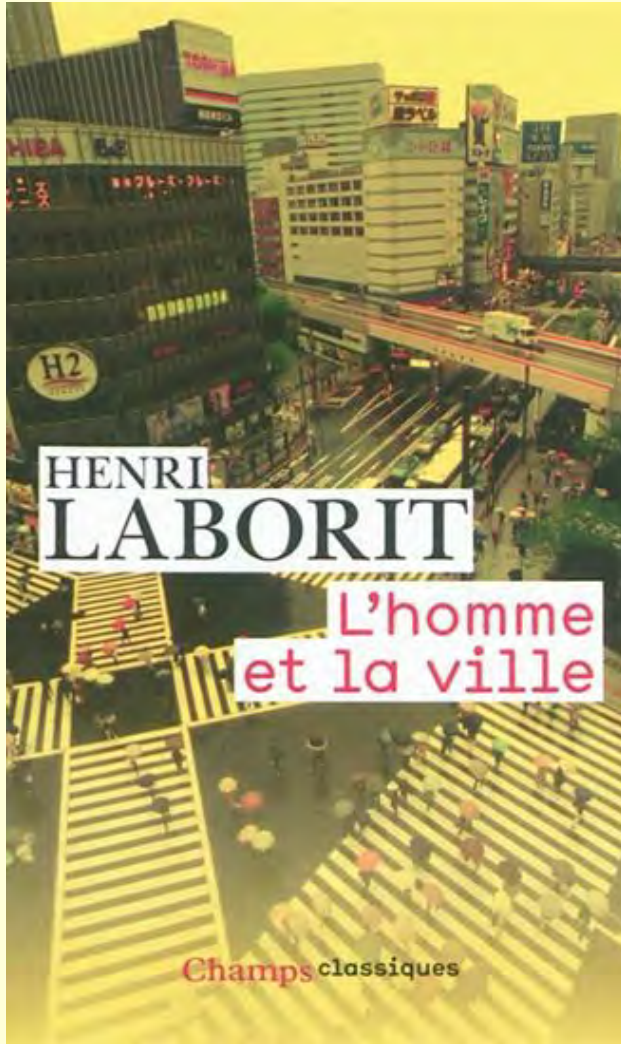


L'apport des neurosciences... à tous les niveaux !

Une série de 8 cours de deux heures – Hiver 2016

par Bruno Dubuc





LES
DÉBROUILLARDS
DRÔLEMENT SCIENTIFIQUE !

QUÉBEC SCIENCE

LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

Un site web interactif sur le cerveau et les comportements humains

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

Principes fondamentaux



Du simple au complexe

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



Le bricolage de l'évolution

- ✦ Notre héritage évolutif

Le développement de nos facultés

- ✦ De l'embryon à la morale



Le plaisir et la douleur

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



Les détecteurs sensoriels

- ✦ La vision



Le corps en mouvement

- ✦ Produire un mouvement volontaire

Fonctions complexes



Au coeur de la mémoire

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



Que d'émotions

- ✦ Peur, anxiété et angoisse



De la pensée au langage

- ✦ Communiquer avec des mots



Dormir, rêver...

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



L'émergence de la conscience

- ✦ Le sentiment d'être soi

Dysfonctions



Les troubles de l'esprit

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

Le BLOGUE du CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

Chercher dans le blogue

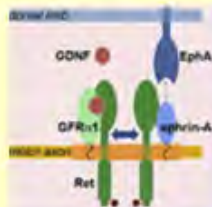
Envoyer

Catégories

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

Lundi, 13 février 2012

Des protéines qui guident le câblage cérébral



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

Instituts de recherche en santé du Canada

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

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

LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

Retour à l'accueil

Niveau d'explication

Débutant
Intermédiaire
Avancé

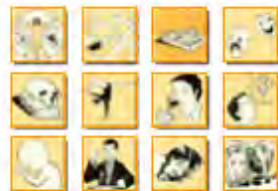


Niveau d'organisation

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

Thème

Le plaisir et la douleur



Sous-thème

La quête du plaisir

Les paradis artificiels

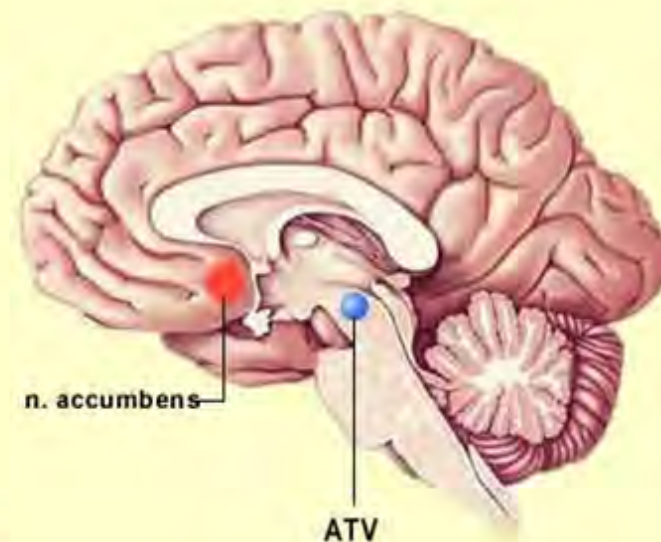
L'évitement de la douleur



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

LES CENTRES DU PLAISIR

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



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

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

LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

Retour à l'accueil

Niveau d'explication

Débutant
Intermédiaire
Avancé

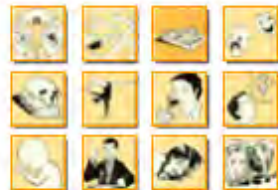


Niveau d'organisation

- △ 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

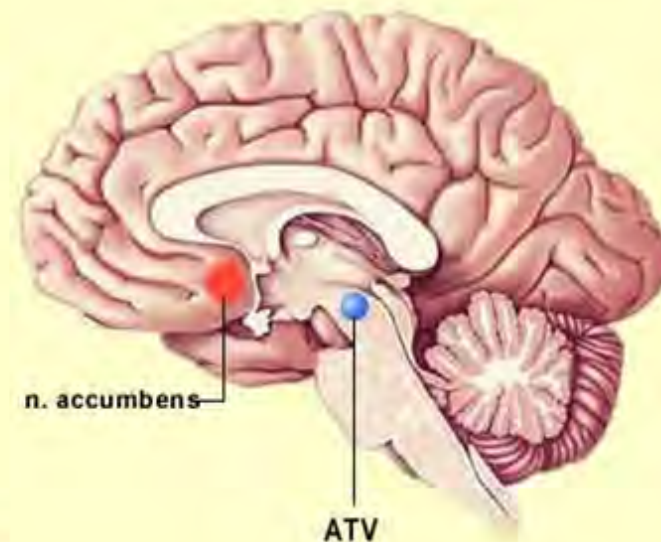


Un stimulus sensoriel qui n'apporte ni récompense ni punition est rapidement ignoré et oublié. C'est le phénomène de l'habituation qui nous fait oublier le contact de nos vêtements avec notre peau ou le tic tac de l'horloge du bureau.

LES CENTRES DU PLAISIR

1

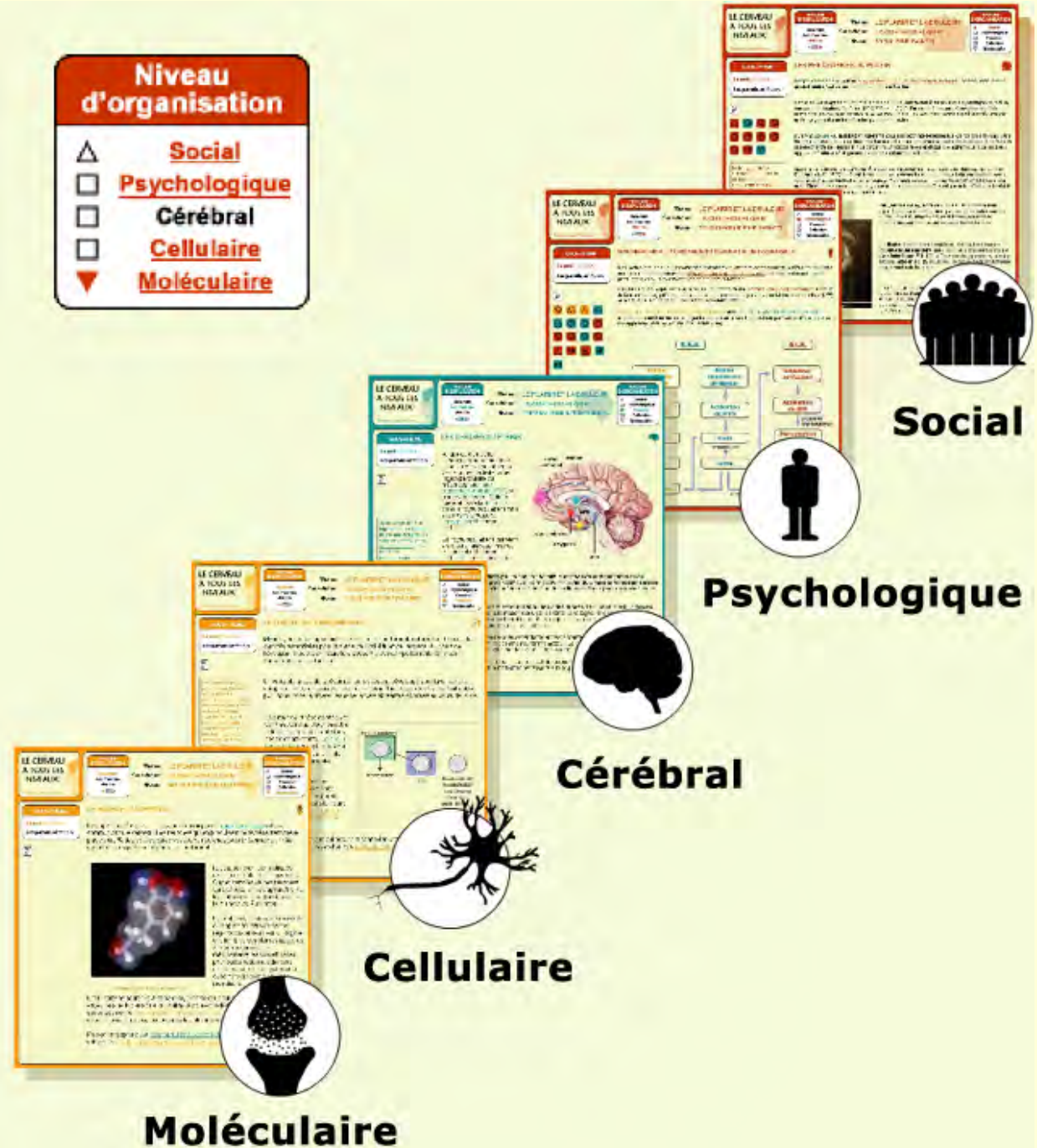
Pour qu'une espèce survive, ses individus doivent en premier lieu assurer leurs fonctions vitales comme se nourrir, réagir à l'agression et se reproduire. L'évolution a donc mis en place dans notre cerveau des régions dont le rôle est de "récompenser" l'exécution de ces fonctions vitales par une sensation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

5 niveaux d'organisation



Accueil

L'Institut

Études

Recherche

Membres

Communication

Nous contacter

» Conférences

» Instituts d'été

» Cognition

PERCEPTION
ET ACTION

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



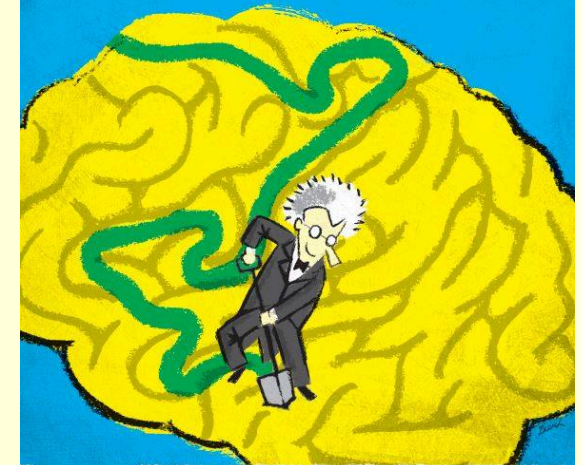
Cet hiver, le séminaire interdisciplinaire portera sur les Grands débats actuels en sciences cognitives. Il sera question des concepts, thèses et méthodes qui suscitent de vifs débats encore aujourd'hui comme la notion de modularité, le rôle de l'évolutionnisme dans la compréhension de l'esprit, et bien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

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

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

Foire
Quiz
Cinéma
Historique
Cocktail

Le vendredi 22 novembre 2013 | De 10 h à 20 h
Programme complet : isc.uqam.ca



DES COURS DONNÉS DANS

GRATUITS

les BARS et les CAFÉS

Révolution féministe

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

Plein gaz sur le schiste

Introduction à l'écologie sonore

L'éthique dans l'assiette

Parlons cerveau

La Mort se raconte

neurons univers mécanique quantique vertige supracond

Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur...

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

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

11 mai

L'infinitement complexe : le labyrinthe de nos réseaux cérébraux

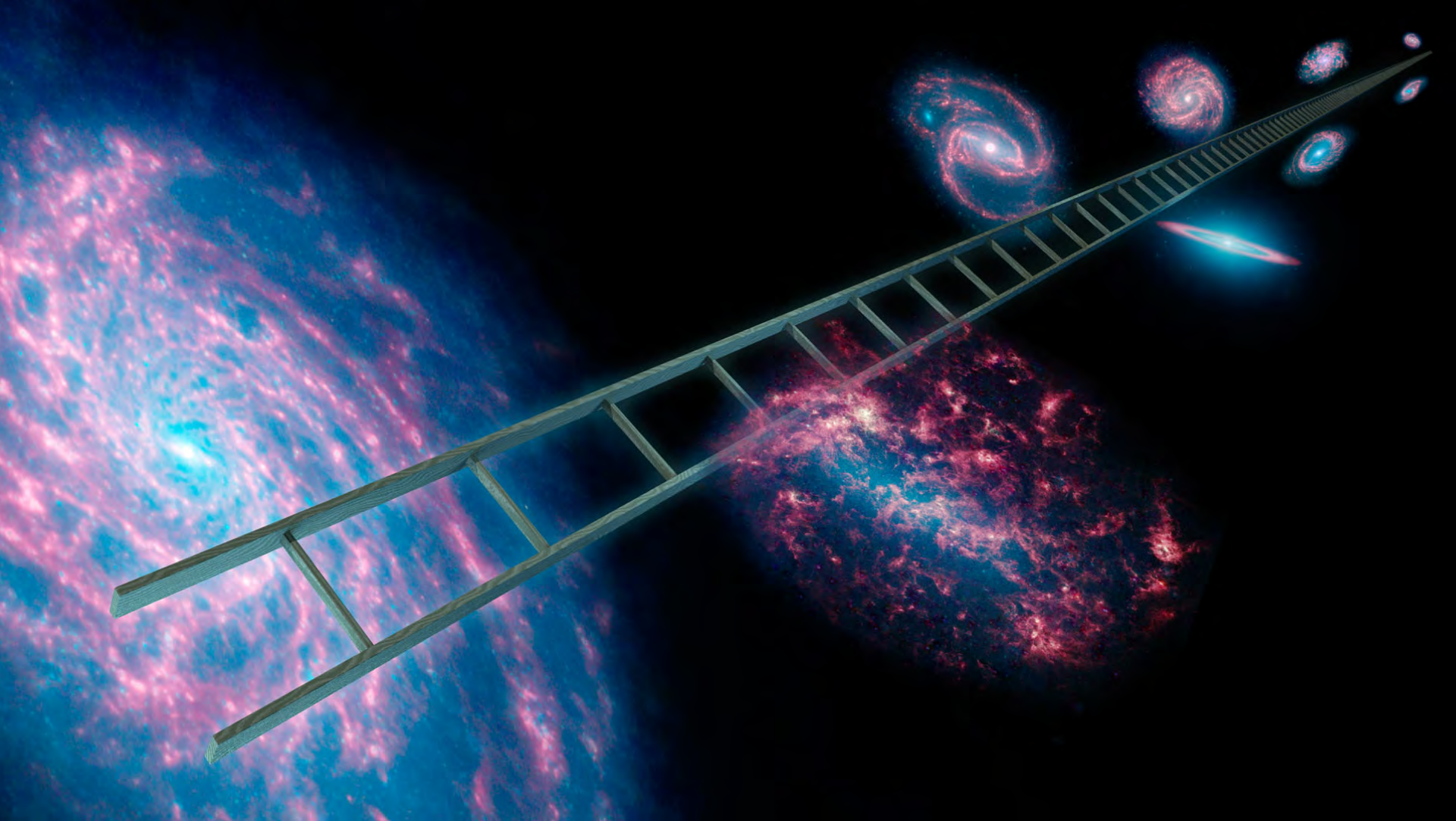
Tous les détails au www.upopmontreal.com



Donc je ne suis pas prof ni chercheur...







Il y a tellement de choses à connaître que
vous, moi et les spécialistes des sciences cognitives
on est tous quelques part au bas de cette échelle de la connaissance
et donc **plus proches par notre ignorance que par notre savoir !**

Plan du cours

Cours 1: A- Multidisciplinarité des sciences cognitives
B- D'où venons-nous ?

Cours 2: A- Modèles scientifiques et théorie du neurone
B- Mise à jour de la théorie du neurone

Cours 3: A- Évolution de nos mémoires et rôle de l'hippocampe
B- Apprendre à associer, de la liste d'épicerie aux championnats de mémoire

Cours 4 : A- Cartographier notre connectome à différentes échelles
B- Imagerie cérébrale et réseaux fonctionnels

Cours 5 : A- Des réseaux qui oscillent à l'échelle du cerveau entier
B- Éveil, sommeil et rêve

Cours 6 : A- Penser à partir de ce que l'on perçoit : l'exemple de la lecture, la catégorisation, les concepts, les analogies
B- Les « fonctions supérieures » : langage, attention, conscience

Cours 7 : A- La cognition située dans un « corps-cerveau-environnement »
B- Exemples de modèles de cognition incarnée (Barsalou, Varela, Eliasmith...)

Cours 8 : A- Libre arbitre et neuroscience
B- Vers une neuropédagogie ?



Moléculaire



Cellulaire



Cérébral



Individu

Psychologie

Corps



Social

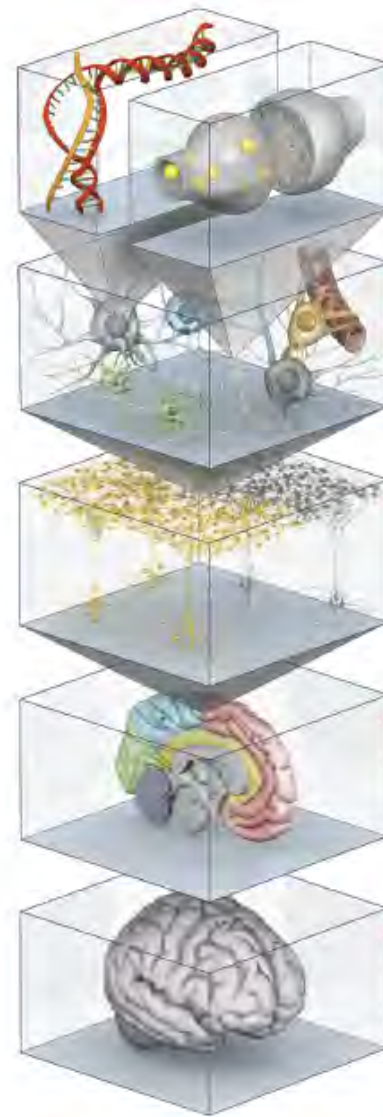
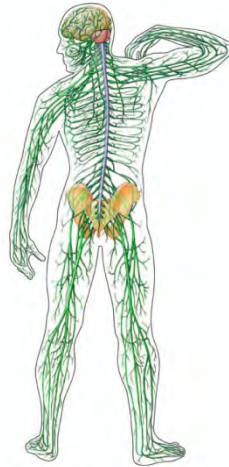
Cours 1 :

Tous ces niveaux !

