voies nerveuses lésées par des ACVs ou des pathologies impliquant la matière blanche.
- Méthode **non invasive** qui permet de visualiser les grandes connections entre différentes parties du cerveau sur une base individuelle
- Outil majeur pour le projet du **Connectome Humain**



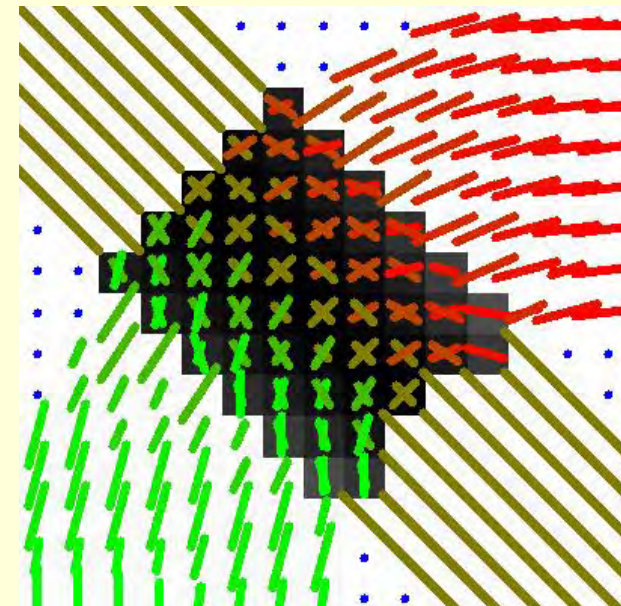


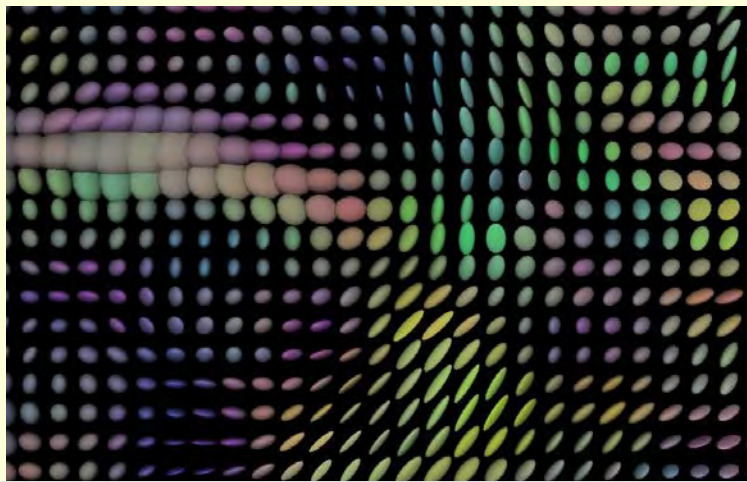
Principe à la base de l'imagerie de diffusion

Diffusion Tensor Imaging (DTI)



diffusion spectrum imaging (DSI)





PD Orientation Viewer

Scheme file options

no flip
 flip x
 flip y
 flip z
 Y X Z
 SAVE SC

Show vectors
 Zoom

Grey gamma

 RGB gamma

96 137 0
0.704768 0.176565 -0.687114 (0.000000)

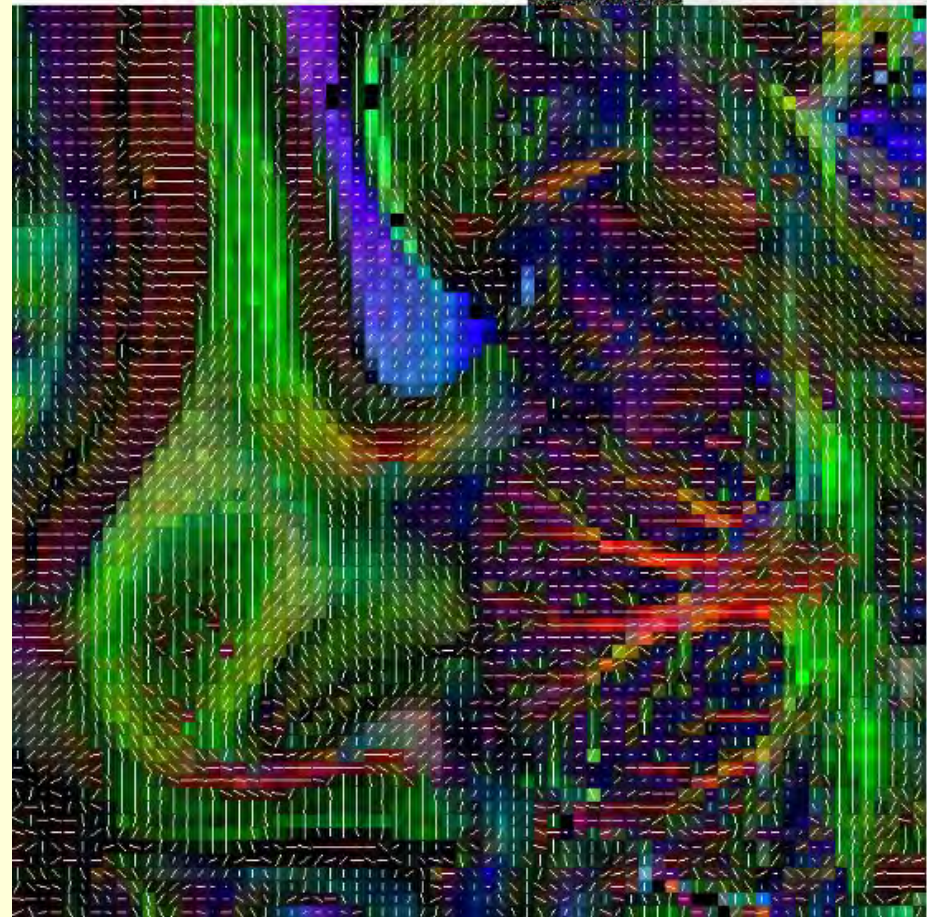
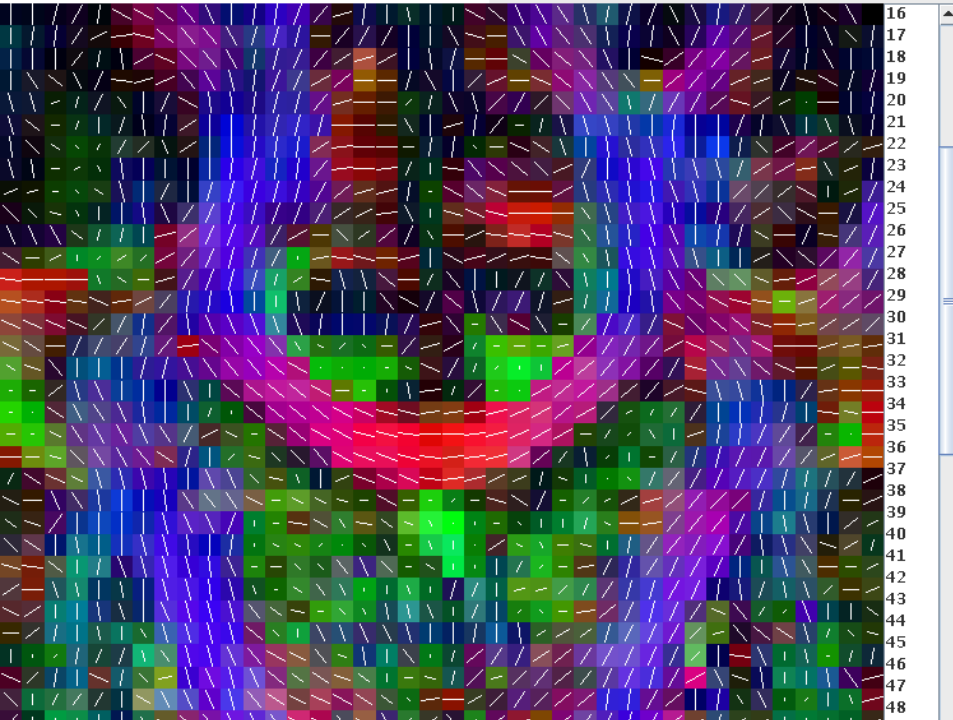
PD Orientation Viewer

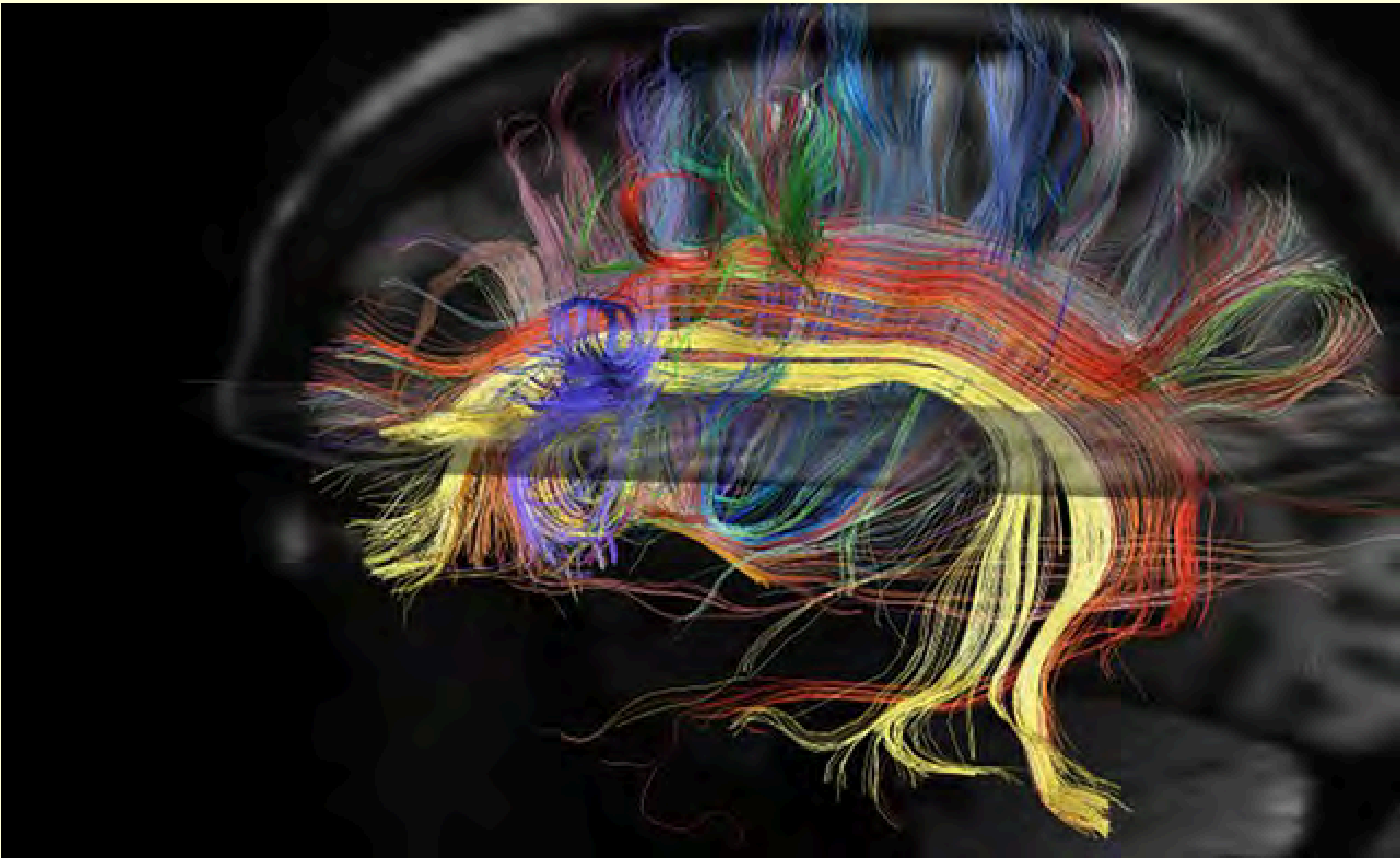
Show vectors
 Zoom

Grey gamma 0.7

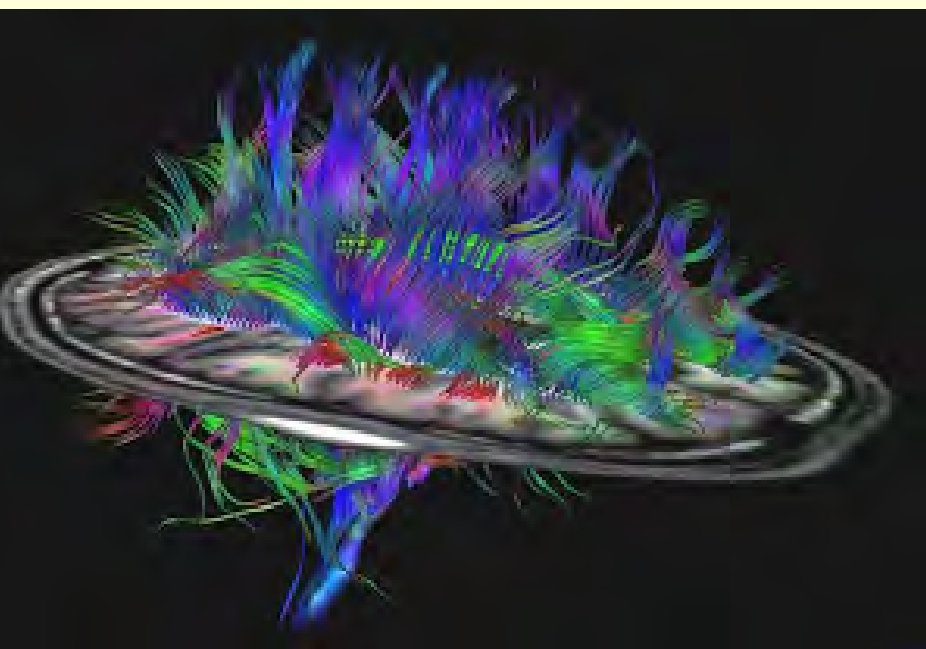
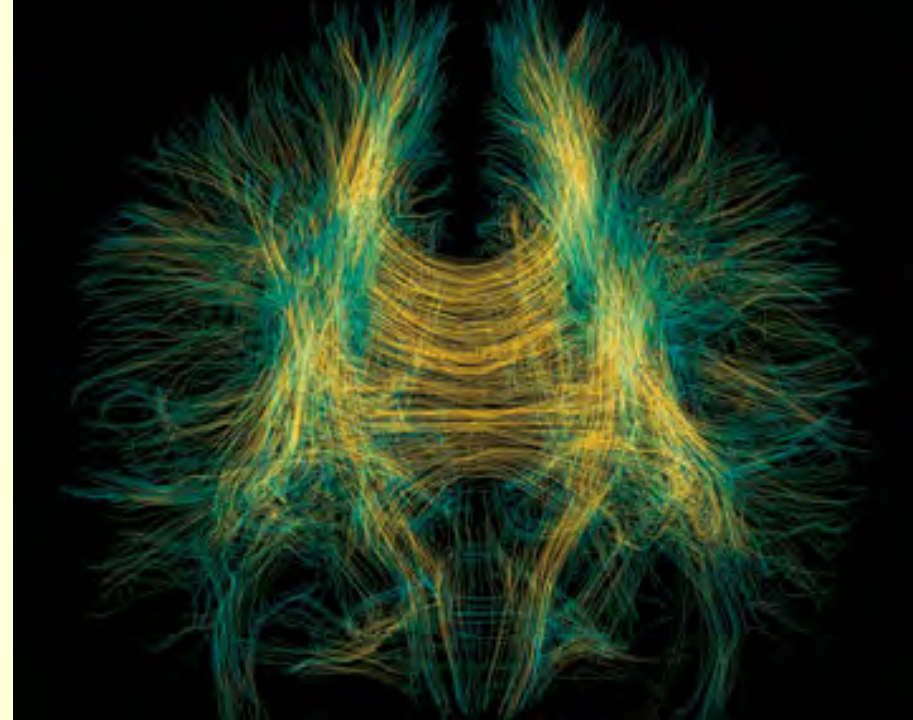
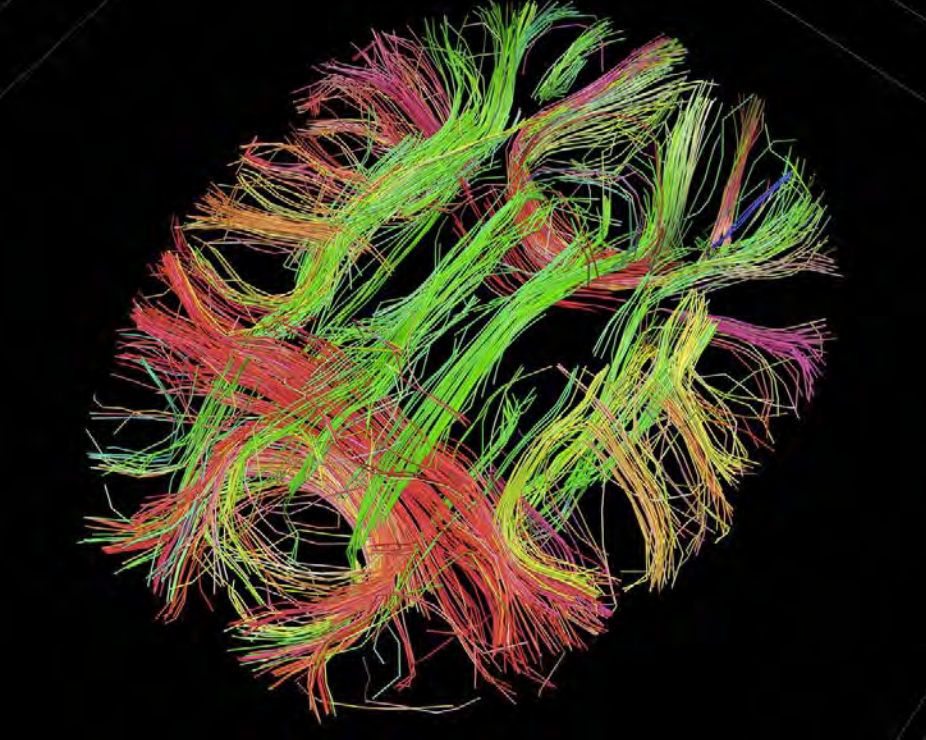
 RGB gamma 1.0

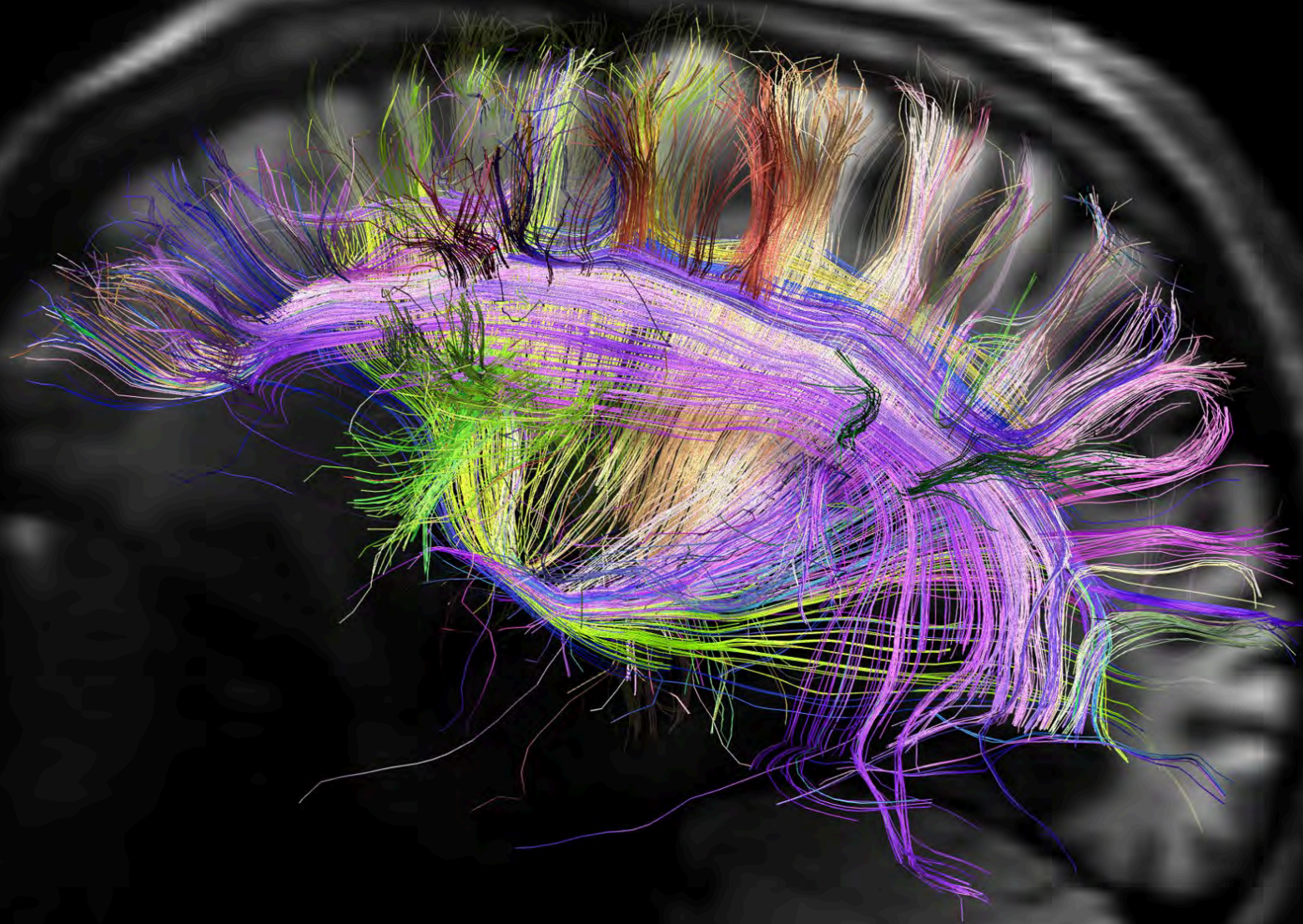
74 56 37
-0.293338 0.759015 0.581248 (0.135361)





Courtesy of VJ Wedeen and LL Wald, Martinos Center, Harvard Medical School, Human Connectome Project





Sherbrooke Connectivity Imaging Lab > Videos

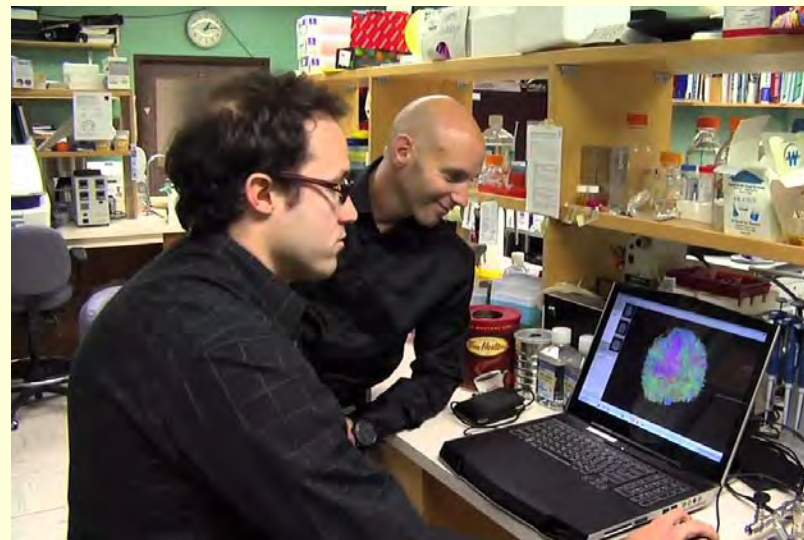
http://scil.dinf.usherbrooke.ca/?page_id=468&lang=en

Le prestigieux **National Geographic** s'est intéressé aux travaux d'un informaticien de l'Université de Sherbrooke et d'un neurochirurgien du Centre hospitalier universitaire de Sherbrooke (CHUS).

«Mon travail, c'est d'enlever la tumeur sans abîmer l'état des connexions encore fonctionnelles. Ces images nous permettront d'être beaucoup plus précis lorsqu'on va essayer de limiter l'étendue de la tumeur qu'on va enlever», explique le **neurochirurgien, David Fortin**.
[qui travaille en collaboration avec **Maxime Descoteaux** et son équipe]

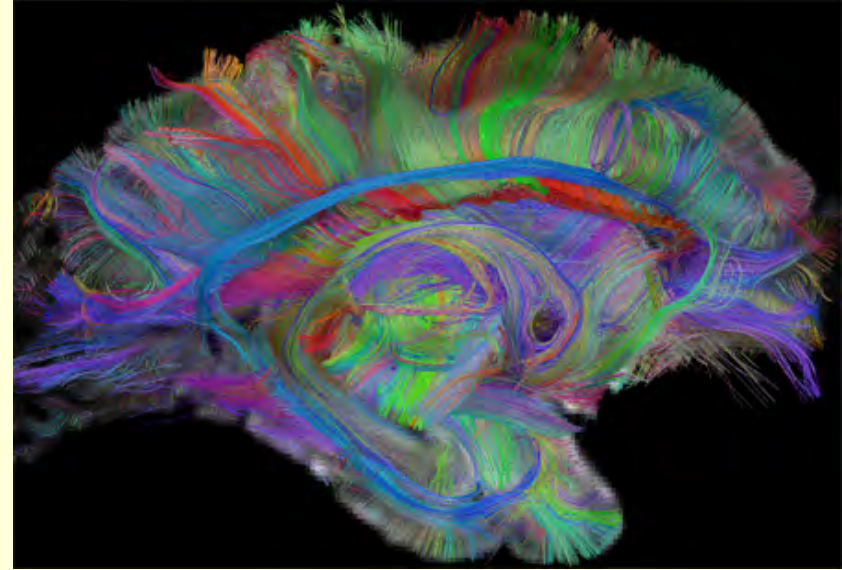
<http://tvanouvelles.ca/lcn/infos/regional/sherbrooke/archives/2014/01/20140127-192013.html>

27 janvier **2014**



Maxime Descôteaux et David Fortin

Limite / critique à l'IRM de diffusion :



Ne voit pas les nombreux embranchements des axones (collatérales) que l'on observe sur les colorations traditionnelles à haute-résolution car avec l'IRM de diffusion chaque faisceau contient des milliers d'axons.

« The brain is not made up of point-to-point connections, it's made up of trees. »

Sans parler des cellules gliales : dans aucun connectome...

Critique / limites du connectome

Olaf Sporns

Discovering the Human
Connectome



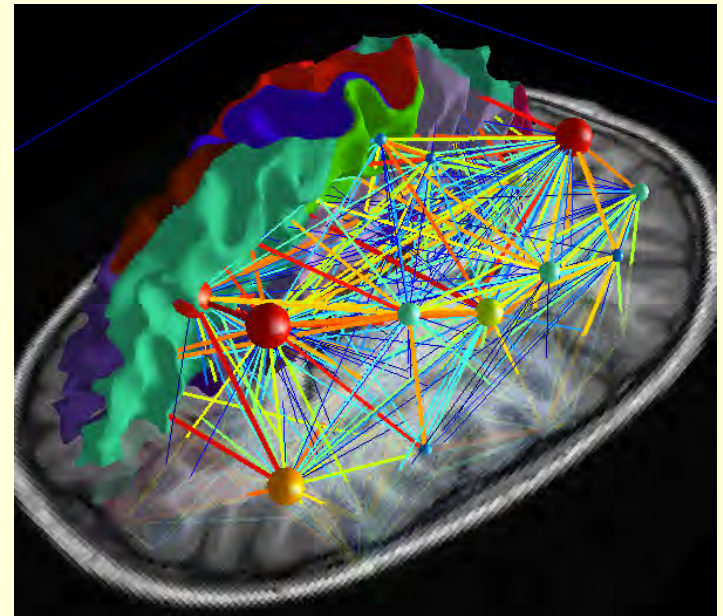
2012

The message here is that **having the structural layout—the wiring diagram of the circuit—alone, may not be the whole story.**”

Olaf Sporns :

“We will ultimately have a very good understanding of what the connectome looks like. It will be fundamental. But it will not give us all the answers. I think it's more like it will allow us to ask new questions that perhaps we couldn't ask before.”

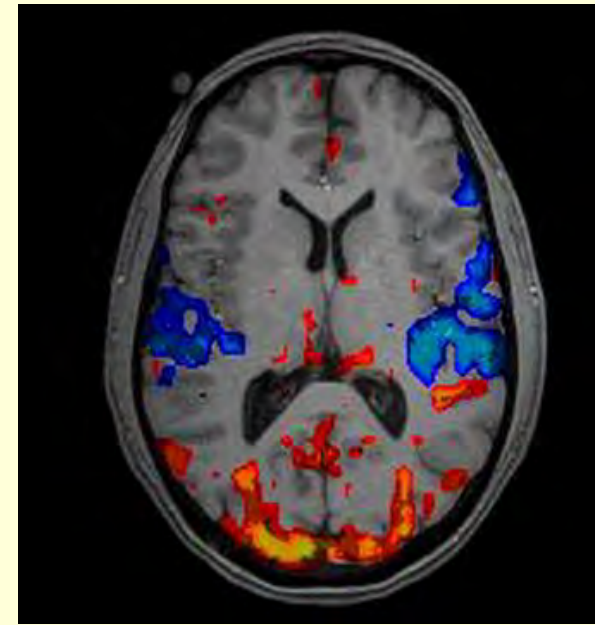
- Olaf Sporns



Imagerie cérébrale et réseaux fonctionnels

Imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf)

- À partir des années **1990**
- nous renseigne sur l'activité des différentes régions cérébrales (et pas seulement en surface comme l'EEG)
- 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**.

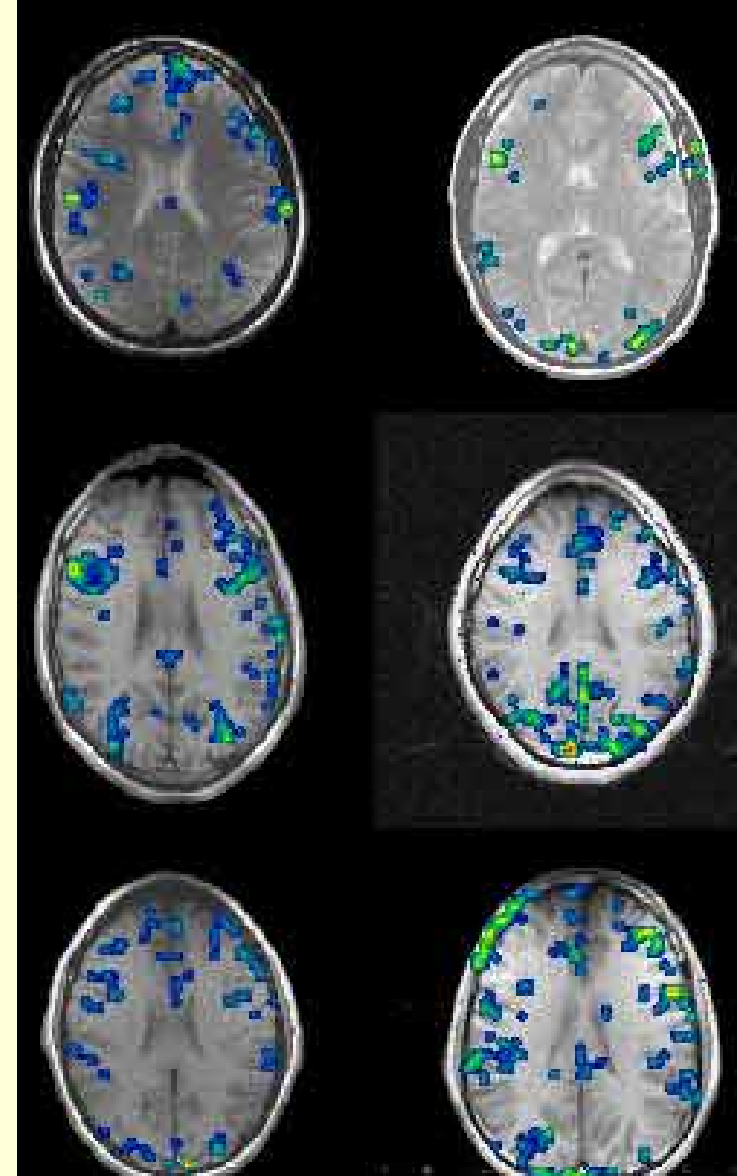


Peut être utilisée sans l'injection de substance dans l'organisme du sujet (contrairement au PET scan).

Peut fournir une image **structurelle** et **fonctionnelle** du même cerveau, facilitant ainsi les correspondances anatomo-fonctionnelles.

La **résolution spatiale** est de l'ordre du millimètre (de **3 mm** (pour les machine à 3 Tesla) à **1 mm** pour celles à 7 Tesla)

La **résolution temporelle** est limitée par la relative lenteur du flux sanguin dont l'IRMf dépend (donc pas à l'échelle des millisecondes comme l'activité neuronale)



Résonance magnétique fonctionnelle durant le test de Stroop pour six sujets différents démontrant la **grande variabilité** entre les participants.

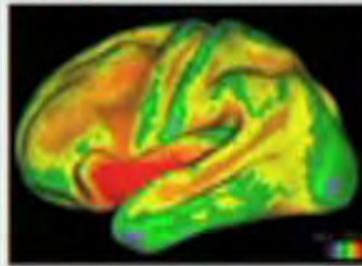


Task Performance

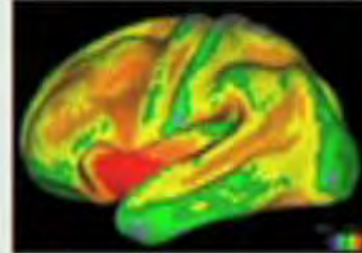
Averaged Blood Flow

Conditions

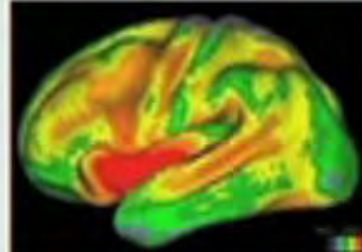
Averaged Difference Images



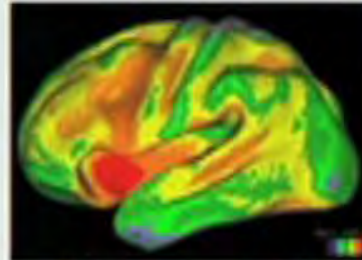
Visual Fixation



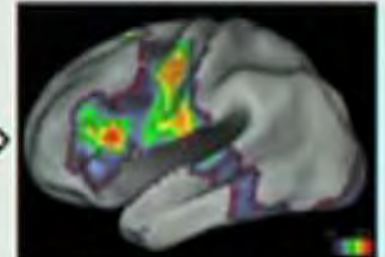
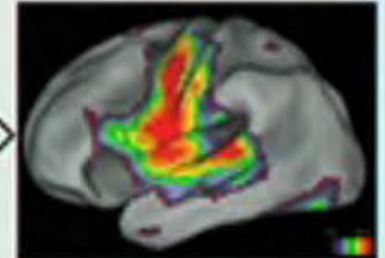
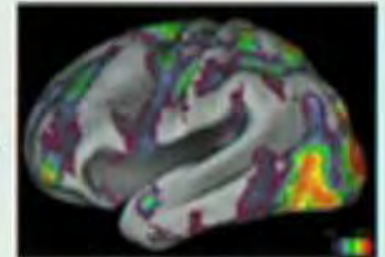
Viewing Words



Reading Words



Generating Verbs



« Our resting brain is never at rest. »

- Marcus Raichle

500 1300

Relative PET Counts

0 5

% Difference

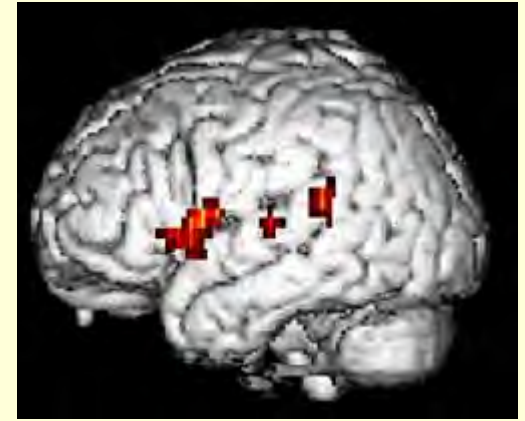
(Adapted from Petersen et al (Nature) 1988)



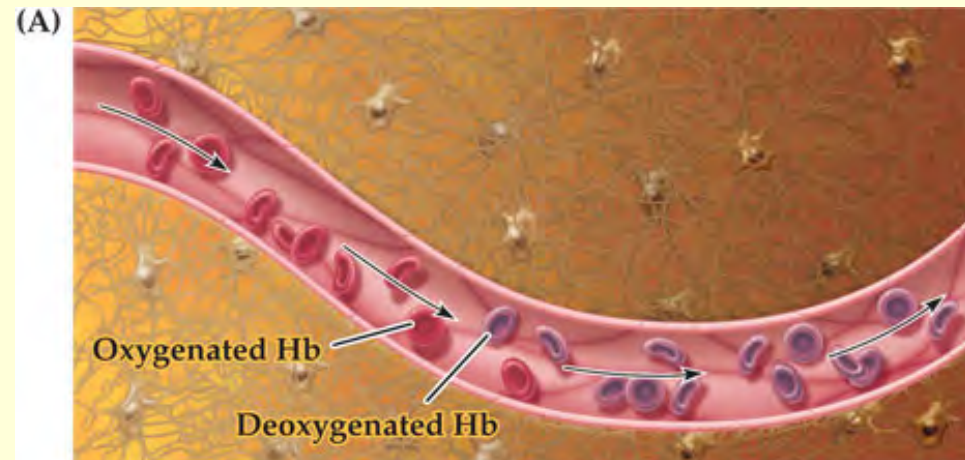
Principe :

Le principe sur lequel s'appuie l'IRMf (tout comme la TEP d'ailleurs) part de l'observation que lorsqu'un groupe de neurones devient plus actif, une **vasodilatation locale** des capillaires sanguins cérébraux se produit automatiquement pour amener davantage de sang, et donc d'oxygène, vers ces régions plus actives.

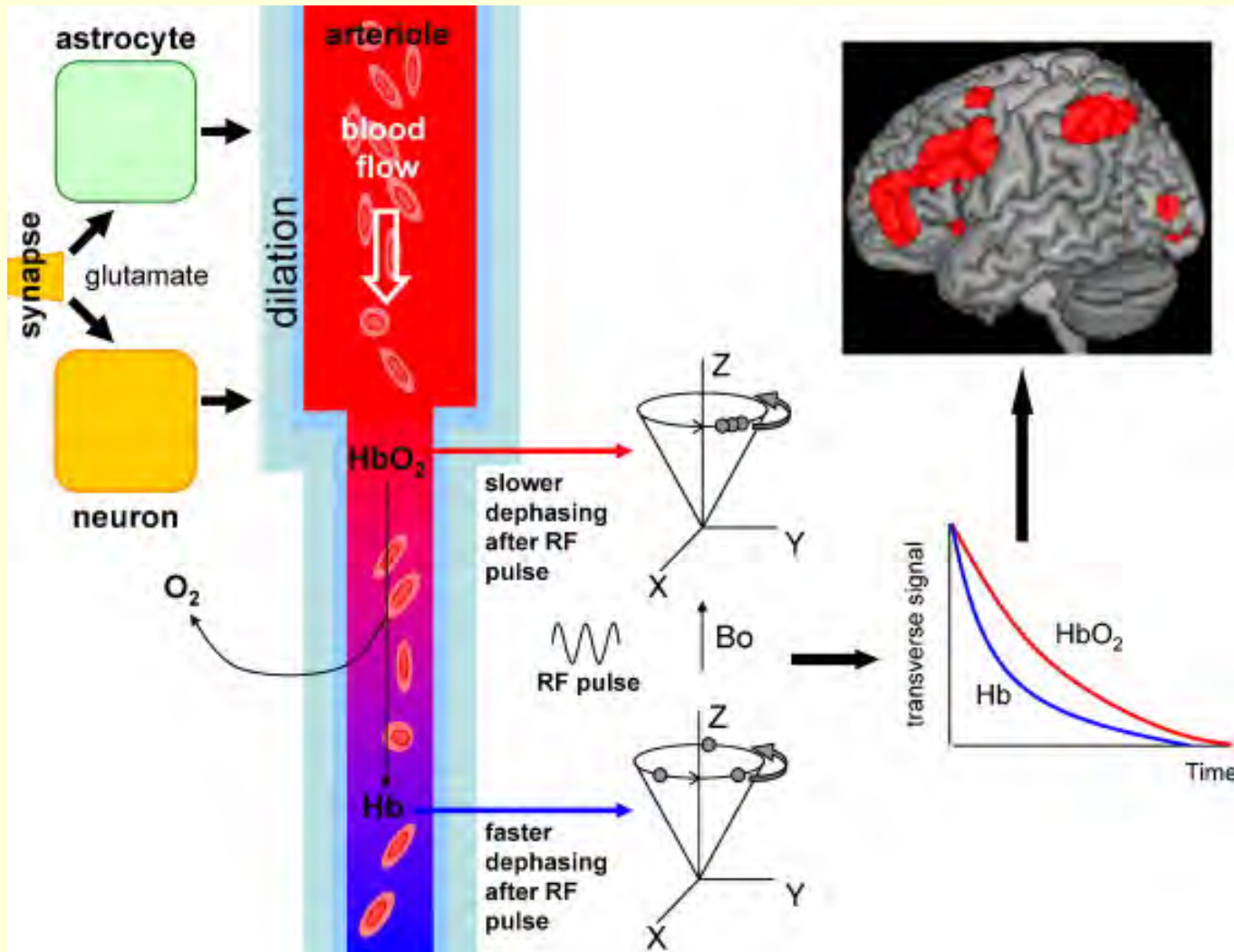
Or **l'hémoglobine**, cette protéine possédant un atome de fer qui transporte l'oxygène, a des **propriétés magnétiques différentes** selon qu'elle transporte de l'oxygène ou qu'elle en a été débarassée par la consommation des neurones les plus actifs.



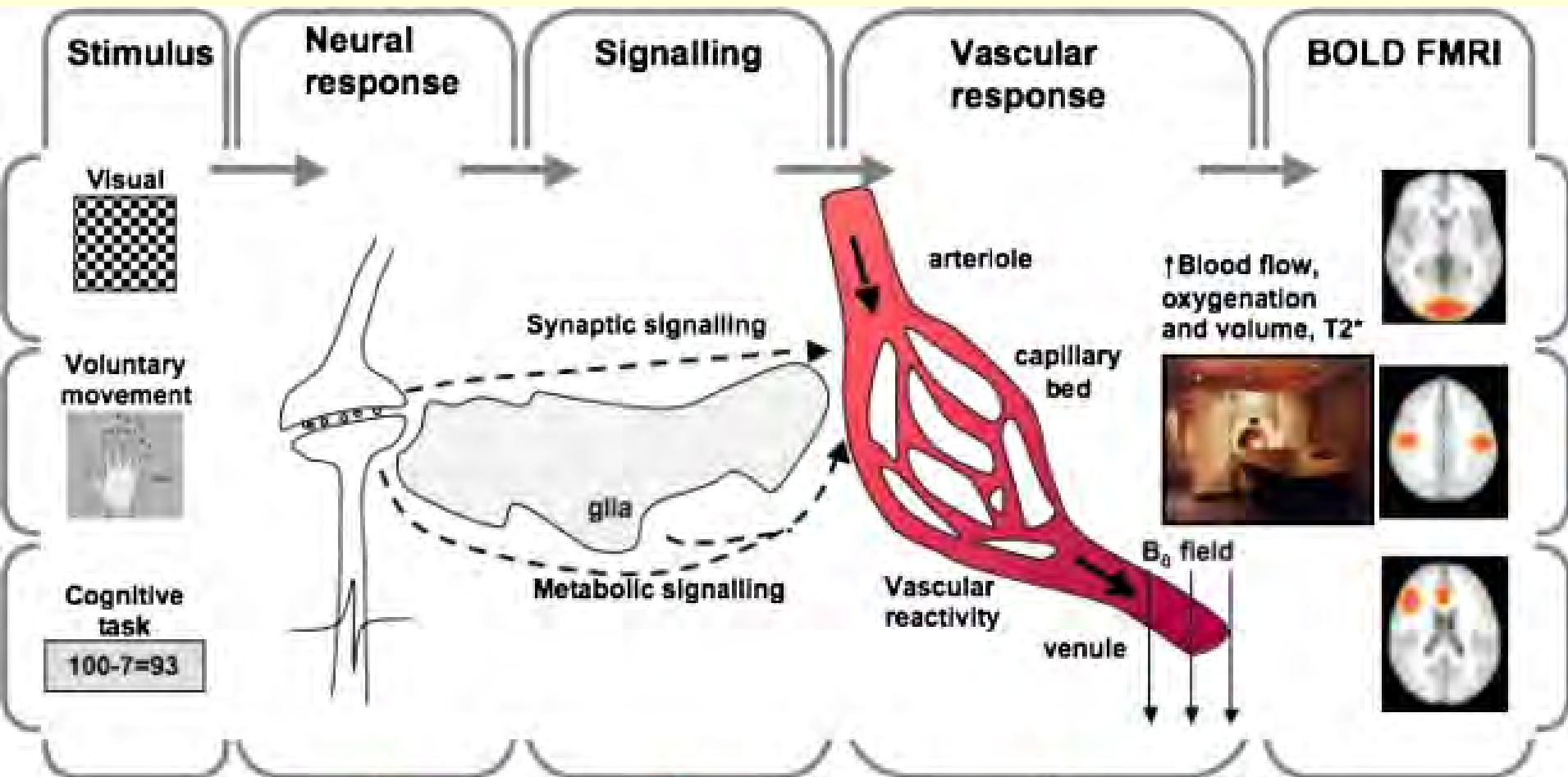
Résonance magnétique fonctionnelle durant une tâche de génération de mots.



