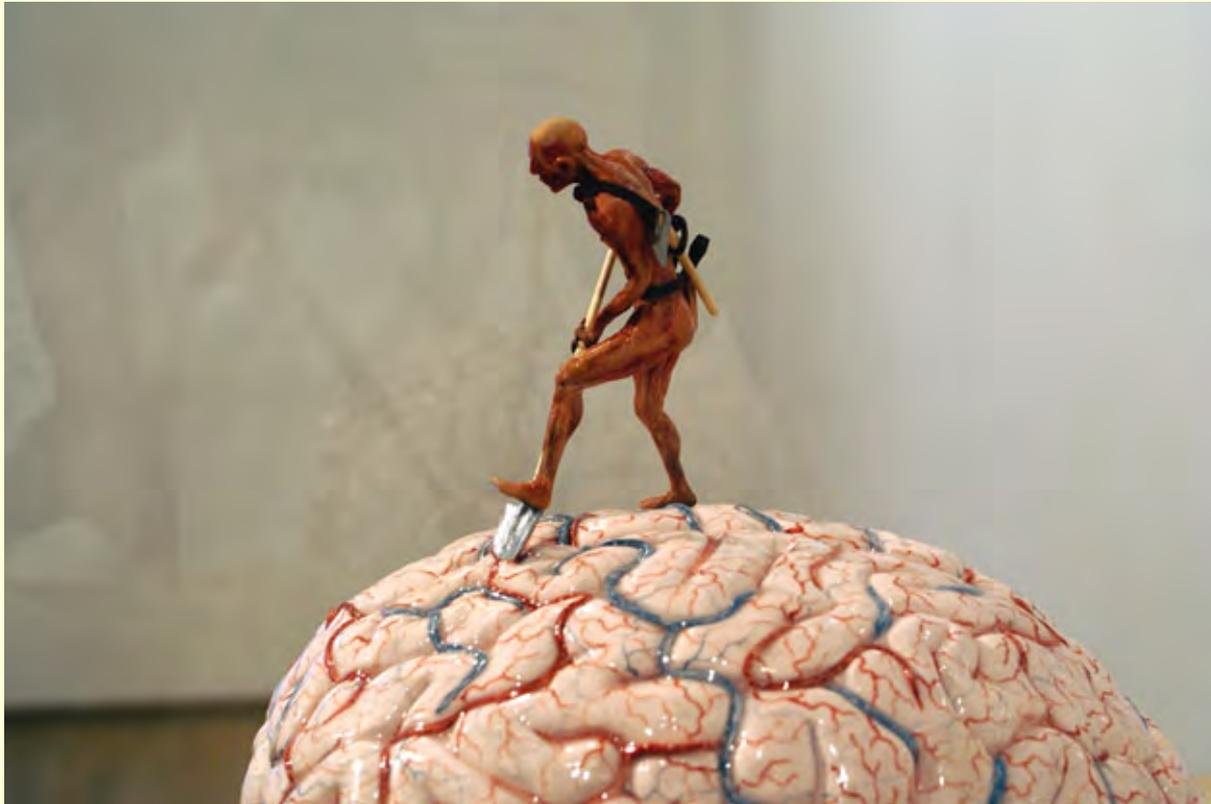


# École des profs Collège Ahuntsic

1-2 juin 2015



# LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

Un site web interactif sur le cerveau et les comportements humains

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

## Principes fondamentaux



### Du simple au complexe

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



### Le bricolage de l'évolution

- ✦ Notre héritage évolutif

### Le développement de nos facultés

- ✦ De l'embryon à la morale



### Le plaisir et la douleur

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



### Les détecteurs sensoriels

- ✦ La vision



### Le corps en mouvement

- ✦ Produire un mouvement volontaire

## Fonctions complexes



### Au coeur de la mémoire

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



### Que d'émotions

- ✦ Peur, anxiété et angoisse



### De la pensée au langage

- ✦ Communiquer avec des mots



### Dormir, rêver...

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



### L'émergence de la conscience

- ✦ Le sentiment d'être soi

## Dysfonctions



### Les troubles de l'esprit

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

## Le BLOGUE du CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

Chercher dans le blogue

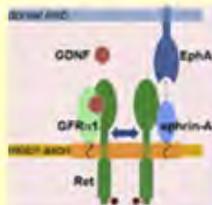
Envoyer

Catégories

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

Lundi, 13 février 2012

### Des protéines qui guident le câblage cérébral



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

## Instituts de recherche en santé du Canada

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

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

# LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

Retour à l'accueil

## Niveau d'explication

Débutant  
Intermédiaire  
Avancé

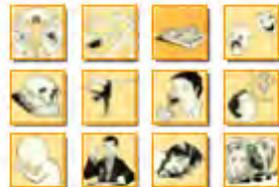


## Niveau d'organisation

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

### Thème

#### Le plaisir et la douleur



### Sous-thème

La quête du plaisir

Les paradis artificiels

L'évitement de la douleur

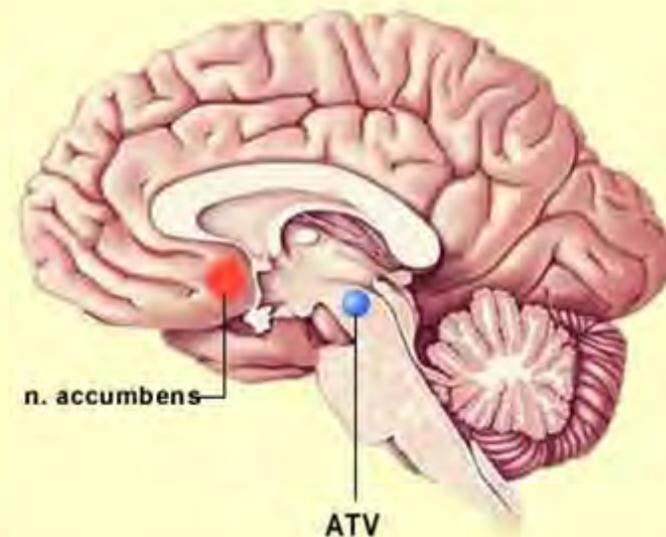


Un stimulus sensoriel qui n'apporte ni récompense ni punition est rapidement ignoré et oublié. C'est le phénomène de l'habituation qui nous fait oublier le contact de nos vêtements avec notre peau ou le tic tac de l'horloge du bureau.

## LES CENTRES DU PLAISIR

1

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



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

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

# 3 niveaux d'explication

**Niveau d'explication**

Débutant  
Intermédiaire  
Avancé

◀ ◻ ▶

Débutant

Intermédiaire

Avancé

LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

Titre: LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!  
Auteur: [non lisible]  
Mots-clés: [non lisible]

Le cerveau est un organe complexe qui permet de penser, de sentir, de ressentir et de contrôler le corps. Il est composé de milliards de neurones qui communiquent entre eux pour produire des pensées, des émotions et des actions.



LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

Titre: LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!  
Auteur: [non lisible]  
Mots-clés: [non lisible]

Le cerveau est un organe complexe qui permet de penser, de sentir, de ressentir et de contrôler le corps. Il est composé de milliards de neurones qui communiquent entre eux pour produire des pensées, des émotions et des actions.



LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

Titre: LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!  
Auteur: [non lisible]  
Mots-clés: [non lisible]

Le cerveau est un organe complexe qui permet de penser, de sentir, de ressentir et de contrôler le corps. Il est composé de milliards de neurones qui communiquent entre eux pour produire des pensées, des émotions et des actions.



# LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

Retour à l'accueil

## Niveau d'explication

Débutant  
Intermédiaire  
Avancé

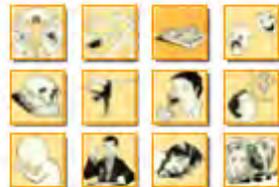


## Niveau d'organisation

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

### Thème

#### Le plaisir et la douleur



### Sous-thème

La quête du plaisir

Les paradis artificiels

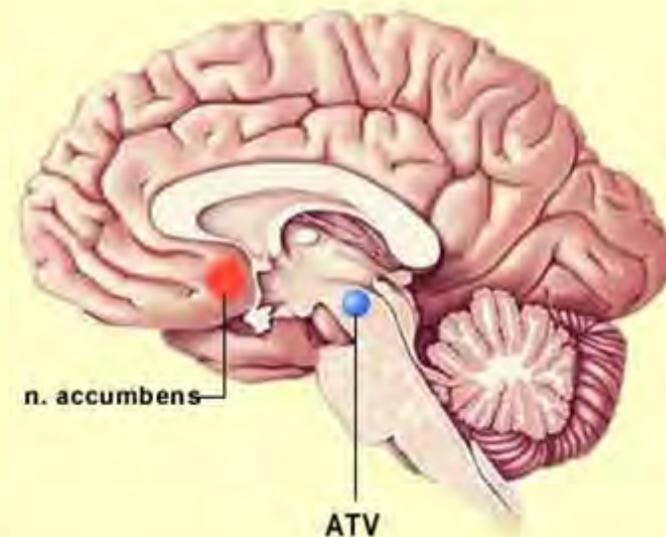
L'évitement de la douleur



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.

# 5 niveaux d'organisation



# www.elogedelasuite.net



## Éloge de la suite

autour d'Henri Laborit et d'autres parcours qui l'ont croisé

À PROPOS  
DU FILM  
→

POURQUOI CE  
FILM ?

SYNOPSIS

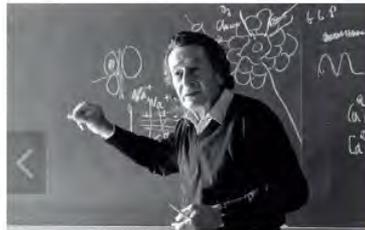
PERSONNAGES

BANDE-  
ANNONCE



POURQUOI CE SITE ?   BIOGRAPHIES   LIVRES   ARTICLES   AUDIO   VIDÉO   PHOTOS   CITATIONS   CONTACT

LA SUITE... (INFLUENCES DEPUIS SON DÉCÈS EN 1995, ET PROJETS EN COURS)



NON CLASSÉ

**Ce site est en cours de construction et n'est pas prêt à être consulté ! Revenez nous voir le 21 novembre 2014...**

Publié le 30 août 2014 · Laisser un commentaire

DERNIERS ARTICLES

COMME L'EAU QUI JAILLIT

### Comme l'eau qui jaillit

Publié le 16 novembre 2014 · Laisser un commentaire

« Depuis ma tendre enfance, je m'arrête toujours devant un jet d'eau, parce que pour

OÙ ÊTES-VOUS ?

Vous êtes sur un site web qui tente de rassembler le plus de documents possible autour de l'oeuvre d'Henri Laborit dans le but d'en faire profiter gratuitement le plus grand nombre. Un film en préparation sur des parcours qui ont croisé Laborit utilise également ce site comme vitrine.

Le site a été lancé le 21 novembre 2014, date à



*"Tant qu'on n'aura pas diffusé très largement à cette planète la façon dont fonctionne leur cerveau, la façon dont ils l'utilisent et tant que l'on n'aura pas dit que jusqu'ici cela a toujours été pour dominer l'autre, il y a peu de chance qu'il y ait quoi que ce soit qui change."*

- Henri Laborit, dernière phrase du film *Mon oncle d'Amérique* (1980)

En ligne depuis le 21 novembre 2014, date à laquelle Laborit aurait eu 100 ans !

Né en 1914, Henri Laborit fut d'abord chirurgien de la marine française où il bouscula plusieurs concepts de la médecine.





**QUÉBEC SCIENCE**

**LES DÉBROUILLARDS**  
DRÔLEMENT SCIENTIFIQUE !



# QUÉBEC SCIENCE

## LES DÉBROUILLARDS DRÔLEMENT SCIENTIFIQUE !

Institut de recherche en santé du Canada

Institut des neurosciences, de la santé mentale et des toxicomanies

### LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

[Retour à l'accueil](#)

#### Niveau d'explication

Débutant  
Intermédiaire  
Avancé



Le plaisir  
et la douleur



La quête  
du plaisir

cérébral  
débutant

#### Niveau d'organisation

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

#### Thème

Le plaisir et la douleur



### LES CENTRES DU PLAISIR

Pour qu'une espèce survive,  
ses individus doivent en  
premier lieu assurer leurs

1

Accueil

L'Institut

Études

Recherche

Membres

Communication

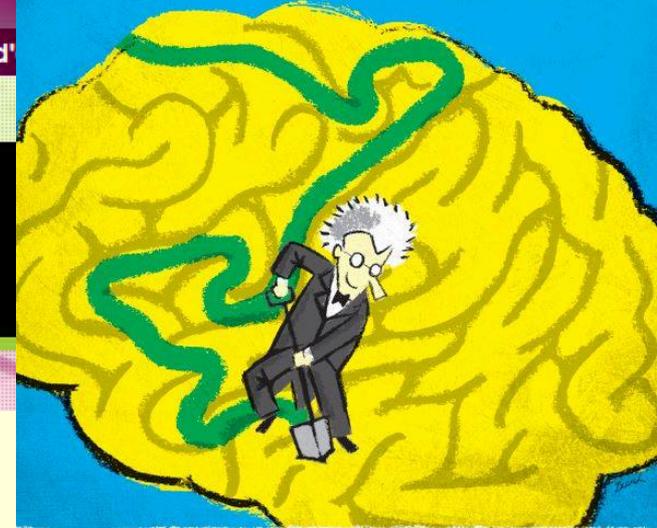
Nous contacter



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

- \_Foire
- \_Quiz
- \_Cinéma
- \_Historique
- \_Cocktail

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



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



**La Mort  
se raconte**

**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**

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

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

11 mai

L'infinitement complexe : le labyrinthe de nos réseaux cérébraux

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





Donc je ne suis pas prof ni chercheur...



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



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





## Un casse-tête, à deux niveaux :

1) je ne peux que donner un aperçu très partiel, en mettant ensemble quelques morceaux ;

2) définir un ordre, dans la présentation partielle de certains assemblages de morceaux, n'est pas facile car on n'a que la linéarité du langage pour appréhender des réseaux et une causalité circulaire à tous les niveaux, mais sans hyperliens !

# Table des matières

Avant-propos

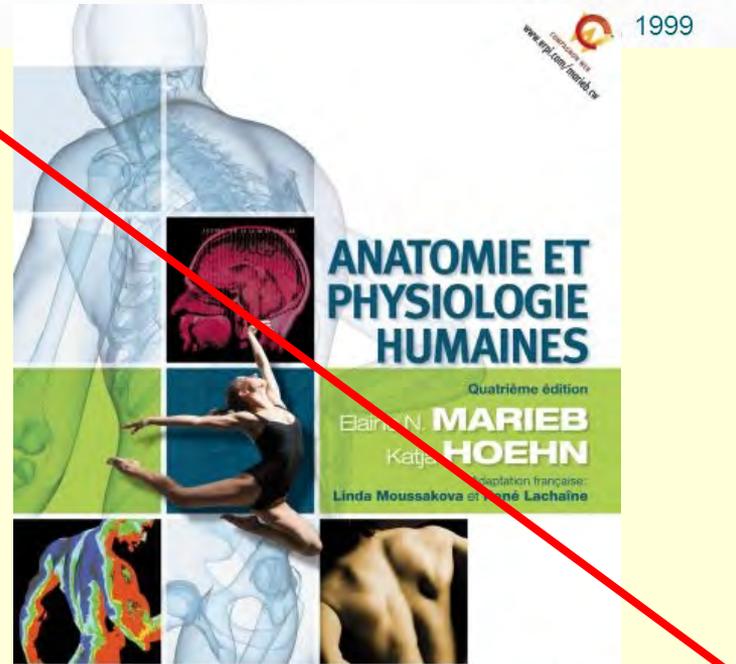
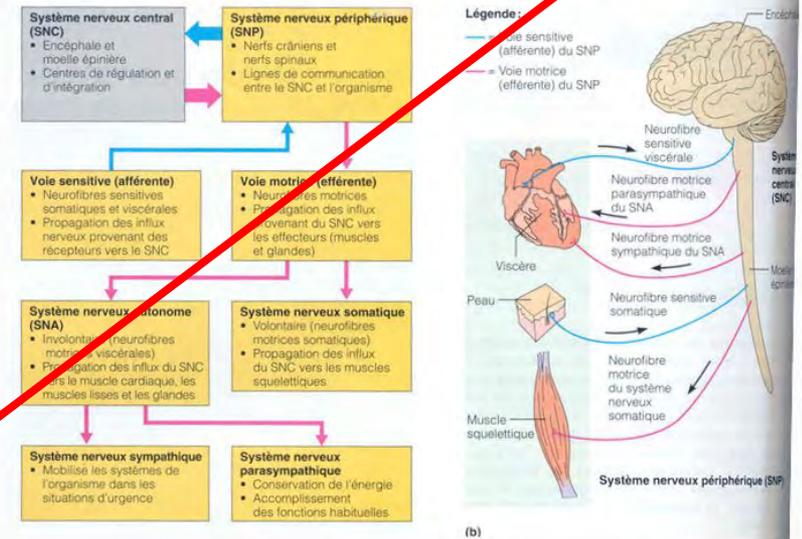
VII

## Leçons

<b>I. La structure du vivant</b>	<b>3</b>	<b>22</b>	La bile et sa sécrétion	50
1 L'état macromoléculaire	4	23	Le dioxyde de carbone dans l'organisme animal	52
2 Les tissus conducteurs des sèves	6	24	Respiration et milieu de vie	54
3 Les particularités de la cellule végétale chlorophyllienne	8	25	Excrétion azotée et milieu de vie	56
4 Cellulose et lignine : leurs rôles chez les végétaux	10	26	Les rôles du rein des Mammifères	58
5 Le système endomembranaire dans la cellule	12	27	Néphridies et néphrons	60
6 Qu'est ce qu'un virus ?	14	28	Les plantes en C4 et CAM	62
7 La cavité palléale des Mollusques	16	29	De la solution du sol à la solution de sève brute	64
8 Les appendices des Arthropodes	18	30	Les fonctions des racines	66
9 Plans d'organisation des principaux taxons animaux	20	31	Les principales adaptations des Angiospermes au milieu aérien	68
10 Les principes des classifications du vivant	22	32	Les besoins alimentaires de l'Homme et leur couverture	70
11 Le coelome	24	33	Les tissus adipeux	72
12 La vie sans mésoderme	26	34	Les réserves végétales	74
13 Le mésoderme	28	35	Équilibre acido-basique et pH sanguin	76
14 La métamérie	30	36	Le débit cardiaque	78
<b>II. L'information génétique</b>	<b>33</b>	37	Le tissu nodal	80
15 Étude comparée de l'expression du génome chez les Eucaryotes et les Eubactéries	34	38	Les vaisseaux sanguins des Mammifères	82
16 Transferts de gènes chez les Bactéries	36	39	Réponses de l'organisme humain à l'exercice musculaire	84
17 Transmission de l'information génétique au cours des divisions cellulaires	38	40	Conversions énergétiques dans la cellule chlorophyllienne	86
<b>III. Métabolismes et fonctions de nutrition</b>	<b>41</b>	41	Le saccharose : origine et devenir chez les Angiospermes	88
18 L'oxydation du glucose, source d'énergie pour la cellule	42	42	Les glucides dans la vie des cellules végétales	90
19 L'ATP	44	<b>IV. Fonctions de relation</b>	<b>93</b>	
20 Les coenzymes dans le métabolisme	46	43	La communication nerveuse	94
21 Le carrefour duodénal	48	44	Le potentiel d'action	96
		45	Le système nerveux végétatif : un système antagoniste ?	98

III

# Organisation du système nerveux



# École des profs CollègeAhuntsic

Lundi 1<sup>er</sup> juin

**Séance 1 : Croissance de la complexité : du Big Bang aux sociétés humaines**

**Séance 2 : Ancienne et nouvelle « grammaire » de la communication neuronale**

[ dîner ]

**Séance 3 : Nos mémoires**

**Séance 4 : Cartographier notre connectome**

Mardi 2 juin

**Séance 5 : Des réseaux qui oscillent à l'échelle du cerveau**

**Séance 6 : Les « fonctions supérieures »**

[ dîner ]

**Séance 7 : Le corps-cerveau-environnement**

**Séance 8 : Vers une « neuropédagogie » ?**



Lundi 1<sup>er</sup> juin

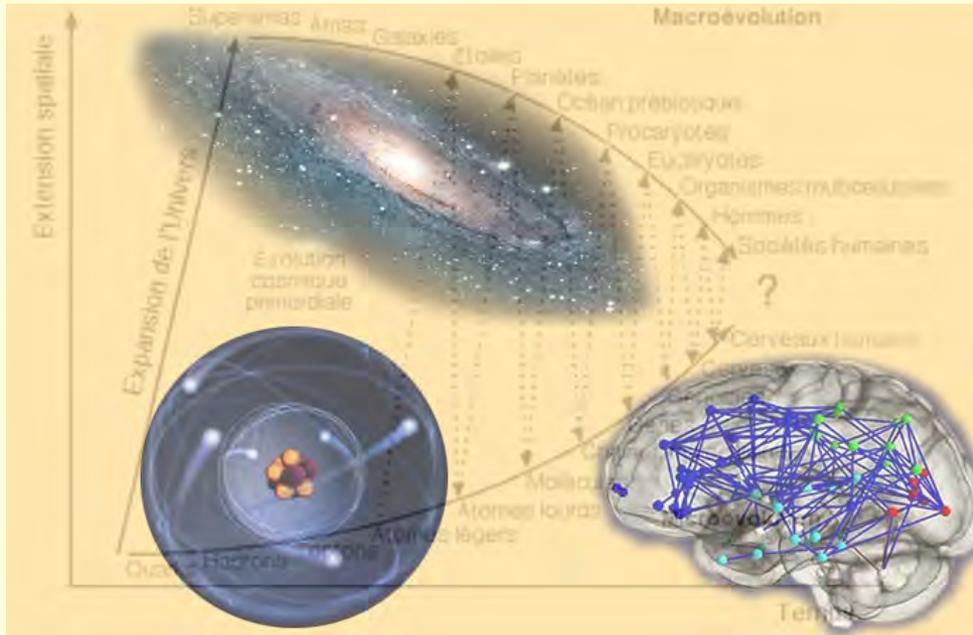
## Séance 1 : Croissance de la complexité : du Big Bang aux sociétés humaines

Un peu de thermodynamique;  
La matière et la forme;  
Atomes;  
Étoiles;  
Planètes;  
Molécules;  
Origine de la vie;  
Autopoïèse;  
Procaryotes;  
Eucaryotes;  
Génomes;  
Multicellulaires;  
Systèmes nerveux;  
Hominisation;  
Cerveaux humains;  
Sociétés humaines.

Je vais commencer par une citation d'Henri Laborit qui est en fait l'une des dernières diapos que je vais vous montrer demain après-midi durant la dernière séance....

...histoire de mettre en pratique dès maintenant ce que je vais vous proposer à la fin !

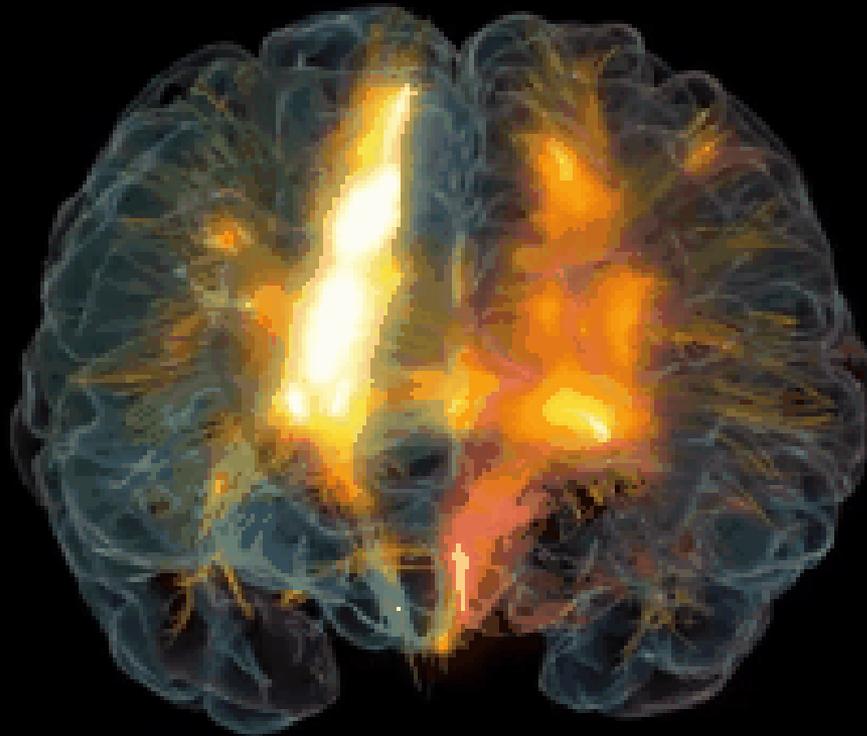
« Chaque heure passée par un enfant sur un banc d'école devrait commencer par définir la **structure** de ce qui va être dit dans les **structures d'ensemble**.



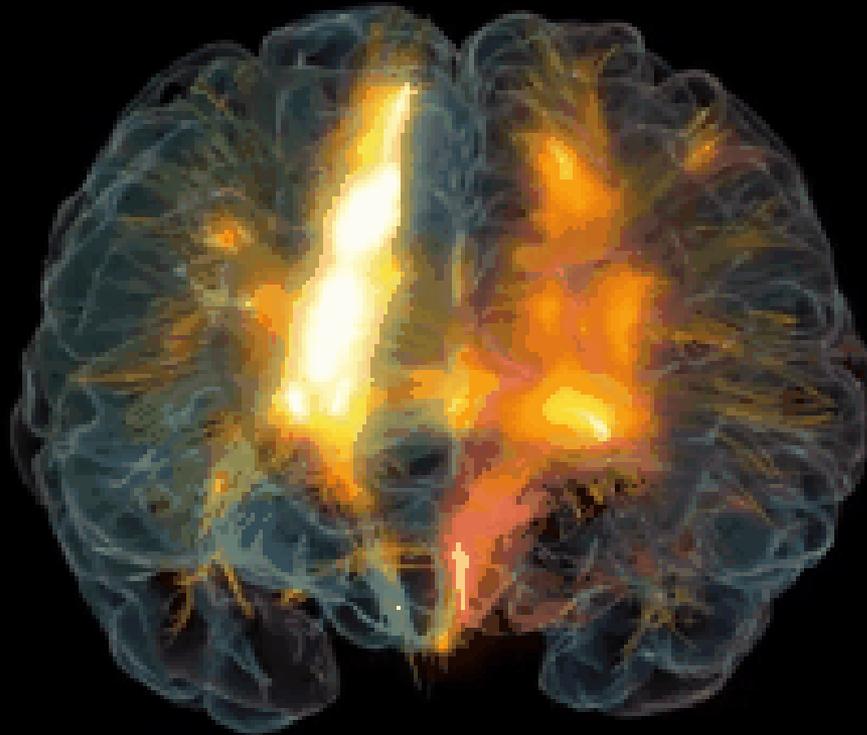
**Chaque chose apprise doit se mettre en place dans un cadre plus vaste, par niveaux d'organisation et régulation intermédiaires, aussi bien dans le sens horizontal du présent, que vertical du passé et de l'avenir.** »

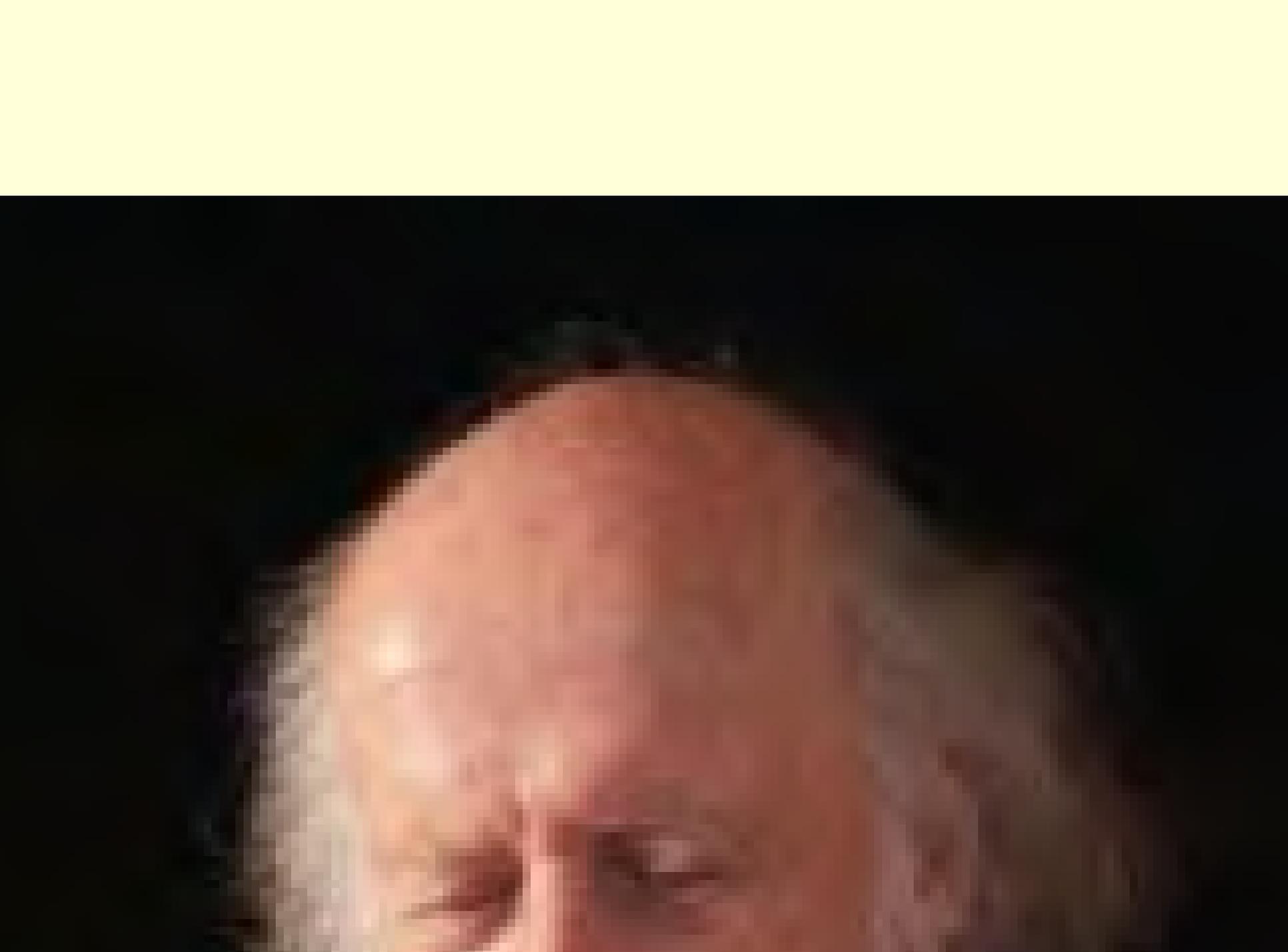


Voilà la **structure** dont nous allons parler.  
Probablement l'objet le plus complexe de l'univers connu  
dont on a tous un exemplaire entre les deux oreilles !



Mais c'est pas juste le cerveau qui est complexe,  
c'est toute **la vie avant** lui qui a permis son émergence et toutes  
**les sociétés humaines après** qui se sont constituées grâce à lui !







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

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

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

- Hubert Reeves

Croissance  
de complexité

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

$10^{29}$

100 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000

Évolution  
cosmique

Évolution  
chimique

Évolution  
biologique

Qu'est-ce qui rend possible  
la croissance de la complexité ?



Dans un système **isolé** comme l'univers, l'énergie se conserve (1<sup>er</sup> principe de la thermodynamique)

Et...

l'énergie se dissipe, se dégrade, sous forme de chaleur  
(entropie croissante)

(2<sup>e</sup> principe de la thermodynamique)





Il peut donc y avoir  
croissance de  
complexité  
localement...

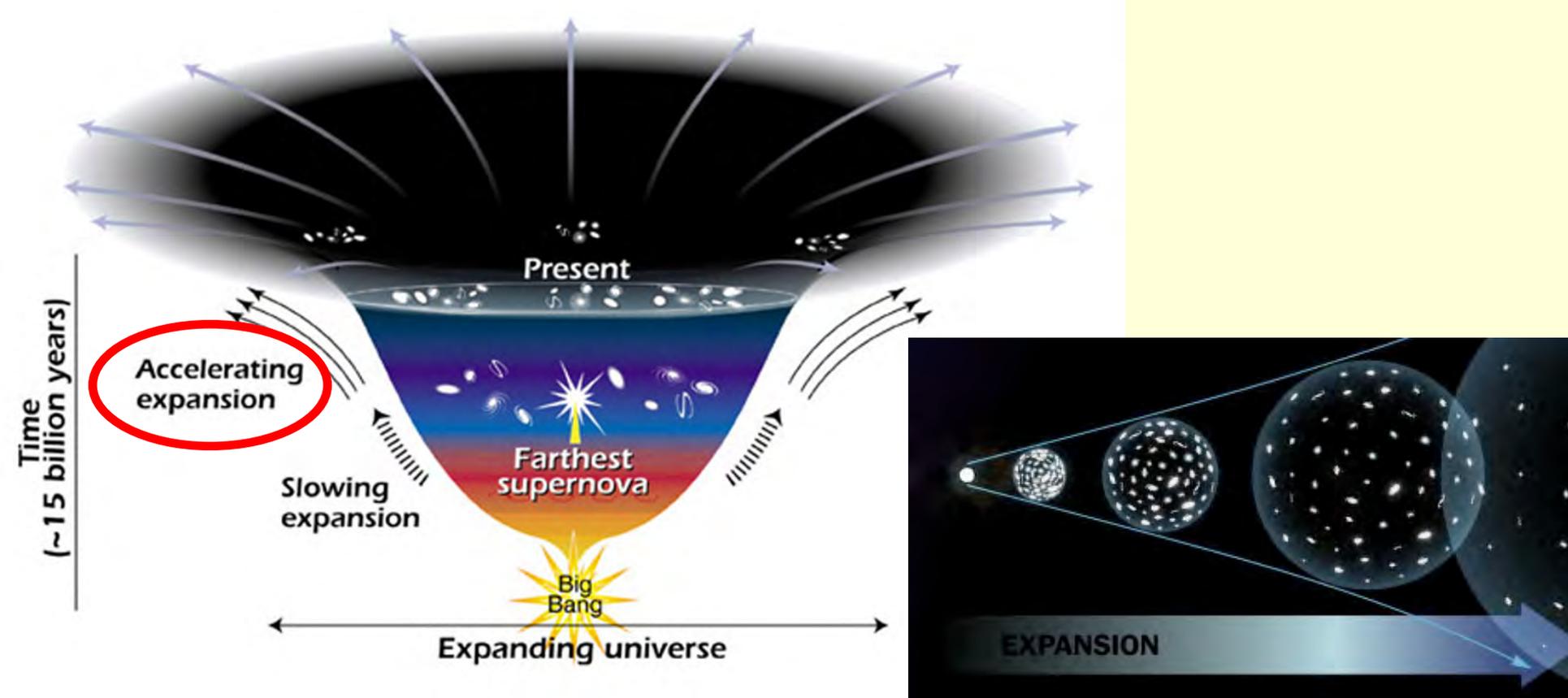
...parce qu'il continue d'y avoir  
croissance du désordre à l'échelle  
de l'univers.



Et cette complexité va pouvoir croître dans ce  
qu'on appelle des **systèmes ouverts**, c'est-à-dire  
qui peuvent échanger de la matière et de l'énergie  
avec le milieu extérieur.

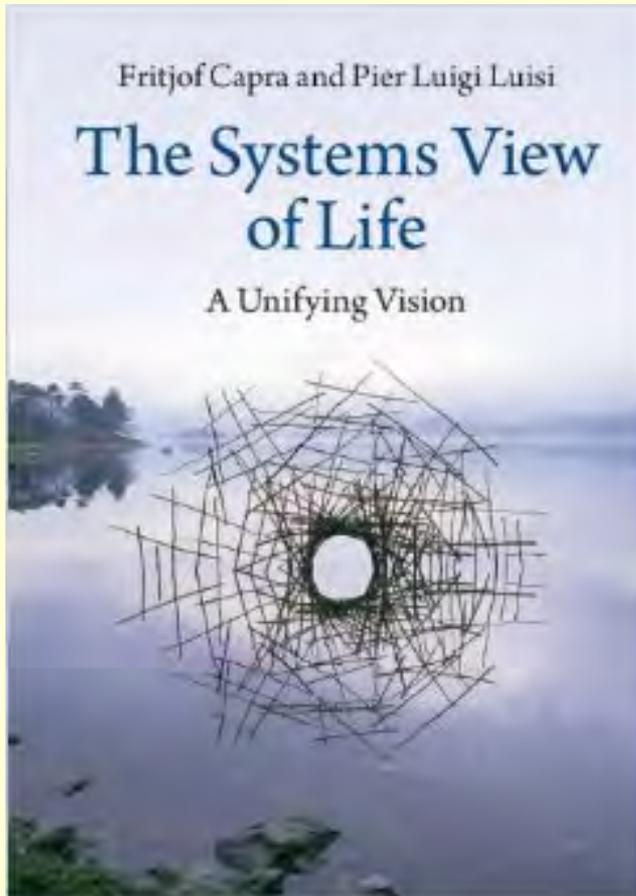
## Pourquoi la croissance de la complexité et pas la stabilité ?

Comme l'atome de Fer a le noyau le plus stable, l'univers devrait être composé uniquement d'atomes de fer ; or, aujourd'hui, moins d'un atome sur trente mille est un atome de fer. Pourquoi?

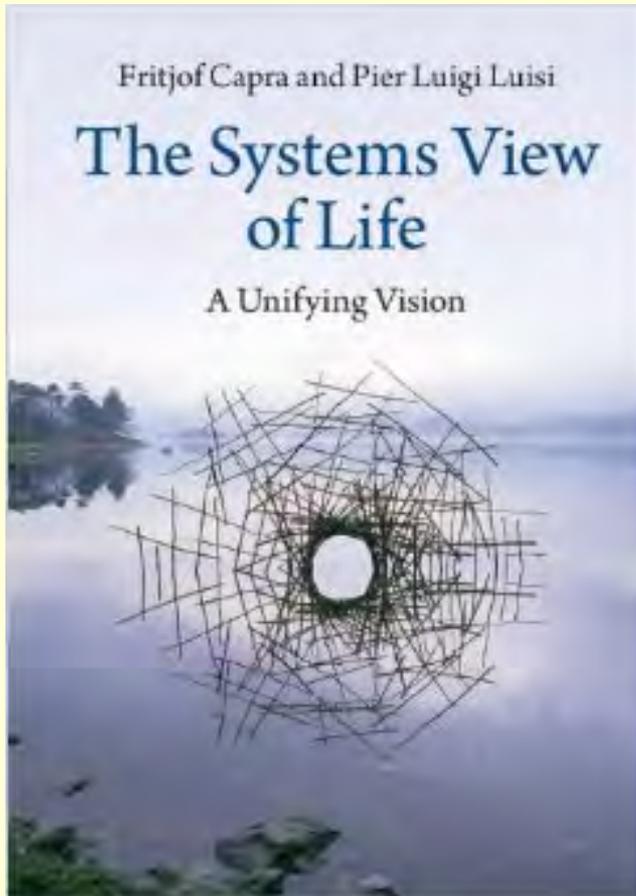


Comme l'atome de Fer a le noyau le plus stable, l'univers devrait être composé uniquement d'atomes de fer ; or, aujourd'hui, moins d'un atome sur trente mille est un atome de fer. Pourquoi?

Essentiellement parce que **l'expansion a été trop rapide** pour que la stabilité nucléaire soit atteinte. Pour les structures moléculaires qui s'organisent, la quête de la stabilité est un guide très peu directif car elles ont accès à **une multitude d'états de même stabilité.** (Hubert Reeves, *Patience dans l'azur*)



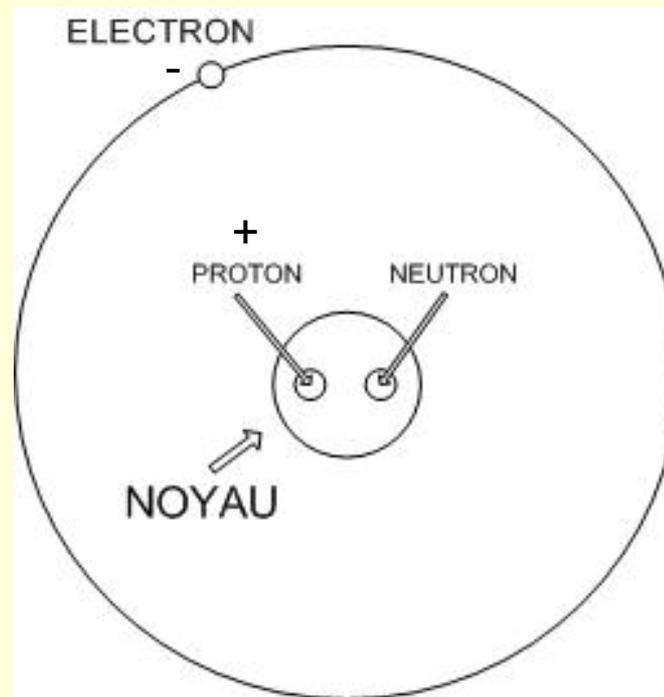
Et c'est cela qui va ouvrir  
tant de possibilités  
en terme de diversité de **formes**...



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

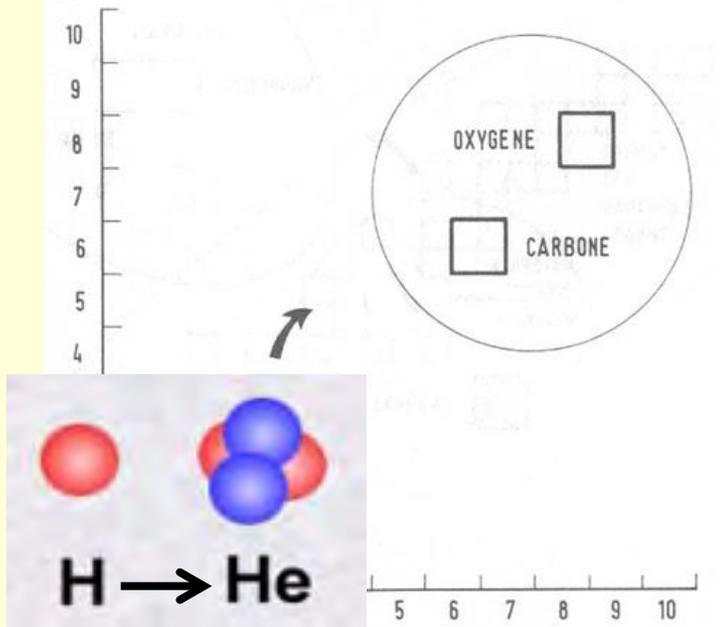
- l'étude de la **matière** : de quoi c'est fait ?
- l'étude de la **forme** : quel est le pattern ?

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

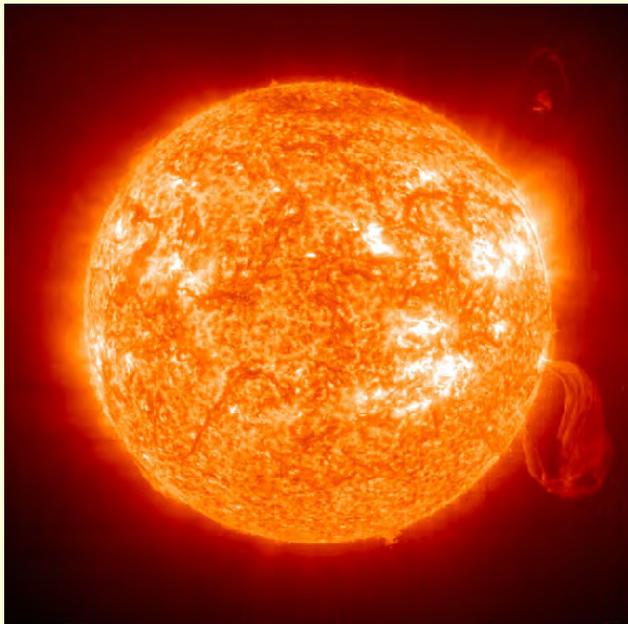
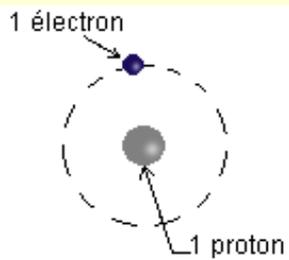


**L'atome** est constitué d'un noyau concentrant plus de 99,9 % de sa masse autour duquel se distribuent des électrons pour former un nuage 100 000 fois plus étendu que le noyau lui-même (donc schéma pas à l'échelle ici !).

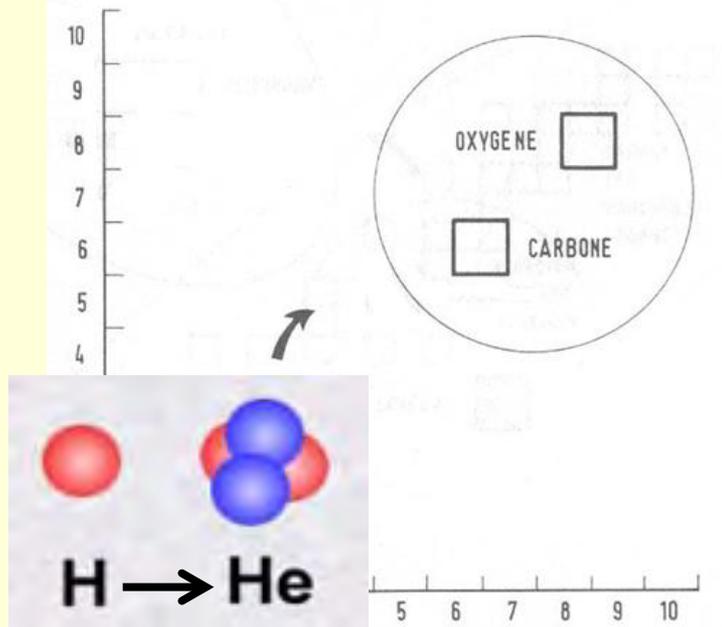
# Combustion de l'hélium



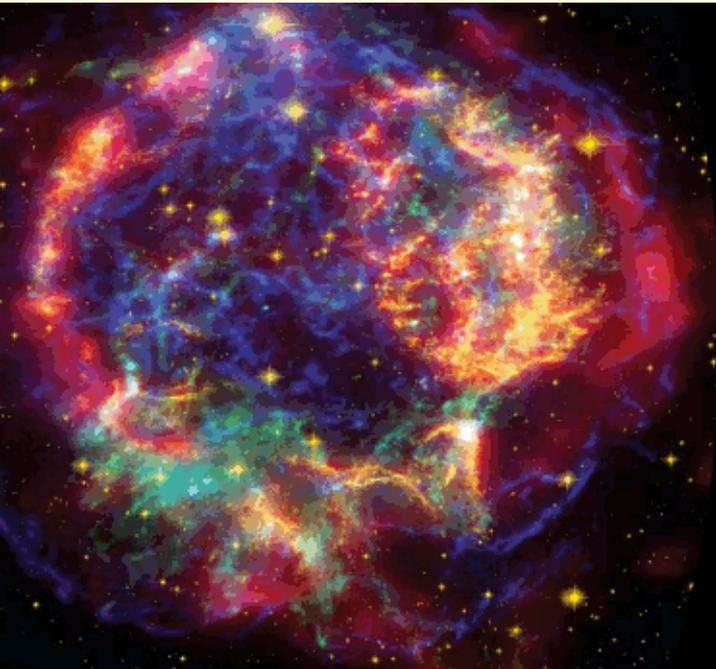
- l'étude de la **matière** : de quoi c'est fait ?



# Combustion de l'hélium



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



## Elles s'éclatent pour vous!

Sans les étoiles mortes, vous ne seriez pas là.

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

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

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

# Tableau Périodique des Éléments

1 IA	New Original																18 VIIIA	
1 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/>

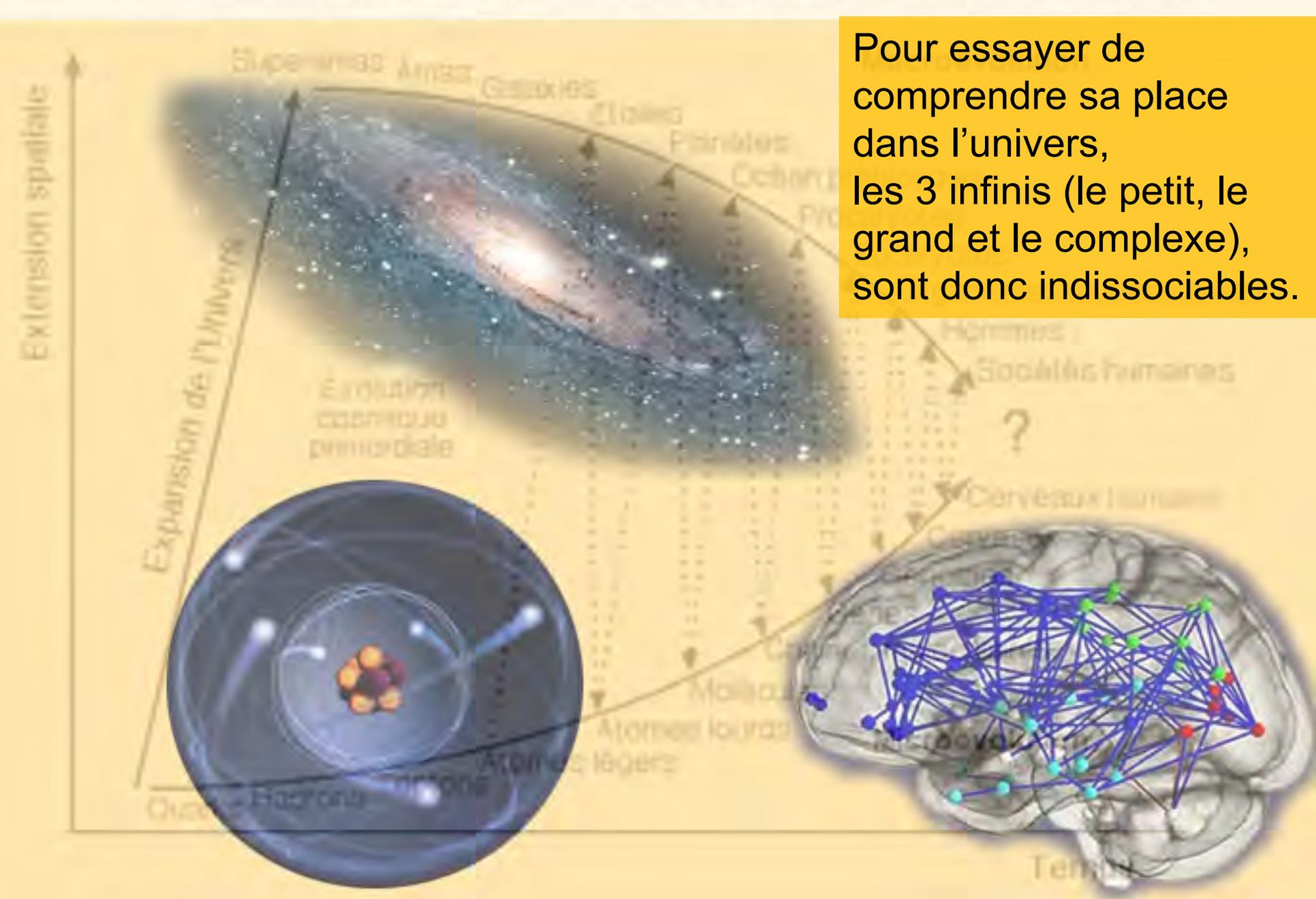
57 La Lanthane 138.9055	58 Ce Cérium 140.116	59 Pr Praséodyme 140.90765	60 Nd Néodyme 144.24	61 Pm Prométhium (145)	62 Sm Samarium 150.36	63 Eu Europium 151.964	64 Gd Gadolinium 157.25	65 Tb Terbium 158.92534	66 Dy Dysprosium 162.500	67 Ho Holmium 164.93032	68 Er Erbium 167.259	69 Tm Thulium 168.93421	70 Yb Ytterbium 173.04	71 Lu Lutécium 174.967
89 Ac Actinium (227)	90 Th Thorium 232.0381	91 Pa Protactinium 231.03688	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)

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.

A photograph of a person standing in a dark forest at night, looking up at the starry sky. The person is illuminated by a warm, orange glow from a tent nearby. The background shows a lake and mountains under a dark blue night sky with visible stars.

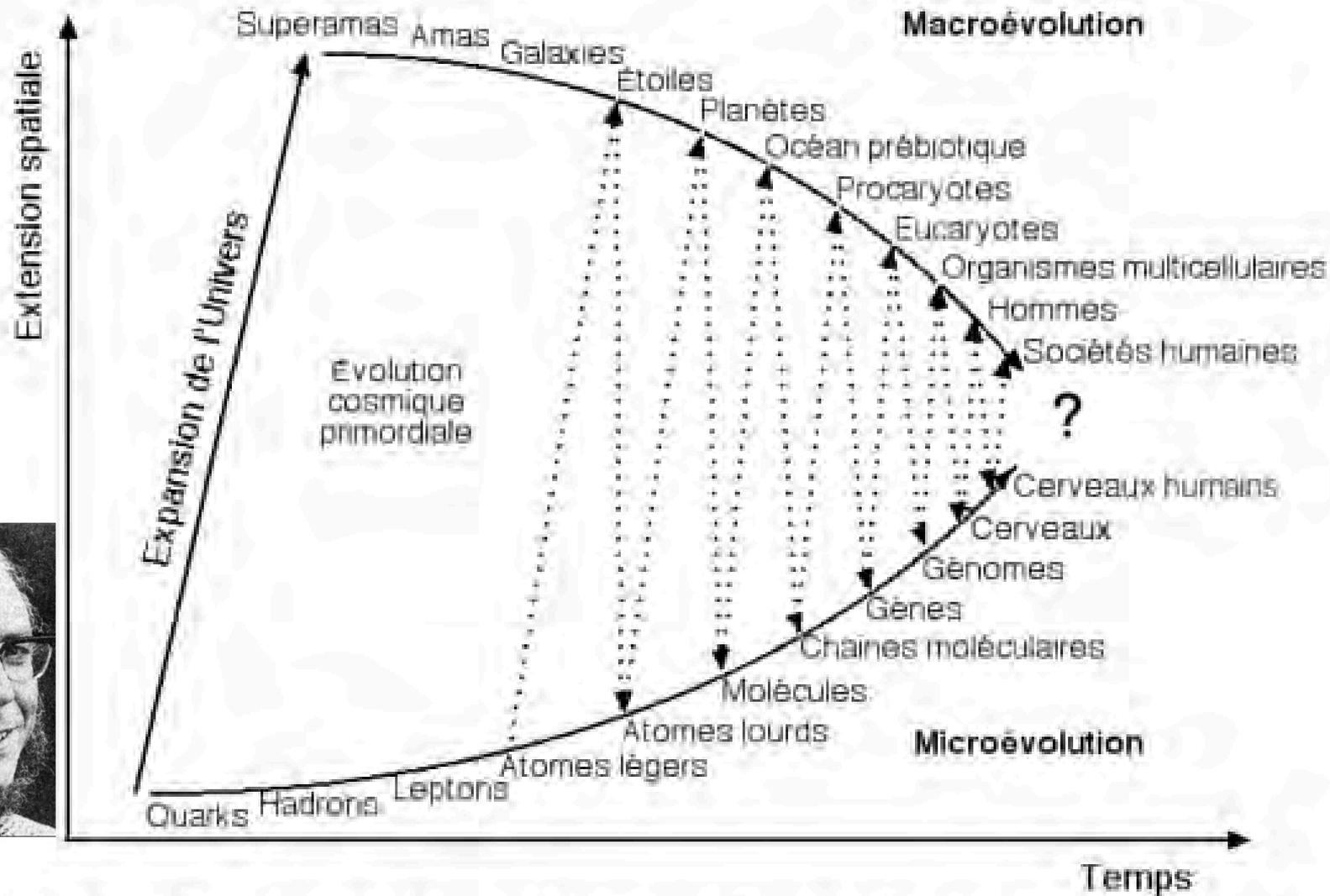
Pour essayer de  
comprendre sa place  
dans l'univers,  
les 3 infinis (le petit, le  
grand et le complexe),  
sont donc indissociables.

