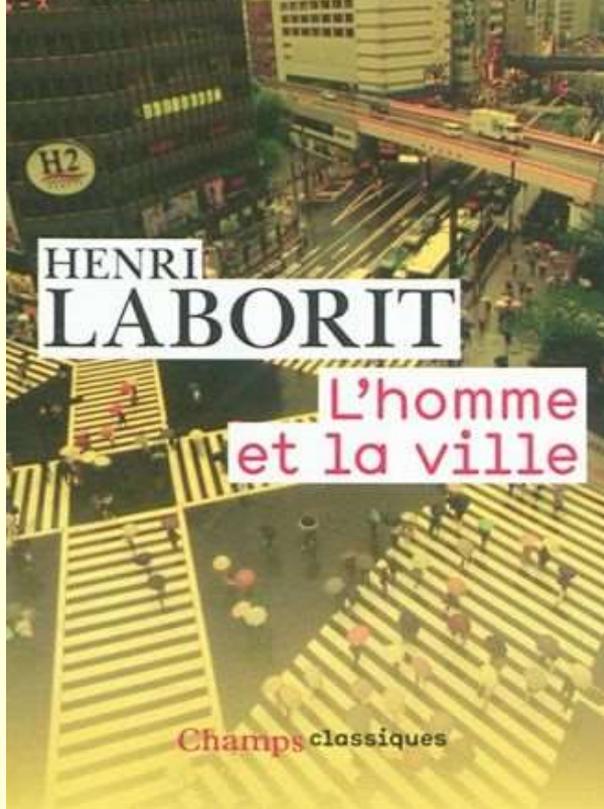


L'apport des sciences cognitives... à tous les niveaux !

UTA de Laval

Automne 2022





LES
DÉBROUILLARDS
DRÔLEMENT SCIENTIFIQUE !

QUÉBEC SCIENCE



LE CERVEAU
À TOUS LES
NIVEAUX!

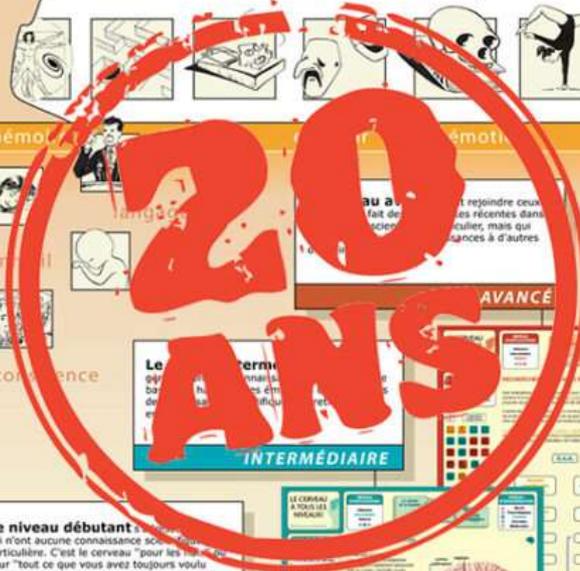


2002

LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

un site web interactif sur les comportements humains

www.lecerveau.mcgill.ca



Le **niveau débutant** s'adresse à ceux qui n'ont aucune connaissance scientifique particulière. C'est le cerveau "pour les nuls" pour "tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur le cerveau sans oser le demander"...

DÉBUTANT

Le **niveau intermédiaire** s'adresse à ceux qui ont une connaissance scientifique de base. C'est le cerveau "pour les étudiants" pour "tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur le cerveau sans oser le demander"...

INTERMÉDIAIRE

Le **niveau avancé** s'adresse à ceux qui ont une connaissance scientifique avancée. C'est le cerveau "pour les chercheurs" pour "tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur le cerveau sans oser le demander"...

AVANCÉ

Le niveau moléculaire englobe surtout les phénomènes associés à la transmission synaptique : les neurotransmetteurs, leurs récepteurs, etc.

Le niveau cellulaire s'attarde à décrire la forme et la fonction des neurones ainsi que les circuits qu'ils établissent.

Le niveau cérébral présente les différentes régions du cerveau qui sont impliquées lors de tel ou tel comportement.

Le niveau psychologique explore les différentes impressions subjectives qui amènent un individu à adopter tel ou tel comportement.

Le niveau social examine les codes et les normes qui régissent les rapports entre les individus, de même que les institutions qui en résultent.

Le **Cerveau à tous les niveaux** est un site web de vulgarisation scientifique qui se veut autant une passerelle entre les chercheurs et le public qu'un outil pour mieux se comprendre.

L'originalité du site réside en son mode de navigation qui s'ajuste à vos connaissances grâce à ses trois **niveaux d'explication** : débutant, intermédiaire et avancé. Vous déterminez ensuite vous-même lesquels des différents **niveaux d'organisation** du vivant vous voulez explorer, du moléculaire jusqu'au social !

Vous pouvez aussi consulter nos capsules **Expérience, Histoire, Outil et Chercheur** qui présentent différents aspects concrets de la science et de ceux qui la font. Les capsules **Lien**, en pointant vers d'autres sites pertinents, vous ouvrent enfin les portes sur les connaissances infinies d'Internet...



www.lecerveau.mcgill.ca

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

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

Recherche -> site + bloques

www.lecerveau.mcgill.ca

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



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

Nouveau! "L'école des profs"

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

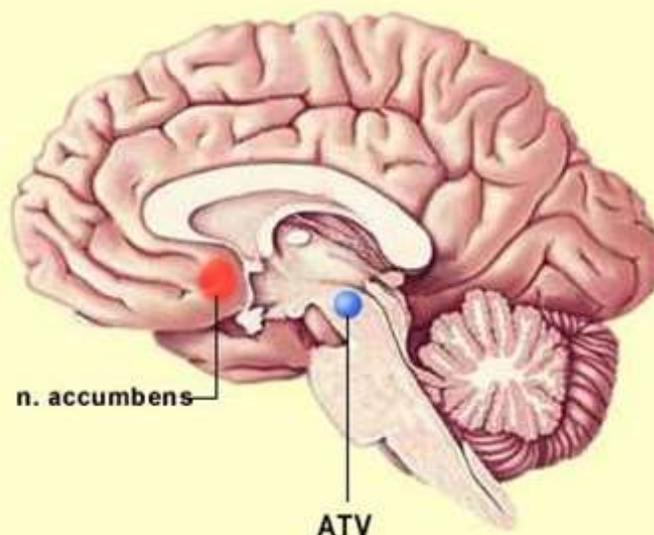


Un stimulus sensoriel qui n'apporte ni récompense ni punition est rapidement ignoré et oublié. C'est le phénomène de l'habituation qui nous fait oublier le contact de nos vêtements avec notre peau ou le tic tac de l'horloge du bureau.

LES CENTRES DU PLAISIR

1

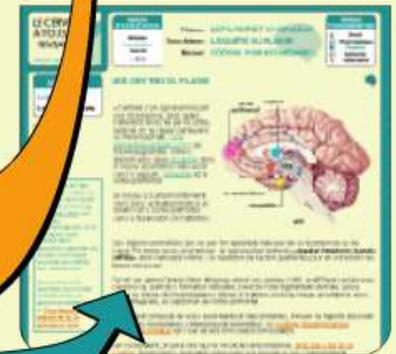
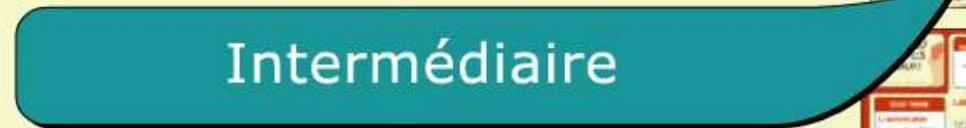
Pour qu'une espèce survive, ses individus doivent en premier lieu assurer leurs fonctions vitales comme se nourrir, réagir à l'agression et se reproduire. L'évolution a donc mis en place dans notre cerveau des régions dont le rôle est de "récompenser" l'exécution de ces fonctions vitales par une sensation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



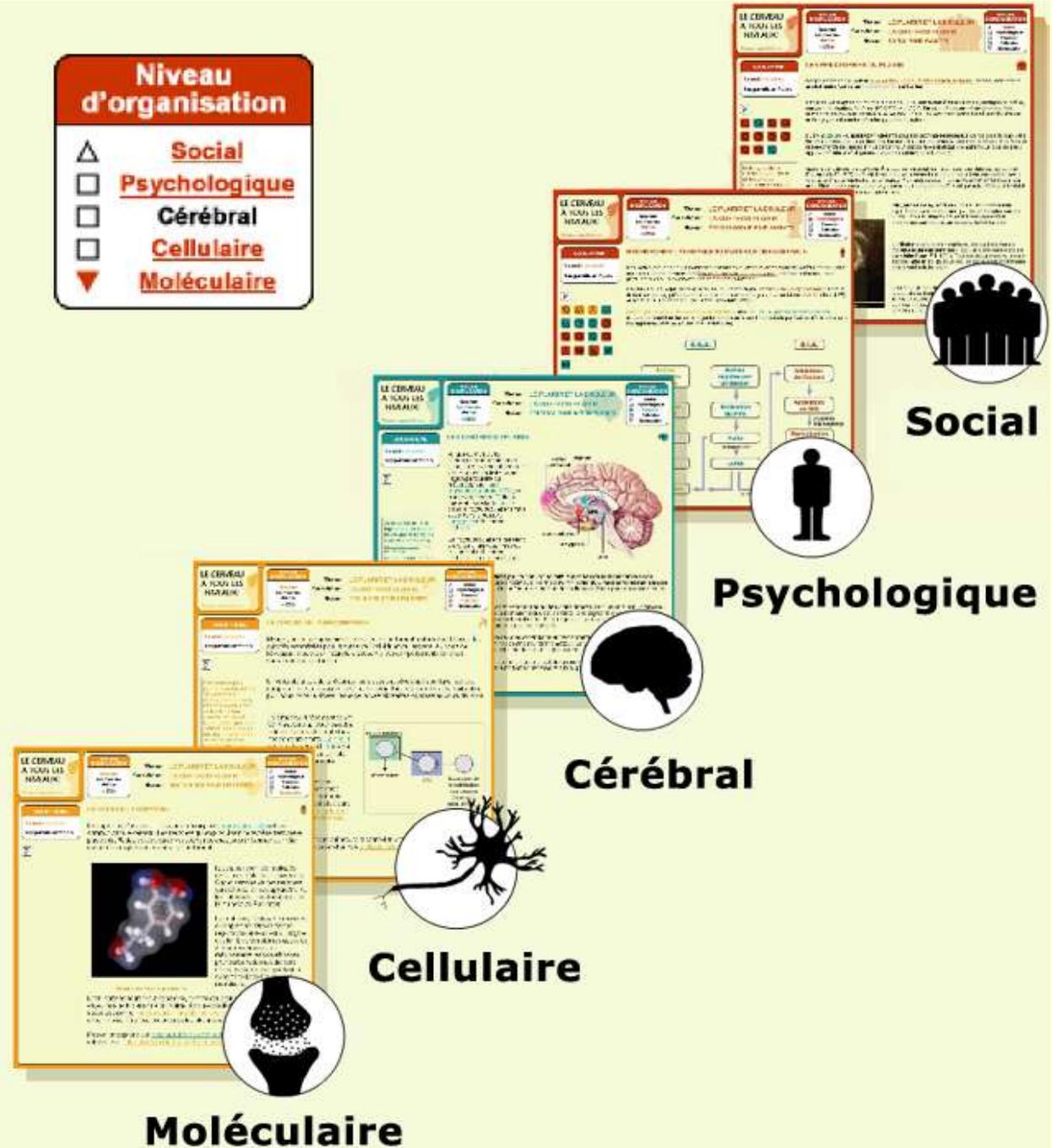
Ce sont ces régions, interconnectées entre elles, qui forment ce que l'on appelle le **circuit de la récompense**.

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



5 niveaux d'organisation



LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

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

Recherche -> site + blogue

www.lecerveau.mcgill.ca

Nouveau! "L'école des profs"

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



L'émergence de la conscience

- ➔ Le sentiment d'être soi

Dysfonctions



Les troubles de l'esprit

- ➔ Dépression et manico-dépression
- ➔ Les troubles anxieux
- ➔ La démence de type Alzheimer

10

Le BLOGUE du CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

Accueil du site

Recherche -> blogue

Billets par catégorie



Abonnez-vous !

NOUVELLES RÉCENTES SUR LE CERVEAU

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

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

LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

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

Recherche -> site + blogue

www.lecerveau.mcgill.ca

Nouveau! "L'école des profs"

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



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

Recherche -> blogue

Billets par catégorie



Abonnez-vous !

NOUVELLES RÉCENTES SUR LE CERVEAU

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

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

OFFRES DE PRÉSENTATIONS SUR LE CERVEAU

2014

"L'école des profs"

Cours intensifs de perfectionnement en neurosciences cognitives



Cliquez ici pour une sélection de conférences que je peux présenter dans votre école.

2014

École des profs de l'Université du troisième âge

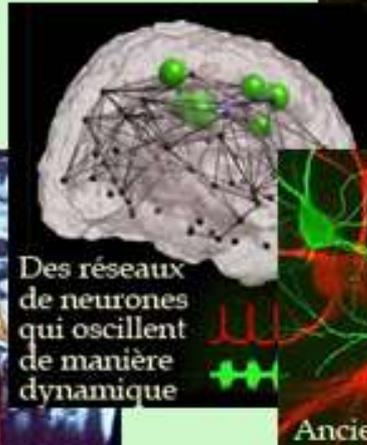
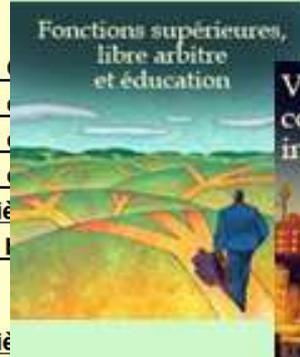
(cliquez ici pour les détails)



Dix cours gratuits sur le « cerveau-corps » avec du contenu publié sur ce blogue !

2015

École des profs de l'Université du troisième âge



Des réseaux de neurones qui oscillent de manière dynamique

Ancienne et nouvelle

2016

Université du troisième âge



Université du troisième âge

Accueil Programmes Bénévolat UTA en bref L'UTA et vous... Étudiants Professeurs Partenaires Personnel Nous joindre



2017

Université du troisième âge



2018



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



2020

Recherche -> blogue

Billets par catégorie



Abonnez-vous !

**NOUVELLES
RÉCENTES
SUR LE CERVEAU**



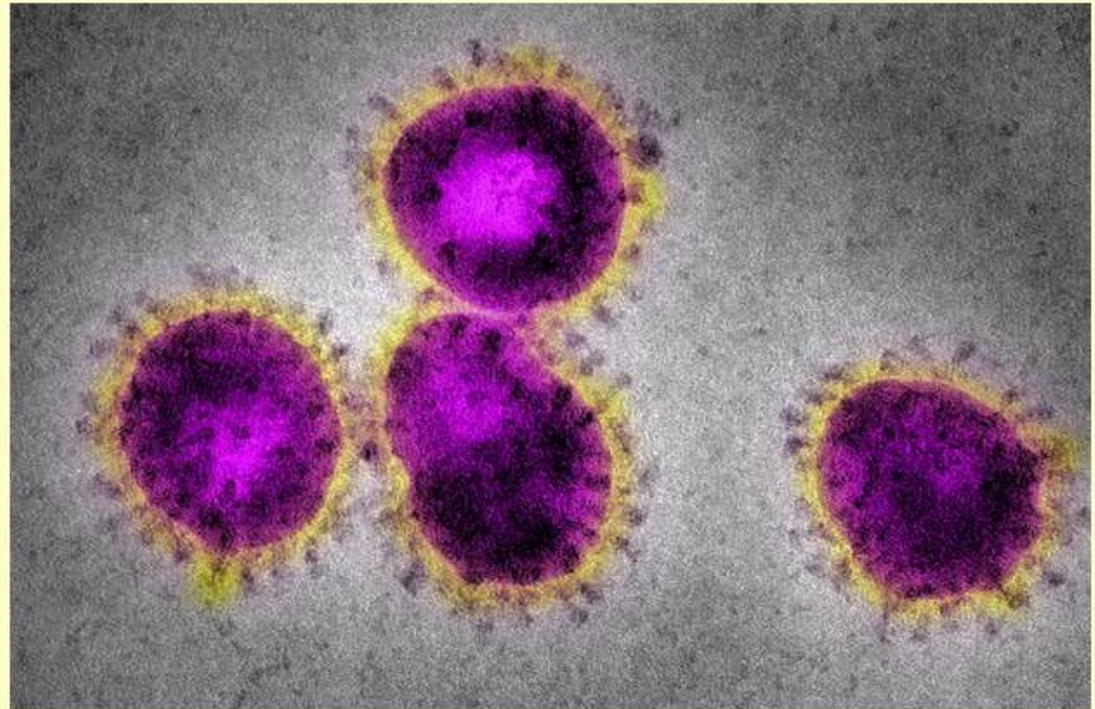
Deric Bownds'
Mindblog



Music can be infectious
like a virus - the same
mathematical model
works for both

lundi, 16 mars 2020

Ces très petits êtres qui bouleversent nos vies



Recherche -> blogue

Billets par catégorie

 Abonnez-vous !

NOUVELLES
RÉCENTES
SUR LE CERVEAU 

Deric Bownds'
Mindblog 

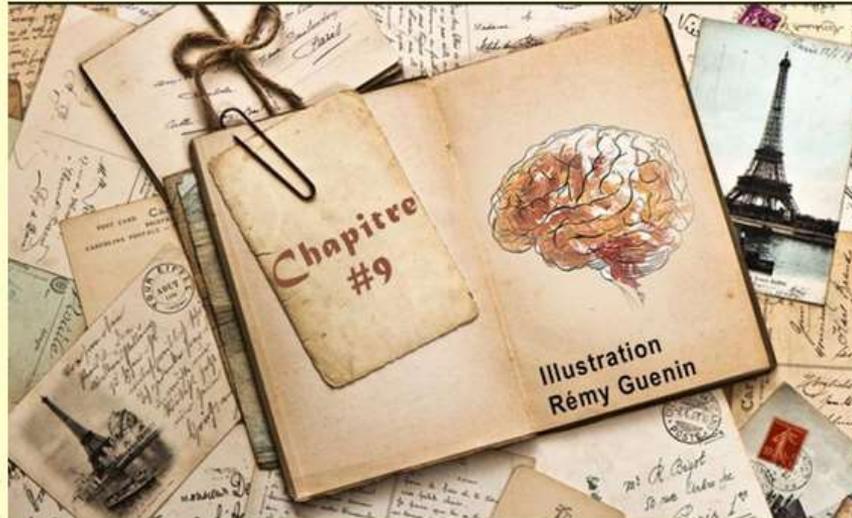
How nature nurtures

Machine learning is
translating the
languages of animals

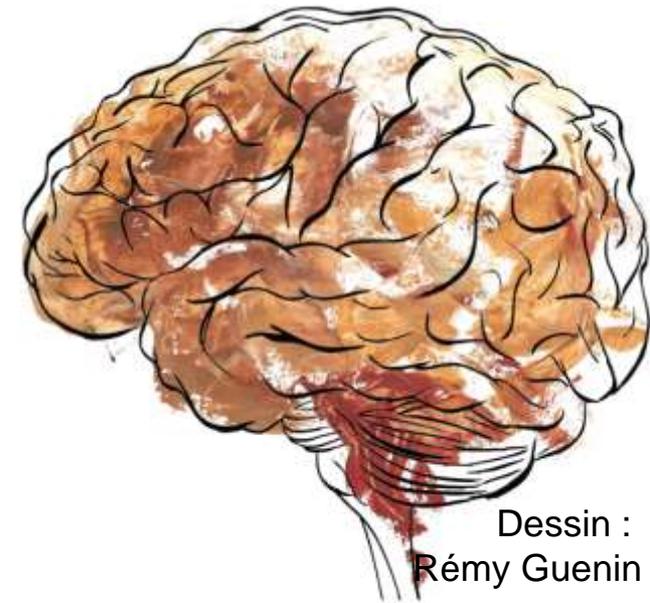
Lasting improvements
in seniors' working and

lundi, 19 septembre 2022

Journal de bord de notre cerveau à tous les niveaux : le langage comme « couplage linguistique » (un air connu..



Je passe toujours l'essentiel de mon temps professionnel à la relecture réécriture des chapitres de mon bouquin. Je vous reviens donc aujourd'avec mon petit « journal de bord » de ce travail sur ce livre **commencé janvier dernier** dans la foulée du **20^e anniversaire du Cerveau à tous les niveaux** et qui permet de vous donner une idée de l'avancement du pro. Après mon « journal de bord » sur les chapitres **un, deux, trois, quatre, six, sept** et **huit**, voici donc celui sur le neuvième chapitre qui porte sur l langage.



Notre cerveau à tous les niveaux

D'habitude, je rappelle aussi, avant de commencer :

1) Je ne suis pas médecin. Je ne suis pas spécialiste.

Je suis un « **généraliste** ».



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 10h ou 20h de cours, on ne pourra donner qu'une image bien partielle.

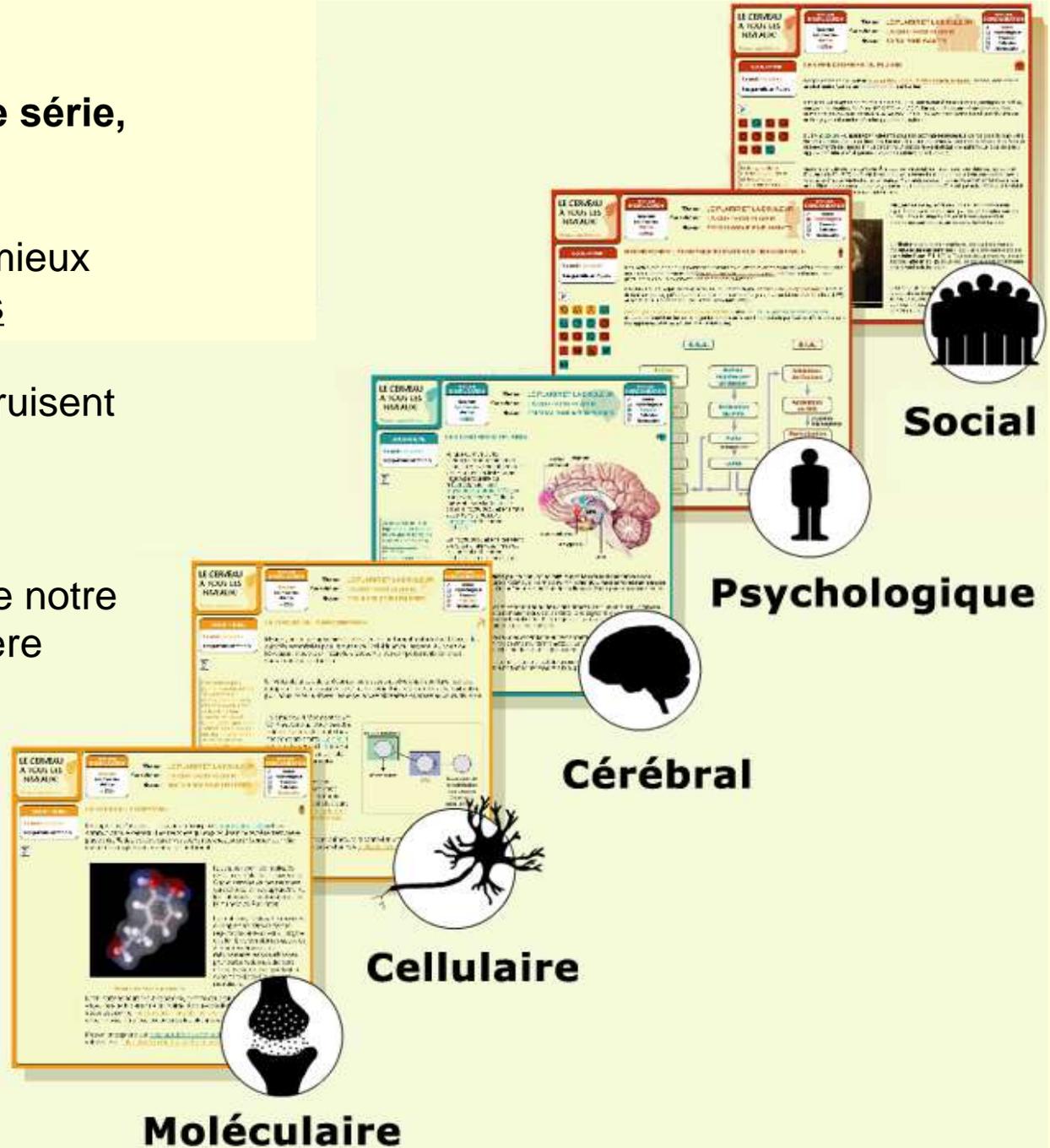
L'idée de toute cette série,

c'est d'essayer de
comprendre un peu mieux
ce que nous sommes

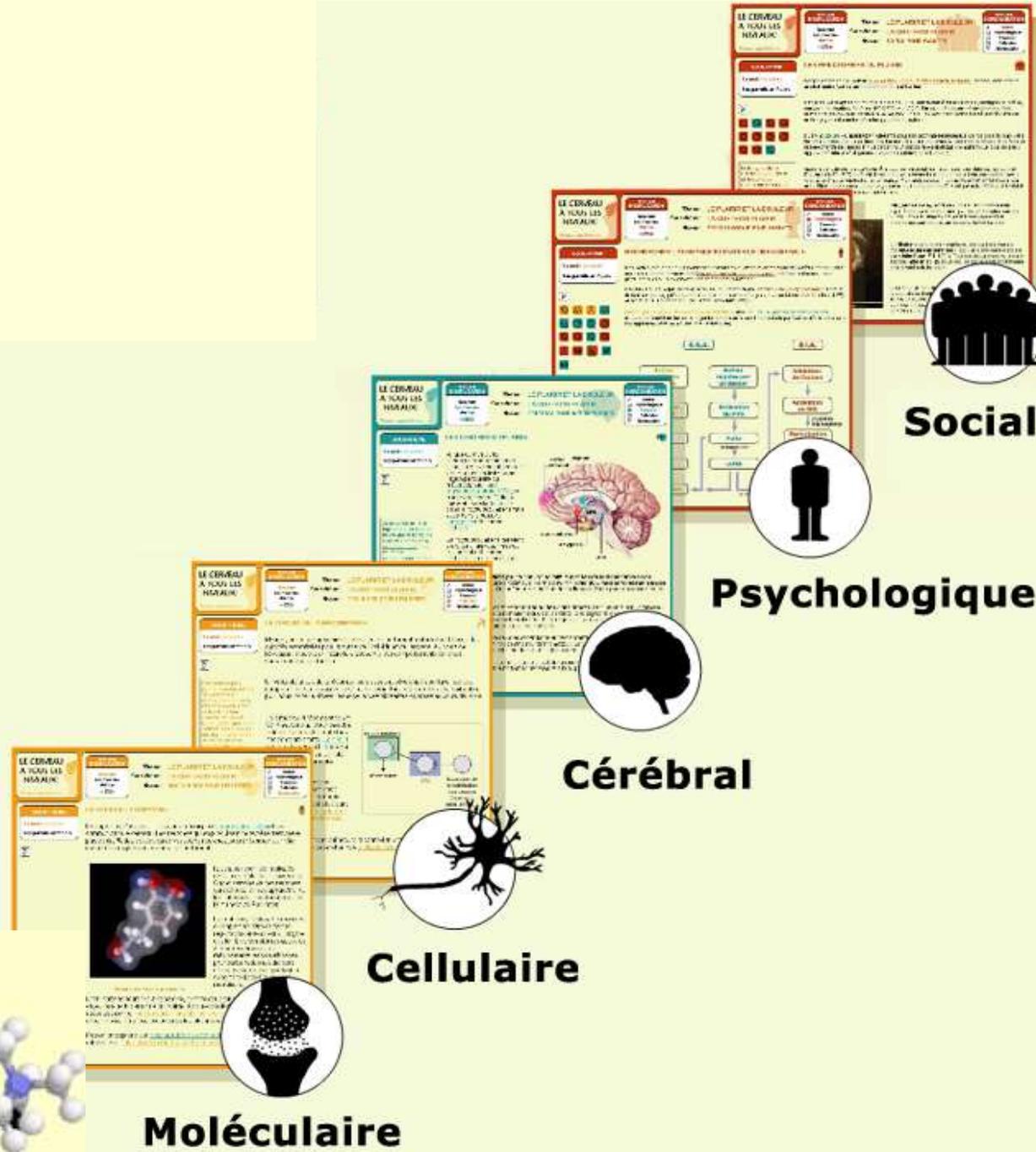
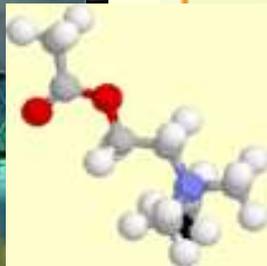
et comment se construisent
nos connaissances
sur le monde,

comment se constitue notre
psychologie particulière
d'être humain,

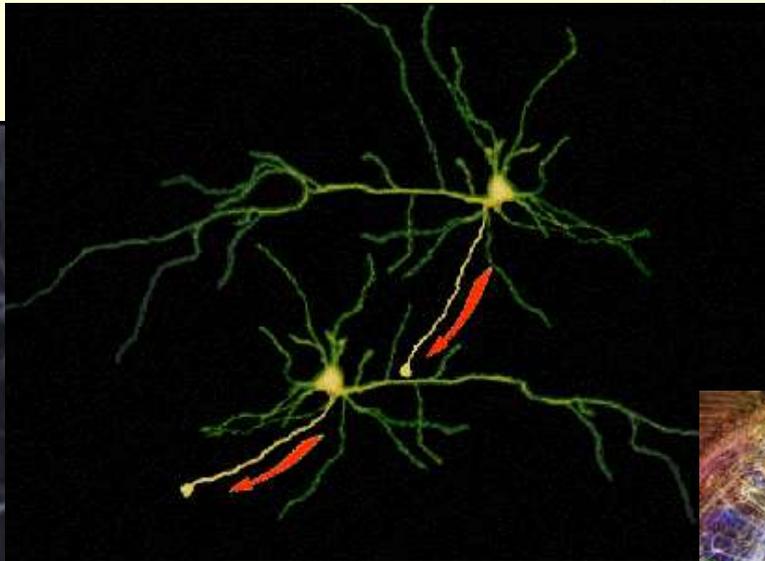
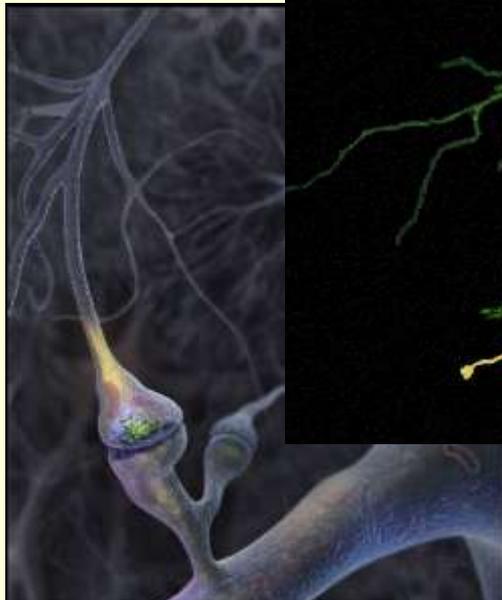
et comment tout ça
nous amène à avoir
la vie sociale que
nous avons et
les cultures dans
lesquelles nous
vivons.



ce que nous sommes



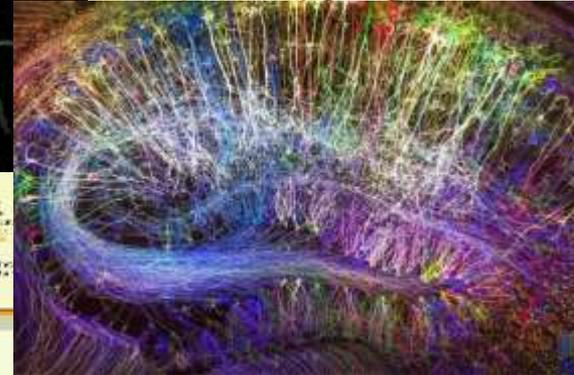
comment se construisent nos connaissances



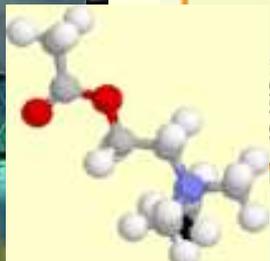
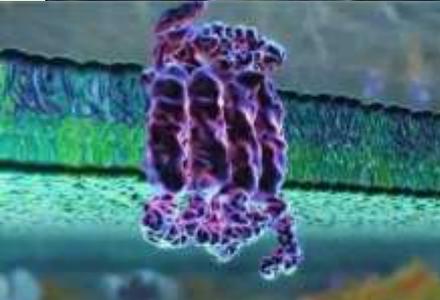
Social



Psychologique

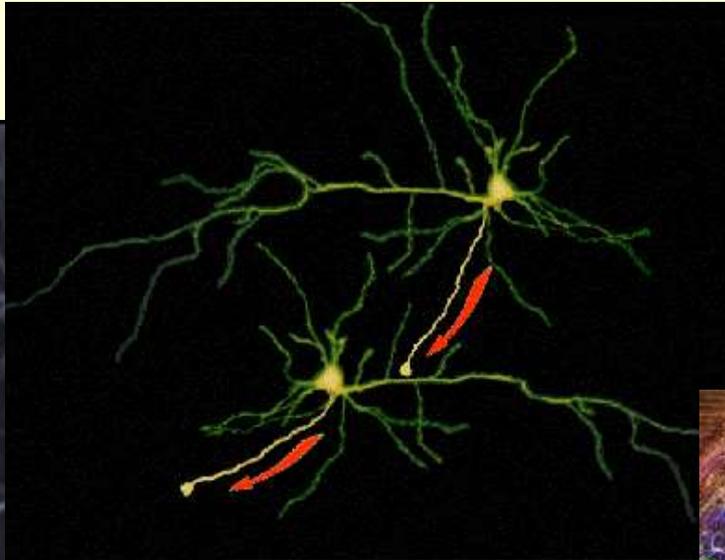
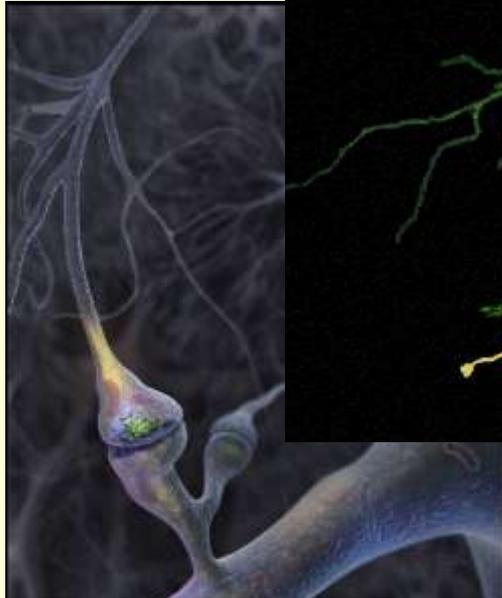


Cellulaire



Moléculaire

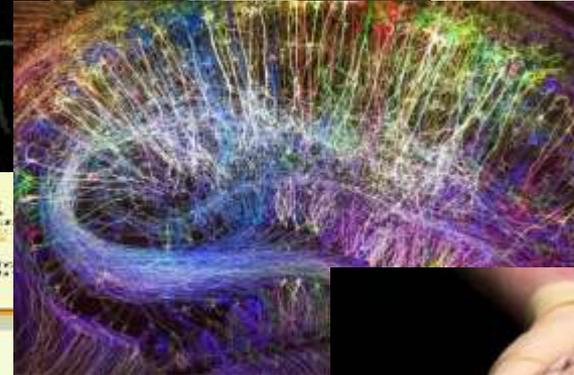
comment se constitue notre psychologie



A diagram titled 'Social Psychology' showing a flowchart of social processes. It includes a group of people icon at the top, a person icon at the bottom, and a central flowchart with boxes for 'Social Interaction', 'Social Cognition', 'Social Influence', and 'Social Change'. The diagram is surrounded by text boxes containing definitions and examples of social psychological concepts.

Social

Psychologique



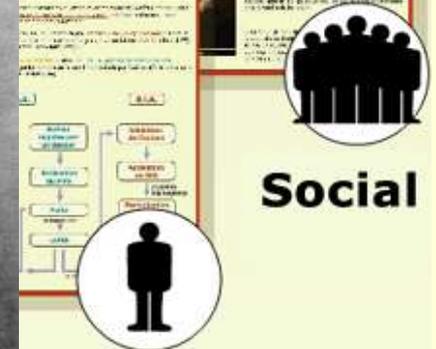
Cellulaire

A diagram illustrating molecular biology. It features a ball-and-stick model of a molecule, a circular inset showing a cross-section of a cell membrane, and text boxes explaining molecular processes. The text includes terms like 'molécule', 'cellule', and 'membrane'.

Moléculaire

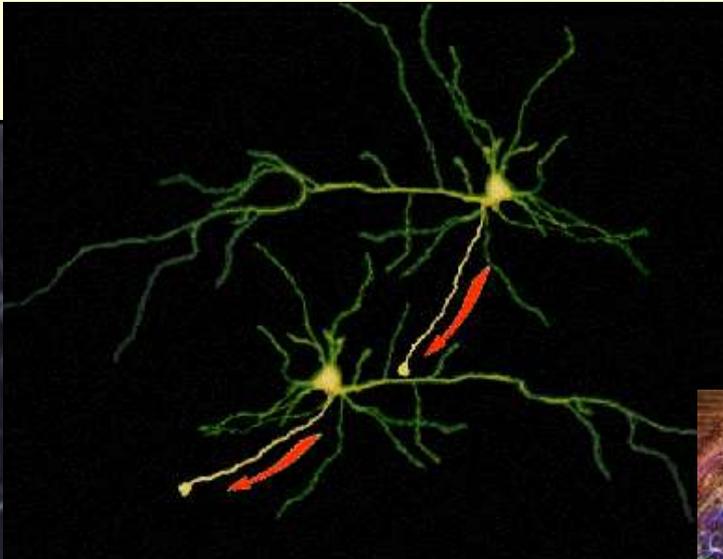


la vie sociale et les cultures

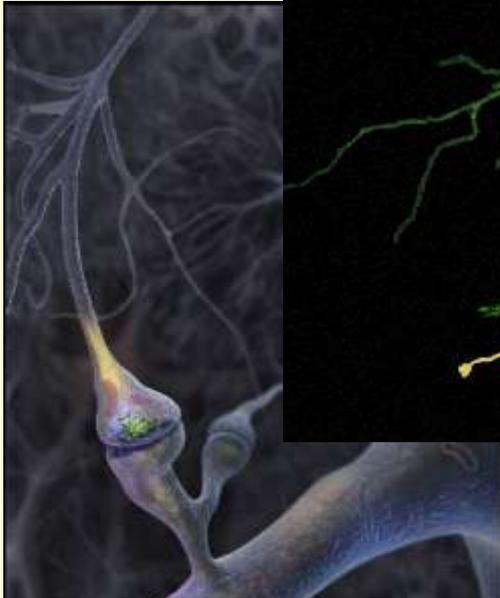


Social

Psychologique



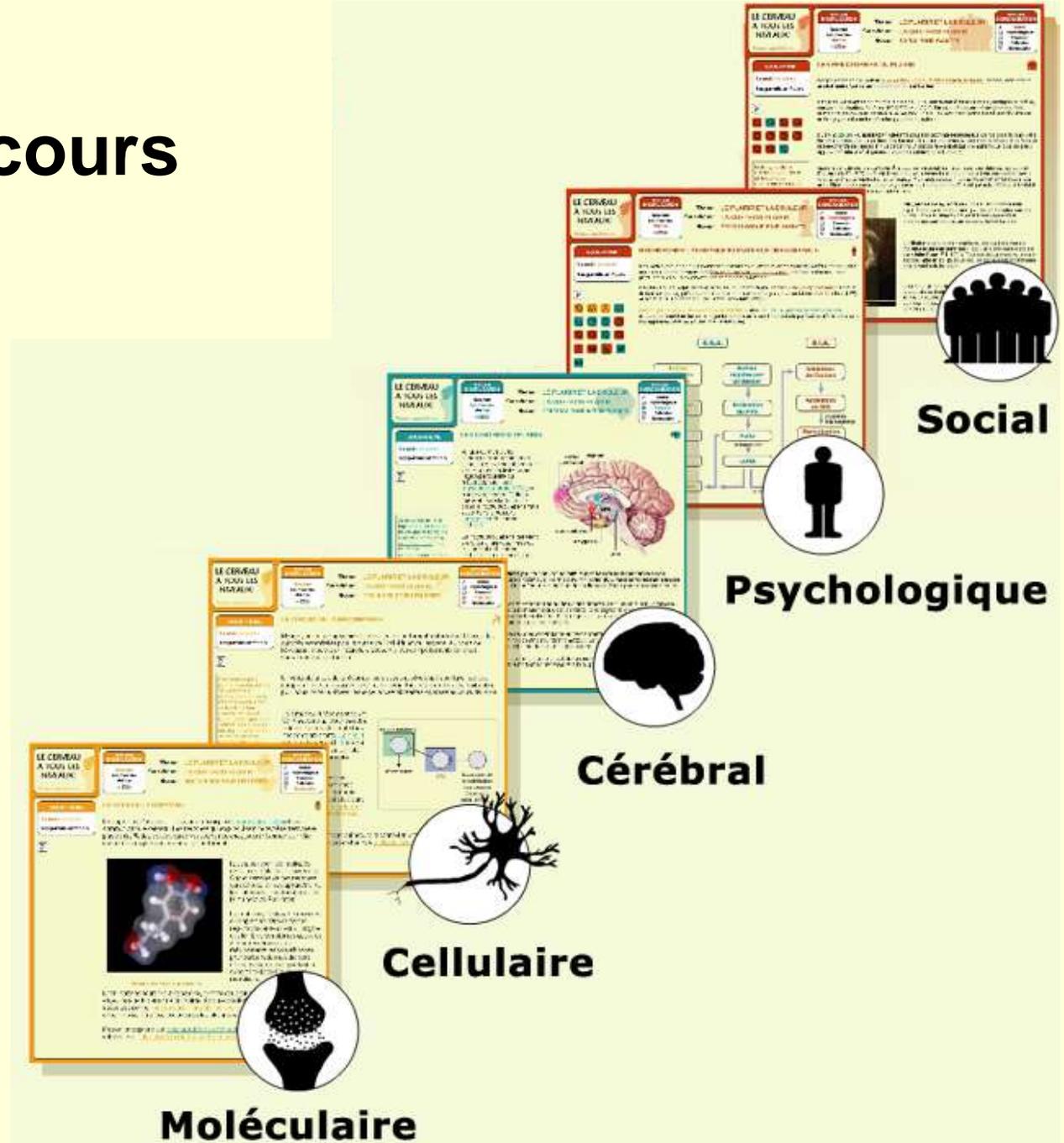
Cellulaire



Moléculaire

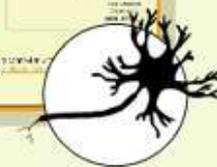
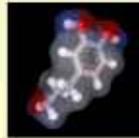
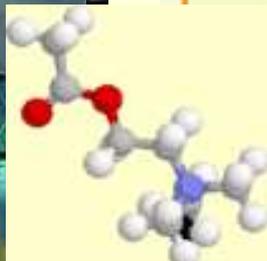
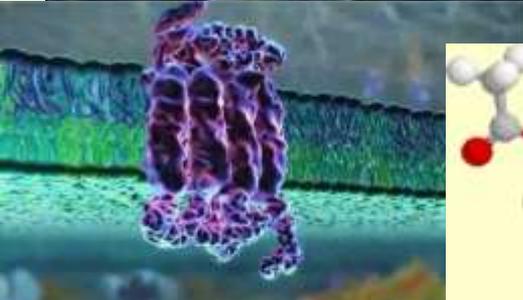
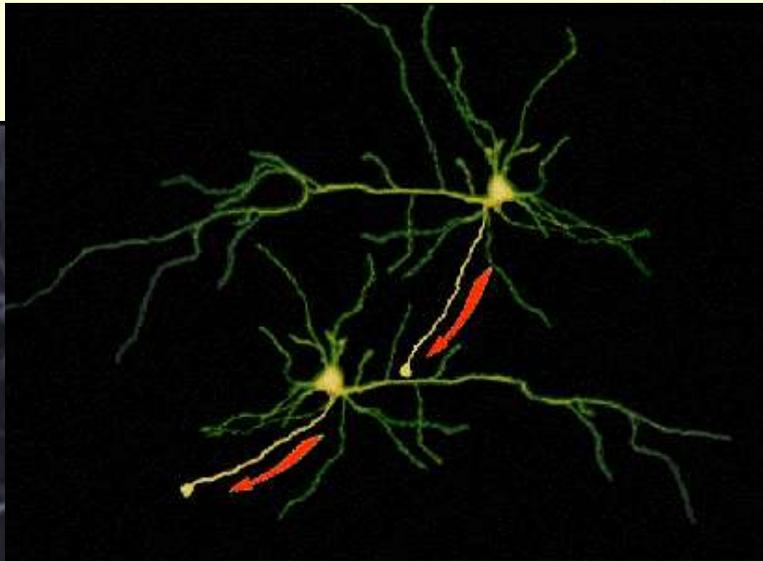


Plan du cours



Cours 1: Évolution et émergence des systèmes nerveux

Un neurone, deux neurones : la communication neuronale



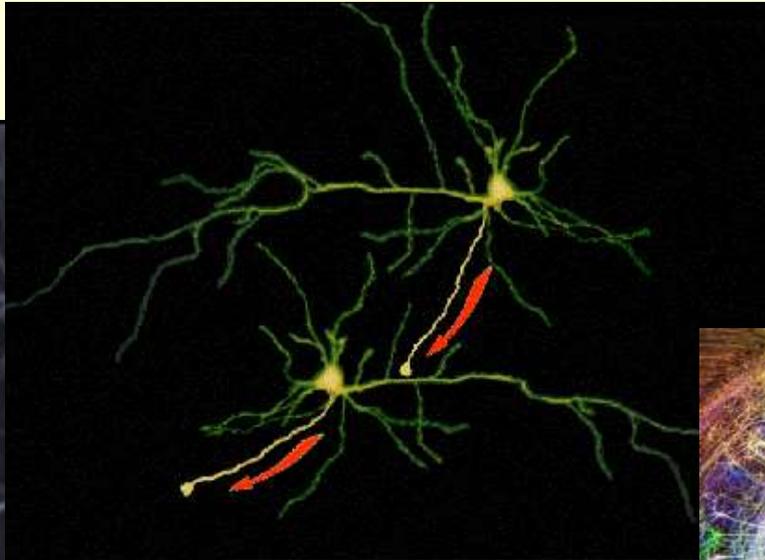
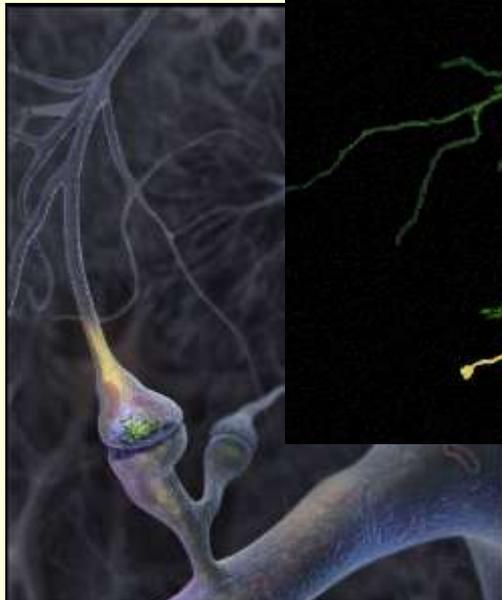
Cellulaire

Cérébral

Psychologique

Social

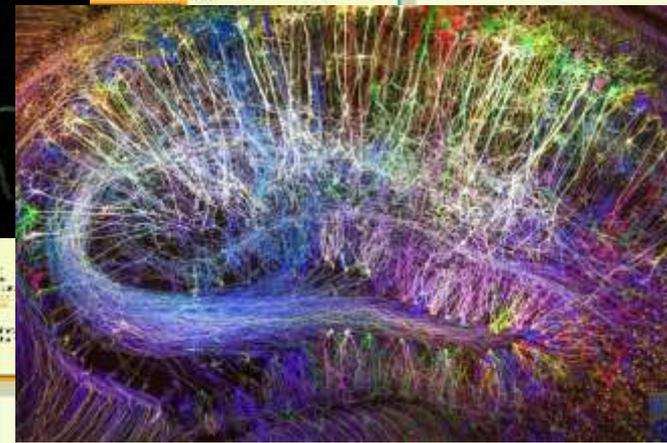




Social



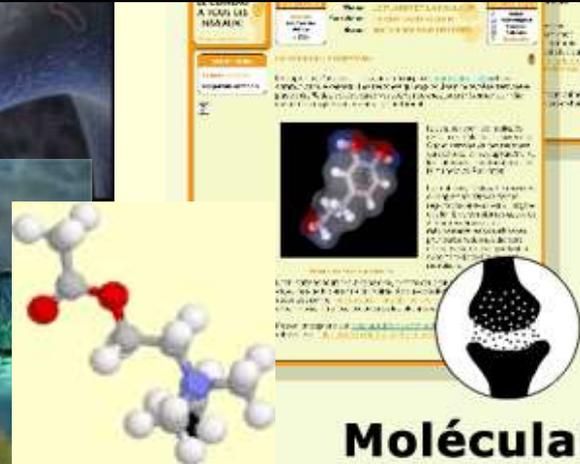
gique



Cellulaire

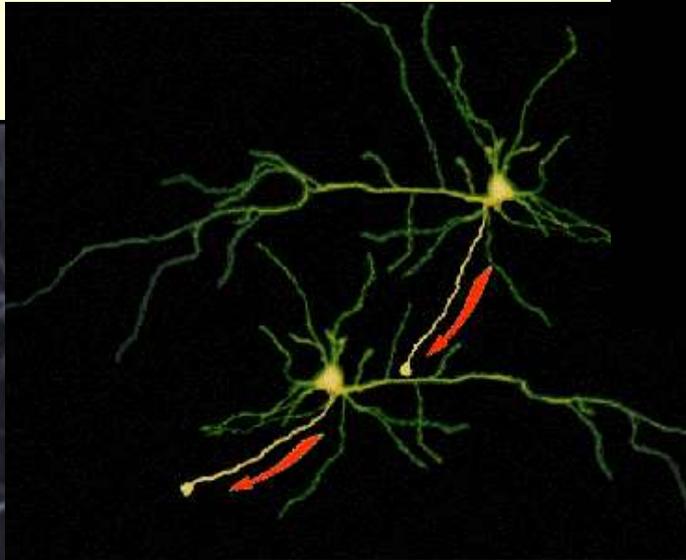
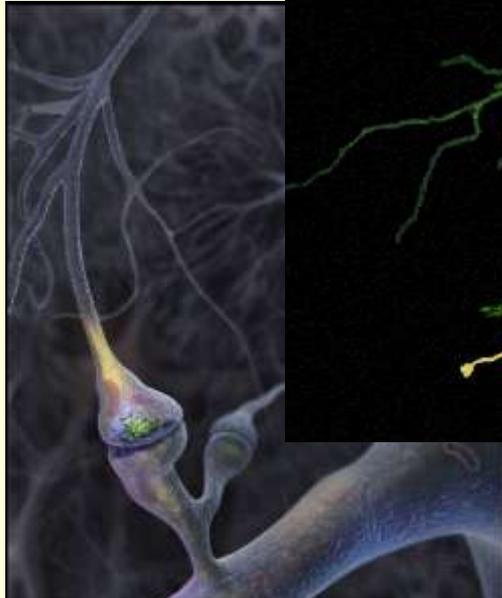
Cours 2:

Des milliers et des millions de neurones : Nos mémoires et leurs structures cérébrales associées



Moléculaire

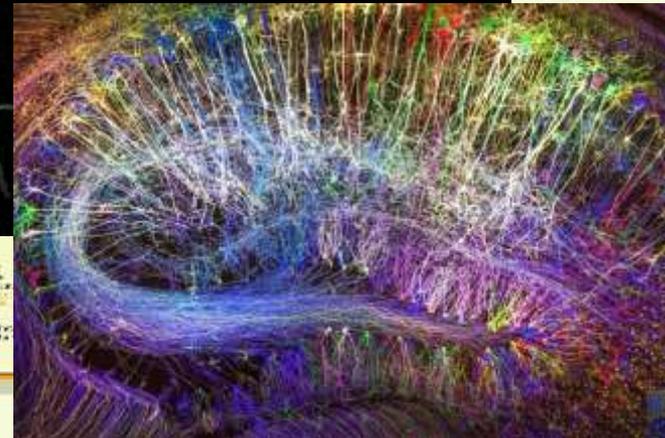
Cours 3 : Nos réseaux de milliards de neurones et leur activité dynamique : l'exemple de l'éveil, du sommeil et du rêve



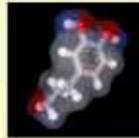
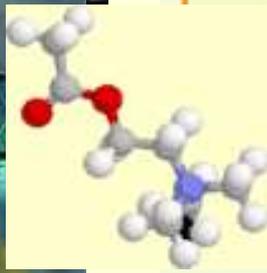
Social



gique



Cellulaire



Moléculaire

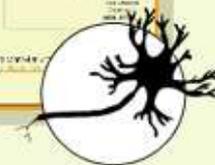


Psychologique

Cours 4:
Les « fonctions supérieures » :
prise de décision,
concept,



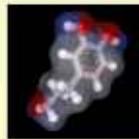
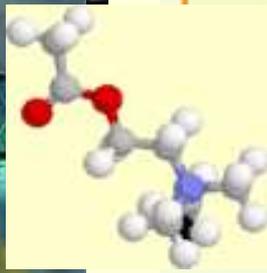
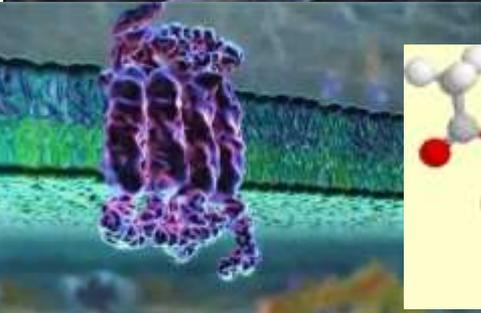
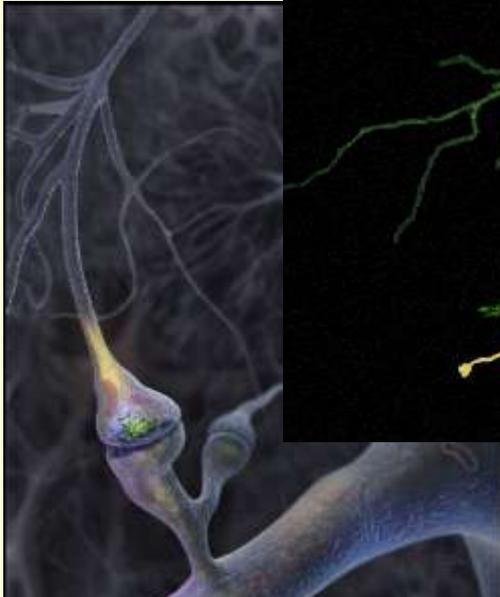
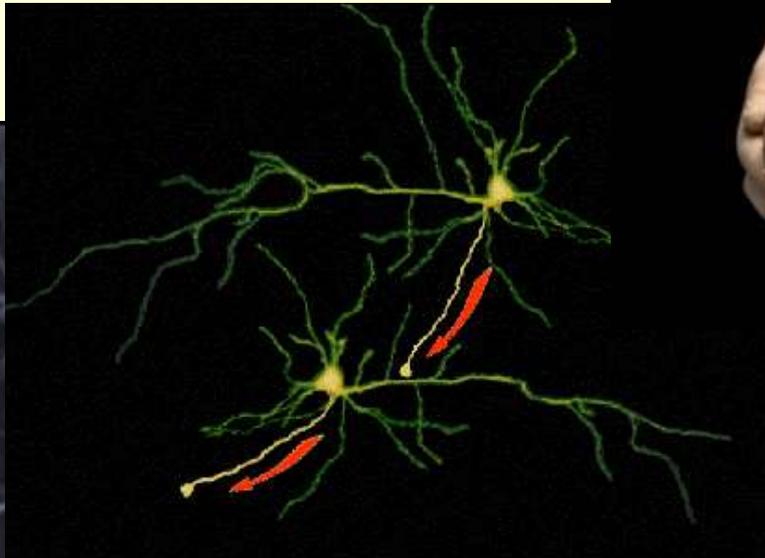
Cérébral



Cellulaire



Moléculaire



LE CERVEAU
A TOUTES LES
HEURES

Plan du cours

- Cours 1: Évolution et émergence des systèmes nerveux**
Un neurone, deux neurones : la communication neuronale
- Cours 2: Des milliers et des millions de neurones :**
Nos mémoires et leurs structures cérébrales associées
- Cours 3 : Nos réseaux de milliards de neurones et leur activité dynamique :**
l'exemple de l'éveil, du sommeil et du rêve
- Cours 4: Les « fonctions supérieures » : prise de décision, concept,**
analogie, attention, conscience, etc.

Cours 1:

A- Évolution et émergence des systèmes nerveux



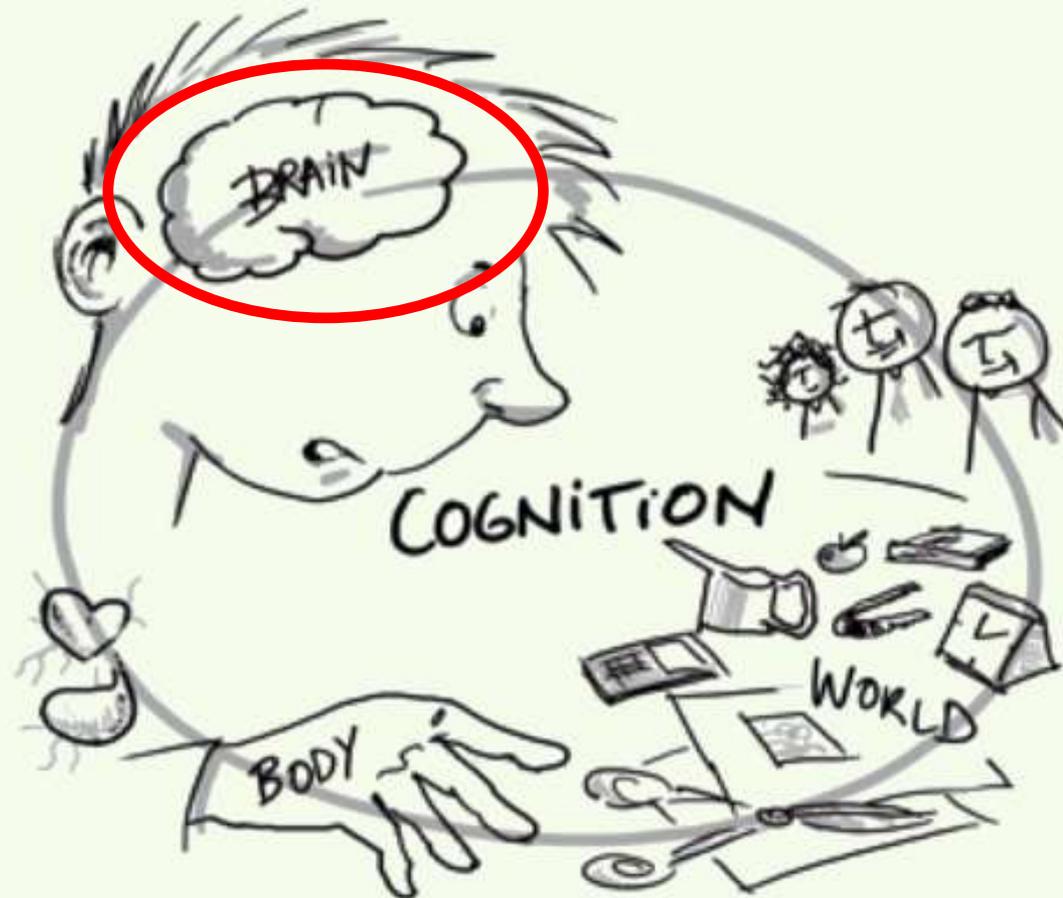
Le cerveau est le siège de ces fonctions supérieures et inférieures.
Poussin

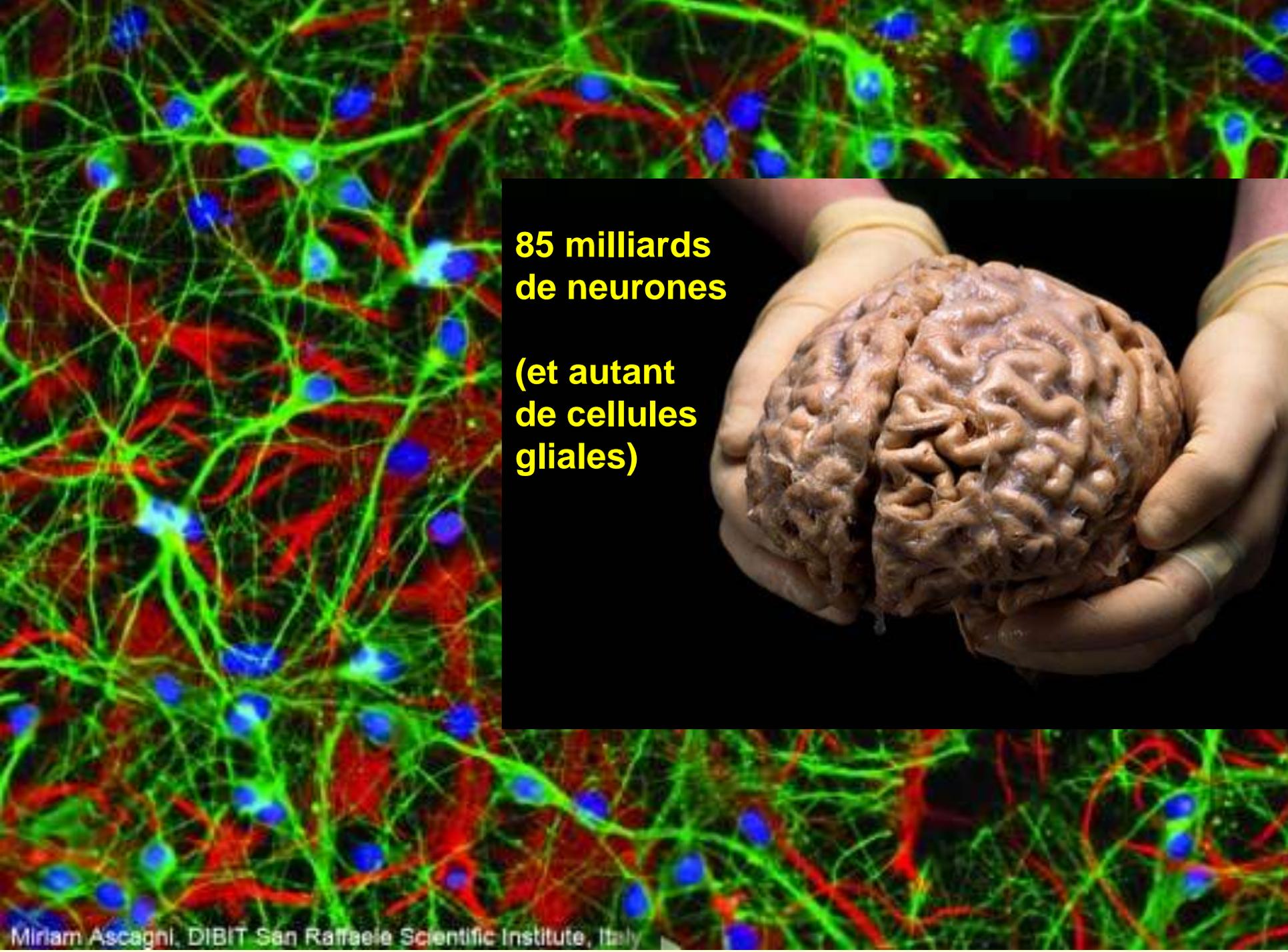
Petit Palais.

B- Un neurone, deux neurones : la communication neuronale



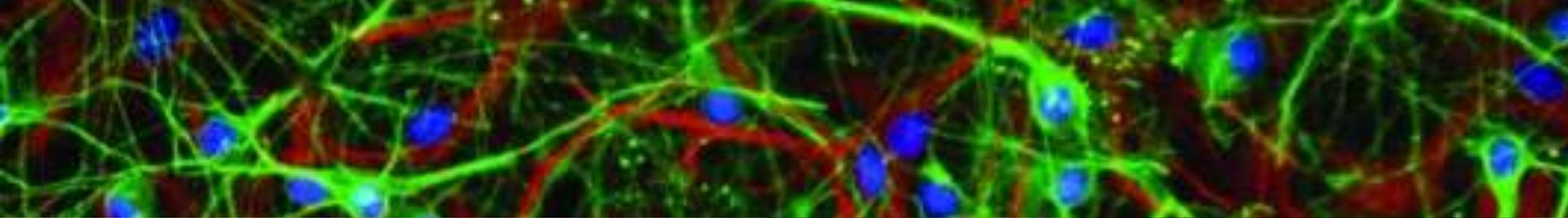
Cerveau – Corps - Environnement



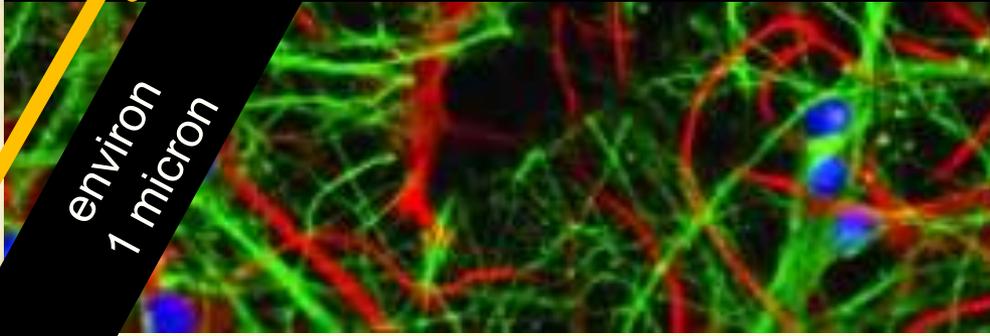
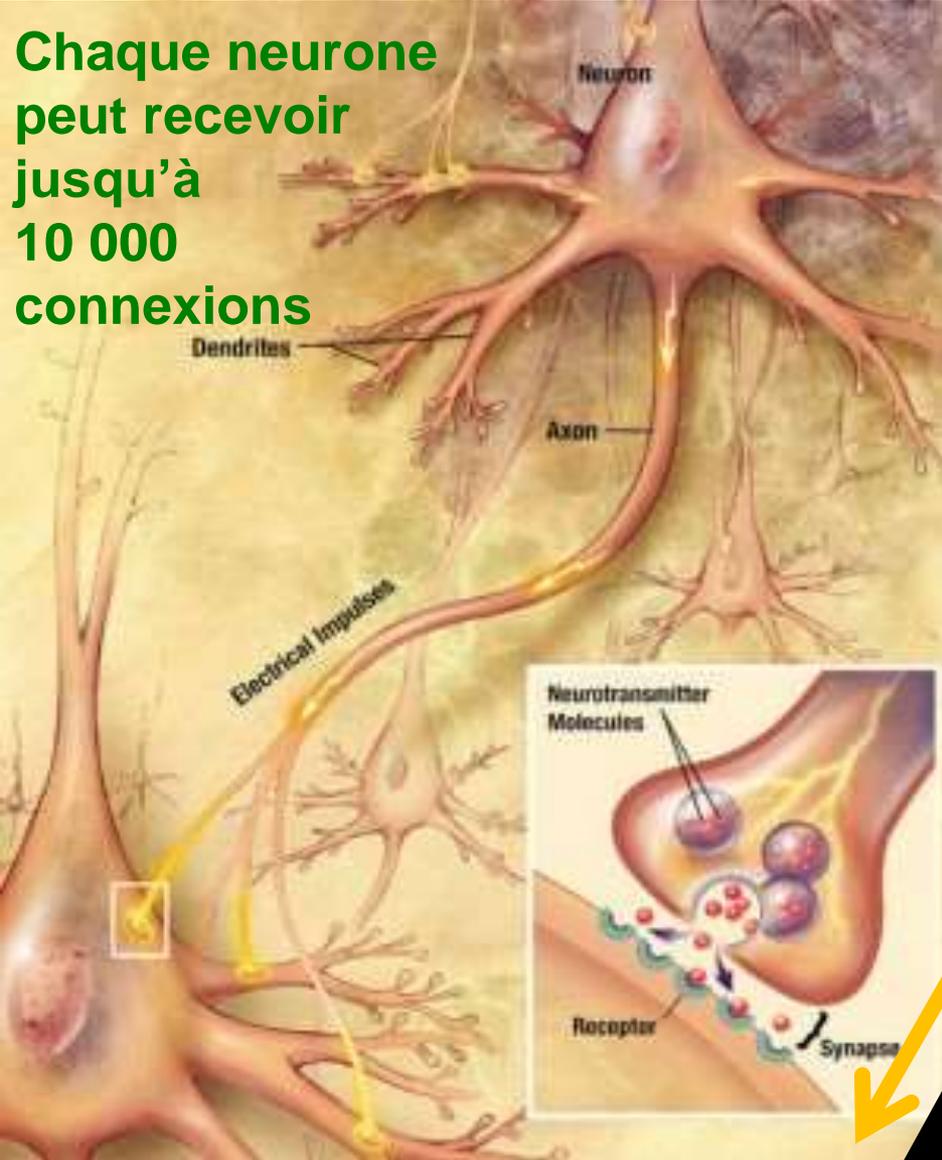


**85 milliards
de neurones**

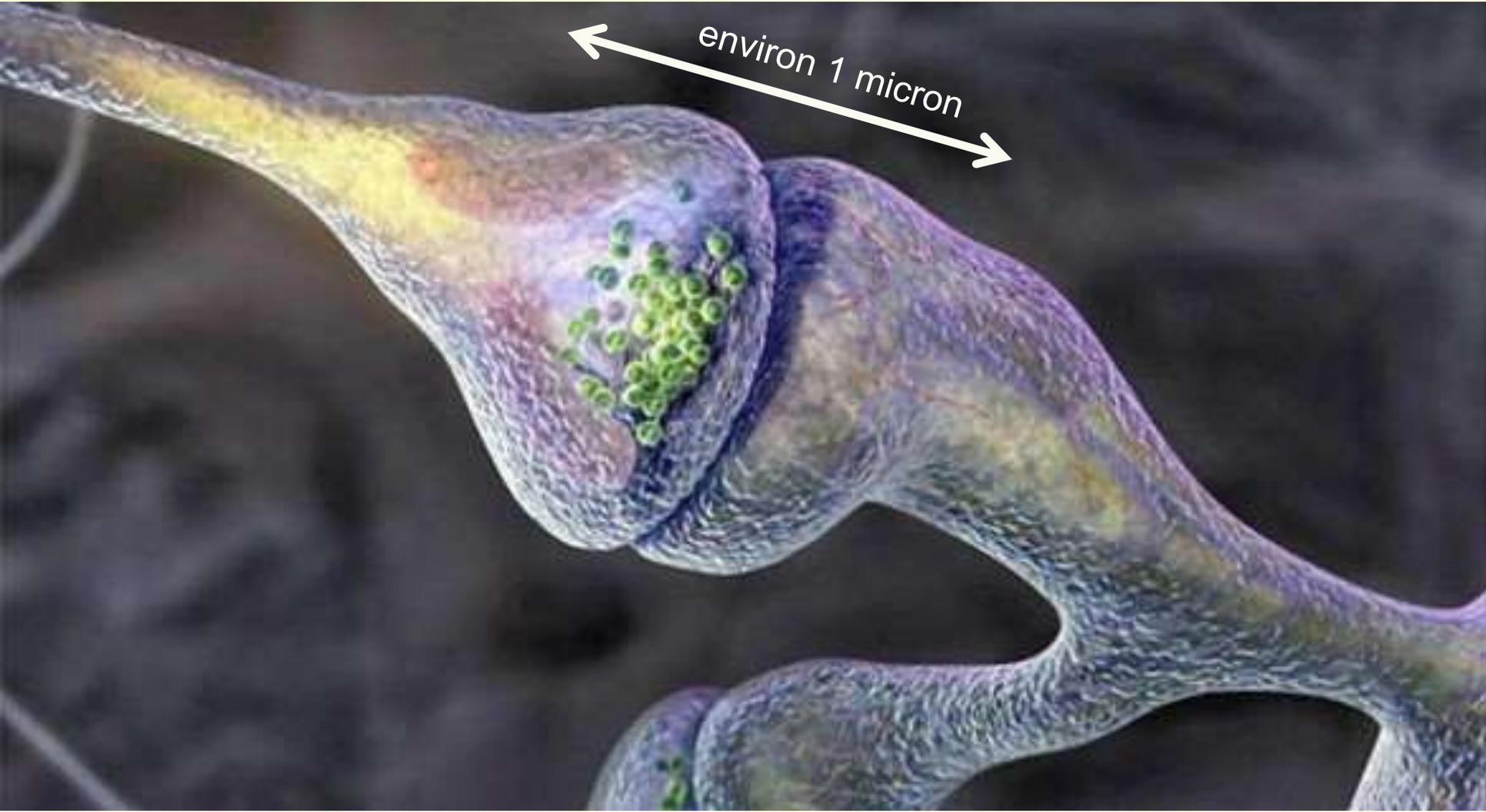
**(et autant
de cellules
gliales)**



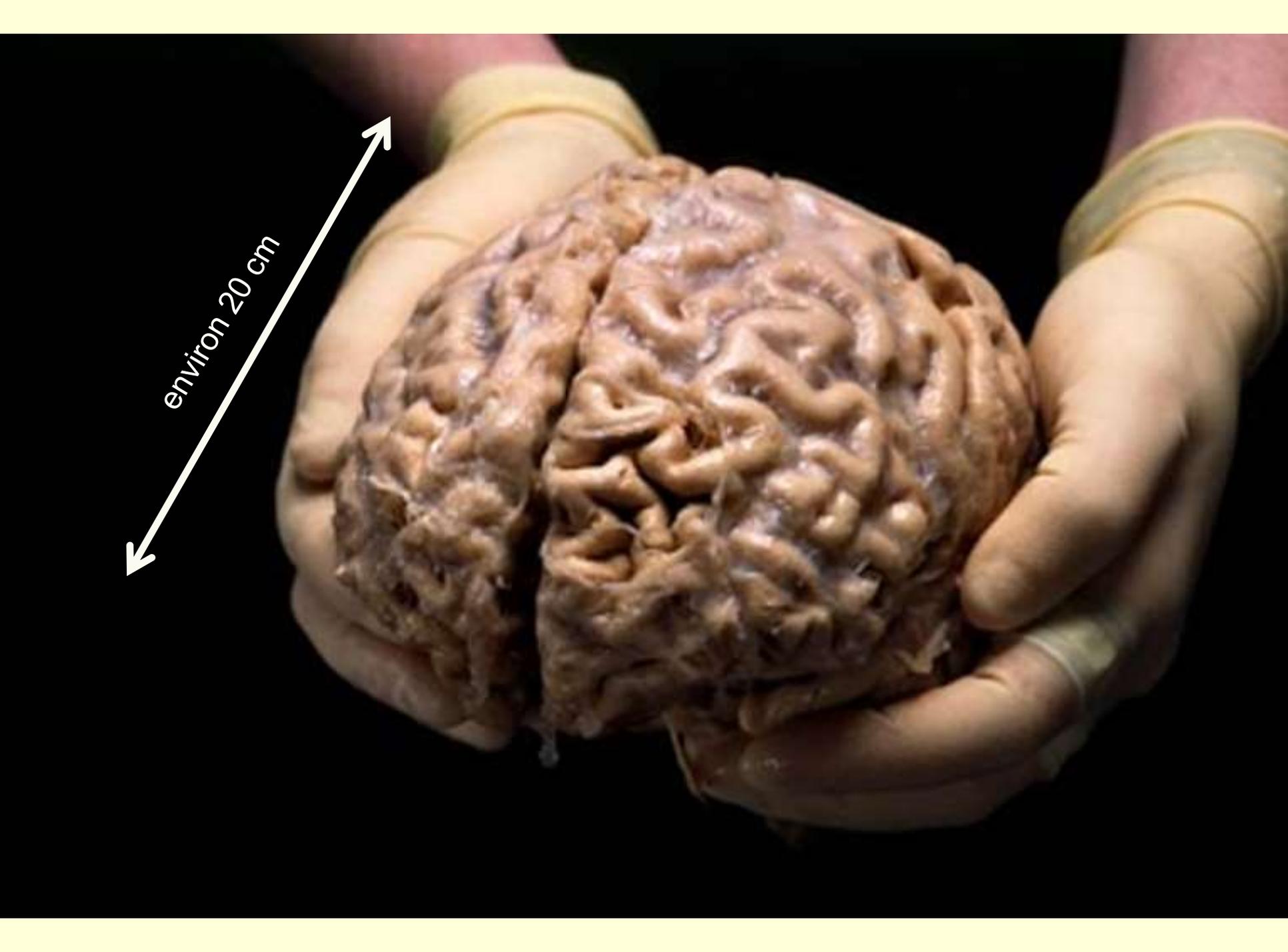
Chaque neurone
peut recevoir
jusqu'à
10 000
connexions



environ
1 micron

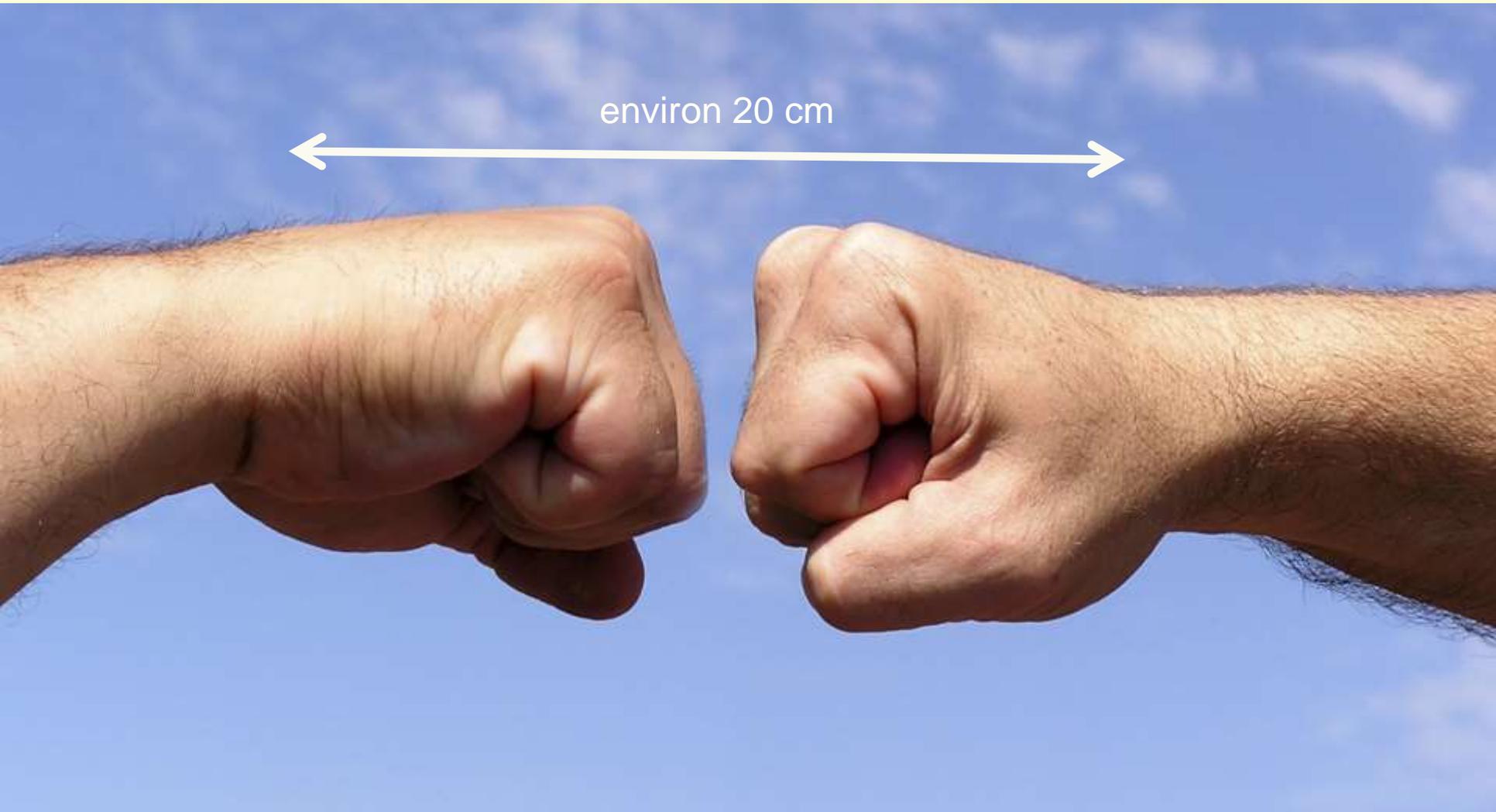


environ 1 micron

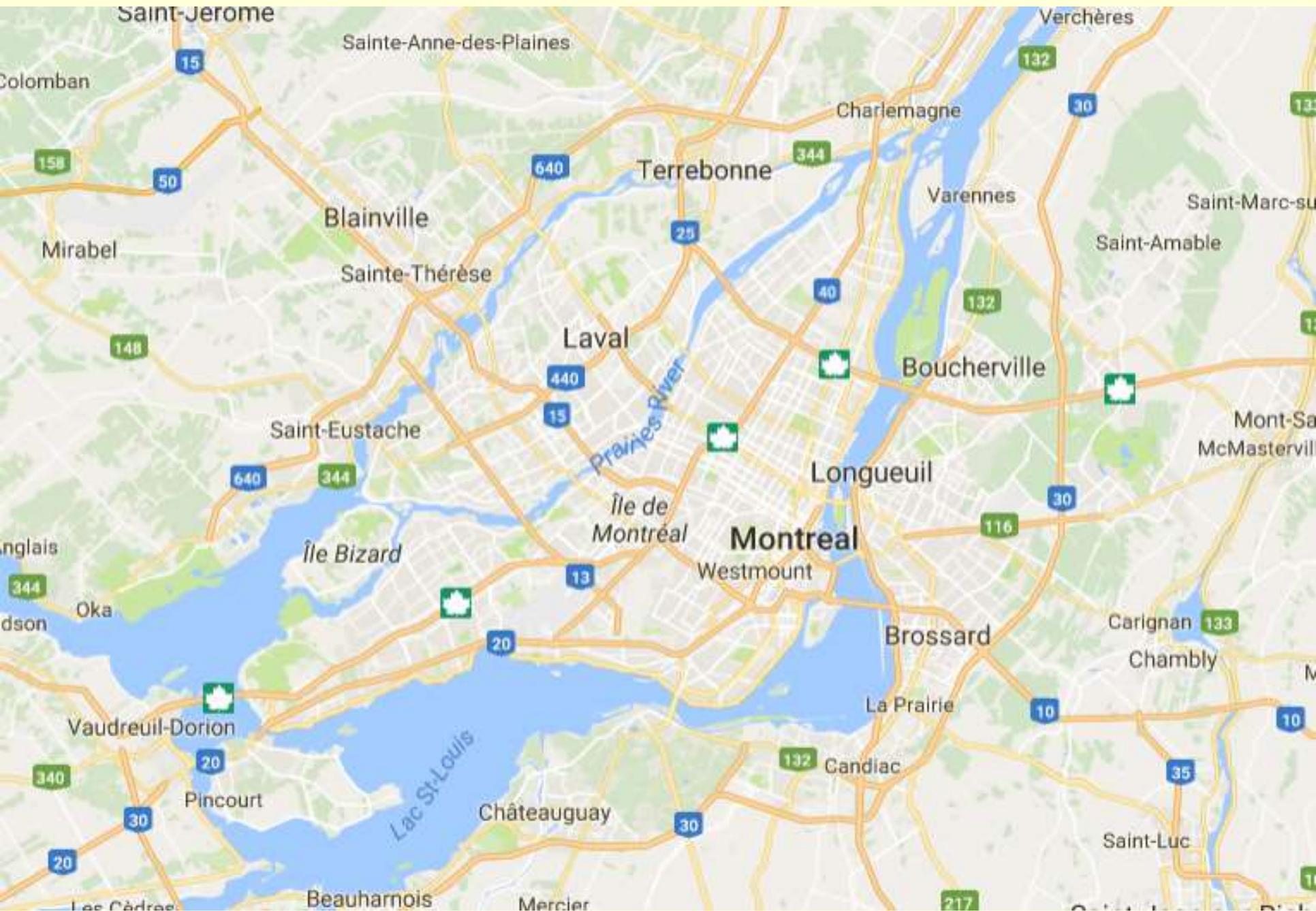
A photograph of a human brain held in two gloved hands. The brain is the central focus, showing its characteristic convoluted surface. The hands are wearing light-colored, possibly latex, gloves. A white double-headed arrow is drawn across the image, spanning the width of the brain. The text "environ 20 cm" is written along the arrow, indicating the approximate size of the brain.

