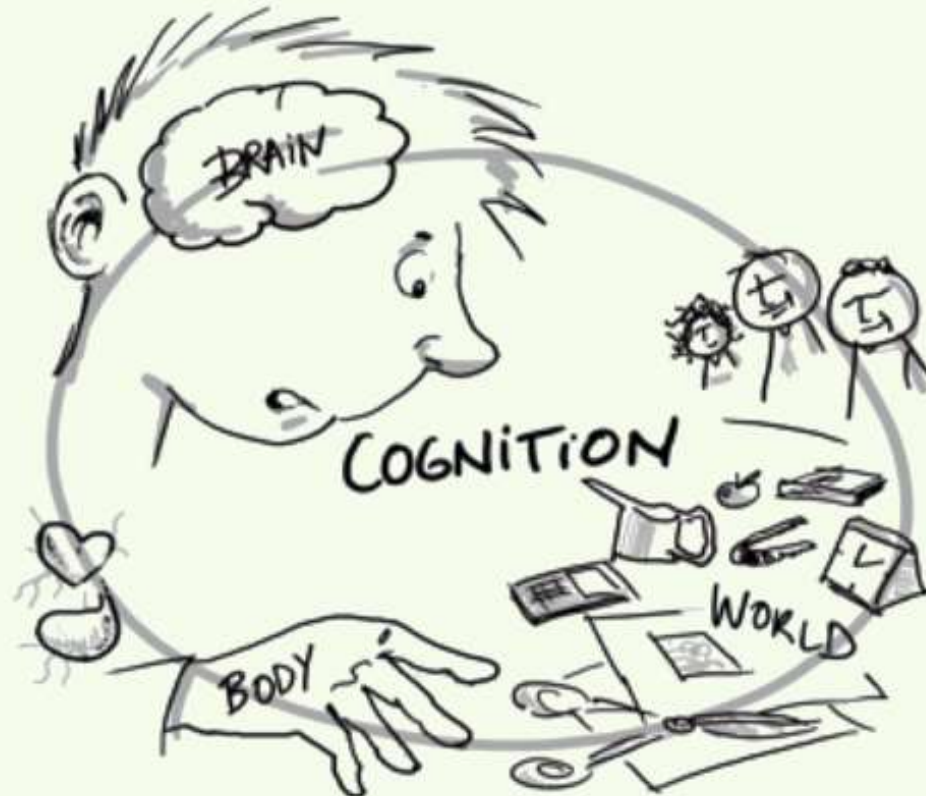


# L'apport des sciences cognitives... à tous les niveaux !

UTA de Varennes

Hiver 2020

par Bruno Dubuc



# 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 maniaque-dépression
- Les troubles anxieux
- La démence de type Alzheimer

## Le BLOGUE du CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

Chercher dans le blogue

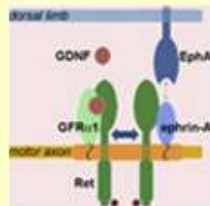
Envoyer

Catégories

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

Lundi, 13 février 2012

### Des protéines qui guident le câblage cérébral



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

## Instituts de recherche en santé du Canada

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

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

# LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

[Retour à l'accueil](#)

## Niveau d'explication

Débutant  
Intermédiaire  
Avancé



## Niveau d'organisation

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

### Thème

#### Le plaisir et la douleur



### Sous-thème

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

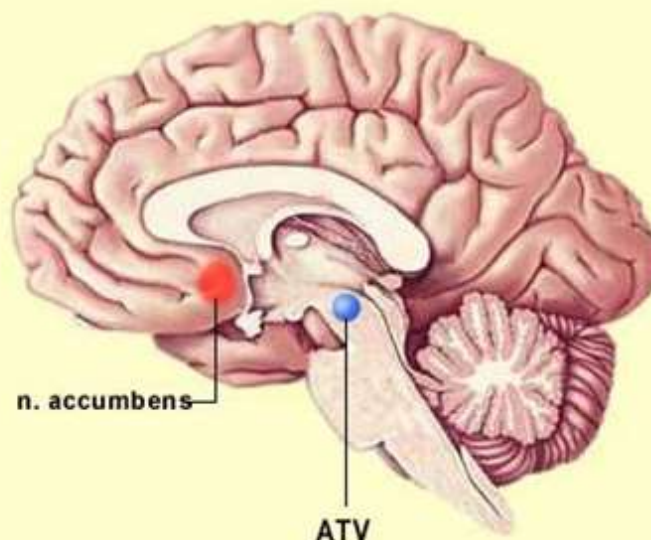


Un stimulus sensoriel qui n'apporte ni récompense ni punition est rapidement ignoré et oublié. C'est le phénomène de l'habituation qui nous fait oublier le contact de nos vêtements avec notre peau ou le tic tac de l'horloge du bureau.

## LES CENTRES DU PLAISIR

1

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



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

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

# 3 niveaux d'explication

**Niveau d'explication**

**Débutant**

**Intermédiaire**

**Avancé**

◀ ◻ ▶



**LE CERVEAU À TOUTES LES NIVEAUX!**

Thème: **LE CERVEAU** / Niveau: **1000**

**LES FONCTIONS DU CERVEAU**

Le cerveau est un organe complexe qui contrôle toutes les activités de notre corps. Il est divisé en deux hémisphères, chacun spécialisé dans certaines fonctions. Les neurones, les cellules du cerveau, communiquent entre eux pour transmettre des informations.




**LE CERVEAU À TOUTES LES NIVEAUX!**

Thème: **LE CERVEAU** / Niveau: **1000**

**LES FONCTIONS DU CERVEAU**

Le cerveau est un organe complexe qui contrôle toutes les activités de notre corps. Il est divisé en deux hémisphères, chacun spécialisé dans certaines fonctions. Les neurones, les cellules du cerveau, communiquent entre eux pour transmettre des informations.



**LE CERVEAU À TOUTES LES NIVEAUX!**

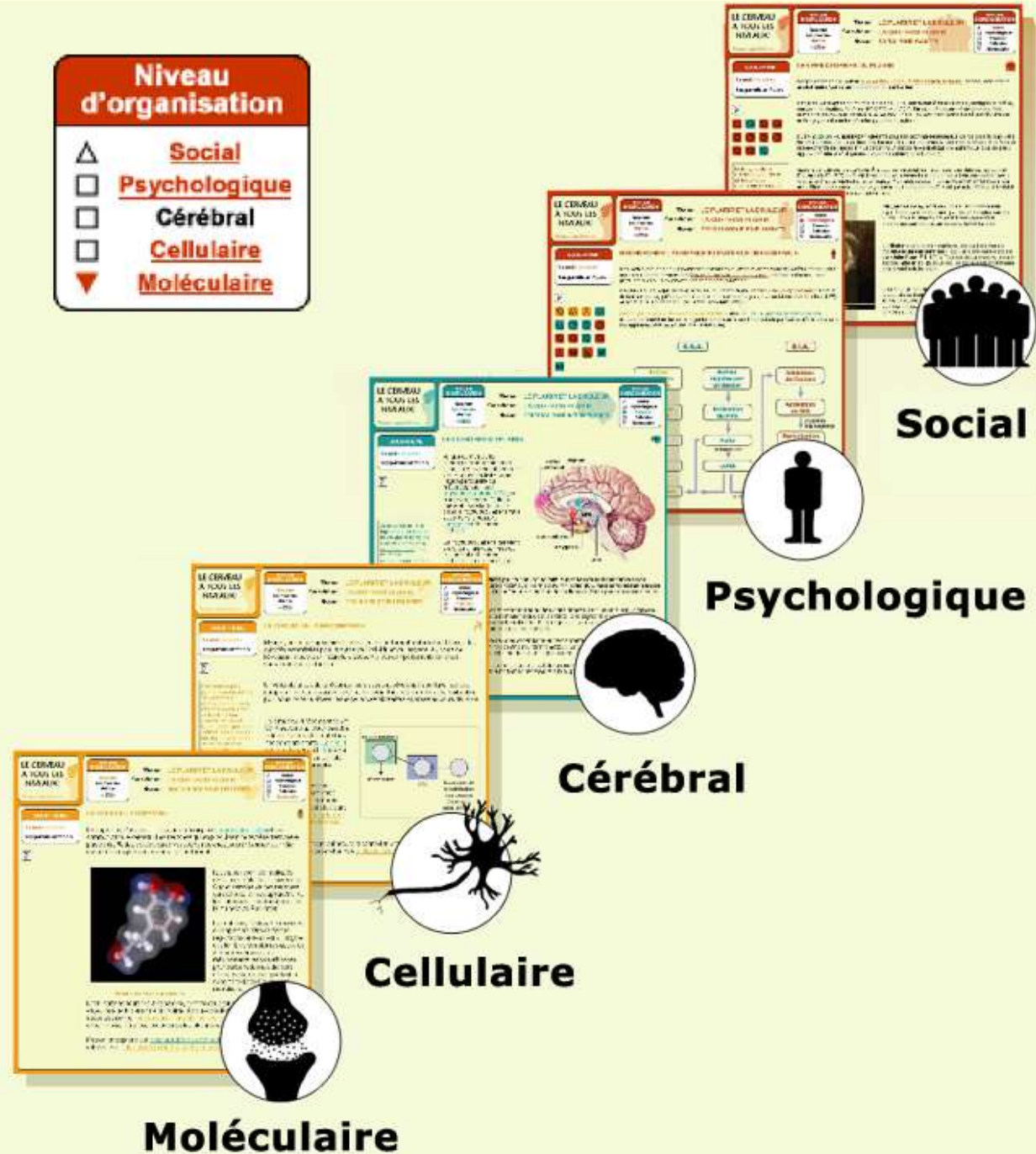
Thème: **LE CERVEAU** / Niveau: **1000**

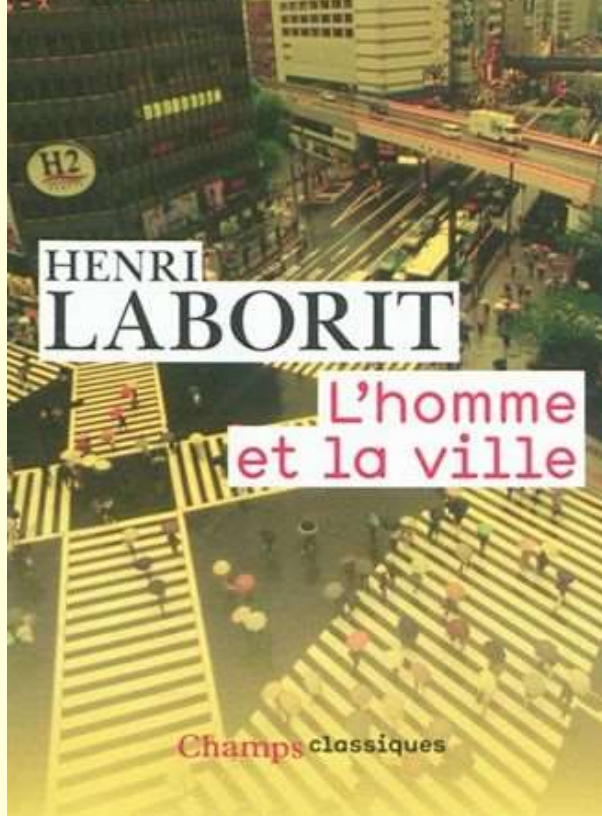
**LES FONCTIONS DU CERVEAU**

Le cerveau est un organe complexe qui contrôle toutes les activités de notre corps. Il est divisé en deux hémisphères, chacun spécialisé dans certaines fonctions. Les neurones, les cellules du cerveau, communiquent entre eux pour transmettre des informations.



# 5 niveaux d'organisation





LES  
**DÉBROUILLARDS**  
DRÔLEMENT SCIENTIFIQUE !

**QUÉBEC SCIENCE**

Institut de recherche en santé du Canada

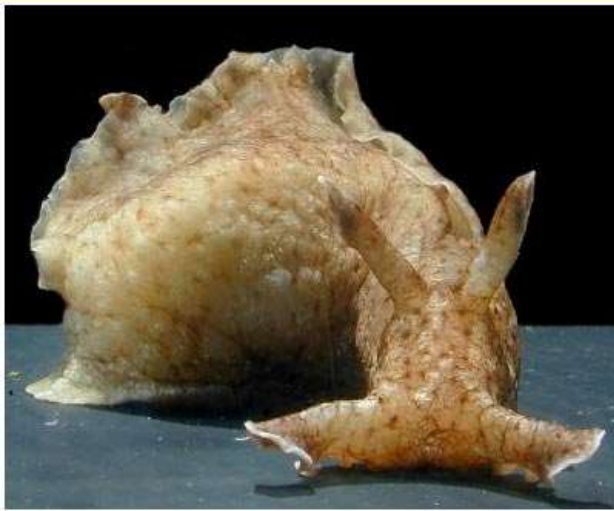
**LE CERVEAU  
À TOUS LES  
NIVEAUX!**

Retour à l'accueil

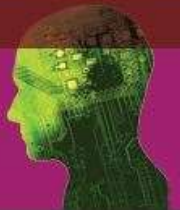
Niveau  
d'explication

Débutant  
Intermédiaire  
Avancé

◀ □ ▶



**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, la

# DES COURS DONNÉS DANS **GRATUITS** les BARS et les CAFÉS

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

**Plein gaz sur le schiste**

**Introduction à l'écologie sonore**

**L'éthique dans l'assiette**

**Parlons cerveau**

**La Mort se raconte**

neurons univers mécanique quantique  
Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur...  
**Les trois infinis : le petit, le grand et le complexe**

Les séances, présentées par Bruno Dubuc, ont lieu au bar Les Pas Sages, 951, rue Rachel Est, les lundis suivants à 19 h :

**11 mai** L'infinitement complexe : le labyrinthe de nos réseaux cérébraux  
Tous les détails au [www.upopmontreal.com](http://www.upopmontreal.com)





UNIVERSITÉ DE  
SHERBROOKE

| *Voir au futur*

Accueil / Université du troisième âge

# Université du troisième âge

Accueil

Programmes

Bénévolat

UTA en bref

L'UTA et vous...

Étudiants

Professeurs





# LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

- Mode d'emploi
- Visite guidée
- Plan du site
- Diffusion
- Présentations
- Nouveautés
- English

Recherche -> site + blogue

Google™ Recherche |

## 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

Nouveau! "L'école des profs"

## Fonctions complexes



### Au coeur de la mémoire

- Les traces de l'apprentissage
- Oubli et amnésie



### Que d'émotions

- Peur, anxiété et angoisse
- Désir, amour, attachement



### 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 maniaque-dépression
- Les troubles anxieux
- La démence de type Alzheimer

## Le BLOGUE du CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

Accueil du site

### Faire un don

nous permet de continuer

Après nous avoir appuyés pendant plus de dix ans, des resserrements budgétaires ont forcé l'INSMT à interrompre le financement du Cerveau à tous les niveaux le 31 mars 2013.

Malgré tous nos efforts (et malgré la reconnaissance de notre travail par les organismes approchés), nous ne sommes pas parvenus à trouver de nouvelles sources de

Lundi, 5 septembre 2016

### « La cognition incarnée », séance 1 : Survol historique des sciences cognitives et présentation du cours



Comme promis il y a deux semaines, voici donc un bref aperçu du premier cours sur la « cognition incarnée » que je donnerai mercredi à 18h au local A-1745 du pavillon Hubert-Aquin de l'UQAM. Et

Recherche -> blogue

Billets par catégorie

Abonnez-vous !

NOUVELLES RÉCENTES SUR LE CERVEAU

# LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

- Mode d'emploi
- Visite guidée
- Plan du site
- Diffusion
- Présentations
- Nouveautés
- English

Recherche -> site + blogue

Google™ Recherche |

## 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
  - Désir, amour, attachement
- De la pensée au langage**
  - Communiquer avec des mots
- Dormir, rêver...**
  - Le cycle éveil - sommeil - rêve
  - Nos horloges biologiques

## Dysfonction

- Les troubles**
  - Dépression
  - Les troubles de l'humeur
  - La cognition

Nouveau! "L'école des profs"

# "L'école des profs"

## Cours intensifs de perfectionnement en neurosciences cognitives

(cliquez ici pour les détails)

Fonctions supérieures, libre arbitre et éducation

Vers une cognition incarnée

Des réseaux de neurones qui oscillent de manière dynamique

D'où venons-nous et que faisons-nous ?

Ancienne et nouvelle grammaire de la communication neuronale

## Le BLOGUE du CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

Accueil du site

Lundi, 5 septembre 2016

### « La cognition incarnée », séance 1 : Survol historique des sciences cognitives et présentation du cours



Comme promis il y a deux semaines, voici donc un bref aperçu du premier cours sur la « cognition incarnée » que je donnerai mercredi à 18h au local A-1745 du pavillon Hubert-Aquin de l'UQAM. Et

Recherche -> blogue

Recherche -> blogue

Billets par catégorie

Abonnez-vous !

NOUVELLES RÉCENTES SUR LE CERVEAU

Les Power Points de chaque présentation seront mis sur **la page « L'école des profs »** accessible par **la page d'accueil** du Cerveau à tous les niveaux quelques jours après avoir été donnés.

## Deux remarques avant de commencer :

1)

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

Je suis un « généraliste ».

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

- Jean-Didier Vincent,  
*Biologie des passions* (1986)



2) Les connaissances scientifiques dans un vaste domaine comme les sciences cognitives sont virtuellement infinies (et généralement on ne se plaint pas que mes cours en manquent...)

Mais en 18h de cours, on ne pourra donner qu'une image bien partielle...

- Cours 1:** Le « connais-toi toi-même » de Socrate à l'heure des sciences cognitives; Évolution et émergence des systèmes nerveux
- Cours 2:** Un neurone, deux neurones, quelques neurones (la grammaire de base du cerveau)
- Cours 3 :** Des milliers et des millions de neurones (des structures cérébrales distinctes)
- Cours 4:** Des milliards de neurones (qui forment des réseaux à l'échelle du cerveau entier)
- Cours 5 :** Des réseaux de milliards de neurones qui oscillent et se synchronisent dans le temps
- Cours 6 :** Tout ce qui précède dans un corps situé dans un environnement
- Cours 7 :** Tout ce qui précède fait émerger les « fonctions supérieures »
- Cours 8 :** Tout ce qui précède pour considérer de grandes questions (libre arbitre, éducation, etc.)

**Psychologique**



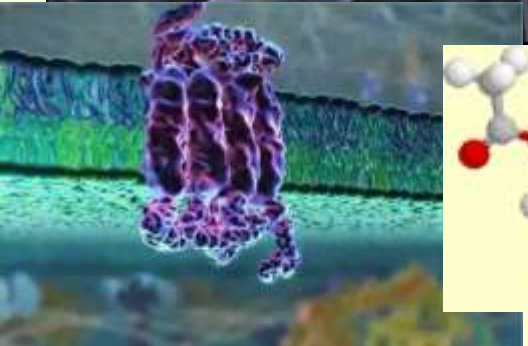
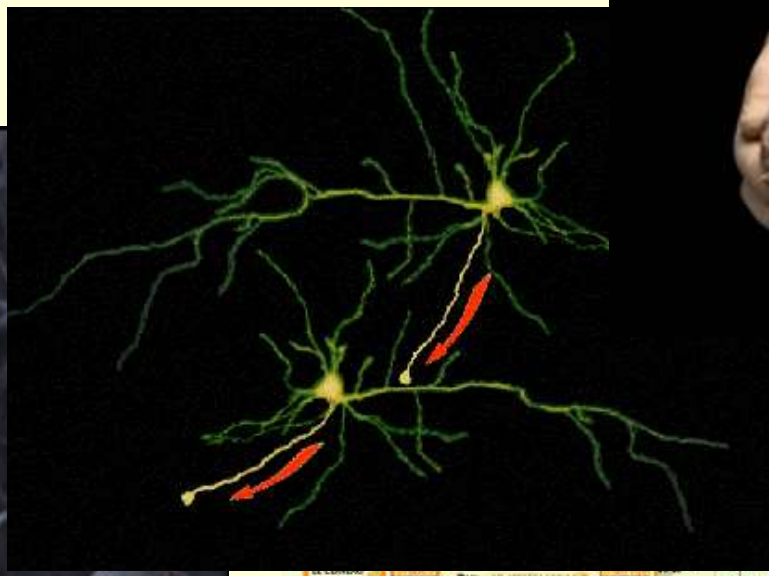
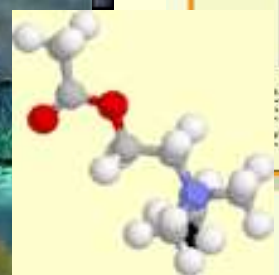
**Cérébral**



**Cellulaire**



**Moléculaire**



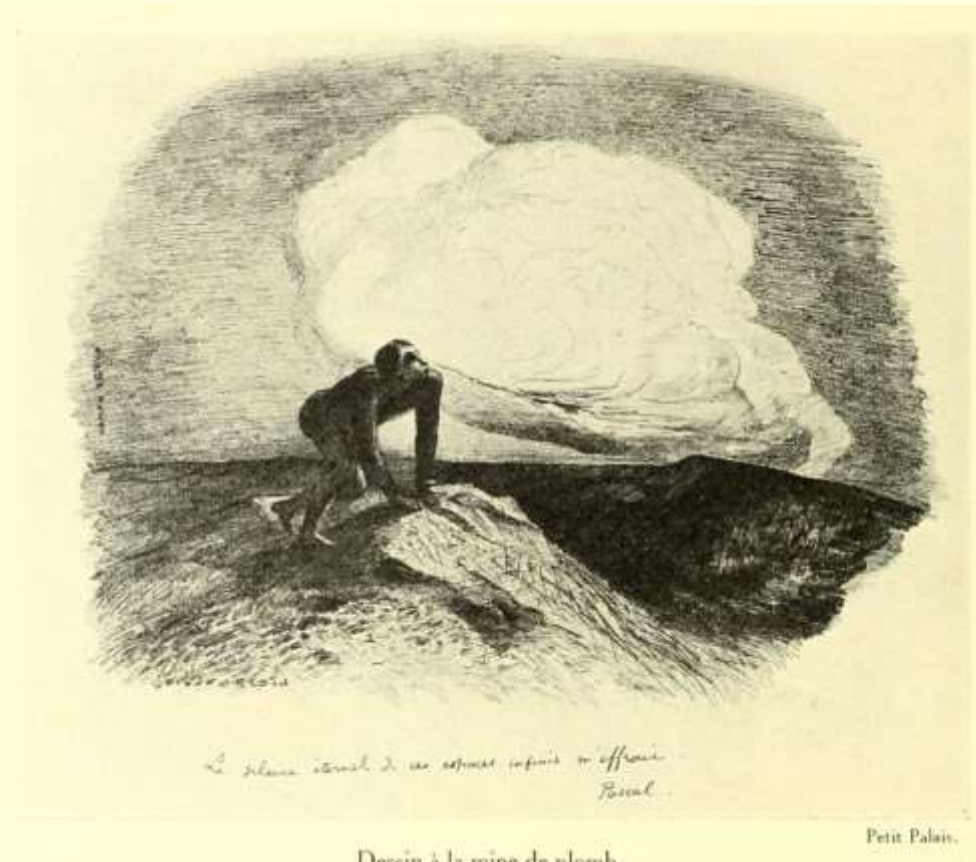
LE CERVEAU  
A TOUT LES  
NIVEAUX

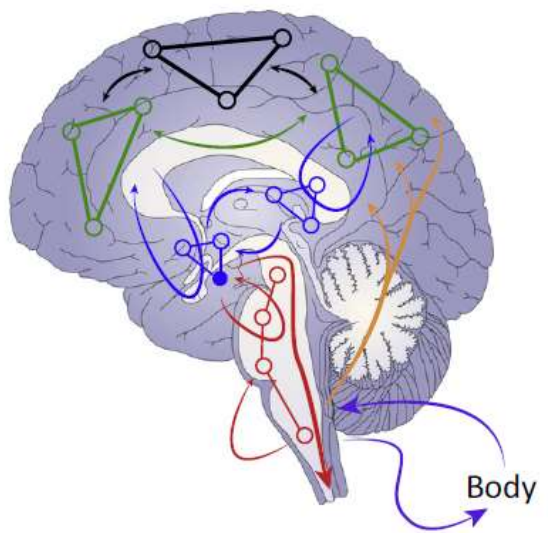
## Cours 1:

A- Le « connais-toi toi-même »  
de Socrate à l'heure des  
sciences cognitives



A- Évolution et  
émergence des  
systèmes nerveux





- Happés par la vie quotidienne, on se pose peu de questions sur l'origine de nos connaissances qui demeurent « **aveugles à elles-mêmes** ».
- On connaît très bien notre environnement et notre groupe social sans s'émouvoir du **miracle quotidien** que cela implique en nous.



- Et l'on porte en général assez peu attention à notre **monde d'expériences subjectives**

à moins qu'elles soient très intenses !

C'est fou l'effet  
qu'elle me fait...



**L'idée de ce cours,**  
c'est d'essayer ensemble de comprendre un peu mieux ce que nous sommes  
et comment se constituent nos connaissances sur le monde.



Et lorsqu'on s'arrête pour réfléchir à ce que nous sommes,  
on pense d'abord à cette petite voix intérieure, à cette **subjectivité** que nous avons;  
et très vite, on pense aussi à cet étrange **objet** que nous possédons tous aussi...



“Quand je pense à mon cerveau,  
quels sont les 3 premiers mots qui me viennent à l’esprit ?”

chair, matière, instinct, émotion

complexe, imagination

stress, douleur

**neurone**

mémoire, souvenir

neurotransmetteur,  
hypothalamus

cervelet, lobe

**pensée, réflexion, raison**

**intelligence**

esprit, idée

**connaissance, savoir**

hémisphère

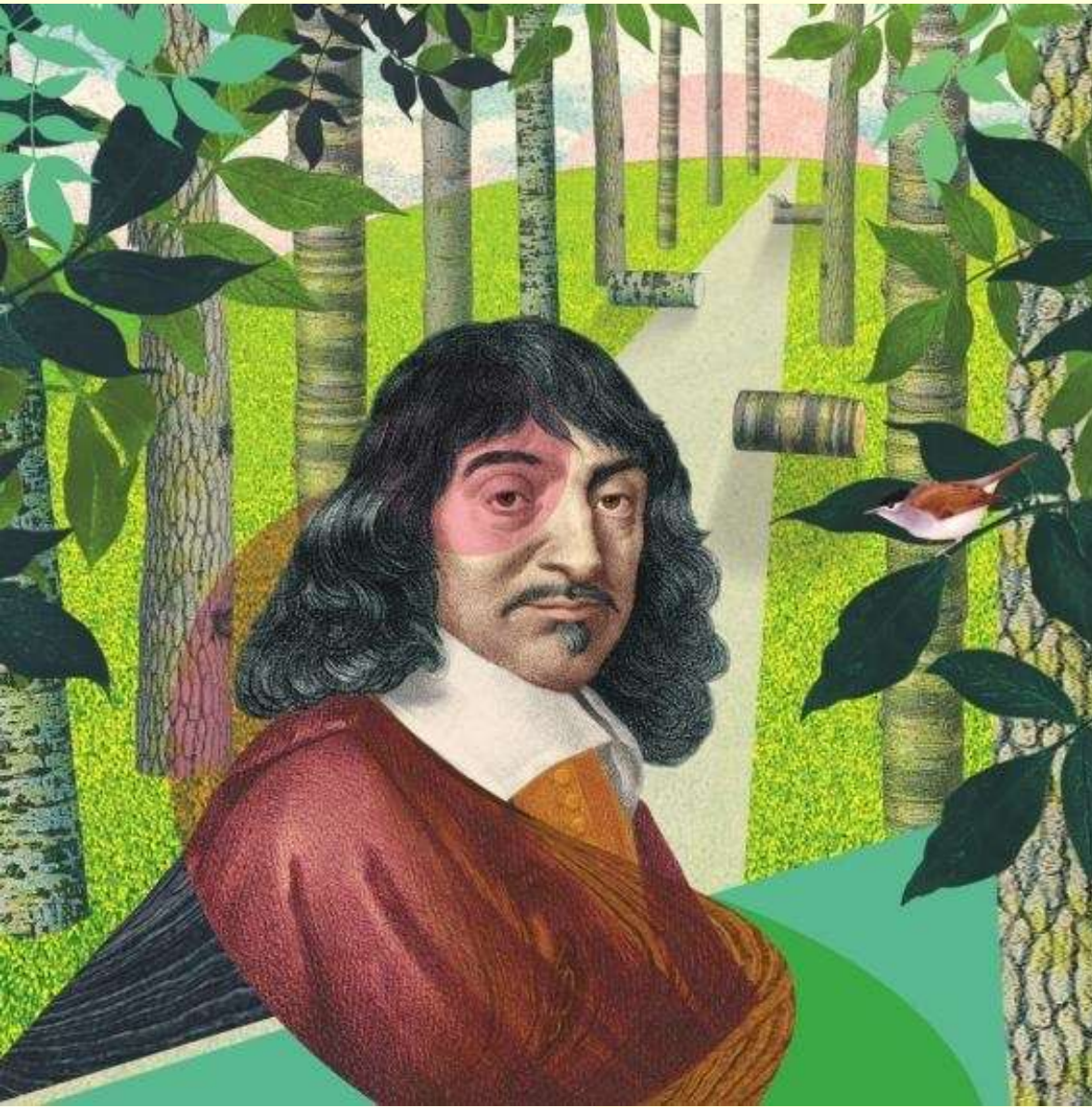
logique, ordinateur, contrôle

surprenant, étrange, mystère, question

Mon cerveau contribue  
bien sûr à ma pensée,  
mais je la sens d'une  
autre nature !

**Comme elle a  
une belle  
âme...**





**« Je pense,  
donc je suis. »**

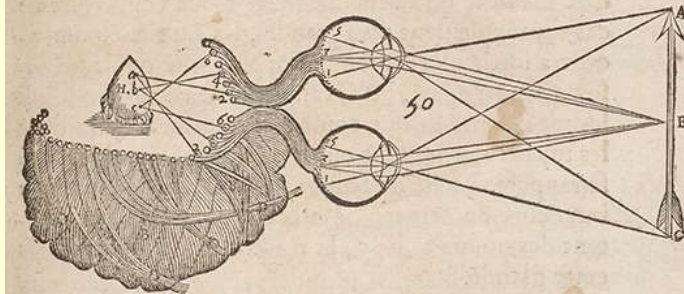
- René Descartes  
(1596 – 1650)

**Substance étendue**  
(« res extensa »,  
matérielle)

**Substance pensante**  
(« res cogitans »,  
immatérielle)

Les deux étaient unies par la glande pinéale (et quand le corps meurt, l'âme survit.)

ment dilpotez, que si les rayons qui viennent par exemple du point A de l'objet vont presser le fond de l'œil,



au point 1. ils tirent par ce moyen tout le filet 12, & augmentent l'ouerture du petit tuyau marqué 2; Et tout de mesme que les rayons qui viennent du point B. Cette fig. sera cy-apres dite fig. 50.

Mon cerveau contribue  
bien sûr à ma pensée,  
mais je la sens d'une  
autre nature !

Le dualisme cartésien a quelque chose  
« du gros bon sens » qui résonne avec  
l'expérience du monde de tout un chacun:

l'impression d'avoir une vie intérieure,  
une vie de l'esprit

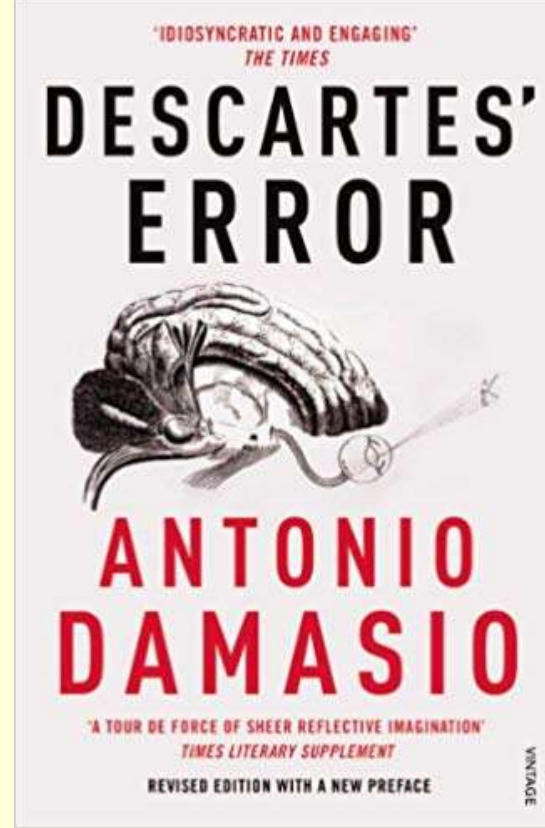
et le fait d'avoir un corps physique  
qui évolue dans un monde physique.



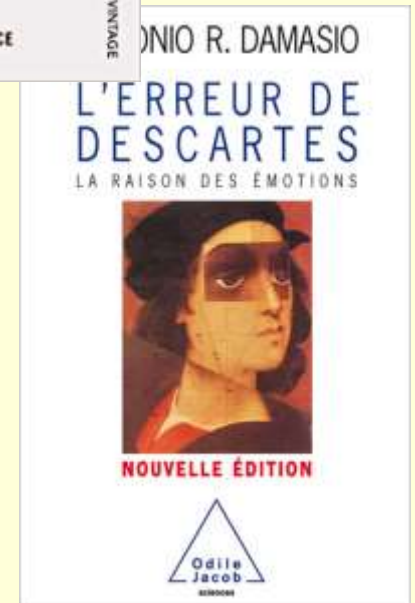


**Mais !**

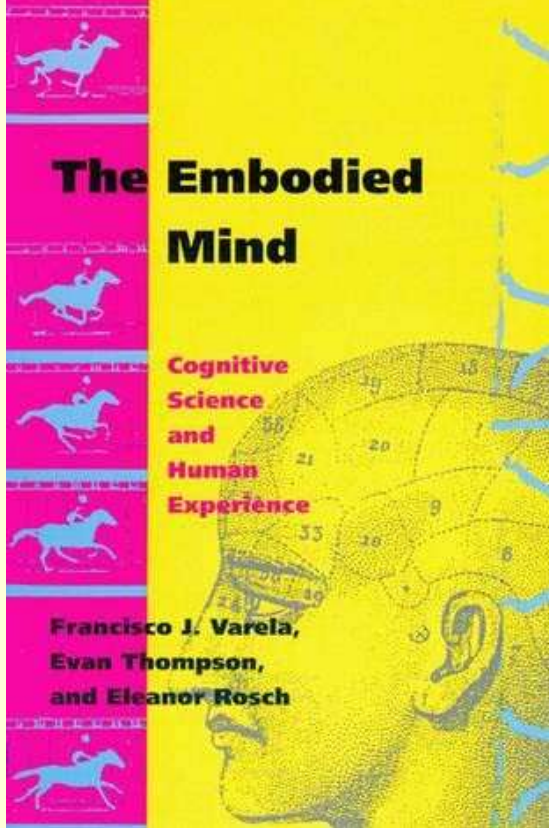
Aperçu de vers où  
l'on s'en vas...



(1994)



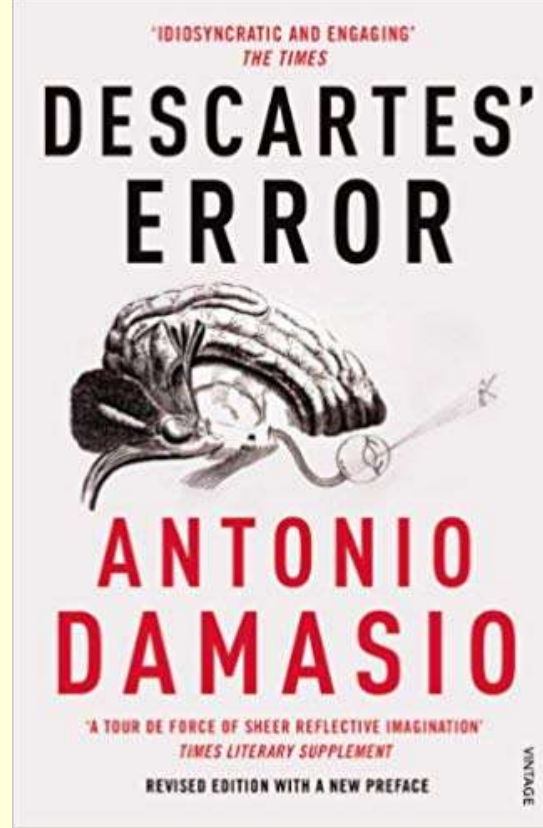
(1995)



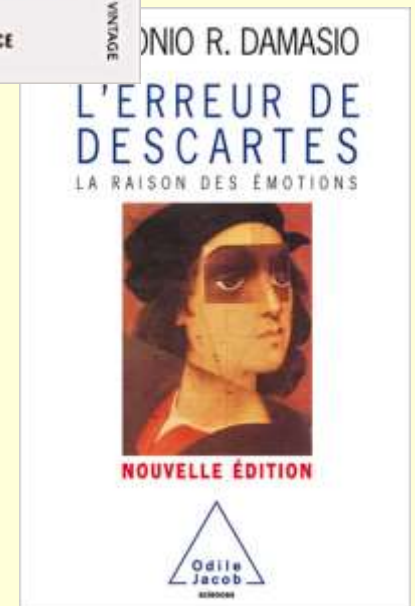
(1991)



(1996)



(1994)



(1995)

Mais ce « gros bon sens » du dualisme fait qu'il est tenace et qu'il s'est immiscé partout !

→ l'immense majorité des **religions** sont bien sûr **dualistes**.

→ des cosmologies de prime abord plus sympathiques le sont aussi,

par l'exemple de celle des Premières Nations qui conçoivent la santé et le bien être au moyen des 4 quadrants de la « roue médicinale ».

On a beau dire que les 4 sont importants, on les considère néanmoins comme des **réalités différentes**.



→ du côté des sciences dites « sociales », on semble encore adopter ce dualisme par défaut, des phénomènes comme le conformisme ou la soumission à l'autorité étant encore bien souvent considérés comme des attributs de « **l'esprit humain** »

Le dualisme cartésien a aussi « fait des petits »  
avec toutes sortes de **dichotomies** que l'on prend pour acquis.

Donc après le **corps / esprit** (« mind / body »), on a aussi :

**sujet / objet**

**observateur / observé**

**monde subjectif / la réalité objective**

**cerveau / corps**

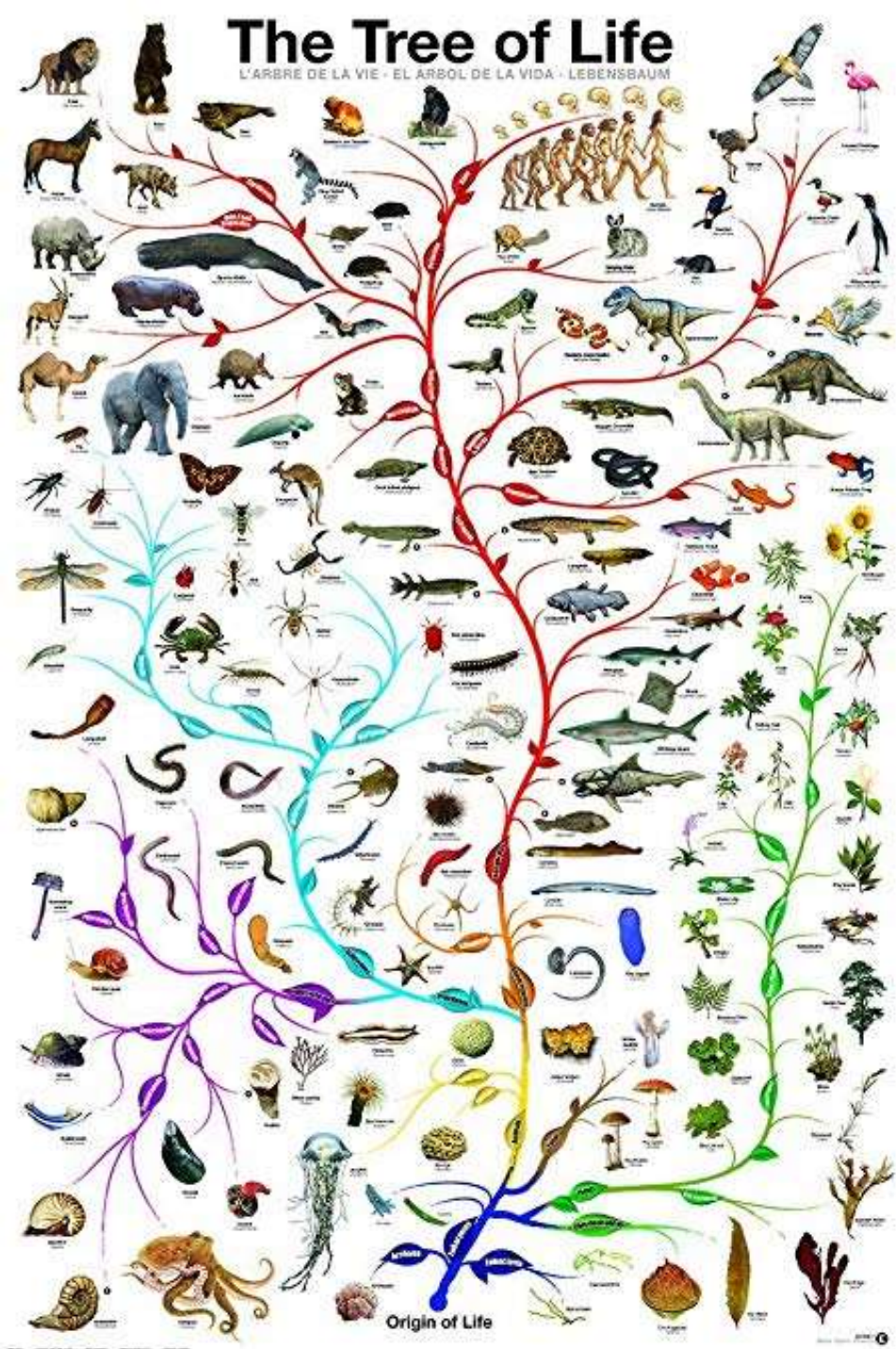
**émotion / raison**

**nature / culture**

Ces dichotomies classiques sur lesquels se butent depuis des siècles  
les philosophes **doivent être remises en question...**

# The Tree of Life

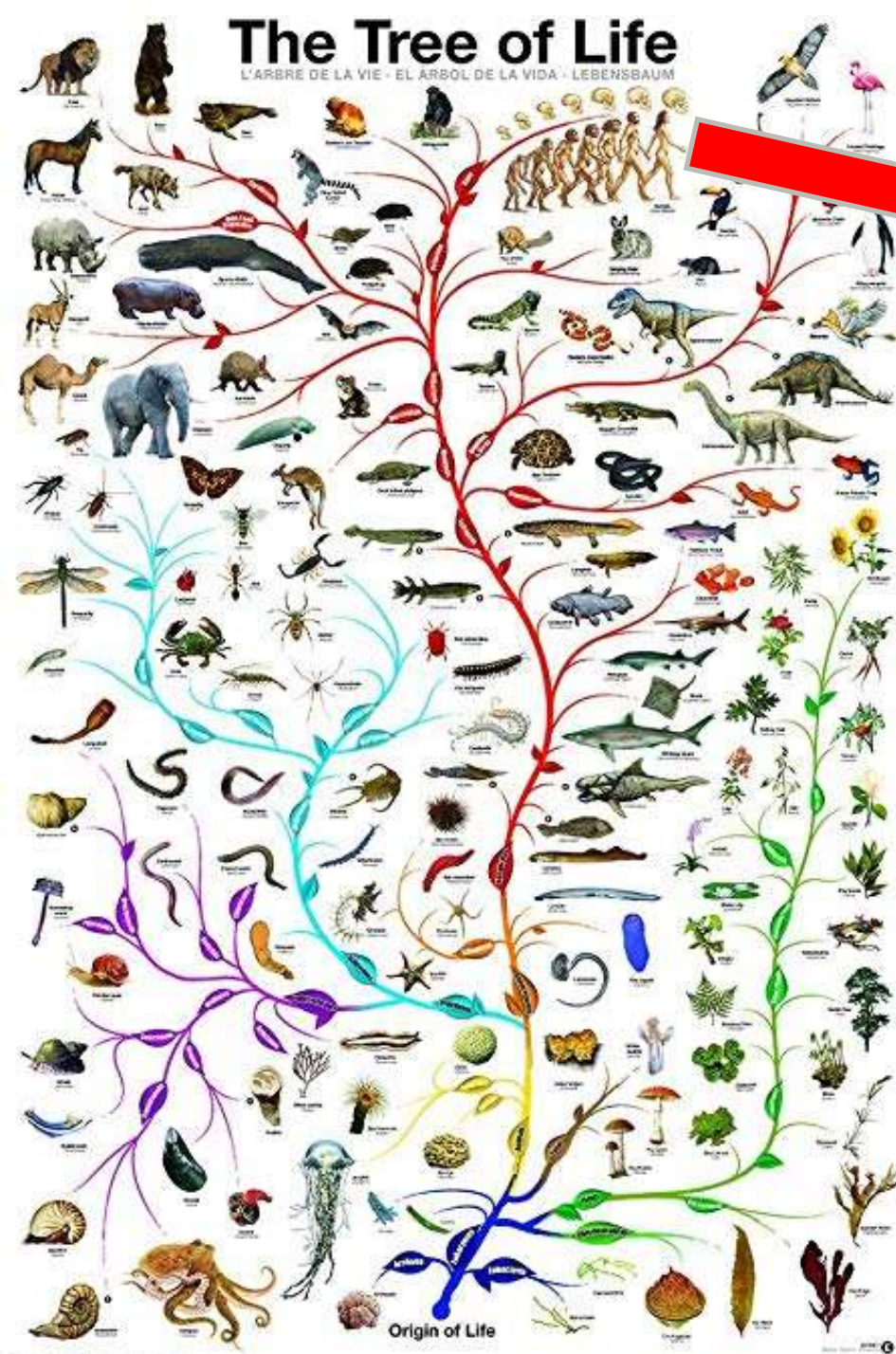
L'ARBRE DE LA VIE - EL ARBOL DE LA VIDA - LEBENSBAUM



Mais c'est pas évident à faire, car de tous les êtres vivants sur la Terre...

# The Tree of Life

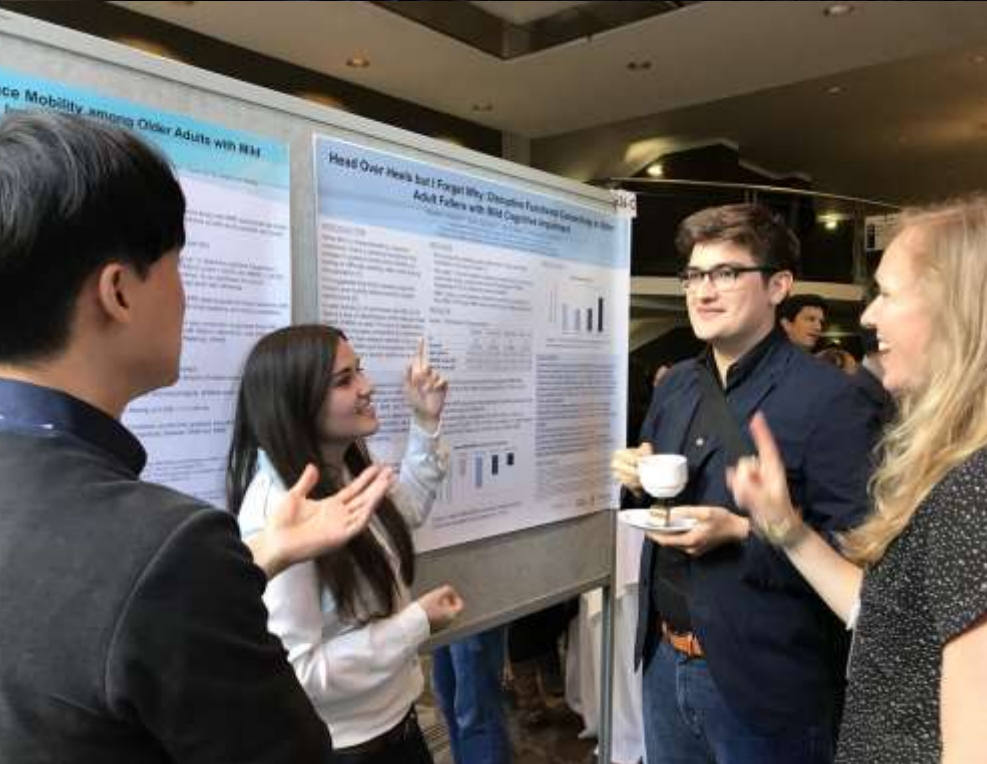
L'ARBRE DE LA VIE - EL ARBOL DE LA VIDA - LEBENSBAUM



Seul l'être humain utilise son cerveau pour tenter de comprendre...  
**son cerveau !**

→ **D'où cette sensation de vertige** du fait de la circularité engendrée par l'utilisation de l'instrument d'analyse pour analyser l'instrument d'analyse

...mais pas science !



Culture, outil, politique...

...**créer un monde de sens commun** à partir de **subjectivités partagées**  
à propos d'éléments du monde comme... le cerveau humain lui-même !  
(l'on va voir que la démarche scientifique inclut cet aspect aussi)

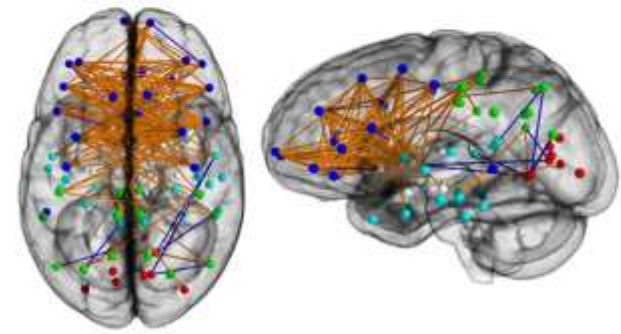




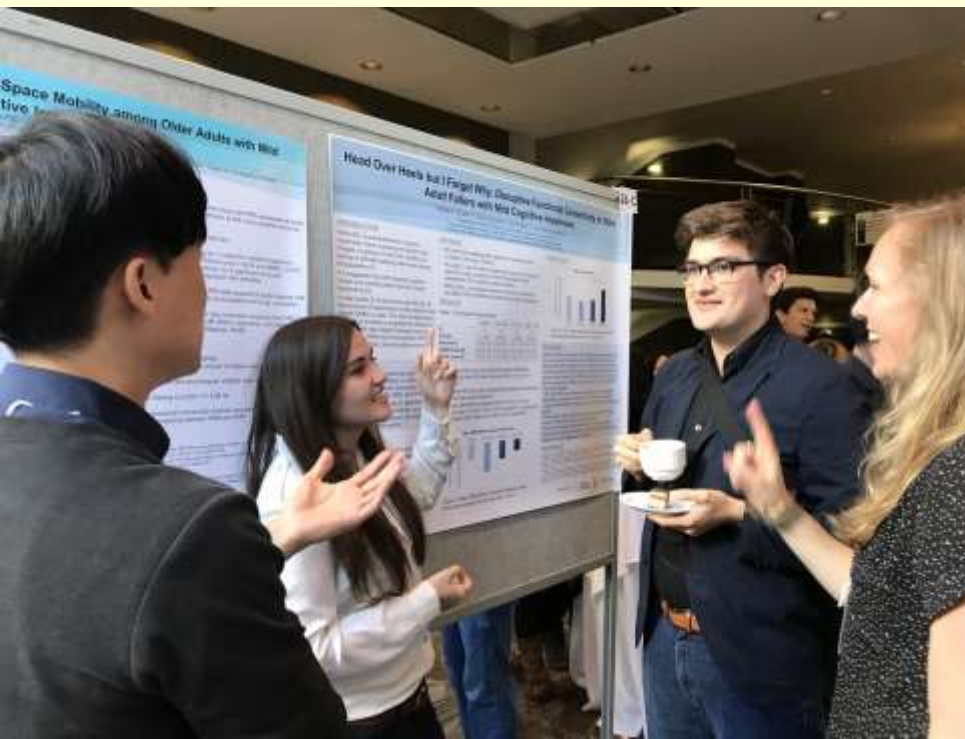
# Mais !