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

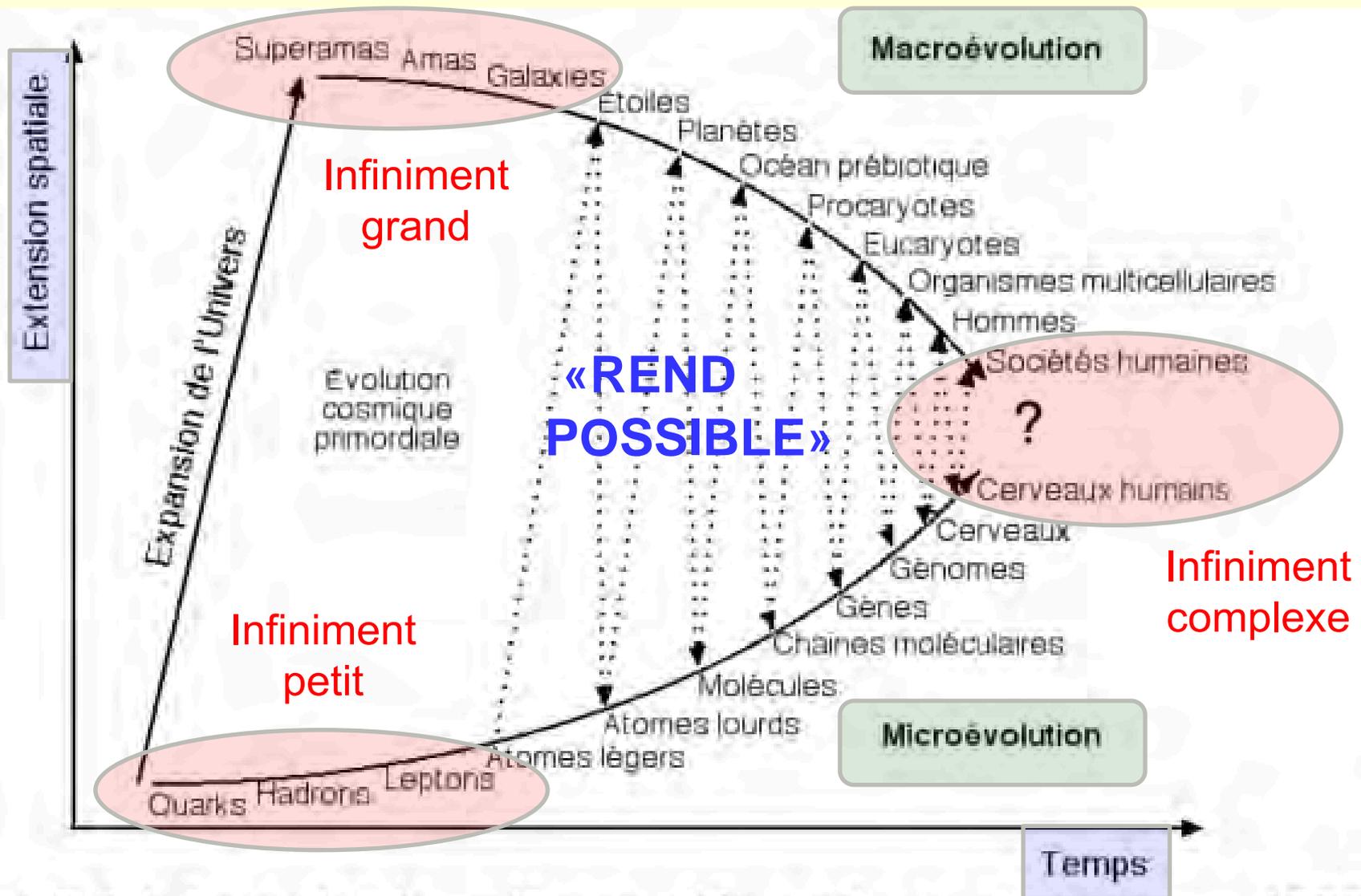




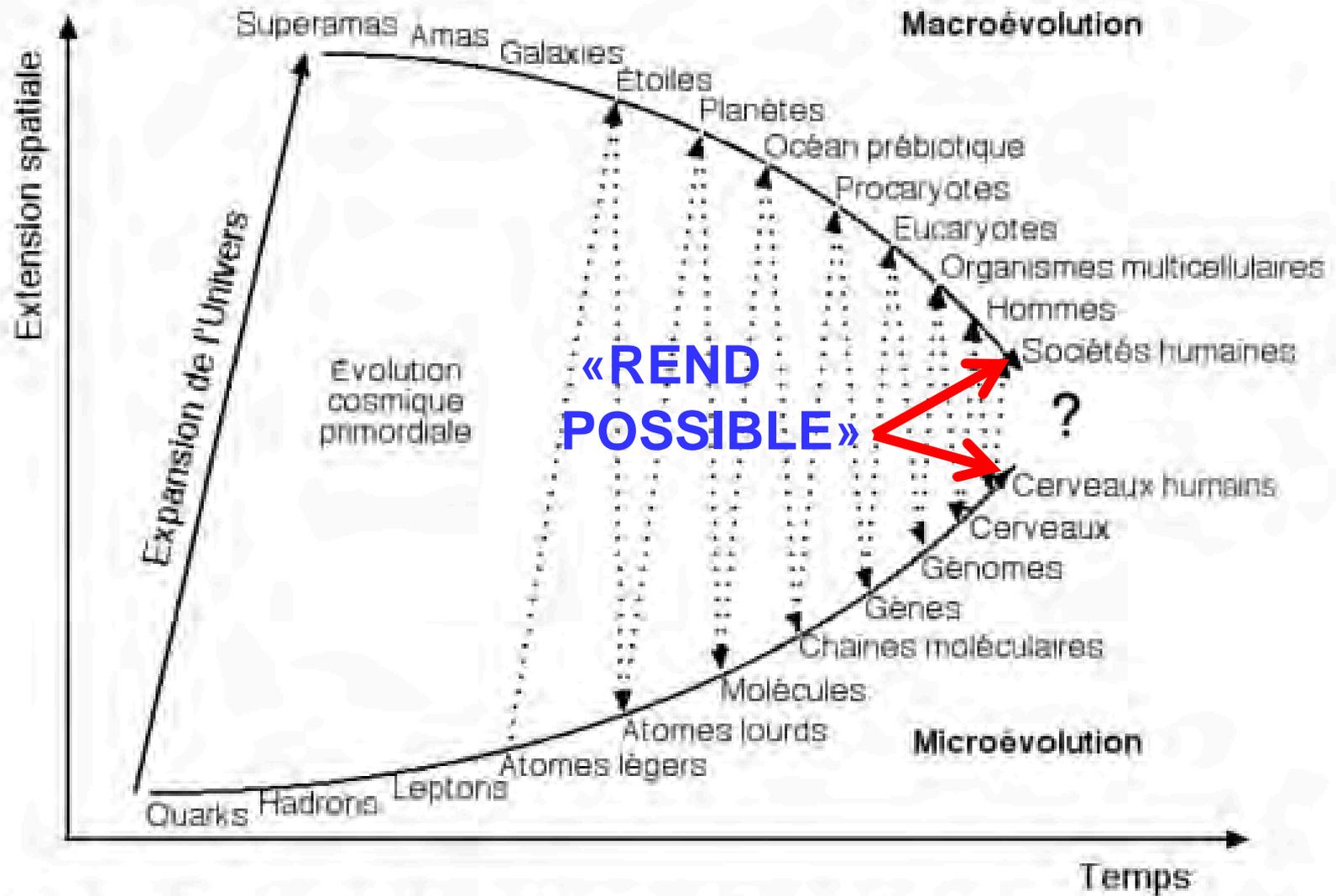
(1929 - 1980)



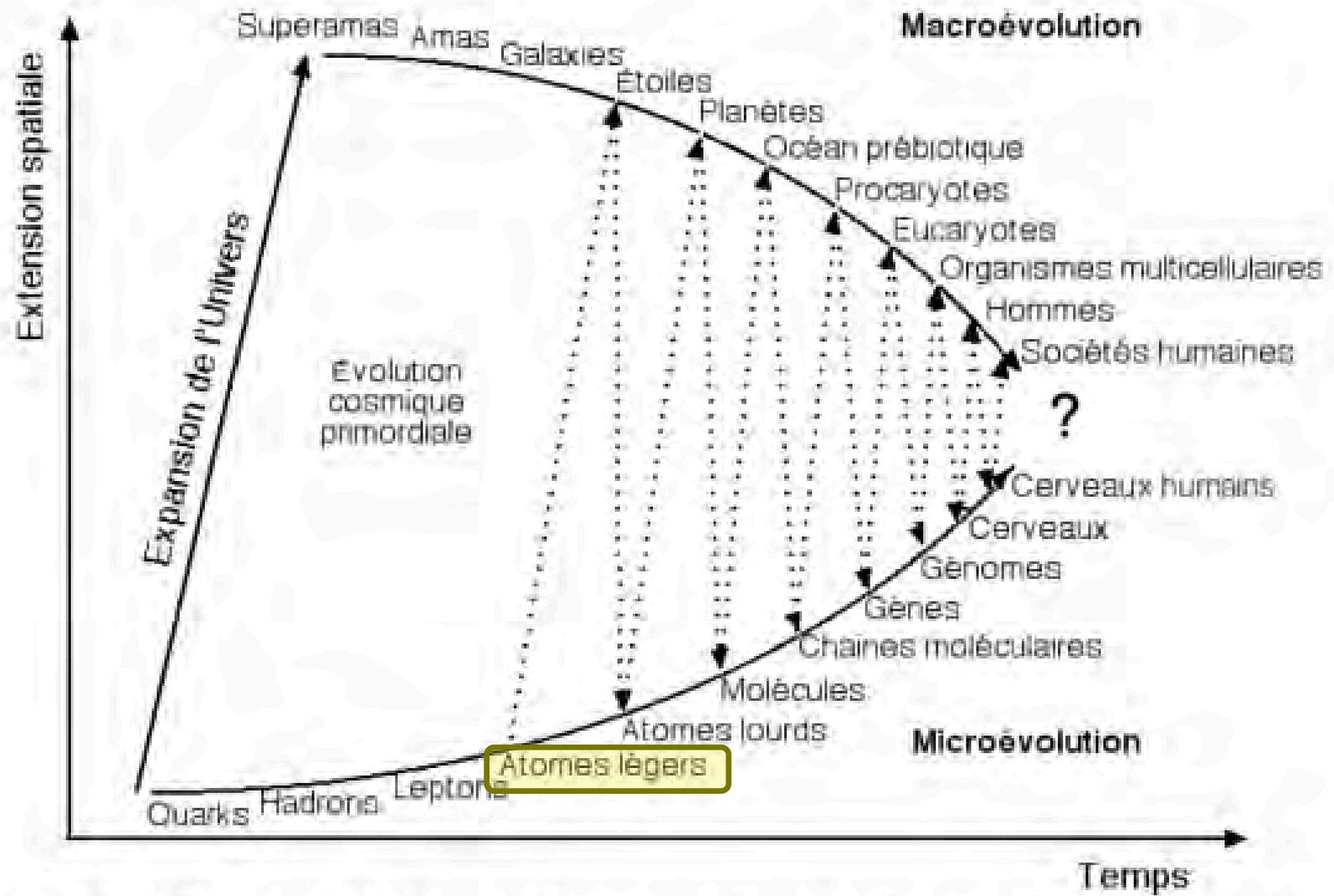
D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.



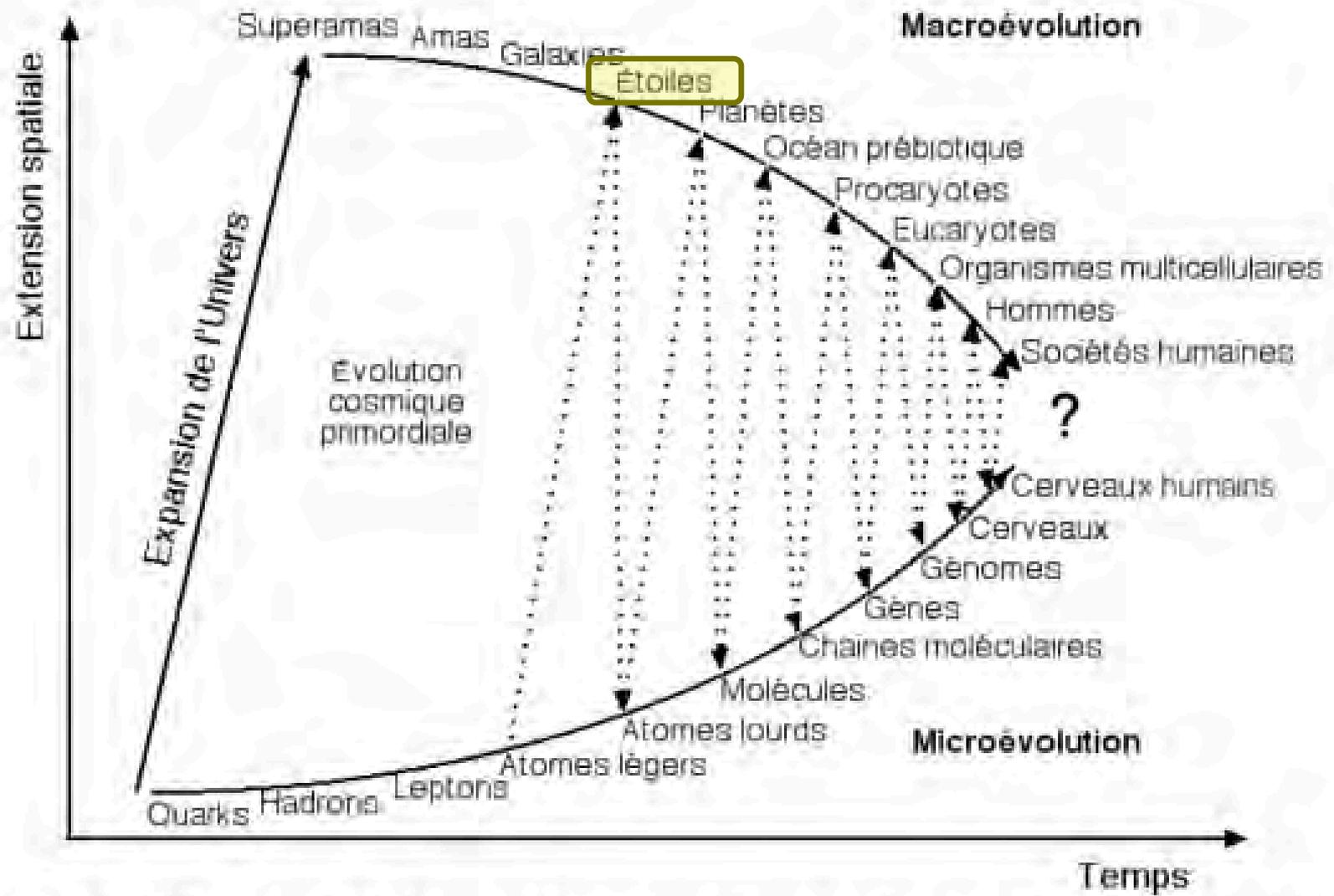
D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.



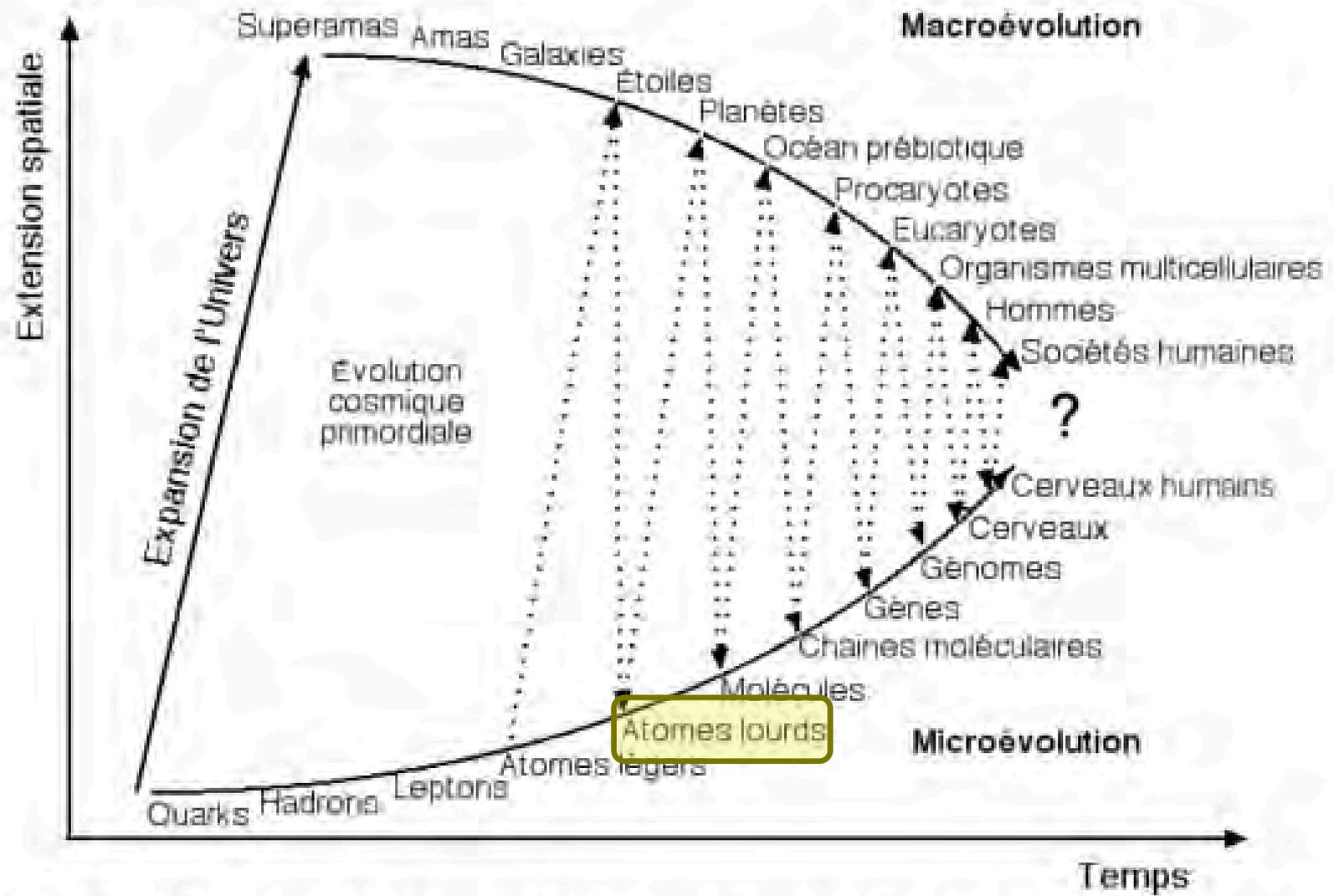
D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.



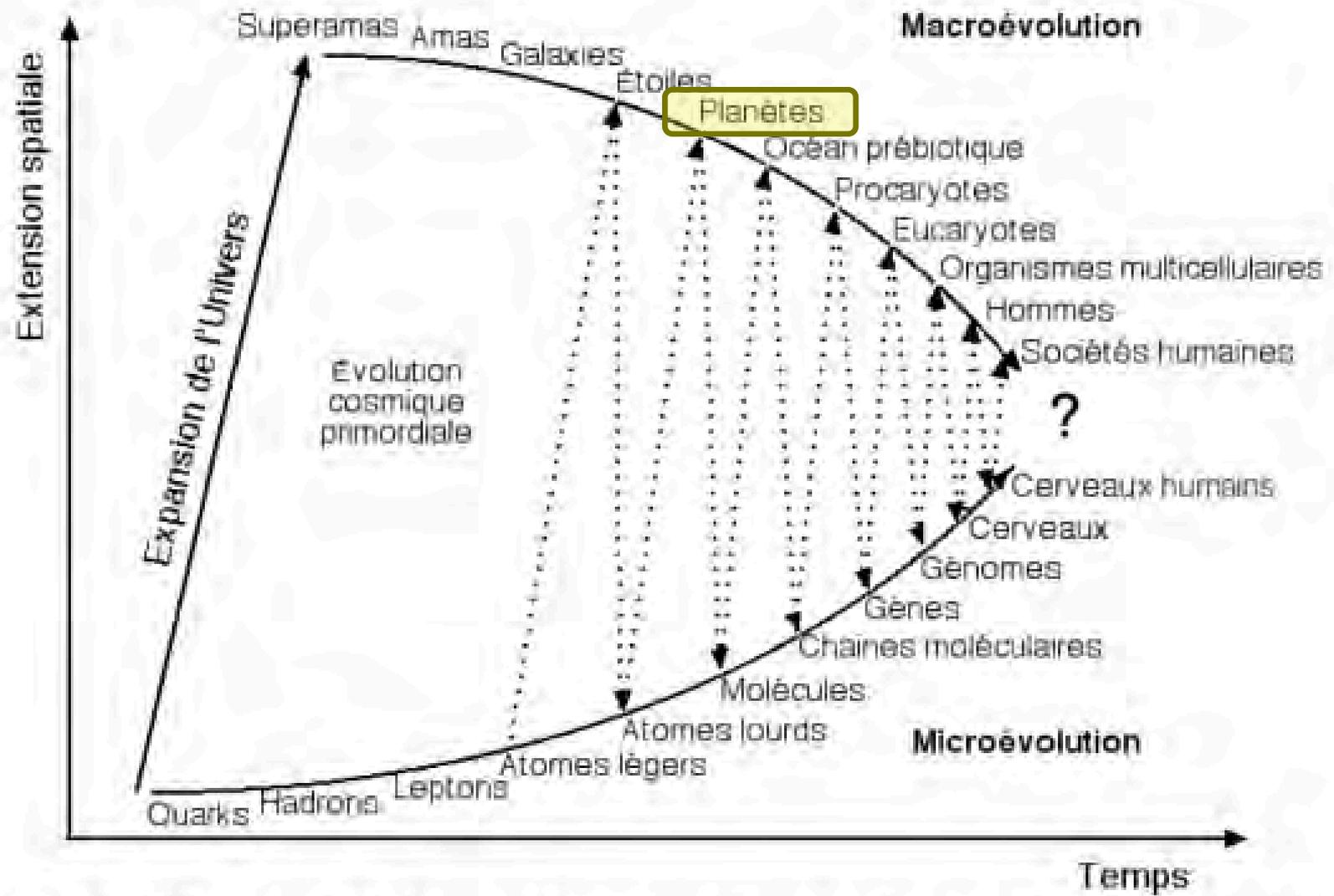
D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.



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

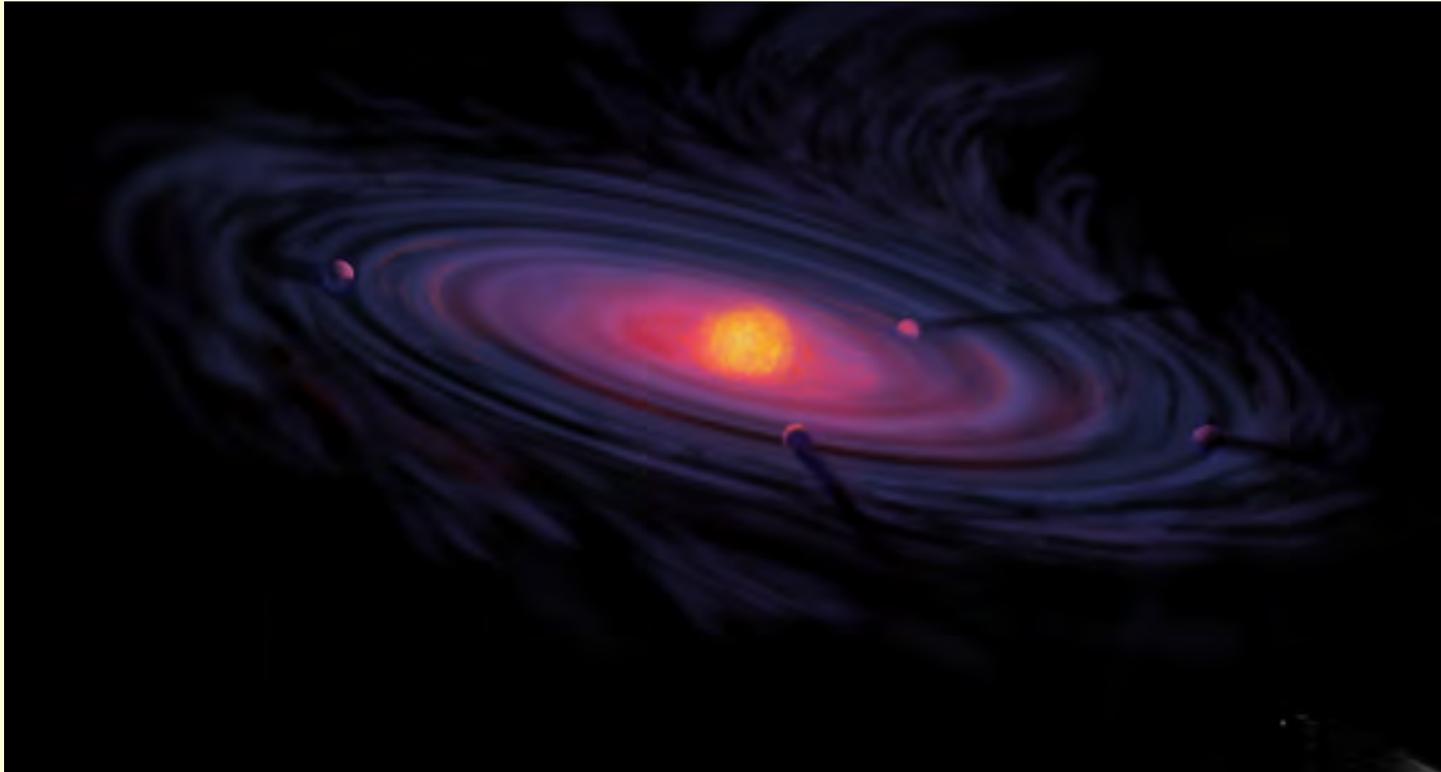


D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.



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

La matière expulsée par l'explosion des **supernovas** va former une **nébuleuse solaire** : nuage en rotation de **poussières**, de **roches** et de **gaz** à partir duquel notre système solaire se serait formé.



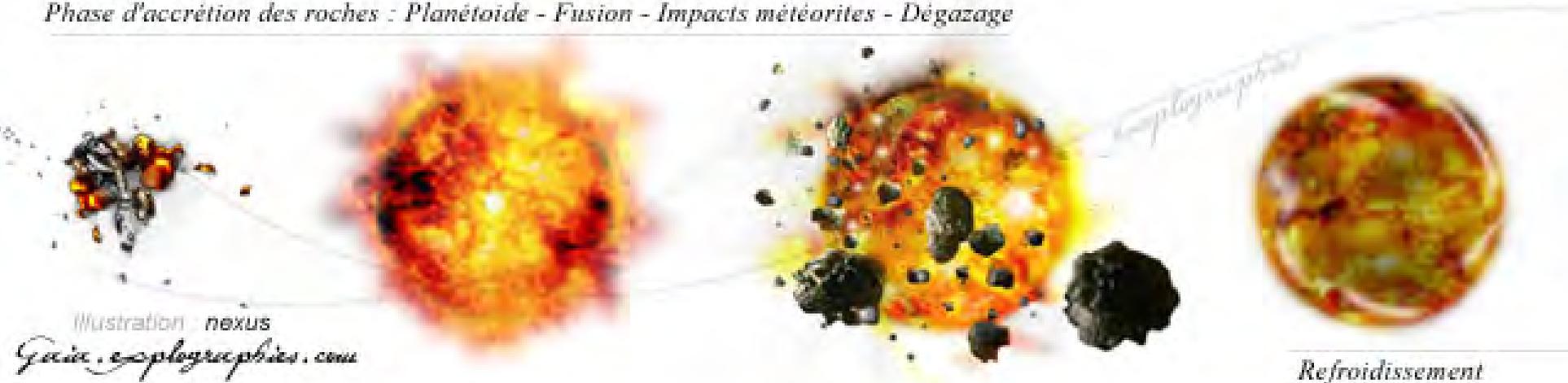
Une vue d'artiste du disque protoplanétaire.

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Histoire\\_de\\_la\\_Terre](http://fr.wikipedia.org/wiki/Histoire_de_la_Terre)

Des **protoplanètes** commencent à se former tout autour du futur Soleil...

...grâce à des fragments de plus en plus gros qui entrent en collision les uns avec les autres.

*Phase d'accrétion des roches : Planétoïde - Fusion - Impacts météorites - Dégazage*



Ceux-ci incluent un groupement situé approximativement à 150 millions de kilomètres du centre : **la Terre.**

Plusieurs années plus tard, une **collision importante** avec un **astéroïde** de la taille d'une planète mélangea les couches externes des deux planètes.



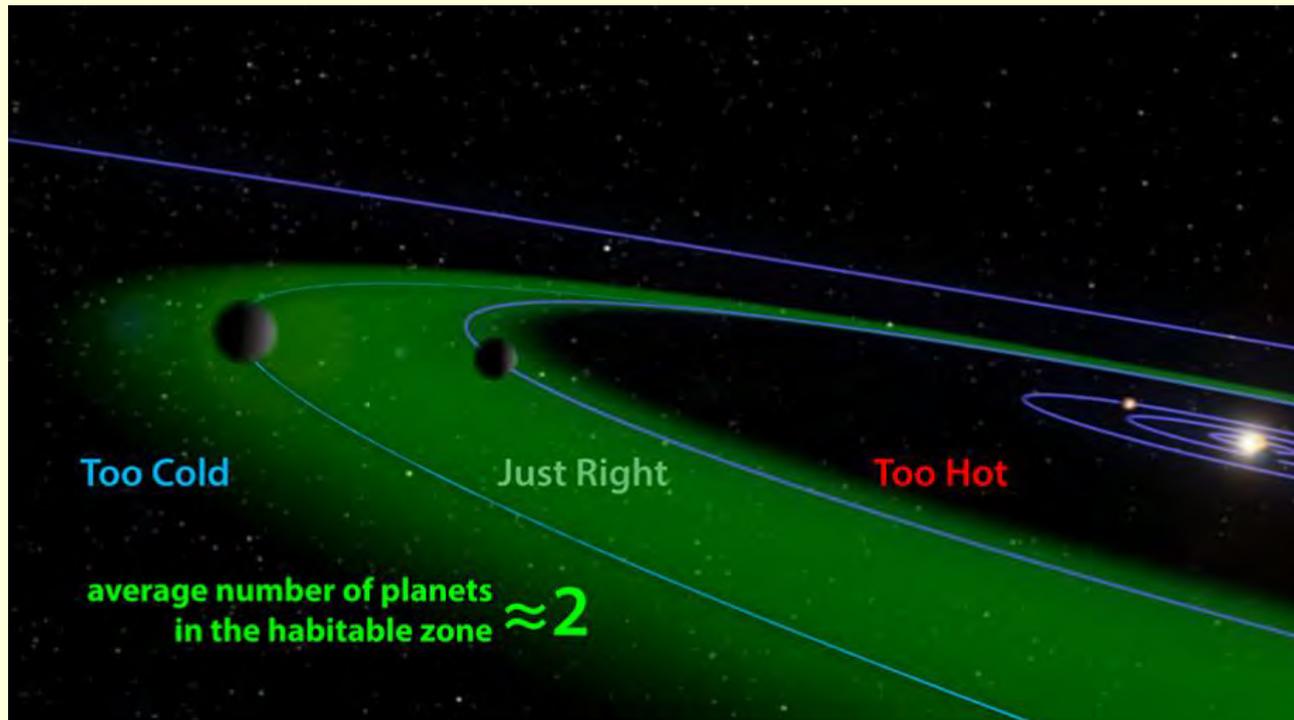
Cela provoqua l'agrandissement de la Terre et le reste des débris forma la **Lune** qui demeura captive en orbite autour de la Terre.

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

Par Erwan Lecomte

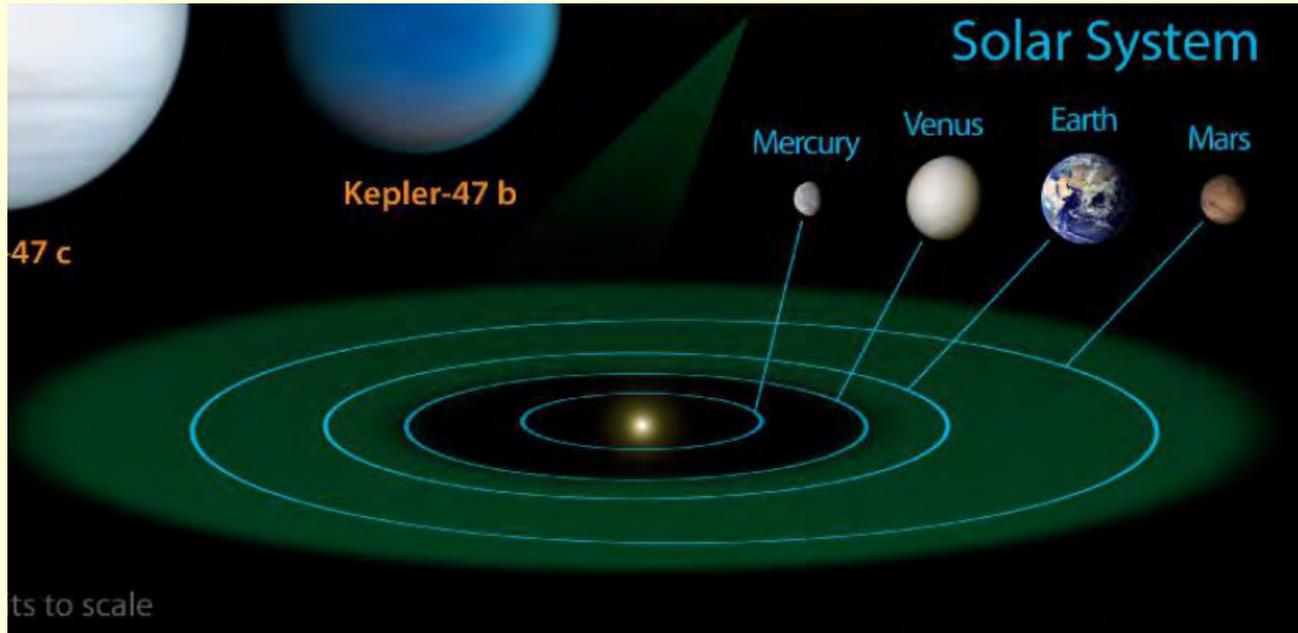
Publié le 6 février 2015

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



## Être dans la zone habitable : nécessaire mais pas suffisant

Pour que la vie puisse apparaître, il faut que **de nombreux autres facteurs** soient présents.



**ATMOSPHÈRE** : il faut que la planète ait une taille suffisante pour pouvoir retenir une atmosphère protectrice.

Aussi, si son atmosphère est riche en CO<sub>2</sub>, un effet de serre va alors augmenter la température à sa surface de plusieurs degrés.

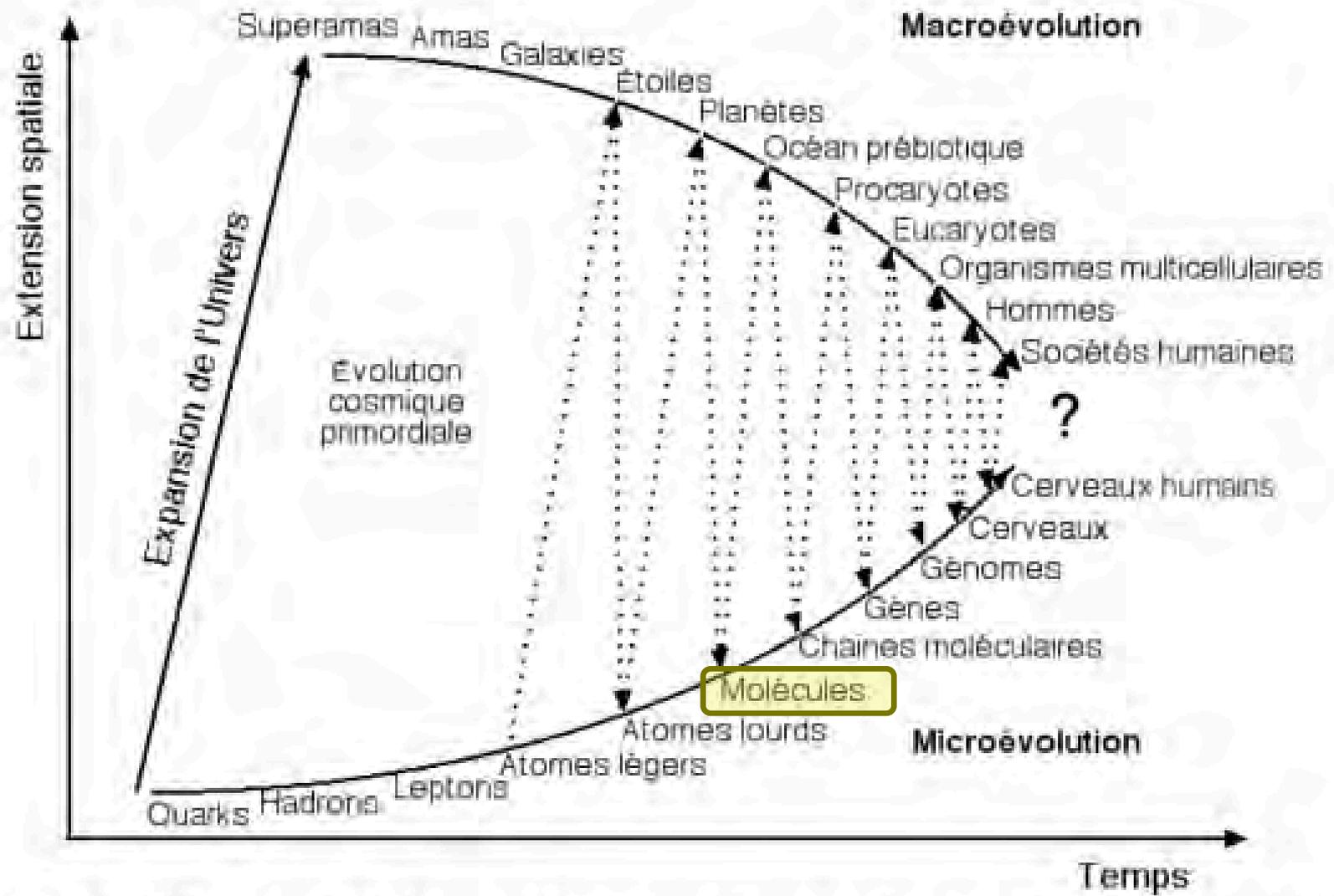
**CHAMP MAGNÉTIQUE** : un champ magnétique est favorable car il agit autour de la Terre comme un **bouclier** qui dévie les particules chargées émises par le soleil.

Pour nous, c'est le **noyau liquide fait de fer et de nickel** au centre de la Terre, dont la rotation provoque l'apparition de notre champ magnétique.

**STABILISATEUR.** Ultime élément, moins indispensable celui-là : la présence d'une **lune** autour d'une planète pourrait favoriser l'apparition de la vie.

Agissant à la manière d'un **gyroscope**, la Lune contribue à **stabiliser** la Terre sur son axe.

En l'absence de cette stabilisation, on pourrait observer des variations bien plus importantes et erratiques des paramètres physico-chimiques de l'environnement. Ce qui, on suppose, pourrait compliquer le développement de la vie...

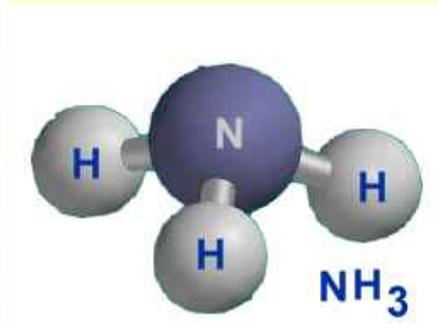
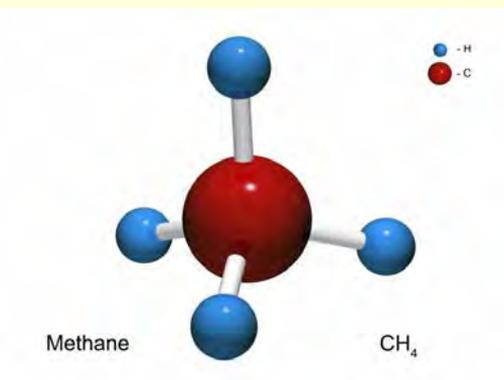


D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.

## Molécule :

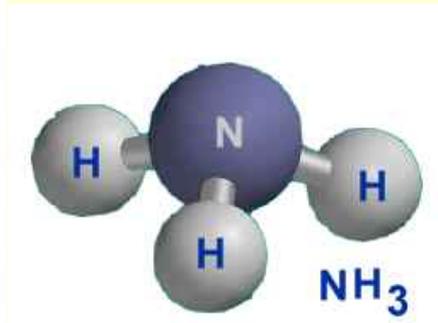
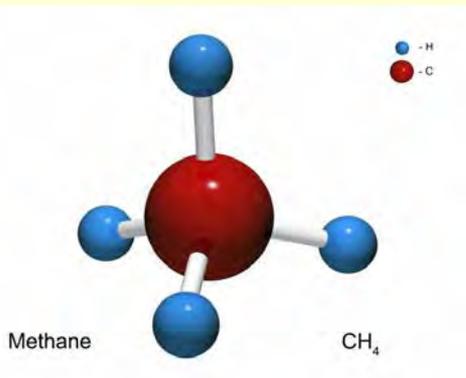
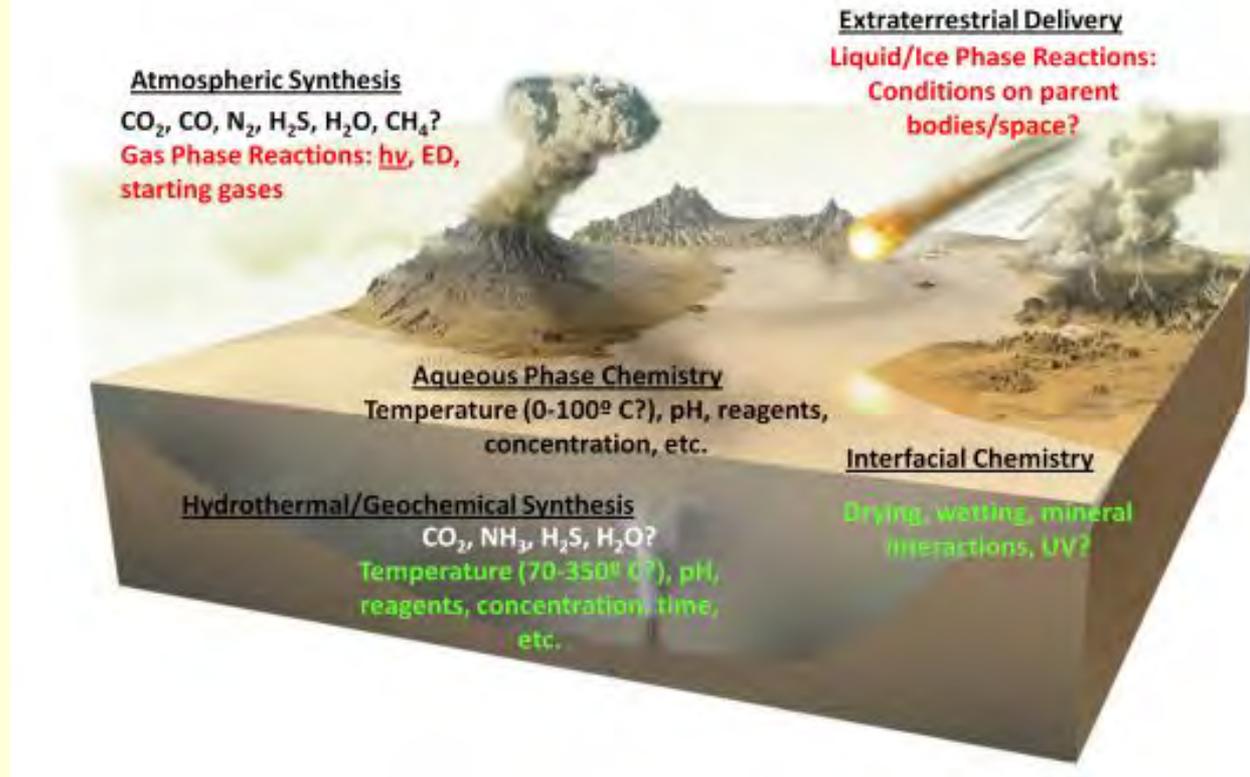
Les molécules constituent des **agrégats atomiques** liés par des liaisons dites « covalentes » d'au moins deux atomes, différents ou non.

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



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

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

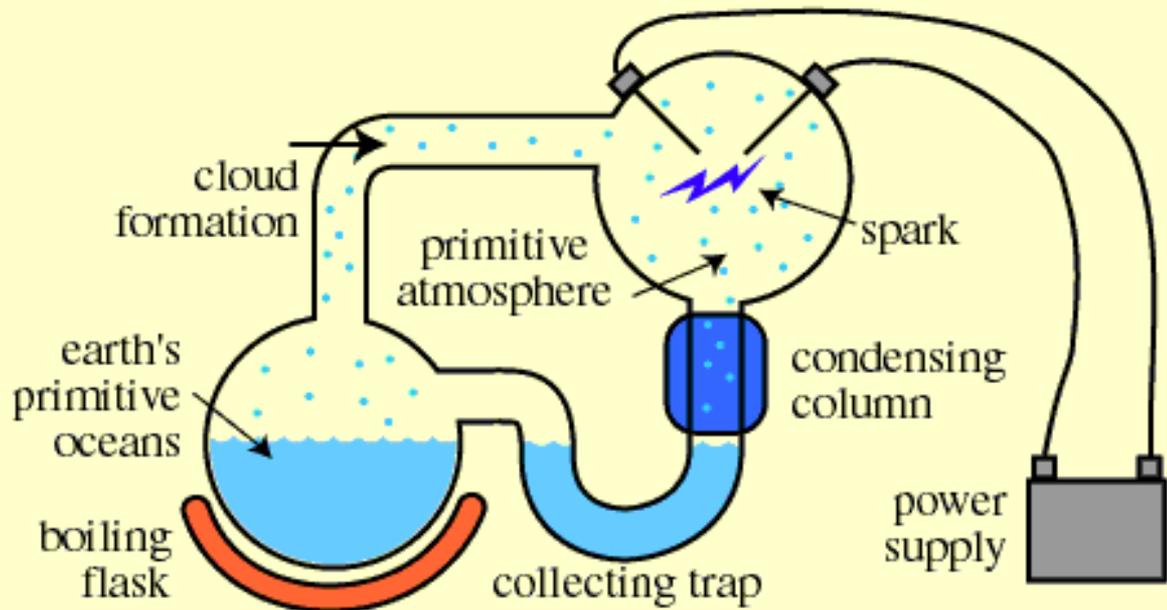


Ces molécules simples ont pu se complexifier jusqu'à un certain point dans les « **mares chaudes** » dont parlait déjà Darwin et qu'on a ensuite appelé « **soupe primitive** ».

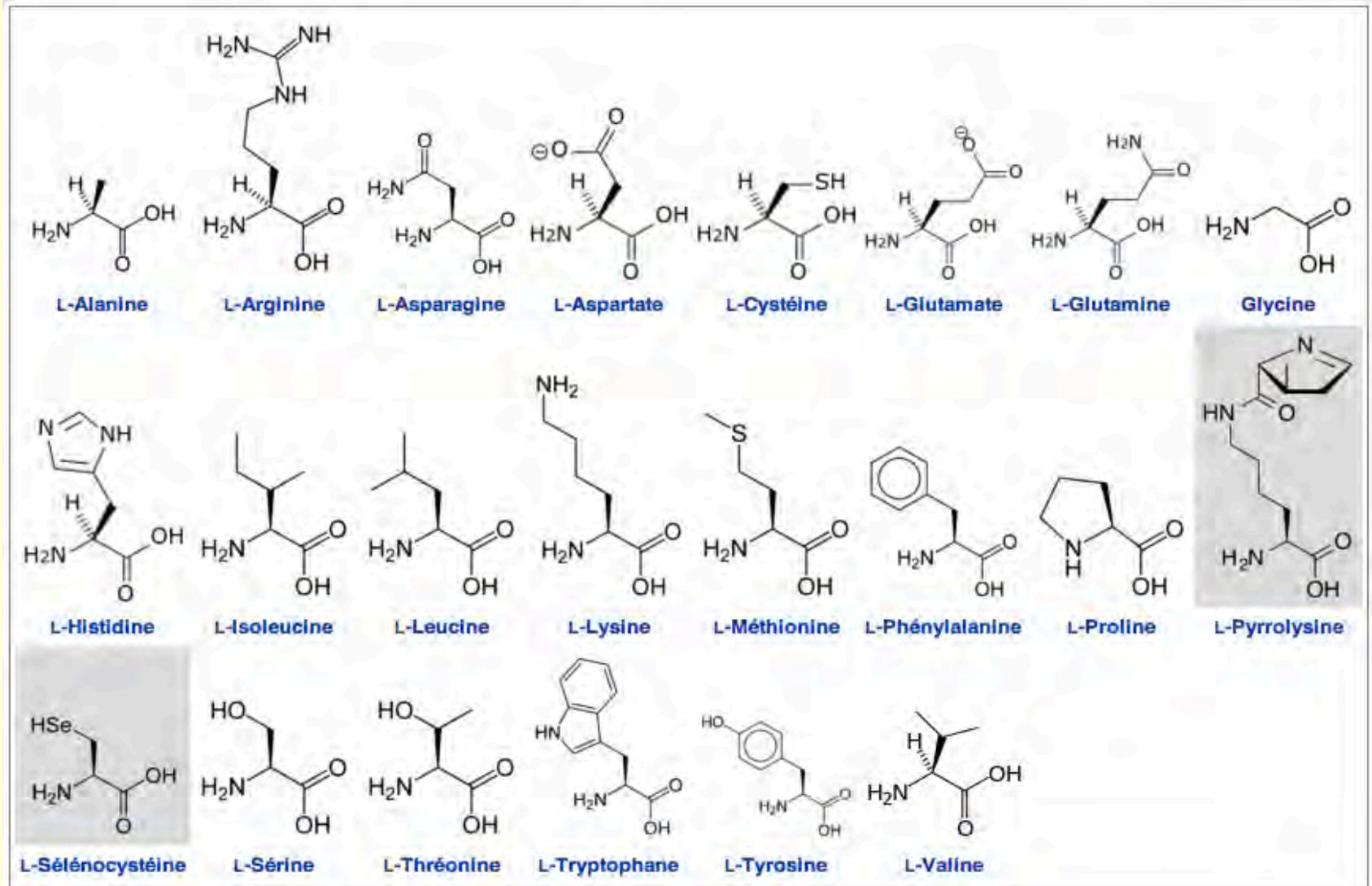


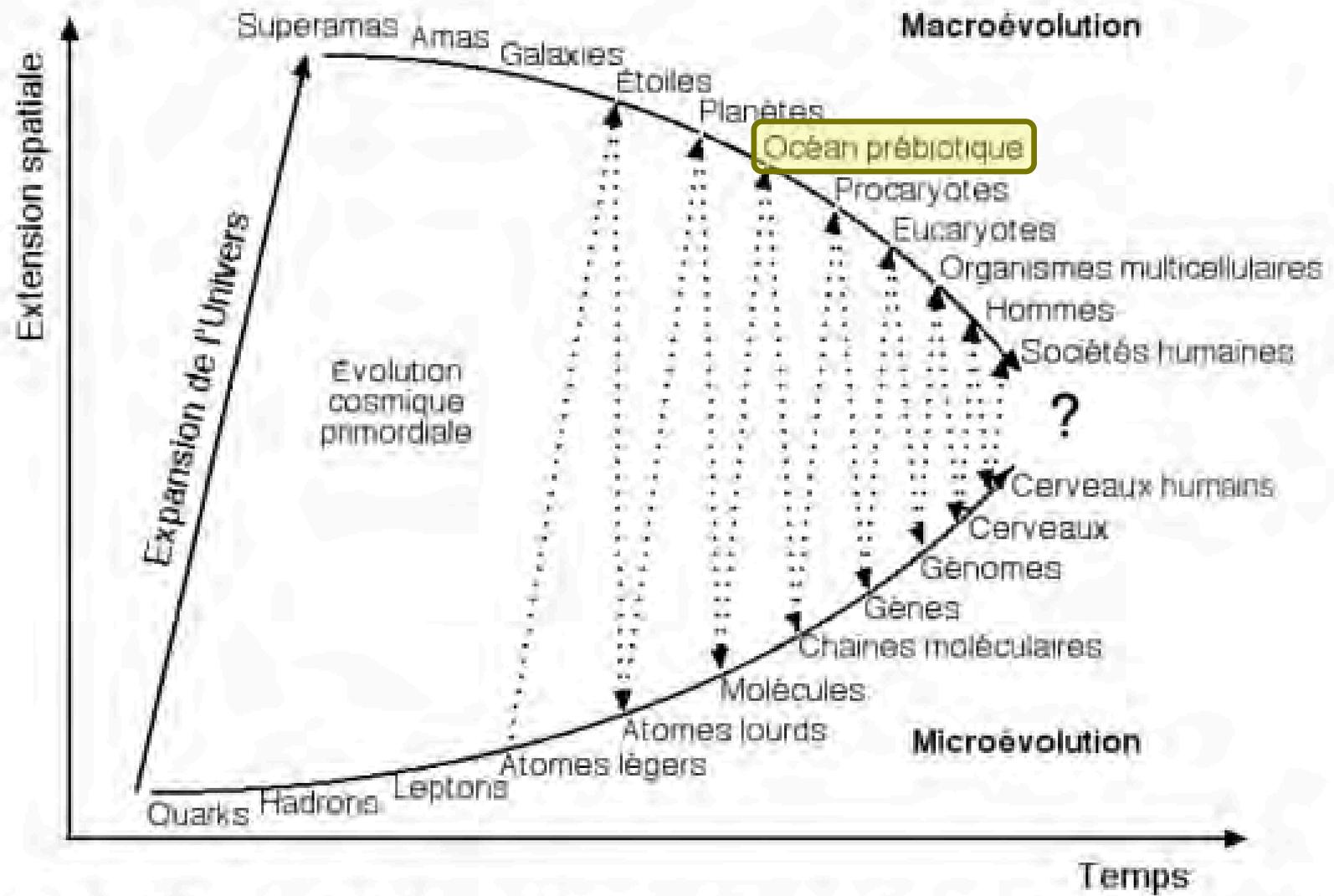
atmosphère et "soupe" primitive

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



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





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

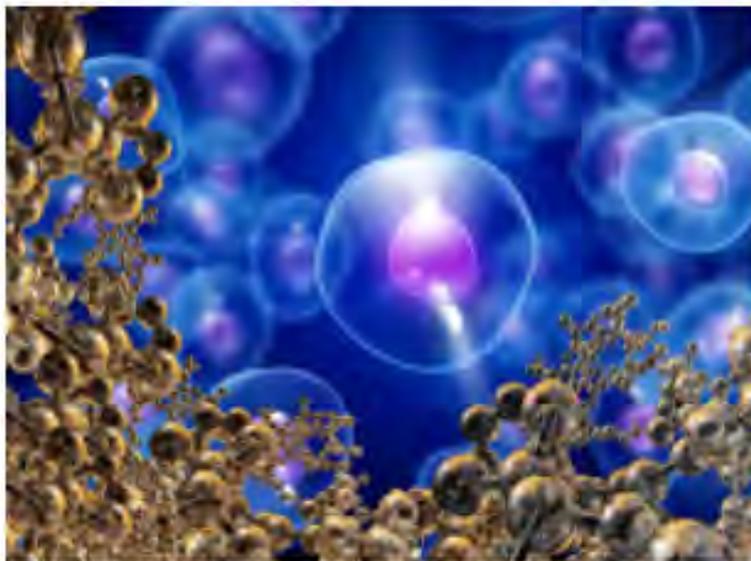


**CONFÉRENCE - AMPHITHÉÂTRE**

19 mars 2015 - 19h00

DU CHIMIQUE AU BIOLOGIQUE

**AINSI VINT LA VIE!**



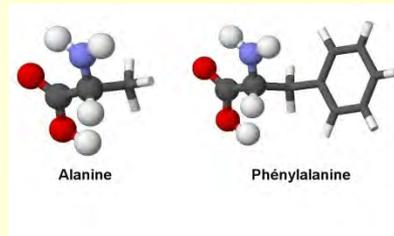
**Une conférence de Christophe Malaterre**

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

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



...à des chaînes de molécules...

...puis ensuite à des petits ARN...

...puis encore plus tard à de longues chaînes informationnelles comme l'ADN ?

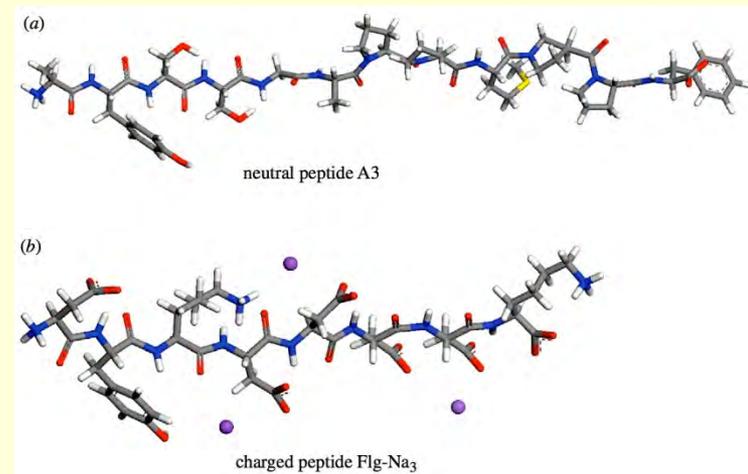
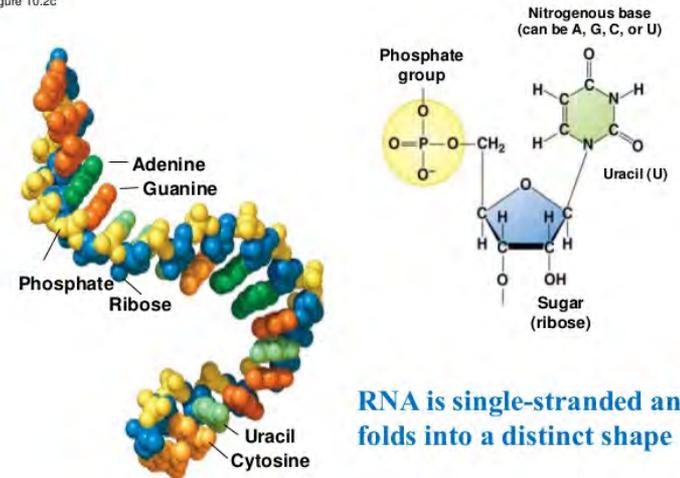


Figure 10.2c



La notion **d'évolution chimique** occupe actuellement une place centrale dans le débat scientifique sur les origines de la vie.

Certains chercheurs transposent dans le monde chimique le concept darwinien de **sélection naturelle**.

- ( 1- variations;
- 2- avantage de certaines variantes dans certains milieux en terme de survie et de reproduction;
- 3- transmission accrue (différentielle) de cette variante. )

La notion **d'évolution chimique** occupe actuellement une place centrale dans le débat scientifique sur les origines de la vie.

Certains chercheurs transposent dans le monde chimique le concept darwinien de **sélection naturelle**.

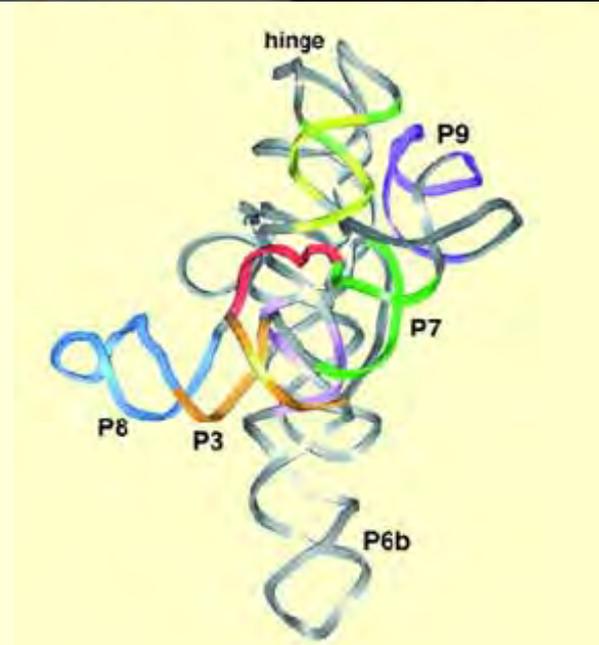
Et pensent que des ARN autocatalytiques peuvent donner lieu à de la **variation / sélection**.



