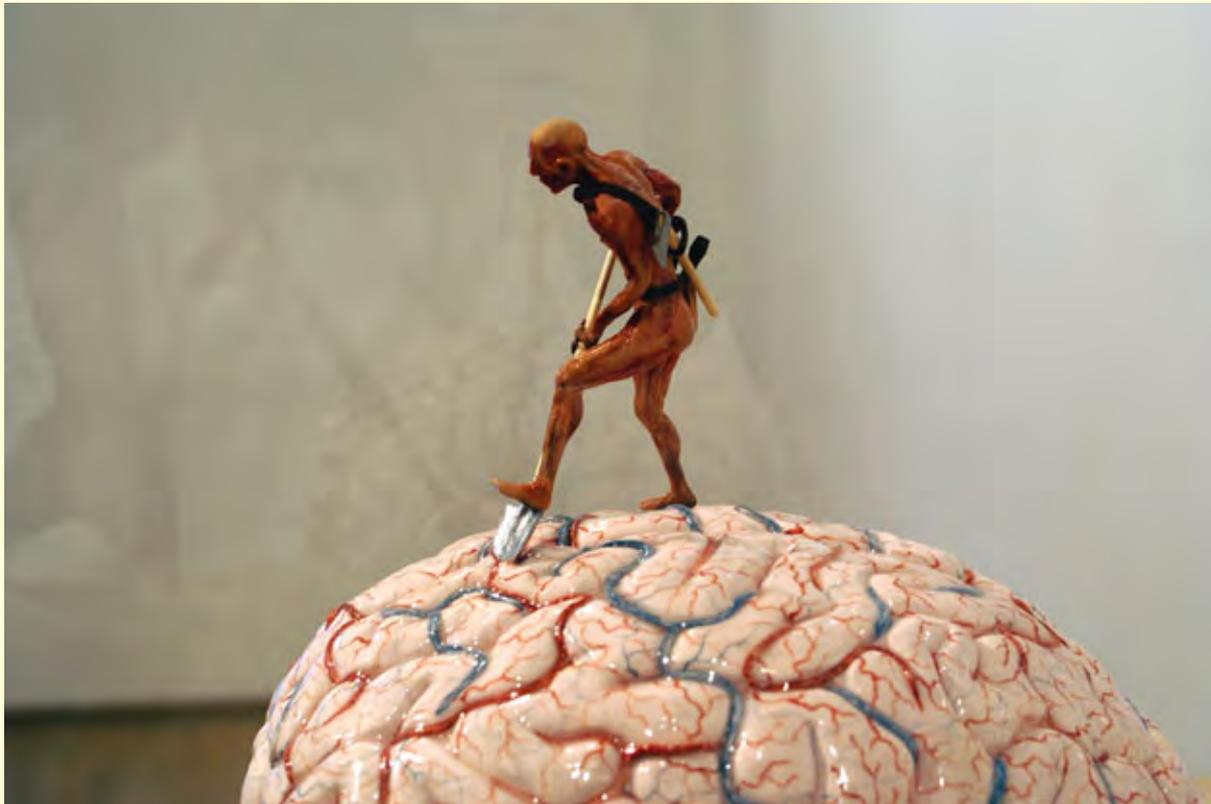


École des profs **cégep**  
de Sherbrooke

28 octobre 2014



# 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

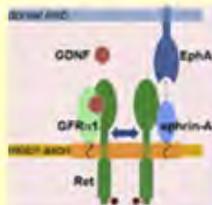
Envoyer

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

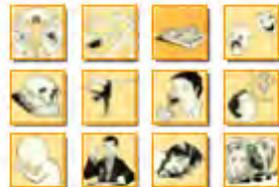


## Niveau d'organisation

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

### Thème

#### Le plaisir et la douleur



### Sous-thème

La quête du plaisir

Les paradis artificiels

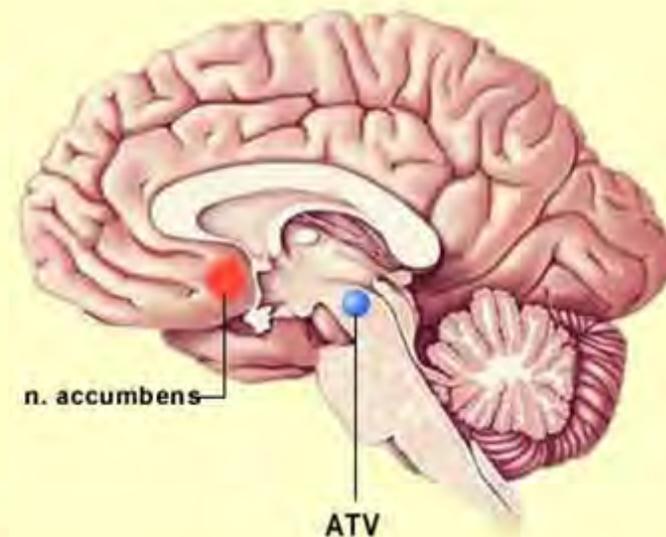
L'évitement de la douleur



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**.

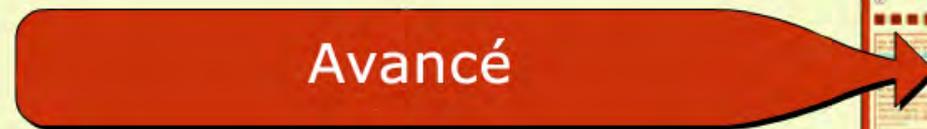
**L'aire tegmentale ventrale (ATV)**, un groupe de neurones situés en plein centre du cerveau, est particulièrement importante dans ce circuit. Elle reçoit de l'information de plusieurs autres régions qui l'informent du niveau de satisfaction des besoins fondamentaux ou plus spécifiquement humains.

# 3 niveaux d'explication

**Niveau d'explication**

Débutant  
Intermédiaire  
Avancé

◀ ◻ ▶



**LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!**

**Titre:** LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!  
**Auteur:** [non lisible]  
**Mot-clé:** [non lisible]

**LES DIFFÉRENTS NIVEAUX**

**LES DIFFÉRENTS NIVEAUX**



**LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!**

**Titre:** LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!  
**Auteur:** [non lisible]  
**Mot-clé:** [non lisible]

**LES DIFFÉRENTS NIVEAUX**

**LES DIFFÉRENTS NIVEAUX**



**LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!**

**Titre:** LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!  
**Auteur:** [non lisible]  
**Mot-clé:** [non lisible]

**LES DIFFÉRENTS NIVEAUX**

**LES DIFFÉRENTS NIVEAUX**



# LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

Retour à l'accueil

## Niveau d'explication

Débutant  
Intermédiaire  
Avancé

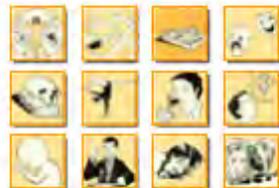


## Niveau d'organisation

- △ 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

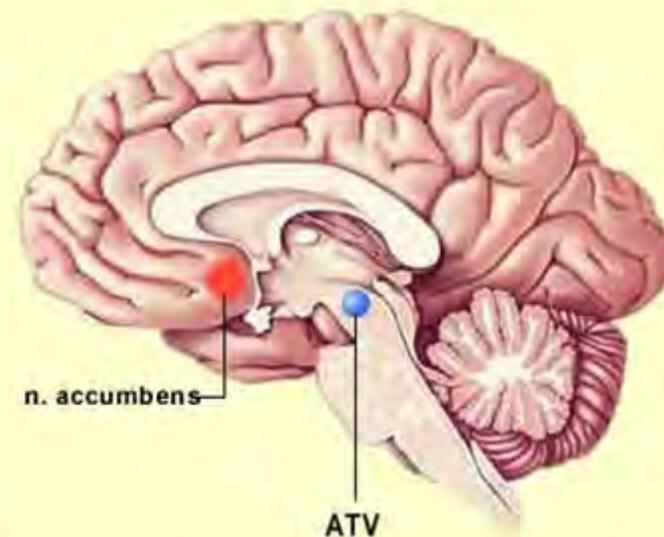


Un stimulus sensoriel qui n'apporte ni récompense ni punition est rapidement ignoré et oublié. C'est le phénomène de l'habituation qui nous fait oublier le contact de nos vêtements avec notre peau ou le tic tac de l'horloge du bureau.

## 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.

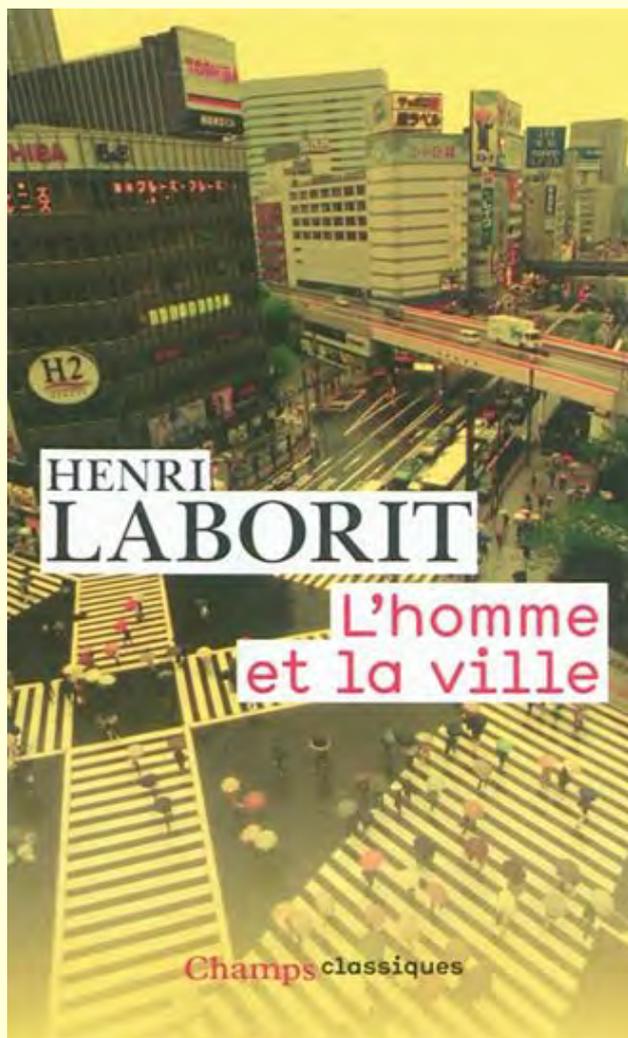


Ce sont ces régions, interconnectées entre elles, qui forment ce que l'on appelle le **circuit de la récompense**.

**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

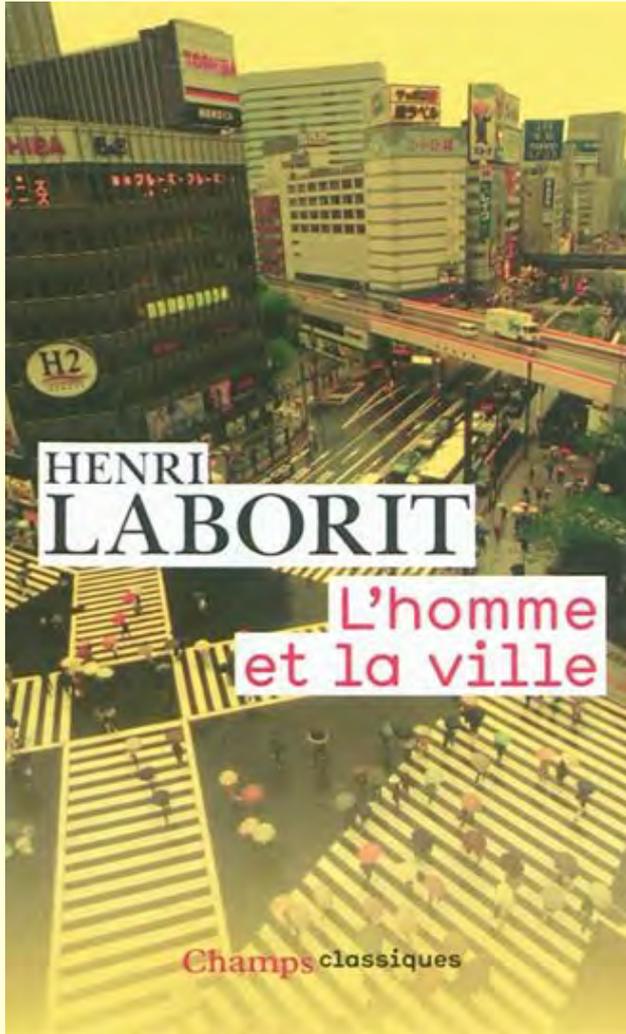


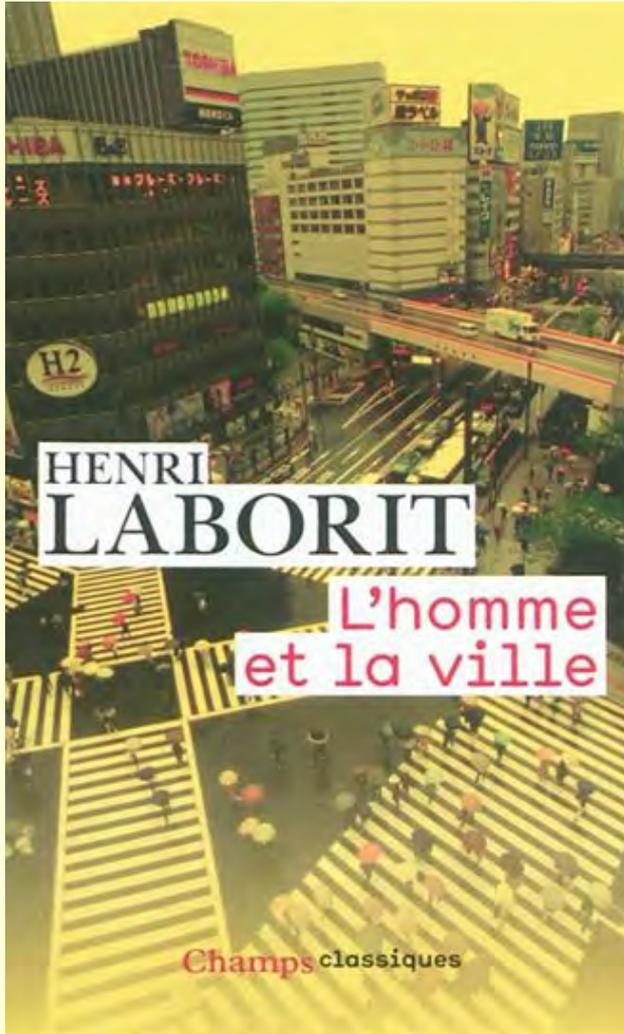


HENRI  
LABORIT

L'homme  
et la ville

Champs classiques





**LES DÉBROUILLARDS**  
DRÔLEMENT SCIENTIFIQUE !

**QUÉBEC SCIENCE**

Accueil

L'Institut

Études

Recherche

Membres

Communication

Nous contacter

» Conférences

» Instituts d'été

» Cognition



## PERCEPTION ET ACTION

## ISC8000 - Séminaire d'introduction aux sciences cognitives : éléments et méthodologie



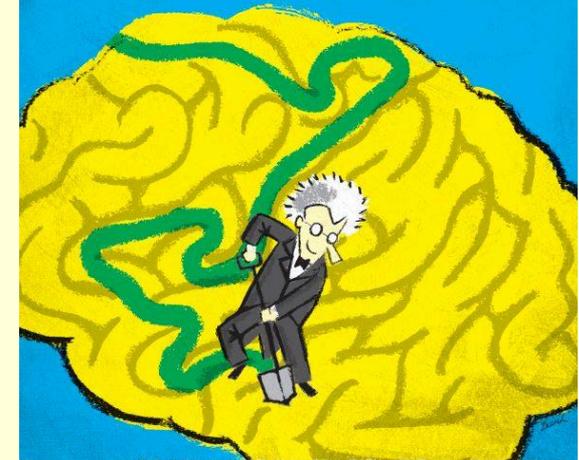
Cet hiver, le séminaire interdisciplinaire portera sur les Grands débats actuels en sciences cognitives. Il sera question des concepts, thèses et méthodes qui suscitent de vifs débats encore aujourd'hui comme la notion de modularité, le rôle de l'évolutionnisme dans la compréhension de l'esprit, et bien d'autres. Dans la mesure du possible, ces questions seront introduites et discutées du point de vue des différentes disciplines constituant les sciences cognitives (philosophie, psychologie, linguistique et informatique).

- Luc Faucher et Pierre Poirier
- Horaire pour l'hiver 2013 : jeudi de 18 h à 21 h
- Séminaire de 2e cycle ouvert à tous les étudiants des cycles supérieurs, étudiants libres et hors UQAM.
- Information : [www.isc.uqam.ca](http://www.isc.uqam.ca)

## ÇA FAIT 10 ANS QU'ON S'CREUSE LES MÈNINGES

Le vendredi 22 novembre 2013 | De 10 h à 20 h  
Programme complet : [isc.uqam.ca](http://isc.uqam.ca)

Foire  
Quiz  
Cinéma  
Historique  
Cocktail



[www.upopmontreal.com](http://www.upopmontreal.com)



**La Mort se raconte**

**Révolution féministe**  
De la chambre à coucher, à l'économie de marché

**Parlons cerveau**

**Plein gaz sur le schiste**

**Éducation et démocratie : réflexions printanières**

**Introduction à l'écologie sonore**

**L'éthique dans l'assiette**

**Comprendre ensemble l'écologie populaire**

**Le « taoïsme »**  
Les fondements de la civilisation chinoise ancienne



Donc je ne suis pas un prof...



...juste un type qui essaie de comprendre son cerveau et celui des autres...



...et qui adore en discuter avec les autres pour voir ce qu'ils en ont compris de leur côté !





# Plan

## **Matinée : Perspective évolutive et historique**

### **1) L'histoire évolutive de notre système nerveux**

- a) D'où venons-nous ?
- b) Que faisons-nous ?
  - nos différents types de mémoires
  - les structures cérébrales associées
    - > L'exemple du patient H.M.
- c) Que sommes-nous ?

[ Pause ]

### **2) « Ancienne et nouvelle grammaire » de la communication neuronale**

Théorie du neurone :

- ce qu'on peut garder
- des dogmes qui tombent

Cellules gliales

Le récepteur NMDA du glutamate

# Plan (suite)

## Après-midi : Des réseaux qui oscillent de manière dynamique

### 3) Neurosciences computationnelles

Le neurone comme un intégrateur

Taux de décharge

Exemple : le Nobel sur les neurones de l'orientation spatiale

Oscillation et synchronisation neuronale

Cartographier notre connectome à différentes échelles

IRM de diffusion

Cartographier les réseaux fonctionnels

[ Pause ]

### 4) La cognition située dans un "corps-cerveau-environnement"

Comment la cognition s'incarne dans un corps entier, lui-même situé dans un environnement donné

Les phénomènes dits "affectifs" comme découlant de cette cognition située.

Interaction du système nerveux et du système hormonal pour assurer la survie de l'organisme

Conclusion : Six choses qui font du bien à notre corps-cerveau

## **Matinée : Perspective évolutive et historique**

### **1) L'histoire évolutive de notre système nerveux**

a) D'où venons-nous ?

b) Que faisons-nous ?

- nos différents types de mémoires

- les structures cérébrales associées

  - > L'exemple du patient H.M.

c) Que sommes-nous ?

# Big Bang Timeline

Big Bang



Stars



Sun



Molten  
Earth



First  
Oceans

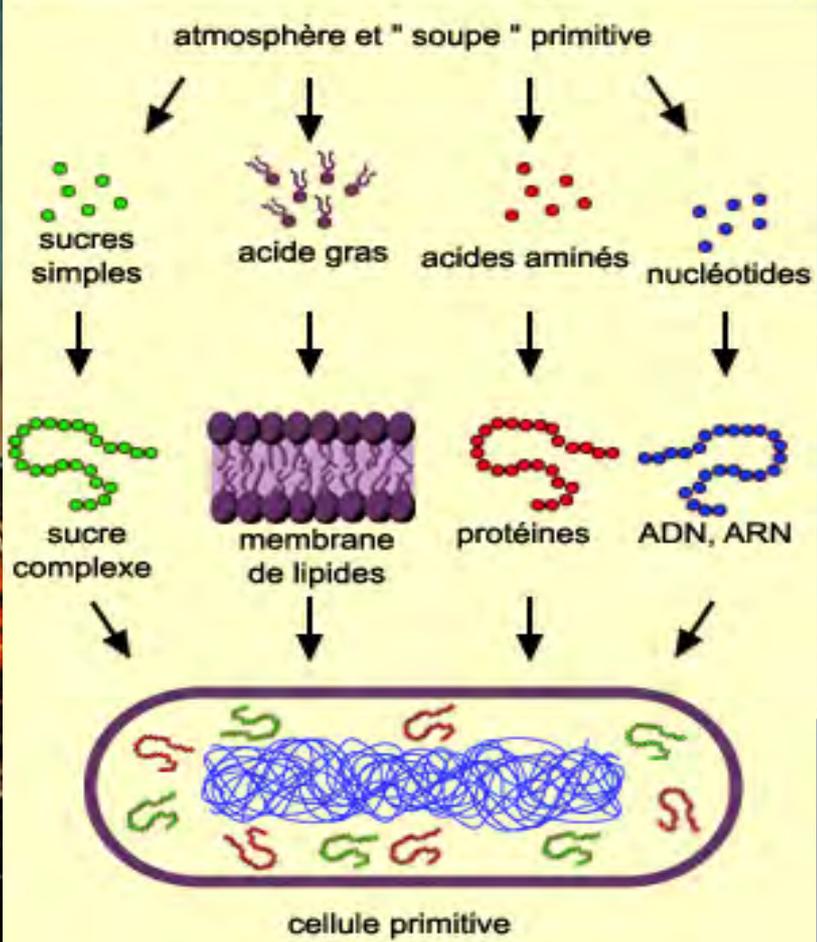


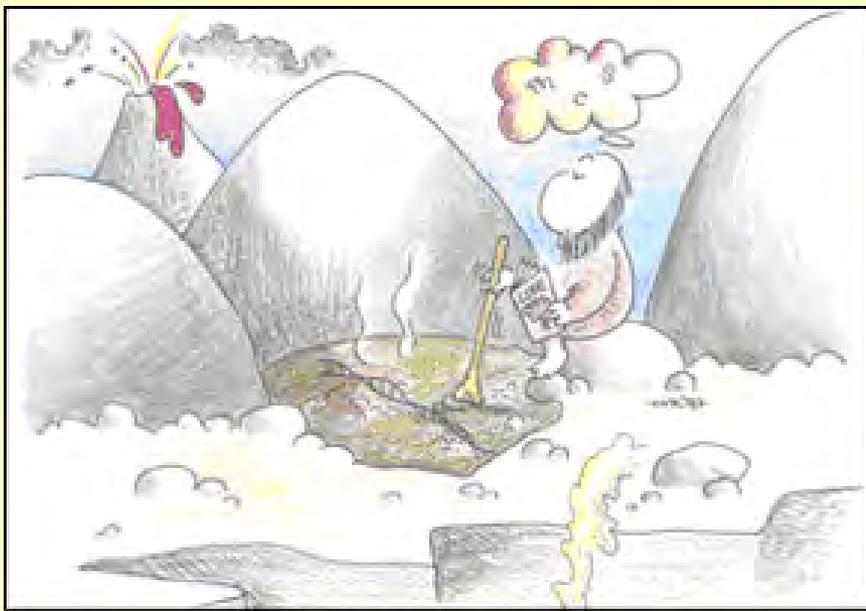


# First Oceans



3.8 Billion years ago

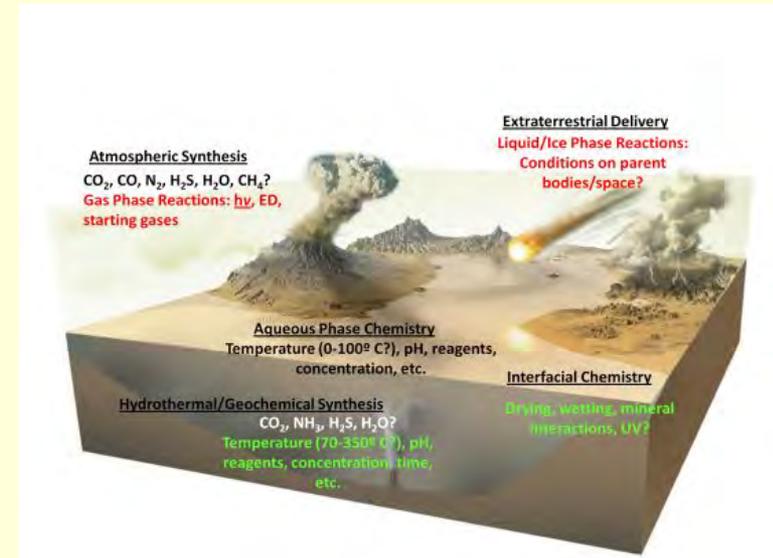




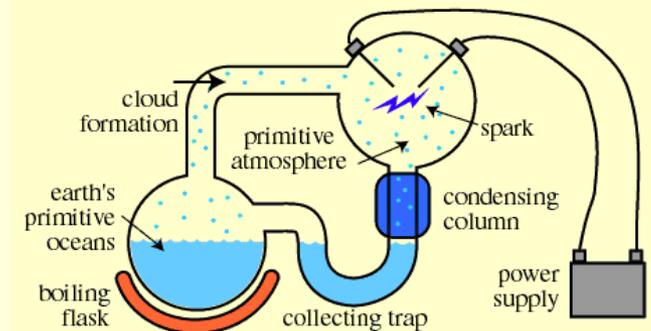
On passe de l'évolution **chimique** à l'évolution **biologique**.

Mais comment apparaissent d'abord les premiers composés organiques ?

Années **1920**, **Oparine et Haldane** : dans une soupe primitive alimentée par des réactions chimiques se déroulant au sein d'une atmosphère sans oxygène.



**1953**, **Miller et Urey** : confirment cette hypothèse par une célèbre expérience in vitro



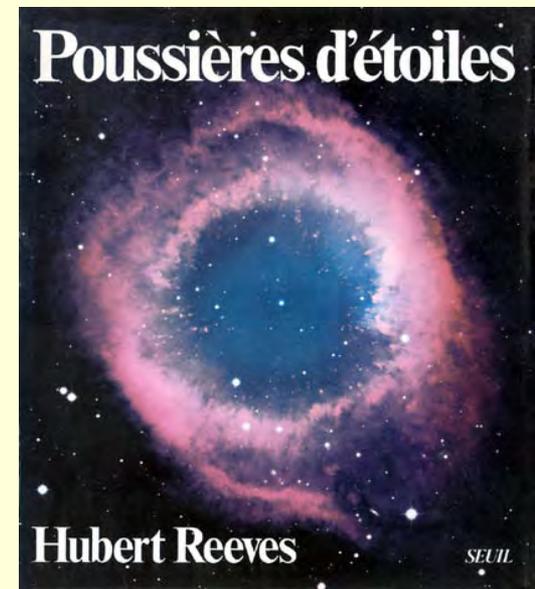
Les molécules des organismes vivants sont donc constituées des **mêmes atomes que ceux que l'on retrouve dans la matière inanimée.**

Les molécules organiques ne vont pas se distinguer par la nature de leurs constituants, mais bien **au niveau de leur arrangement.**

À part peut-être l'atome le plus simple, l'hydrogène, formé dans les premiers instants de l'univers, la plupart des atomes dont nous sommes fait **sont nés dans le brasier d'anciennes étoiles.**

À leur mort, celles-ci ont projeté dans l'espace le fruit de leur fusion comme autant de **poussières d'étoiles.**

L'évolution biologique n'a donc pu voir le jour que parce que **l'évolution cosmique lui a fourni ses éléments de base.**





Carl Sagan

## Do We Know What Life Is?

Alva Noë, **March 18, 2014**  
[http://www.npr.org/blogs/13.7/2014/  
03/18/290887180/do-we-know-what-life-is](http://www.npr.org/blogs/13.7/2014/03/18/290887180/do-we-know-what-life-is)

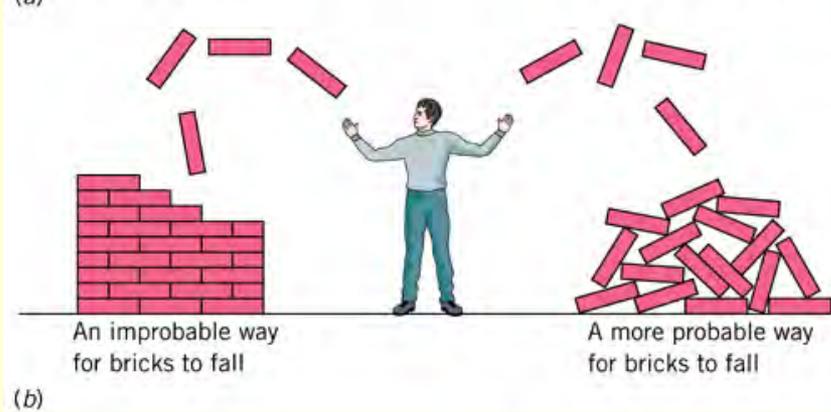


Neil deGrass Tyson

Noë dit que Tyson explique bien la théorie de l'évolution de Darwin (dont on reparlera dans un instant), mais rappelle que celle-ci **présuppose** l'existence de la vie, elle n'explique pas son émergence.

L'origine de la vie est une question différente, et Noë reproche à Tyson de ne pas avoir fait la nuance.

*“To do that, one needs an account of what the distinctive features of living beings are. **What is life?**”*



Pour tenter de répondre à cette question difficile,  
il faut rappeler le 2<sup>e</sup> principe de la thermodynamique



# Or les systèmes vivants sont hyper-organisés !

**Plasma membrane:** outer surface that regulates entrance and exit of molecules

protein  
phospholipid



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

**Microtubules:** protein cylinders that move organelles

**Intermediate filaments:** protein fibers that provide stability of shape

**Actin filaments:** protein fibers that play a role in change of shape

**Centrioles:** short cylinders of microtubules of unknown function

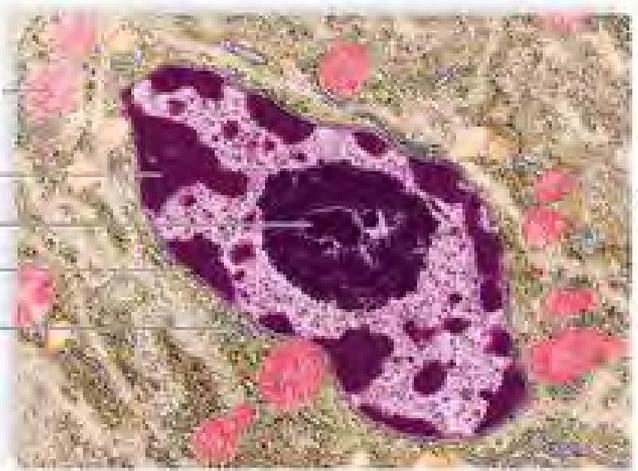
**Centrosome:** microtubule organizing center that contains a pair of centrioles

**Lysosome:** vesicle that digests macromolecules and even cell parts

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

**Cytoplasm:** semifluid matrix outside nucleus that contains organelles

mitochondrion  
chromatin  
nucleolus  
nuclear envelope  
endoplasmic reticulum



2.5 μm

**Nucleus:** command center of cell

**Nuclear envelope:** double membrane with nuclear pores that encloses nucleus

**Chromatin:** diffuse threads containing DNA and protein

**Nucleolus:** region that produces subunits of ribosomes

**Endoplasmic reticulum:** protein and lipid metabolism

**Rough ER:** studded with ribosomes that synthesize proteins

**Smooth ER:** lacks ribosomes, synthesizes lipid molecules

**Peroxisome:** vesicle that is involved in fatty acid metabolism

**Ribosomes:** particles that carry out protein synthesis

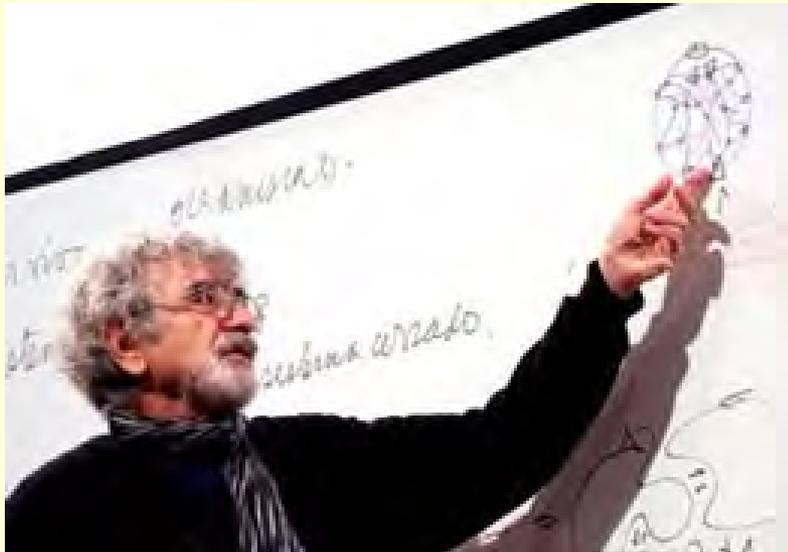
**Polyribosome:** string of ribosomes simultaneously synthesizing same protein

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

**Golgi apparatus:** processes, packages, and secretes modified proteins

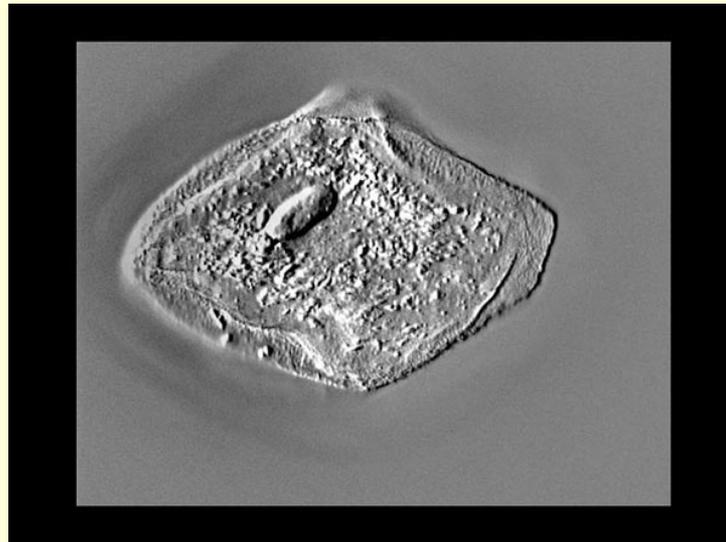
Trace in plant cells

C'est pourquoi Humberto Maturana et Francisco Varela vont définir le concept d'**autopoïèse** (du grec *autos*, soi, et *poiein*, produire).



C'est pourquoi Humberto Maturana et Francisco Varela vont faire appel au concept d'**autopoïèse** (du grec *autos*, soi, et *poiein*, produire).

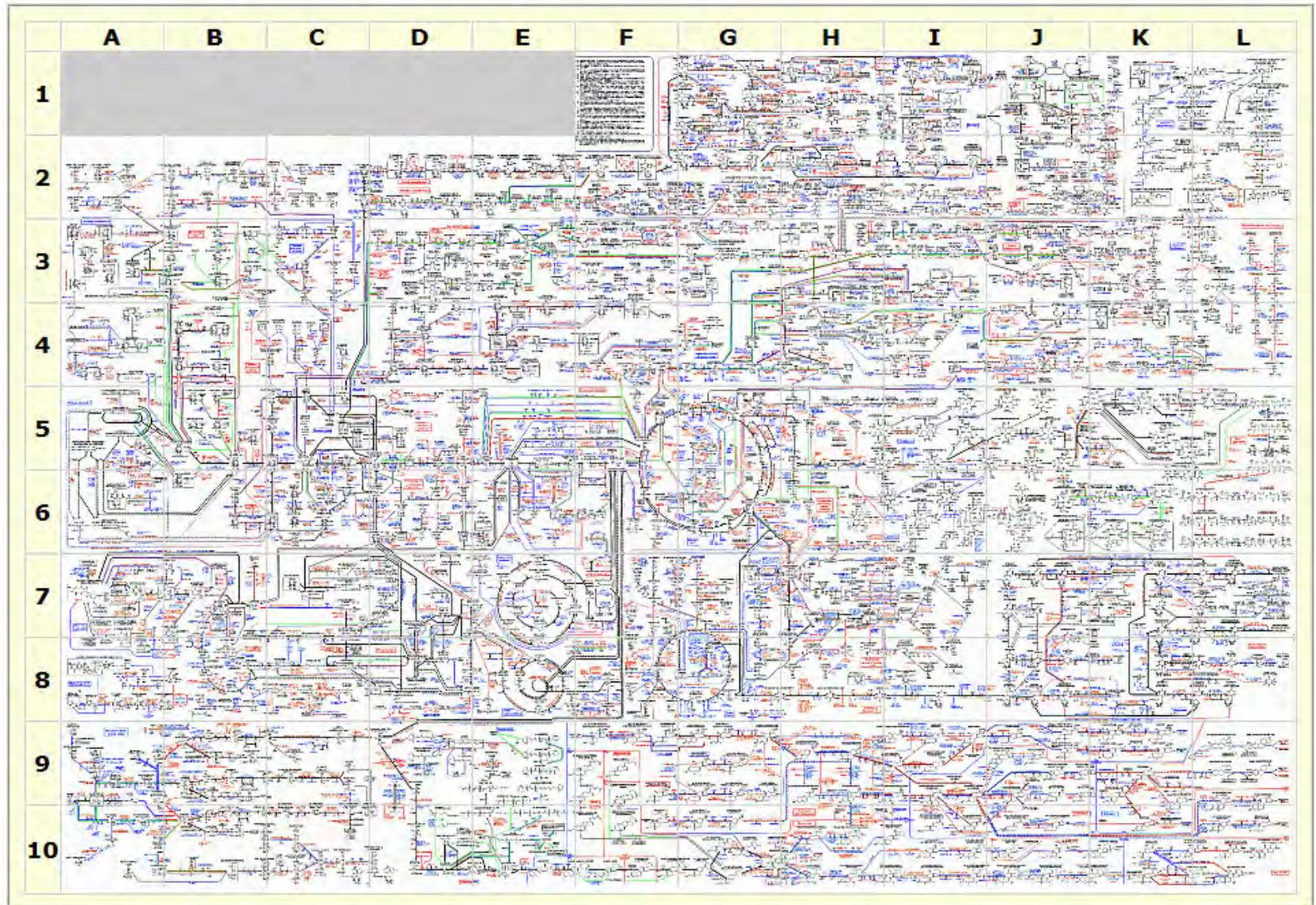
Un système autopoïétique est donc un réseau complexe d'éléments qui régénèrent constamment, par leurs interactions et transformations, le réseau qui les a produits.



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

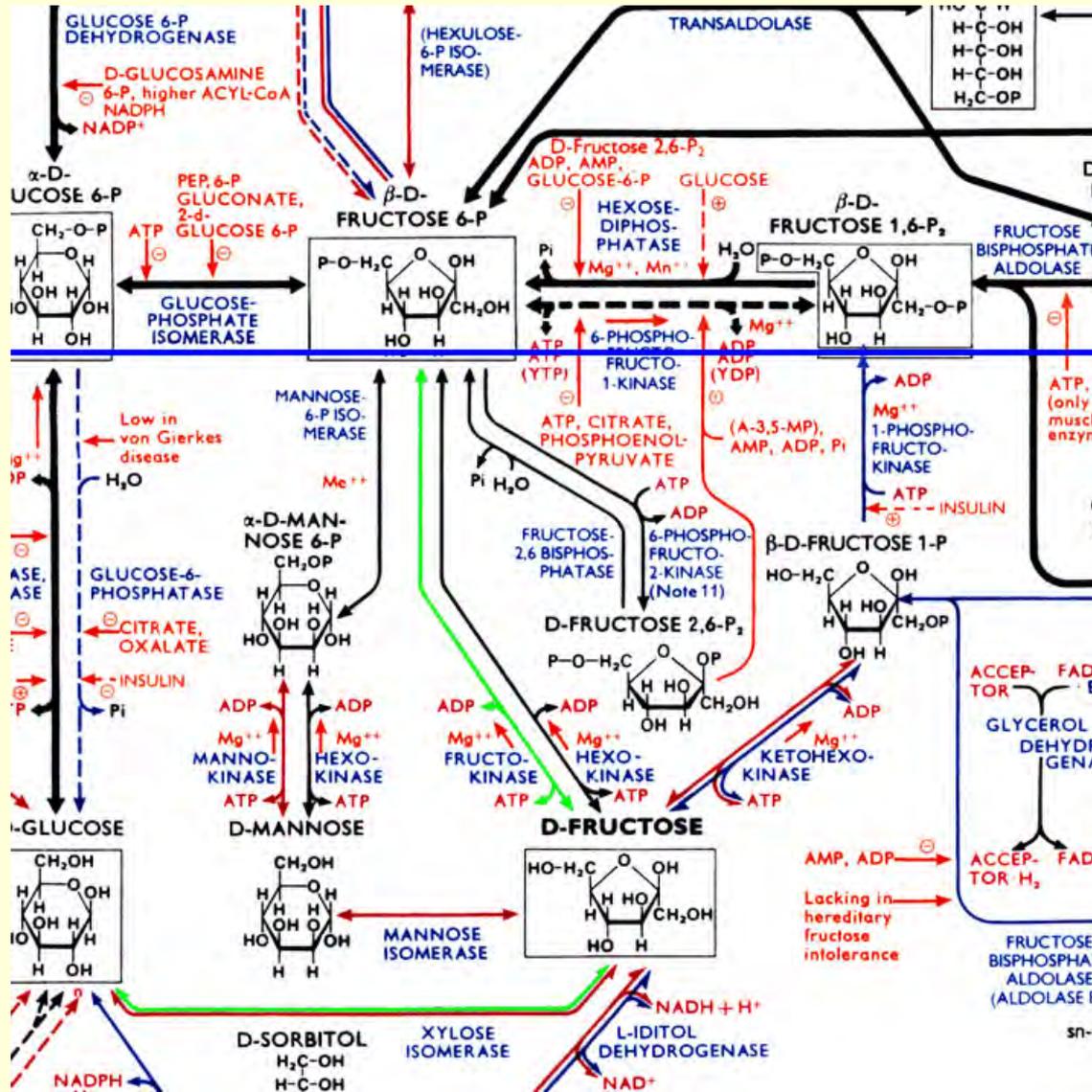
« un réseau complexe »... = cascades de réactions biochimiques dans la cellule

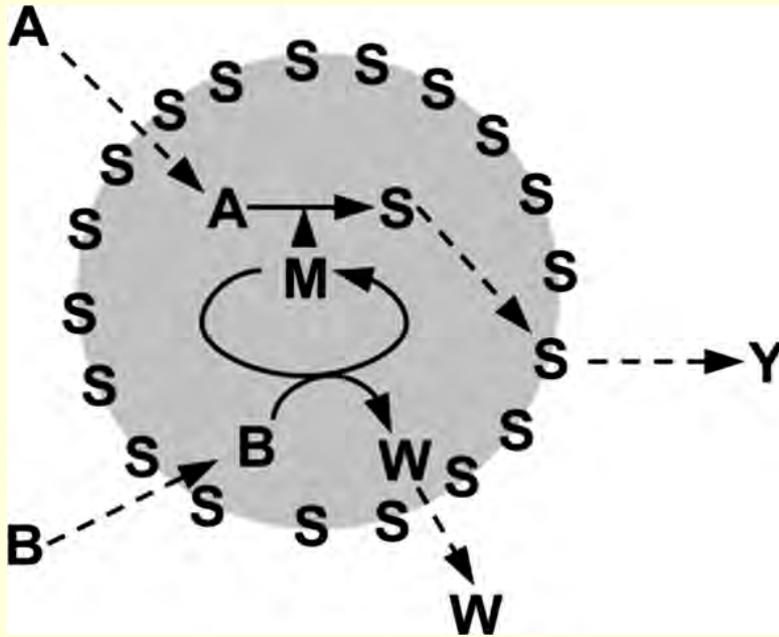
### Biochemical Pathways - Metabolic Pathways



...« d'éléments »... = enzymes (protéines)

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

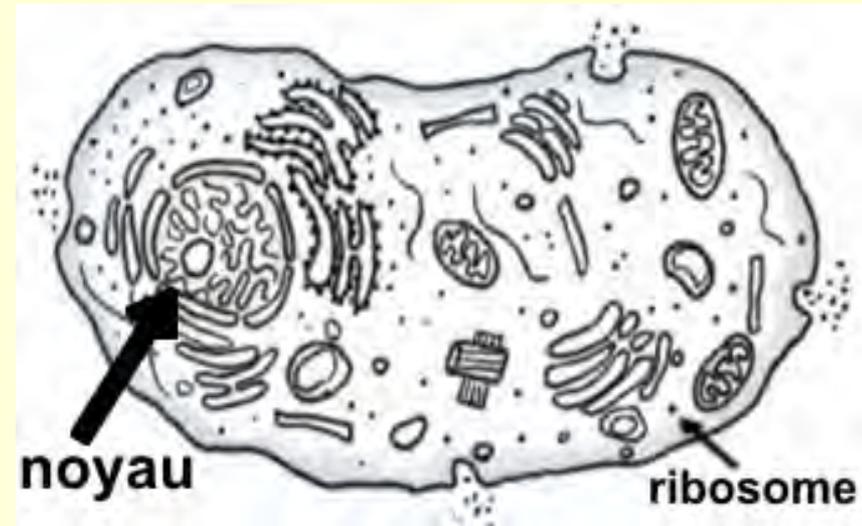




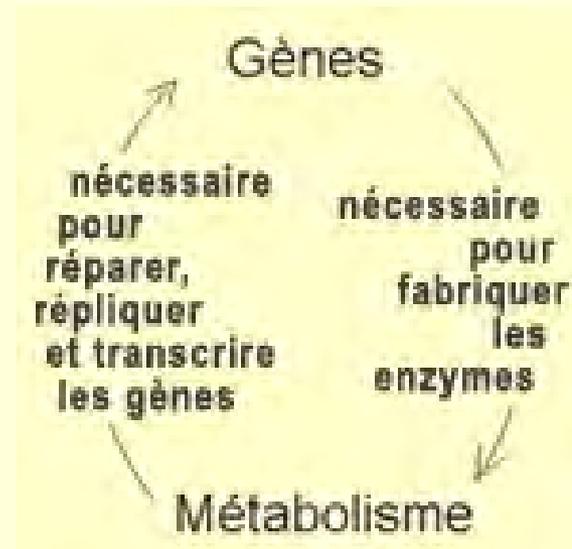
<http://www.humphath.com/spip.php?article17459>

L'idée derrière l'autopoïèse, c'est de constater qu'avant de pouvoir se reproduire ou d'évoluer, un système vivant doit d'abord être capable de se maintenir en vie de manière autonome.

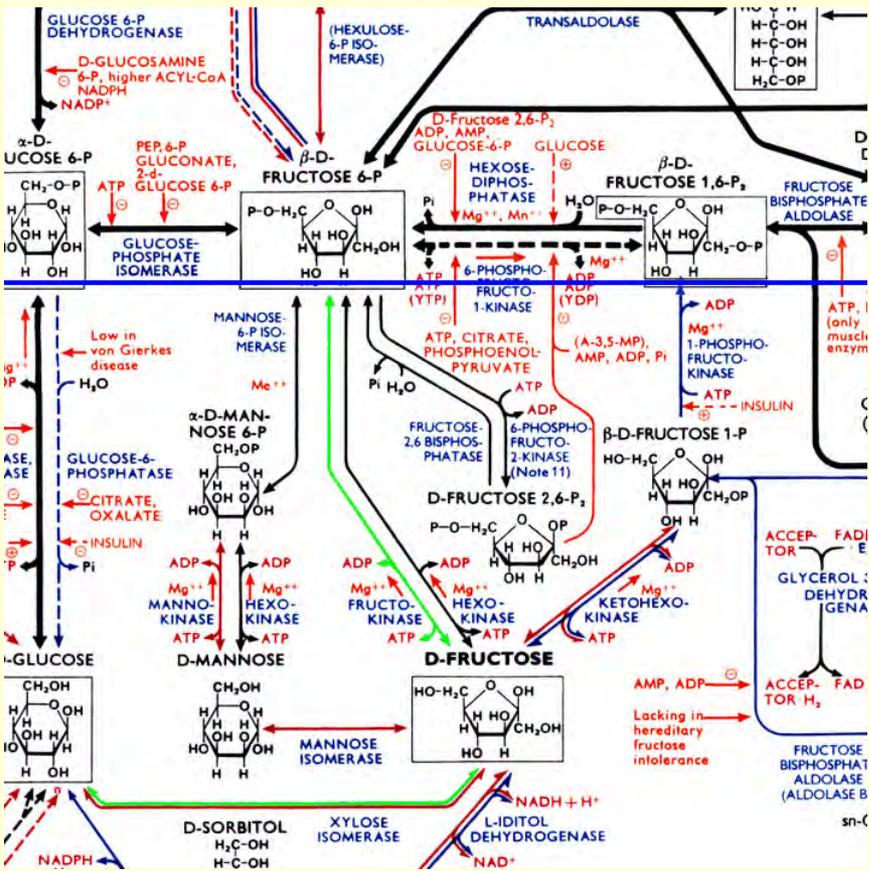
C'est ainsi que la cellule autopoïétique construit sa propre **frontière** et tous ses **composants internes**, qui vont eux-mêmes engendrer les processus qui produisent tous les composants, etc.