Aperçu de vers où  
l'on s'en vas...

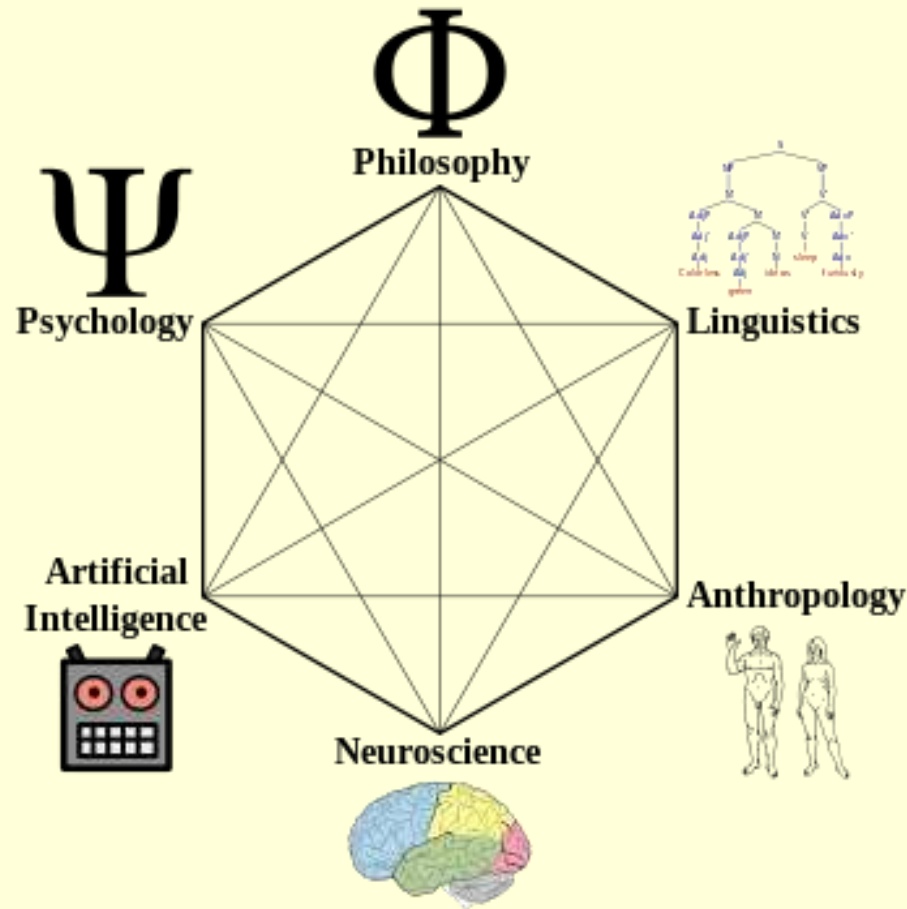
Mais il ne faudra pas confondre les descriptions langagières à la 3<sup>e</sup> personne que font les scientifiques et qui leur permettent de faire des **distinctions** linguistiques (**catégories, concepts, etc.**)



des opérations de « **couplage** »  
à l'intérieur de l'organisme  
(et vécu, pour leur partie  
consciente, à la  
1<sup>ère</sup> personne).

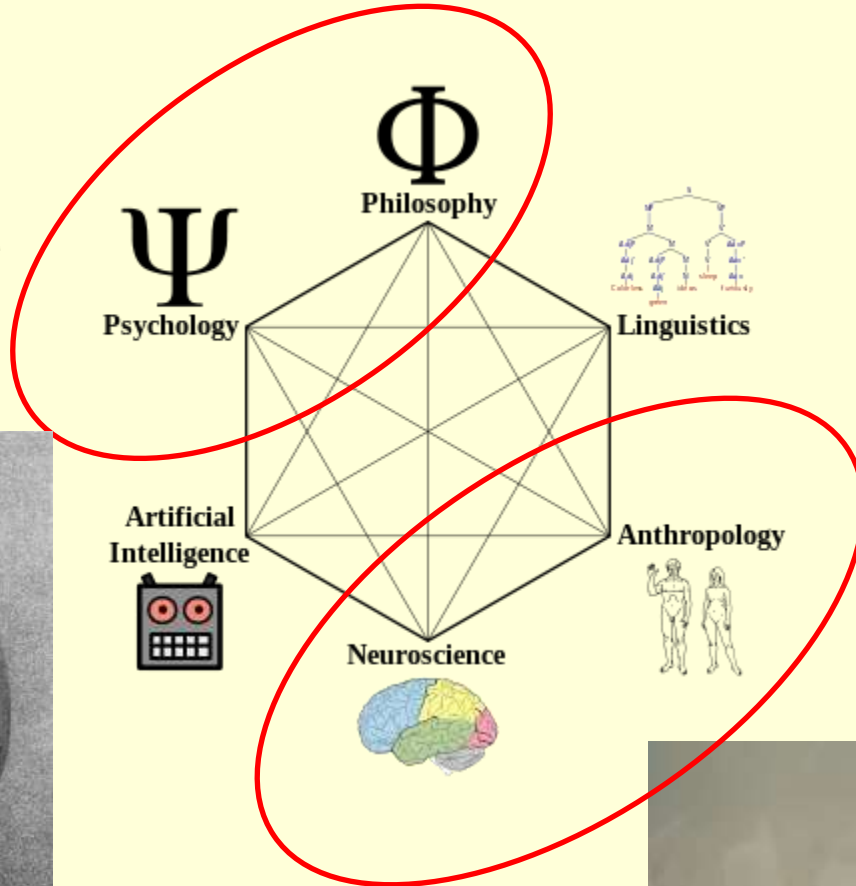


Et c'est ce qui intéresse ce qu'on appelle les « **sciences cognitives** »

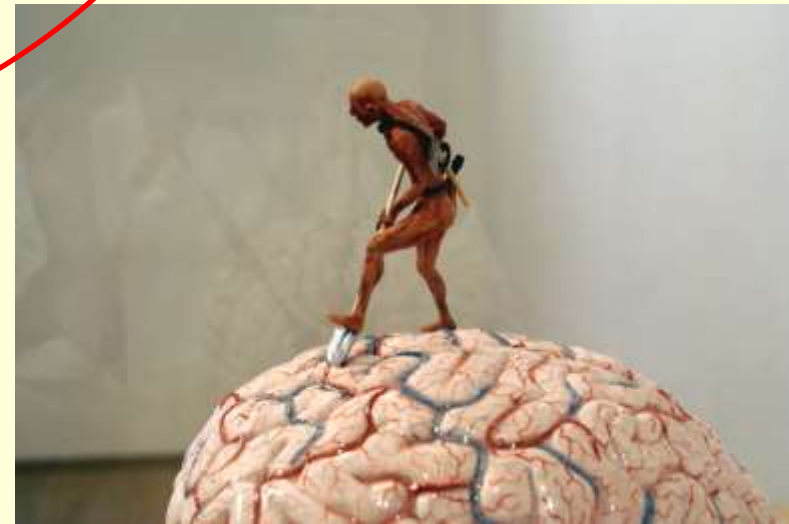


Dont certaines disciplines vont s'intéresser davantage à

l'aspect « subjectif »  
ou à la 1<sup>ère</sup> personne



l'aspect « objectif »  
ou à la 3<sup>e</sup> personne



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



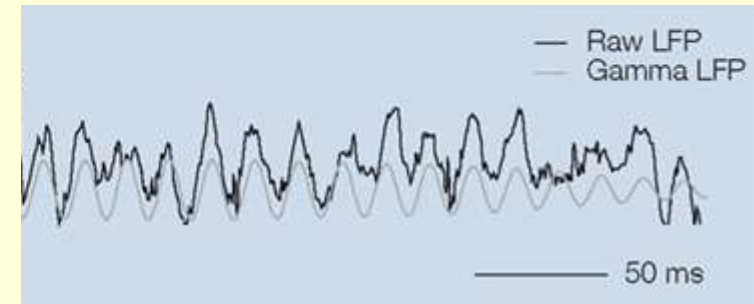
Le rouge que l'on ressent à la vue de cette pomme...

...c'est notre sentiment « subjectif » ou à la 1<sup>ère</sup> personne.

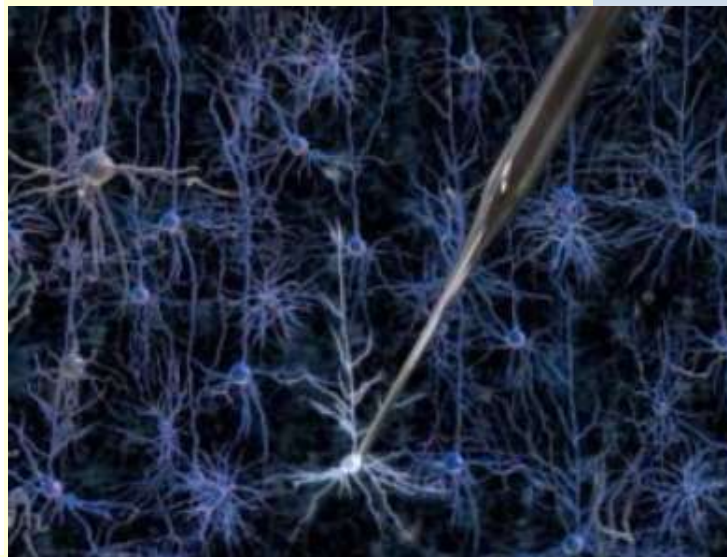
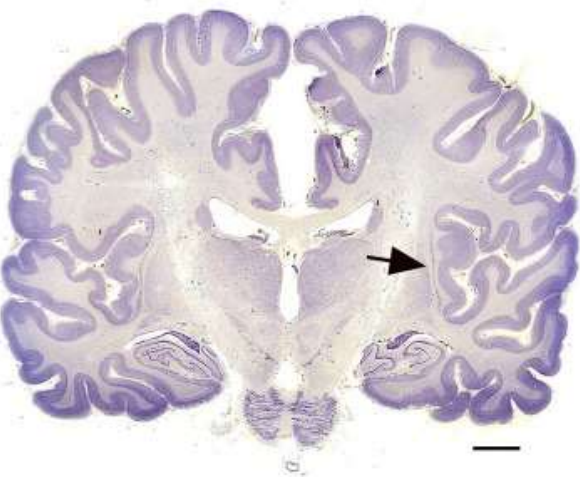


**Mais il est où le rouge dans notre cerveau ?**

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



B



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

# Car !

Aperçu de vers où  
l'on s'en vas...

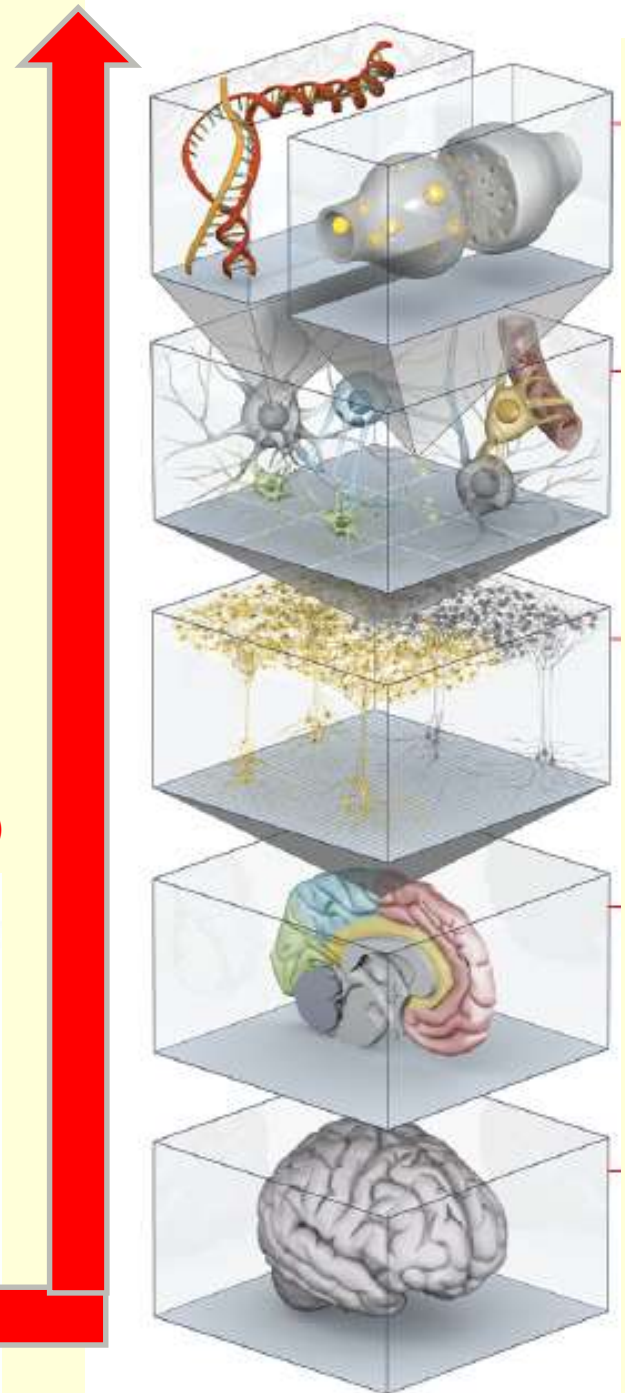
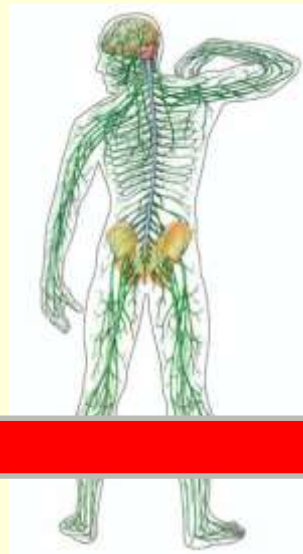
Nous sommes fait  
de multiples **niveaux**  
**d'organisation**

LE CERVEAU  
À TOUS LES  
NIVEAUX!

Le social  
(corps-cerveau-environnement)

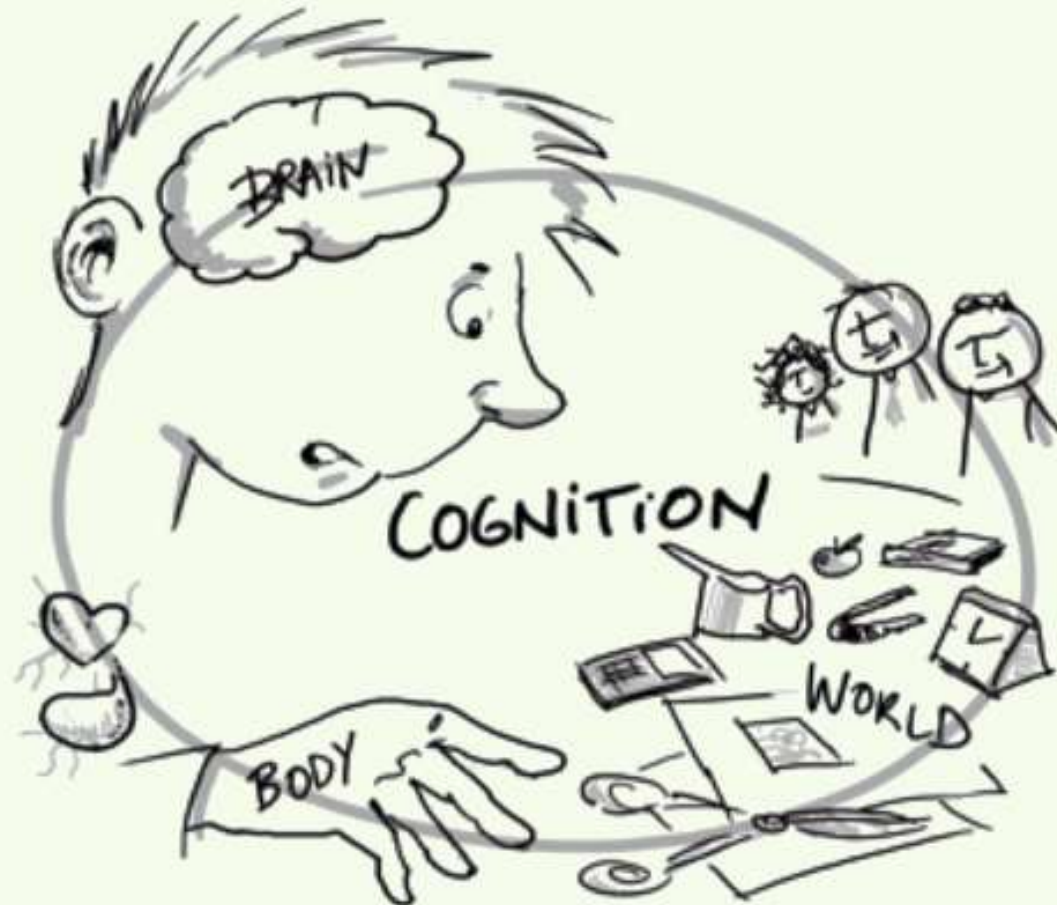


L'individu  
(corps-cerveau)

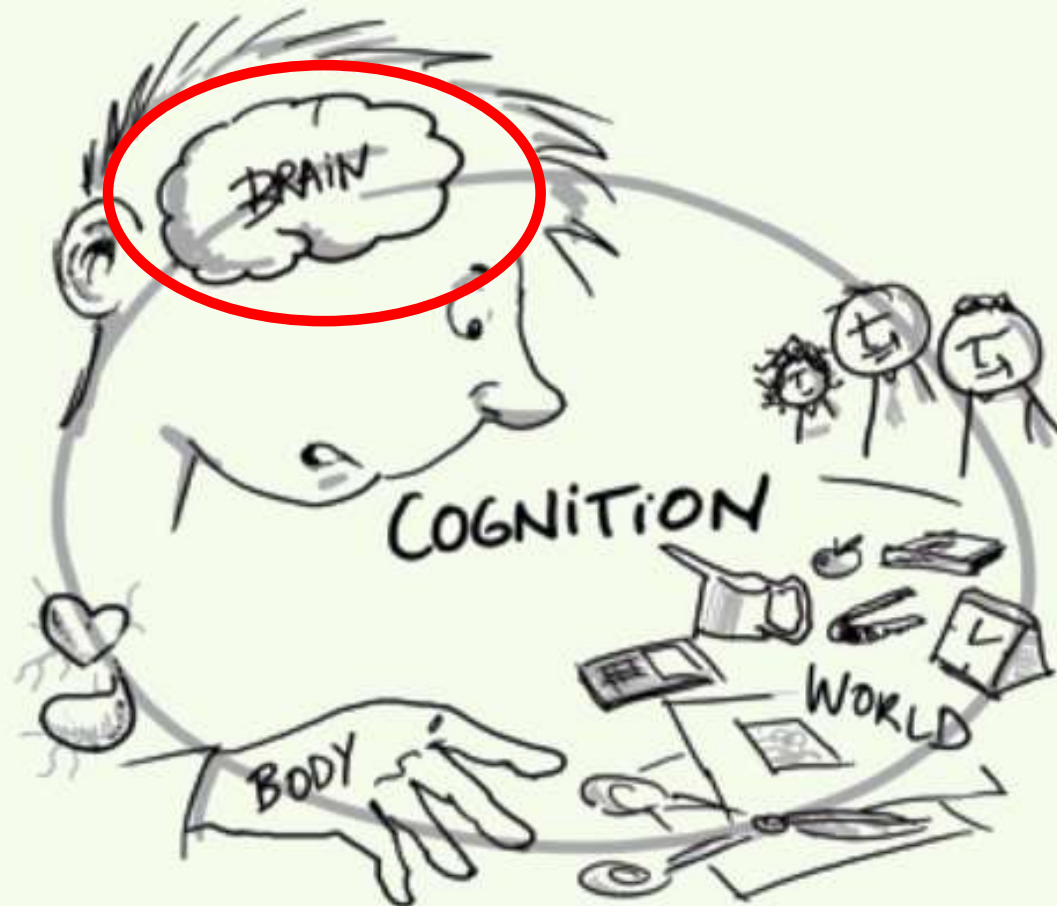


# Cerveau – Corps - Environnement

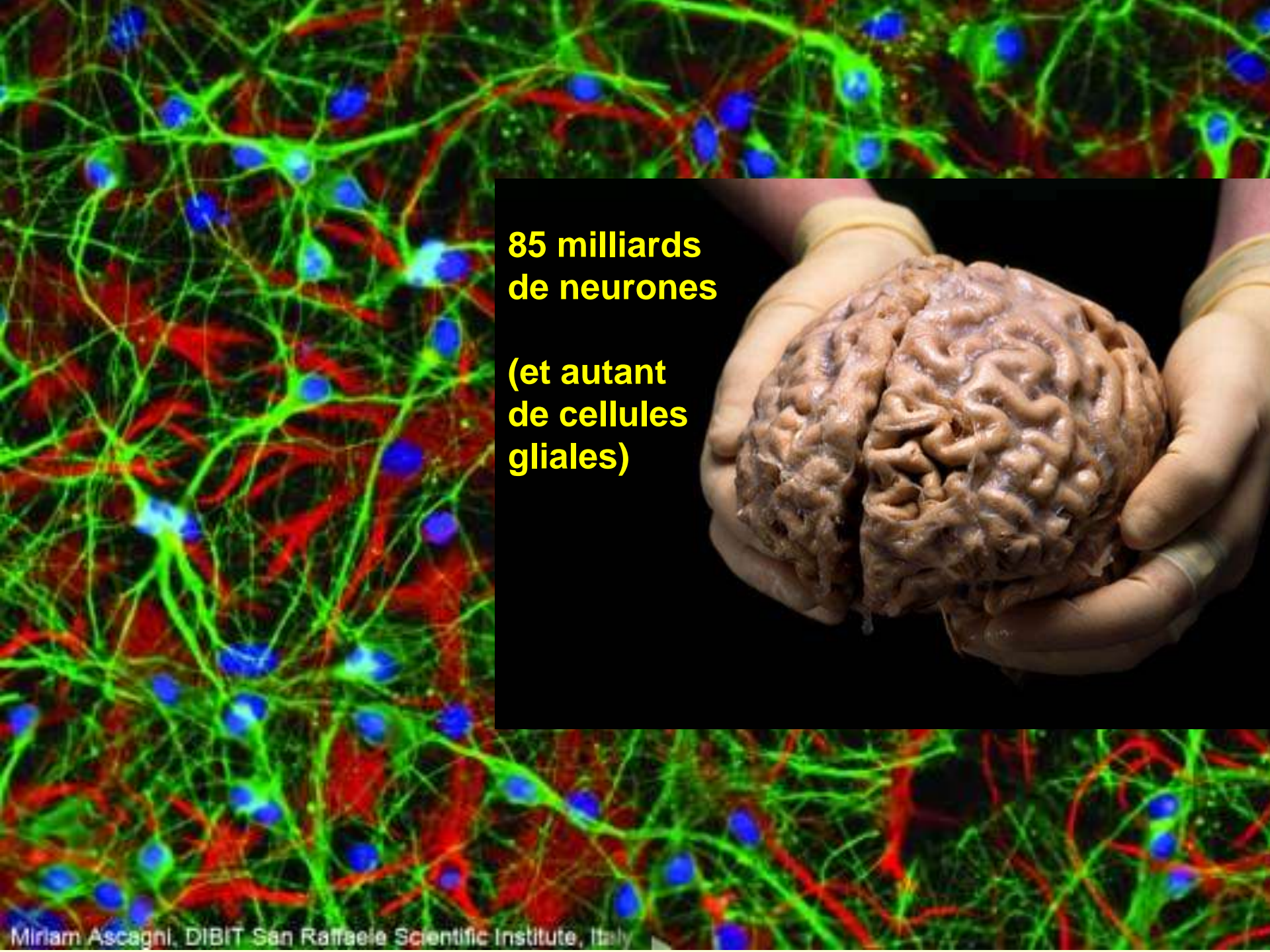
Autre idée importante qui va traverser tout le cours !



# Cerveau – Corps - Environnement

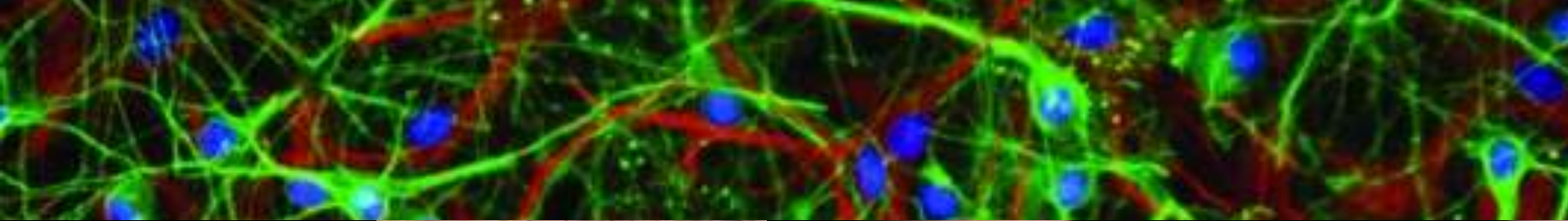




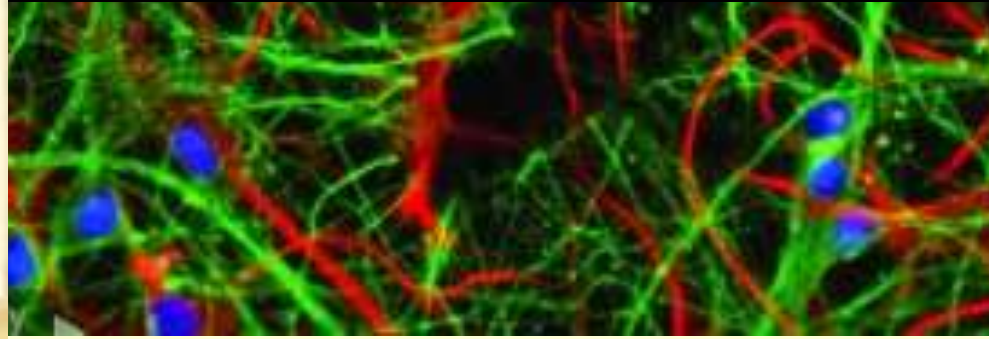


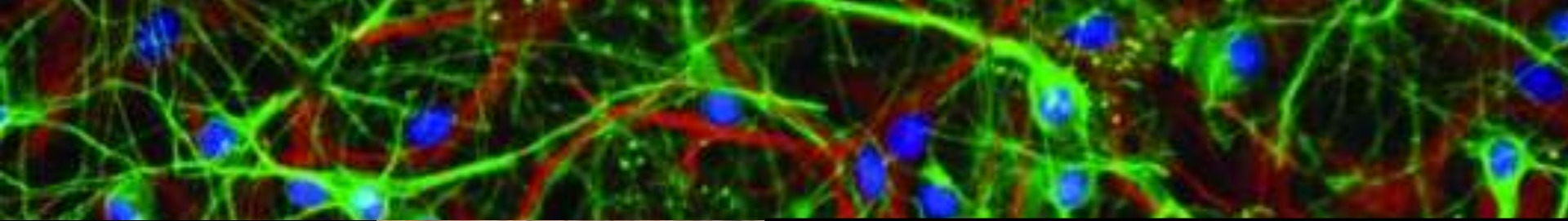
**85 milliards  
de neurones**

**(et autant  
de cellules  
gliales)**

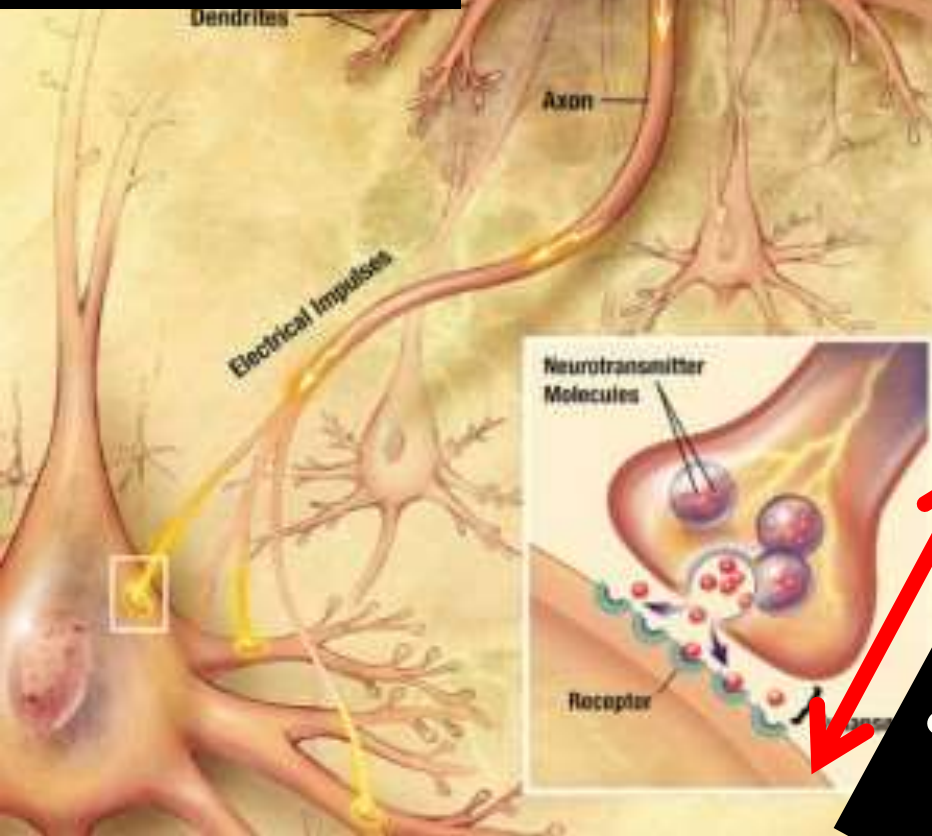


**Chaque neurone peut recevoir 1 000 et même jusqu'à 10 000 connexions**





**Chaque neurone peut recevoir 1 000 et même jusqu'à 10 000 connexions**

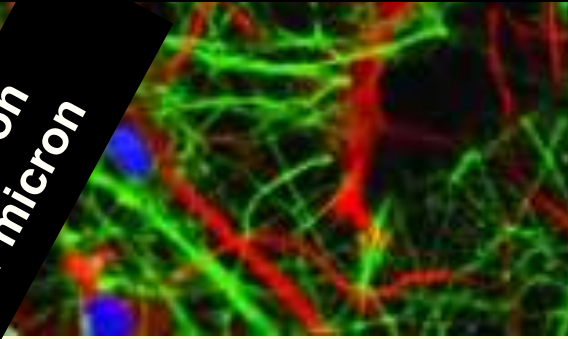


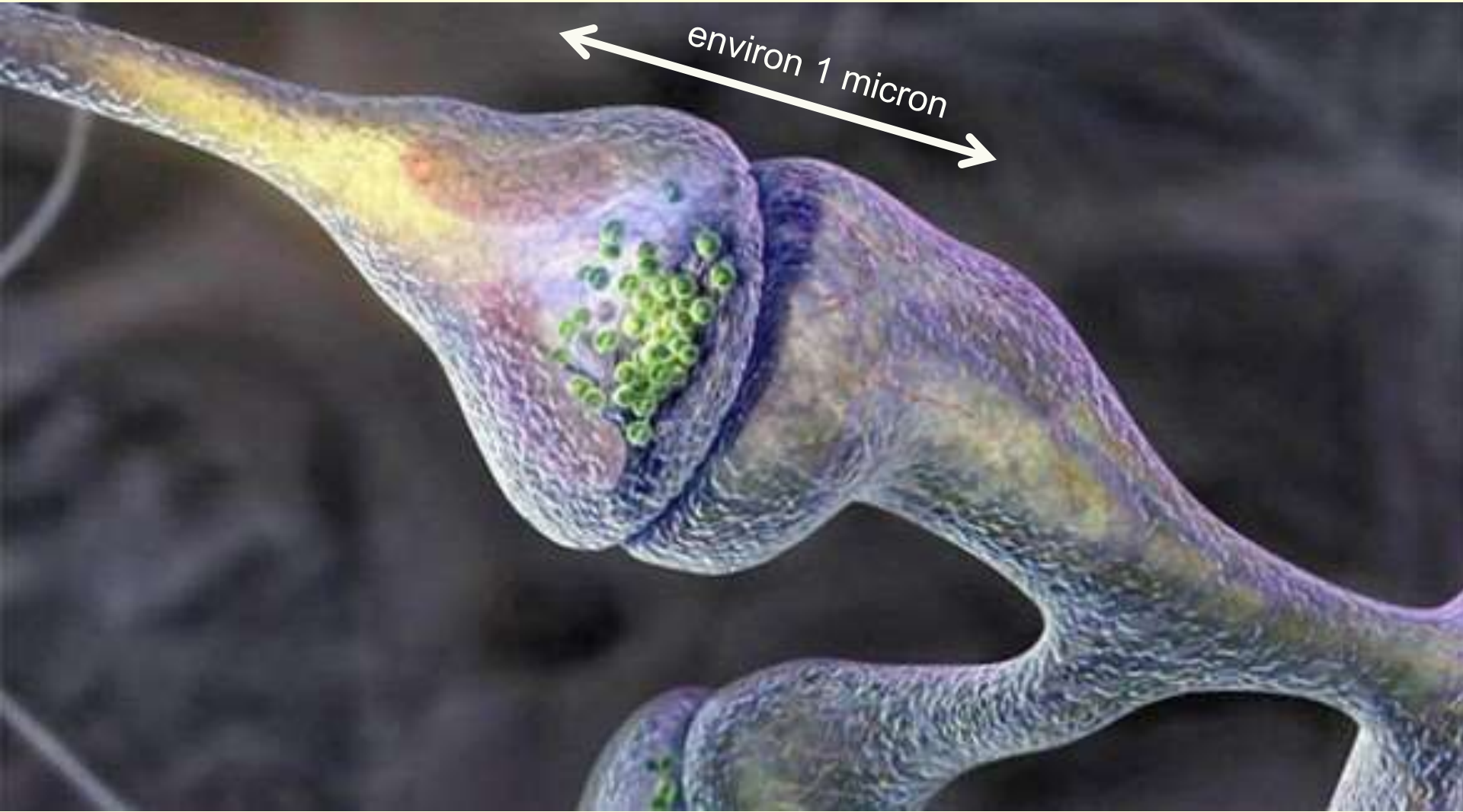
**Si l'on comptait 1 000 connexions pour 86 milliards de neurones à raison de une par seconde, cela prendrait environ...**

**...2,7 millions d'années !**

**Donc il aurait fallu commencer un peu avant l'apparition d'Homo habilis (premier Homo il y a 2,5 millions d'années)**

**environ 1 micron**



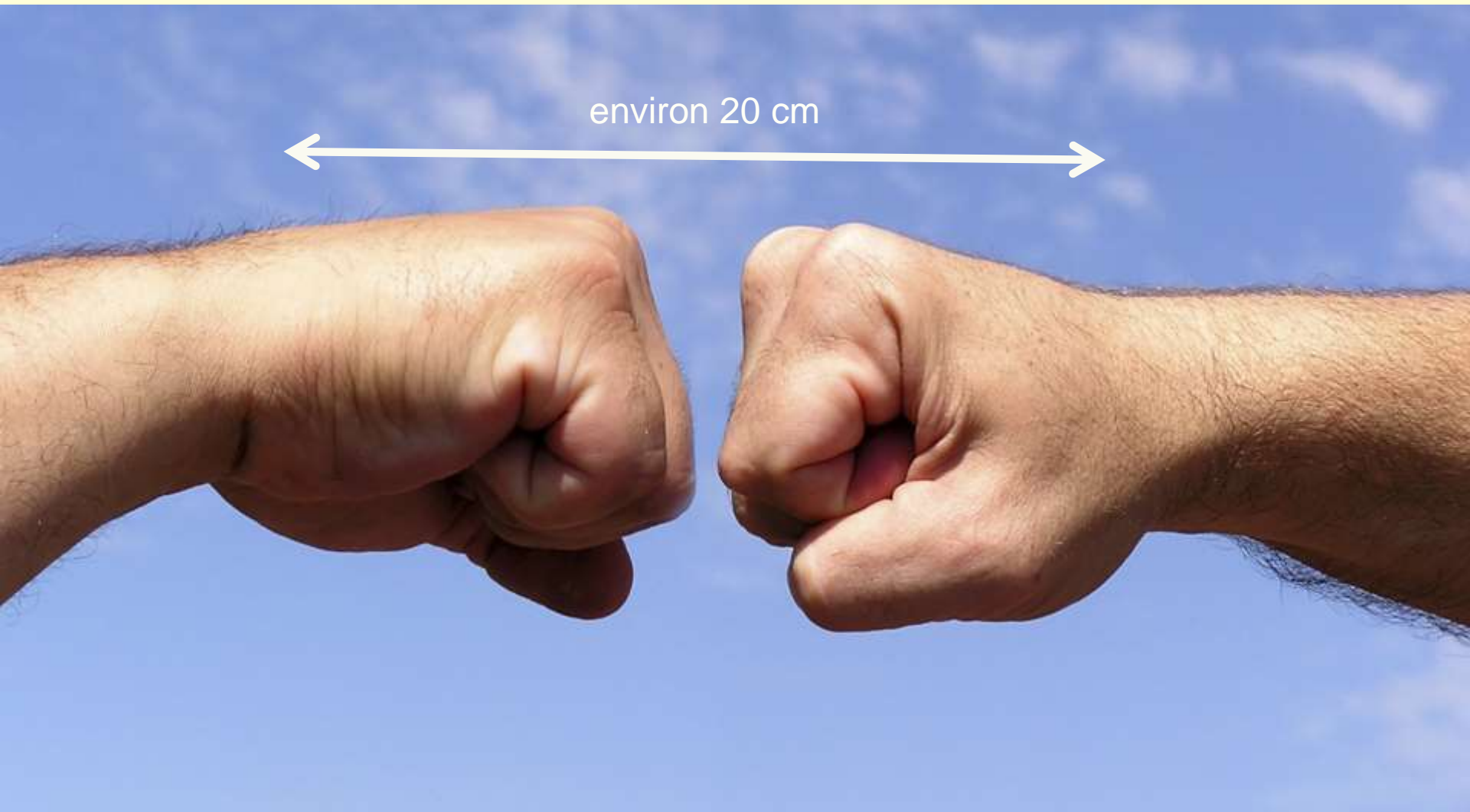


environ 1 micron

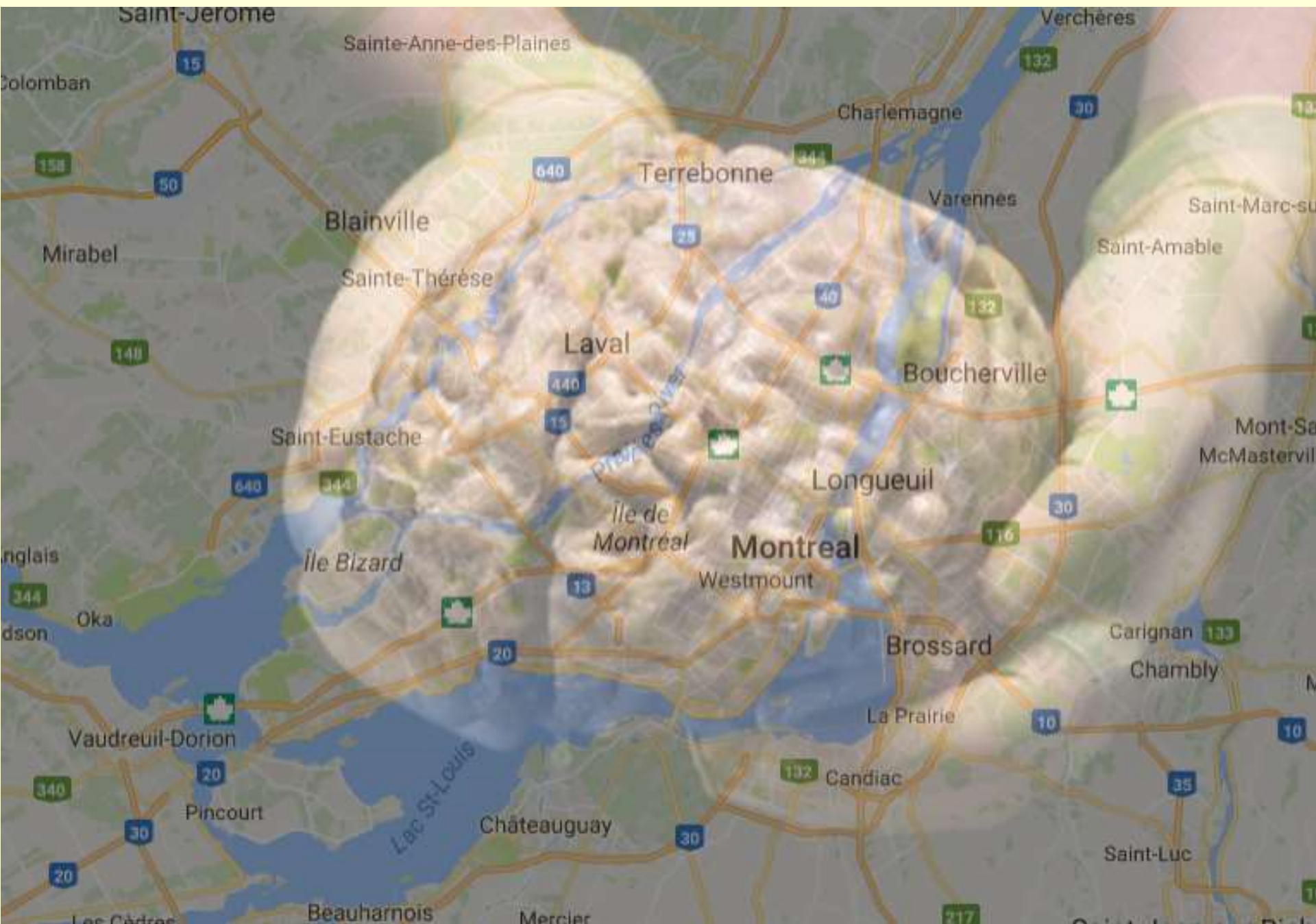
A photograph of a human brain held in two gloved hands. The brain is the central focus, showing its characteristic convoluted surface. The hands are wearing light-colored, possibly latex, gloves. A white double-headed arrow is drawn across the left side of the brain, indicating its width. The text "environ 20 cm" is written along the arrow, suggesting the brain's width is approximately 20 centimeters. The background is dark, making the brain and hands stand out.

environ 20 cm

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

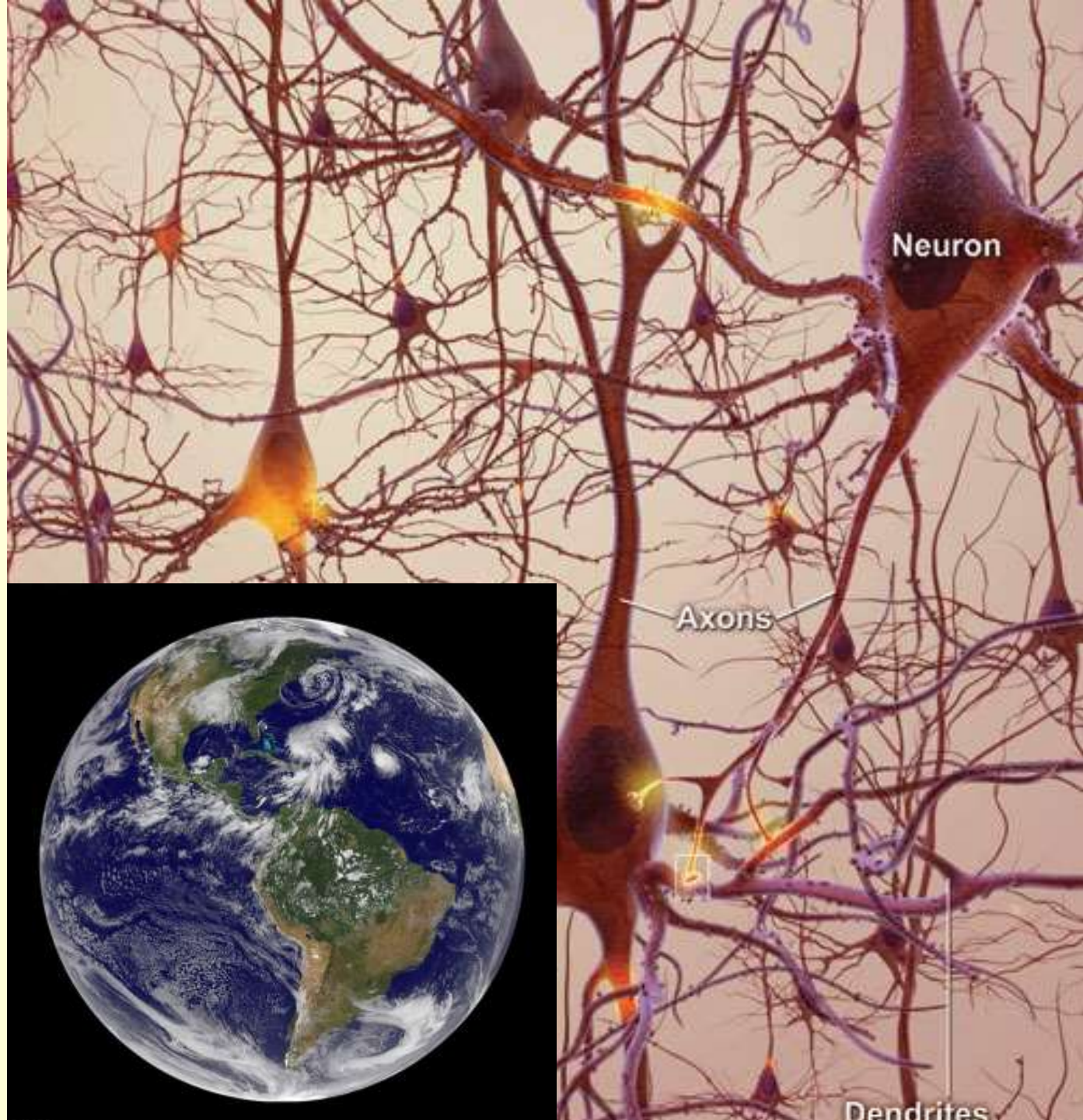


Alors :  $0,2 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} / 0,000\ 001 \text{ m} = 40\ 000 \text{ m} = \mathbf{40 \text{ km}}$



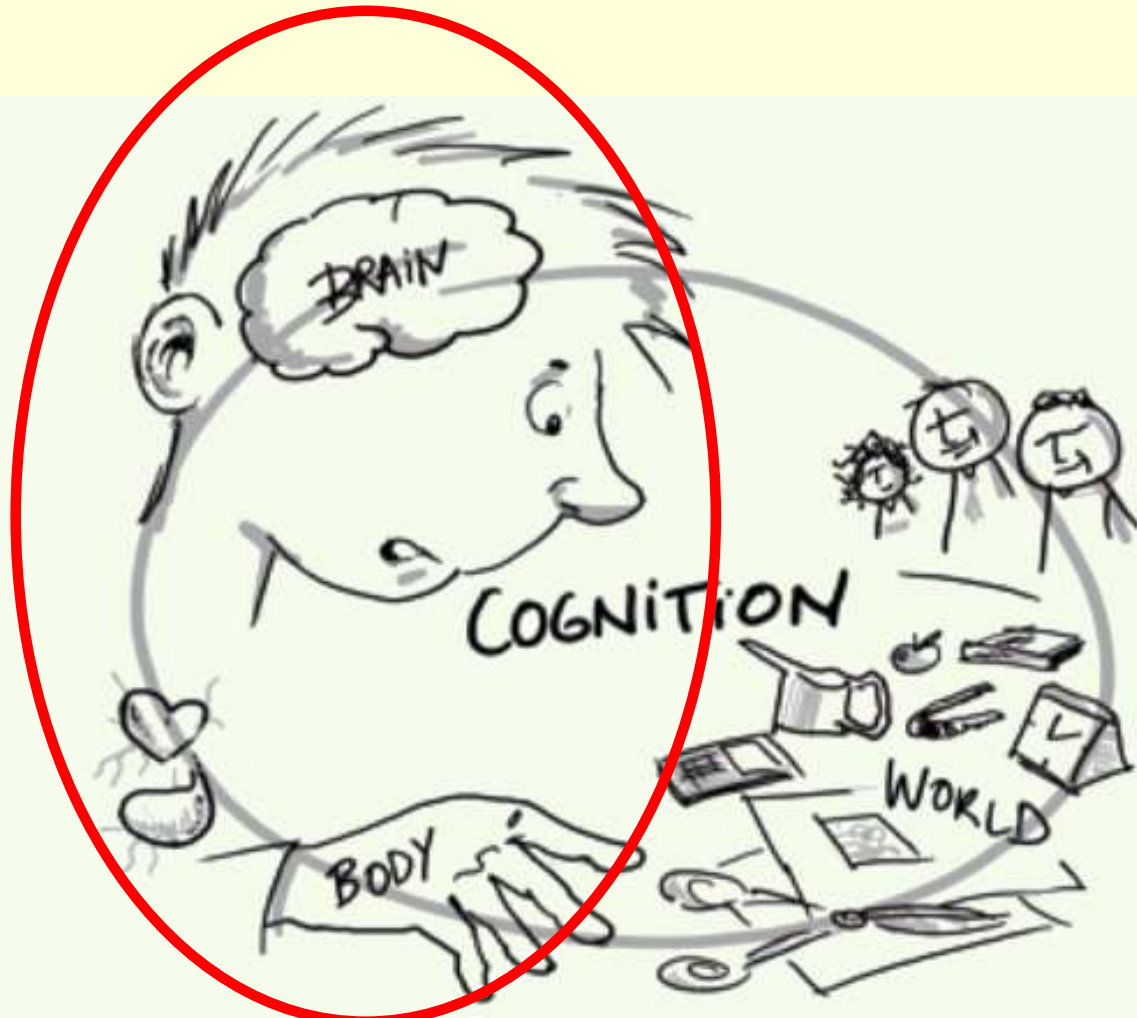
Et si on mettait  
bout à bout tous  
ces petits câbles,

on a estimé  
qu'on pourrait  
faire plus de  
**4 fois le tour  
de la Terre**  
avec le contenu  
d'un seul cerveau  
humain !

