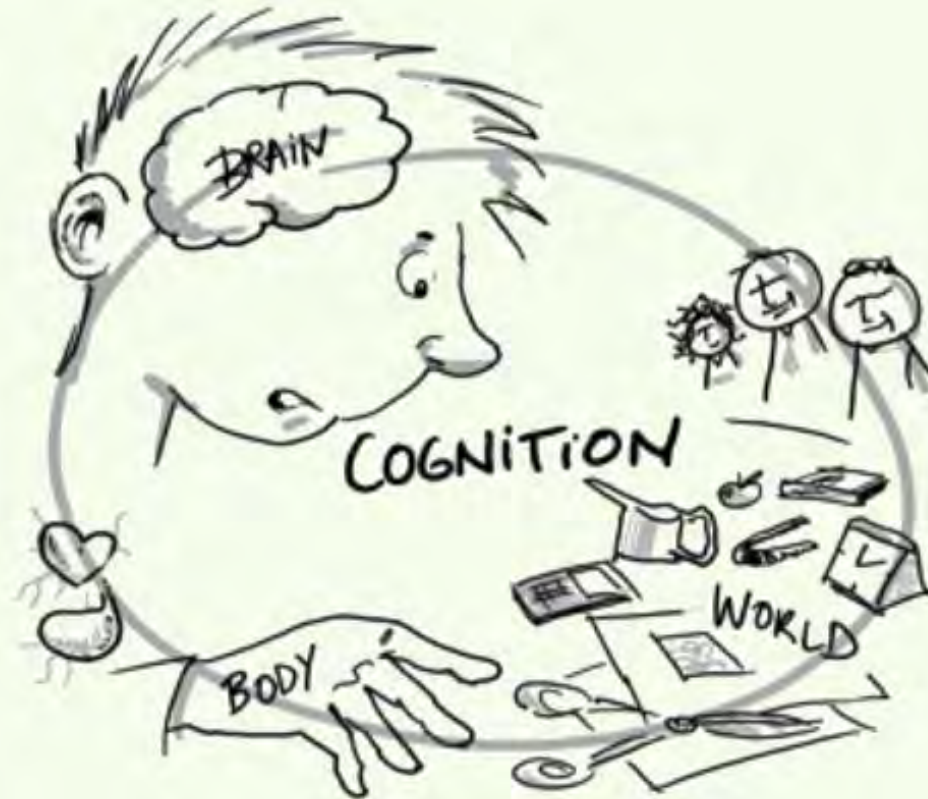


L'apport des sciences cognitives... à tous les niveaux !

UTA de Brossard et Verdun-Ile des Sœurs

Hiver 2019

par Bruno Dubuc



LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

Un site web interactif sur le cerveau et les comportements humains

- 📍 Visite guidée
- 📍 Plan du site
- 📍 Diffusion
- 📍 Présentations
- 📍 Nouveautés
- 📍 English

Principes fondamentaux



Du simple au complexe

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



Le bricolage de l'évolution

- Notre héritage évolutif

Le développement de nos facultés

- De l'embryon à la morale



Le plaisir et la douleur

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



Les détecteurs sensoriels

- La vision



Le corps en mouvement

- Produire un mouvement volontaire

Fonctions complexes



Au coeur de la mémoire

- Les traces de l'apprentissage
- Oubli et amnésie



Que d'émotions

- Peur, anxiété et angoisse



De la pensée au langage

- Communiquer avec des mots



Dormir, rêver...

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



L'émergence de la conscience

- Le sentiment d'être soi

Dysfonctions



Les troubles de l'esprit

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

Le BLOGUE du CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

Chercher dans le blogue

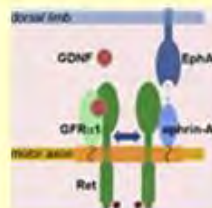
Envoyer

Catégories

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

Lundi, 13 février 2012

Des protéines qui guident le câblage cérébral



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

Instituts de recherche en santé du Canada

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

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

LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

Retour à l'accueil

Niveau d'explication

Débutant
Intermédiaire
Avancé



Niveau d'organisation

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

Thème

Le plaisir et la douleur



Sous-thème

La quête du plaisir

Les paradis artificiels

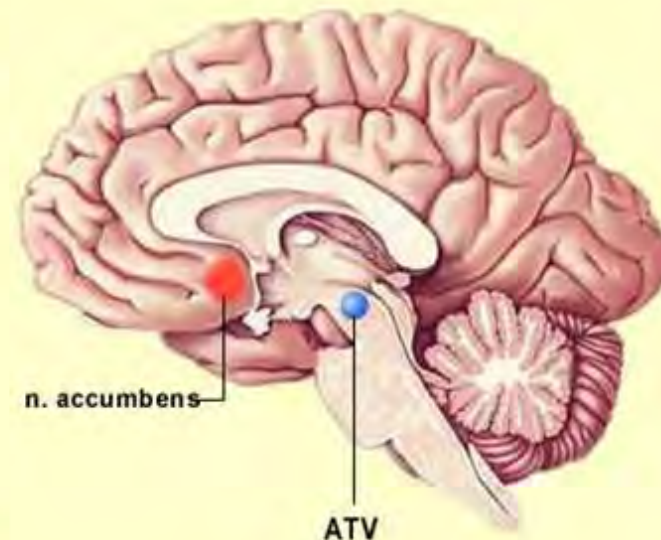
L'évitement de la douleur



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

LES CENTRES DU PLAISIR

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

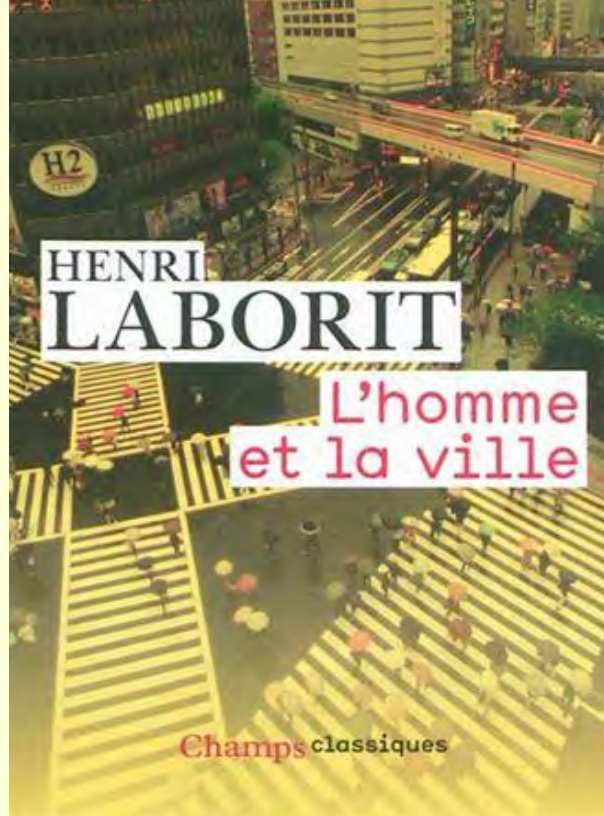
◀ ◻ ▶



5 niveaux d'organisation

Un concept fondamental de ce cours !





LES DÉBROUILLARDS
DRÔLEMENT SCIENTIFIQUE !

QUÉBEC SCIENCE

Institut de recherche en santé du Canada

LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

Niveau d'explication

Débutant
Intermédiaire
Avancé

Retour à l'accueil



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



Cet hiver, le séminaire interdisciplinaire portera sur les Grands débats actuels en sciences cognitives. Il sera question des concepts, thèses et méthodes qui suscitent de vifs débats encore aujourd'hui comme la notion de modularité, la

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

Révolution féministe

De la chambre à coucher, à l'économie de marché

Plein gaz sur le schiste

Introduction à l'écologie sonore

L'éthique dans l'assiette

Parlons cerveau

La Mort se raconte

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



Université du troisième âge

[Accueil](#)

[Programmes](#)

[Bénévolat](#)

[UTA en bref](#)

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

[Étudiants](#)

[Professeurs](#)



LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

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

Recherche -> site + blogue

Principes fondamentaux

- Du simple au complexe**
 - Anatomie des niveaux d'organisation
 - Fonction des niveaux d'organisation
- Le bricolage de l'évolution**
 - Notre héritage évolutif
- Le développement de nos facultés**
 - De l'embryon à la morale
- Le plaisir et la douleur**
 - La quête du plaisir
 - Les paradis artificiels
 - L'évitement de la douleur
- Les détecteurs sensoriels**
 - La vision
- Le corps en mouvement**
 - Produire un mouvement volontaire

Fonctions complexes

- Au coeur de la mémoire**
 - Les traces de l'apprentissage
 - Oubli et amnésie
- Que d'émotions**
 - Peur, anxiété et angoisse
 - Désir, amour, attachement
- De la pensée au langage**
 - Communiquer avec des mots
- Dormir, rêver...**
 - Le cycle éveil - sommeil - rêve
 - Nos horloges biologiques

Dysfonction

- Les troubles
- Dép
- Les
- La c

Nouveau! "L'école des profs"

"L'école des profs"

Cours intensifs de perfectionnement en neurosciences cognitives

(cliquez ici pour les détails)

Fonctions supérieures, libre arbitre et éducation

Vers une cognition incarnée

Des réseaux de neurones qui oscillent de manière dynamique

D'où venons-nous et que faisons-nous?

Ancienne et nouvelle grammaire de la communication neuronale

Le BLOGUE du CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

Accueil du site

Lundi, 5 septembre 2016

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

Billets par catégorie

Abonnez-vous!



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

NOUVELLES RÉCENTES SUR LE CERVEAU

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

LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

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

Recherche -> site + blogue

Google Recherche

Principes fondamentaux



Du simple au complexe

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



Le bricolage de l'évolution

- ➔ Notre héritage évolutif



Le développement de nos facultés

- ➔ De l'embryon à la morale



Le plaisir et la douleur

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



Les détecteurs sensoriels

- ➔ La vision



Le corps en mouvement

- ➔ Produire un mouvement volontaire

Nouveau! "L'école des profs"

Fonctions complexes



Au coeur de la mémoire

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



Que d'émotions

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



De la pensée au langage

- ➔ Communiquer avec des mots



Dormir, rêver...

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



L'émergence de la conscience

- ➔ Le sentiment d'être soi

Dysfonctions



Les troubles de l'esprit

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

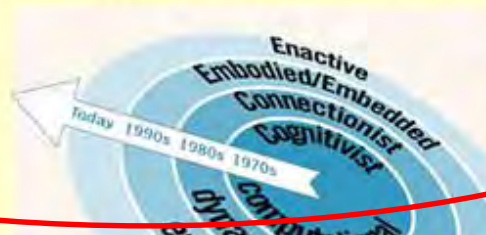
Le BLOGUE du CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

Accueil du site

Recherche -> blogue

Lundi, 5 septembre 2016

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



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

Faire un don

nous permet de continuer

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

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

NOUVELLES RÉCENTES SUR LE CERVEAU

Trois remarques avant de commencer :

1)

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

Je suis un « généraliste » né avec une maladie incurable... la curiosité !

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

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



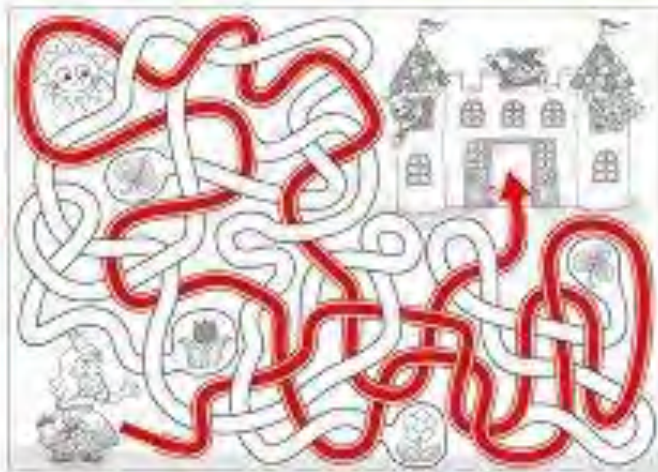
2) Les connaissances scientifiques dans un vaste domaine comme les sciences cognitives sont virtuellement infinies (et généralement on ne se plaint pas que mes cours en manquent...)

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



D'où la difficulté de trouver un chemin pédagogique dans ce labyrinthe de connaissance...

...et 3) **essayer de me renouveler** tant dans le contenu de mes cours qu'au niveau de mon approche pédagogique durant nos 8 séances.



À commencer par prendre quelques minutes pour vous demander si vous avez des attentes en termes de contenu pour le cours...

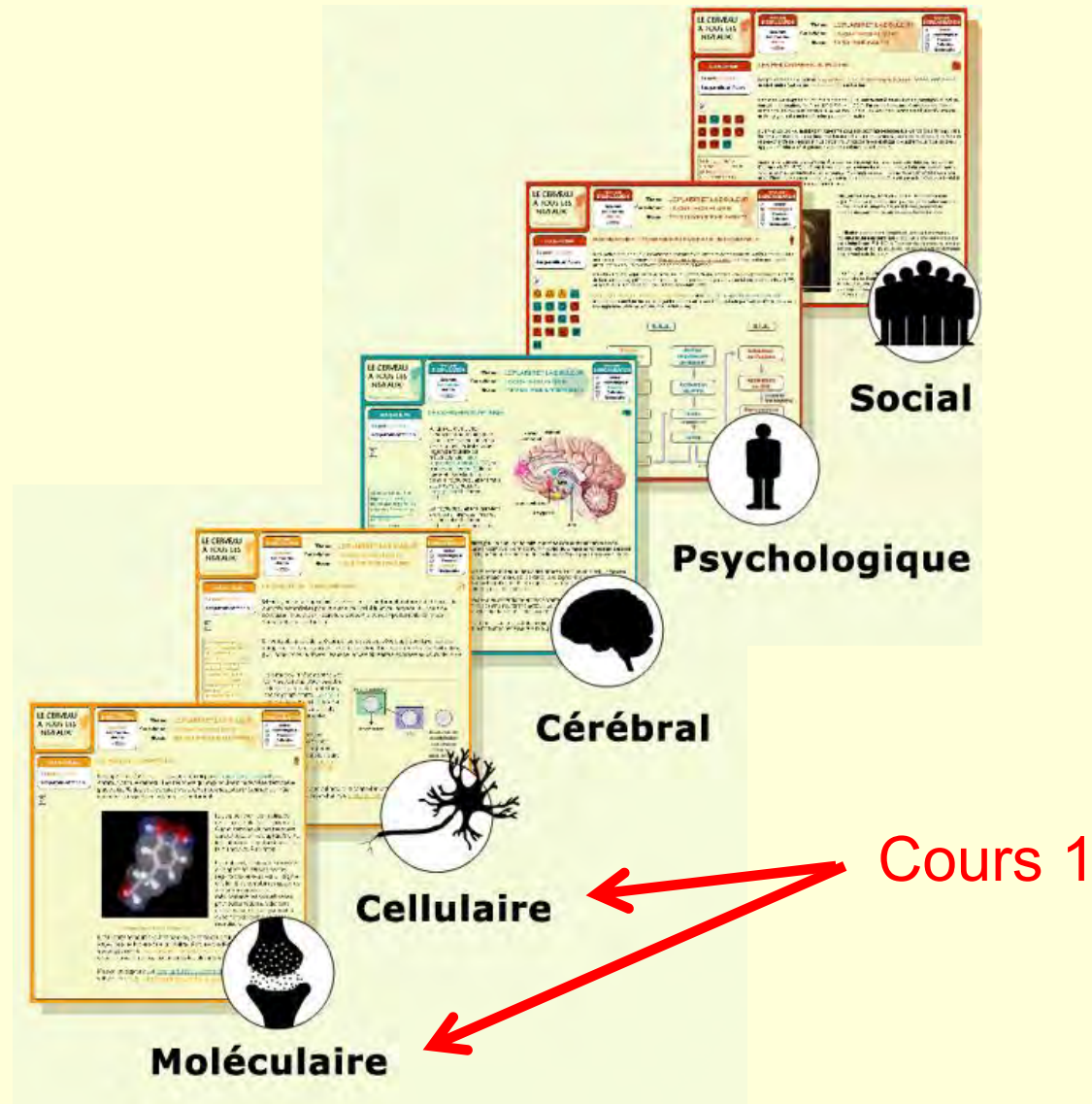


Plan du cours

- Cours 1 :** Évolution cosmique, chimique et biologique (des unicellulaires aux multicellulaires)
A- Vue d'ensemble et niveaux d'organisation
B- Du Big Bang aux primates (- 13,7 milliards d'années à – 65 millions d'années)
- Cours 2 :** Un neurone, deux neurones, quelques neurones (la grammaire de base du cerveau)
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 :** Des milliers et des millions de neurones (des structures cérébrales distinctes)
A- Évolution de nos mémoires et rôle de l'hippocampe
B- Apprendre à associer, de la liste d'épicerie aux championnats de mémoire
- Cours 4 :** Des milliards de neurones (qui forment des réseaux à l'échelle du cerveau entier)
A- Cartographie anatomique du cerveau d'hier à aujourd'hui
B- Imagerie cérébrale fonctionnelle : voir nos réseaux cérébraux s'activer
- Cours 5 :** Des réseaux de milliards de neurones qui oscillent et se synchronisent dans le temps
A- Des réseaux qui oscillent à l'échelle du cerveau entier
B- Éveil, sommeil et rêve
- Cours 6 :** Tout ce qui précède dans un corps situé dans un environnement
A- La cognition incarnée (liens système nerveux, hormonal et immunitaire)
B- La cognition située et la prise de décision
- Cours 7 :** Tout ce qui précède fait émerger les « fonctions supérieures »
A – Les « fonctions supérieures » : l'exemple de la lecture et de l'attention
B- Les analogies, les concepts et leur représentation cérébrale
- Cours 8 :** Tout ce qui précède pour considérer de grandes questions (libre arbitre, éducation, etc.)
A- Quelques grandes questions à la lumière des sciences cognitives modernes
B- Vers où aller maintenant : plaider pour une pédagogie qui tient compte de tout

Plan du cours

- Cours 1:** Évolution cosmique, chimique et biologique (des unicellulaires aux multicellulaires)
- A- Vue d'ensemble et niveaux d'organisation
 - B- Du Big Bang aux primates (- 13,7 milliards d'années à – 65 millions d'années)



Cours 1: Évolution cosmique, chimique et biologique (des unicellulaires aux multicellulaires)

A- Vue d'ensemble et
niveaux d'organisation
(plus courte)



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



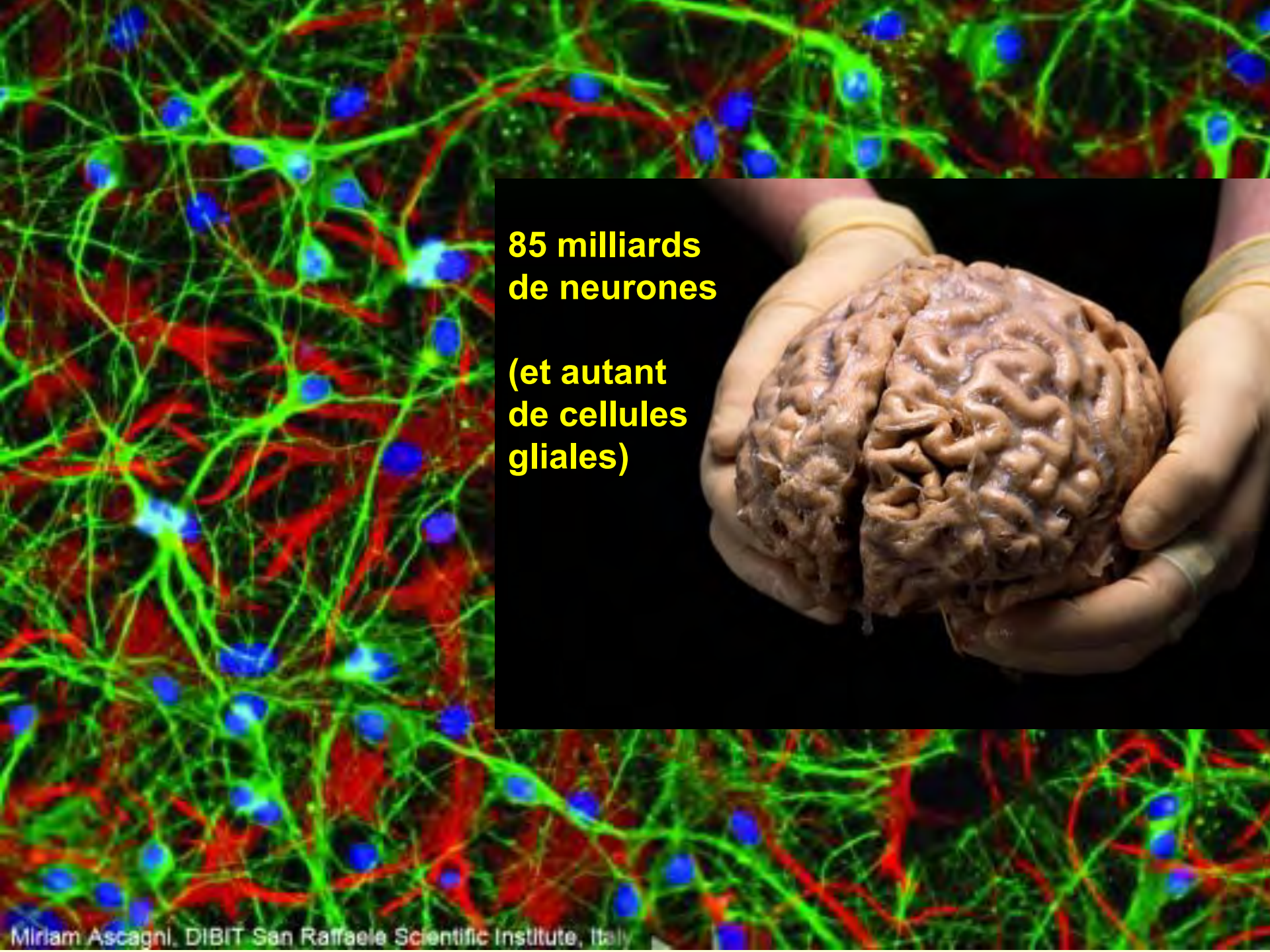
Cerveau – Corps - Environnement

Autre idée importante qui va traverser tout le cours !



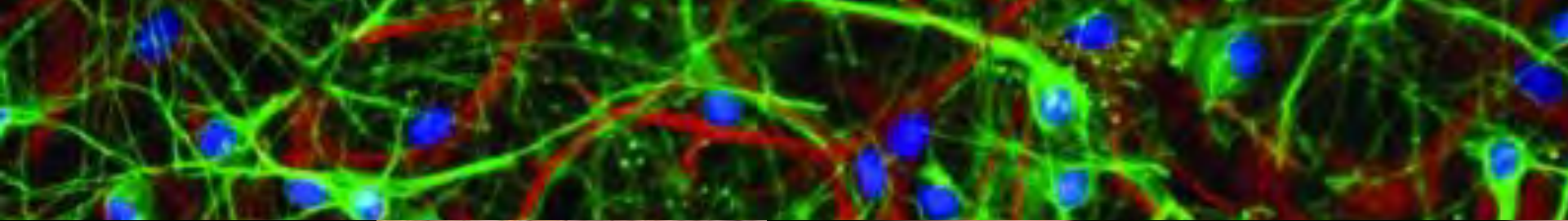
Cerveau – Corps - Environnement



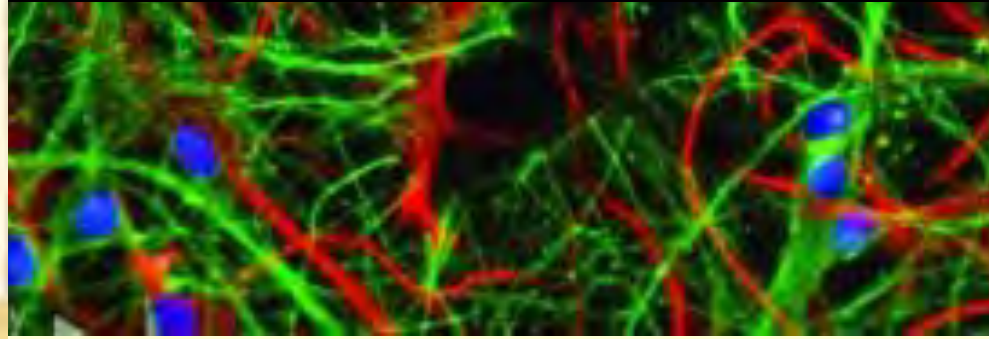
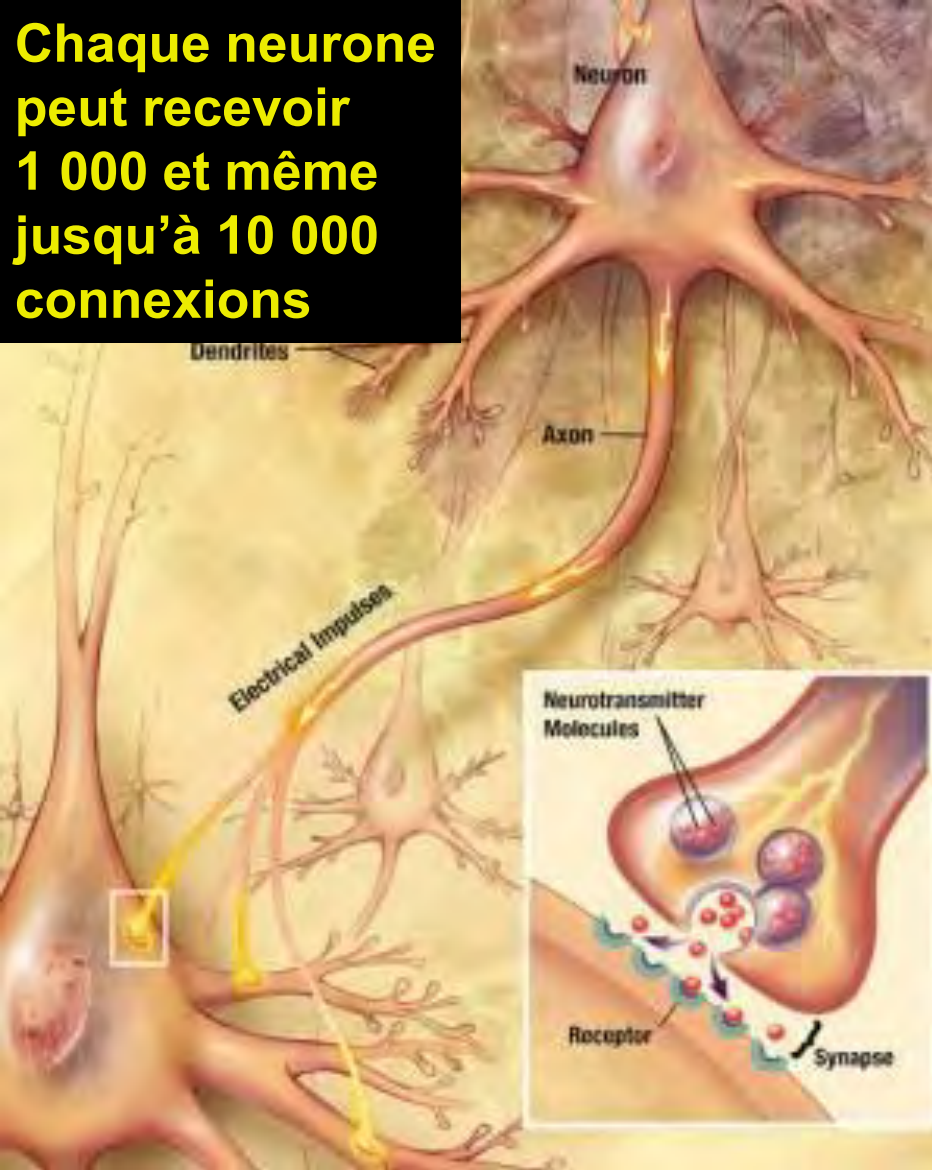


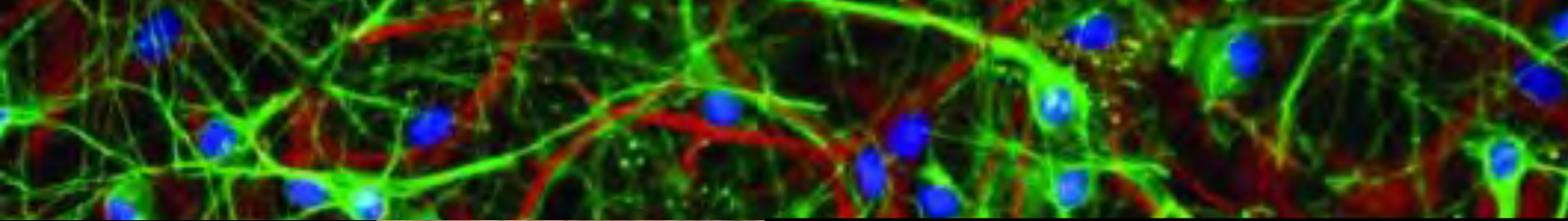
**85 milliards
de neurones**

**(et autant
de cellules
gliales)**



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





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

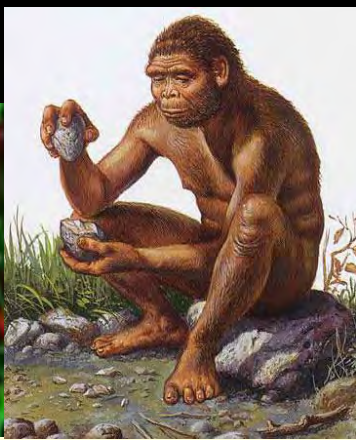
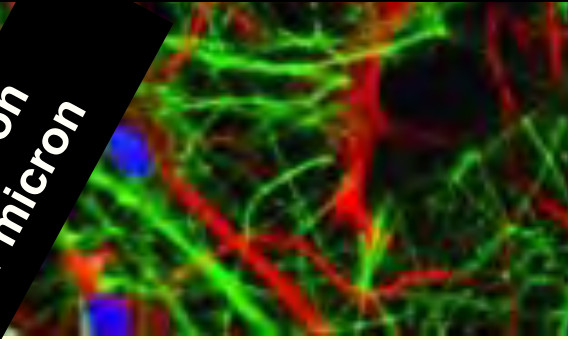


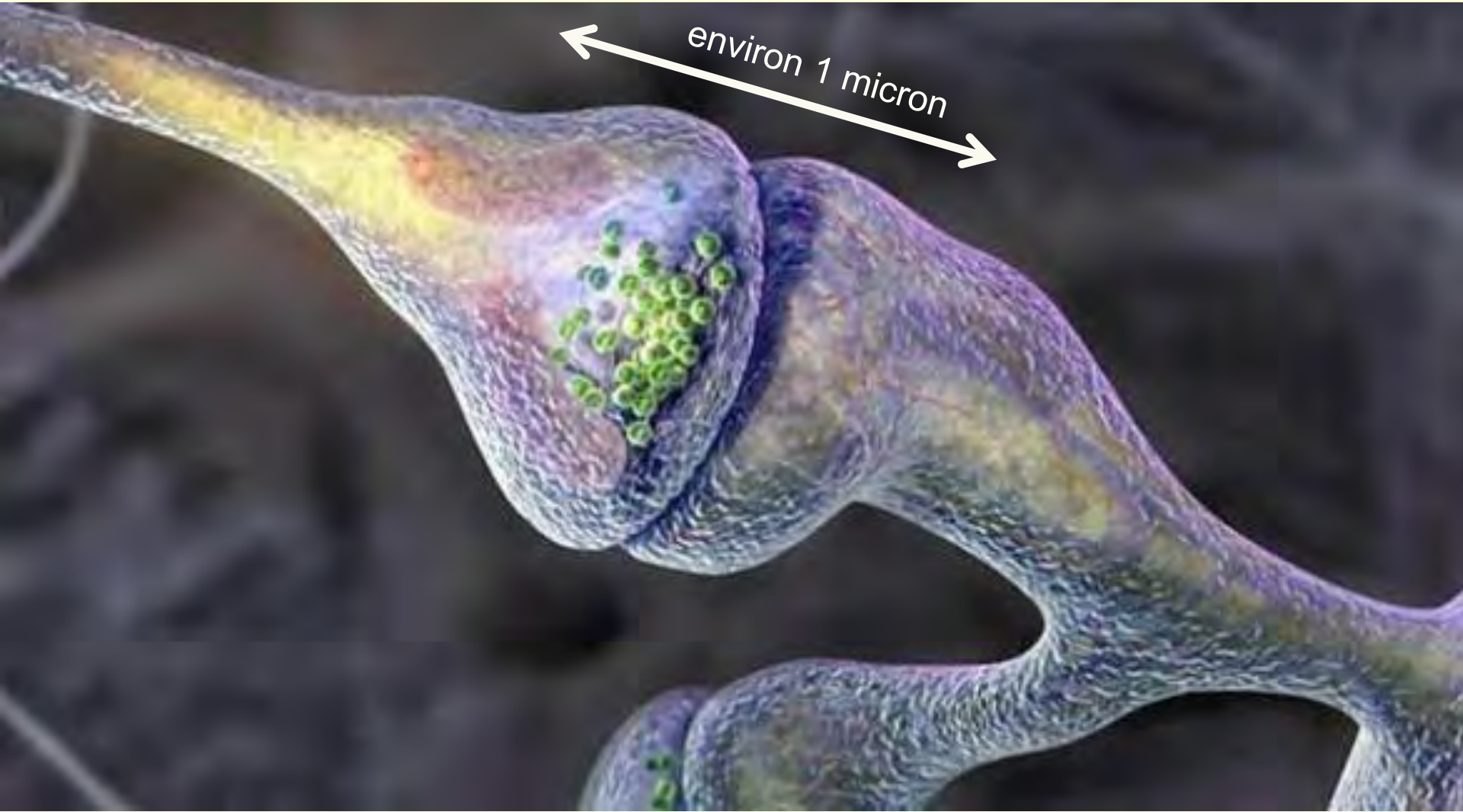
Si l'on comptait 1 000 connexions pour 86 milliards de neurones à raison de une par seconde, cela prendrait environ...

...2,7 millions d'années !

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

environ 1 micron



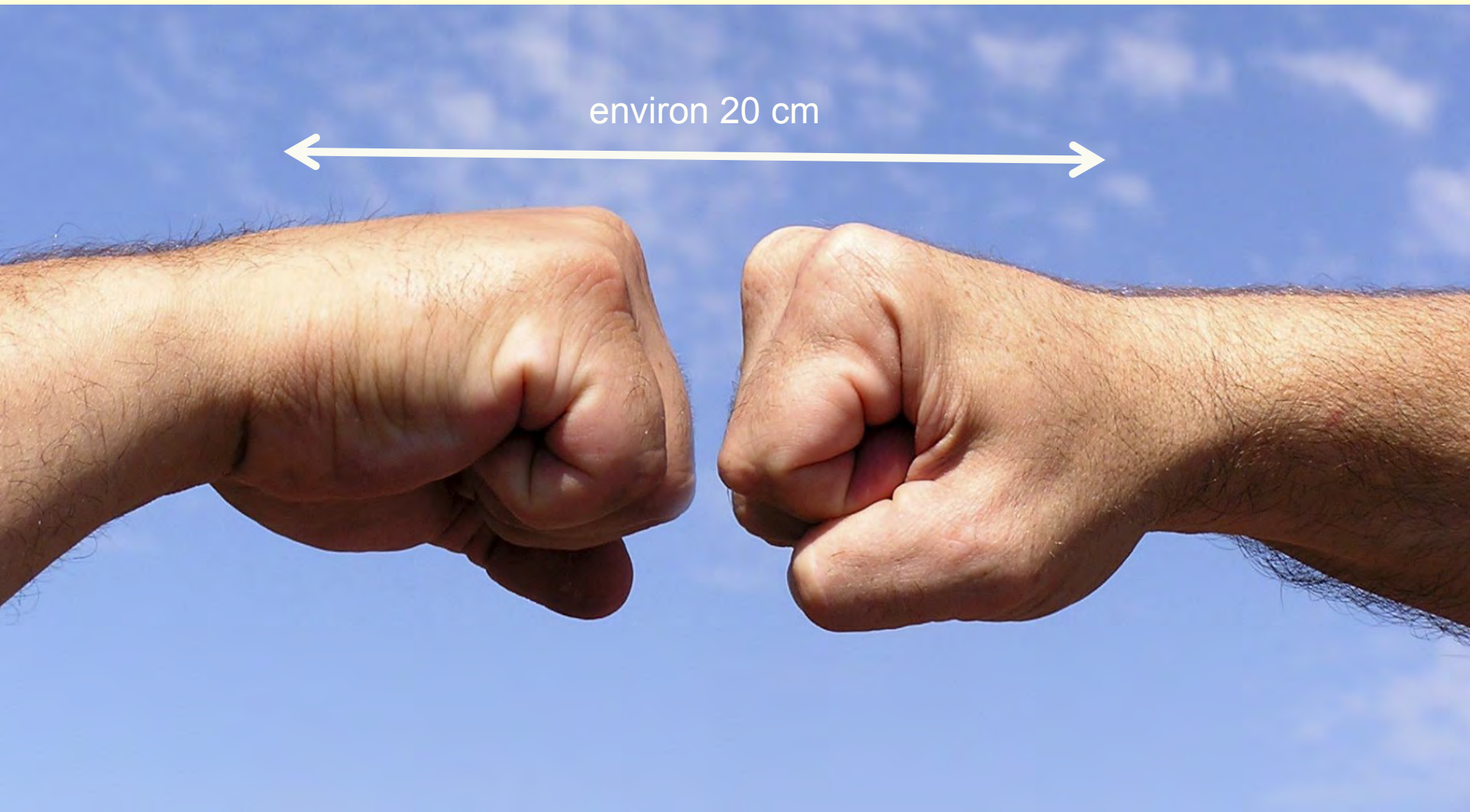


environ 1 micron

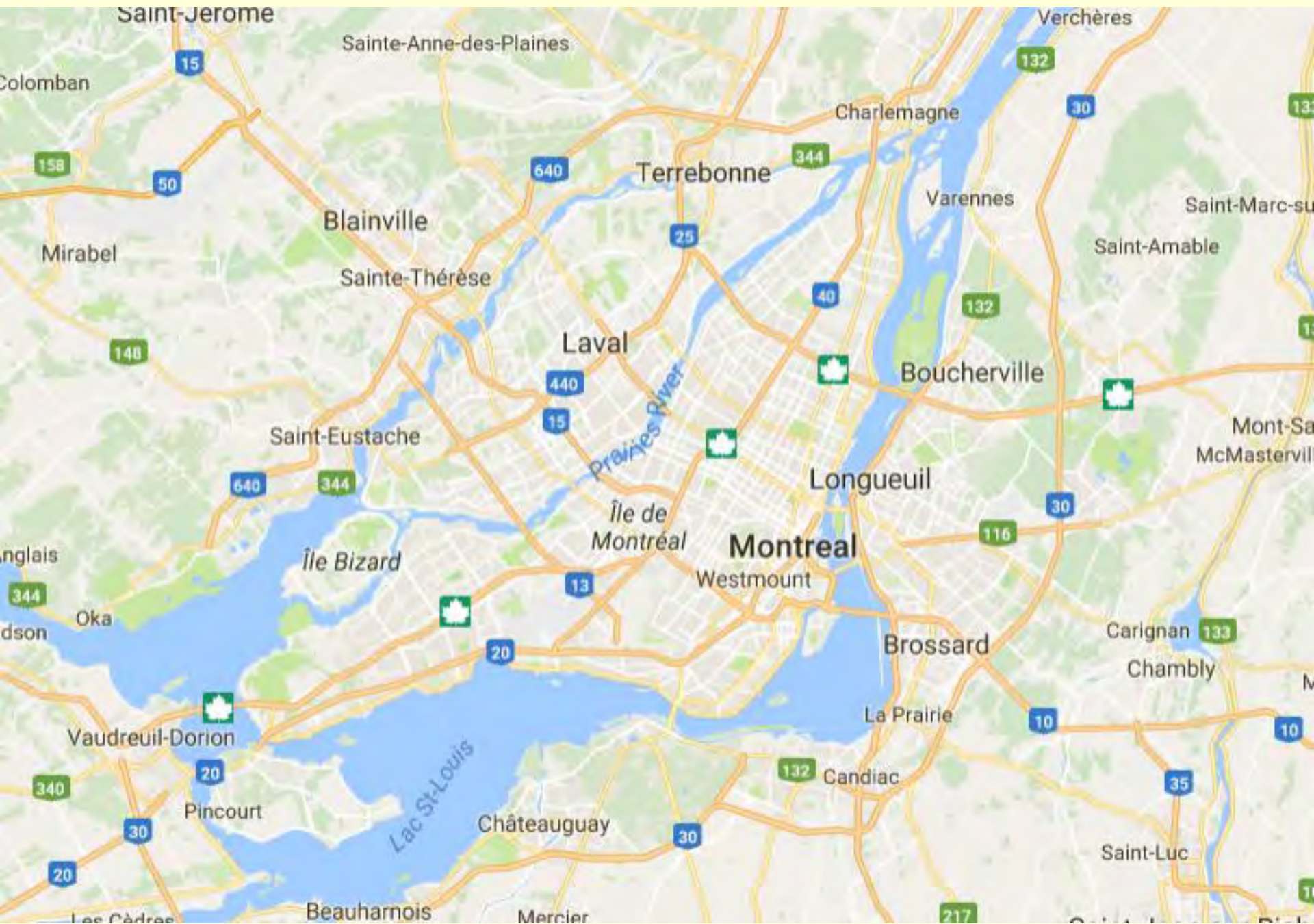


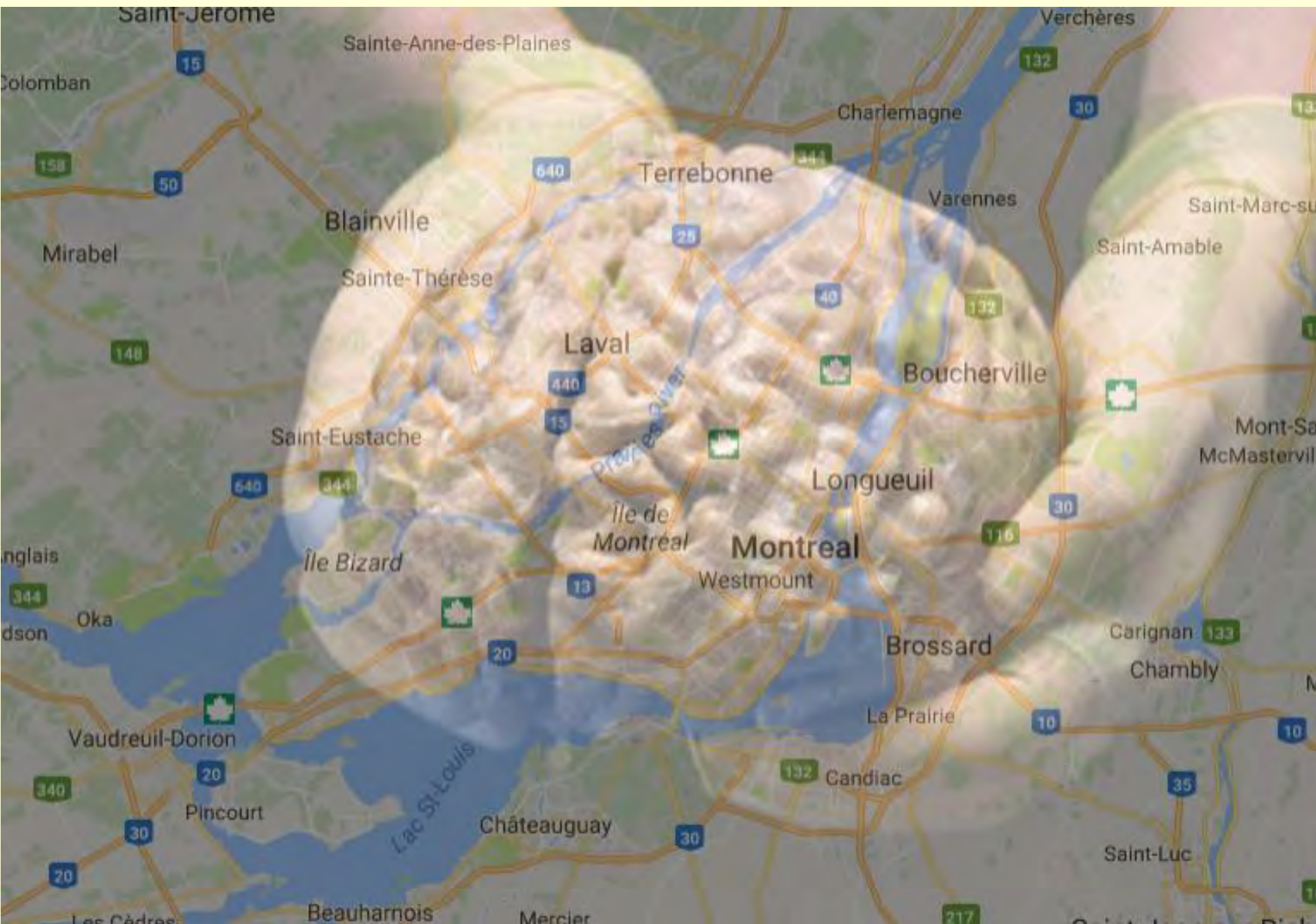
environ 20 cm

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



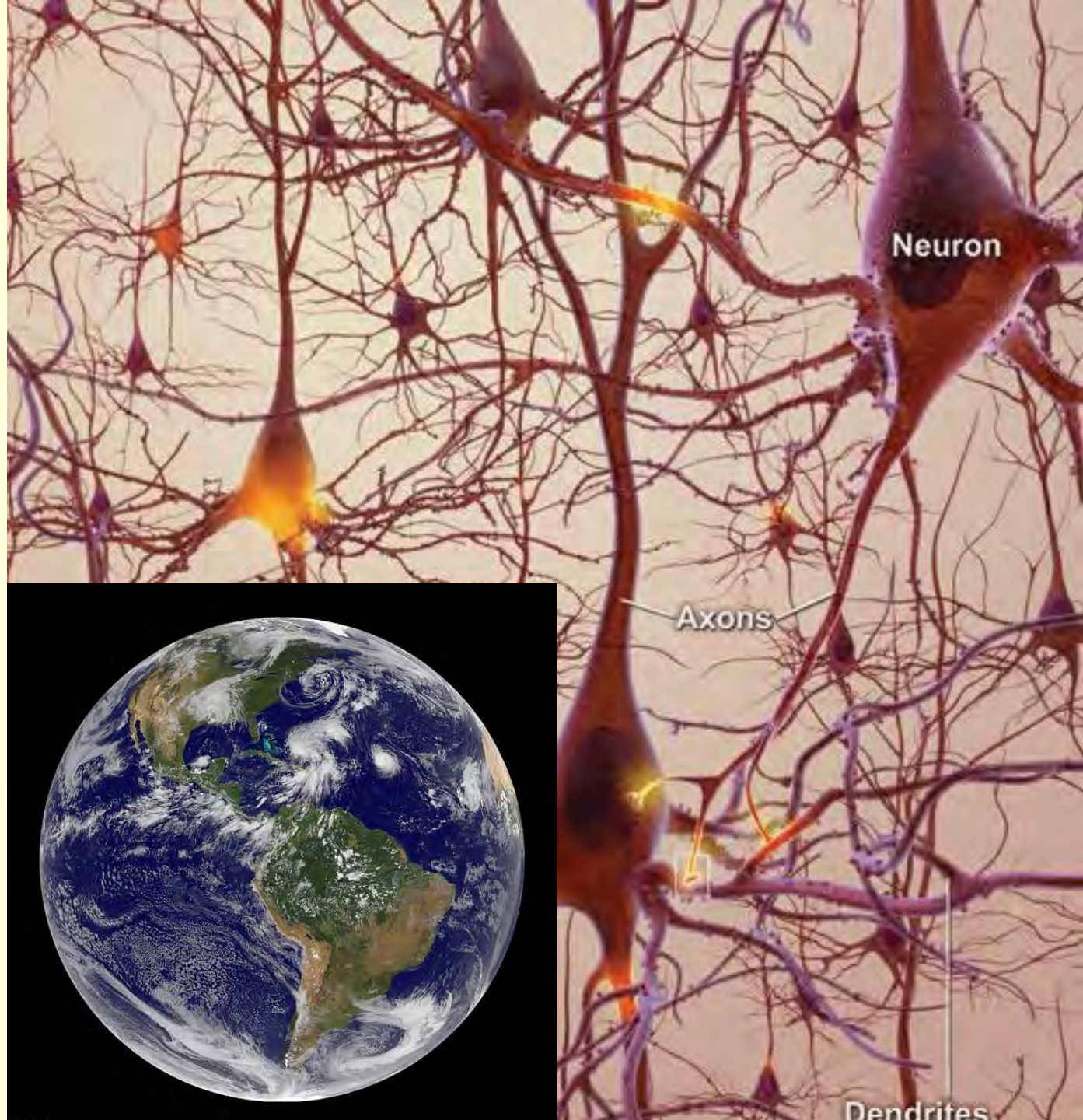
Alors : $0,2 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} / 0,000\ 001 \text{ m} = 40\ 000 \text{ m} = \mathbf{40 \text{ km}}$



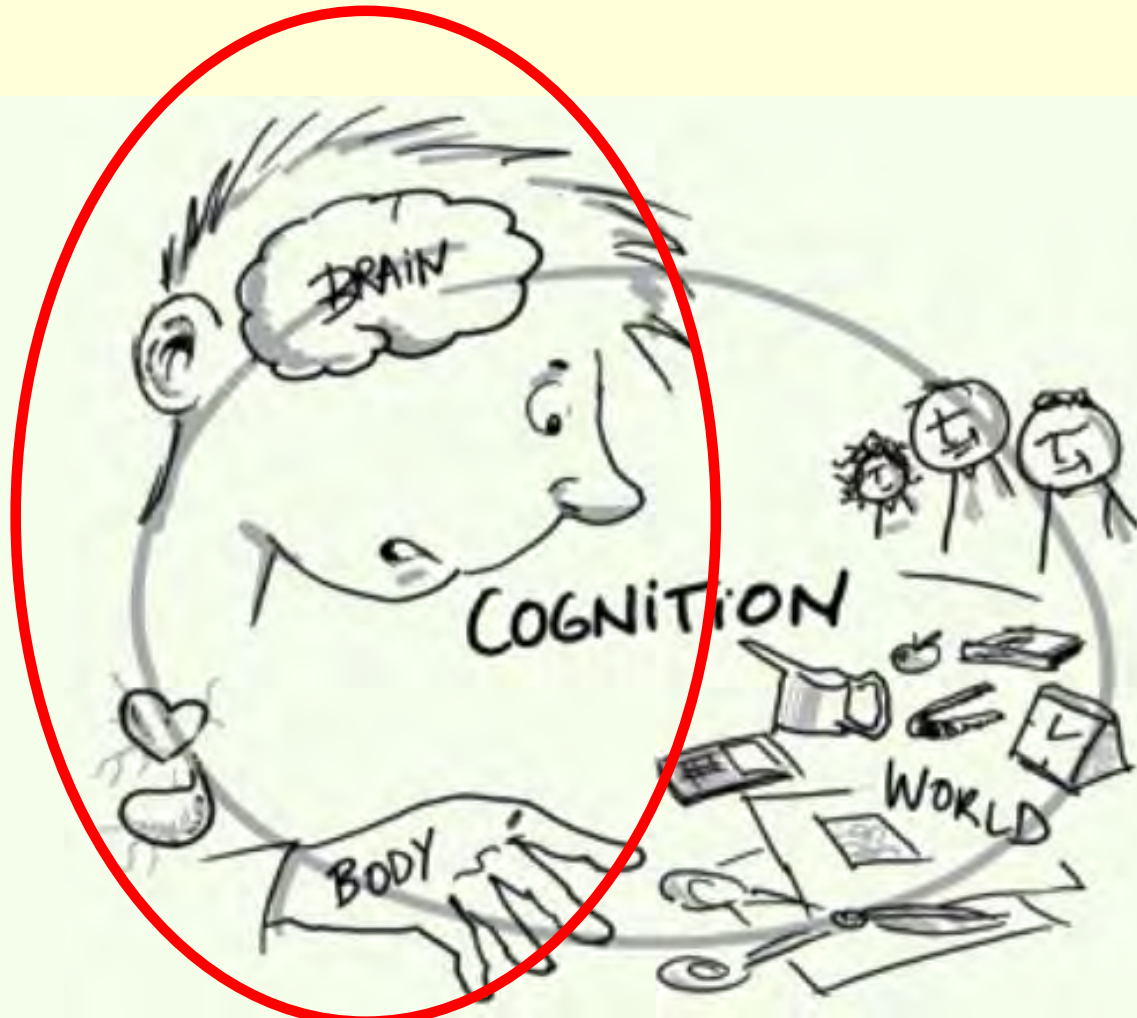


Et si on mettait
bout à bout tous
ces petits câbles,

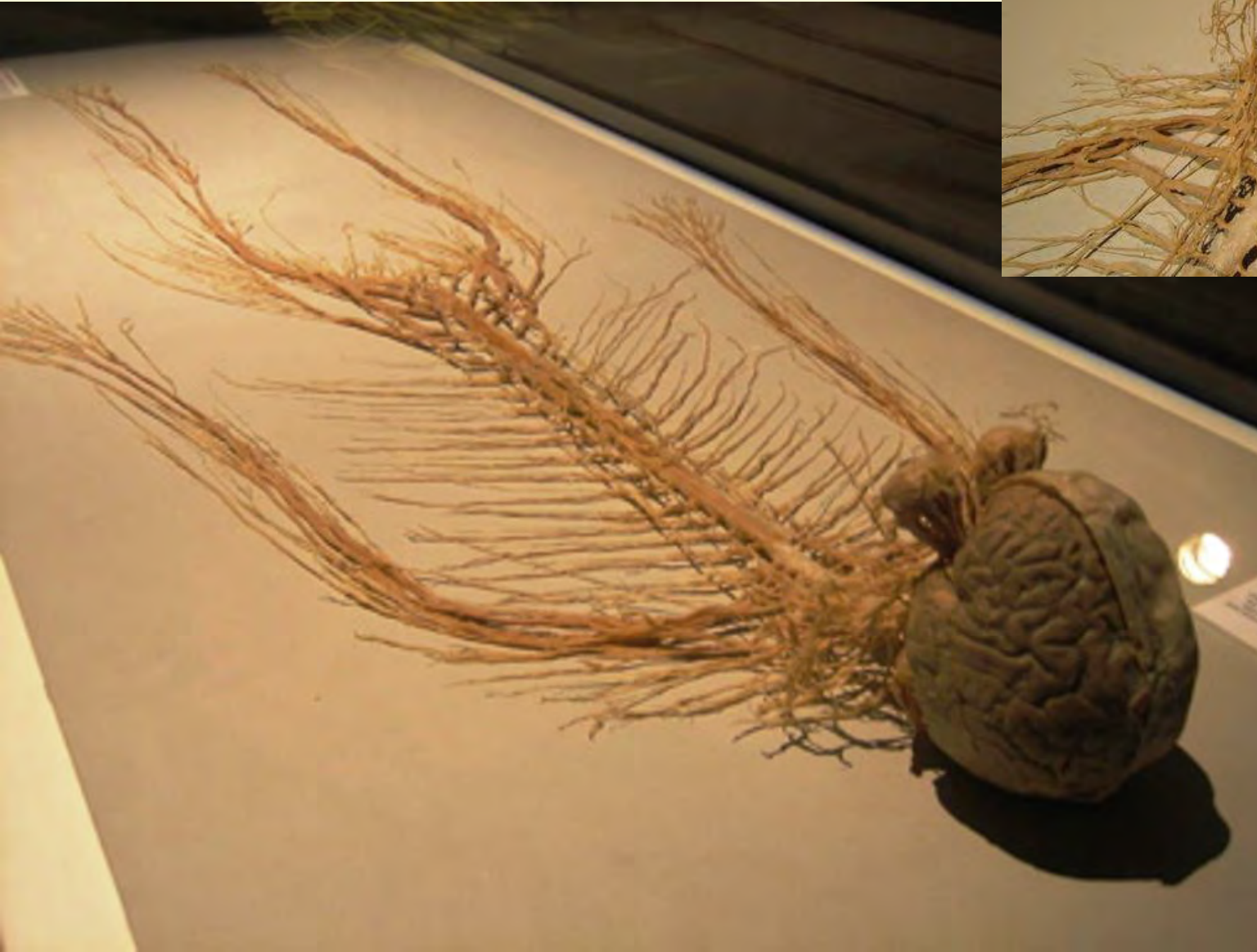
on a estimé
qu'on pourrait
faire plus de
**4 fois le tour
de la Terre**
avec le contenu
d'un seul cerveau
humain !

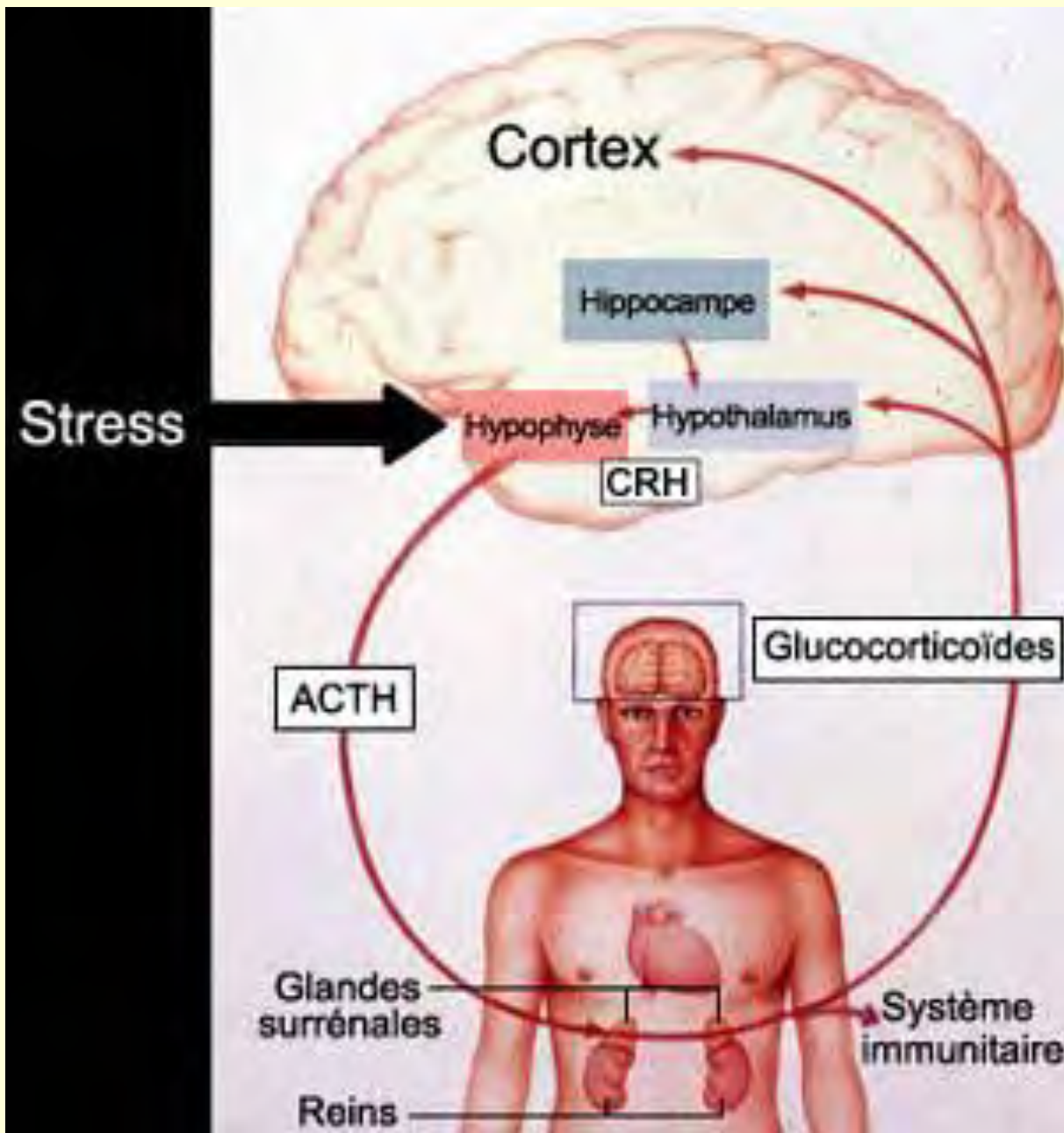


Cerveau – Corps - Environnement



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



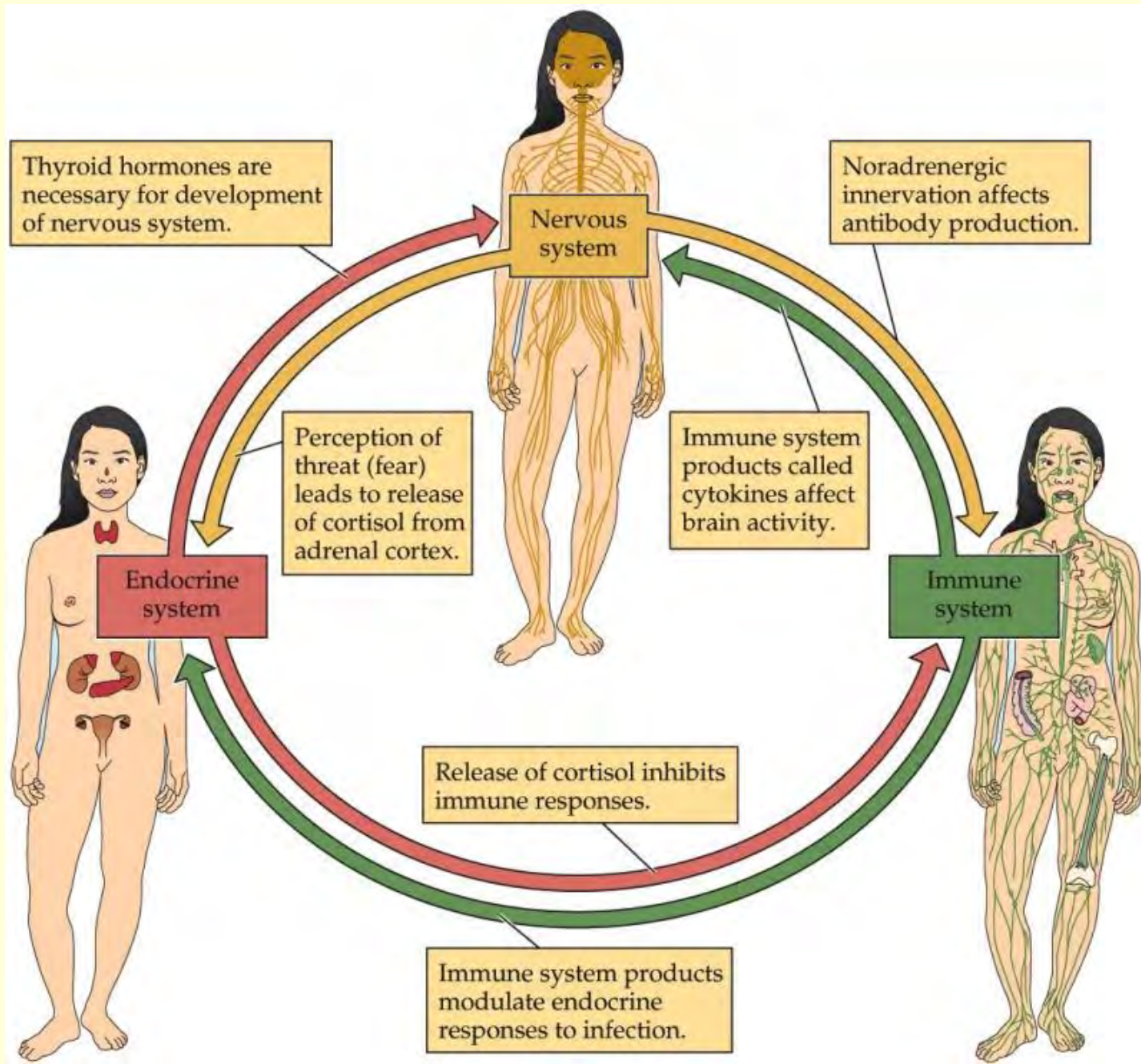


...et le **système endocrinien** avec toutes ses hormones

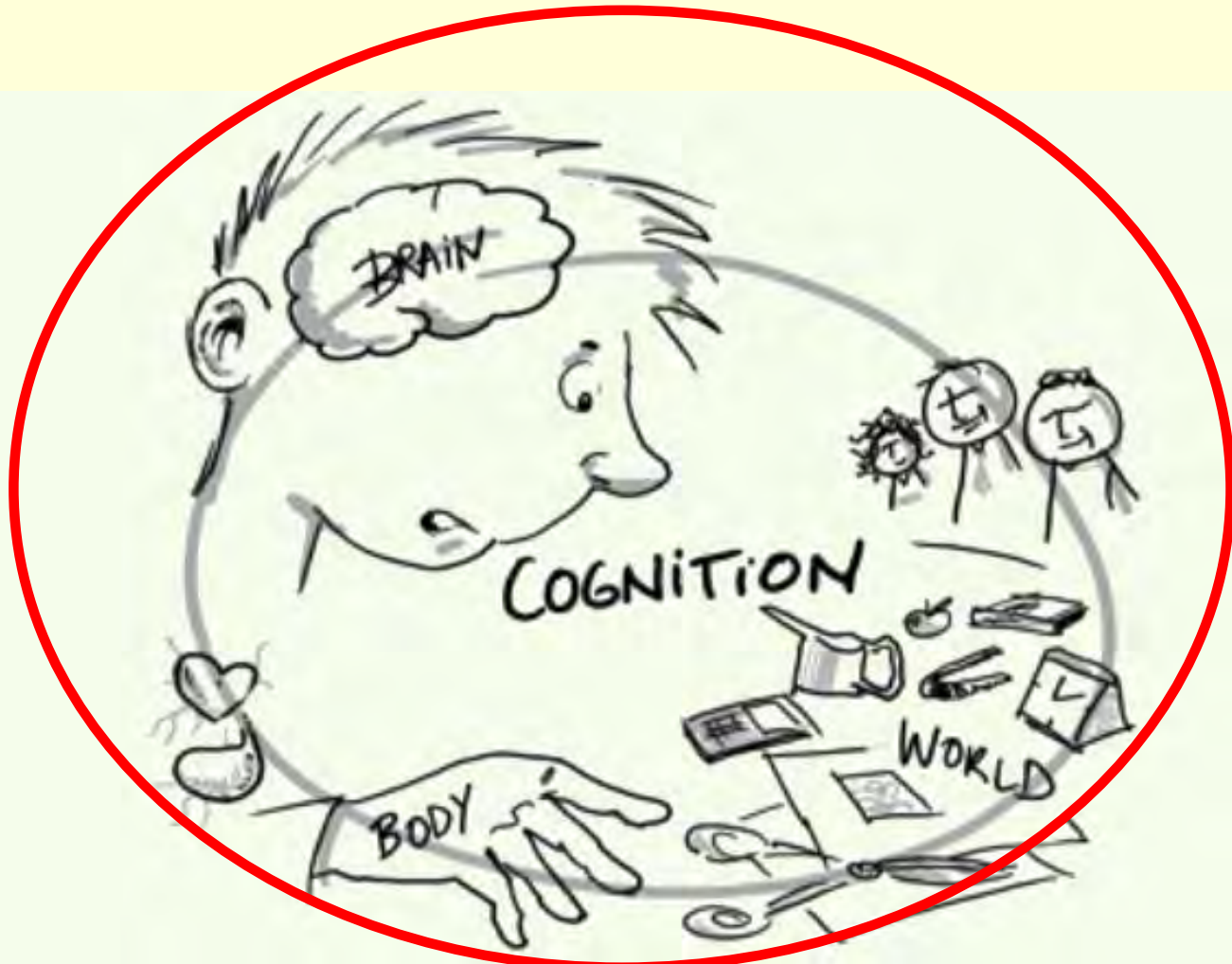
dirigées par l'hypophyse,

elle-même dirigée par l'hypothalamus...