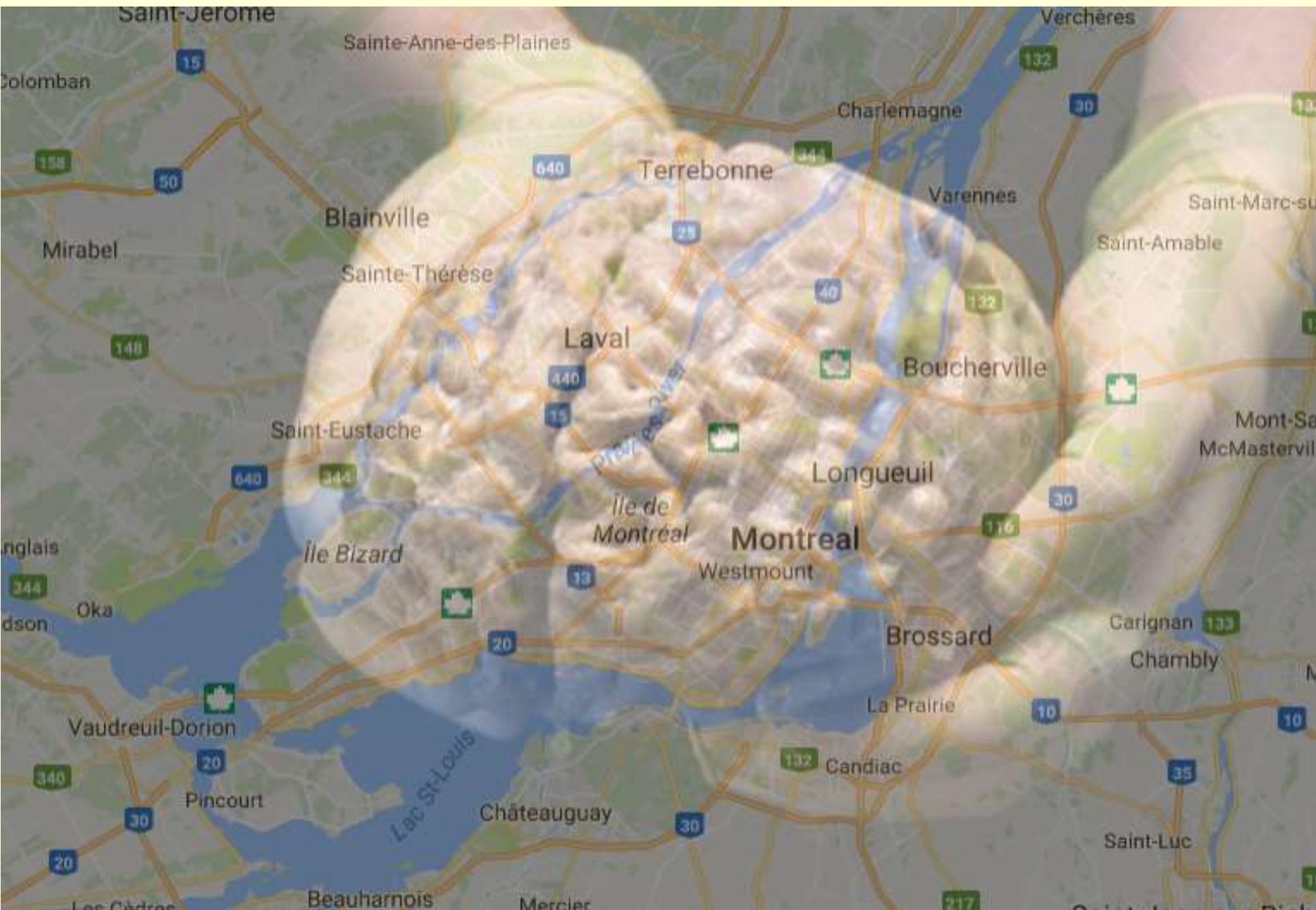
environ 20 cm

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



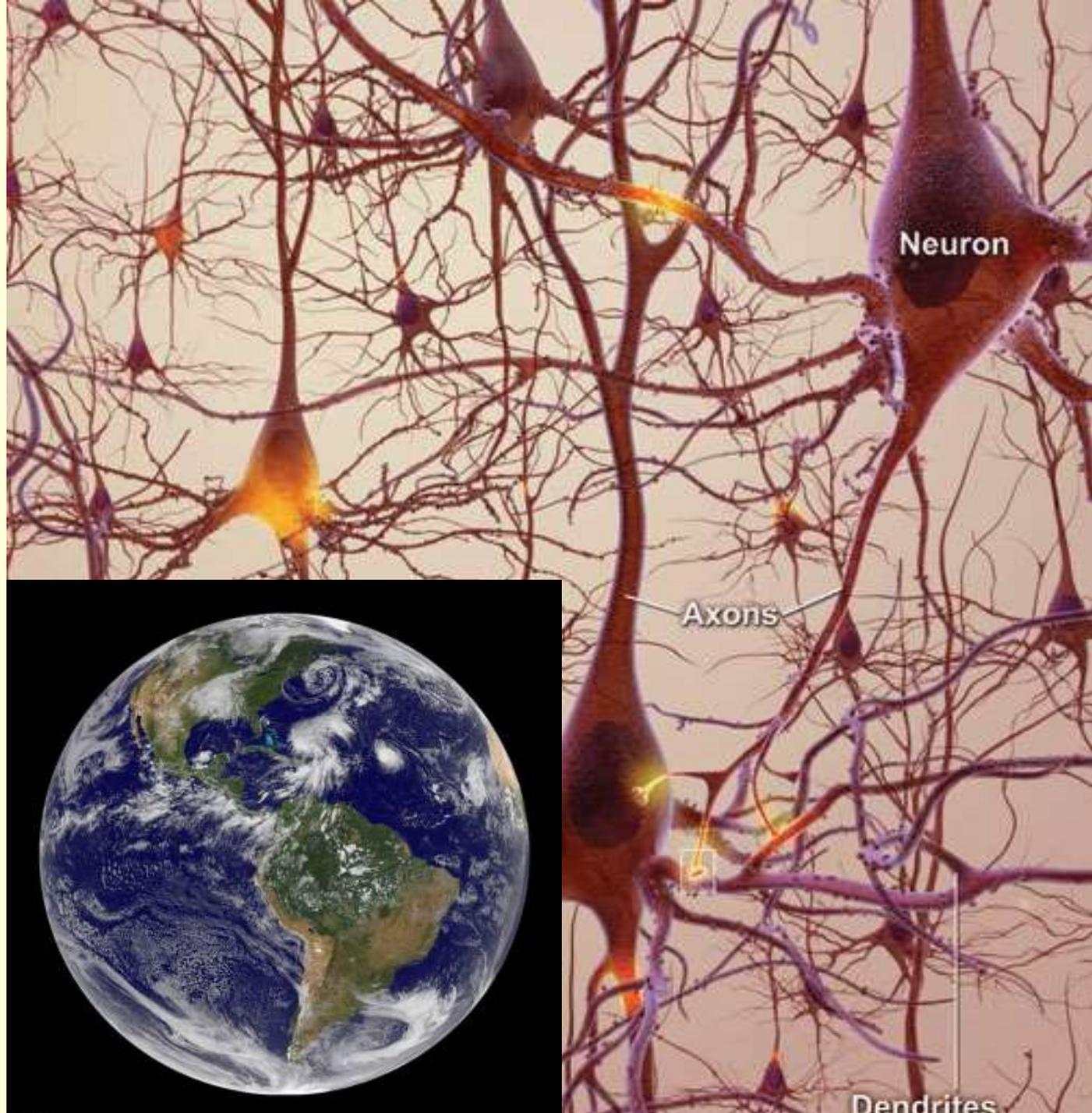
Alors : $0,2 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} / 0,000\ 001 \text{ m} = 40\ 000 \text{ m} = \mathbf{40 \text{ km}}$



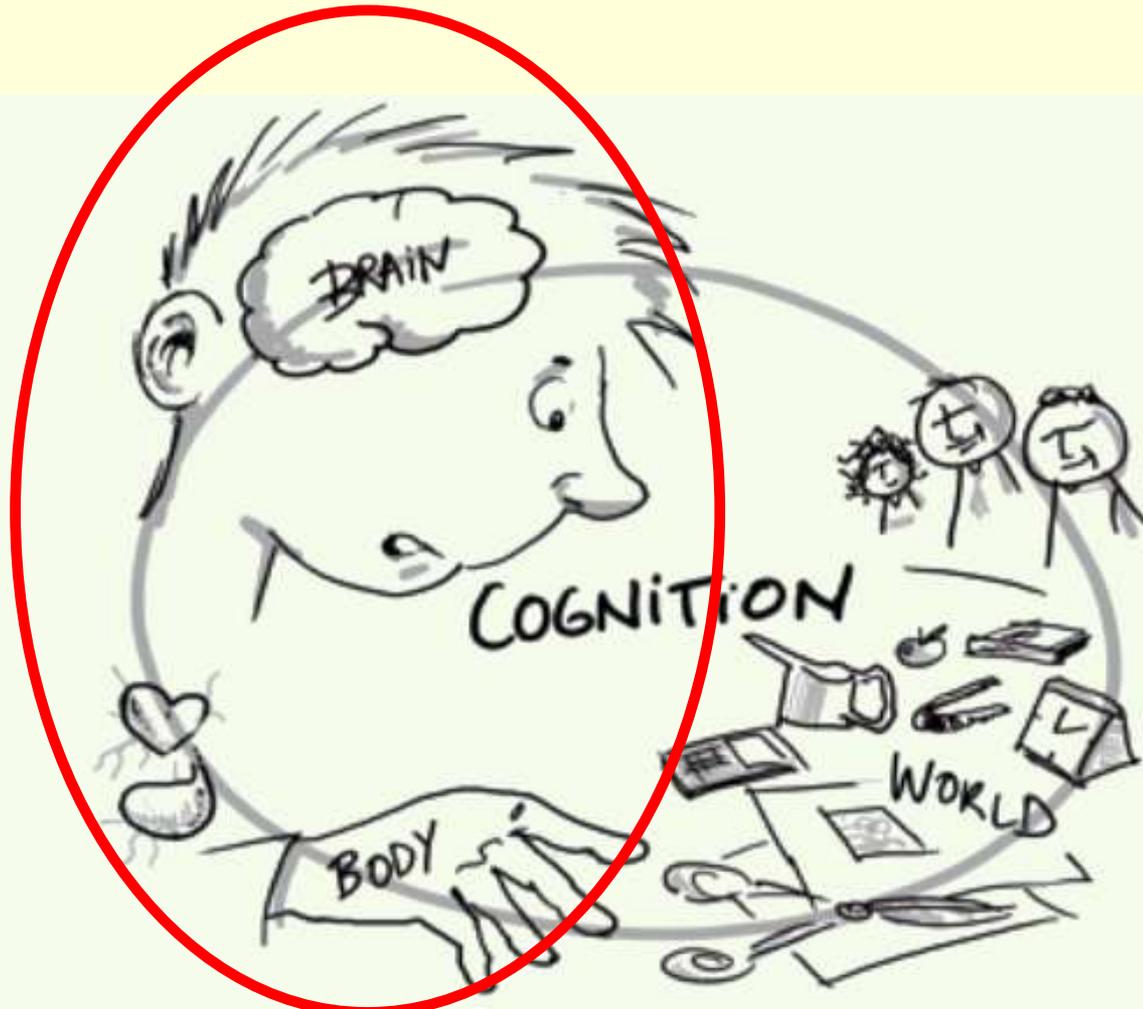


Et si on mettait
bout à bout tous
ces petits câbles,

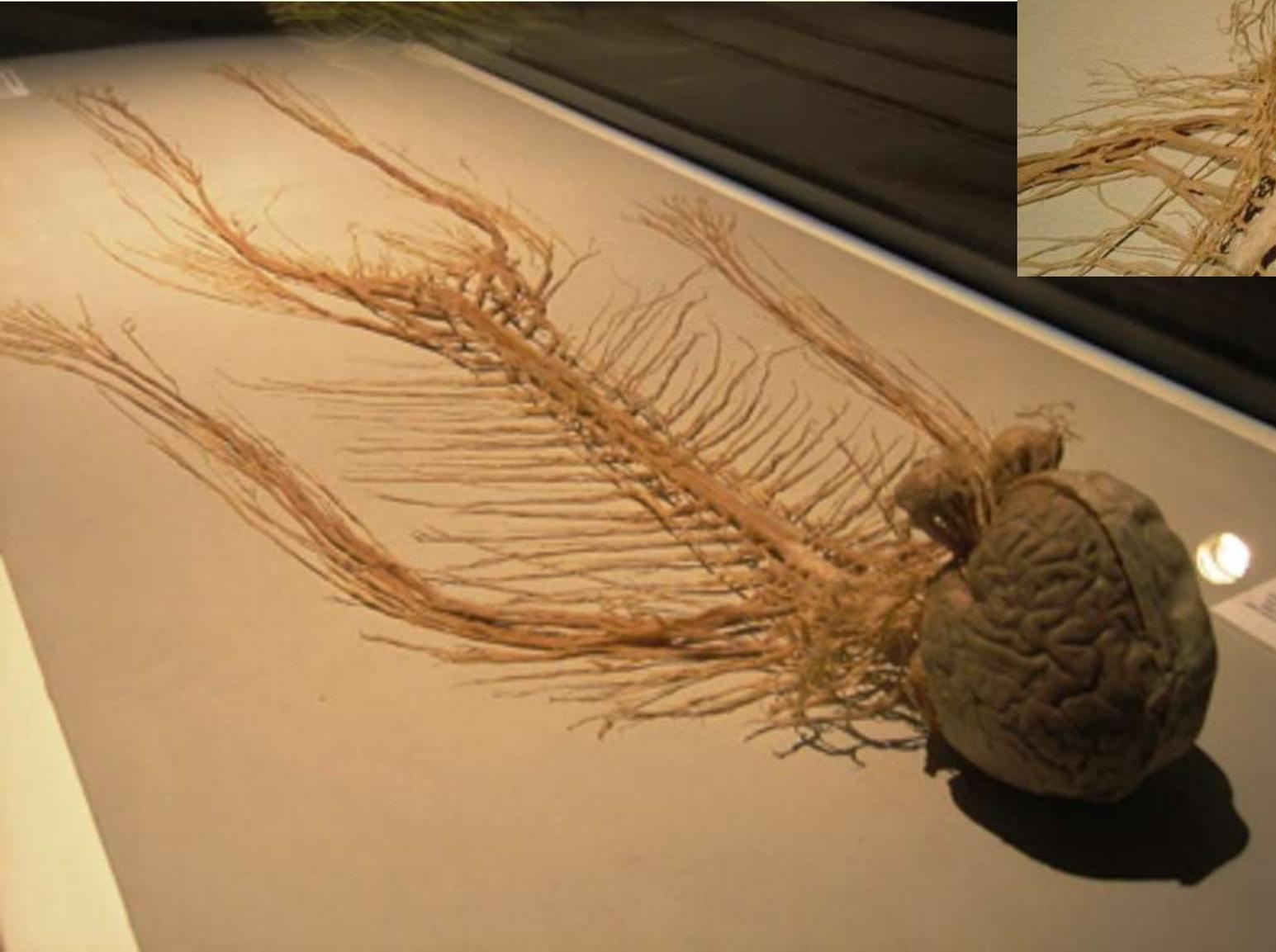
on a estimé
qu'on pourrait
faire plus de
**4 fois le tour
de la Terre**
avec le contenu
d'un seul cerveau
humain !

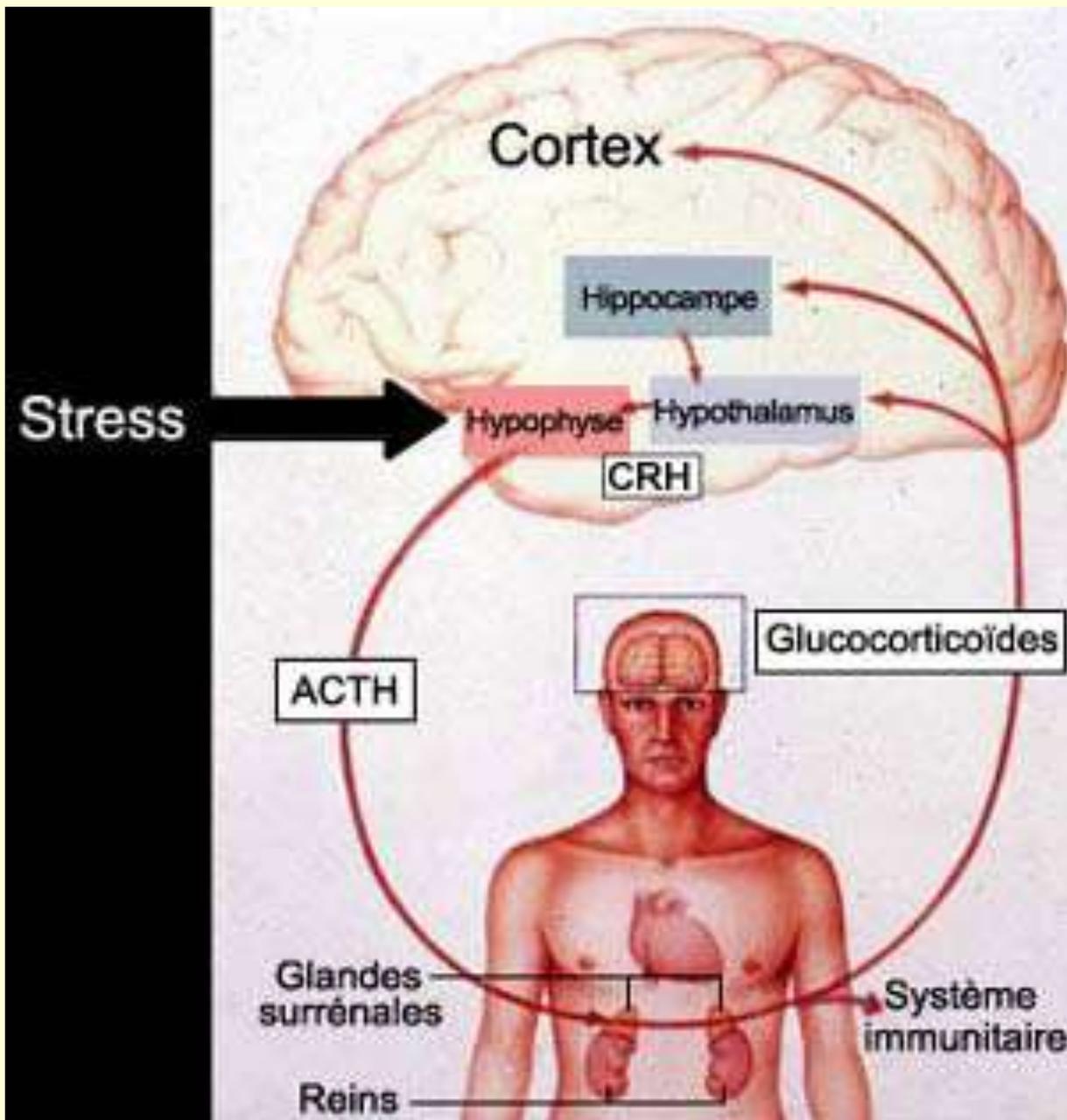


Cerveau – Corps - Environnement



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



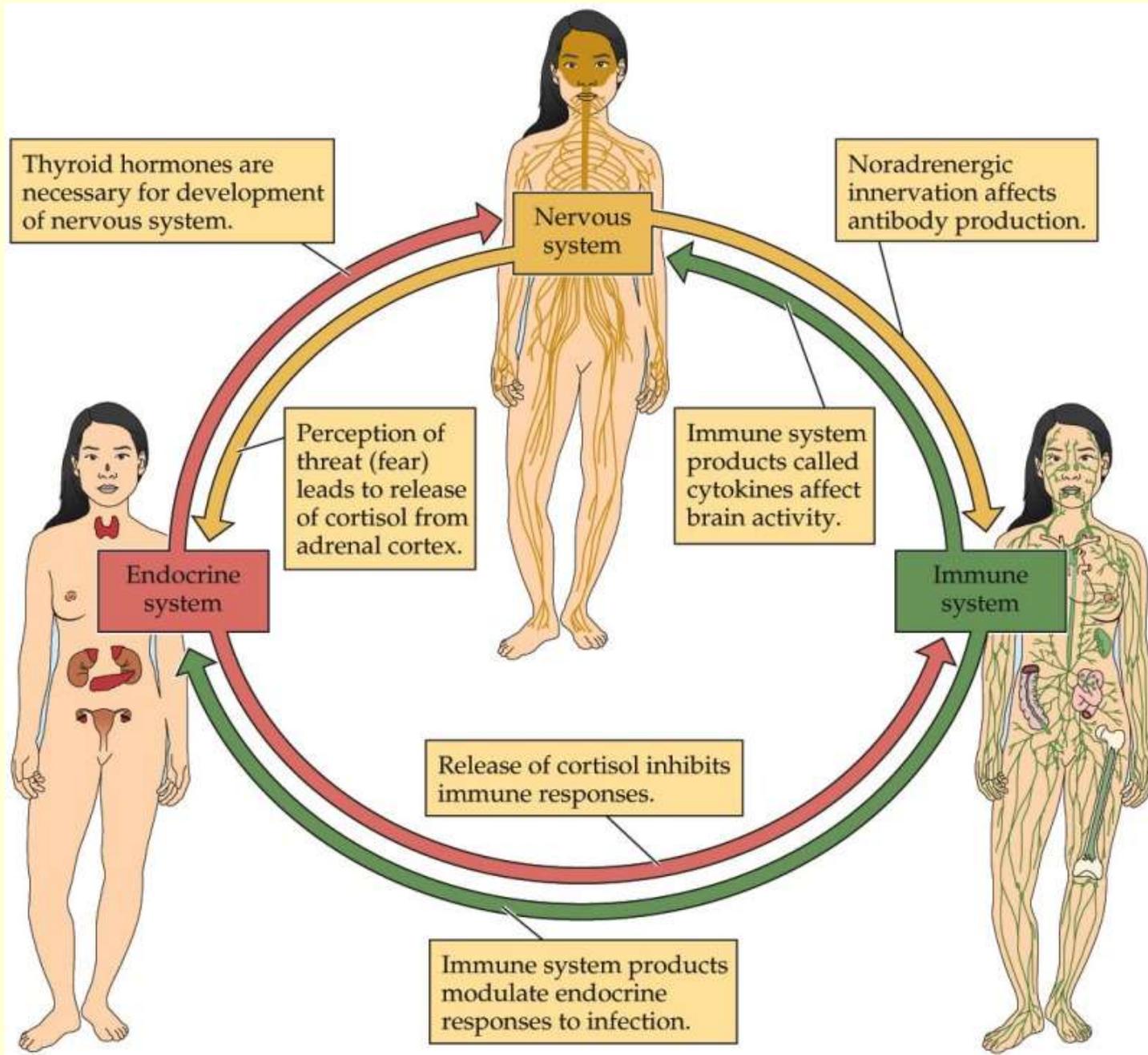


...et le **système endocrinien** avec toutes ses hormones

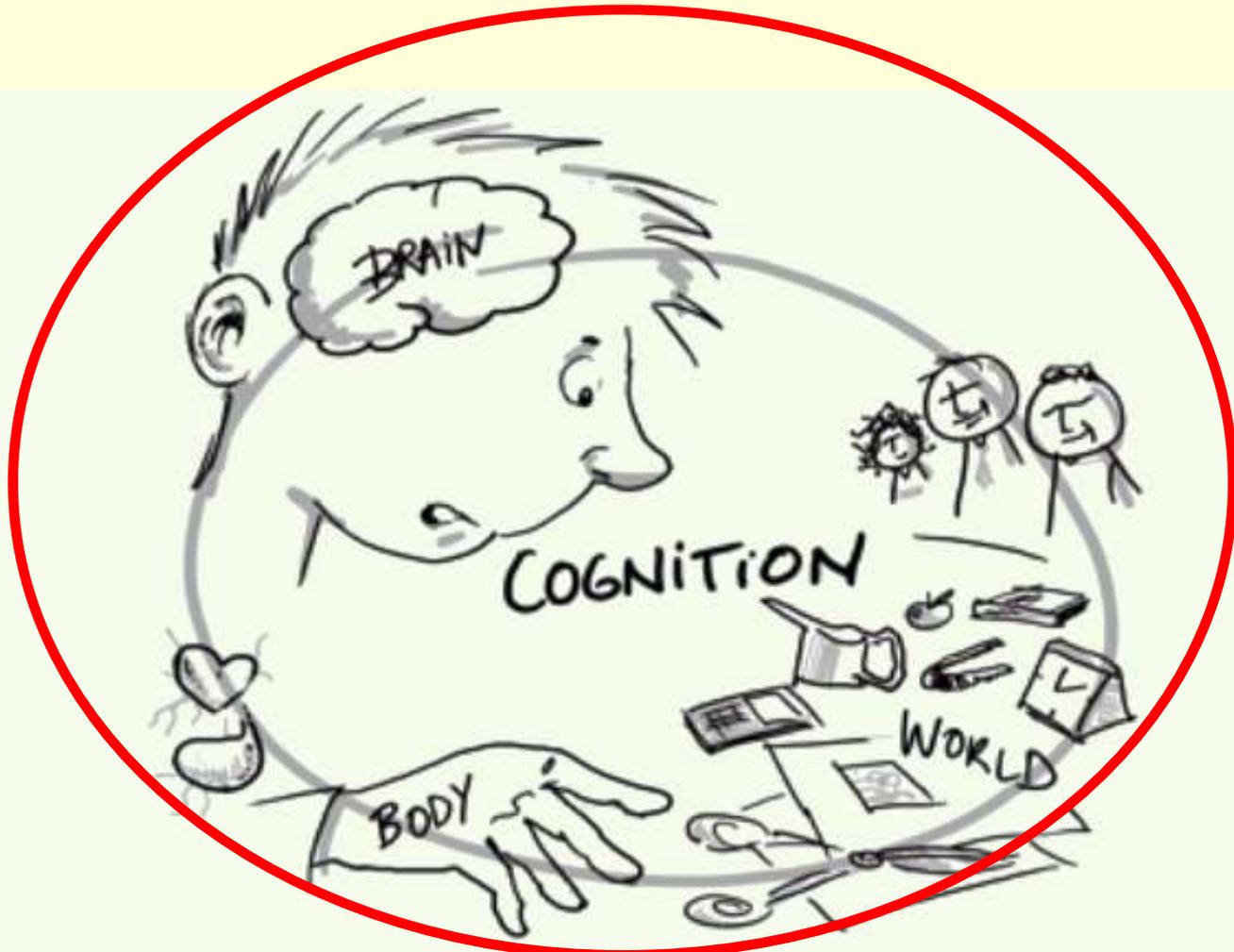
dirigées par l'hypophyse,

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 !



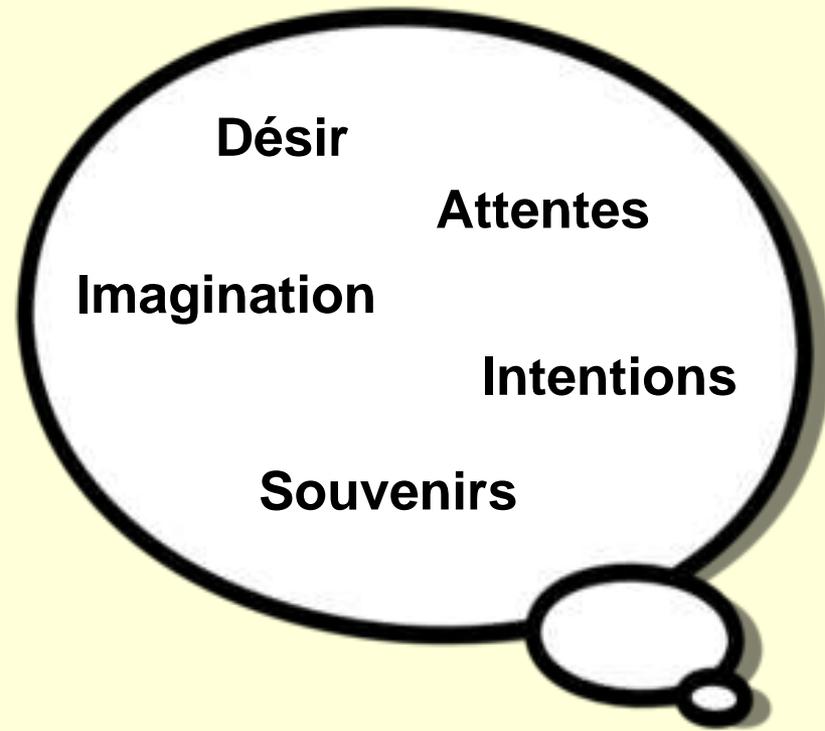


Langage : représentations symboliques communes permettant de coordonner nos actions

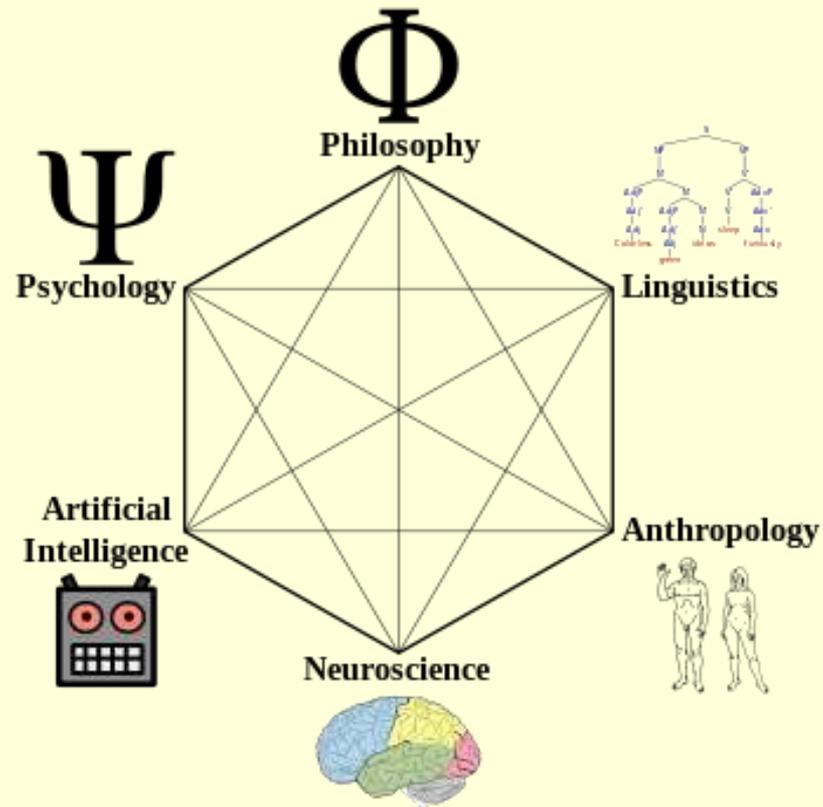


Ce corps-cerveau
expérimente aussi
subjectivement
ce qu'il vit au
contact des autres...

...ce que les
sciences cognitives
vont tenter
d'expliquer.

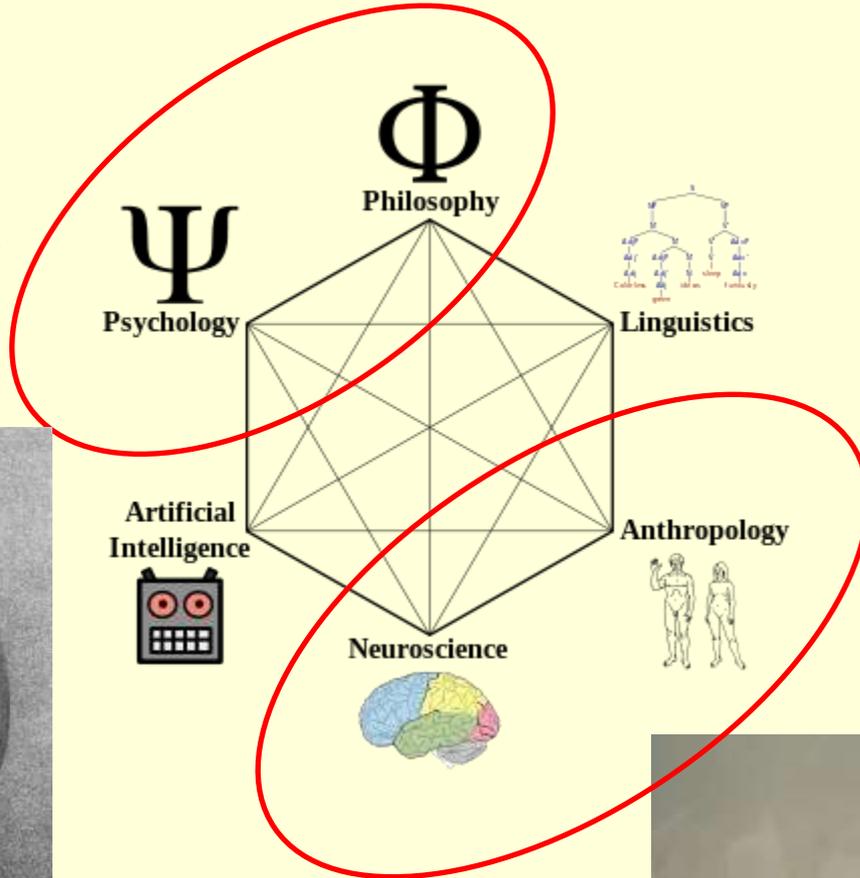


Les « sciences cognitives »

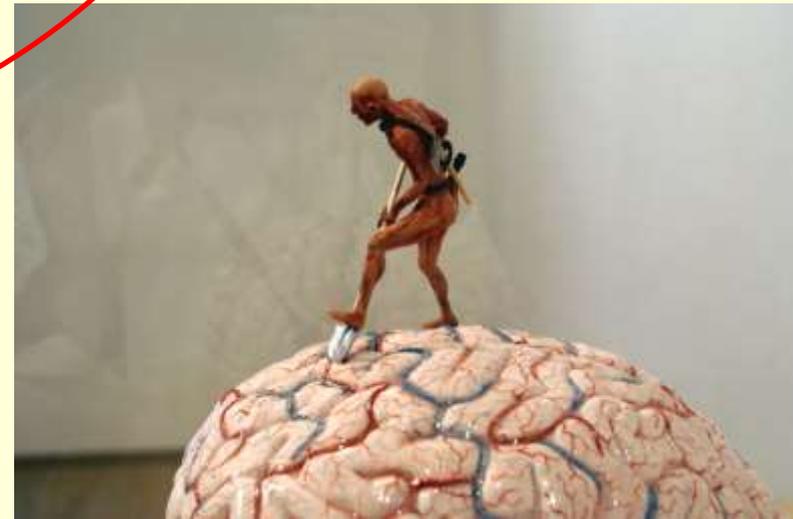


Dont certaines disciplines vont s'intéresser davantage à

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



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



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



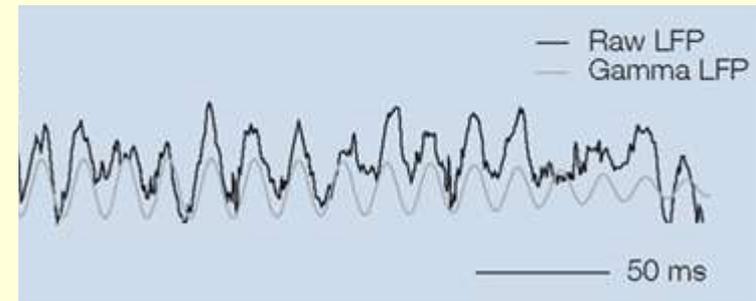
Le rouge que l'on ressent à la vue de cette pomme...

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

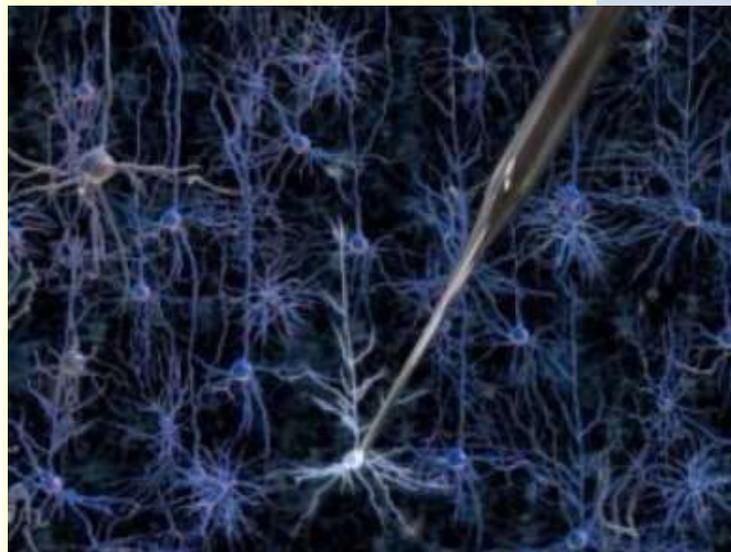
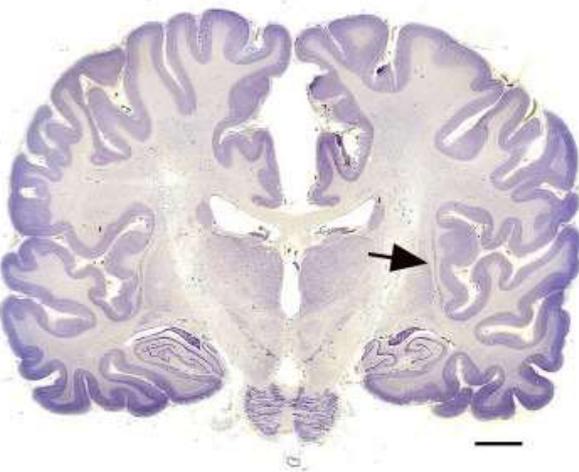


Mais il est où le rouge dans notre cerveau ?

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



B



On ne peut pas comprendre ces phénomènes en les réduisant à un seul niveau d'organisation !

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

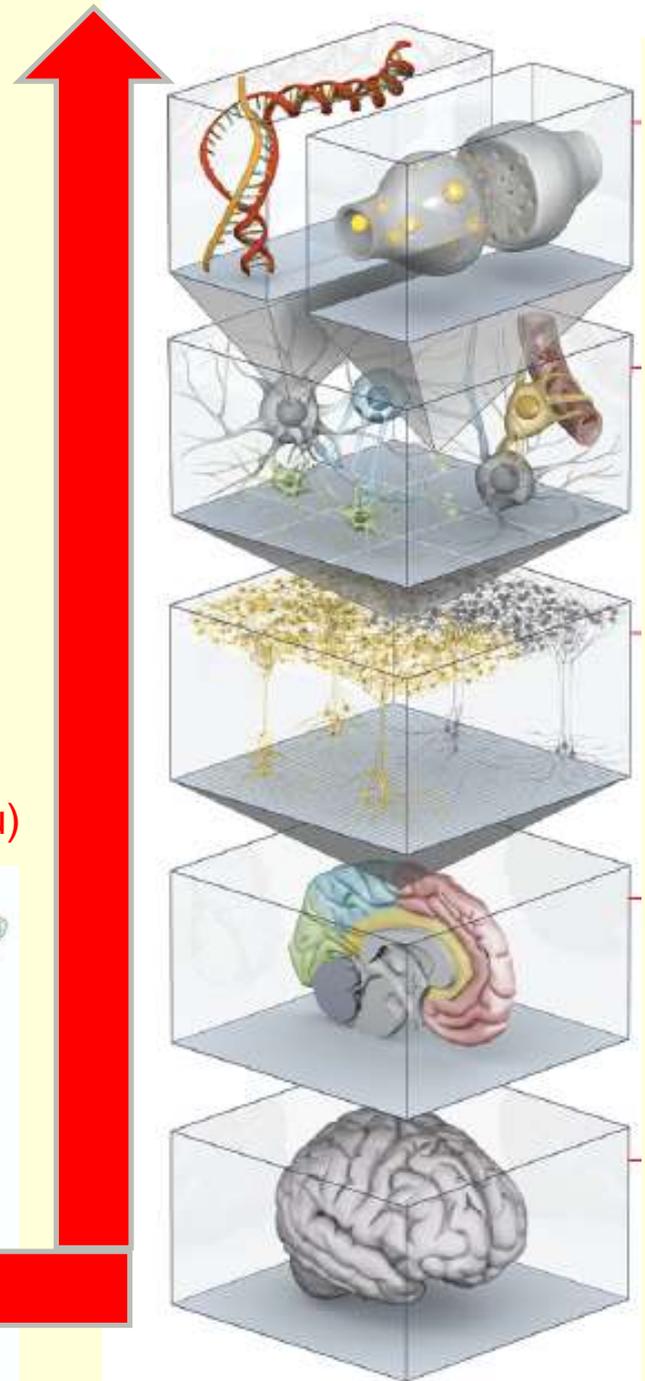
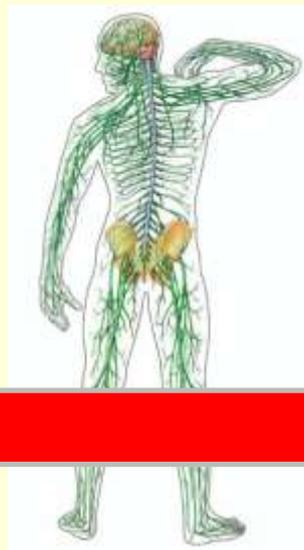
LE concept clé de ce cours !

LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

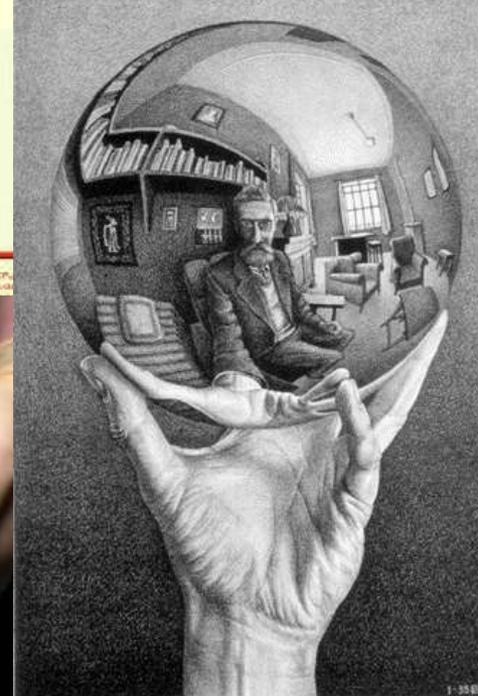
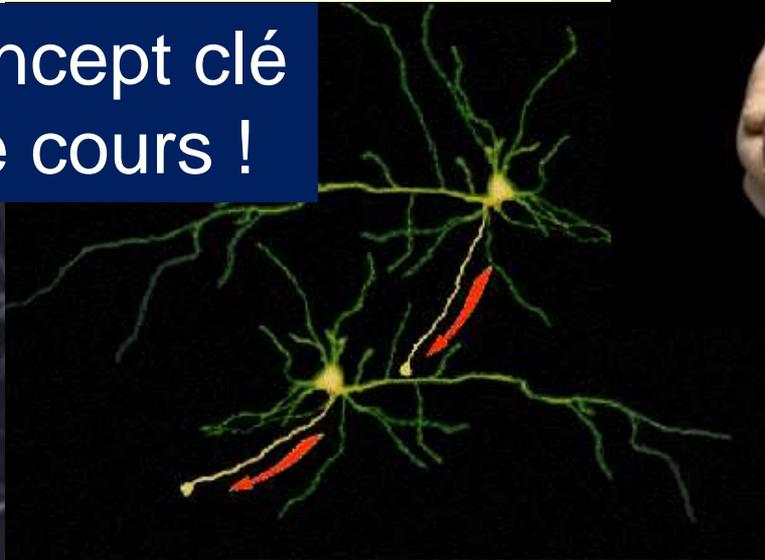
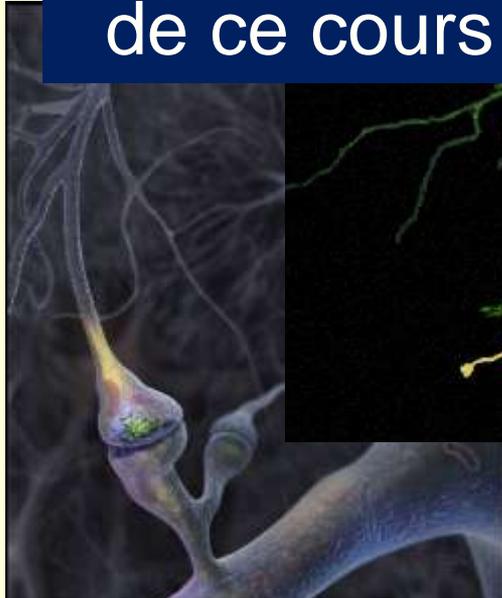
Le social
(corps-cerveau-environnement)



L'individu
(corps-cerveau)



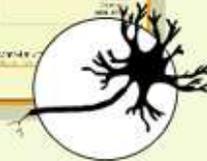
**LE concept clé
de ce cours !**



Psychologique



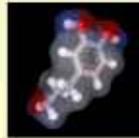
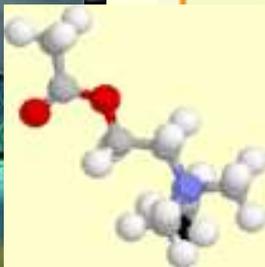
Cérébral



Cellulaire



Moléculaire



LE CERVEAU
A TOUT LES
NIVEAUX

Cours 1:

A- Évolution et émergence des systèmes nerveux



Le cerveau est le siège de ces espères inférieures et supérieures.
Poussin

Petit Palais.

B- Un neurone, deux neurones : la communication neuronale



Repartons du problème de la conscience subjective.

Désir

Attentes

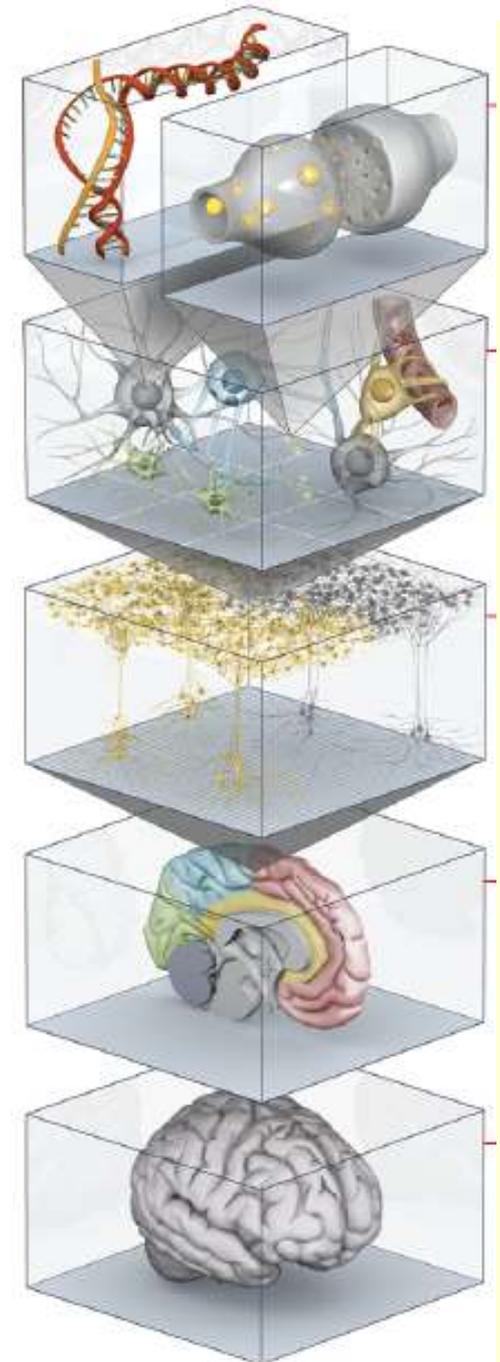
Imagination

Intentions

Souvenirs

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

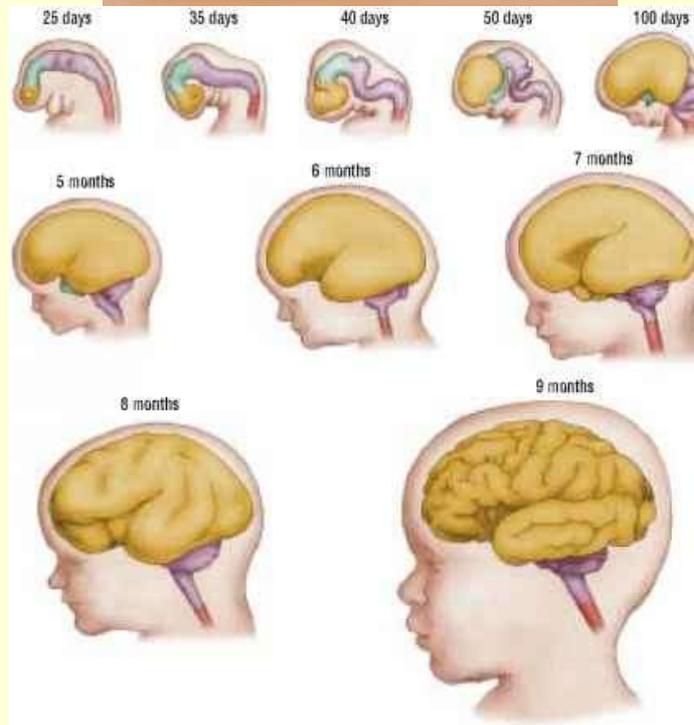
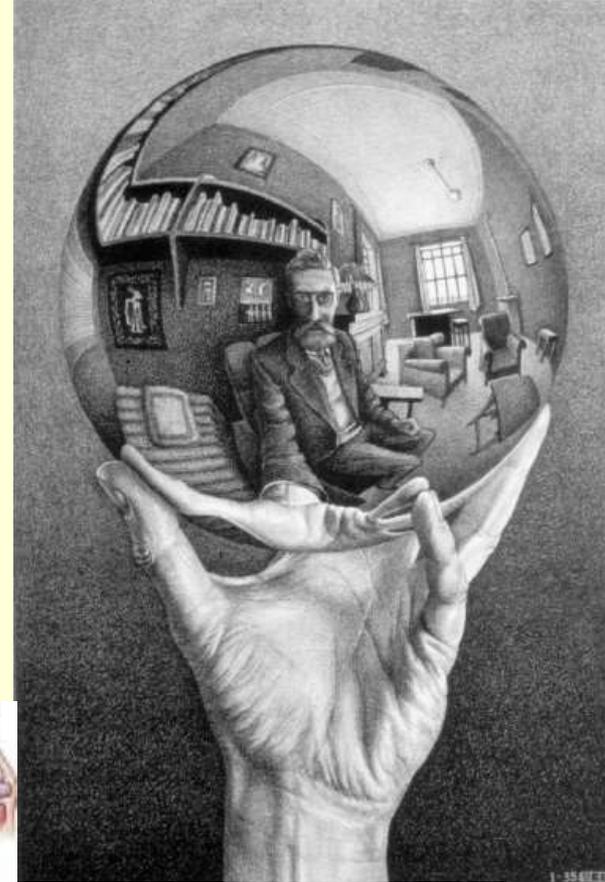
Mais elle commence quand ?

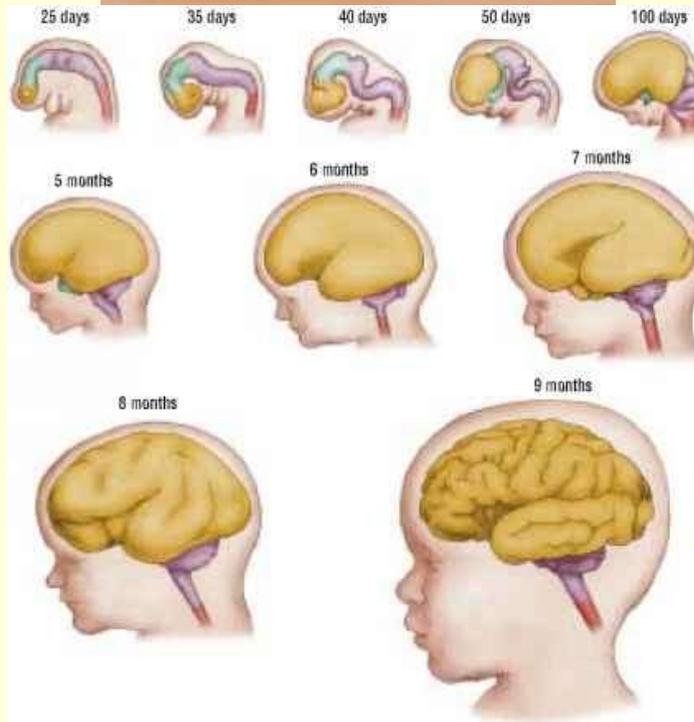
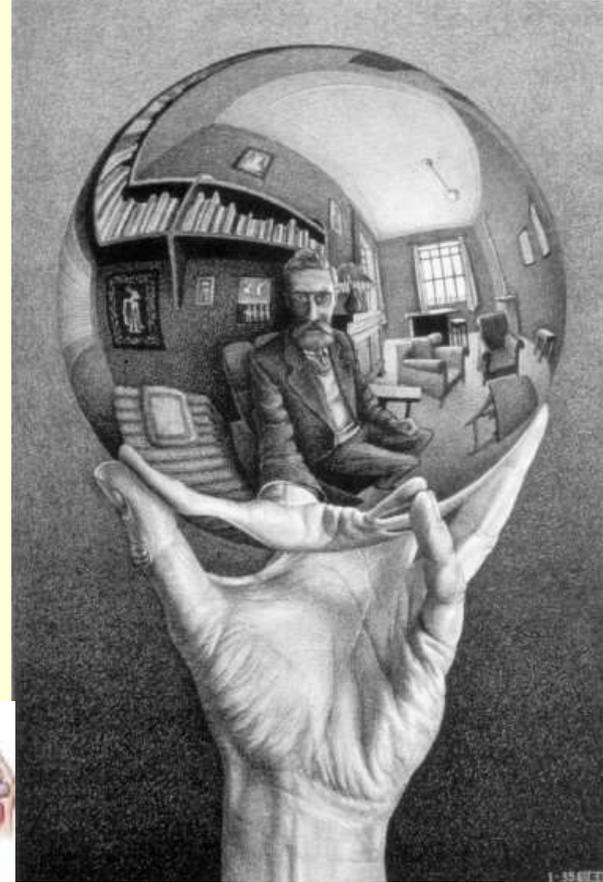


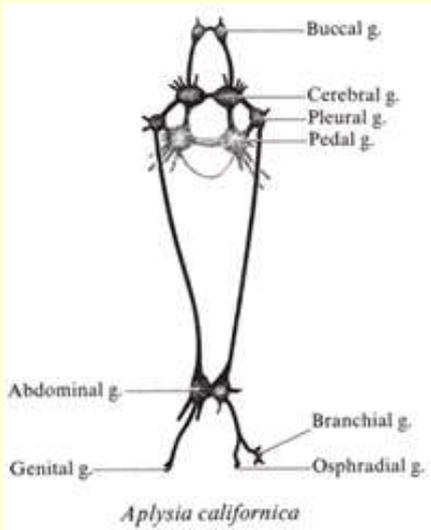
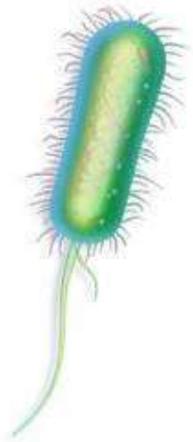
Difficile d'avoir accès
à sa subjectivité...

...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

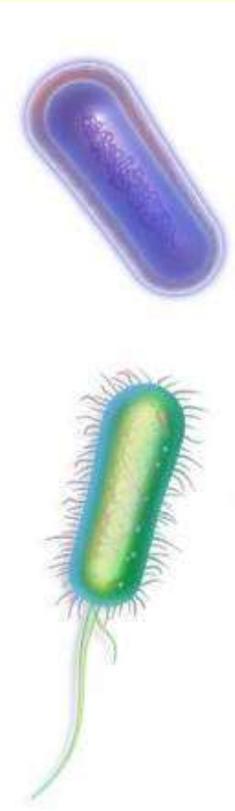
By Ezequiel A. Di Paolo, Elena Clare Cuffari and Hanne De Jaegher

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 » !

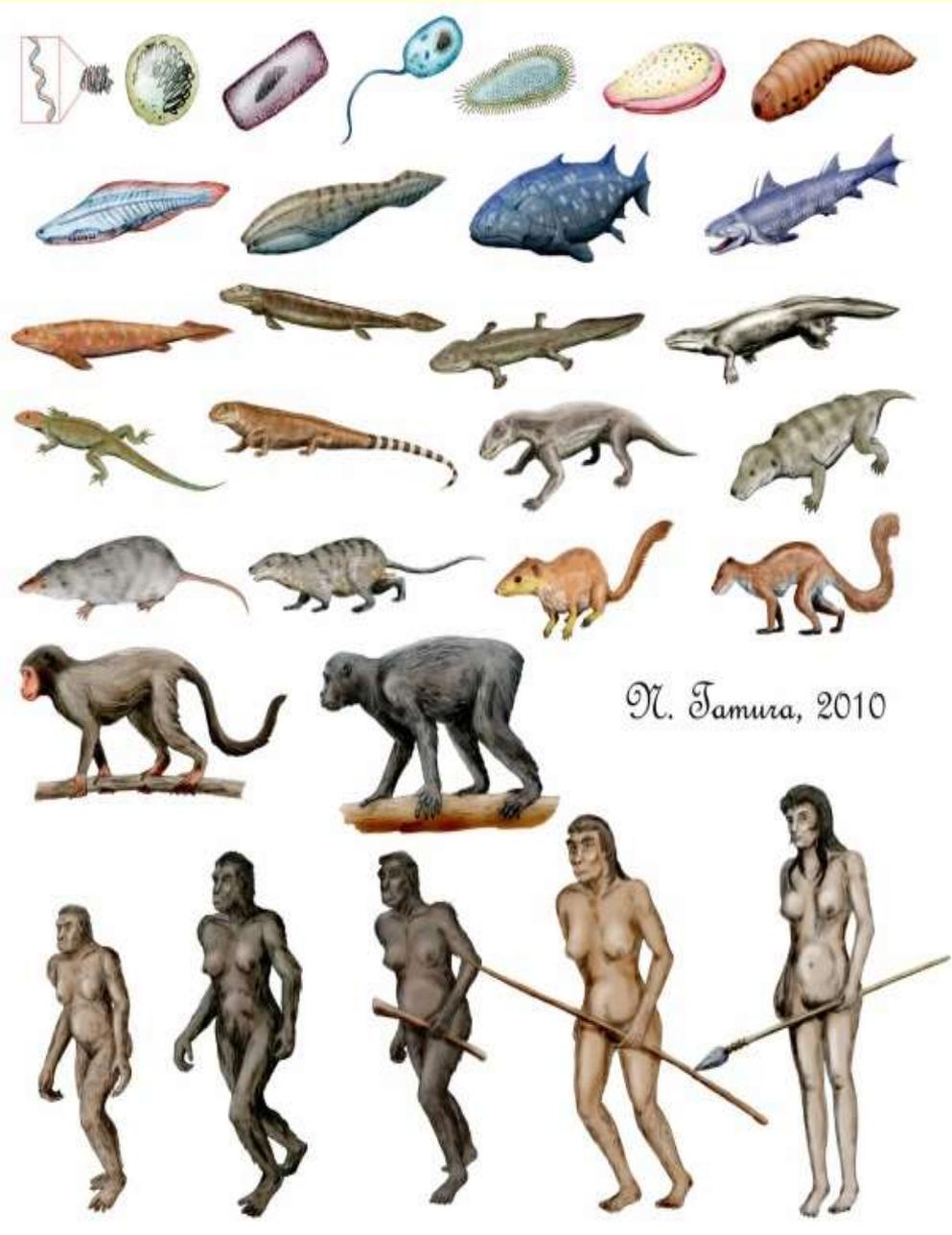




Live from the Flight Deck | golfcharlie232







« 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...



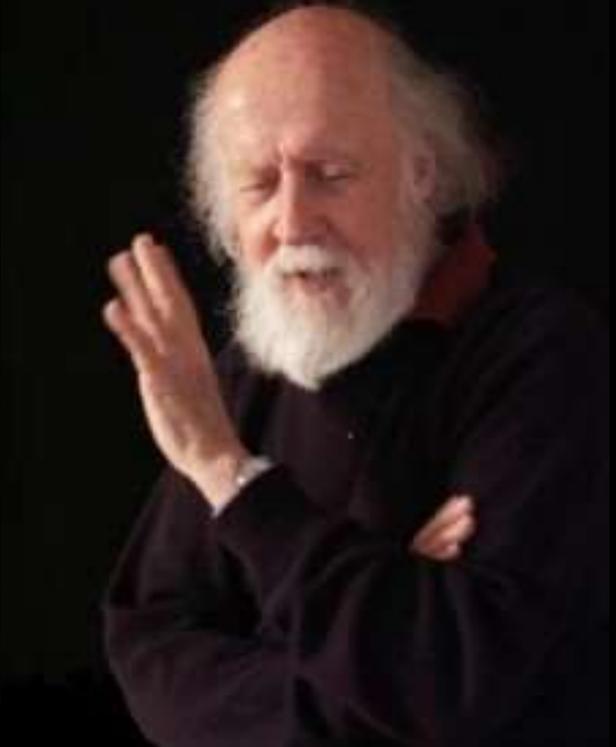


...on va reculer très loin dans le passé... ;-)





« 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



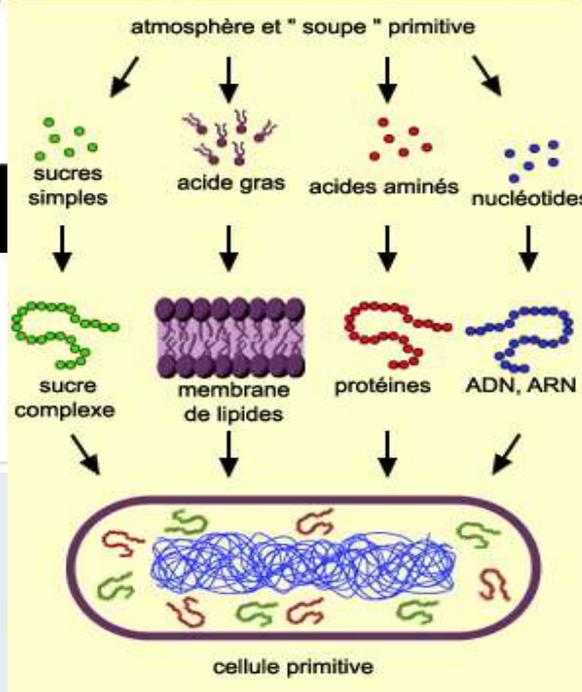
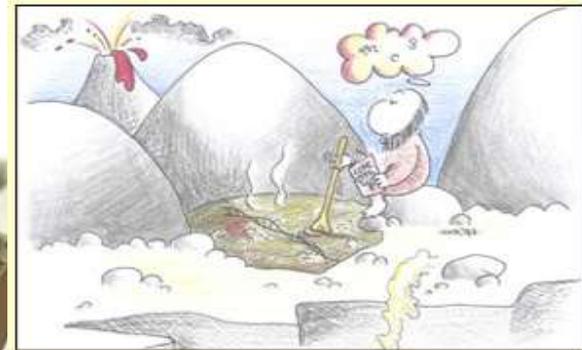
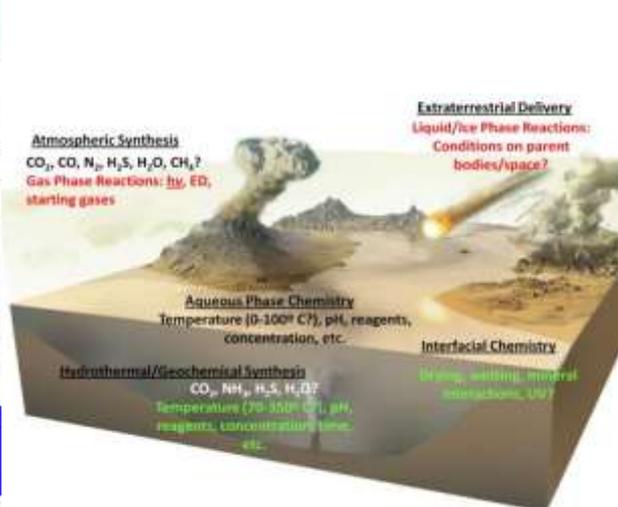
(Crédit : modifié de Robert Lamontagne)



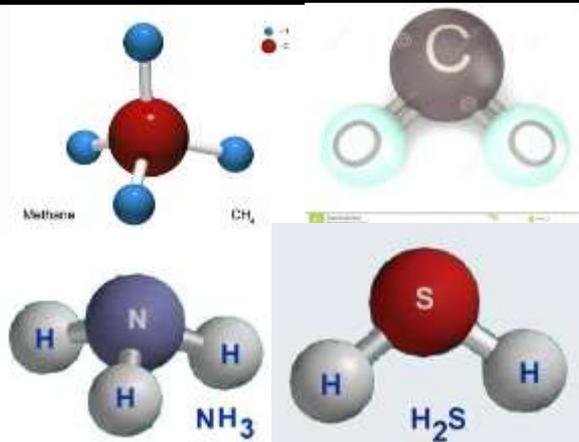
Croissance de complexité

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

Tableau Périodique des Éléments



Évolution cosmique, chimique

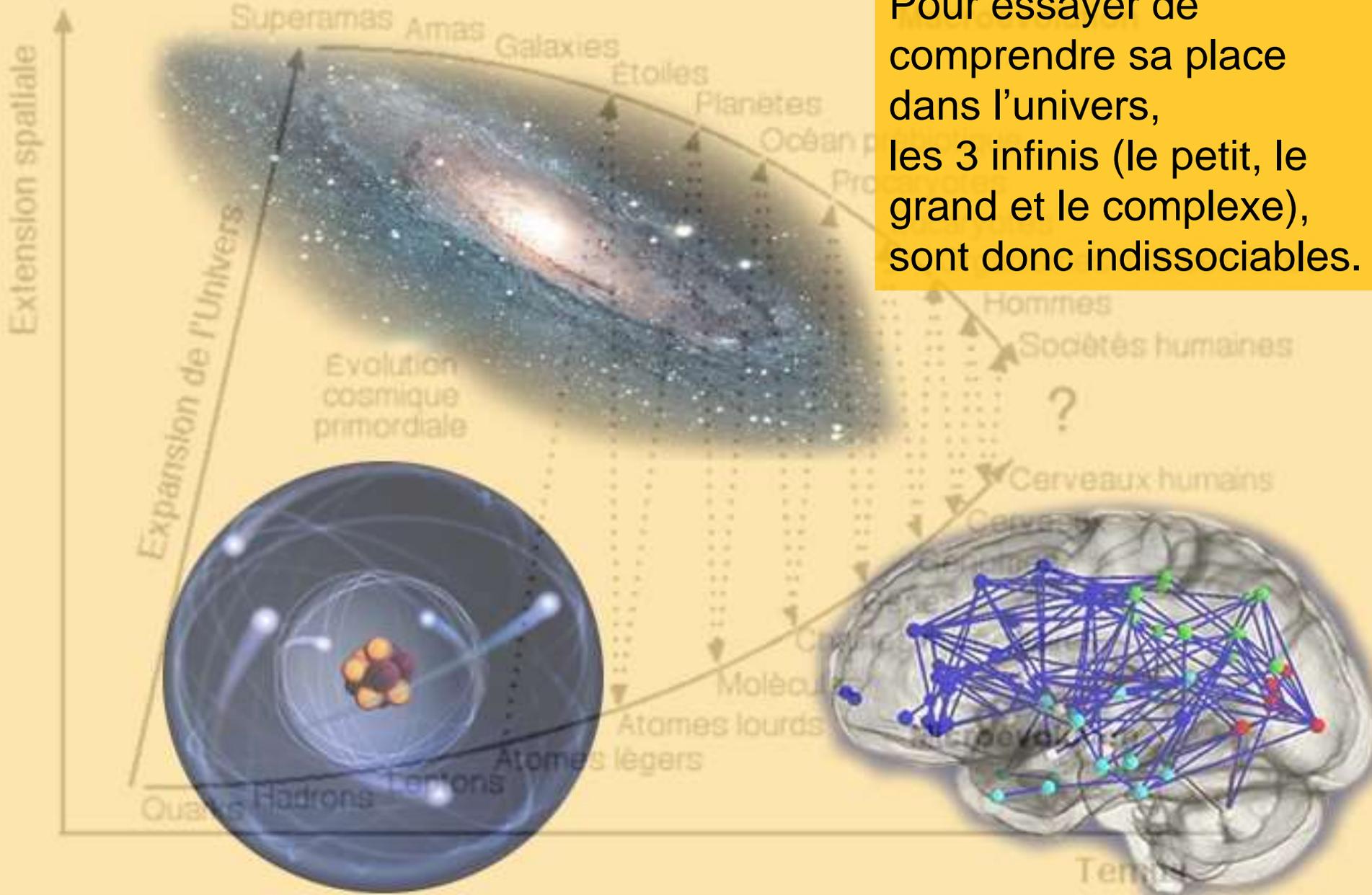


(Crédit : modifié de Robert Lamont)

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

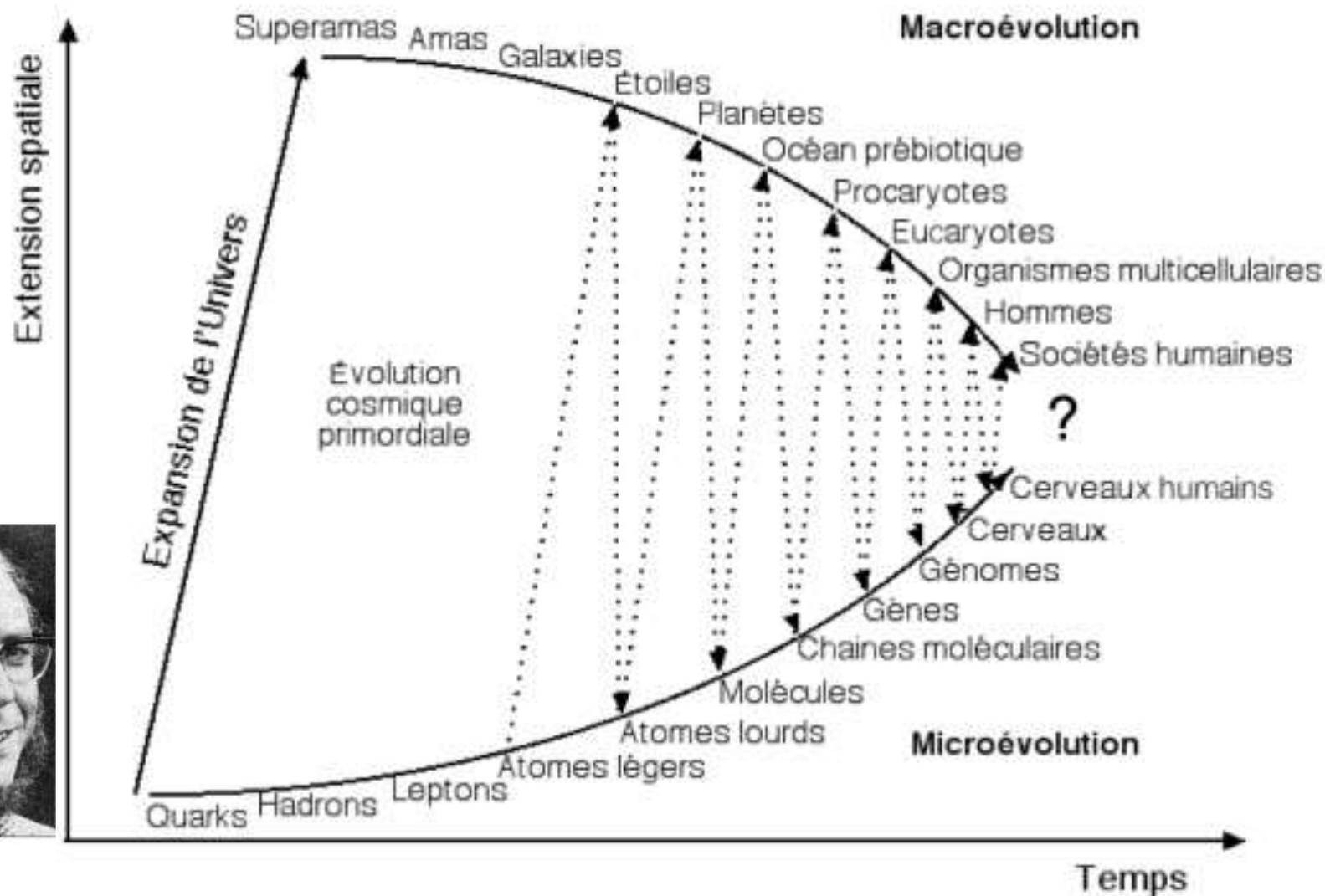


Pour essayer de comprendre sa place dans l'univers, les 3 infinis (le petit, le grand et le complexe), sont donc indissociables.