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

Donc on peut imaginer des ARN capables de **s'auto-catalyser** (pour se reproduire) en plus d'être des **polymères informationnels**.

L'ARN (apparue probablement avant l'ADN) aurait ainsi pu jouer à la fois le rôle de l'ADN et celui des protéines (enzymes), brisant ainsi le cercle vicieux de « l'œuf ou de la poule »...

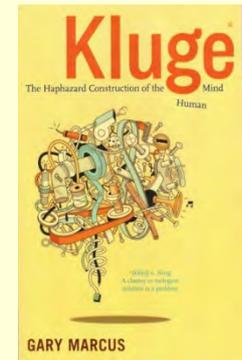


D'autres considèrent que l'évolution chimique renvoie à des processus évolutifs différents, **la sélection naturelle n'étant pas le seul moteur ou mécanisme de l'évolution.**

- La dérive génétique aléatoire (« genetic drift »)

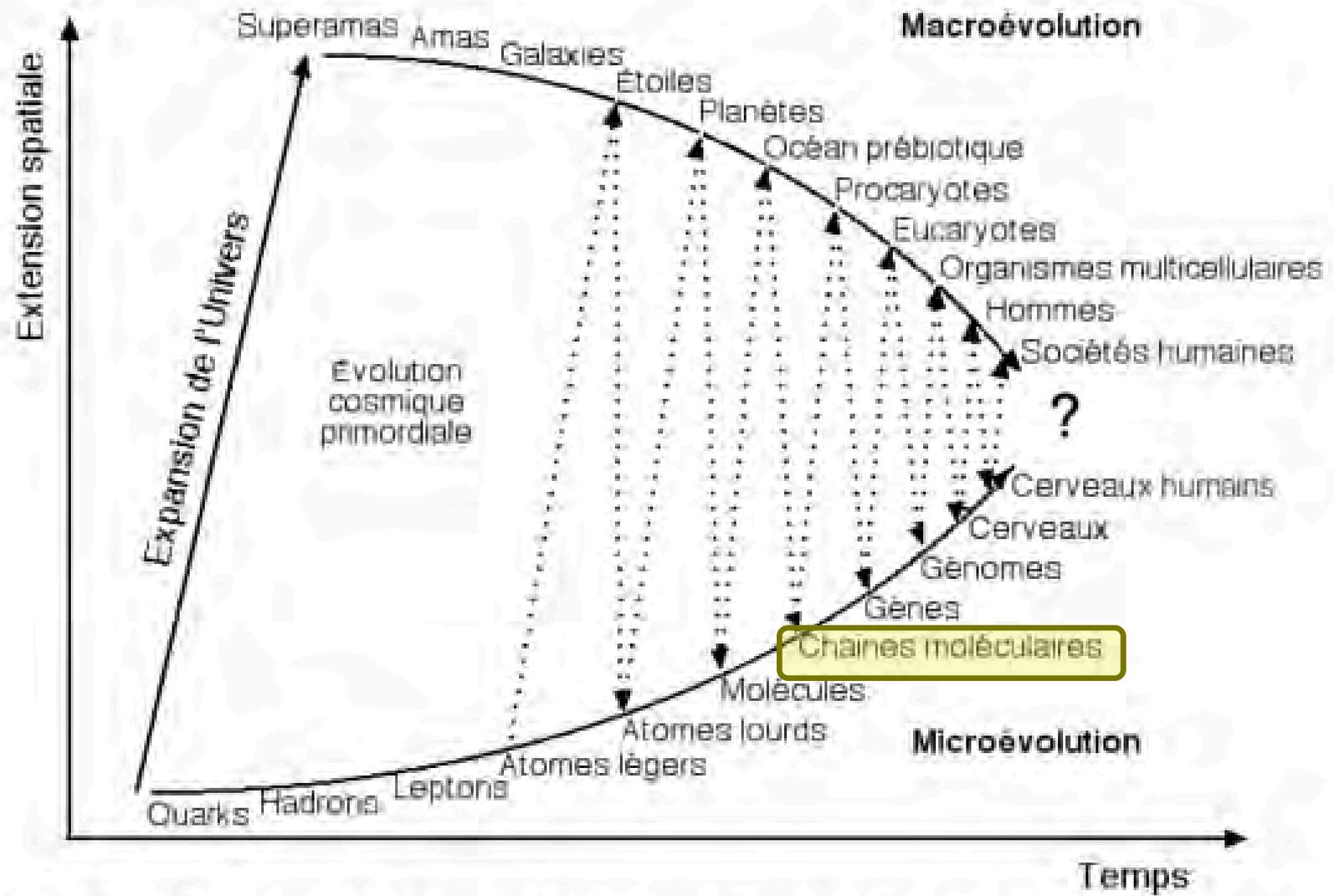


- Le bricolage (réutilisation fortuite) (« tinkering », « kluge »)



Et donc certains conçoivent l'évolution chimique « en écho » à ces autres mécanismes de l'évolution,

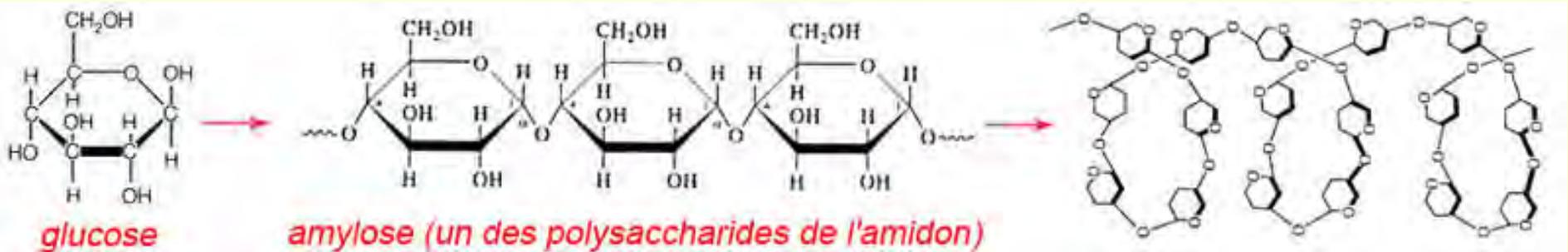
i.e. comme ayant pu bénéficier de certaines formes de dérive et de bricolage moléculaire.



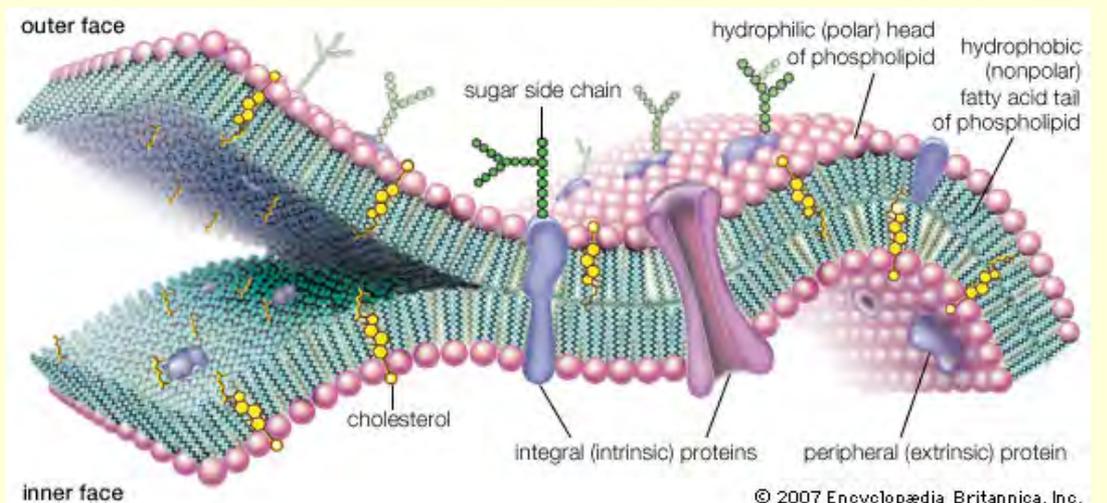
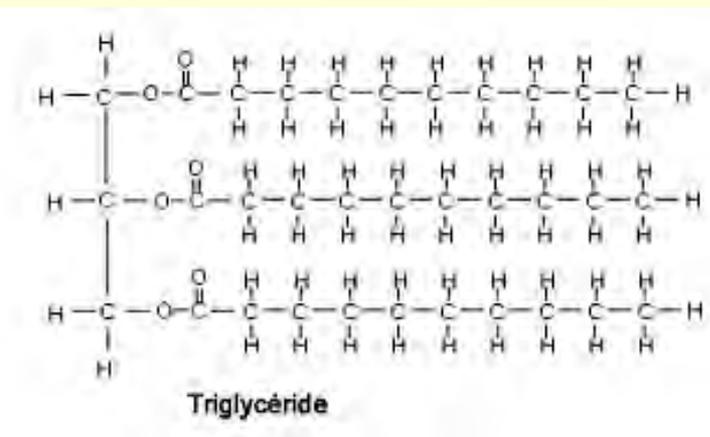
D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.

Quoi qu'ait pu être ses mécanismes, cette évolution chimique va donner lieu à des chaînes moléculaires de :

- Glucides



- Lipides

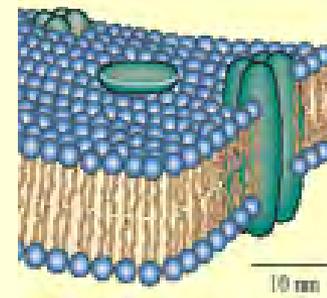




Ces chaînes de lipides vont donner lieu à des phénomènes d'auto-organisation supra-moléculaires :

par exemple, des couches bi-lipidiques qui vont former 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 ! »



## Lumière sur les premières membranes cellulaires

« On n'a pas le choix que de supposer qu'à un moment donné au début de l'évolution, une réaction biochimique capable de fabriquer des membranes a pu être **catalysée par une molécule non organique**, c'est-à-dire n'étant pas issue du métabolisme d'une cellule vivante.

C'est justement ce que viennent de réaliser (**janvier 2012**) les chimistes Neal Devaraj et Itay Budin en utilisant des **ingrédients simples** (eau, huile, détergent) et de simples **ions de cuivre comme catalyseur** pour unir les deux chaînes lipidiques »

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

A screenshot of the website 'Le CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!'. The page has an orange header with navigation links: Accueil, Contact, CREER, Soutenir, Lien d'intérêt. Below the header, there are three main columns of content. The left column has a title 'LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!' and a list of features: Mode d'emploi, Visite guidée, Plan du site, Diffusion, Présentations, Nouveautés, and English. The middle column is titled 'Principales Fonctionnalités' and lists: Du simple au complexe (Analyse des niveaux d'organisation, Fonctions des niveaux d'organisation), Le bricolage de l'évolution (Notre héritage évolutif), Le développement de nos facultés (De l'embrion à la mort), Le plaisir et la douleur (Le goût du plaisir, Les paradis artificiels, L'ivresse de la douleur), Les détecteurs sensoriels (La vision), and Le corps en mouvement (Produire un mouvement volontaire). The right column is titled 'Fonctions complexes' and lists: Au cœur de la mémoire (Les traces de l'apprentissage, Oubi et amnésie), Que d'émotions (Peur, anxiété et angosse, Deuil, amour, attachement), De la pensée au langage (Communiquer avec des mots), Dormir, rêver... (Le cycle sommeil-éveil, Nos horloges biologiques), L'émergence de la conscience (Le sentiment d'être soi), and D'autres fonctions (Les troubles de l'esprit, Dépression et trouble-dépression, Les troubles anxieux, La maladie de type Alzheimer). At the bottom, there is a search bar and a 'Recherche' button.

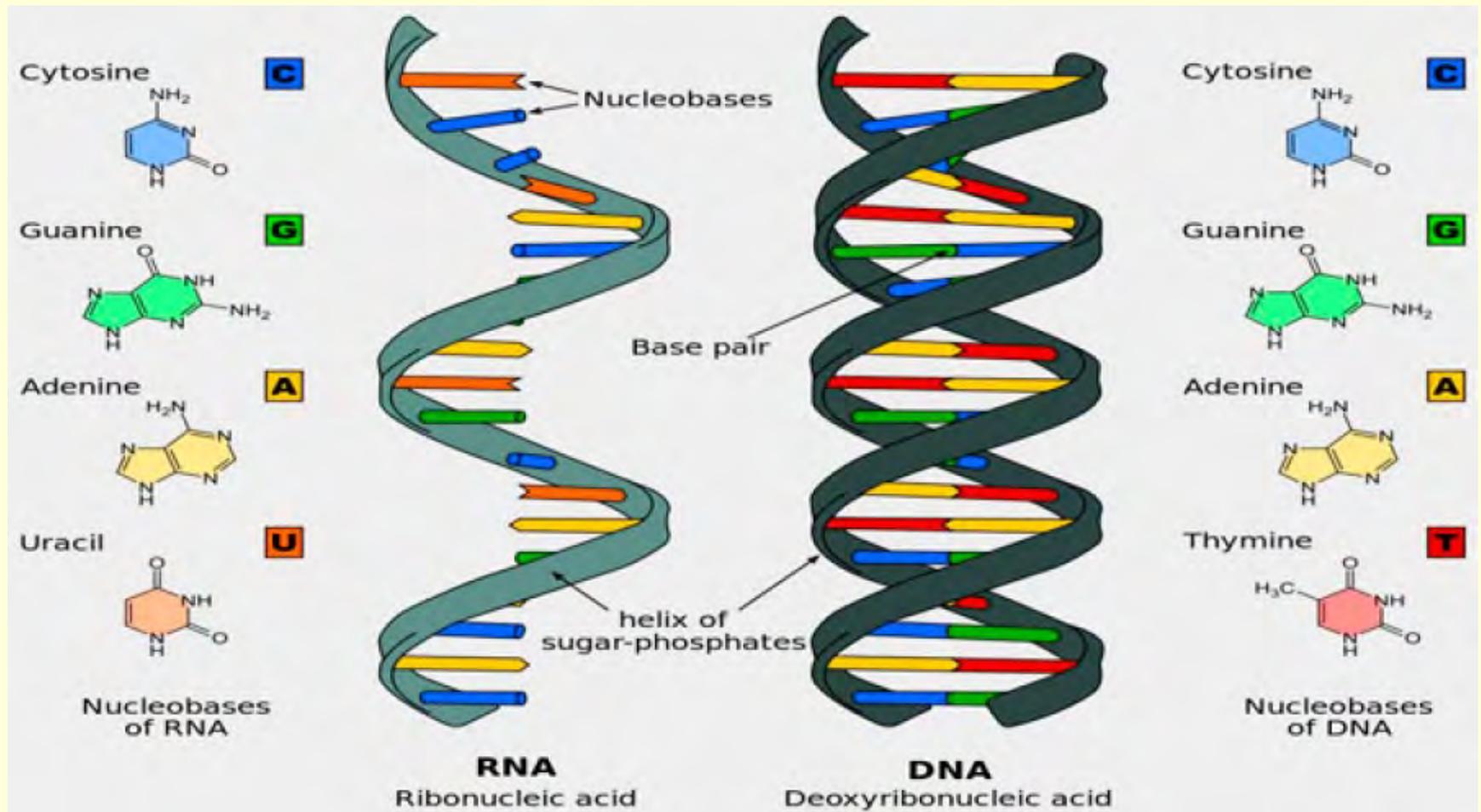
### Le BLOGUE du CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

A screenshot of a blog post titled 'L'intelligence collective des groupes humains' dated 'Lundi, 28 janvier 2013'. The post discusses the concept of individual intelligence and 'test de G' for the masses. It mentions a study published in the journal Science in October 2010, where psychologists from three American universities found evidence for a factor similar to general intelligence. The post also mentions a study by Neal Devaraj and Itay Budin from the University of Toronto, which found that a group of people can solve a problem more efficiently than an individual. The post includes a list of categories: Au cœur de la mémoire, De la pensée au langage, Dormir, rêver..., Du simple au complexe, L'émergence de la conscience, Le développement de nos facultés, Le plaisir et la douleur, Les détecteurs sensoriels, Les troubles de l'esprit, Non classé, and Que d'émotions!. There is also a list of archives for the years 2013, 2012, 2011, and 2010.

A snippet of text from a sidebar or related article. It starts with 'Le cerveau à tous les niveaux est financé depuis dix ans par l'Institut des neurosciences de la santé mentale et des toxicomanies (DSMT)'. It mentions that the institute has 13 research centers and is currently reviewing its priorities. It also mentions that the institute is currently reviewing its priorities and is currently reviewing its priorities. The text is partially cut off.

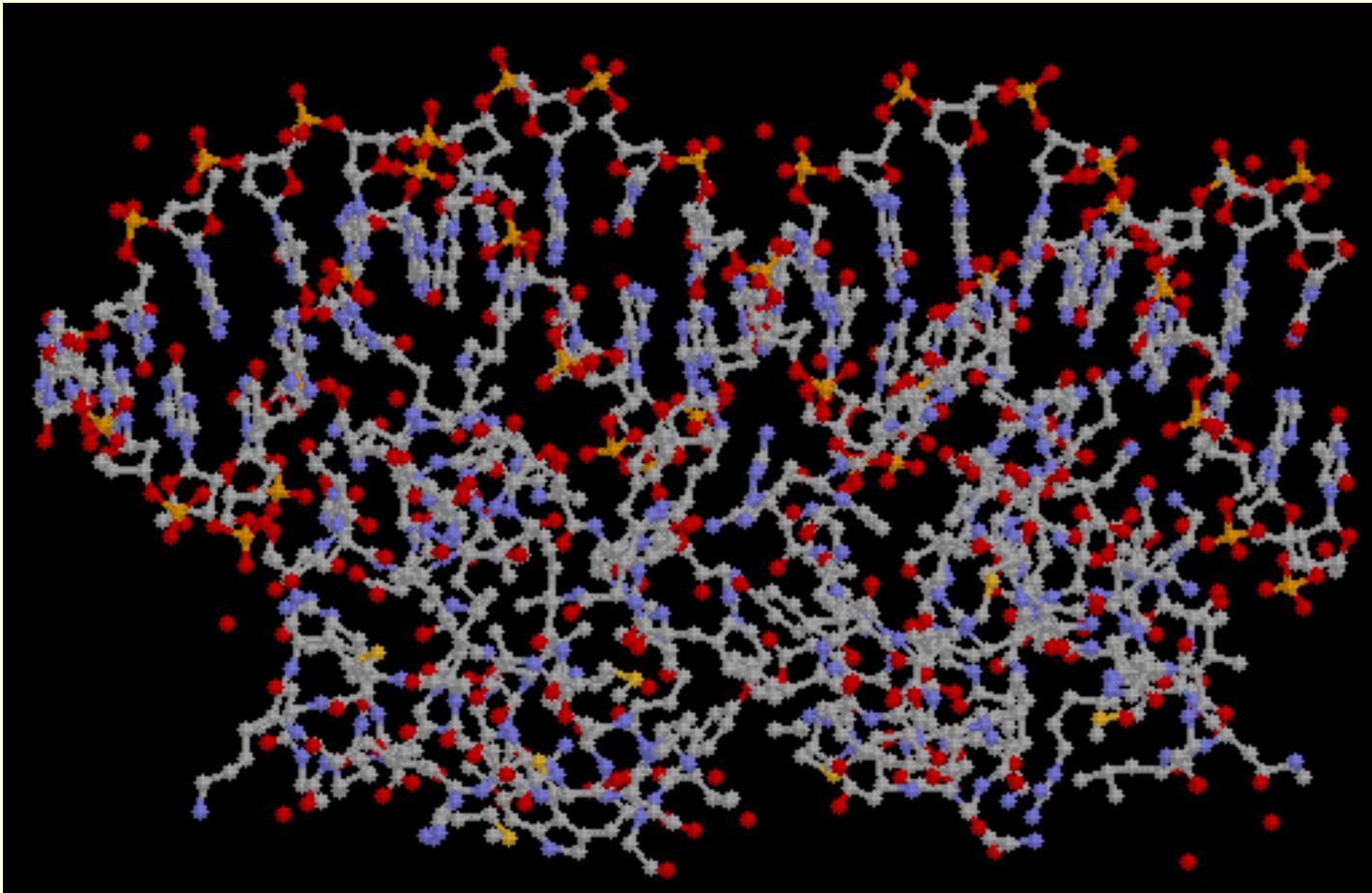
...cette évolution chimique va donner lieu à des chaînes moléculaires de :

- Glucides
- Lipides
- Bases nucléiques



...cette évolution chimique va donner lieu à des chaînes moléculaires de :

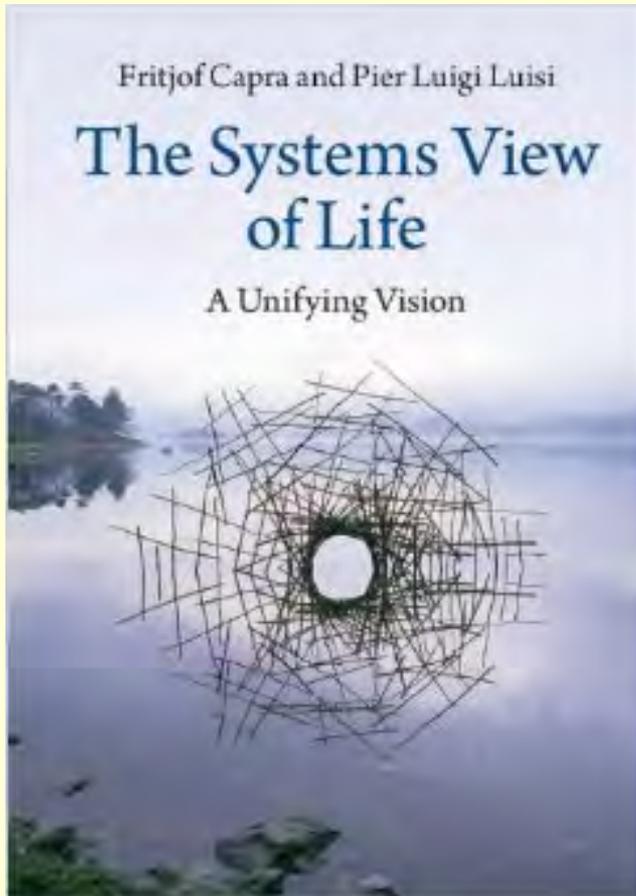
- Glucides
- Lipides
- Bases nucléiques
- Protéines



Rappel :

Les « macro-molécules » qui formeront les organismes **vivants** sont donc constituées des **mêmes atomes** **que ceux que l'on retrouve dans la matière inanimée.**

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

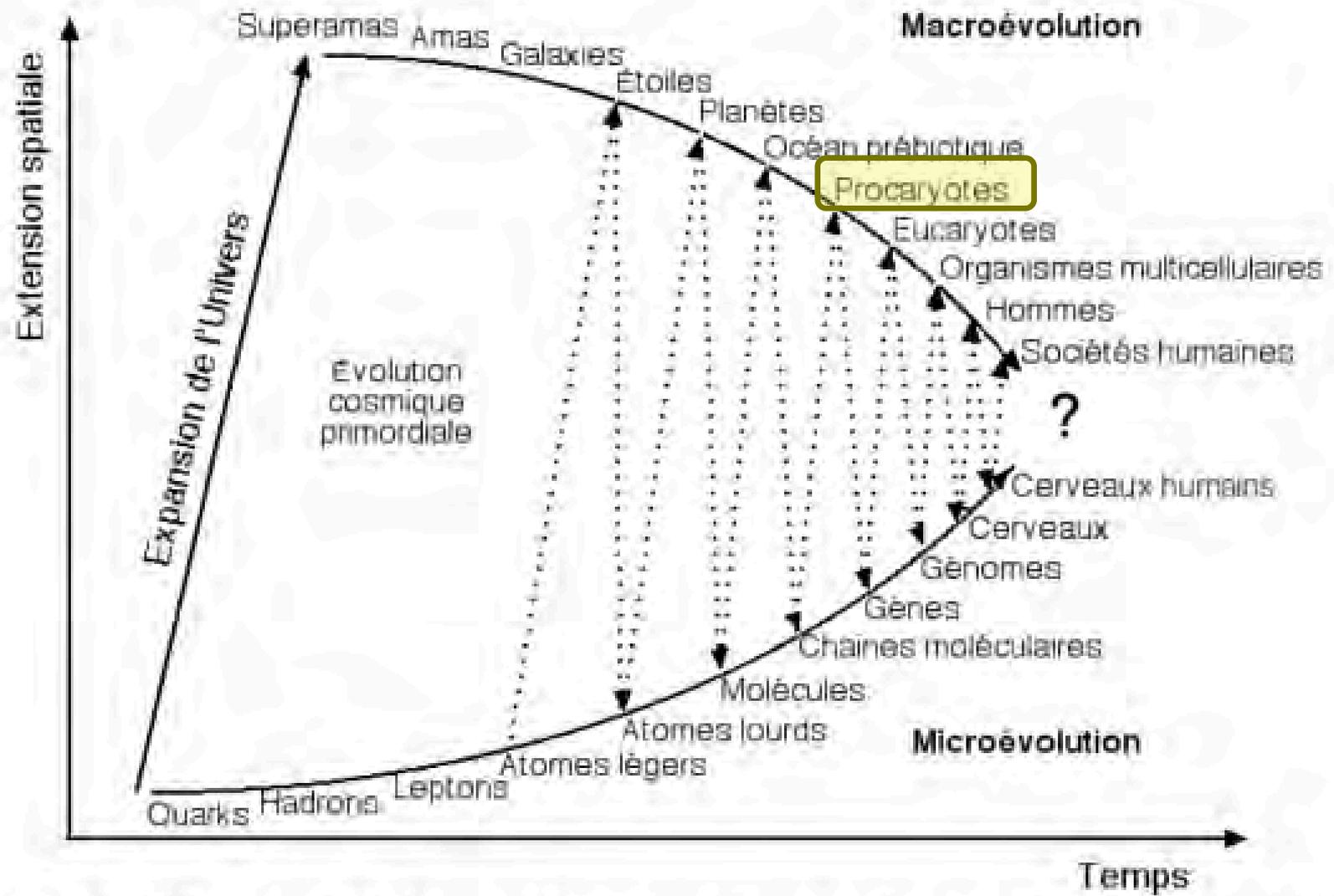


Durant l'histoire occidentale de la science et de la philosophie, il y a eu une tension entre 2 perspectives :

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

Pas que ce n'était pas important avant (par exemple, le repliement des protéines),

mais cela va devenir central avec les premières cellules.



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

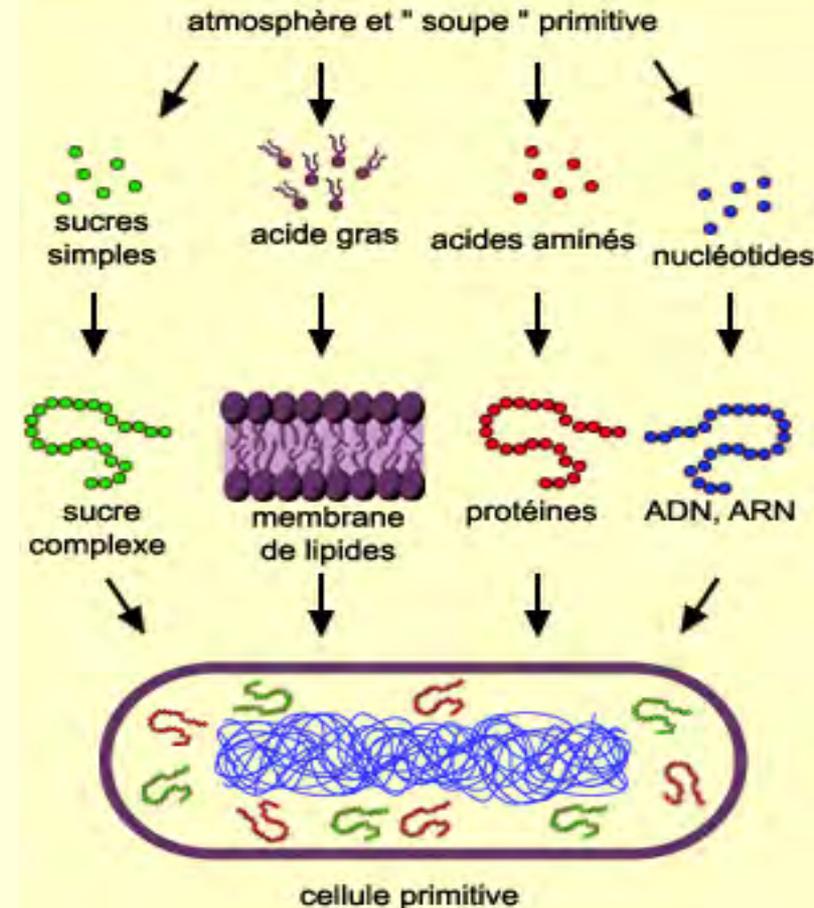
Dans ce passage de l'évolution **chimique** à l'évolution **biologique**,

quand apparaît la vie ?

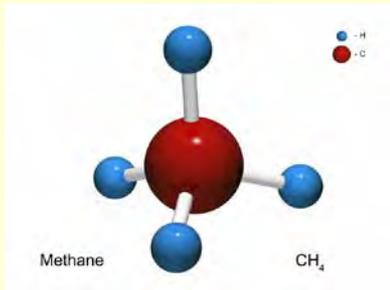


Les définitions de la vie (on va y revenir...) sont souvent des listes de critères comprenant des éléments comme :

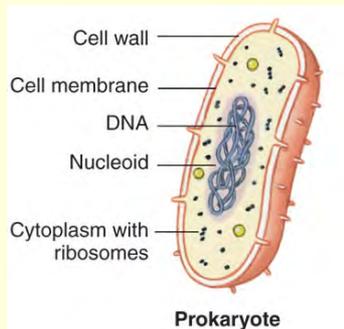
Développement ou croissance  
Métabolisme  
Motilité  
Reproduction  
Réponse à des stimuli  
Etc.



Dans ce passage de l'évolution chimique à l'évolution biologique, quand apparaît la vie ?



+ ou – vivants de différentes manières...



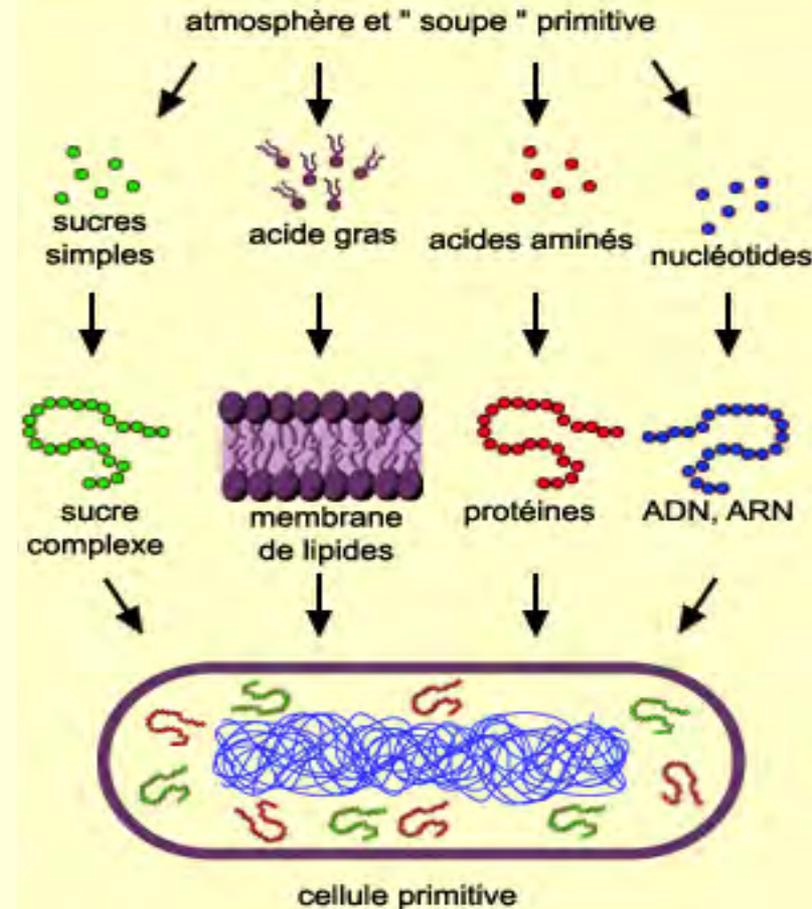
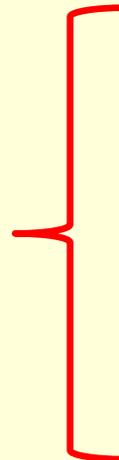
Prokaryote

Non



Oui

un gradient





Différentes machines permettant de voler, utilisant différents principes, comportant certaines forces et faiblesses en fonction de différents aspects considérés...

De même, il pourrait très bien y avoir différentes façon « d'être vivant », comportant certaines forces et faiblesses en fonction de différents aspects considérés...

Développement ou croissance + ou –

Métabolisme + ou –

Motilité + ou –

Reproduction + ou –

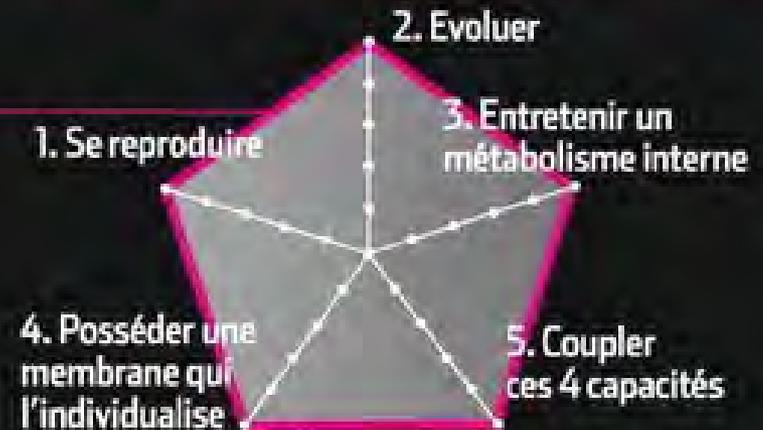
Réponse à des stimuli + ou –

# Différentes « signature de vie »

## Ni êtres vivants ni cailloux...

### Etre vivant

Ce pentagone rose décrit un être vivant, c'est-à-dire un être capable de remplir ces 5 fonctions retenues pour qualifier la vie (même si elles ne suffisent pas, à elles seules, à la définir).



### Chose inerte

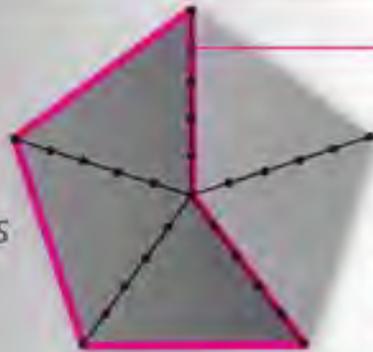
Incapable de se reproduire, d'évoluer, de posséder un métabolisme, une membrane ni, a fortiori, de conjuguer ces 4 facteurs, un caillou, par exemple, ne remplit aucune partie du pentagone.



# Différentes « signature de vie »

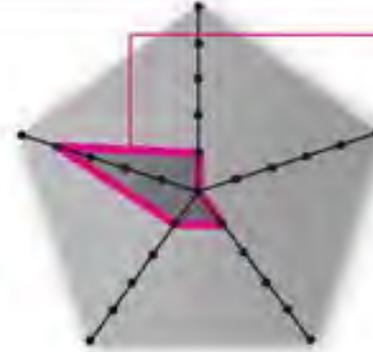
mais des organismes à mi-chemin entre les deux

A MI-CHEMIN  
ENTRE LE VIVANT  
ET L'INERTE, CES  
"PRESQUE VIVANTS"  
POSSÈDENT CERTAINES  
FONCTIONS PHARES  
DE LA VIE



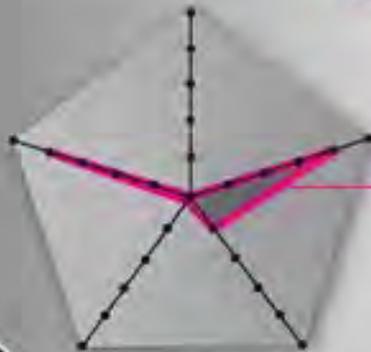
## Virus

Parfois inerte, parfois actif, il est doté de 4 capacités fondamentales : il se reproduit, évolue et possède une membrane qui l'individualise.



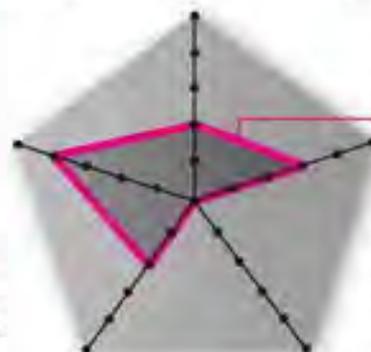
## Prion

Cette protéine anormale est individualisée, elle se reproduit et évolue.



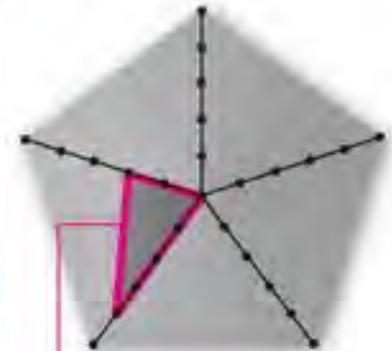
## Pepsine

Cette protéine enzymatique digestive se reproduit (elle s'auto-catalyse) et entretient un métabolisme.



## Ribozyme

Cet ARN est capable de catalyser des réactions, dont sa propre réplication. Il est individualisé, évolue et possède un métabolisme.



## Liposome

C'est une vésicule individualisée dont la membrane est composée de lipides et qui se reproduit.

Car le biologiste Radu Popa a listé plus de 300 définitions de la vie...

...dont aucune ne fait l'unanimité !

<http://planete.gaia.free.fr/sciences/vivant/presque.html>

[http://carlzimmer.com/articles/2012.php?subaction=showfull&id=1329948013&archive=&start\\_from=&ucat=15&](http://carlzimmer.com/articles/2012.php?subaction=showfull&id=1329948013&archive=&start_from=&ucat=15&)

On peut aussi se demander (comme un enfant fatigant!),  
**pourquoi apparaît la vie ?**

**Le BLOGUE** du CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

Lundi, 29 décembre 2014

**Des « liens-cadeaux » pour finir l'année 2014**

Jeremy England, physicien de 31 ans, pense que les organismes vivants existent parce qu'ils ont simplement tendance à **mieux capturer l'énergie de leur environnement et à la dissiper sous forme de chaleur**, conformément au deuxième principe de la thermodynamique.



La démonstration mathématique de England montre que :

« quand un groupe d'atomes est entraîné par une source d'énergie externe (comme le soleil ou des carburants chimiques) et entouré par un bain de chaleur (comme l'océan ou l'atmosphère), **il se restructure progressivement afin de dissiper de plus en plus d'énergie.**

Cela pourrait signifier que dans certaines conditions, la matière acquiert inexorablement l'attribut physique associé à la vie. »

Qualifiée de spéculative mais prometteuse par plusieurs de ses collègues, cette idée est en voie d'être mise à l'épreuve empiriquement. Affaire à suivre en 2015, donc...

**Pourquoi la vie existe-t-elle ?** Ce physicien a développé une théorie qui pourrait bouleverser les fondements actuels

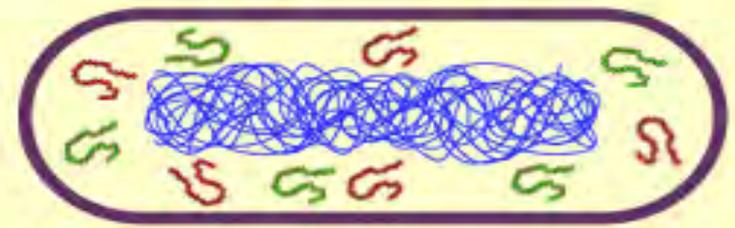
<http://soocurious.com/fr/physicien-idee-revolutionne-raison-origine-vie-terre-science/>

(incluant une présentation vidéo d'une heure de England)

**A New Physics Theory of Life**

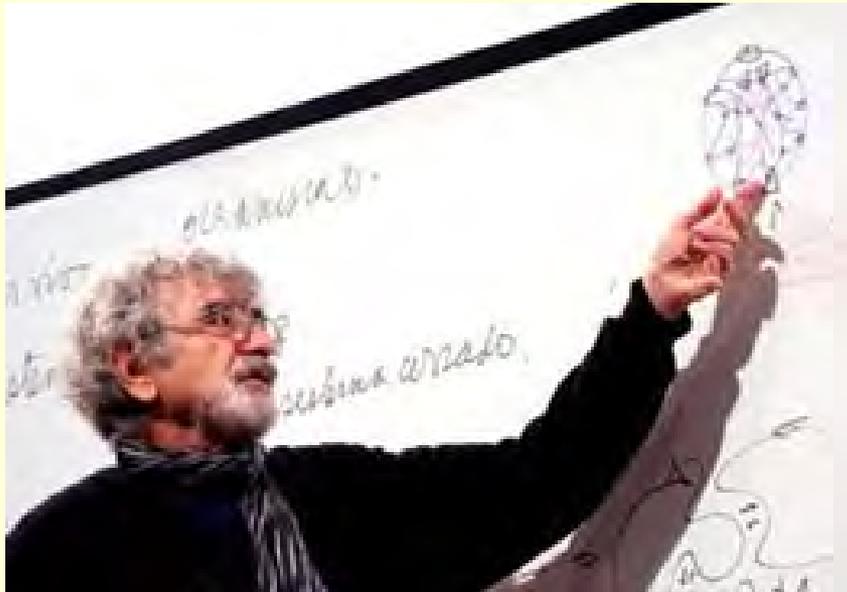
<https://www.quantamagazine.org/20140122-a-new-physics-theory-of-life/>

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

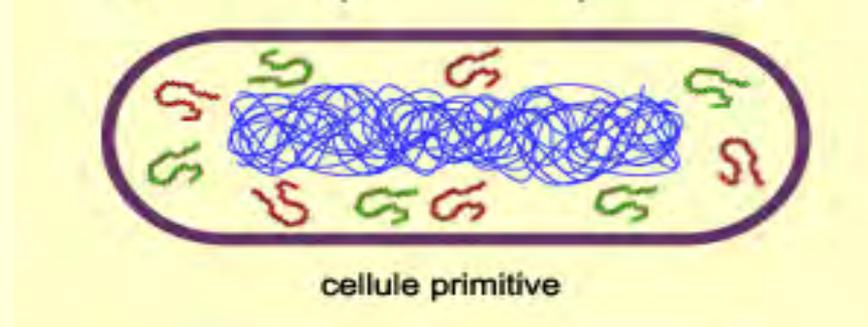


cellule primitive

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**,



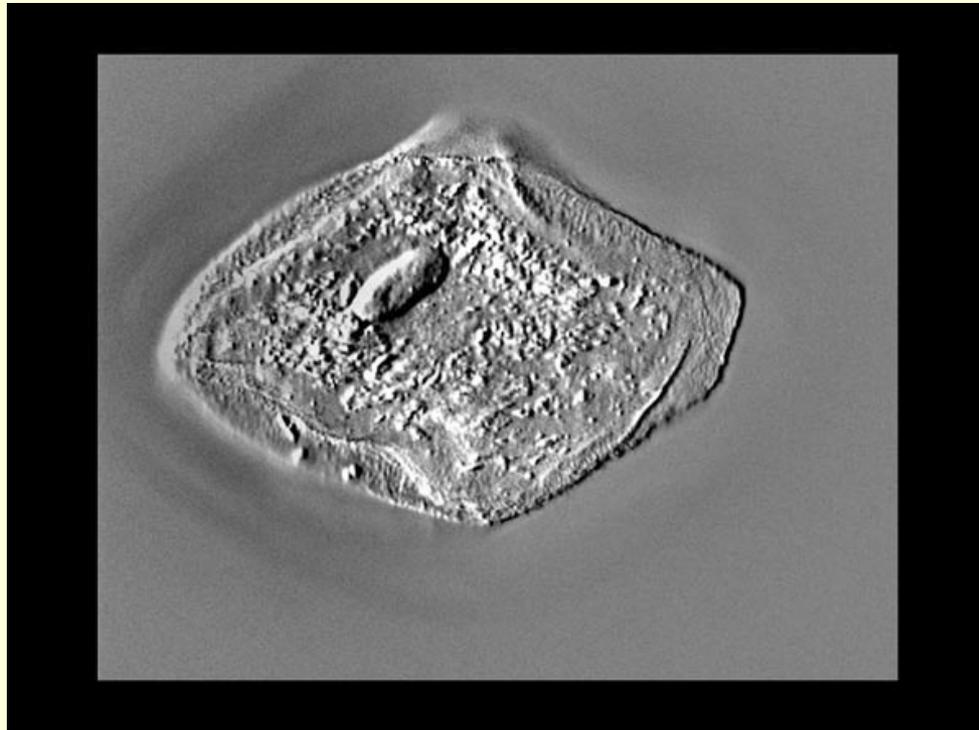
une notion très utile est celle **d'autopoïèse**,  
élaborée par Humberto Maturana et Francisco Varela  
dans les années 1970.

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

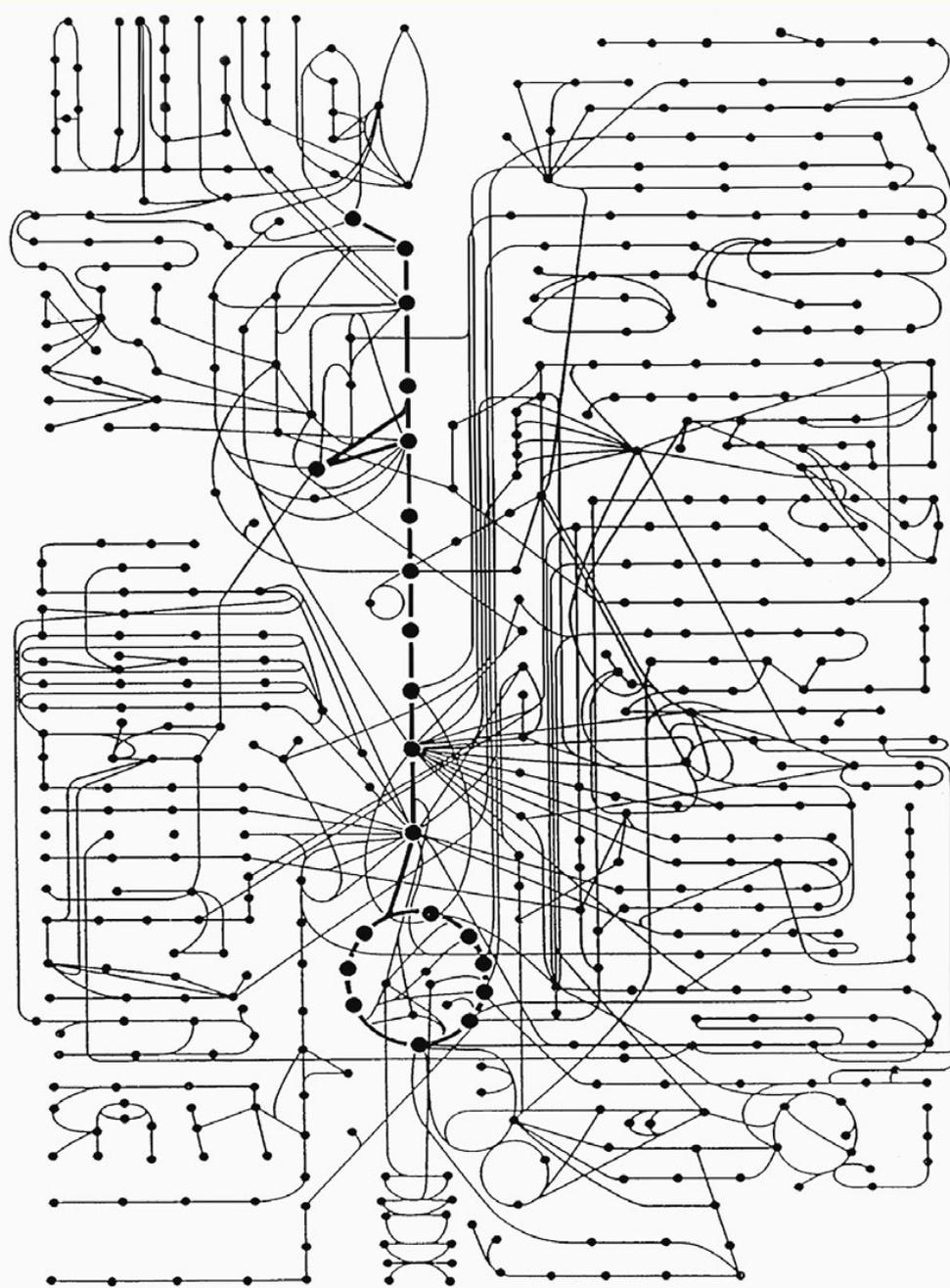
Cette organisation repose sur des relations plus faciles à mettre en évidence au niveau cellulaire. » - Maturana & Varela, *L'arbre de la connaissance*, p.32

On va utiliser ce concept pour essayer de comprendre **ce qu'est une cellule vivante**.

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



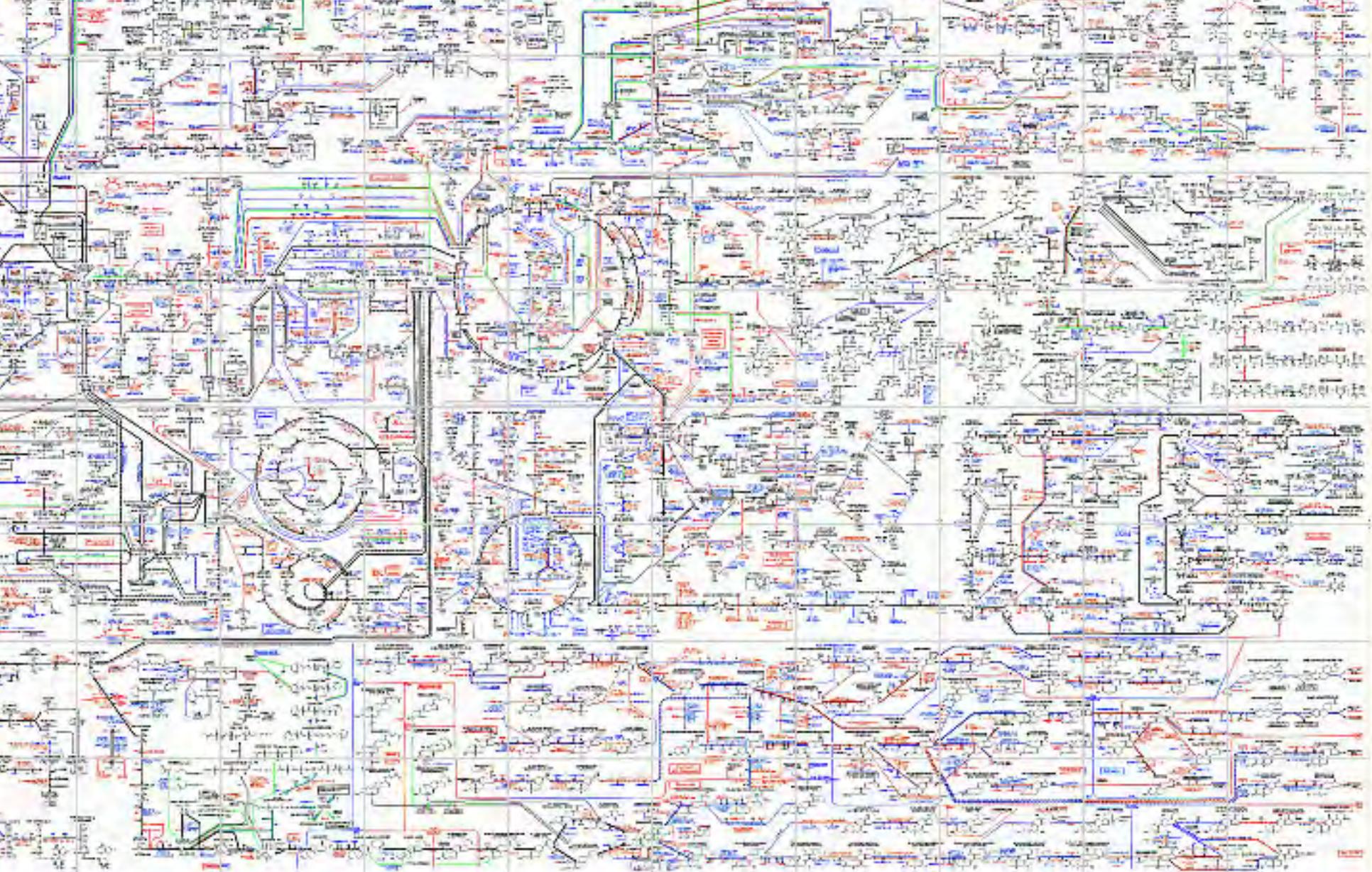
An image of a human buccal epithelial cell obtained using Differential Interference Contrast (DIC) microscopy  
([www.canisius.edu/biology/cell\\_imaging/gallery.asp](http://www.canisius.edu/biology/cell_imaging/gallery.asp))



« un réseau »...

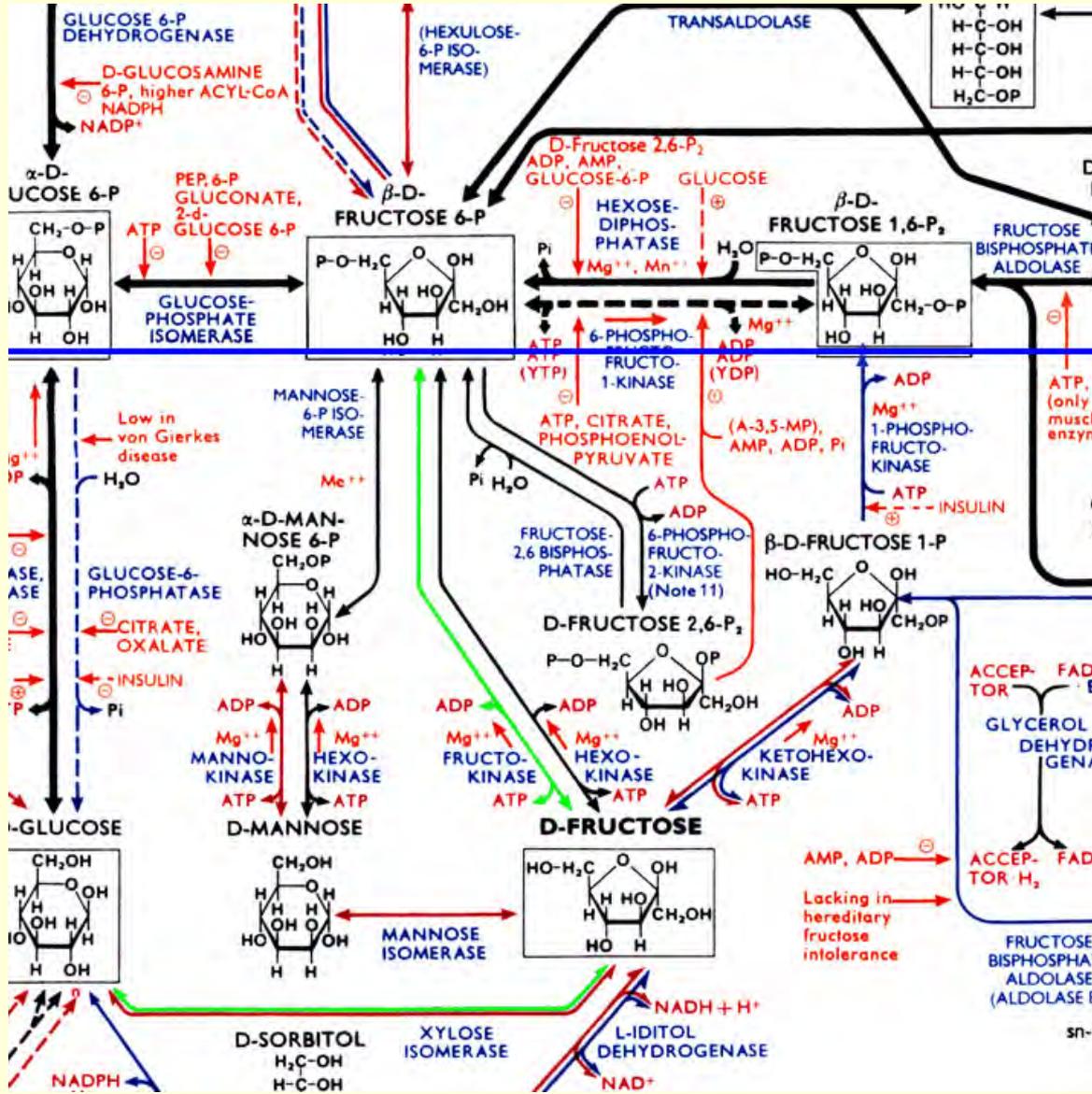
= des éléments qui entretiennent  
des relations

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



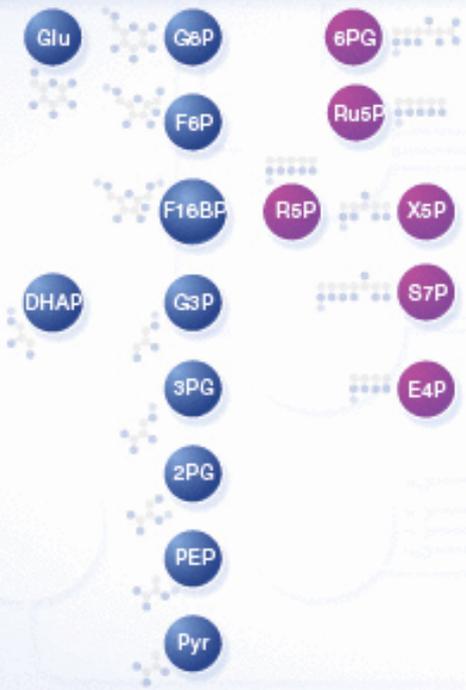
« un réseau complexe »... = cascades de réactions biochimiques dans une cellule

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

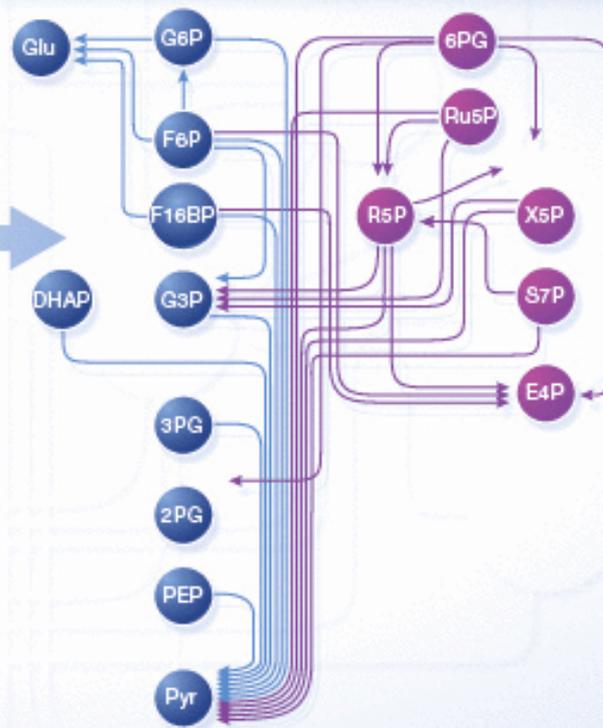


..qui régénèrent constamment, par leurs interactions et transformations, le réseau qui les a produits.