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



Cerveau – Corps - Environnement





L'environnement physique...





...et l'environnement humain !

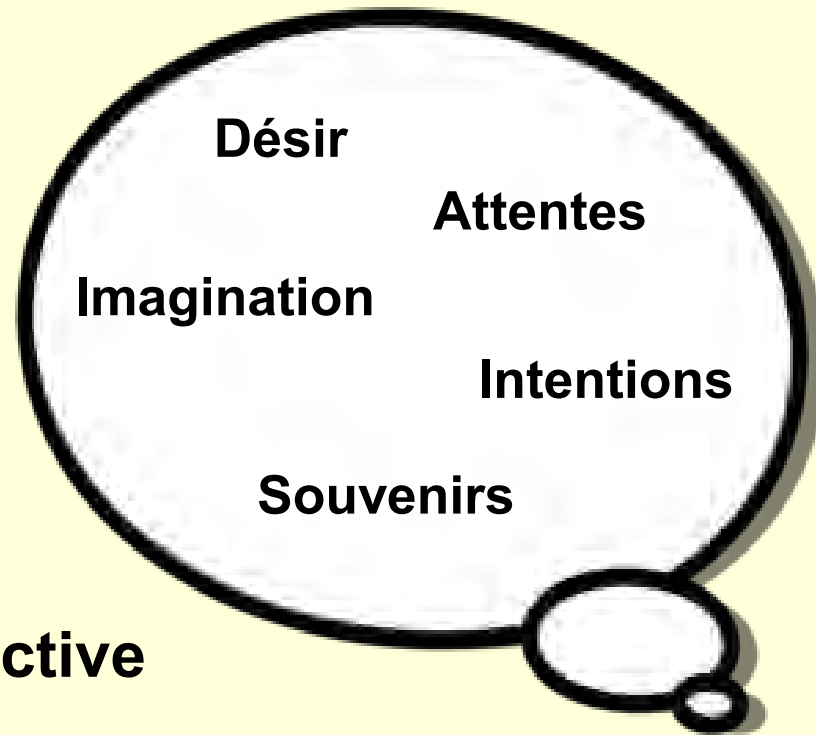




Langage : représentations symboliques communes permettant de coordonner nos actions



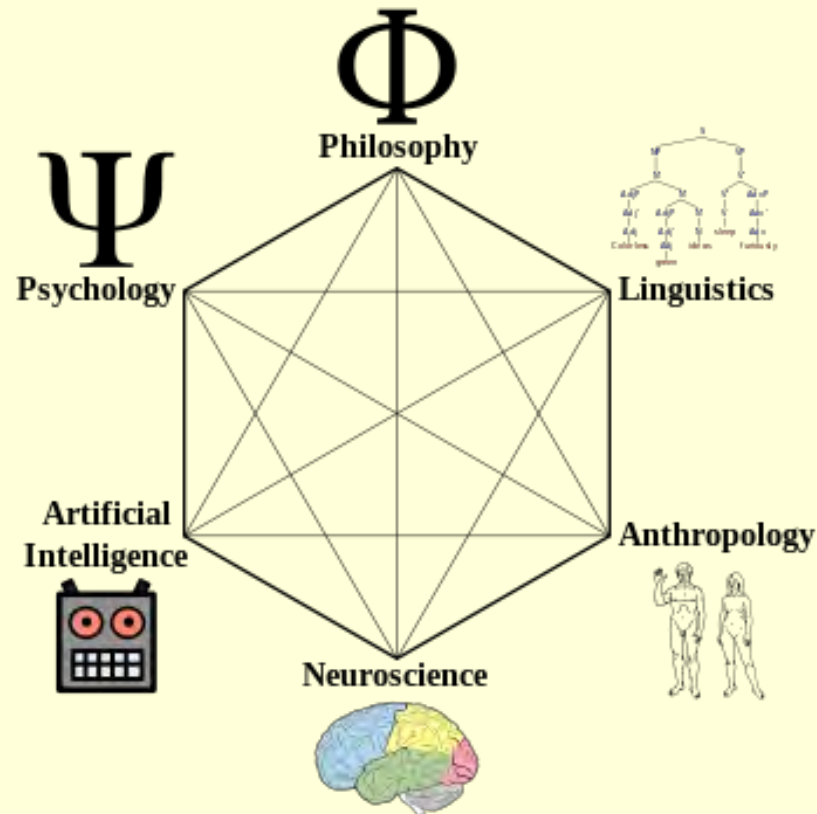
Ce langage tend aussi à « s'intérioriser » pour nommer des affects...



Cette **conscience subjective** est une caractéristique particulière de ces « corps-cerveau » vivants que les sciences cognitives vont tenter d'expliquer...



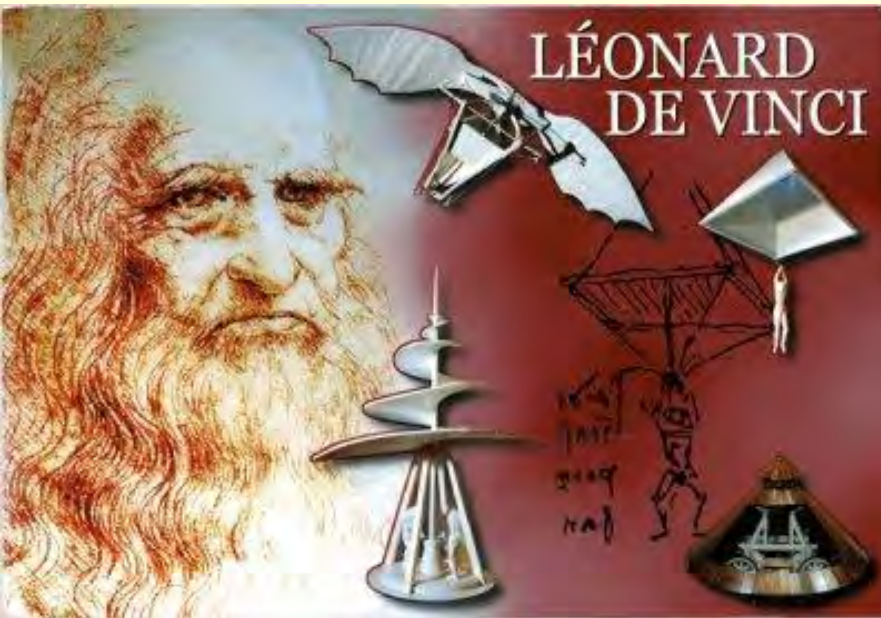
Les « sciences cognitives »



D'où viennent les disciplines qui vont nous accompagner durant ce cours et qui sont concernées par ce problème ?

Léonard de Vinci (1452 - 1519) :

La figure du « savant universel »

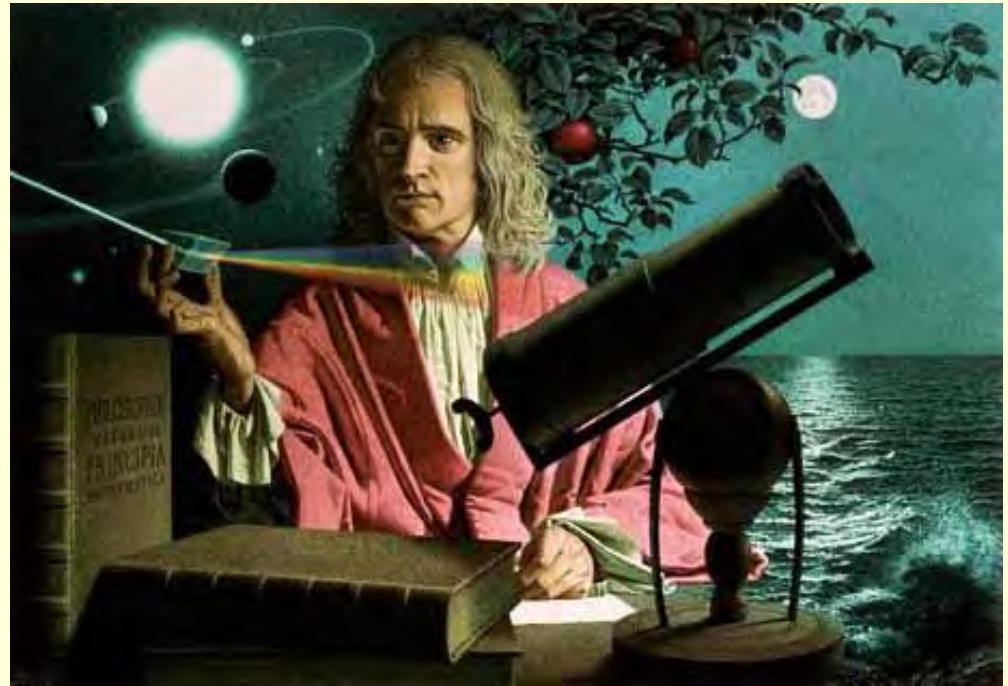


Peintre, sculpteur, orfèvre, musicien, architecte, physicien, astronome, géologue, géomètre, anatomiste, botaniste, alchimiste, inventeur visionnaire, ingénieur mécanicien, militaire, horloger, urbaniste, etc.



René Descartes
(1596-1650)

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



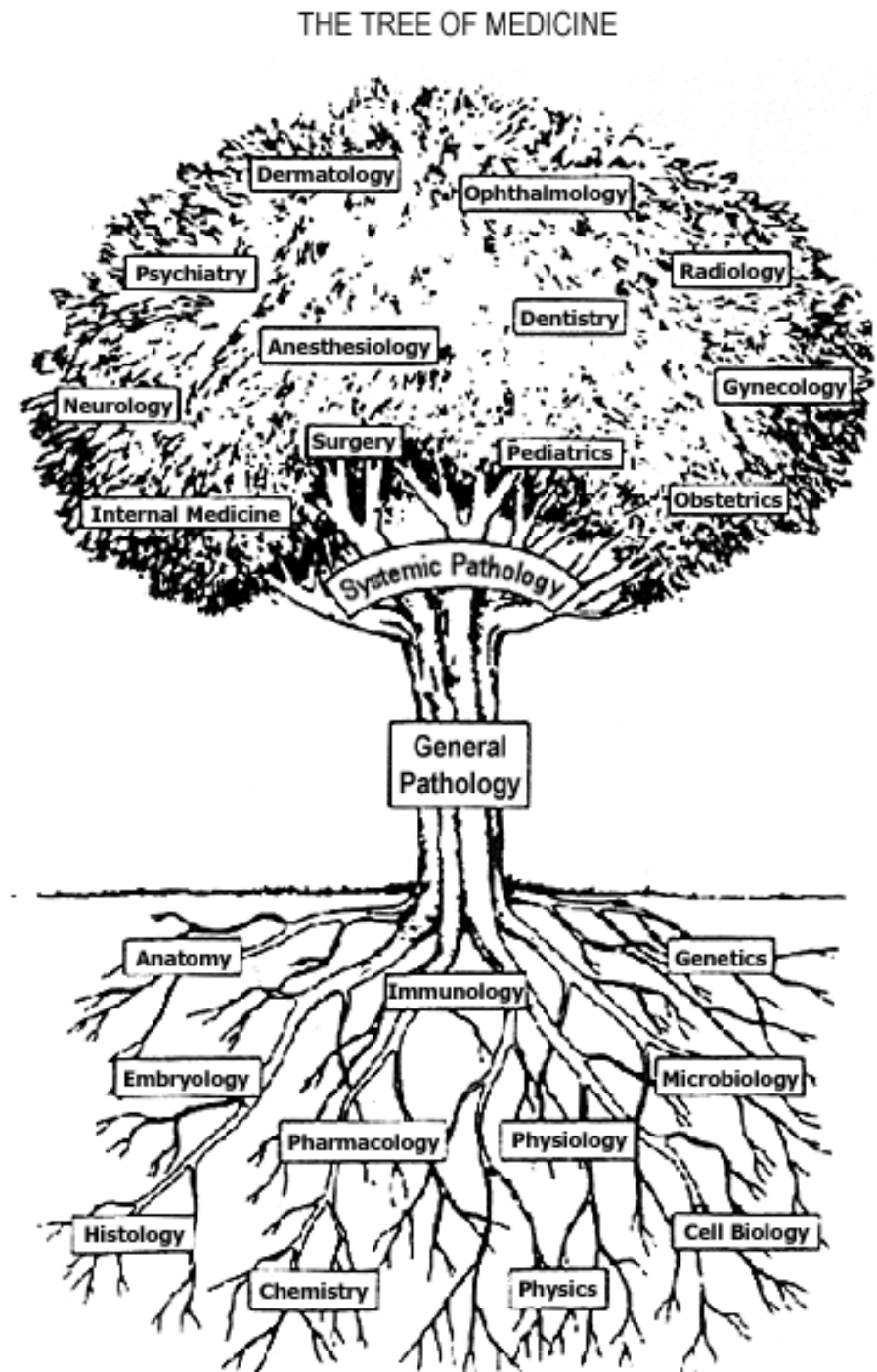
Isaac Newton
(1642-1727)

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

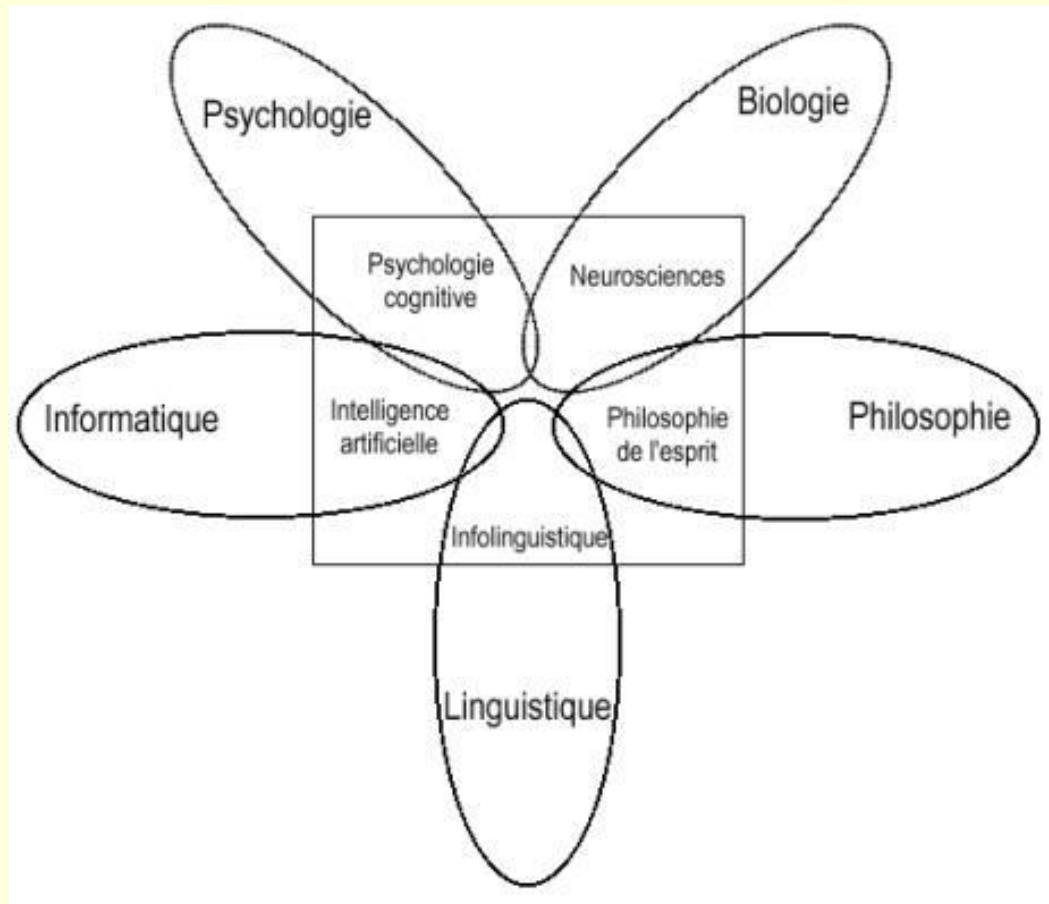
Newton dira que ses lois expliquent ceci ou cela, mais pas **tout** cela...

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

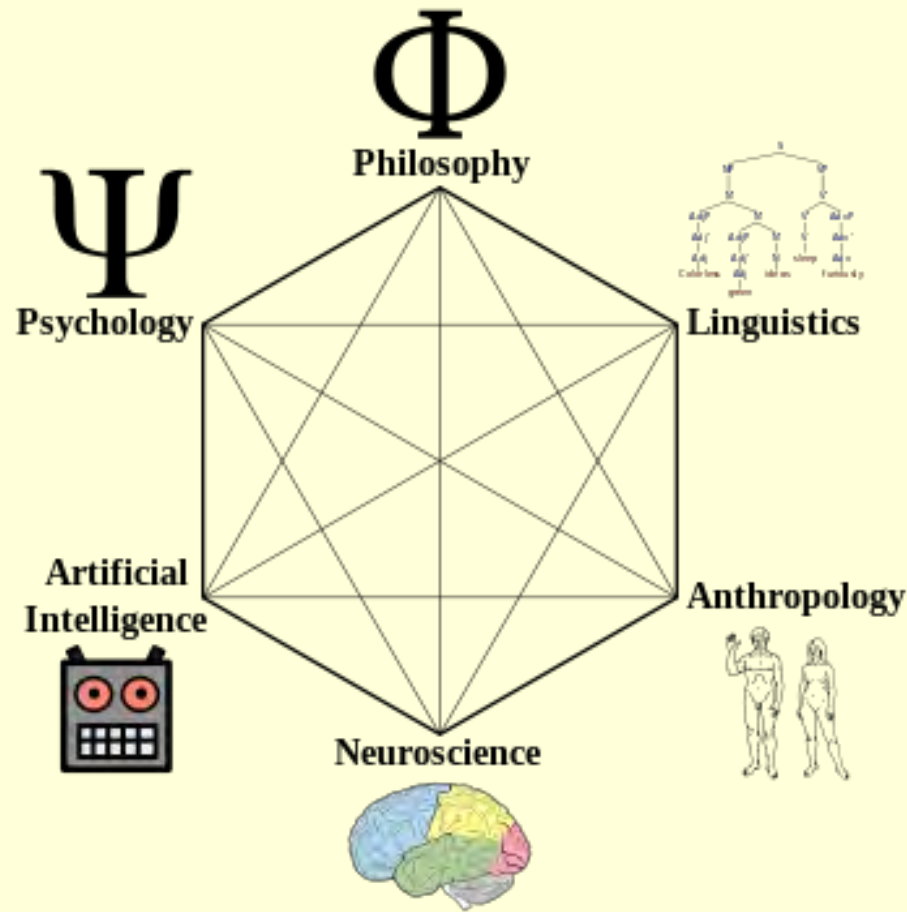
Et le « **spécialiste** » devient synonyme de bon scientifique...



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

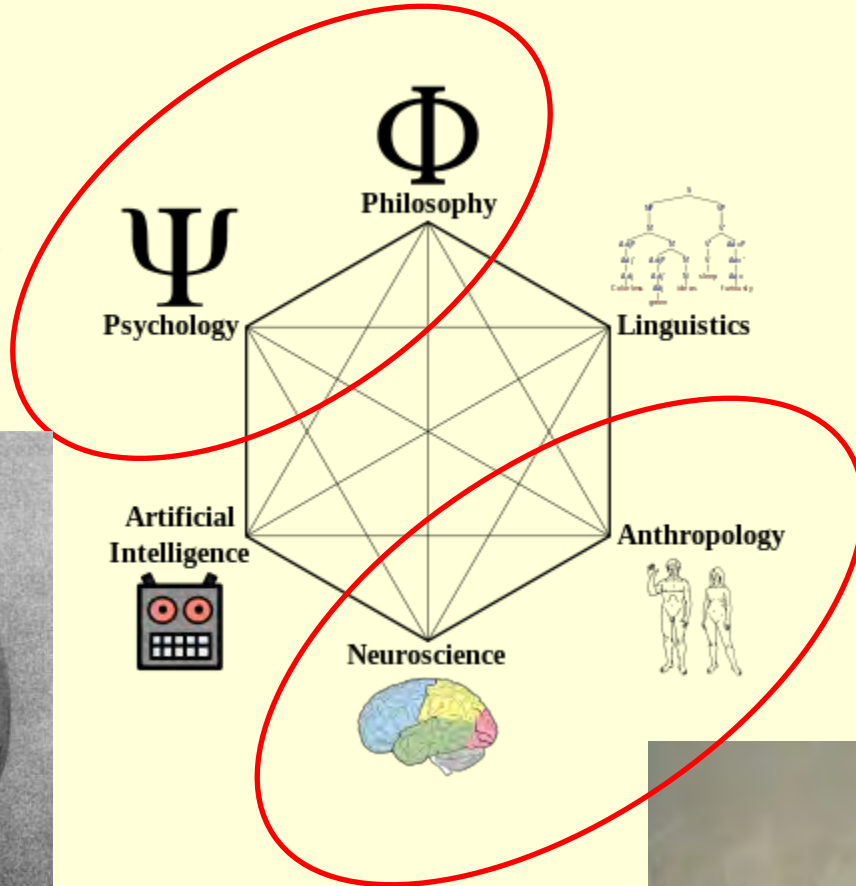


Et qui vont se constituer ce qu'on appelle les « **sciences cognitives** »

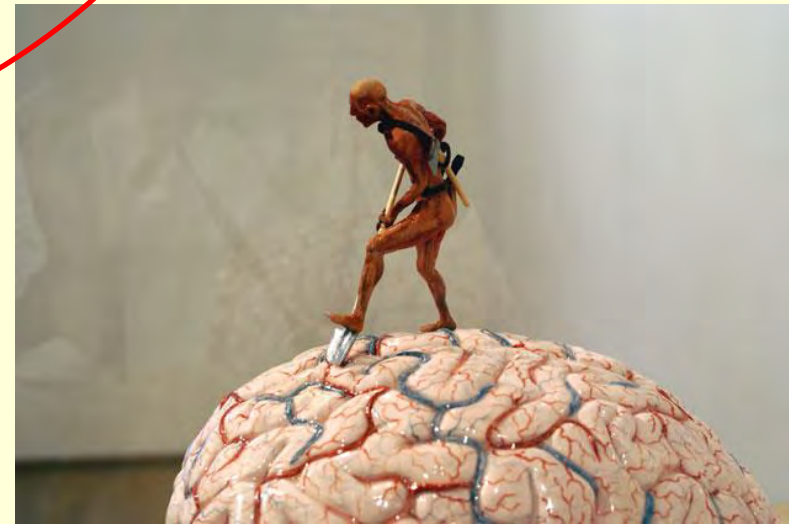


Dont certaines disciplines vont s'intéresser davantage à

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



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

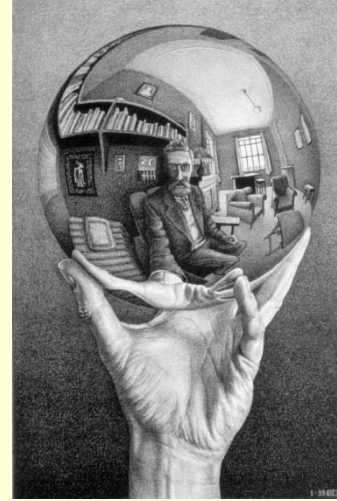


Et ce n'est pas facile de concilier les deux...



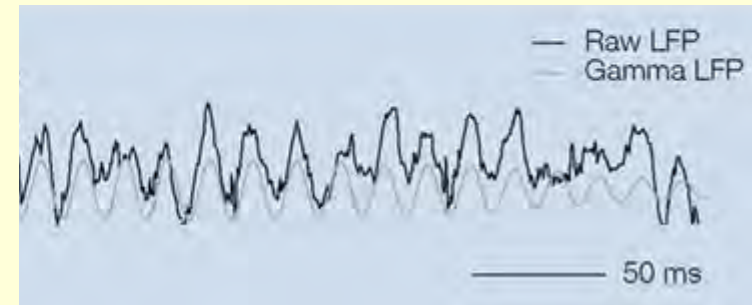
Le rouge que
l'on ressent à
la vue de cette
pomme...

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

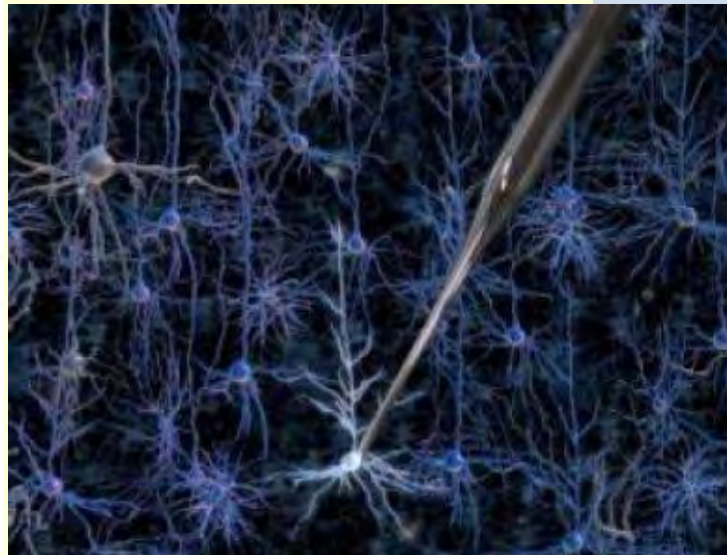
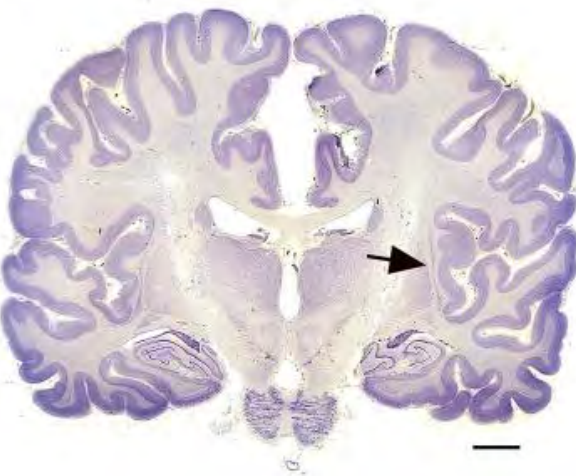


Mais il est où le rouge dans notre cerveau ?

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

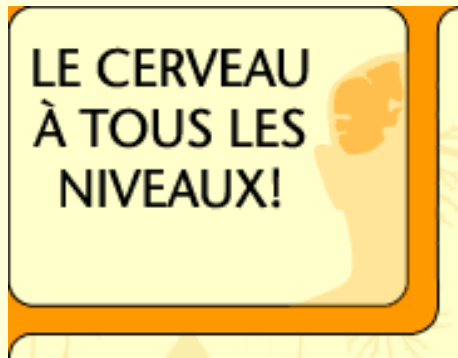


B



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

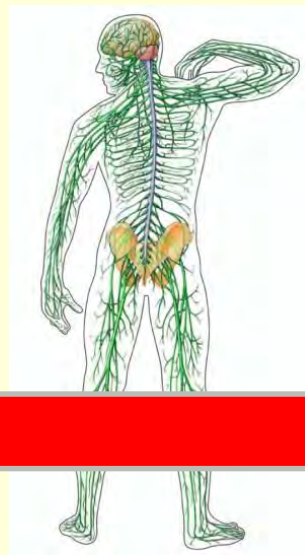
Nous sommes fait de multiples **niveaux d'organisation** allant du **moléculaire** au **social**



Le social
(corps-cerveau-environnement)



L'individu
(corps-cerveau)



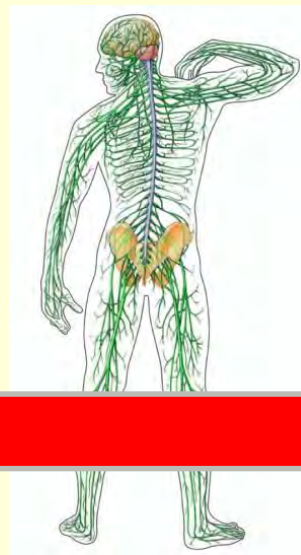
Nous sommes fait de multiples **niveaux d'organisation** allant du **moléculaire** au **social**

Cette conception au cœur des sciences cognitives contemporaine s'est progressivement imposé il n'y a qu'un **demi-siècle** environ...

Le social
(corps-cerveau-environnement)



L'individu
(corps-cerveau)



« Actuellement [en **1975**] est en train de se bâtir une façon d'interpréter le comportement humain en situation sociale qui prend ses bases dans les molécules et qui, **de niveaux d'organisation en niveaux d'organisation**, [...] permet d'interpréter de façon assez nouvelle les comportements humains. »

(Archives de la RTS, *Voix au chapitre*, 7 avril 1975)



Henri Laborit
(1914-1995)



Mais à l'époque, ce n'était pas le « **paradigme dominant** »...

Car cela fait des siècles que les philosophes se butent sur cette **dualité « objectif / subjectif »** qui peut prendre plusieurs étiquettes :

Esprit / corps (mind / body)

Sujet / objet (self / world)

Observateur / observé

Etc...

Et l'on va voir durant le cours, à la suite de penseur comme Francisco Varela, que la meilleure façon d'éviter de rester pris dans ces oppositions,

c'est de faire des **aller retour constants** entre un travail de catégorisation des états subjectif et des états neurophysiologiques.

états subjectifs

Besoin

Douleur

Désir

Etc.

(sont des catégories élémentaires de la psychologie populaire (« folk-psychology ») : résultent d'une **réciprocité** entre ce qui est vécu et l'emploi public de ces termes)

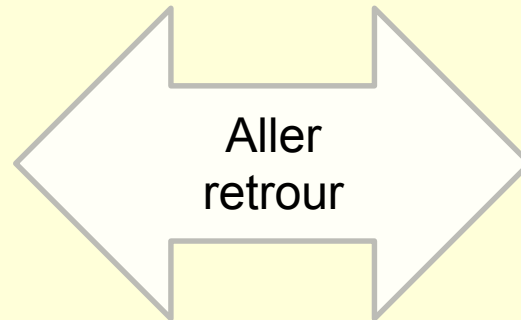
états neurophysiologiques

Cortex visuel primaire

Réseau du mode par défaut

Synchronisation d'activité nerveuse

Etc.



C'est la même chose pour des catégories plus raffinées :

Attention focalisée versus
attention ouverte
en méditation

Dépolarisation membranaire
amenant une excitabilité accrue
dans tels neurones du cortex

Qu'en est-il des thèmes soulevés tantôt par rapport à ces catégories ?

→ En passant, nous venons d'accomplir une **activité cognitive de base** :
générer des catégories, des classes, des concepts, faire des analogies...
[ce n'est qu'au cours #7 qu'on y reviendra pour en prendre la pleine mesure]



Cours 1: Évolution cosmique, chimique et biologique (des unicellulaires aux multicellulaires)

A- Vue d'ensemble et
niveaux d'organisation
(plus courte)



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



*Le silence éternel de ces espaces infinis m'effraie
Foscal.*

Repartons du problème de la conscience subjective.

Désir

Attentes

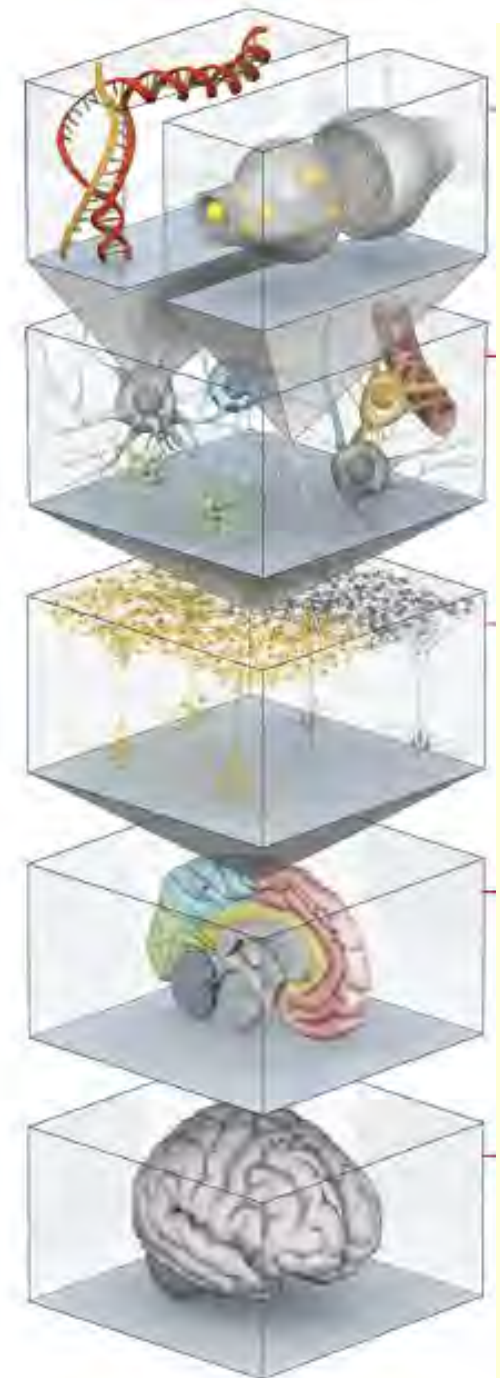
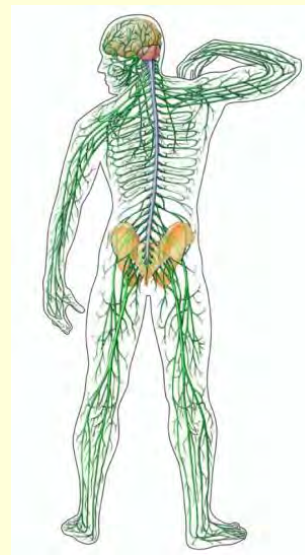
Imagination

Intentions

Souvenirs

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

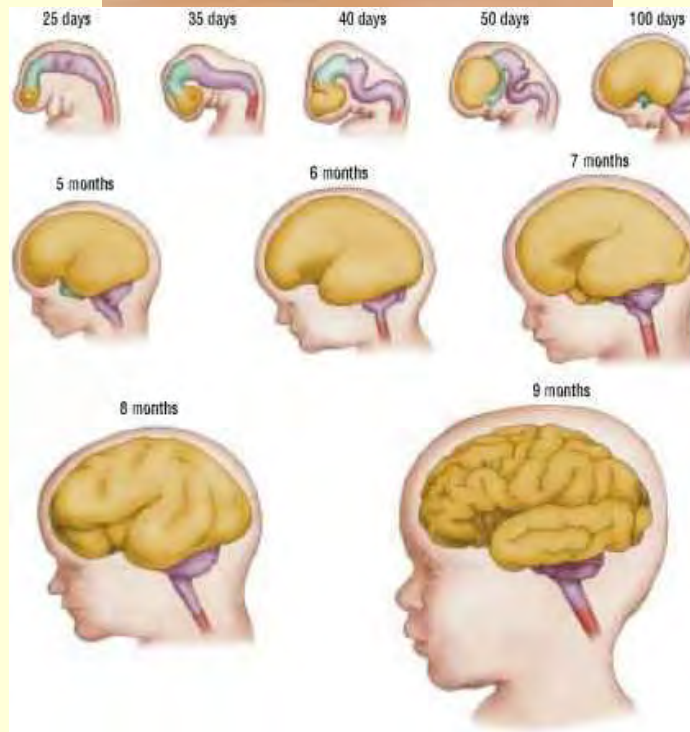
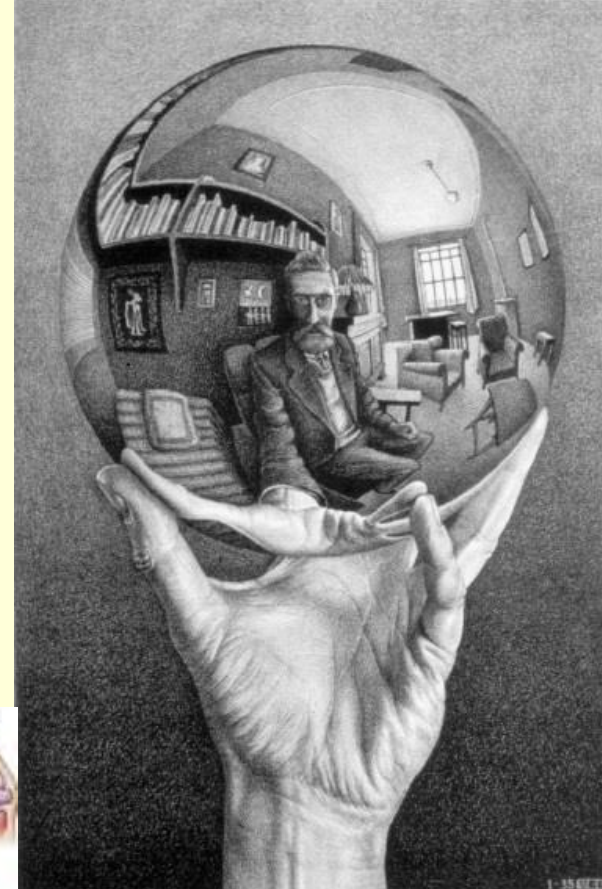
Mais elle commence quand ?

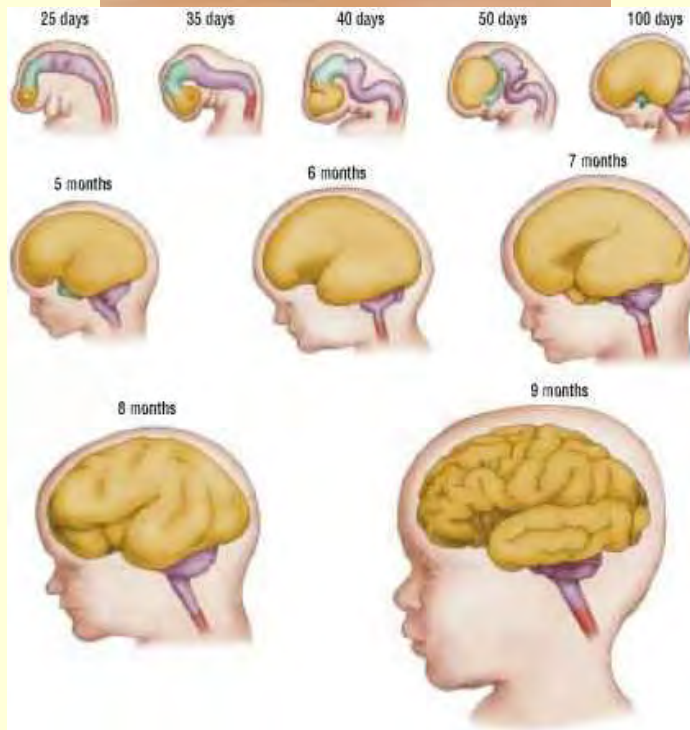
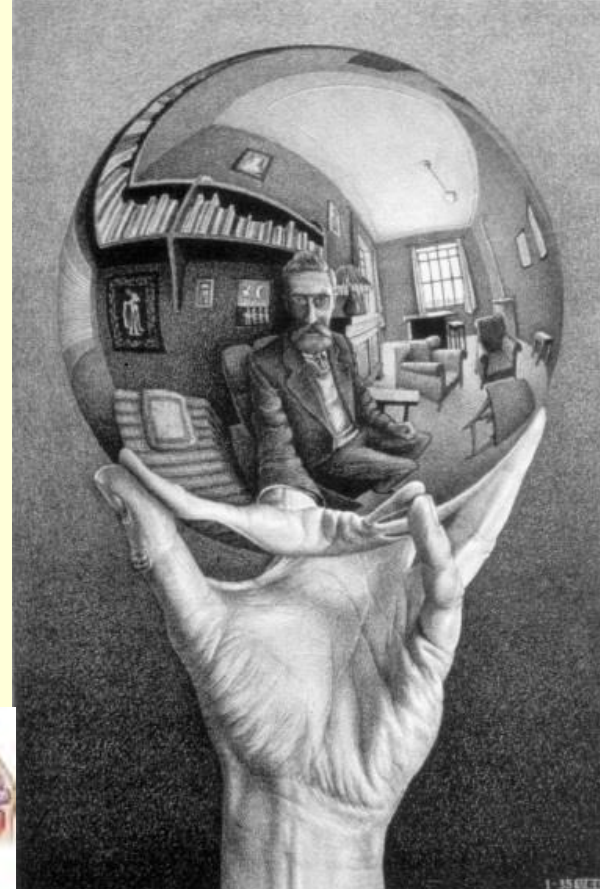


Difficile d'avoir accès
à sa subjectivité...

...mais pas
impossible par des
protocoles astucieux

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

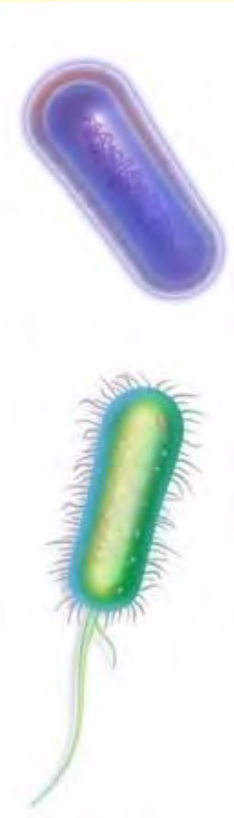
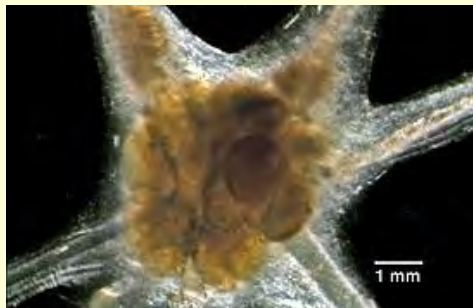
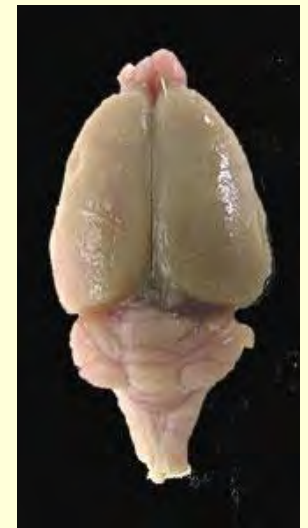
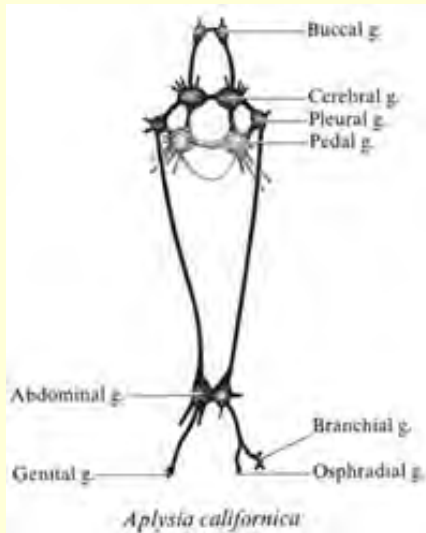






Malcolm MacIver: How Sentience Changed After Fish Invaded Land 385 Ma

https://www.youtube.com/watch?v=HI7fXIP_mjo&t=29s&index=39&list=PLTJcZPOXChRSWlzUa8mZ5hujZoLGBfyV0



Linguistic Bodies

The Continuity between Life and Language

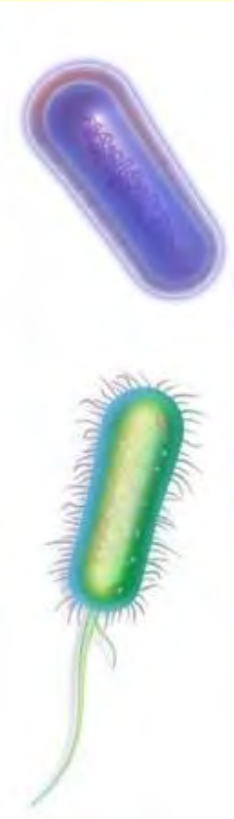
By Ezequiel A. Di Paolo, Elena Clare Cuffari and
Hanne De Jaegher

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

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

2018

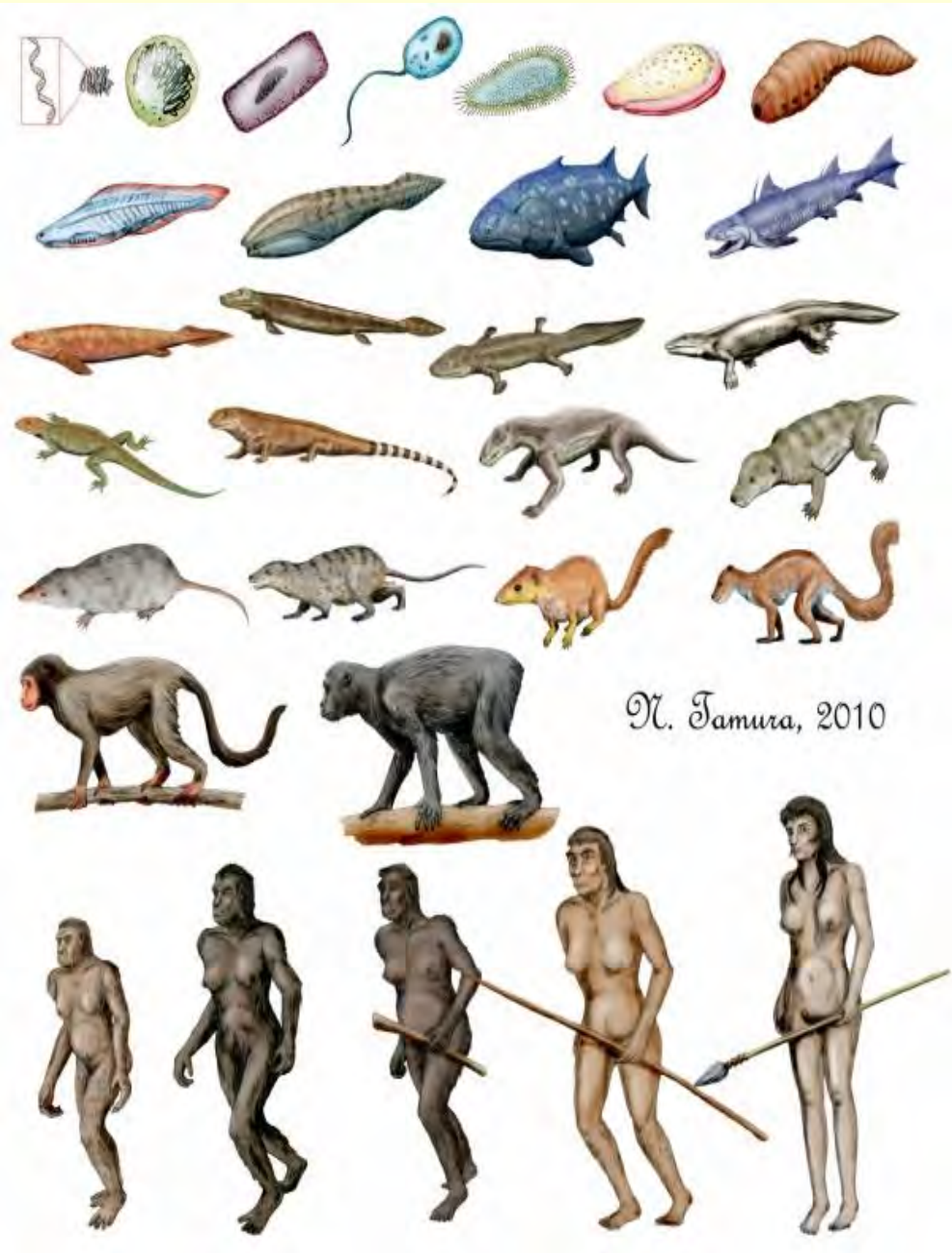
Il va falloir **reculer dans le temps**
pour essayer de comprendre où commence le « mind » !







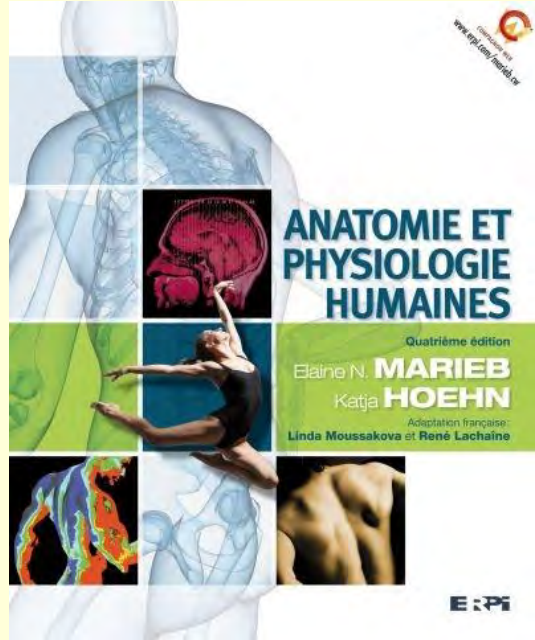




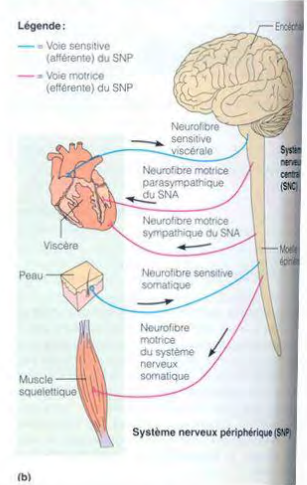
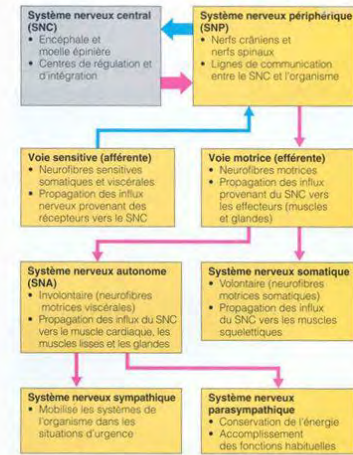
« Rien en biologie n'a de sens, si ce n'est à la lumière de l'évolution »

- 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.

(on verra pourquoi...)



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



Et pour être sûr de ne rien manquer...





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





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



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

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



- Hubert Reeves

Croissance de complexité

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

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

Évolution cosmique, chimique et biologique



(Crédit : modifié de Robert Lamontagne)



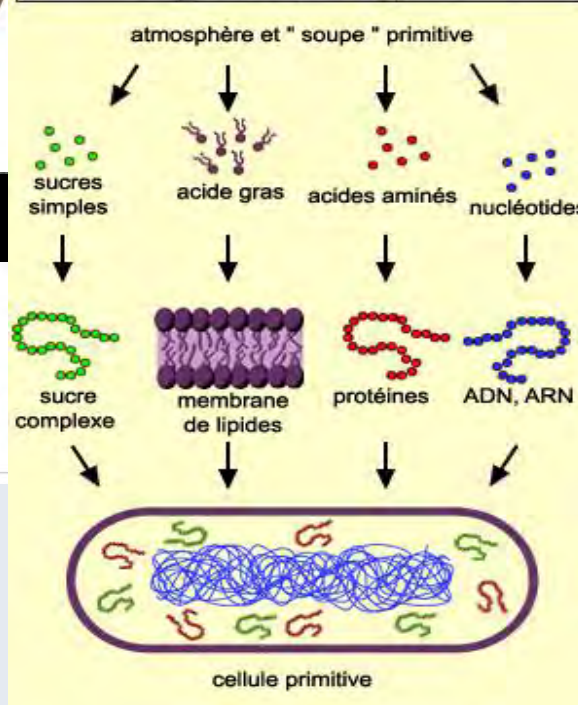
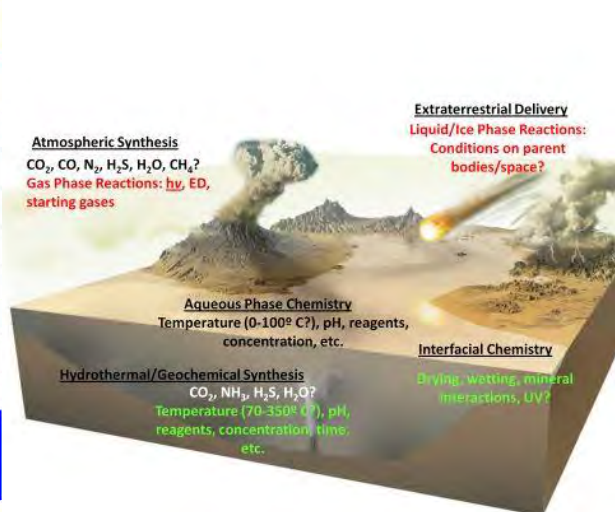
Croissance de complexité

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

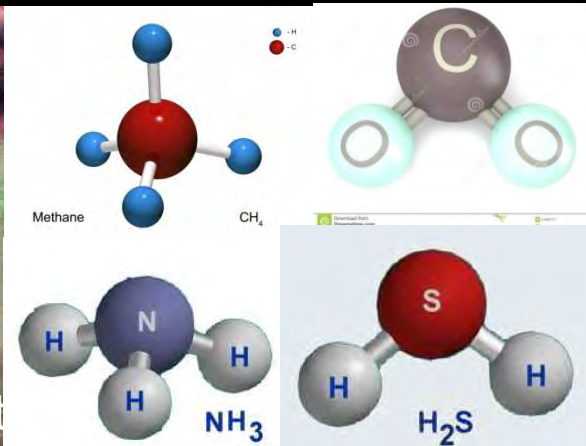
Tableau Périodique des Éléments

1	2											13	14	15	16	17	18												
H	He											B	C	N	O	F	Ne												
Li	Be											Al	Si	P	S	Cl	Ar												
Na	Mg											K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr												
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe												
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn												
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Uut	Uuq	Uup	Uuh	Uuq	Uuo												

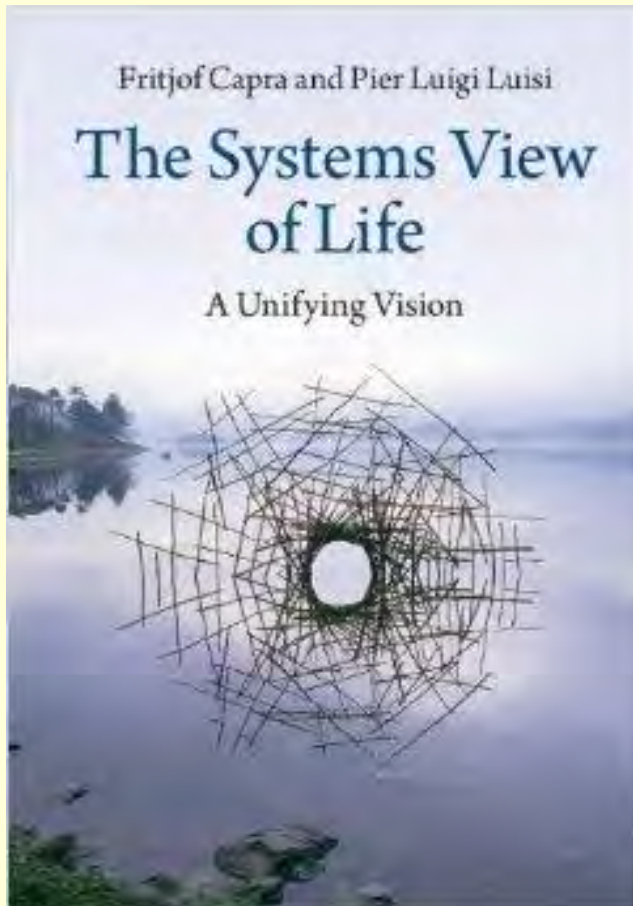
Atomic numbers in parentheses are those of the most stable or common isotope



Évolution cosmique, chimique



(Crédit : modifié de Robert Lamont)

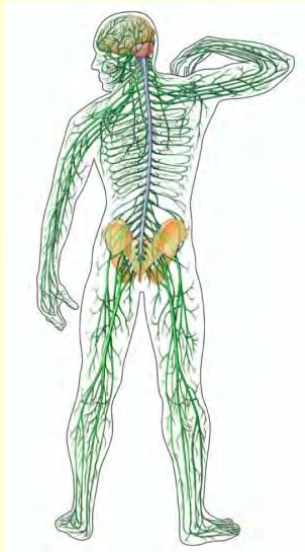


Durant l'histoire occidentale de la science et de la philosophie, il y a eu une tension entre 2 quêtes :

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

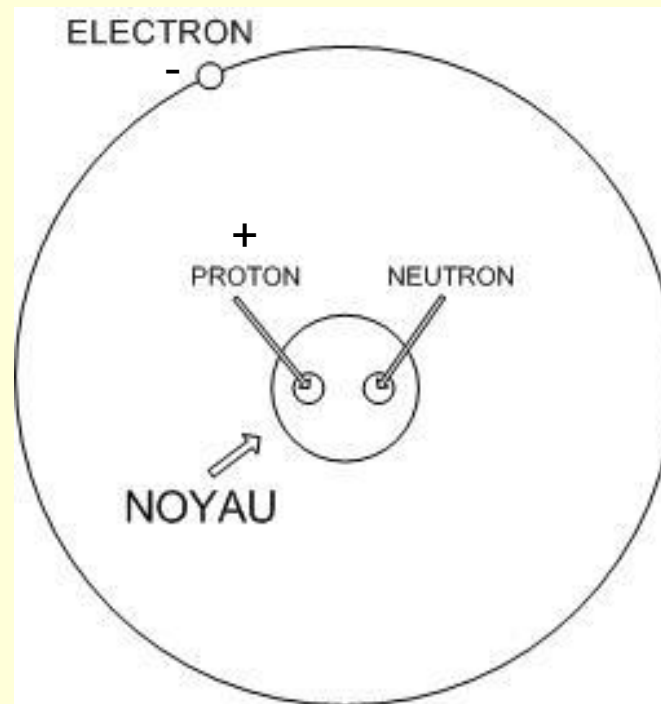


- l'étude de la **matière** : de quoi c'est fait ?



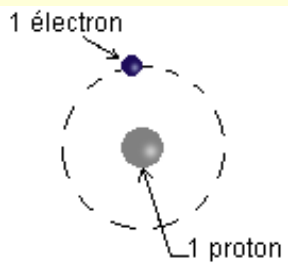
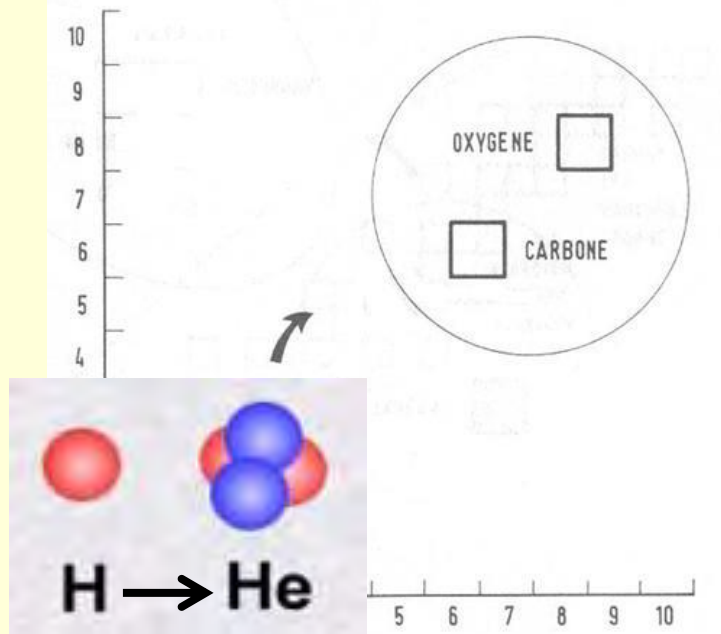
Tout est fait
d'atomes !



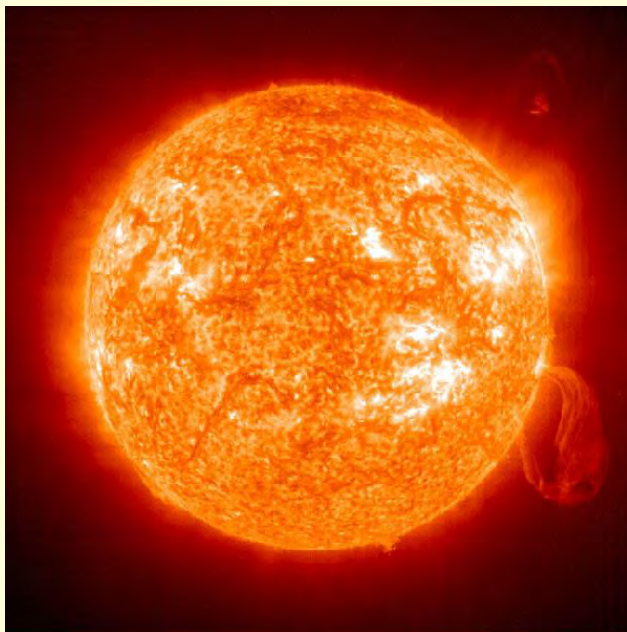


L'atome est constitué d'un noyau concentrant plus de 99,9 % de sa masse autour duquel se distribuent des électrons pour former un nuage 100 000 fois plus étendu que le noyau lui-même (donc schéma pas à l'échelle ici !).

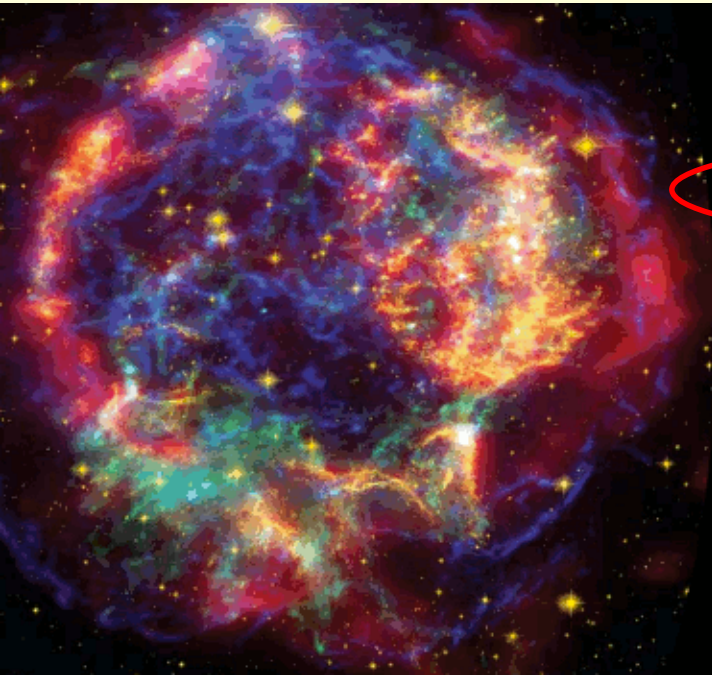
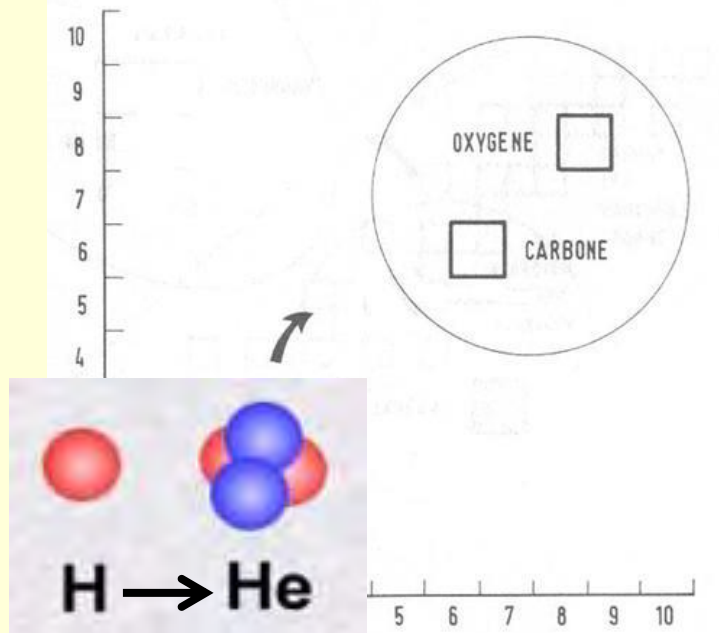
Combustion de l'hélium



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

CoolCosmos.net

Tableau Périodique des Éléments

1 IA	New Original																18 VIIIA	
1 H Hydrogène 1.00794																	2 He Hélium 4.002602	
3 Li Lithium 6.941	4 Be Béryllium 9.012182																	10 Ne Néon 20.1797
11 Na Sodium 22.989770	12 Mg Magnésium 24.3050	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 Ar Argon 39.948	
19 K Potassium 39.0983	20 Ca Calcium 40.078	21 Sc Scandium 44.955910	22 Ti Titane 47.867	23 V Vanadium 50.9415	24 Cr Chrome 51.9961	25 Mn Manganèse 54.938049	26 Fe Fer 55.8457	27 Co Cobalt 58.933200	28 Ni Nickel 58.6934	29 Cu Cuivre 63.546	30 Zn Zinc 65.409	31 Ga Gallium 69.723	32 Ge Germanium 72.64	33 As Arsenic 74.92160	34 Se Sélénium 78.96	35 Br Brome 79.904	36 Kr Krypton 83.798	
37 Rb Rubidium 87.4678	38 Sr Strontium 87.62	39 Y Yttrium 88.90585	40 Zr Zirconium 91.224	41 Nb Niobium 92.90638	42 Mo Molybdène 95.94	43 Tc Technétium (98)	44 Ru Ruthénium 101.07	45 Rh Rhodium 102.90550	46 Pd Palladium 106.42	47 Ag Argent 107.8682	48 Cd Cadmium 112.411	49 In Indium 114.818	50 Sn Étain 118.710	51 Sb Antimoine 121.760	52 Te Tellure 127.60	53 I Iode 126.90447	54 Xe Xénon 131.293	
55 Cs Césium 132.90545	56 Ba Baryum 137.327	57 to 71																
87 Fr Francium (223)	88 Ra Radium (226)	89 to 103																
Atomic masses in parentheses are those of the most stable or common isotope.																		