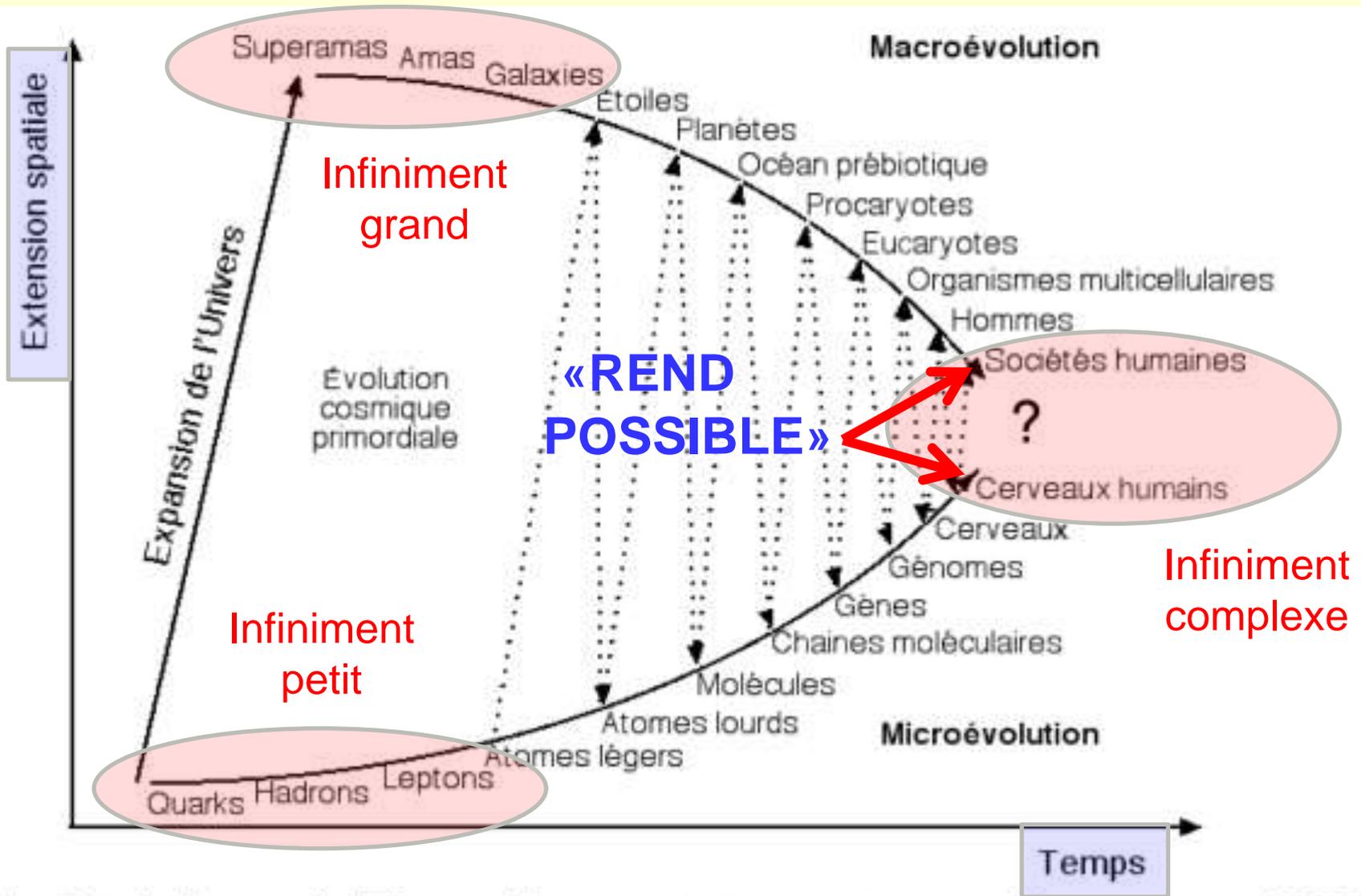




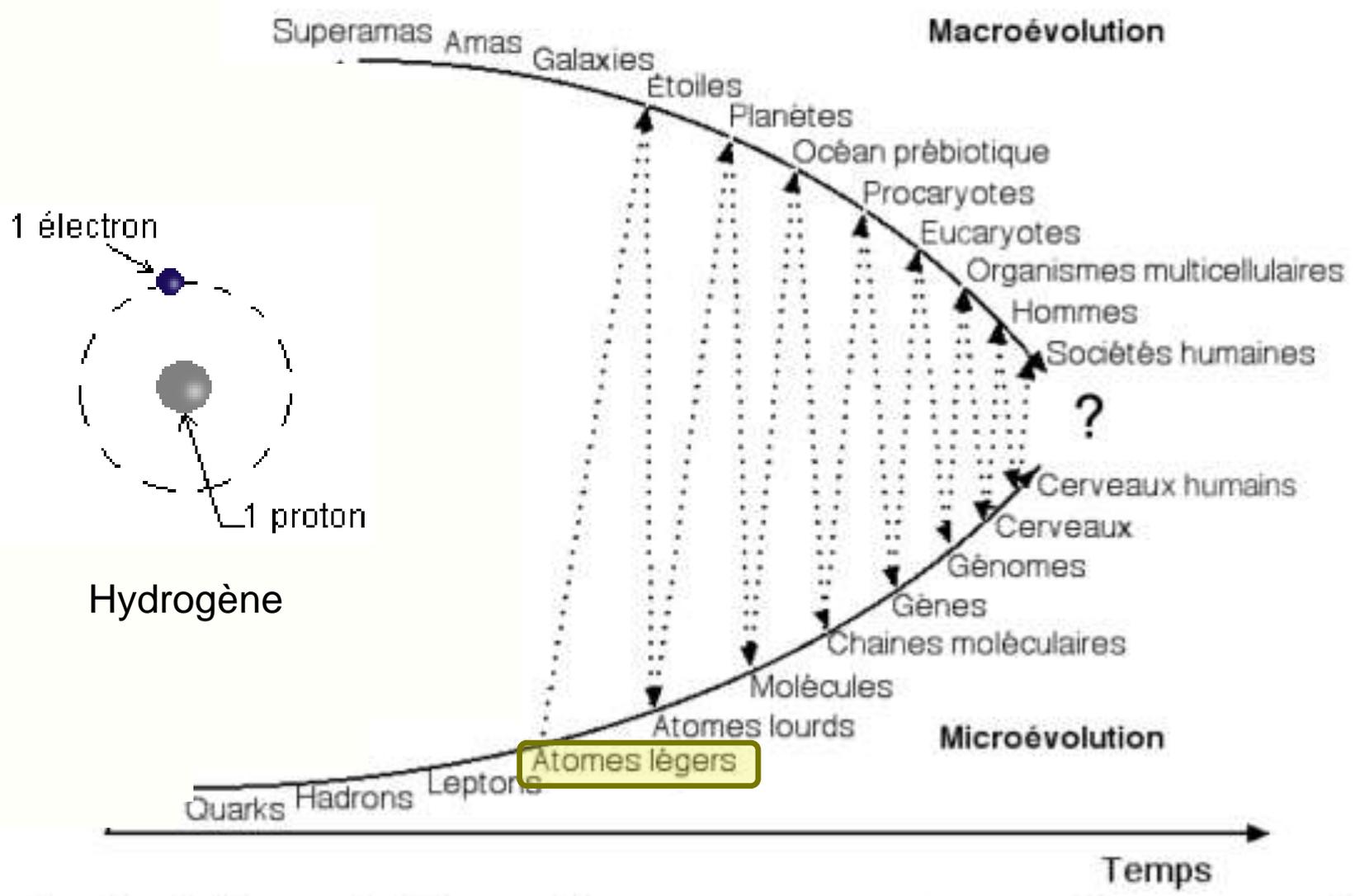
(1929 - 1980)

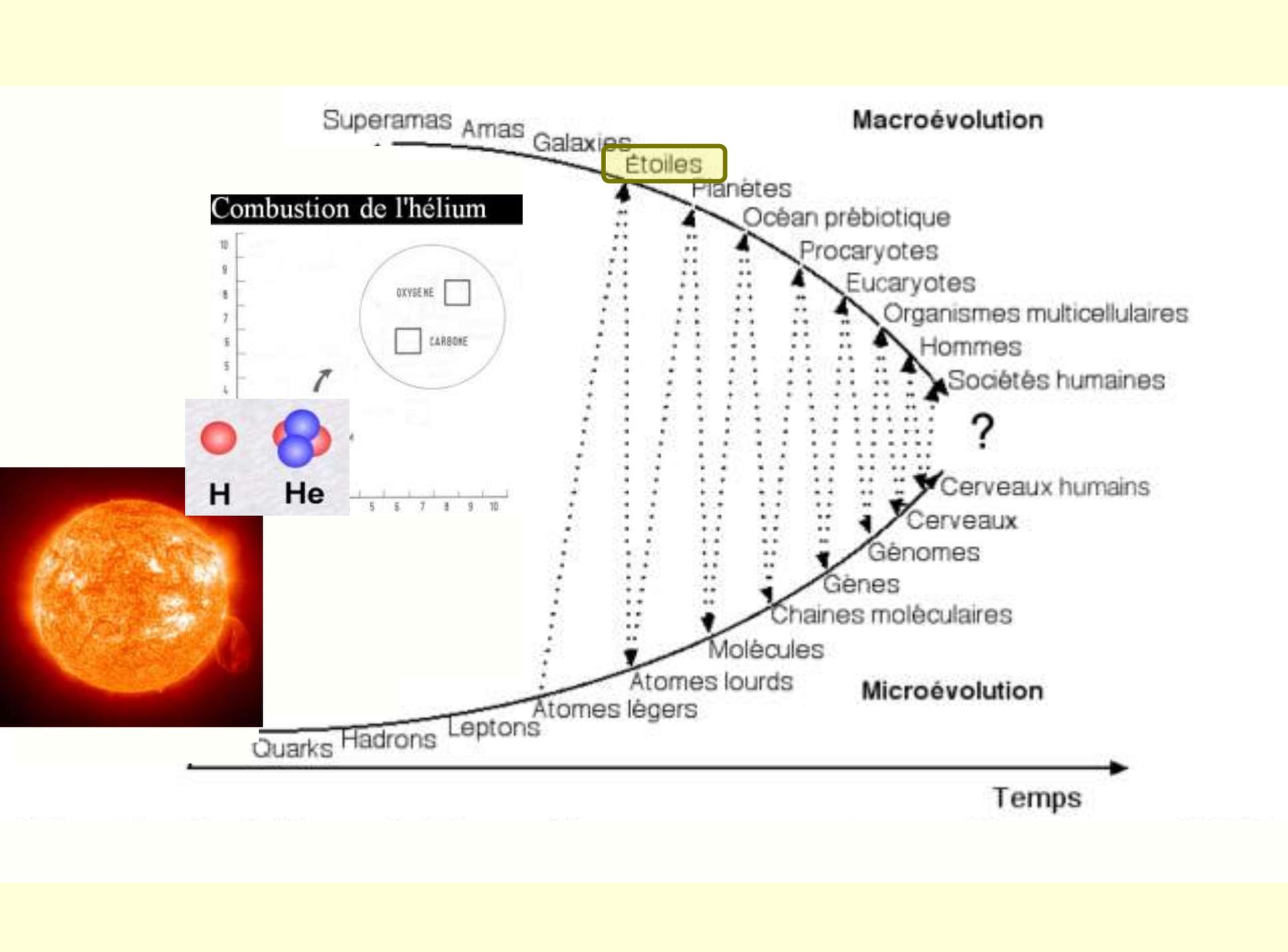


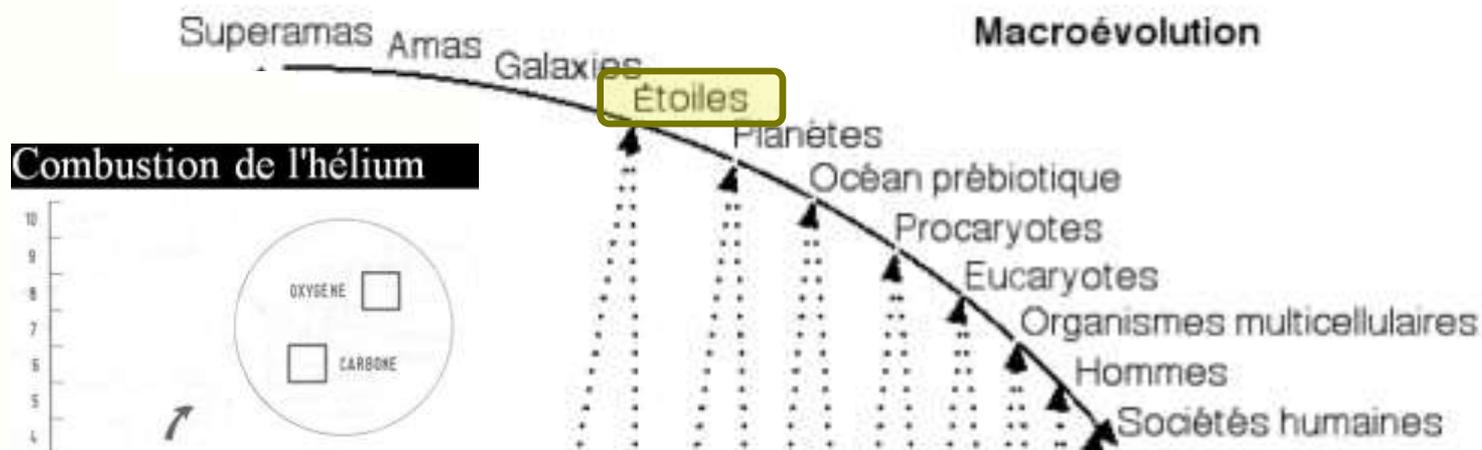
D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.



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







Elles s'éclatent pour vous!

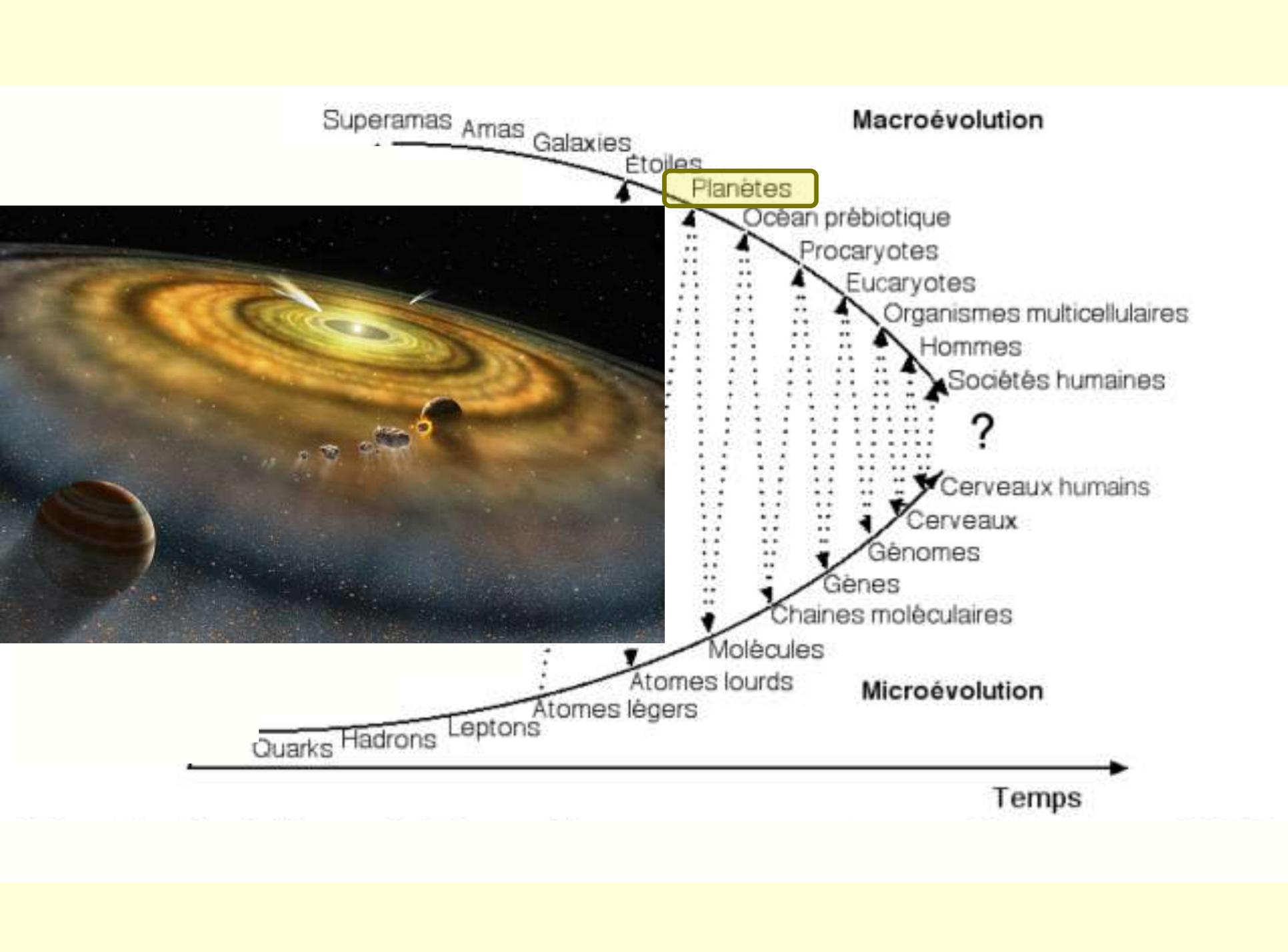
Sans les étoiles mortes, vous ne seriez pas là.

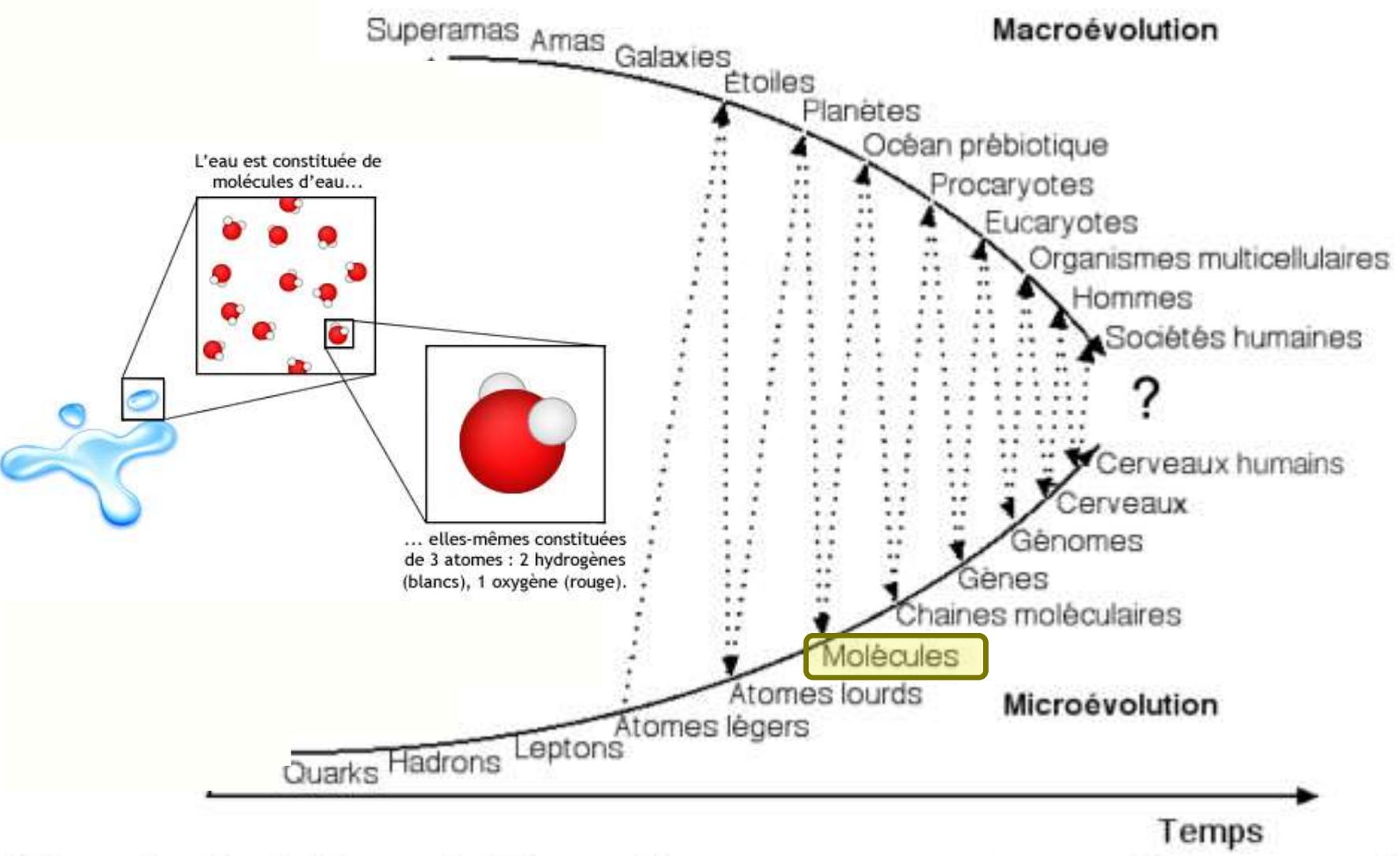
Le calcium de vos os, l'oxygène que vous respirez et le fer dans votre sang ont tous été formés dans des étoiles disparues depuis des milliards d'années.

craq-astro.ca

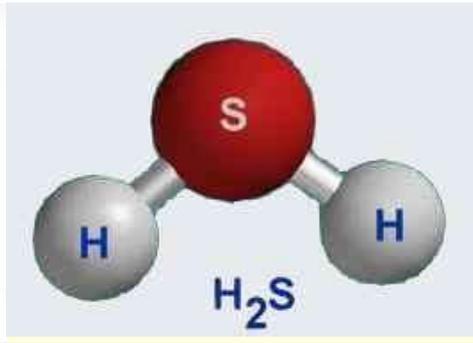
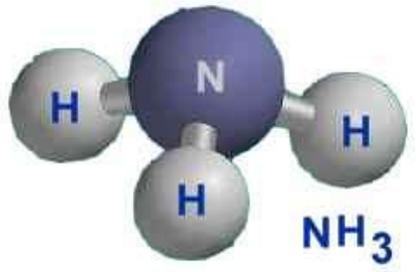
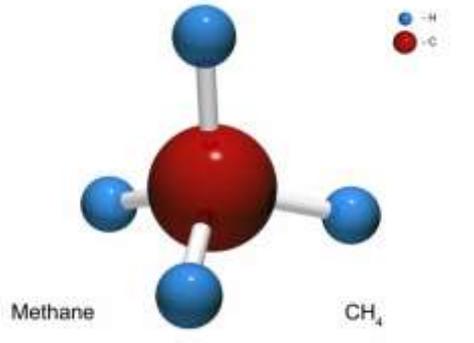
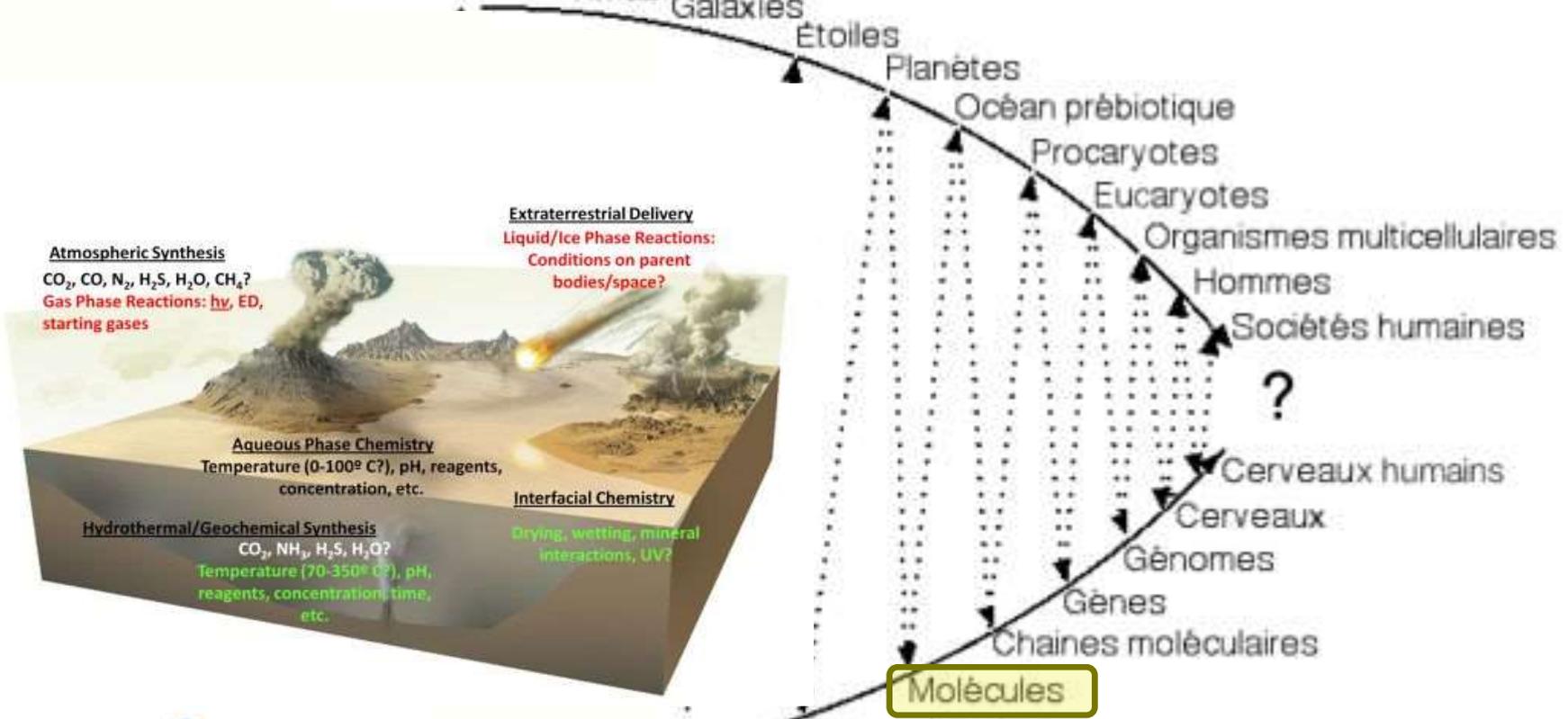
CoolCosmos.net

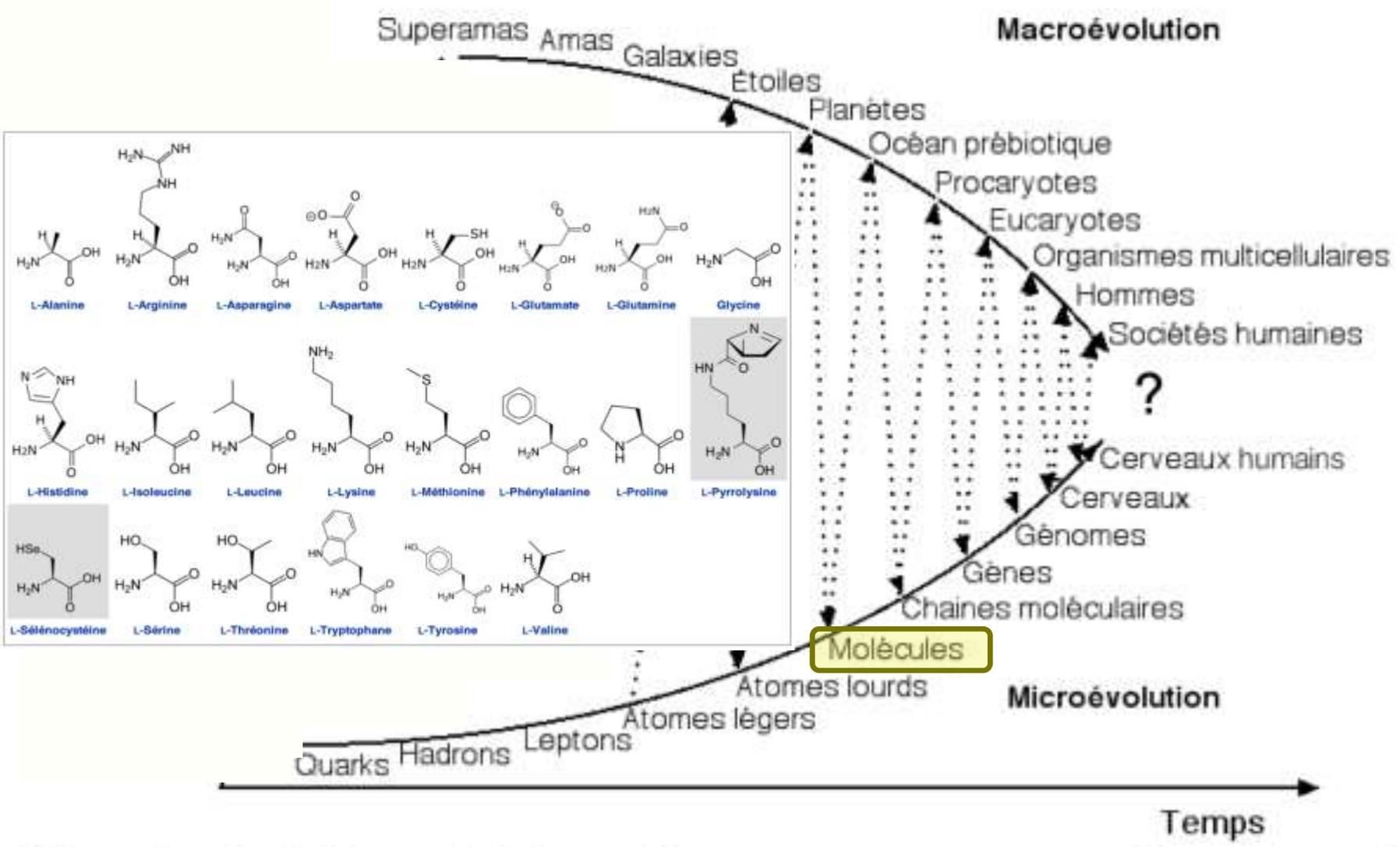
Temps

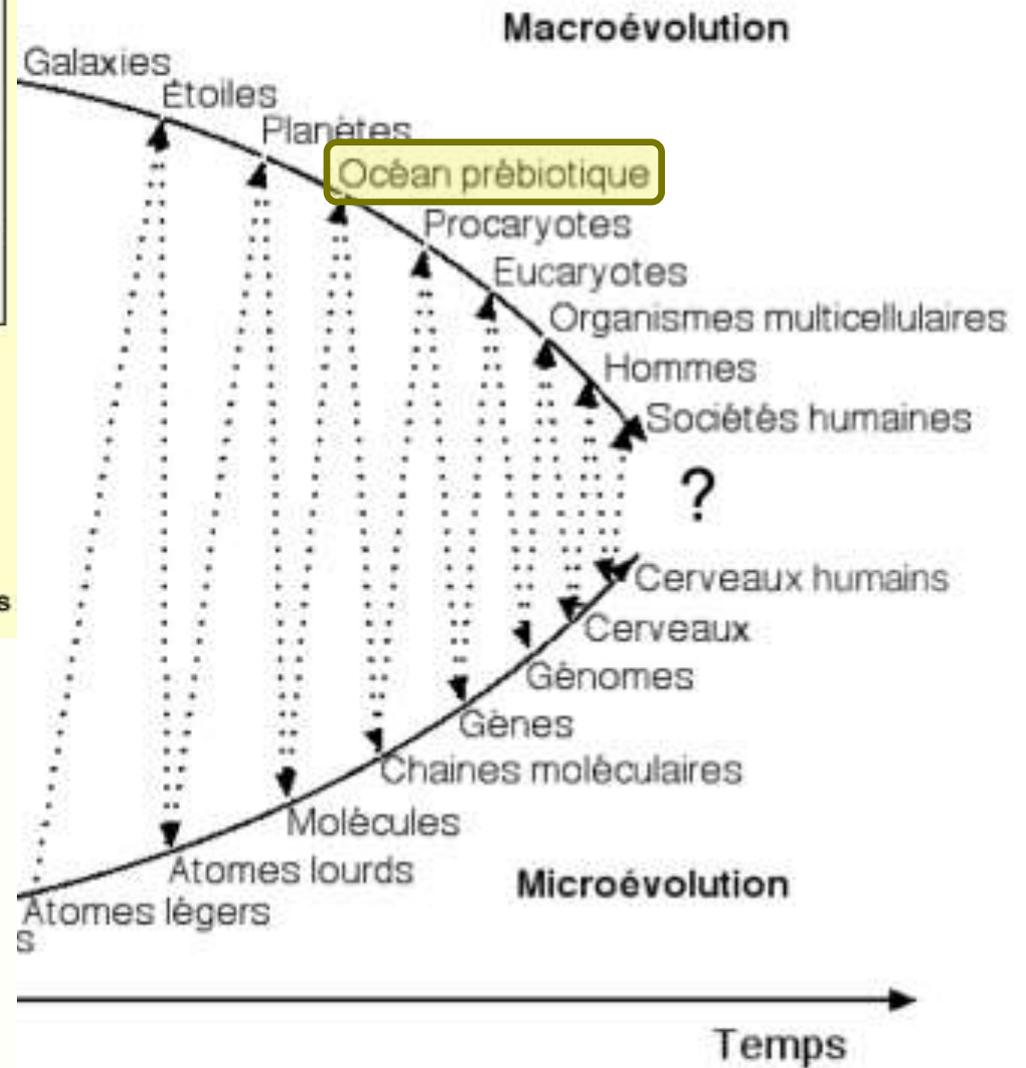
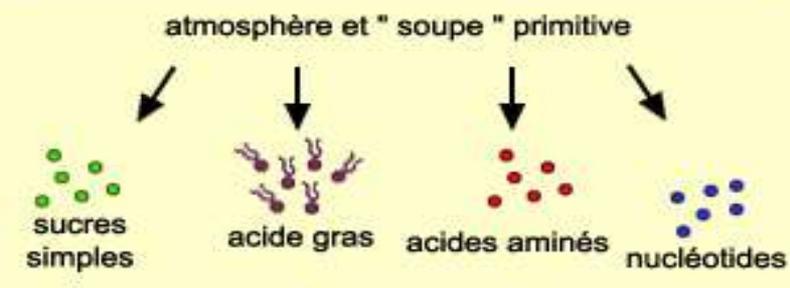


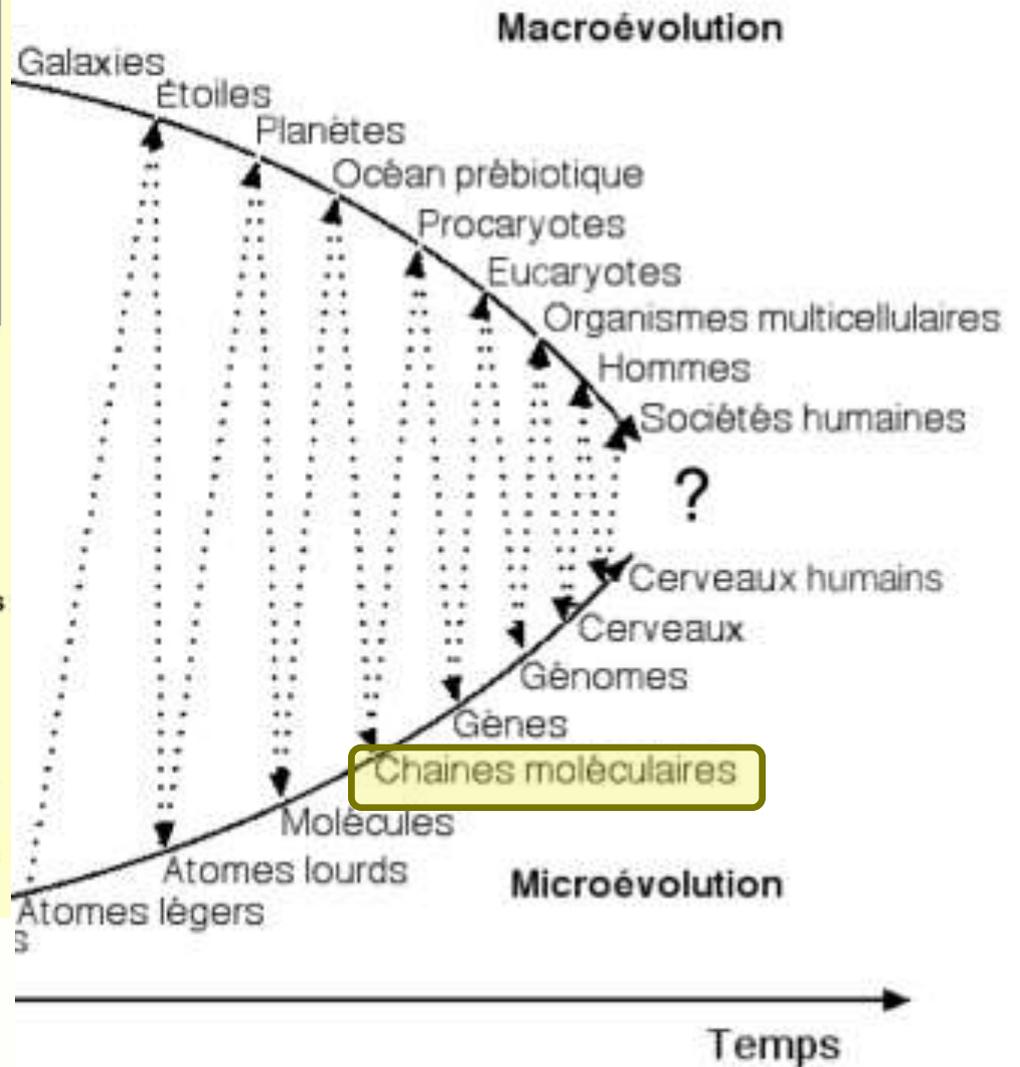
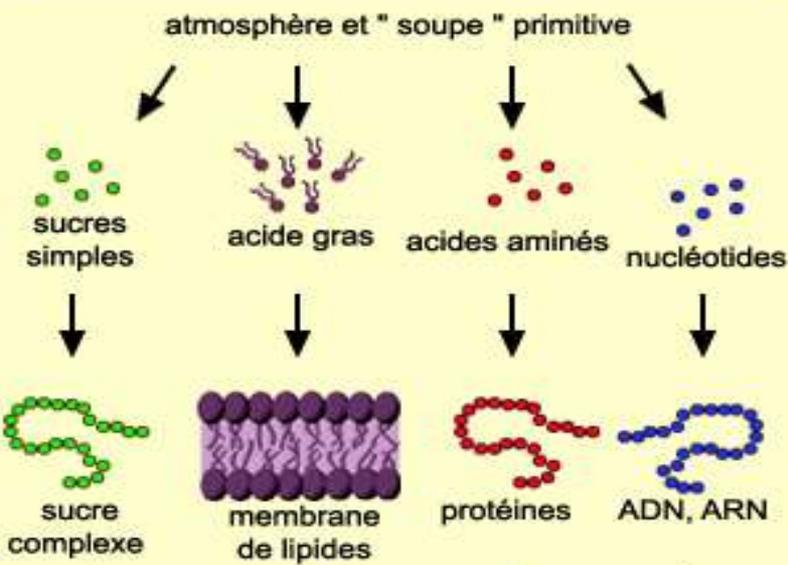


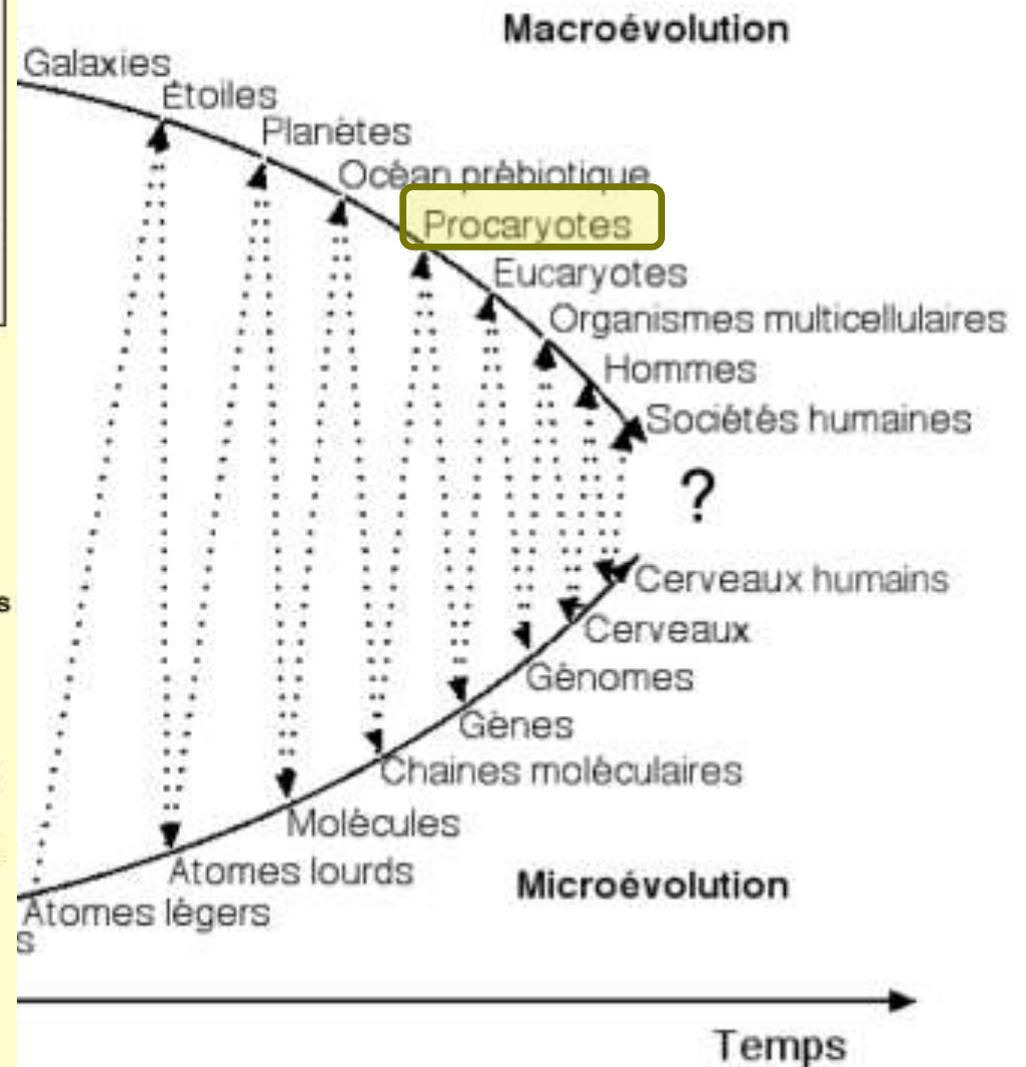
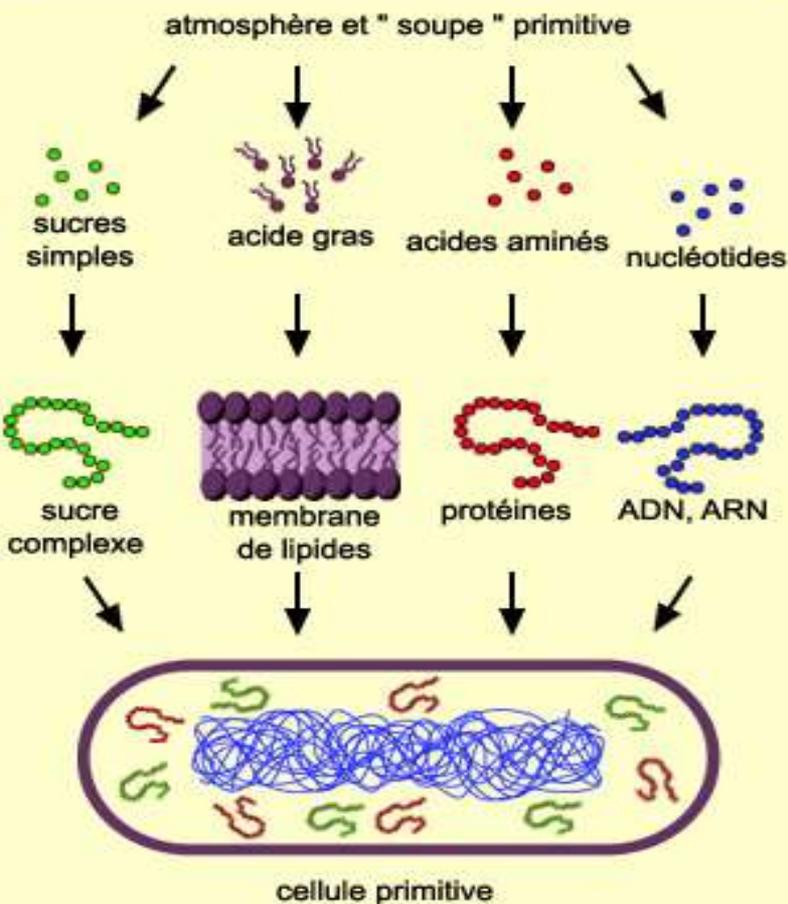
Superamas Amas Galaxies Étoiles Planètes Macroévolution

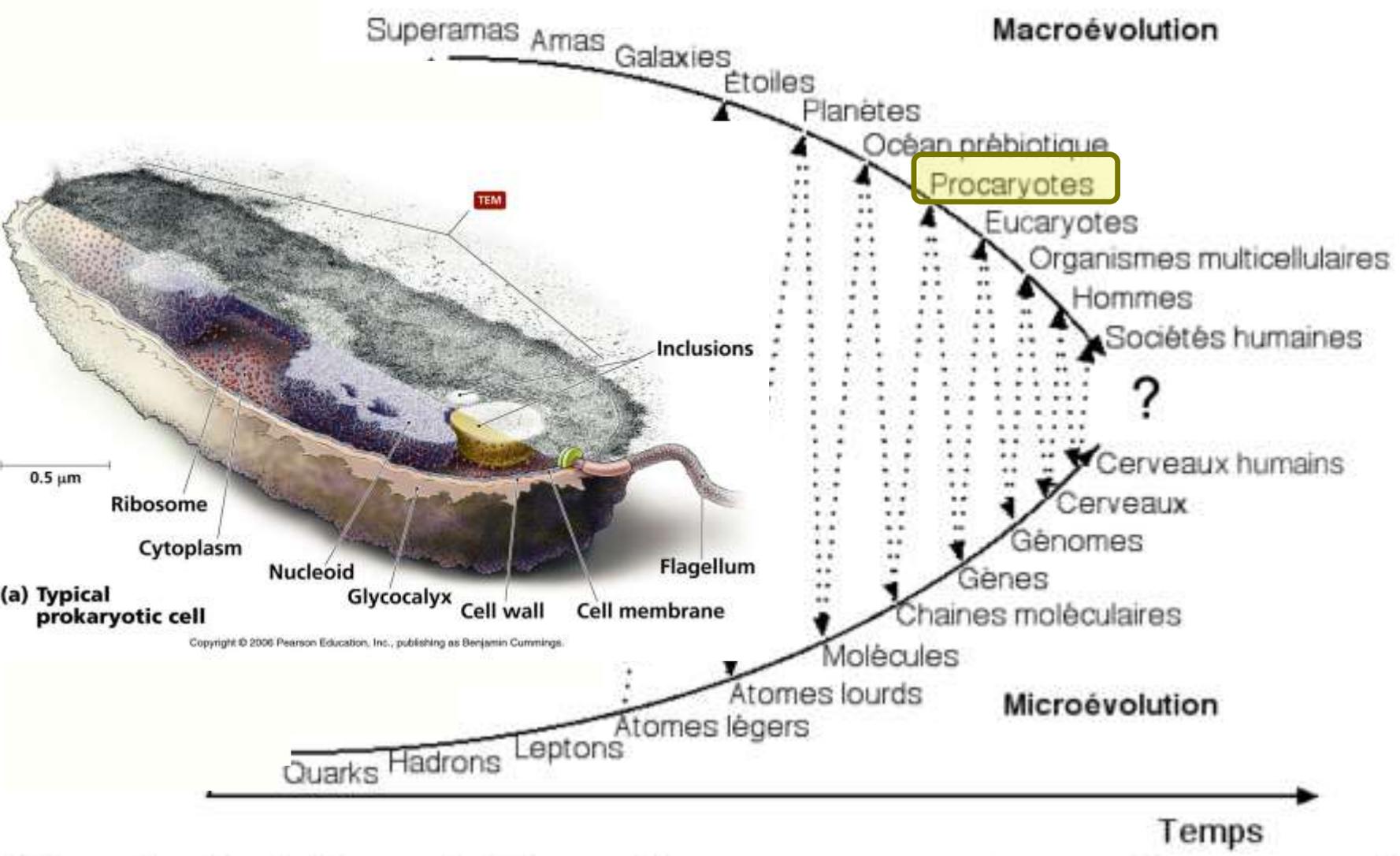






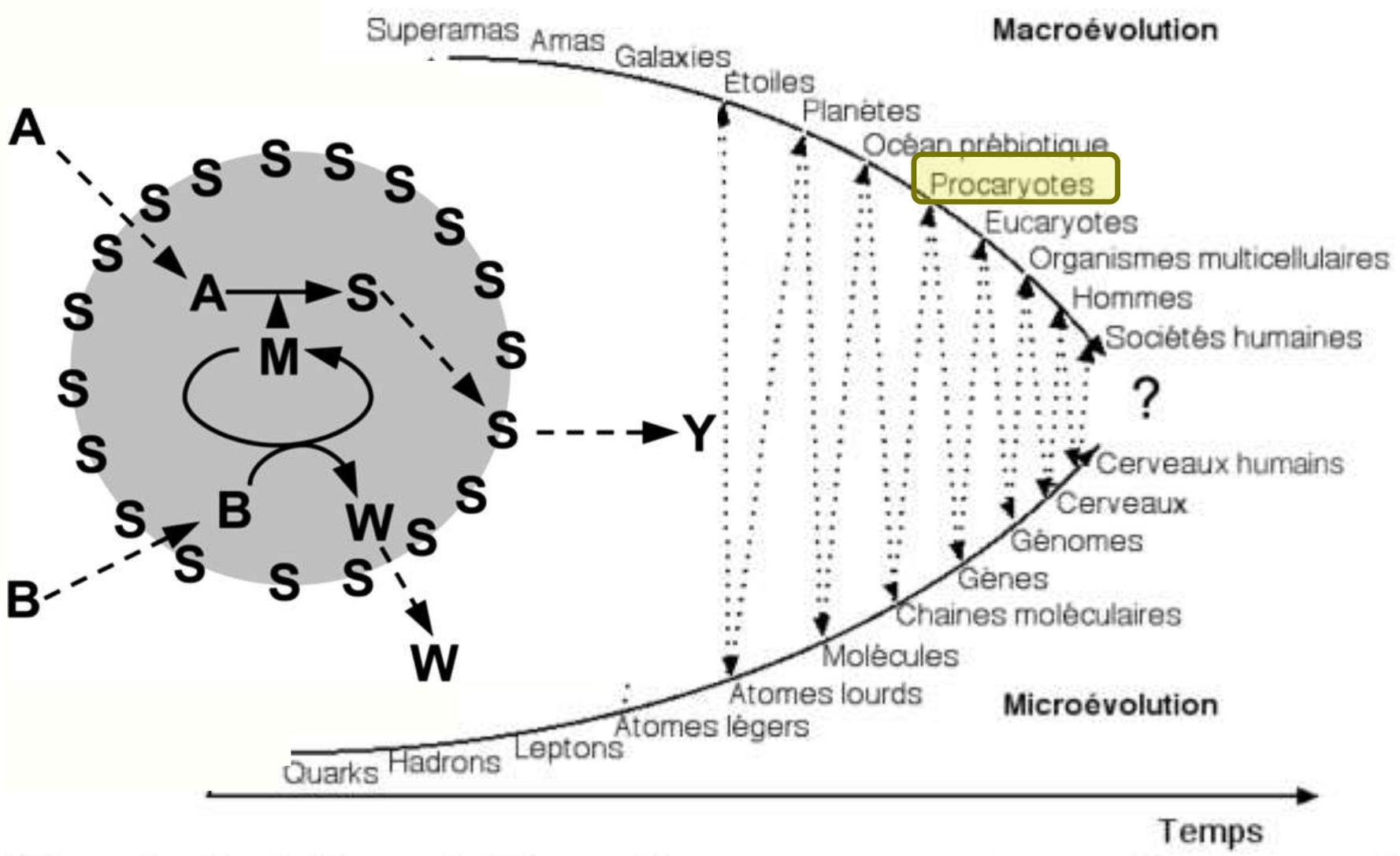


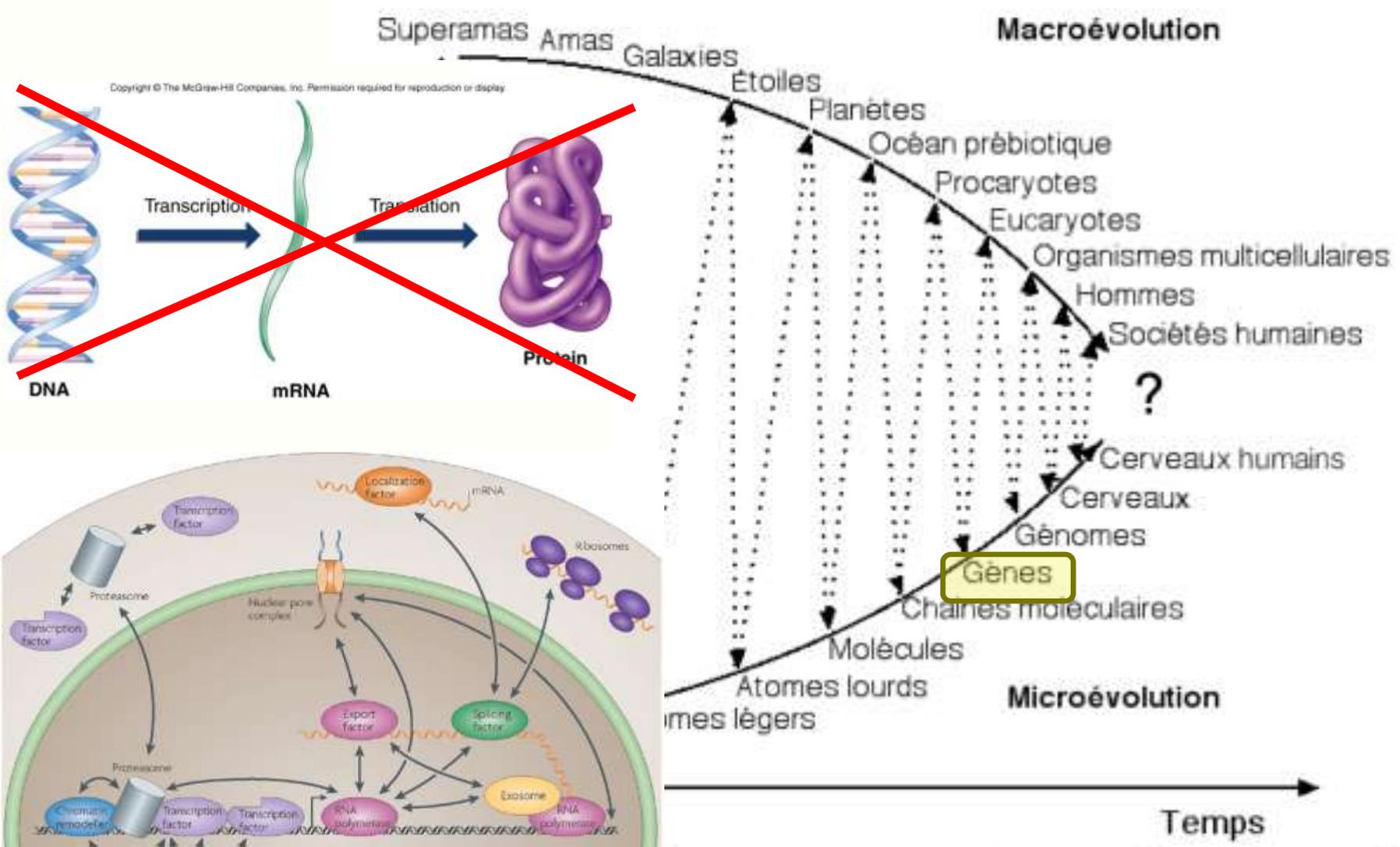


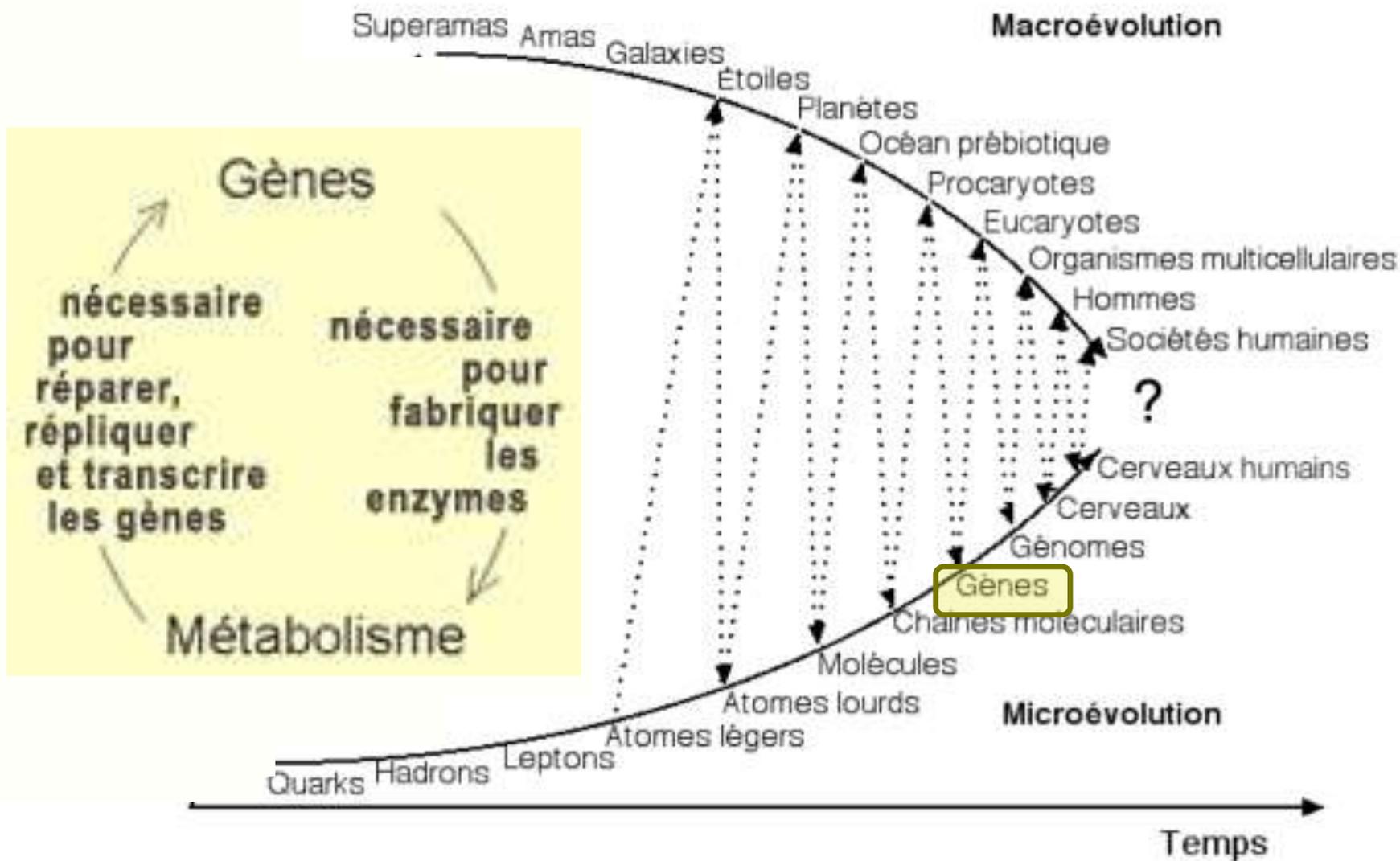


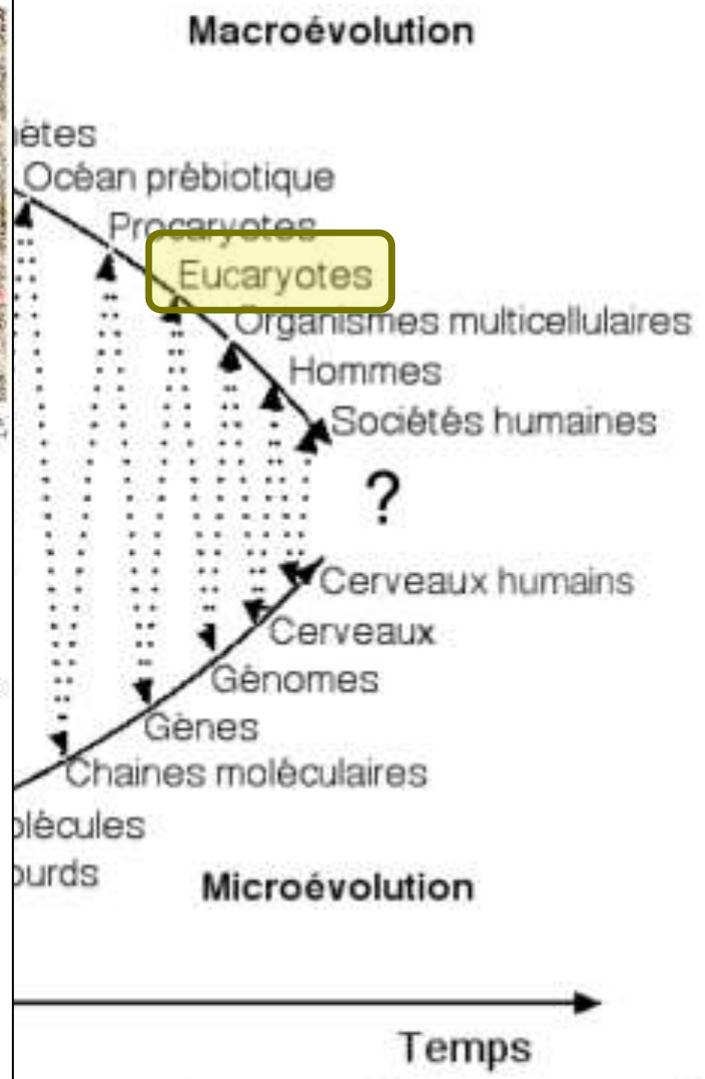
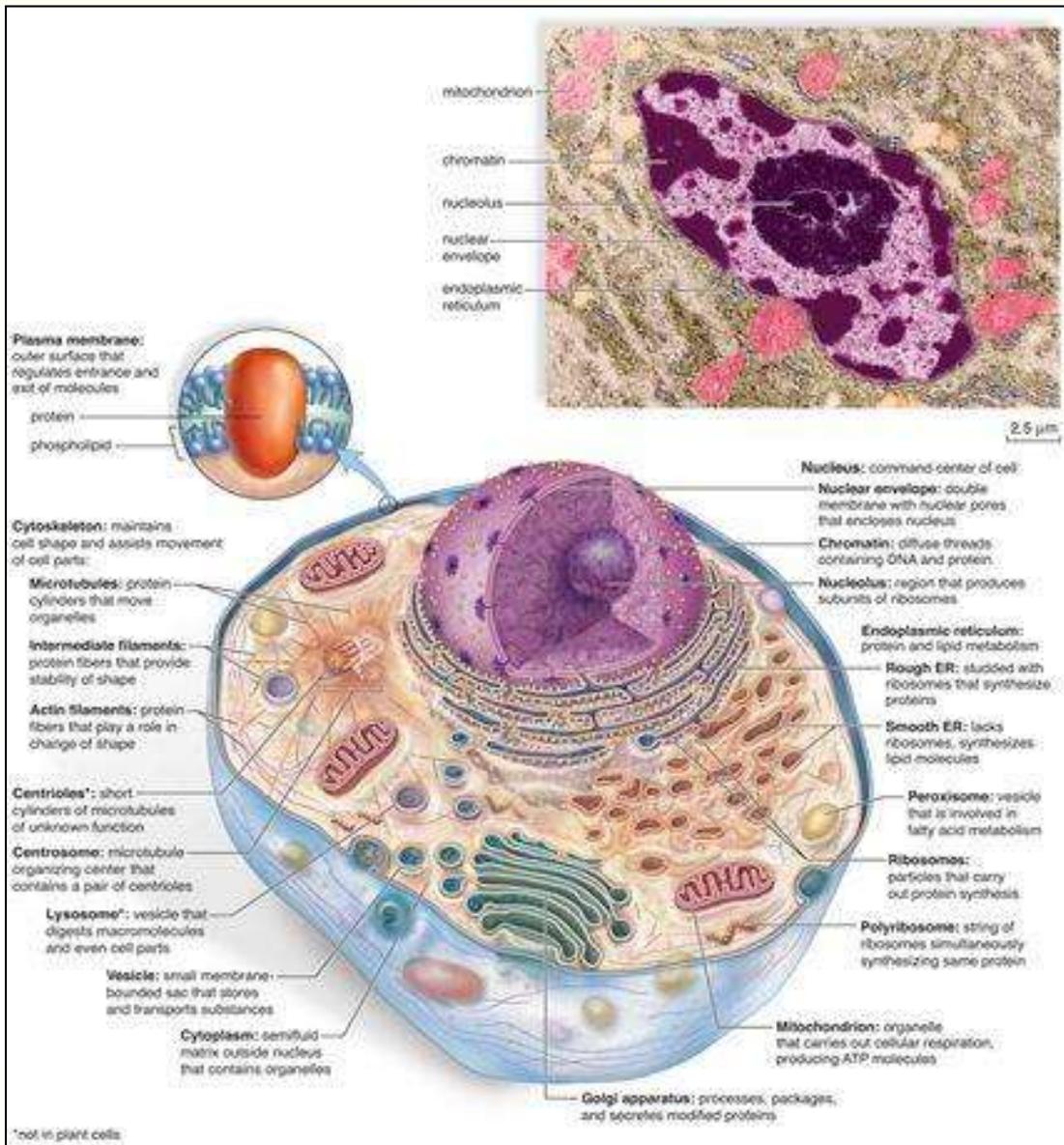
(a) Typical prokaryotic cell

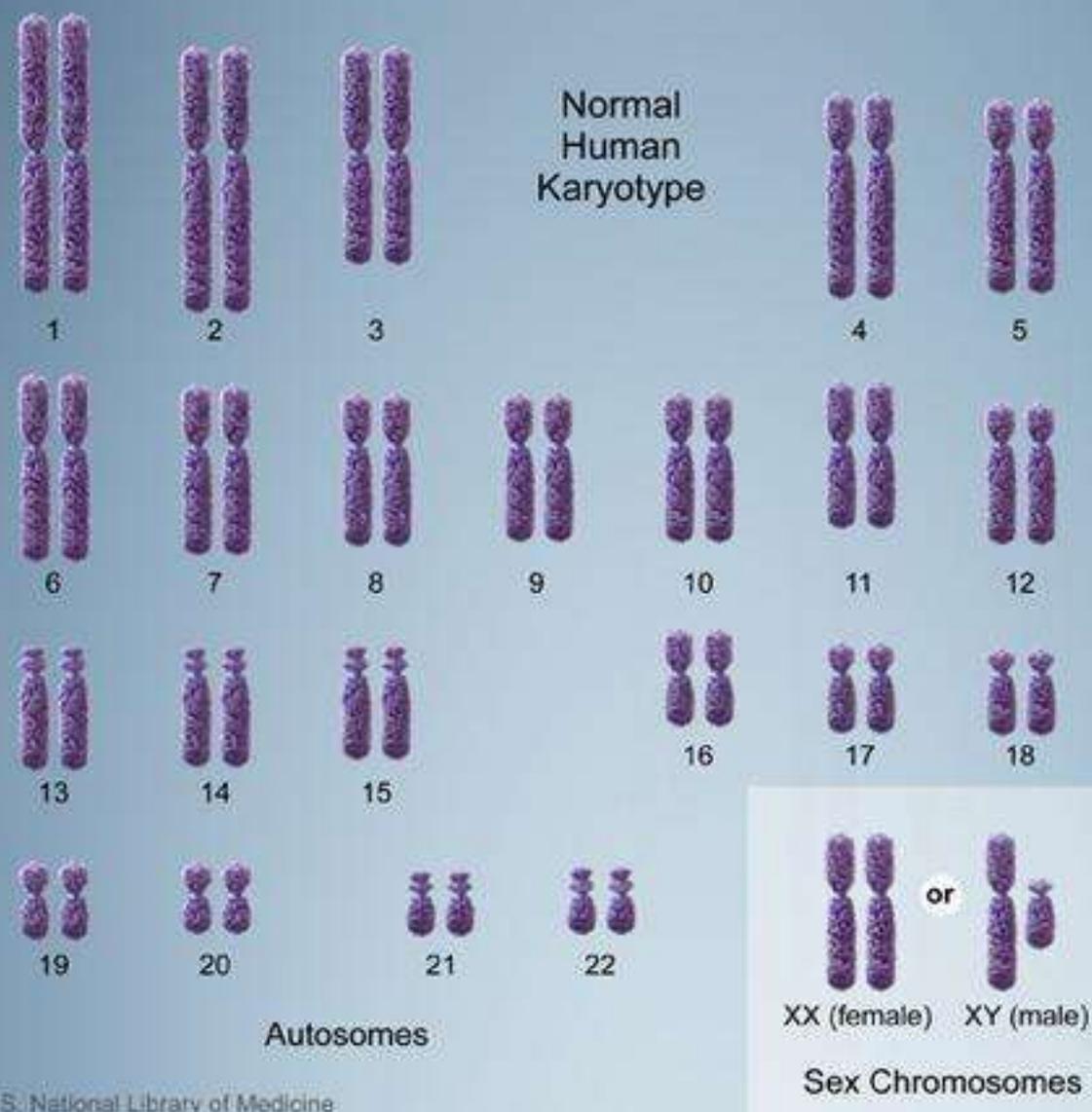
Copyright © 2006 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.







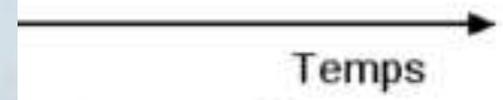


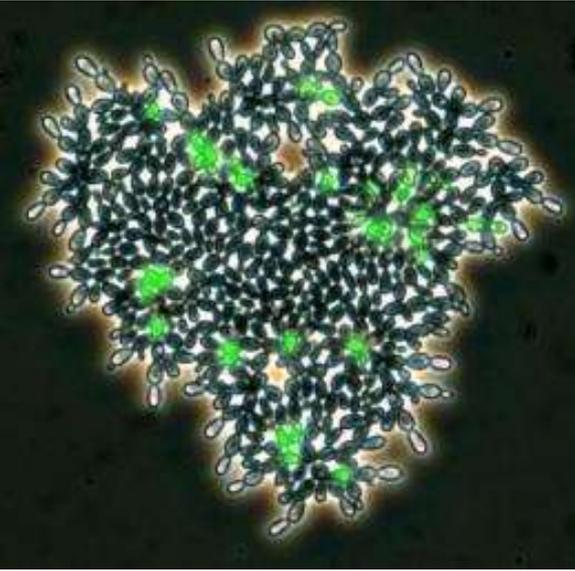


Macroévolution



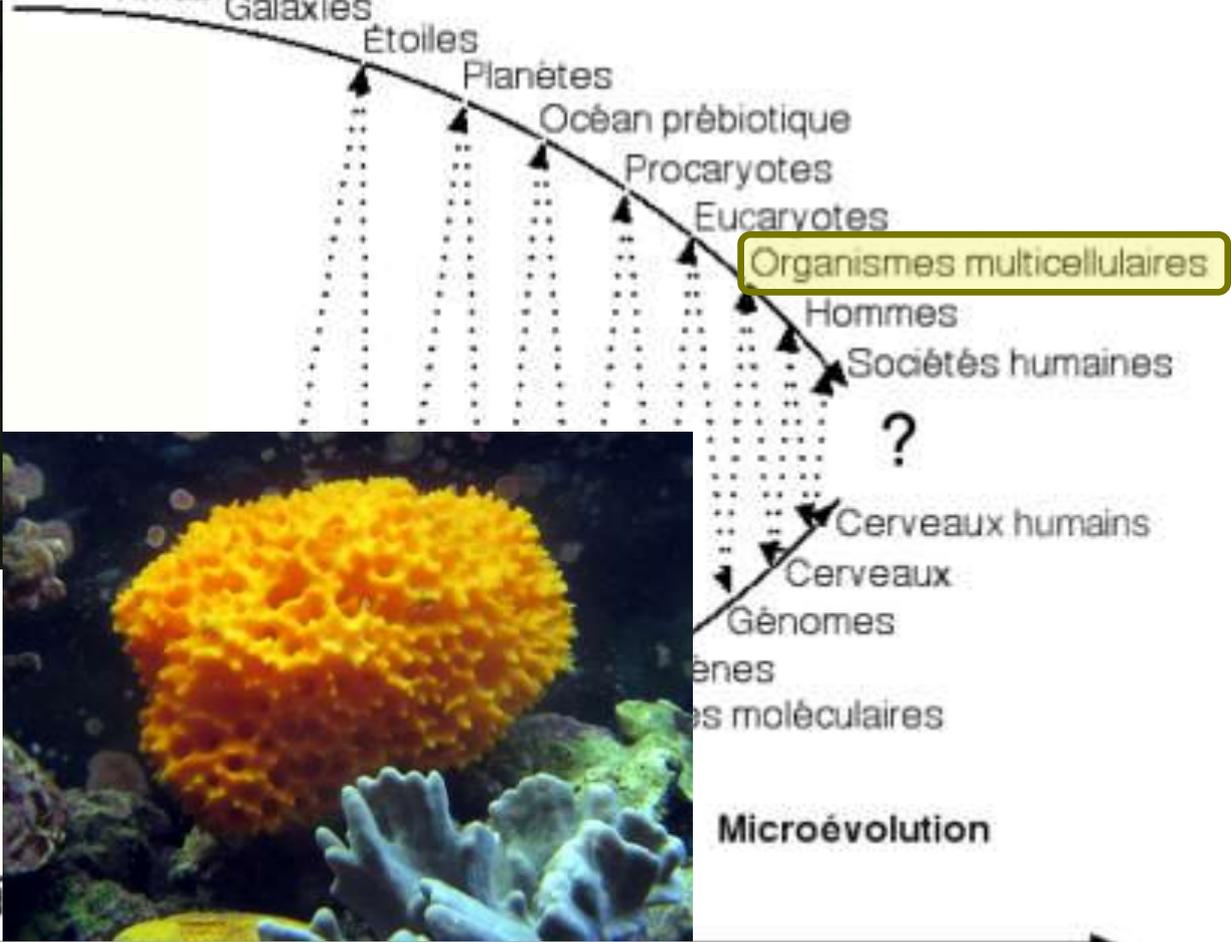
Microévolution





Superamas Amas Galaxies

Macroévolution



Quarks Had

Microévolution

Temps

Superamas Amas Galaxies Étoiles Planètes

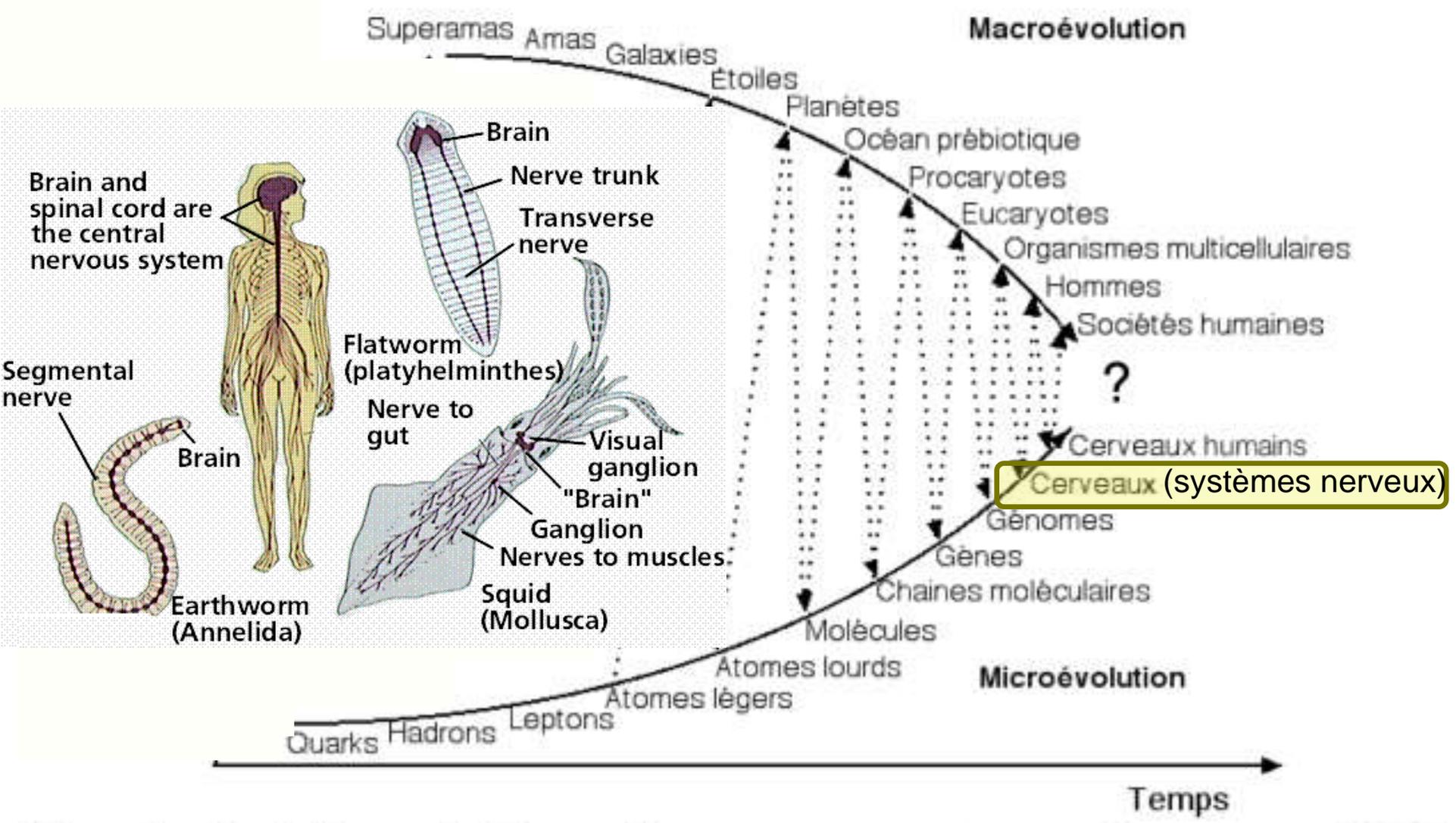
Macroévolution



Quarks Hadrons Leptons Atomes légers Atomes lourds

Microévolution





2^e principe de la thermodynamique :

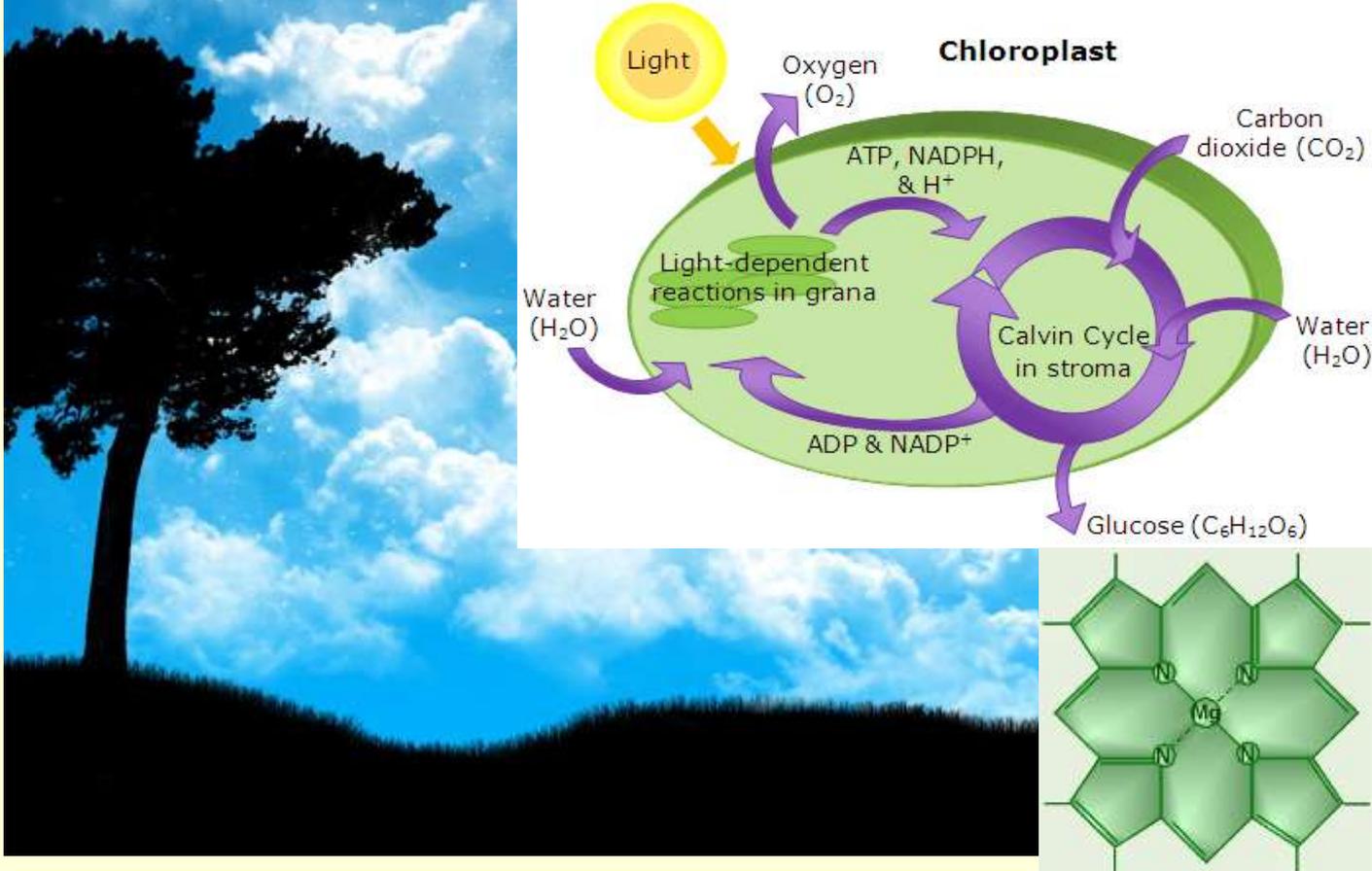
l'entropie (désordre) croît constamment





« 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 !

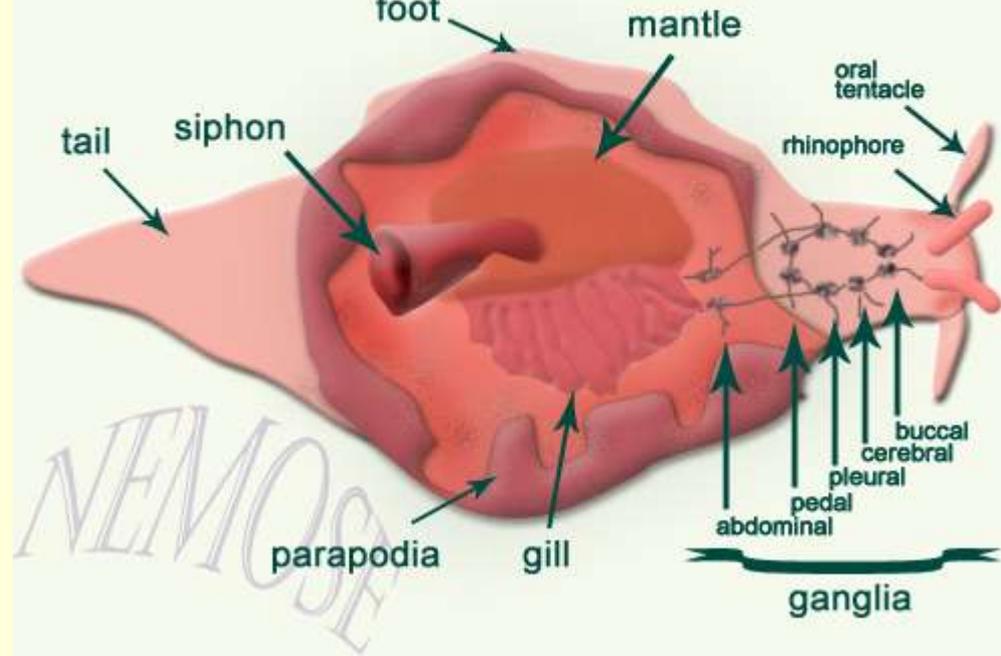
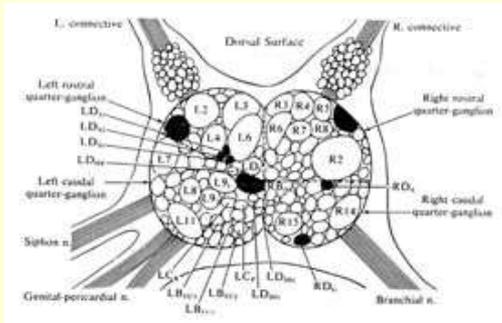
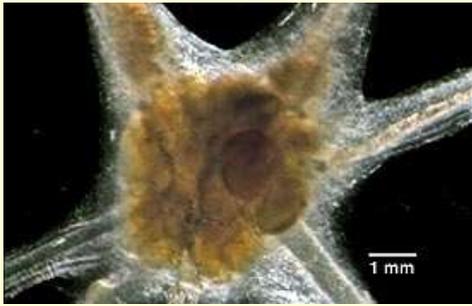
Différent du **système hormonal** : le moment des premières règles d'une femme varie, l'important c'est qu'elle finisse par les avoirs...