## Glycolysis and PPP intermediates



## Enzyme-free reaction cascade



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

Markus A Keller,  
Alexandra V Turchyn,  
Markus Ralser

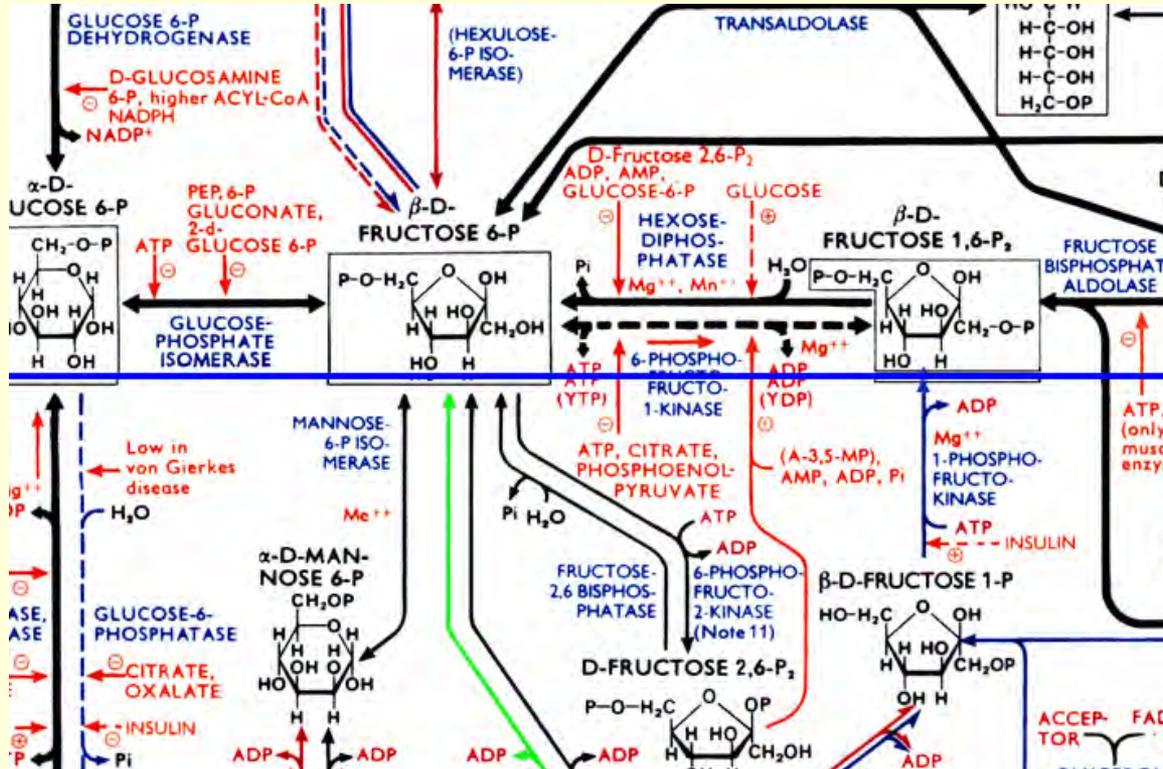
Published

**25.04.2014**

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

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

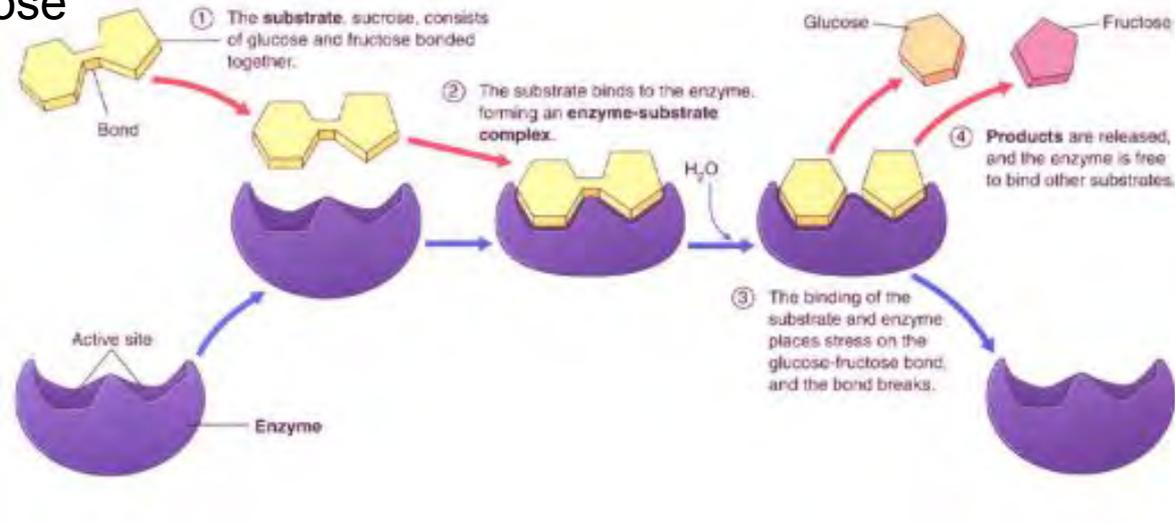
« un réseau complexe d'éléments »... : enzymes (protéines), ADN, etc.



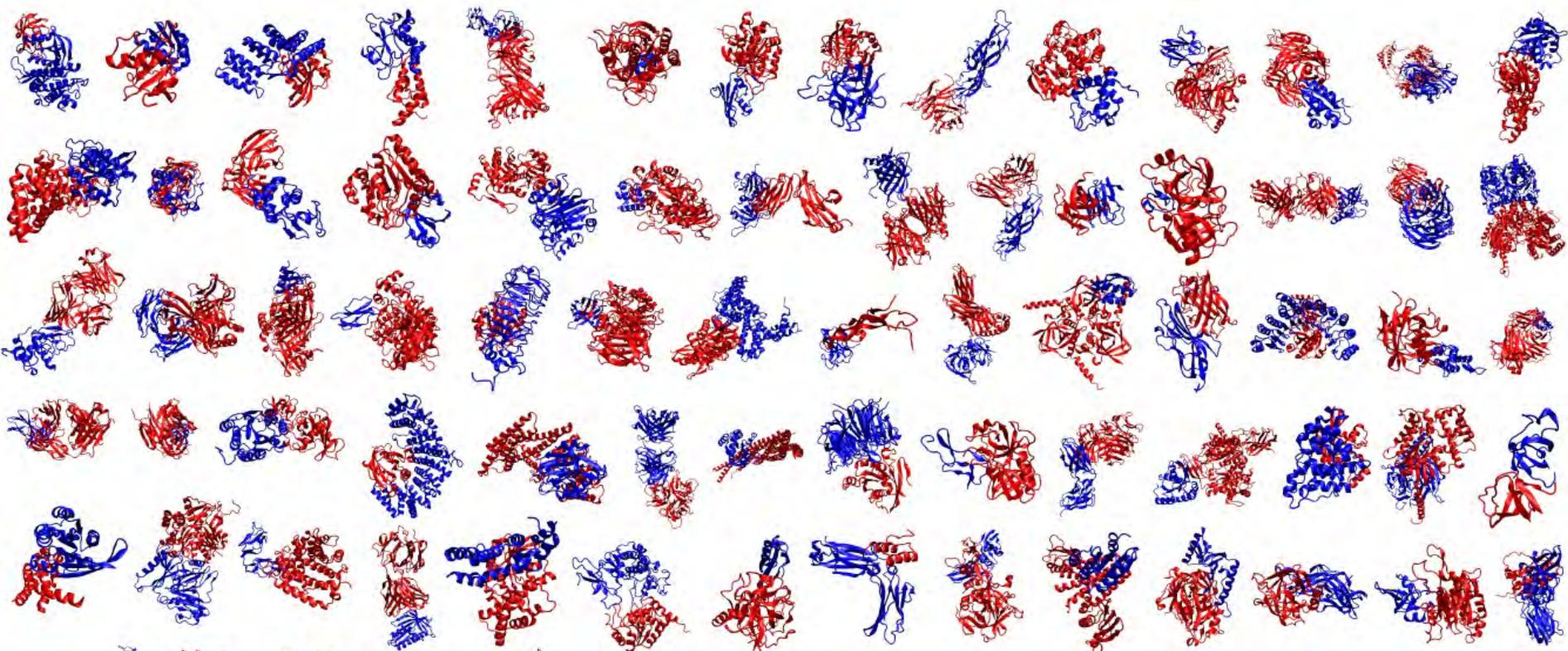
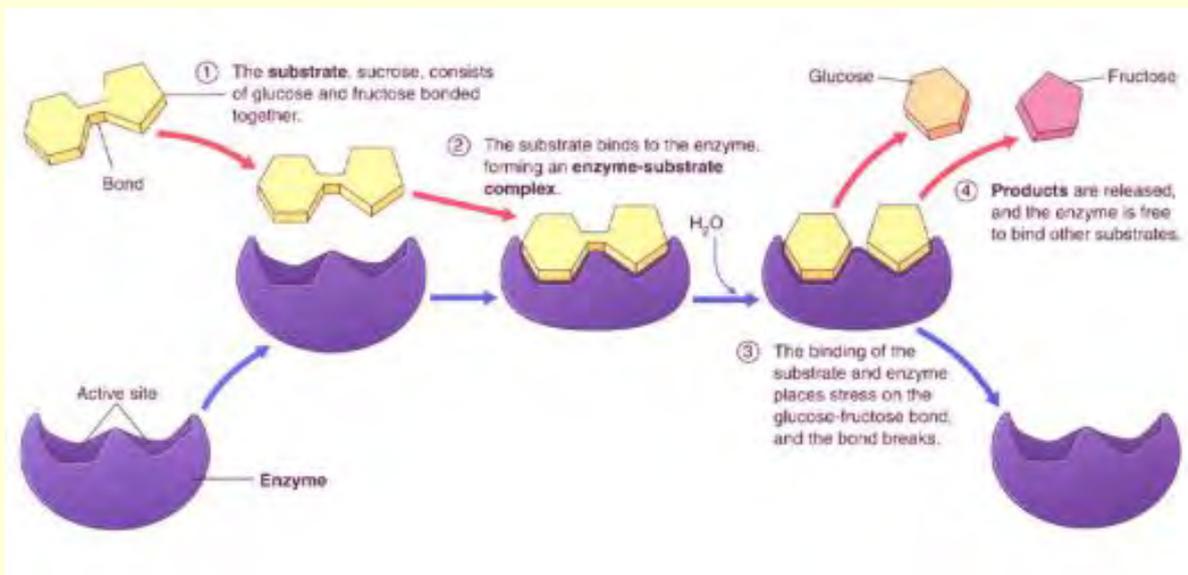
..qui régénèrent constamment, par leurs interactions et transformations, le réseau qui les a produits.

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

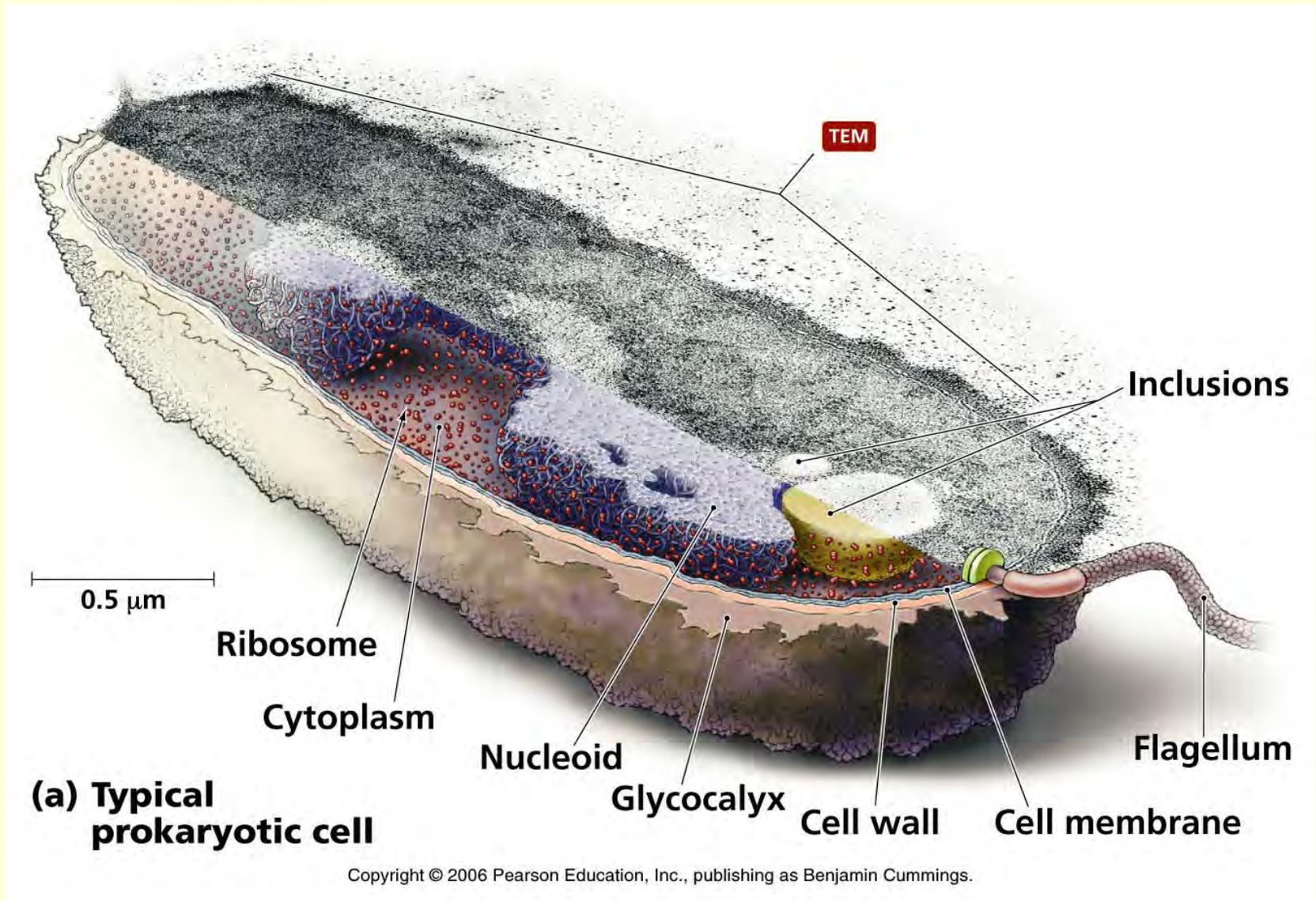
sucrose

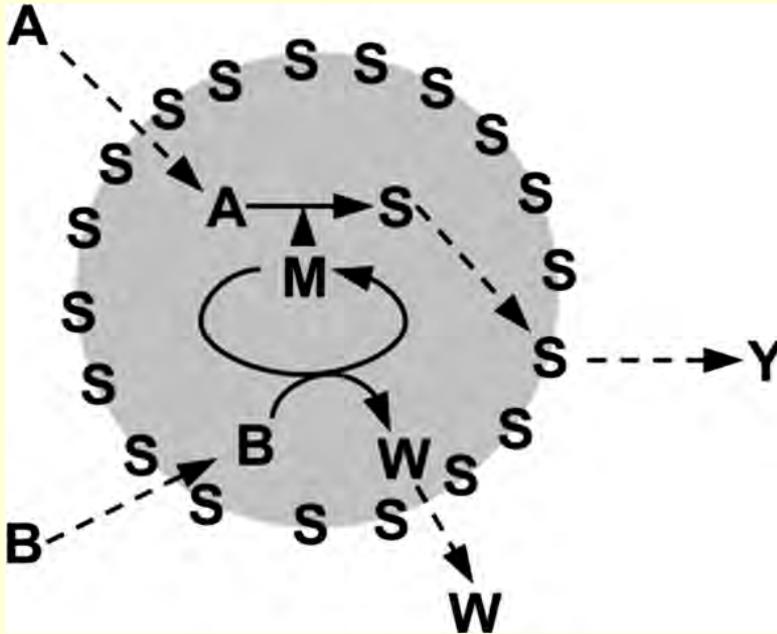


**..qui régénèrent constamment, par leurs interactions et transformations, le réseau qui les a produits.**



Les premières cellules vivante sont déjà infiniment complexes !



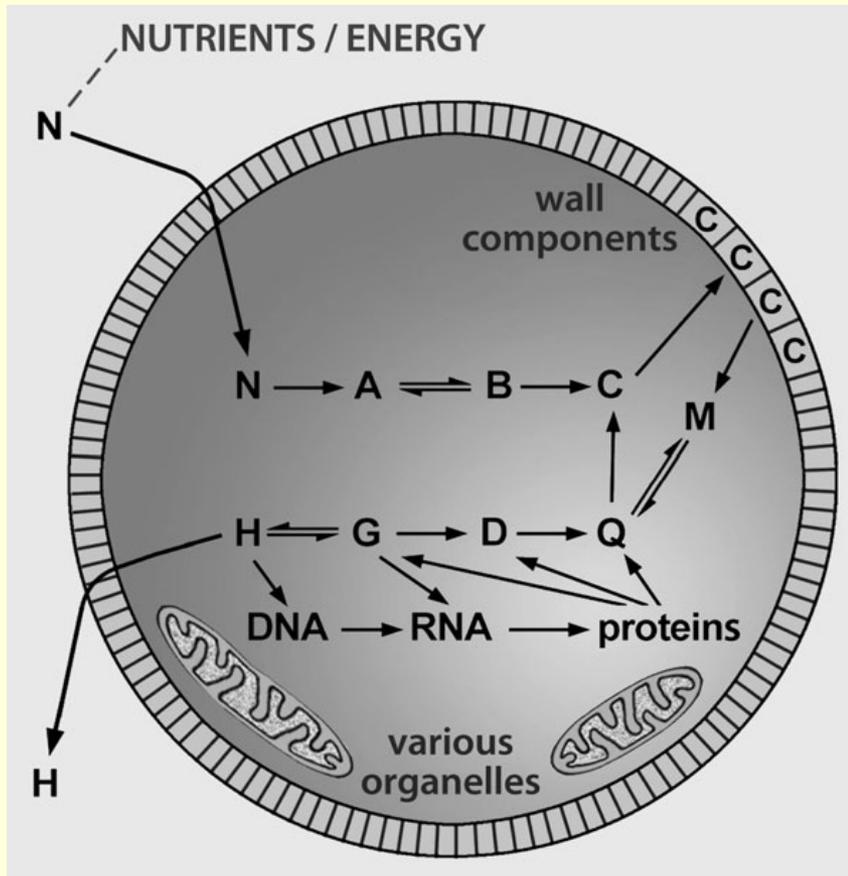


<http://www.humphath.com/spip.php?article17459>

Toute cellule est donc un **système ouvert** qui :

- a besoin de nutriments
- rejette des déchets
- construit sa propre **frontière** et tous ses **composants internes**, qui vont eux-mêmes engendrer les processus qui produisent tous les composants, etc.

“ Life is a factory that makes itself from within. “



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

Car la vie n'est pas localisée.

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

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

"Le tout est plus que la somme de ses parties."

# Exemple de propriétés émergentes en chimie



+



=

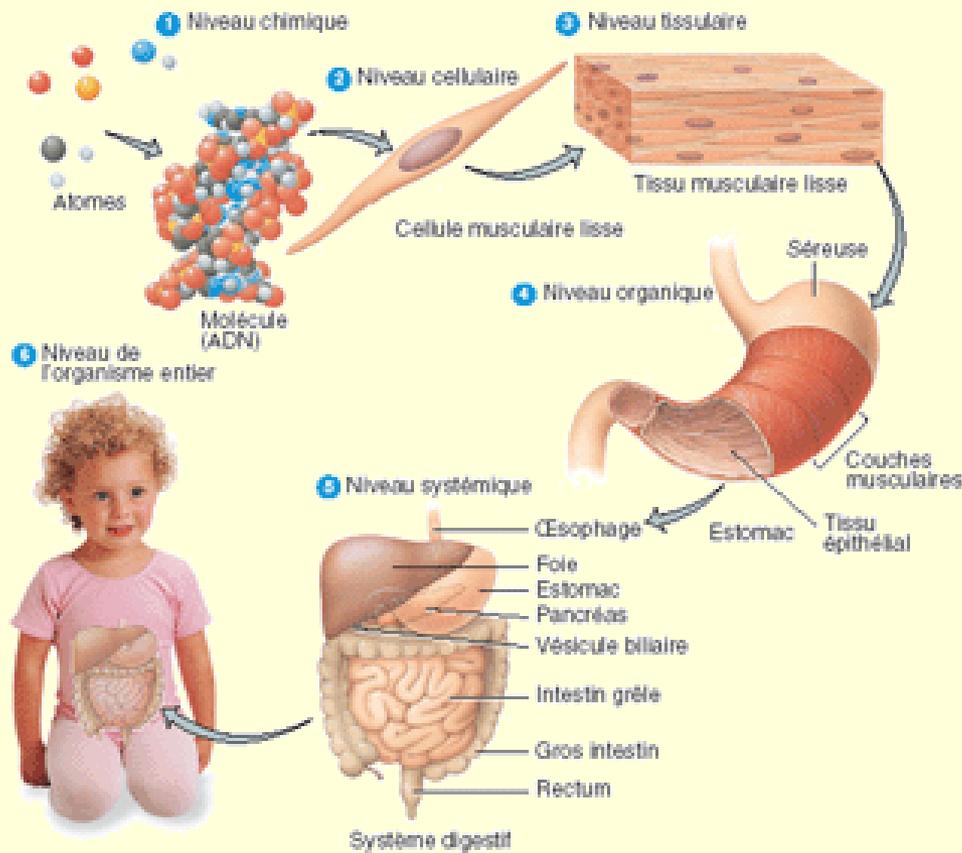


Sodium (Na)  
(métal hautement inflammable)

Chlore (Cl)  
(gaz très toxique)

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

Organisation structurale du corps humain (Figure 1.1)



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

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

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

Et non des propriétés (issues de la forme de ses réseaux).

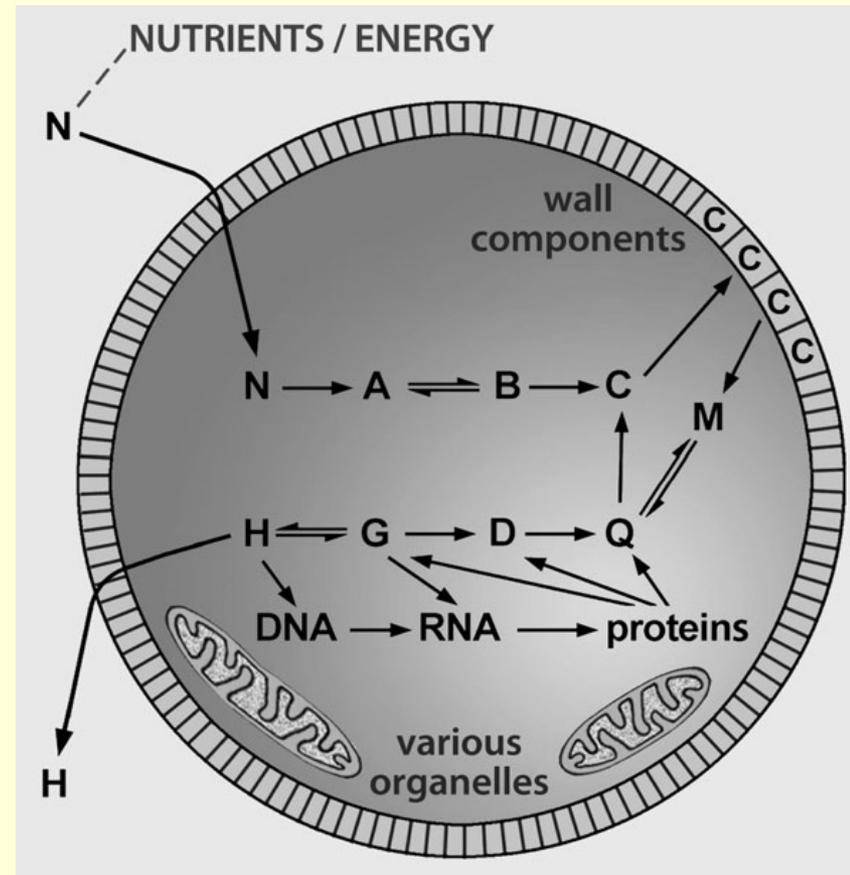
En biologie, c'est donc la 2<sup>e</sup> question qui va nous intéresser :

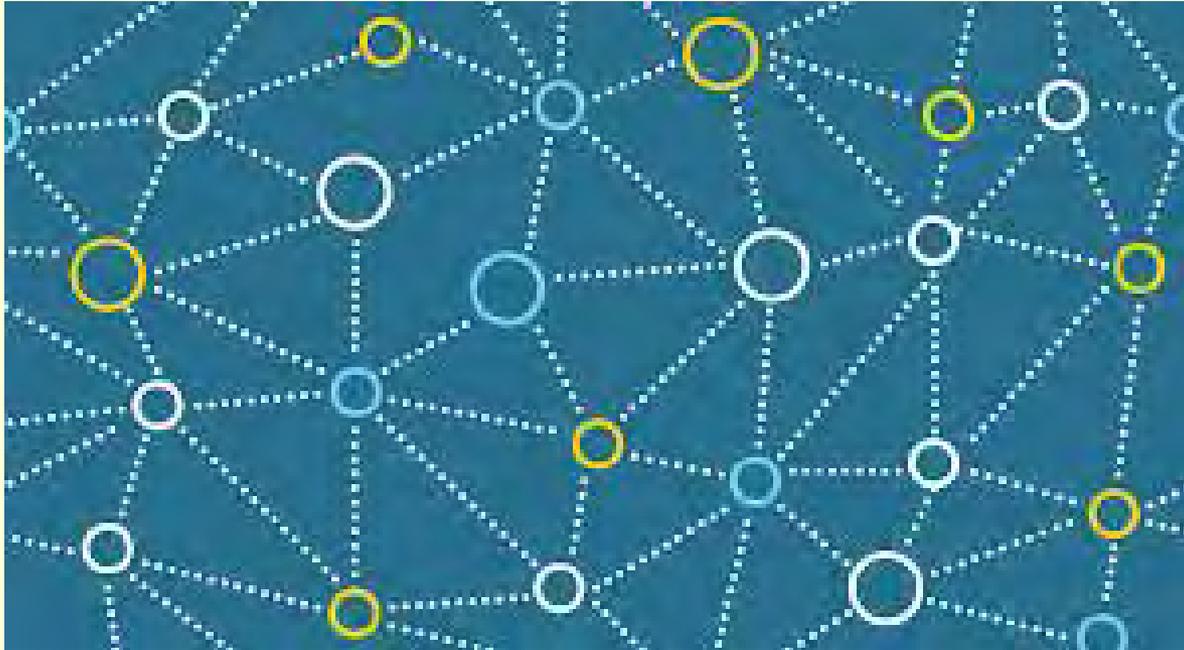
l'étude de la **forme** : quel est le pattern ?

Est-ce qu'il y a un pattern commun qu'on peut associer à tous les systèmes vivants?

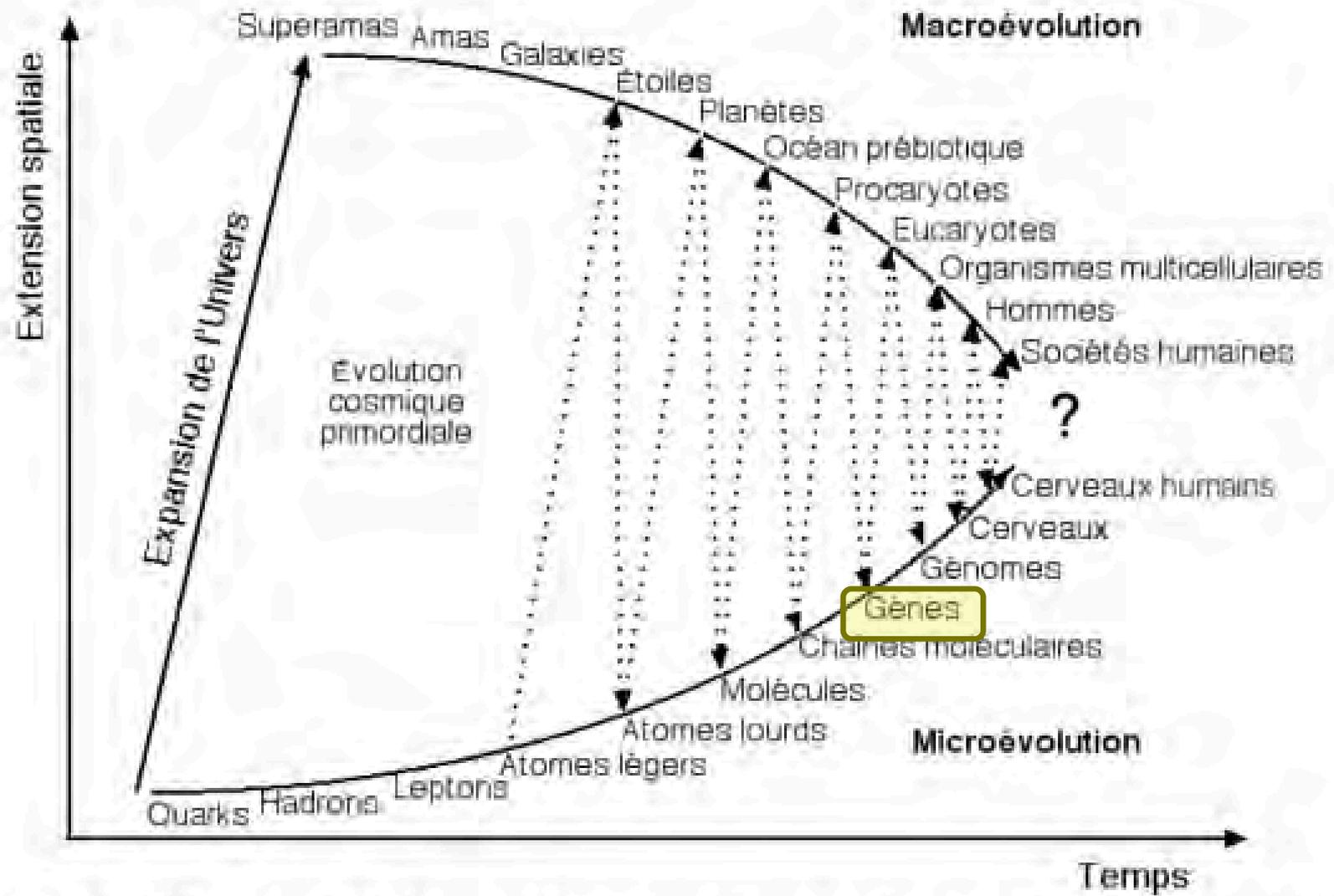
Je vous donne tout de suite le punch :

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



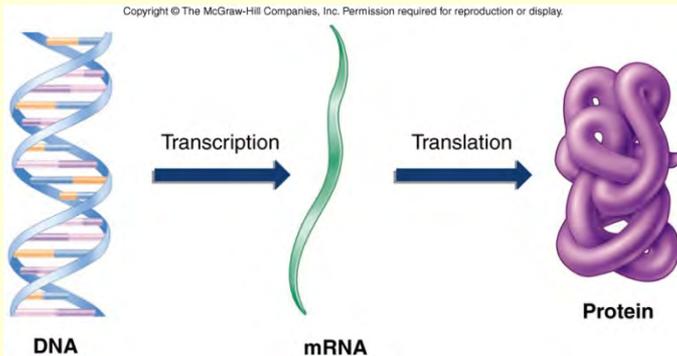


**« Whenever we look at life,  
we look at networks. »**

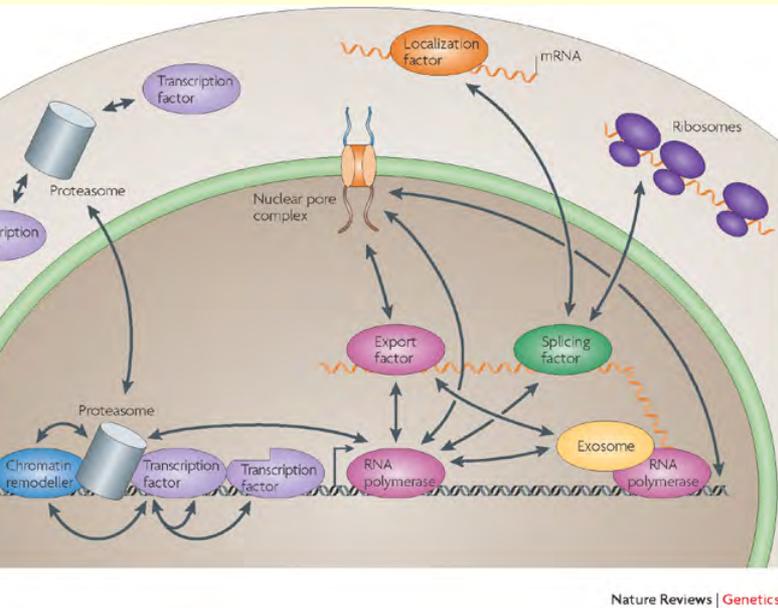


D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.

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

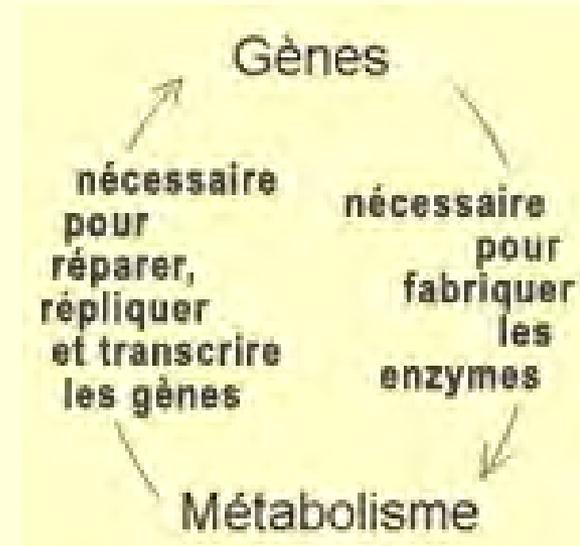


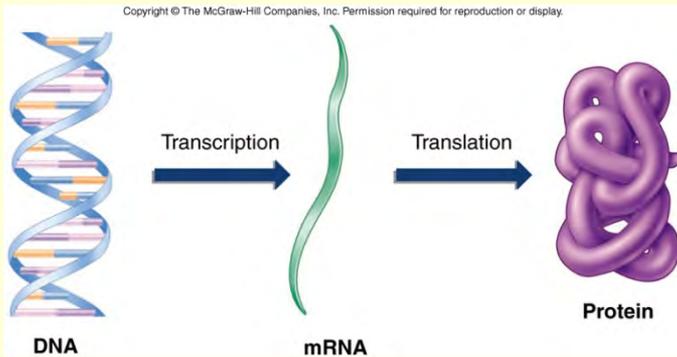
On a longtemps pensé que les gènes n'étaient que les « plans » pour fabriquer nos protéines.



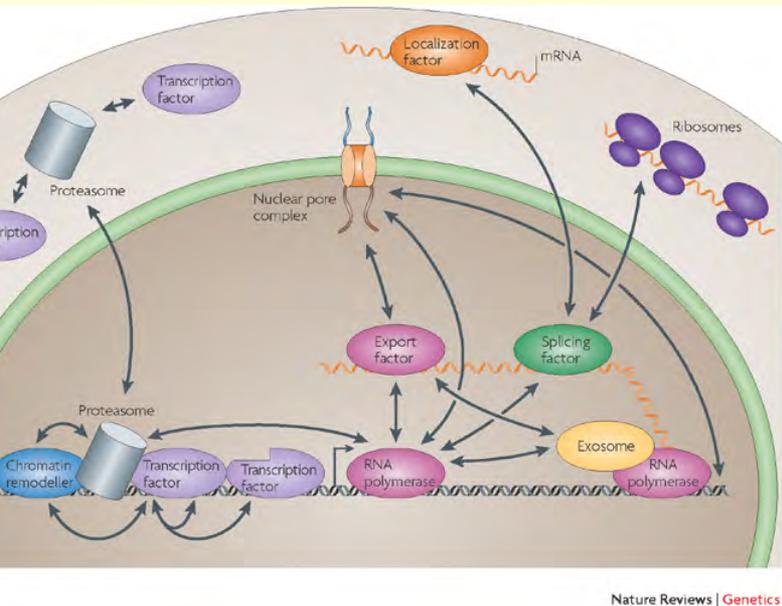
Mais on sais maintenant que certains gènes servent à fabriquer des enzymes qui vont revenir se fixer sur d'autres gènes et en influencer l'expression.

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



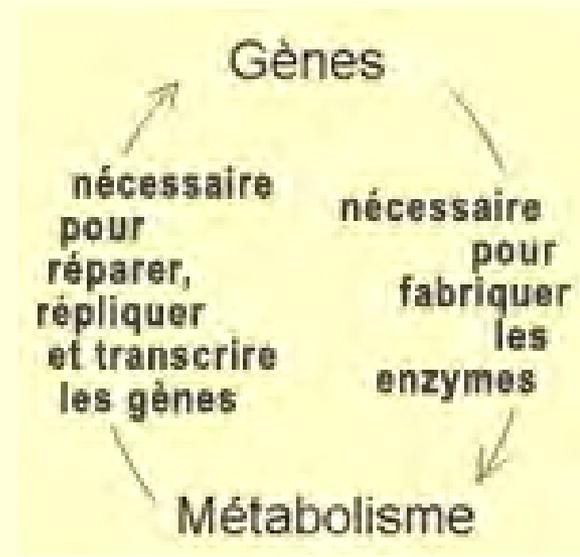


On a longtemps pensé que les gènes n'étaient que les « plans » pour fabriquer nos protéines.



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

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



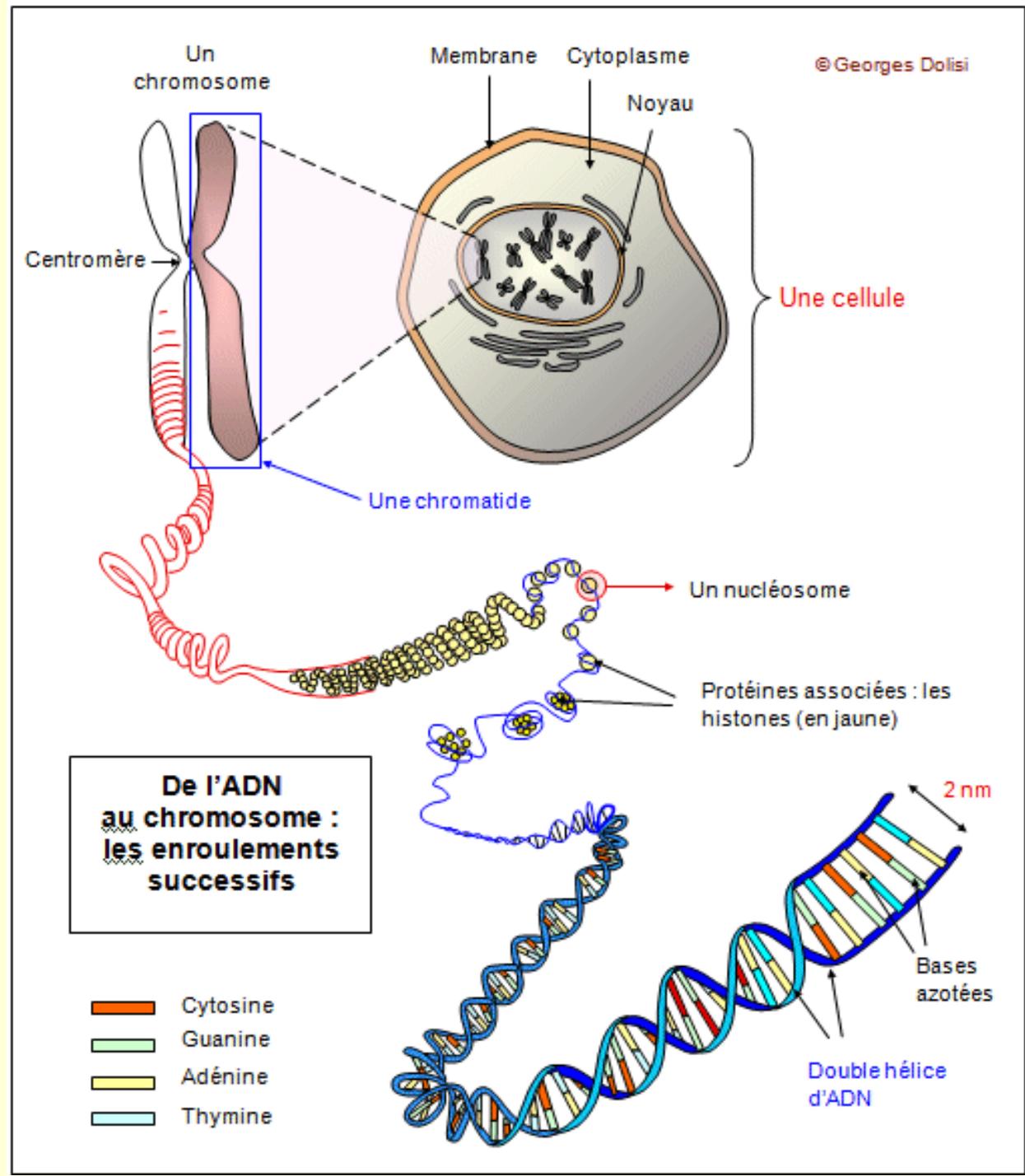
Ces réseaux doivent cependant réussir à se **reproduire** en faisant des copies d'eux-mêmes.

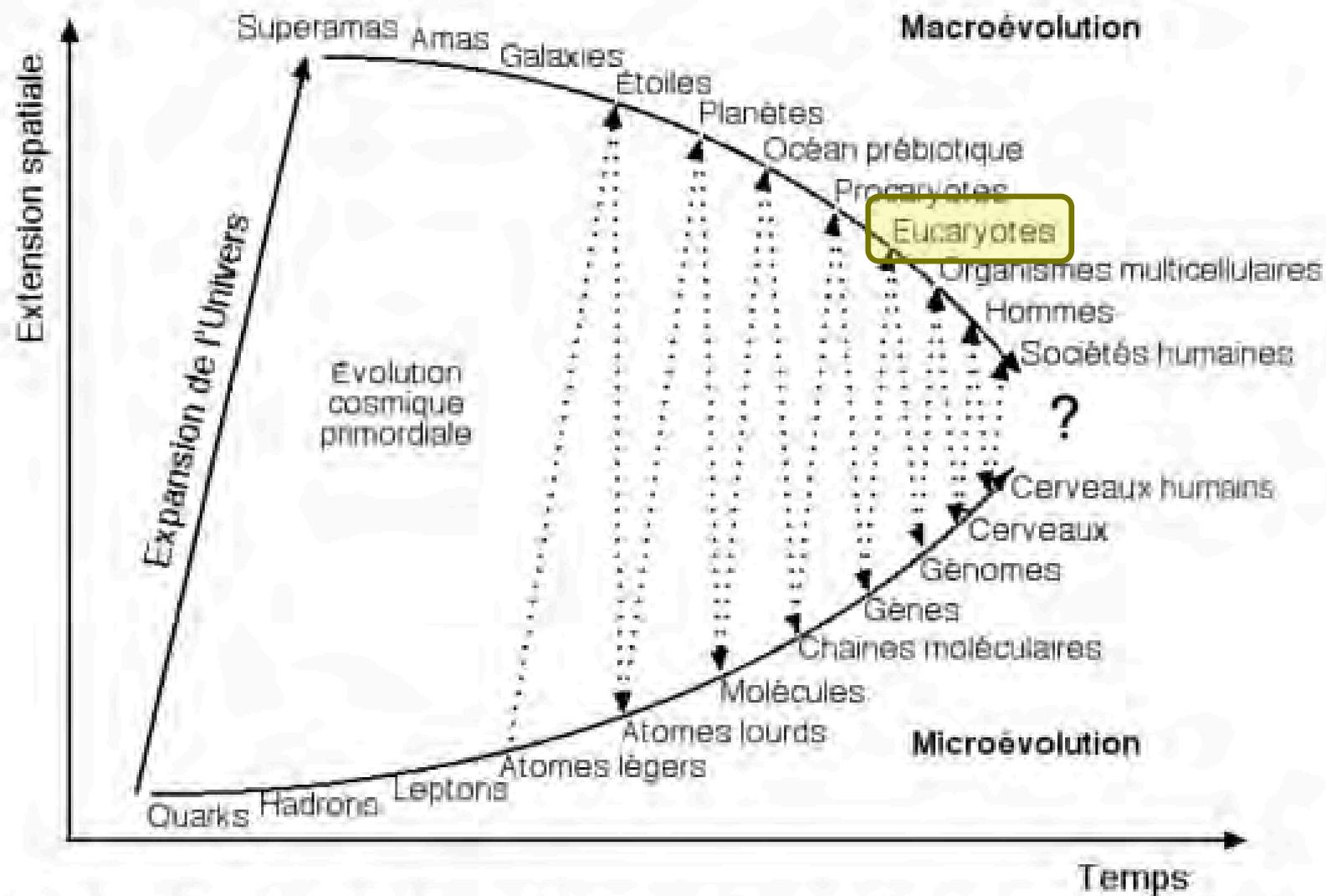
Car la vie implique aussi une capacité de **mémoire** pour retenir les bons coups du hasard.

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

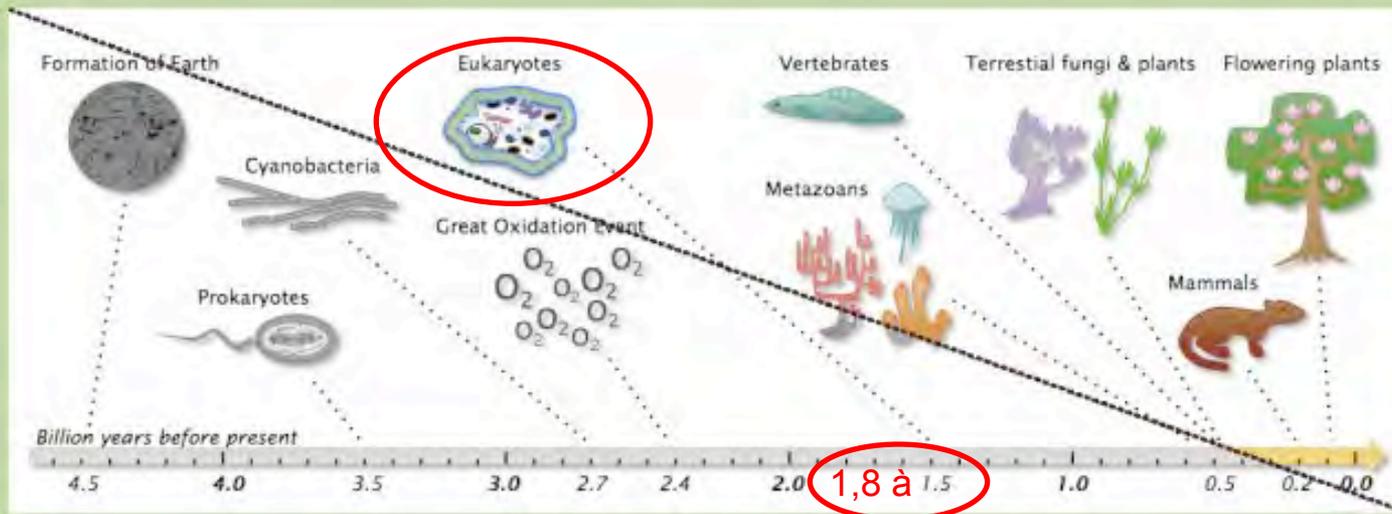
Mais cette stabilité ne lui confère pas un statut particulier vis-à-vis des autres molécules :

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

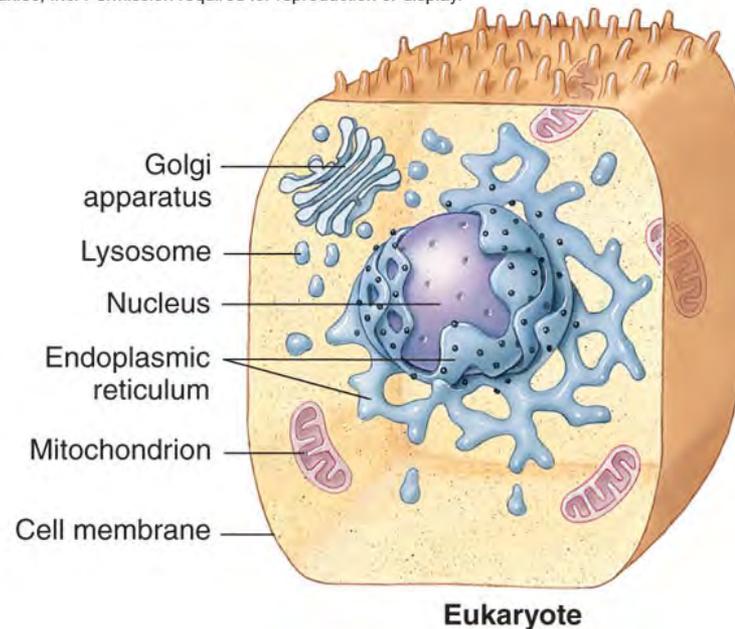
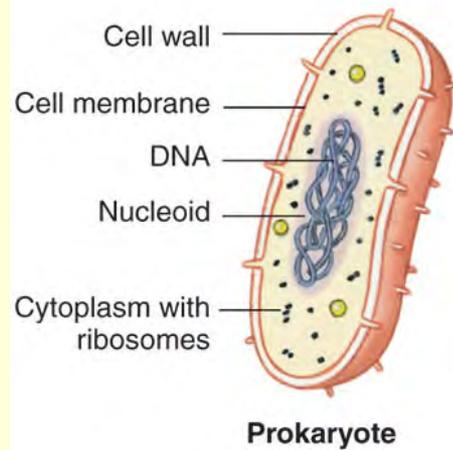




D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.



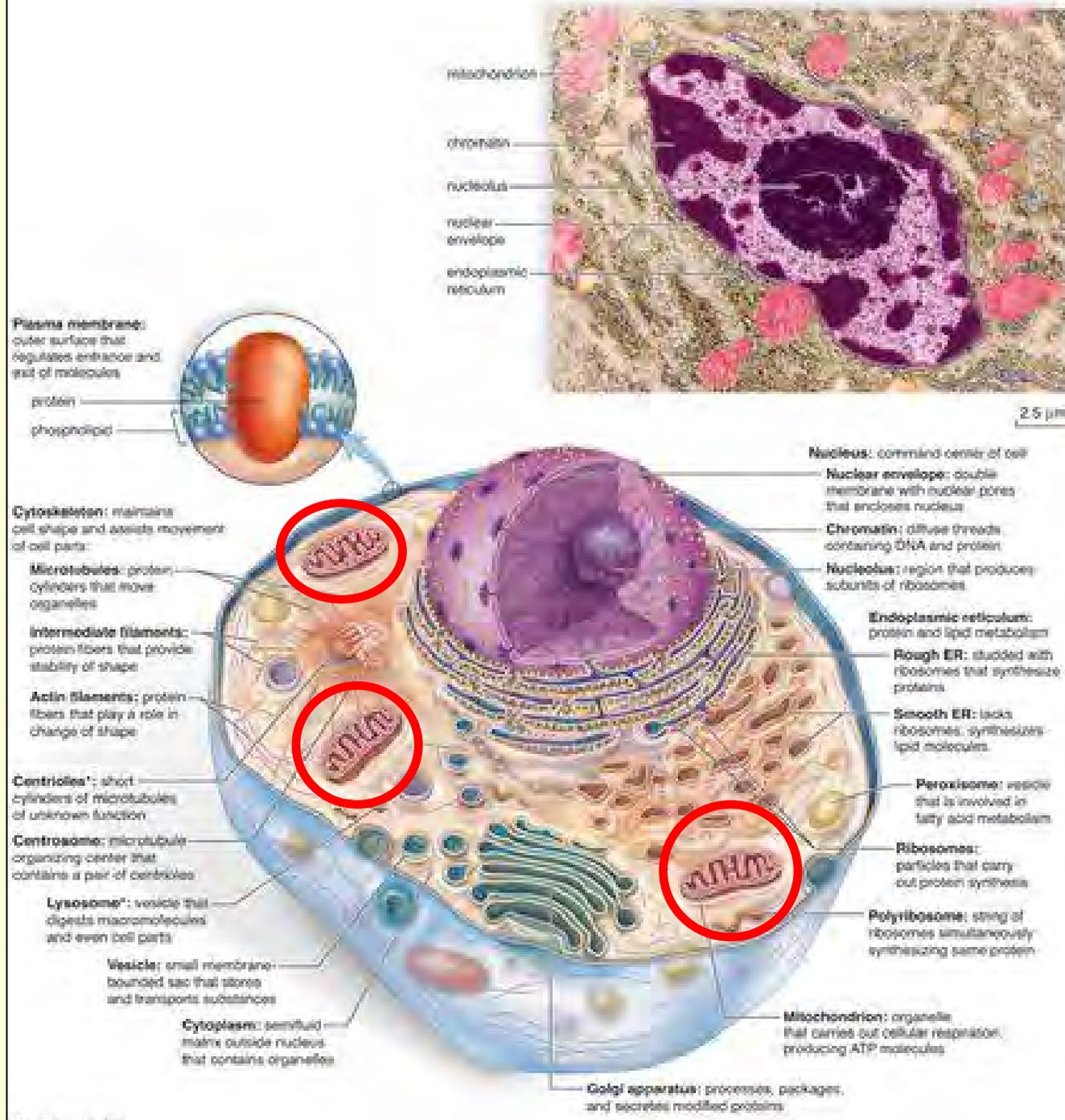
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



Les réseaux complexes se « compartimentalisent »

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

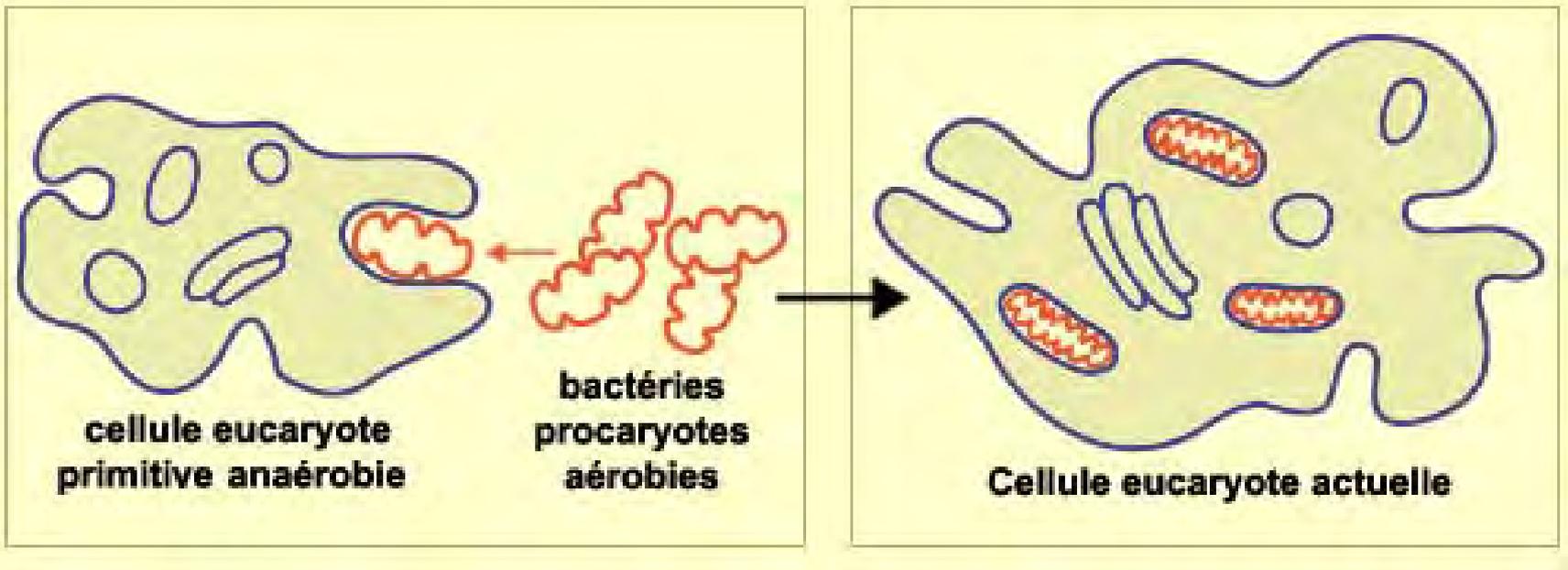
Mais aussi dans différents compartiments, dont un très important, les **mitochondries**.