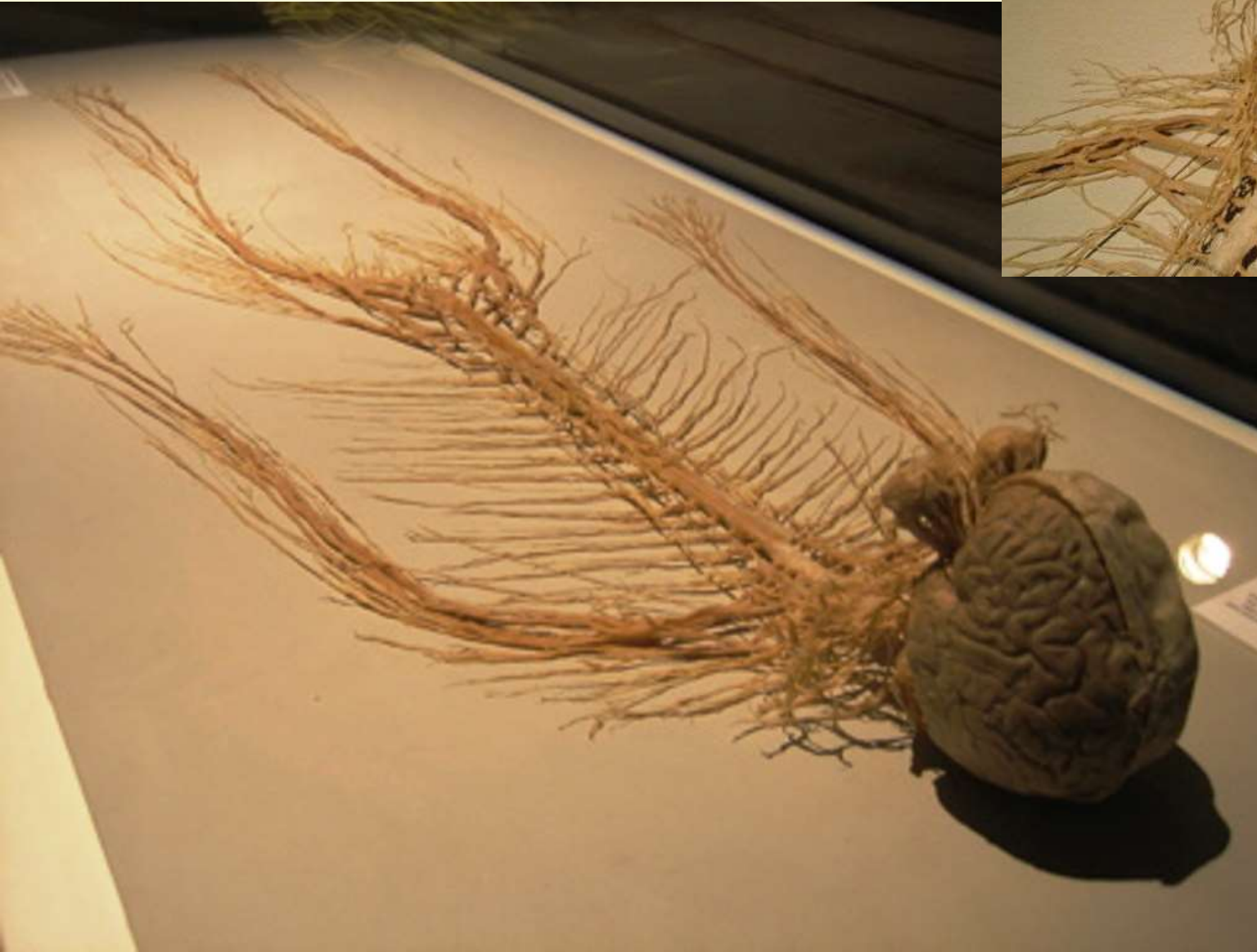


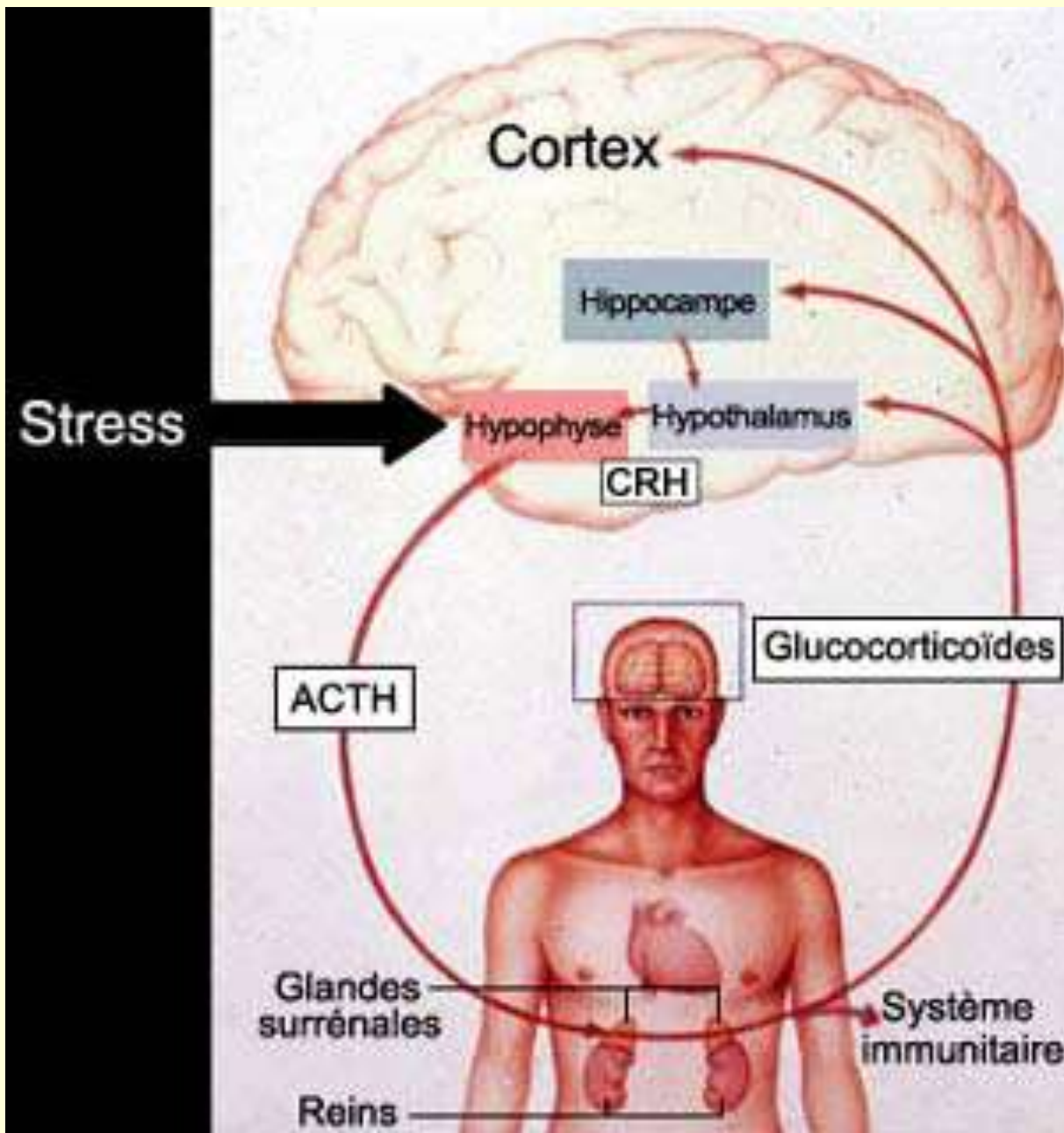


# Cerveau – Corps - Environnement



Car il y a aussi tous les nerfs du système nerveux **périphérique** et des **nerfs crâniens**...



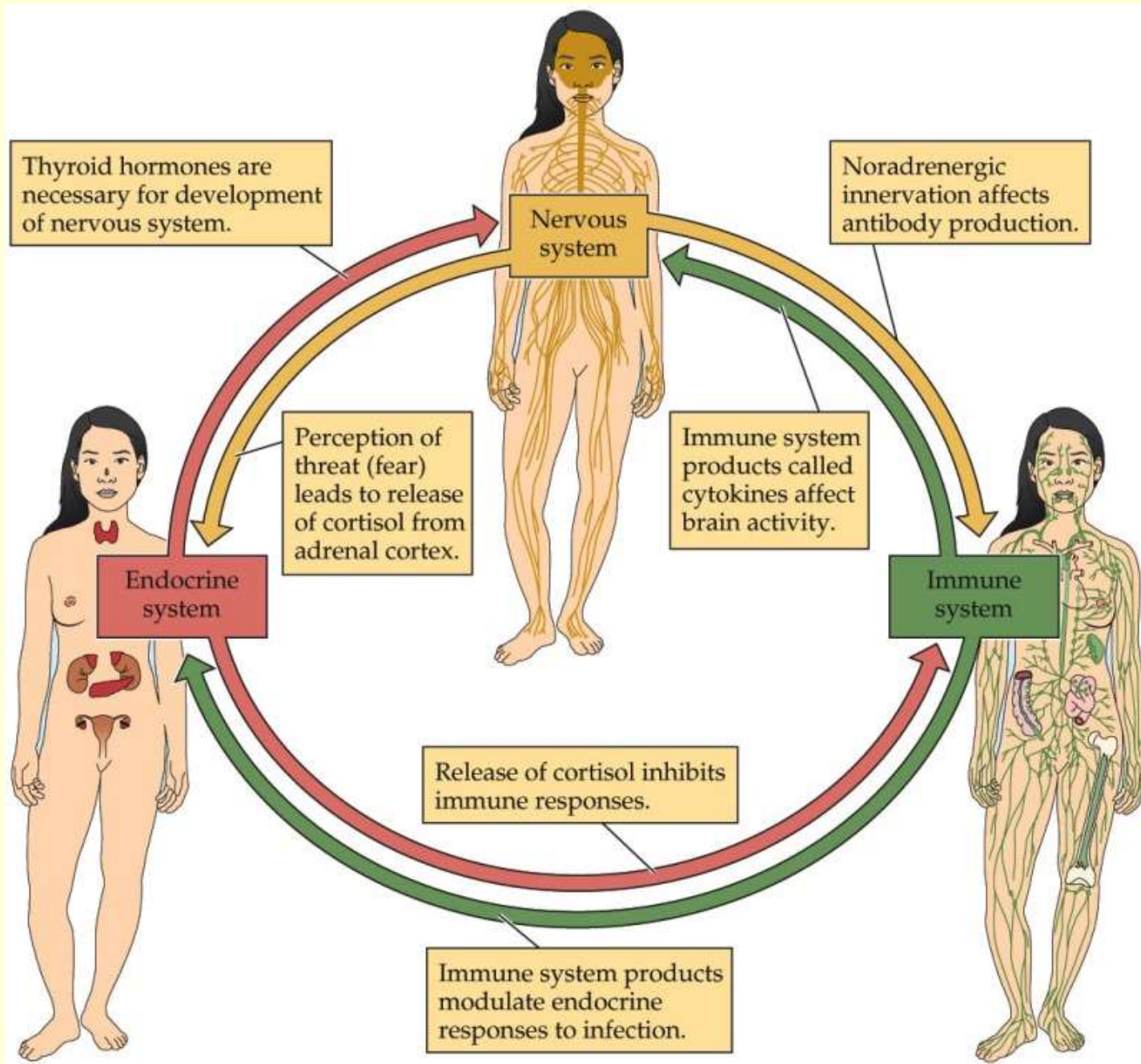


...et le **système endocrinien** avec toutes ses hormones

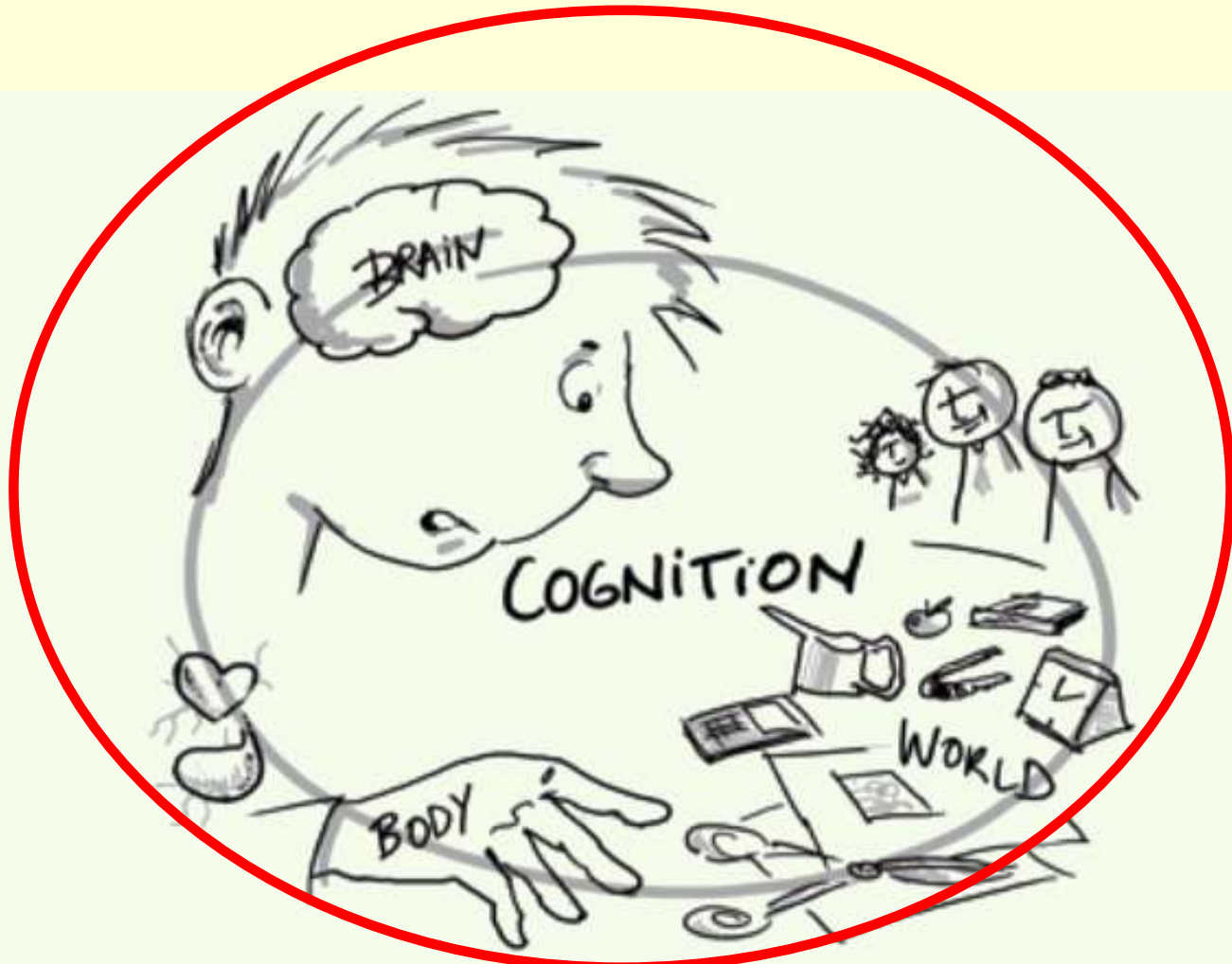
dirigées par l'hypophyse,

elle-même dirigée par l'hypothalamus...

...et toute la complémentarité entre les **systèmes nerveux, hormonal et Immunitaire.**



# Cerveau – Corps - Environnement





L'environnement physique...





...et l'environnement humain !





**Langage** : représentations symboliques communes permettant de coordonner nos actions





## Ce qui nous ramène à notre vie quotidienne...

...où tout ce qu'on fait se produit habituellement sans y penser, de façon si spontanée qu'on néglige d'en percevoir toute la richesse.

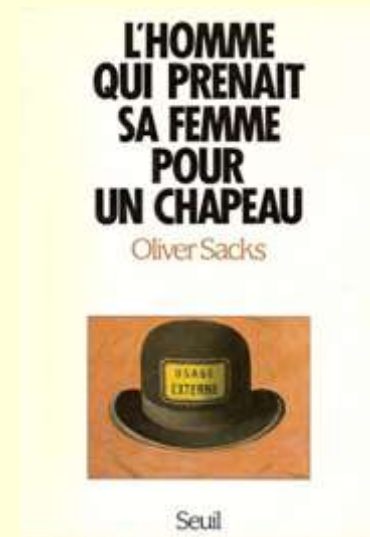
Alors qu'il s'agit de **chorégraphies raffinées de coordinations comportementales.**

Pensez à une **simple conversation** qui nous demande si peu d'effort.

Pourtant la production de la voix dans le langage, la séquence dans laquelle les mots apparaissent, le changement de locuteur, etc., sont d'une complexité incroyable !

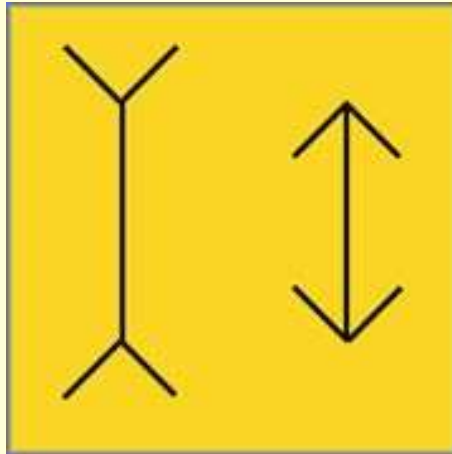


C'est seulement lorsque quelque chose tourne mal (ACV, etc.) que nous réalisons à quel point tout ça dépend de **l'intégrité de notre structure corporelle.**



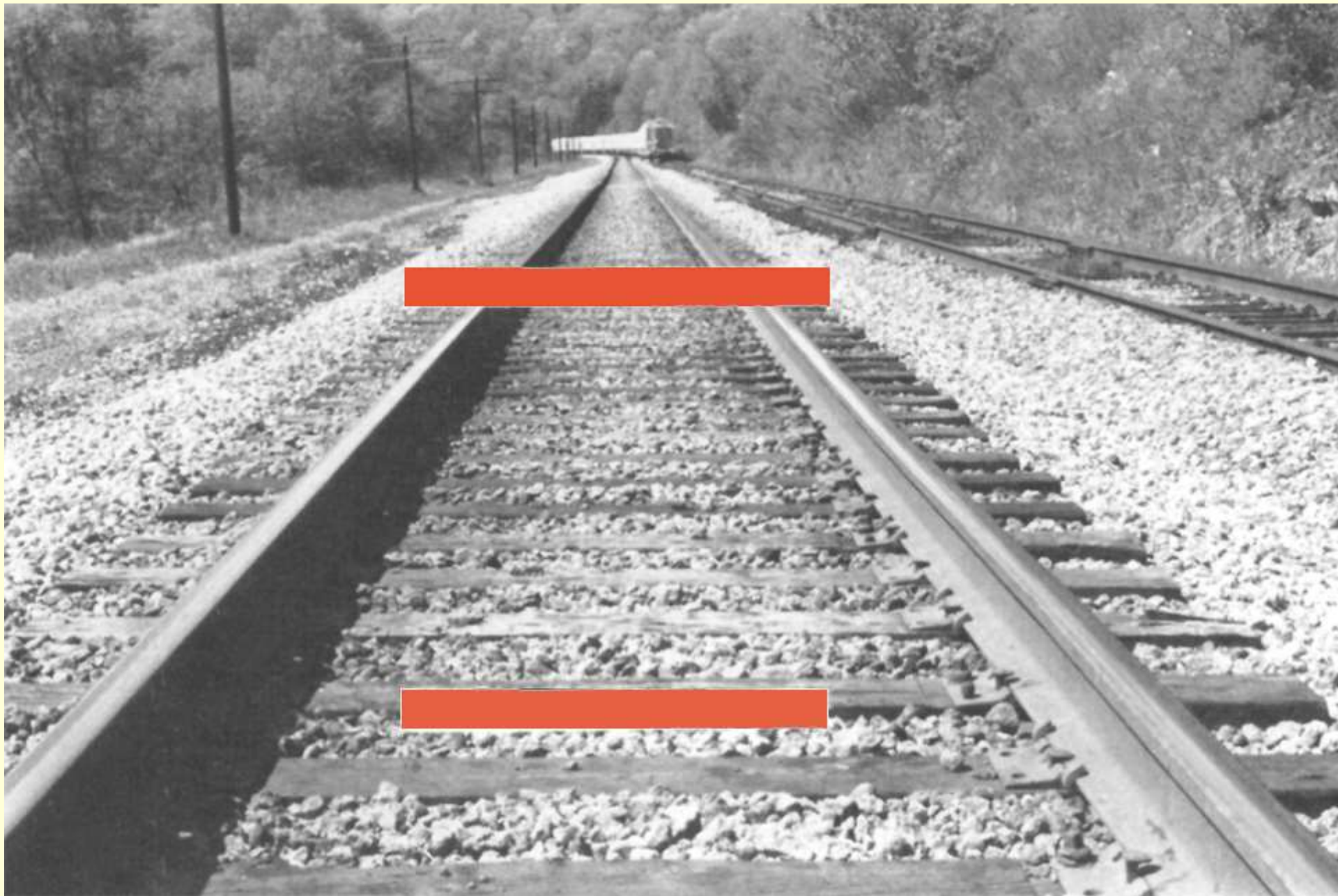
Mais même le « bon fonctionnement » de notre cerveau ne nous fait pas toujours percevoir la réalité correctement.

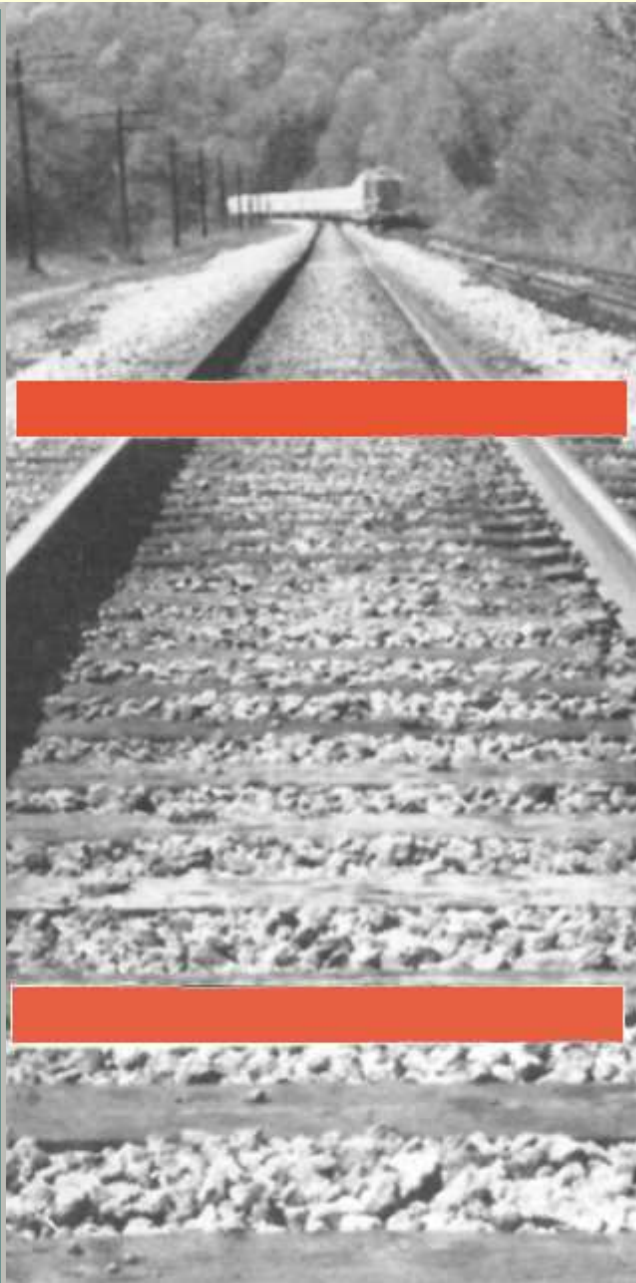
Par exemple quand on se retrouve devant des illusions d'optiques !



On a beau constater en enlevant les lignes obliques que les grandes lignes sont de la même longueur à gauche et parallèles à droite, quand elles sont là on est à nouveau convaincus qu'elles sont de longueur inégale ou pas vraiment parallèles !

Et c'est la même chose pour tant d'autres...





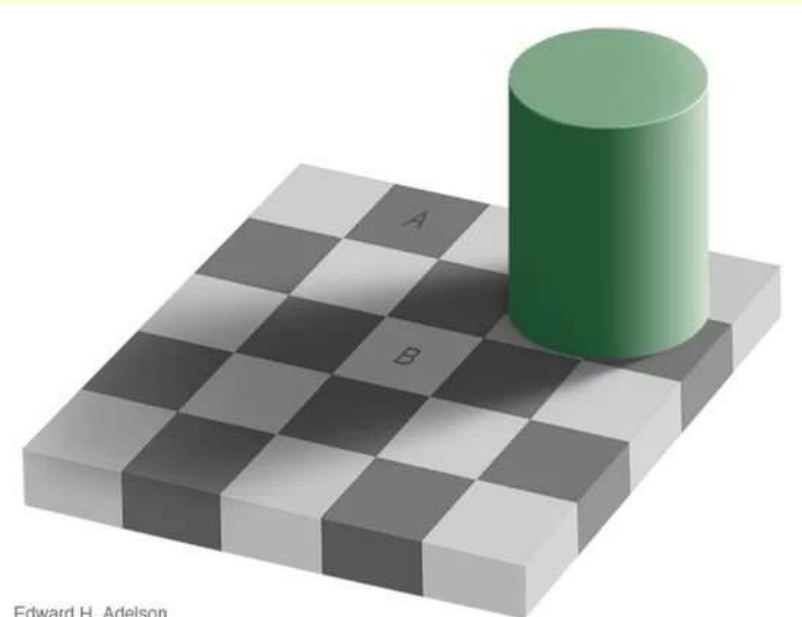
Devant certaines illusions d'optique, on est troublé de constater que  
« **nos sens peuvent nous tromper** ».

C'est-à-dire que le monde de nos perceptions n'est peut-être pas un « miroir » du monde extérieur

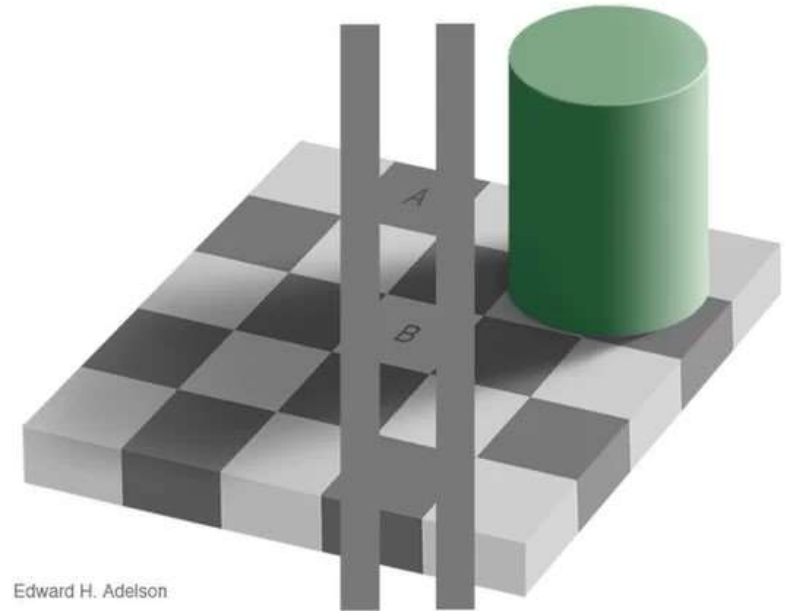
mais bien une **interprétation**, une **construction**, ou une **simulation**, faite par notre système nerveux à partir de ce que nos sens peuvent capter du monde.

Et l'on doit alors reconnaître que **la structure particulière de notre corps** (et en particulier de notre système nerveux) **détermine ce qui pourra être connaissable pour nous.**

Or **cette structure est le fruit d'une très longue évolution**, ce que nous allons voir aujourd'hui.



Edward H. Adelson



Edward H. Adelson



On vient de le voir, l'apparente solidité du monde s'évanouit lorsque nous l'examinons de plus près.

Il nous faudra donc tenter de réfréner cette tentation de vivre dans un monde de **certitudes** et de **perceptions indiscutables** si l'on veut véritablement tenter de comprendre le phénomène de la cognition.

Il faut **douter** et mettre de côté le sens commun = **faire de la science !**

*“Ce que l’on observe n’est pas la nature en soi  
mais la nature **révélée par nos méthodes  
de questionnement.**”*

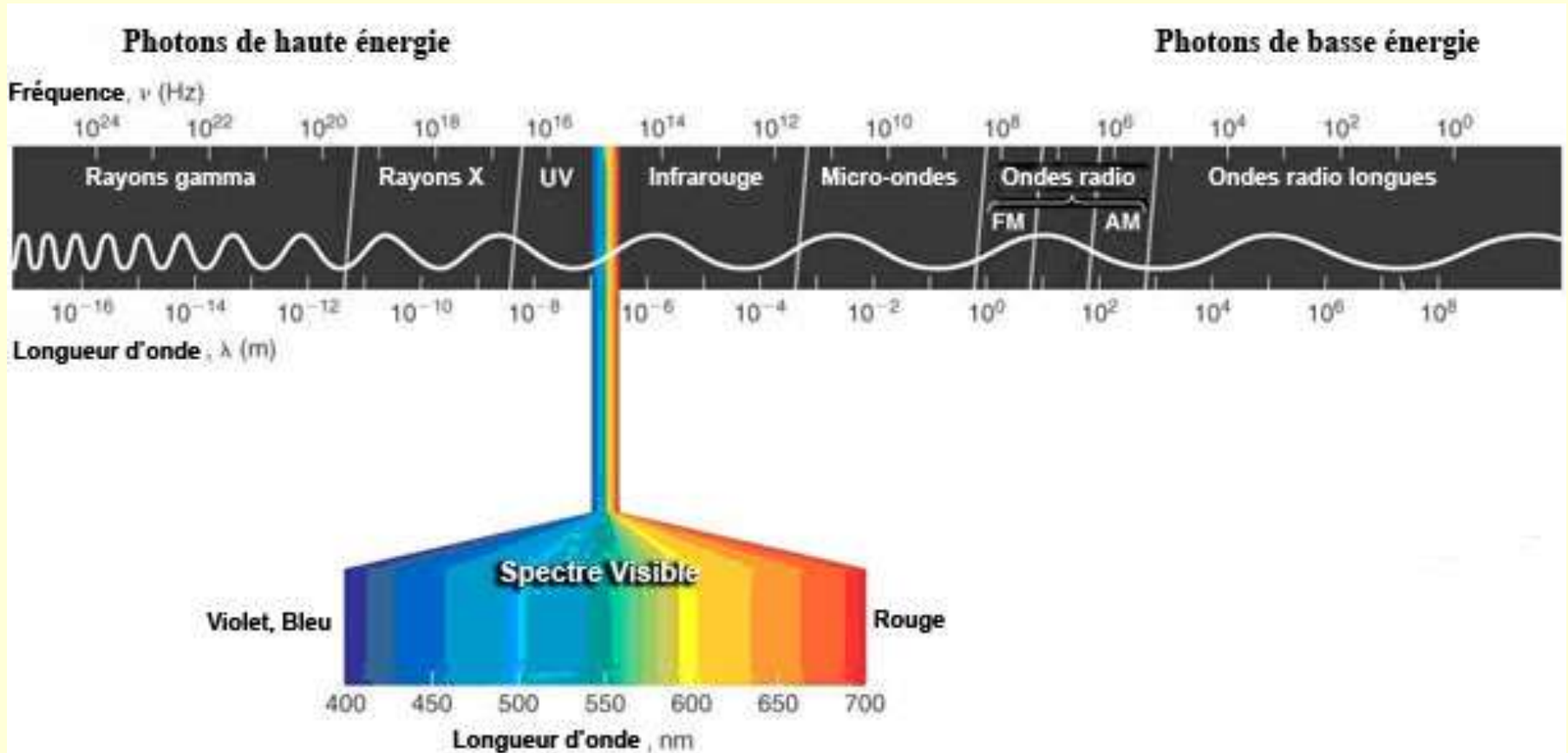
- Werner Heisenberg, physicien quantique

Bien sûr il y a des forces, des lois et des principes physiques universels que la science a permis de découvrir et qui nous sont fort utiles (pour cette projection, par exemple).

Mais dans la foulée des travaux de Heisenberg, on s’est rendu compte que nous n’avons pas, et n’auront probablement jamais, ce qu’on pourrait appeler un « accès direct » à la nature (ou au monde réel, appelez ça comme vous voulez).

Ce n’est pas parce qu’on a pu révéler une partie de la structure de l’univers que c’est nécessairement une question de temps avant qu’on ait décrit l’entièreté de ses lois, de ses constituants et de ses principes.

Comme nos **sens** ne nous donnent qu'un accès étroit au spectre du monde physique (pensez aux ondes électromagnétiques dont on ne perçoit que les longueurs d'onde entre le rouge et le violet, mais pas l'ultraviolet comme les abeilles, etc.),





Comme nos **sens** ne nous donnent qu'un accès étroit au spectre du monde physique (pensez aux ondes électromagnétiques dont on ne perçoit que les longueurs d'onde entre le rouge et le violet, mais pas l'ultraviolet comme les abeilles, etc.),

il nous a fallu très vite des **instruments** pour recueillir des données autrement inaccessibles par nos sens.

Or à partir du moment où l'on a besoin d'un microscope ou d'un télescope pour étendre la portée de nos sens, on devient tributaire de ce que ces appareils peuvent ou ne peuvent pas voir, leur mode de fonctionnement, ce qu'ils mesurent véritablement, etc.



Comme nos **sens** ne nous donnent qu'un accès étroit au spectre du monde physique (pensez aux ondes électromagnétiques dont on ne perçoit que les longueurs d'onde entre le rouge et le violet, mais pas l'ultraviolet comme les abeilles, etc.),

il nous a fallu très vite des **instruments** pour recueillir des données autrement inaccessibles par nos sens.

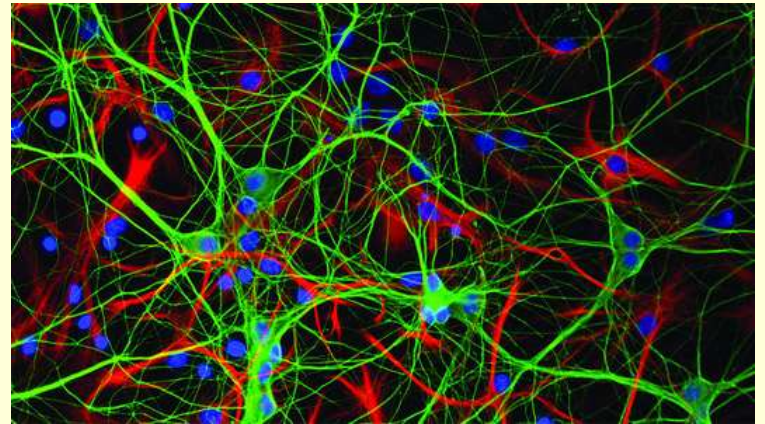
Or à partir du moment où l'on a besoin d'un microscope ou d'un télescope pour étendre la portée de nos sens, on devient tributaire de ce que ces appareils peuvent ou ne peuvent pas voir, leur mode de fonctionnement, ce qu'ils mesurent véritablement, etc.

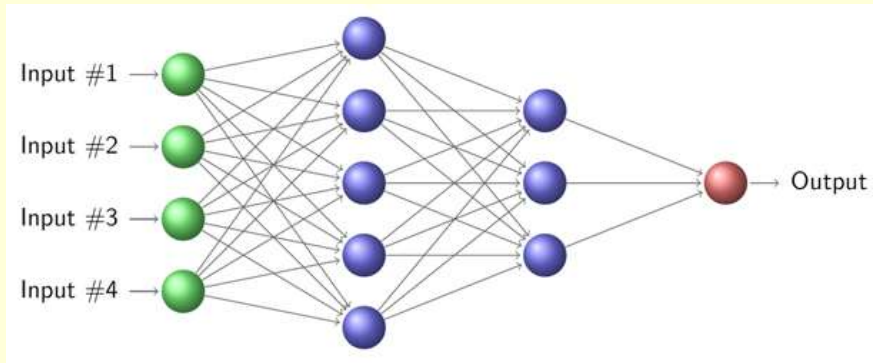
Et à mesure que ces instruments deviennent de plus en plus complexes, ils nécessitent une part d'autant plus grande **d'interprétation** que les données qu'ils recueillent sont loin de la portée de nos sens (parce que trop petit, trop grand, ou **trop complexe** (ex: imagerie cérébrale)).

Bref, ça va nous prendre des **modèles** pour interpréter ces données !

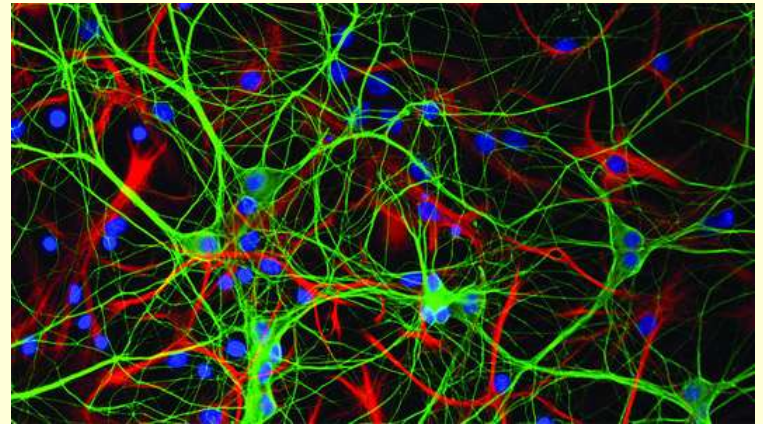
Un **modèle scientifique** est une représentation simplifiée

de ce qu'on ne peut pas voir directement pour différentes raisons :  
trop petit, trop grand, trop complexe (comme dans le cas du cerveau).





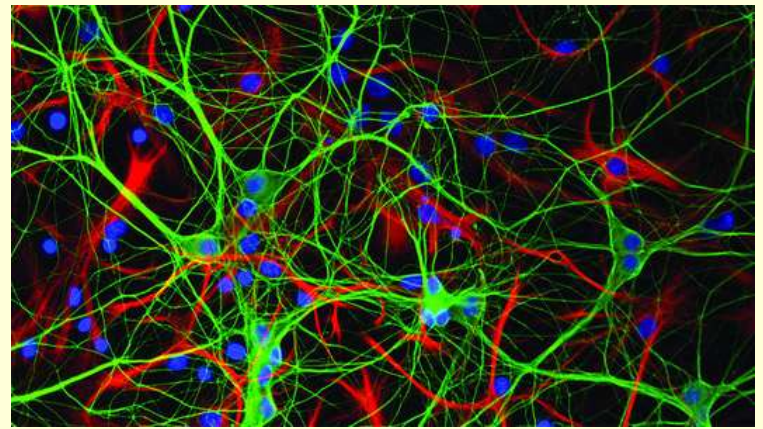
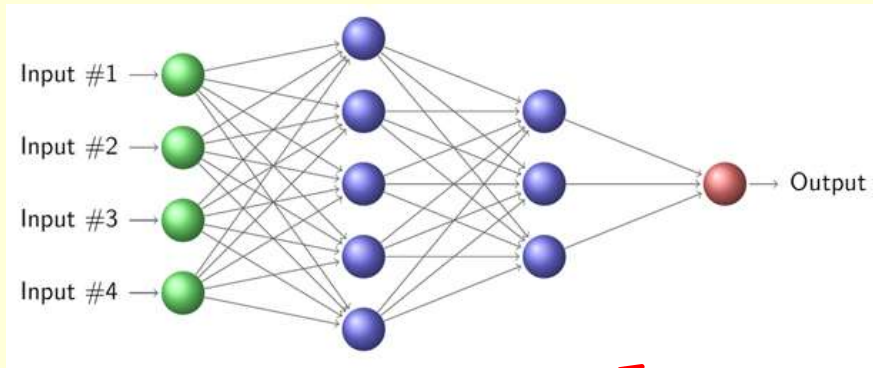
objet M



objet O

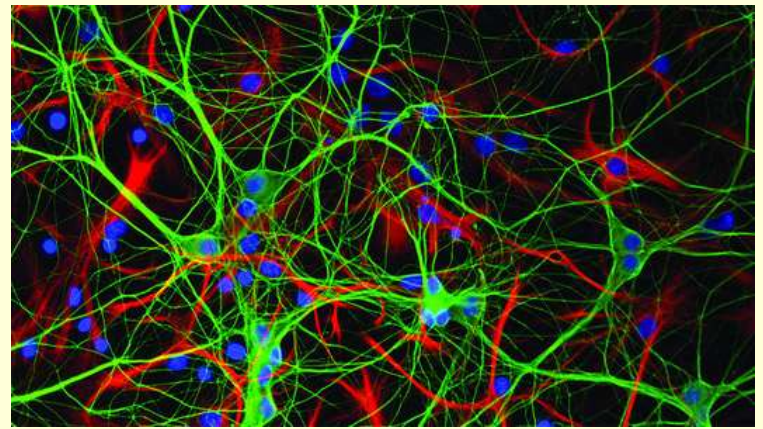
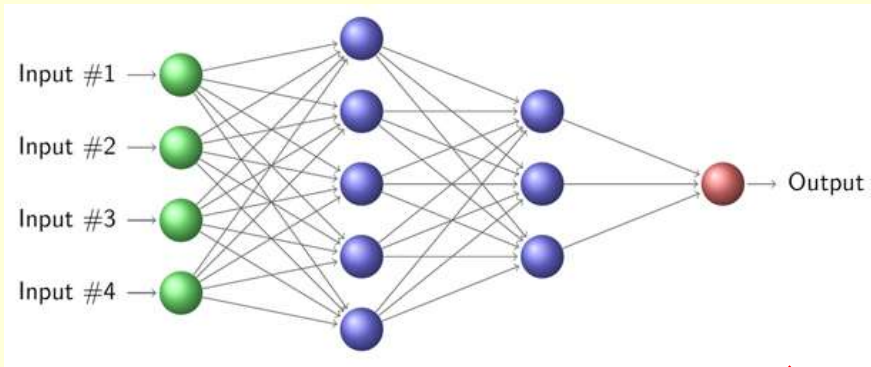
« Pour un observateur, un objet M est un modèle d'un objet O dans la mesure où l'observateur peut utiliser M pour répondre à des questions qui l'intéressent au sujet de O »

- Marvin Minsky, 1965



Le modèle renvoie donc à une **approximation** de la **réalité** et à une sélection de certains de ses éléments.

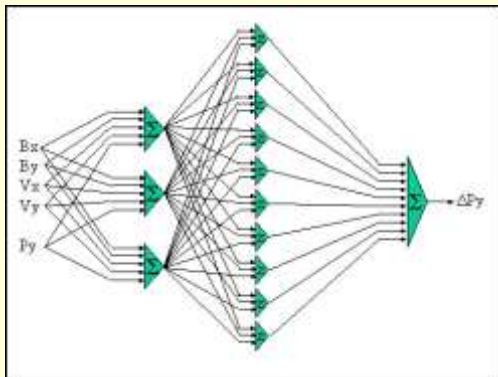
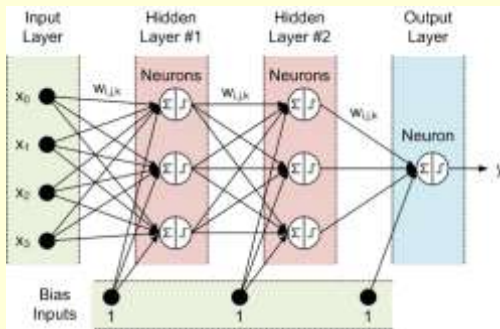
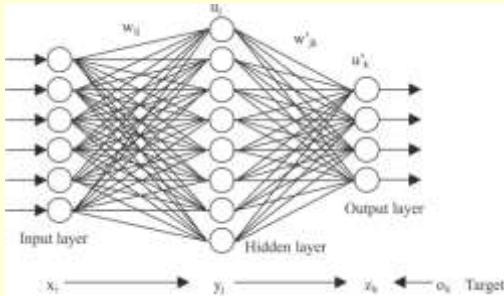
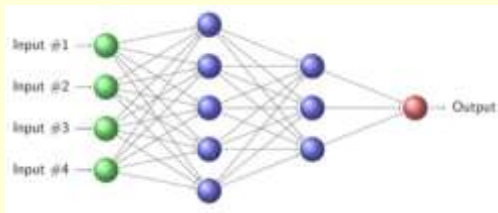
« Tous les modèles sont faux, certains sont utiles ».



Avec un modèle, on va pouvoir **générer des hypothèses**, c'est-à-dire des explications plausibles et provisoires des faits.

Ces hypothèses devront être par la suite contrôlée par des **expériences**, ou corroborées par des **observations de la réalité**.

Un modèle sera jugé **fécond** si les résultats de mesure sur le réel s'avèrent suffisamment conformes aux **prédictions** du modèle.

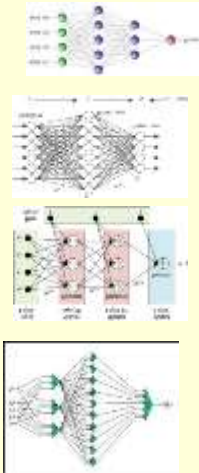


Mais ces modèles et ces hypothèses ne sont **pas isolés**.

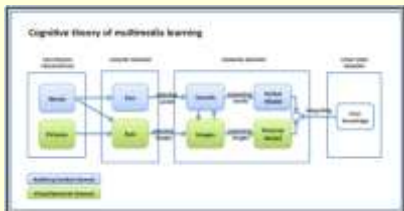
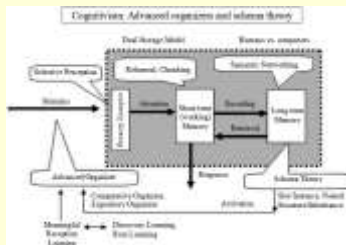
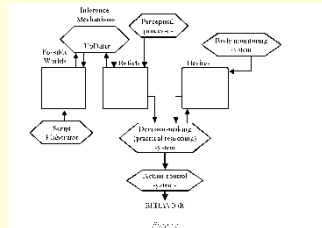
Ils s'inscrivent généralement dans une **théorie scientifique** plus large.

**Exemple** : les différents modèles de la théorie connexionniste en sciences cognitives

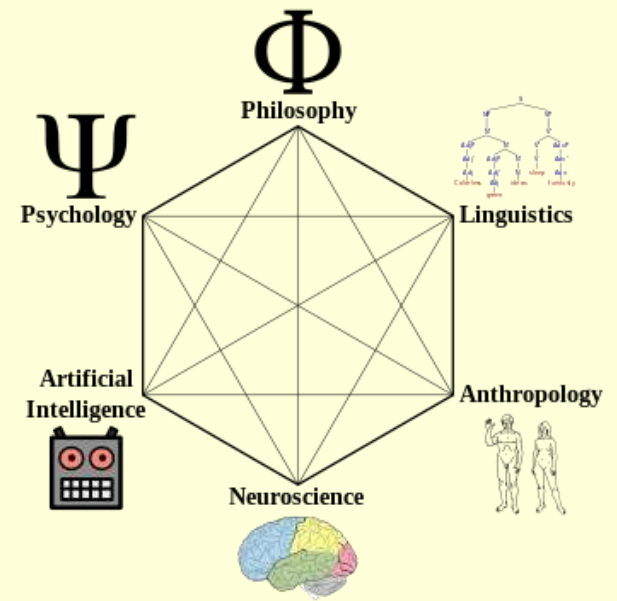
# Modèles



Exemple :  
la théorie  
connexionniste



Exemple :  
la théorie  
cognitiviste



## Différentes théories

dans un « domaine » ou un « programme » de recherche, par exemple ici en **sciences cognitives**.

Et encore une fois, certaines **théories** vont aussi en venir à en supplanter d'autres parce qu'elles vont mieux expliquer les données.



On parle de **paradigmes scientifiques**,

une notion introduite par Thomas Kuhn en 1962,

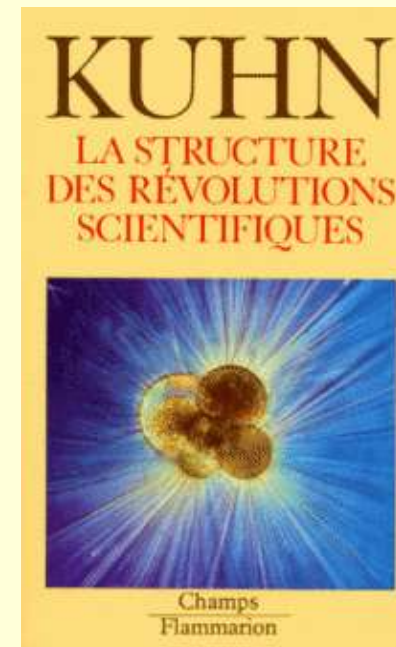
pour désigner l'idée qu'il y a, à une époque donnée,

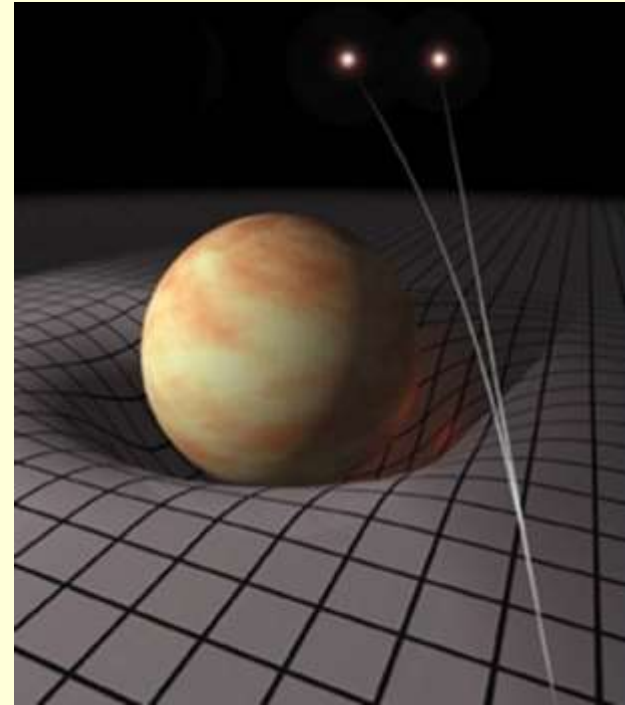
« **UNE** » **théorie plus largement acceptée** au sein de la communauté scientifique dans un domaine particulier.