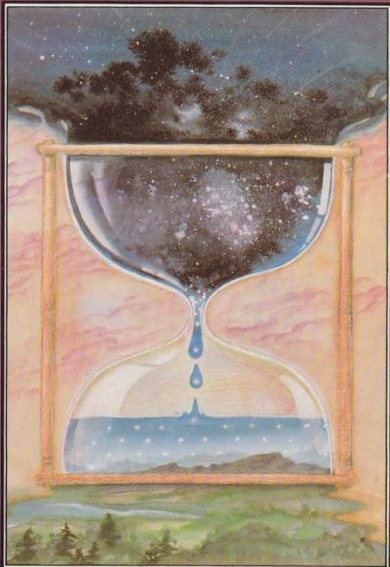
Design Copyright © 1997 Michael Dayah (michael@dayah.com) <http://www.dayah.com/periodic/>

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.

57 La Lanthane 138.9055	58 Ce Cérium 140.116	59 Pr Praséodyme 140.90765	60 Nd Néodyme 144.24	61 Pm Prométhium (145)	62 Sm Samarium 150.36	63 Eu Europium 151.964	64 Gd Gadolinium 157.25	65 Tb Terbium 158.92534	66 Dy Dysprosium 162.500	67 Ho Holmium 164.93032	68 Er Erbium 167.259	69 Tm Thulium 168.93421	70 Yb Ytterbium 173.04	71 Lu Lutécium 174.967
89 Ac Actinium (227)	90 Th Thorium 232.0381	91 Pa Protactinium 231.03588	92 U Uranium 238.02891	93 Np Neptunium (237)	94 Pu Plutonium (244)	95 Am Américium (243)	96 Cm Curium (247)	97 Bk Berkélium (247)	98 Cf Californium (251)	99 Es Einsteinium (252)	100 Fm Fermium (257)	101 Md Mendelevium (258)	102 No Nobélium (259)	103 Lr Lawrencium (262)

Hubert Reeves
**PATIENCE
DANS L'AZUR**

L'ÉVOLUTION COSMIQUE



QUÉBEC SCIENCE
ÉDITEUR

(1981)

LA GRANDE HISTOIRE DE LA SCIENCE

LE NOUVEAU RÉCIT DU MONDE
DU BIG BANG À AUJOURD'HUI

ÉDITIONS
MULTIMONDES

<http://editionsmultimondes.com/livre/la-grande-histoire-de-la-science/>

Pour essayer de
comprendre sa place
dans l'univers,

BIG HISTORY PROJECT

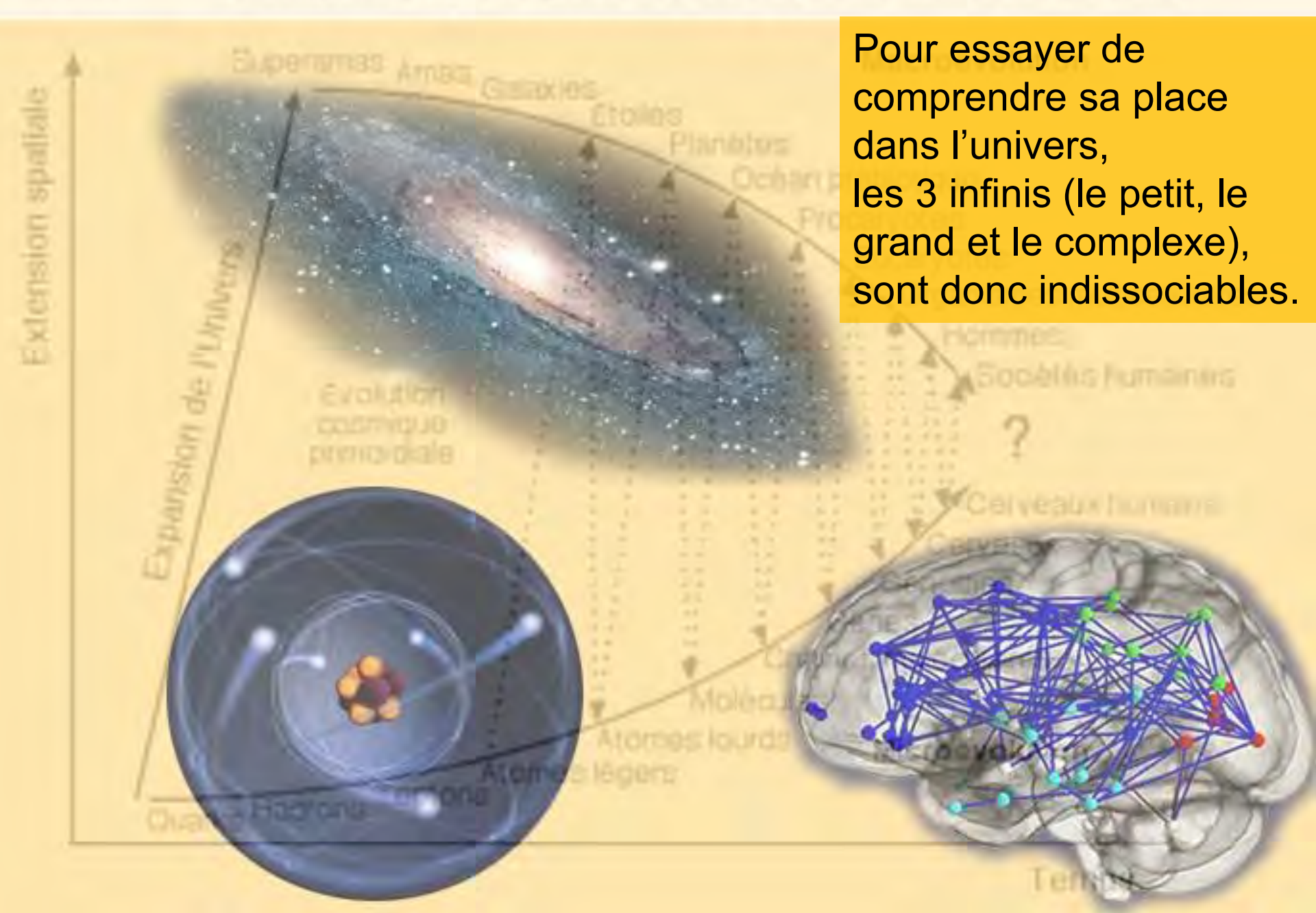


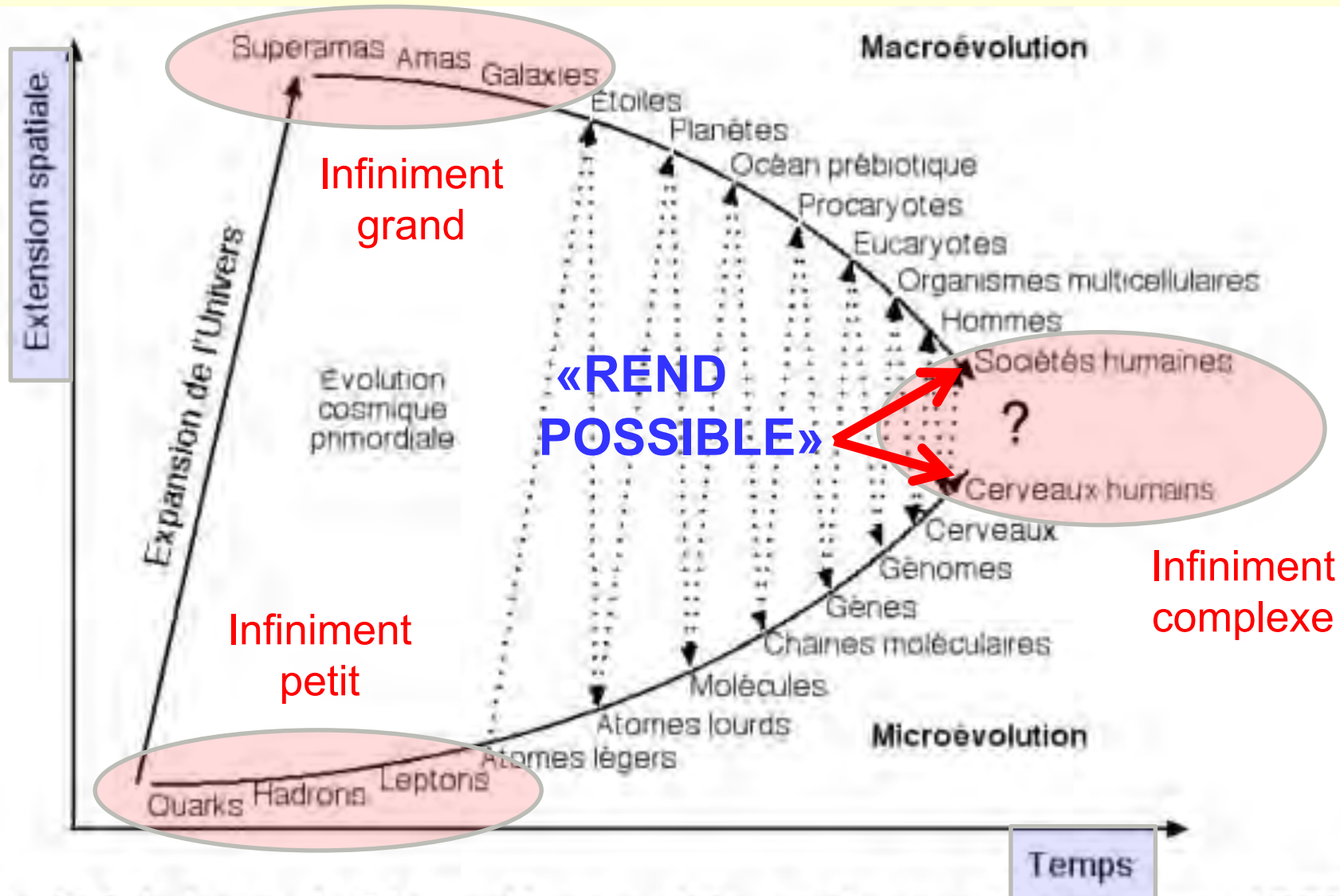
(<https://www.bighistoryproject.com/home>, <https://www.bighistoryproject.com/chapters/1>)

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

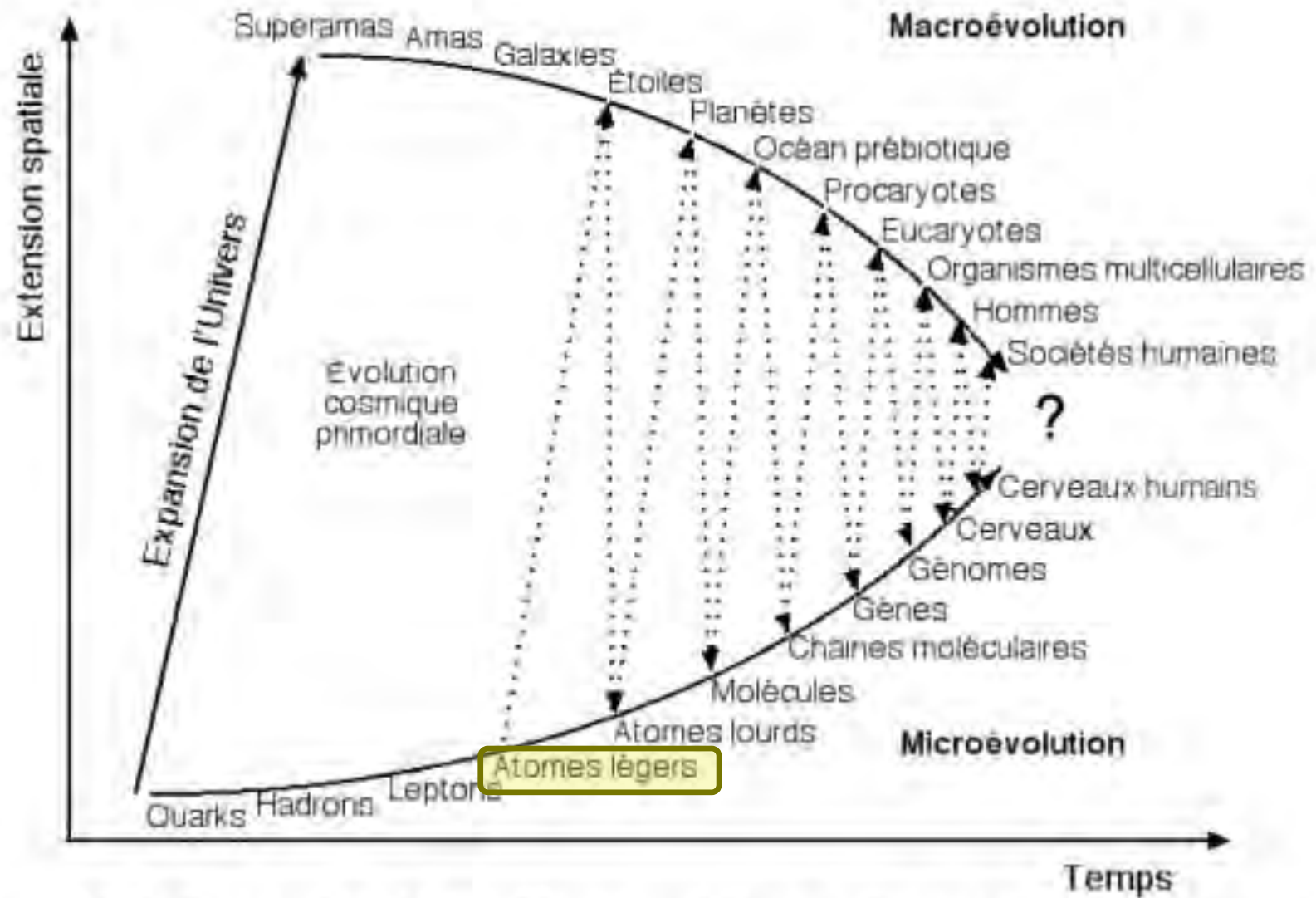


Pour essayer de comprendre sa place dans l'univers, les 3 infinis (le petit, le grand et le complexe), sont donc indissociables.

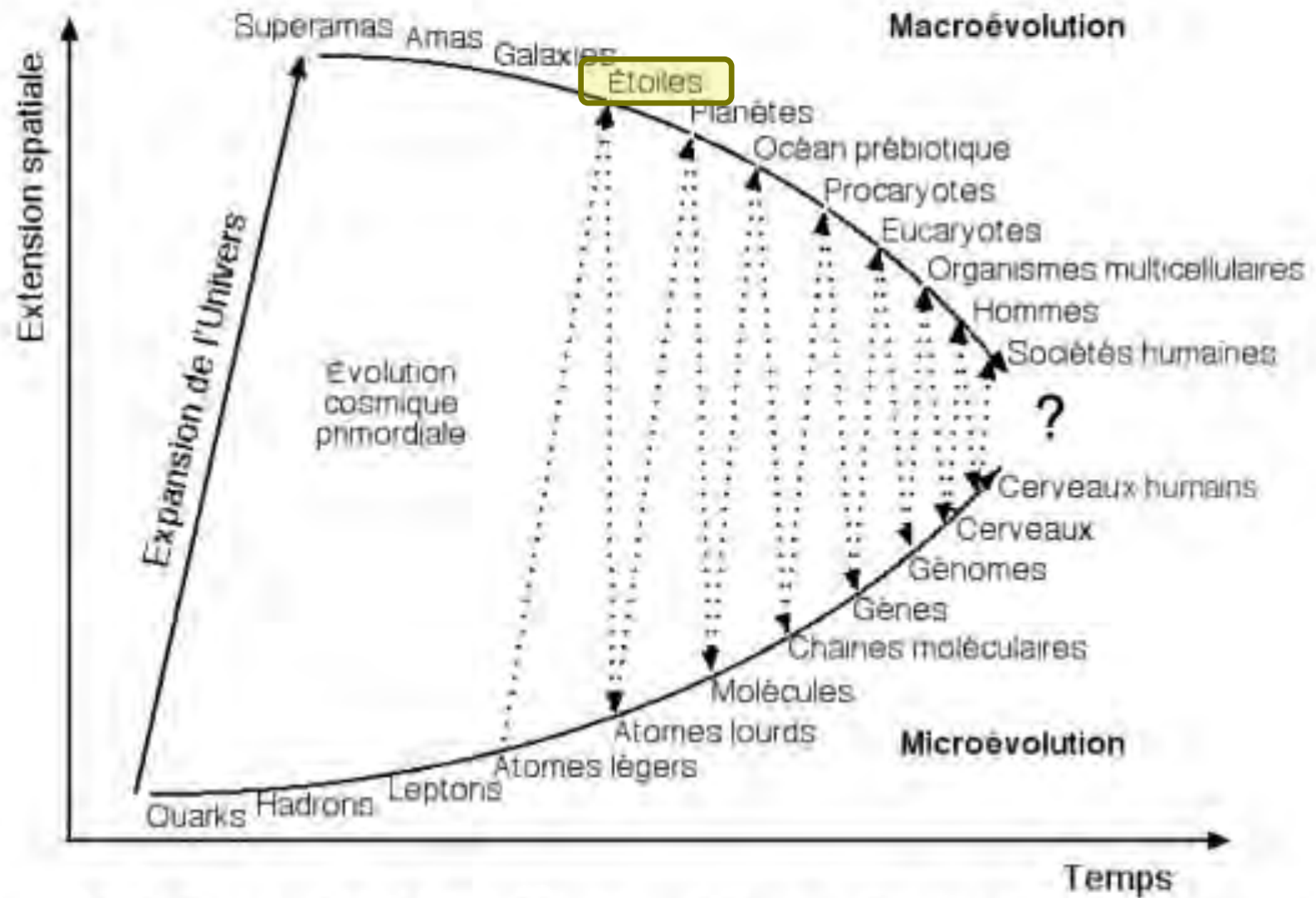




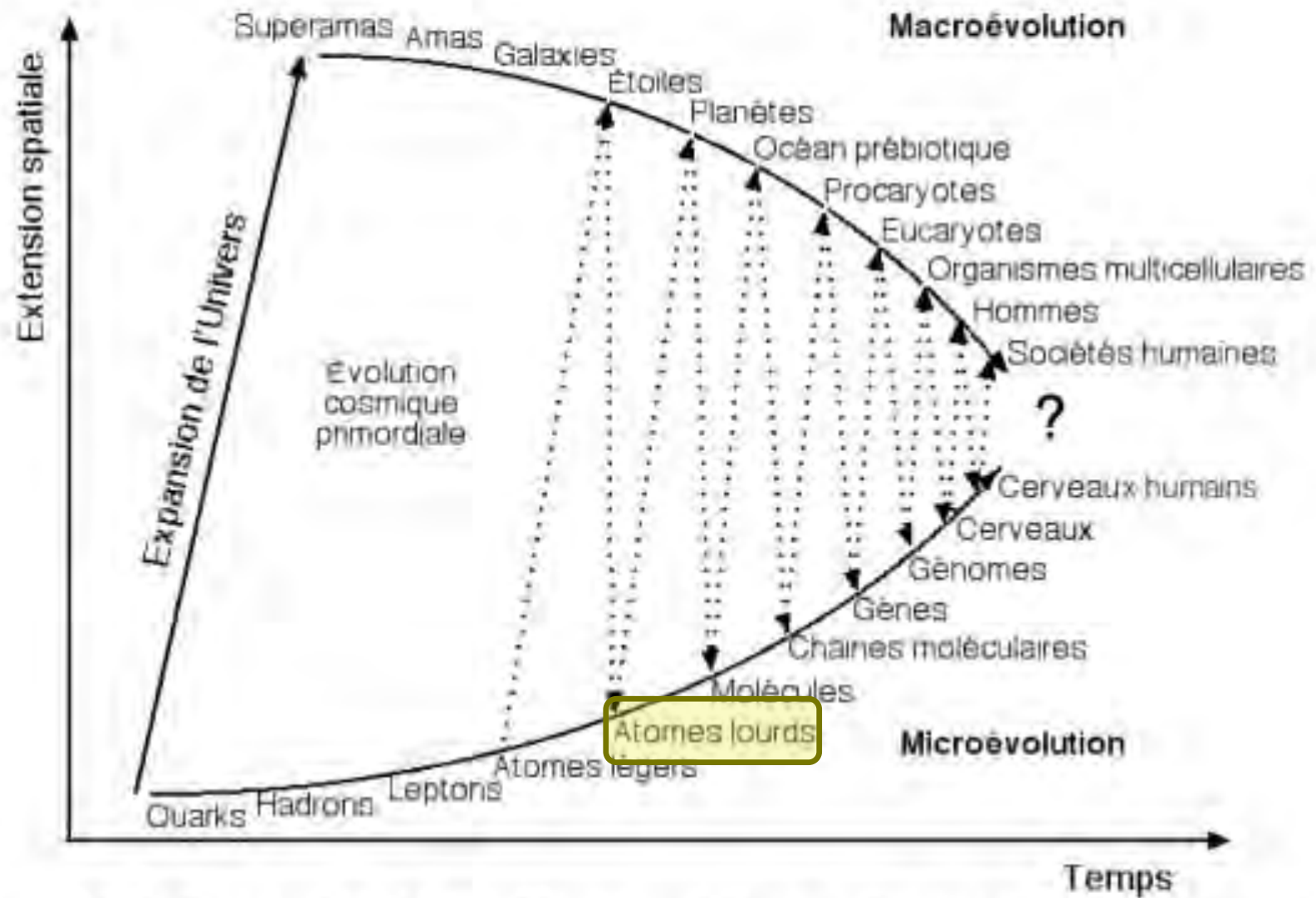
D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.



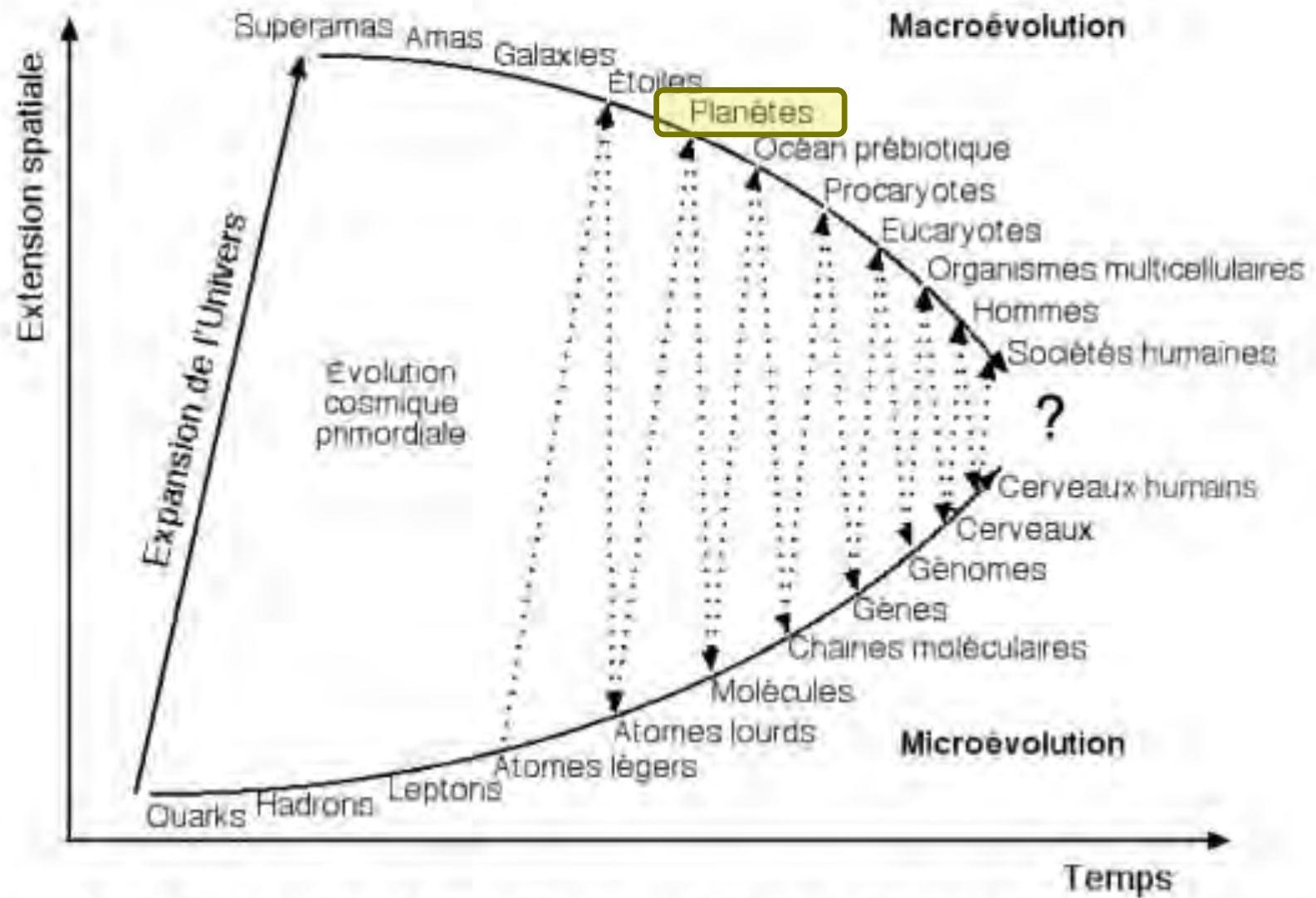
D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.



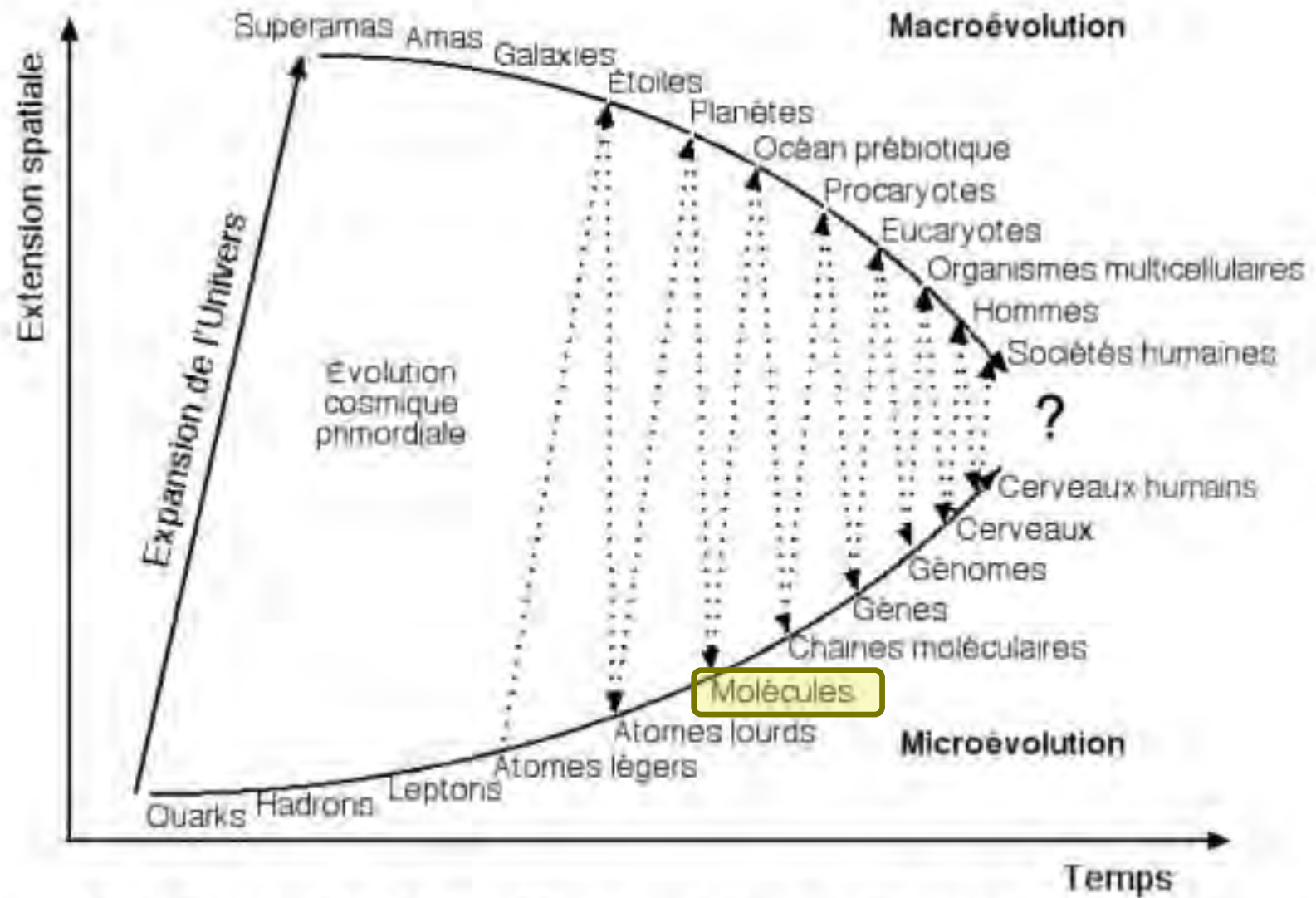
D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.



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

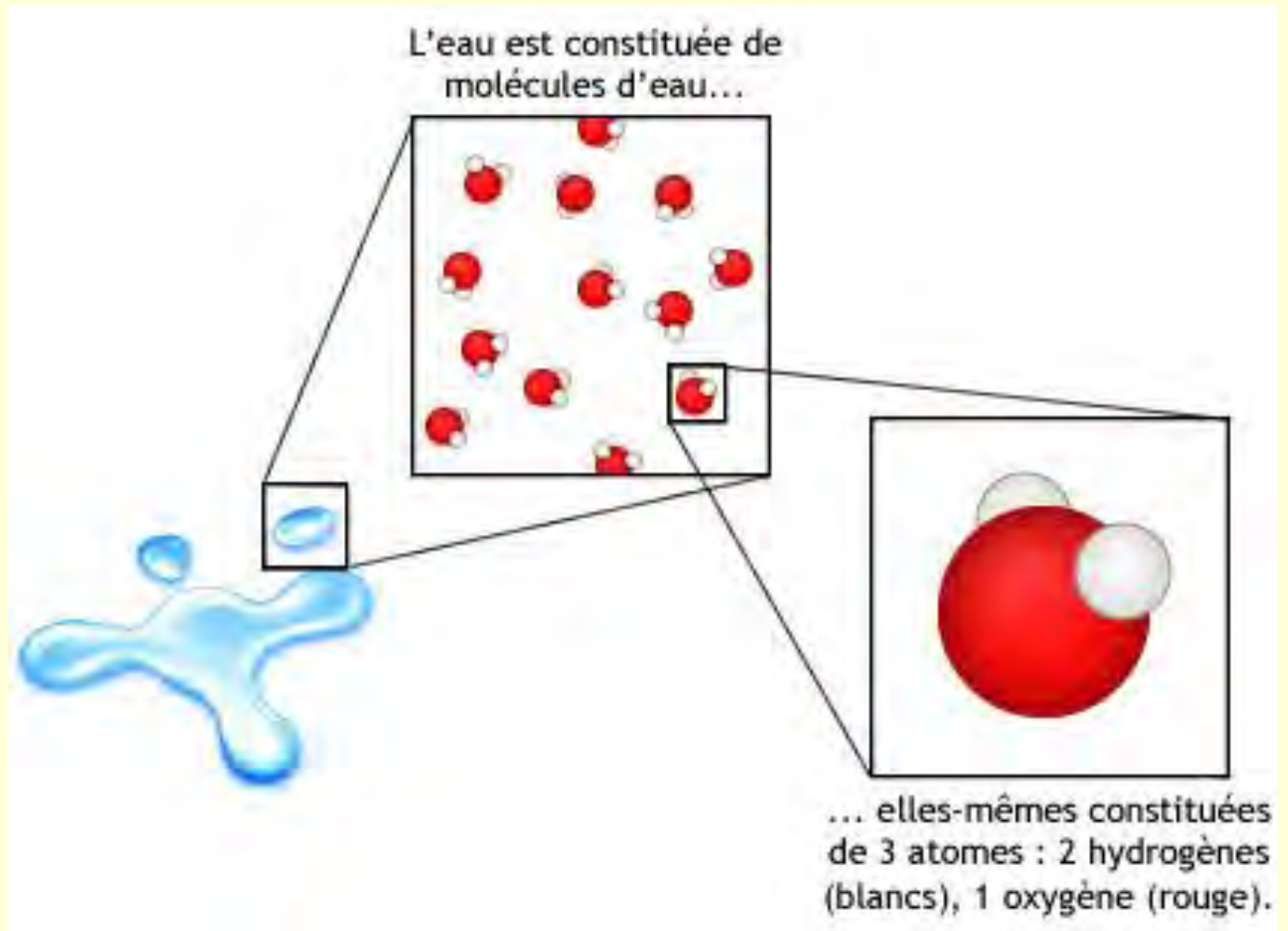


D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.



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

Molécule :

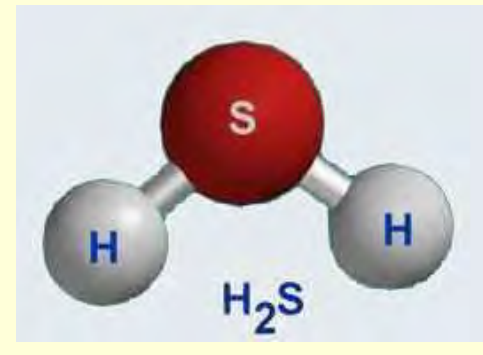
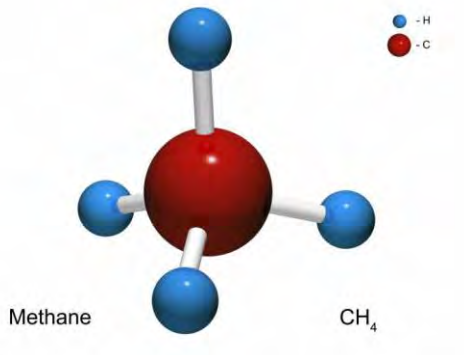


Molécule :

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

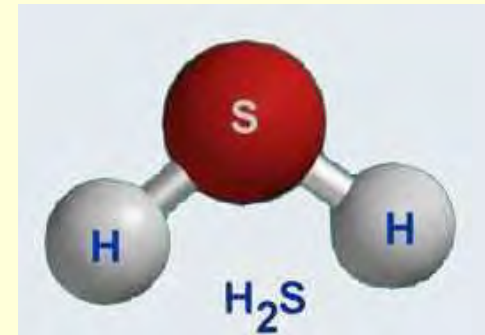
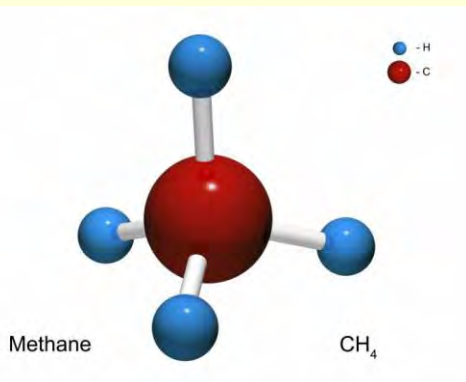
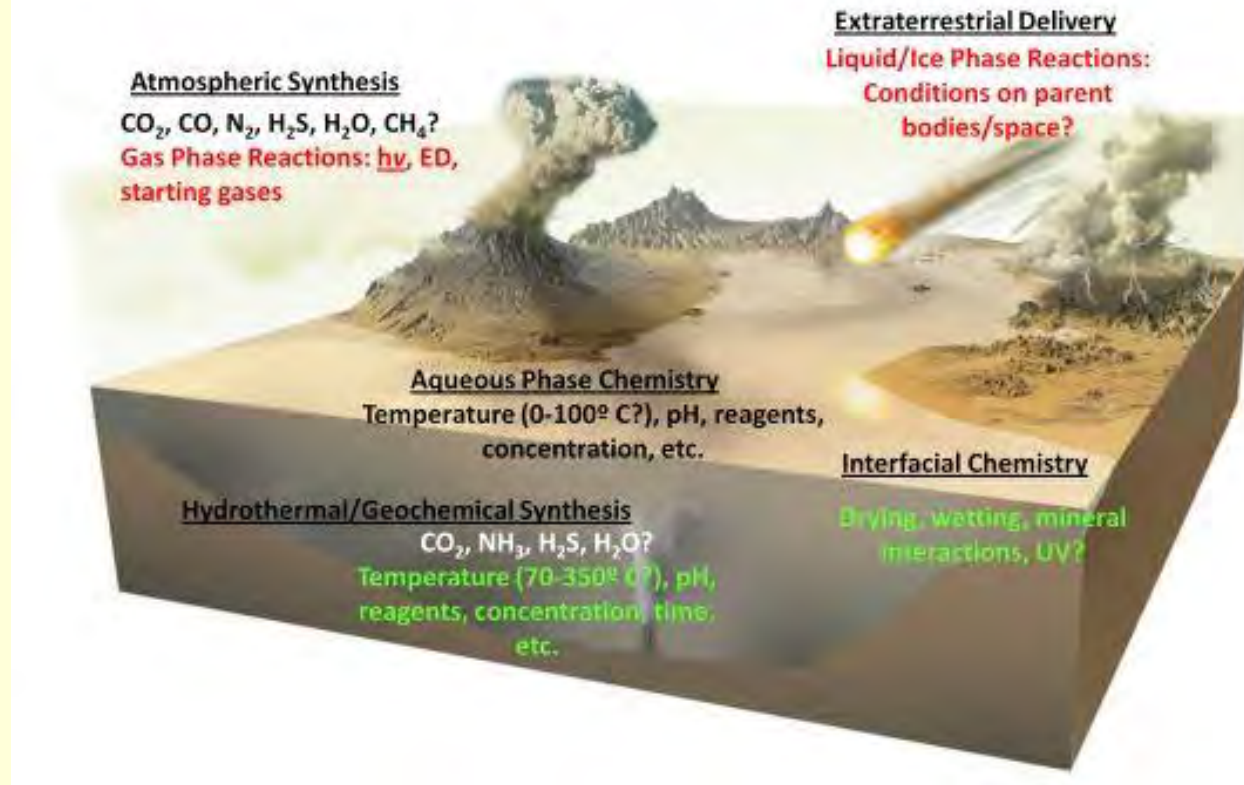
L'assemblage d'atomes constituant une molécule **n'est pas définitif**.

Il est susceptible de subir des modifications; on a alors une **réaction chimique**.



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

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



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

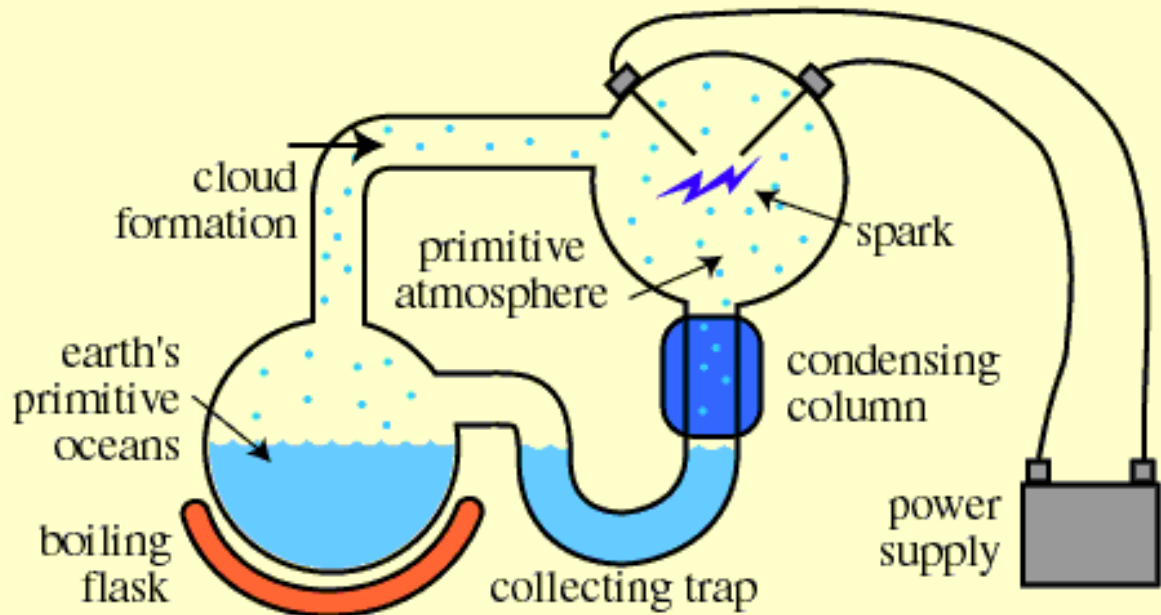


atmosphère et "soupe" primitive

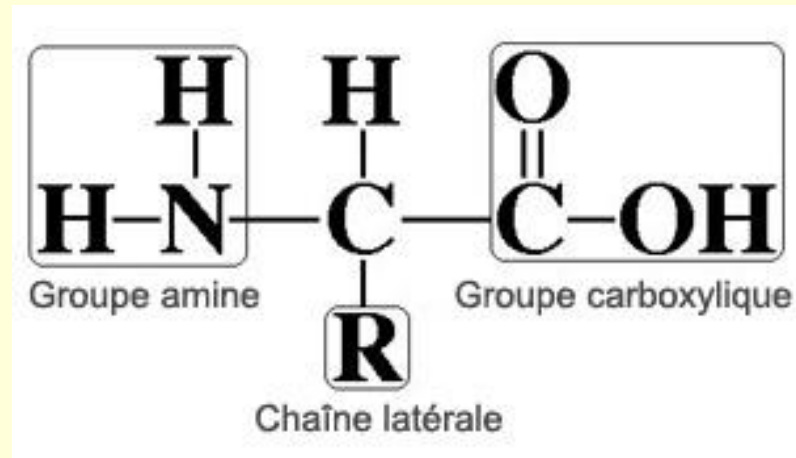
1953, Miller et Urey :

confirment cette hypothèse par une célèbre expérience in vitro où des **molécules organiques** apparaissent

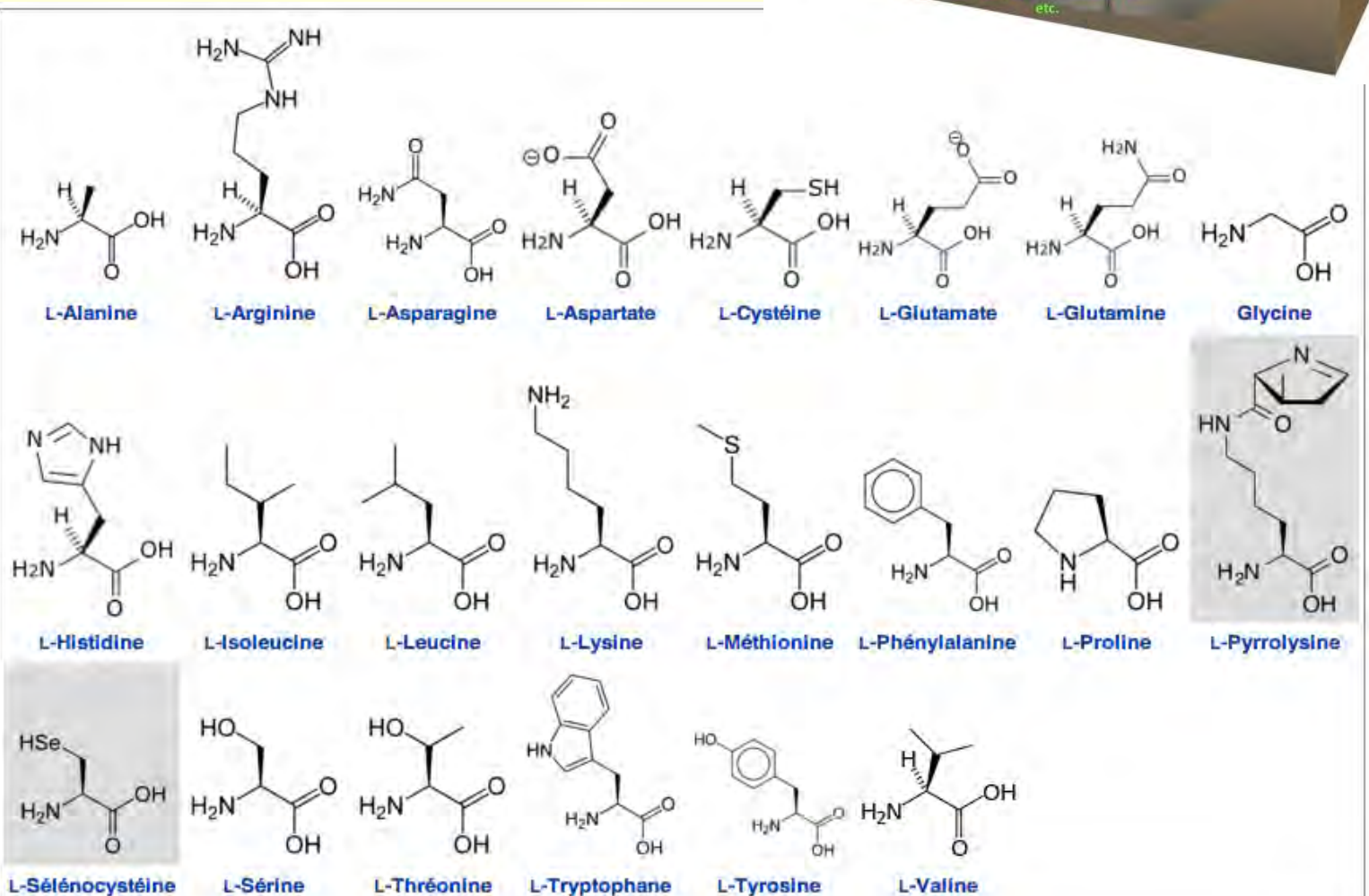
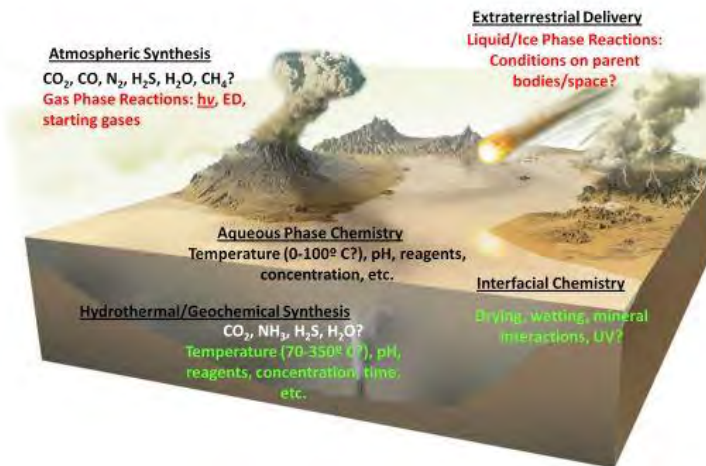
(**acides aminés**, etc.)



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 de l'atmosphère primitive terrestre a donc pu donner naissance à plusieurs **molécules un peu plus complexe** telles que les **acides aminés**.

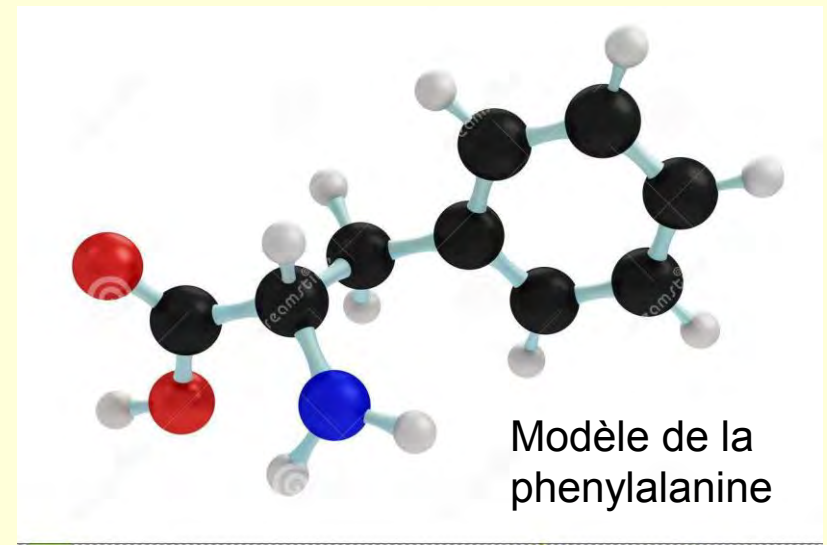
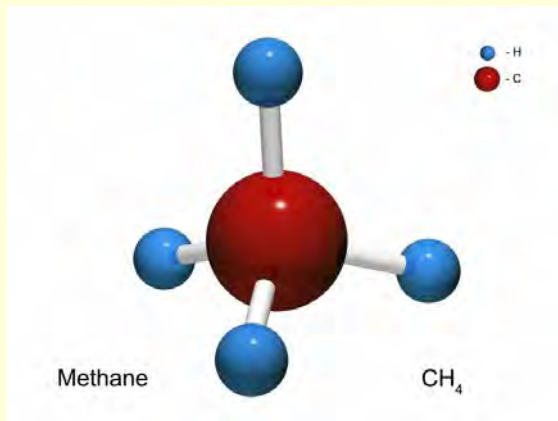


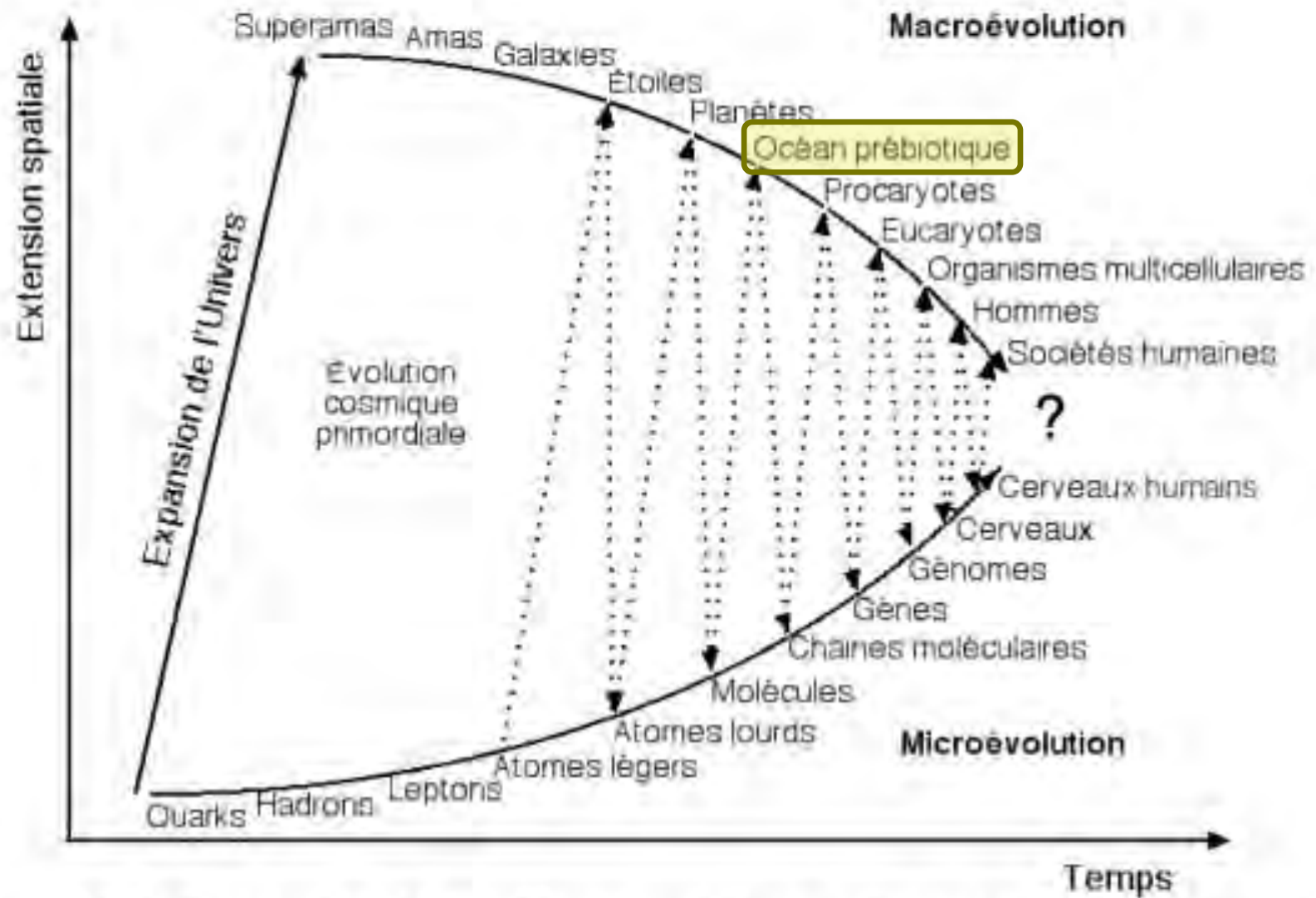
On peut donc dire que le passage de molécules simples vers des molécules organiques comme les acides aminés s'accompagne d'une **croissance de la complexité**.

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.





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

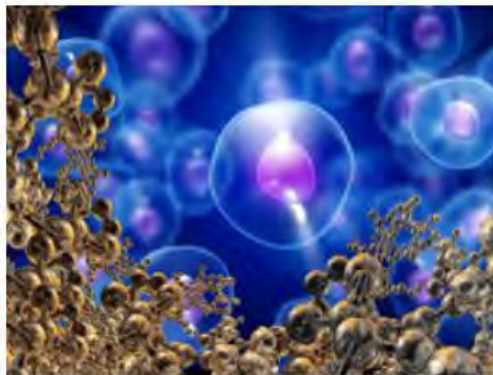
Quand apparaît la vie ?



CONFÉRENCE - AMPHITHÉÂTRE
19 mars 2015 - 19h00

DU CHIMIQUE AU BIOLOGIQUE
AINSI VINT LA VIE!

Encore beaucoup de questions...



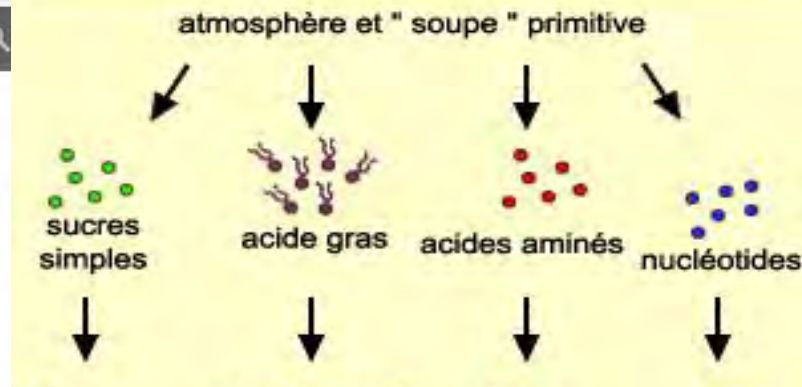
Une conférence de Christophe Malaterre

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?

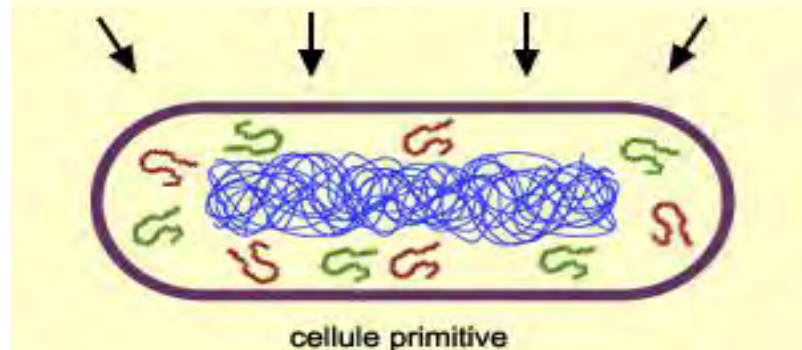
Comment sommes-nous passés de l'inerte au vivant? Une évolution chimique aurait-elle précédé l'évolution biologique? Et quels en seraient les processus évolutifs? Enquête scientifique et philosophique sur les origines et la nature même de la vie.

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.



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



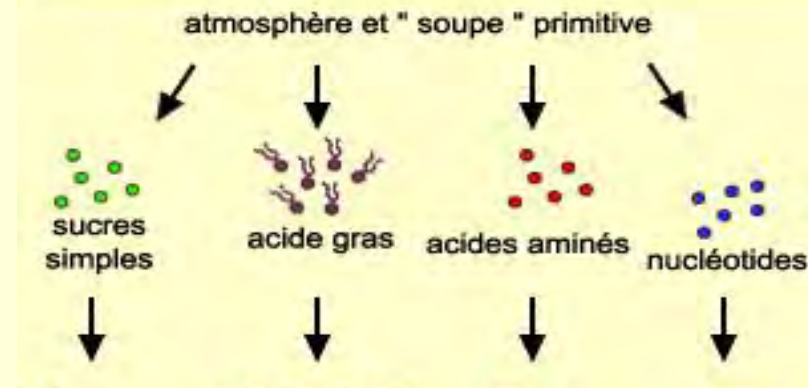
Quand apparaît la vie ?

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

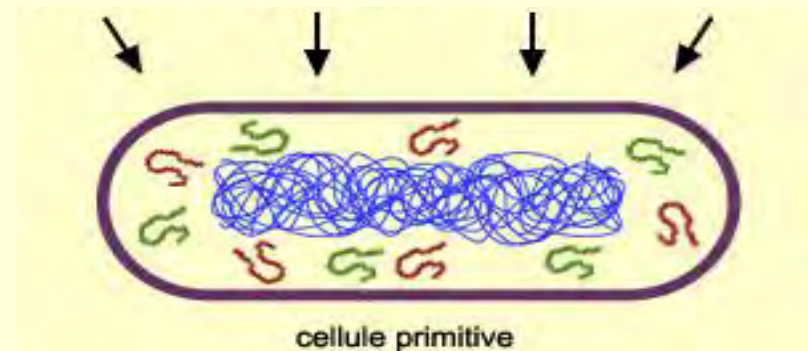
- Développement ou croissance
- Métabolisme
- Motilité
- Reproduction
- Réponse à des stimuli
- Etc.

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

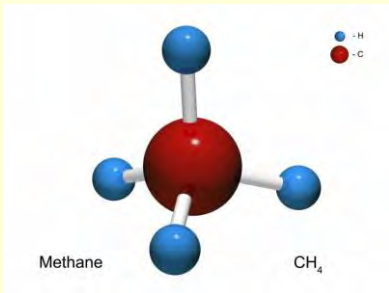
<http://planete.gaia.free.fr/sciences/vivant/presque.html>
http://carlzimmer.com/articles/2012.php?subaction=showfull&id=1329948013&archive=&start_from=&ucat=15&



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



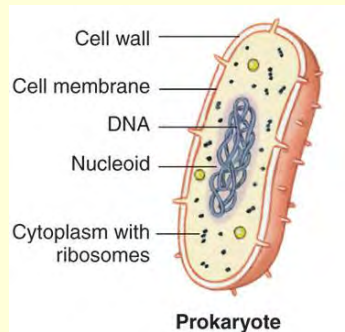
Quand apparaît la vie ?



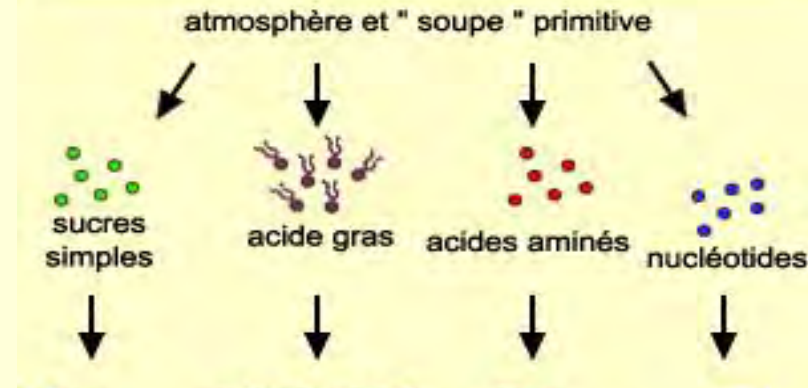
Non

Qu'est-ce qui se passe entre les deux ?

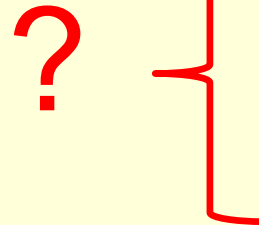
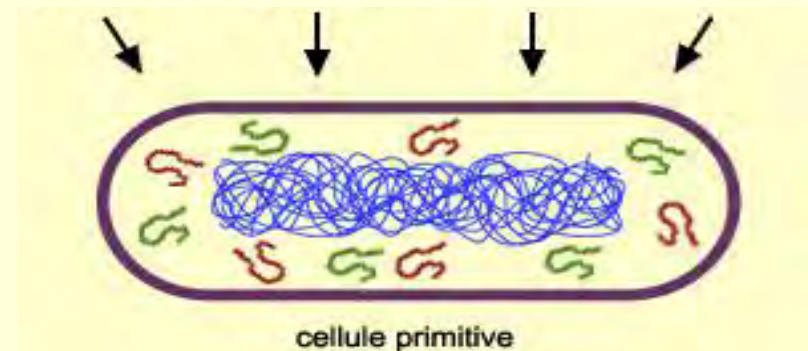
C'est ce qu'on va essayer de voir **après la pause...**

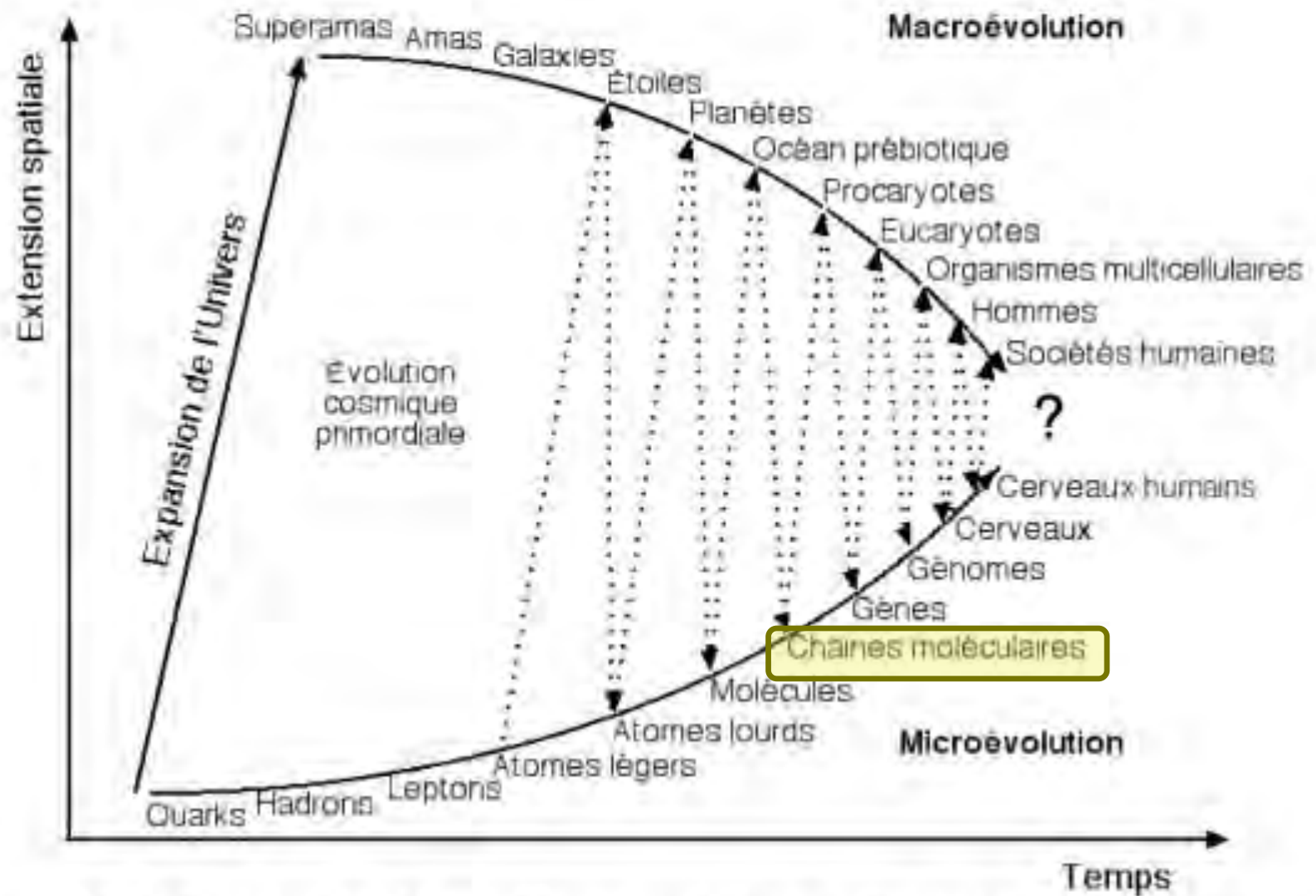


Oui



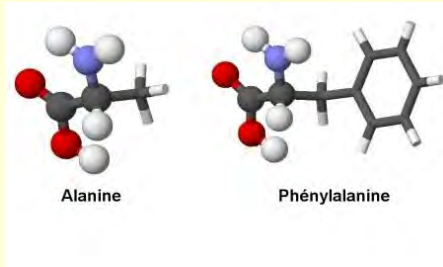
????????????