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



# le métabolisme



## La vie avant la vie

<http://www.sciencepresse.qc.ca/actualite/2014/04/30/vie-avant-vie>

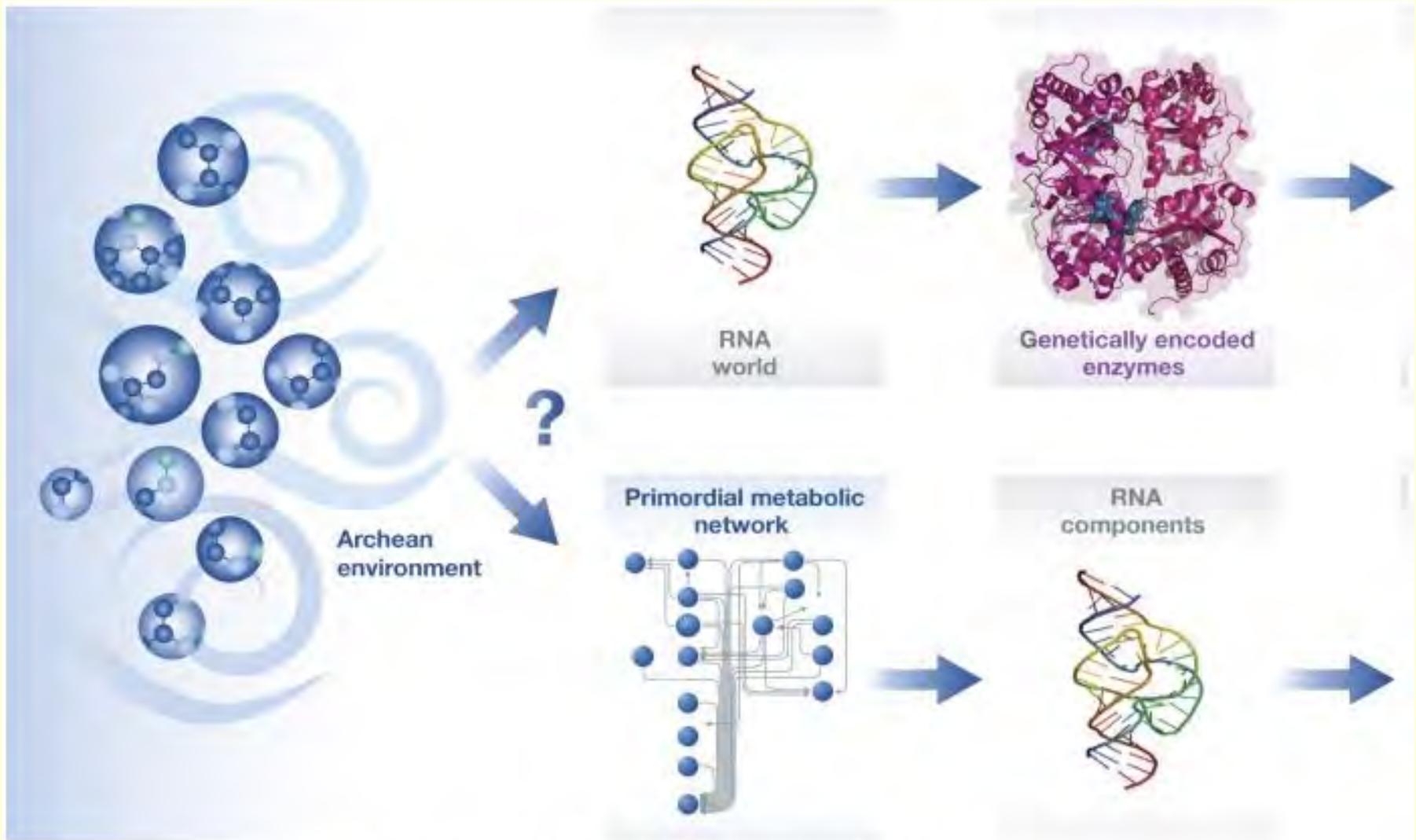
## Non-enzymatic glycolysis and pentose phosphate pathway-like reactions in a plausible Archean ocean

Markus A Keller, Alexandra V Turchyn, Markus Ralser

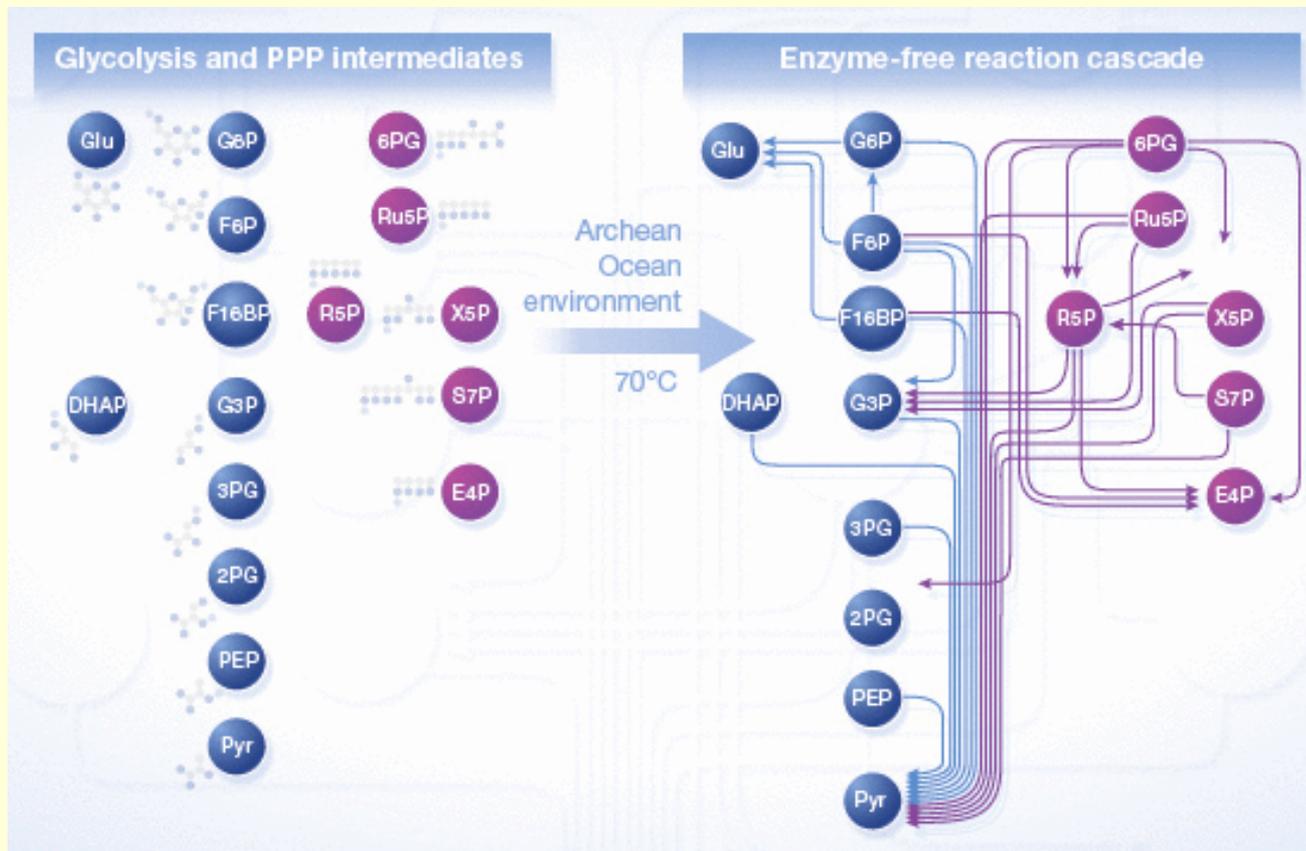
Published **25.04.2014**

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

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



**2 voies possibles à partir des océans primitifs: l'une (en haut) commençant par l'ARN, l'autre conduisant à l'ARN (source: Molecular Systems Biology)**



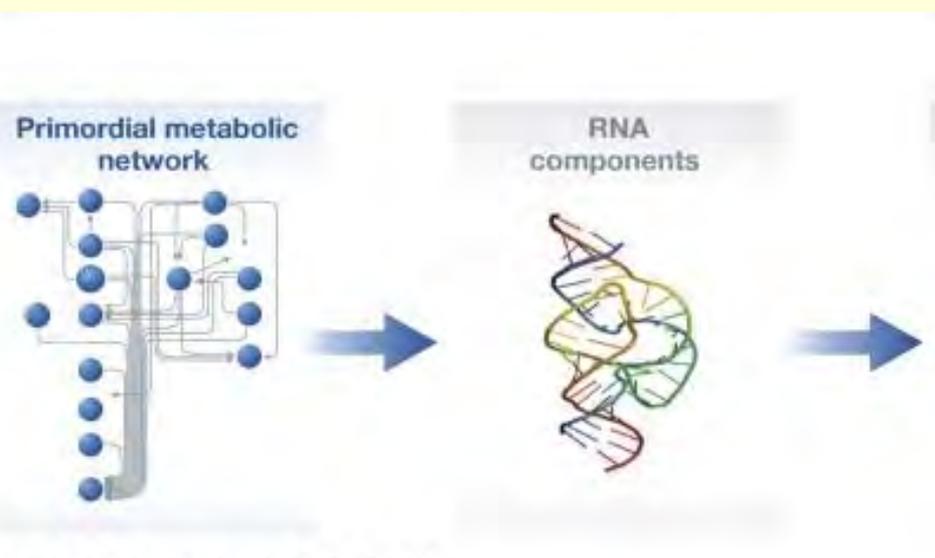
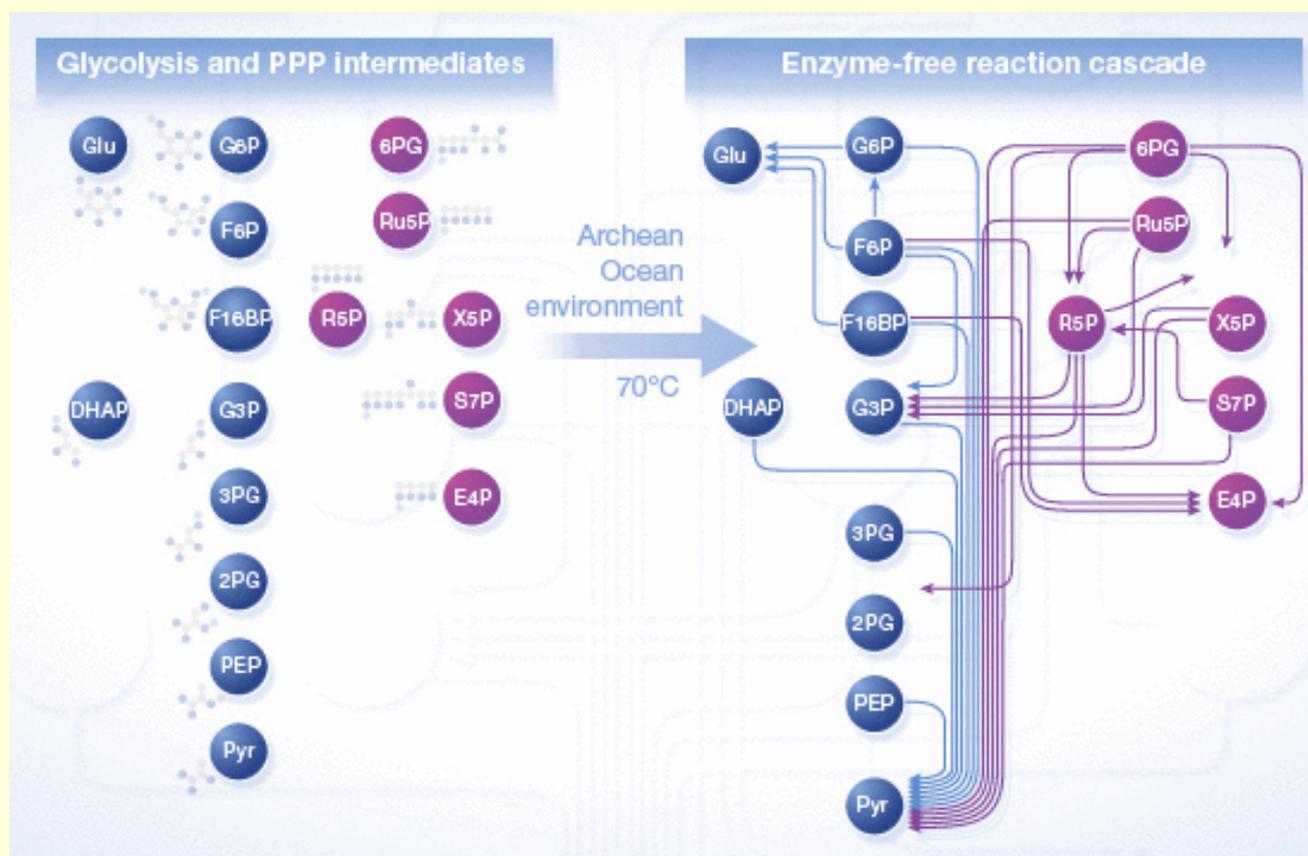
**« metabolism could be of prebiotic origin. »**

**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>



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

Markus A Keller, Alexandra V Turchyn,  
Markus Ralser

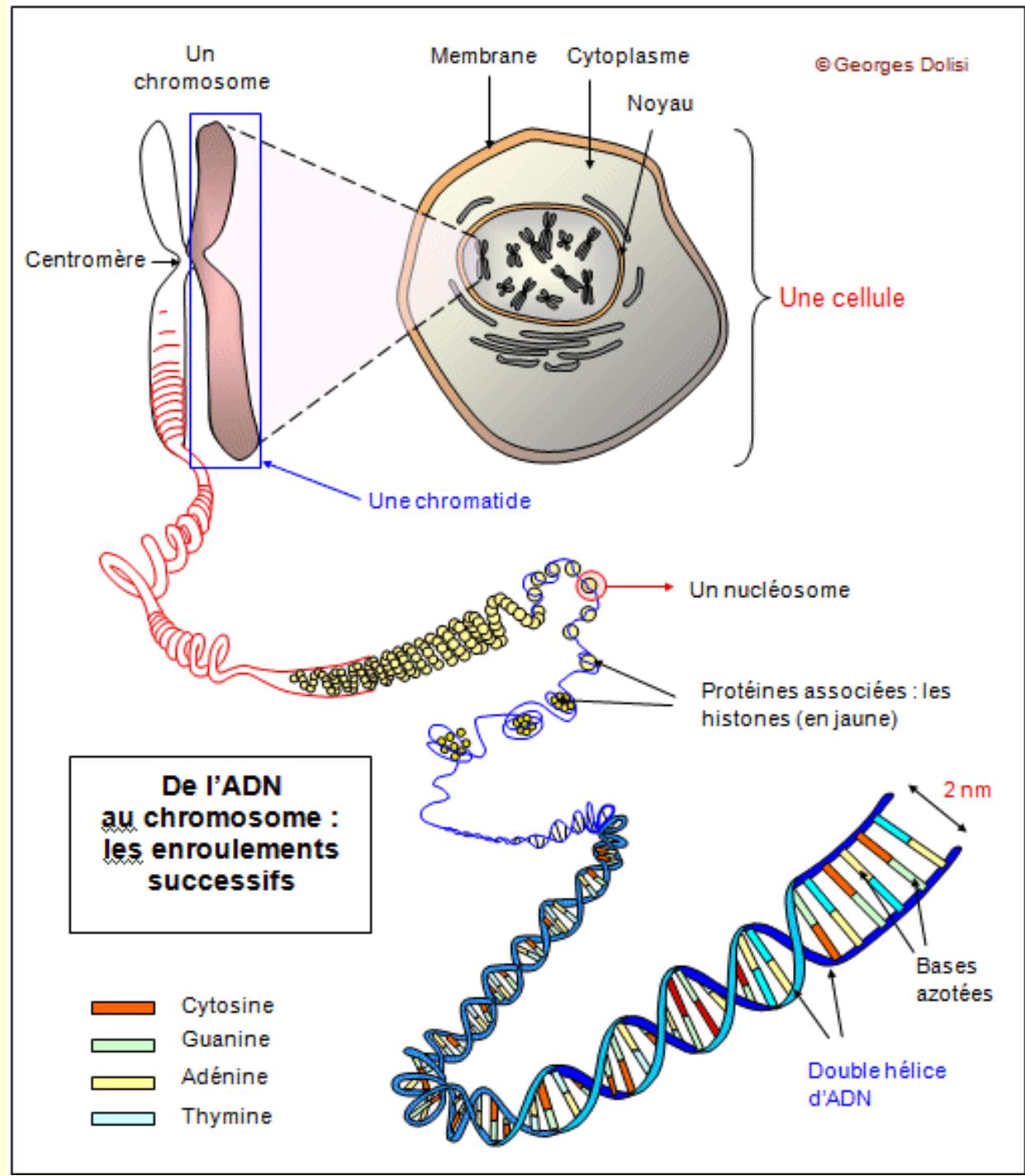
Published **25.04.2014**

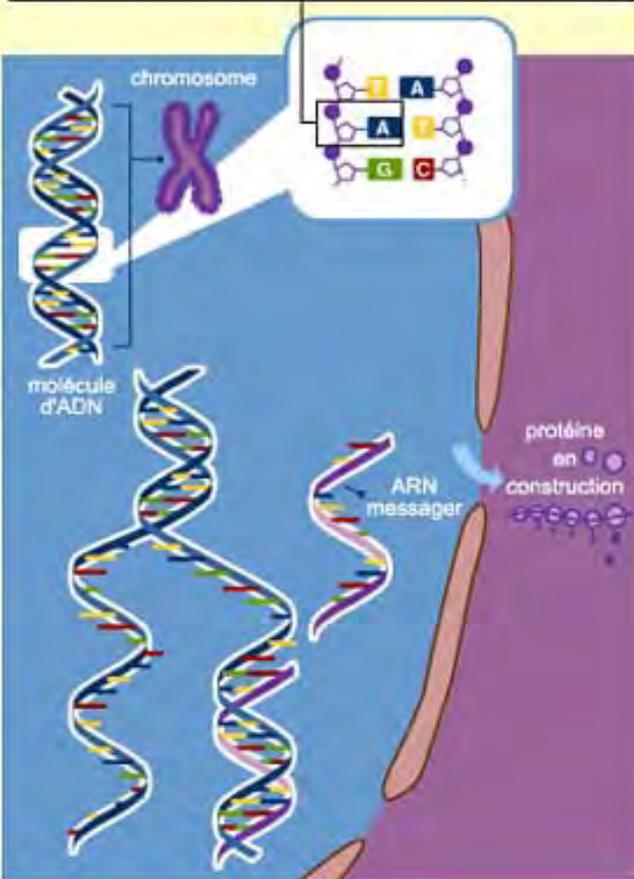
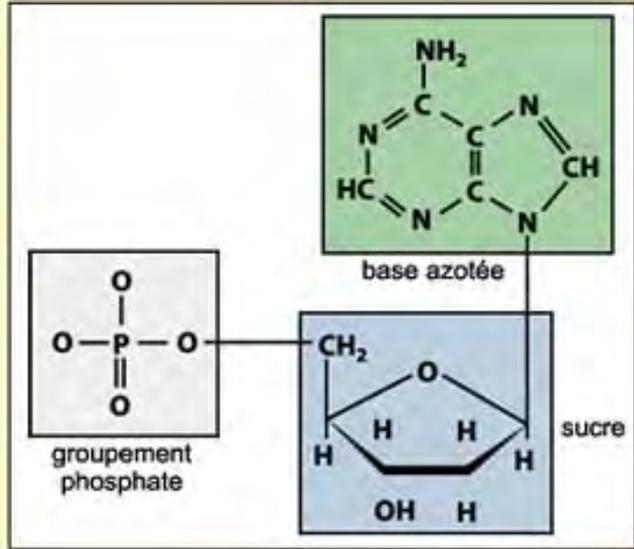
<http://msb.embopress.org/content/10/4/725>

## les gènes

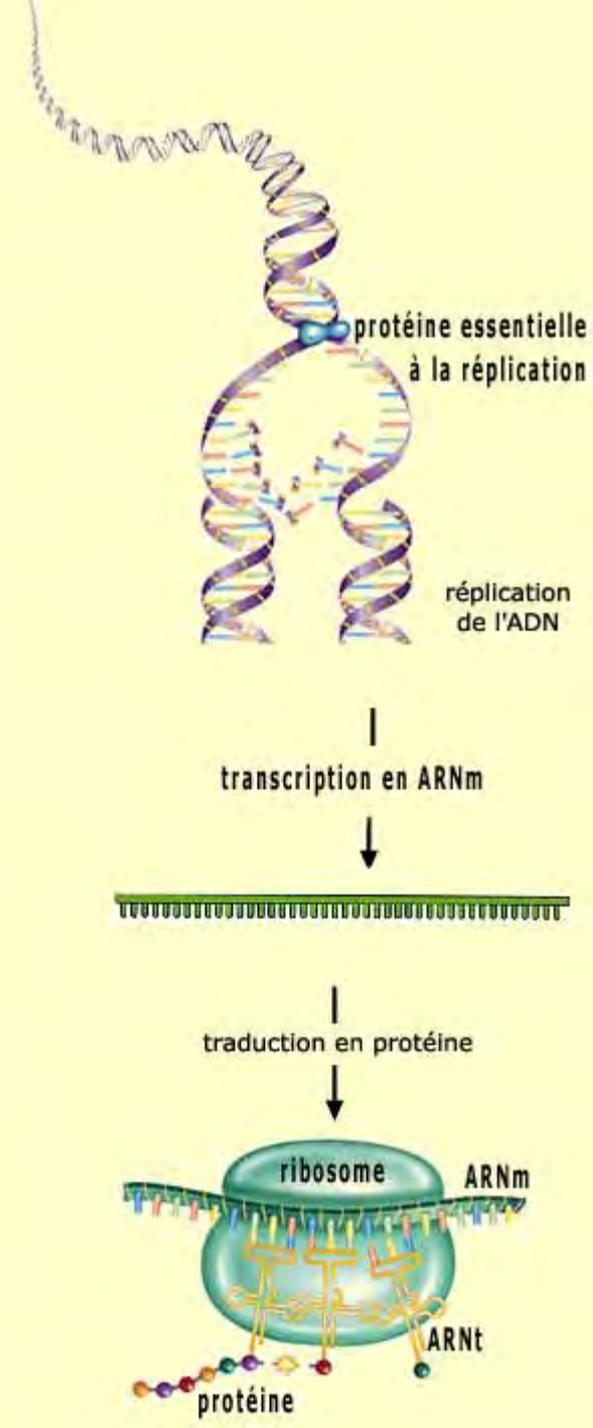
La vie implique aussi une capacité de **mémoire** pour retenir les bons coups du hasard.

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





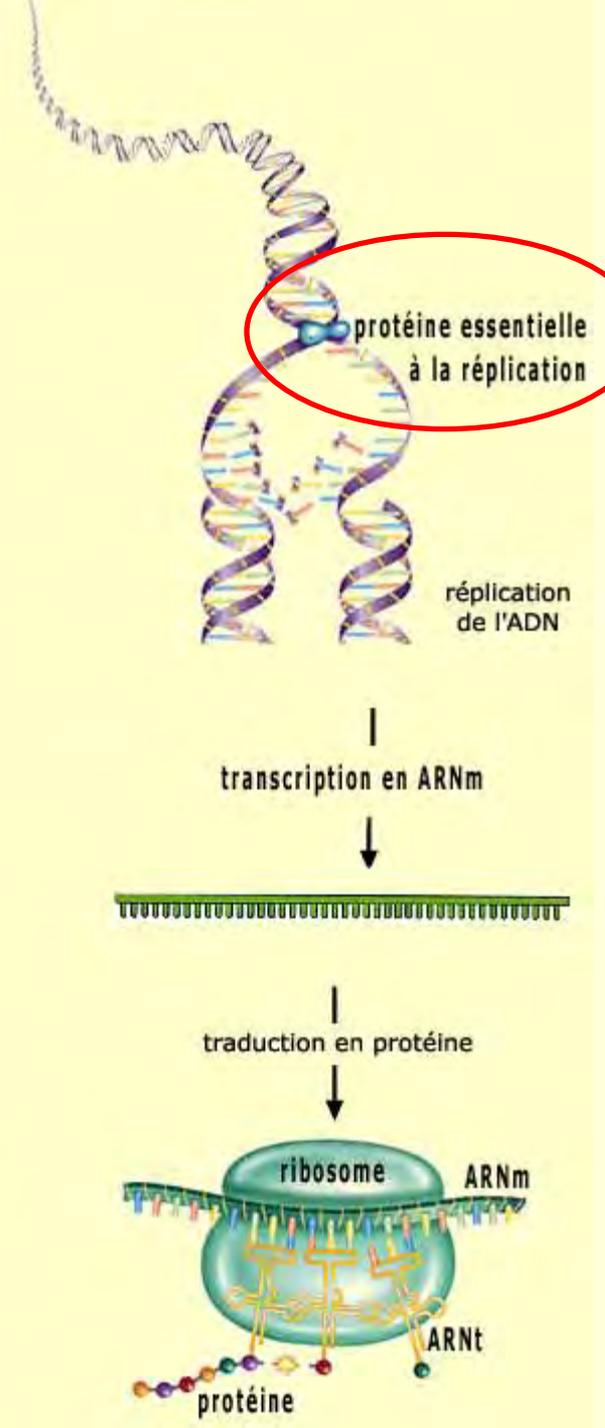
L'enchaînement des nucléotides de l'ADN de nos gènes contient l'information pour construire les constituants de base de la cellule, les protéines, dont **les étapes de fabrication** sont assez bien connues.



Mais s'il y a des **protéines essentielles à la réplication** de l'ADN,

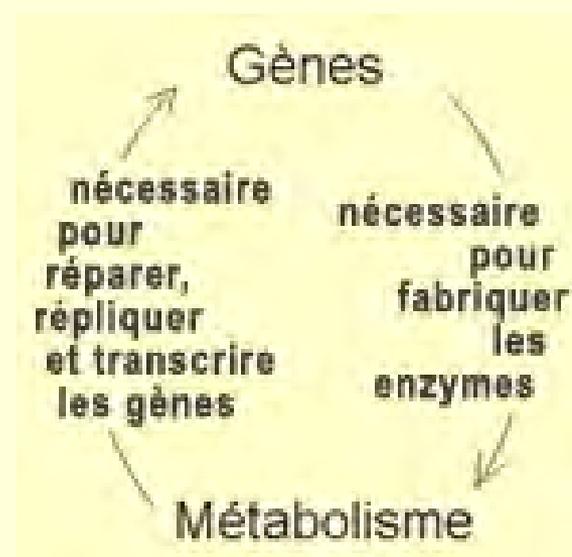
et que c'est l'ADN qui fournit les « plans » des protéines,

cela mène au dilemme de l'œuf et de la poule...



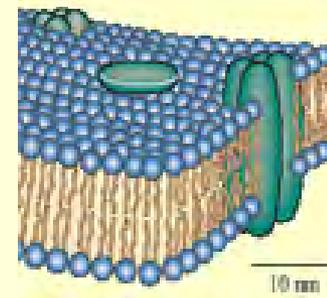
À moins de voir les choses autrement...

Comme dans la perspective de l'autopoïèse, où le **métabolisme** et les **gènes** forment ensemble un réseau.



Même chose pour la relation entre le **métabolisme** et la **membrane**.





## 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 »

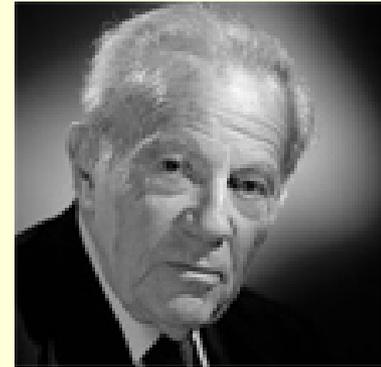
<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2012/02/06/lumiere-sur-les-premieres-membranes-cellulaires/>

A screenshot of the website 'Le Cerveau à tous les niveaux'. The page has an orange header with navigation links: Accueil, Contact, CREER, Soutenir, Lien d'intérêt. Below the header, there are three main columns of content. The left column is titled 'LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!' and lists categories like 'Mode d'emploi', 'Vieille guidée', 'Plan du site', 'Diffusion', 'Présentations', 'Nouveautés', and 'English'. The middle column is titled 'Principales Fonctionnalités' and lists topics such as 'Du simple au complexe', 'Le bricolage de l'évolution', 'Le développement de nos facultés', 'Le plaisir et la douleur', 'Les détecteurs sensoriels', and 'Le corps en mouvement'. The right column is titled 'Fonctions complexes' and lists topics like 'Au cœur de la mémoire', 'Que d'émotions', 'De la pensée au langage', 'Dormir, rêver...', 'L'émergence de la conscience', and 'Dysfonctionnement'. At the bottom, there is a section 'Dysfonctionnement' with a sub-section 'Les troubles de l'esprit'.

A screenshot of a blog post titled 'L'intelligence collective des groupes humains' dated 'Lundi, 28 janvier 2013'. The post discusses the concept of individual intelligence and the 'wisdom of crowds'. It mentions a study published in the journal Science in October 2010, where psychologists from three American universities found evidence for a factor similar to general intelligence. The post also mentions a study by Neal Devaraj and Itay Budin from the University of Toronto, which found that a group of people is more likely to be correct than an individual. The post includes a list of categories and a list of archives.

A screenshot of a sidebar or footer section. It contains a small orange icon at the top right. Below it, there is a paragraph of text: 'Le cerveau à tous les niveaux est financé depuis dix ans par l'Institut des neurosciences de la santé mentale et des toxicomanies (ISMJ) l'un des 13 Instituts de recherche en santé du Canada (IRSIC). Mais suite à une réorientation de ses priorités découlant de réajustements budgétaires à l'IRSIC, l'ISMJ a annoncé qu'elle cessait de financer le Cerveau à tous les niveaux le 31 mars 2013.' Below this, there is another paragraph: 'La petite Boule à l'œuvre depuis une décennie pour produire le Cerveau à tous les niveaux (et sa version anglaise, The Brain from Top to Bottom) doit donc trouver un nouveau bailleur de fonds si elle veut poursuivre l'aventure. Bien que des démarches pour du financement alternatif auprès d'autres organismes soient en cours, rien n'est certain et il reste relativement peu de temps avant le 31 mars prochain.' At the bottom, there is a small paragraph: 'Voilà pourquoi nous rendons publique cette situation, dans l'espoir de recueillir des idées ou des contacts auprès de la vaste communauté qui'.

Le 19 avril **2013** est décédé à l'âge de 92 ans **François Jacob**, biologiste, résistant durant la deuxième Guerre mondiale et Prix Nobel de médecine en 1965 (avec André Lwoff et Jacques Monod) avec qui il avait déchiffré le premier mécanisme de **régulation des gènes**.



C'est également une citation de Jacob qui avait inspiré le titre de l'un des 12 grands thèmes du Cerveau à tous les niveaux, celui sur « **Le bricolage de l'évolution** » :

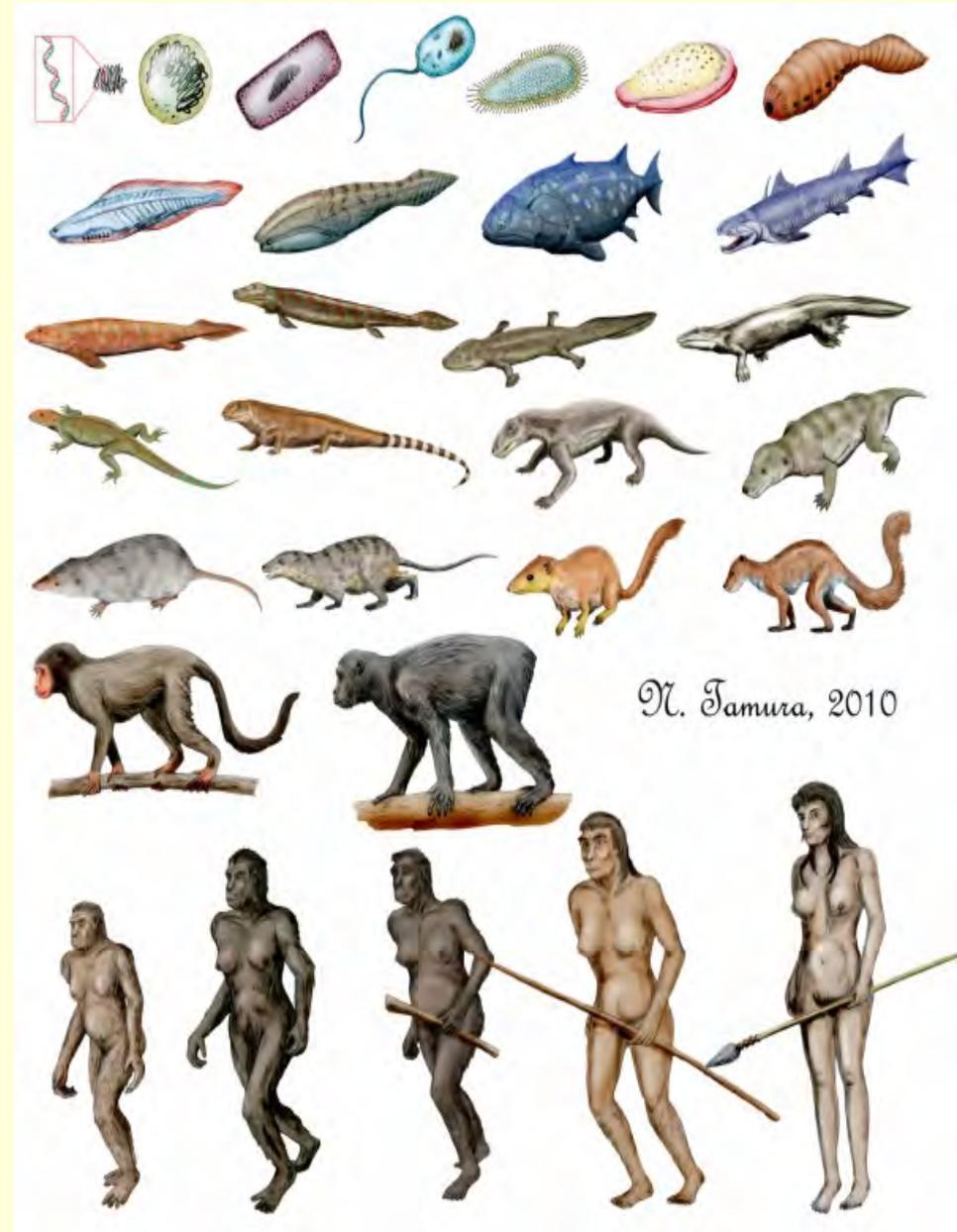


« L'évolution travaille sur ce qui existe déjà. [...] La sélection naturelle opère à la manière **non d'un ingénieur, mais d'un bricoleur**; un bricoleur qui ne sait pas encore ce qu'il va produire, mais **recupère** tout ce qui lui tombe sous la main. »  
(Le Jeu des possibles, 1981)

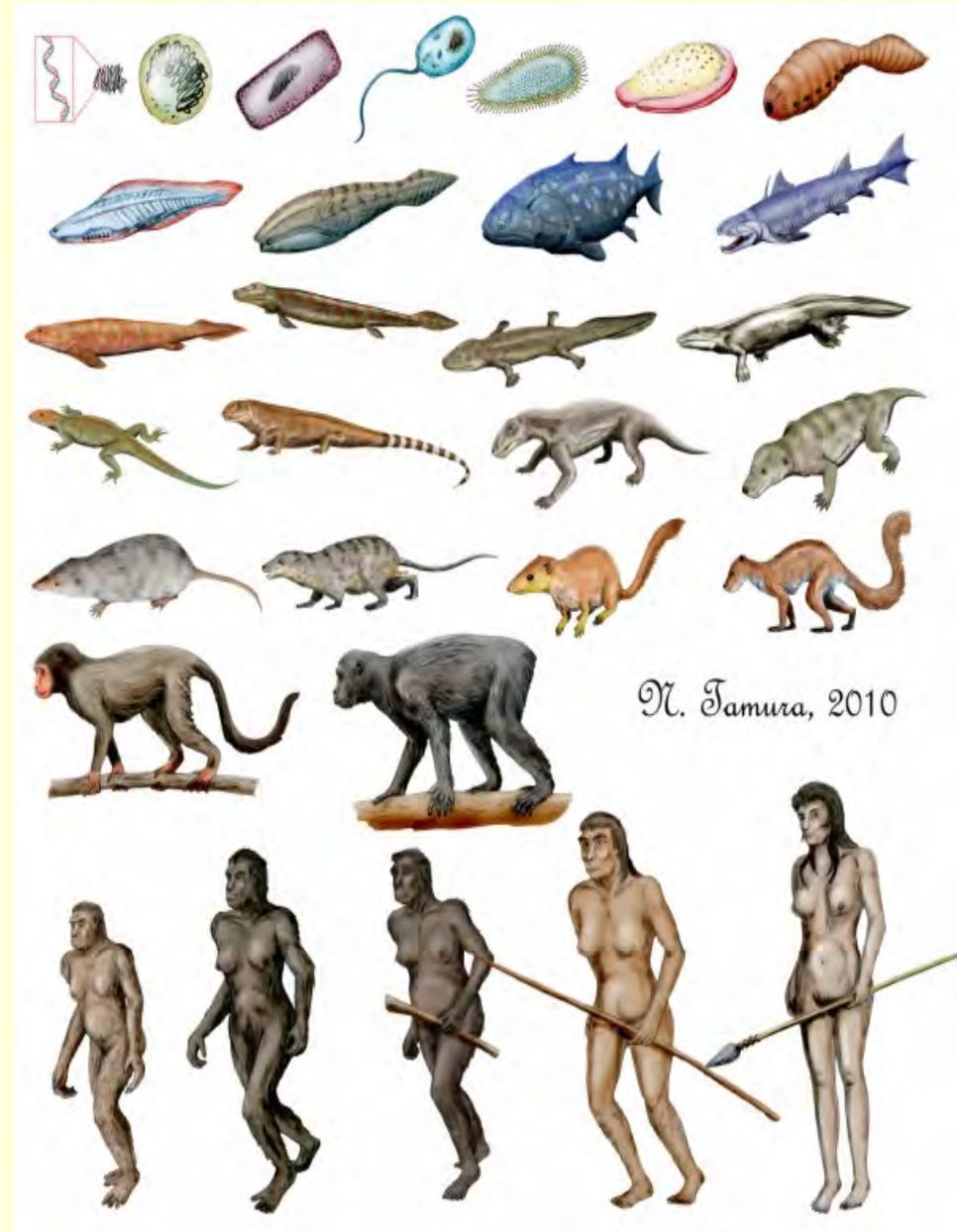
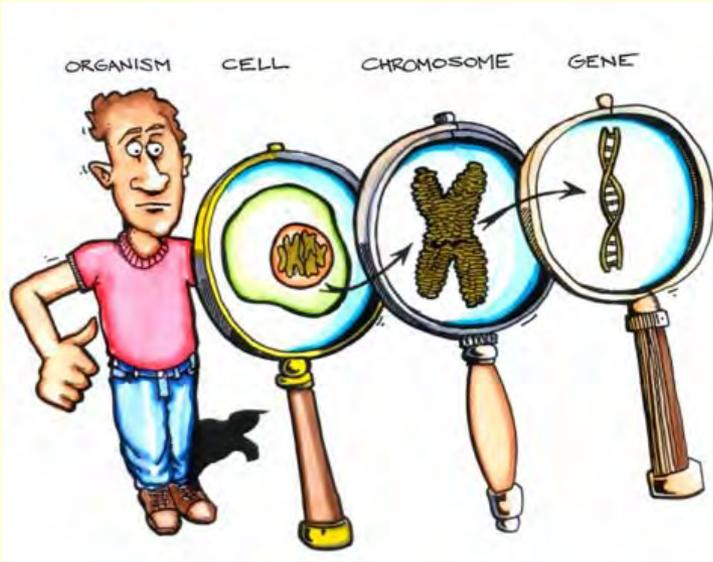
Tant qu'à être dans les citations :

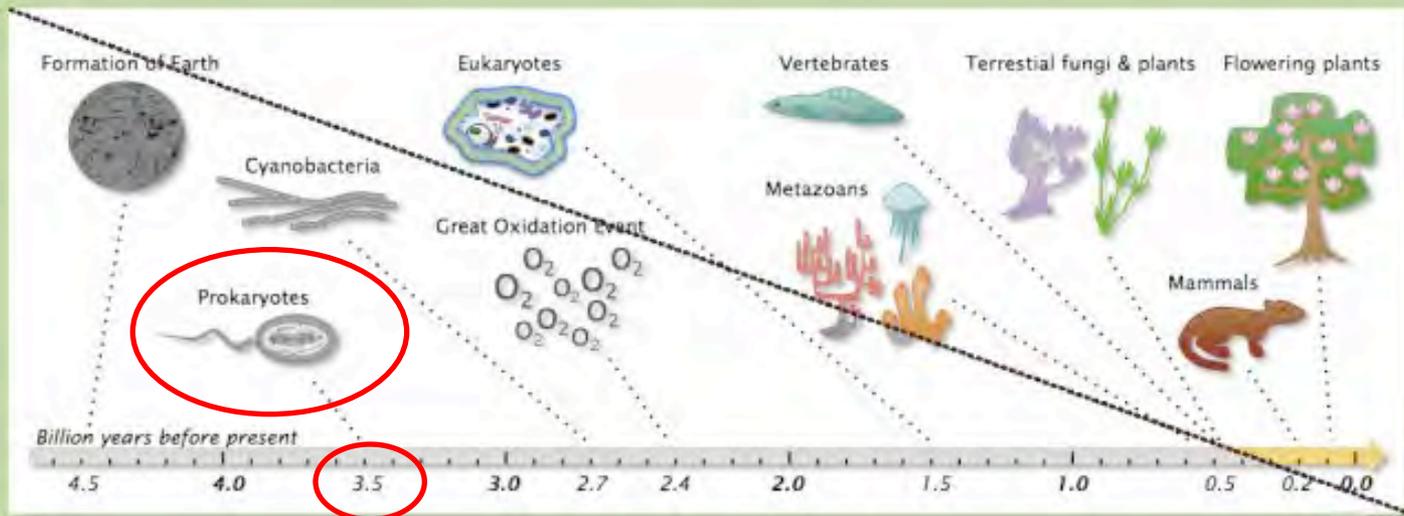
« Rien en biologie n'a de sens, si ce n'est à la lumière de l'évolution »,

disait le généticien Theodosius Dobzhansky

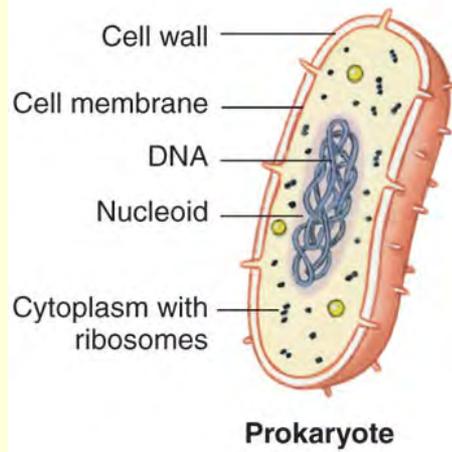


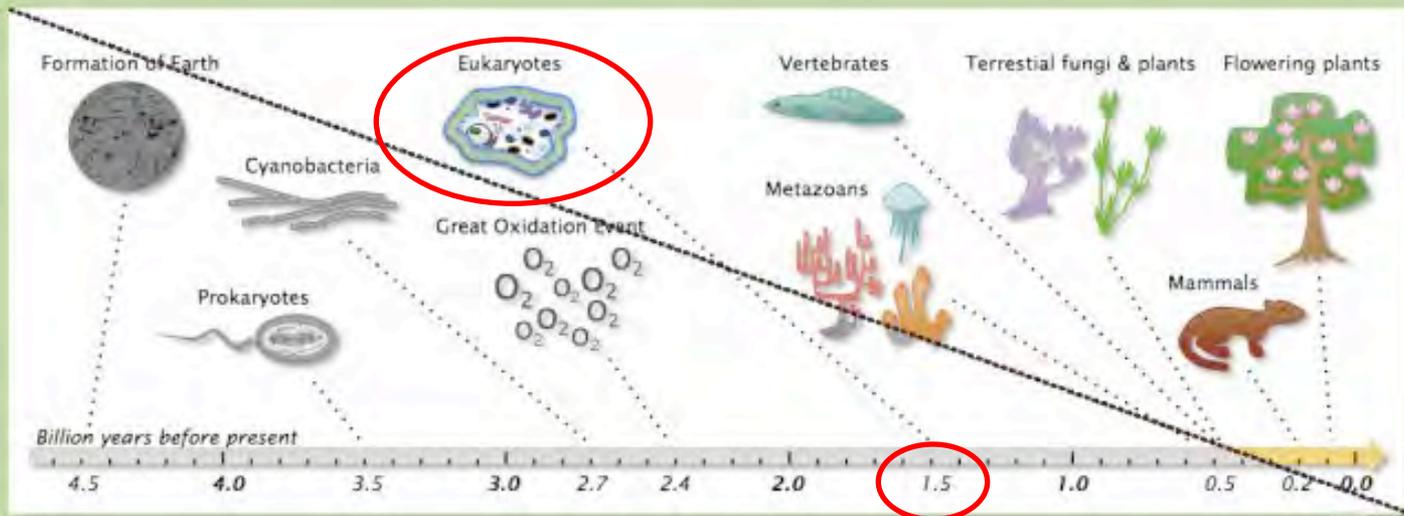
**L'ADN présent chez tous les êtres vivants** et **l'universalité du code génétique** sont d'ailleurs parmi les preuves les plus solides de l'évolution et de la filiation commune qui relie tous les êtres vivants.



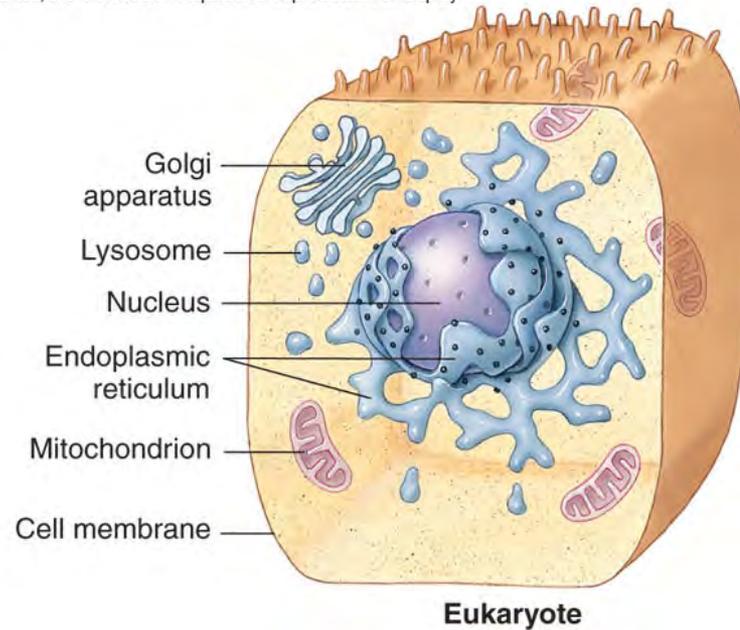
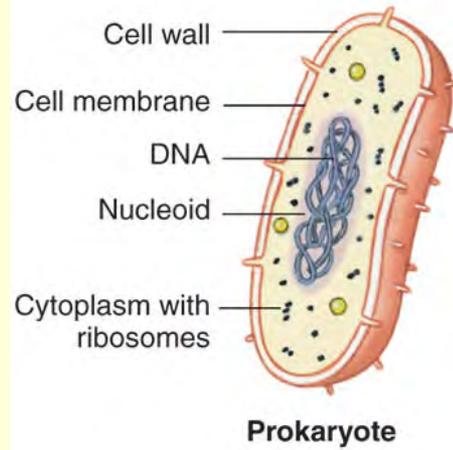


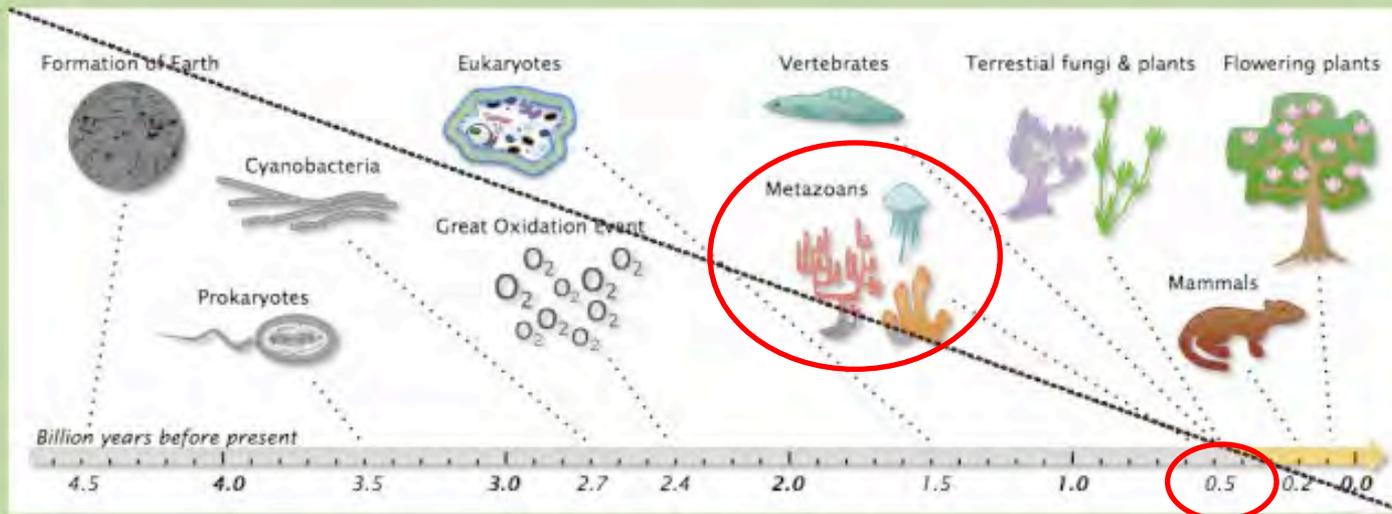
Copyright © The McGraw-Hill Co





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





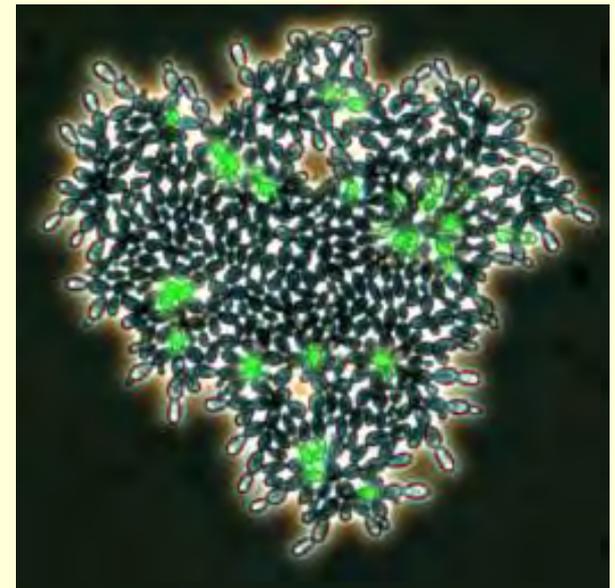
## Scientists replicate key evolutionary step in life on earth

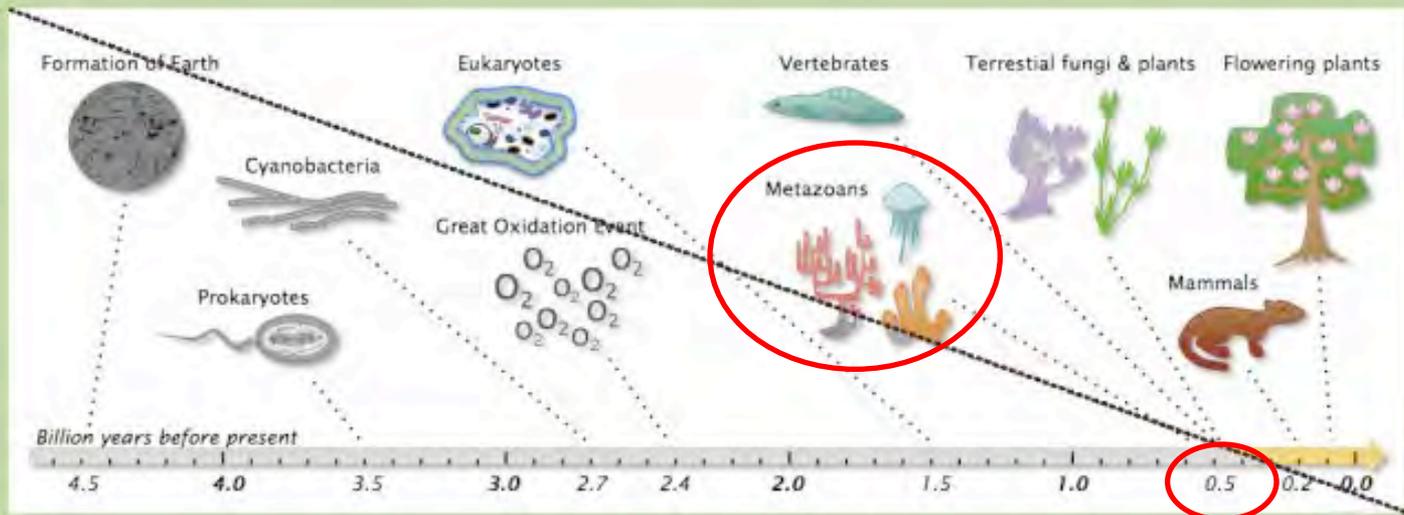
Jan 16, 2012

<http://phys.org/news/2012-01-scientists-replicate-key-evolutionary-life.html#iCp>

"This study is the **first to experimentally observe that transition** [the switch to living as a group, as multi-celled organisms]"

Pas seulement un groupe de cellules attaché au hasard, mais des cellules (de levure) **qui restent attachées ensemble après leur division.**



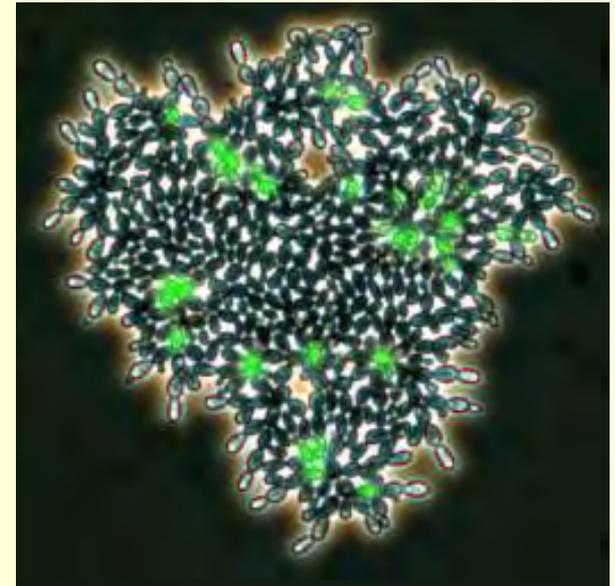


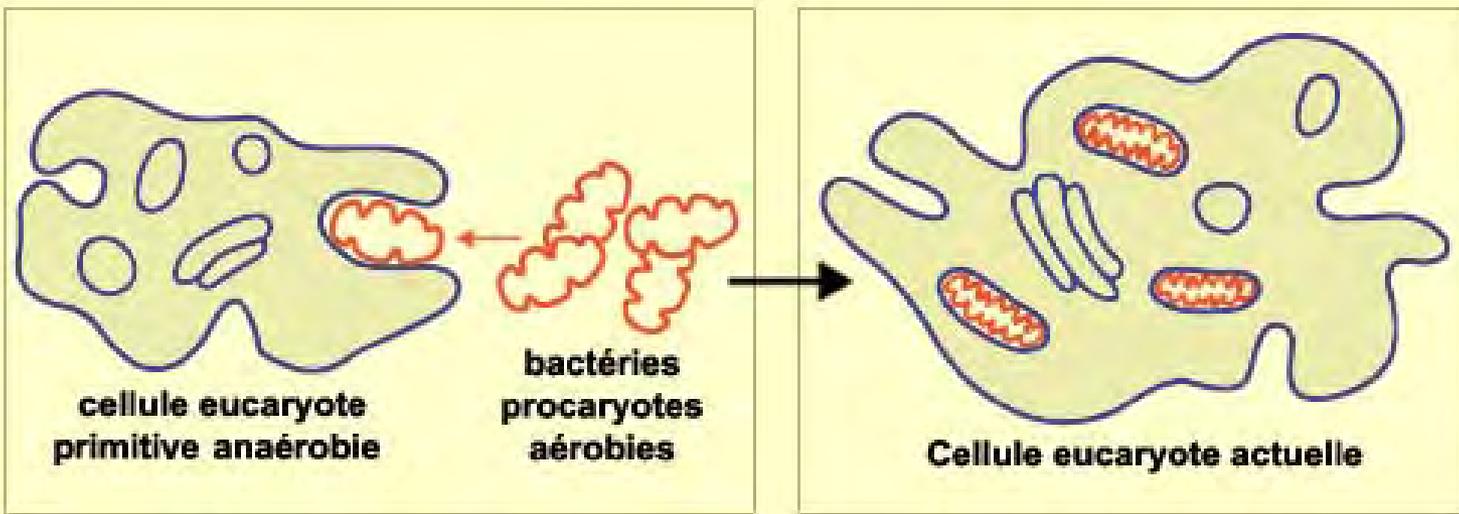
Important car cette similarité génétique amène de la **coopération**.