Ce que Kuhn appelle aussi la « science normale ».

Les grandes lois ou les mécanismes explicatifs de ce paradigme dominant pourront être **dérangées périodiquement**

par des données dites « a-normales » qui, lorsqu'elles deviennent trop nombreuses, provoquent des **révolutions scientifiques**.





À des périodes calmes où règne un **paradigme dominant**

succèdent donc des **crises** de contestation pouvant déboucher sur des remises en cause radicales paradigmes du moment.

# La privatisation de la recherche



La notion de paradigme attire donc aussi l'attention sur le contexte **sociologique** de la recherche scientifique.

Un mot sur le concept de « loi scientifique » avant de poursuivre...

**Une théorie scientifique** va permettre de générer des **concepts** mais aussi des **lois**.

**Ces lois** vont décrire les relations invariables entre certains phénomènes observés.

Elles ne doivent donc pas être considérées comme une vérité inchangeable, mais comme une déclaration considérée comme juste par la communauté scientifique à une époque donnée.

Dans une théorie scientifique, il y a toujours un certain degré de **doute**, ce que certaines personnes n'associent pas à de la science.

**Mais c'est tout le contraire !**

Ce n'est pas parce qu'**on reconnaît les limites de l'approche scientifique** que celle-ci ne demeure pas notre meilleure méthodologie pour comprendre le monde.

Un peu comme le **langage**, avec sa polysémie et sa structure linéaire, est loin d'être parfait pour communiquer des choses complexes, mais demeure de loin le « moins pire » outil dont on dispose pour se comprendre...

La science est faite de théories **et** d'observations empiriques.  
**On a besoin des deux.**

Parce que sans **cadre théorique**, les données observées ne veulent rien dire.

Et sans **mesures** ou **observations empiriques** pour les valider, les plus belles constructions théoriques peuvent s'effondrer.

On peut donc à tout moment **réviser**, **modifier**, ou même **abandonner** un loi ou même une théorie scientifique au complet si suffisamment de données ne concordent pas avec la théorie .

## **En résumé, ce cours propose :**

une étude scientifique de la cognition comme phénomène biologique.

On l'a dit, l'acte de connaître le monde va dépendre de cette structure particulière que constitue le corps d'un individu.

Or pour comprendre comment se constitue le corps d'un individu, il faut remonter aux origines de la **vie** (puisque nous sommes des êtres vivants), puis aux origines des **systèmes nerveux** (puisque nous sommes des animaux) et aux origines du **langage** et de la **culture** (puisque nous sommes des humains).

Et à cette longue histoire **évolutive** (ou phylogénétique) va s'ajouter

l'histoire du **développement** (ou ontogenèse)

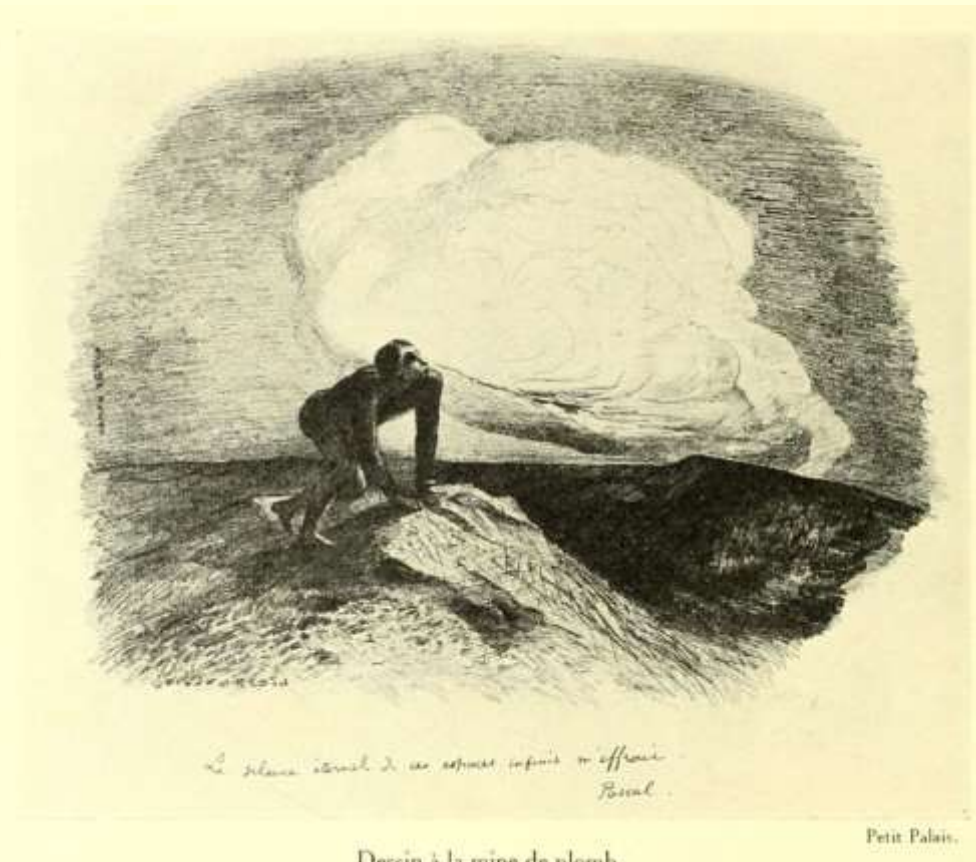
et de tous les **apprentissages** faits durant la vie personnelle de chaque individu connaissant.

## Cours 1:

A- Le « connais-toi toi-même »  
de Socrate à l'heure des  
sciences cognitives



A- Évolution et  
émergence des  
systèmes nerveux





Repartons du problème de la conscience subjective.

Désir

Attentes

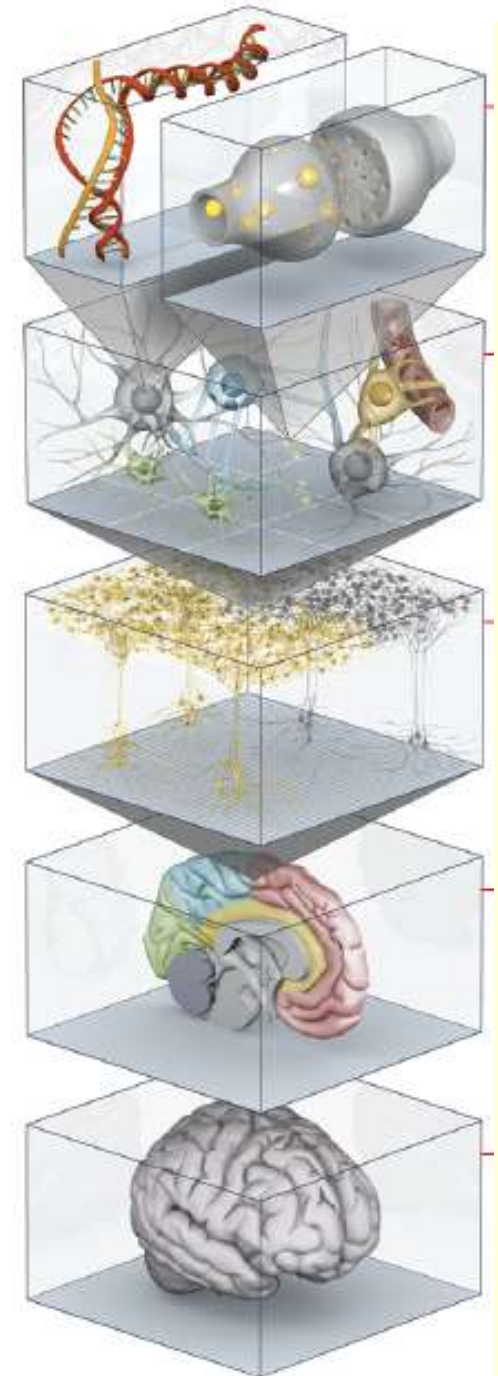
Imagination

Intentions

Souvenirs

C'est grâce à tous ces niveaux qu'elle émerge.

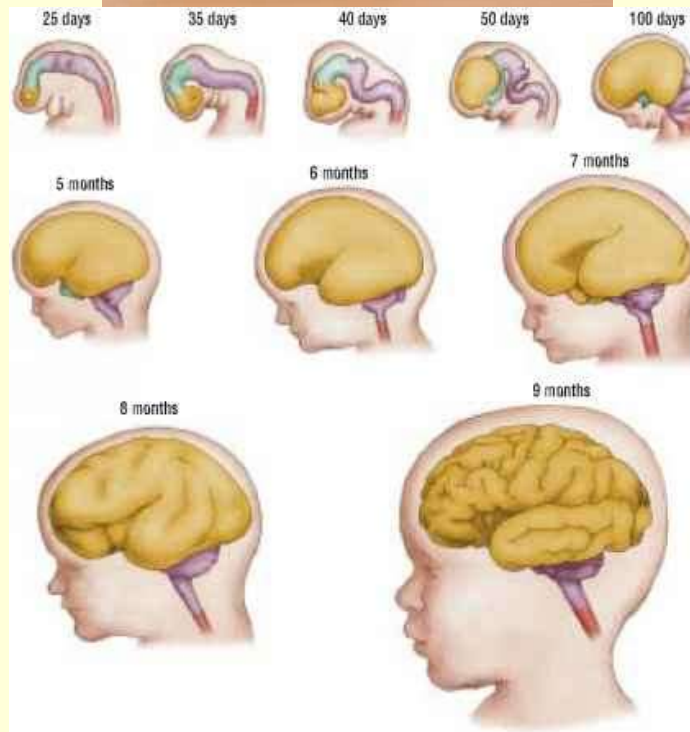
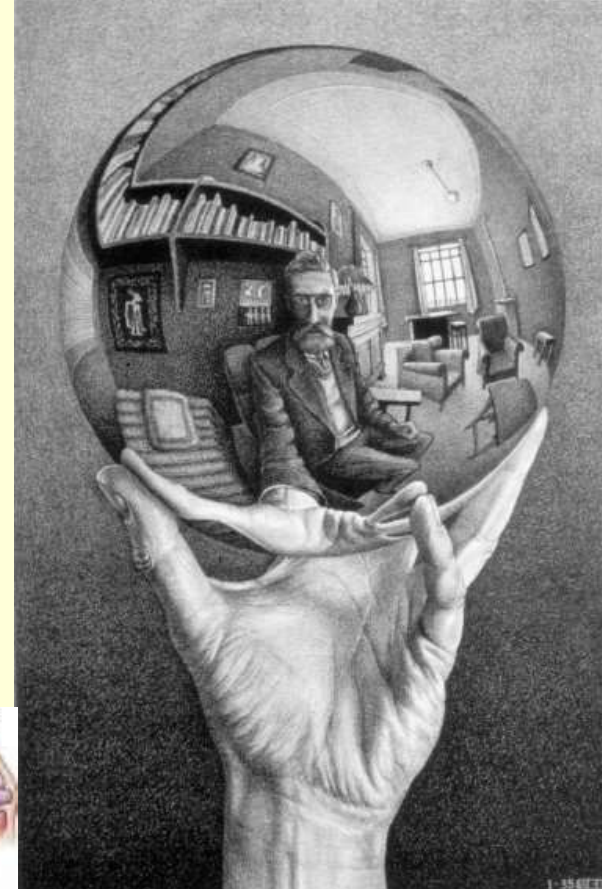
Mais elle commence quand ?

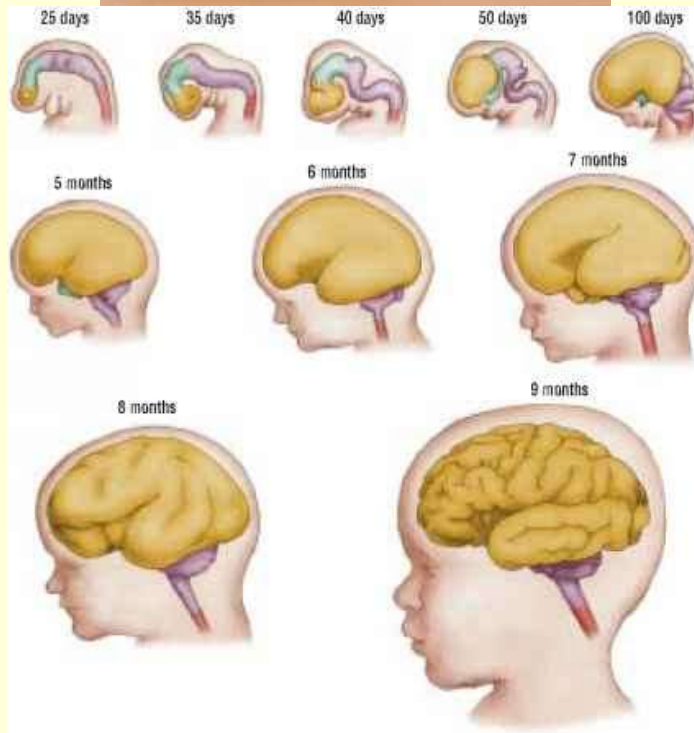
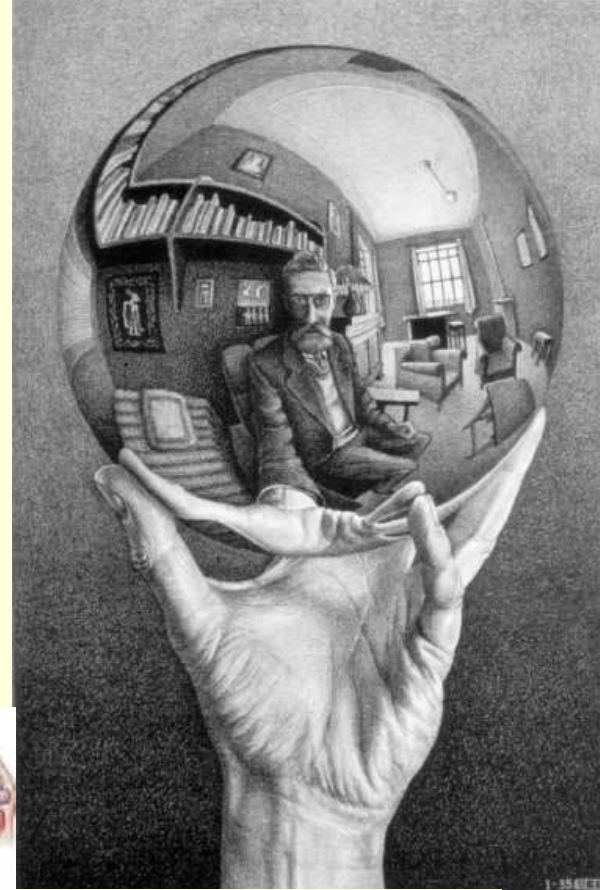


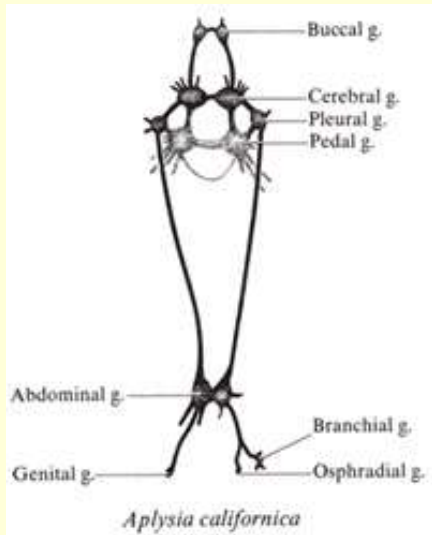
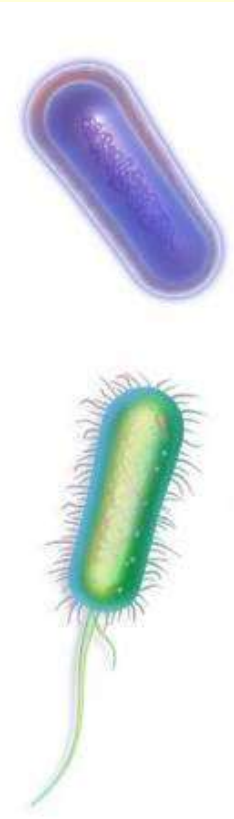
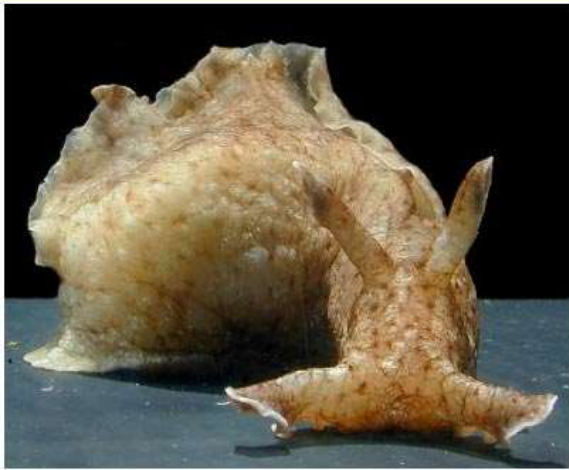
Difficile d'avoir accès  
à sa subjectivité...

...mais pas  
impossible par des  
protocoles astucieux

et l'on peut faire des  
corrélations avec le  
cerveau en  
développement.







# Linguistic Bodies

## The Continuity between Life and Language

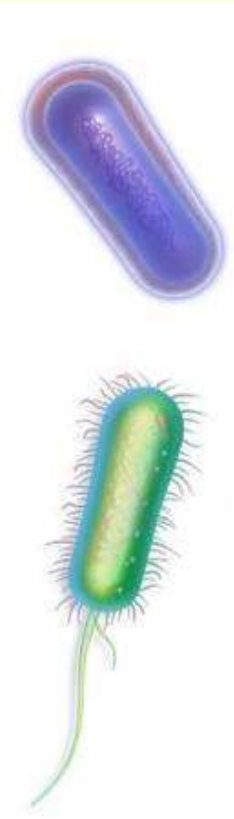
By Ezequiel A. Di Paolo, Elena Clare Cuffari and Hanne De Jaegher

A novel theoretical framework for an embodied, non-representational approach to language that extends and deepens enactive theory, bridging the gap between sensorimotor skills and language.

<https://mitpress.mit.edu/books/linguistic-bodies>

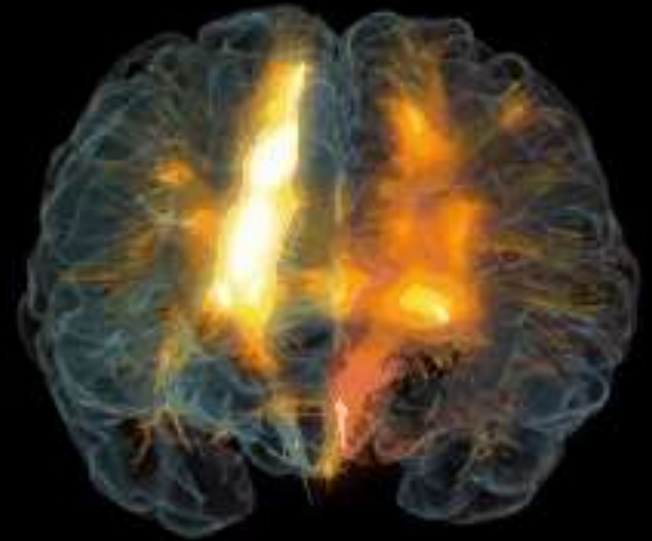
**2018**

Il va falloir **reculer dans le temps**  
pour essayer de comprendre où commence le « mind » !





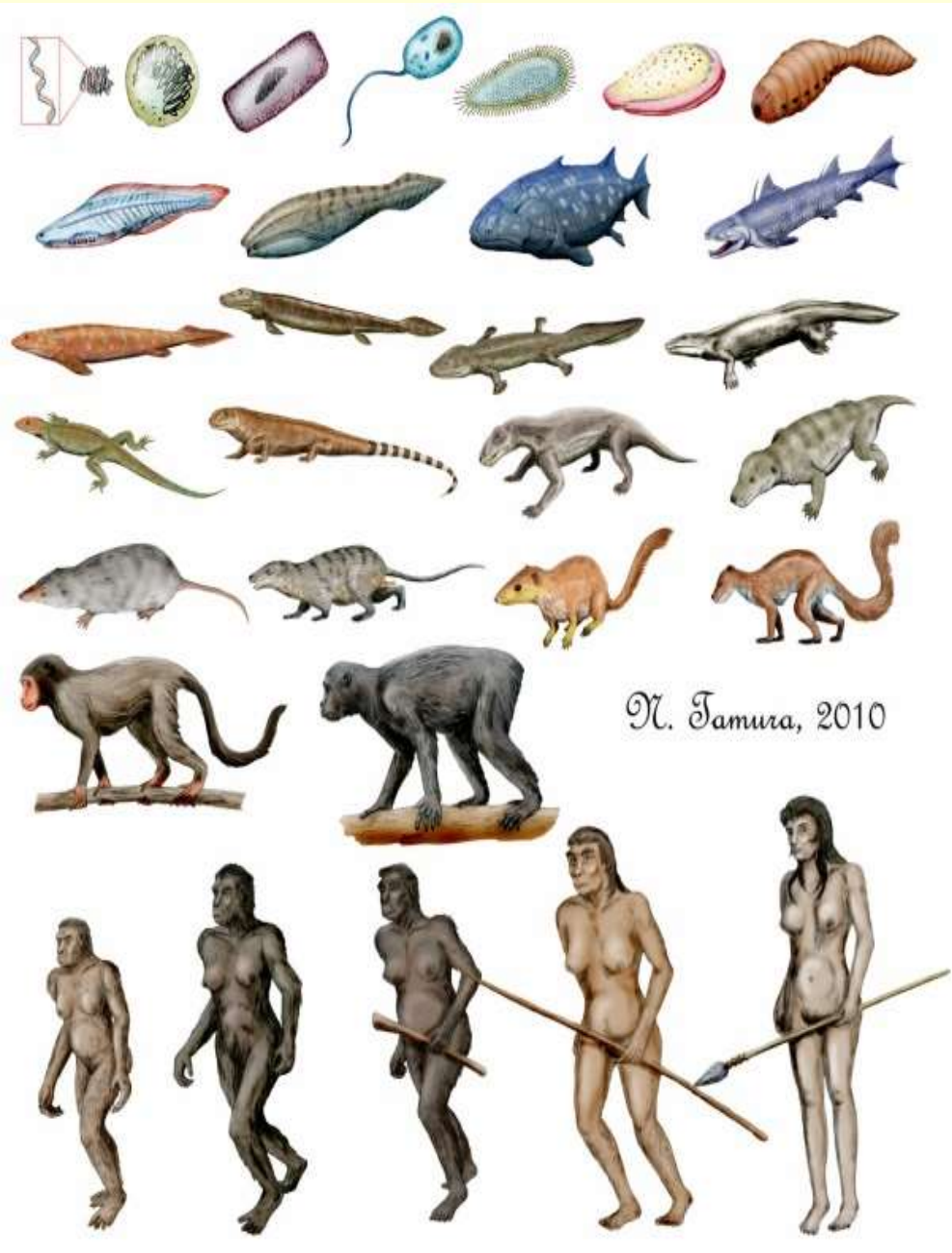
Live from the Flight Deck | golfcharlie232









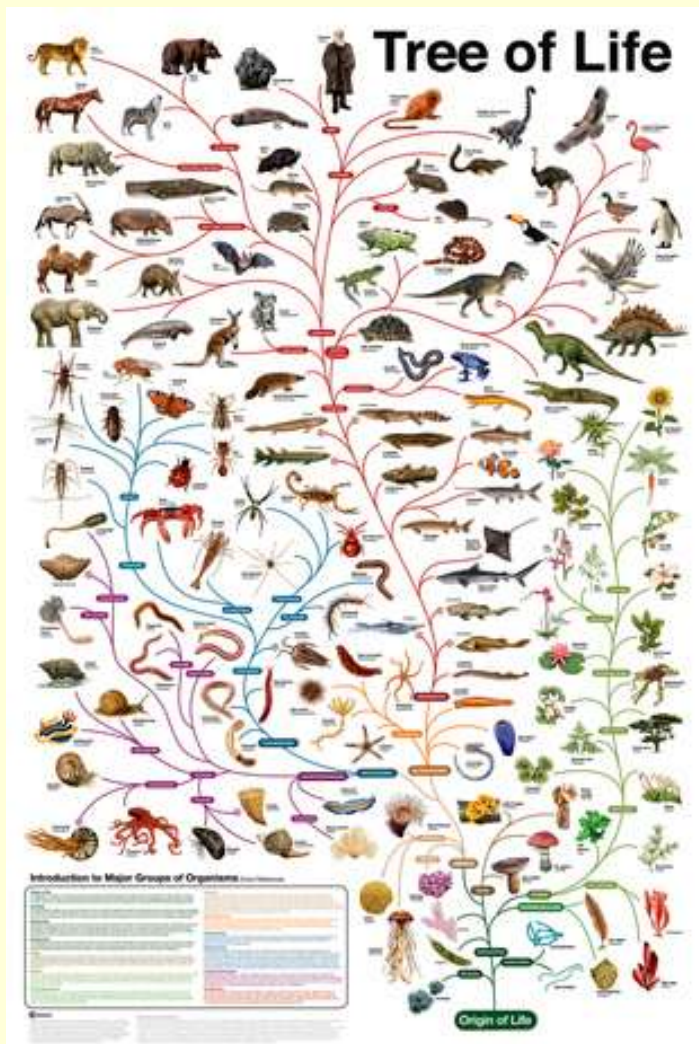


« Rien en biologie n'a de sens, si ce n'est à la lumière de l'évolution »

- Theodosius Dobzhansky  
(1900-1975)



Pour essayer de comprendre le cerveau, il faut donc d'abord se pencher ce qu'est **la vie** elle-même...



Et pour être sûr de ne rien manquer...





...on va reculer très loin dans le passé... ;-)





« L'histoire de l'Univers, c'est comment ces quarks et ces électrons sont devenus vous-mêmes.



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

Plus de 13,8 milliards d'années d'organisation et de complexification depuis le Big Bang ont été nécessaires pour concrétiser ce simple fait. »



- Hubert Reeves

# Croissance de complexité

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

Vous êtes nés il y a 13,8 milliards d'années

**Évolution cosmique, chimique et biologique**



(Crédit : modifié de Robert Lamontagne)

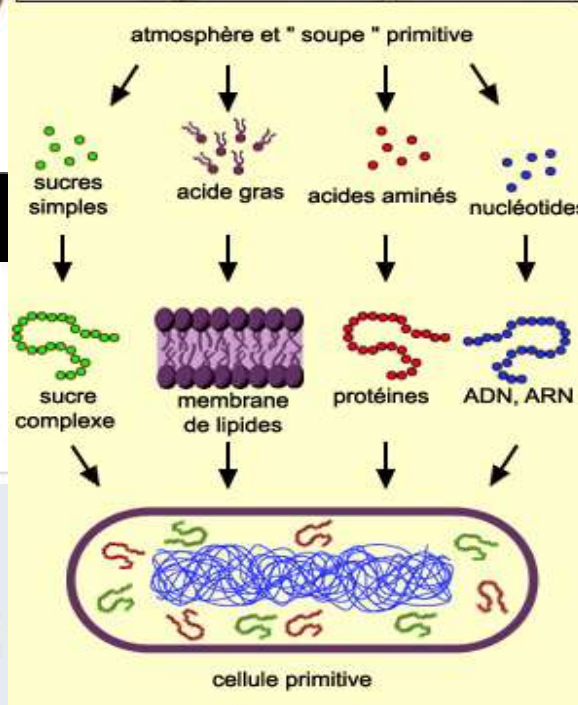
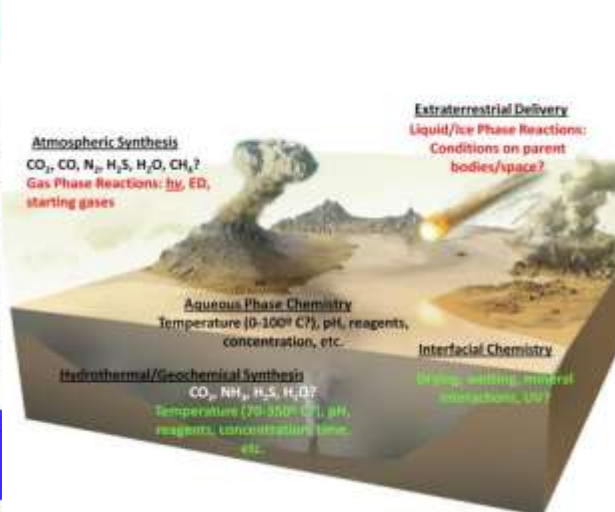


# Croissance de complexité

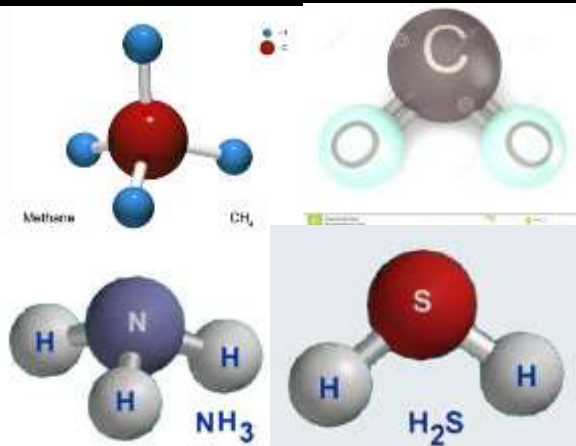
(ce qui ne veut pas dire que l'humain en soit la finalité !)



## Tableau Périodique des Éléments



## Évolution cosmique, chimique

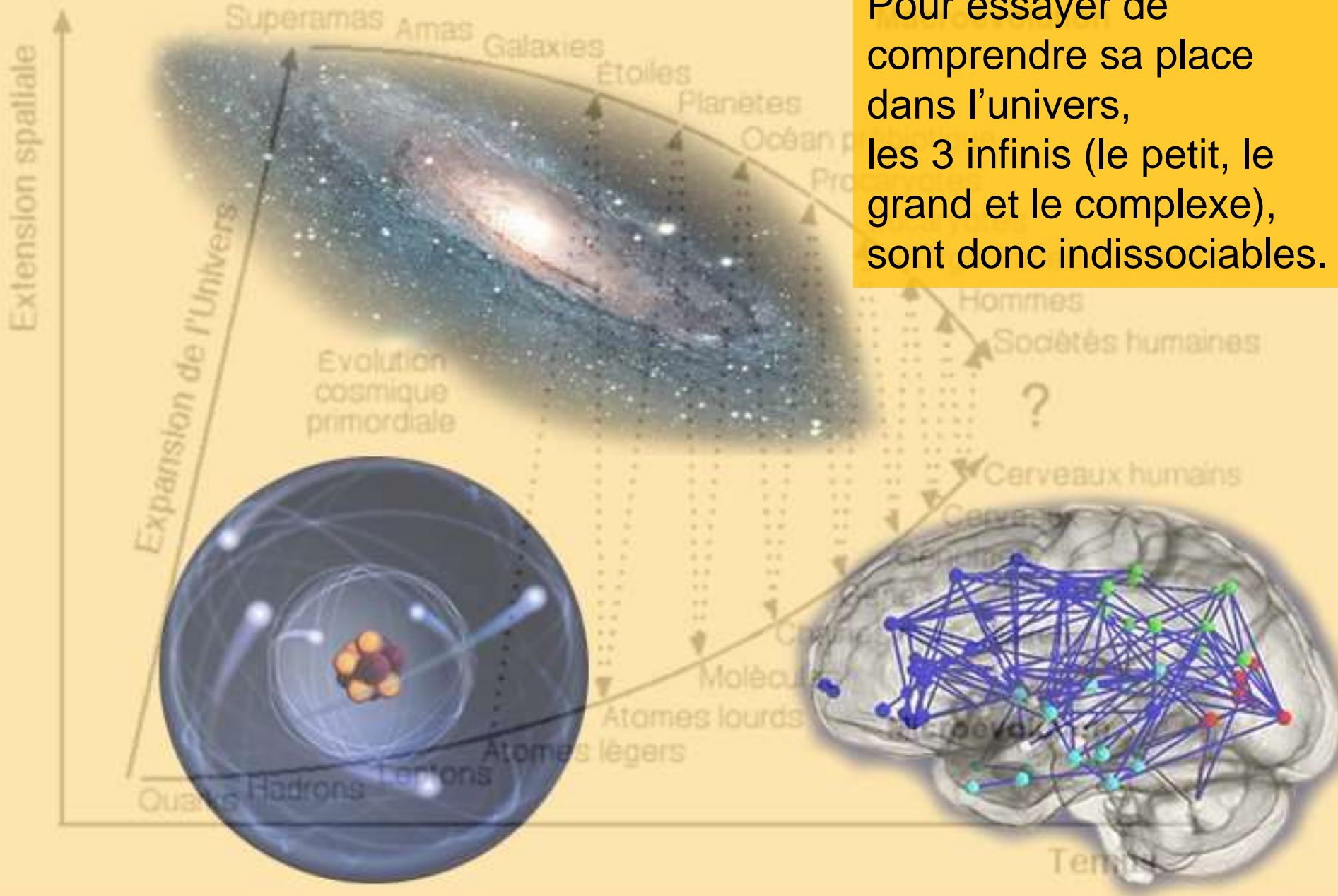


(Crédit : modifié de Robert Lamont)

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



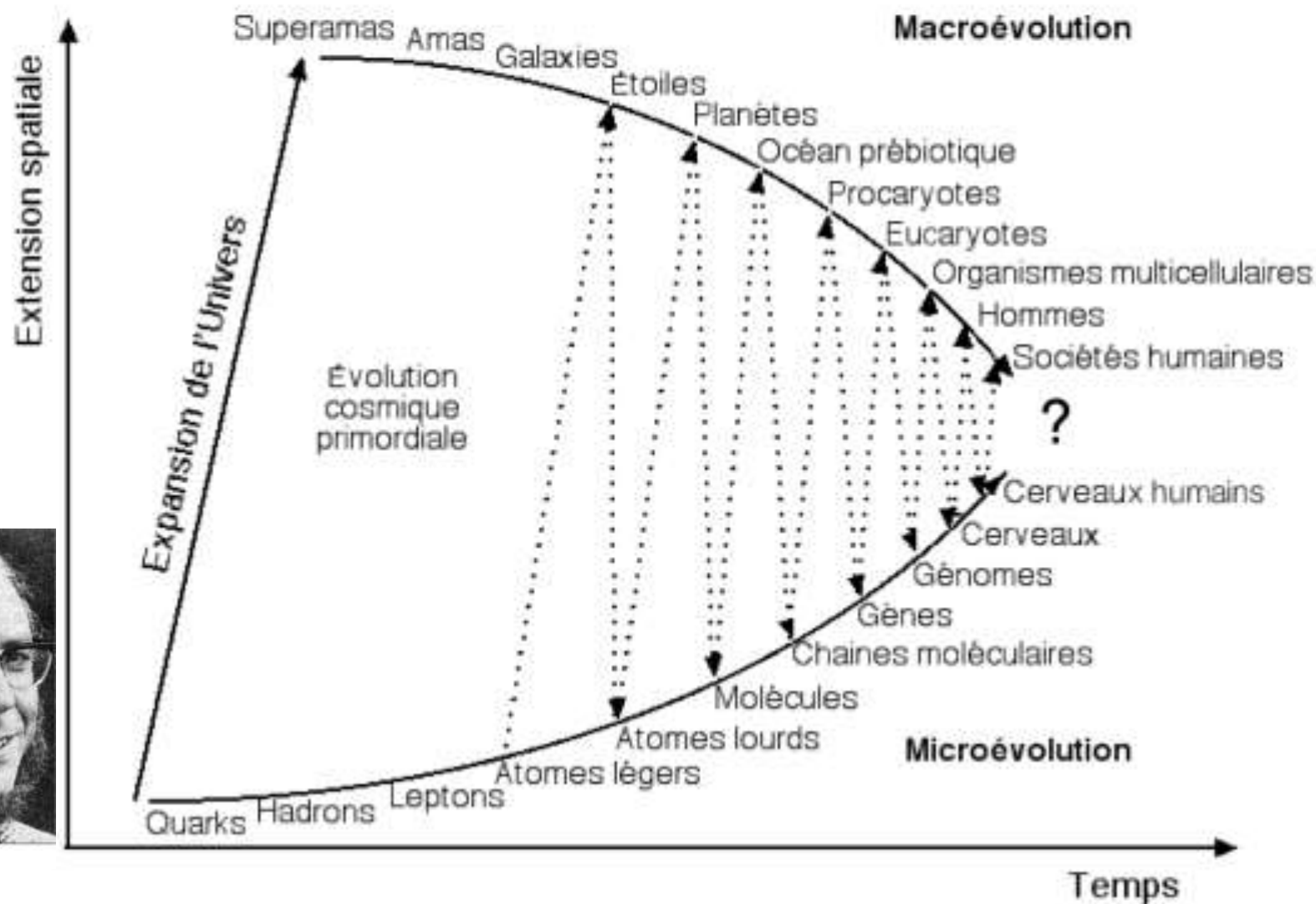
Pour essayer de comprendre sa place dans l'univers, les 3 infinis (le petit, le grand et le complexe), sont donc indissociables.



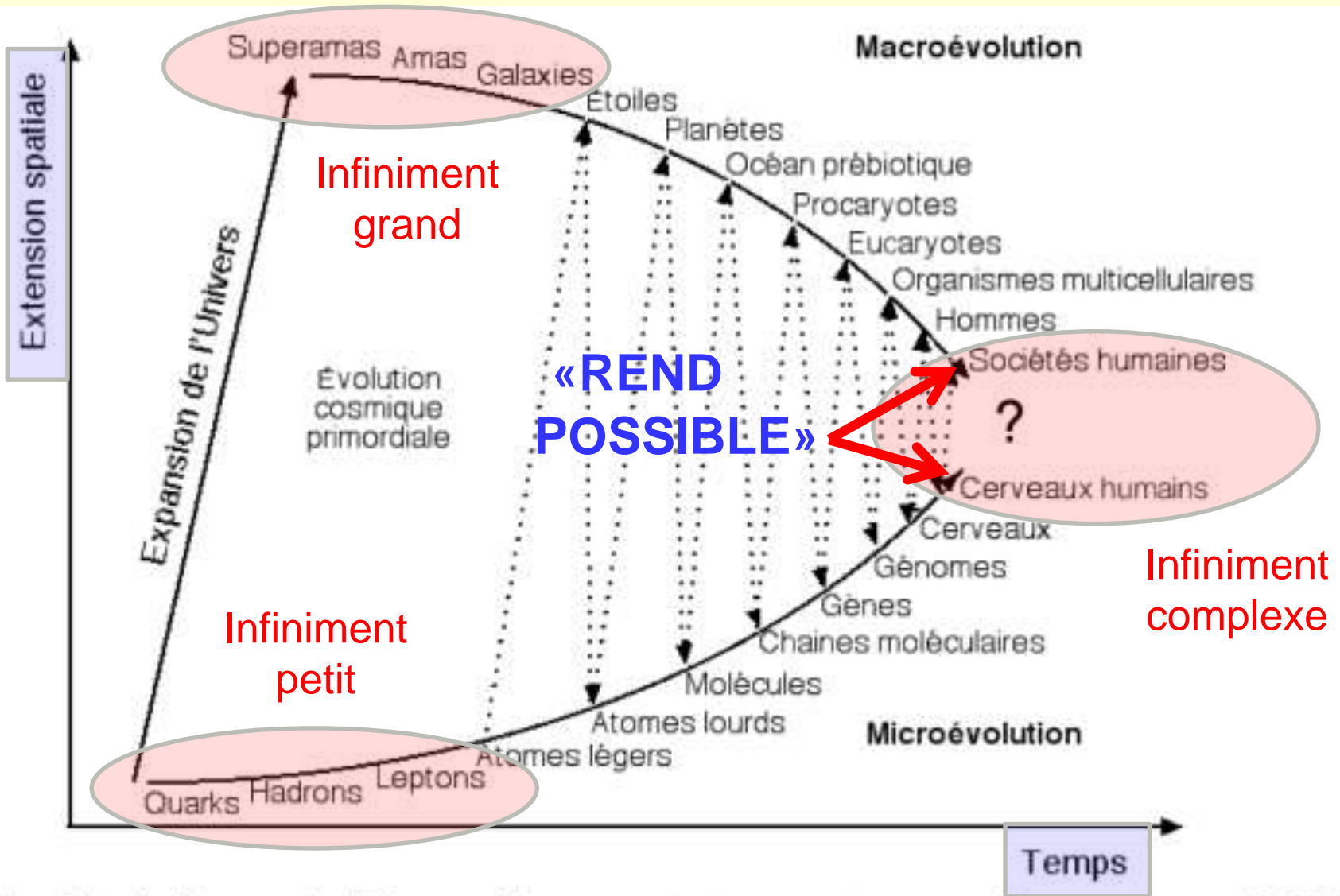




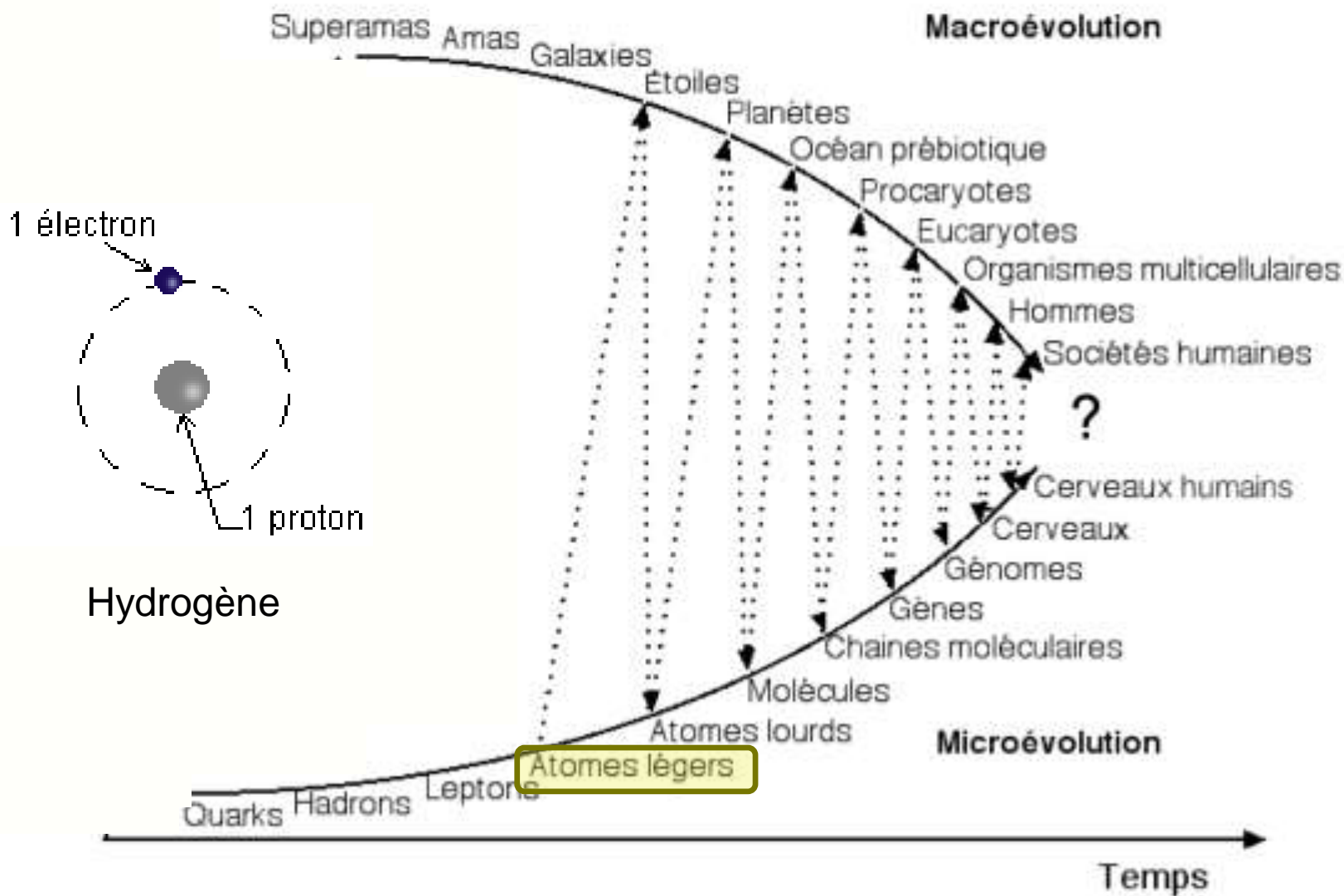
(1929 - 1980)

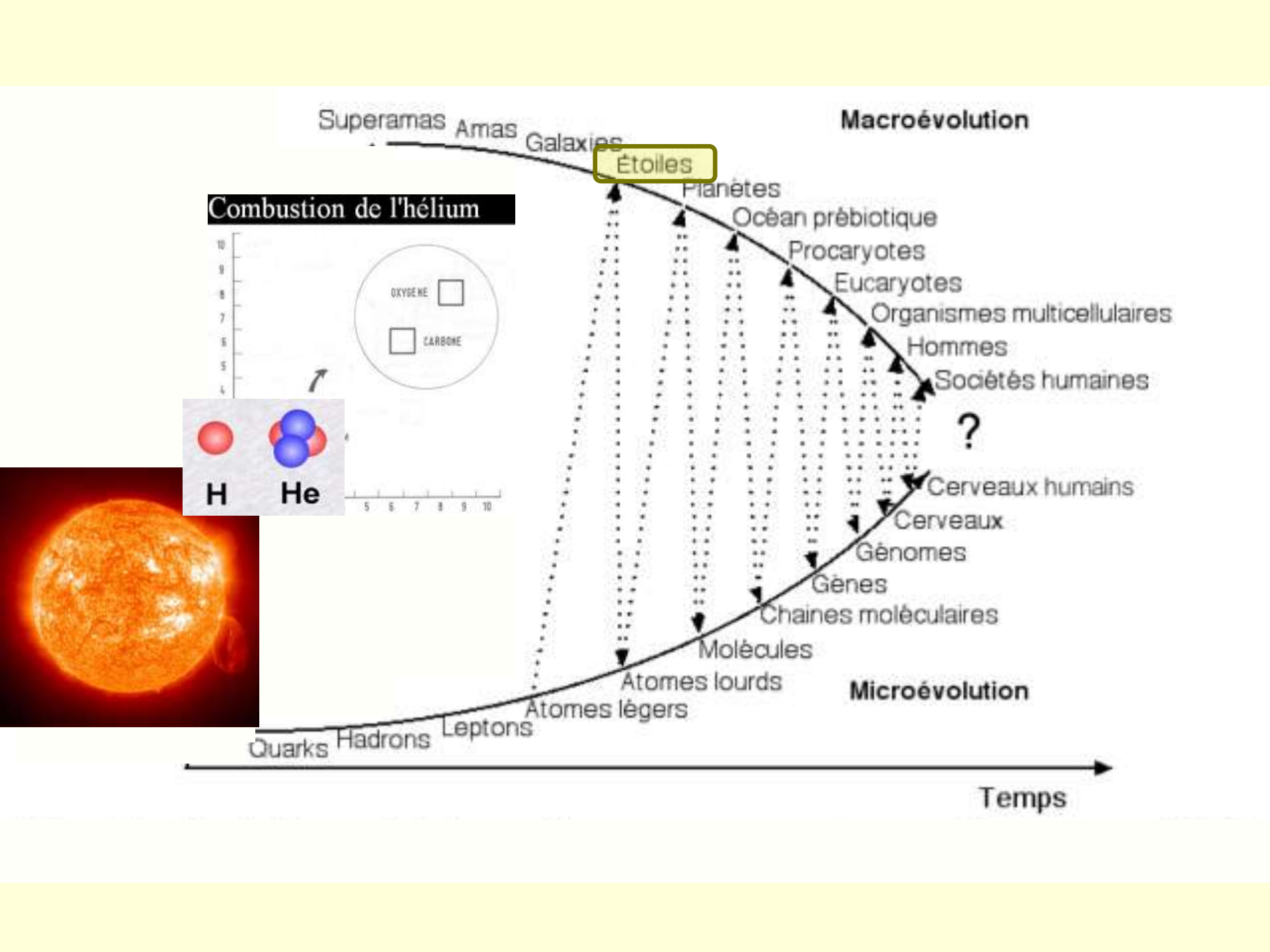


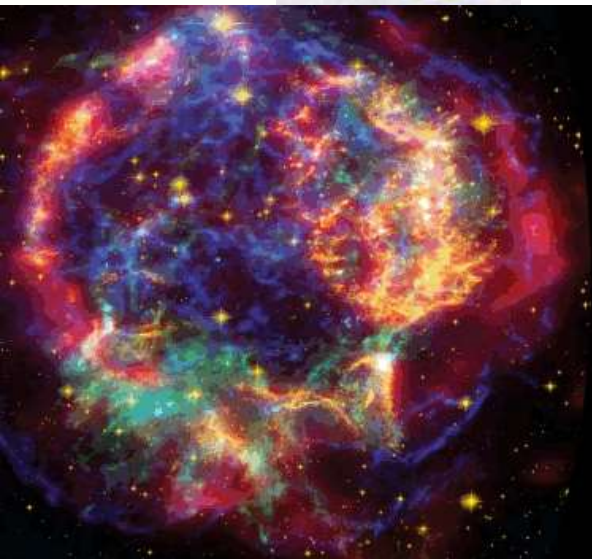
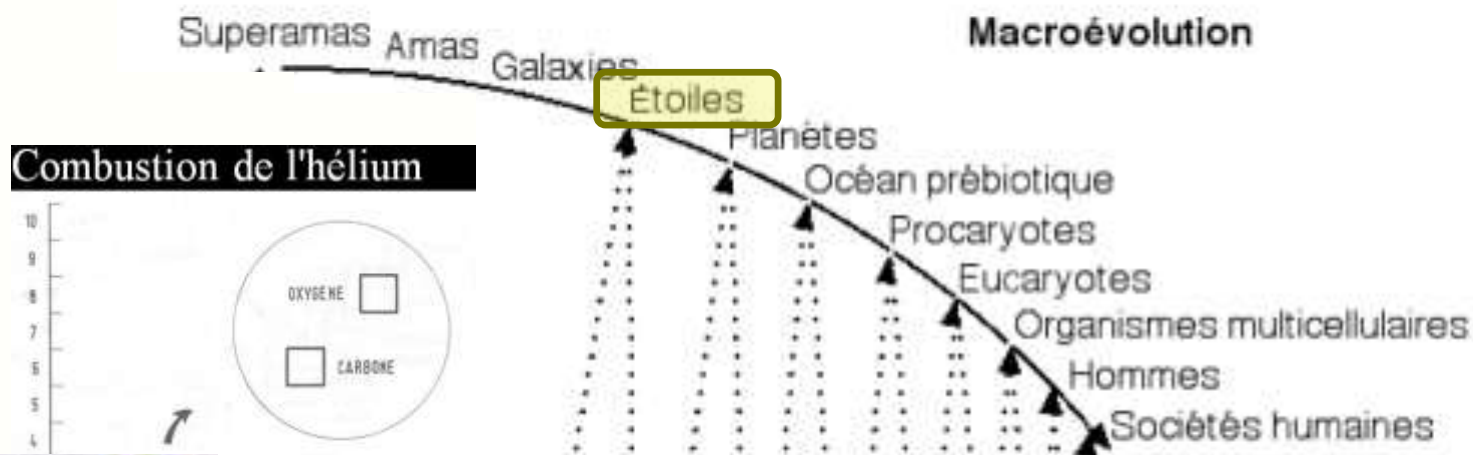
D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.



