

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

UTA St-Bruno et Longueuil – Automne 2017

par Bruno Dubuc

## Université du troisième âge

[Accueil](#)

[Programmes](#)

[Bénévolat](#)

[UTA en bref](#)

[L'UTA et vous...](#)

[Étudiants](#)

[Professeurs](#)

[Partenaires](#)

[Personnel](#)

[Nous joindre](#)



# LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

Un site web interactif sur le cerveau et les comportements humains

● Visite guidée

● Plan du site

● Diffusion

● Présentations

● Nouveautés

● English

## Principes fondamentaux



### Du simple au complexe

- ✦ Anatomie des niveaux d'organisation
- ✦ Fonction des niveaux d'organisation



### Le bricolage de l'évolution

- ✦ Notre héritage évolutif

### Le développement de nos facultés

- ✦ De l'embryon à la morale



### Le plaisir et la douleur

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



### Les détecteurs sensoriels

- ✦ La vision



### Le corps en mouvement

- ✦ Produire un mouvement volontaire

## Fonctions complexes



### Au coeur de la mémoire

- ✦ Les traces de l'apprentissage
- ✦ Oubli et amnésie



### Que d'émotions

- ✦ Peur, anxiété et angoisse



### De la pensée au langage

- ✦ Communiquer avec des mots



### Dormir, rêver...

- ✦ Le cycle éveil - sommeil - rêve
- ✦ Nos horloges biologiques



### L'émergence de la conscience

- ✦ Le sentiment d'être soi

## Dysfonctions



### Les troubles de l'esprit

- ✦ Dépression et mania-co-dépression
- ✦ Les troubles anxieux
- ✦ La démence de type Alzheimer

## Le BLOGUE du CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

Chercher dans le blogue

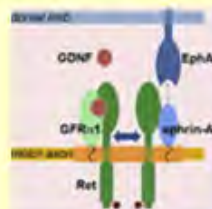
Envoyer

Catégories

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

Lundi, 13 février 2012

### Des protéines qui guident le câblage cérébral



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

## Instituts de recherche en santé du Canada

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

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

# LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

Retour à l'accueil

## Niveau d'explication

Débutant  
Intermédiaire  
Avancé

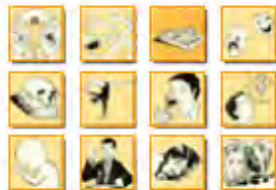


## Niveau d'organisation

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

### Thème

#### Le plaisir et la douleur



### Sous-thème

La quête du plaisir

Les paradis artificiels

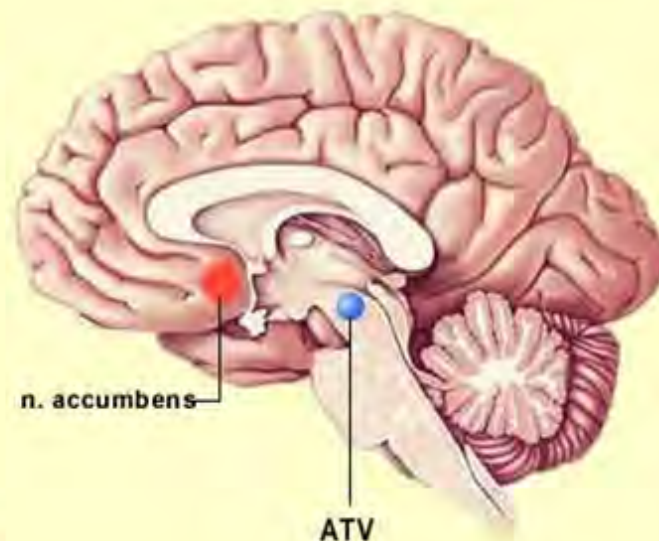
L'évitement de la douleur



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

## LES CENTRES DU PLAISIR

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



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

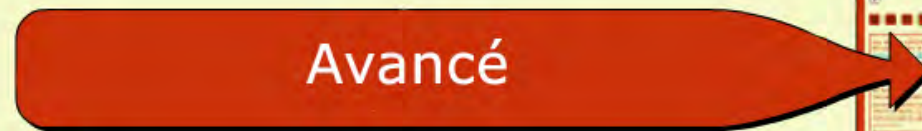
**L'aire tegmentale ventrale (ATV)**, un groupe de neurones situés en plein centre du cerveau, est particulièrement importante dans ce circuit. Elle reçoit de l'information de plusieurs autres régions qui l'informent du niveau de satisfaction des besoins fondamentaux ou plus spécifiquement humains.

# 3 niveaux d'explication

**Niveau d'explication**

Débutant  
Intermédiaire  
Avancé

◀ ◻ ▶



**LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!**

**Titre:** LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!  
**Thème:** LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!  
**Matériau:** LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

**LES DIFFÉRENCES DU CERVEAU**




Le cerveau est un organe complexe qui contrôle toutes les fonctions de notre corps. Il est divisé en plusieurs régions, chacune ayant des fonctions spécifiques. Les différences de structure et de fonction entre ces régions sont ce qui nous rend uniques.

**LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!**

**Titre:** LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!  
**Thème:** LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!  
**Matériau:** LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

**LES DIFFÉRENCES DU CERVEAU**



Le cerveau est un organe complexe qui contrôle toutes les fonctions de notre corps. Il est divisé en plusieurs régions, chacune ayant des fonctions spécifiques. Les différences de structure et de fonction entre ces régions sont ce qui nous rend uniques.

**LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!**

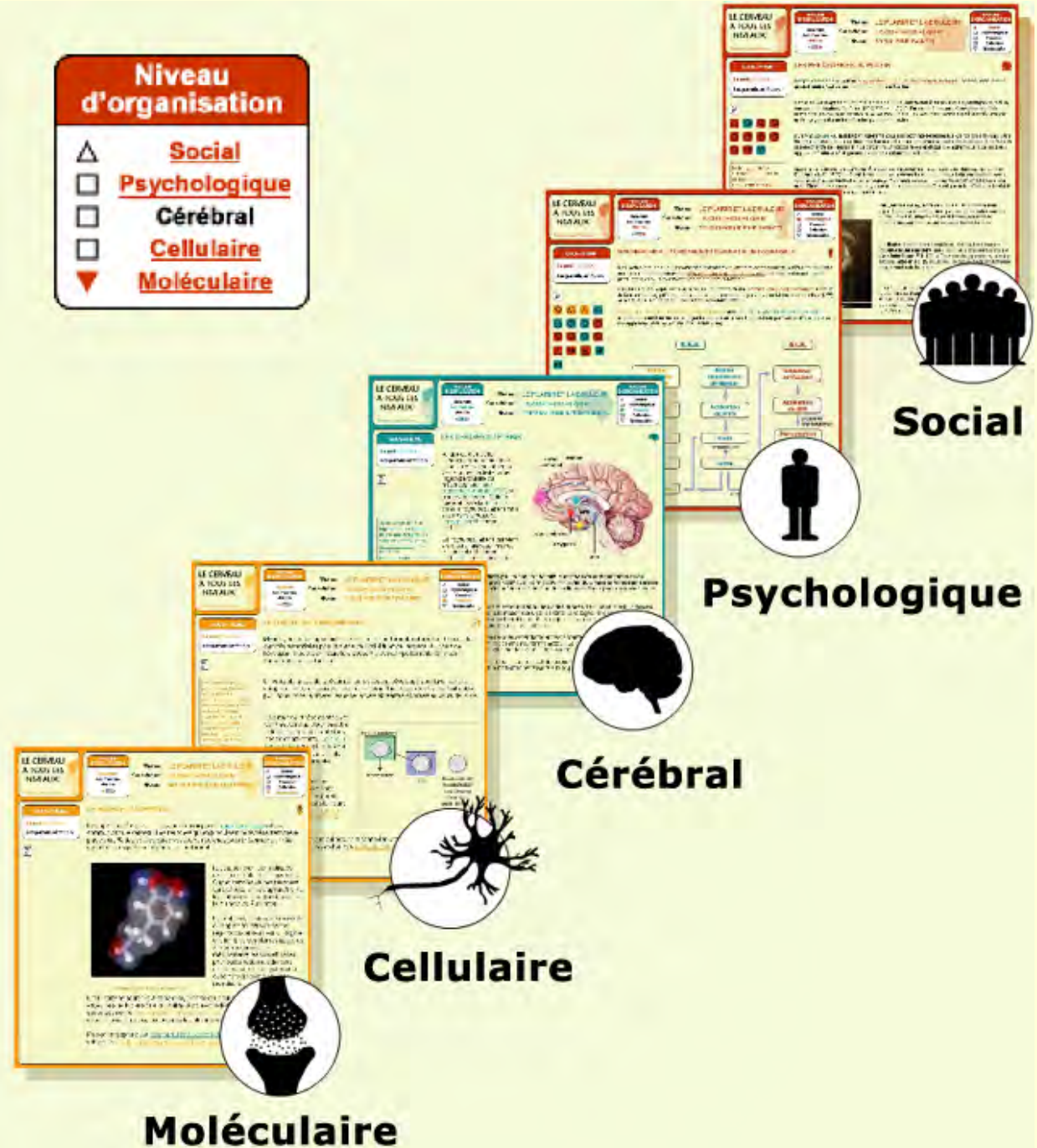
**Titre:** LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!  
**Thème:** LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!  
**Matériau:** LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

**LES DIFFÉRENCES DU CERVEAU**



Le cerveau est un organe complexe qui contrôle toutes les fonctions de notre corps. Il est divisé en plusieurs régions, chacune ayant des fonctions spécifiques. Les différences de structure et de fonction entre ces régions sont ce qui nous rend uniques.

# 5 niveaux d'organisation



Accueil

L'Institut

Études

Recherche

Membres

Communication

Nous contacter

» Conférences

» Instituts d'été

» Cognition



# PERCEPTION ET ACTION

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



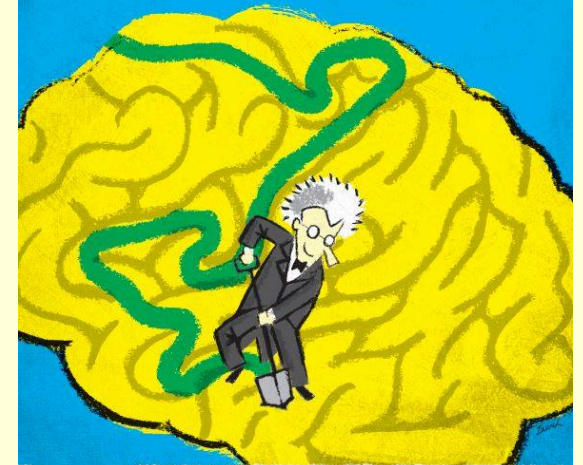
Cet hiver, le séminaire interdisciplinaire portera sur les Grands débats actuels en sciences cognitives. Il sera question des concepts, thèses et méthodes qui suscitent de vifs débats encore aujourd'hui comme la notion de modularité, le rôle de l'évolutionnisme dans la compréhension de l'esprit, et bien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

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

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

Foire  
Quiz  
Cinéma  
Historique  
Cocktail

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



# 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

## Les trois infinis : le petit, le grand et le complexe

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

11 mai

L'infinitement complexe : le labyrinthe de nos réseaux cérébraux

Tous les détails au [www.upopmontreal.com](http://www.upopmontreal.com)



- Pouvoir citoyen et modes de scrutin, quel rapport?
- L'astronomie pour les jeunes et les moins jeunes
- Transport alternatif : comment sortir du tout à l'auto?
- Biologie et société
- La criminalisation du VIH-sida au Canada
- Les toxiques invisibles
- La gentrification en 2017



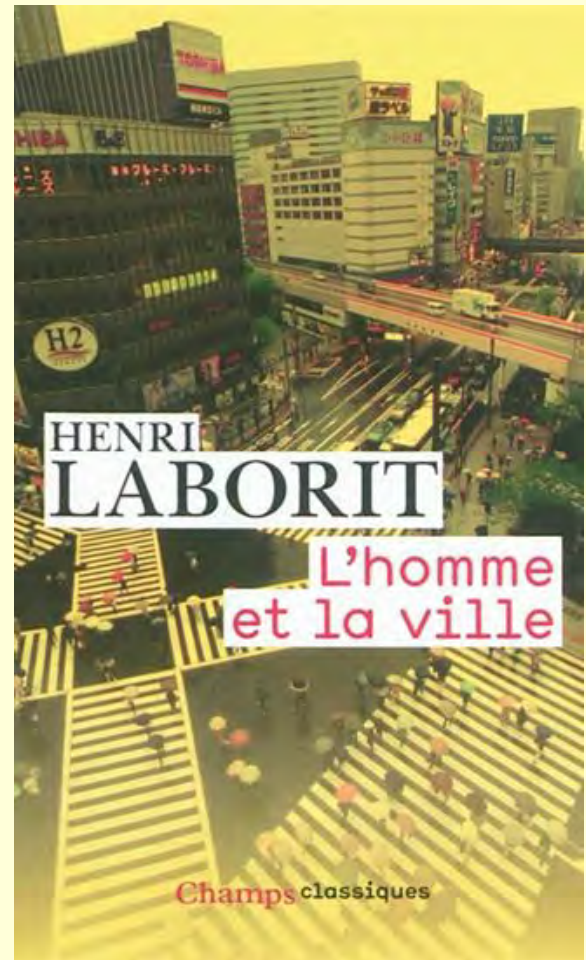
## LA SESSION AUTOMNE 2017 EST LANCÉE !



Le lancement de notre session d'automne 2017 s'est déroulé mardi soir le 12 septembre dernier à la très sympathique coop **MaBrasserie**.

Comme à notre habitude, les profs des sept cours que nous vous proposons cet automne sont venus présenter brièvement les enjeux liés à leur sujet. La seconde partie de la soirée fut dédiée aux 25 années d'existence de **Éditions Écosociété** avec qui l'UPop Montréal a conclu une entente de partenariat dont les détails vous seront dévoilés dans les mois qui viennent





LES **DÉBROUILLARDS**  
DRÔLEMENT SCIENTIFIQUE !

**QUÉBEC SCIENCE**



# Plan du cours

- Cours 1:** A- Vue d'ensemble et multidisciplinarité des sciences cognitives  
B- Du Big Bang aux primates (- 13,7 milliards d'années à – 65 millions d'années)
- Cours 2:** A- Des primates aux sociétés humaines (de – 65 millions d'années à 1900)  
B- De la théorie du neurone au piège du « cerveau-ordinateur » (1900-1980)
- Cours 3:** A- Le développement du système nerveux et sa cartographie anatomique (1980 et +)  
B- Imagerie cérébrale fonctionnelle : voir nos réseaux cérébraux s'activer
- Cours 4 :** A- Évolution de nos mémoires et rôle de l'hippocampe  
B- Apprendre à associer, de la liste d'épicerie aux championnats de mémoire
- Cours 5 :** A- Des réseaux qui oscillent à l'échelle du cerveau entier  
B- Éveil, sommeil et rêve
- Cours 6 :** A- « Cerveau – Corps » : la cognition incarnée (1990 et +)  
(liens système nerveux, hormonal et immunitaire)  
B- « Cerveau – Corps – Environnement » (cognition située et prise de décision)
- Cours 7 :** A –Les « fonctions supérieures » : l'exemple de la lecture et de l'attention  
B- Les analogies, les concepts et leur représentation cérébrale
- Cours 8 :** A- Quelques grandes questions à la lumière des sciences cognitives modernes  
B- Vers où aller maintenant : plaidoyer pour une pédagogie qui tient compte de tout ça!

Billets par catégorie



Abonnez-vous !

**NOUVELLES  
RÉCENTES  
SUR LE CERVEAU**



Deric Bownds'  
Mindblog



Neuroforecasting crowd  
funding outcomes

Do Americans care  
about rising inequality?

How to regulate Artificial  
Intelligence

How "ought" exceeds  
but implies "can"

Debate over a scientific  
wellness study.

BrainFacts.org



Lundi, 11 septembre 2017


## Ma série de cours résumée dans ce blogue les 8 prochaines semaines



Pour les deux prochains mois à partir de la semaine prochaine, je vous propose un format un peu différent pour ces billets de bogue du lundi que je publierai... le mardi ! Explication du pourquoi et du comment...

Le pourquoi, c'est que je donnerai à partir de la semaine prochaine **ma série de 8 cours de 2h15 environ** dans deux **universités du troisième âge (UTA)** de la région de Montréal, celle de Longueuil et celle de St-Bruno. Ma journée du lundi et celle du mercredi seront donc en grande partie consacrées à ce cours, ce qui ne me permettra pas d'écrire mon billet le lundi comme à mon habitude **depuis bientôt 7 ans**. Je me suis donc dit que je l'écrirais le mardi. Mais je me connais : je voudrai plutôt améliorer les choses qui ont moins bien passées dans mon cours de la veille pour mon cours du lendemain, tenir compte de certaines questions des gens, etc. Bref, je ne serai pas en mesure de bien résumer des articles scientifiques récemment parus parce que j'aurai la tête ailleurs. Que faire alors ?



A jigsaw puzzle of a colorful coastal town on a cliffside, with many pieces missing and scattered around the board. The puzzle is set on a light-colored surface. The town features multi-story buildings in various colors like red, yellow, and orange, built on a steep hillside. Below the town is a sandy beach and a blue sea. The puzzle is partially completed, with many pieces missing and scattered around the board.

Je ne suis pas médecin ni spécialiste,  
mais généraliste...

# Aujourd'hui :

Cours 1: **A- Vue d'ensemble et multidisciplinarité des sciences cognitives**

**B- Du Big Bang aux primates (- 13,7 milliards d'années à – 65 millions d'années)**

Enfin, les deux parties du cours d'aujourd'hui s'enchaînent en continu...

# Intro « wow! » classique

(qui permet pas de comprendre grand-chose)

**85 milliards  
de neurones**

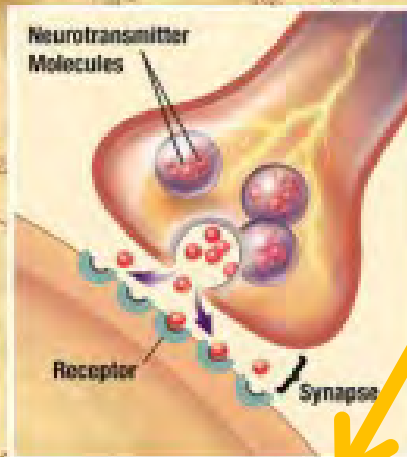
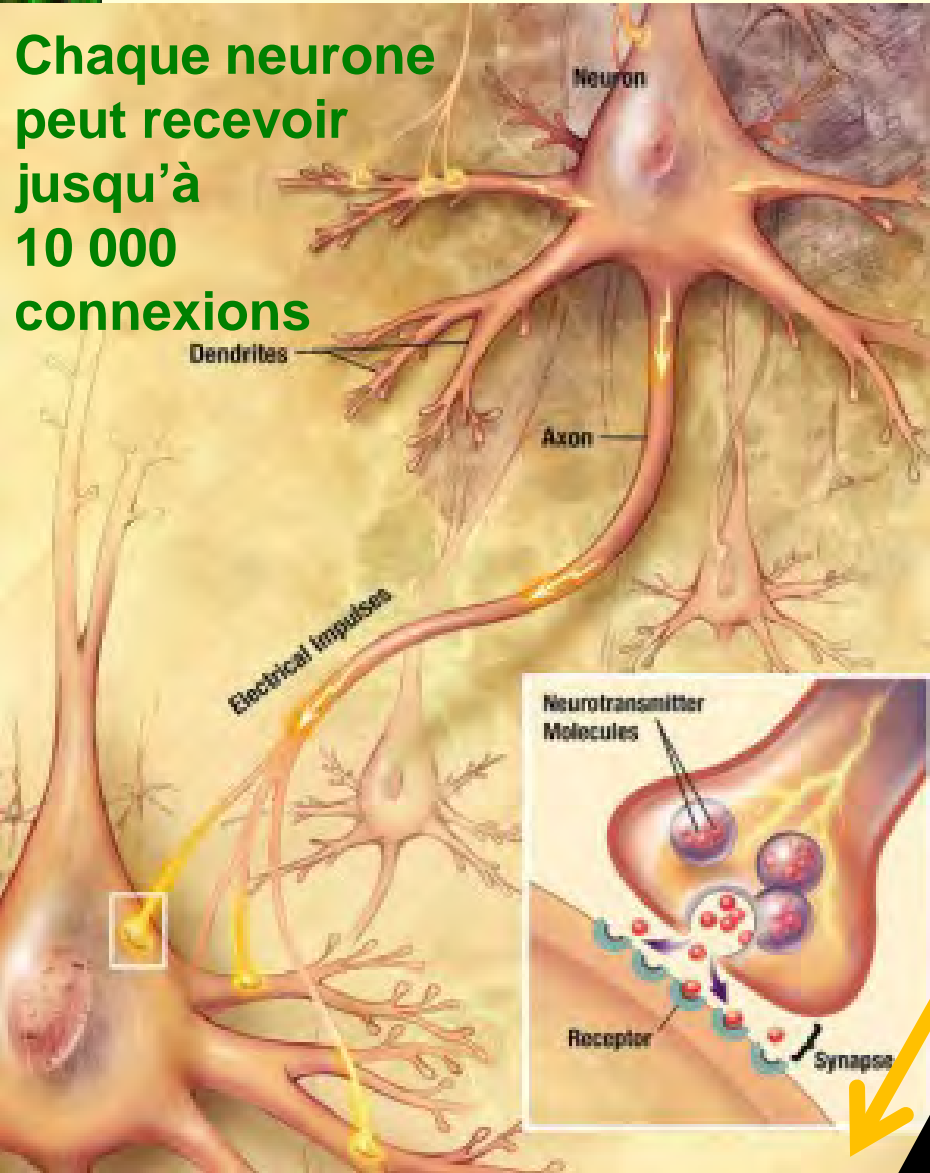
**(et autant  
de cellules  
gliales)**



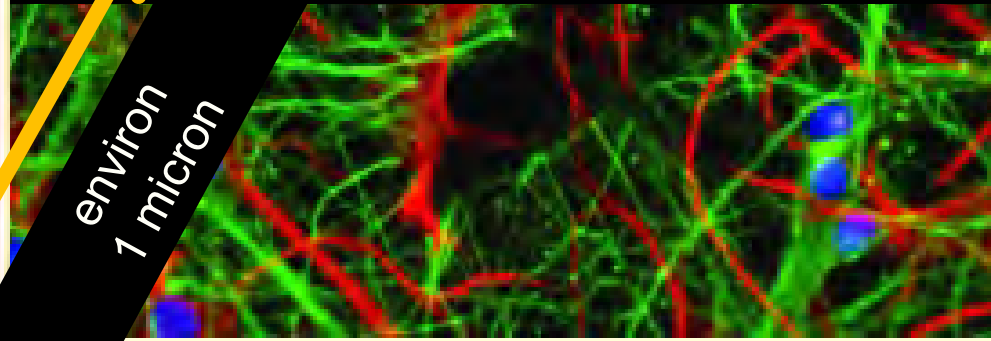
# Intro « wow! » classique

(qui permet pas de comprendre grand-chose)

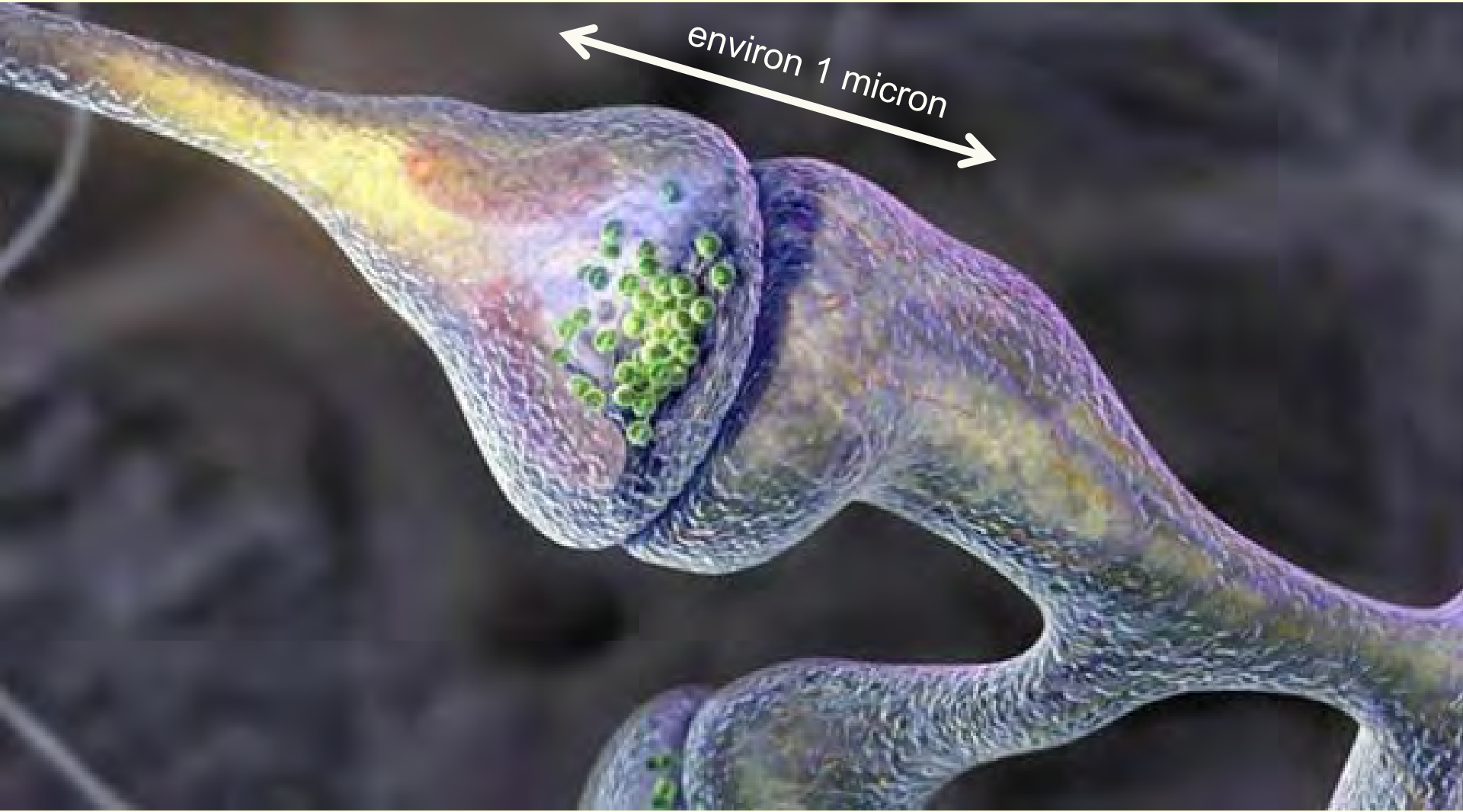
Chaque neurone  
peut recevoir  
jusqu'à  
10 000  
connexions



environ  
1 micron





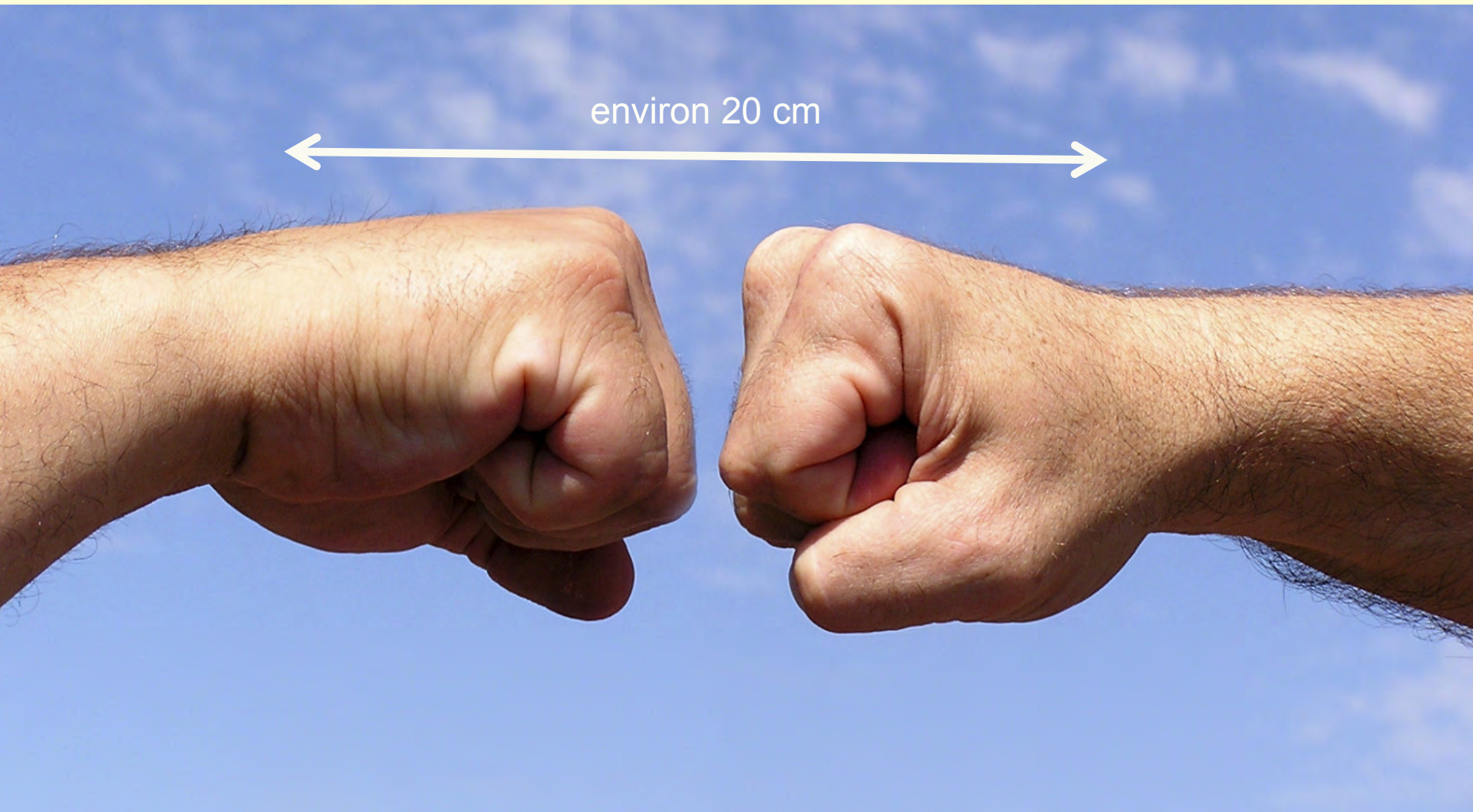


environ 1 micron

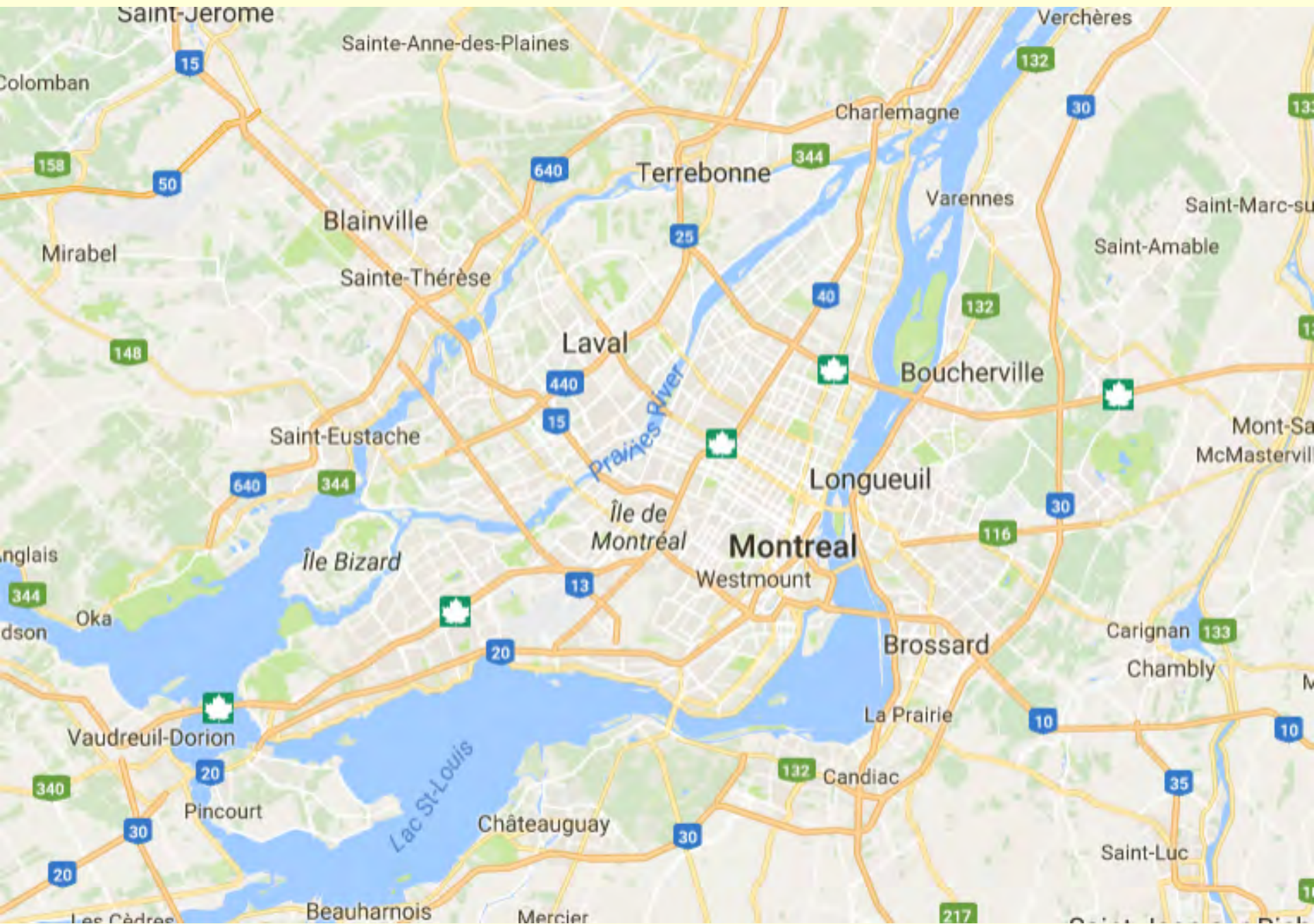


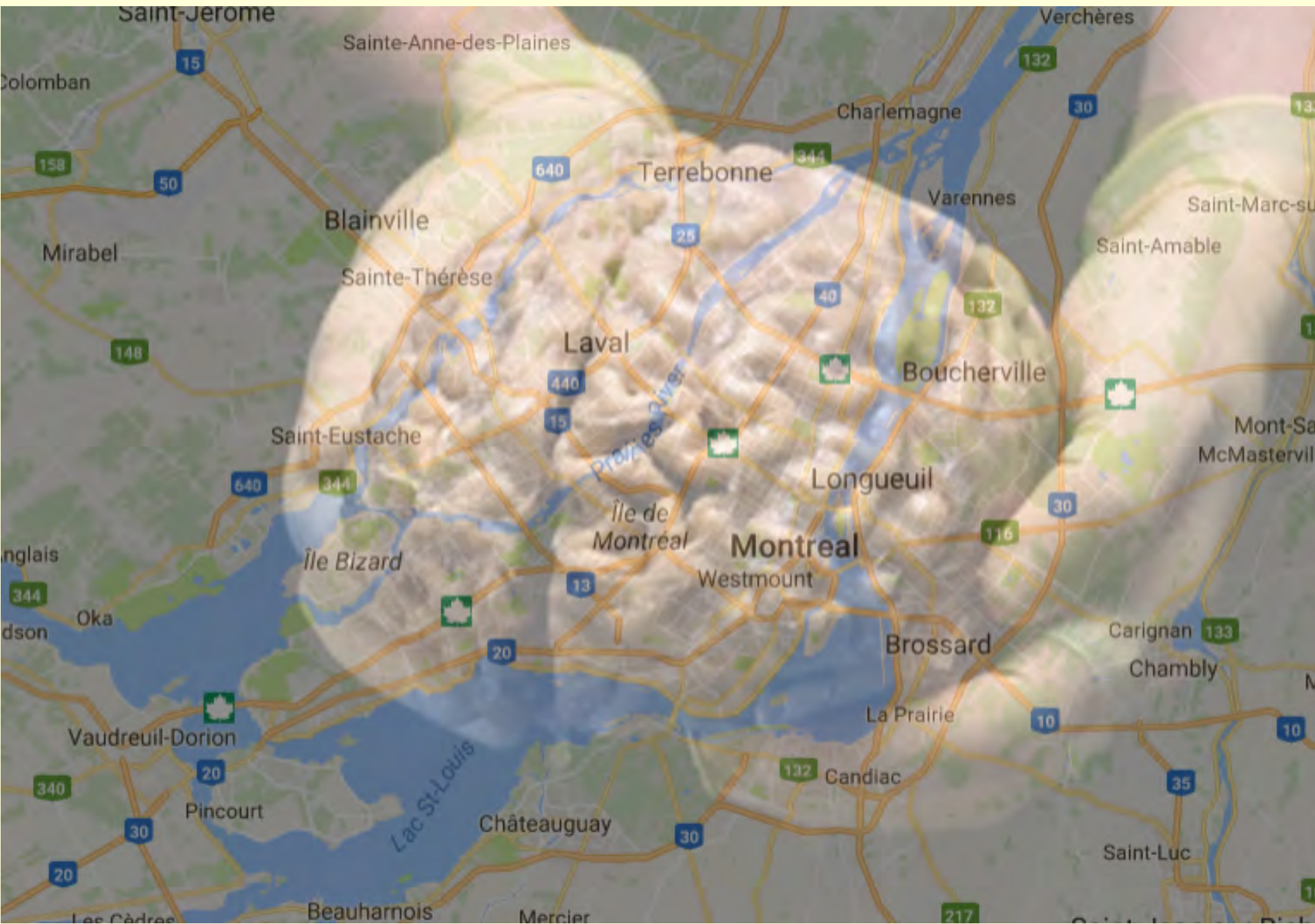
environ 20 cm

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



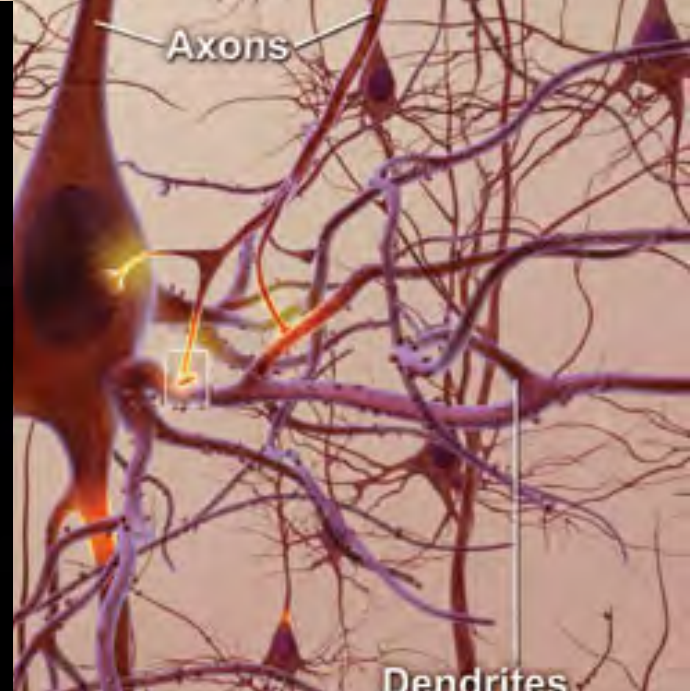
Alors :  $0,2 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} / 0,000 \text{ } 001 \text{ m} = 40 \text{ } 000 \text{ m} = \mathbf{40 \text{ km}}$



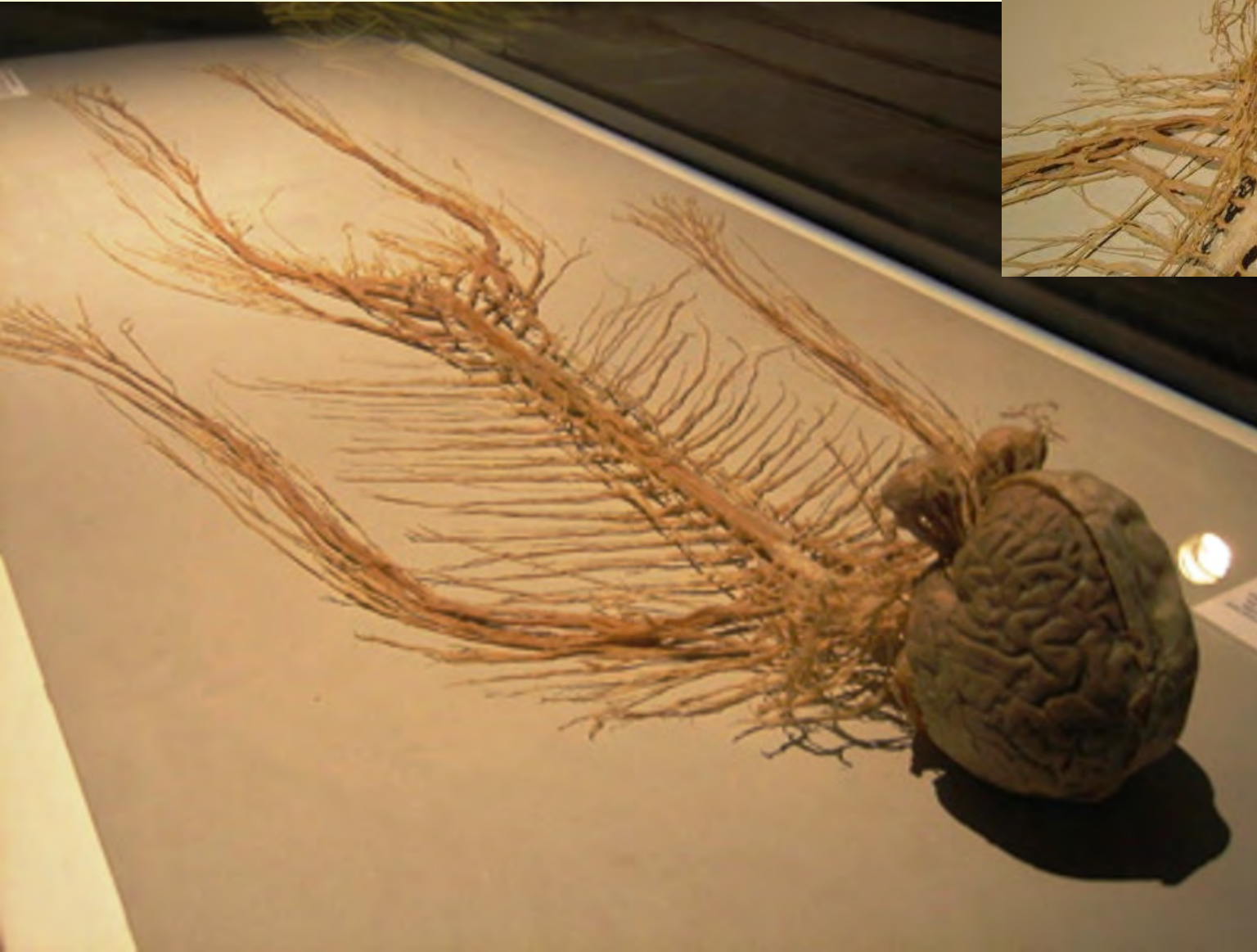


Et si on mettait  
bout à bout tous  
ces petits câbles,

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



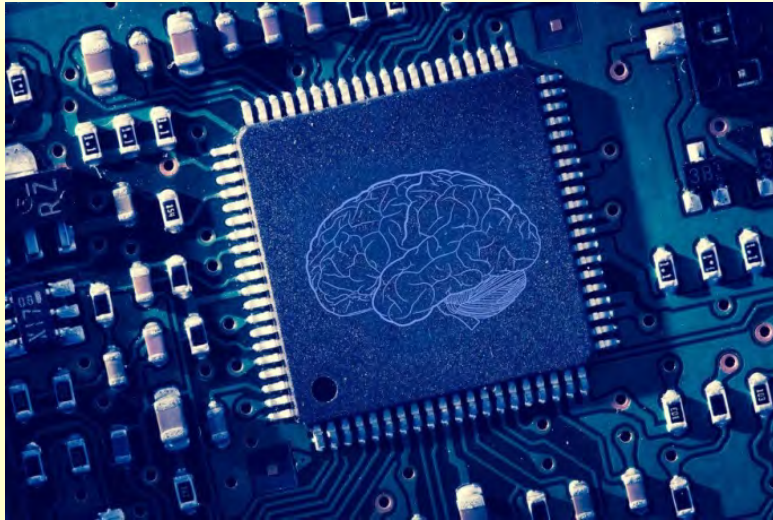
Sans parler de tous les nerfs du système nerveux **périphérique** et des **nerfs crâniens**...



Séance 6 :

**Cerveau et corps ne font qu'un (la cognition incarnée)**

# Cette complexité appelle des métaphores



## Software



Sistema Operativo



MS Word

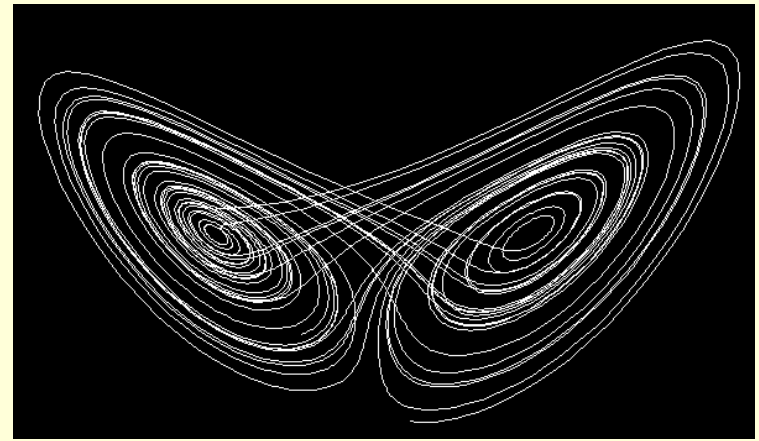


Antivirus

## Hardware



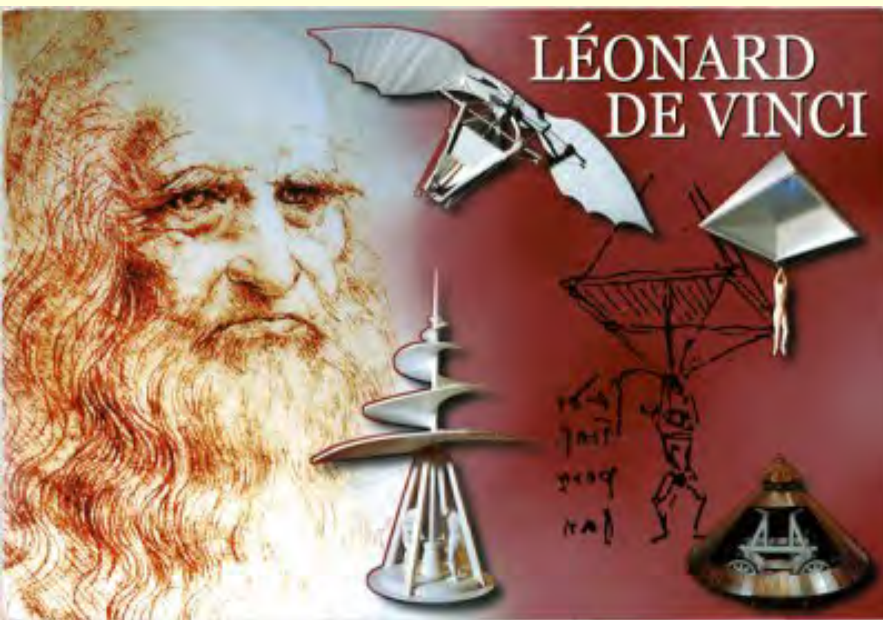






On va voir durant ce cours  
lesquelles sont bonnes et  
lesquelles le sont moins...

# Présentation des disciplines qui vont nous accompagner durant ce cours



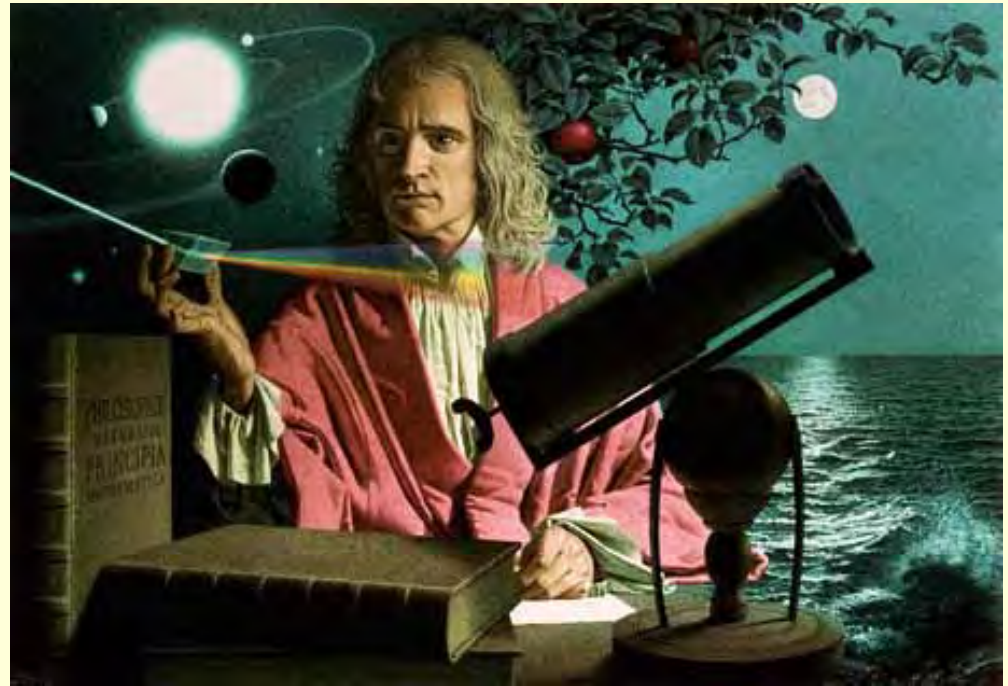
**Léonard de Vinci (1452 - 1519)**  
La figure du « **savant universel** »

Peintre, sculpteur, orfèvre, musicien,  
architecte, physicien, astronome,  
géologue, géomètre, anatomiste,  
botaniste, alchimiste, inventeur  
visionnaire, ingénieur mécanicien,  
militaire, horloger, urbaniste, etc.



**René Descartes  
(1596-1650)**

Descartes avait encore cette ambition de tout embrasser, de tout expliquer...



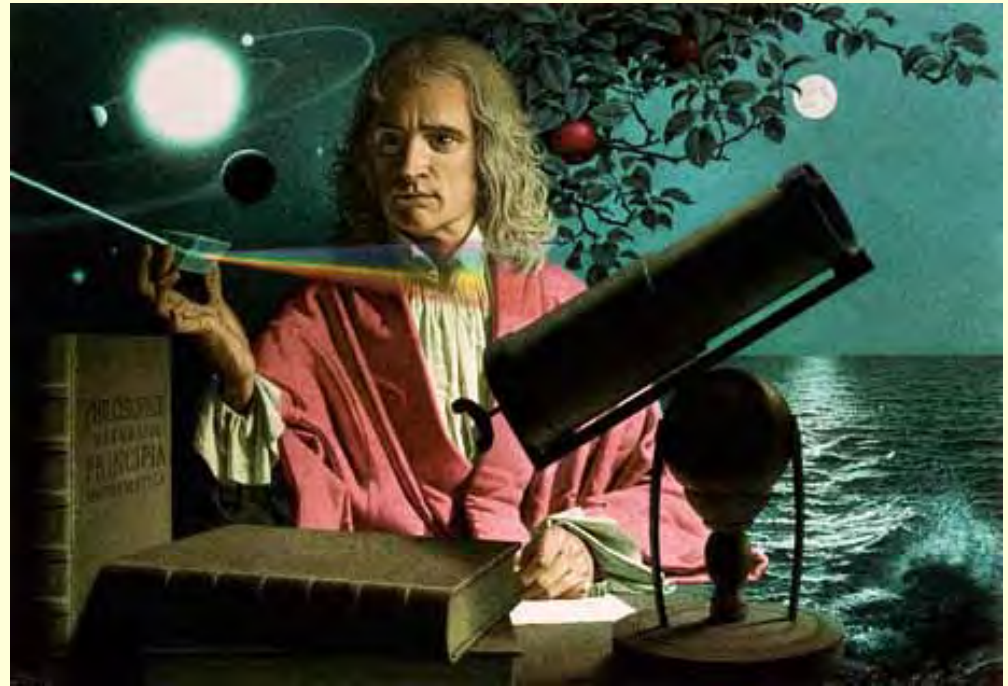
**Isaac Newton  
(1642-1727)**

C'est un peu à partir de Newton que des spécialités se sont créées en science;



**René Descartes**  
**(1596-1650)**

Descartes avait encore cette ambition de tout embrasser, de tout expliquer...



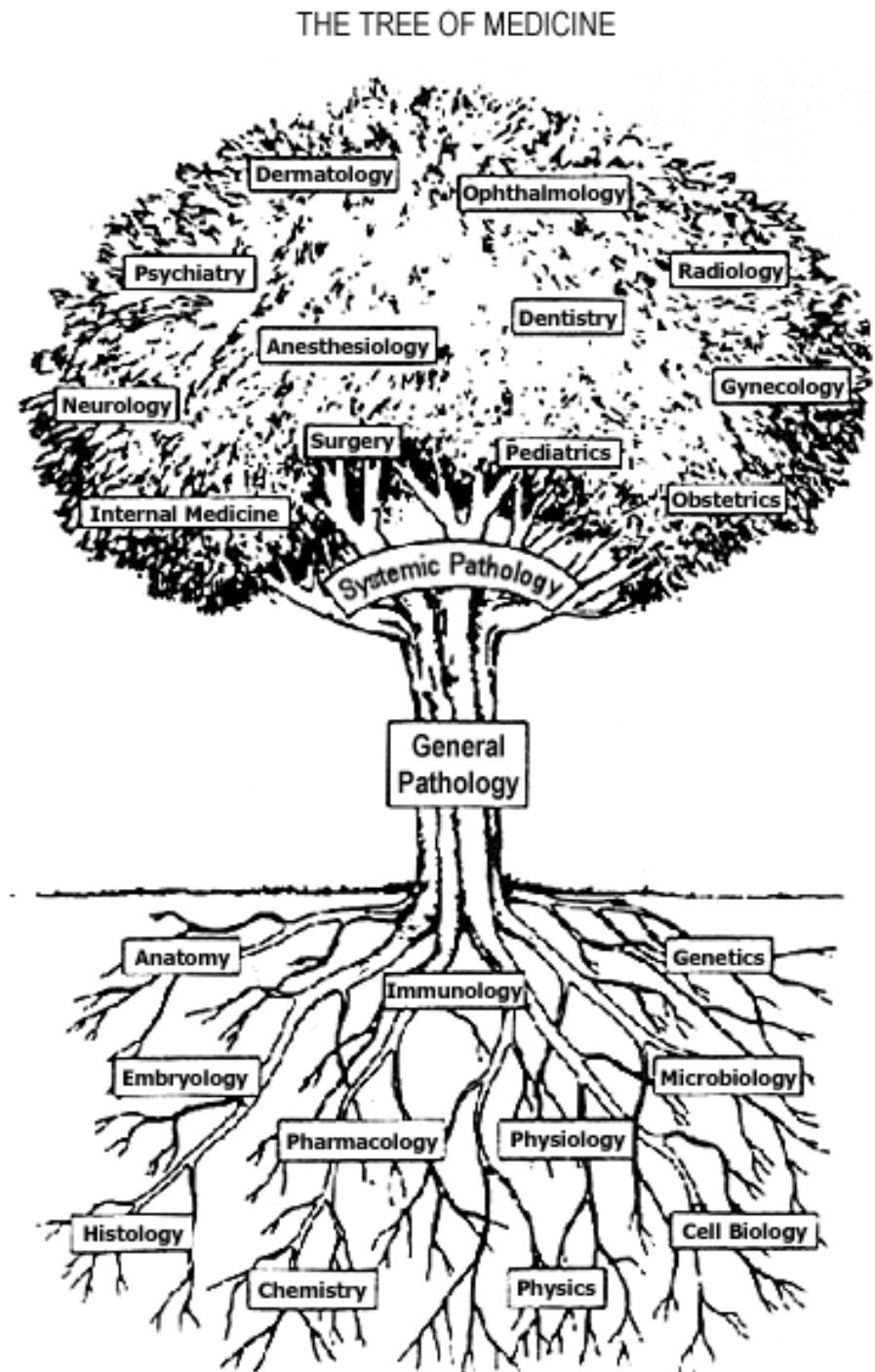
**Isaac Newton**  
**(1642-1727)**

C'est un peu à partir de Newton que des spécialités se sont créées en science;

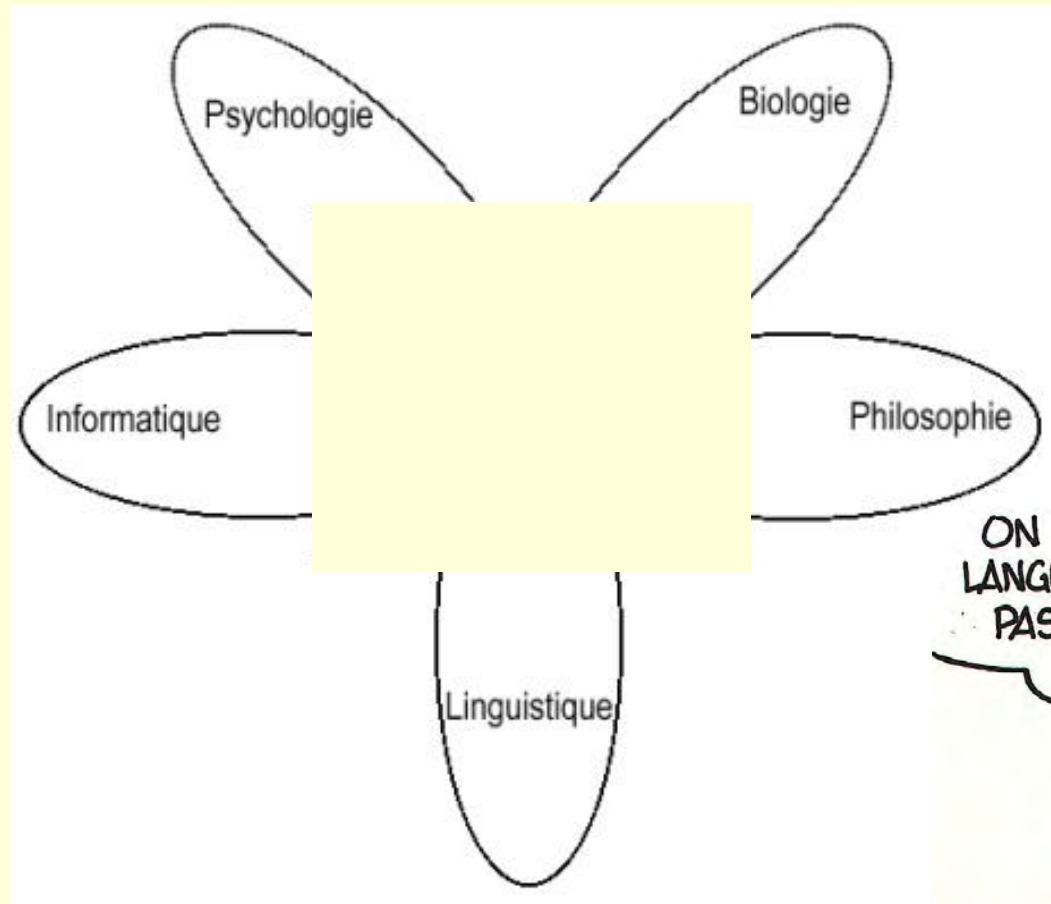
Newton dira que ses lois expliquent ceci ou cela, mais pas **tout** cela...

Puis, avec le **XXe siècle**,  
les disciplines scientifiques  
deviennent de plus en plus  
**spécialisées**.

Et le « **spécialiste** » devient  
synonyme de bon scientifique...



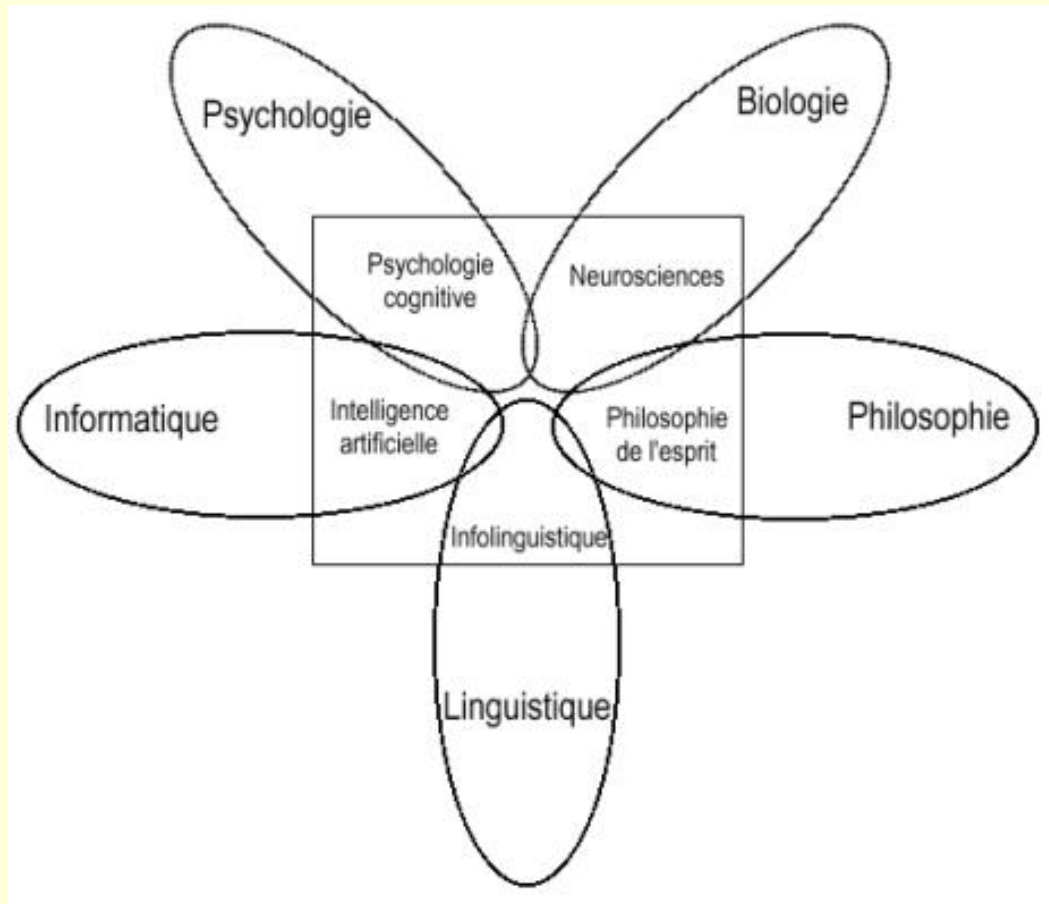
On est passé de ceci...