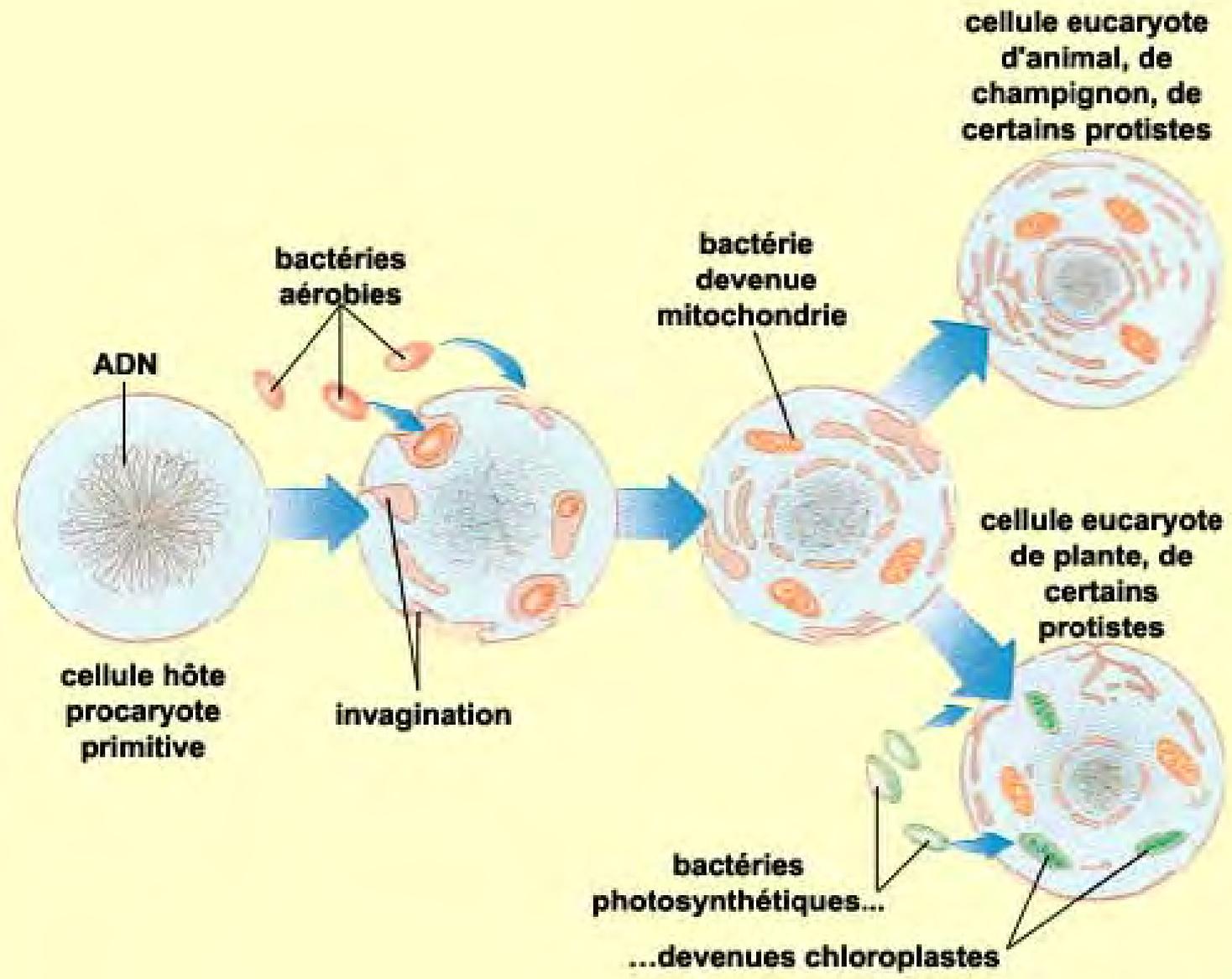
Aussi :

- En atteignant une certaine taille, les cellules meurent par apoptose;
- Les cellules-filles se reproduisent seulement quand elles atteignent la taille de leur parent

"A cluster alone isn't multi-cellular. But when cells in a cluster **cooperate**, **make sacrifices** for the common good, and **adapt** to change, that's an **evolutionary transition to multi-cellularity**."



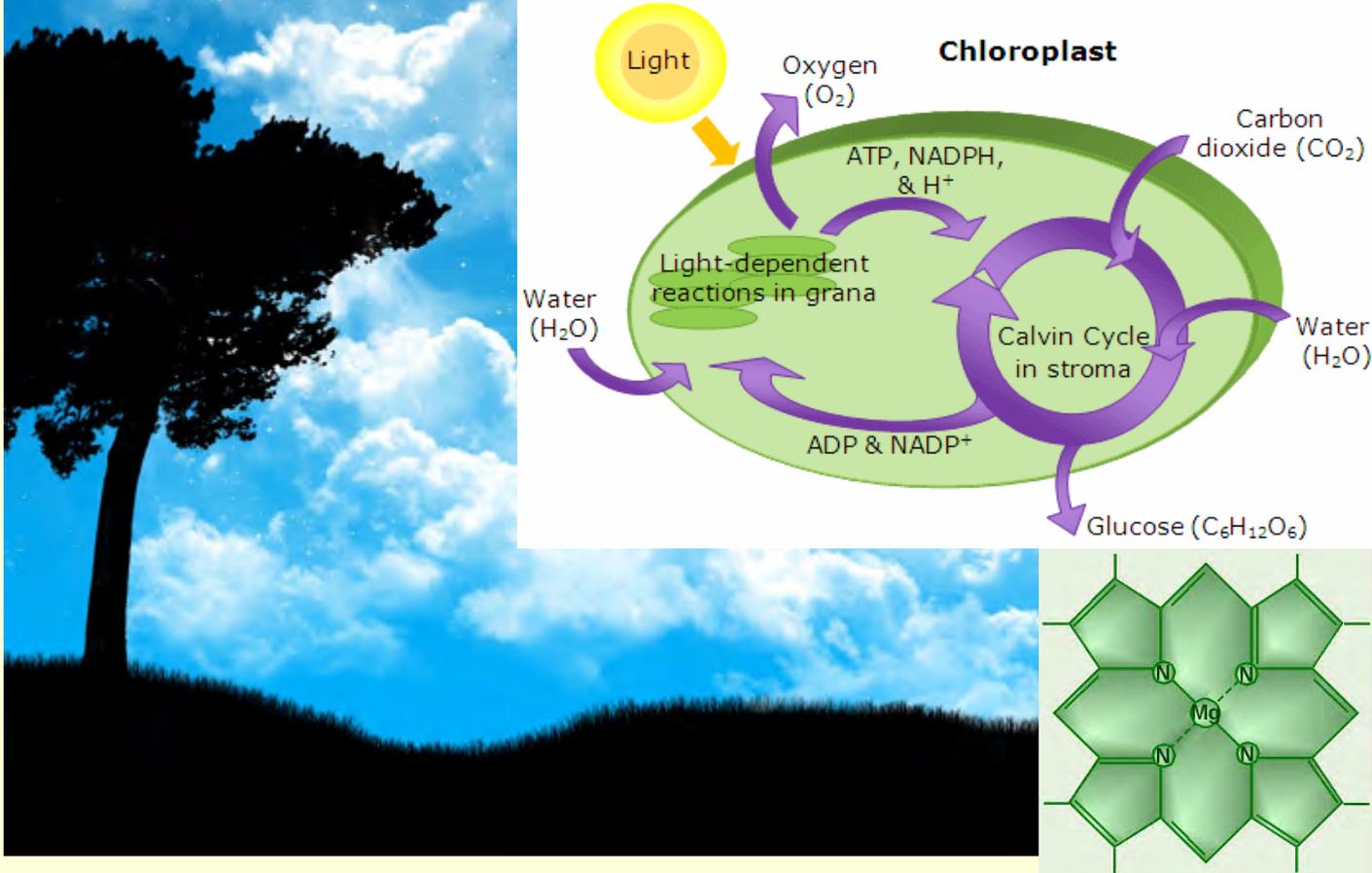






« La seule raison d'être d'un être vivant, c'est **d'être**,  
c'est-à-dire de **maintenir sa structure.** »

- Henri Laborit



Plantes :

photosynthèse

grâce à l'énergie du soleil



Plantes :

photosynthèse

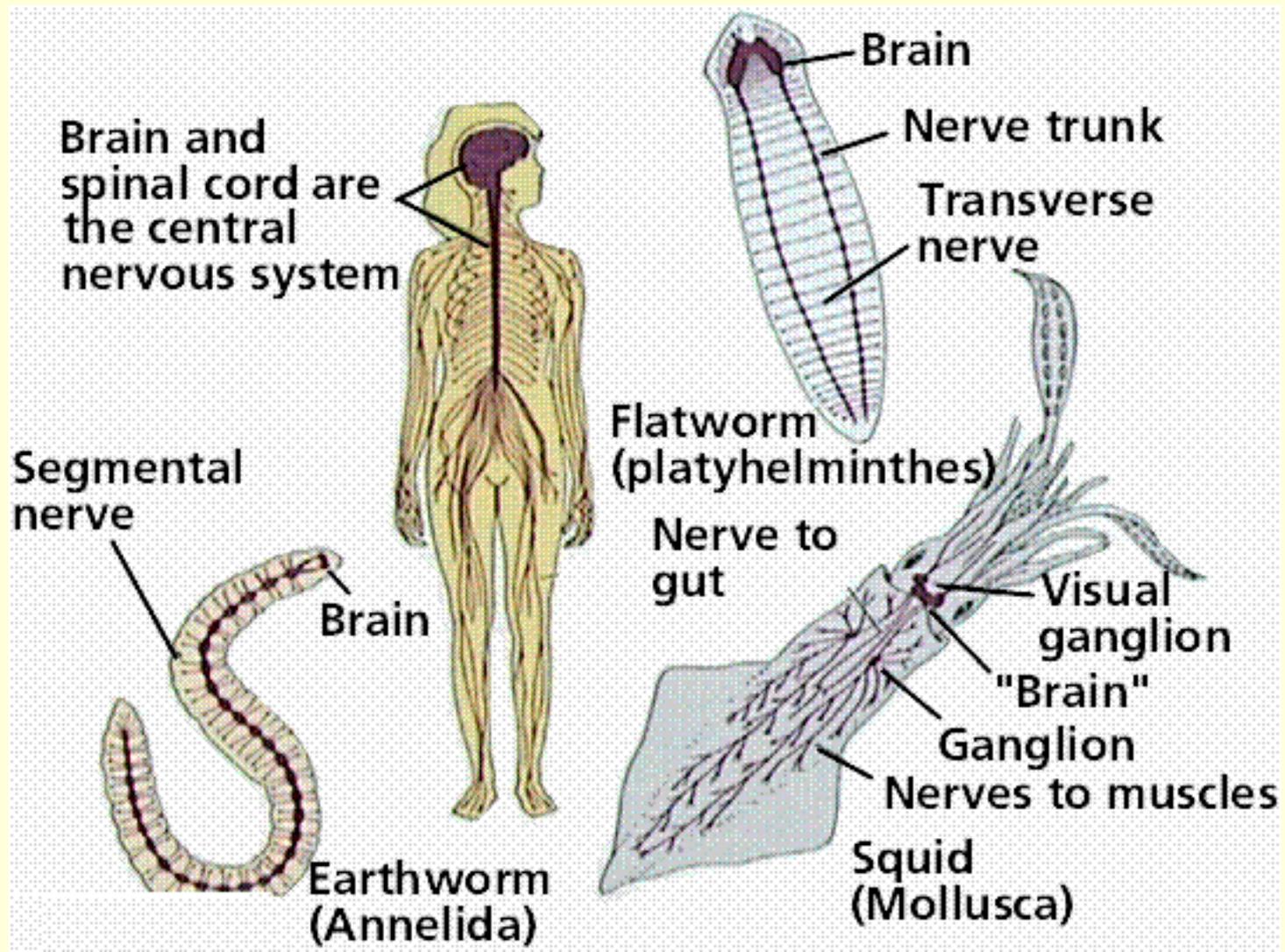
grâce à l'énergie du soleil

Animaux :

autonomie motrice

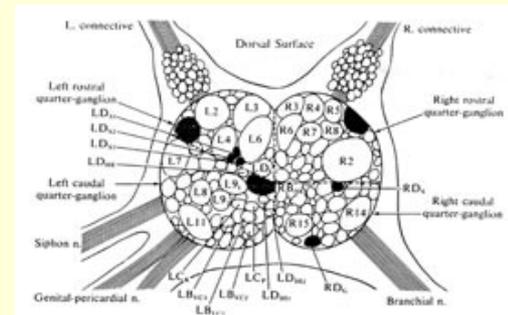
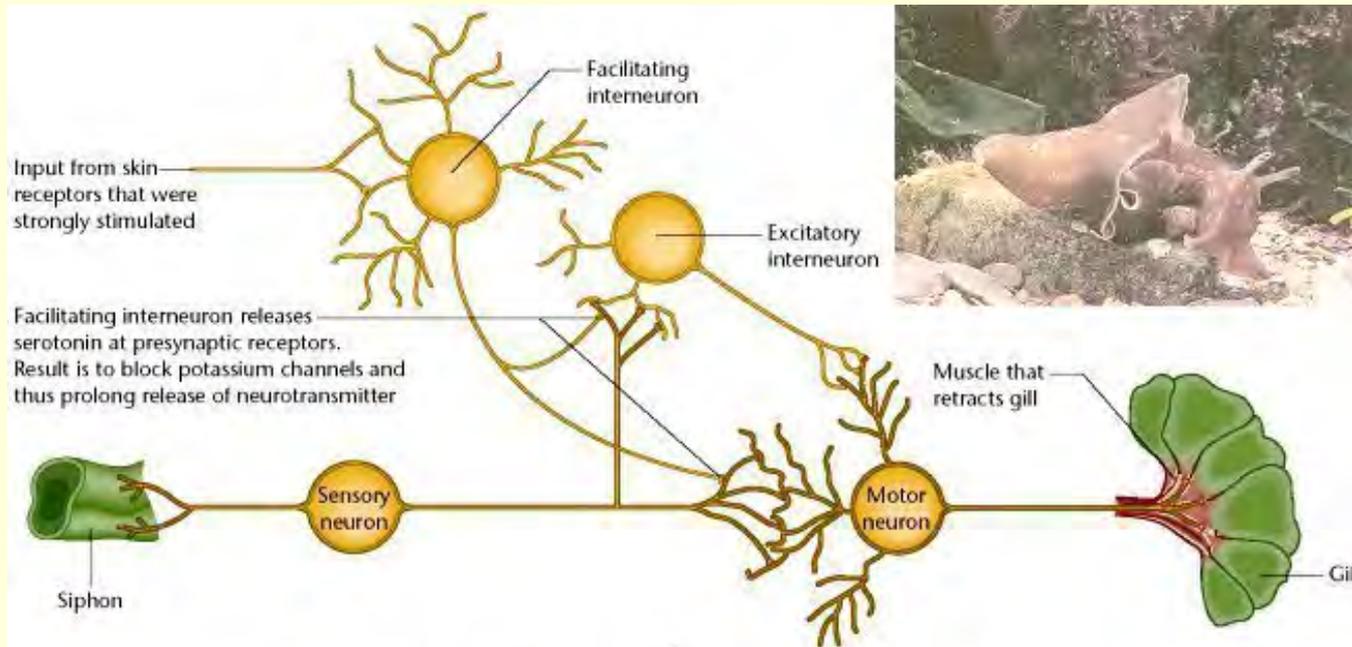
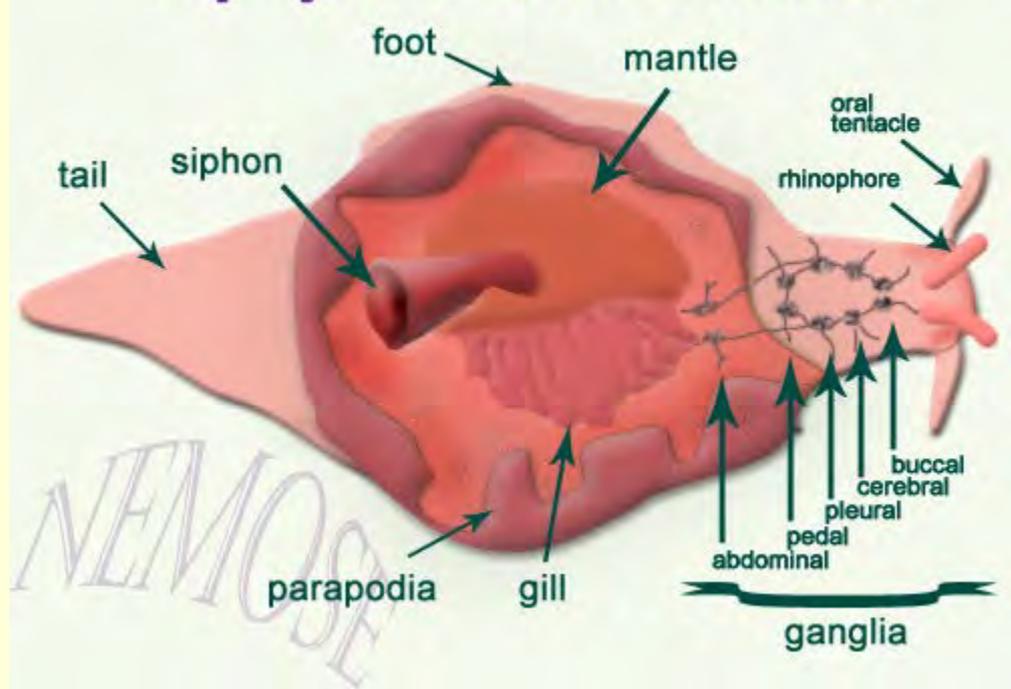
pour trouver leurs ressources  
dans l'environnement

# Systemes nerveux !

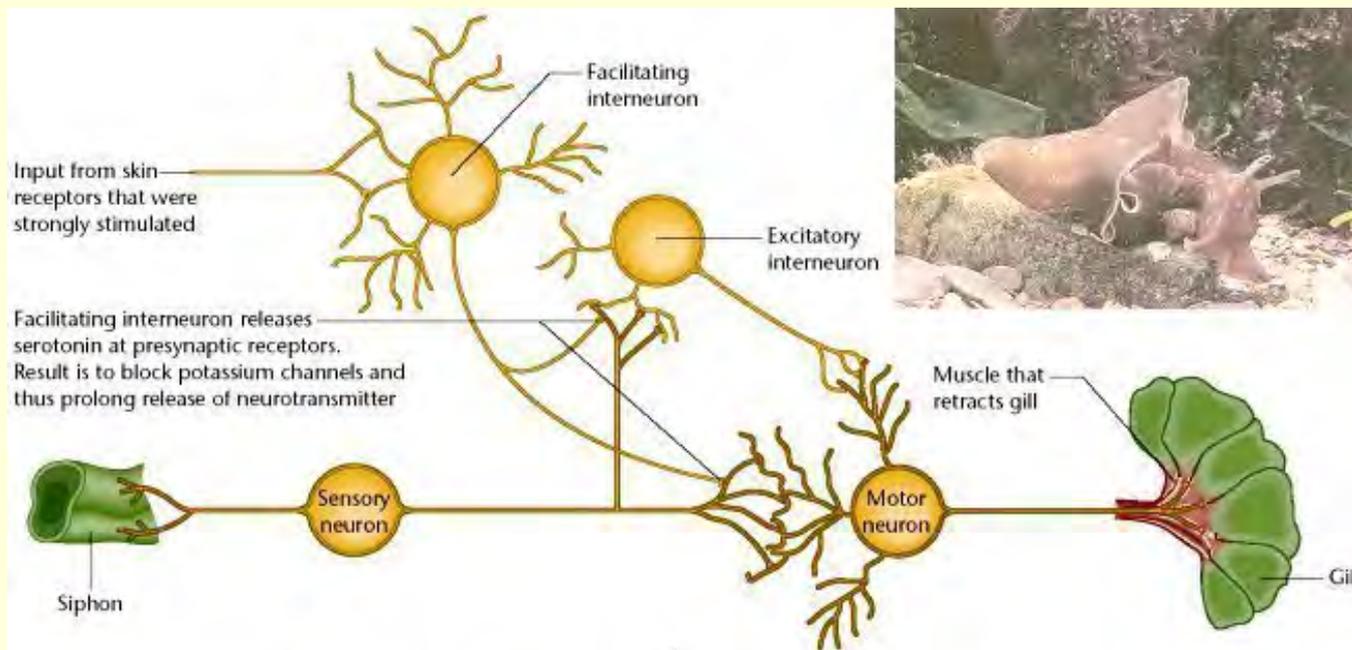
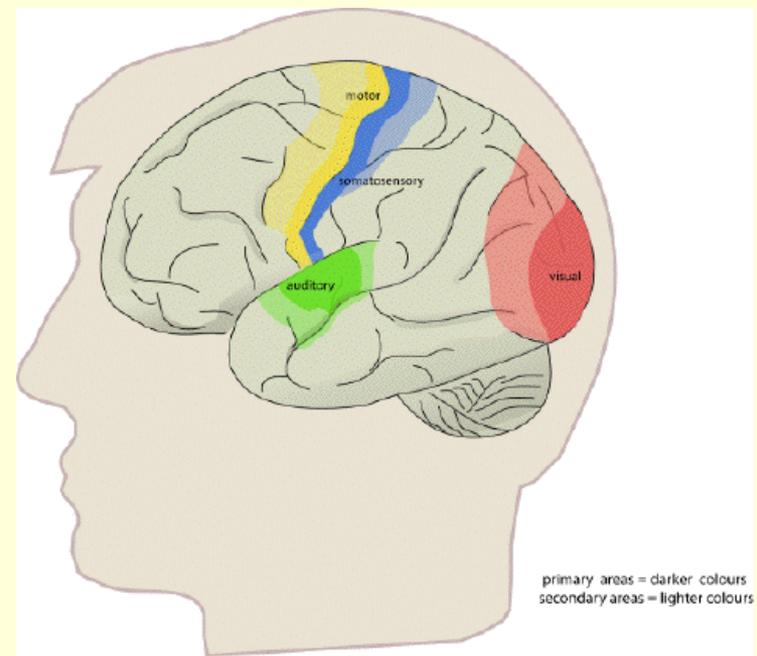




**Aplysie**  
(mollusque marin)

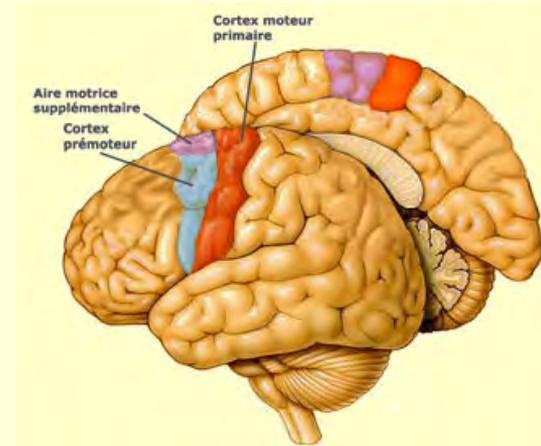


Et on va voir tantôt qu'une grande partie du cerveau humain, comme les inter-neurones de l'Aplysie, ne va finalement servir qu'à moduler la boucle perception – action.



## Régions motrices

Donc **proportion démesurée**  
**que prend chez l'humain le**  
**cortex « associatif »**  
(qui n'est ni sensoriel ni moteur).

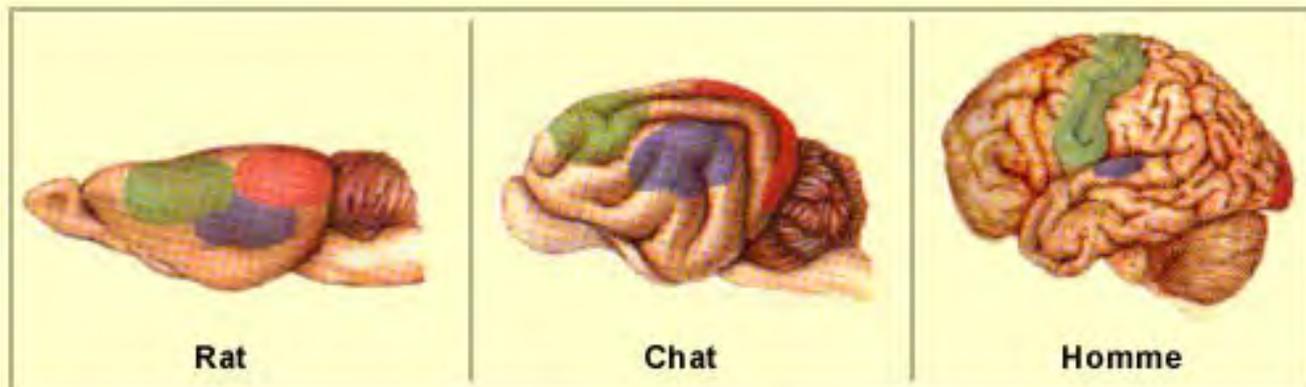


## Proportion des régions sensorielles primaire

Vert : toucher

Rouge : vision

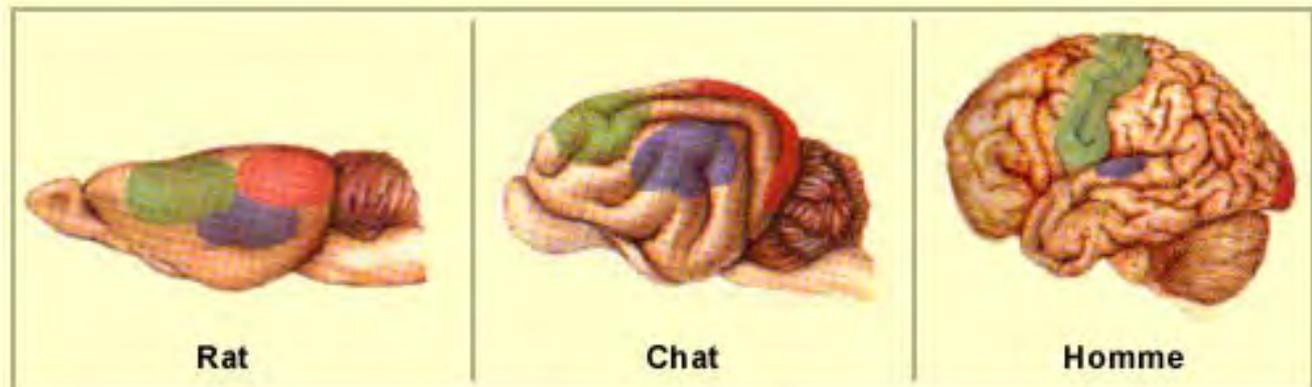
Bleu : audition



Notons que malgré son cerveau beaucoup plus petit que le nôtre, **le rat est parfaitement adapté à son environnement.**

Il n'est pas en voie d'extinction et vit en parfaite harmonie dans son environnement.... Même chose de la majorité des espèces...

Donc le succès, d'un point de vue évolutif, **ne dépend pas de la taille du cerveau** : les gros cerveaux n'ont pas remplacé les petits mais se sont simplement ajoutés à eux...

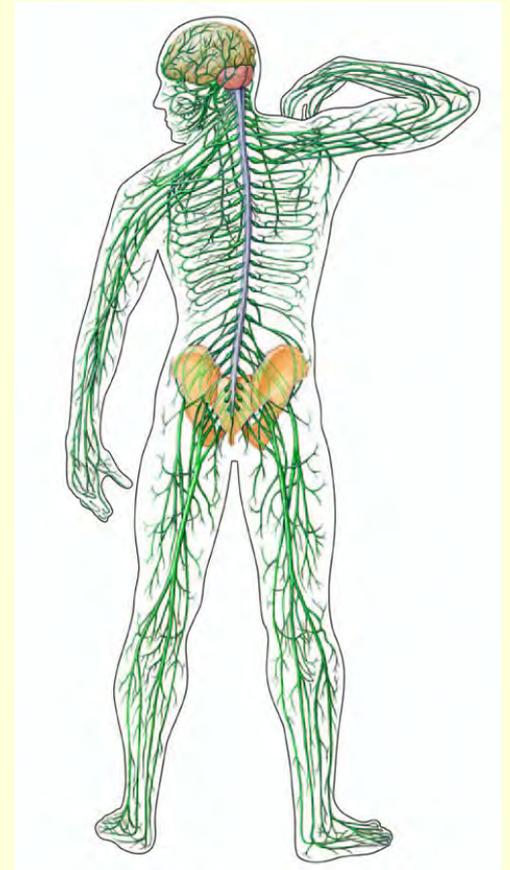


« **Je bouge**, alors je suis (je pense). »

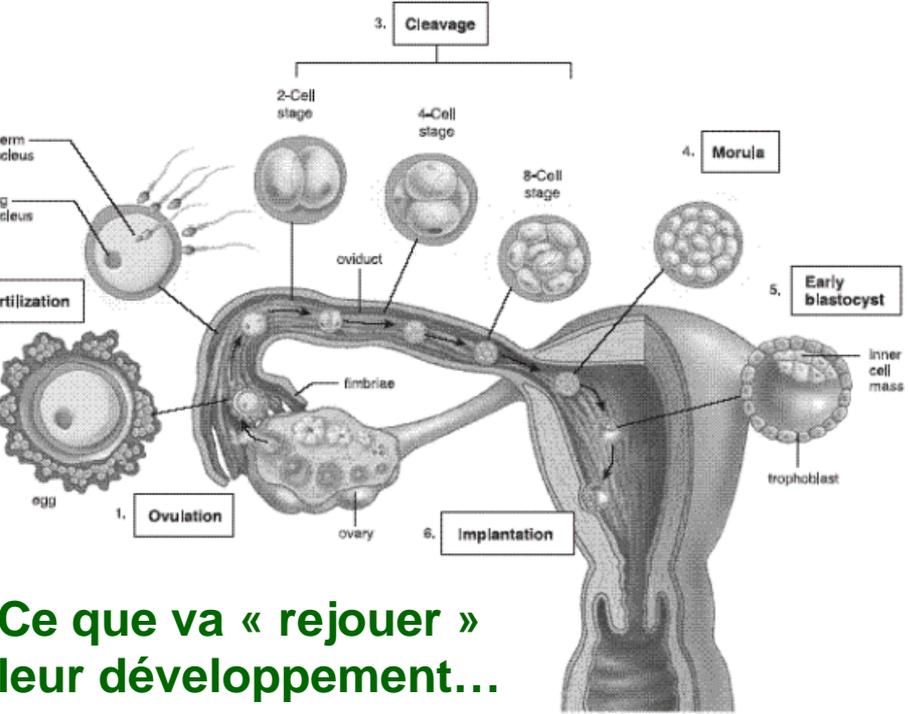
- Rodolfo Llinas

« **Je peux**, donc je suis »

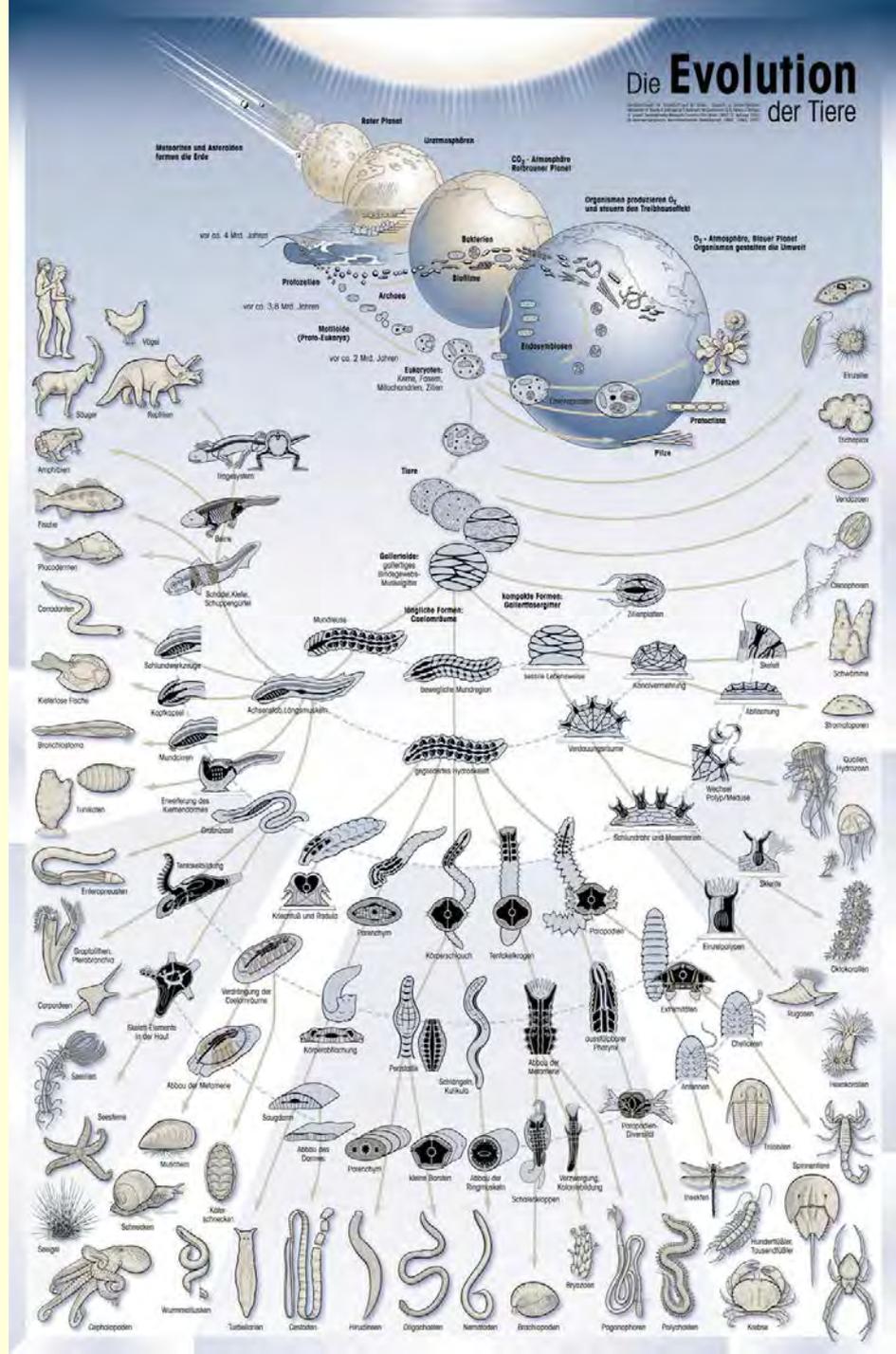
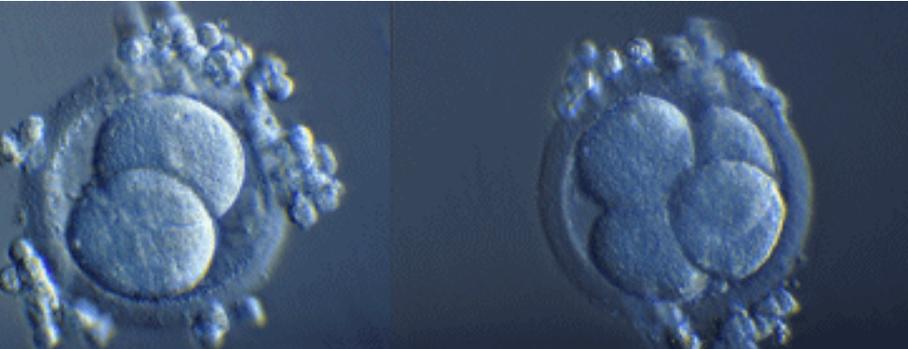
- Evan Thompson







Ce que va « rejouer » leur développement...



# Un moteur important de l'évolution : La sélection naturelle

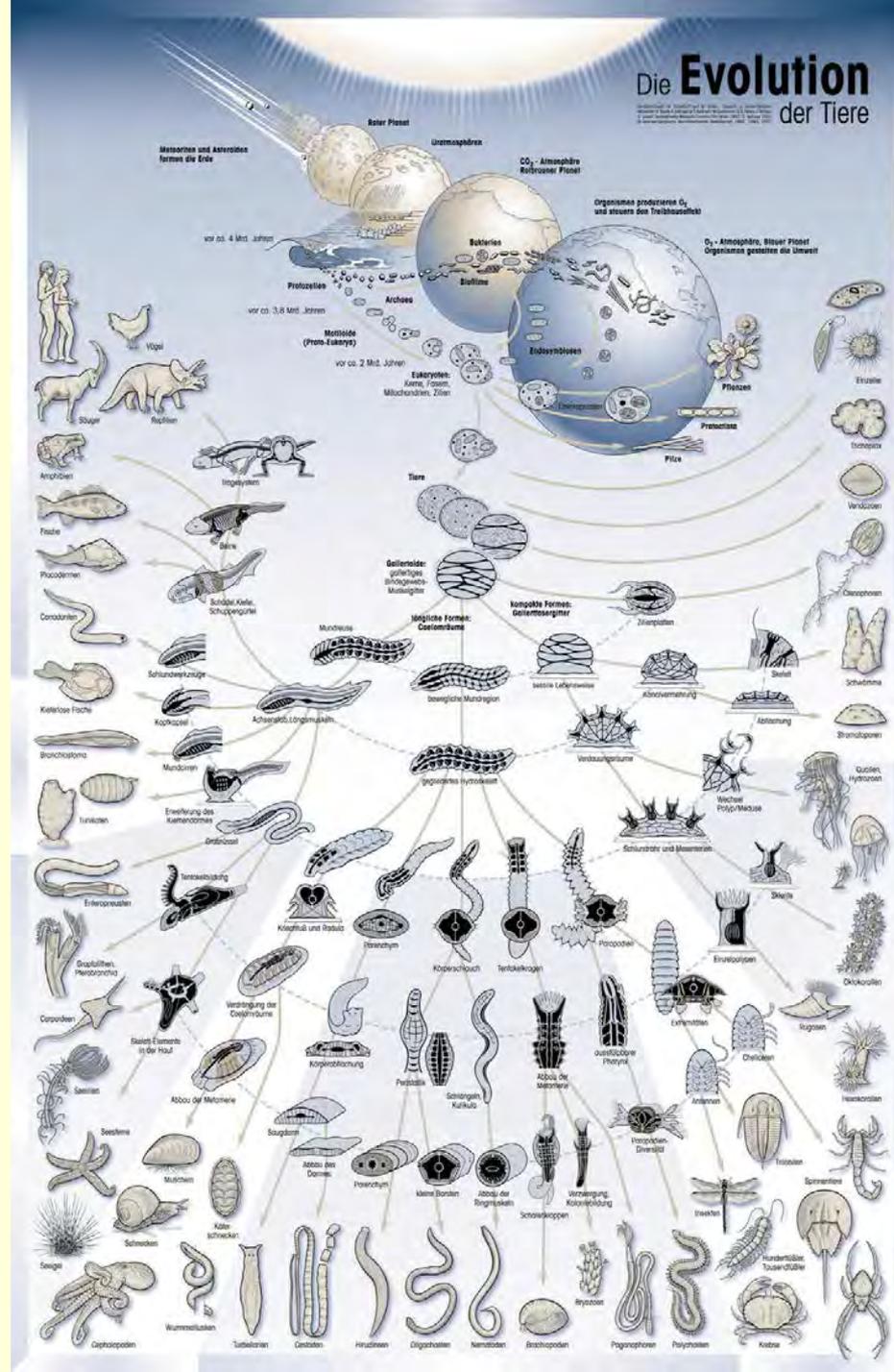
1- Les individus d'une population **diffèrent suite à des mutations** qui surviennent au hasard;

2- Plusieurs de ces différences sont **héréditaires**;

3- Certains individus, dans un environnement donné, ont des caractéristiques qui les **avantagent** en terme de survie et de reproduction;

4- Ils vont donc transmettre **plus efficacement à leur descendants ces caractères héréditaires avantageux**, et progressivement toute la population les possédera.

[cf. par exemple Cyrille Barrette...]



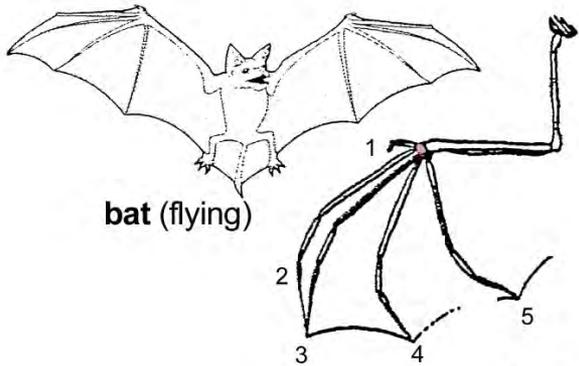
## **L'évolution n'est pas que la sélection naturelle**

Trop de gens pensent encore que **la sélection naturelle de Darwin** est un mécanisme capable d'expliquer à peu près tous les aspects de l'évolution.

PZ Myers, un spécialiste de la biologie évolutive du développement qui tient l'un des blogues scientifiques les plus fréquentés, montre que la complexité n'est habituellement pas le produit de la sélection naturelle.

Les **mutations dues au hasard**, couplées à une **dérive génétique** au sein de la population, explique en grande partie la complexification du vivant.

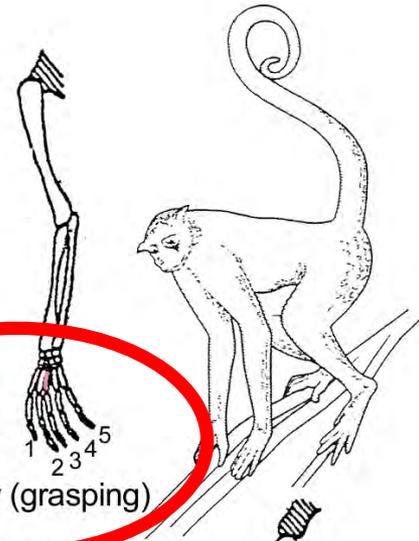
Mais évidemment, des mécanismes sélectifs peuvent ultérieurement agir sur cette diversité et en **favoriser certaines formes**.



**bat (flying)**

The **pentadactyl limb** as the 'ancestral' terrestrial vertebrates limb plan, subsequently adapted by modification for different uses/habitats.

lay-out of a 'five-fingered' (pentadactyl) limb



**monkey (grasping)**

**forelimb**

**hindlimb**

upper arm → humerus

femur ← thigh

forearm → radius + ulna

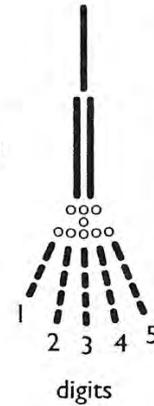
tibia + fibula ← lower leg

wrist → carpals

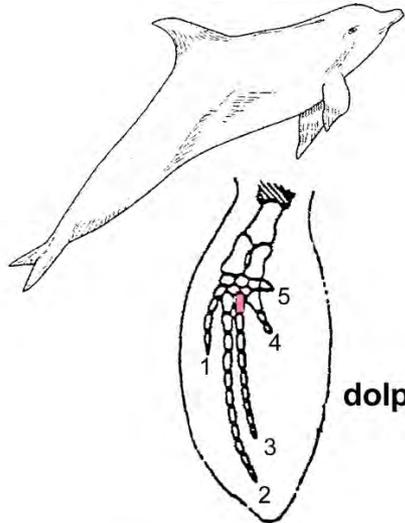
tarsals ← ankle

hand/foot → metacarpals + phalanges

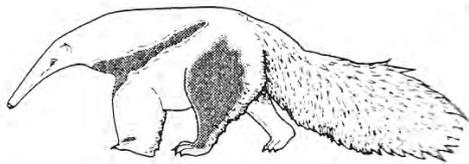
metatarsals ← foot + phalanges



**pig (walking)**



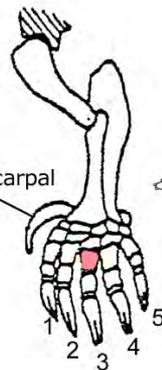
**dolphin (swimming)**



**anteater (tearing)**



displaced carpal



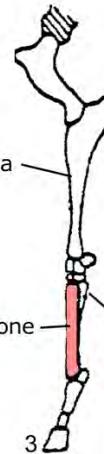
**mole (digging)**



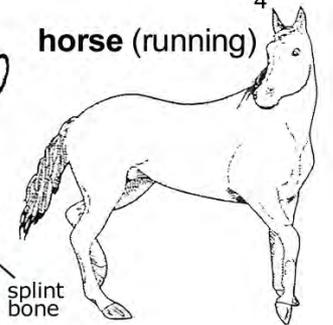
radio-ulna

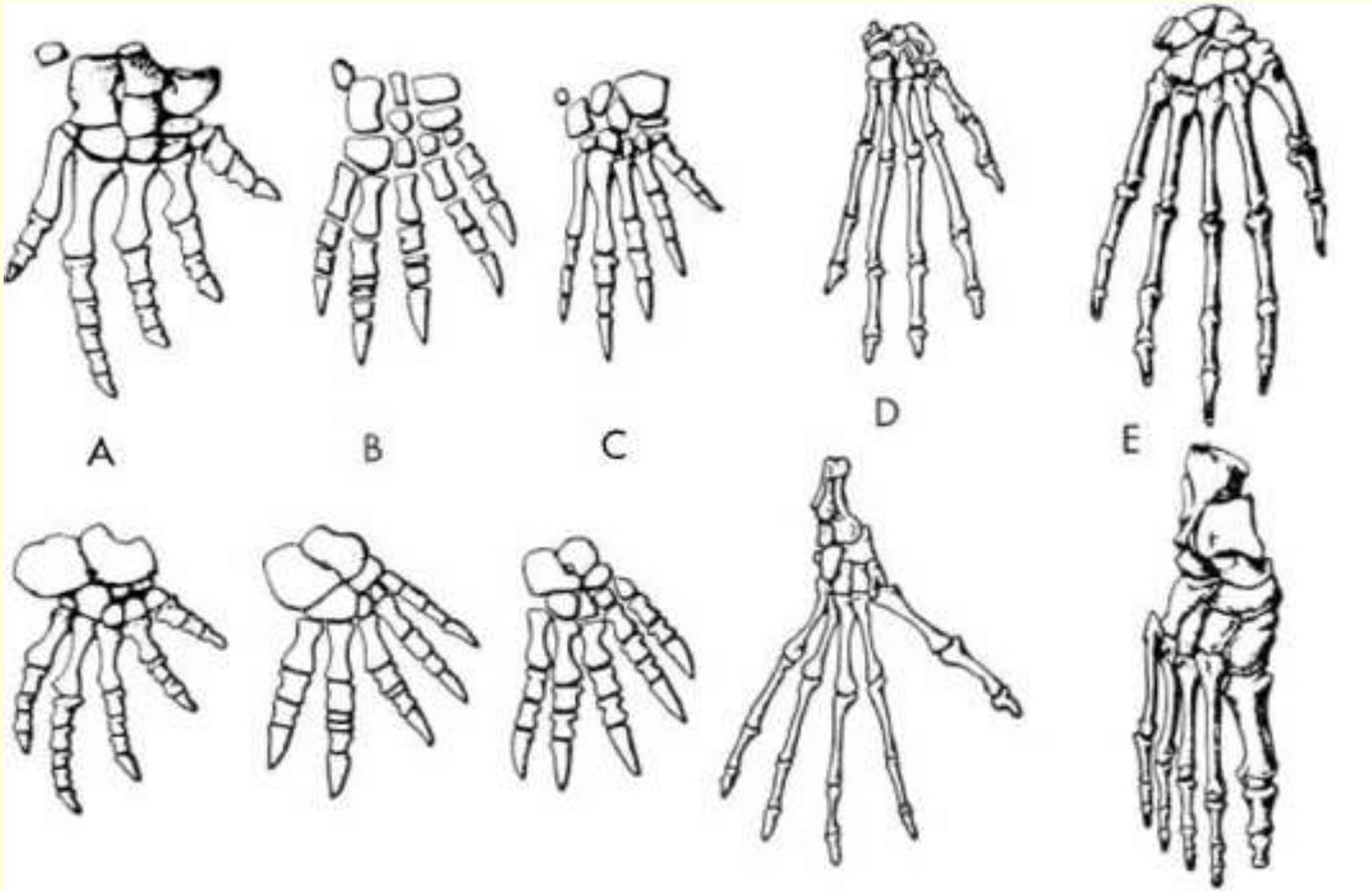
cannon bone

splint bone



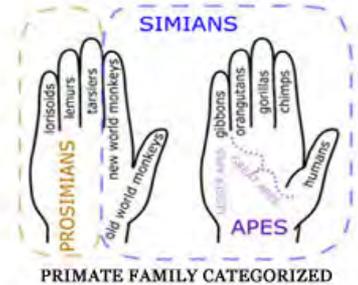
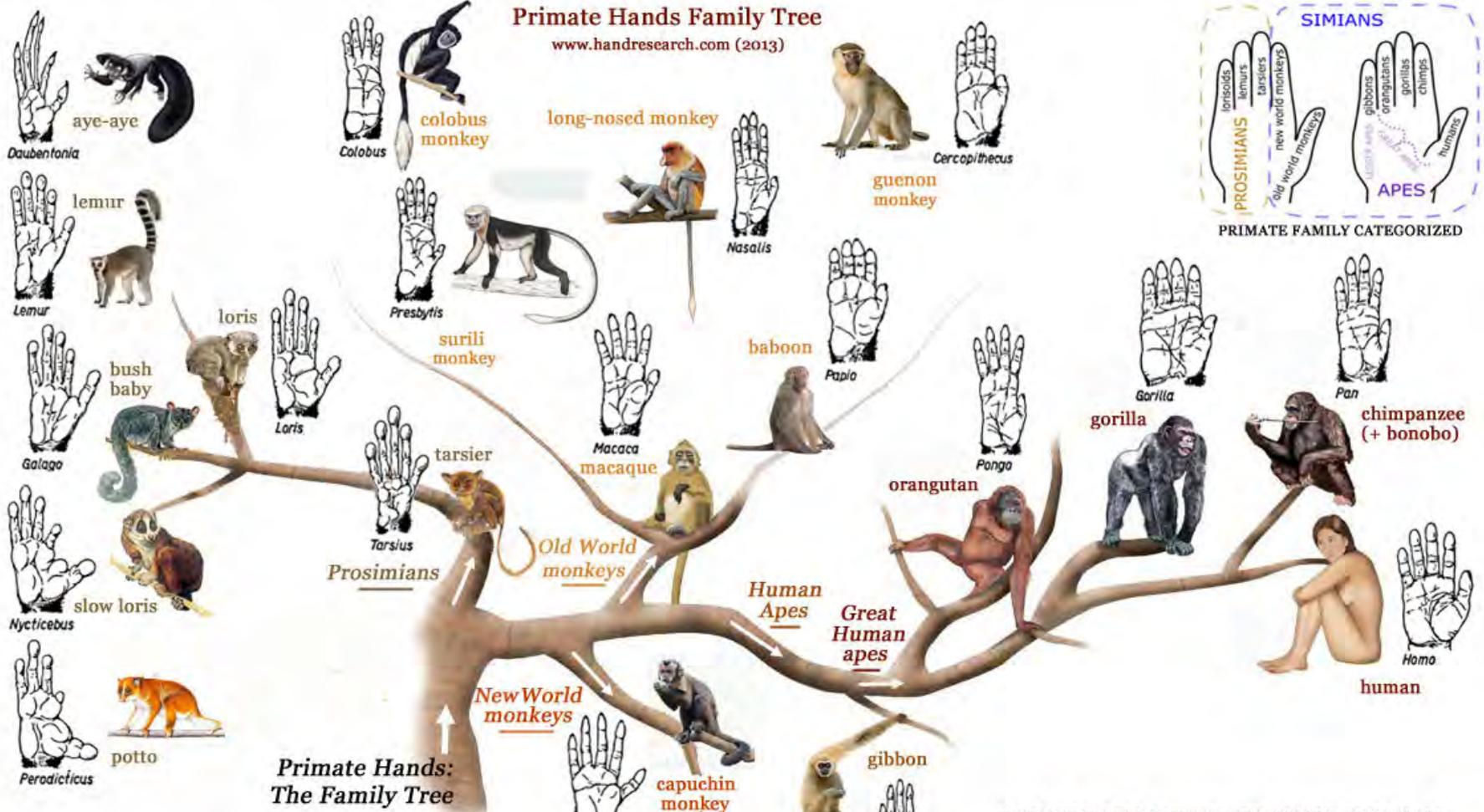
**horse (running)**