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







**Elles s'éclatent pour vous!**

Sans les étoiles mortes, vous ne seriez pas là.

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

[craq-astro.ca](http://craq-astro.ca)

CoolCosmos.net

Temps

# Macroévolution

Superamas Amas Galaxies Étoiles Planètes

## Tableau Périodique des Éléments

■ Métaux alcalins ■ Actinides O Solide L Liquide G Gaz  
■ Métaux alcalino-terreux ■ Métaux pauvres H Gaz N Non classé  
■ Métaux de transition ■ Non-métaux S Solide

1 H Hydrogène [1.008] 2 He Hélium [4.003]  
 3 Li Lithium [6.941] 4 Be Béryllium [9.012]  
 5 B Bore [10.811] 6 C Carbone [12.011] 7 N Azote [14.007] 8 O Oxygène [15.999] 9 F Fluorure [18.998] 10 Ne Néon [20.180]  
 11 Na Sodium [22.990] 12 Mg Magnésium [24.305] 13 Al Aluminium [26.982] 14 Si Silicium [28.086] 15 P Phosphore [30.974] 16 S Soufre [32.065] 17 Cl Chlore [35.453] 18 Ar Argon [39.948]  
 19 K Potassium [39.098] 20 Ca Calcium [40.078] 21 Sc Scandium [44.956] 22 Ti Titane [47.883] 23 V Vanadium [50.942] 24 Cr Chrome [51.996] 25 Mn Manganèse [54.938] 26 Fe Fer [55.845] 27 Co Cobalt [58.933] 28 Ni Nickel [58.693] 29 Cu Cuivre [63.546] 30 Zn Zinc [65.38] 31 Ga Gallium [69.723] 32 Ge Germanium [72.63] 33 As Arsenic [74.922] 34 Se Sélénium [78.96] 35 Br Brome [79.904] 36 Kr Krypton [83.80]  
 37 Rb Rubidium [85.468] 38 Sr Strontium [87.62] 39 Y Yttrium [88.906] 40 Zr Zirconium [91.224] 41 Nb Niobium [92.906] 42 Mo Molybdène [95.94] 43 Tc Technétium [98] 44 Ru Ruthénium [101.07] 45 Rh Rhodium [102.905] 46 Pd Palladium [106.36] 47 Ag Argent [107.868] 48 Cd Cadmium [112.415] 49 In Indium [114.818] 50 Sn Étain [118.71] 51 Sb Bismuth [121.757] 52 Te Tellure [127.6] 53 I Iode [126.905] 54 Xe Xénon [131.29]  
 55 Cs Césium [132.905] 56 Ba Baryum [137.327] 57 La Lanthane [138.905] 58 Ce Cérium [140.12] 59 Pr Praseodyme [140.908] 60 Nd Néodyme [144.24] 61 Pm Prométhée [145] 62 Sm Samarium [150.36] 63 Eu Europium [151.964] 64 Gd Gadolinium [157.25] 65 Tb Terbium [158.925] 66 Dy Dysprosium [162.5] 67 Ho Holmium [164.930] 68 Er Erbium [167.259] 69 Tm Thulium [168.934] 70 Yb Ytterbium [173.054] 71 Lu Lutécium [174.967]  
 72 Hf Hafnium [178.49] 73 Ta Tantalum [180.948] 74 W Tungstène [183.84] 75 Re Rhenium [186.207] 76 Os Osmium [190.23] 77 Ir Iridium [192.222] 78 Pt Platine [195.084] 79 Au Or [196.967] 80 Hg Mercure [200.59] 81 Tl Thallium [204.384] 82 Pb Plomb [207.2] 83 Bi Bismuth [208.98] 84 Po Polonium [209] 85 At Astatine [210] 86 Rn Radon [222]  
 87 Fr Francium [223] 88 Ra Radium [226] 89 Ac Actinium [227] 90 Th Thorium [232.037] 91 Pa Protactinium [231] 92 U Uranium [238.029] 93 Np Neptunium [237] 94 Pu Plutonium [244] 95 Am Américium [243] 96 Cm Curium [247] 97 Bk Bérillium [247] 98 Cf Californium [251] 99 Es Éinsteinium [252] 100 Fm Fermium [257] 101 Md Mendelevium [258] 102 No Nobeélium [259] 103 Lr Lawrencium [260] 104 Rf Rutherfordium [261] 105 Db Dubnium [262] 106 Sg Seaborgium [263] 107 Bh Bohrium [264] 108 Hs Hassium [265] 109 Mt Meitnerium [266] 110 Ds Darmstadtium [267] 111 Rg Roentgenium [268] 112 Copernicium [269] 113 Nh Nihonium [270] 114 Fl Flerovium [271] 115 Lv Livermorium [272] 116 Ts Tennessine [273] 117 Og Oganesson [274]

Atomic masses in parentheses are those of the most stable or common isotope.  
 Note: The IUPAC approved 118 elements in 2016 by the International Union of Pure and Applied Chemistry. The names of elements 113-118 at the L-rows are provisional.

Océan prébiotique  
 Procaryotes  
 Eucaryotes  
 Organismes multicellulaires  
 Hommes  
 Sociétés humaines

?

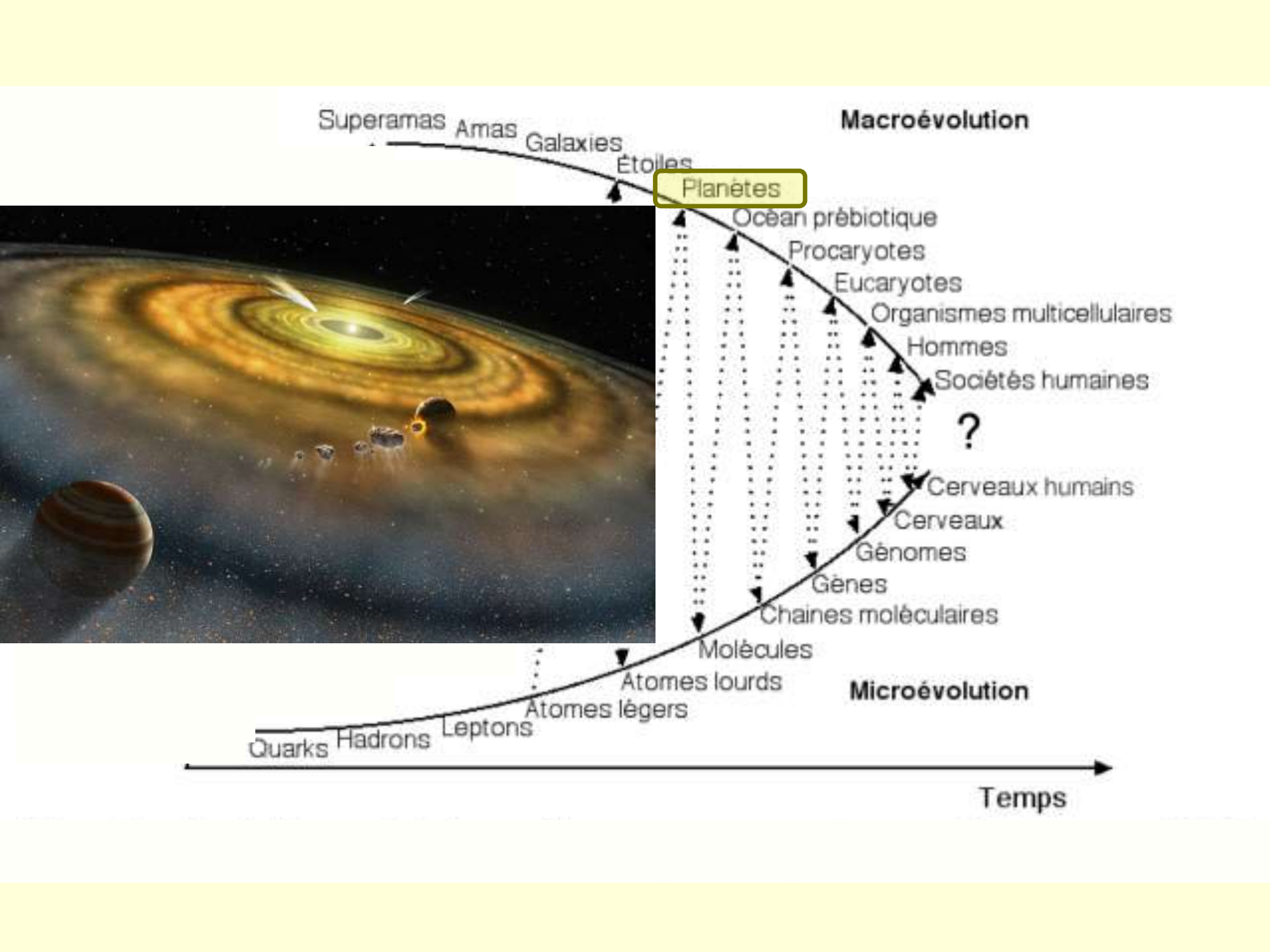
Cerveaux humains  
 Cerveaux  
 Génomes  
 Gènes  
 Chaînes moléculaires

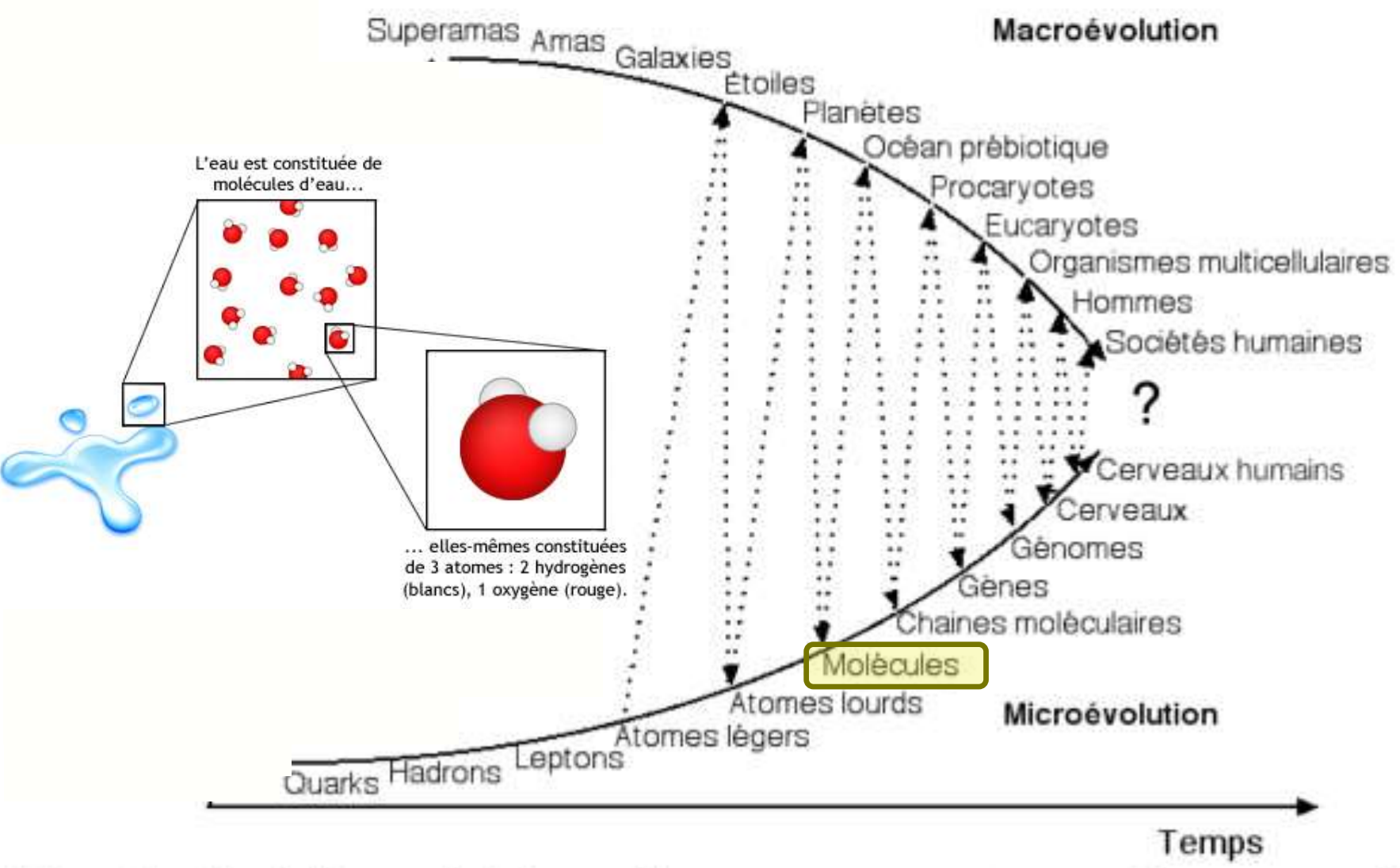
Atomes lourds

# Microévolution

Quarks Hadrons Leptons Atomes légers

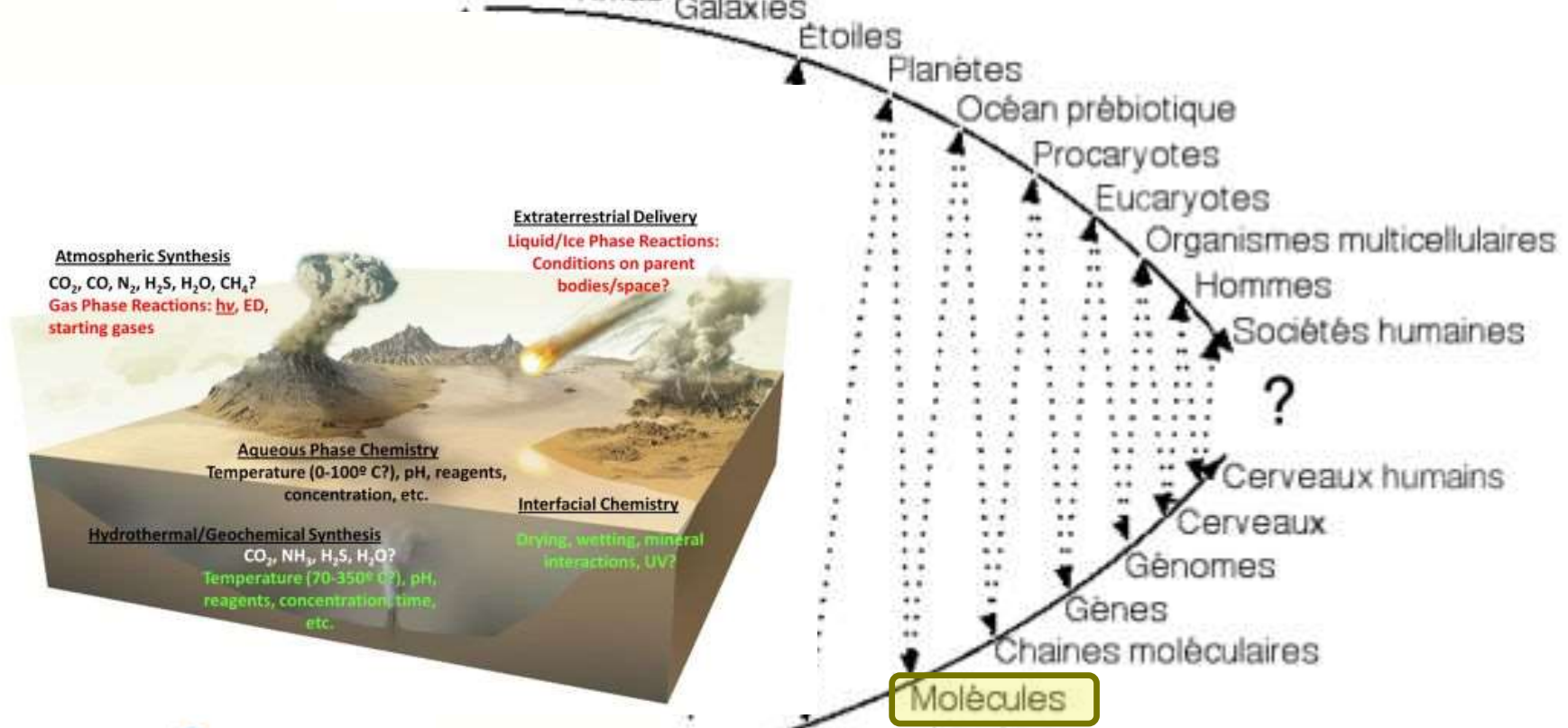
Temps







Superamas Amas Galaxies Étoiles Planètes Macroévolution



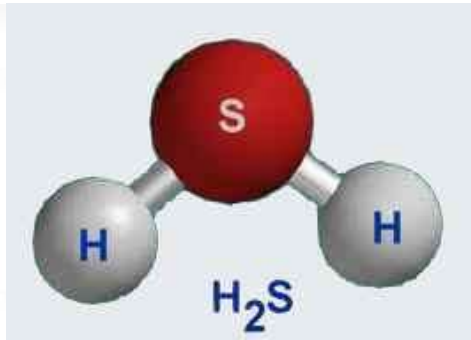
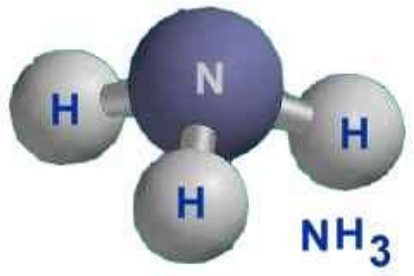
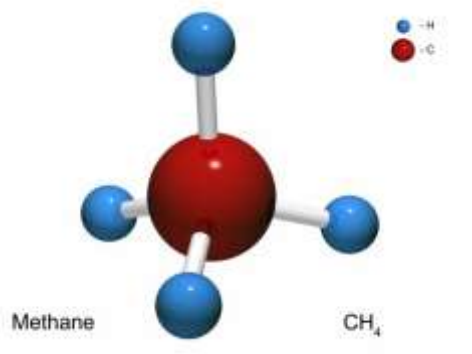
**Atmospheric Synthesis**  
 $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$ ?  
 Gas Phase Reactions: hv, ED, starting gases

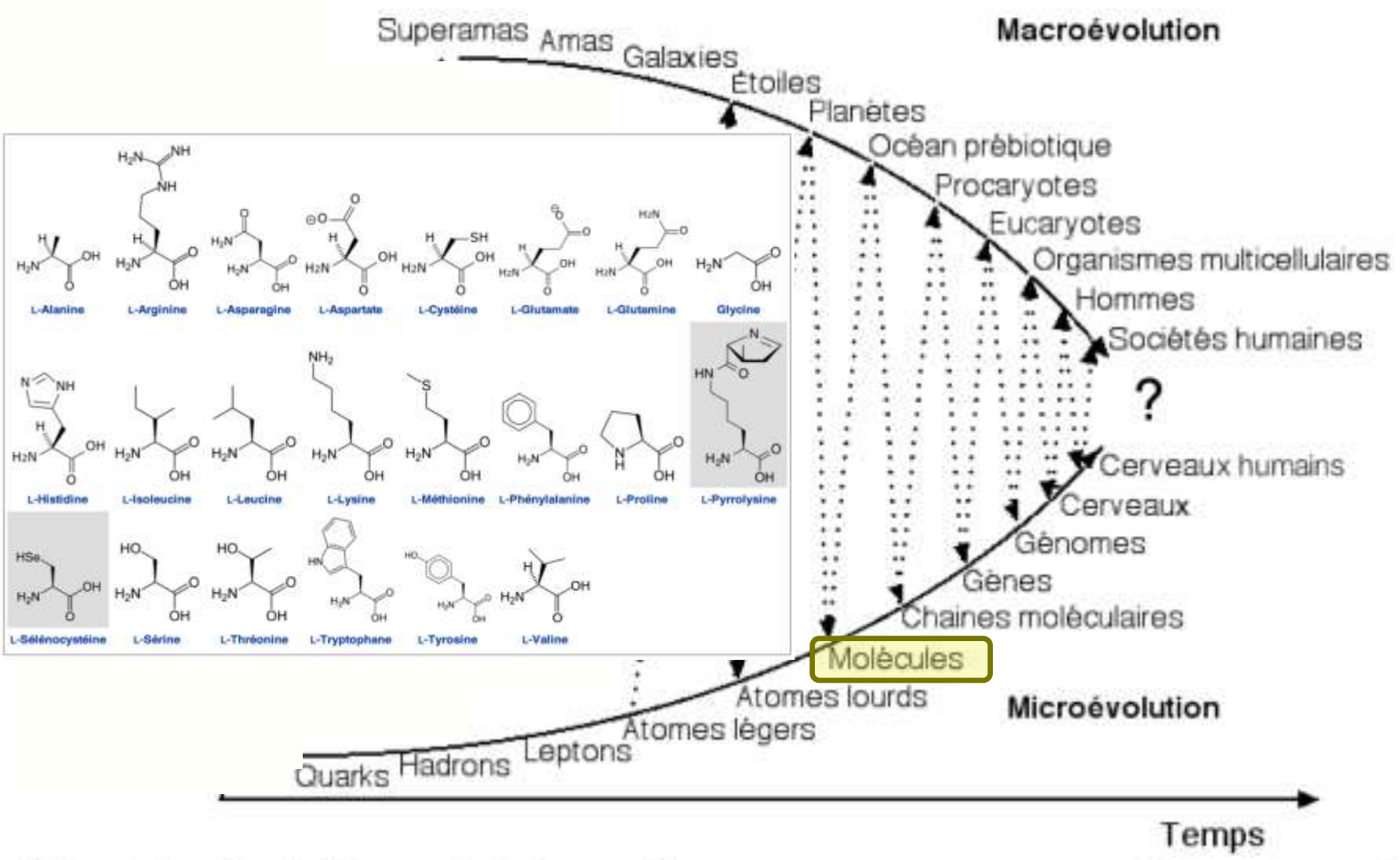
**Extraterrestrial Delivery**  
 Liquid/Ice Phase Reactions:  
 Conditions on parent bodies/space?

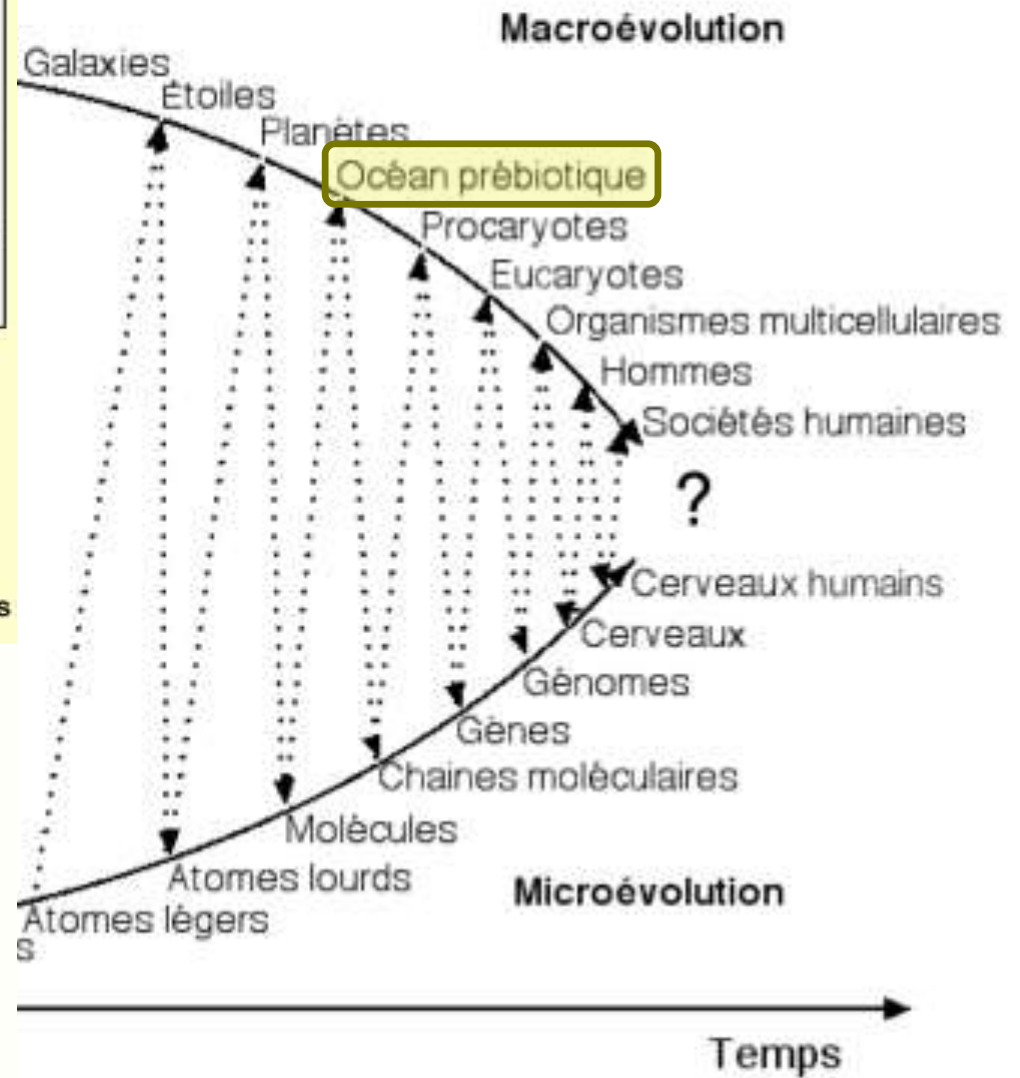
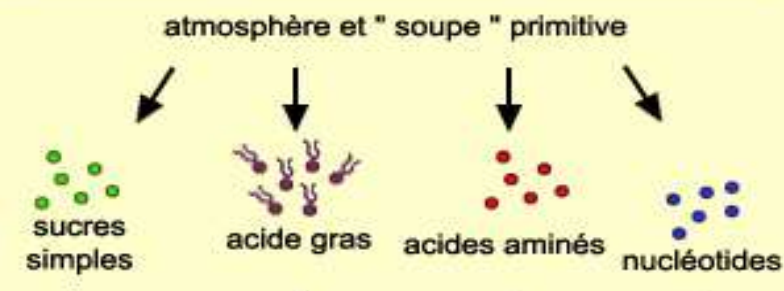
**Aqueous Phase Chemistry**  
 Temperature (0-100°C?), pH, reagents, concentration, etc.

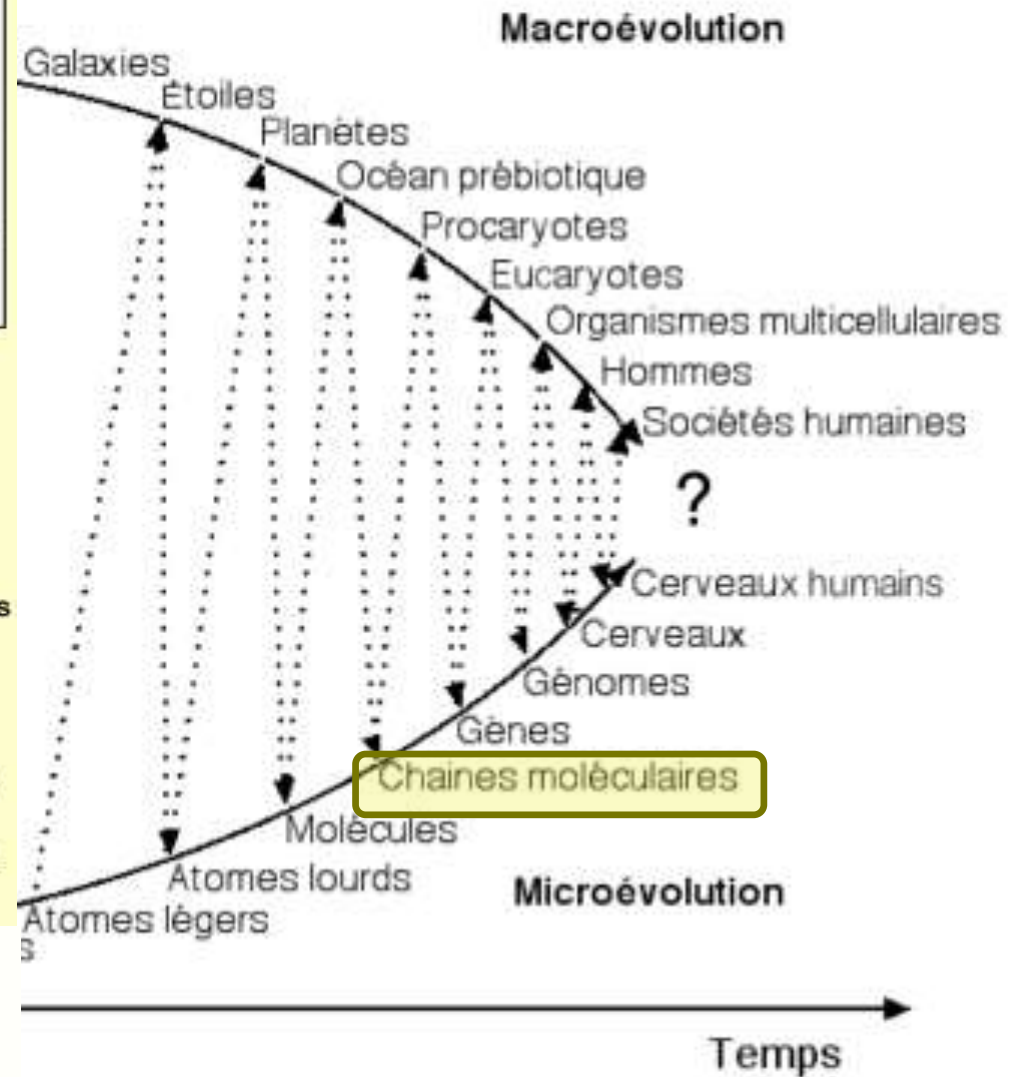
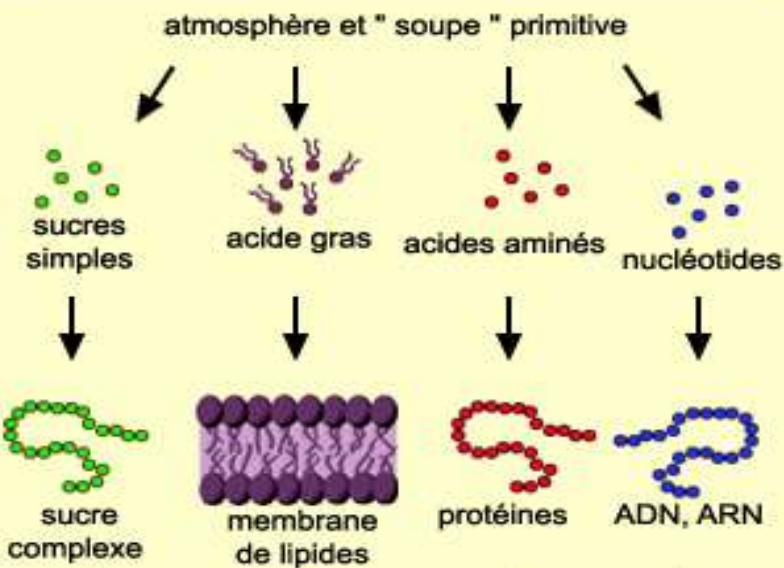
**Interfacial Chemistry**  
 Drying, wetting, mineral interactions, UV?

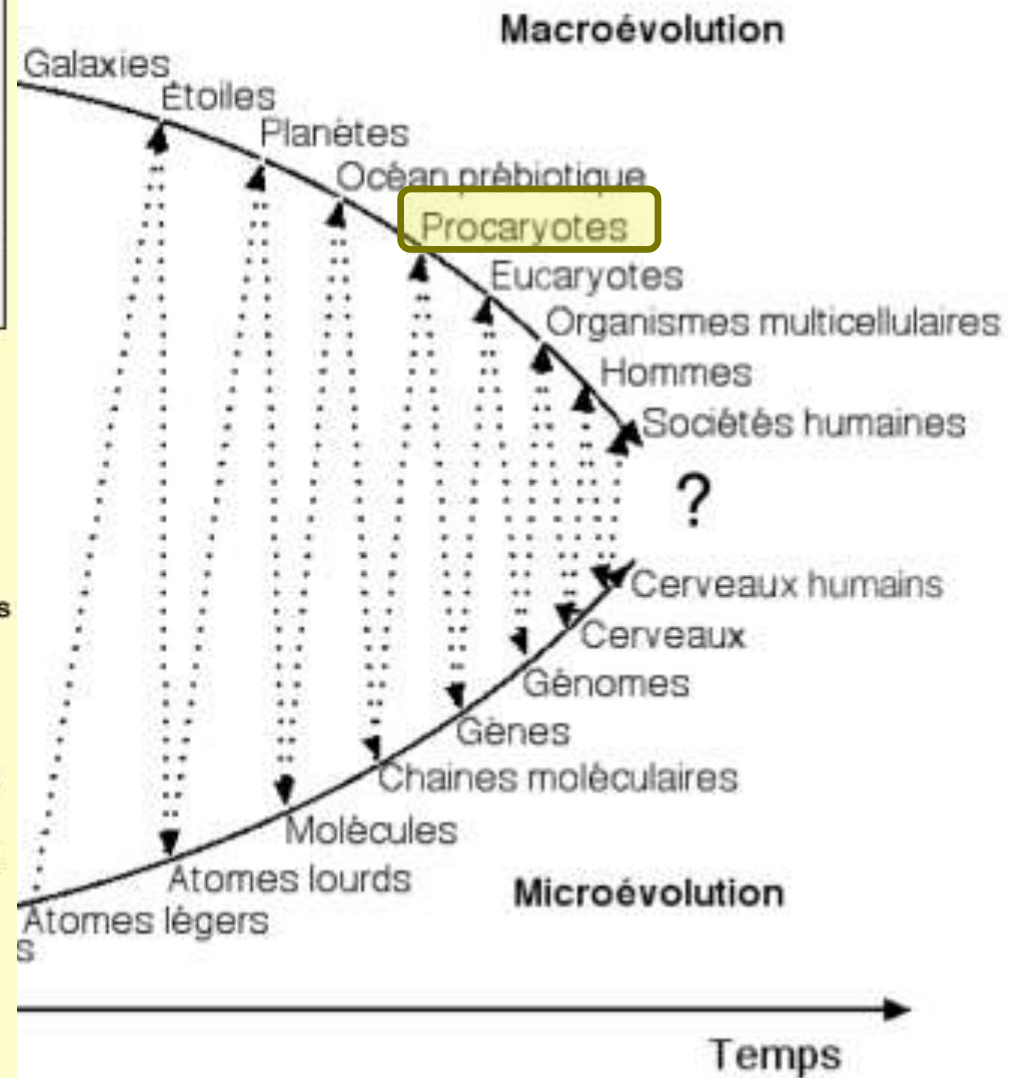
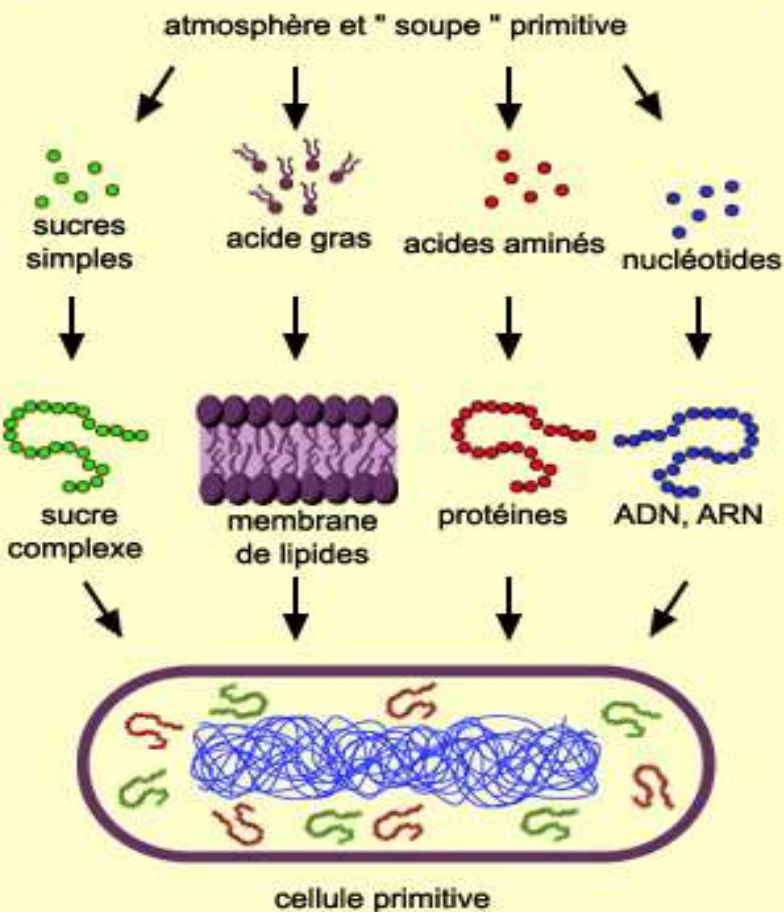
**Hydrothermal/Geochemical Synthesis**  
 $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ?  
 Temperature (70-350°C?), pH, reagents, concentration, time, etc.