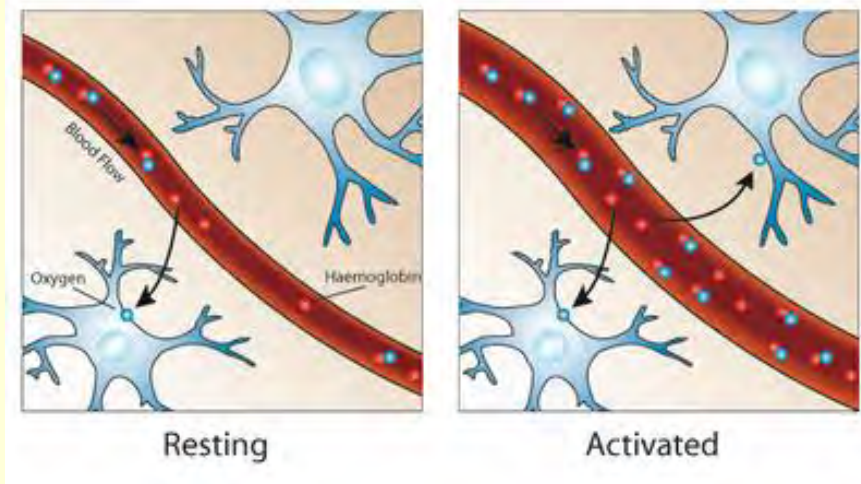
Cette **désoxy-hémoglobine** (l'hémoglobine débarrassée de son oxygène) a la propriété d'être paramagnétique : sa présence engendre dans son voisinage une faible perturbation du champ magnétique.



Ce signal a reçu le nom de **BOLD**
(de l'anglais *blood-oxygen-level dependent*,
« dépendant du niveau d'oxygène sanguin »)



L'IRMf n'est qu'une mesure **indirecte** des processus physiologique dont les rapports avec l'activité neuronale sont complexes.



Neurophysiological and metabolic basis of the BOLD signal



How to interpret fMRI and compare it to other methods

S.F.W. Neggers

Rudolf Magnus Institute for Neuroscience, Division of Brain Research

University Medical Center Utrecht

(b.neggers@umcutrecht.nl)

Critique de l'IRMf

Parce que **le ratio signal / bruit est plutôt bas** avec l'IRMf :

- on peut manquer des choses, par exemple un petit groupe de neurones étant actifs dans une zone plus large qui ne l'est pas;
ou l'inverse, un petit groupe de neurones moins actifs dans une zone très activée.

Progress and Problems in Brain Mapping

By Jon Lieff

October 11, 2015

http://jonlieffmd.com/blog/human-brain/progress-and-problems-in-brain-mapping?utm_source=General+Interest&utm_campaign=b19cb8d838-RSS_EMAIL_CAMPAIGN&utm_medium=email&utm_term=0_471703a831-b19cb8d838-94278693

« Each dot of light on fMRI (voxel) measures average blood flow activity in a region of 80,000 neurons and 4 million synapses over a second.”

Parce que **le ratio signal / bruit est plutôt bas** avec l'IRMf :

- on peut manquer des choses, par exemple un petit groupe de neurones étant actifs dans une zone plus large qui ne l'est pas; ou l'inverse, un petit groupe de neurones moins actifs dans une zone très activée.
- on doit faire les expériences sur plusieurs sujets et utiliser des **méthodes statistiques** pour identifier ce qui est significatif dans les fluctuations observées. Cela veut donc dire qu'il y aura plusieurs façons d'analyser les données et de les interpréter. Ce qui fait dire à certains que : "If you try them all, you're going to find something"...
- ces méthodes statistiques peuvent être mal comprises ou mal utilisées;
Par exemple :

POWER FAILURE: WHY SMALL SAMPLE SIZE UNDERMINES THE RELIABILITY OF NEUROSCIENCE

Katherine Button et al.

Nature Reviews Neuroscience, avril **2013**

Le nombre de sujets participant aux études d'imagerie cérébrale serait en général **trop petit** pour assurer la fiabilité du phénomène décrit.

Car quand ces tests sont faits sur un petit échantillon, leur « puissance statistique » s'en trouve d'autant plus réduite.

Tellement que, selon l'analyse de Button, sur 48 expériences d'imagerie publiées durant l'année 2011, la plupart n'aurait une puissance statistique qu'avoisinant les **20 %**.

Autrement dit, il n'y aurait **qu'une chance sur cinq** que l'activation cérébrale suspectée soit mise en évidence de manière fiable.

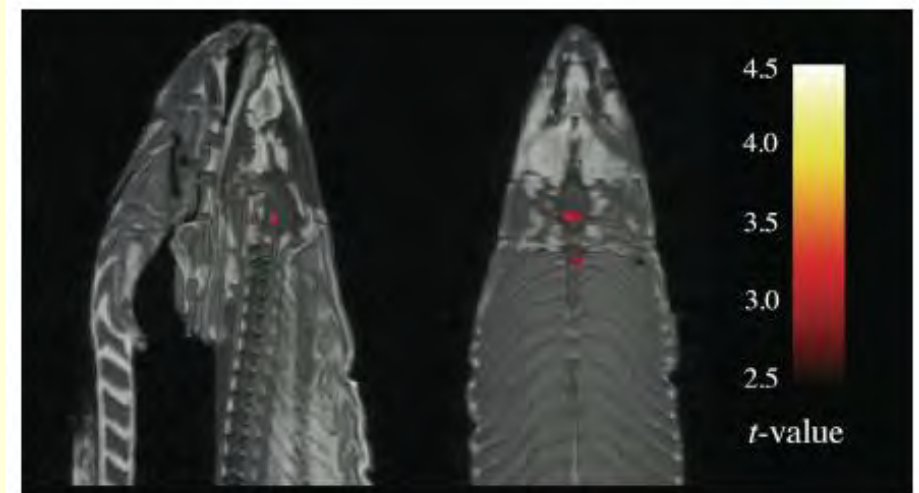
Bref, si les premières études d'imagerie ont pu identifier les circuits cérébraux de comportements simples avec de petits échantillons de sujets seulement, les effets recherchés aujourd'hui sont beaucoup plus subtils et nécessiteraient des échantillons autrement plus grands.

Et finalement :

L'une des critiques les plus médiatisées, de par son caractère impertinent et provocateur : l'histoire du saumon mort dont certaines régions du cerveau et de la moelle épinière **s'activaient en réponse à des stimuli sociaux conçus pour des humains !**

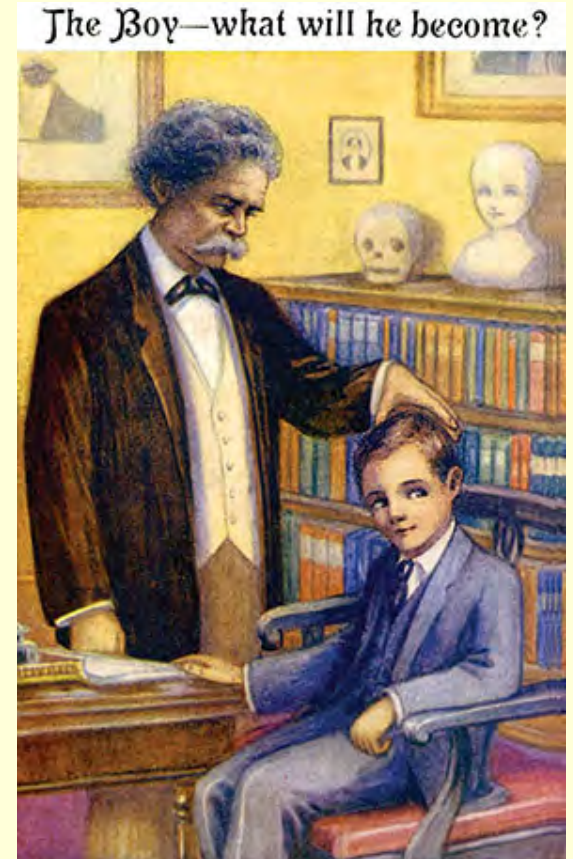
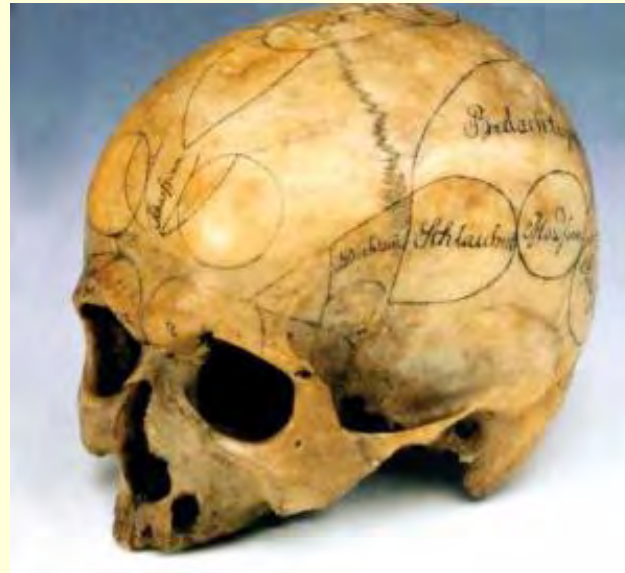
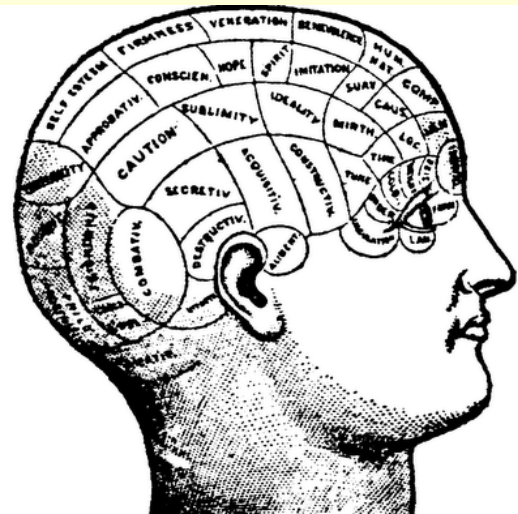
En réalité, il n'y avait évidemment pas d'activation cérébrale, mais la méthodologie et les calculs faits par l'appareil de résonance magnétique fonctionnel (IRMf) faisaient apparaître des taches de couleur au niveau du cerveau.

Alors qu'il devait servir de simple test pour **calibrer les contrastes de l'appareil**, le célèbre saumon mort allait devenir le caillou dans le soulier que l'IRMf traîne encore aujourd'hui...



Bref, pour certains :

L'IRMf ne serait qu'une forme moderne de la phrénologie !



« Not this ridiculous fMRI phrenology shit again ! »

Petit rappel des théories sous-jacentes
sur l'organisation fonctionnelle du cerveau

1) La théorie de la modularité

Il y a des régions fonctionnelles spécialisées dans le cerveau qui ont des domaines spécifiques pour différents processus cognitifs.

La version la plus connue de cette approche est celle de **Jerry Fodor** et sa **théorie de la modularité de l'esprit** où des régions neurologiques distinctes appelées "modules" sont définis par leur rôle fonctionnel.

Un exemple pour Fodor : le **système visuel** a des mécanismes de traitement différents pour la couleur, la forme, le mouvement, etc., qui sont autant de **modules**.

Dans cette approche, les modules sont vus comme la conséquence de la sélection naturelle et comme des composantes de notre architecture cognitive.

Functional specialization (brain)

https://en.wikipedia.org/wiki/Functional_specialization_%28brain%29

<http://nancysbraintalks.mit.edu/>

Nancy Kanwisher, professor of cognitive neuroscience in the Department of Brain & Cognitive Sciences at Massachusetts Institute of Technology.



- The human mind and brain contains a set of highly specialized components, each solving a different, specific problem.

In that sense, yes we are glorified insects, cognitively.

- But at the same time:

we may have more of these specialized components

we may have a few extra fancy ones unique to humans

we *also* have general-purpose machinery enabling us to go beyond these narrow domains

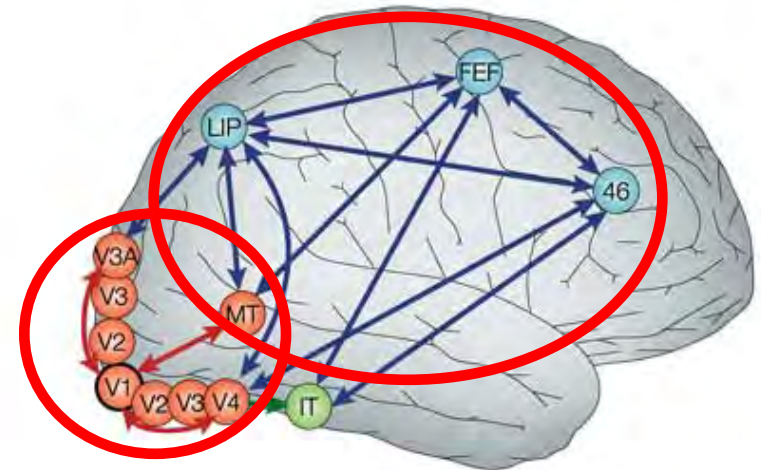
Le pôle extrême opposé :

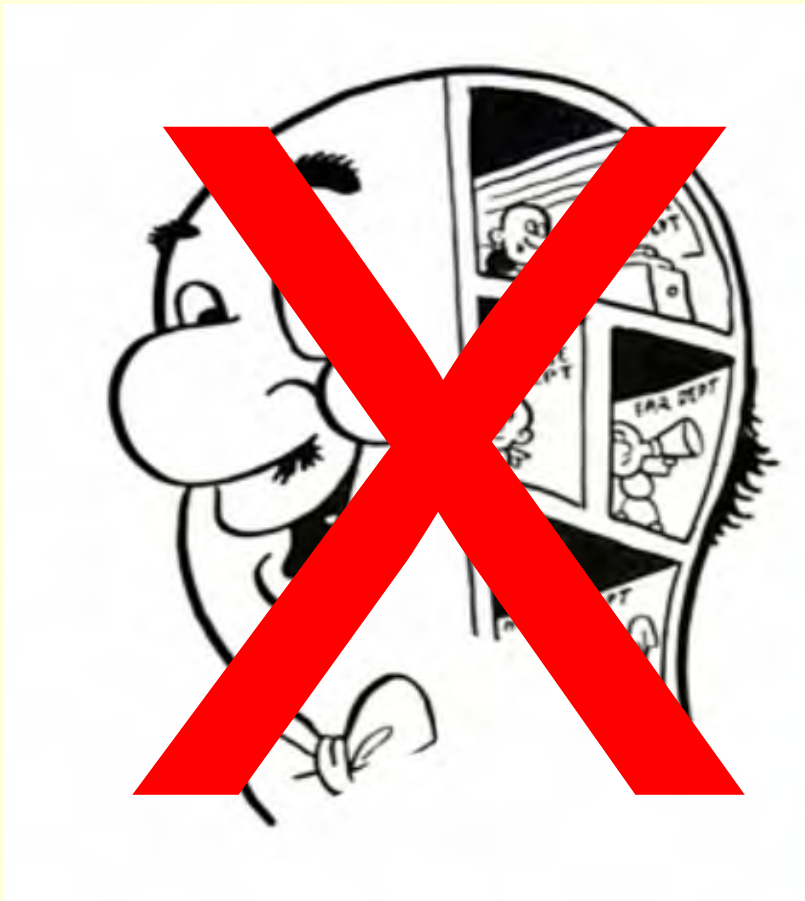
2) Traitement distribué

Une **certaine modularité** pourrait être observée surtout dans les régions sensorielles et motrices du cortex.

Toutefois, dans les régions associatives, la modularité deviendrait beaucoup plus floue à mesure **que la connectivité croisée et multimodale augmente.**

Des fonctions comme l'apprentissage et la mémoire sont ici considérées comme **émergeant de ces réseaux largement interconnectés à grande échelle.**



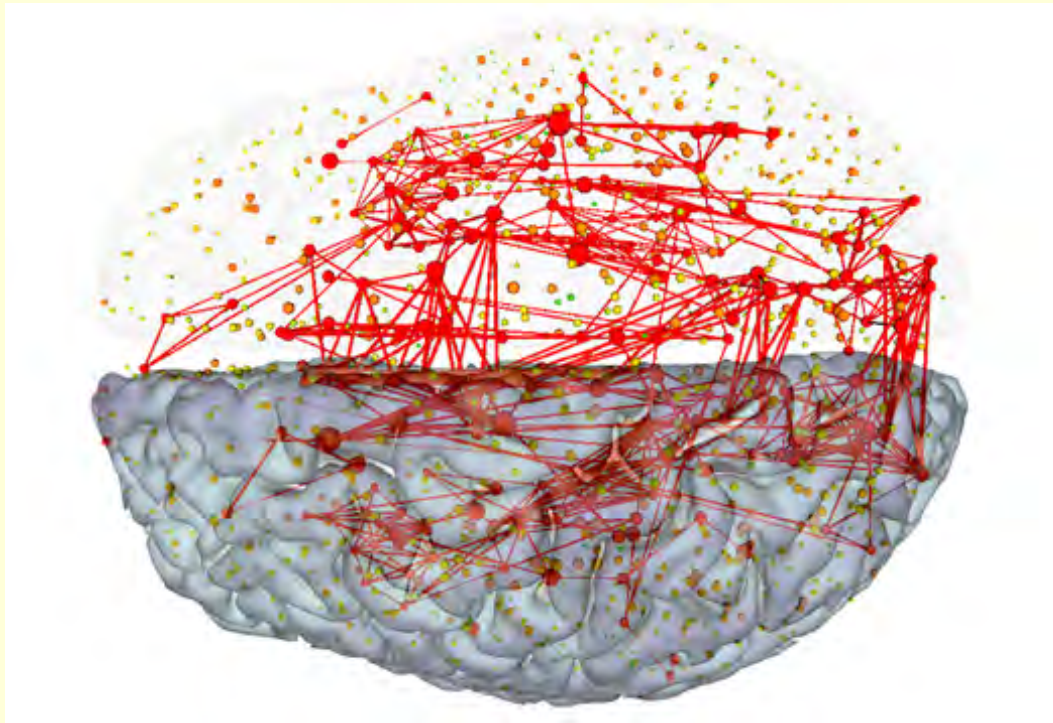


Non seulement il n'y a pas de « centre de.. » dans le cerveau...

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

- M. Gazzaniga





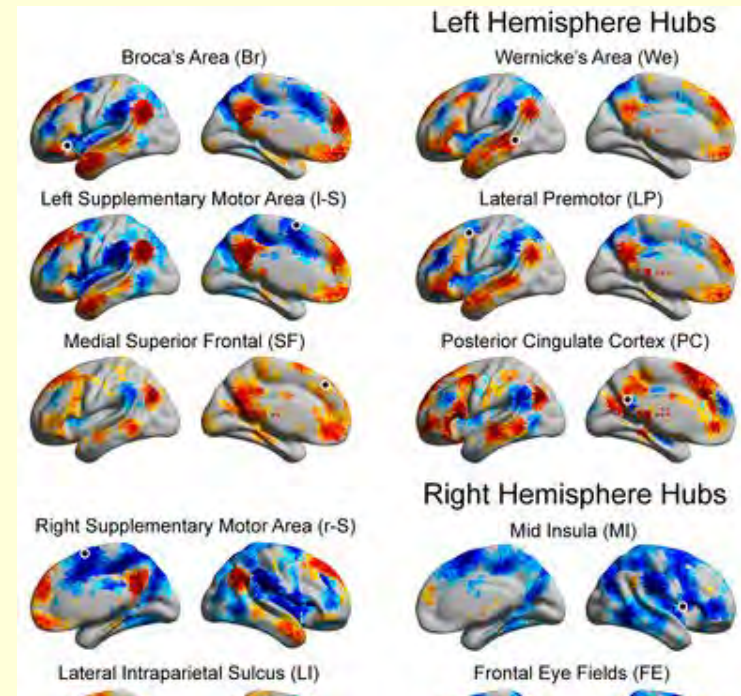
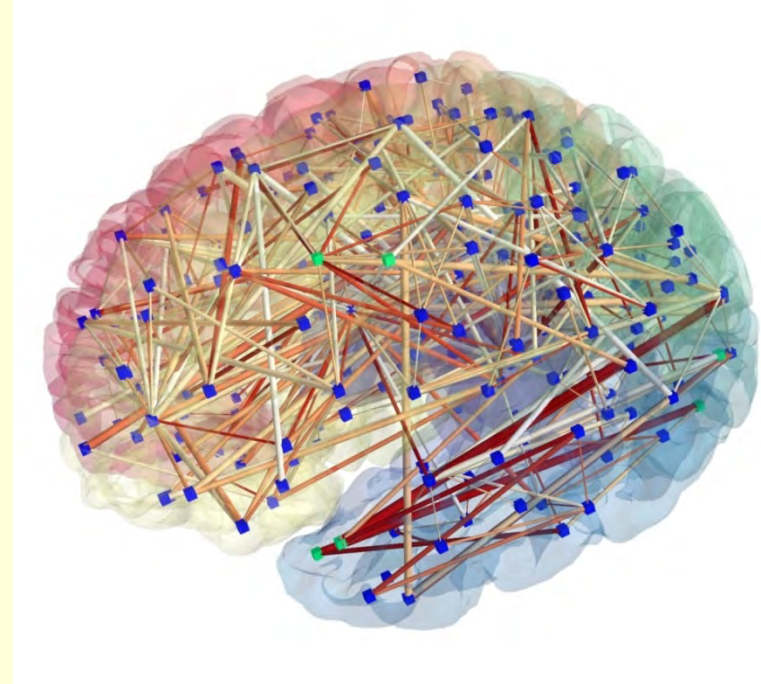
...mais c'est une machine qui
fonctionne massivement en
**parallèle et de manière
distribuée...**

« La question du « **où dans le cerveau** » n'est sans doute pas la bonne question, car presque tout le cerveau est impliqué dans presque tous les comportements.

Le pari actuellement est que le bon niveau d'analyse est celui de **l'interaction dynamique dans le réseau neuronal** à l'échelle microscopique. »

- William Uttal

(auteur de *The New Phrenology: The Limits of Localizing Cognitive Processes in the Brain* (2001))



Functional Specialization of Mind/Brain is Controversial!

Schiller (1994): *"each extrastriate visual area, rather than performing a unique, one-function analysis, is engaged, as are most neurons in the visual system, in many different tasks."*

Huettel et al (2004): *"unlike the phrenologists, who believed that very complex traits were associated with discrete brain regions, modern researchers recognize that a single brain region may participate in more than one function"*.

Anderson (2010): *"the degree of actual selectivity in neural structures is increasingly a focus of debate"*.

Uttal (2011): *"Any studies using brain images that report single areas of activation exclusively associated with any particular cognitive process should a priori be considered to be artifacts of the arbitrary thresholds set by investigators and seriously questioned."*

Dehaene (2011): *"the human brain is neither anisotropic "white paper", where all regions are equivalent, nor a neat arrangement of tightly specialized and well-separated modules."*

3) Collaboration



Comment sortir de la phrénologie ?



Lundi, 9 mars 2015

La « réutilisation neuronale » pour enfin sortir de la phrénologie ?

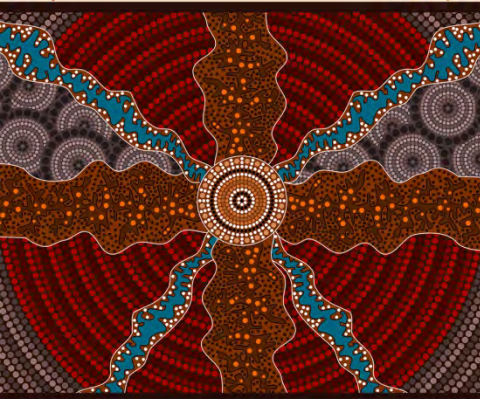
Dans son livre *After Phrenology : Neural Reuse and the Interactive Brain*, **Michael Anderson** nous propose d'aller au-delà de la phrénologie

avec une approche alternative fondée sur ce qu'il appelle la « **réutilisation neuronale** » (« neural reuse », en anglais).

Le cerveau est aussi complexe parce que c'est du bricolage sur des milliers et des millions d'années !

AFTER PHRENOLOGY

Neural Reuse and the Interactive Brain



MICHAEL L. ANDERSON

Le bricolage
de l'évolution

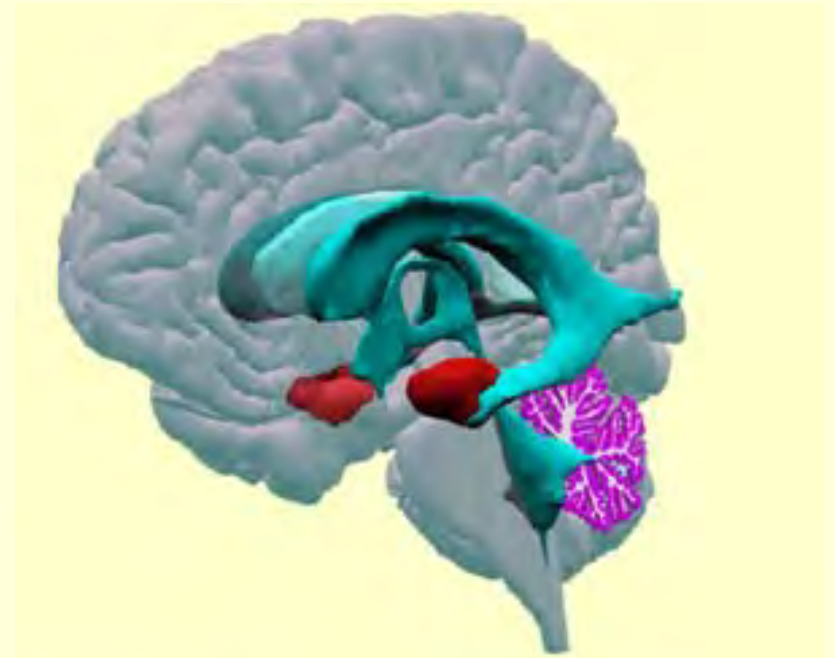




Il faut aussi se méfier des **associations rapides** que l'on peut faire entre des **structures** cérébrales et de **fonctions**

Amygdale ~~X~~ peur ?

Non. Tout événement qui peut préoccuper quelqu'un...





...comme avoir faim...



...ou voir un individu en détresse

LES NEURONES DE LA LECTURE



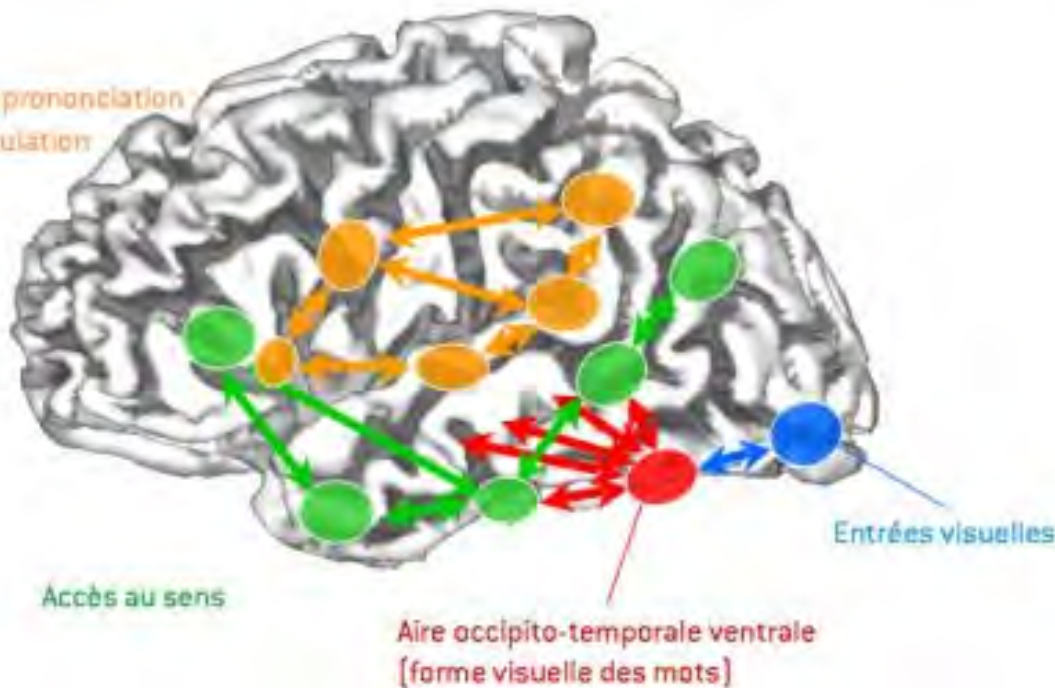
préface de
Jean-Pierre Changeux



Cette aire visuelle occipito-temporale ventrale gauche va « coder » ou « représenter » ces **chaînes de caractères** que constituent les **mots...**



Accès à la prononciation
et à l'articulation



Accès au sens

Entrées visuelles

Aire occipito-temporale ventrale
[forme visuelle des mots]

Comments and Controversies

NeuroImage 19 (**2003**) 473– 481

The myth of the visual word form area

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

Cathy J. Price

and Joseph T. Devlin

University of Oxford, Oxford, UK

Comments and Controversies

The myth of the visual word form area

Abstract

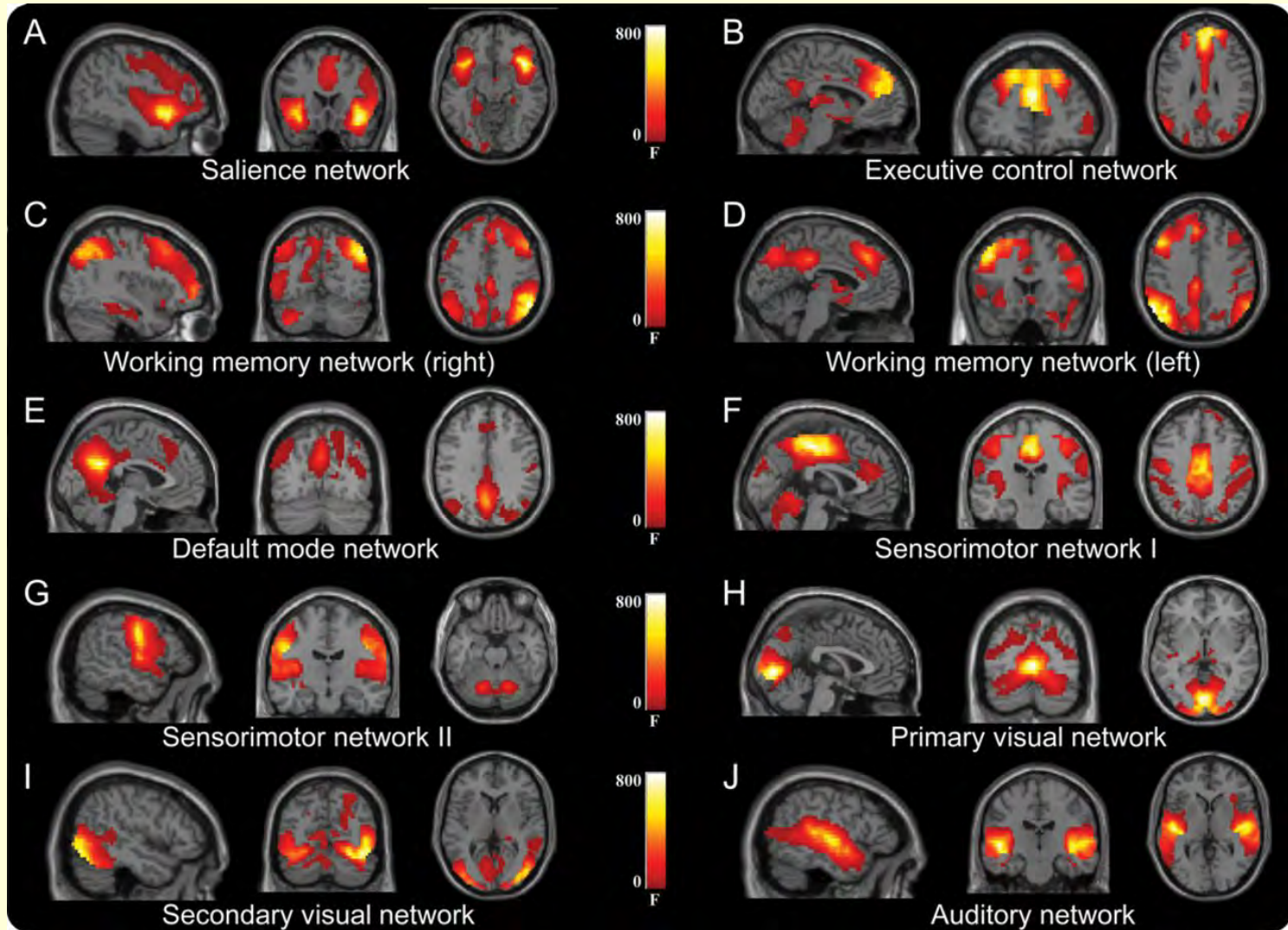
[...] we present functional imaging data to demonstrate that **the so-called VWFA** is activated by normal subjects **during tasks that do not engage visual word form** processing such as

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

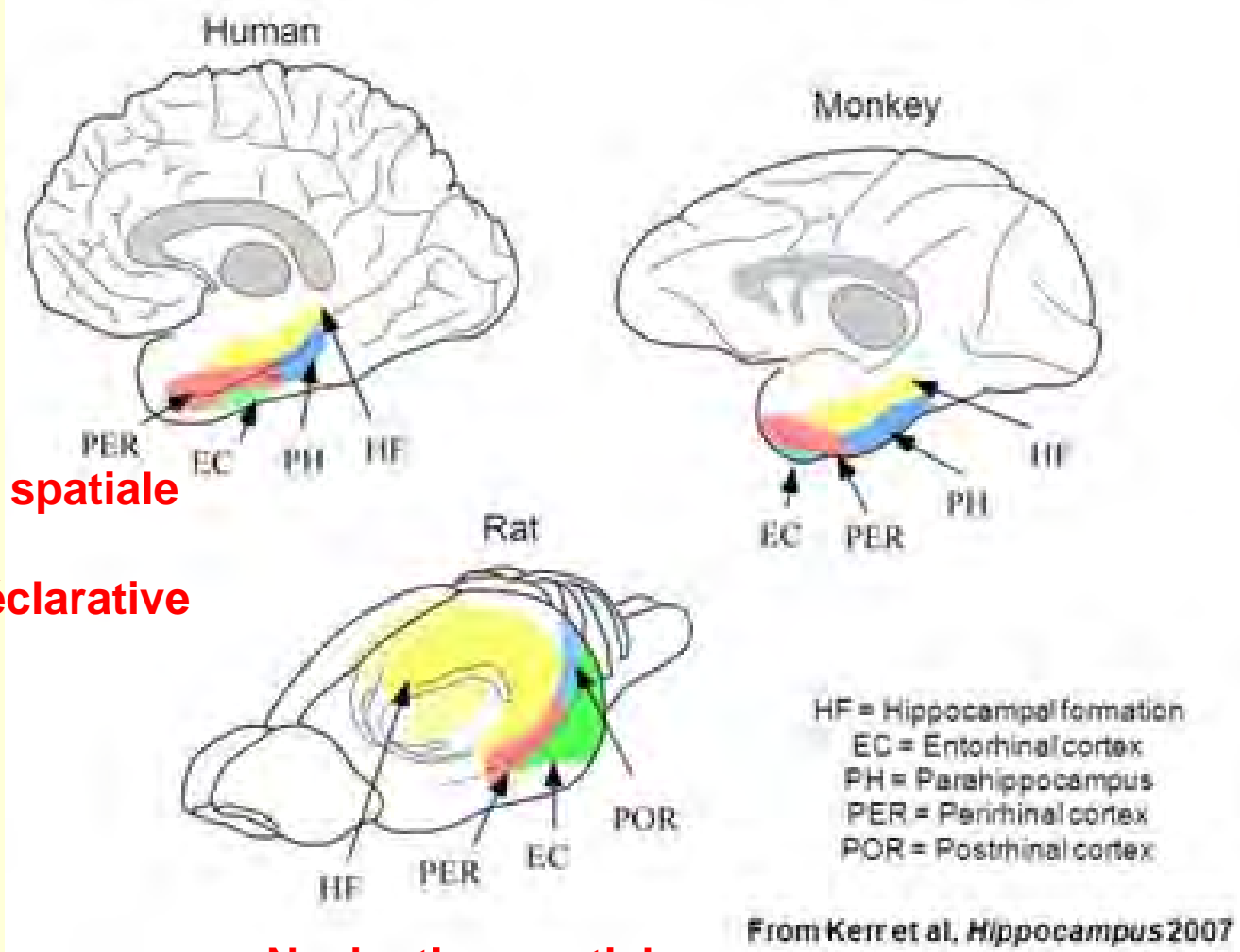
“Si cette région n’a qu’une seule fonction, ce n’est pas celle du traitement visuel des mots...”

“Si cette région a plusieurs fonctions grâce à ses interactions avec d’autres régions corticales, alors l’identification du substrat neuronal du traitement visuel des mots nécessite l’identification de l’ensemble de ces autres régions...”

Si cette région 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



Navigation spatiale
+
Mémoire déclarative



Navigation spatiale

Mais Michael Anderson va plus loin...

Précis of After Phrenology: Neural Reuse and the Interactive Brain

To be published in Behavioral and Brain Sciences (in press)

Cambridge University Press **2015**

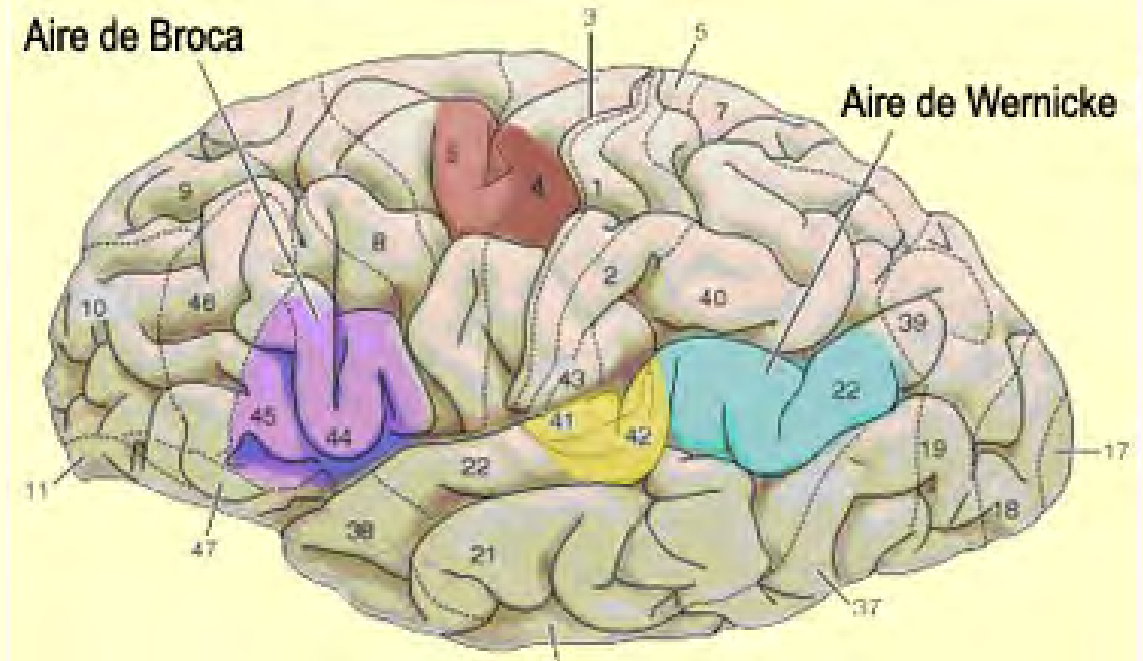
http://journals.cambridge.org/images/fileUpload/documents/Anderson_M_BBS-D-15-00178_preprint.pdf

“Neural reuse is a form of neuroplasticity whereby neural elements originally developed for one purpose are put to multiple uses.

A diverse behavioral repertoire is achieved via the creation of multiple, nested, and overlapping neural coalitions, in which **each neural element is a member of multiple different coalitions and cooperates with a different set of partners at different times.**

For example, Russell Poldrack (2006) estimated the **selectivity** of **Broca's area** by performing a Bayesian analysis of 3,222 imaging studies from the BrainMap database.

He concludes that current **evidence for the notion that Broca's area is a "language" region is fairly weak**, in part because it was more frequently activated by non-language tasks than by language-related ones.



For example, Russell Poldrack (2006) estimated the **selectivity of Broca's area** by performing a Bayesian analysis of 3,222 imaging studies from the BrainMap database.

He concludes that current **evidence for the notion that Broca's area is a "language" region is fairly weak**, in part because it was more frequently activated by non-language tasks than by language-related ones.

Similarly, several statistical analyses of experiments from large collections of neuroimaging results demonstrate that **most regions of the brain—even fairly small regions—appear to be activated by multiple tasks** across diverse task categories.

These results, [...] also suggest that the brain achieves its variety of function by using the same regions in a variety of circumstances, putting them together in different patterns of **functional cooperation**.

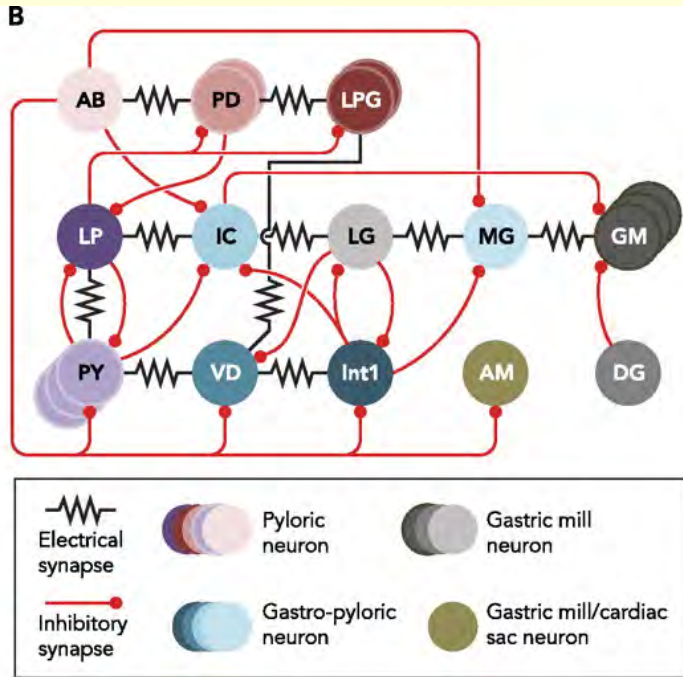
“given these findings, we should conceptualize the functional structure of the brain in terms of **a set of fundamental computational operators**—I called them “**workings**” (Bergeron 2007)—each of which have many different higher-level cognitive “uses”.

This differed from the sort of strict localization advocated by Posner, Kanwisher and others (Posner et al. 1988; **Kanwisher** 2010) only in the expectation that these workings would be multi-modal, multi-domain operators, capable of contributing to task processes across perceptual modalities and cognitive domains—a conceptual and architectural reform that suggested that the operators might not look like those typically postulated by contemporary cognitive theories. [...]

Thus, the best current evidence seems to suggest that while some of the observed functional diversity is due to the fact that a given circuit in a given configuration **is often useful in multiple contexts**,

some of the observed diversity is likely also due to the fact that the local network **can be in multiple different states**.”

(Neuromodulation : 7e cours...)