ON PARLE LA MÊME  
LANGUE, MAIS ON NE DOIT  
PAS PARLER LE MÊME  
LANGAGE.

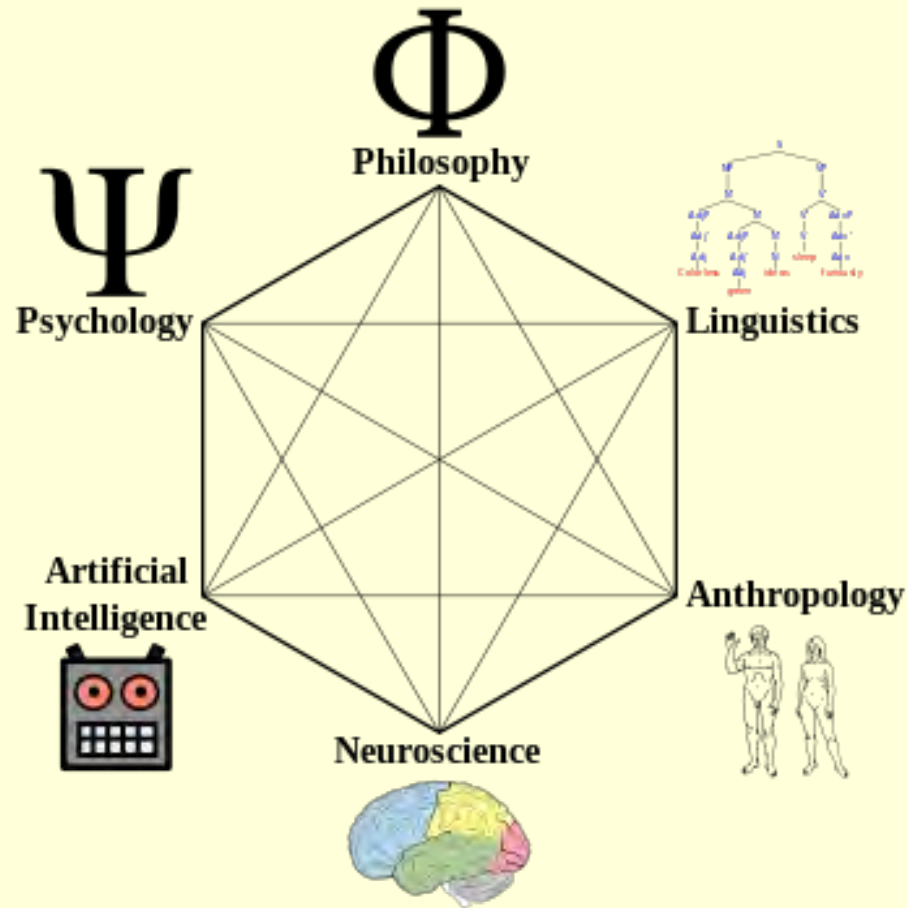


...à cela, c'est-à-dire à des disciplines s'intéressant toutes au **fonctionnement de la pensée humaine et qui essaient de collaborer.**



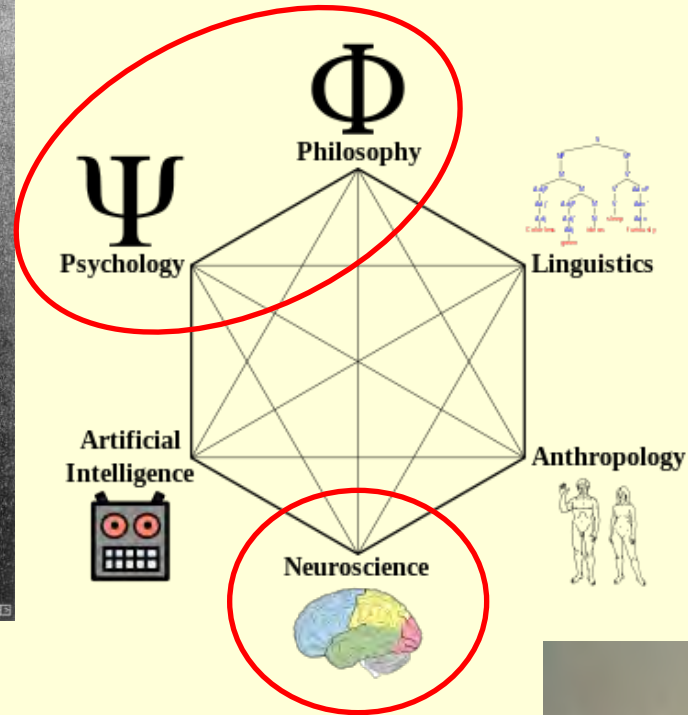


Et qui vont se constituer ce qu'on appelle les « **sciences cognitives** »

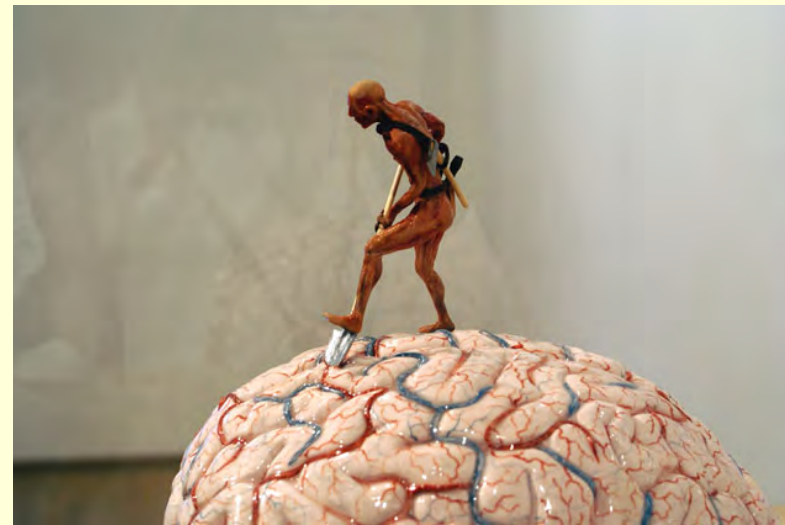


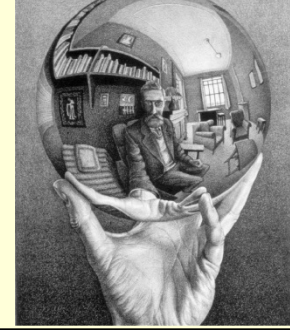
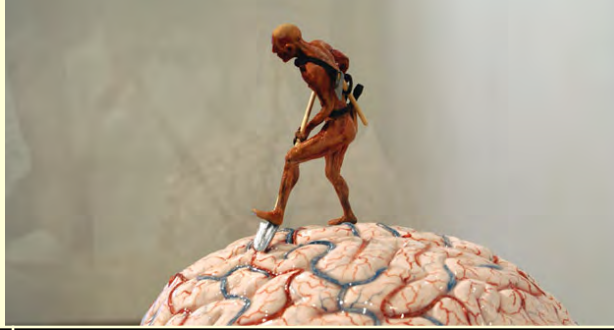


Approche « subjective »  
ou à la 1<sup>ère</sup> personne



Approche « objective »  
ou à la 3<sup>e</sup> personne





**« objective »  
Ou à la 3<sup>e</sup> personne**

**« subjective »  
Ou à la 1<sup>ère</sup> personne**

**Il y a quelques  
minutes...**

Vous êtes entré, serré une main, avez jasé un peu, vous êtes assis...

Je vous ai peut-être ensuite fait pensé à quelqu'un, ma voix a évoqué des souvenirs en vous...

**Il y a une heure...**

Vous avez mangé et bu, ingérant tant de calories, tant de protéines, etc.

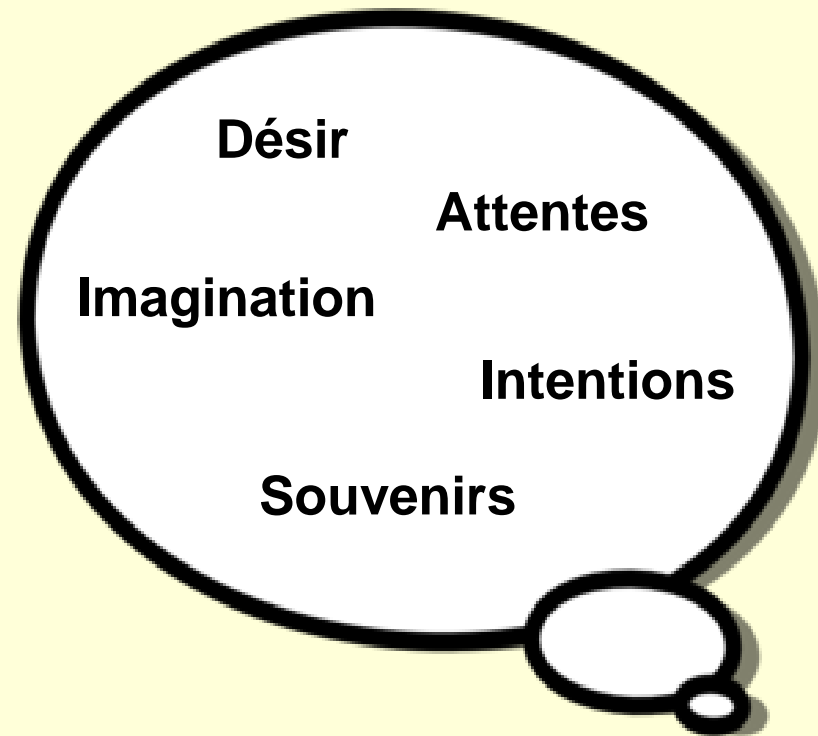
Vous avez ressenti le plaisir de la satiété, ou le dégoût si quelque chose était pourri...

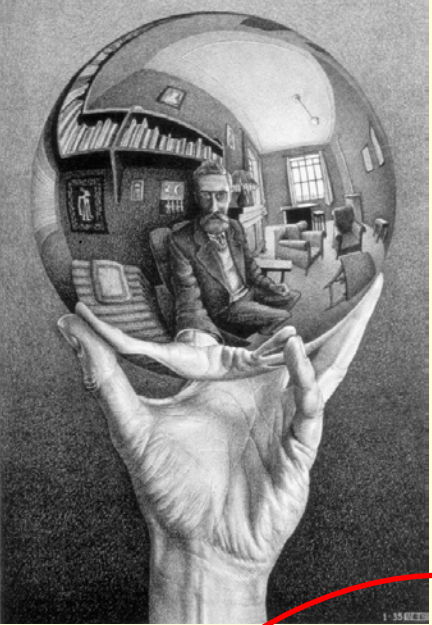
**Il y a 7-8 heures...**

Vous étiez allongé sur votre lit les yeux fermés et pratiquement immobile...

Vous n'aviez conscience de rien, puis vous rêviez que vous voliez avec des oies...

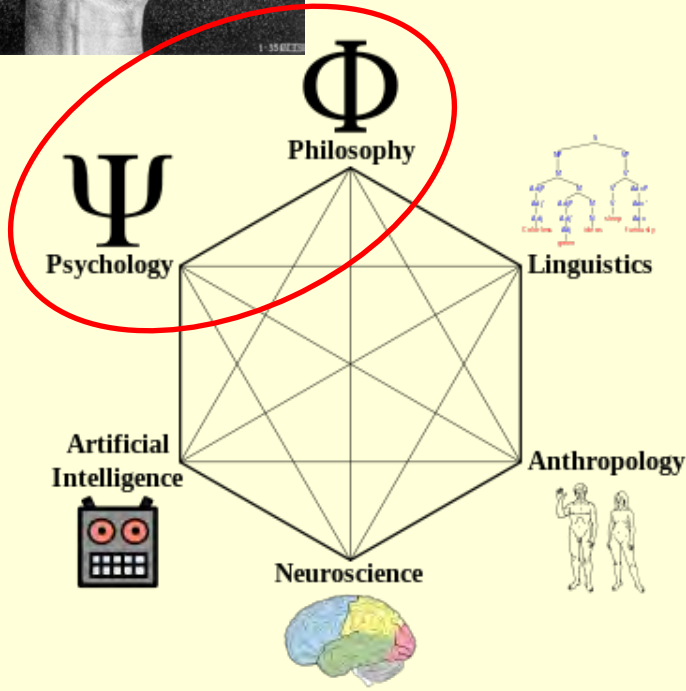
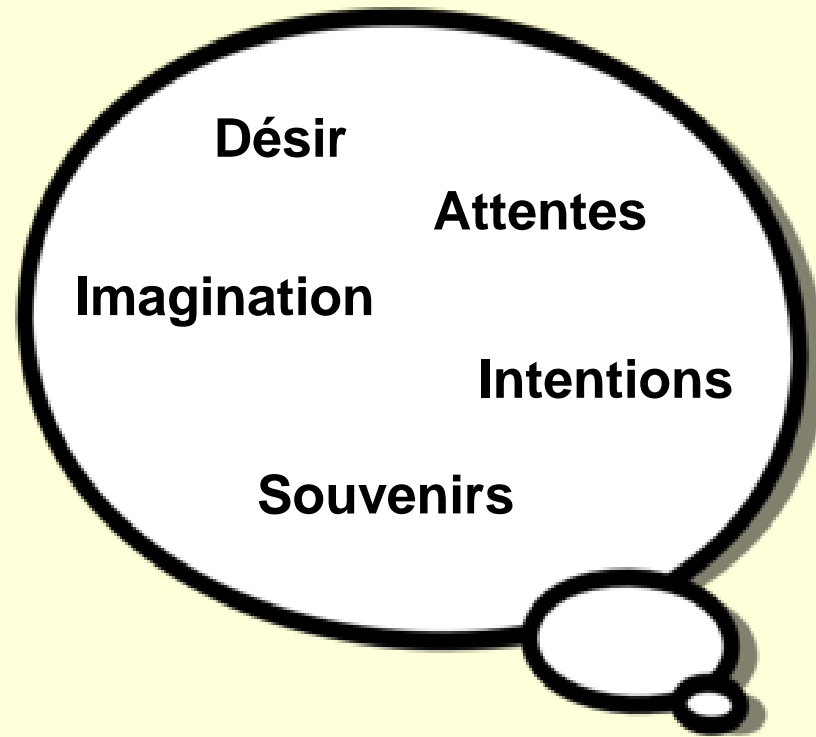
L'aspect **subjectif** est  
**LA** caractéristique  
**unique** du cerveau  
comparé à tout autre  
objet...





Approche  
« subjective »  
ou

à la 1<sup>ère</sup>  
personne



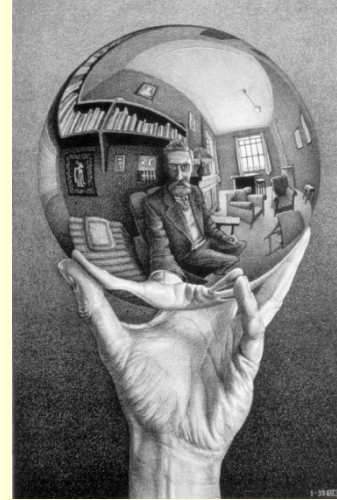
Sciences cognitives





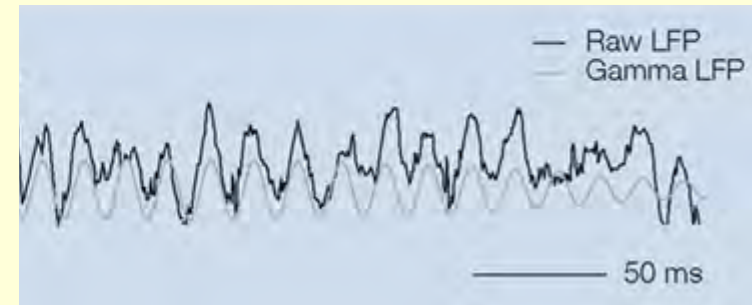
Le rouge que l'on ressent à la vue de cette pomme...

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

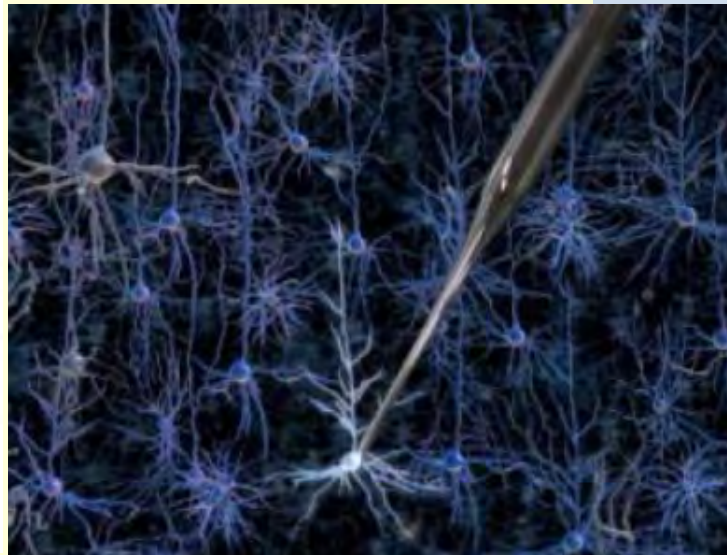
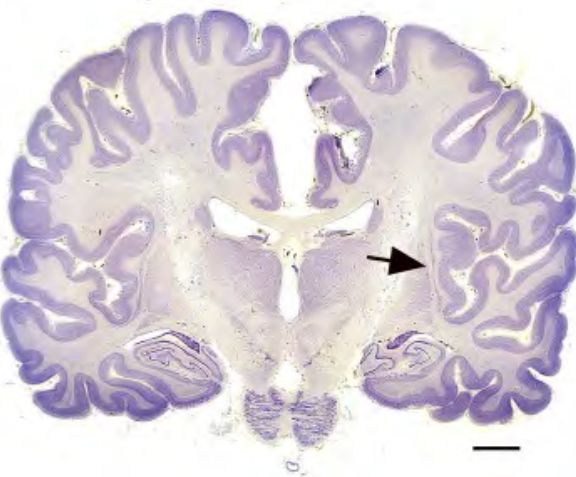


**Mais il est où le rouge dans notre cerveau ?**

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



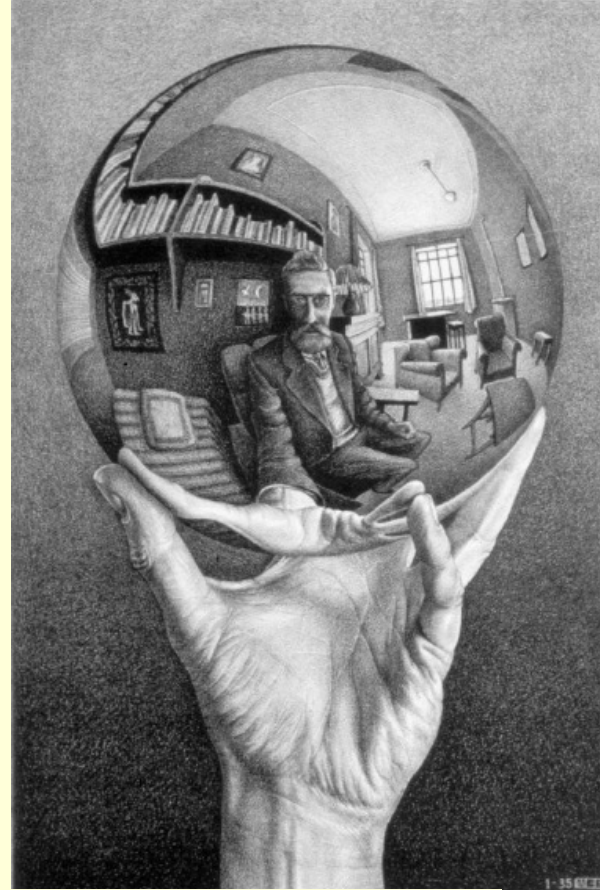
B



Donc il faut tenter de relier le subjectif à l'objectif (le cerveau).



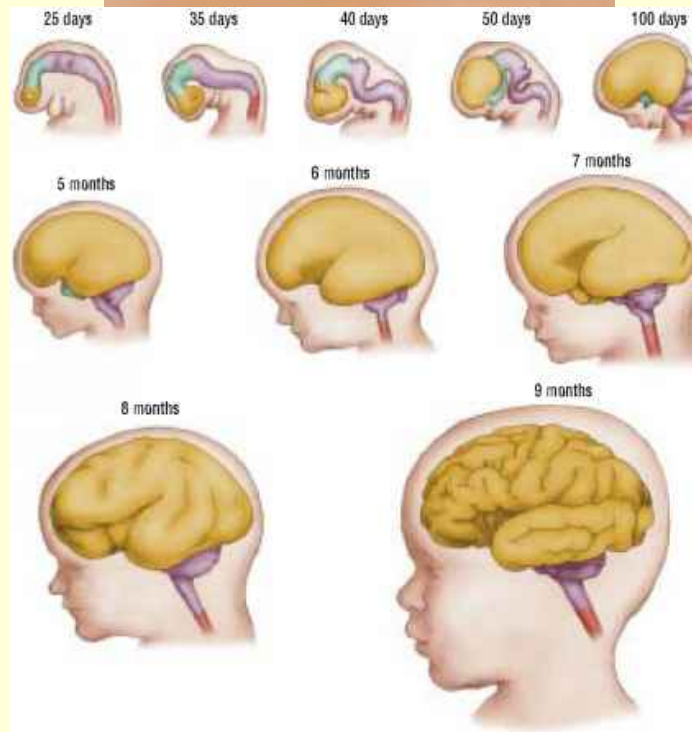
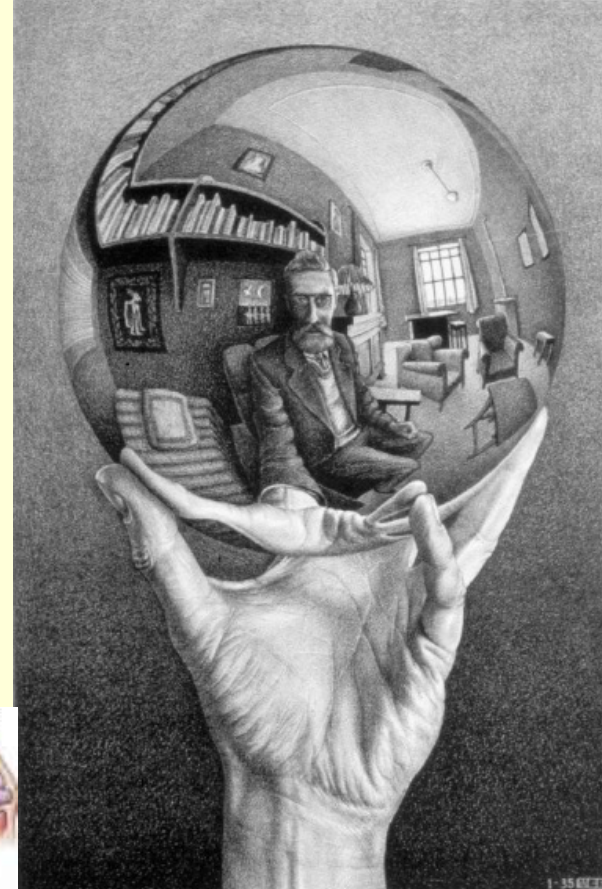
Mais ça commence **quand**  
ce phénomène ?



Donc il faut tenter  
de relier le subjectif à  
l'objectif (le cerveau).



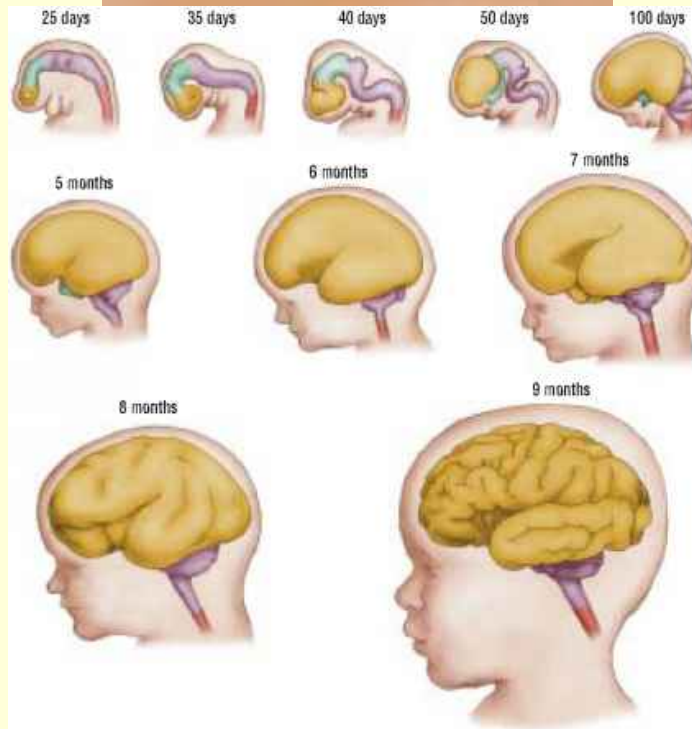
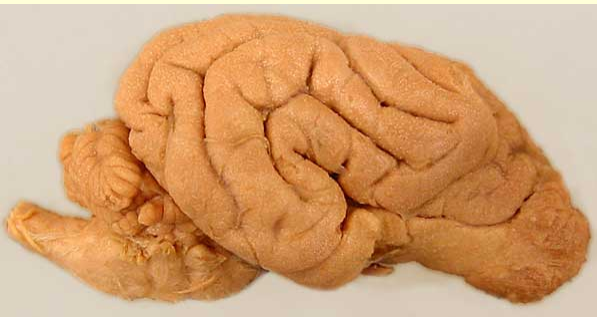
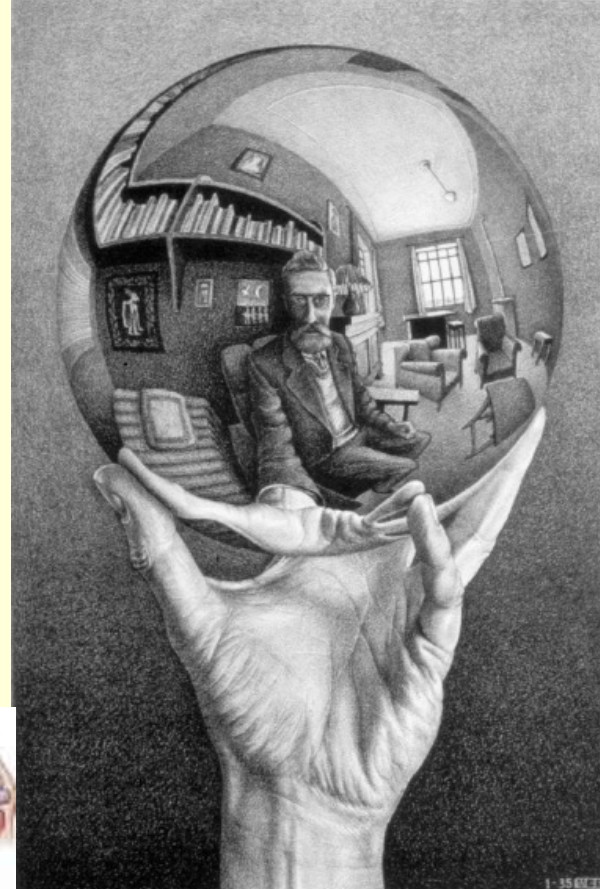
Difficile d'avoir accès  
à sa subjectivité...



Donc il faut tenter  
de relier le subjectif à  
l'objectif (le cerveau).

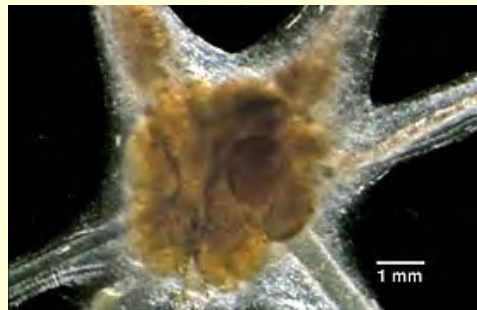
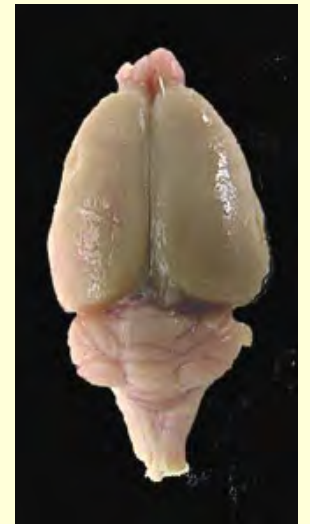
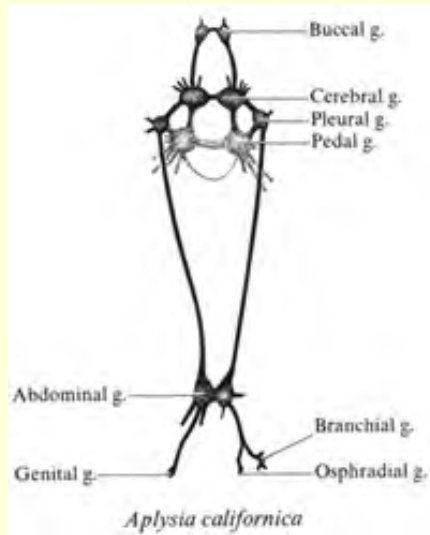
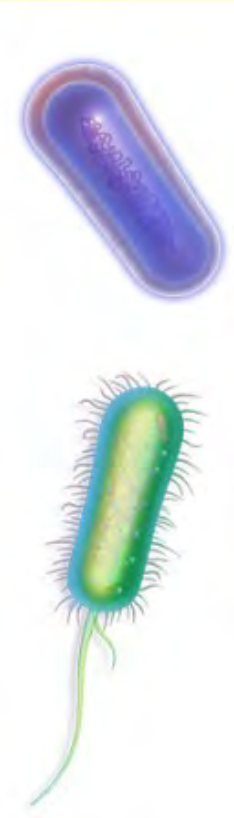




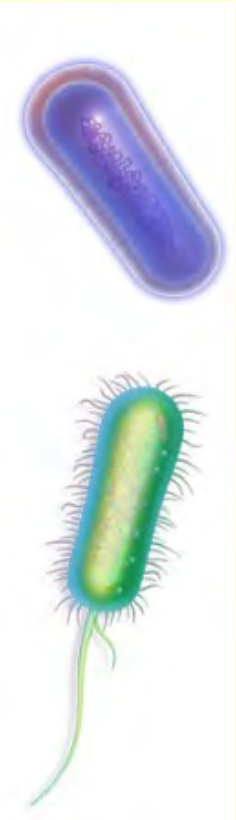


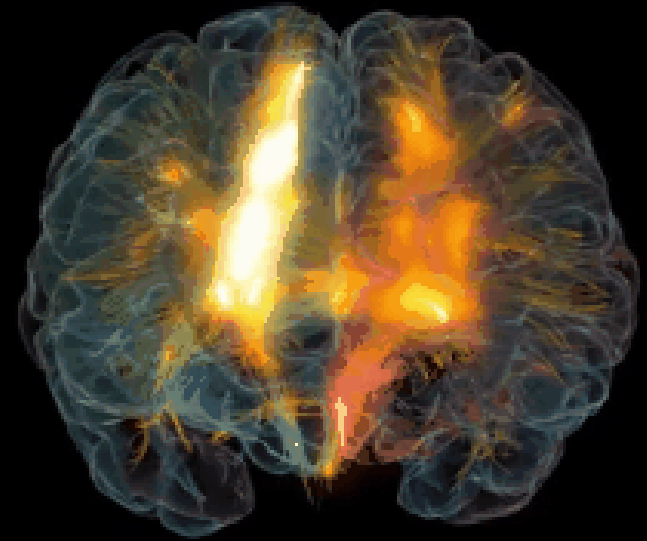
Donc il faut tenter de relier le subjectif à l'objectif (le cerveau).





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





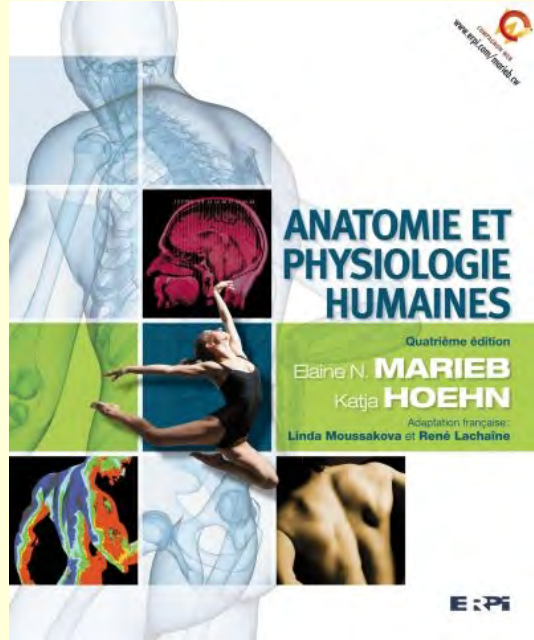




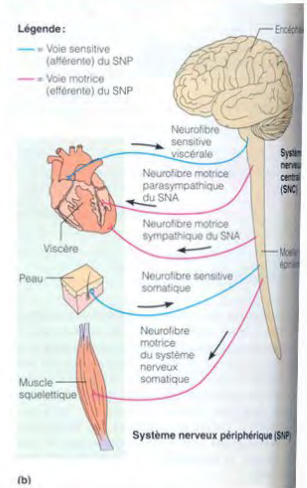
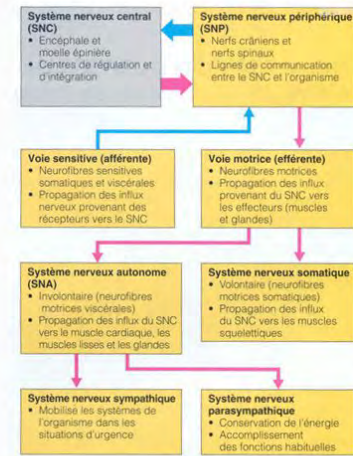
« Rien en biologie n'a de sens, si ce n'est à la lumière de l'évolution »

- Theodosius Dobzhansky  
(1900-1975)





# Organisation du système nerveux

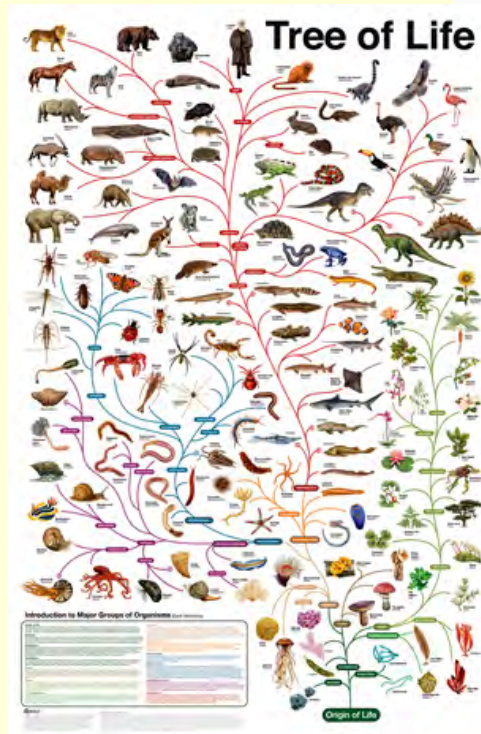


Marieb, 1999

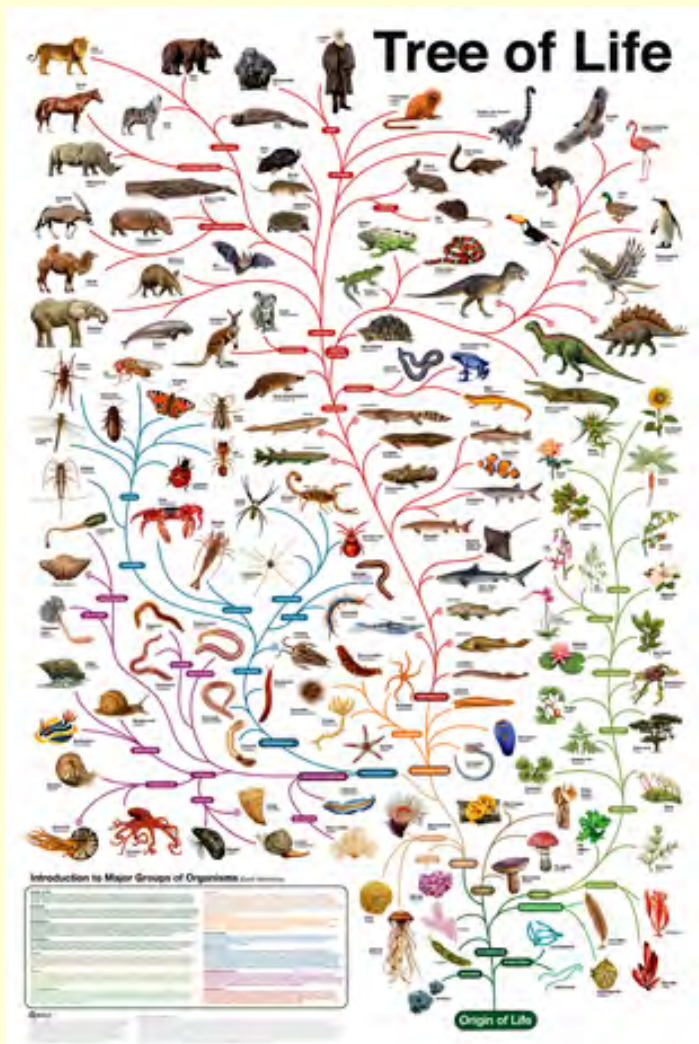
Parce qu'essayer de comprendre le cerveau humain actuel en présentant son **organisation** et ses **fonctions**

en faisant pratiquement abstraction de sa longue **histoire évolutive**

ne peut déboucher que sur une compréhension **superficielle** de celui-ci.



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... ;-)



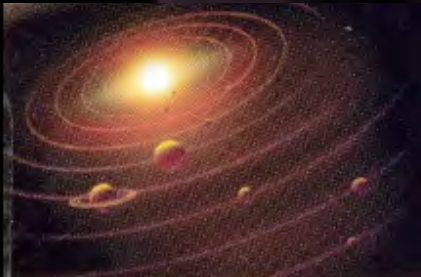


« L'histoire de l'Univers, c'est comment ces quarks et ces électrons sont devenus vous-mêmes.



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





- Hubert Reeves



# Croissance de complexité

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



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

**Évolution cosmique, chimique et biologique**



(Crédit : modifié de Robert Lamontagne)

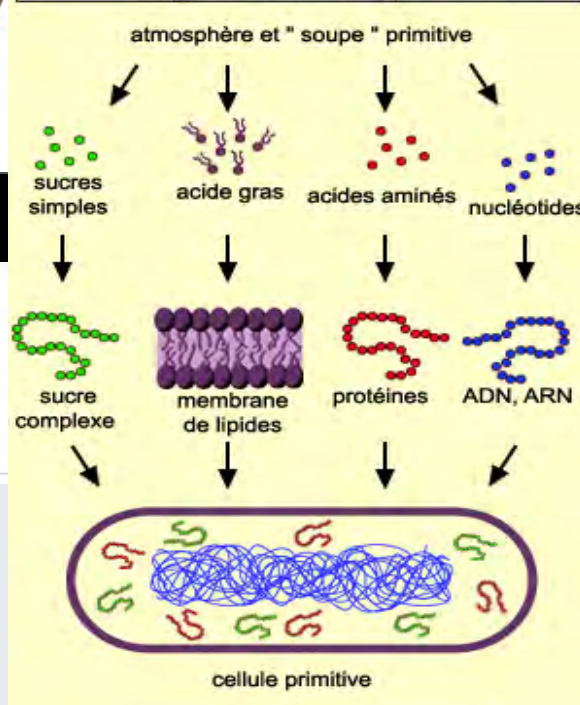
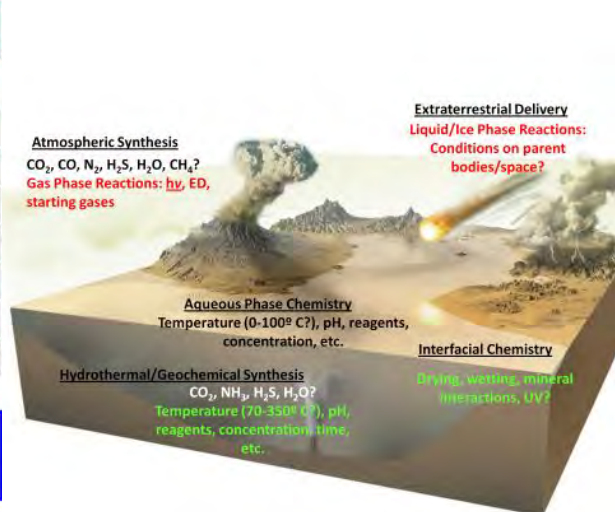


# Croissance de complexité

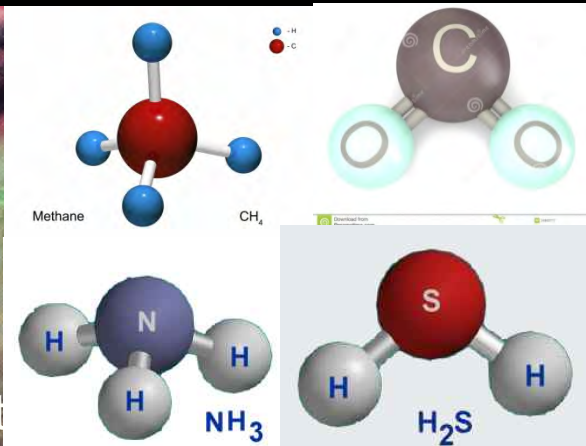
(ce qui ne veut pas dire que l'humain en soit la finalité !)

## Tableau Périodique des Éléments

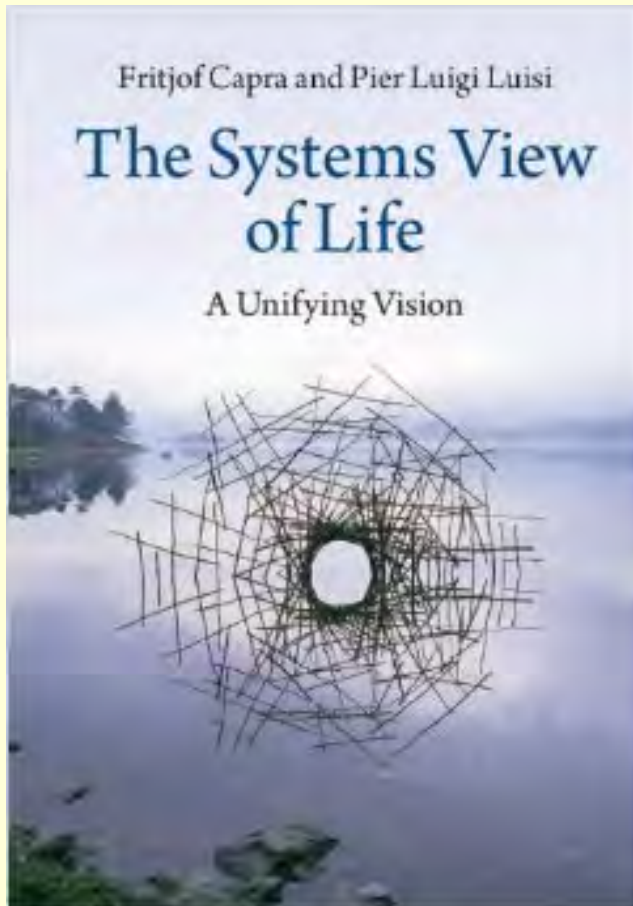
**Legend:**  
 Solide (Solid), Liquide (Liquid), Gaz (Gas), Synthétisé (Synthesized)  
 Métaux alcalins, Métaux alcalino-terreux, Métaux de transition, Lanthanides, Actinides, Métaux pauvres, Non-métaux, Gaz rares



## Évolution cosmique, chimique



(Crédit : modifié de Robert Lamont)




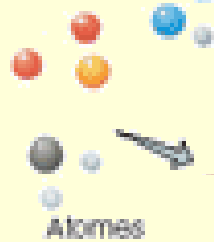
Durant l'histoire occidentale de la science et de la philosophie, il y a eu une tension entre 2 quêtes :

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

Et ce, à différents  
**niveaux d'organisation**  
(de la matière et du vivant)

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

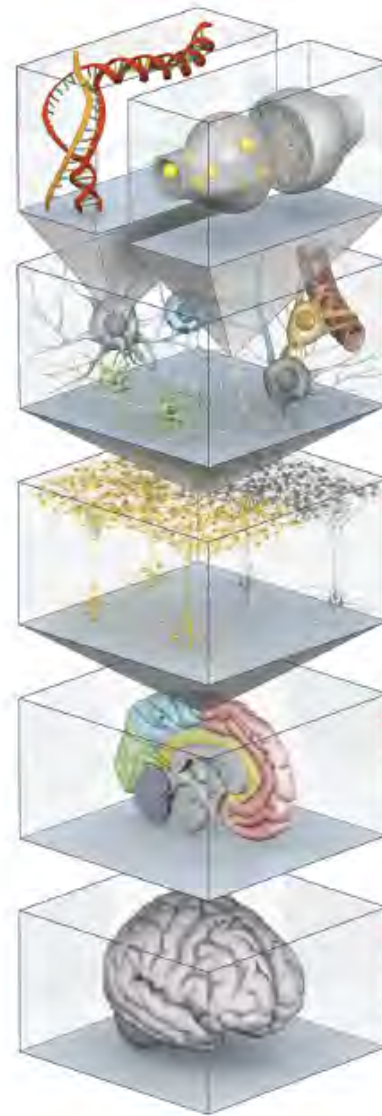
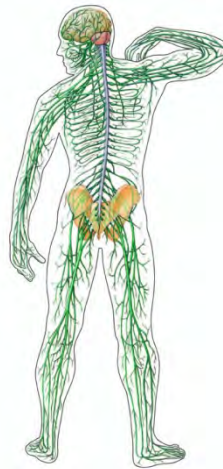
- 
- l'étude de la **matière** : de quoi c'est fait ?
  - l'étude de la **forme** : quel est le pattern ?



Et ce, à différents  
niveaux d'organisation  
(de la matière et du vivant)

Social  
(corps-cerveau-  
environnement)

De l'individu  
(corps-cerveau)



**Molecular**

A century of research, beginning with the first inspection of a brain cell under a microscope, would translate into a digital facsimile that combines component molecular parts to assemble a cell that demonstrates the essential properties of a neuron—the transmission of electrical and chemical signals.

**Cellular**

A brain-in-a-box simulation will have to capture every detail of neurons and nonneuronal glial cells, including the exact geometric shapes of the dendrites and axons that receive and send information.

**Circuits**

A model of the neural connections between different brain areas and among neighboring cells may furnish clues to the origins of complex brain diseases such as autism and schizophrenia.

**Regions**

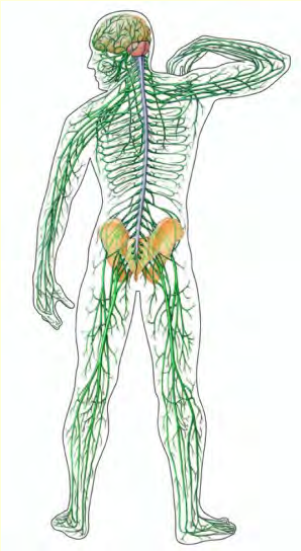
Major neural substructures—the amygdala (emotions), the hippocampus (memory), the frontal lobes (executive control)—can be inspected alone or as they interact with one another.

**Whole Organ**

An in silico brain might substitute for the actual organ. By removing the computer code for a “gene,” the virtual system can, for instance, mimic the effects of a mutation, as scientists do today by “knocking out” a gene in mice. The tool would avoid the lengthy breeding process and could simulate a multitude of experimental conditions.



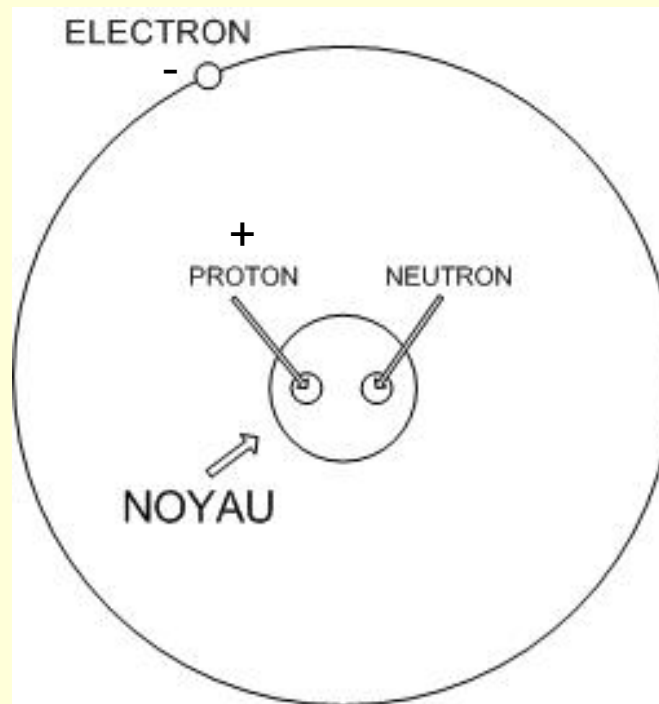
- l'étude de la **matière** : de quoi c'est fait ?



Tout est fait  
d'atomes !

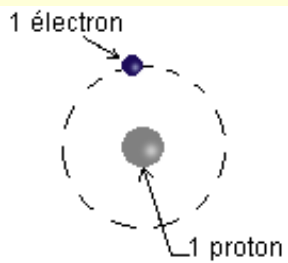
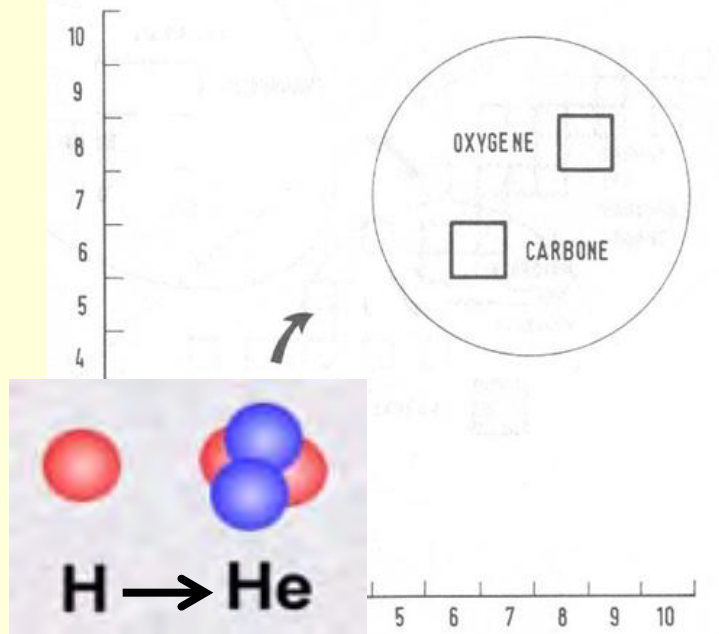




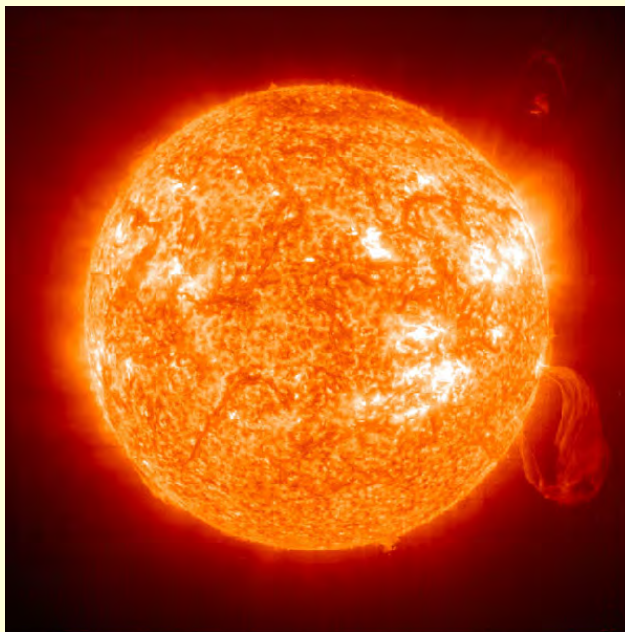


**L'atome** est constitué d'un noyau concentrant plus de 99,9 % de sa masse autour duquel se distribuent des électrons pour former un nuage 100 000 fois plus étendu que le noyau lui-même (donc schéma pas à l'échelle ici !).

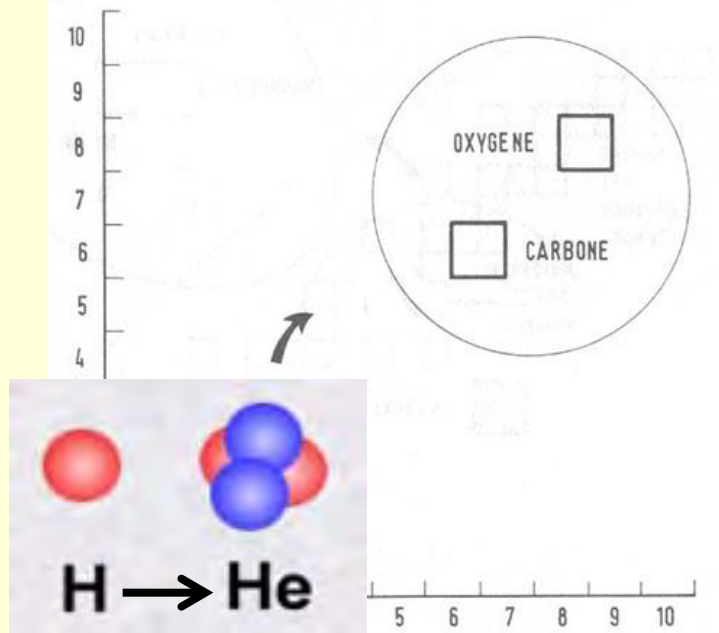
# Combustion de l'hélium



Hydrogène



# Combustion de l'hélium



**Elles s'éclatent pour vous!**

Sans les étoiles mortes, vous ne seriez pas là.

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

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

[CoolCosmos.net](http://CoolCosmos.net)

# Tableau Périodique des Éléments

1 IA	New Original																18 VIIIA												
1 <b>H</b> Hydrogène 1.00794																	2 <b>He</b> Hélium 4.002602												
3 <b>Li</b> Lithium 6.941	4 <b>Be</b> Béryllium 9.012182																	10 <b>Ne</b> Néon 20.1797											
11 <b>Na</b> Sodium 22.989770	12 <b>Mg</b> Magnésium 24.3050	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 <b>Ar</b> Argon 39.948												
19 <b>K</b> Potassium 39.0983	20 <b>Ca</b> Calcium 40.078	21 <b>Sc</b> Scandium 44.955910	22 <b>Ti</b> Titane 47.867	23 <b>V</b> Vanadium 50.9415	24 <b>Cr</b> Chrome 51.9961	25 <b>Mn</b> Manganèse 54.938049	26 <b>Fe</b> Fer 55.8457	27 <b>Co</b> Cobalt 58.933200	28 <b>Ni</b> Nickel 58.6934	29 <b>Cu</b> Cuivre 63.546	30 <b>Zn</b> Zinc 65.409	31 <b>Ga</b> Gallium 69.723	32 <b>Ge</b> Germanium 72.64	33 <b>As</b> Arsenic 74.92160	34 <b>Se</b> Sélénium 78.96	35 <b>Br</b> Brome 79.904	36 <b>Kr</b> Krypton 83.798												
37 <b>Rb</b> Rubidium 87.4678	38 <b>Sr</b> Strontium 87.62	39 <b>Y</b> Yttrium 88.90585	40 <b>Zr</b> Zirconium 91.224	41 <b>Nb</b> Niobium 92.90638	42 <b>Mo</b> Molybdène 95.94	43 <b>Tc</b> Technétium (98)	44 <b>Ru</b> Ruthénium 101.07	45 <b>Rh</b> Rhodium 102.90550	46 <b>Pd</b> Palladium 106.42	47 <b>Ag</b> Argent 107.8682	48 <b>Cd</b> Cadmium 112.411	49 <b>In</b> Indium 114.818	50 <b>Sn</b> Étain 118.710	51 <b>Sb</b> Antimoine 121.760	52 <b>Te</b> Tellure 127.60	53 <b>I</b> Iode 126.90447	54 <b>Xe</b> Xénon 131.293												
55 <b>Cs</b> Césium 132.90545	56 <b>Ba</b> Baryum 137.327	57 to 71																											
87 <b>Fr</b> Francium (223)	88 <b>Ra</b> Radium (226)	89 to 103																											
72 <b>Hf</b> Hafnium 178.49	73 <b>Ta</b> Tantale 180.9479	74 <b>W</b> Tungstène 183.84	75 <b>Re</b> Rhénium 186.207	76 <b>Os</b> Osmium 190.23	77 <b>Ir</b> Iridium 192.217	78 <b>Pt</b> Platine 195.078	79 <b>Au</b> Or 196.96655	80 <b>Hg</b> Mercure 200.59	81 <b>Tl</b> Thallium 204.3833	82 <b>Pb</b> Plomb 207.2	83 <b>Bi</b> Bismuth 208.98038	84 <b>Po</b> Polonium (209)	85 <b>At</b> Astate (210)	86 <b>Rn</b> Radon (222)	104 <b>Rf</b> Rutherfordium (261)	105 <b>Db</b> Dubnium (262)	106 <b>Sg</b> Seaborgium (266)	107 <b>Bh</b> Bohrium (264)	108 <b>Hs</b> Hassium (269)	109 <b>Mt</b> Meitnerium (268)	110 <b>Ds</b> Darmstadtium (271)	111 <b>Rg</b> Roentgenium (272)	112 <b>Uub</b> Ununbium (285)	113 <b>Uut</b> Ununtrium (284)	114 <b>Uuq</b> Ununquadium (289)	115 <b>Uup</b> Ununpentium (288)	116 <b>Uuh</b> Ununhexium (292)	117 <b>Uus</b> Ununseptium	118 <b>Uuo</b> Ununoctium

Atomic masses in parentheses are those of the most stable or common isotope.

Design Copyright © 1997 Michael Dayah (michael@dayah.com) <http://www.dayah.com/periodic/>

57 <b>La</b> Lanthane 138.9055	58 <b>Ce</b> Cérium 140.116	59 <b>Pr</b> Praséodyme 140.90765	60 <b>Nd</b> Néodyme 144.24	61 <b>Pm</b> Prométhium (145)	62 <b>Sm</b> Samarium 150.36	63 <b>Eu</b> Europium 151.964	64 <b>Gd</b> Gadolinium 157.25	65 <b>Tb</b> Terbium 158.92534	66 <b>Dy</b> Dysprosium 162.500	67 <b>Ho</b> Holmium 164.93032	68 <b>Er</b> Erbium 167.259	69 <b>Tm</b> Thulium 168.93421	70 <b>Yb</b> Ytterbium 173.04	71 <b>Lu</b> Lutéций 174.967
89 <b>Ac</b> Actinium (227)	90 <b>Th</b> Thorium 232.0381	91 <b>Pa</b> Protactinium 231.03688	92 <b>U</b> Uranium 238.02891	93 <b>Np</b> Neptunium (237)	94 <b>Pu</b> Plutonium (244)	95 <b>Am</b> Américium (243)	96 <b>Cm</b> Curium (247)	97 <b>Bk</b> Berkélium (247)	98 <b>Cf</b> Californium (251)	99 <b>Es</b> Einsteinium (252)	100 <b>Fm</b> Fermium (257)	101 <b>Md</b> Mendelevium (258)	102 <b>No</b> Nobélium (259)	103 <b>Lr</b> Lawrencium (262)

Note: The subgroup numbers 1-18 were adopted in 1984 by the International Union of Pure and Applied Chemistry. The names of elements 112-118 are the Latin equivalents of those numbers.