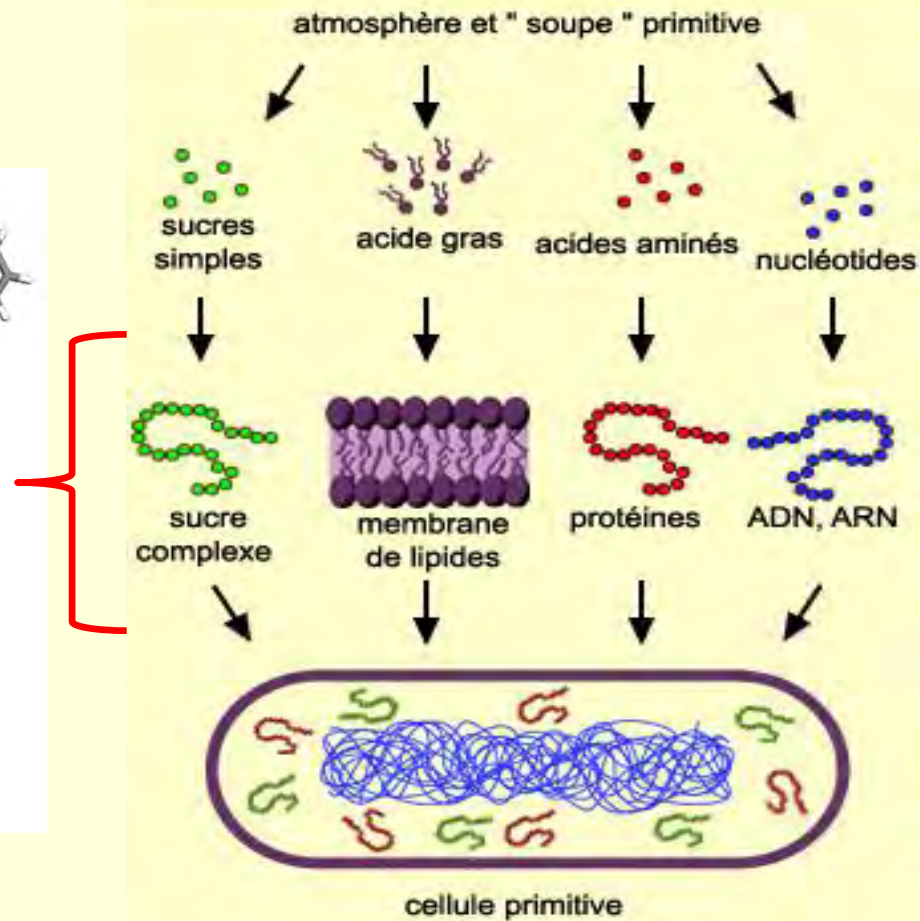
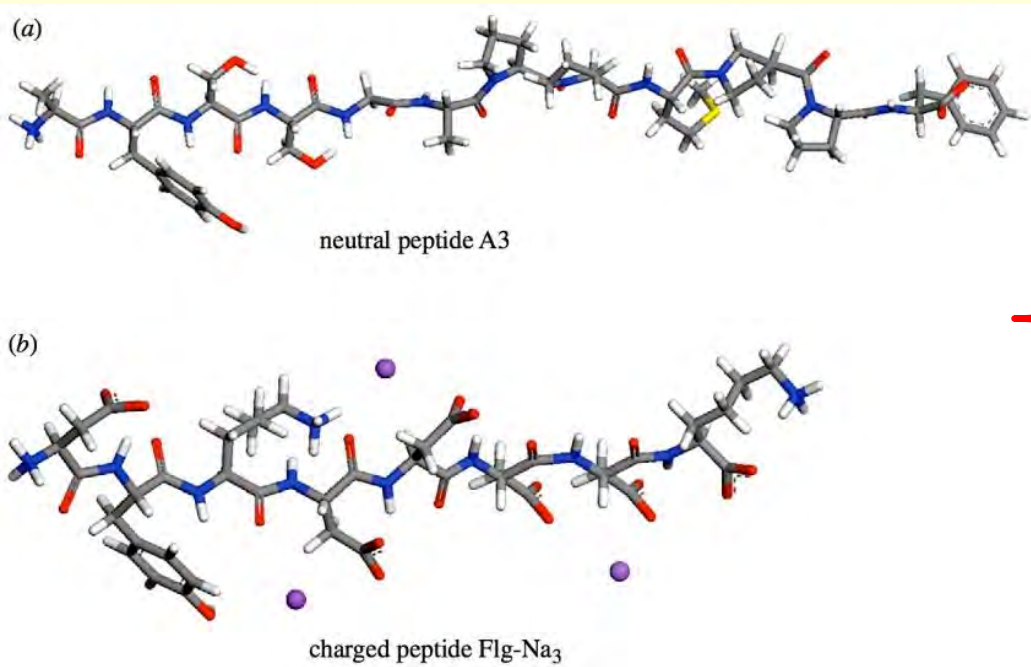


D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.

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

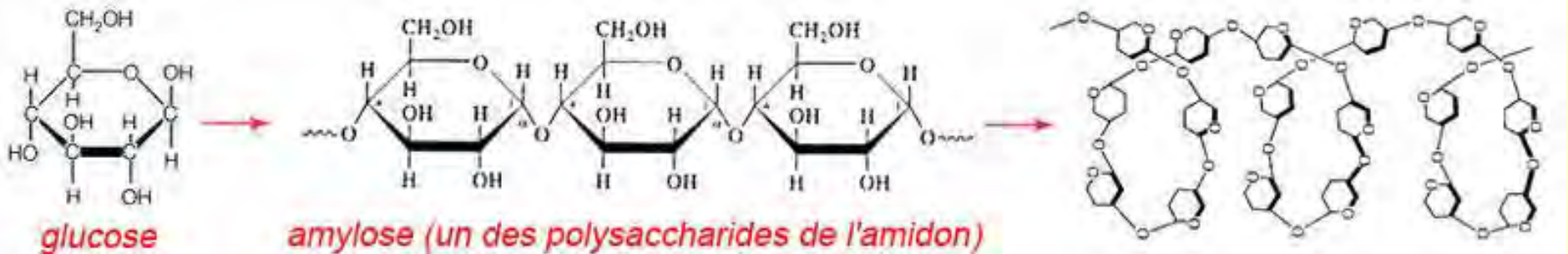


...à des chaînes de molécules...

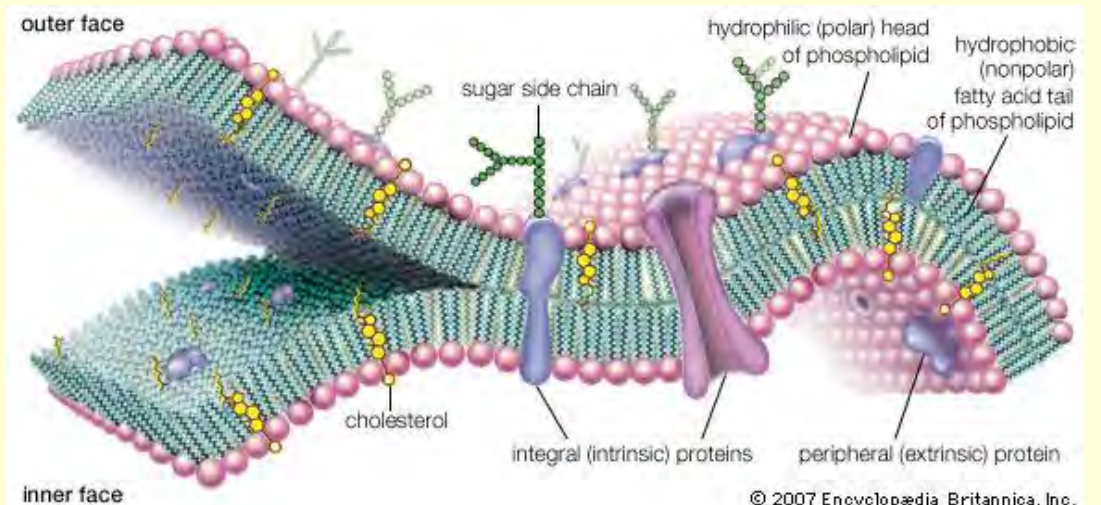
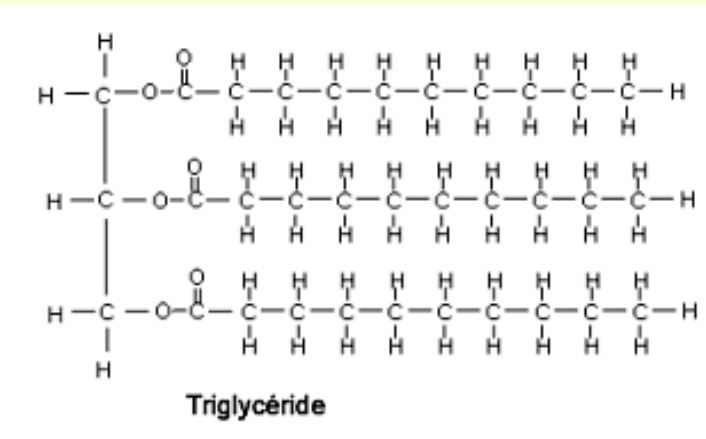


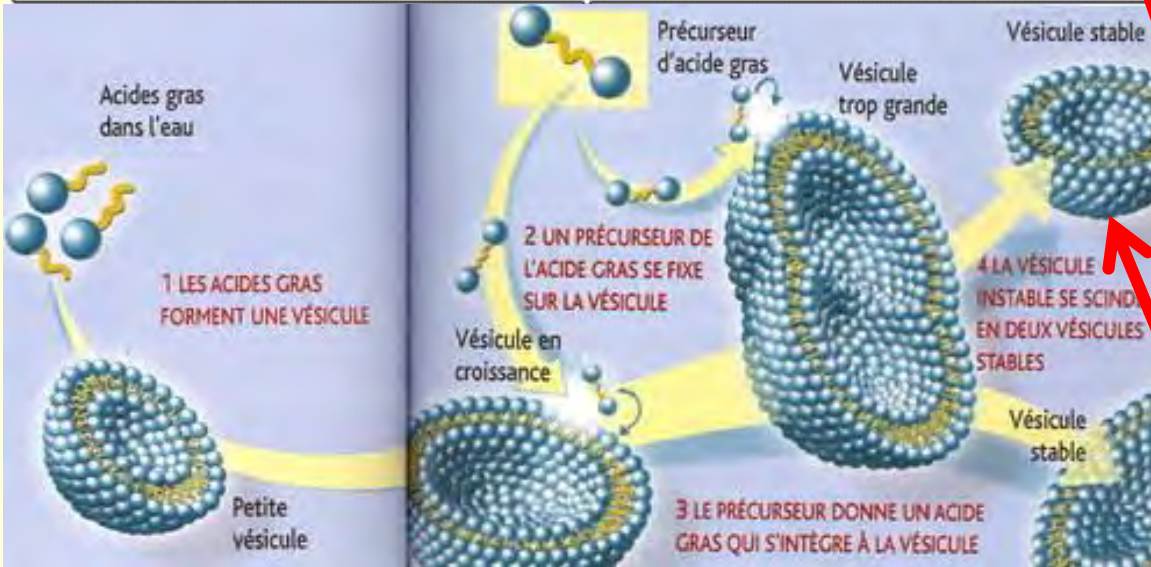
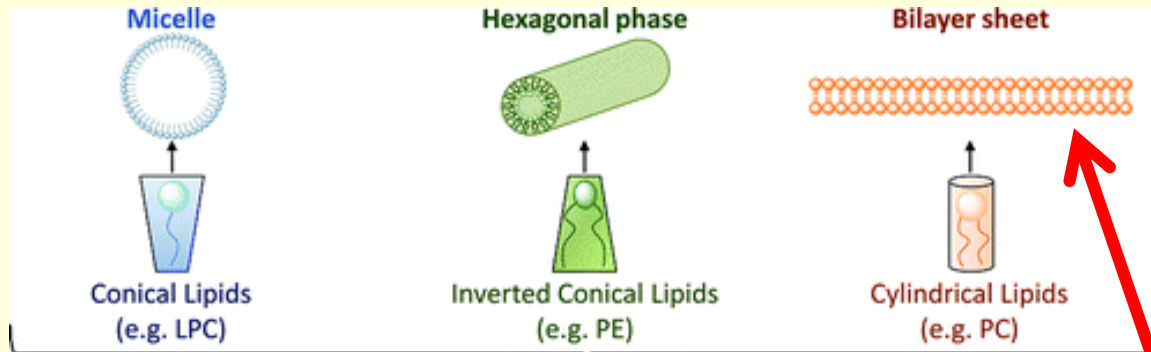
Car les molécules organiques vont avoir tendance à former des chaînes moléculaires de :

- Glucides



- Lipides

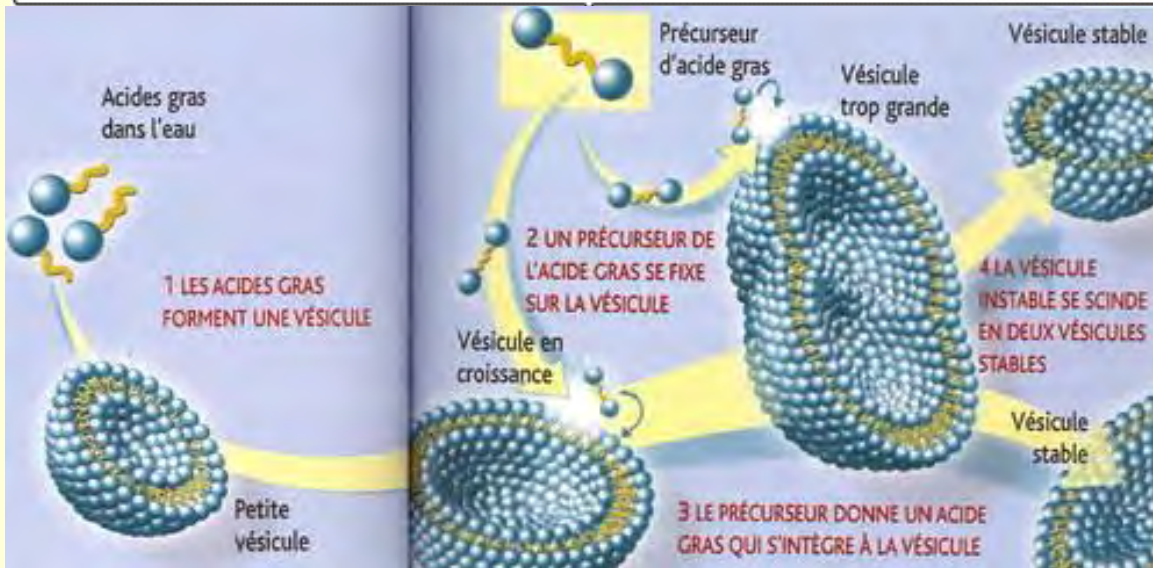
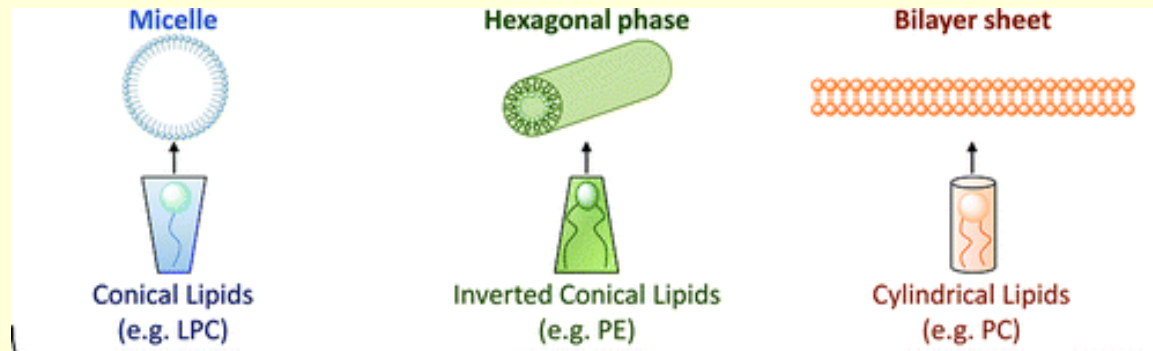




Ces chaînes de lipides vont donner lieu à des phénomènes **d'auto-organisation** mais cette fois-ci au niveau **supra-moléculaires** :

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

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

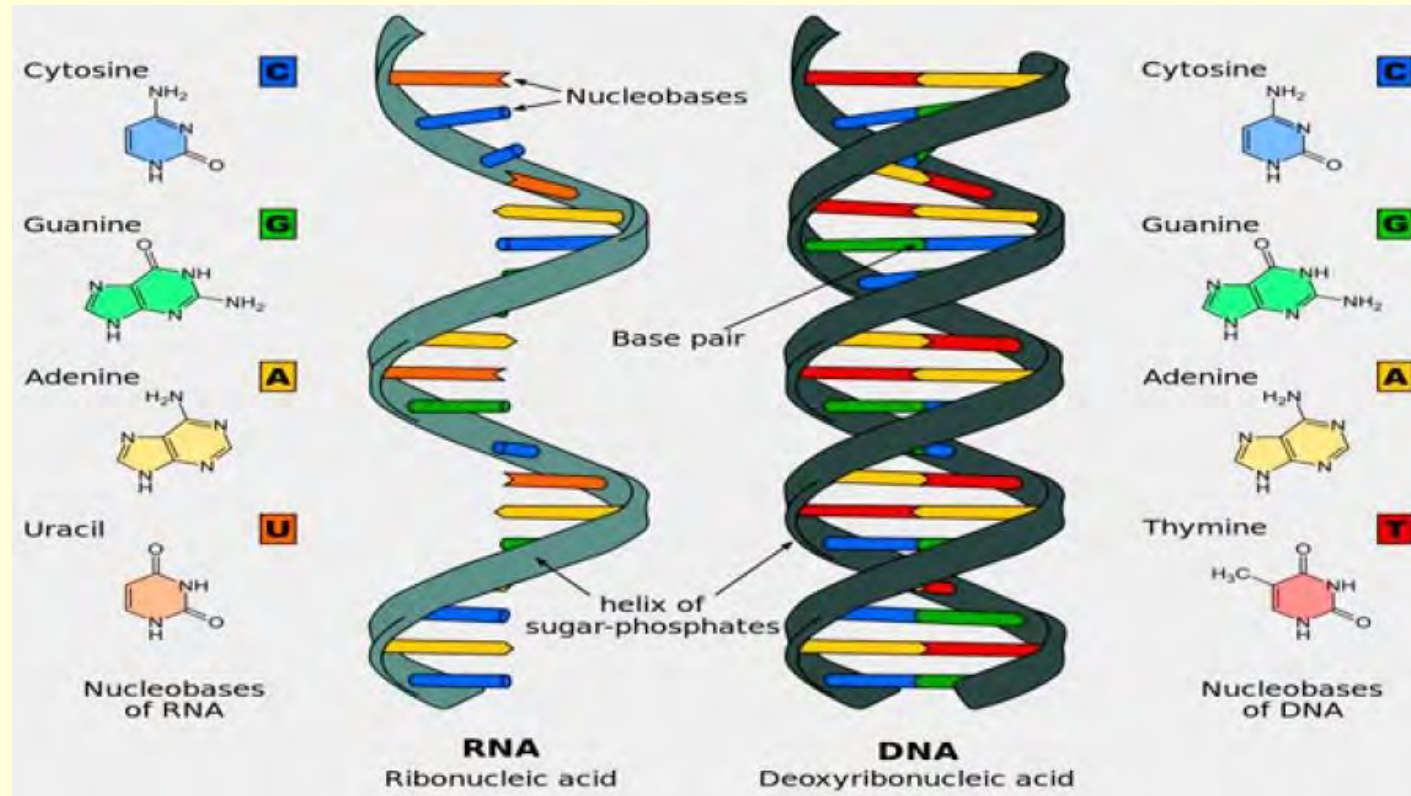


« Pas de membrane, pas de cellules.
 Pas de cellules, pas de neurones.
 Pas de neurones, pas de cerveaux.
 Pas de cerveaux, pas d'humains ! »

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 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

4e et dernière catégorie de molécules organiques qui forment des chaînes...

Comment nos muscles se contractent ?

Comment notre système immunitaire nous défend ?

Comment notre rétine transforme de la lumière en influx nerveux ?

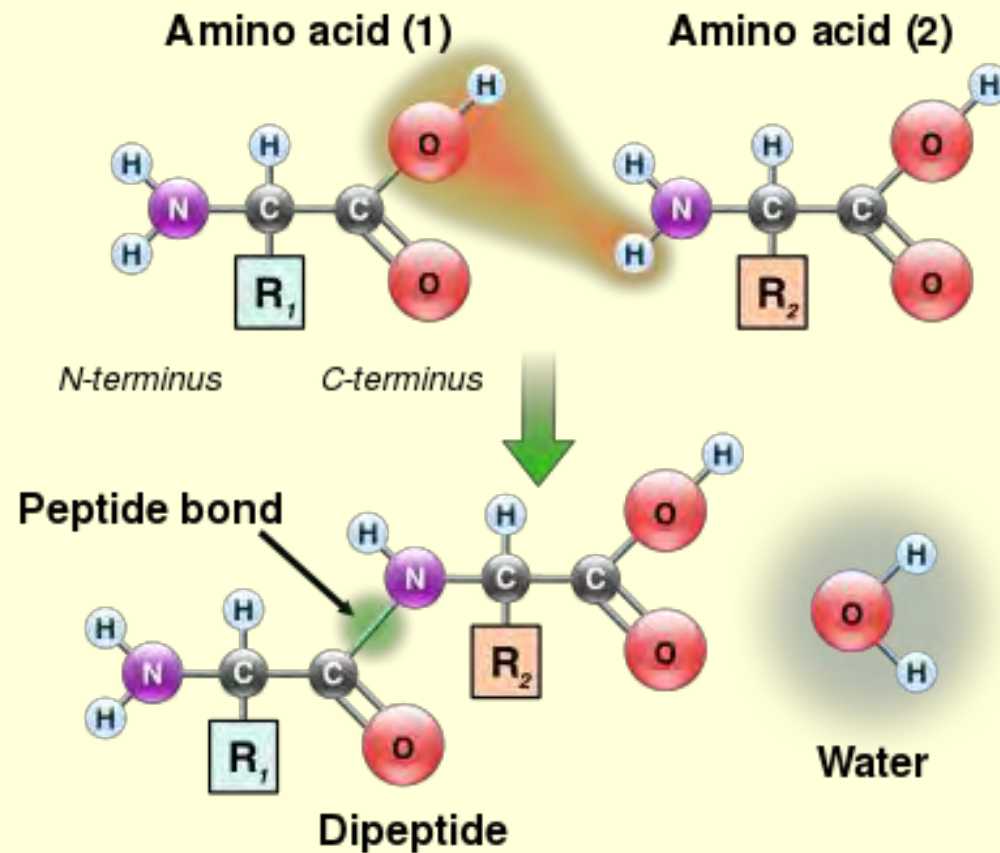
Comment les plantes convertissent cette lumière en énergie ?

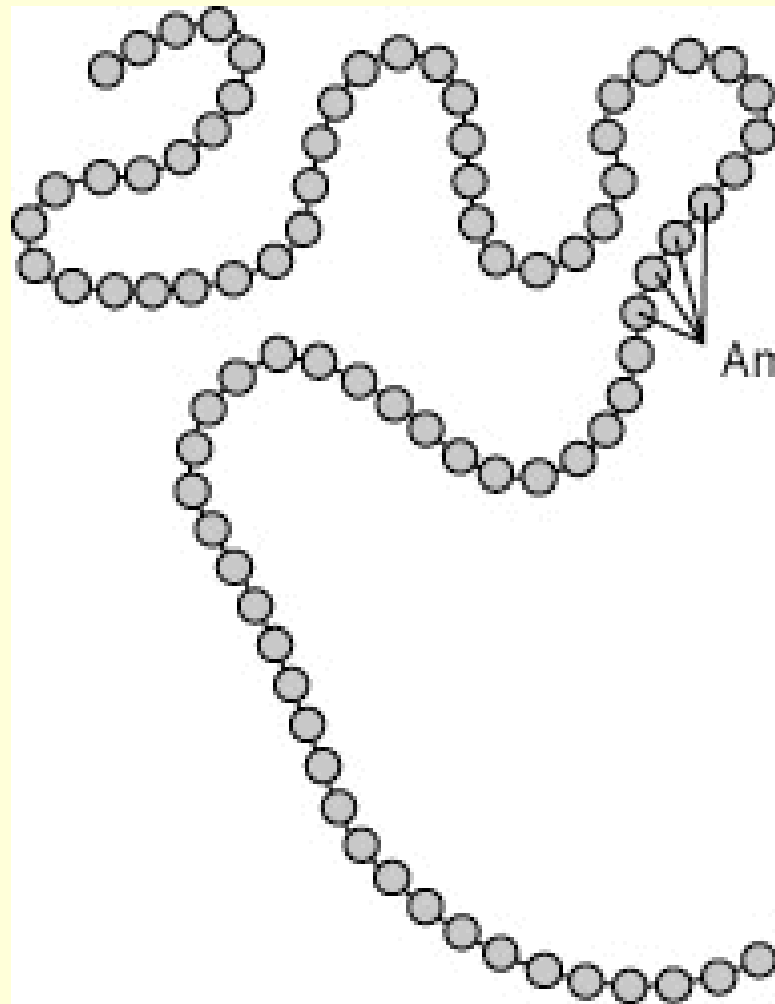
Comment nos neurotransmetteurs permettent le passage de l'influx nerveux d'un neurone à l'autre ?

Grâce à des protéines !

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

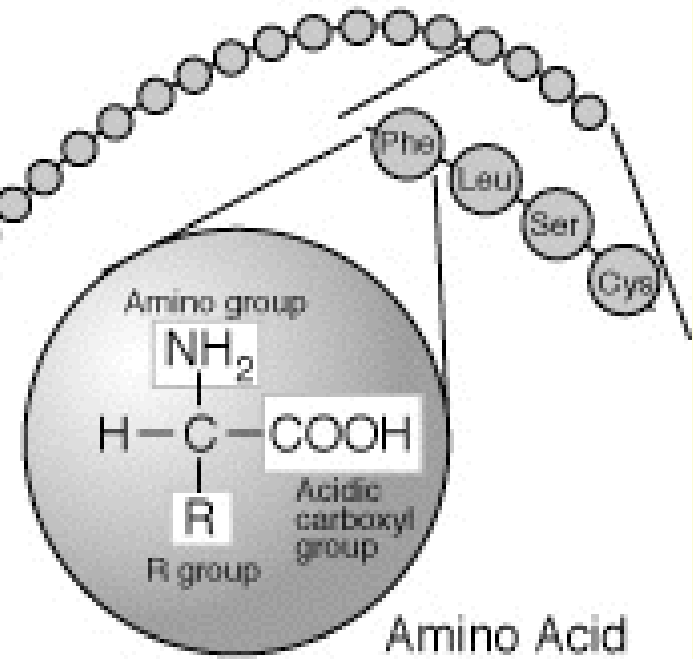
- Glucides
- Lipides
- Bases nucléiques
- **Protéines**



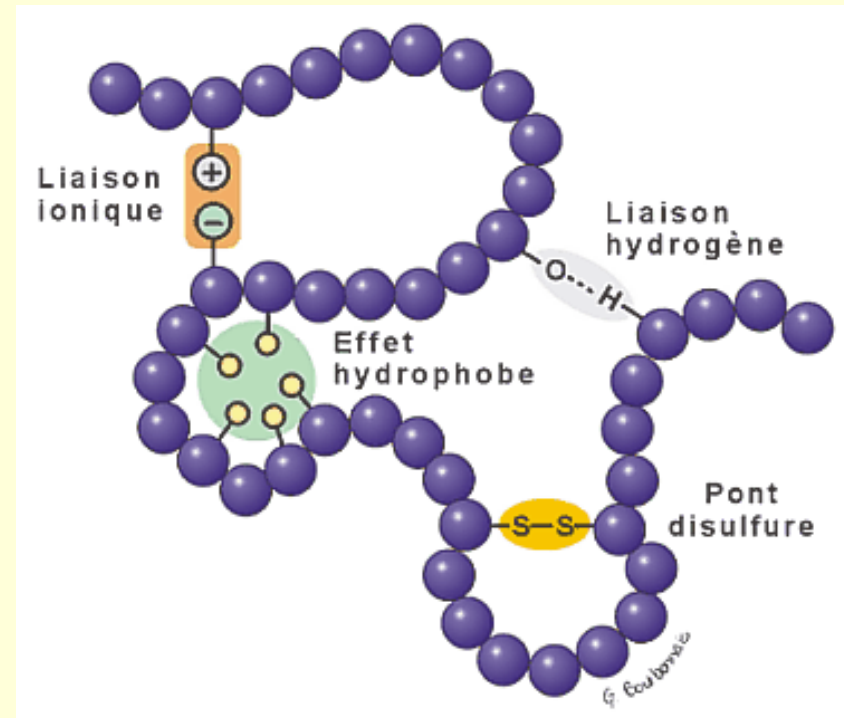
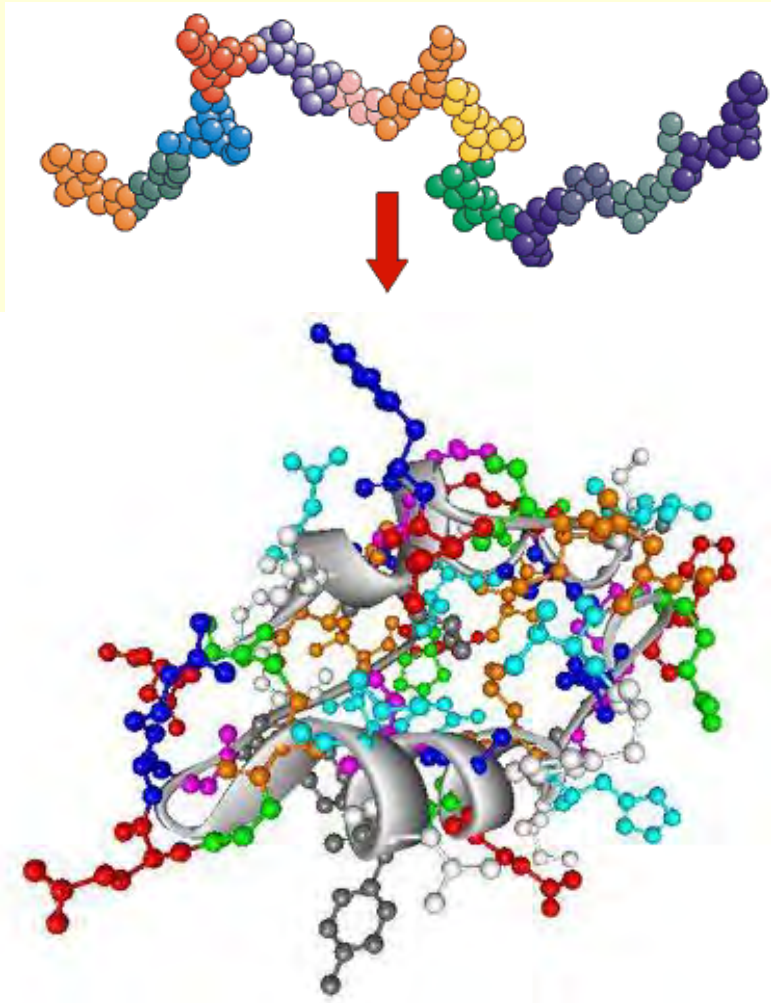


Primary protein structure
is sequence of a chain of amino acids

Amino Acids

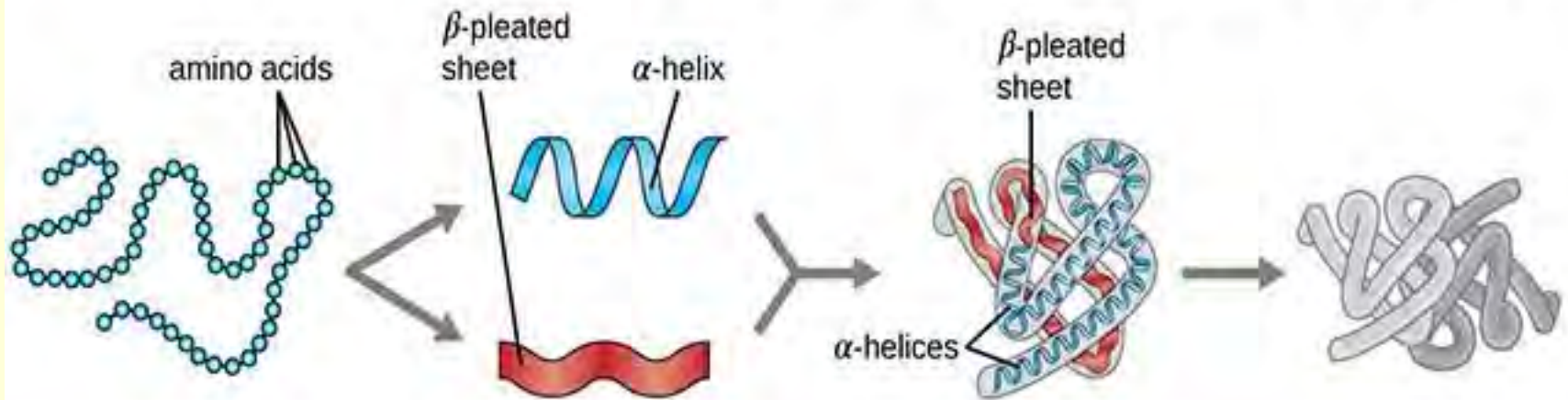


→ Vers 1953,
on comprend qu'il y a un
repliement de la chaîne
d'acides aminés



qui est déterminé par la
séquence primaire des acides
aminés de la protéine
(la suite des « perles » dans le
« collier de perles »).

Structure of Proteins



Primary Protein Structure

Sequence of a chain of amino acids

Secondary Protein Structure

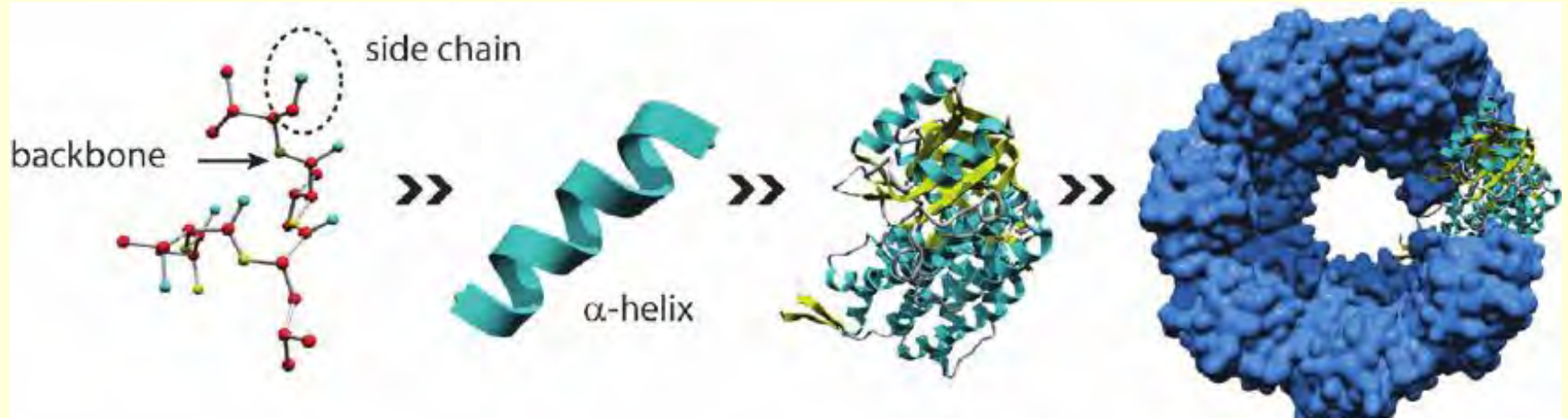
Local folding of the polypeptide chain into helices or sheets

Tertiary Protein Structure

three-dimensional folding pattern of a protein due to side chain interactions

Quaternary Protein Structure

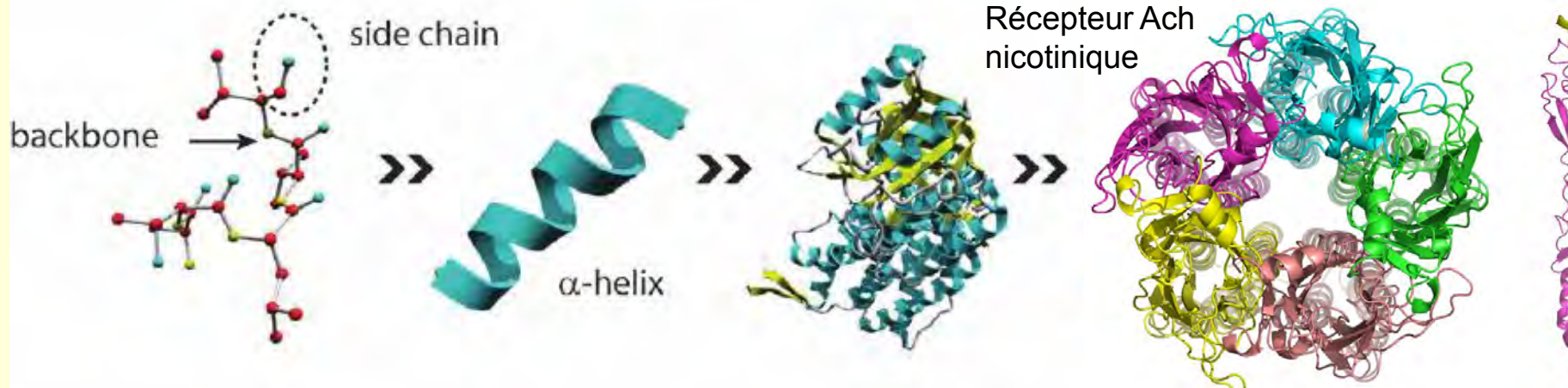
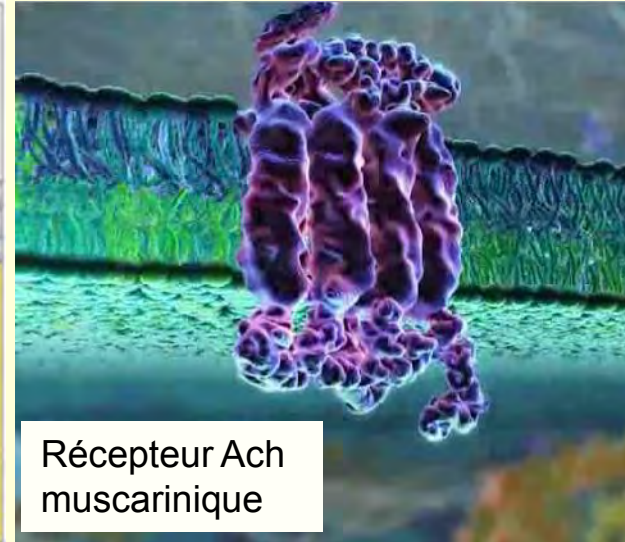
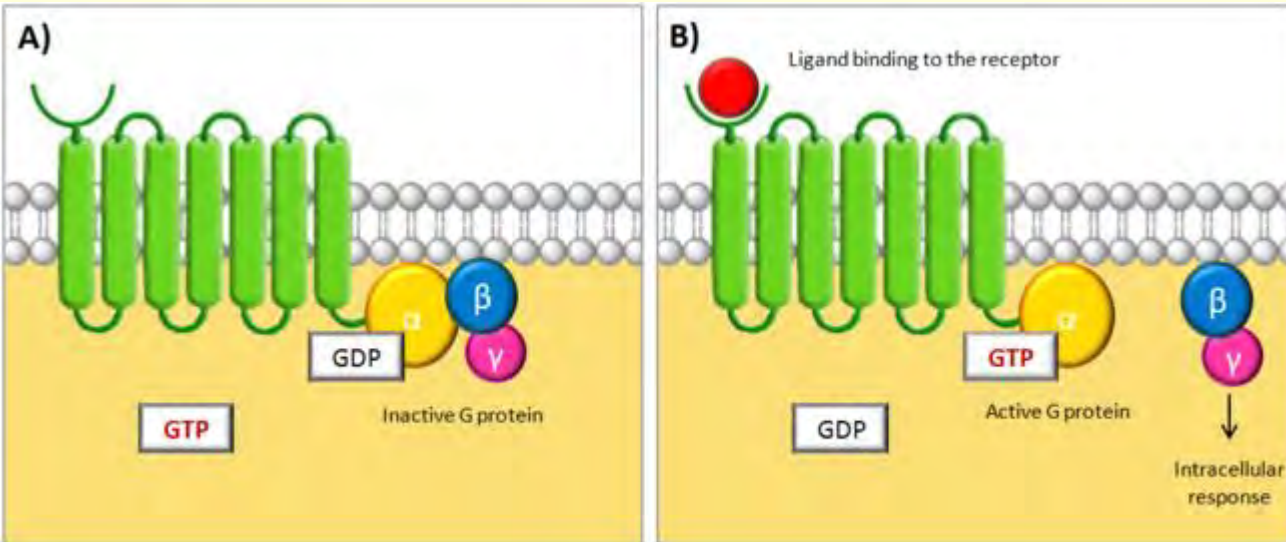
protein consisting of more than one amino acid chain



Récepteur à 7 domaines membranaire couplé à une protéine G

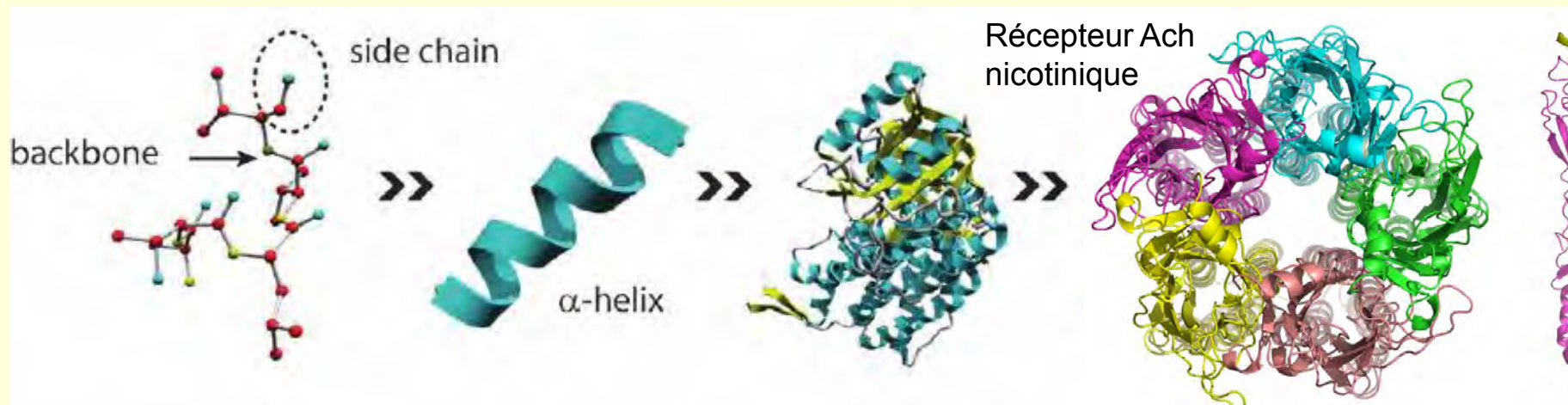
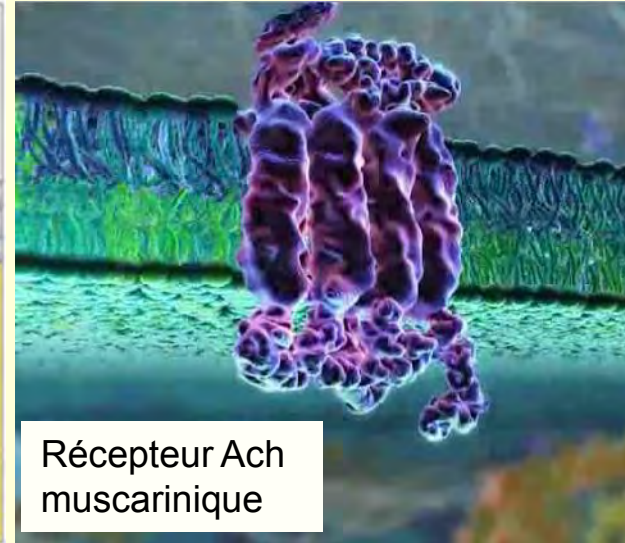
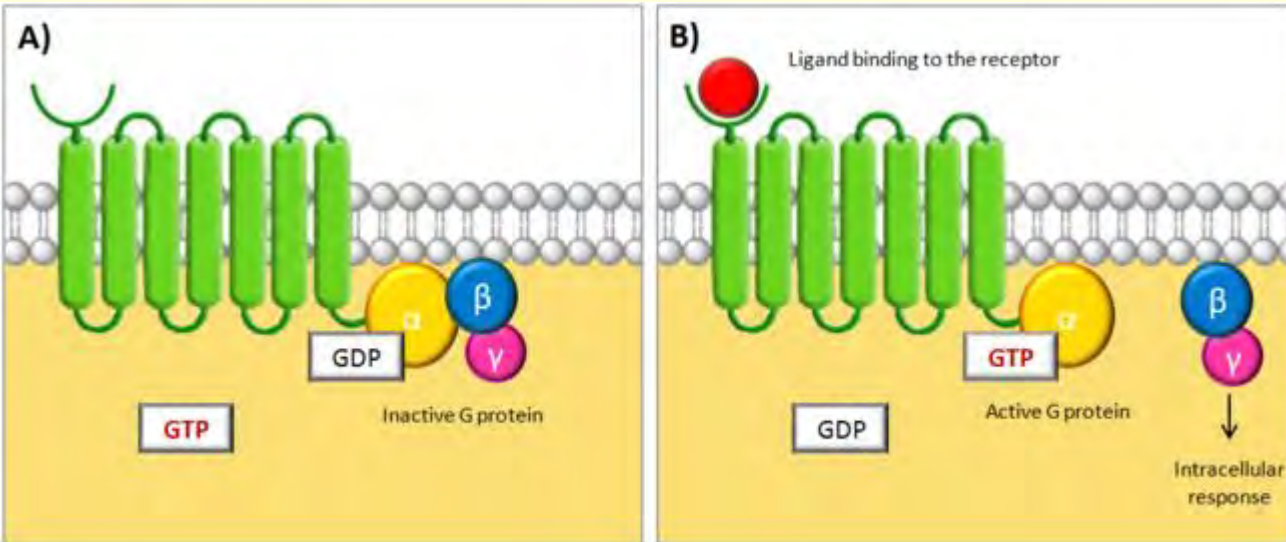
→ rôle important dans la communication intercellulaire (par ex.: récepteur de neurotransmetteurs) et la transduction de signaux sensoriels (par ex.: la rhodopsine des photorécepteurs, récepteurs aux odeurs, etc.)

[donc pas de protéines, bien sûr pas de cerveau car pas de récepteurs, etc.]



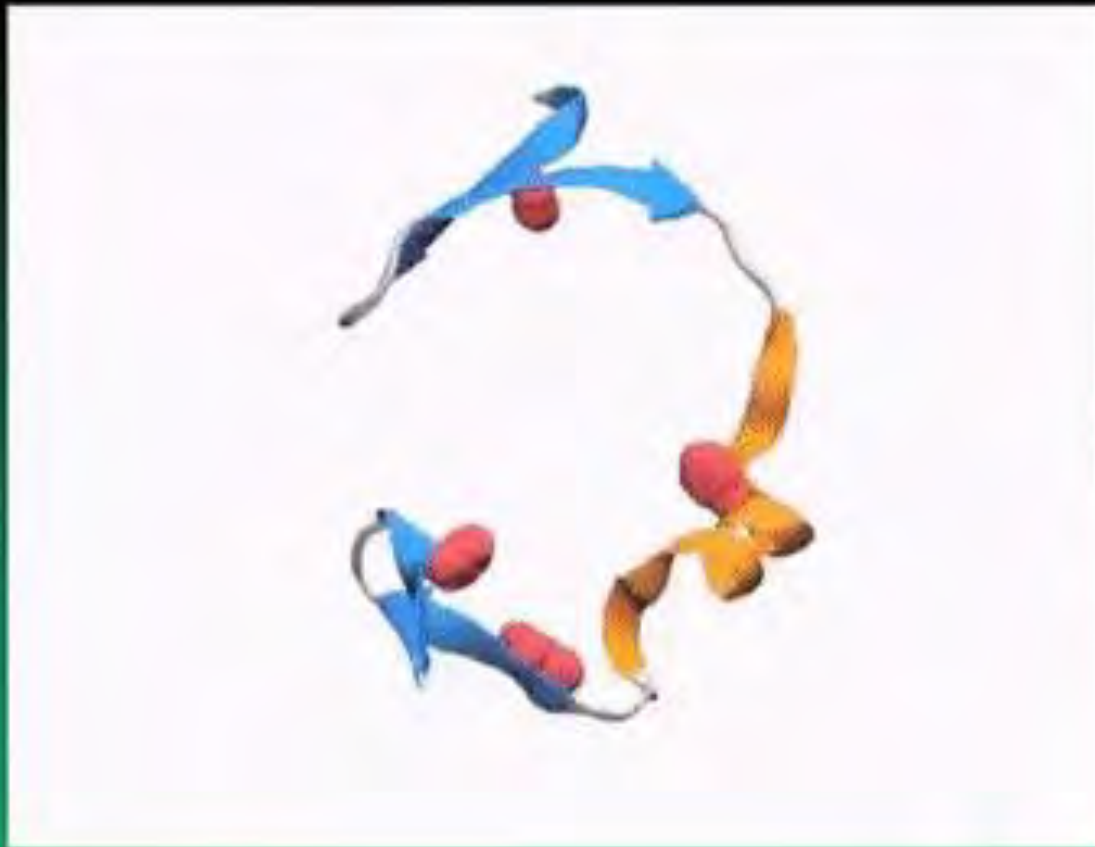
Récepteur à 7 domaines membranaire couplé à une protéine G

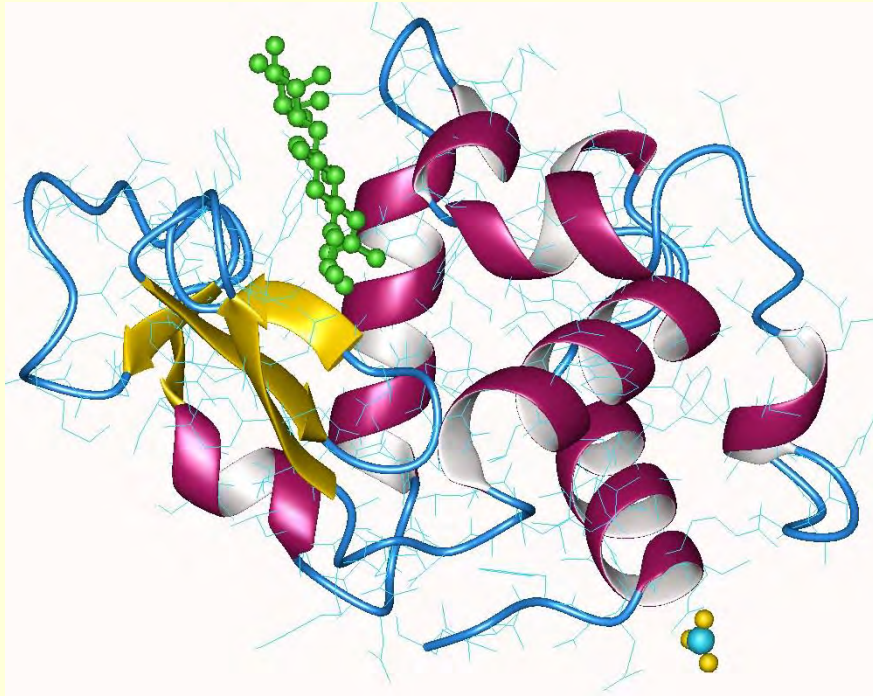
→ la cible de la moitié des médicaments sur le marché



The protein folding problem: a major conundrum of science: Ken Dill at TEDxSBU

<https://www.youtube.com/watch?v=zm-3kovWpNQ> [5:30 à 6:00]





De combien de façons une suite de 129 acides aminés, comme celle de l'enzyme **lysozyme**, peut-elle exister?

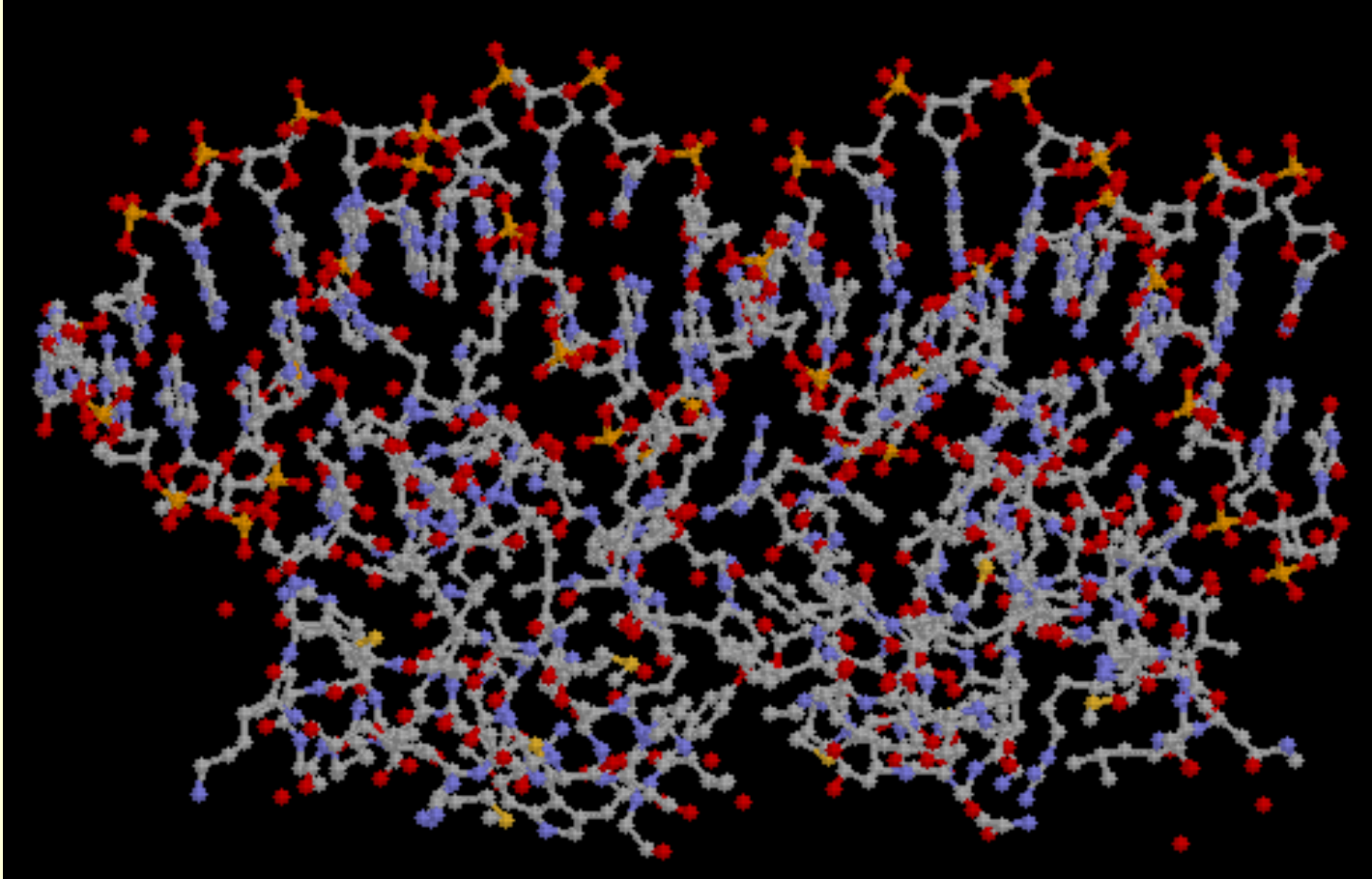
Comme il existe 20 acides aminés différents, cela donne 20^{129} ,
ou encore 10^{168} (10 suivi par 168 zéros).

Ce n'est plus seulement la forme la « plus stable », mais toutes sortes de conditions **contingentes** qui ont déterminé la suite des acides aminés

(conditions contingentes que l'on ne connaîtra jamais...)

Donc rendu à ce niveau de complexité, il semble y avoir des événements « **accidentels** »

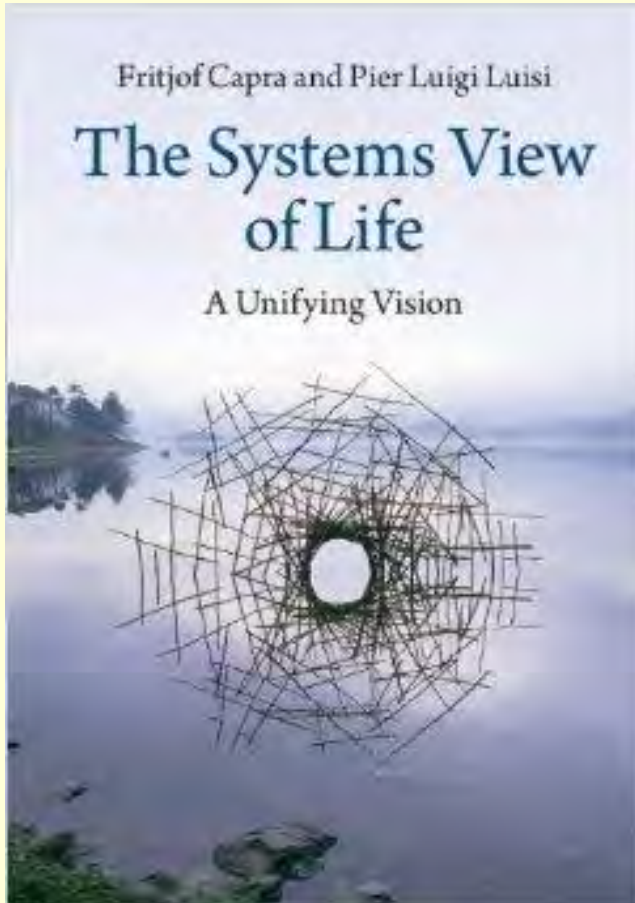
qui font en sorte que si on « rejouait le film de l'évolution » une autre fois, on n'obtiendrait pas le même résultat... (S. J. Gould)



On peut donc dire que le **repliement des protéines est le fait de l'auto-organisation** (toujours sous contrôle thermodynamique) **ET** d'événements **contingents**.

Et cela amène « **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...)



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**.

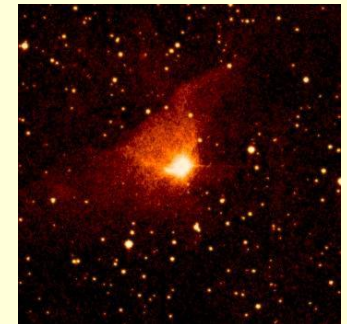
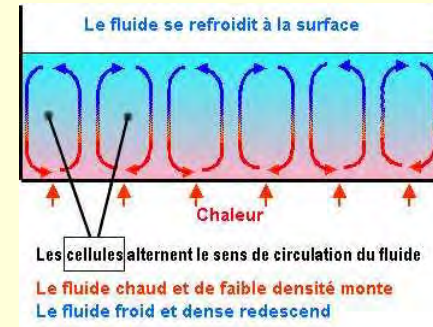
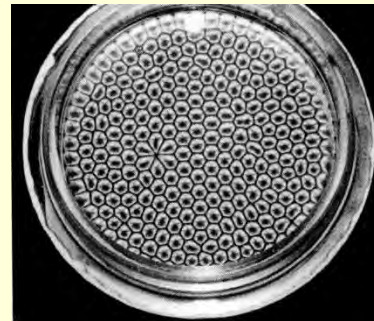
Et ça va devenir fondamental avec les premières **cellules vivantes**...

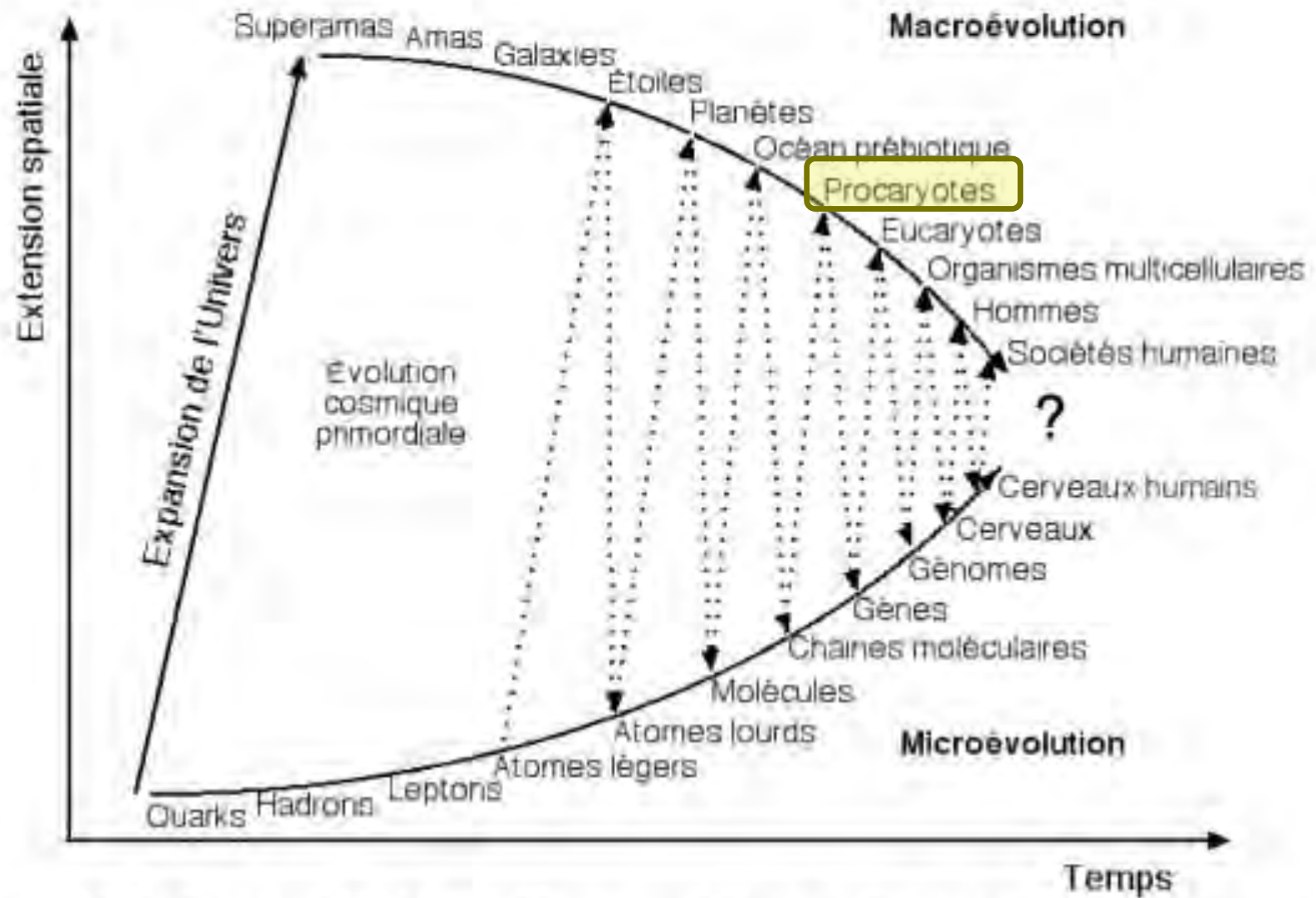
La notion d'**auto-organisation** permet de comprendre comment **de l'ordre peut apparaître spontanément au sein du désordre [...]**
et amener l'**émergence spontanée d'une structure**

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

Exemples :

- 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





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.**

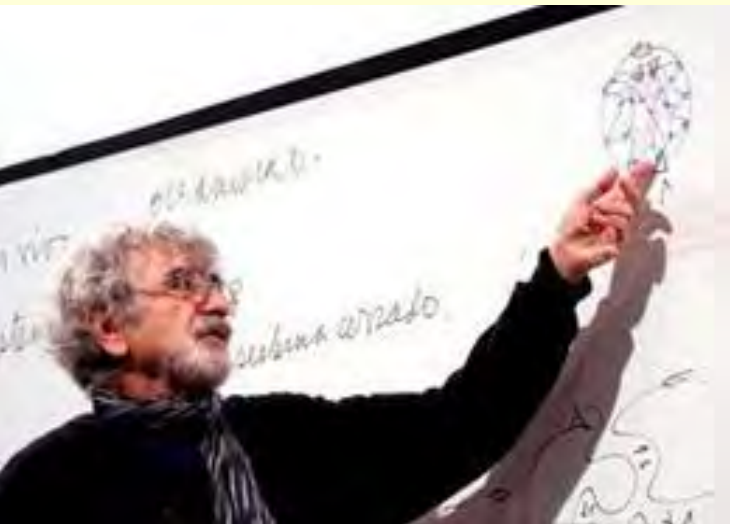
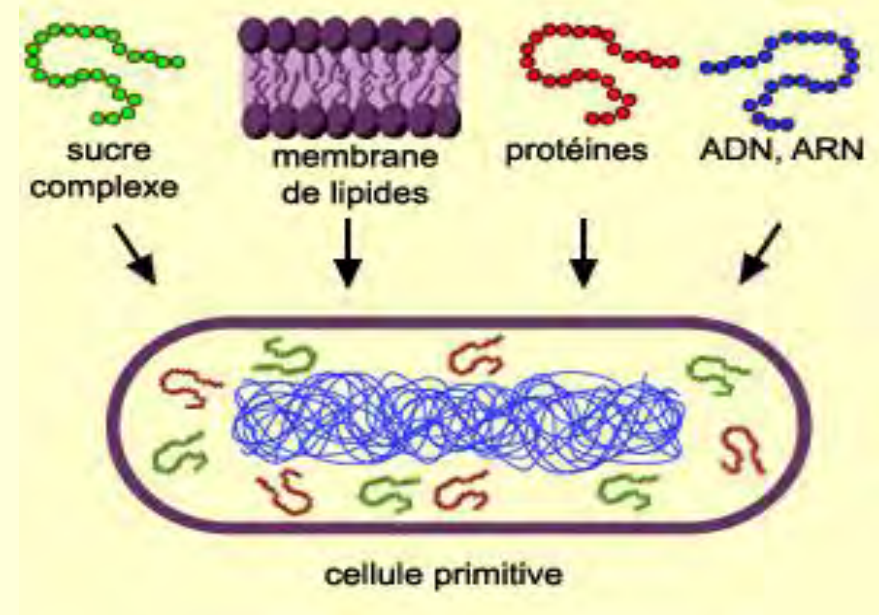
...[Cette découverte] révèle aussi que les conditions de l'apparition de la vie sur Terre existaient à un stade précoce de son évolution. »

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.