Social
(corps-cerveau-
environnement)



De l'individu
(corps-cerveau)



Molecular

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

Cellular

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

Circuits

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

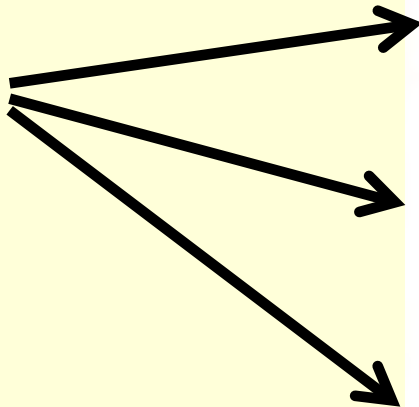
Regions

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

Whole Organ

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

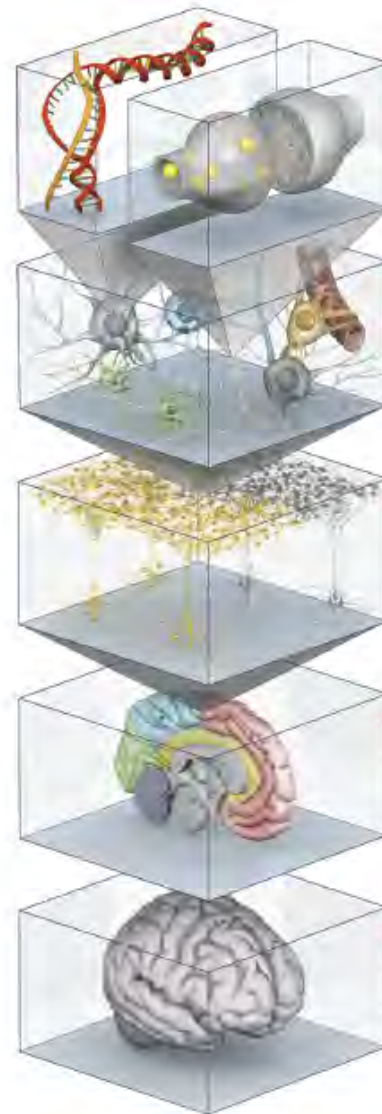
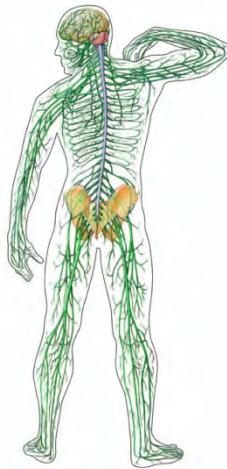
Cours 2 :



Social
(corps-cerveau-
environnement)



De l'individu
(corps-cerveau)



Molecular

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

Cellular

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

Circuits

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

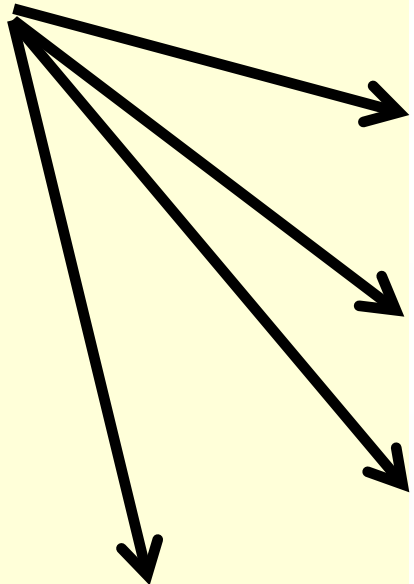
Regions

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

Whole Organ

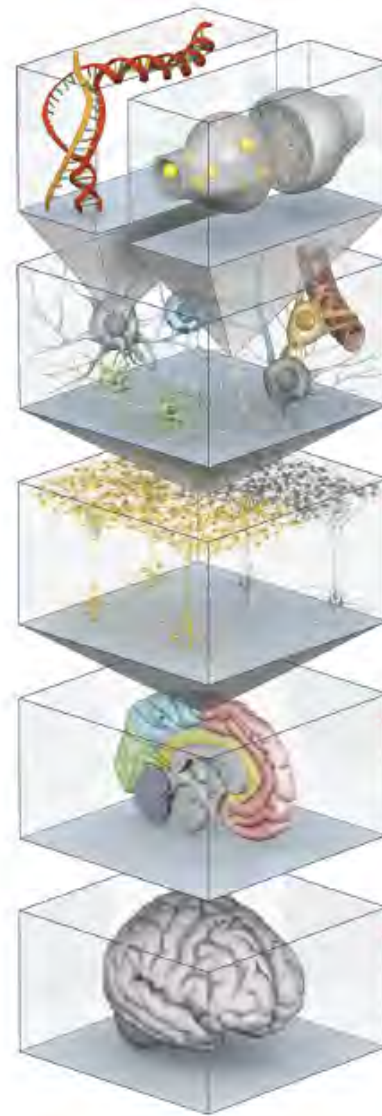
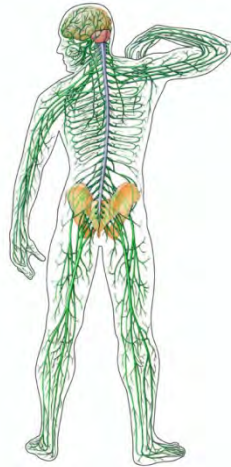
An in silico brain might substitute for the actual organ. By removing the computer code for a “gene,” the virtual system can, for instance, mimic the effects of a mutation, as scientists do today by “knocking out” a gene in mice. The tool would avoid the lengthy breeding process and could simulate a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

Cours 3 :



Social
(corps-cerveau-
environnement)

De l'individu
(corps-cerveau)



Molecular

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

Cellular

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

Circuits

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

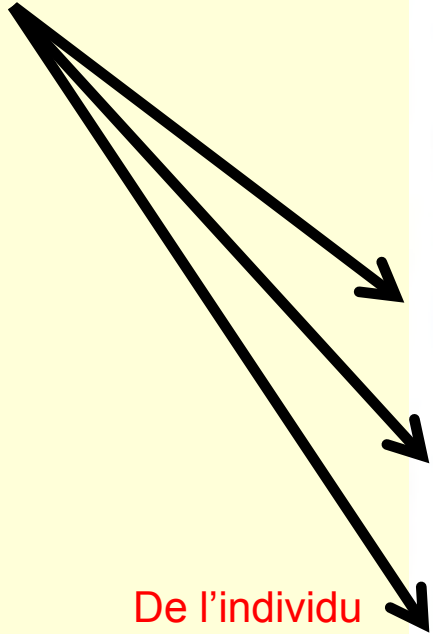
Regions

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

Whole Organ

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

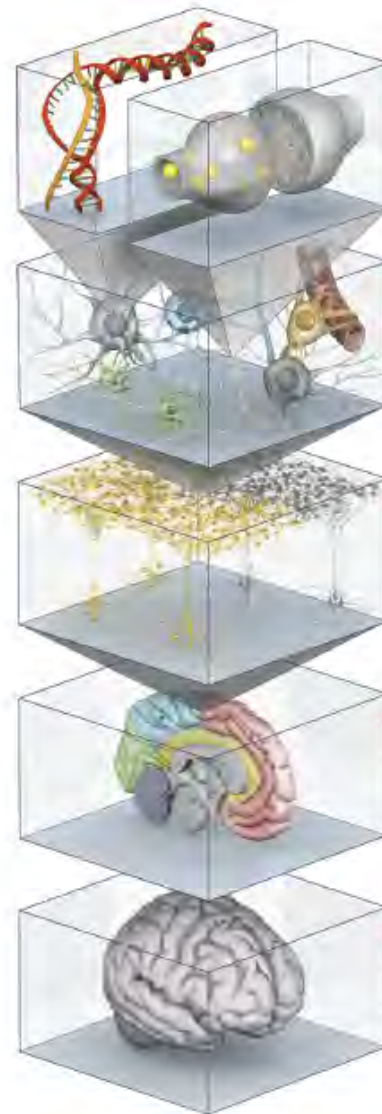
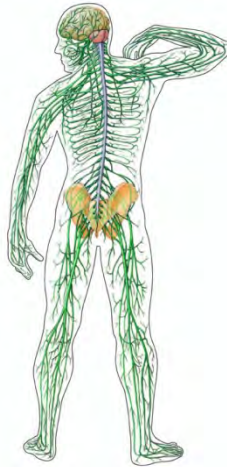
Cours 4 :



Social
(corps-cerveau-
environnement)



De l'individu
(corps-cerveau)



Molecular

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

Cellular

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

Circuits

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

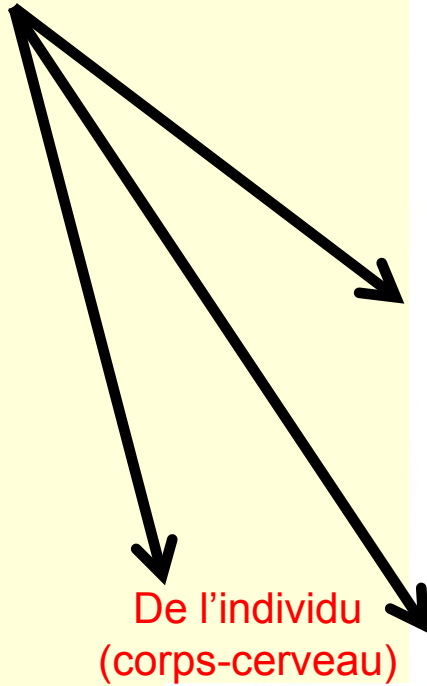
Regions

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

Whole Organ

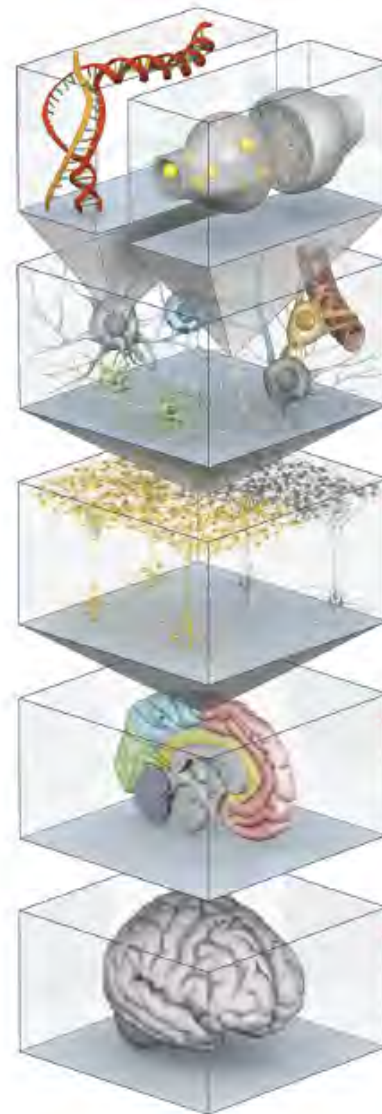
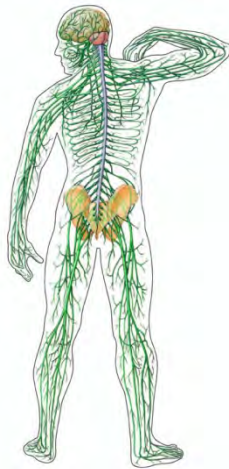
An in silico brain might substitute for the actual organ. By removing the computer code for a “gene,” the virtual system can, for instance, mimic the effects of a mutation, as scientists do today by “knocking out” a gene in mice. The tool would avoid the lengthy breeding process and could simulate a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

Cours 5 :



Social
(corps-cerveau-environnement)

De l'individu
(corps-cerveau)



Molecular

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

Cellular

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

Circuits

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

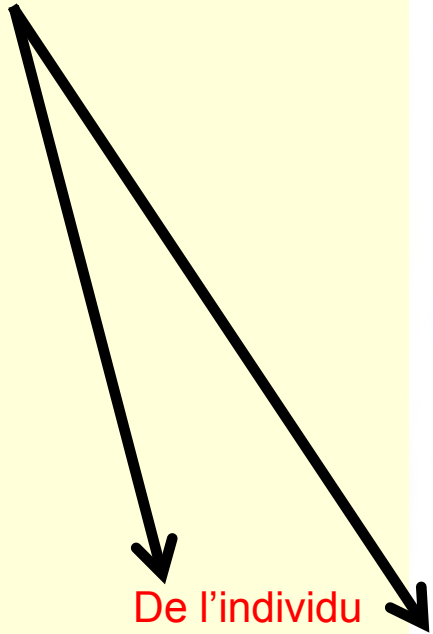
Regions

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

Whole Organ

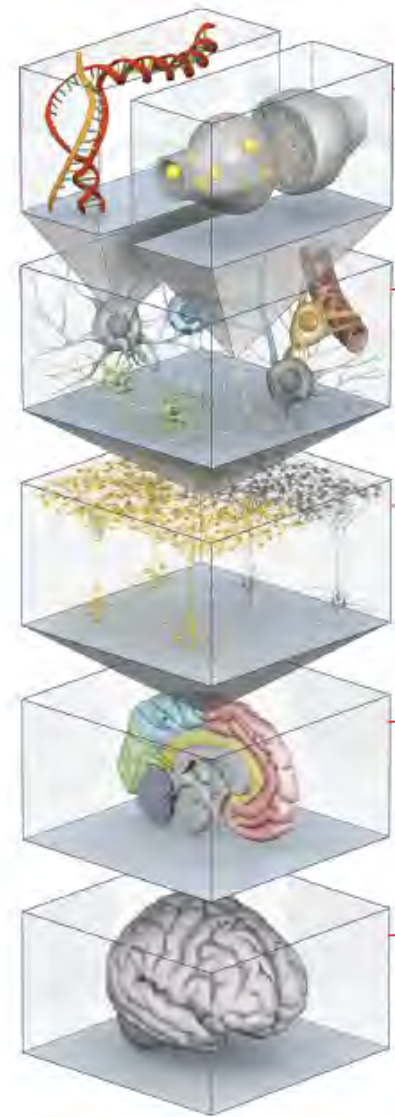
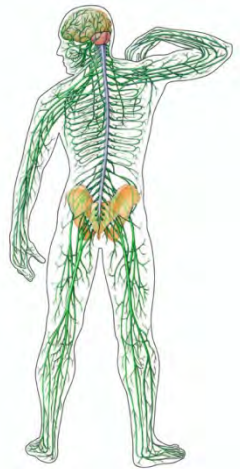
An in silico brain might substitute for the actual organ. By removing the computer code for a “gene,” the virtual system can, for instance, mimic the effects of a mutation, as scientists do today by “knocking out” a gene in mice. The tool would avoid the lengthy breeding process and could simulate a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

Cours 6 :



Social
(corps-cerveau-
environnement)

De l'individu
(corps-cerveau)



Molecular

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

Cellular

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

Circuits

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

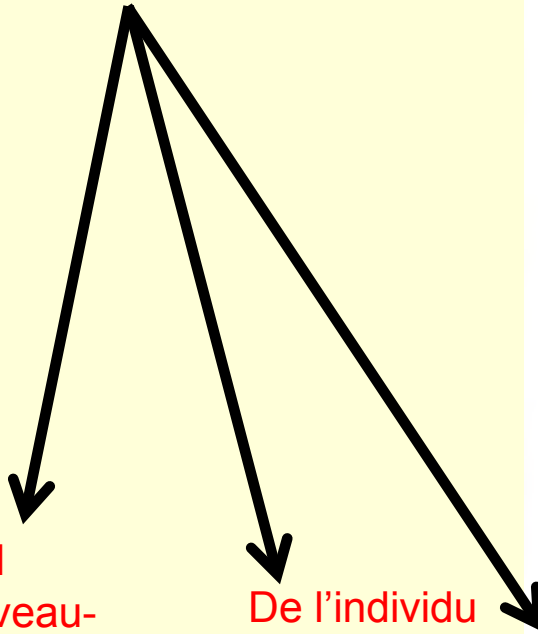
Regions

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

Whole Organ

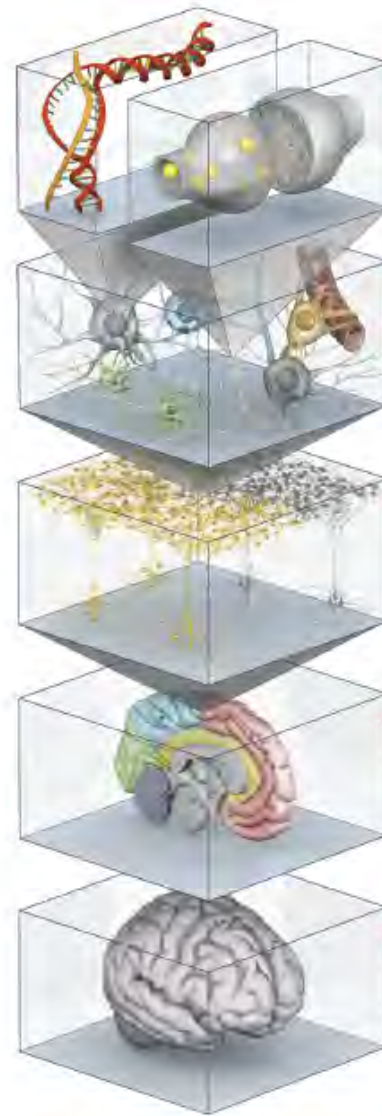
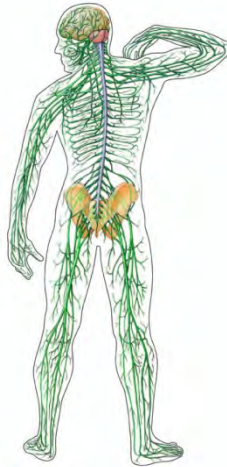
An in silico brain might substitute for the actual organ. By removing the computer code for a “gene,” the virtual system can, for instance, mimic the effects of a mutation, as scientists do today by “knocking out” a gene in mice. The tool would avoid the lengthy breeding process and could simulate a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

Cours 7 :



Social
(corps-cerveau-
environnement)

De l'individu
(corps-cerveau)



Molecular

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

Cellular

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

Circuits

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

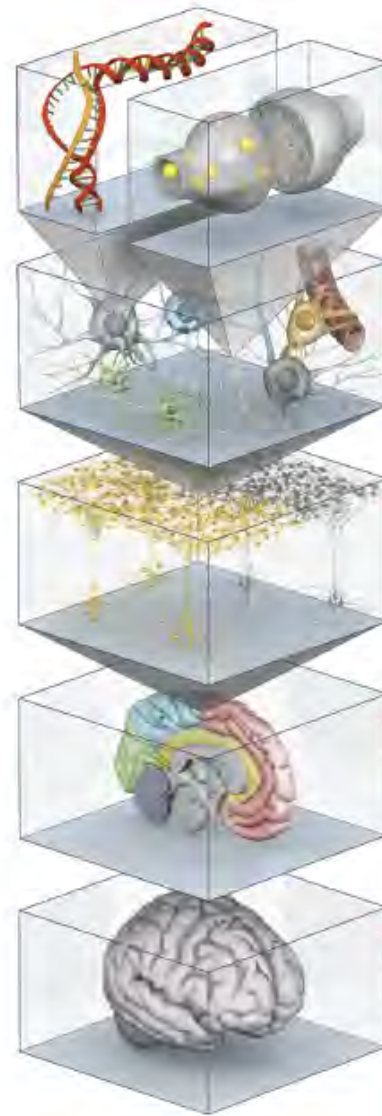
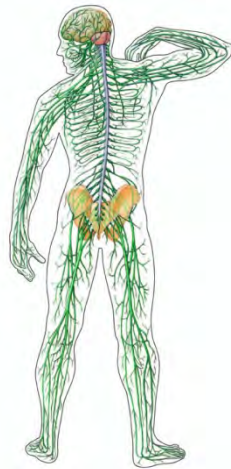
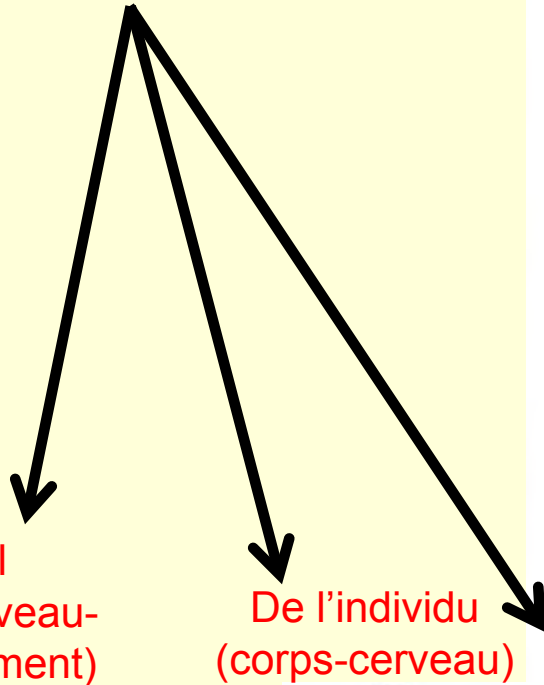
Regions

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

Whole Organ

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

Cours 8 :



Molecular

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

Cellular

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

Circuits

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

Regions

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

Whole Organ

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

L'apport des neurosciences... à tous les niveaux !