“What Eve Marder has shown, quite convincingly, is that **you can have the same structural circuit**—the same circuit of neurons connected by synaptic connections—and depending on what kind of neurotransmitters, what kind of neuromodulators are active at each given time in the circuit, **the circuit can do different things.**

- Olaf Sporns



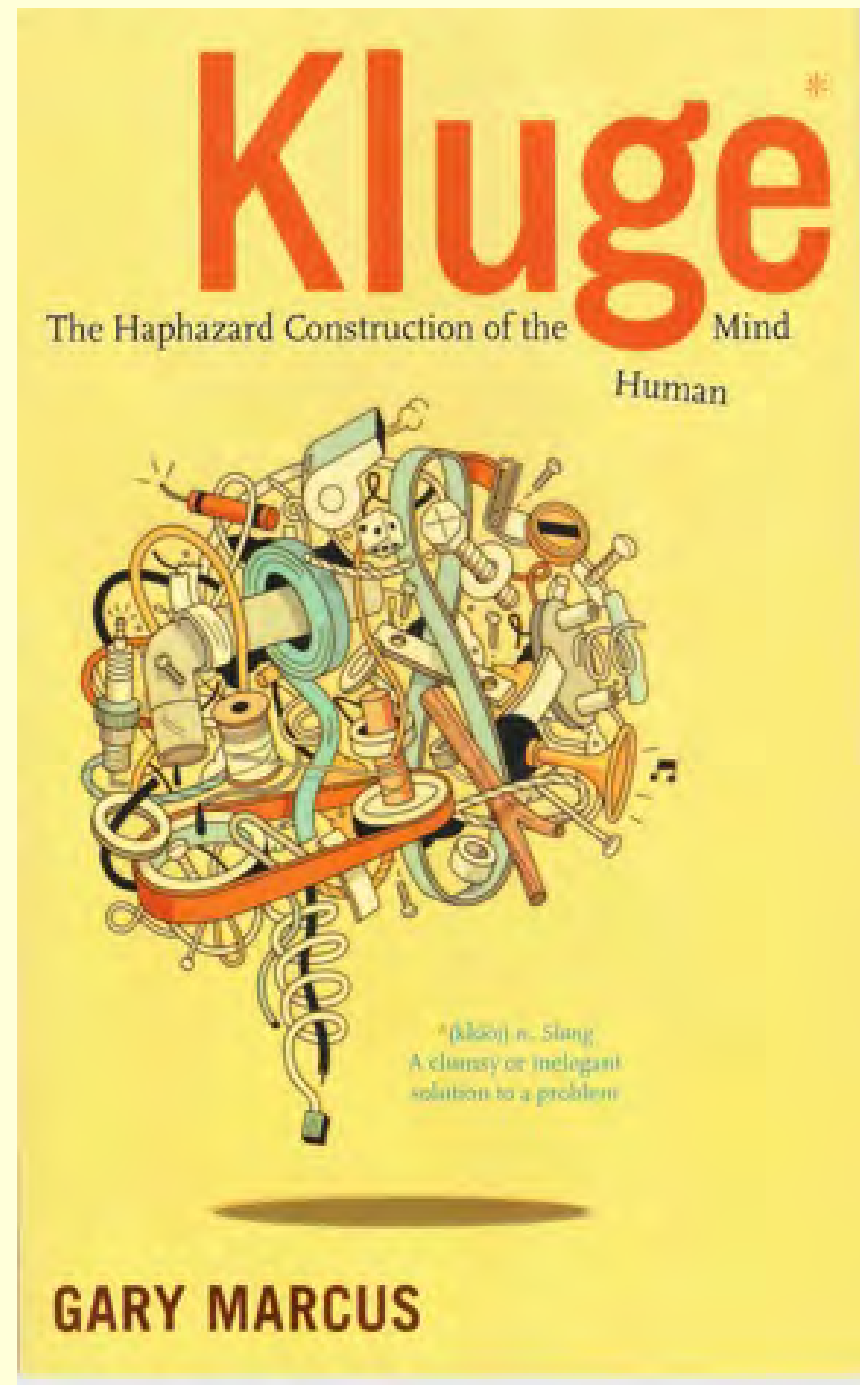
[**Le même circuit pouvait avoir plusieurs types d’outputs différents dépendamment des neuromodulateurs qu’on lui appliquait.]**



« 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)



kluge n. Slang
A clumsy or inelegant
solution to a problem

GARY MARCUS

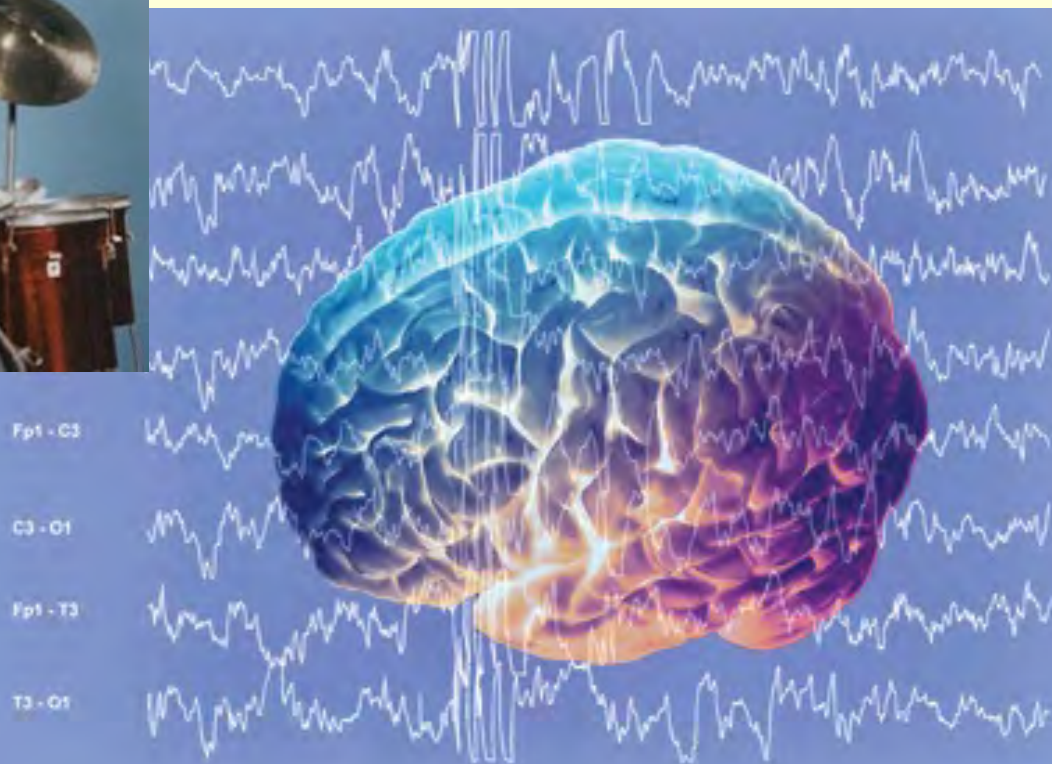
Comment ces multiples régions peuvent-elles « se parler » ?

Les oscillations et la synchronisation d'activité.

Bref, le cerveau dynamique...

On va donc parler de rythmes...

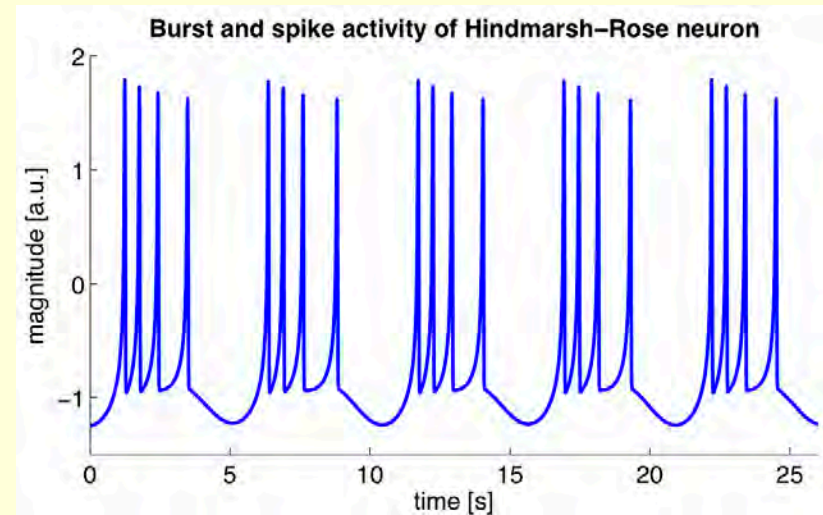
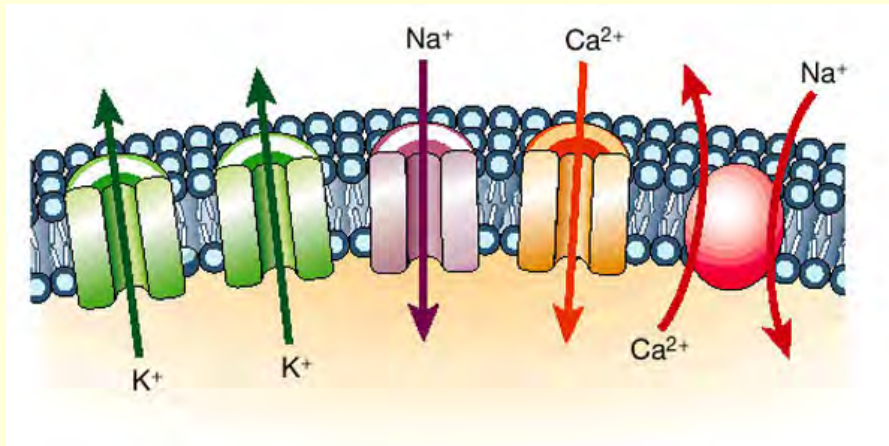
mais de rythmes cérébraux !



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.

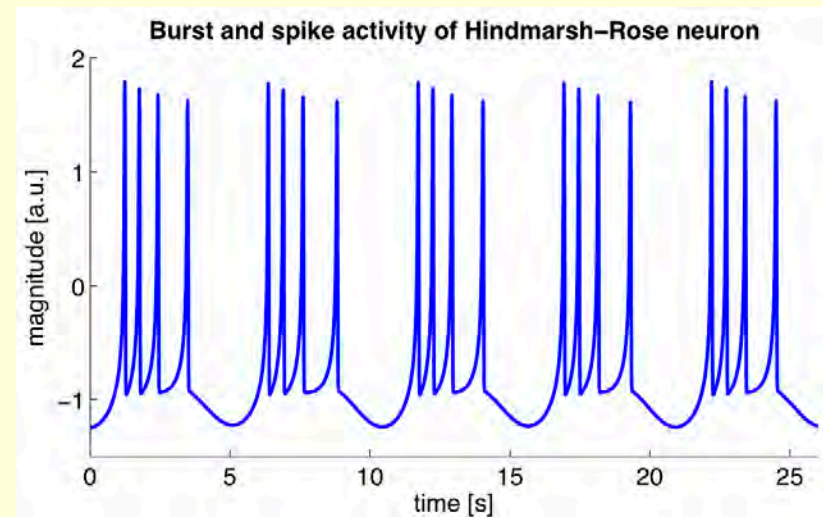
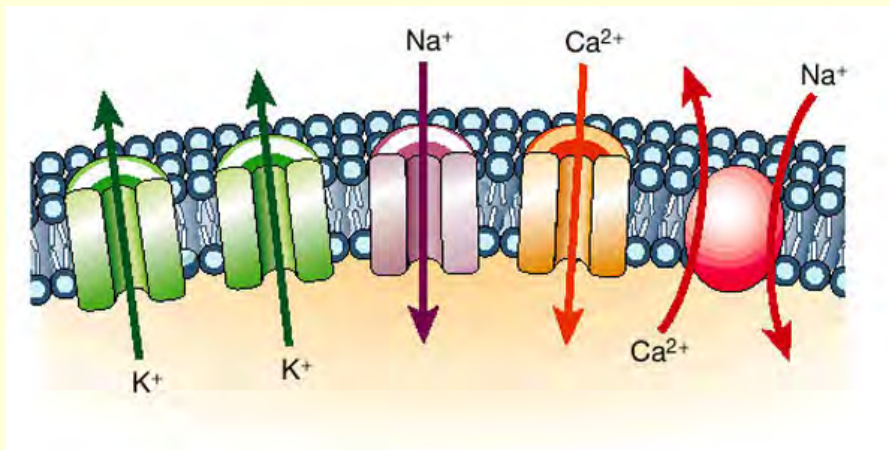


“nature went to a lot of trouble bringing together these channels at the right densities and location just to serve one purpose: **oscillation.**”

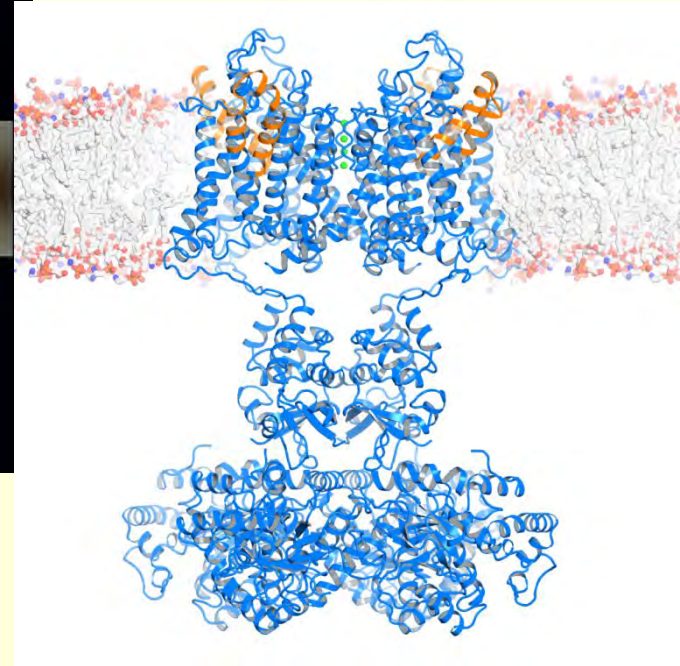
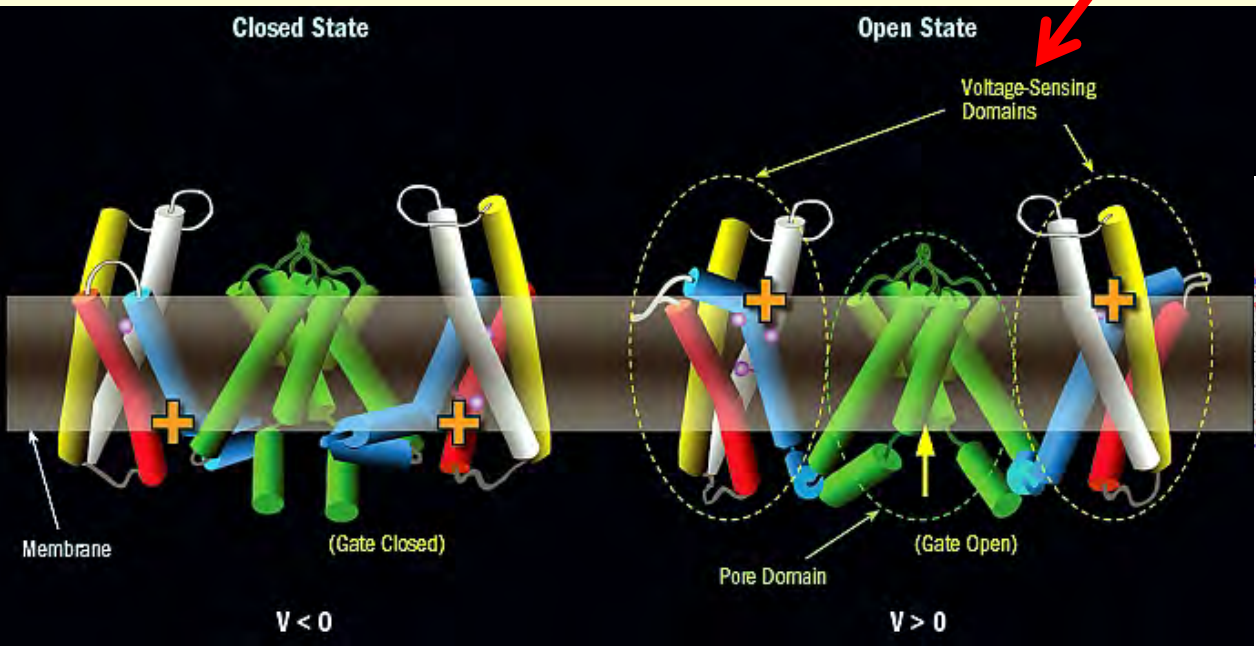
- Buzsáki 2006

[...] Llinás' findings revealed that the **neurons are oscillators**

- William Bechtel (2013)



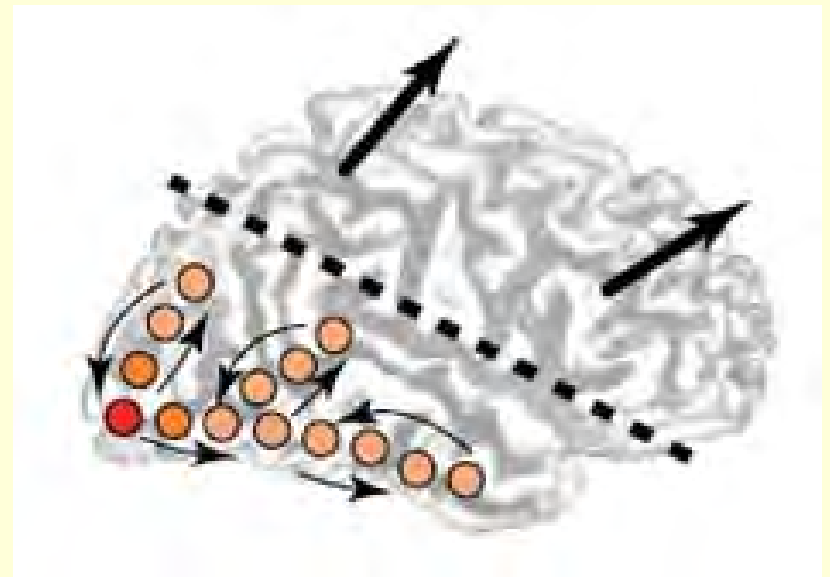
Domaines sensibles au voltage



Schematic of the function of a voltage-gated ion channel.

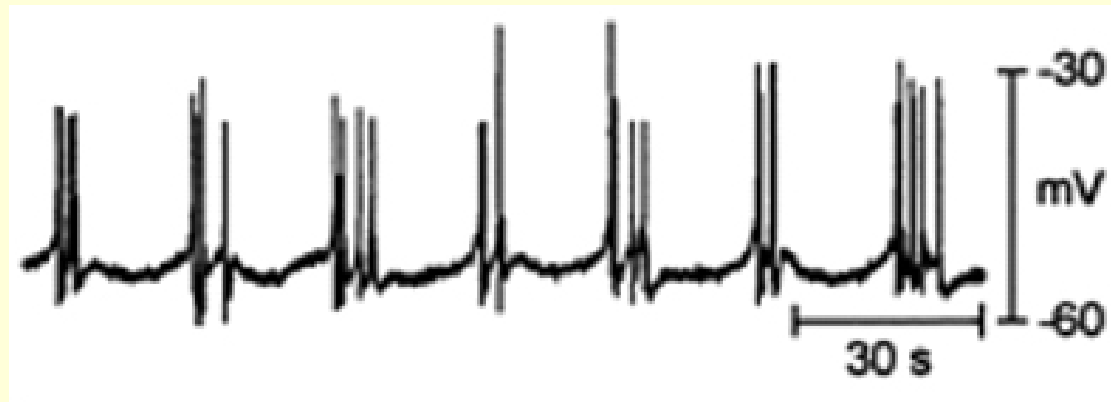
<http://scidacreview.org/0803/html/molecular.html>

“If there’s input to the nervous system, fine. It will react to it.



Activité « Bottom up »

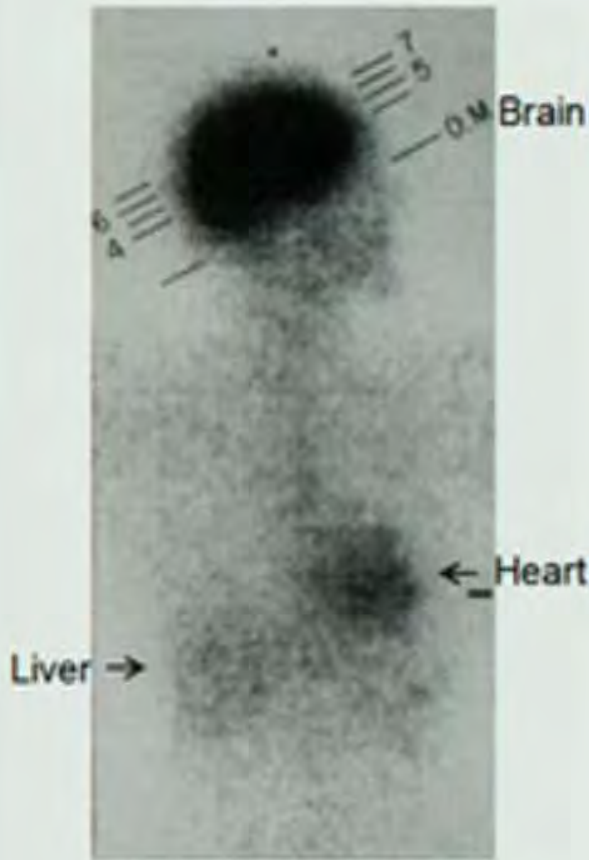
But the nervous system is primarily a device for generating action spontaneously. It’s an ongoing affair.



The biggest mistake that people make is in thinking of it as an input-output device.”

~ Graham Hoyle, quoted in William Calvin’s *The Cerebral Symphony* (p. 214)

Resting Metabolism



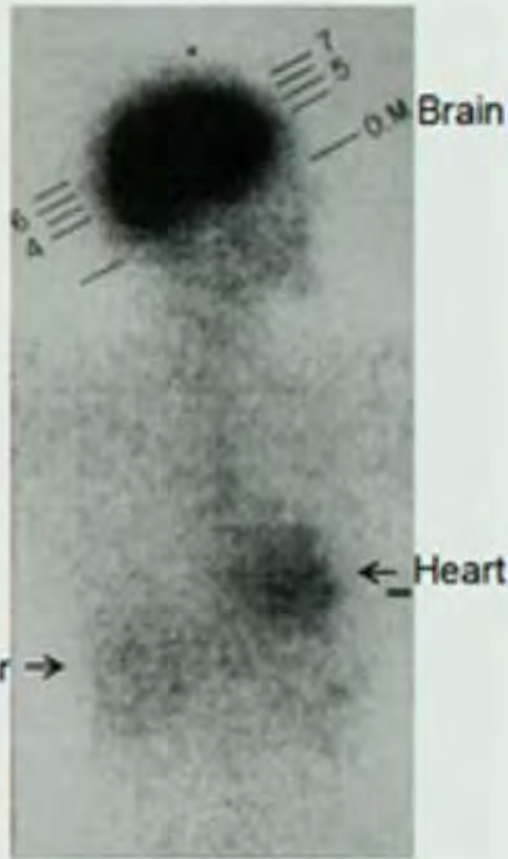
Alavi & Reivich (2002)

Le cerveau ne représente environ que 2 % du poids du corps humain.

Pourtant, il mobilise en permanence environ 20 % du sang et de l'oxygène de notre organisme

Pourquoi ?

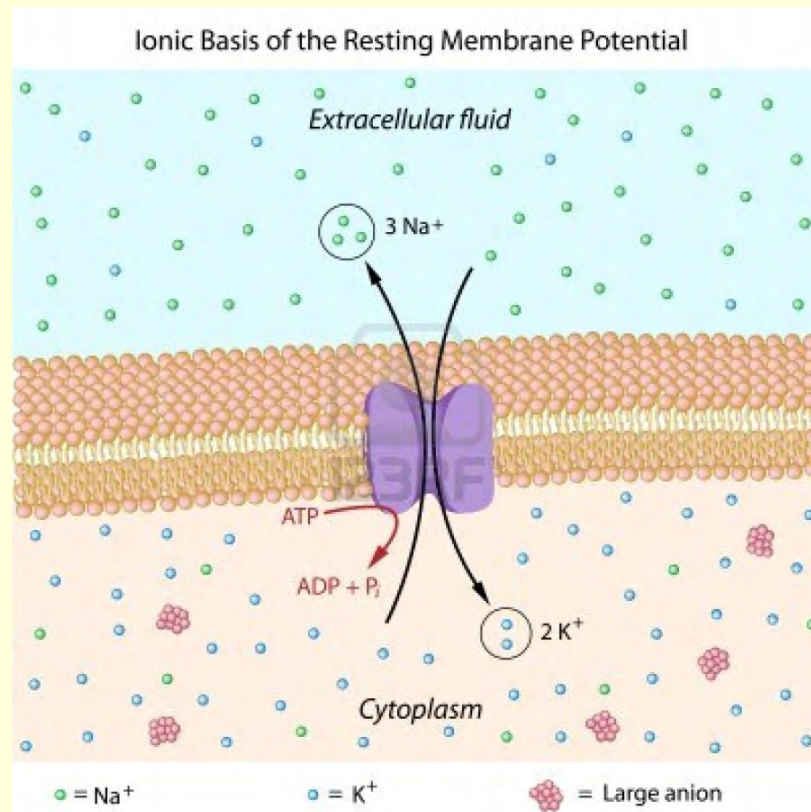
Resting Metabolism



Alavi & Reivich (2002)

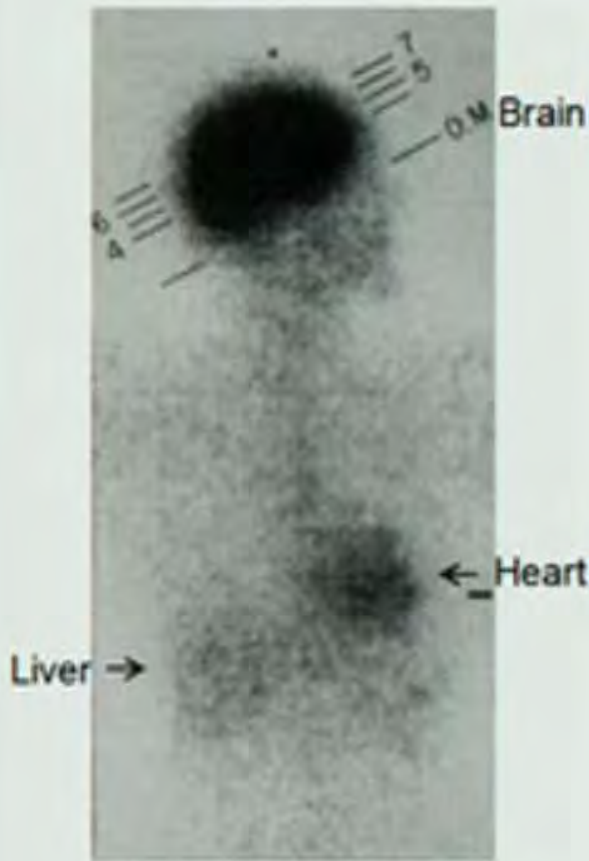
Le cerveau ne représente environ que 2 % du poids du corps humain.

Pourtant, il mobilise en permanence environ 20 % du sang et de l'oxygène de notre organisme



« Pompe »
sodium /
potassium

Resting Metabolism



Alavi & Reivich (2002)

Le cerveau ne représente environ que 2 % du poids du corps humain.

Pourtant, il mobilise en permanence environ 20 % du sang 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 !

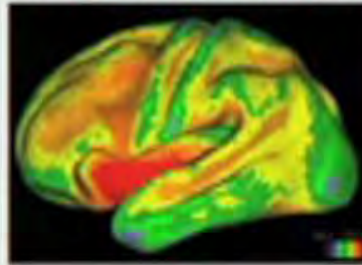


Task Performance

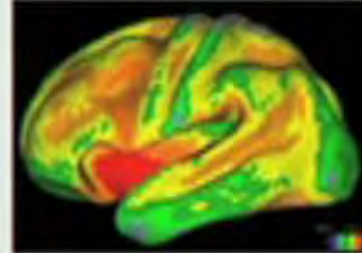
Averaged Blood Flow

Conditions

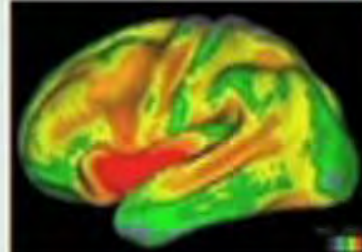
Averaged Difference Images



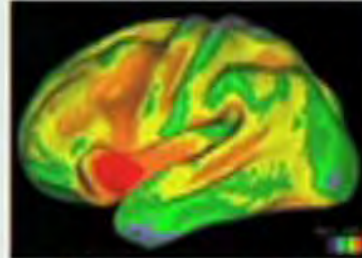
Visual Fixation



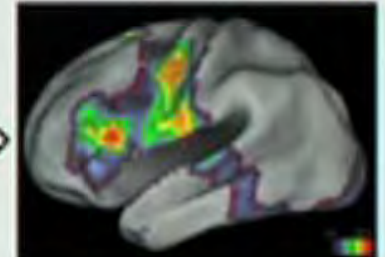
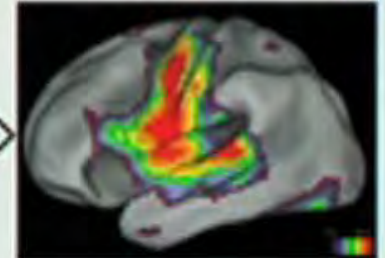
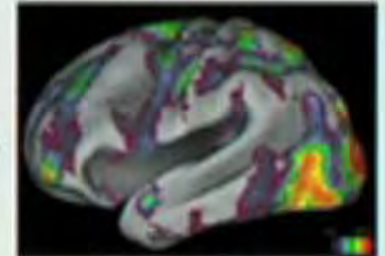
Viewing Words



Reading Words



Generating Verbs



« Our resting brain is never at rest. »

- Marcus Raichle

500 1300

Relative PET Counts

0 5

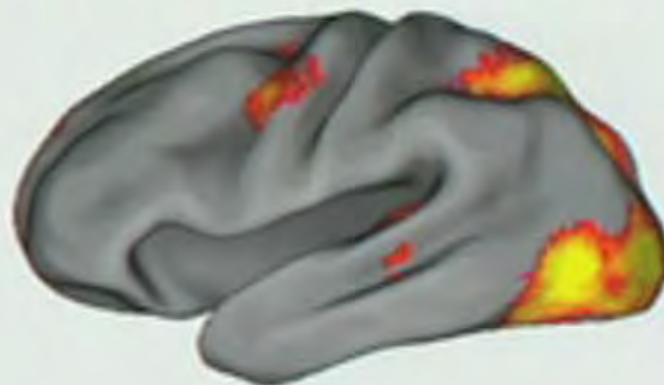
% Difference

(Adapted from Petersen et al (Nature) 1988)

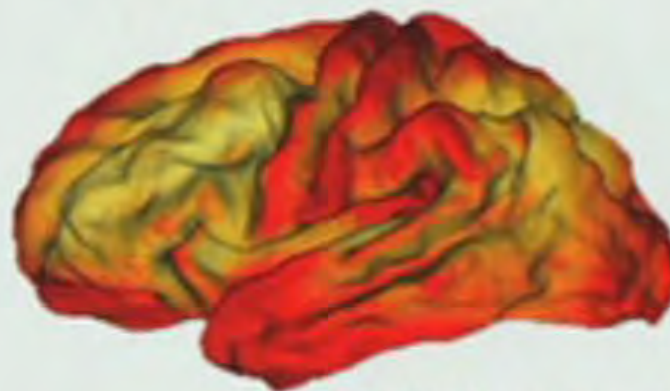


An Historical View

Reflexive
(Sir Charles Sherrington)

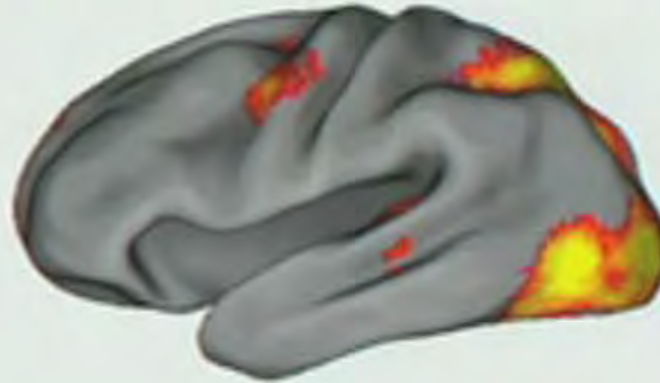


Intrinsic
(T. Graham Brown)

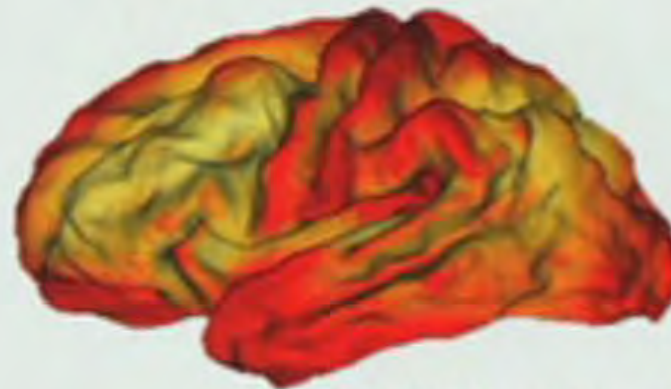


An Historical View

Reflexive
(Sir Charles Sherrington)



Intrinsic
(T. Graham Brown)

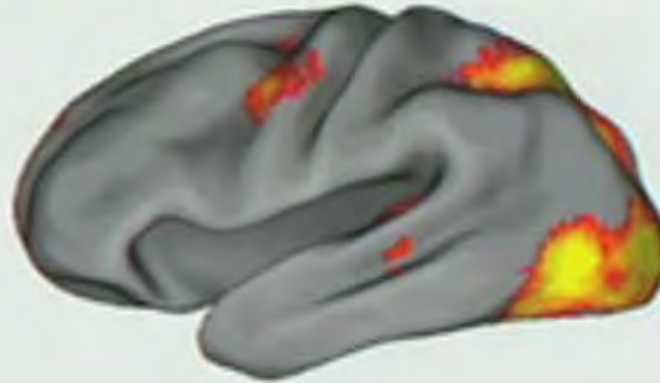


Boutade
mnémotechnique:

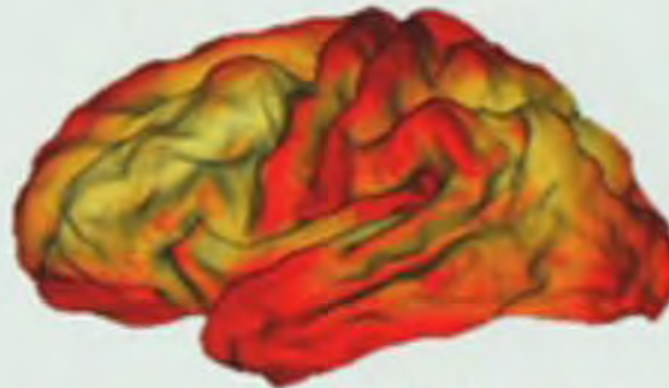
« **Il pleut tout
le temps
dans notre
cerveau !** »

An Historical View

Reflexive
(Sir Charles Sherrington)



Intrinsic
(T. Graham Brown)



Boutade
mnémotechnique:

« Il pleut tout
le temps
dans notre
cerveau ! »

The Endogenously
Active Brain:
The Need for an Alternative
Cognitive Architecture

William Bechtel

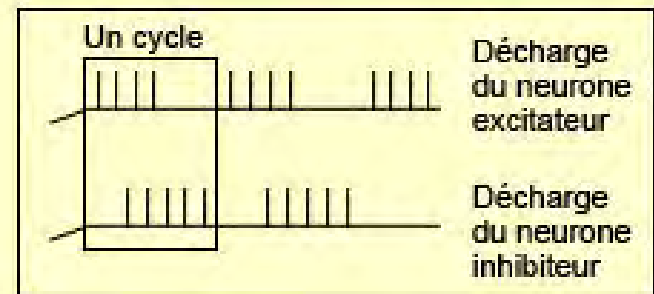
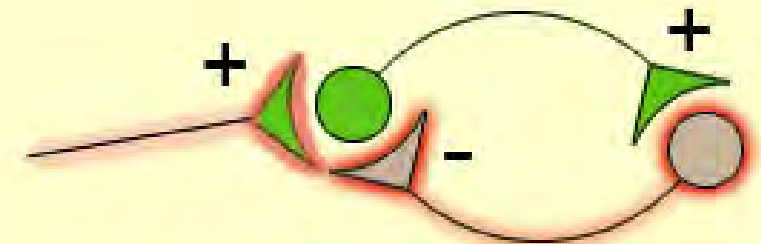
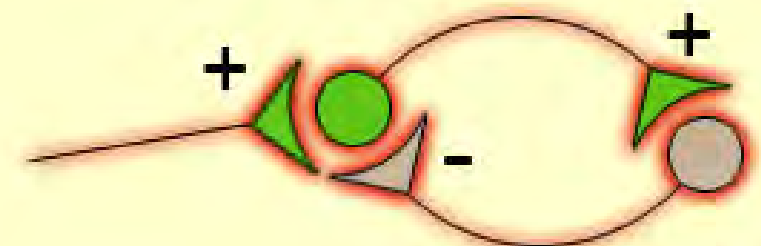
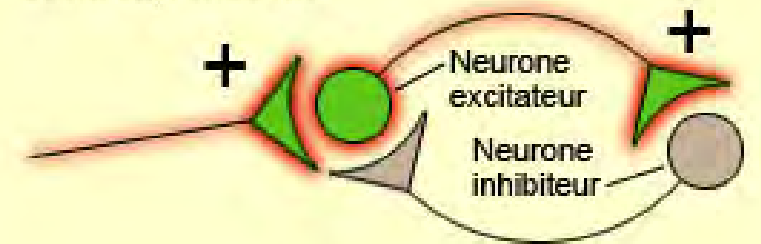
Philosophia Scientiæ **2013** /
2 (17-2)

<http://mechanism.ucsd.edu/research/bechtel.The%20Endogenously%20Active%20Brain.pdf>

Mais l'activité rythmique cérébrale n'est pas nécessairement **endogène** à un neurone.

Elle peut venir de **l'interaction entre des neurones inhibiteurs et excitateurs...**

Afférence excitatrice active en permanence



b



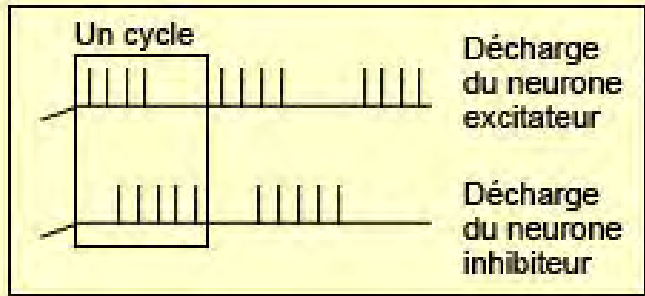
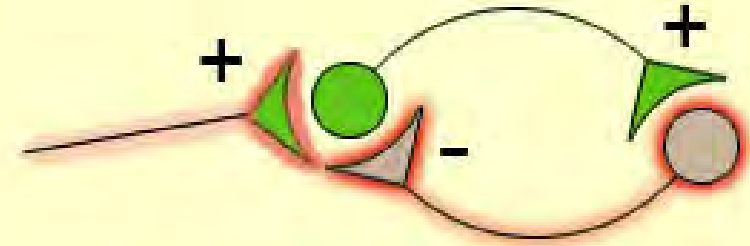
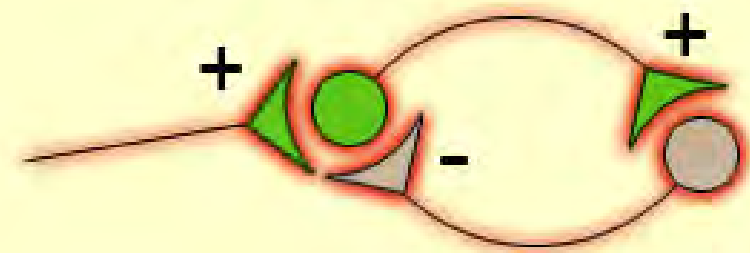
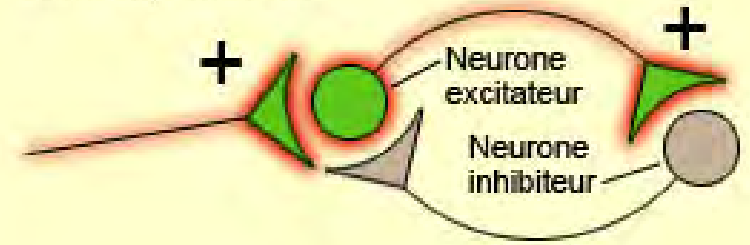
Temporally organized spike trains

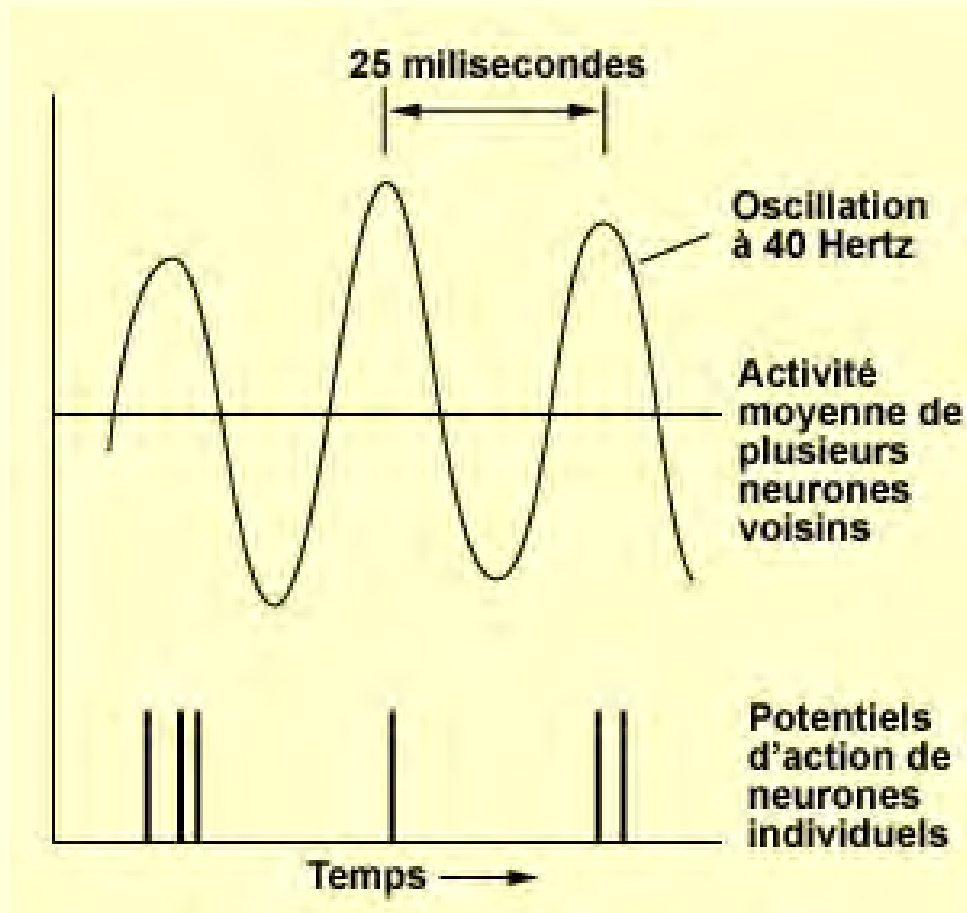
Theta (delta)

Layer IV

Continuous modulated stimulus-driven spike trains

Afférence excitatrice active en permanence



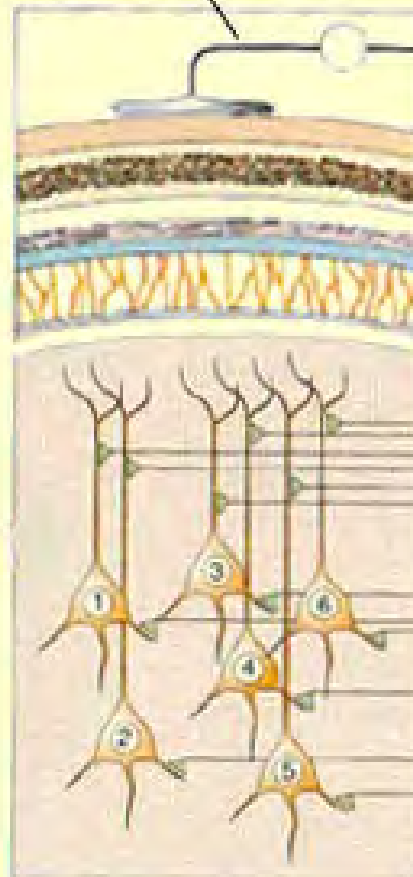




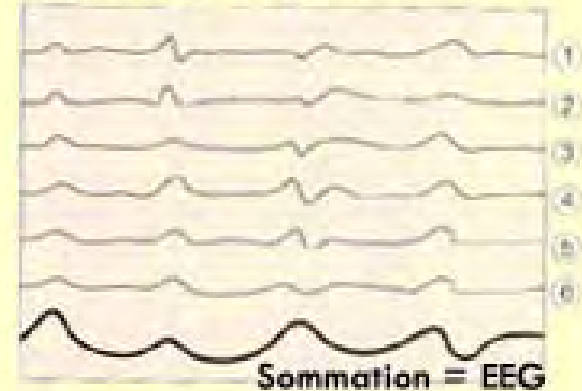
EEG :

signal complexe
résultant de l'état
électrique d'un **grand
nombre de neurones**

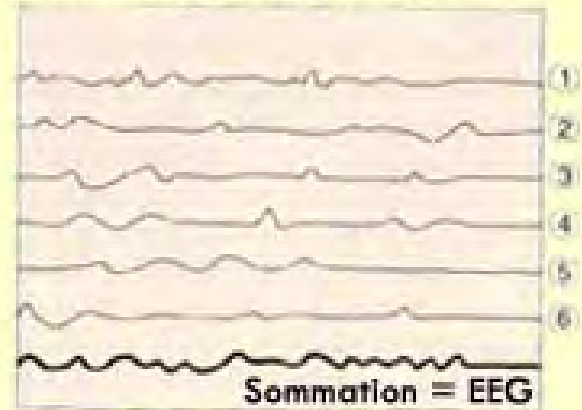
Électrode d'EEG



Décharges synchronisées



Décharges irrégulières



Pour plus de détails sur cette technique, son principe de fonctionnement, etc., voir le cours de l'Université du troisième âge à Valleyfield (automne 2015)

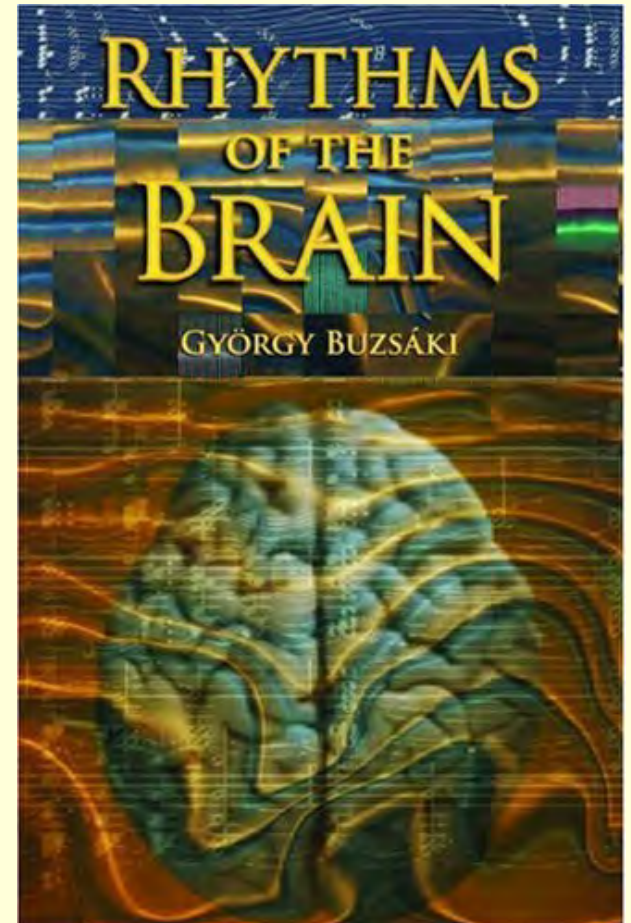
Cours 5 : A- Des réseaux qui oscillent à l'échelle du cerveau entier

http://lecerveau.mcgill.ca/flash/pop/pop_pres/UTA%20Val%20-%20cours%205%20-%20A%20-%20Le%20cerveau%20dynamique%20-%20B%20-%20-%20C9veil,%20sommeil,%20r%EAve%20-%20aut%202015%20-%20v%20finale%20-%20pour%20pdf.pdf

Il fut un temps, pas si lointain dans l'histoire des neurosciences, où le caractère chaotique de l'ensemble de ces oscillations, **associé à du bruit de fond**, était peu considéré, voire ramené à un épiphénomène sans importance.