Pour essayer de  
comprendre sa place  
dans l'univers,

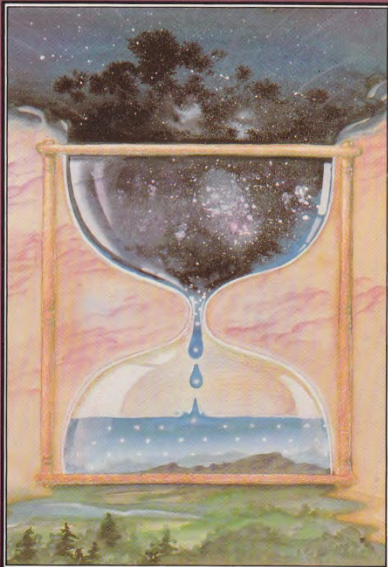


Pour essayer de  
comprendre sa place  
dans l'univers,

Hubert Reeves

# PATIENCE DANS L'AZUR

L'ÉVOLUTION COSMIQUE



QUÉBEC SCIENCE  
ÉDITEUR

(1981)

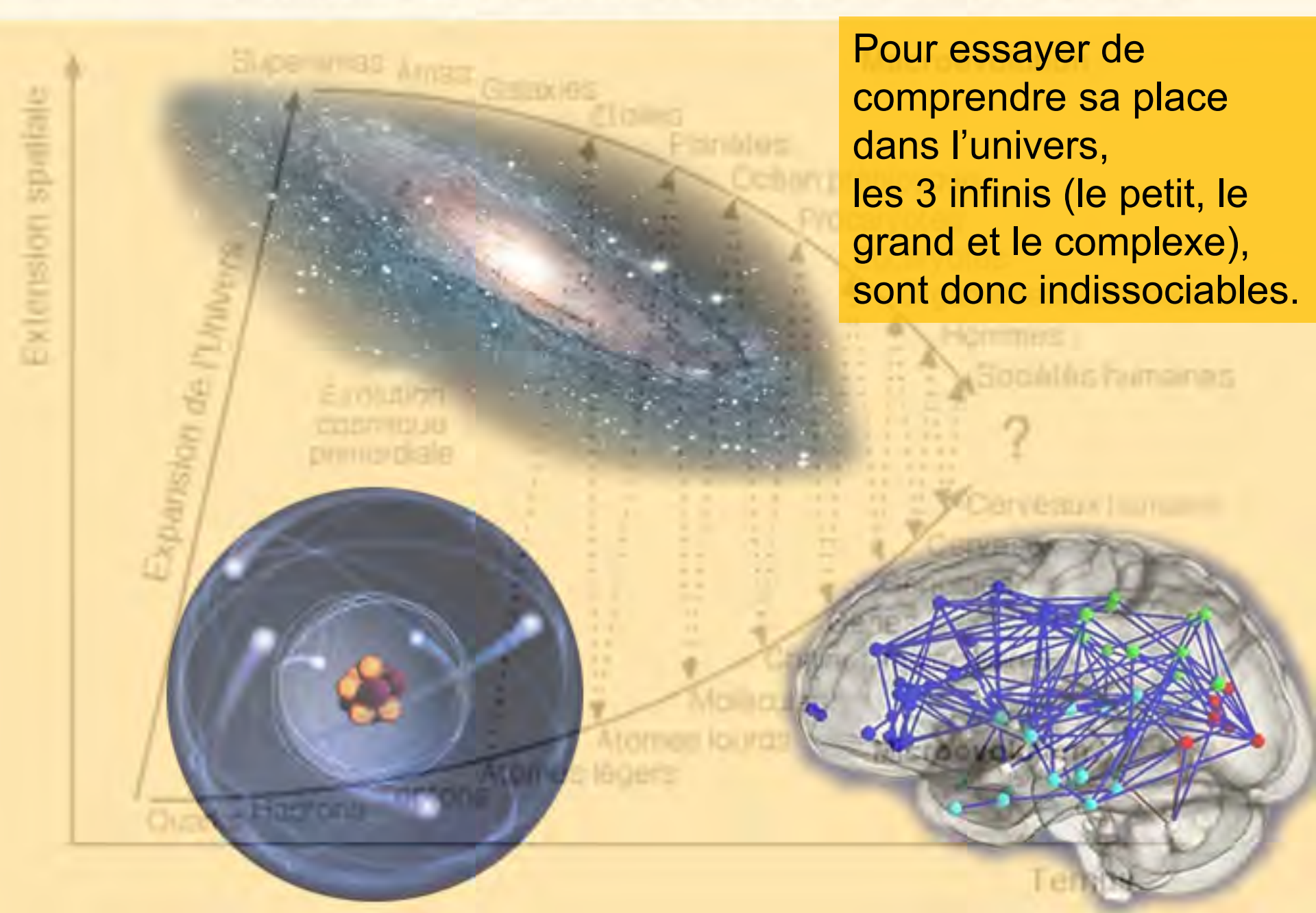
## BIG HISTORY PROJECT



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



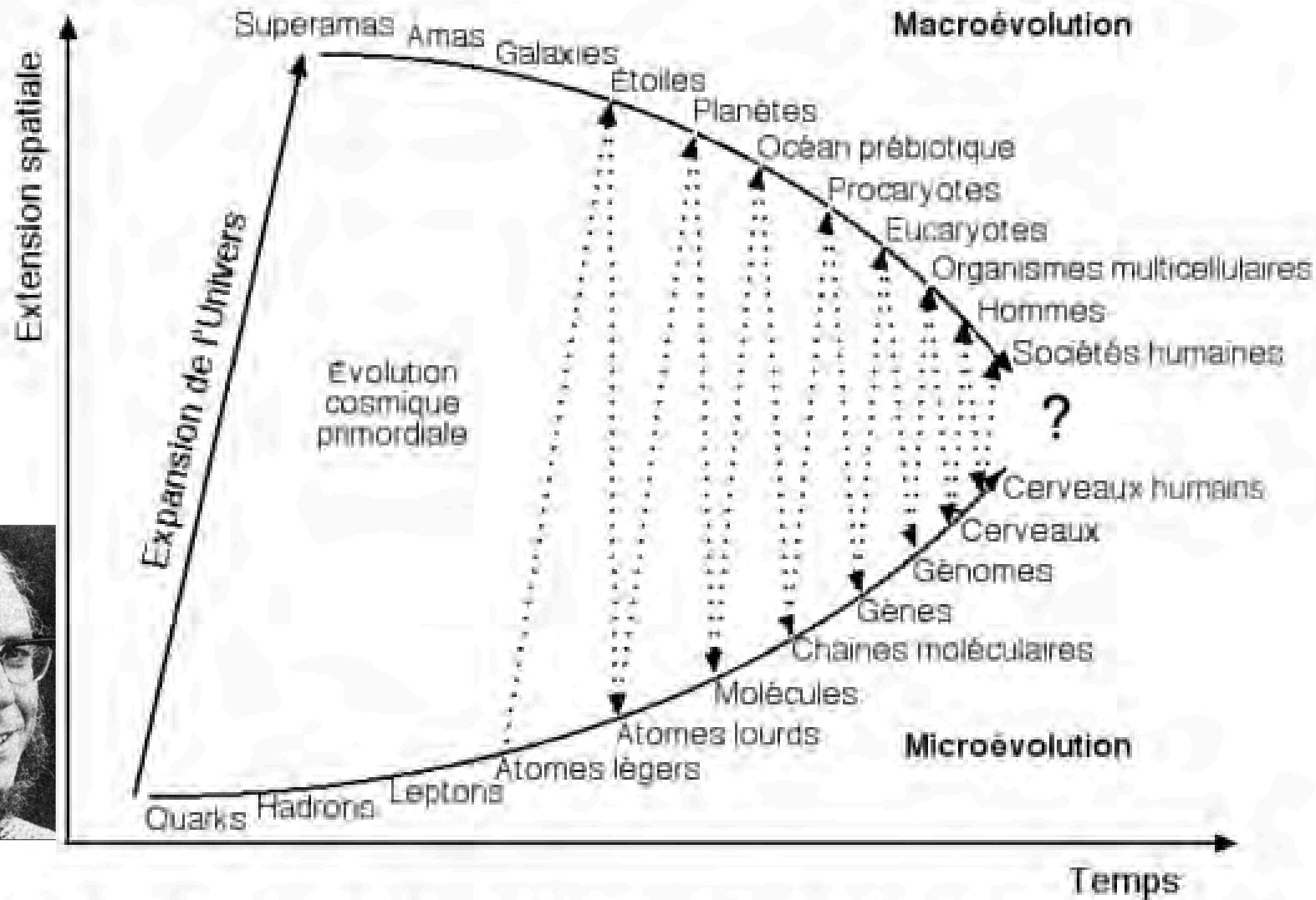
Pour essayer de comprendre sa place dans l'univers, les 3 infinis (le petit, le grand et le complexe), sont donc indissociables.



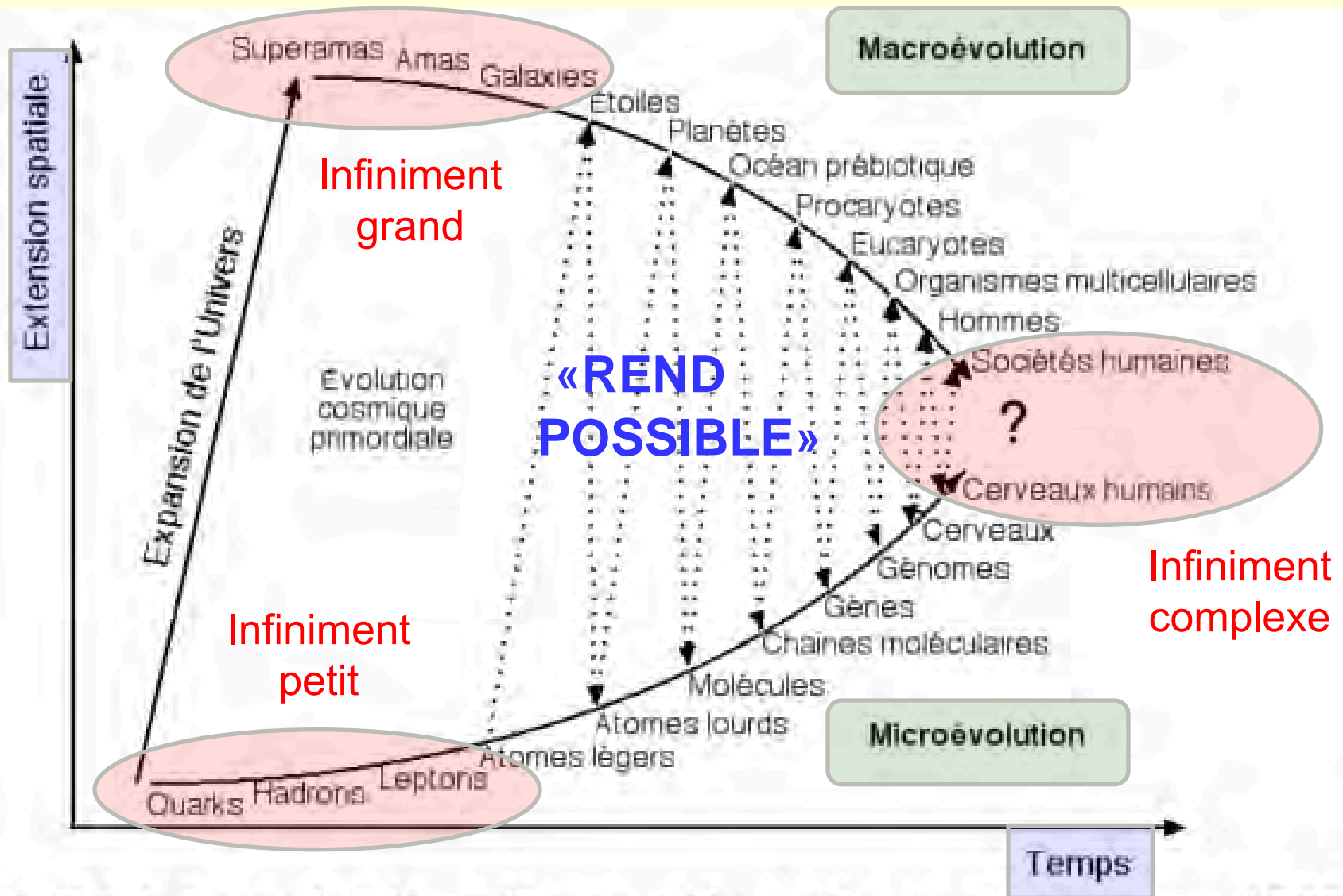




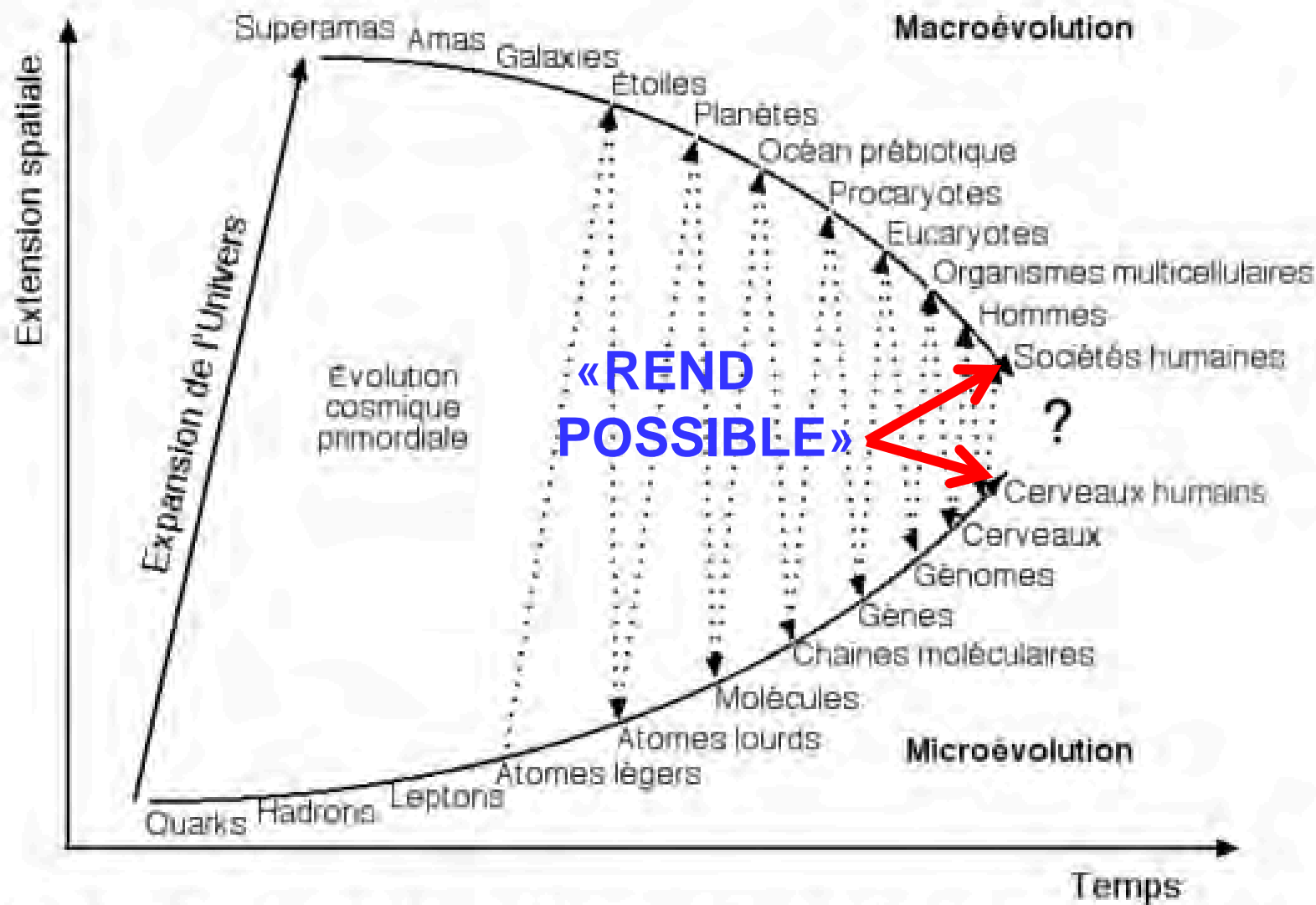
(1929 - 1980)



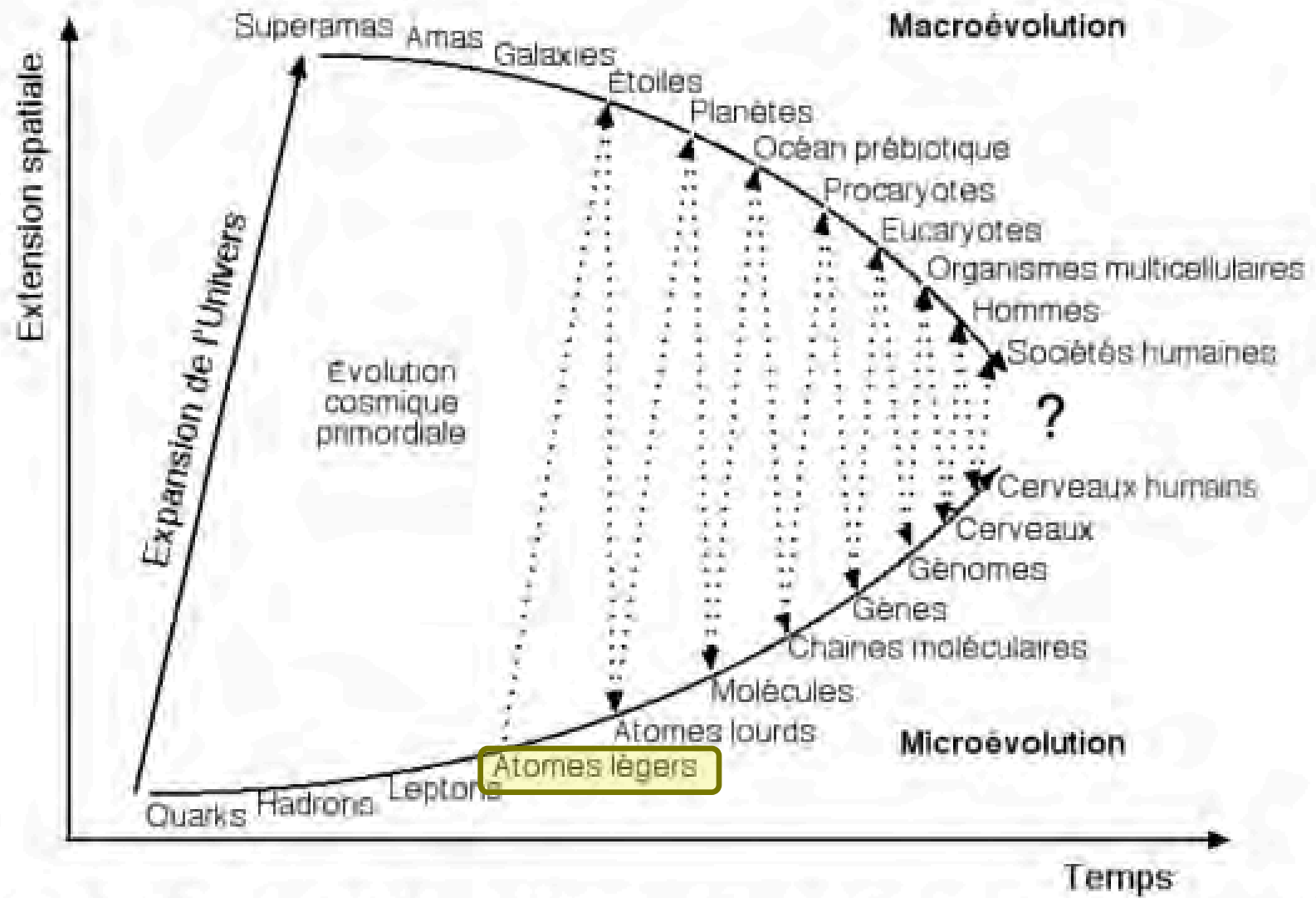
D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.



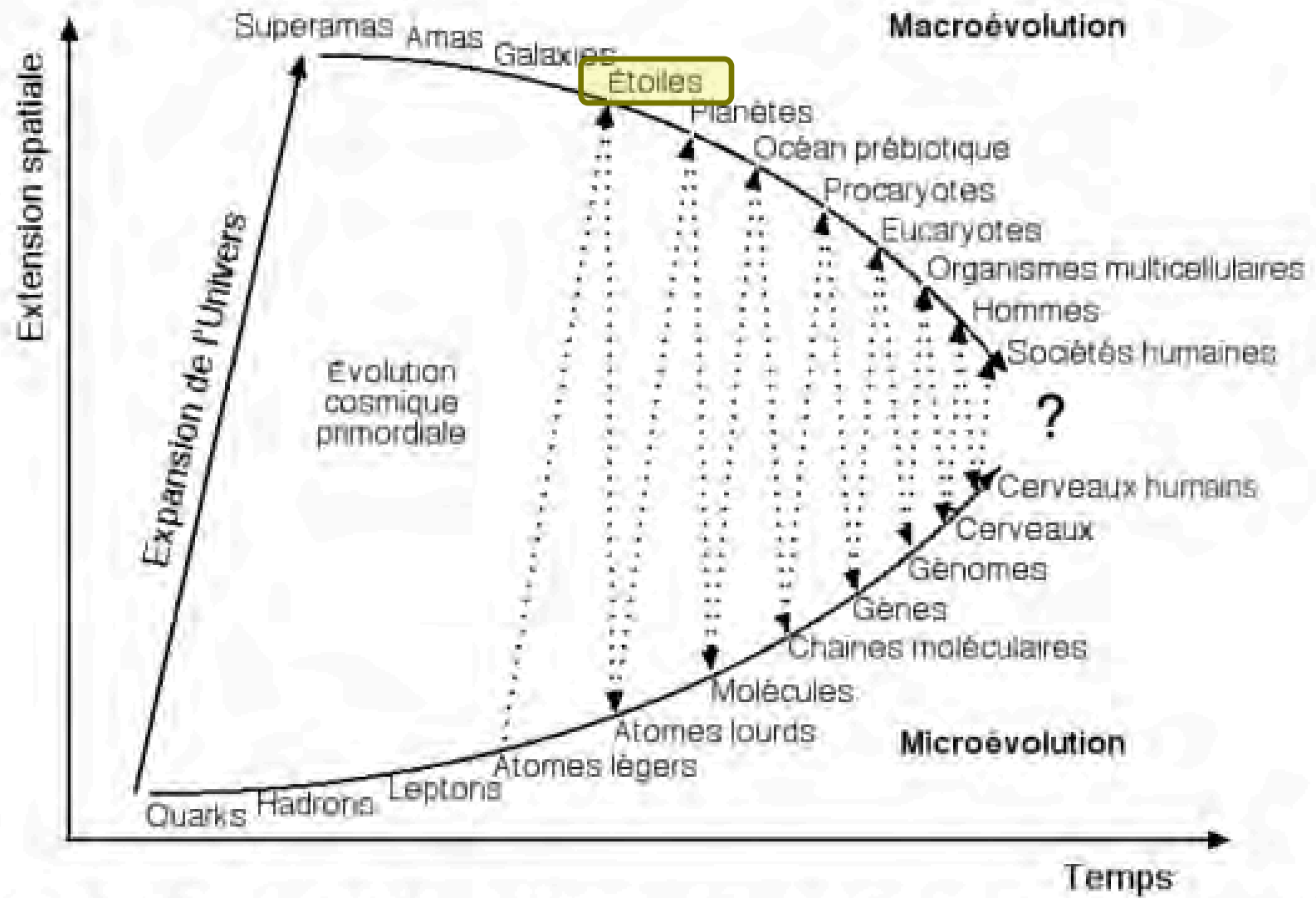
D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.



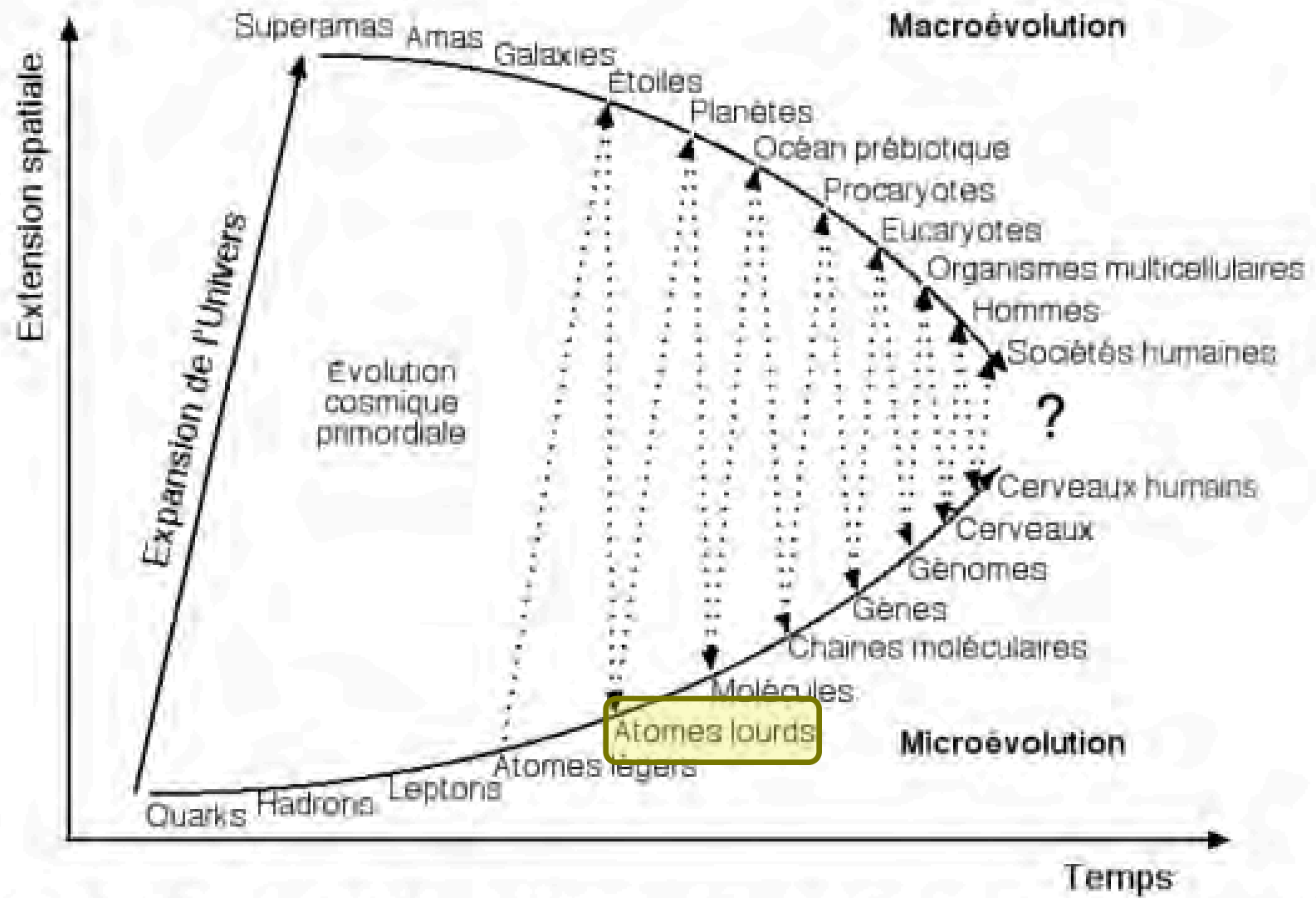
D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.



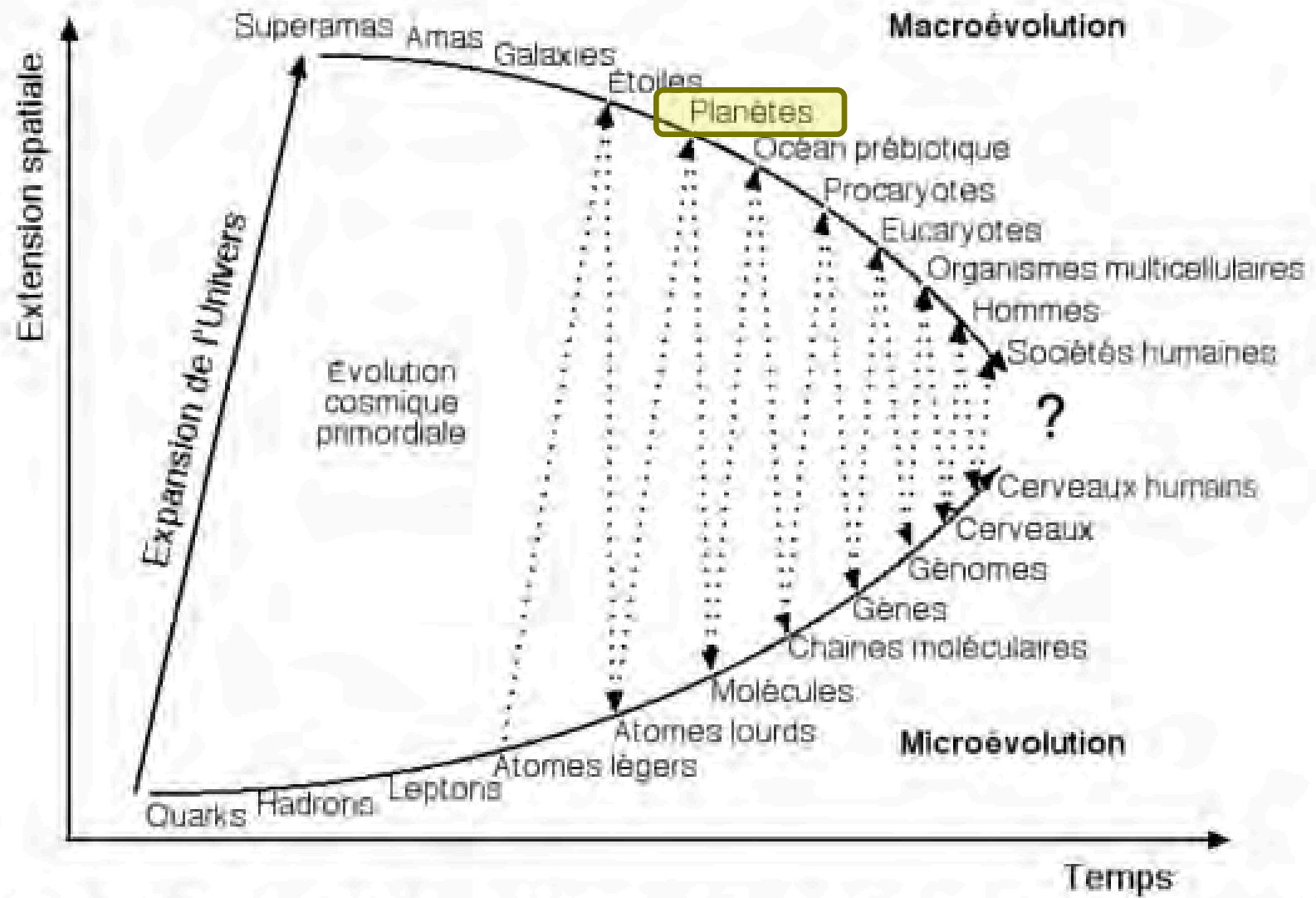
D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.



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



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



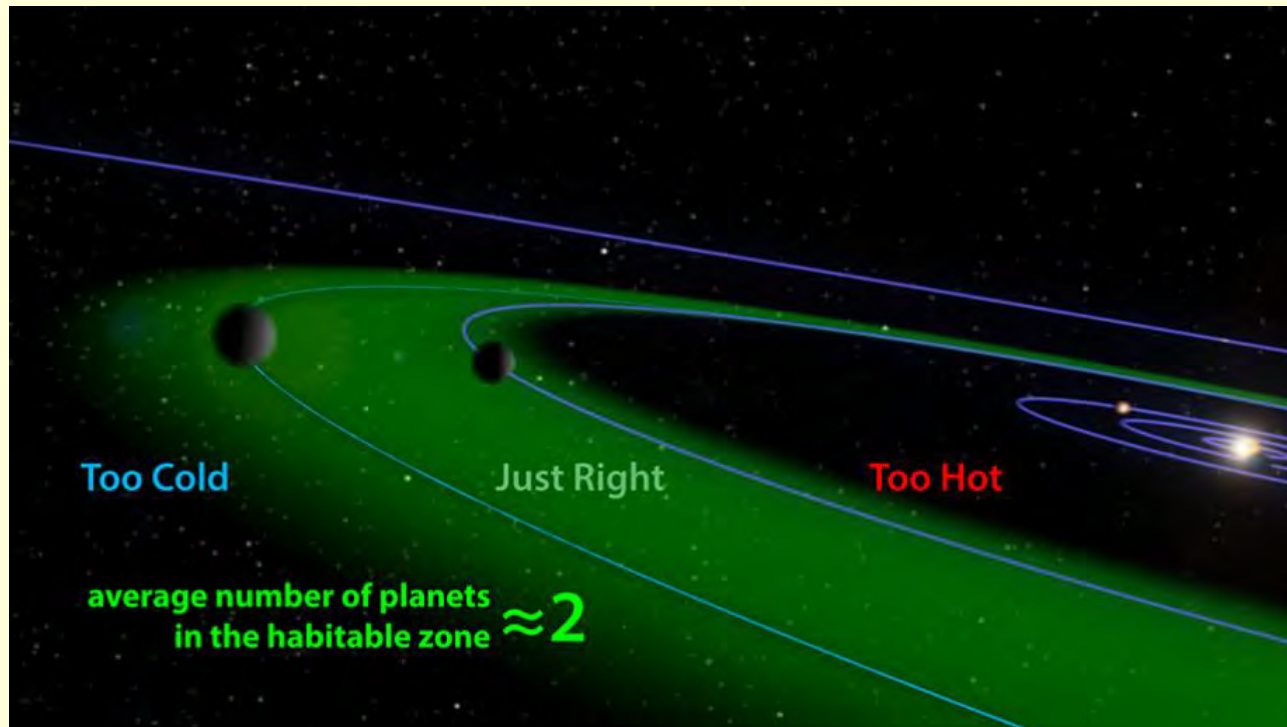
D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.

# Le nombre estimé de planètes « habitables » dans notre galaxie devient vertigineux

Par Erwan Lecomte

Publié le 6 février 2015

Dans une nouvelle publication basée sur les dernières données récoltées par le télescope Kepler, des chercheurs estiment qu'elles **se compteraient en "centaines de milliards"**. C'est bien plus que les dernière estimations.





# The aliens are silent because they're dead

January 21, 2016

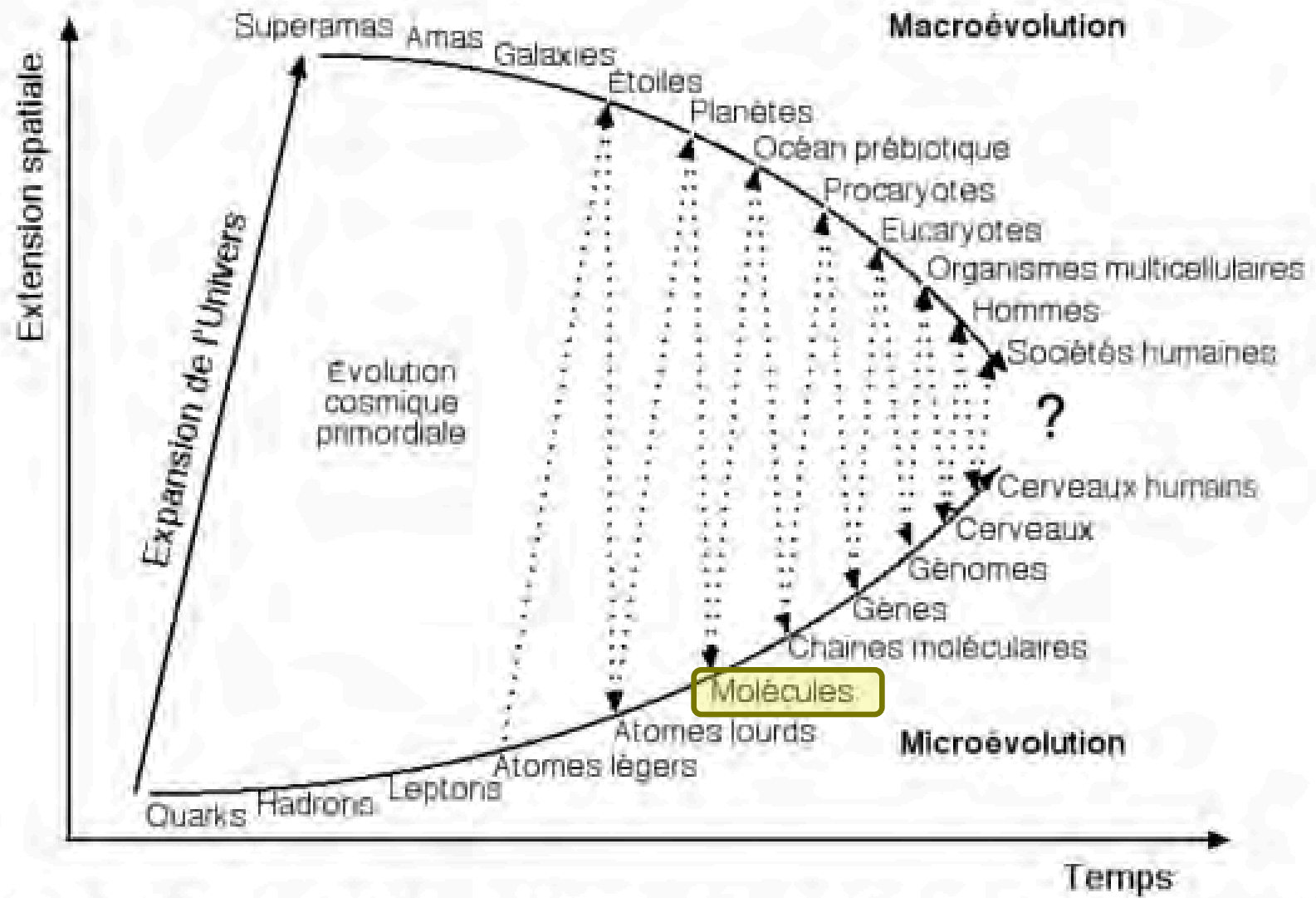
<http://phys.org/news/2016-01-aliens-silent-theyre-dead.html>

"The universe is probably filled with **habitable planets**, so many scientists think it should be teeming with aliens," said Dr Aditya Chopra from the ANU Research School of Earth Sciences and lead author on the paper, which is published in *Astrobiology*.

"**Early life is fragile**, so we believe it rarely evolves quickly enough to survive."

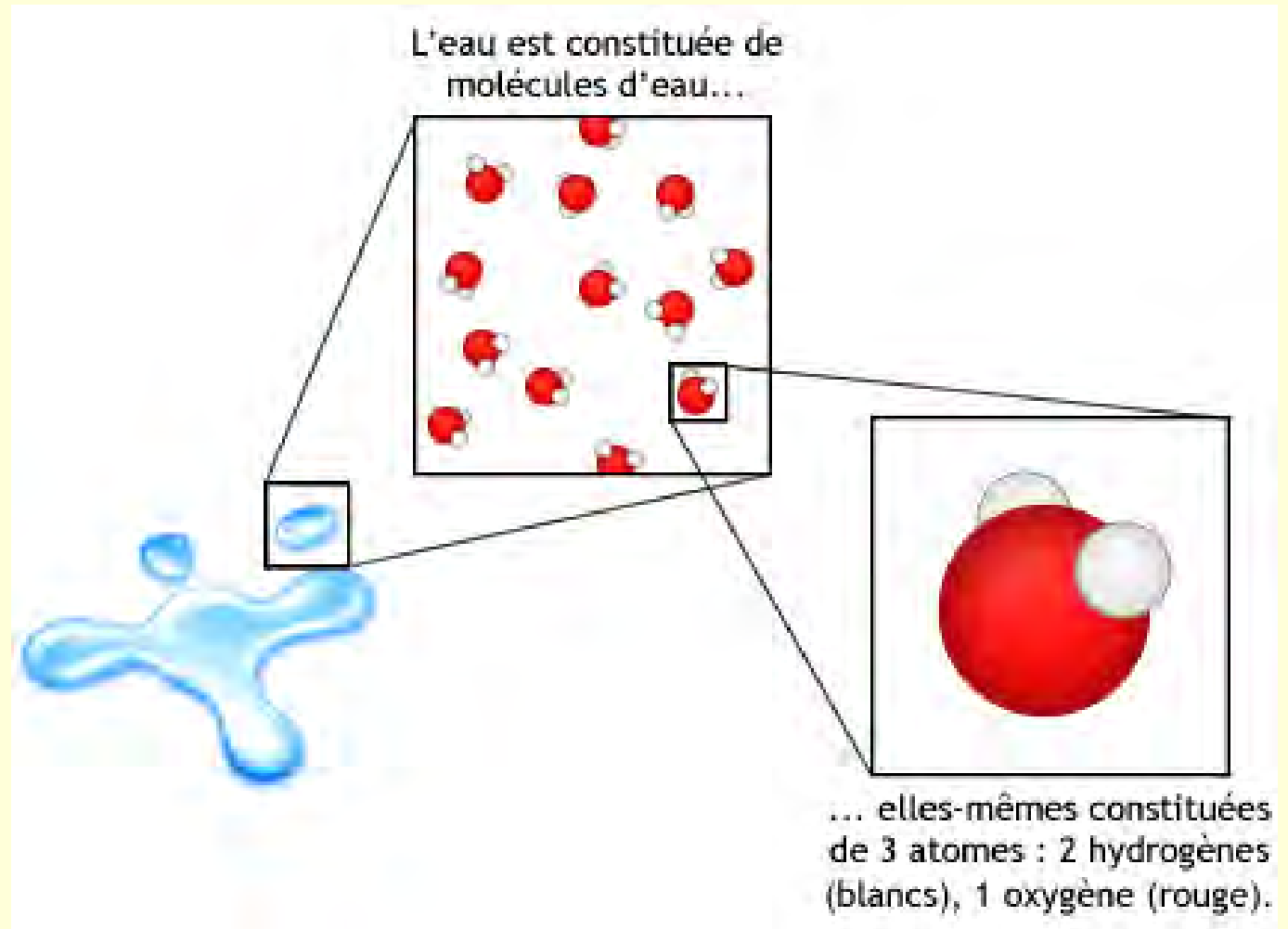
"Most early planetary environments are **unstable**. To produce a habitable planet, life forms need to **regulate greenhouse gases** such as water and carbon dioxide to keep surface temperatures stable."





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

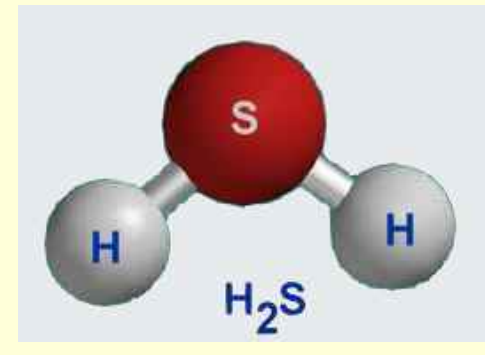
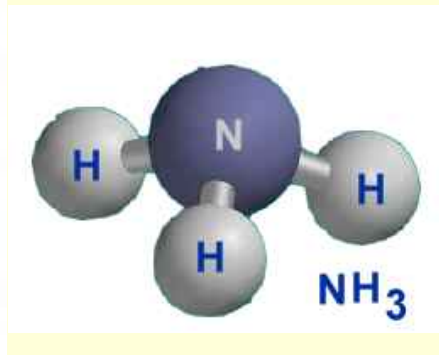
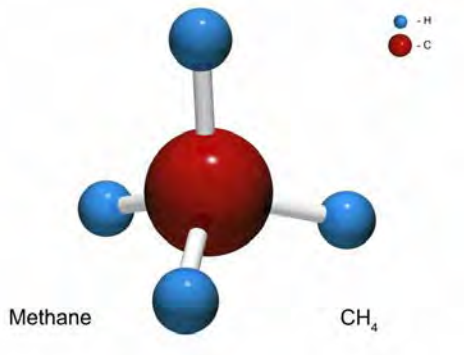
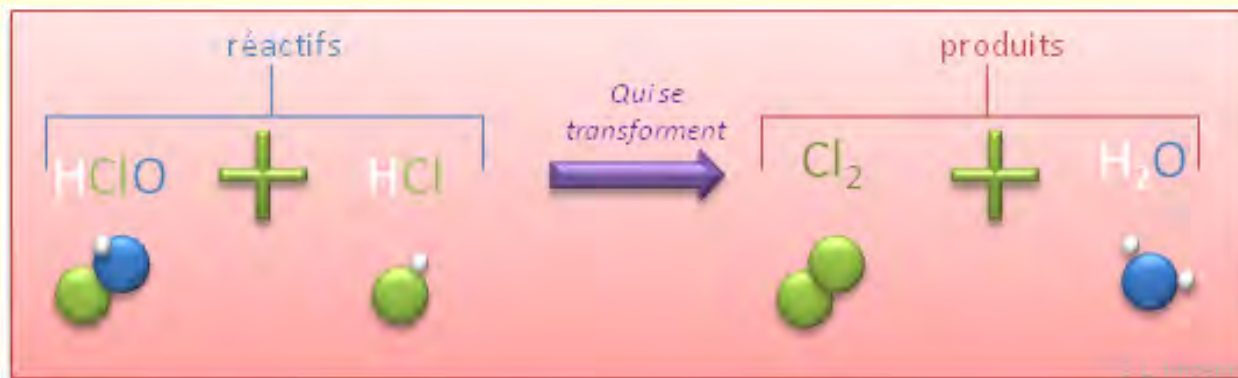
## Molécule :



## Molécule :

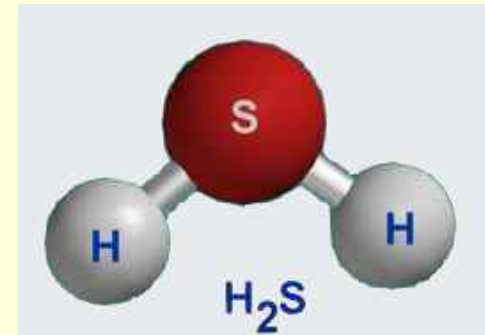
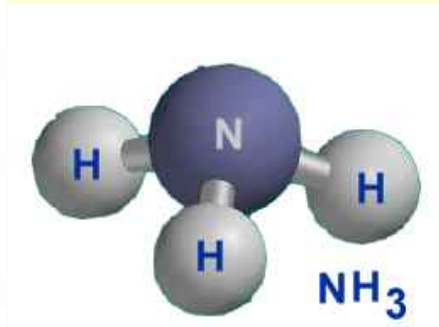
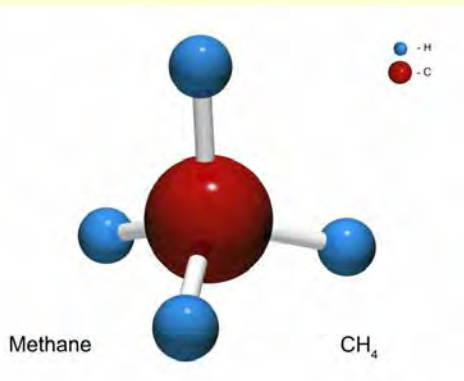
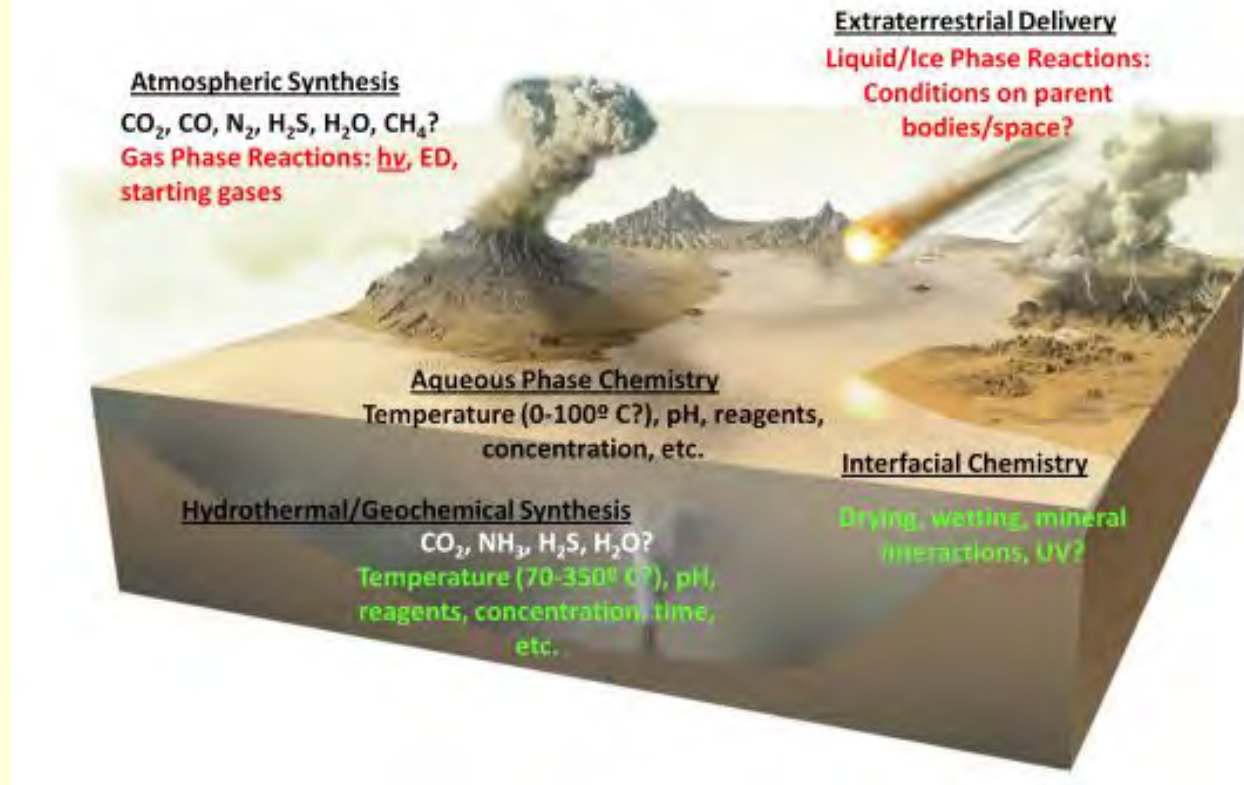
Les molécules constituent des **agrégats atomiques** liés par des liaisons dites « covalentes » d'au moins deux atomes, différents ou non.

L'assemblage d'atomes constituant une molécule **n'est pas définitif**. Il est susceptible de subir des modifications, c'est-à-dire de se transformer en une ou plusieurs autres molécules ; c'est ce qu'on appelle une **réaction chimique**.



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

méthane ( $\text{CH}_4$ ), ammoniac ( $\text{NH}_3$ ), de vapeur d'eau ( $\text{H}_2\text{O}$ ), de dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) et de sulfure d'hydrogène ( $\text{H}_2\text{S}$ ).

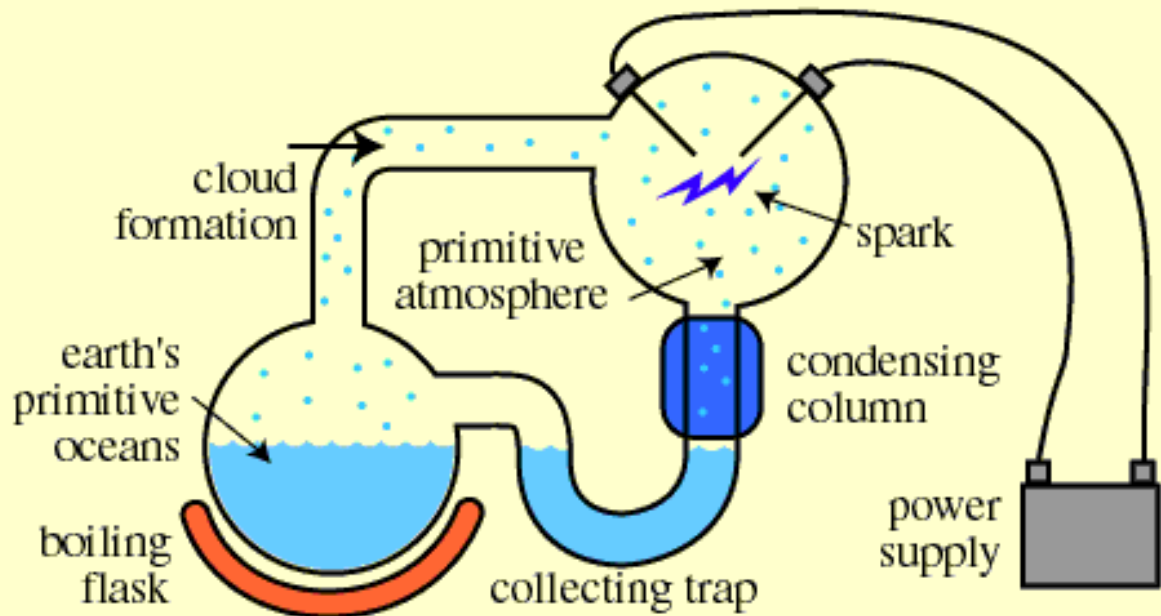


Ces molécules simples ont pu se complexifier jusqu'à un certain point dans les « **mares chaudes** » dont parlait déjà Darwin et qu'on a ensuite appelé « **soupe primitive** ».

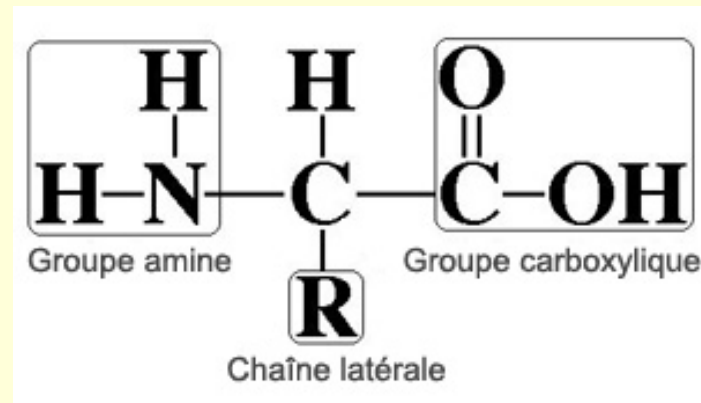


atmosphère et "soupe" primitive

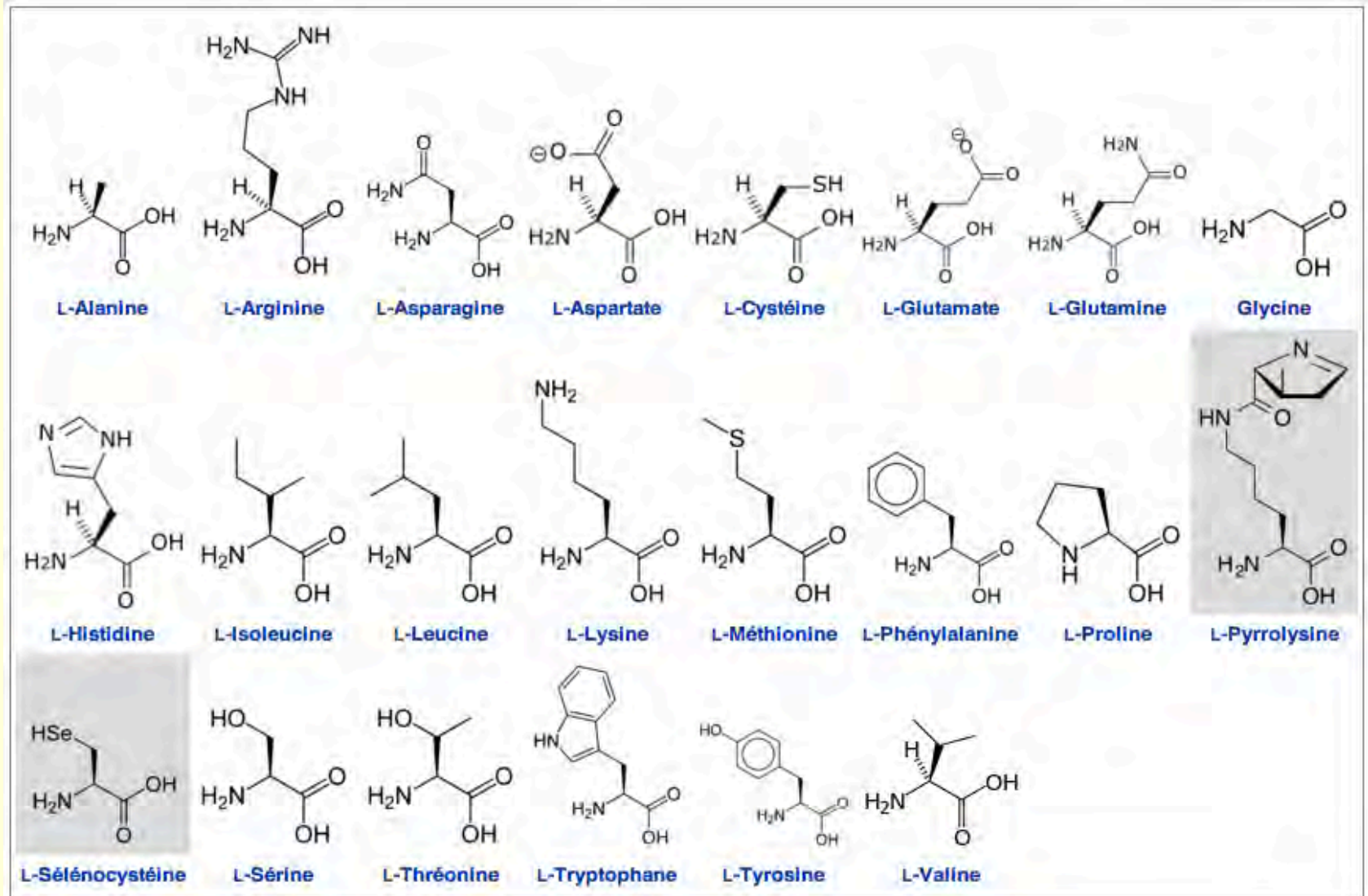
**1953, Miller et Urey :**  
confirment cette hypothèse par une célèbre expérience in vitro où des molécules organiques apparaissent  
(**acides aminés**, etc.)



Note : on parle de **molécules organiques** lorsqu'elles sont formées des atomes suivants : C-H-O-N.



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





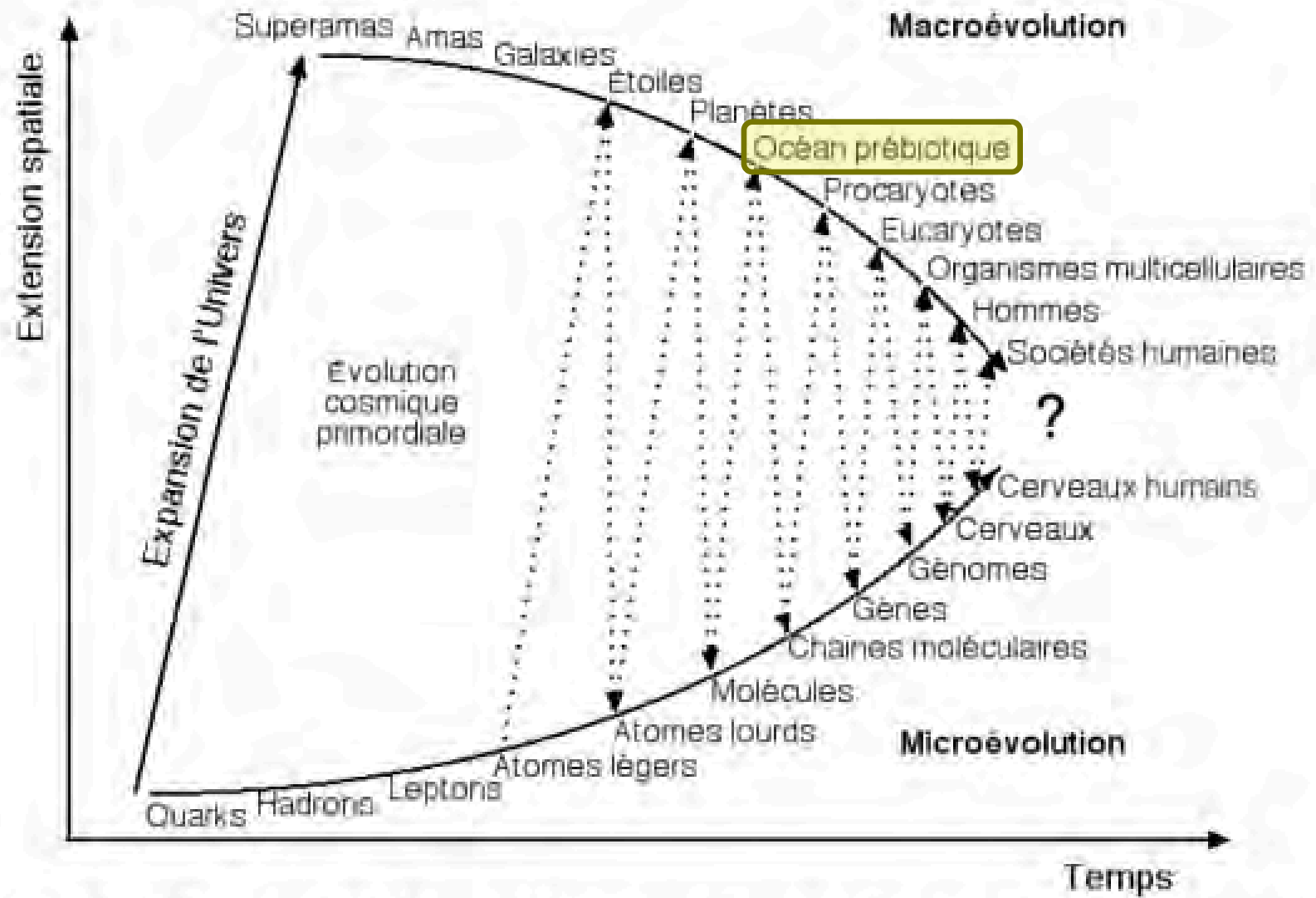
On peut donc dire que le passage de molécules simples vers des molécules organiques comme les acides aminés s'accompagne d'une **croissance de la complexité**.

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

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

c'est-à-dire qu'ils vont former “spontanément”, sans l'intervention de forces extérieures, **les formes moléculaires les plus stables** pour les conditions physico-chimiques qui sont réunies.

On va y revenir... **[après la pause ?]**



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

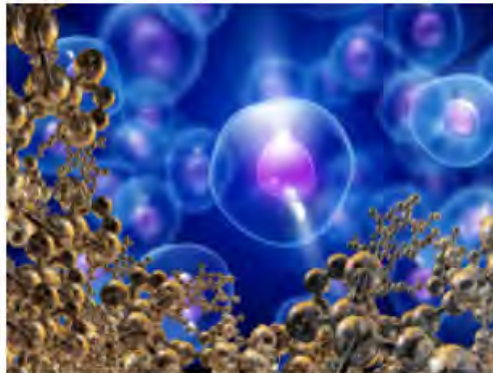
# Autrement dit, quand apparaît la vie ?