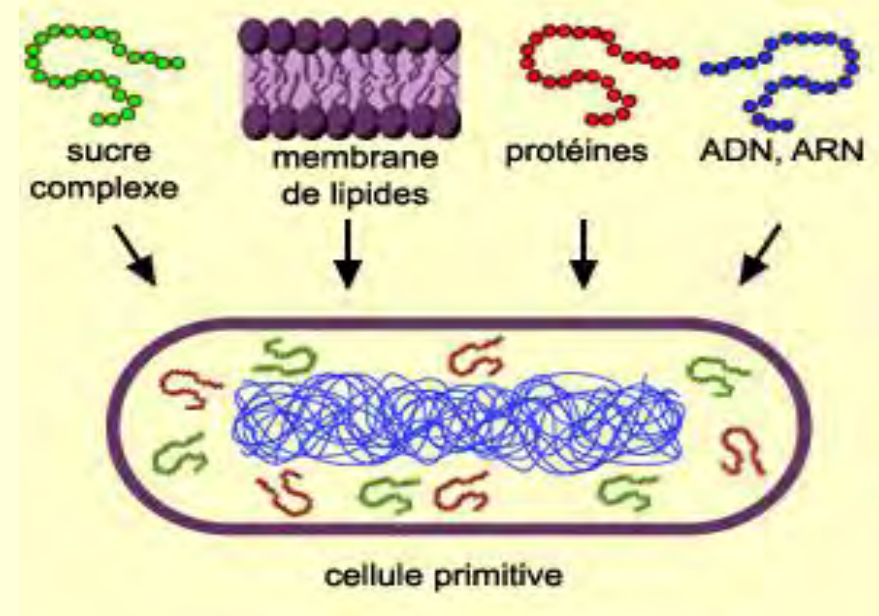


Pour comprendre ce qu'est une **cellule vivante**,

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

élaborée par Humberto Maturana et Francisco Varela

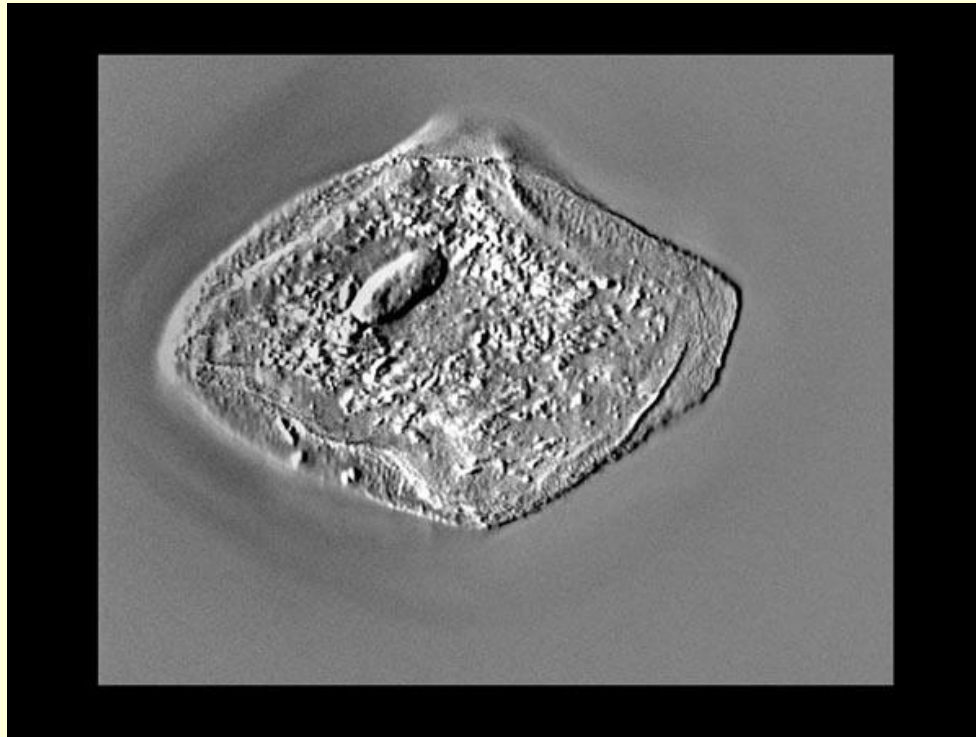
dans les années 1970.



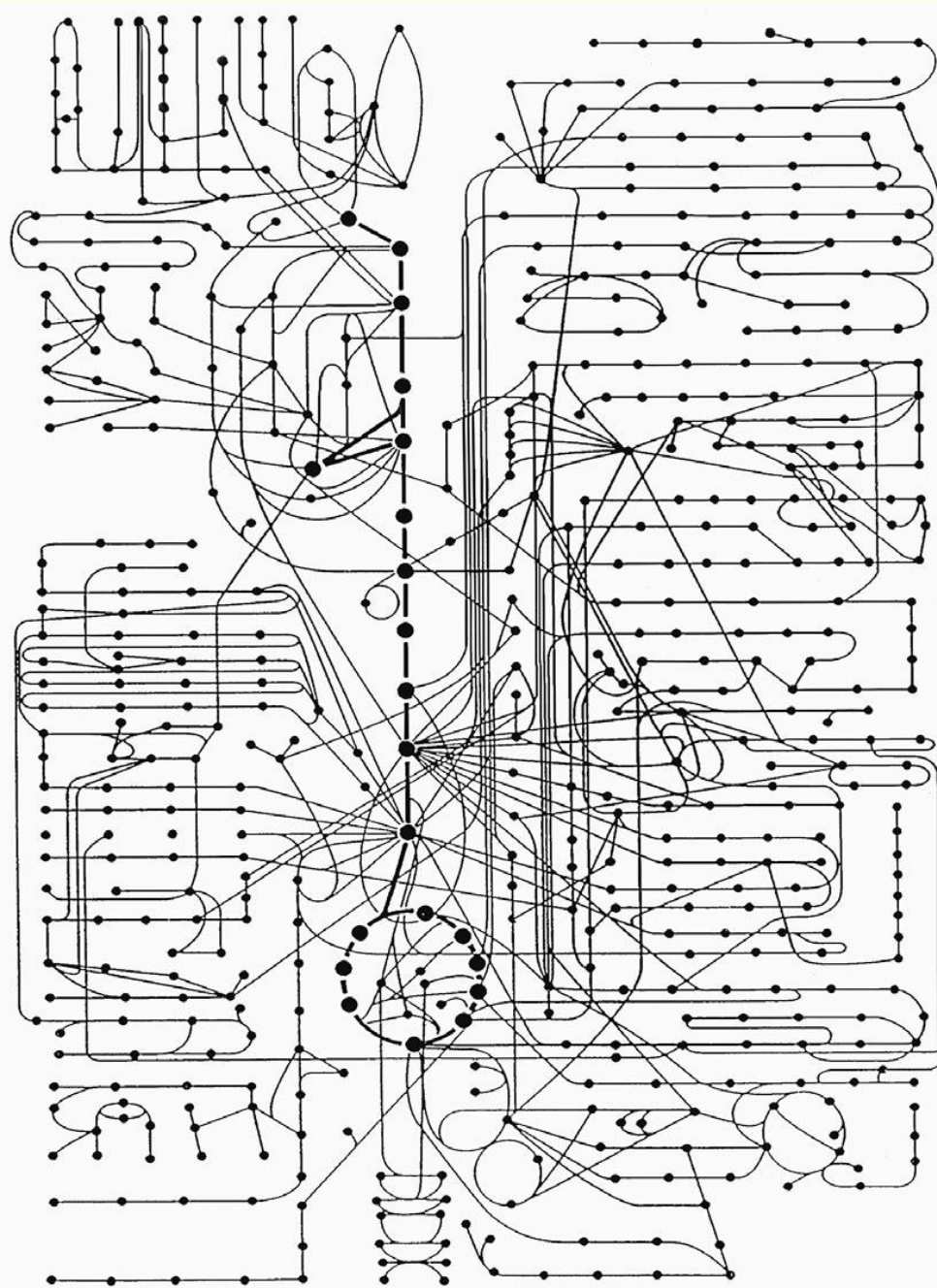
« Notre proposition est que les être vivants sont caractérisés par le fait que, littéralement, ils sont continuellement en train de **s'auto-produire**. »

- 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. »



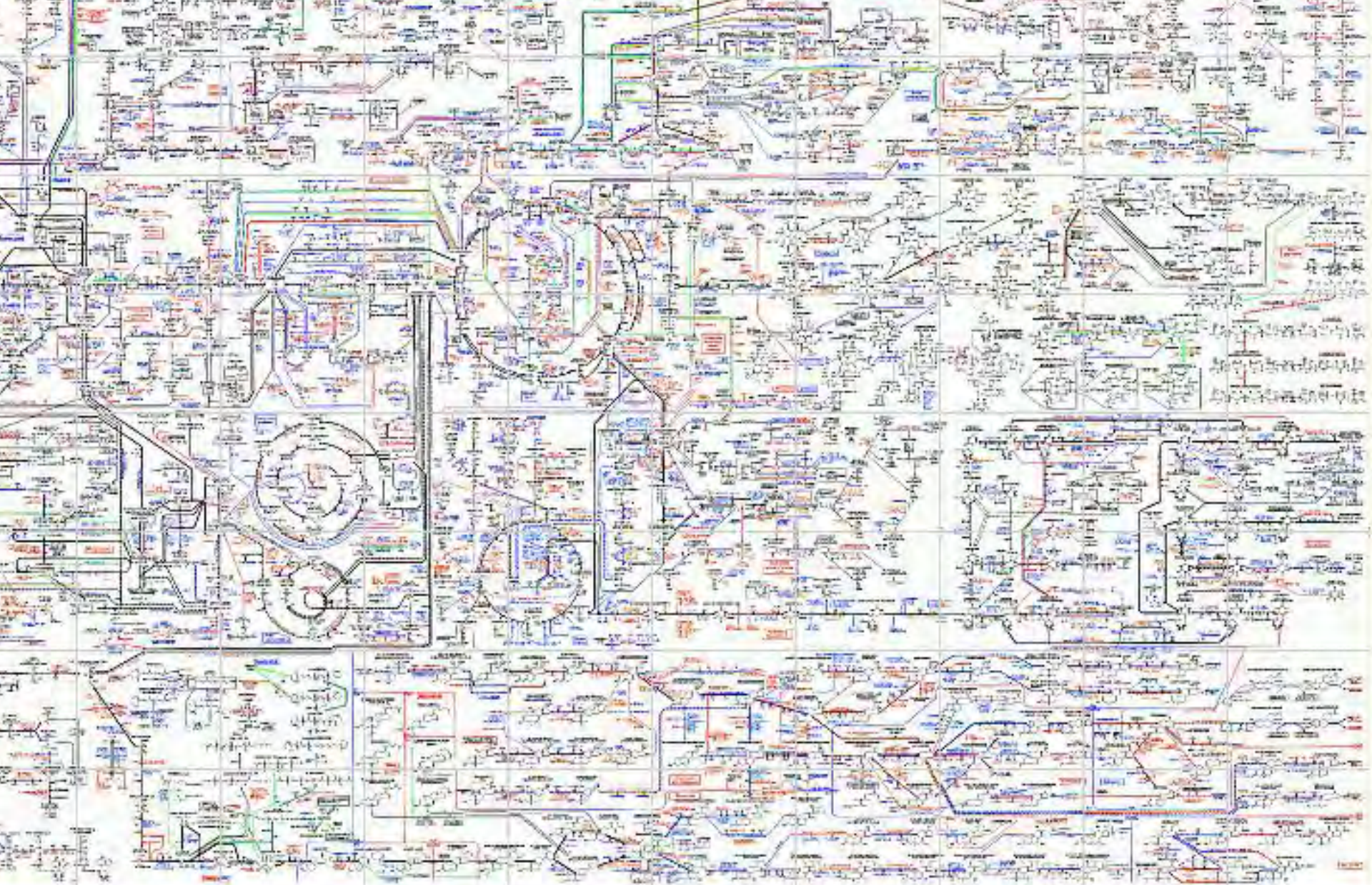
An image of a human buccal epithelial cell obtained using Differential Interference Contrast (DIC) microscopy
(www.canisius.edu/biology/cell_imaging/gallery.asp)



« un réseau »...

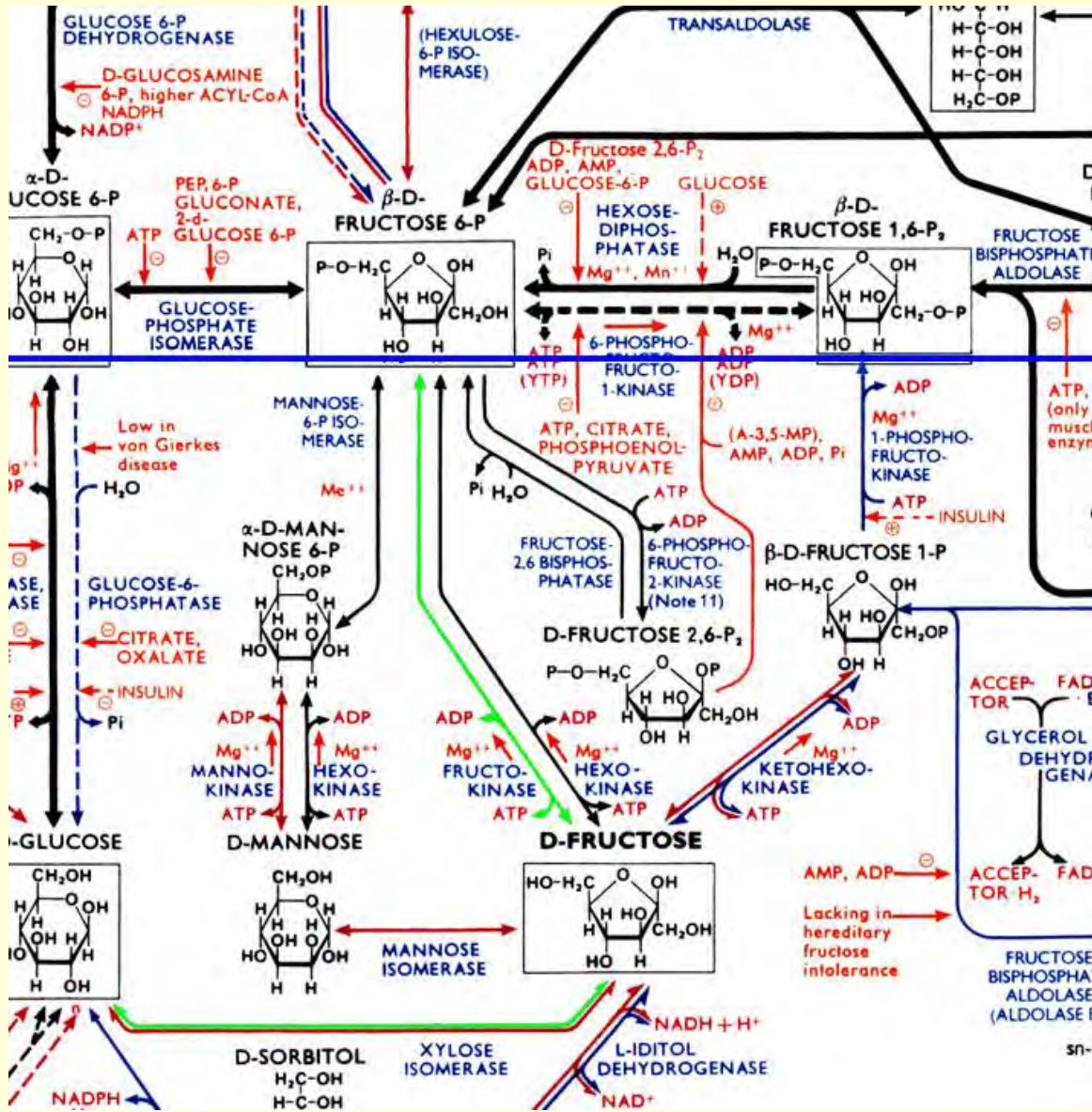
= des éléments qui entretiennent
des relations

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

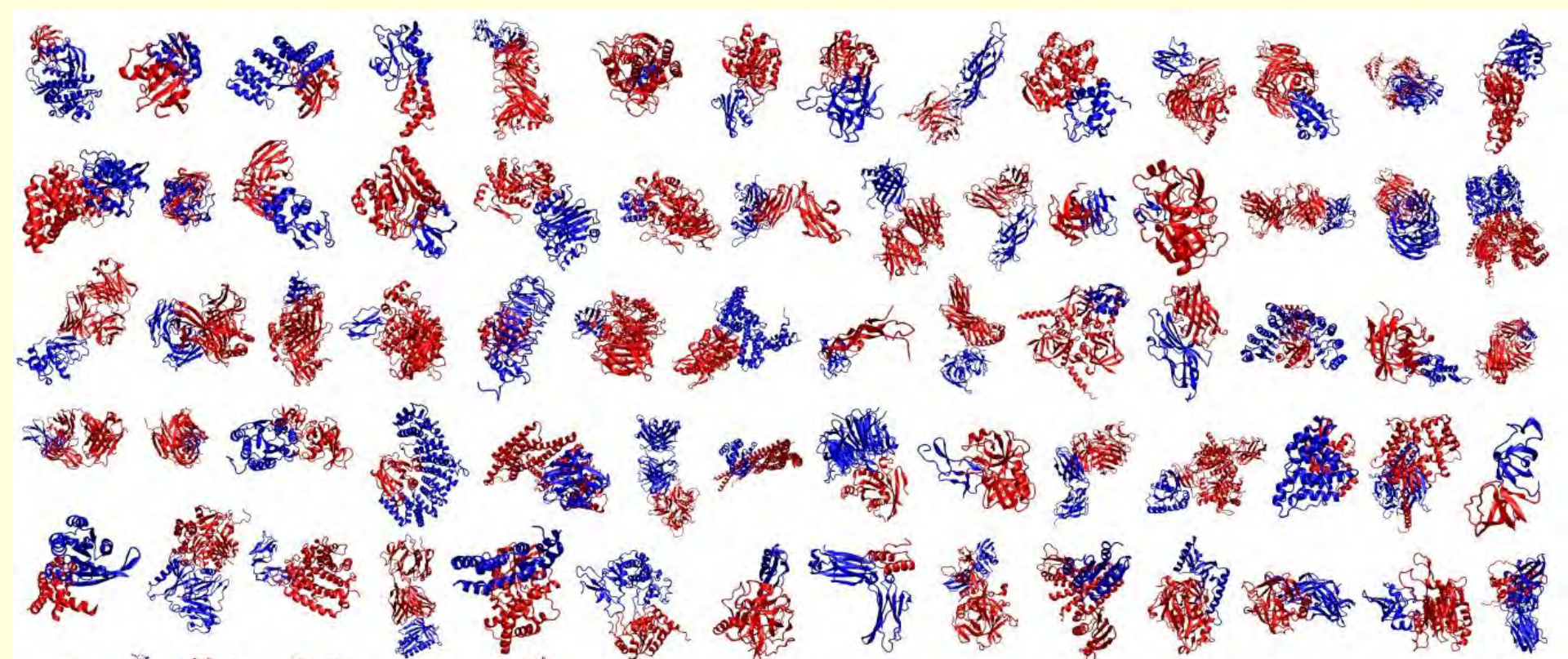
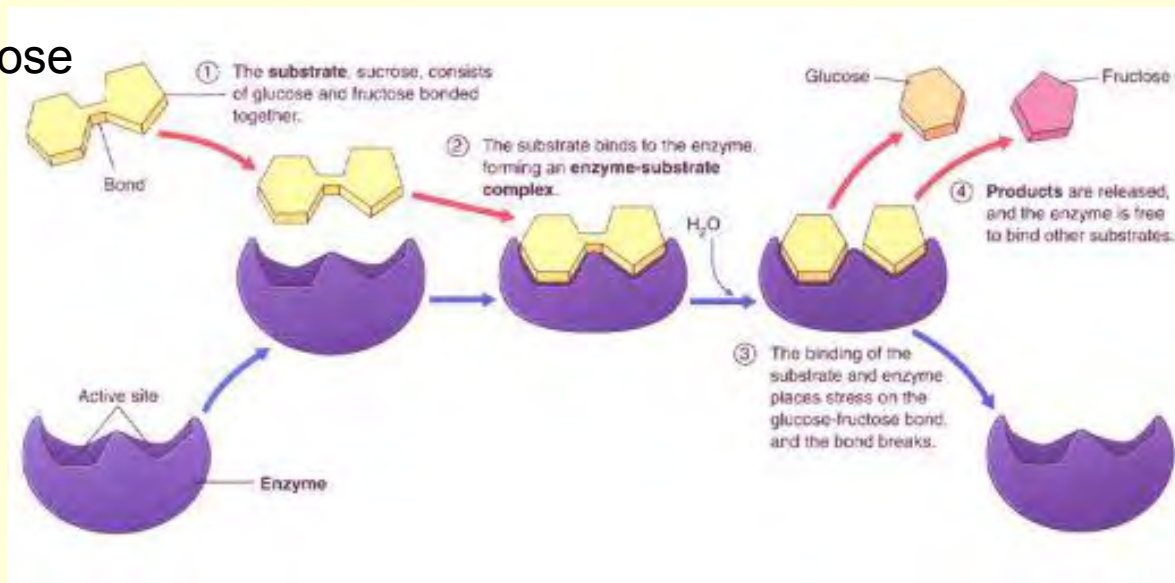


« un réseau complexe »... = cascades de réactions biochimiques dans une cellule

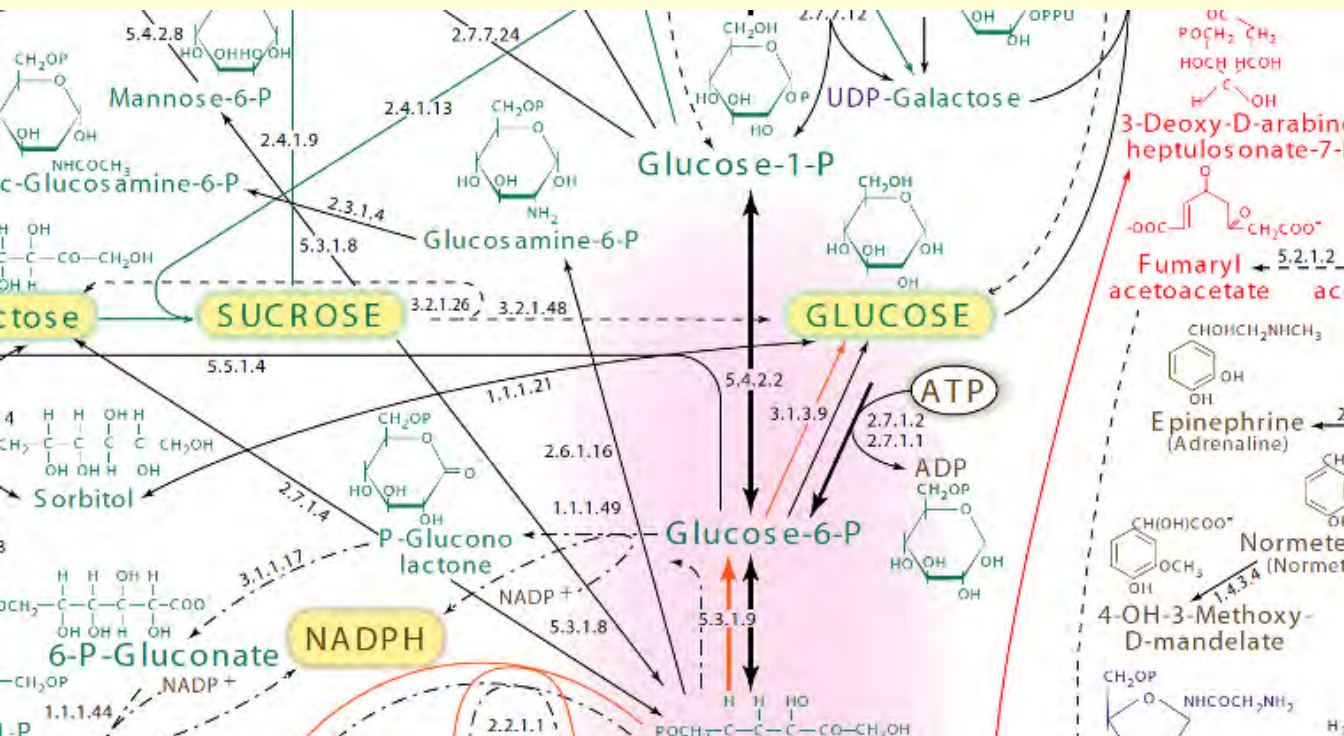
« un réseau complexe d'éléments »... : enzymes (protéines), ADN, etc.



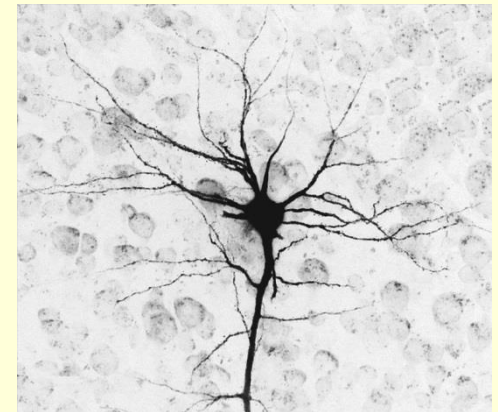
sucrose



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



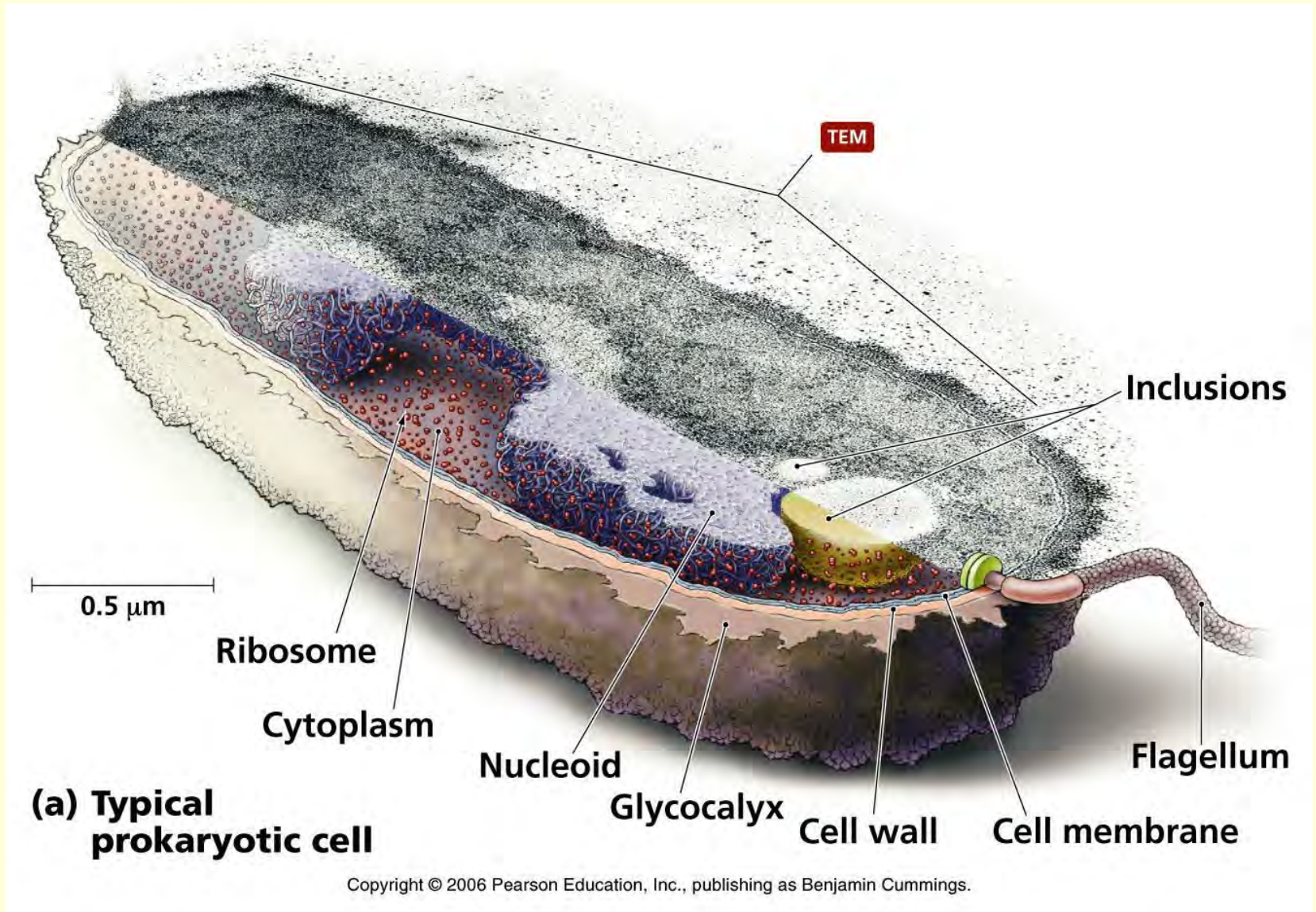
..qui régénèrent constamment, par leurs interactions et transformations, le réseau qui les a produits.



« Pas de métabolisme, 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 a un tel métabolisme.

Les premières cellules vivante sont déjà infiniment complexes !



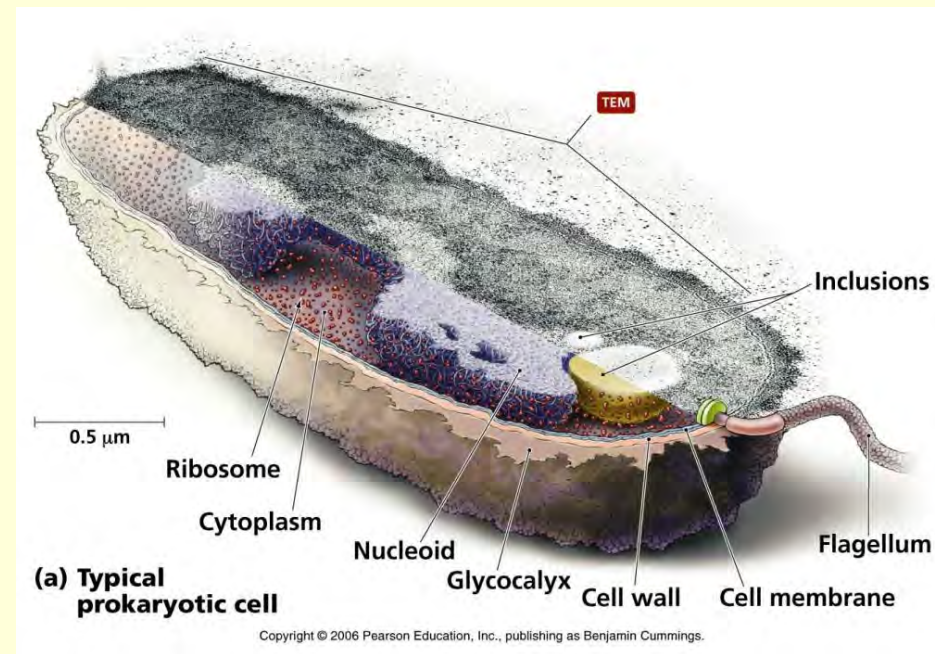
À un certain niveau d'organisation,

on voit donc 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**.

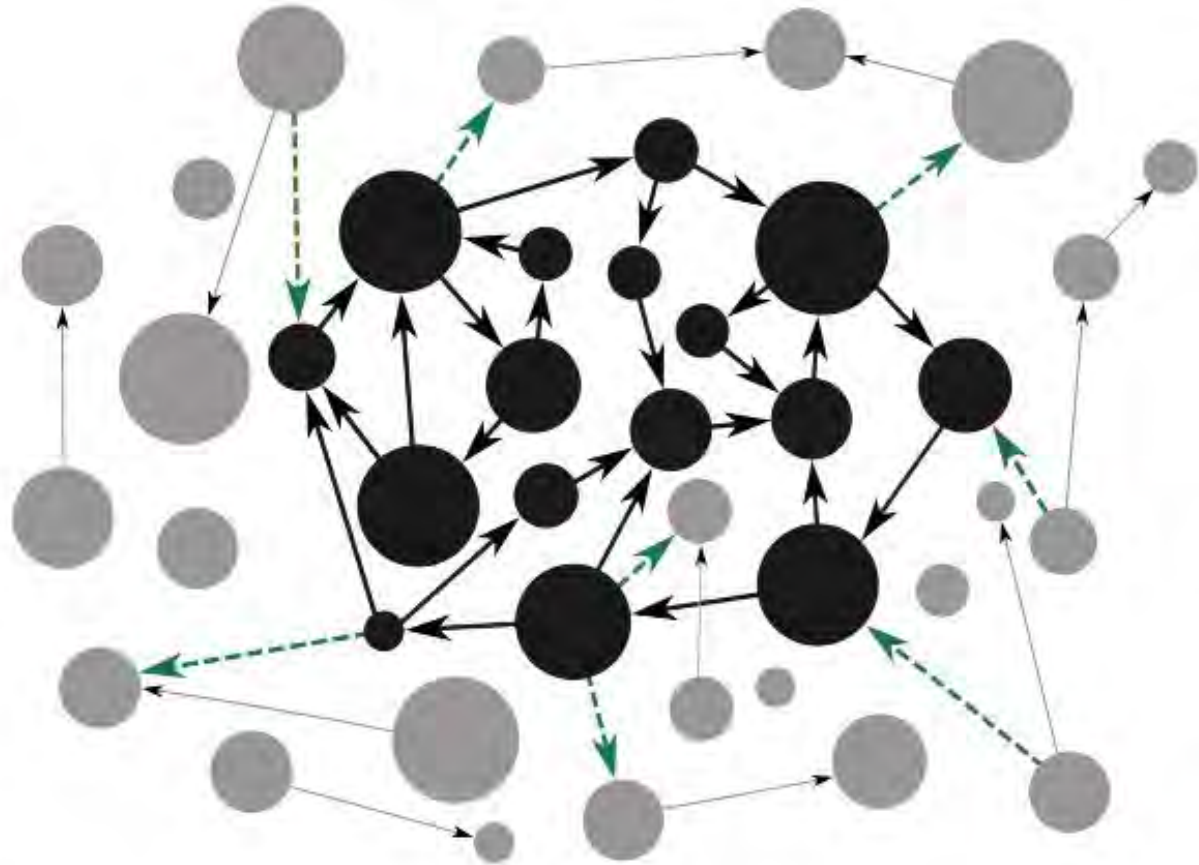


En noir : une cellule

dont les différentes
composantes
moléculaires
interagissent
localement et
préférentiellement
entre elles

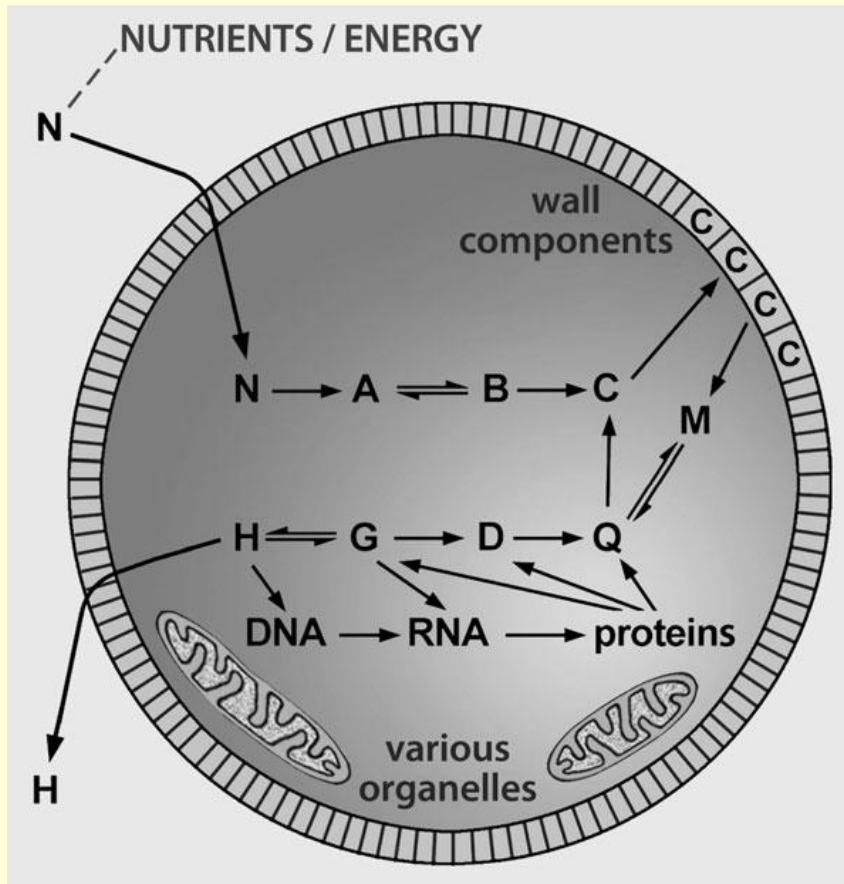
(mais c'est
un « système ouvert »
du point de vue
thermodynamique,

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



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 un processus émergent qui n'est pas présent dans les parties mais dans les interactions dynamiques au sein du 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)

La conscience par rapport au système nerveux
en est un autre pas moins étonnant...

Pour comprendre êtres vivants, il faut considérer la forme et les interactions dynamiques globales au sein de ses réseaux.



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

- Capra & Luisi

Un avant-goût de vers où on s'en va...



Et des gens comme Maturana ou Varela ont commencé à tisser ces liens...

...avec des concepts qui sont intégrés et bonifiés aujourd'hui.



AUTONOMY

ENACTION

Physics/
Chemistry



Biology



Cognition

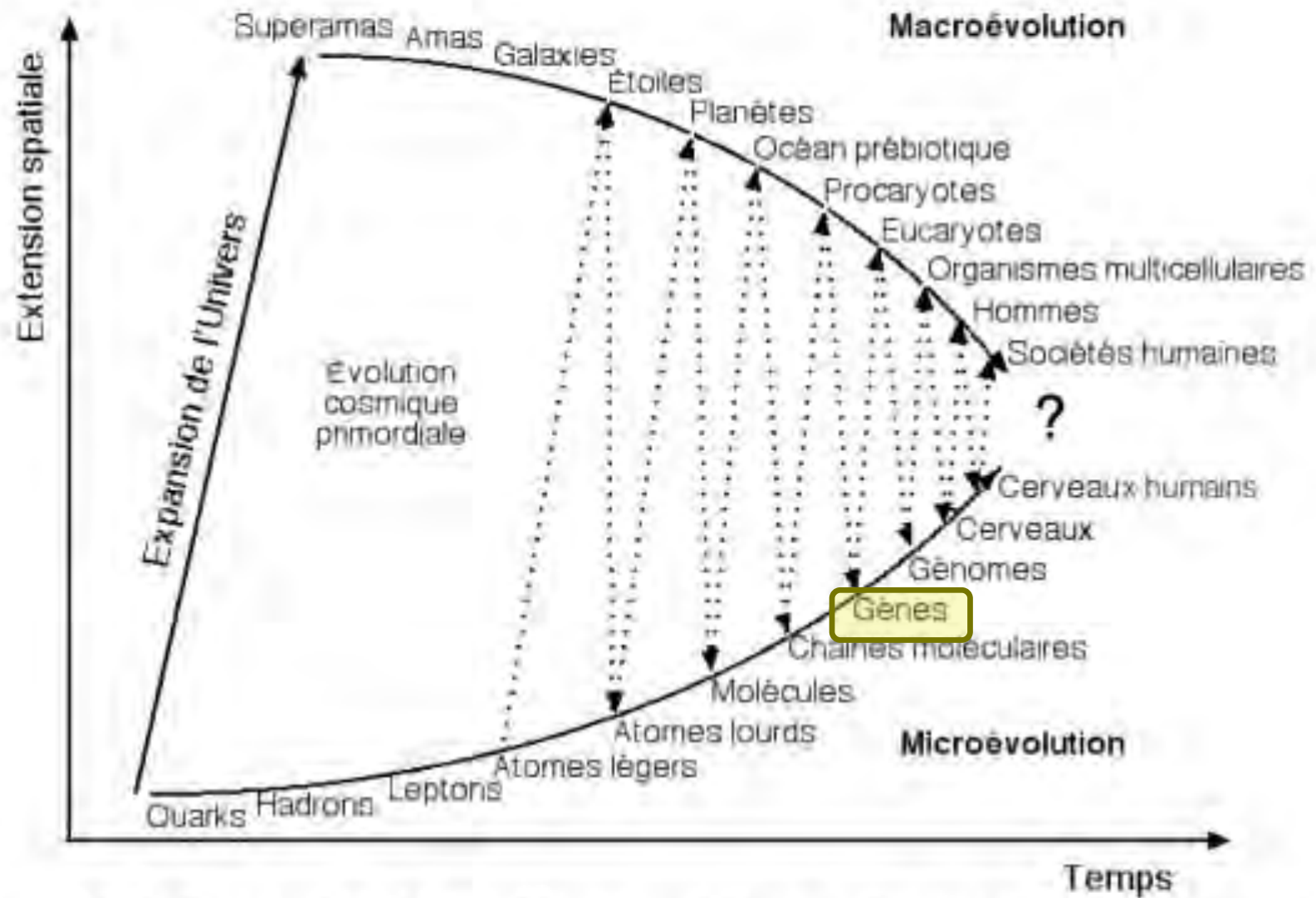
AUTOPOIESIS

BIOLOGY OF
COGNITION



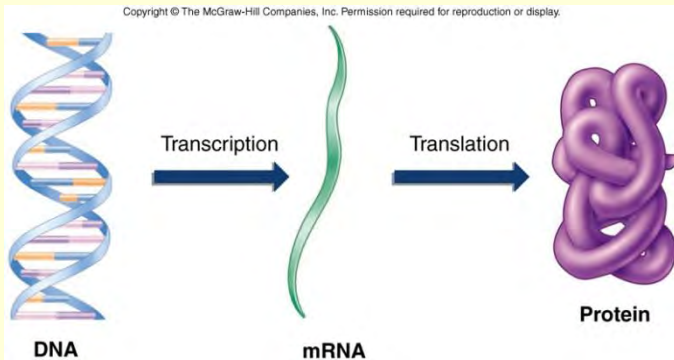
ENSO2018/Beer

Et des gens comme Maturana ou Varela ont commencé à tisser ces liens...

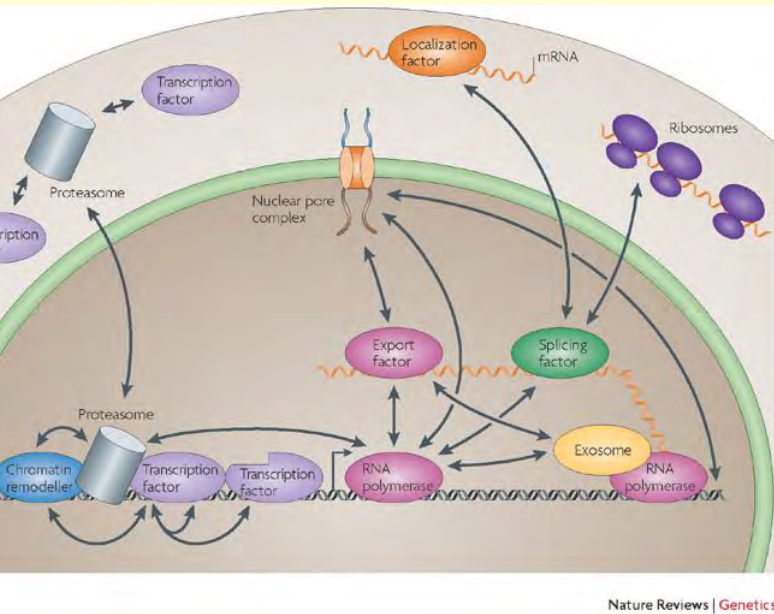


D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.

Et l'approche en **réseau**
se vérifie déjà au niveau du **gène...**

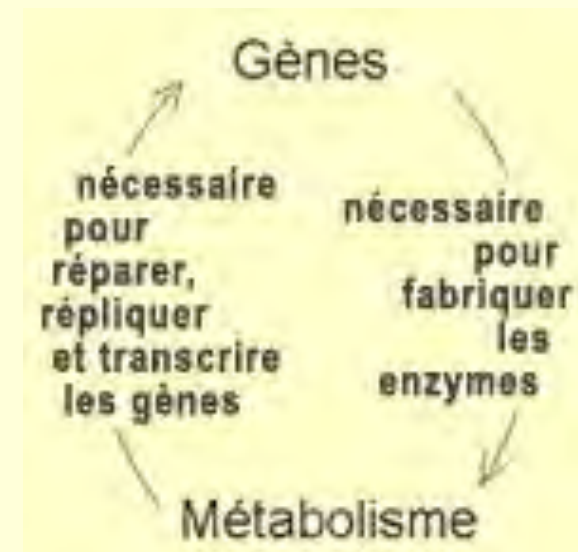


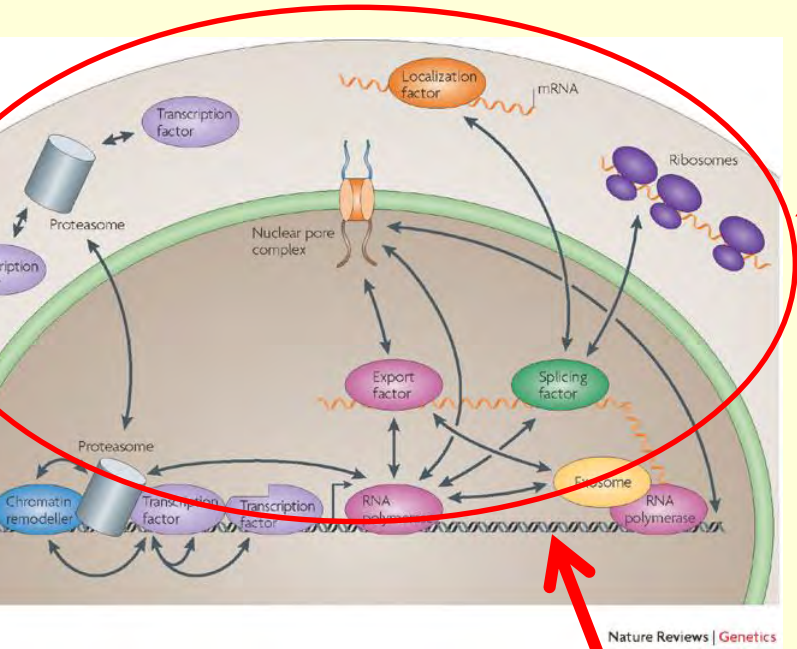
On a longtemps pensé que les gènes n'étaient que les « plans » pour fabriquer nos protéines.



Mais on sais maintenant que certains gènes servent à fabriquer des **enzymes** (qui sont des protéines...) 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.





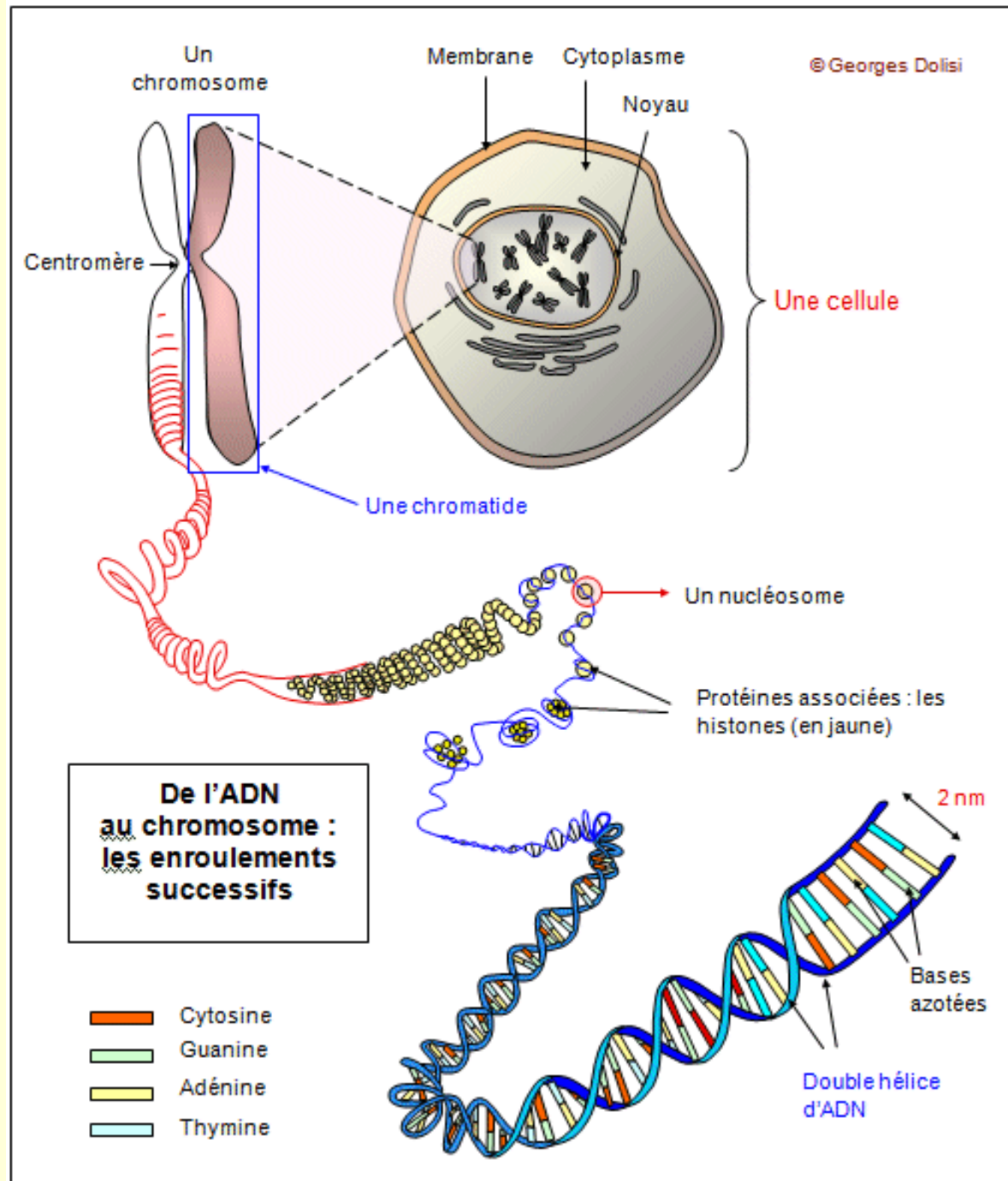
Ces réseaux métaboliques doivent cependant réussir à **se reproduire en faisant des copies d'eux-mêmes.**

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

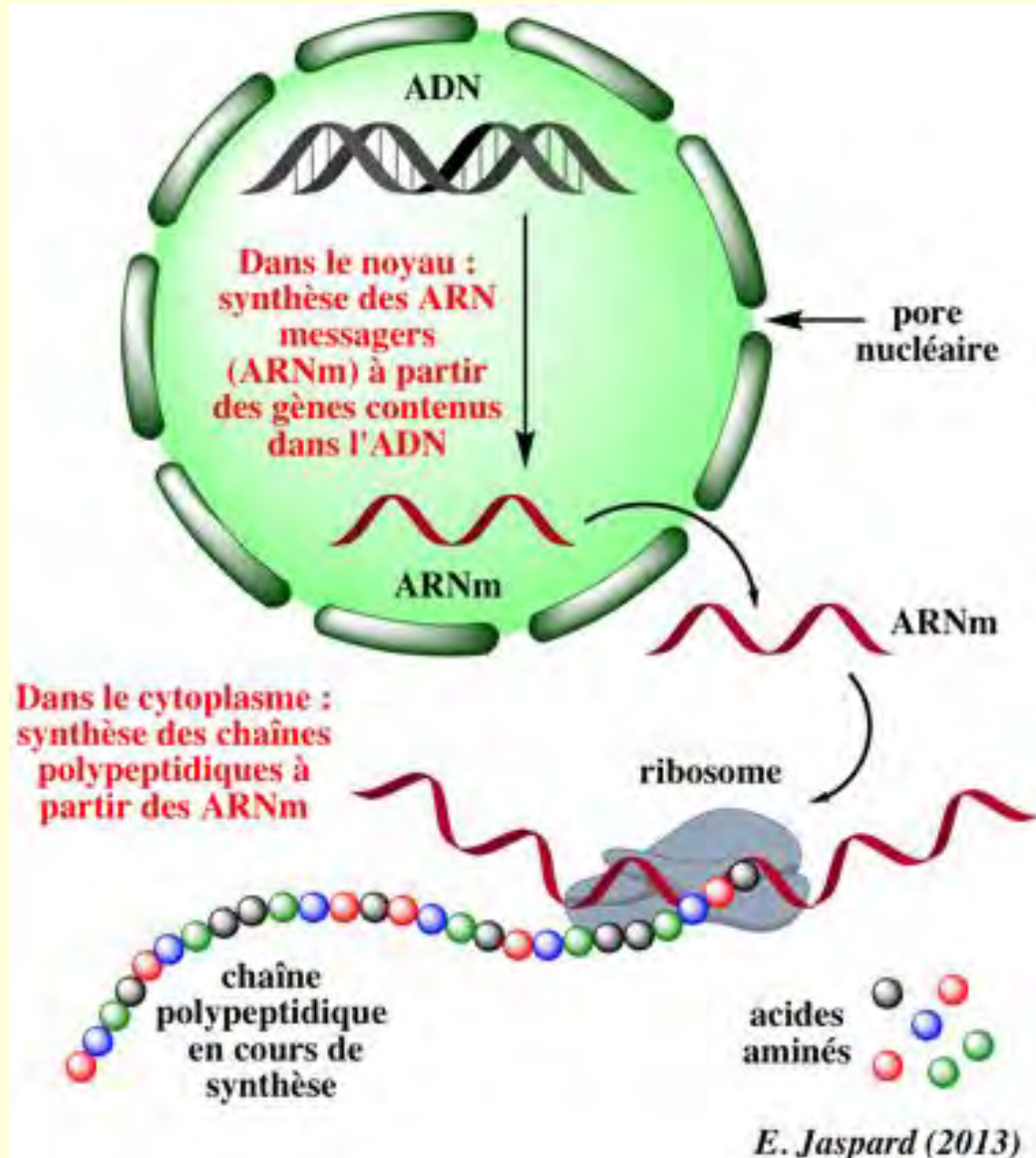
C'est ce que fait l'ADN, cette **longue** molécule relativement **stable** située dans le noyau de chacune de nos cellules.

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.**

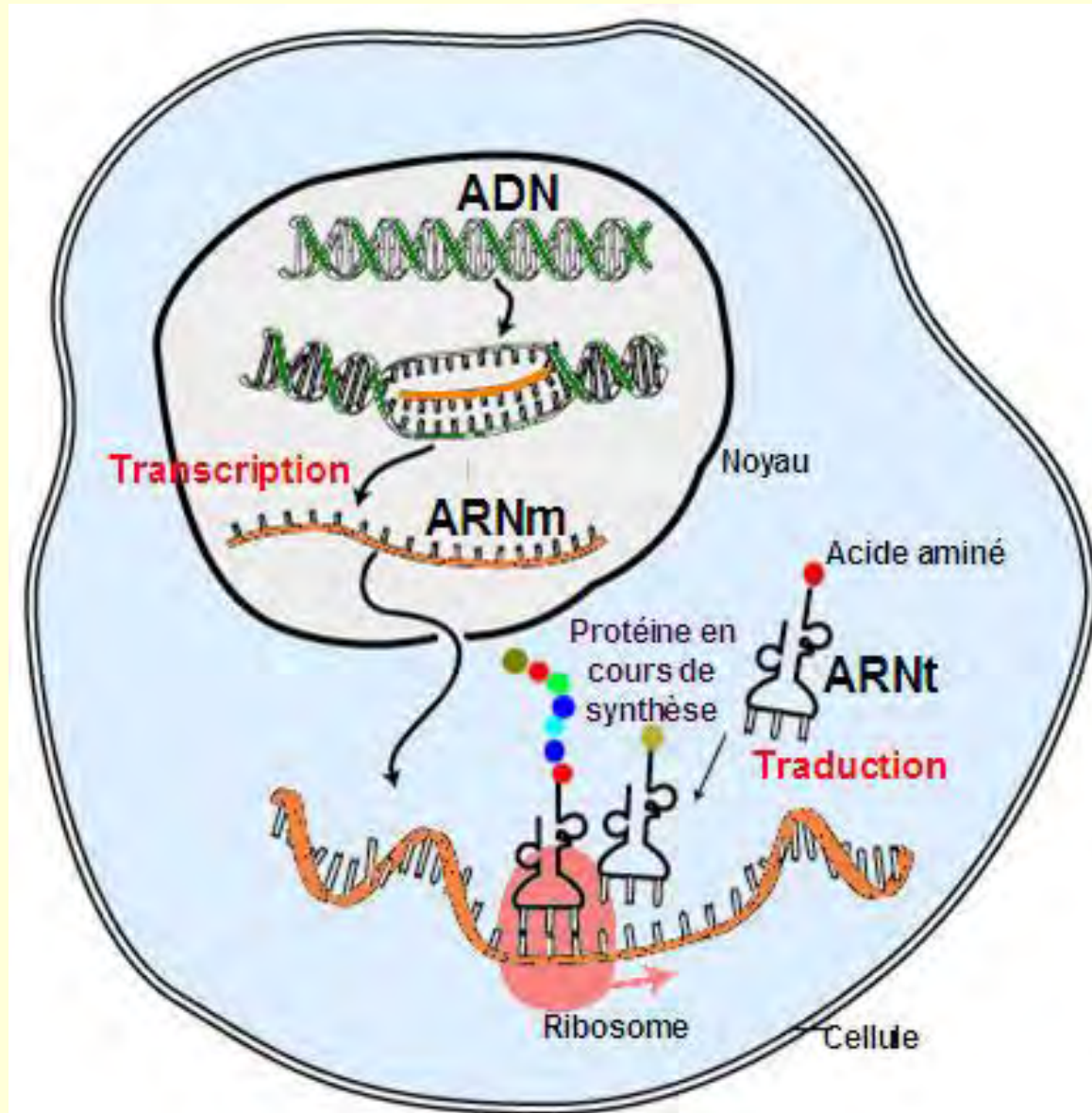


Simple aperçu de la **transcription** de l'ADN en ARNm (dans le noyau), puis de la **traduction** de l'ARNm en protéine (dans le cytoplasme)

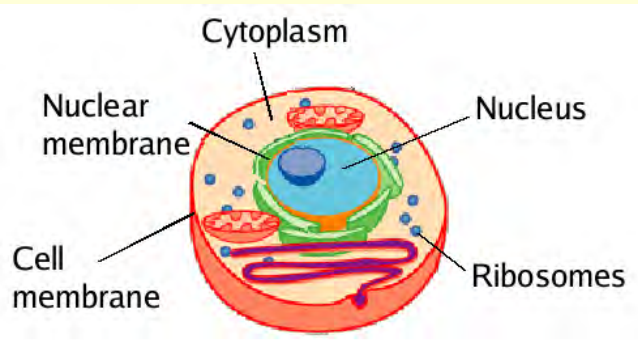


Simple aperçu de la **transcription** de l'ADN en ARNm (dans le noyau), puis de la **traduction** de l'ARNm en protéine (dans le cytoplasme)

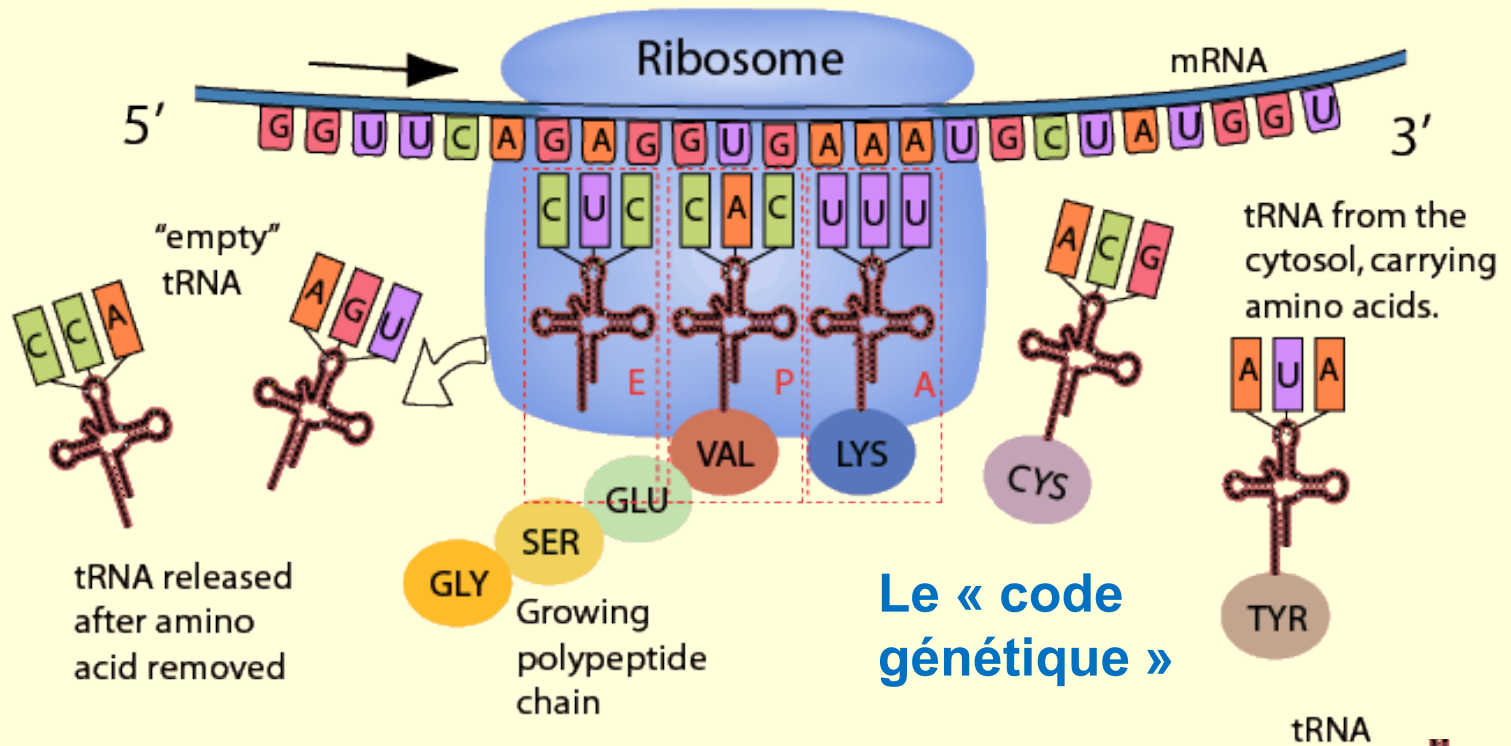
En plus détaillé :



Simple aperçu de la **transcription** de l'ADN en ARNm (dans le noyau), puis de la **traduction** de l'ARNm en protéine (dans le cytoplasme)



En encore plus détaillé :



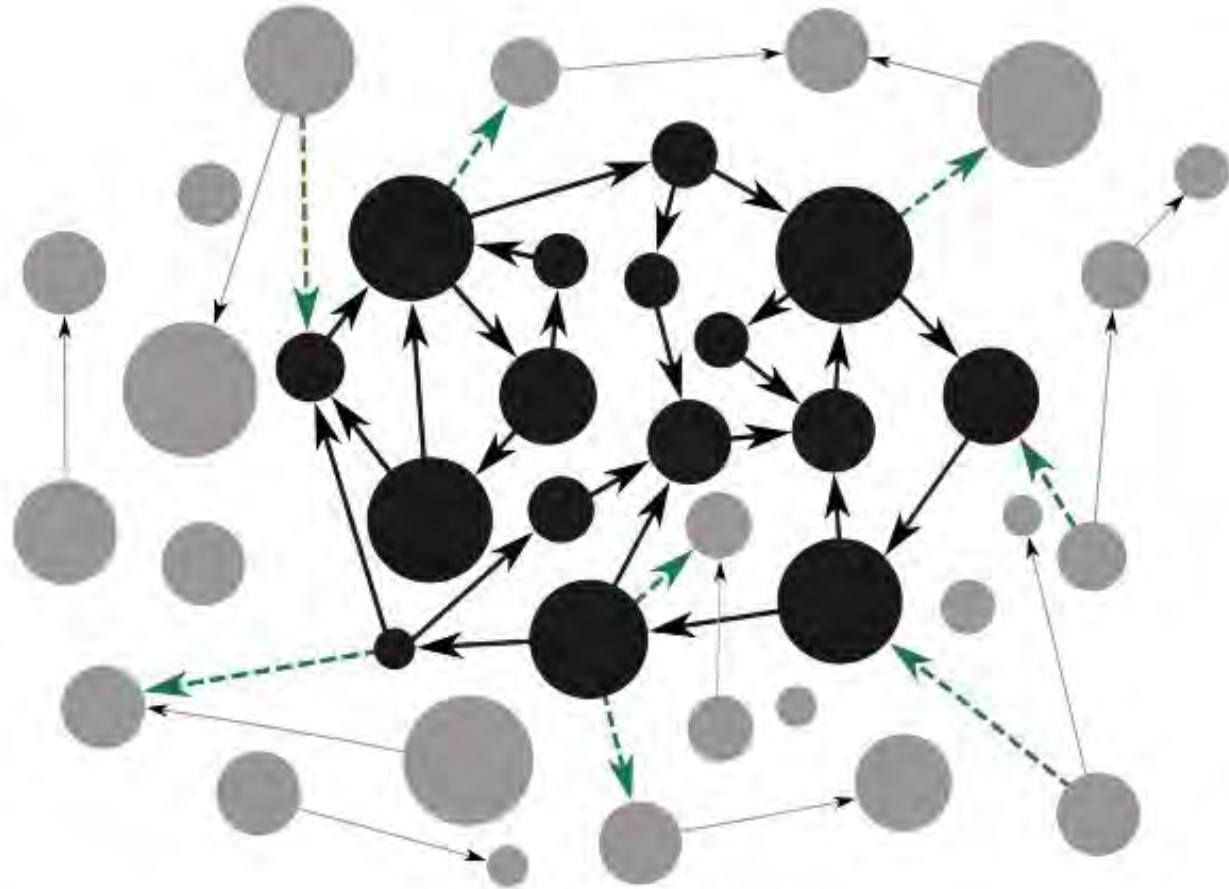
En noir :

un réseau de plusieurs **gènes**

et leurs **promoteurs**

impliqués dans le
moindre comportement

(il est 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



BEHAVE

THE BIOLOGY
of HUMANS at OUR
BEST and WORST



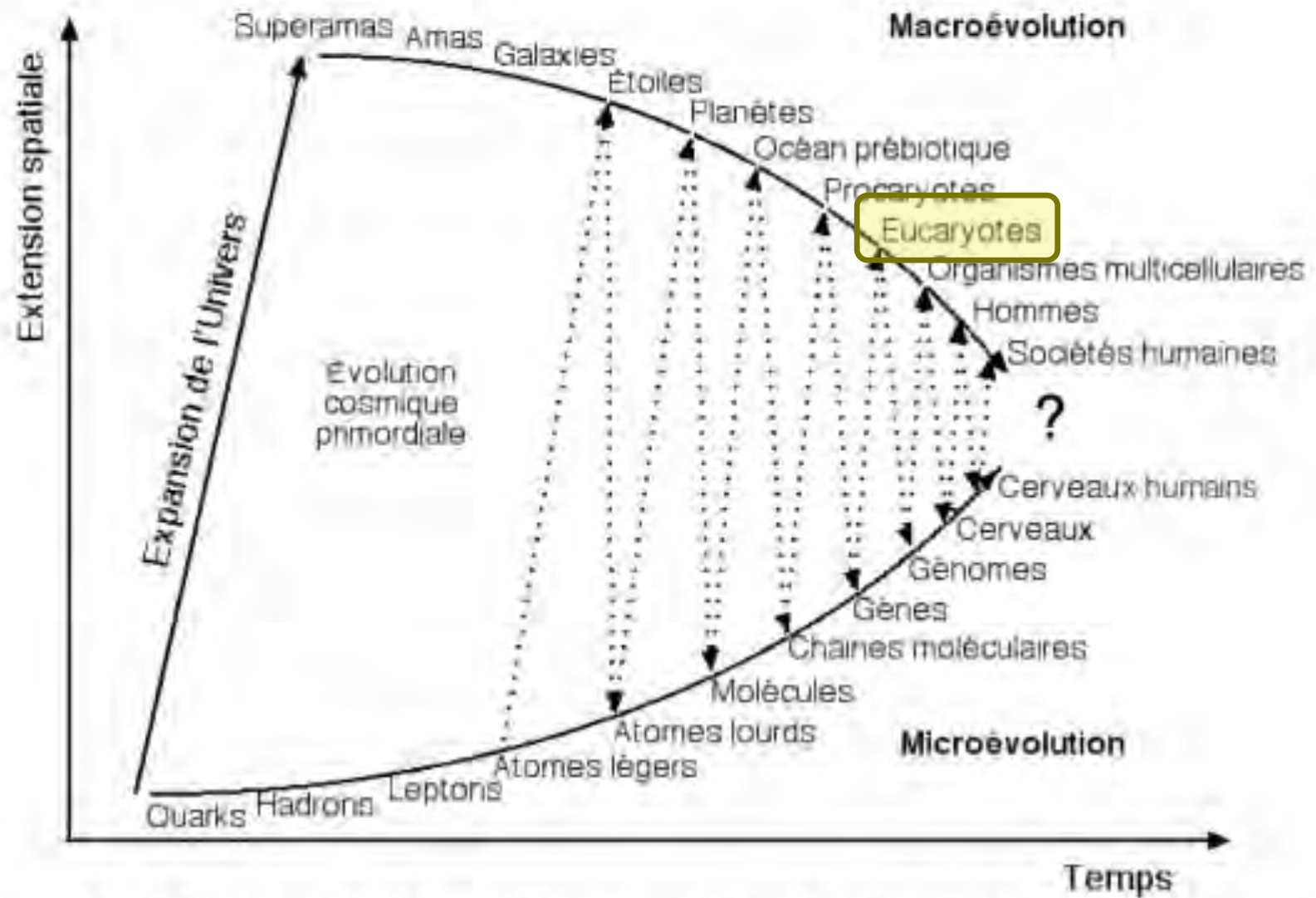
ROBERT M.
SAPOLSKY

TED video :

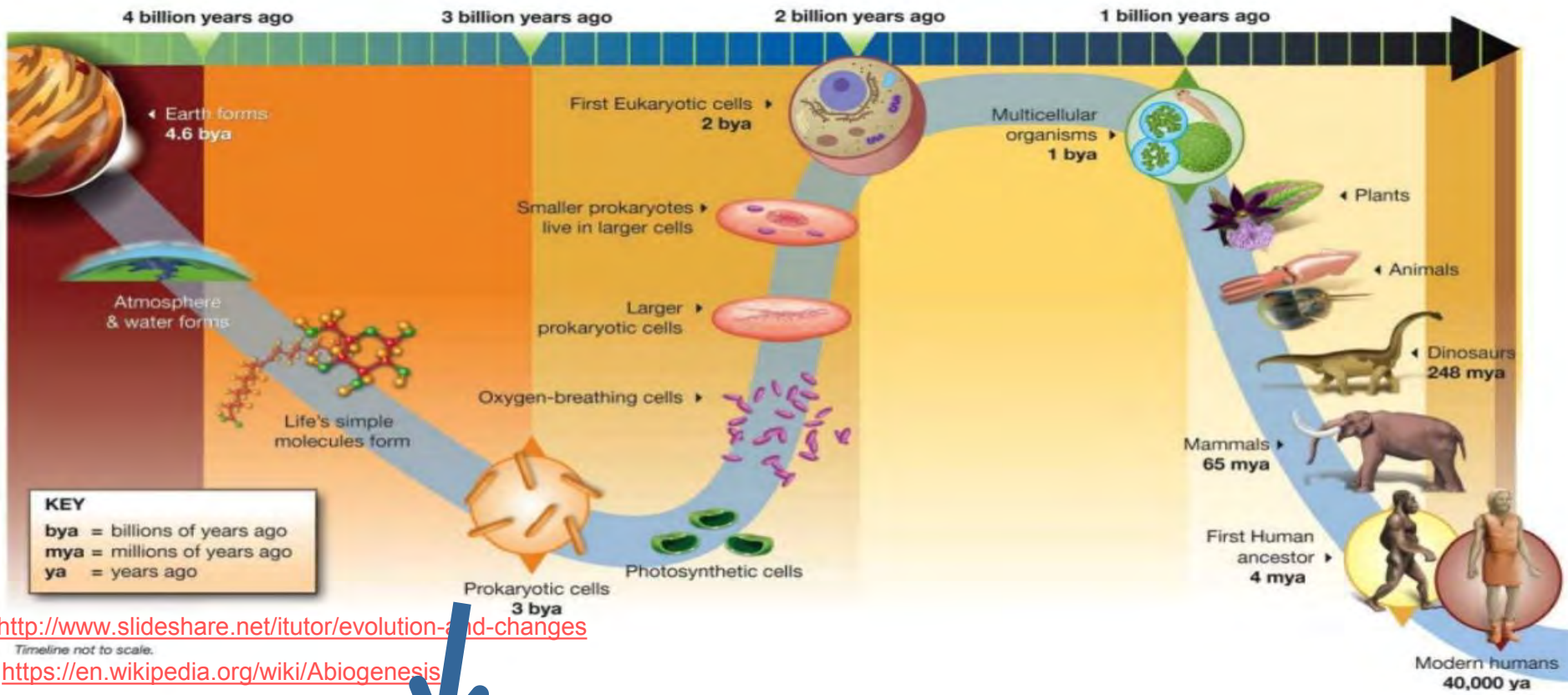
The biology of our best and worst selves.

https://www.ted.com/talks/robert_sapolsky_the_biology_of_our_best_and_worst_selves

- 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.