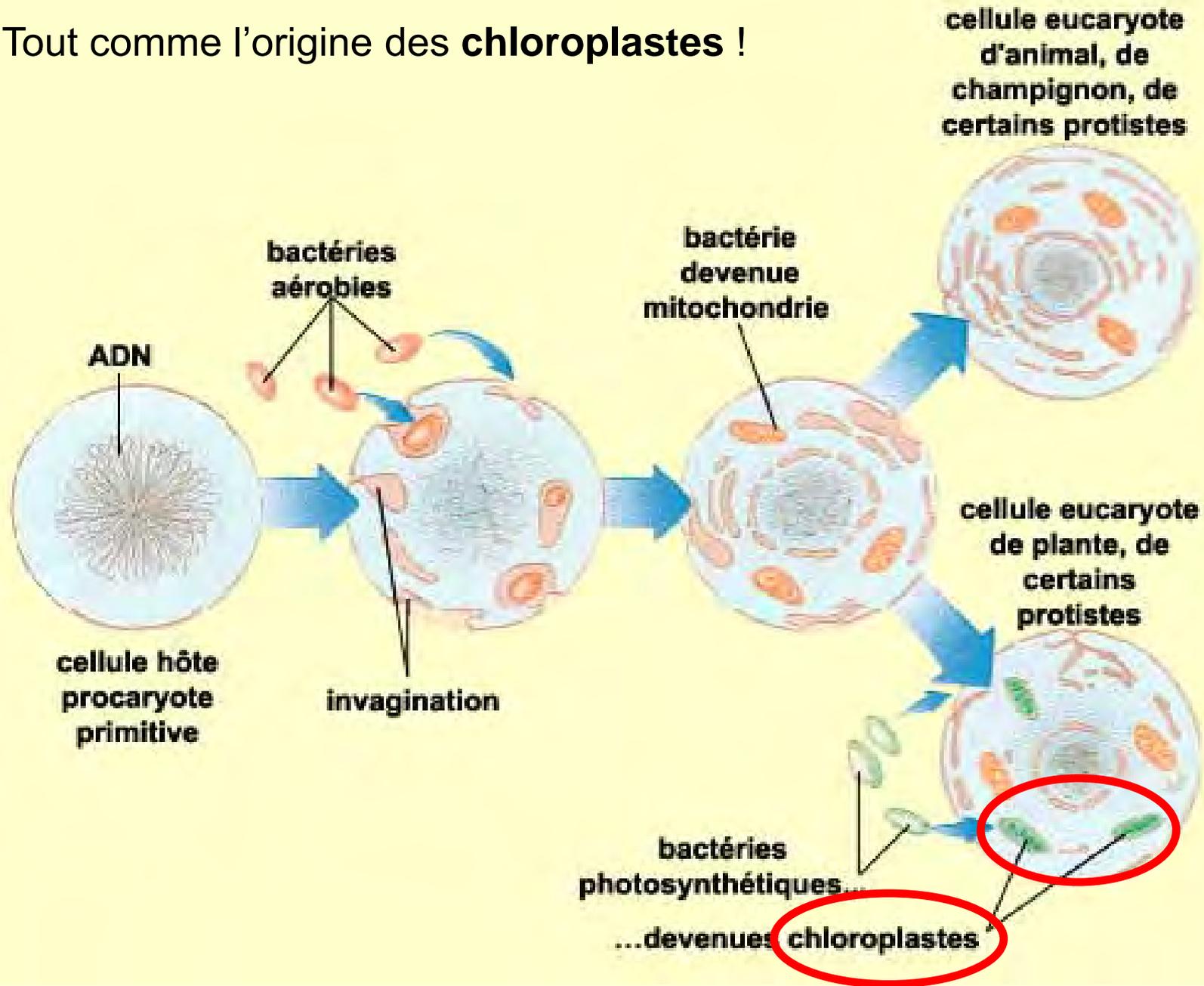
Note: in plant cells

L'origine des mitochondrie :

un phénomène de **symbiose** important



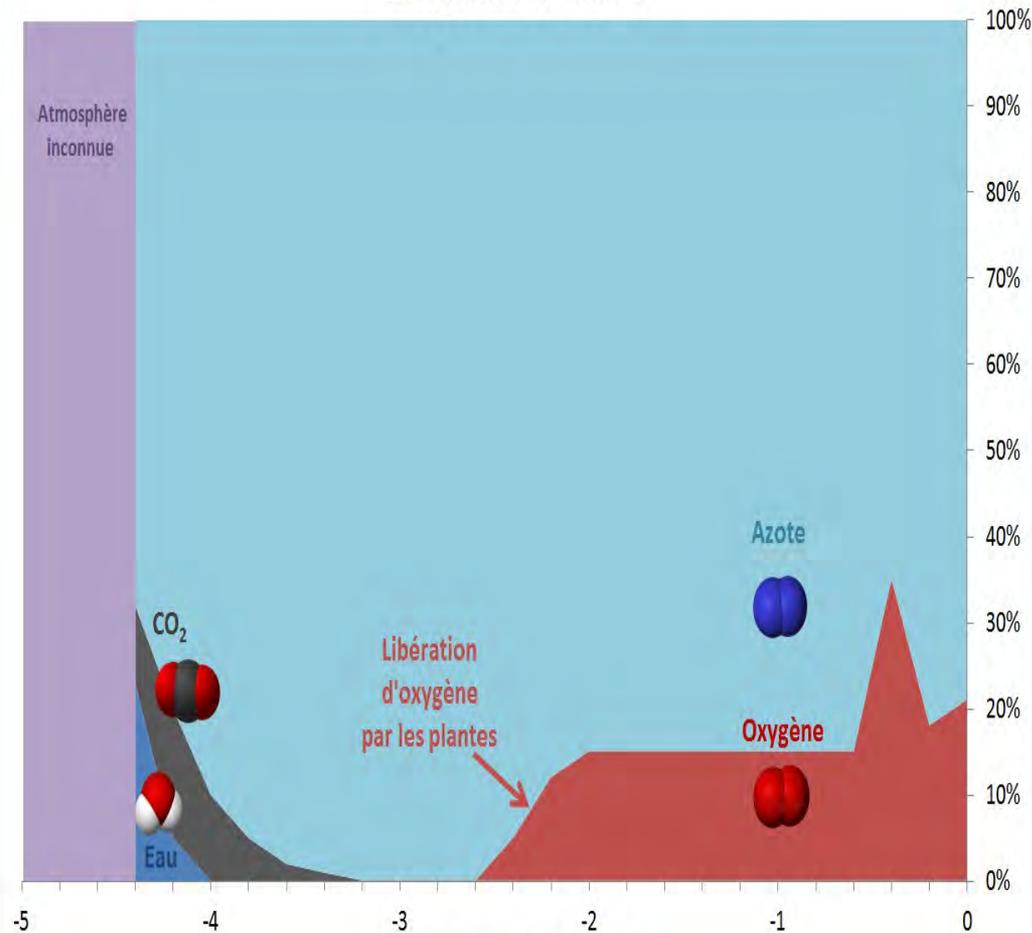
Tout comme l'origine des **chloroplastes** !



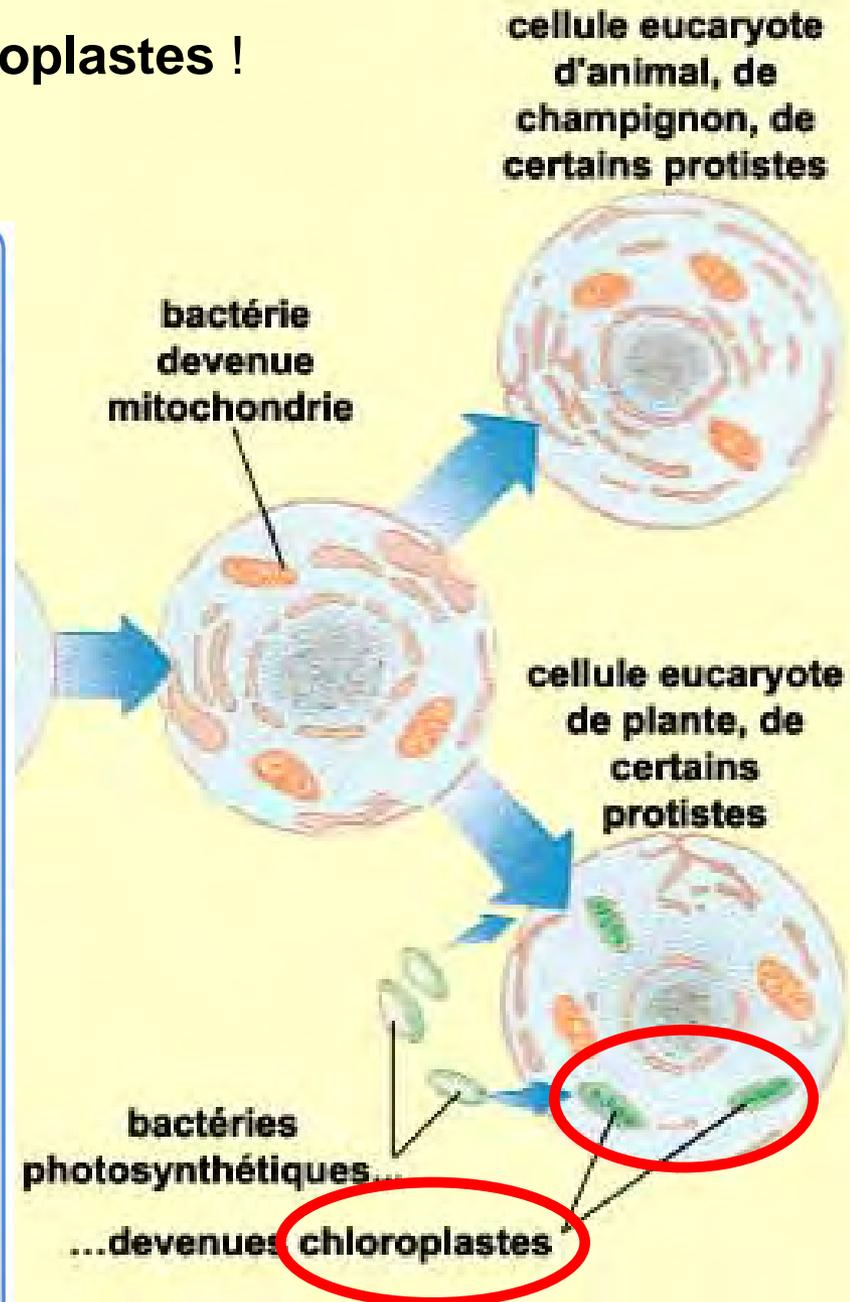
# Tout comme l'origine des **chloroplastes** !

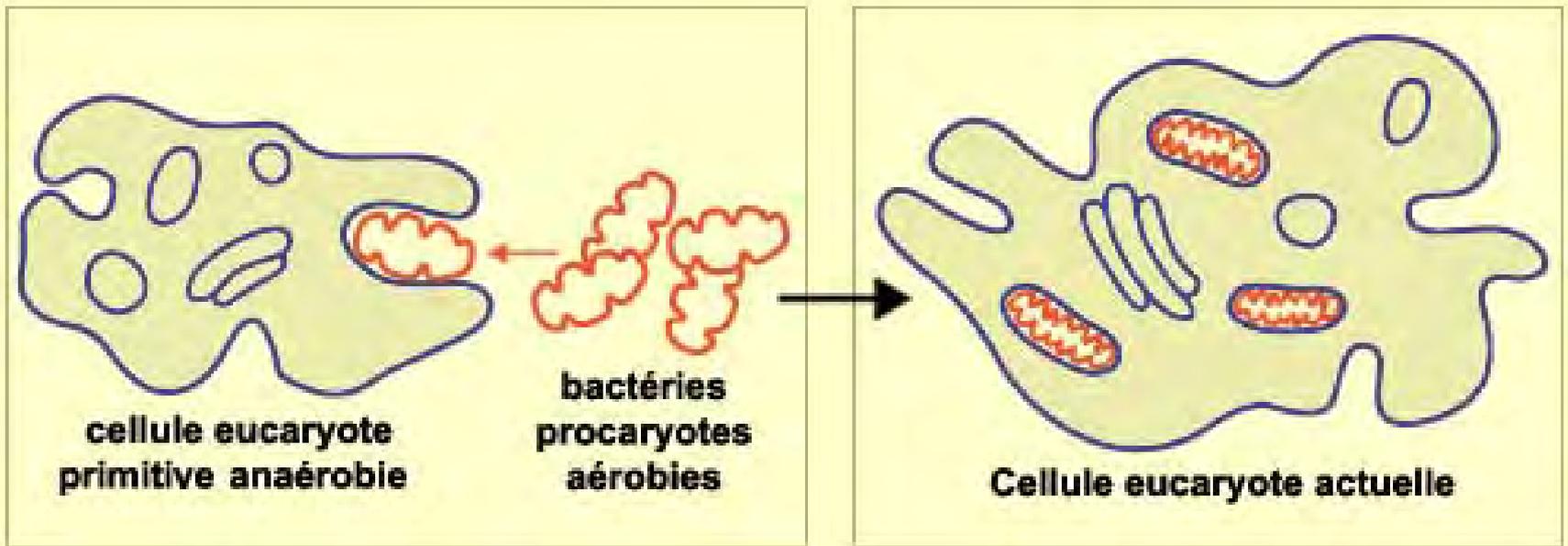
Composition de l'atmosphère depuis 5 milliards d'années

(en %) (Source : Pour la Science)



© Olivier Berruyer, [www.les-crisis.fr](http://www.les-crisis.fr)



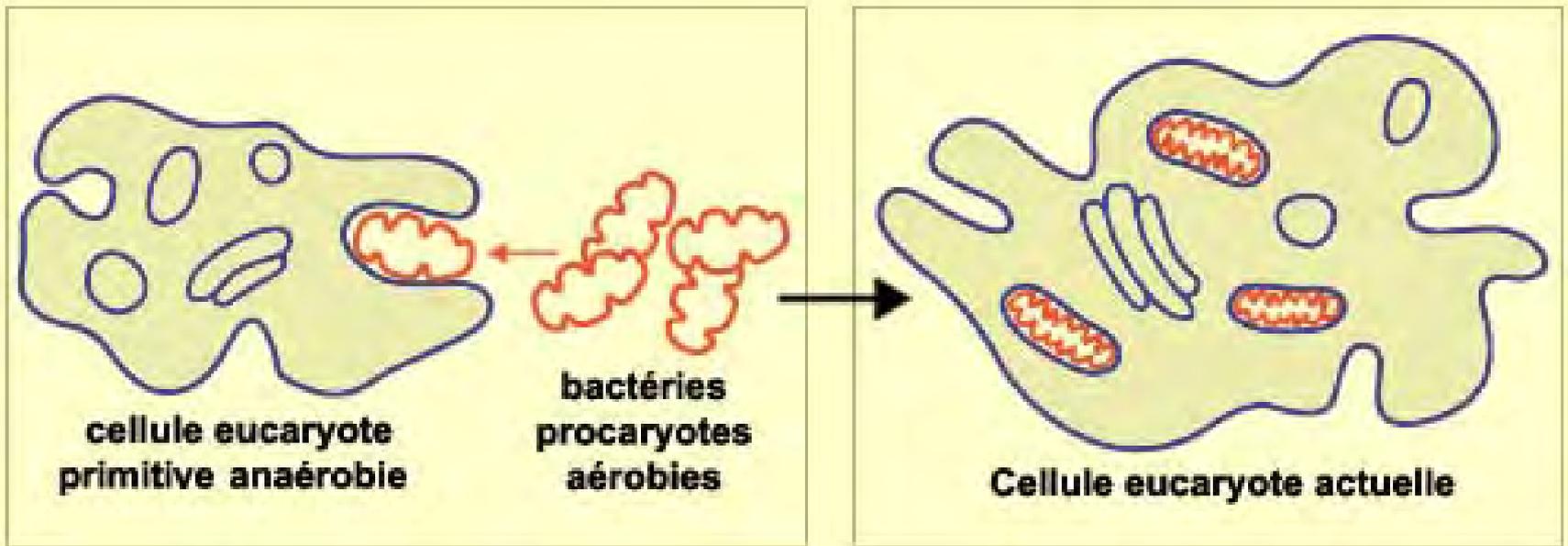


Avant, avec seulement la glycolyse : le glucose sera transformé en absence d'oxygène, en alcool éthylique qui sert d'accepteur interne pour les électrons.

**Bilan énergétique : 2 ATP**

Avec la mitochondrie, la molécule d'oxygène est utilisée comme accepteur final d'électrons et permet une oxydation complète de la molécule de glucose qui sera complètement transformée en CO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O.

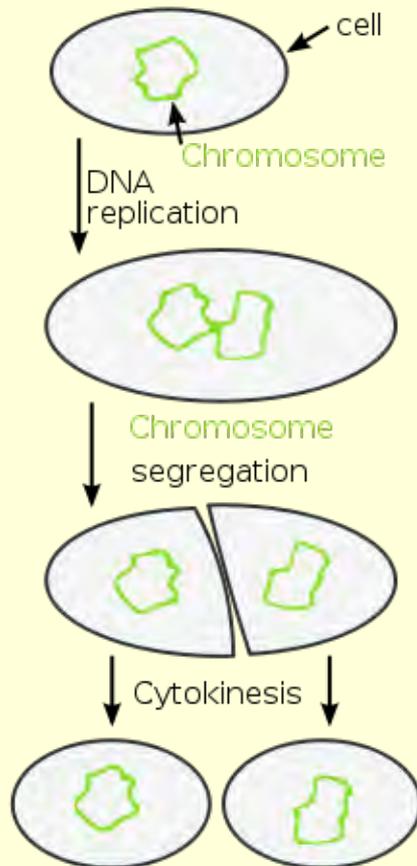
**Bilan énergétique : 38 ATP,**  
soit 19 fois plus que la glycolyse !



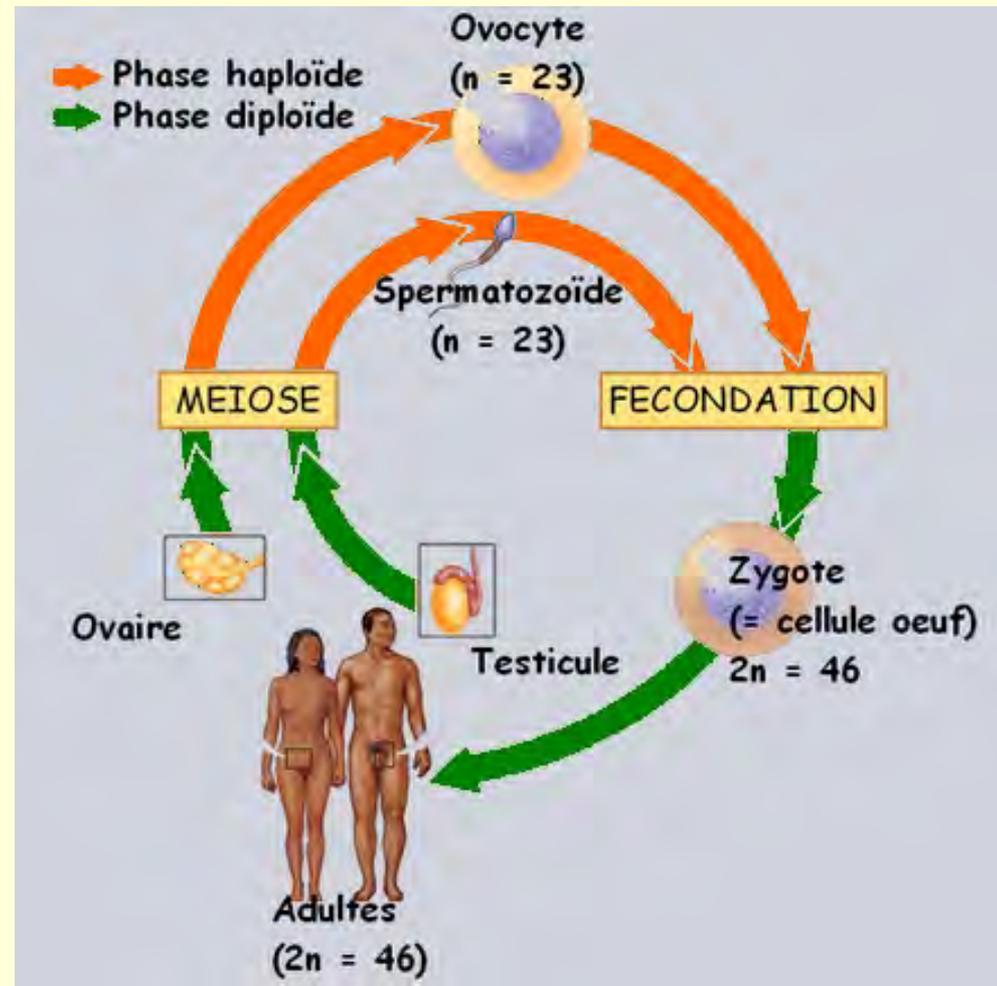
« Pas de relation symbiotique cellules eucaryotes - bactéries aérobie  
(une forme de coopération), pas de neurones si énergivores.  
Pas de neurones, pas de cerveaux.  
Pas de cerveaux, pas d'humains ! »

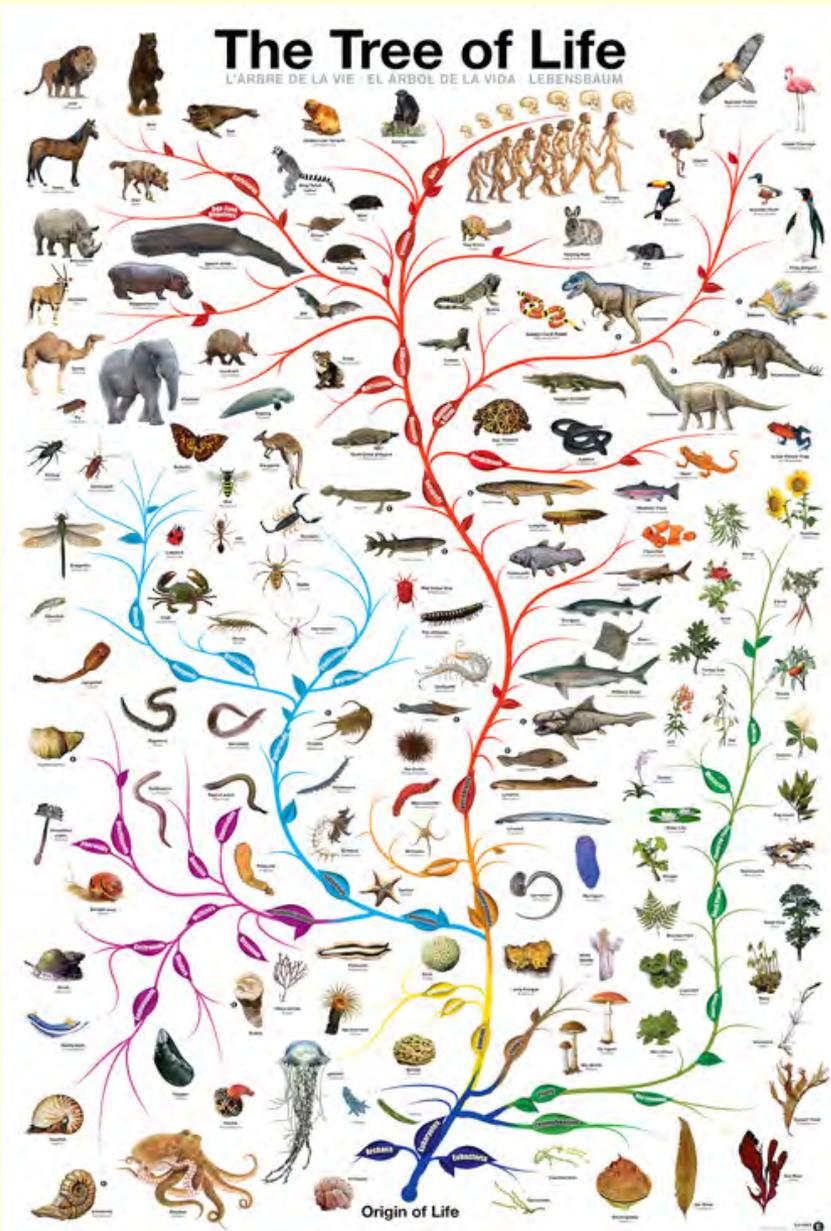
Autre étape importante : apparition de la **reproduction sexuée**, vraisemblablement avec les premiers eucaryotes.

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

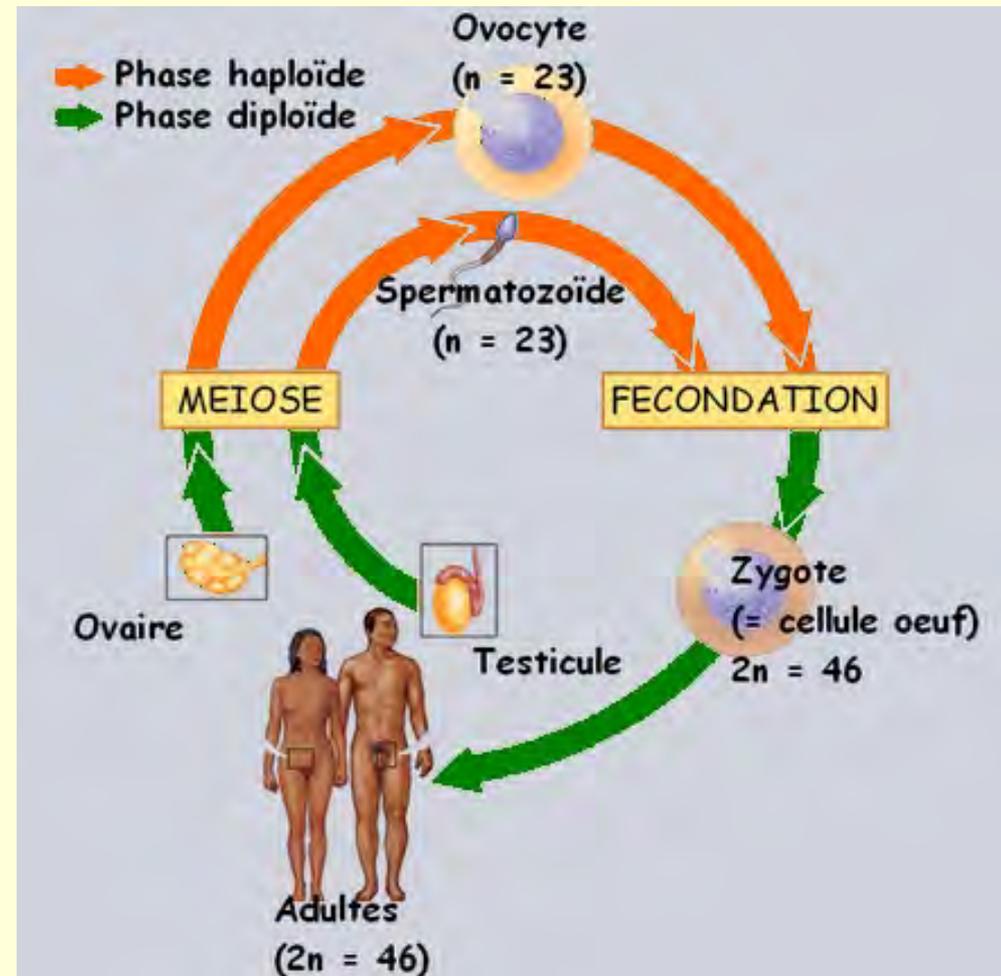


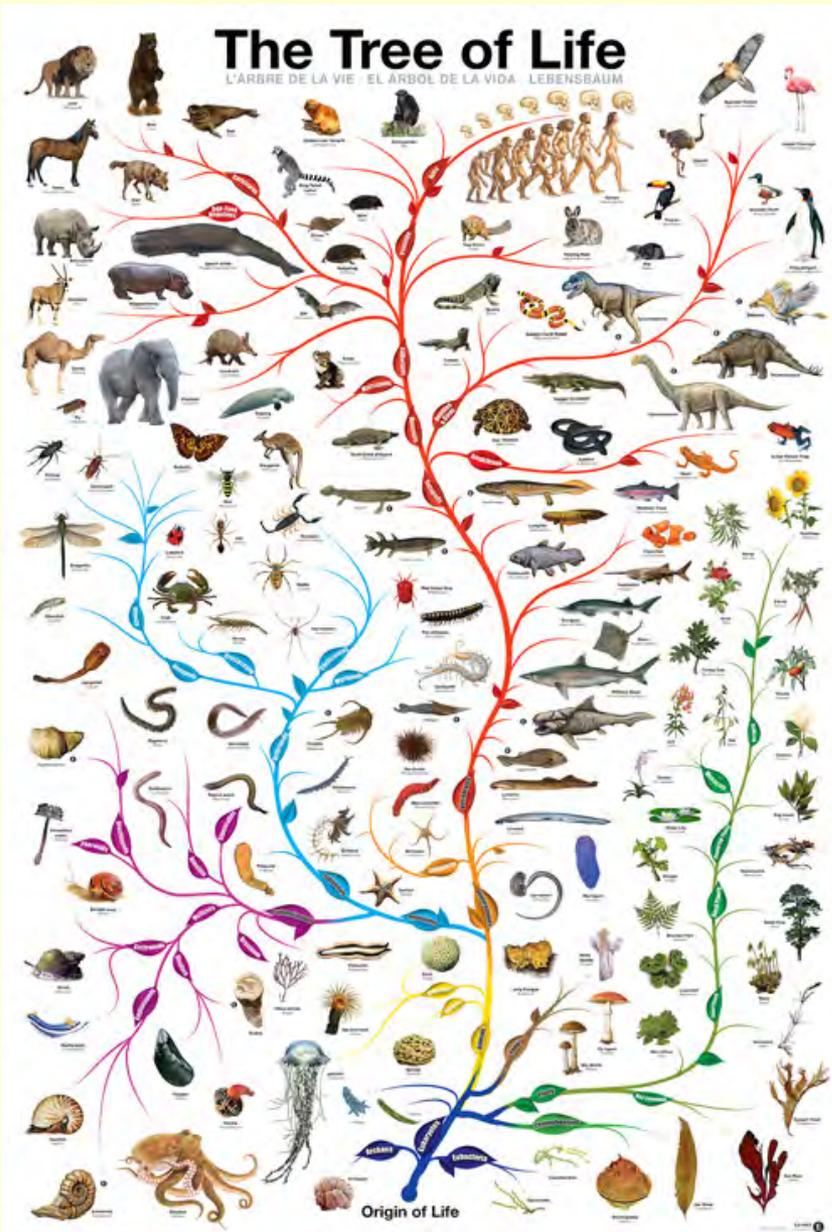
La sexualité : **deux** « parent » se mettent ensemble pour faire **un** individu toujours **différent** grâce au **brassage** du patrimoine génétique (crée beaucoup plus de **diversité**)





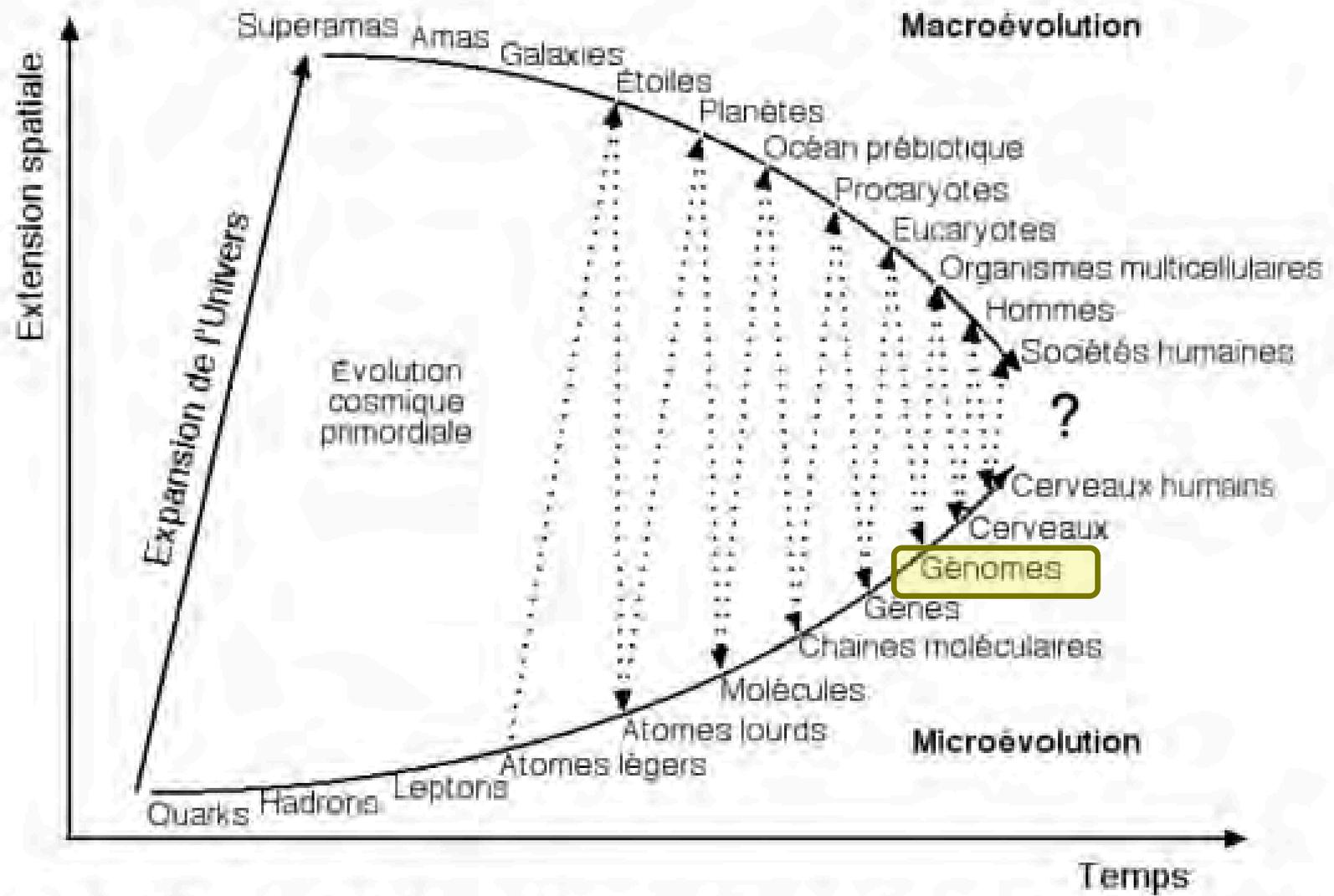
La sexualité : **deux** « parent » se mettent ensemble pour faire **un** individu toujours **différent** grâce au **brassage** du patrimoine génétique (crée beaucoup plus de **diversité**)



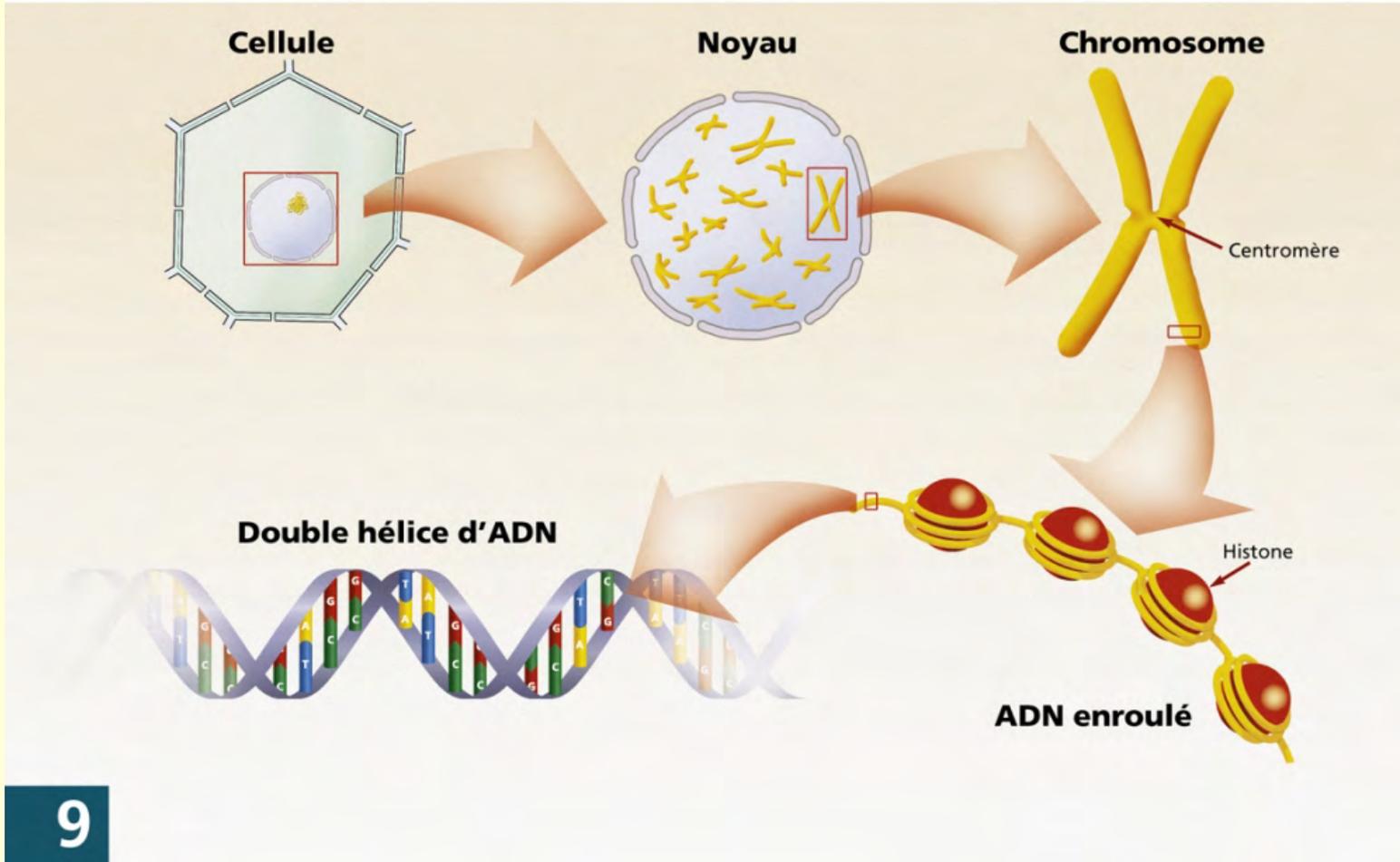


« Pas de sexualité, peu de diversité.  
Peu de diversité, peu d'évolution  
biologique.

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



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



9

On estime le nombre de gènes codant une protéine chez l'Homme à environ **20 000**, ce qui correspond à 3,2 milliards de paires de nucléotides. Ainsi chaque cellule humaine contient 2 mètres d'ADN environ.

La majorité du génome humain est toutefois composée de séquences ne codant pas pour des gènes. Ces séquences correspondent notamment à des régions régulatrices de l'ADN.

Normal  
Human  
Karyotype



1



2



3



4



5



6



7



8



9



10



11



12



13



14



15



16



17



18



19



20



21



22

Autosomes



or



XX (female)

XY (male)

Sex Chromosomes

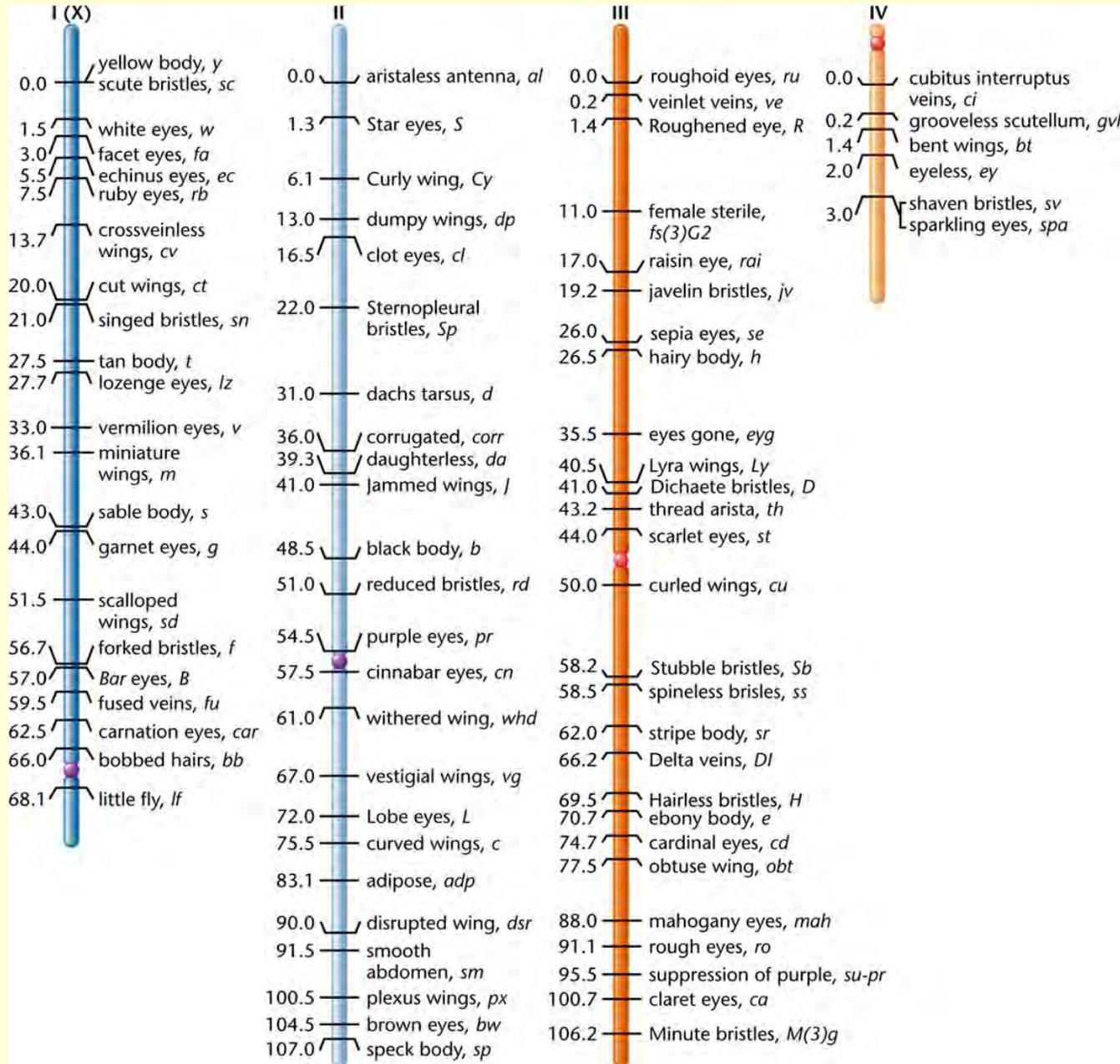
**Mouche mutante**



**Mouche normale**



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





On lit souvent qu'on partage 98 % des même gènes que notre plus proche cousin, le chimpanzé.

« Pendant plusieurs années le postulat du 1% nous a bien servi, parce que nous avons tendance à sous-estimer combien nous (humains et chimpanzés) sommes similaires. »

- Pascal Gagneux, l'Université de Californie

Toutefois, en 2006 par exemple, un étude d'une équipe de l'Indiana concluait :

« la **duplication** et la **perte de gènes** peut avoir joué un plus grand rôle que la substitution de nucléotides dans l'évolution de phénotypes spécifiquement humains ».

Pascal Lapointe, ASP, (2007)

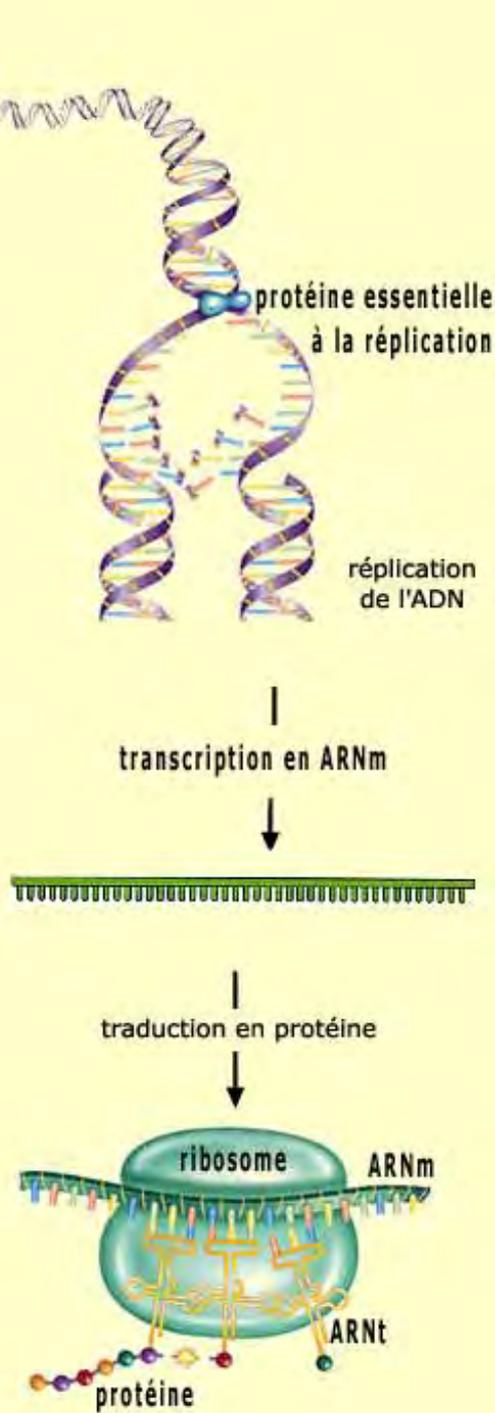
<http://www.sciencepresse.qc.ca/actualite/2007/07/05/humains-chimpanzes-mythe-1>

Les **duplications segmentaires** sont des copies multiples de morceaux d'ADN, insérées en divers points du génome. Elles peuvent contenir des gènes entiers dont les copies, en principe identiques, peuvent varier suite à l'apparition de mutations.

Or selon Tomás Marqués-Bonet de l'Institut de biologie évolutive de Barcelone, en considérant les duplications segmentaires, le taux de différences entre l'Homme et le chimpanzé passe de 1,24 % (estimation actuelle) à 10-15 %.

Le scientifique a en effet observé une augmentation très importante des duplications segmentaires lorsque les chimpanzés et les Hommes se sont séparés, il y a 6 millions d'années.

(2009) [http://www.maxisciences.com/chimpanz%E9/l-039-homme-et-le-chimpanze-des-cousins-pas-si-proches-que-ca\\_art1114.html](http://www.maxisciences.com/chimpanz%E9/l-039-homme-et-le-chimpanze-des-cousins-pas-si-proches-que-ca_art1114.html)



D'autres chercheurs se sont aussi demandés si la différence entre l'humain et les grands singes ne pourrait pas provenir de **l'expression** des différents gènes les constituants.

En observant les mêmes 1056 gènes présents chez l'Homme, le macaque, l'orang-outan, et le chimpanzé, ils ont pu quantifier l'expression de chacun de ces gènes dans les différents organismes.

Ils ont pu montrer pour 907 de ces gènes que des variations d'expression de 12 % à 19 % sont observés entre les espèces.

En particulier les gènes codant pour **des facteurs de transcription** semblent être particulièrement actifs dans les cellules humaines.

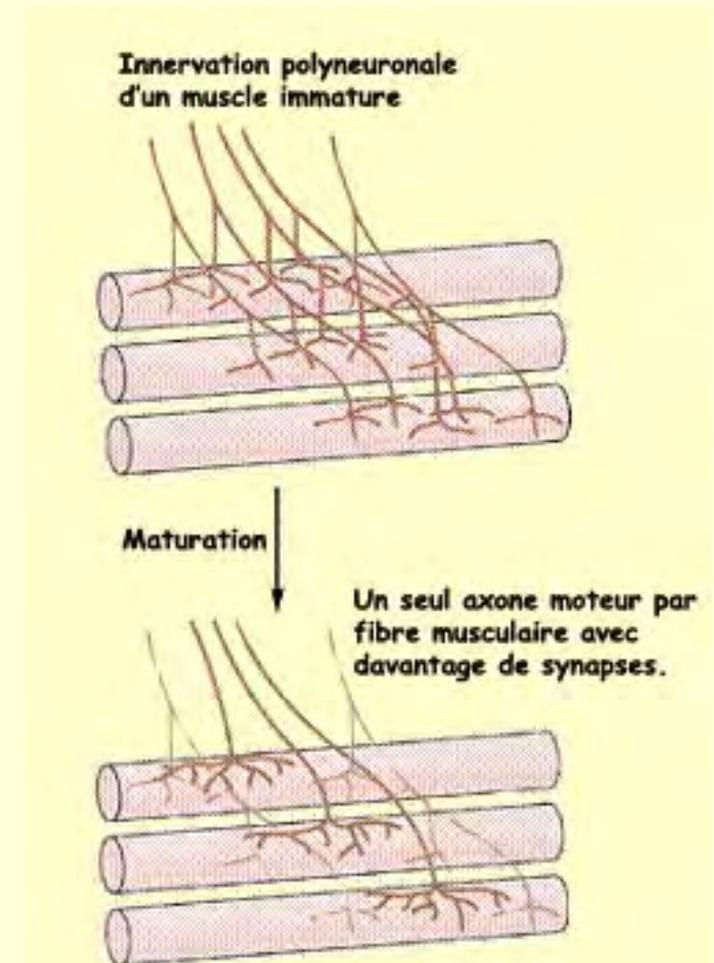
(2006) <http://www.futura-sciences.com/magazines/sante/infos/actu/d/vie-difference-homme-chimpanze-expliquee-8441/>

Car 20 000 gènes pour spécifier l'emplacement de 85 milliards de neurones et de leur 1000 ou 10 000 connexions chacun, c'est pas assez !

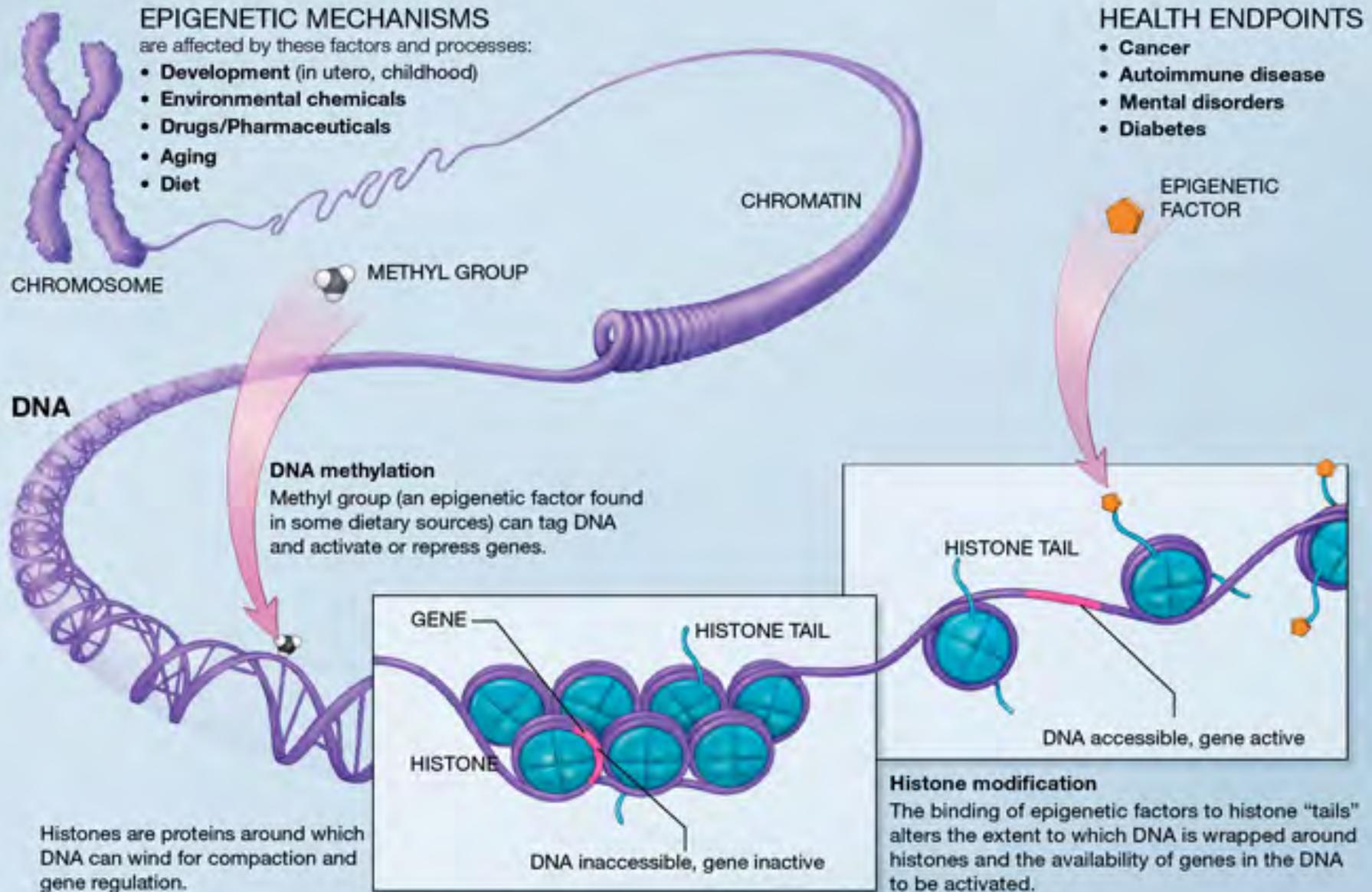
Il va donc devoir y avoir des choses qui se passent « après les gènes », durant le développement.

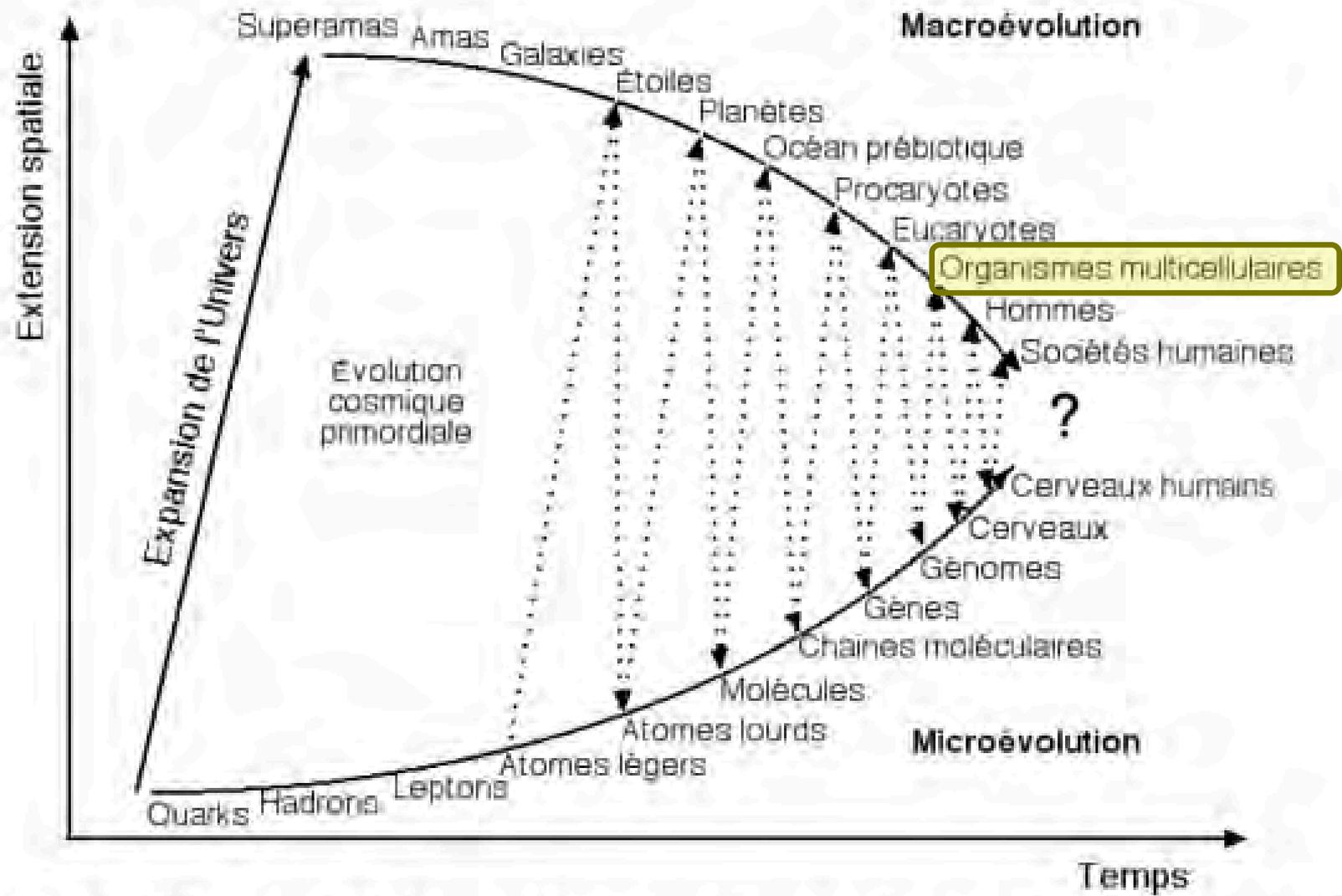
Ces phénomènes **épigénétiques** », qui surviennent donc après la naissance, ont été déjà observés vers 1972 par J-P Changeux et son équipe (rapportés dans l'*Homme neuronal*, 1983),

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

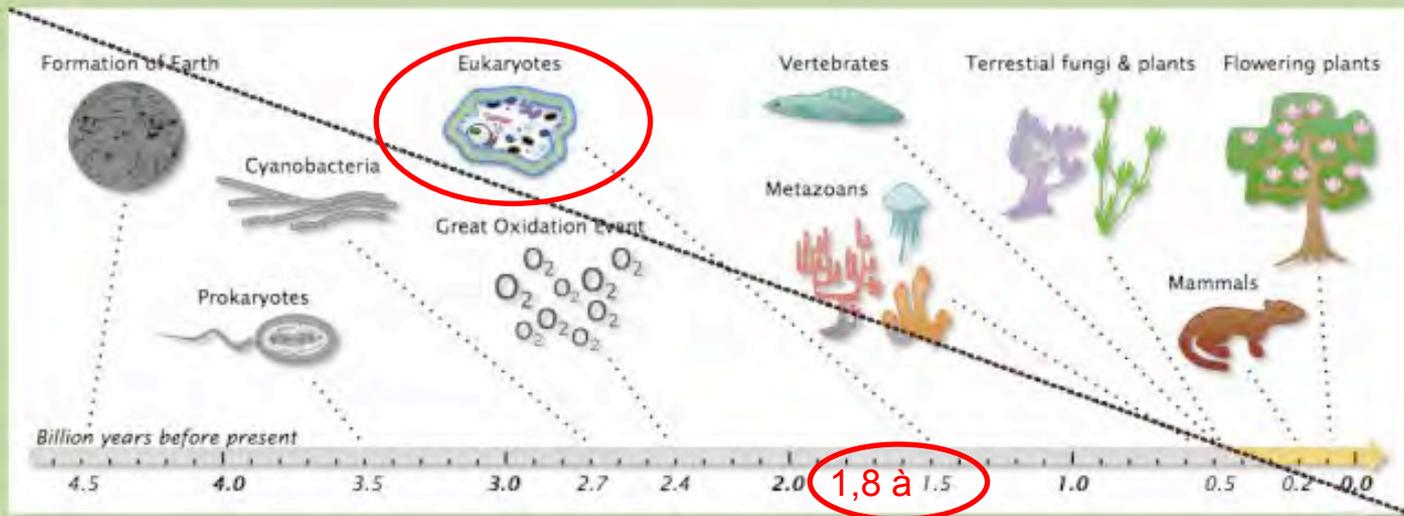


Le spectre des phénomènes **épigénétiques** s'est beaucoup élargi et on connaît maintenant certains mécanismes moléculaires qui les sous-tendent.