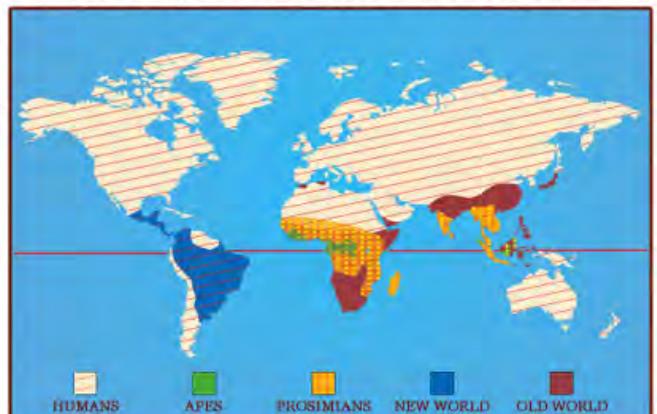
# Primate Hands Family Tree

www.handresearch.com (2013)



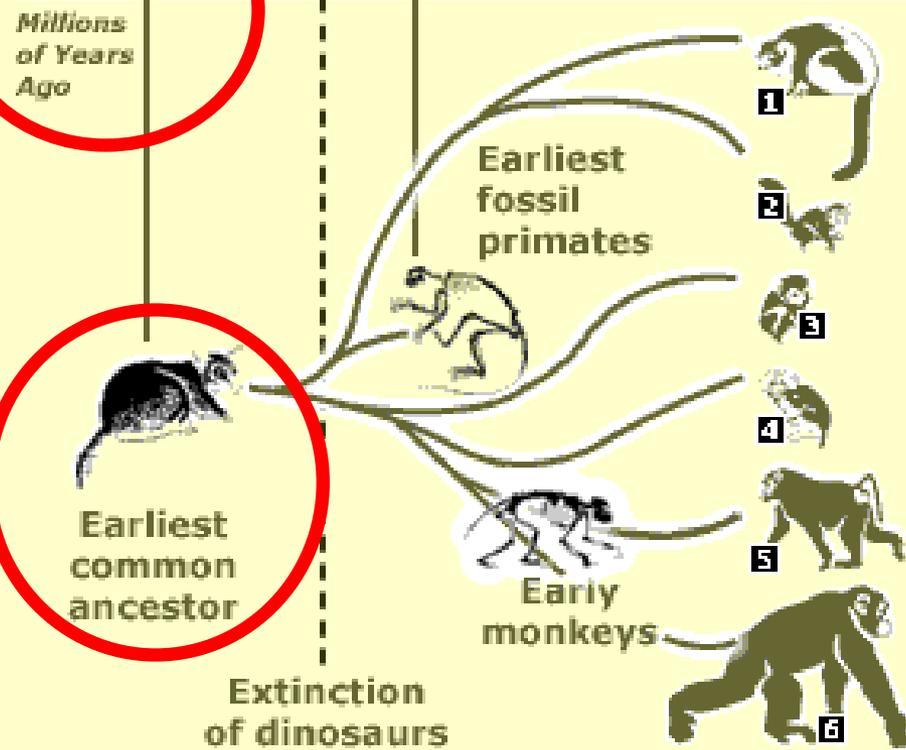
**Primate Hands: The Family Tree**

**PRIMATE FAMILY DISTRIBUTED AROUND THE WORLD**



# New evolutionary tree for primates

Late Cretaceous 98 85 Paleocene 65 55 Today's Primates

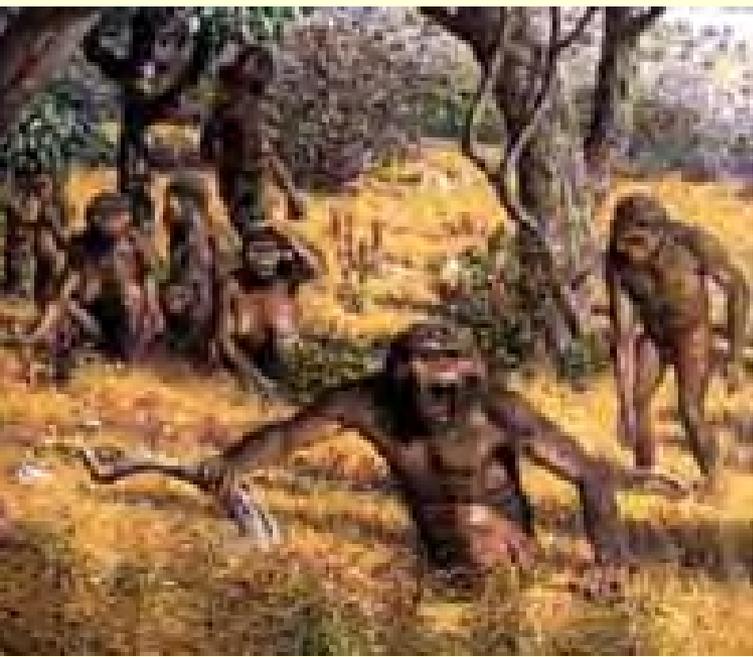
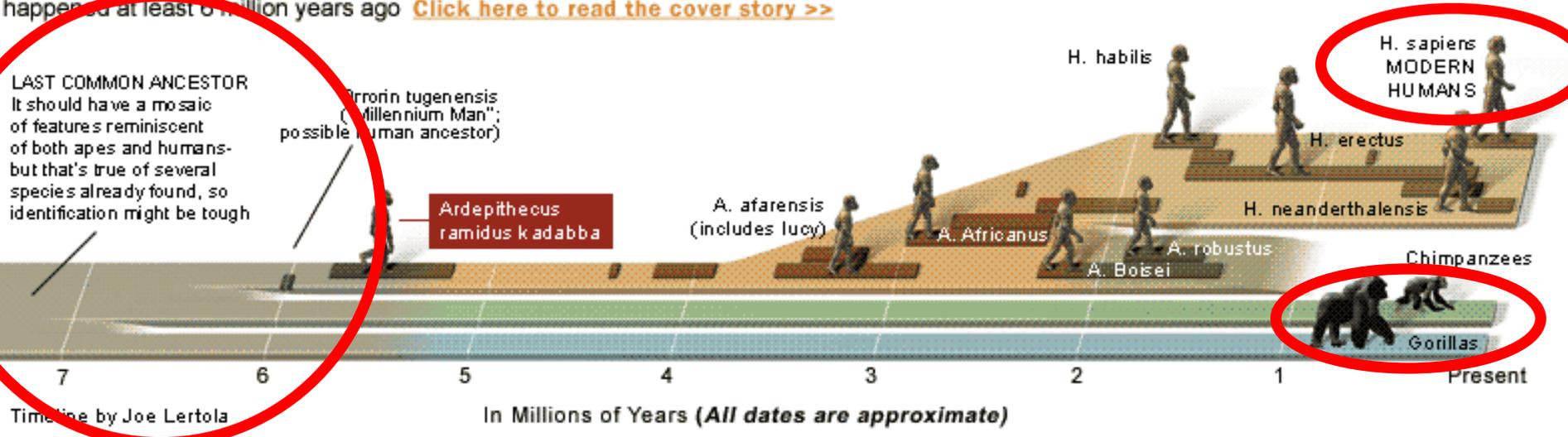


KEY: 1. Lemurs 2. Lorises 3. Tarsiers 4. New World monkeys 5. Old World monkeys 6. Apes & humans

# 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

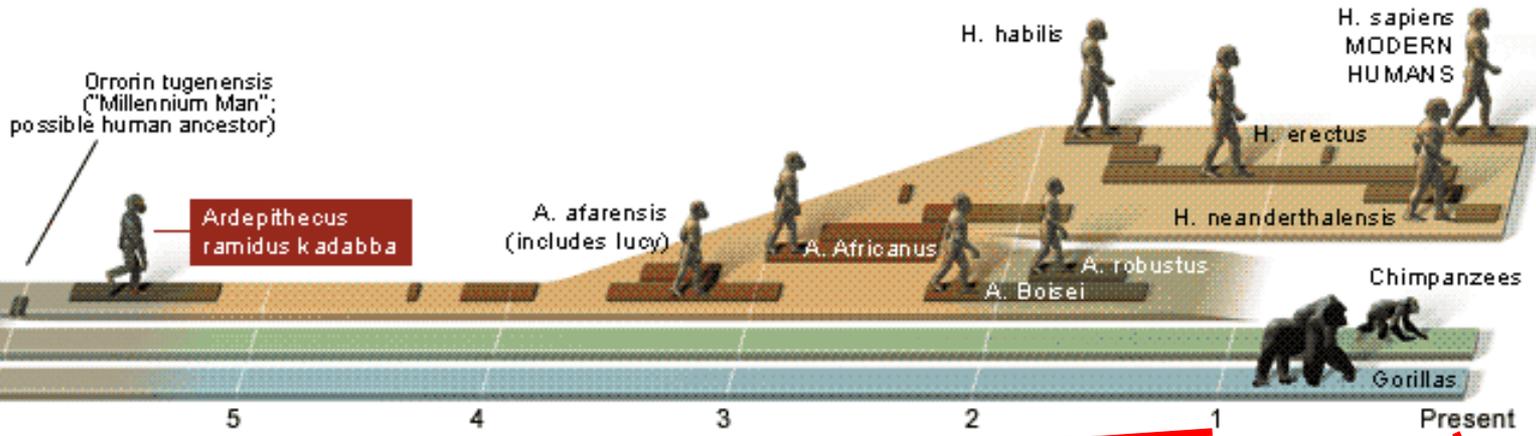


Voir aussi :  
L'hominisation, ou l'histoire de la lignée humaine.  
[http://lecerveau.mcgill.ca/flash/capsules/histoire\\_bleu03.html](http://lecerveau.mcgill.ca/flash/capsules/histoire_bleu03.html)

# A WALK THROUGH HUMAN EVOLUTION

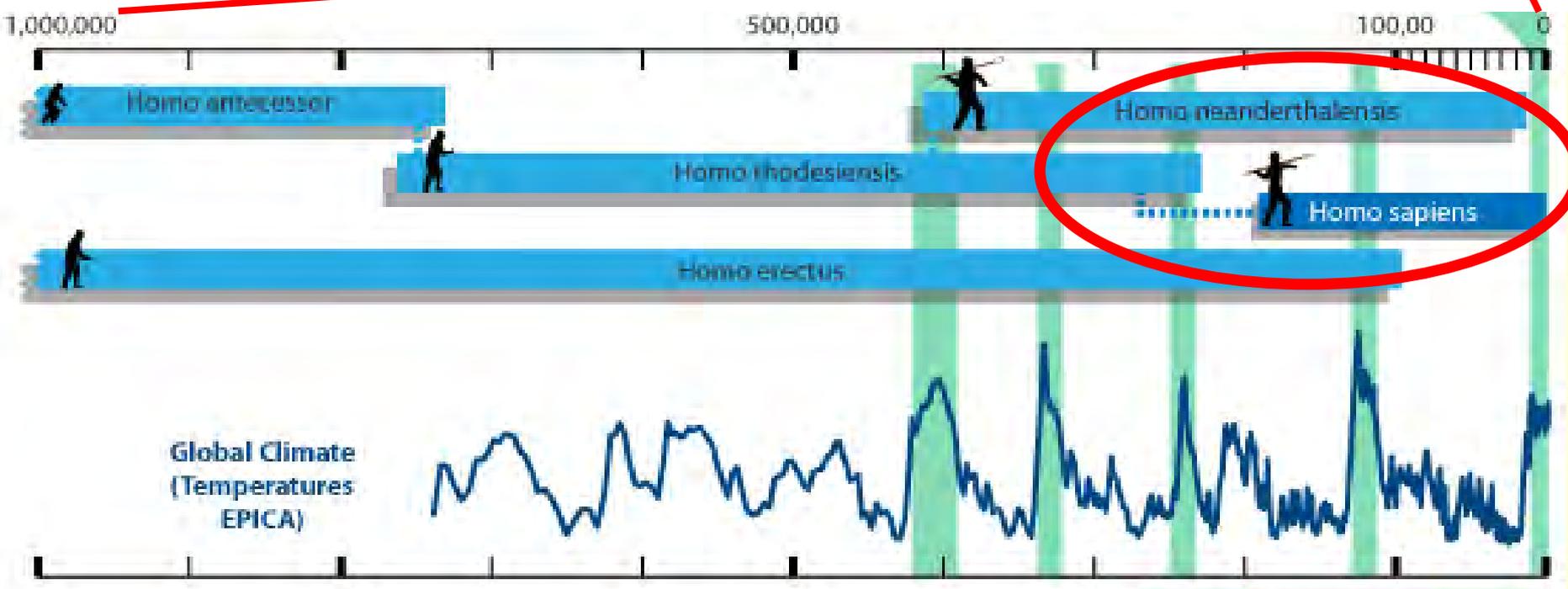
The newest fossils have brought scientists tantalizingly close to the time when humans first walked upright—splitting off from the chimpanzees. Their best guess now is that it happened at least 6 million years ago [Click here to read the cover story >>](#)

**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)



1,000,000

500,000

100,000

0

Homo antecessor

Homo rhodesiensis

Homo erectus

Homo neanderthalensis

Homo sapiens

Global Climate  
(Temperatures  
EPICA)

## Les révélations du génome néandertalien

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

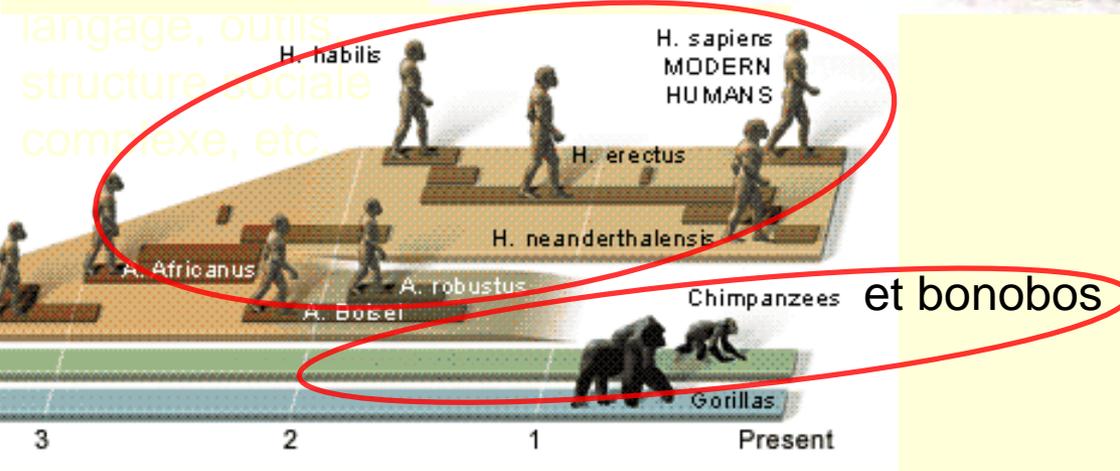
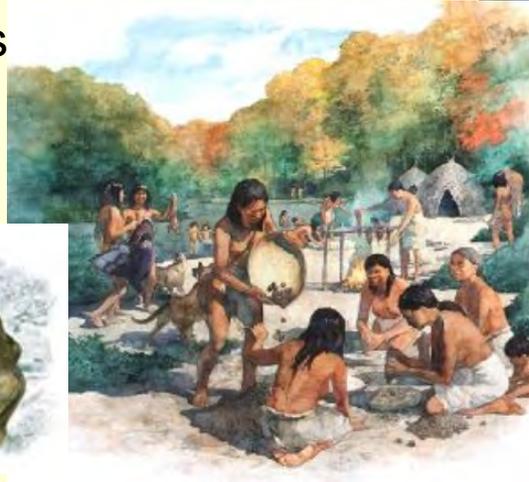
Il semble par exemple maintenant à peu près certain, suite aux résultats obtenus en **décembre 2013**, que **certains de nos ancêtres Homo sapiens se sont reproduits avec des néandertaliens**, une question qui demeurait débattue jusqu'alors.

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



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?**

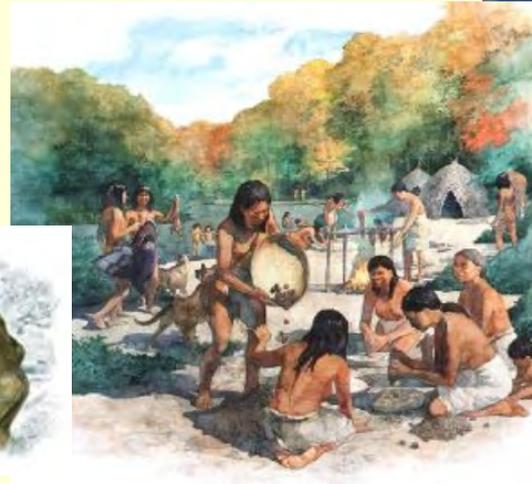
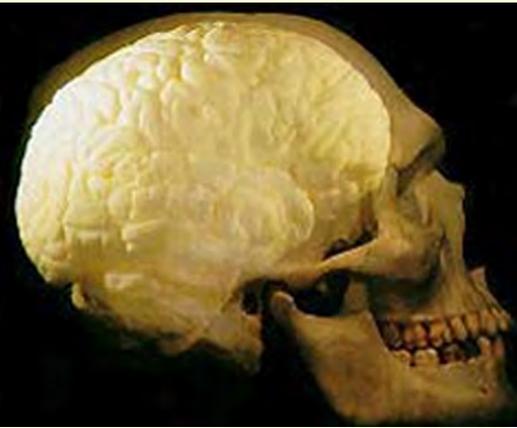
War, violence & **MEN** rule

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.



## L'expansion cérébrale

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

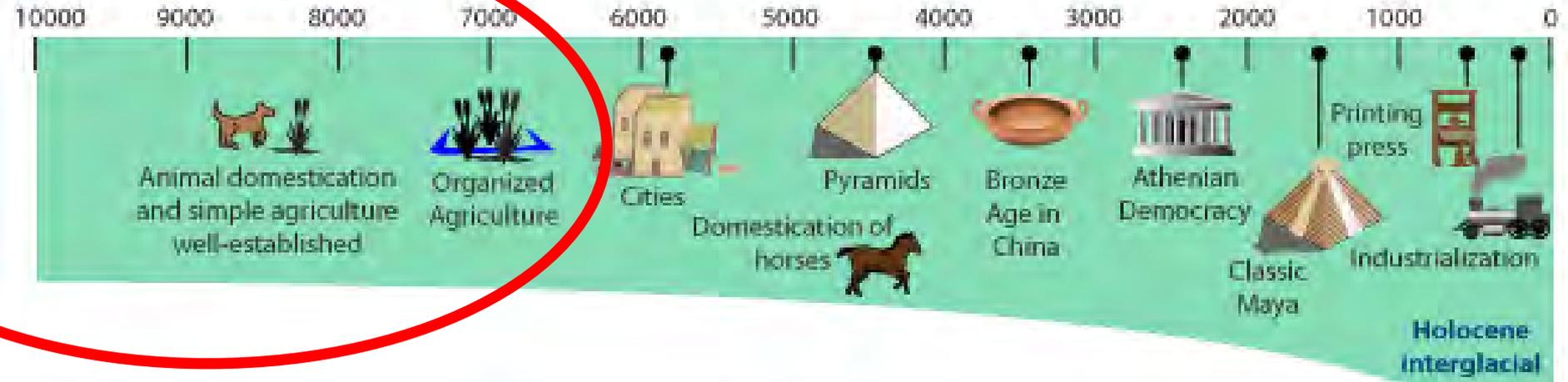


## À garder à l'esprit :

L'augmentation du volume cérébral humain est survenue durant sensiblement la même période que l'explosion de nos capacités cognitives, mais sans en être nécessairement responsable étape par étape

# Global Climate, Human Evolution and Civilization

Years before present (1950)



**franceinter** par Jean-Claude Ameisen  
le samedi de 11h05 à 12h  
**sur les épaules de Darwin**

accueil  
.....  
écoutez le direct  
.....  
programmes  
.....  
émissions  
.....  
chroniques



## A la découverte de Neandertal en nous...

<http://www.franceinter.fr/player/reecouter?play=879632>

## Apprivoiser la nature

<http://www.franceinter.fr/emission-sur-les-epaules-de-darwin-apprivoiser-la-nature>

## Aux origines de l'agriculture

<http://www.franceinter.fr/emission-sur-les-epaules-de-darwin-aux-origines-de-lagriculture>

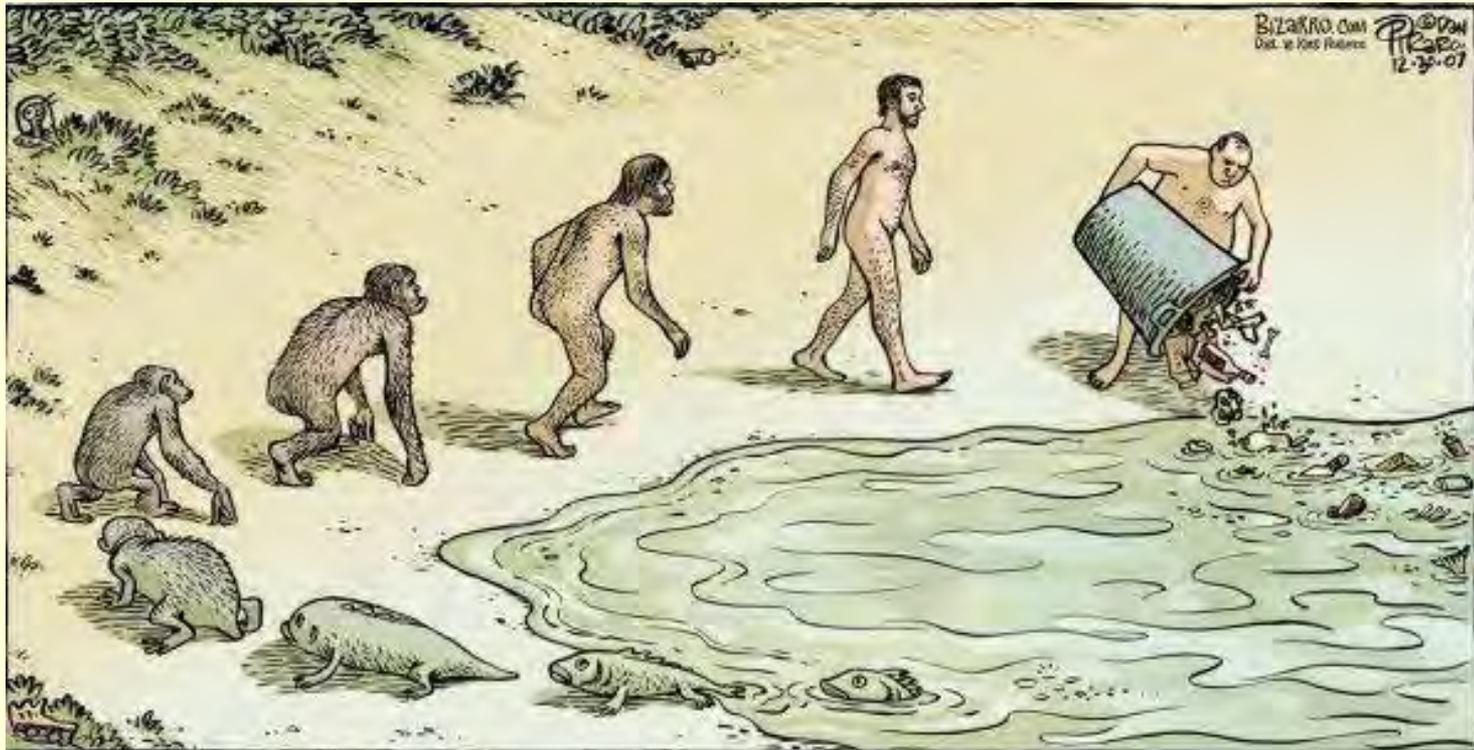
## Co-évolution gène-culture

Exemple classique : la pratique culturellement transmise de l'élevage qui a favorisé la transmission d'allèles de gènes pour la **tolérance au lactose** dans certaines populations humaines.

Des centaines de gènes humains **évoluent probablement encore** en réponse à une pression sélective venant de pratiques culturelles...

Le cerveau humain actuel s'inscrit donc dans **une longue évolution**

qui a mené, comme on le sait, au « summum de l'intelligence »...



**Et si le politicien descendait bel et bien du singe...**

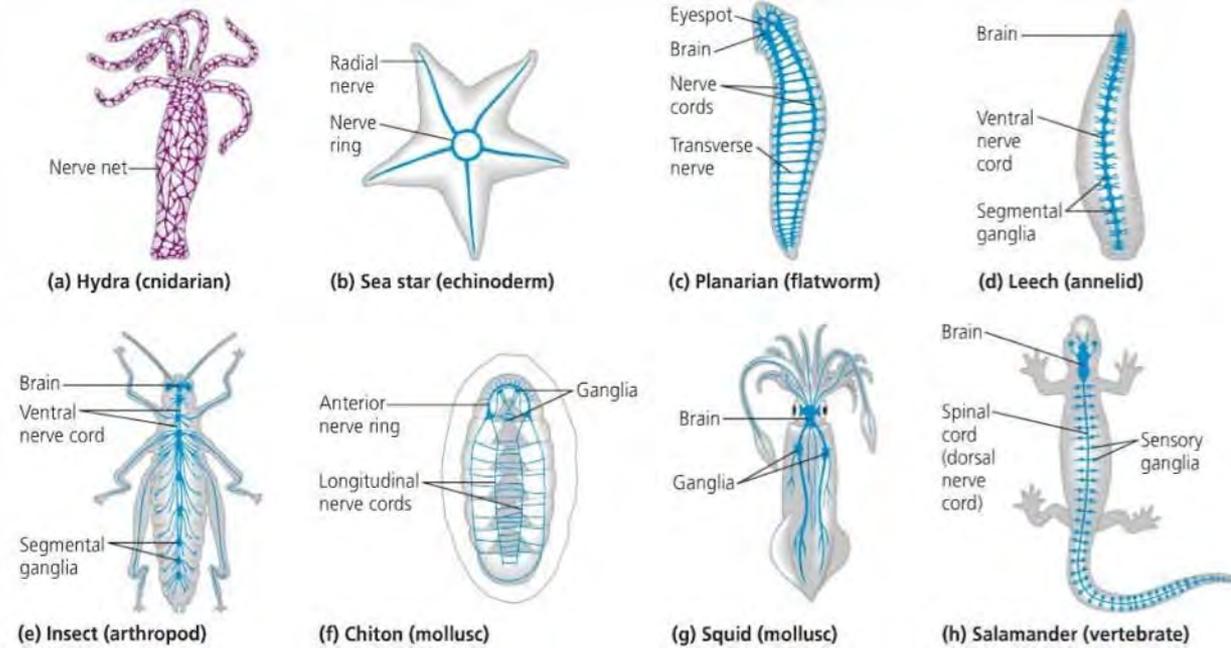
<http://www.ledevoir.com/societe/science-et-technologie/342191/et-si-le-politicien-descendait-bel-et-bien-du-singe>

Comment expliquer la forme particulière du cerveau humain ?

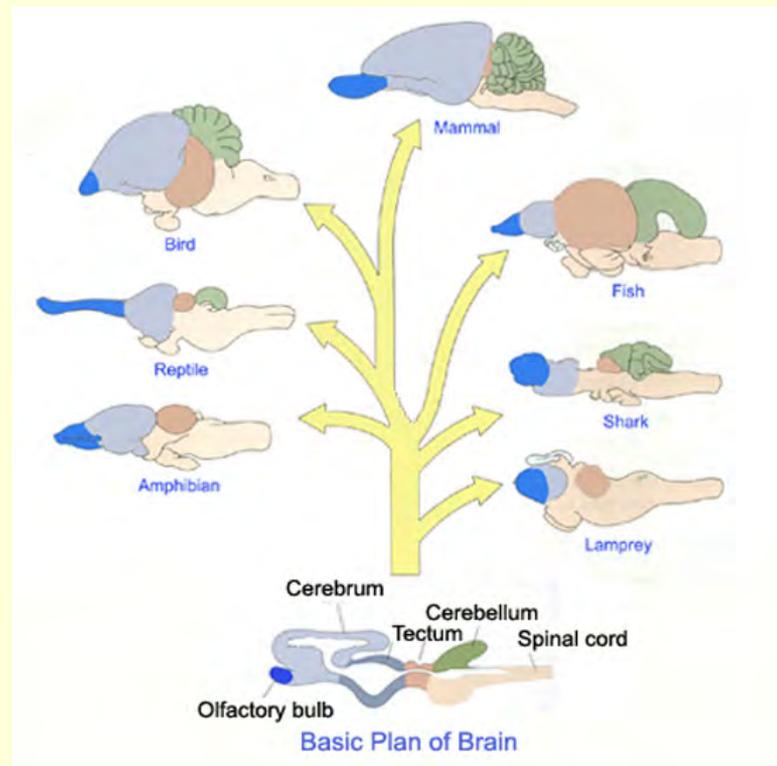


**(« Rien en biologie n'a de sens, si ce n'est à la lumière de l'évolution »...)**

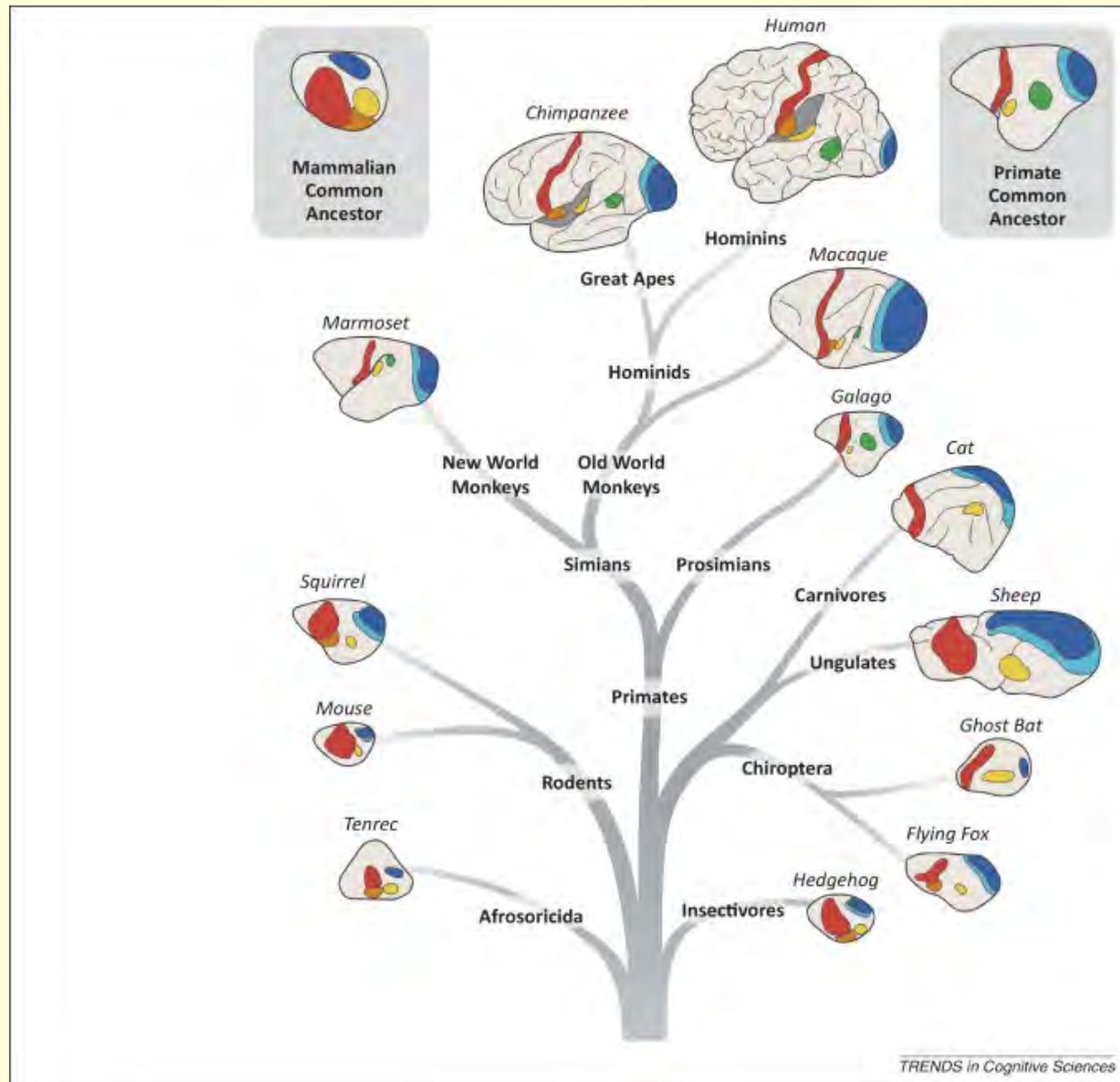
Constatons d'abord que chez les **invertébrés** la forme du système nerveux est **lié à la forme générale du corps**, à la diversité des organes sensoriels, au mode de vie et à la variété des comportements.



Chez les **vertébrés**, la **céphalisation** s'accroît généralement en allant des groupes les plus anciens (poisson) aux groupes les plus récents (mammifères).



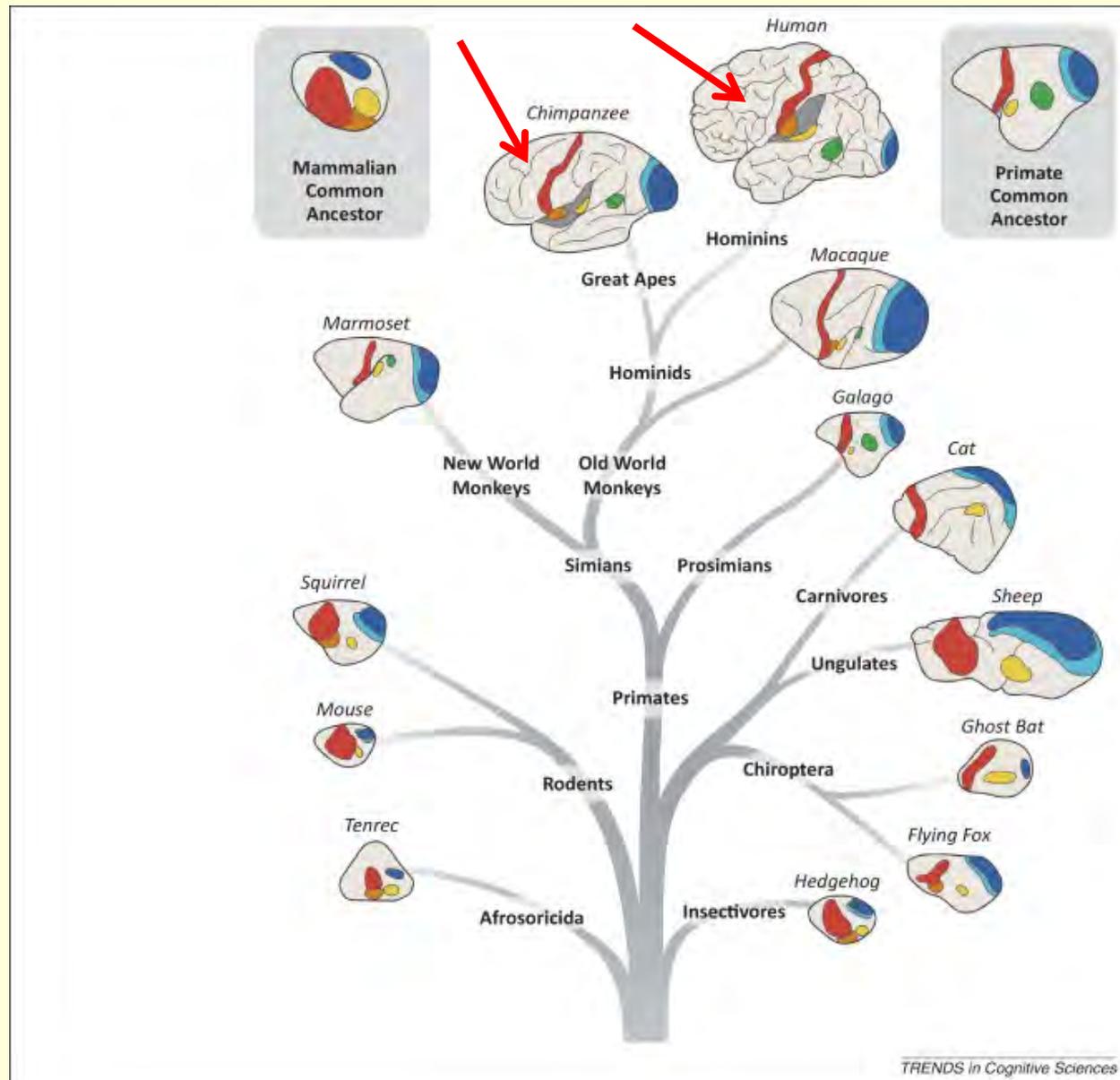
**Certaines aires corticales ont été conservées** durant toute l'évolution des mammifère (par exemple l'aire visuelle **V1**, en bleu ici).

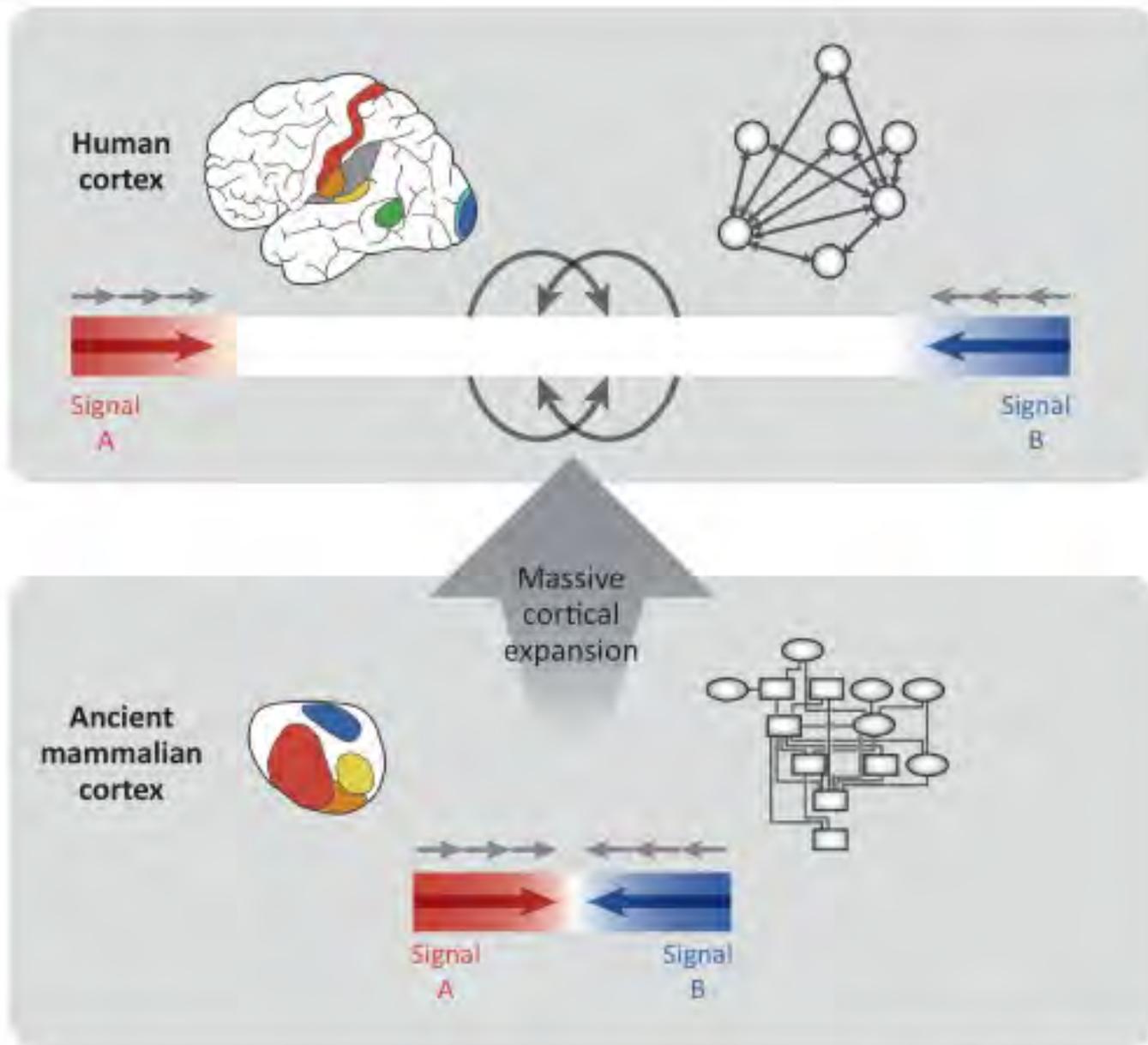


Le cerveau humain garde encore la trace du prototype de l'ancien cerveau de mammifère et de celui des primates.

Mais on observe aussi une tendance du cortex associatif à **occuper de plus en plus de surface corticale** à mesure que l'on s'élève dans l'arbre phylogénétique des mammifère.

(les « interneurones »...)

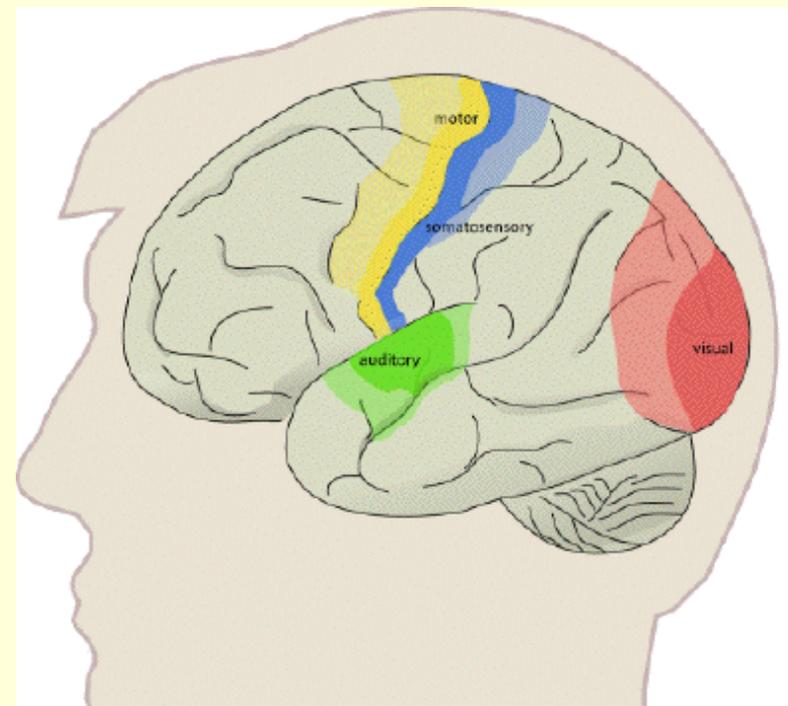
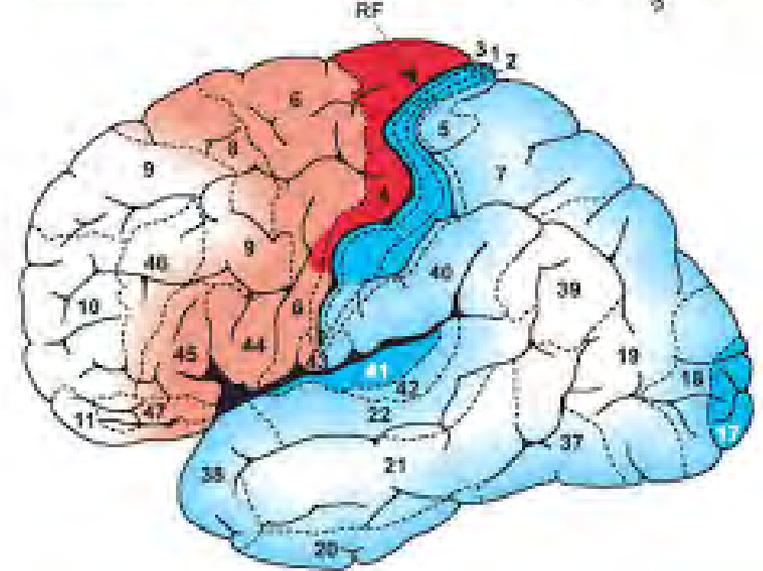


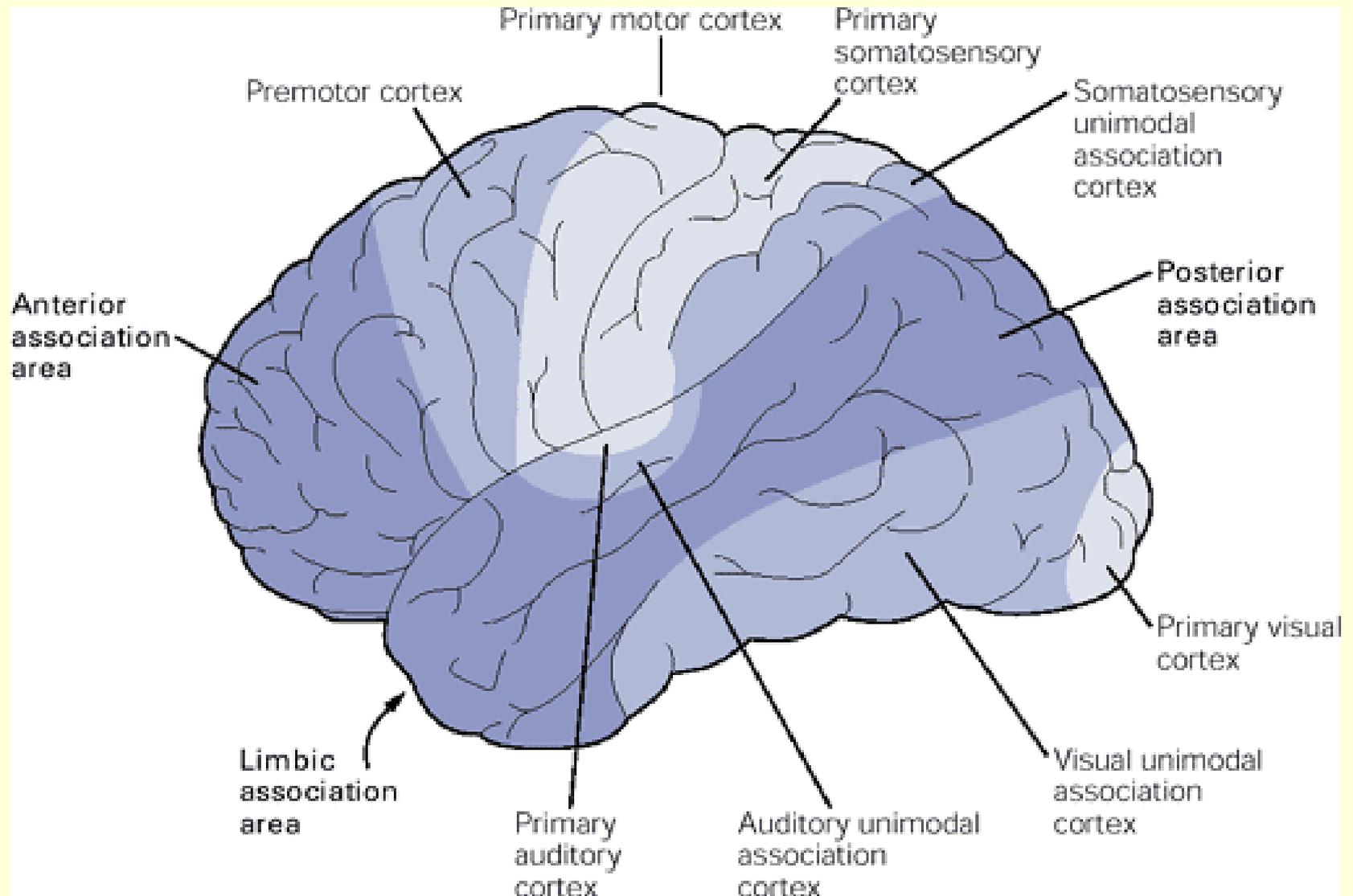


Qu'entend-on exactement par **cortex associatif** ?

Simplement des régions du cortex qui ne sont **ni sensorielles**  
**ni motrices**

mais qui sont impliquées dans ce qu'on appelle nos **“fontions supérieures”** (langage, conscience, imagination, etc.)





Peut-on dire qu'il existe une relation entre la **taille absolue** du cerveau et une certaine « complexité comportementale » ?

**Non**, puisque les cerveaux d'éléphants, de baleines ou de dauphins sont 4 à 5 fois plus gros que le cerveau humain et que l'on s'accorde tout de même pour dire que leur comportement est moins complexe que celui des humains.

Il faut donc considérer **la taille du cerveau en relation avec la taille du corps de l'animal** qui rend compte de 85 % de la variance de la taille du cerveau chez les mammifères.

Car une grande surface corporelle demande inévitablement de plus grandes aires sensorielles par exemple...

Lorsqu'on pondère pour la taille de l'animal, on constate qu'il y a **effectivement une relation entre la taille du cerveau et la complexité des comportements.**

—  
1 cm

—

Rat

—

Lapin

—

Chat



Mouton



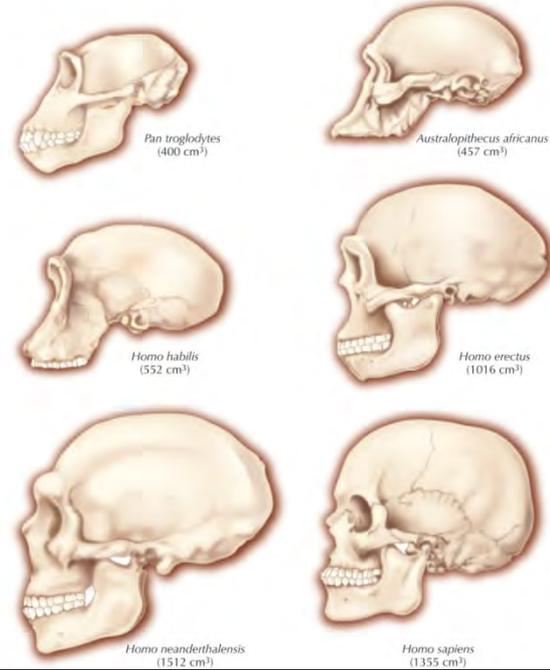
Chimpanzé



Homme



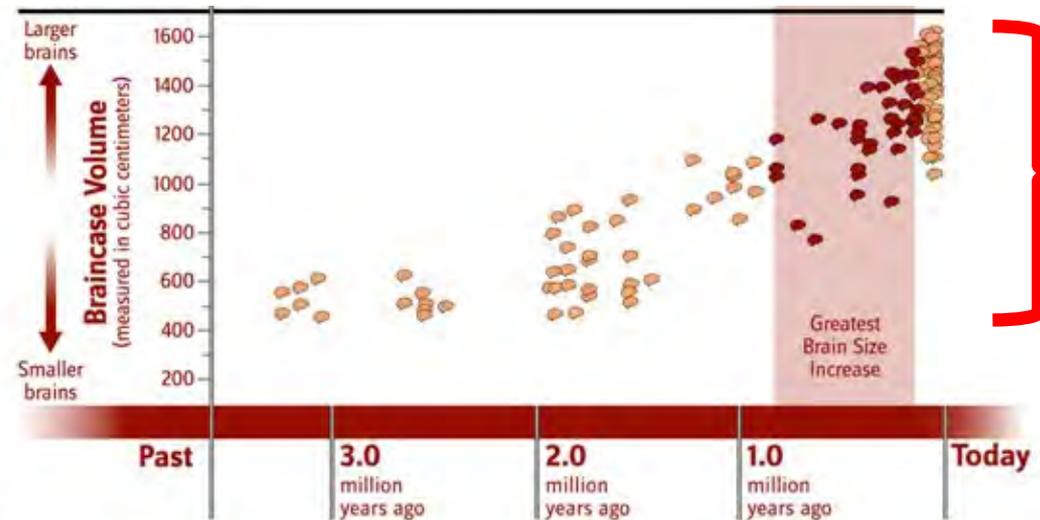
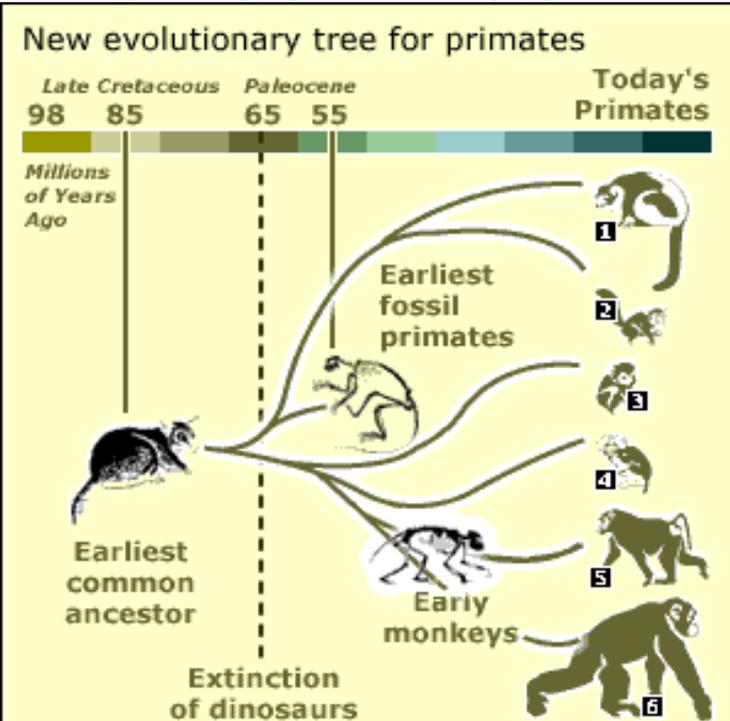
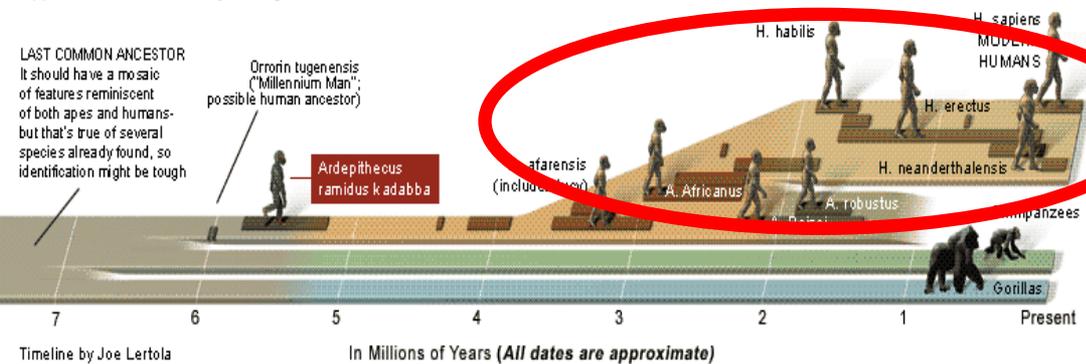
Dauphin



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.