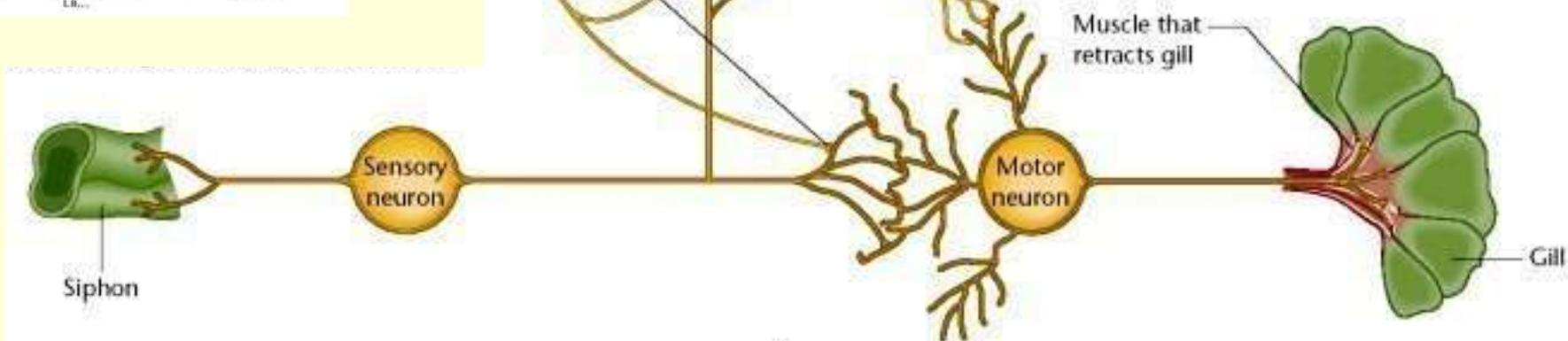
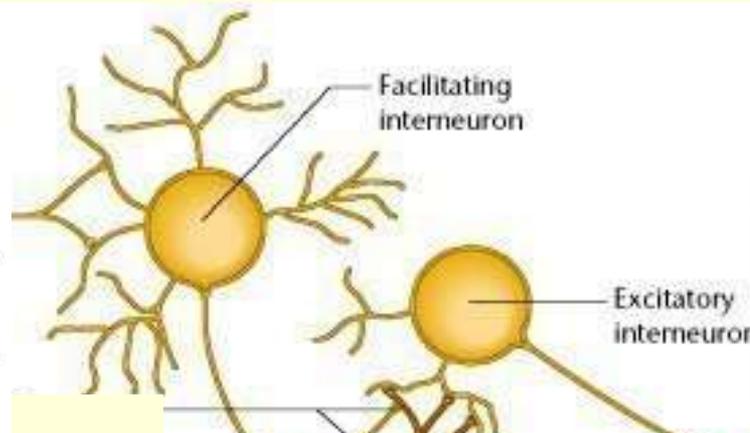
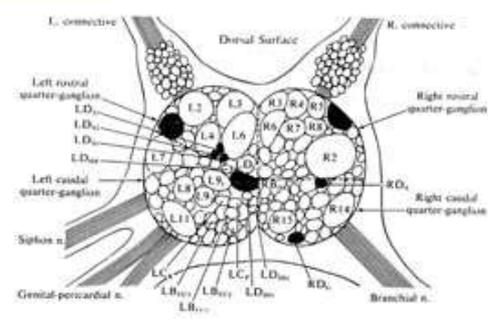
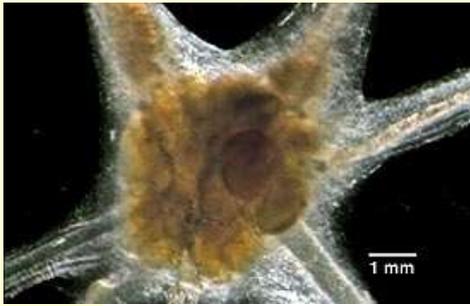
Différent du **système immunitaire** : commencez à fabriquer des anticorps ce soir au lieu de maintenant et ce sera rarement fatal...

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**.







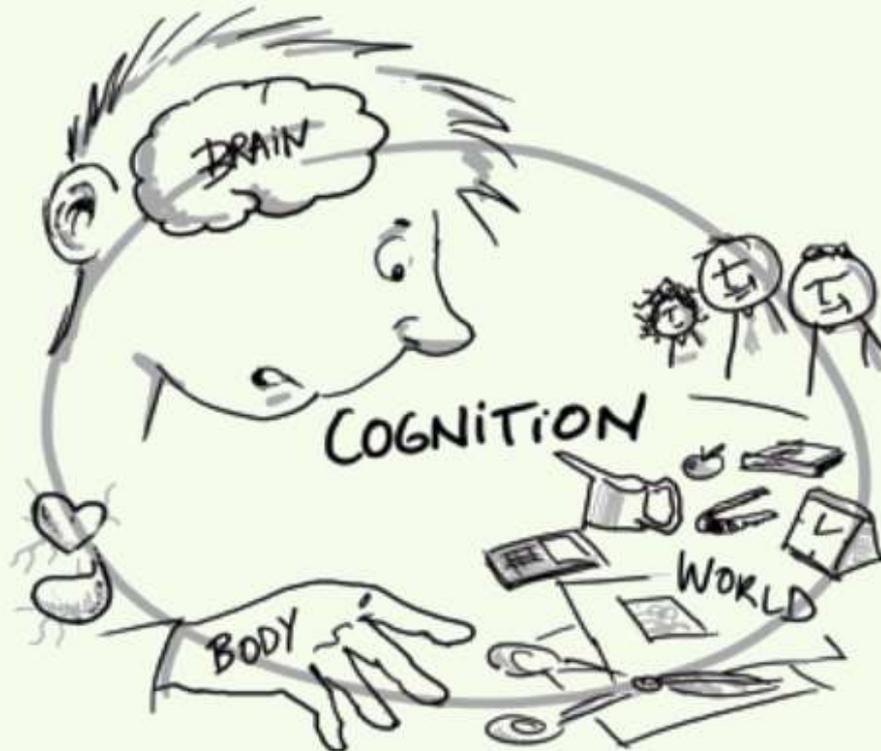
Une boucle sensori - motrice

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

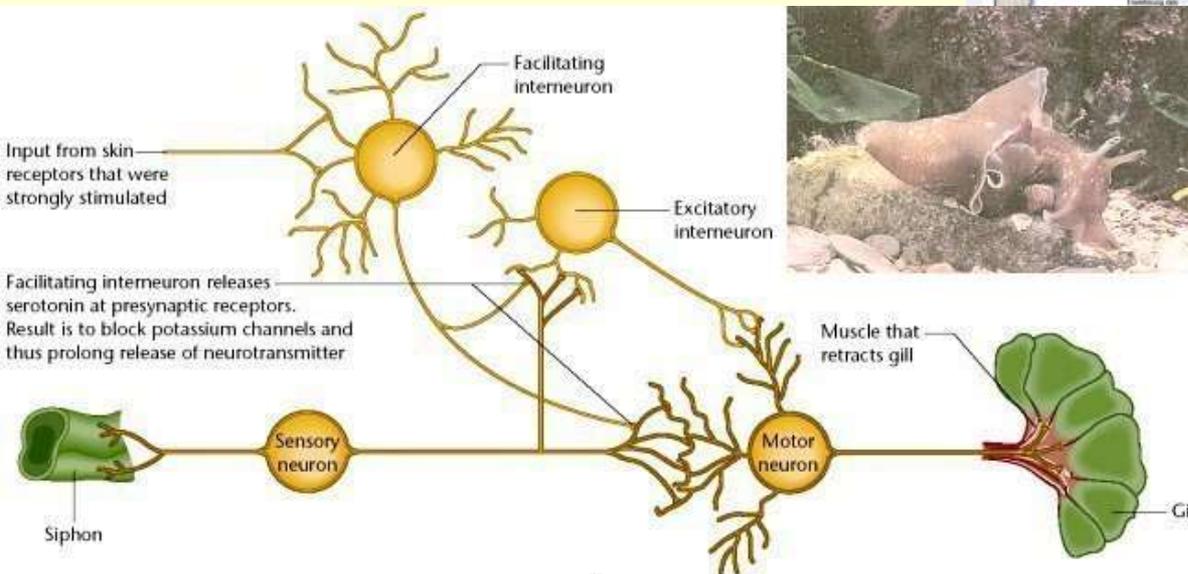
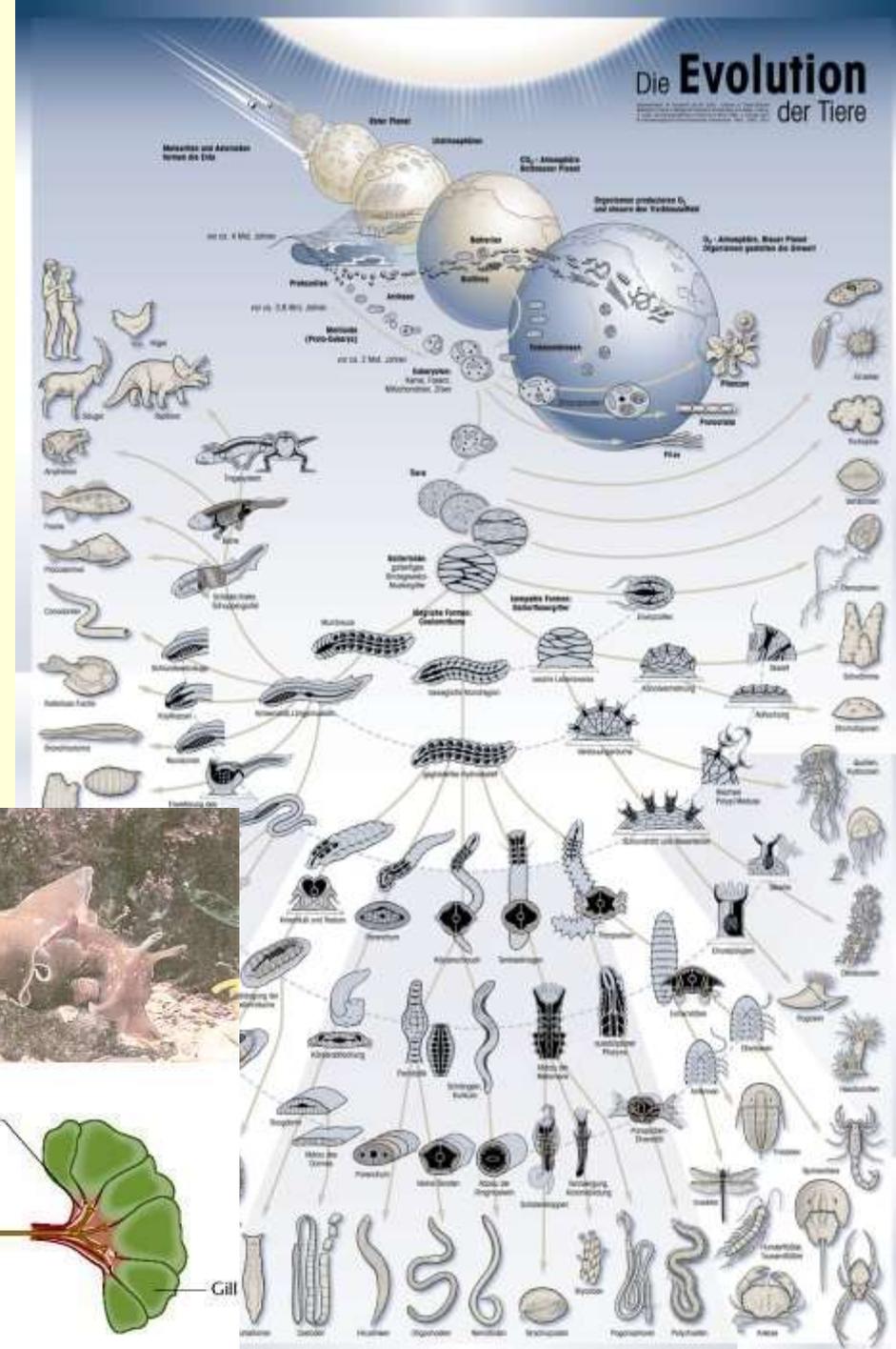
Et progressivement,

« 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

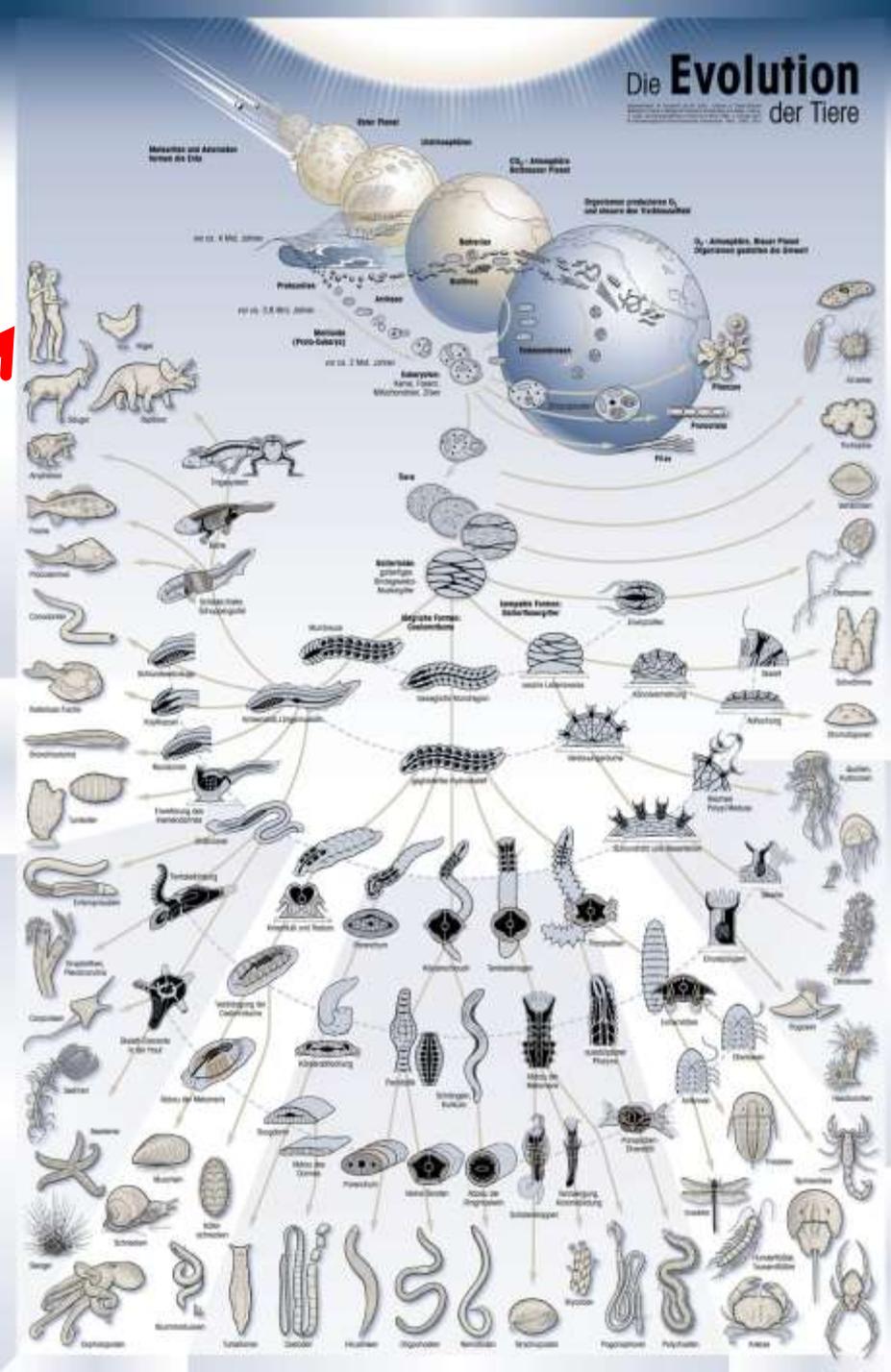


Pendant des centaines de millions d'années, c'est donc cette boucle-sensorimotrice qui va se complexifier...



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

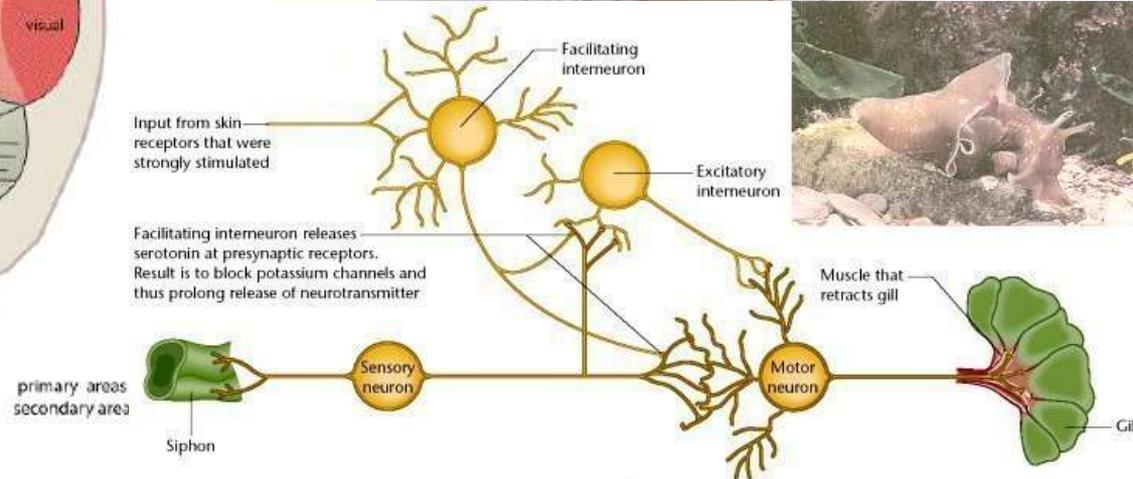
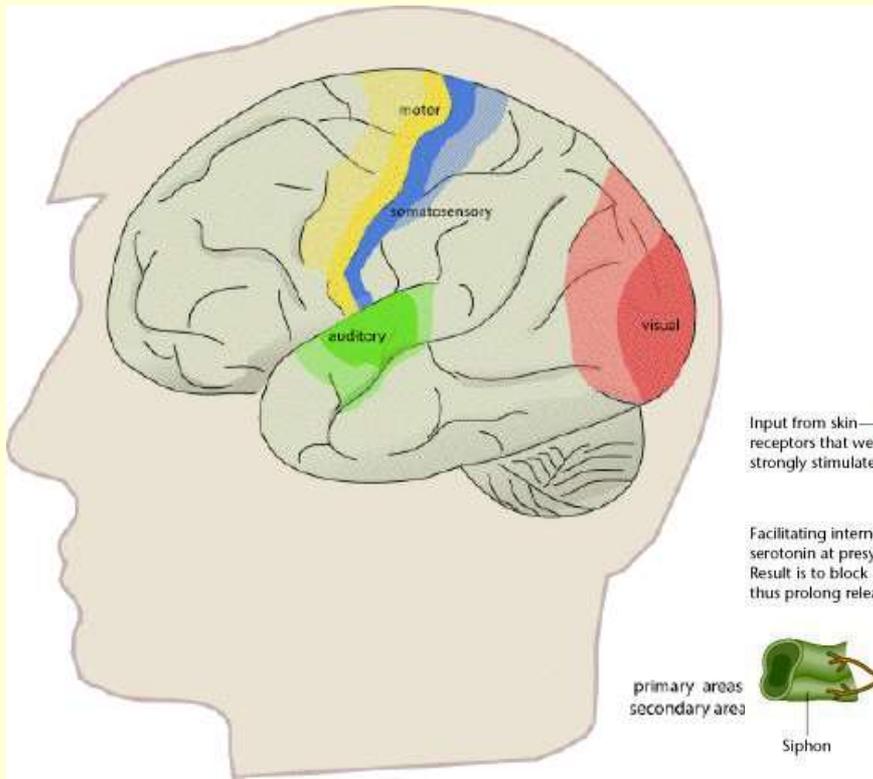
...et l'une des variantes du cerveau de primate sera le nôtre !

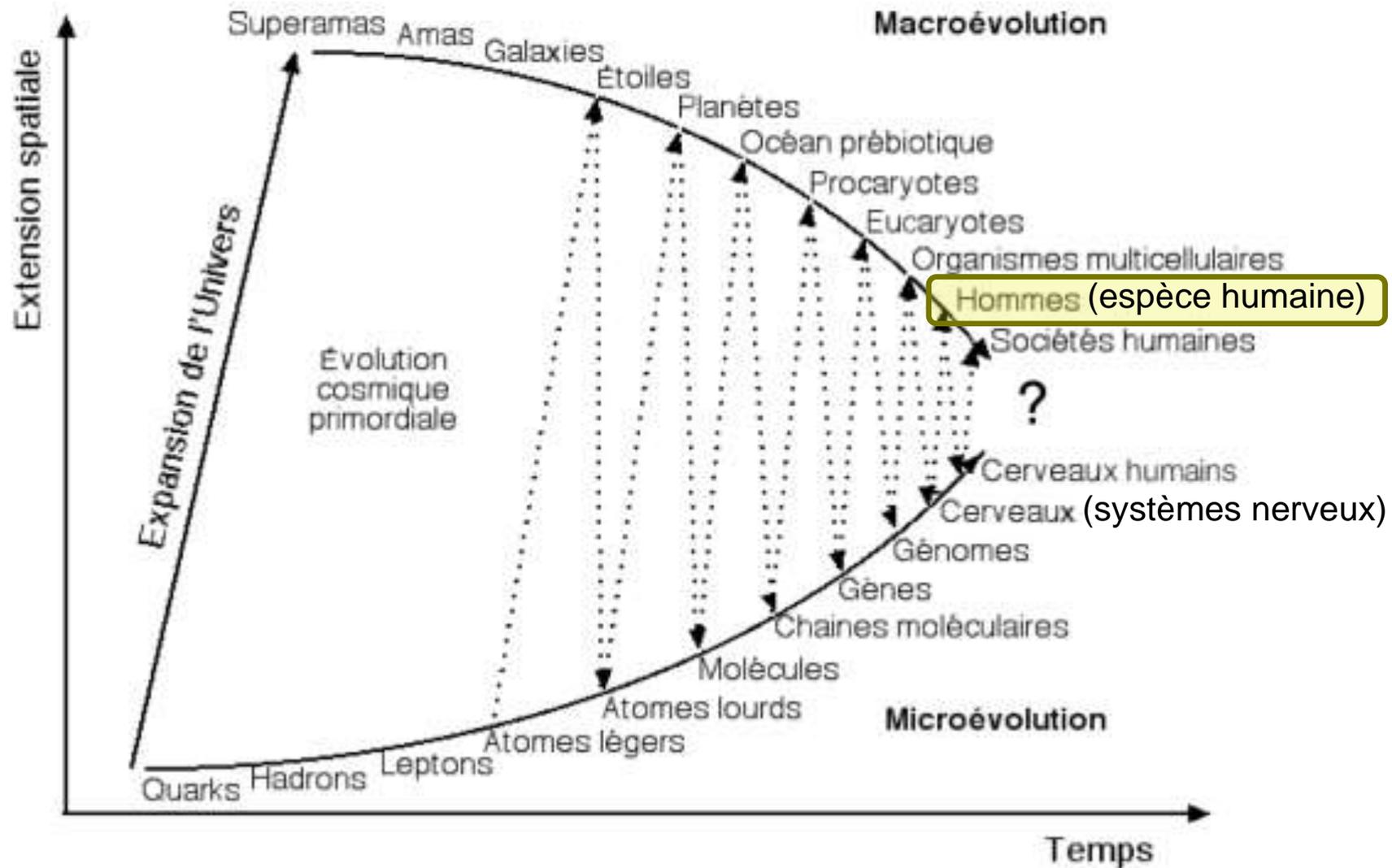


Le cerveau humain est encore construit sur cette **boucle perception – action**,

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

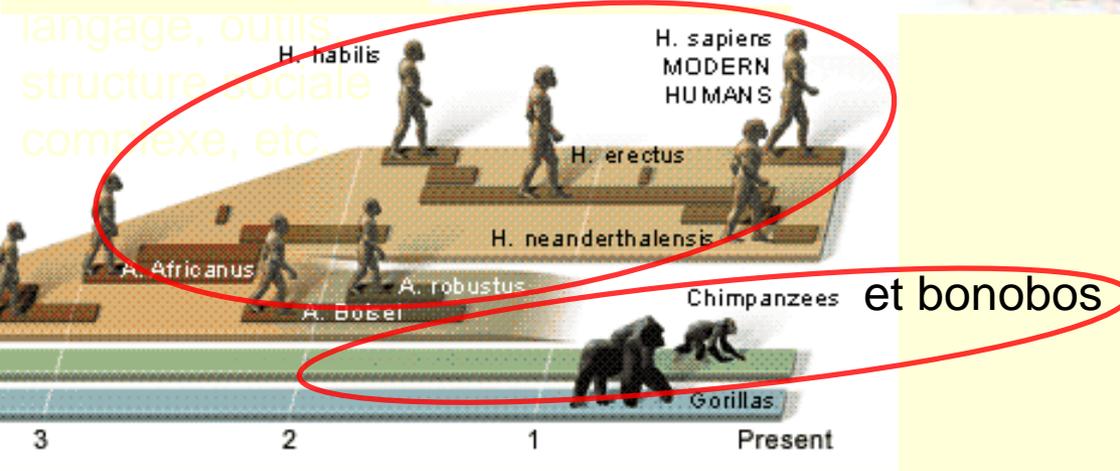
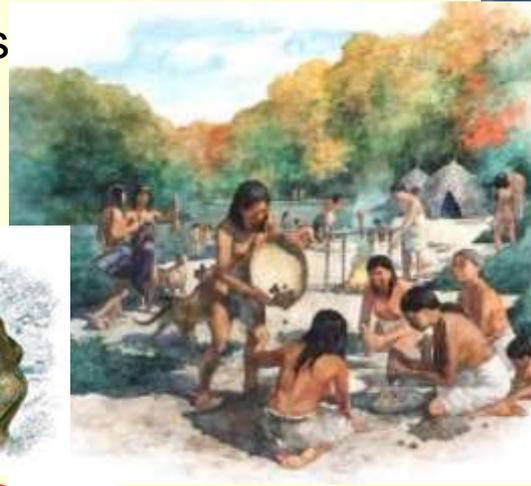
comme les inter-neurones de l'aplysie.





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



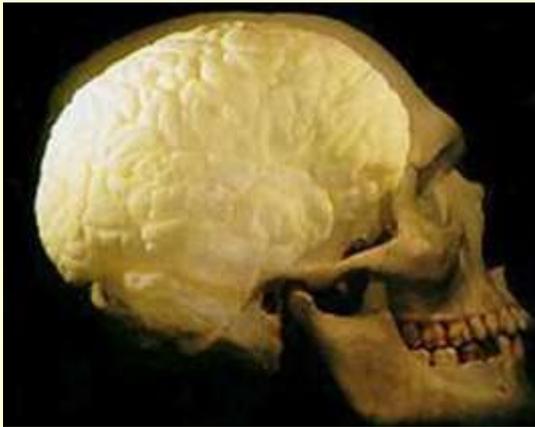
WHICH TEAM ARE YOU ON?

War, violence & MEN rule | Peace, love & WOMEN rule



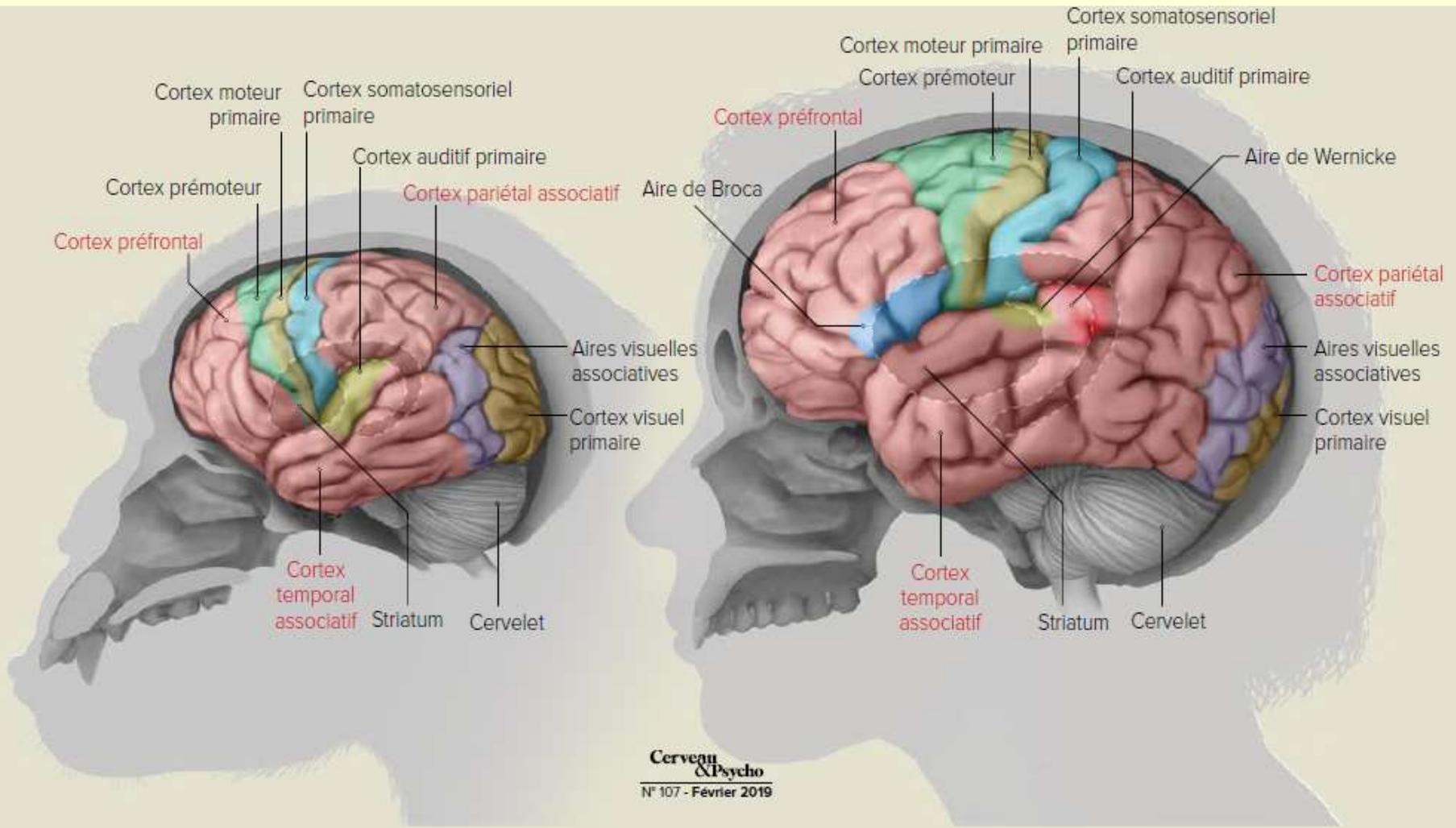
Évolution divergente chimpanzés / bonobos
il y a 1-2 millions d'année a donné :

- 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.

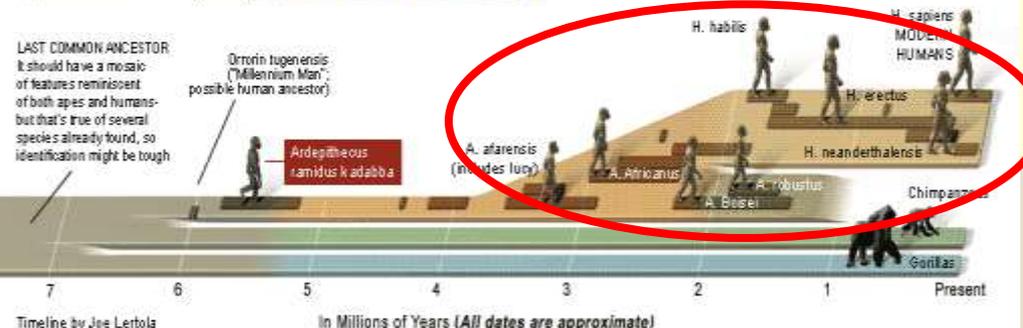




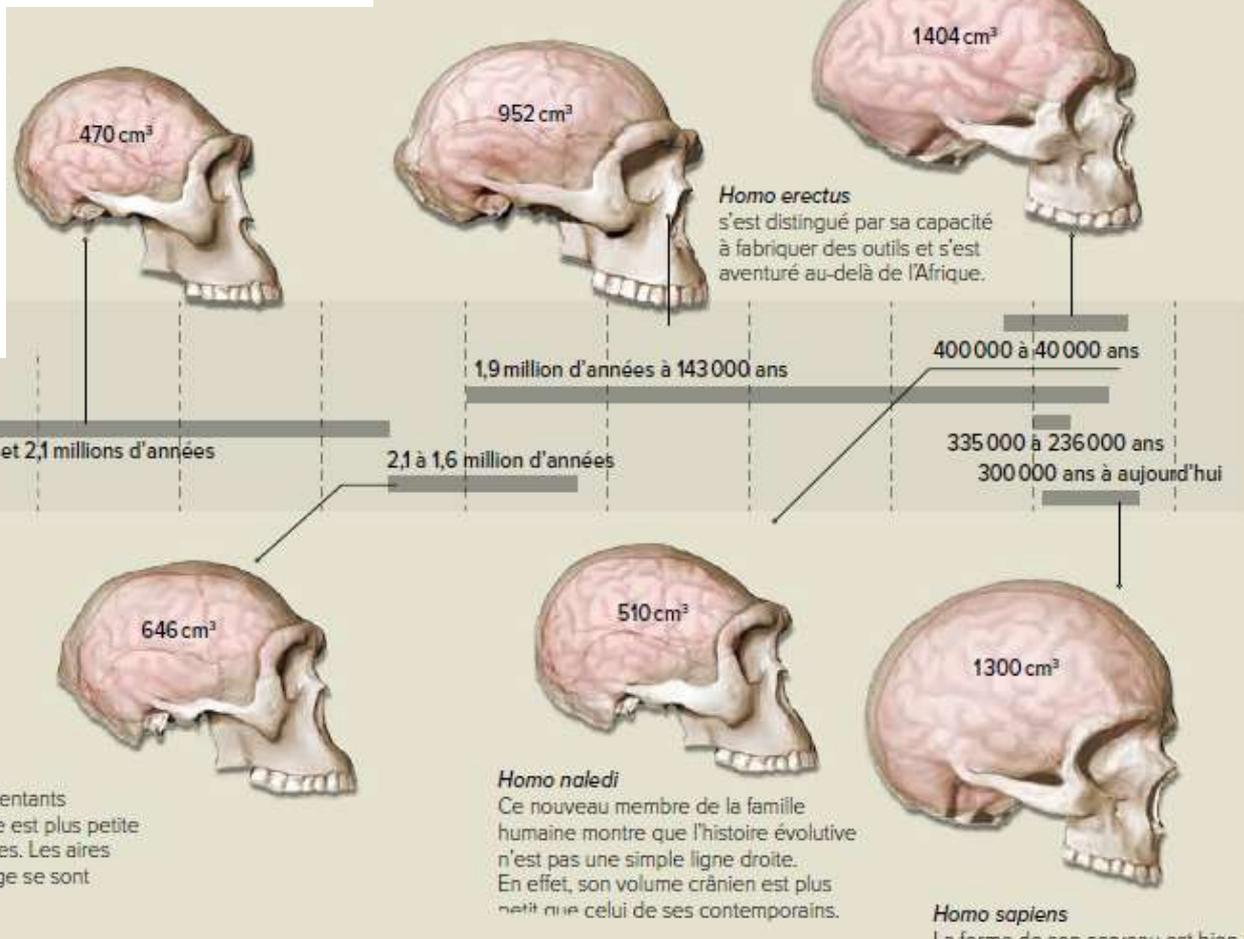
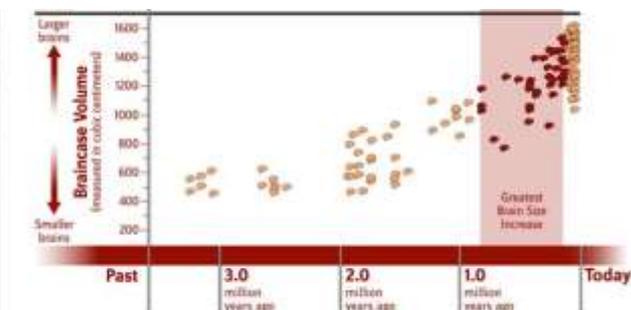
chimpanzé

humain

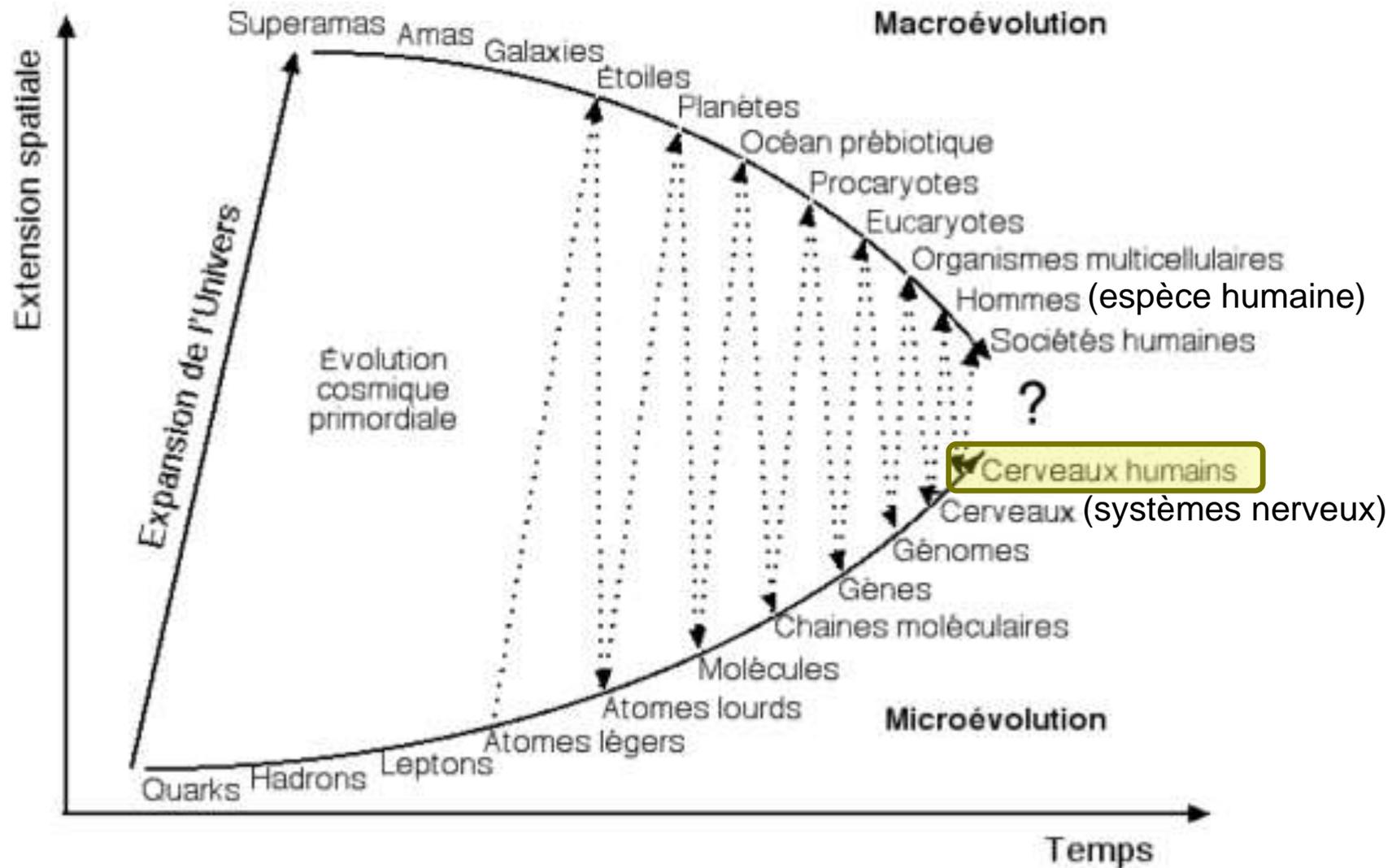
En moins de 4 millions d'années, un temps relativement court à l'échelle de l'évolution,

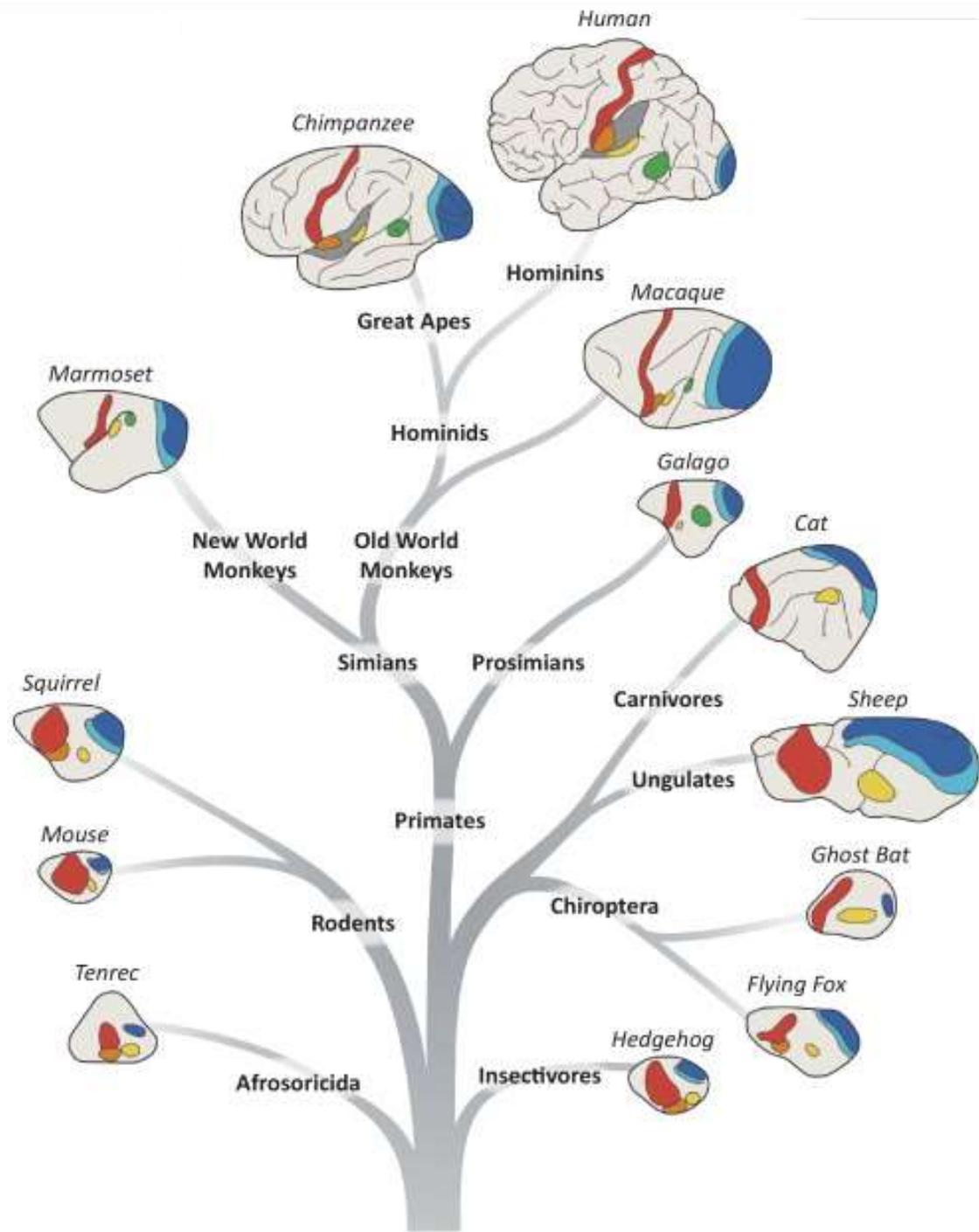


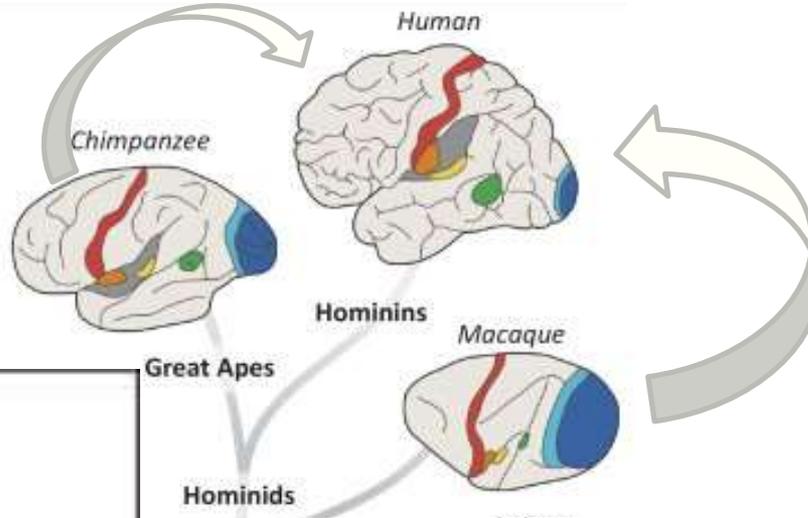
Homo neanderthalensis a cohabité avec *Homo sapiens*. Bon chasseur, il manipulait des outils et le feu. Son volume crânien est comparable au nôtre.



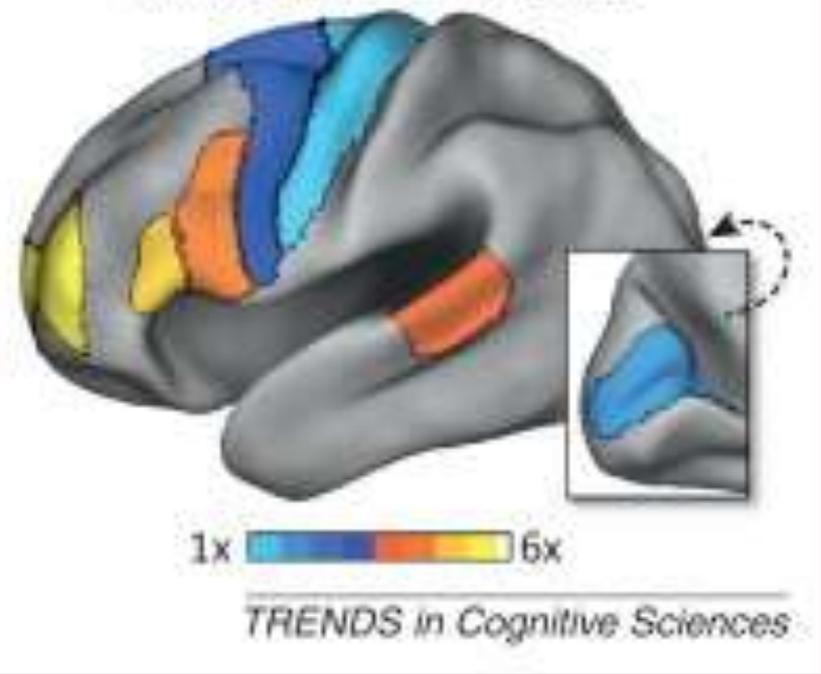
le cerveau des hominidés va **tripler** du volume qu'il avait acquis en 60 millions d'années d'évolution des primates.





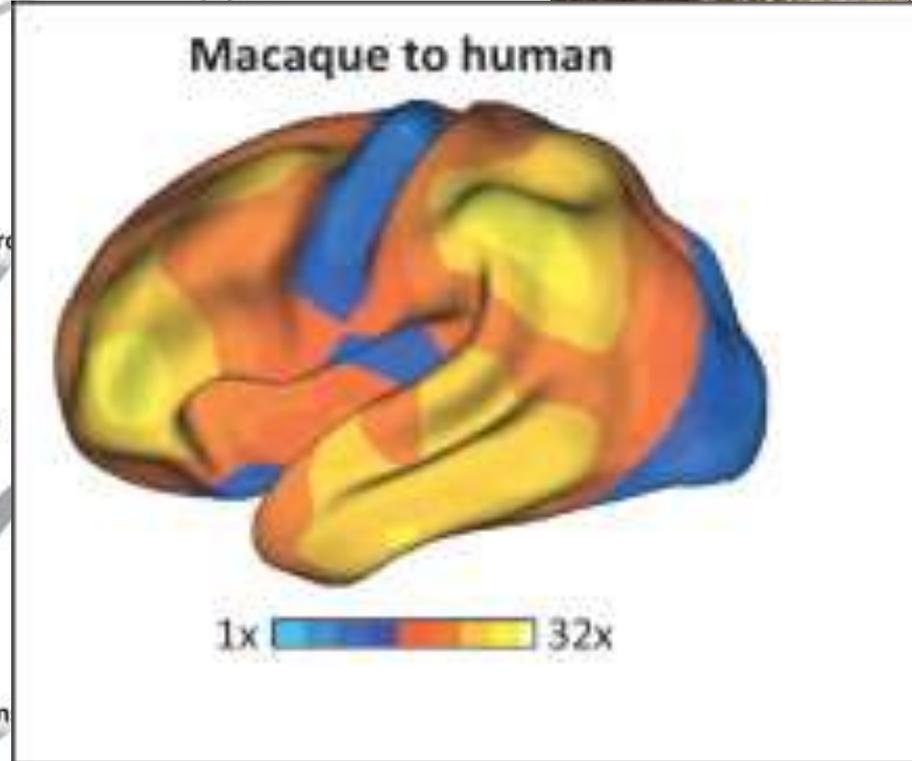


Chimpanzee to human

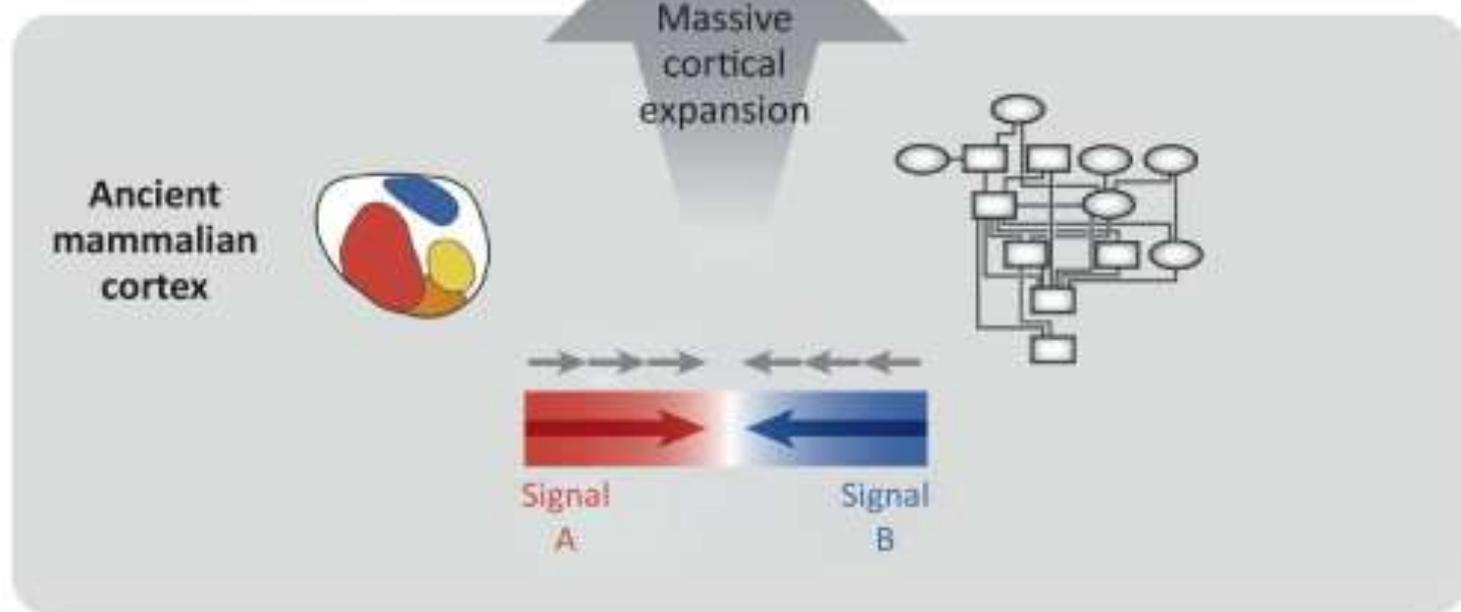
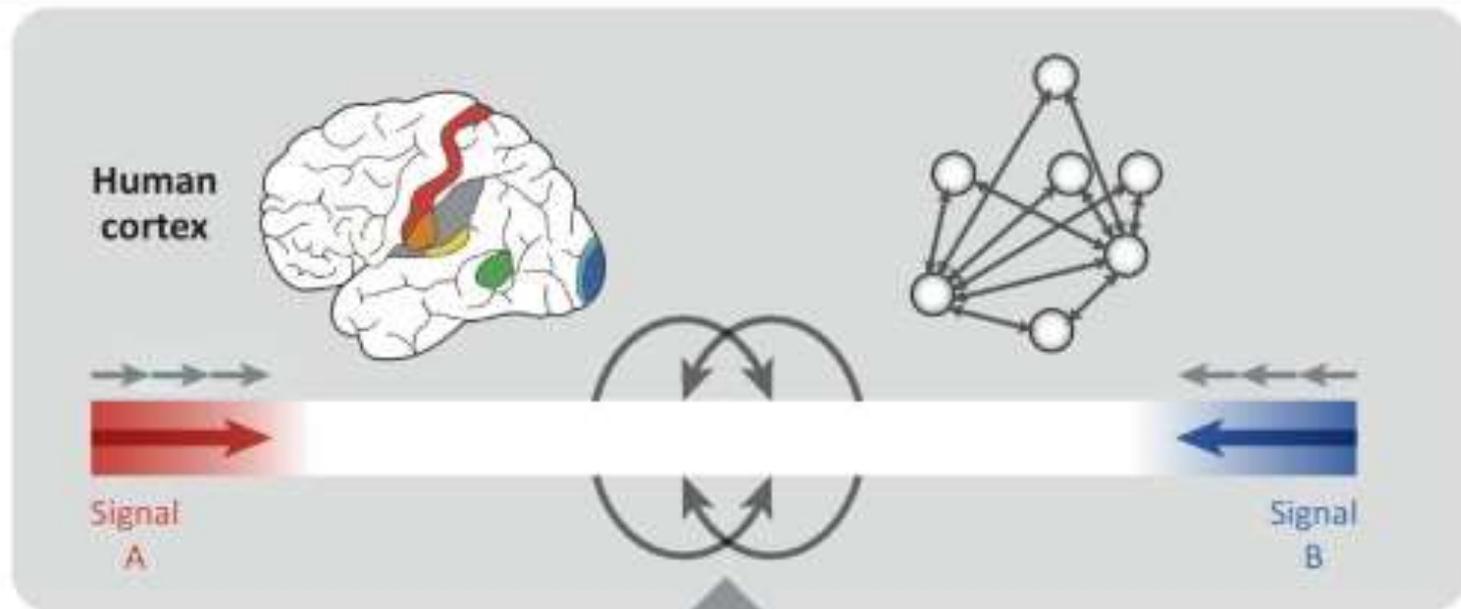


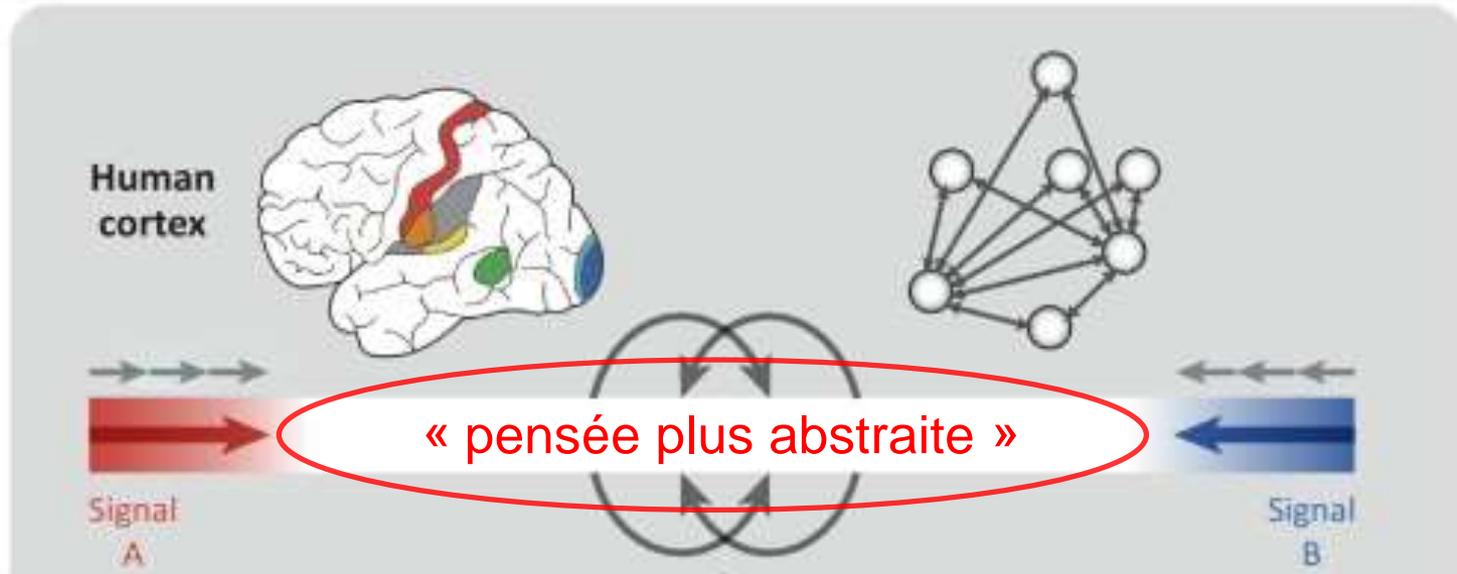
Ancêtre commun :
environ 6-7 millions d'années

Macaque to human



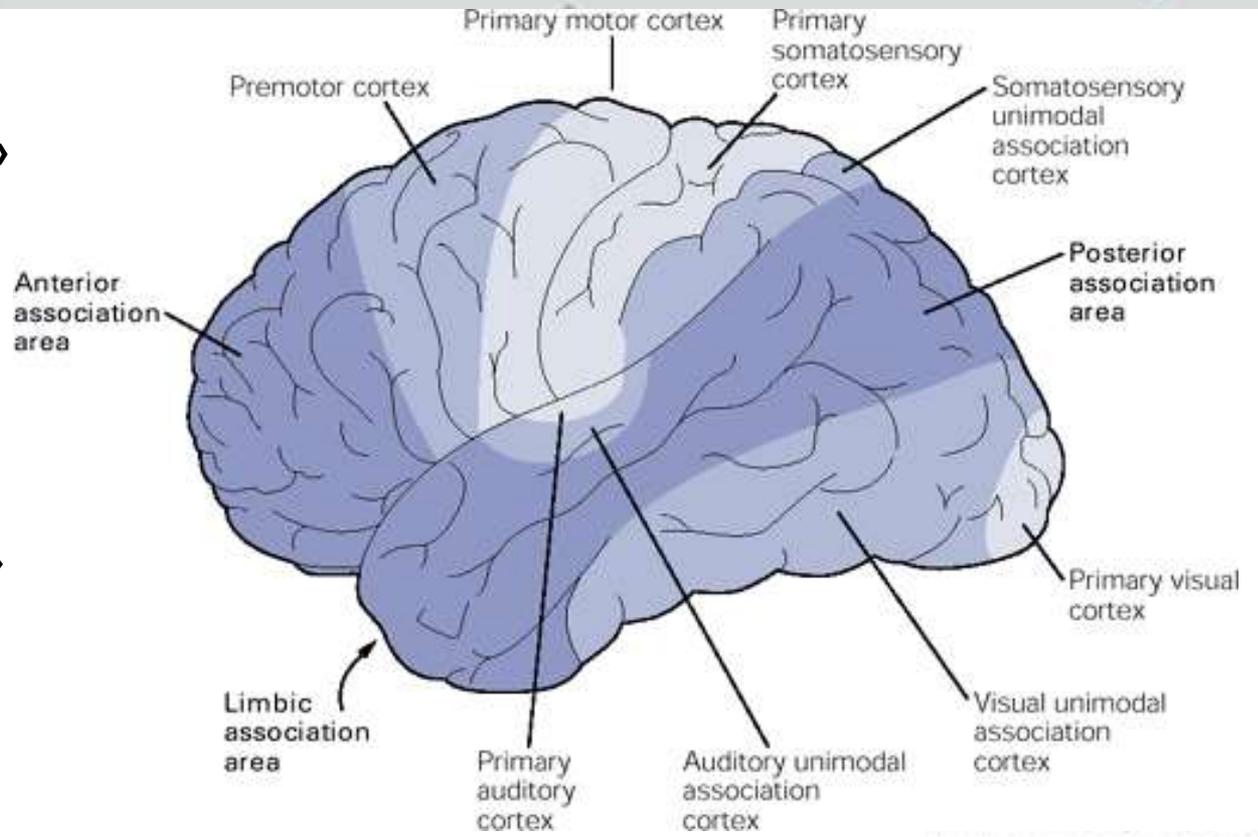
Ancêtre commun :
environ 25 millions d'années



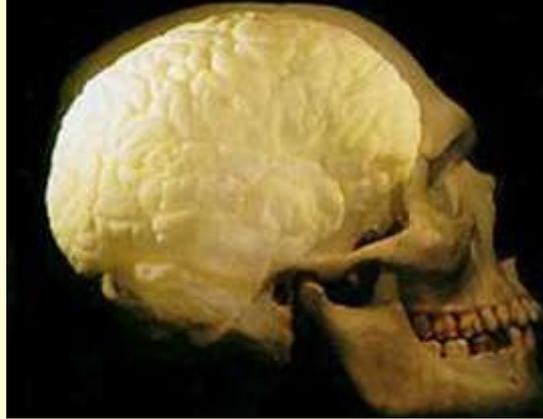


Cortex « associatif »

crée de l'espace pour le « offline »



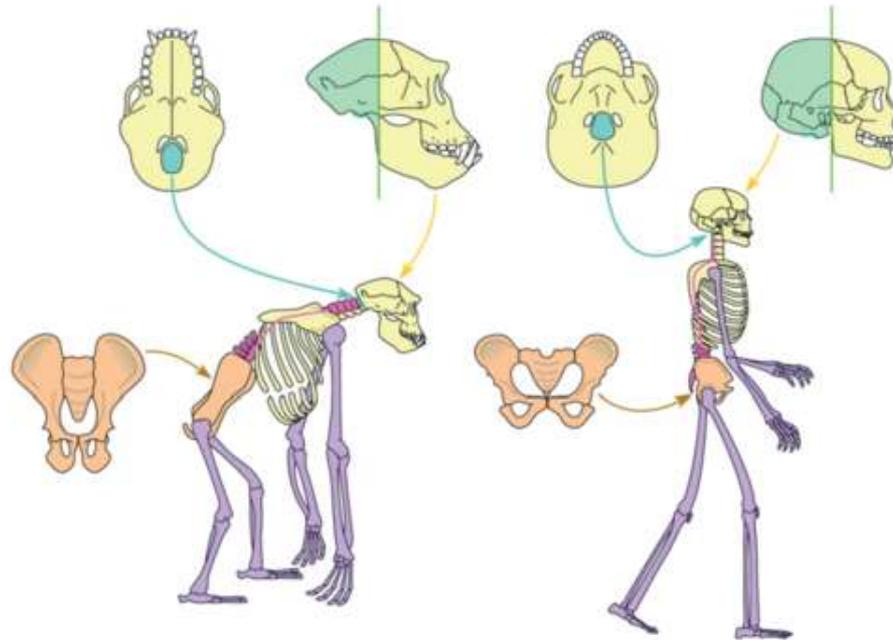
Pour comprendre cette évolution très particulière de notre espèce,



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

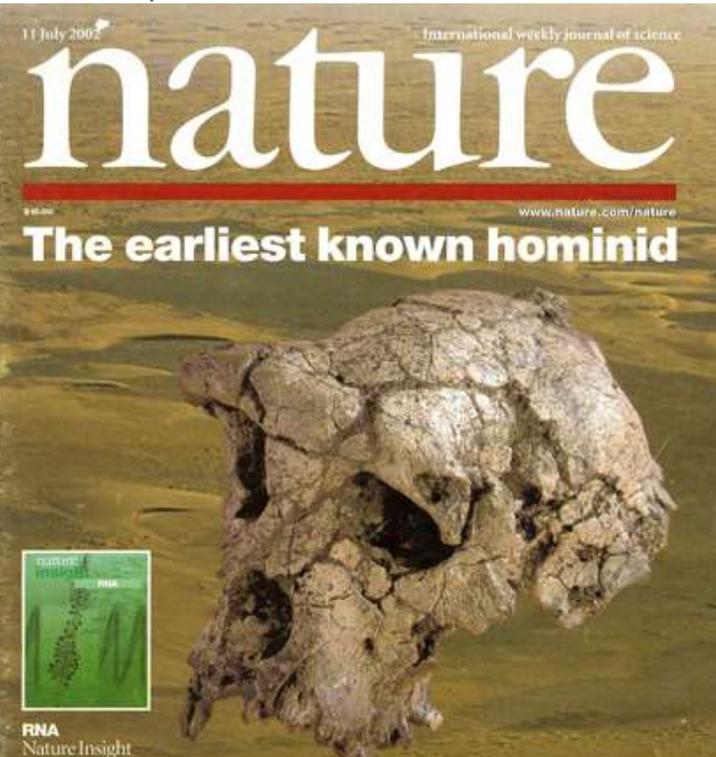
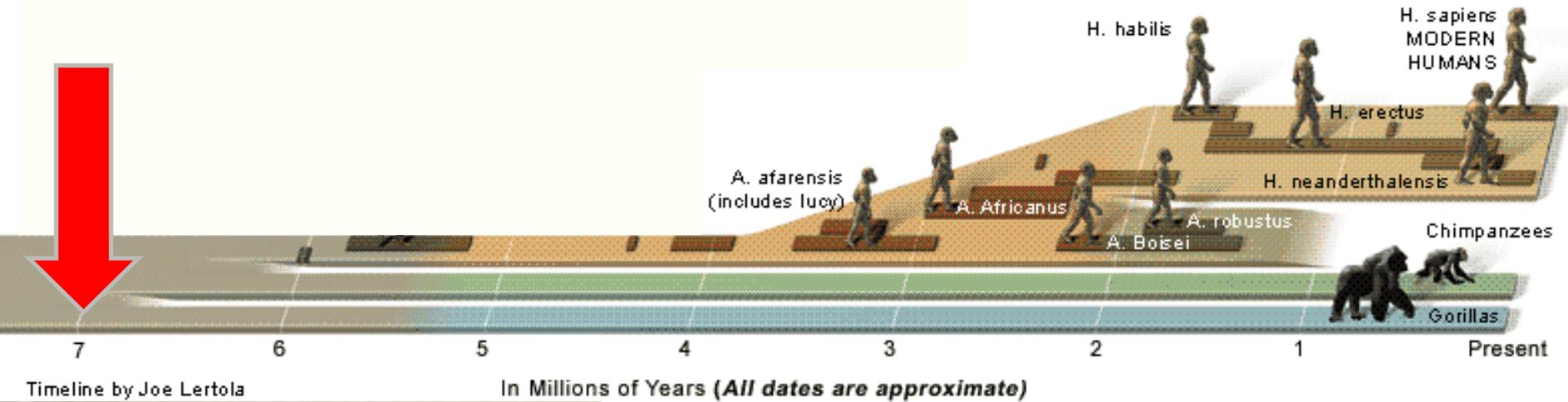
Un point tournant incontournable : **la bipédie ?**

Les caractères qui distinguent l'Homme et le chimpanzé



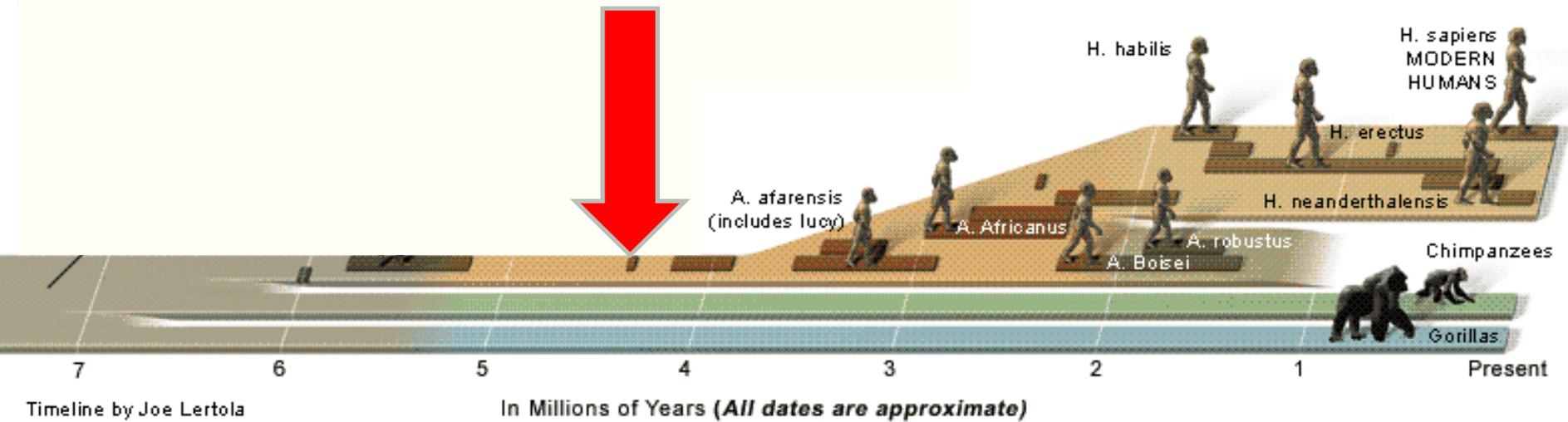
- colonne vertébrale
- position du trou occipital
- rapport volume crânien / face

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



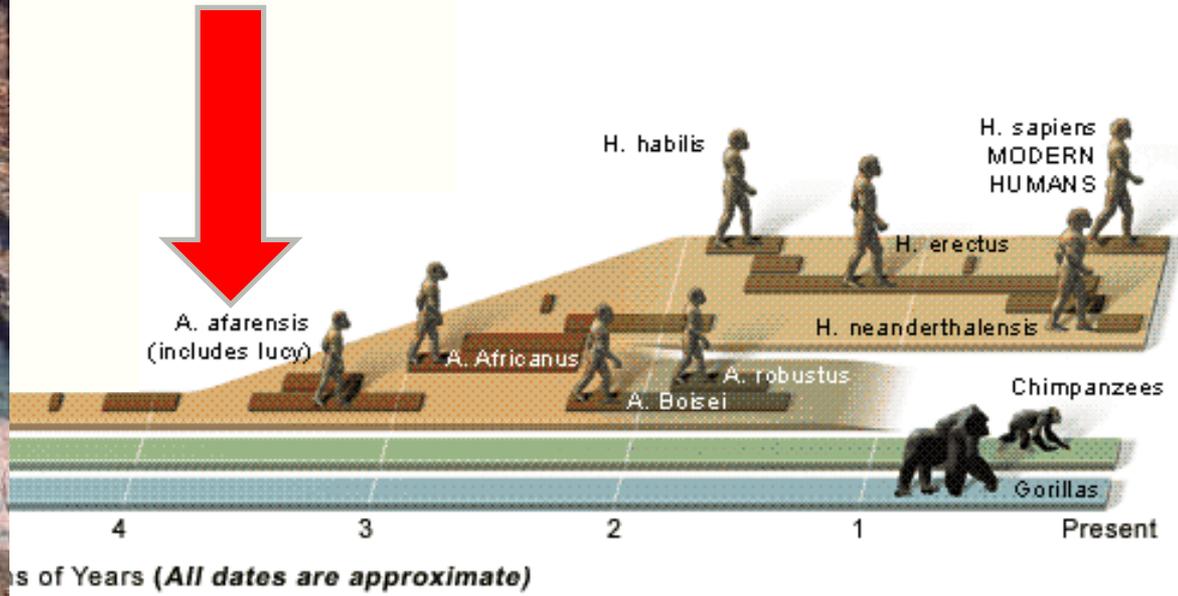
Le premier spécimen fossile de *Sahelanthropus tchadensis* a été surnommé « Toumaï » et son âge est estimé à environ **7 millions d'années**, a été découvert au Tchad par l'équipe de Michel Brunet en juillet 2001.

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

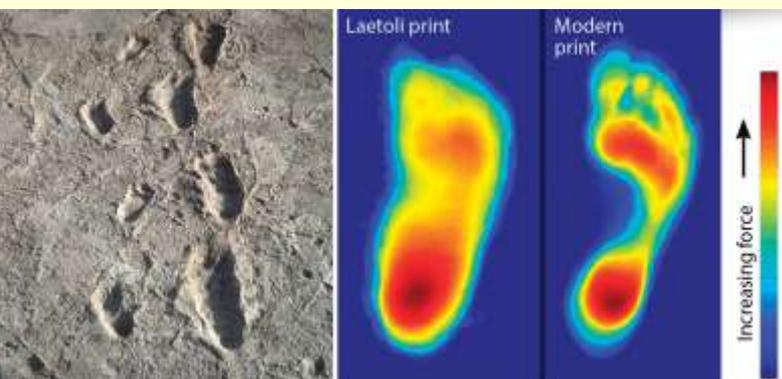


Ardipithecus ramidus, qui vivait en Afrique de l'Est au Pliocène inférieur, il y a **4,4 millions d'années**, possède de nombreux traits intermédiaires entre les chimpanzés et *Australopithecus afarensis*.

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

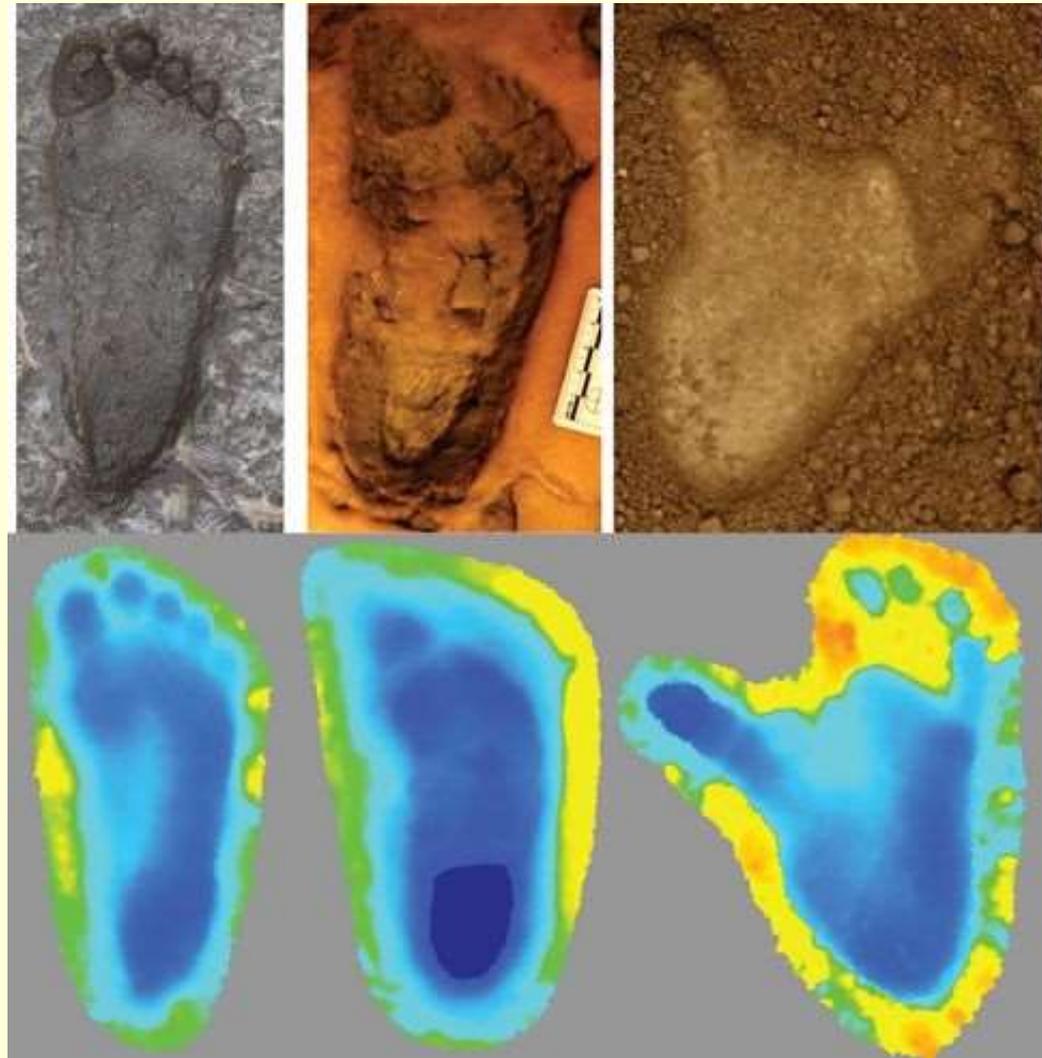
[Kevin G. Hatala](#), [Brigitte Demes](#) and [Brian G. Richmond](#)

17 August 2016

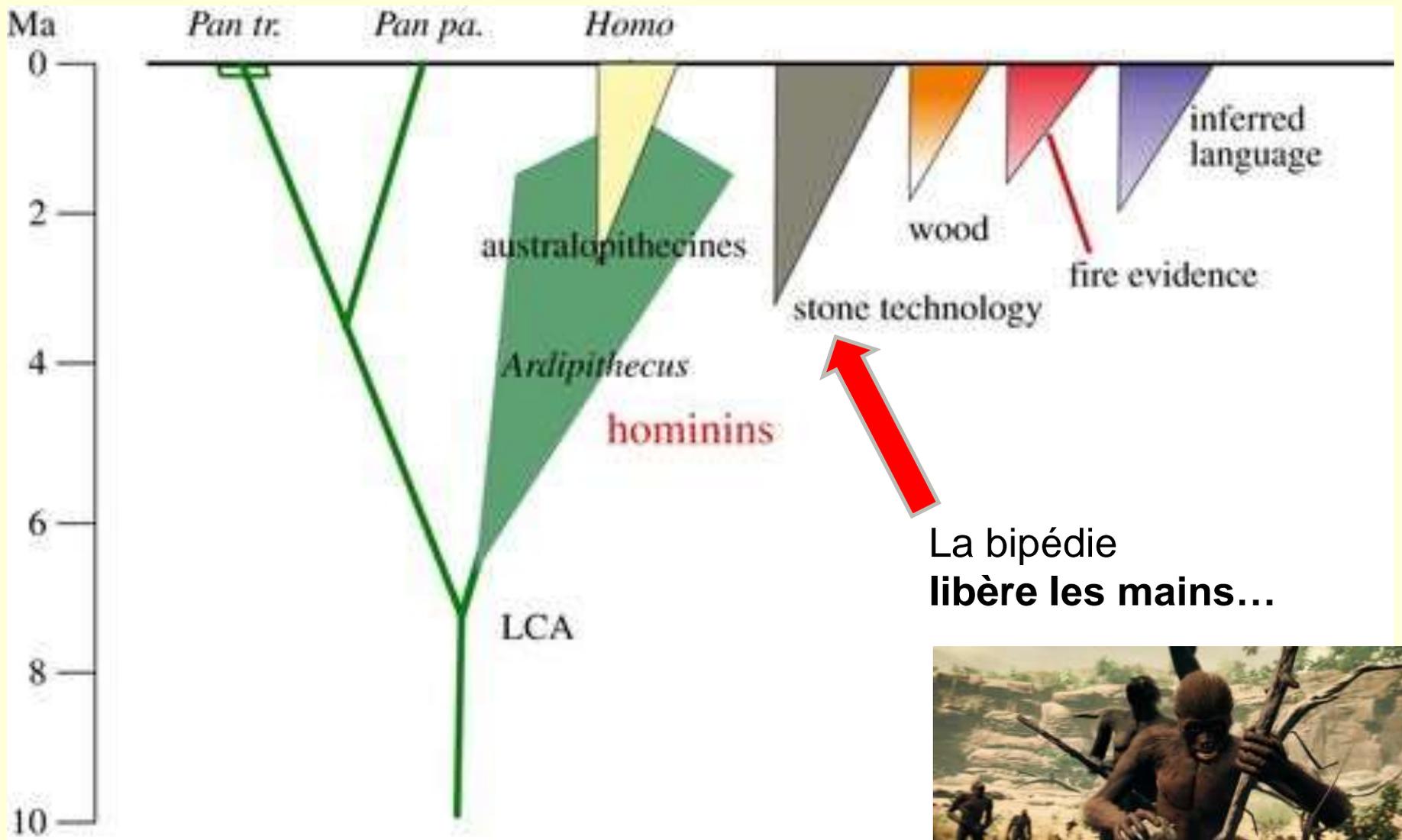
<https://royalsocietypublishing.org/doi/full/10.1098/rspb.2016.0235>

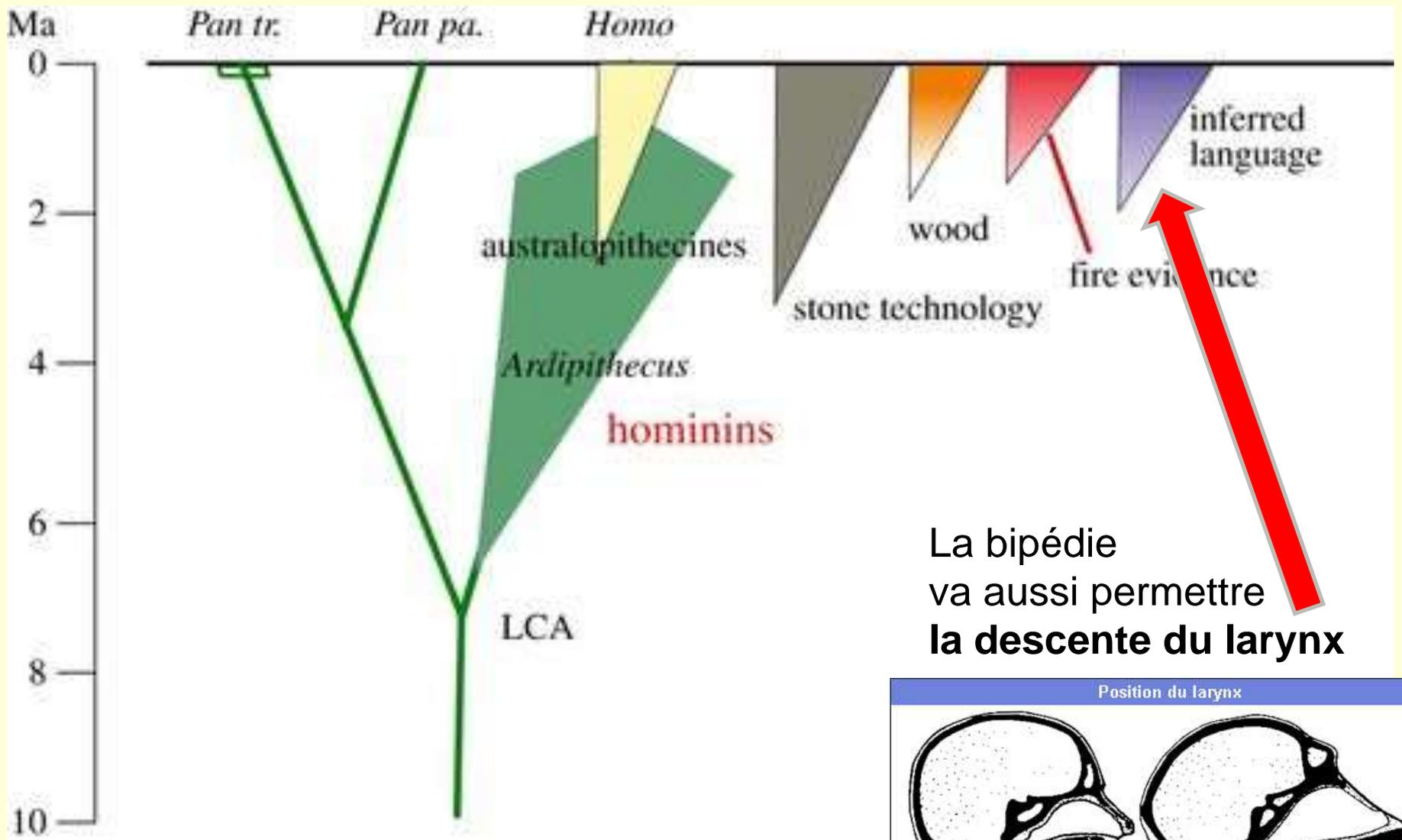
...the ca **3.66 Ma** hominin footprints at Laetoli, Tanzania, provided what is still today **the earliest indisputable evidence of bipedalism** in the human fossil record.