CONFÉRENCE - AMPHITHÉÂTRE  
19 mars 2015 - 19h00

DU CHIMIQUE AU BIOLOGIQUE  
**AINSI VINT LA VIE!**

**Encore beaucoup  
de questions...**



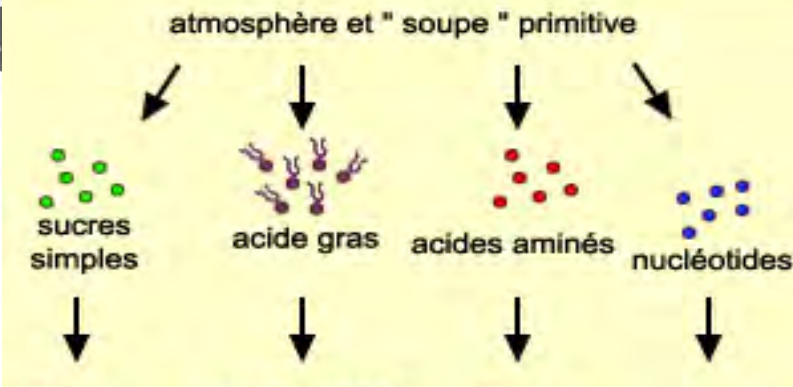
### Une conférence de Christophe Malaterre

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

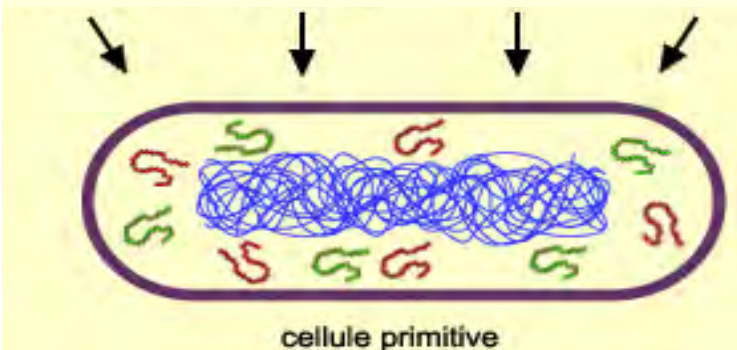
Comment sommes-nous passés de l'inerte au vivant? Une évolution chimique aurait-elle précédé l'évolution biologique? Et quels en seraient les processus évolutifs? Enquête scientifique et philosophique sur les origines et la nature même de la vie.

**Christophe Malaterre** est professeur de philosophie des sciences à l'UQAM et titulaire de la Chaire de recherche UQAM en

philosophie des sciences. Il a notamment publié *Les origines de la vie: émergence ou explication réductive?* (Éditions Hermann, 2010) et a collaboré à l'ouvrage collectif *De l'inerte au vivant. Une enquête scientifique et philosophique* (La ville brûle, 2013). Ses travaux lui ont valu de nombreux prix, dont celui du jeune chercheur de la Société française de philosophie des sciences, en 2010.



??????????



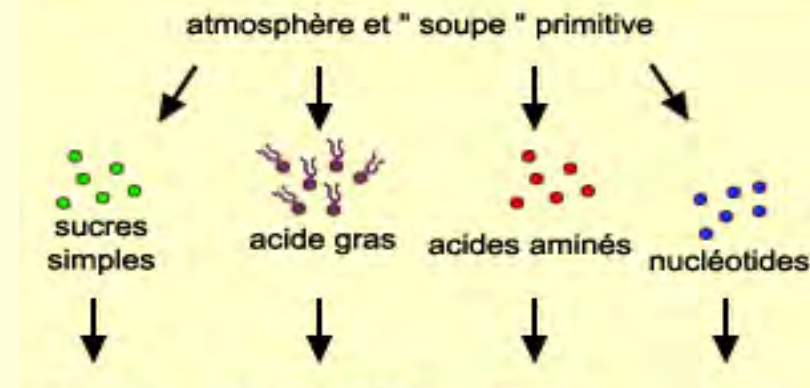
Autrement dit,  
quand apparaît la vie ?

**Les définitions** de la vie sont  
souvent des listes de critères  
comprenant des éléments  
comme :

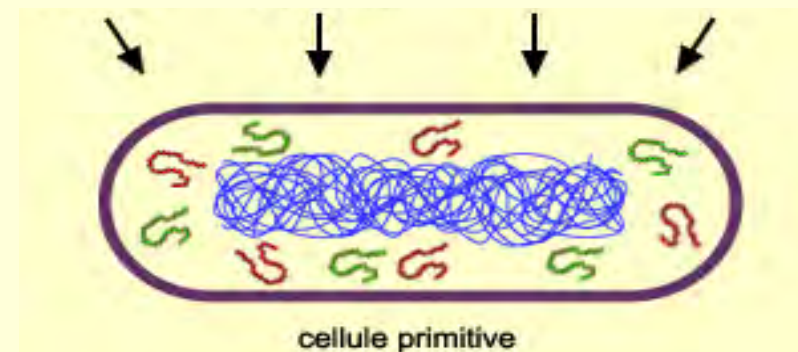
Développement ou croissance  
Métabolisme  
Motilité  
Reproduction  
Réponse à des stimuli  
Etc.

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

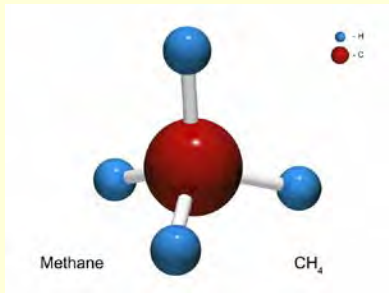
<http://planete.gaia.free.fr/sciences/vivant/presque.html>  
[http://carlzimmer.com/articles/2012.php?subaction=showfull&id=1329948013&archive=&start\\_from=&ucat=15&](http://carlzimmer.com/articles/2012.php?subaction=showfull&id=1329948013&archive=&start_from=&ucat=15&)



??????????



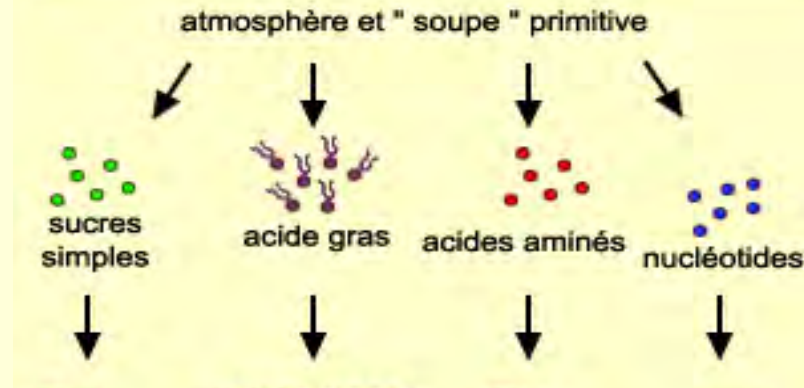
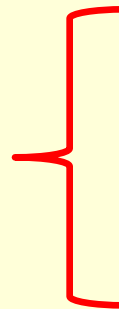
Autrement dit,  
quand apparaît la vie ?



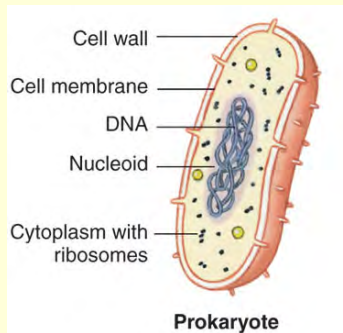
Non



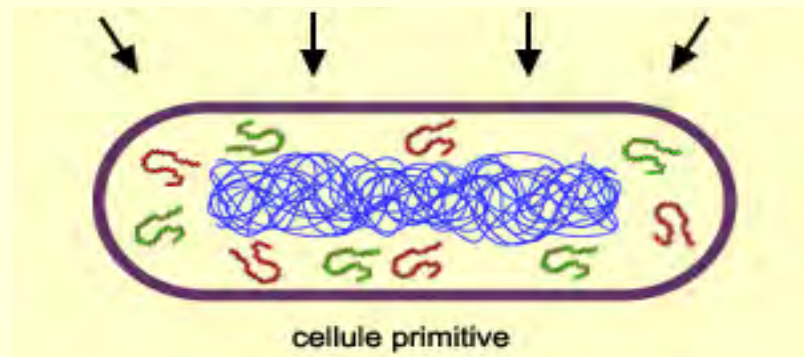
?

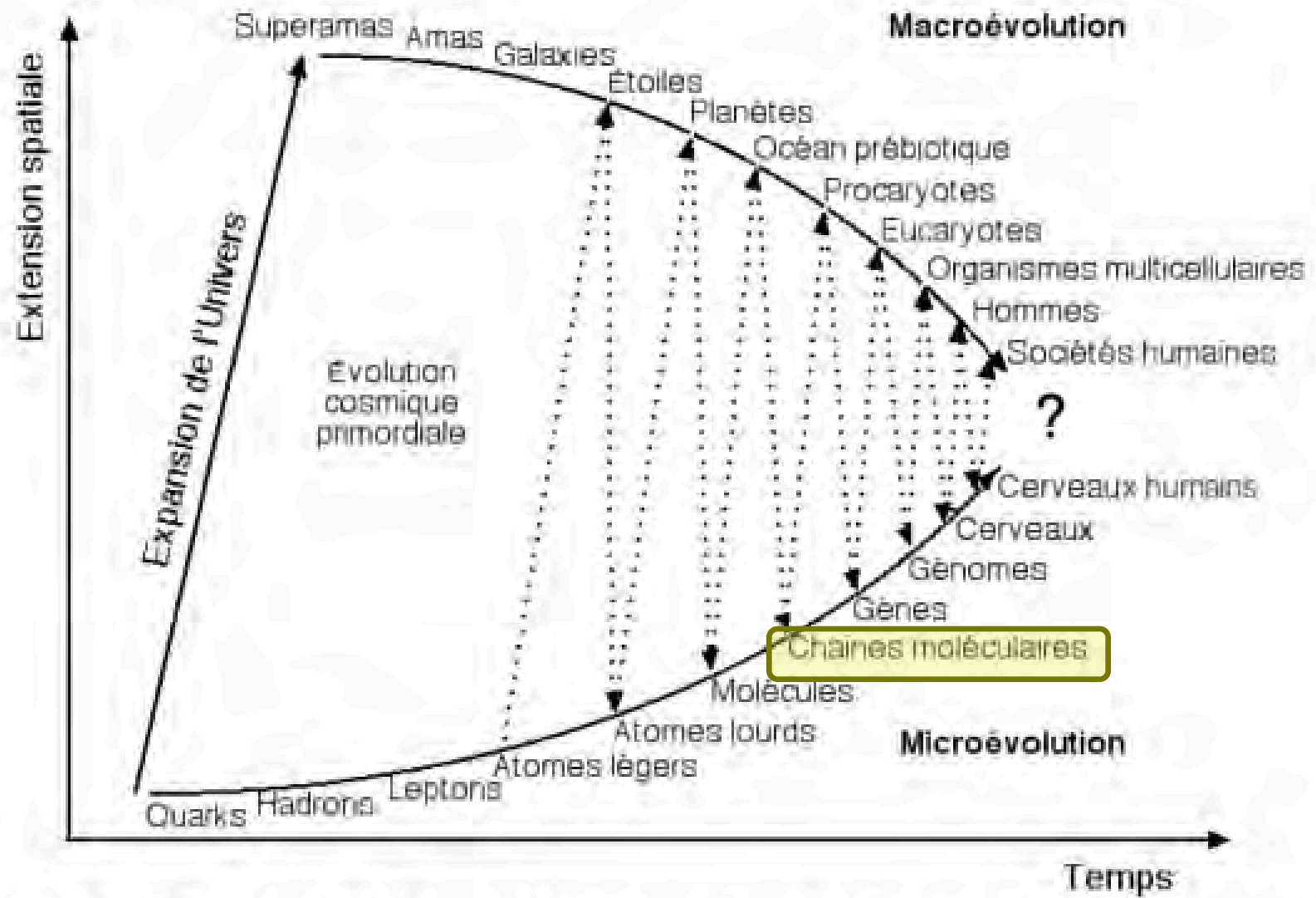


????????????



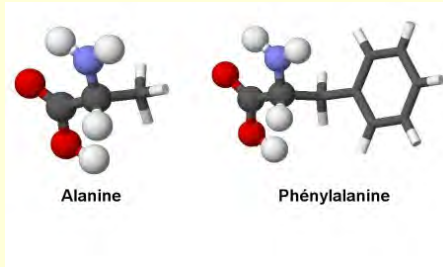
Oui



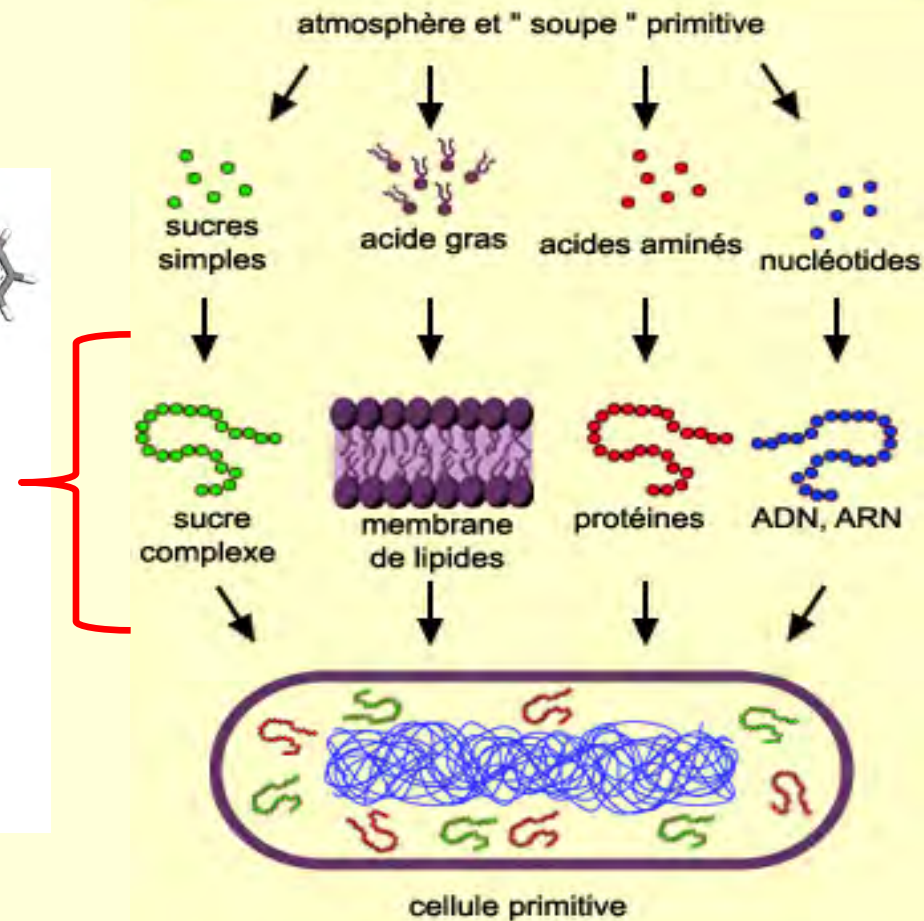
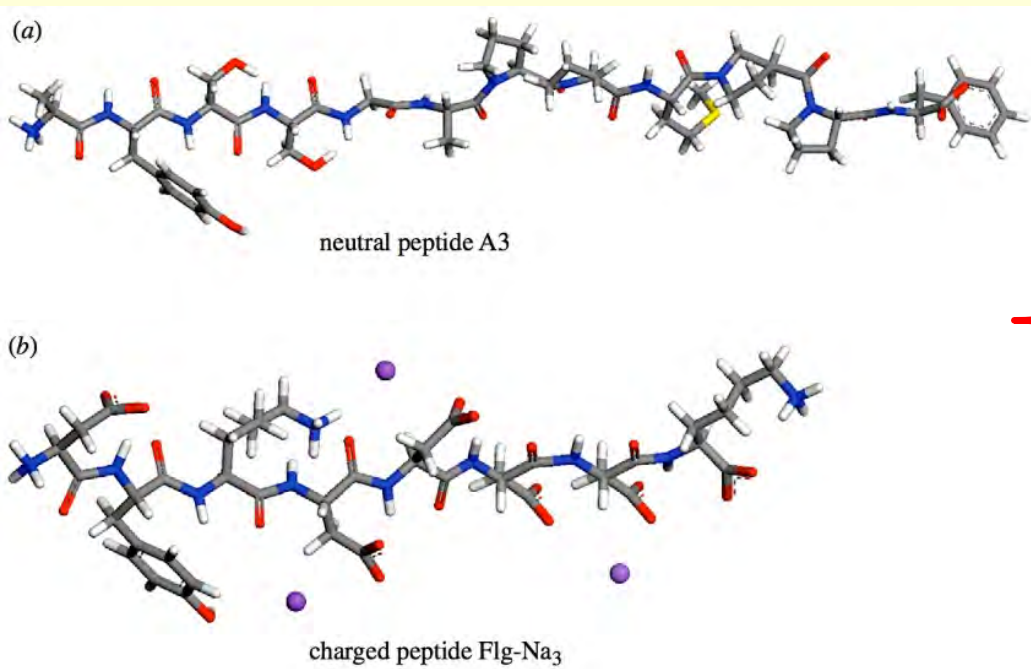


D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.

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

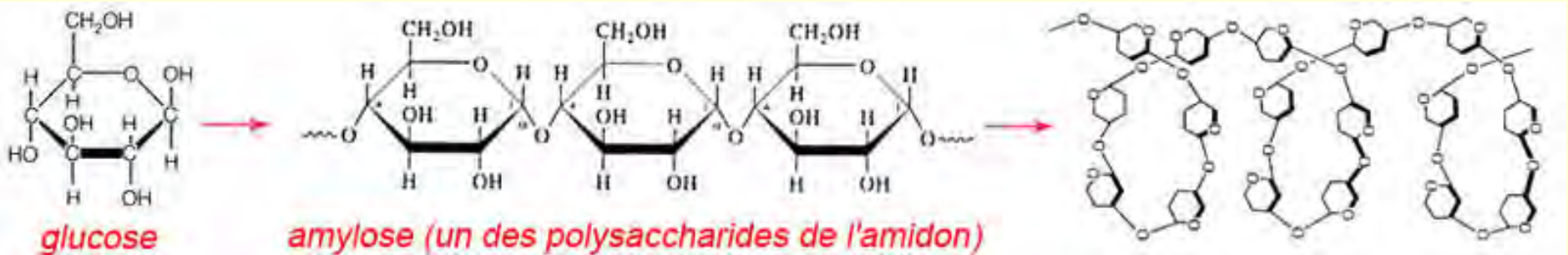


...à des chaînes de molécules...

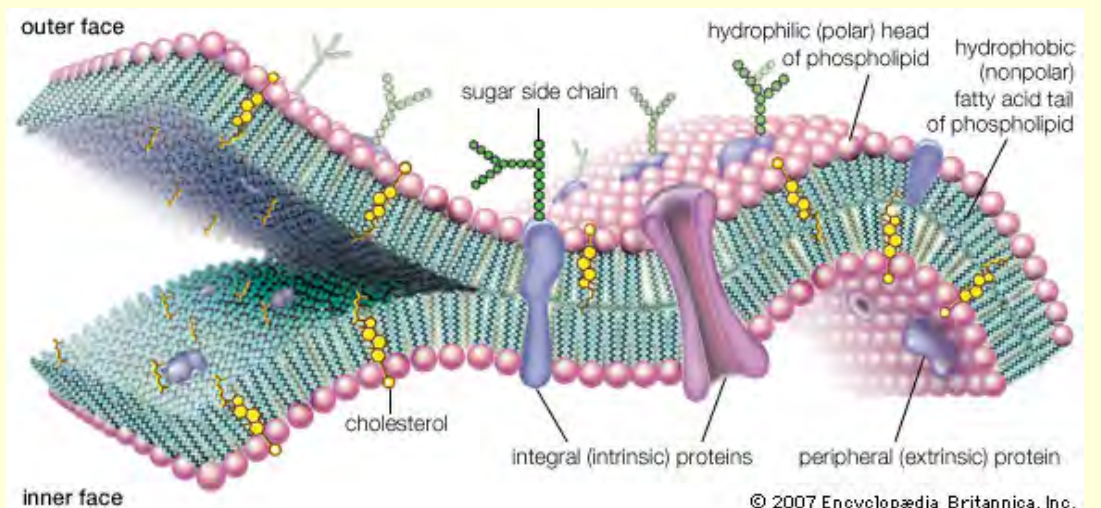
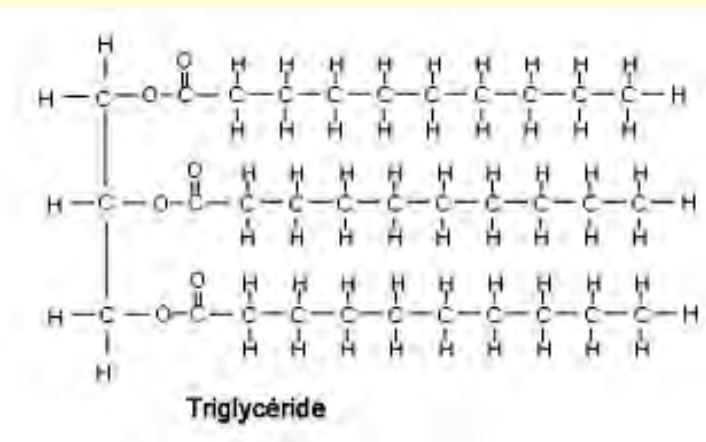


Car les molécules organiques vont avoir tendance à former des chaînes moléculaires de :

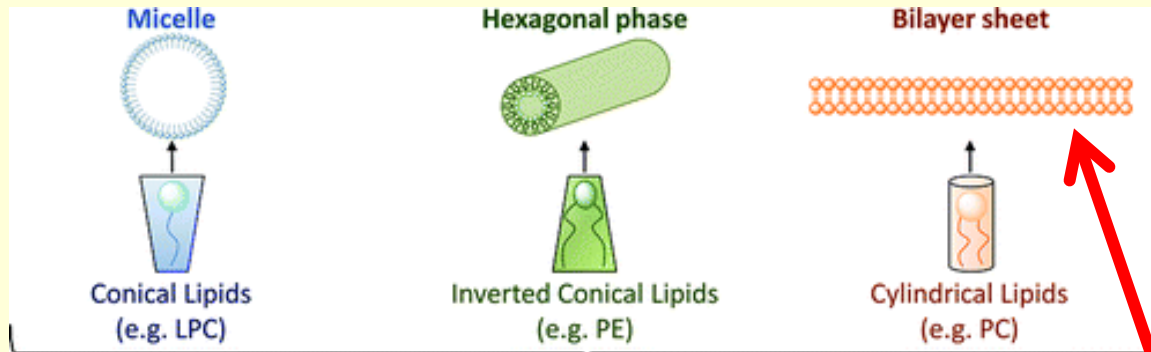
- Glucides



- Lipides



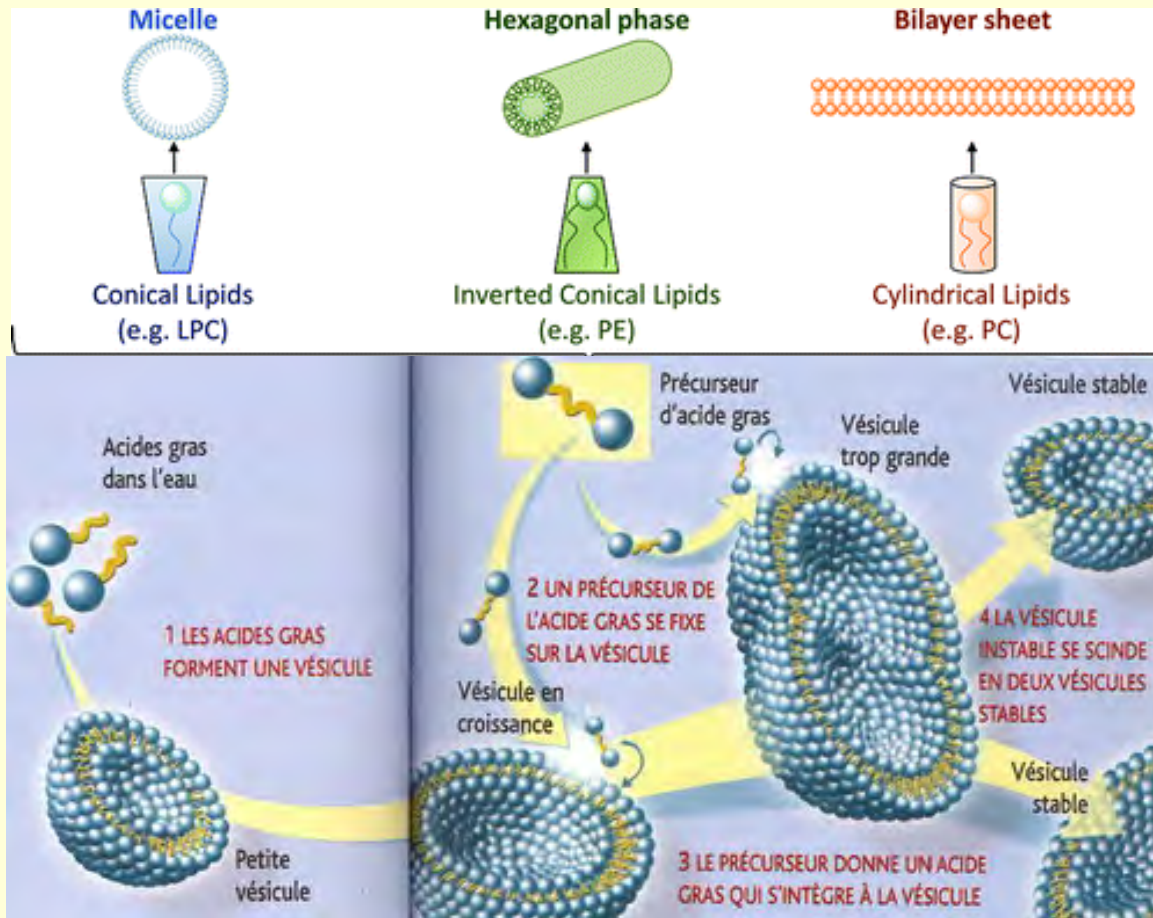




Ces chaînes de lipides vont donner lieu à des phénomènes **d'auto-organisation** mais cette fois-ci au niveau **supra-moléculaires** :

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

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

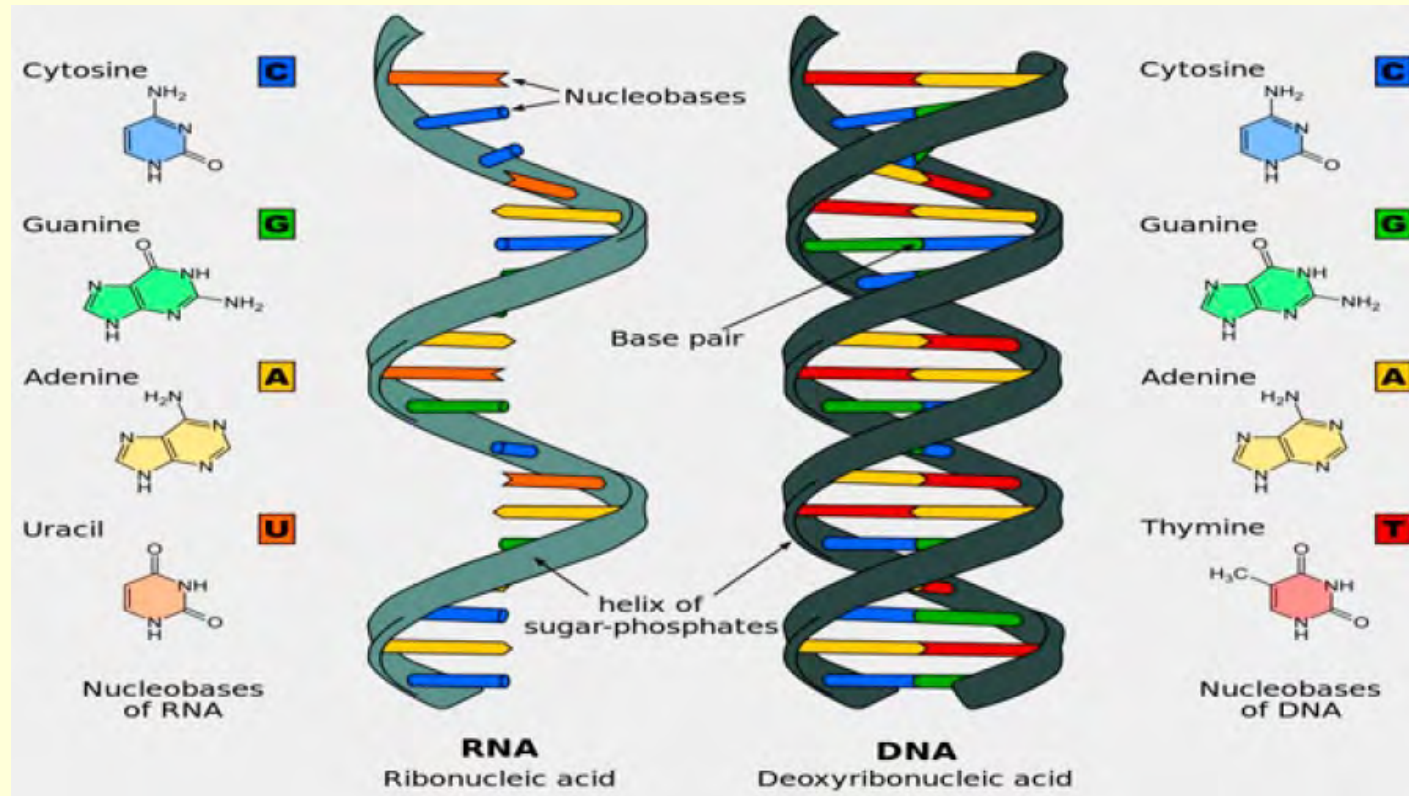


« Pas de membrane, pas de cellules.  
Pas de cellules, pas de neurones.  
Pas de neurones, pas de cerveaux.  
Pas de cerveaux, pas d'humains ! »

Car encore aujourd'hui,  
chaque cellule de  
votre cerveau possède  
une membrane.

Car les molécules organiques vont avoir tendance à former des chaînes moléculaires de :

- Glucides
- Lipides
- **Bases nucléiques**

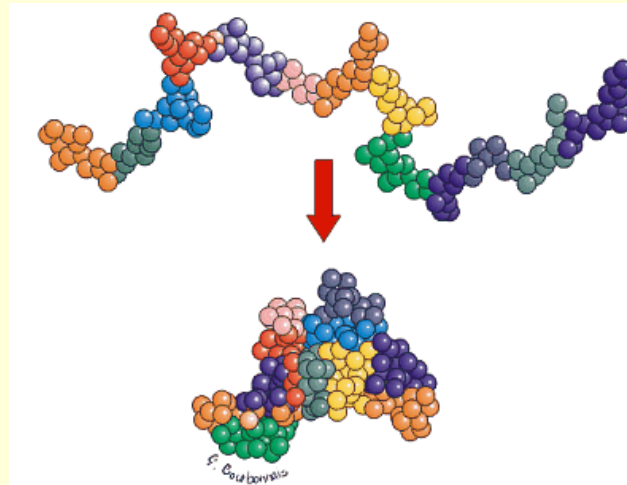
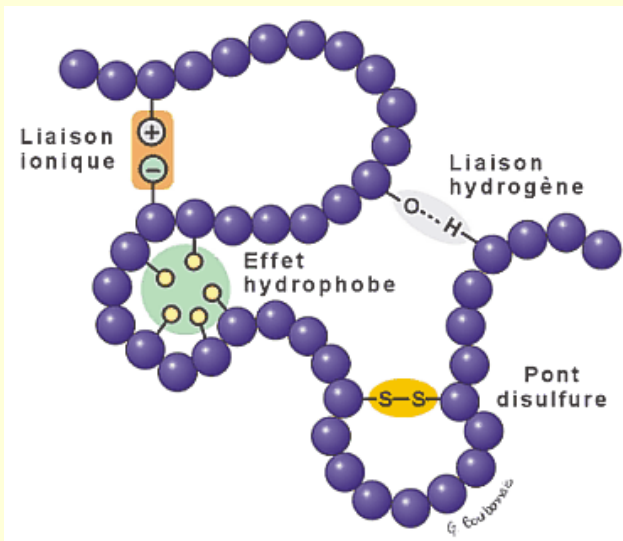
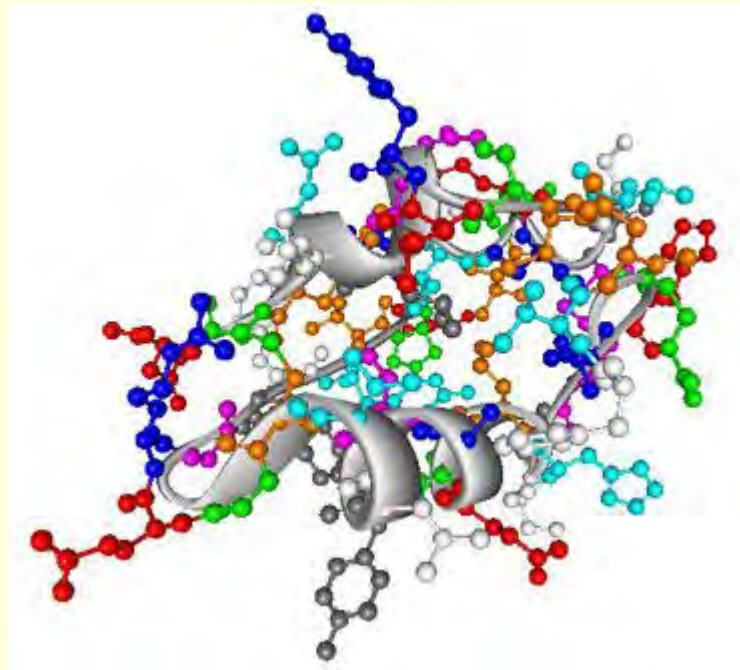


**Même principe d'organisation que pour les lipides:**

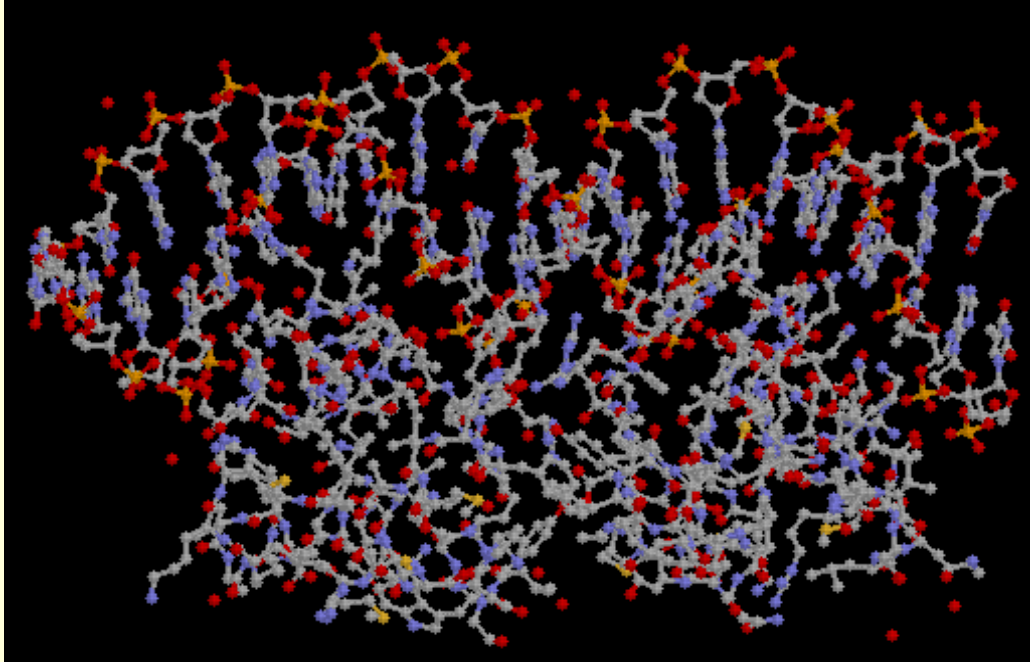
les deux brins complémentaires d'AND forment un duplex dans lequel les bases nucléiques hydrophobiques complémentaires fuient le contact de l'eau, laissant les "doigts" hydrophiliques des groupes phosphates s'occuper de la solubilité avec l'eau...

Car les molécules organiques vont avoir tendance à former des chaînes moléculaires de :

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



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



On peut donc dire encore une fois que **ce repliement s'auto-organise** (toujours sous contrôle thermodynamique),

amenant « **l'émergence** » de nouvelles propriétés fonctionnelles au niveau de la structure 3D de la protéine

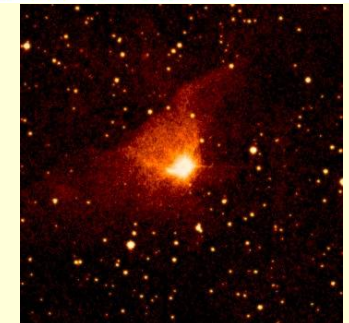
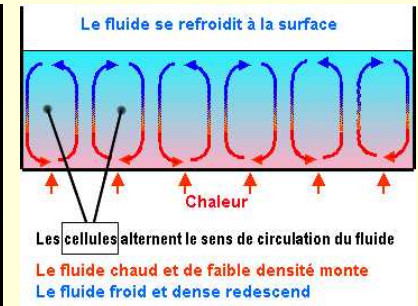
(site de liaison d'un enzyme, le pore d'un canal membranaire, etc...) :

La notion d'**auto-organisation** permet de comprendre comment **de l'ordre peut apparaître spontanément au sein du désordre [...]**

et amener **l'émergence spontanée et dynamique d'une structure** sous l'effet conjoint d'un apport extérieur d'énergie et des interactions entre les éléments du système considéré.

(grâce aux propriétés de la matière donnée par des lois naturelles, et aucune autre « volonté » extérieure)

- l'apparition de motifs périodiques dans un liquide chauffé par le dessous (cellules de convection)
- la formation des dunes (par l'interaction du sable et du vent)
- un nuage de gaz et de poussière qui va former, grâce à la gravité, une étoile

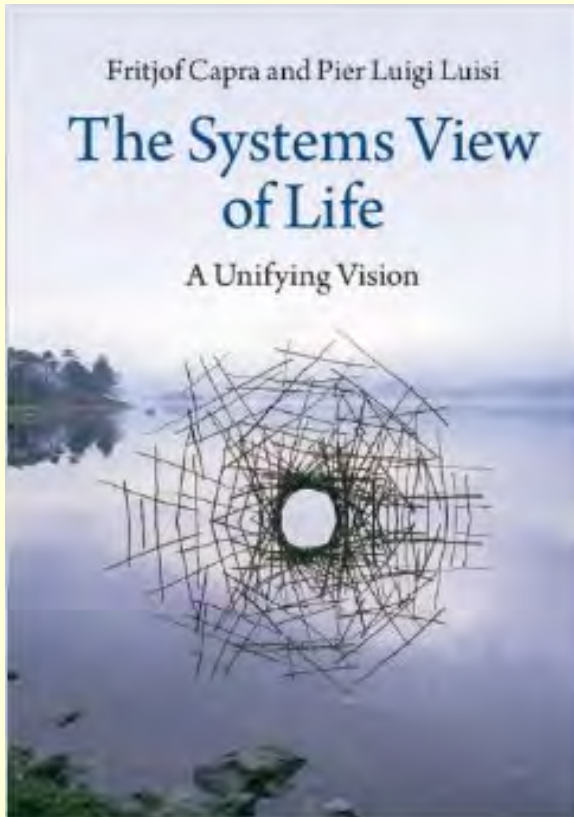


- Les interactions moléculaires qui vont donner lieu aux processus du vivant

Et ce, à différents  
**niveaux d'organisation**  
(de la matière et du vivant)

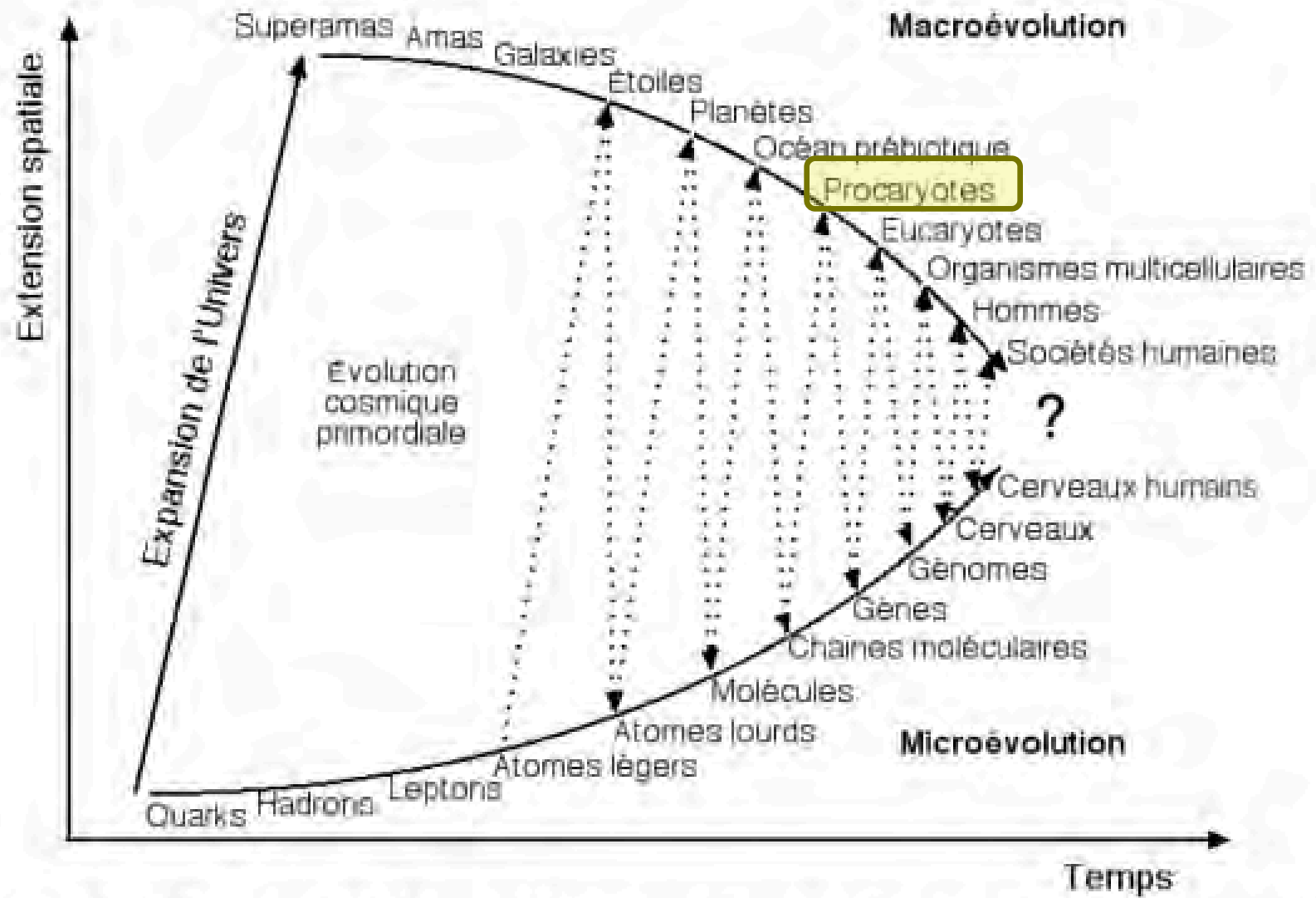
Durant l'histoire occidentale de la science et de la philosophie, il y a eu une tension entre 2 perspectives :

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



Parce que ça commence à devenir important avec le repliement des protéines,

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



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



Apparition des premiers êtres vivants.

## Les plus anciennes traces de vie découvertes dans le Nord-du-Québec

1 mars 2017

<http://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1019725/vie-terre-decouverte-nord-du-quebec-nuvvuagittug>

Extraits :

« Des structures présentes dans des roches de Nuvvuagittuq, situé sur la côte est de la baie d'Hudson, laissent à penser qu'il s'agit de micro-organismes fossilisés qui dateraient d'au moins **3,8 milliards d'années, ou plus probablement de 4,3 milliards d'années.**

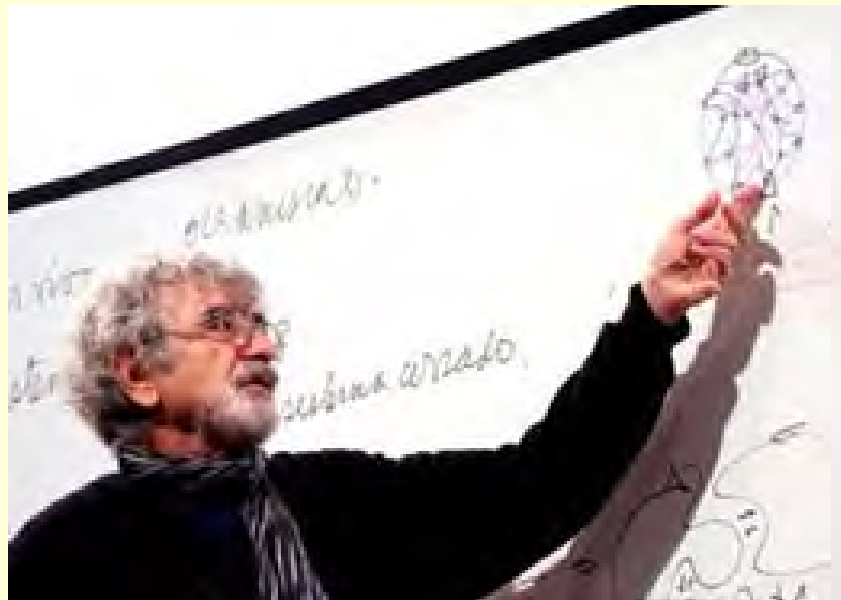
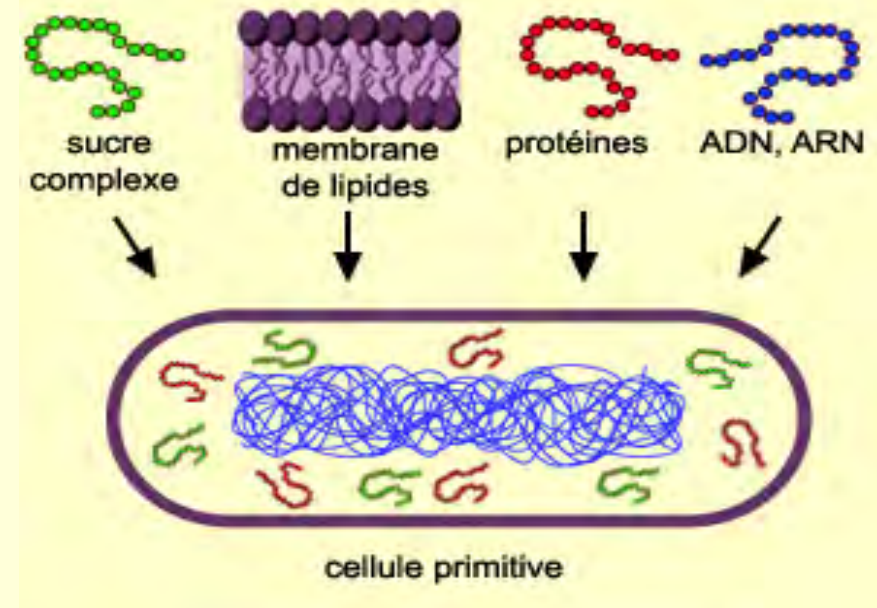
...[Cette découverte] révèle aussi que les conditions de l'apparition de la vie sur Terre existaient à un stade précoce de son évolution. »

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

une notion très utile est celle **d'autopoïèse**,

élaborée par Humberto Maturana et Francisco Varela

dans les années 1970.

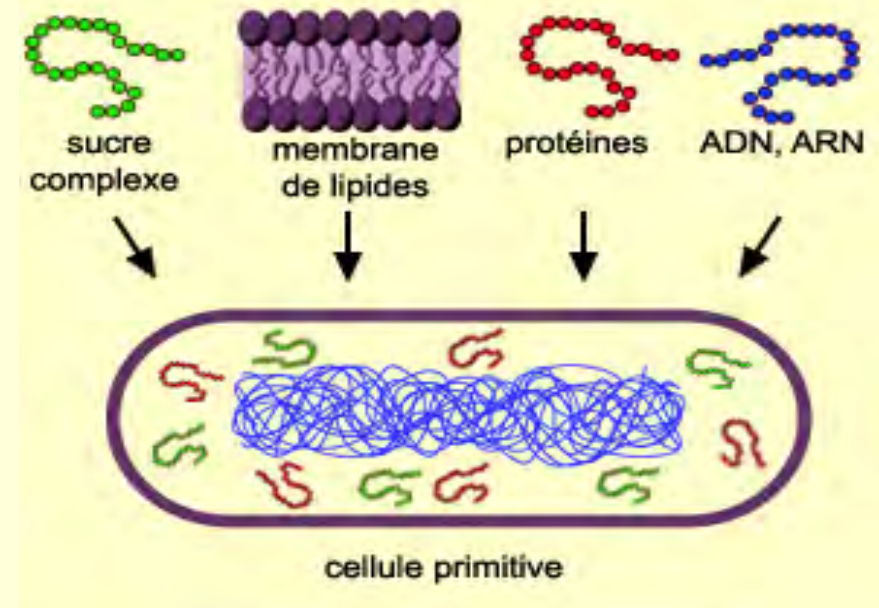


Pour comprendre ce qu'est une **cellule vivante**,

une notion très utile est celle **d'autopoïèse**,

élaborée par Humberto Maturana et Francisco Varela

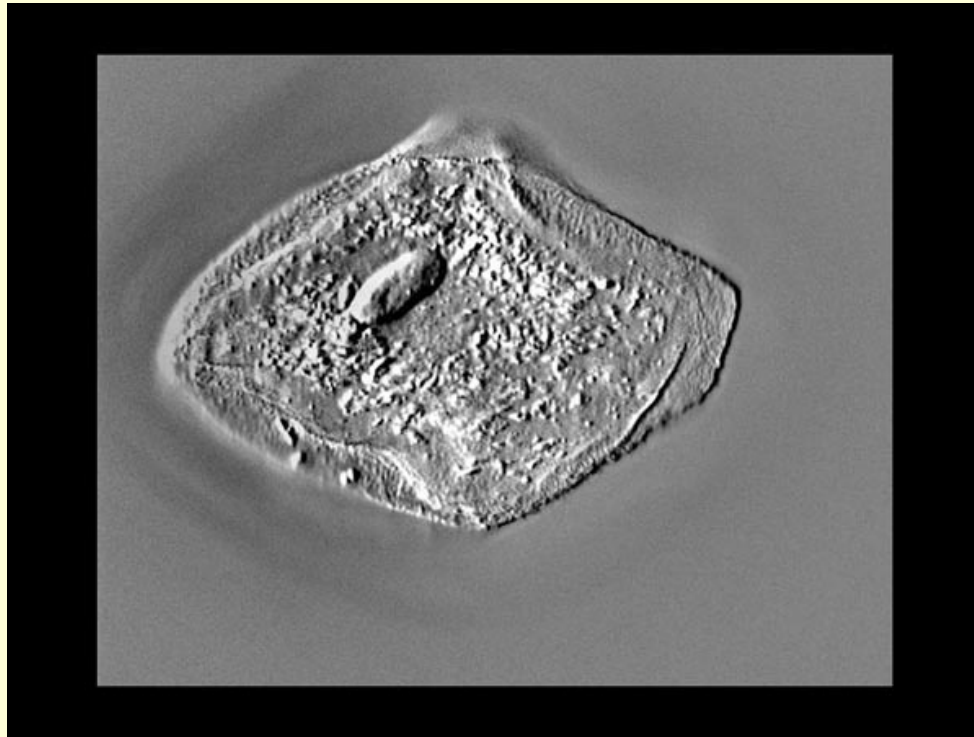
dans les années 1970.



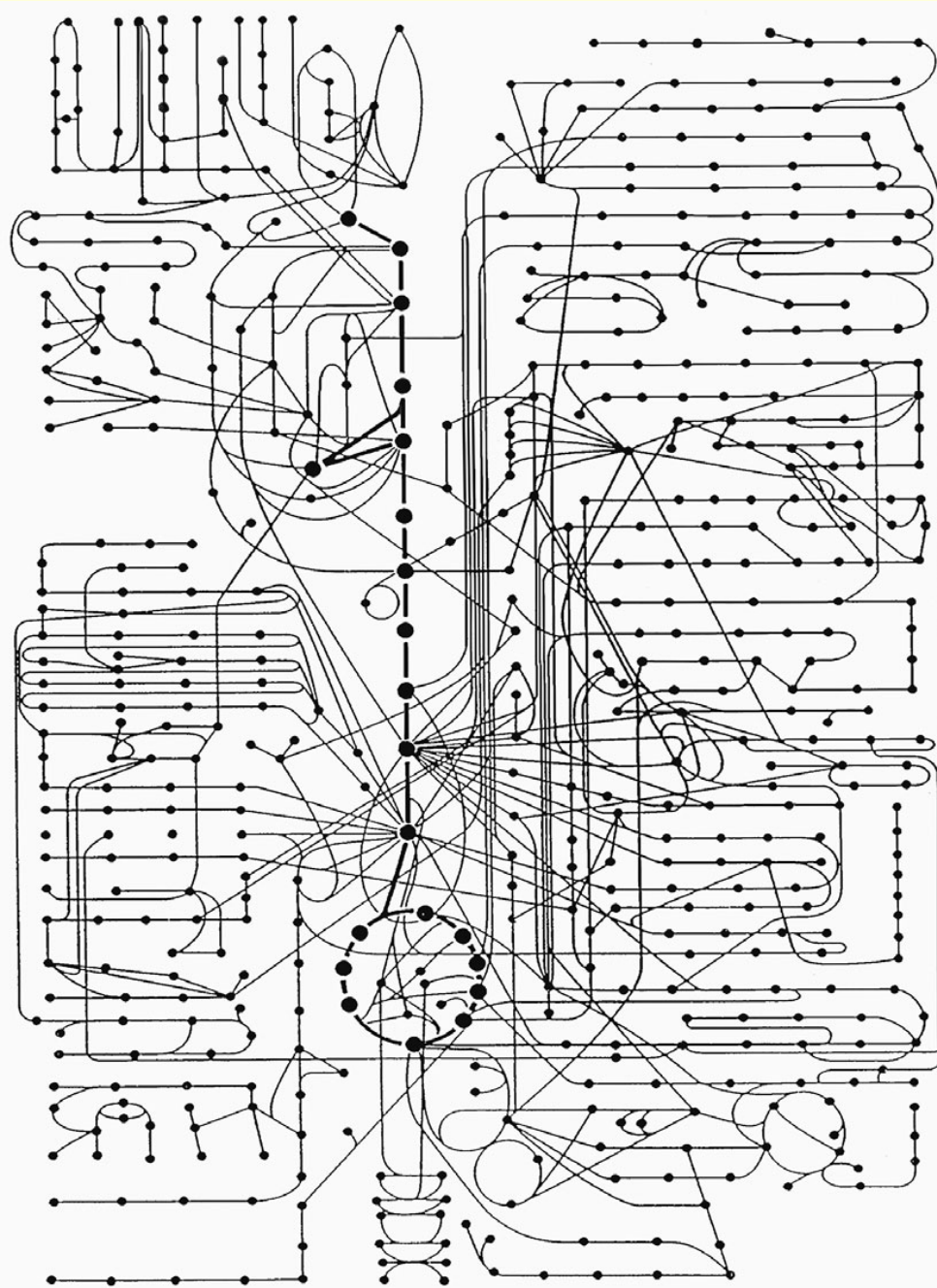
« Notre proposition est que les être vivants sont caractérisés par le fait que, littéralement, ils sont continuellement en train de **s'auto-produire**. »

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

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



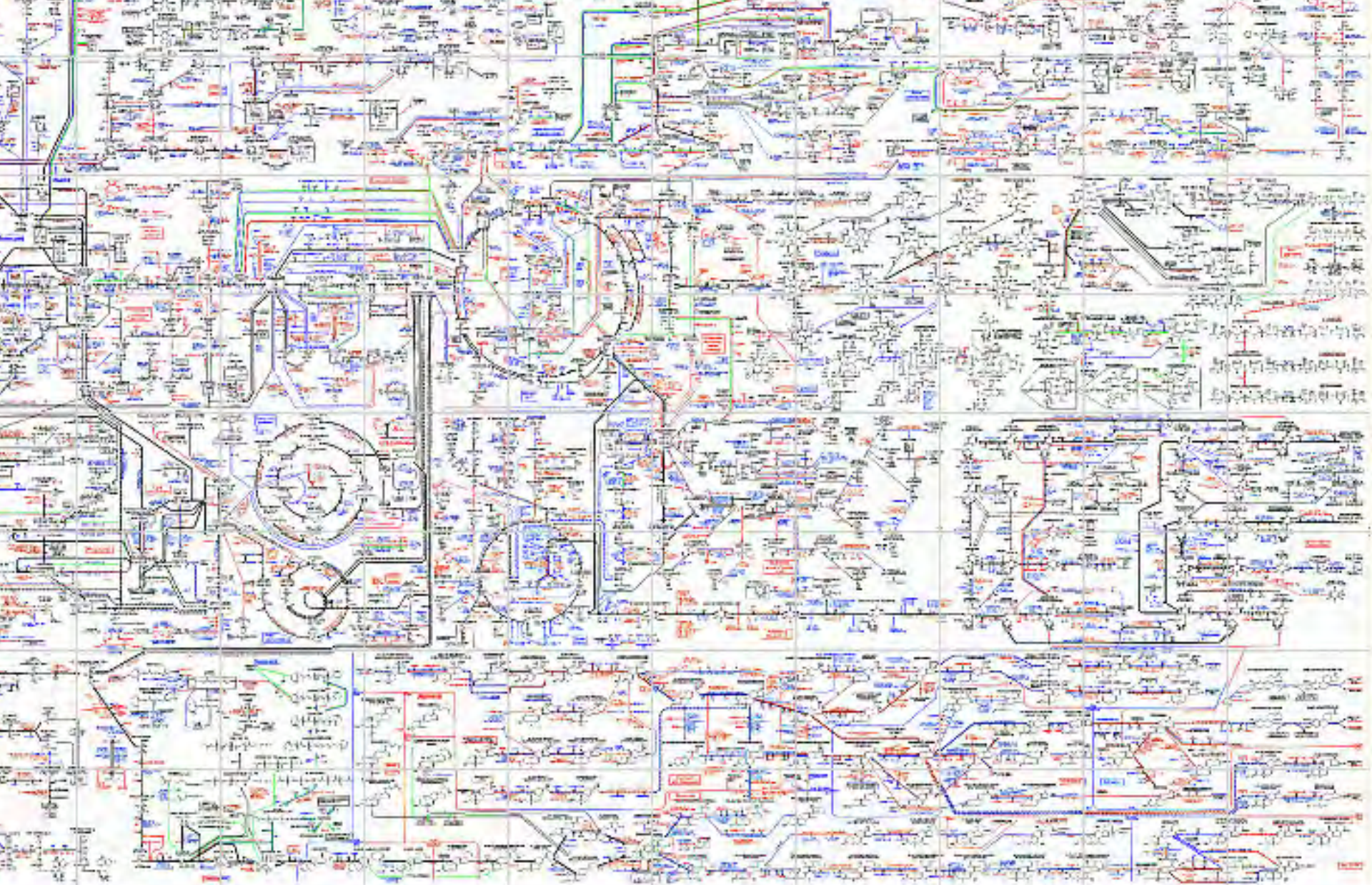
An image of a human buccal epithelial cell obtained using Differential Interference Contrast (DIC) microscopy  
([www.canisius.edu/biology/cell\\_imaging/gallery.asp](http://www.canisius.edu/biology/cell_imaging/gallery.asp))



« un réseau »...