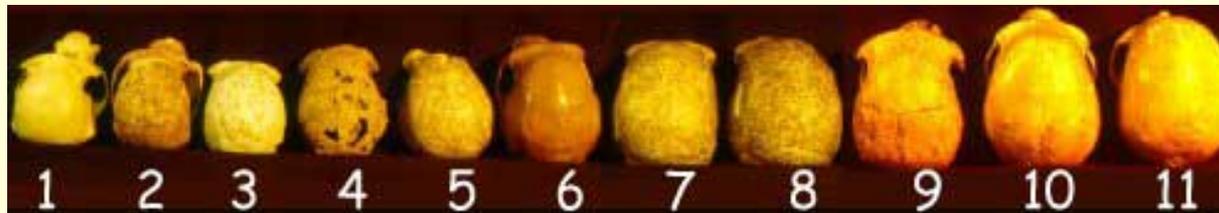
Plusieurs hypothèses pouvant avoir agi de concert sont encore débattues pour expliquer l'origine de cette expansion cérébrale spectaculaire :

la **fabrication d'outils** (car elle nécessite précision motrice, mémoire et planification);

la **chasse** (suivre et prédire le parcours du gibier est facilité par la mémoire fournie par un gros cerveau);

les **règles sociales complexes** (un plus gros cerveau aide à assimiler des conduites sociales complexes);

le **langage** (plusieurs pensent qu'il s'agit d'une adaptation survenue très tôt chez les hominidés).

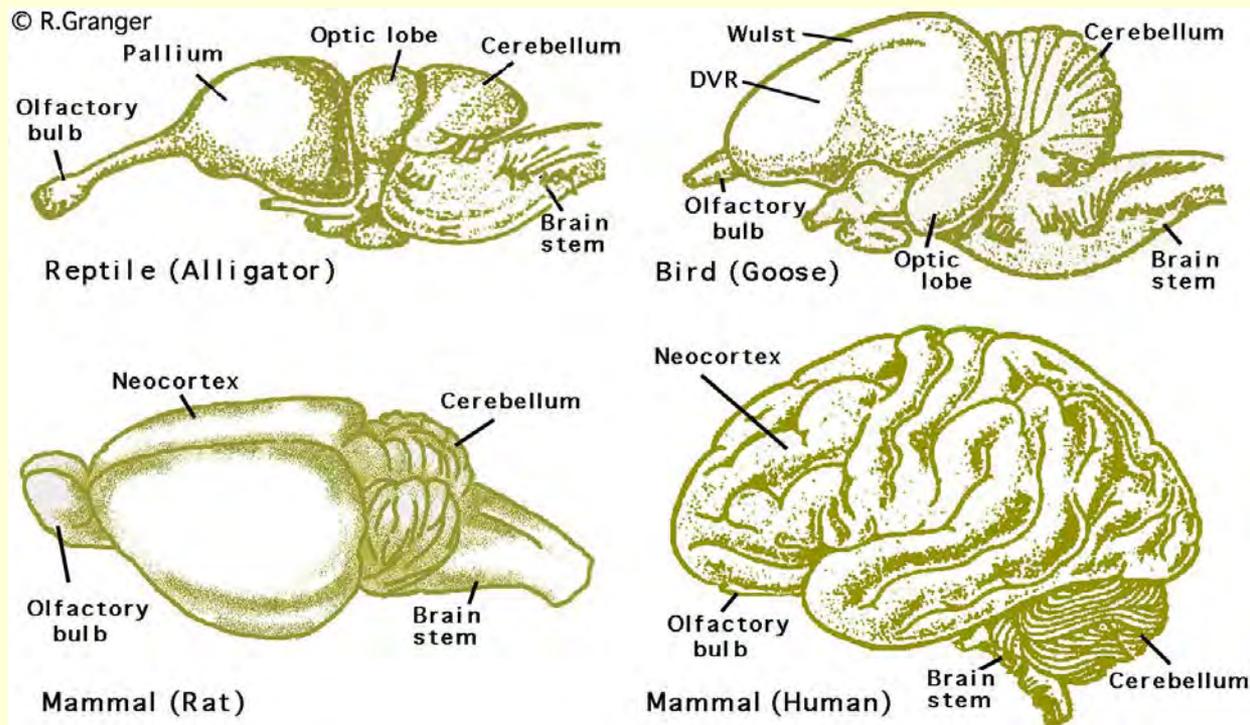


1 Chimpanzé 2 A. africanus 3 H. habilis 4 KNM-ER 1470 5 Homme de Java 6 Homme de Pékin 7 H. saldensis 8 H. saldensis 9 « Broken Hill » 10 Homme de Néanderthal 11 H. sapiens sapiens

Comment un **plus gros cerveau** pourrait-il permettre le développement de fonctions cognitives complexes ?

1) par **le nombre de neurones accru** et la combinatoire de connexions qui vient avec;



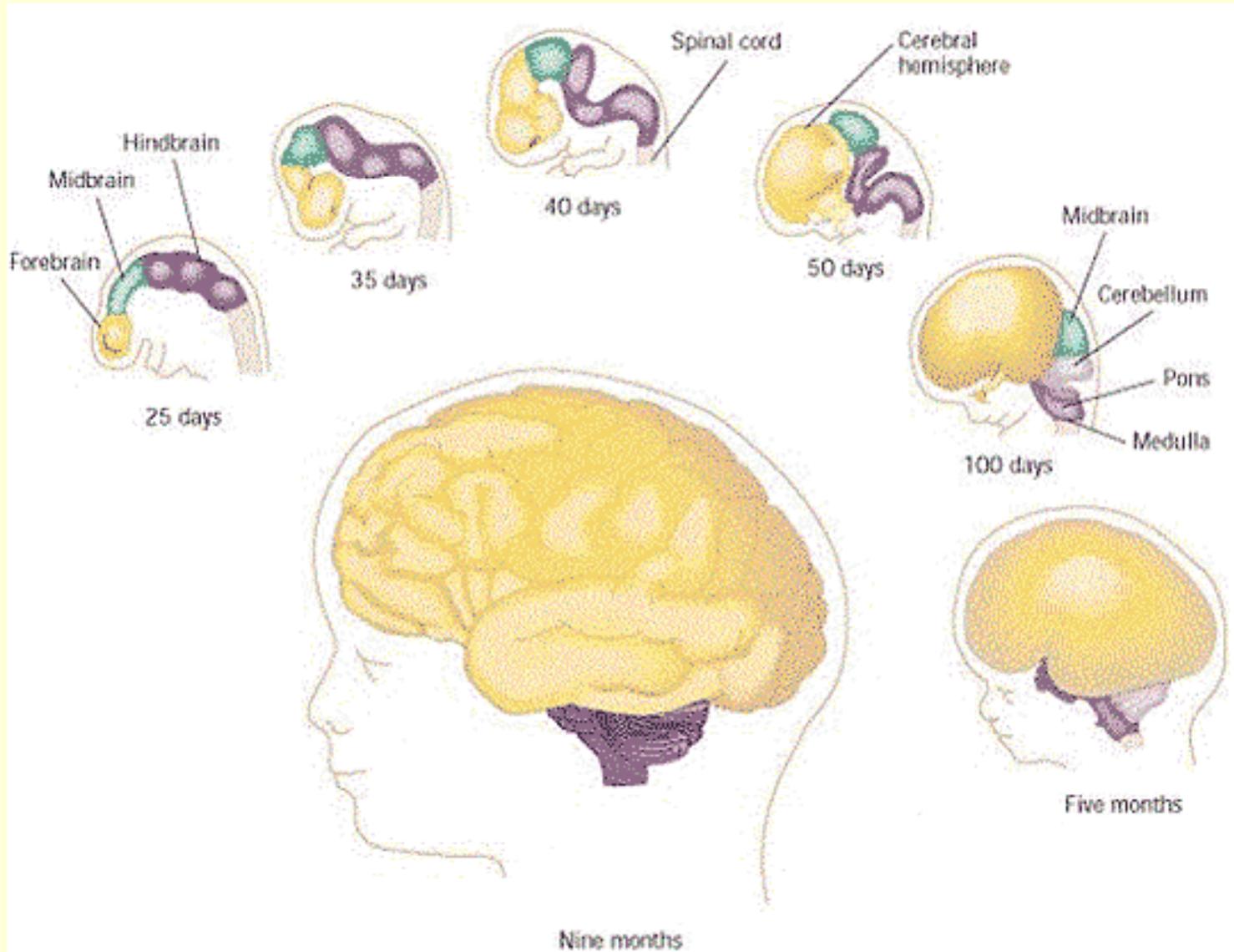


## 2) Par la croissance relative de différentes structure cérébrale

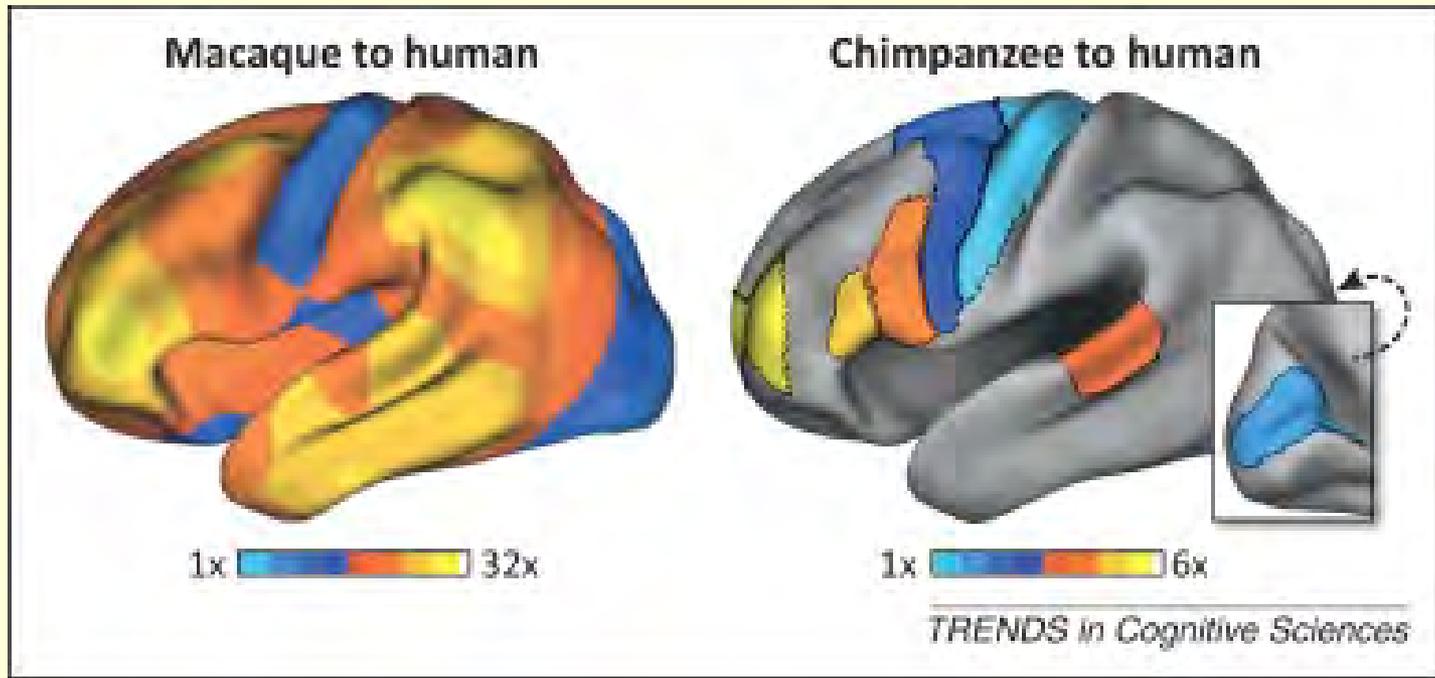
Pour le **cervelet**, impliqué dans la coordination des mouvements musculaires, son poids par rapport au reste du cerveau est remarquablement constant chez tous les mammifères.

À l'opposé, celui du **néocortex** varie grandement selon les espèces. Les poissons et les amphibiens en sont complètement dépourvus, tandis que le néocortex représente **20 % du poids du cerveau d'une musaraigne et... 80 % de celui de l'humain !**

# Développement du cortex dans le cerveau humain

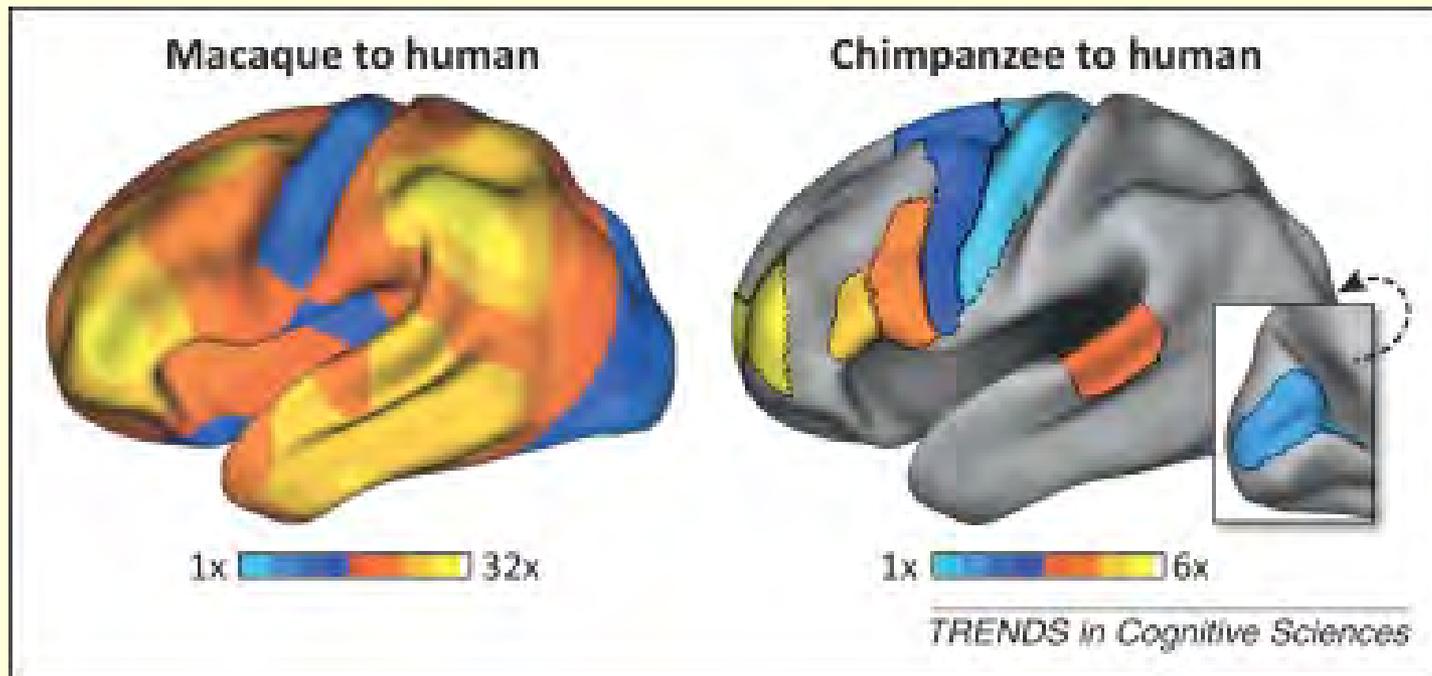


C'est durant la transition des primates à l'humain que le **néocortex s'est le plus développé**.



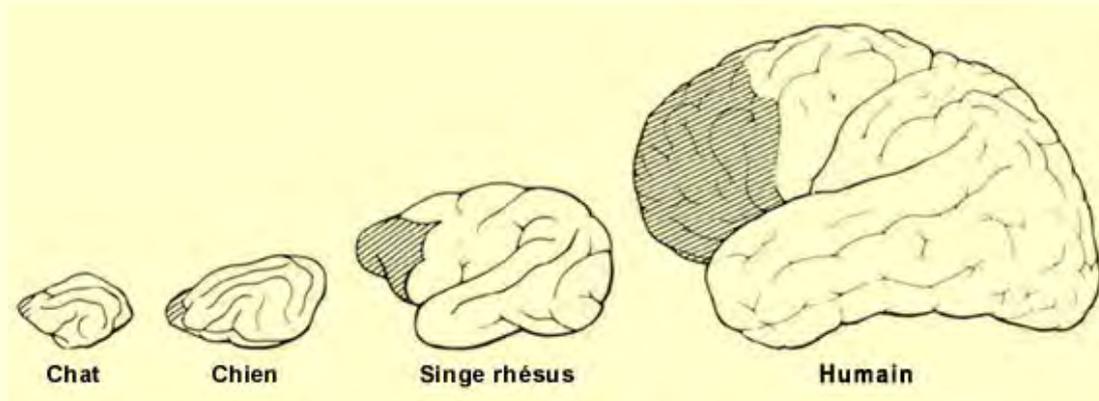
Les couleurs représentent ici la valeur de l'augmentation de surface nécessaire pour que chaque région soit transposée du cerveau de **macaque** et du cerveau de **chimpanzé** au **cerveau humain**.

(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).



Donc : les aires associatives distribuées subissent une **expansion disproportionnée chez l'humain** (dans les lobes temporaux, pariétaux et frontaux) par rapport au macaque et, dans une moindre mesure, au chimpanzé.

Bien que cortex cérébral humain ait **trois fois la taille** de celui du chimpanzé, la taille absolue des cortex sensoriels primaires est presque équivalente entre les deux espèces.



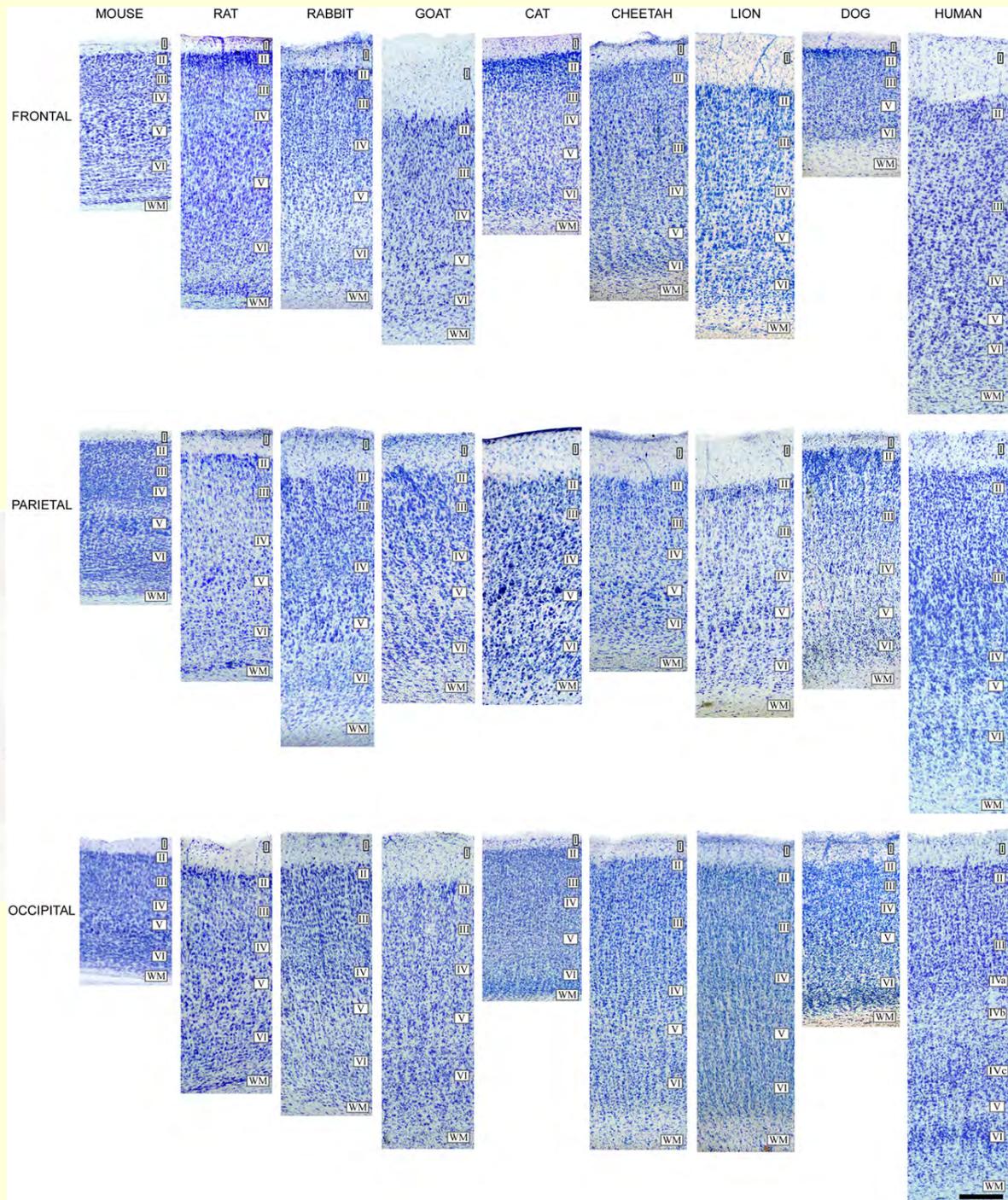
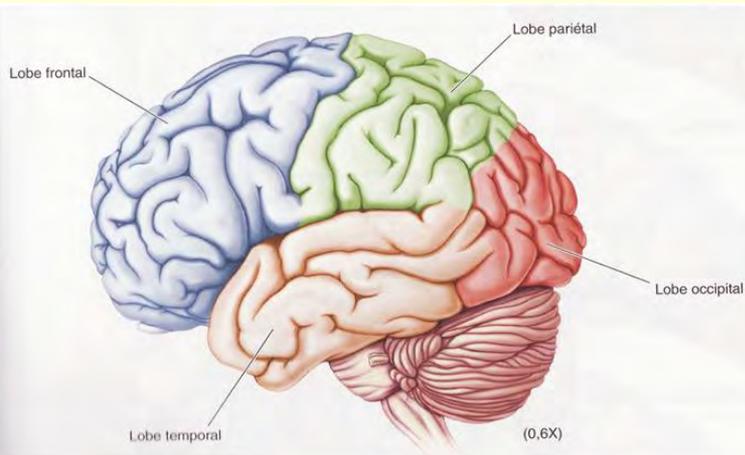
Ce dernier point rappelle la **mauvaise conception du cortex préfrontal** comme **l'épicentre** de l'expansion corticale chez les hominidés.

C'est vrai qu'il prend beaucoup d'expansion, mais les cortex temporaux et pariétaux aussi,

ce qui suggère plutôt une **augmentation coordonnée de l'ensemble de ces régions**.

# Niveau cellulaire :

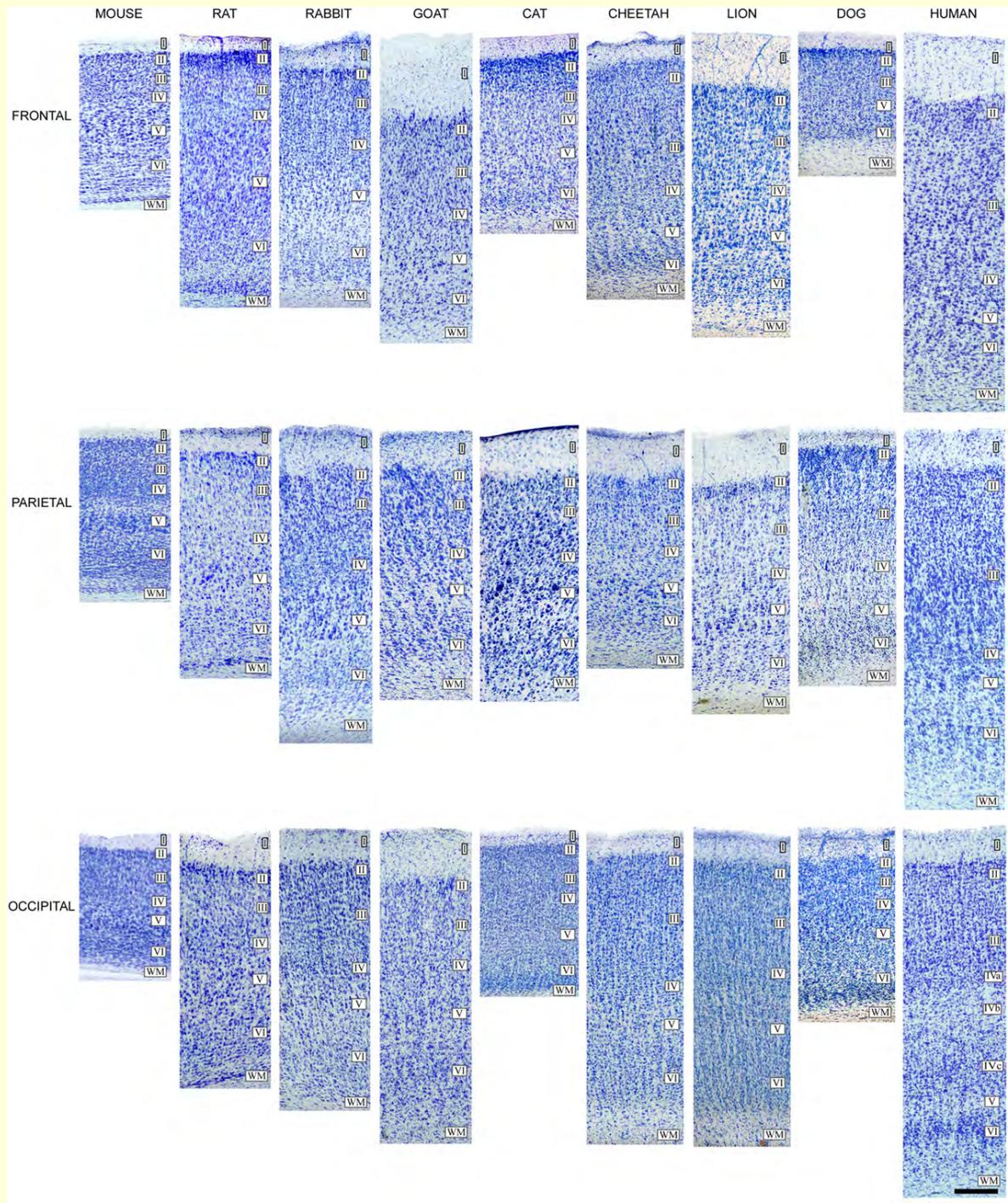
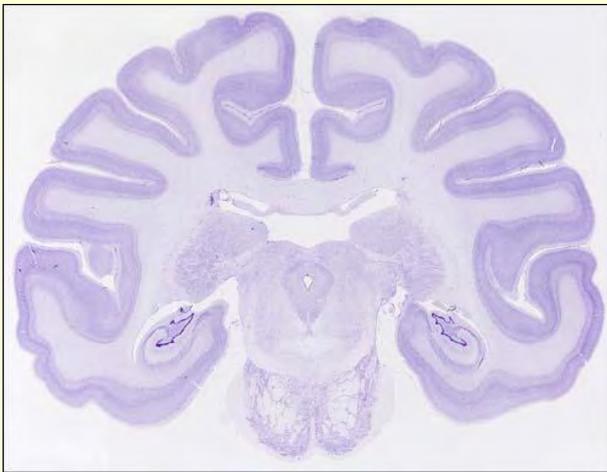
Au cours de l'évolution, le cortex cérébral a augmenté de façon considérable sa **surface** mais très peu son **épaisseur**.



# Niveau cellulaire :

Au cours de l'évolution, le cortex cérébral a augmenté de façon considérable sa **surface** mais très peu son **épaisseur**.

On observe ainsi que le cortex humain est **15 % plus épais** que celui du **macaque**, mais qu'il a une surface au moins 10 fois plus grande.

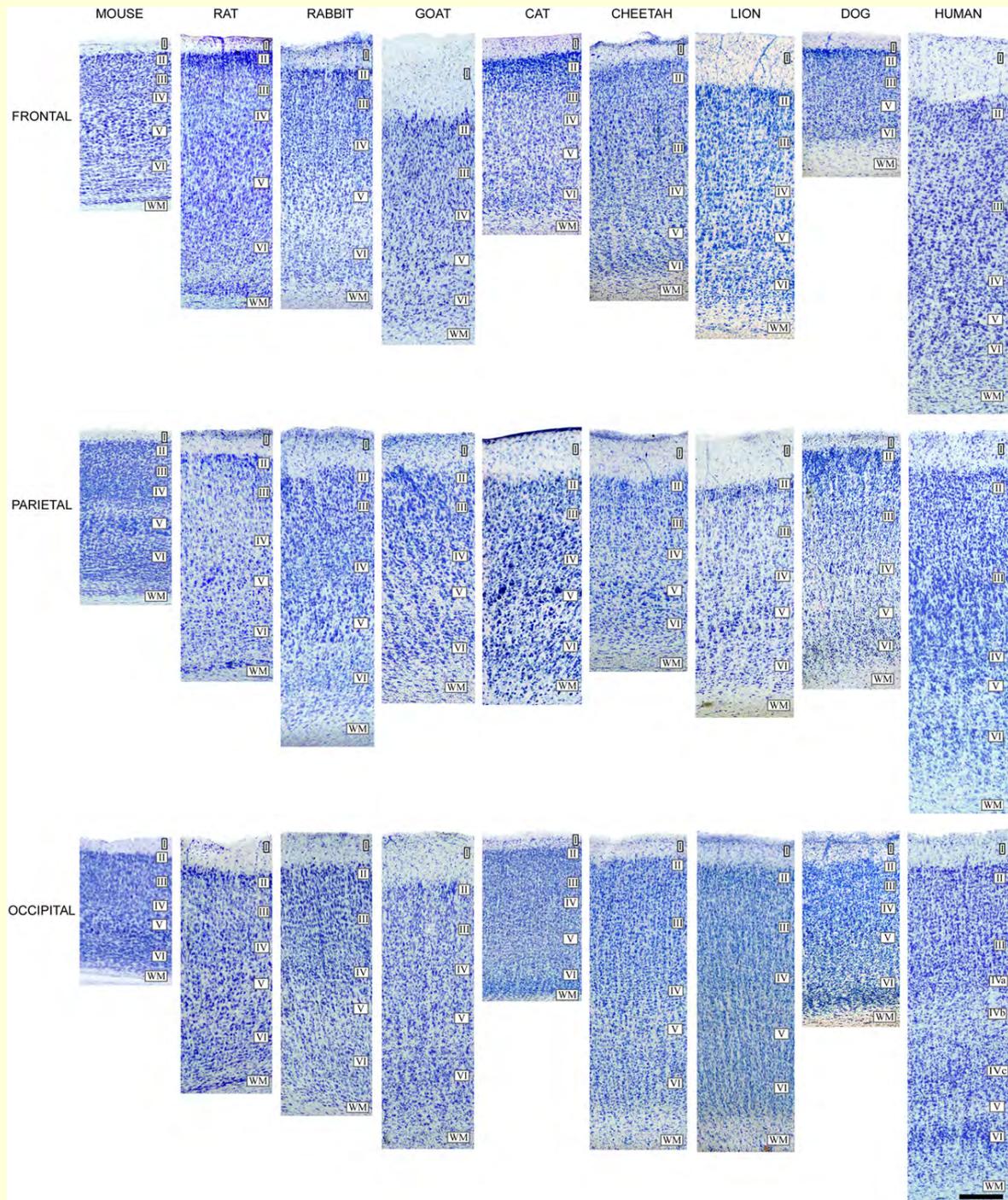


# Niveau cellulaire :

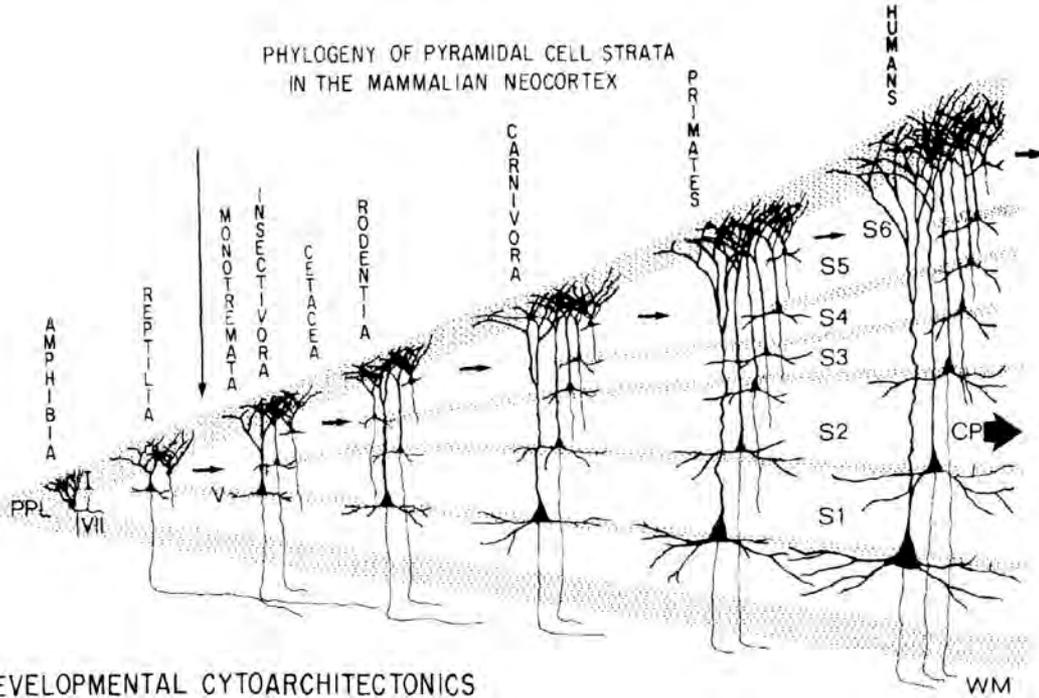
Au cours de l'évolution, le cortex cérébral a augmenté de façon considérable sa **surface** mais très peu son **épaisseur**.

On observe ainsi que le cortex humain est **15 % plus épais** que celui du **macaque**, mais qu'il a une surface au moins 10 fois plus grande.

Comparé à la **SOURIS**, l'écart est encore plus marqué : le cortex de l'humain est **deux fois plus épais**, mais environ mille fois plus étendu !

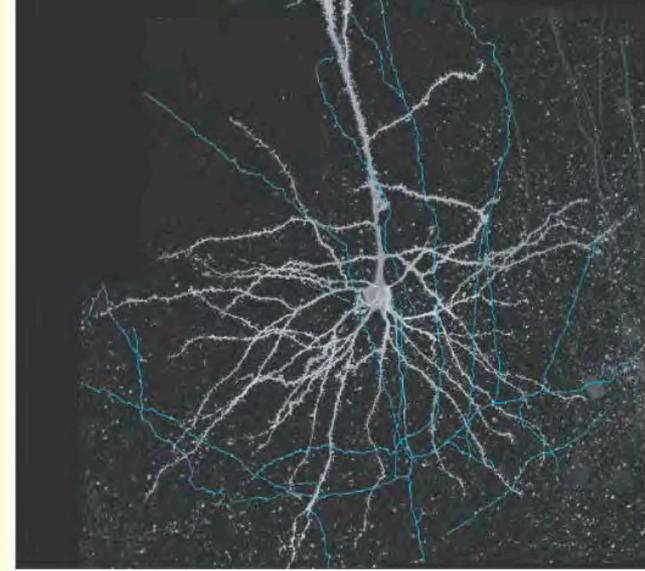


PHYLOGENY OF PYRAMIDAL CELL STRATA  
IN THE MAMMALIAN NEOCORTEX



DEVELOPMENTAL CYTOARCHITECTONICS

<http://brain.oxfordjournals.org/content/134/7/2177/F3.expansion.html>

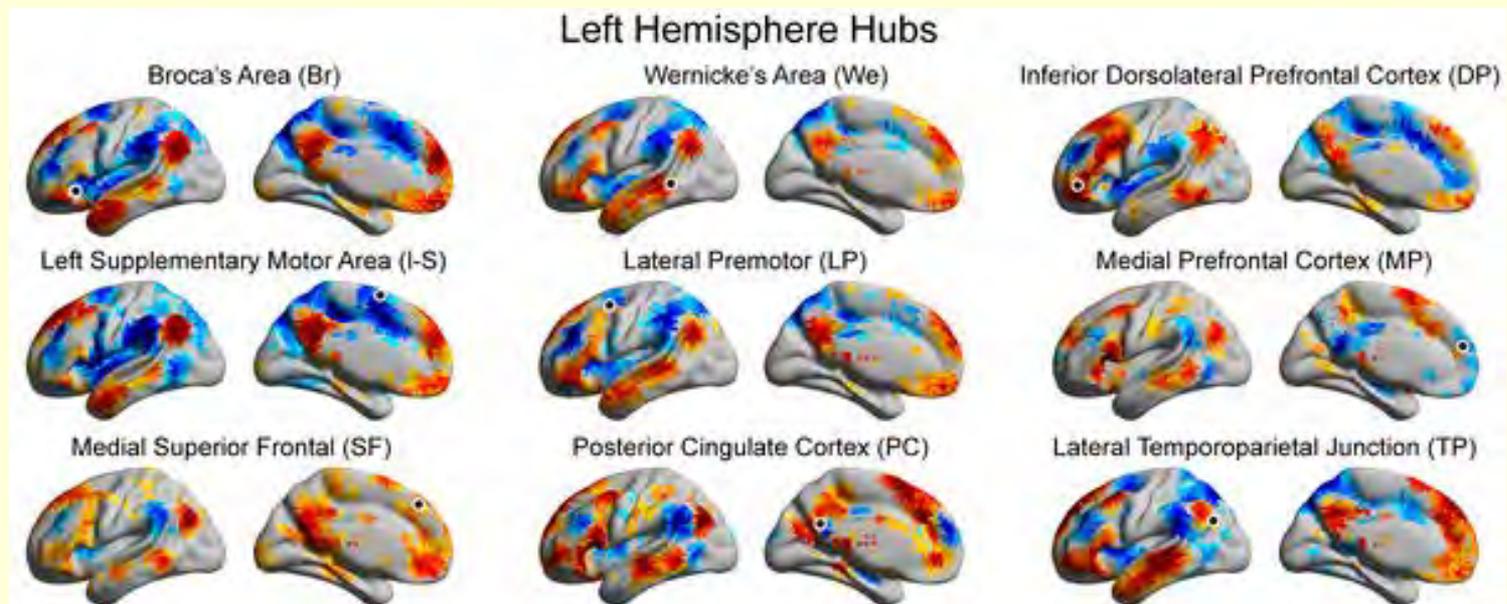


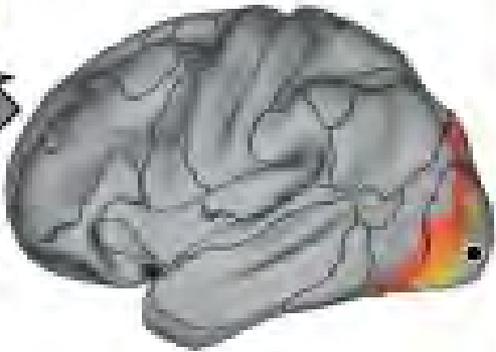
On vient aussi de démontrer que l'arbre dendritique des neurones pyramidaux du cortex préfrontal est **plus élaboré chez l'humain que chez le chimpanzé.**

# D'autres caractéristiques particulières de ces circuits **des aires associatives** ?

La **connectivité fonctionnelle** entre différentes régions du cerveau nous apporte des données intéressantes.

i.e. on enregistre les fluctuations spontanées de l'activité cérébrale on identifie ainsi des régions qui ont naturellement tendance à « **travailler ensemble** ».



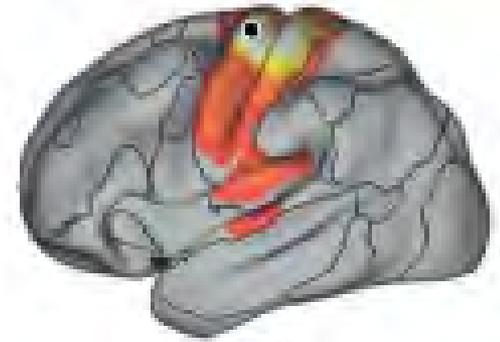


Visual

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

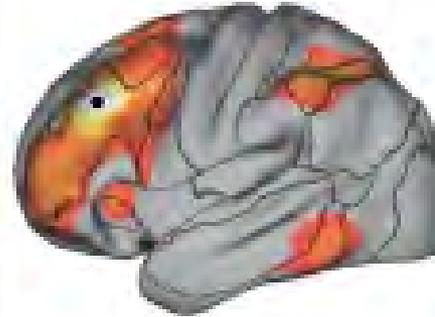


Les réseaux associatifs, qui constituent une part importante du cortex humain, comme le réseau par défaut, le réseau de contrôle, et le réseau de saillance

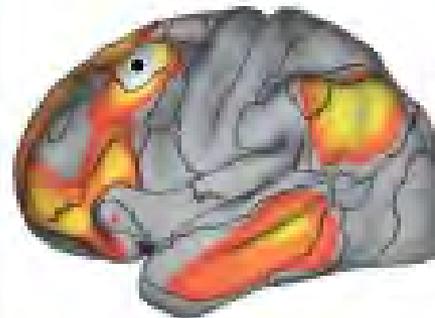
possèdent **peu de couplages forts** dans les zones sensorielles ou motrices.

(les régions du réseau « se parlent entre elles »)

Control



Default



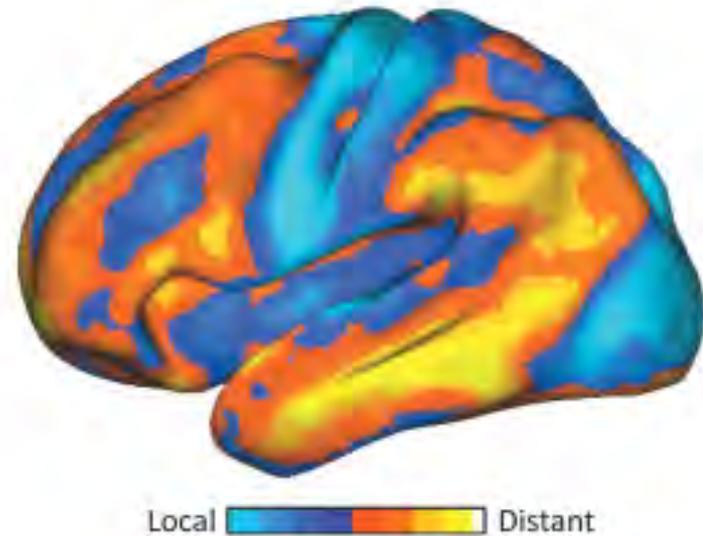
Salience



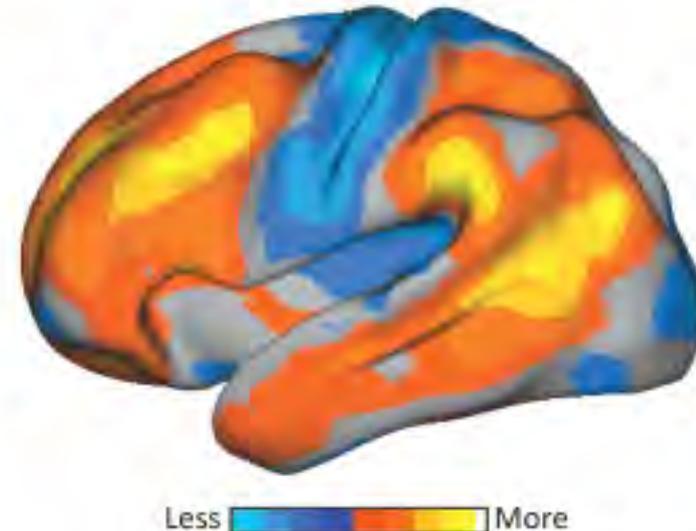
Ces réseaux ont aussi tendance à avoir des **connexions distantes plutôt que locales** (comme c'est le cas dans les aires sensorimotrices).

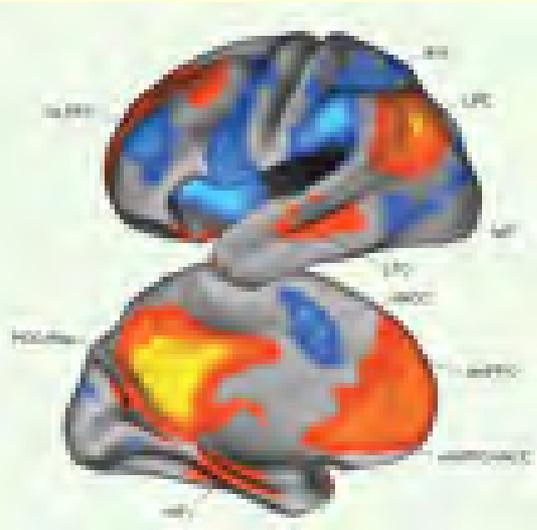
Par ailleurs, les régions avec la plus grande **variabilité inter-individuelle** recoupent les aires associatives.

Connectivity profile



Variability





**Lundi, 29 septembre 2014**

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

La conférence de Deric Bownds traite de cette distinctions de plus en plus utilisées dans l'étude du cerveau, celle du contrôle de bas en haut versus de haut en bas (« bottom up » versus « top down », en anglais).

D'autres métaphores évoquant des processus opposés sont aussi alternativement utilisées dans la littérature, comme le célèbre système 1 (rapide et inconscient) et système 2 (plus lent et conscient) des philosophes, le « Upstairs/Downstairs » du titre de sa conférence

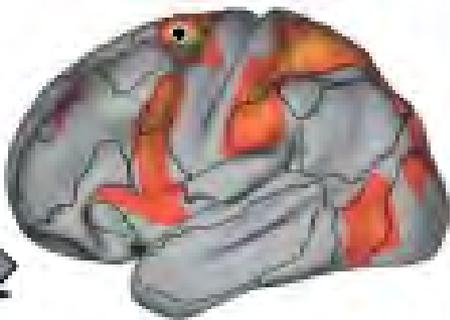
Ou encore, l'opposition entre le réseau attentionnel (en bleu sur l'image ci-haut) et le réseau du mode par défaut (en orange sur l'image ci-haut).

- nous nous trouvons, nous, les êtres humains, souvent dans **deux grands états mentaux qui s'opposent** et sont, d'une certaine façon, mutuellement exclusifs.

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.

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

Dorsal attention



Default

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 ».

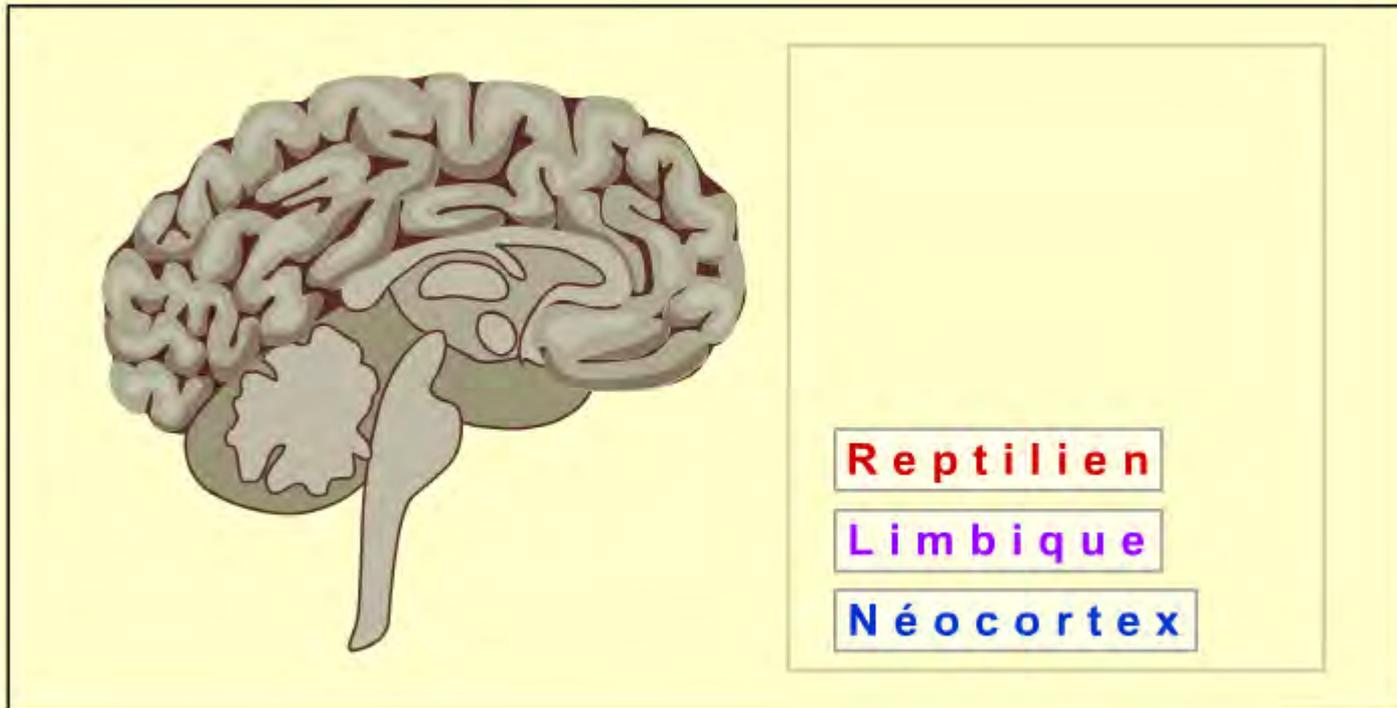
- À l'opposé, si le réseau par défaut est propice à l'incubation créative des idées, la consolidation et la récupération de souvenirs personnels ou simplement la planification de sa journée, il existe un grand nombre d'études démontrant que c'est dans ce mode par défaut que l'on peut se perdre dans des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

Bref, dans la vie de tous les jours, il semble que nous soyons enclins soit à réagir un peu passivement à notre environnement en orientant notre discours intérieur vers ce qu'il nous suggère.

Ou soit nous nous « regardons aller » un peu, et décidons (plus ou moins consciemment, ça on pourrait en discuter...) de porter notre attention sur ce que nous jugeons plus significatif pour nous.

Et ce que Bownds montre en l'appuyant de plusieurs exemples dans la littérature c'est que 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.

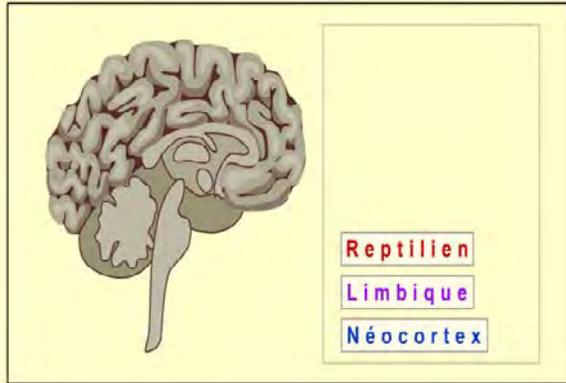
Autrement dit, nous fournir les outils mentaux d'une certaine « autodéfense » (pour employer un terme à la mode...) face à la jungle médiatique et publicitaire qui nous assaille quotidiennement.