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

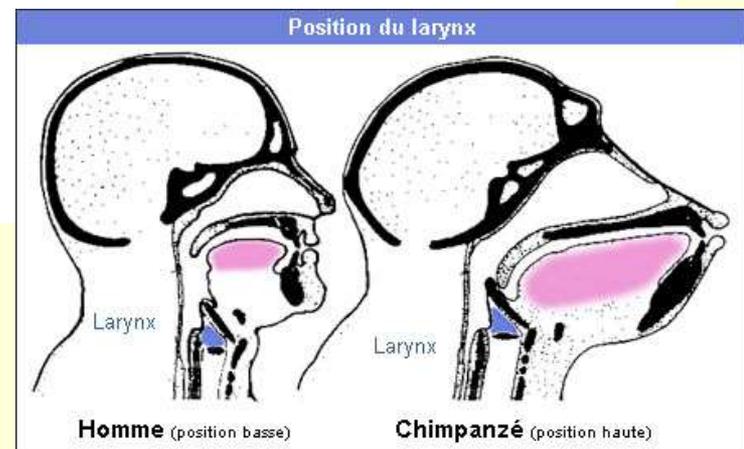


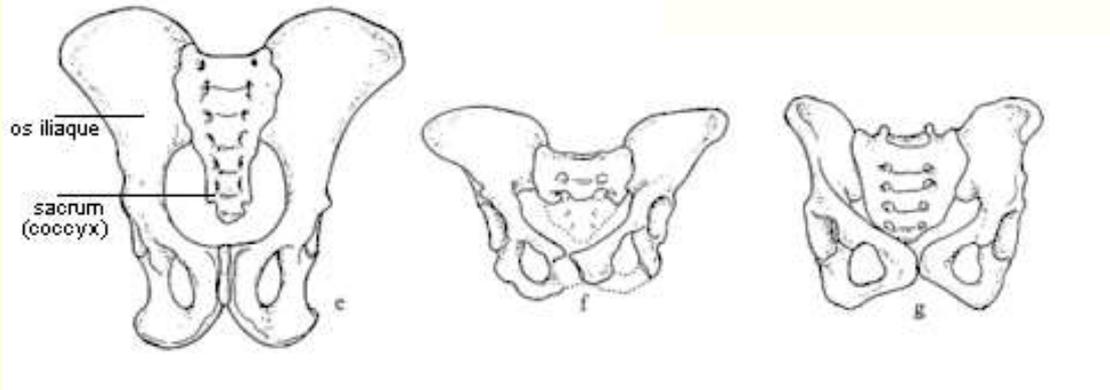
Examples of human, Laetoli hominin and chimpanzee footprints.





La bipédie
va aussi permettre
la descente du larynx





Chimpanzé

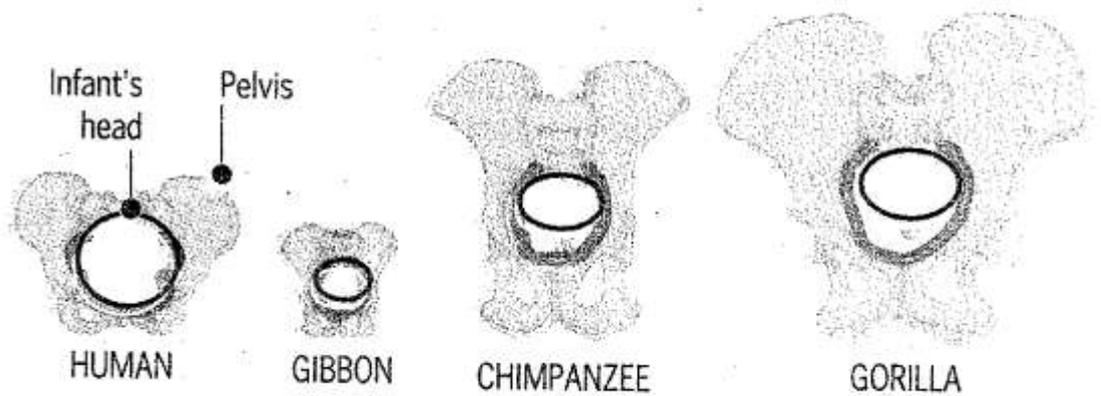
Australopithèque

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).

INFANT'S HEAD DIMENSION AND MOTHER'S PELVIS



SOURCE: Wenda Trevathan, New Mexico State University; American Journal of Physical Anthropology

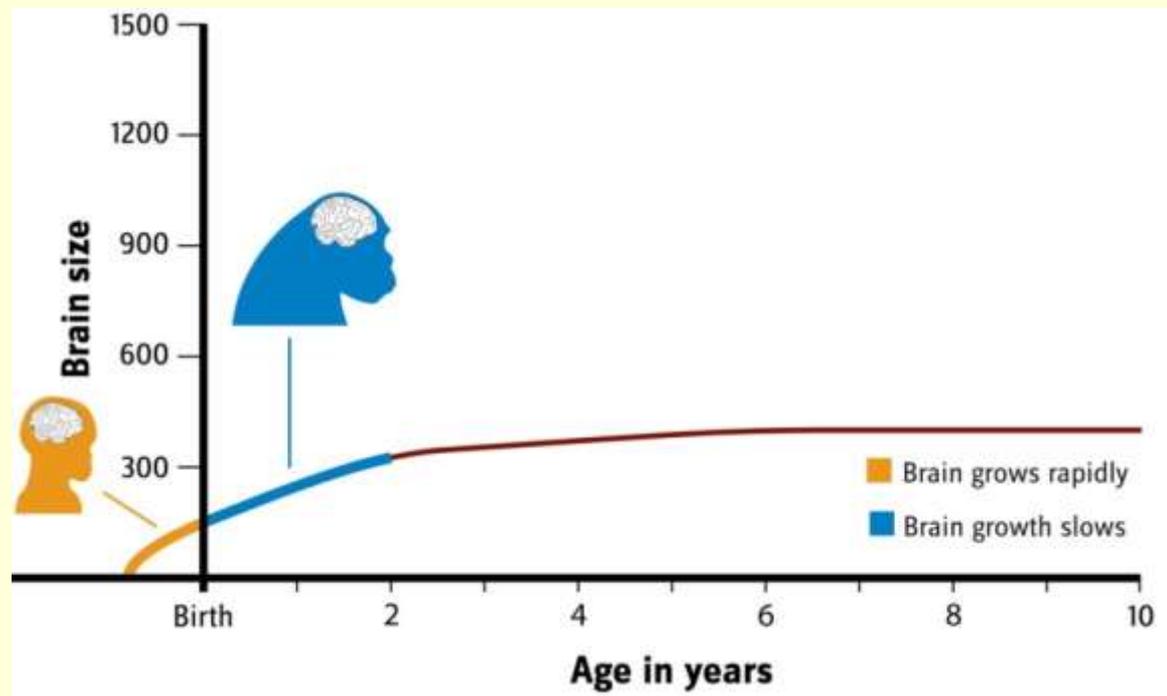
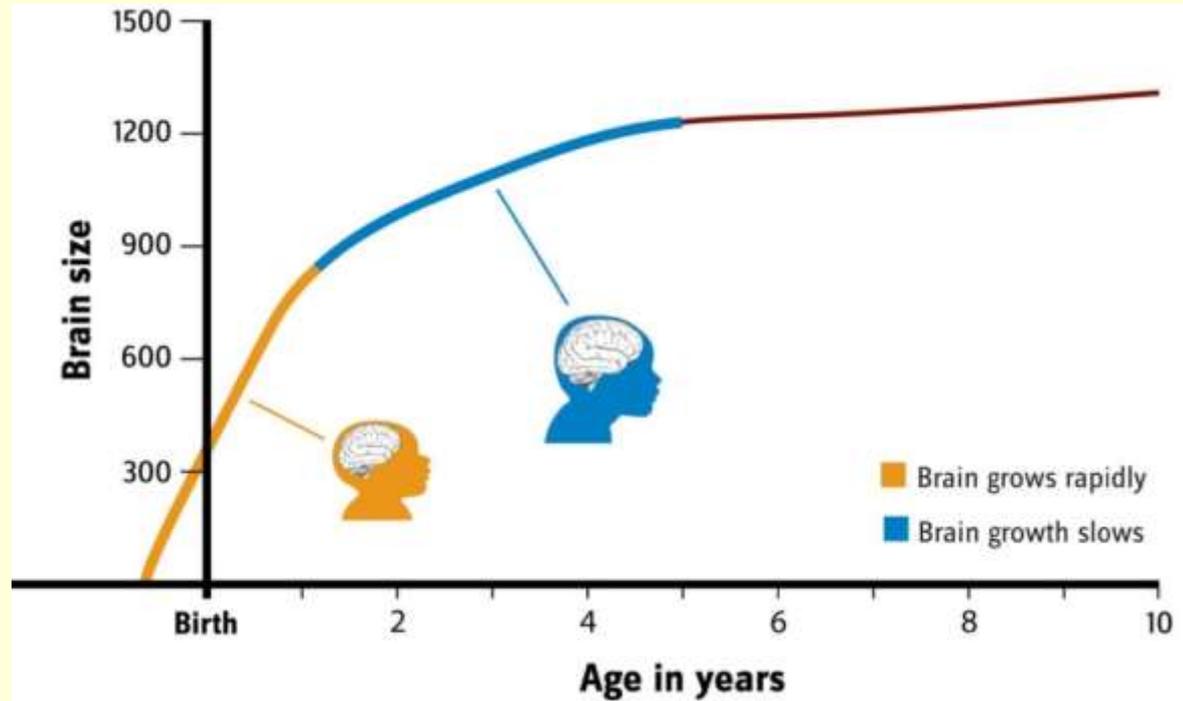
GLOBE STAFF GRAPHIC/JOAN McLAUGHLIN

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 %**.

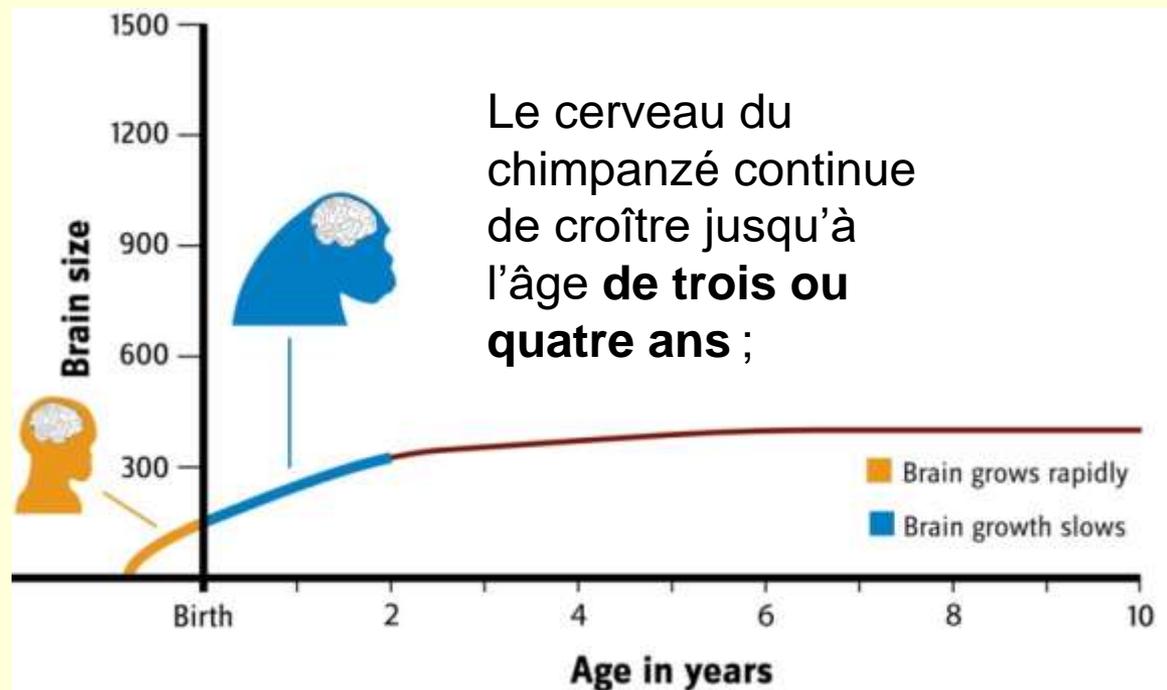
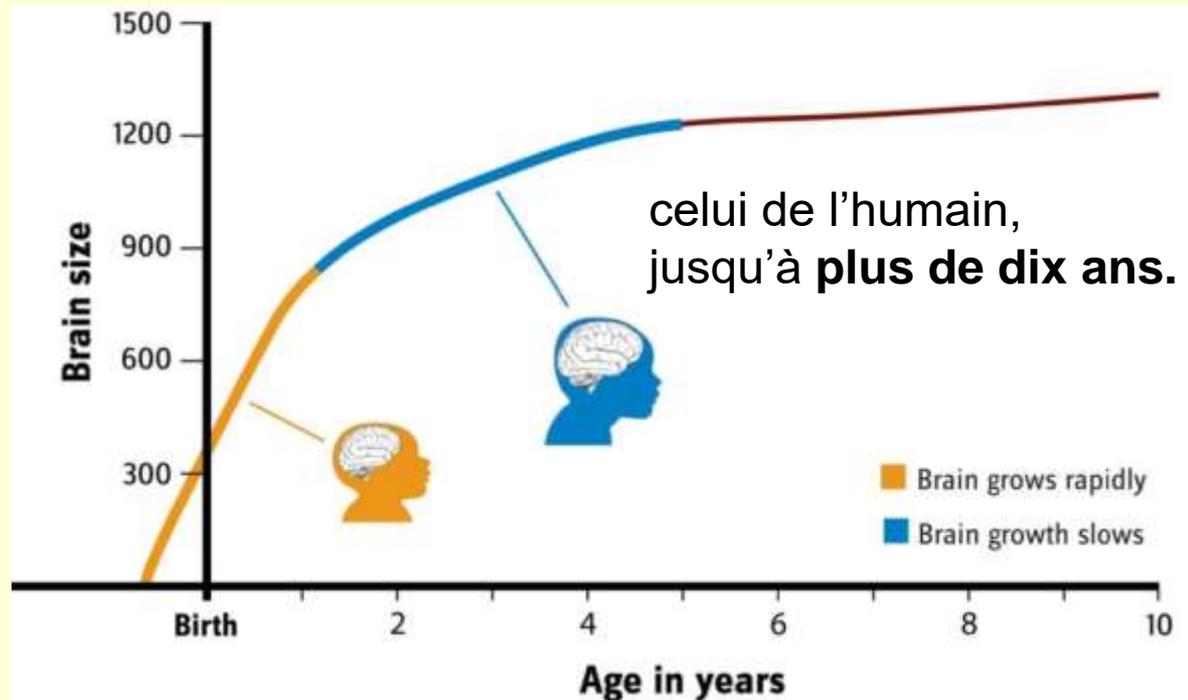
Pour atteindre ce même niveau, la grossesse humaine devrait durer **16 mois !**

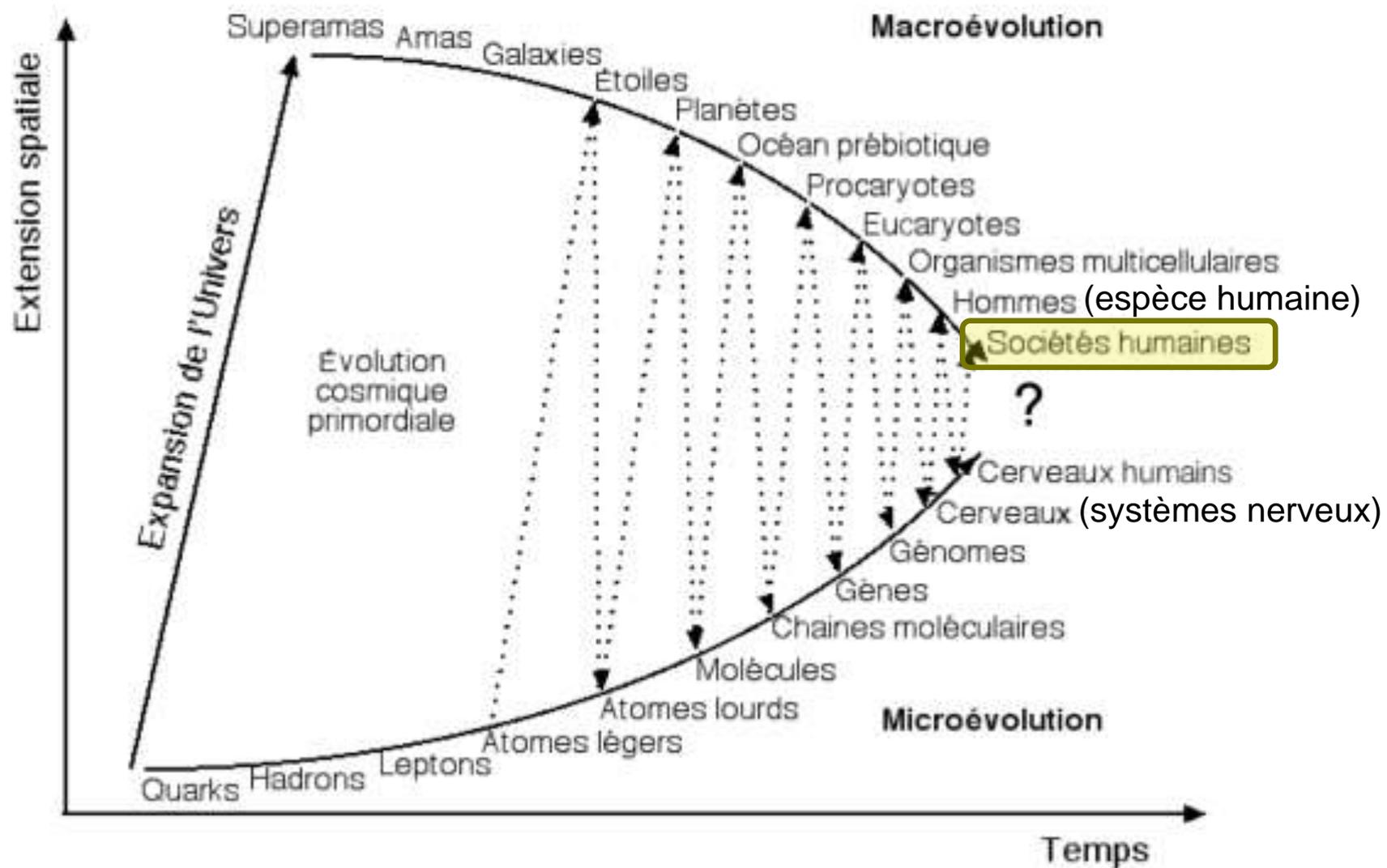


À un an, le cerveau n'a atteint que **50 %** de son volume final chez l'humain,

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.**

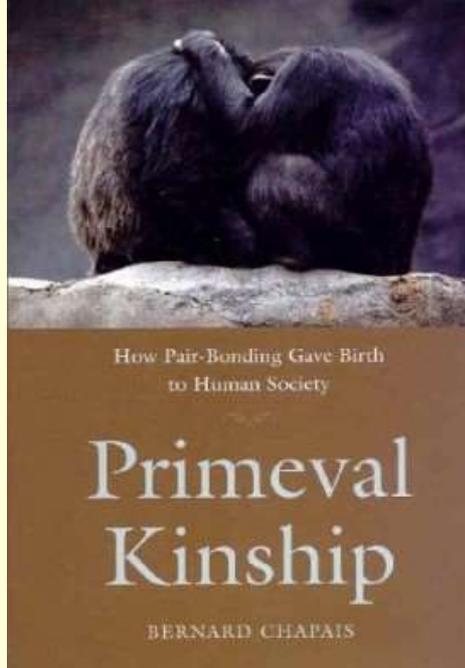
Et comme les mères humaines prennent soin de cette progéniture à développement lent jusque tard dans l'adolescence, il arrive souvent qu'elles élèvent plusieurs enfants dépendants simultanément.



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

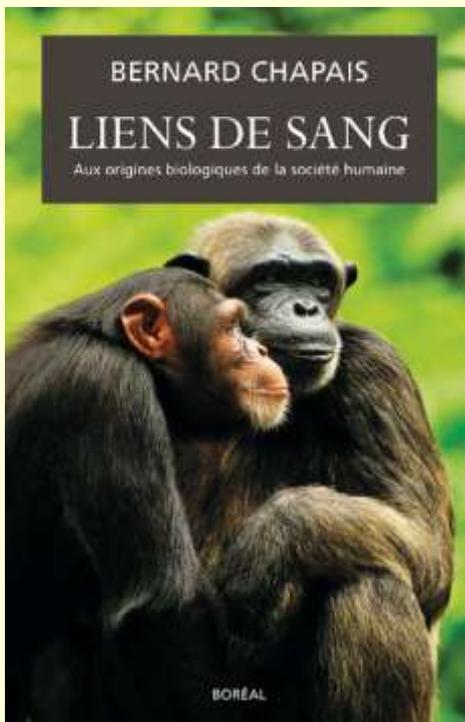
Les soins maternels constituent donc une activité essentiellement **séquentielle** dans la vie des mères primates.

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



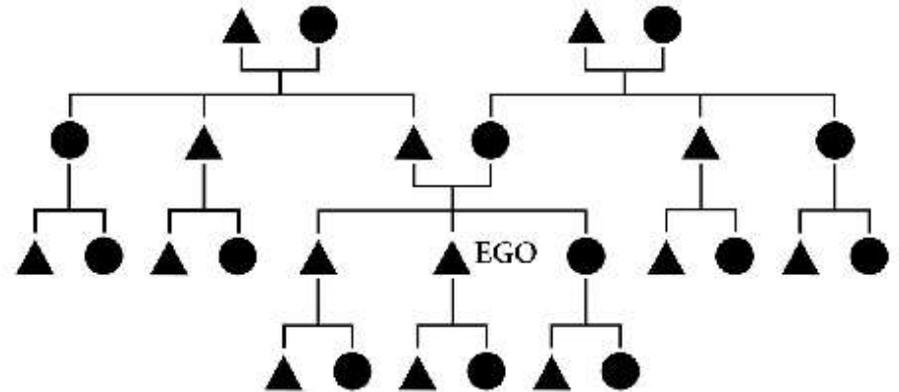
Ce qui précède et ce qui va suivre est tiré des travaux de l'anthropologue et primatologue montréalais **Bernard Chapais** dont vous pouvez lire une synthèse remarquable dans ses livres **Primeval Kinship** (2008) et **Liens de sang** (2015).

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

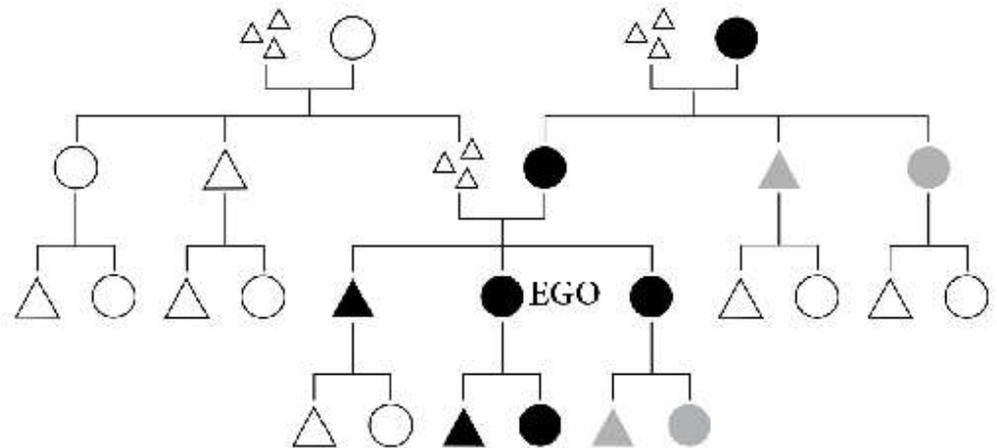


Concrètement, cela a amené la formation d'un **couple monogame stable** durant plusieurs années qui va ainsi distinguer l'espèce humaine de ses plus proches cousins (chimpanzés et bonobos).

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



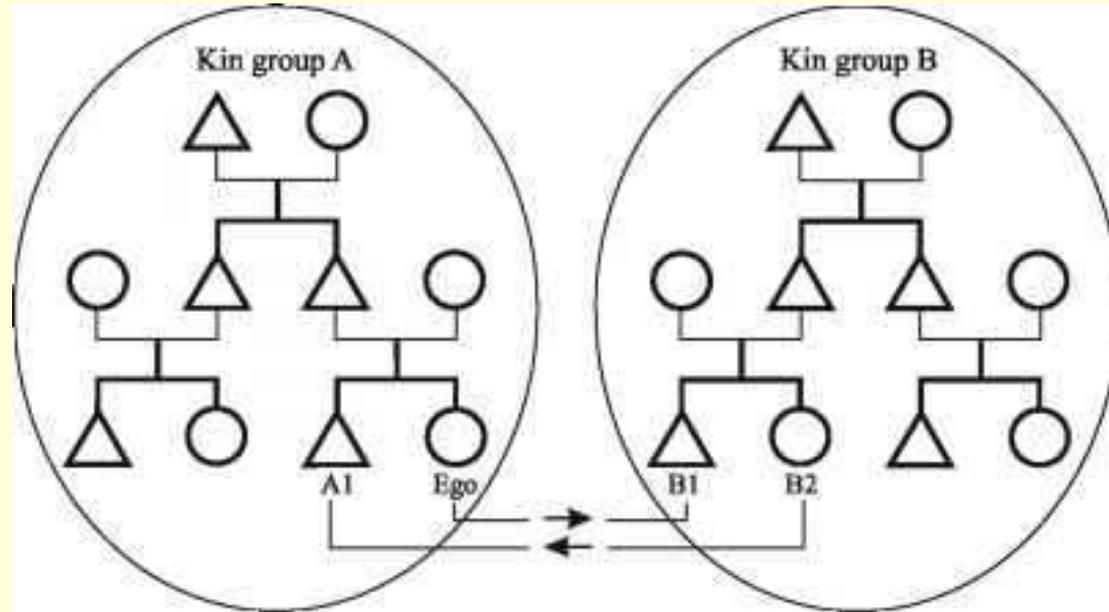
Car cela n'est pas le cas chez les autres primates (les chimpanzés par exemple où la promiscuité sexuelle fait en sorte que les petits, élevés par leur mère, ne savent pas qui est leur père).



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

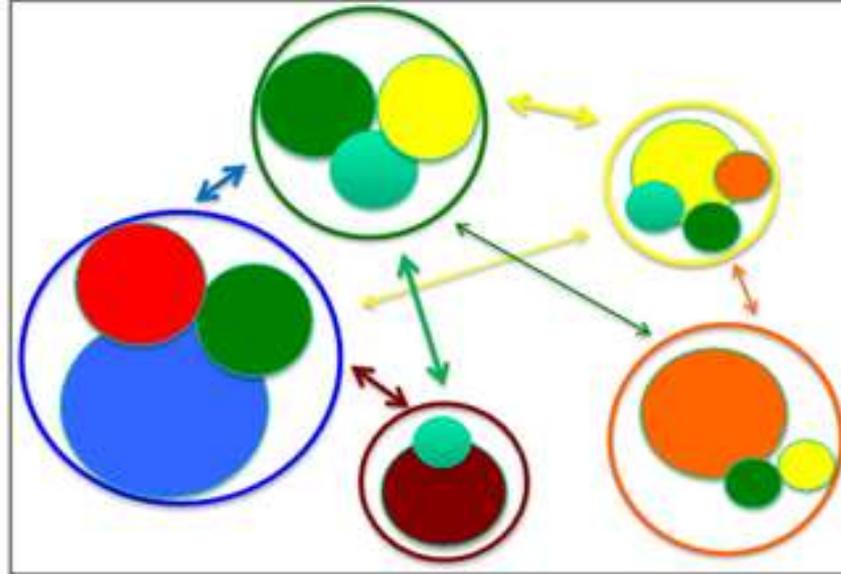
mais qui, dans les groupes humains formés de couples monogames, va amener **l'exogamie reproductive**,

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

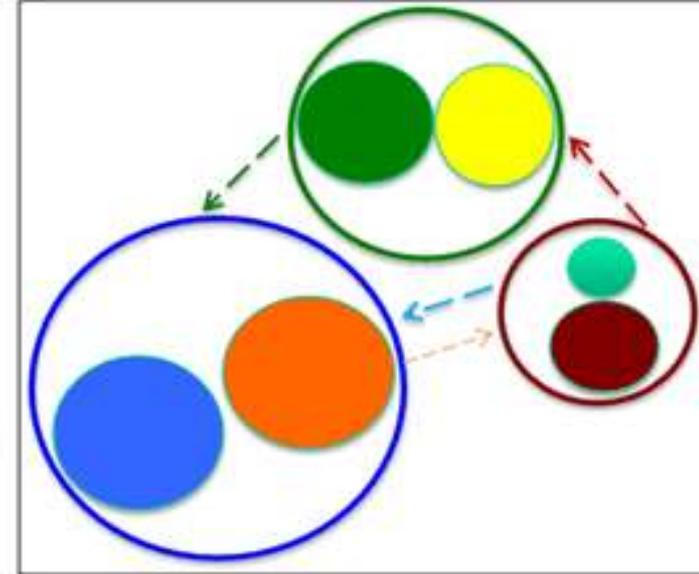


L'exogamie reproductive va amener un **processus de pacification et d'alliances entre les groupes (unique aux sociétés humaines)** :

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** :

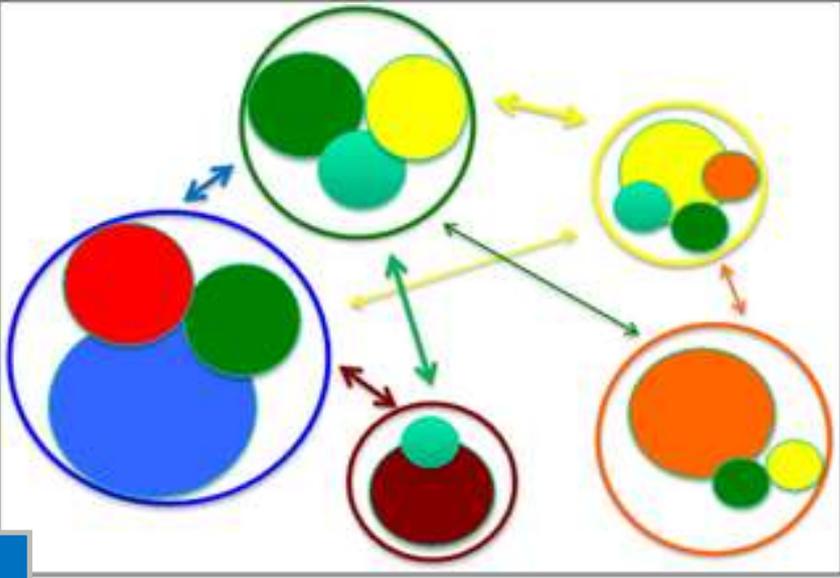
- inclut l'échange de partenaires sexuels, de biens et de services (flèches bi-directionnelles),
- implique de multiples lignées de parenté (cercles pleins) existant souvent dans des communautés résidentielles multiples (cercles ouverts).

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

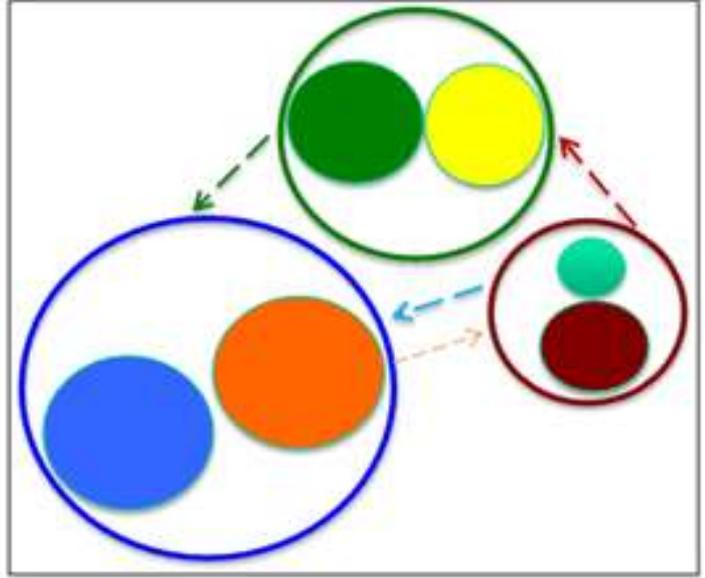
Au contraire, chez les autres primates, mâles ou femelles émigrent (flèches pointillées).

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.

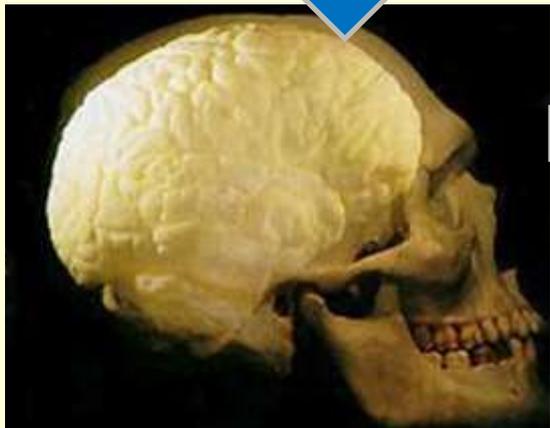
Organisation sociale complexe facilitée par...



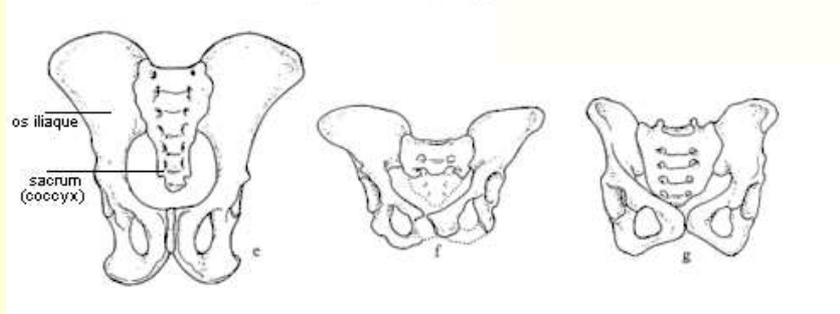
Humans



Other primates

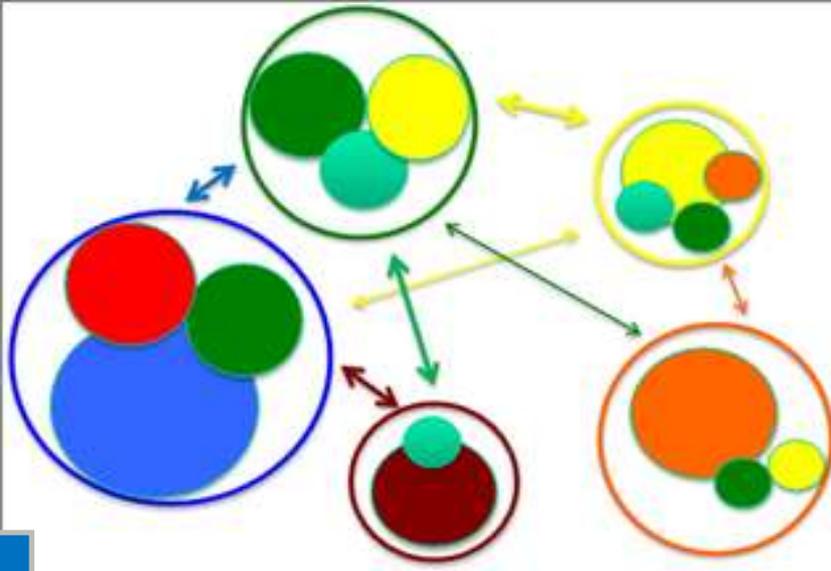


...un gros cerveau qui mature tard car...

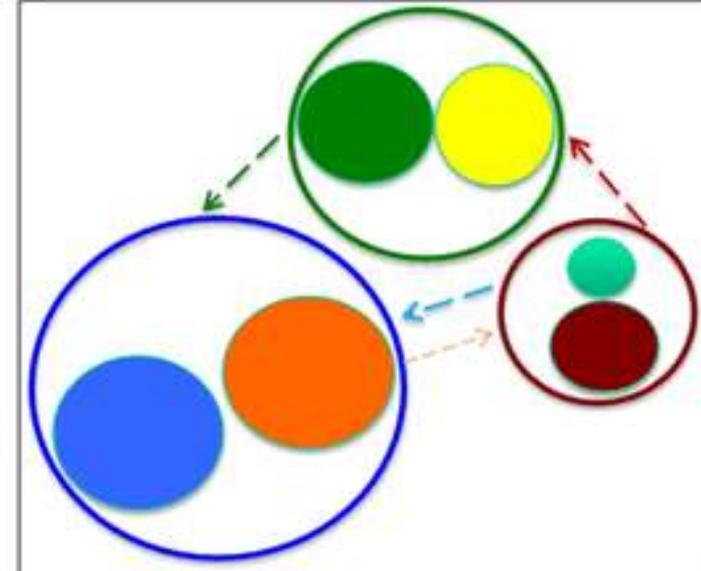


- bipédie modifie la forme du bassin

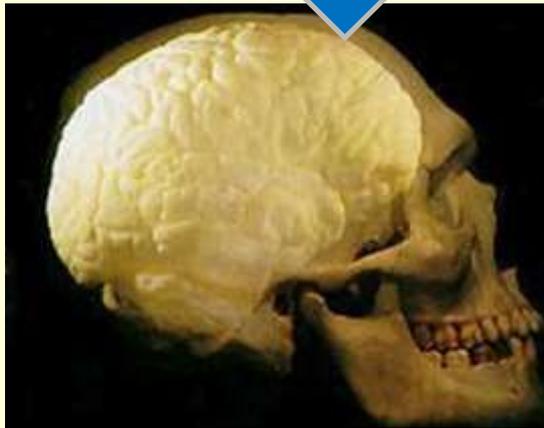
Organisation sociale complexe facilitée par...



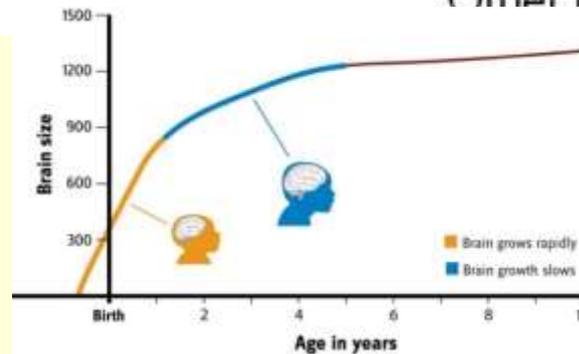
Humans



Other primates

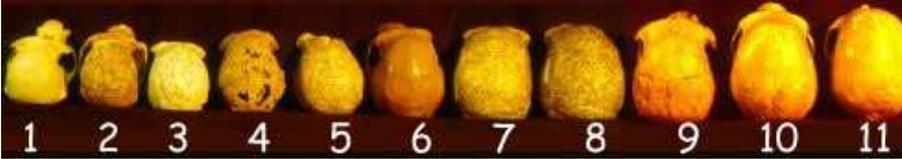


Mais gros cerveau car mature tard...



- 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 :



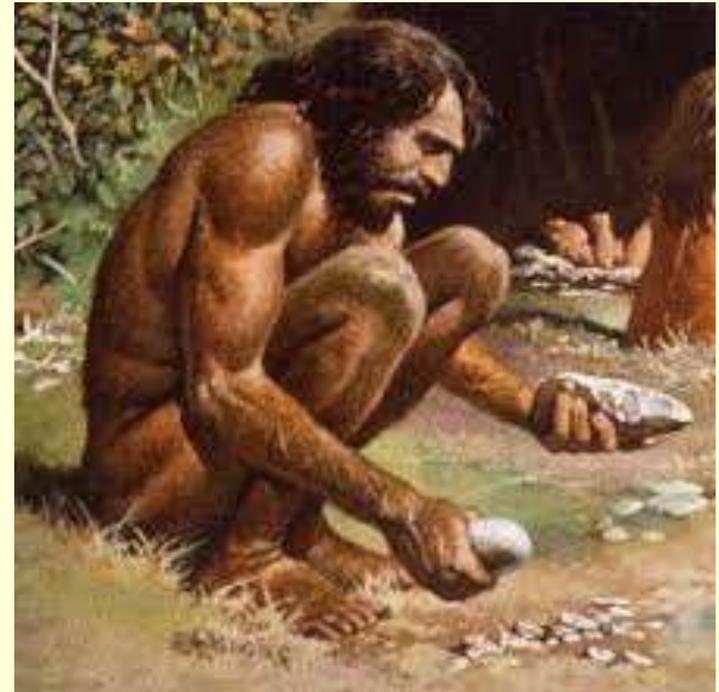


Outre les **règles sociales de plus en plus complexes**, plusieurs phénomènes sont probablement agi de concert (et sont encore débattus) pour expliquer l'expansion cérébrale spectaculaire chez l'humain :

- 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);

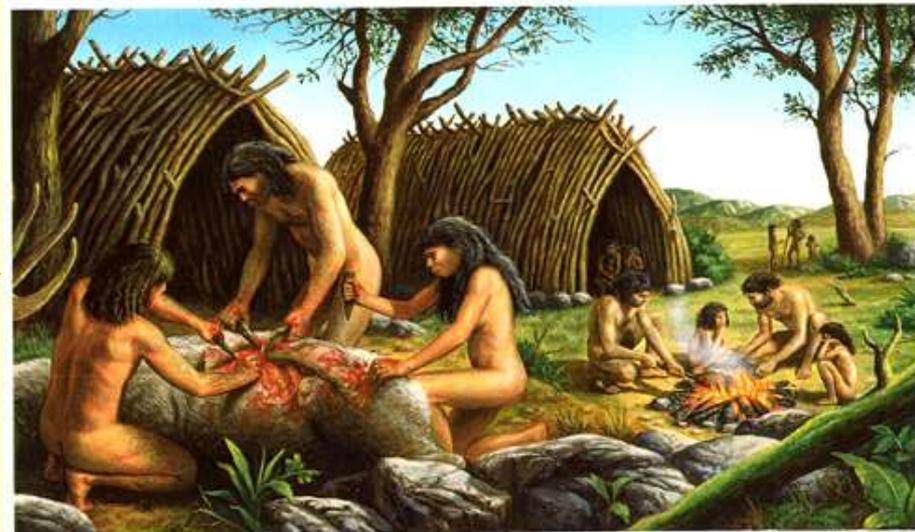
- la **préparation des aliments**

(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/))

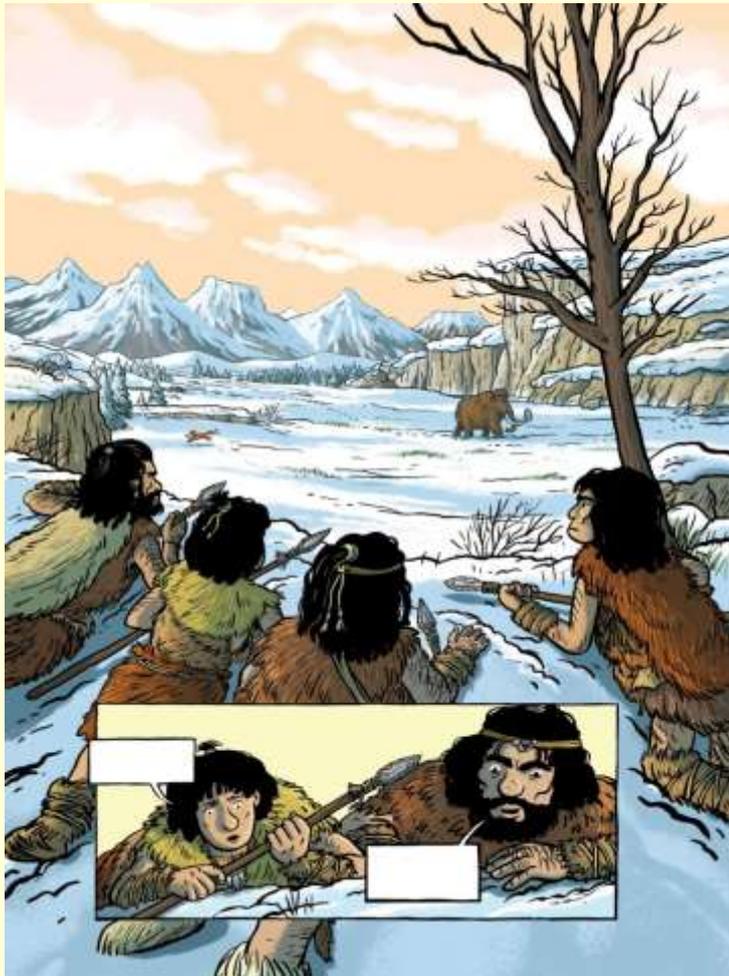


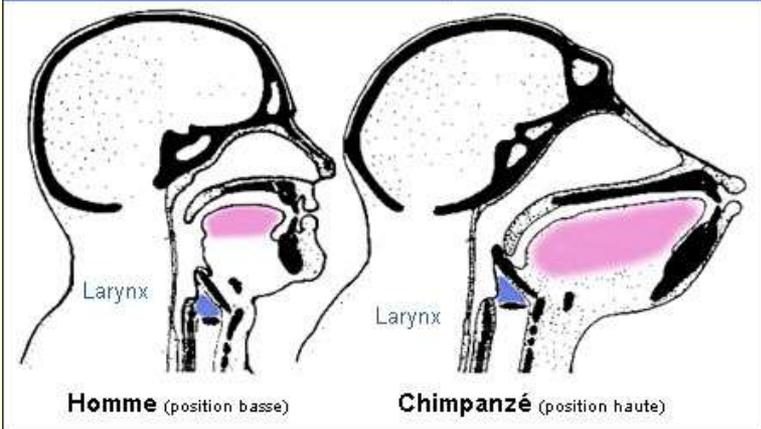
- l'apparition du langage :

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



...ou nos idées !

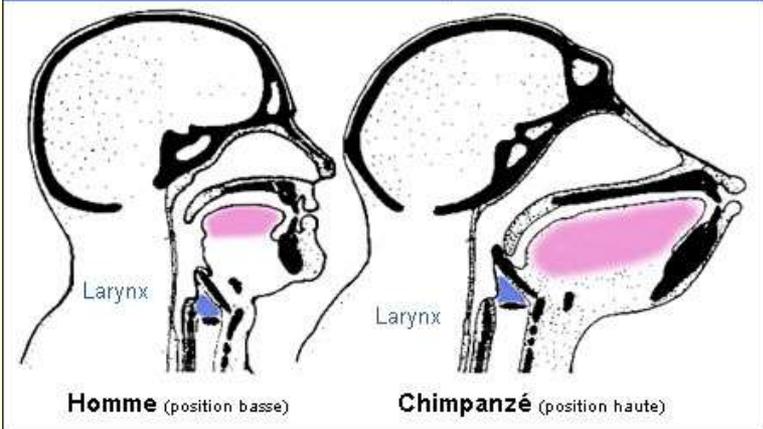




C'est l'***Homo habilis***, il y a plus de deux millions d'années, qui pourrait être le plus ancien préhumain à avoir employé un langage articulé, ce qui ne signifie pas pour autant que son langage était comparable au nôtre.

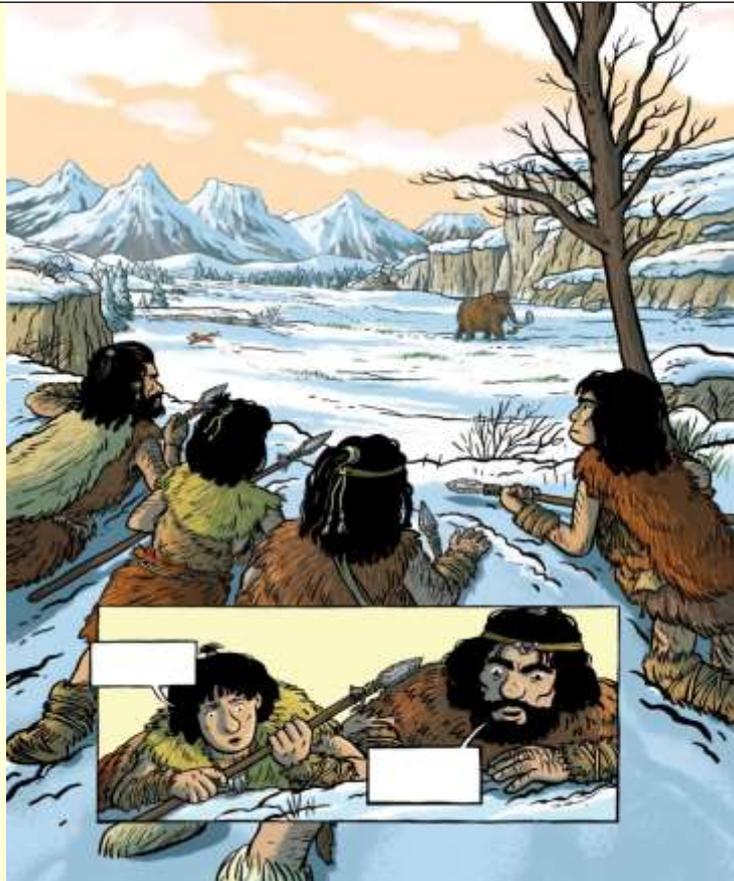
On suppose aussi la présence d'une proto-langue chez l'homme et la femme de **Néandertal** qui, au niveau actuel des connaissances, ne possédait pas de syntaxe.

Avec **Homo sapiens** apparaît l'aire de Broca sur une circonvolution frontale gauche, et celle de Wernicke sur une circonvolution temporale gauche, suivant la mutation génétique d'un ou de plusieurs gènes (FOXP2 ...), il y a cent à deux cent mille ans, donnant la capacité de passer des mots à la syntaxe.



« Les mots [...] sont des indices pour coordonner des actions par le langage. »
(L'arbre de la connaissance, p.228)

« Ce qui est pertinent est la **coordination d'actions** [que les langues] provoquent



Samuel Veissière Ph.D. (Nov 30, 2016)
Vanishing Grandmothers and the Decline of Empathy
<https://www.psychologytoday.com/blog/culture-mind-and-brain/201611/vanishing-grandmothers-and-the-decline-empathy>





À partir du moment où la **maîtrise du feu** a permis d'allonger le temps d'éveil, on peut utiliser le langage pour se raconter des histoires...



samedi 18 juillet **2015**

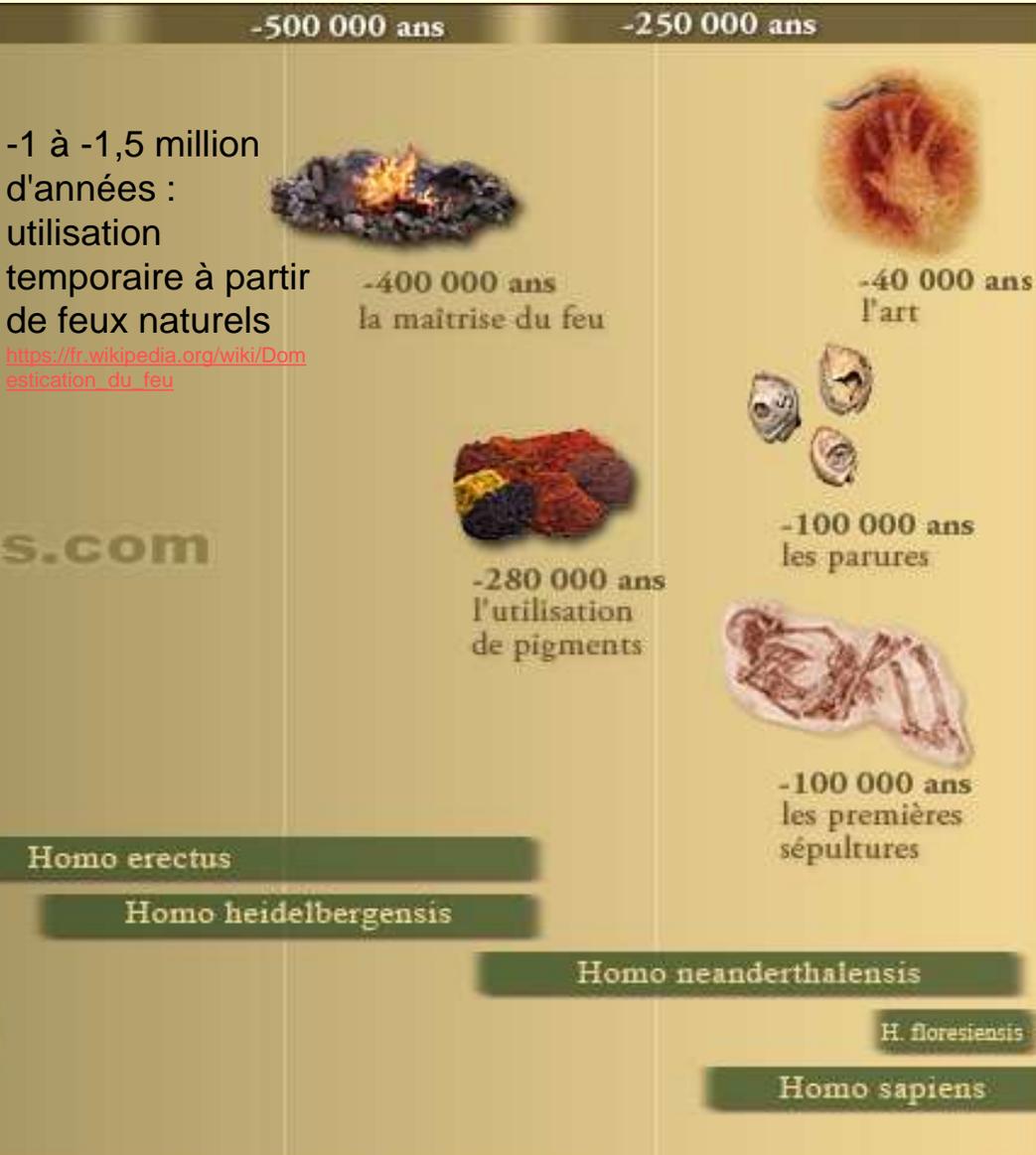
La glace et le feu

<http://www.franceinter.fr/emission-sur-les-epaules-de-darwin-la-glace-et-le-feu-0>

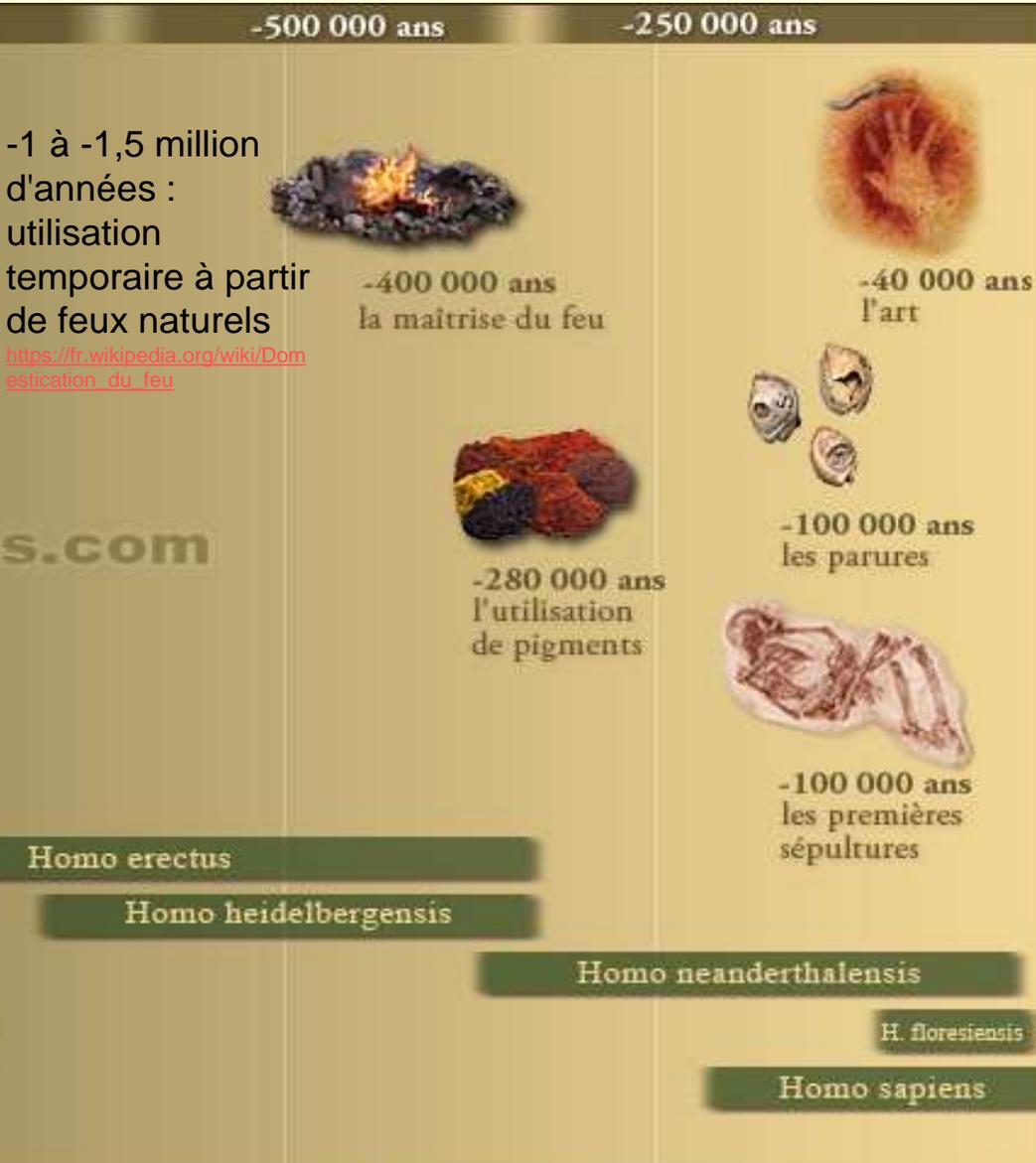
Argile du passé (2)

<http://www.franceinter.fr/player/reecouter?play=1188741>

Anatomiquement, notre espèce *Homo sapiens* apparaît il y a au moins **200 000 ans**, mais du point de vue **comportemental**, on parle de **40 000 à 50 000 ans**.



Anatomiquement, notre espèce Homo sapiens apparaît il y a au moins **200 000 ans**, mais du point de vue **comportemental**, on parle de **40 000 à 50 000 ans**.



Les plus anciennes peintures rupestres figuratives : grottes de l'île de Sulawesi, Indonésie, il y a environ **40 000 ans**

09/10/2014

http://www.pourlascience.fr/ewb_pages/a/actuelles-plus-anciennes-peintures-rupestres-decouvertes-en-asie-33383.php



Grotte Chauvet, en France, il y a plus de **30.000 ans**

08/05/2012

<http://www.lefigaro.fr/sciences/2012/05/07/01008-20120507ARTFIG00738-grotte-chauvet-la-plus-ancienne-au-monde.php>

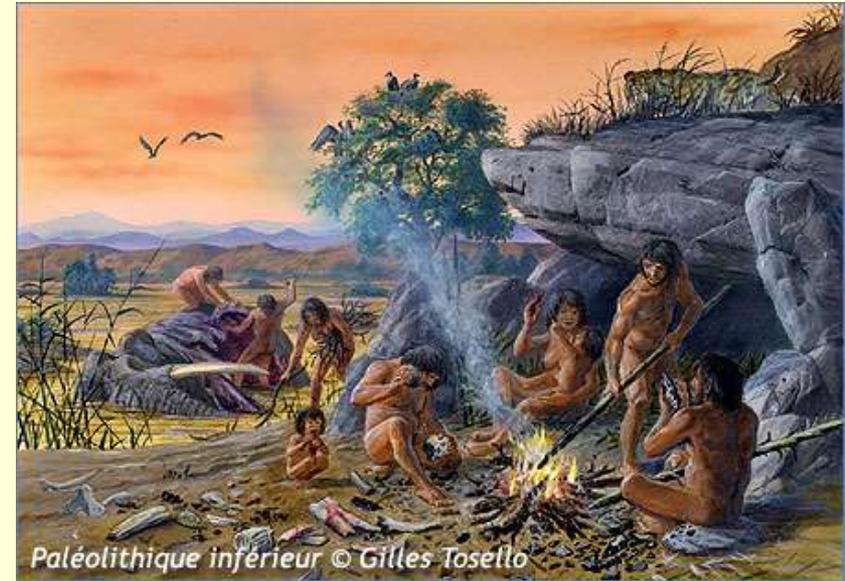


Grotte de Lascaux : il y a **17 000 – 18 000 ans**

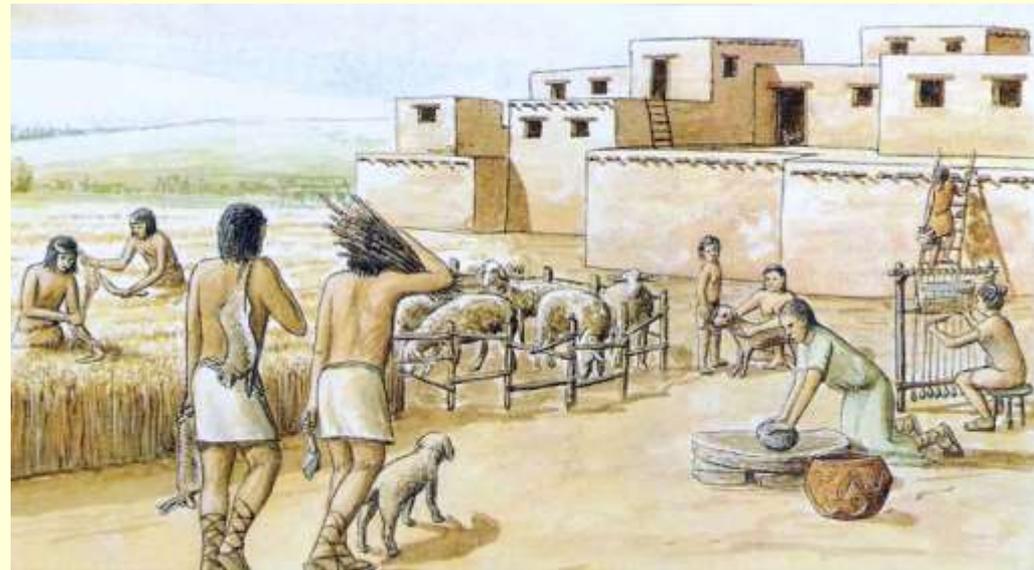
https://fr.wikipedia.org/wiki/Grotte_de_Lascaux



Commencé avec l'apparition de la première espèce du genre Homo, *Homo habilis*, il y a environ trois millions d'années, le **paléolithique** s'achève il y a **environ 10 000 ans**.

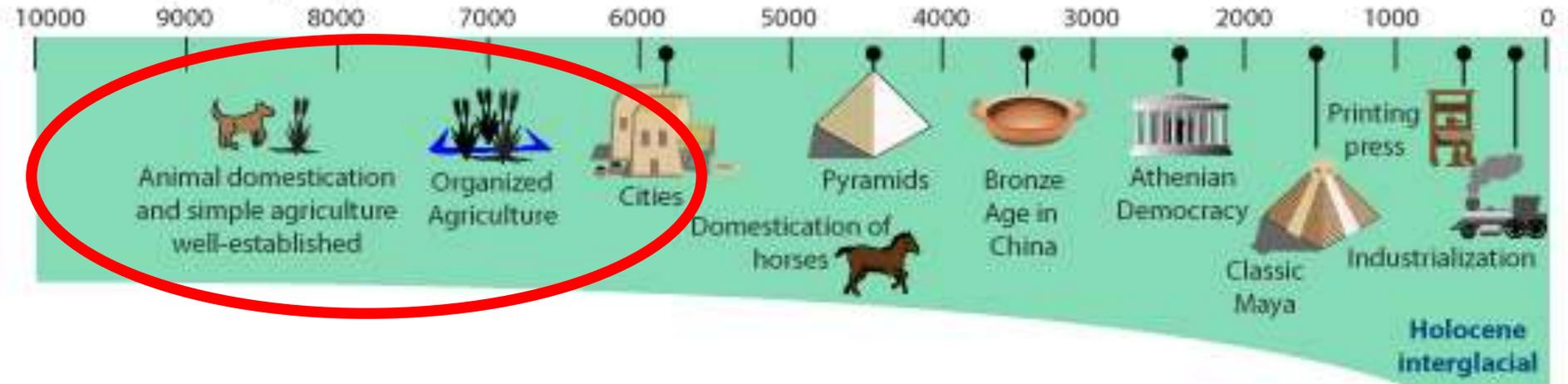


À partir de là débute le **néolithique**, c'est-à-dire la sédentarisation



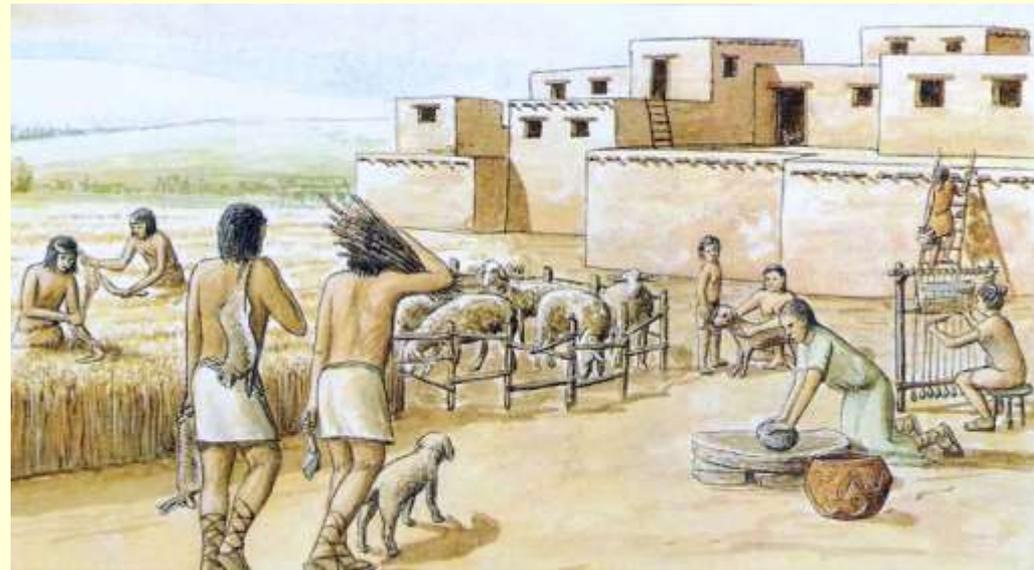
Global Climate, Human Evolution and Civilization

Years before present (1950)



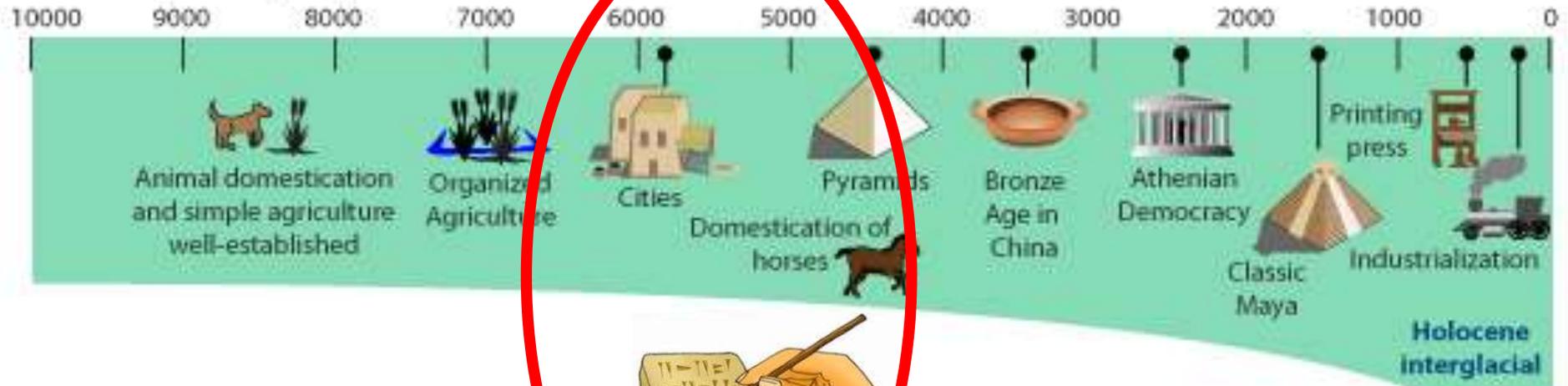
À partir de là débute le **néolithique**,
c'est-à-dire la sédentarisation

et le début de la **domestication**
animale et de **l'agriculture**.



Global Climate, Human Evolution and Civilization

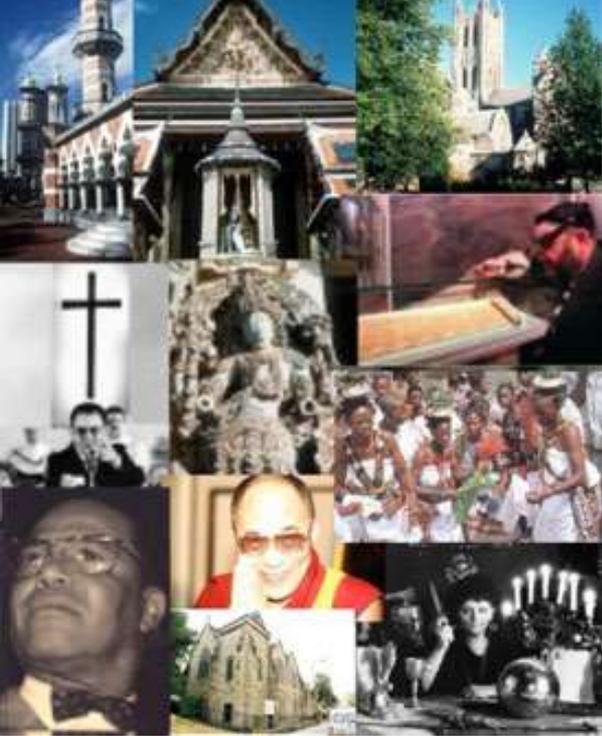
Years before present (1950)



Le néolithique s'achève il y a environ 5 – 6 000 ans avec l'invention de **l'écriture**...

...et qui inaugure ce qu'on appelle **l'Histoire**.



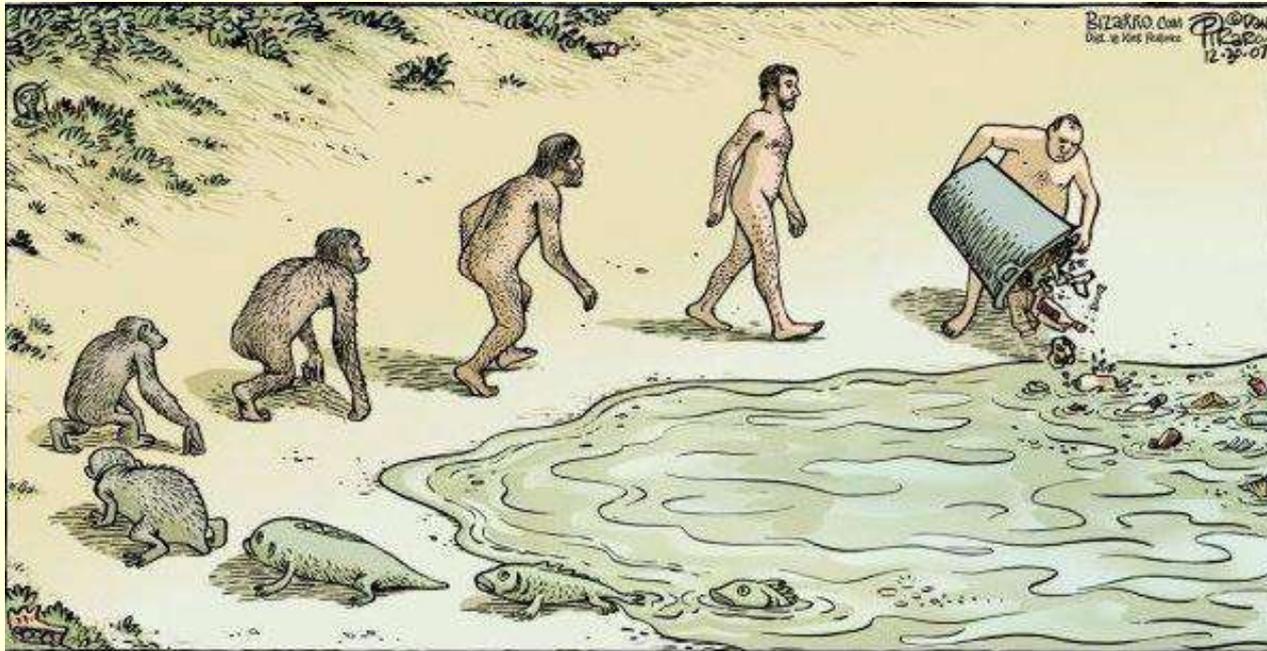


Et nous voilà donc aujourd'hui avec 7,5 milliards d'Homo sapiens partout sur la Terre avec des milliers de **cultures** différentes.



La question est peut-être au fond de savoir si la complexité va continuer de croître dans l'univers et si une forme de conscience sera là pour s'en rendre compte !

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



Cours 1:

A- Évolution et émergence des systèmes nerveux



Le cerveau est le siège de ces espèces inférieures et supérieures.
Poulet

Petit Palais.