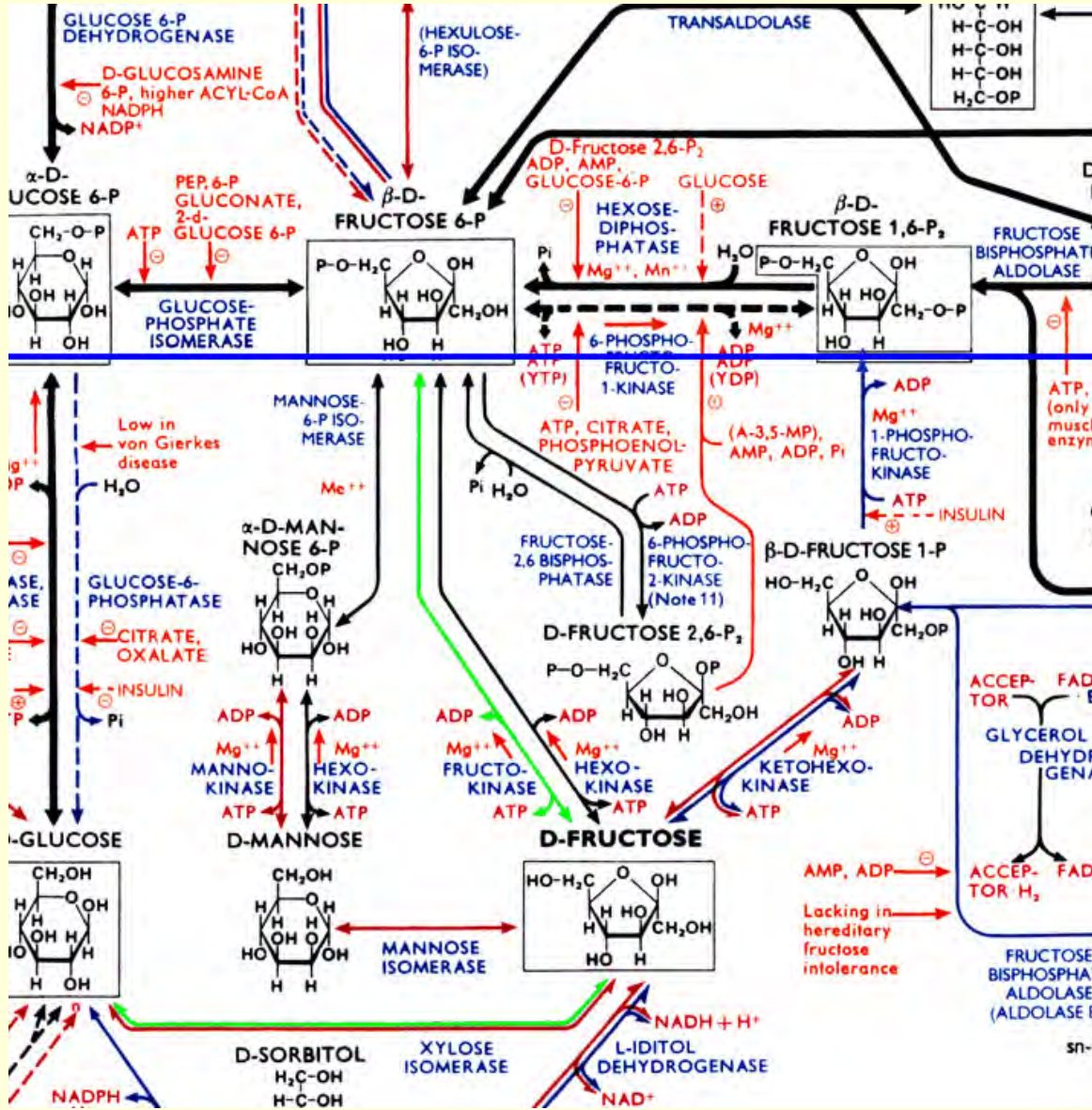
= des éléments qui entretiennent des relations

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

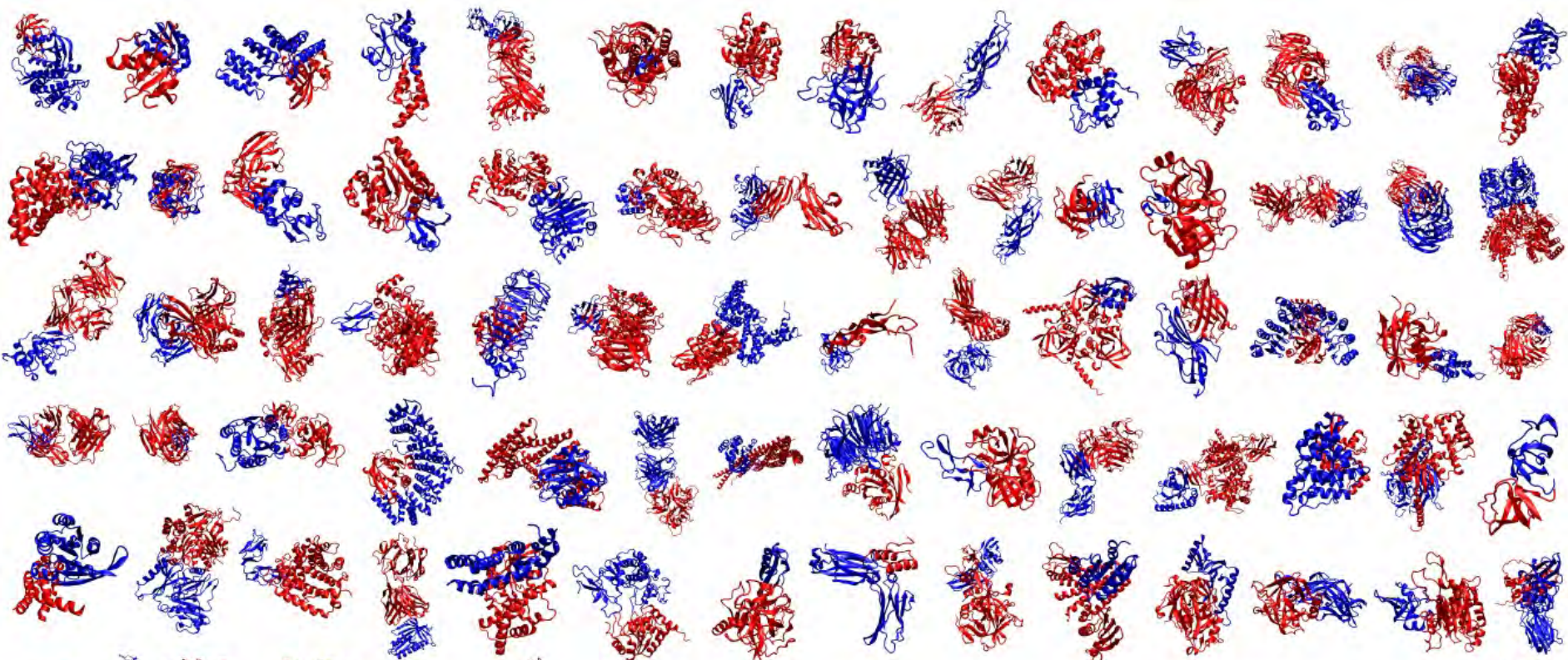
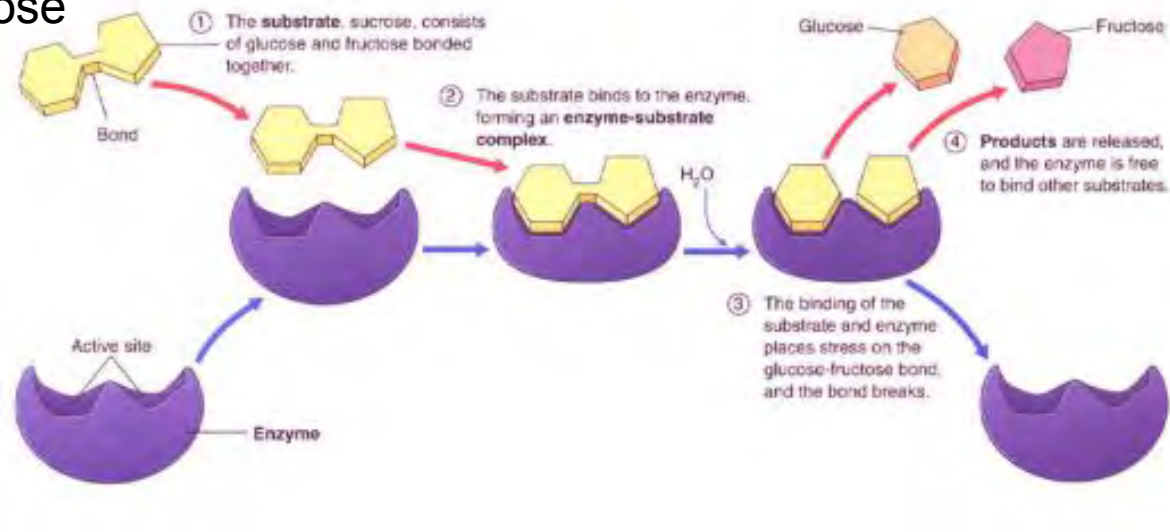


« un réseau complexe »... = cascades de réactions biochimiques dans une cellule

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

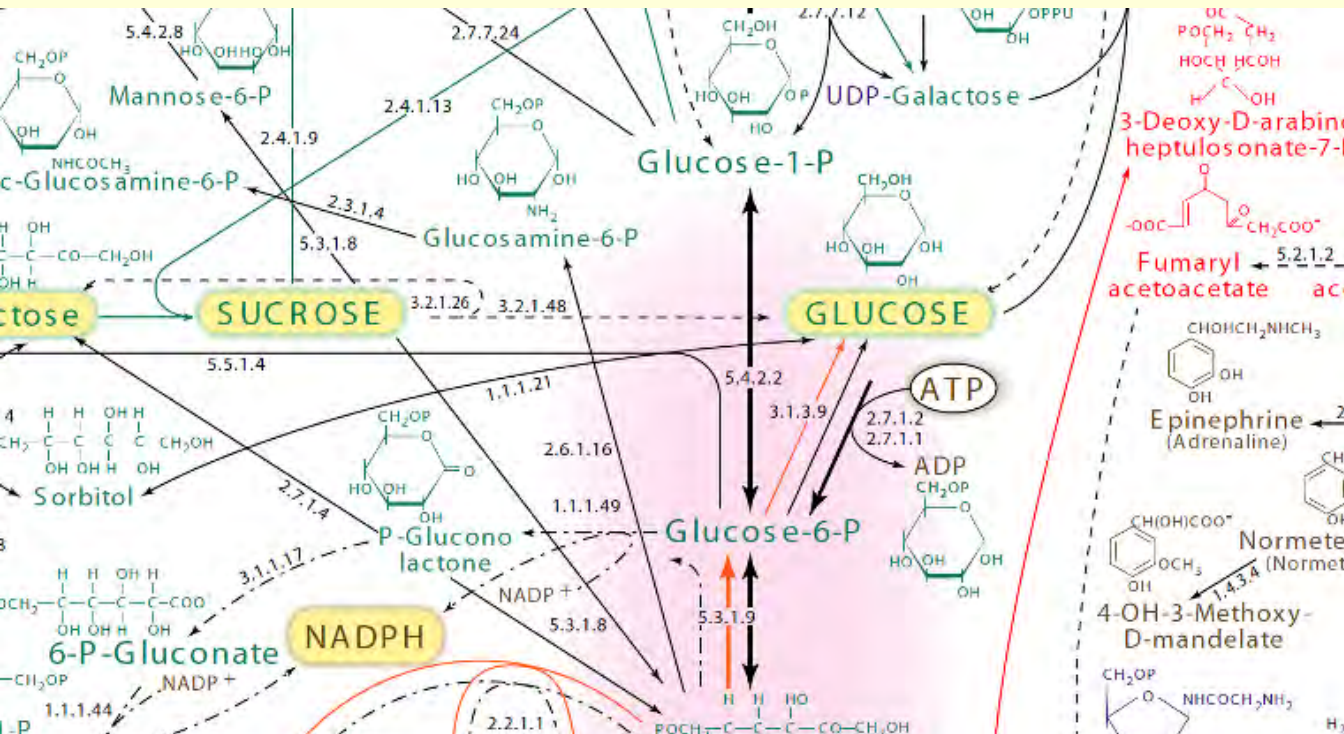


# sucrose

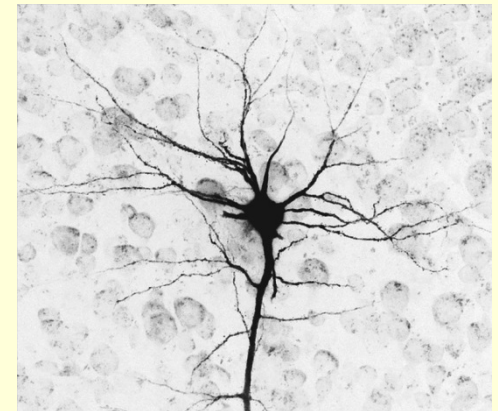




« un réseau complexe d'éléments »... : enzymes (protéines), ADN, etc.



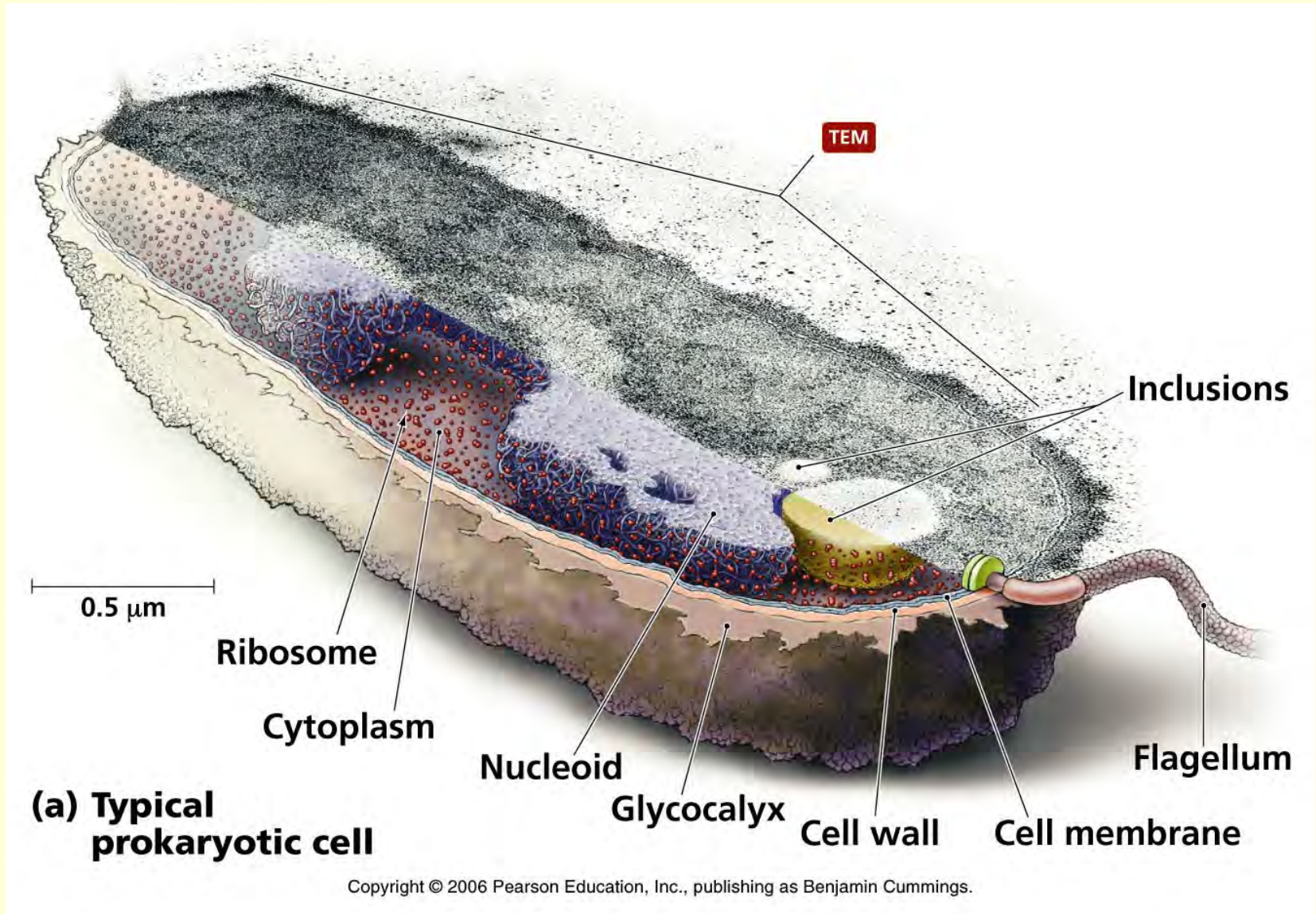
..qui régénèrent constamment, par leurs interactions et transformations, le réseau qui les a produits.



Car encore aujourd'hui, chaque cellule de votre cerveau a un tel métabolisme.

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

Les premières cellules vivante sont déjà infiniment complexes !

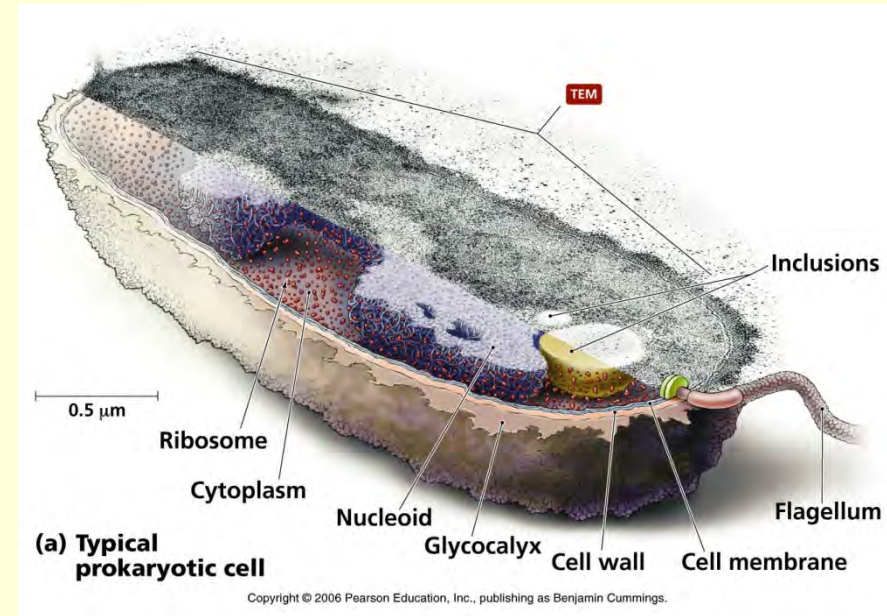


À un certain niveau d'organisation,

on voit apparaître un « **agent autonome** »  
avec une **identité** propre.

Cet agent autonome découle  
d'interactions dynamiques au niveau **local**  
(les interactions moléculaires de son  
métabolisme, par exemple)

ET de processus émergents qui  
apparaissent à un niveau **global**.

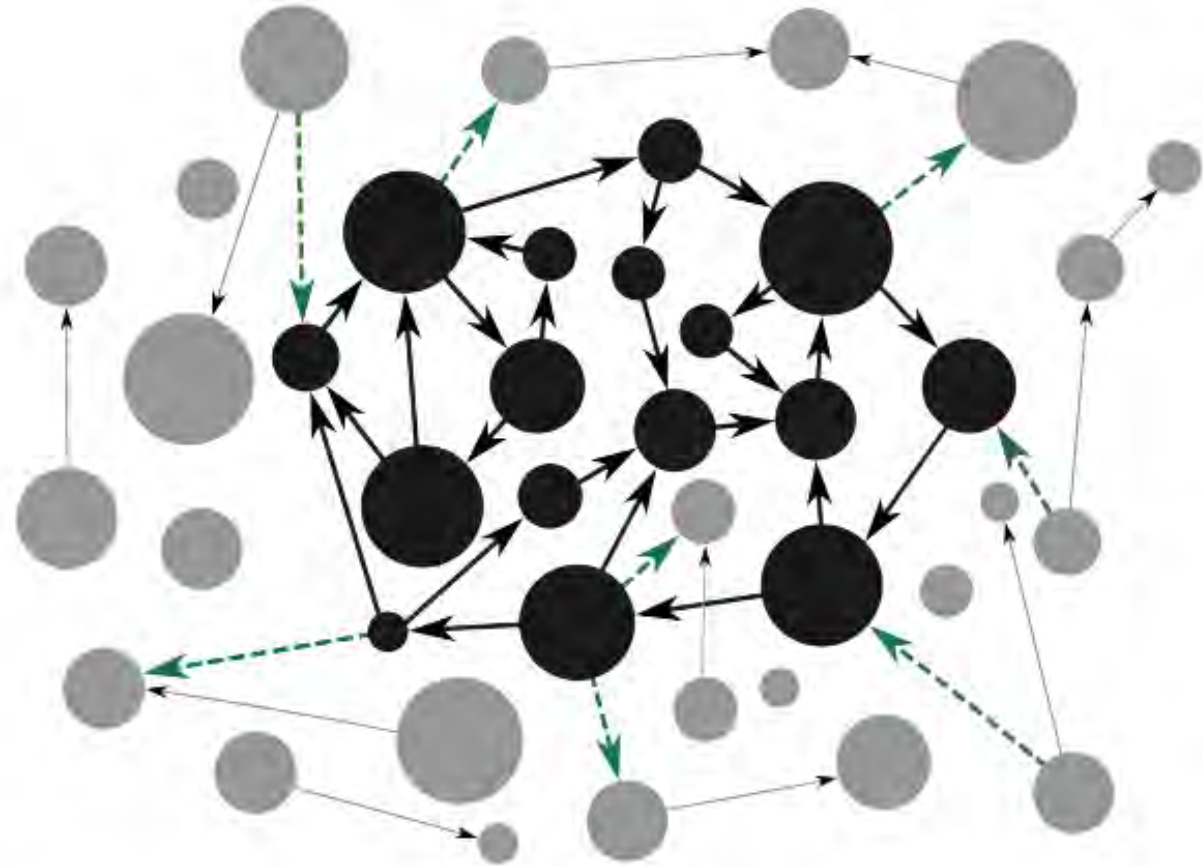


**En noir** : une cellule

dont les différentes  
composantes  
moléculaires  
interagissent  
préférentiellement  
entre elles

(mais c'est  
un « système ouvert »  
du point de vue  
thermodynamique,

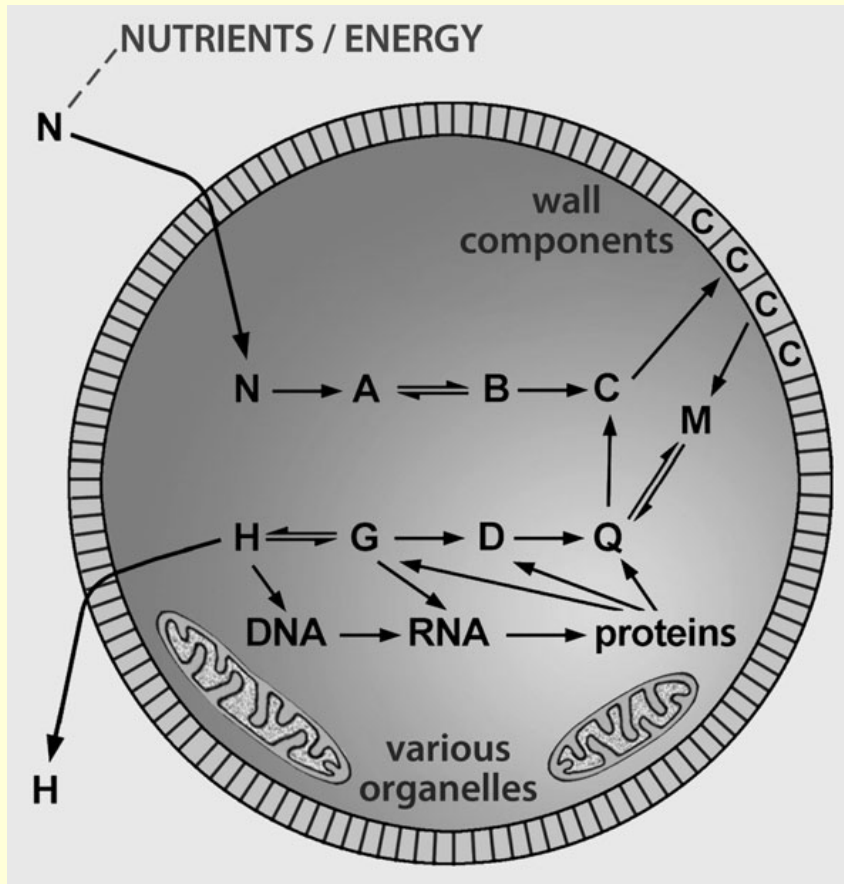
i.e. de l'énergie entre  
et des « déchets »  
sortent)



Copyright Ezequiel Di Paolo, 2013. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported License.  
[http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.en\\_US](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.en_US)

<http://www.gaillard-systemique.com/autopoiese-varela>

Et c'est la même nécessité d'acquérir constamment des nutriments et de l'énergie pour « se maintenir » qui va continuer beaucoup plus tard à façonner le développement de la complexité, par exemple la structure profonde de la société humaine ! **[cours 2]**



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

Car la vie n'est pas localisée.

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

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

Ces propriétés émergentes sont parfois étonnantes (comme la vie) ou comme cet exemple en chimie :



+



=

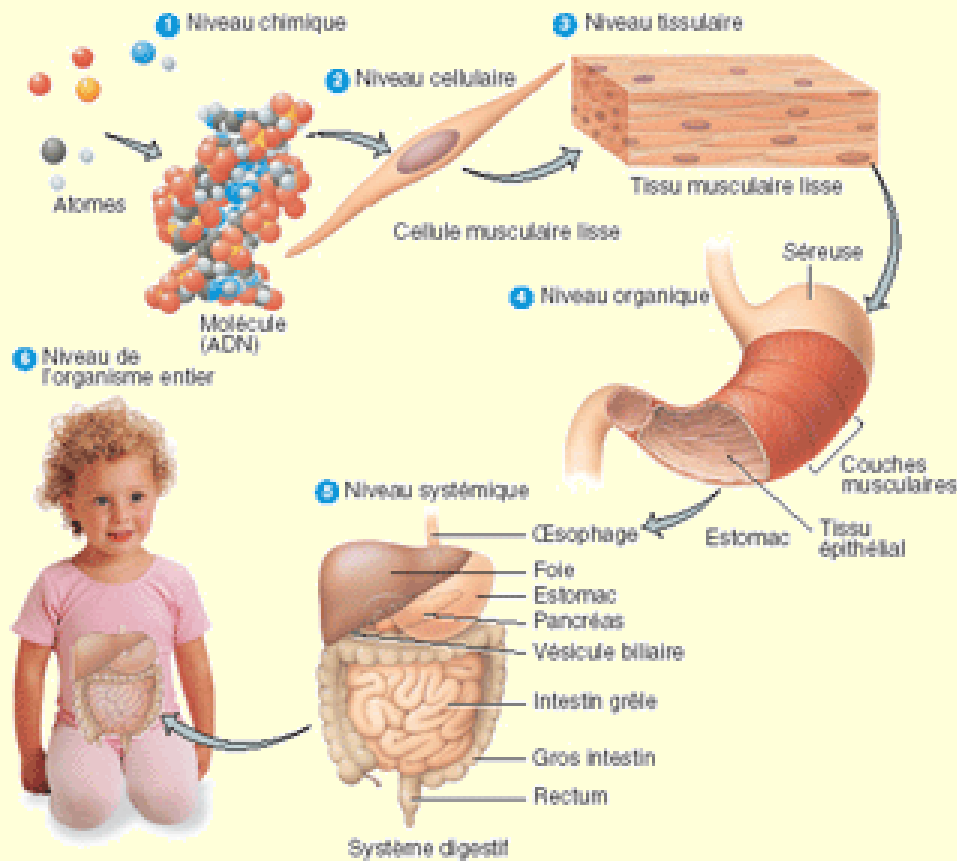


Sodium (Na)  
(métal hautement inflammable)

Chlore (Cl)  
(gaz très toxique)

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

Organisation structurale du corps humain (Figure 1.1)



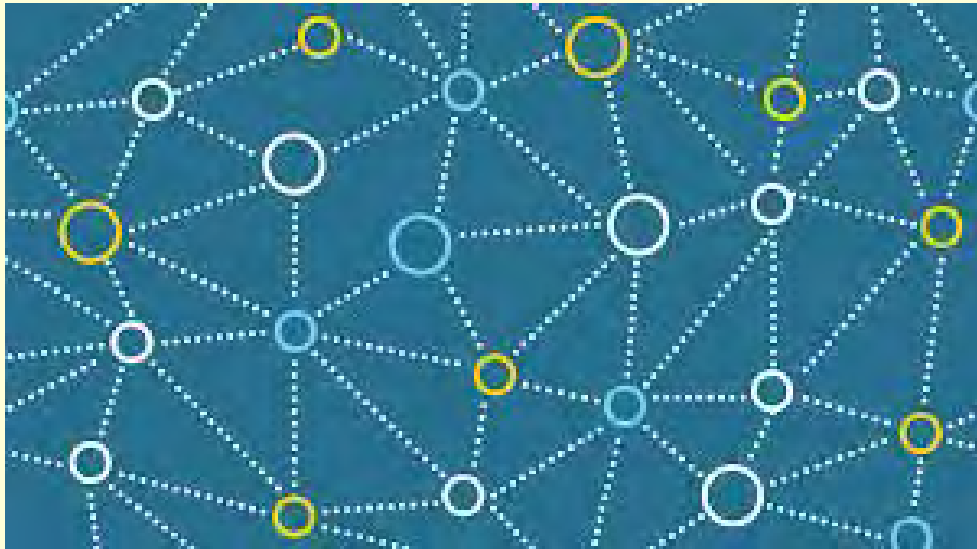
RENOUVEAU PÉDAGOGIQUE INC

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

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

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

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



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

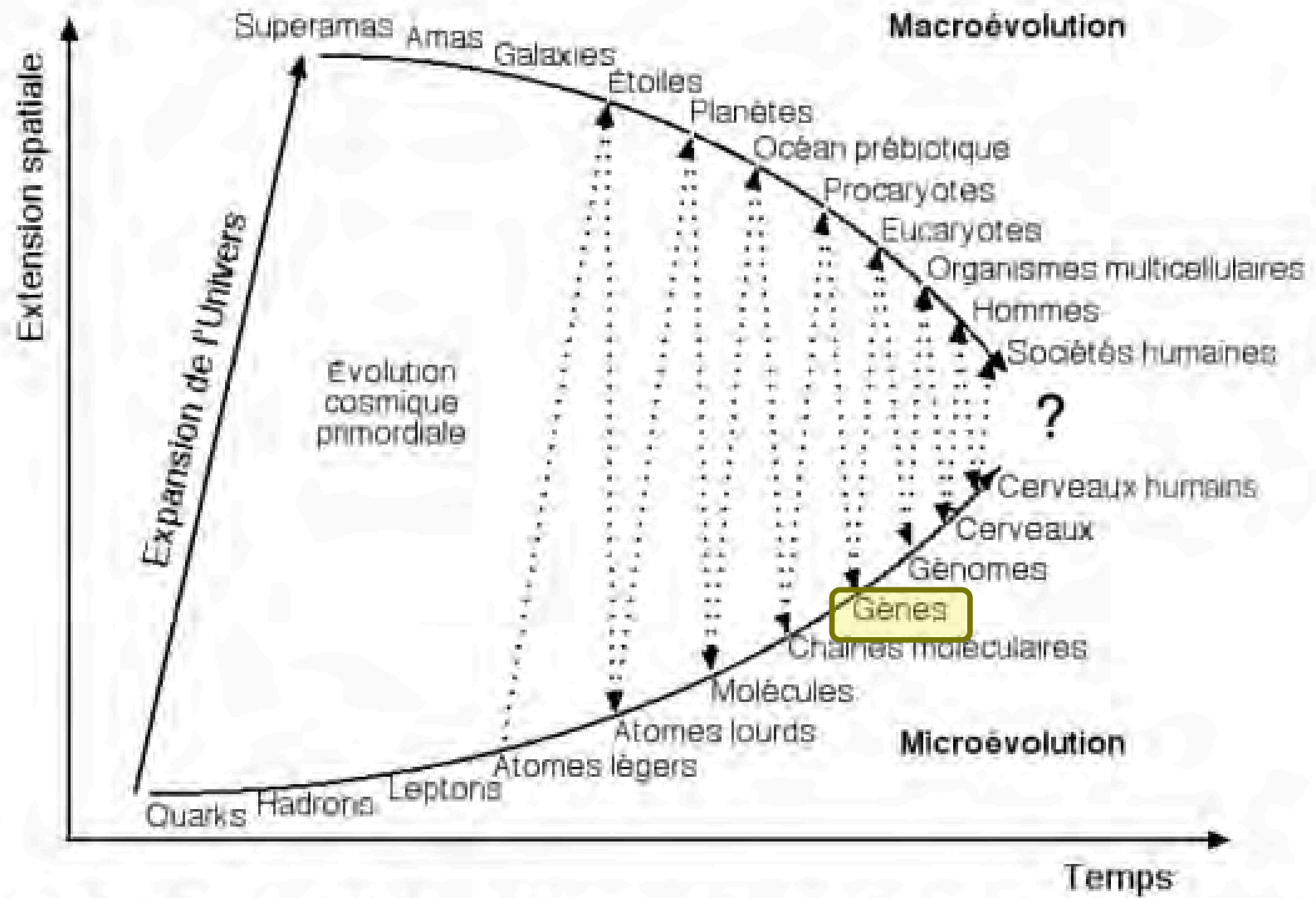
Et s'il est vrai que la biologie se construit à partir de la chimie,

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

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

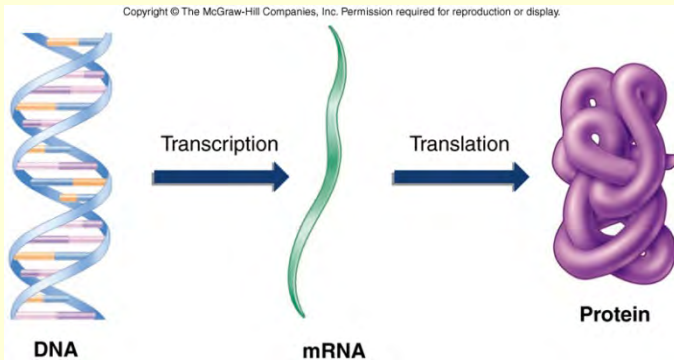
Et non des propriétés issues de la forme de ses **réseaux**.



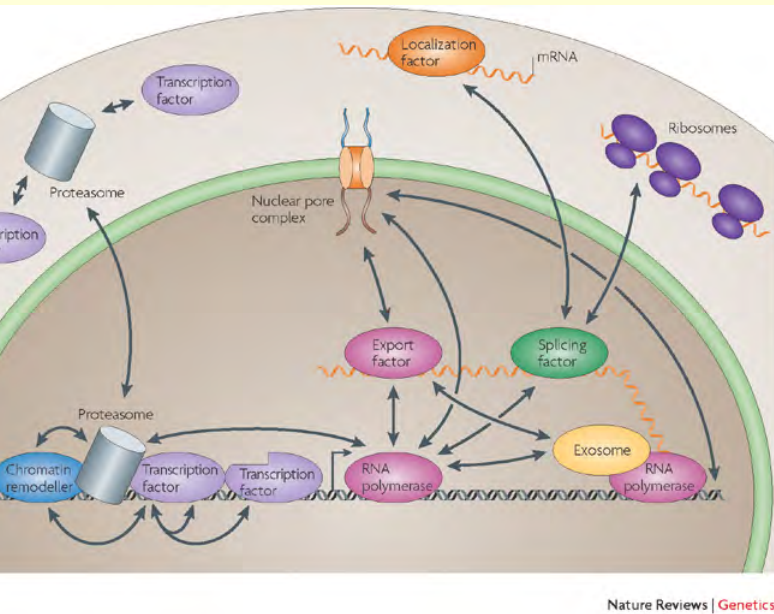


D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.

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

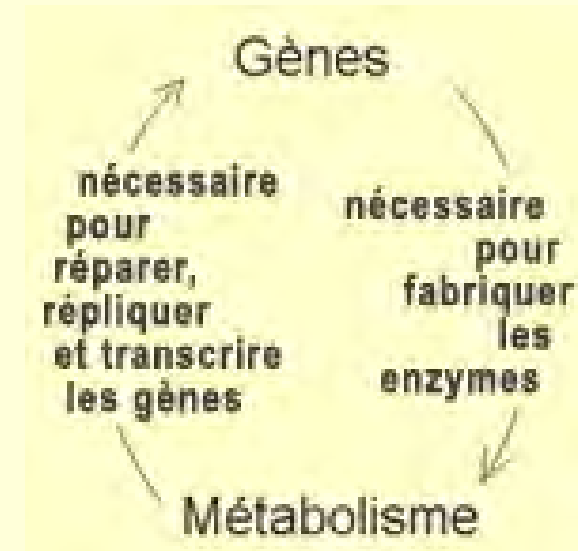


On a longtemps pensé que les gènes n'étaient que les « plans » pour fabriquer nos protéines.



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

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



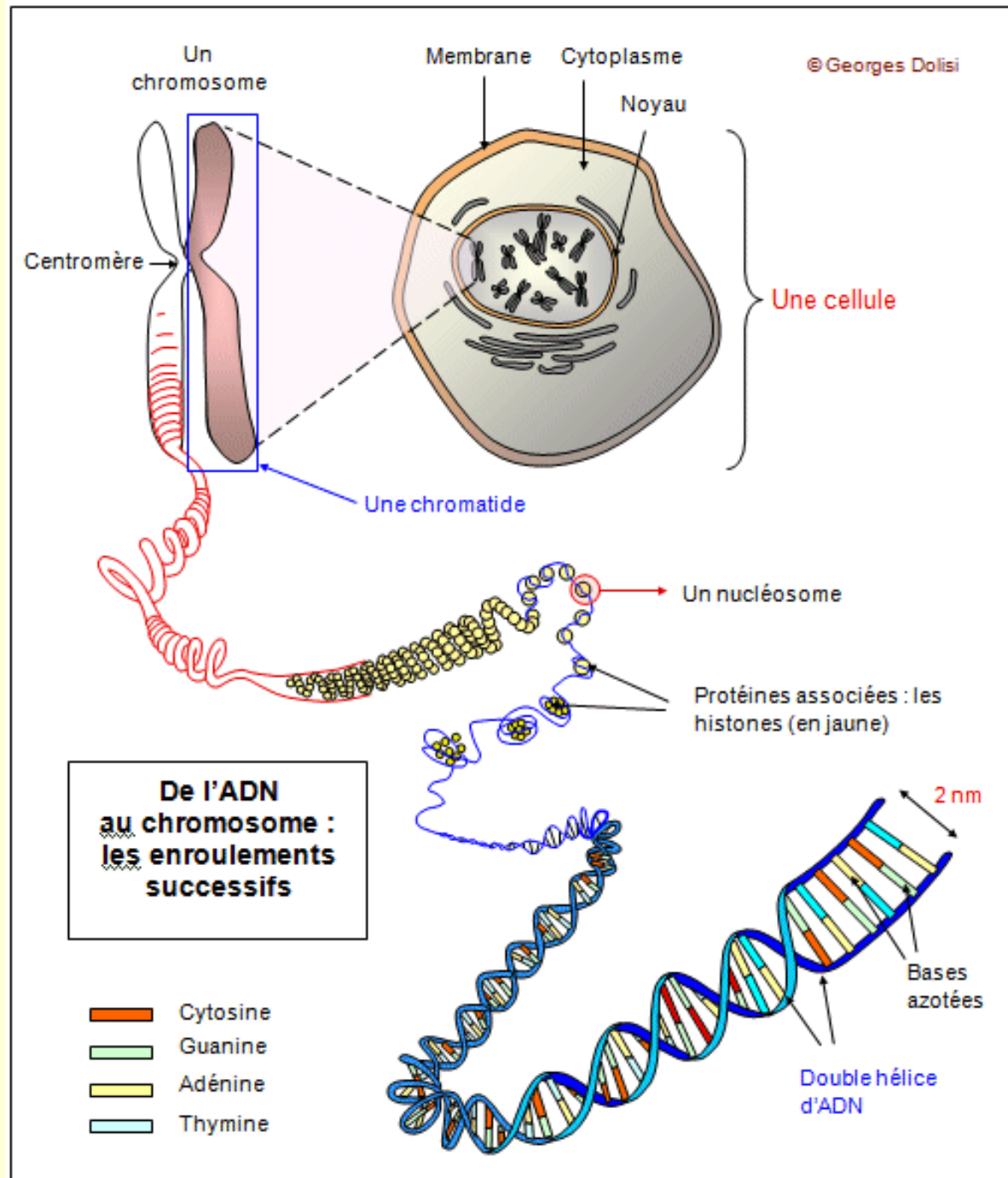
Ces réseaux métaboliques doivent cependant réussir à **se reproduire en faisant des copies d'eux-mêmes.**

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

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

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

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



**En noir :**

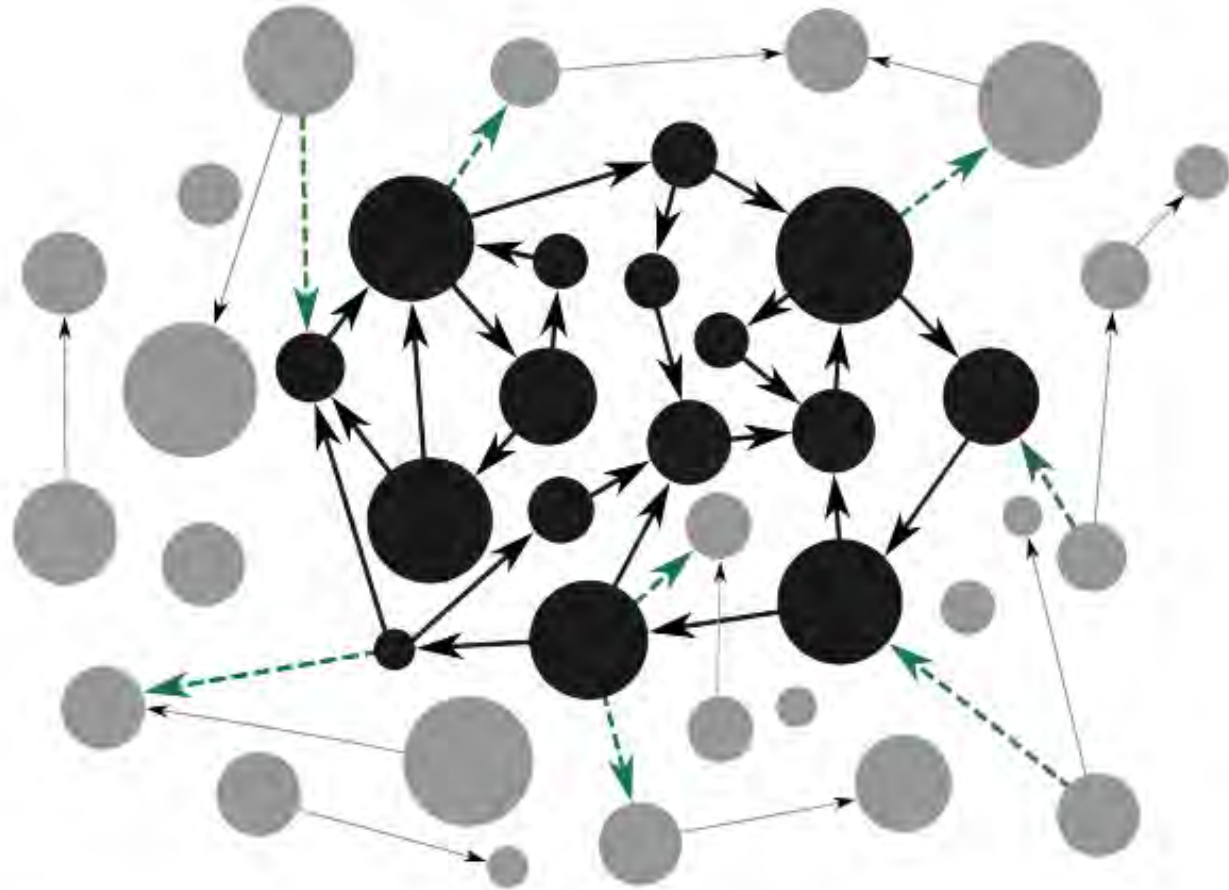
un réseau de **gènes**

et leurs **promoteurs**

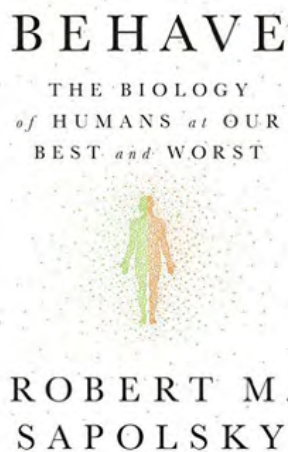
impliqués dans le  
moindre comportement

Donc c'est  
non spécifique :

extrêmement rare de  
trouver un gène unique  
correspondant à un  
trait comportemental  
unique.



Copyright Ezequiel Di Paolo, 2013. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported License. [http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.en\\_US](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.en_US)

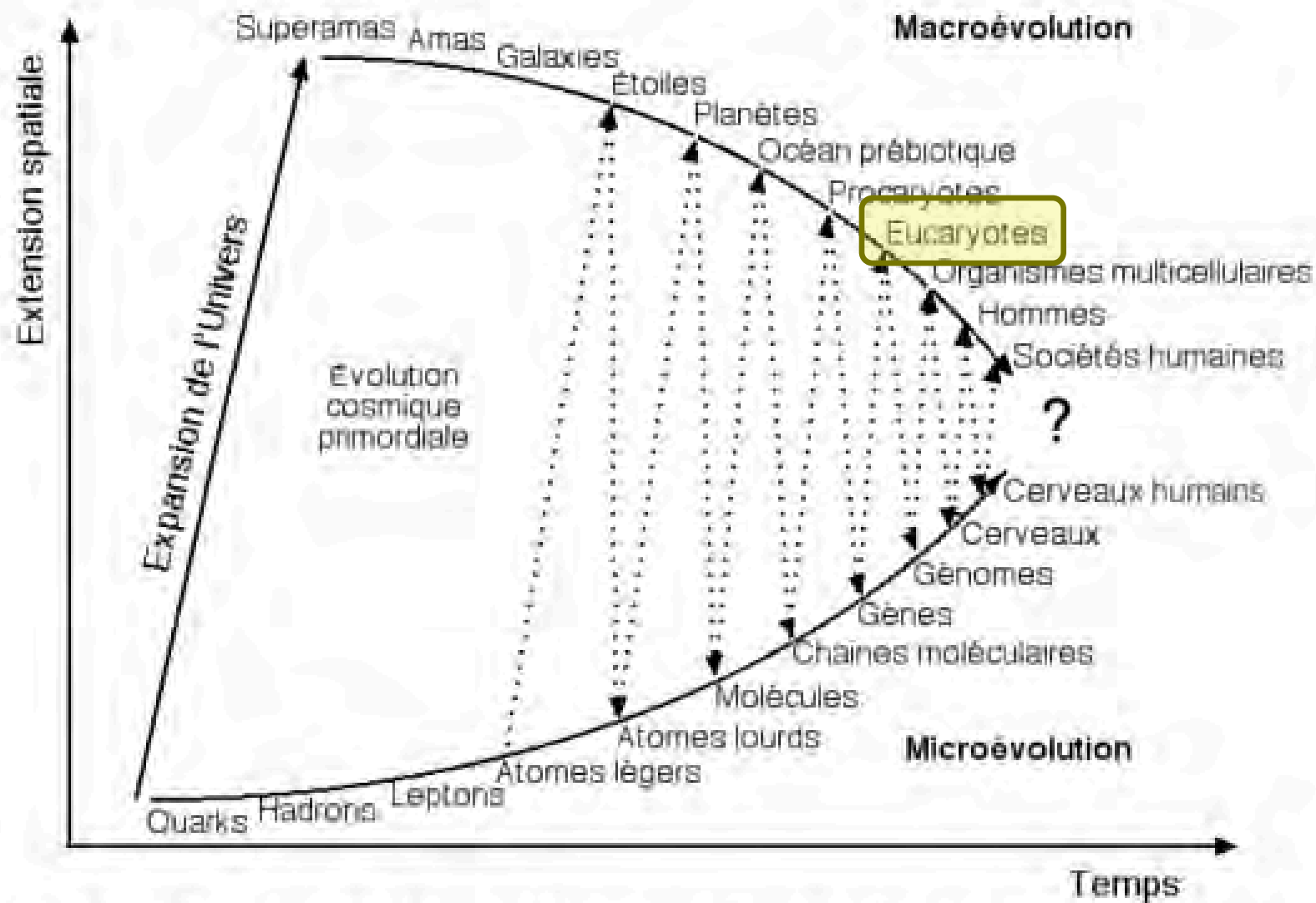


TED video :

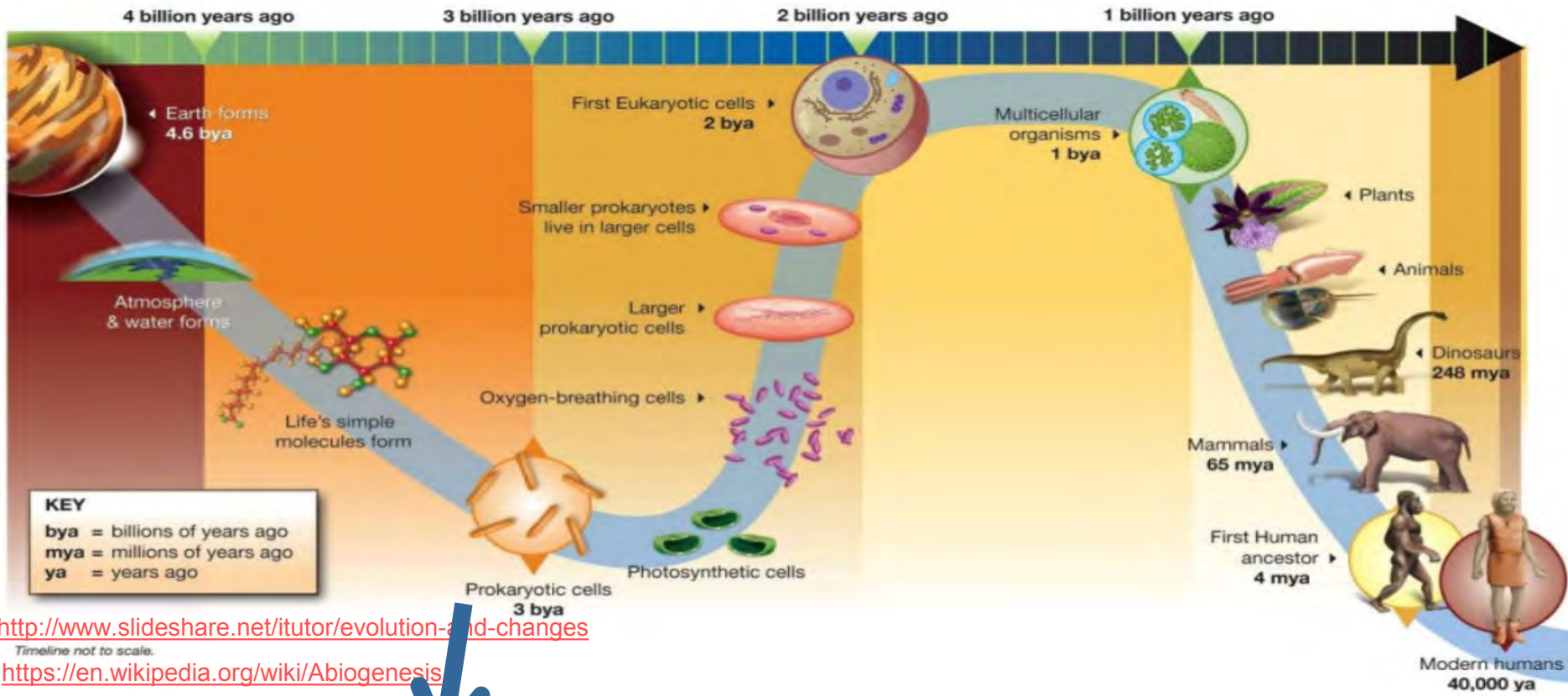
## The biology of our best and worst selves.

[https://www.ted.com/talks/robert\\_sapolsky\\_the\\_biology\\_of\\_our\\_best\\_and\\_worst\\_selves](https://www.ted.com/talks/robert_sapolsky_the_biology_of_our_best_and_worst_selves)

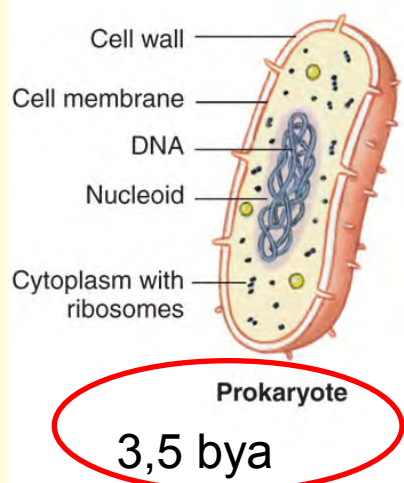
- a. This review of candidate genes barely scratches even the surface of the surface. Go on PubMed (a major search engine of the biomedical literature) and search “MAO gene/behavior”—up come more than 500 research papers. “Serotonin transporter gene/behavior”—1,250 papers. “Dopamine receptor gene/behavior”—nearly 2,000.
- b. The candidate gene approaches show that the effect of a single gene on a behavior is typically tiny. In other words, having the “warrior gene” variant of MAO probably has less effect on your behavior than does believing that you have it.
- c. Genomewide survey approaches show that these behaviors are influenced by huge numbers of genes, each one playing only a tiny role.
- d. What this translates into is nonspecificity. For example, serotonin transporter gene variants have been linked to risk of depression, but also anxiety, obsessive-compulsive disorder, schizophrenia, bipolar disorder, Tourette’s syndrome, and borderline personality disorder. In other words, that gene is part of a network of hundreds of genes pertinent to depression, but also part of another equally large and partially overlapping network relevant to anxiety, another relevant to OCD, and so on. And meanwhile, we’re plugging away, trying to understand interactions of two genes at a time.
- e. And, of course, gene and environment, gene and environment.



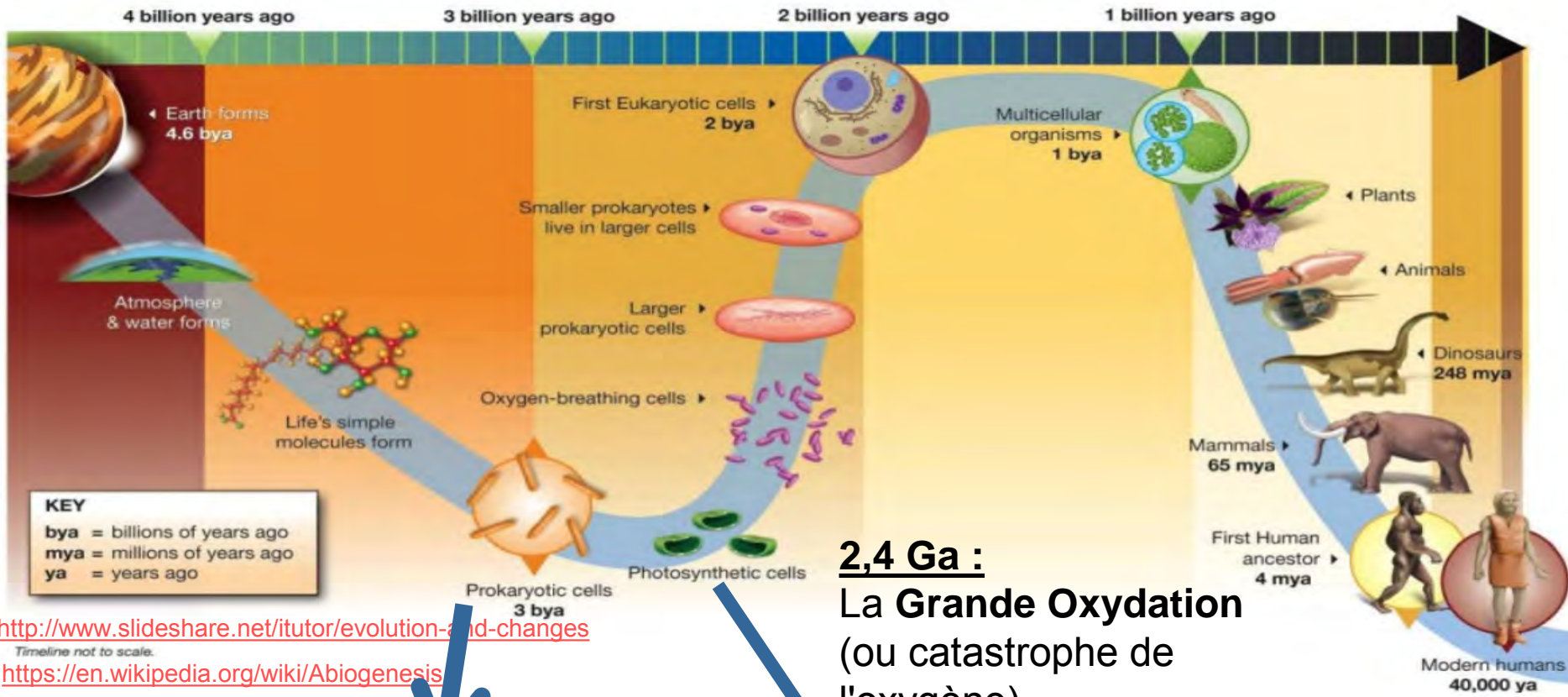
D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.



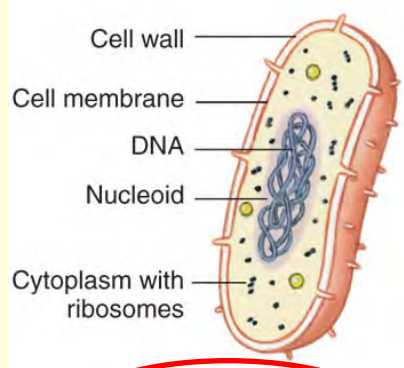
<http://www.slideshare.net/itutor/evolution-and-changes>  
<https://en.wikipedia.org/wiki/Abiogenesis>



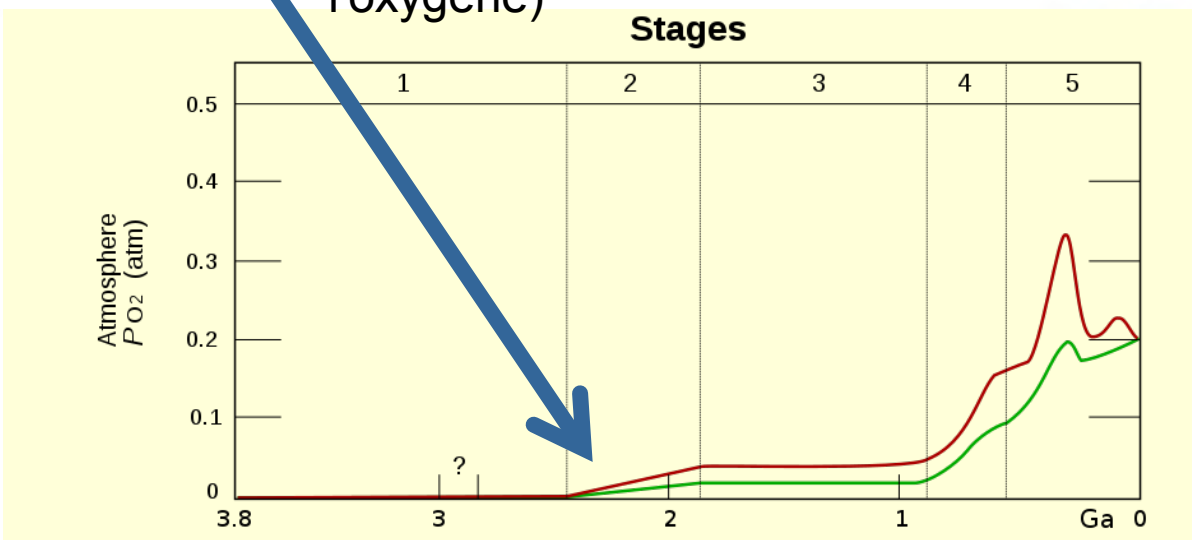


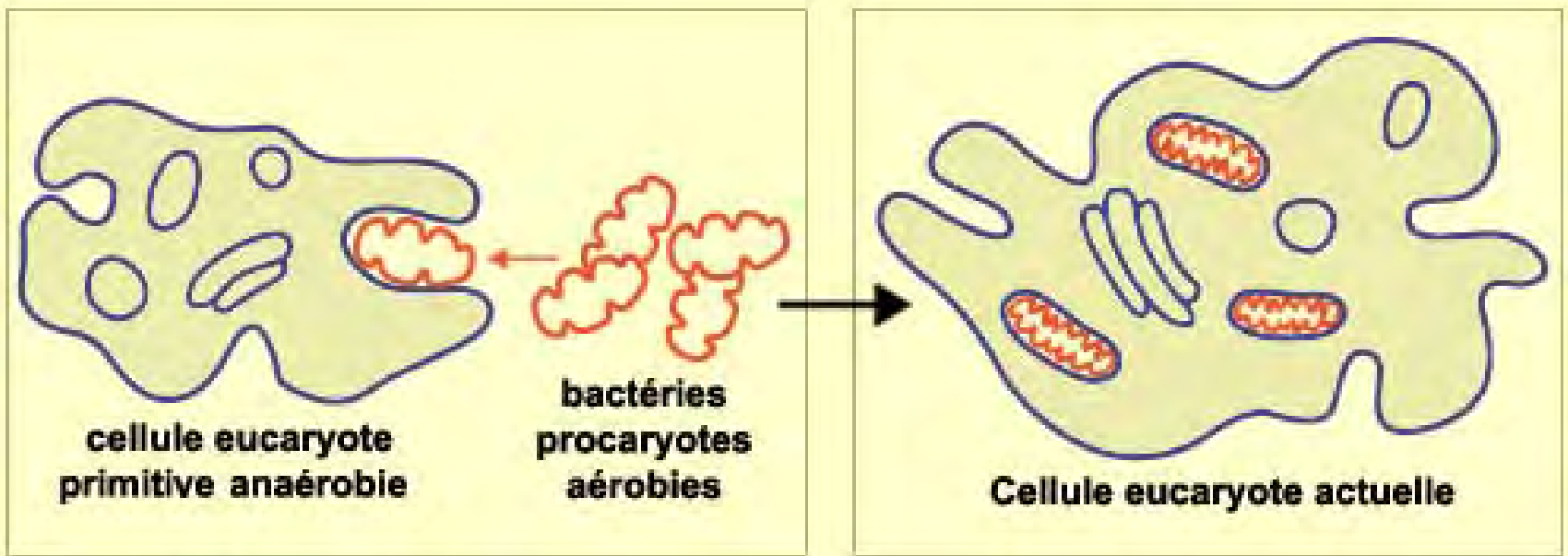


<http://www.slideshare.net/itutor/evolution-and-changes>  
 Timeline not to scale.  
<https://en.wikipedia.org/wiki/Abiogenesis>

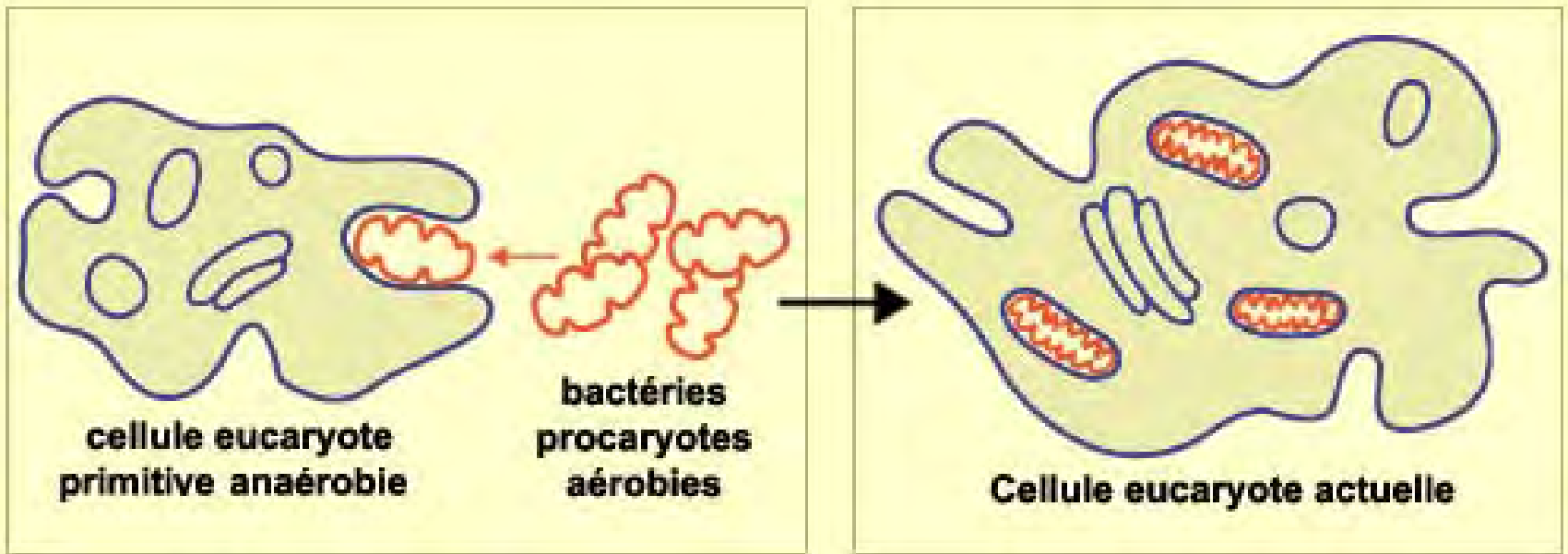


**Prokaryote**  
**3,5 bya**

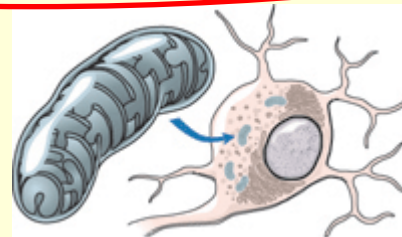




L'avènement de microorganismes capables d'utiliser cet oxygène va faire passer **de 5 à 36** la quantité de molécules **d'ATP** produites à partir d'une molécule de **glucose**.