Capsule histoire :

« Cerveau triunique et système limbique : ce qu'il faut jeter, ce qu'on peut garder »

« Cerveau triunique et système limbique : ce qu'il faut jeter, ce qu'on peut garder »



### Ce qu'il faut jeter :

- limites anatomiques floues du système limbique; très peu associé aux émotions
- le " cerveau reptilien " des reptiles a un cortex
- pas de hiérarchie descendante stricte, contrôle important du tronc cérébral, par exemple

### Ce qu'on peut garder :

- le fait que certaines structures de notre cerveau sont plus anciennes que d'autres, évolutivement parlant;
- que les émotions impliquent des circuits relativement primitifs conservés au cours de l'évolution des mammifères;
- Le circuit de la peur, ou le circuit du plaisir, sont des circuits neuronaux spécifiques qui forment plusieurs « réseaux émotionnels" distincts.



Lundi, 4 avril 2011

## Dépoussiérer le « cerveau triunique » et le « système limbique »

Il y a des concepts, en neurosciences comme ailleurs, qui sont si pratiques qu'il ne nous vient plus à l'esprit de les remettre en question. Pourtant, rien n'étant acquis définitivement en science, quoi de plus normal que de vouloir périodiquement les dépoussiérer un peu !

Récemment, deux neuroanatomistes, Pierre-Yves Risold et Helmut Wicht, se sont livrés à cet exercice à propos du « cerveau triunique » et du « système limbique ». Et ces deux concepts se révèlent pour le moins problématiques à la lumière des données neuro-anatomiques contemporaines.

### **Avez-vous un « cerveau reptilien » ?**

Pierre-Yves Risold

[http://www.cerveauetpsycho.fr/ewb\\_pages/a/article-avez-vous-un-cerveau-reptilien-18736.php?chap=12](http://www.cerveauetpsycho.fr/ewb_pages/a/article-avez-vous-un-cerveau-reptilien-18736.php?chap=12)

### **Émotions : mais où est le système limbique ?**

Helmut Wicht

[http://www.cerveauetpsycho.fr/ewb\\_pages/a/article-motions-mais-ou-est-le-systeme-limbique-19883.php](http://www.cerveauetpsycho.fr/ewb_pages/a/article-motions-mais-ou-est-le-systeme-limbique-19883.php)



### PROSENCÉPHALE

#### TÉLÉNCÉPHALE

Cortex cérébral

Hippocampe

Ganglions de la base

Noyau lenticulaire  
(Putamen, Globus  
pallidus)

Noyau caudé

Amygdale

#### DIENCÉPHALE

Thalamus

Hypothalamus

Noyau  
sous-thalamique

Epiphyse  
(ou glande pinéale)

Hypophyse  
(partie postérieure)

### MÉSENCÉPHALE

Tectum (colliculi)

Tegmentum (noyau  
rouge, substance  
noire, substance  
grise périaqueducale,  
aire tegmentale  
ventrale)

### RHOMBENCÉPHALE

#### MÉTENCÉPHALE

Cervelet

Pont

#### MYÉLÉNCÉPHALE

Bulbe rachidien

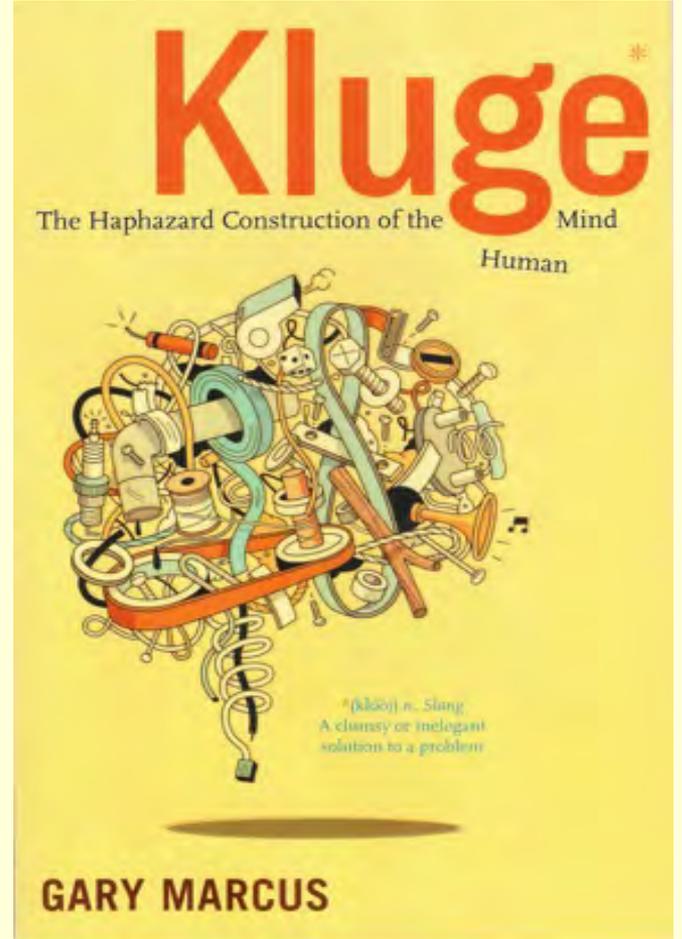
Le cerveau humain actuel s'inscrit donc dans **une longue évolution**



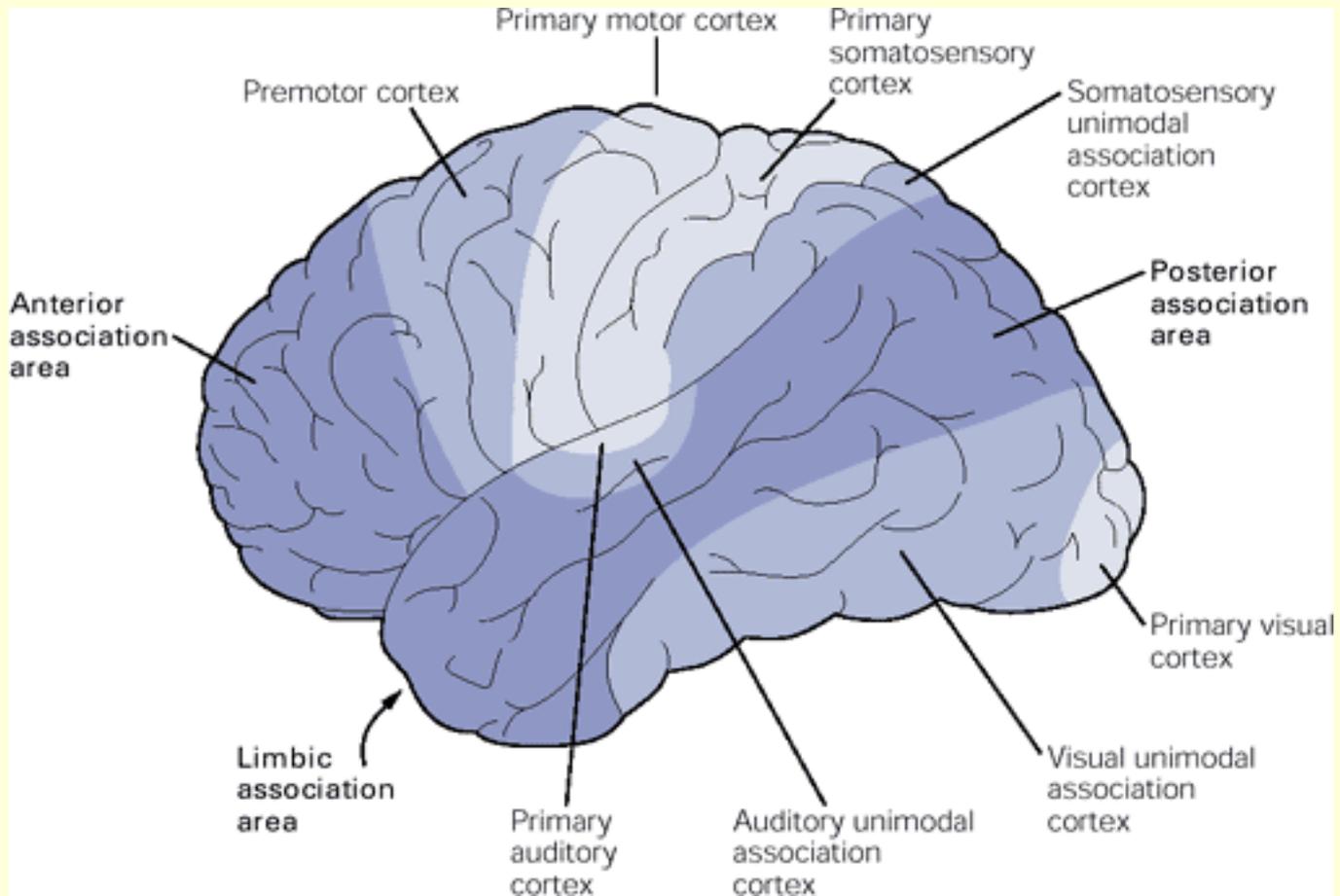
## Why our brains aren't built for democracy

The role of our 'lizard brain' in determining how we vote

By Nicola Luksic and Tom Howell, CBC News | Posted: Oct 01, 2014 8:09 PM ET | Last Updated: Oct 02, 2014 12:26 PM ET



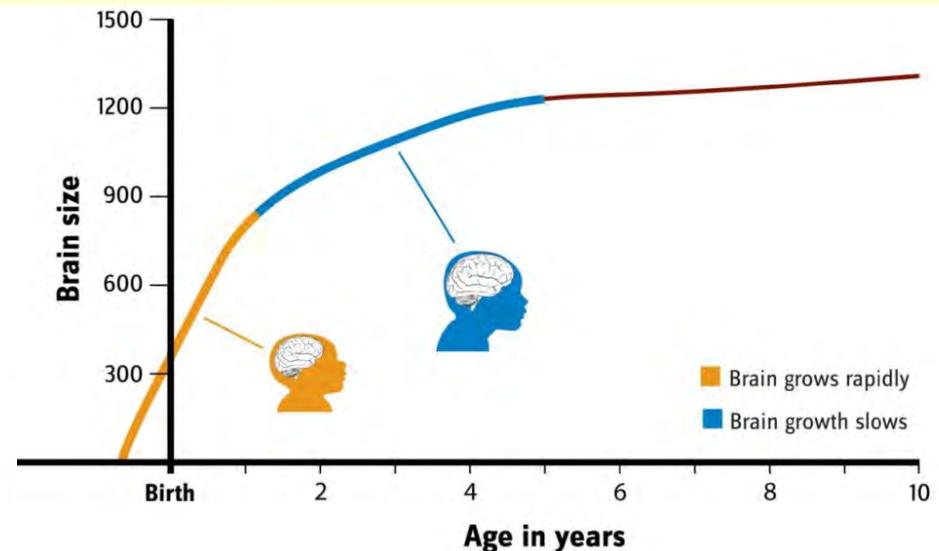
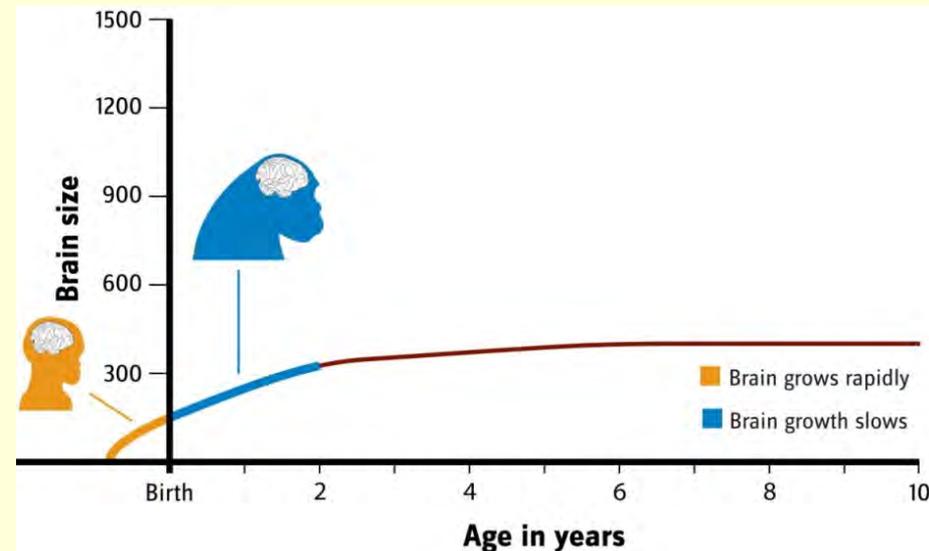
En résumé, l'expansion rapide du cortex chez l'humain a fait émerger de large portions de **cortex dit « associatif »** plus ou moins détachées des cortex sensoriels.



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 :

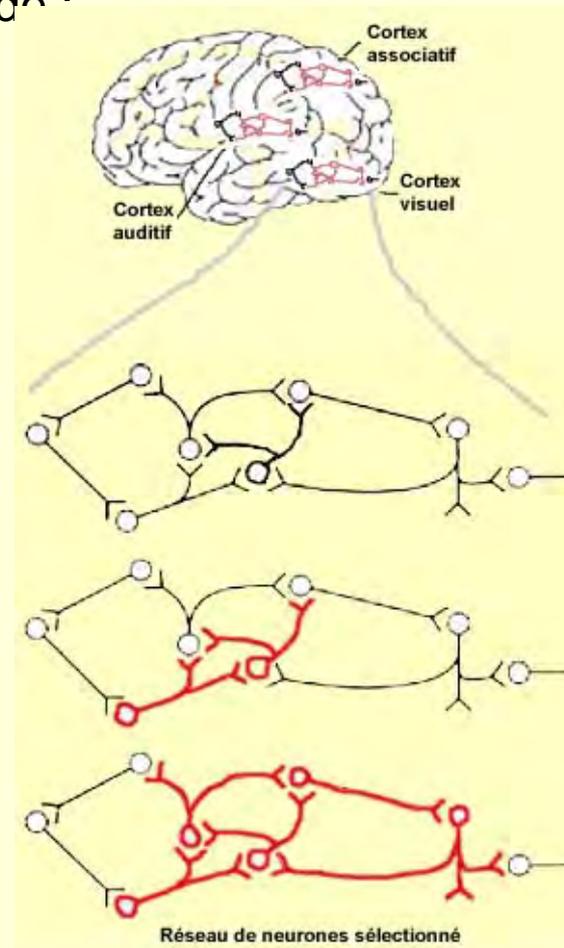
- **réseaux associatifs** interconnectés et distribués
- qui se mettent en place **tardivement** durant le développement



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 d'...

- **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.

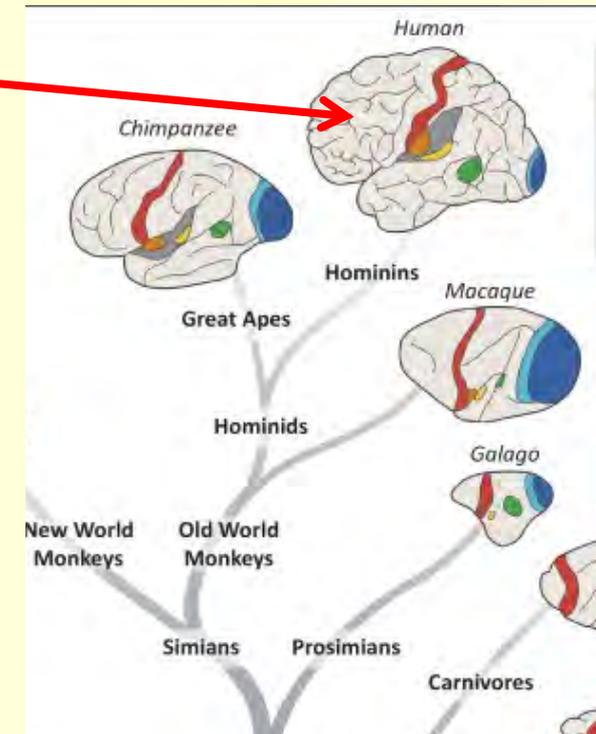
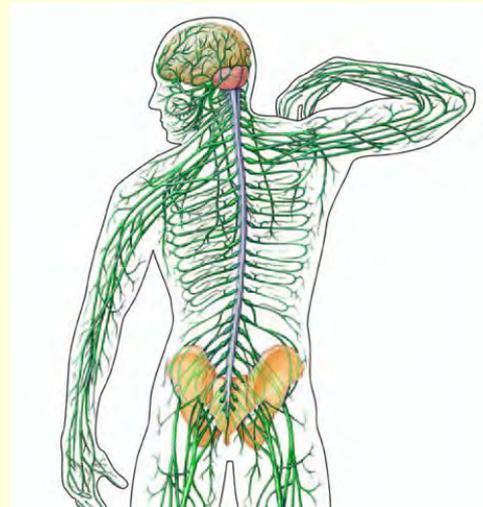
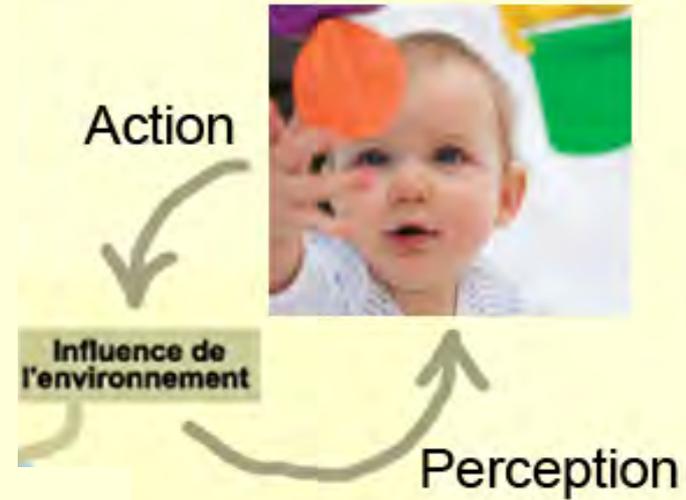


# Que faisons-nous ?

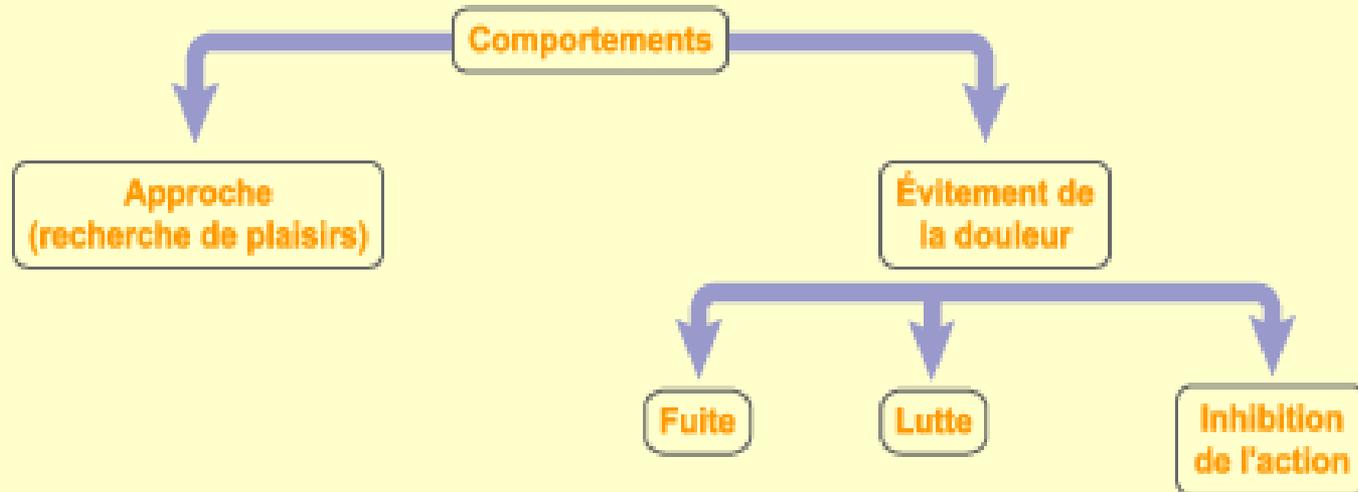
...avec cette boucle sensori-motrice ,

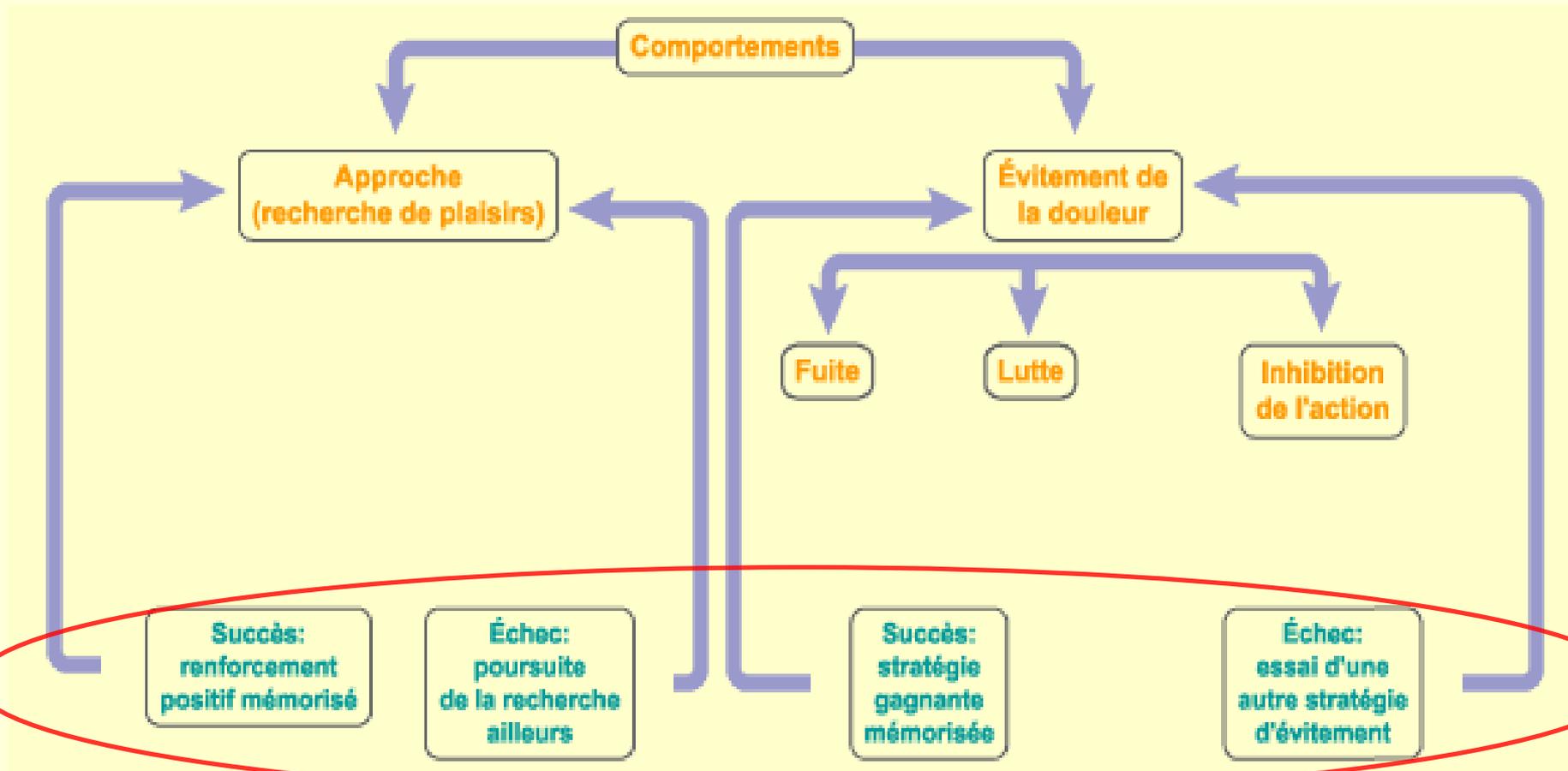
qui est modulée par énormément  
« d'interneurones »,

bref avec ce système nerveux  
d'un être humain



## Deux choses :





## + Apprentissage et mémoire

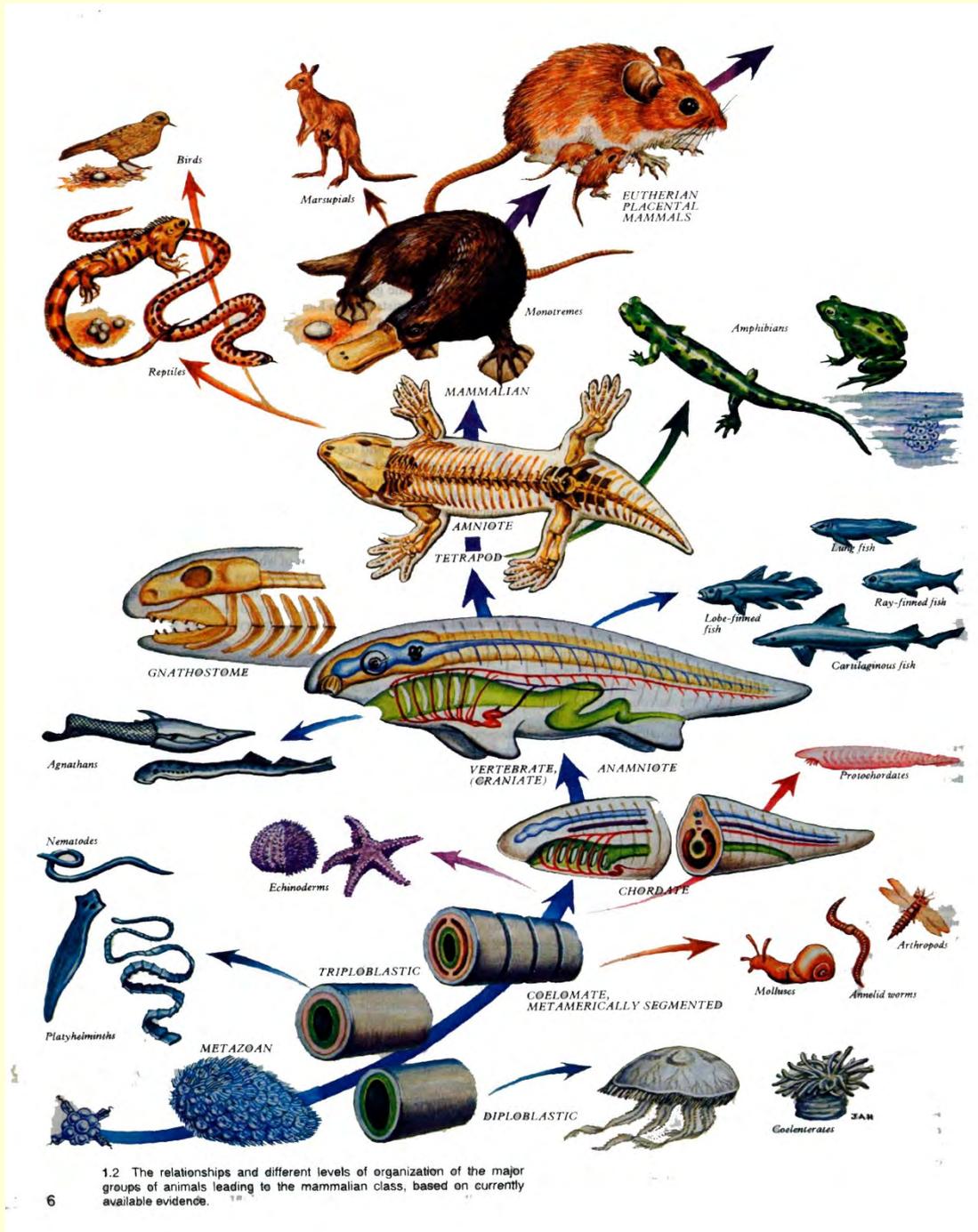
Donc, trois choses, car on peut en plus retenir tout ça...

Et au fil de l'évolution,

différents **mécanismes  
neuronaux** permettant  
d'emmagasiner

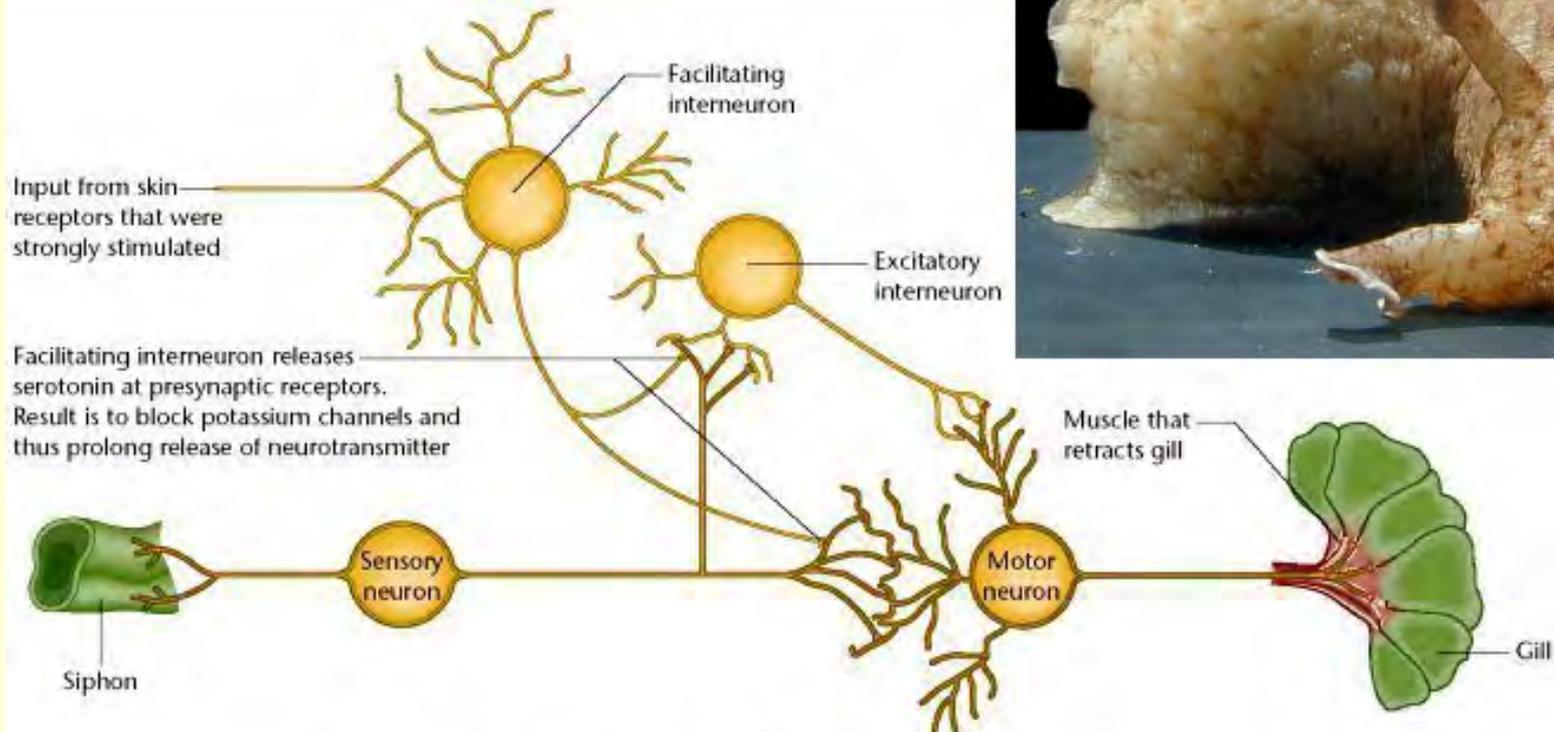
des souvenirs agréables  
ou désagréables

vont se mettre en place.

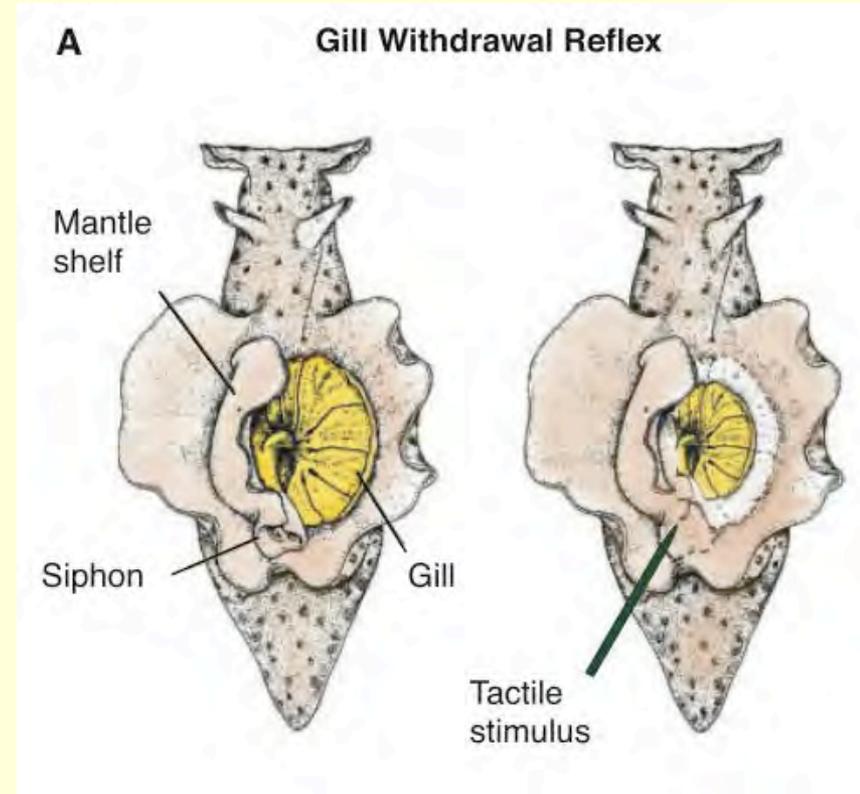


# Déjà chez un mollusque comme l'aplysie,

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

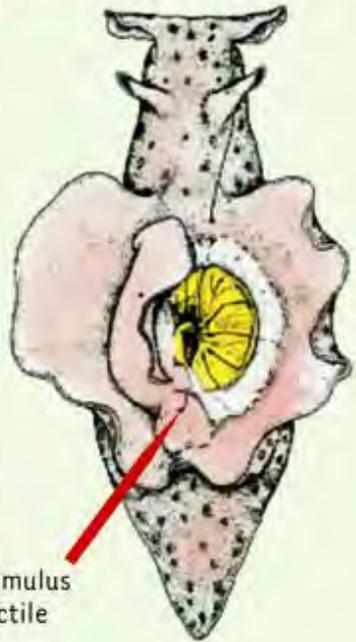


...on voit apparaître des formes  
simples d'apprentissage et de  
mémoire

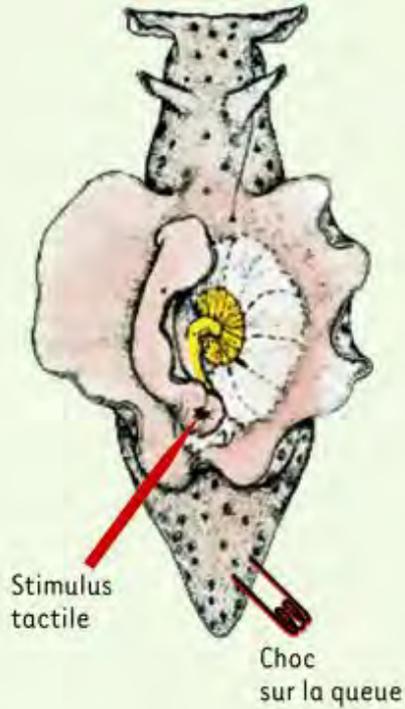


**L'habituation**

ait de l'ouïe



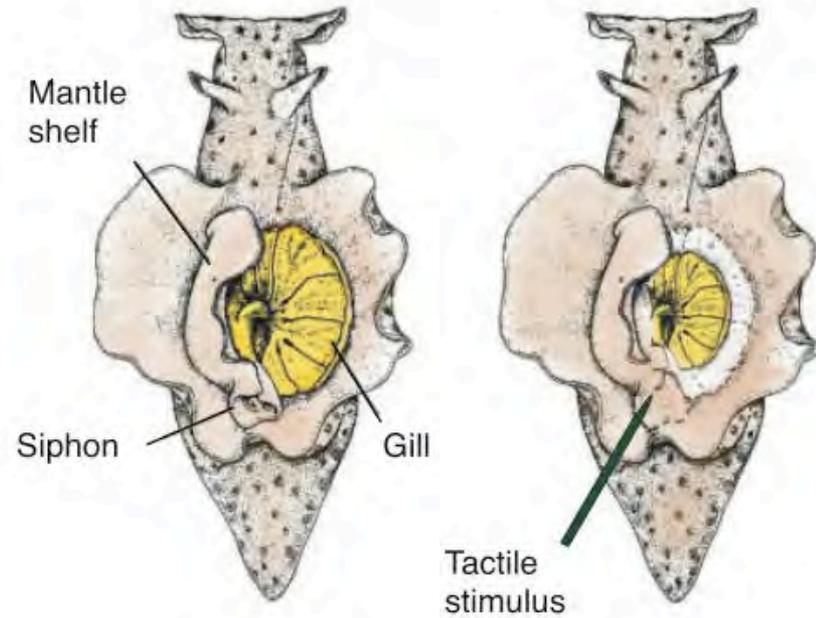
Sensibilisation



La sensibilisation

A

Gill Withdrawal Reflex



L'habituation

# Mémoires

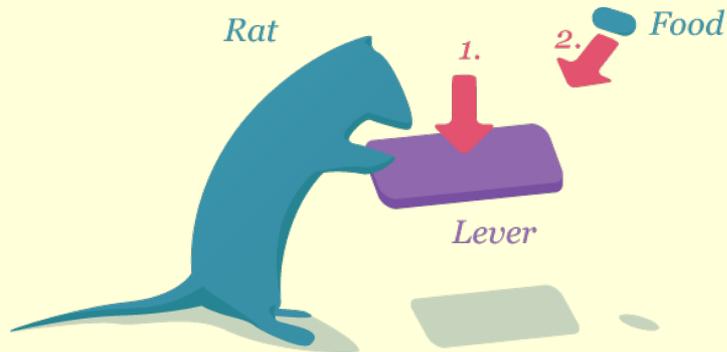
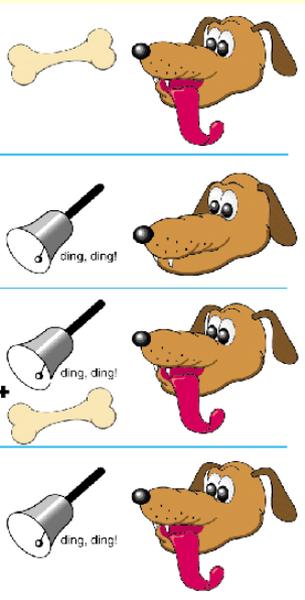
Associatives

Non associatives

*Conditionnement*

**Habituation et Sensibilisation**

***classique et opérant***



## Mémoire à long terme

Mécanisme plus anciens  
toujours présents chez nous

« on apprend sans s'en  
rendre compte »

**Implicite (Non-déclarative)**

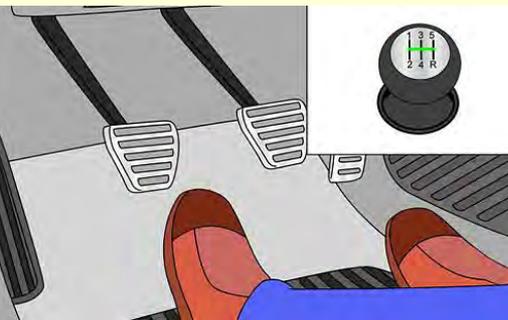
Non associatives

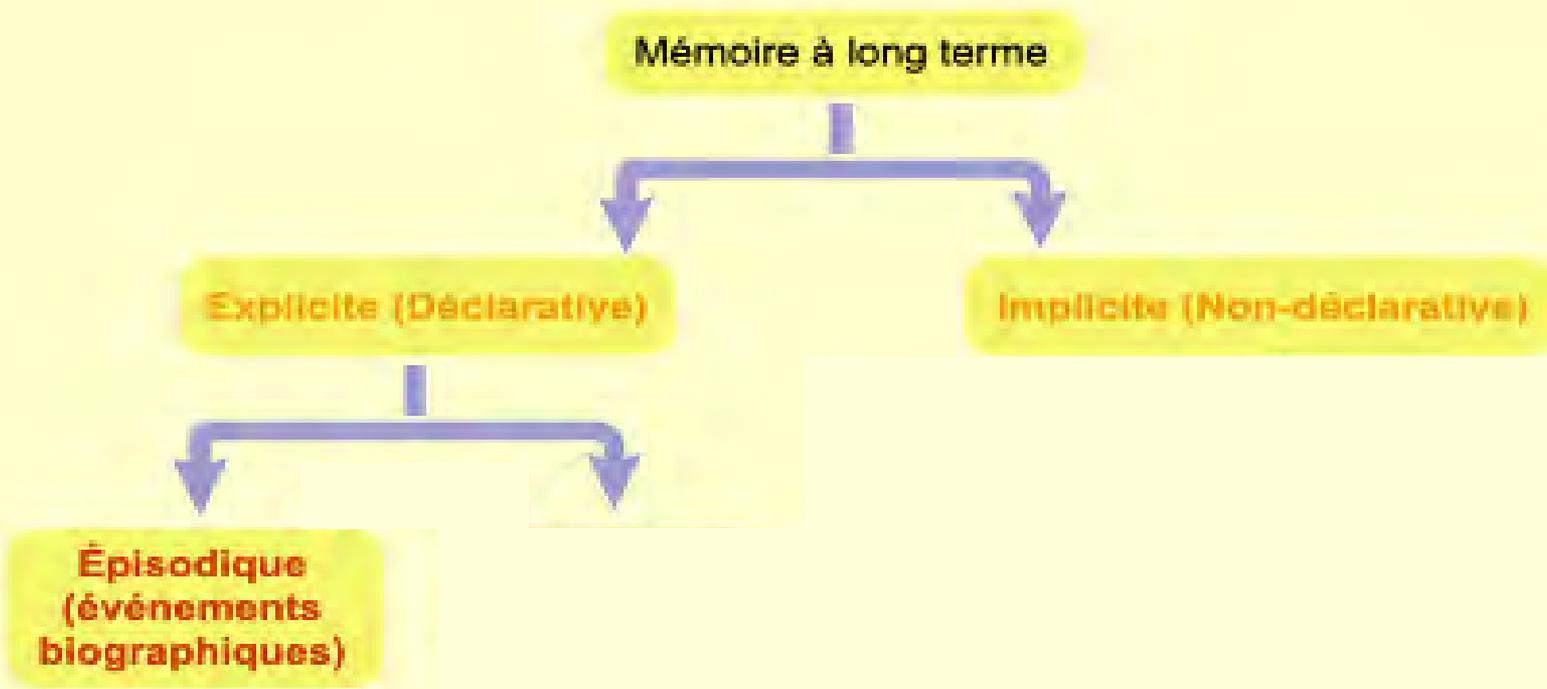
**Habitude**  
**Sensibilisation**

Associatives

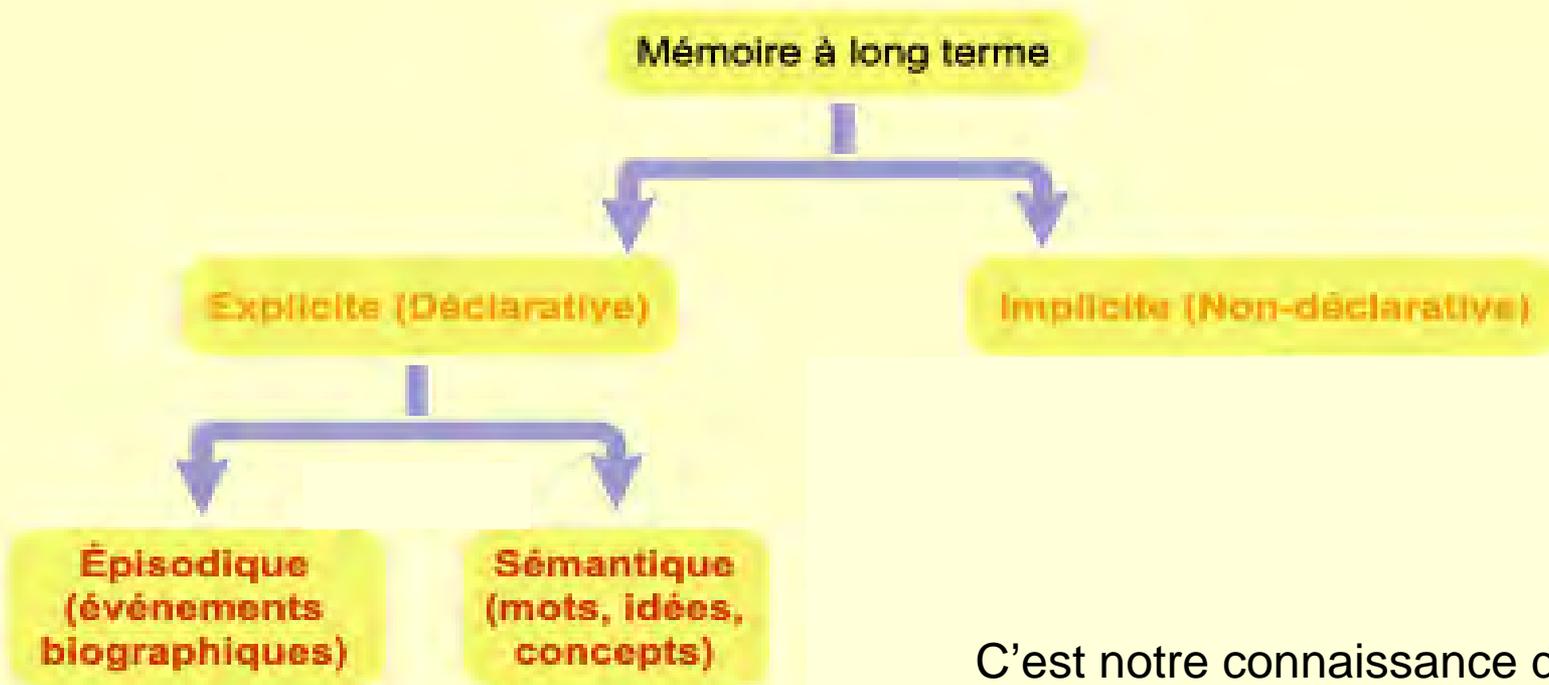
**Conditionnement**  
**classique et opérant**

**Procédurale**  
(habiletés)



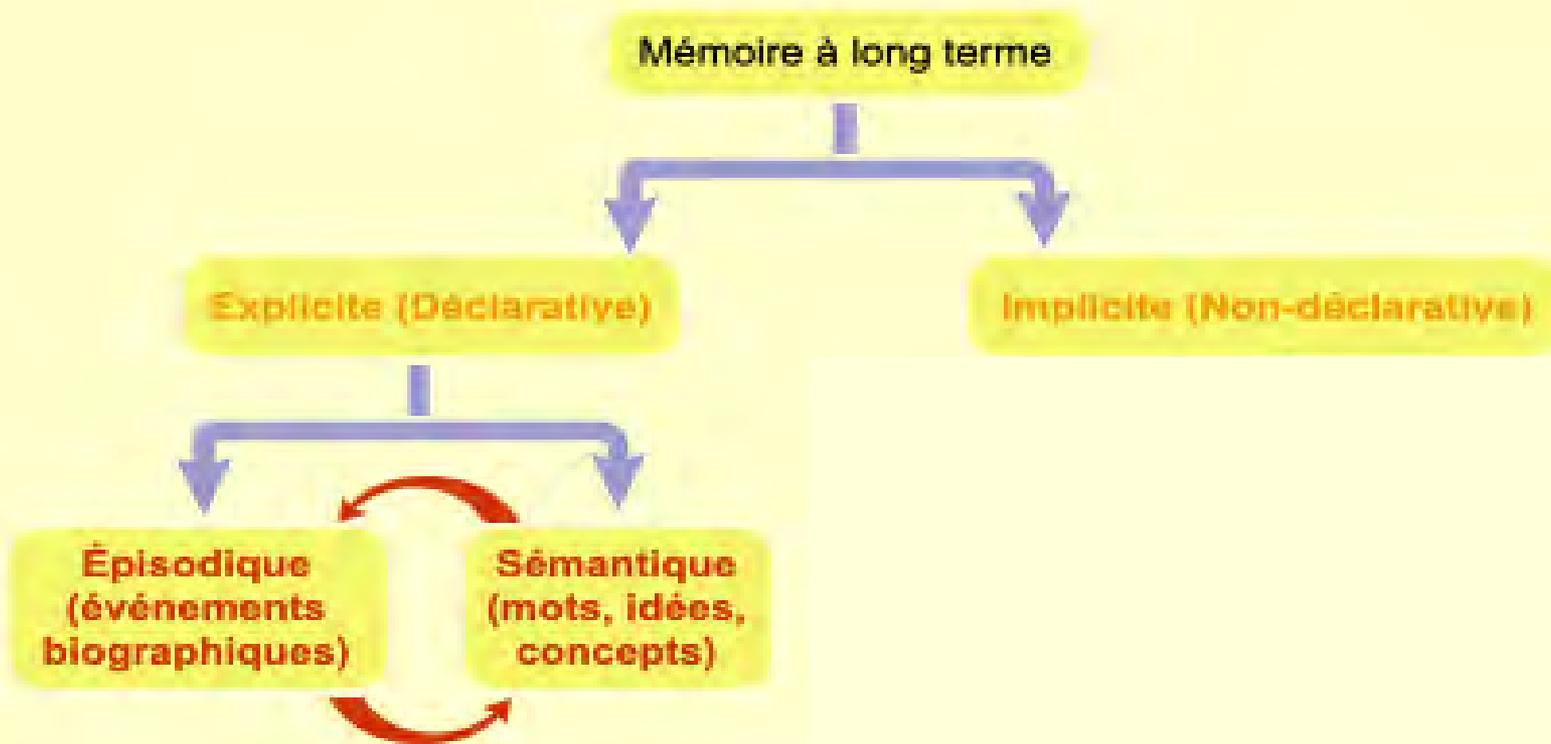


On est l'acteur des événements qui sont mémorisés avec tout leur contexte et leur charge émotionnelle.



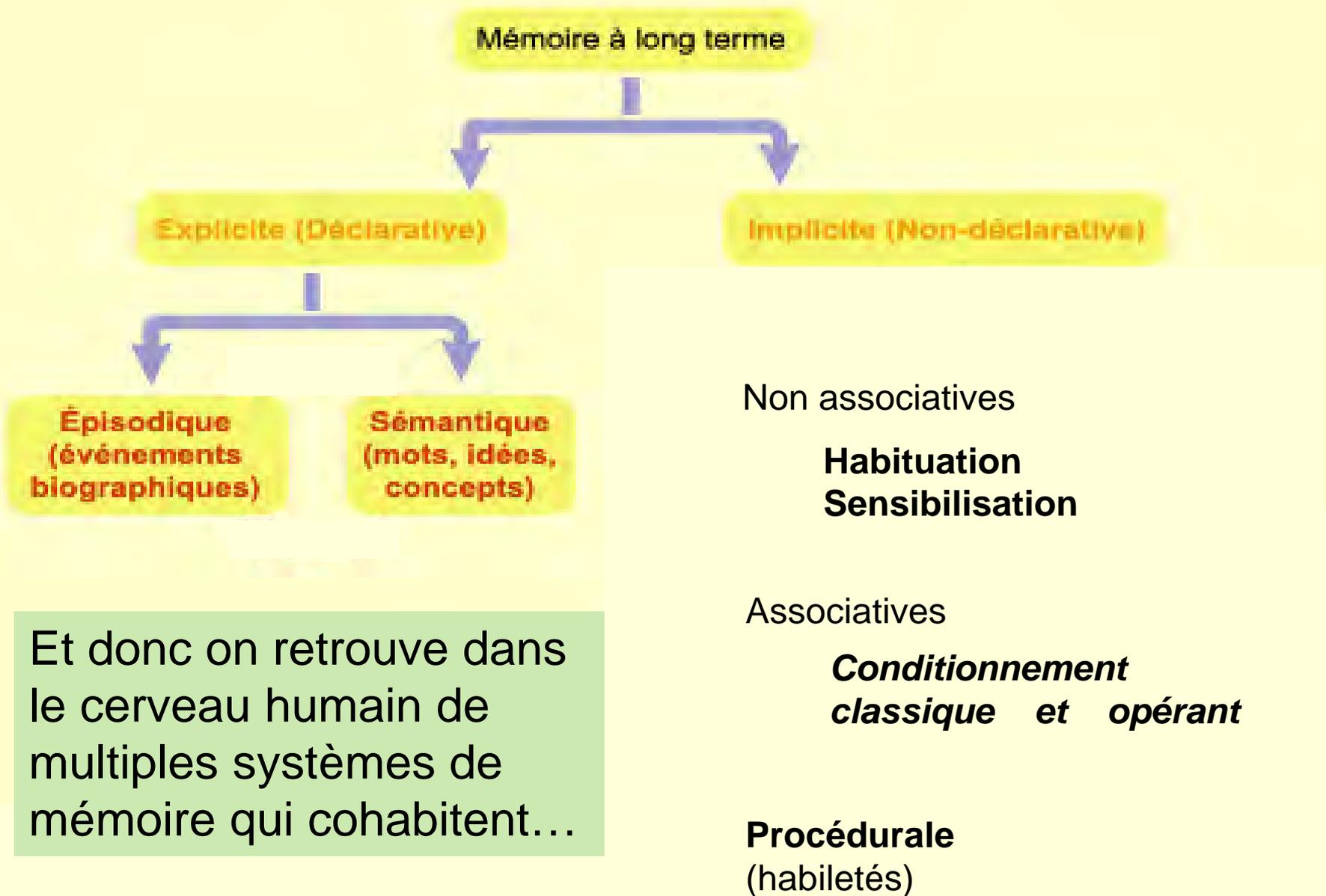
C'est notre connaissance du monde dont une grande partie nous est accessible rapidement et sans effort.