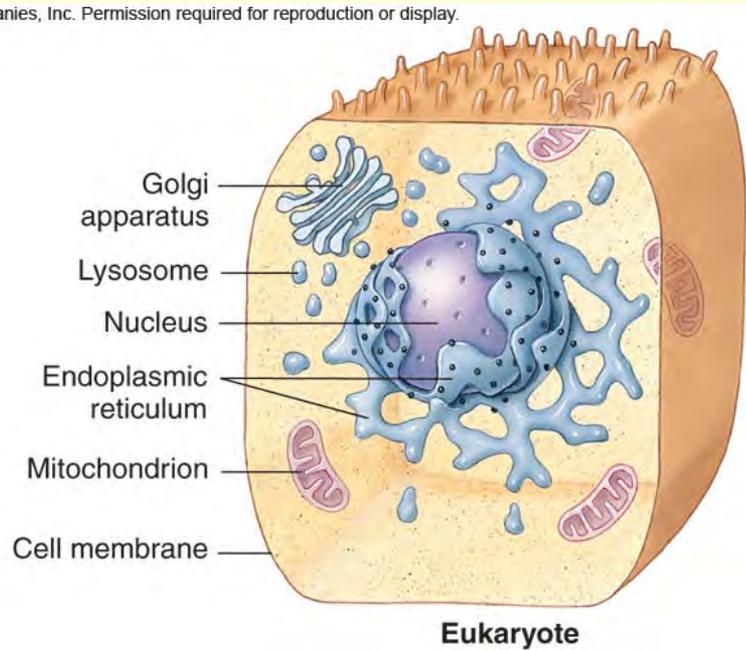


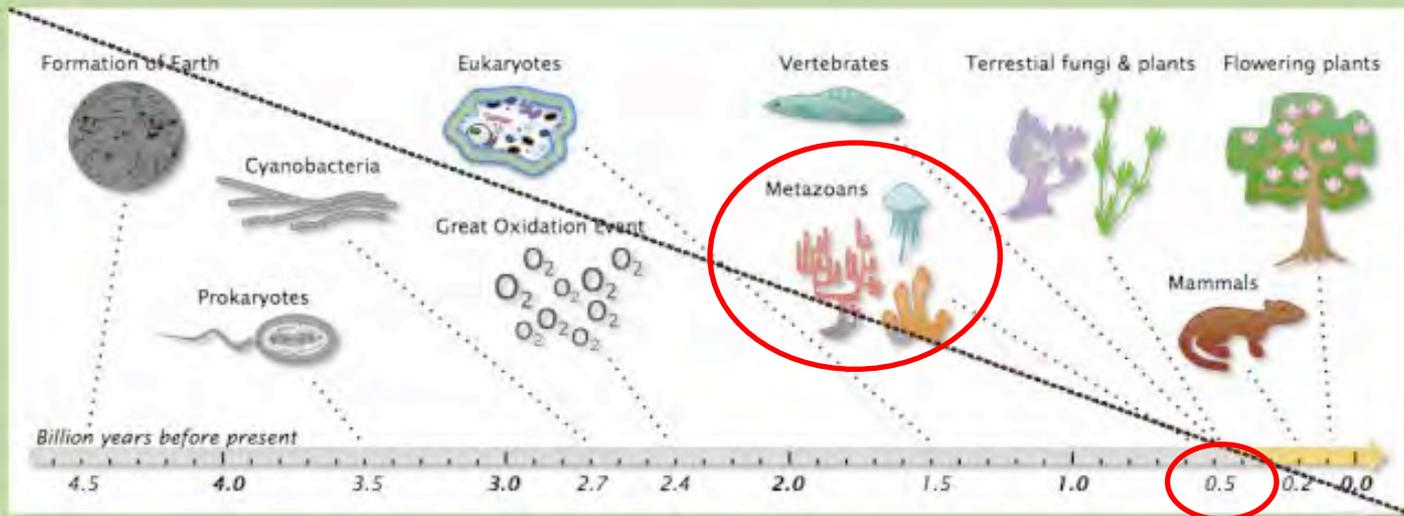


D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.

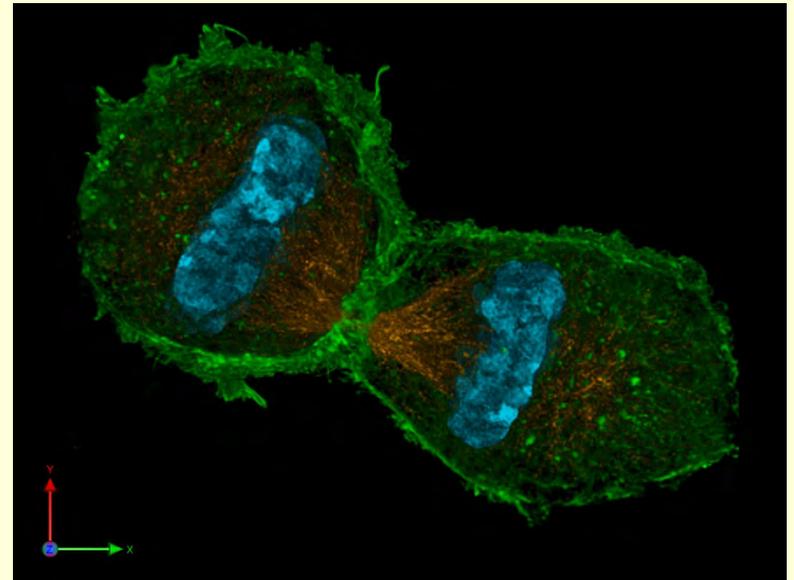
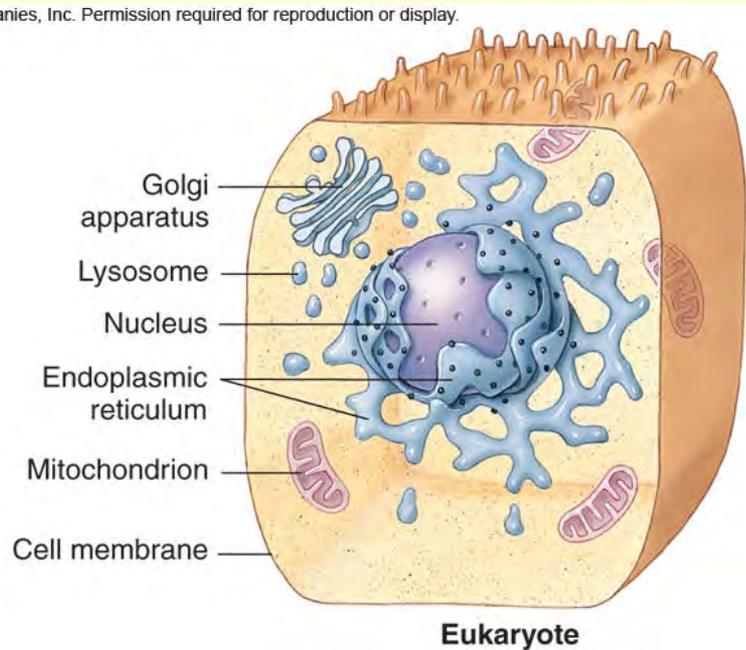


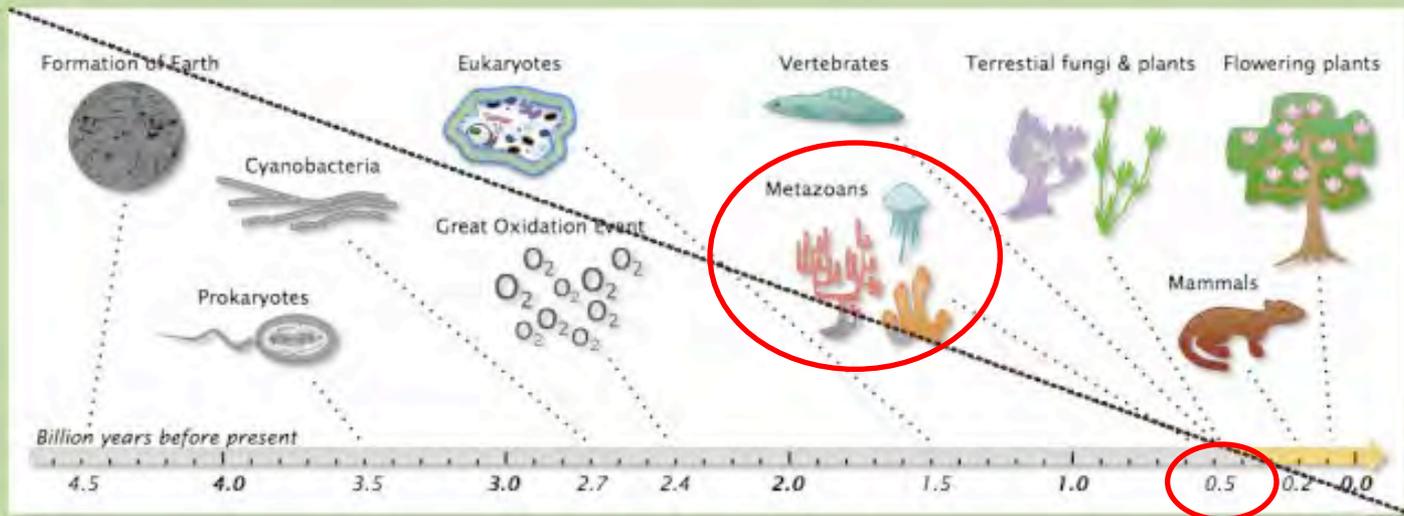
© 2008 McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



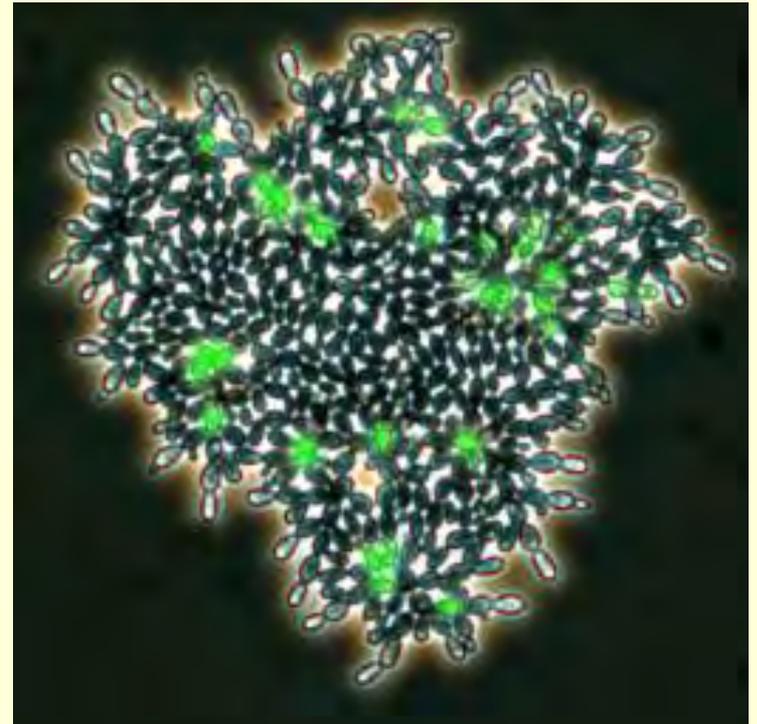
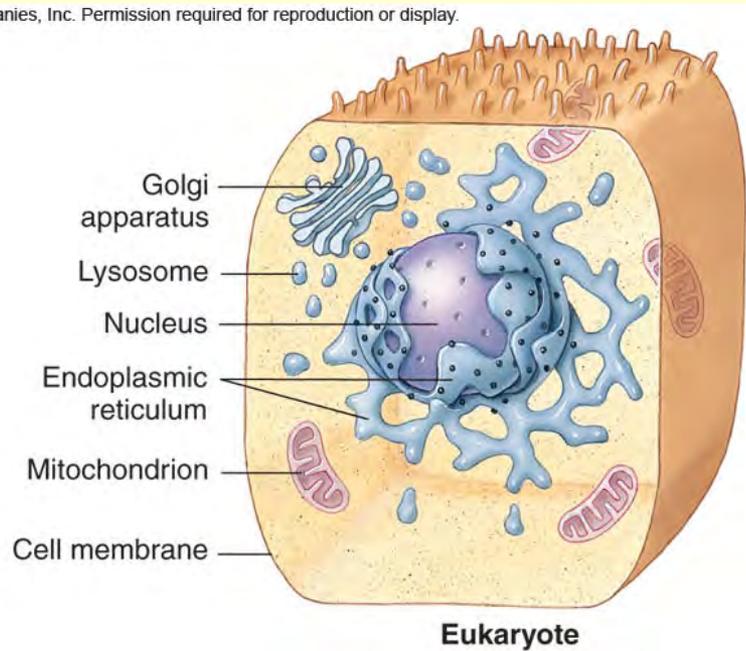


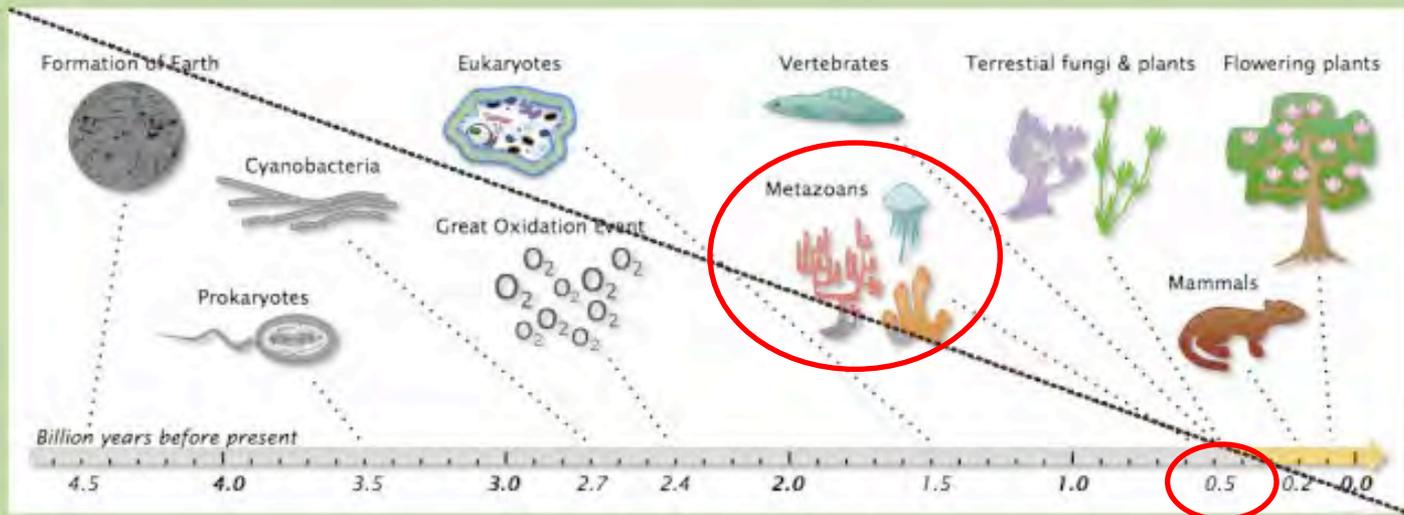
© 2004 McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.





Copyright © 2011 McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.





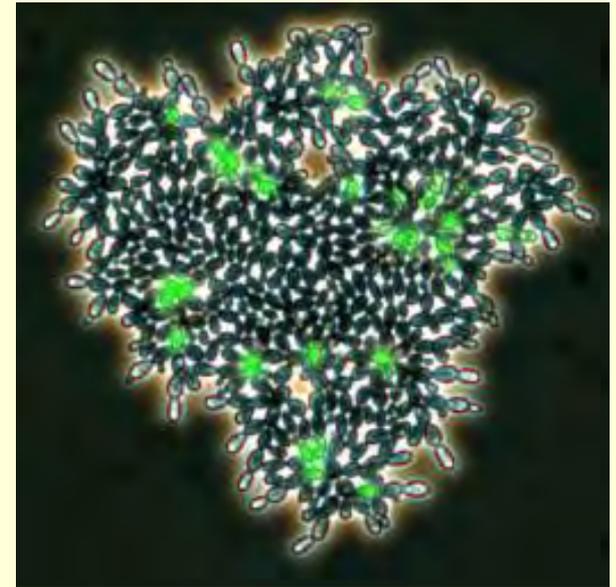
## Scientists replicate key evolutionary step in life on earth

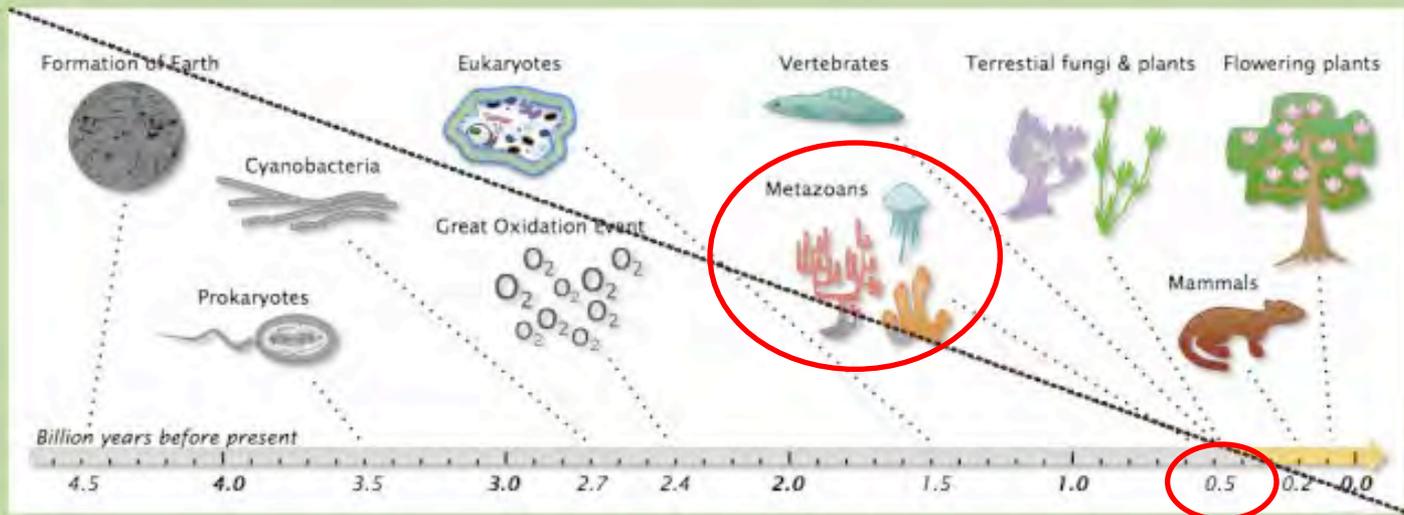
Jan 16, 2012

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

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

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



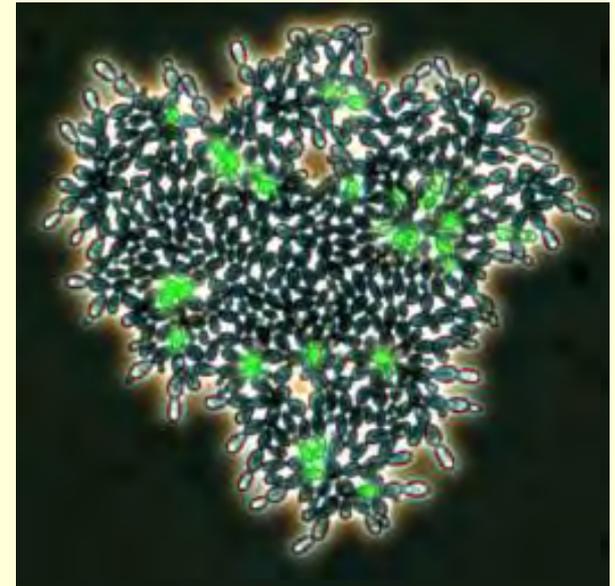


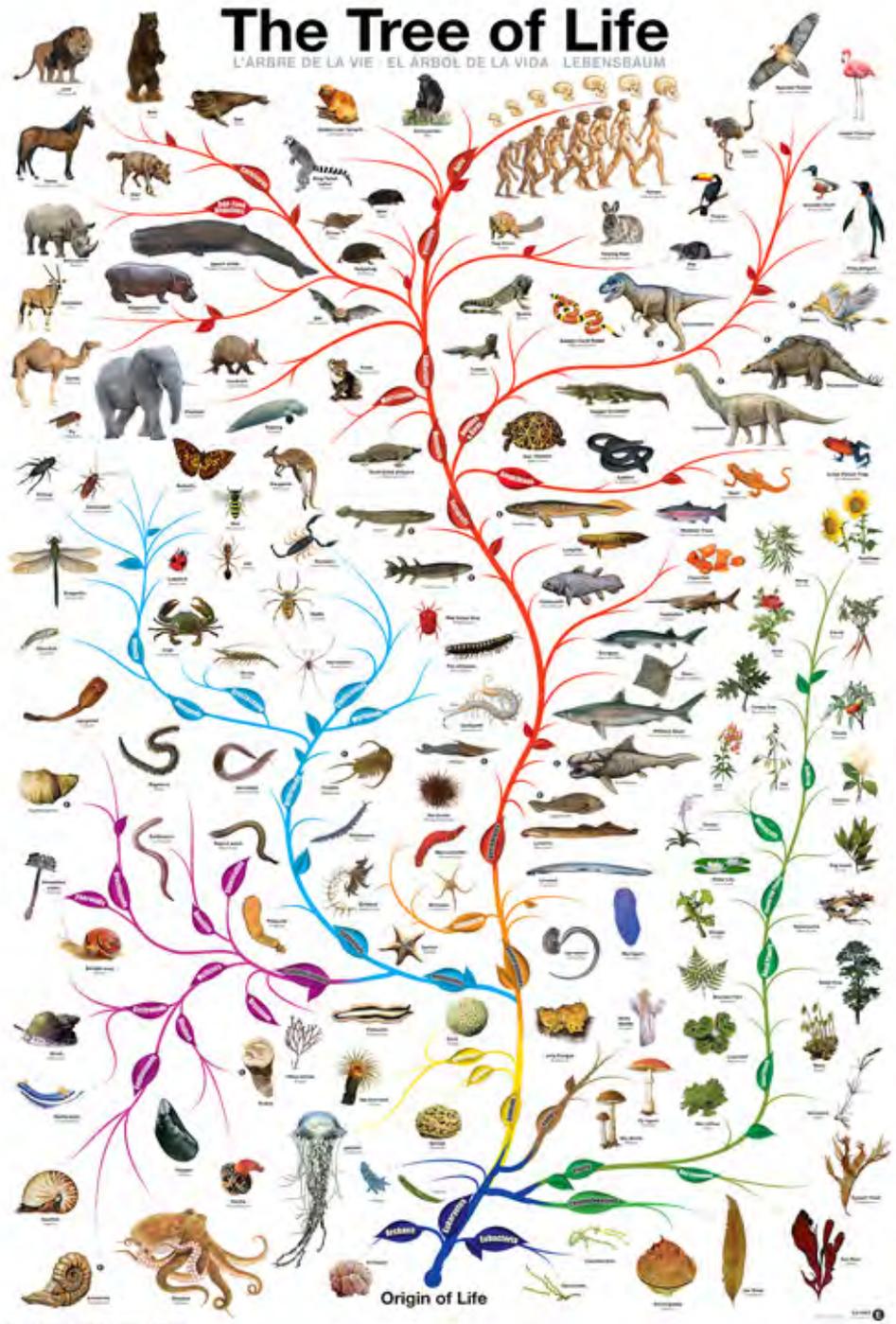
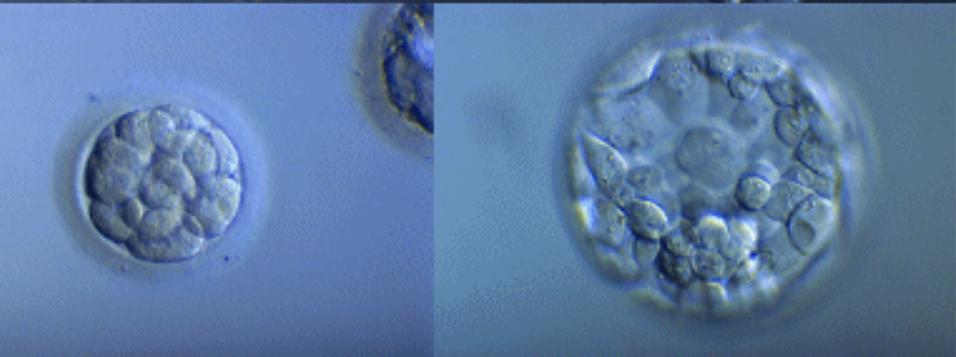
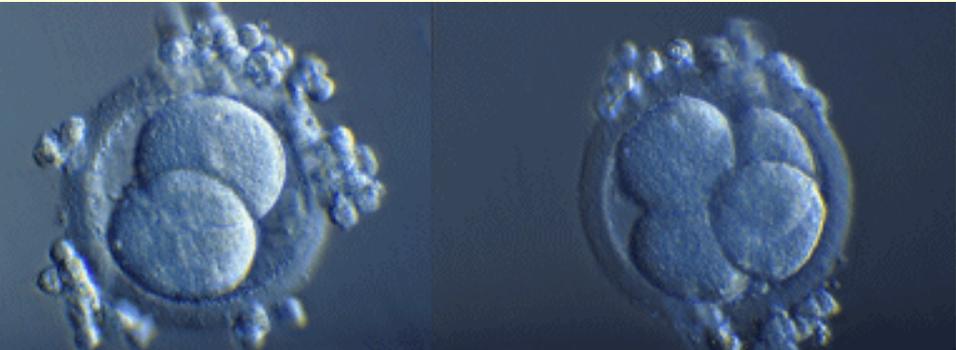
Important car cette similarité génétique amène de la **coopération**.

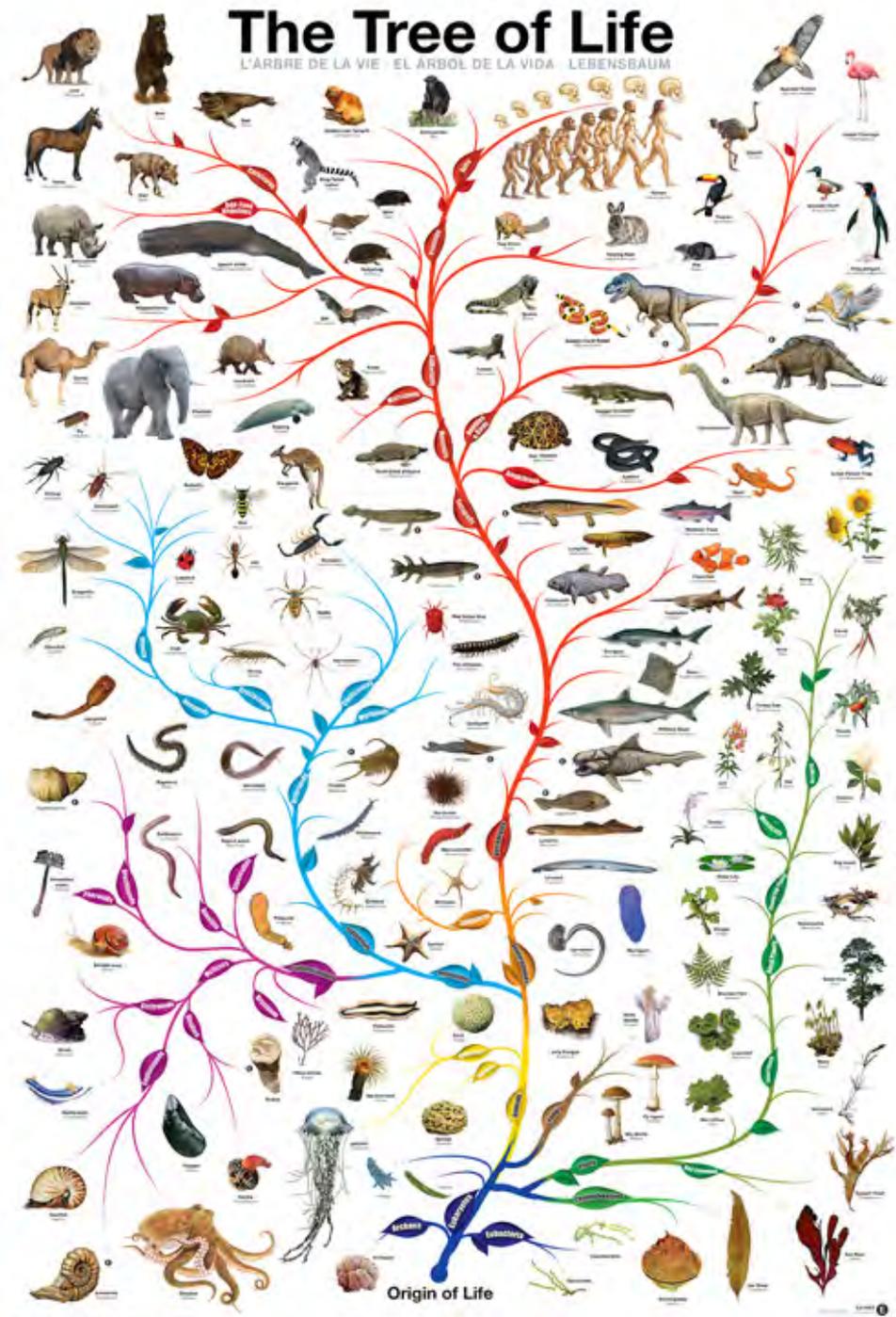
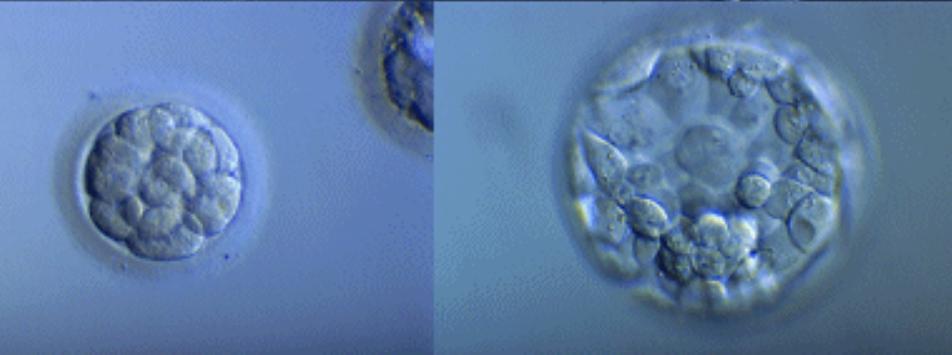
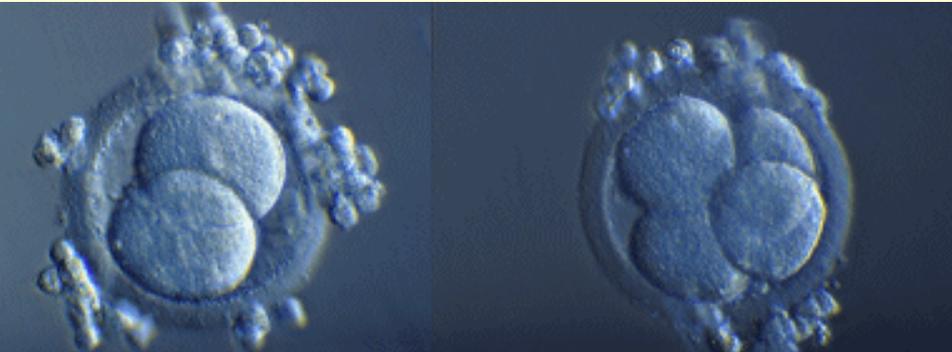
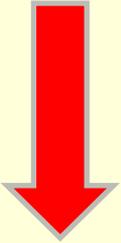
Aussi :

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

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







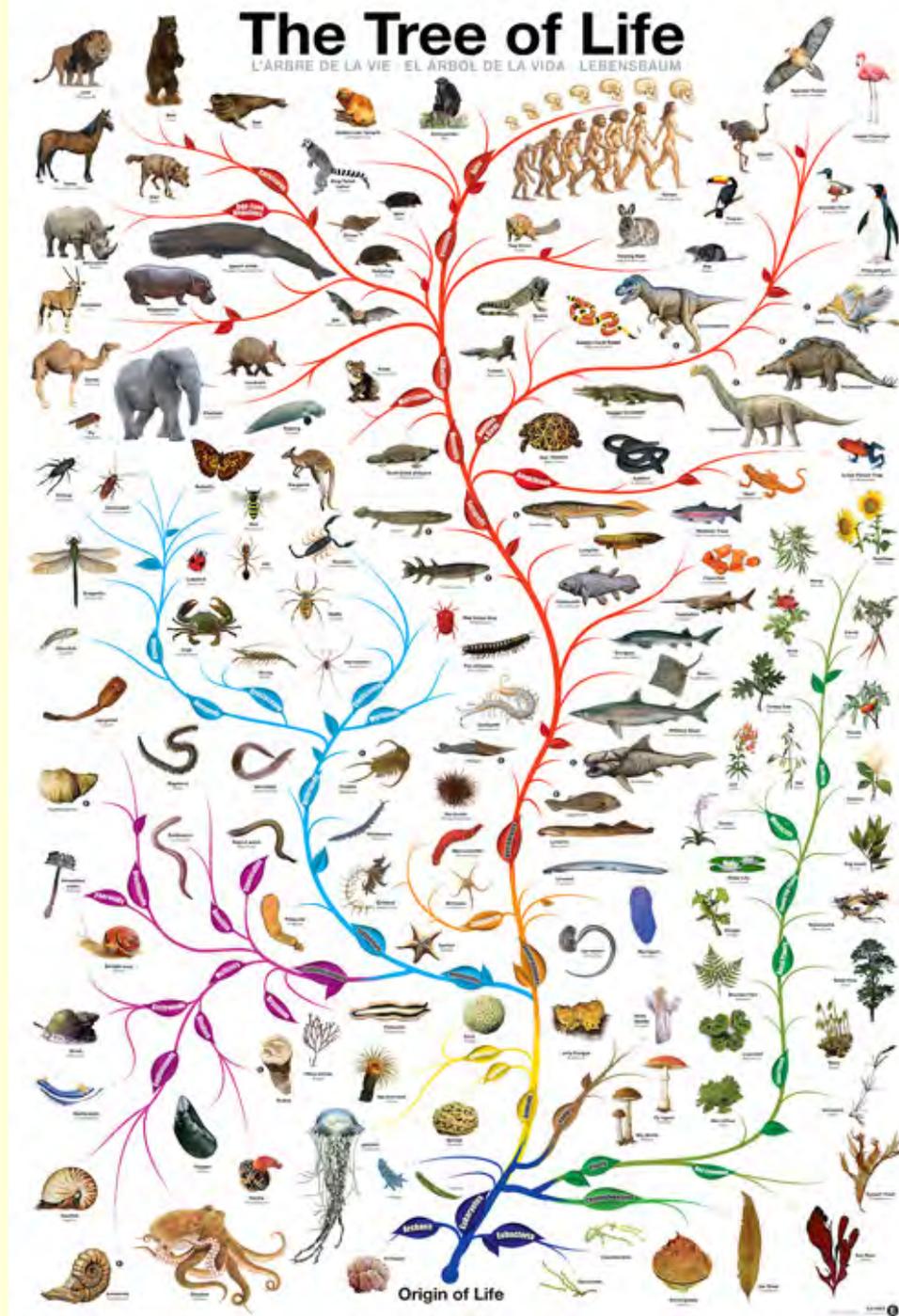
Un moteur important de l'évolution :  
**La sélection naturelle**

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

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

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

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



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

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

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

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



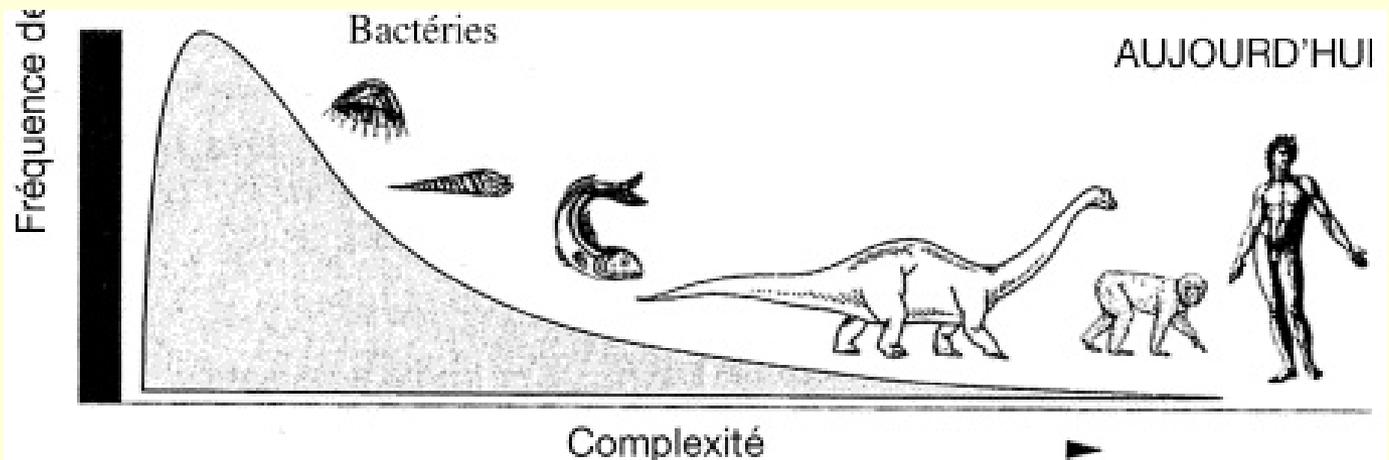
## L'évolution n'est pas que la sélection naturelle

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

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

**Mur de la complexité minimale**

(SJ Gould)

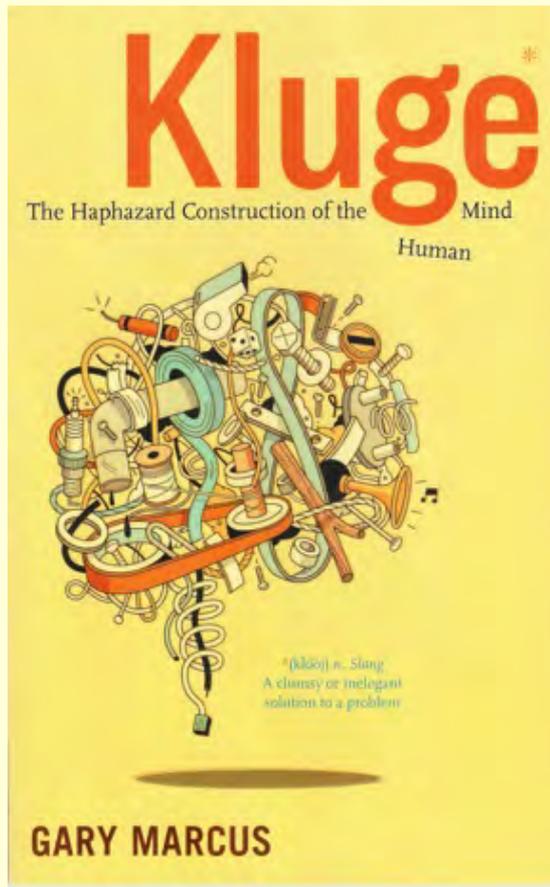




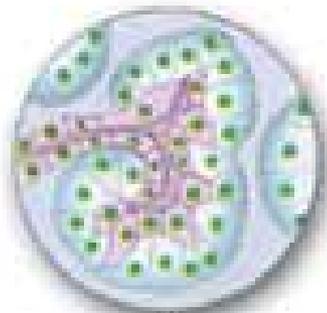
"L'évolution ne tire pas ses nouveautés du néant. Elle travaille sur ce qui existe déjà.

[...] la sélection naturelle opère à la manière non d'un ingénieur, mais d'un bricoleur ; un bricoleur qui ne sait pas encore ce qu'il va produire, mais récupère tout ce qui lui tombe sous la main [...]"

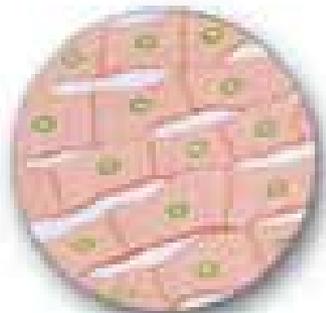
- (François Jacob / né en 1920 / Le jeu des possibles / 1981)



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



cellule  
pancréatique



cellule  
cardiaque



cellule  
sanguine



cellule  
pulmonaire



ovule



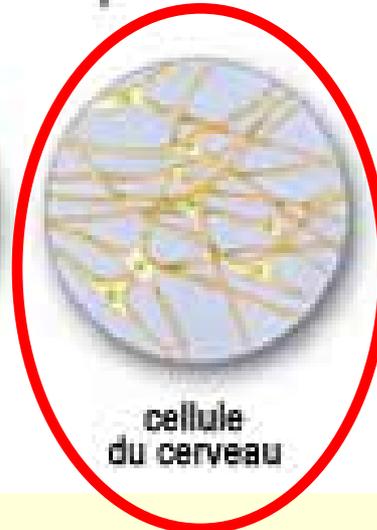
cellule  
osseuse



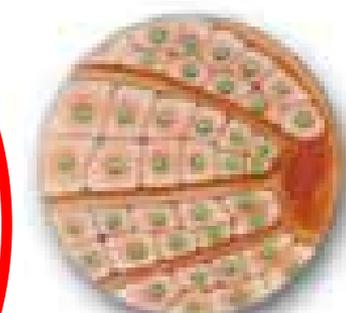
cellule  
de la rate



cellule  
musculaire



cellule  
du cerveau



cellule  
du foie

Autre phénomène de **symbiose** important :

Le **nombre de cellules** propres à un organisme humain adulte est de l'ordre de  **$10^{14}$  (cent mille milliards !)**

Les **bactéries** présentes dans ce même organisme, constituant notre **flore microbienne** (le microbiote), seraient dix fois plus nombreuses<sup>1</sup> ( $10^{15}$ ) !

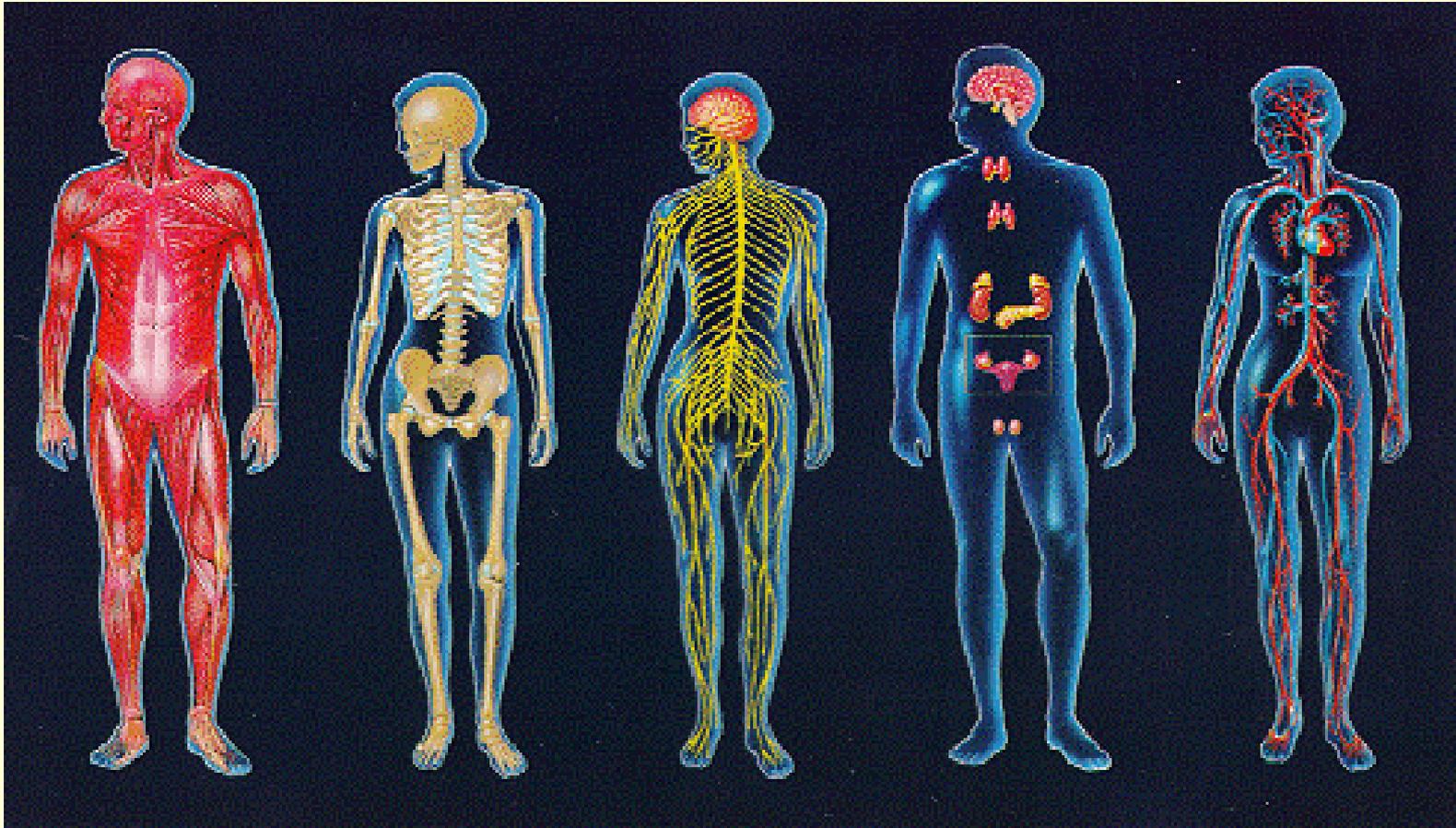


Le plus connue des organismes du microbiote est la bactérie ***Escherichia coli***, qui vit dans le côlon.

*E. coli* compose environ 80% de notre flore intestinale et participe au bon fonctionnement du système gastro-intestinal. Elle forme avec 400 autres espèces, un écosystème stable, essentiel au maintien d'une bonne santé.

Si le **système immunitaire est affaibli**, la plupart de ces bactéries de la flore normale agissent en tant que pathogènes opportunistes.

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

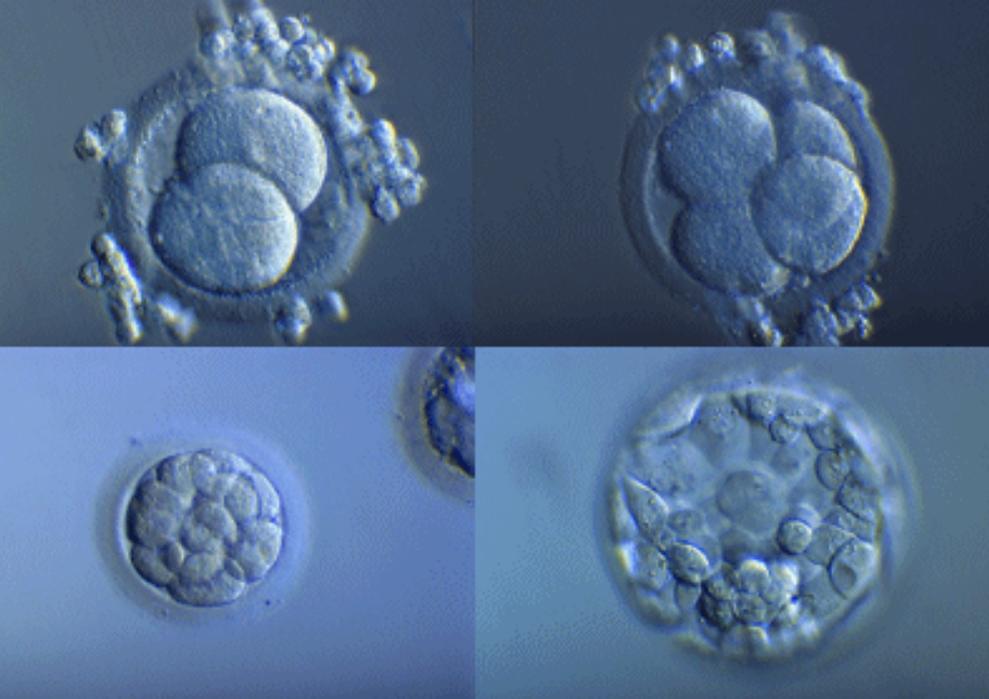


Musculo-squelettique

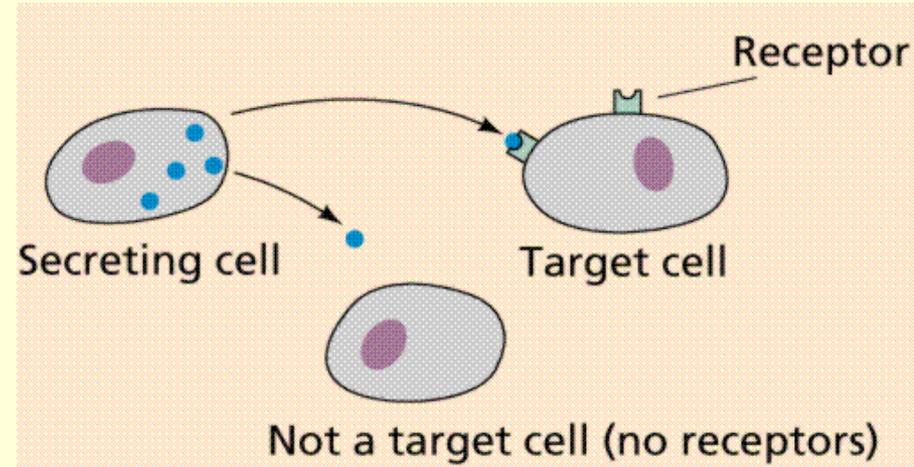
Nerveux

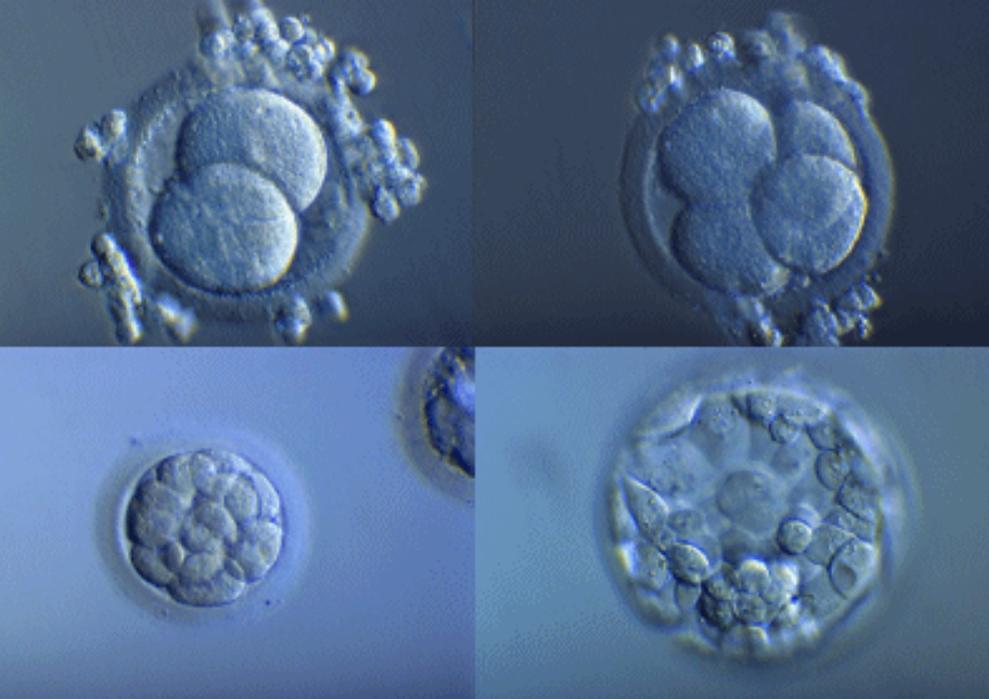
Endocrinien

Circulatoire

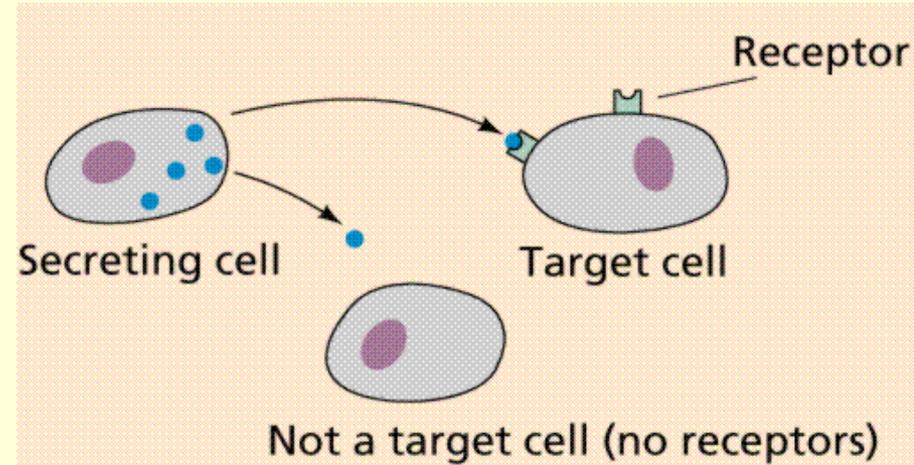


...dont l'origine est très ancienne !