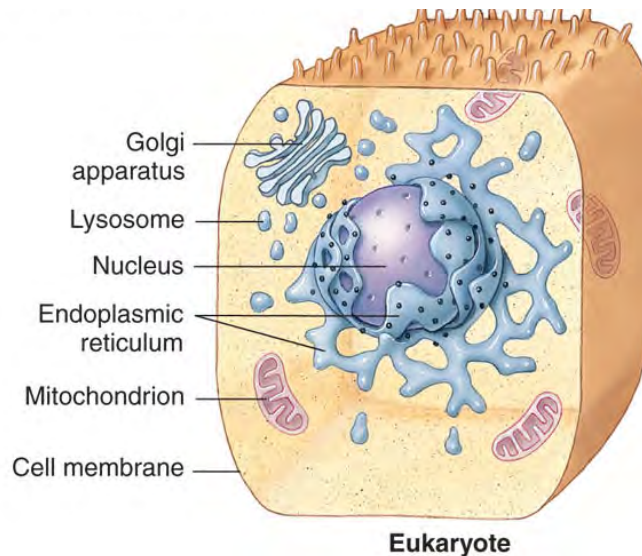
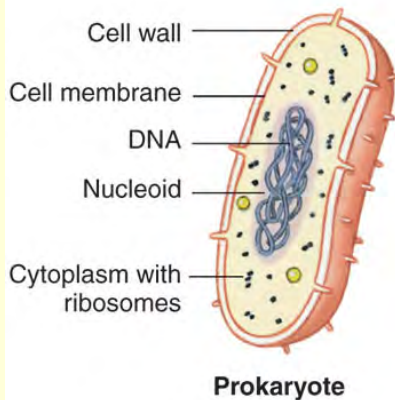
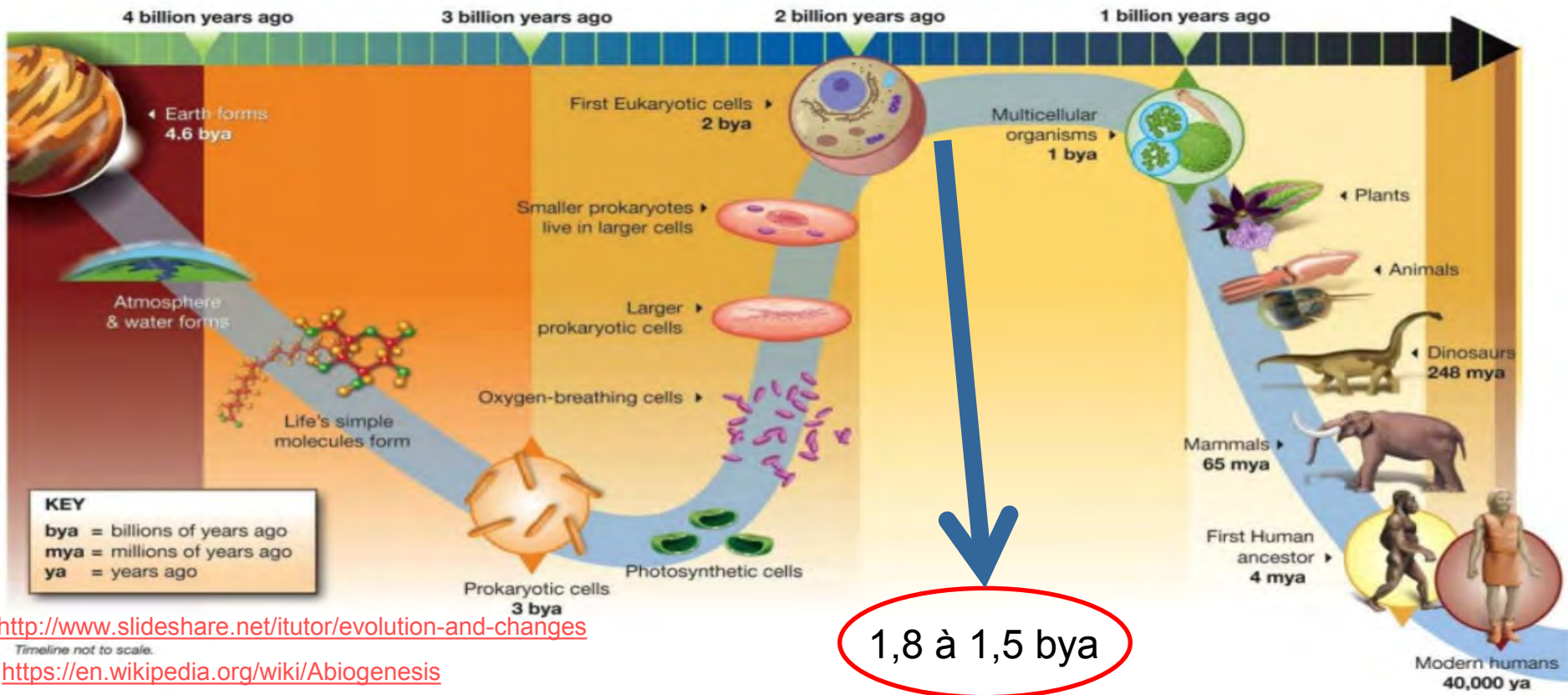
« Pas de relation **symbiotique** cellules eucaryotes - bactéries aérobie  
 (une forme de coopération), pas de neurones si énergivores.  
 Pas de neurones, pas de cerveaux.  
 Pas de cerveaux, pas d'humains ! »



Car encore aujourd'hui,  
 chaque cellule de  
 votre cerveau possède  
 des mitochondries.

What Caused Life's Major  
 Evolutionary Transitions?

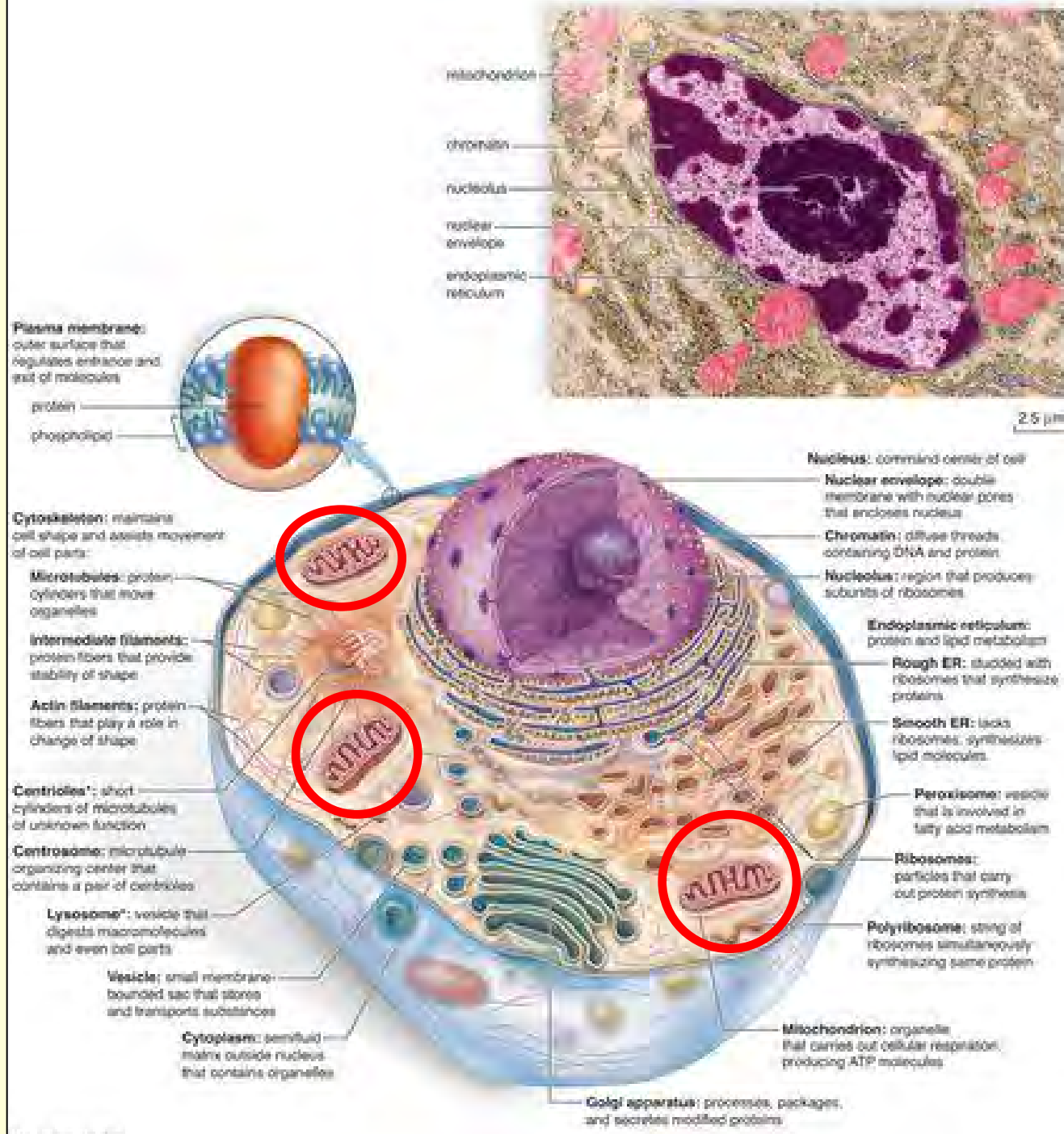
<http://statedclearly.com/videos/what-caused-lifes-major-evolutionary-transitions/>



Les réseaux complexes se « compartimentalisent »

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

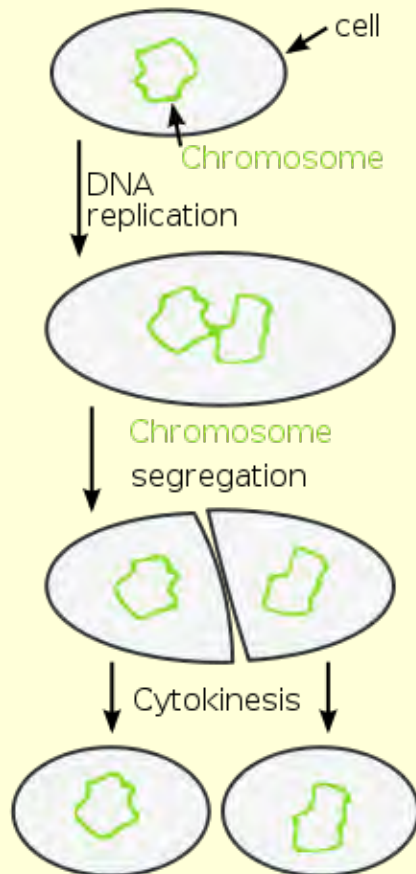
Mais aussi dans différents compartiments, dont un très important, les **mitochondries**.



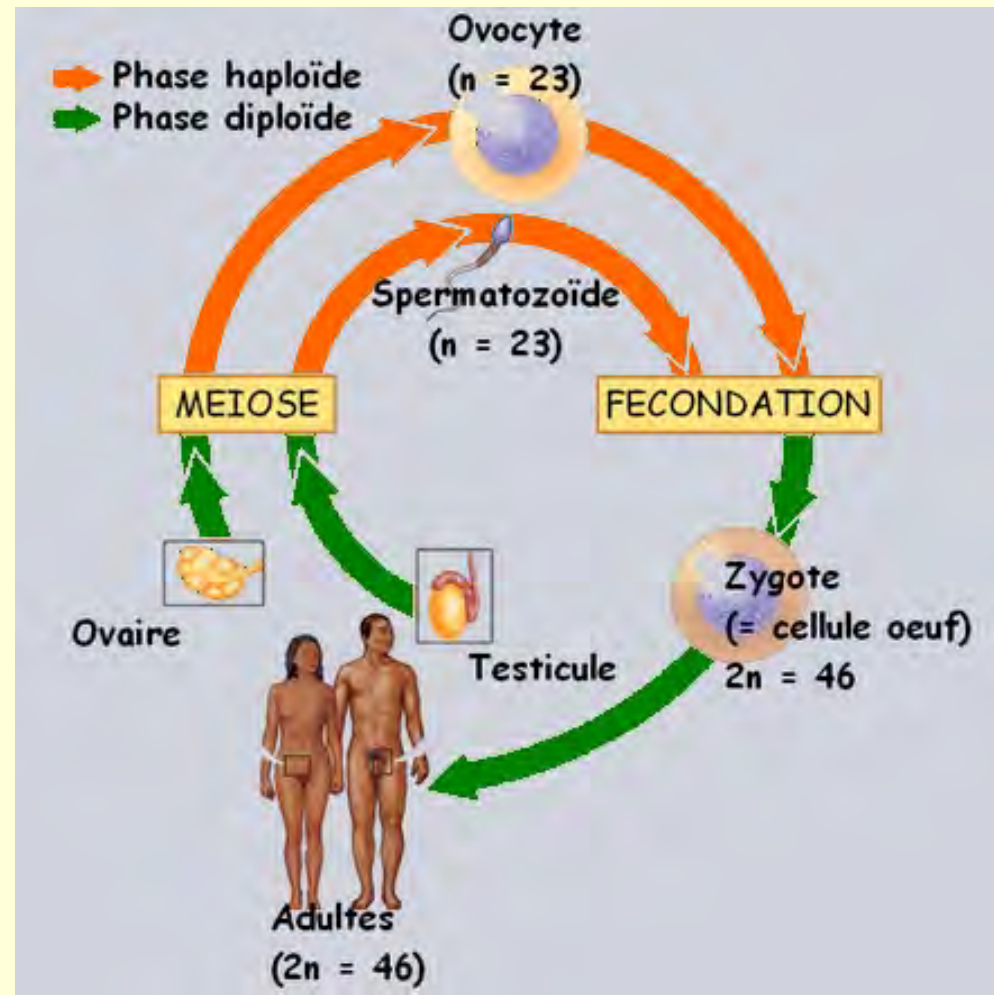
Note: In plant cells

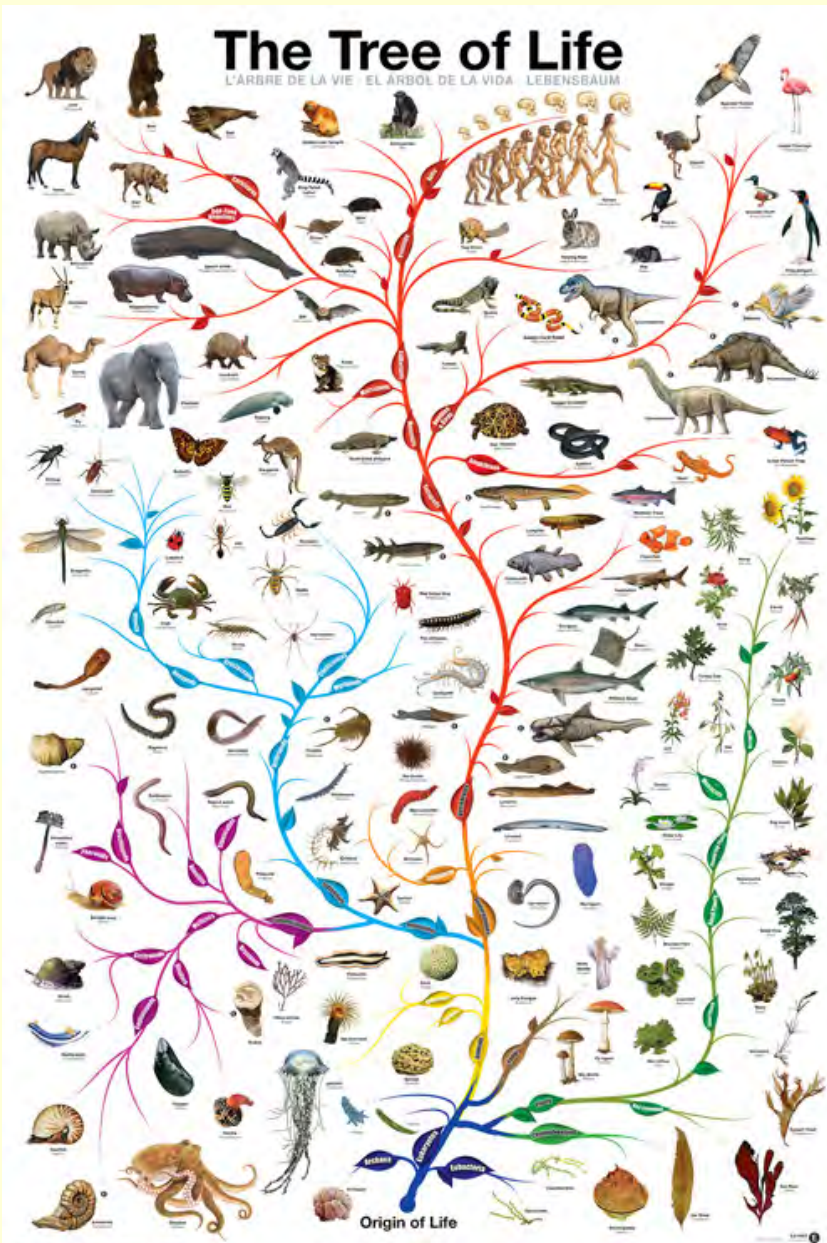
Autre étape importante : apparition de la **reproduction sexuée**, vraisemblablement avec les premiers eucaryotes.

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

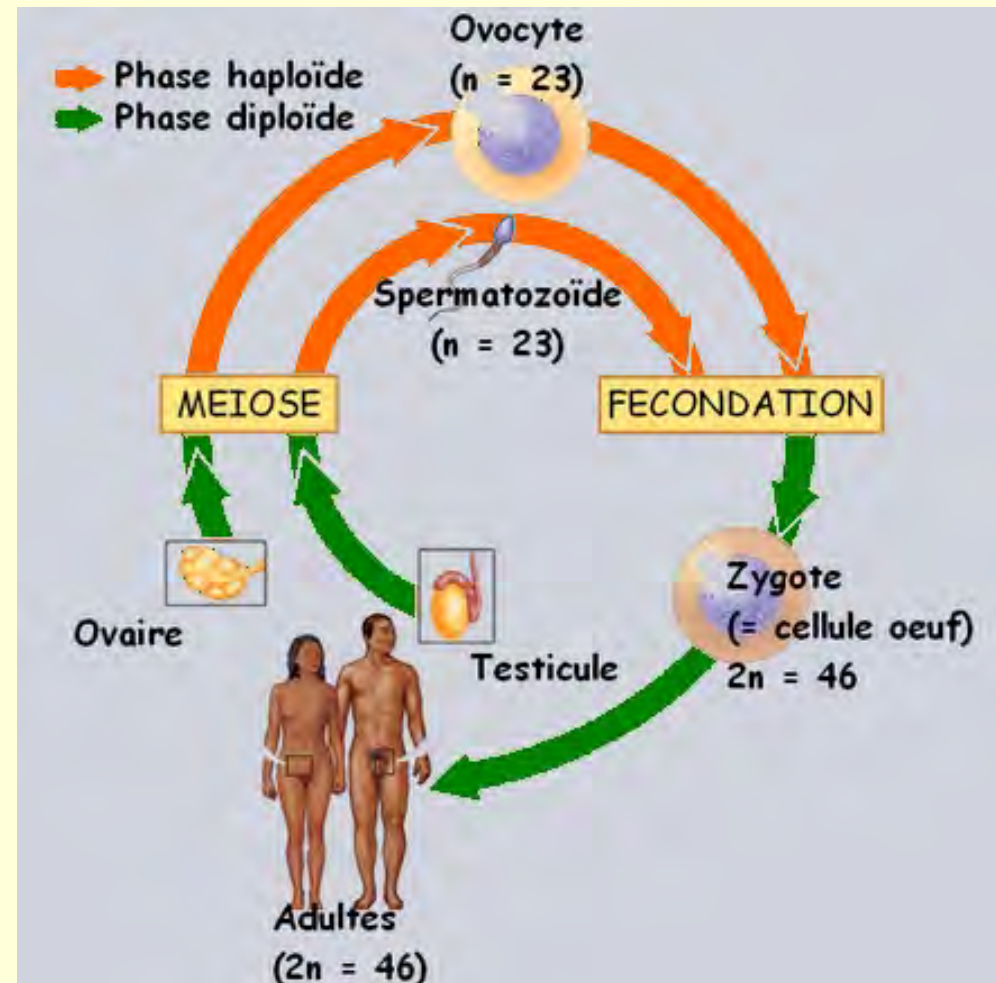


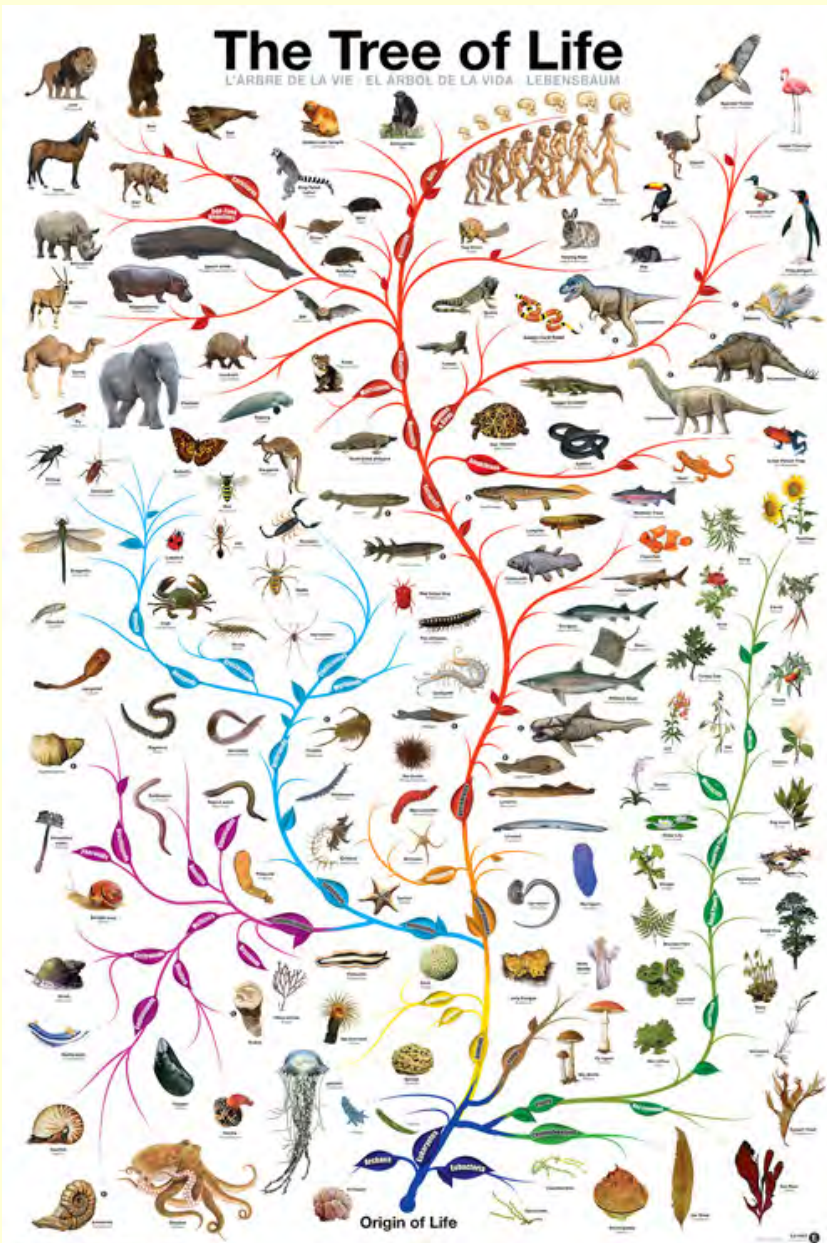
La sexualité : **deux** « parent » se mettent ensemble pour faire **un** individu toujours **différent** grâce au **brassage** du patrimoine génétique (crée beaucoup plus de **diversité**)





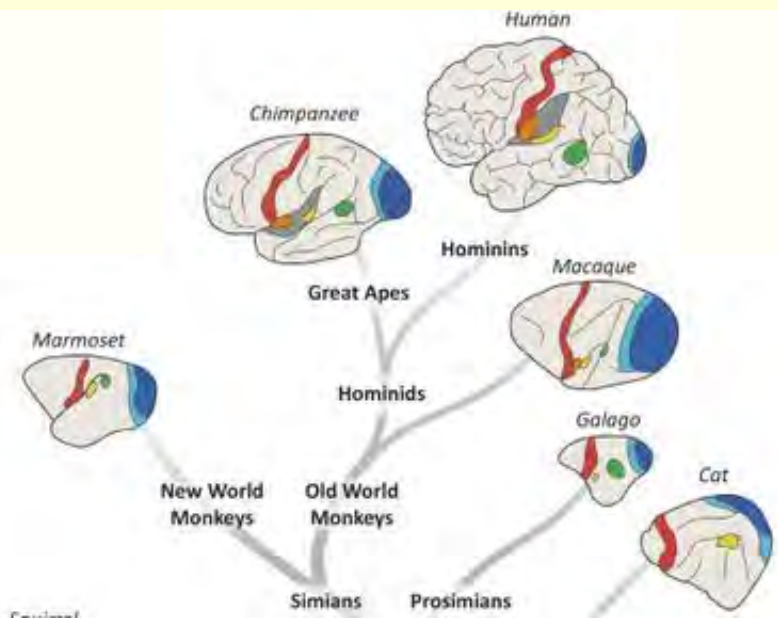
La sexualité : deux « parent » se mettent ensemble pour faire un individu toujours différent grâce au brassage du patrimoine génétique (crée beaucoup plus de **diversité**)





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

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





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

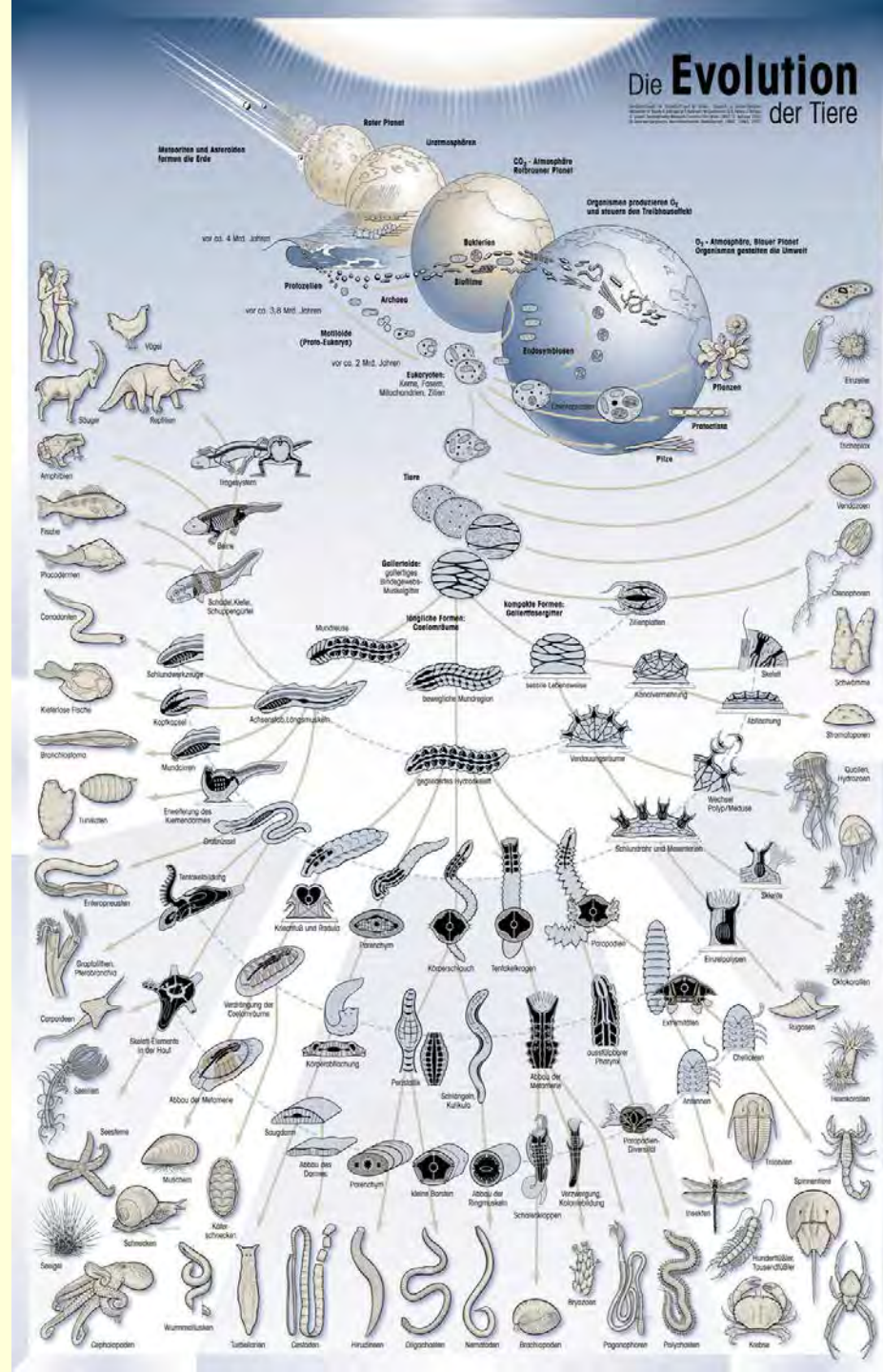
1- Les individus d'une population **diffèrent suite à des mutations** qui surviennent au hasard;

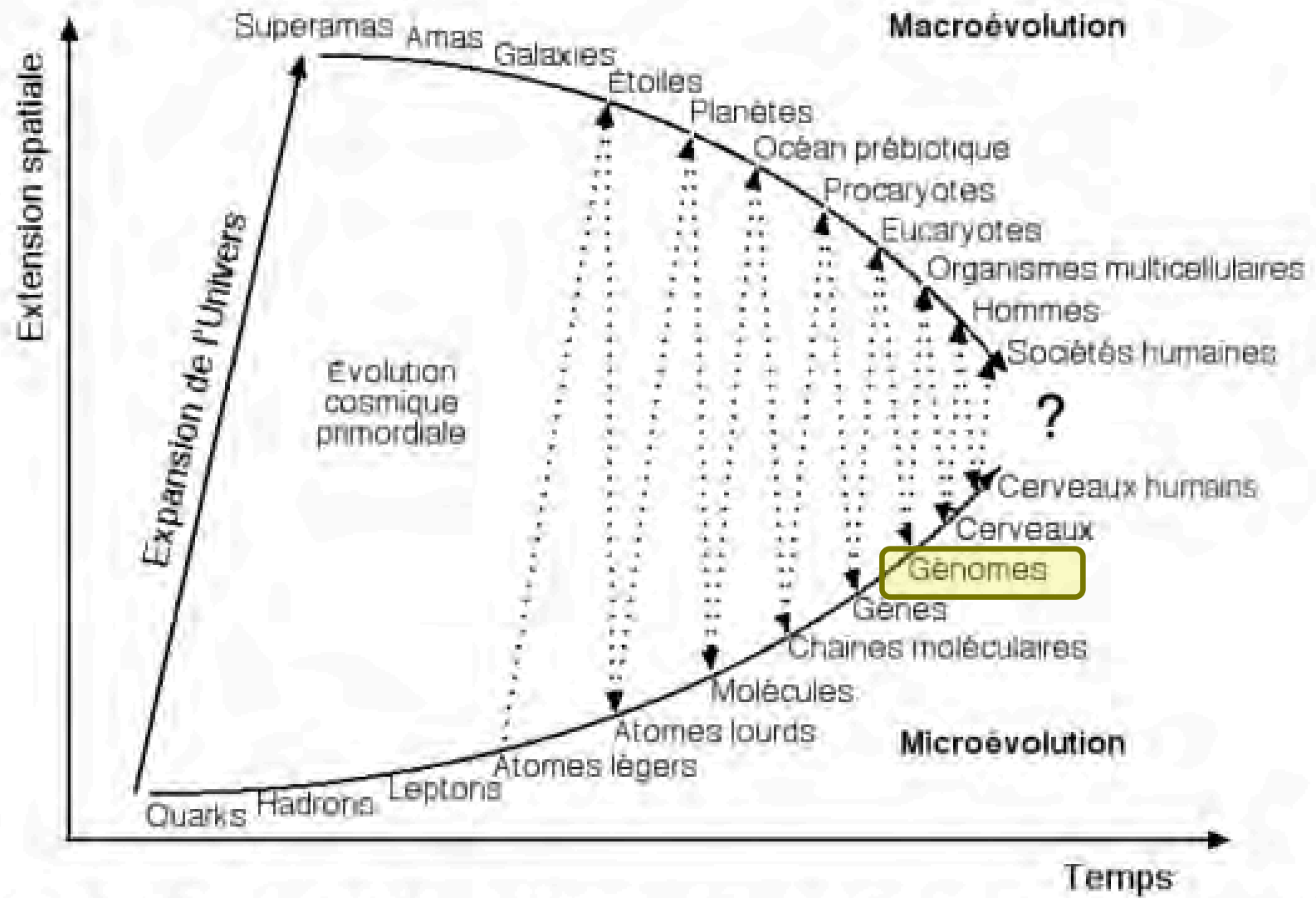
2- Plusieurs de ces différences sont **héréditaires**;

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

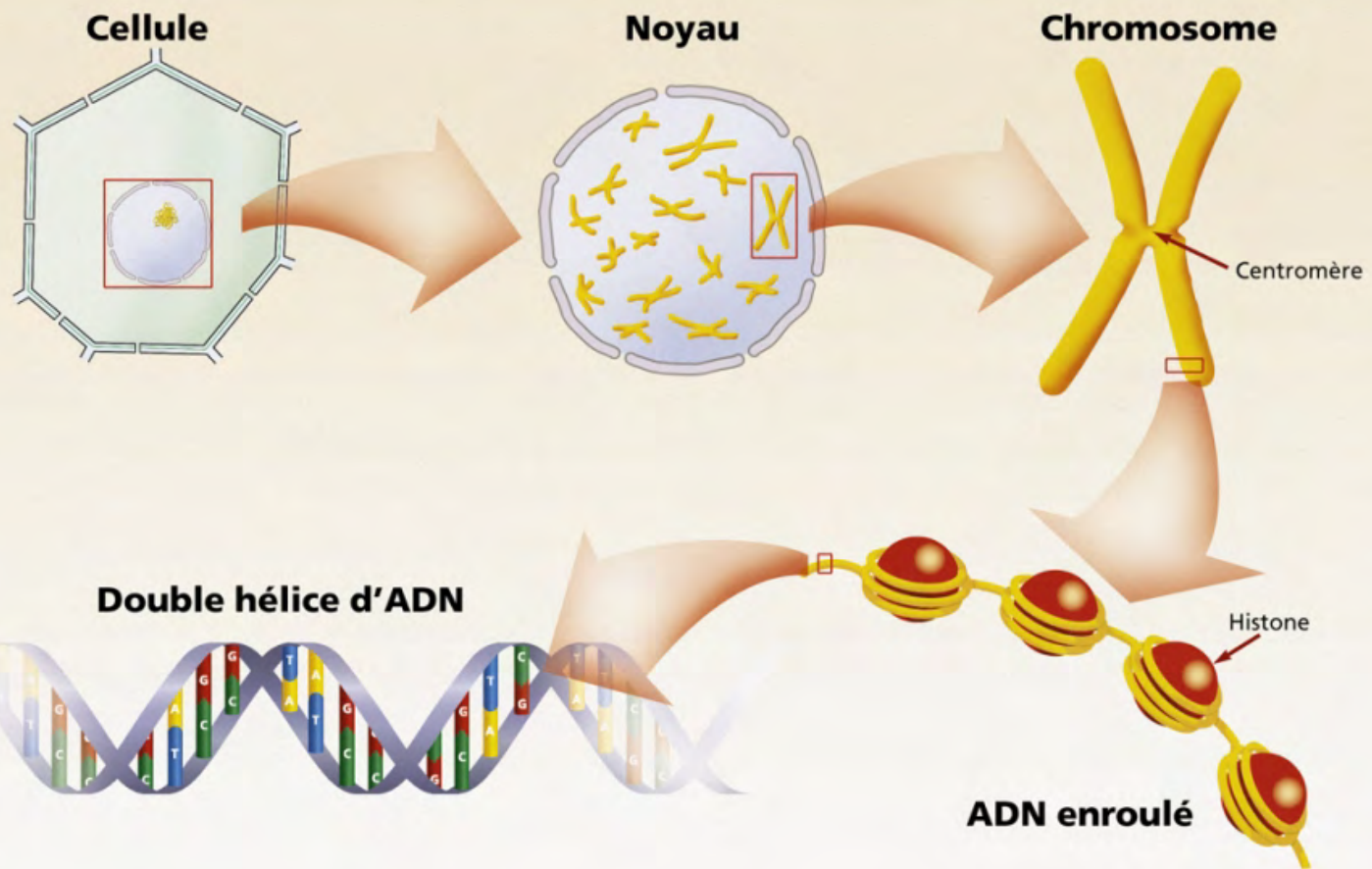
4- Ils vont donc transmettre **plus efficacement à leur descendants ces caractères héréditaires avantageux**, et progressivement toute la population les possédera.

[cf. par exemple Cyrille Barrette...]





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



9

Chaque cellule eucaryote renferme un certain nombre de **chromosomes** qui est l'enroulement très serré du long brin d'**ADN** qui est le support physique des **gènes**.

Et c'est l'ensemble de ces chromosomes qu'on appelle le **génom**e.

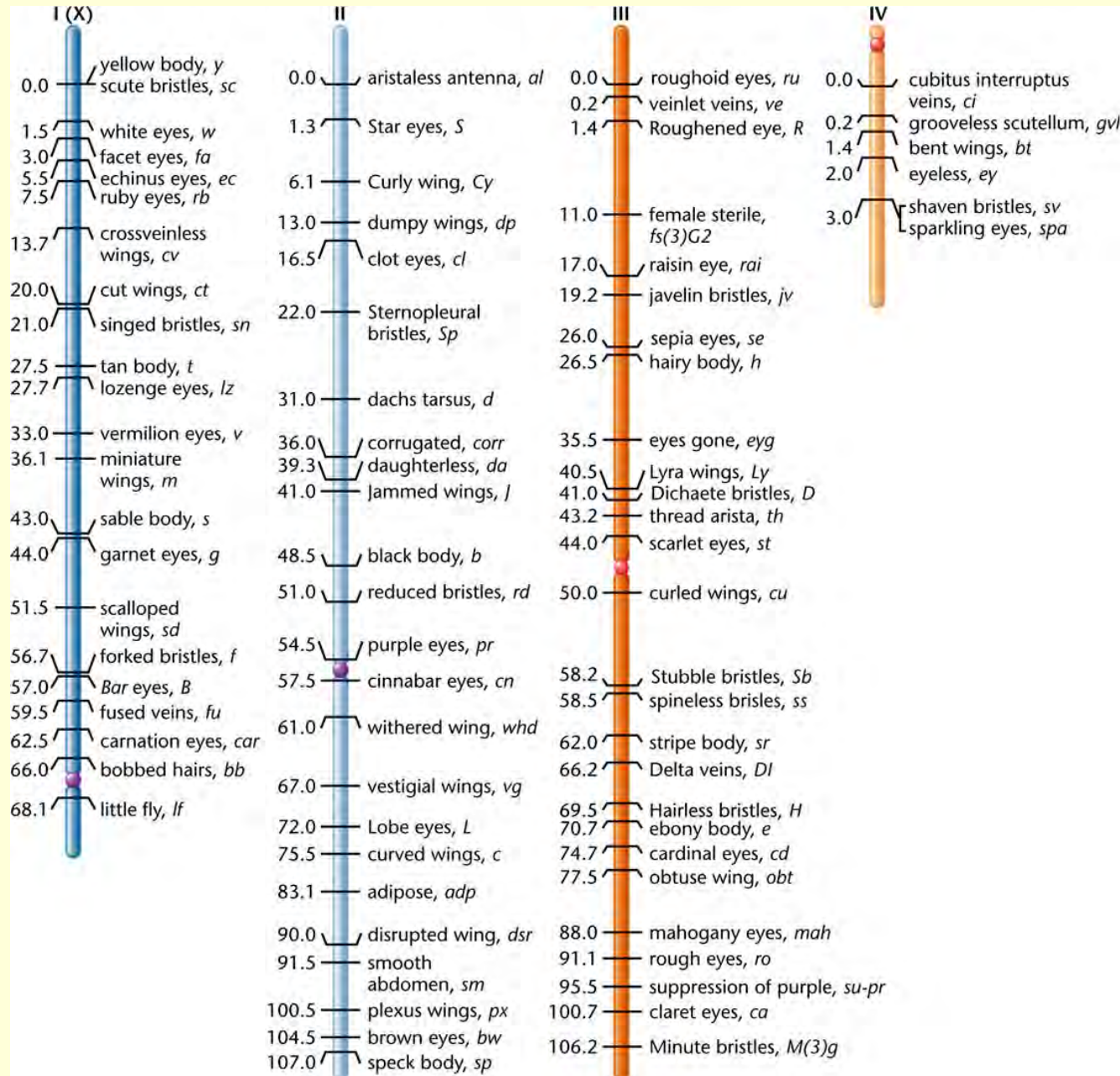
**Mouche mutante**



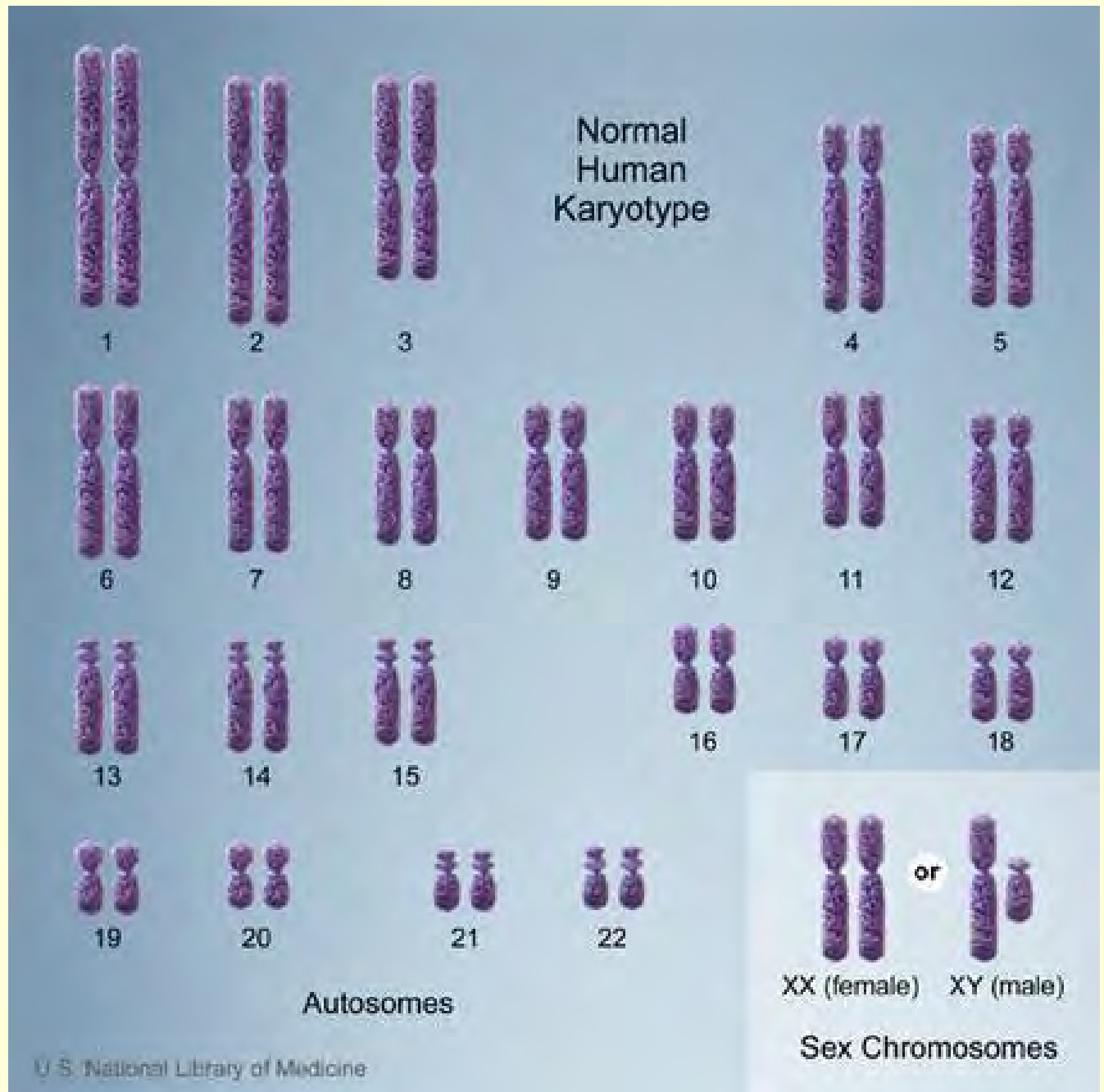
**Mouche normale**

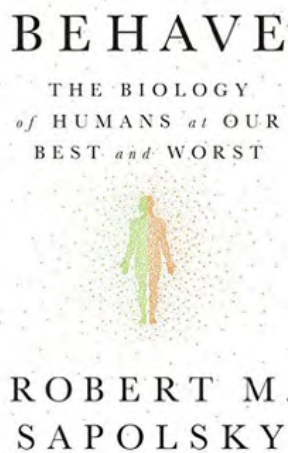


La mouche drosophile a un génome constitué de **13 000 gènes** portés sur **4 paires de chromosomes**



L'être humain, lui, a un génome constitué d'environ **20 000 gènes** portés sur **23 paires de chromosomes**.





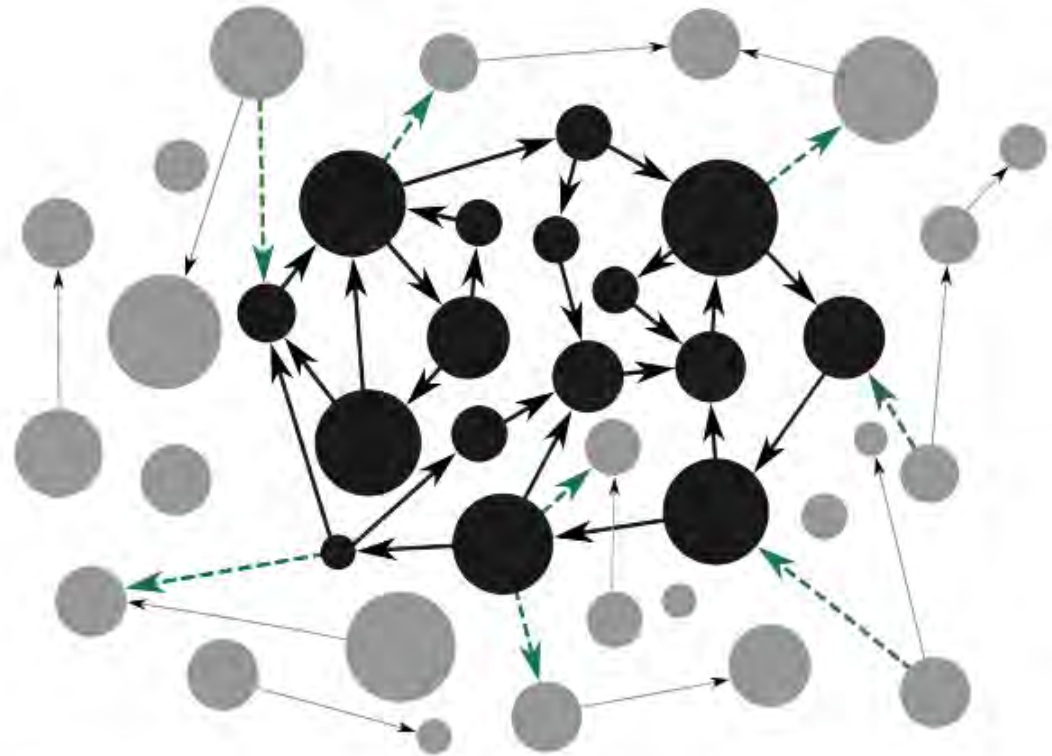
Genes have plenty to do with behavior. Even more appropriately, all behavioral traits are affected to some degree by genetic variability.<sup>65</sup> They have to be, given that they specify the structure of all the proteins pertinent to every neurotransmitter, hormone, receptor, etc. that there is. And they have plenty to do with individual differences in behavior, given the large percentage of genes that are polymorphic, coming in different flavors. But their effects are supremely context dependent. Ask not what a gene does. Ask what it does in a particular environment and when expressed in a particular network of other genes (i.e., gene/gene/gene/gene . . . /environment).

En noir :

Le réseau de gènes

que forme notre **génom**

où l'expression de chaque gène est régulé par de nombreux facteurs environnementaux (en gris).



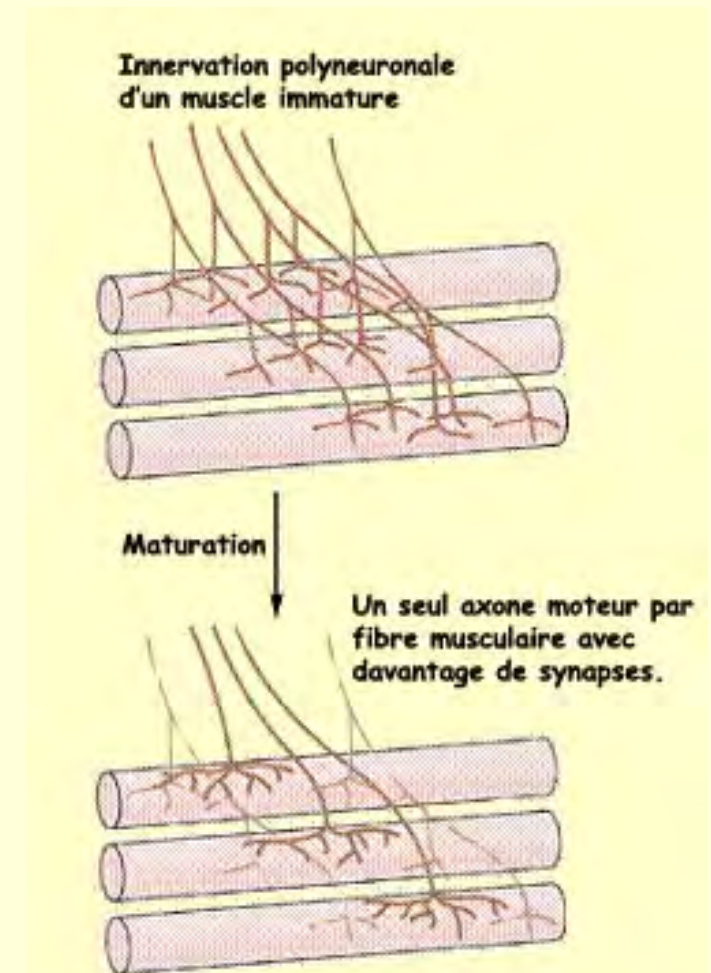
Copyright Ezequiel Di Paolo, 2013. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported License. [http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.en\\_US](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.en_US)

Et en ce qui concerne le cerveau plus particulièrement, 20 000 gènes pour spécifier l'emplacement de 85 milliards de neurones et de leur 1000 ou 10 000 connexions chacun, c'est pas assez !

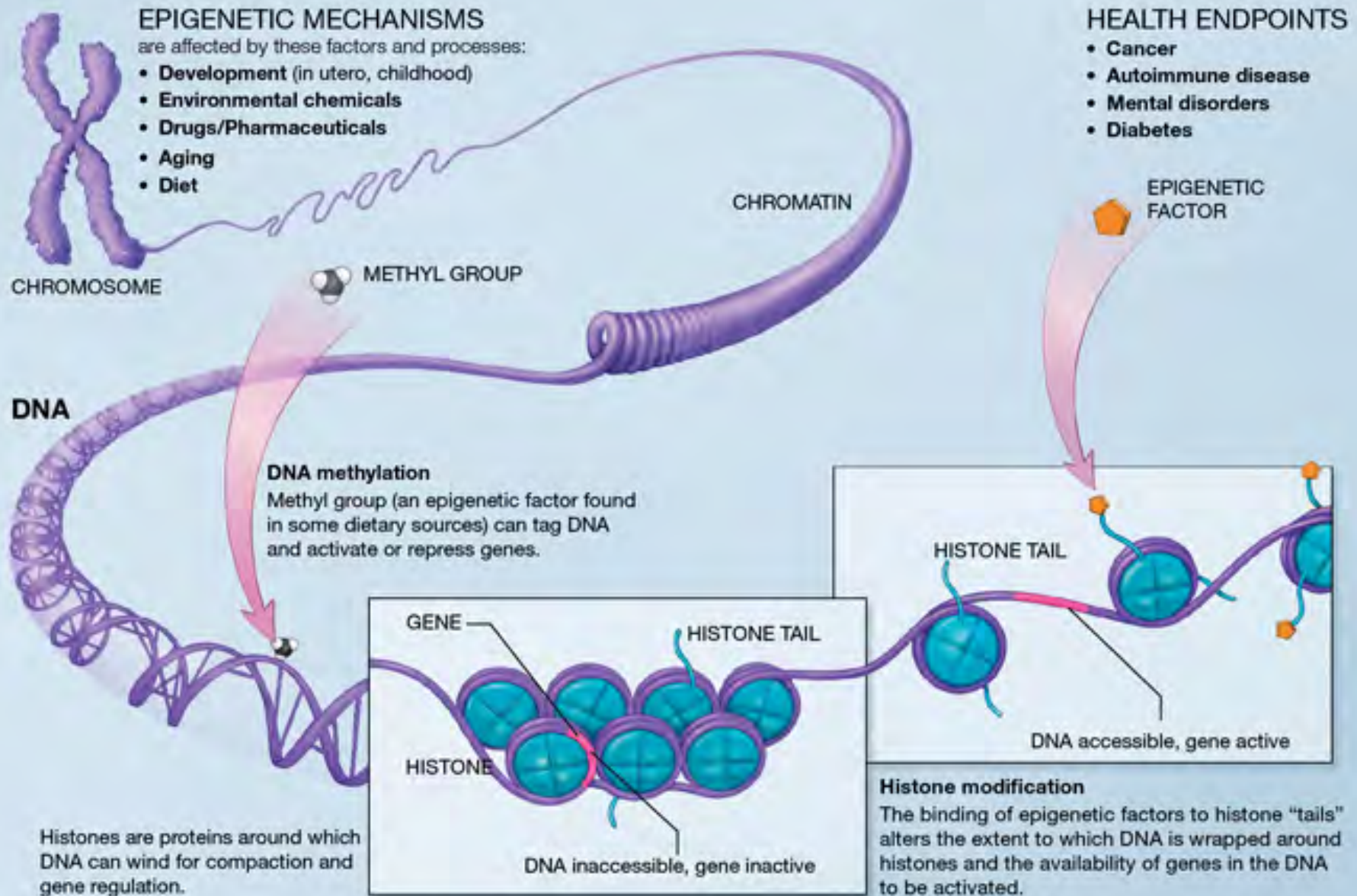
Il va donc devoir y avoir des choses qui se passent « après les gènes », durant le développement.

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

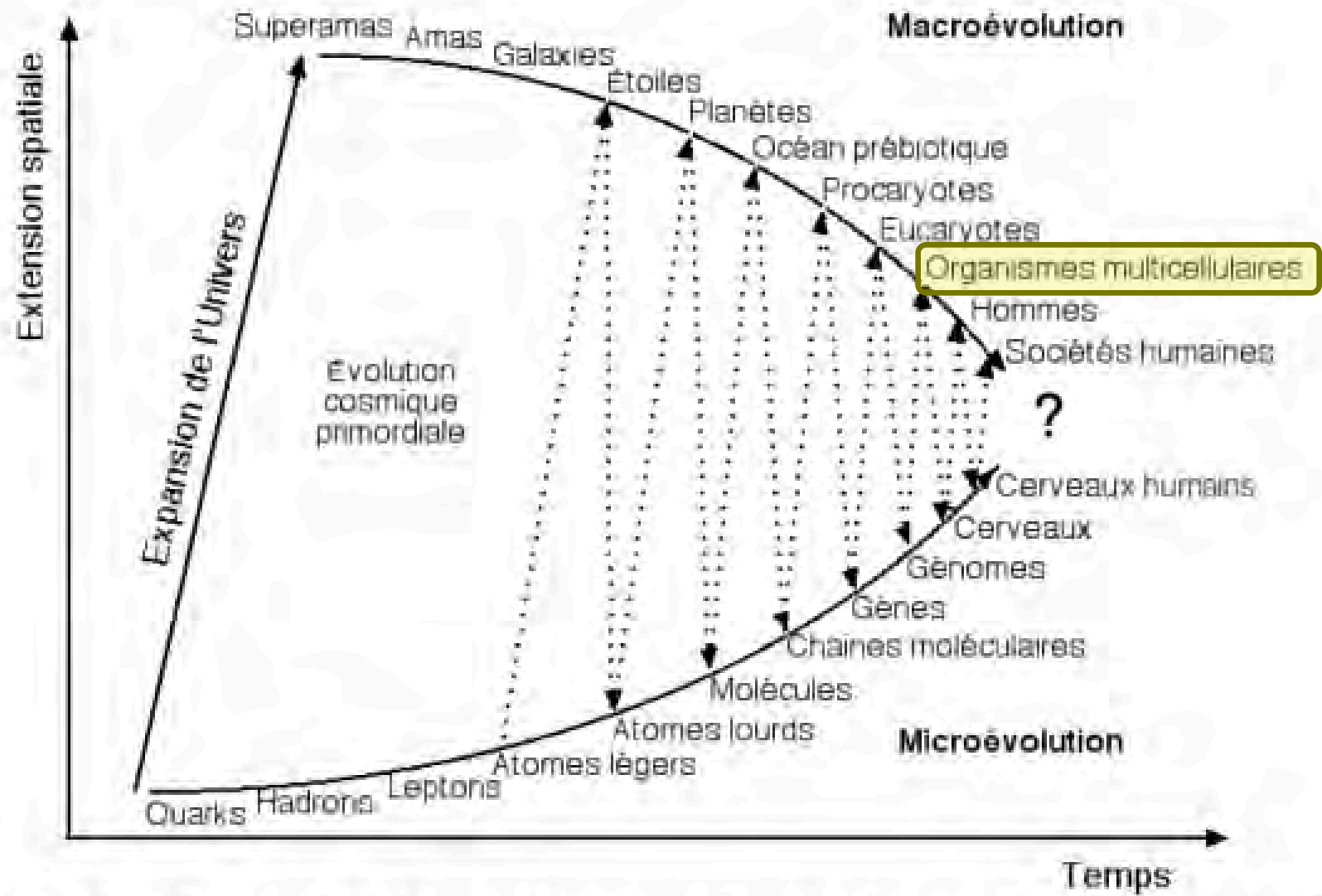
sont sous le contrôle de l'activité du réseau et se font sur le mode "darwinien" de **compétition** et **d'élimination** de synapses.