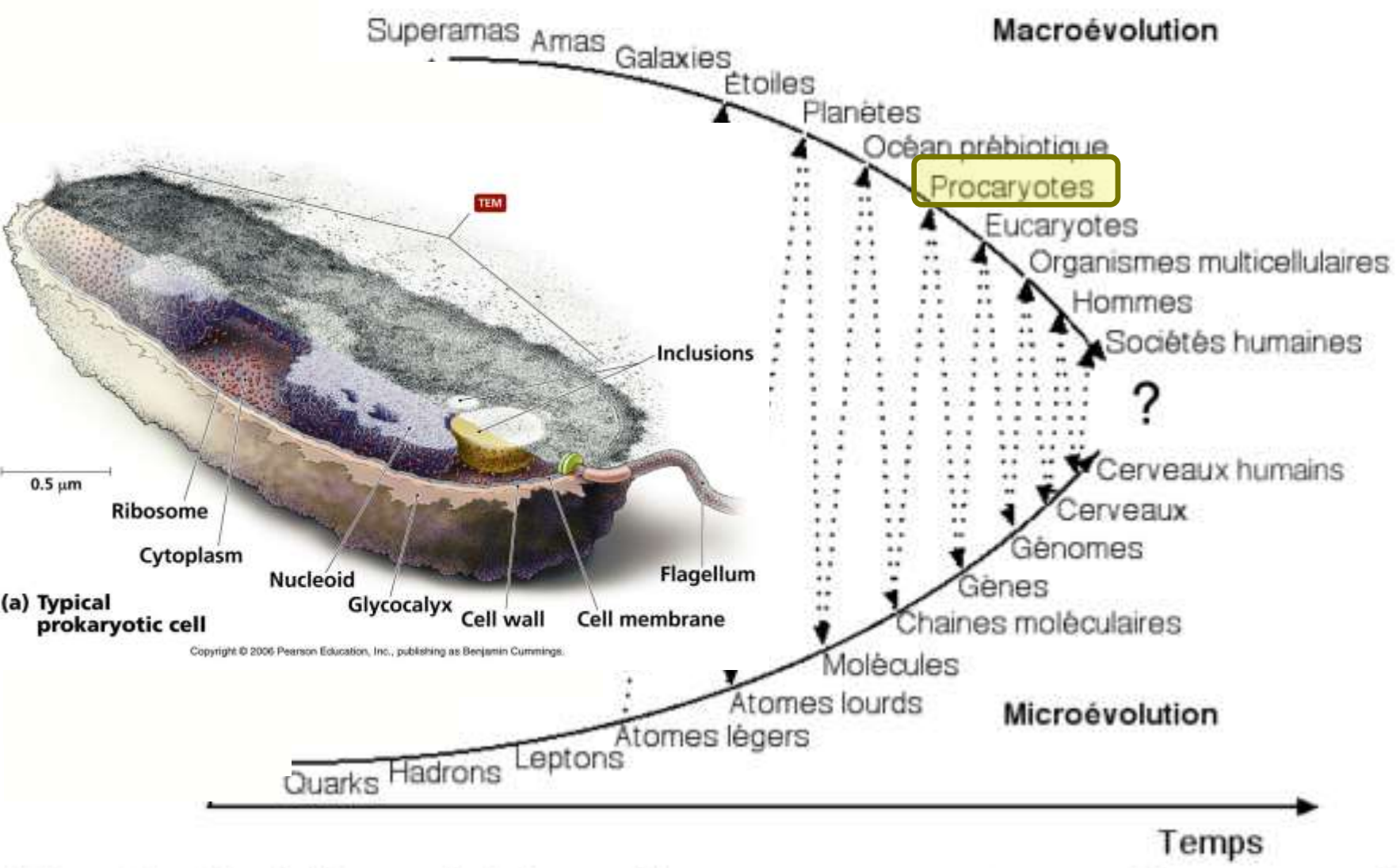


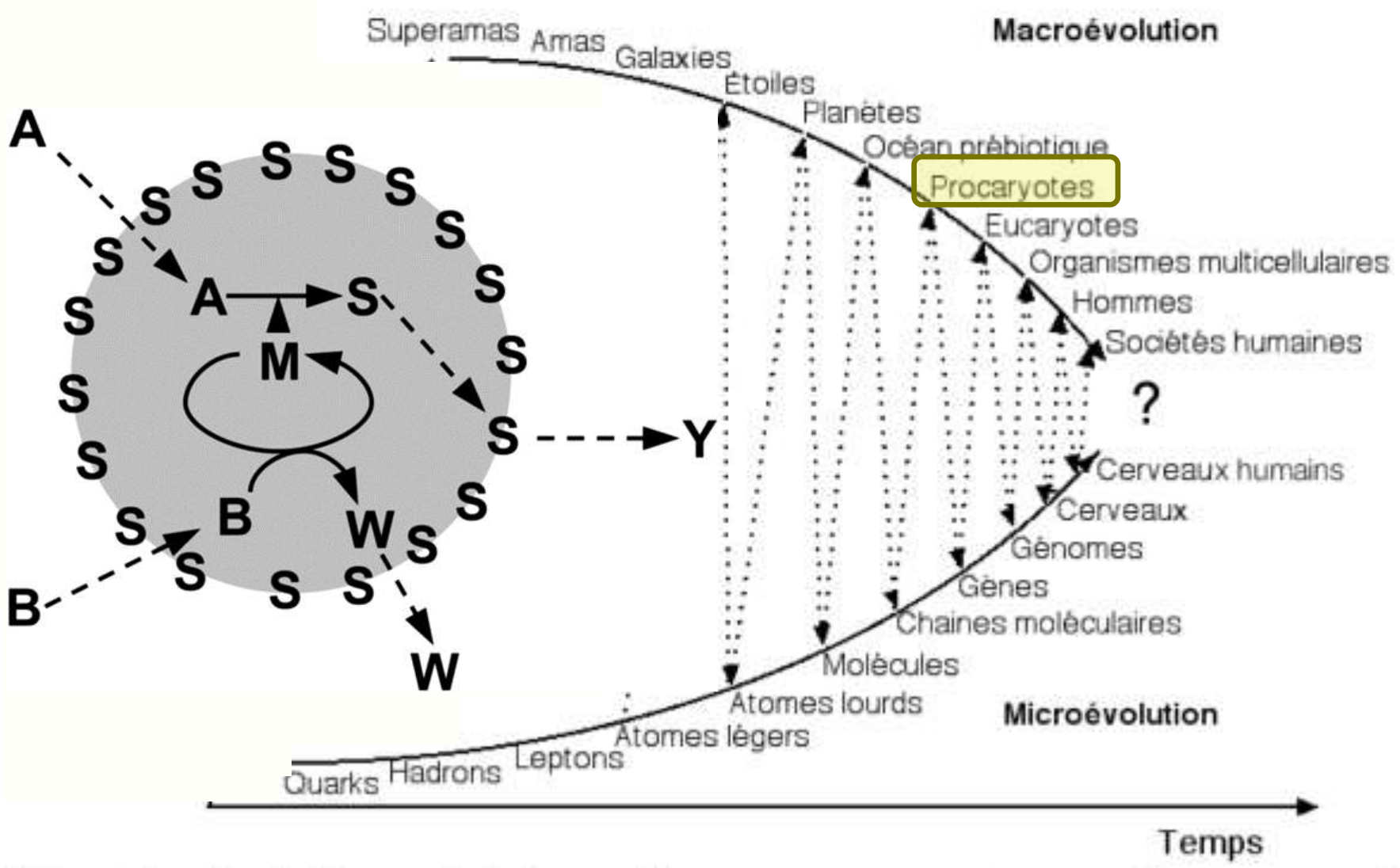


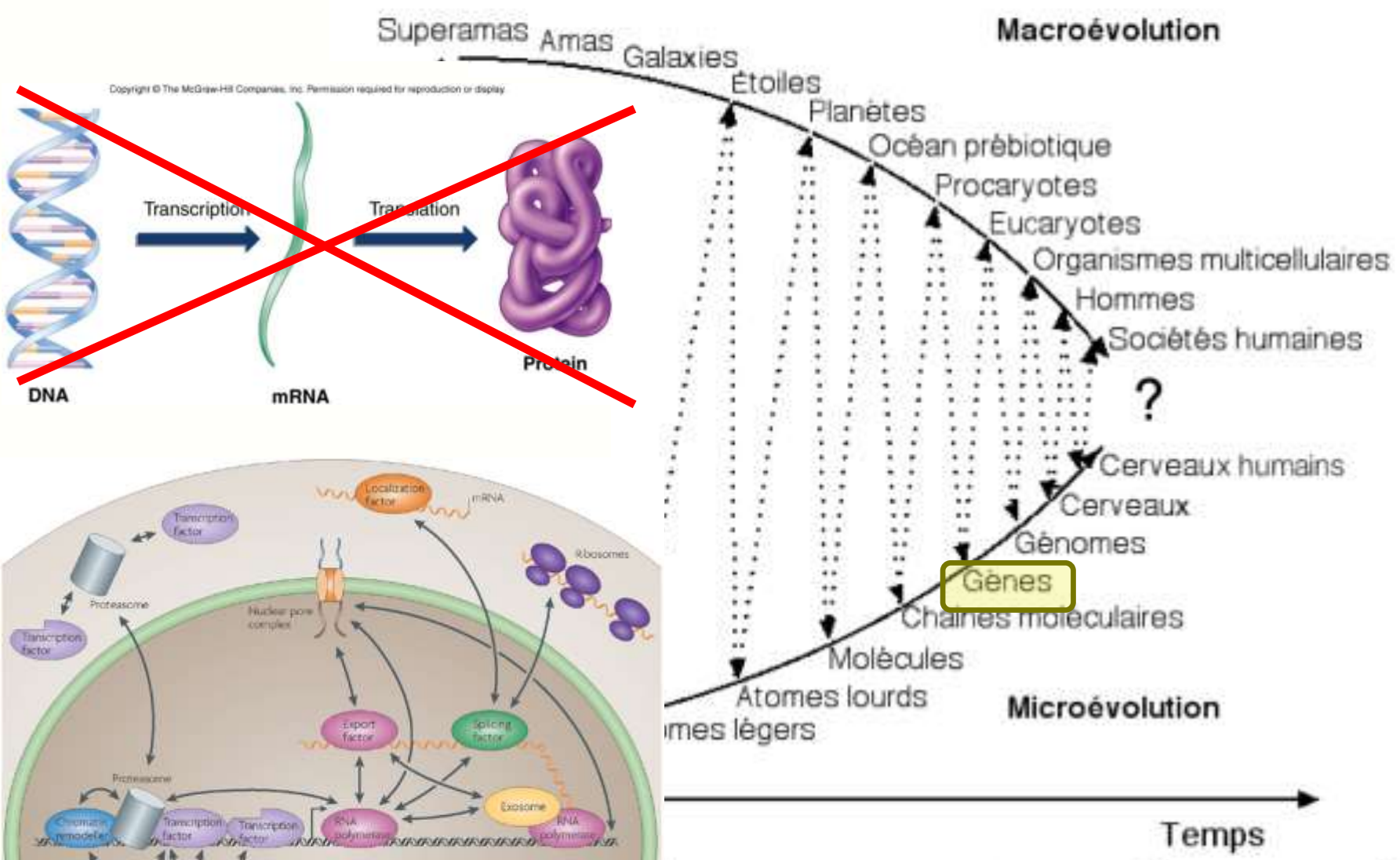




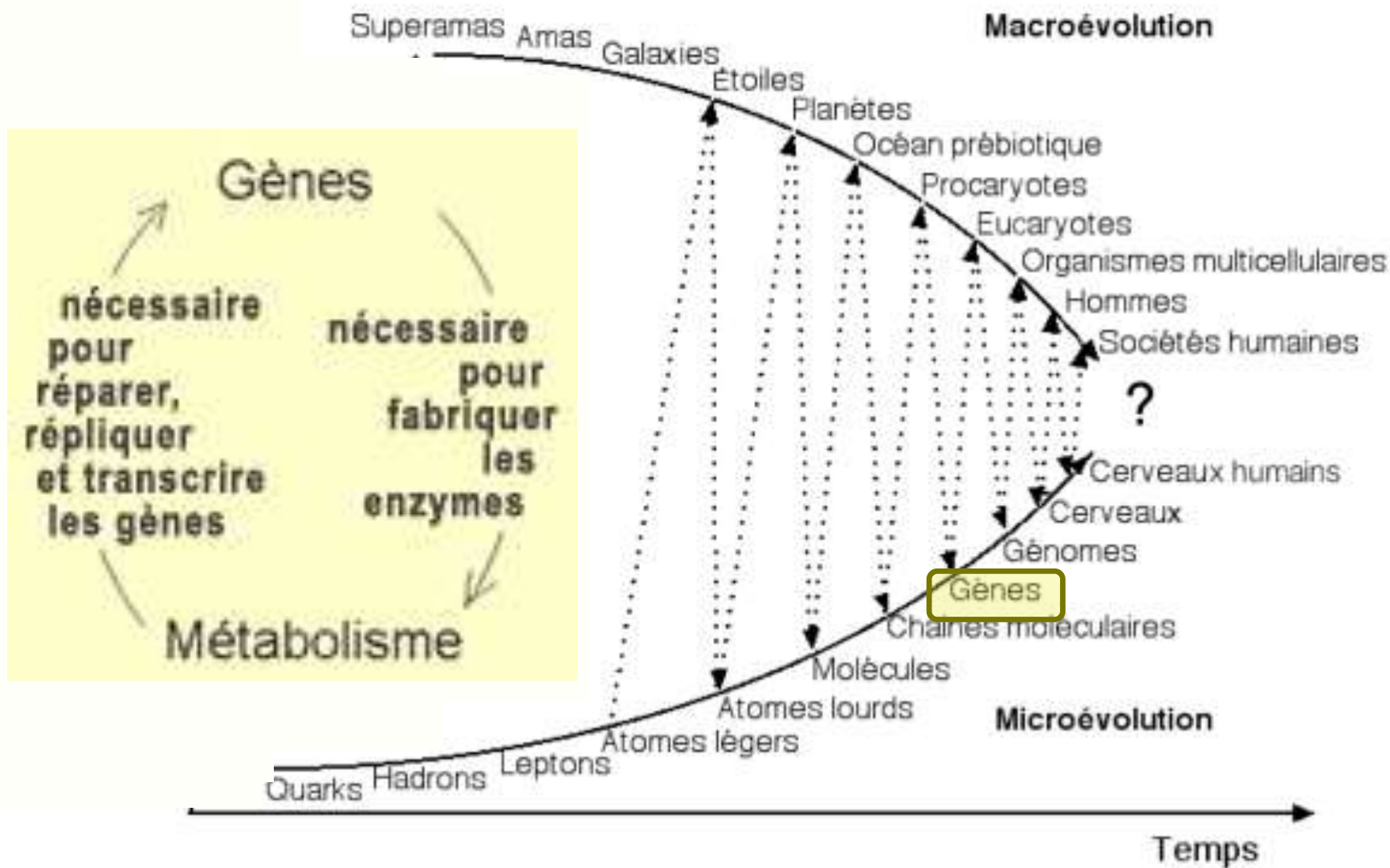


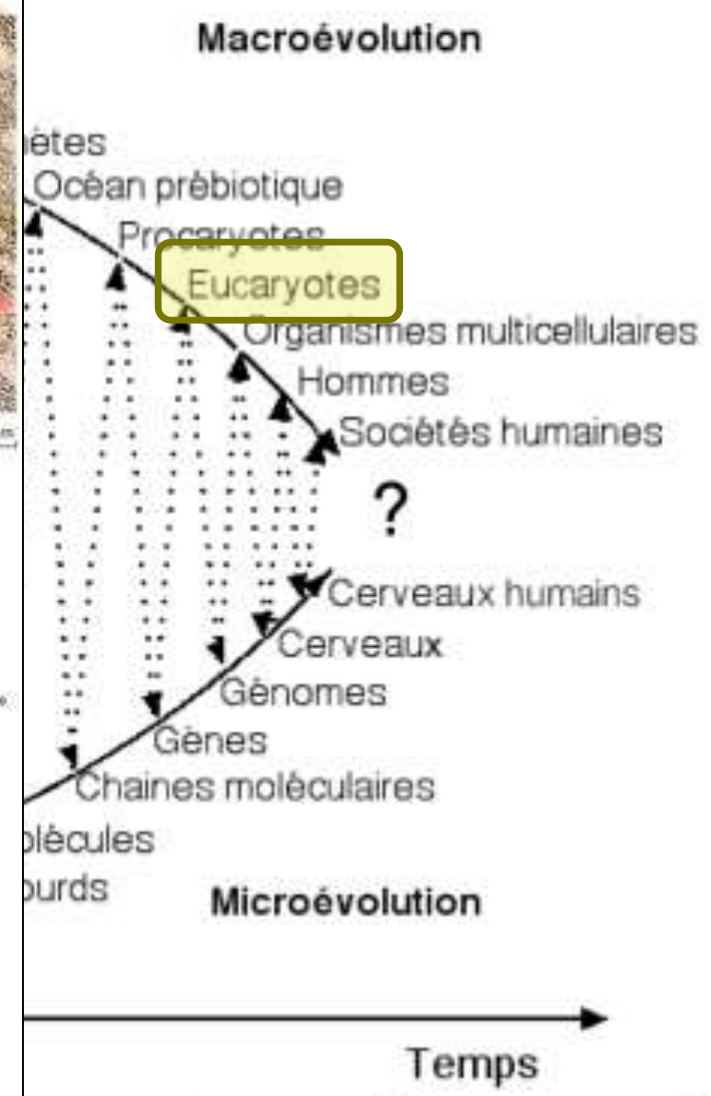
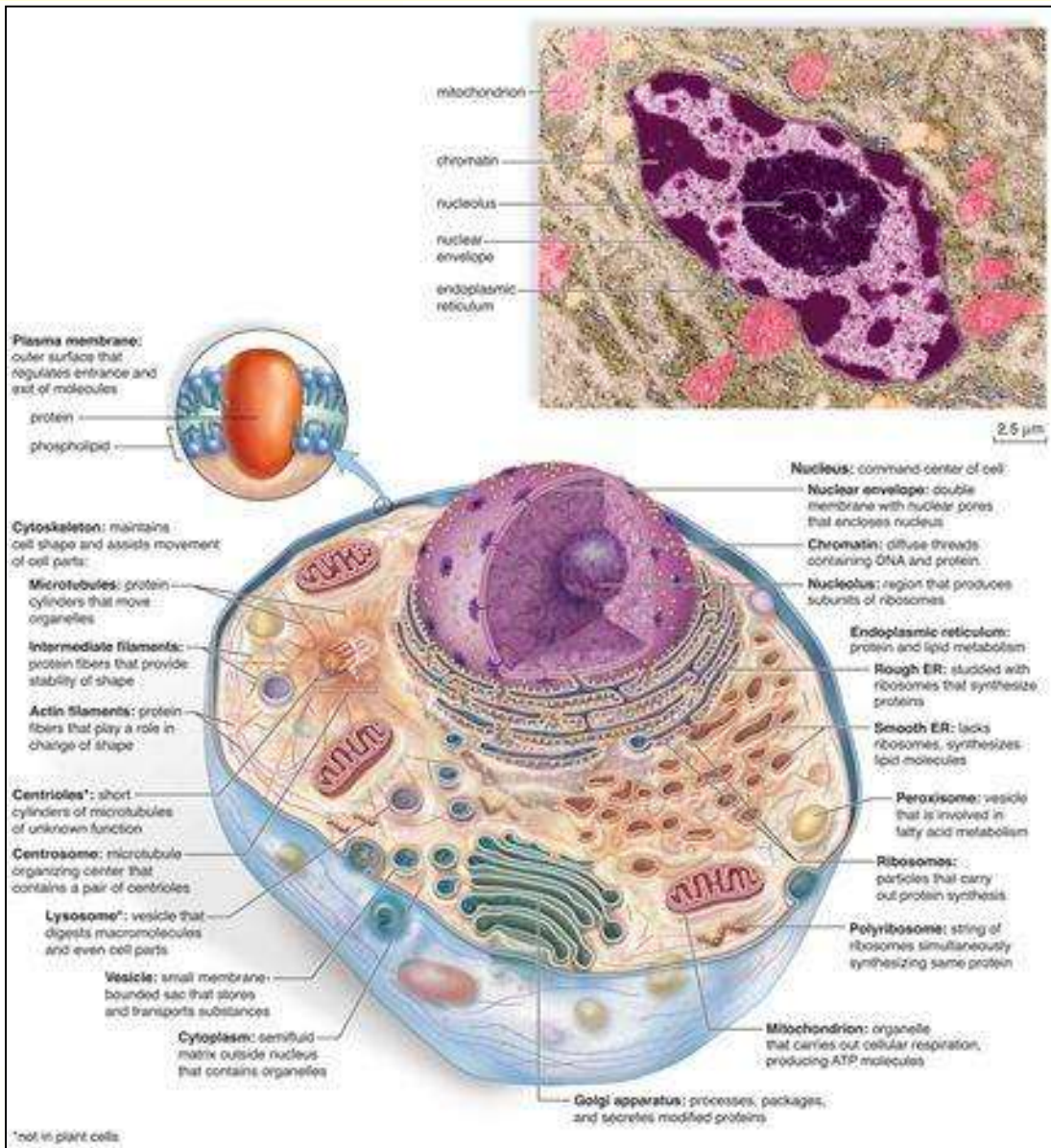


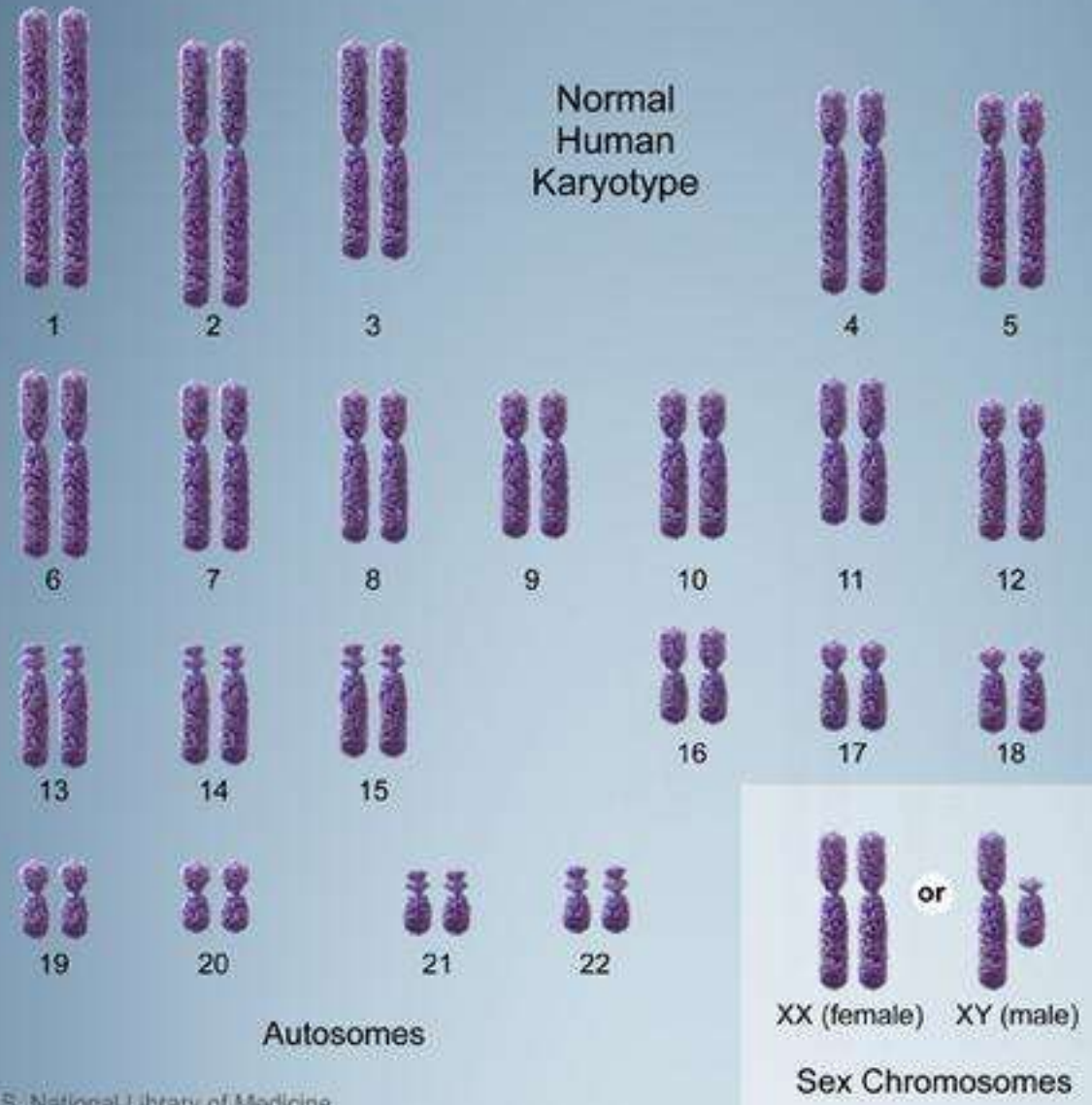




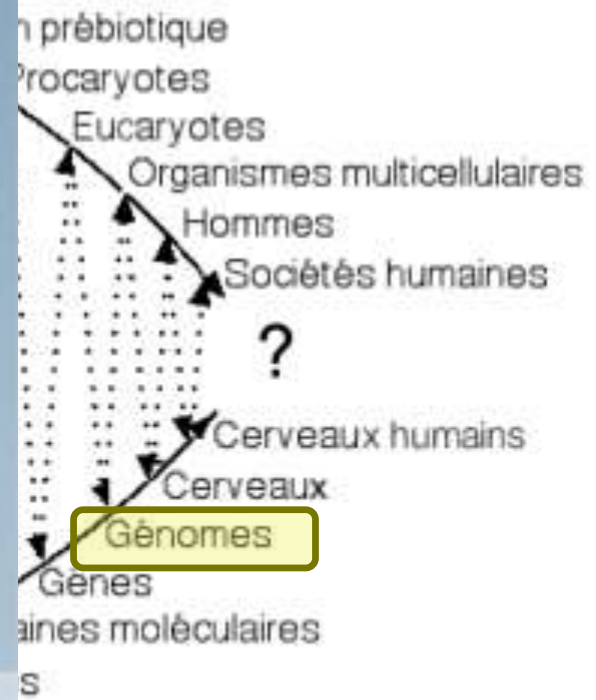






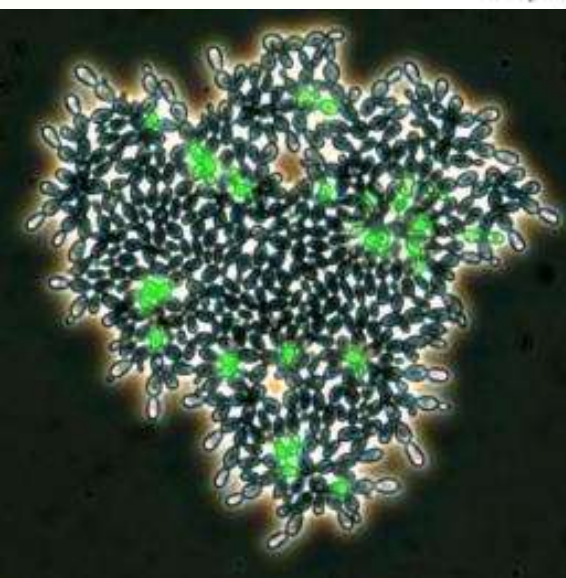
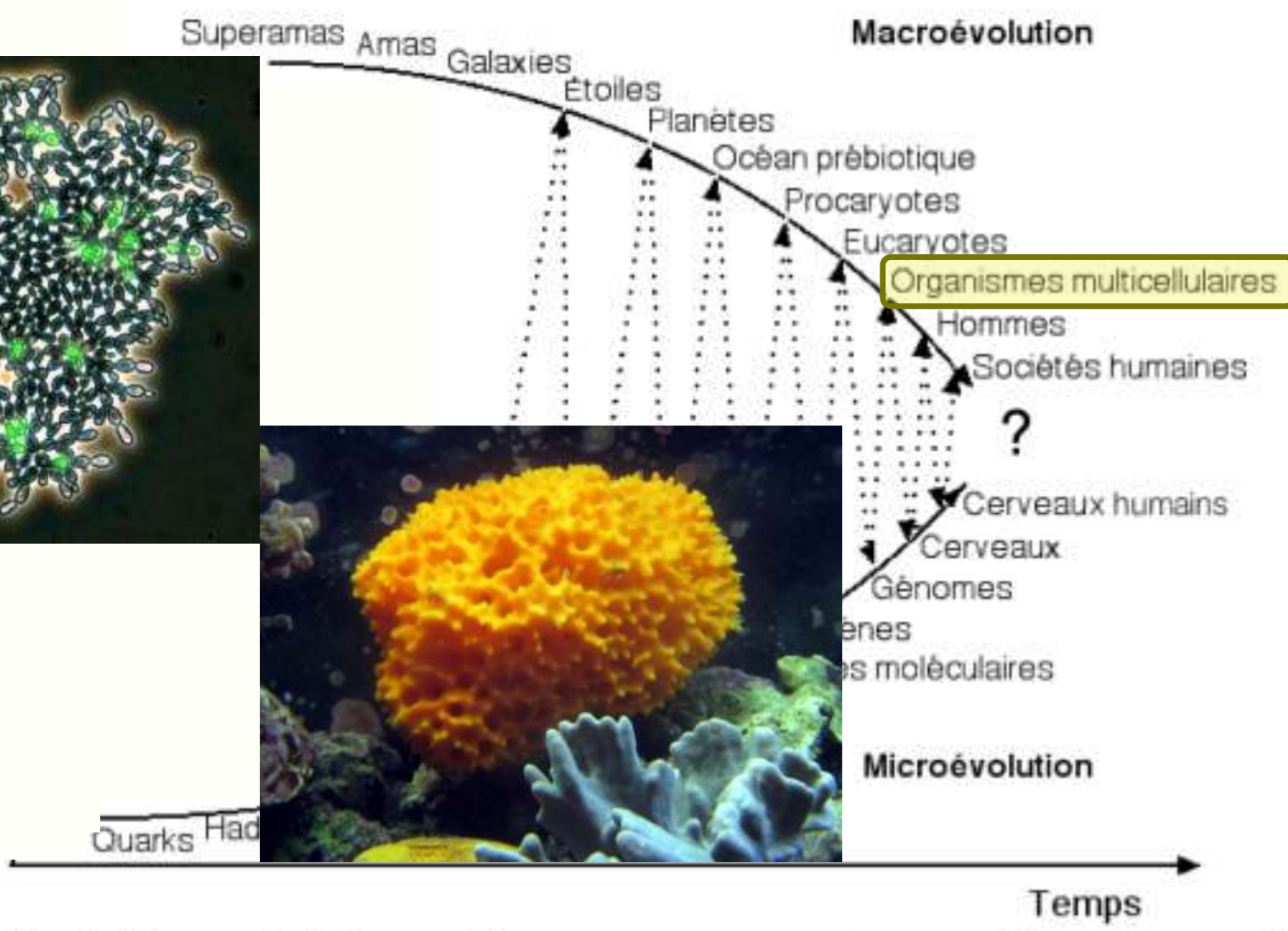


**Macroévolution**



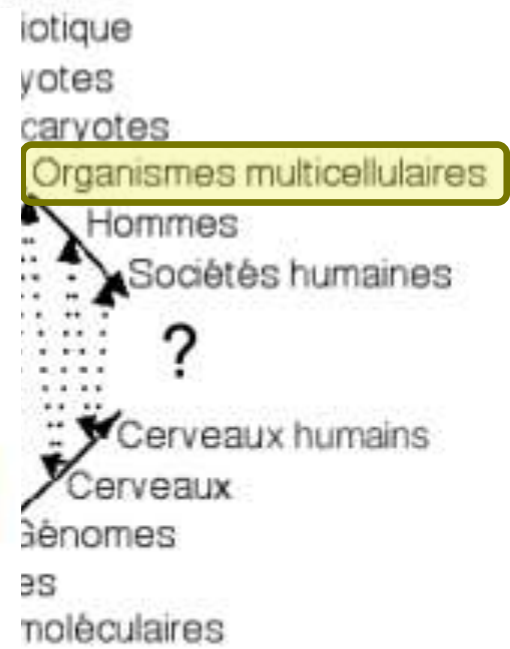
**Microévolution**





Superamas Amas Galaxies Étoiles Planètes

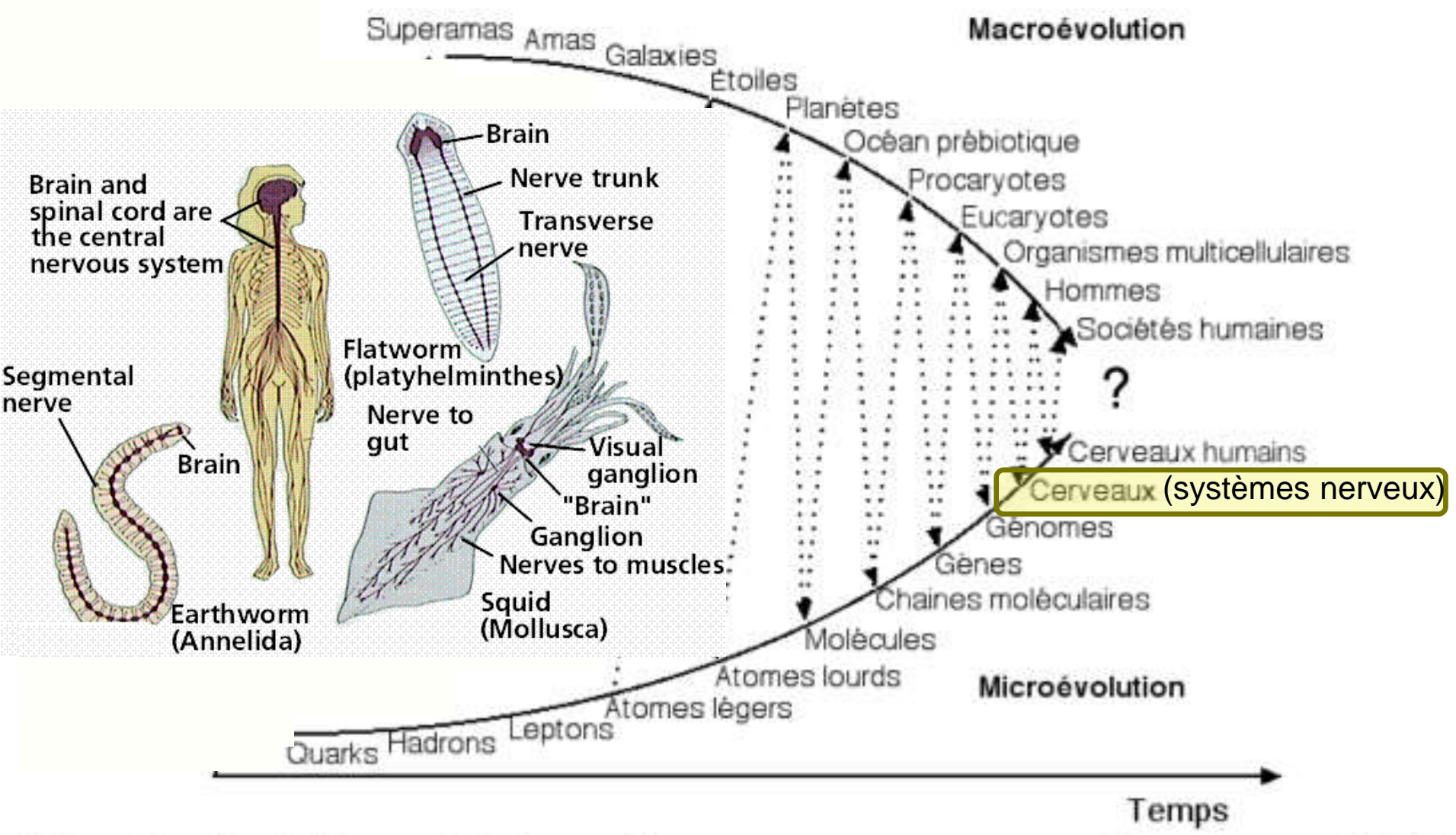
**Macroévolution**



Quarks Hadrons Leptons Atomes légers Atomes lourds

**Microévolution**





2<sup>e</sup> principe de la thermodynamique :

l'entropie (désordre) croît constamment

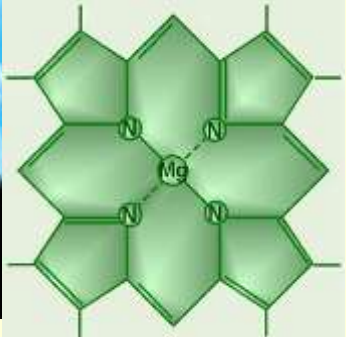
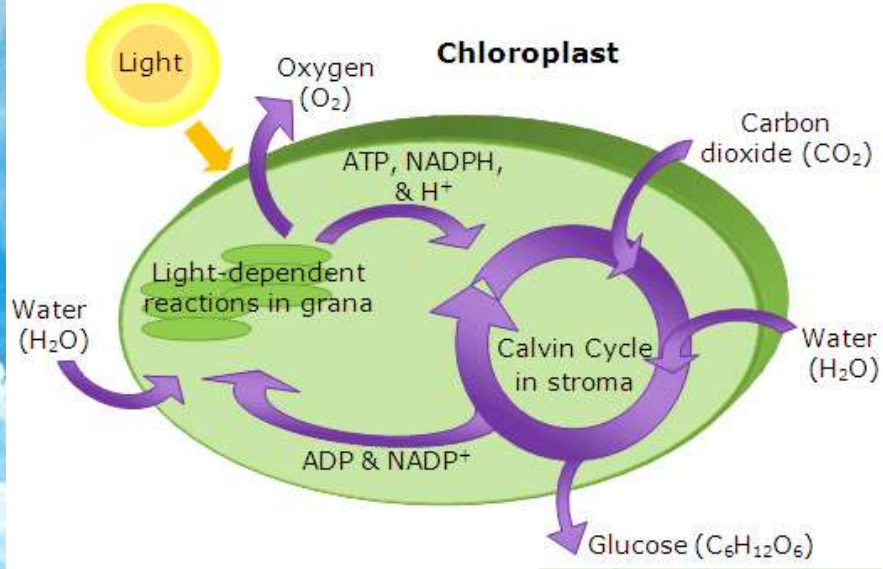
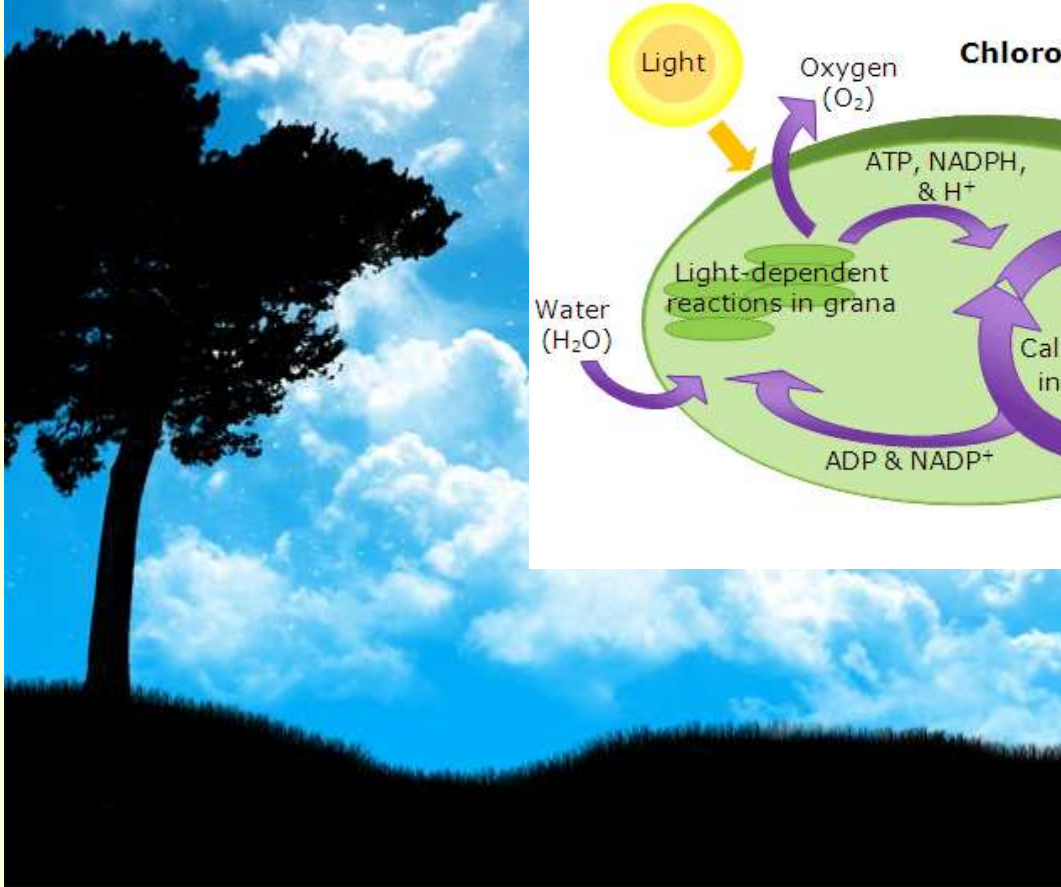




« La seule raison d'être d'un être vivant, c'est **d'être**,  
c'est-à-dire de **maintenir sa structure.** »

- Henri Laborit





Plantes :

photosynthèse

grâce à l'énergie du soleil





## Animaux :

**autonomie motrice**  
pour trouver leurs ressources  
dans l'environnement

# Un système nerveux !

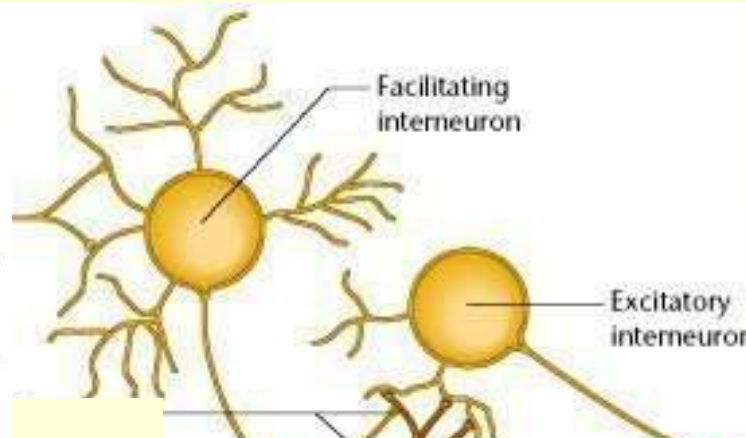
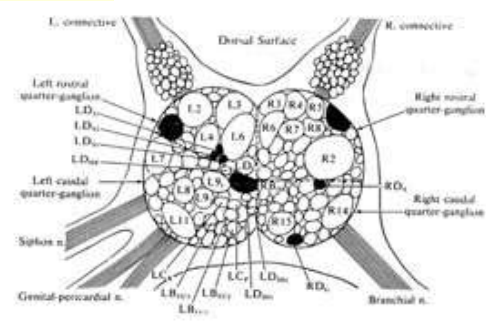
Différent du **système hormonal** : le moment des premières règles d'une femme varie, l'important c'est qu'elle finisse par les avoirs...

Différent du **système immunitaire** : commencez à fabriquer des anticorps ce soir au lieu de maintenant et ce sera rarement fatal...

Mais ne bondissez pas en une fraction de seconde après avoir aperçu un guépard surgir des hautes herbes, votre existence peut se terminer là.

Faire ressortir du **sens** du chaos du monde, **prévoir** ce qui va s'y passer, et y **réagir** promptement, voilà le rôle du **système nerveux**.





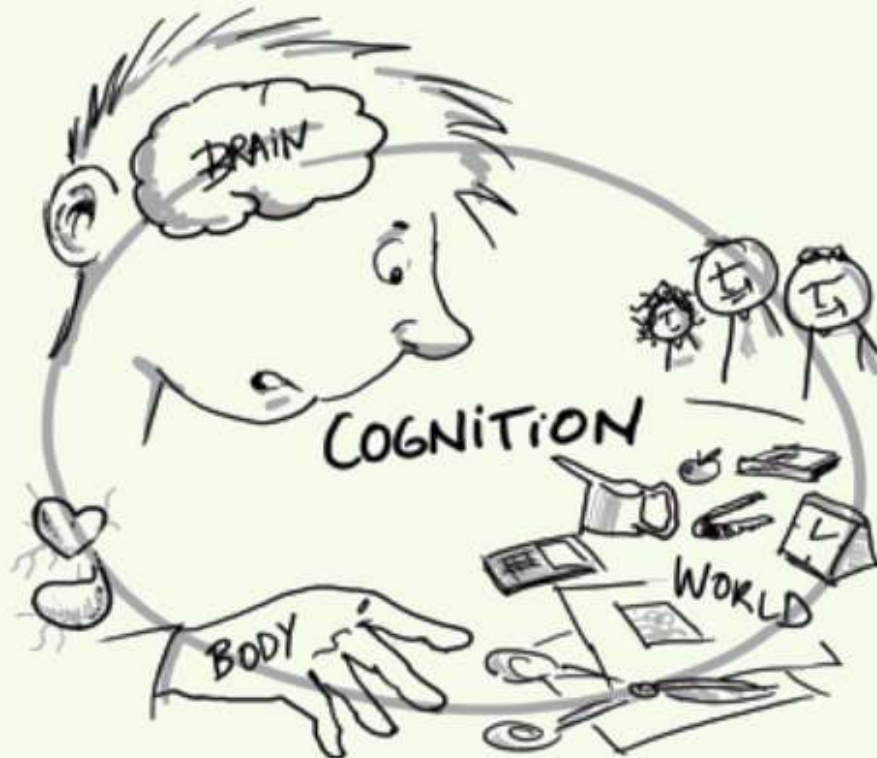
## Une boucle sensori - motrice

qui va permettre de **connaître** le monde et **d'agir** sur ce monde.

Et progressivement,

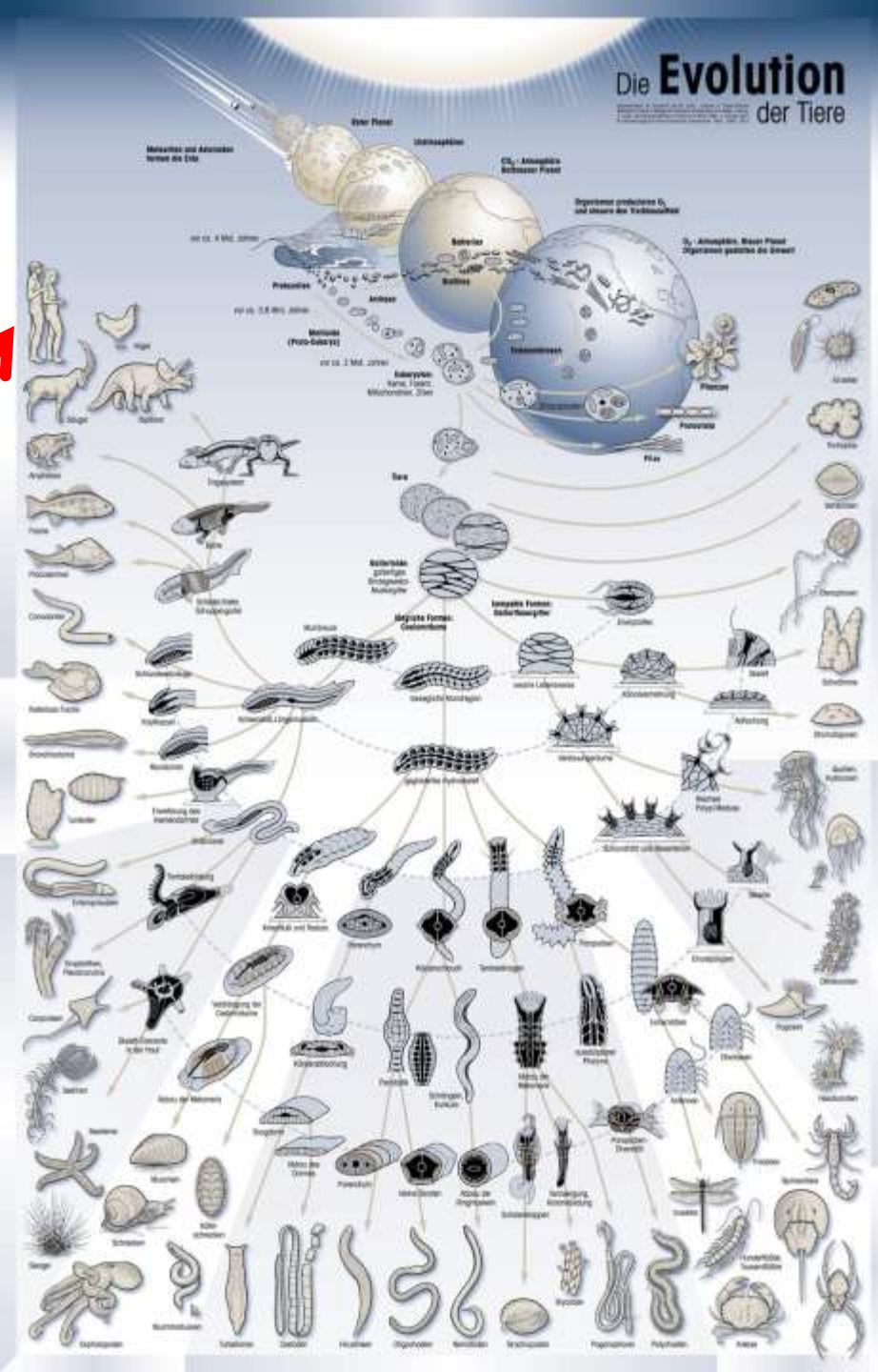
« la logique fondamentale du système nerveux [va devenir] celle d'un **couplage** entre des mouvements et un flux de modulations sensorielles de manière **circulaire**. »

- Francisco Varela, Le cercle créateur, p.126



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

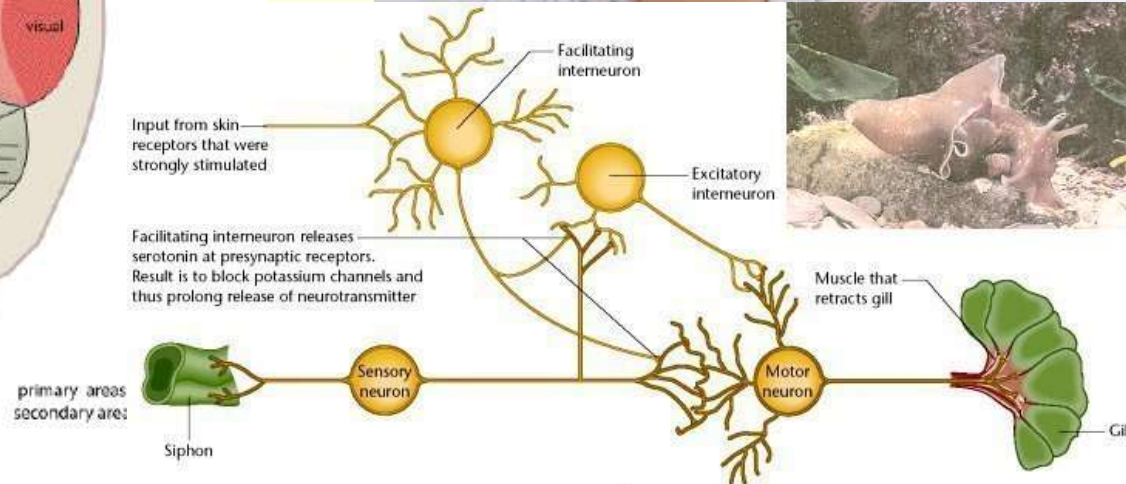
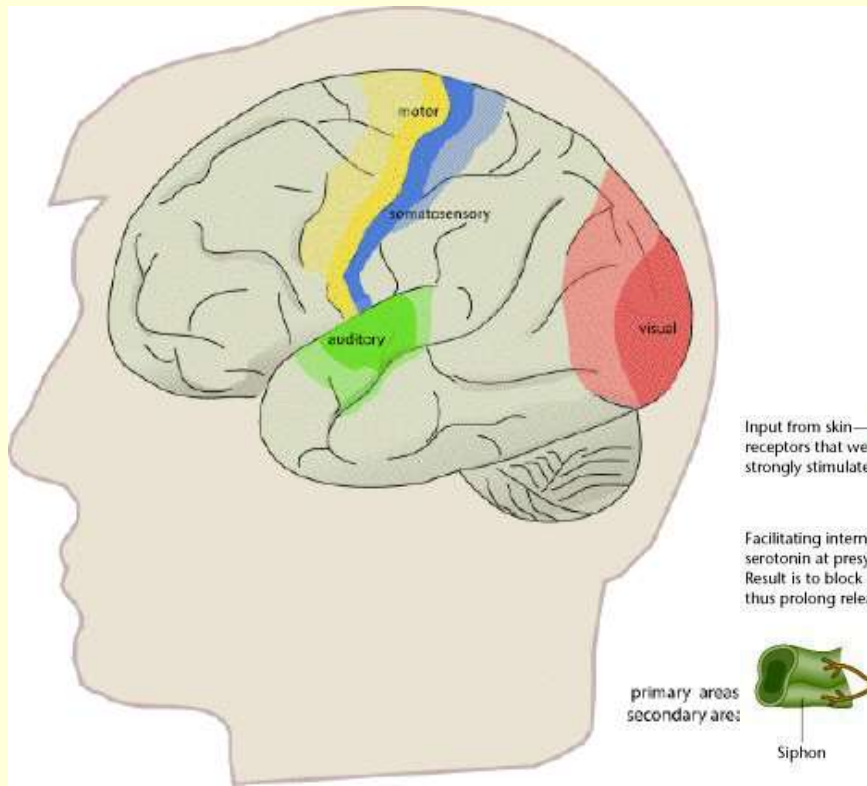
...et l'une des variantes du cerveau de primate sera le nôtre !

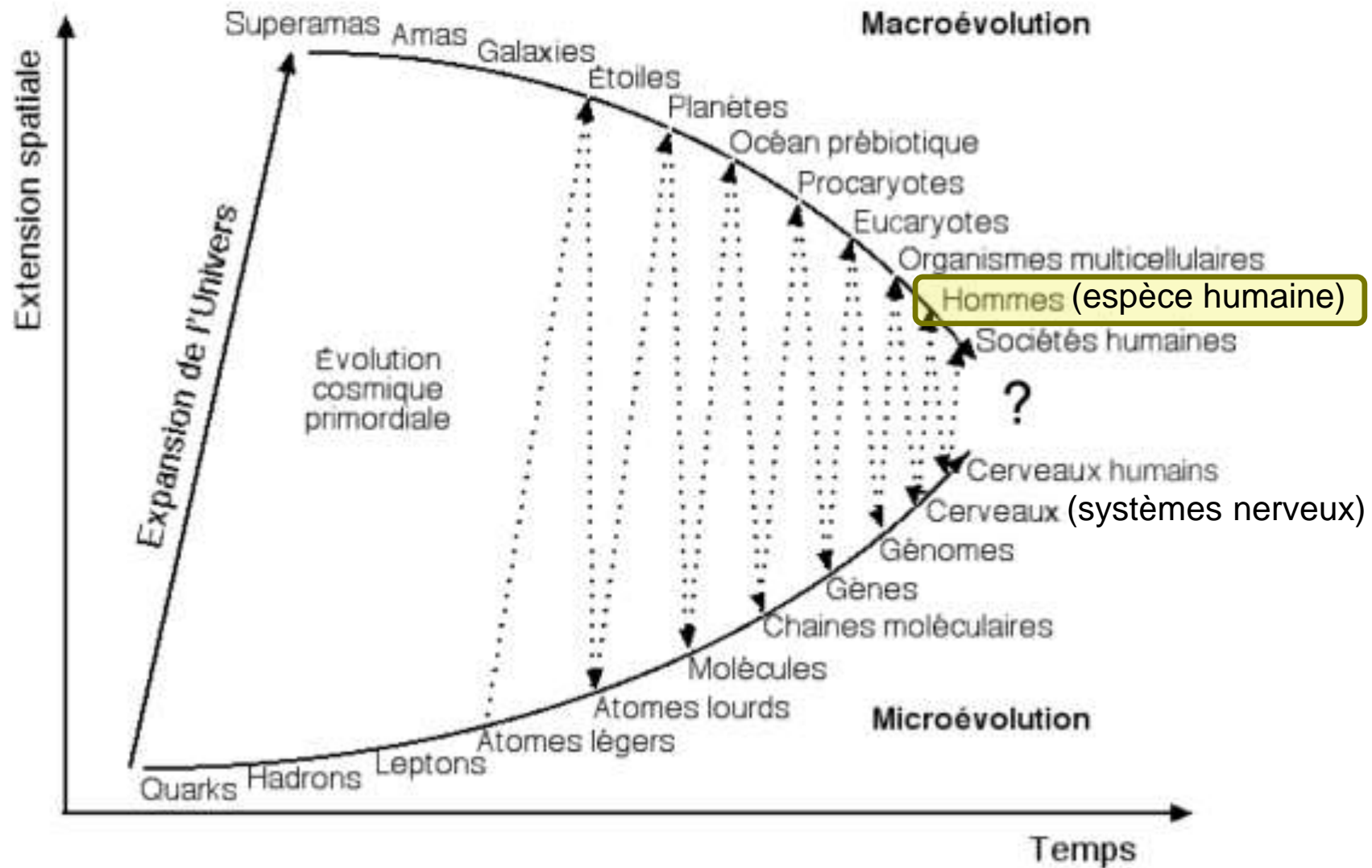


Le cerveau humain est encore construit sur cette **boucle perception – action**,

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

comme les inter-neurones de l'aplysie.



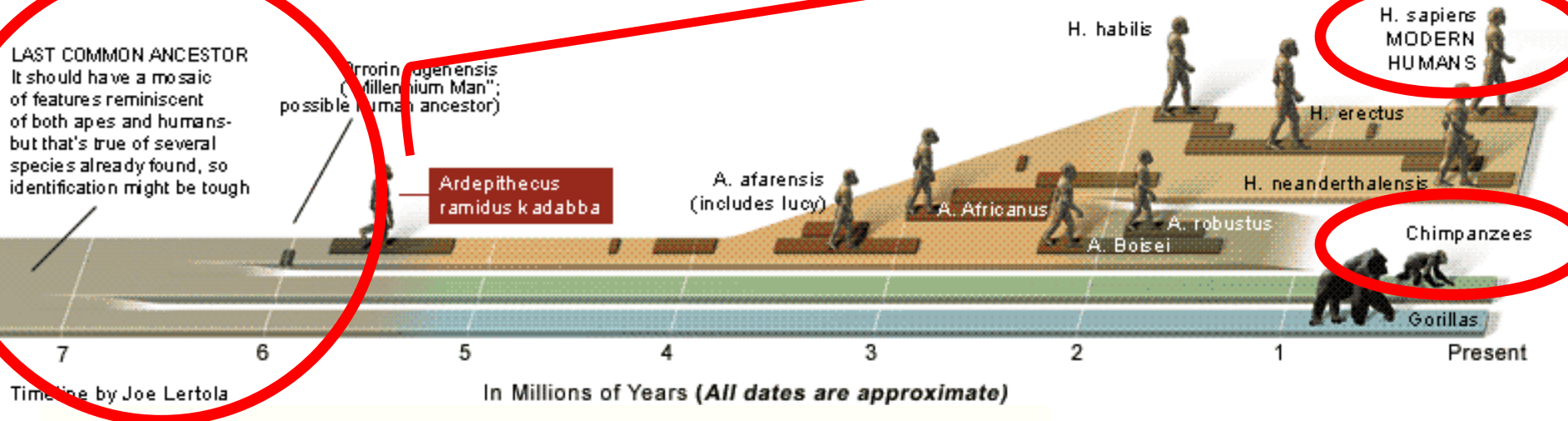




# A WALK THROUGH HUMAN EVOLUTION

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



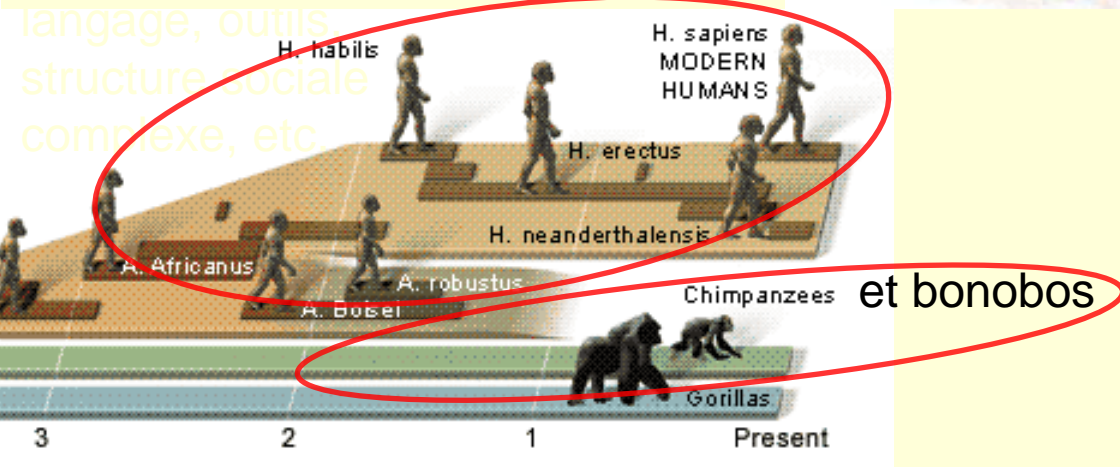
## L'hominisation,

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)

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



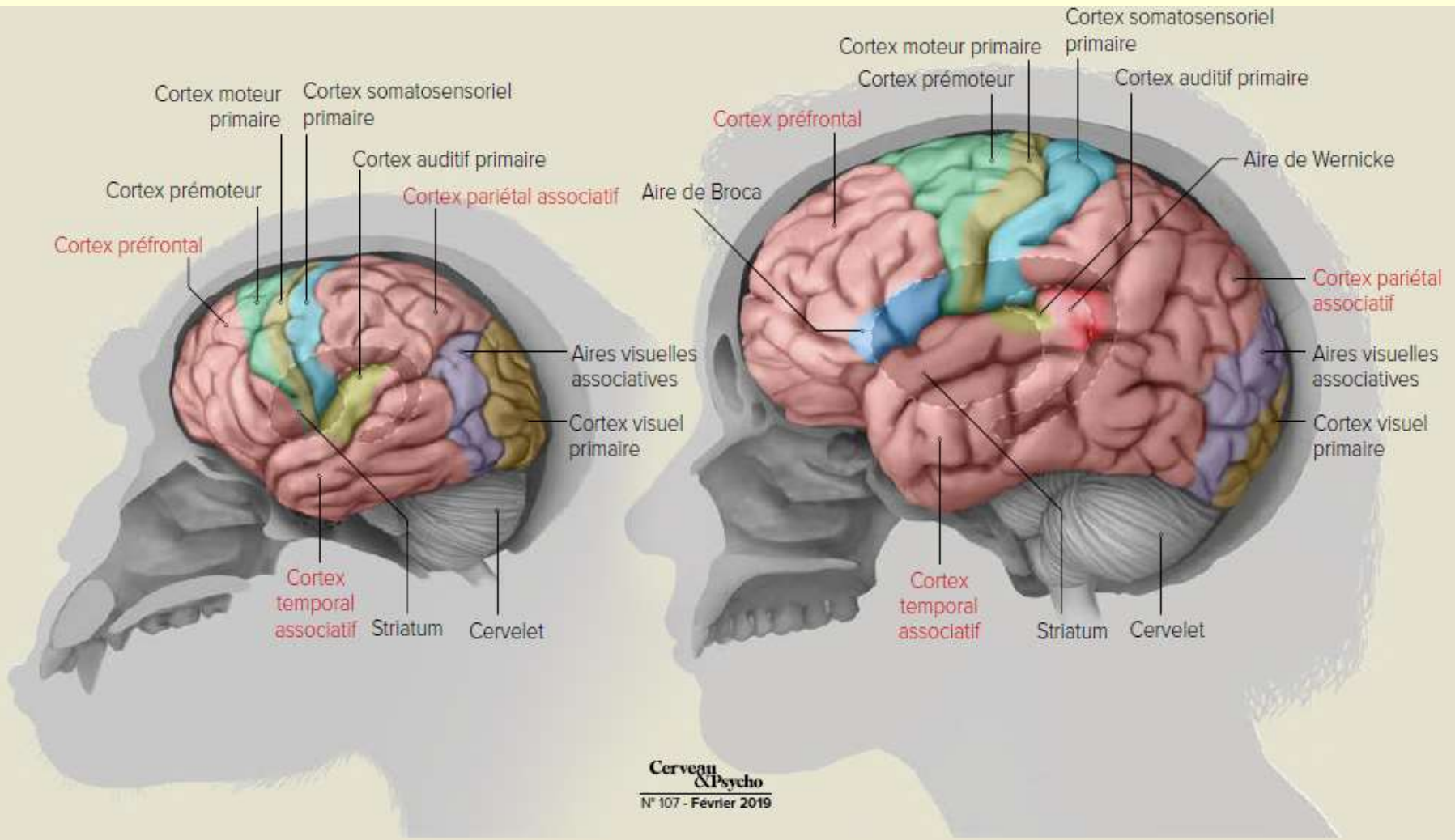
Évolution divergente chimpanzés / bonobos  
il y a **1-2 millions d'année** a donné :

- 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** est sans doute une part importante de l'explication derrière ces changements cognitifs spectaculaires.