B- Un neurone, deux neurones : la communication neuronale



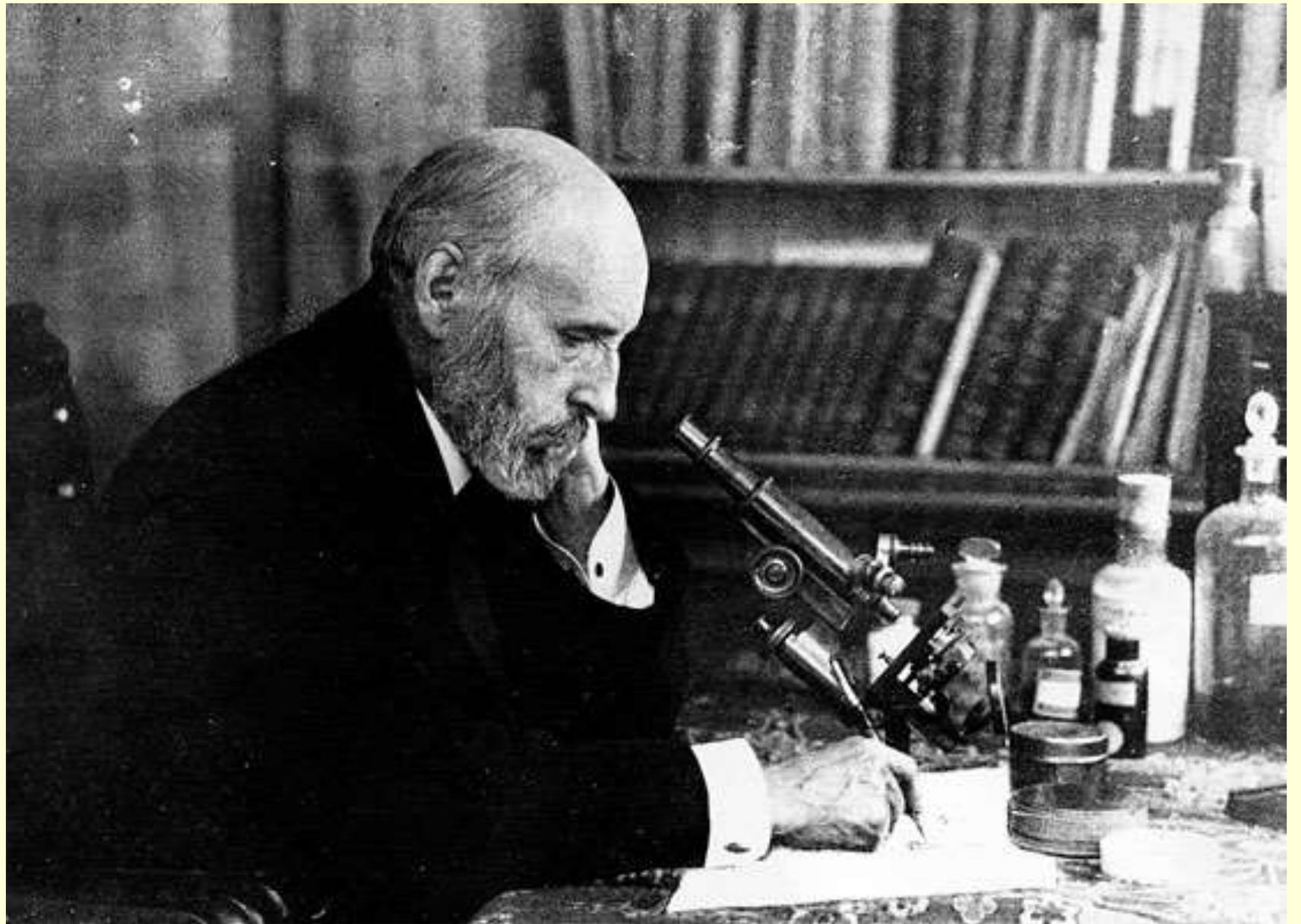
Ceci n'est pas un ordinateur

Reprenons notre
histoire à la fin du

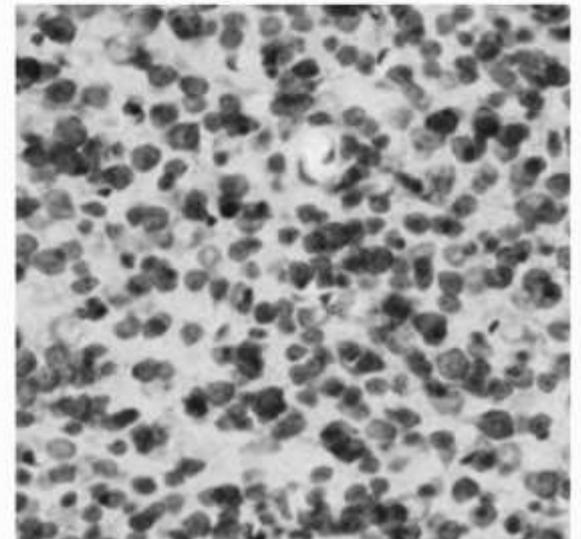
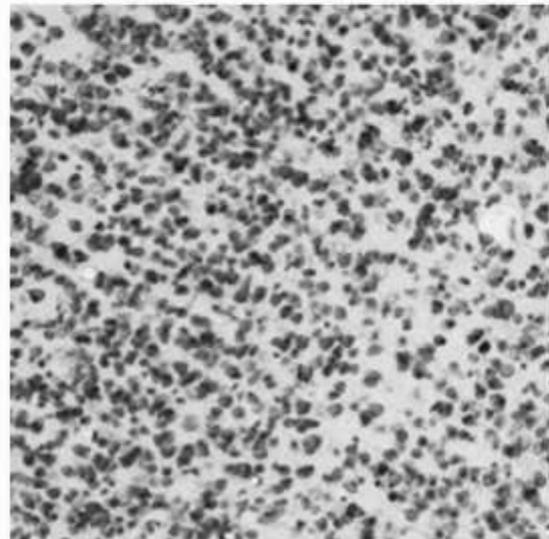
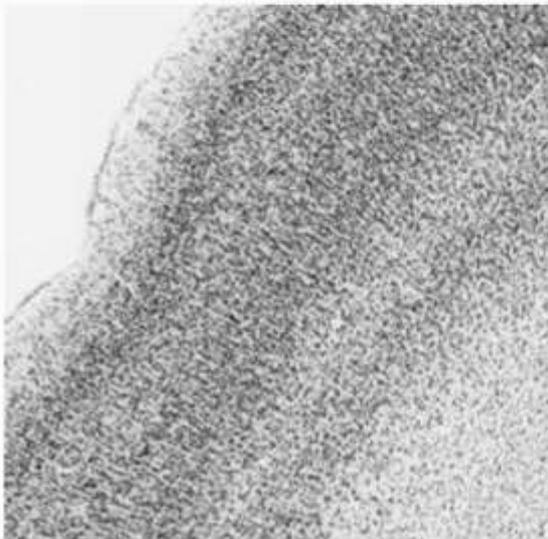
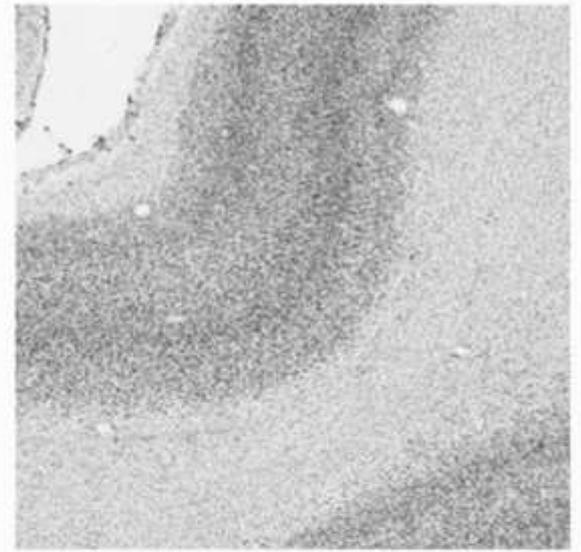
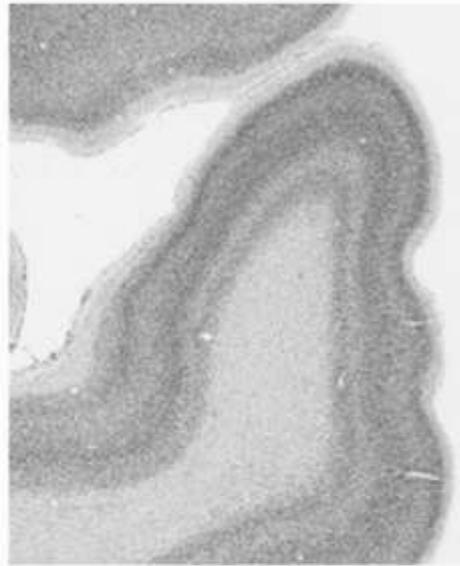
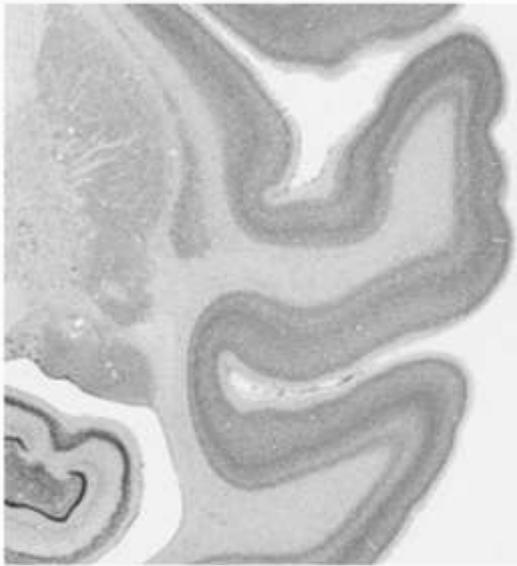
XIX^e SIÈCLE



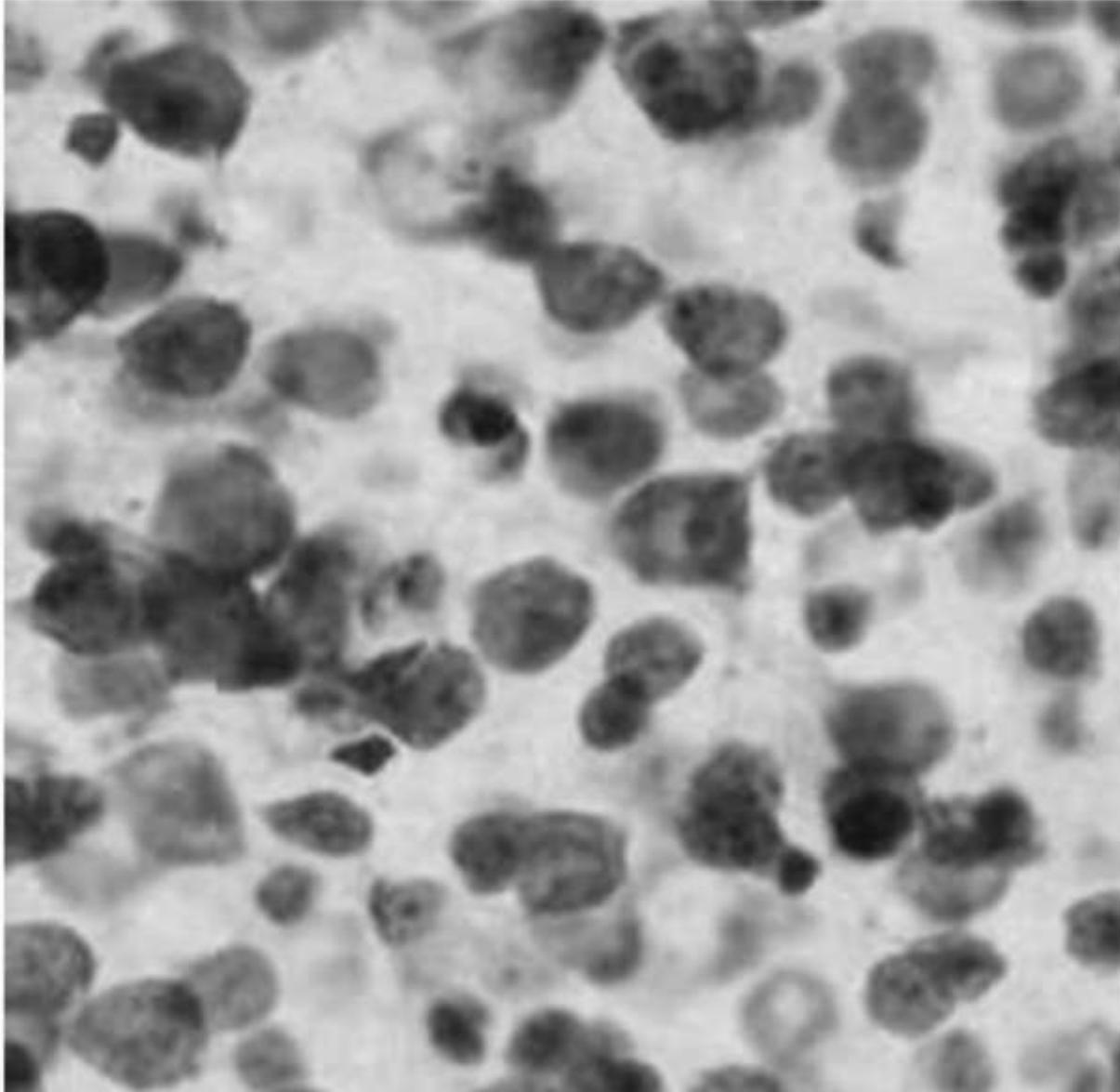


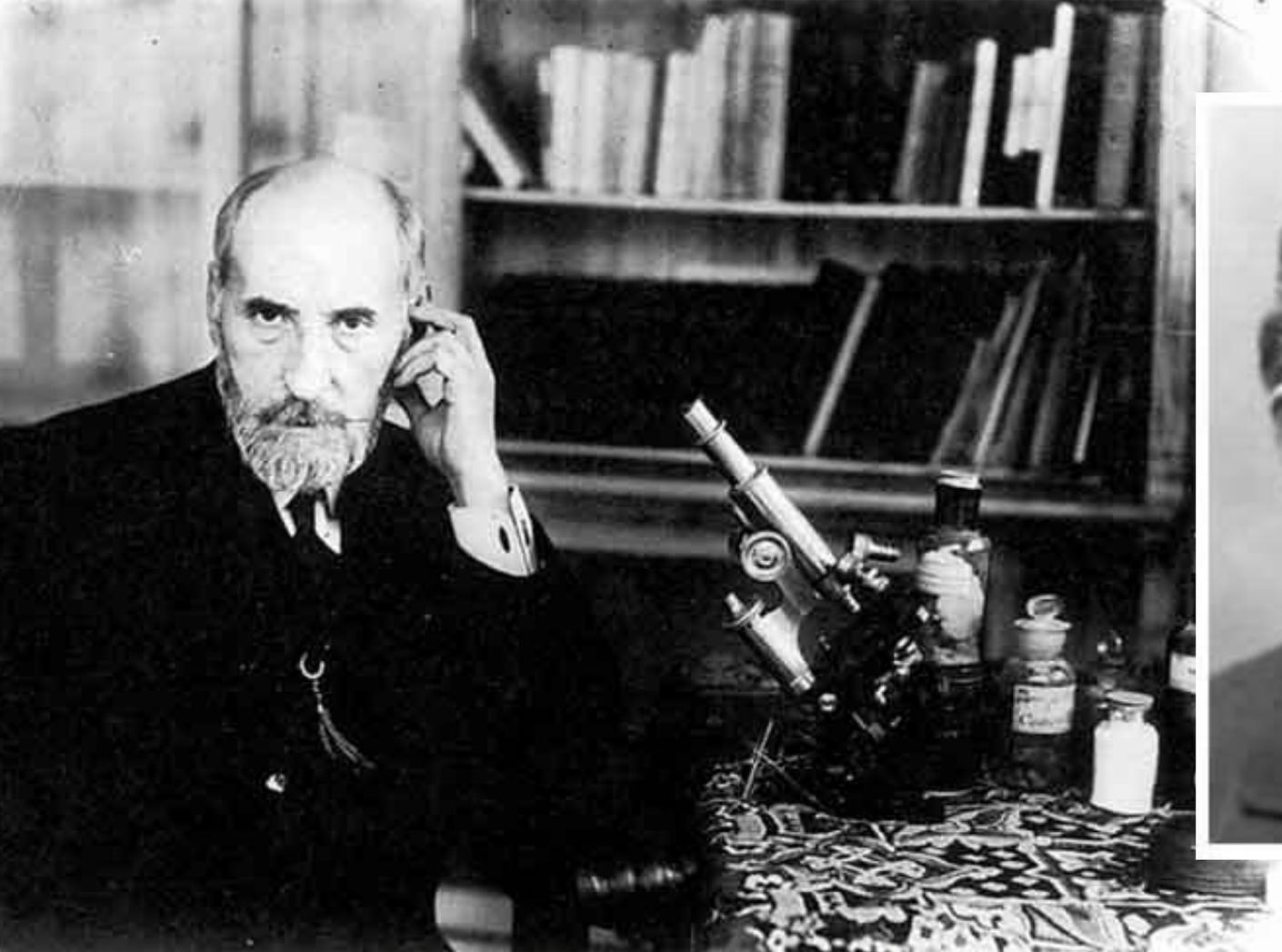


zoom in sur sa région foncée, aussi appelée matière grise...



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

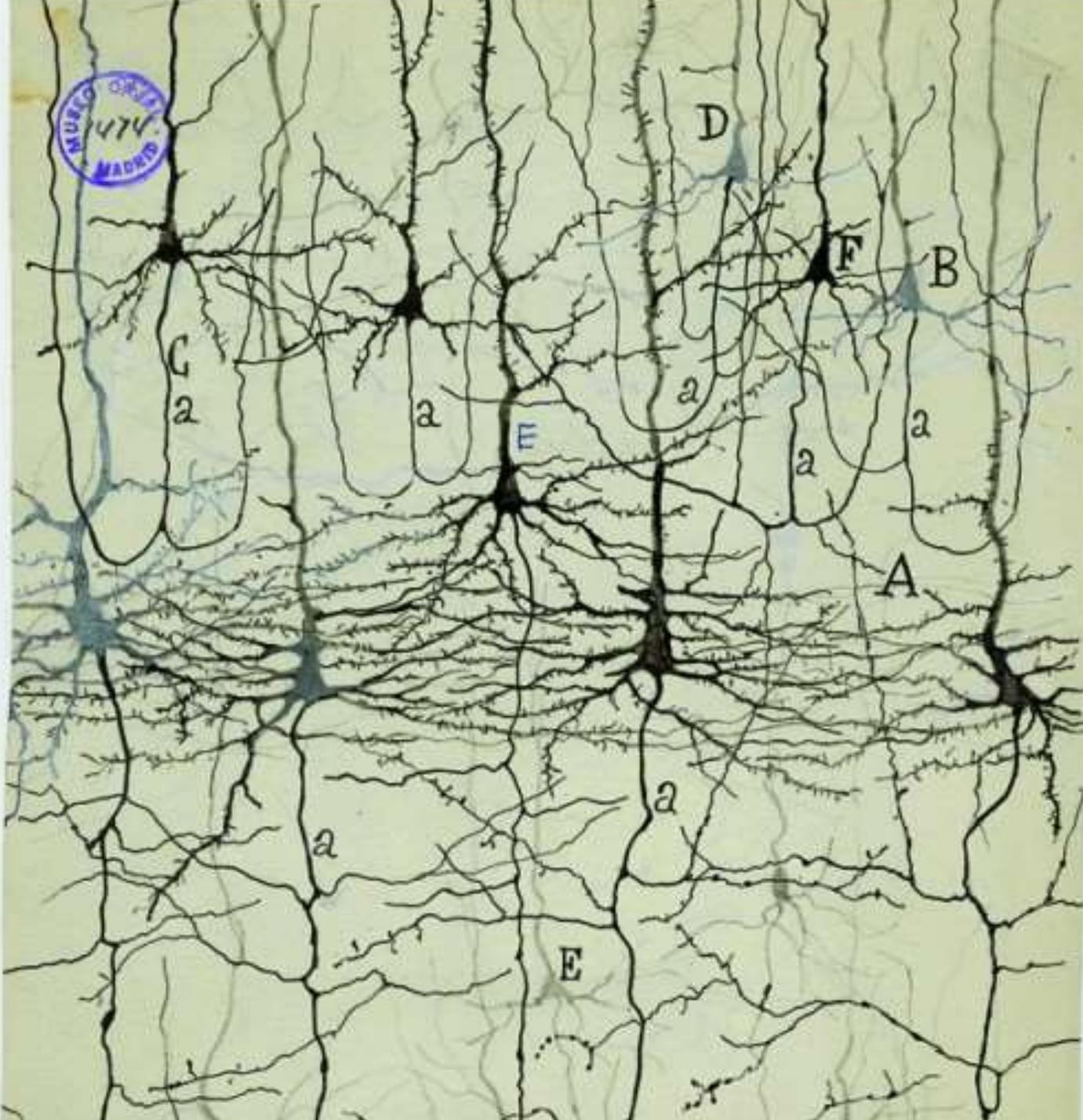




Santiago Ramon y Cajal



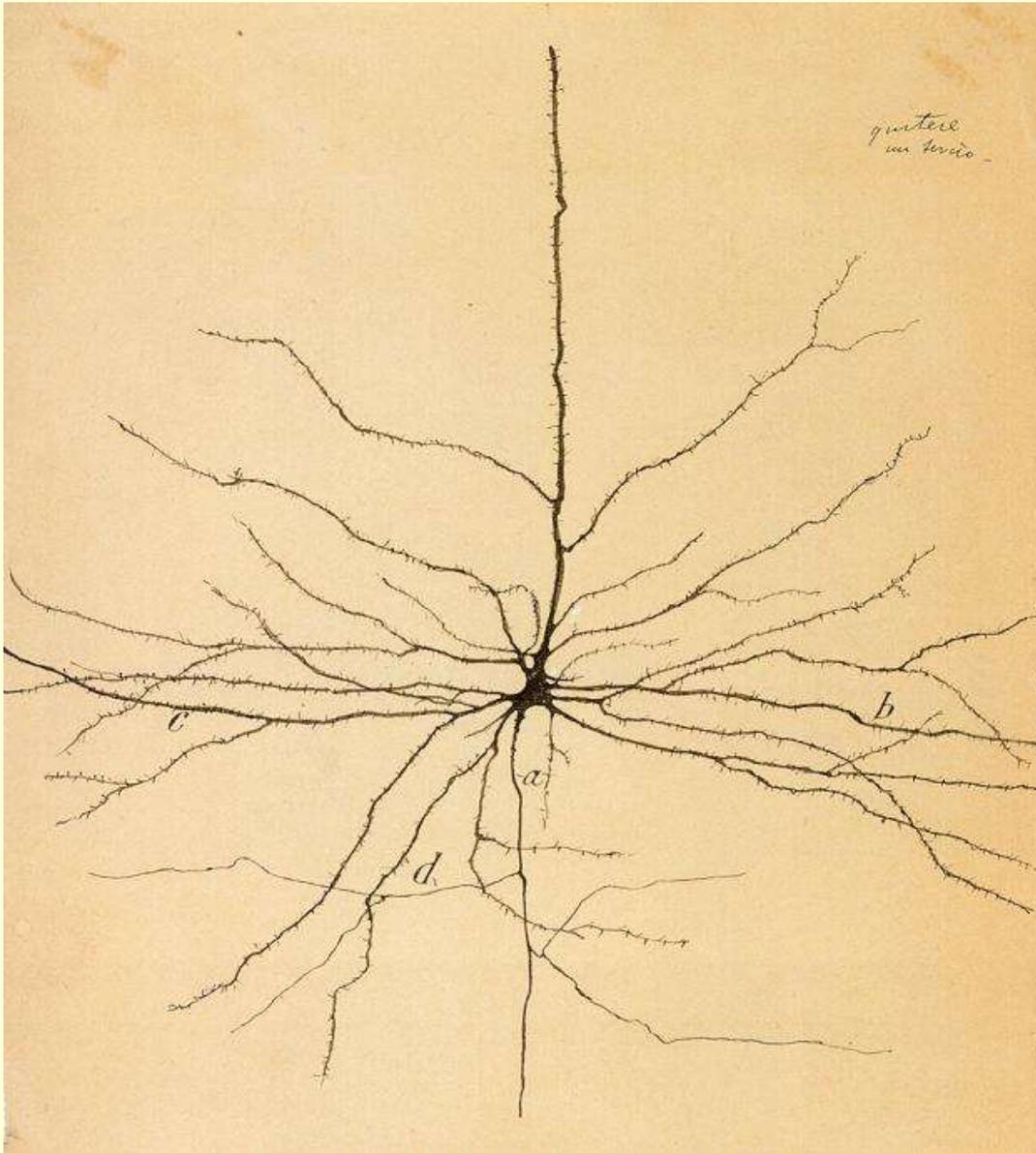
Camillo Golgi



À cette époque,

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

ne comportant **pas de cellules isolées.**



Mais Cajal va montrer, à l'aide de la coloration de Golgi, que les neurones semblent plutôt former des cellules distinctes les unes des autres.

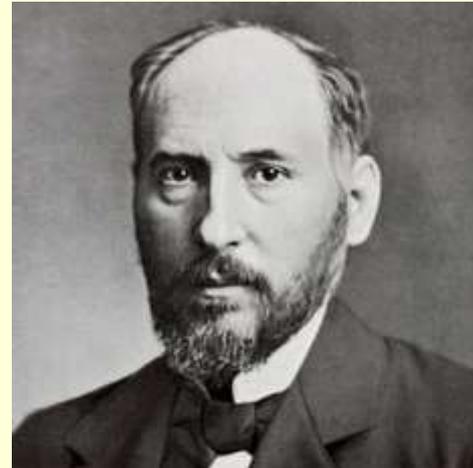


Neurone pyramidal du cortex moteur

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

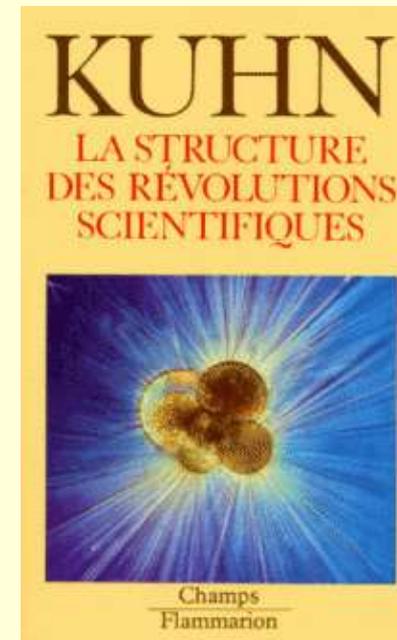


Dans son discours de réception du prix, Golgi défendit la **théorie réticulaire**.



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

qui fut bientôt admise.



Le terme n'existait pas encore, mais on allait assister à un **changement de paradigme...**

...qu'est-ce qu'on entend par **paradigmes scientifiques** ?

C'est une notion introduite par Thomas Kuhn en 1962.

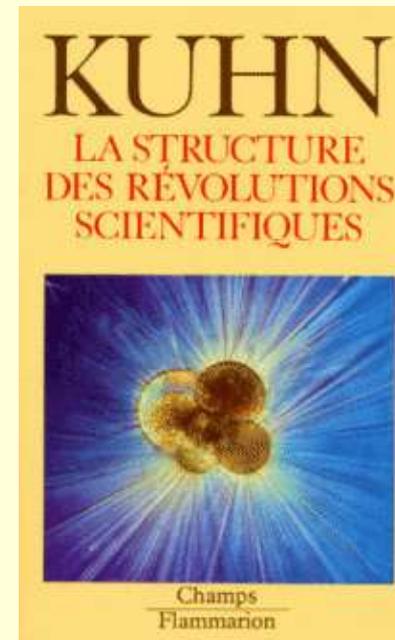
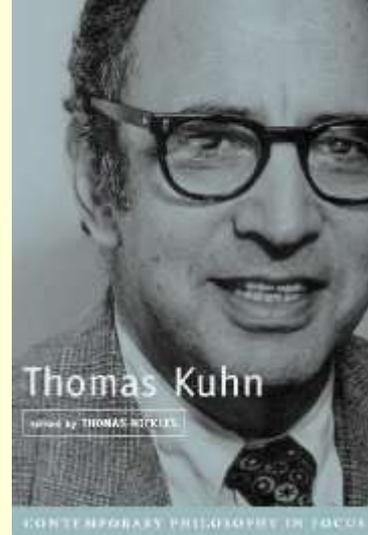
C'est l'idée qu'il y a, à une époque donnée,
« **UNE** » **théorie plus largement acceptée** au sein de la communauté scientifique dans un domaine particulier.

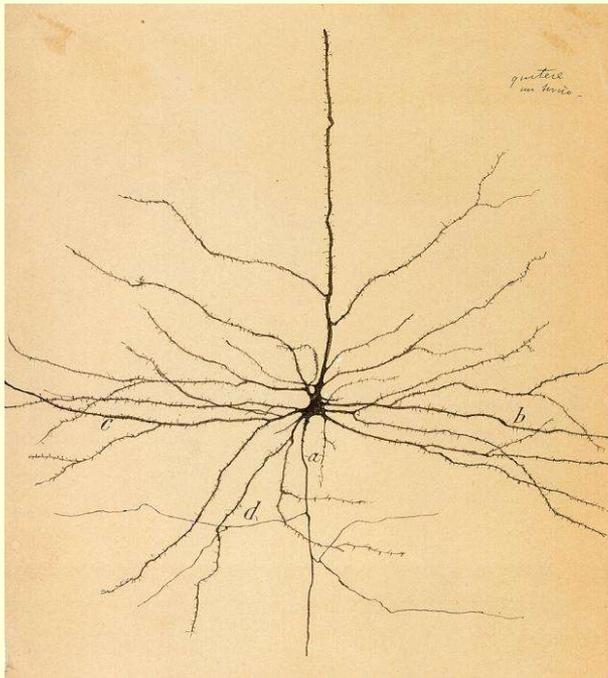
Ce que Kuhn appelle aussi la « science normale ».

Les lois de ce paradigme dominant pourront être dérangées périodiquement par des données « 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 notion de paradigme attire donc aussi l'attention sur le contexte **sociologique** de la recherche scientifique.





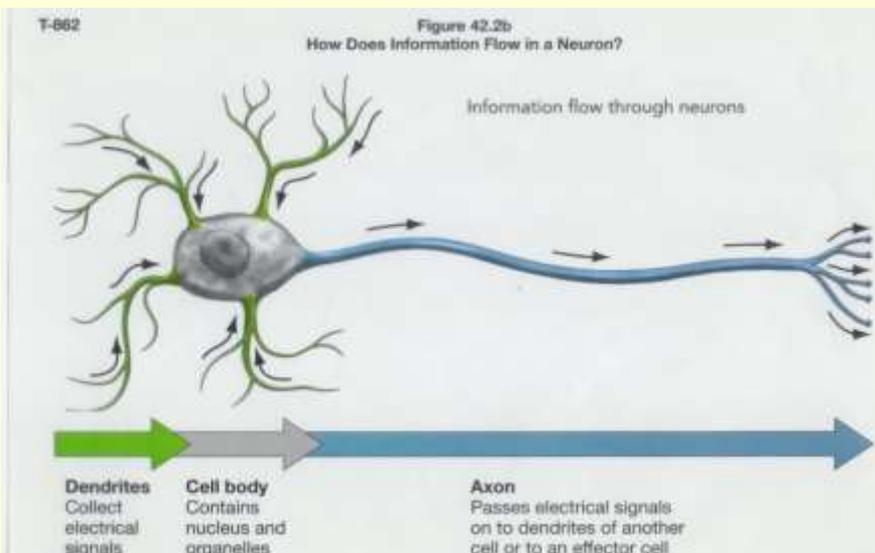
Neurone pyramidal du cortex moteur

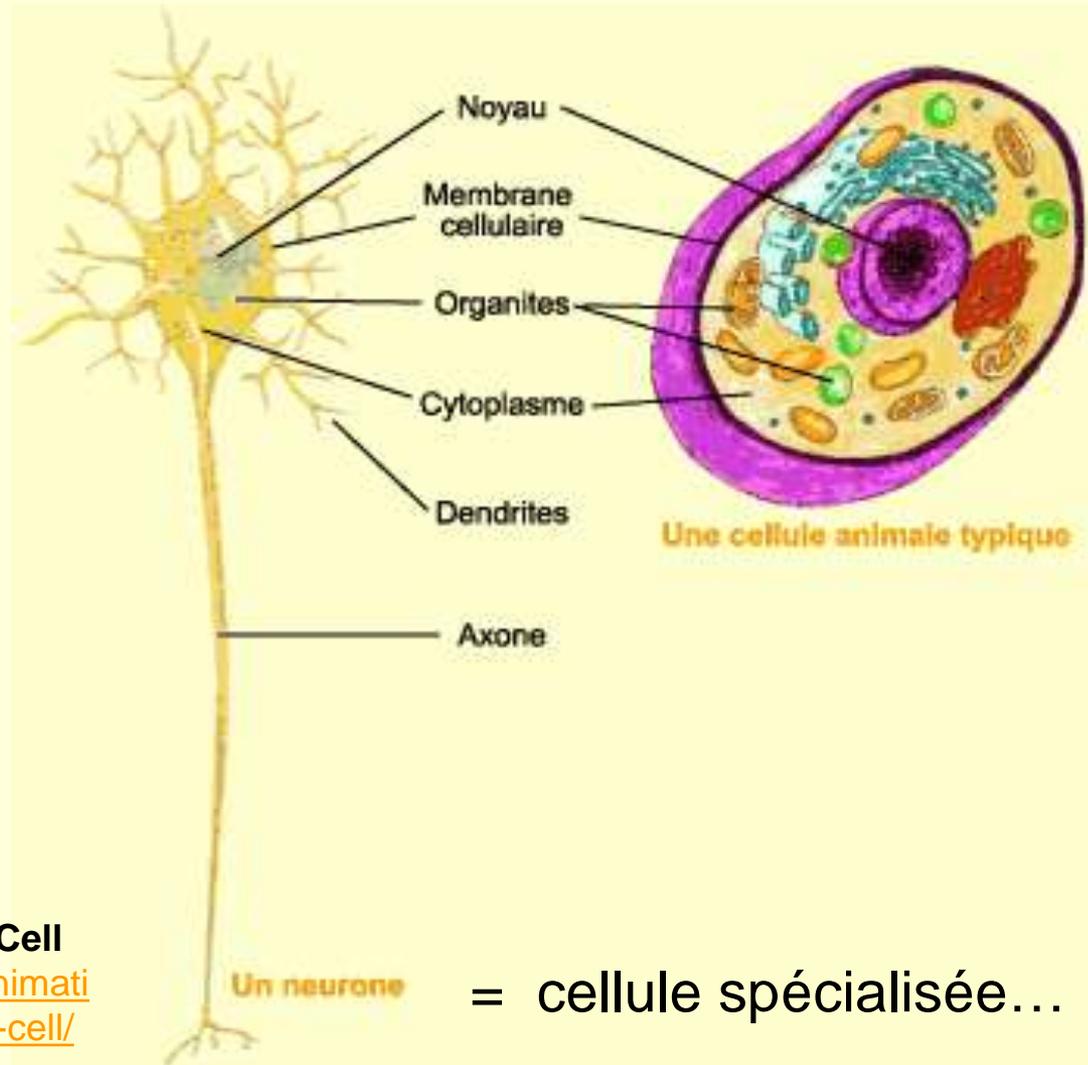
La théorie (ou doctrine) du neurone :

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

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

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





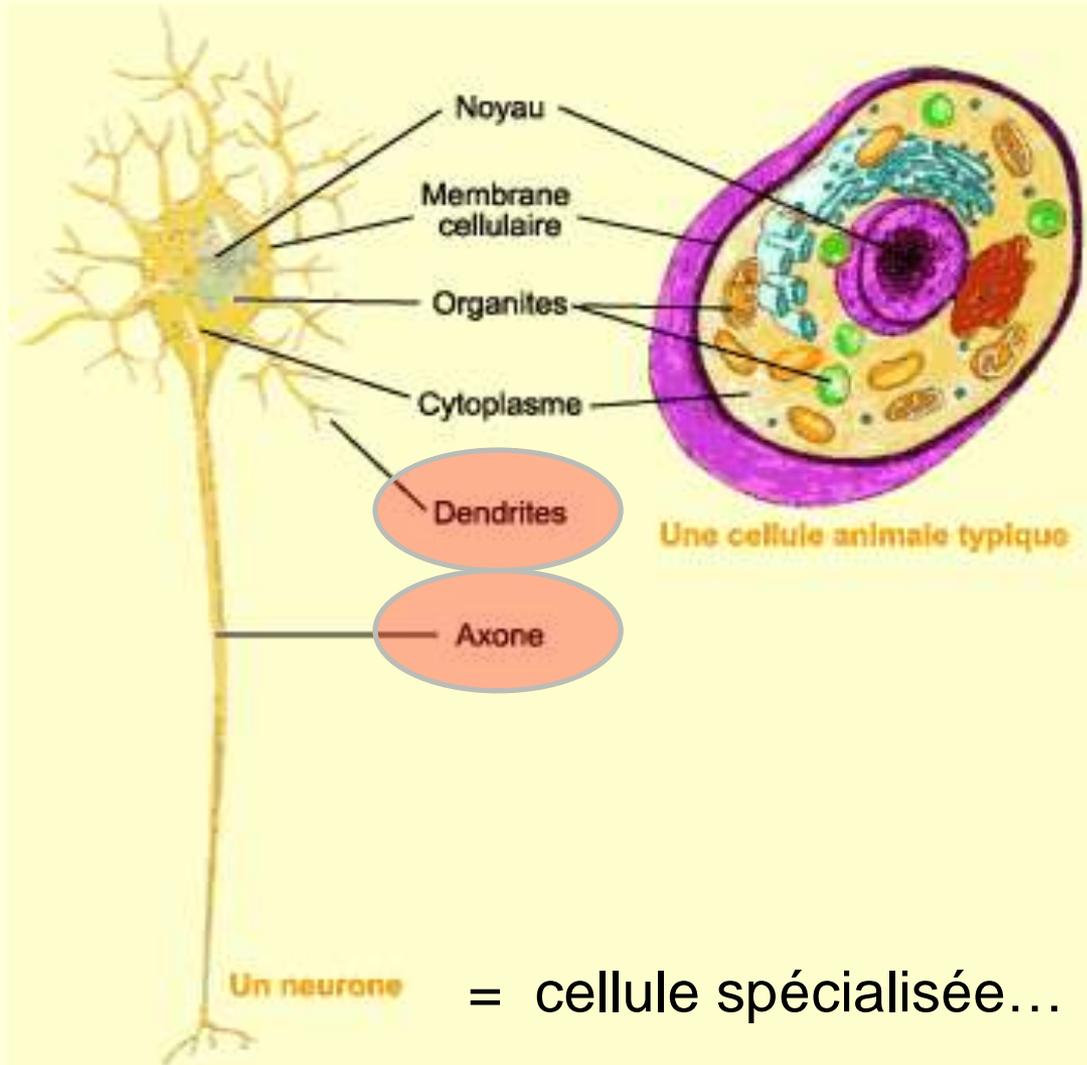
ANIMATION

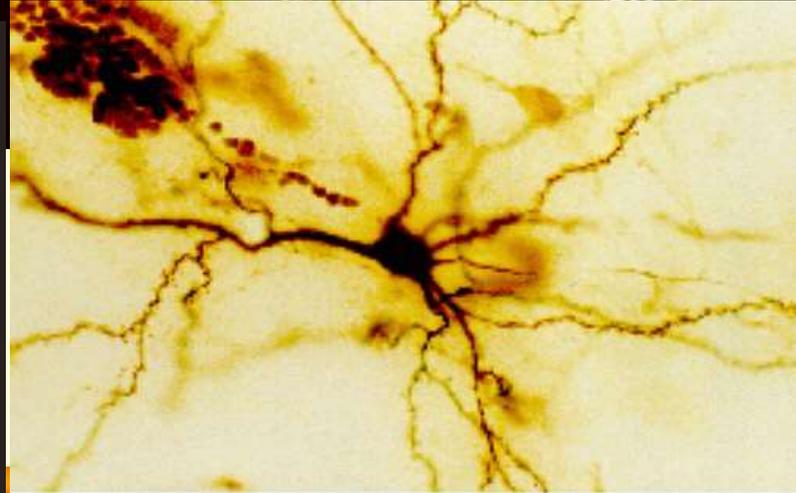
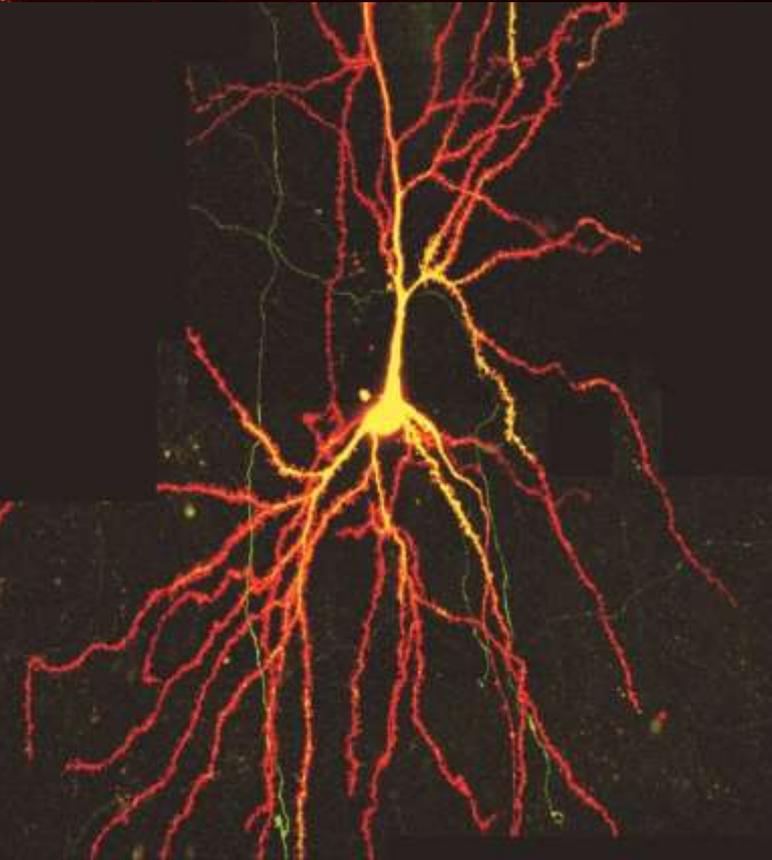
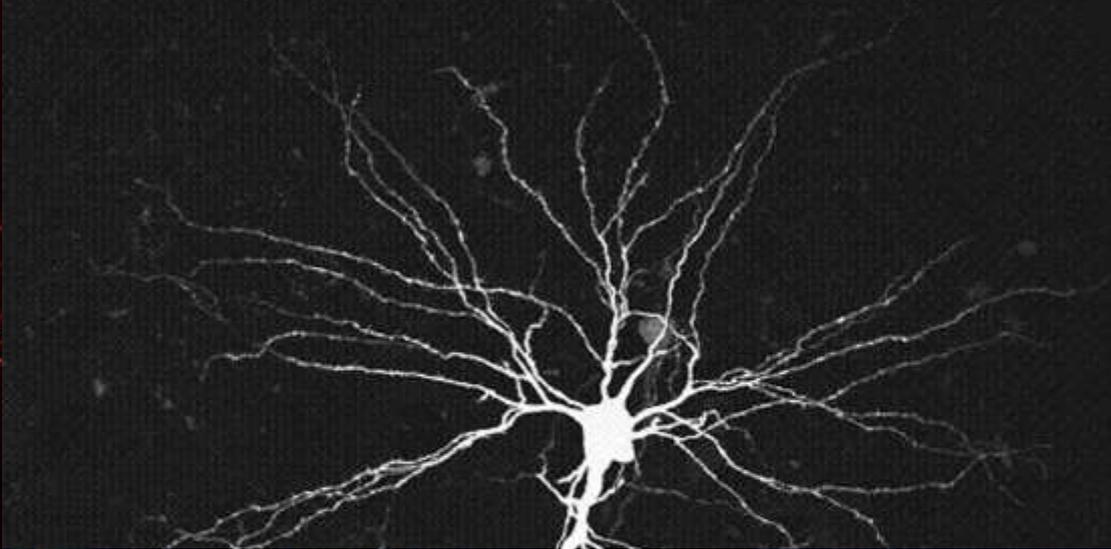
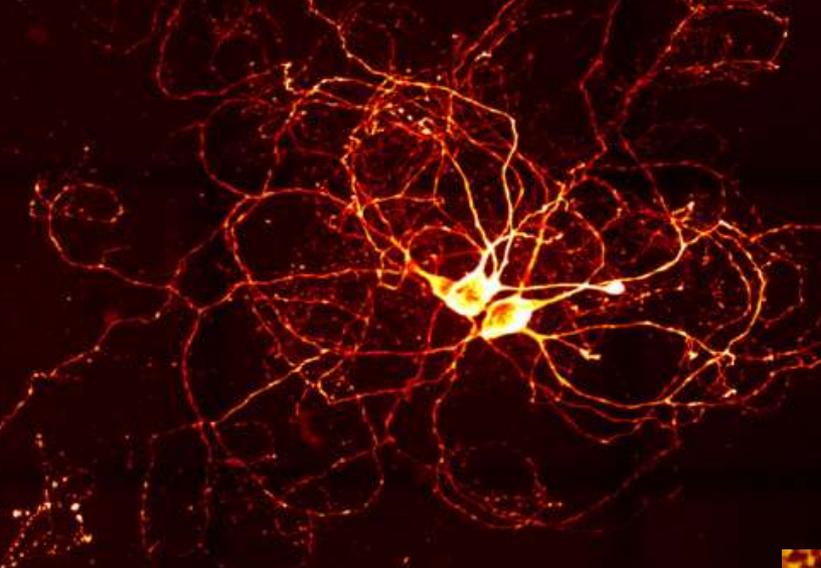
The Inner Life of the Cell

<http://www.xvivo.net/animation/the-inner-life-of-the-cell/>

The Inner Life of the Cell

https://en.wikipedia.org/wiki/The_Inner_Life_of_the_Cell



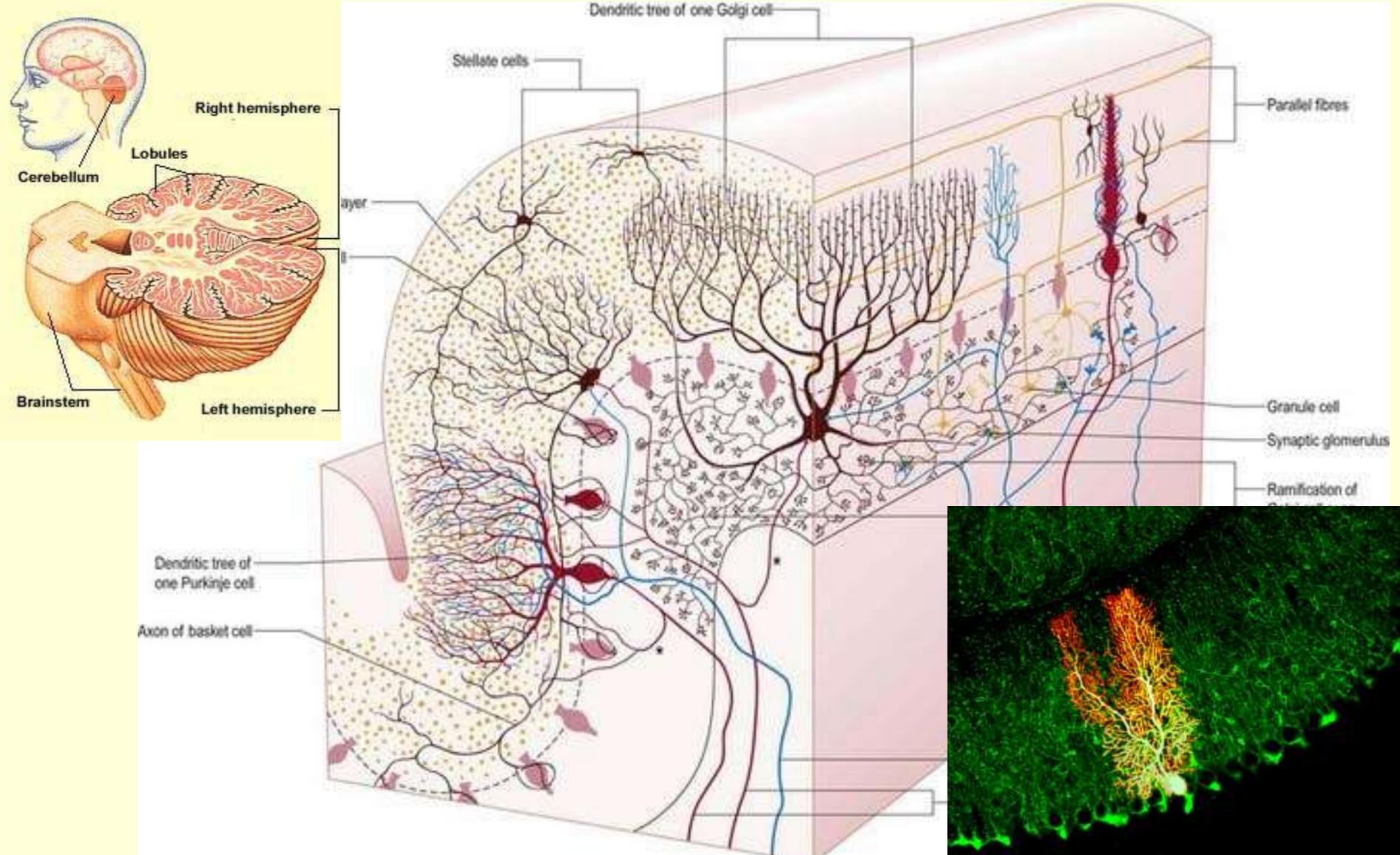


Très grand nombre de types de neurones différents

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

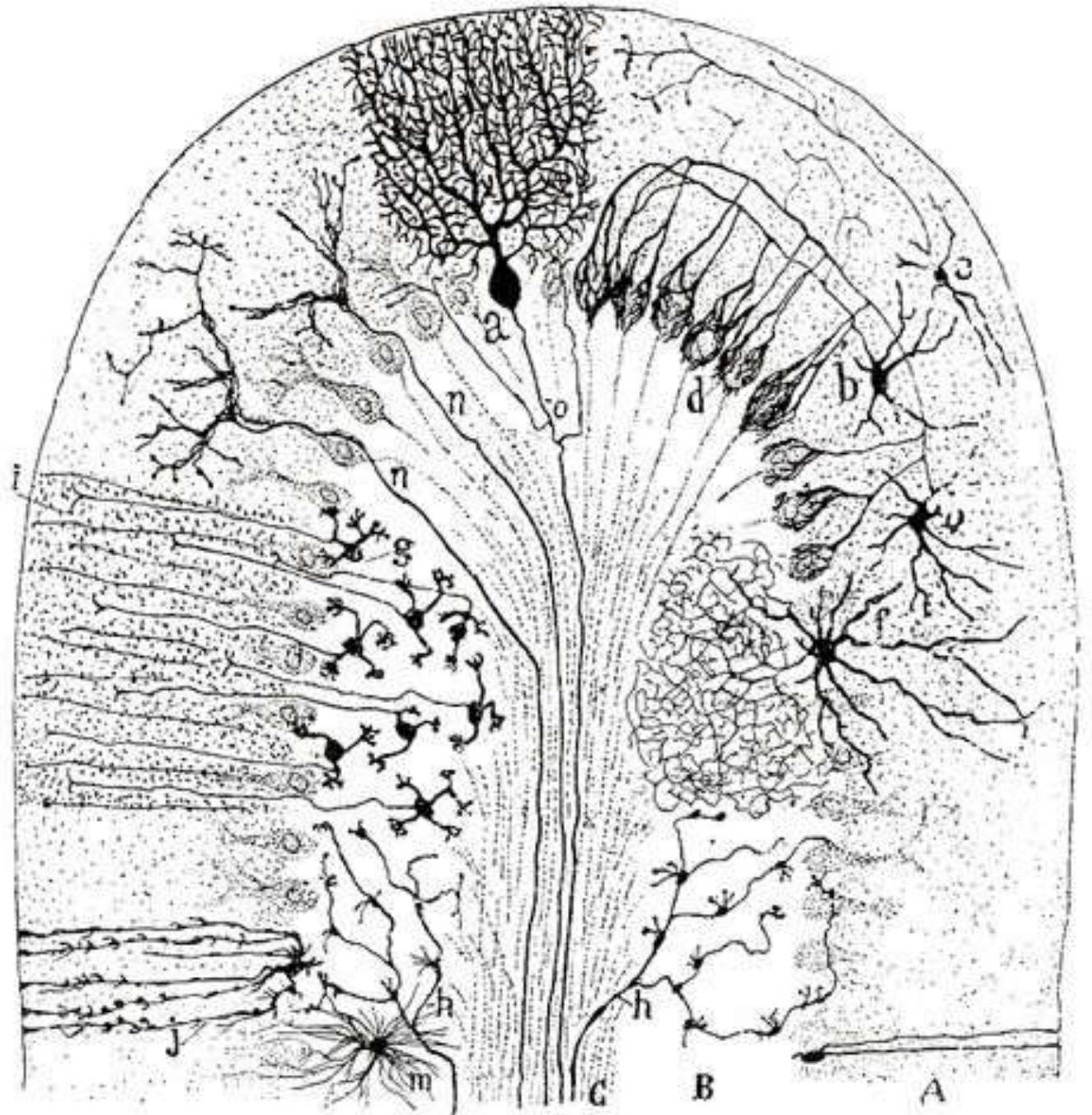
<http://jonlieffmd.com/blog/how-many-different-kinds-of-neurons-are-there>

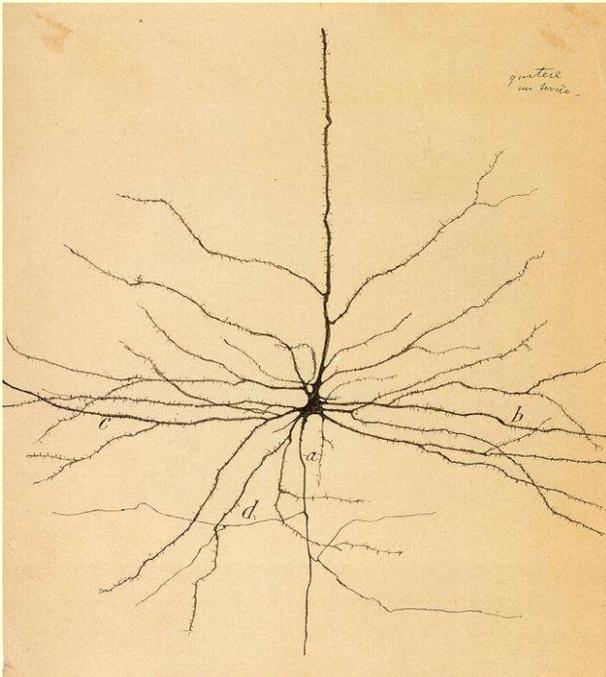
Grande variabilité de forme des neurones qui s'explique par leur pattern de connectivité avec les autres neurones, qui lui-même dépend de la fonction de ce circuit nerveux.



Cajal avait déjà conscience de la grande diversité de forme des neurones

comme le montre l'un de ses dessins des neurones du cervelet.





Neurone pyramidal du cortex moteur

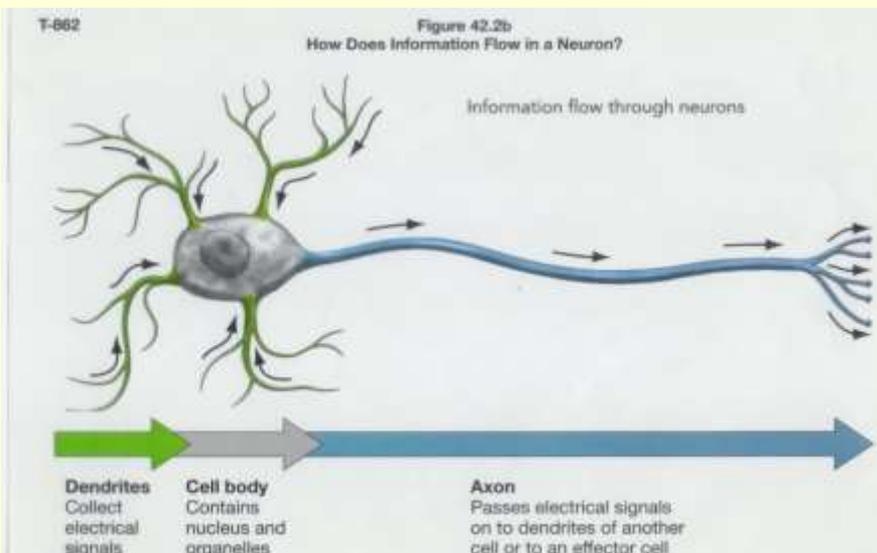
La théorie (ou doctrine) du neurone :

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

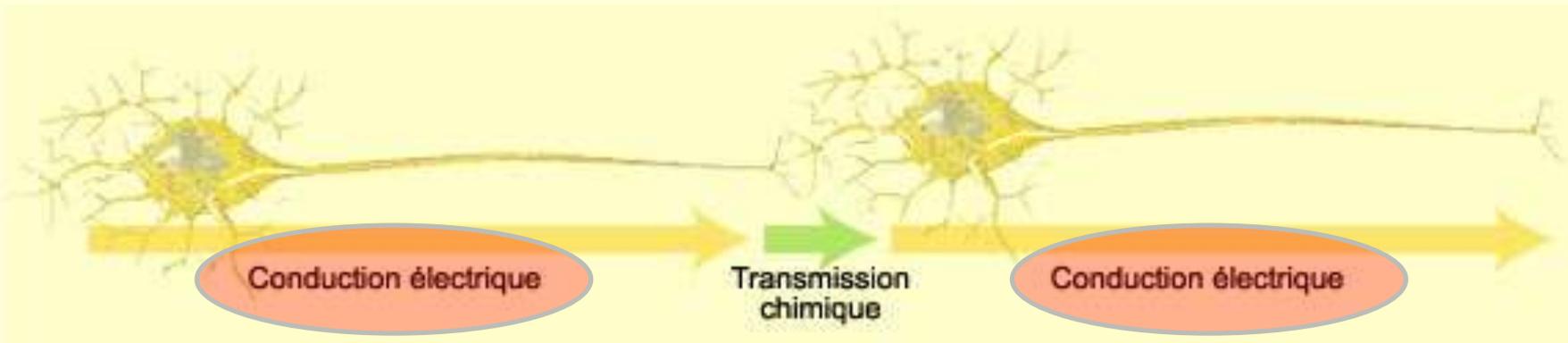
2) Les neurones sont des cellules discrètes qui ne sont **pas reliées en continu entre elles**;

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

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



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

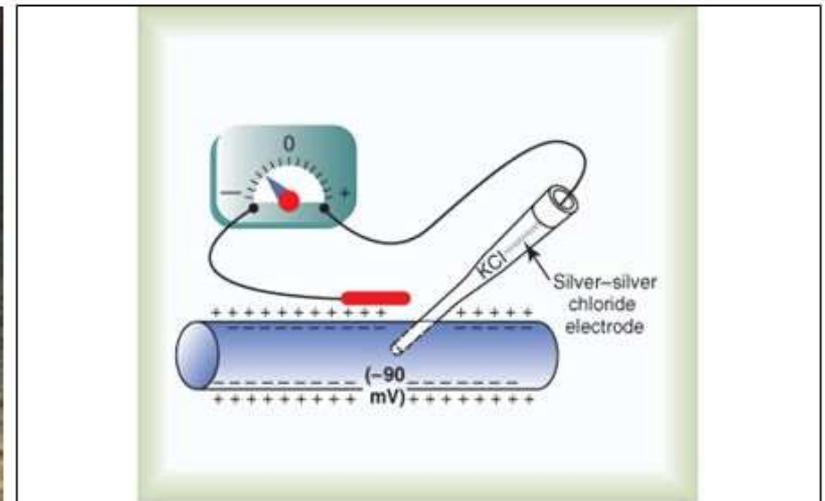


grâce à ce qu'on appelle les **influx nerveux** (ou **potentiels d'action**) dont on ignorait le mécanisme jusqu'au milieu du XXe siècle.



Hodgkin-Huxley Expts, 1952

Squid Giant Axon



© Elsevier, Guyton & Hall: Textbook of Medical Physiology 11e - www.studentconsult.com

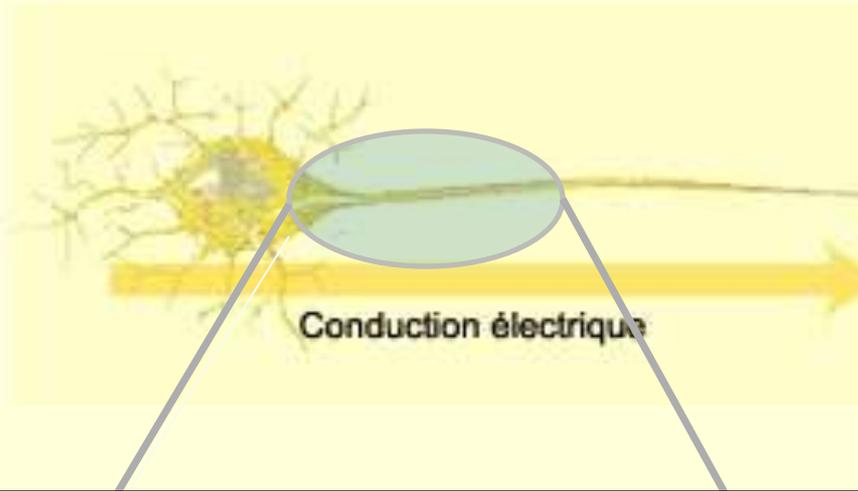
Few neurons, large diameter

Large enough to insert microelectrodes

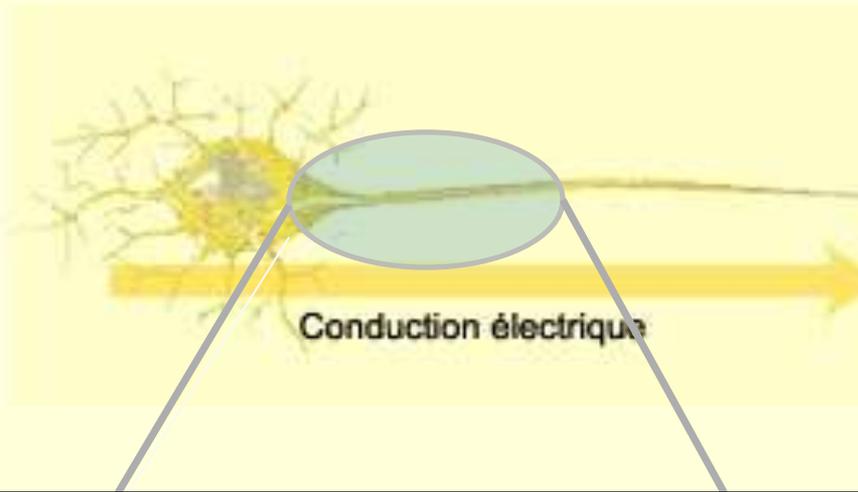
Stimulating microelectrodes (inject current) to disturb cell with electrical stimuli

Recording microelectrodes (see current changes in cell and record them)

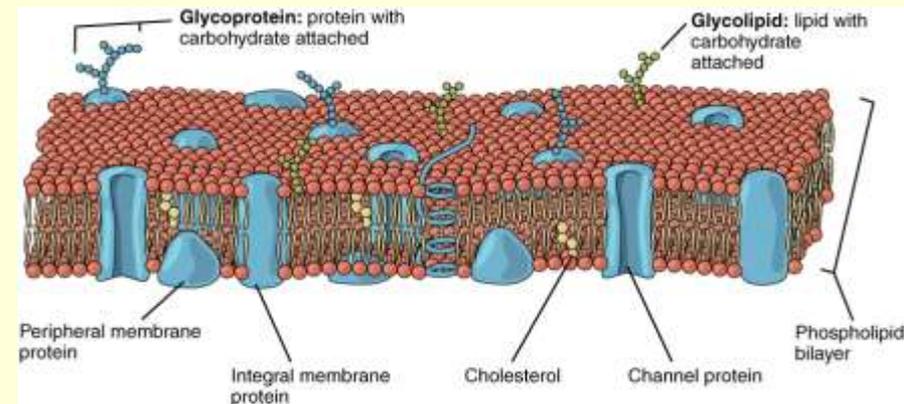
<http://www.science.smith.edu/departments/NeuroSci/courses/bio330/squid.html>



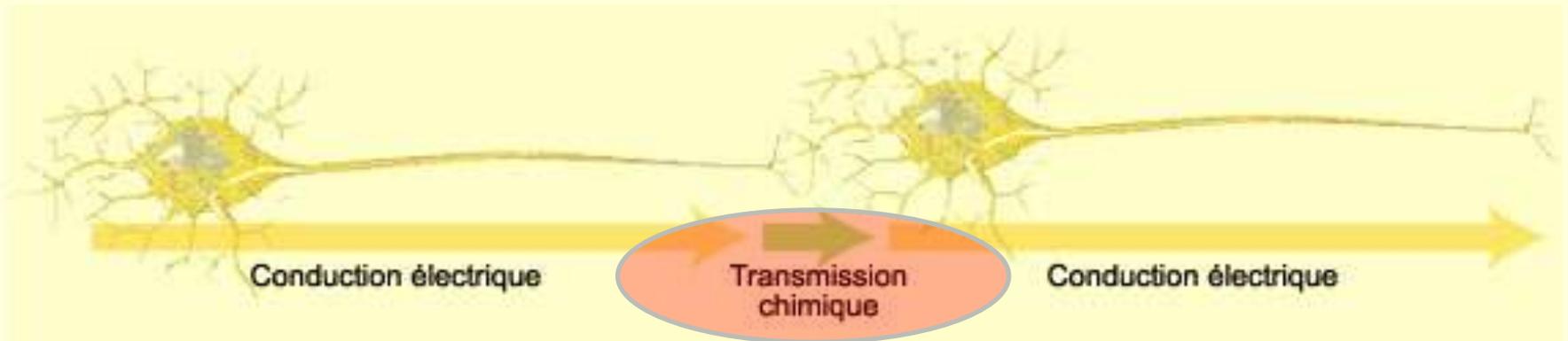
- Les neurones baignent dans du liquides physiologiques
- De nombreuses substances se dissocient en ions chargés dans ce liquide (Ex.: NaCl en Na⁺ et Cl⁻)
- Ces particules chargées ne se répartissent pas également à l'intérieur et à l'extérieur du neurone : l'intérieur est environ 70 millivolts plus négatif que l'extérieur
- Les neurones ont une membrane semi-perméable qui vont permettre le passage sélectifs de certains ions à travers elle, générant ainsi l'influx nerveux



Plus tard, on démontrera que les pores de la membrane semi-perméable sont des protéines transmembranaires avec en leur centre un canal sélectif à certains ions.

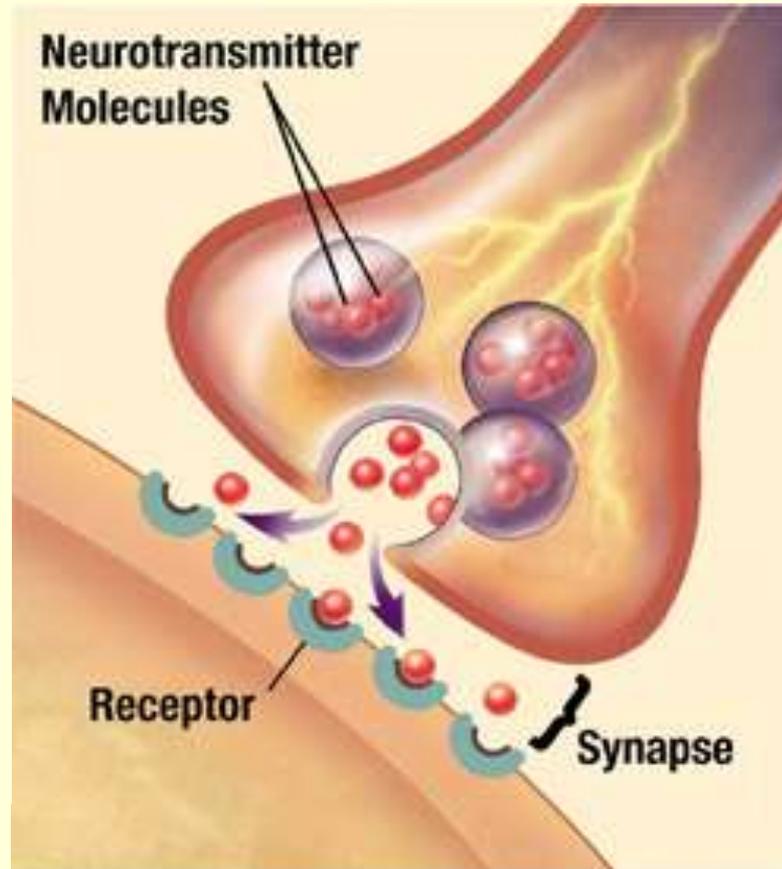


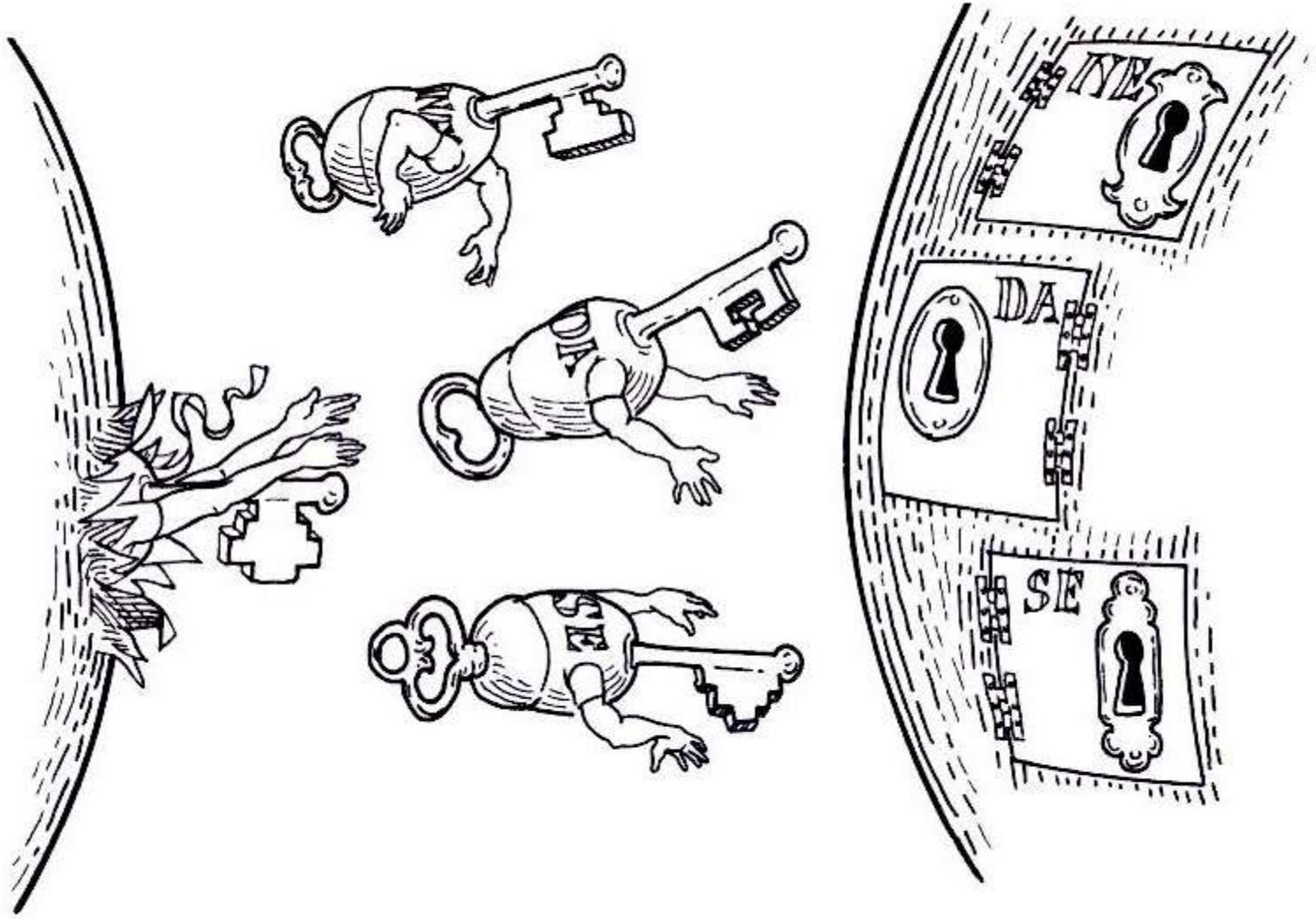
Et en plus, ces canaux changent de conformation (i.e. s'ouvrent et se ferment) en fonction du potentiel de membrane autour d'eux.

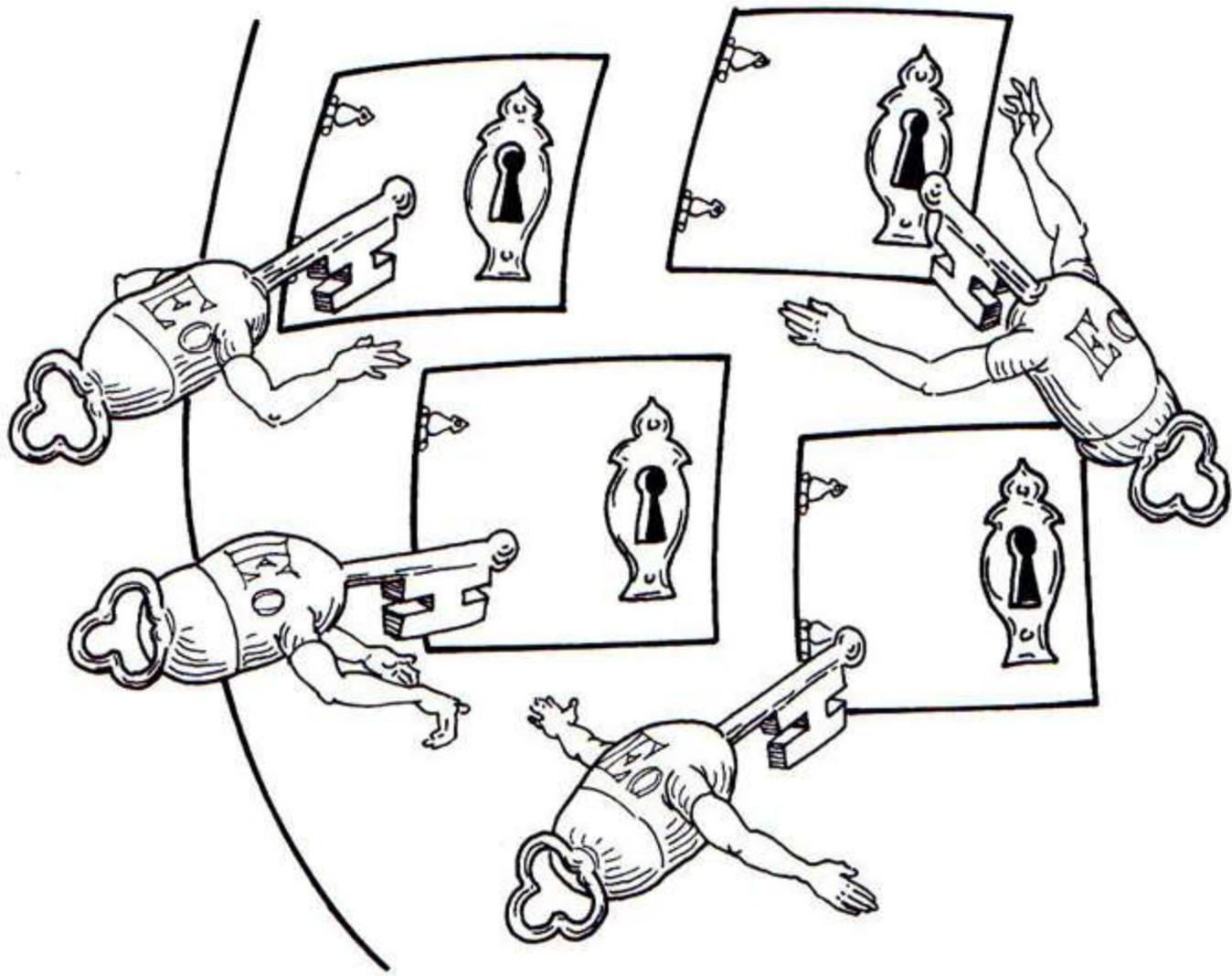


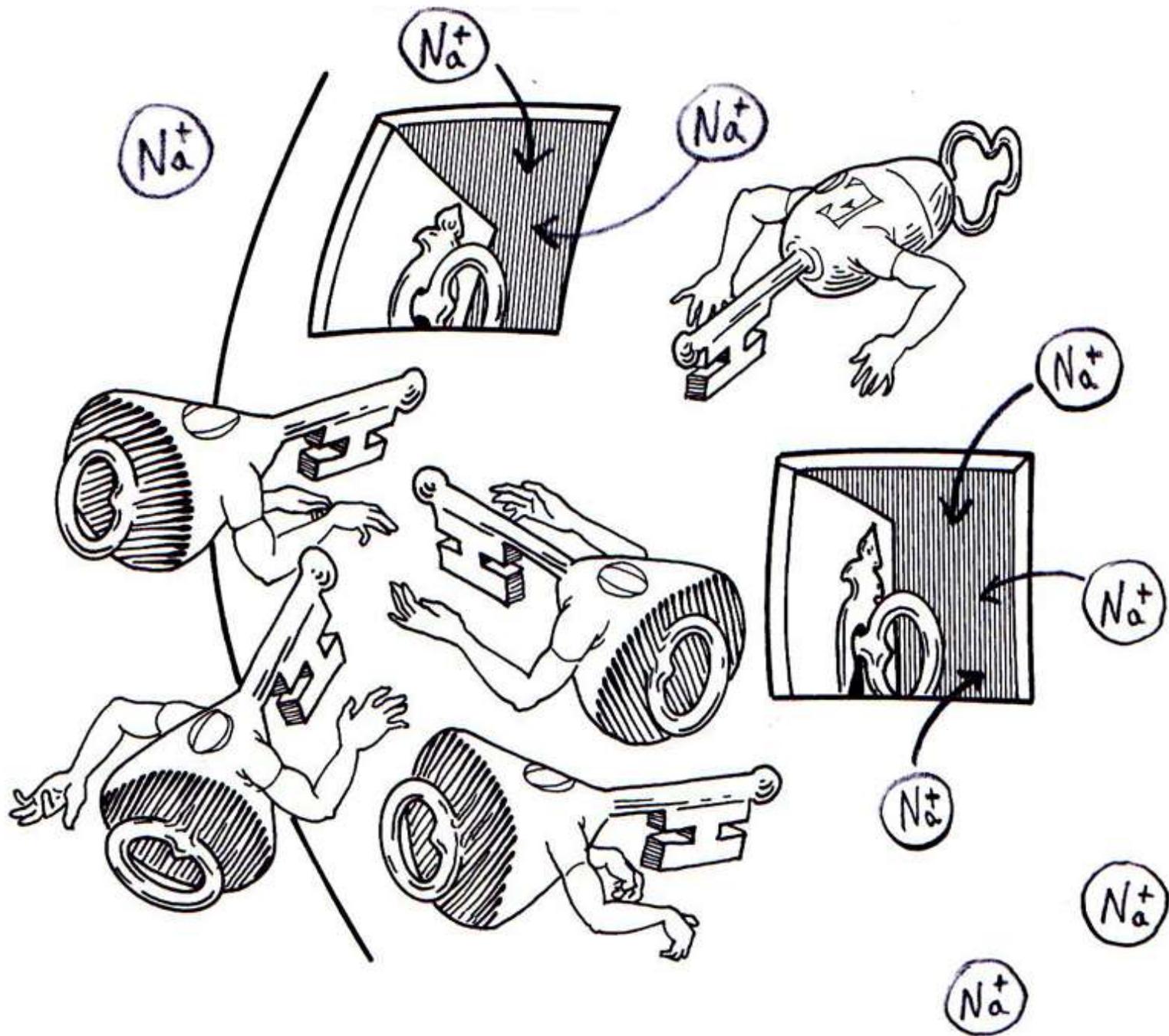
Donc les neurones qui font des connexions ne se touchent pas :

l'influx est recréé dans le neurone suivant grâce à la diffusion et à la fixation des **neurotransmetteurs**.