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

devient indépendant du contexte spatio-temporel de son acquisition.



Et donc on retrouve dans le cerveau humain de multiples systèmes de mémoire qui cohabitent...

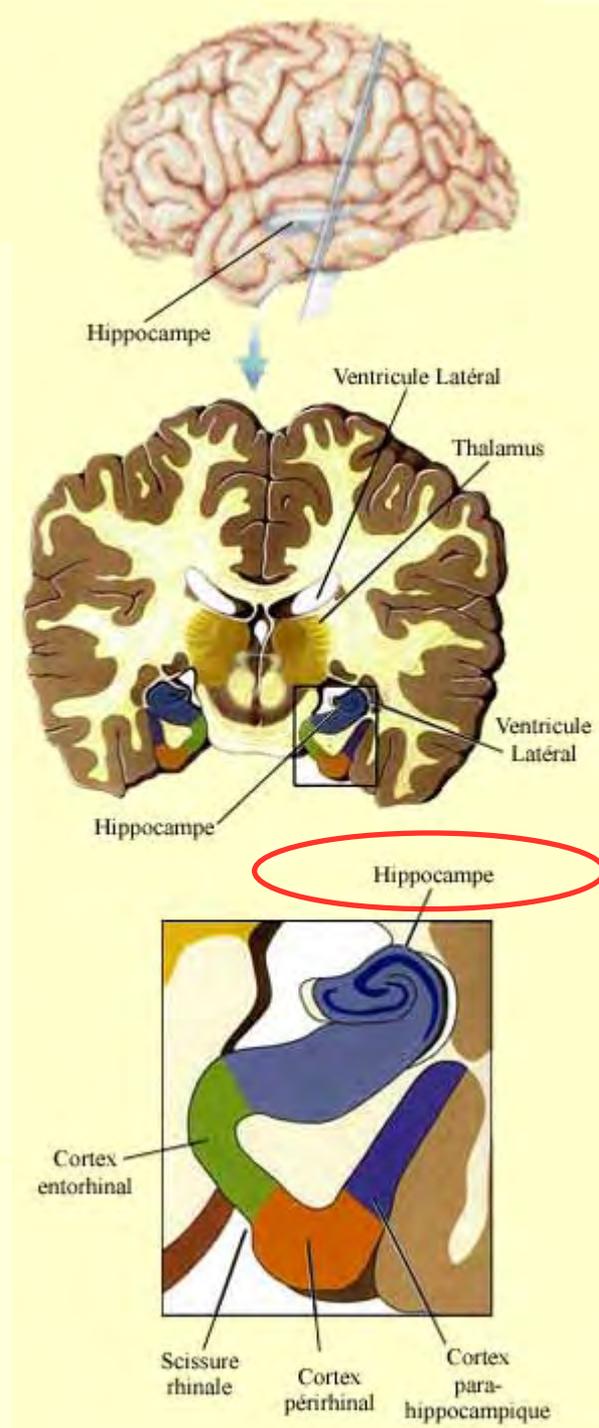
Mémoire à long terme

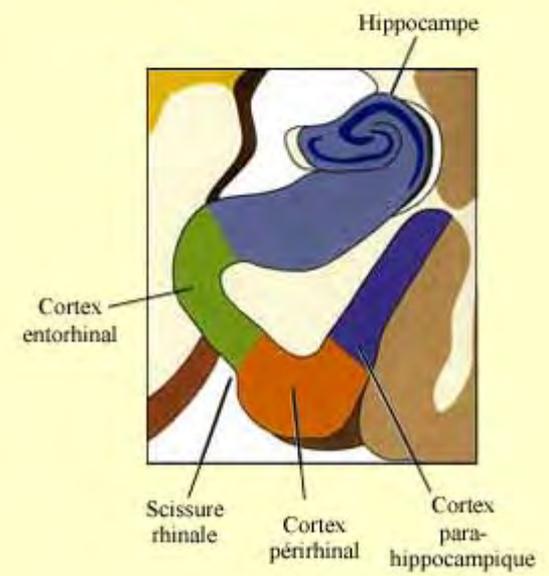
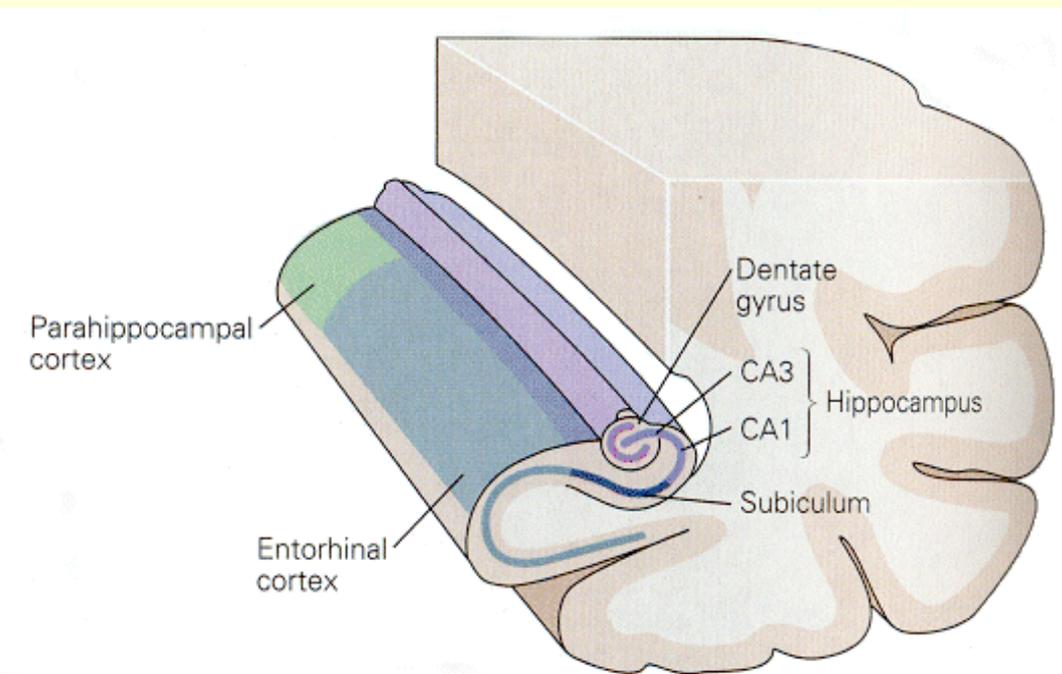
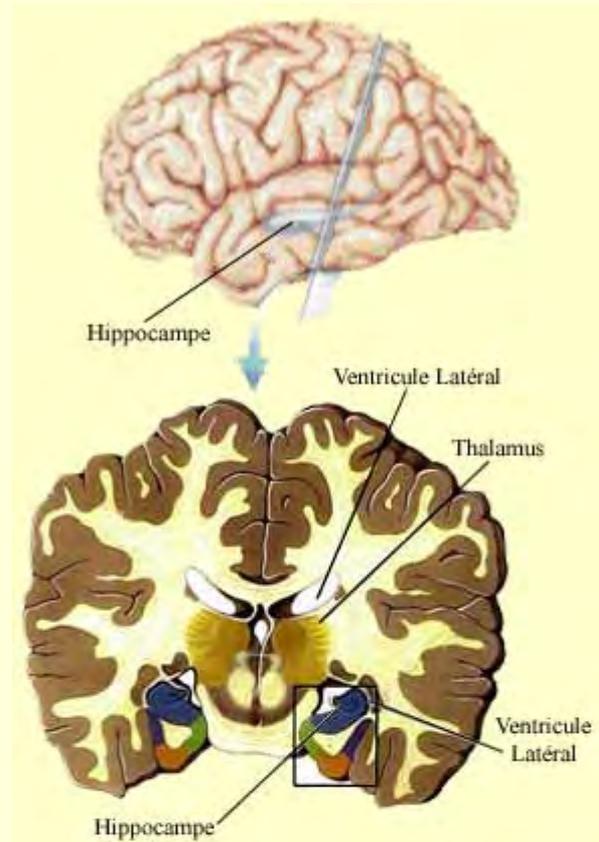
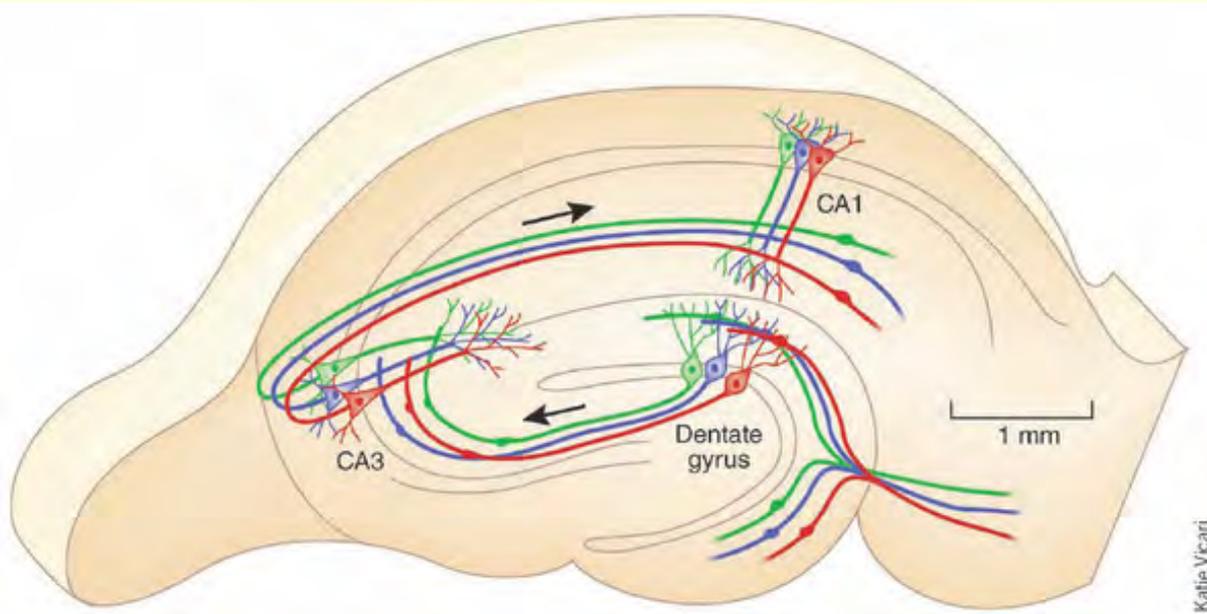
Explicite (Déclarative)

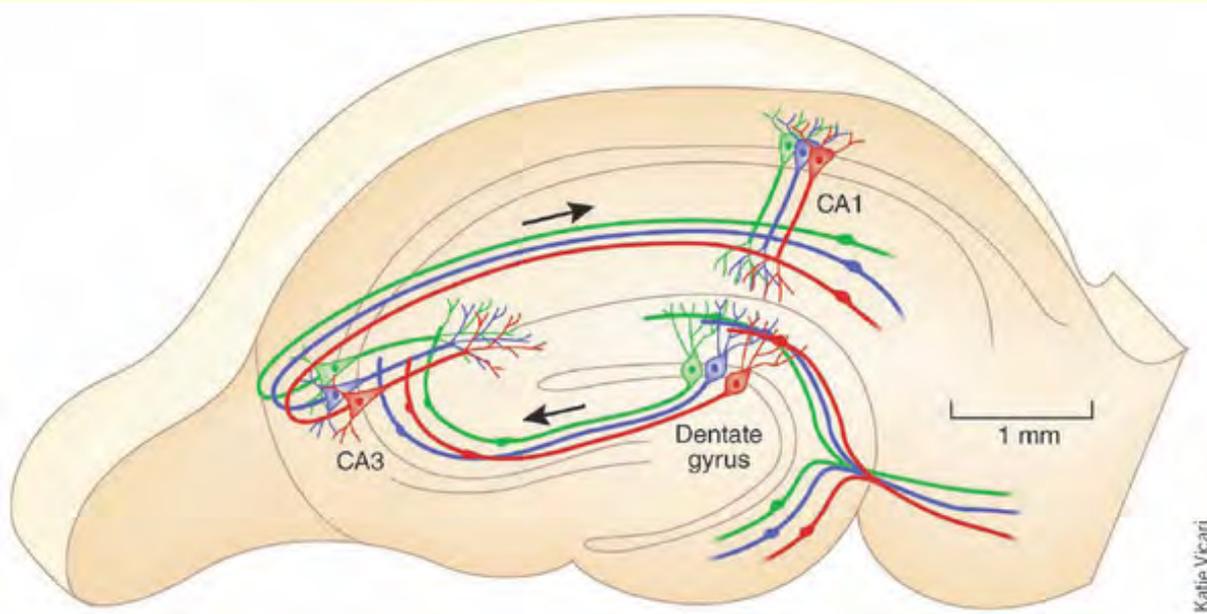
Épisodique  
(événements  
biographiques)

Sémantique  
(mots, idées,  
concepts)

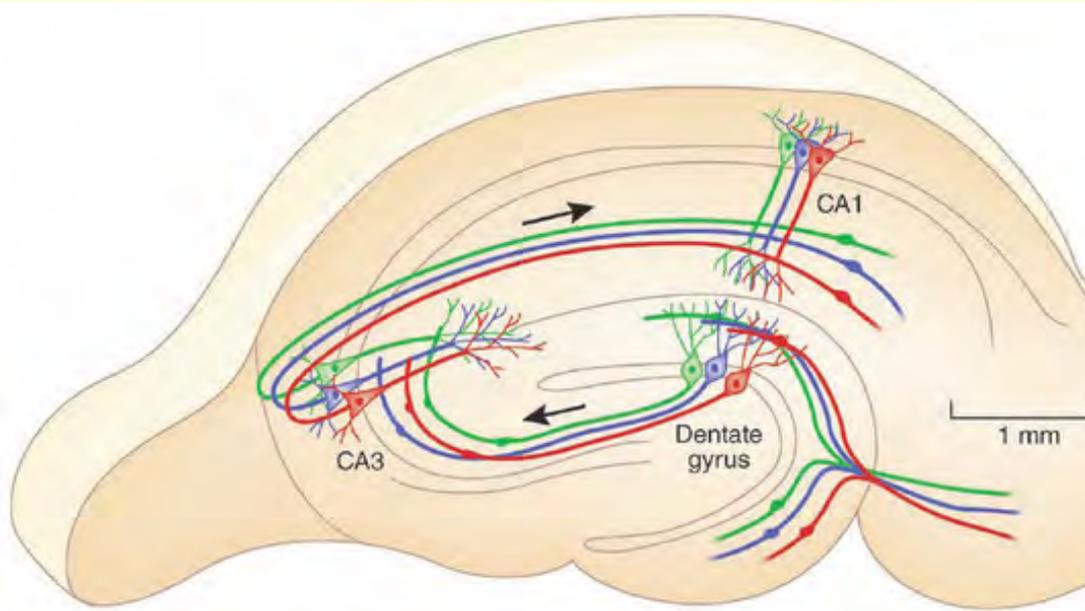
...et qui impliquent  
différentes structures  
cérébrales que l'on connaît  
de mieux en mieux.



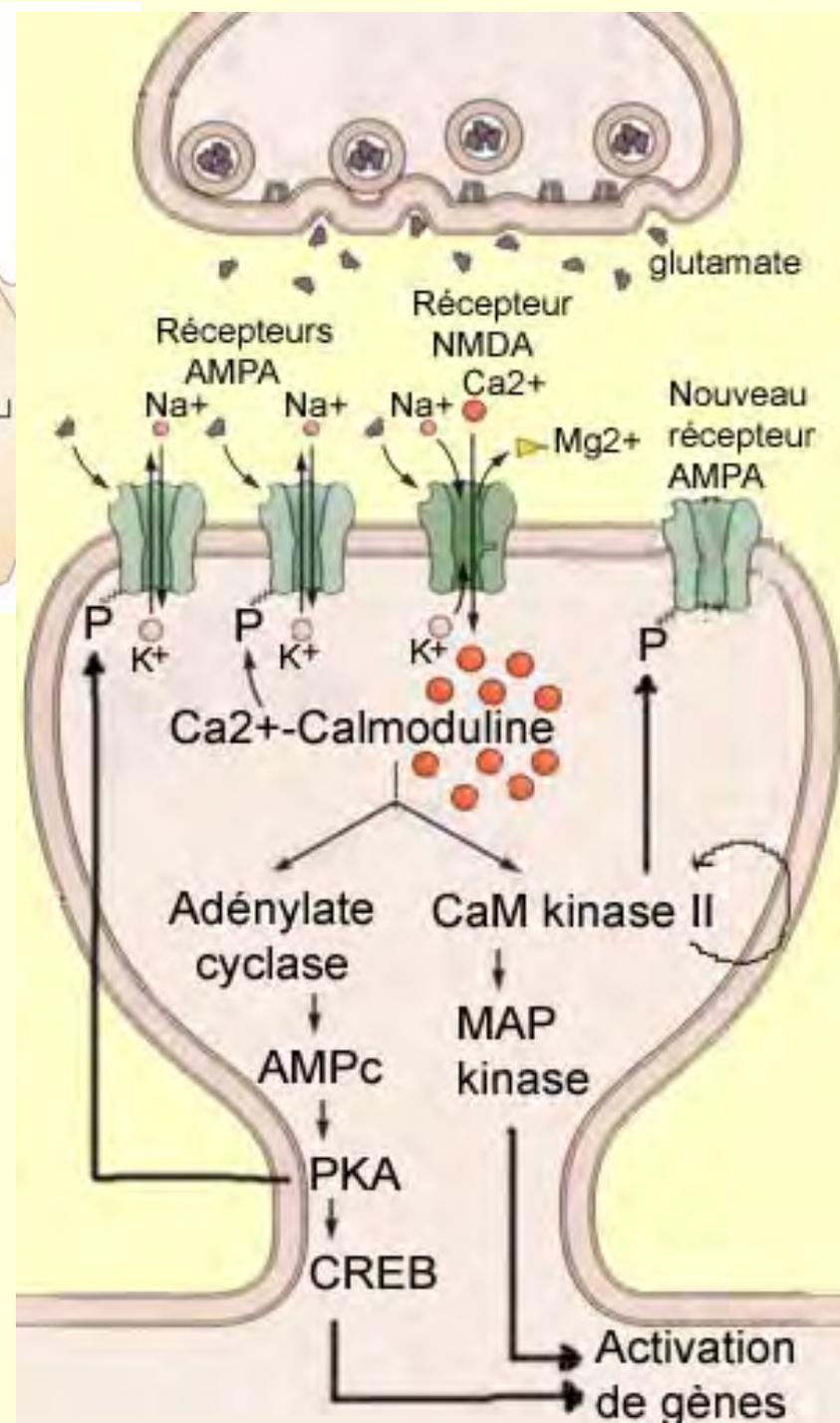




C'est dans les neurones de l'hippocampe que l'on a découvert en **1973** le phénomène de **potentialisation à long terme (PLT)**.

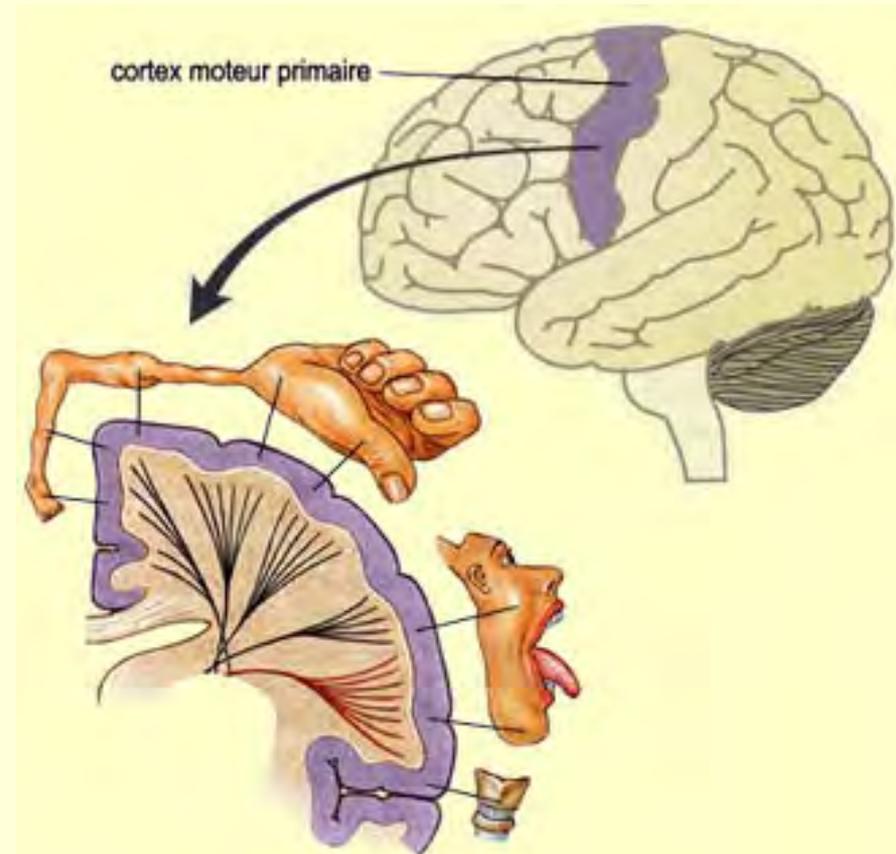


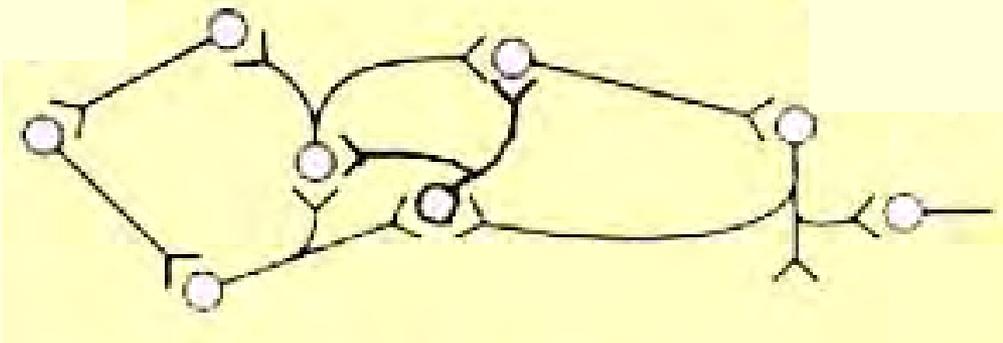
C'est dans les neurones de l'hippocampe que l'on a découvert en **1973** le phénomène de **potentialisation à long terme (PLT)**.

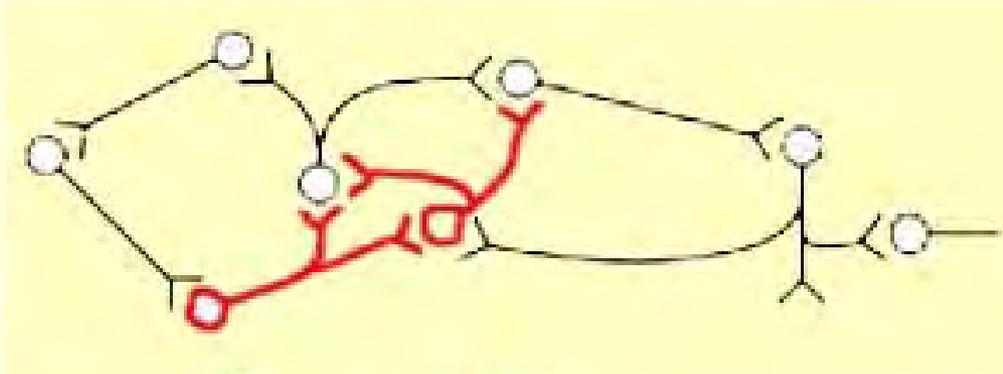




Grande plasticité cérébrale  
durant toute la vie

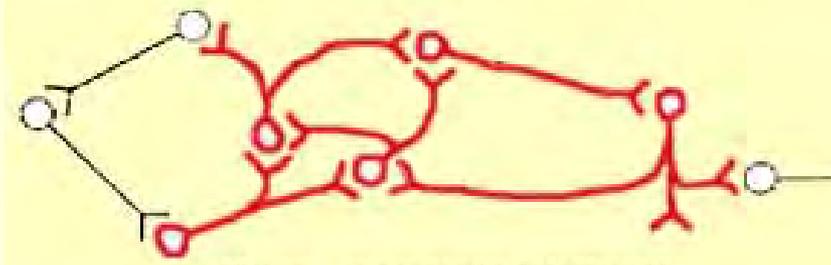
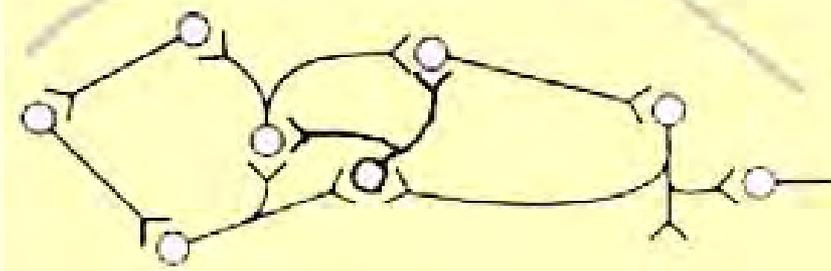
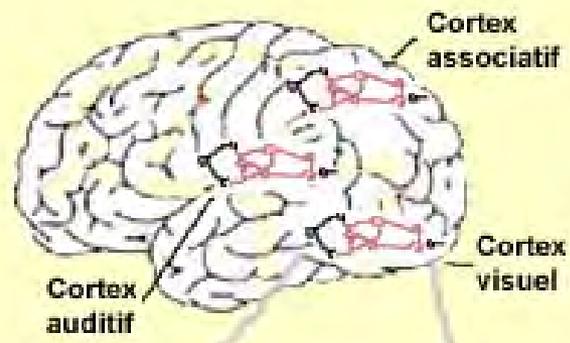








Réseau de neurones sélectionné



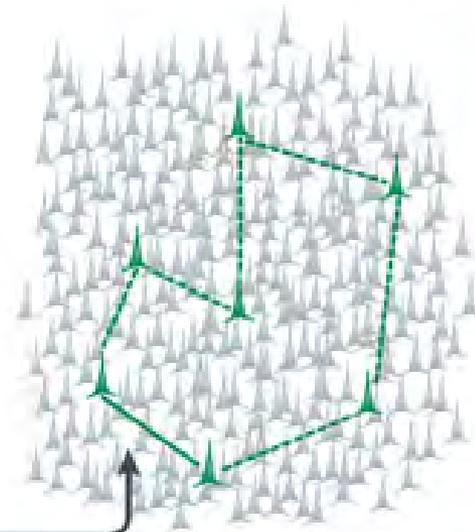
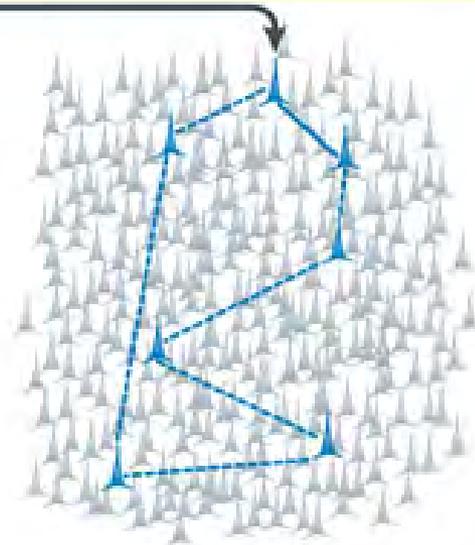
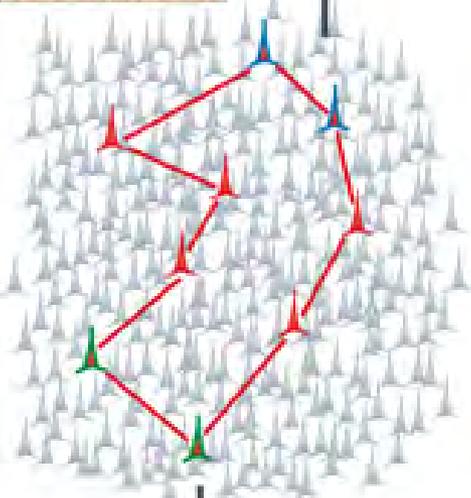
Réseau de neurones sélectionné



Luke Skywalker



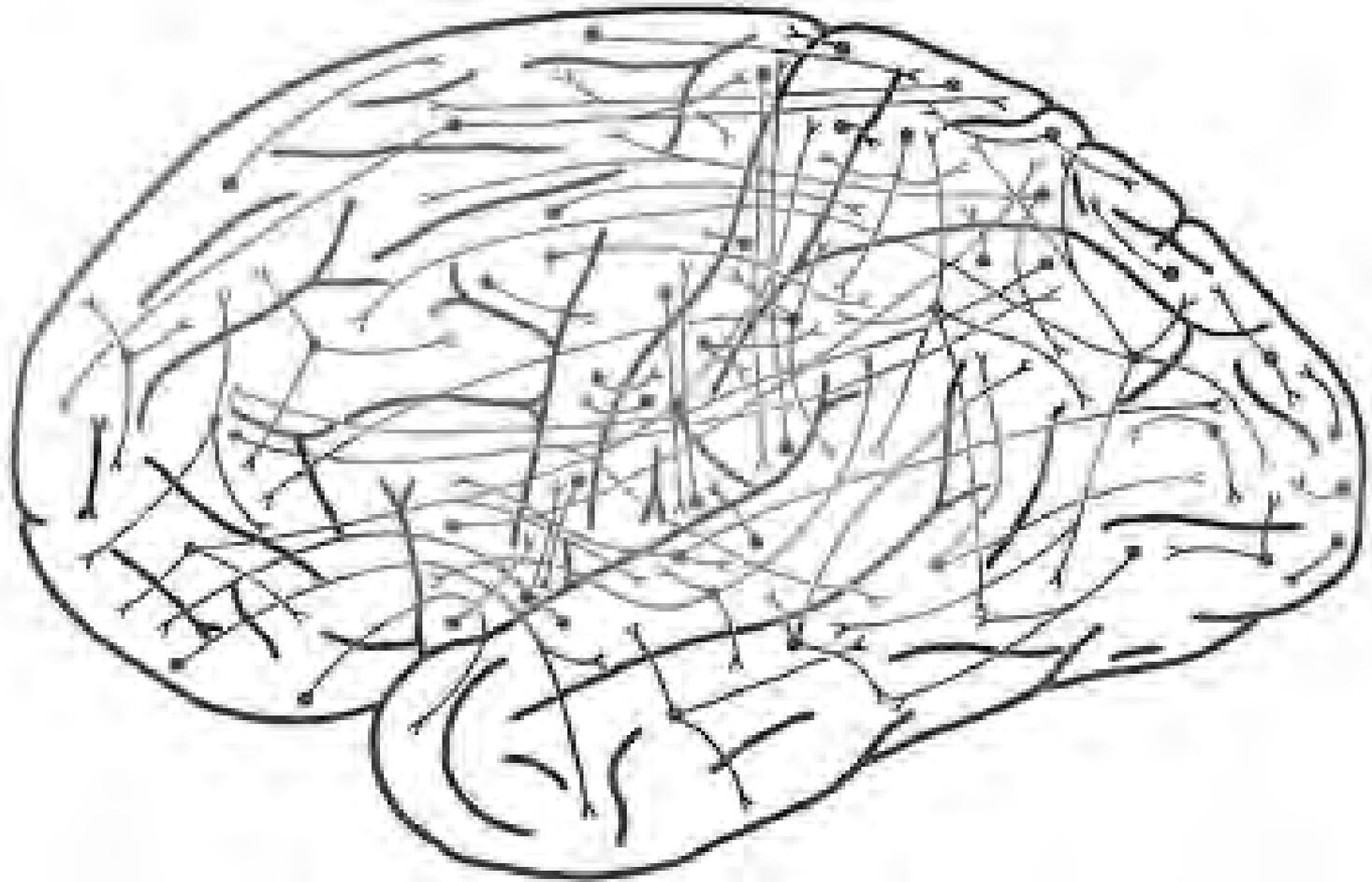
Yoda

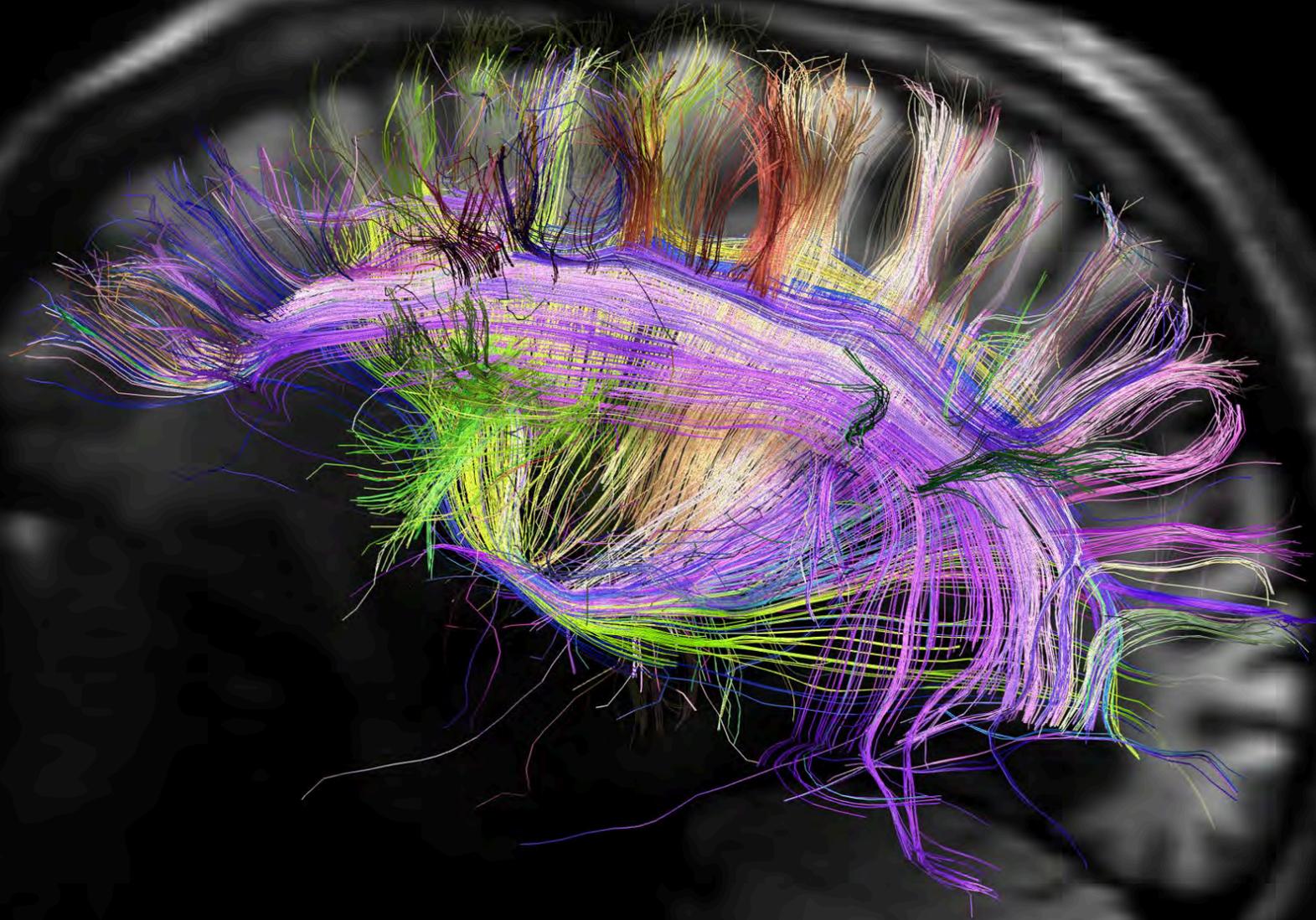


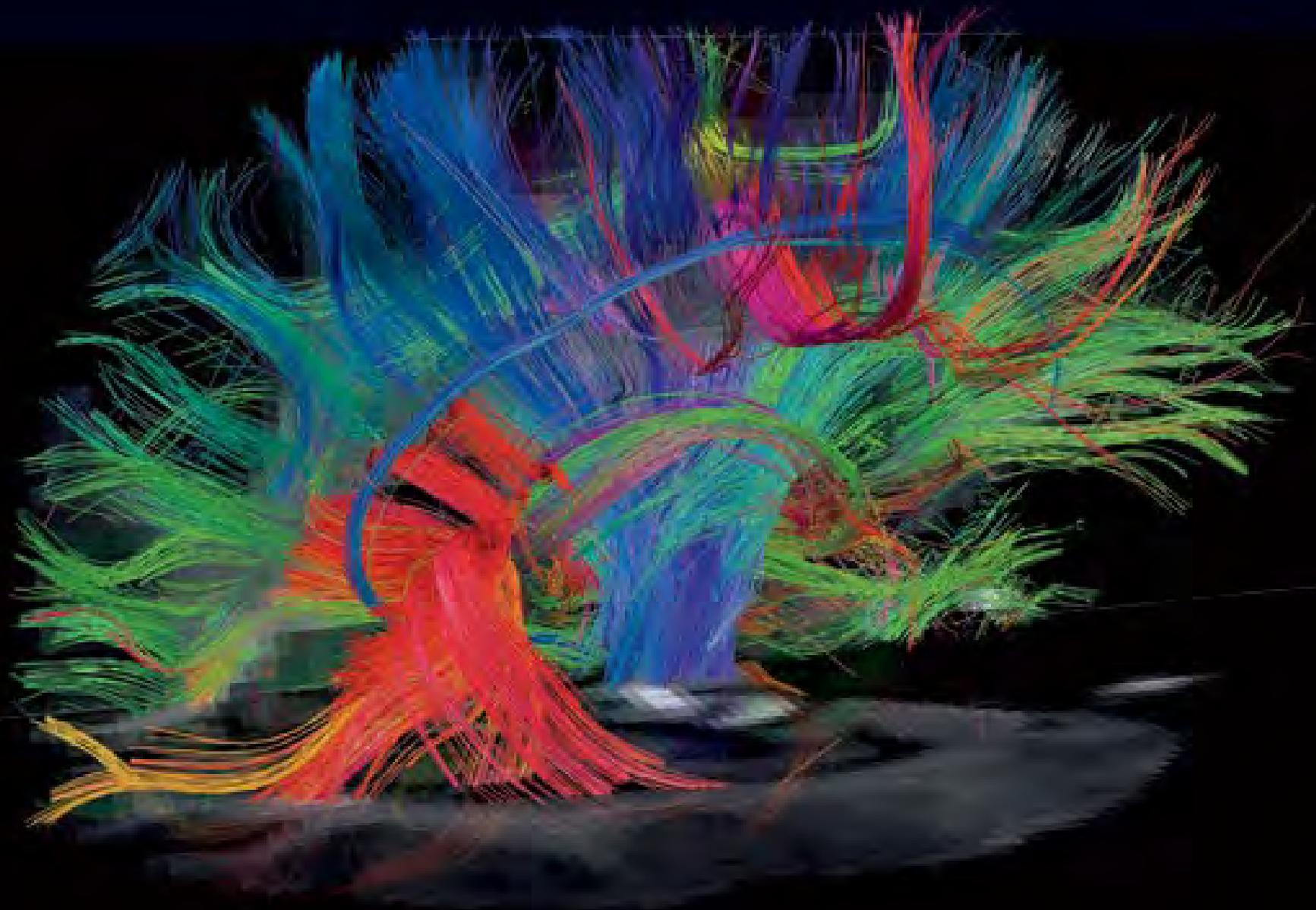
Darth Vader

Nature Reviews | Neuroscience

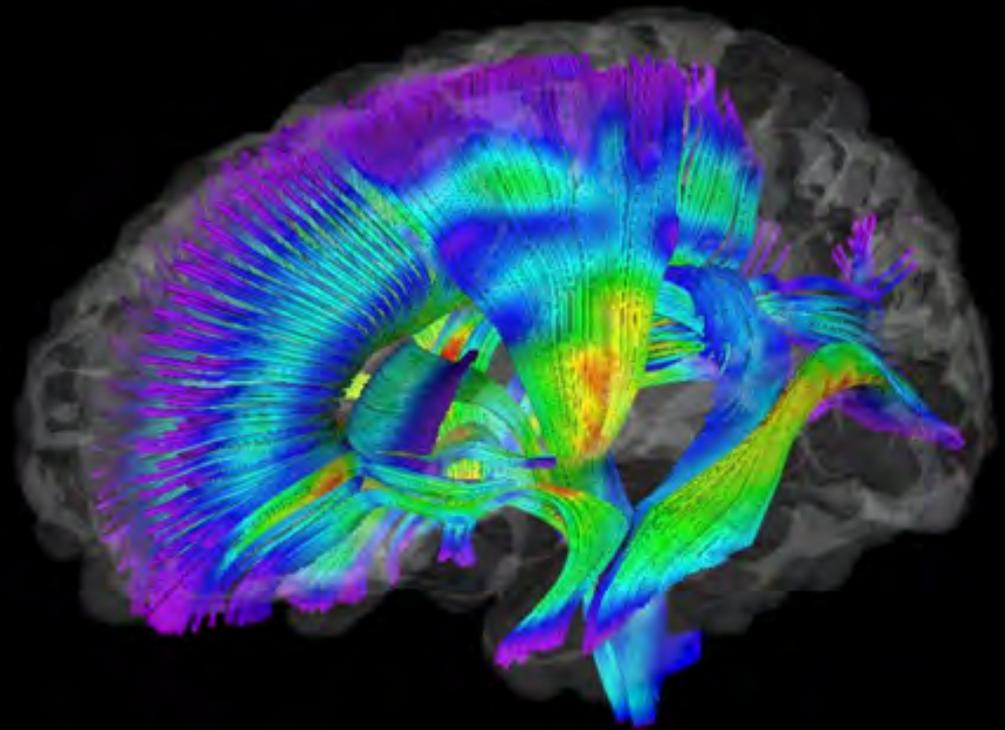
On the left is a hypothetical cell assembly encoding the concept 'Luke Skywalker' (marked in red). Of these neurons, some also fire to Yoda (identified with a blue line contour), and some others fire to Darth Vader (identified with a green line contour). The activation of the 'Luke Skywalker cell assembly', for example, after seeing his picture, can then trigger other associated concepts, such as Yoda or Darth Vader, through the firing of the neurons with an overlapping representation and pattern completion<sup>59</sup>. Such partially overlapping representation could be the basis of the encoding and learning of associations and episodic memories.





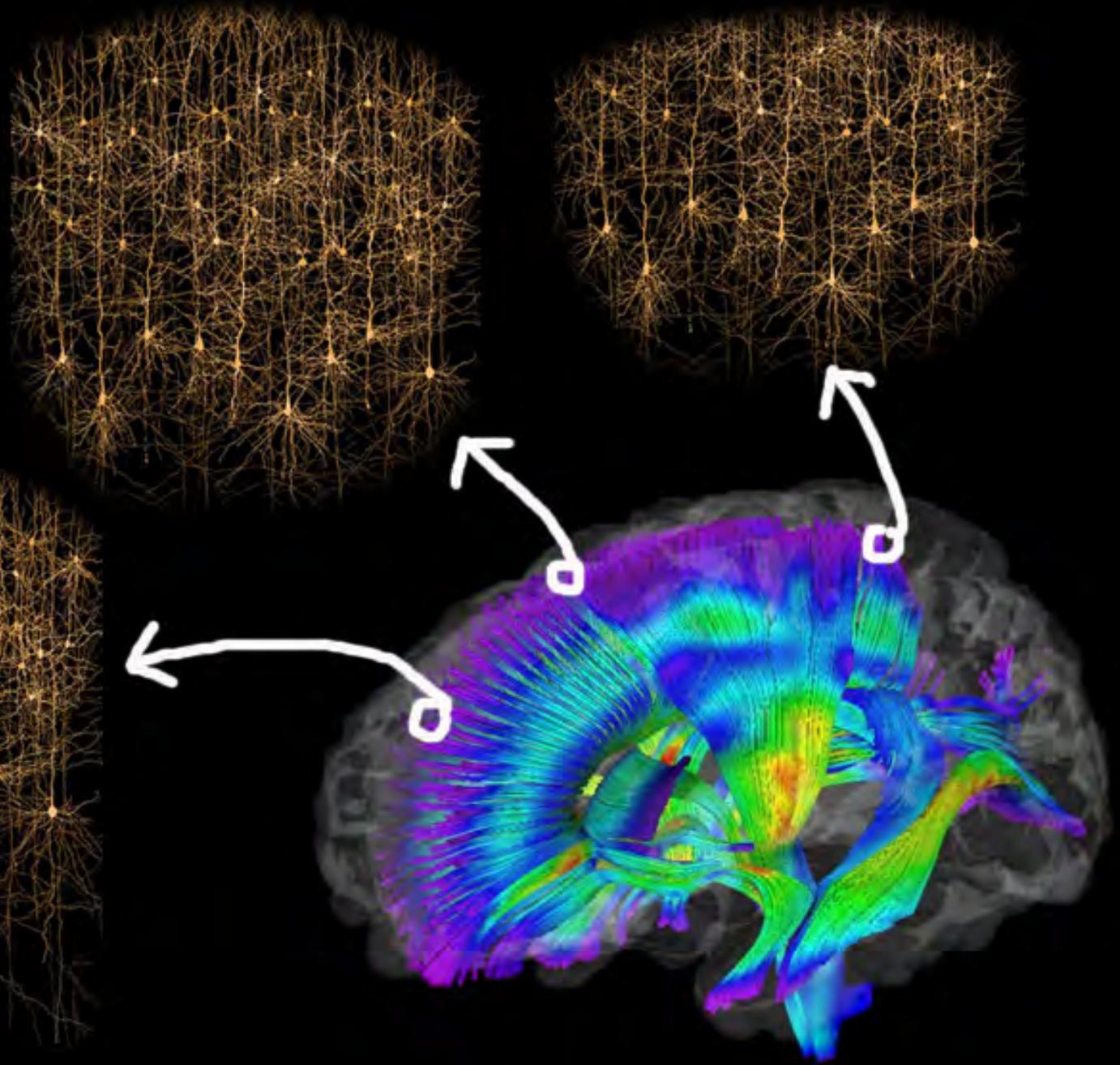


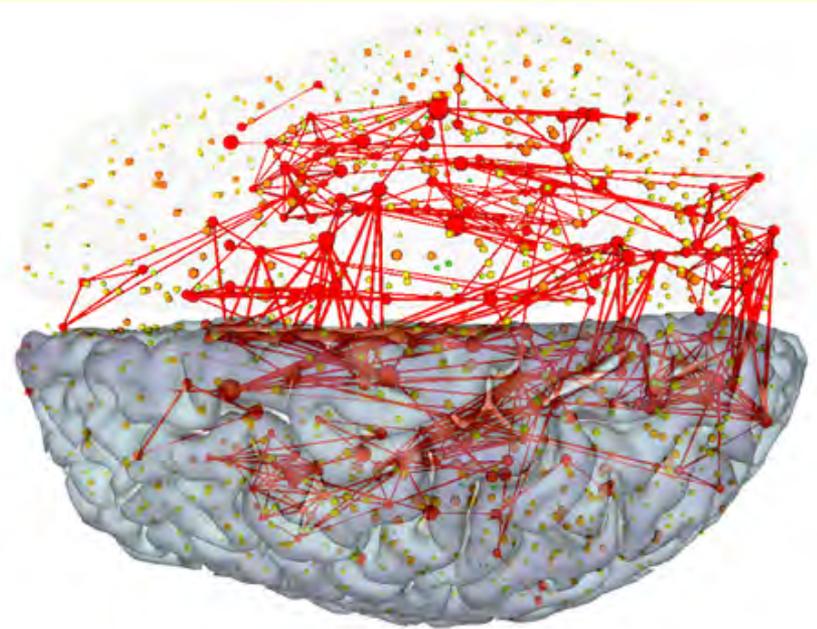
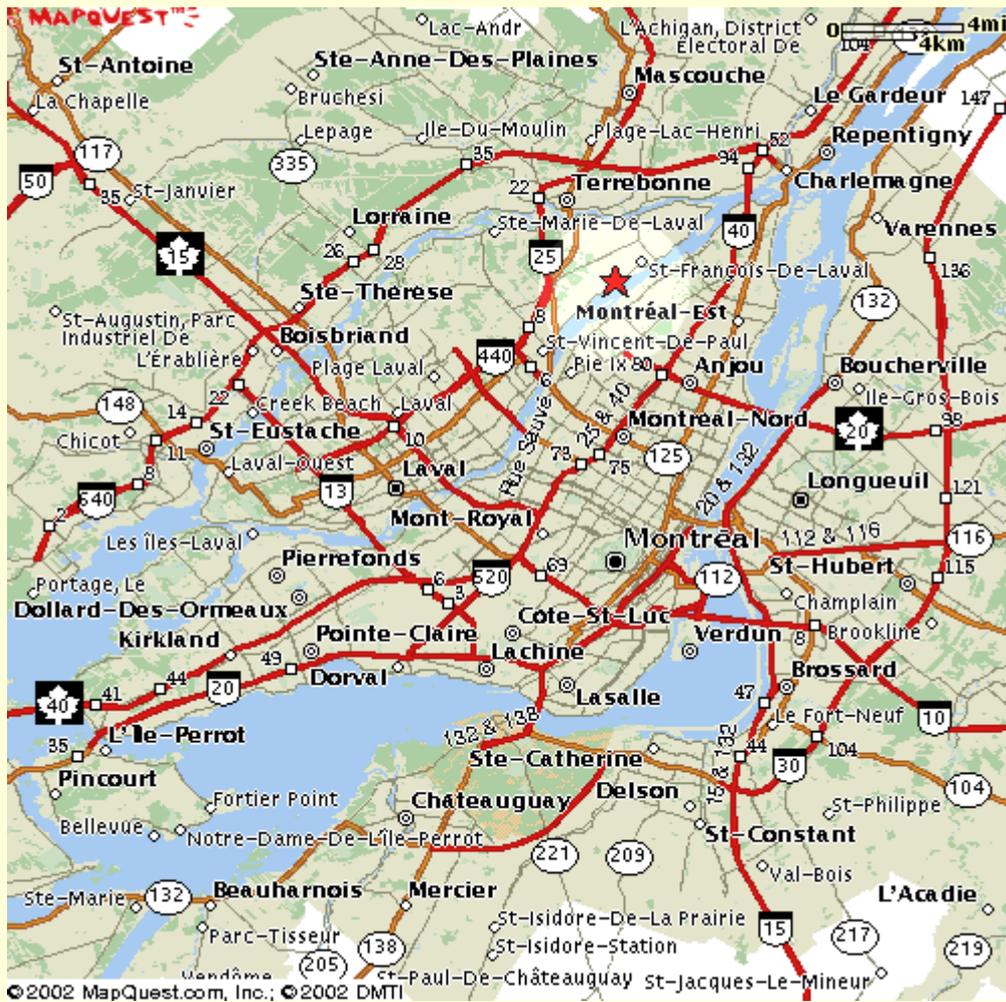
« Grandes  
autoroutes...



« Grandes  
autoroutes...

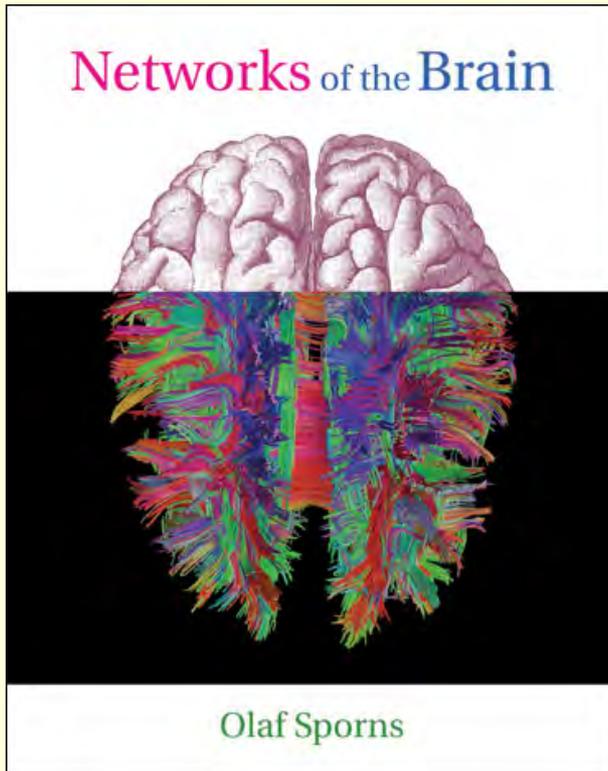
...et petites  
rues locales.