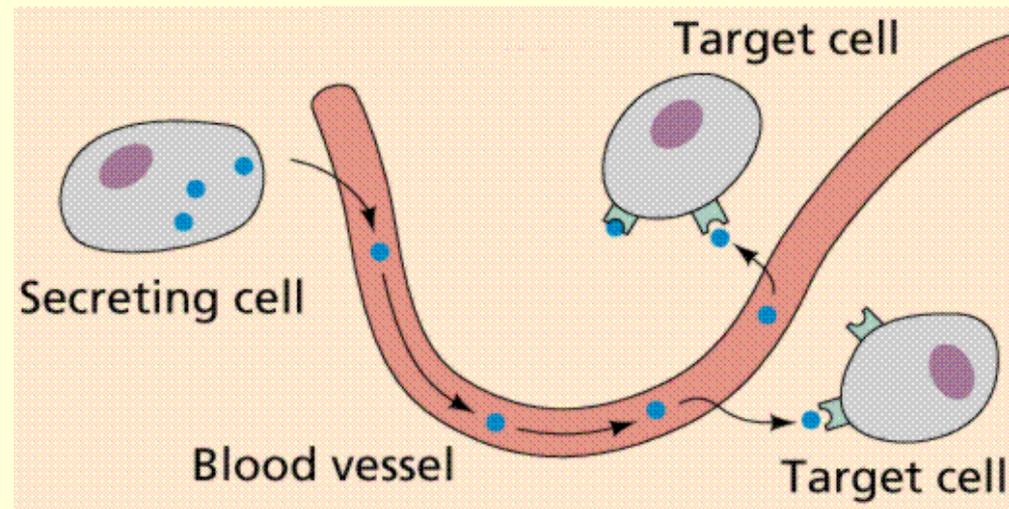


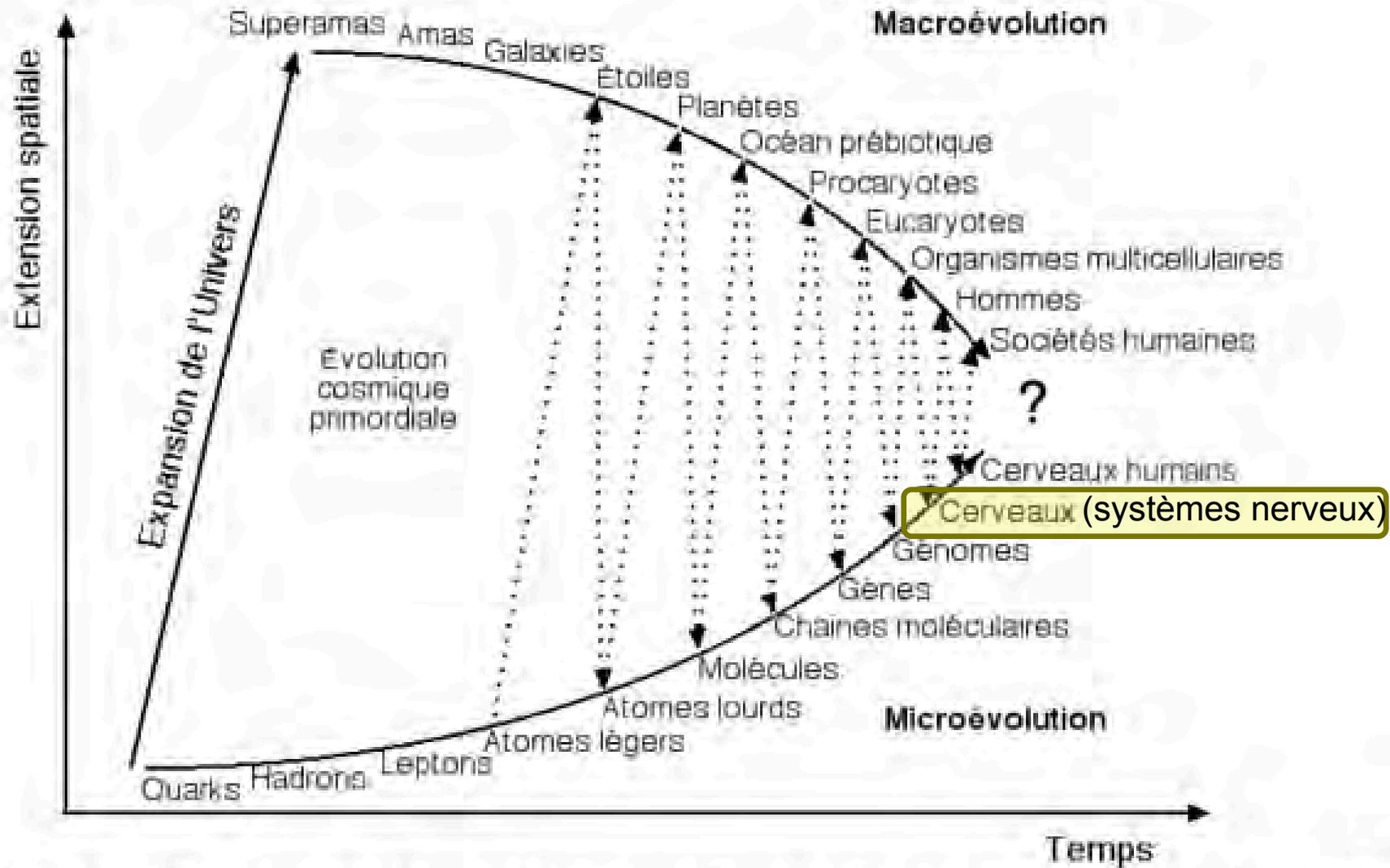


...mais aussi neurotransmetteurs et récepteur des neurones du **système nerveux !**



**Hormones !**  
(système endocrinien)





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

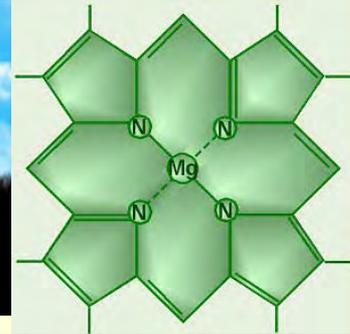
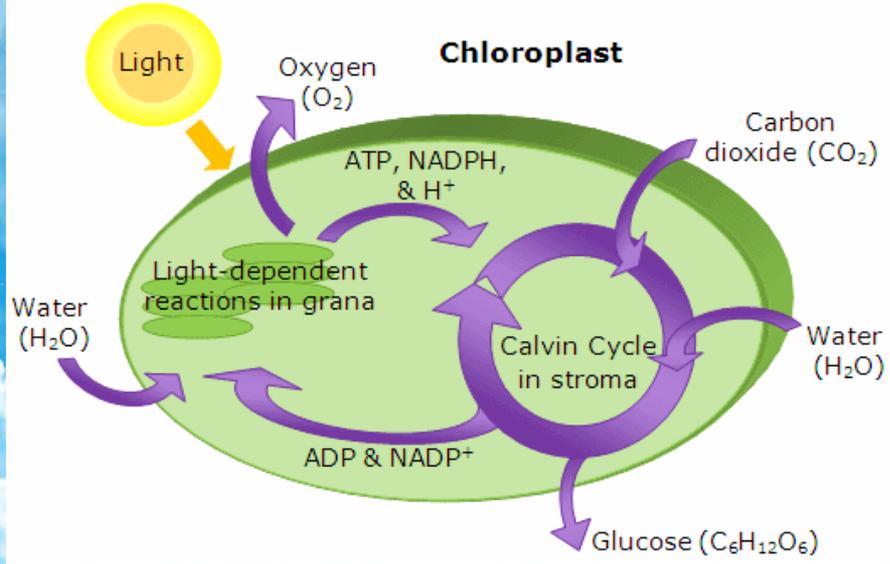
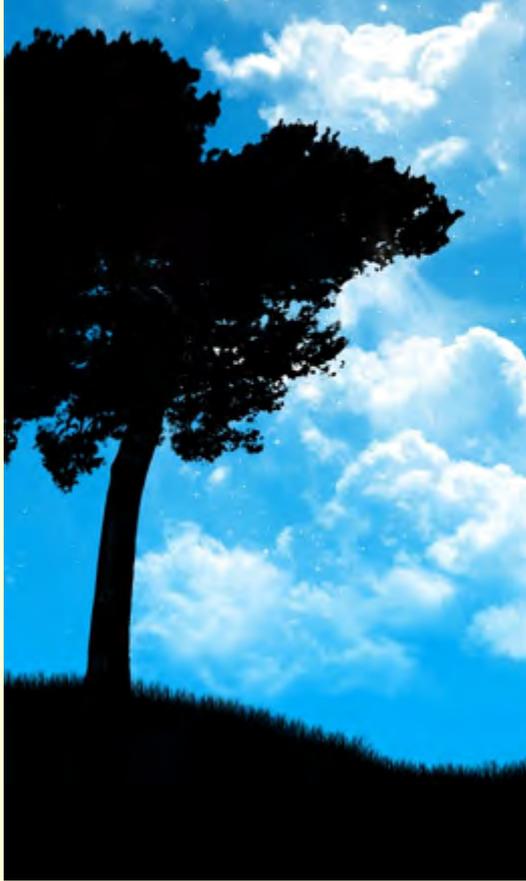
## 2<sup>e</sup> principe de la thermodynamique : entropie, désordre...





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

- Henri Laborit

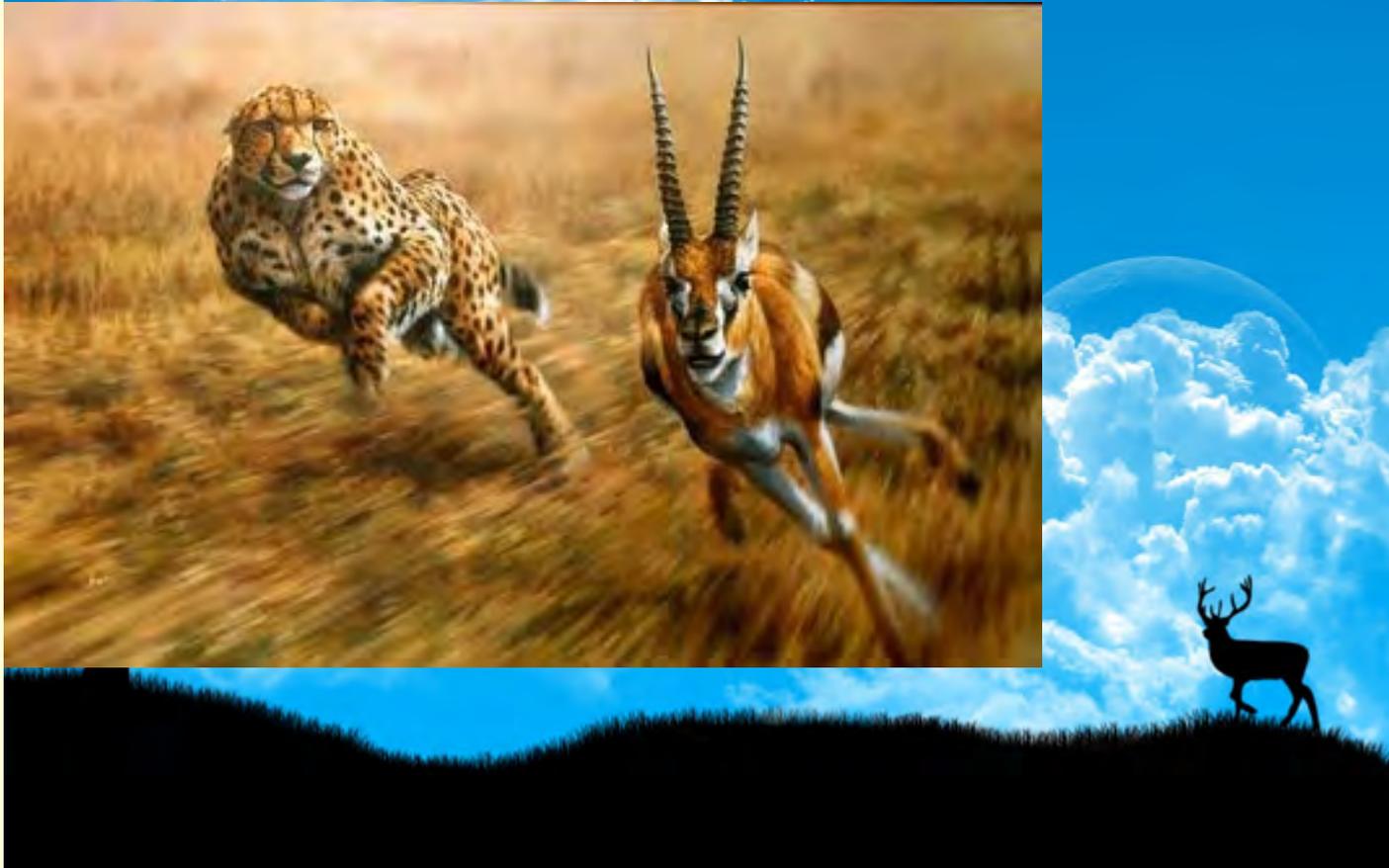


Plantes :

photosynthèse

grâce à l'énergie du soleil

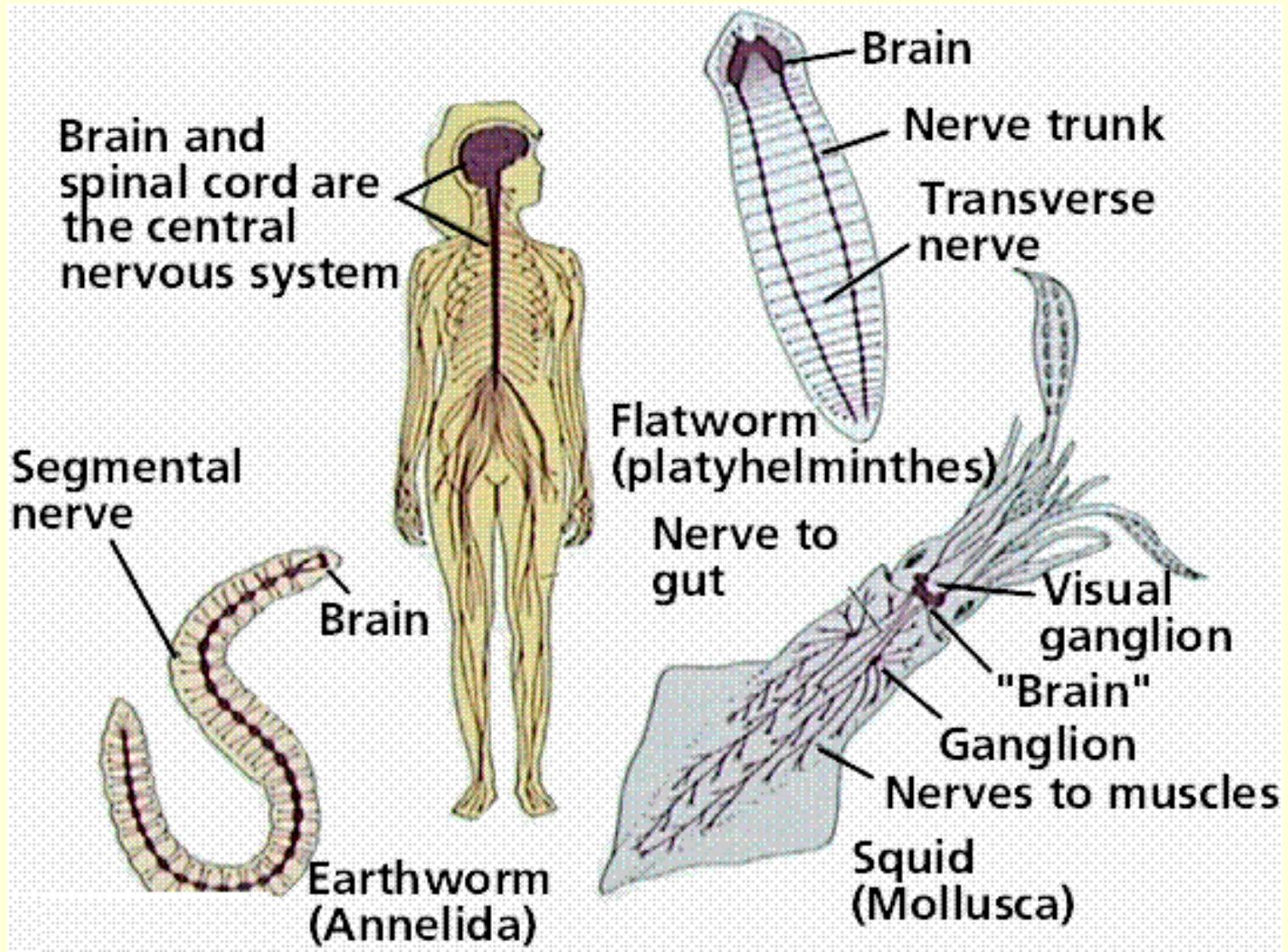




## Animaux :

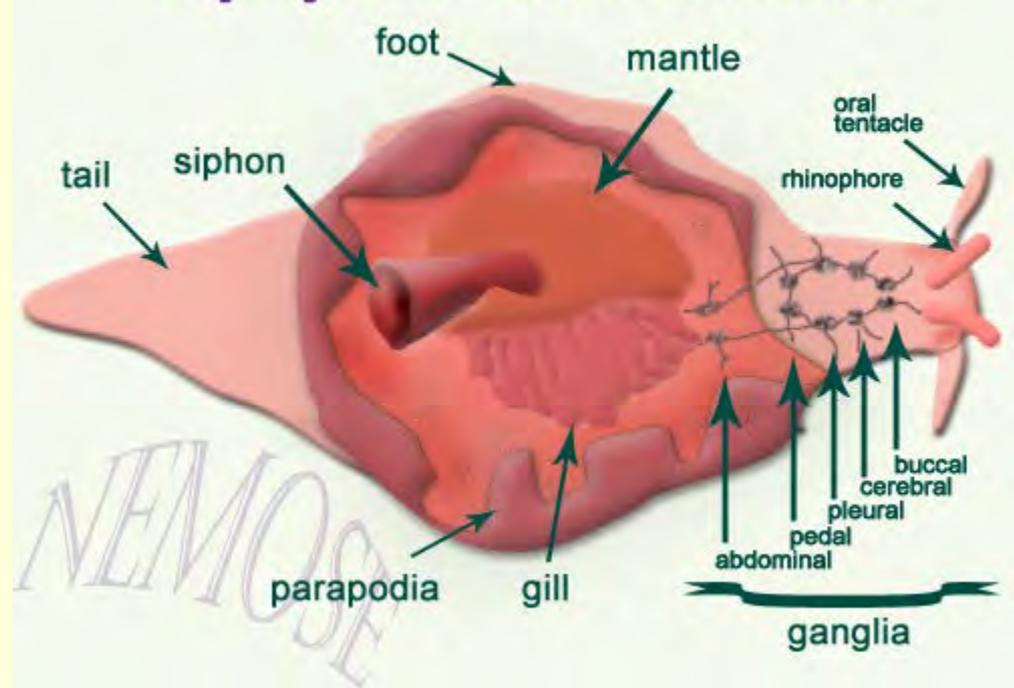
**autonomie motrice**  
pour trouver leurs ressources  
dans l'environnement

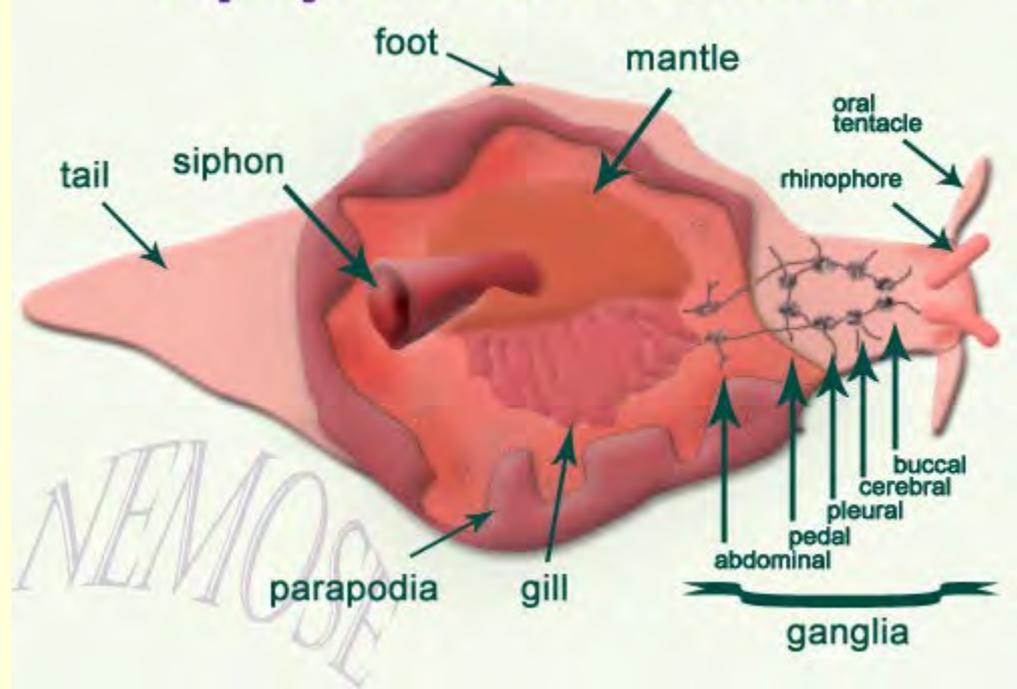
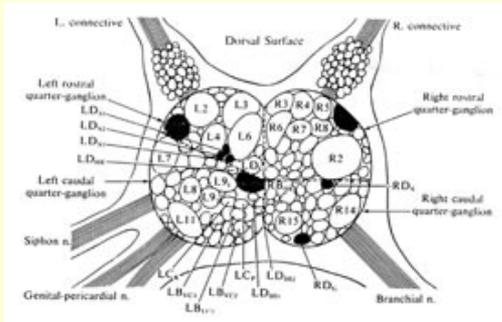
# Systemes nerveux !

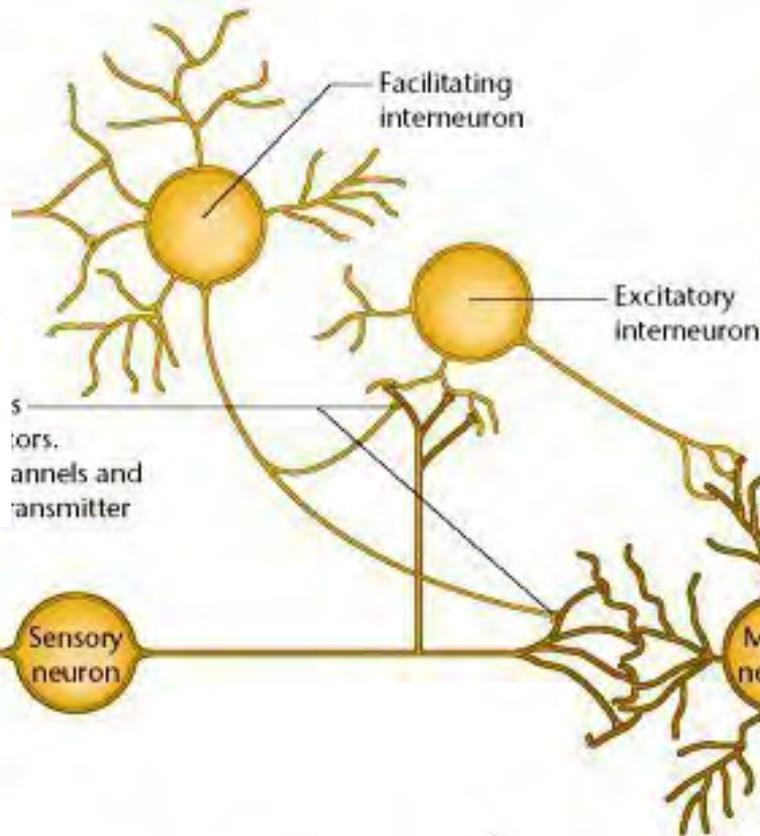
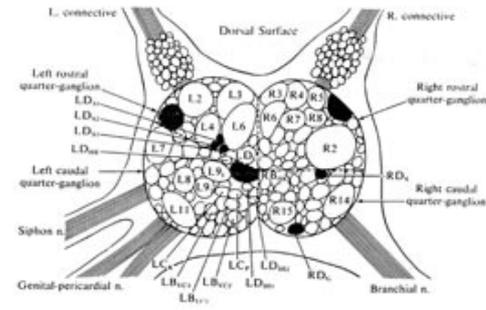




**Aplysie**  
(mollusque marin)



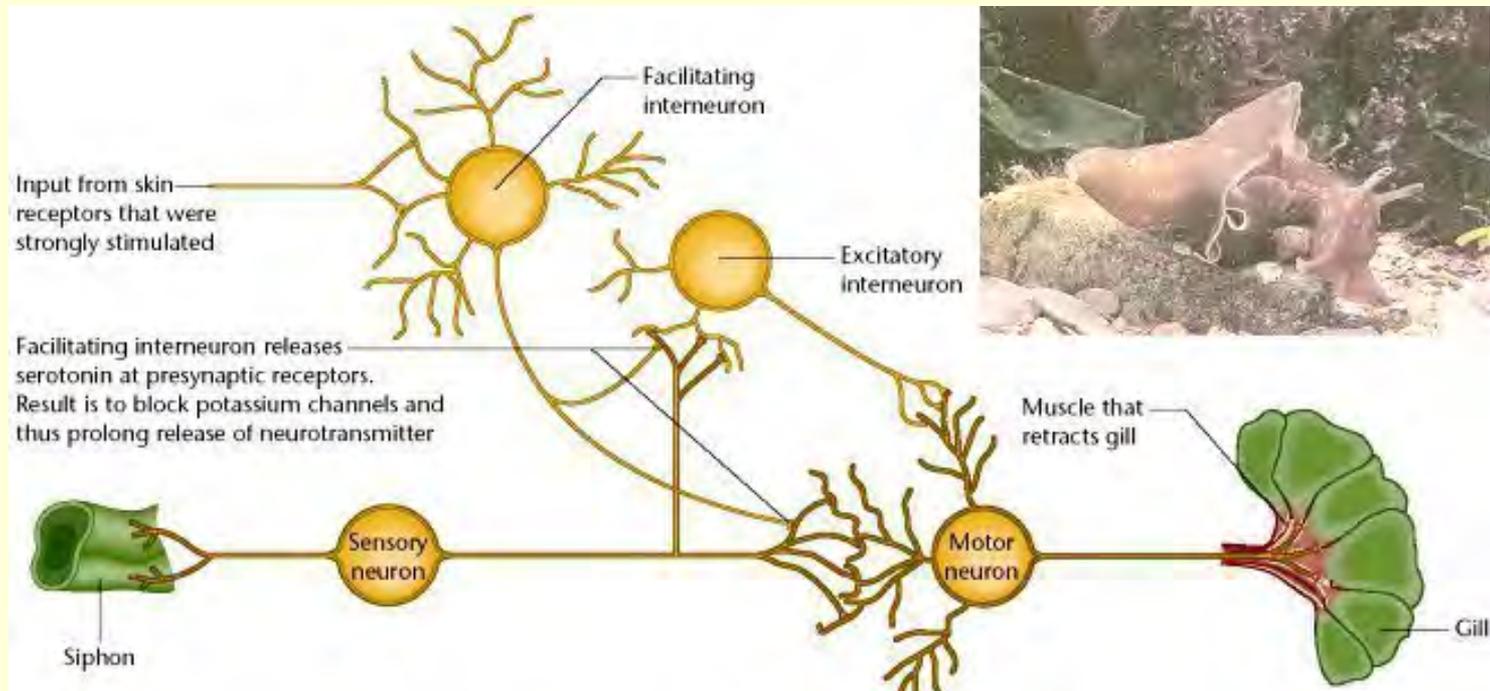




Une boucle sensori - motrice

Question intéressante :

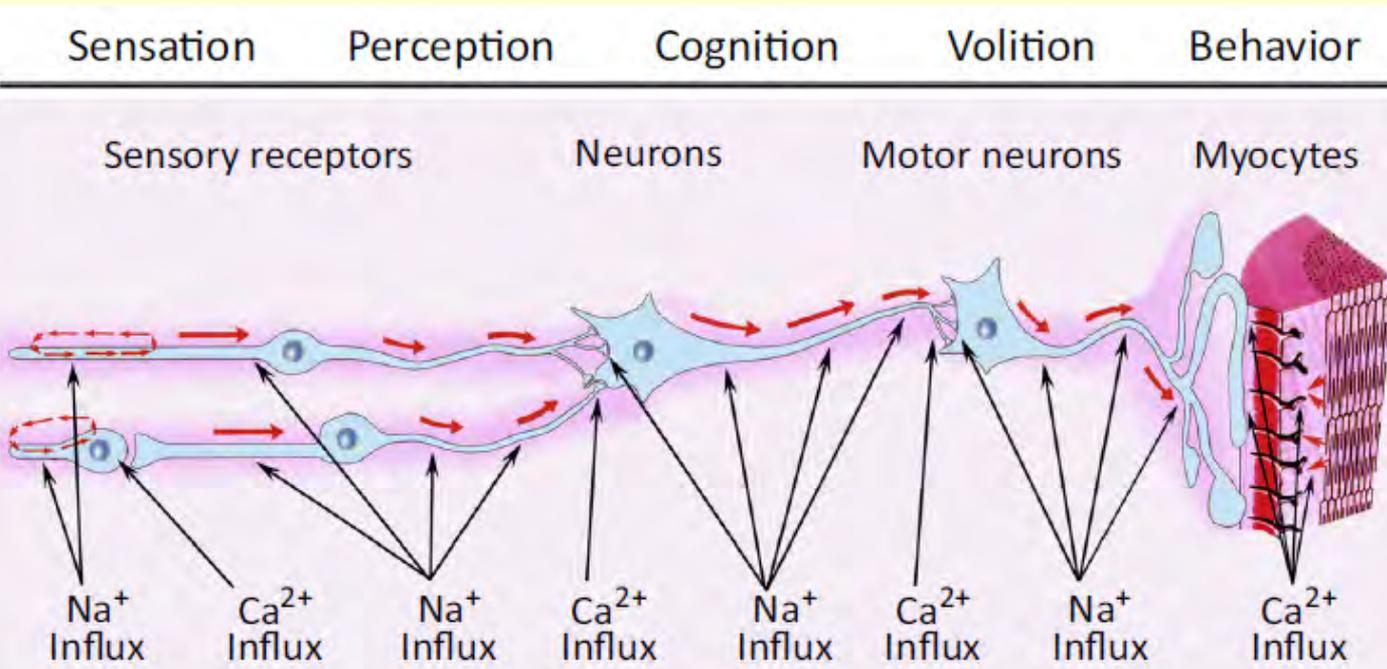
Quel serait l'événement « premier » à partir duquel se construirait toute « sentience » subséquente dans la psychologie animale, du simple réflexe sensori-moteur jusqu'à la conscience humaine ?



Question intéressante :

Quel serait l'événement « premier » à partir duquel se construirait toute « sentience » subséquente dans la psychologie animale, du simple réflexe sensori-moteur jusqu'à la conscience humaine ?

Cette perturbation environnementale première qui alerte en quelque sorte la cellule qu'il se passe « quelque chose » qui la concerne dans l'environnement serait, selon N.D. Cook, G.B. Carvalho et A. Damasio, les **ions positifs**, essentiellement de sodium ( $\text{Na}^+$ ) et de calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) qui entrent massivement dans la cellule...



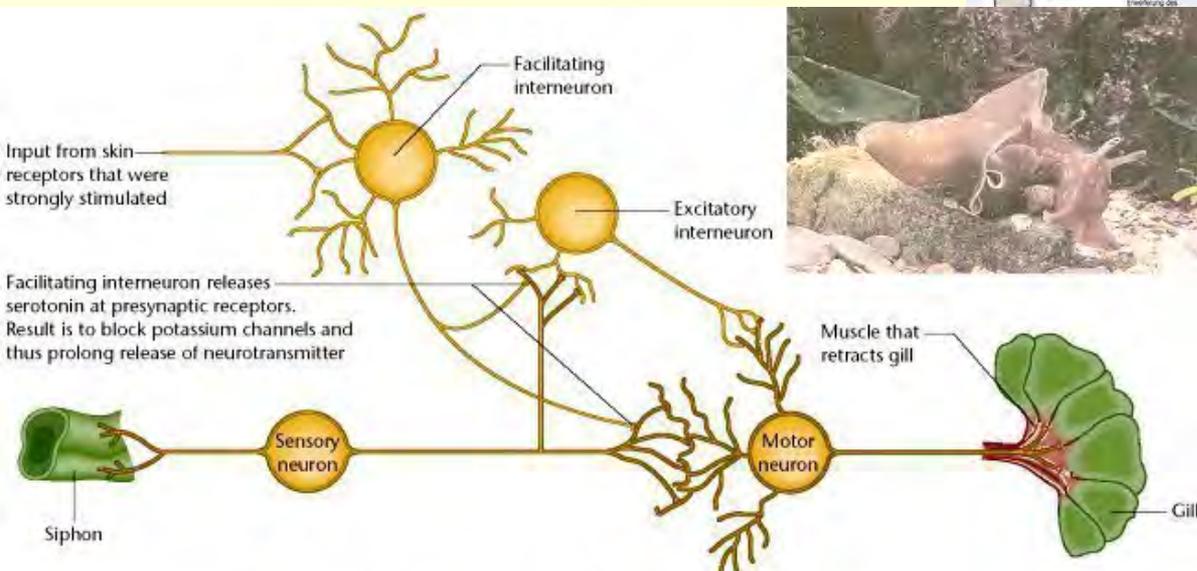
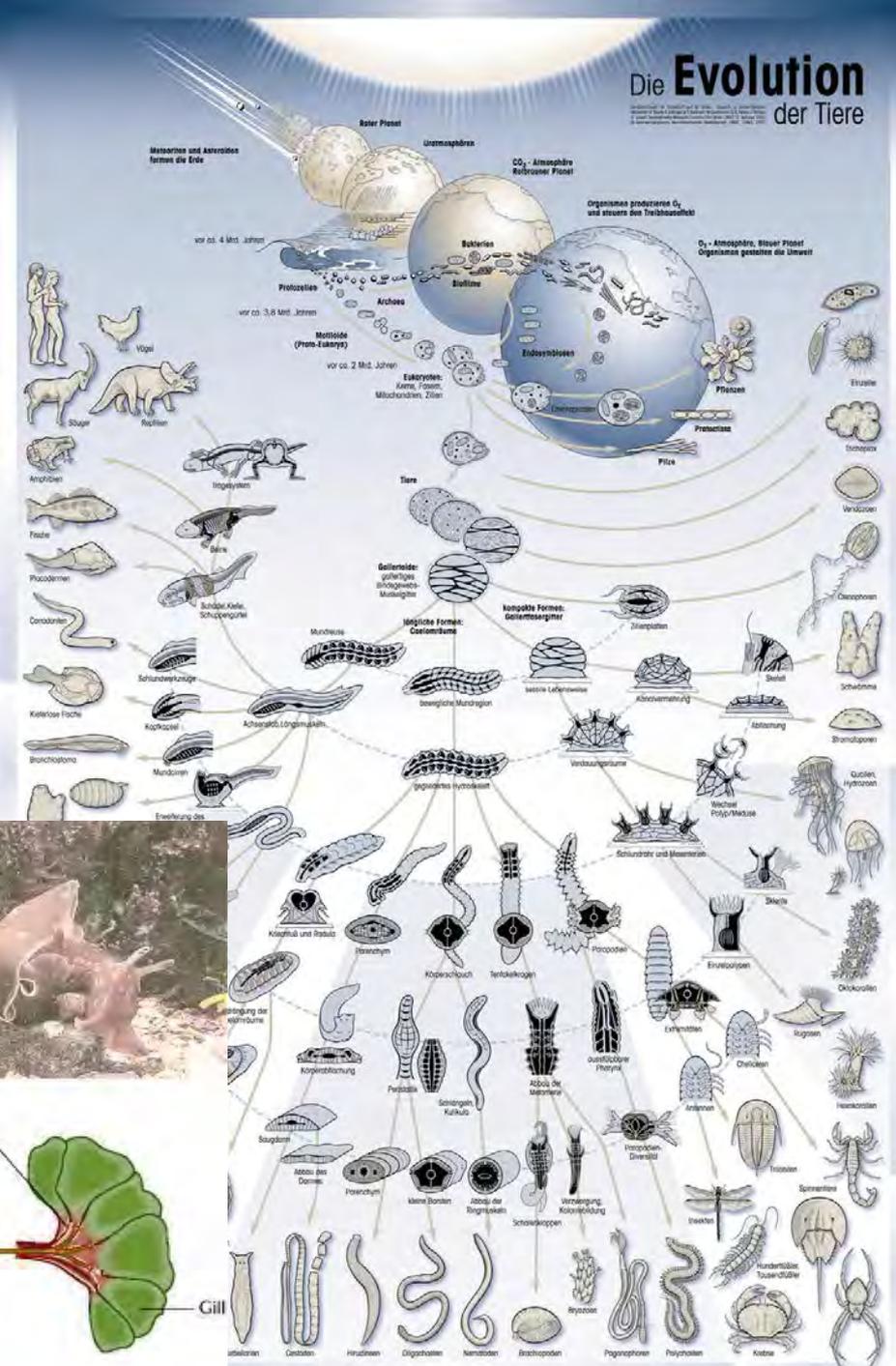
**From membrane excitability to metazoan psychology**

<http://www.cell.com/trends/neurosciences/abstract/S0166-2236%2814%2900128-3?cc=y>

Trends in Neuroscience,

**December 2014**

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

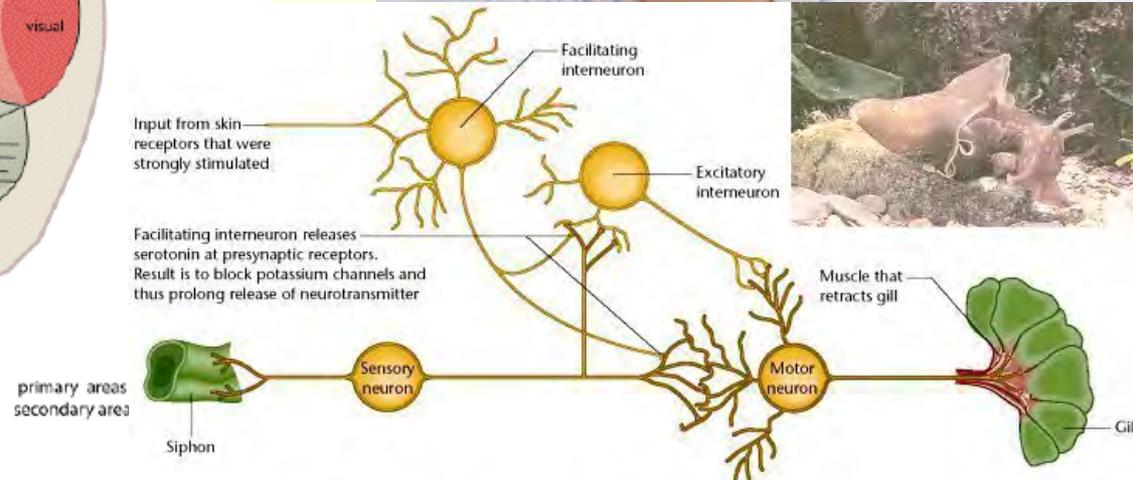
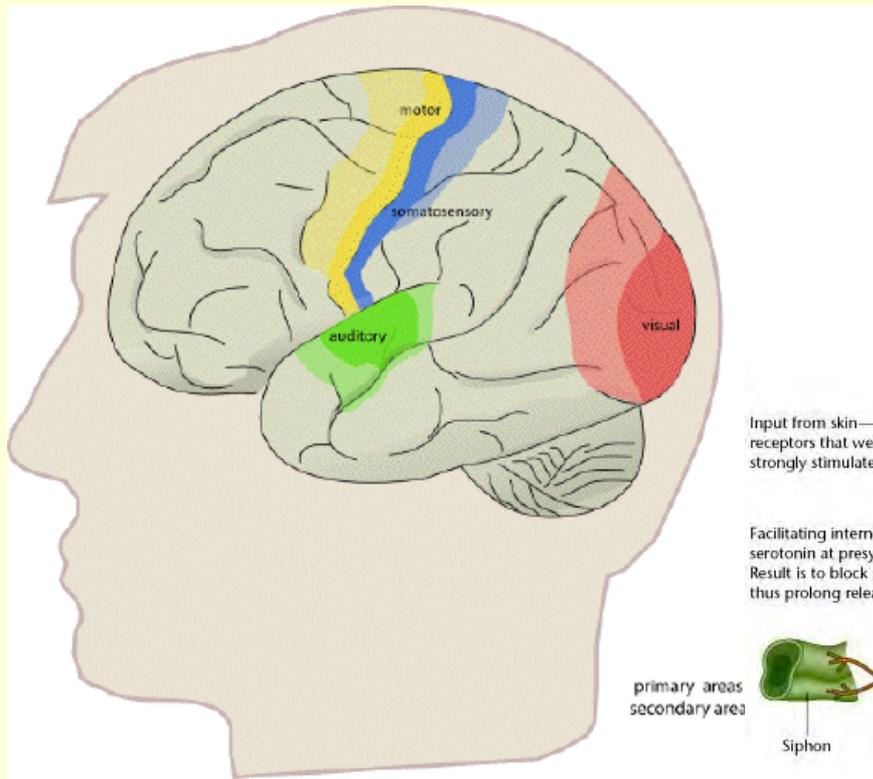


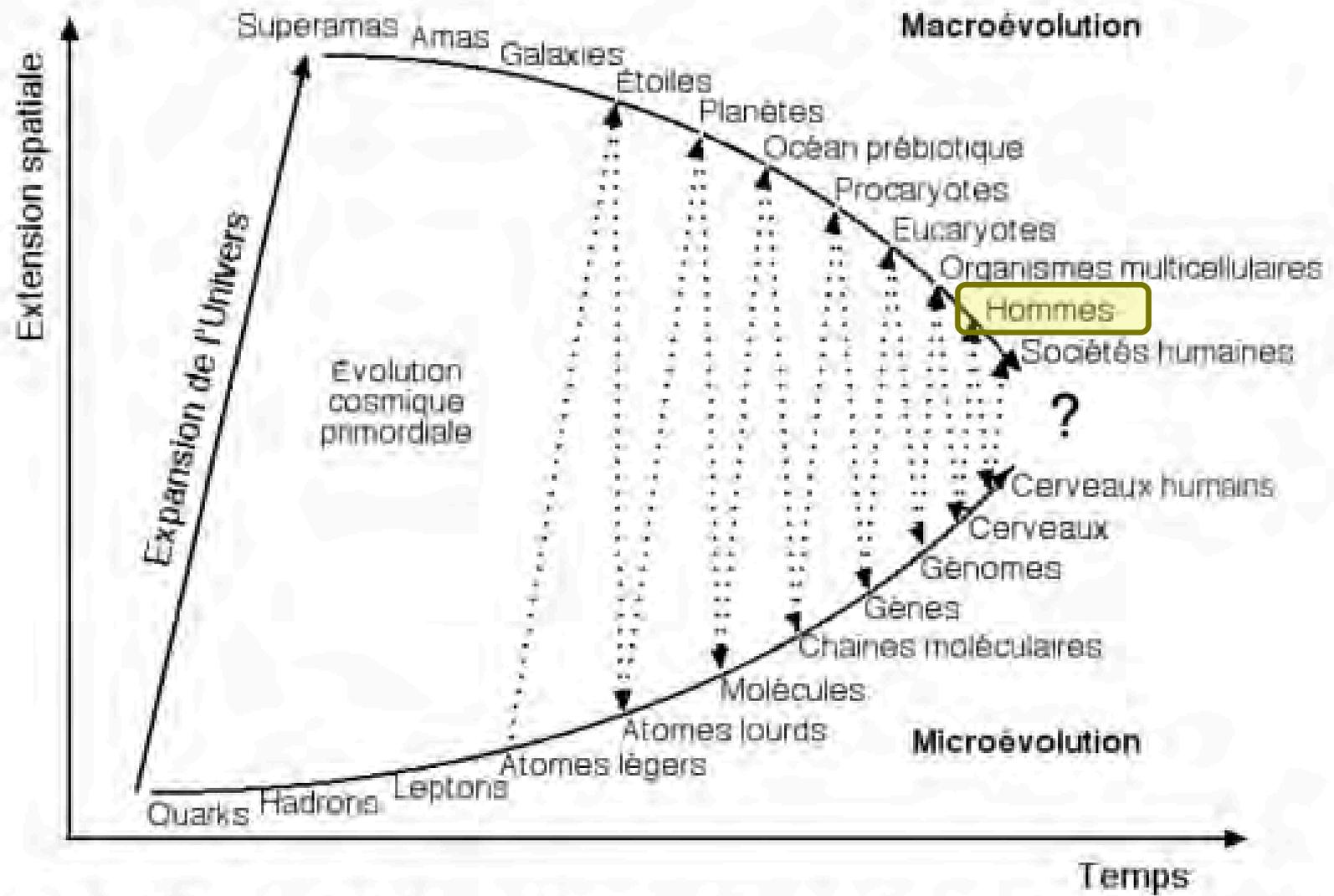


Le cerveau humain est encore construit sur cette **boucle perception – action**,

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

comme les inter-neurones de l'aplysie.



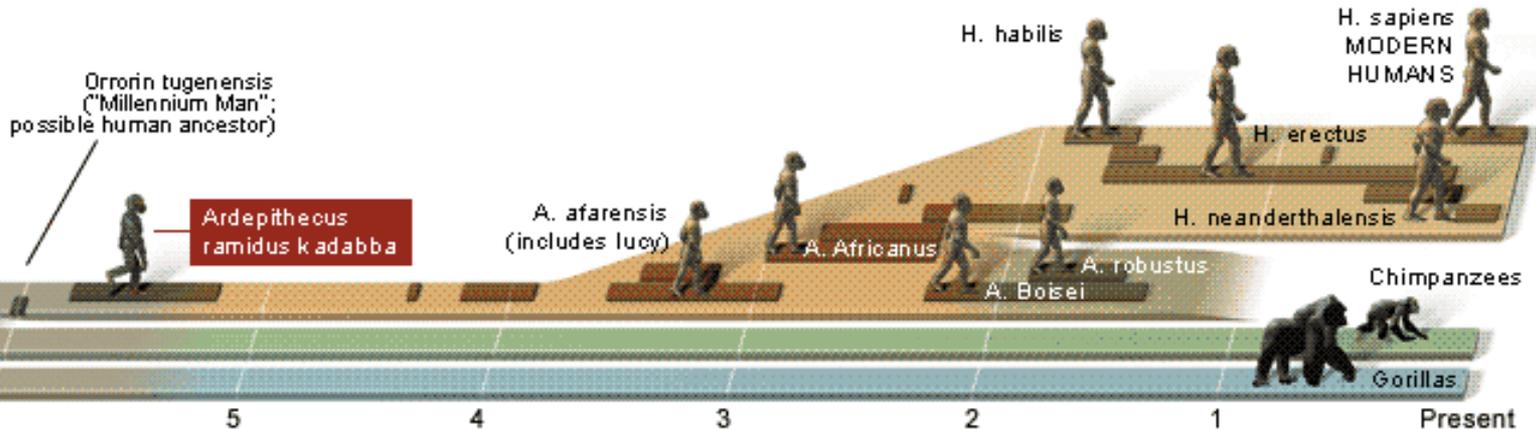


D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.

# A WALK THROUGH HUMAN EVOLUTION

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

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



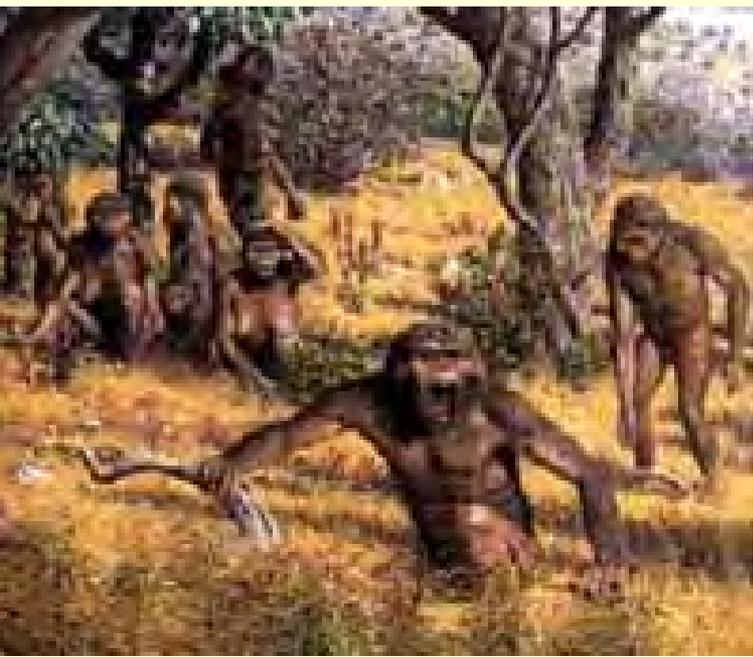
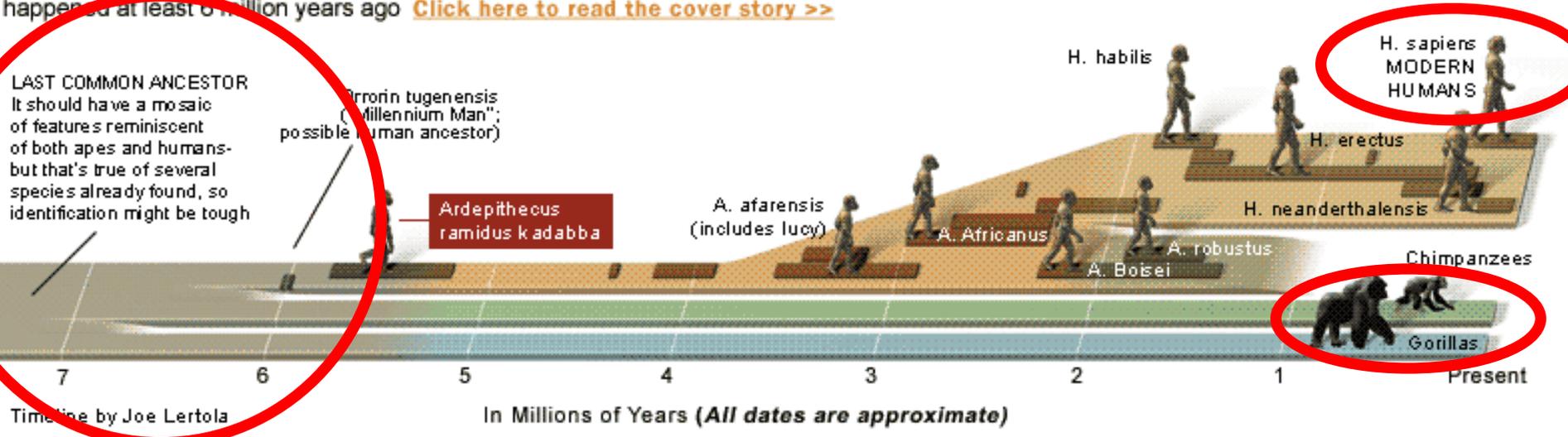
Timeline by Joe Lertola

In Millions of Years (All dates are approximate)

# A WALK THROUGH HUMAN EVOLUTION

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

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

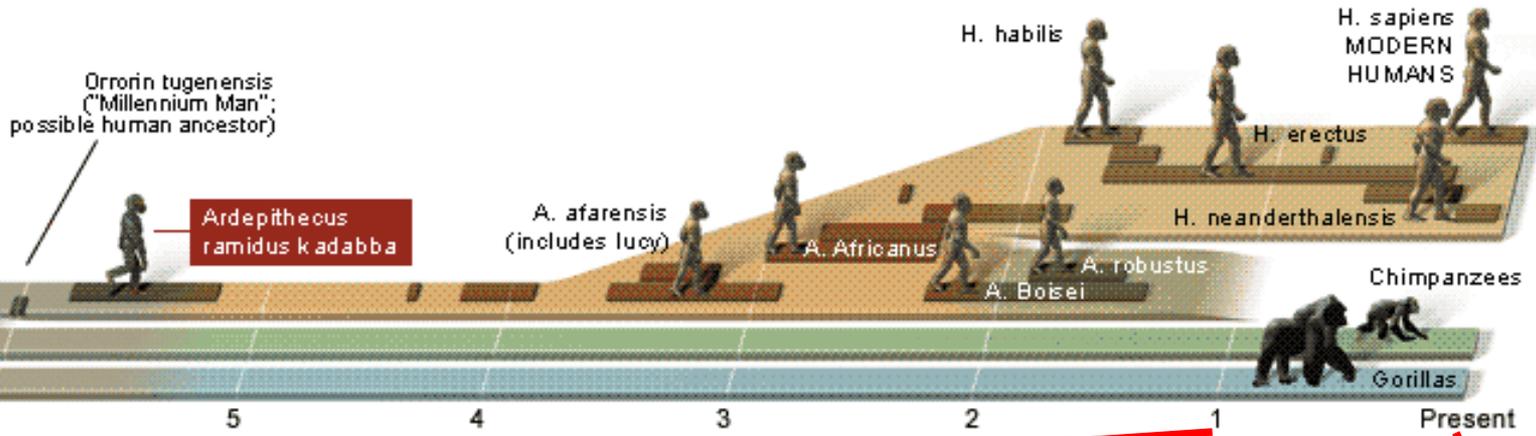


Voir aussi :  
L'hominisation, ou l'histoire de la lignée humaine.  
[http://lecerveau.mcgill.ca/flash/capsules/histoire\\_bleu03.html](http://lecerveau.mcgill.ca/flash/capsules/histoire_bleu03.html)

# A WALK THROUGH HUMAN EVOLUTION

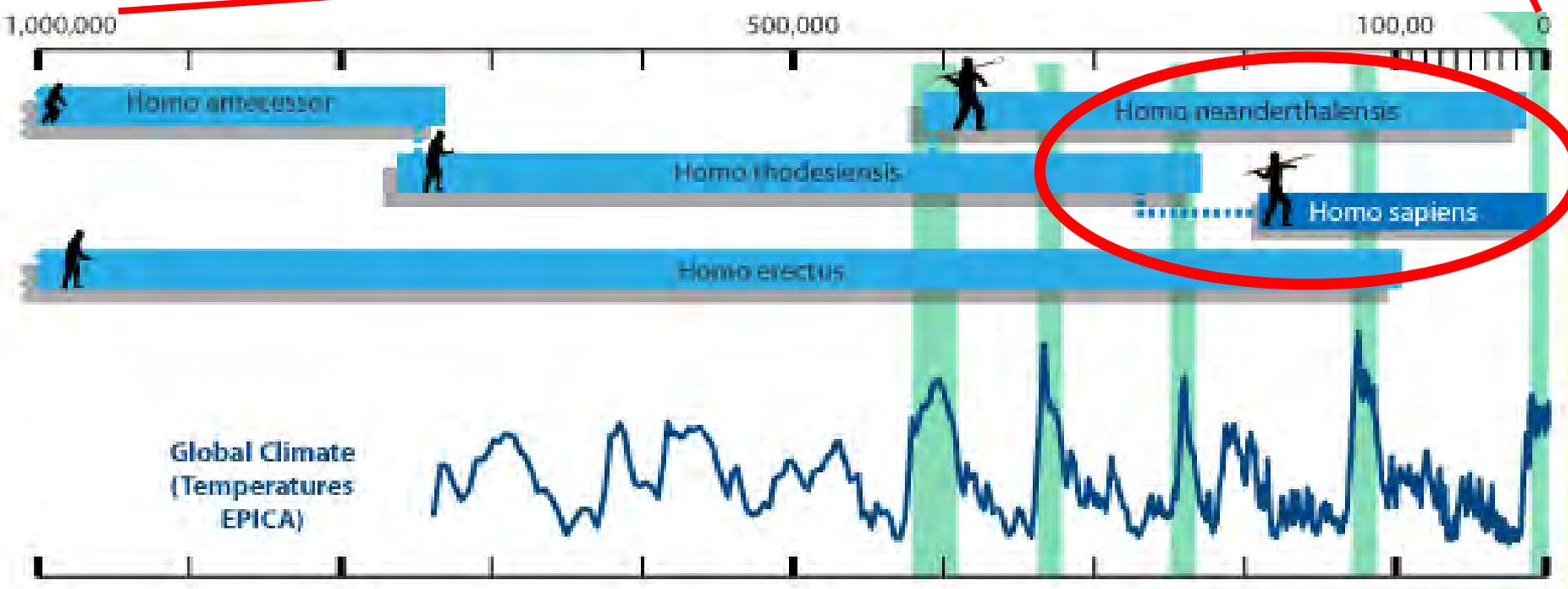
The newest fossils have brought scientists tantalizingly close to the time when humans first walked upright—splitting off from the chimpanzees. Their best guess now is that it happened at least 6 million years ago [Click here to read the cover story >>](#)

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



Timeline by Joe Lertola

In Millions of Years (All dates are approximate)



1,000,000

500,000

100,000

0

Homo antecessor

Homo rhodesiensis

Homo neanderthalensis

Homo sapiens

Homo erectus

Global Climate  
(Temperatures  
EPICA)

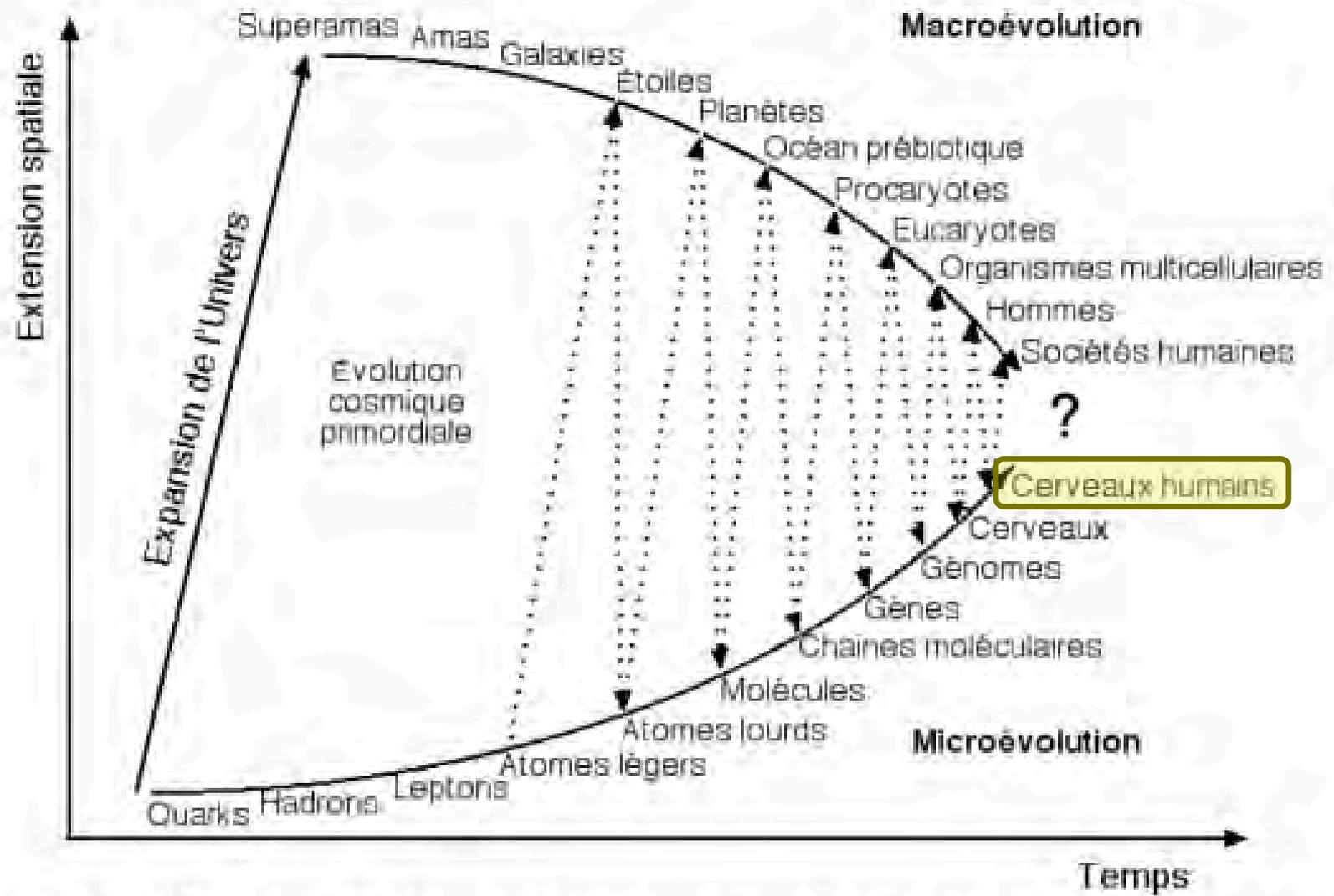
## Les révélations du génome néandertalien

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

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

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

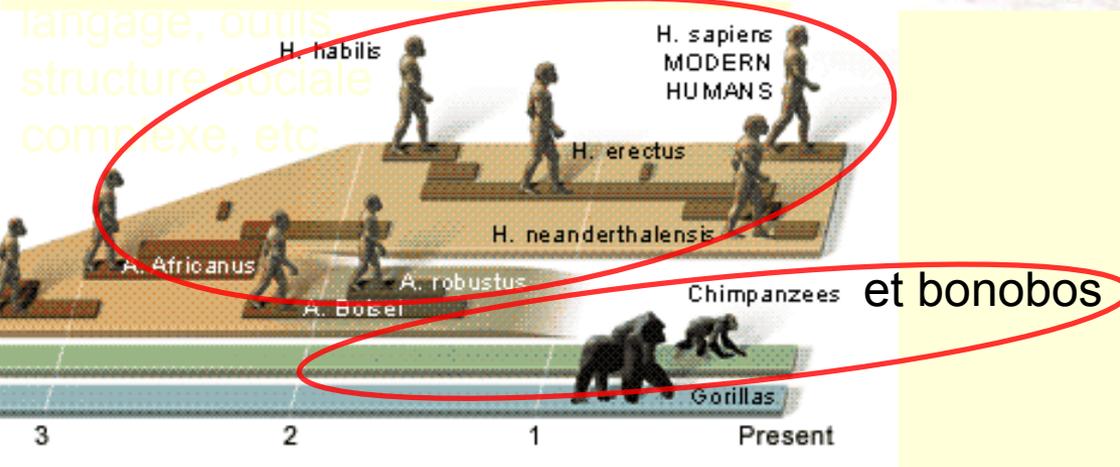
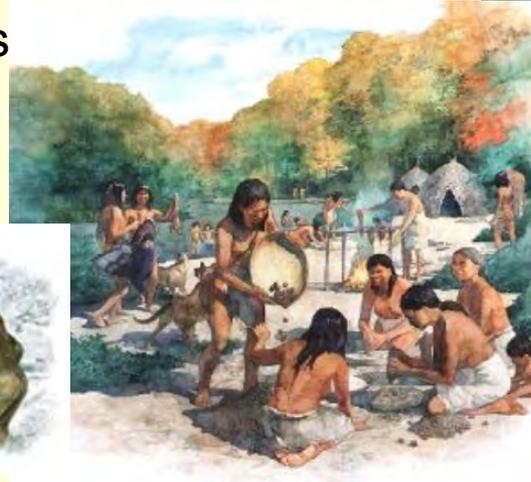




D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.