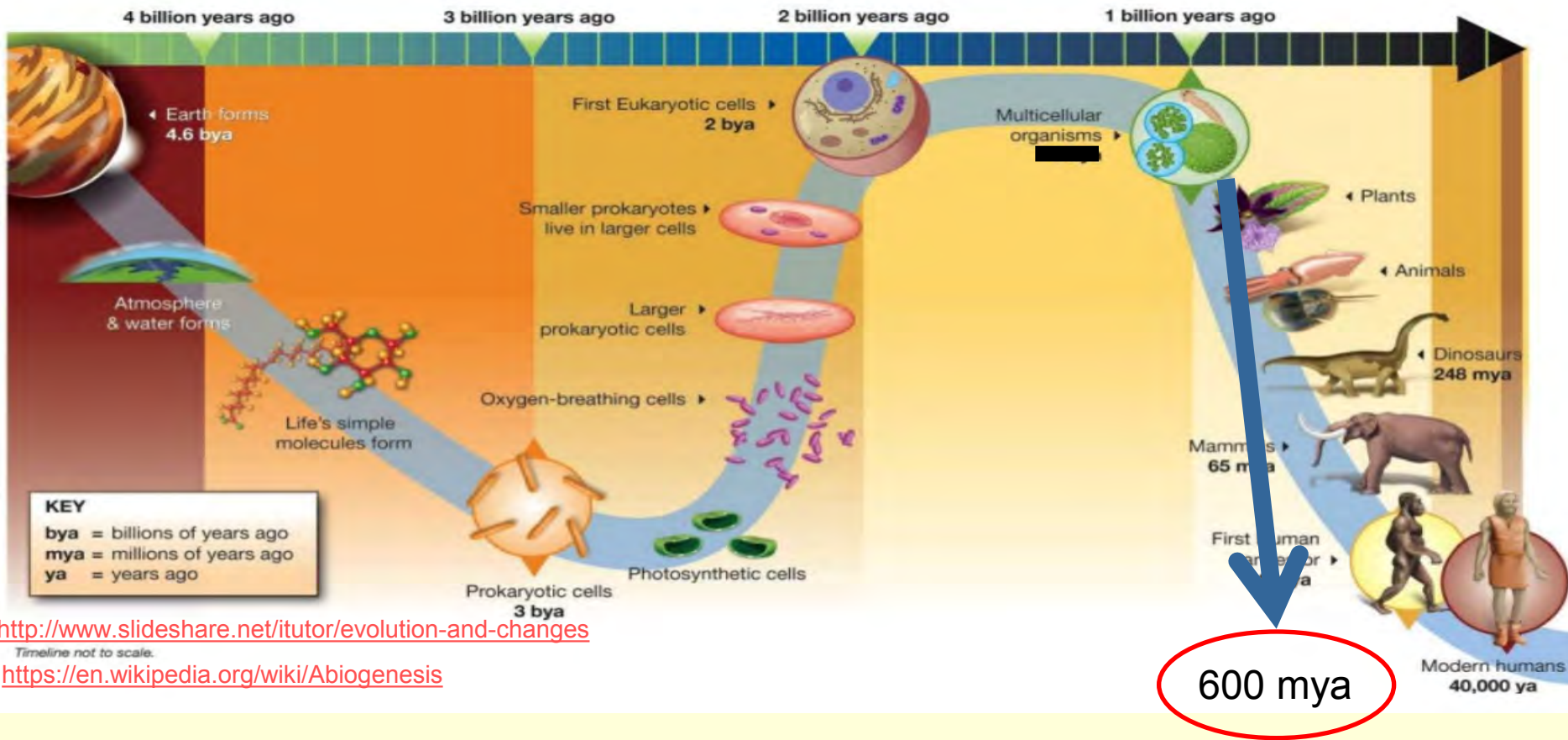
Le spectre des phénomènes **épigénétiques** s'est beaucoup élargi et on connaît maintenant certains mécanismes moléculaires qui **contrôlent l'expression des gènes**.





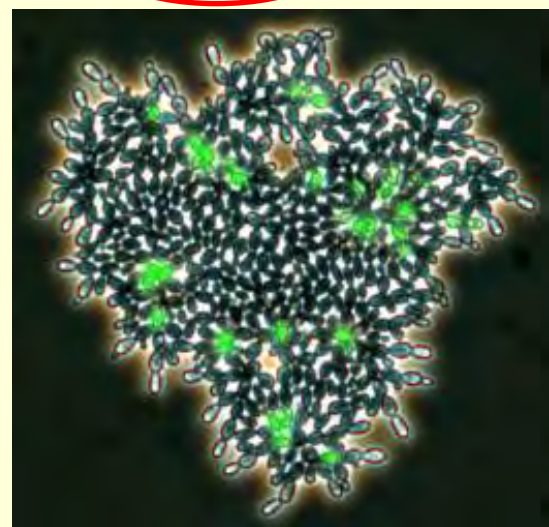


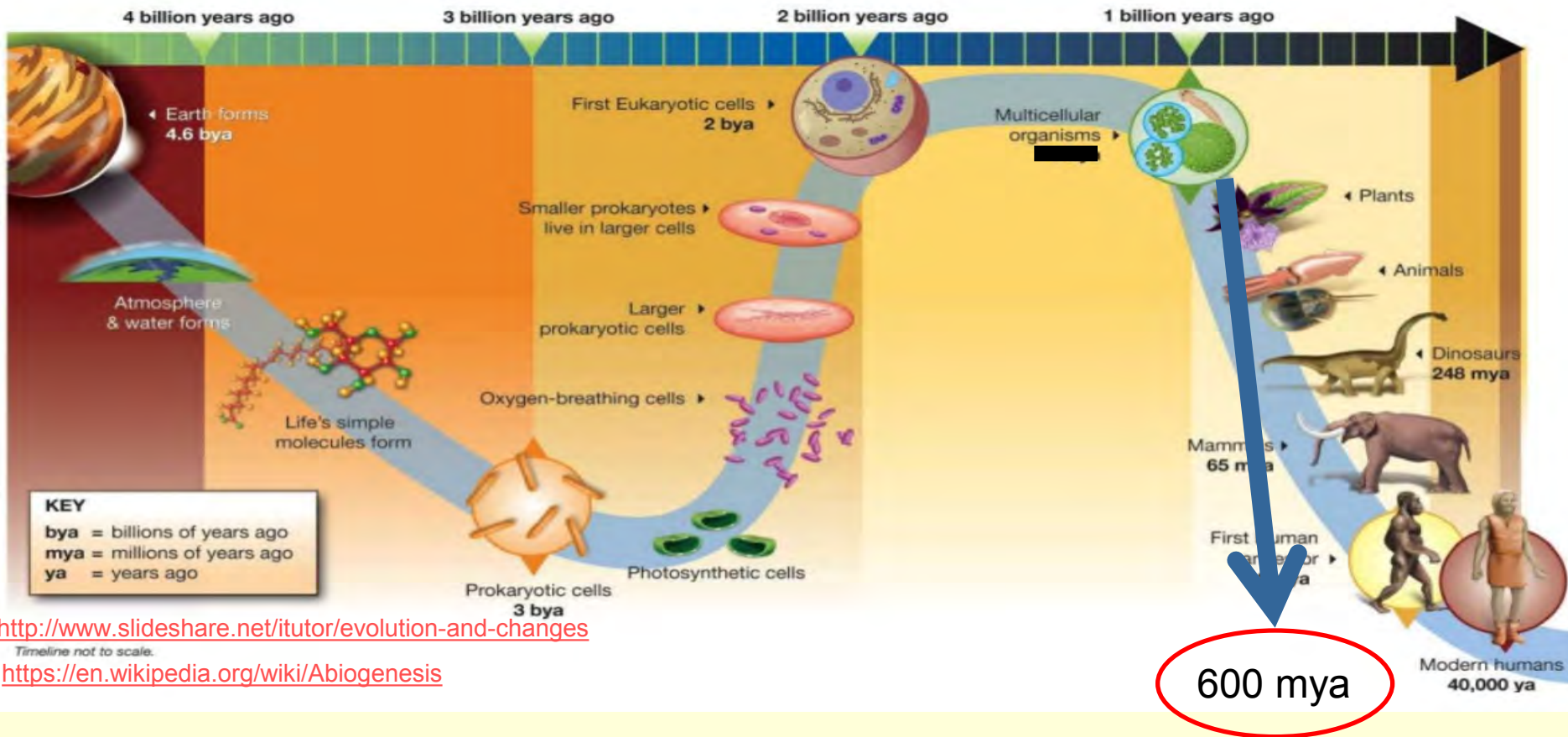
D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.



<http://www.slideshare.net/itutor/evolution-and-changes>  
<https://en.wikipedia.org/wiki/Abiogenesis>

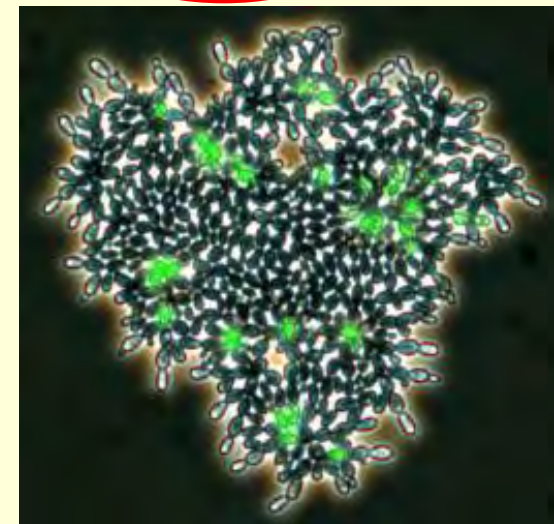
On estime que la **multicellularité** est apparue au moins 25 fois au cours de l'évolution, par des mécanismes différents, probablement en raison des avantages sélectifs qu'elle confère (possibilité d'une augmentation de la taille de l'organisme, spécialisation cellulaire, etc.)





Après les premiers essais infructueux il y a environ 2 milliards d'années, l'émergence de la vie **multicellulaire** apparaît véritablement il y a un peu plus de **600 millions d'années**

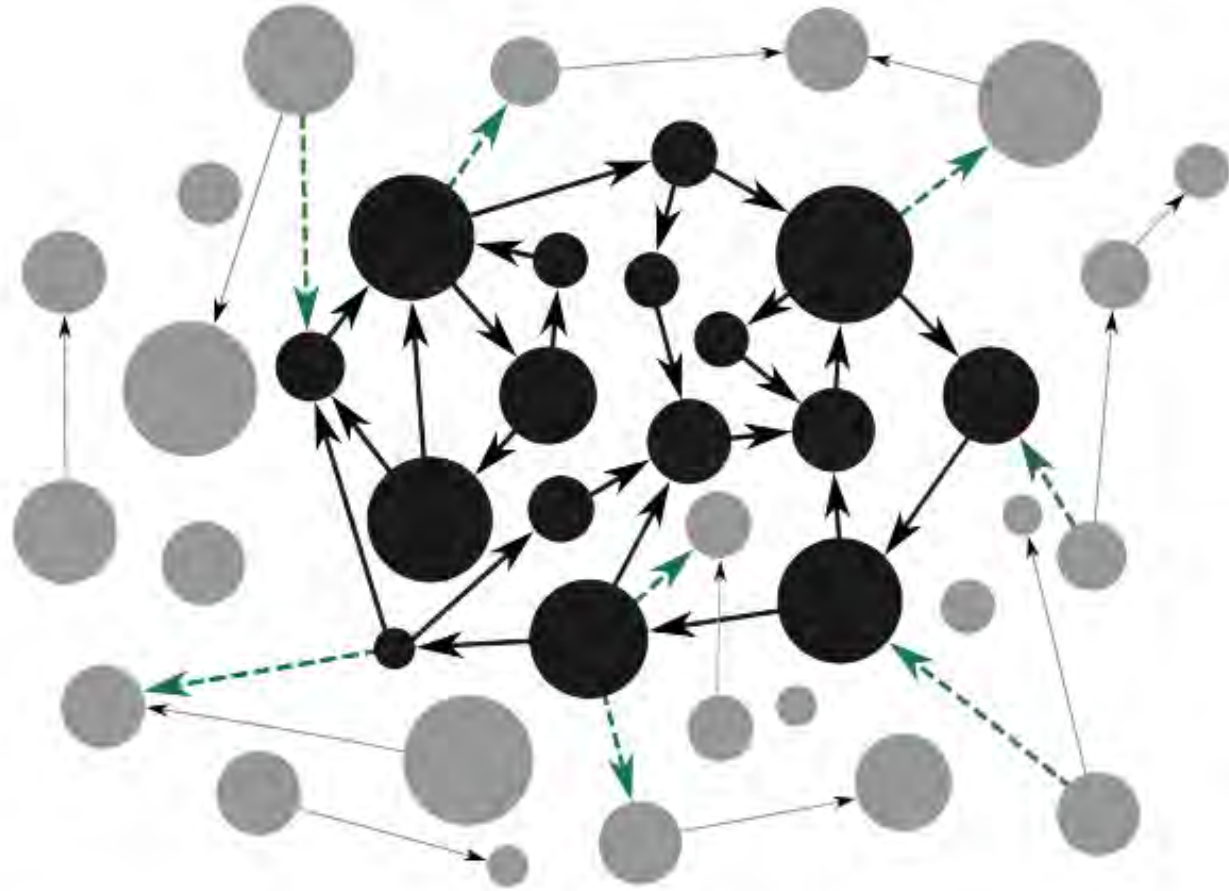
(les animaux multicellulaires les plus simples d'aujourd'hui (les éponges) seraient apparus au plus tard il y a 635M).



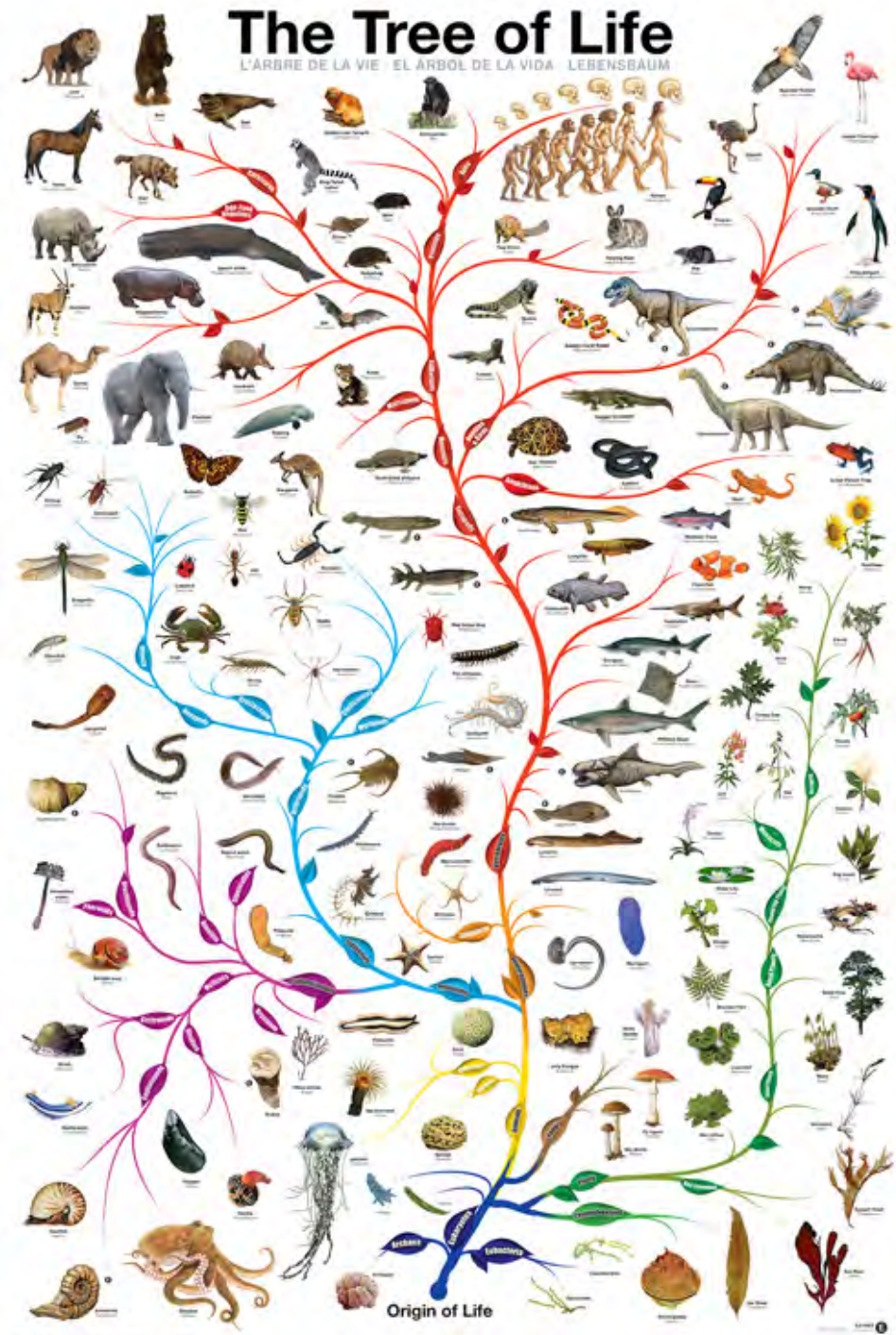
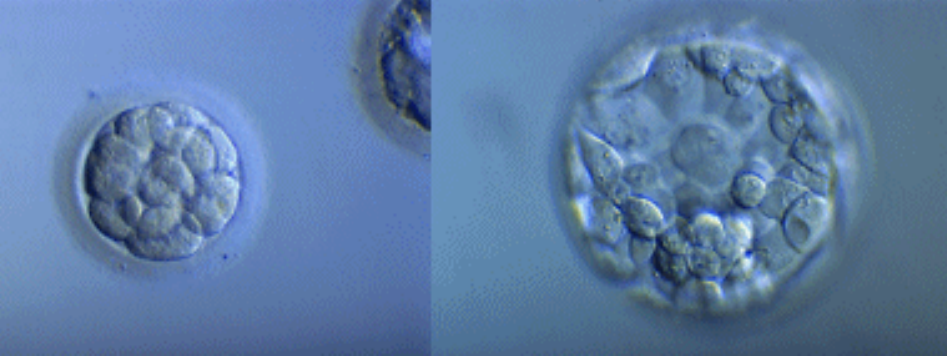
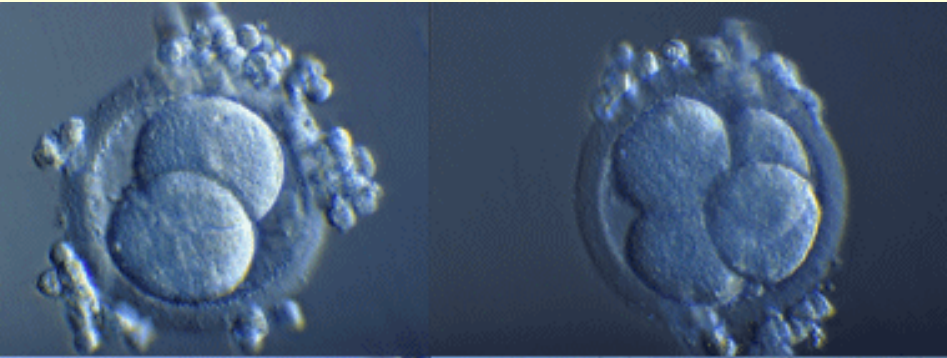
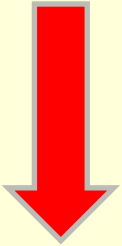
**En noir** : un organisme

dont les différentes  
cellules interagissent  
préférentiellement  
entre elles

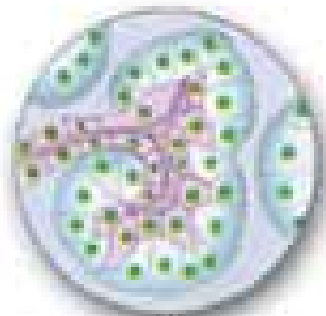
(mais c'est toujours  
un « système ouvert »  
du point de vue  
thermodynamique)



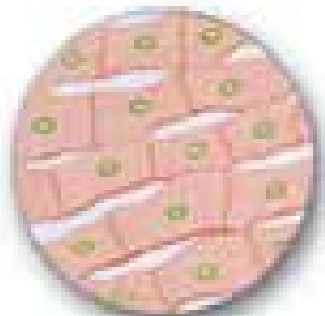
Copyright Ezequiel Di Paolo, 2013. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported License.  
[http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.en\\_US](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.en_US)



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



**cellule  
pancréatique**



**cellule  
cardiaque**



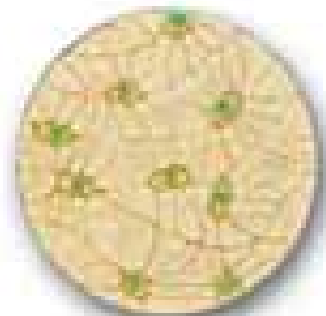
**cellule  
sanguine**



**cellule  
pulmonaire**



**ovule**



**cellule  
osseuse**



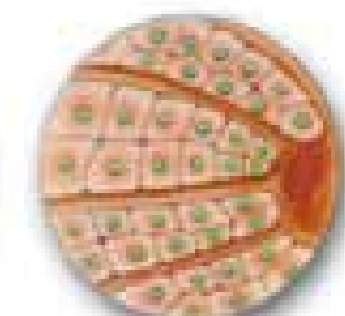
**cellule  
de la rate**



**cellule  
musculaire**



**cellule  
du cerveau**



**cellule  
du foie**

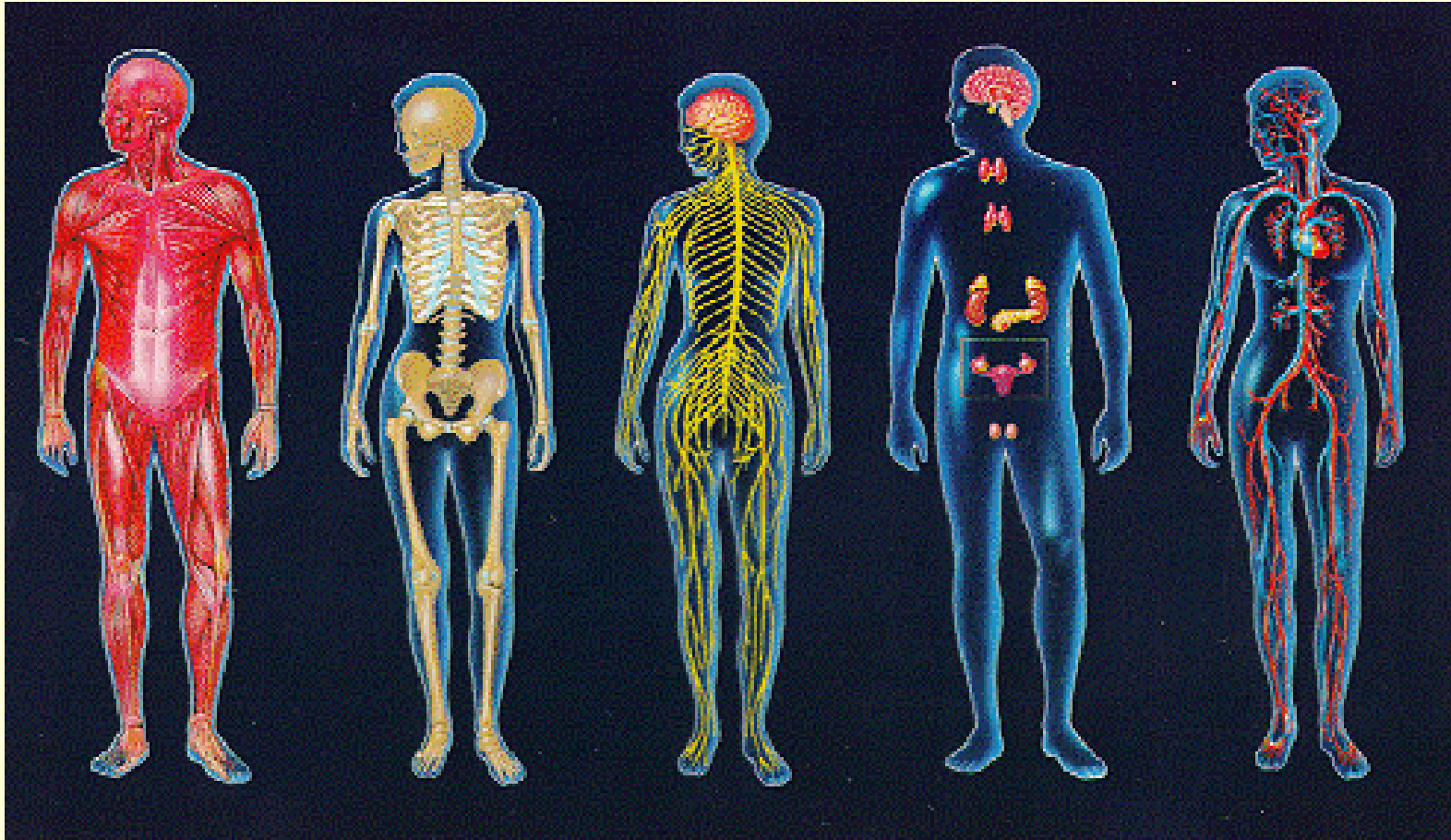
Ces cellules spécialisées vont former différents **tissus** et **organes**,  
et finalement différents **grands systèmes...**

Musculo-squelettique

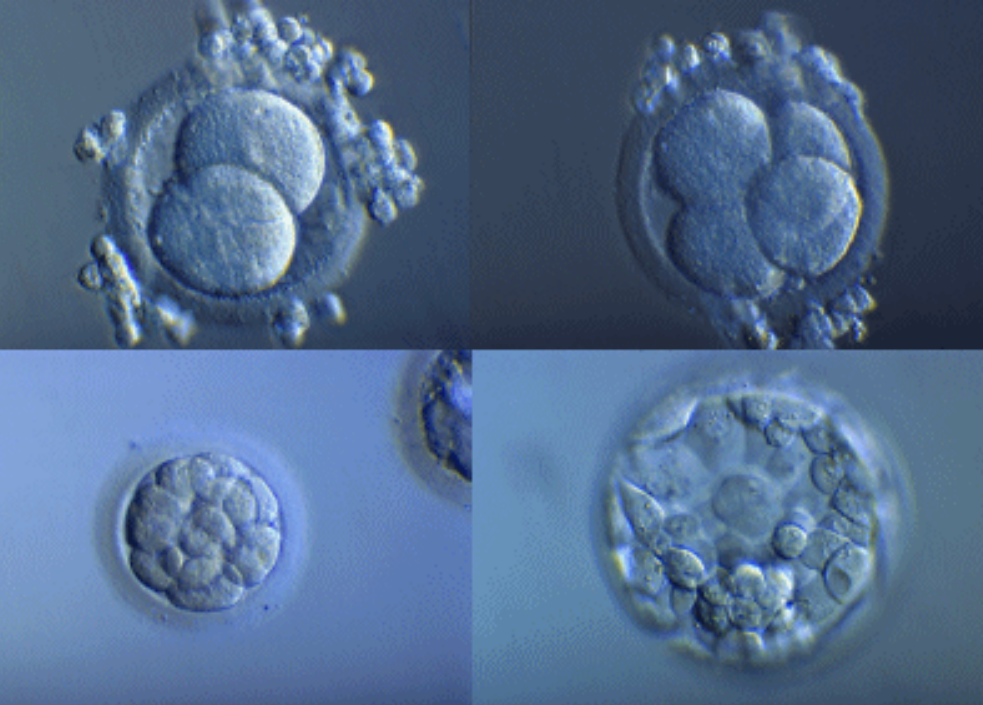
Nerveux

Endocrinien

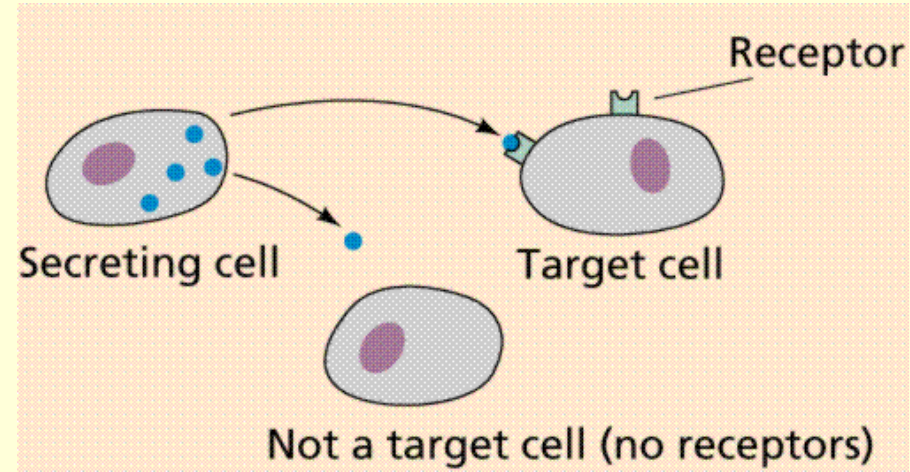
Circulatoire



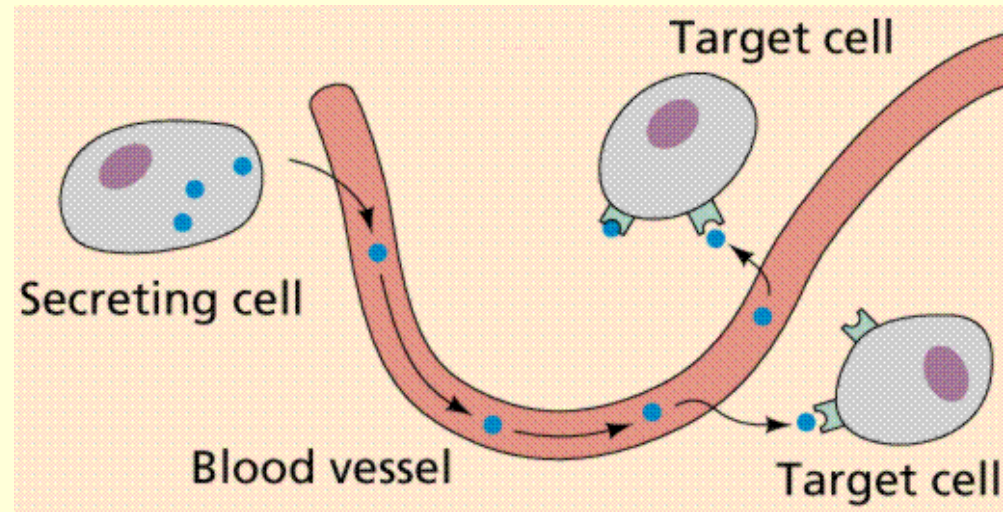
Mais leur origine...



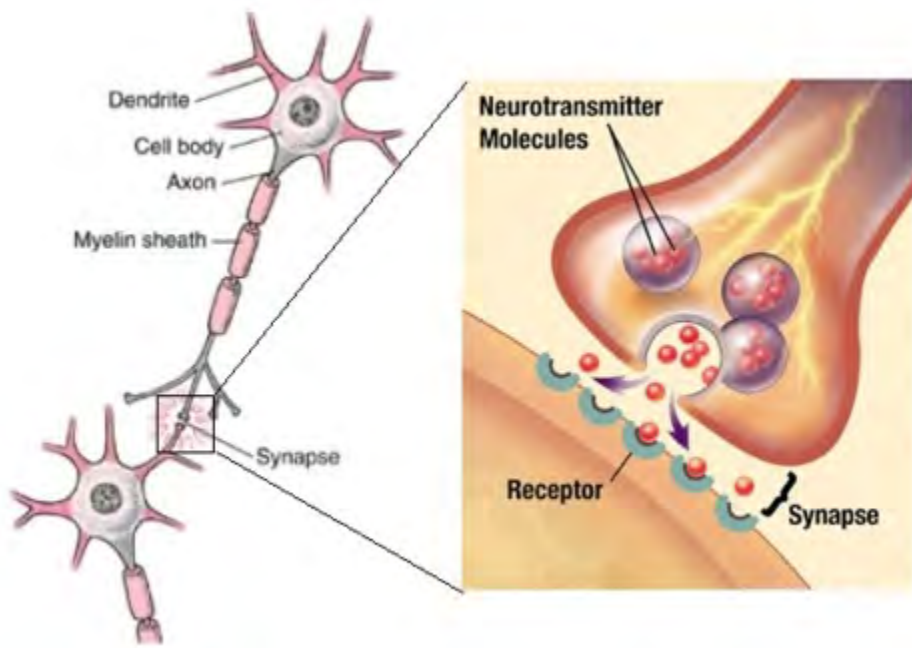
...est très ancienne !



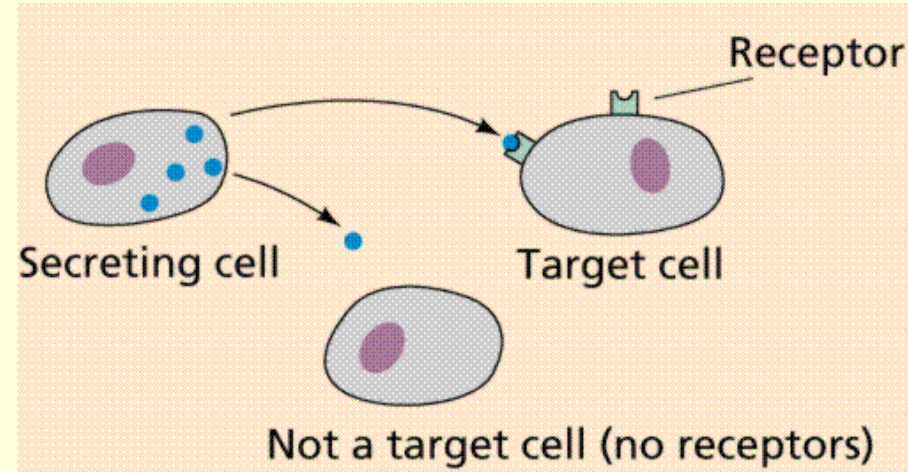
**Hormones !**  
(système endocrinien)



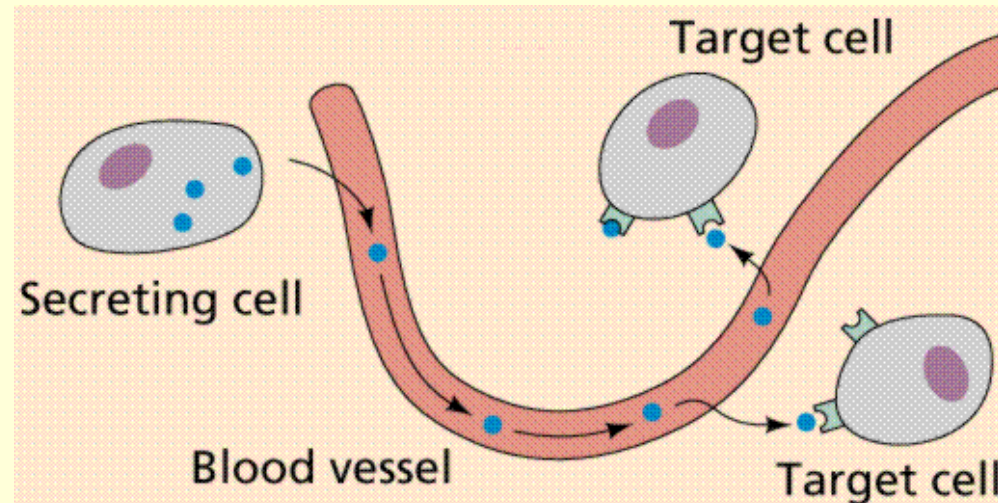




...mais aussi neurotransmetteurs et récepteur des neurones du **système nerveux !**

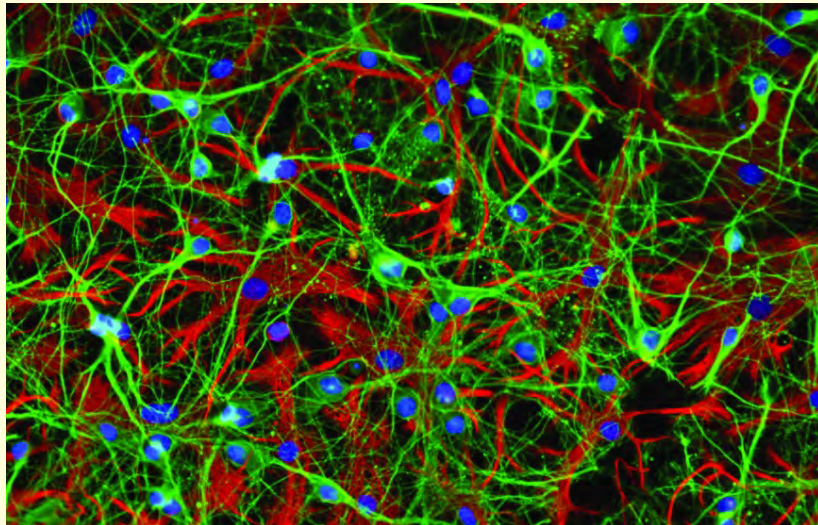


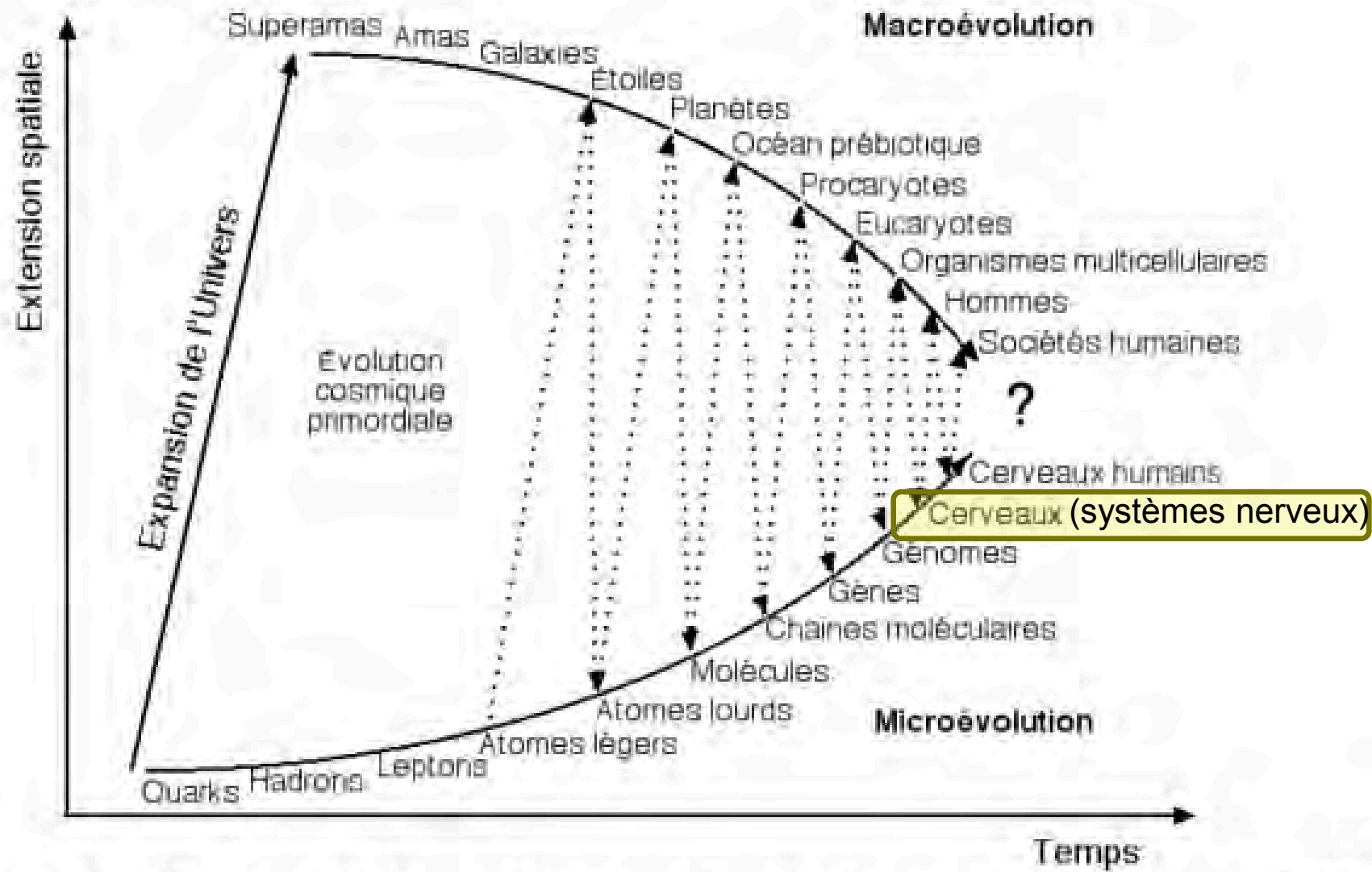
**Hormones !**  
(système endocrinien)



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

Car encore aujourd'hui,  
toute la puissance computationnelle de  
notre cerveau vient du travail coordonné  
de ses milliards de cellules.





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

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

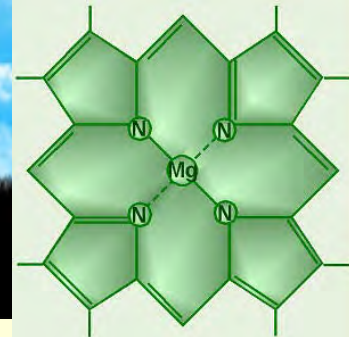
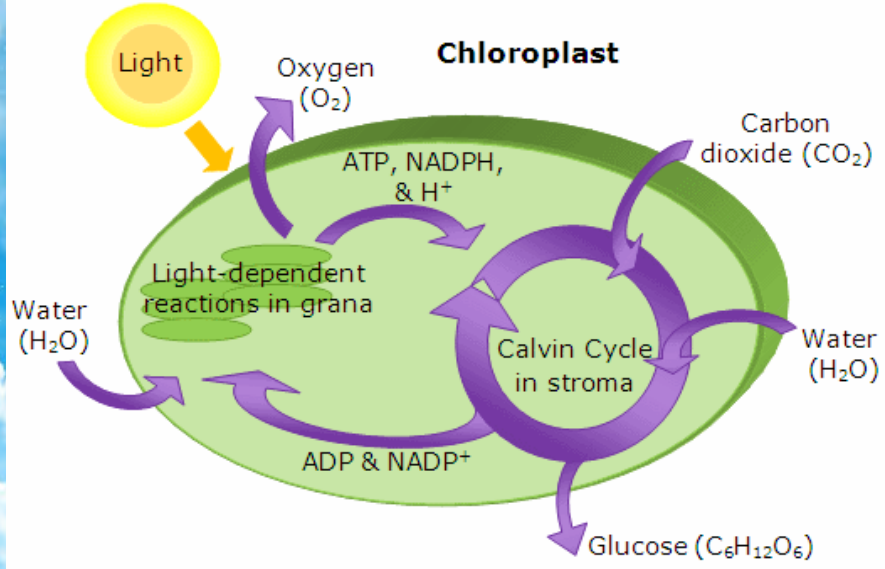
l'entropie (désordre) croît constamment





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

- Henri Laborit



Plantes :

photosynthèse

grâce à l'énergie du soleil

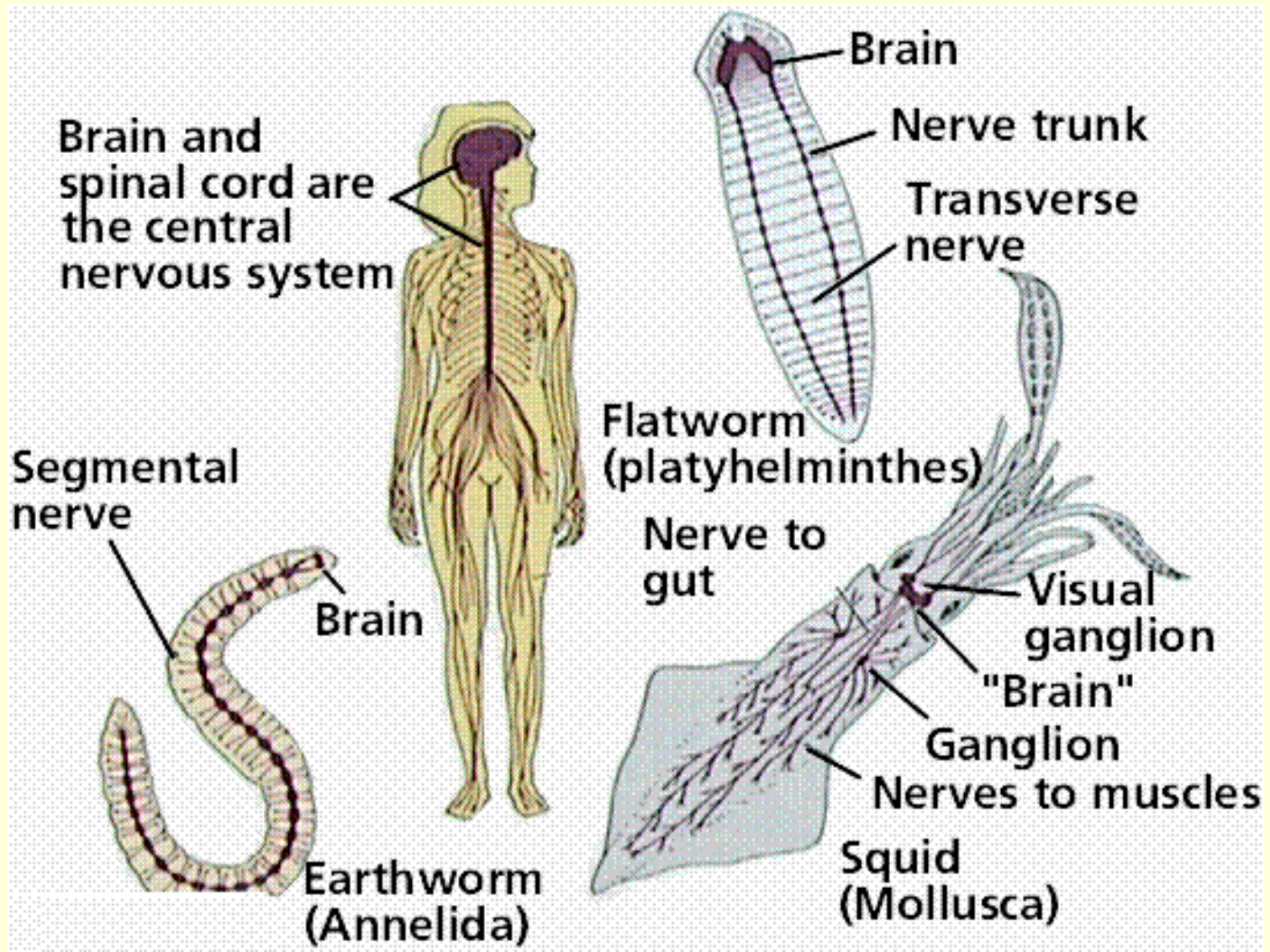




## Animaux :

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

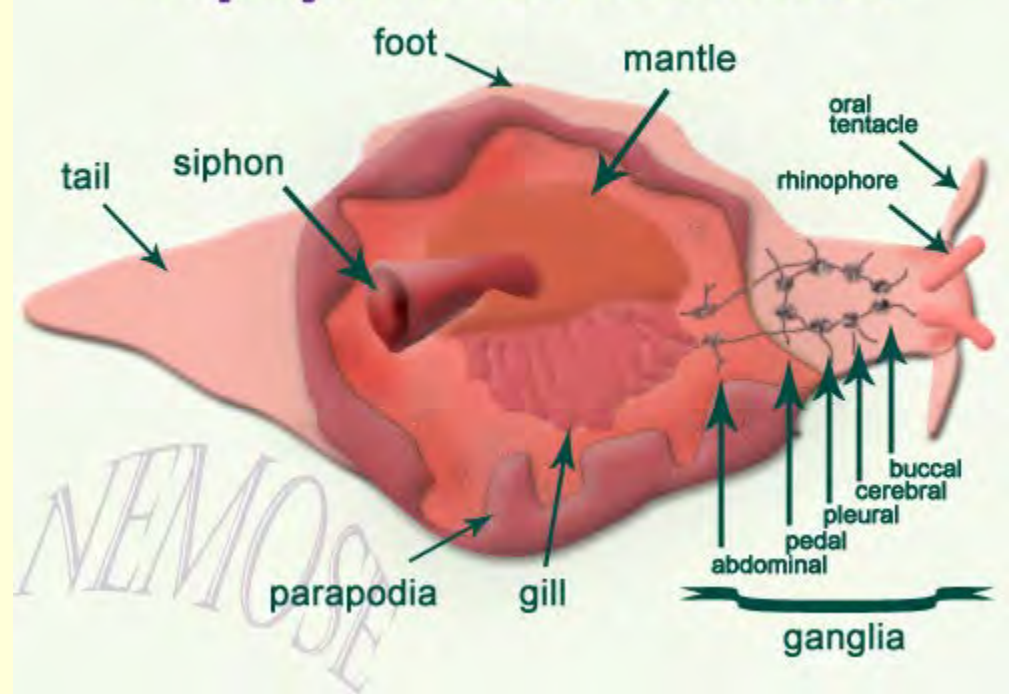
# Systemes nerveux !

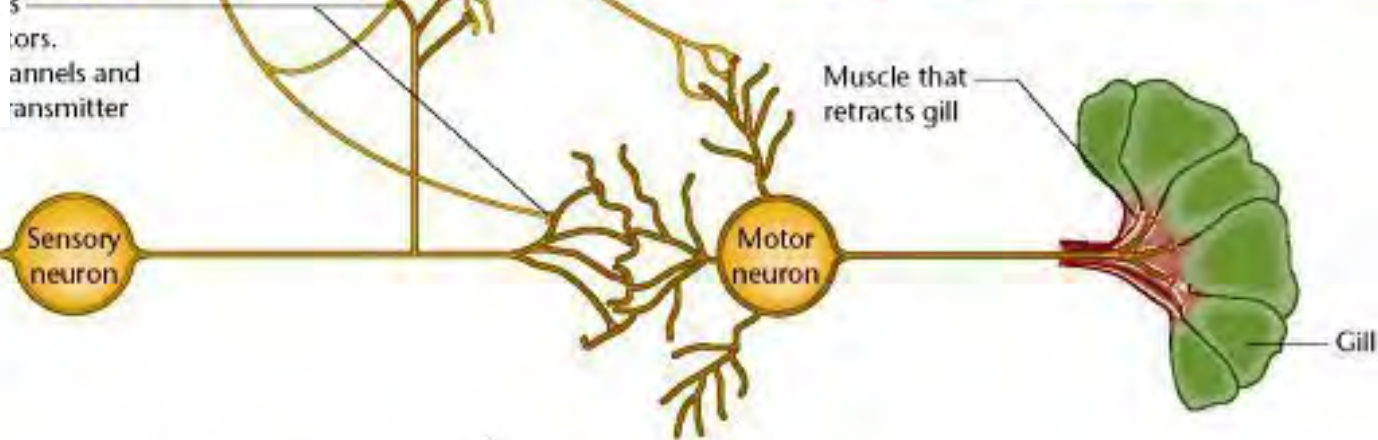
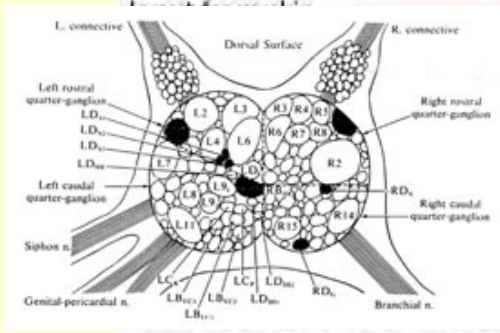
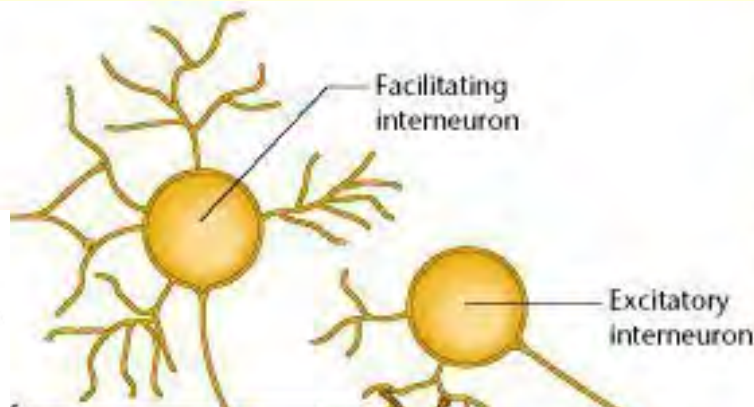
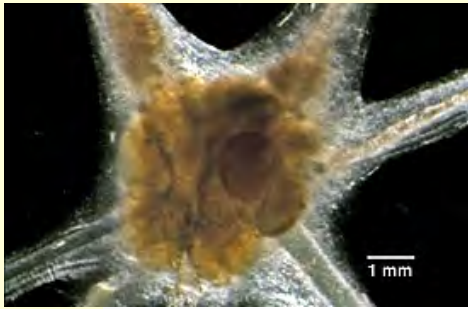






**Aplysie**  
(mollusque marin)





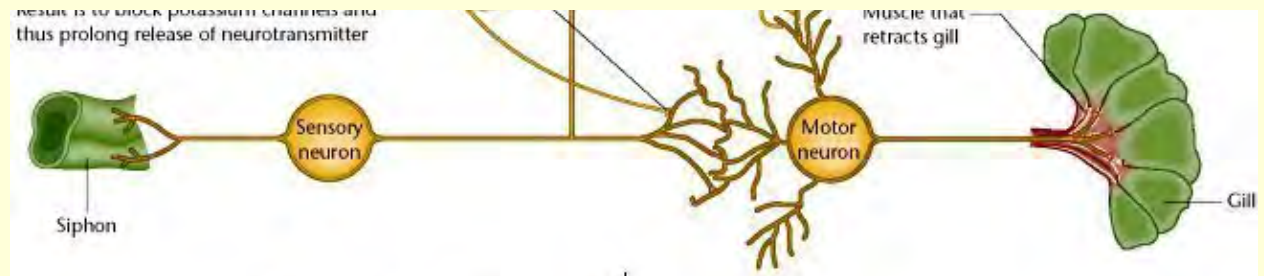
# Une boucle sensori - motrice

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

**Connaître** et **agir** sur l'environnement qui nous entoure va permettre d'établir « **un monde de signification** » pour un agent autonome donné

[on en reparlera avec la cognition située, à la séance 6]

Et cela a commencé même avant l'avènement des premiers systèmes nerveux !

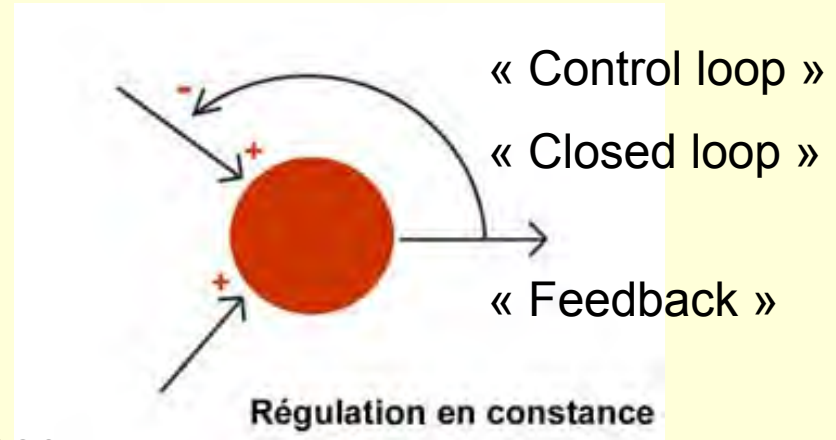
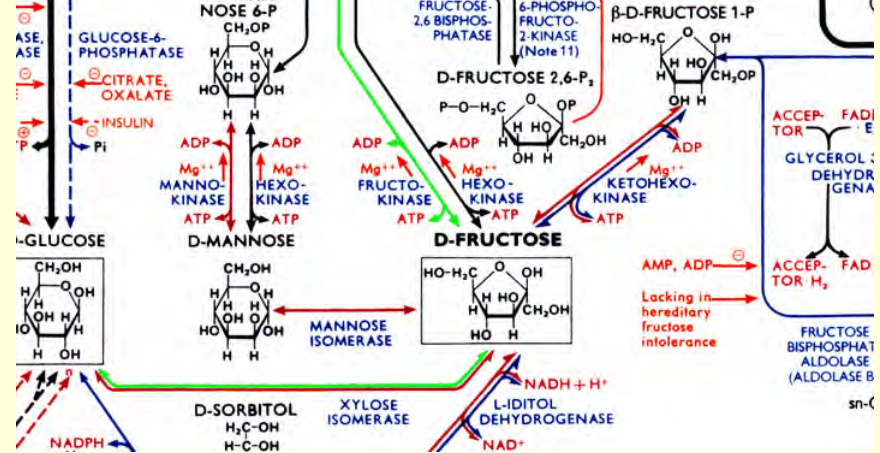


Car on peut être tenté de voir le sensoriel comme un « **input** » et le moteur comme un « **output** », comme l'évoque l'analogie avec l'ordinateur. Mais...

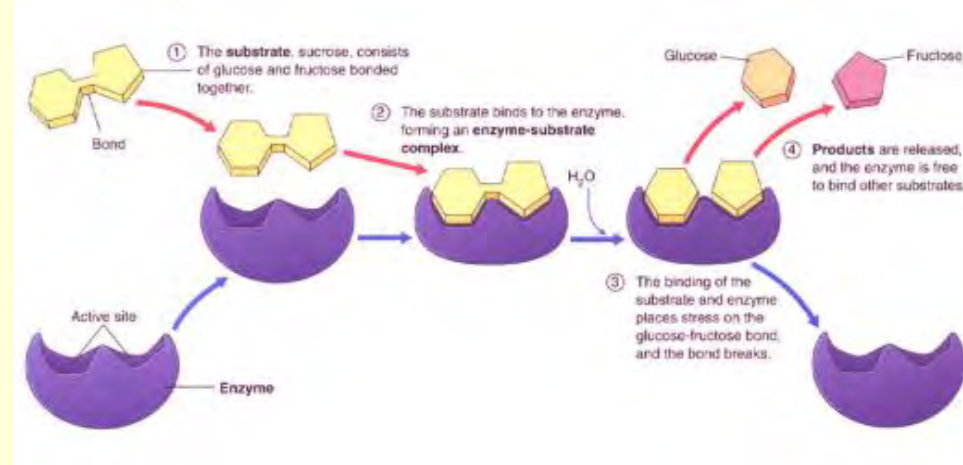
[on reparlera du « piège du cerveau-ordinateur » la semaine prochaine]

Rappelons que le métabolisme d'une simple bactérie est soumis à d'innombrables mécanismes de contrôle

avec de nombreuses boucles de rétroaction.