Cours 1 : A- Multidisciplinarité des sciences cognitives

B- D'où venons-nous ?, ou la longue histoire
de notre système nerveux



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

"L'école des profs"

Cours intensifs de perfectionnement en neurosciences cognitives

(cliquez ici pour les détails)

Fonctions supérieures, libre arbitre et éducation

Vers une cognition incarnée

Des réseaux de neurones qui oscillent de manière dynamique

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

Ancienne et nouvelle grammaire de la communication neuronale

LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

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

Fonctions supérieures

- De simple au complexe
 - Auparavant des réseaux d'organisation
 - Façons des réseaux d'organisation
- Le façonnage de l'émotion
 - Notre héritage évolutif
- Le développement de nos facultés
 - De l'ontogénèse à la vie adulte
- Le plaisir et la douleur
 - La quête du plaisir
 - Les paradis artificiels
 - L'évitement de la douleur
- Les détecteurs de danger
 - La vision
- Le plaisir et la douleur

Fonctions supérieures

- Au cœur de la mémoire
 - Les traces de l'apprentissage
 - Outils et méthodes
- Que d'émotions
 - Pour accéder et encoder
 - Des attachements
- De la pensée au langage
 - Communiquer avec des mots
- Dormir, rêver...
 - Le cycle veille-sommeil-rêve
 - Nos horloges biologiques
- L'émergence de la conscience
 - Le sentiment d'être soi

Les troubles de l'esprit

- Depression et trouble(s)-dépresseur
- Les troubles anxieux
- La démence de type Alzheimer

Le BLOGUE du CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

Accueil du site

Recherche :

Lundi, 10 novembre 2014

Neurones inhibiteurs : plus qu'un simple frein

Billets par catégorie

Abonnez-vous !

NOUVELLES RÉCENTES SUR LE CERVEAU

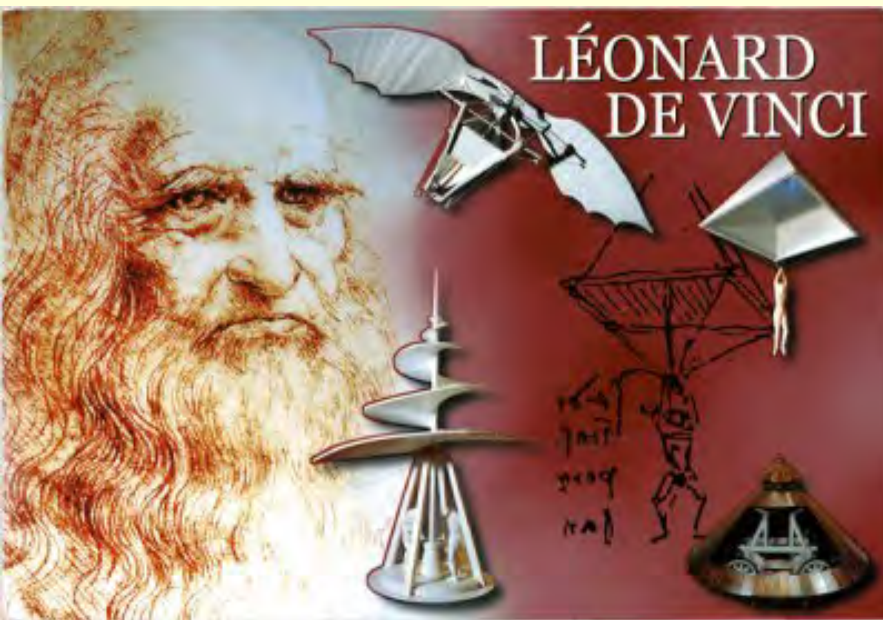
Faire un don nous permet de continuer

Après nous avoir appuyés pendant plus de dix ans, des rassembléments budgétaires ont fermé CEREBET à l'ensemble le Rattachement du Cerveau à tous les niveaux le 31 mars 2013.

Malgré tous nos efforts (et malgré la reconnaissance de notre travail par les organismes approchés), nous ne sommes pas parvenus à trouver de nouvelles sources de Rattachement. Nous nous voyons contraints de nous en remettre

En guise d'intro:

La figure du « **savant universel** »



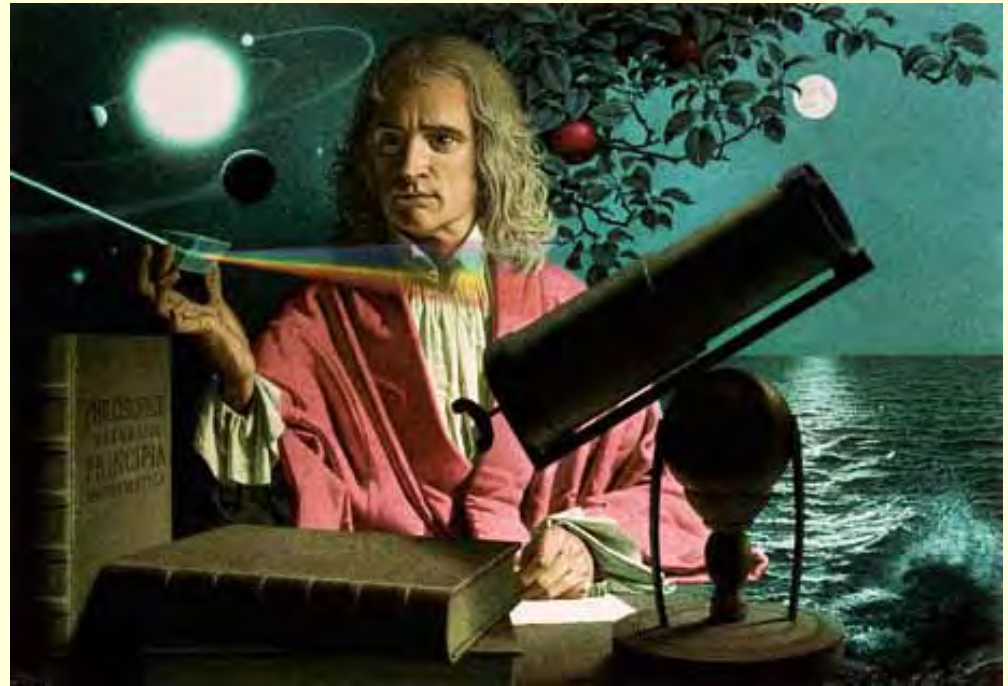
Léonard de Vinci (1452 - 1519)

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



**René Descartes
(1596-1650)**

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



**Isaac Newton
(1642-1727)**

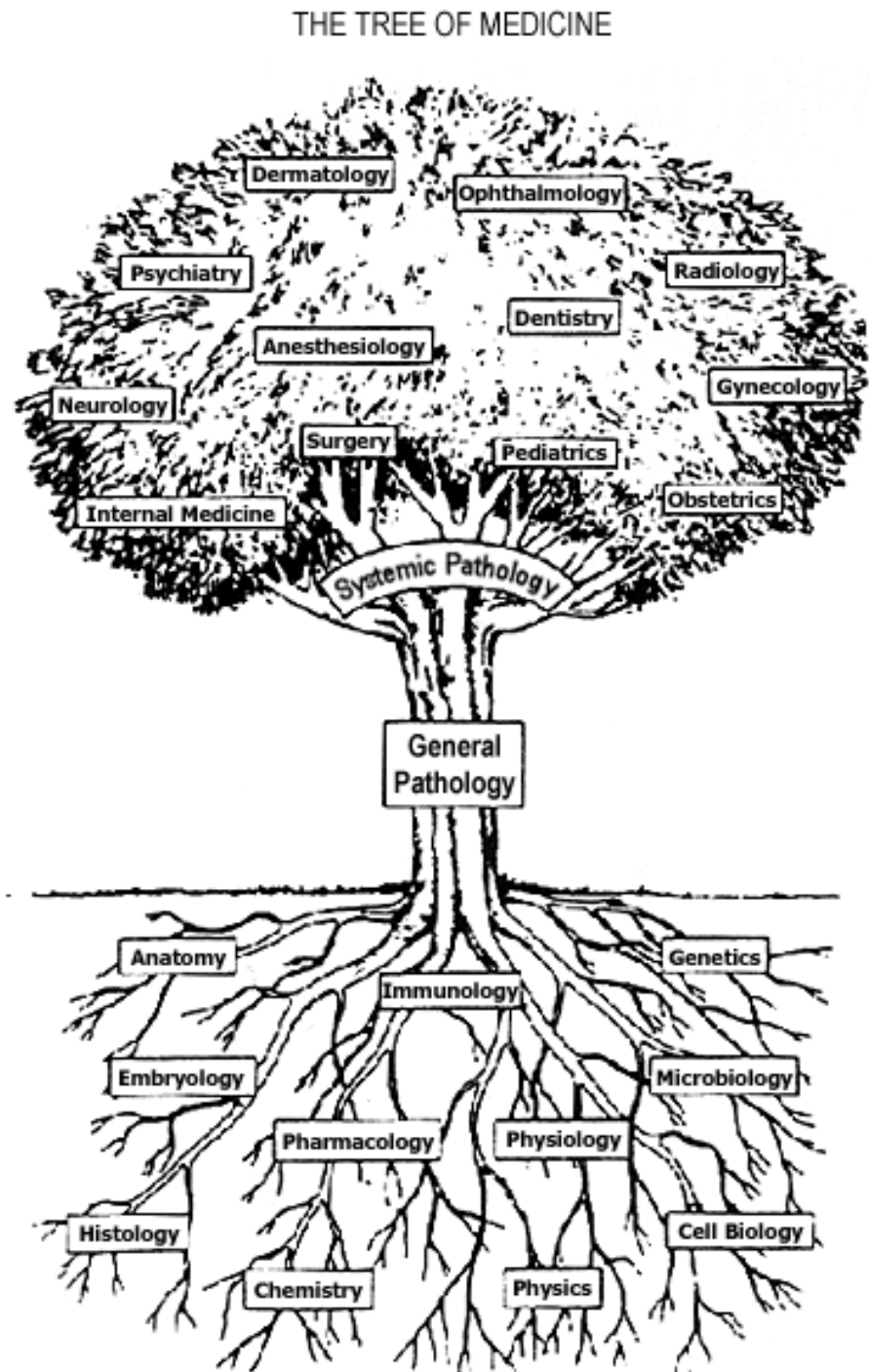
C'est un peu à partir de Newton que des spécialités se sont créées en science;

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

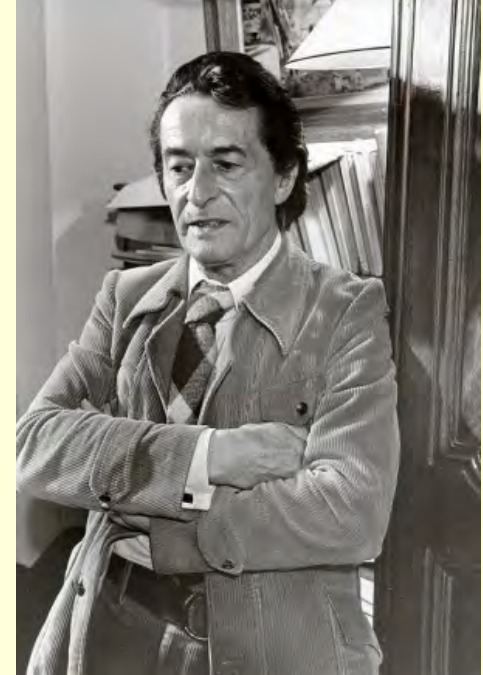
Puis, avec le **XXe siècle**, les disciplines scientifiques deviennent de plus en plus **spécialisées**.

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

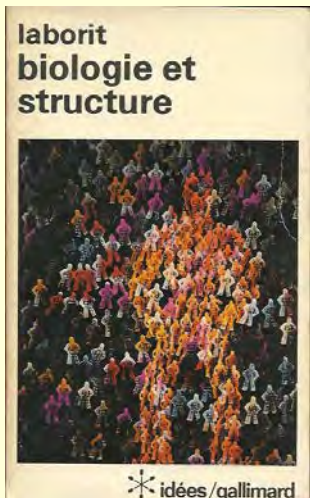
De sorte que toute intrusion d'une autre discipline dans la sienne était accueillie par le « spécialiste » avec circonspection, voire avec paternalisme ou agressivité!



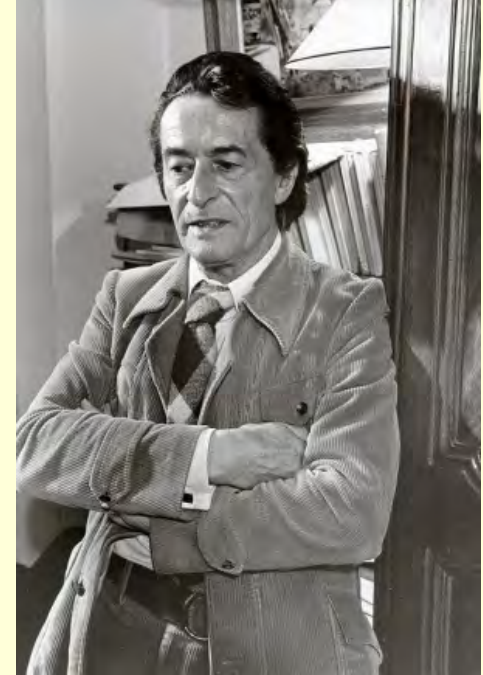
« Nous avons assisté à la construction d'une tour de Babel dans laquelle grouillait une population de plus en plus nombreuse de **spécialistes** qui n'arrivaient plus à échanger une seule information car leurs **langages** étaient tous **différents** »



Henri Laborit
(1914 – 1995)



« Nous avons assisté à la construction d'une tour de Babel dans laquelle grouillait une population de plus en plus nombreuse de **spécialistes** qui n'arrivaient plus à échanger une seule information car leurs **langages** étaient tous **différents** »



Henri Laborit
(1914 – 1995)

Pour Laborit, il faut plutôt s'initier **au langage des autres disciplines**, non pas pour leur technique - cela demande des années, voire une vie –

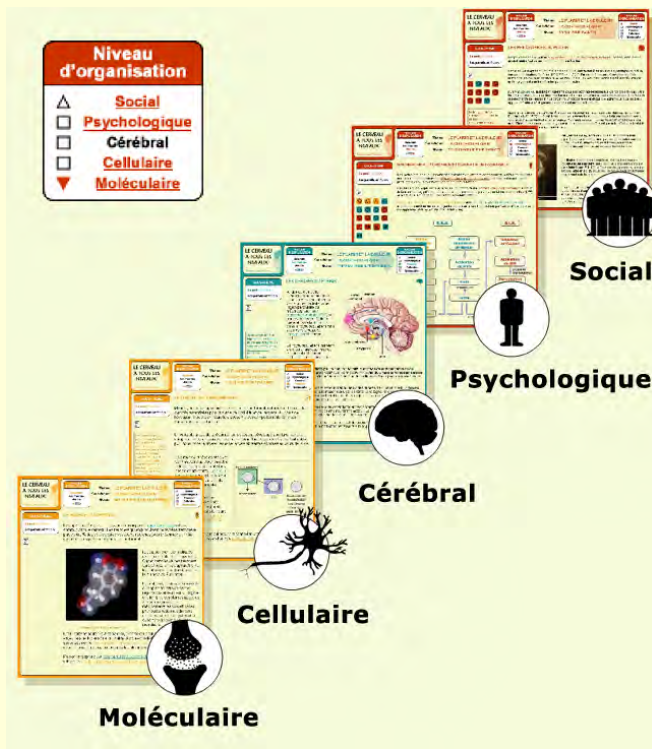
mais pour leurs concepts, afin **d'échapper aux limites conceptuelles de notre propre domaine.**