Mais rien de comparable aux transformations cognitives chez les hominidés durant à peine plus longtemps (3 millions d'années)

- langage, outils, structure sociale complexe, etc.



**CHIMPANZEE VS BONOBO**



**WHICH TEAM ARE YOU ON?**

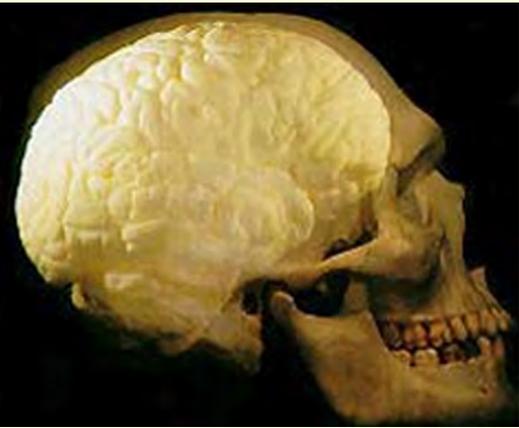
War, violence & **MEN** rule

Peace, love & **WOMEN** rule



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

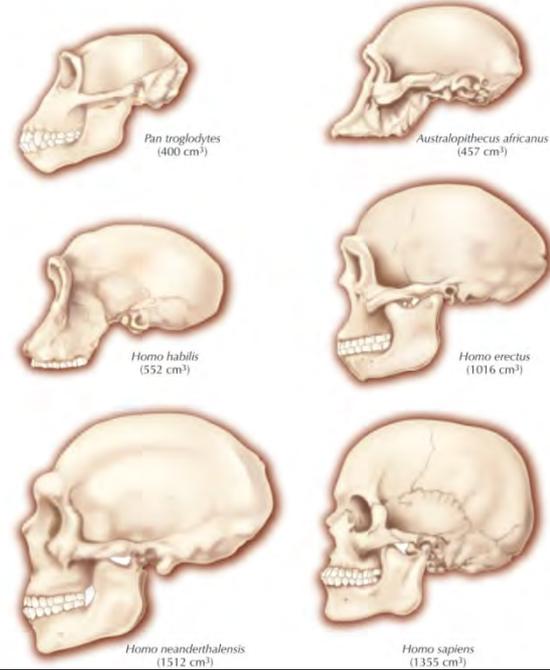
- organisation sociale différente (bonobos: matriarcale; chimpanzé: dominée par mâle alpha)
- utilisation d'outils présente chez l'un (chimpanzé) mais pas chez l'autre.



## **L'expansion cérébrale**

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

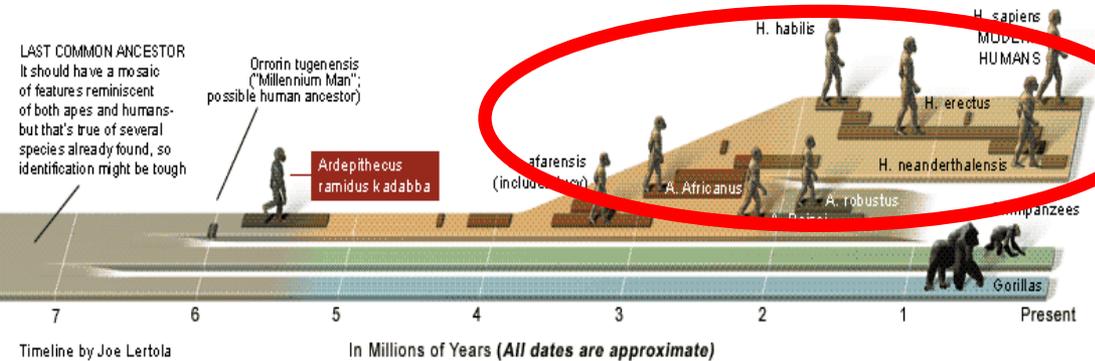




En moins de 4 millions d'années, un temps relativement court à l'échelle de l'évolution, le cerveau des hominidés va donc **trippler** de volume par rapport à celui qu'il avait acquis en 60 millions d'années d'évolution des primates.

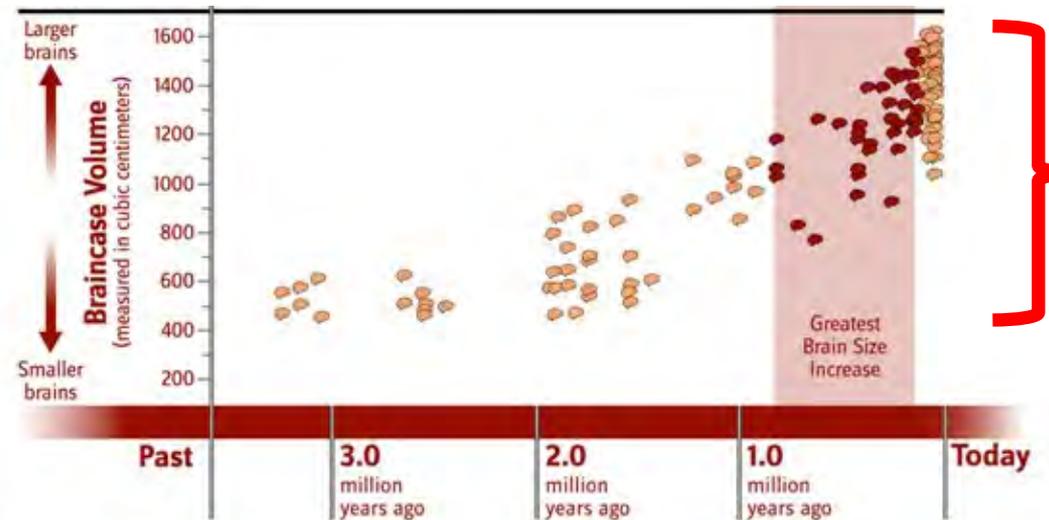
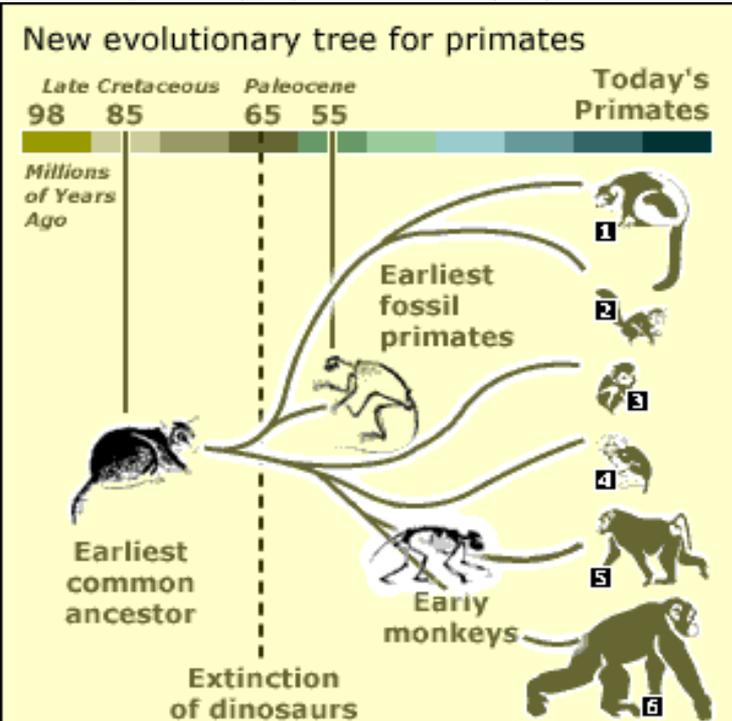
### A WALK THROUGH HUMAN EVOLUTION

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



Timeline by Joe Lertola

In Millions of Years (All dates are approximate)



Graphs showing changes in climate and changes in braincase volume.

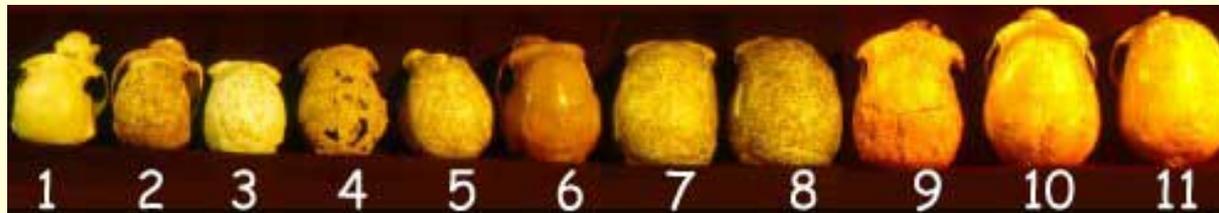
Plusieurs hypothèses pouvant avoir agi de concert sont encore débattues pour expliquer l'origine de cette expansion cérébrale spectaculaire :

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

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

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

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

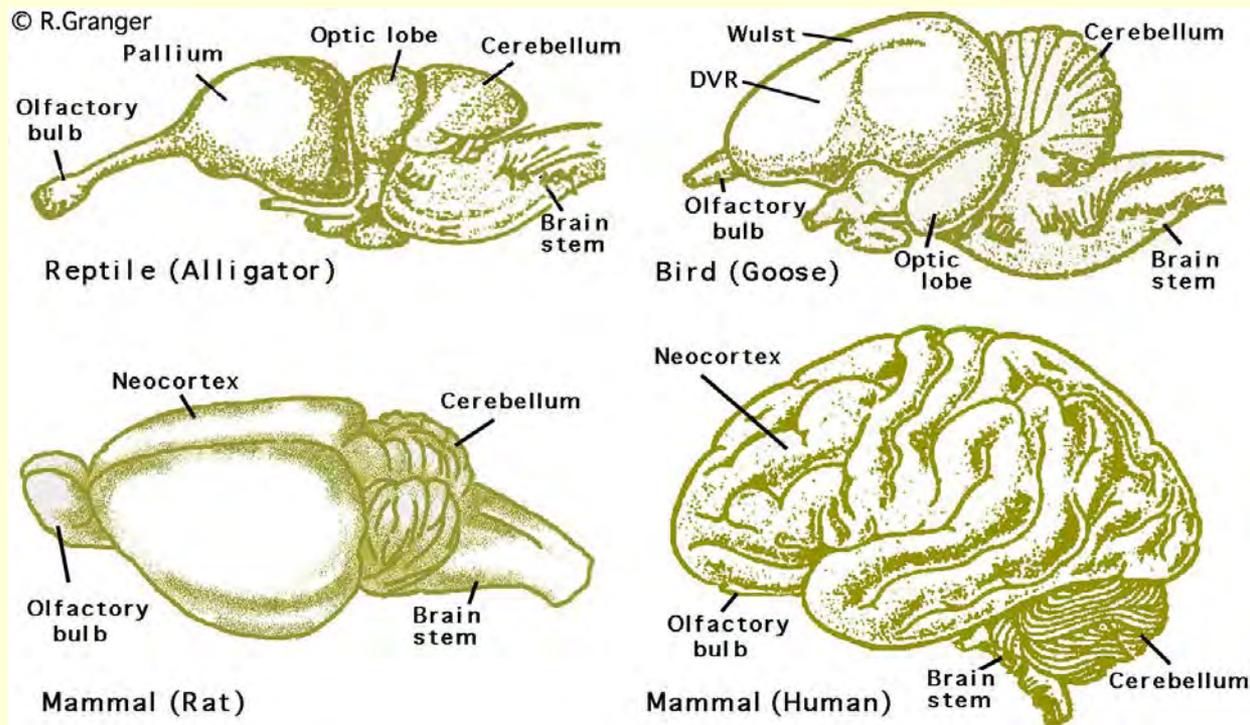


1 Chimpanzé 2 A. africanus 3 H. habilis 4 KNM-ER 1470 5 Homme de Java 6 Homme de Pékin 7 H. saldensis 8 H. saldensis 9 « Broken Hill » 10 Homme de Néanderthal 11 H. sapiens sapiens

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

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



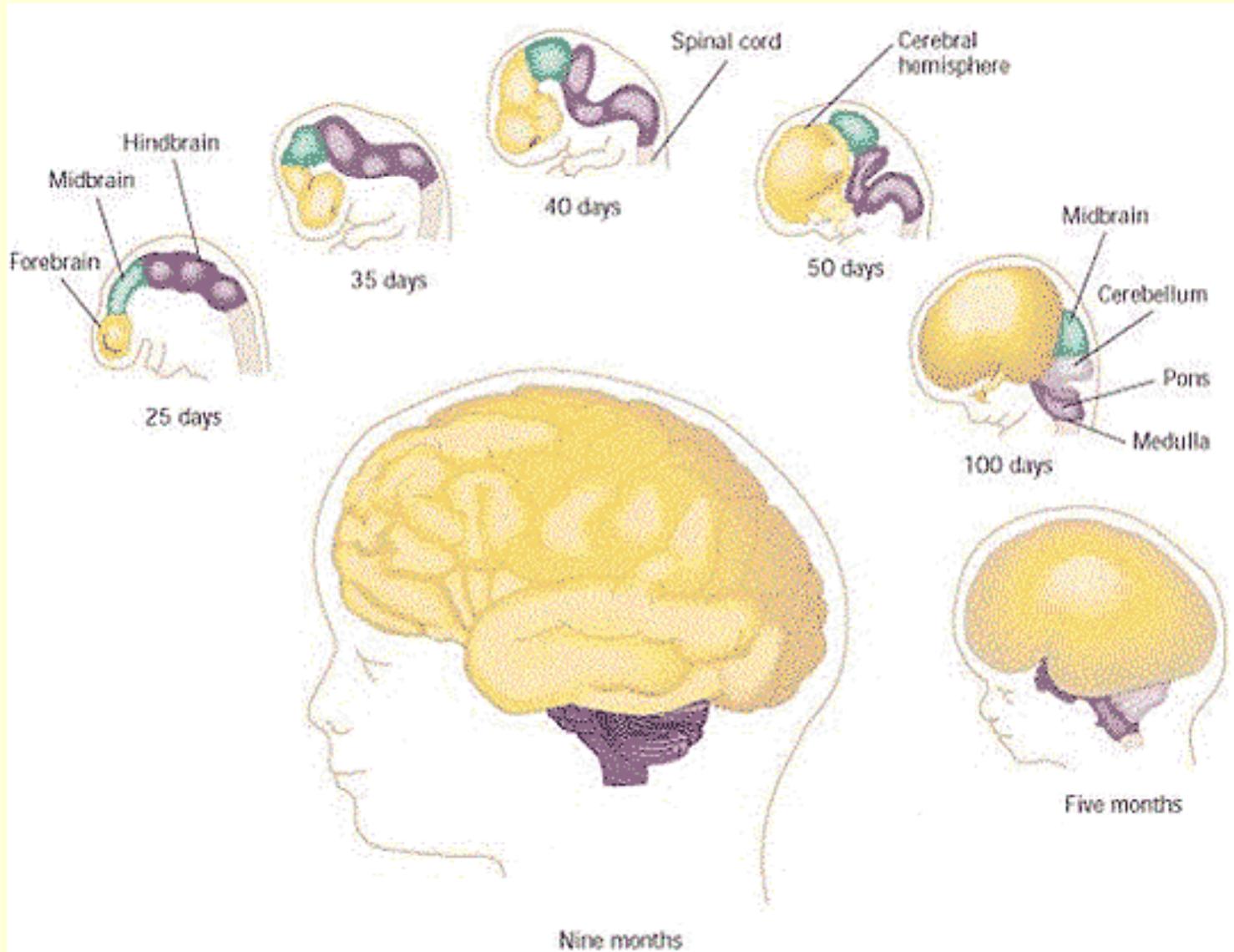


## 2) Par la croissance relative de différentes structure cérébrale

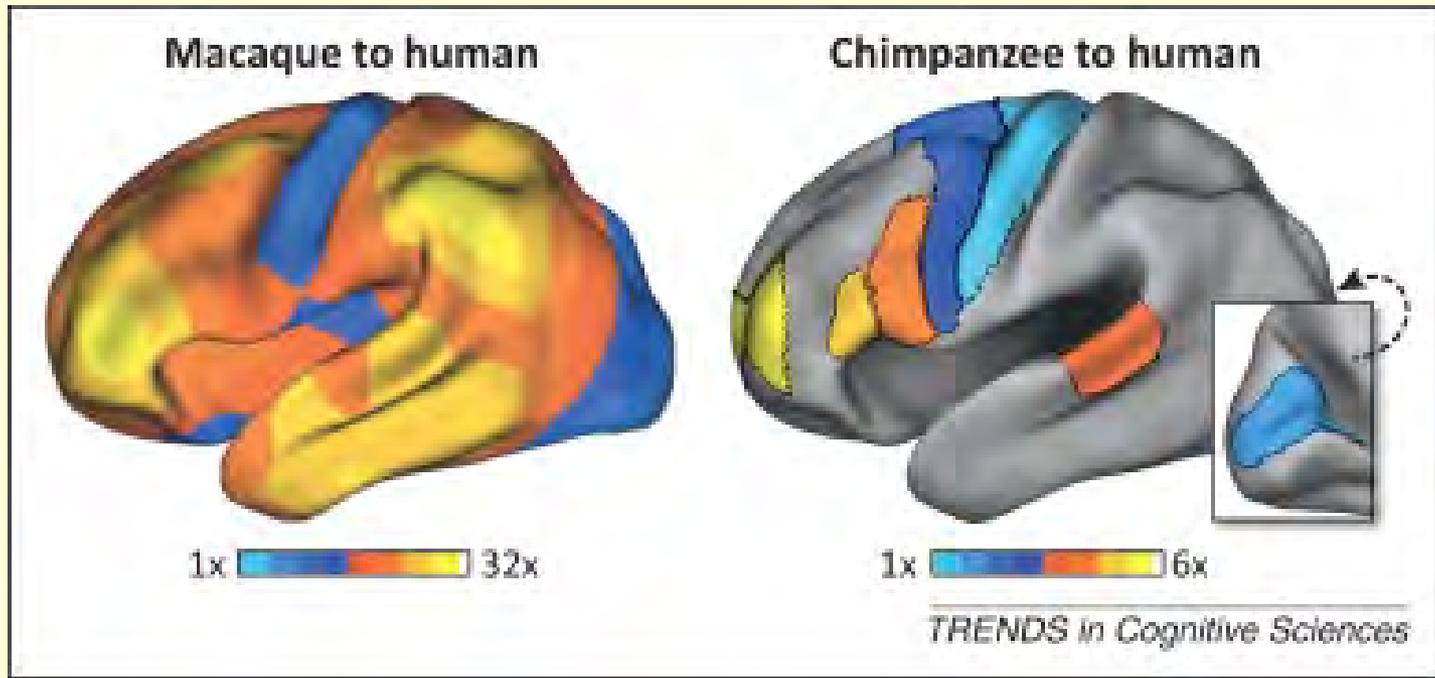
Pour le **cervelet**, impliqué dans la coordination des mouvements musculaires, son poids par rapport au reste du cerveau est remarquablement constant chez tous les mammifères.

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

# Développement du cortex dans le cerveau humain



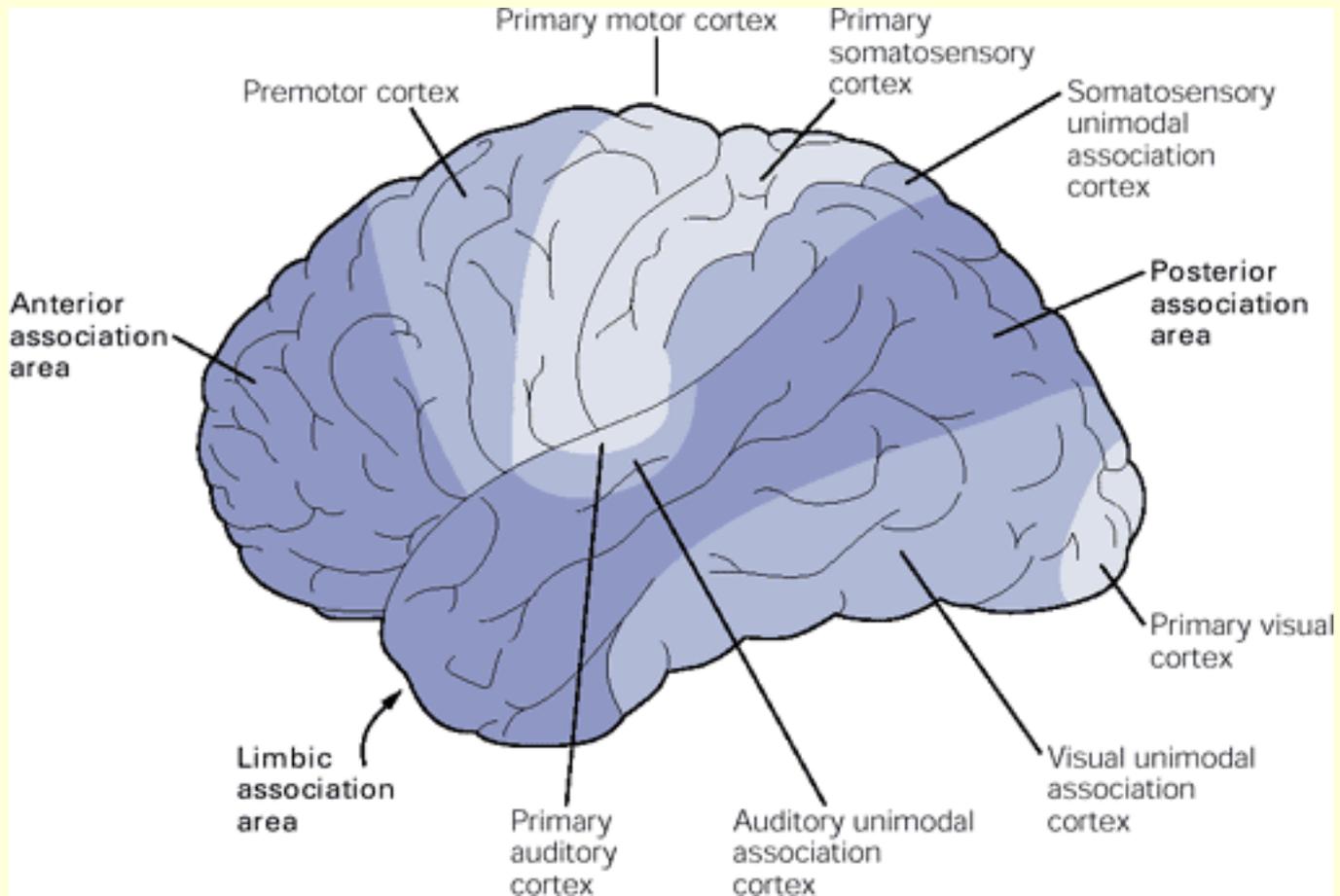
C'est durant la transition des primates à l'humain que le **néocortex s'est le plus développé**.



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

(dont notre ancêtre commun avec le premier auraient vécu il y a environ 25 millions d'années et 5-7 millions d'années pour le second).

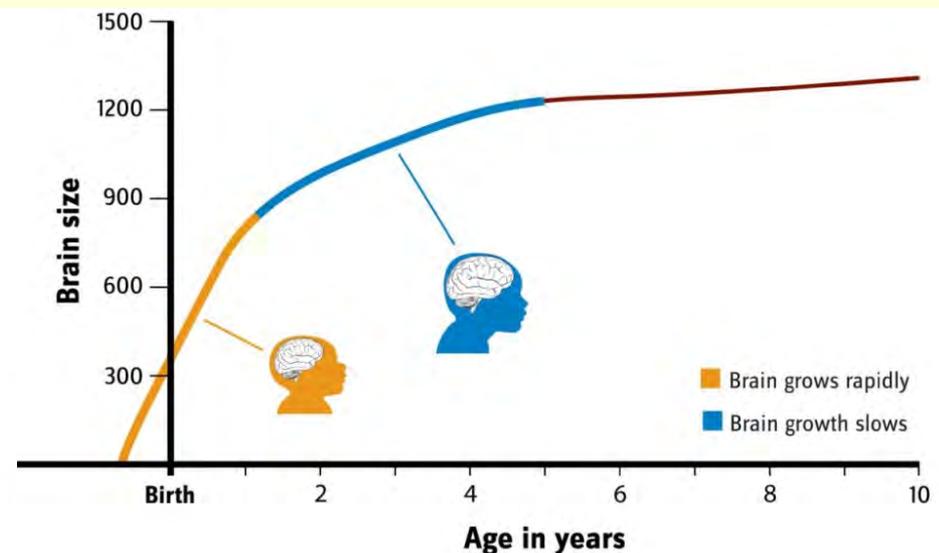
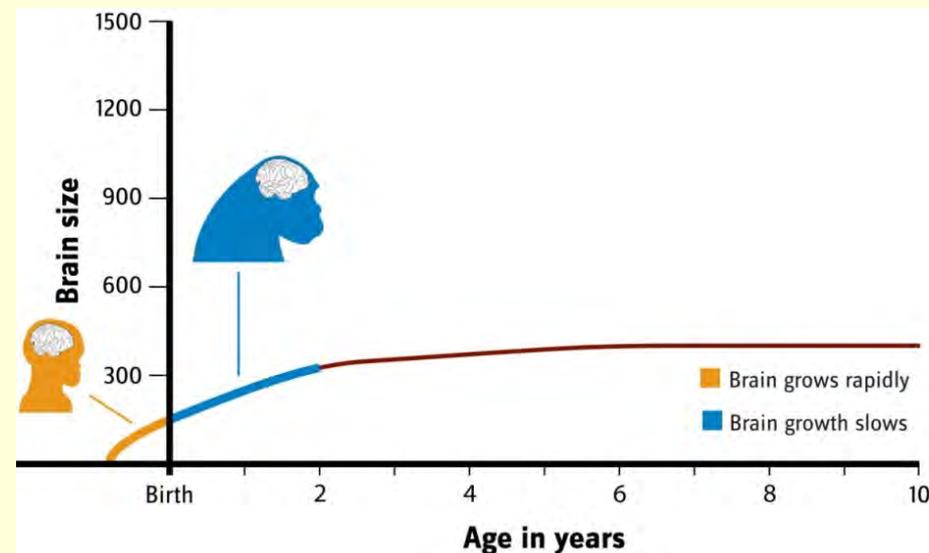
En résumé, l'expansion rapide du cortex chez l'humain a fait émerger de large portions de **cortex dit « associatif »** plus ou moins détachées des cortex sensoriels.



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

Ce vaste cortex humain est donc largement constitué de :

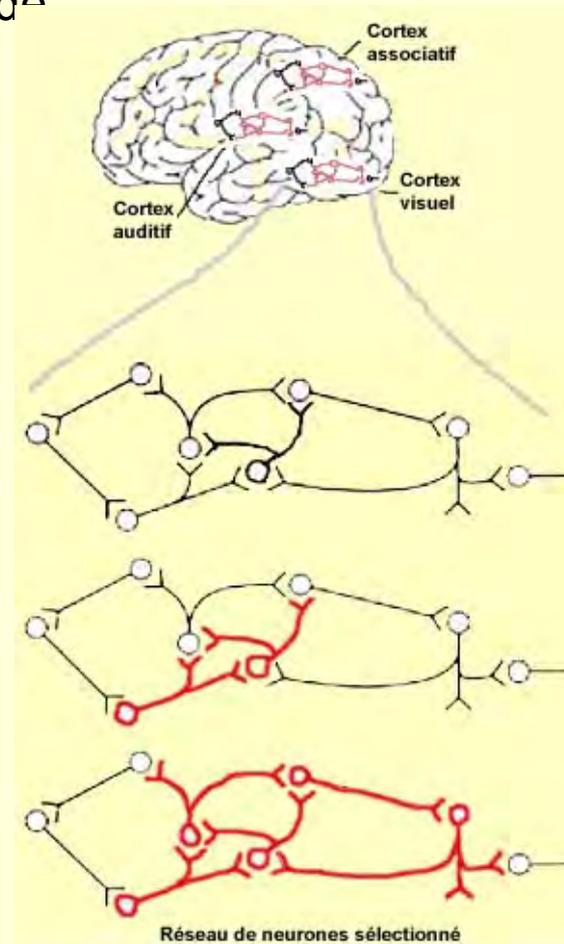
- **réseaux associatifs** interconnectés et distribués
- qui se mettent en place **tardivement** durant le développement

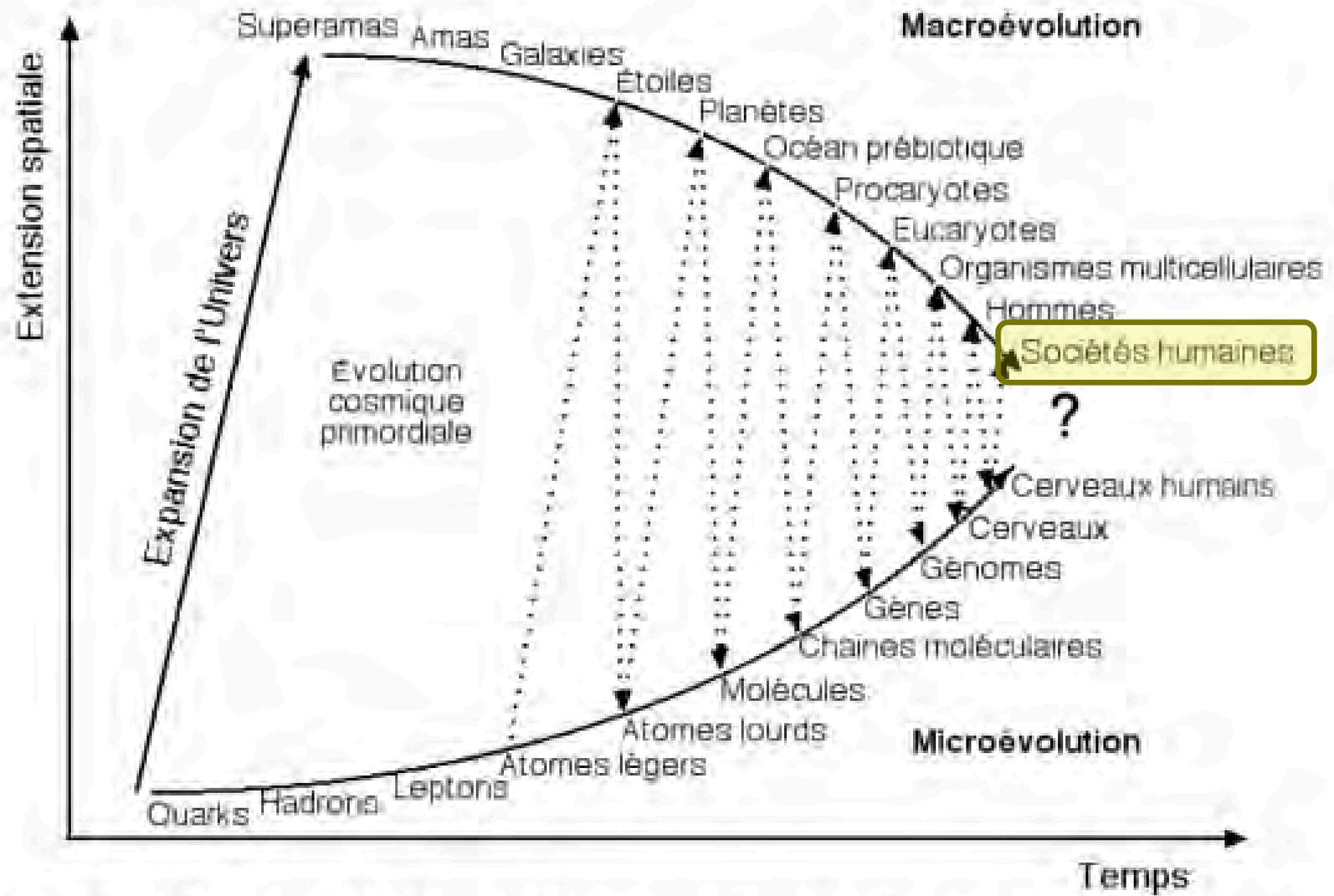


En résumé, l'expansion rapide du cortex chez l'humain a fait émerger de large portions de **cortex dit « associatif »** plus ou moins détachées des cortex sensoriels.

Ce vaste cortex humain est donc largement constitué de :

- **réseaux associatifs** interconnectés et distribués
- qui se mettent en place **tardivement** durant le développement
- et qui sont grandement **dépendants d'influences extérieures** grâce à **leur importante plasticité** découlant de cette maturation lente et prolongée.





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

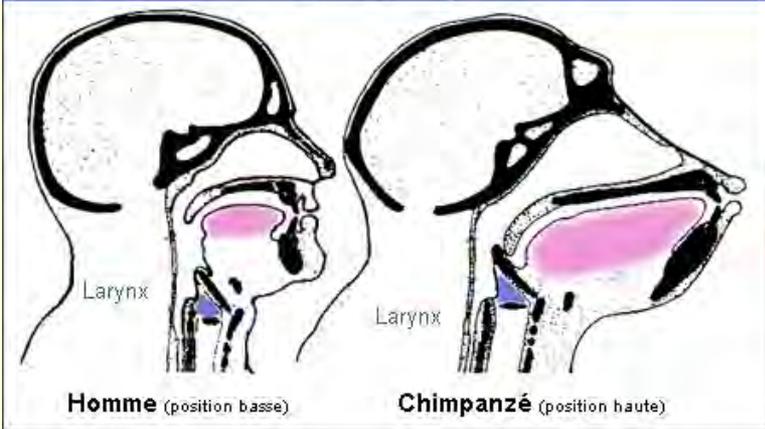


### TALKING THE TALK

Macaques diverged from human ancestors 30 million years ago, and their brains have simple language regions. Chimps split off 7 million years ago and have better speech centers

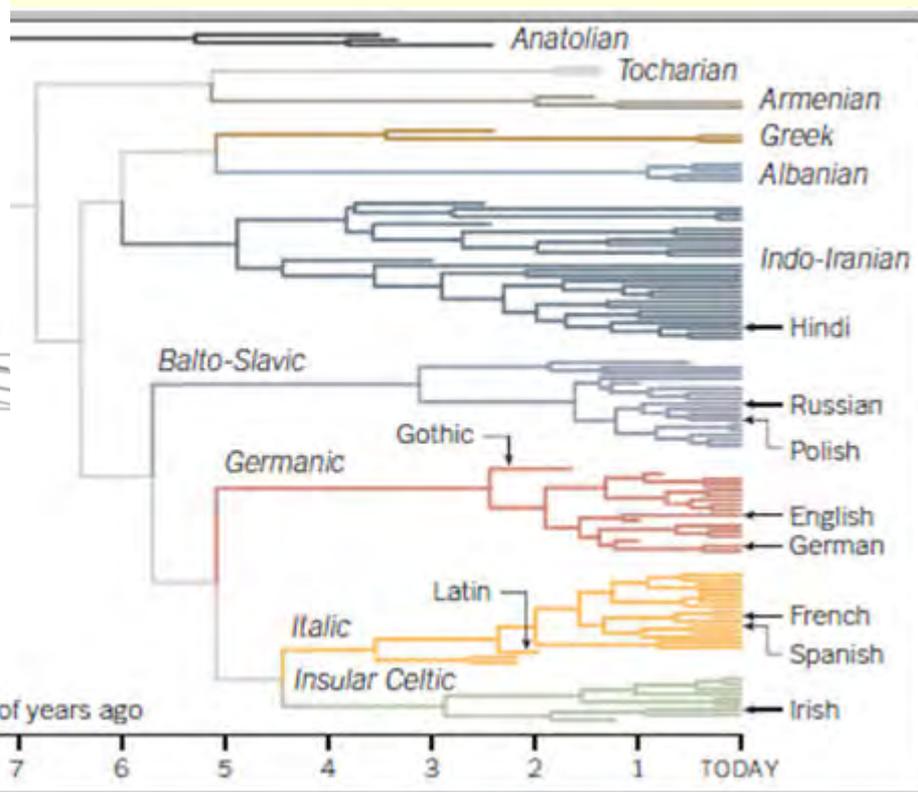
### TOP OF THE LINE

Nothing drives complex societies like language, and the key to human proximity is the arcuate fasciculus, which weaves together the various brain regions that govern speech



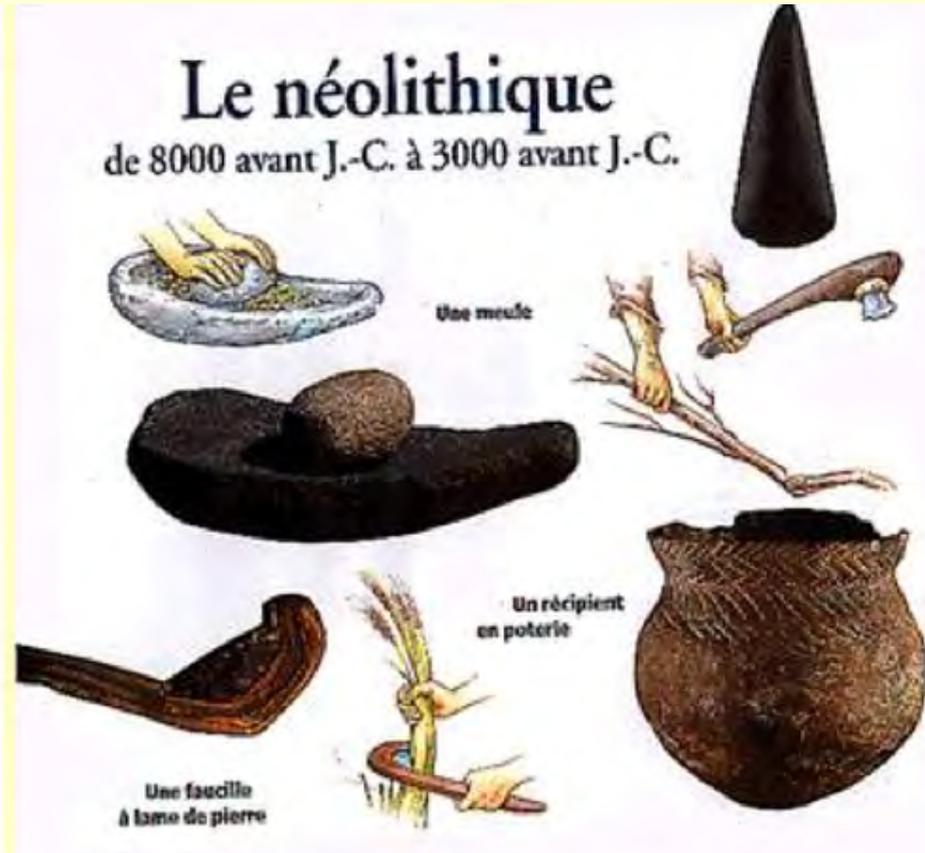
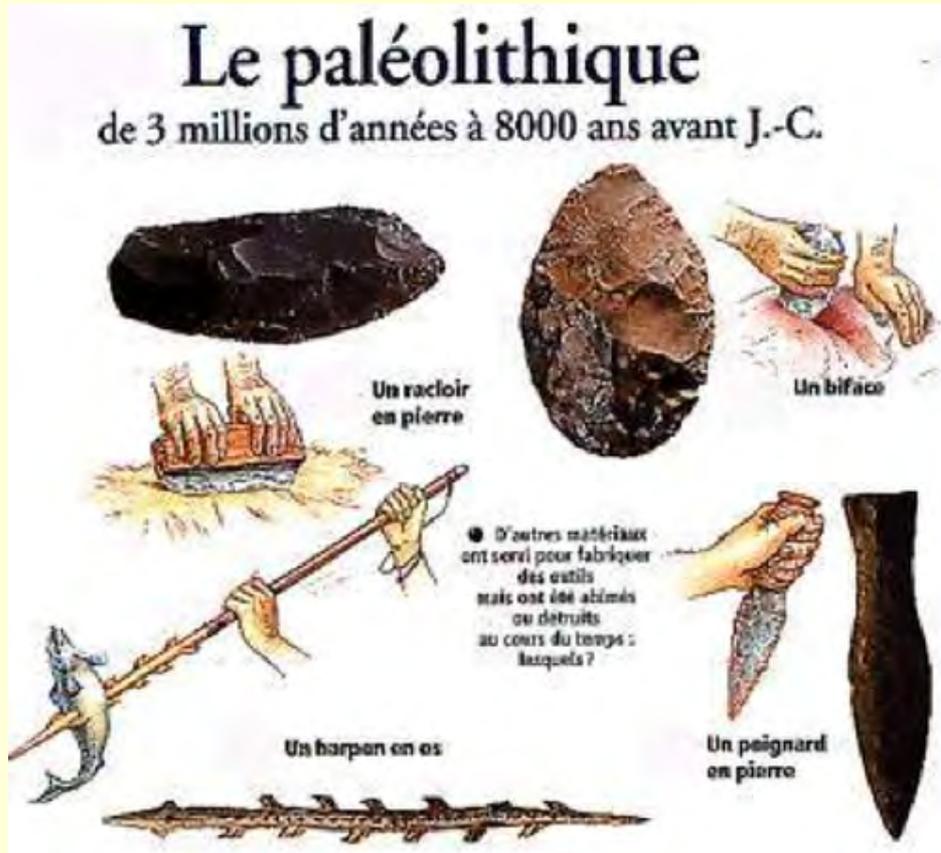
« Les mots [...] sont des indices pour coordonner des actions par le langage. »  
(L'arbre de la connaissance, p.228)

« Ce qui est pertinent est la **coordination d'actions** [que les langues] provoquent et non la forme qu'elles adoptent. » (p.203)  
(table, mesa, etc.)



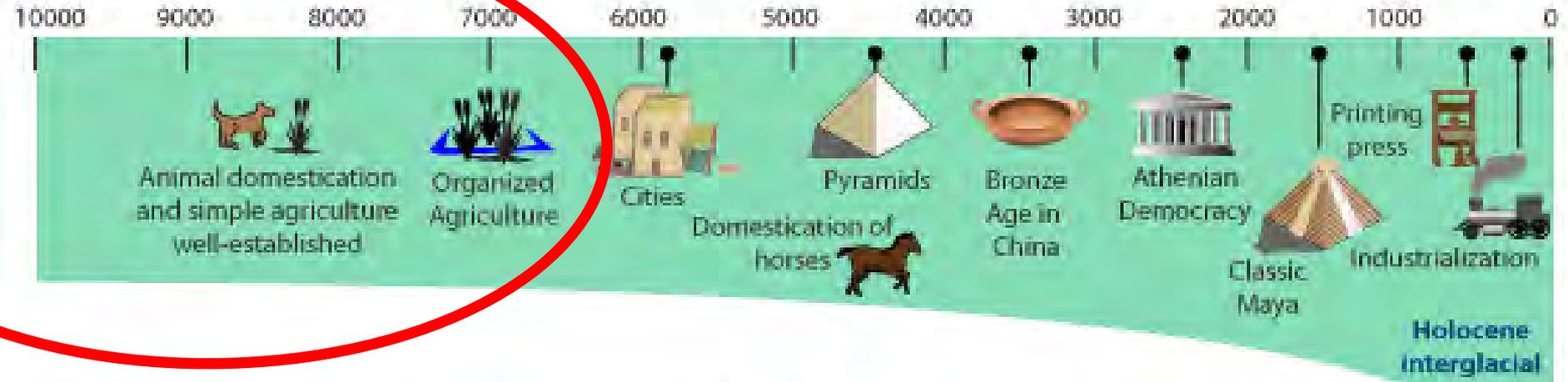
Jusqu'à il y a 8000 – 10 000 ans,  
on était dans :

Et ensuite, jusqu'à l'invention  
de l'écriture, on est dans :



# Global Climate, Human Evolution and Civilization

Years before present (1950)



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

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



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

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

## Apprivoiser la nature

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

## Aux origines de l'agriculture

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

## Co-évolution gène-culture

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

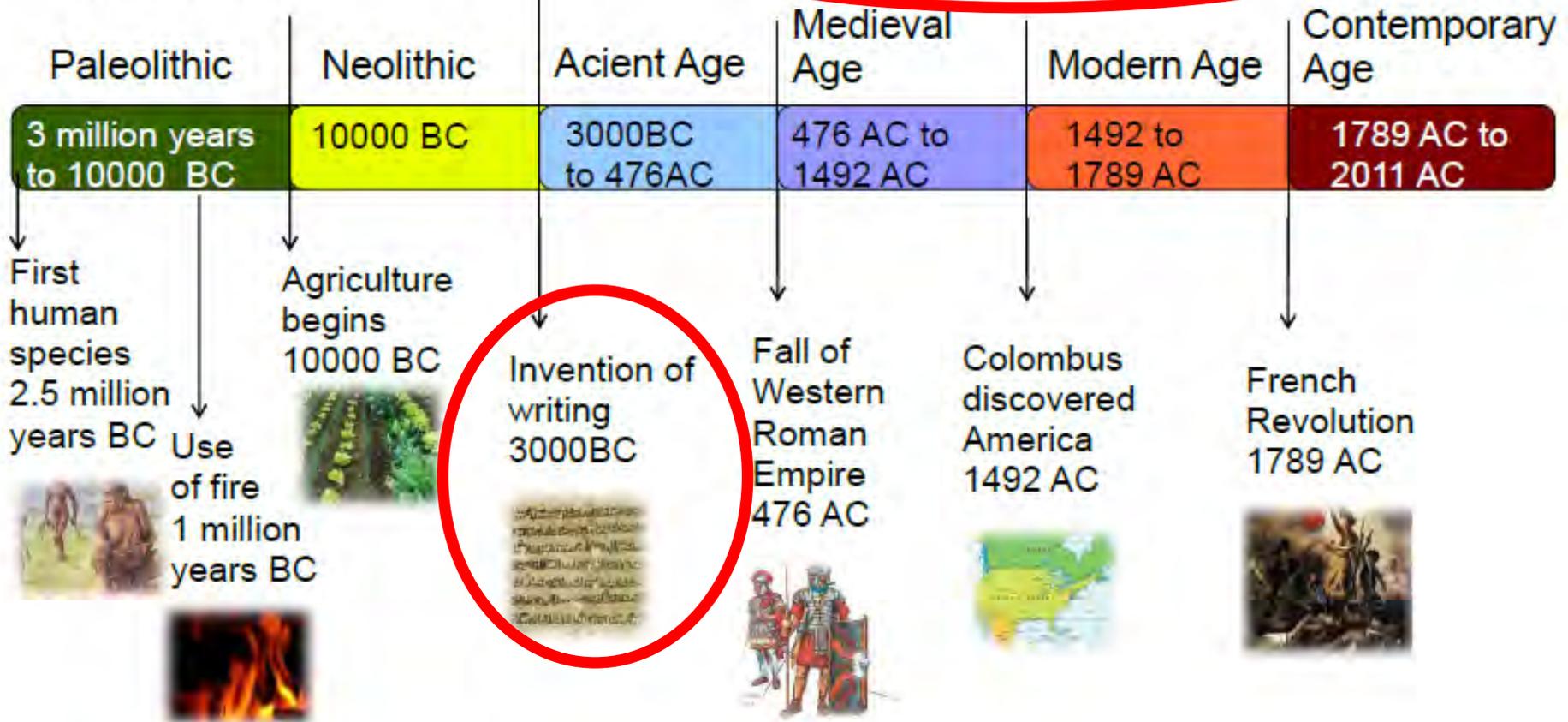
Des centaines de gènes humains **évoluent probablement encore** en réponse à une pression sélective venant de pratiques culturelles...

# Prehistory

3 million years to 3000 BC

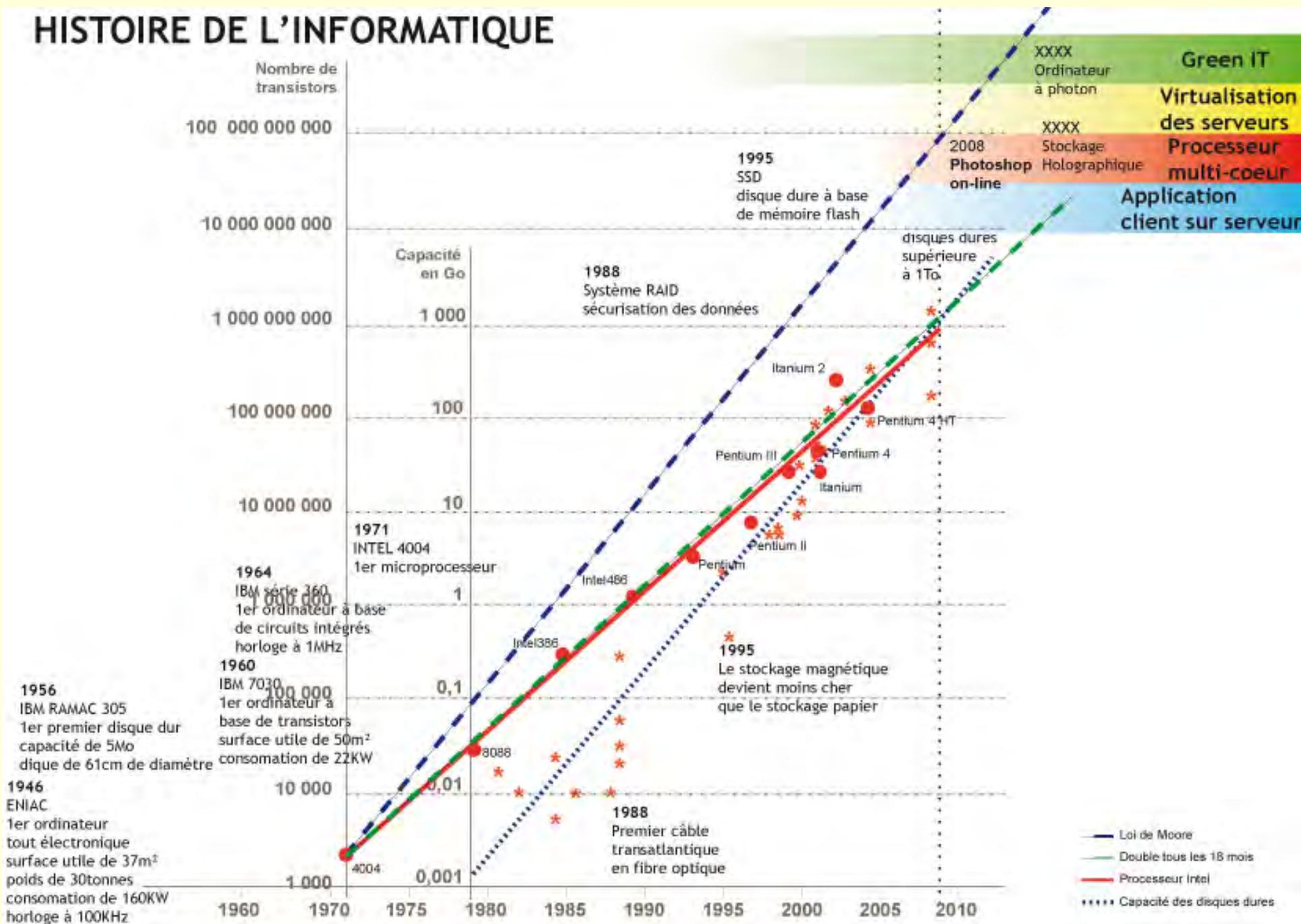
# History

3000 BC to nowadays





# HISTOIRE DE L'INFORMATIQUE



## VERS UN JALON (PRÉ)HISTORIQUE

### CONCENTRATION DE DIOXYDE DE CARBONE



Mesure par analyse de carotte de glace

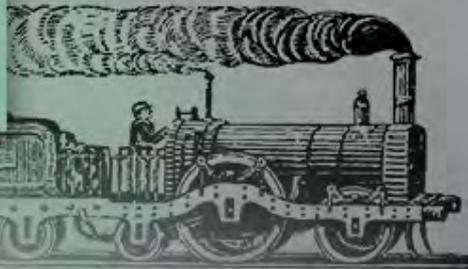


Mesure d'analyse directe de l'atmosphère (depuis 1958)

1750

280 PPM

Début de l'ère industrielle avec l'emploi du charbon. Train, navires et machines seront les premiers grands émetteurs de gaz à effet de serre (GES) de source fossile.



1859

290 PPM

Le puits de pétrole d'Irwin Drake en Pennsylvanie est le point de départ de l'industrie pétrolière. La même année, le physicien britannique John Tyndall est le premier à mesurer la capacité de différents gaz



1750

1800

1850

1900

1950

2000

2013

400  
380  
360  
340  
320  
300  
280  
260  
240





## Une pénurie d'eau guette le monde si les habitudes de consommation n'évoluent pas

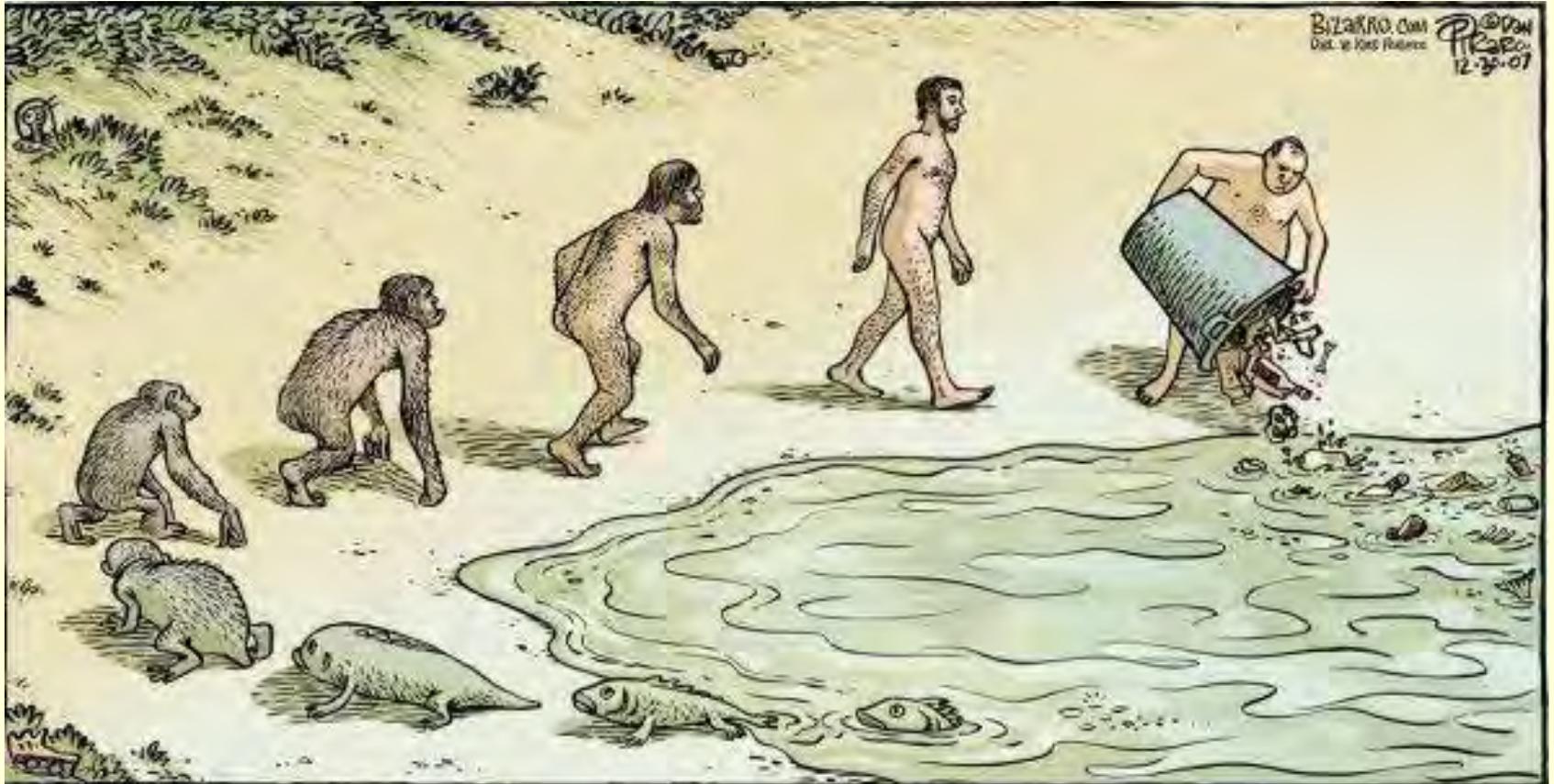
Publication **20 mars 2015**

Le monde pourrait devoir composer avec une **pénurie d'eau de l'ordre de 40 % d'ici à peine 15 ans** si les États ne révisent pas profondément leur façon d'utiliser la ressource, selon un rapport de l'Organisation des Nations unies (ONU) dévoilé vendredi.

Le niveau de plusieurs nappes phréatiques est déjà inquiétant et les modèles relatifs aux précipitations pourraient devenir plus erratiques en raison des changements climatiques.

[http://quebec.huffingtonpost.ca/2015/03/20/penurie-eau-monde\\_n\\_6910294.html](http://quebec.huffingtonpost.ca/2015/03/20/penurie-eau-monde_n_6910294.html)

Bref, ça va nous prendre des modèles pour essayer de comprendre ce qui est de toute évidence le « summum » de l'intelligence...



Et c'est ce que nous allons voir après la pause...