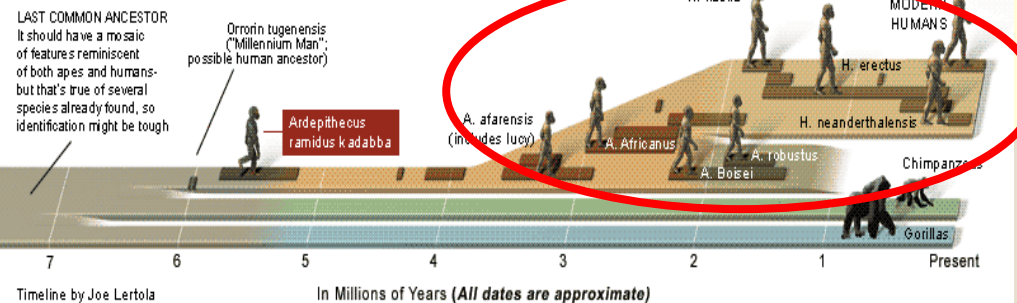




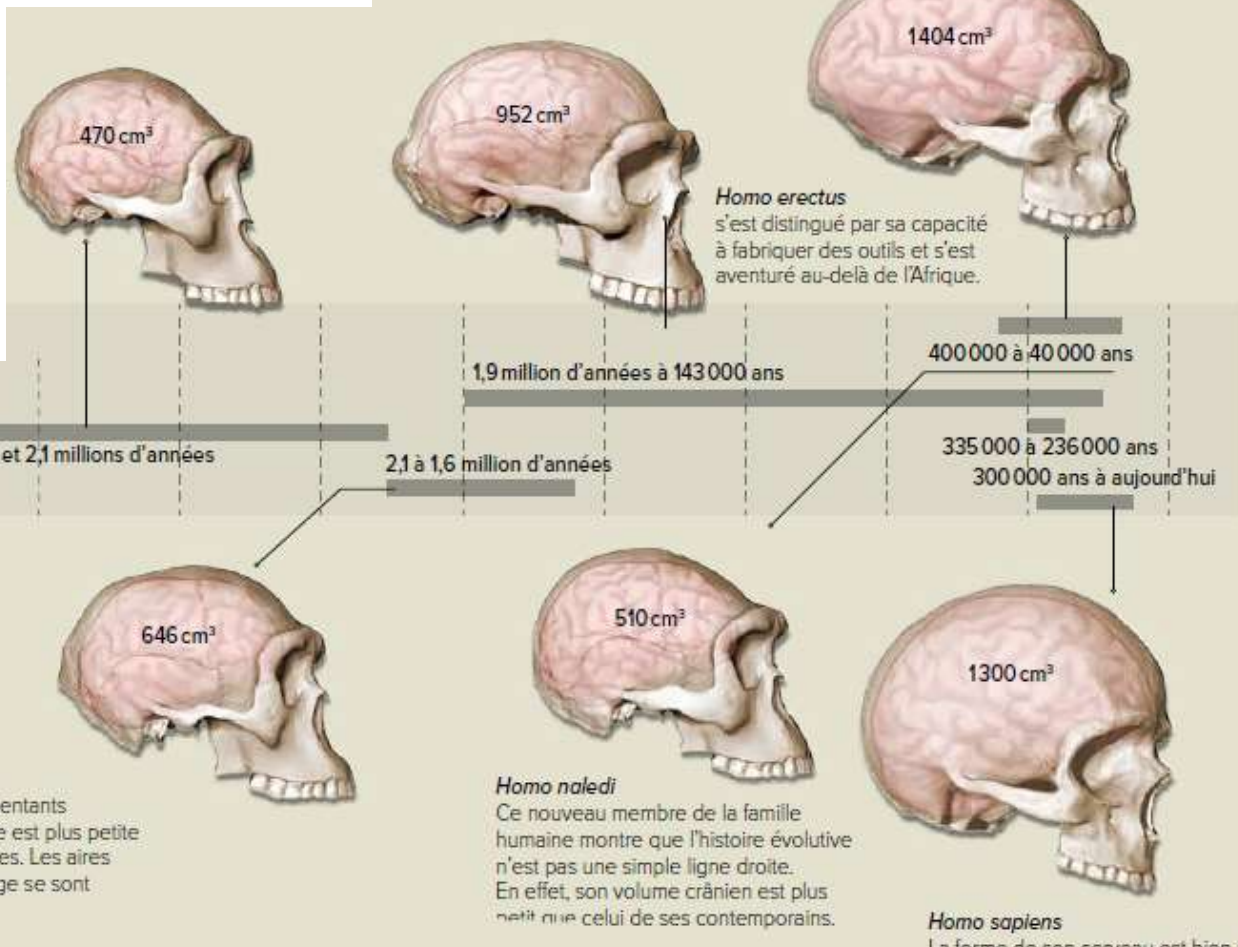
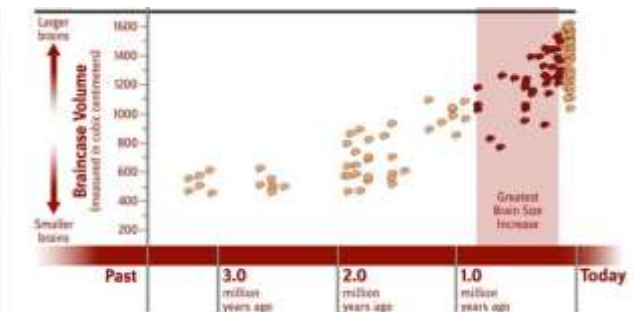
**chimpanzé**

**humain**

# En moins de 4 millions d'années, un temps relativement court à l'échelle de l'évolution,



*Homo neanderthalensis* a cohabité avec *Homo sapiens*. Bon chasseur, il manipulait des outils et le... Son volume crânien est comparable au nôtre.

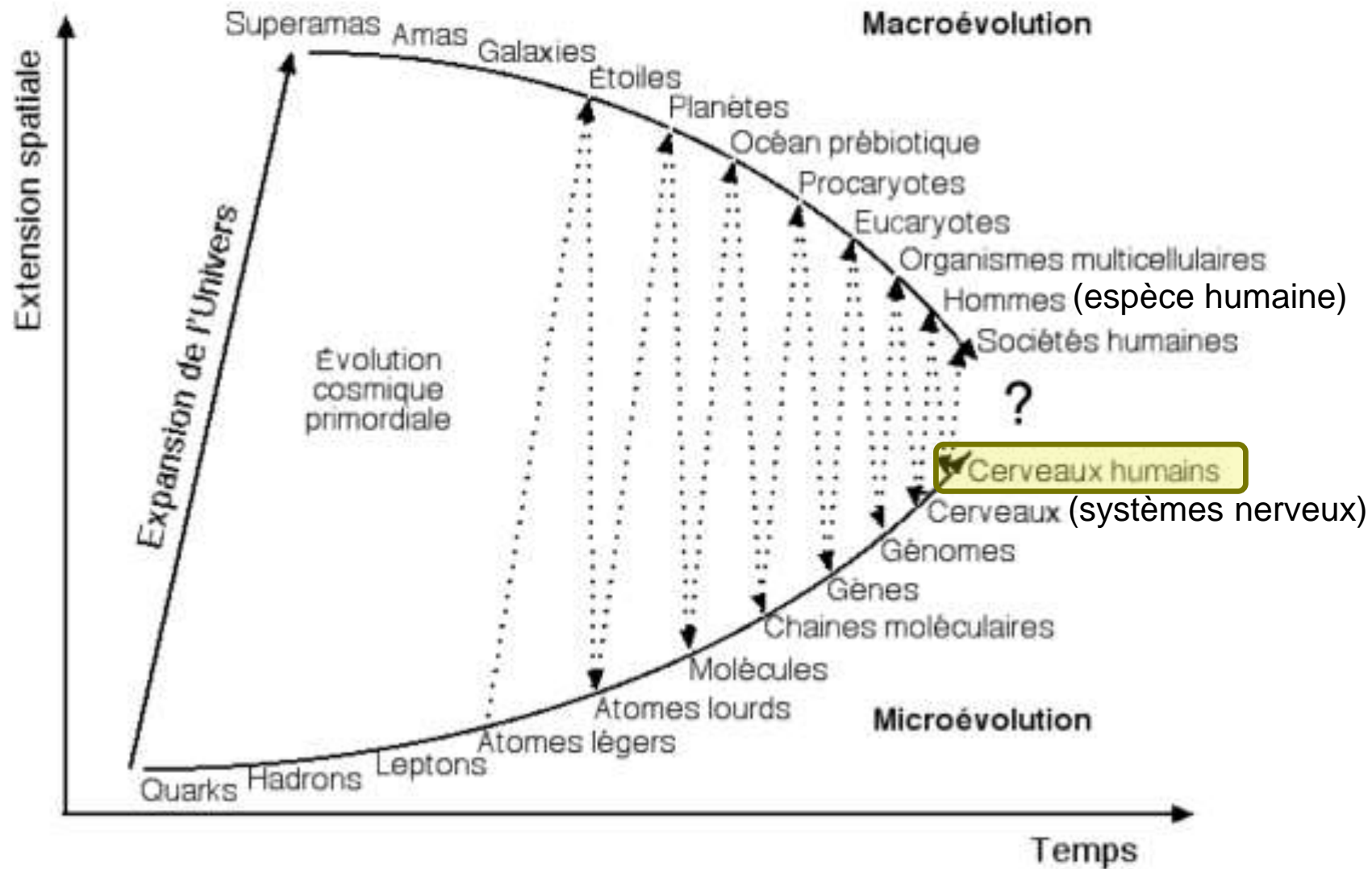


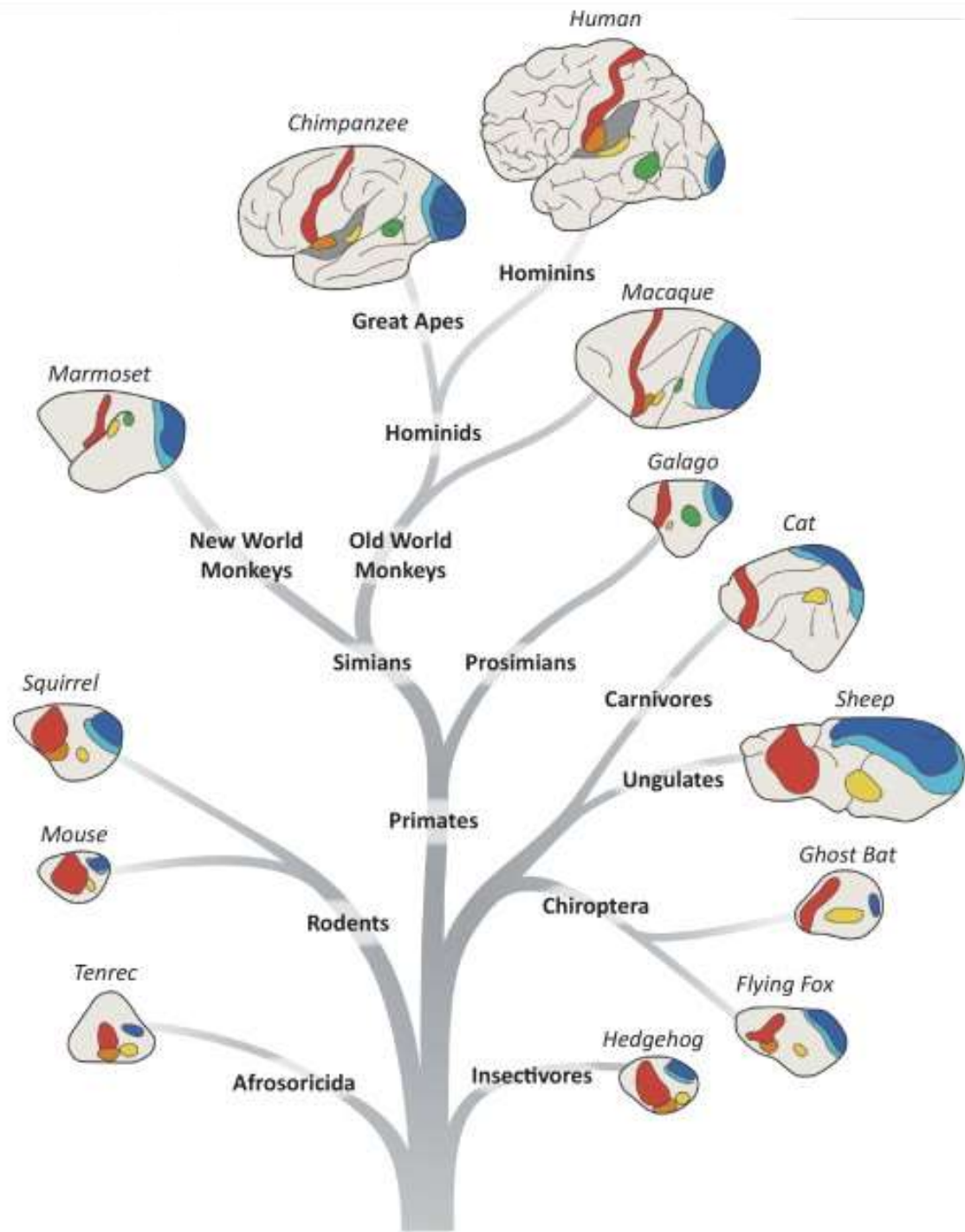
***Homo habilis***  
Un des premiers représentants du genre *Homo*. Sa face est plus petite que celle de ses ancêtres. Les aires frontales liées au langage se sont développées.

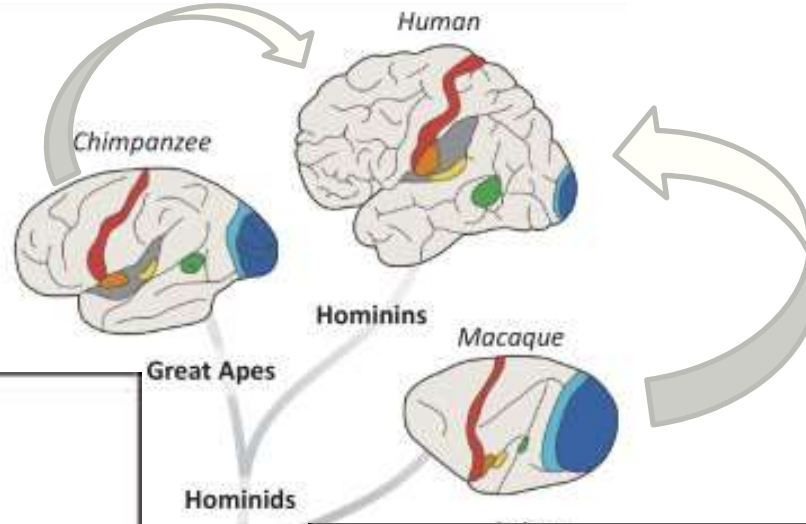
***Homo naledi***  
Ce nouveau membre de la famille humaine montre que l'histoire évolutive n'est pas une simple ligne droite. En effet, son volume crânien est plus petit que celui de ses contemporains.

***Homo sapiens***  
La forme de son cerveau est bien plus sphérique que celle du cerveau de ses ancêtres. L'aire pariétale et le cervelet ont nettement augmenté en taille, avec une forme assez arrondie.

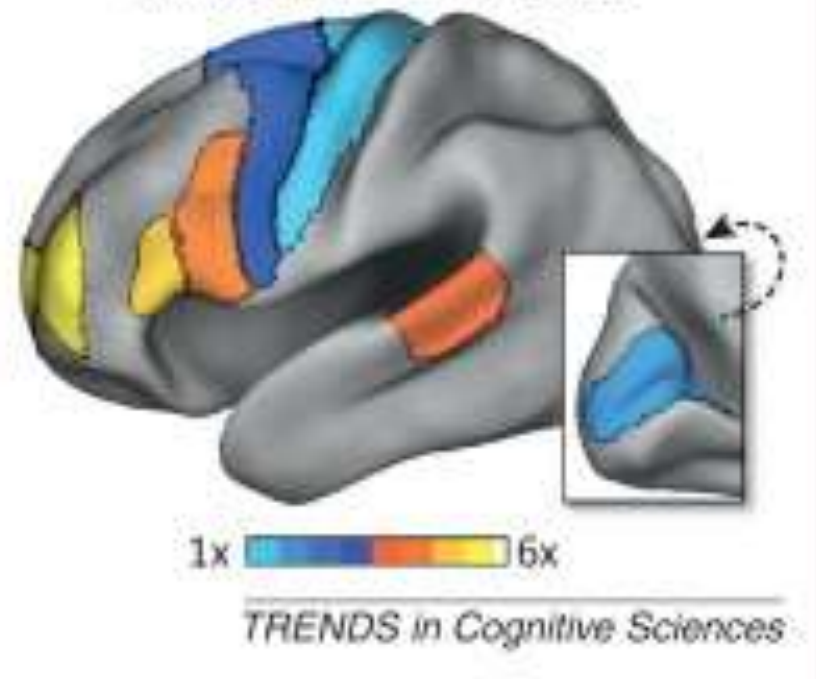
le cerveau des hominidés va **tripler** du volume qu'il avait acquis en 60 millions d'années d'évolution des primates.





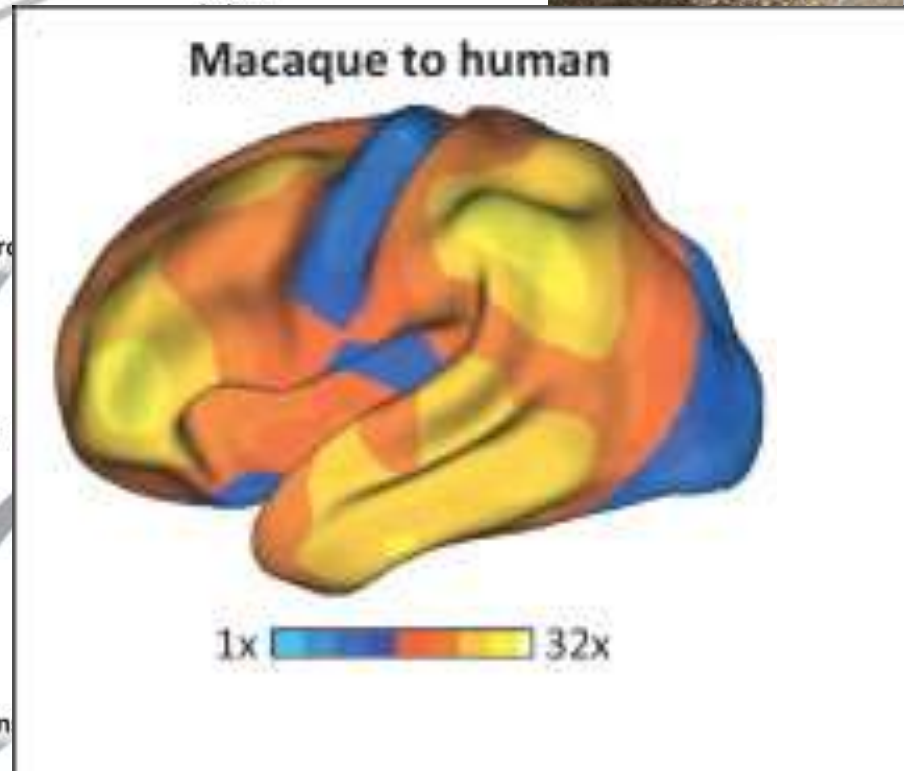


### Chimpanzee to human



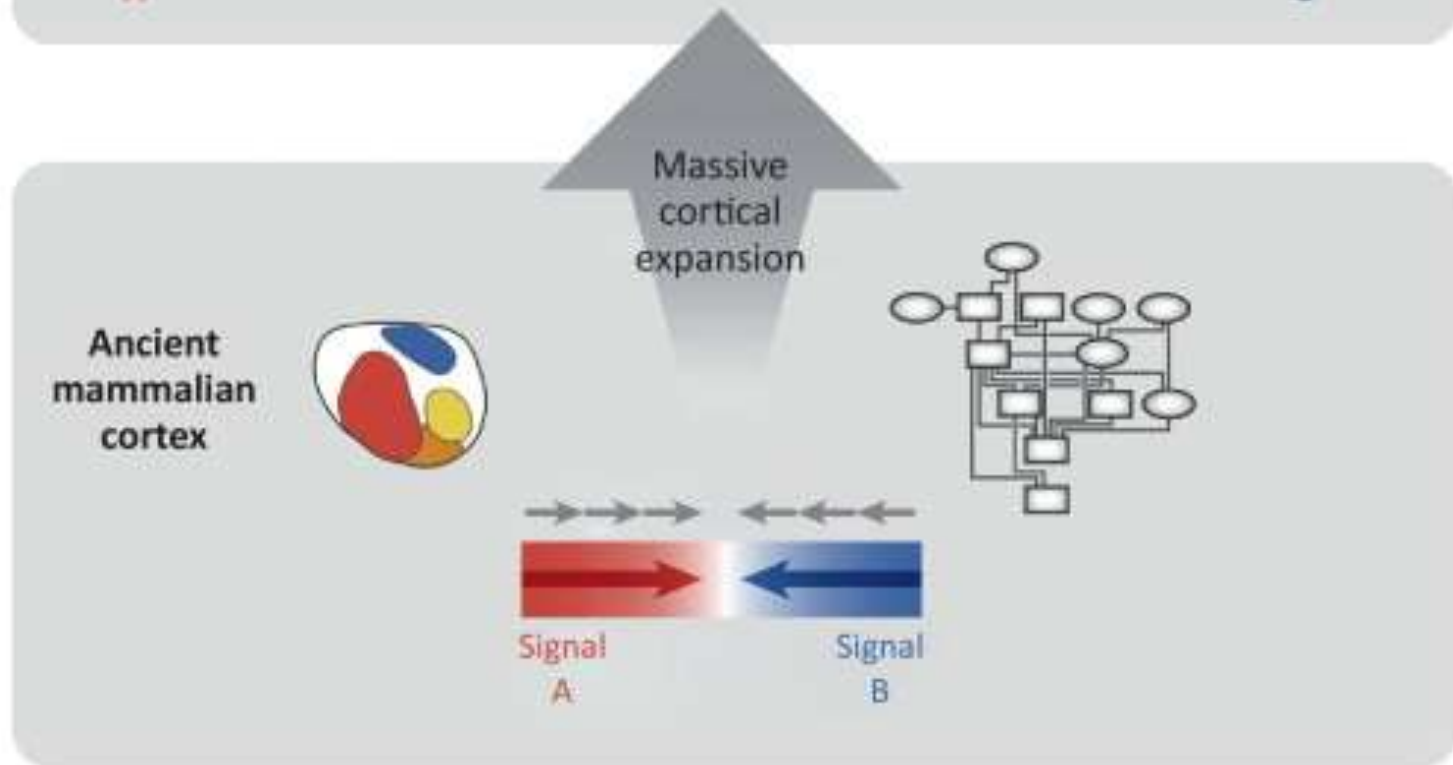
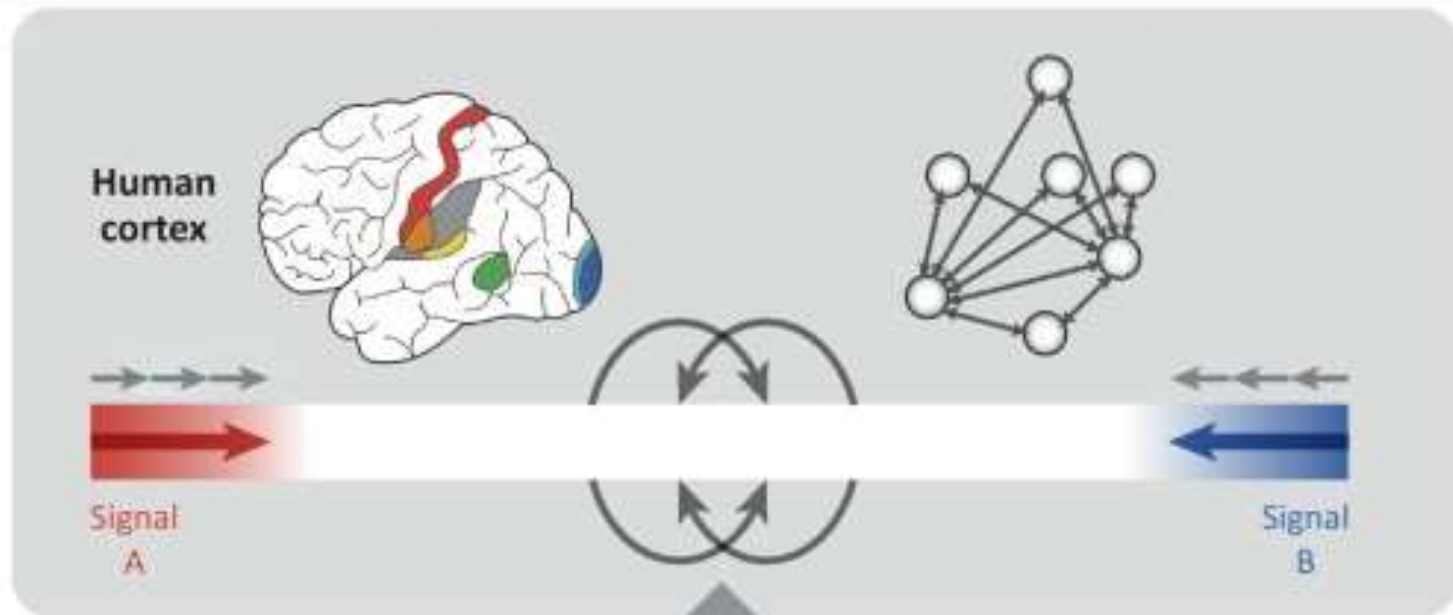
Ancêtre commun :  
environ 6-7 millions d'années

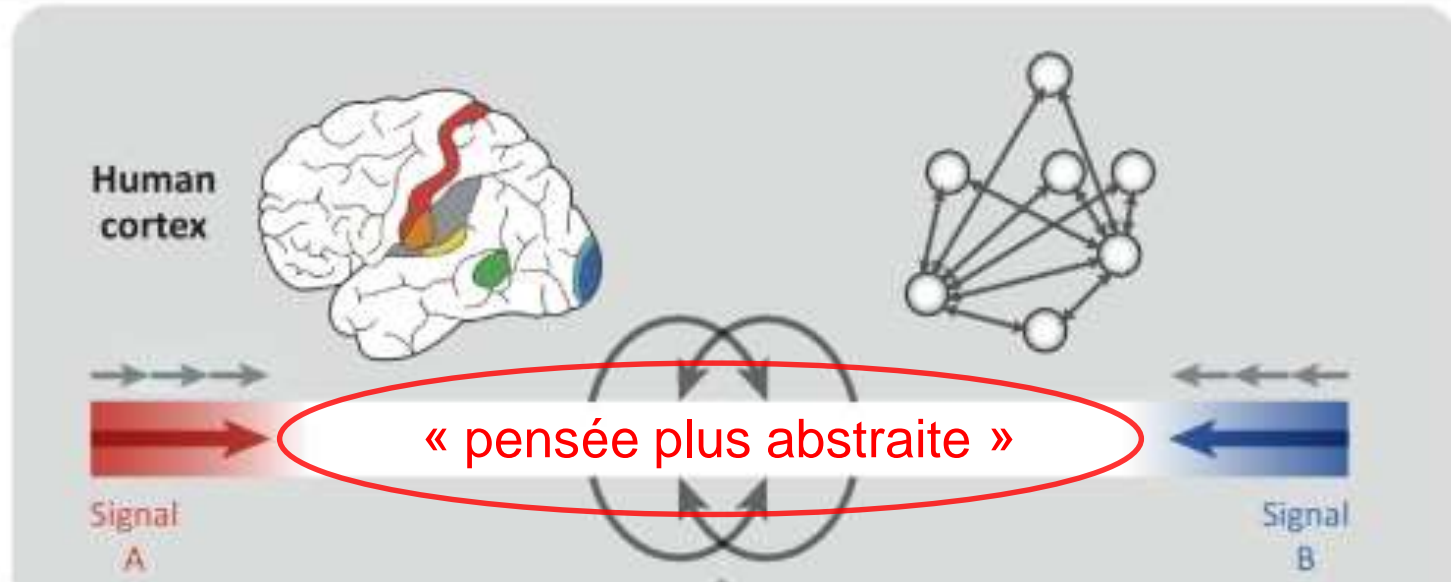
### Macaque to human



Ancêtre commun :  
environ 25 millions d'années

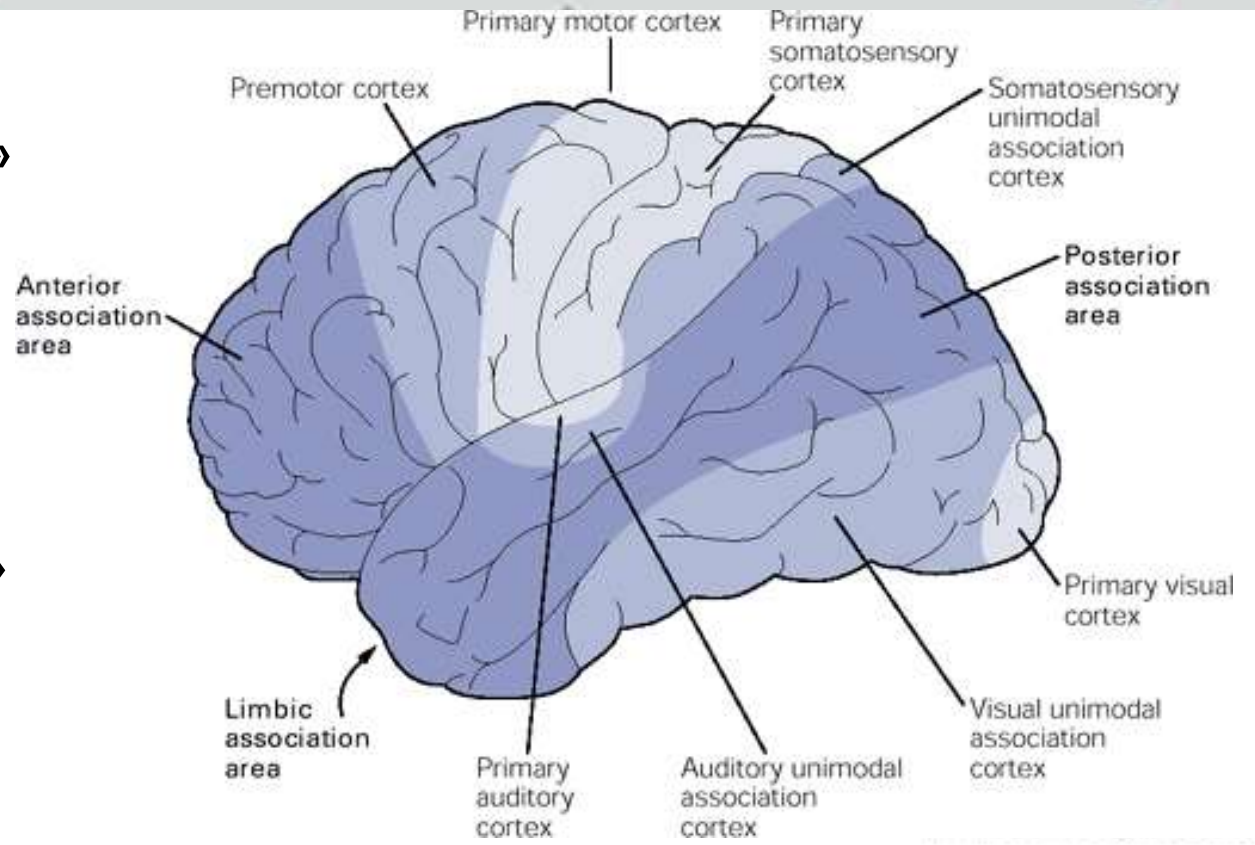






## Cortex « associatif »

crée de l'espace pour le « offline »



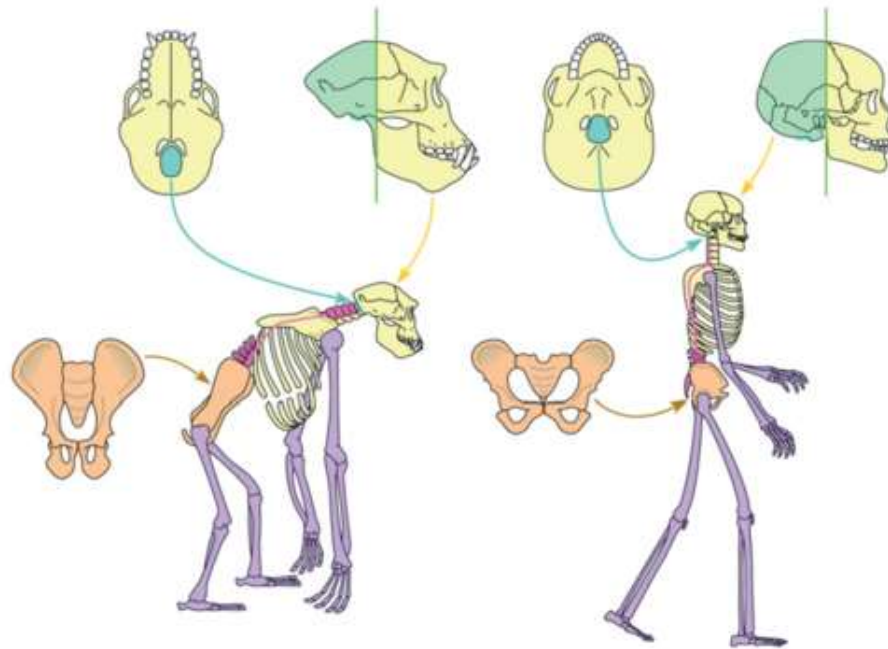
Pour comprendre cette évolution très particulière de notre espèce,



il faut considérer que le **corps** et le **cerveau** ont évolué **ensemble**.

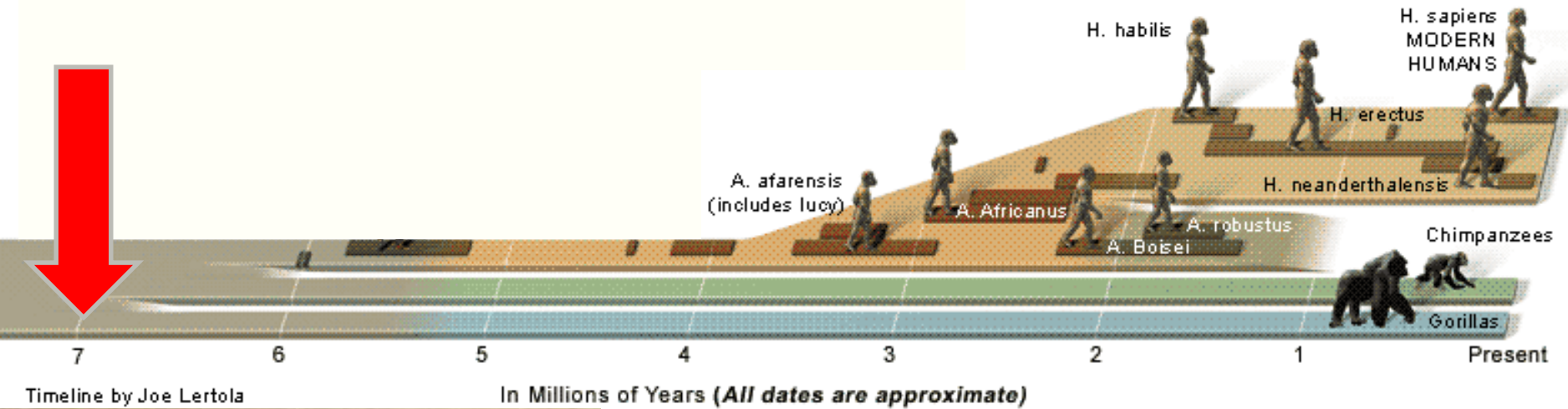
Un point tournant incontournable : **la bipédie ?**

### Les caractères qui distinguent l'Homme et le chimpanzé



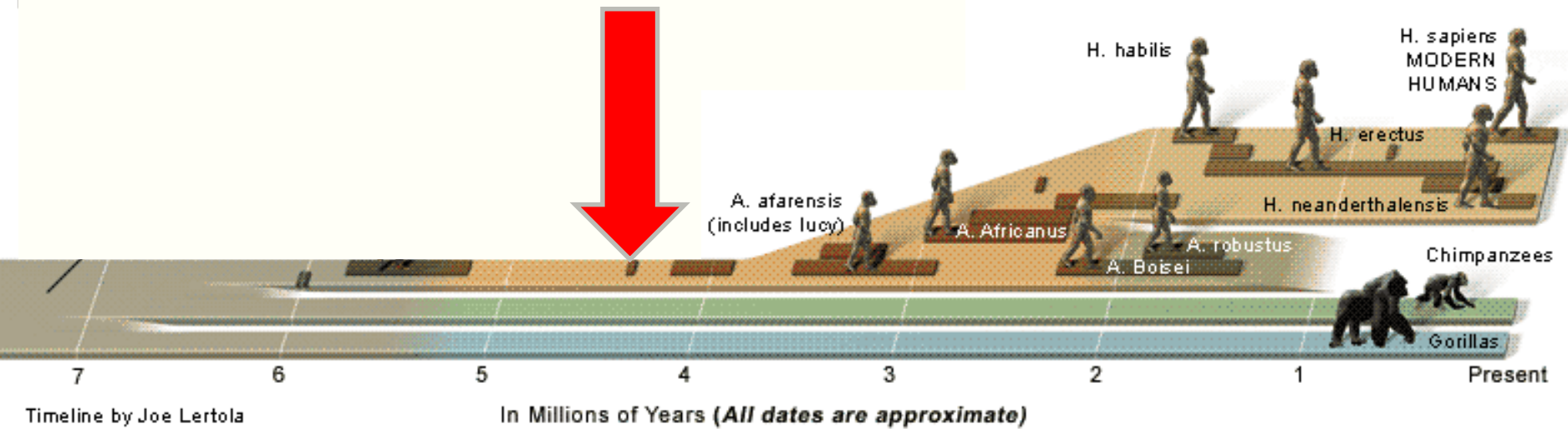
■ colonne vertébrale  
■ position du trou occipital  
■ rapport volume crânien / face

■ bassin  
■ longueur relative des membres et position de la jambe



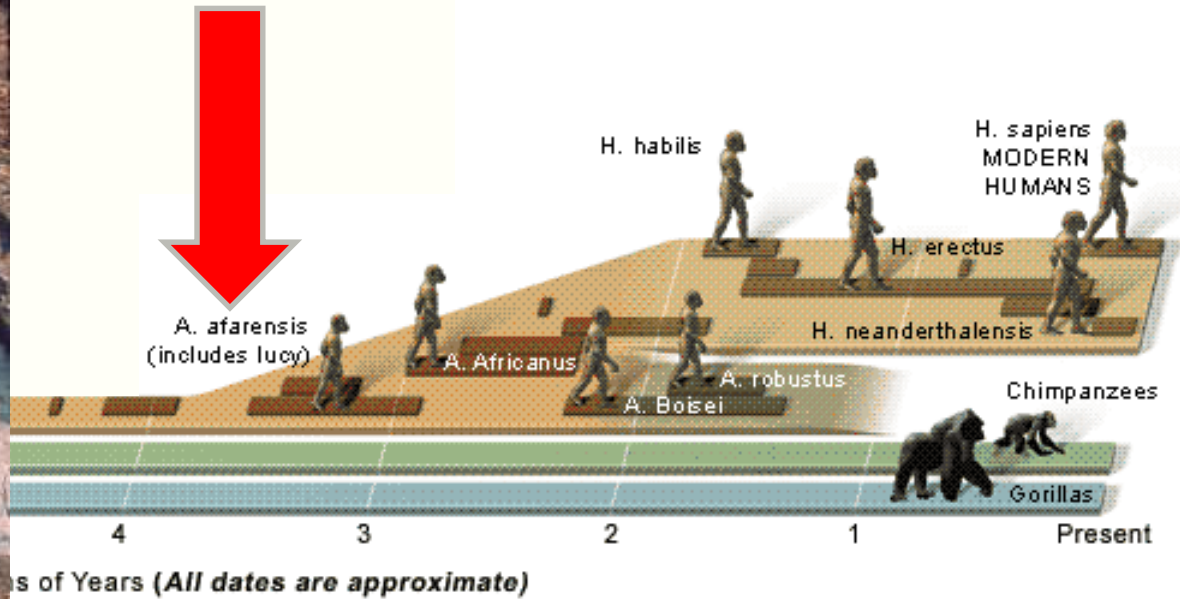
Le premier spécimen fossile de *Sahelanthropus tchadensis* a été surnommé « Toumaï » et son âge est estimé à environ **7 millions d'années**, a été découvert au Tchad par l'équipe de Michel Brunet en juillet 2001.

La bipédie de *Sahelanthropus tchadensis* est **très probable** pour ses découvreurs parce que le trou occipital correspond à celui d'une colonne vertébrale redressée...



*Ardipithecus ramidus*, qui vivait en Afrique de l'Est au Pliocène inférieur, il y a **4,4 millions d'années**, possède de nombreux traits intermédiaires entre les chimpanzés et *Australopithecus afarensis*.

Il pouvait probablement **marcher debout mais seulement sur de courtes distances.**



Le site de **Laetoli**, découvert en 1977 en Tanzanie, a livré des empreintes de pas d'hominidés bipèdes exceptionnellement conservées dans de la cendre volcanique durcie il y a **3,66 millions d'années**.



## Laetoli footprints reveal bipedal gait biomechanics different from those of modern humans and chimpanzees

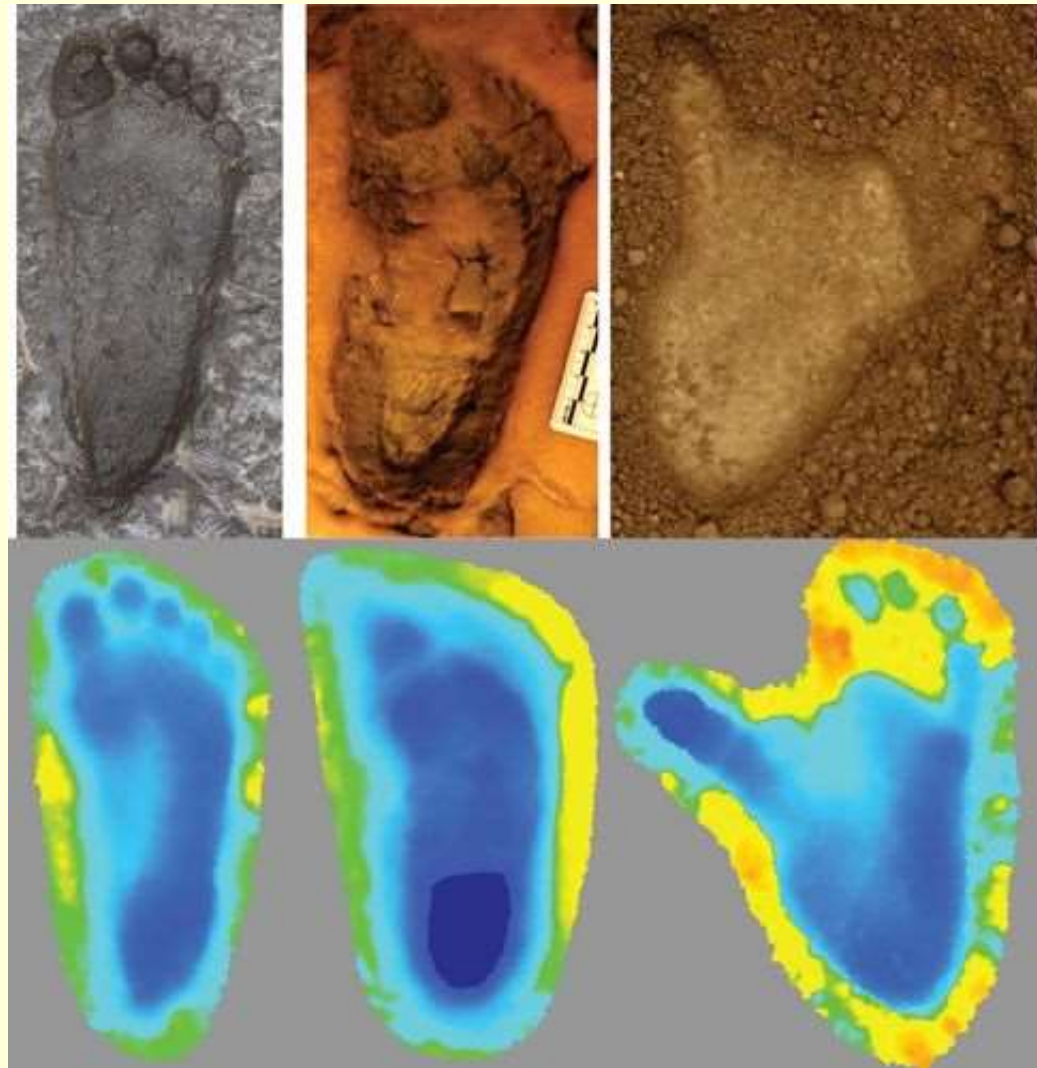
[Kevin G. Hatala](#), [Brigitte Demes](#) and [Brian G. Richmond](#)

17 August 2016

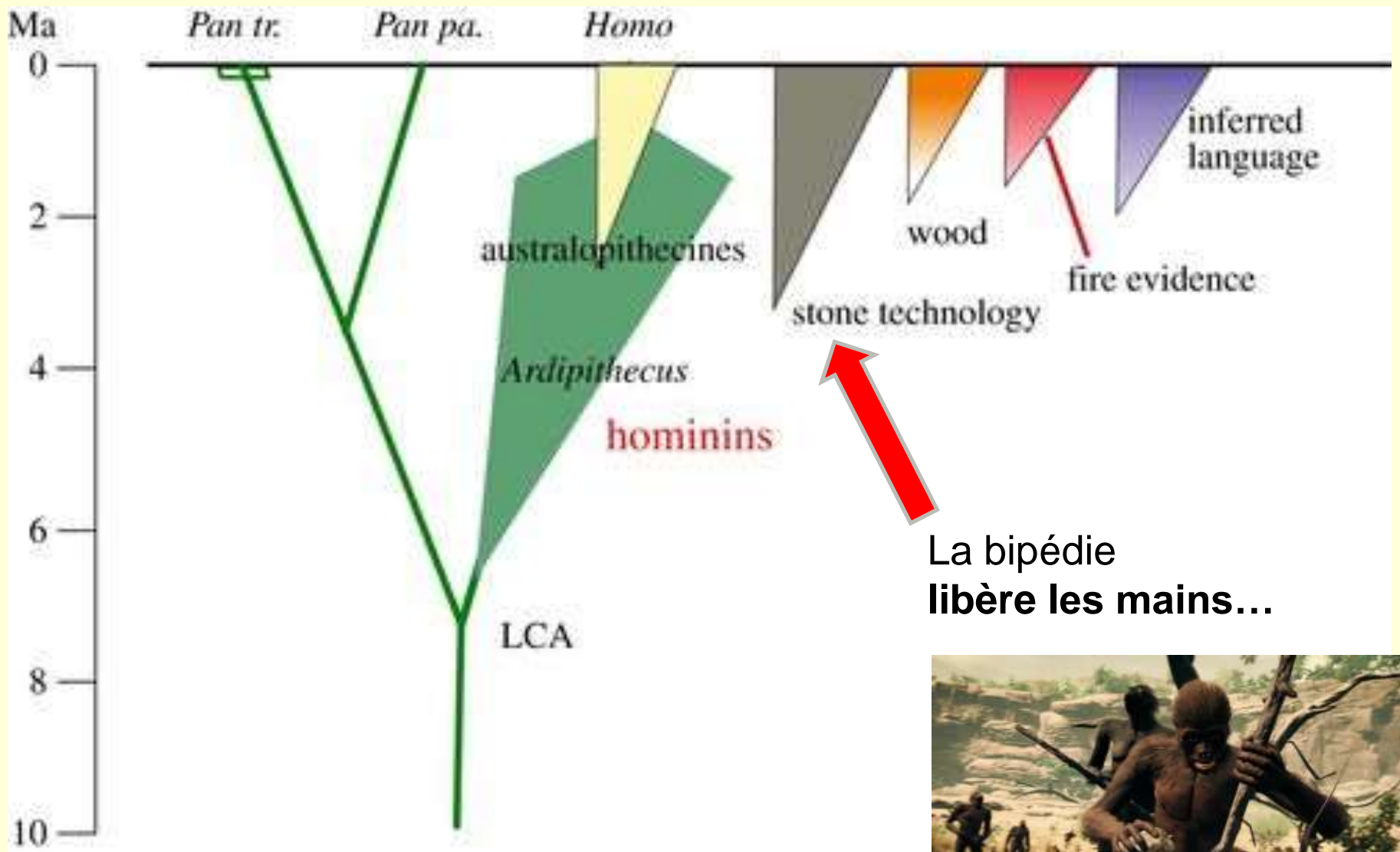
<https://royalsocietypublishing.org/doi/full/10.1098/rspb.2016.0235>

...the ca **3.66 Ma** hominin footprints at Laetoli, Tanzania, provided what is still today **the earliest indisputable evidence of bipedalism** in the human fossil record.