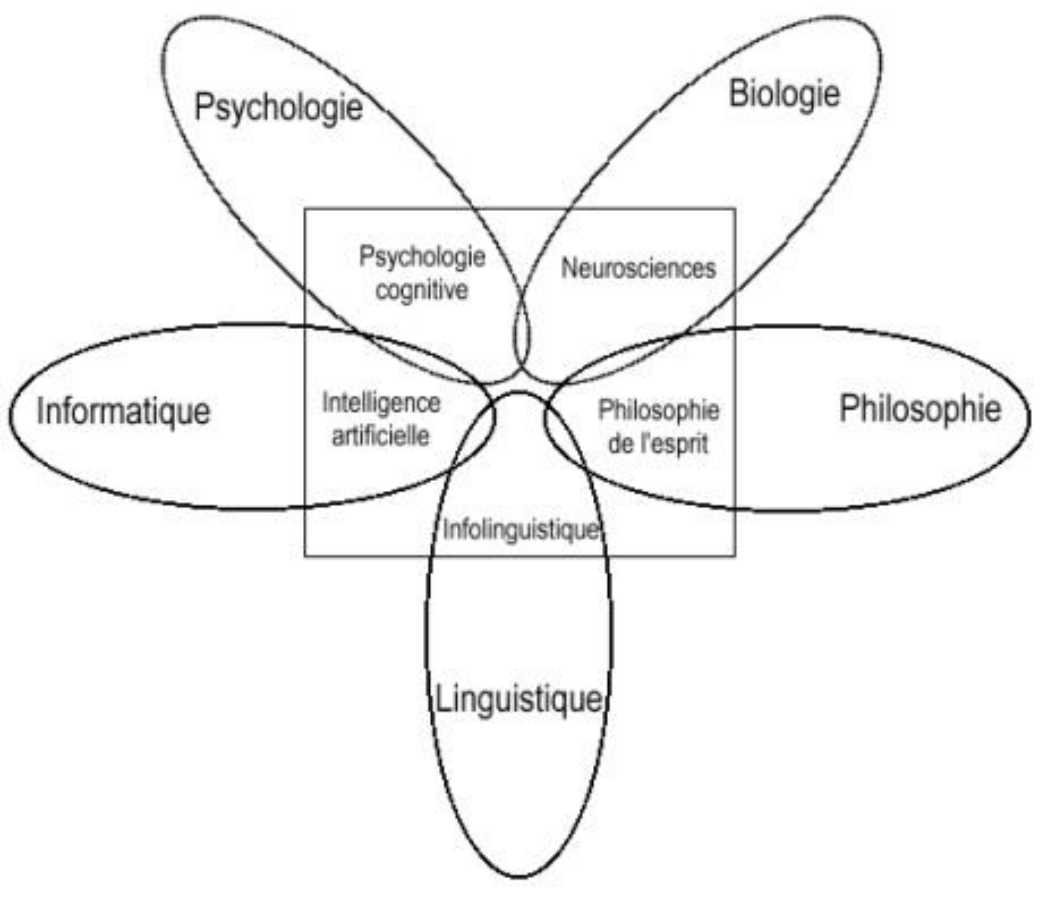


Henri Laborit (1914 – 1995)

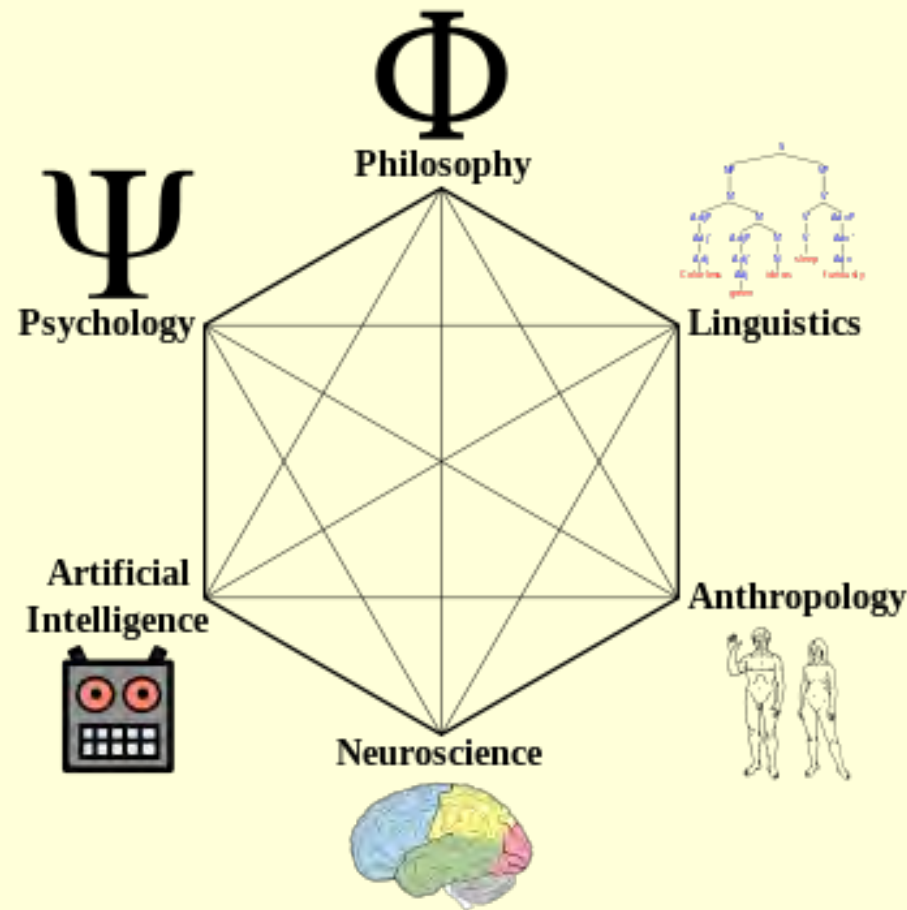
« Actuellement [en **1975**] est en train de se bâtir une façon d'interpréter le comportement humain en situation sociale qui prend ses bases dans les molécules et qui, **de niveaux d'organisation en niveaux d'organisation**, [...], permet d'interpréter de façon assez nouvelle les comportements humains.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

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



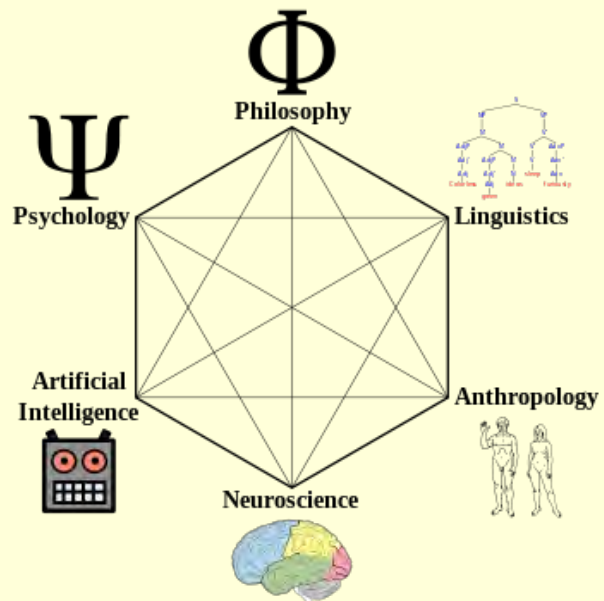


C'est ainsi que vont se constituer les « **sciences cognitives** »,



un ensemble de disciplines qui cherchent à comprendre ensemble les processus de notre **pensée** permettant la **connaissance**.

Sauf que...



Comme on l'a dit, ce n'est pas toujours facile de bien se comprendre entre différentes disciplines.



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



Comme ce n'est pas toujours facile de se comprendre entre différents groupes humains.





Science politique



Sociologie

Anthropologie





Science politique



Sociologie

Anthropologie

Malheureusement, plusieurs de ces « sciences humaines » se coupent encore trop souvent d'autres disciplines, **en particulier des sciences cognitives**, qui ont des choses à dire sur les individus qui forment ces groupes sociaux :

c'est-à-dire les être humains avec un **cerveau humain**.

5 énoncés sur le cerveau
pour piquer la curiosité...

un **cerveau humain**.



Your brain is only 2% of your whole body's mass,
but it uses 20% of all the oxygen you breathe.



Without a continuous oxygen supply,
the brain can be permanently
damaged within minutes.



un cerveau humain.



52 BRAIN FACTS
KNOWING NEURONS

The organization of the brain is so intricate that it uses 50% of your genes to describe its complex design of the brain!

50%

50%



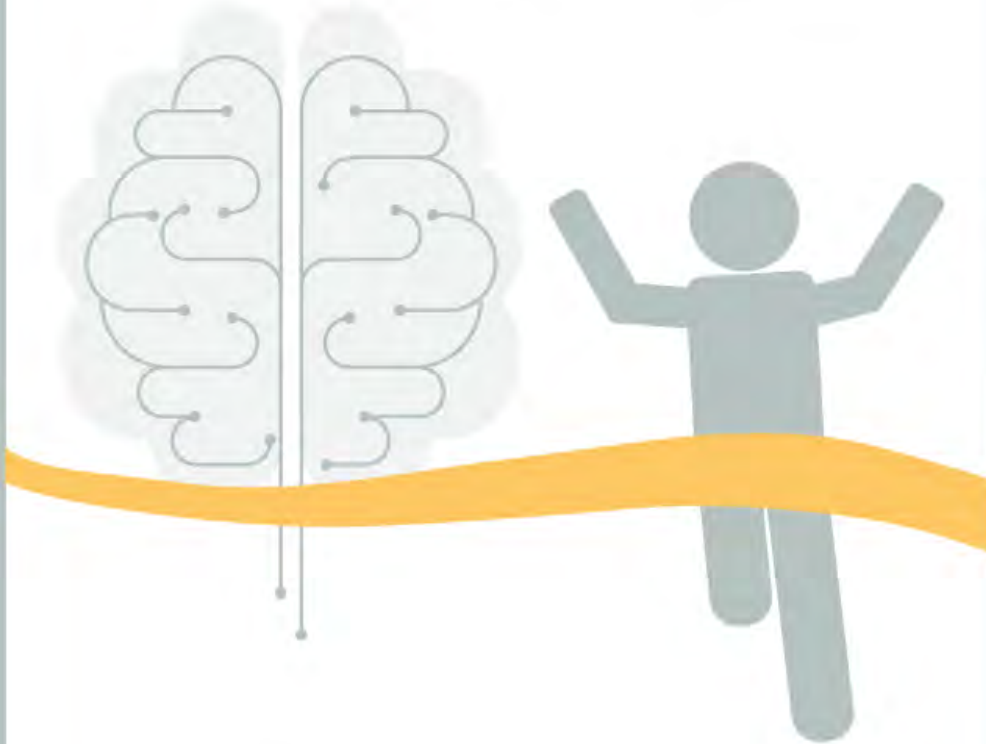
The other half describes the organization of the other 98% of your body.

52 BRAIN FACTS
KNOWING NEURONS

un cerveau humain.



The total length of capillaries supplying blood and oxygen to the human brain is 400 miles.



That length is equivalent to running the Boston marathon about 15 times!

52 BRAIN FACTS
KNOWING NEURONS

un cerveau humain.



A 20-year-old man has around 109,000 miles (176,000 km) of myelinated axons in his brain.



That's enough to wrap around the earth's equator four-and-a-half times!

52 BRAIN FACTS
KNOWING NEURONS

un cerveau humain.



Having a larger brain does not necessarily equal having a smarter brain.

Think about it!

Is the 17 pound brain of a sperm whale more intelligent than our 3 pound self?



17 lb
of brain



3 lb
of brain

Hardly.

un cerveau humain.



And if we account for body size, the tree shrew wins with its brain accounting for a whopping 10% of its body mass.

The human brain is merely 2% of body mass.

Clearly, size -- even relative size -- isn't everything!

52 BRAIN FACTS
KNOWING NEURONS

Mais alors qu'est-ce qui rend le cerveau humain si particulier par rapport à celui des autres espèces ?

C'est ce que l'on va essayer de voir durant ces 16 heures de cours... ;-)

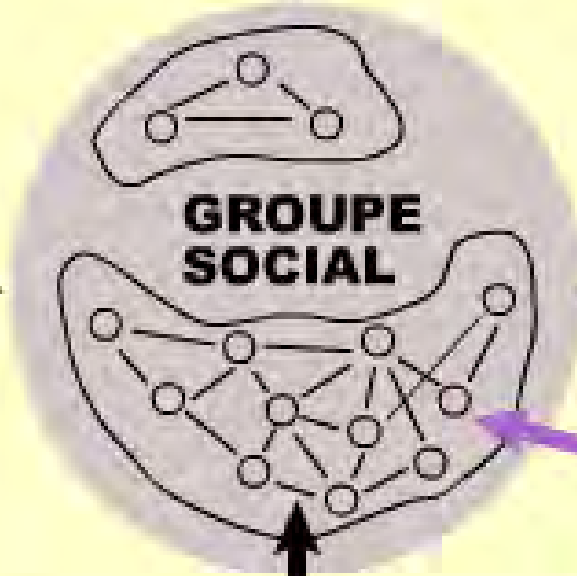
un cerveau humain.



ENVIRONNEMENT

Milieu écologique
Habitat

CULTURE



GROUPE SOCIAL

ÉVOLUTION SOCIALE

RELATIONS INTERPERSONNELLES

Familiales
Éducatives
Professionnelles
Intimes
Occasionnelles

Individu avec son cerveau unique à l'origine de tous ses comportements





**Donc une chose est sûre,
c'est qu'on baigne dans les
interactions sociales toute notre vie.**

De l'enfance dans notre famille...



...à notre adolescence avec nos ami.es...



...à notre vie adulte
avec nos conjoints ou
nos collègues de travail...

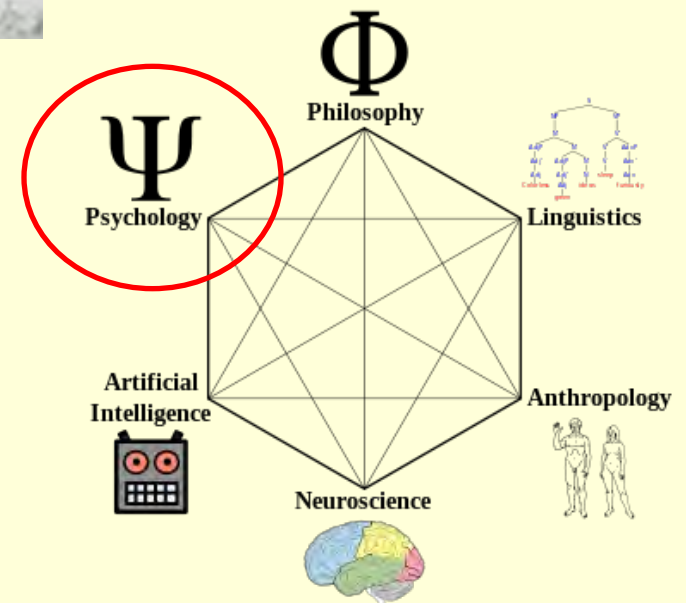


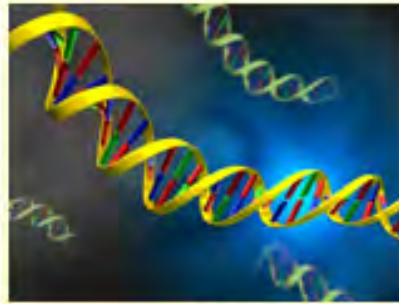
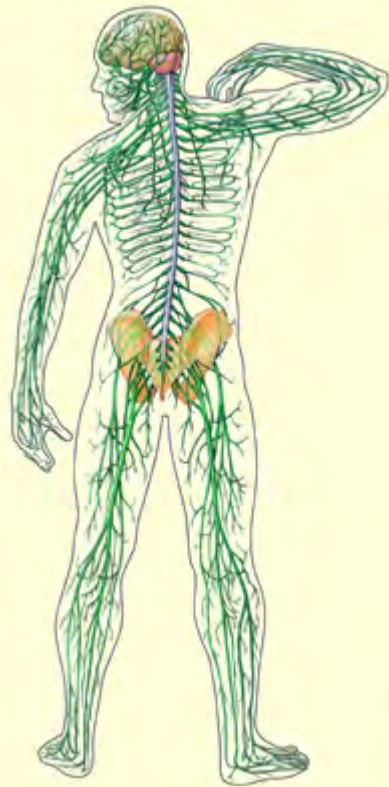
...et jusqu'à un âge avancé...



*La **psychologie** d'un individu va donc être grandement influencée par son environnement*

(au sens large, mais où les autres humains sont très importants).





Plans généraux
du système nerveux
provenant de nos gènes

Action



Influence de
l'environnement

Perception

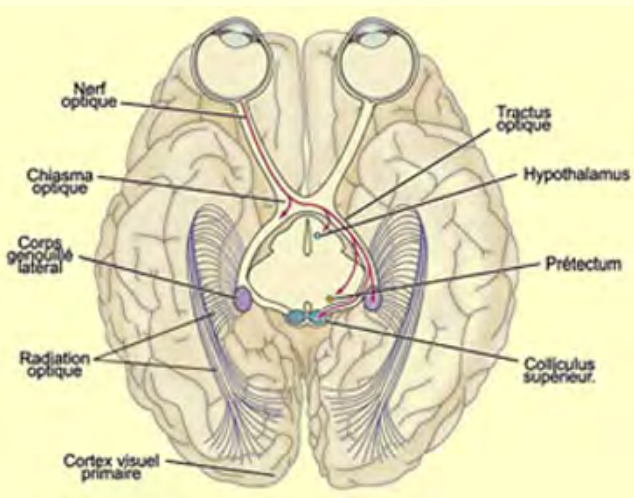
Cerveau unique à l'origine
de tous les comportements
d'un individu

Notre biologie
(notre « nature »)



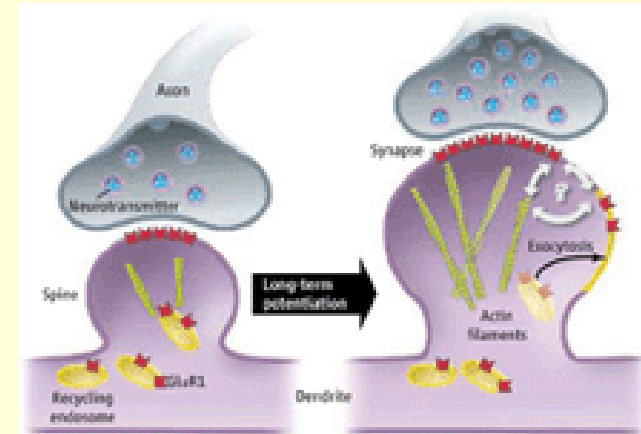
**Nos
apprentissages
socio-culturels**
(notre « culture »)

Le vieux débat « nature / culture »



Jean-Pierre Changeux

Début du
XXIe siècle



« une grande part de l'organisation du cerveau est **innée** : les axones venant de la rétine vont toujours au corps genouillé latéral, etc... »

« ...mais des processus de **plasticité** génèrent de la variabilité à plusieurs niveaux (molécule, réseaux neurones) »

Donc la « nature humaine » est...