Cette époque est toutefois bien révolue.

En effet, 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.

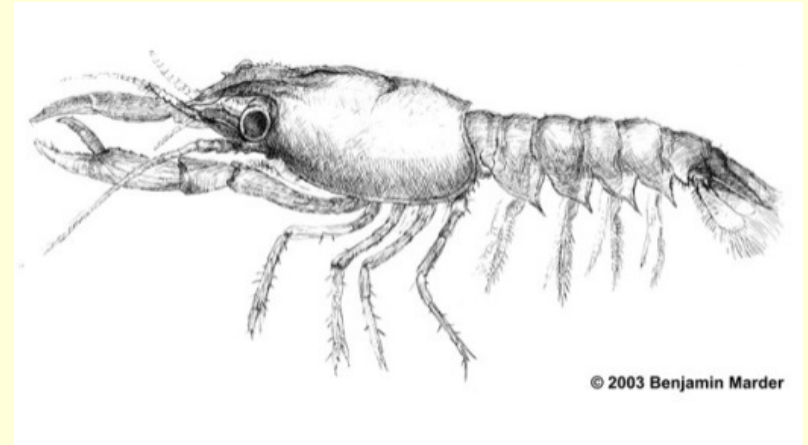


György Buzsáki - My work

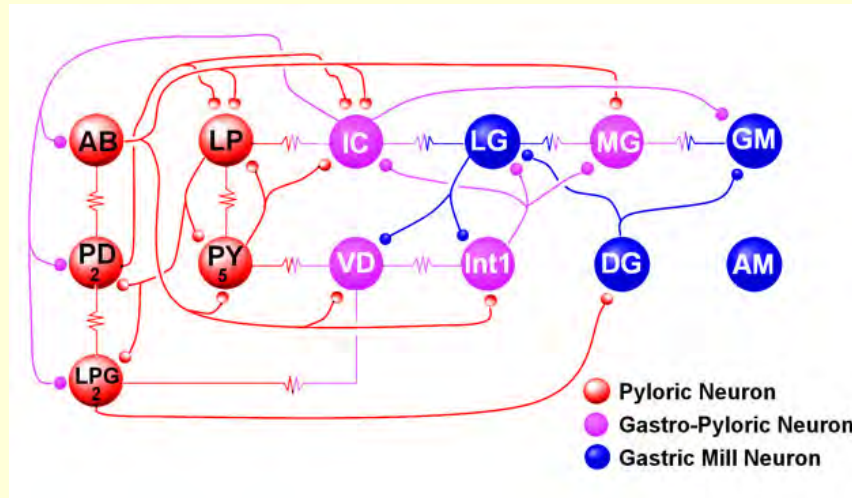
<https://www.youtube.com/watch?v=UOwCbtqVzNU>

(2:00 à 4:30)

Il faut d'abord noter que l'on observe de nombreux rythmes d'activité dans les systèmes nerveux autres que chez l'humain, en particulier chez les **invertébrés**.



C'est ainsi qu'on a pu identifier dans le système nerveux somatogastrique du homard un circuit nerveux reliant une trentaine de neurones capable de générer **deux rythmes d'activité différents et intrinsèques à ce circuit**.



Captivating Rhythm

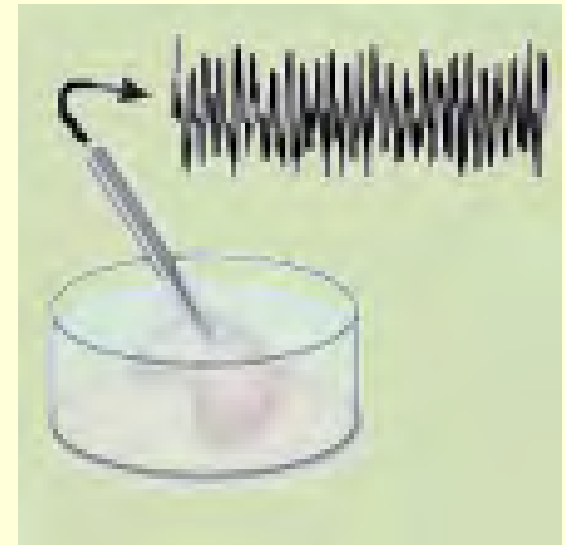
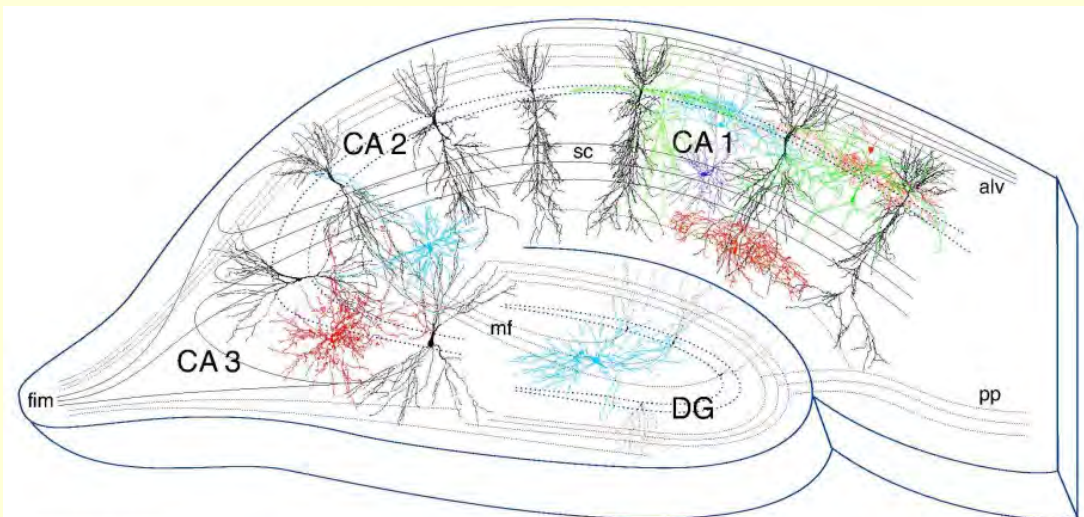
<http://www.brainfacts.org/brain-basics/neural-network-function/articles/2009/captivating-rhythm/>

On voit aussi apparaître de plus en plus d'hypothèse sur la manière dont les **oscillations cérébrales** émergent et **interagissent indépendamment de tout stimulus spécifique.**

Le BLOGUE du CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

L'hippocampe entier révèle ses secrets (chez le rat)

<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2011/01/24/lhippocampe-entier-revele-ses-secrets/>

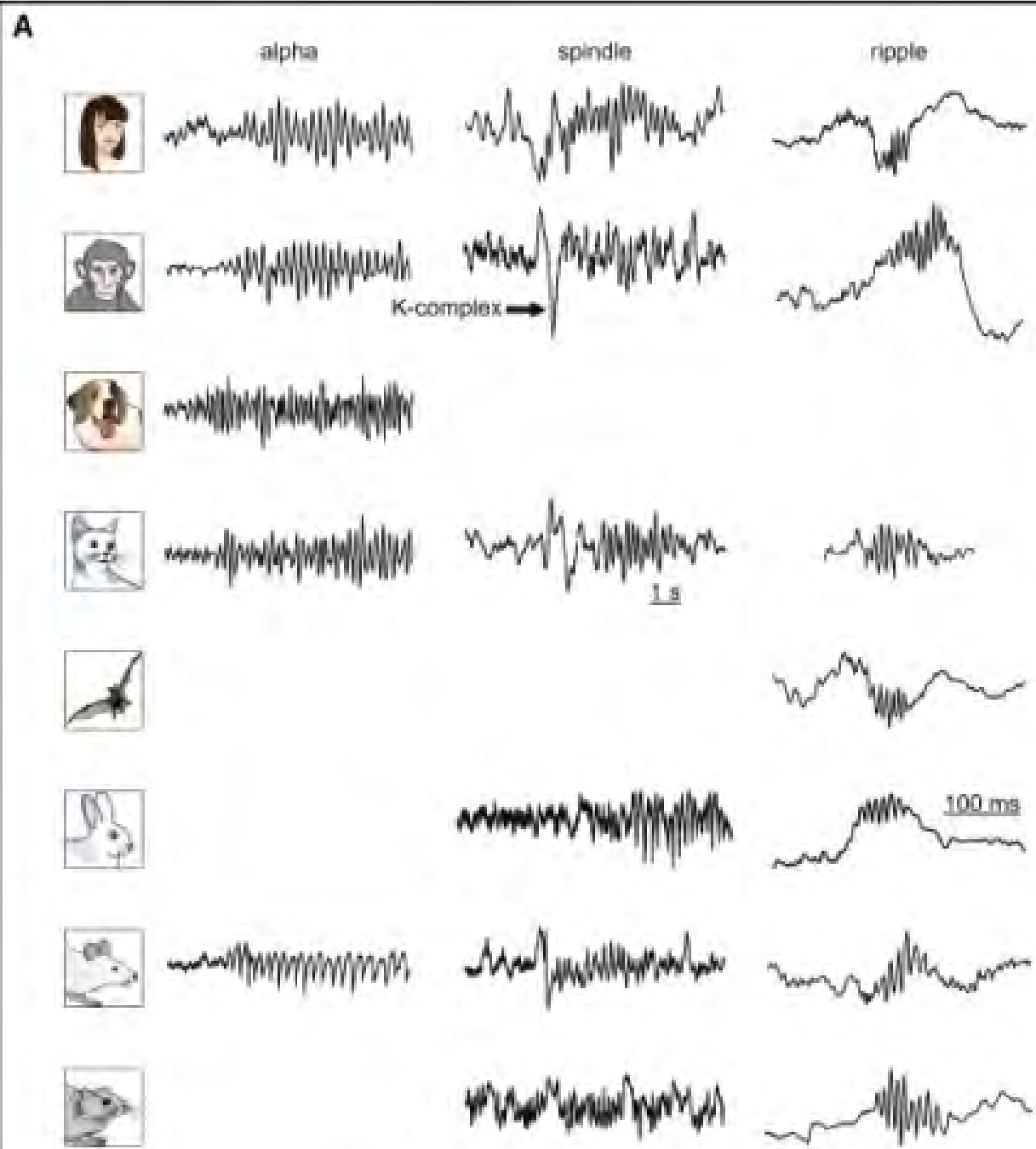


2013

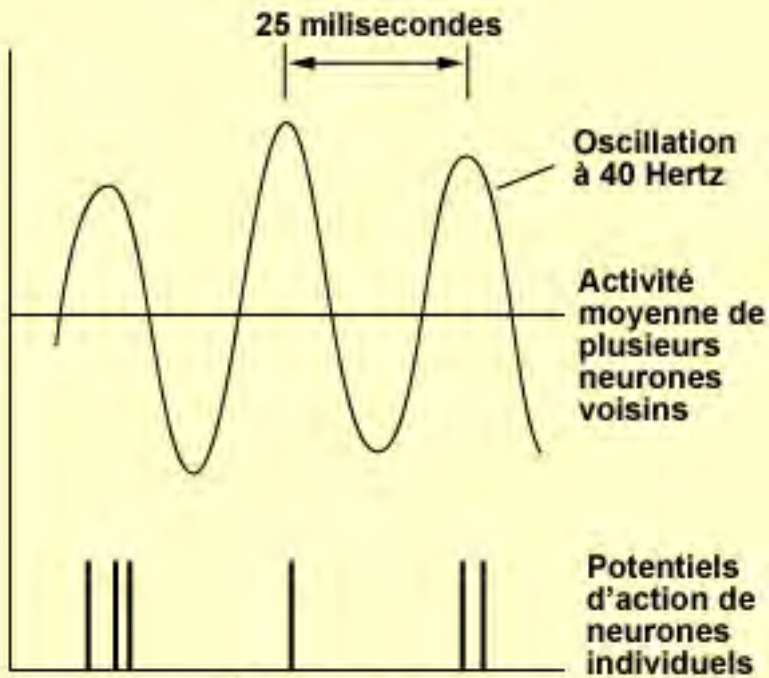
Scaling Brain Size, Keeping Timing: Evolutionary Preservation of Brain Rhythms

György **Buzsáki**, Nikos
Logothetis and Wolf
Singer

Neuron, Volume 80, Issue
3, 751-764,



B



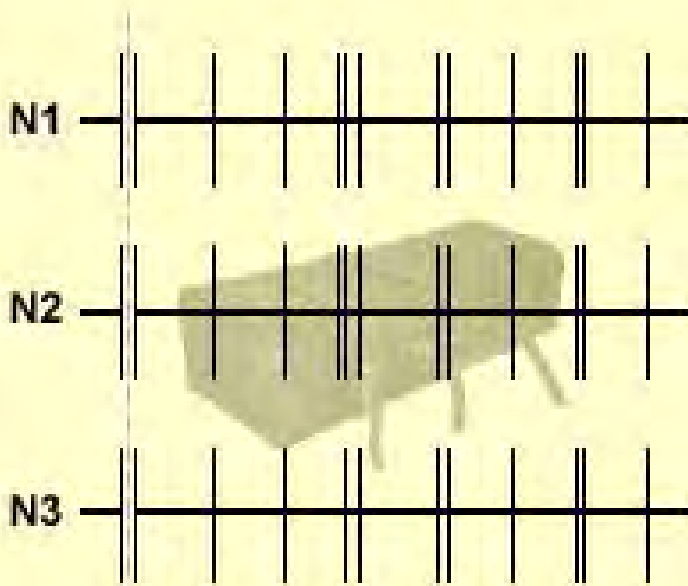
Oscillations

(selon un certain rythme
(en Hertz))

et

Synchronisation
(activité simultanée)

sont des phénomènes
différents mais souvent
liés !



Lien oscillation - synchronisation

Les **oscillations** sont une façon très **économique** 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.

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

Brain Science Podcast #31: Brain Rhythms with György Buzsáki

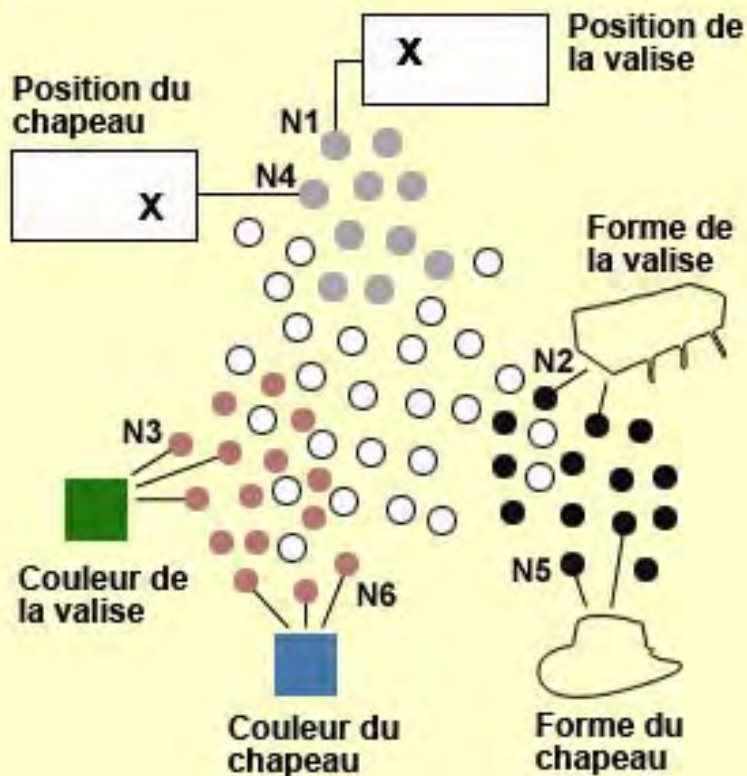
<http://brainsciencepodcast.com/bsp/brain-science-podcast-31-brain-rhythms-with-gyorgy-buzsaki.html>

Rodolfo Llinás, qui a travaillé sur le rôle des rythmes neuronaux que l'on observe entre le thalamus et le cortex, rappelle pour sa part

l'importance des oscillations neuronales **pour synchroniser**
différentes propriétés d'une perception,

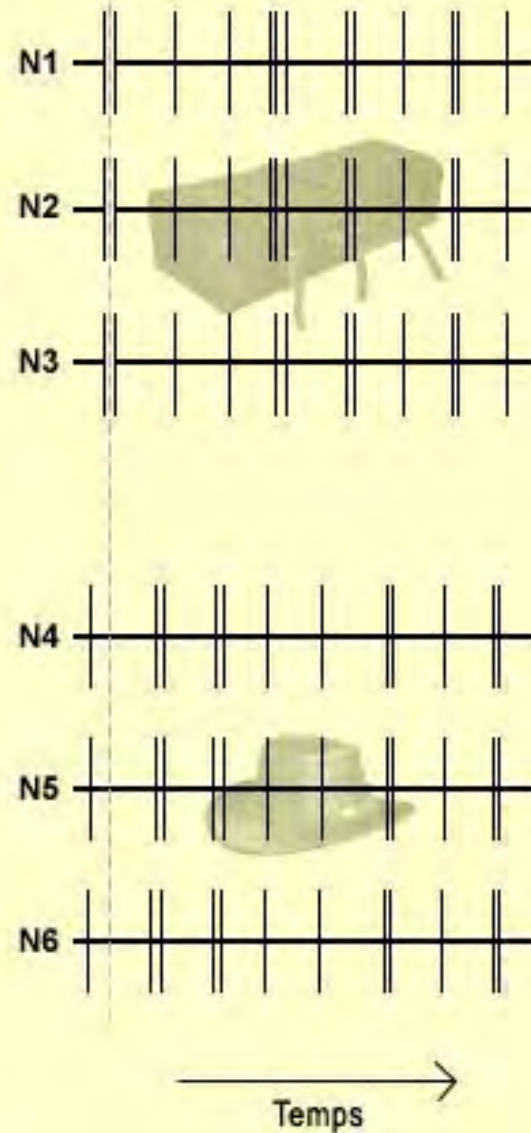
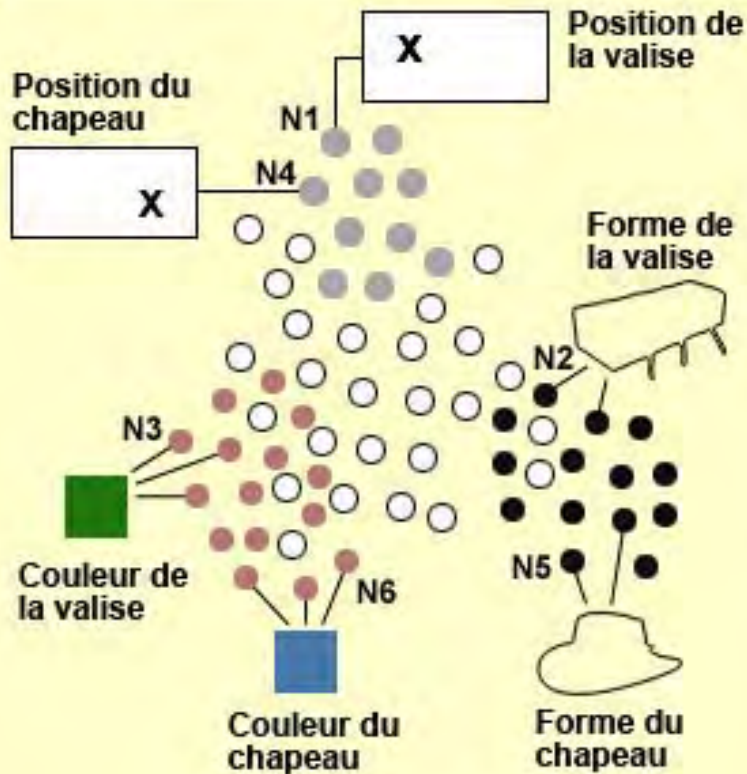
propriétés qui activent souvent des **régions distinctes et distantes**
dans le cerveau.

Car si des **régions distinctes** des aires visuelles réagissent à la forme, à la couleur, à l'emplacement, etc...



Alors on peut se demander **comment les caractéristiques d'un même objet sont-elles mises ensemble** pour former la perception consciente et distincte que l'on a de chacun des deux objets, sans en mélanger les caractéristiques ?

Voilà qui pose **problème de liaison** ou, selon l'expression anglaise consacrée, un «**binding problem**».

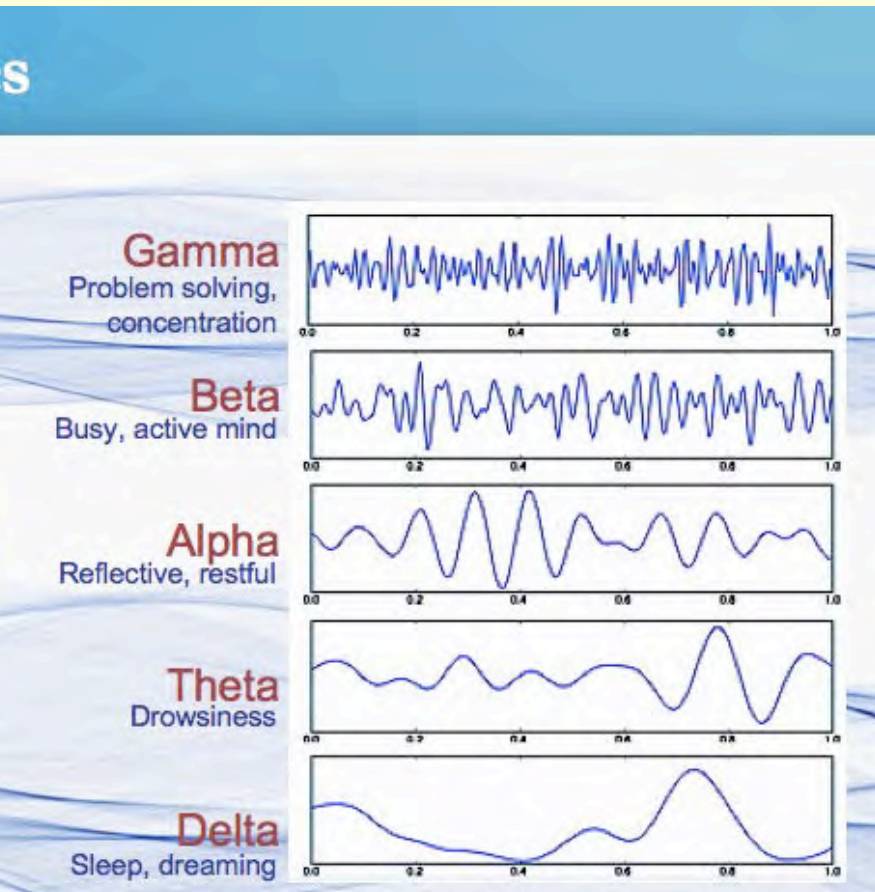


Autre exemple...

Le BLOGUE du CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

Synchroniser nos neurones pour syntoniser notre pensée ?

<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2011/03/28/synchroniser-nos-neurones-pour-syntoniser-notre-pensee/>



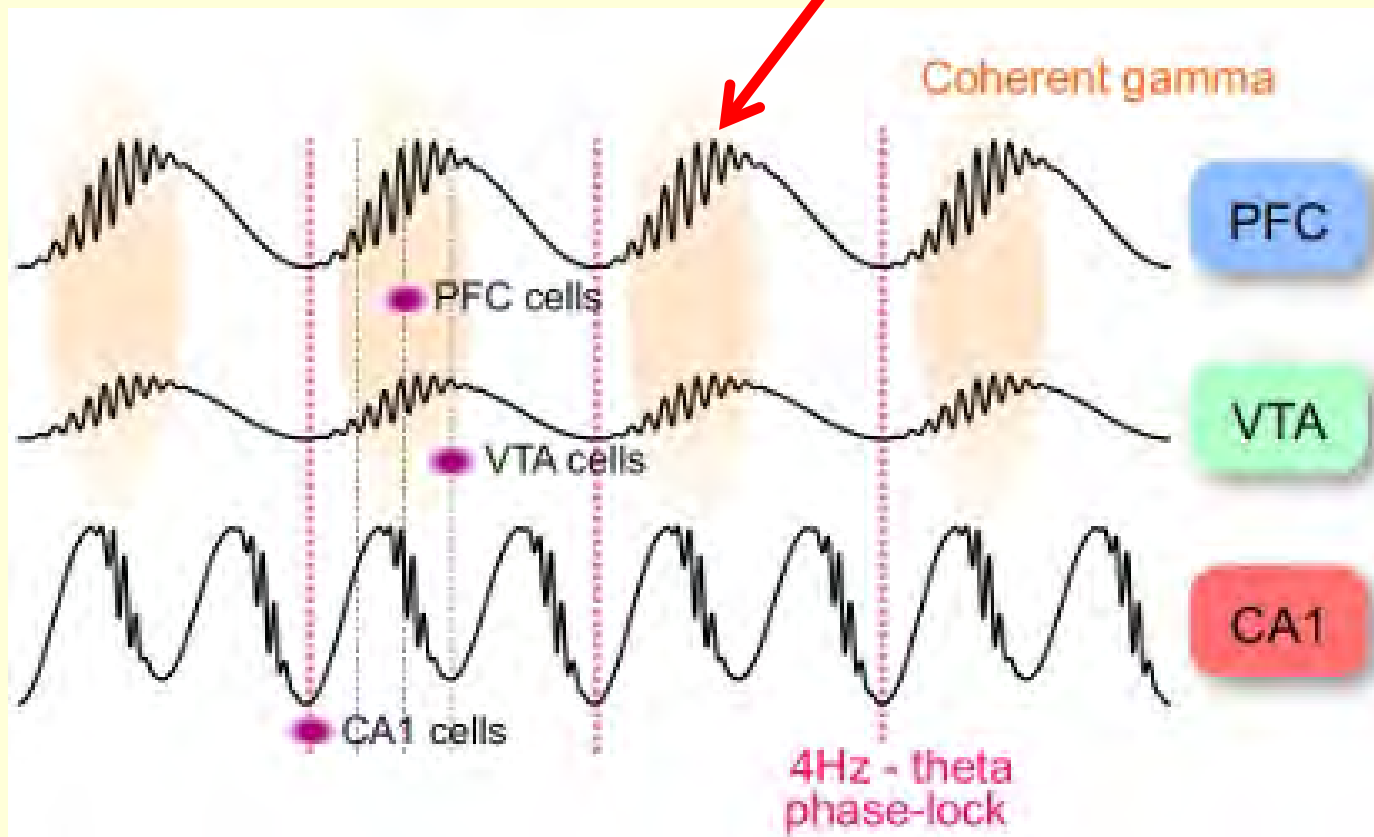
Laura Colgin a montré (*Nature*, novembre 2009) que **deux fréquences différentes d'oscillation dans le spectre Gamma** pouvaient servir à sélectionner alternativement deux types d'information :

tantôt un **souvenir** (fréquences basses, 25-50 Hz),

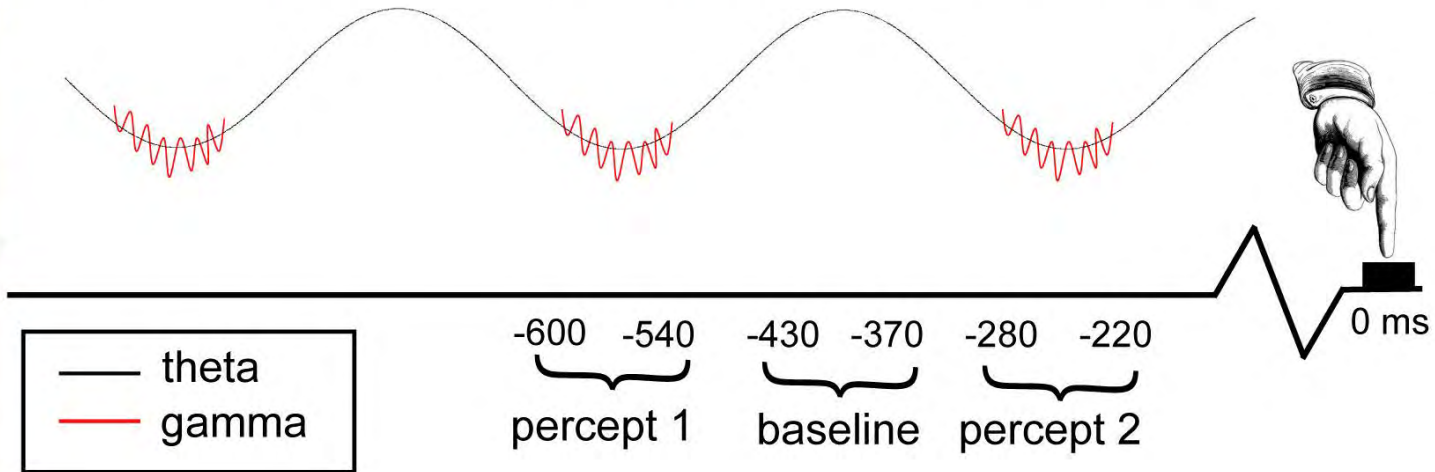
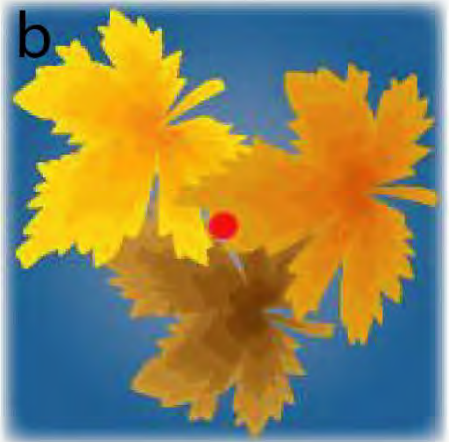
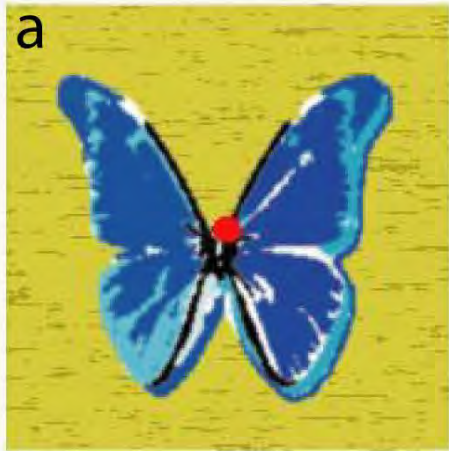
tantôt de l'information pertinente sur ce qui se passe **actuellement** (fréquences élevées, 65-140 Hz).

Ces **oscillations** dans le réseau sont donc capables de couvrir plusieurs bandes de fréquences qui peuvent **se superposer**.

Ces **oscillations** dans le réseau sont donc capables de couvrir plusieurs bandes de fréquences qui peuvent **se superposer**.



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





Astrocytes contribute to gamma oscillations and recognition memory

Hosuk Sean Lee et al.

Contributed by Stephen F. Heinemann, June 15, 2014 (sent for review March 10, **2014**)

<http://www.pnas.org/content/early/2014/07/23/1410893111.short>

“By creating a transgenic mouse in which vesicular release from astrocytes can be reversibly blocked, we found that astrocytes are necessary for novel object recognition behavior and to maintain functional gamma oscillations both in vitro and in awake-behaving animals. Our findings reveal an unexpected role for astrocytes in neural information processing and cognition. “

Evan Thompson :

« It's not all about the neurons: astrocytes (a kind of glial cell) are crucial for the gamma oscillations necessary for recognition memory.

This study is also one of the first to show a causal relationship between gamma oscillations and cognition, not just a correlational one. »

Autres exemples au :

Cours 5 : A- Des réseaux qui oscillent à l'échelle du cerveau entier

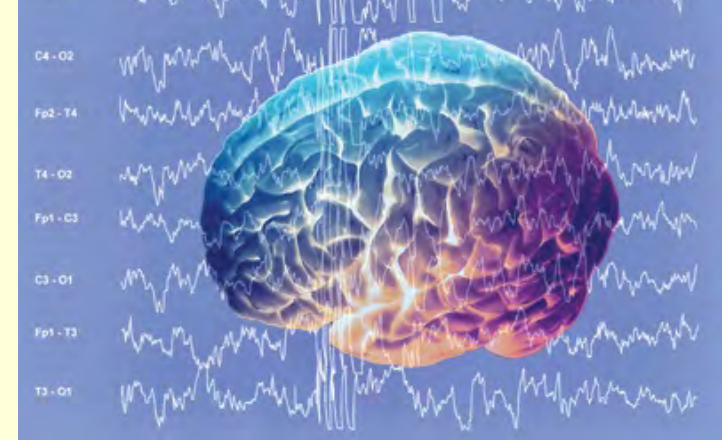
http://lecerveau.mcgill.ca/flash/pop/pop_pres/UTA%20Val%20-%20cours%205%20-%20A%20-%20Le%20cerveau%20dynamique%20-%20B%20-%20%C9veil,%20sommeil,%20r%EAve%20-%20aut%202015%20-%20v%20finale%20-%20pour%20pdf.pdf

Rôles fonctionnels possibles des oscillations:

De nombreuses données montrent donc que cette activité endogène oscillatoire est utilisée dans diverses activités de traitement de l'information.

- **lier** différentes propriétés d'un même objet ("binding problem")
- **contrôler** le flux d'information dans certaines régions
- **créer des fenêtres temporelles** où certains phénomènes sensible à la synchronisation d'activité (comme la PLT, avec son récepteur NMDA aux propriétés si particulières) peuvent se produire (par sommation temporelle, etc.), et d'autre où ils ne peuvent pas.
- Permettre aux processus neuronaux de répondre aux inputs extérieurs, mais par la suite **briser ces réponses** afin de pouvoir échantillonner d'autres inputs.

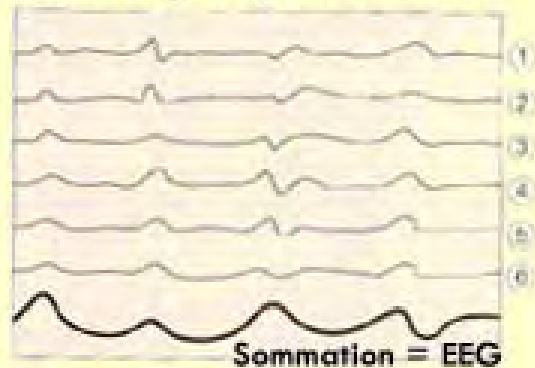
Également, si le potentiel de membrane d'un neurone **oscille**, il y aura des moments où c'est plus facile pour lui d'atteindre le seuil de déclenchement d'un potentiel d'action (dépoliarisation) et d'autres moins (hyperpolarisation) favorisant par exemple certaines perceptions.



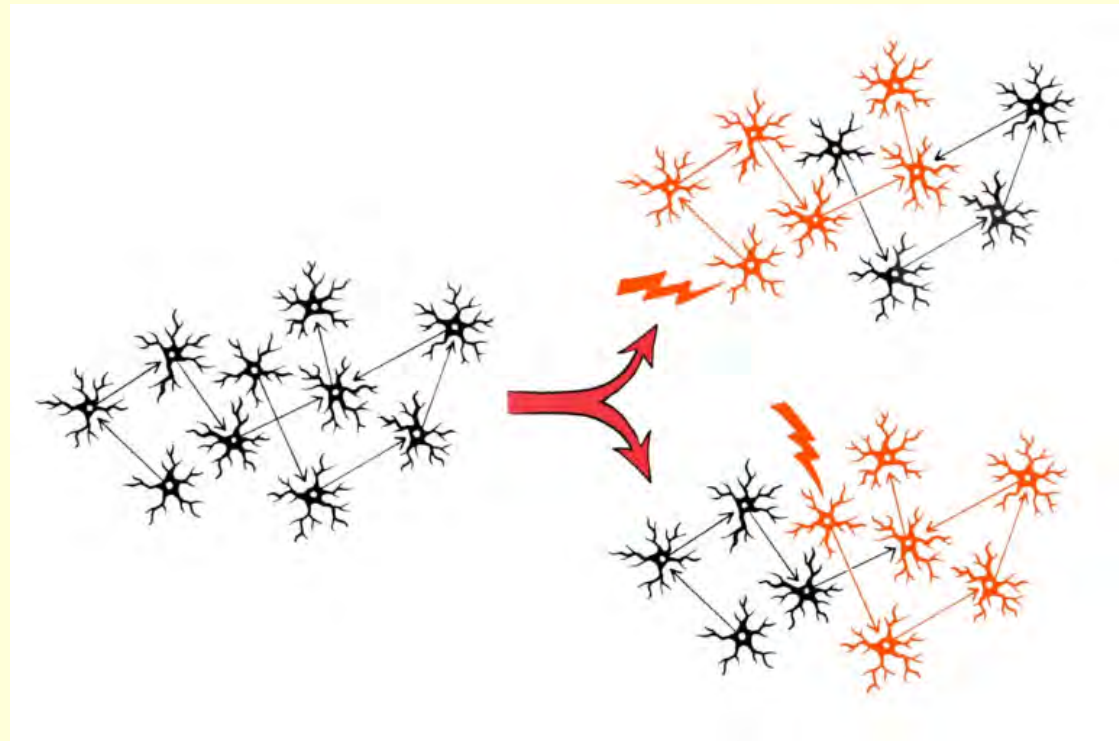
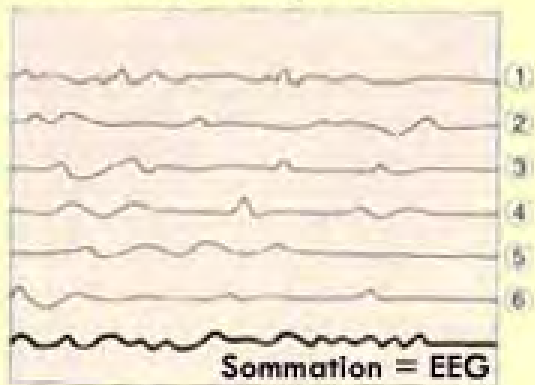
En résumé...

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

Décharges synchronisées

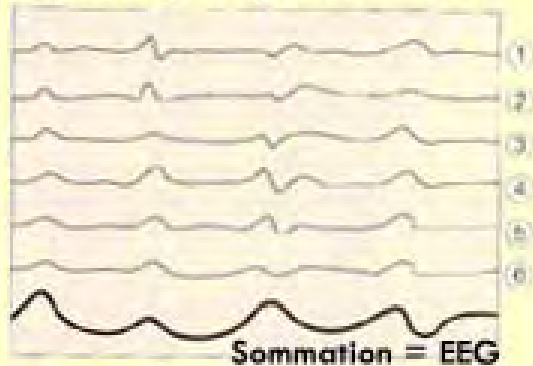


Décharges irrégulières

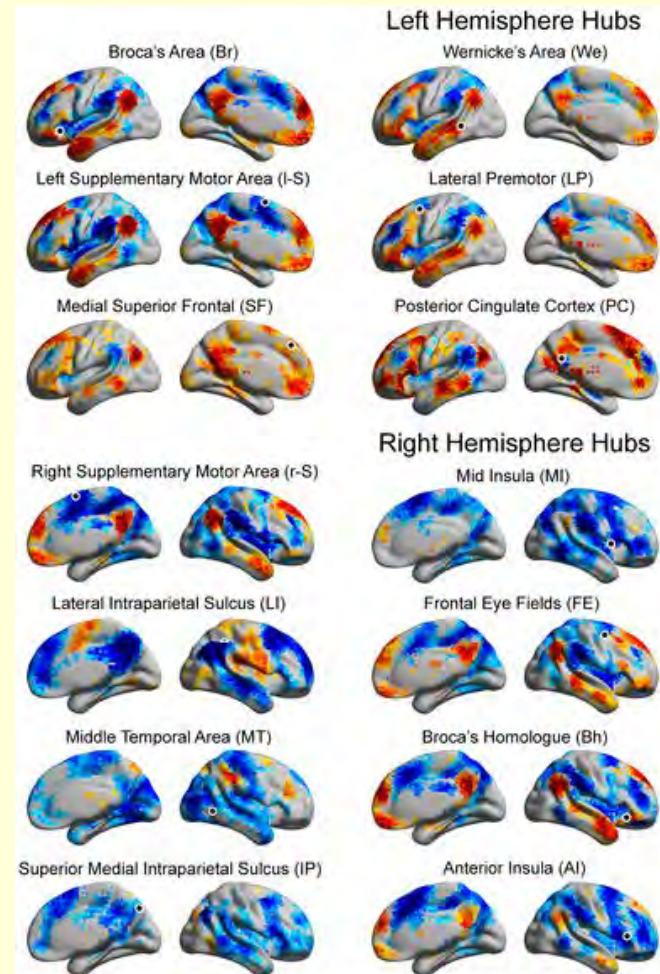
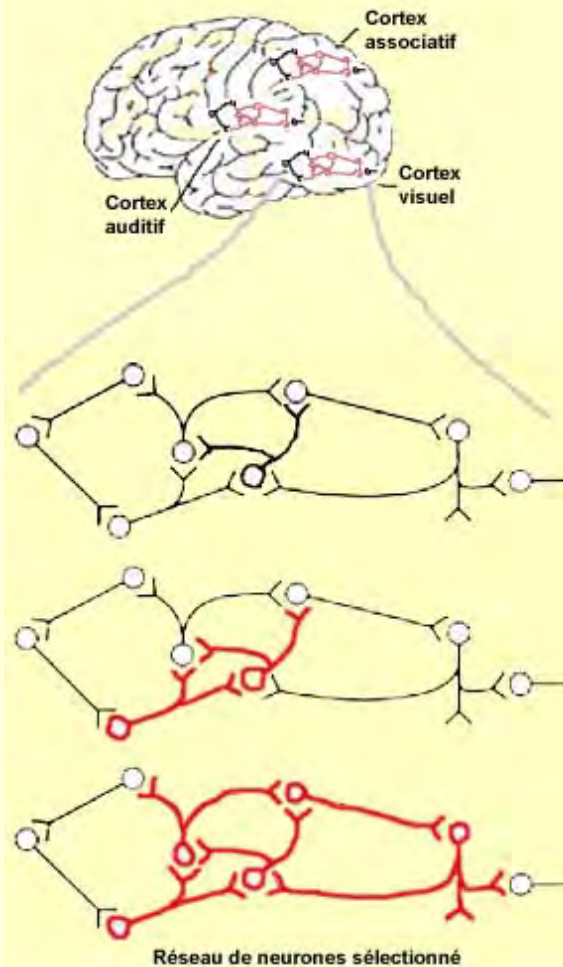
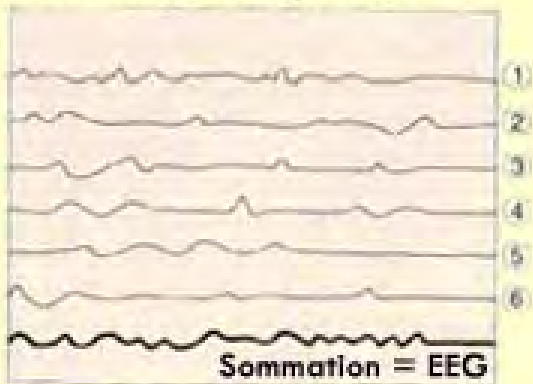


On observe donc la formation d'assemblées de neurones transitoires, rendues possible par des oscillations et des synchronisations, qui se produisent non seulement dans certaines structures cérébrales, mais dans des réseaux largement distribués à l'échelle du cerveau entier.