These trackways are widely considered to have been made by ***Australopithecus afarensis***...



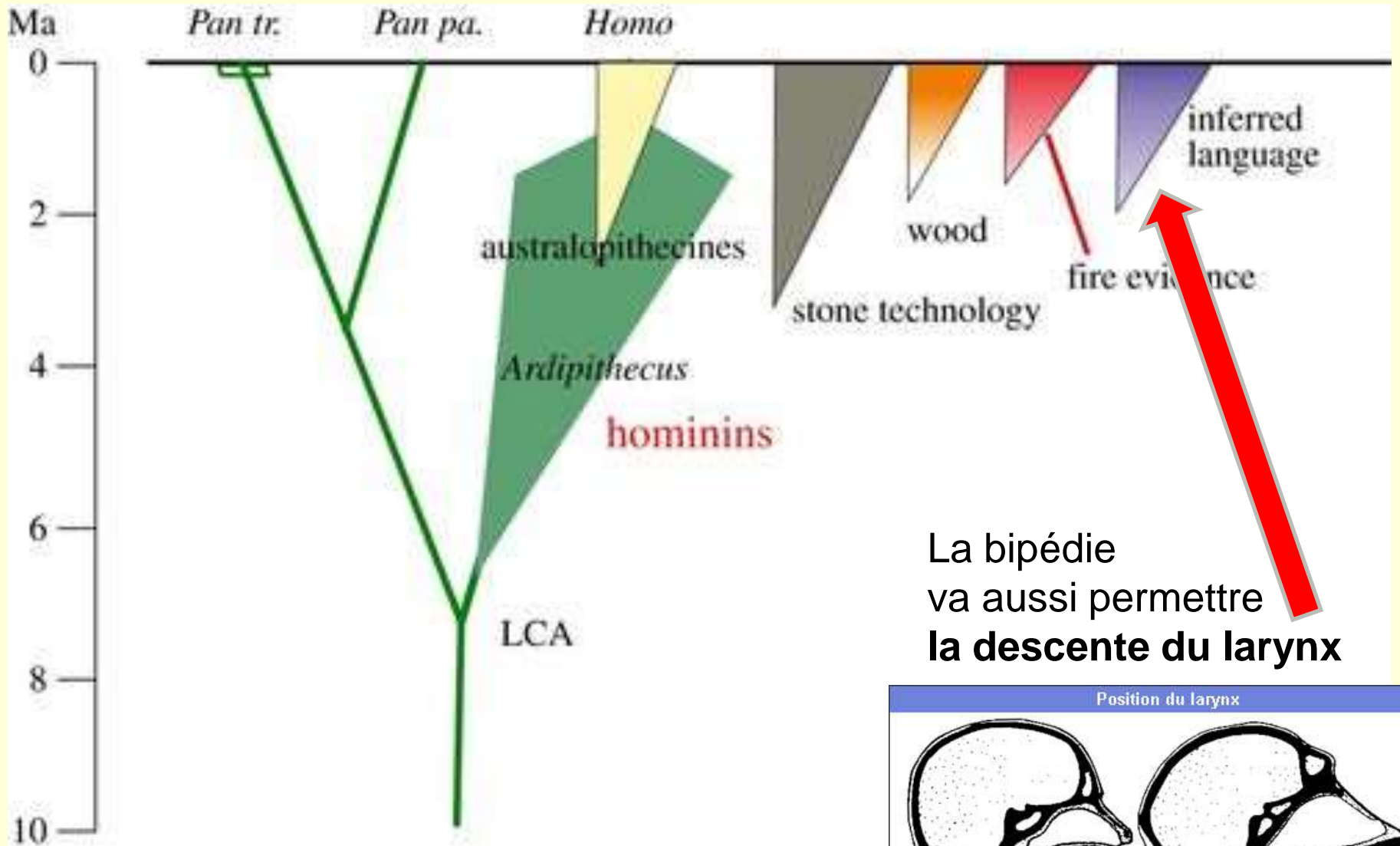
Examples of human, Laetoli hominin and chimpanzee footprints.



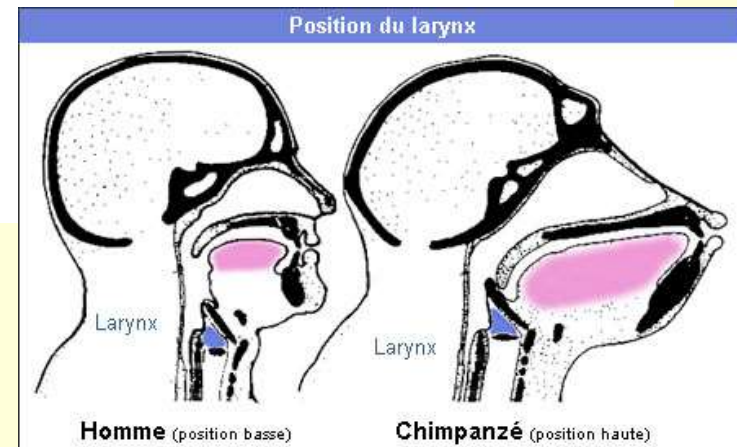
La bipédie  
 libère les mains...

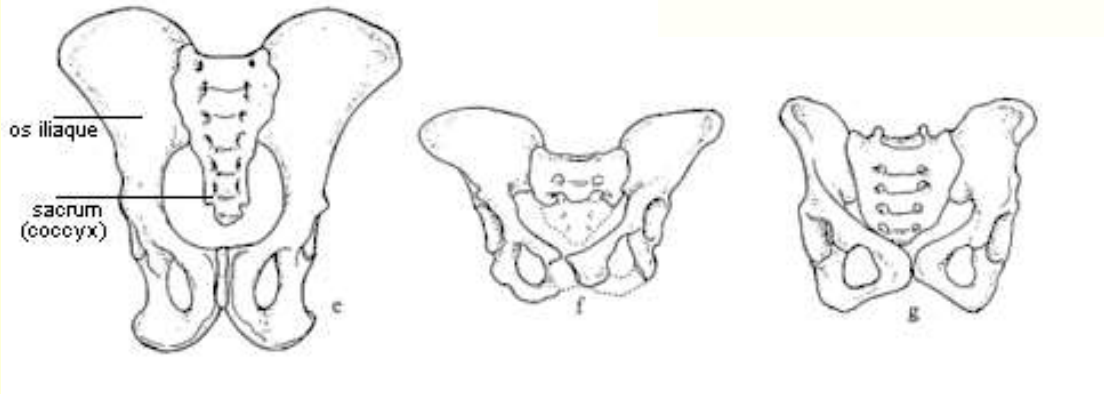






La bipédie  
va aussi permettre  
**la descente du larynx**





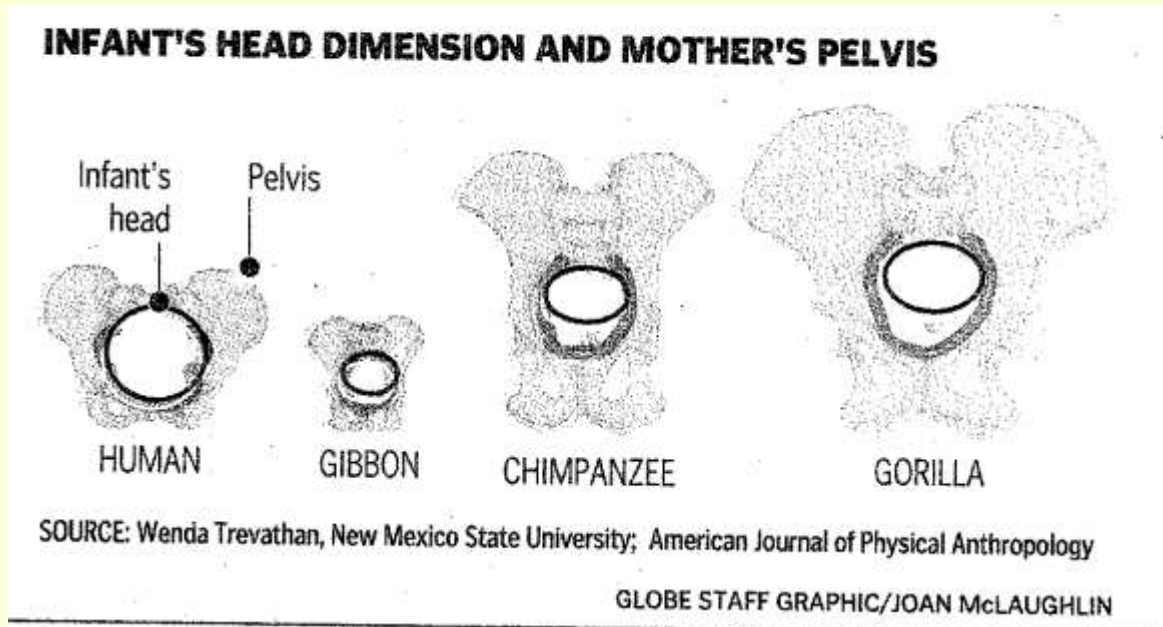
Chimpanzé

Australopithèque

Humain

La **bipédie** va aussi amener un bassin plus **bas** et plus **large** capable de soutenir les viscères et le poids du tronc.

Le bébé humain avec son gros cerveau va avoir de la **difficulté à passer** dans le canal pelvien lors de l'accouchement (sans doute le plus compliqué et douloureux de tous les mammifères).

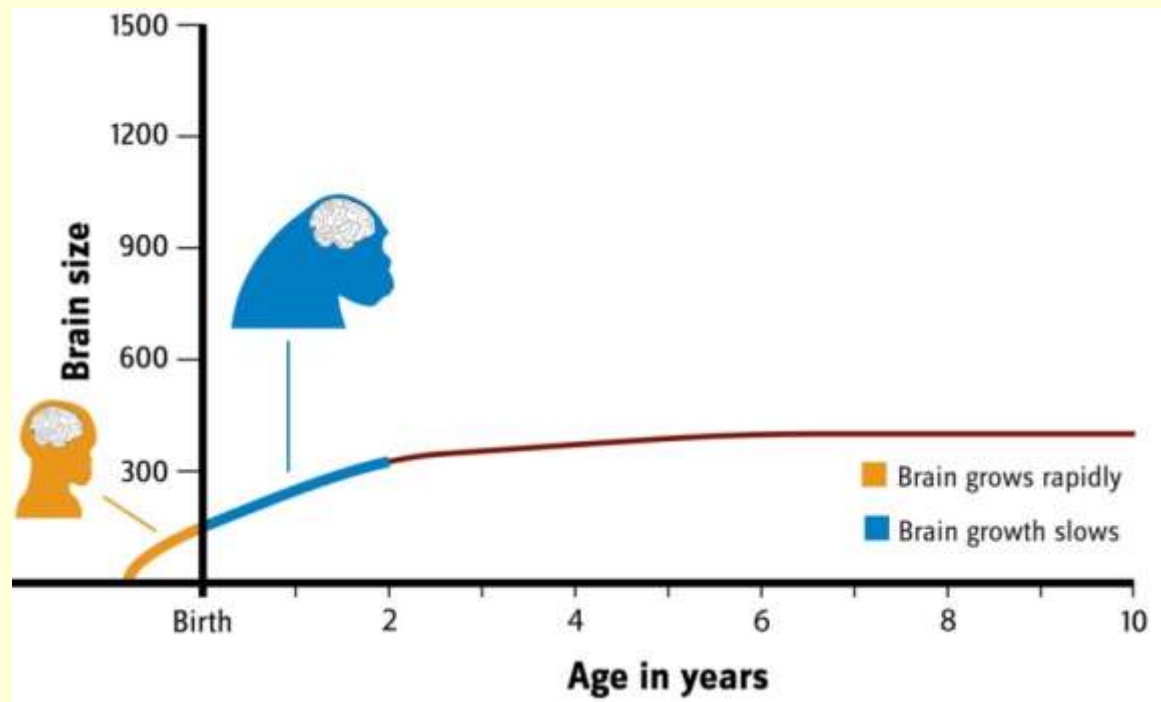
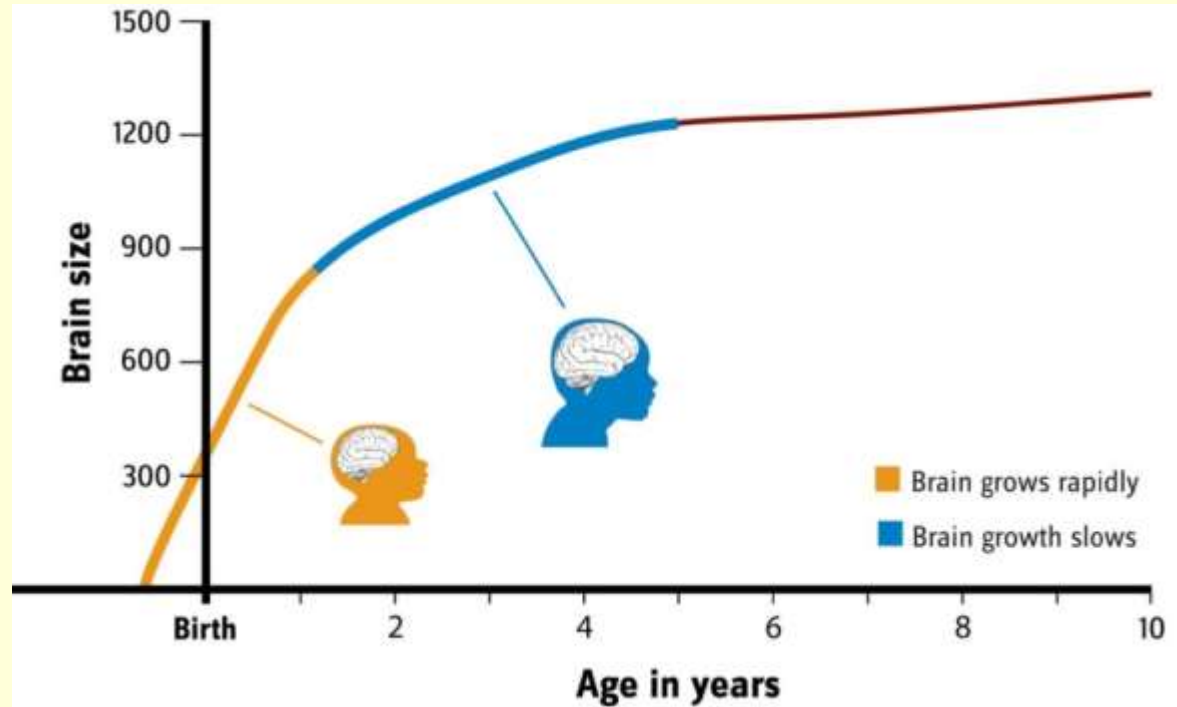


La sélection naturelle a donc favorisé les enfants **prématurés**. De sorte que le bébé humain naît à un stade de développement **inachevé** : il est de loin **le moins précoce de tous les primates** (« néoténie »).

À la naissance, le cerveau humain ne représente que **25 %** du volume qu'il atteindra à l'âge adulte.

Chez le chimpanzé nouveau-né, cette proportion est de **40 %**.

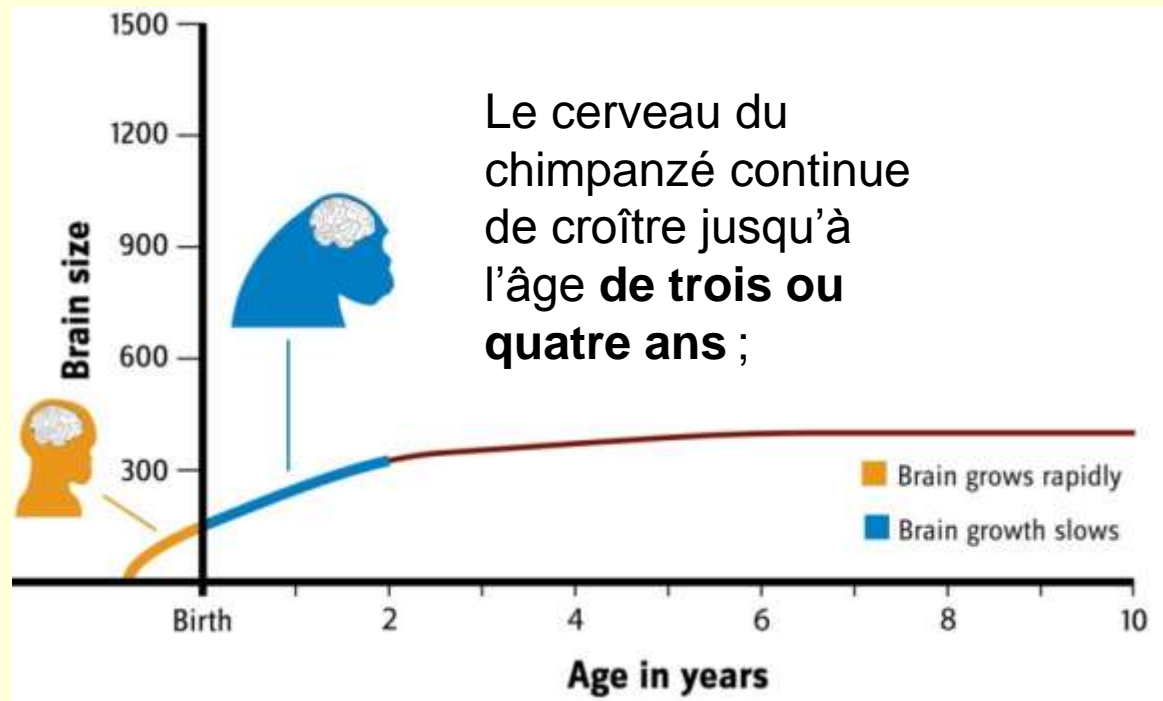
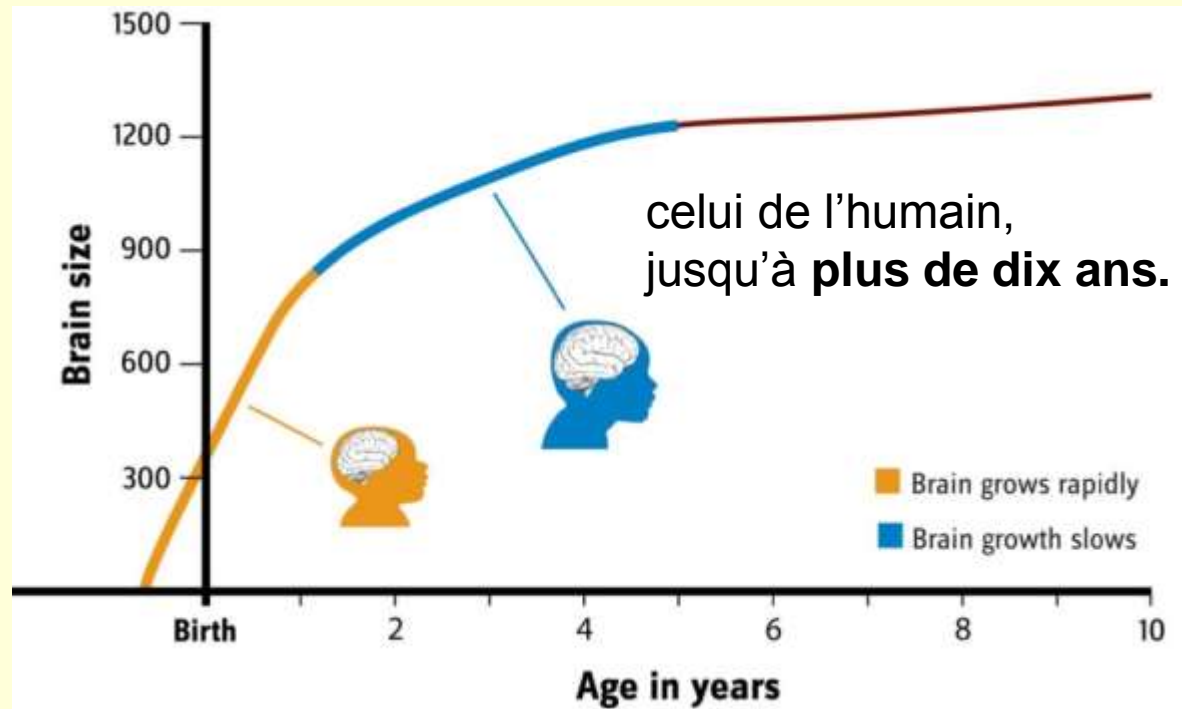
Pour atteindre ce même niveau, la grossesse humaine devrait durer **16 mois !**



À un an, le cerveau n'a atteint que **50 %** de son volume final chez l'humain,

mais **80 %** chez notre plus proche parent

→ implique que de nombreuses étapes du développement cognitif se déroulent dans un **contexte social riche.**



À cause de cette période prolongée de dépendance juvénile chez l'humain, élever un enfant est considérablement **plus coûteux sur le plan biologique qu'élever un petit primate.**

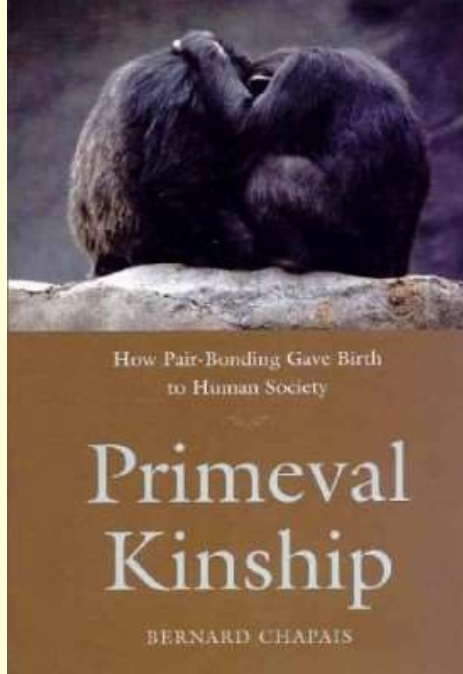
Et comme les mères humaines prennent soin de cette progéniture à développement lent jusque tard dans l'adolescence, il arrive souvent qu'elles élèvent plusieurs enfants dépendants simultanément.



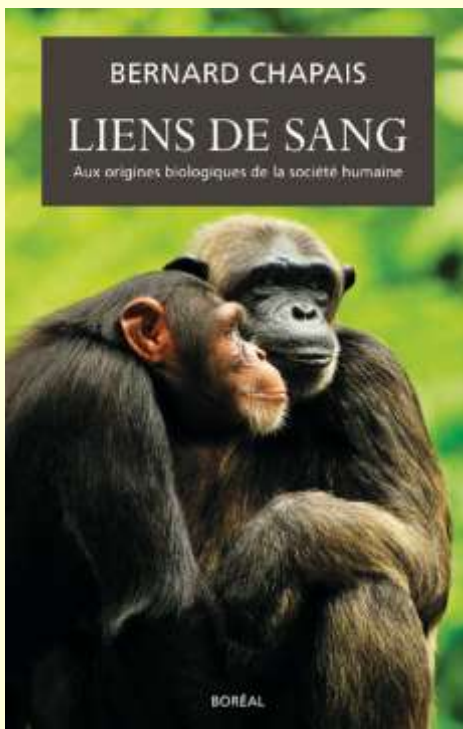
L'approvisionnement des enfants, passé l'âge du sevrage, n'existe pas chez les autres primates.

Les soins maternels constituent donc une activité essentiellement **séquentielle** dans la vie des mères primates.

**La contribution du père aux soins parentaux** chez l'humain va ainsi devenir déterminante.



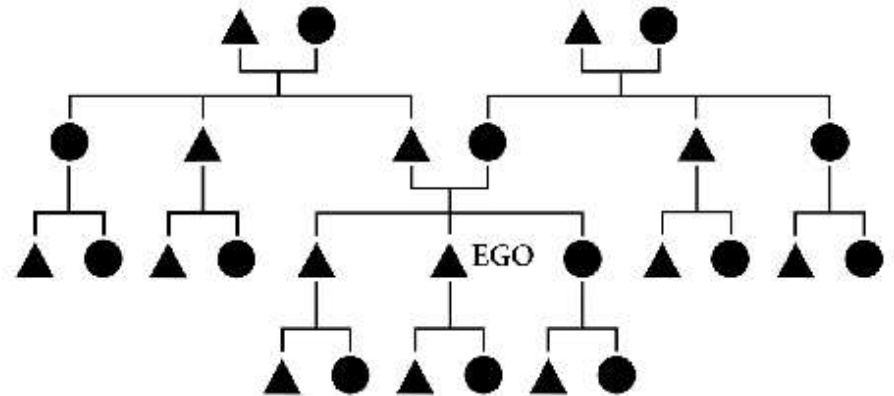
Ce qui précède et ce qui va suivre est tiré des travaux de l'anthropologue et primatologue montréalais **Bernard Chapais** dont vous pouvez lire une synthèse remarquable dans ses livres **Primeval Kinship** (2008) et **Liens de sang** (2015).



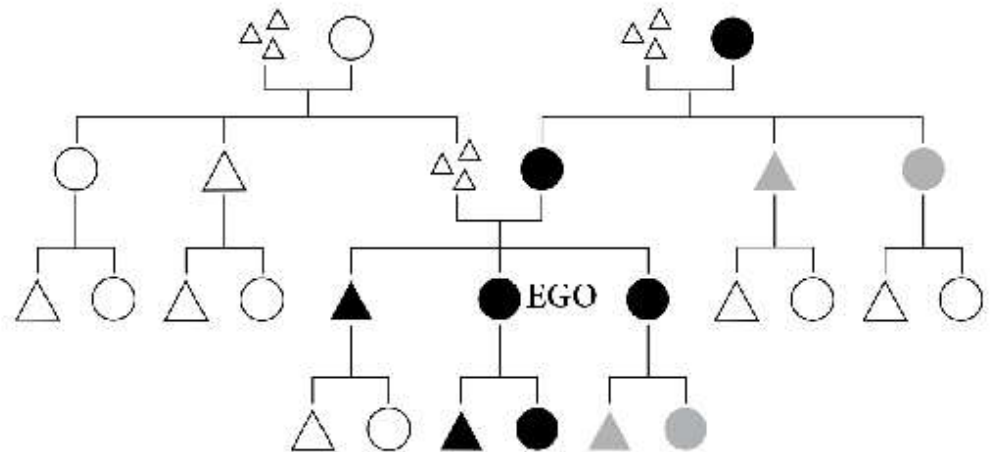
Chapais y rappelle donc l'importance de la **coopération parentale** dans l'évolution de la famille humaine qui a maintes fois été démontrée.

Concrètement, cela a amené la formation d'un **couple monogame stable** durant plusieurs années qui va ainsi distinguer l'espèce humaine de ses plus proches cousins (chimpanzés et bonobos).

Ce phénomène nouveau va en amener un autre d'une grande importance : la **reconnaissance étendue de la parenté**, unique à chez l'espèce humaine.



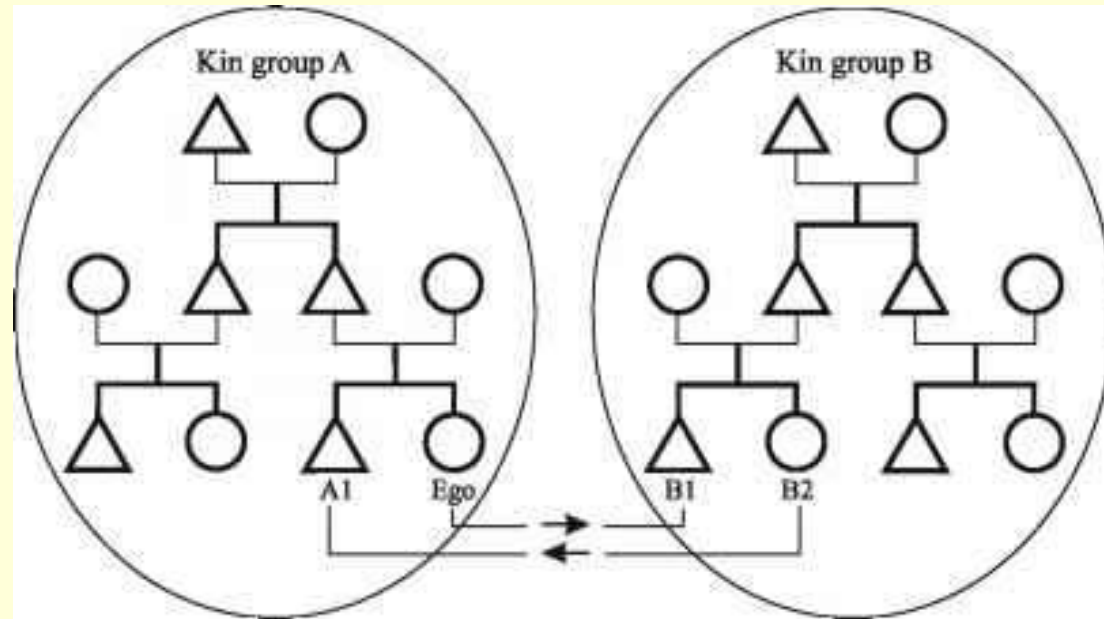
Car cela n'est pas le cas chez les autres primates (les chimpanzés par exemple où la promiscuité sexuelle fait en sorte que les petits, élevés par leur mère, ne savent pas qui est leur père).



À cela va s'ajouter le phénomène de l'évitement de l'inceste (déjà présents chez les autres primates)

mais qui, dans les groupes humains formés de couples monogames, va amener **l'exogamie reproductive**,

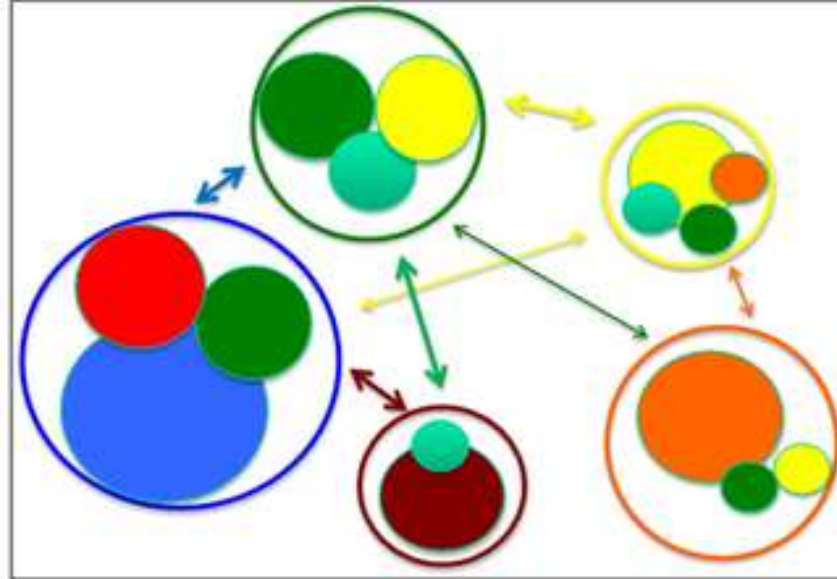
i.e. un individu quitte son groupe pour aller vivre et se reproduire dans un autre.



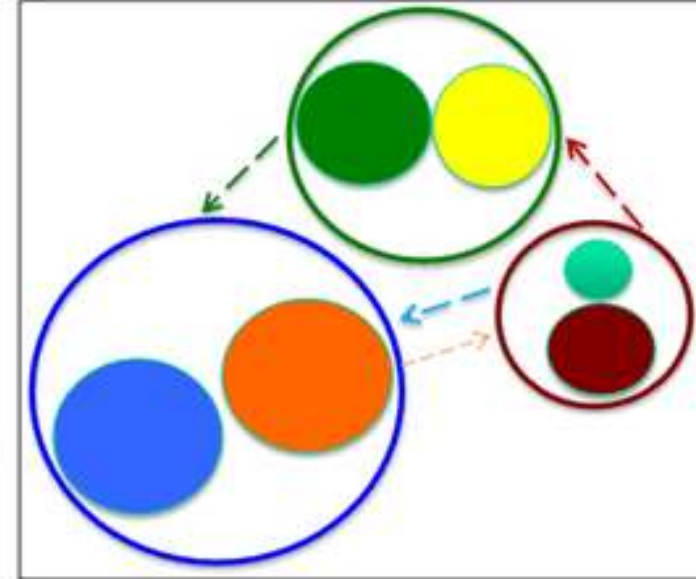
L'exogamie reproductive va amener un **processus de pacification et d'alliances entre les groupes (unique aux sociétés humaines)** :

une femelle du groupe A qui s'en va dans le groupe B demeure à la fois liée à ses parents restés dans le groupe A et à son mari du groupe B (et par conséquent à la famille de son mari dans le groupe B).





Humans



Other primates

La structure sociale humaine d'**exogamie réciproque** :

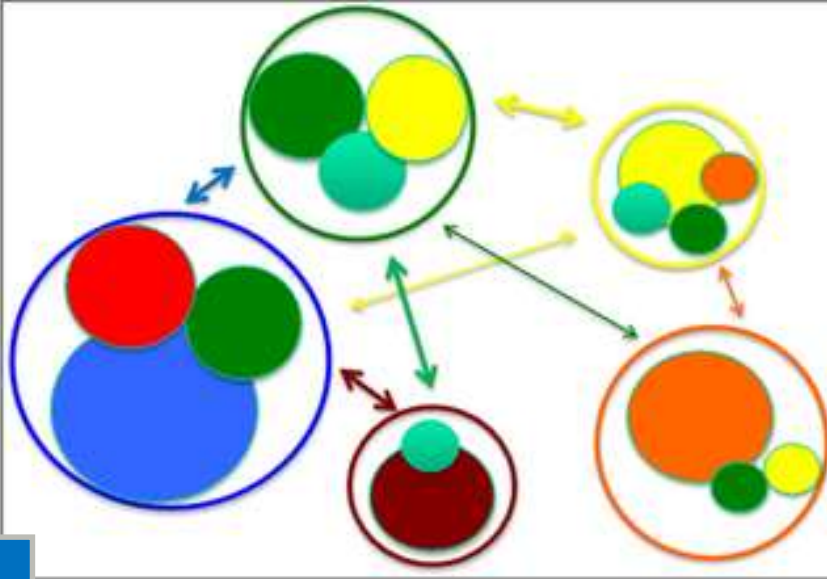
- inclut l'échange de partenaires sexuels, de biens et de services (flèches bi-directionnelles),
- implique de multiples lignées de parenté (cercles pleins) existant souvent dans des communautés résidentielles multiples (cercles ouverts).

Il en résulte une coopération répandue (superposition des cercles pleins) à l'intérieur et entre les communautés humaines.

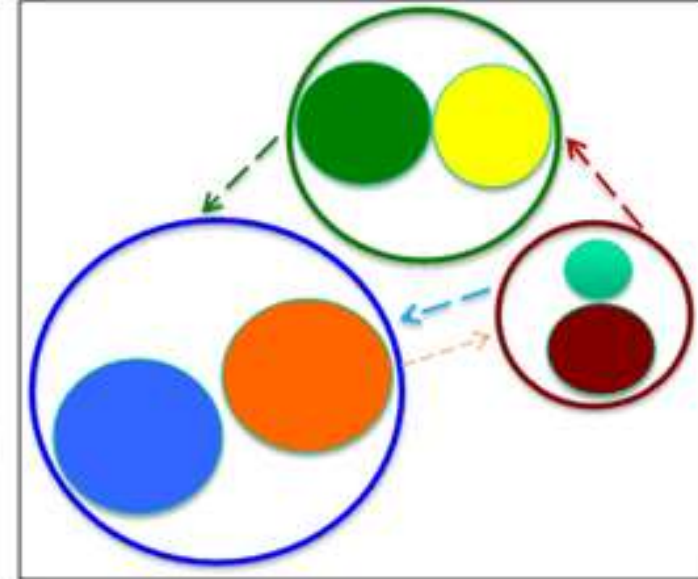
Au contraire, chez les autres primates, mâles ou femelles émigrent (flèches pointillées).

**L'absence d'exogamie réciproque** fait en sorte que les lignées de parenté sont réduites à des communautés simples qui ne génèrent donc pas les "méta-groupes" à l'origine des structures sociales humaines complexes.

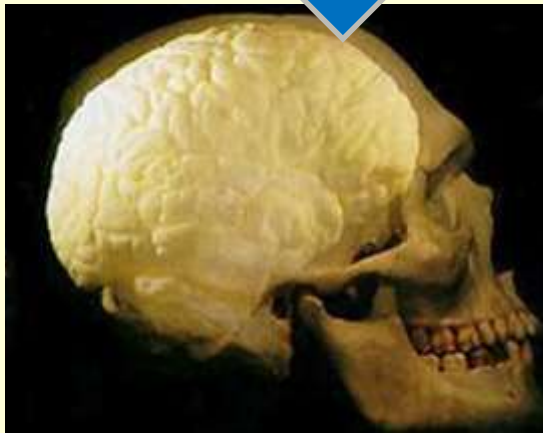
Organisation sociale complexe facilitée par...



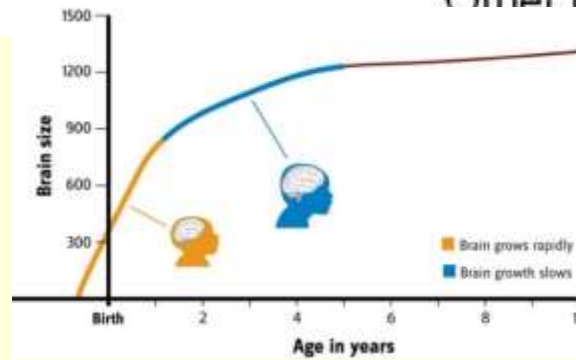
Humans



Other primates

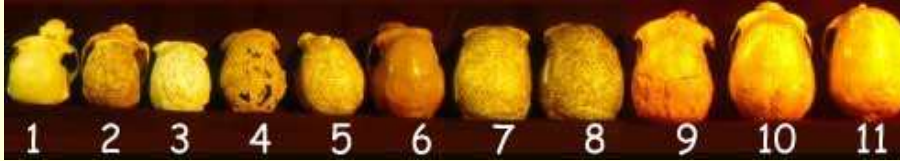


Mais gros cerveau car mature tard...



- bipédie modifie la forme du bassin
- néoténie et dépendance juvénile prolongée
- contribution du père aux soins parentaux
- couple monogame stable
- reconnaissance étendue de la parenté avec l'exogamie reproductive
- pacification + alliances entre groupes complexes

règles sociales complexes: pression sélective pour plus gros cerveau !?



Outre les **règles sociales de plus en plus complexes**, plusieurs phénomènes sont probablement agi de concert (et sont encore débattus) pour expliquer l'expansion cérébrale spectaculaire chez l'humain :



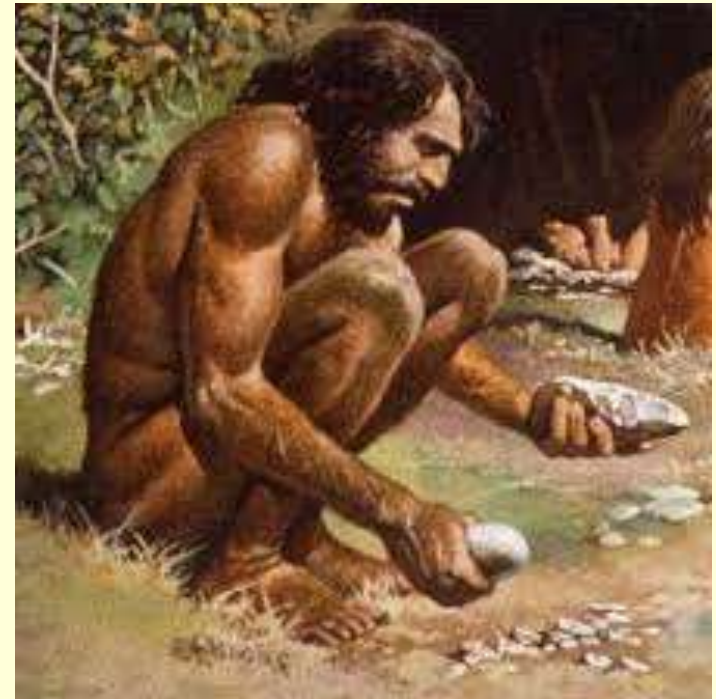


Outre les **règles sociales de plus en plus complexes**, plusieurs phénomènes sont probablement agi de concert (et sont encore débattus) pour expliquer l'expansion cérébrale spectaculaire chez l'humain :

- la **fabrication d'outils** (car elle nécessite précision motrice, mémoire et planification); Les premiers outils seraient datés de 3,3 millions d'années.

<http://www.hominides.com/html/actualites/premiers-outils-3-3-millions-annees-925.php> (21/05/15)

<http://mailchi.mp/pourlascience/au-sommaire-du-numro-477-de-pour-la-science-saturne-les-plus-belles-dcouvertes-de-cassini-627989?e=2cdb4df74c> (**août 2017**)





Outre les **règles sociales de plus en plus complexes**, plusieurs phénomènes sont probablement agi de concert (et sont encore débattus) pour expliquer l'expansion cérébrale spectaculaire chez l'humain :

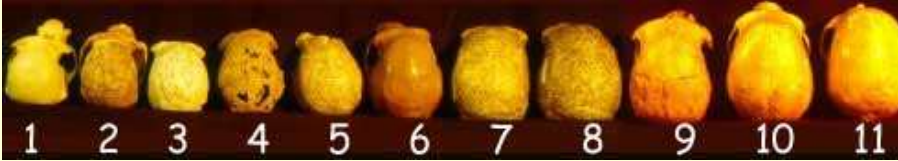
- la **fabrication d'outils** (car elle nécessite précision motrice, mémoire et planification); Les premiers outils seraient datés de 3,3 millions d'années.

<http://www.hominides.com/html/actualites/premiers-outils-3-3-millions-annees-925.php> (21/05/15)

<http://mailchi.mp/pourlascience/au-sommaire-du-numro-477-de-pour-la-science-saturne-les-plus-belles-dcouvertes-de-cassini-627989?e=2cdb4df74c> (**août 2017**)

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





Outre les **règles sociales de plus en plus complexes**, plusieurs phénomènes sont probablement agi de concert (et sont encore débattus) pour expliquer l'expansion cérébrale spectaculaire chez l'humain :

- la **fabrication d'outils** (car elle nécessite précision motrice, mémoire et planification); Les premiers outils seraient datés de 3,3 millions d'années.

<http://www.hominides.com/html/actualites/premiers-outils-3-3-millions-annees-925.php> (21/05/15)

<http://mailchi.mp/pourlascience/au-sommaire-du-numro-477-de-pour-la-science-saturne-les-plus-belles-dcouvertes-de-cassini-627989?e=2cdb4df74c> (**août 2017**)

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

- la **préparation des aliments**

(What Makes Us Human?

Cooking, Study Says. **2012**

<http://news.nationalgeographic.com/news/2012/10/121026->

[human-cooking-evolution-raw-food-health-science/](http://news.nationalgeographic.com/news/2012/10/121026-human-cooking-evolution-raw-food-health-science/) )

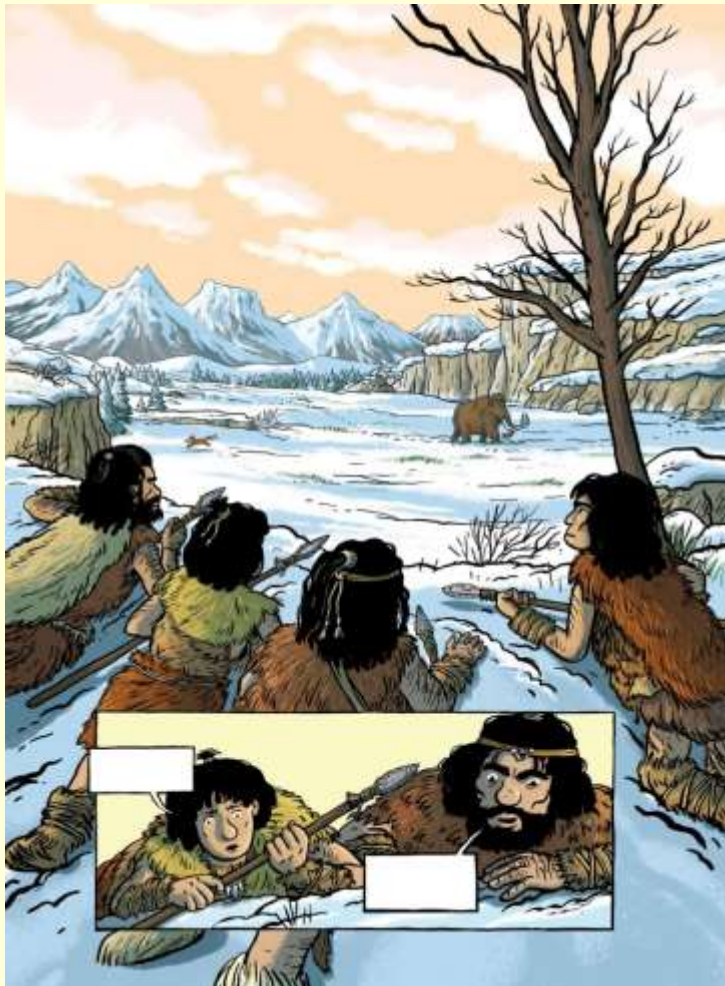


- l'apparition du langage :

→ représentations symboliques  
communes permettant de  
**coordonner nos actions...**

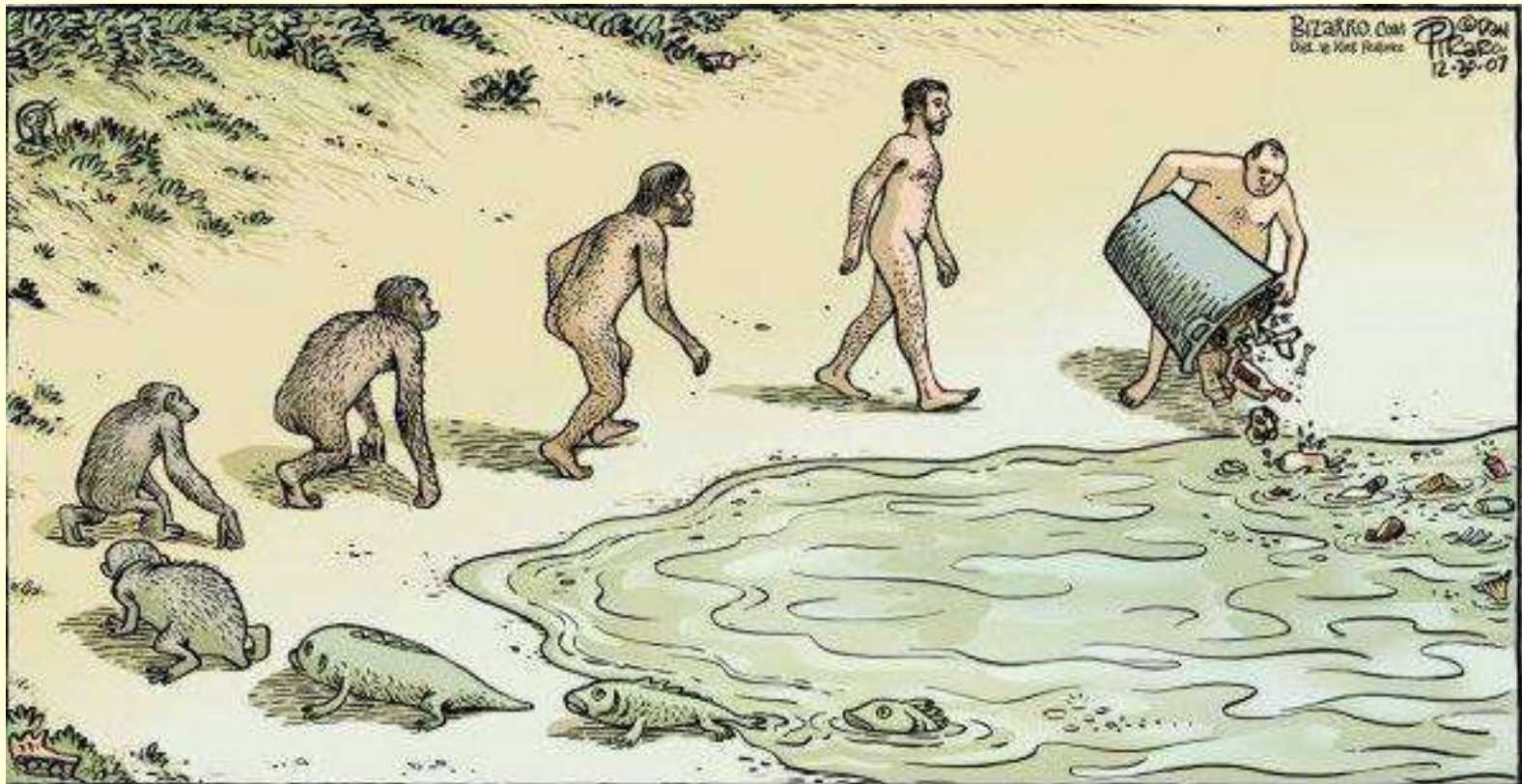


**...ou nos idées !**



Et la question sera de savoir si la complexité  
va continuer de croître dans l'univers

Ou si elle va s'arrêter avec le « summum de l'intelligence »  
qu'elle semble avoir atteint...





# Plan du cours

**Cours 1:** Le « connais-toi toi-même » de Socrate à l'heure des sciences cognitives;  
Évolution et émergence des systèmes nerveux

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

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

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

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

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

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

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