100%

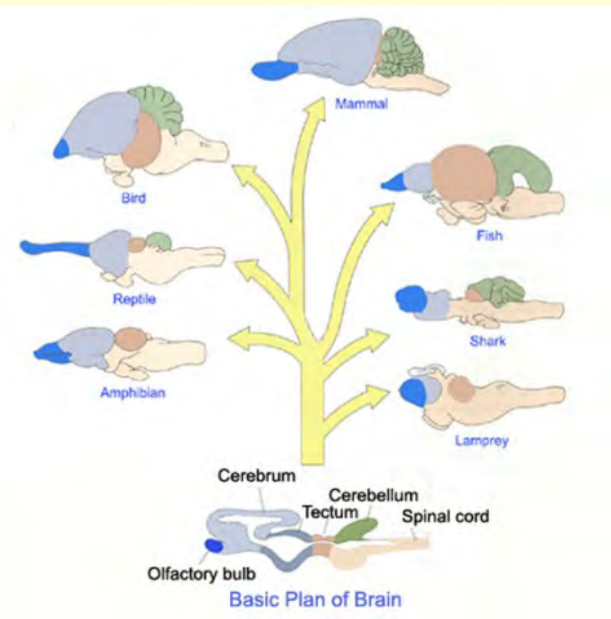
Inné

Mémoire de l'espèce
résultat de
Évolution des espèces

100%

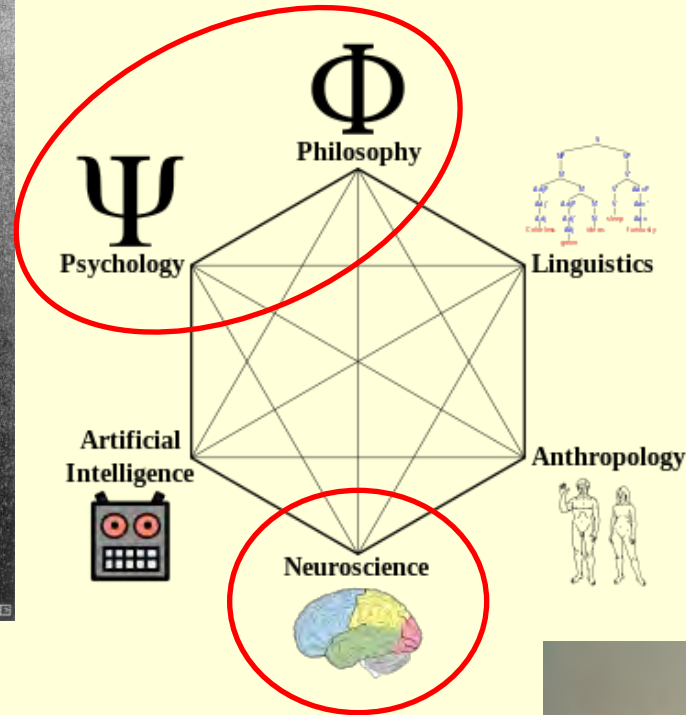
Acquis

Mémoire de l'individu
résultat de
Développement de l'individu

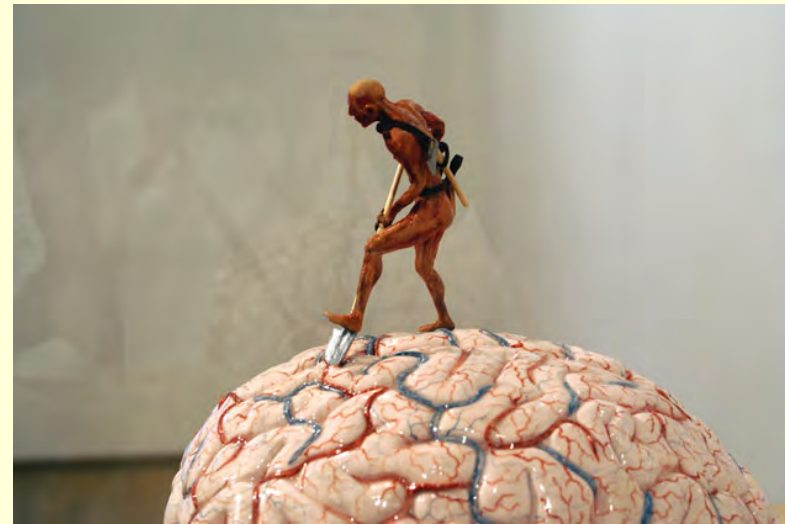


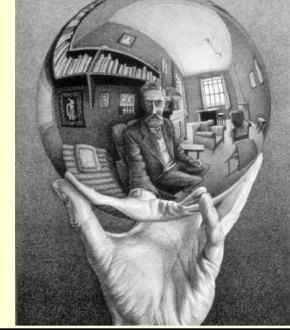
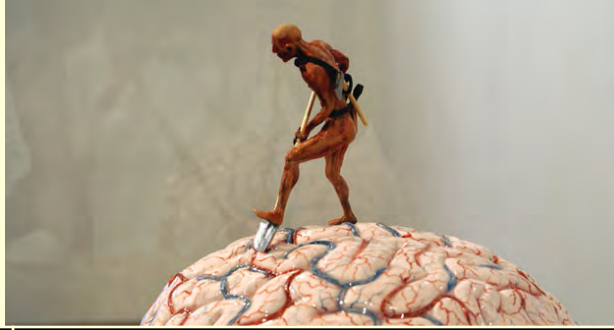


Approche « subjective »
ou à la 1^{ère} personne



Approche « objective »
ou à la 3^e personne





**« objective »
Ou à la 3^e personne**

**« subjective »
Ou à la 1^{ère} personne**

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

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

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

Il y a une heure...

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

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

Il y a 7-8 heures...

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

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

Plusieurs **grandes théories** ou « **paradigmes** »
se sont succédés pour tenter depuis un siècle
d'expliquer ce rapport entre la 1^{ère} et la 3^e personne,
entre pensée et cerveau...

...et ont des noms charmants (!) comme :

- Structuralisme
- Behaviorisme
- Cognitivism
- Connexionnisme
- Cognition incarnée

Mais avant de survoler cette succession
de paradigmes en sciences cognitives...

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

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

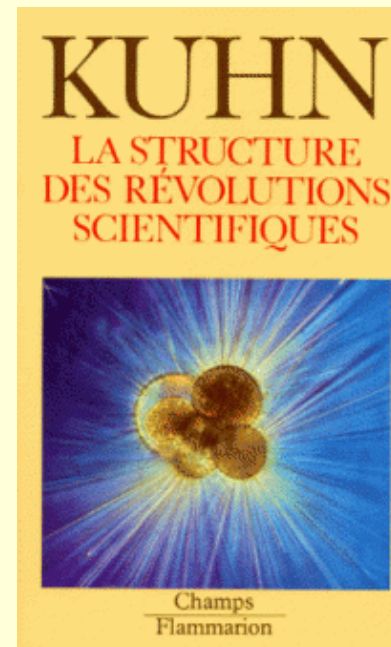
C'est l'idée qu'il y a, à une époque donnée,
« **UNE** » **théorie plus largement acceptée** au sein de
la communauté scientifique dans un domaine particulier.

Ce que Kuhn appelle aussi la « science normale ».

Les lois de ce paradigme dominant pourront être dérangées
périodiquement par des données « a-normales » qui,
lorsqu'elles deviennent trop nombreuses,
provoquent des **révolutions scientifiques**.

À des périodes calmes où règne un **paradigme dominant**
succèdent donc des **crises** de contestation pouvant déboucher
sur des remises en cause radicales paradigmes du moment.

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



XIX^e et début du XX^e siècle :

La tradition du structuralisme en psychologie

qui utilise l'introspection pour tenter de décrire les composantes élémentaires de l'esprit humain.



Le groupe de recherche de Wilhelm Wundt en 1880.

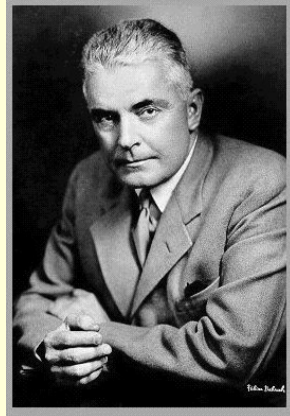
Une perception sensorielle reposait par exemple pour eux sur la structure des associations qu'on pouvait faire entre de nombreuses sensations (d'où le nom de “structuralisme”).

Cette approche fut critiquée pour la difficulté de vérifier expérimentalement ces démarches introspectives qui était très variables d'un laboratoire à l'autre.

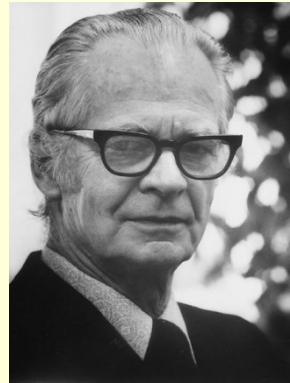
Behaviorisme

À partir des années 1920...

Pour ses pionniers, on **ne pouvait pas** bâtir une approche scientifique de la psychologie sur des états subjectifs de nature **privée** ou sur des jugements individuels basé sur des « états d'âme ».



J. B. Watson



B.F. Skinner

Behaviorisme



Cerveau = "boîte noire" = ce qui s'y passe est, par nature, méthodologiquement inaccessible et inobservable.

On s'intéresse donc seulement aux **stimuli** qui s'exercent sur l'organisme et les **réponses** que donne cet organisme.

Centré sur l'influence de l'environnement sur nos processus mentaux.

Conditionnement classique



Ivan Pavlov

Par conséquent, un de leur **champ de recherche favori** était **l'apprentissage associatif**.

Conditionnement classique

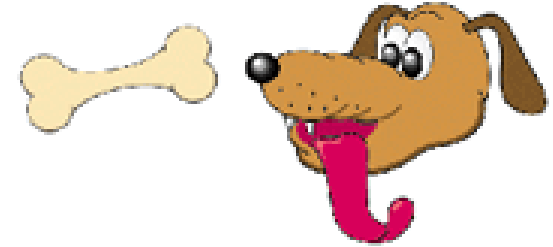


Ivan Pavlov

Avant le conditionnement

Os

Salivation



Cloche

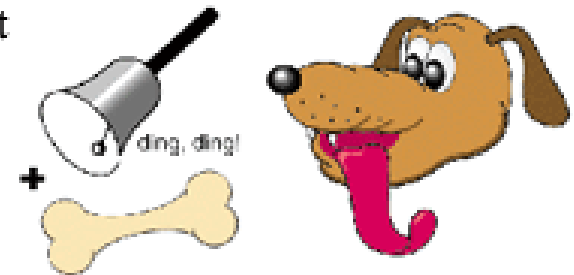
**Aucune
réponse**



Pendant le conditionnement

**Cloche
+
Os**

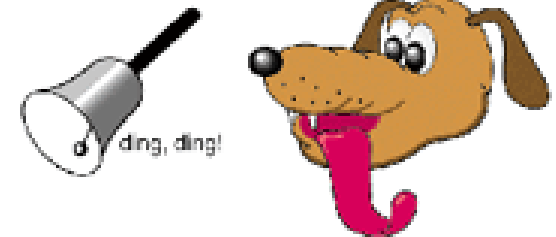
Salivation



Après le conditionnement

Cloche

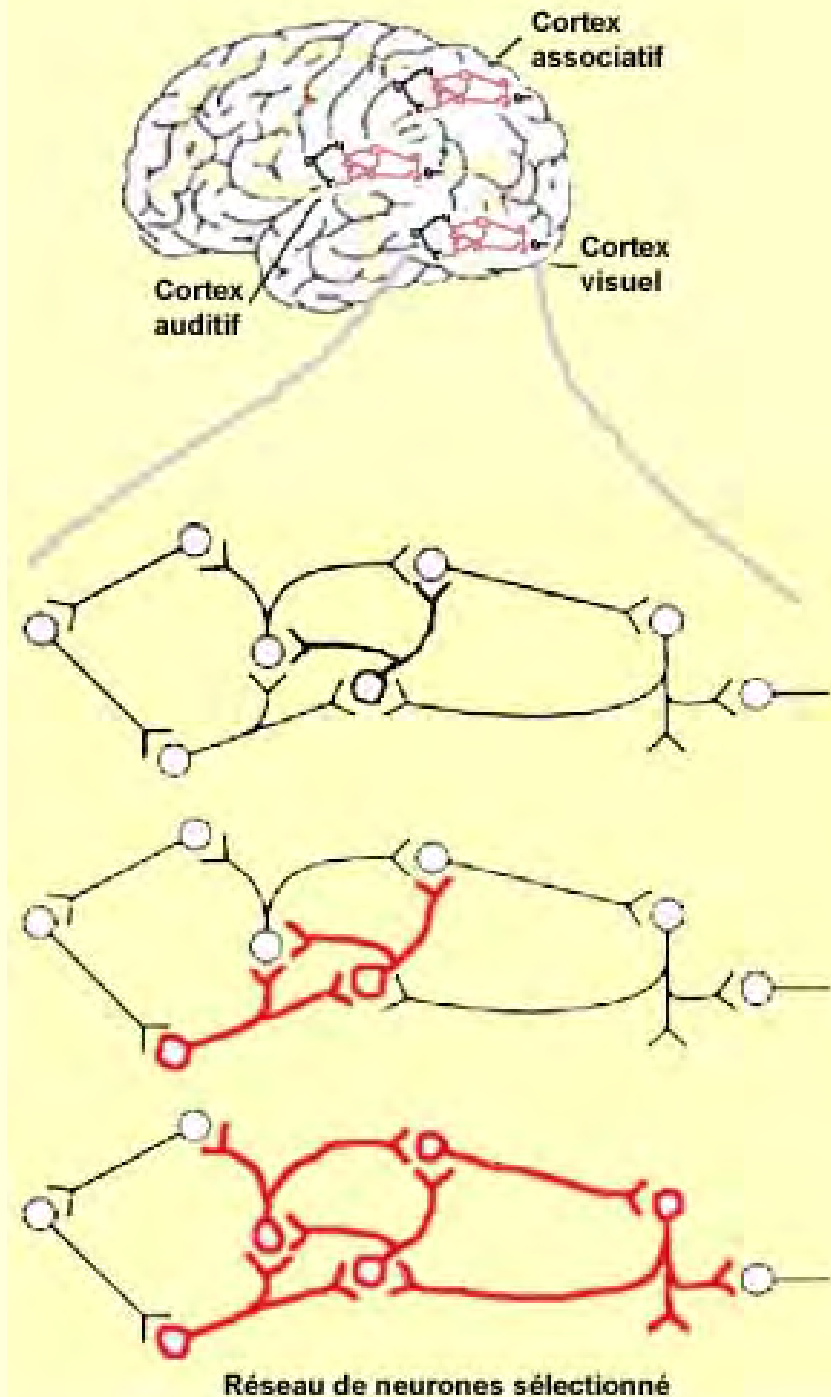
Salivation



En passant, on découvrira plus tard que ces apprentissages associatifs correspondent à la formation de réseaux de **neurones** dont les connexions vont se renforcer.

C'est cette **plasticité neuronale**, apparue dès les premiers systèmes nerveux, qui est à la **base de notre mémoire**.

Cours 3: A- Évolution de nos mémoires et rôle de l'hippocampe
B- Apprendre à associer, de la liste d'épicerie aux championnats de mémoire



Bref, les behavioristes refusèrent toute spéculation sur des états mentaux et bannirent des sujets d'étude comme **la pensée, l'esprit, la conscience ou l'imagination**, et des constructions hypothétiques comme **les symboles, les idées ou les schémas**.

Ça fait beaucoup dans la poubelle...

D'où cette blague de ses détracteurs qui faisaient remarquer qu'un behavioriste qui en rencontre un autre n'aurait pas d'autres choix que de lui dire :

« Vous semblez aller bien aujourd'hui !
Et moi, comment vais-je ? »...

Un peu plus tard, vers le milieu du XX^e siècle se développe la **linguistique**, discipline scientifique consacré à l'une de nos capacités mentales les plus sophistiquées, **le langage**.

Une des critiques les plus sévères du béhaviorisme va venir du linguiste **Noam Chomsky** qui, en **1959**, affirme que « vouloir étendre le modèle béhavioriste de l'apprentissage à la linguistique est **sans espoir**. »

Pour lui, nos compétences linguistiques ne peuvent être expliquées sans admettre que les êtres humains possèdent un répertoire important de **structures cognitives complexes** qui président à l'usage du langage.



Cognitivism

Domine les sciences cognitives du milieu des années 1950 aux années 1980.



Considère à nouveau l'esprit qu'il compare à un ordinateur.

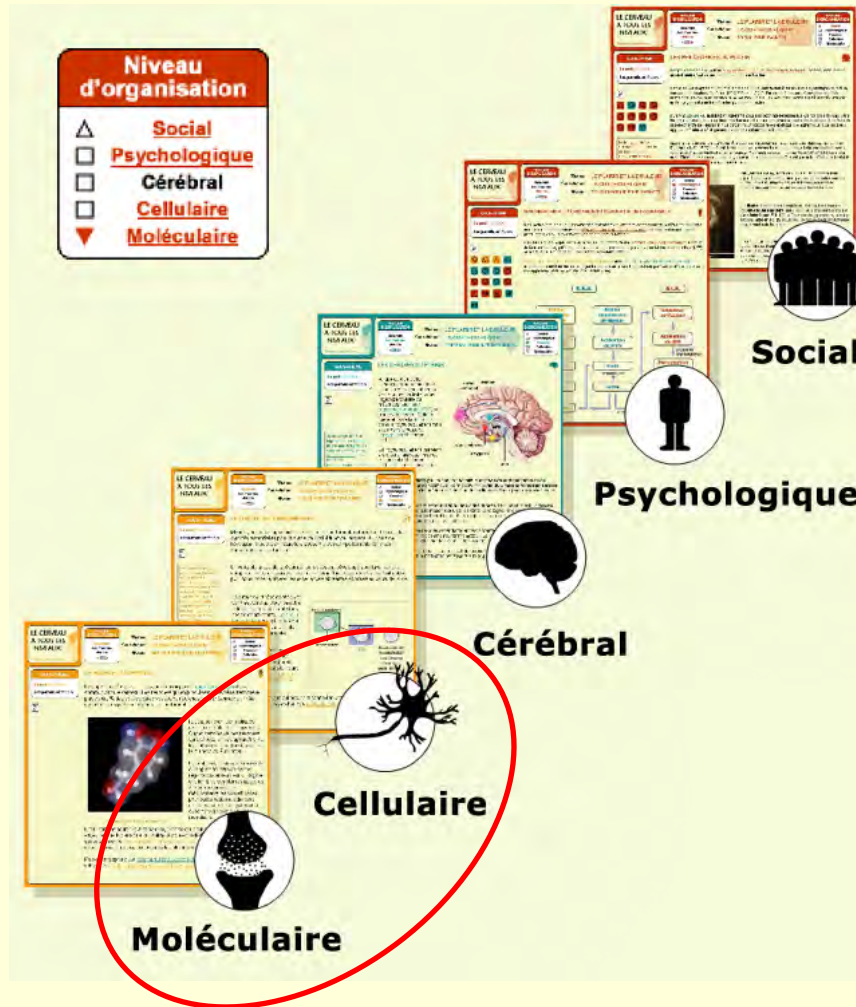
Ici, la cognition c'est le traitement de l'information :

la **manipulation de symbole** à partir de règles.