Décharges synchronisées



Décharges irrégulières



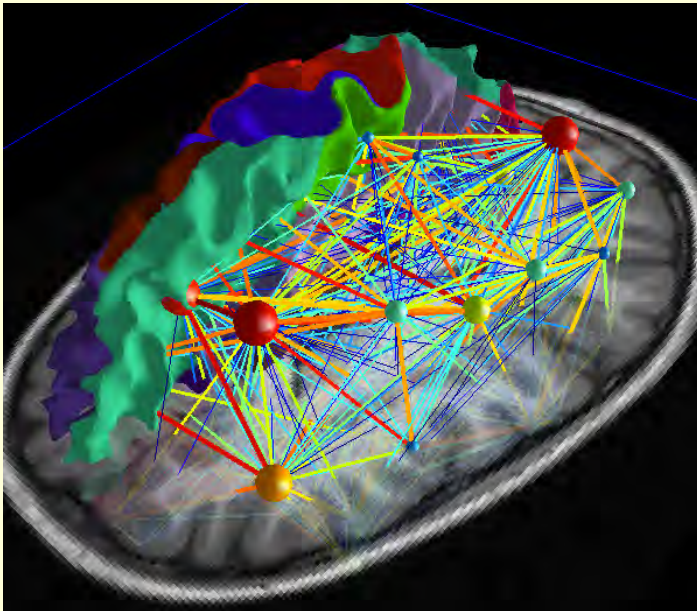
IRM de connectivité fonctionnelle (fcMRI)

“Functional connectivity is the connectivity between brain regions that share functional properties. More specifically, it can be defined as the temporal correlation between spatially remote neurophysiological events, expressed as deviation from statistical independence across these events in distributed neuronal groups and areas.”

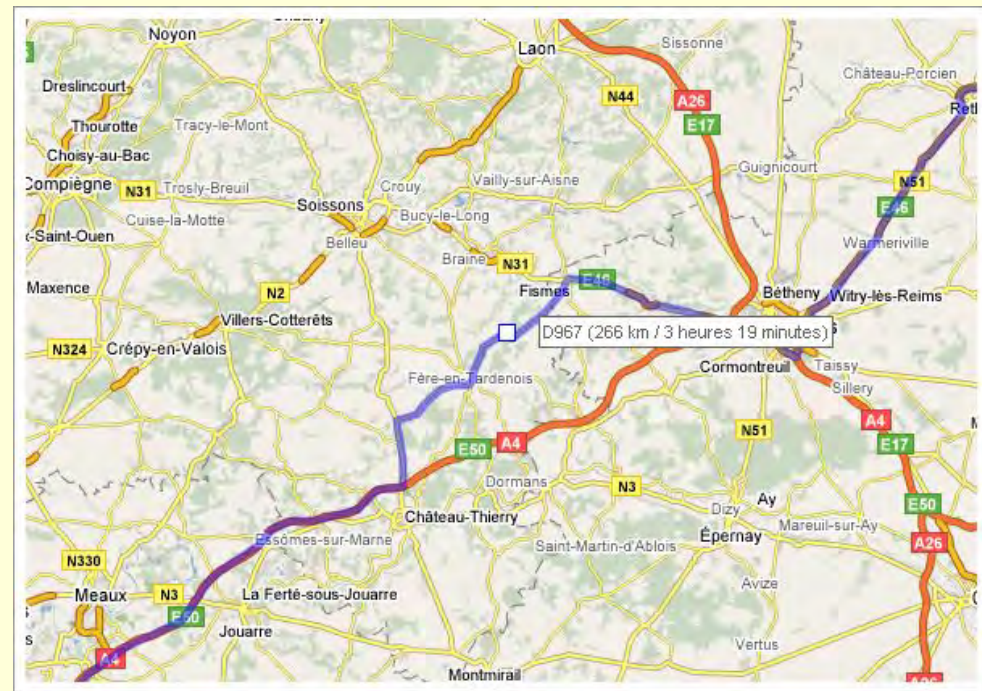
https://en.wikipedia.org/wiki/Resting_state_fMRI#Functional

Établir la **connectivité fonctionnelle (fcMRI)** entre différentes régions du cerveau :

- en mesurant les fluctuations spontanées de l'activité cérébrale on tente d'identifier des régions qui ont naturellement tendance à « **travailler ensemble** ».



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



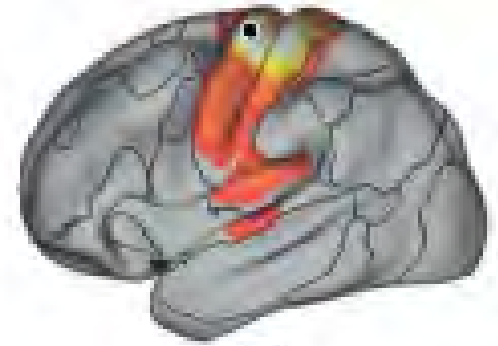


Visual

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

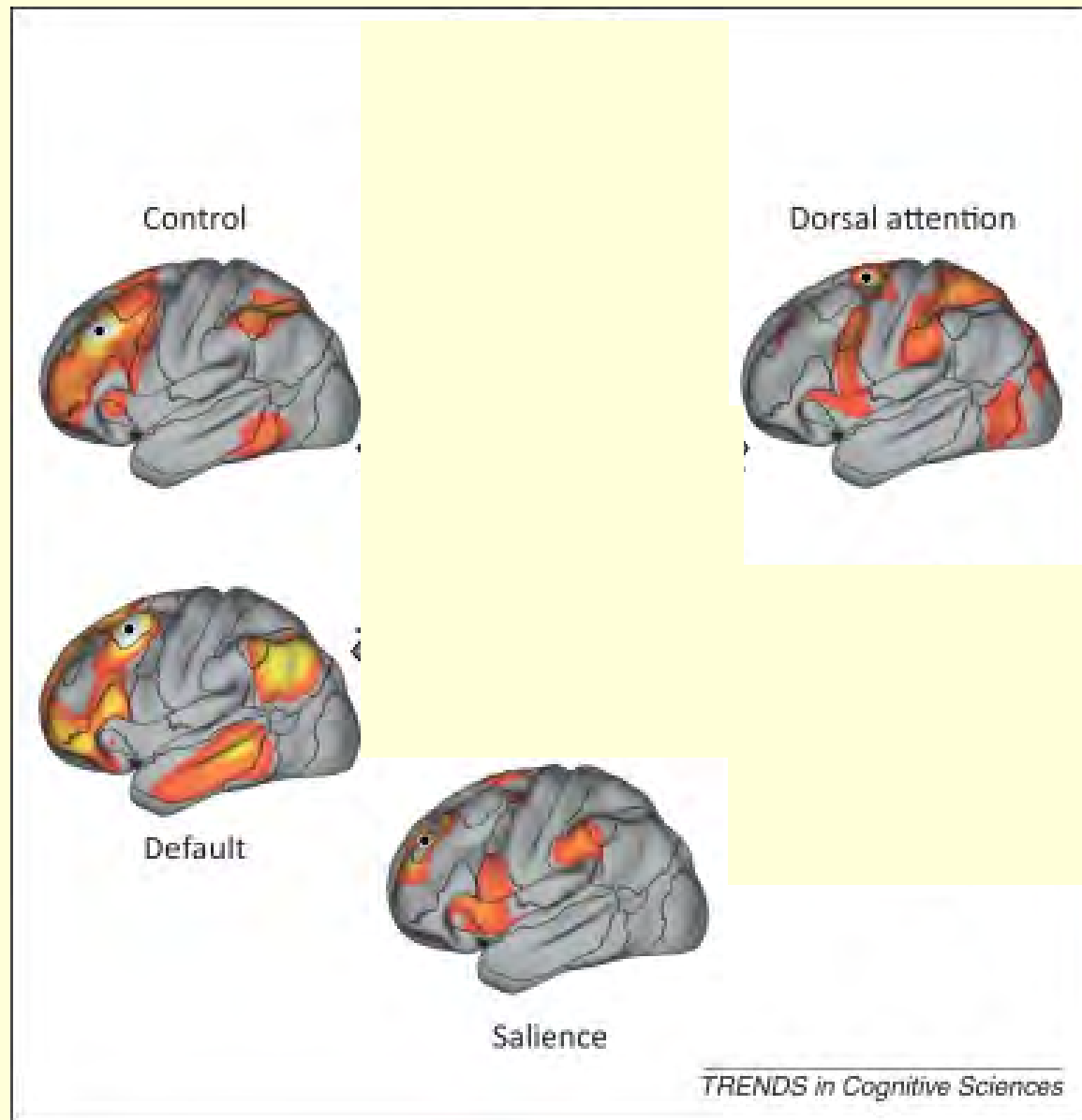
les réseaux obtenus affichent une **connectivité largement locale** (réseaux visuels et sensorimoteurs).

Somatomotor



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

- Ceux-ci possèdent **peu de couplages forts dans les zones sensorielles ou motrices**.
- Ils sont aussi actifs durant des **processus cognitifs de haut niveau**.
- Et ils sont susceptibles **d'entretenir des relations complexes entre eux**.



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**

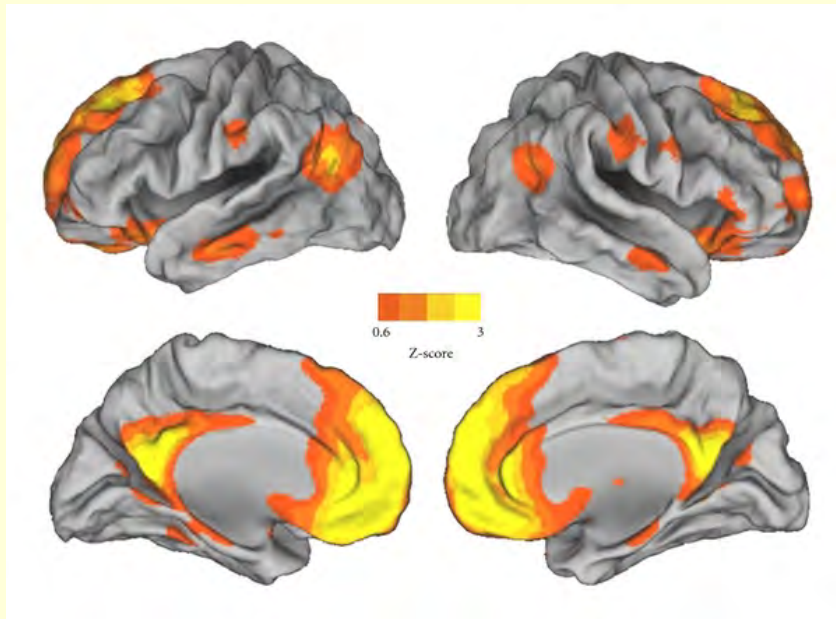
A default mode of brain function: A brief history of an evolving idea

Marcus E. **Raichle** and Abraham Z. Snyder

Received 5 January **2007**

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

au lieu de voir ces régions comme étant désactivées durant les tâches, ils les ont considéré comme étant **plus actives** quand les sujets ne faisaient aucune tâche.



On a par la suite montré que ces régions du réseau du mode par défaut sont connectées anatomiquement [2009].

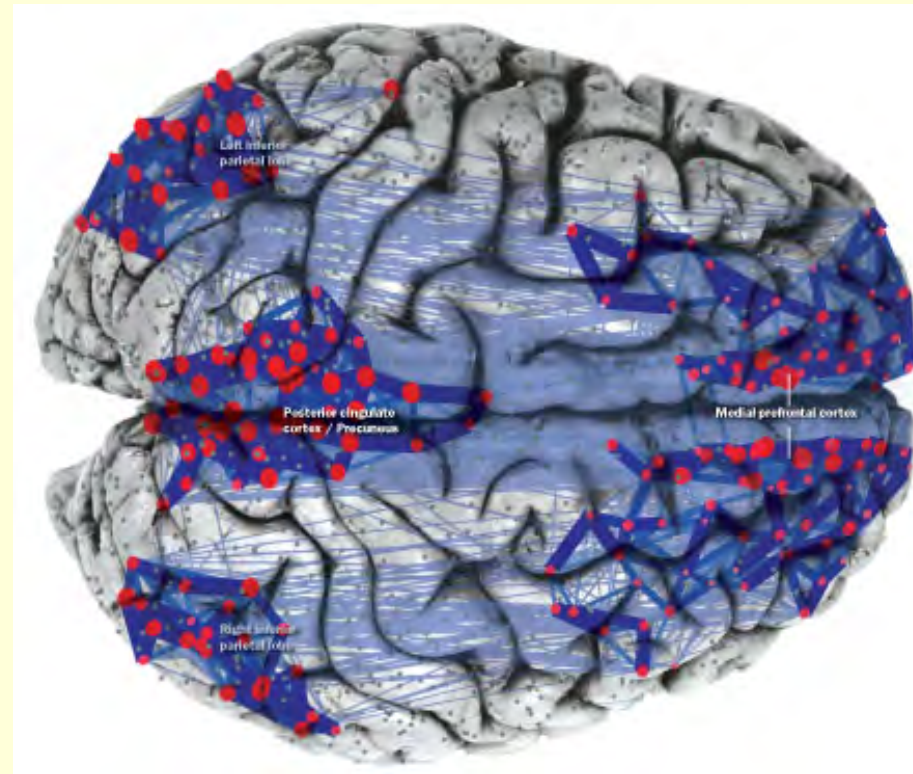
Réseau du mode par défaut

Il s'agit d'un ensemble de régions cérébrales interconnectées parfois sur de grandes distances qui sont **activées préférentiellement lorsqu'un individu n'effectue aucune tâche précise.**

On ne sait pas encore à quoi sert exactement cette activité mentale par défaut.

Mais les régions impliquées dans ce circuit sont déjà connues pour être plus actives quand :

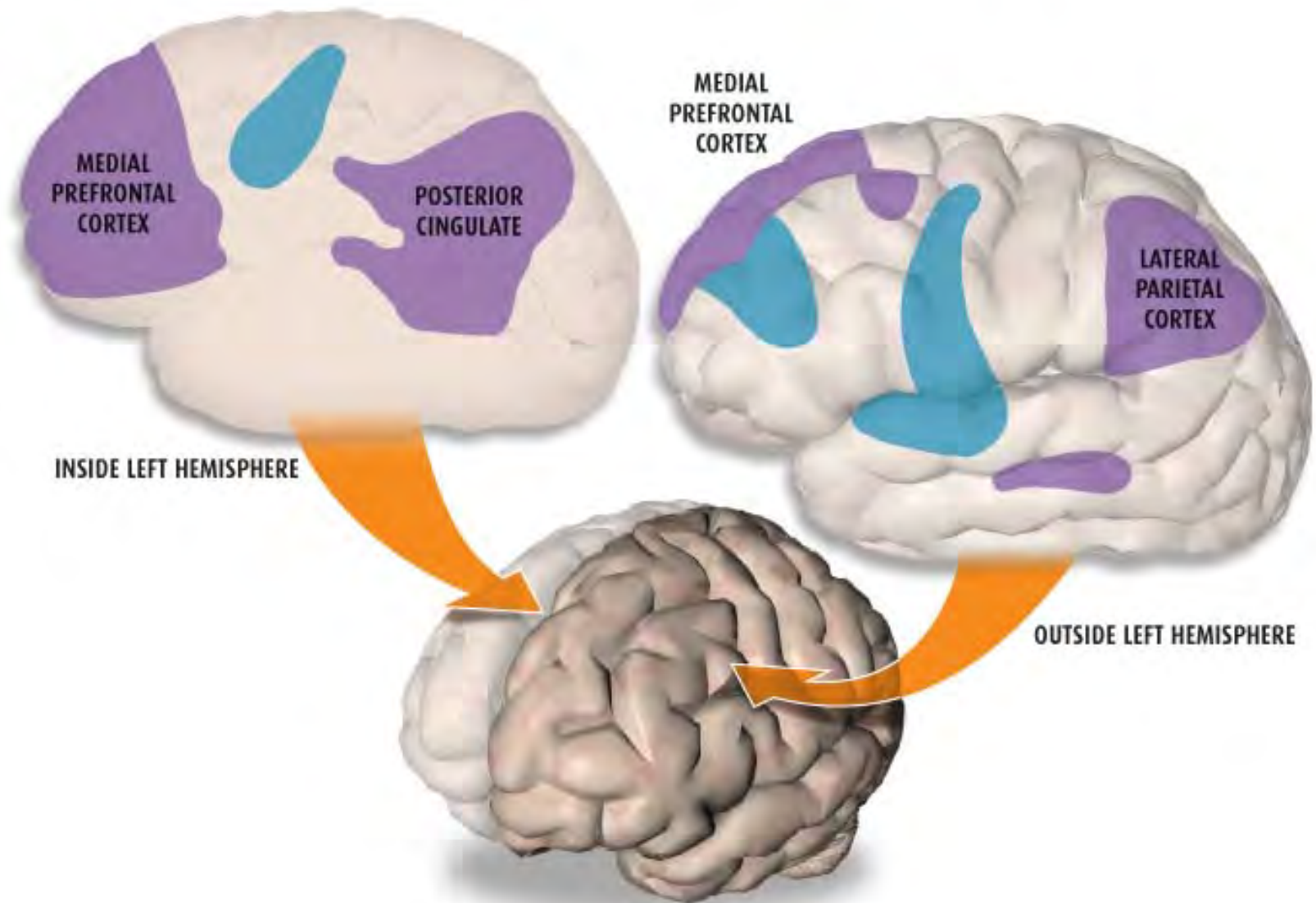
- notre esprit vagabonde (quand on est « dans la lune »);
- lorsqu'on évoque des souvenirs personnels;
- qu'on essaie de se projeter dans des scénarios futurs;
- ou de comprendre le point de vue des autres.



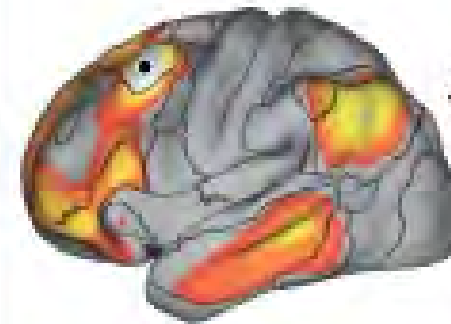
THE BRAIN IN NEUTRAL

When you switch off, a distinctive network of brain areas not involved in focused attention bursts into action

● Default network ● Areas involved in focused visual attention



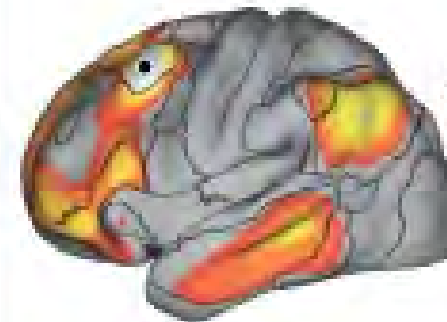
Soit nous sommes envahis par les innombrables stimuli de notre environnement (et ils sont fort nombreux à l'heure des téléphones intelligents et des réseaux sociaux) et notre **réseau du mode par défaut** nous repasse ensuite des extraits de ce film de notre vie personnelle et sociale quand il est moins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



Default

Sweet Dreams

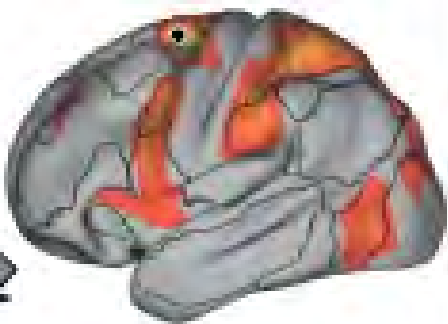
Philosophical Obstacles to a Science of Consciousness



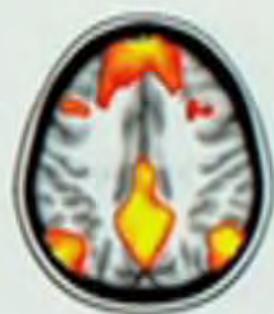
Default

Daniel C. Dennett

Dorsal attention



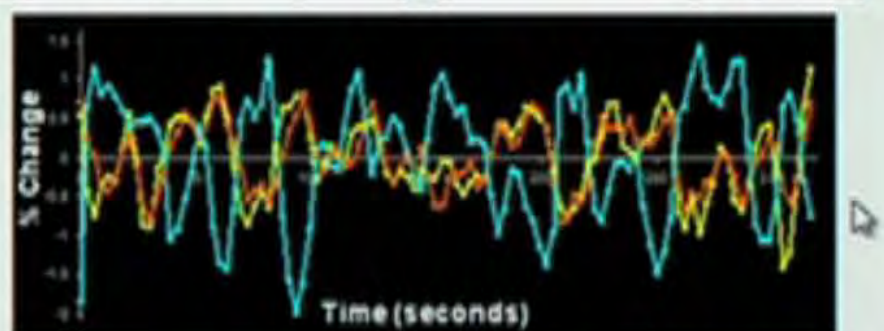
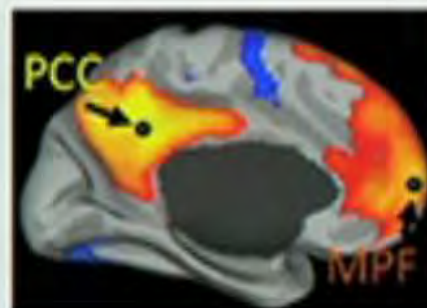
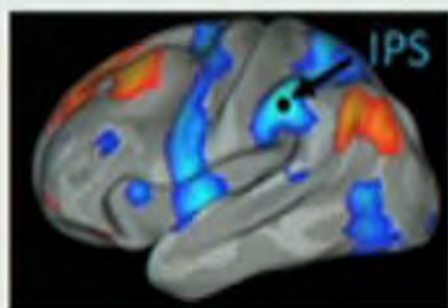
Ou soit, par l'entremise fréquente de régions frontales de notre cortex, nous concentrons notre **attention** sur une tâche cognitive pour la résoudre.



Default Mode Network



Dorsal Attention Network



Fox et al (2005) PNAS

Chacun de ces deux grands modes ont sans doute chacun une utilité puisqu'ils se sont établis au fil de l'évolution de notre espèce.

Mais les **avantages** que l'on peut assez clairement pressentir pour chacun **se doublent d'un côté sombre** quand chacun de ces modes se retrouve suractivé :

-Trop de contrôle empêche la spontanéité, la créativité, et l'on devient « control freak ».

- À l'opposé, si le réseau par défaut est propice à l'incubation créative des idées, la consolidation et la récupération de souvenirs personnels ou simplement la planification de sa journée, il existe un grand nombre d'études démontrant que c'est dans ce mode par défaut que l'on peut se perdre dans des ruminations d'idées noires de toutes sortes, ce qui bien souvent prédispose à l'anxiété, aux déficits d'attention ou la dépression.

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>

Et certaines pratiques comme les **thérapies cognitives** ou la **méditation** peuvent infléchir la balance entre les deux modes vers une plus grande prise en charge par le mode **attentionnel**.

Autrement dit, nous fournir les outils mentaux pour un **meilleur contrôle « top down »** (ou d'une certaine «autodéfense», pour employer un terme à la mode) face à la jungle médiatique et publicitaire qui nous assaille quotidiennement.



Maîtres et esclaves de notre **attention**

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

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

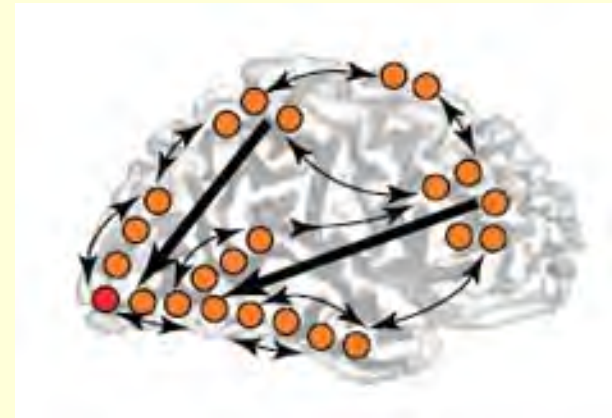
Les deux visages fondamentaux de l'attention sont ainsi décrits par **Jean-Philippe Lachaux**, directeur d'un laboratoire en neurosciences cognitives à Lyon, France.

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

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

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

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



Le retour du gorille invisible

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

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

La version « 2.0 »

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

Hahaha...

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

Clues

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

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

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

Le retour du gorille invisible

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

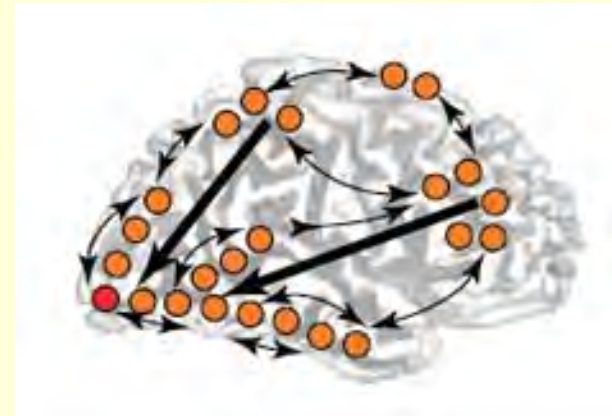
Simons, Chabris et leurs démonstrations de la **cécité attentionnelle** viennent bousculer notre conviction de percevoir toujours l'ensemble des éléments qui se trouvent dans notre champ visuel.



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

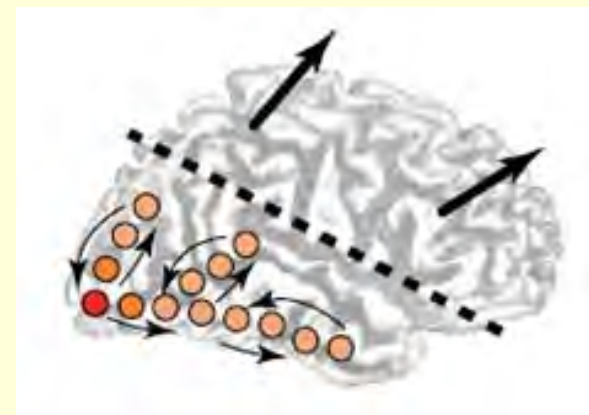
On assume donc bien naïvement que l'on perçoit toujours tout.

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



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

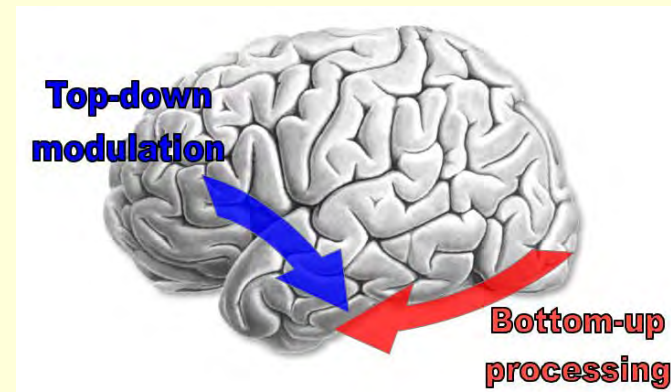
Dans le second cas, le stimulus en provenance de l'environnement extérieur va pour ainsi dire se frayer un chemin jusqu'à l'attention, la capter du fait de sa connotation dangereuse ou prometteuse pour l'organisme. On parle alors de mécanismes allant du « bas vers le haut » (ou « **bottom up** » en anglais).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

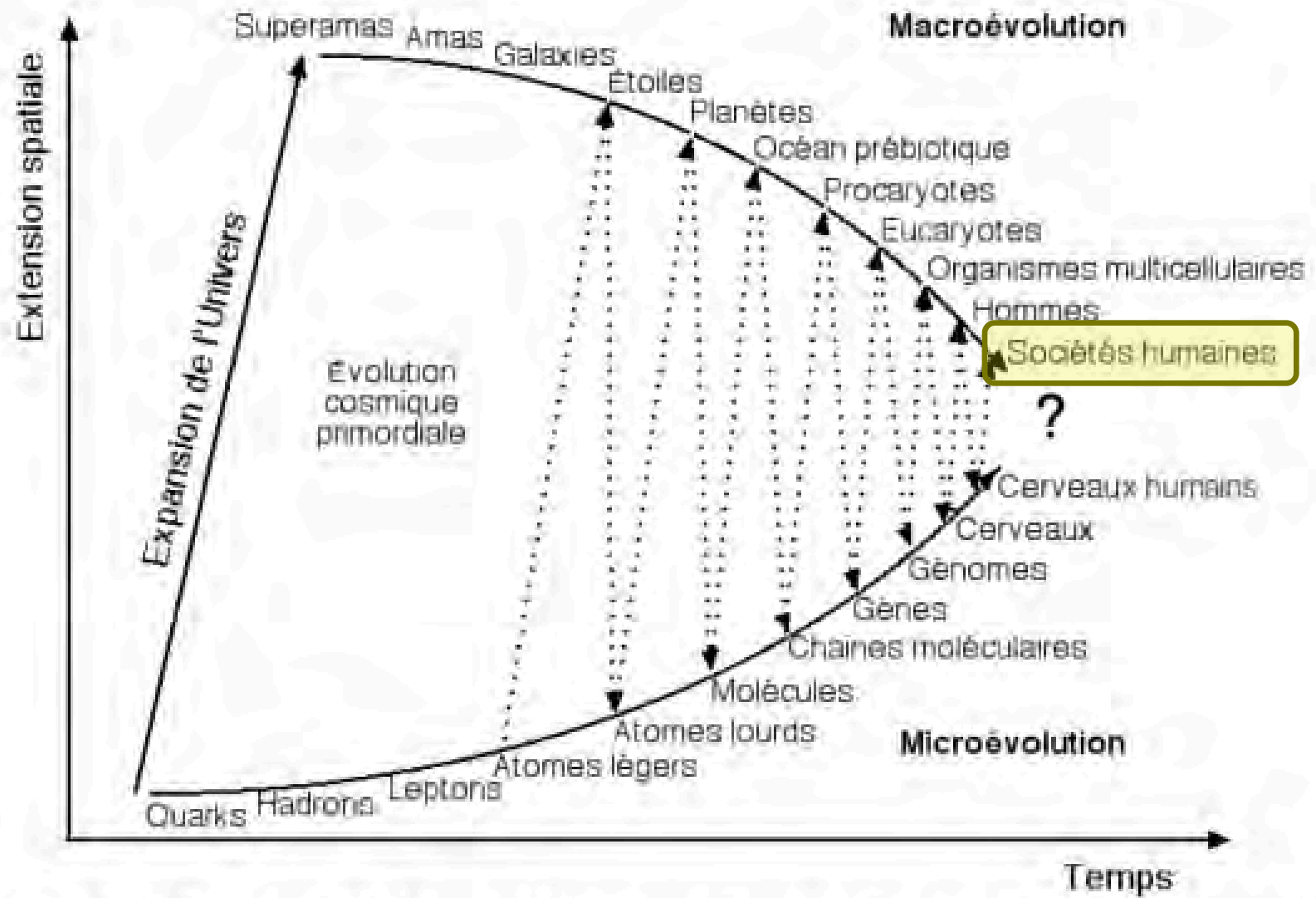


Or notre système d'alarme cérébral et la recherche de nouveautés prometteuses en ressources sont deux mécanismes adaptatifs très puissants de notre cerveau qui sont branchés en permanence sur le « bottom up », autrement dit sur ce qui nous arrive par nos sens.

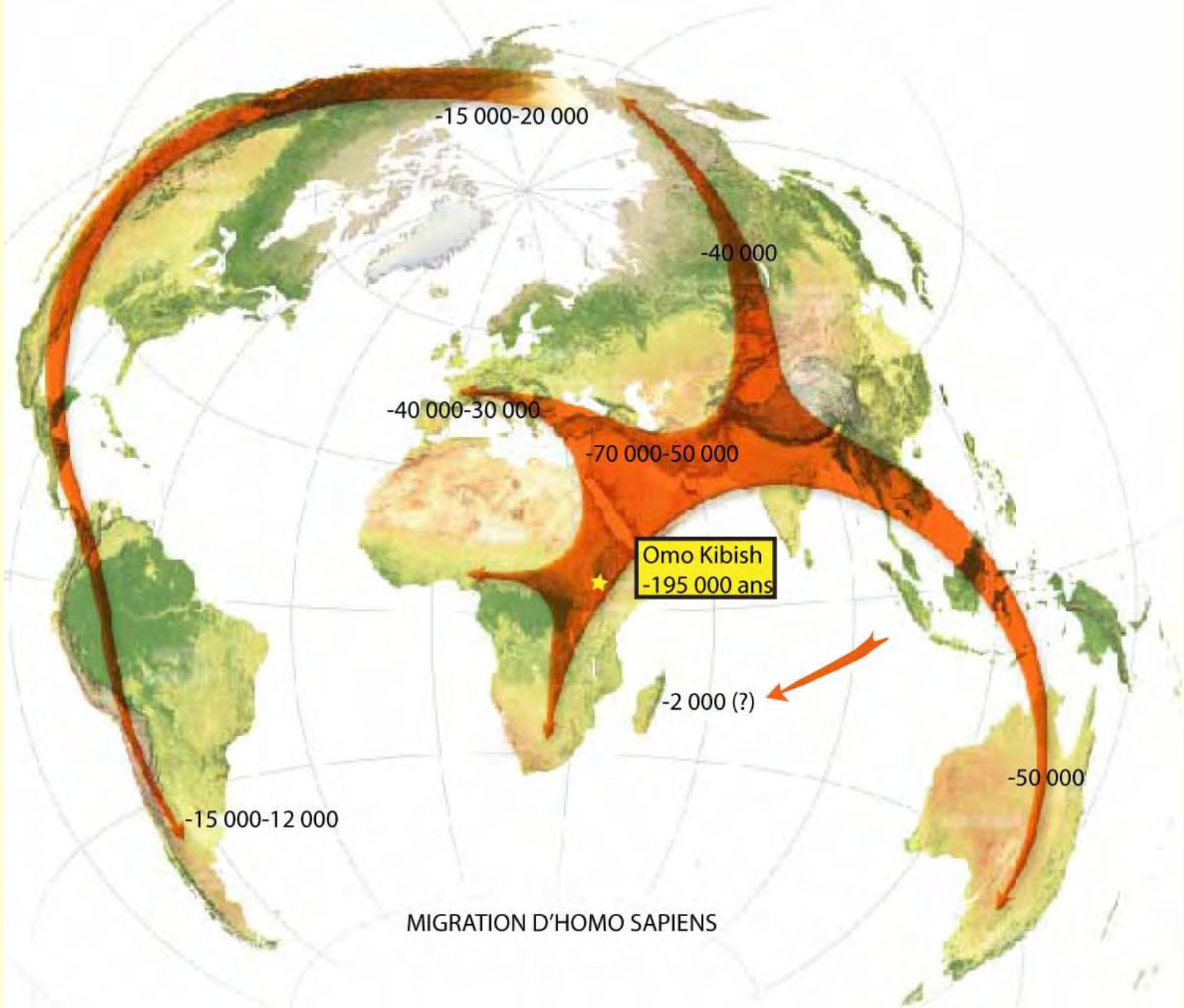
Et ce que Lachaux et d'autres spécialistes de l'attention montrent, c'est que nos « ressources attentionnelles » sont l'objet d'une véritable **lutte d'influence** entre des régions cérébrales privilégiant des objectifs conscients et planifiés, et d'autres régions sensibles à ce qui pourrait potentiellement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

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





D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.



-2 Ma

-1 Ma

-500 000 ans

-250 000 ans



-2,3 Ma
les premiers outils



-1,3 Ma
le biface



-400 000 ans
la maîtrise du feu



-40 000 ans
l'art



-100 000 ans
les parures



-280 000 ans
l'utilisation
de pigments



-100 000 ans
les premières
sépultures

www.hominides.com

Homo rudolfensis

Homo ergaster

Homo erectus

Homo heidelbergensis

Homo habilis

Paranthropus robustus

Homo neanderthalensis

H. floresiensis

Homo sapiens

Les principales étapes de la Préhistoire

Plan (très) général

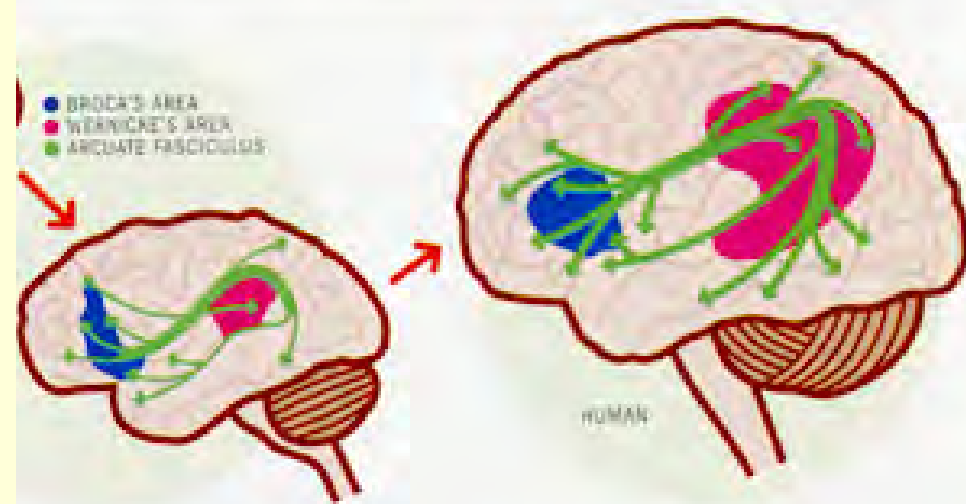
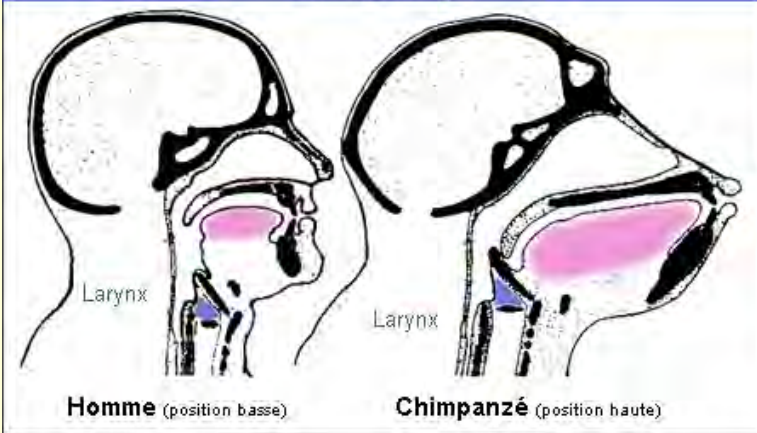
I- Évolution

II- Neurones

III- Mémoires

IV- Réseaux cérébraux

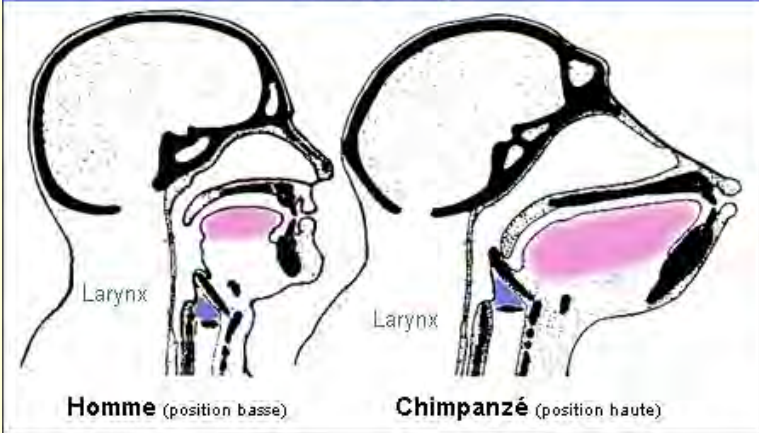
V- Conscience & Langage



C'est l'***Homo habilis***, il y a plus de deux millions d'années, qui pourrait être le plus ancien préhumain à avoir employé un langage articulé, ce qui ne signifie pas pour autant que son langage était comparable au nôtre.

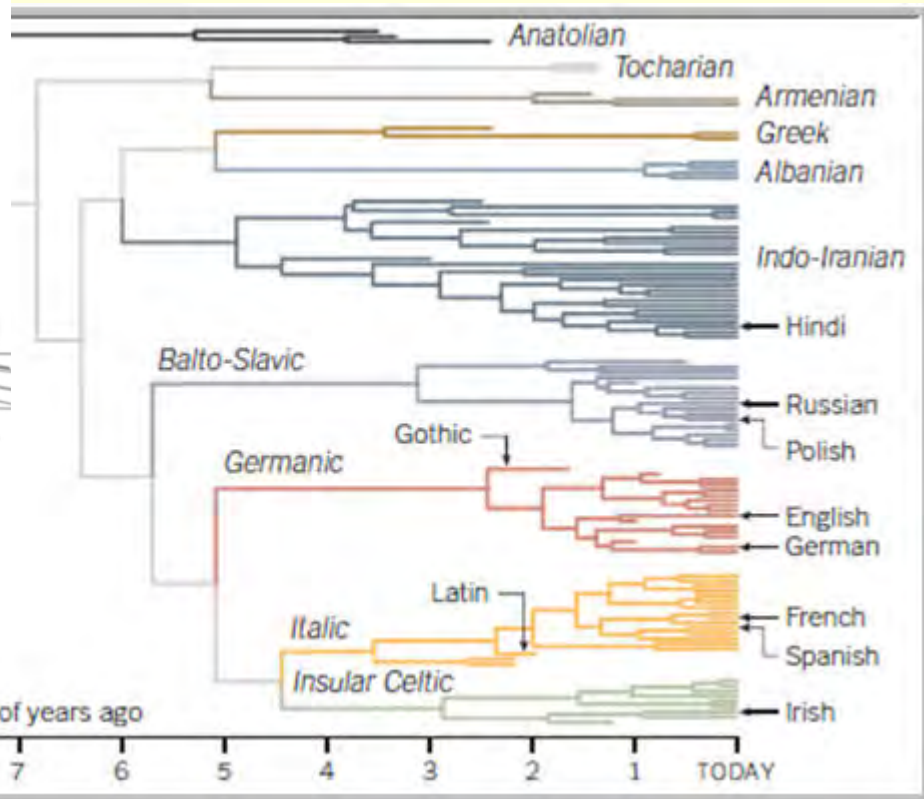
On suppose aussi la présence d'une proto-langue chez l'homme et la femme de **Néandertal** qui, au niveau actuel des connaissances, ne possédait pas de syntaxe.