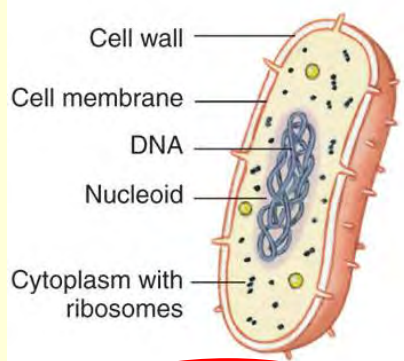


D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.



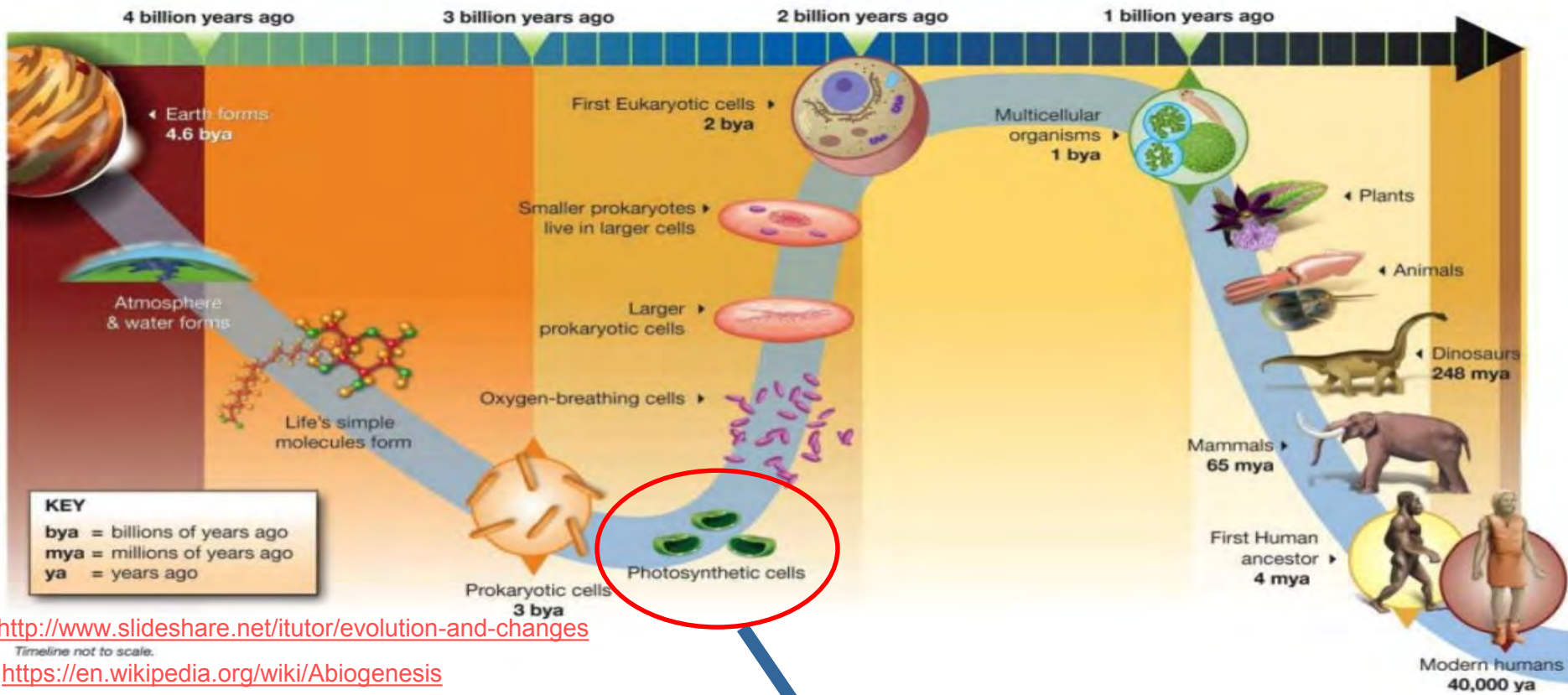
<http://www.slideshare.net/itutor/evolution-and-changes>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Abiogenesis>



Prokaryote

3,5 bya



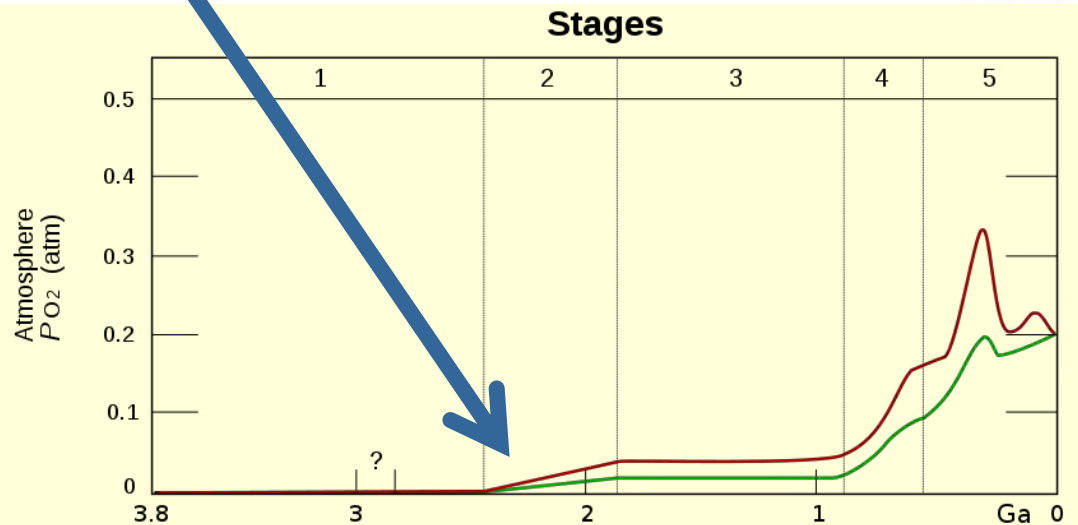
<http://www.slideshare.net/itutor/evolution-and-changes>

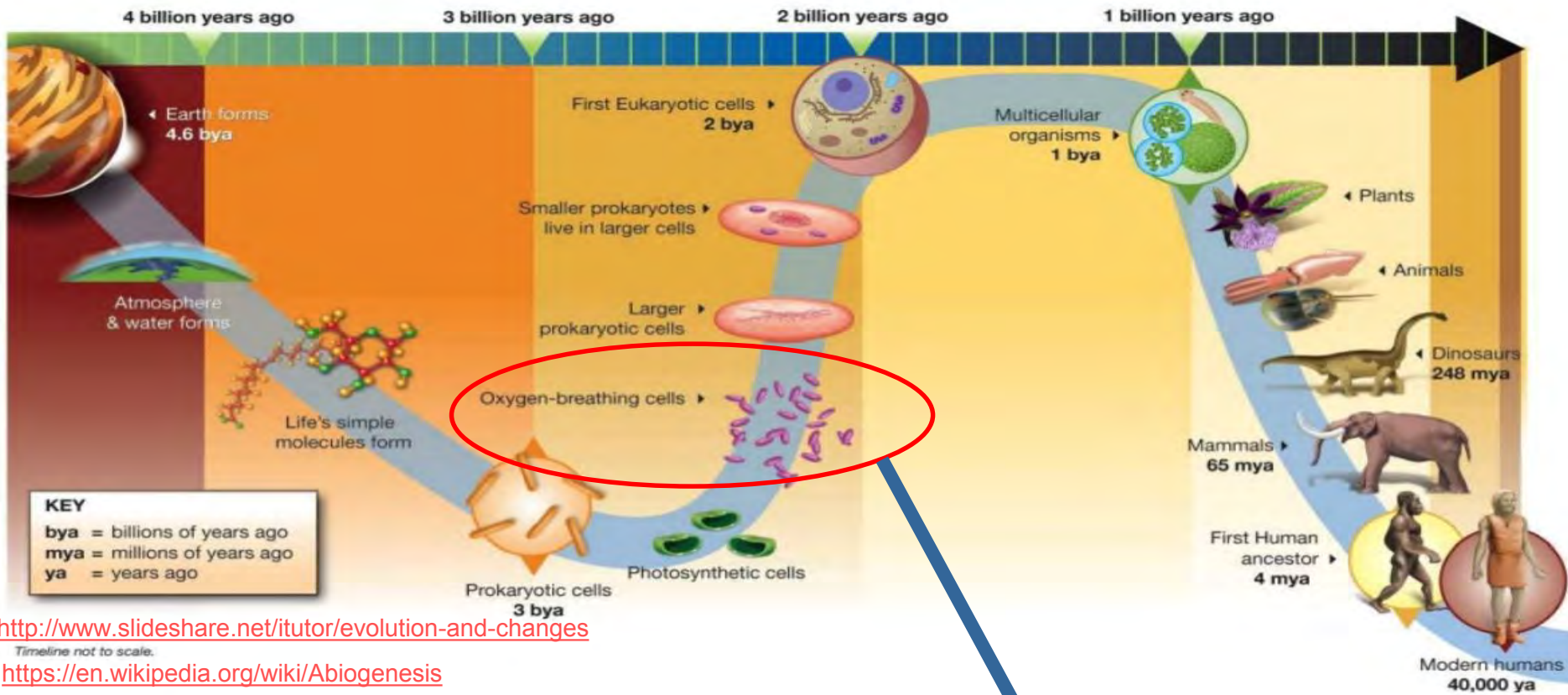
Timeline not to scale.

<https://en.wikipedia.org/wiki/Abiogenesis>

2,4 Ga :

**La Grande Oxydation
(ou catastrophe de l'oxygène)**



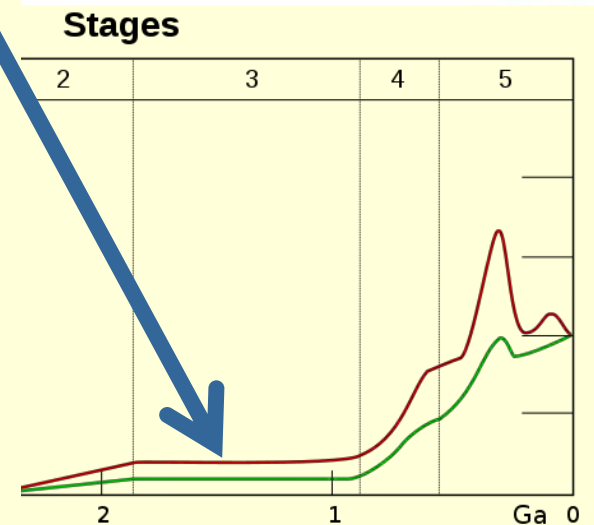


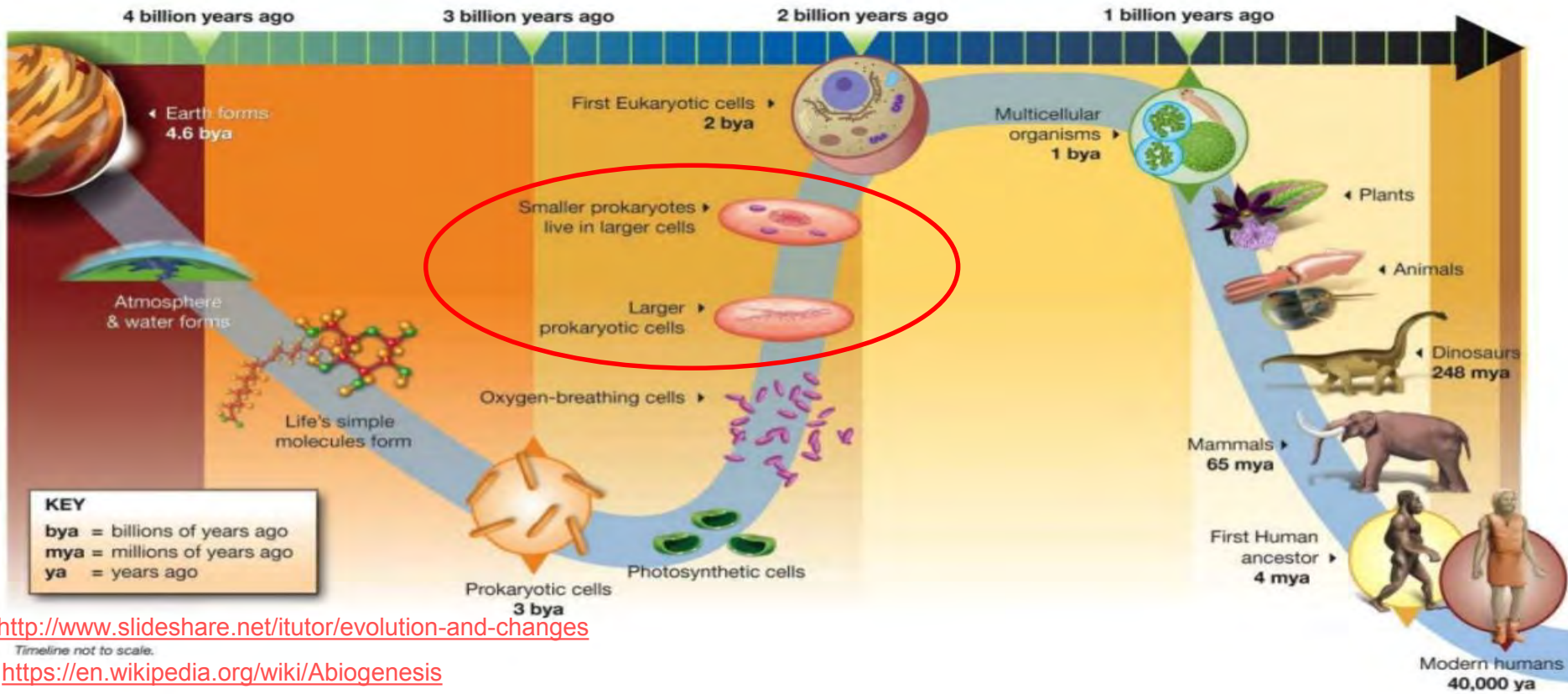
<http://www.slideshare.net/itutor/evolution-and-changes>

Timeline not to scale.

<https://en.wikipedia.org/wiki/Abiogenesis>

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.

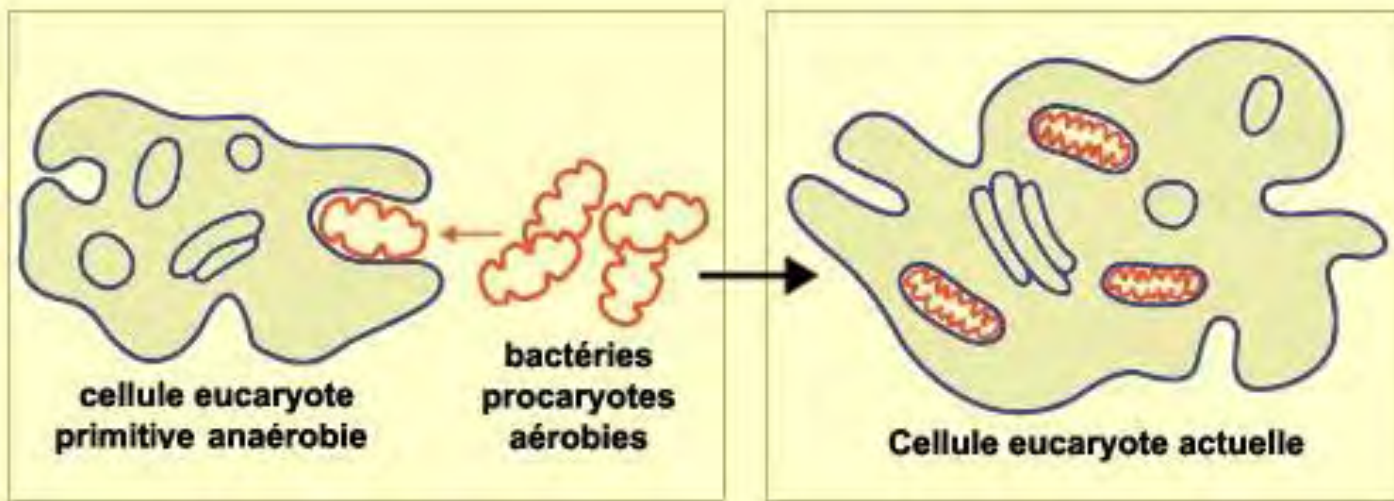




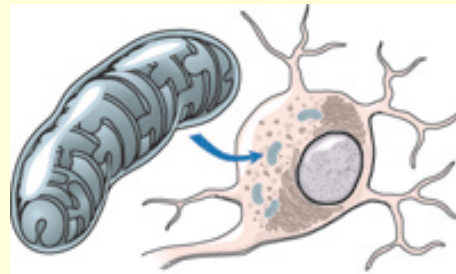
<http://www.slideshare.net/itutor/evolution-and-changes>

Timeline not to scale.

<https://en.wikipedia.org/wiki/Abiogenesis>



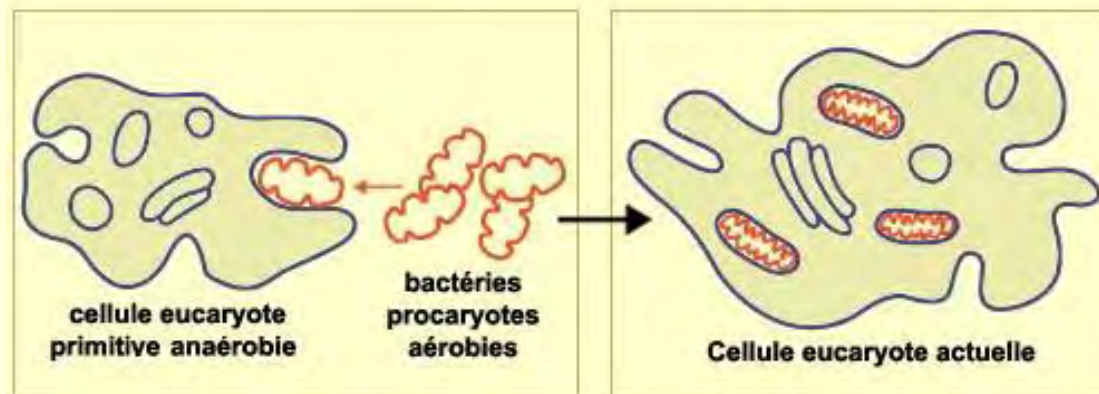
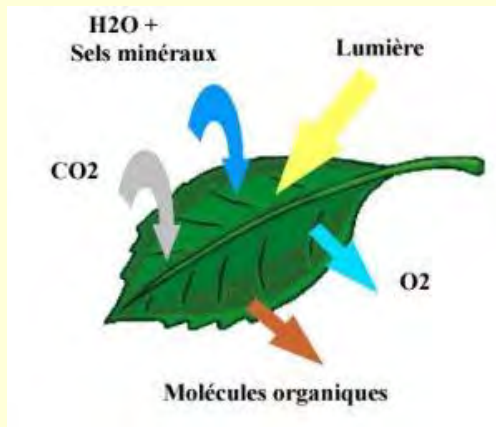
« Pas de mutation à l'origine de la **photosynthèse**
ou pas relation **symbiotique** cellules eucaryotes - bactéries aérobies
(qui sont des événements **contingents ou accidentels**),
pas de neurones si énergivores.
Pas de neurones, pas de cerveaux.
Pas de cerveaux, pas d'humains ! »

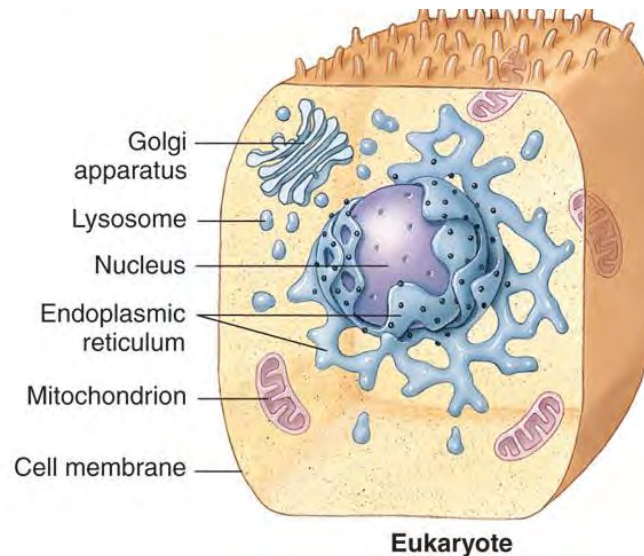
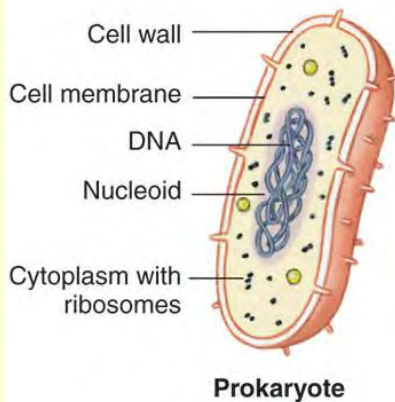
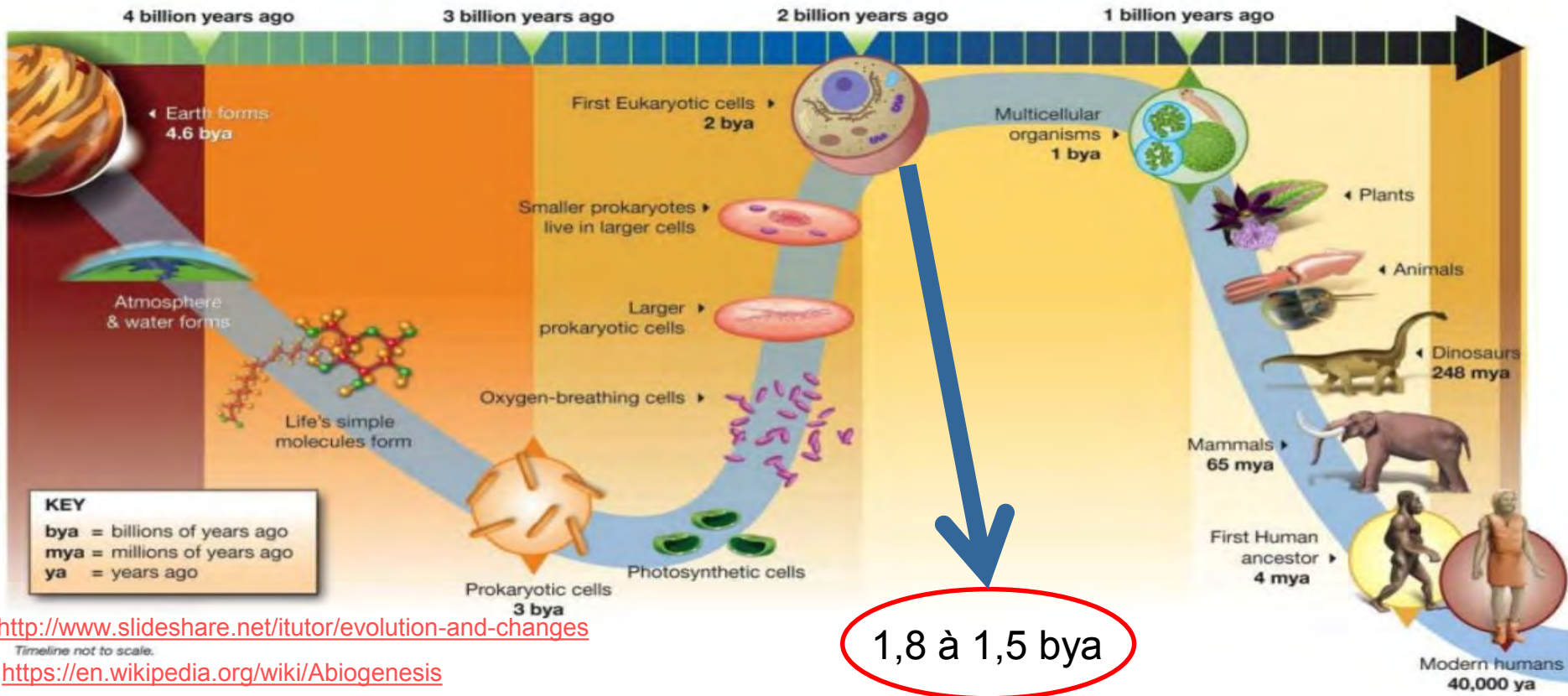


Car encore aujourd'hui,
chaque cellule de
votre cerveau possède
des **mitochondries**
qui utilisent l'**oxygène**.

What
Caused
Life's Major
Evolutionary
Transitions?

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

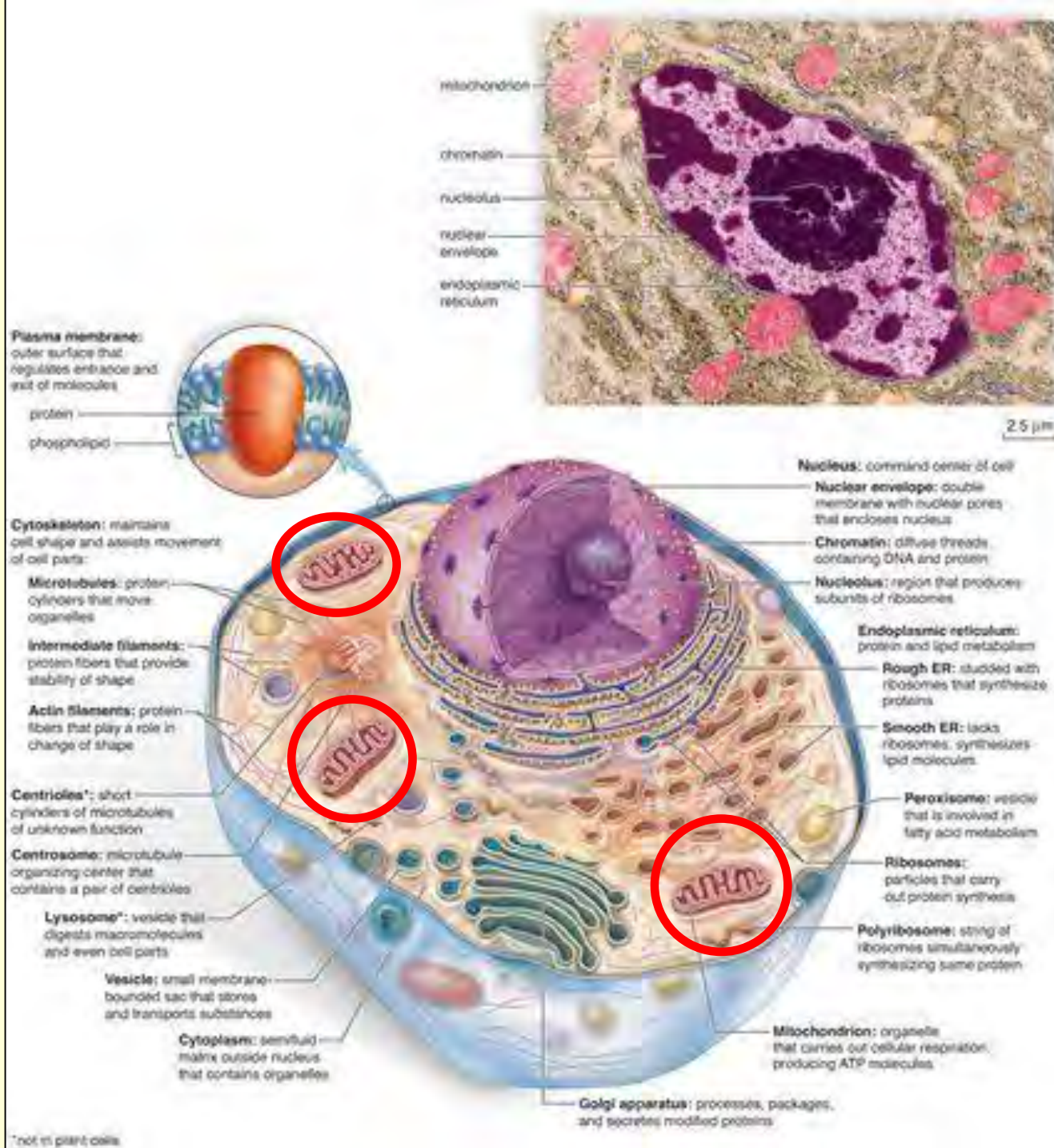




Les réseaux complexes se « compartimentalisent »

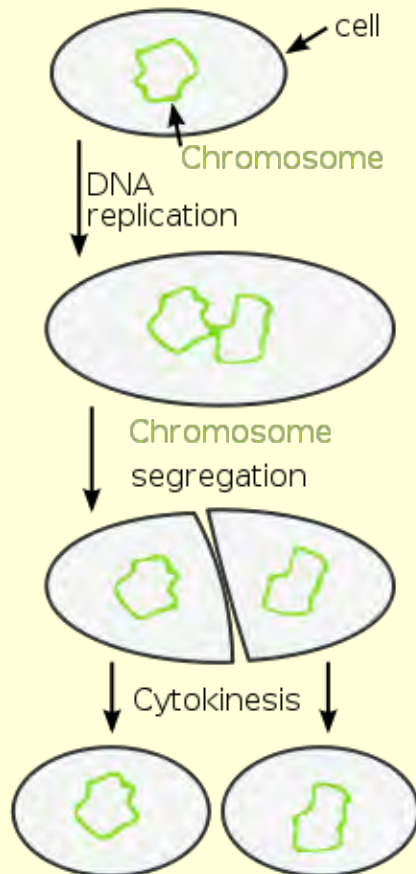
Dans le **noyau**, où se retrouve l'ADN.

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

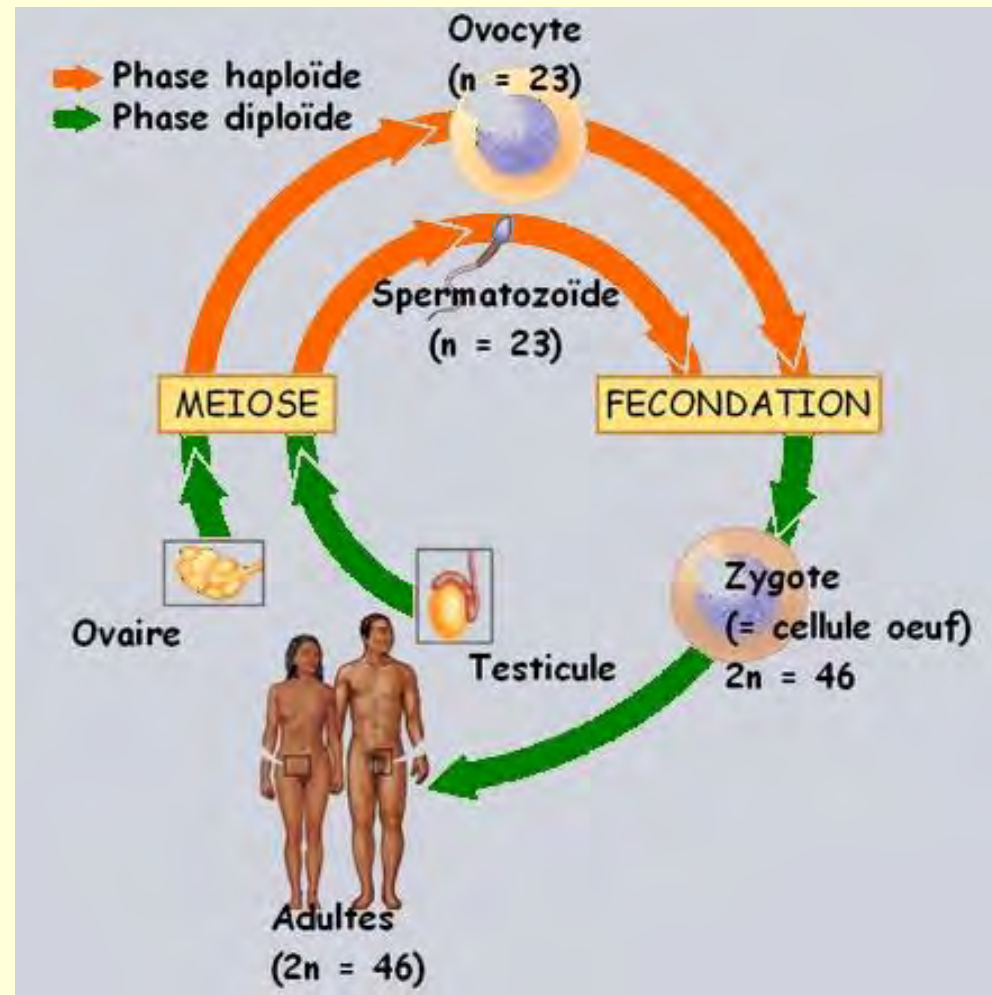


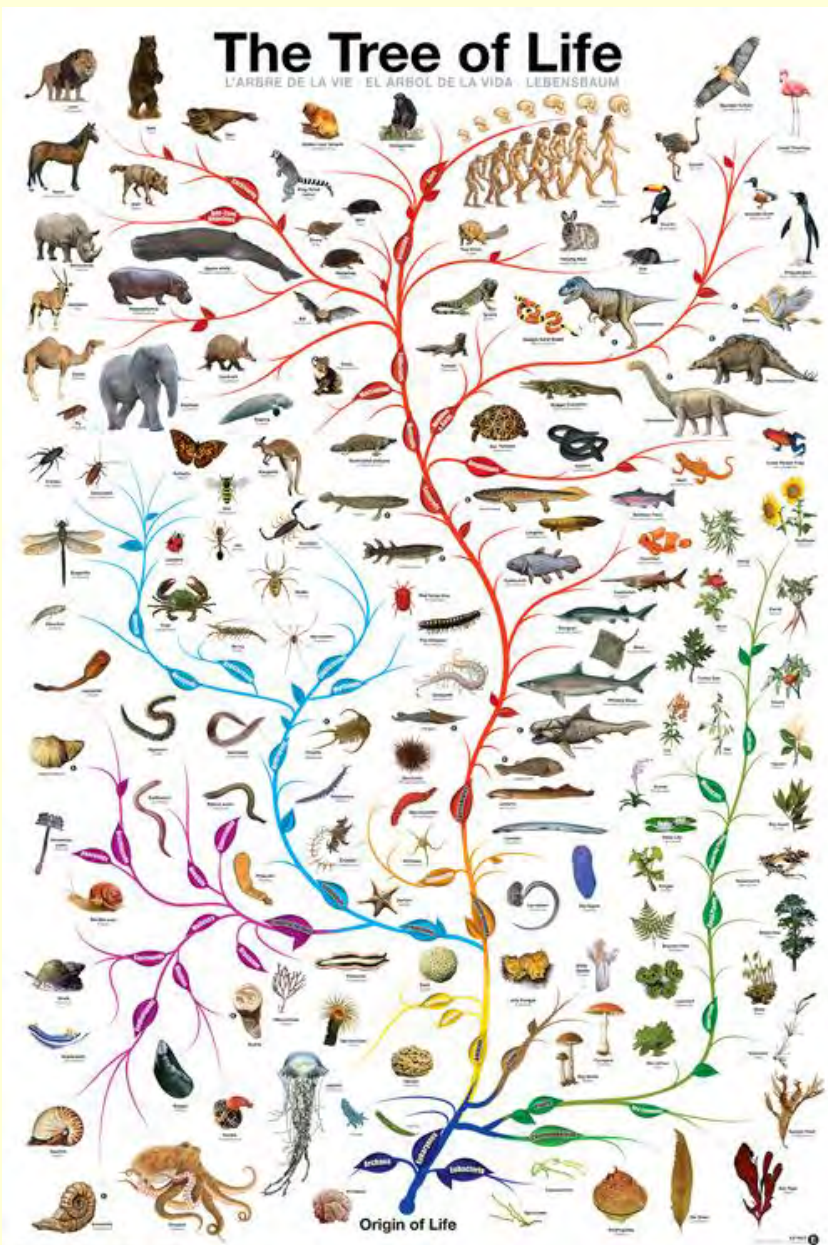
Autre étape importante : apparition de la **reproduction sexuée**, vraisemblablement avec les premiers eucaryotes.

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

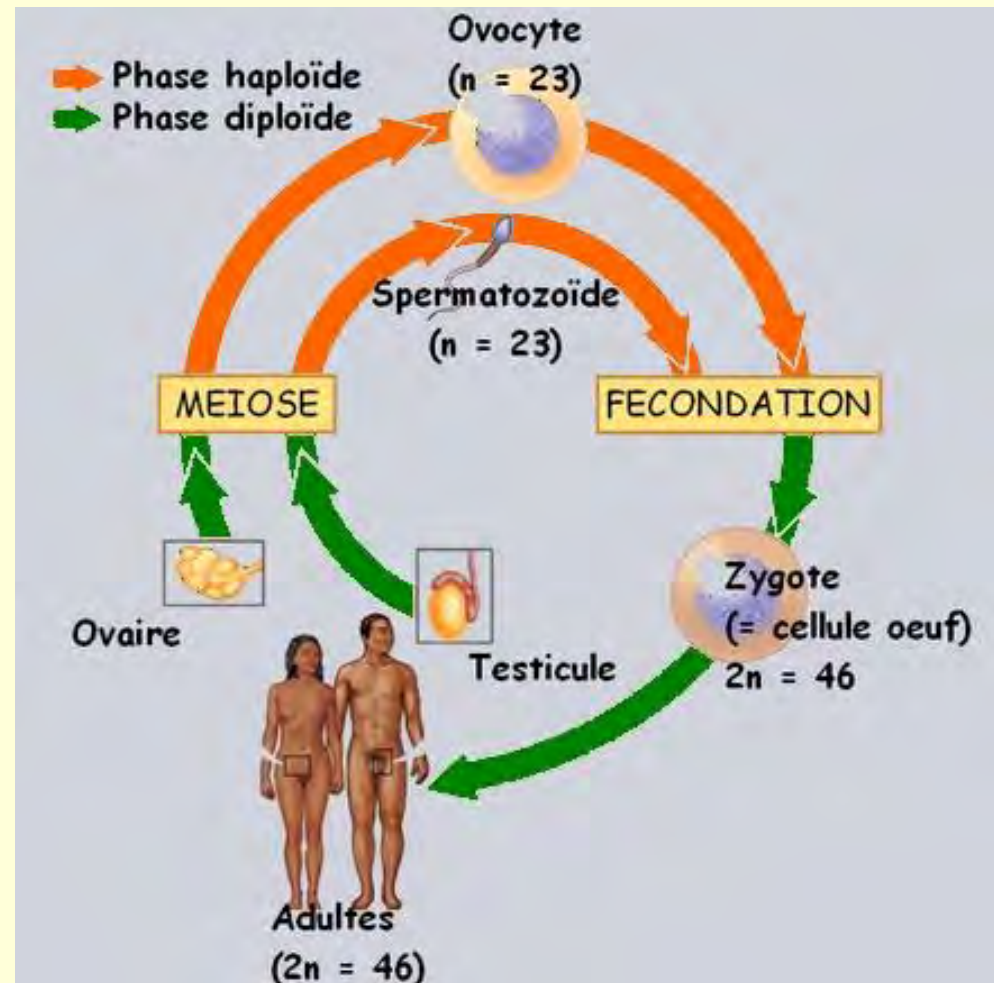


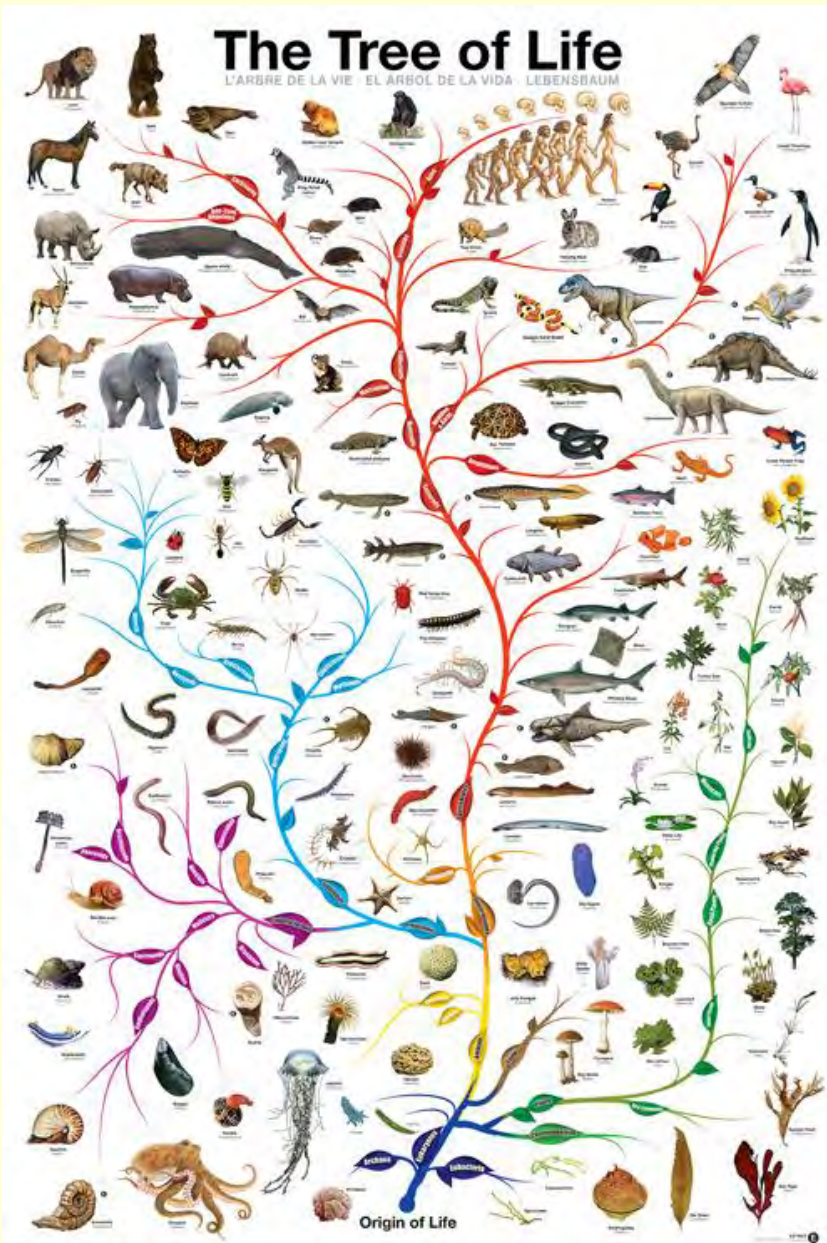
La sexualité : **deux** « parent » se mettent ensemble pour faire **un** individu toujours **différent** grâce au **brassage** du patrimoine génétique (crée beaucoup plus de **diversité**)





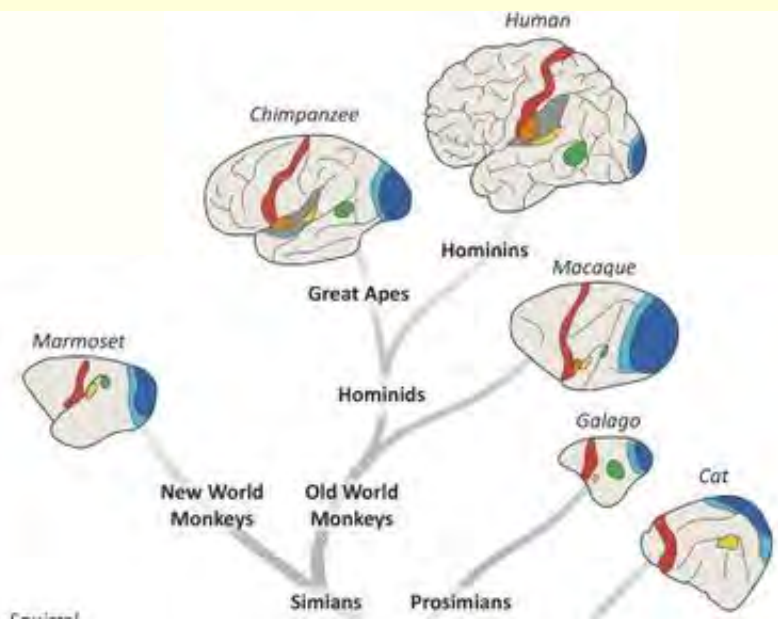
La sexualité : **deux** « parent » se mettent ensemble pour faire **un** individu toujours **différent** grâce au **brassage** du patrimoine génétique (crée beaucoup plus de **diversité**)





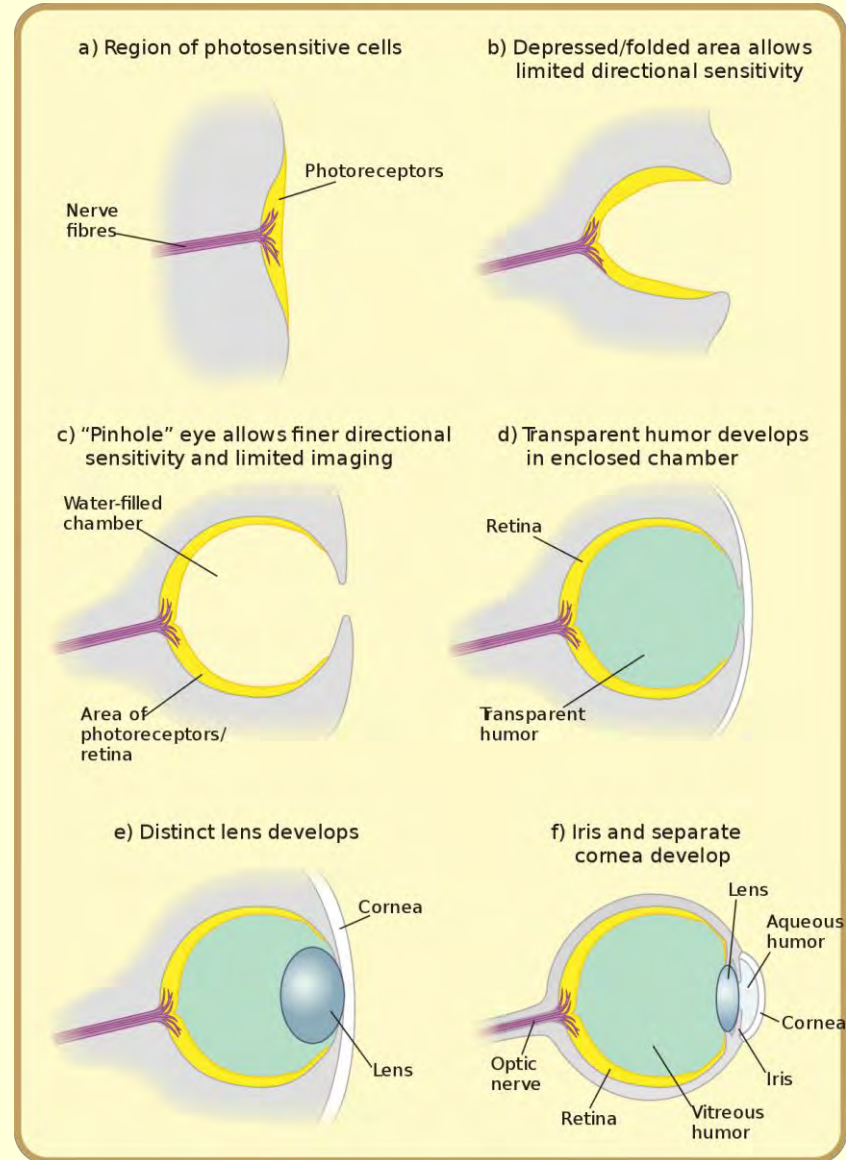
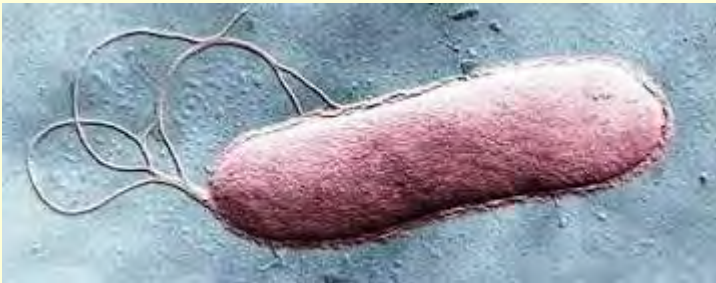
« Pas de sexualité, peu de diversité.
Peu de diversité, peu d'évolution
biologique.

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

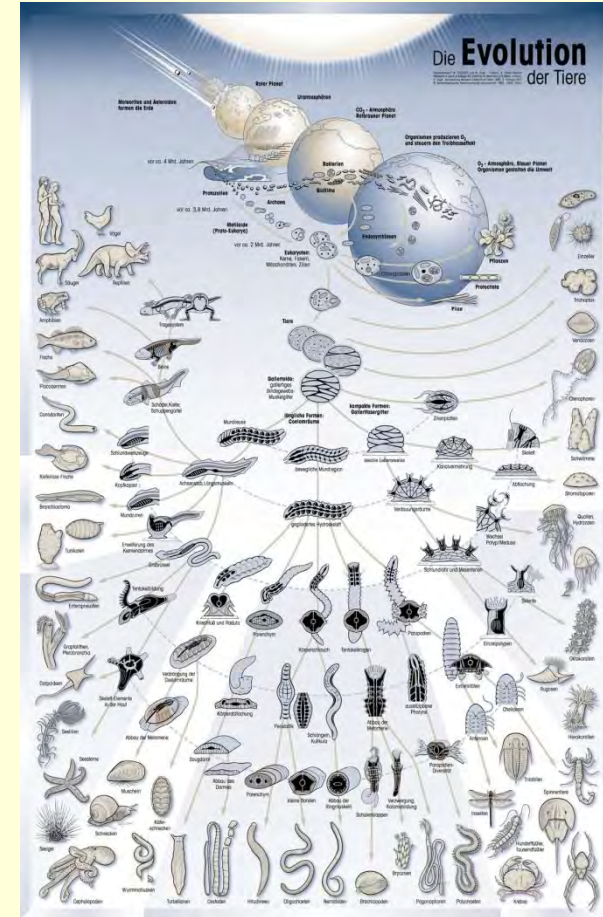
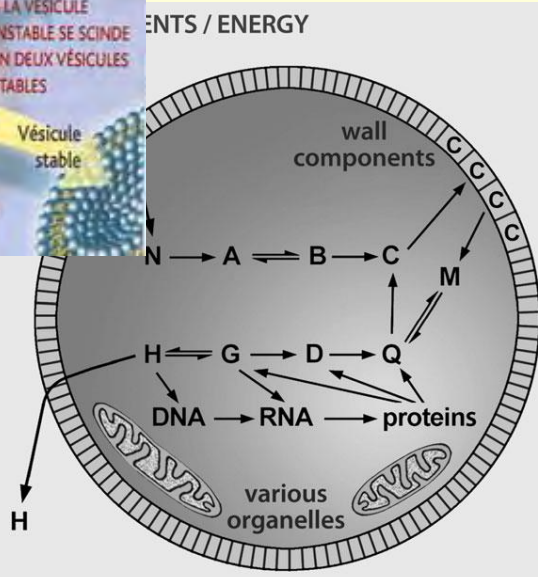
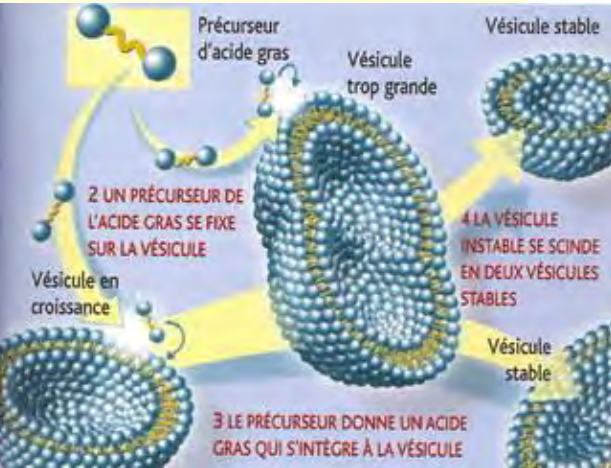
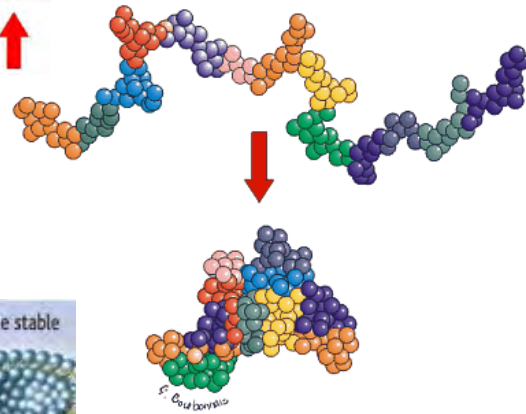
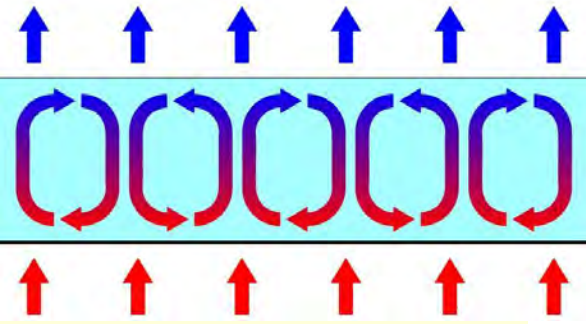


Avec la sélection naturelle :

ce sont de petits changements **structuraux** qui créent éventuellement une **fonction** nouvelle (et non l'inverse)



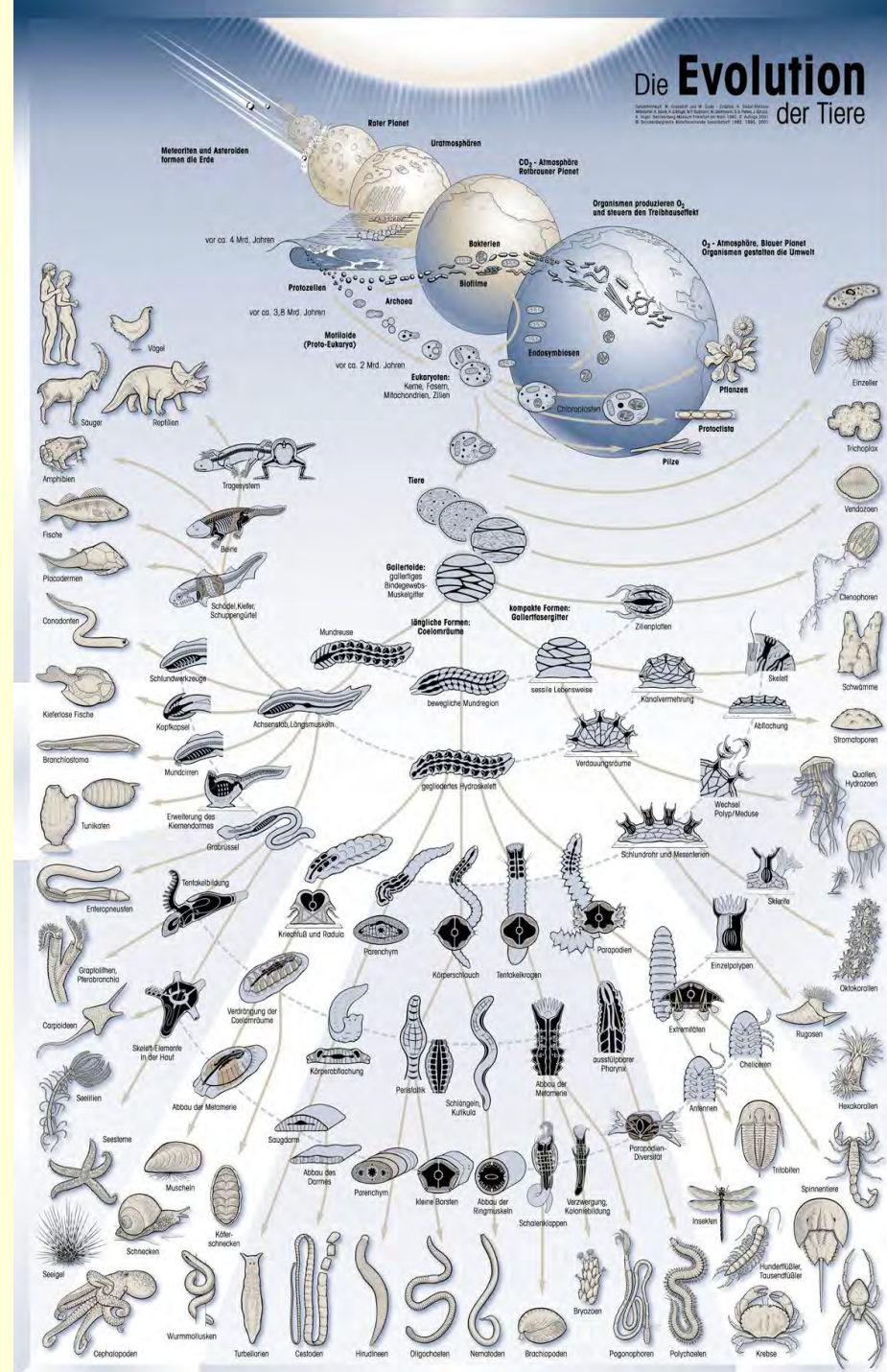
Auto-organisation + Diversité & Sélection

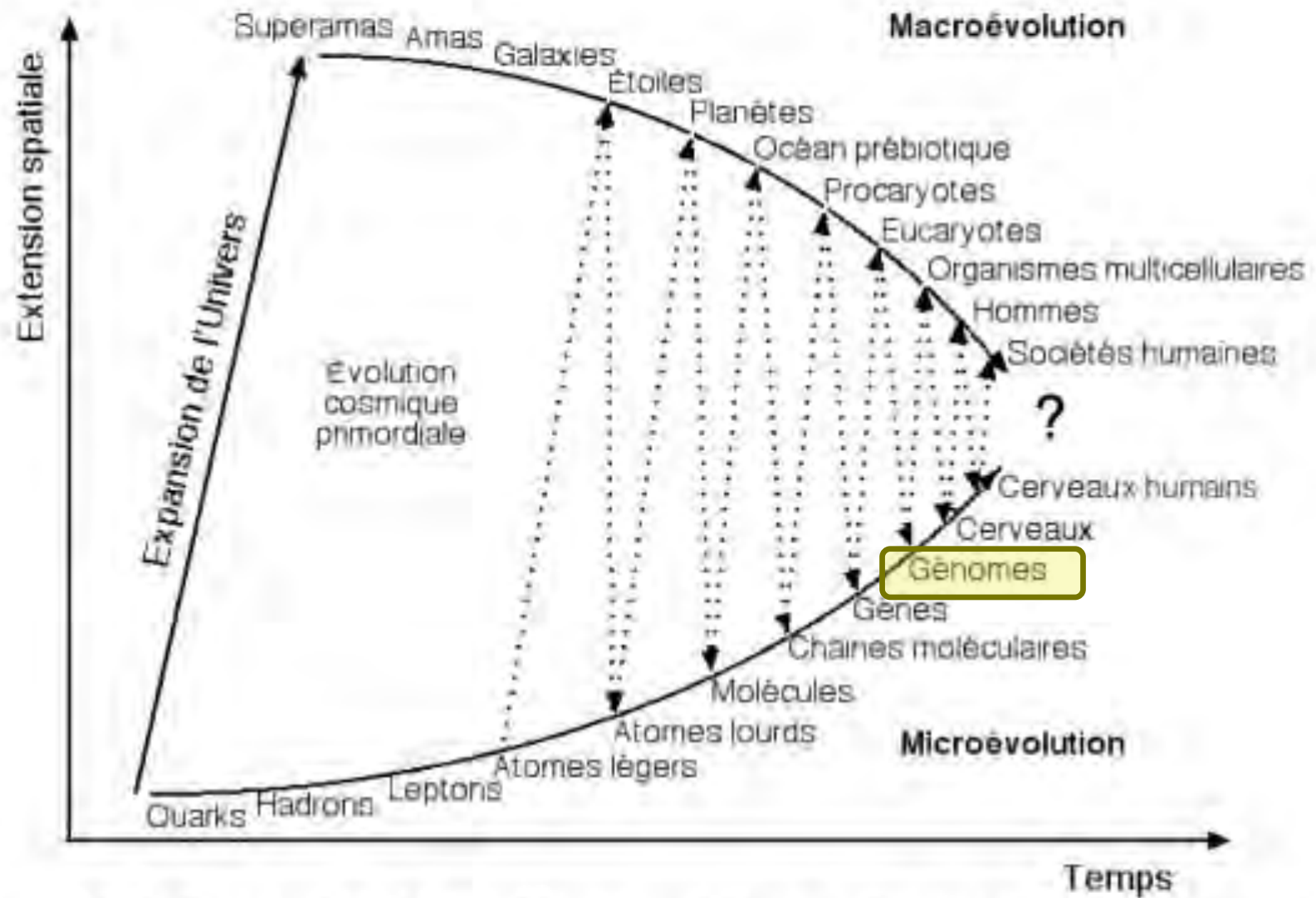


= deux processus fondamentaux qui se renforcent mutuellement (théorie des systèmes évolutifs)

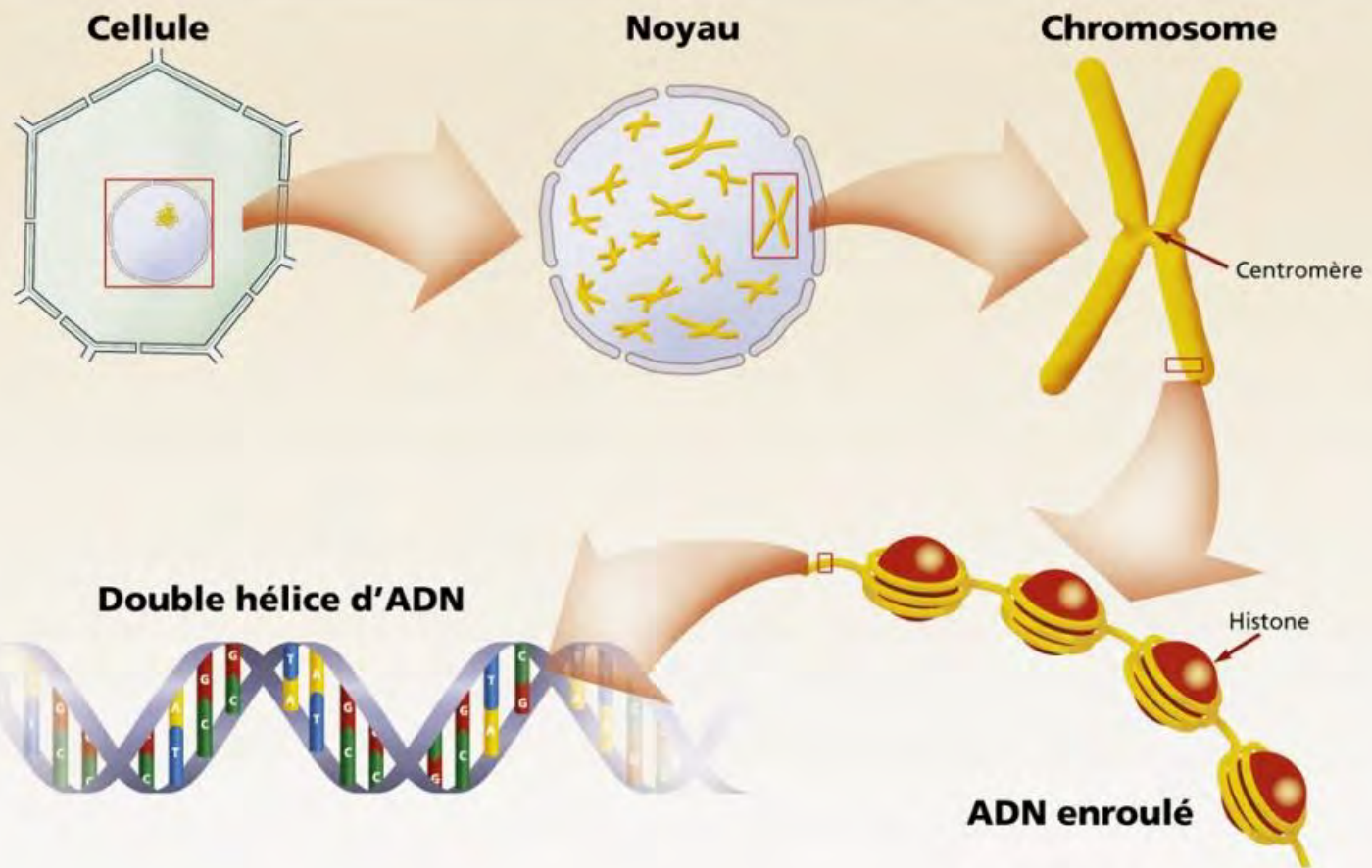
« Le monde compte 4 millions d'animaux et de végétaux différents – 4 millions de solutions au même problème : **rester en vie.** »

- David Attenborough,
réalisateur naturaliste, 1926-
La vie sur Terre, 1979





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.