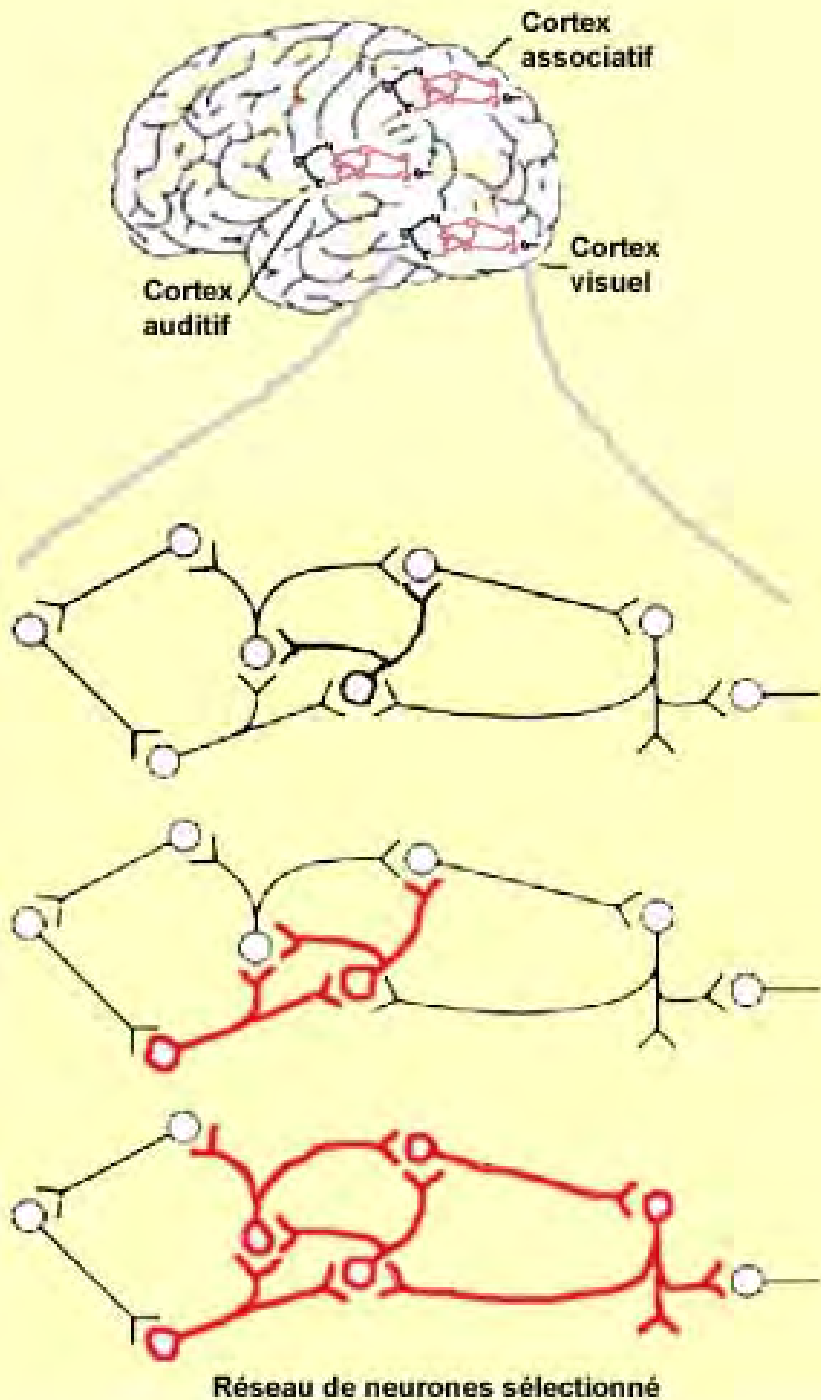
L'assurance tranquille du paradigme dominant... ;-)

Durant l'âge d'or du cognitivisme dans les **années 1970**, les cognitivistes aimaient à dire que leur approche était "the only game in town" (Fodor 1975, 1981).

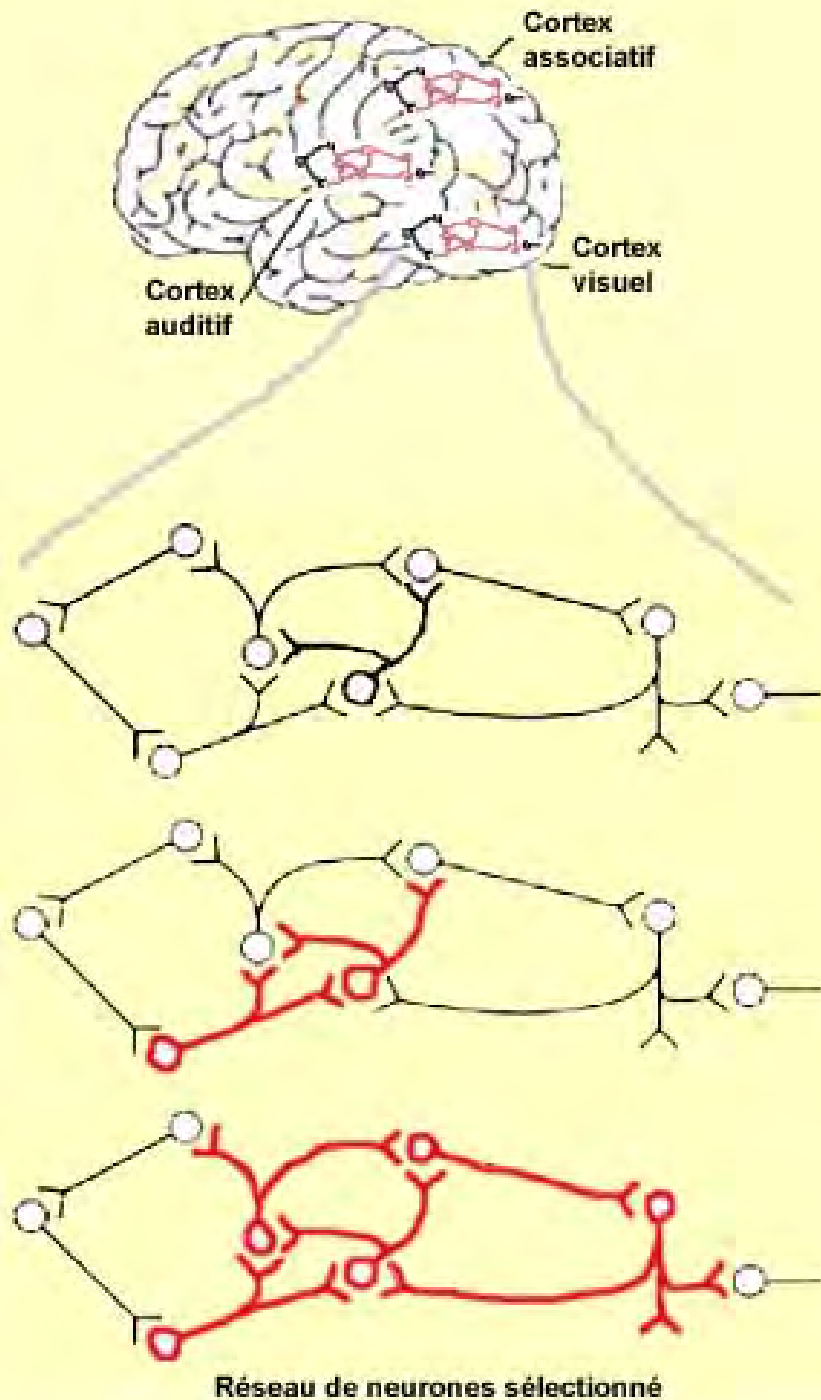




Dans les années 1970 aussi : **Neurosciences et biologie moléculaire...**

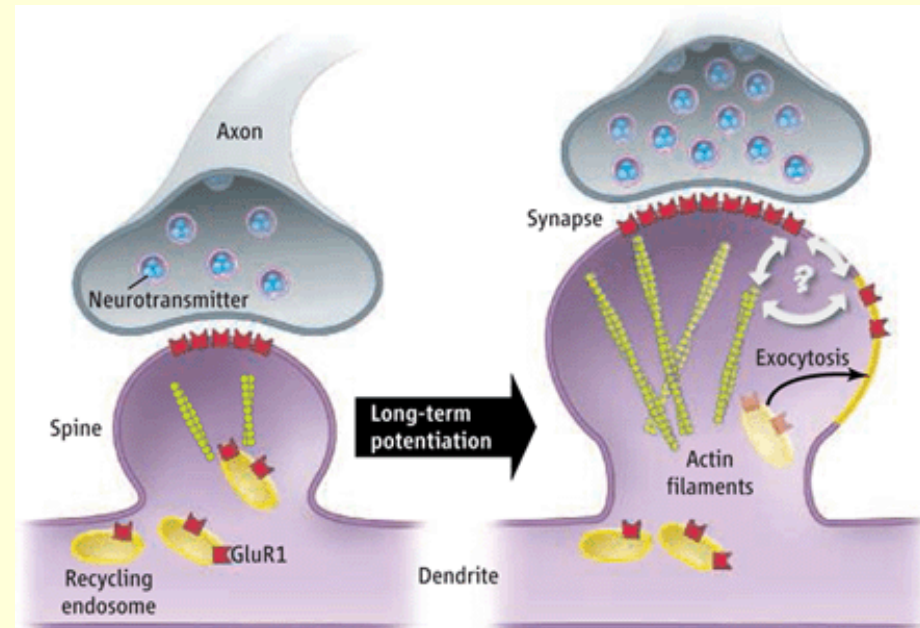


On a dit tantôt que lorsqu'on apprend, on renforce des connexions pour former des groupes de neurones qui vont devenir **habitués** à travailler ensemble.



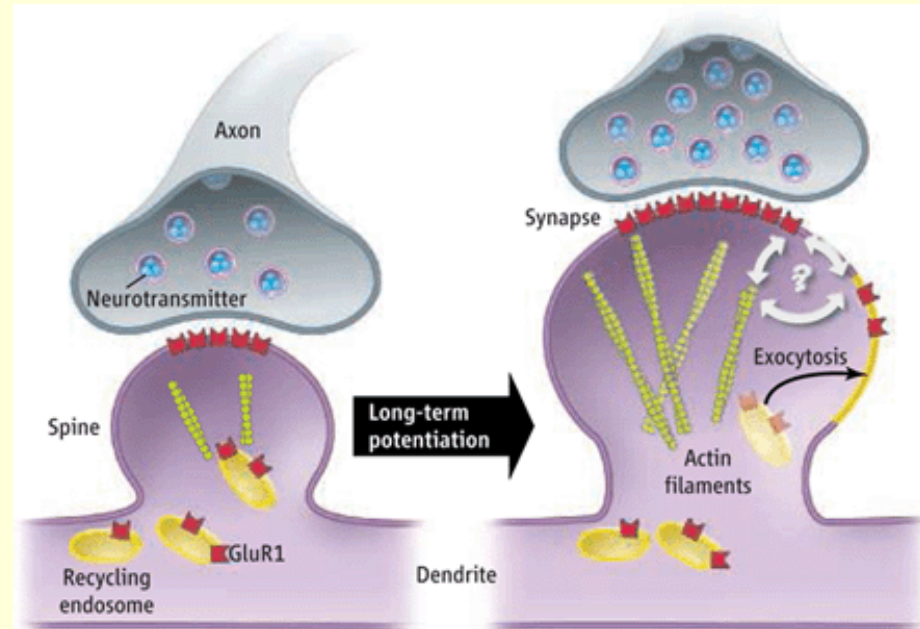
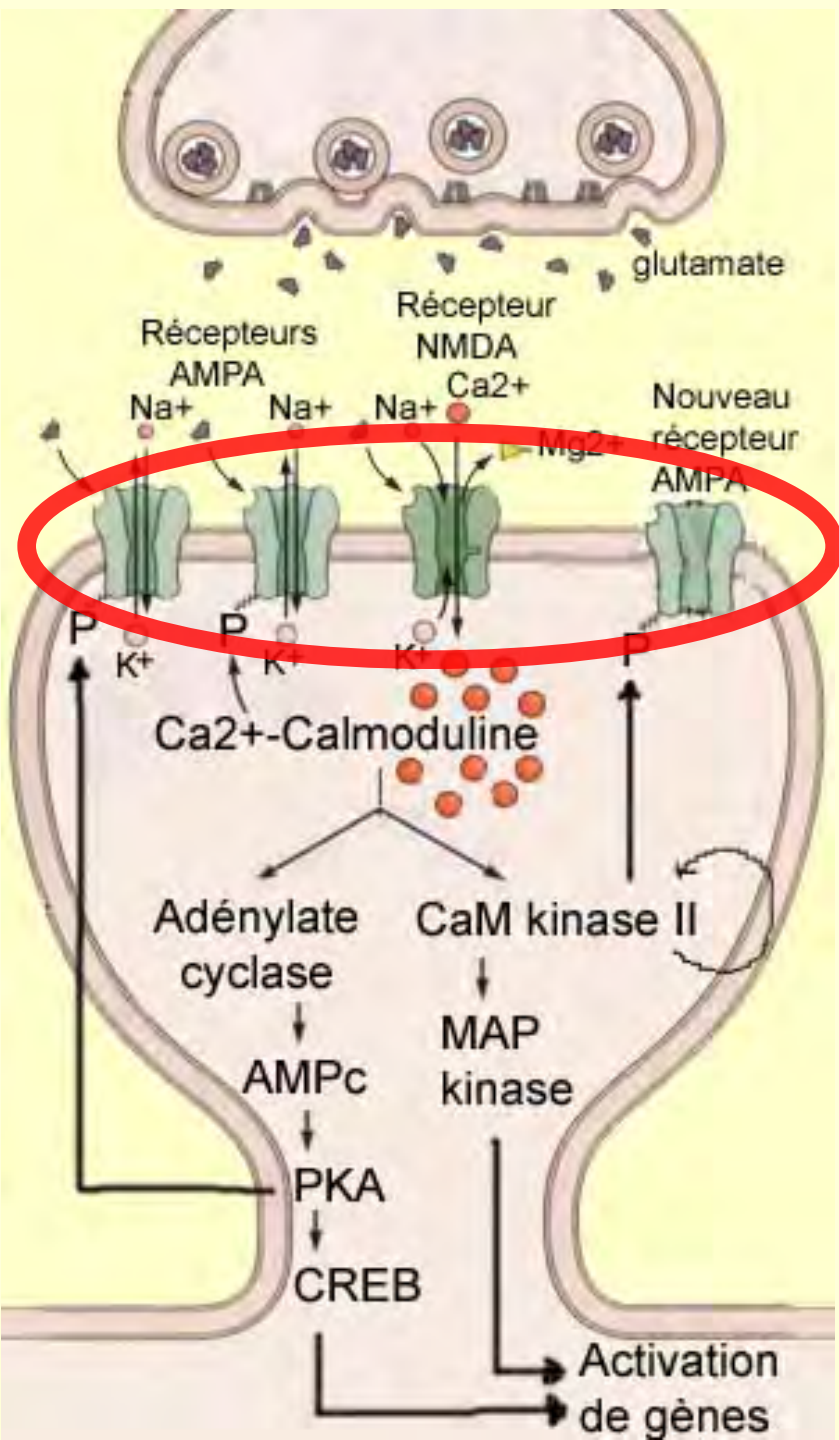
Comment ?

Grâce aux synapses qui se renforcent !

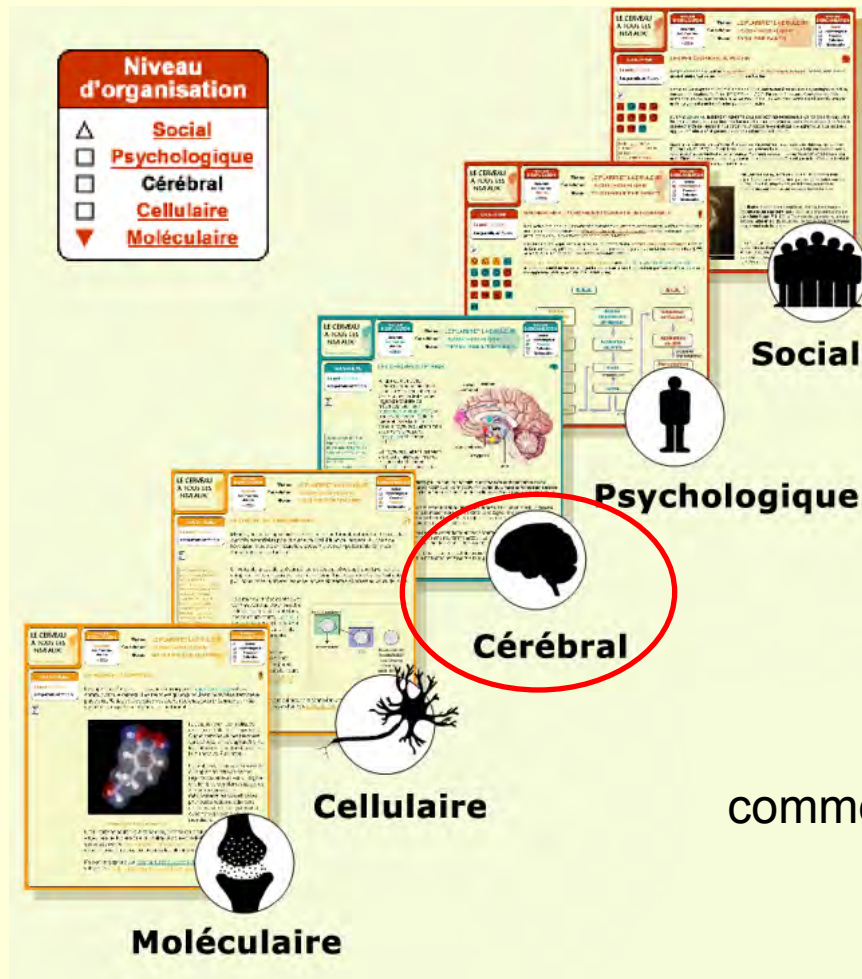


Comment ?

Grâce aux synapses
qui se renforcent !



Cours 2: A- Modèles scientifiques et
théorie du neurone
B- Mise à jour de la théorie du
neurone



Années 1980 :

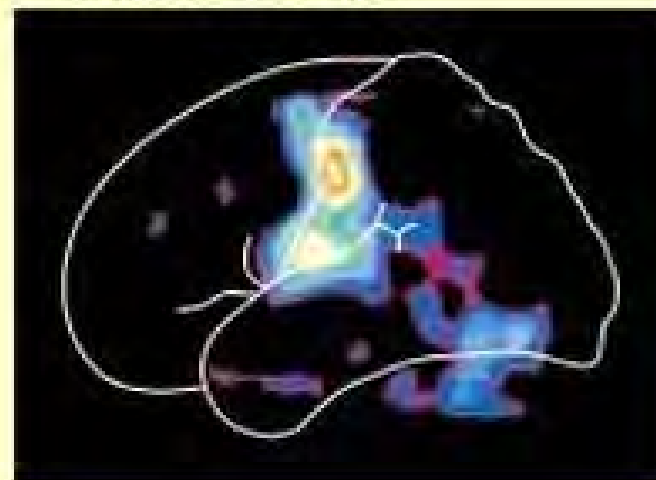
l'imagerie cérébrale commence à se développer