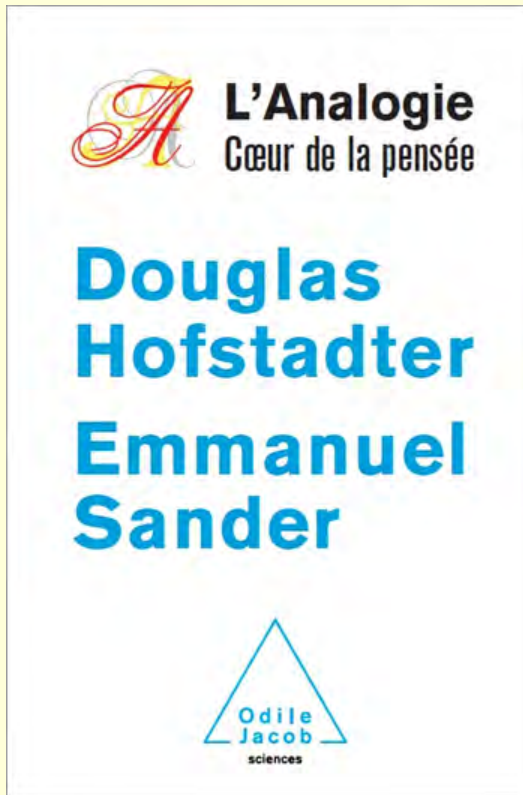
Avec l'avènement d'**Homo sapiens** il y a environ 200 000 ans apparaît l'aire de Broca sur une circonvolution frontale gauche, et celle de Wernicke sur une circonvolution temporale gauche, suivant la mutation génétique d'un ou de plusieurs gènes (FOXP2 ...), il y a cent à deux cent mille ans, donnant la capacité de passer des mots à la syntaxe.



« Les mots [...] sont des indices pour **coordonner des actions par le langage.** » (H. Maturana & F. Varela, L'arbre de la connaissance, p.228)

« Ce qui est pertinent est la **coordination d'actions** [que les langues] provoquent et non la forme qu'elles adoptent. » (p.203) (table, mesa, etc.)





2013

Pour plus de détails, voir :

Cours 6 : B- les concepts, les analogies, l'attention, la conscience

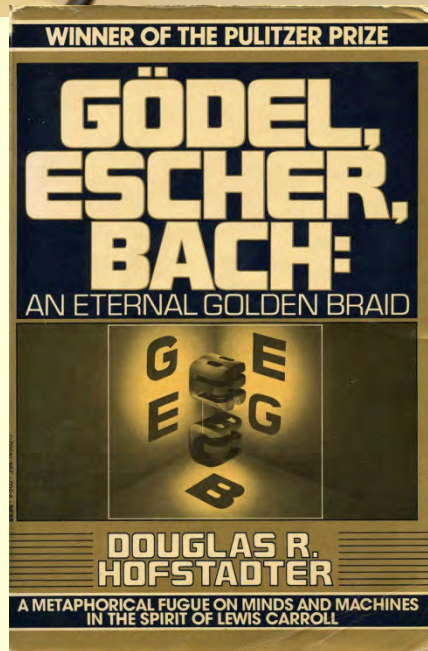
http://lecerveau.mcgill.ca/flash/pop/pop_pres/UTA%20Val%20-%20cours%206%20-%20Les%20fonctions%20sup%E9rieures%20%28lecture,%20langage,%20attention,%20conscience%29%20-%20aut%202015%20-%20v%20finale%20-%20pour%20pdf.pdf

 **L'Analogie**
Cœur de la pensée


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



2013




1979

 **L'Analogie**
Cœur de la pensée

**Douglas
Hofstadter**

**Emmanuel
Sander**

 Odile
Jacob
sciences



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

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

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

p.28-29

Les chercheurs en sciences cognitives ont toujours eu tendance à voir l'analogie comme la mise en relation de deux connaissances hautement abstraites et éloignées.

Ou alors comme quelque chose de dangereux :

« L'esprit scientifique doit lutter sans cesse contre les images, les analogies, les métaphores. » (Gaston Bachelard)

Loin d'être un piège de l'esprit, prompt à tomber dans les faux-semblants, l'analogie pourrait être au contraire un puissant mécanisme de compréhension du monde.

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

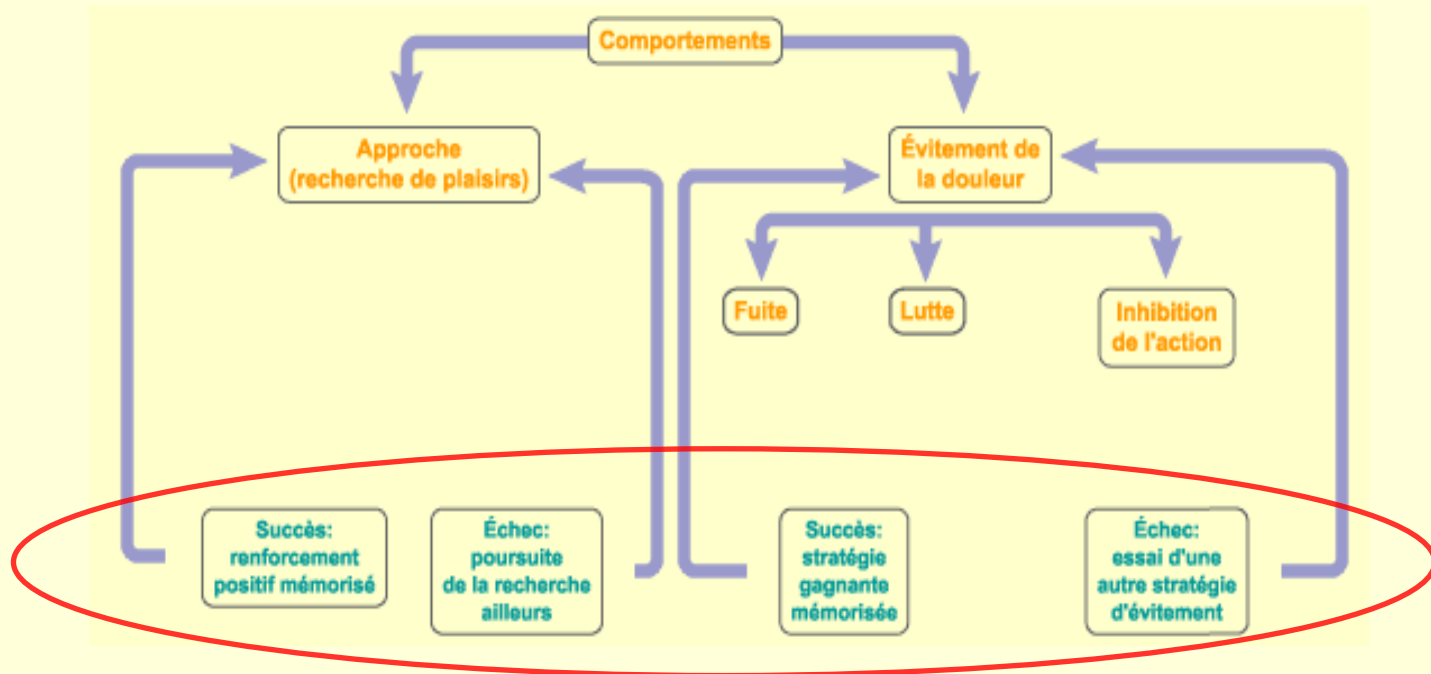
L'articulation de mon coude ressemble à celle de mon genou, qui ressemble au « coude » d'un tuyau, ou au virage sur une route.

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

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

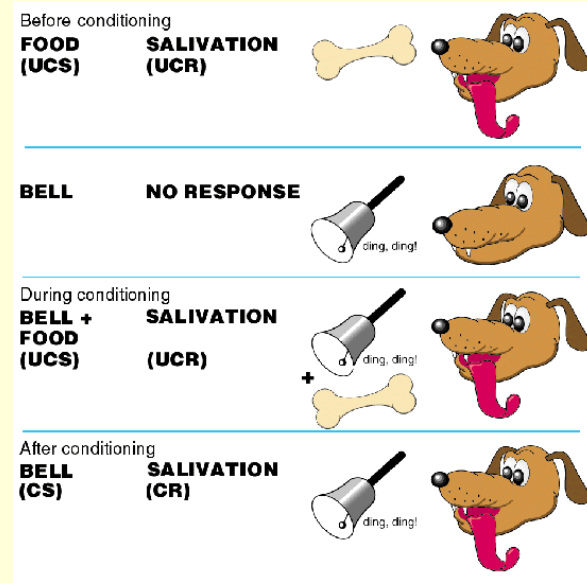
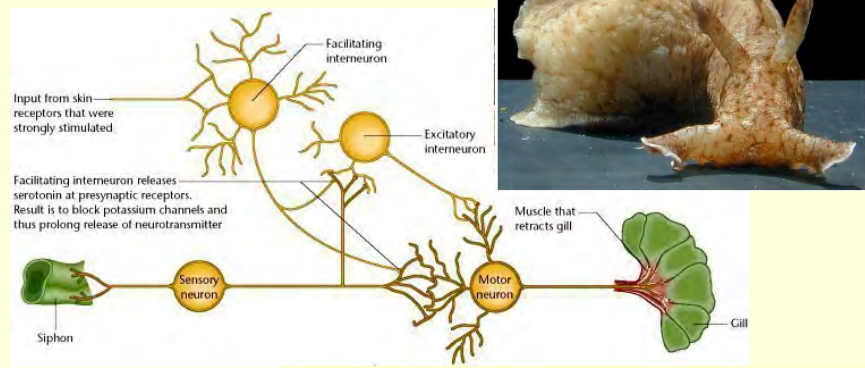
« La catégorisation/analogie nous donne la capacité de percevoir des ressemblances et de nous fonder sur ces ressemblances pour **faire face à la nouveauté et à l'étrangeté**:

associer une situation rencontrée au présent à des situations rencontrées naguère et encodées en mémoire rend possible **d'exploiter ces connaissances passées pour faire face au présent**

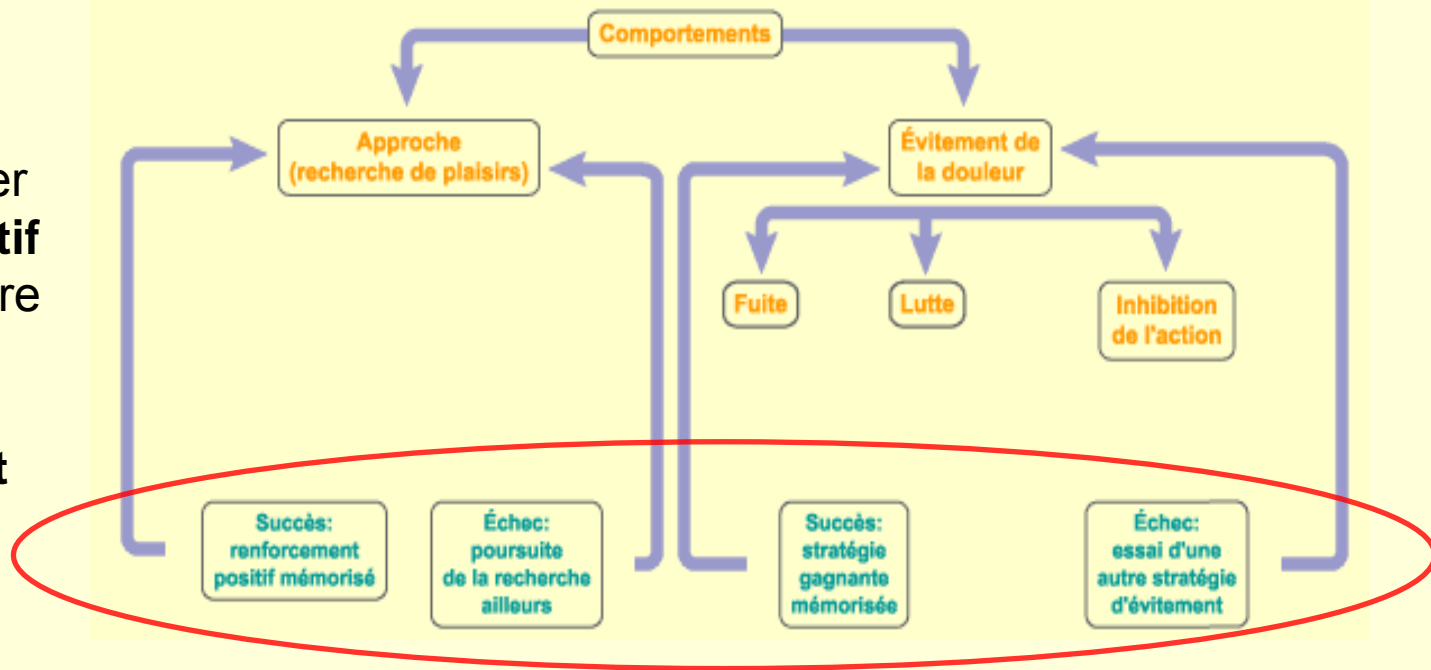


Apprentissage et mémoire

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



On peut ainsi remonter au caractère **associatif** aussi de notre mémoire et à des mécanismes d'apprentissages **phylogénétiquement très anciens...**



Apprentissage et mémoire

D'où viennent les concepts présent dans notre esprit ?

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

L'exemple du concept de « maman » :

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

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

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

A un moment, on passe de "maman" à "mère". Chemin faisant, on rencontre des cas plus étranges, comme la reine mère des abeilles, et le concept englobe des sens plus abstraites qualifiées communément de métaphoriques telles que « mère poule » ou « mère patrie ». Ou encore lorsqu'on dit "la Révolution américaine est la mère de la Révolution française" ou "l'oisiveté est la mère de la philosophie".

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

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

L'analogie permet ainsi de forger les concepts. Grâce à elle, on finit par reconnaître une chaise, même si elle s'écarte du stéréotype classique.

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



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

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

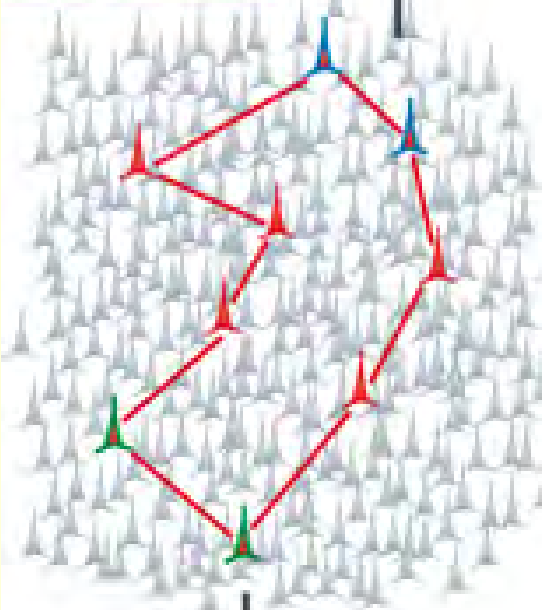
Et puis durant toute notre vie nos concepts seront sélectivement évoqués à tout moment **par les analogies** qu'établit sans cesse notre cerveau afin d'interpréter ce qui est nouveau et inconnu dans des termes anciens et connus.

**« Apprendre c'est accueillir
le nouveau dans le déjà là. »**

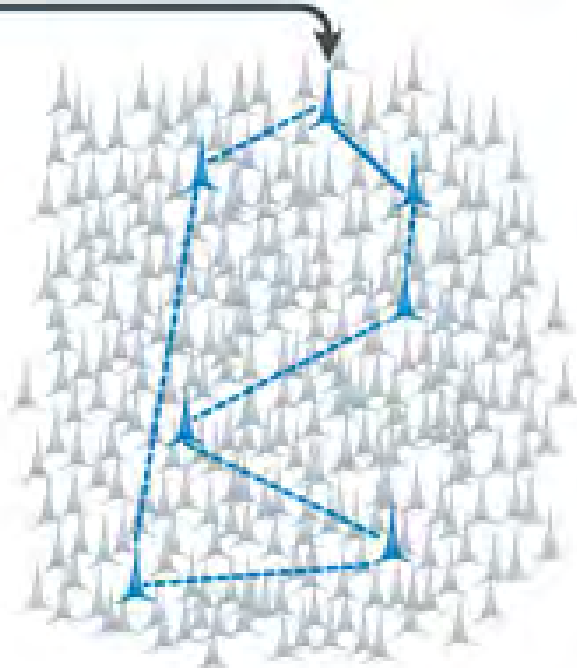
- Hélène Trocme Fabre



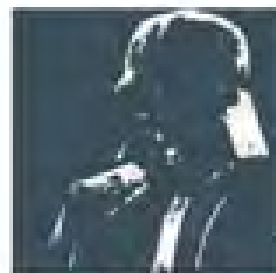
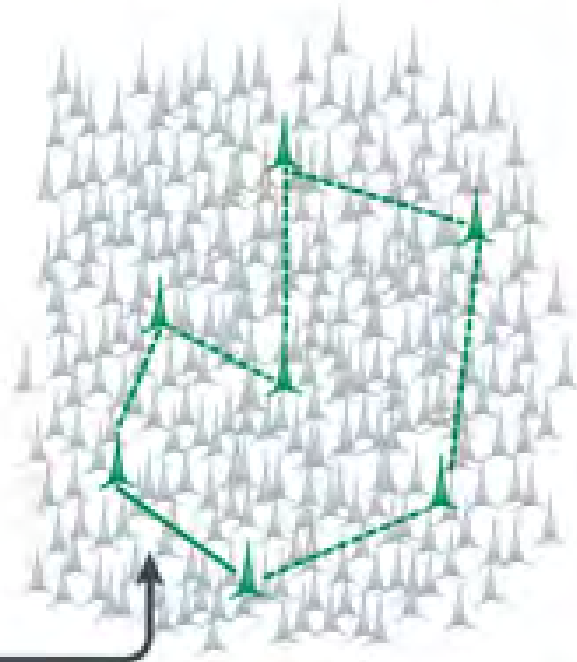
Luke Skywalker



Hofstadter et Sander insistent sur l'importance des **glissements entre catégories** dans les activités cognitives et ceux en particulier qui reposent sur une abstraction.



Yoda



Darth Vader

Quand on « pense à » quelque chose
(comme Luke Skywalker),

i.e. quand on a **accès consciemment** à une
pensée, qu'observe-t-on dans le cerveau ?



Lundi, 11 mai 2015

La dynamique des réseaux complexes éclaire la perte de conscience associée au sommeil

À propos de « **Hierarchical clustering of brain activity during human nonrapid eye movement sleep** » (2012)

Habib Benali et al., Laboratoire d'Imagerie Fonctionnelle de la Faculté de Médecine Pierre et Marie Curie de Paris.

On a là quelque chose qui ressemble pas mal au **phénomène inverse** que l'étude de Douglass Godwin à propos de la dissolution temporaire des réseaux fonctionnels du cerveau lors de la prise de conscience d'un stimulus.

Car ce que Benali et ses collègues ont pour leur part observé, c'est une **fragmentation modulaire de l'activité cérébrale quand on s'endort en sommeil profond** et qu'on perd ce qu'on appelle la conscience.

Et ils font l'hypothèse que cette réorganisation en de plus en plus de petites unités d'intégration modulaire qui apparaît avec le sommeil profond empêche le cerveau de faire cette intégration globale qui semble nécessaire à la conscience.

Toujours sur la « **conscience d'accès** »,
mais des données plus récentes...



Le BLOGUE du CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

Lundi, 6 avril 2015

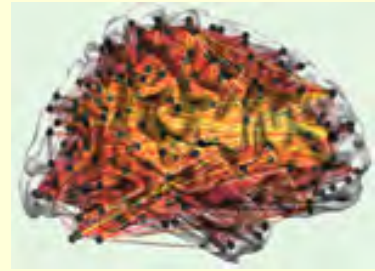
La conscience comme dissolution temporaire des réseaux fonctionnels du cerveau

Qu'est-ce qui se passe dans le cerveau lorsqu'on prend conscience de quelque chose ? Autrement dit, **y'a-t-il une géographie des connexions neuronales propre à la prise de conscience d'un stimulus** (présenté par exemple très brièvement, de sorte qu'on peut en avoir conscience ou pas)?

Cette question revient à se demander s'il y a des réseaux cérébraux particuliers qui sont essentiels à la conscience ou si celle-ci émerge de la connectivité de larges pans de nos cortex sensoriels et associatifs.

C'est cette dernière approche globale qui vient de recevoir un appui avec la publication en mars dernier dans la revue PNAS d'un article intitulé **Breakdown of the brain's functional network modularity with awareness.**

Ce que Douglass Godwin et son équipe ont en effet observé en analysant la connectivité fonctionnelle du cerveau de leurs sujets lorsqu'ils disaient avoir perçu consciemment une image qui leur était brièvement présentée, c'est **une réduction soudaine de la modularité fonctionnelle du cerveau au profit d'une communication neuronale à grande échelle dans l'ensemble des circuits cérébraux.**



La conscience semble donc ici être davantage une affaire symphonique que le solo d'un instrument particulier, si l'on veut faire dans la métaphore musicale.

Cela rejoint d'ailleurs assez bien certaines théories « globales » de la conscience comme celle de [l'espace de travail neuronal proposée par Bernard Baars](#), ou encore la théorie de l'information intégrée (« Integrated Information Theory » ou IIT, en anglais) de [Giulio Tononi](#).

Lundi, 18 mai 2015

Intégration et conscience : jamais deux sans trois !

La troisième étude va elle aussi dans le sens d'une mise en commun d'activité nerveuse dans de vastes réseaux cérébraux pour les phénomènes conscients par opposition à une fragmentation modulaire pour les phénomènes inconscients.

Elle a été publiée par Giulio Tononi et son équipe en 2010 dans la revue *Cognitive Neuroscience*.

Tononi défend une théorie de l'information intégrée (« Integrated Information Theory » ou IIT, en anglais) de la conscience qui va exactement dans le sens de ce que l'on vient de décrire.

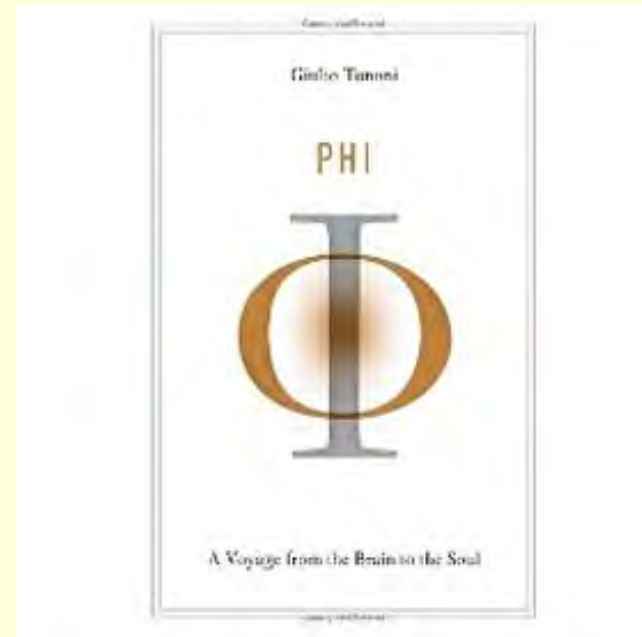
À savoir que la conscience n'est pas tant l'affaire d'un taux de décharge de potentiels d'actions, de synchronisation d'activité neuronale à certaines fréquences, ou d'input sensoriels en soi, mais plutôt de la capacité du cerveau, à un instant donné, **d'intégrer beaucoup d'information par l'entremise d'une connectivité fonctionnelle à large échelle.**

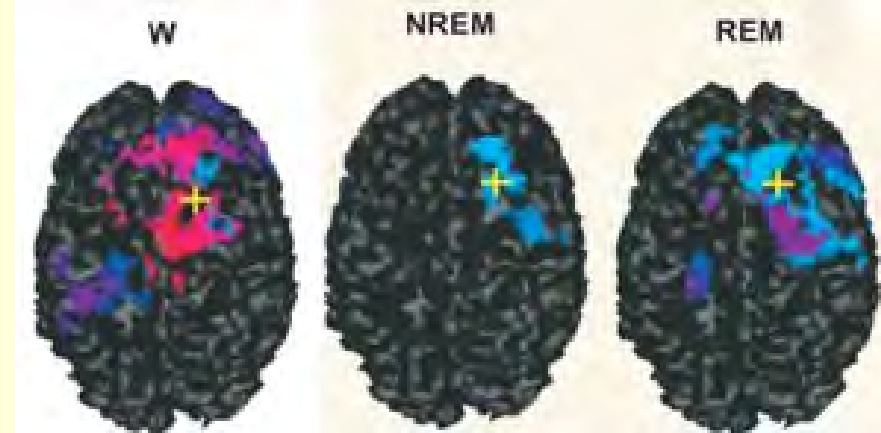
Cette connectivité fonctionnelle étant simplement, comme il le précise dans son article, la capacité d'un groupe de neurones d'affecter l'activité d'un autre groupe de neurones ailleurs dans le réseau.

This chapter from PHI: A Voyage from the Brain to the Soul, by Giulio Tononi (Pantheon, 2012) describes Tononi's theory of consciousness as a measure of information.

*The brain, Tononi postulates, consists of billions of neurons: think of them as if they were transistorlike bits that, when tallied, **sum to equal more than their parts.***

That increment above and beyond—Tononi calls it phi—represents the degree to which any being, whether human or mule, remains conscious.





Pour ce qui est de l'expérience comme telle, Tononi et ses collègues ont employé une technique différente des deux autres études, soit la stimulation d'une aire cérébrale par stimulation magnétique transcrânienne (SMT) et l'enregistrement de l'activité cérébrale évoquée par ce stimulus par électroencéphalogramme (EEG). Et ils ont comparé cette réponse entre les trois états suivants : éveil (W sur l'image ci-haut), sommeil profond (NREM) et sommeil paradoxal (REM).

Et les résultats vont exactement dans le même sens que les deux autres études, c'est-à-dire que l'activité en sommeil profond devient plus locale et stéréotypée, indiquant selon eux une dégradation du dialogue incessant entre le thalamus et de larges pans du cortex durant l'éveil. À l'inverse, durant le sommeil paradoxal, période où l'on rêve, donc où l'on a l'impression d'avoir des sensations conscientes et de vivre plein d'aventures, la SMT produisait des patterns d'activation corticaux plus étendu qui étaient similaire à ceux observés à l'état de veille.

Vidéo :

Consciousness: Explored and Explained

<https://www.youtube.com/watch?v=zWfRWdeuPb4>

(Durée : 1h30)

Durant cette discussion, **Tononi** mentionne le cas du **cervelet** qui est très éclairant pour comprendre sa théorie.

L'ablation totale du cervelet pour enlever une tumeur peut se faire chez l'enfant. Il y a des séquelles motrices, mais il reste **conscient**.

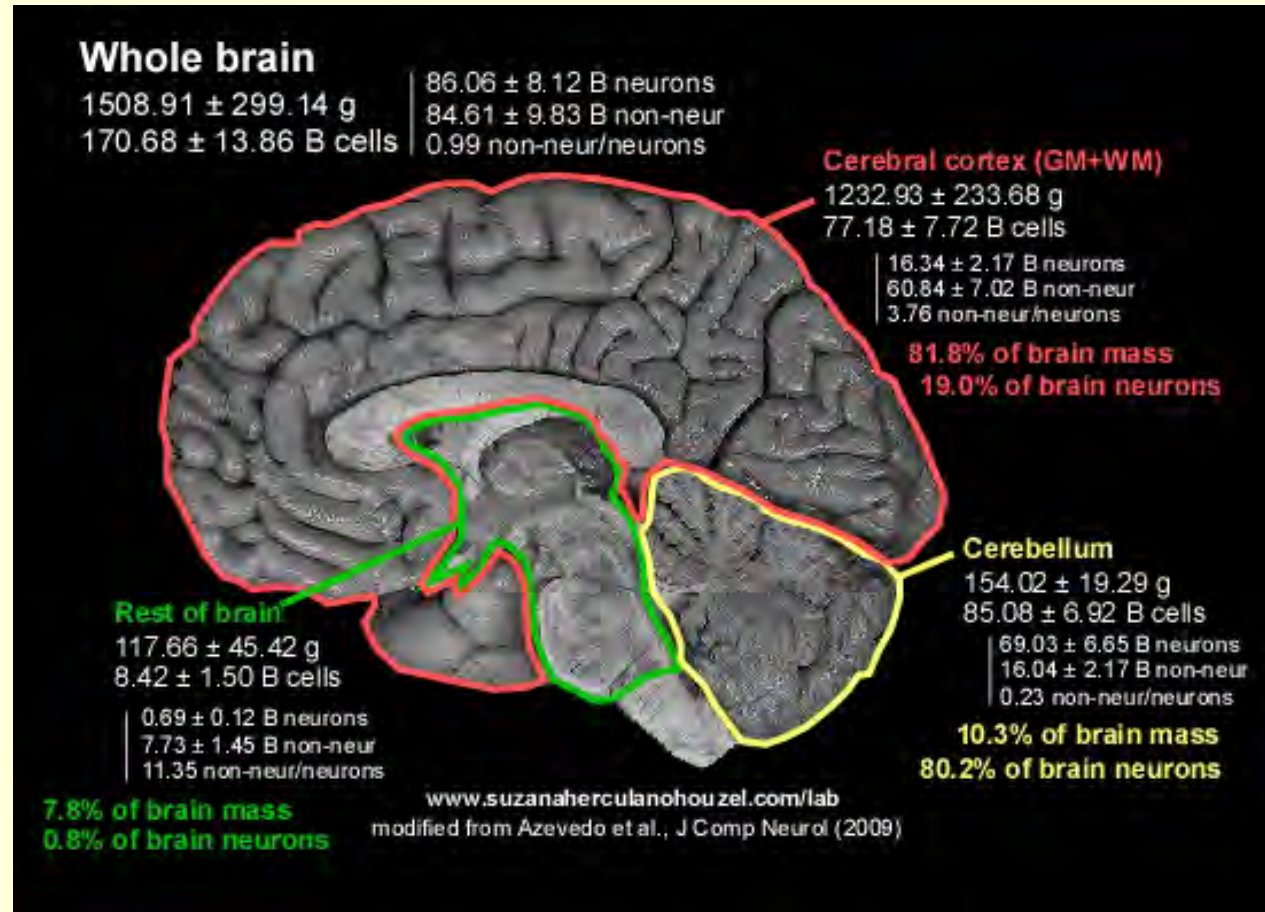
L'arrêt de l'activité du cortex amène, lui, un état végétatif **inconscient** (coma).

Or, le **cortex** représente 80% de la masse du cerveau humain, mais on n'y retrouve que 20% des neurones.

À l'opposé, il y a dans le **cervelet**, qui ne représente que 10% de la masse du cerveau humain, **80% de tous les neurones du cerveau !**

Dans le cervelet humain, l'information en provenance de 200 millions de fibres moussues est transmise à **50 milliards de cellules granulaires**, dont les fibres parallèles convergent sur 15 millions de cellules de Purkinje⁴.

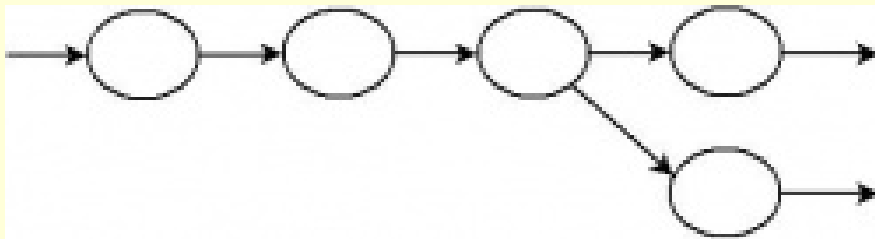
Rappelons qu'il y a en tout environ **85 milliards de neurones dans tout le cerveau humain...**



<http://www.suzanaherculanohouzel.com/azevedo-et-al-2009-j-comp-neur/>

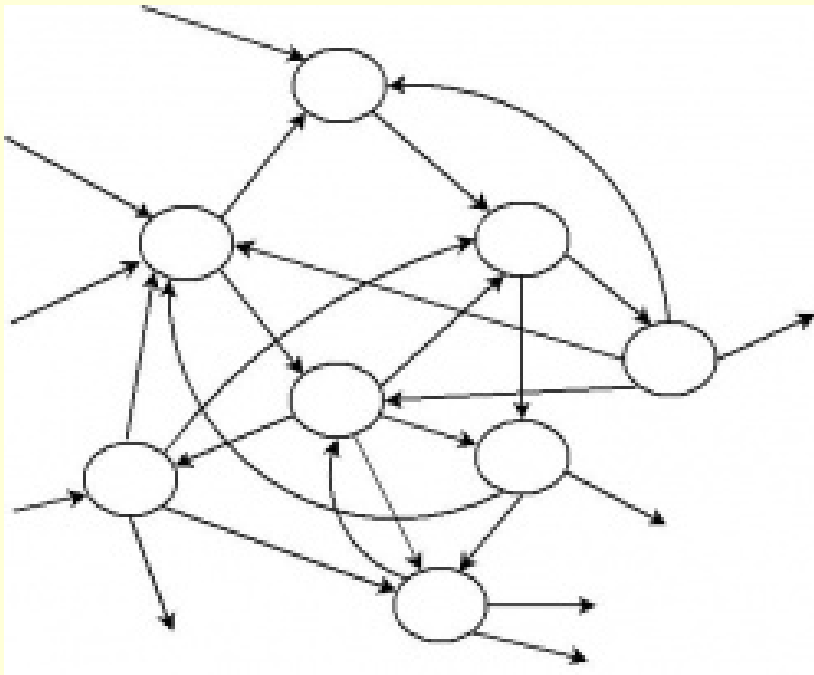
The human brain in numbers: a linearly scaled-up primate brain
<http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/neuro.09.031.2009/full>
 Suzana Herculano-Houzel*

Sauf que dans le cervelet, contrairement au cortex, les signaux se déplacent de façon **unidirectionnelle** à travers le système, de l'afférence vers l'efférence, avec très peu de boucles de rétroaction.



Sauf que dans le cervelet, contrairement au cortex, les signaux se déplacent de façon **unidirectionnelle** à travers le système, de l'afférence vers l'efférence, avec très peu de boucles de rétroaction.

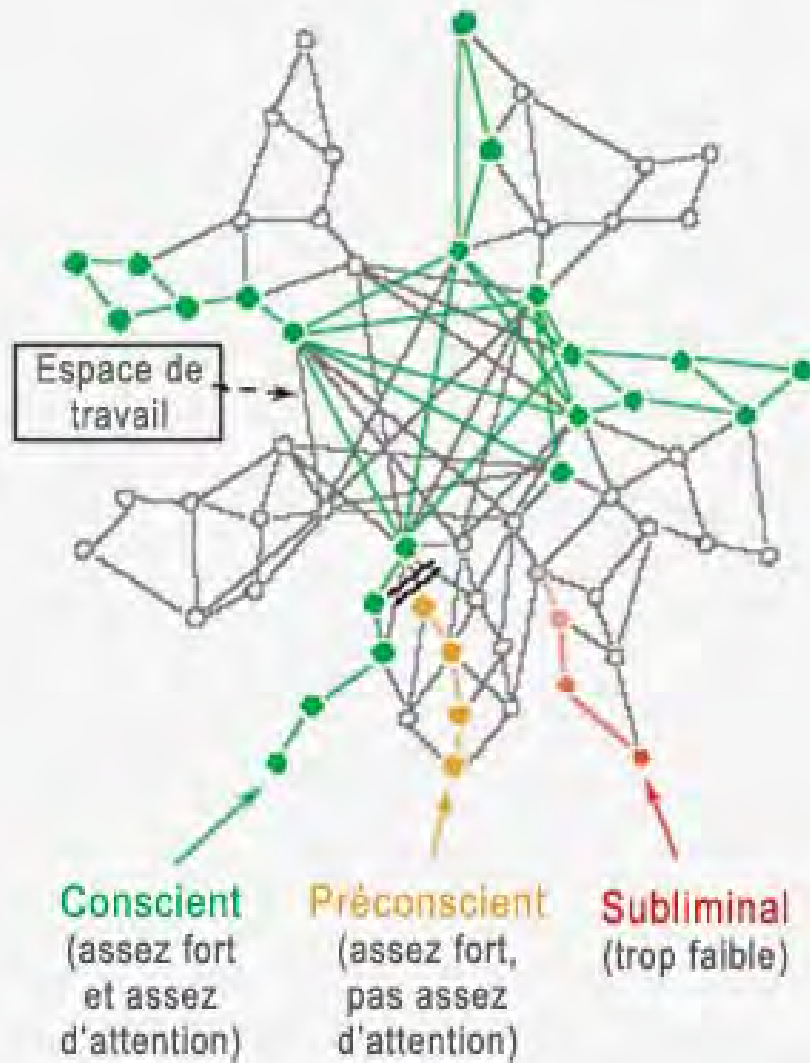
Ce mode opératoire en «feedforward» signifie que le cervelet, **contrairement au cortex cérébral qui est rempli de boucles de rétroaction**, ne peut pas générer de schéma auto-entretenu d'activité neuronale. Les signaux entrent dans le circuit, sont traités par les différents modules dans un ordre séquentiel, puis quittent le circuit.



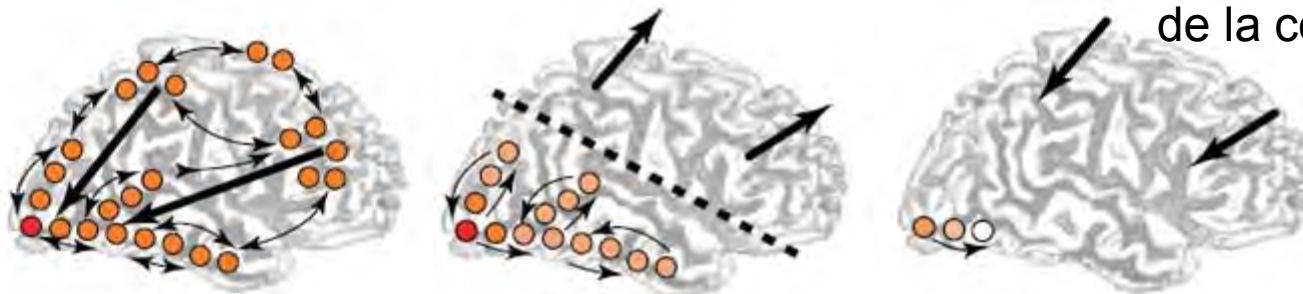
« Whenever we look at life,
we look at networks. »

En mettant en parallèle ces trois expériences, on ne peut s'empêcher d'y voir, d'une part, quelque chose comme une tendance vers la mise en commun d'activité nerveuse dans de vastes réseaux cérébraux pour les phénomènes conscients et,

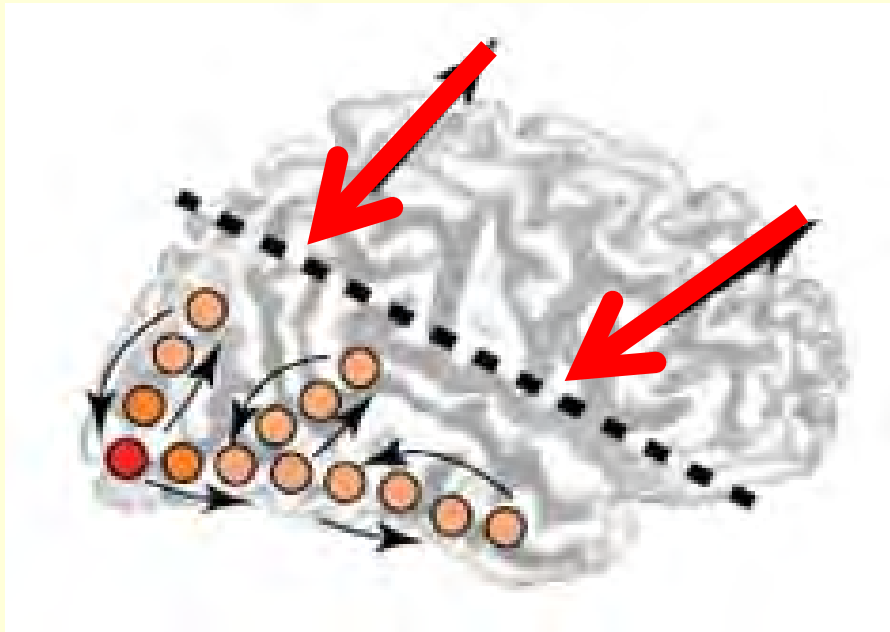
d'autre part, une fragmentation modulaire en plus petites unités effectuant localement certaines computations pour les phénomènes inconscientes.



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



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



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

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

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

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

Abstract:

[...]

We investigated the relation between intention, choice, and introspection.

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



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

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

A gap in Nisbett and Wilson's findings?

A first-person access to our cognitive processes.

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

Conscious. Cogn. 22, 654–669.10.1016

Abstract

The well-known experiments of Nisbett and Wilson lead to the conclusion that we have no introspective access to our decision-making processes.

Johansson et al. have recently developed an original protocol consisting in manipulating covertly the relationship between the subjects' intended choice and the outcome they were presented with: **in 79.6% of cases, they do not detect the manipulation and provide an explanation of the choice they did *not* make**, confirming the findings of Nisbett and Wilson.

We have reproduced this protocol, while introducing for some choices an expert guidance to the description of this choice.

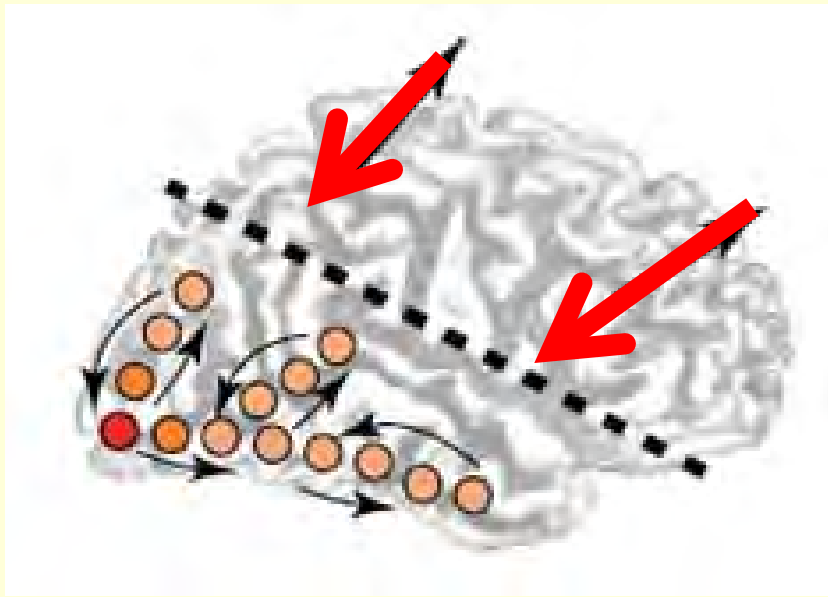
The subjects who were assisted detected the manipulation in 80% of cases.

Our experiment confirms Nisbett and Wilson's findings that we are usually unaware of our decision processes, but goes further by showing that we can access them through specific mental acts.

Thèse de Krystèle Appourchaux (2012):

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

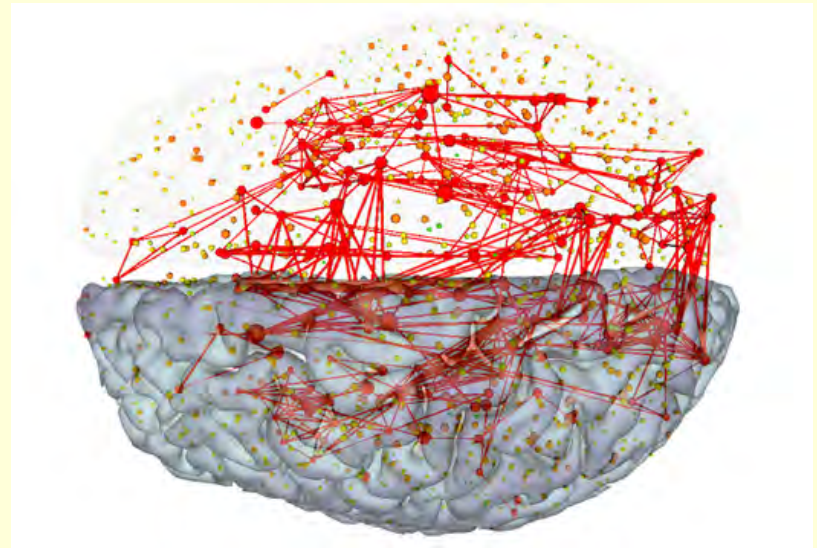
Ils dénoncent « le préjugé naïf selon lequel la ligne de démarcation entre ce qui est strictement subpersonnel et ce qui est conscient est fixe », puisque des techniques de conversion de l'attention et d'explicitation font reculer le seuil entre ce qui parvient à la conscience et ce qui reste de l'ordre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



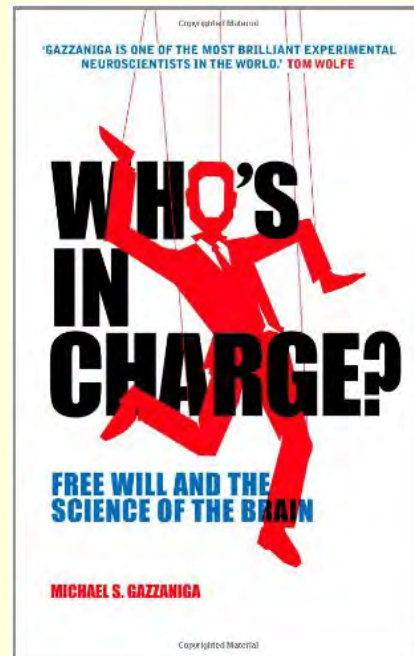


“There is no boss in the brain.”