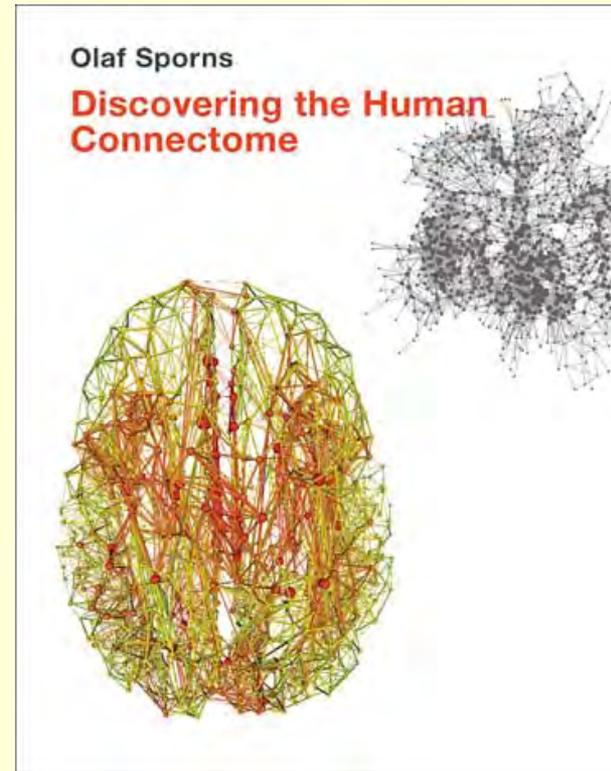


D'où l'idée d'établir une cartographie de ces réseaux densément interconnectés :

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

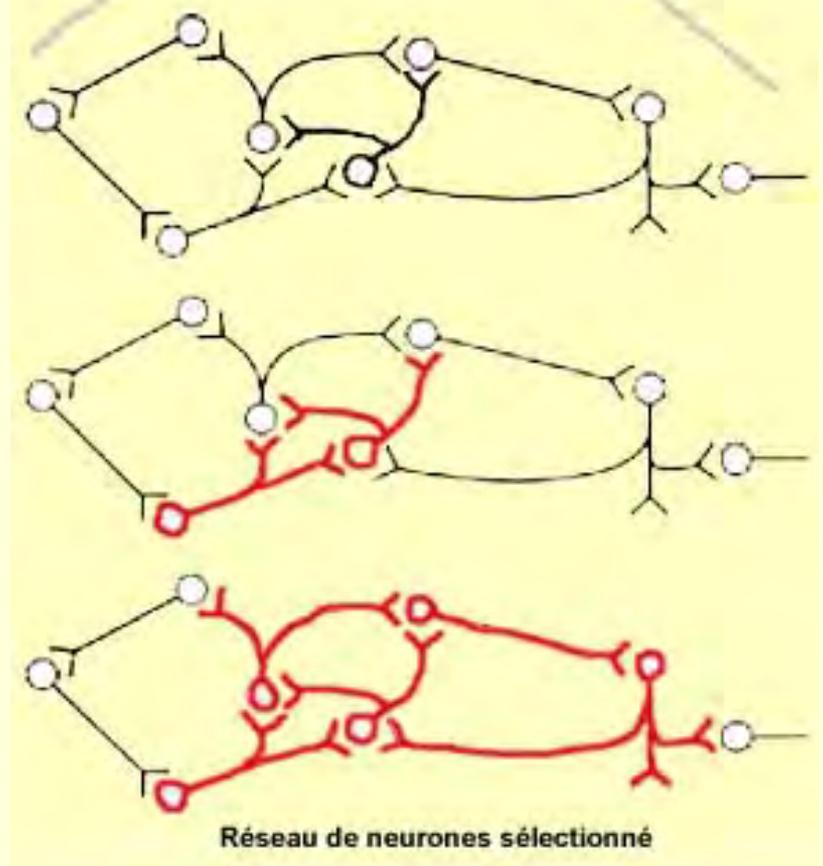


2010



2012

**Et comme les « petites routes »  
de notre connectome  
se modifient constamment...**





Notre cerveau n'est jamais exactement le même jour après jour...

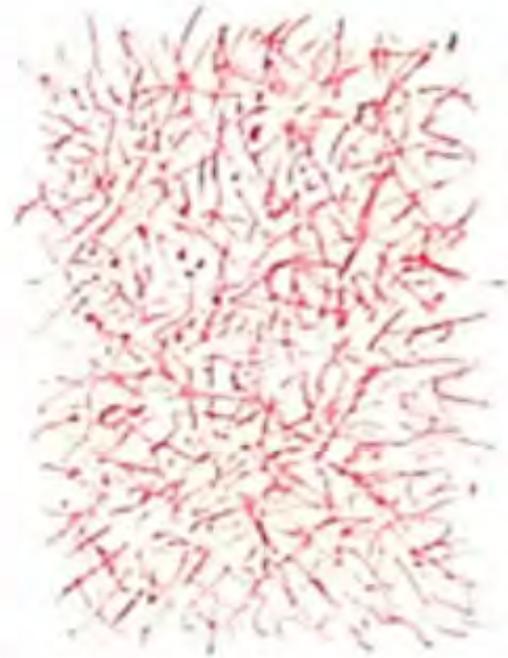
La mémoire humaine ne peut donc être qu'une **reconstruction**.



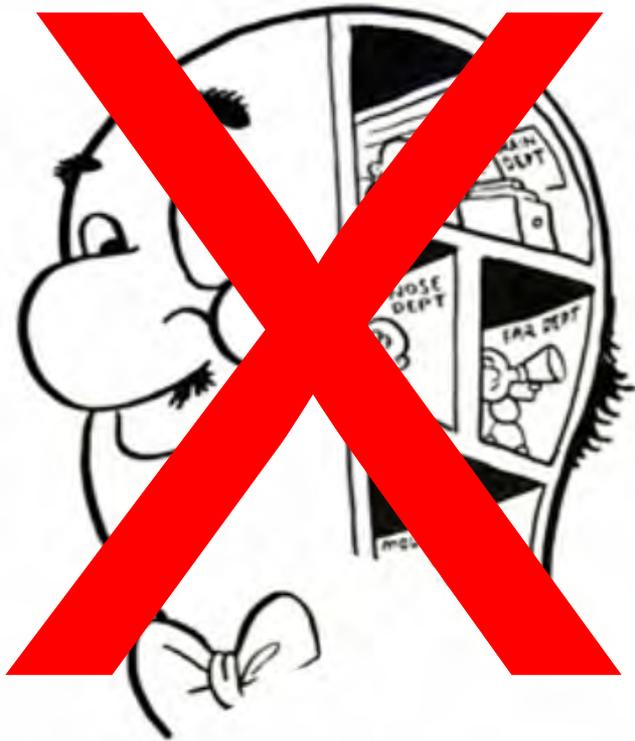
De même, il n'y a pas de « **centre de...** » dans le cerveau.

« **There is no boss in the brain.** » - M. Gazzaniga





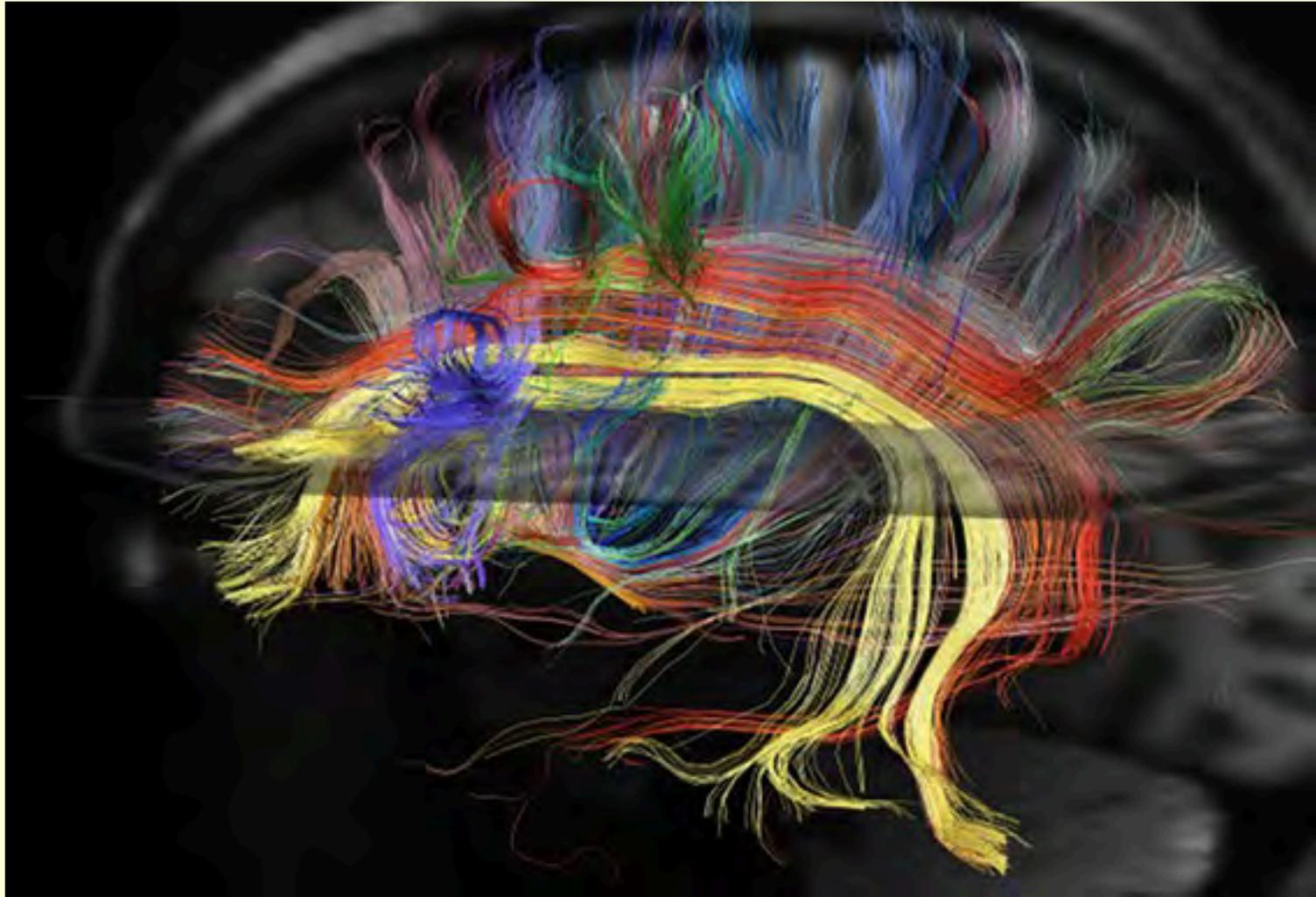
un réseau largement distribué



Comme une **symphonie** :

coordination d'activités dynamiques  
dans un réseau largement distribué !

À l'intérieur des  
voies  
nerveuses de  
la **connectivité  
anatomique**  
du cerveau,



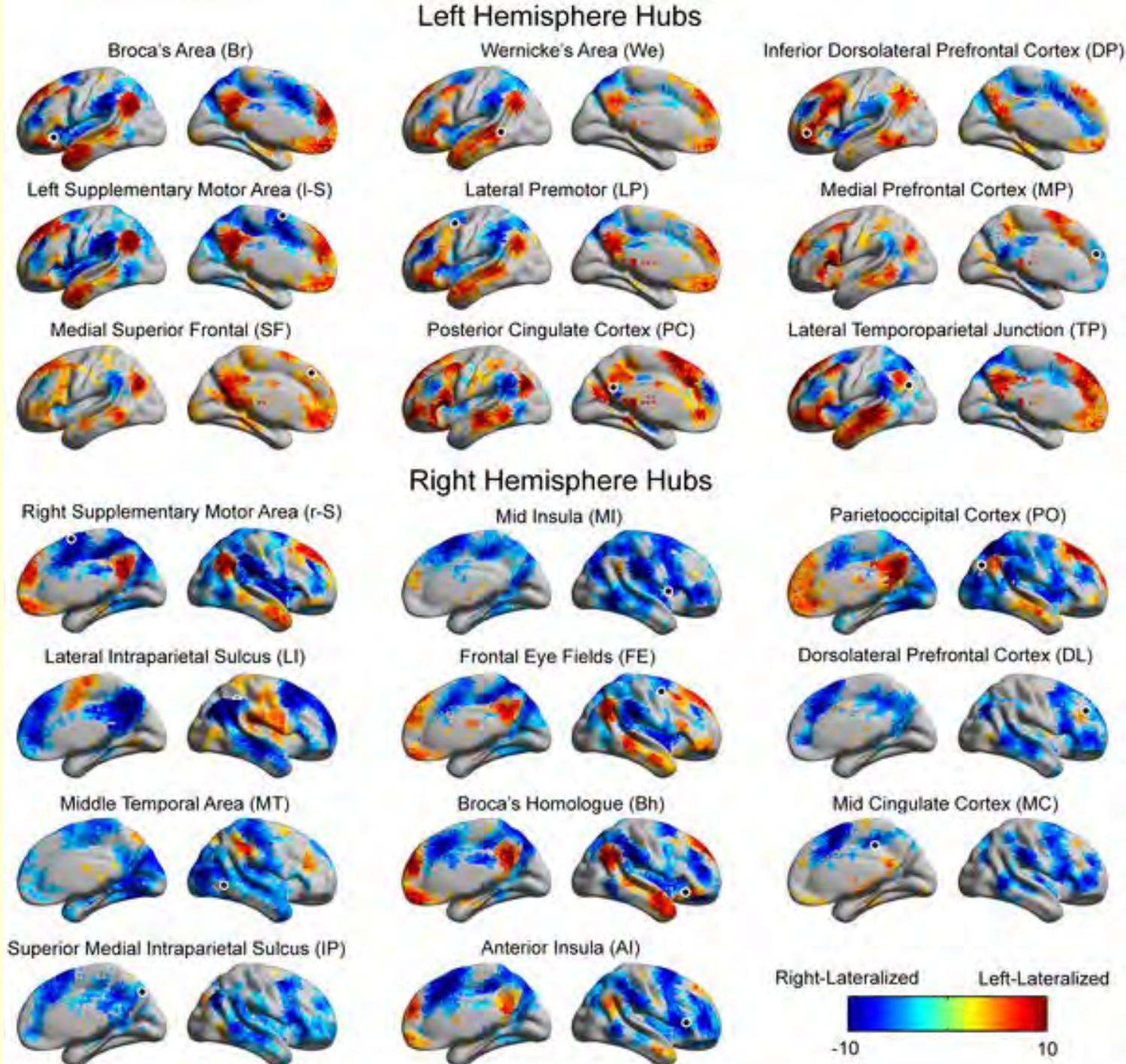
Courtesy of VJ Wedeen and LL Wald, Martinos Center, Harvard Medical School, Human Connectome Project

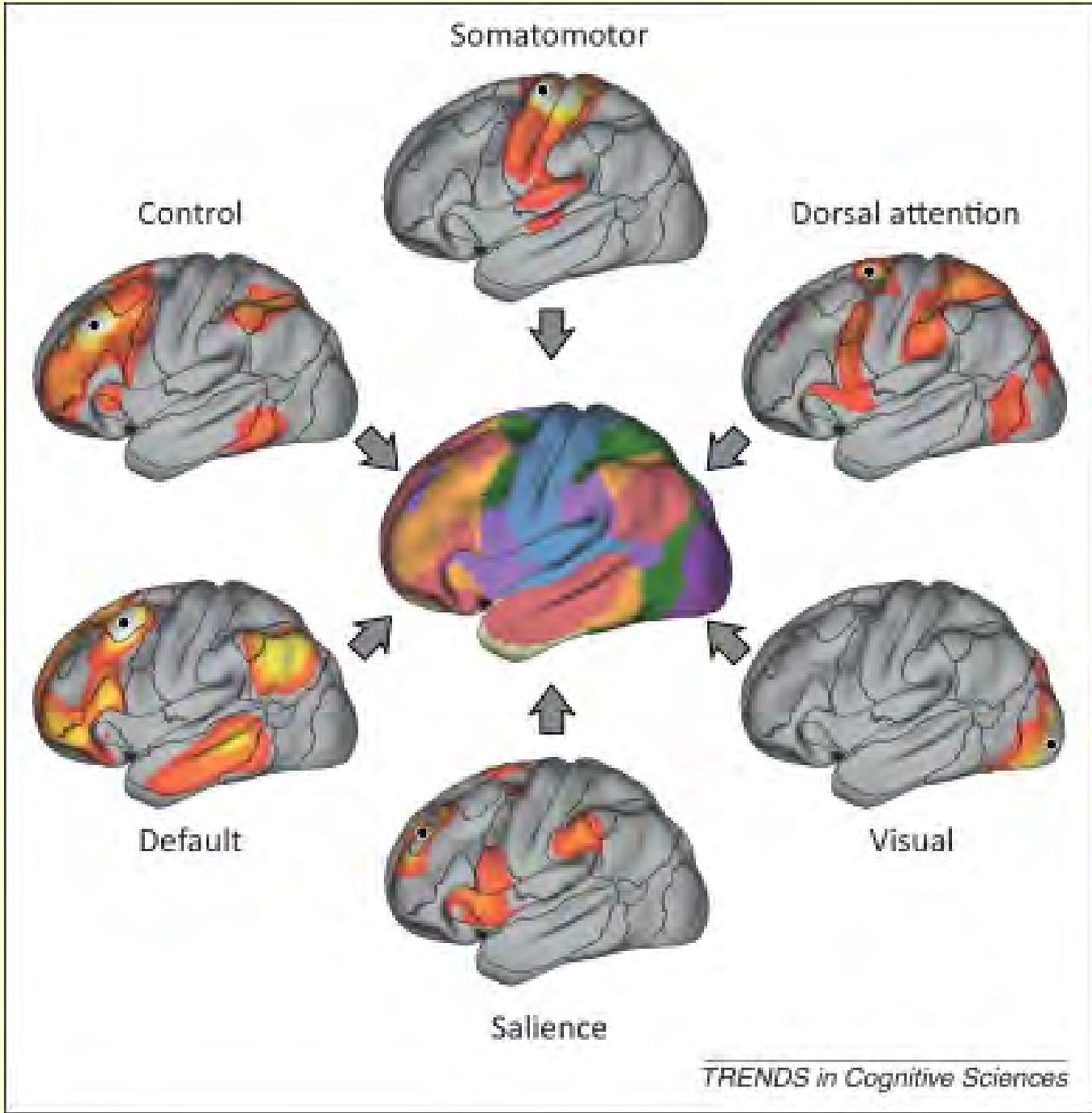
À l'intérieur des  
voies  
nerveuses de  
la **connectivité  
anatomique**  
du cerveau,

on observe une  
**connectivité  
fonctionnelle** :

c'est-à-dire des  
régions qui

« **travaillent  
souvent  
ensemble** »

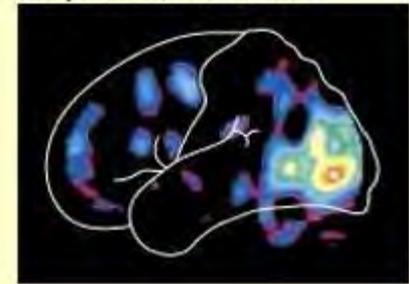




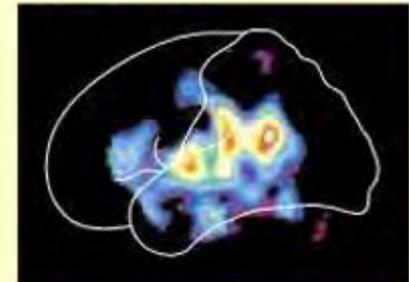
Donc toujours de l'activité **dynamique** dans un **réseau** largement **distribué** !



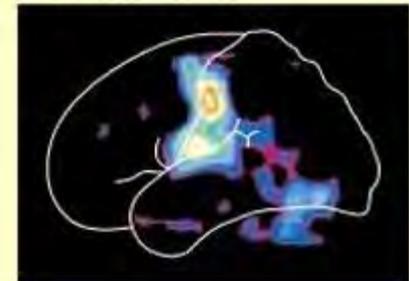
Voir passivement des mots



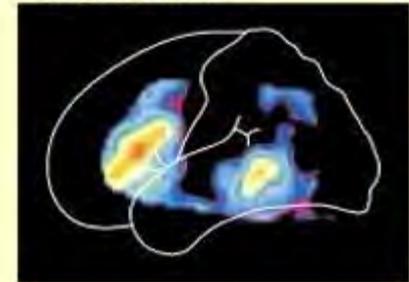
Écouter des mots



Prononcer des mots



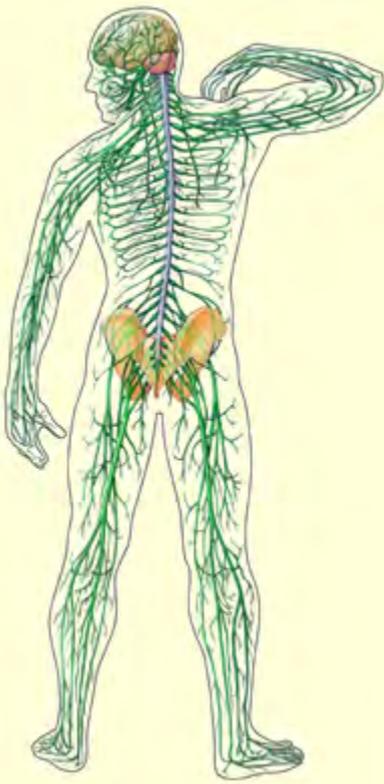
Générer des mots



## Que sommes-nous ?

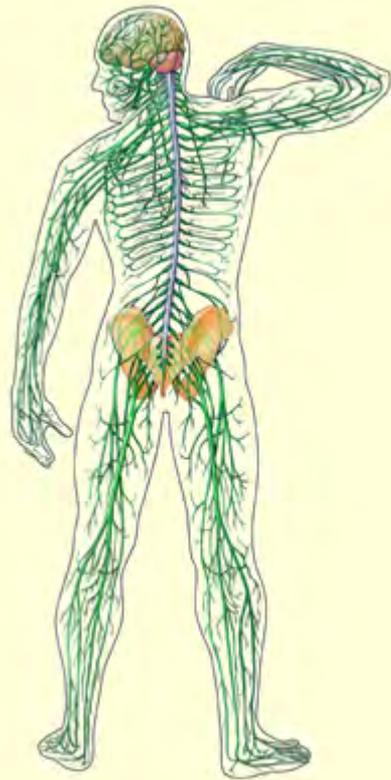
*Qu'est-ce qui détermine la psychologie d'un individu ?*





Plans généraux  
du système nerveux  
provenant de nos gènes

***Notre génétique :***  
*l'histoire de notre*  
*espèce*



Plans généraux  
du système nerveux  
provenant de nos gènes

Action

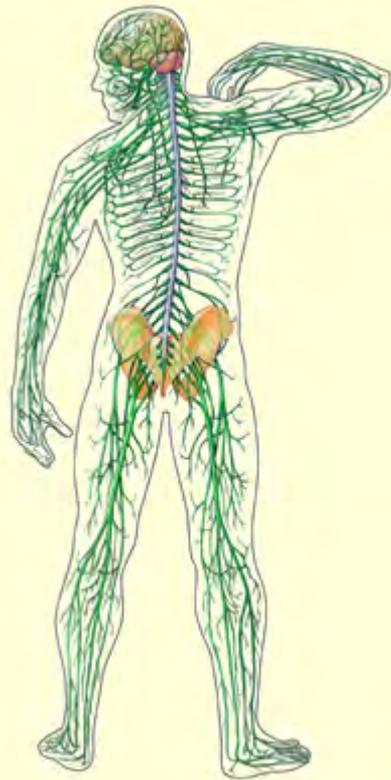


Influence de  
l'environnement



Perception

***Nos apprentissages :***  
*l'histoire de notre vie*



Plans généraux  
du système nerveux  
provenant de nos gènes

Action



Influence de  
l'environnement

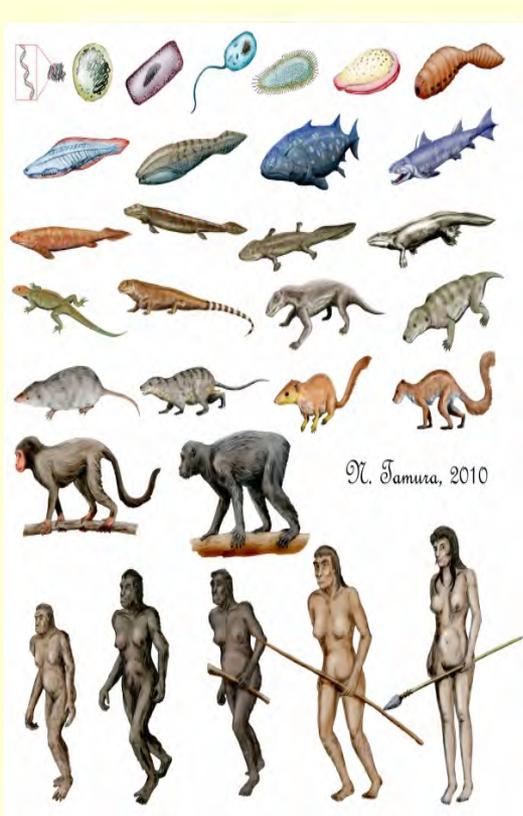
Perception

Cerveau unique à l'origine  
de tous les comportements  
d'un individu

**Notre biologie**  
(notre « nature »)

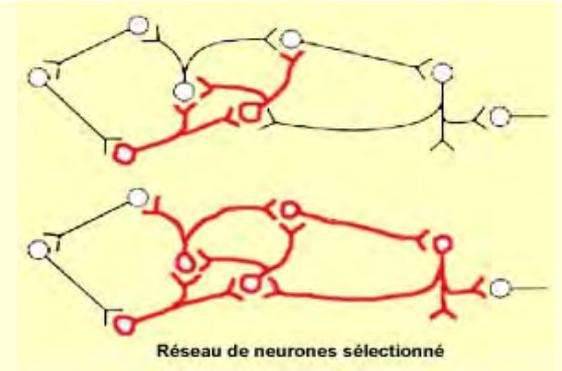


**Nos  
apprentissages  
socio-culturels**  
(notre « culture »)



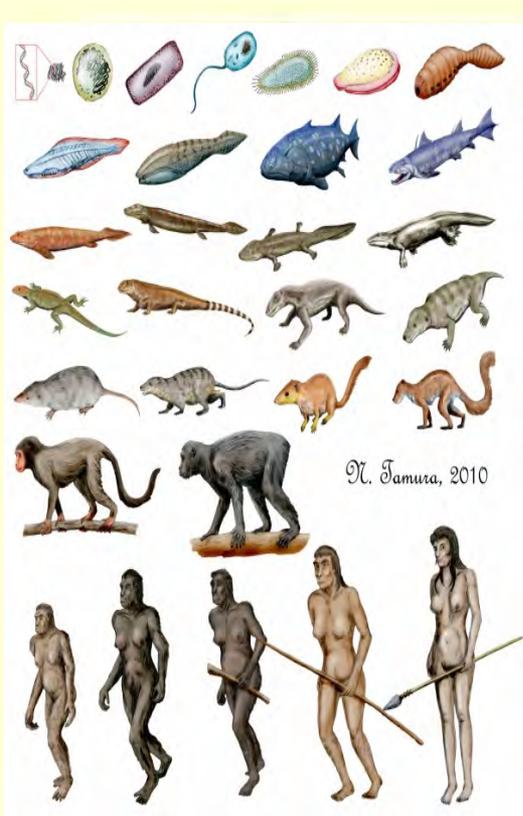
Plans généraux  
du système nerveux  
provenant de nos gènes

N. Tamura, 2010

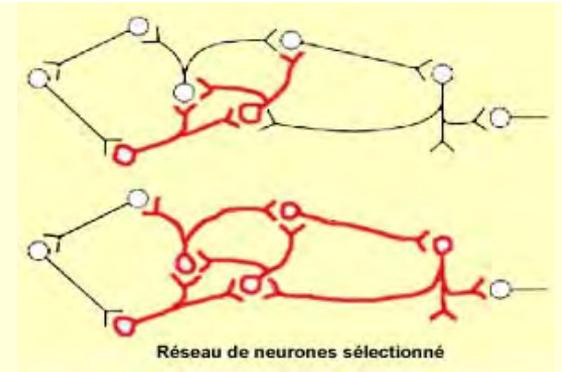


les **traces** qui se sont accumulées durant l'évolution (les mutations dans l'ADN) ont fait **diverger** les espèces;

et 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.

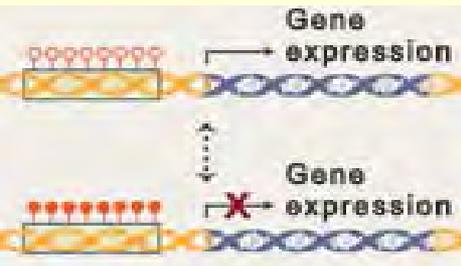


Plans généraux  
du système nerveux  
provenant de nos gènes



## + épigénétique

Changements dans « la façon dont nous utilisons (exprimons) certains de nos gènes qui sont **plus labiles** que les mutations de l'ADN, mais qui peuvent aussi **se transmettre** d'une génération à l'autre.



## Démystifier neuroscience et épigénétique

<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2014/02/03/demystifier-neuroscience-et-epigenetique/>

## Pour aller un peu plus loin...

### Quand l'enfance joue avec nos gènes: L'épigénétique (partie 2)

Maman Éprouvette, le 24 octobre 2014

<http://www.sciencepresse.qc.ca/blogue/2014/10/24/quand-lenfance-joue-nos-genes-lepigenetique-partie-2>

« Une petite parenthèse s'impose ici. Le récepteur des glucocorticoïdes, appelons-le affectueusement GR, est très important pour gérer le stress. Lorsque notre corps perçoit un danger, il produit une hormone pour l'aider à bien réagir, le cortisol. Si le cortisol est très utile pour se défendre contre l'attaque d'un tigre, il génère malheureusement des effets secondaires désagréables quand la situation revient à la normale. Pour cette raison, le corps a mis au point un mécanisme pour arrêter l'état d'alerte promptement et celui-ci utilise le GR. Lorsque le GR se lie au cortisol, il envoie alors un signal stoppant la production d'hormones de stress. Fin de la parenthèse.

Revenons maintenant aux rats. Puisqu'ils ont plusieurs exemplaires du GR, les bébés de mères protectrices se calment très rapidement, ce qui constitue un avantage dans un environnement relativement paisible. Par contre, les petits de mères négligentes seront anxieux et agressifs... une bonne chose dans un milieu hostile. On suppose en fait qu'une mère vivant dans un endroit de ce genre aura moins de temps pour lécher et toiletter ses petits, un comportement décrit comme de la négligence par les chercheurs. Donc, par son comportement, la mère renseigne son enfant sur le monde dans lequel il vit et celui-ci s'adaptera pour avoir les meilleures chances de survie.

Et l'épigénétique dans tout cela? Et bien, les mécanismes épigénétiques sont précisément ce qui permet de modifier de façon permanente la quantité de GR produite par le cerveau du raton. Lorsqu'on étudie les gènes des ratons négligés, on remarque en effet que de nombreuses molécules méthyles ont été fixées au gène du GR, ce qui en réduit considérablement la production. Cette modification du gène est stable et persistera pendant toute la vie de l'animale.

C'est là tout l'intérêt de l'épigénétique. Ce mécanisme permet à l'expression des gènes de s'adapter rapidement à l'environnement. Ces modifications sont en quelque sorte la mémoire de nos cellules. »

**Lundi, 3 février 2014**

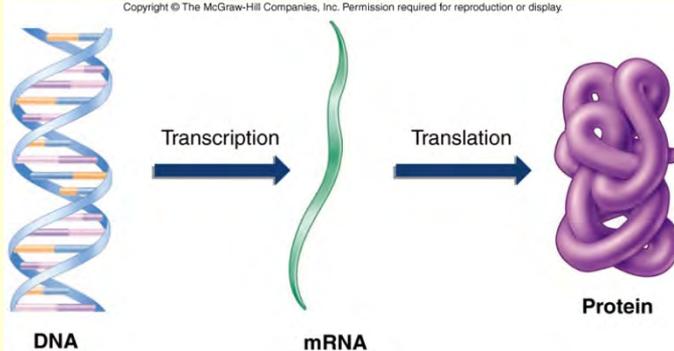
## **Démystifier neuroscience et épigénétique**

<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2014/02/03/demystifier-neuroscience-et-epigenetique/>

« C'est ainsi, toujours dans les effets épigénétiques à long terme bien établis, que l'équipe du Dr. Michael Meaney avait démontré qu'un rat femelle, en léchant plus ou moins ses ratons dans les jours suivants leur naissance, va influencer la fixation de ces groupements chimique sur certains segments d'ADN au point de déterminer le niveau de susceptibilité au stress de ses petits pour le reste de leur vie.

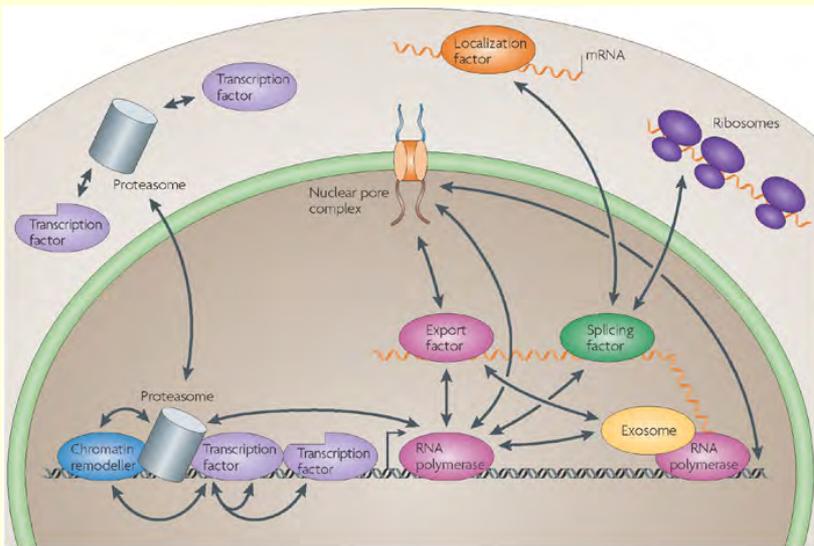
Cette idée que notre expérience de vie peut avoir des échos dans nos gènes et même se transmettre à travers les générations est donc déjà passablement nouvelle et étonnante. Mais ce que l'article « The Social Life of Genes » démontrait en citant de nombreuses études récentes autant sur les abeilles, les singes ou les humains, c'est que la qualité de notre vie sociale peut changer l'expression de nos gènes avec une rapidité et une profondeur que l'on n'avait pas imaginé.

Par exemple, en six mois seulement, un changement appréciable du ratio d'activité de gènes pro-inflammatoires versus anti-inflammatoire a pu être observé chez des jeunes femmes subissant un stress dans leur vie sociale par rapport à celles qui n'en subissaient pas.



Le vieux schéma unidirectionnel « ADN > ARN messenger > protéine » nous a laissé avec l'impression que notre cerveau pouvait apprendre, mais que la machinerie intime de toutes nos cellules, et donc de nos neurones, demeurait stable par l'entremise des gènes que nous avons hérités de nos parents.

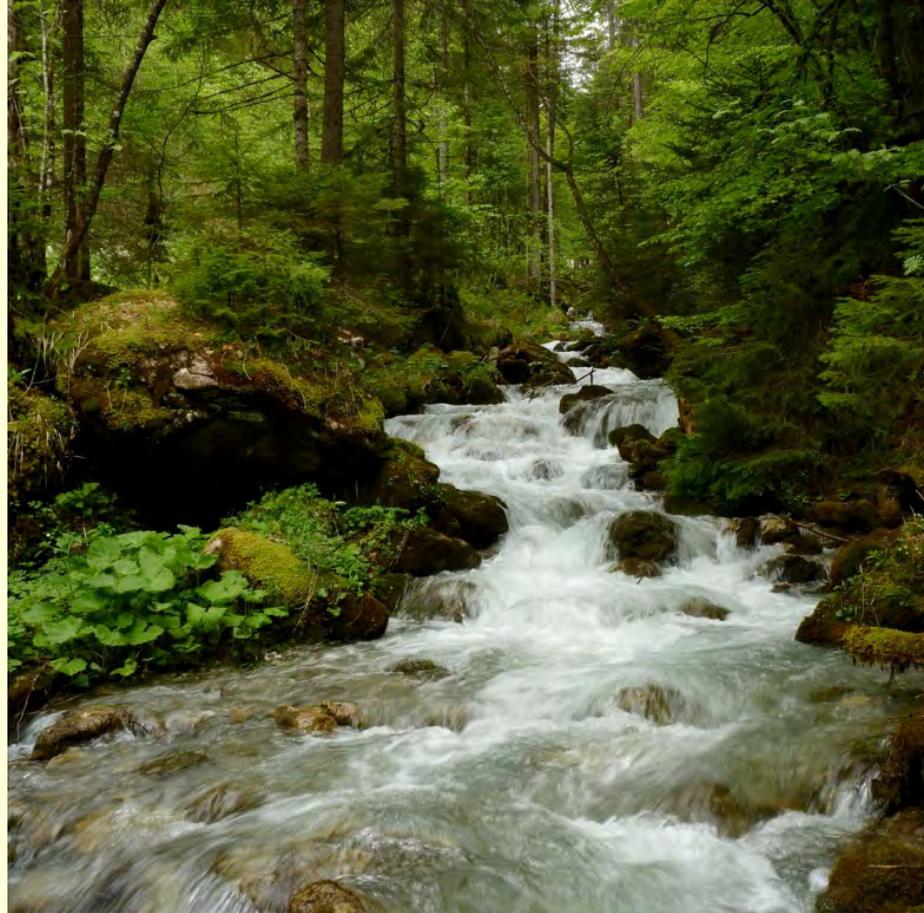
L'épigénétique nous fait prendre conscience que l'essence de notre être est beaucoup plus poreuse, pour ainsi dire, à notre environnement. Nous sommes nos cellules, mais celles-ci sont de plus en plus considérées comme des machines bidirectionnelles capables aussi de transformer notre expérience en biologie. »



Pour résumer tout ceci, une petite métaphore...



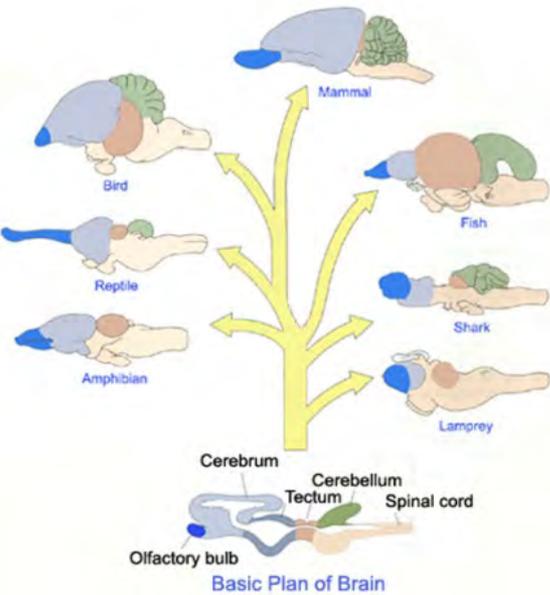
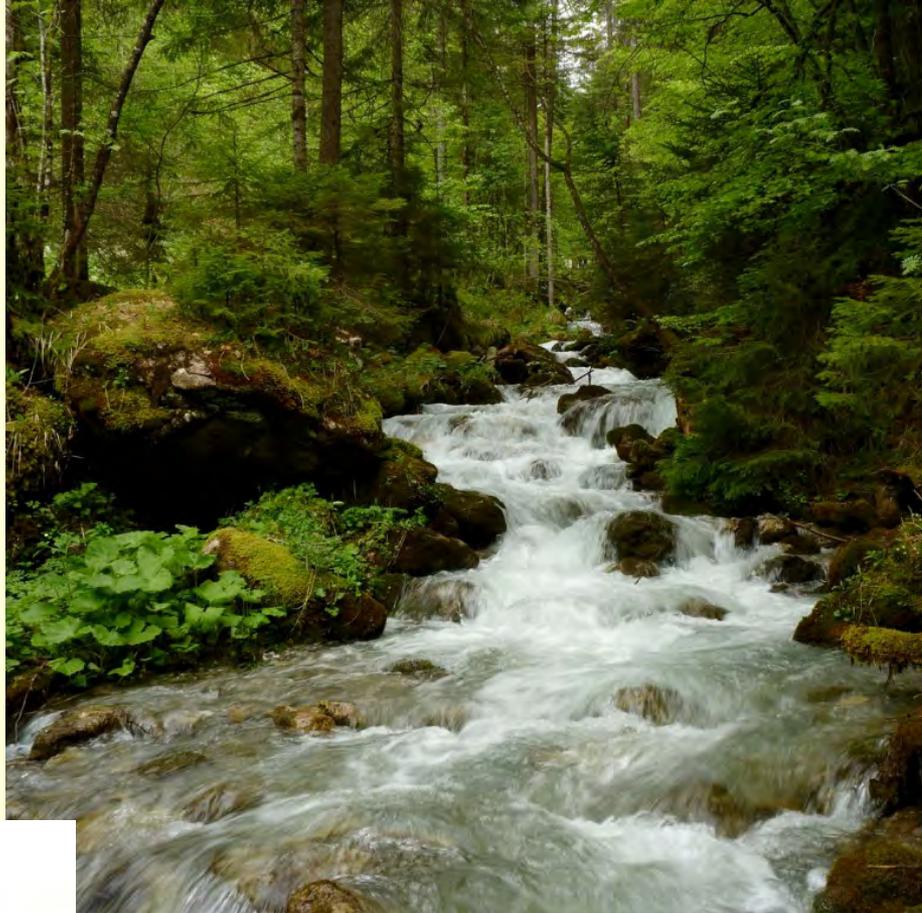
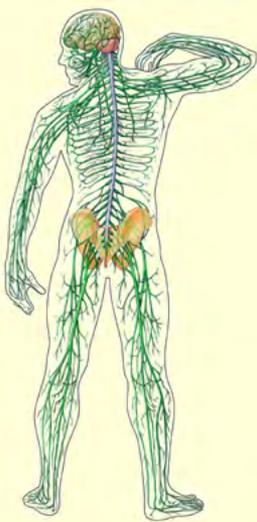
Le **lit de la rivière**  
est notre  
**connectome.**

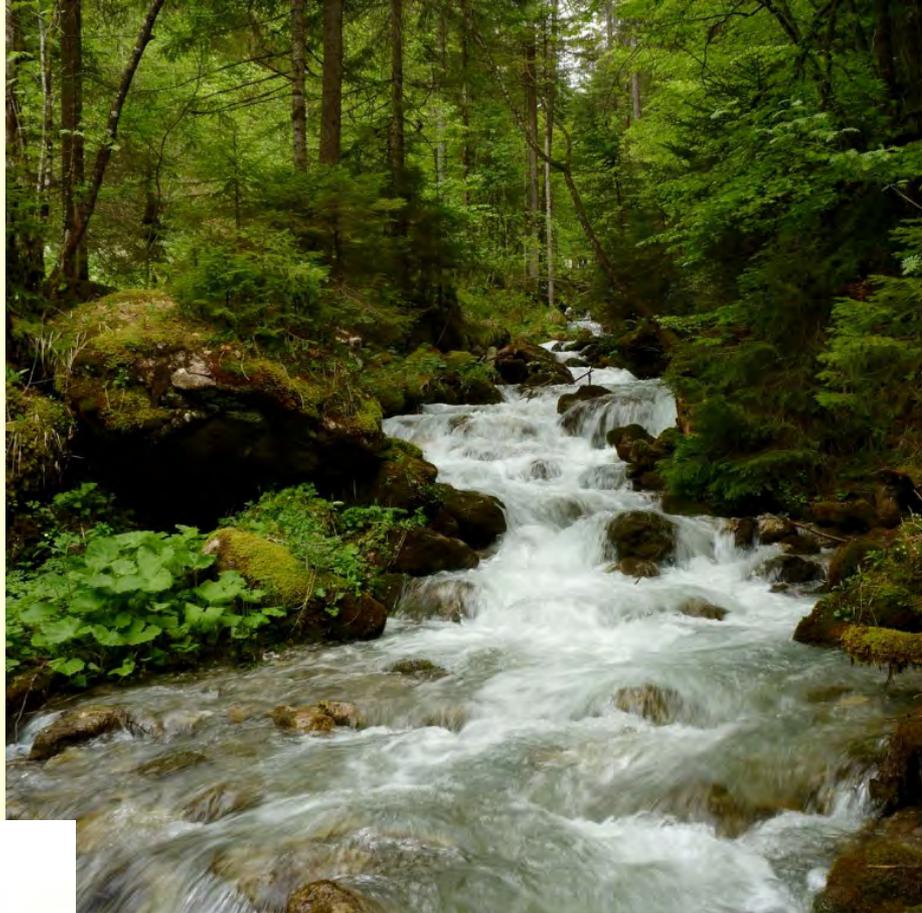
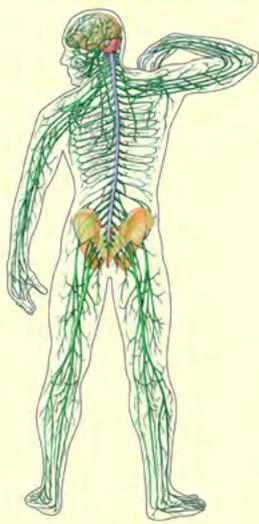


Le **flux de l'eau** est  
l'**activité électrique**  
du **cerveau** qui  
**fluctue**  
constamment.

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

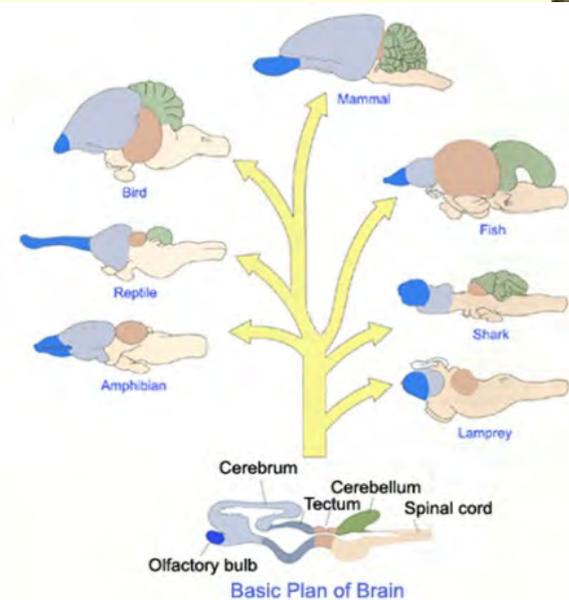


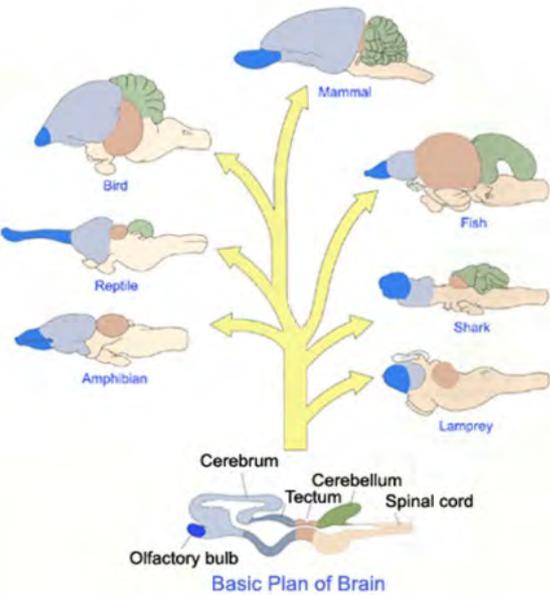
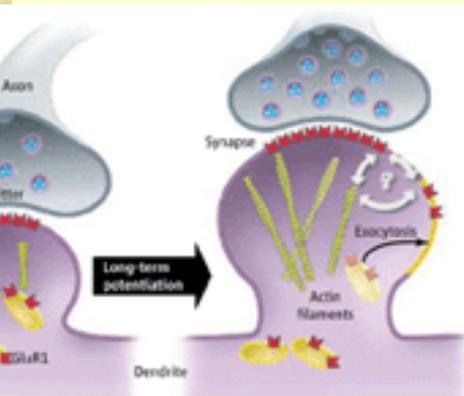
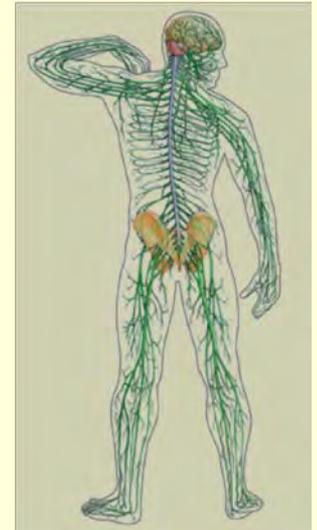
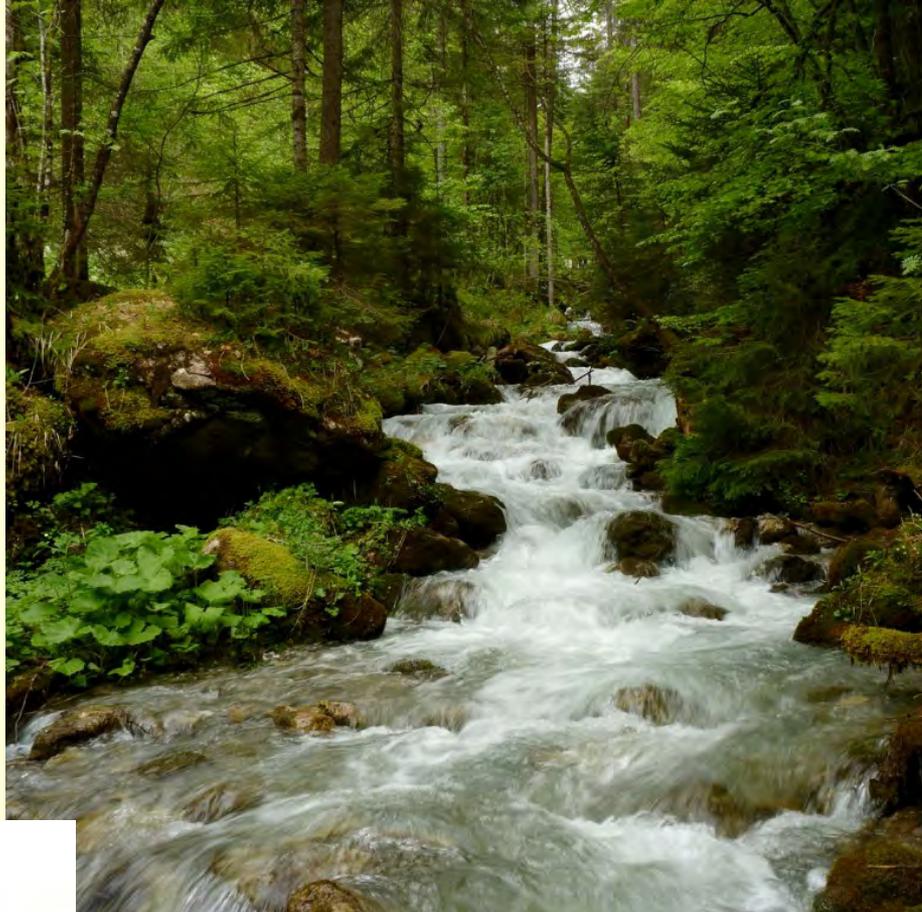
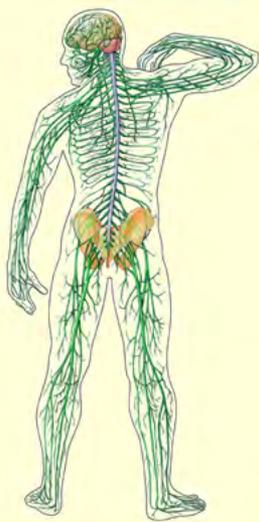




Mais sur une échelle de temps plus longue, le lit de la rivière est érodé par l'eau et se modifie.

Tout comme les petites routes de notre connectome sont modifiées par notre histoire de vie.





# Références pour ce cours :

## 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/>

Référence :

# **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](http://www.cell.com/trends/cognitive-sciences/retrieve/pii/S1364661313002210?_returnURL=http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364661313002210?showall=true#Summary)