PET scan

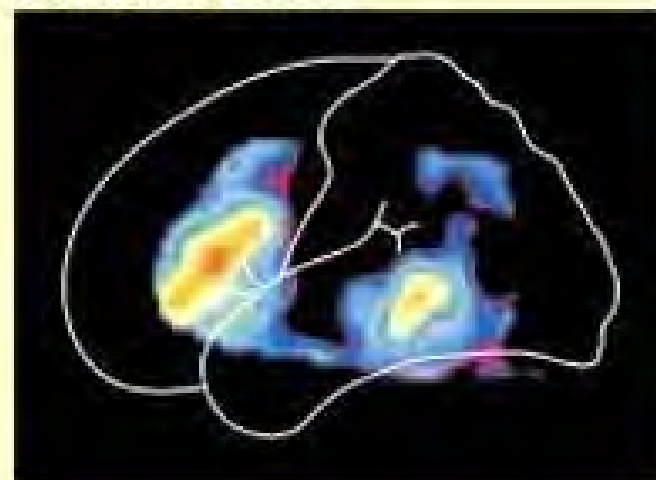
Voir passivement des mots



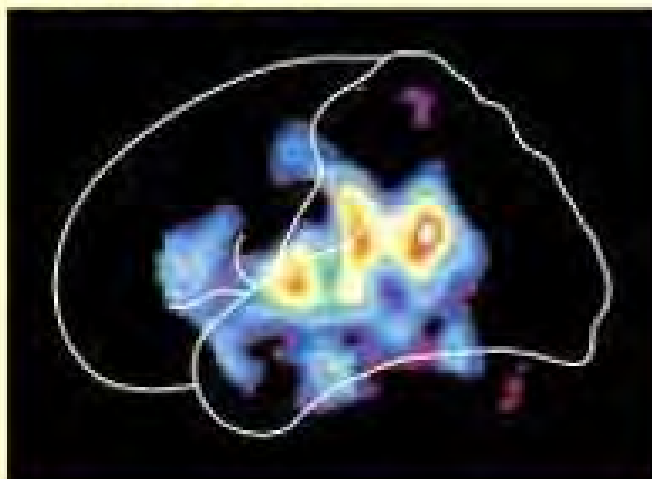
Prononcer des mots



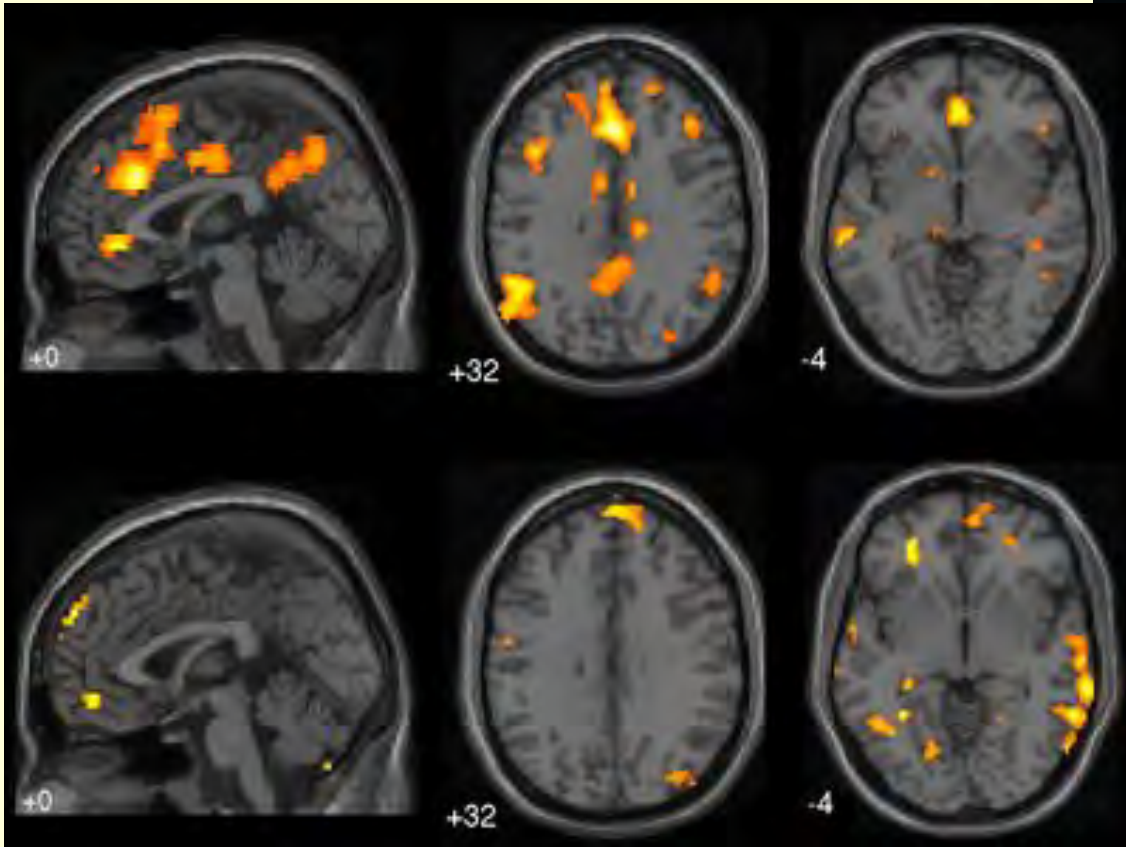
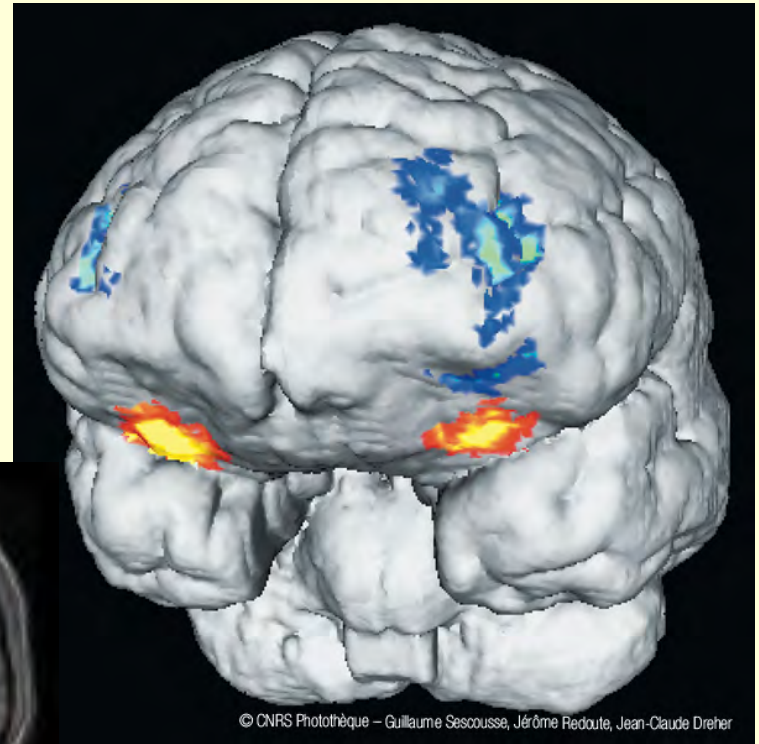
Générer des mots



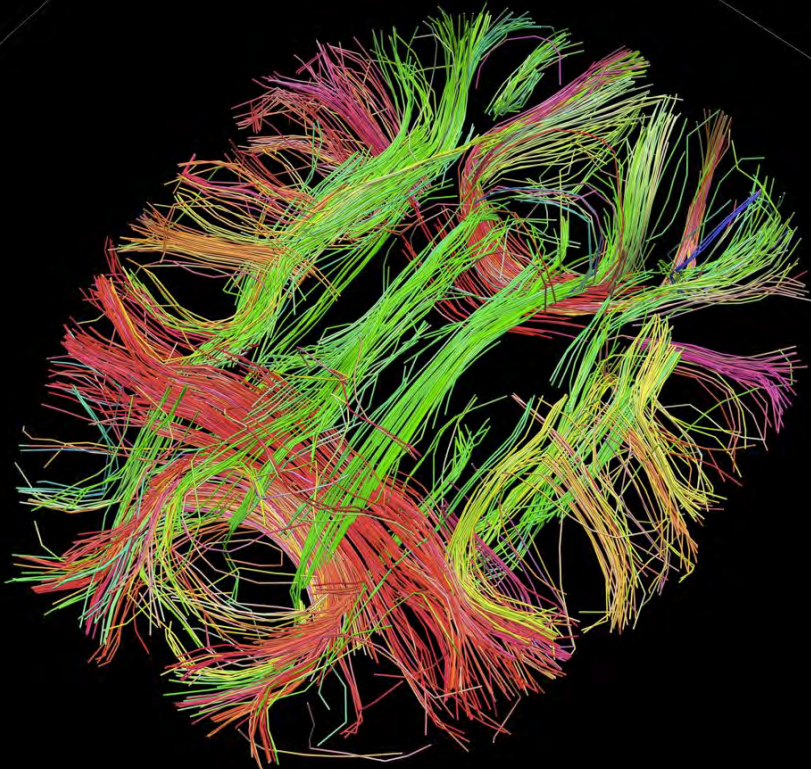
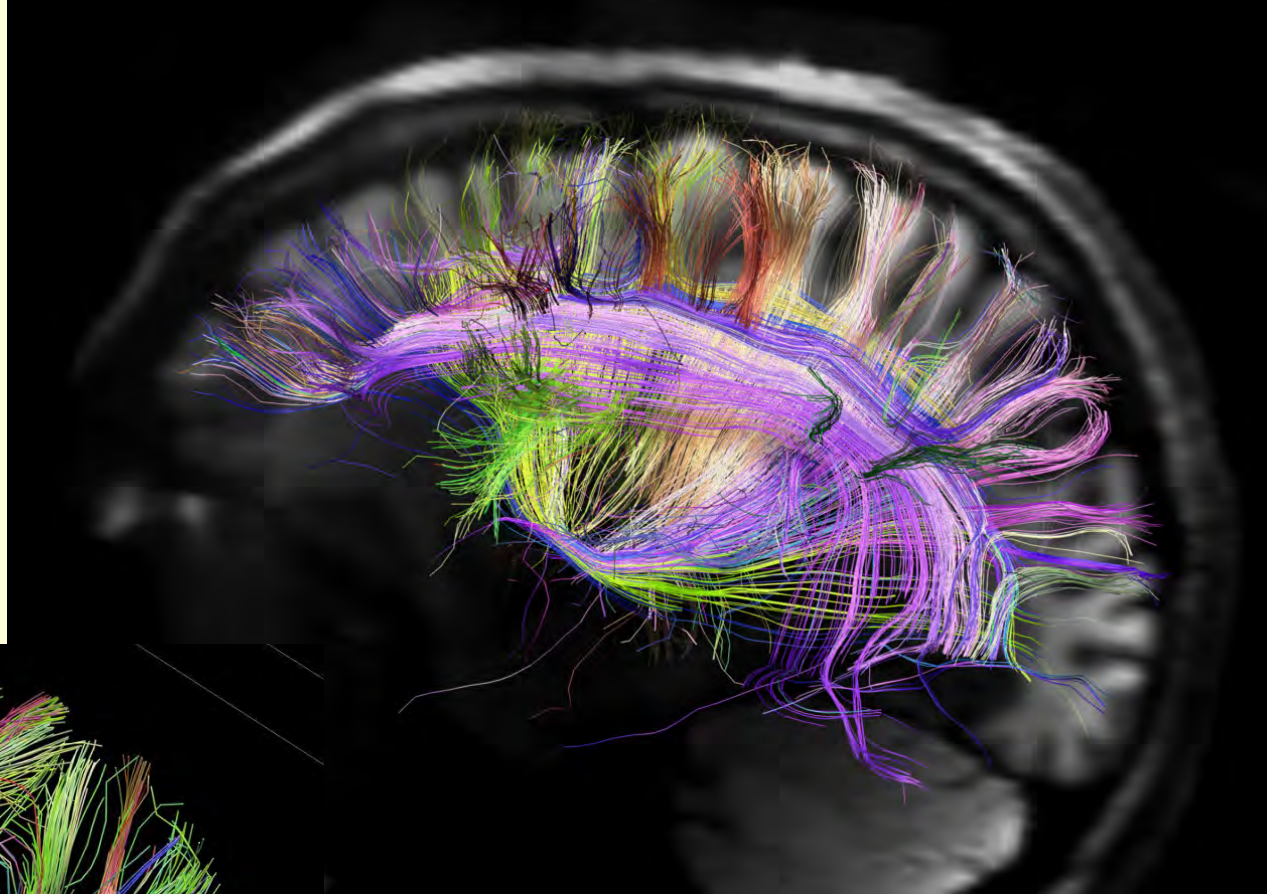
Écouter des mots



L'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf)



L'IRM de diffusion



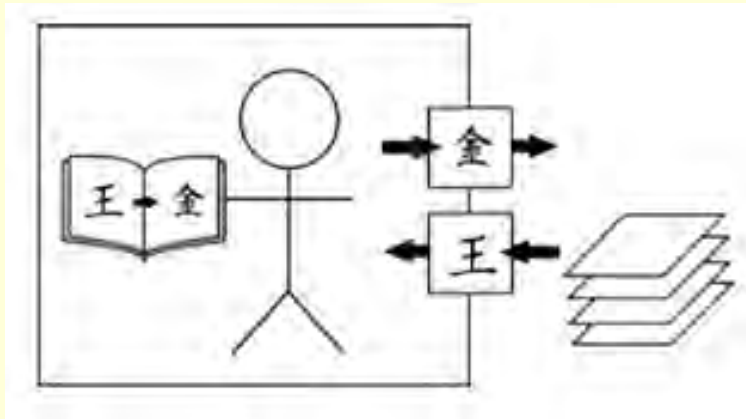
Cours 4 :

B- Imagerie cérébrale et réseaux fonctionnels

Revenons au **cognitivism**e et à ses **critiques, problèmes, failles**, etc...

A partir des **années 1980**, le philosophe **John R. Searle**, développe une série d'arguments pour démontrer que **l'ordinateur ne pense pas** car il **n'a pas accès au sens.**

L'argument de la « chambre chinoise » :
une machine ne fait que manipuler des
symboles abstraits,
sans en comprendre la signification.



Elle peut traduire mot à mot un texte dans deux langues étrangères
si elle dispose d'un dictionnaire de correspondances.

Mais ne comprenant pas le sens des mots utilisés : comment choisir entre
« *weather* » ou « *time* » pour traduire le mot français « temps »,
si on n'a pas accès à son sens ?

Vers le connexionnisme...

Le cognitivisme voulait aussi simuler les performances d'un expert humain adulte.

Vers le connexionnisme...

Le cognitivisme voulait aussi simuler les performances d'un expert humain adulte.

Mais comme il ne réussissait bien qu'à résoudre que des tâches plus circonscrites et locales (l'exemple du jeu d'échecs...),



Vers le connexionnisme...

Le cognitivisme voulait aussi simuler les performances d'un expert humain adulte.

Mais comme il ne réussissait bien qu'à résoudre que des tâches plus circonscrites et locales (l'exemple du jeu d'échecs...),

une conviction s'est développée : la forme **d'intelligence** la plus fondamentale n'est peut-être pas celle de l'expert, mais bien celle d'un... **bébé !**

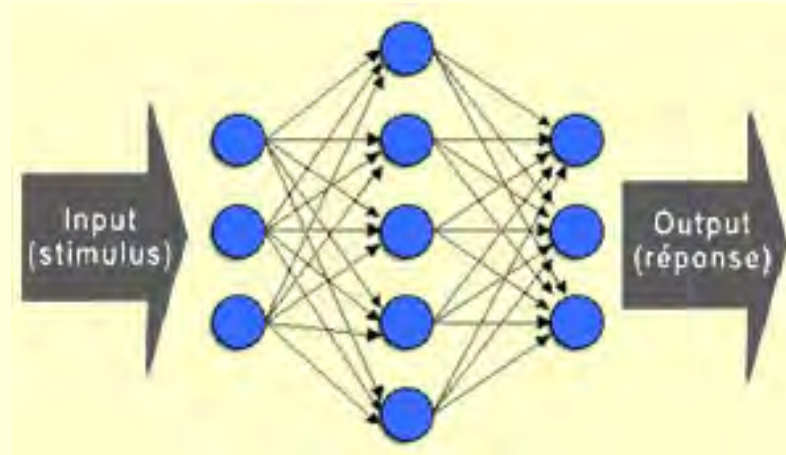
Car un bébé peut acquérir le langage et constituer des objets signifiants à partir de ce qui semble être une masse informe de stimuli.

Il fallait donc chercher plutôt à simuler l'intelligence du bébé qui apprend.



Connexionnisme

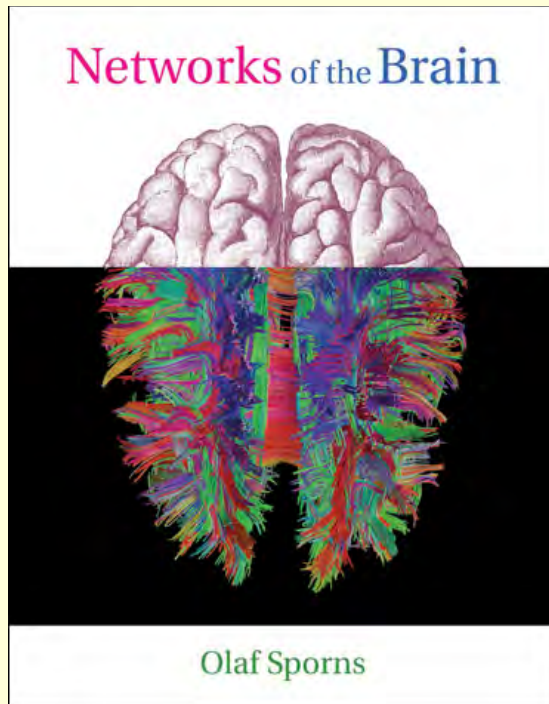
Commence à remettre en question l'orthodoxie du cognitivisme au début des années 1980.



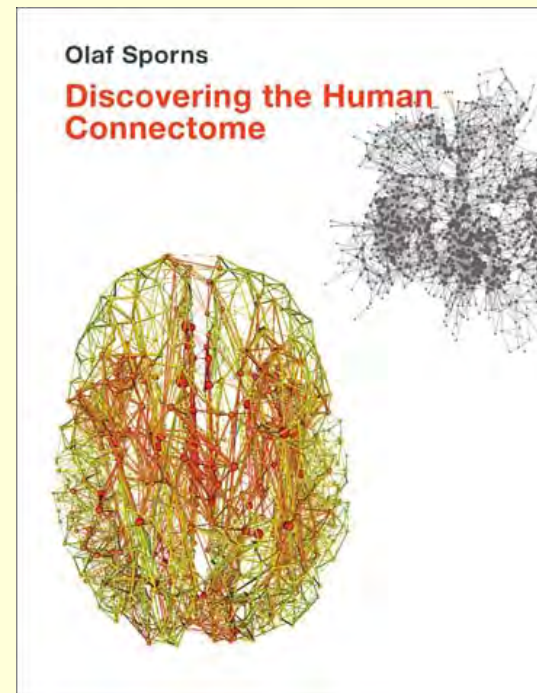
Il prend en compte le **cerveau** et essaie de comprendre la cognition avec des réseaux de neurones.

Et on va essayer de voir un peu plus tard dans le cours où on en est aujourd'hui avec les différents projets de cartographies des voies cérébrales à grande échelle

en vue d'établir le « **connectome** » humain.



2010



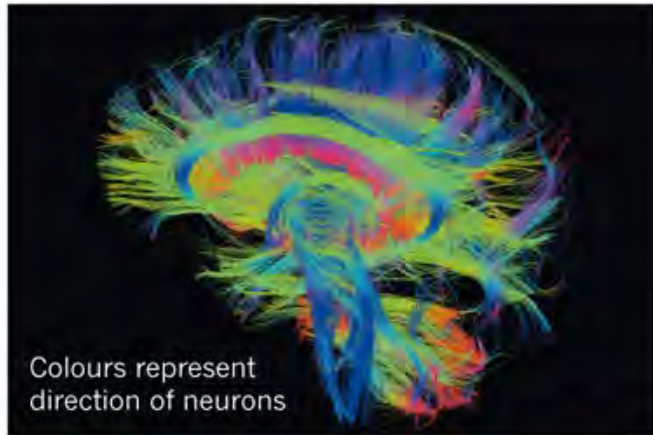
2012

Ce qui nécessite la mise en commun de données recueillies avec différentes techniques.