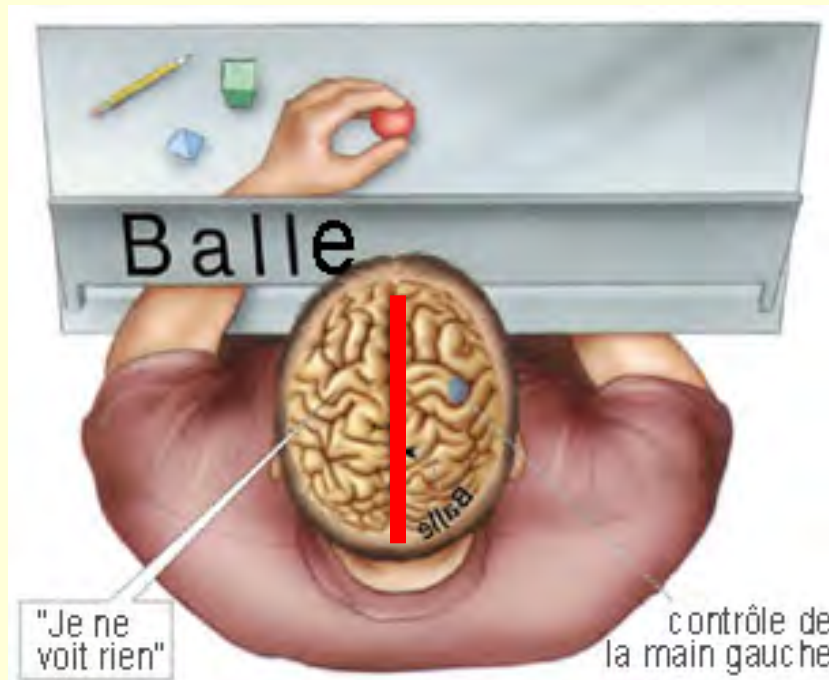
- Gazzaniga



Le cerveau fonctionne globalement de manière **parallèle et distribuée**.



Patients épileptiques au « cerveau divisé » (« split brain », en anglais)

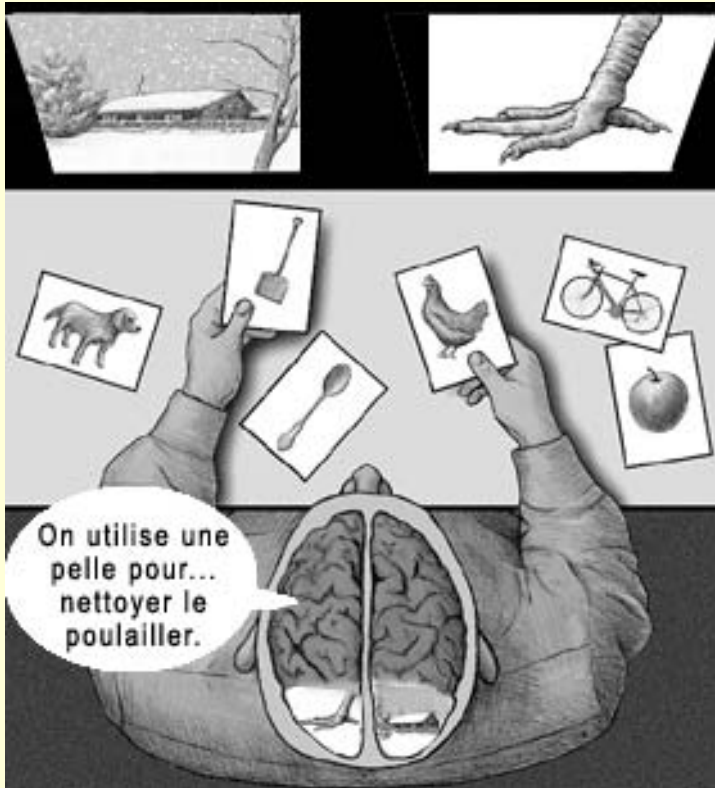


Dans les années 1960



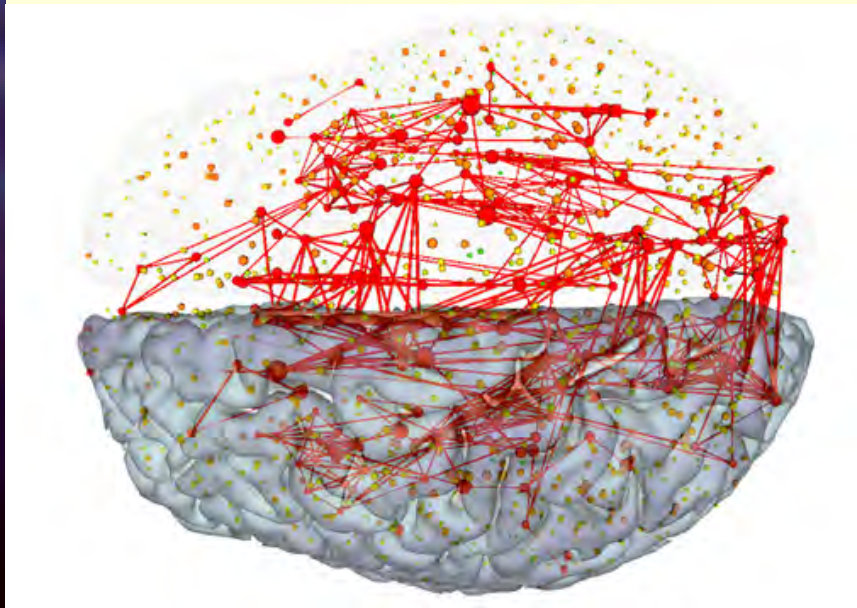
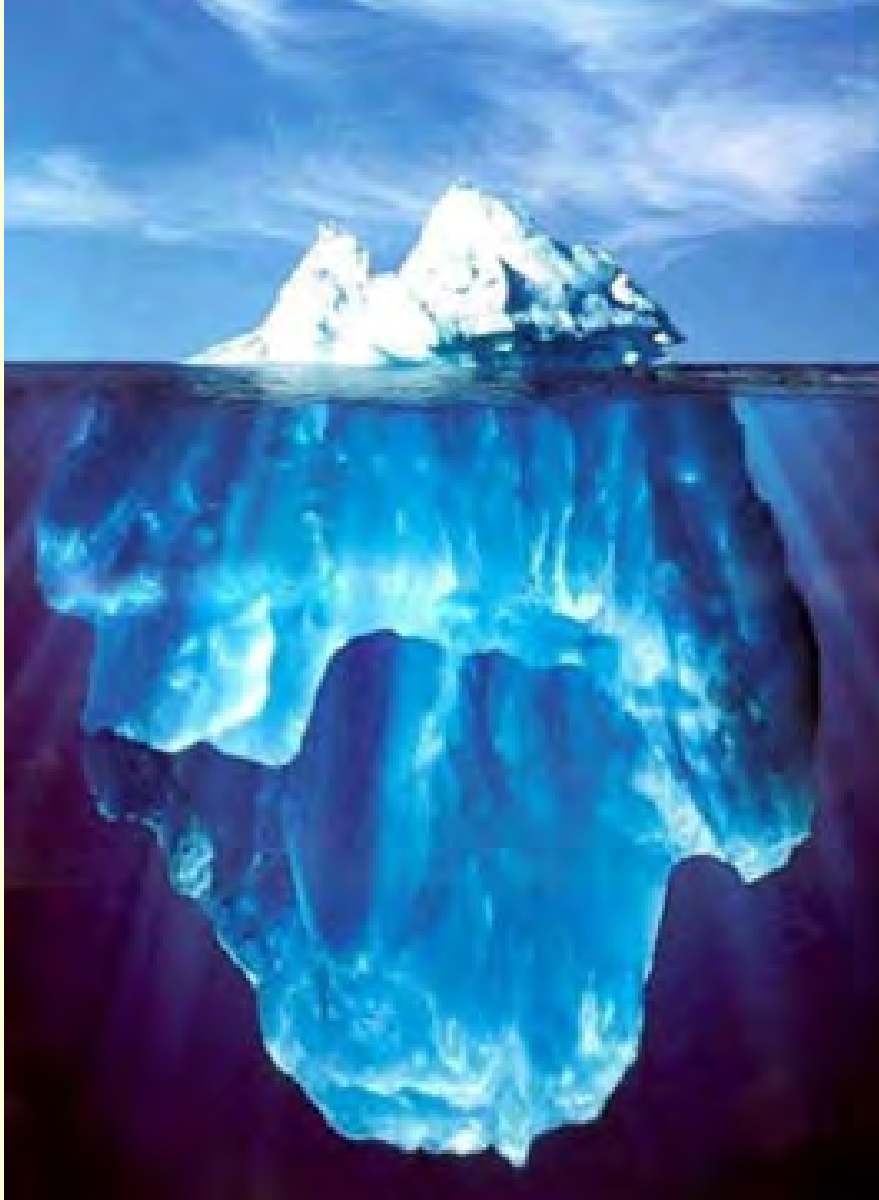
On utilise une pelle pour... nettoyer le poulailler.

L'hémisphère gauche va **rationaliser** ou **réinterpréter** la séquence d'événements de manière à rétablir une impression de **cohérence** au comportement du patient.



Et pour Gazzaniga, cela se produirait non seulement chez les patients au cerveau divisé mais chez **tous les êtres humains.**

Expliquerait à quel point notre **cerveau est prompt à fournir des justifications langagières** pour expliquer nos comportements.





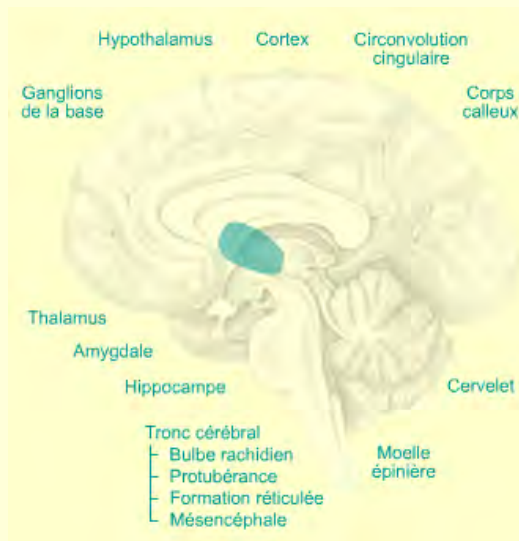
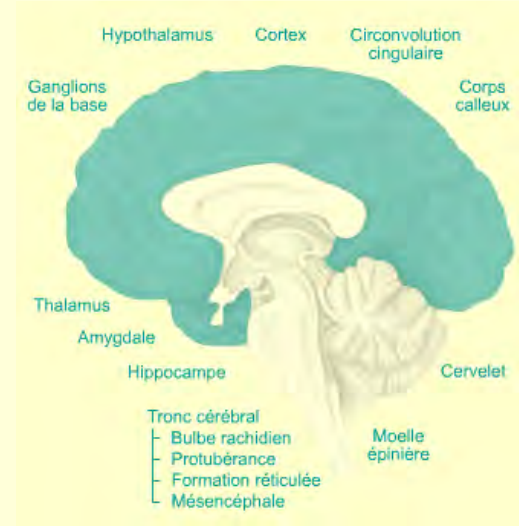
Autre exemple



Applying the new science to brands



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

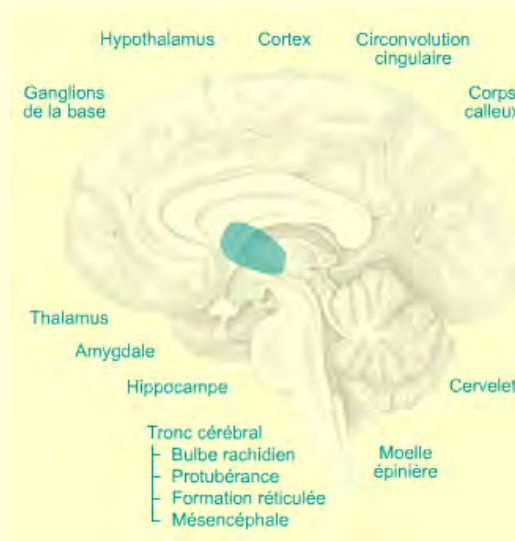
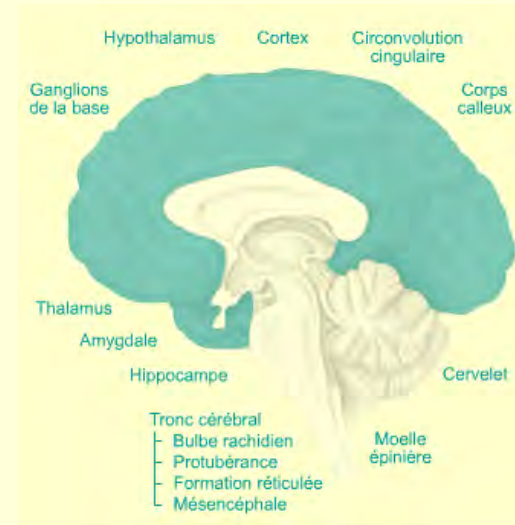


« **Le système 2** est notre petite voix intérieure, celle qu'on associe à notre libre arbitre. Elle est toutefois constamment **en pourparlers « secrets »** avec les processus inconscients du système 1 qui serait, selon plusieurs auteurs, le système dominant par défaut. »

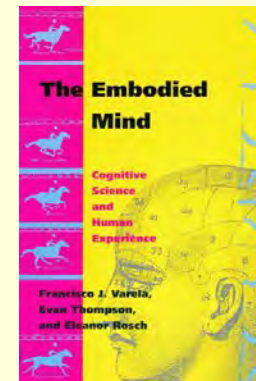
Applying the new science to brands



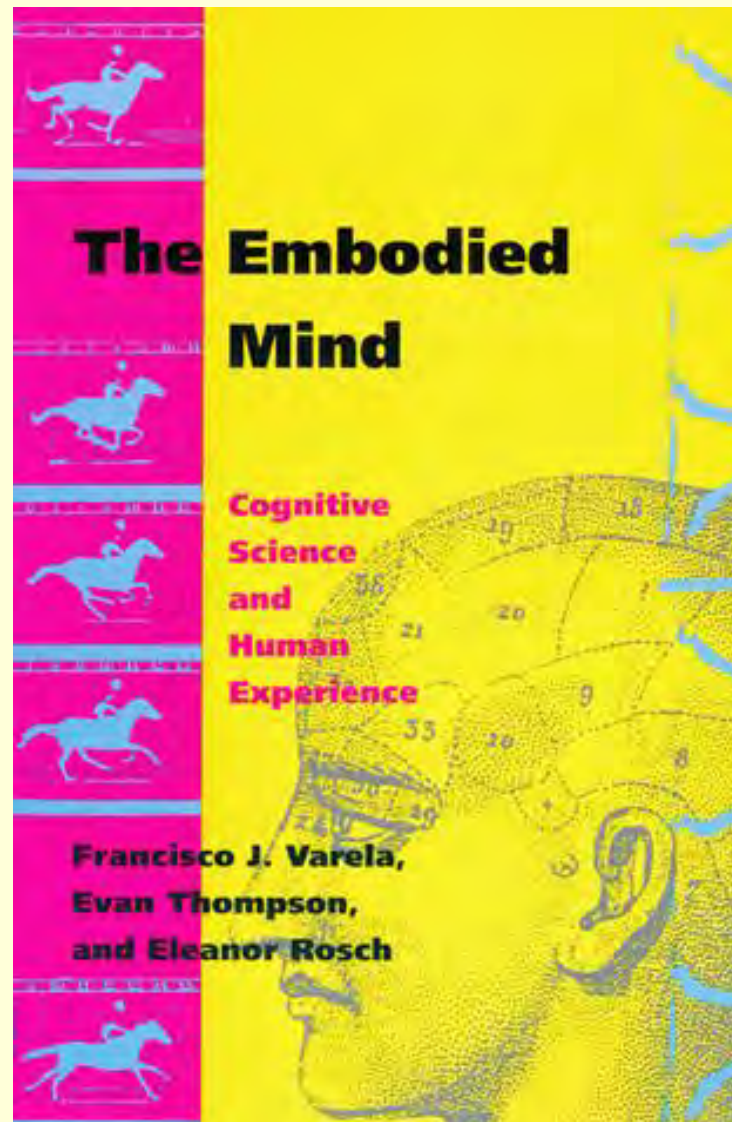
**TOUS LES JOURS
JE LAVE MON CERVEAU
AVEC LA PIIB**



Le concept **d'énaction** est un néologisme de Varela surtout connu à partir de son livre « **The Embodied Mind** » (ou « L'inscription corporelle de l'esprit », en français), co-écrit avec Evan Thompson et Eleanor Rosch en **1991**.



Dans leur introduction, les auteurs observent que les sciences cognitives de l'époque n'ont virtuellement rien à dire sur ce que cela signifie d'être humain dans les situations de la vie de tous les jours.



Dans la vie de tous les jours,
ce qu'on fait surtout,

c'est agir spontanément et
efficacement sur le monde qui
nous entoure,

sans trop de délibérations ou de
réflexions.

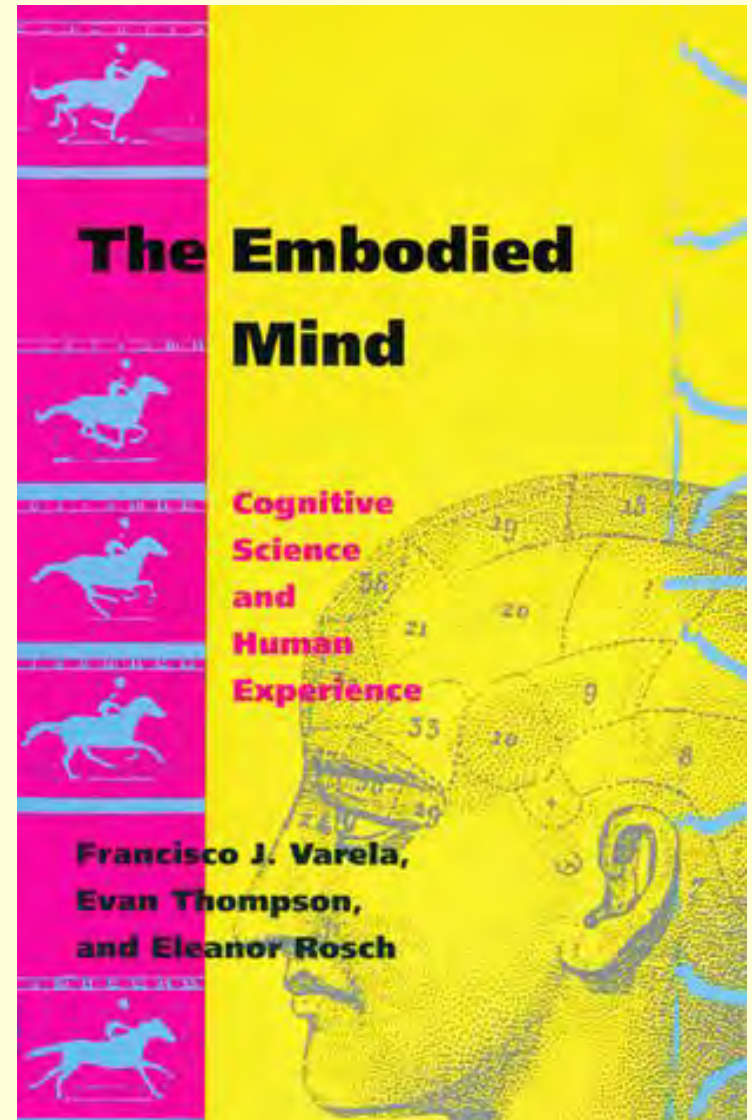


À l'époque, on s'intéressait à la cognition humaine dans un sens assez étroit :

nous demander ce que nous faisons **quand on résout un problème** ou **quand on essaie de se représenter** quelque chose.

Bref, le genre de chose qui était assez facile à modéliser avec les simulations par ordinateurs des modèles cognitivistes ou connexionnistes du moment...

Petit rappel historique de l'évolution des paradigmes en sciences cognitives au XXe siècle en 4 diapos...



Behaviorisme

À partir des années 1920...



Cerveau = "boîte noire" = ce qui s'y passe est, par nature, méthodologiquement inaccessible et inobservable.

On s'intéresse donc seulement aux **stimuli** qui s'exercent sur l'organisme et les **réponses** que donne cet organisme.

Centré sur l'influence de l'environnement sur nos processus mentaux.

Cognitivism

Domine les sciences cognitives du milieu des années 1950 aux années 1980.



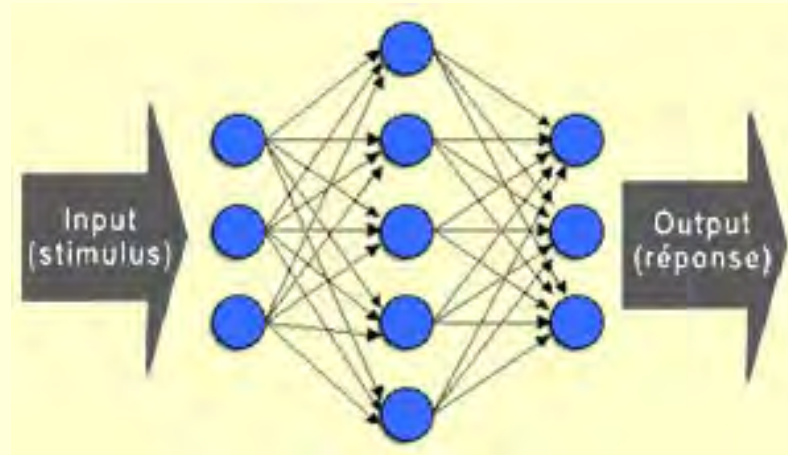
Considère à nouveau l'esprit qu'il compare à un ordinateur.

Ici, la cognition c'est le traitement de l'information :

la **manipulation de symbole** à partir de règles.

Connexionnisme

Commence à remettre en question l'orthodoxie du cognitivisme au début des années 1980.



Il prend en compte le **cerveau** et essaie de comprendre la cognition avec des réseaux de neurones.

Elle est plus affaire **d'entraînement** que de programmation.

La cognition émerge d'états globaux dans un réseau de composants simples.

Systemes dynamiques incarnés

À partir du début des années 1990,

les **systemes dynamiques incarnés** vont critiquer
le cognitivisme **et** le connexionnisme

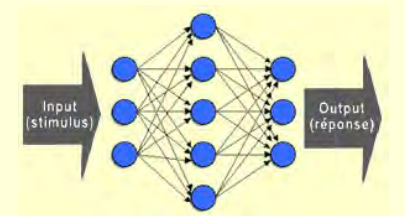
Ils vont prendre en compte non seulement le cerveau, mais le **corps**
particulier d'un organisme et l'environnement dans lequel il évolue...



Varela et ses collègues ne vont pas nier tous les apports du cognitivism et du connexionnisme mais ils les jugent **insuffisants**.

Par exemple, la **manipulation symbolique** du cognitivism n'est pas complètement rejetée par Varela, mais vue plutôt comme une description de niveau supérieur de propriétés qui se trouvent concrètement matérialisées dans un système distribué et interconnecté sous-jacent.

Et pour Varela, le réseau de neurones (celui du connexionnisme) peut donc servir à décrire adéquatement la cognition, mais **à condition qu'il puisse produire de la signification**...

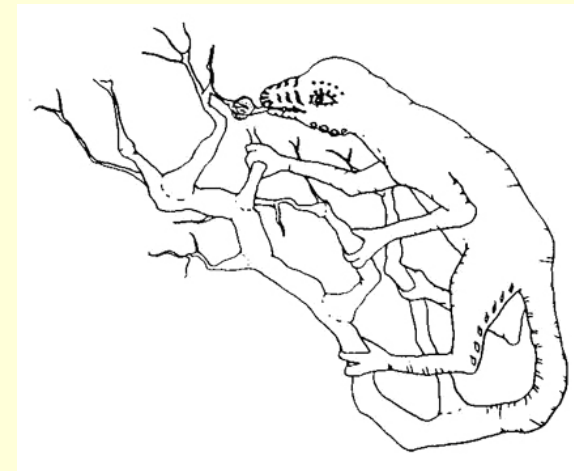


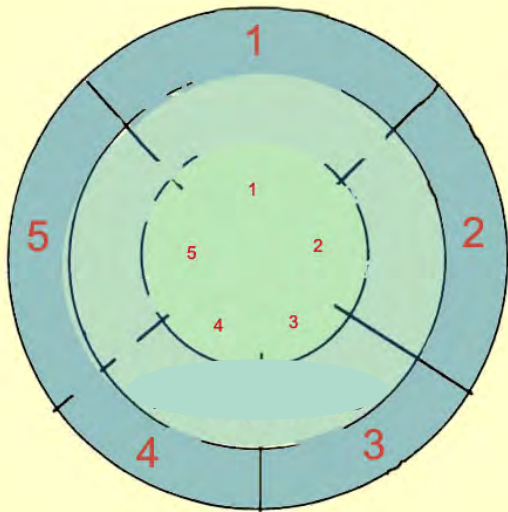
Et pour qu'un tel réseau puisse produire de la signification, il doit non seulement **pouvoir agir sur son environnement** et **être sensible à ses variations**,

mais il doit aussi nécessairement posséder une **histoire** qui **s'inscrit dans le corps et le cerveau** de l'organisme.

Car **ce qu'on observe concrètement à chaque jour**, c'est ça : des agents incarnés qui sont mis en situation d'agir et donc entièrement immergés dans leur perspective particulière.

Pour Varela et ses collègues, voilà donc ce que le cognitivisme et les propriétés émergentes du connexionnisme passent sous silence : notre **expérience humaine quotidienne**.

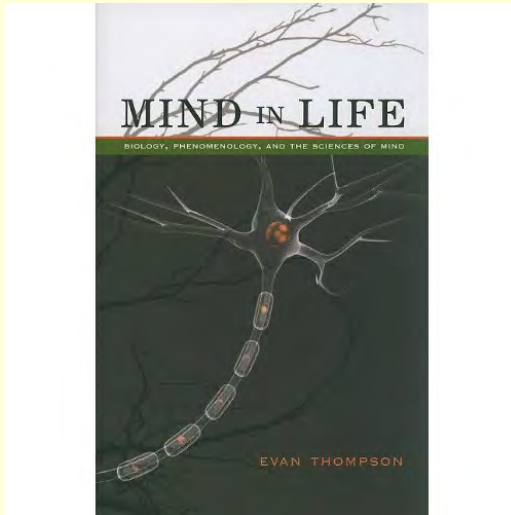




Le terme d'énaction a été choisi pour tenter d'unifier sous une bannière unique **plusieurs idées interreliées.**

On va tenter de montrer comment elles peuvent être interreliées en s'inspirant des 5 étapes que présente **Evan Thompson** dans **Mind in Life.**

Mind in Life est un livre de **Evan Thompson**, publié en **2007**, et qui constitue un peu la « suite » de The Embodied Mind.



« Mind in life » : une continuité entre la vie et la pensée
<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2012/10/15/mind-in-life-une-continuite-entre-la-vie-et-la-pensee/>

Varela est décédé en 2001 d'un cancer à l'âge de 54 ans, et Thompson raconte dans la préface de Mind in Life, que ce livre était un projet commun avec Varela que Thompson a repris seul après la disparition de Varela.



**Evan Thompson, PhD - Context Matters:
Steps to an Embodied Cognitive
Science of Mindfulness.**

Vidéo : 28 min.

<https://www.youtube.com/watch?v=OJHCae1liAl&feature=youtu.be>

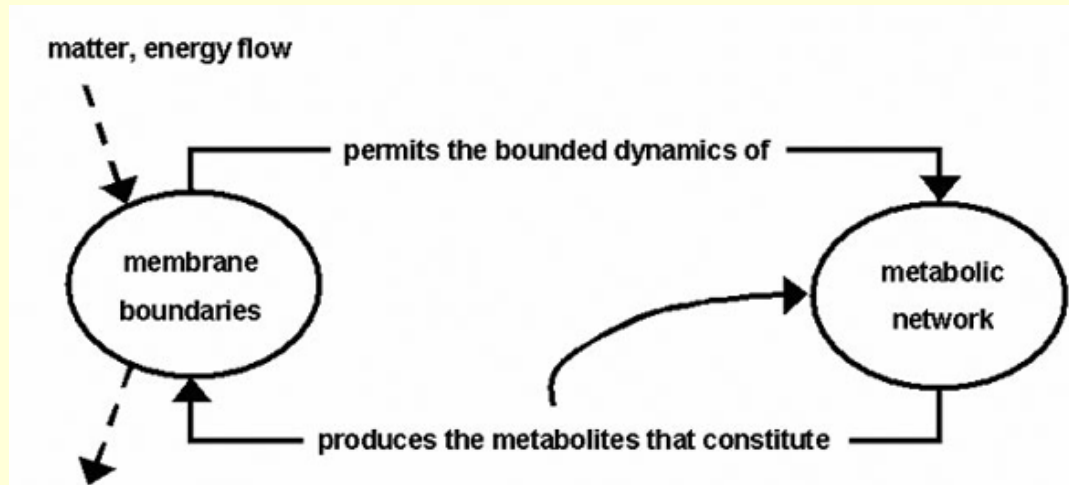
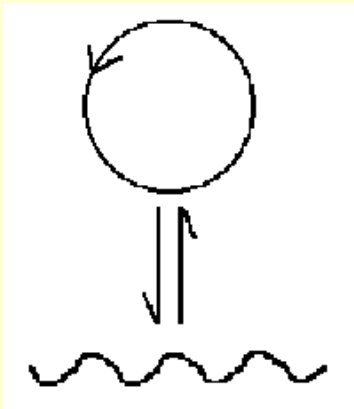
Première idée :

Les êtres vivants sont des agents autonomes qui génèrent et maintiennent activement l'organisation de leur structure.

(= autopoïèse)

Ce faisant, ils mettent de l'avant, font émerger ou “**énactent**” leur propre « **domaine cognitif** ».

La **cognition** est donc quelque chose que possèdent tous les organismes biologiques incarnés vu comme des agents autonomes.



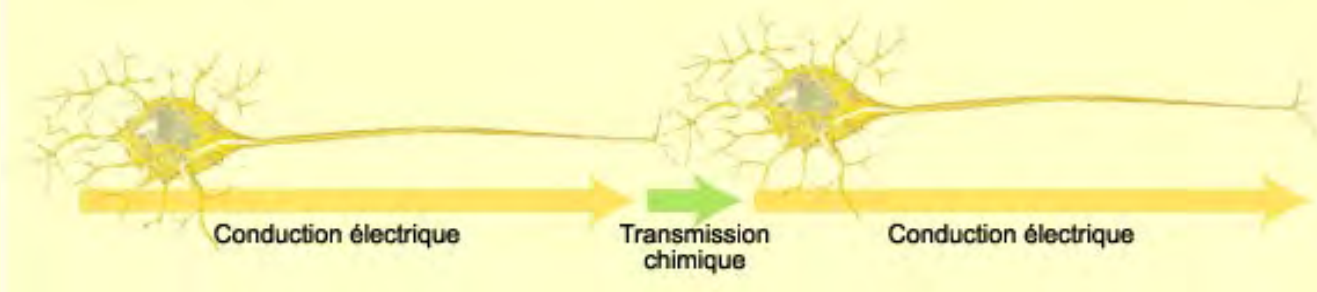
The “**enactivist mind-life continuity thesis**”:

« C’est l’idée générale que la vie est l’autopoïèse,

et que l’autopoïèse implique une sorte de contrôle sur le couplage avec l’environnement qui est la cognition dans sa forme minimale »

http://theboundsofcognition.blogspot.ca/2011/02/wheeler-2005-on-representation-and_24.html

Deuxième idée :

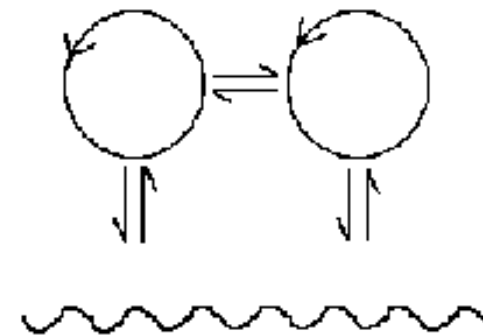


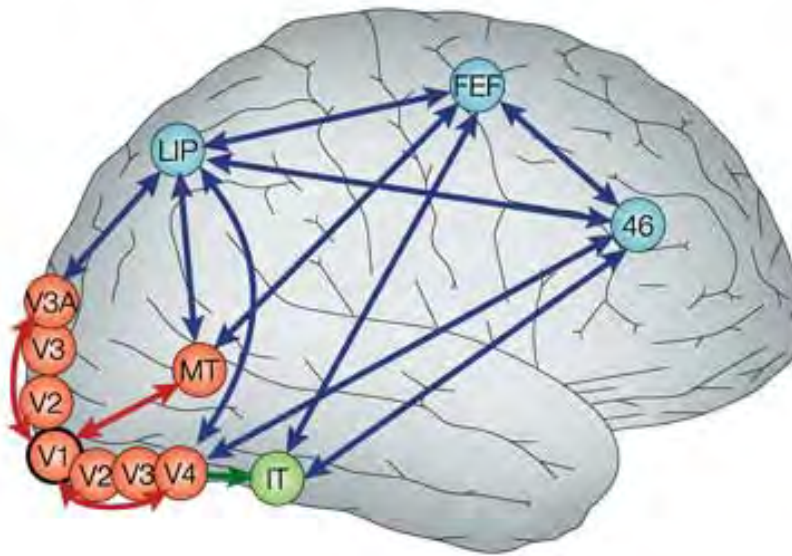
Dans les organismes multicellulaires suffisamment complexes, ces agents possèdent un **système nerveux** qui forme un **système dynamique autonome**, c'est-à dire qu'il génère et maintient un pattern d'activité cohérent et significatif.

(i.e. au lieu d'être un pattern de réactions biochimiques, c'est un pattern d'activité nerveuse = des neurones qui coordonnent leur activité)

Ce système nerveux forme de nombreuses boucles de rétroaction, de manière circulaire, créant ce que Varela appelle **un système fermé du point de vue organisationnel**.

Ce système fermé, lorsque perturbé par son environnement, **génère du sens**, au lieu de traiter de l'information comme des représentations symbolique d'un monde extérieur.





On observe dans le cerveau un haut degré de réciprocité.

Nature Reviews | Neuroscience

Par exemple, ici, les principales voies visuelles, sont pratiquement toutes bidirectionnelles.

Il semble donc abusif de dire que le réseau neuronal fonctionne de la perception vers l'action.

On devrait plutôt dire que la perception et l'action, **le perceptif et le moteur**, **sont liés** en tant que motifs émergents qui se sélectionnent mutuellement.

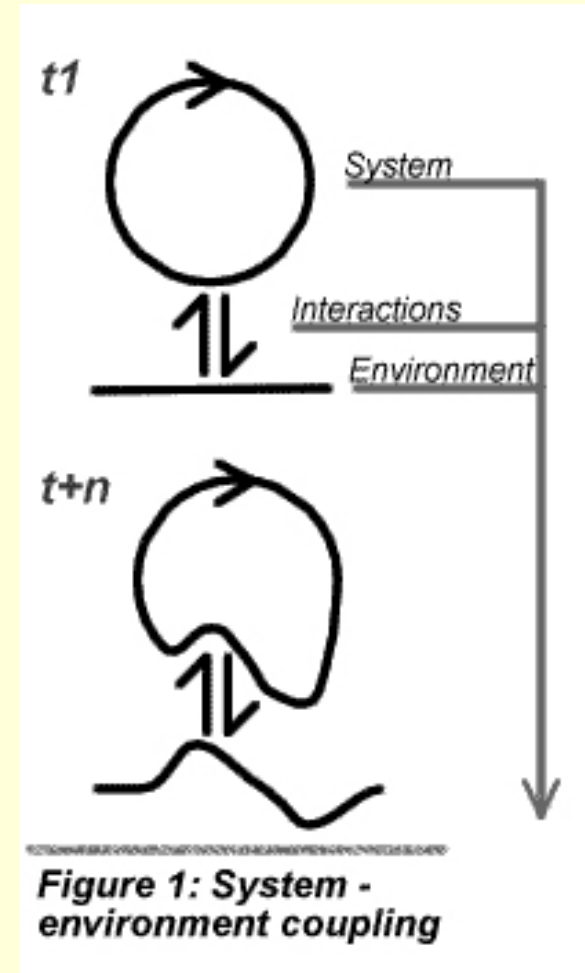
Troisième idée :

La cognition, conçue ici comme la **génération de sens**, émerge de patterns sensorimoteurs récurrents de perception et d'action, ce que Varela appelle le « **couplage** » **sensori-moteur** entre cet organisme et l'environnement dans lequel il est situé.

Ce « couplage » sensori-moteur **module**, mais ne détermine pas, la formation de patterns dynamiques d'activité neuronale **endogène**.

(modulations d'activité qui vont en retour influencer le couplage sensori-moteur)

De sorte que la cognition peut être vue comme **l'exercice d'un savoir-faire** qui s'exprime dans une **action incarnée** et **située** dans un environnement.

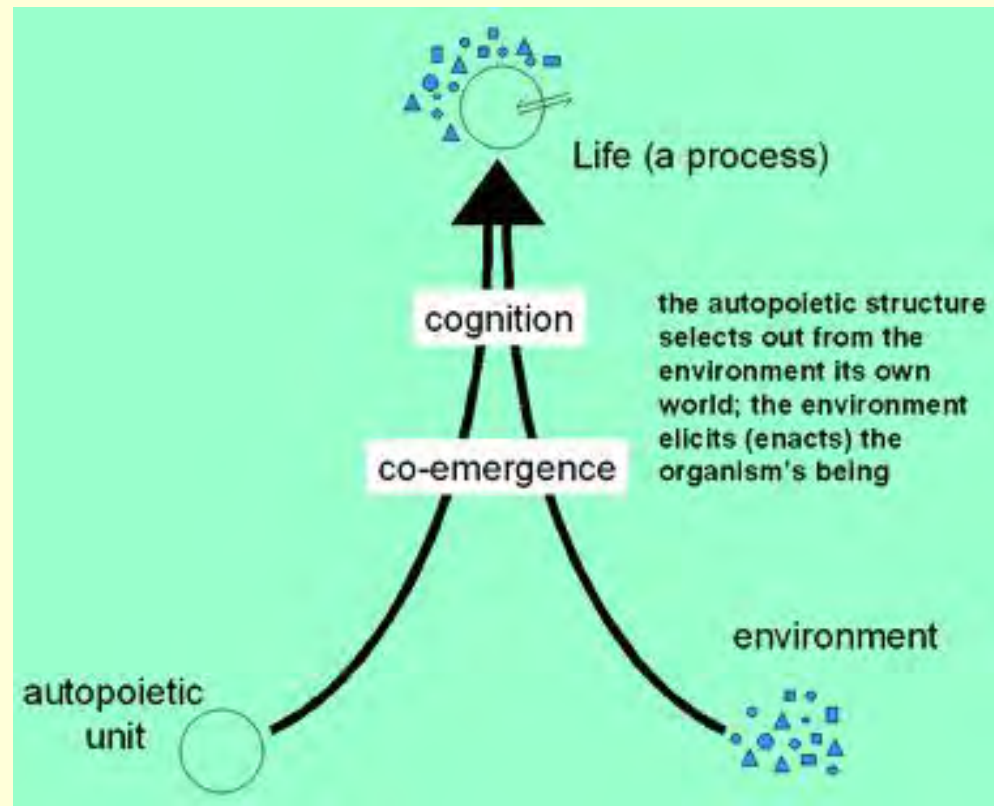


Quatrième idée :

Ce qui constitue le monde cognitif d'un organisme n'est pas une réalité extérieure prédéterminée et faisant l'objet d'une représentation interne par son cerveau.

Ce monde cognitif est plutôt un **domaine relationnel** mis de l'avant, ou **énacté**, par le **mode de couplage** entre cet agent autonome et l'environnement.

La relation entre le monde et l'organisme en est donc une de **co-détermination**.



L'objet « chaise », défini comme une chose sur laquelle on s'assoit, existe pour les humains, mais pas pour les chats (pour lui, c'est un obstacle, ou un lit, mais pas quelque chose qui sert à s'asseoir).

On peut donc faire la distinction entre « **monde-milieu** » (« umwelt ») (la chaise pour s'asseoir de l'humain ou la chaise pour dormir du chat) et « **monde physique** » (un objet avec 4 pattes, une surface horizontale et un dossier).

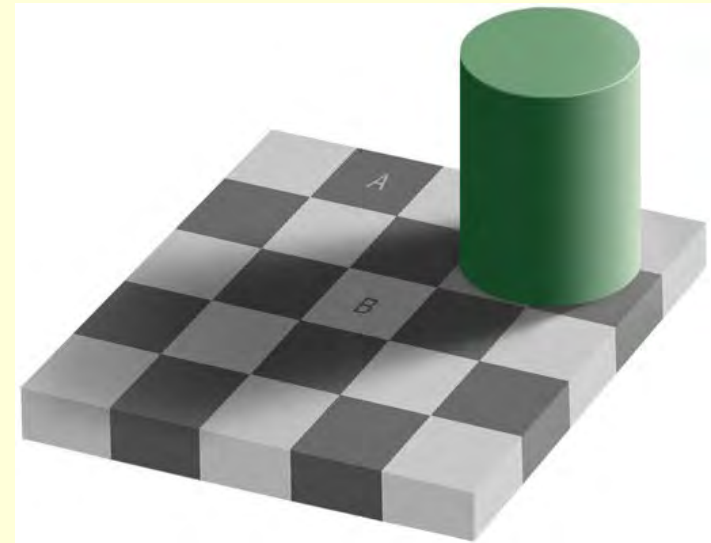
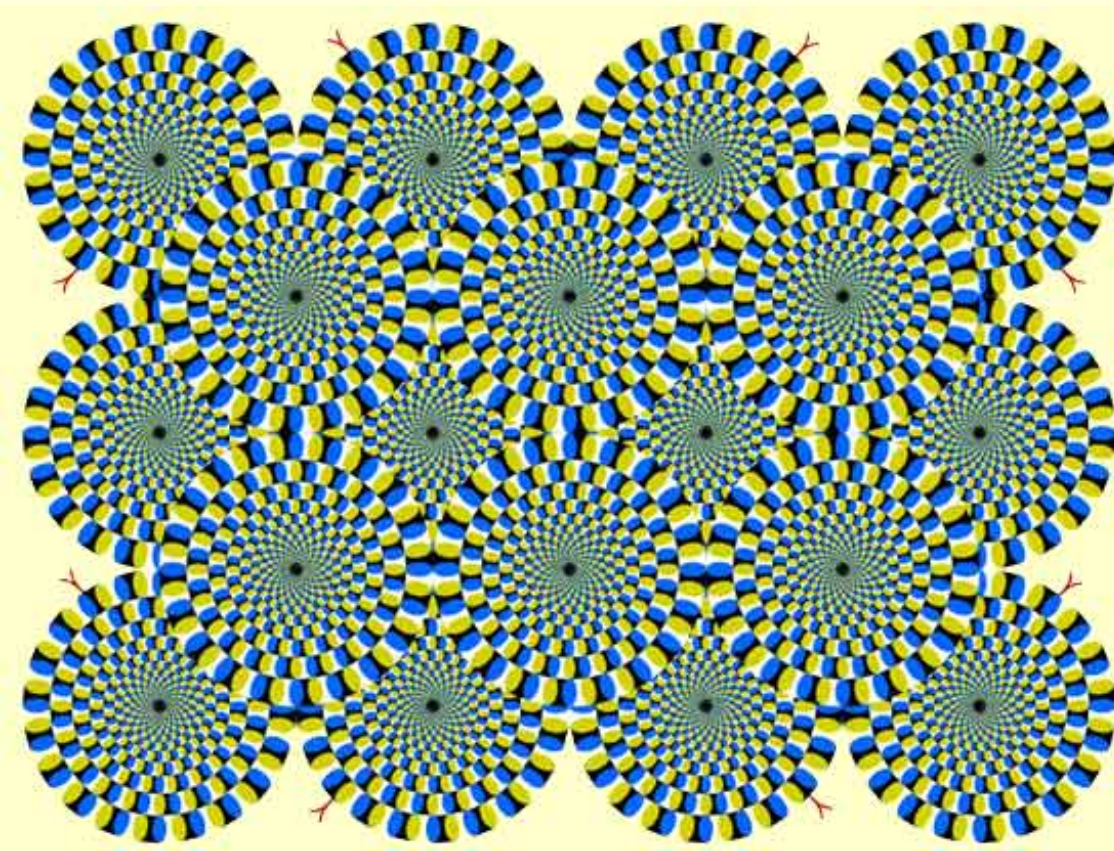
La position philosophique du « **réalisme scientifique** » dit qu'on pourrait transcender, dépasser ou réduire « notre monde-milieu » pour qu'il finisse par correspondre au monde physique.