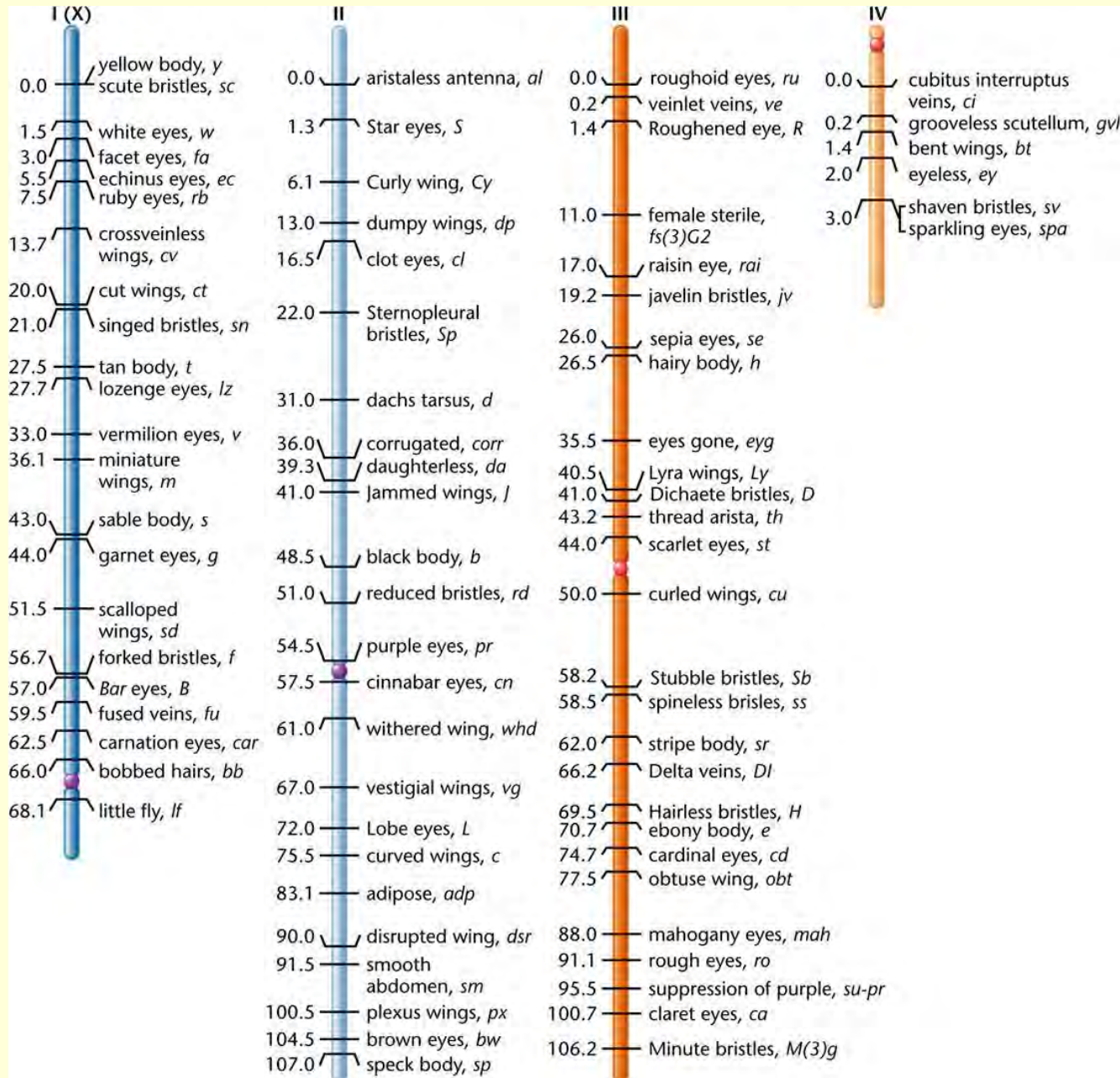
Mouche mutante



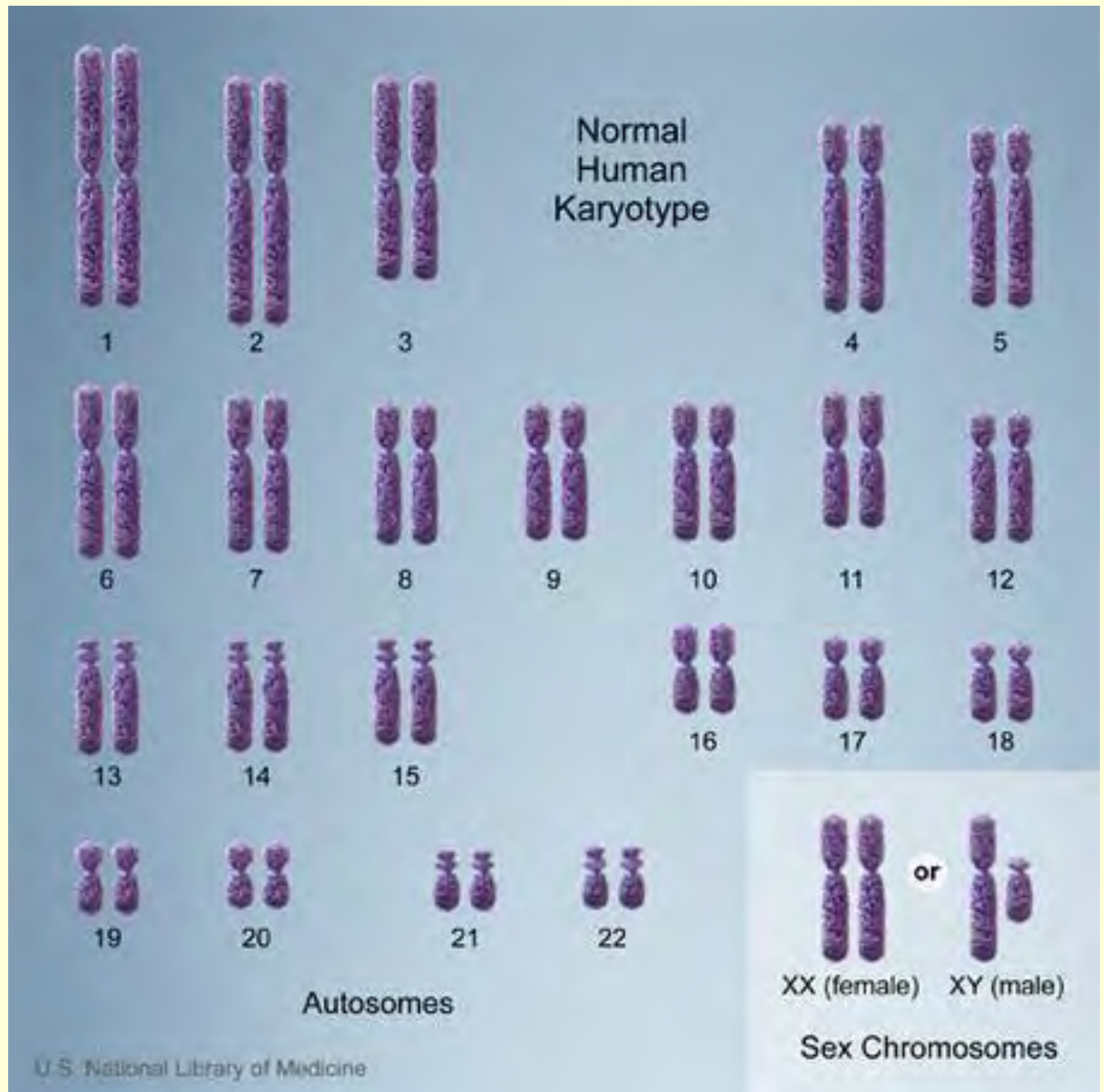
Mouche normale

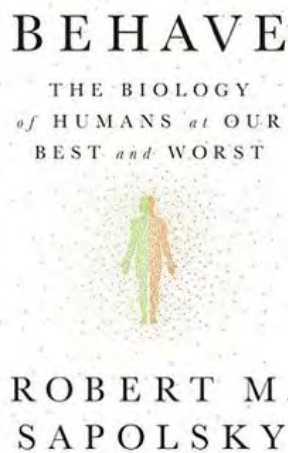


La mouche drosophile a un génome constitué de **13 000 gènes** portés sur **4 paires de chromosomes**



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





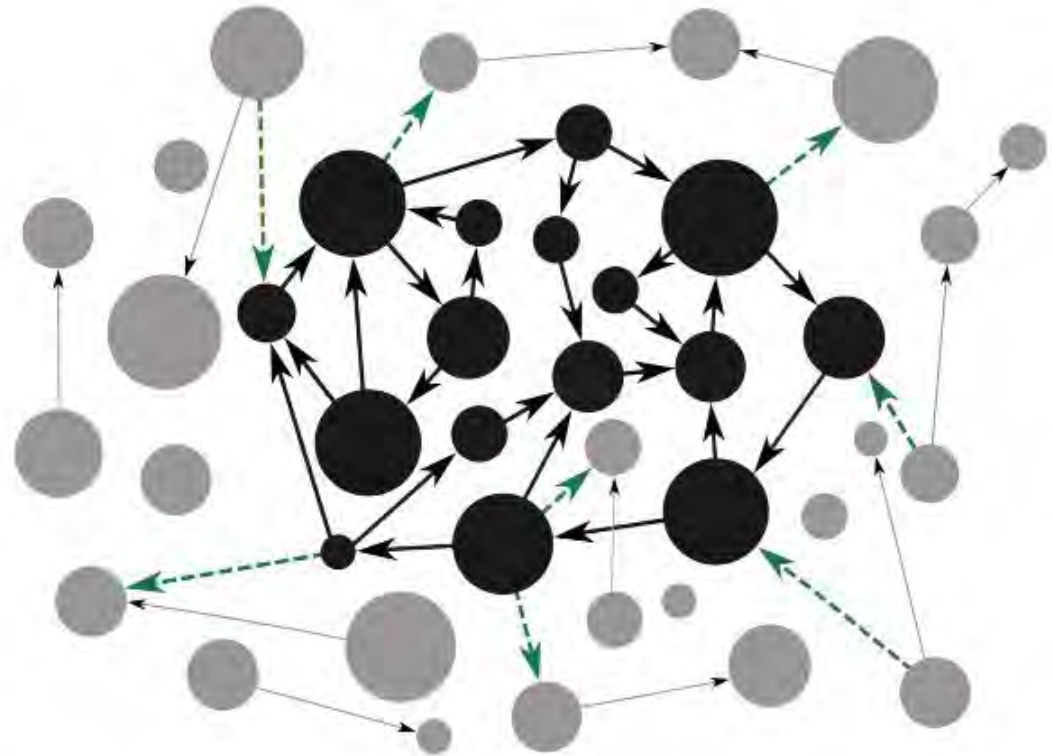
Genes have plenty to do with behavior. Even more appropriately, all behavioral traits are affected to some degree by genetic variability.⁶⁵ They have to be, given that they specify the structure of all the proteins pertinent to every neurotransmitter, hormone, receptor, etc. that there is. And they have 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).



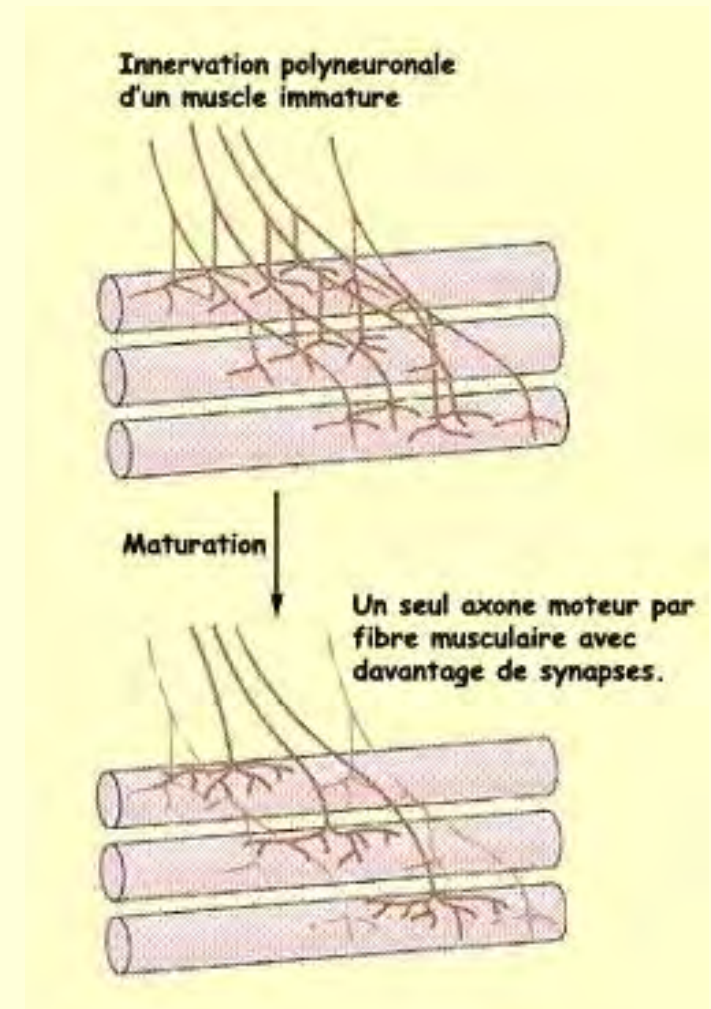
Copyright Ezequiel Di Paolo, 2013. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported License. http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.en_US

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 !

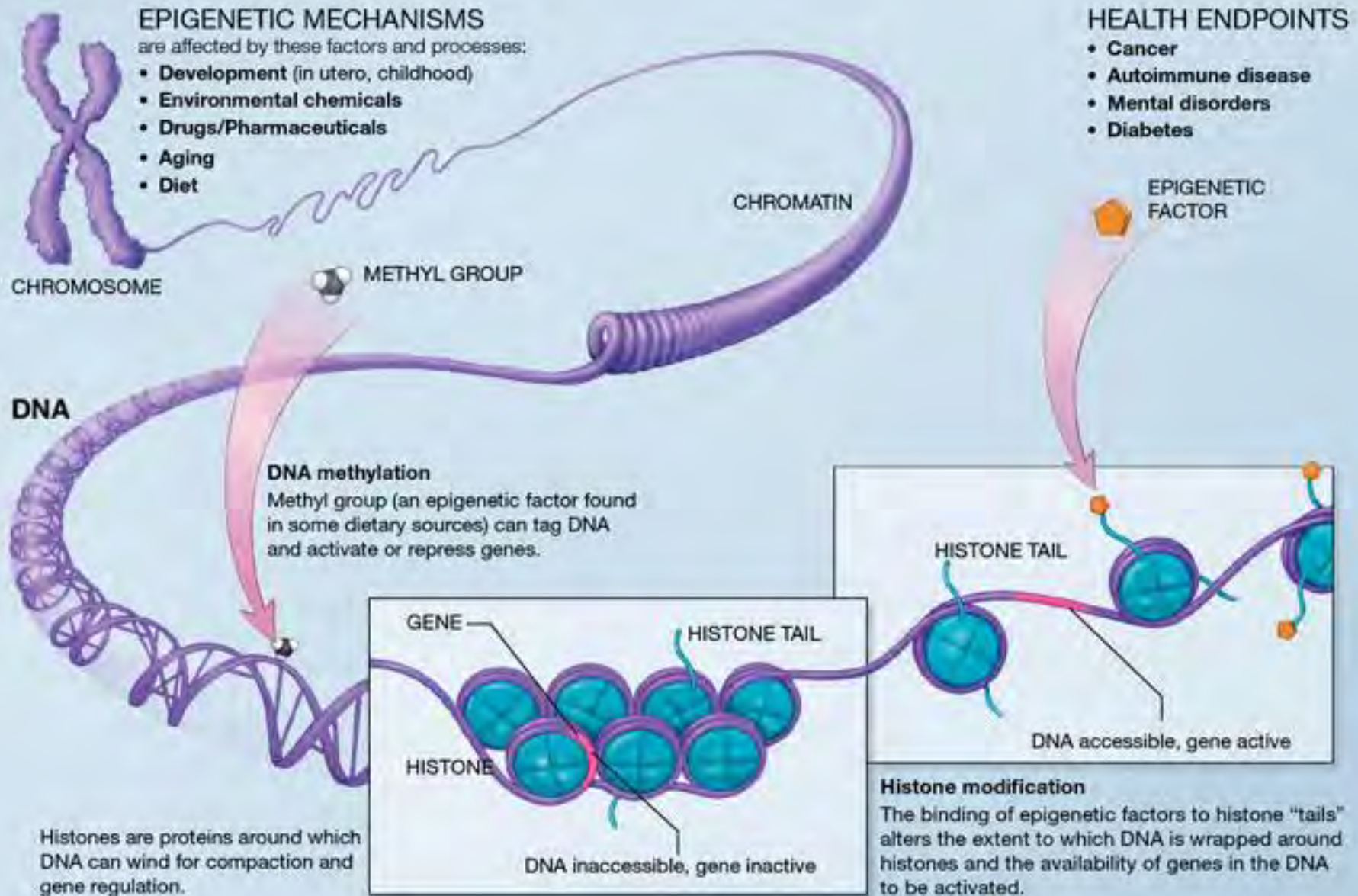
Il va donc devoir y avoir des choses qui se passent « après les gènes », durant le développement.

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

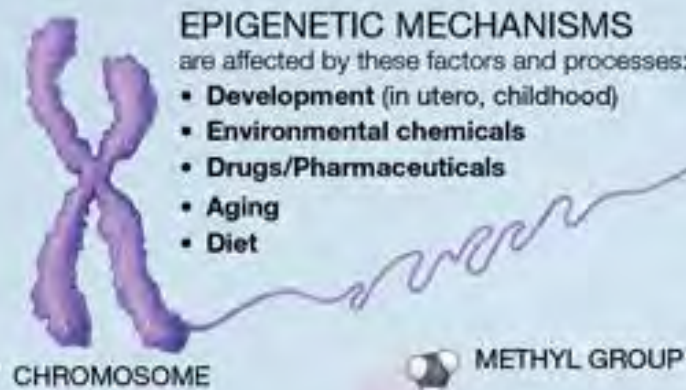
Ils sont sous le contrôle de l'activité du réseau et se font sur le mode "darwinien" de **compétition** et **d'élimination** de synapses.



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



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



Can we really inherit trauma?

December 18, 2018

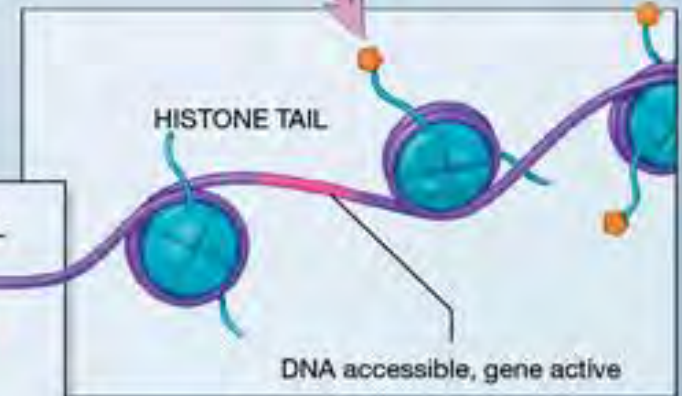
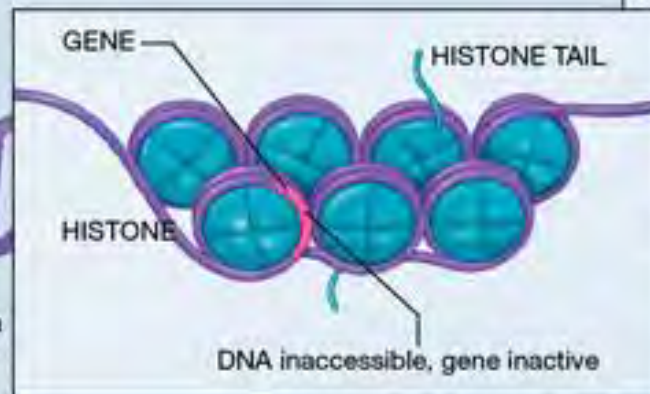
http://mindblog.dericbownds.net/2018/12/can-we-really-inherit-trauma.html?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed%3A+Mindblog+%28MindBlog%29

MindBlog has mentioned a number of studies that claim that the effects of trauma can be passed through generations. Carey does a review that notes that **human studies are much less persuasive than animal research using mice**.

DNA

DNA methylation

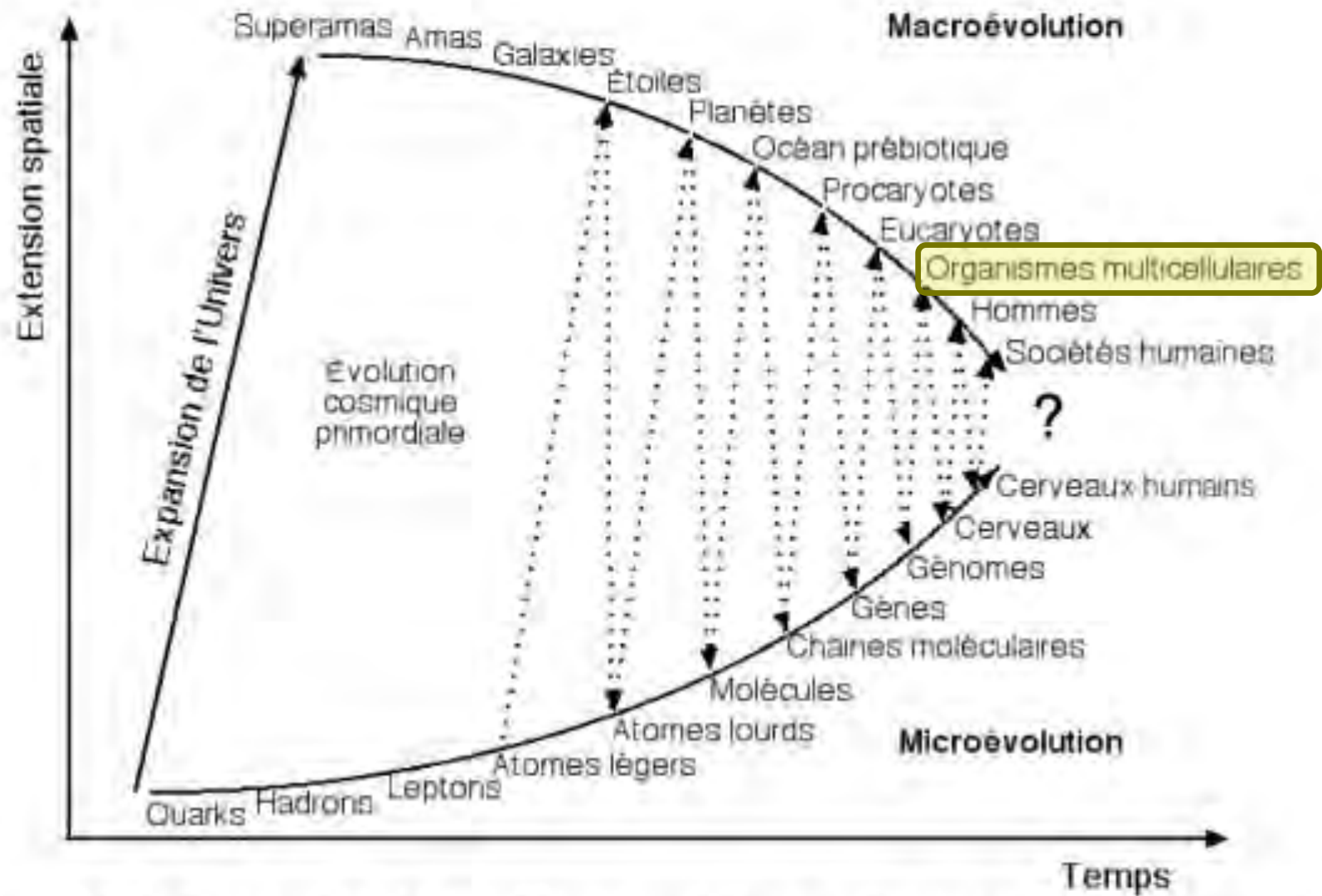
Methyl group (an epigenetic factor found in some dietary sources) can tag DNA and activate or repress genes.



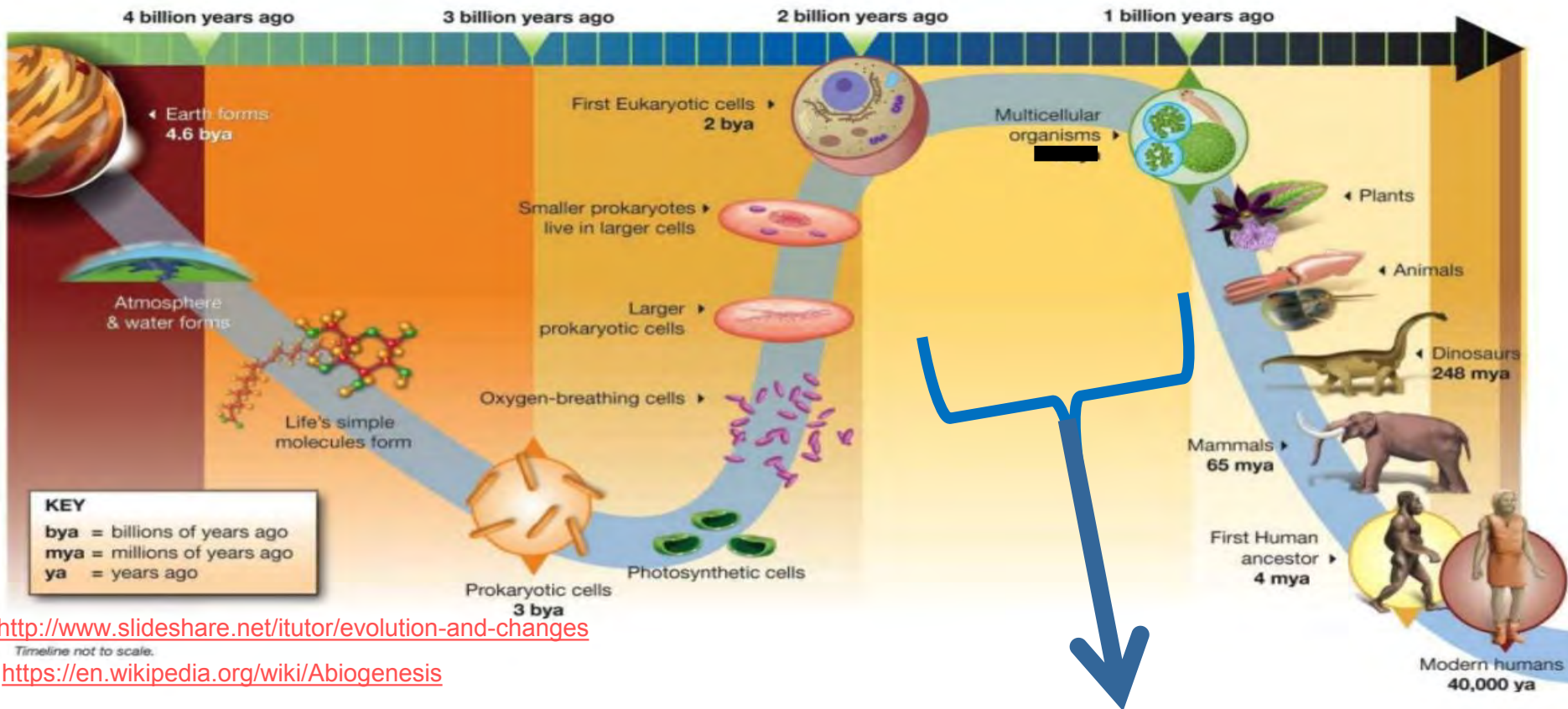
Histone modification

The binding of epigenetic factors to histone "tails" alters the extent to which DNA is wrapped around histones and the availability of genes in the DNA to be activated.

Histones are proteins around which DNA can wind for compaction and gene regulation.



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

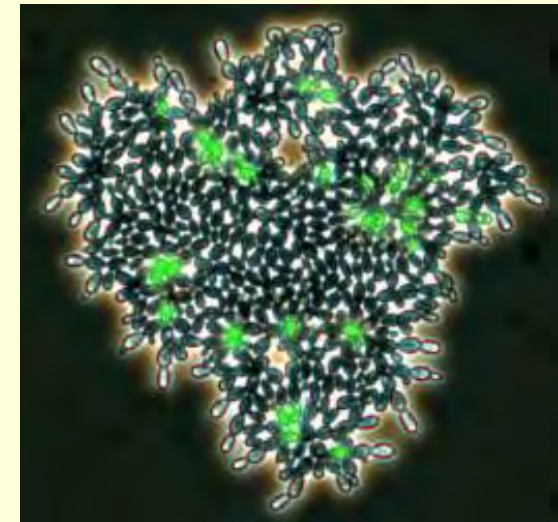


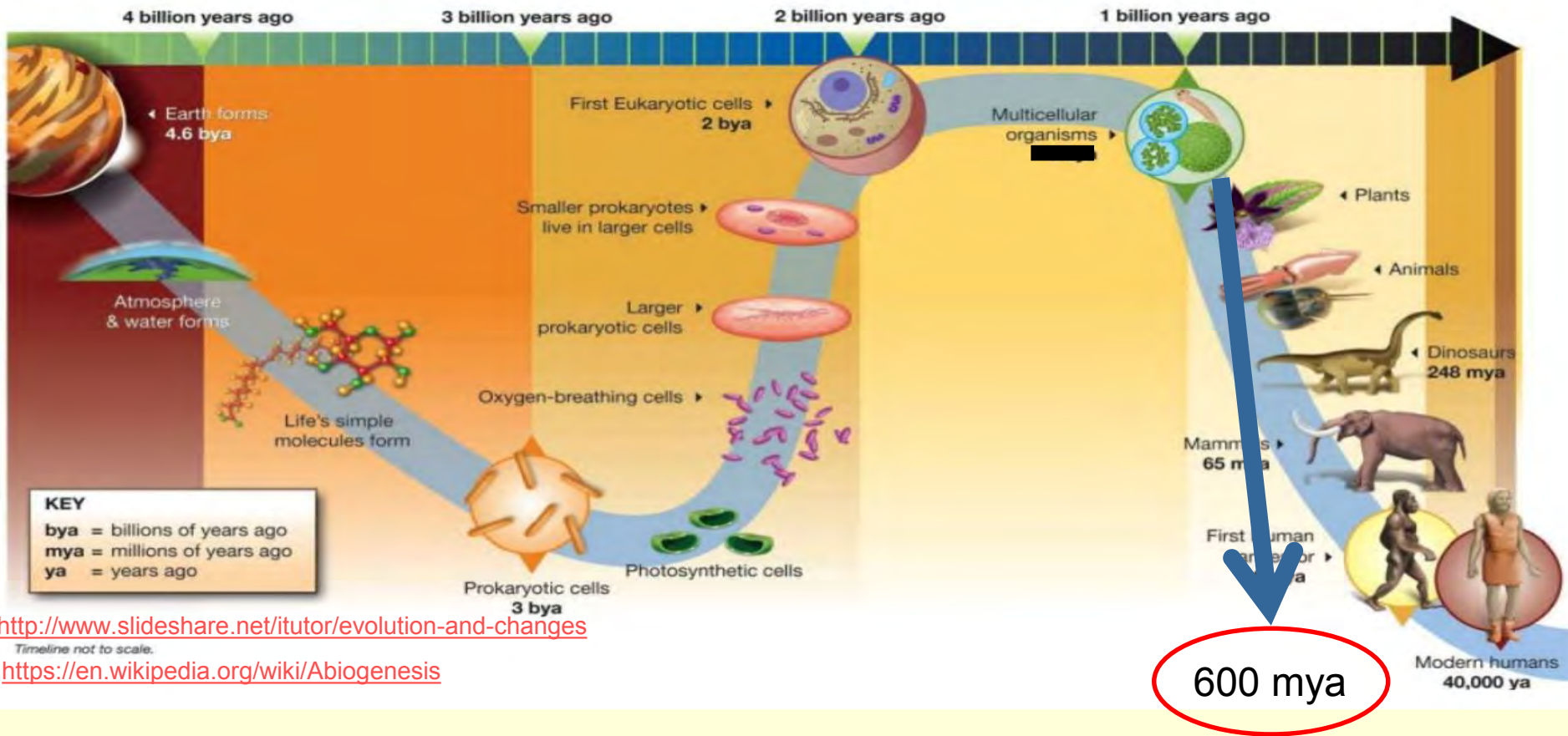
<http://www.slideshare.net/itutor/evolution-and-changes>

Timeline not to scale.

<https://en.wikipedia.org/wiki/Abiogenesis>

À partir d'il y a environ 2 milliards d'années, on estime que la **multicellularité** est apparue au moins 25 fois au cours de l'évolution, par des mécanismes différents.





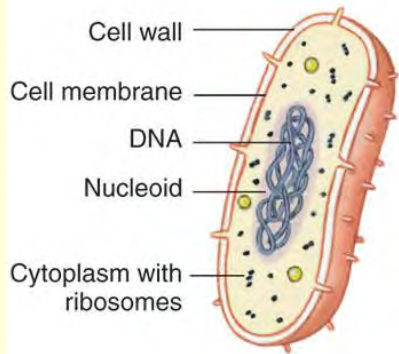
L'émergence de la vie **multicellulaire** apparaît véritablement il y a un peu plus de **600 millions d'années**

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

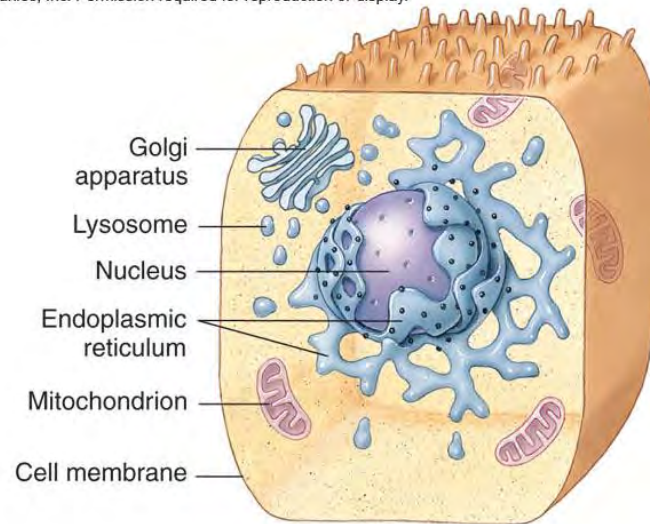


Qu'apporte le passage des unicellulaires aux pluricellulaires ?

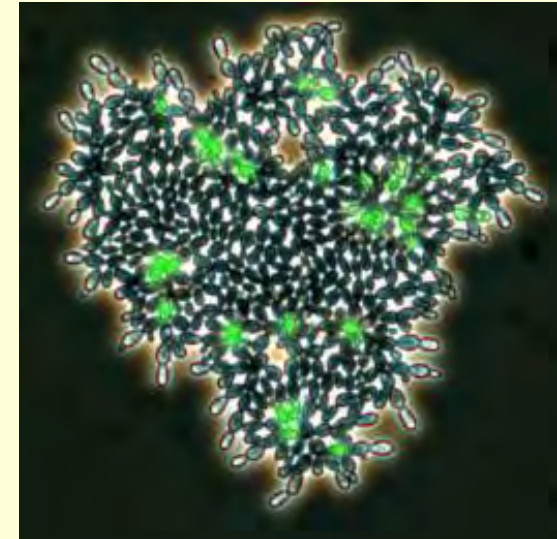
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



Prokaryote



Eukaryote



Accélération du 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

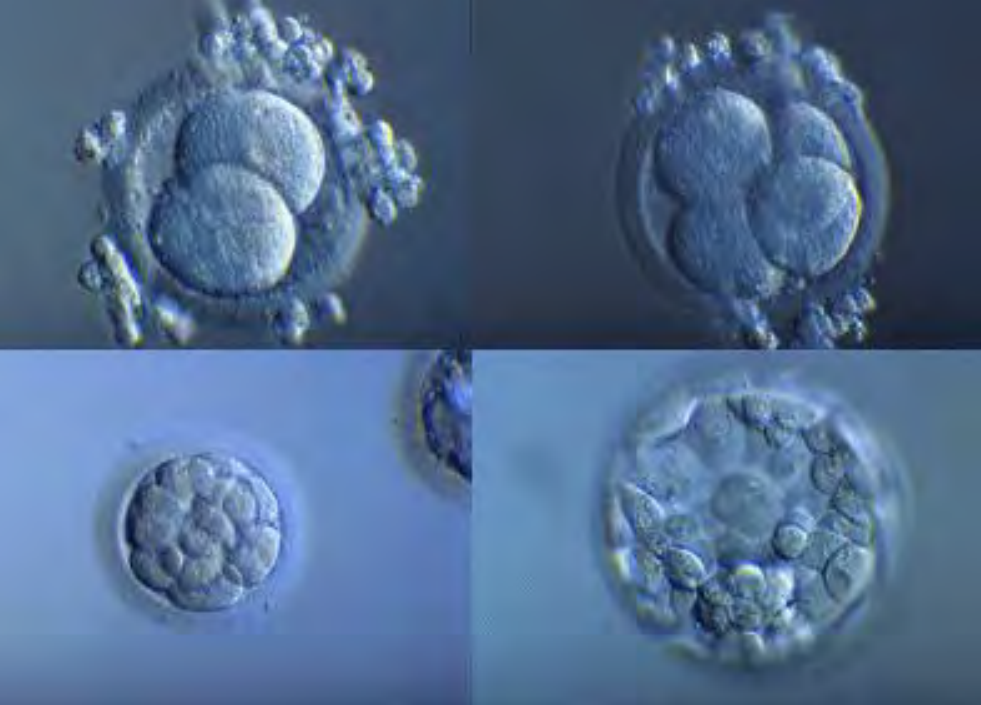
Nerveux

Endocrinien

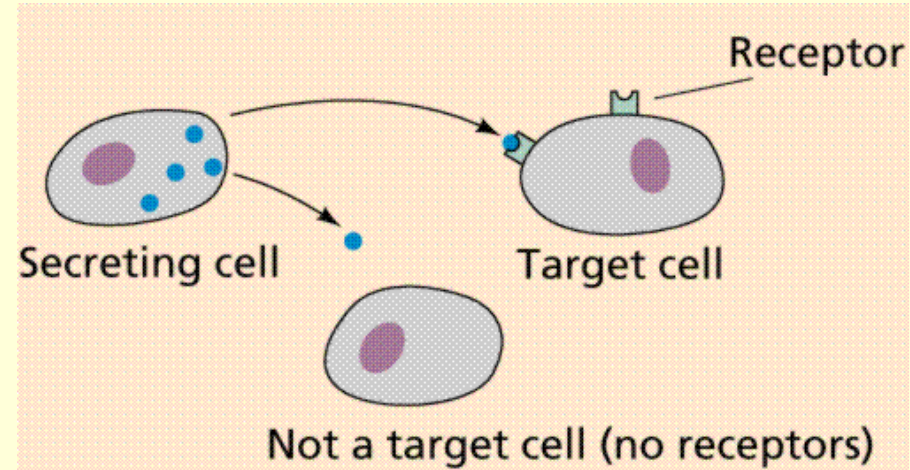
Circulatoire



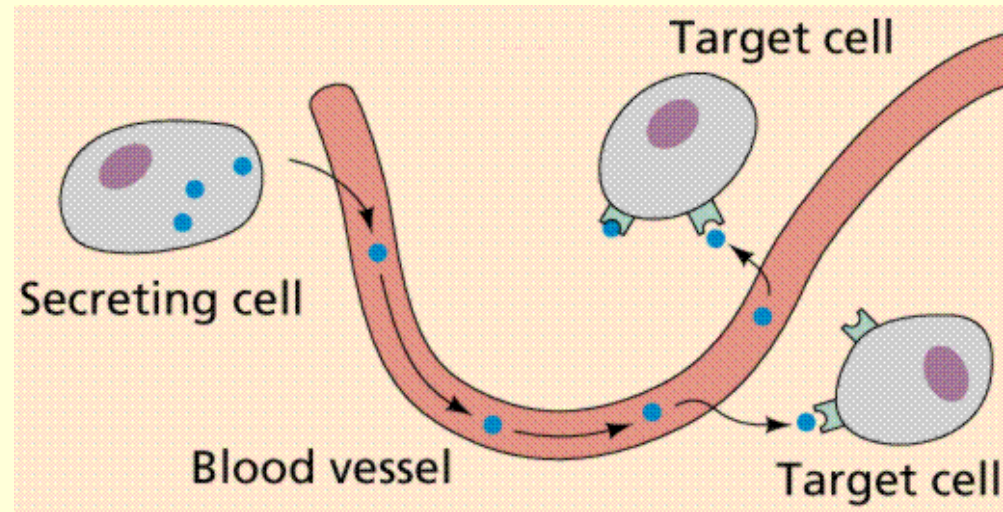
Mais leur origine...

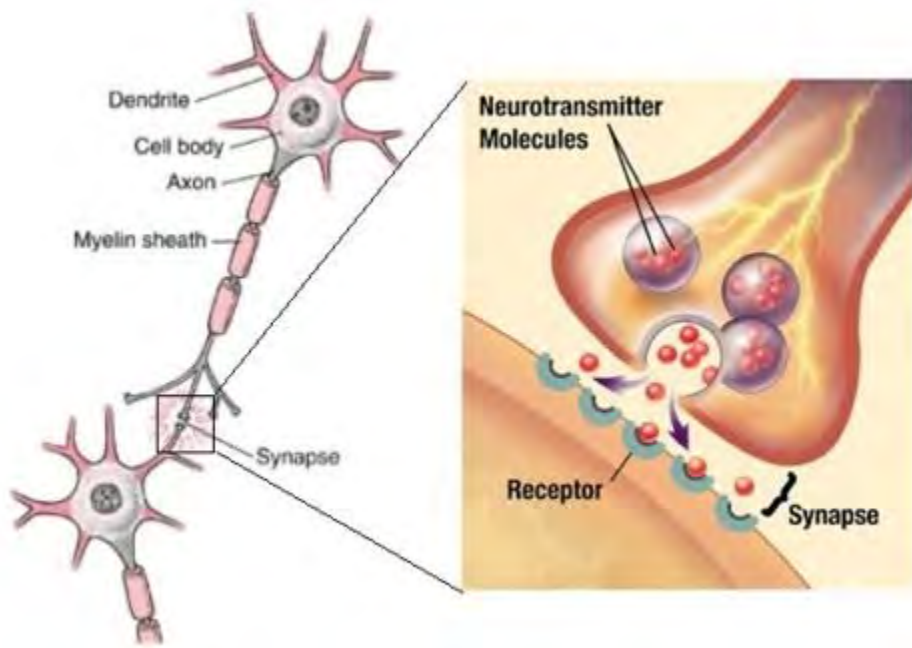


...est très ancienne et moins « tranchée » !

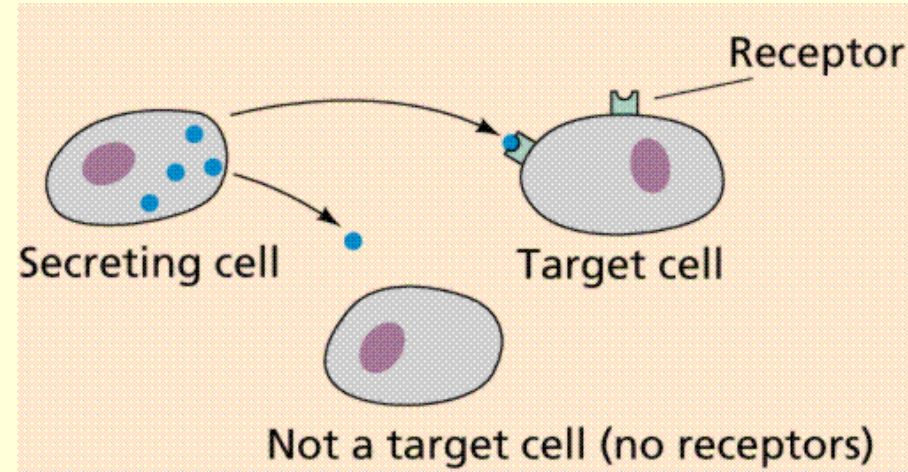


Hormones !
(système endocrinien)

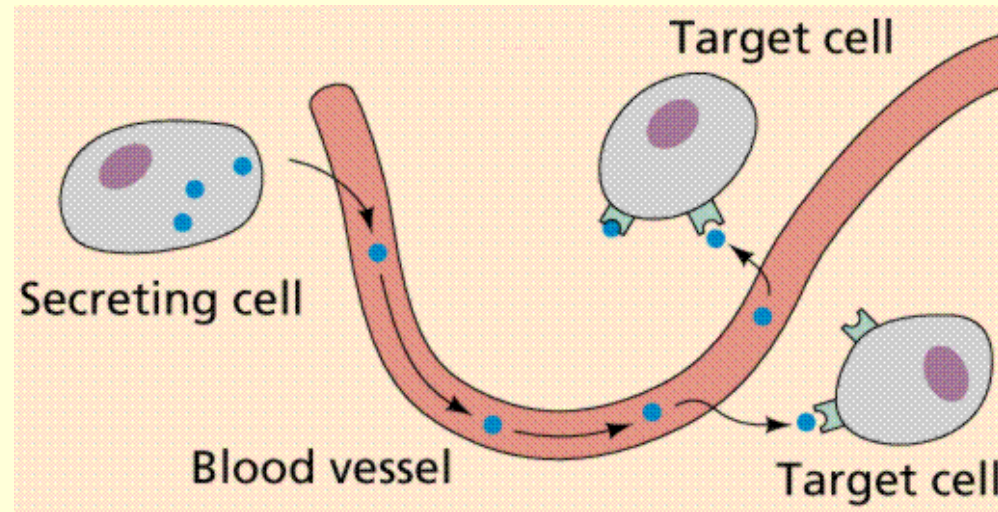




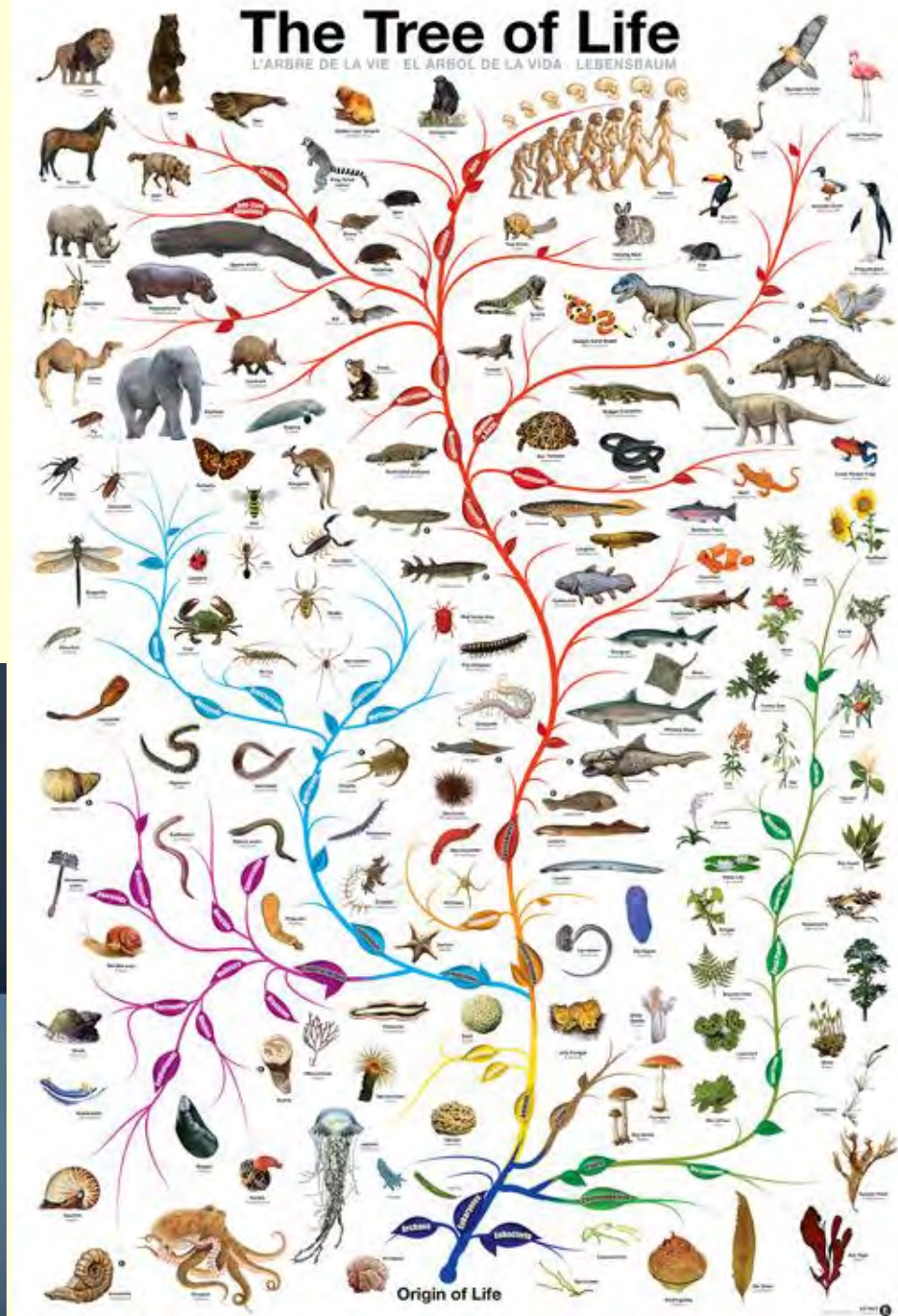
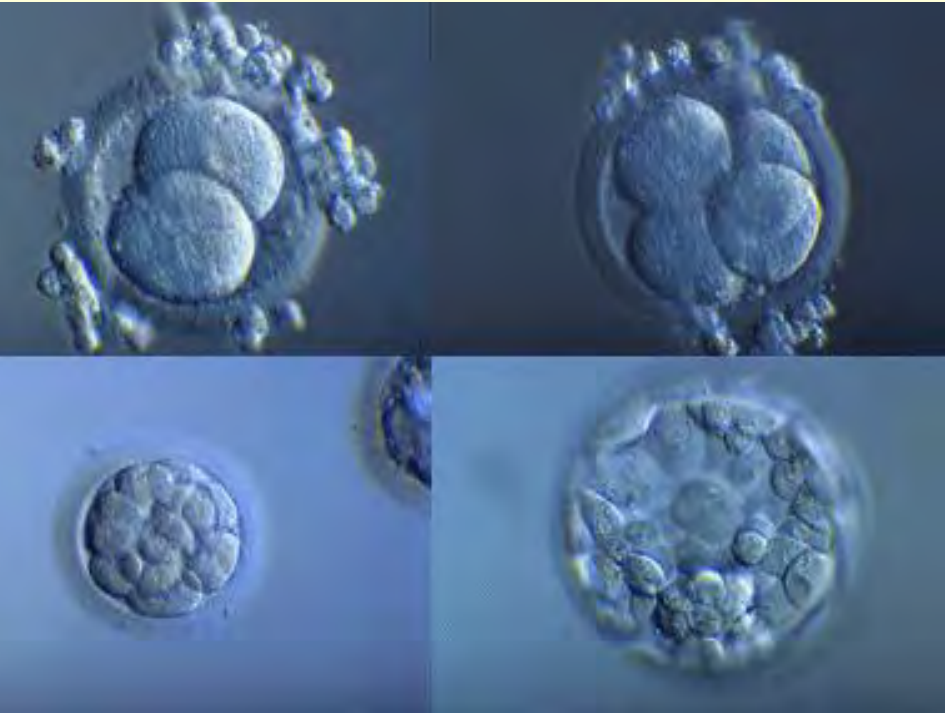
...mais aussi neurotransmetteurs et récepteur des neurones du **système nerveux !**

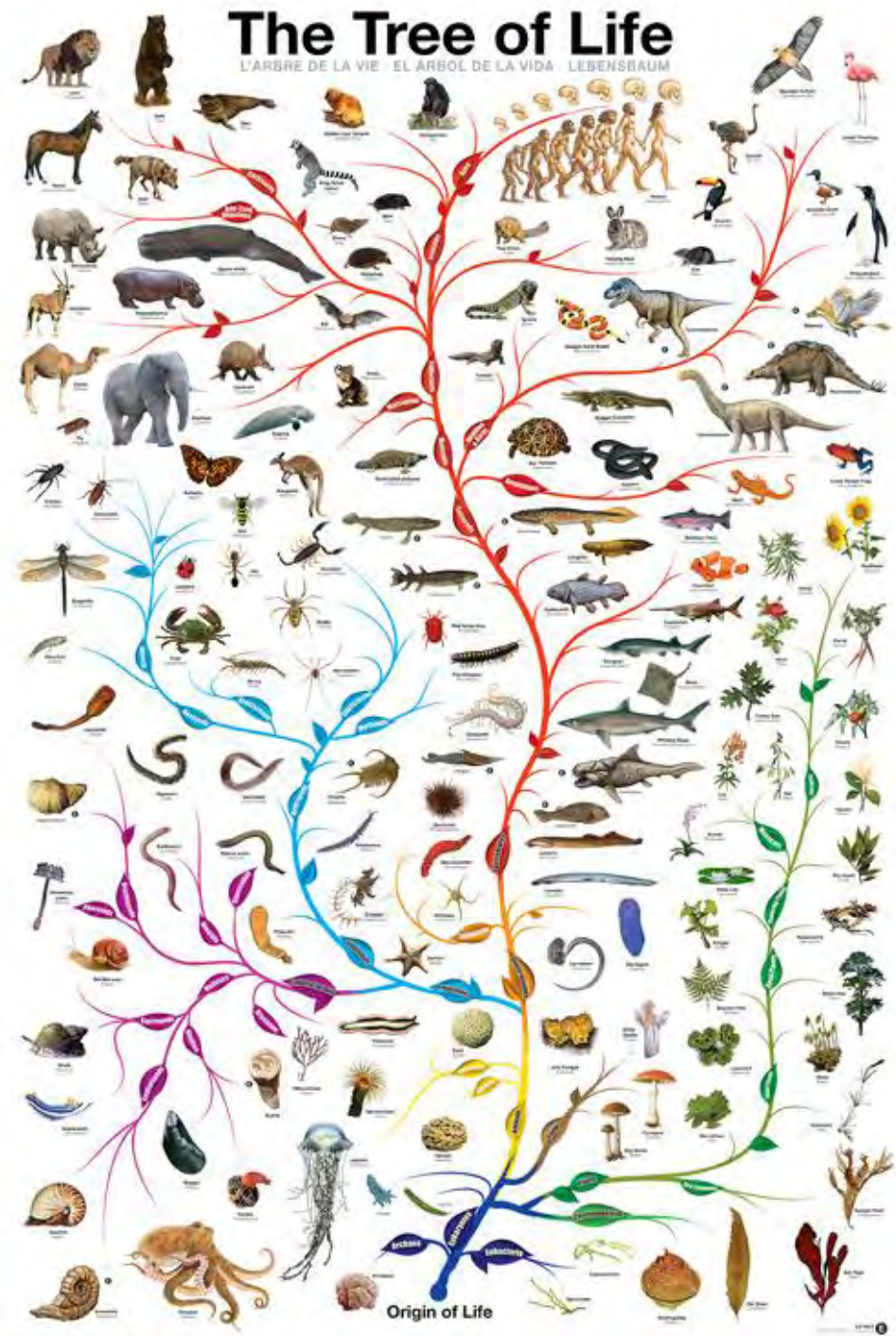
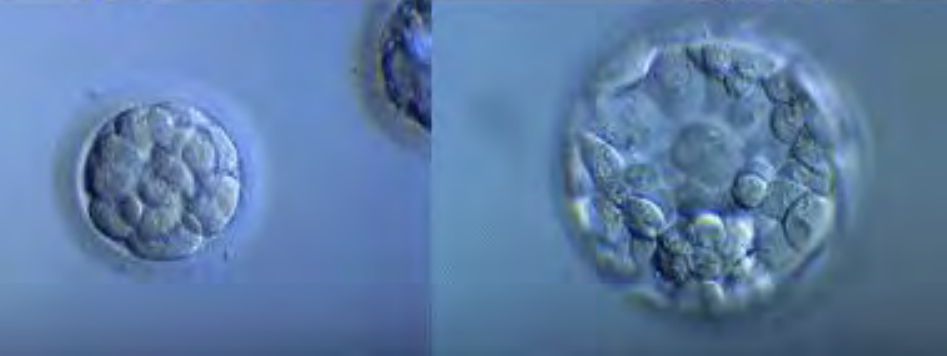
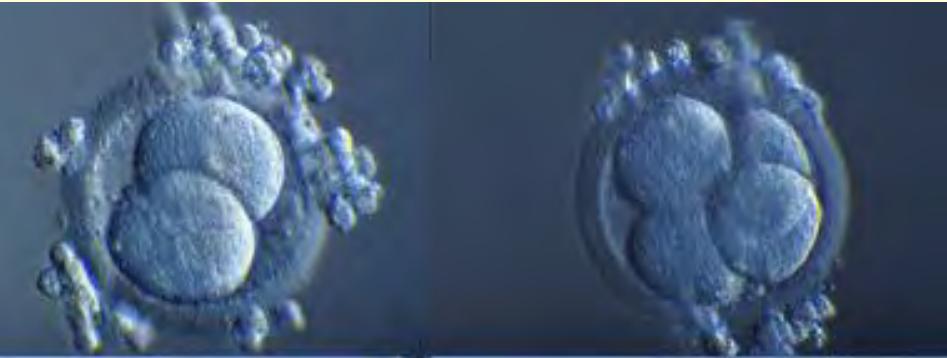
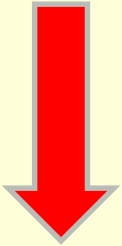


Hormones !
(système endocrinien)



Il ne faut pas oublier non plus que le **stade unicellulaire** est toujours présent dans le cycle de vie des multicellulaires !