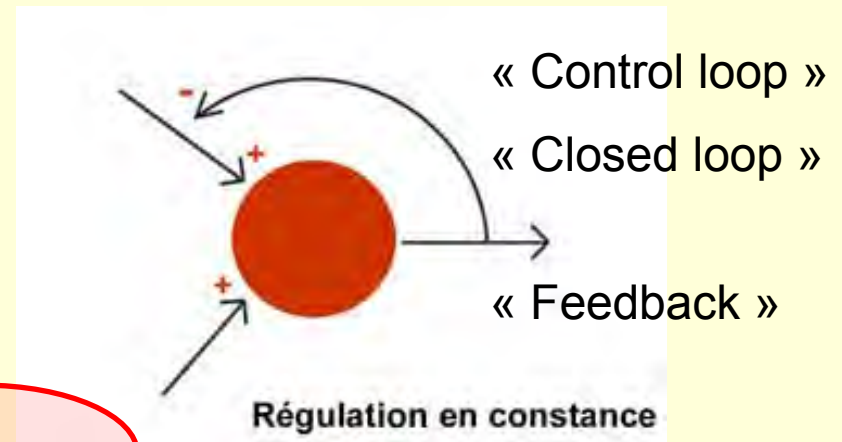
sucrose



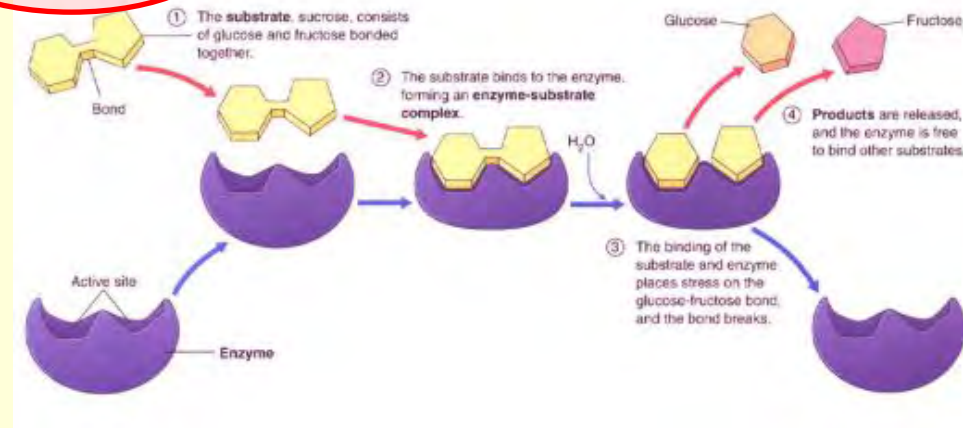


« Comportement » :

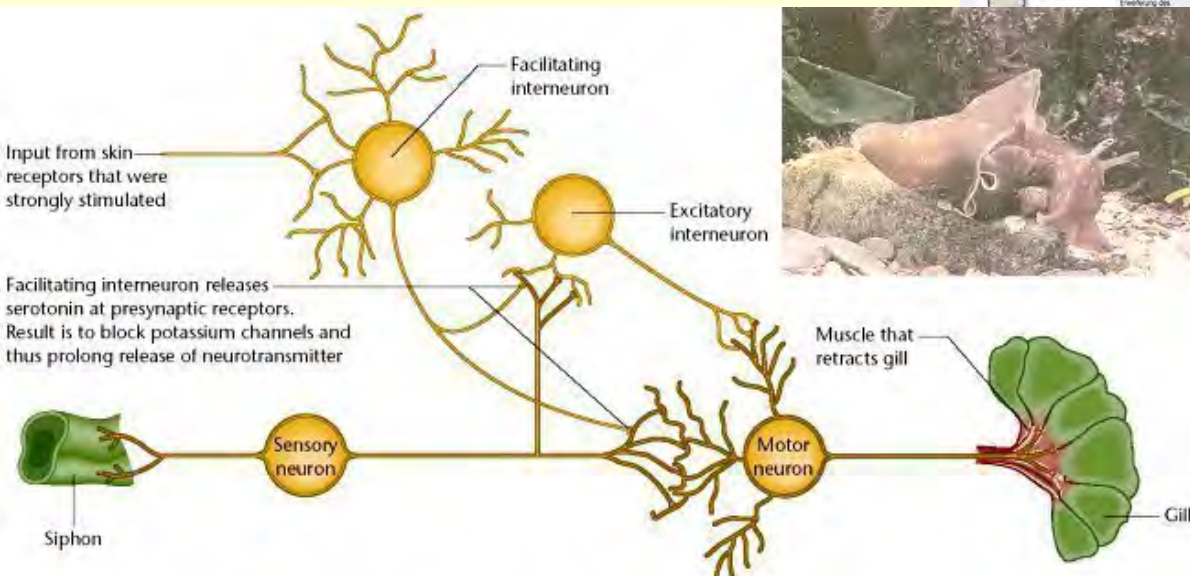
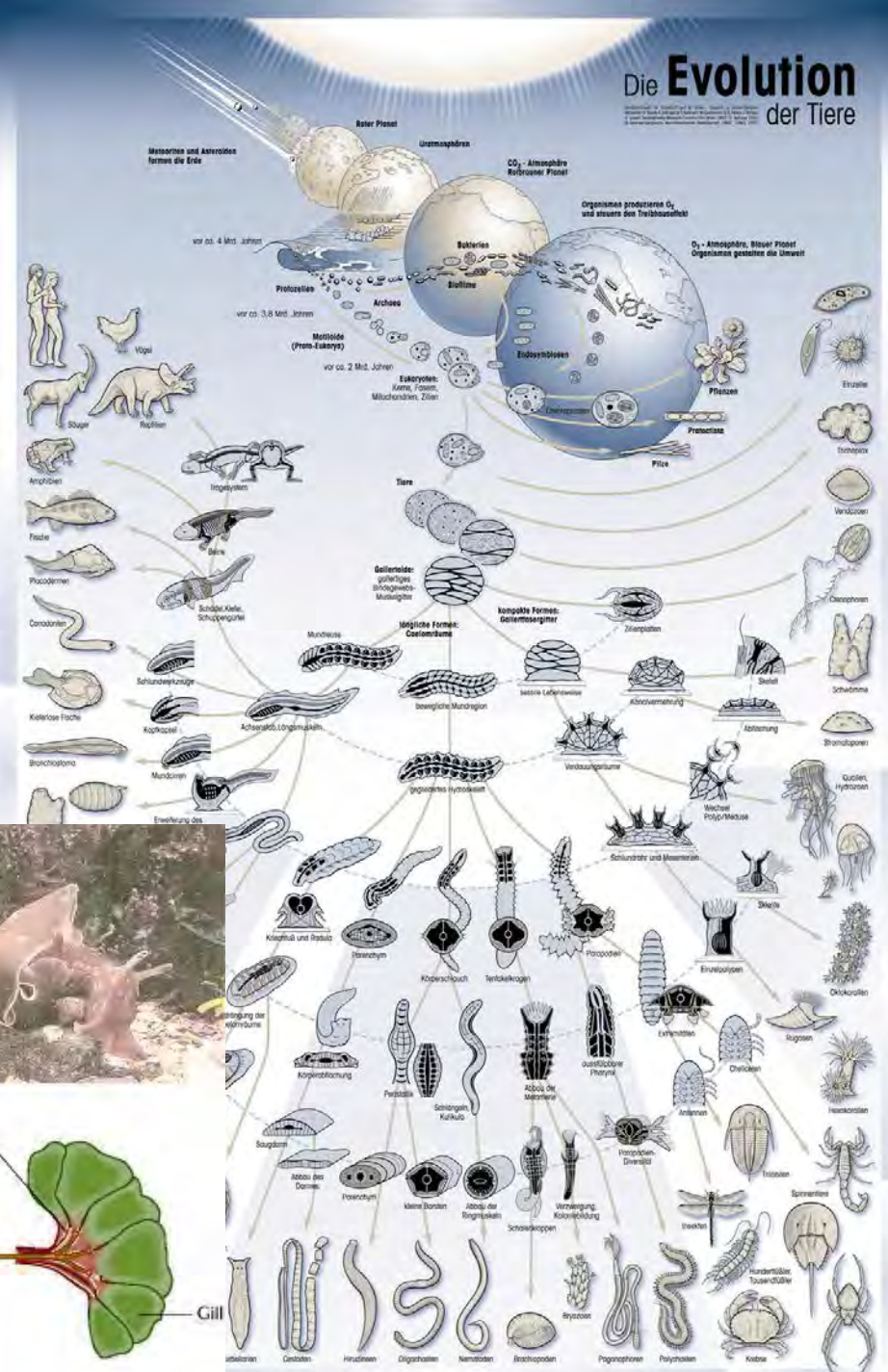
peut être pensé comme un « **feedback control process** »  
à l'extérieur de l'organisme  
plutôt que comme un « input-output process »

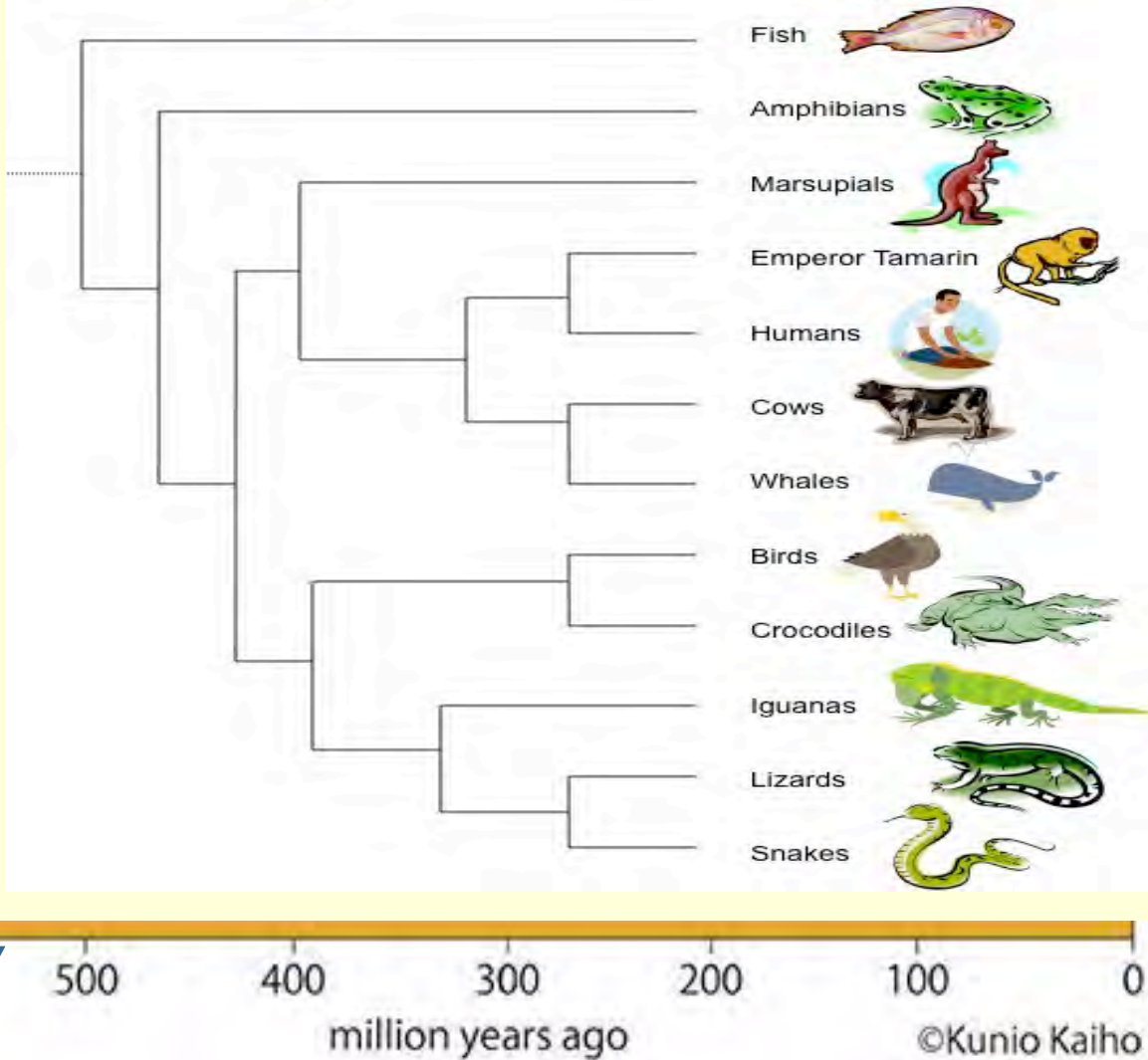


sucrose



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



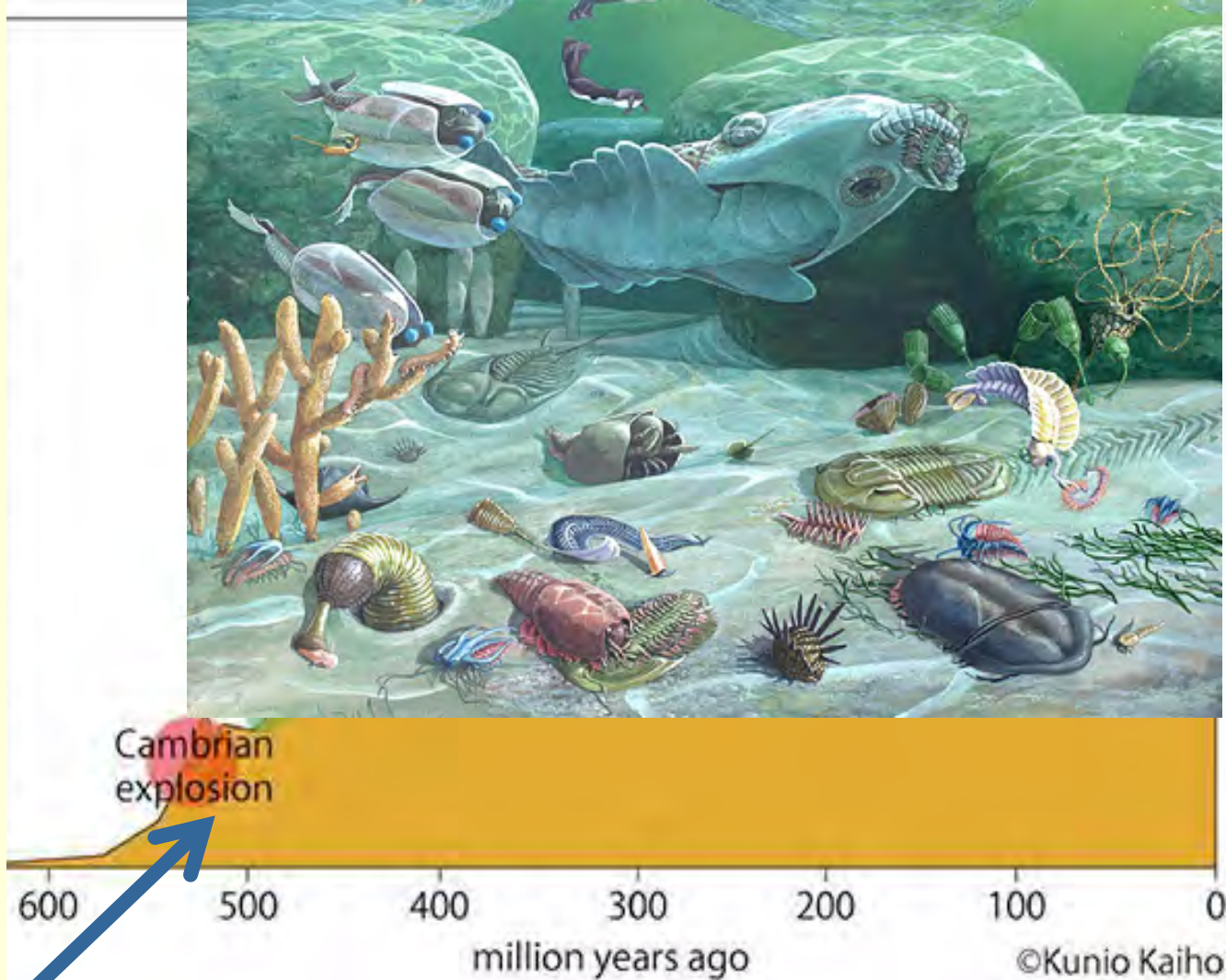


Les  
premiers  
vertébrés  
(525 Ma)



L'un des premiers vertébrés :  
*Haikouichthys*



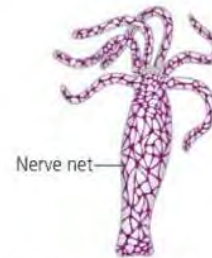
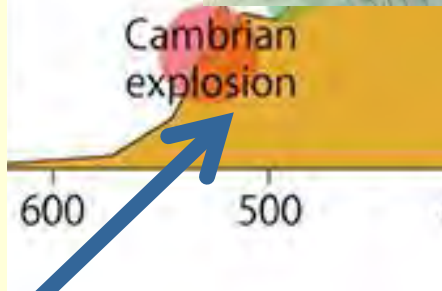


**Shale de Burgess**  
(508 Ma,  
B-C, Canada)

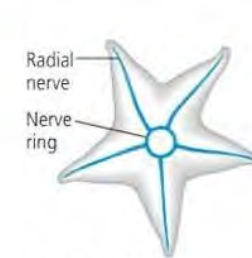
[https://en.wikipedia.org/wiki/Burgess\\_Shale](https://en.wikipedia.org/wiki/Burgess_Shale)

Profitons-en tout de suite pour mentionner que chez les **invertébrés** la forme du système nerveux était encore **liée à la forme générale du corps**, à la diversité des organes sensoriels, etc.

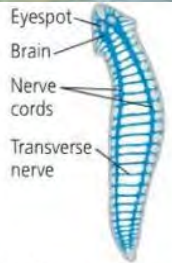
(pas encore de « céphalisation » comme chez les vertébrés)



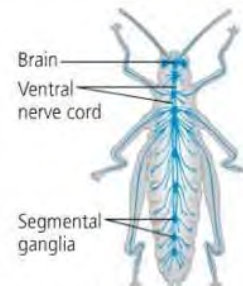
(a) Hydra (cnidarian)



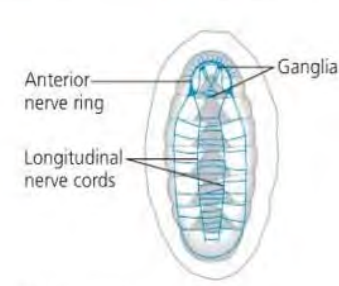
(b) Sea star (echinoderm)



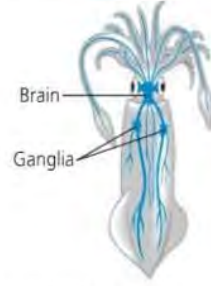
(c) Planarian (flatworm)



(e) Insect (arthropod)



(f) Chiton (mollusc)



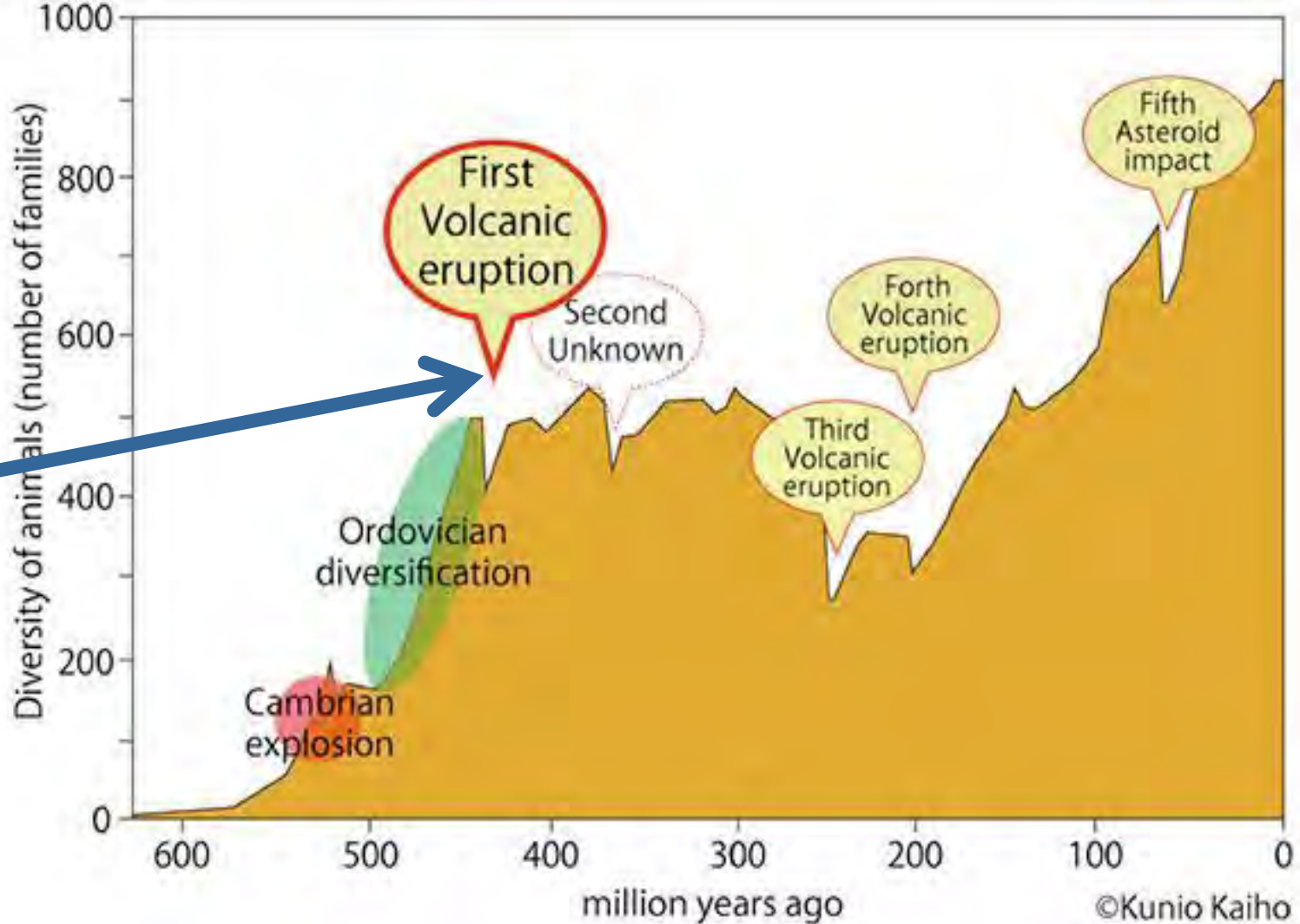
(g) Squid (mollusc)

**Shale de Burgess**  
(508 Ma,  
B-C, Canada)

[https://en.wikipedia.org/wiki/Burgess\\_Shale](https://en.wikipedia.org/wiki/Burgess_Shale)

Il y a environ **435 millions** d'années, la majorité des espèces qui vivaient sur Terre ont disparu lors de la **première grande extinction de masse du vivant.**

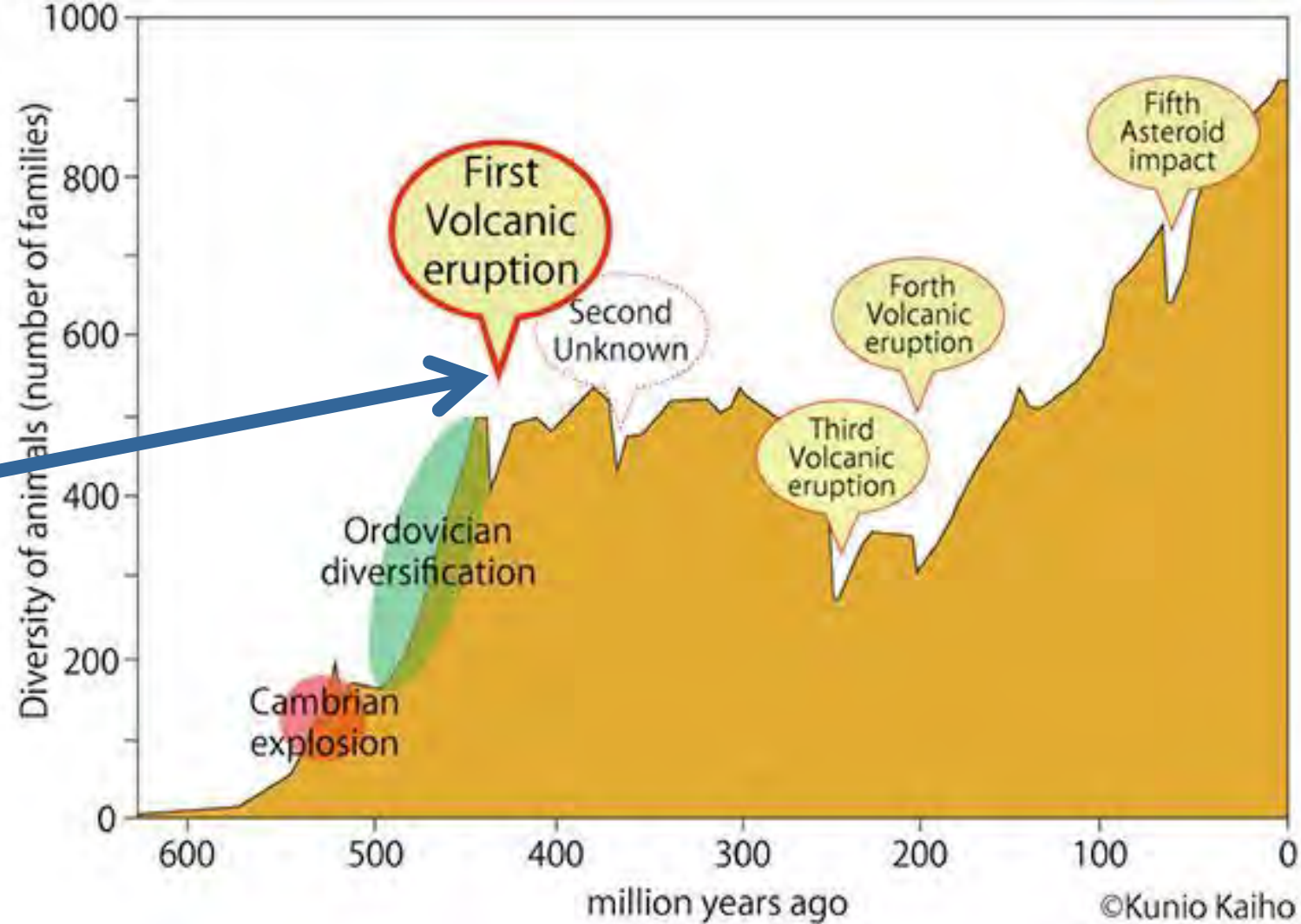
C'est dans les roches de l'île **d'Anticosti** au Québec qu'on le constate le mieux.



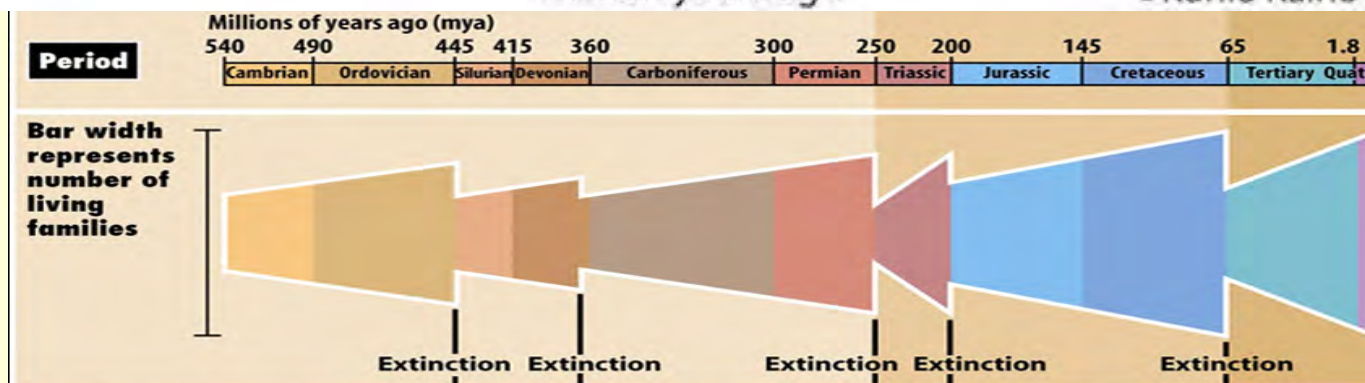
<http://ici.radio-canada.ca/tele/decouverte/2014-2015/segments/reportage/986/fossiles-anticosti>

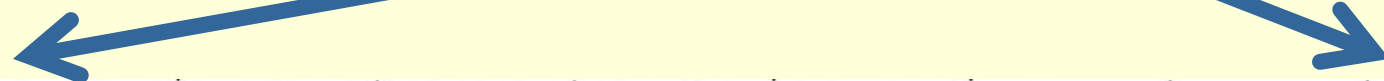
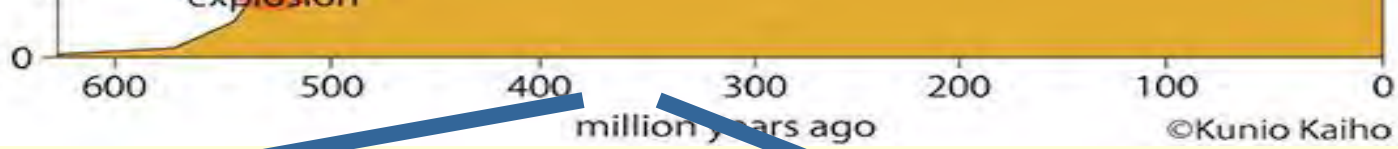
Il y a environ **435 millions** d'années, la majorité des espèces qui vivaient sur Terre ont disparu lors de la **première grande extinction de masse du vivant.**

C'est dans les roches de l'île **d'Anticosti** au Québec qu'on le constate le mieux.

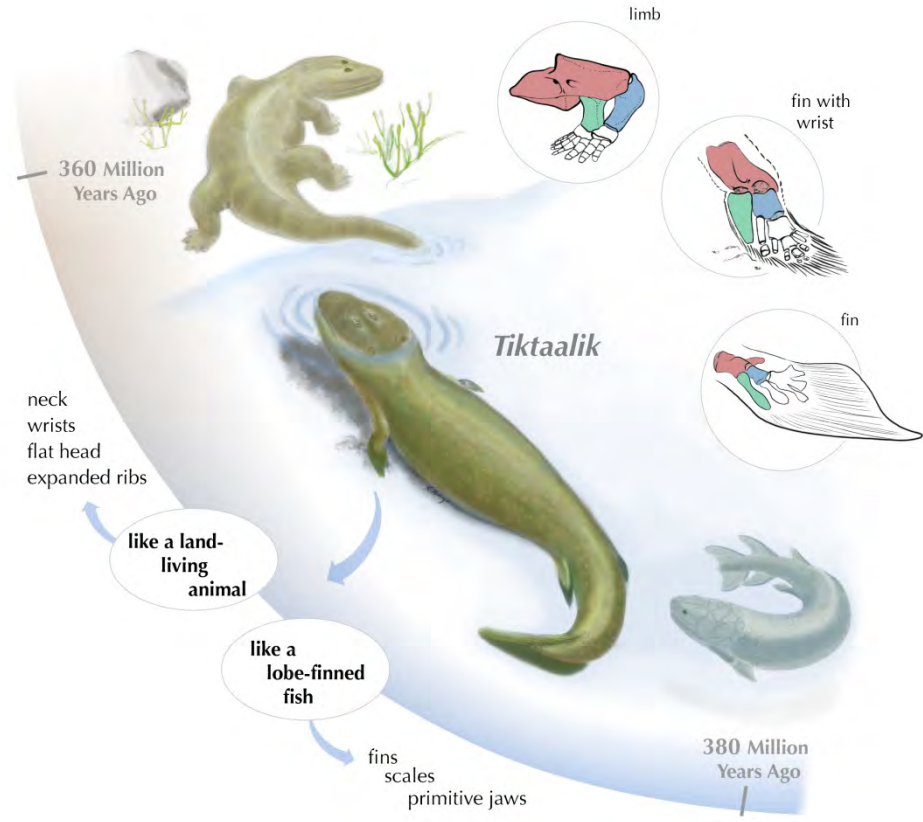
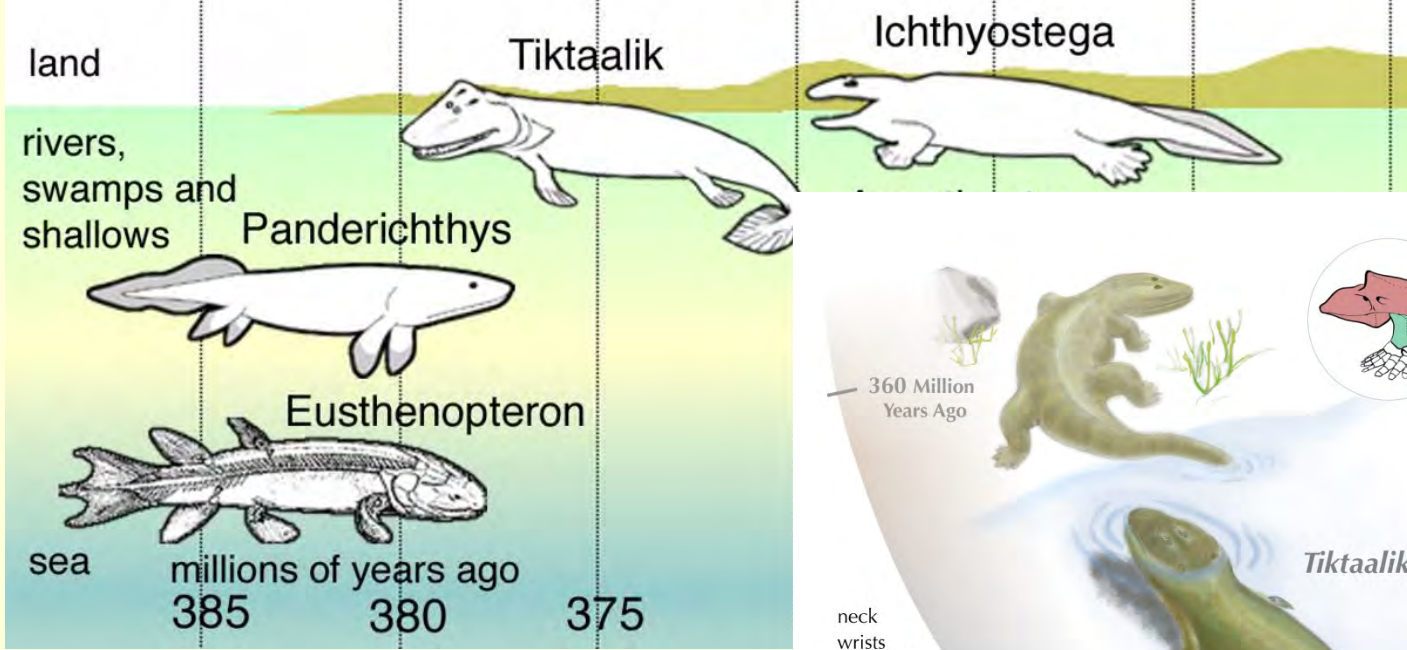


<http://ici.radio-canada.ca/tele/decouverte/2014-2015/segments/reportage/986/fossiles-anticosti>





Late Devonian lobe-finned fish and amphibious tetrapods.



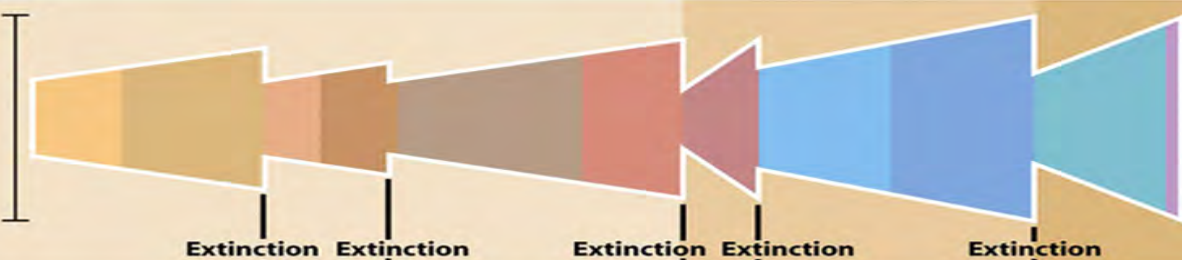
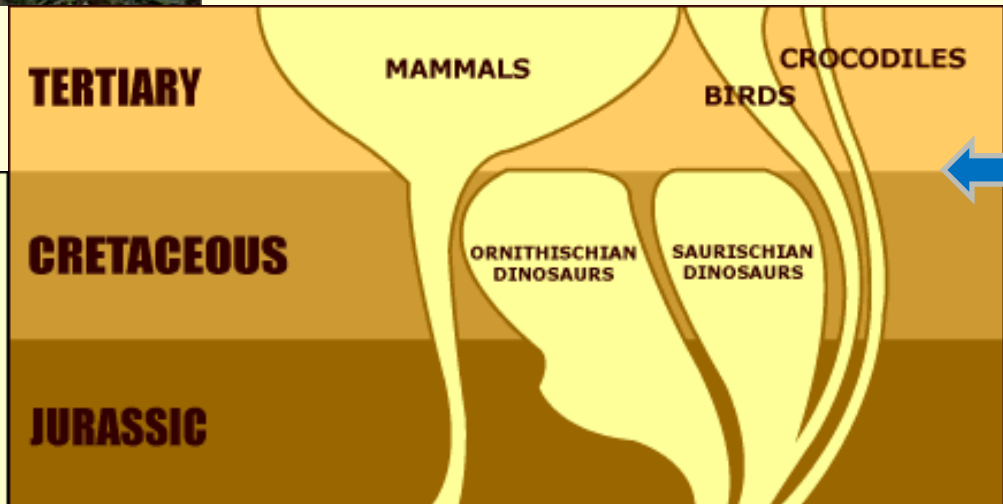
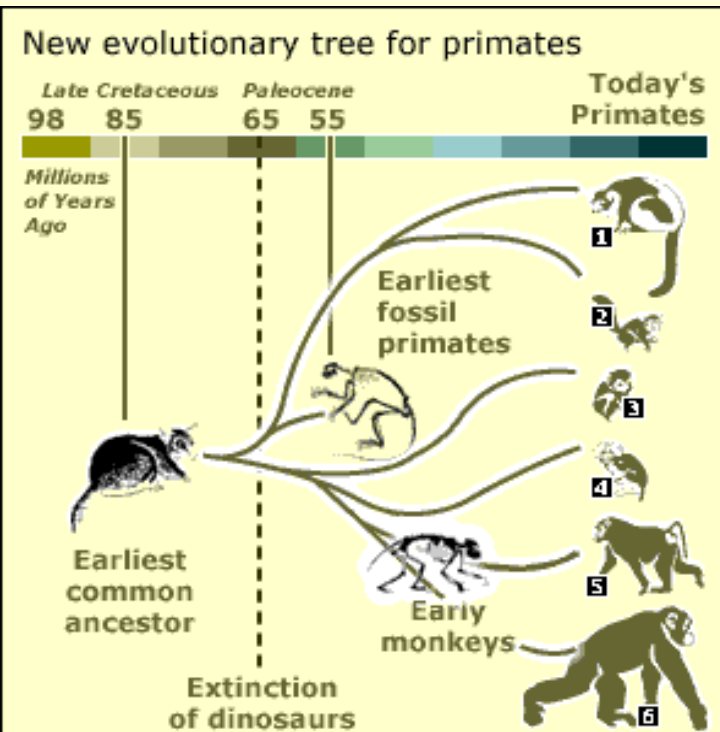
**380 - 365 Ma :**

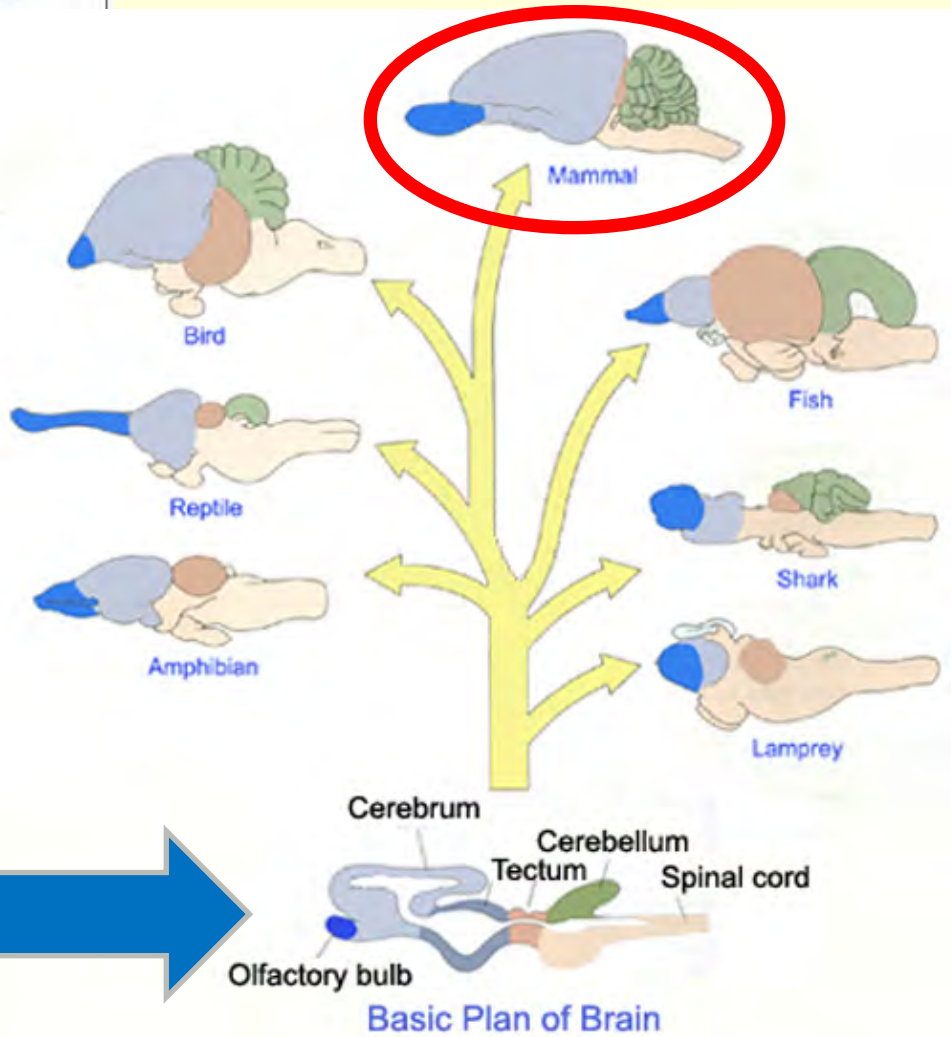
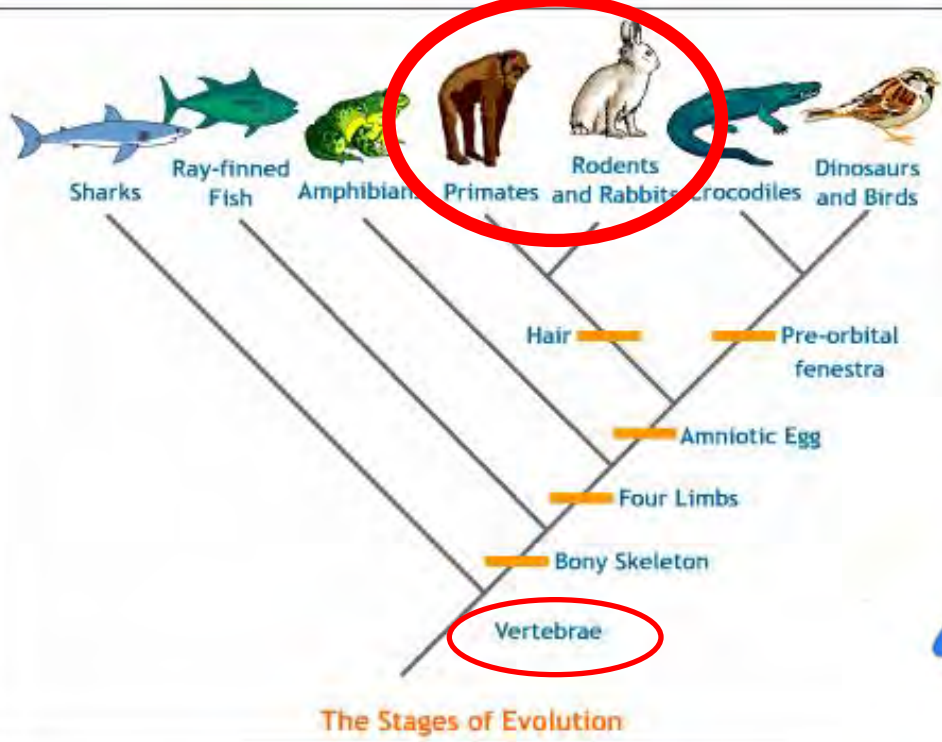
**Les premiers tétrapodes sortent de l'eau et s'adaptent à la vie terrestre**



# Rise of the mammals began before dinosaur extinction, research suggests

<https://www.theguardian.com/science/2016/jun/08/rise-of-the-mammals-began-before-dinosaur-extinction-research-suggests>



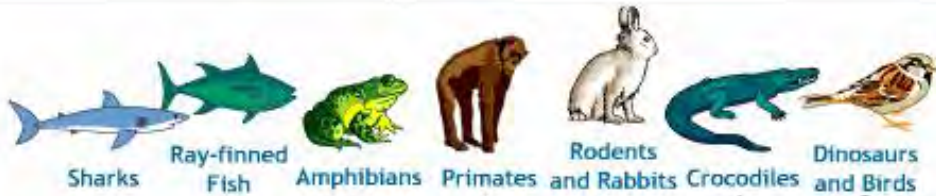


Chez les vertébrés :

« **céphalisation** » **croissante**  
 (les neurones se concentrent dans un cerveau)

à partir d'un modèle commun





## Le BLOGUE du CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

Accueil du site

Lundi, 2 janvier 2017

### Deux « arbres de la vie » pour les 15 ans du Cerveau à tous les niveaux !

Recherche -> blogue

Billets par catégorie

Abonnez-vous !

NOUVELLES RÉCENTES SUR LE CERVEAU

Deric Bownds' Mindblog

Mysterianism

Feel good fractals.

Why our supermarket tomatoes are sturdy and flavorless.

MindBlog's 11th anniversary... some statistics.

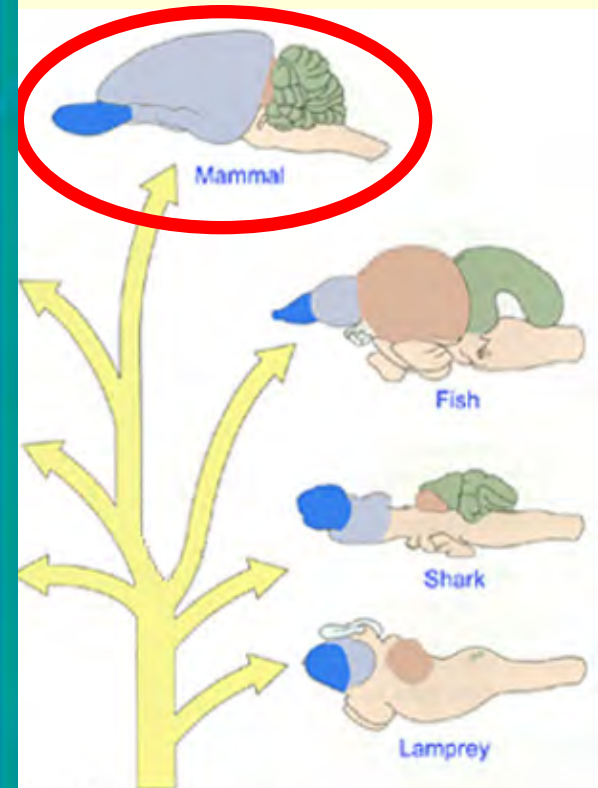
Artificial intelligence: Machines that reason



Comme je l'ai écrit avant les Fêtes, on va donc revenir en 2017 à des billets de blogue plus courts et plus simples que les « gros morceaux » de l'automne dernier.

Et pour commencer cette année 2017, la page Facebook du Cerveau à tous les niveaux\* me rappelait ce matin ce billet publié il y a exactement 5 ans où j'écrivais :

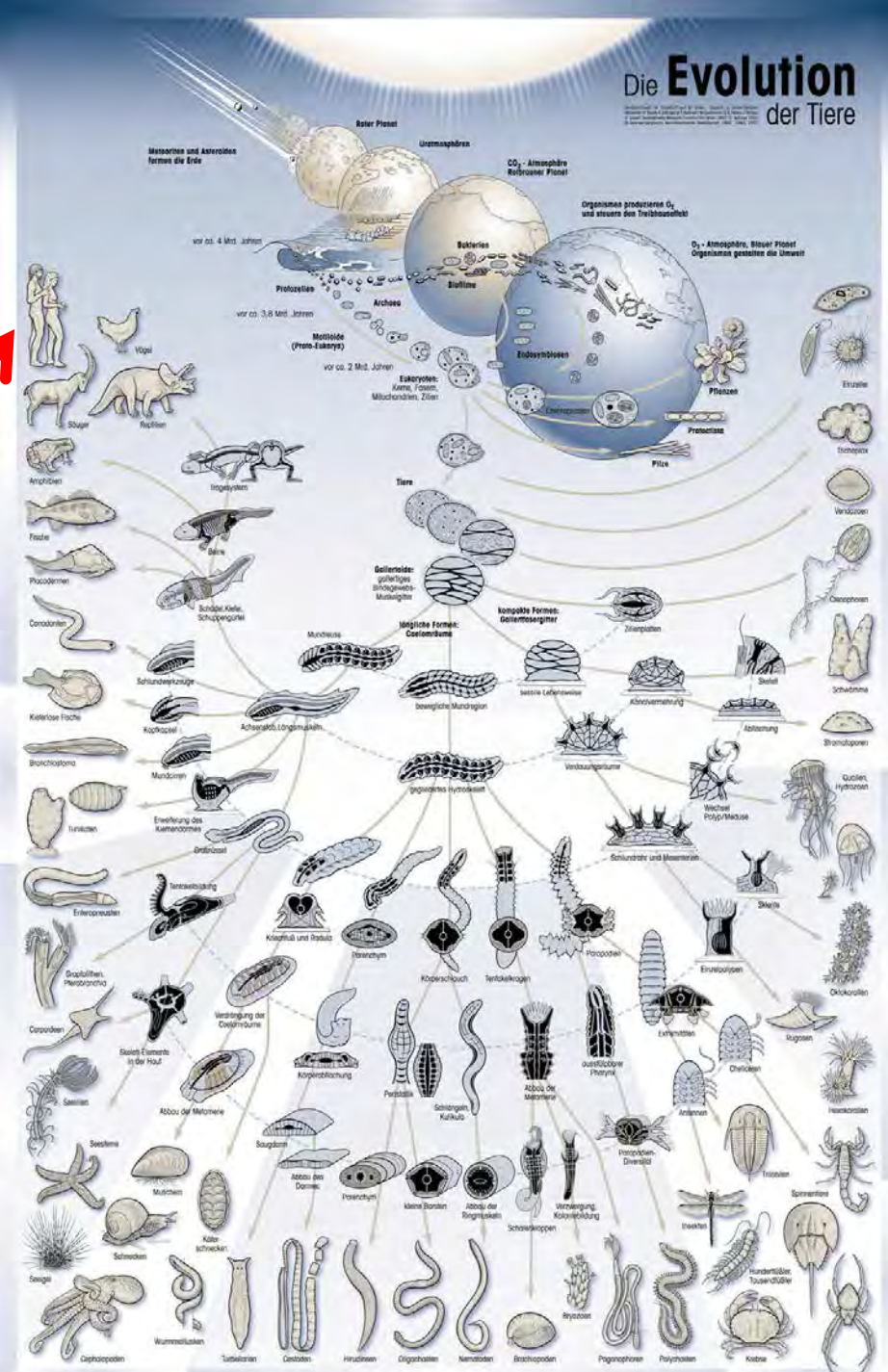
« Au début janvier 2002, il y a très exactement 10 ans, commençait la construction du Cerveau à tous les niveaux ! J'ai peine à le croire, mais la section « Nouveautés » du site est là pour rappeler le chemin parcouru depuis une décennie, à essayer de décortiquer ensemble « l'objet le plus complexe de l'univers dont on a tous un exemplaire entre les deux oreilles »... »





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

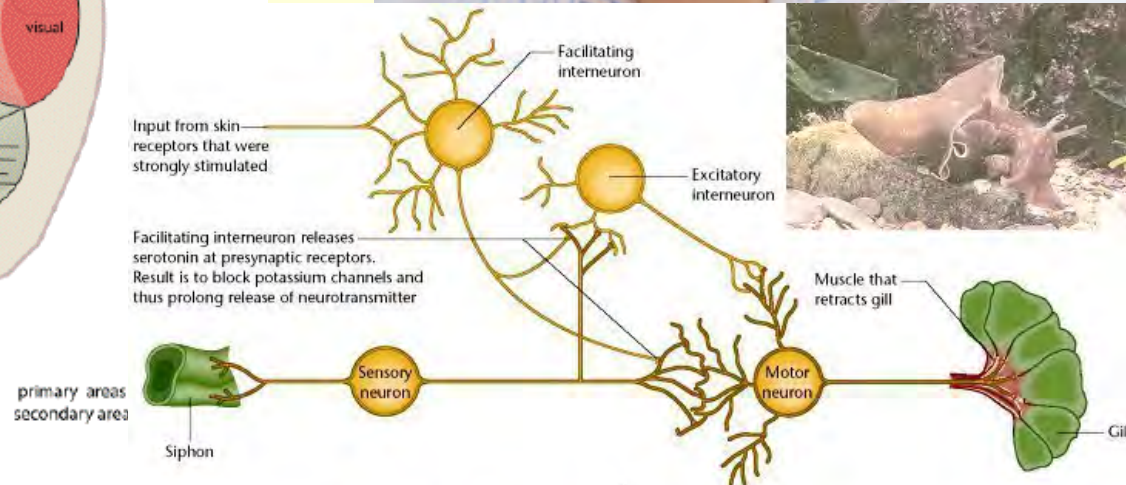
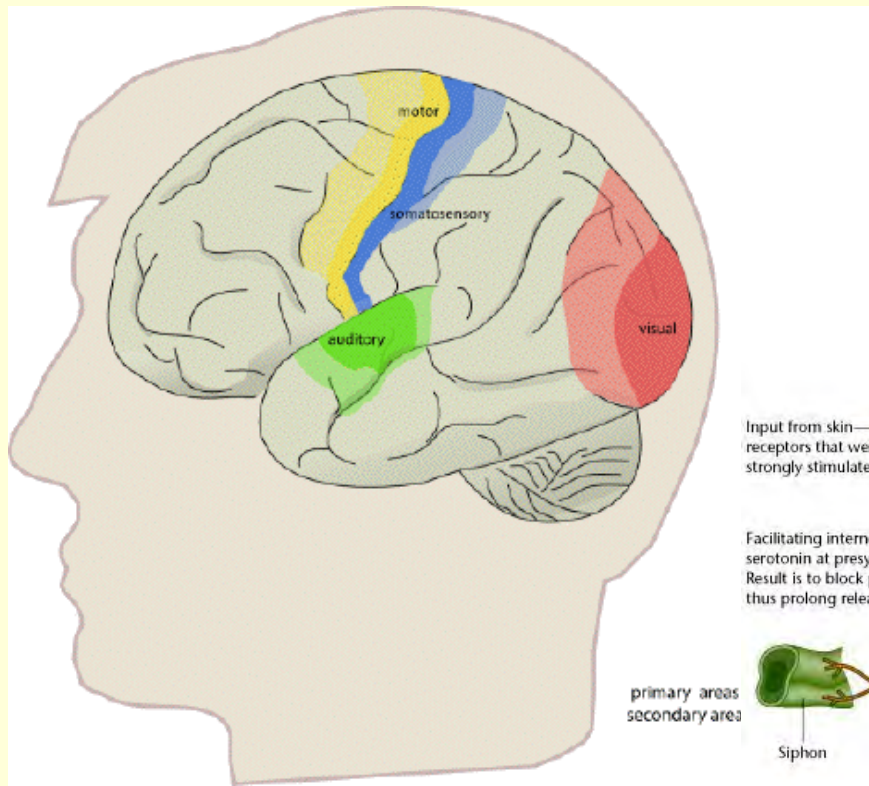
...et l'une des variantes de ce cerveau de primate sera le nôtre !



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

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

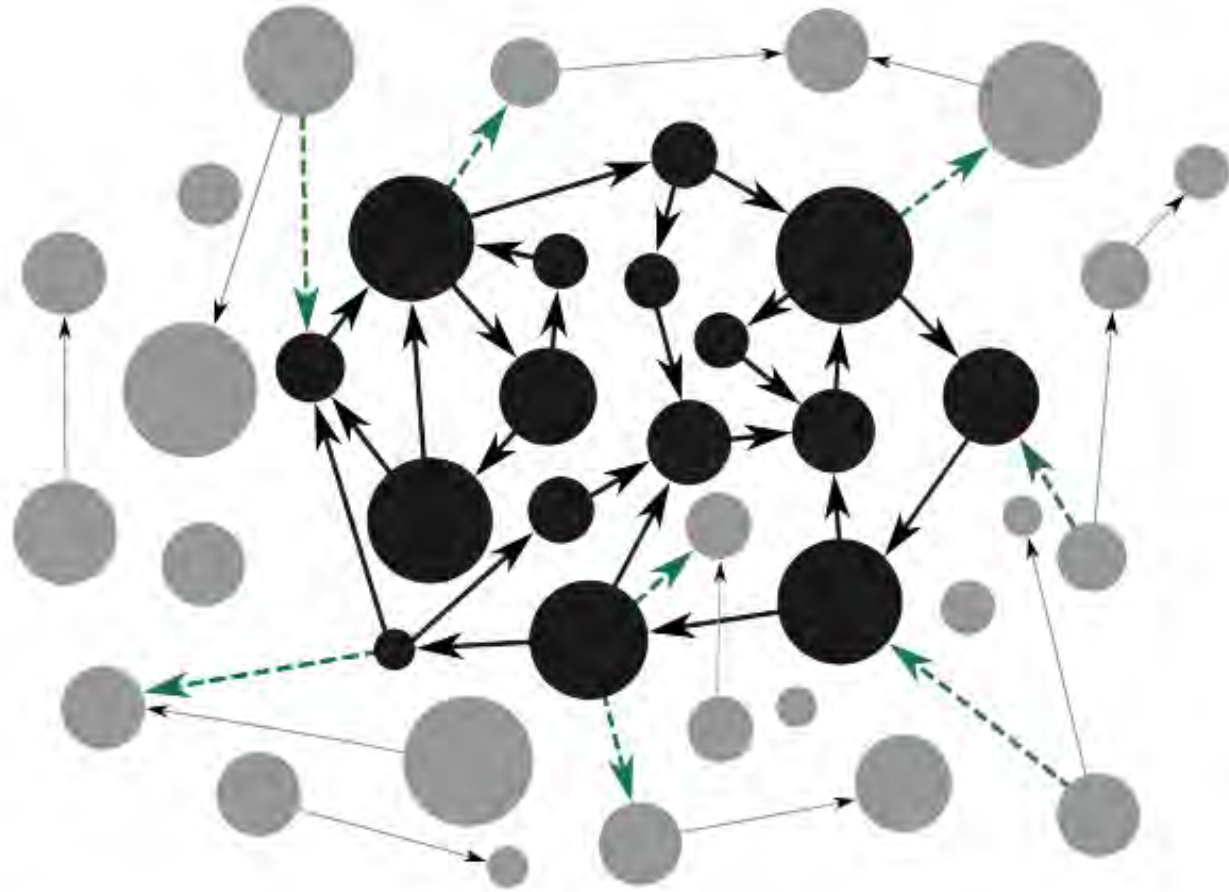
comme les inter-neurones de l'aplysie.



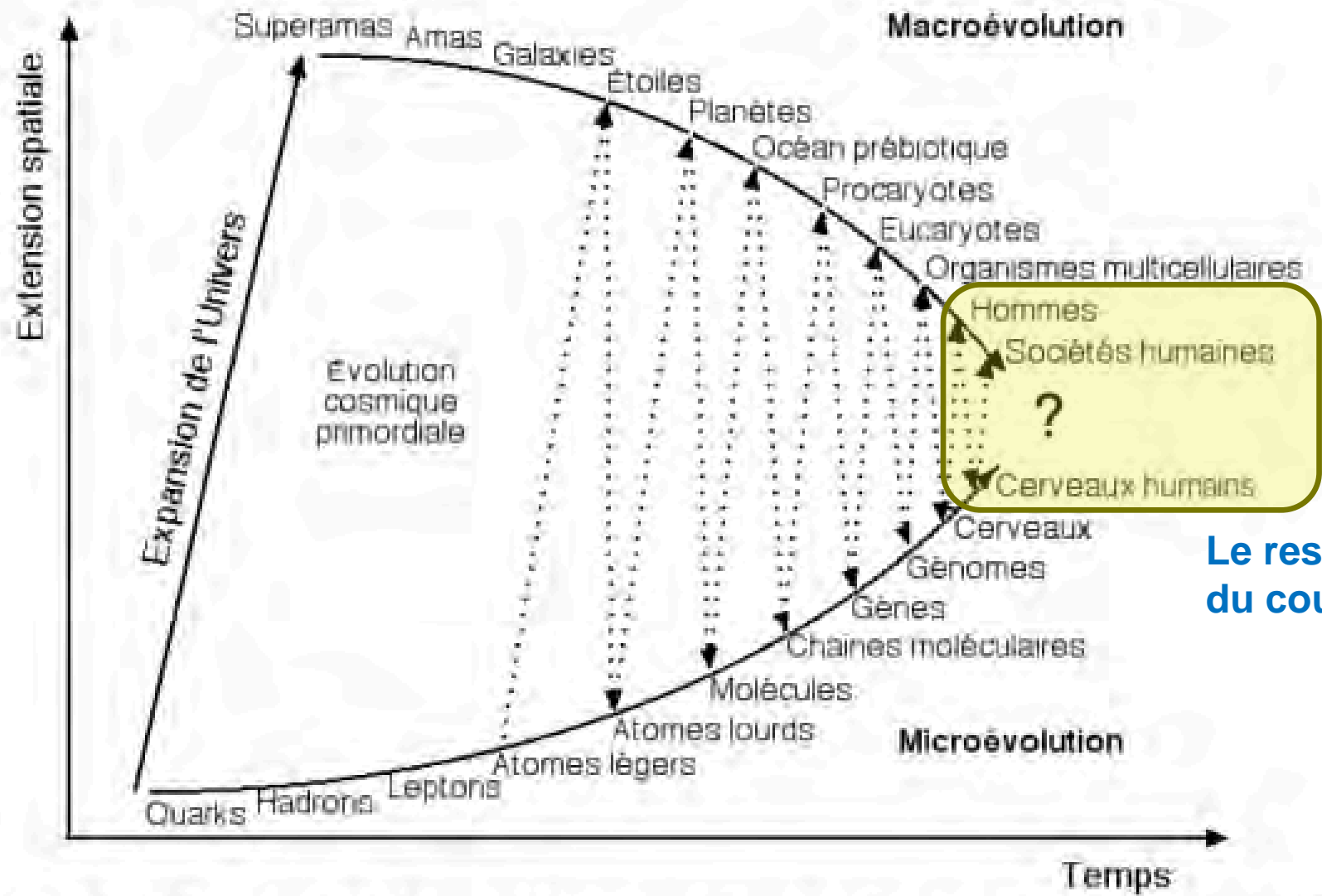
**En noir** : un cerveau

dont les différents neurones interagissent préférentiellement entre eux

(mais c'est toujours un « système ouvert » du point de vue thermodynamique)



Copyright Ezequiel Di Paolo, 2013. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported License. [http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.en\\_US](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.en_US)



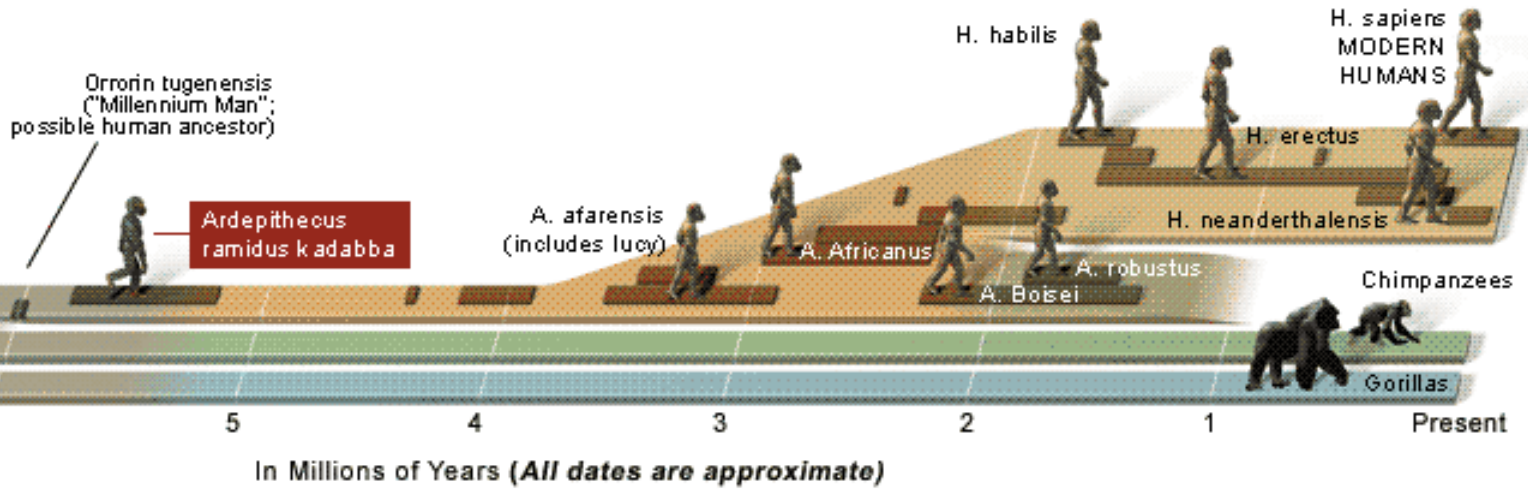
Le reste du cours !

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

# A WALK THROUGH HUMAN EVOLUTION

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

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



- Cours 1: A- Vue d'ensemble et multidisciplinarité des sciences cognitives  
B- Du Big Bang aux primates (- 13,7 milliards d'années à - 65 millions d'années)
- Cours 2: A- Des primates aux sociétés humaines (de - 65 millions d'années à 1900)  
B- De la théorie du neurone au piège du « cerveau-ordinateur » (1900-1980)