La position de l'énaction, elle, n'admet pas qu'on puisse réduire l'un à l'autre. Pour elle, un individu ne peut interagir qu'avec son « **monde-milieu** » (du fait de l'historique des couplages sensori-moteur de son action incarnée dans un corps particulier) et pas avec le **monde physique**.

[Laborit parle de Structure avec un grand S versus structure avec un petit s]

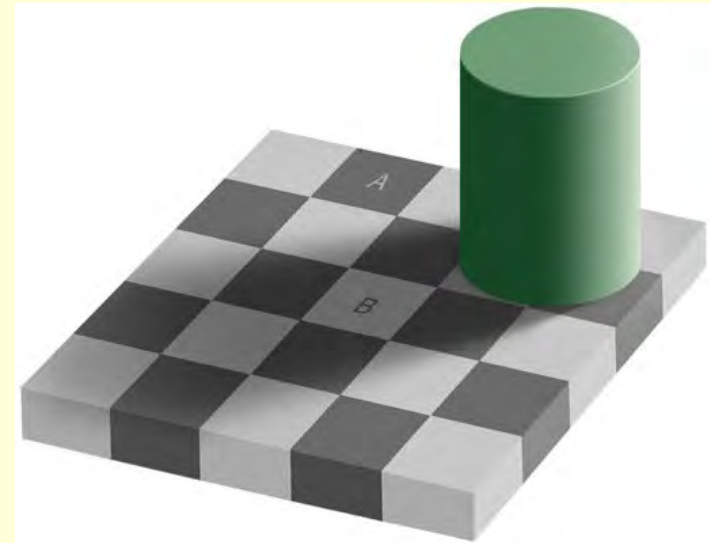
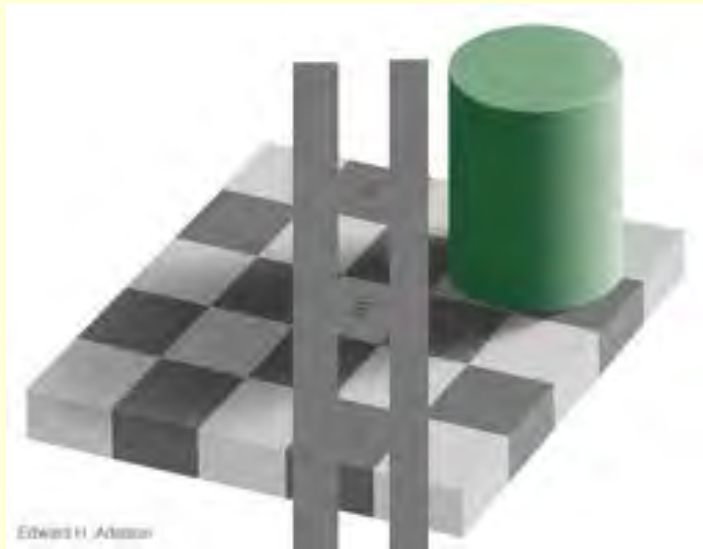
Dire que la cognition est incarnée c'est prendre en considération le fait que chaque espèce a son propre « monde-milieu » qui a été **enacté à travers l'évolution.**

Par exemple, nous, humains, regardons ces images avec un certain type de système visuel...



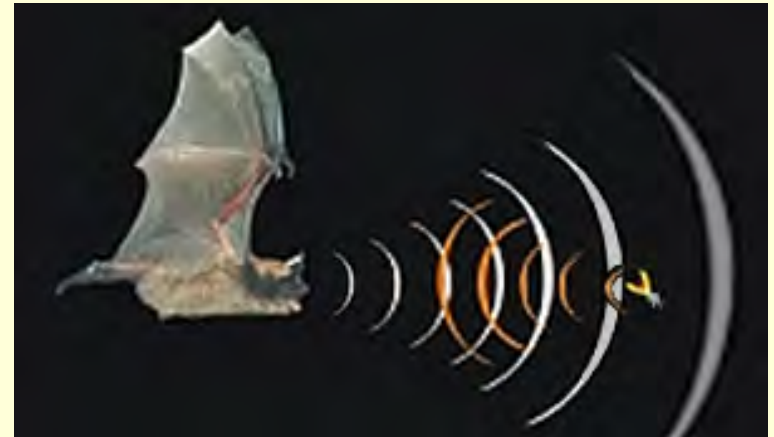
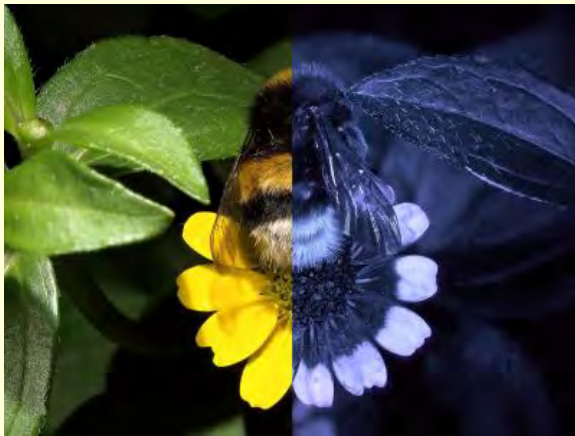
...qui ne nous donne pas accès directement au monde physique
puisque'il n'y a pas de mouvement dans le premier et que
les cases sont de la même teinte dans le second.

Ce que ce que nous percevons
est bien différent du stimulus visuel physique...



En étudiant différents systèmes visuels de vertébrés, et surtout leur **système chromatique propre**, Varela montre que **la sensation de couleur n'est pas entièrement donnée par le monde physique** mais dépend aussi des mécanismes de perception mêmes.

À chaque type de système visuel correspond donc un type de monde énéacté.
[et il y a de long développement dans Embodied Mind où la couleur comme perçue directement du monde physique en prend pour son rhume...]



How Animals See the World See through the eyes of cats, birds, fish, and snakes.

<http://nautil.us/issue/11/light/how-animals-see-the-world>



Leur « monde » perceptif est très différent du nôtre, parce qu'ils n'ont pas le même corps et le même appareil sensoriel.

Autrement dit, **le modèle newtonien de dispersion de la lumière, ne suffit plus à expliquer le phénomène de la couleur.**

Et ce que dit l'énoncé, c'est que puisque notre lignée biologique s'est maintenue, nos **catégories de couleur** sont viables ou efficaces.

Mais d'autres espèces ont développé différents mondes perçus de la couleur sur la base d'opérations neuronales différentes [dichromates, tétrachromates, pentachromates...] qui sont aussi viables !

C'est pourquoi notre monde de perception de la couleur **ne doit pas** être considéré comme la « solution » optimale apportée à un « problème » posé par l'évolution.

Cinquième idée :

L'expérience vécue consciemment par un organisme (son « monde » de perceptions) n'est pas un épiphénomène, ou un "effet secondaire" de processus cognitifs inconscients.

Elle est plutôt centrale et doit être **explorée** minutieusement en s'inspirant de la tradition phénoménologique (européenne et orientale) si l'on veut une science globale de l'esprit.

L'approche énaactive soutient que les sciences cognitives et les investigations phénoménologiques sur l'expérience vécue doivent être poursuivies de manière **complémentaire** et en **s'informant mutuellement**, ce que Varela appelle la "neurophénoménologie".

La **neurophénoménologie** cherche à établir entre les données objectives sur le cerveau et les données subjectives recueillies par le sujet une relation de « **contrainte mutuelle** ».

Un modèle de fonctionnement du cerveau récent



NEWS

SCIENCE JOURNALS

CAREERS

MULTIMEDIA

COLLECTIONS

Science The World's Leading Journal of Original Scientific Research, Global News, and Commentary.

Science Home

Current Issue

Previous Issues

Science Express

Science Products

My Science

About the Journal

Home > Science Magazine > 30 November 2012 > Eliasmith *et al.*, 338 (6111): 1202-1205

Article Views

Abstract

Full Text

Full Text (PDF)

Figures Only

Supplementary Materials

VERSION HISTORY

Correction for this article

Article Tools

Leave a comment (0)

Save to My Folders

Download Citation

Alert Me When Article is Cited

Science 30 November 2012:
Vol. 338 no. 6111 pp. 1202-1205
DOI: 10.1126/science.1225266

< Prev | Table of Contents | Next >

Leave a comment (0)

REPORT

A Large-Scale Model of the Functioning Brain

Chris Eliasmith^{*}, Terrence C. Stewart, Xuan Choo, Trevor Bekolay, Travis DeWolf, Yichuan Tang, Daniel Rasmussen

[†] Author Affiliations

^{*} To whom correspondence should be addressed. E-mail: celiasmith@uwaterloo.ca

ABSTRACT

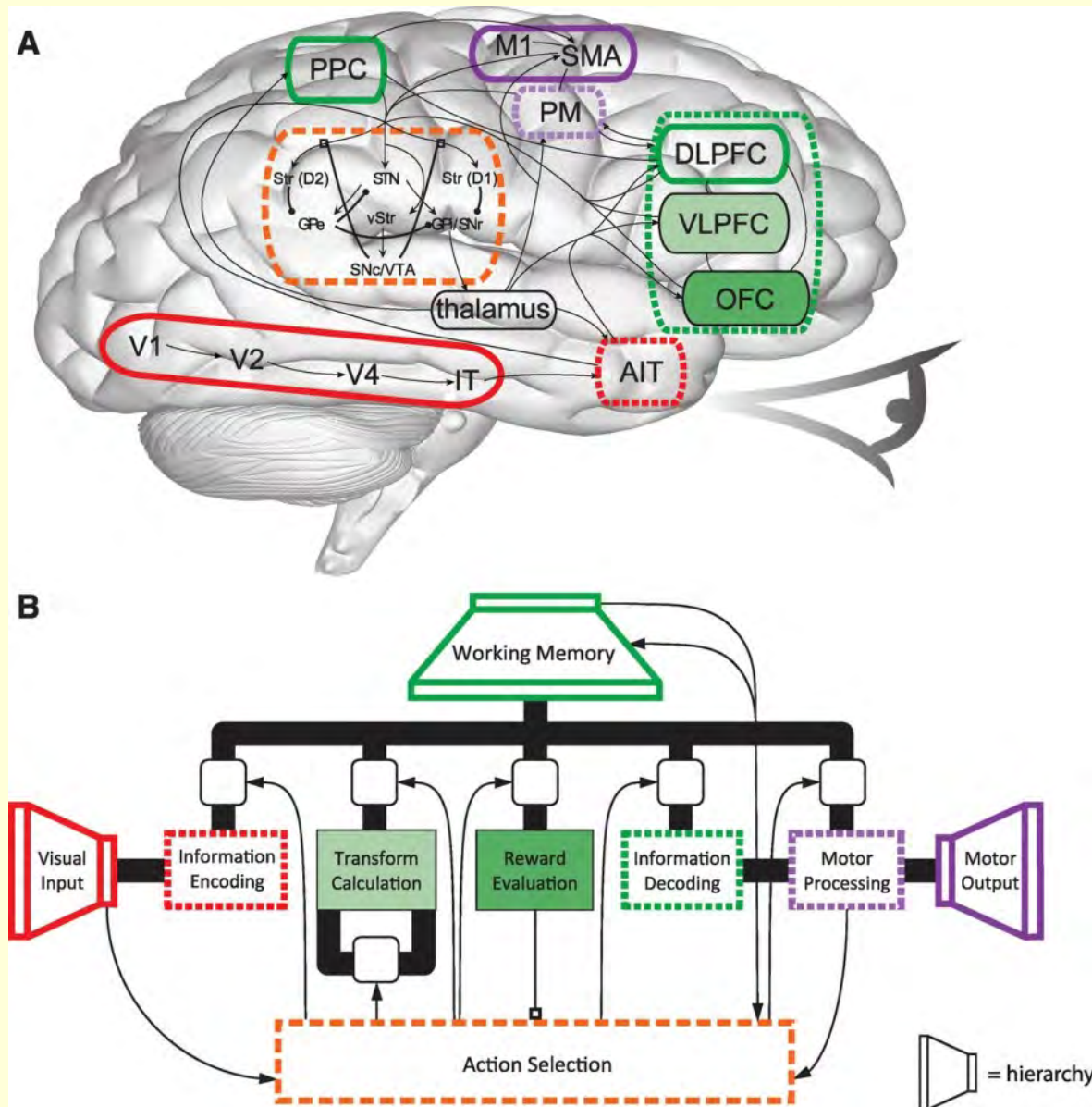
A central challenge for cognitive and systems neuroscience is to relate the incredibly complex behavior of animals to the equally complex activity of their brains. Recently described, large-scale neural models have not bridged this gap between neural activity and biological function. In this work, we present a 2.5-million-neuron model of the brain (called "Spaun") that bridges this gap by exhibiting many different behaviors. The model is presented only with visual image sequences, and it draws all of its responses with a physically modeled arm. Although simplified, the model captures many aspects of neuroanatomy, neurophysiology, and psychological behavior, which we demonstrate via eight diverse tasks.

- Modèle à large échelle (donc laisse beaucoup de détails de côté)

- Architecture cognitive qui dépasse l'opposition cognitiviste / connexionnisme (intègre les deux)

- Hiérarchie de compression à l'entrée et à la sortie (« connexionniste ») : extrait les caractéristiques les plus importantes (perte d'info en conceptualisant, mais permet de travailler plus facilement...)

- S'inspire de l'architecture anatomo-fonctionnelle du cerveau : « Action Selection » (ganglion de la base et thalamus), « Working Memory » (cortex préfrontal), etc.



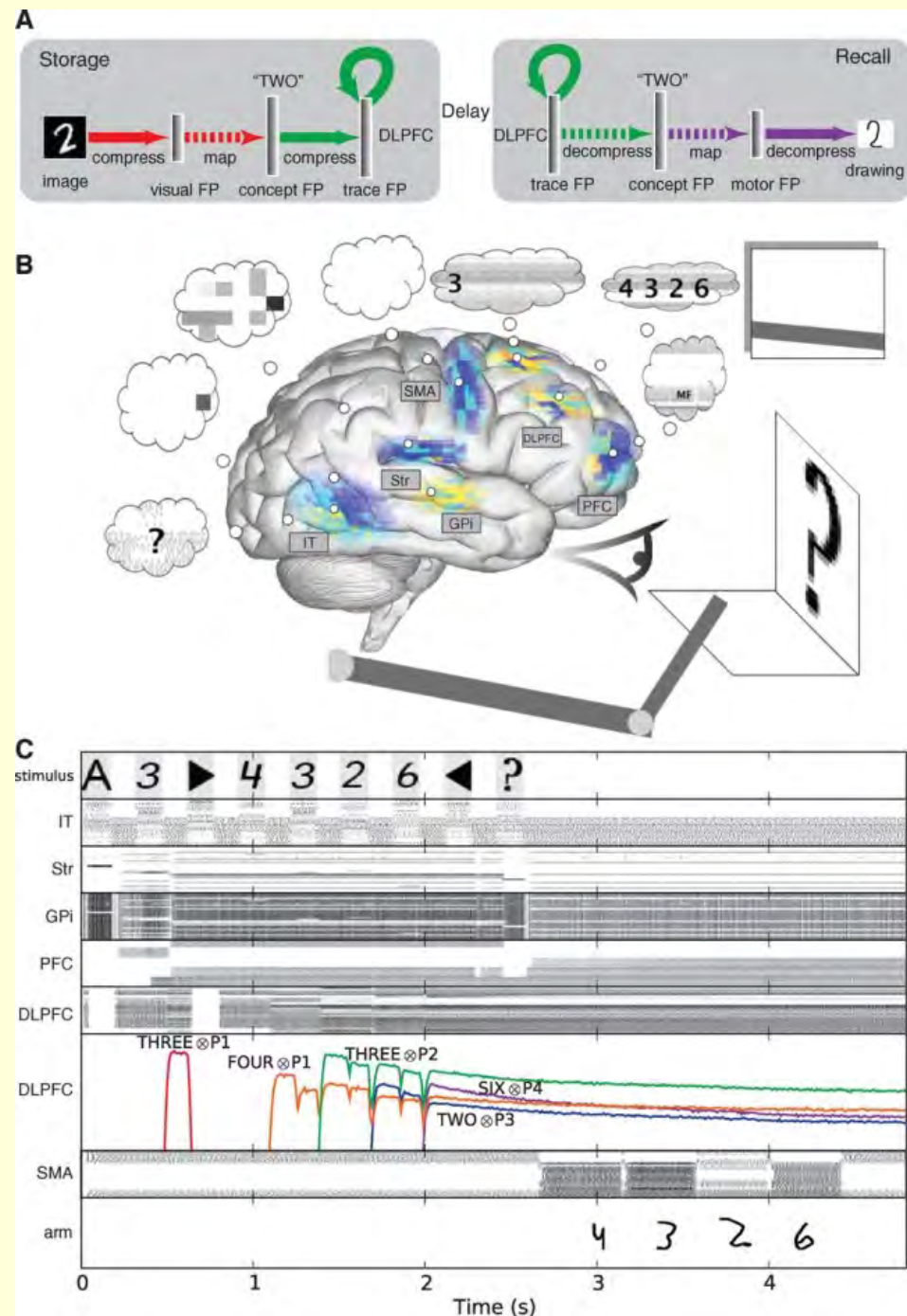
- Isomorphie partielle entre l'objet réel et sa représentation (« pointeur sémantique »)

- Le système est capable d'effectuer 6 tâche différentes (mais on doit lui indiquer laquelle on veut qu'il fasse... « implémentation cognitiviste »)

- Solution au problème de l'ancrage des symboles ? Oui, selon Eliasmith. Non, selon d'autres comme Pierre Vadnais (« il faudrait que le concept de « 5 » soit celui d'une quantité, qu'il ait un lien avec 5 objets, qu'il y ait une suite d'objets 1 (+1), = 2 (+1), = 3, etc... Alors qu'ici le concept de « 1 » objet n'est pas spécifié... »)

Vidéo : Towards A Better Brain Model

<http://knowingneurons.com/2012/12/24/towards-a-better-brain-model/>



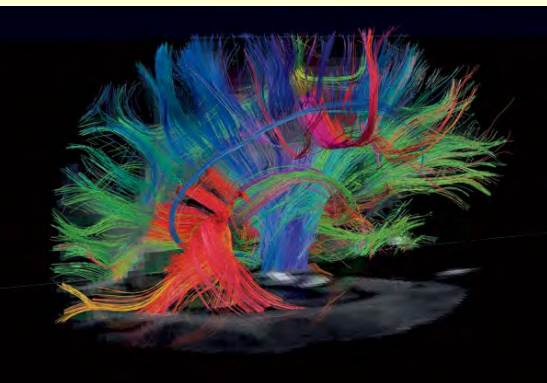
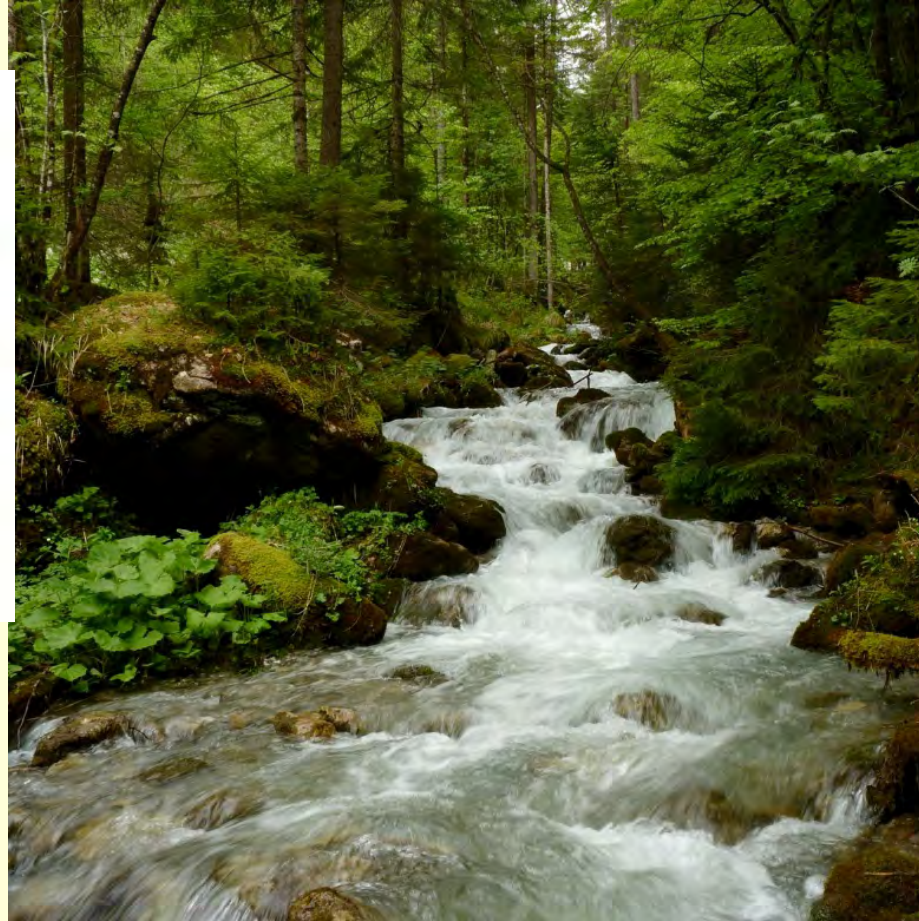
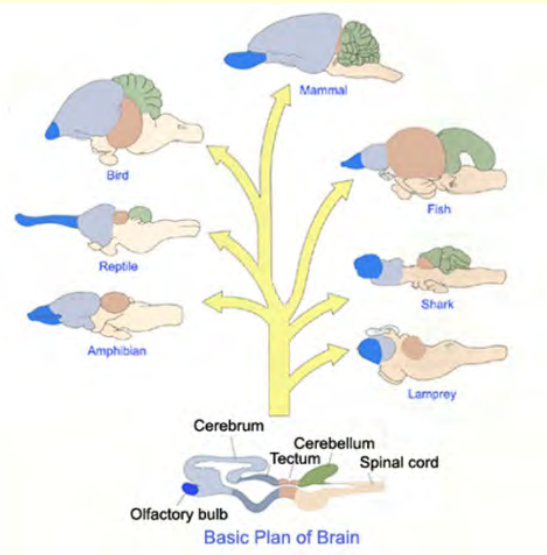
Une métaphore pour
résumer tout ça...

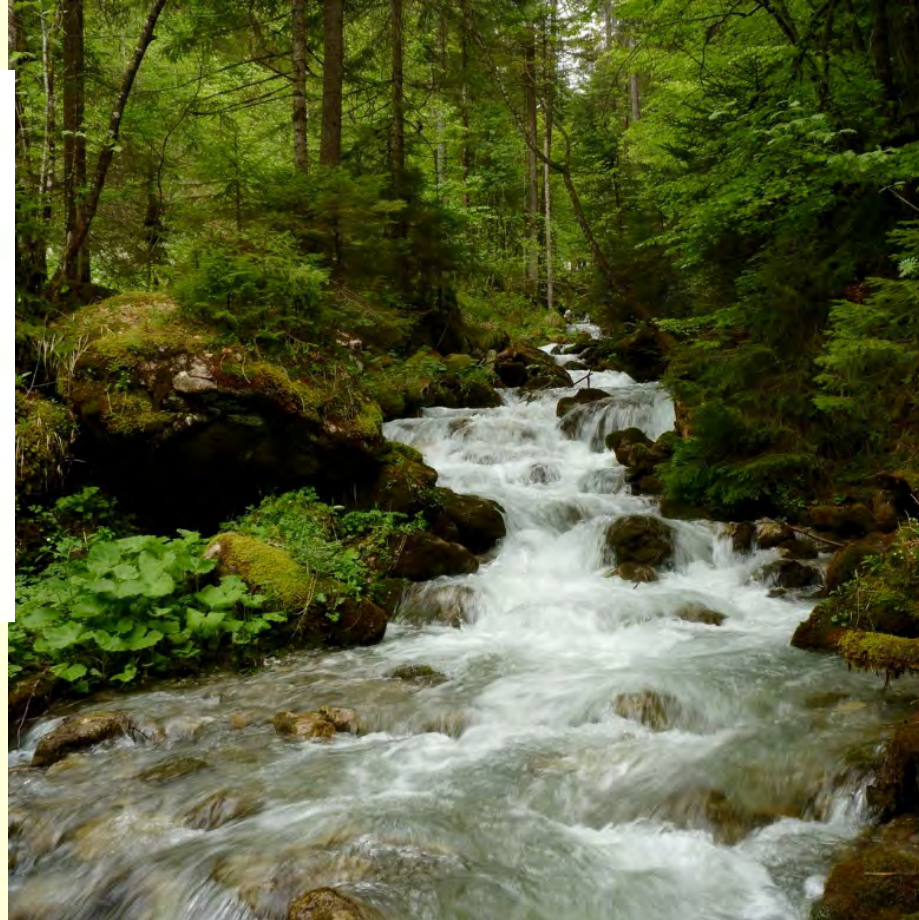
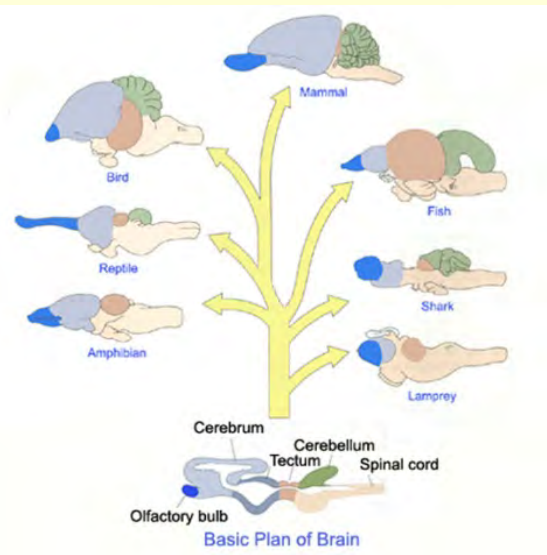




Le flux de l'eau est l'activité électrique du cerveau qui fluctue constamment.

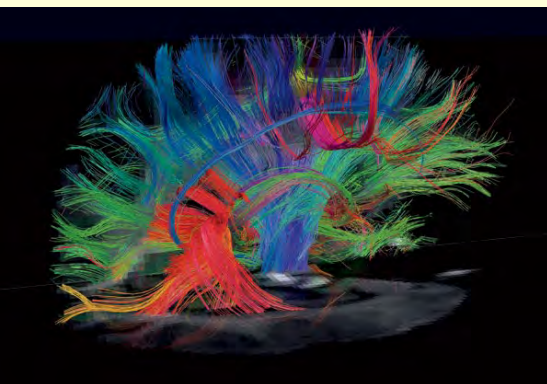
Et ces fluctuations sont contraintes par le système nerveux humain issu de sa longue histoire évolutive.

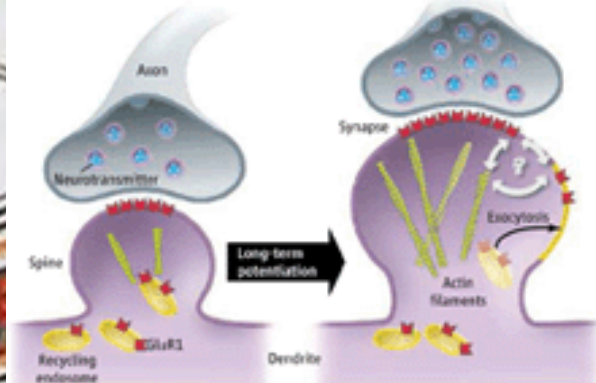
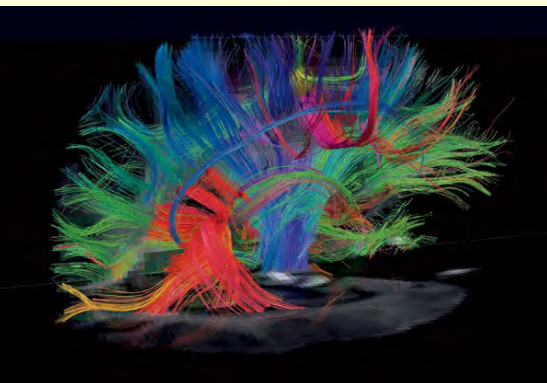
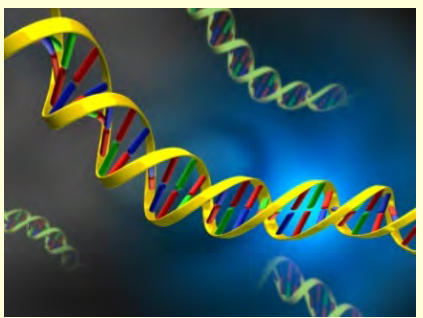
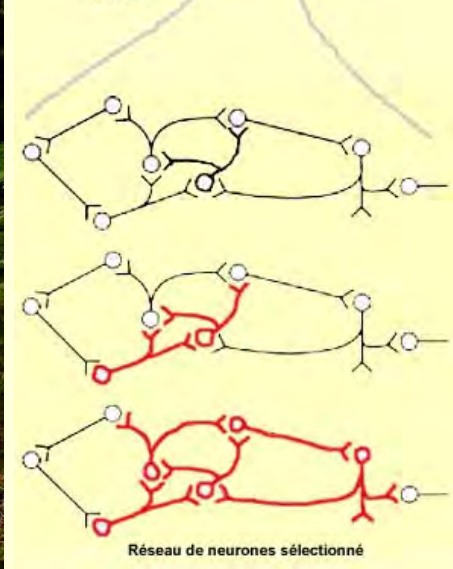
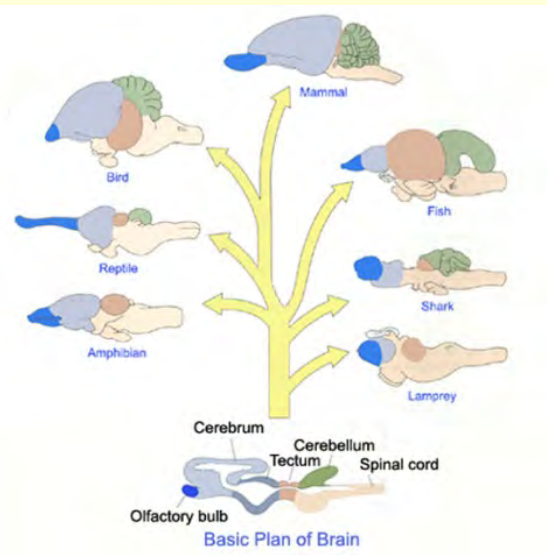


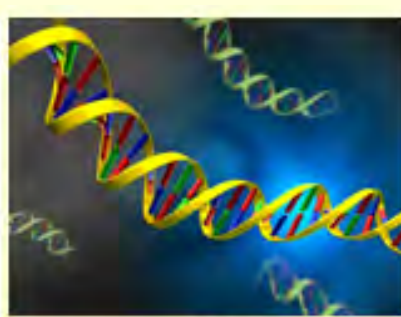


Mais sur une échelle de temps plus longue, le lit de la rivière est **érodé** par l'eau et **se modifie**.

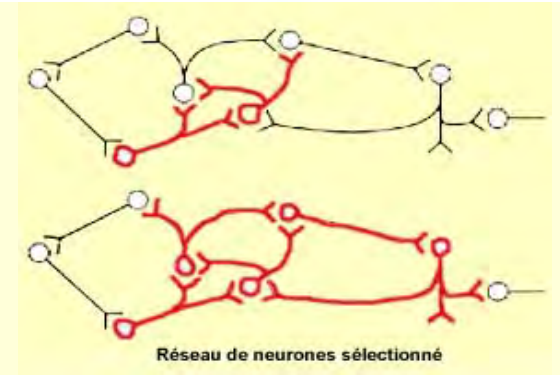
Tout comme les petites routes de nos circuits nerveux sont modifiées par notre histoire de vie.







Plans généraux
du système nerveux
provenant de nos gènes



les **traces** qui se sont accumulées durant l'évolution (les mutations dans l'ADN) ont fait **diverger** les espèces;

les **traces** que laissent les expériences de notre vie dans notre système nerveux (circuits de neurones renforcés) nous font **diverger** de qui l'on était auparavant.



A photograph of a wooden table with a puzzle. The puzzle is partially assembled, showing a cityscape pattern. The text is overlaid on a semi-transparent yellow box. The text is in white, bold font. The background of the puzzle shows a cityscape with buildings and trees. The puzzle pieces are in various colors, including brown, tan, and green. The table is made of dark wood. There are some puzzle pieces scattered around the main puzzle area.

« We have not succeeded in answering all our problems—indeed we sometimes feel we have not completely answered any of them.

The answers we have found have only served to raise a whole set of new questions.

In some ways we feel that we are as confused as ever, but we think we are confused on a higher level and about more important things.”

– Katz et Rosenzweig

Merci de votre attention !

Livres en français :

Du vrai, du beau, du bien

Une nouvelle approche neuronale

Auteur(s) : Jean-Pierre Changeux

Date de parution : 14/11/2008

http://www.odilejacob.fr/catalogue/sciences/neurosciences/du-vrai-du-beau-du-bien_9782738119049.php

Voyage extraordinaire au centre du cerveau

Auteur(s) : Jean-Didier Vincent

Date de parution : 11/10/2007

http://www.odilejacob.fr/catalogue/sciences/biologie/voyage-extraordinaire-au-centre-du-cerveau_9782738119353.php

+ Podcast :

Sur les épaules de Darwin

<http://www.franceinter.fr/>

emission-sur-les-epaules-de-darwin

Aux origines des sciences cognitives

Jean-Pierre DUPUY

Parution : septembre 2005

http://www.editionsladecouverte.fr/catalogue/index-Aux_origines_des_sciences_cognitives-9782707147752.html

Livres en anglais :

Mind in Life

Biology, Phenomenology, and the Sciences of Mind

Evan Thompson

Harvard University Press, 2007

<https://ndpr.nd.edu/news/23321-mind-in-life-biology-phenomenology-and-the-sciences-of-mind/>

The Archaeology of Mind:

Neuroevolutionary Origins of Human Emotions

Jaak Panksepp, Lucy Biven. 2012

<http://brainsciencepodcast.com/bsp/the-origin-of-emotions-with-jaak-panksepp-bsp-91.html>

+ Podcast :

Brain Science Podcast

<http://brainsciencepodcast.com/>

Discovering the Human Connectome

Olaf Sporns

2012

<http://mitpress.mit.edu/books/discovering-human-connectome-0>

Références Internet :

Le cerveau à tous les niveaux

[Le bricolage de l'évolution](#)

- [Notre héritage évolutif](#)

Les trois infinis : le grand, le petit et le complexe

<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2014/02/17/les-trois-infinis-le-grand-le-petit-et-le-complexe/>

- Notre place dans l'Univers Partie 2: se repérer dans le Temps

<http://www.sciencepresse.qc.ca/blogue/2013/06/09/notre-place-lunivers-partie-2-se-reperer-temps>

Chronozoom <http://www.chronozoom.com/#/0ef001ff-551c-432e-b947-524ccfd5e024@x=-734081629.4355792&y=302953441.6386693&w=1837858494.7189107&h=684687375.3242165>

How brain size increased over the past 3 million years—especially between 800,000 and 200,000 years ago.

<http://humanorigins.si.edu/human-characteristics/brains>

Parenté et origine évolutive des sociétés humaines

<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2012/12/24/parente-et-origine-evolutive-des-societes-humaines/>

Taille du cerveau humain : quand évolution ne rime plus avec augmentation

<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2011/02/28/taille-du-cerveau-humain-quand-evolution-ne-rime-plus-avec-augmentation/>

Le cerveau à tous les niveaux

[Anatomie des niveaux d'organisation](#)

[Fonction des niveaux d'organisation](#)

Le Neurone

<http://www.corpshumain.ca/Neurone.php>

Computational Neuroscience

<https://www.coursera.org/course/compneuro>

Understanding the Brain: The Neurobiology of Everyday Life

<https://www.coursera.org/course/neurobio>

Exemple de revues spécialisées en neurosciences computationnelles

http://www.frontiersin.org/computational_neuroscience

<http://www.cell.com/trends/cognitive-sciences/home>

Corrélat neuronaux de la représentation spatiale

http://ethologie.unige.ch/etho2.05/par.date/2006_01_31.htm

Ode to the Brain! by Symphony of Science (3:40 min.)

<http://www.youtube.com/watch?v=JB7jSFeVz1U&feature=kp>

"Du vrai, du beau, du bien", par Jean-Pierre Changeux (10 min.)

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

Sebastian Seung: I am my connectome (19 min.)

<http://www.youtube.com/watch?v=HA7GwKXfJB0> (19 min.)

(bon avant-goût pour mercredi...)

La Grande Histoire Du Cerveau (1 à 4, 52 min. en tout)

<http://www.youtube.com/watch?v=Wl3lfqYrx2w>

Bluebrain

<http://bluebrainfilm.com/bb/>

Year one (17 min.)

Year three (23 min.)

Le cerveau à tous les niveaux

Récepteur à l'Ach :

http://lecerveau.mcgill.ca/flash/d/d_06/d_06_m/d_06_m_mou/d_06_m_mou.html#2

Récepteur au GABA :

http://lecerveau.mcgill.ca/flash/d/d_04/d_04_m/d_04_m_peu/d_04_m_peu.html#2

La douleur chronique dans ses derniers retranchements

<http://www.lapresse.ca/le-soleil/actualites/dossiers/percees-scientifiques-2013/201312/30/01-4724786-la-douleur-chronique-dans-ses-derniers-retranchements.php>

Another Form of Neuroplasticity by Switching Glutamate NMDA Subunits

<http://jonlieffmd.com/blog/another-form-of-neuroplasticity-by-switching-glutamate-nmda-subunits>

Brain Changes for Sculpted, Efficient Memory

<http://knowingneurons.com/2013/01/28/brain-changes-for-sculpted-efficient-memory/>

NEURO.tv Episode 5 - Grid cells and navigation

<http://www.youtube.com/watch?v=IAdB-x7hS7E>

The Birth of Optogenetics

<http://www.the-scientist.com/?articles.view/articleNo/30756/title/The-Birth-of-Optogenetics/>

Optogenetics As Good As Electrical Stimulation

http://neurosciencenews.com/optogenetics-electrical-stimulation-neuroscience-research-675/?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed%3A+neuroscience-rss-feeds-neuroscience-news+%28Neuroscience+News+Updates%29

The meaning of spikes from the neuron's point of view: predictive homeostasis generates the appearance of randomness

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4010728/>

Deisseroth Lab

<http://web.stanford.edu/group/dlab/research.html>

Optogenetics

<http://web.stanford.edu/group/dlab/optogenetics/>

Optogenetics in Neural Systems

Ofer Yizhar, Lief E. Fenno, Thomas J. Davidson, Murtaza Mogri, and Karl Deisseroth

<http://web.stanford.edu/group/dlab/media/papers/yizhar%20neuron%202011.pdf>

Neuron, 2011

Embodied Cognition by Prof. Shaun Gallagher

<https://www.youtube.com/watch?v=AM21Scc2P7Q#t=31>

Unified Thought: “Philosophical Ruminations”, Interview with Evan Thompson

Published February 5, 2015 | By [Sincere Kirabo](#)

<http://oldpiano.org/unified-thought-interview-with-evan-thompson/>

LES FAILLES DU MODÈLE CLASSIQUE DE LA CONSCIENCE

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

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

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

-

LES LIENS ENTRE PENSÉE ET LANGAGE

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

Conférences sur la conscience sur Internet

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

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

<http://vimeo.com/45396460>

Consciousness as Social Perception (BSP 108)

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

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

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

FONCTION ET ORIGINE ÉVOLUTIVE DE LA CONSCIENCE

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

Quelle conscience pour les autres animaux ?

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

Attention in the real world: toward understanding its neural basis

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

Né pour créer du sens avec Francisco Varela

http://www.canal-u.tv/video/cerimes/ne_pour_creeer_du_sens_avec_francisco_varela.12824

(18 à 25 min. donc 7 min)

Colloque à Amsterdam avec F. Varela

<http://www.youtube.com/watch?v=Womauwdyjl8>

(31 :30 à 37 :00, donc 5 :30)

Mon oncle d'Amérique (2h.)

http://www.youtube.com/watch?v=FQcC-VB_W-s

Film : vidéo de la conférence : « Les Neuromythes »

Elena Pasquinelli

mardi 13 mars 2012

<http://savoirs.ens.fr/expose.php?id=661>

(durée : 1h09)

L'inconscient neuronal (1 à 5)

Conférence de Lionel Naccache

<http://www.youtube.com/watch?v=wDqxKwHS6Oo>

(durée : environ 50 min. en tout)

Le cerveau à tous les niveaux

[Au coeur de la mémoire](#)

[- Les traces de l'apprentissage](#)

[- Oubli et amnésie](#)

Uncovering the Brain Circuitry of Short Term Memory

<http://knowingneurons.com/2013/09/30/uncovering-the-brain-circuitry-of-short-term-memory/>

LA QUESTION DU LIBRE-ARBITRE

http://lecerveau.mcgill.ca/flash/d/d_12/d_12_s/d_12_s_con/d_12_s_con.html#2

What's Lost as Handwriting Fades

http://www.nytimes.com/2014/06/03/science/whats-lost-as-handwriting-fades.html?module=WelcomeBackModal&contentCollection=Movies®ion=FixedCenter&action=click&pgtype=article&_r=0

The Chemical Mind - Crash Course Psychology #3 (10 min. ou 4 si on saute l'intro sur le neurone)

<http://www.youtube.com/watch?v=W4N-7AlzK7s#t=273>

Né pour organiser avec Francisco Varela (2 :30 à 23 : 30, donc 21 min.)

http://www.canal-u.tv/video/cerimes/ne_pour_organiser_avec_francisco_varela.12133

Monte Grande. What is life? (1h20)

<http://vimeo.com/30813744>

The somatic marker hypothesis: A neural theory of economic decision
Antoine Bechara*, Antonio R. Damasio 2004

http://www.bus.umich.edu/neuroacrp/Yoon/Bechara%20Damasio_2005.pdf

Review of Shaun Gallagher How body shapes the mind (2006)

http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/16/98/45/PDF/Review_Gallagher.pdf

Reflecting on mirror neurons

<http://www.theguardian.com/science/neurophilosophy/2013/aug/23/mirror-neurons>

Nos neurones miroirs préfèrent nos mouvements préférés

<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2011/03/07/nos-neurones-miroirs-preferent-nos-mouvements-preferes/>

DES NEURONES MIROIRS À LA BASE DE LA COMMUNICATION ?

http://lecerveau.mcgill.ca/flash/d/d_10/d_10_cl/d_10_cl_lan/d_10_cl_lan.html

The Man Who Lost His Body - Documentary - Part 1/4

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

You're more biased than you think – even when you know you're biased

<http://www.theguardian.com/news/oliver-burkeman-s-blog/2014/feb/28/bias-political-psychology-burkeman-blog>

Delving Deep into Human Emotion

<http://neuronarrative.wordpress.com/2009/11/19/delving-deep-into-human-emotion/>

L'exemple de la peur :

http://lecerveau.mcgill.ca/flash/d/d_04/d_04_cr/d_04_cr_peu/d_04_cr_peu.html et suivantes... (sujet 1 et 2)

http://lecerveau.mcgill.ca/flash/d/d_04/d_04_cl/d_04_cl_peu/d_04_cl_peu.html et suivantes...

Effet placebo

http://lecerveau.mcgill.ca/flash/d/d_03/d_03_p/d_03_p_dou/d_03_p_dou.html#2 et suivantes...

Cognition et émotions incarnées

<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2011/02/07/cognition-et-emotions-incarnees/>

[Annu Rev Psychol.](#) 2008;59:617-45.

Grounded cognition.

Barsalou LW

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17705682>

Vidéo :

Brain's Modality-Specific Systems: Dr. Lawrence Barsalou

<http://www.youtube.com/watch?v=jdzl9FN0jww>

Scientists Are Beginning to Figure Out Why Conservatives Are...Conservative

<http://m.motherjones.com/politics/2014/07/biology-ideology-john-hibbing-negativity-bias>

The moral roots of liberals and conservatives

http://www.ted.com/talks/jonathan_haidt_on_the_moral_mind

The evolution of distributed association networks in the human brain

Randy L. Buckner Fenna M. Krienen

Trends in Cognitive Sciences,
Volume 17, Issue 12, 648-665, 13 **November 2013**

<http://www.cell.com/trends/cognitive-sciences/retrieve/pii/S1364661313002210?returnURL=http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364661313002210?showall=true#Summary>