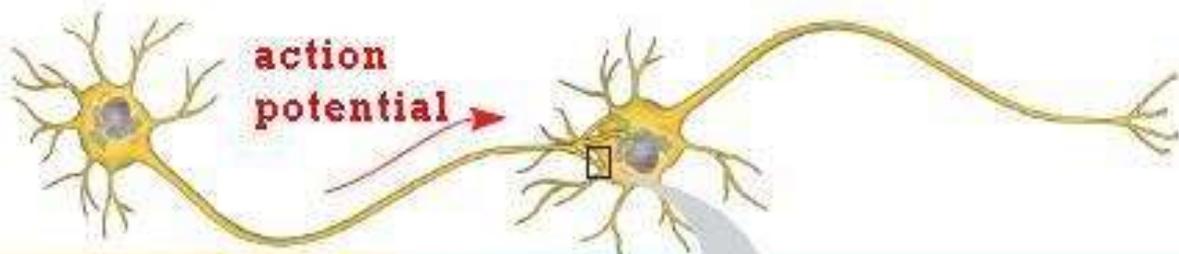




Presynaptic cell

Postsynaptic cell

action potential



Synaptic vesicles containing neurotransmitter

Presynaptic membrane

Voltage-gated Ca^{2+} channel

1 Ca^{2+}

Synaptic cleft

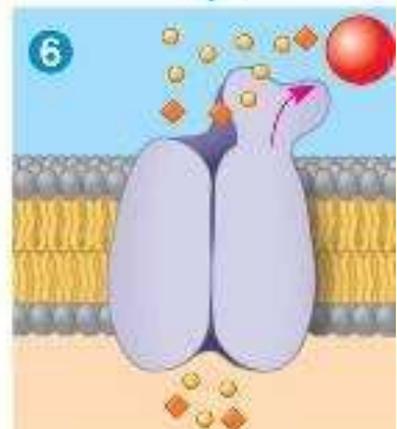
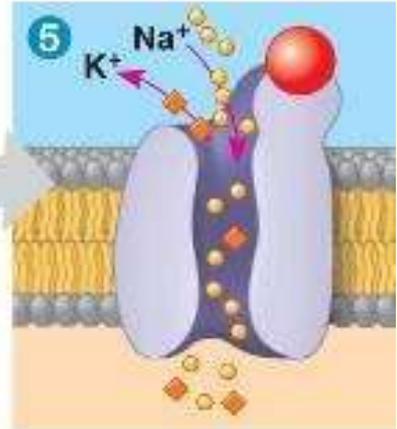
2

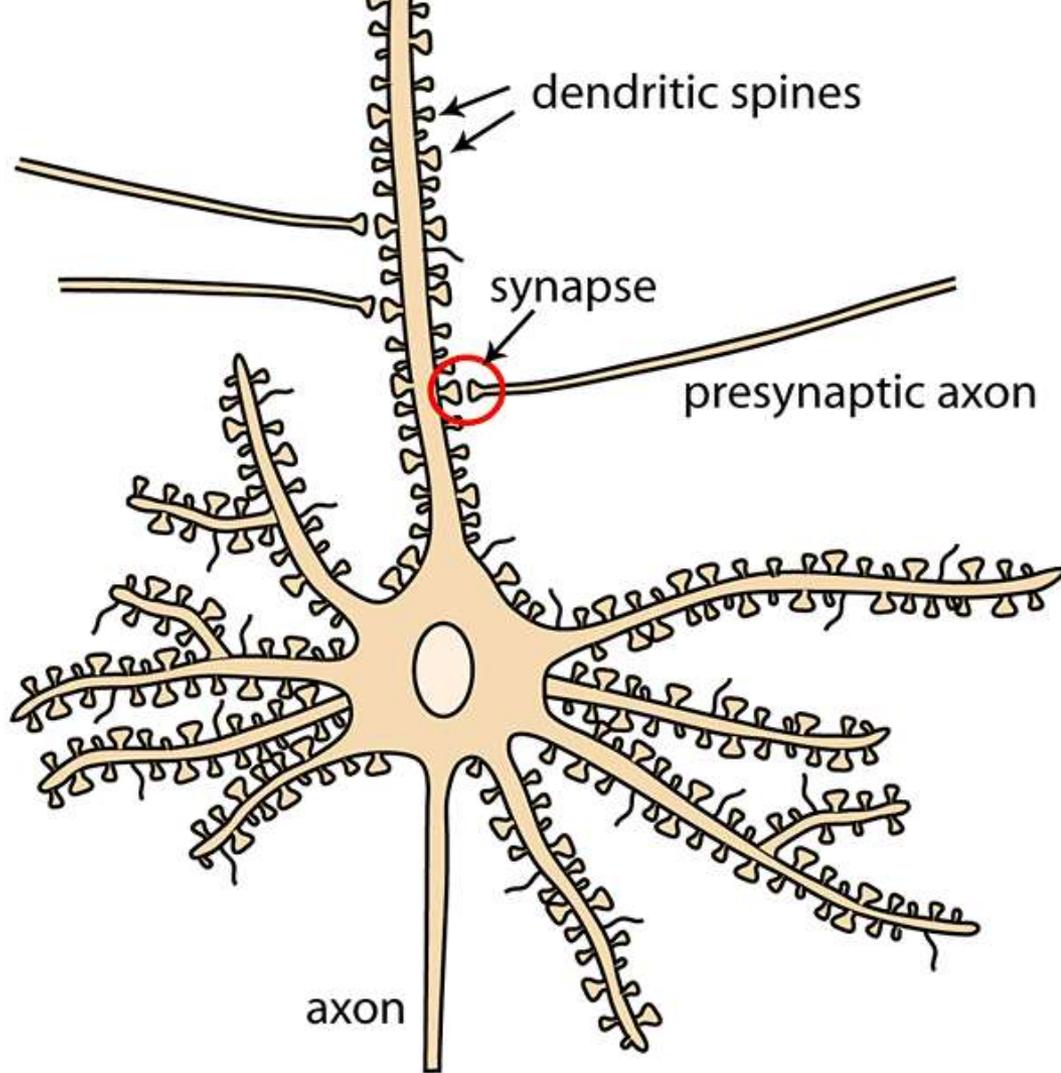
3

4

Ligand-gated ion channels

Postsynaptic membrane



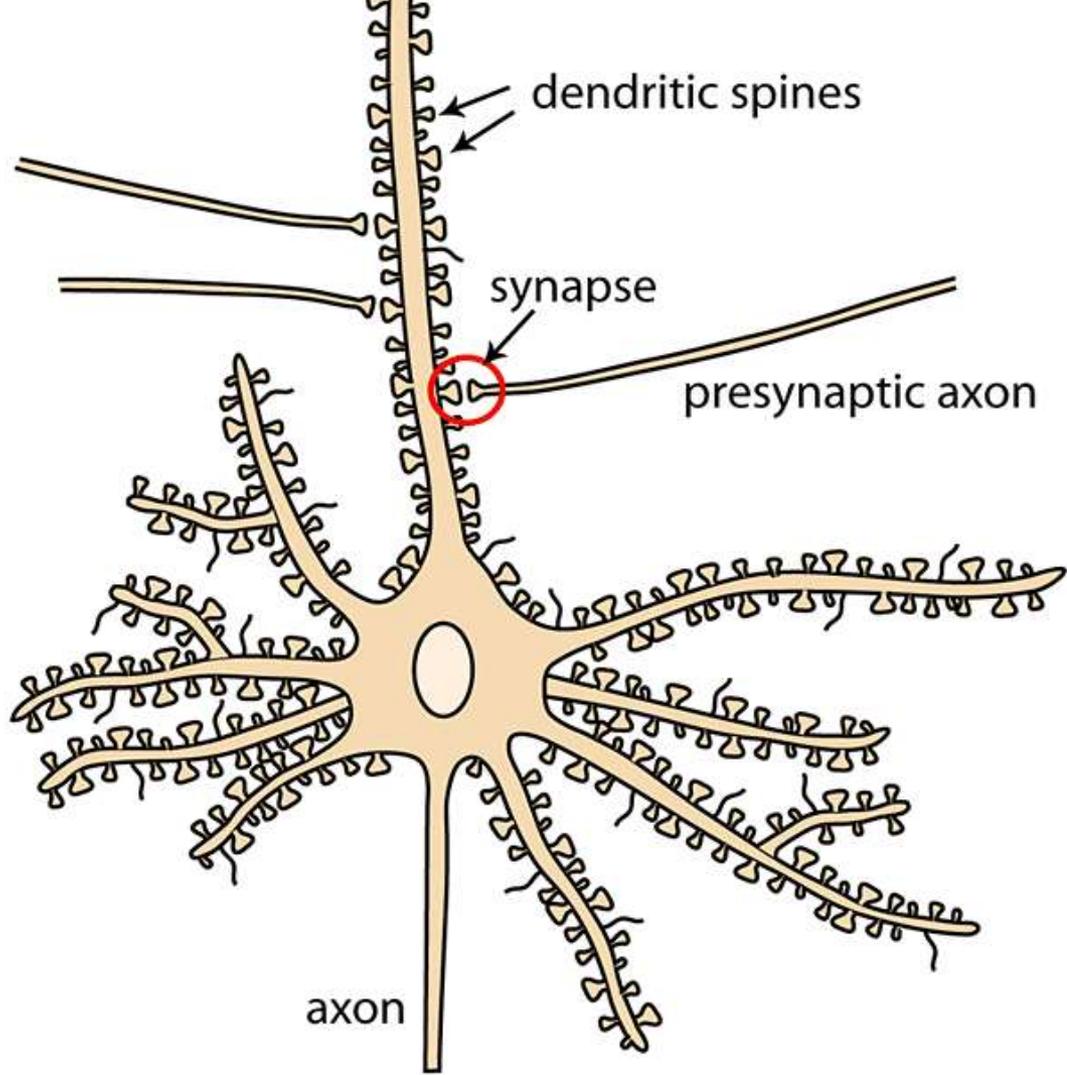


Smrt & Zhao. Frontiers

Les **dendrites** du neurone qui « reçoit la connexion » possèdent des milliers "d'**épin**es" dendritiques qui bourgeonnent à leur surface.

C'est vis-à-vis ces épines que se situent les **boutons terminaux des axones**, sorte de renflements d'où sont excrétés les neurotransmetteurs.

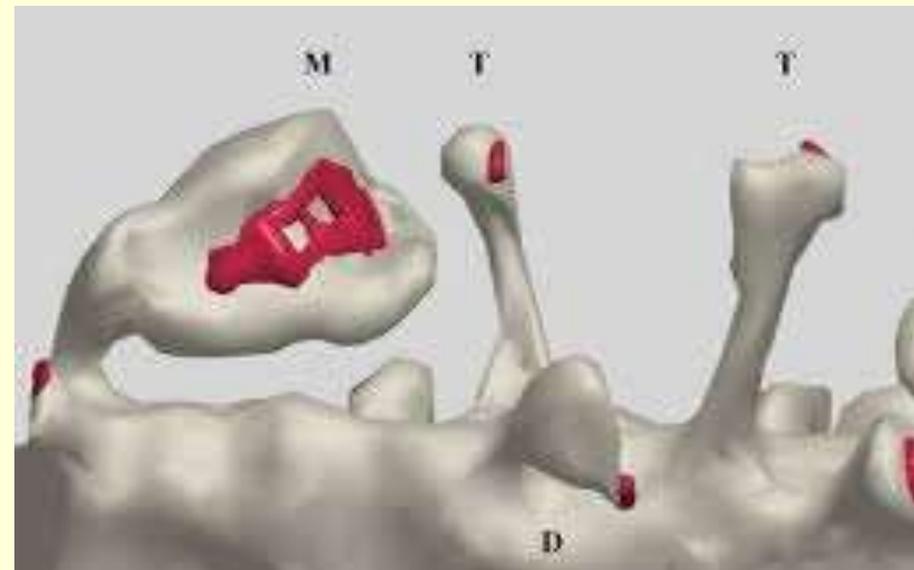
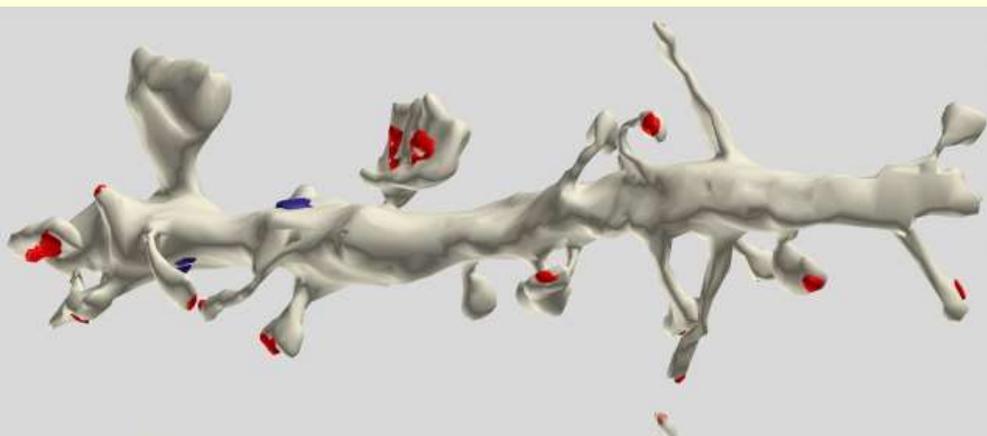
Les deux forment ce qu'on appelle la **synapse**.

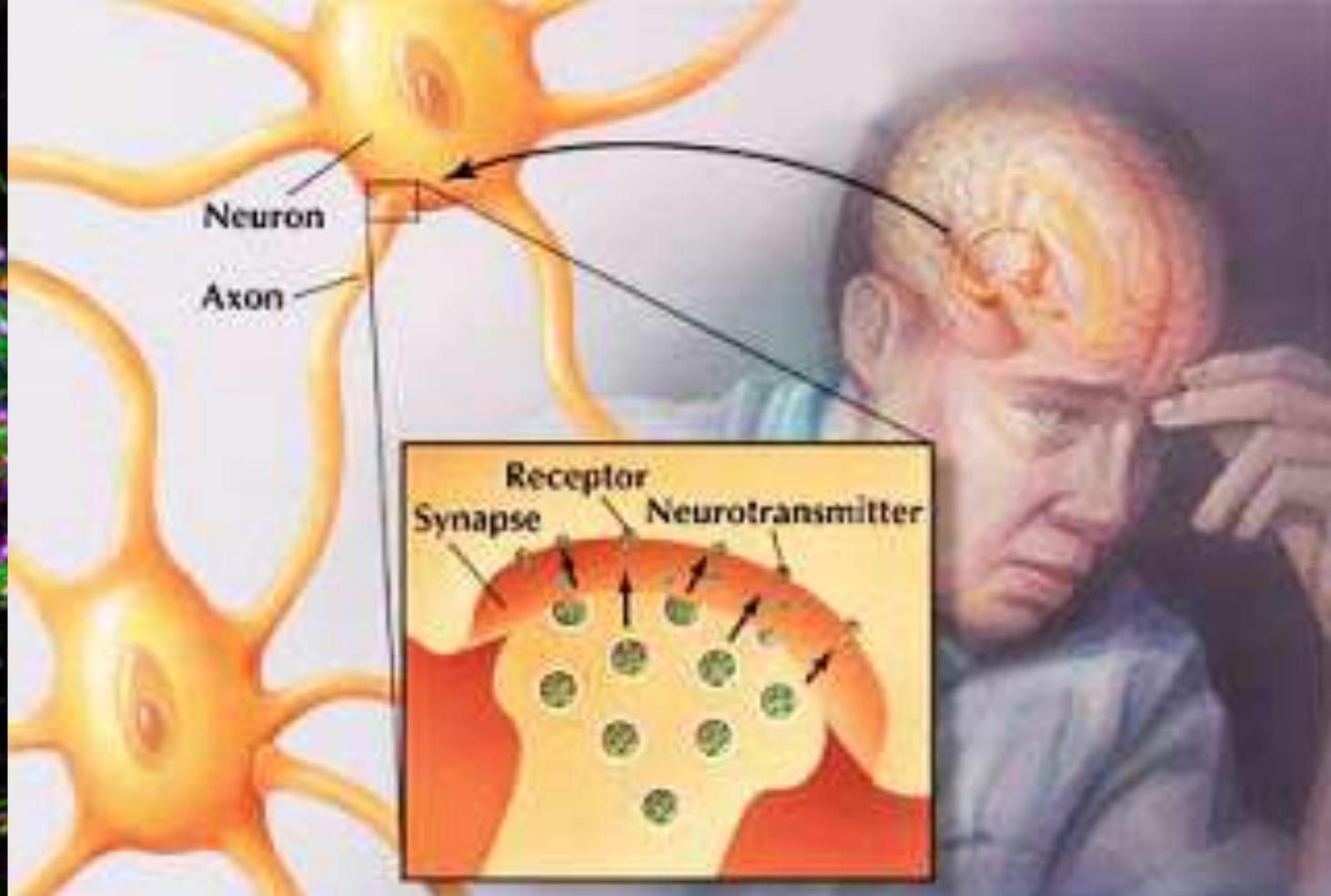


Smrt & Zhao. Frontiers in Biology 2010

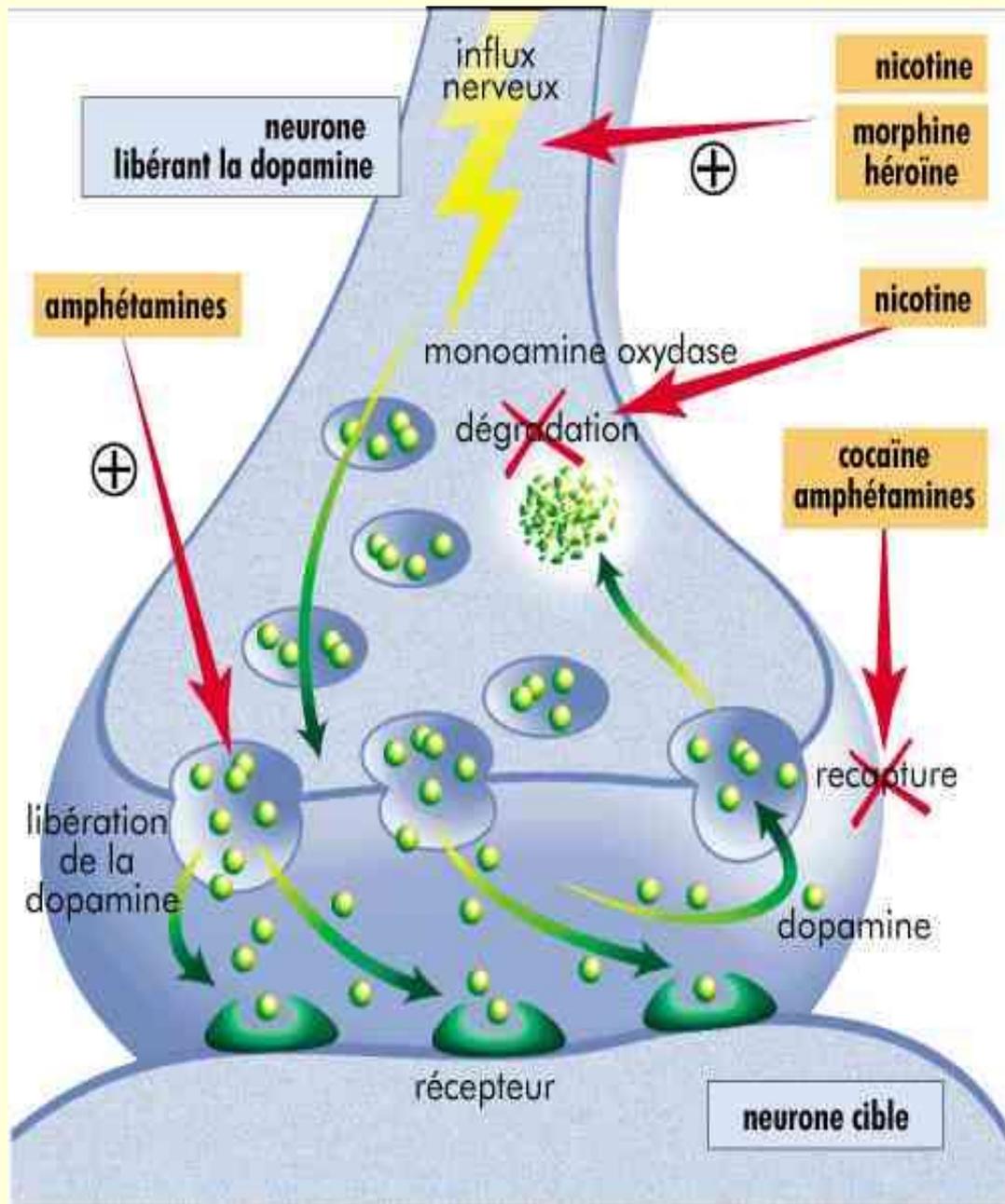


De plus, la taille et la forme de ces épines dendritiques ne sont **pas fixes** mais peuvent être au contraire **très plastiques** comme on le verra la semaine prochaine...

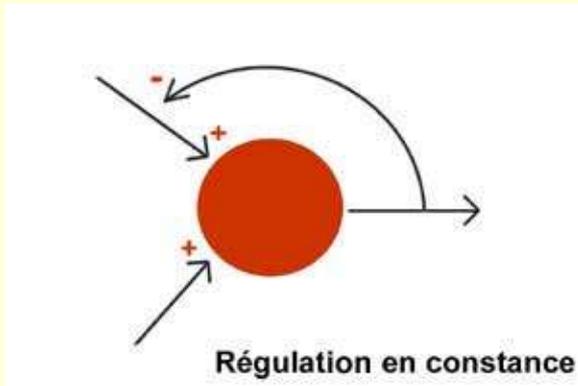




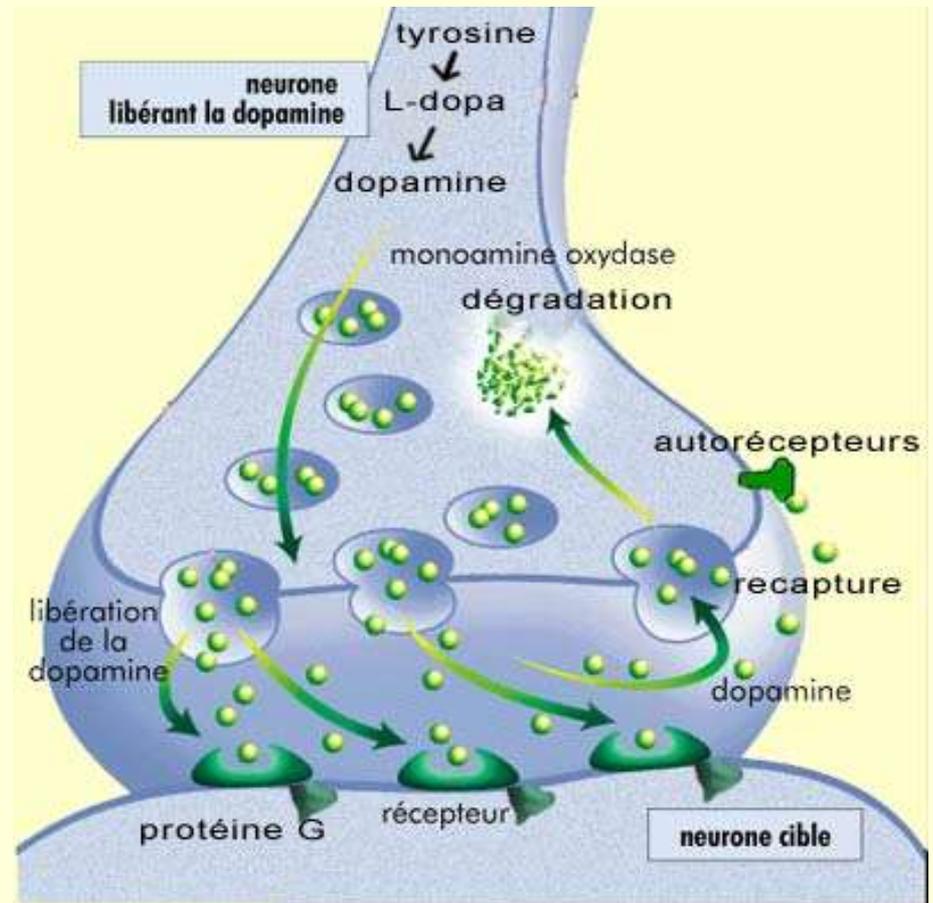
C'est à la synapse qu'agissent
la grande majorité des
médicaments et
des **drogues**



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



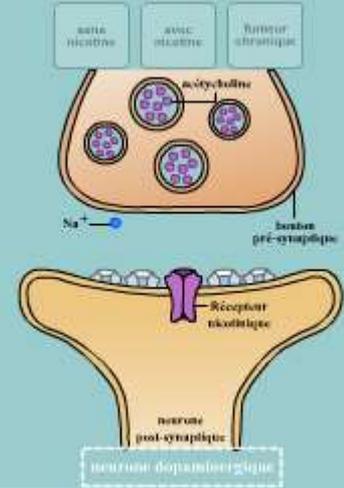
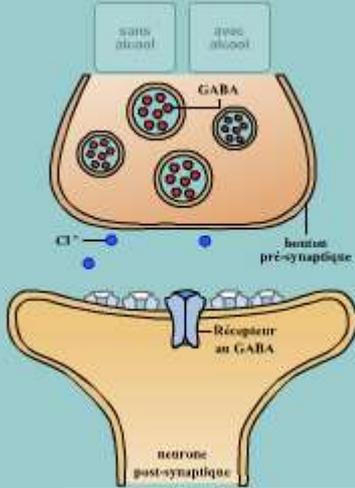
Résultat : quand cesse l'apport extérieur de la drogue, l'excès se traduit en manque.



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

Nicotine

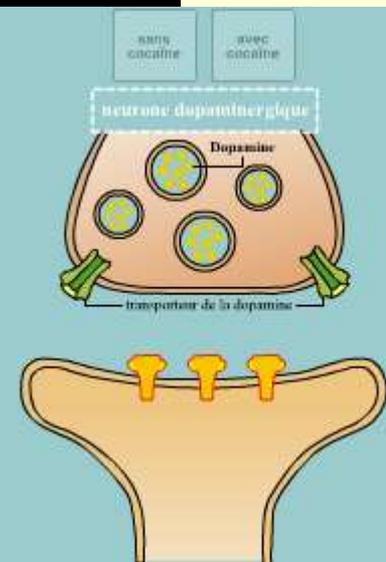
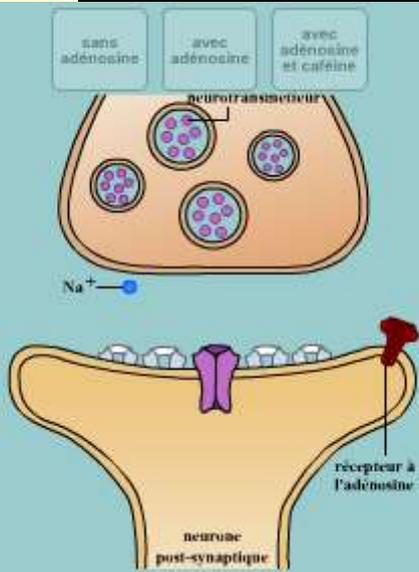
Alcool

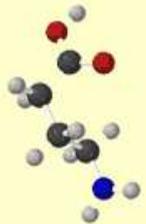
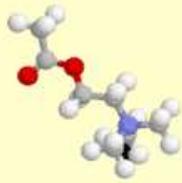


http://lecerveau.mcgill.ca/flash/i/i_03/i_03_m/i_03_m_par/i_03_m_par.html

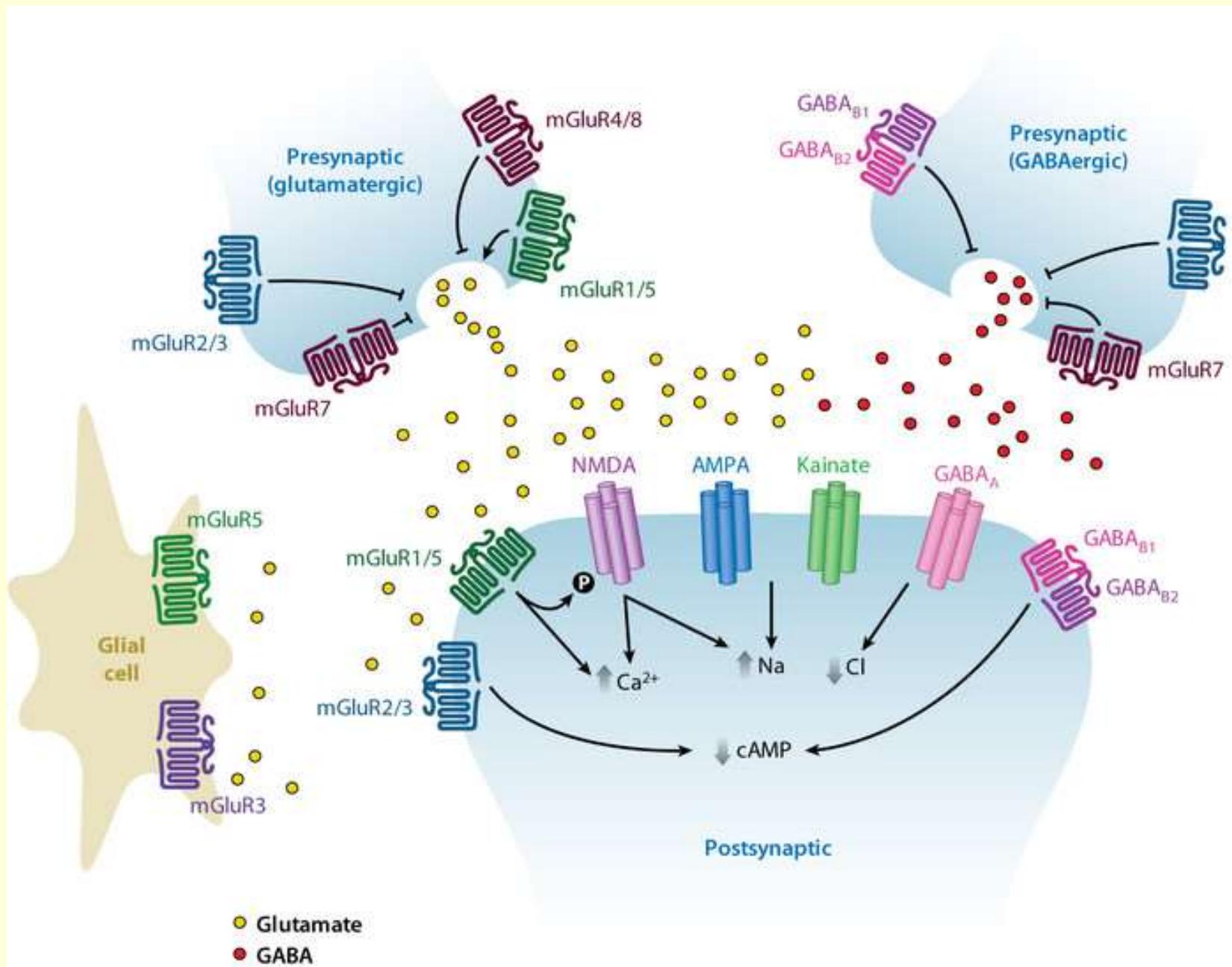
Cocaïne

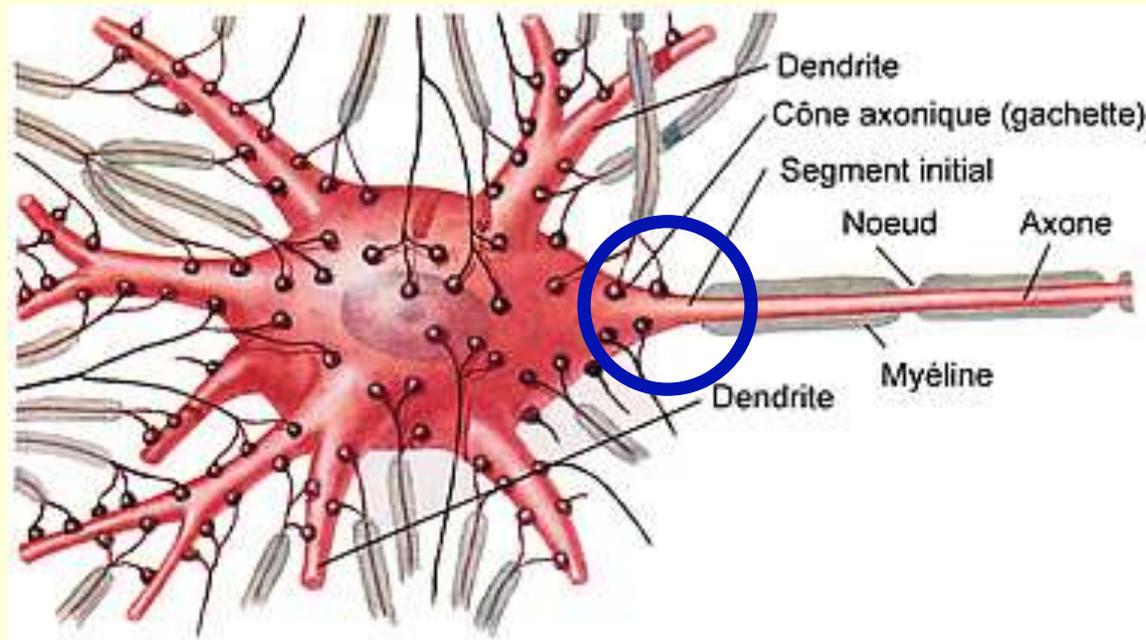
Caféine





Etc, etc...

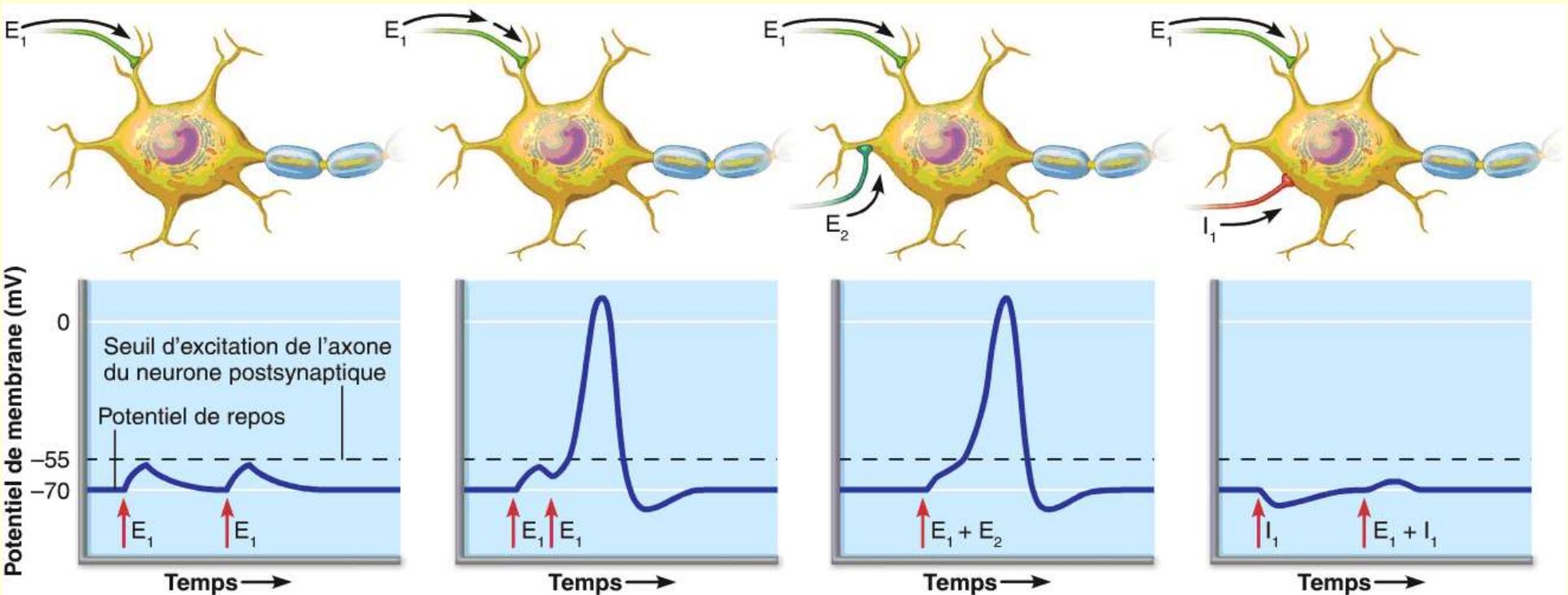




La diffusion passive de ces potentiels post-synaptique (leur intensité diminue avec le trajet) amène une **sommation de leurs effets excitateurs ou inhibiteurs**.

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

Et plus la dépolarisation sera grande près de la **zone gâchette du début de l'axone**, plus cette dépolarisation sera susceptible d'engendrer un potentiel d'action.



(a) Pas de sommation ou stimulus infralaminaire:
Pas de sommation des PPSE lorsque deux stimulus sont séparés dans le temps.

(b) Sommation temporelle:
Sommation des PPSE lorsque deux stimulus sont rapprochés dans le temps.

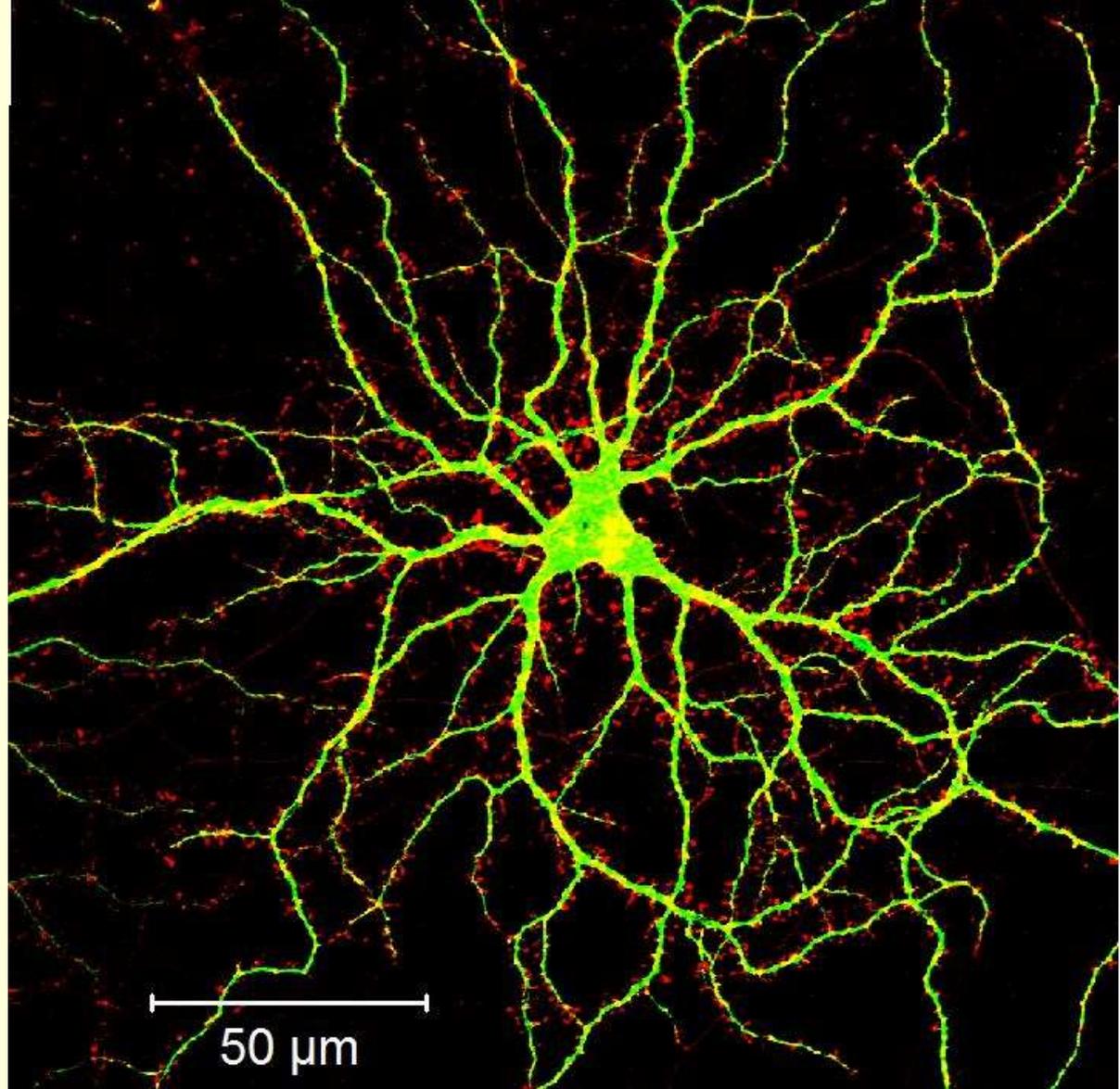
(c) Sommation spatiale:
Sommation des PPSE lorsque deux stimulus se produisent simultanément.

(d) Sommation spatiale du PPSE et du PPSI:
Annulation possible des changements de potentiel de membrane.

« Le fait qu'une cellule vivante se soit adaptée en une structure capable de recevoir et **d'intégrer** des données,

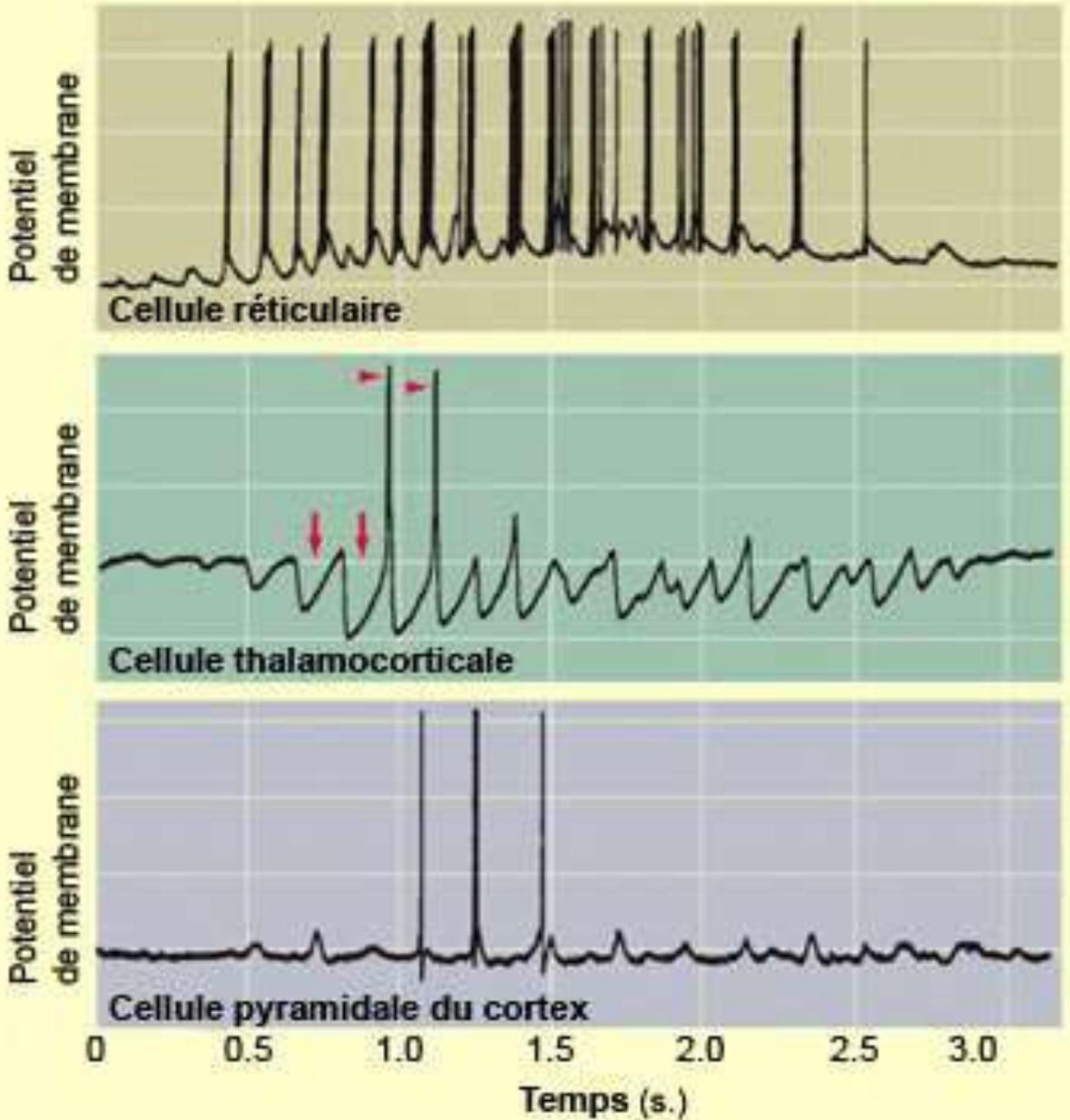
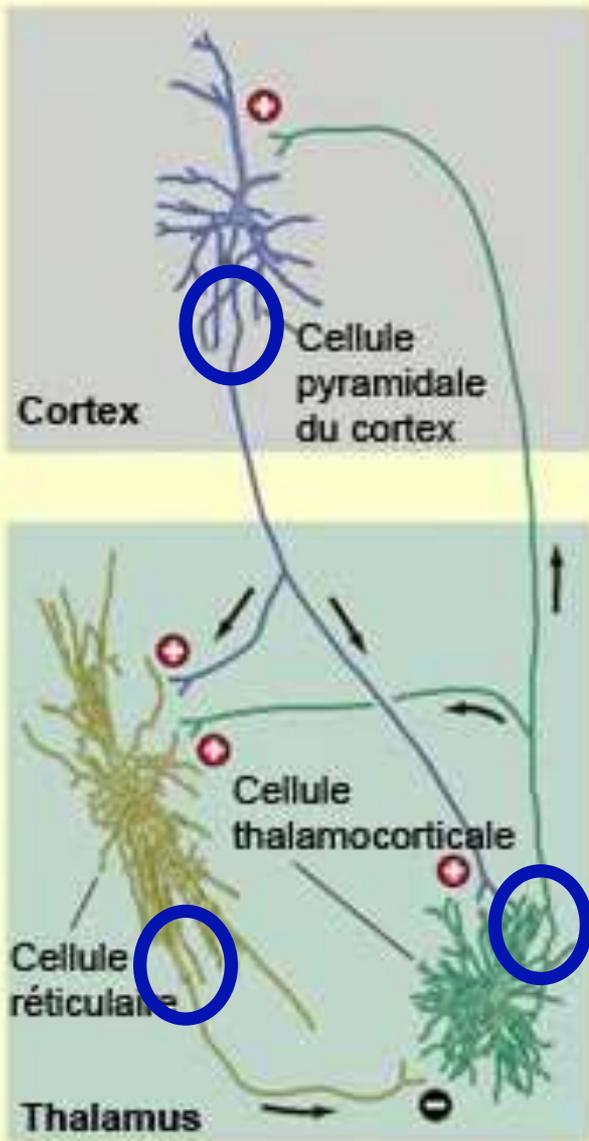
de **prendre des décisions** fondées sur ces données, et **d'envoyer des signaux** aux autres cellules en fonction du résultat de cette intégration

est un exploit remarquable de l'évolution. »



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

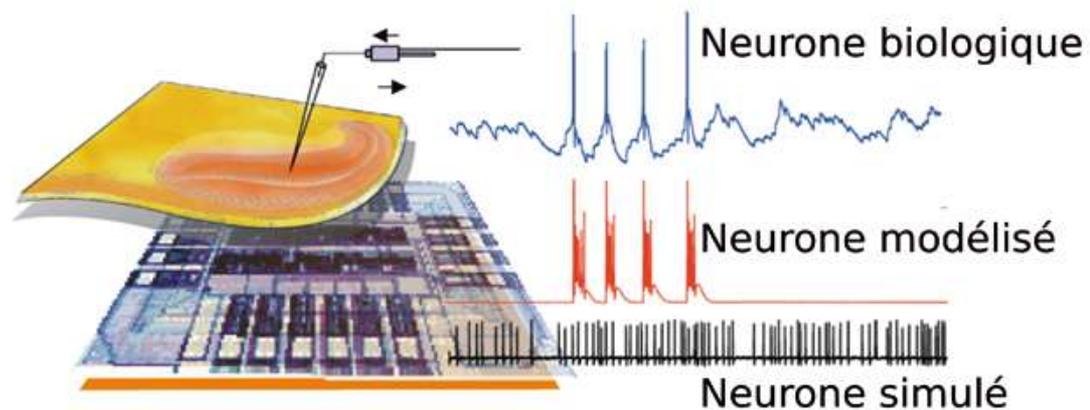
Dharmendra S. Modha, Rajagopal Ananthanarayanan, Steven K. Esser, Anthony Ndirango, Anthony J. Sherbondy, Raghavendra Singh, Communications of the ACM, Vol. 54 No. 8, Pages 62-71 (2011)

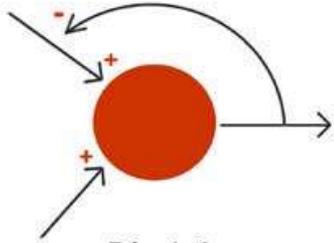
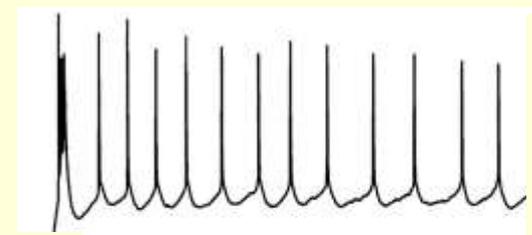
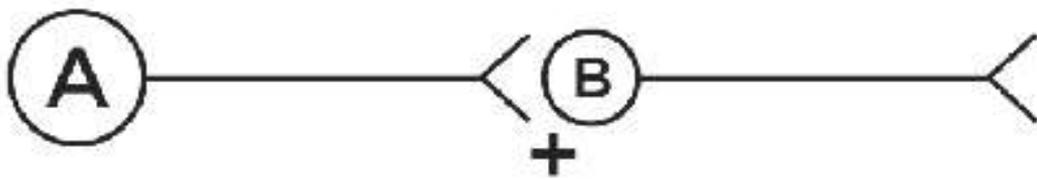


Vers les « neurosciences computationnelles »

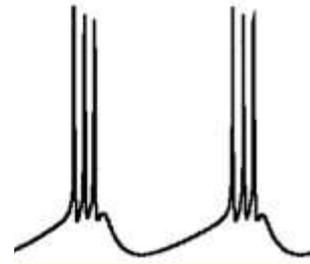
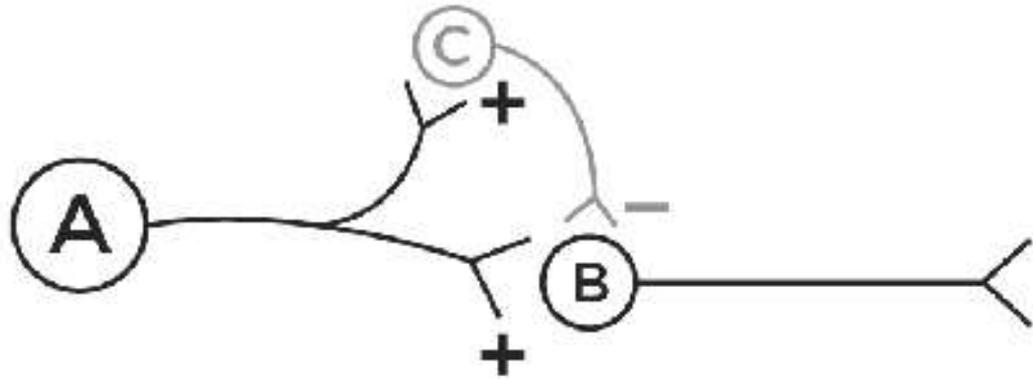
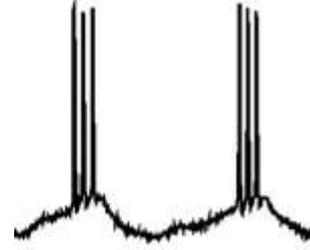
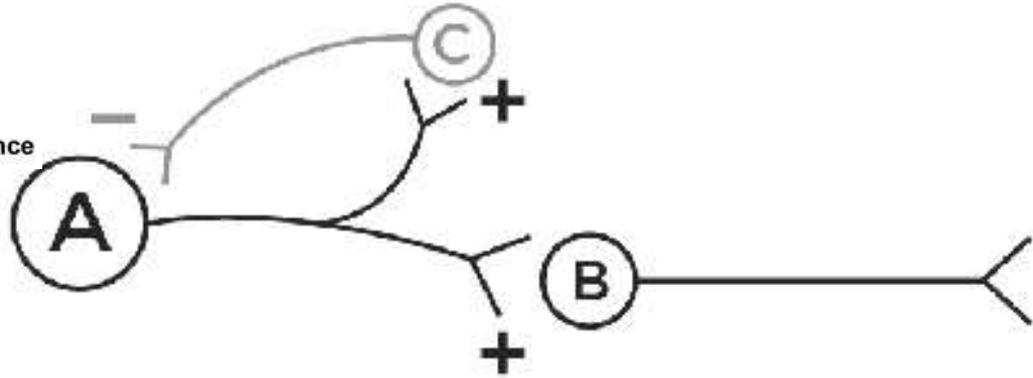
qui regroupent des approches **mathématiques, physiques et informatiques** appliquées à la **compréhension du système nerveux**.

(l'expression date du milieu des années 1980)

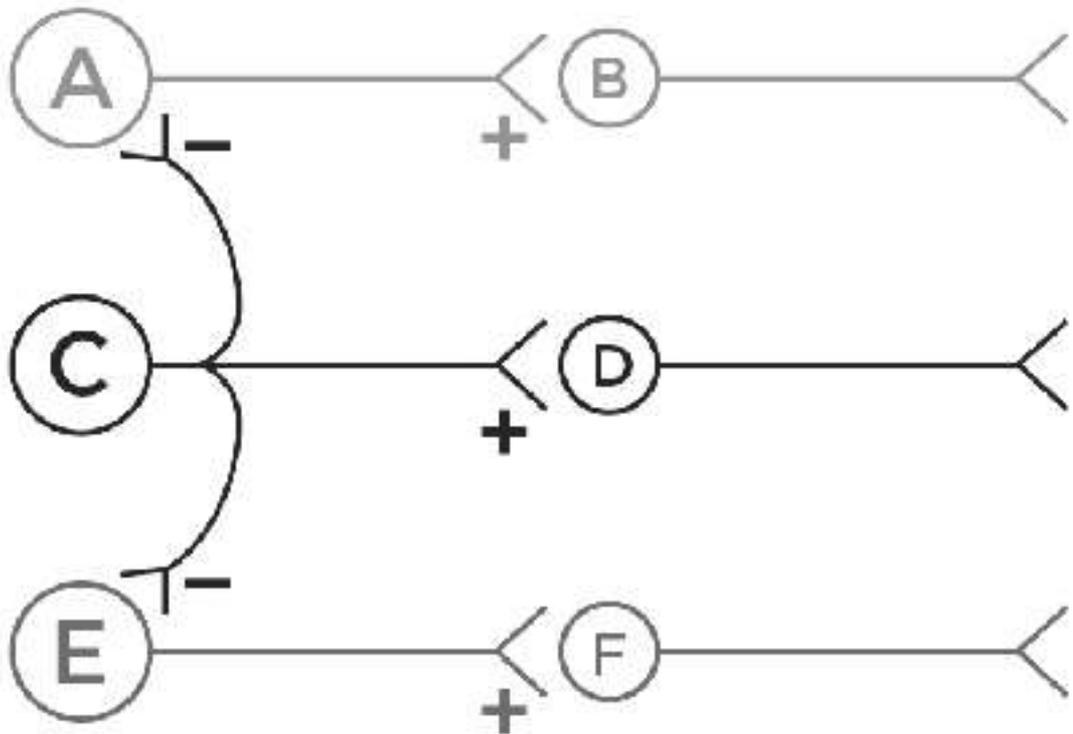




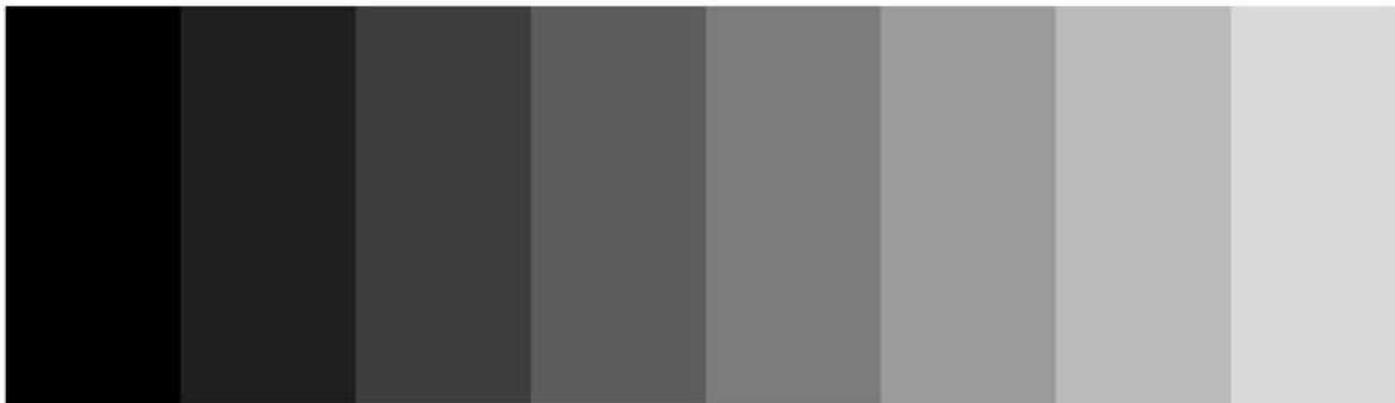
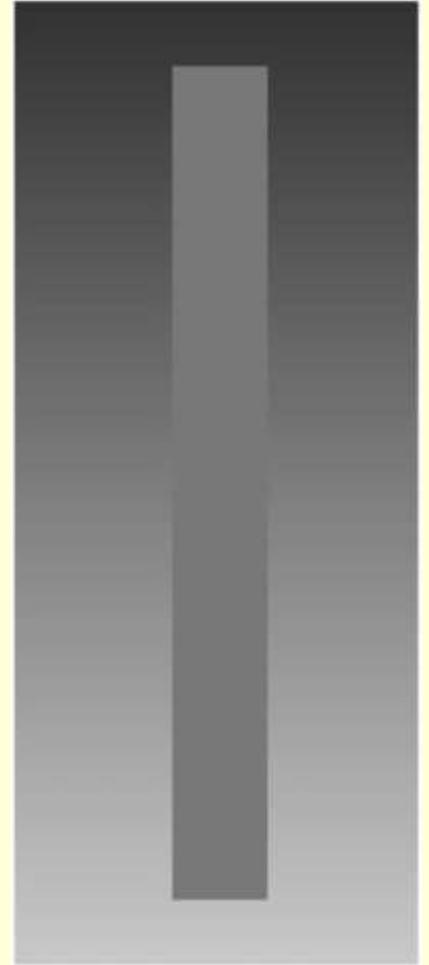
Régulation en constance

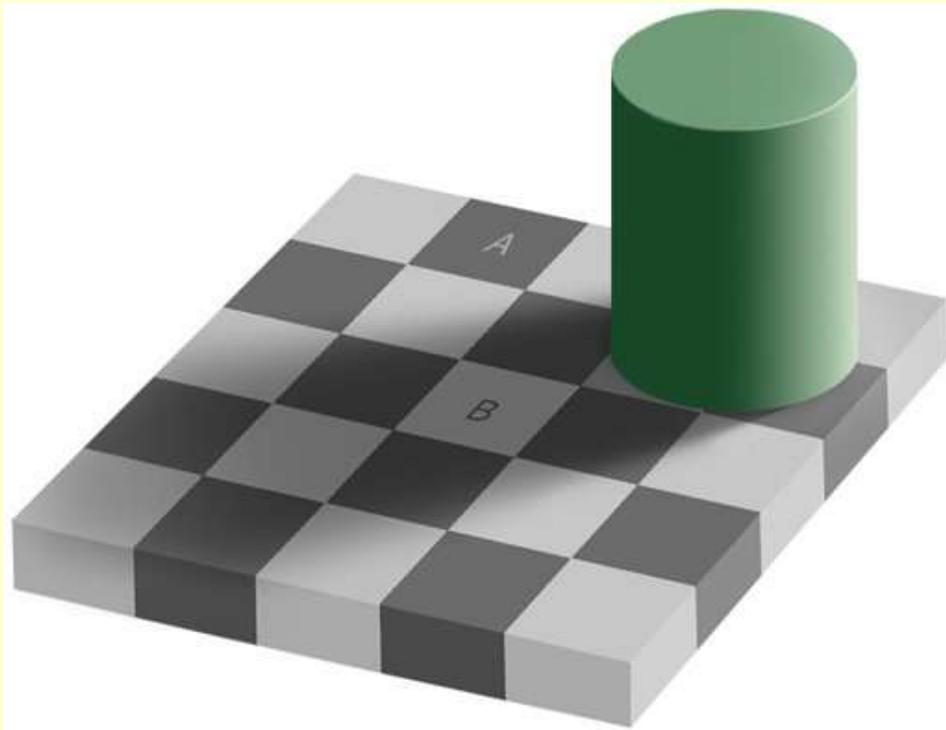


Deux manières d'augmenter le **contraste temporel** (« temporal sharpening »)

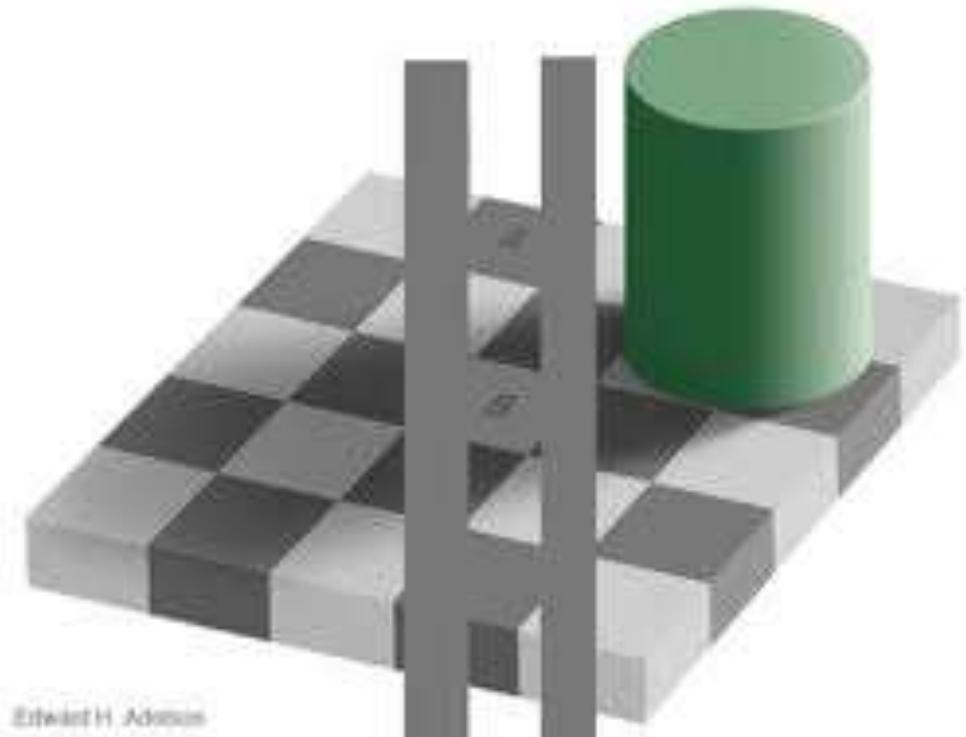


Inhibition latérale





Échiquier d'Adelson



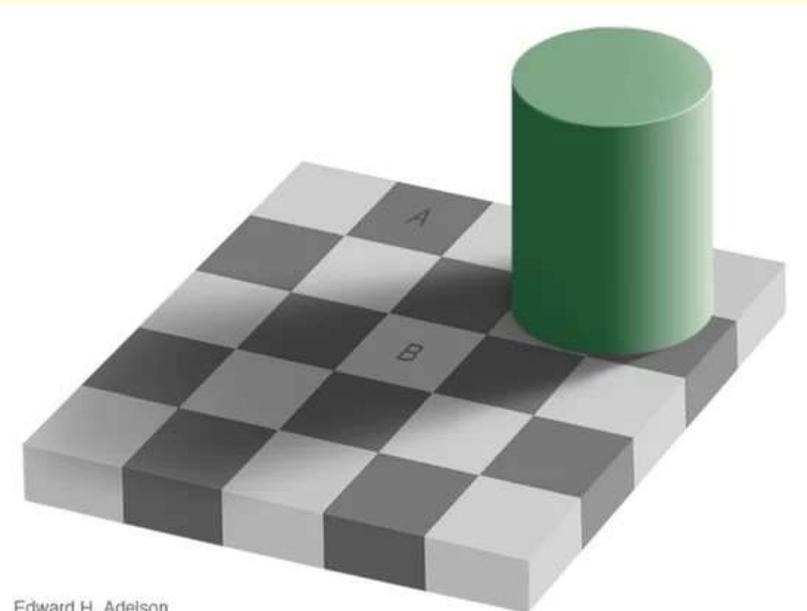
Devant certaines illusions d'optique, on est troublé de constater que « **nos sens peuvent nous tromper** ».

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

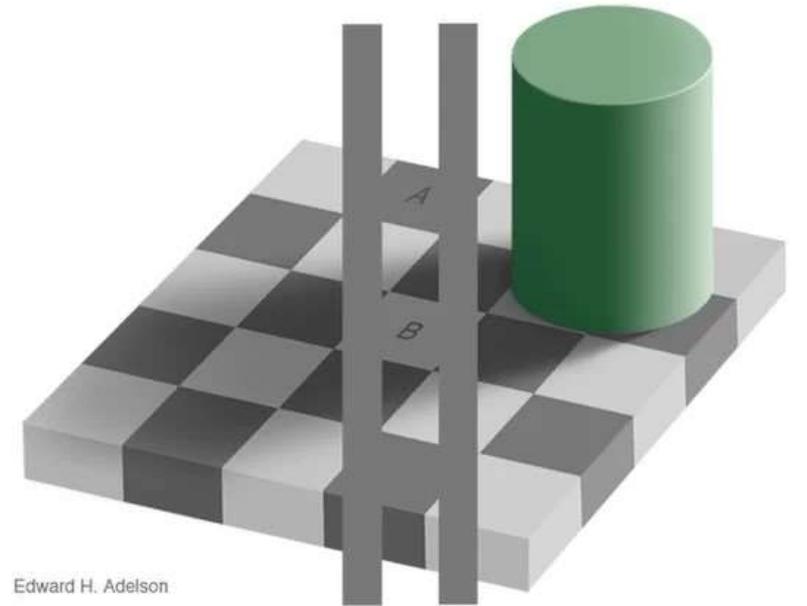
mais bien une **interprétation**, une **construction**, ou une **simulation**, faite par notre système nerveux à partir de ce que nos sens peuvent capter du monde.

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.**

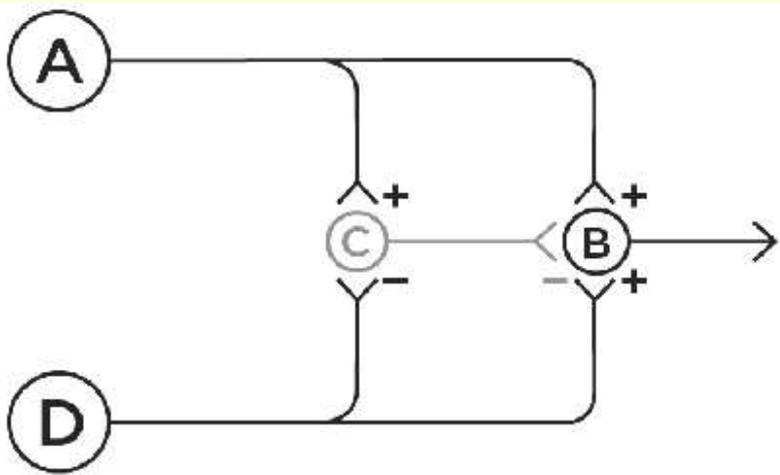
Or cette structure, comme on l'a vu, est le fruit d'une très longue évolution qui a assemblé **des milliers et des millions de neurones** ensemble.



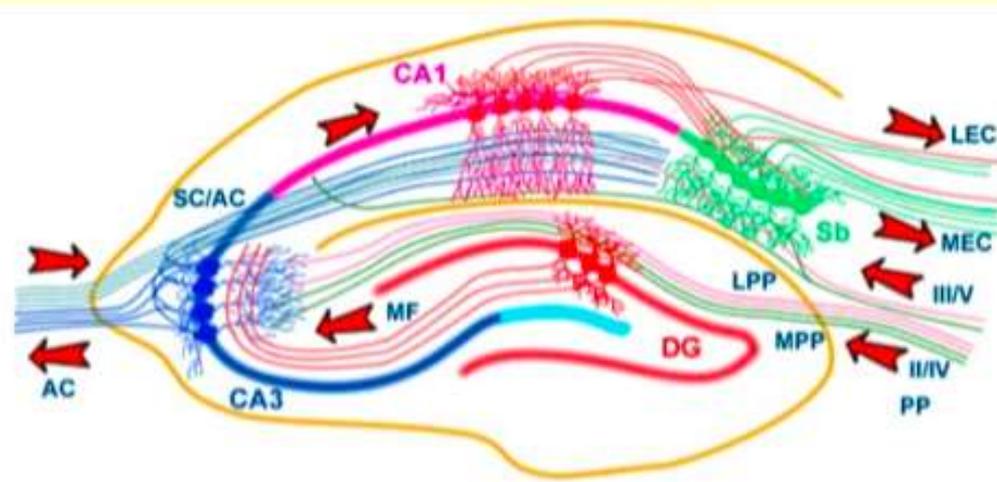
Edward H. Adelson



Edward H. Adelson



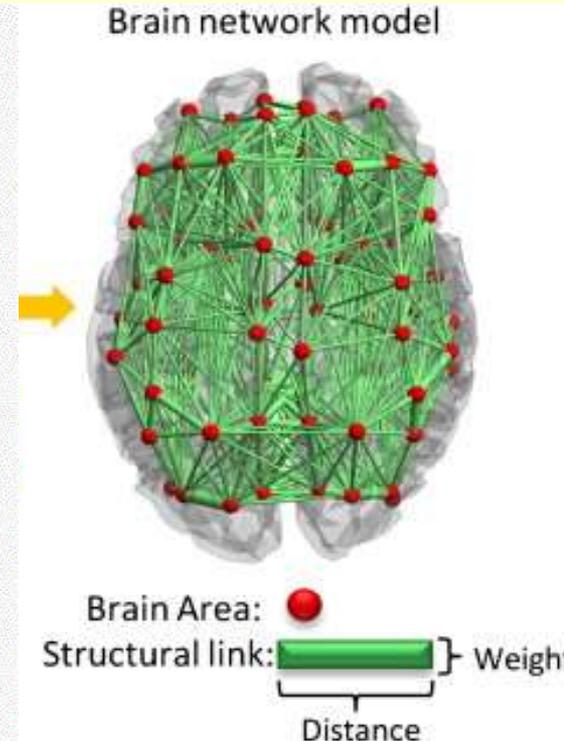
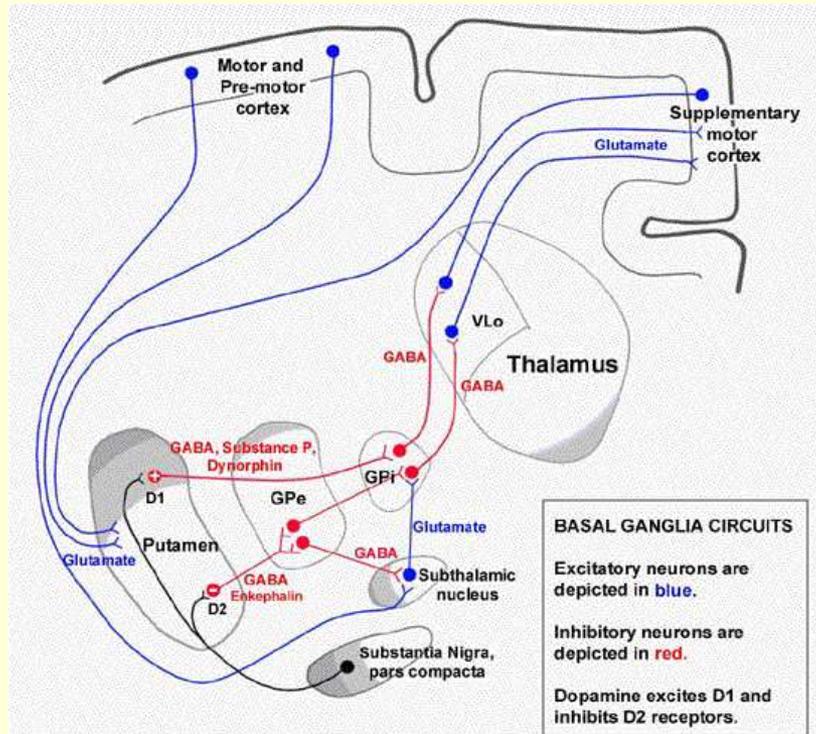
On va passer de quelques neurones...



...à des circuits de millions de neurones dans des structures (comme l'hippocampe)

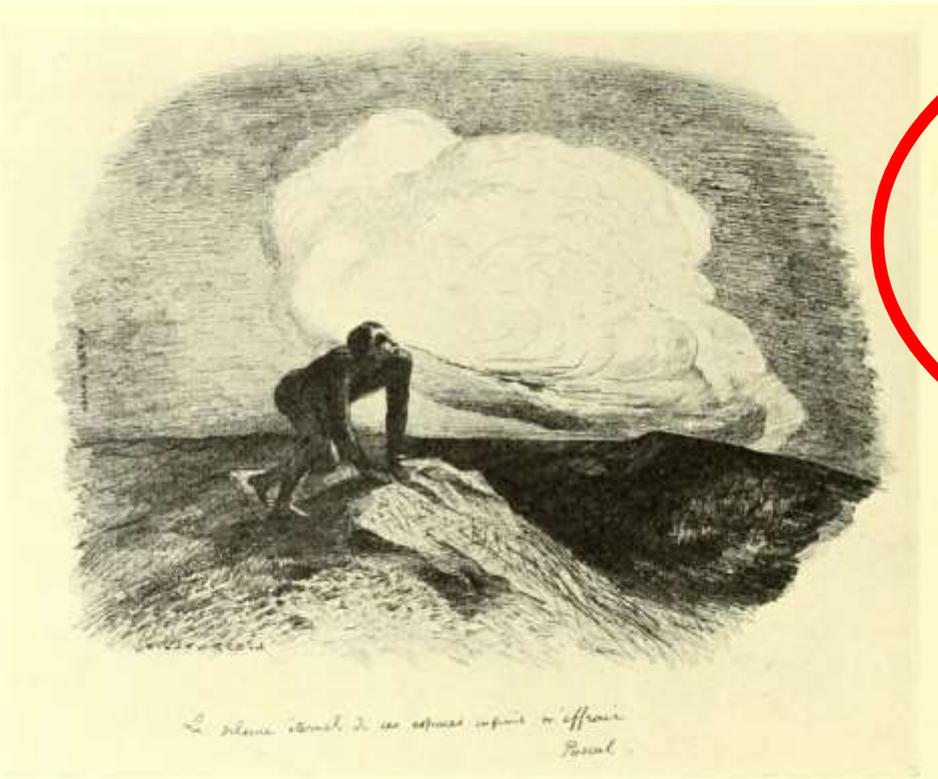
Puis à des structures cérébrales qui vont se connecter en réseaux locaux...

... mais aussi à l'échelle du cerveau entier !



Cours 1:

A- Évolution et émergence des systèmes nerveux

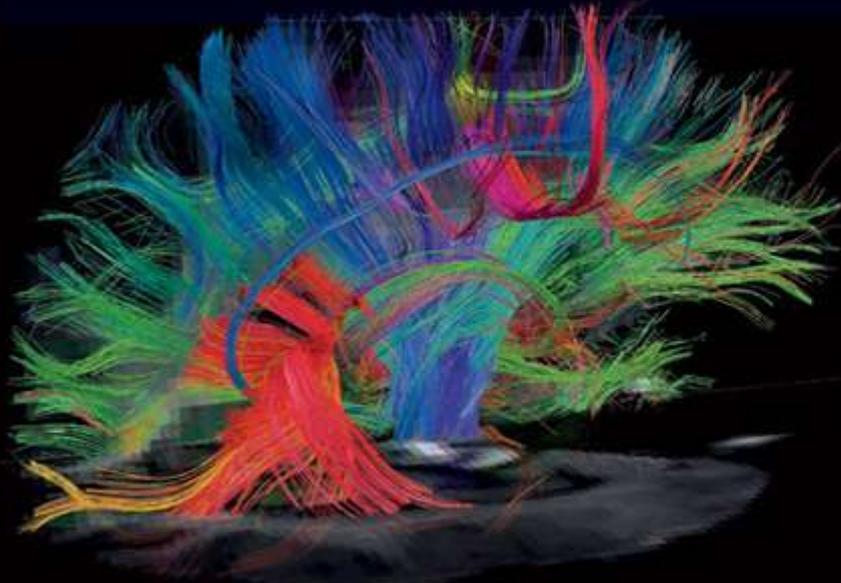


Petit Palais.

B- Un neurone, deux neurones : la communication neuronale



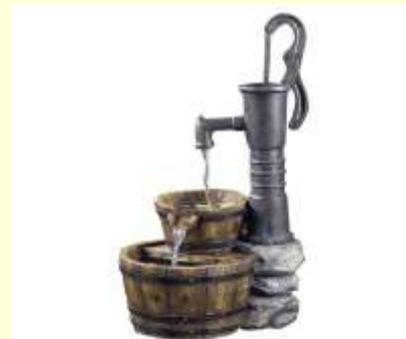
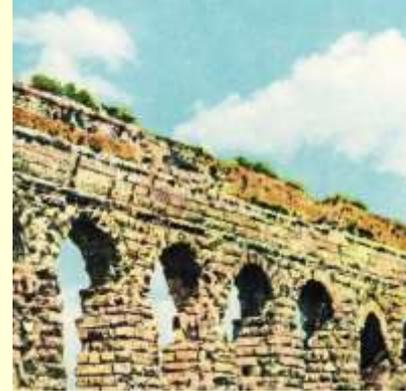
Ceci n'est pas un ordinateur



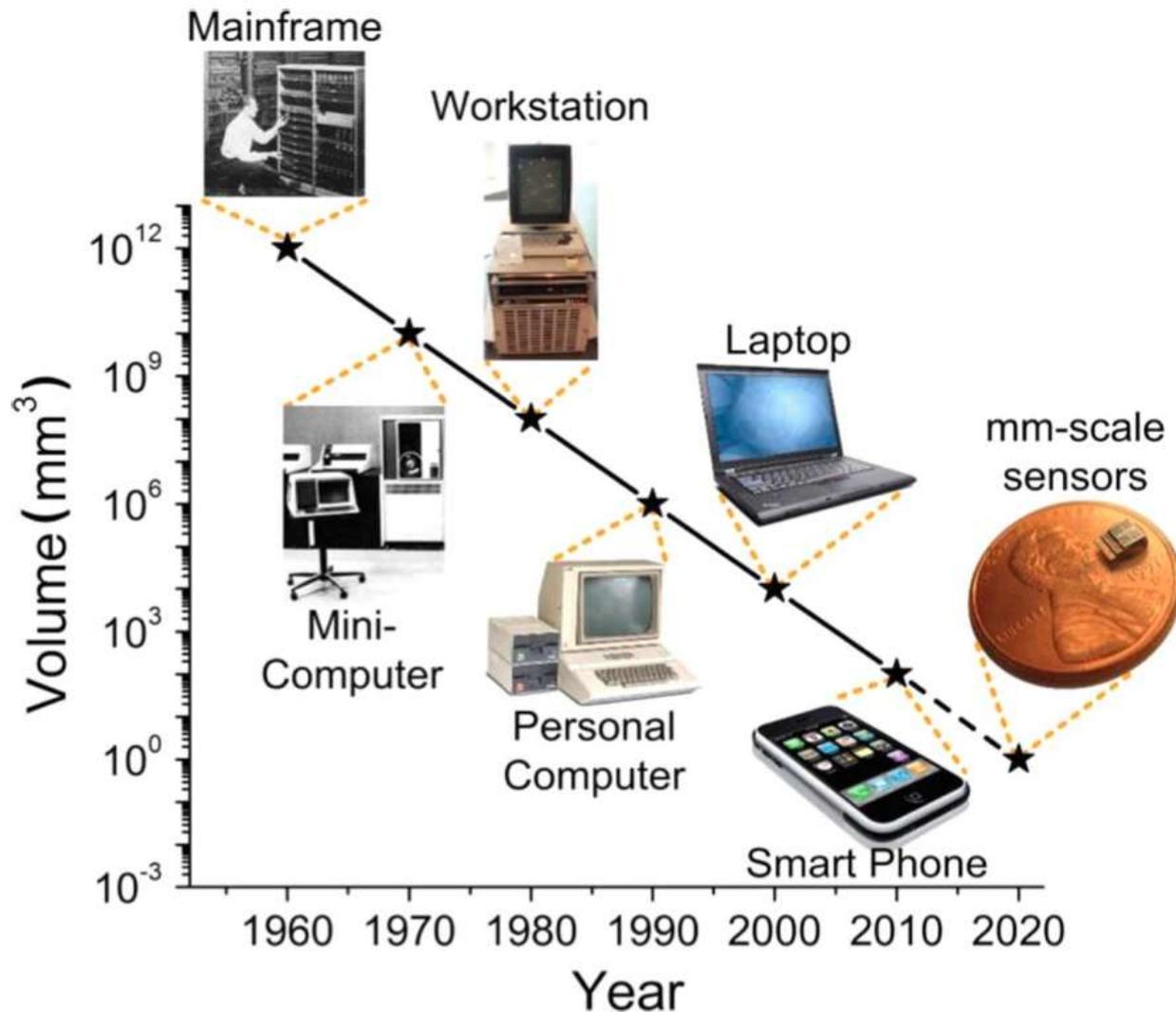
Lorsqu'on a compris que le cerveau était constitué d'éléments isolés capables de se transmettre rapidement de l'information, la fameuse (et mauvaise...) **analogie « cerveau = ordinateur »** est devenue de plus en plus séduisante.

Tout au long de l'Histoire occidentale, les technologies de pointe d'une époque ont toujours influencé les analogies utilisées pour tenter de comprendre l'esprit humain.

- les pompes et les fontaines étaient les métaphores dominantes derrière la conception de l'âme dans la Grèce Antique;
- les engrenages et les ressorts des horloges ont joué un rôle similaire pour la pensée mécanisme durant le siècle des Lumières
- l'hydraulique était à l'honneur avec le concept de libido de Freud;
- les panneaux de contrôle avec fils des téléphonistes ("telephone switchboards") ont été utilisés par les behavioristes pour expliquer les réflexes;
- Etc...



Ce n'est donc pas surprenant que la "révolution cognitive", qui s'est faite en parallèle avec le développement de l'ordinateur, ait naturellement adopté cette métaphore.