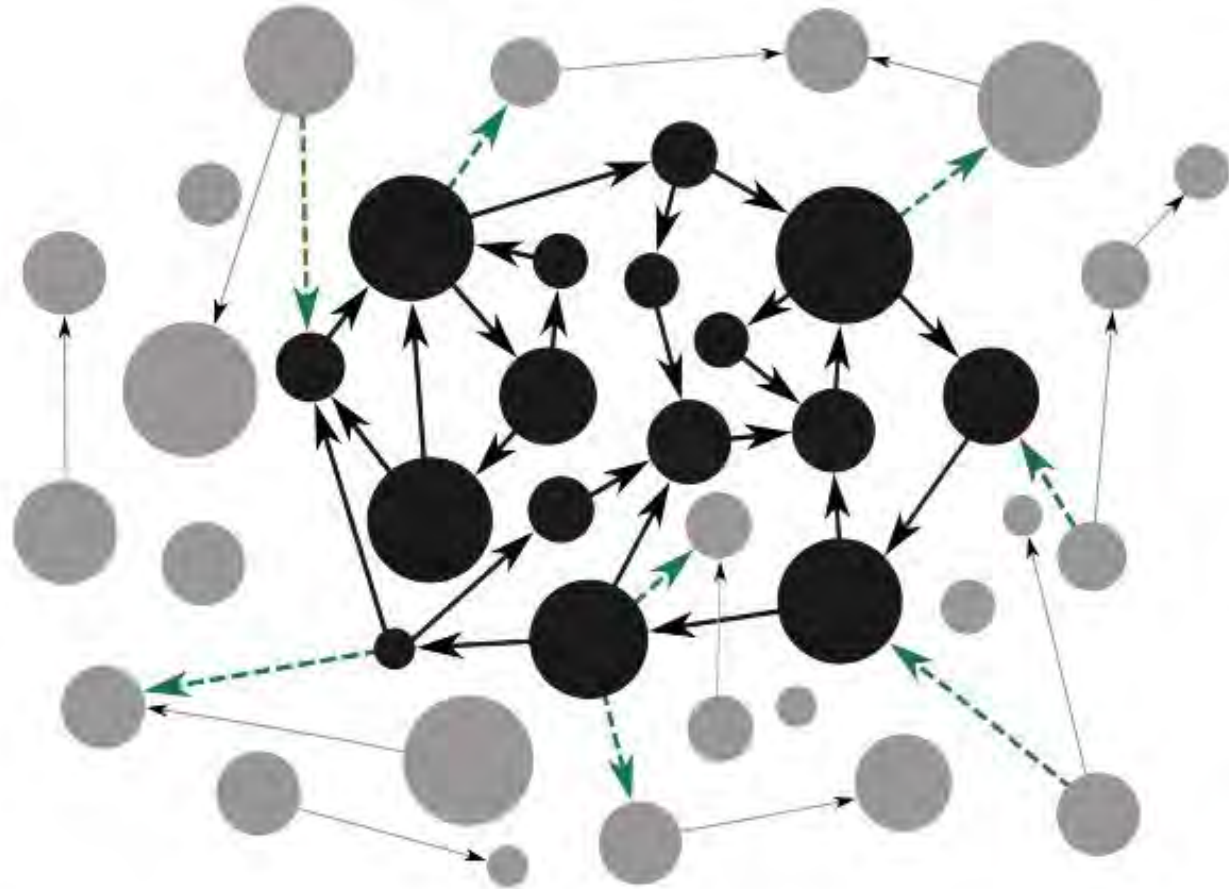




En noir : un organisme

dont les différentes
cellules spécialisées
interagissent
préférentiellement
entre elles

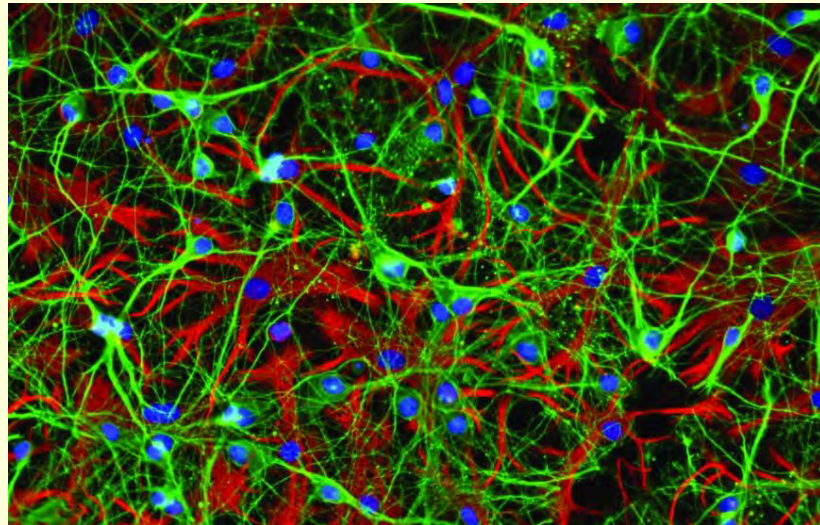
(mais c'est toujours
un « système ouvert »
du point de vue
thermodynamique)

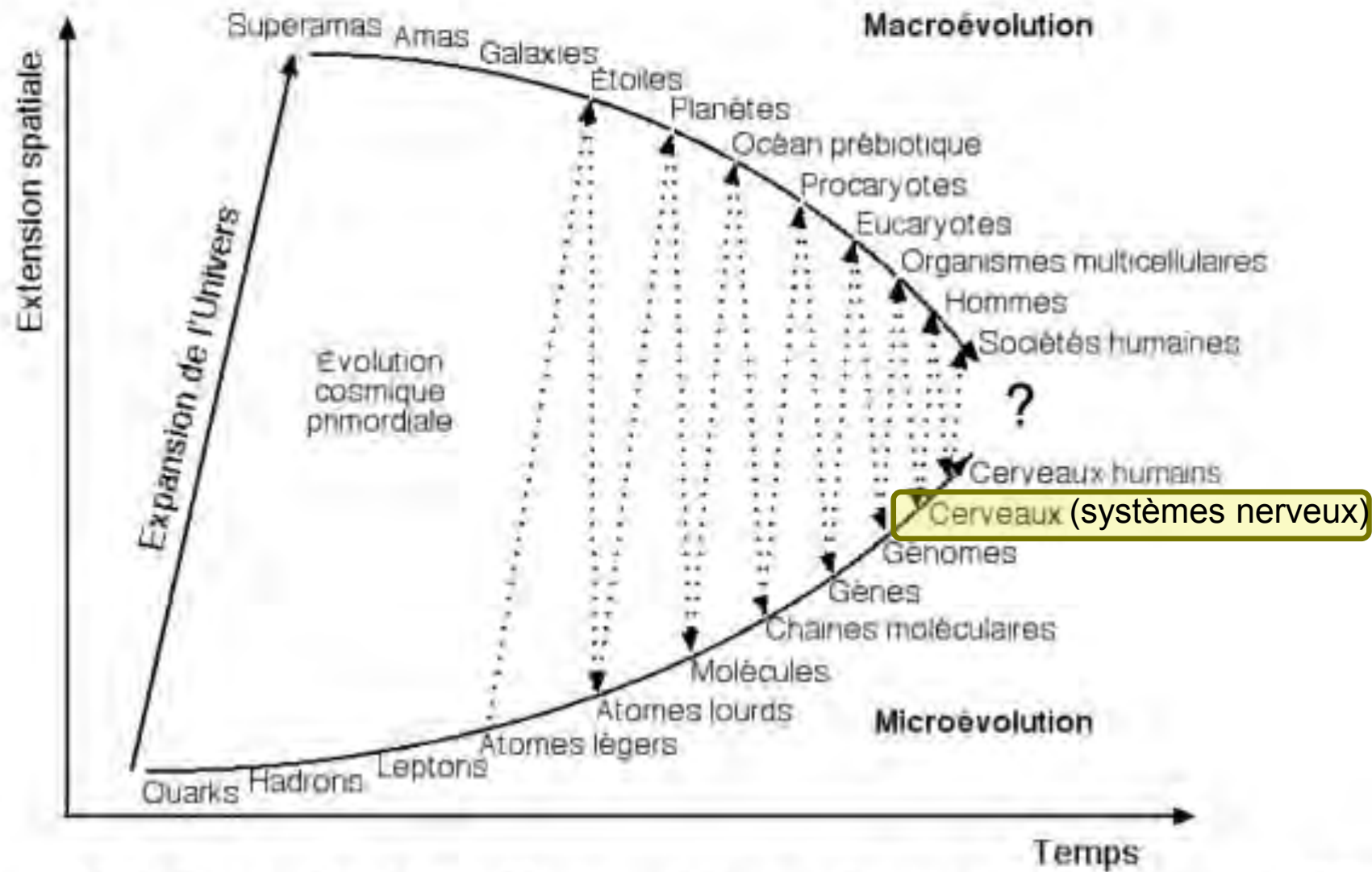


Copyright Ezequiel Di Paolo, 2013. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported License.
http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.en_US

« 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^e principe de la thermodynamique :

l'entropie (désordre) croît constamment

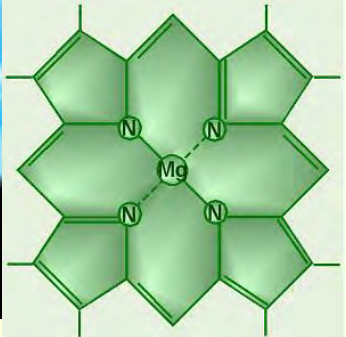
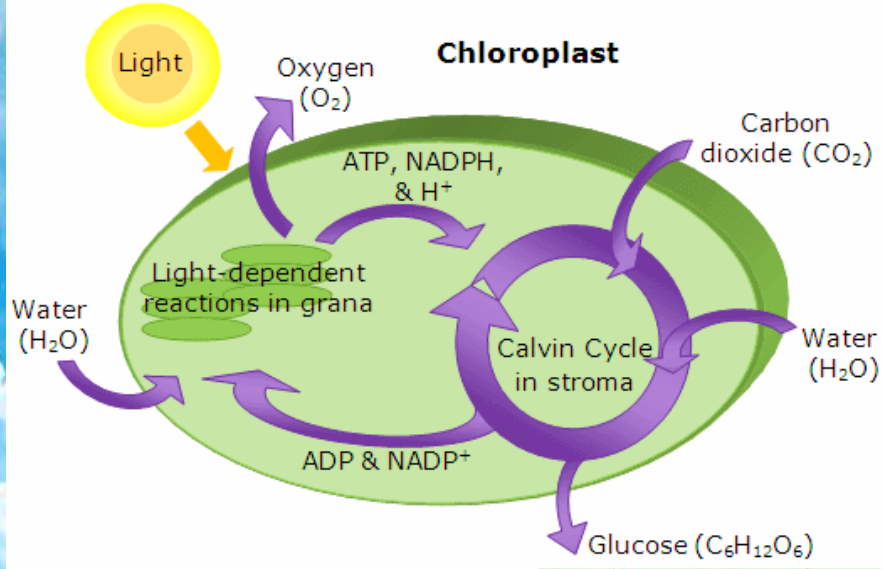
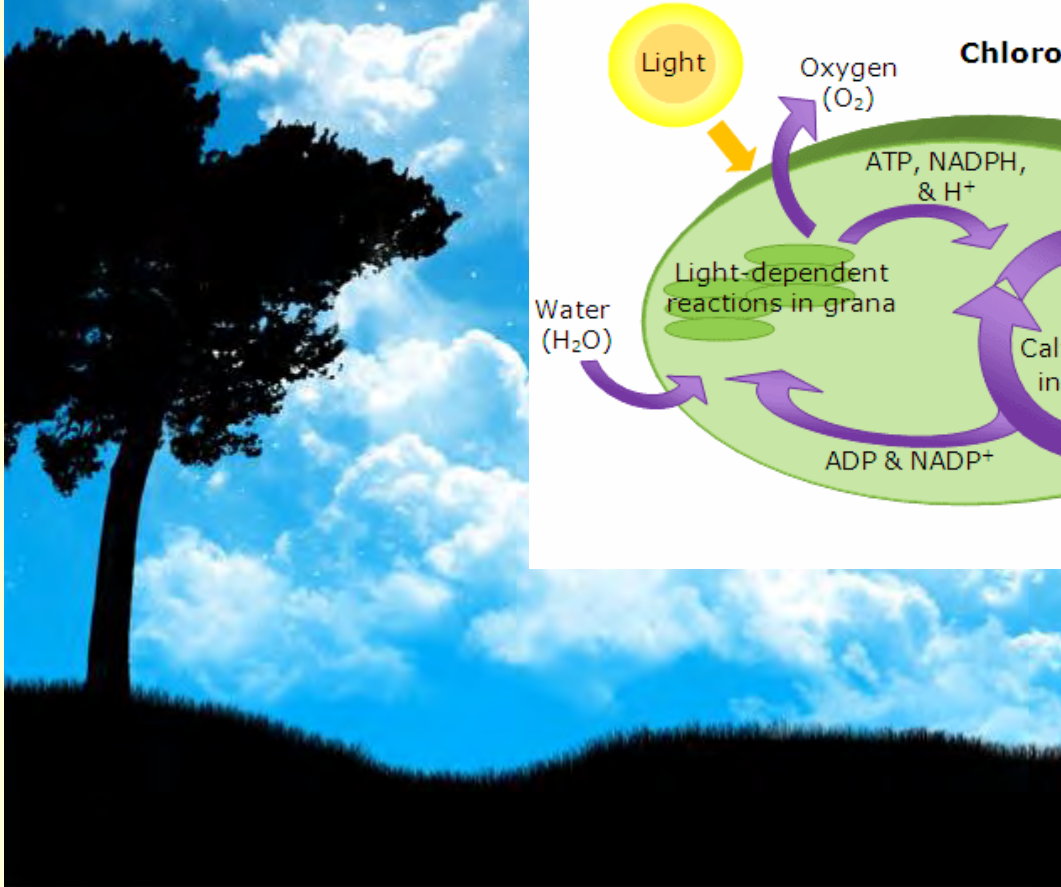


www.ACTUACIT.fr.com



« 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





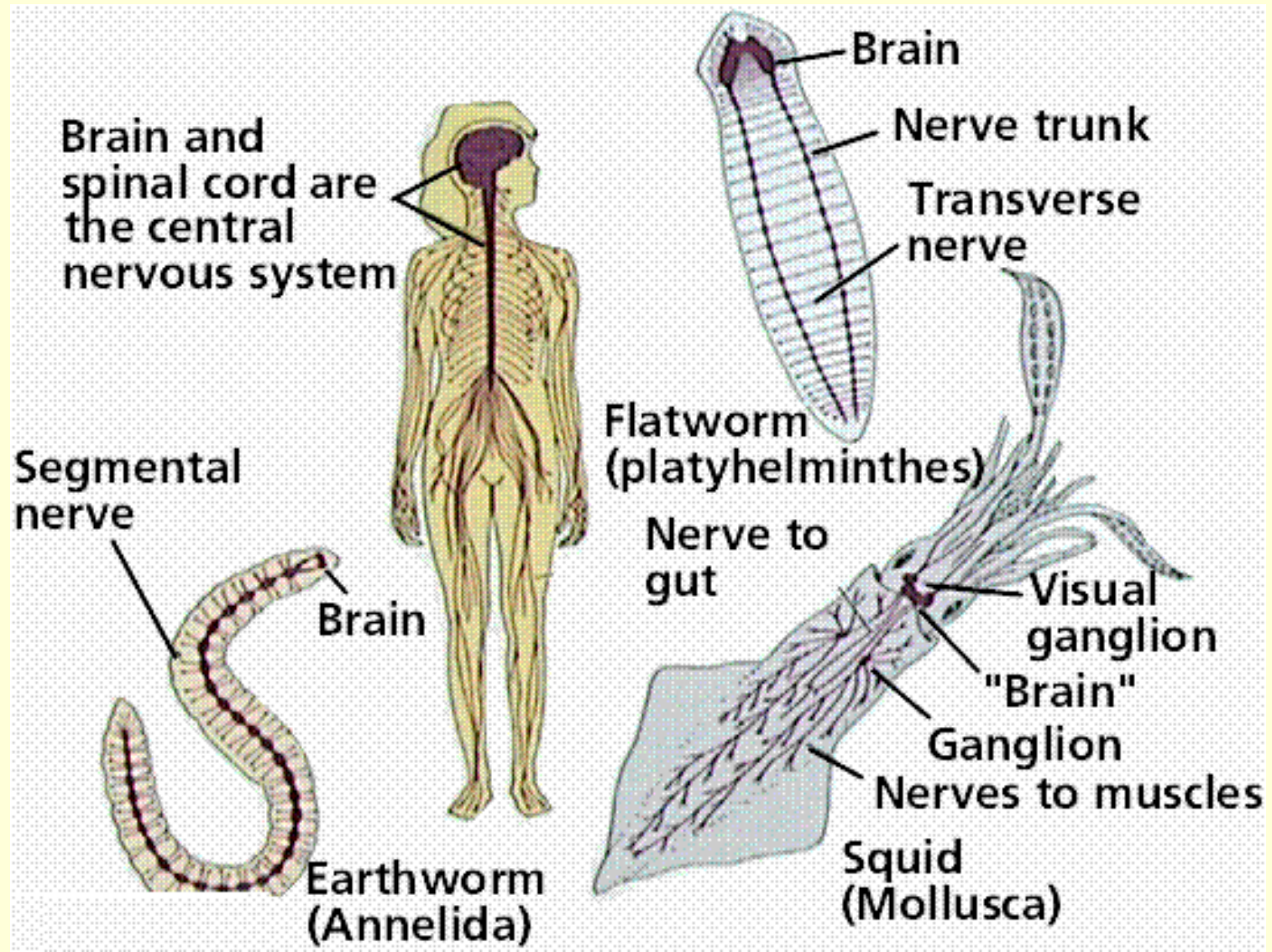
Animaux :

autonomie motrice
pour trouver leurs ressources
dans l'environnement

Qu'est-ce qui se développera chez les **hétérotrophes (animaux)** que les **autotrophes (plantes)** n'ont pas besoin ?



Un système nerveux !



Un système nerveux !

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

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

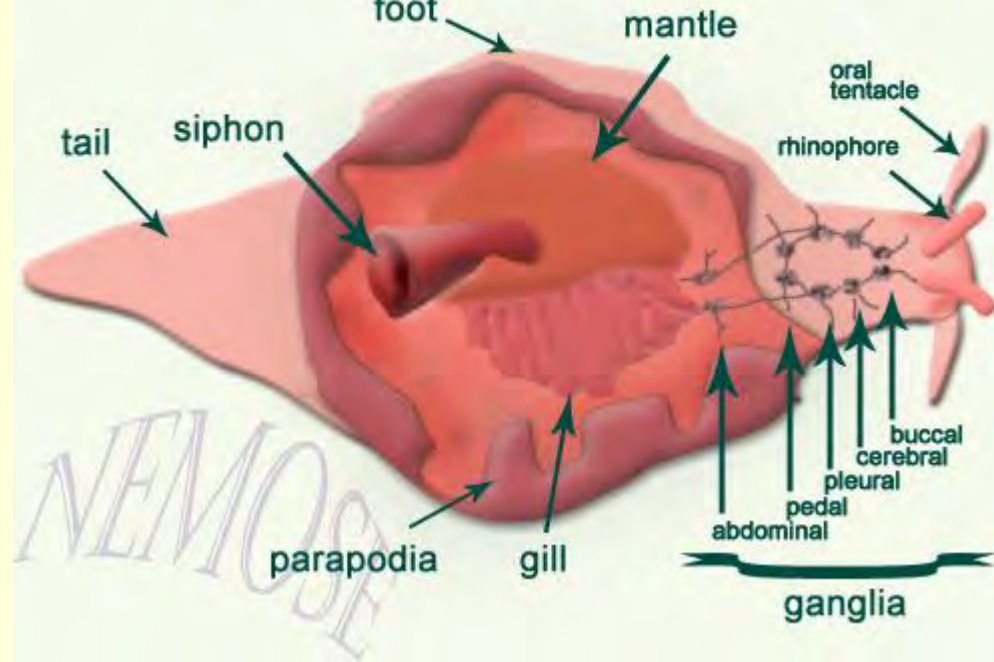
Mais ne bondissez pas en une fraction de seconde après avoir aperçu un guépard surgir des hautes herbes, et ne produisez pas une accélération fulgurante en évitant les obstacles devant vous et votre existence peut se terminer là.

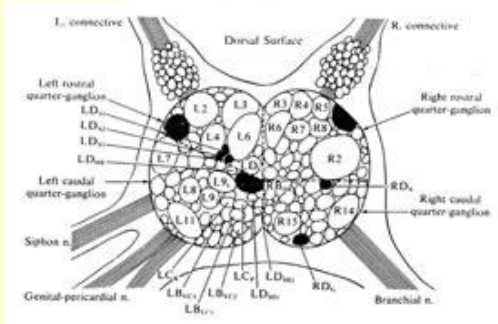
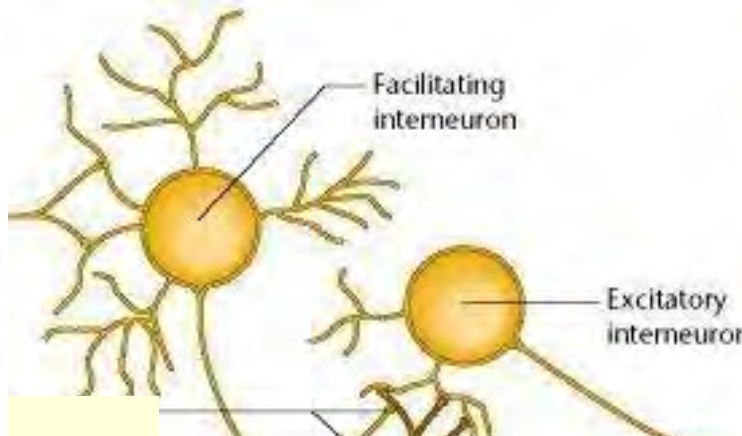
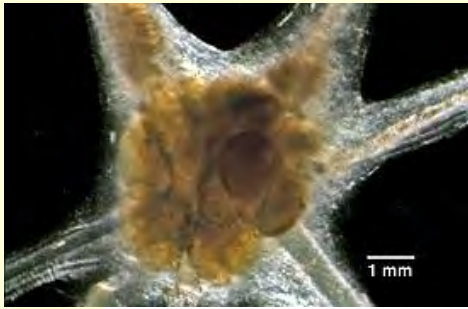
Faire ressortir du sens du chaos du monde et y réagir promptement, voilà le rôle du **système nerveux**.





Aplysie
(mollusque marin)





Une boucle sensori - motrice

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

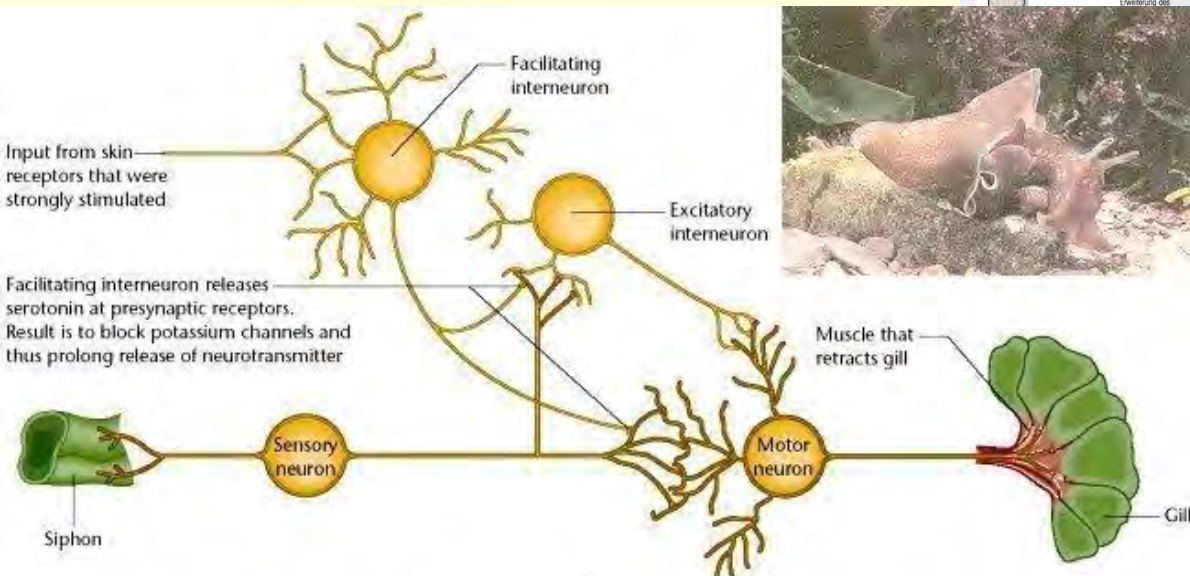
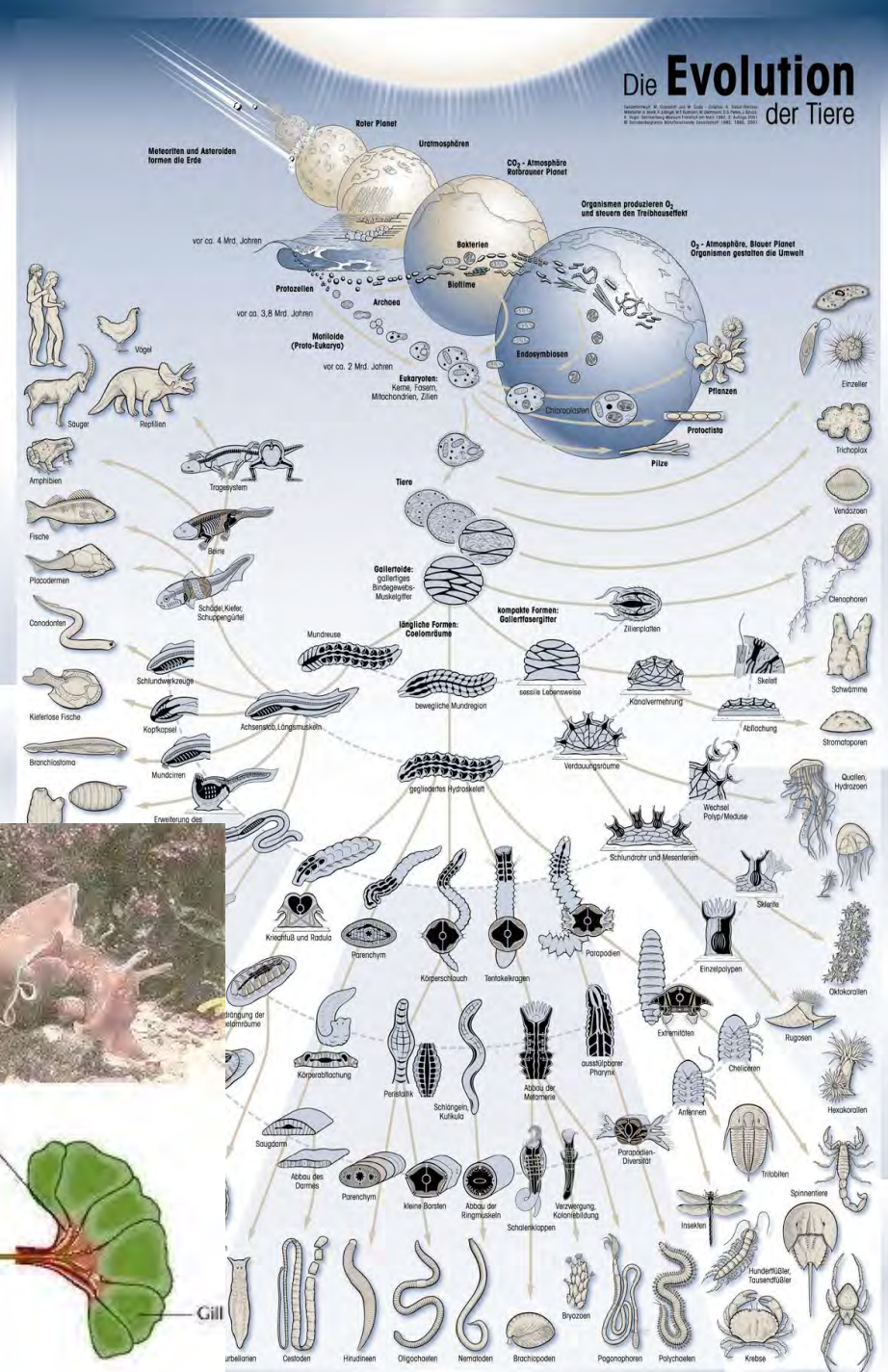
Et progressivement,

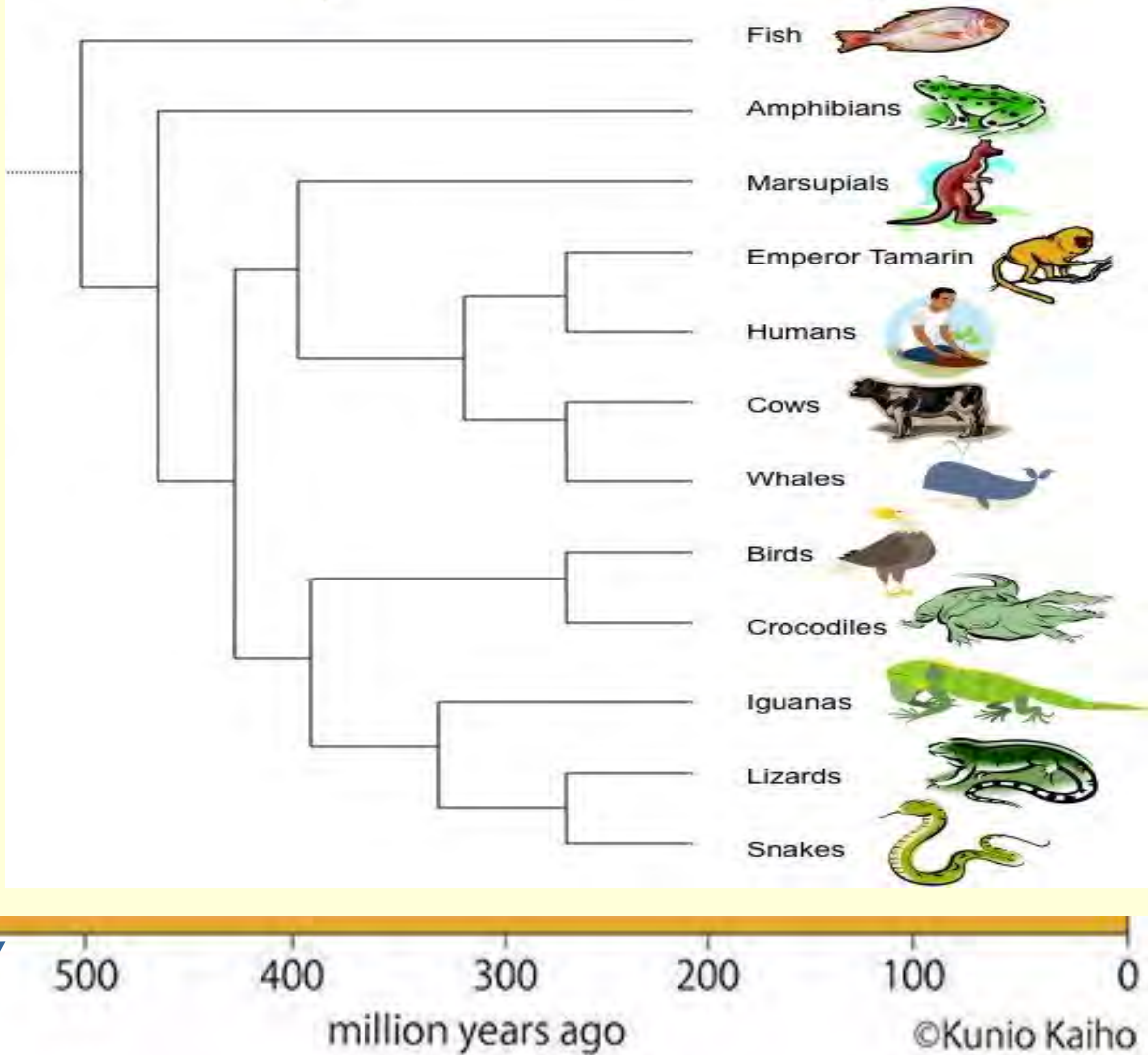
« la logique fondamentale du système nerveux [va devenir] celle d'un **couplage** entre des mouvements et un flux de modulations sensorielles de manière **circulaire**. »

- Francisco Varela, Le cercle créateur, p.126



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





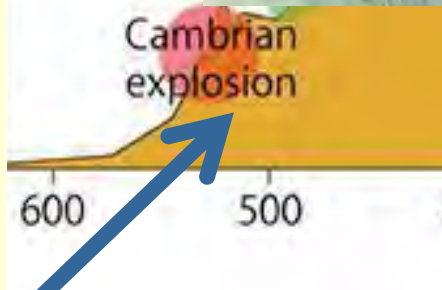
Les
premiers
vertébrés
(525 Ma)



L'un des premiers vertébrés :
Haikouichthys

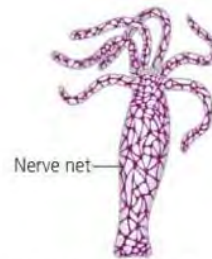
Profitions-en pour mentionner que chez les **invertébrés** la forme du système nerveux était encore **liée à la forme générale du corps**, à la diversité des organes sensoriels, etc.

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

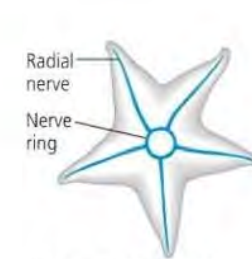


Shale de Burgess
(508 Ma,
B-C, Canada)

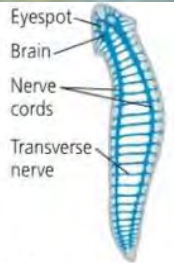
https://en.wikipedia.org/wiki/Burgess_Shale



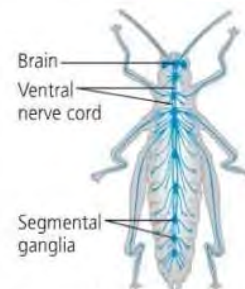
(a) Hydra (cnidarian)



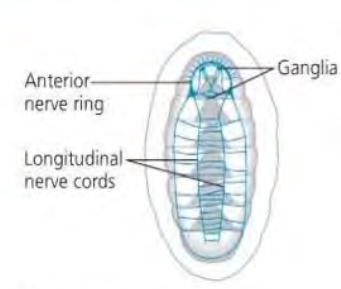
(b) Sea star (echinoderm)



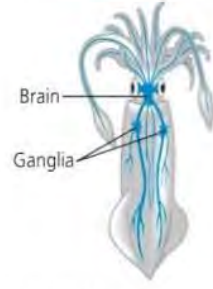
(c) Planarian (flatworm)



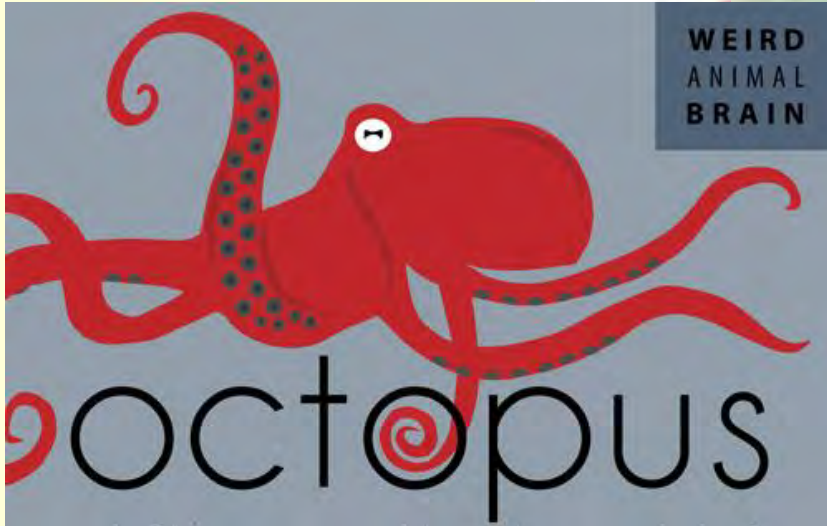
(e) Insect (arthropod)



(f) Chiton (mollusc)



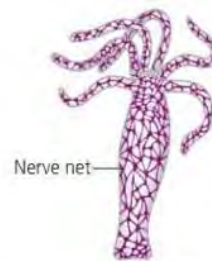
(g) Squid (mollusc)



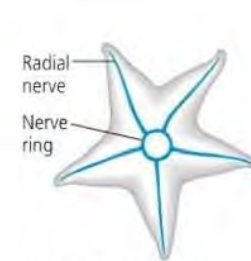
17 juillet 2018

Les cerveaux souvent étranges des autres animaux

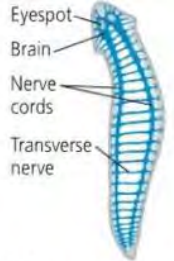
<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2018/07/17/les-cerveaux-souvent-etranges-des-autres-animaux/>



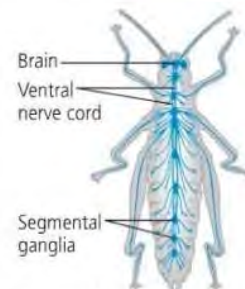
(a) Hydra (cnidarian)



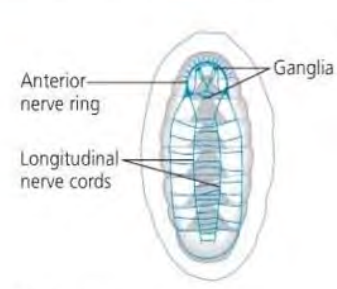
(b) Sea star (echinoderm)



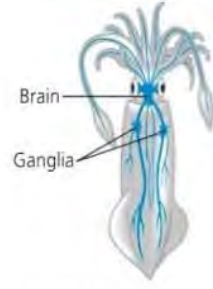
(c) Planarian (flatworm)



(e) Insect (arthropod)



(f) Chiton (mollusc)

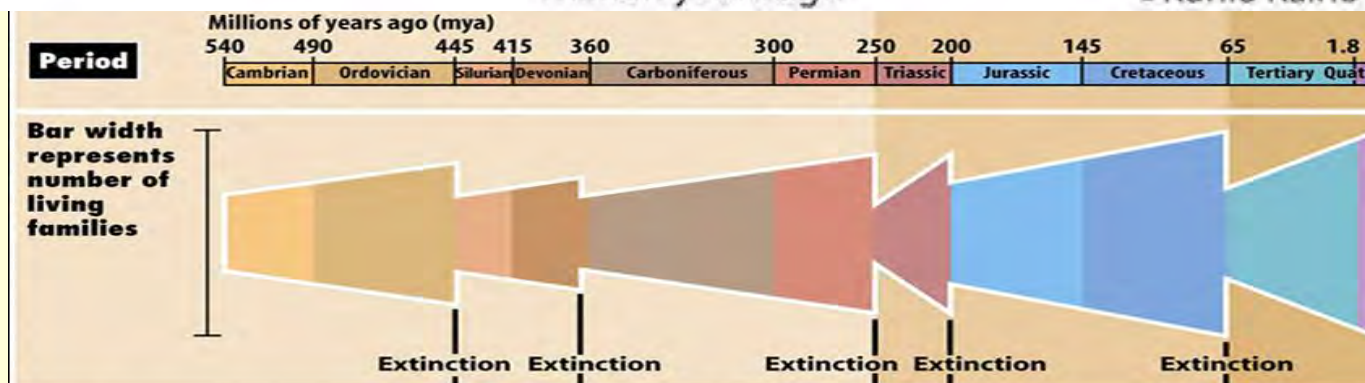
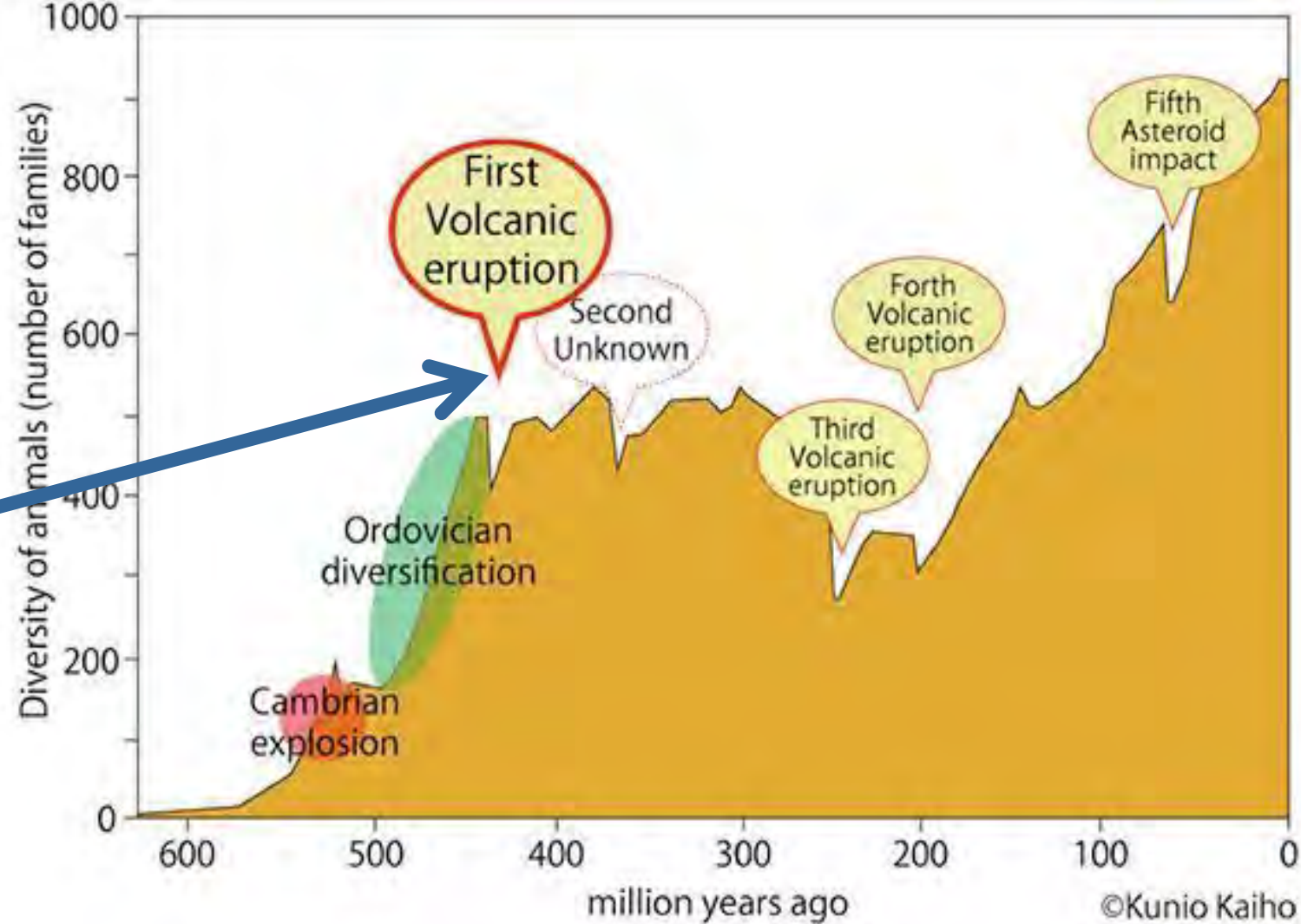


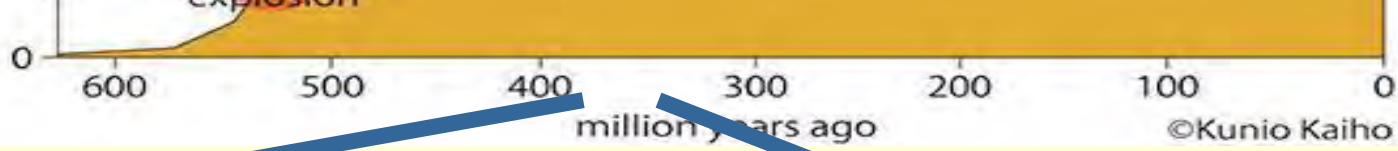
(g) Squid (mollusc)

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

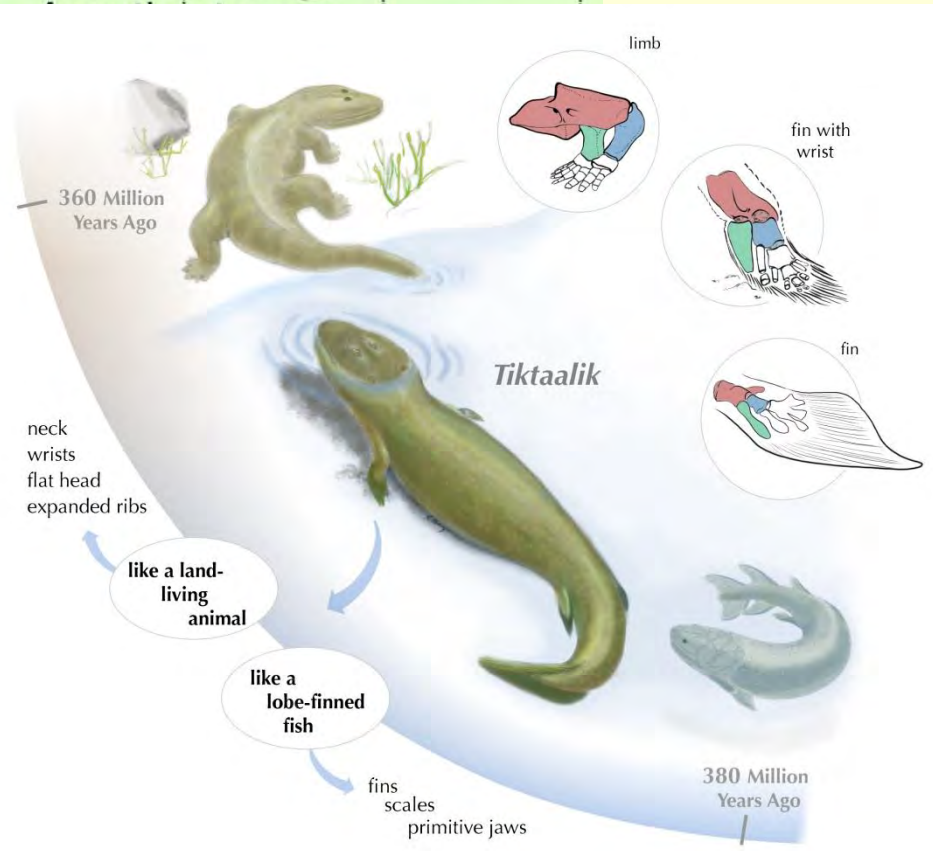
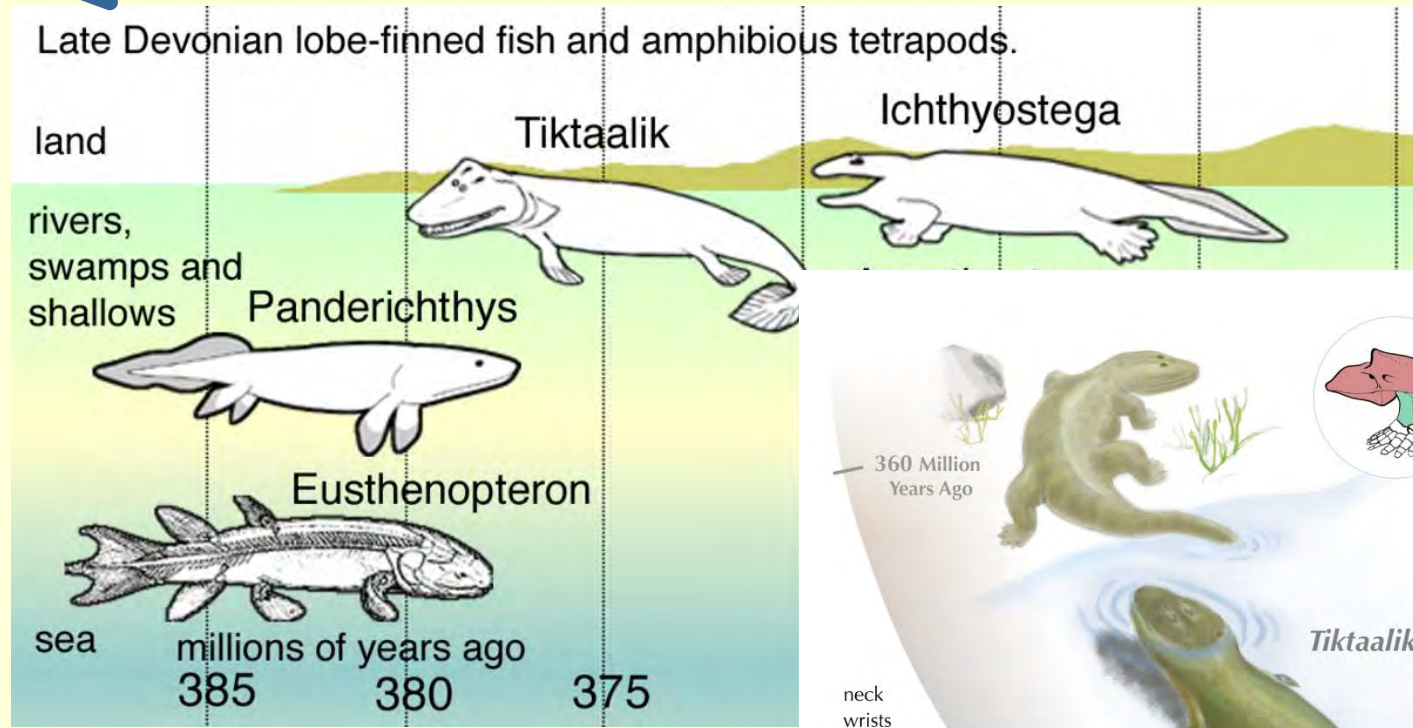
C'est dans les roches de l'île d'Anticosti au Québec qu'on le constate le mieux.

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





Fossiles de **Miguasha** en Gaspésie !



380 - 365 Ma :

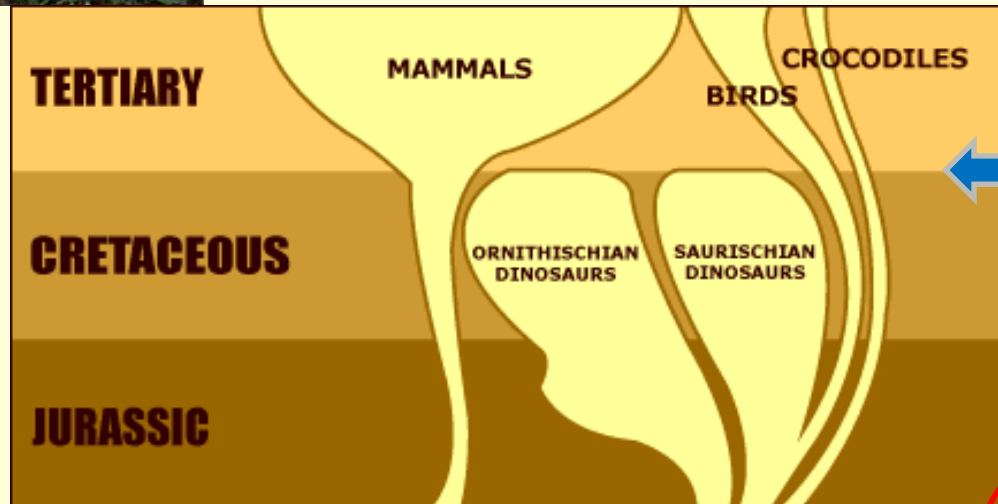
Les premiers tétrapodes sortent de l'eau et s'adaptent à la vie terrestre



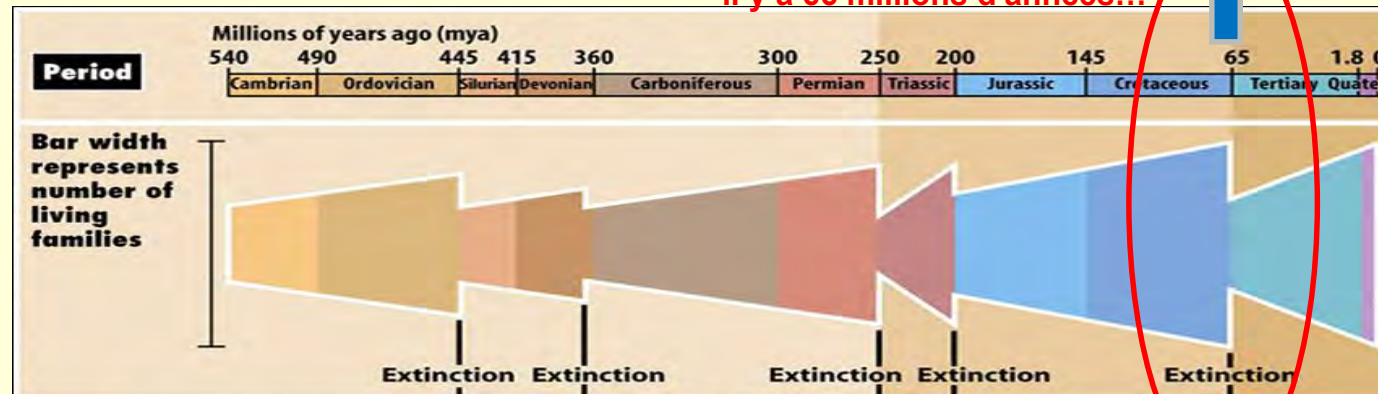
Rise of the mammals began before dinosaur extinction, research suggests

2016

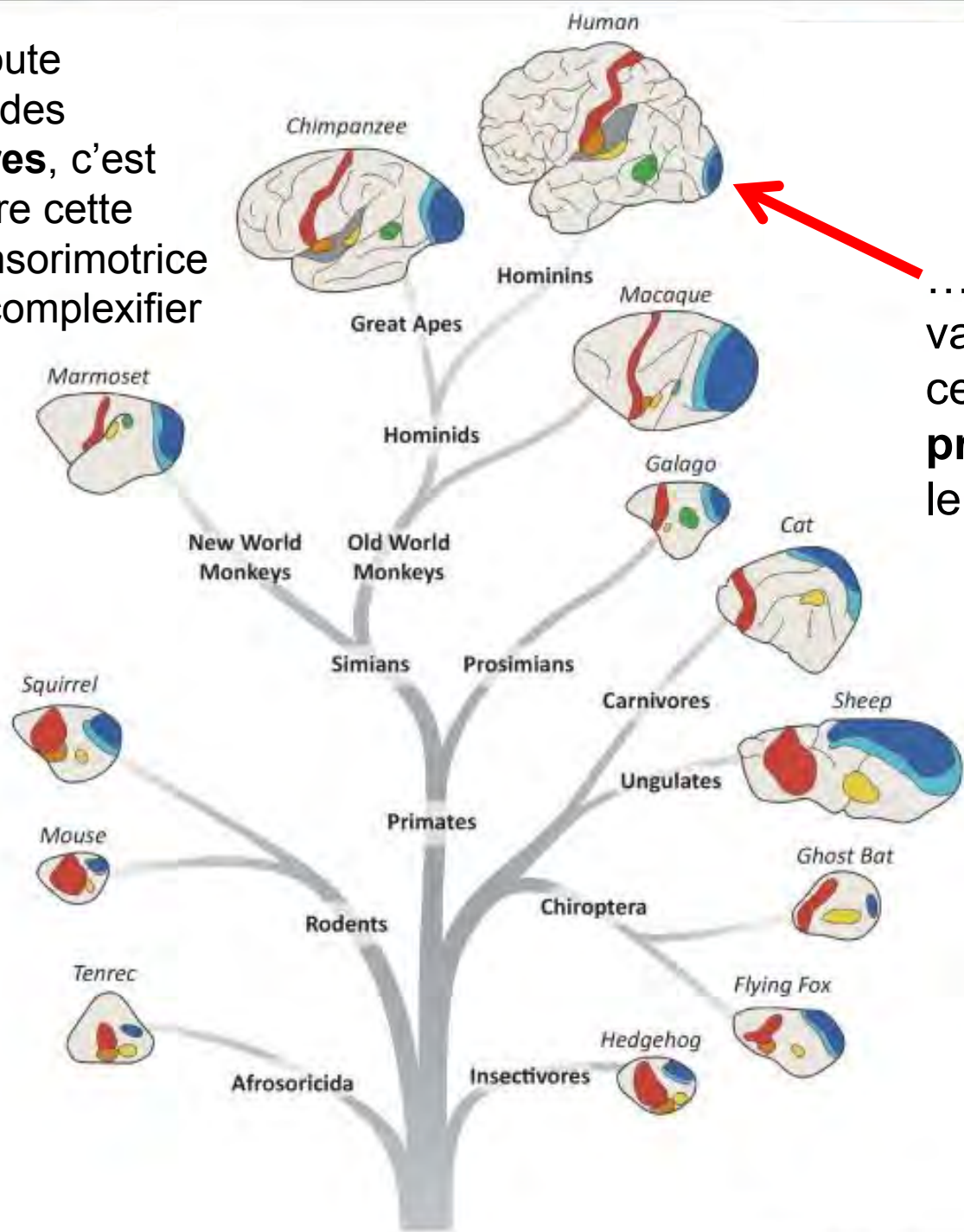
<https://www.theguardian.com/science/2016/jun/08/rise-of-the-mammals-began-before-dinosaur-extinction-research-suggests>



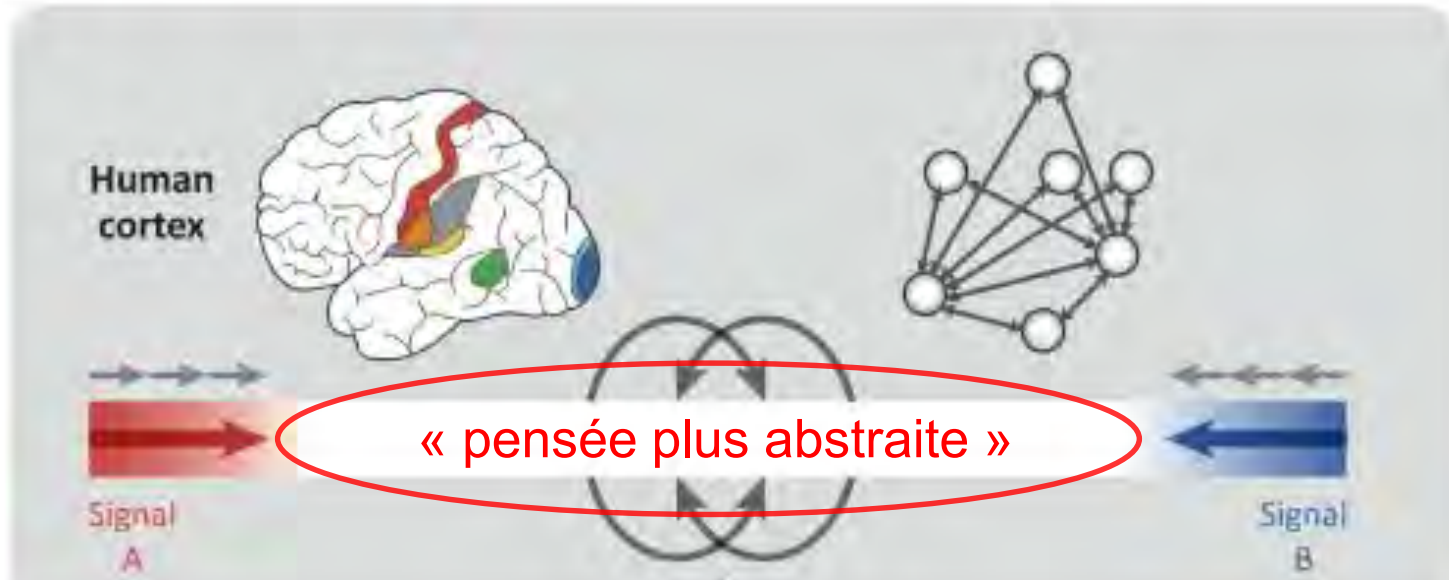
il y a 66 millions d'années...



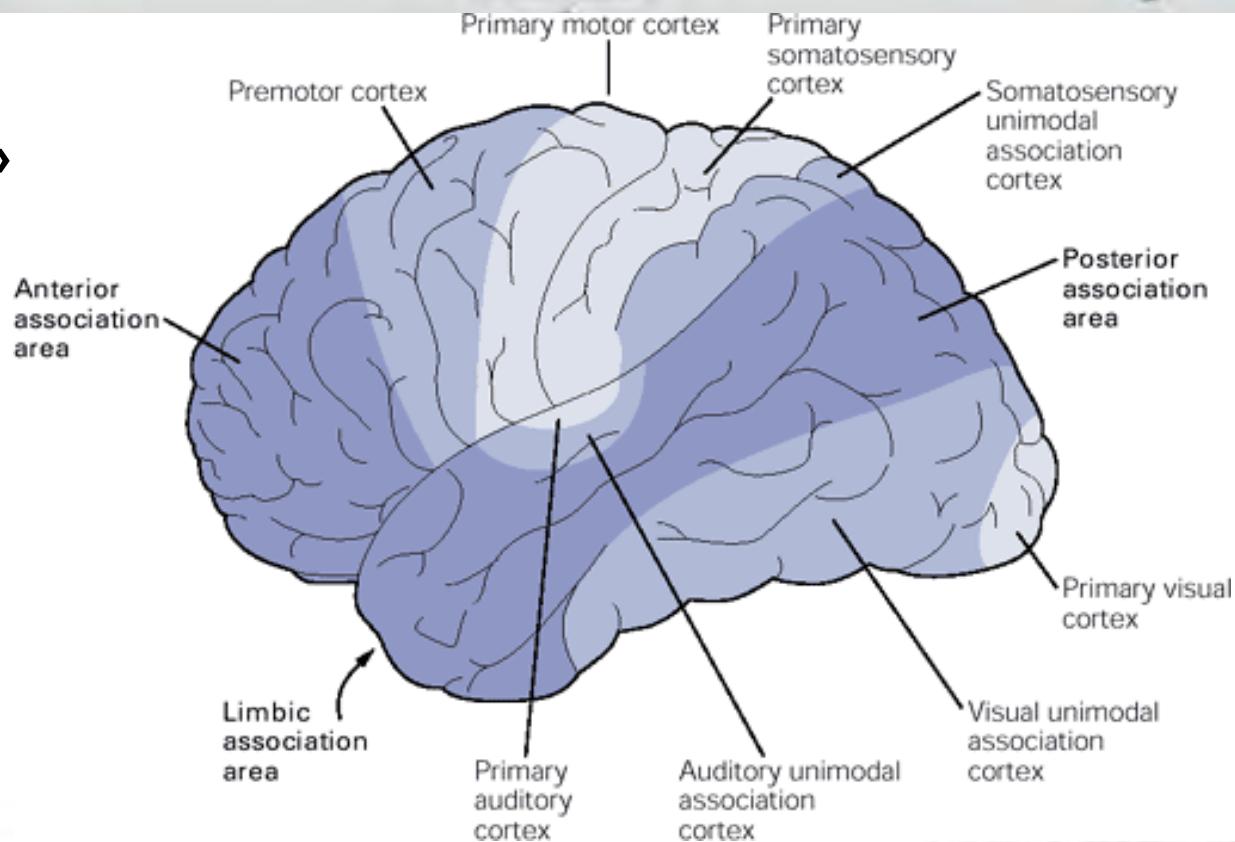
Pendant toute l'évolution des **mammifères**, c'est donc encore cette boucle-sensorimotrice qui va se complexifier

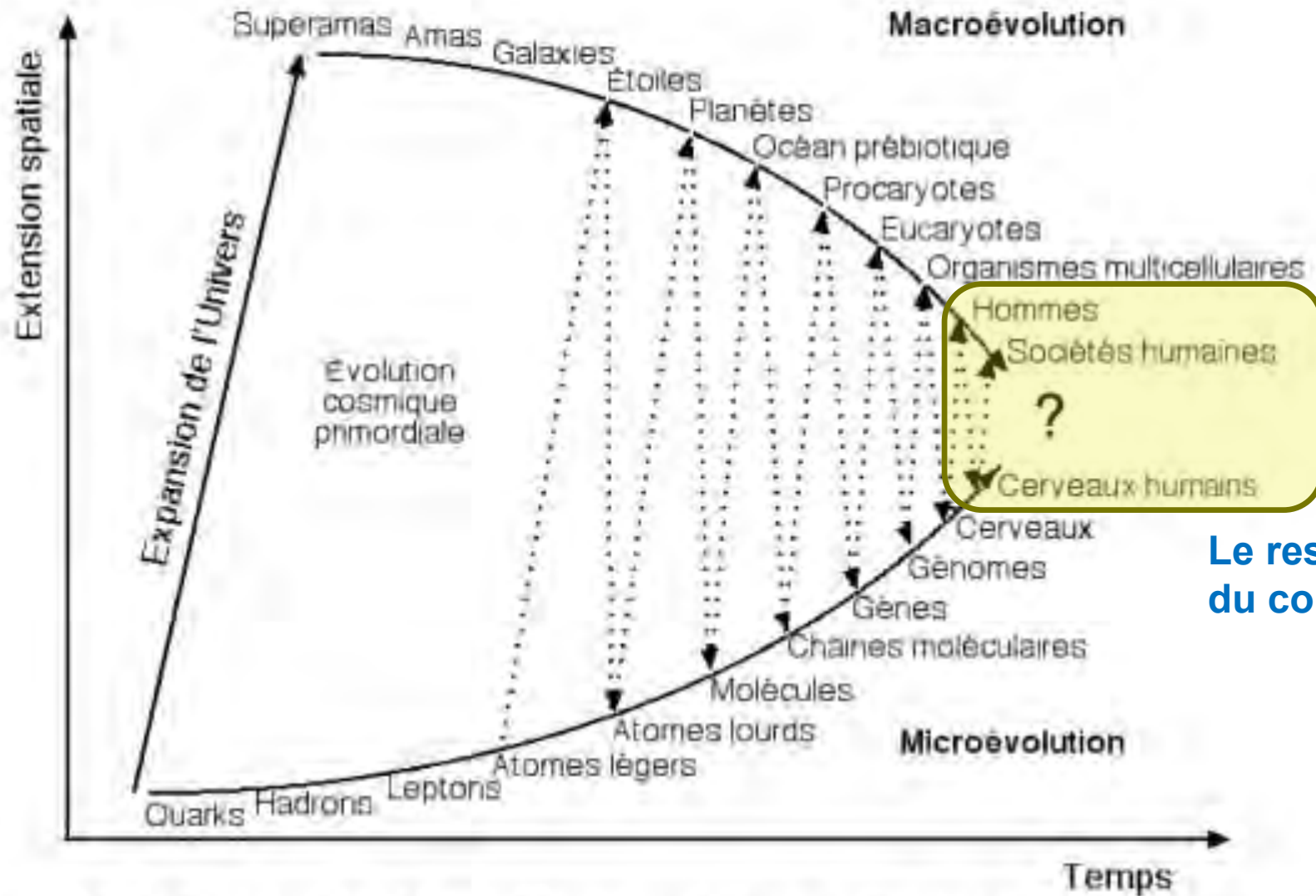


...et l'une des variantes du cerveau de **primate** sera le nôtre !



Cortex « associatif »





Le reste du cours !

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

Cours 1:

Évolution cosmique, chimique et biologique (des unicellulaires aux multicellulaires)

A- Vue d'ensemble et niveaux d'organisation

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

Cours 2:

Un neurone, deux neurones, quelques neurones (la grammaire de base du cerveau)

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)

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

Orrorin tugenensis
("Millennium Man";
possible human ancestor)

Ardepithecus
ramidus kadabba

A. afarensis
(includes Lucy)

A. Africanus

A. Boisei

A. robustus

H. habilis

H. sapiens
MODERN
HUMANS

H. erectus

H. neanderthalensis

Chimpanzees

Gorillas

Present

7

6

5

4

3

2

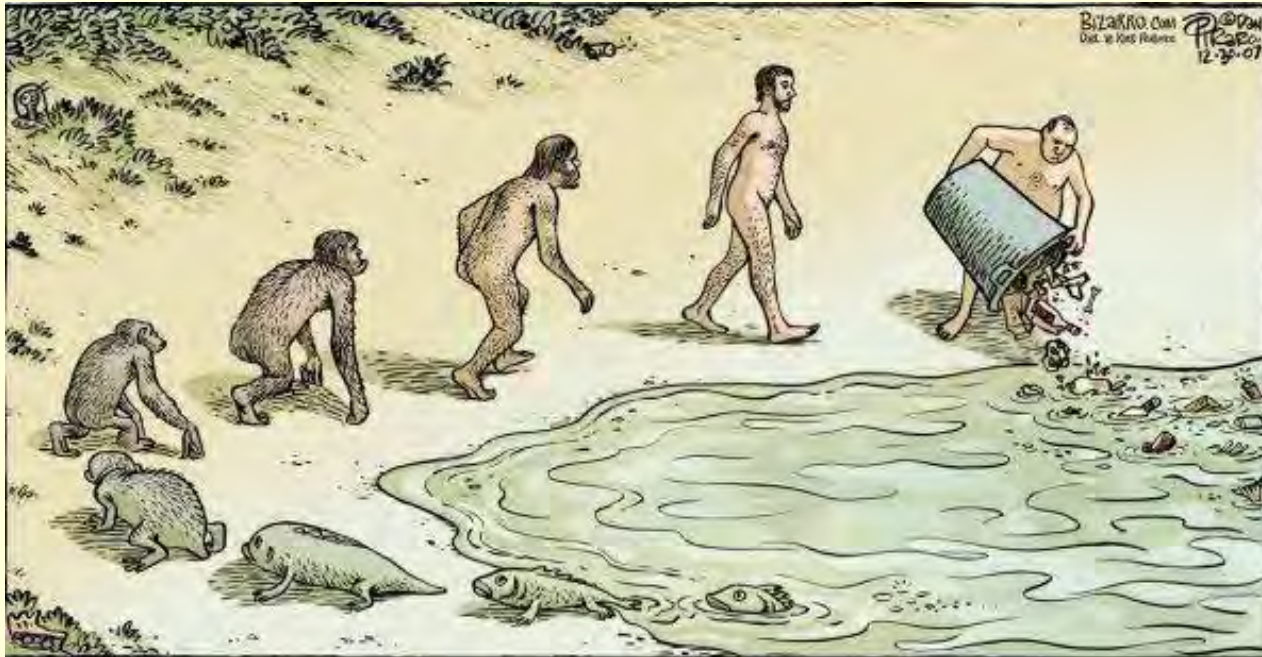
1

Timeline by Joe Lertola

In Millions of Years (All dates are approximate)

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

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





La Terre est âgée de 4,6 milliards d'années. Ramenons ça à 46 ans. Nous sommes là depuis 4 heures. Notre révolution industrielle a commencée il y a 1 minute. Dans cet intervalle, nous avons détruit plus de 50% des forêts de la planète.