Mais peu importe la technologie qui guide nos réflexions sur la cognition humaine,

il y a toujours le **risque que la métaphore puisse être poussées trop loin....**

Software



Sistema Operativo



MS Word



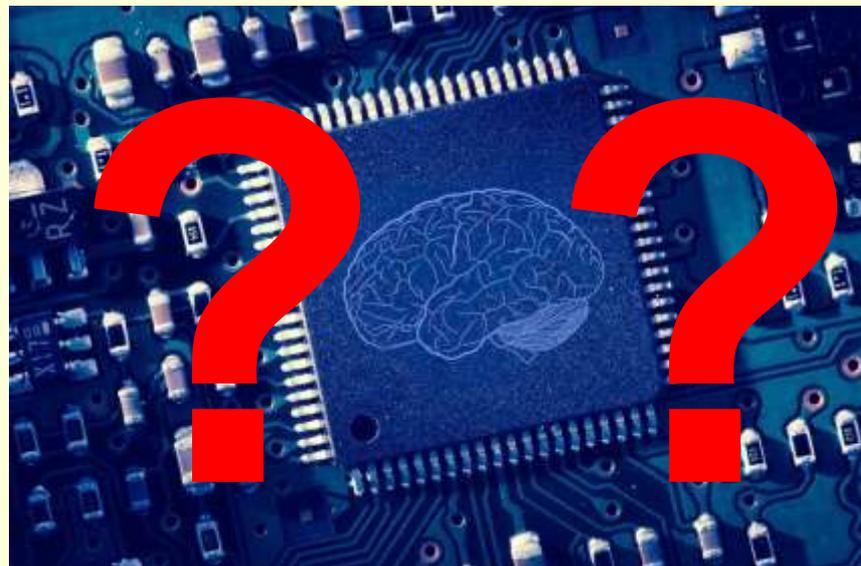
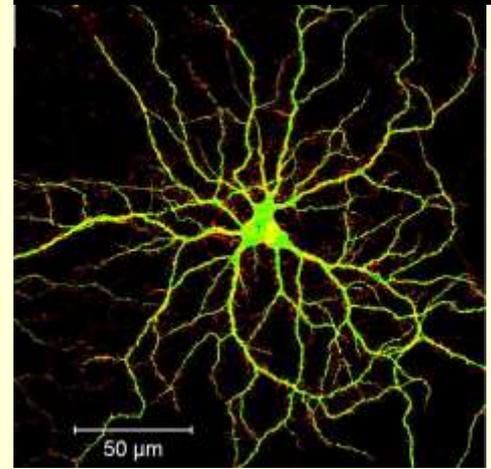
Antivirus

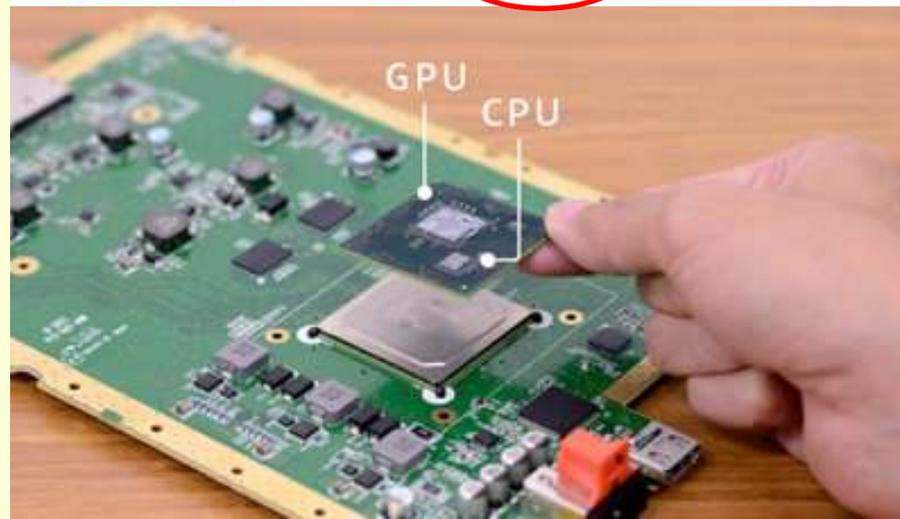
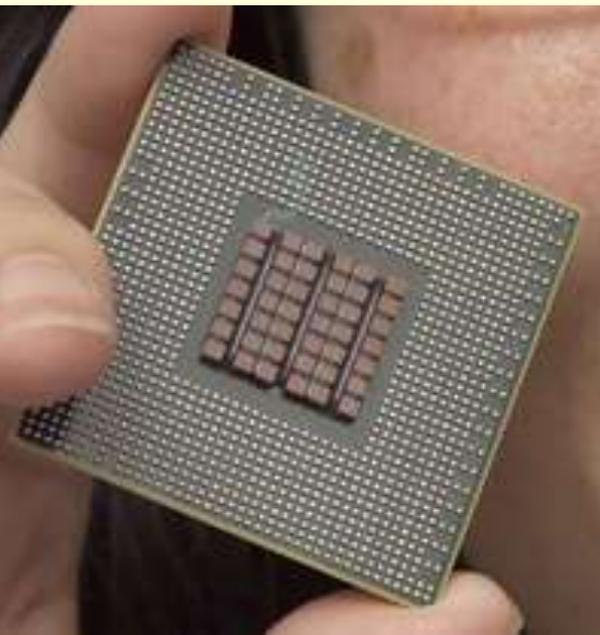
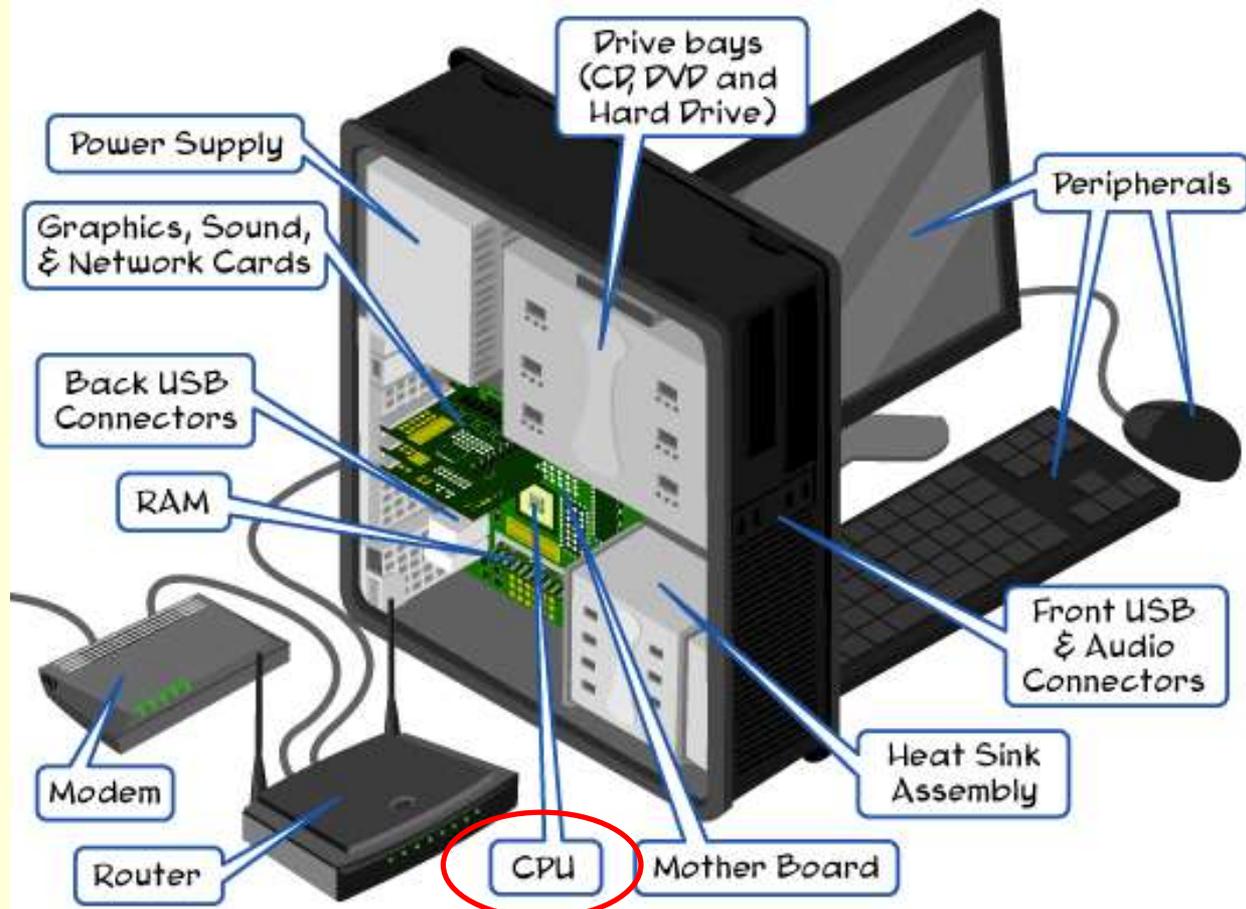
Hardware



?

=

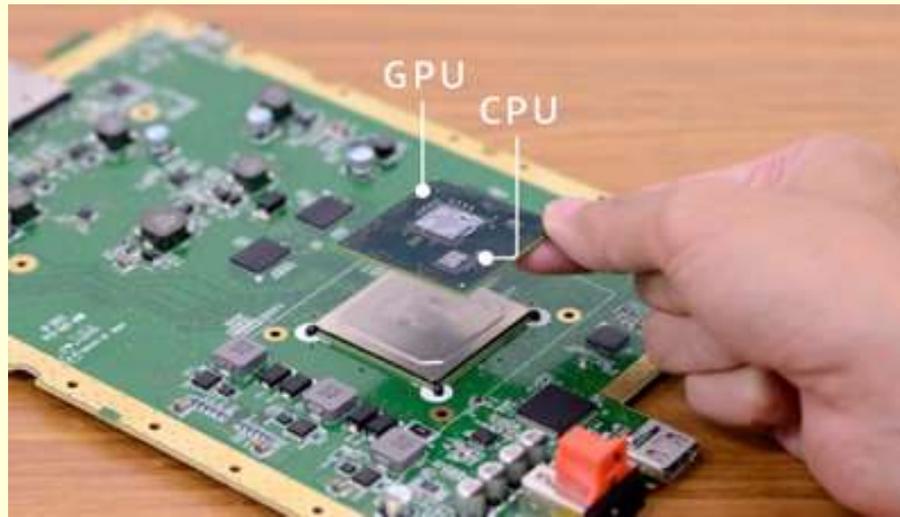
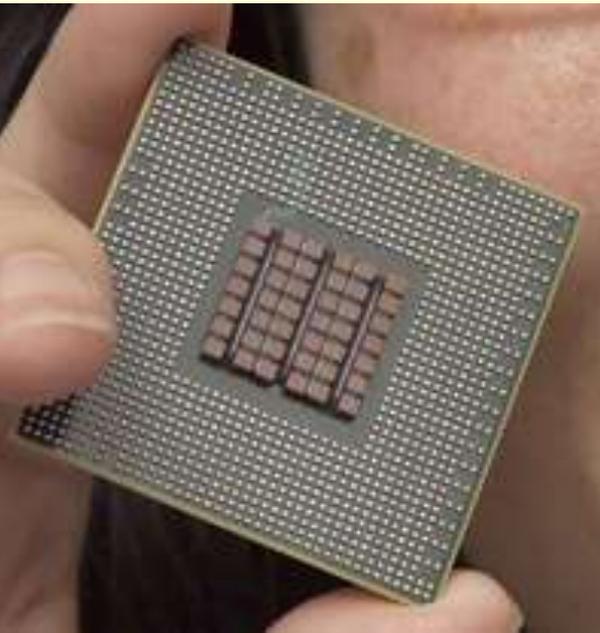




The CPU is often referred to as the brain of the computer.

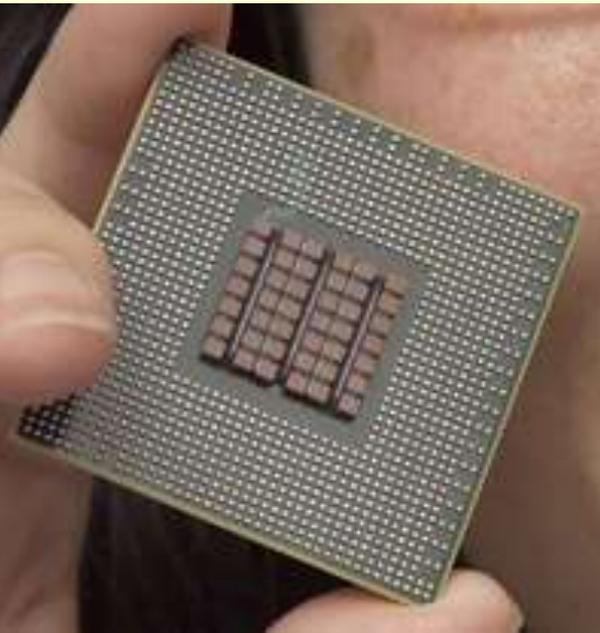
!?!?

<http://www.slideshare.net/DanielAtkinson96/internal-components-of-the-computer>





C'est l'invention du **transistor** en 1948 qui a ouvert la voie à la miniaturisation des composants électroniques



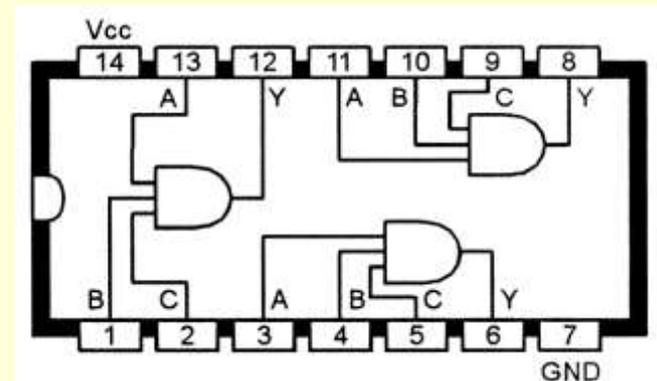
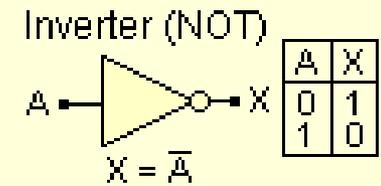
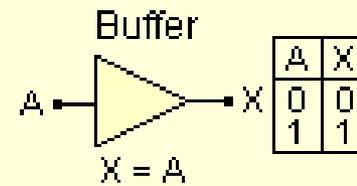
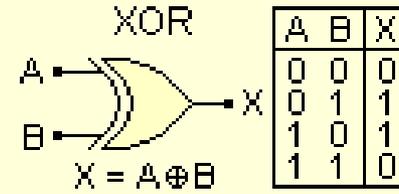
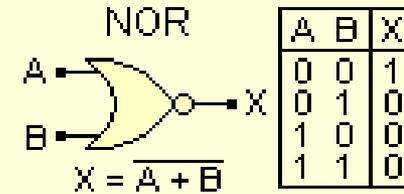
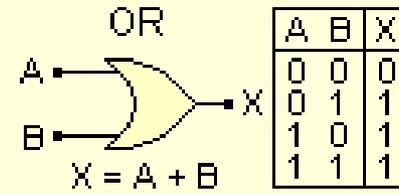
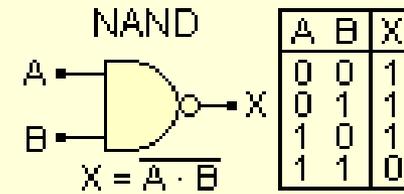
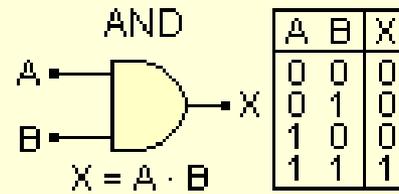
qui ont ensuite évolué jusqu'au **processeurs** ou *central processing unit* (**CPU**) d'aujourd'hui.

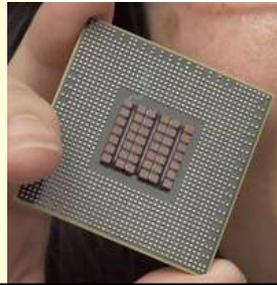
Les transistors fonctionnent de façon **binaire** : soit avec des "0" (absence de courant) ou avec des "1" présence de courant.



Différentes opérations **logiques** ou **mathématiques** peuvent être implémentées sur des transistors.

Et plusieurs de ces groupes de transistors représentant des opérations logiques sont ensuite agencés sur des microprocesseurs (CPU).





Hardware



Nombre
d'unités
de base

10^{10} Transistors

10^{11} Neurones

+ autant de
Cellules gliales !

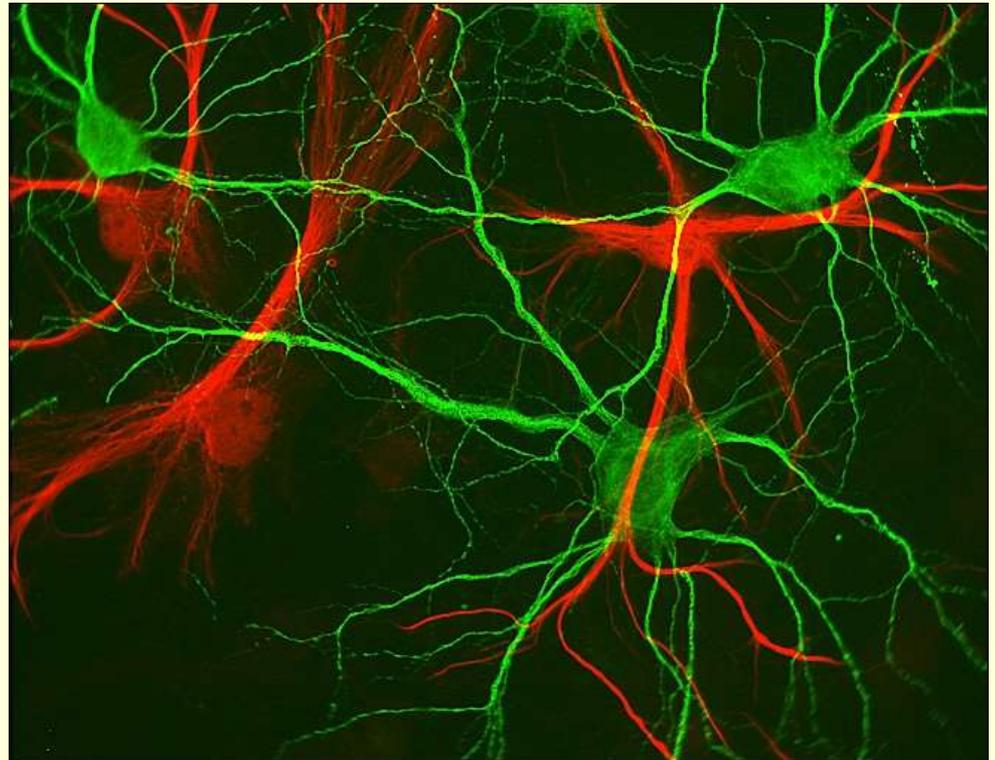
La théorie du neurone :

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

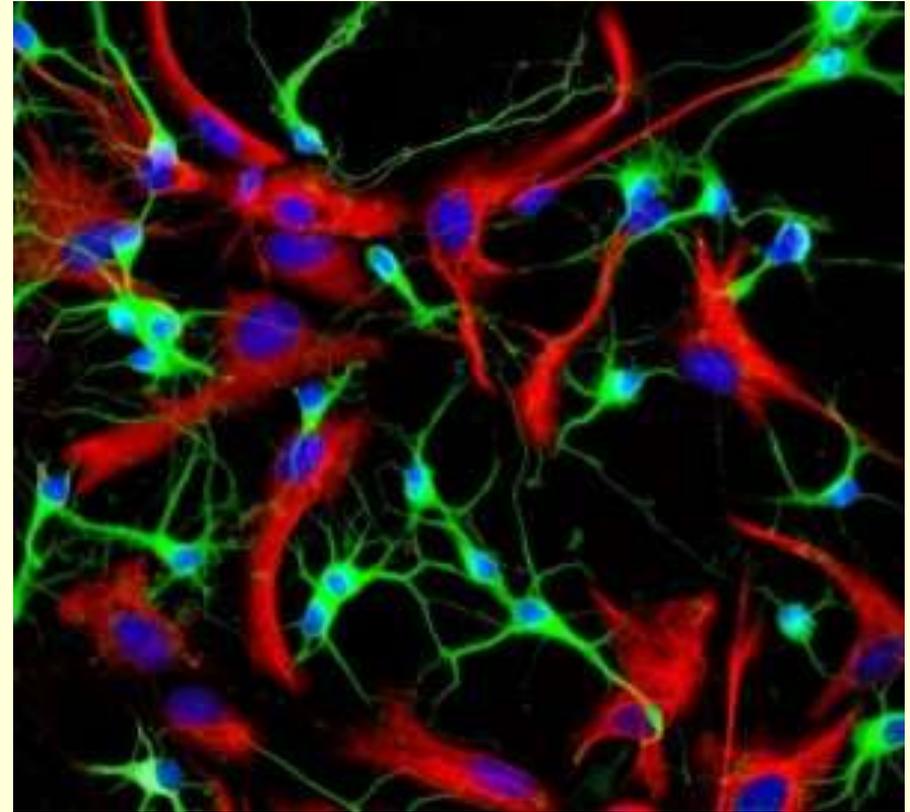
Il y a aussi « l'autre moitié du cerveau » :

les cellules gliales !

(en rouge ici,
et les neurones en vert)



Les cellules gliales, encore en rouge ici



85 000 000 000
cellules gliales

Cellules qui
n'émettent pas
d'influx nerveux...

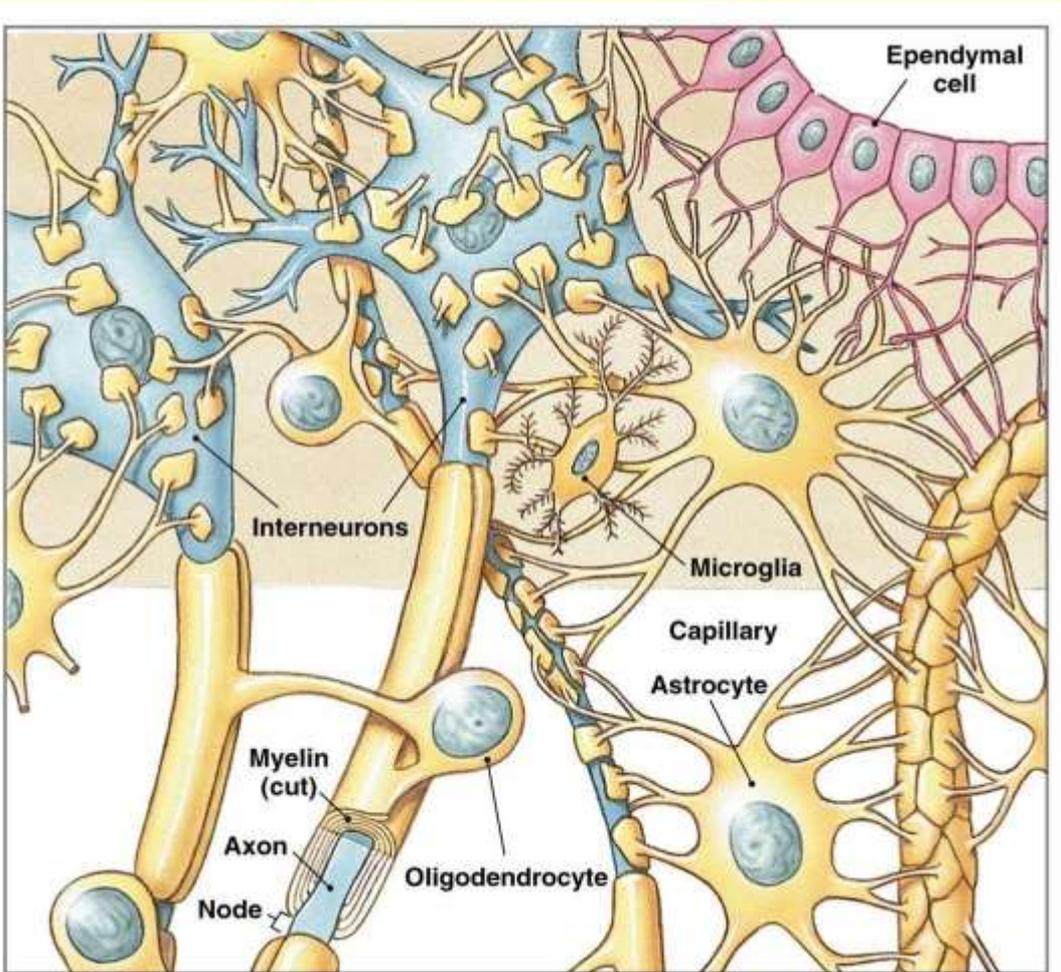
+

...a-t-on toujours dit
jusqu'à récemment...

85 000 000 000
neurones !



Différents types de cellules gliales

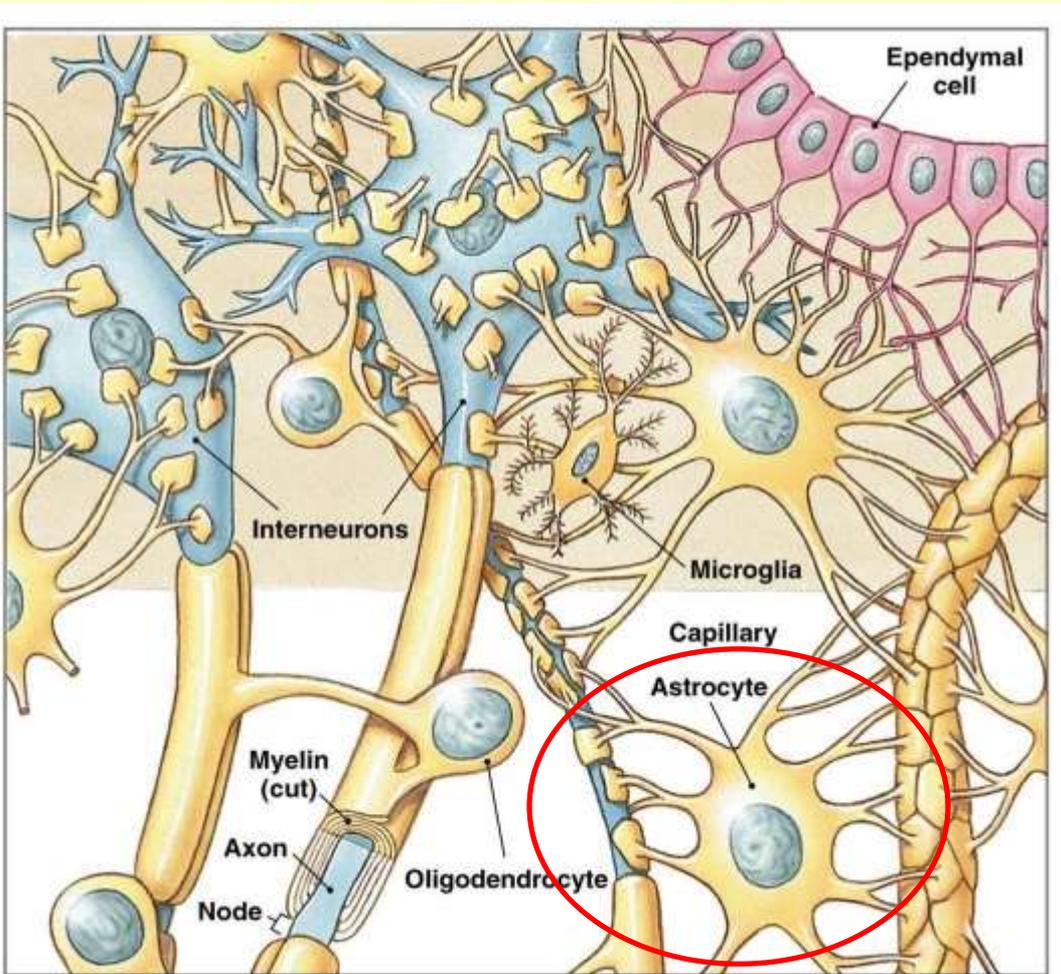


La **microglie** : les macrophages du cerveau.

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

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

Différents types de cellules gliales



Quelques mots sur les astrocytes qui montrent qu'ils n'assurent **définitivement pas** qu'un rôle de soutien ou de nutrition !

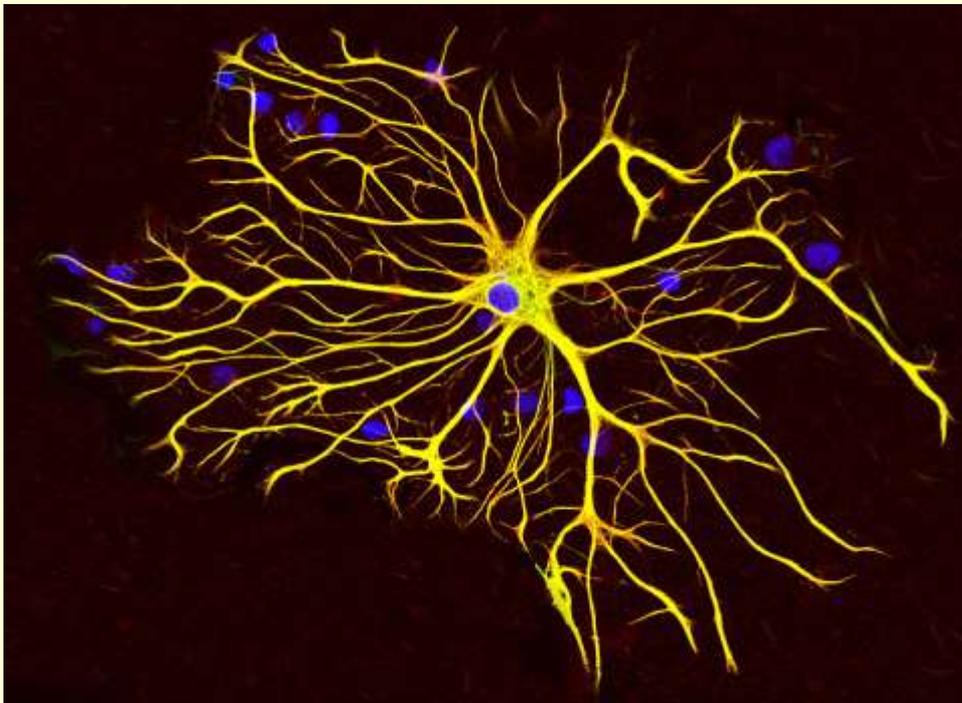
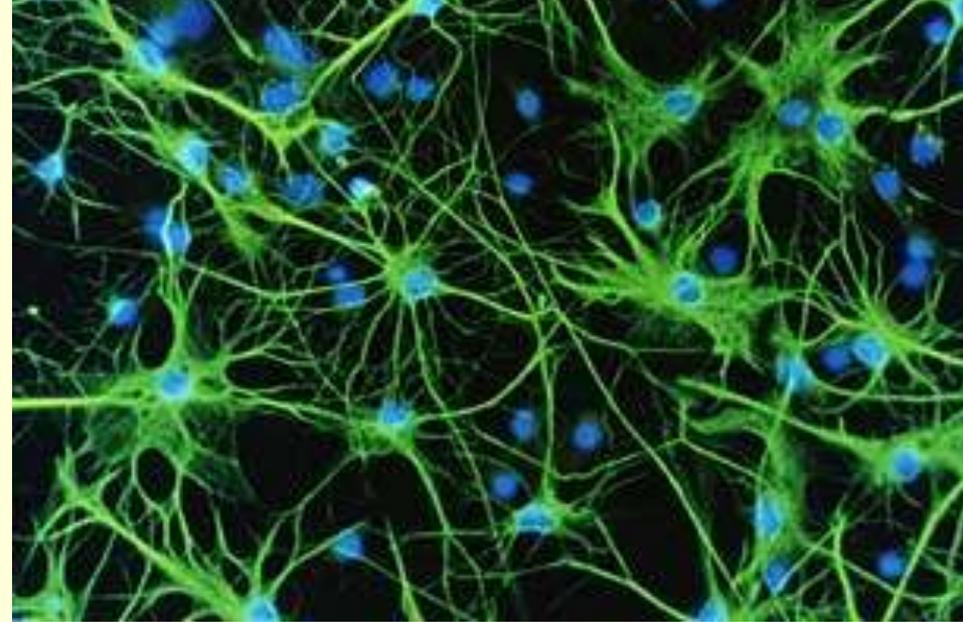
Les **astrocytes** approvisionnent les neurones en nutriments et assurent l'équilibre du milieu extracellulaire.

Astrocytes

Fantastic Astrocyte Diversity

August 2, **2015**

http://jonlieffmd.com/blog/fantastic-astrocyte-diversity?utm_source=General+Interest&utm_campaign=3a0ae2f9c3-RSS_EMAIL_CAMPAIGN&utm_medium=email&utm_term=0_471703a831-3a0ae2f9c3-94278693

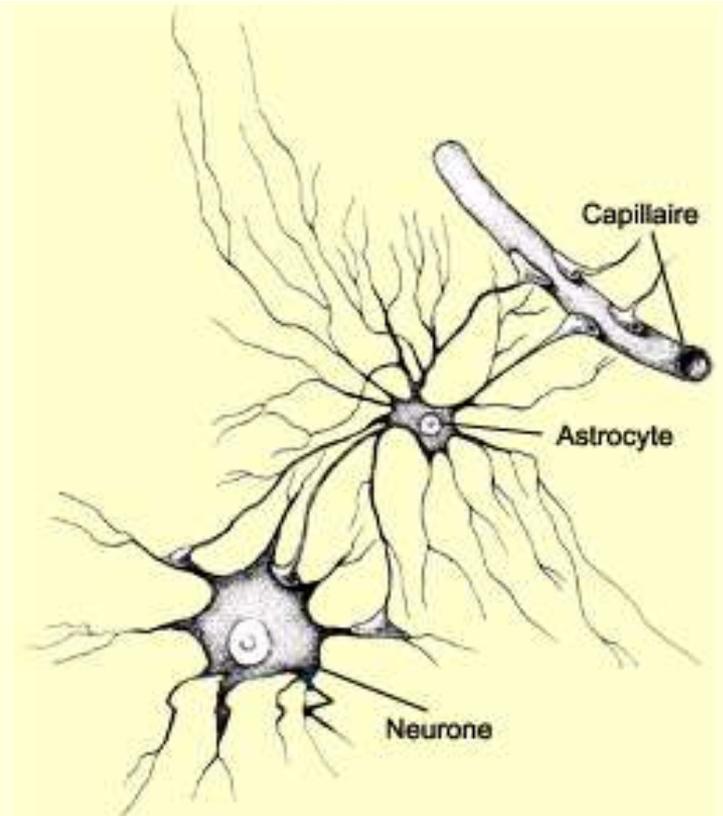
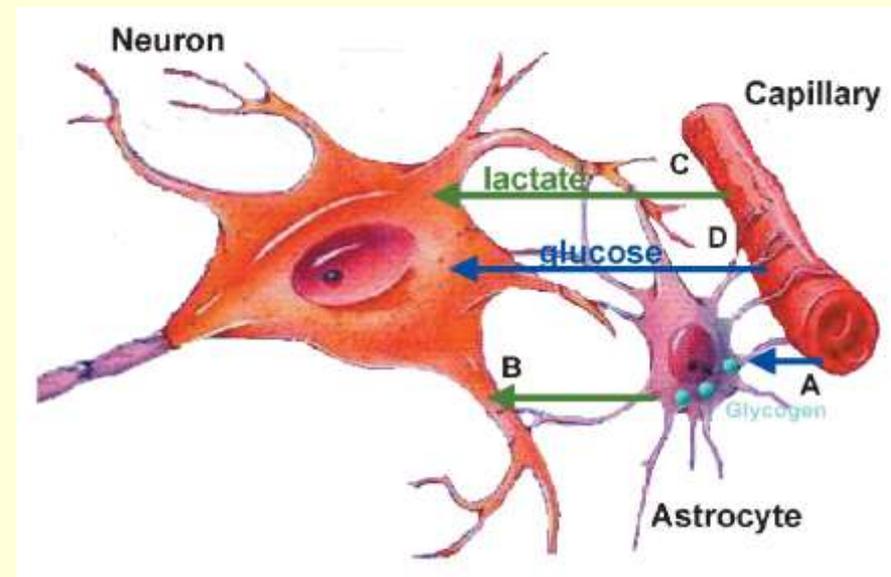


Astrocytes

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

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

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



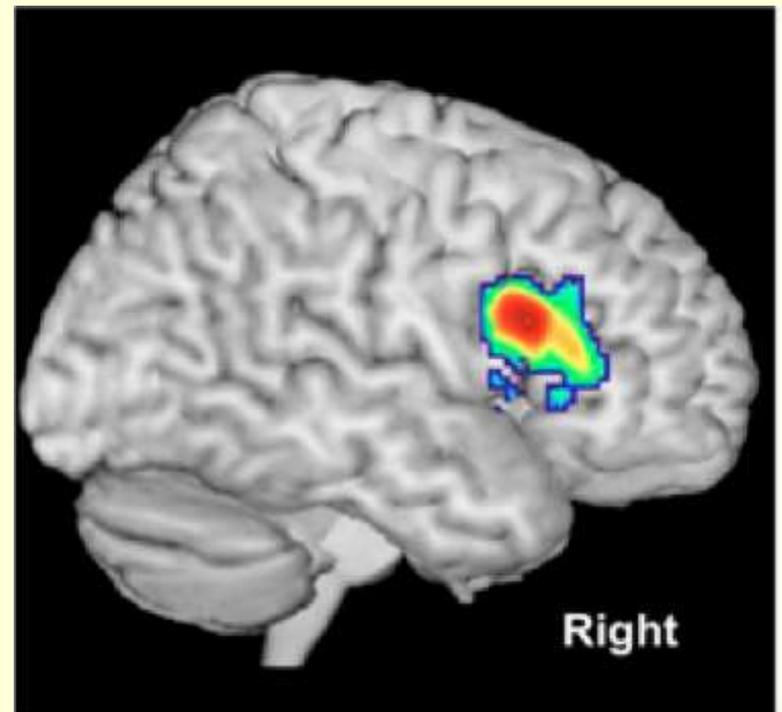
Astrocytes

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

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

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

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



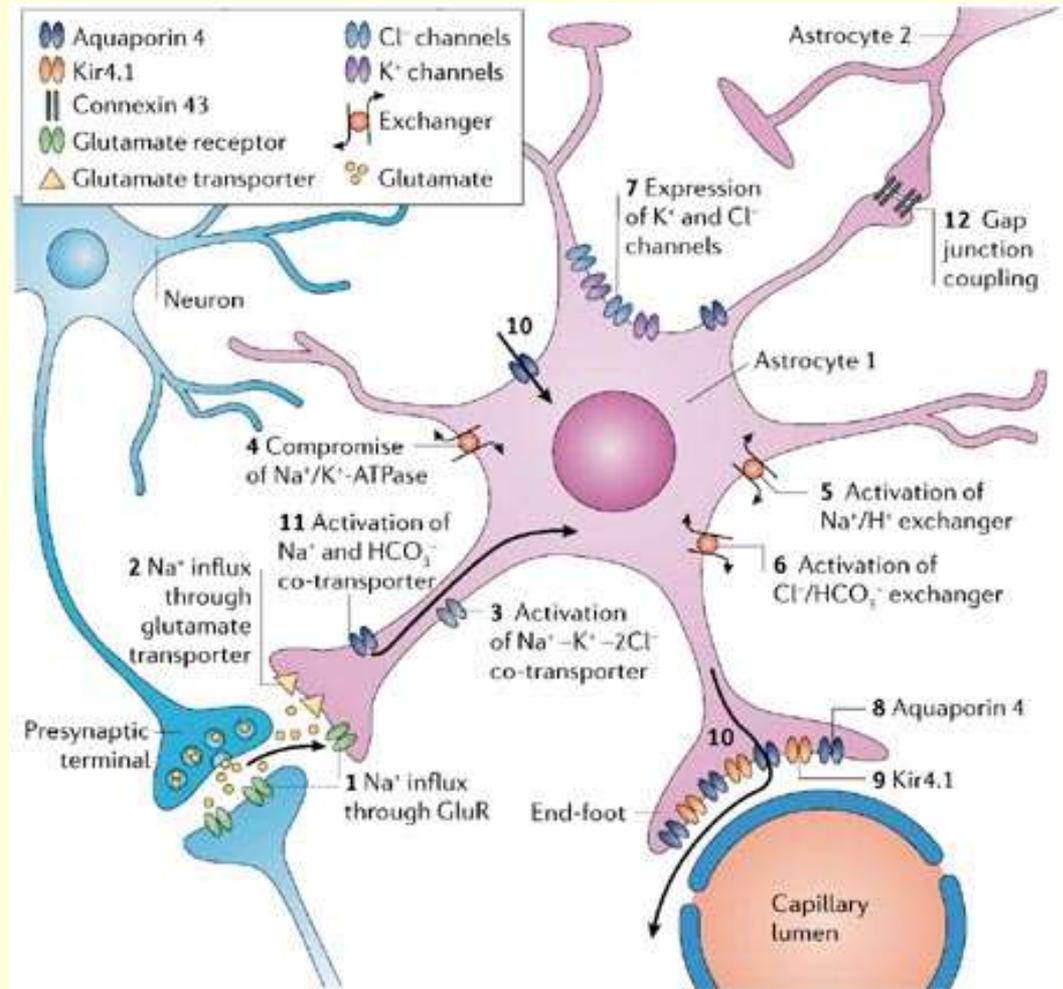
[cous #3, dans deux semaines]

Glutamate Released from Glial Cells Synchronizes Neuronal Activity in the Hippocampus

María Cecilia Angulo, Andreï S. Kozlov, Serge Charpak, and Etienne Audinat. *The Journal of Neuroscience*, 4 August 2004.

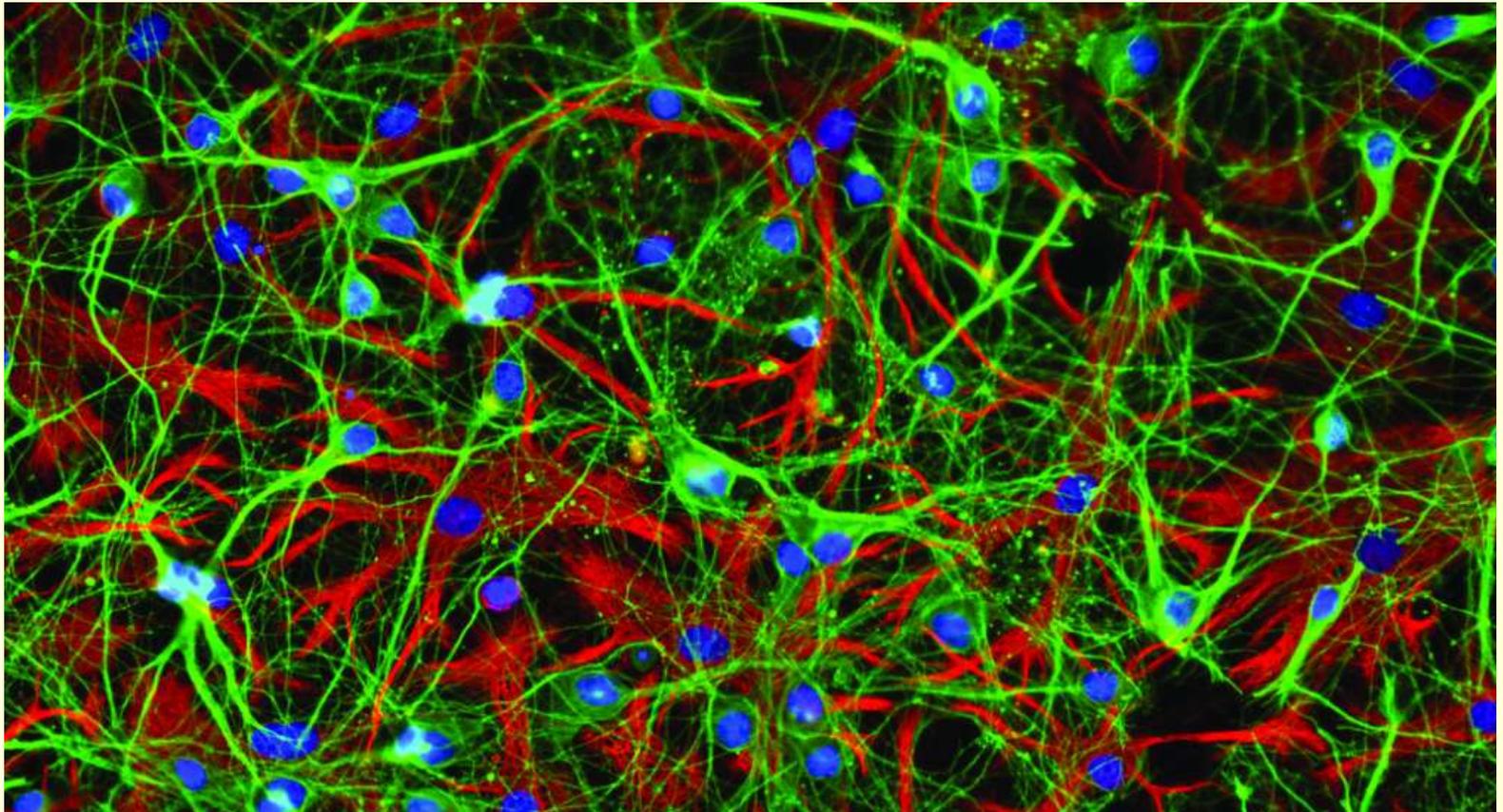
Cet article démontre que du **glutamate** relâché par des cellules gliales génère un courant transitoire

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



Un astrocyte peut être connecté à des milliers de différents neurones, pouvant ainsi contrôler leur excitabilité.

Le glutamate relâché par les cellules gliales pourrait ainsi contribuer à **synchroniser l'activité neuronale** dans l'hippocampe.



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

Richesse et complexité structurale du neurone

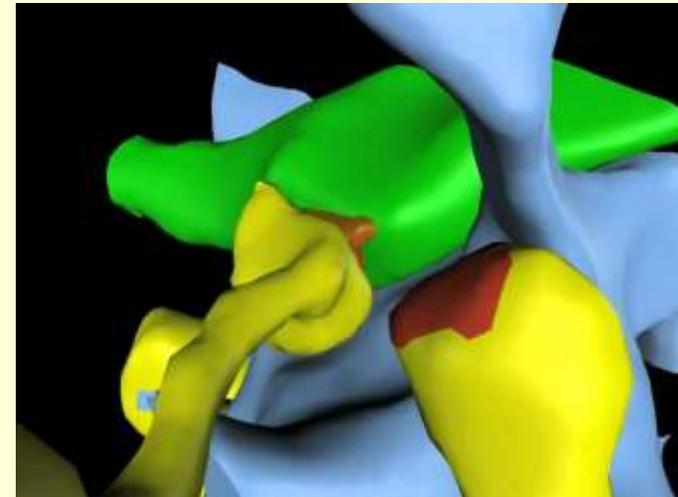
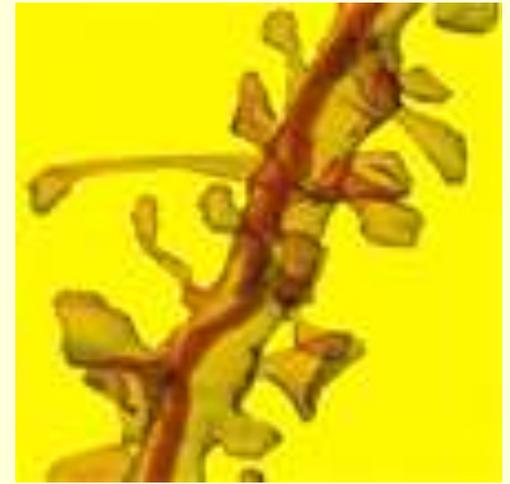
<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2013/03/25/richeesse-et-complexite-structurale-du-neurone/>

Waltz through hippocampal neuropil

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

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

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



Ultrastructural Analysis of Hippocampal Neuropil from the Connectomics Perspective
Neuron, Volume 67, Issue 6, p1009–1020, 23 September **2010**

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

Bref :

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

- Mo Costandi,
scientific writer

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

- Alexei Verkhratsky,
neurophysiologist,
University of Manchester

THE
OTHER BRAIN



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

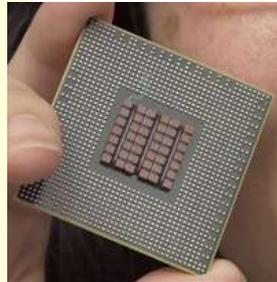
R. DOUGLAS FIELDS, Ph.D.

No Brain Mapping Without Glia

May 17, **2015**

Jon Lieff

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

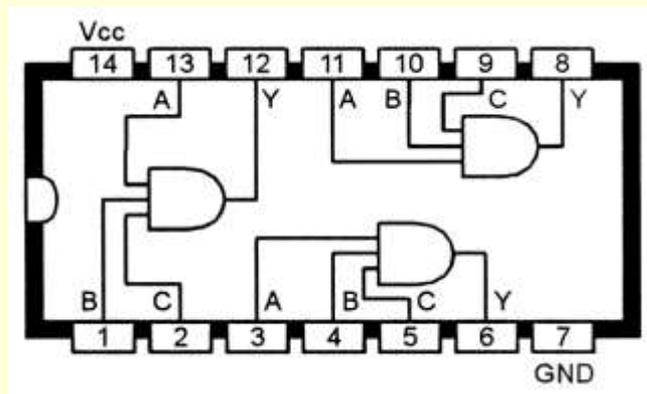
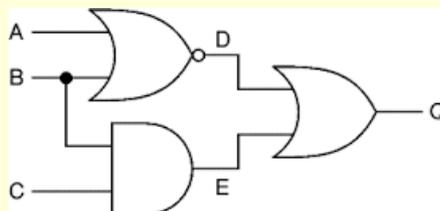


Hardware

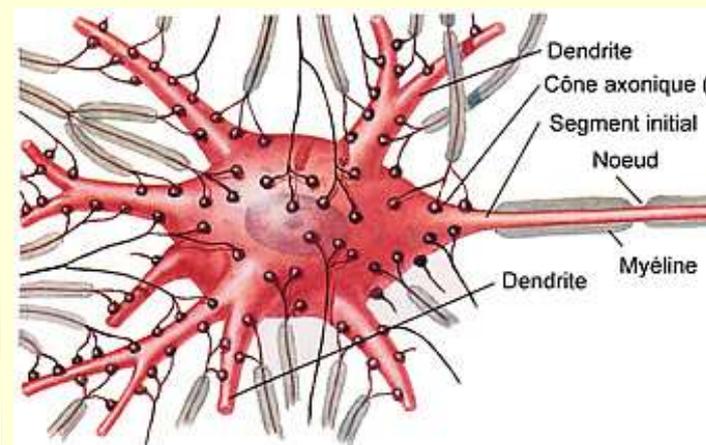


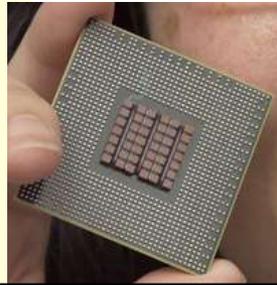
Nombre
d'unités
de base

10^{10} Transistors
Peu connectés



10^{11} **Neurones +**
 10^{11} **Cellules gliales**
Très connectés
(10^4 par neurone)





Hardware



Nombre
d'unités
de base

10^{10} Transistors
Peu connectés

Vitesse de
traitement

Horloge : 10 GHz
(10 milliardième de sec.)

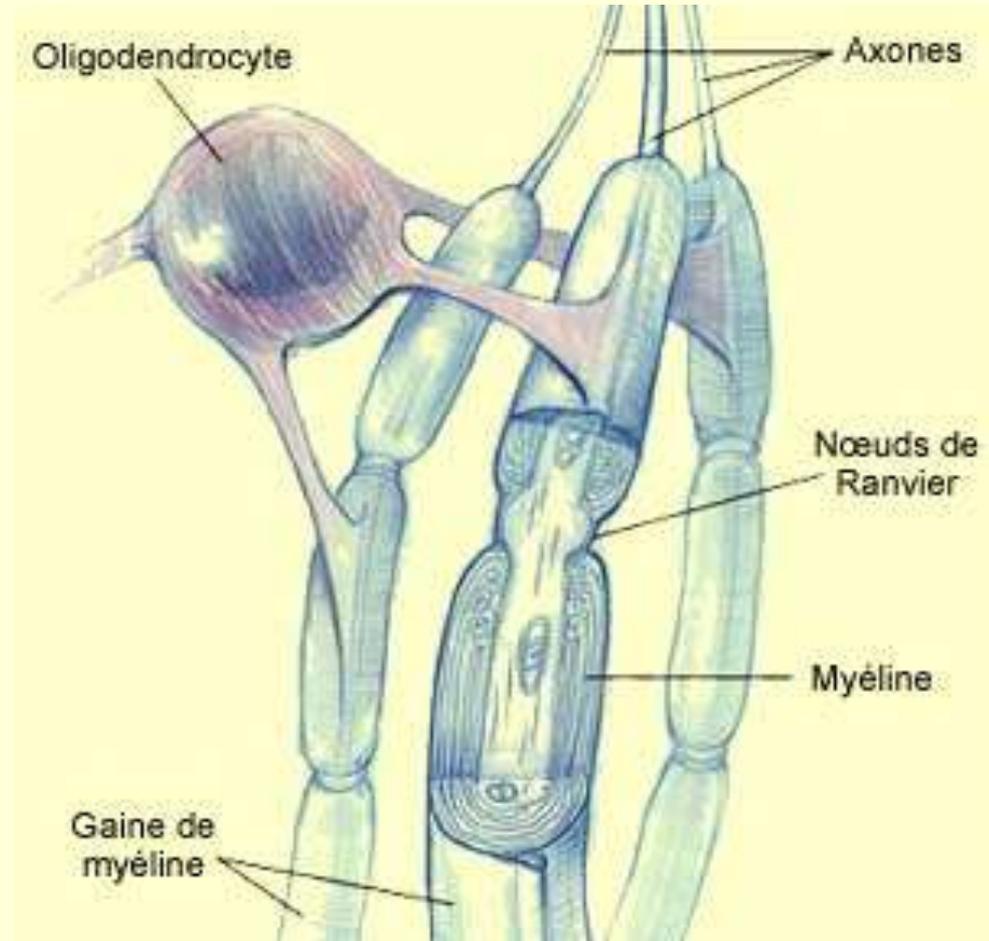
10^{11} **Neurones +**
 10^{11} **Cellules gliales**
Très connectés
(10^4 par neurone)

En biologie, phénomène à
100 millionième de sec.
Influx nerveux : 2 millième sec.

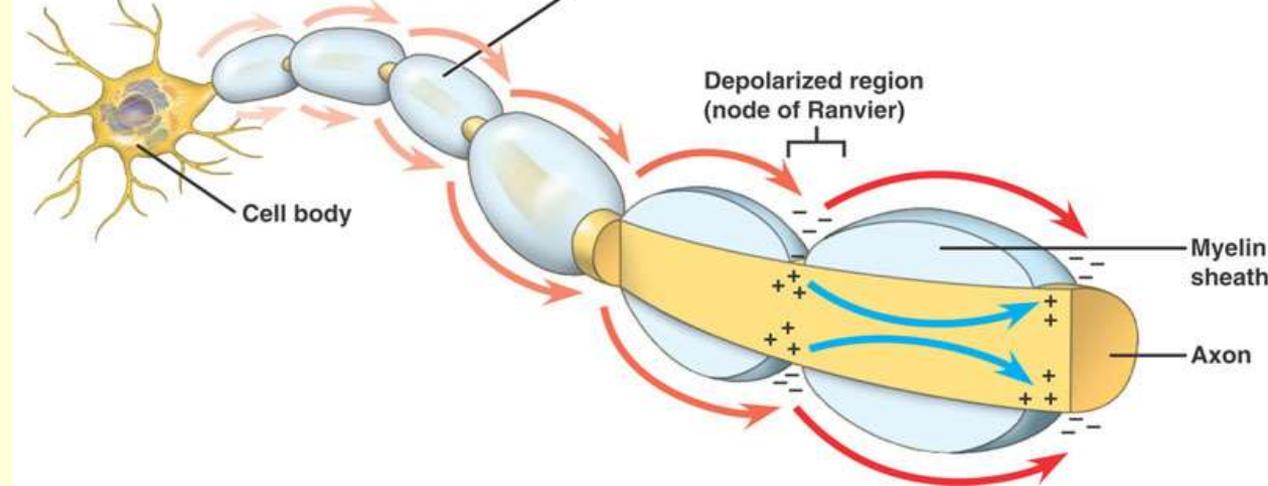
Oligodendrocyte

Certaines cellules gliales appelées oligodendrocytes s'enroulent autour de l'axone et forment une gaine isolante, un peu comme celle qui recouvrent les fils électriques.

Cette gaine faite d'une substance grasse appelée myéline permet à l'influx nerveux de **voyager plus vite dans l'axone.**

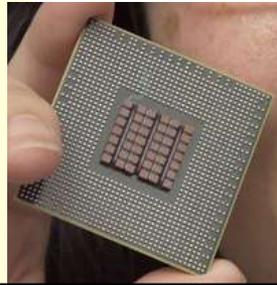


La gaine de myéline ne couvre cependant pas entièrement l'axone et en laisse de petites sections à découvert. Ces petits bouts d'axone exposés s'appellent les **nœuds de Ranvier**.



La gaine de myéline accélère la conduction nerveuse parce que le potentiel d'action **saute** littéralement d'un nœud de Ranvier à l'autre :

ce n'est qu'à cet endroit que les échanges ioniques générant le potentiel d'action peuvent avoir lieu.



Hardware



Nombre
d'unités
de base

10^{10} Transistors
Peu connectés

Vitesse de
traitement

Horloge : 10 GHz
(10 milliardième de sec.)

Type de
computation

Traitement de l'information
(surtout) séquentiel via la
connectivité fixe du CPU
Digital

10^{11} **Neurones +**
 10^{11} **Cellules gliales**
Très connectés
(10^4 par neurone)

En biologie, phénomène à
100 millionième de sec.
Influx nerveux : 2 millième sec.

Traitement de l'information
en parallèle via connectivité
adaptative (plastique)
Digital ? Analogique ?
Autre ?

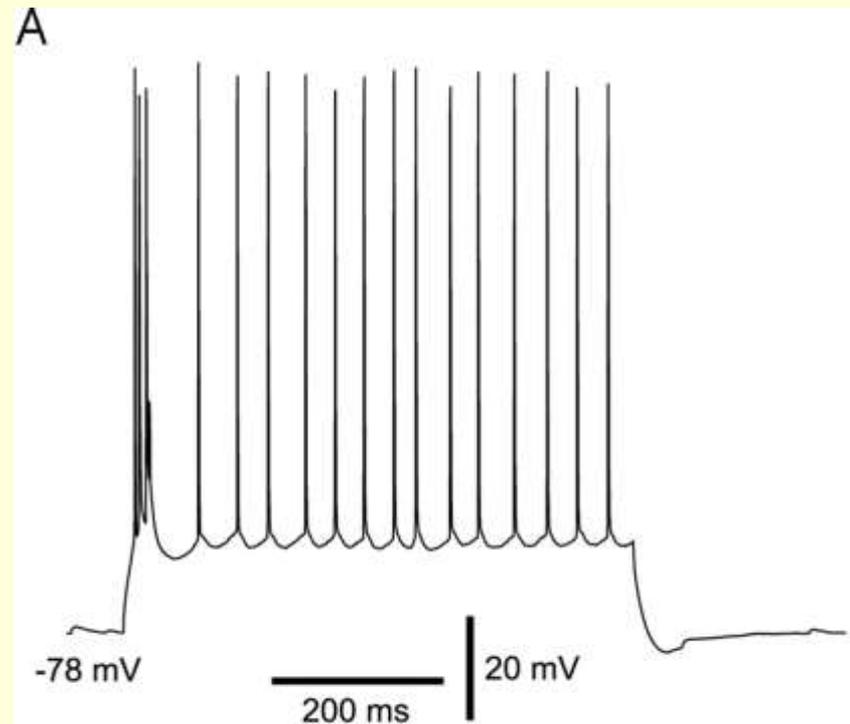
Quel type de computation ?

La réponse traditionnelle depuis les années 1960 était que le système nerveux effectue des computation **digitales** comme les ordinateurs (potentiel d'action = phénomène tout ou rien...).

Mais !

Les “véhicules computationnels” primaires du système nerveux, **les trains de potentiels d'action**, sont irrémédiablement graduels dans leur propriétés fonctionnelles. (bien qu'un seul potentiel d'action est un phénomène “tout ou rien”, donc binaire)

Autrement dit, la pertinence fonctionnelle du signal neuronal dépend d'aspects non digitaux du signal comme le taux de **décharge des potentiels d'action** et la **synchronisation de l'activité neuronale**.



Mais !

Les “véhicules computationnels” primaires du système nerveux, **les trains de potentiels d'action**, sont irrémédiablement graduels dans leur propriétés fonctionnelles. (bien qu'un seul potentiel d'action est un phénomène “tout ou rien”, donc binaire)

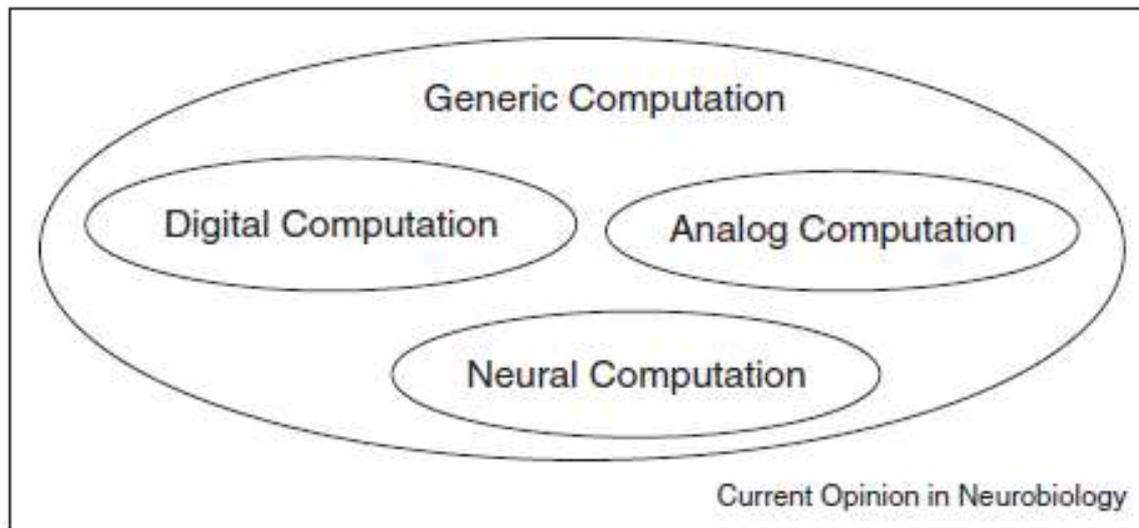
Autrement dit, la pertinence fonctionnelle du signal neuronal dépend d'aspects non digitaux du signal comme le taux de **décharge des potentiels d'action** et la **synchronisation de l'activité neuronale**.

Par conséquent, un signal neuronal typique n'est **pas une suite de “0” ou de “1”** sous quelque forme que ce soit et n'est donc pas une computation digitale.

Cela ne veut pas dire que la computation neuronale est de type analogique, i.e. qui utilise un signal continu.

Car, comme on l'a mentionné, le signal nerveux est fait d'unité fonctionnelles discontinues que sont les potentiels d'action.

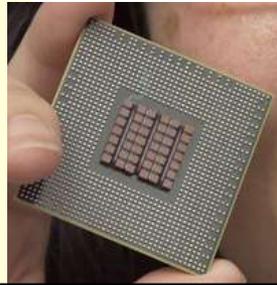
Par conséquent, les computations neuronales semblent être ni digitales, ni analogues, **mais bien un genre distinct de computation.**



Some types of generic computation. Neural computation may sometimes be either digital or analog in character, but, in the general case, neural computation appears to be a distinct type of computation.

Piccinini, G., Shagrir, O. (2014). **Foundations of computational neuroscience.**

Current Opinion in Neurobiology, 25:25–30.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959438813002043>



Hardware



Nombre
d'unités
de base

10^{10} Transistors
Peu connectés

10^{11} **Neurones +**
 10^{11} **Cellules gliales**
Très connectés
(10^4 par neurone)

Vitesse de
traitement

Horloge : 10 GHz
(10 milliardième de sec.)

En biologie, phénomène à
100 millionième de sec.
Influx nerveux : 2 millième sec.

Type de
computation

Traitement de l'information
(surtout) séquentiel via la
connectivité fixe du CPU
Digital

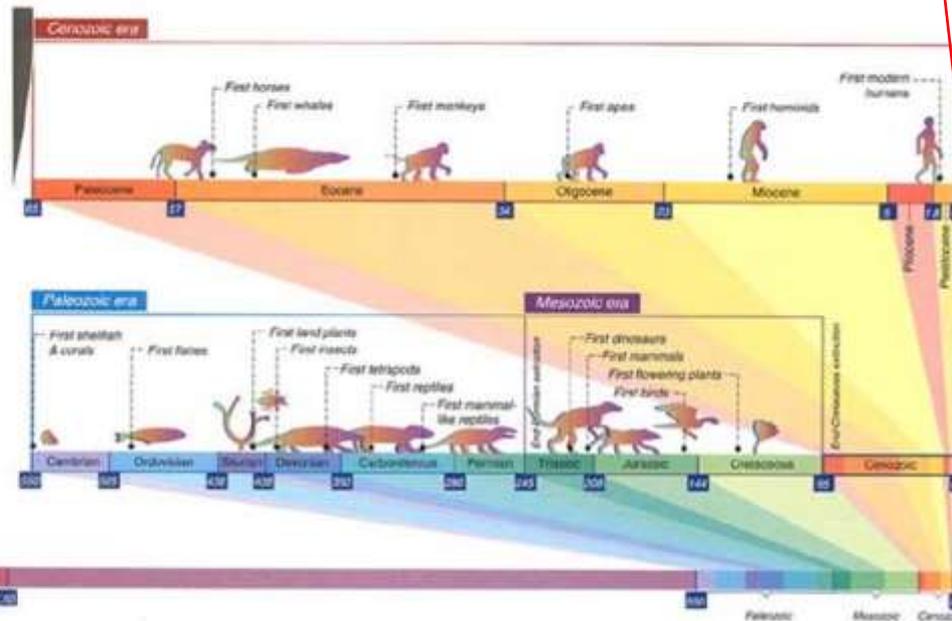
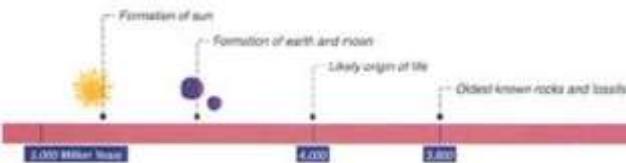
Traitement de l'information en
parallèle via connectivité
adaptative (plastique)
Digital ? Analogique ? Autre ?

Meilleures
performances
pour

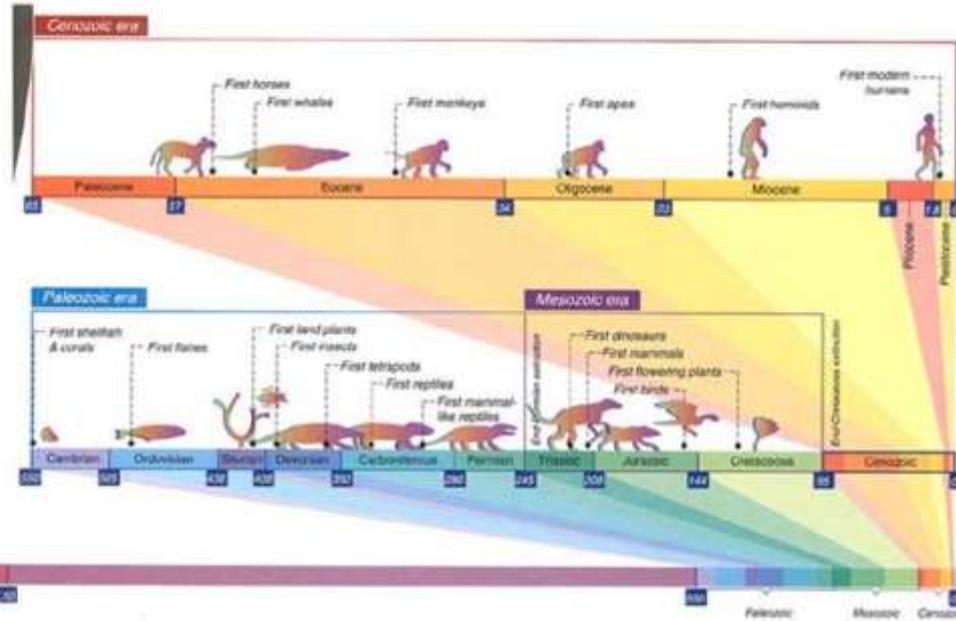
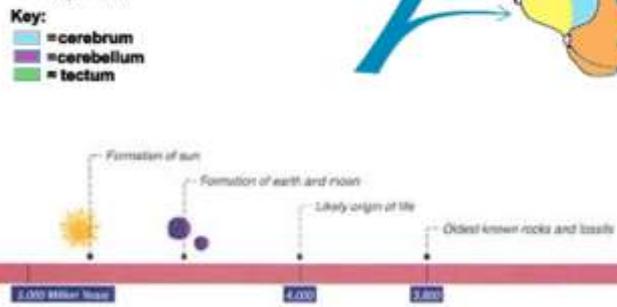
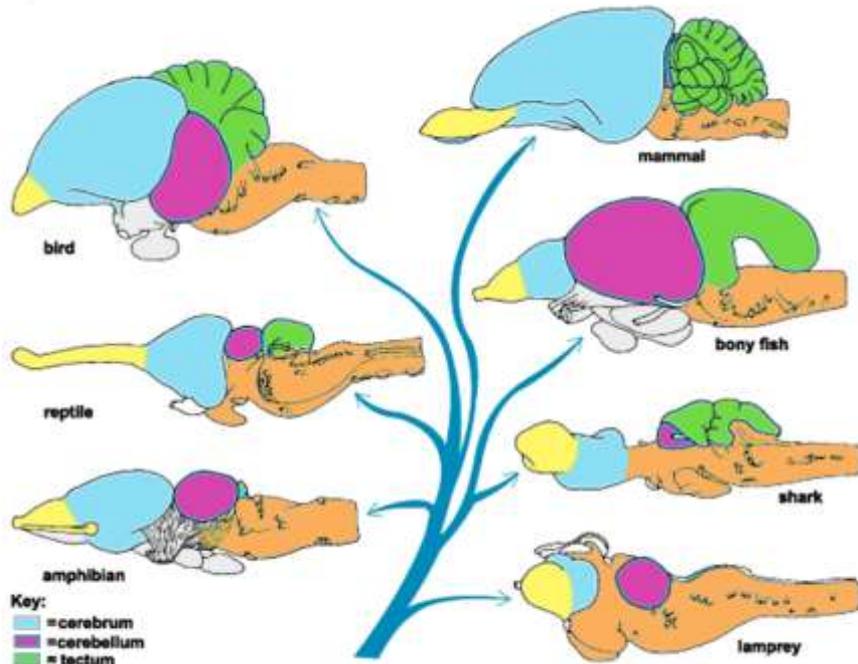
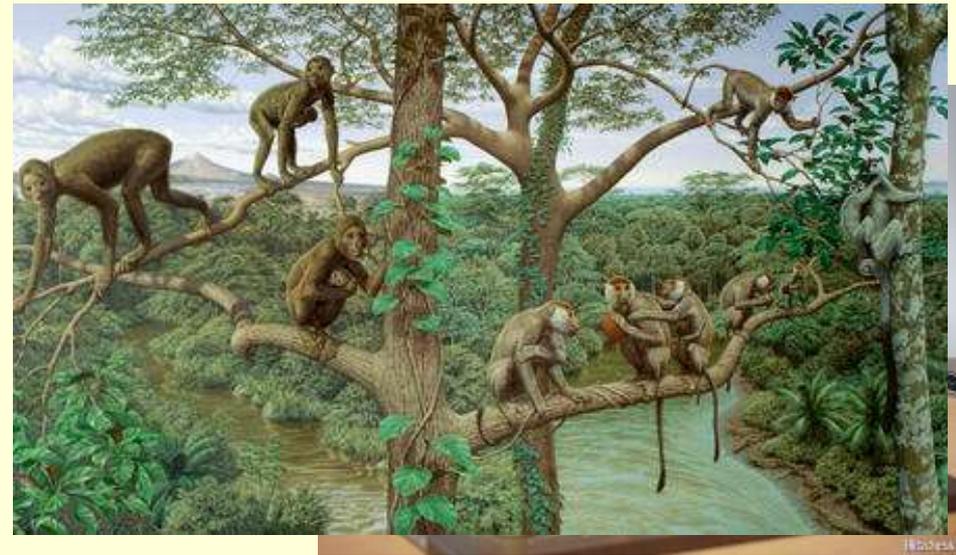
Problèmes logiques,
mathématiques, traitement
symbolique, etc.

Problèmes avec cadres plus
flous (reconnaissance
visuelle, langage, composante
émotionnelle, etc...)

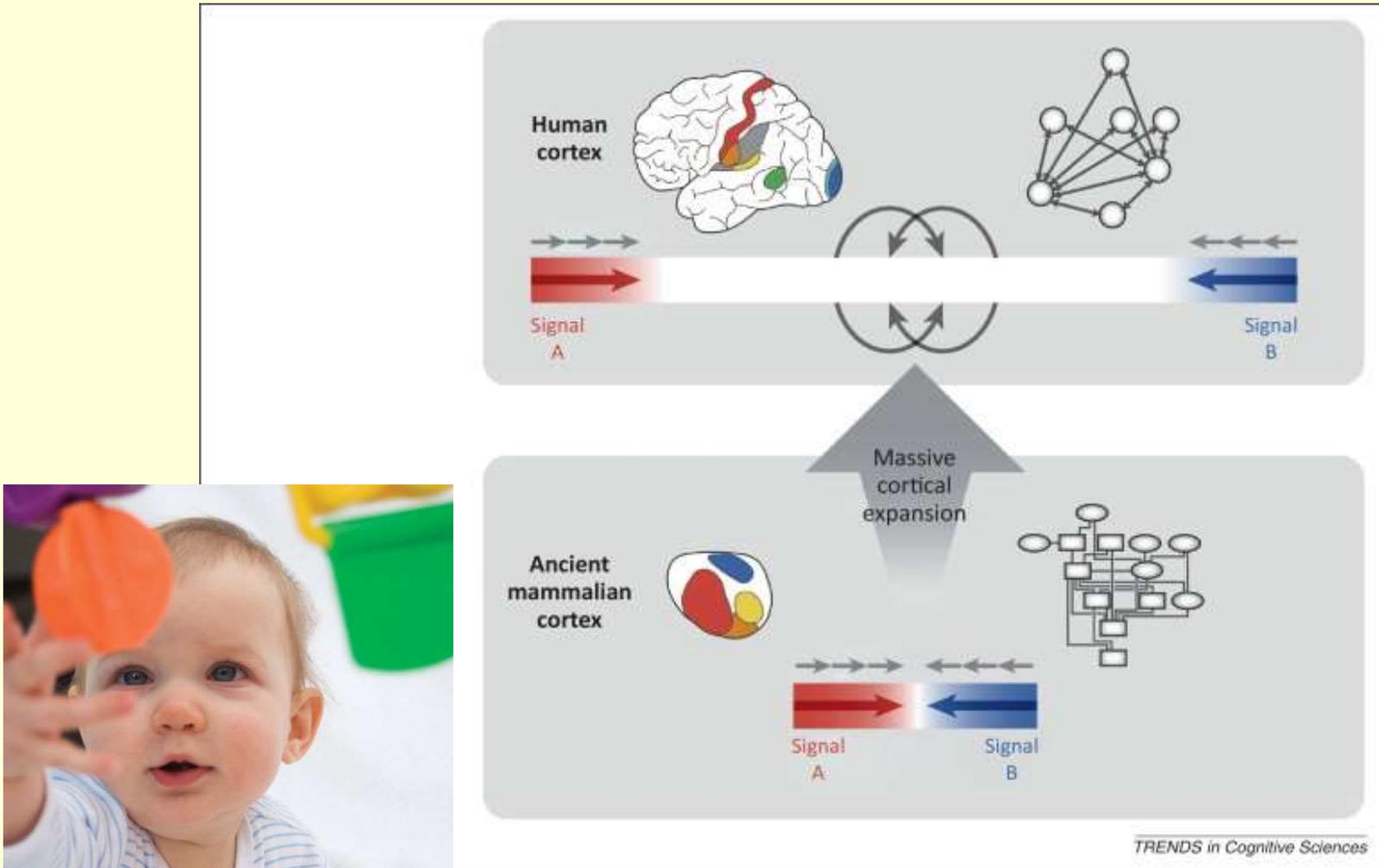
Parce que contrairement à ce que pourrait laisser croire la métaphore de l'ordinateur, notre cerveau n'a pas évolué pour résoudre des problèmes logiques abstraits.



Il a évolué surtout pour ne pas qu'on se casse la gueule en cherchant de quoi manger et des partenaires pour se reproduire !



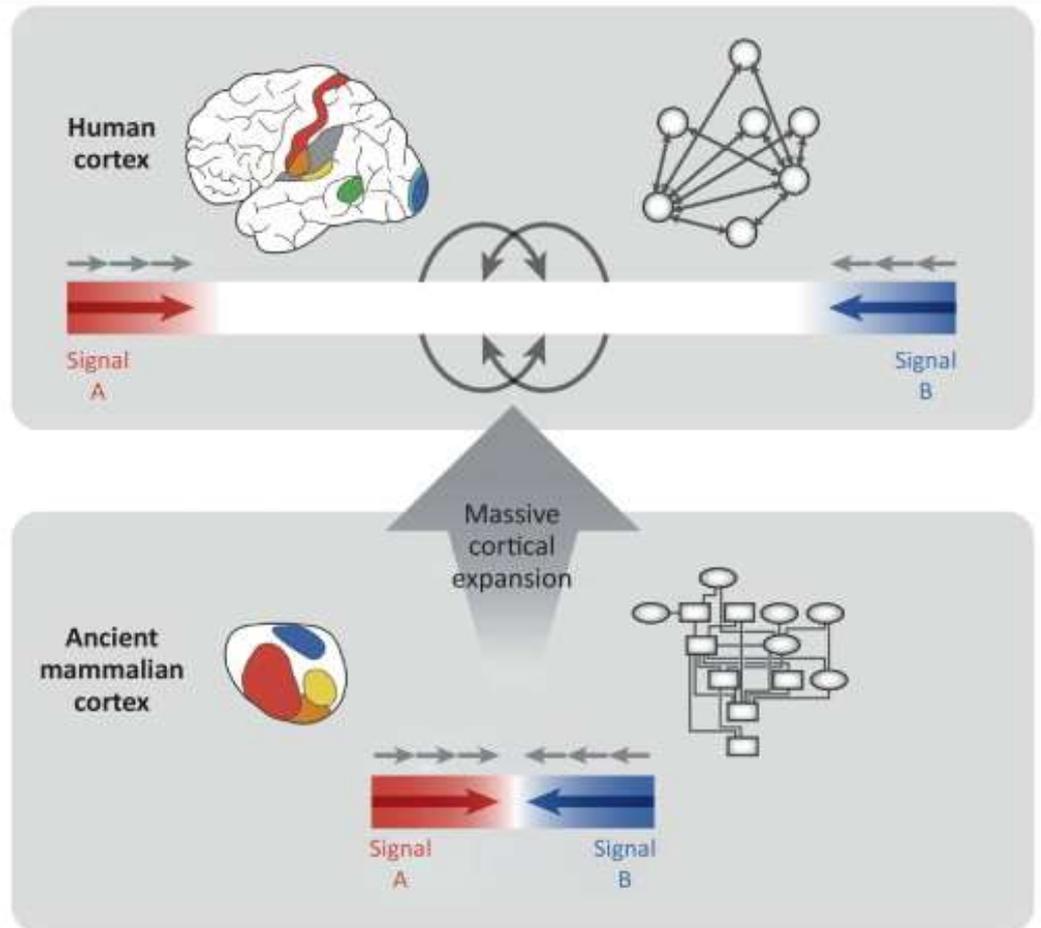
Et il faut garder à l'esprit que durant le développement...



TRENDS in Cognitive Sciences

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

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

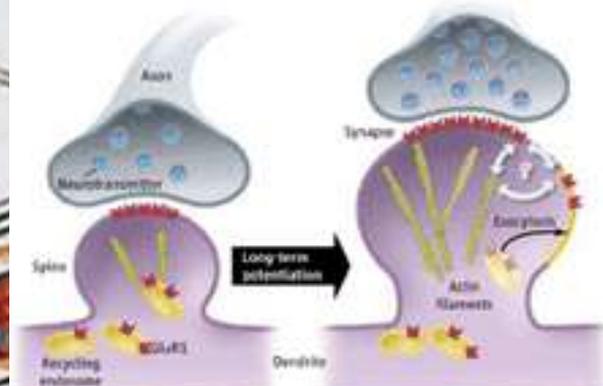
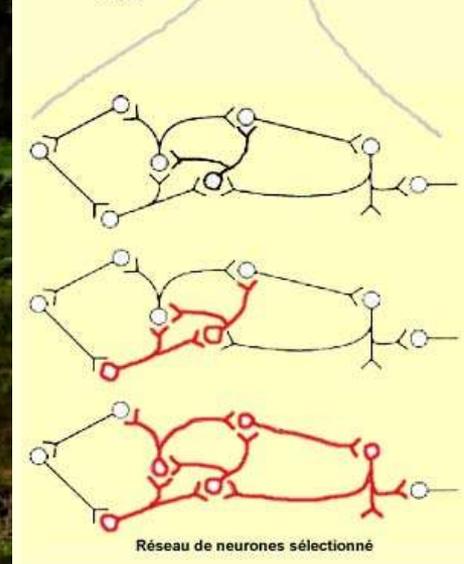
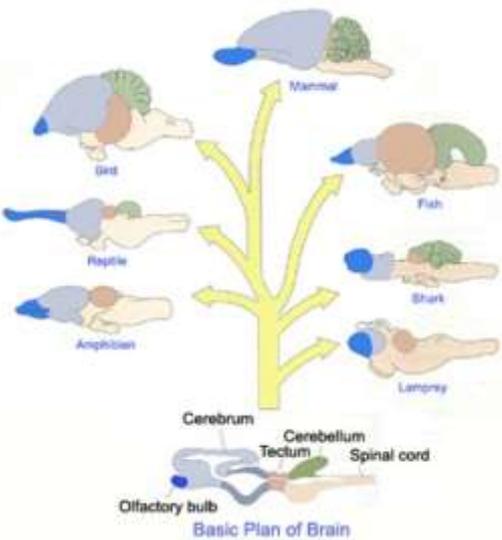


TRENDS in Cognitive Sciences

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

Une métaphore qui résume
ce qu'on a vu jusqu'ici
et qui va nous amener
vers la suite...





C'est de cette **plasticité** dont on va parler davantage la semaine prochaine...