Cours 4 :
A-
Cartographier notre connectome

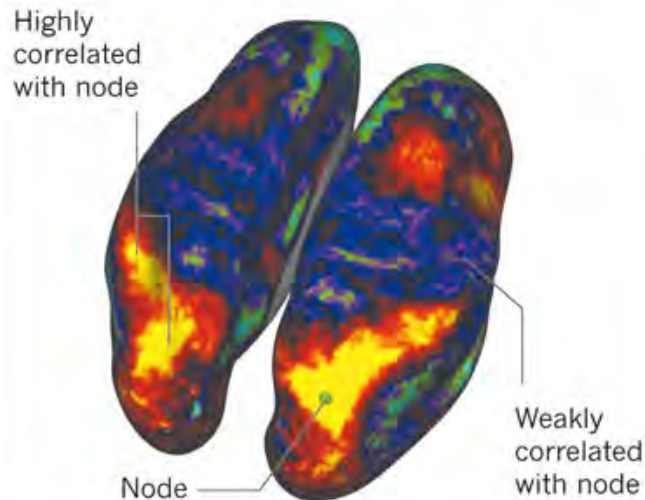
Mapping structure

Diffusion spectrum imaging detects the movement of water molecules that flow along nerve fibres in the brain. The result is a map of the brain's neuronal network.



Mapping function

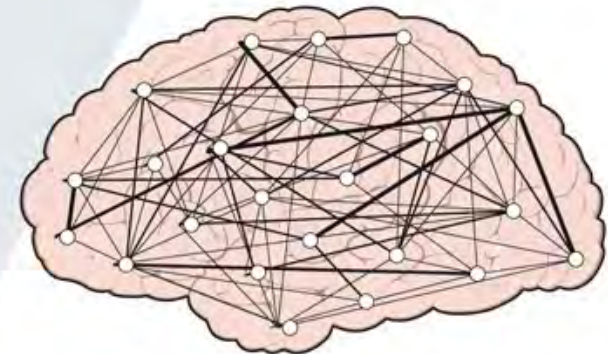
Resting-state functional MRI maps resting brain activity, then looks for correlations between one area and another. Highly correlated areas are thought to have some kind of functional link.



The brain has many areas specialized for specific functions, some of which are shown here.



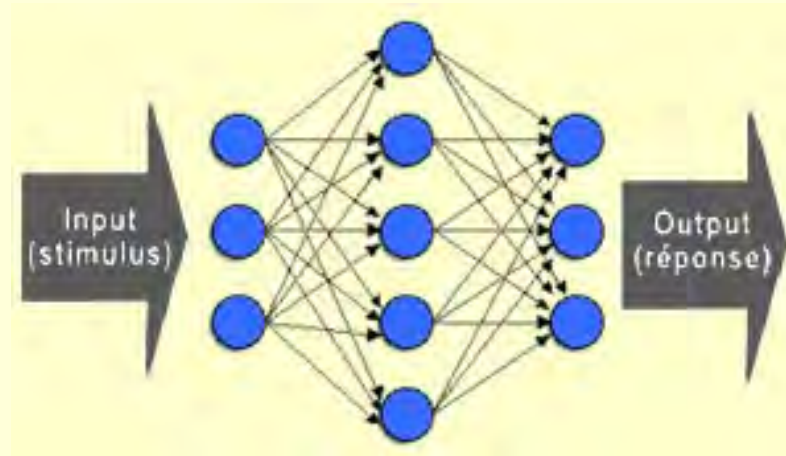
Data on structure and function can be combined and analysed using tools such as network theory.



The connectome ties these areas together, allowing the brain to function as a coherent whole. The project's goal is to understand how the connectome works.

Connexionnisme

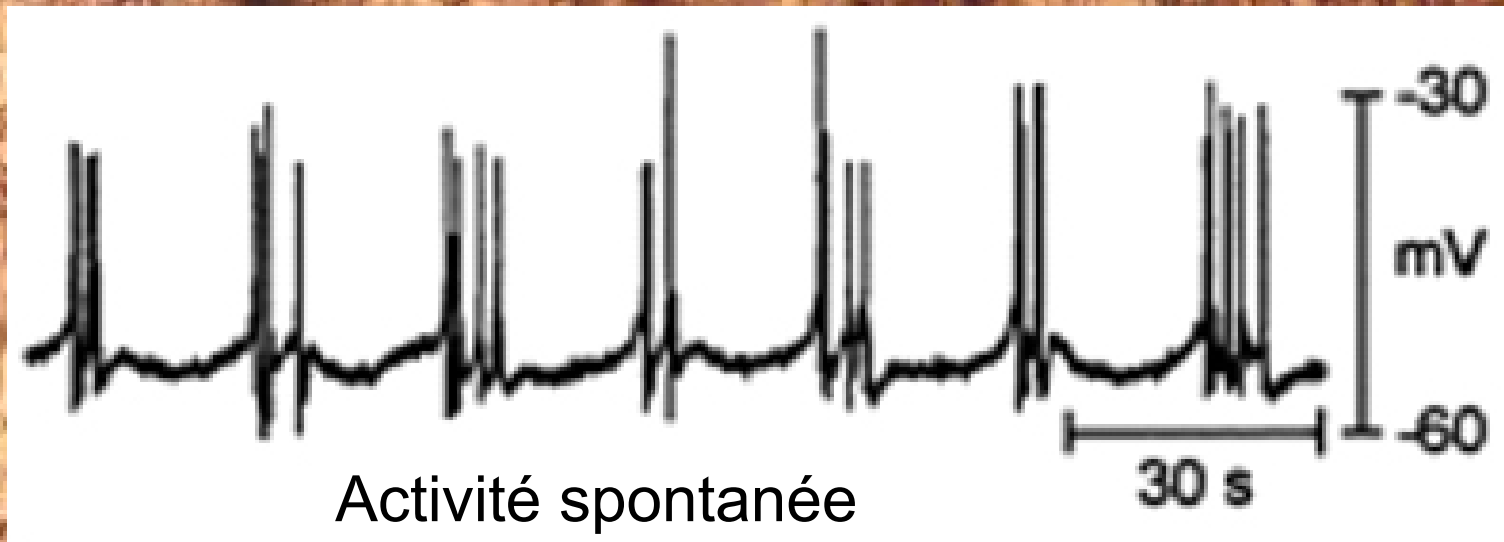
Commence à remettre en question l'orthodoxie du cognitivisme au début des années 1980.



Il prend en compte le **cerveau** et essaie de comprendre la cognition avec des réseaux de neurones.

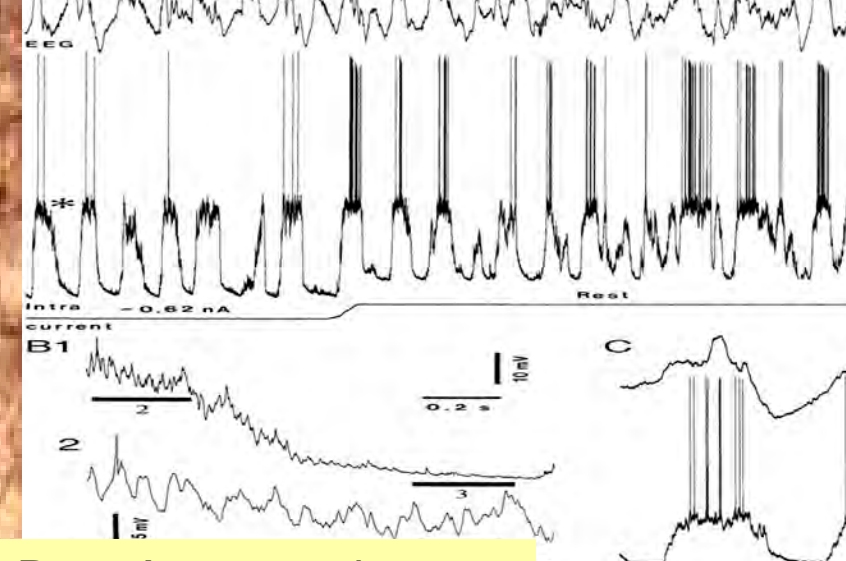
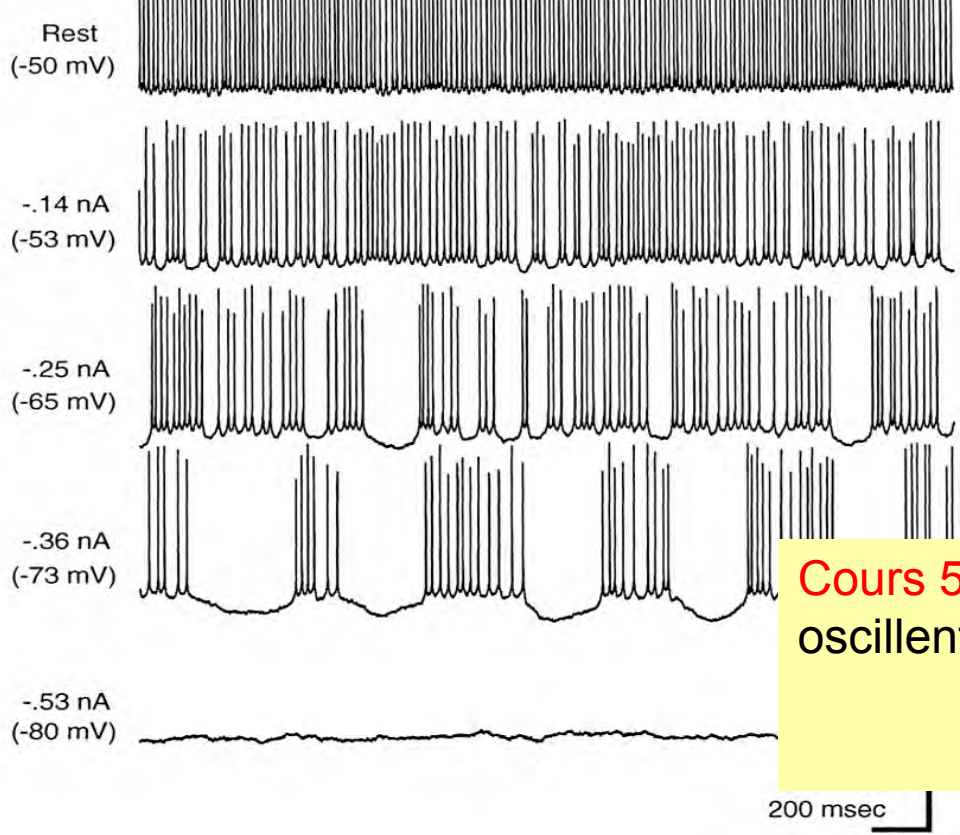
Plus une affaire **d'entraînement** que de programmation.

La cognition émerge d'états globaux dans un réseau de composants simples.



85 000 000 000 neurones

Chaque neurone peut faire
jusqu'à 10 000 connexions
avec d'autres neurones.



Cours 5 : A- Des réseaux qui oscillent à l'échelle du cerveau entier
 B- Éveil, sommeil et rêve

Mozart
 Symphony No. 31
 in D Major
 K. 297
 "Paris"

Allegro assai.

Flauti.
 Oboi.
 Clarinetti in A.
 Fagotti.
 Corni in D.
 Trombe in D.
 Timpani in D.A.
 Violino I.
 Violino II.

85 000 000 000 neurones

Chaque neurone peut faire jusqu'à 10 000 connexions avec d'autres neurones.

Systemes dynamiques incarnés

À partir du début des années 1990,

les **systemes dynamiques incarnés** vont critiquer
le cognitivisme **et** le connexionnisme

Ils vont prendre en compte non seulement le cerveau, mais le **corps**
particulier d'un organisme et l'environnement dans lequel il évolue...



Systemes dynamiques incarnés

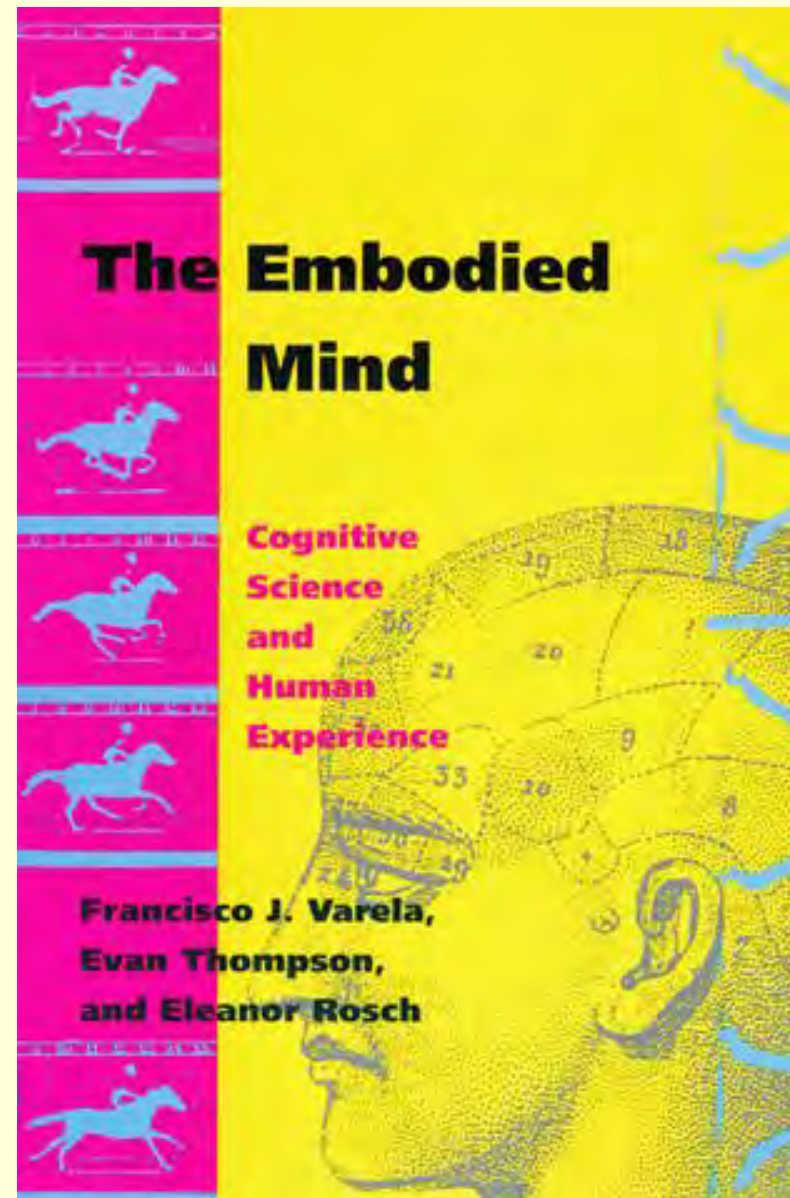
À partir du début des années 1990,

les **systemes dynamiques incarnés** vont critiquer
le cognitivisme **et** le connexionnisme

Ils vont prendre en compte non seulement le cerveau, mais le **corps**
particulier d'un organisme et l'environnement dans lequel il évolue...



...et ce, en **temps réel** !



1991

Pendant longtemps :

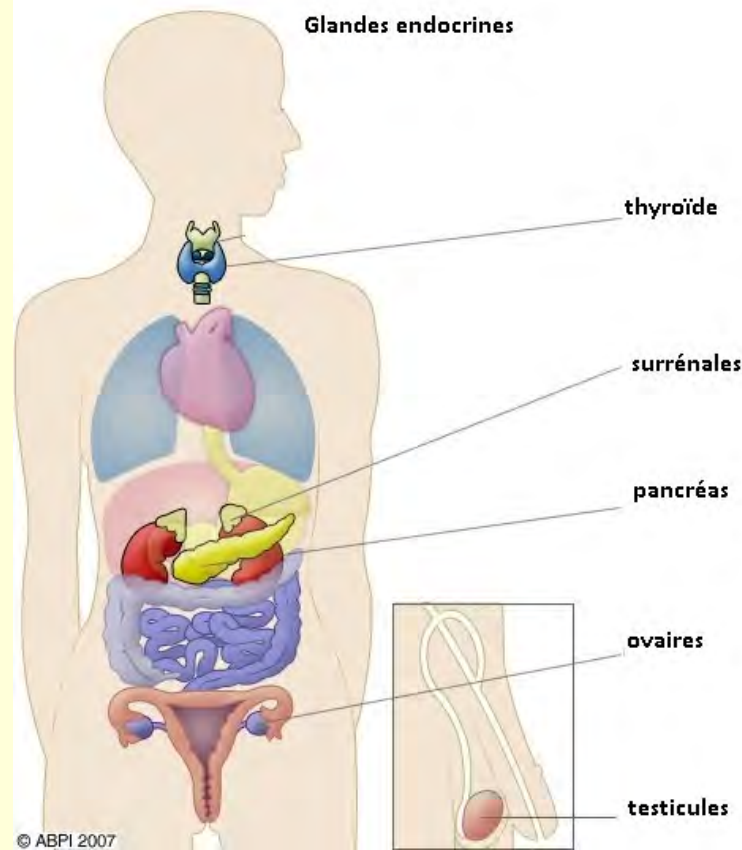
Cerveau

neurotransmetteurs

~~SÉPARATION~~

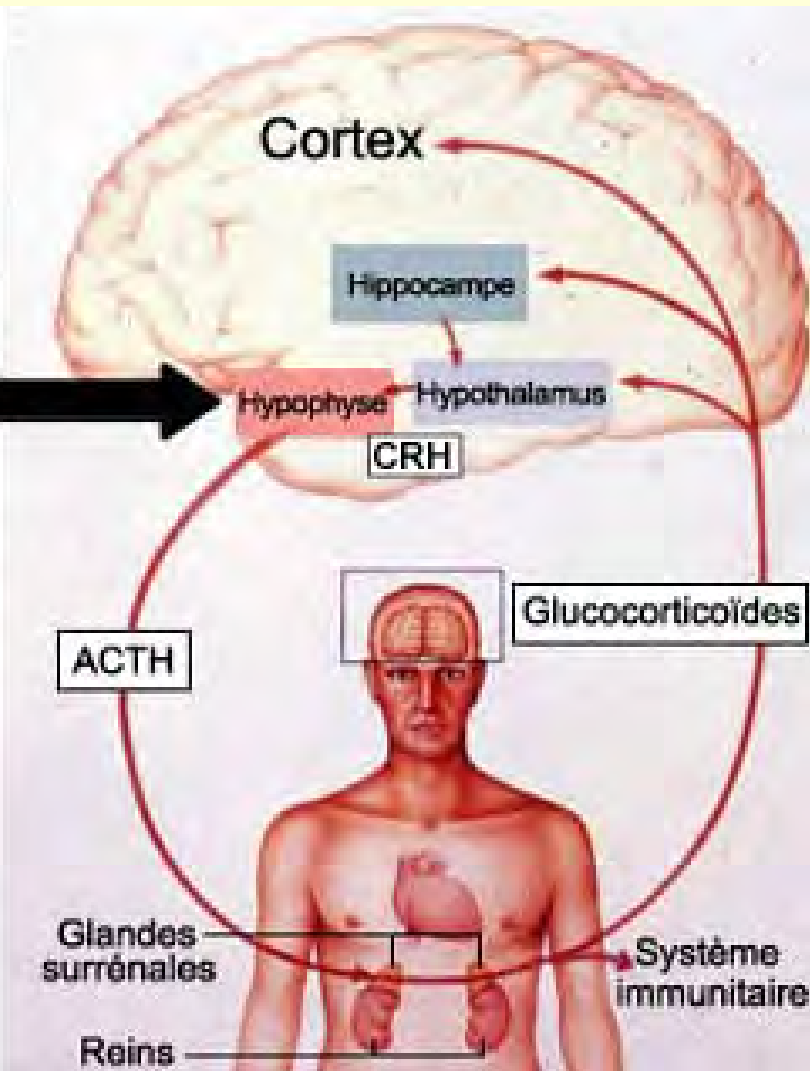
Corps

hormones



La Neuroendocrinologie

- étudie les interactions entre le **système nerveux** et le **système endocrinien**



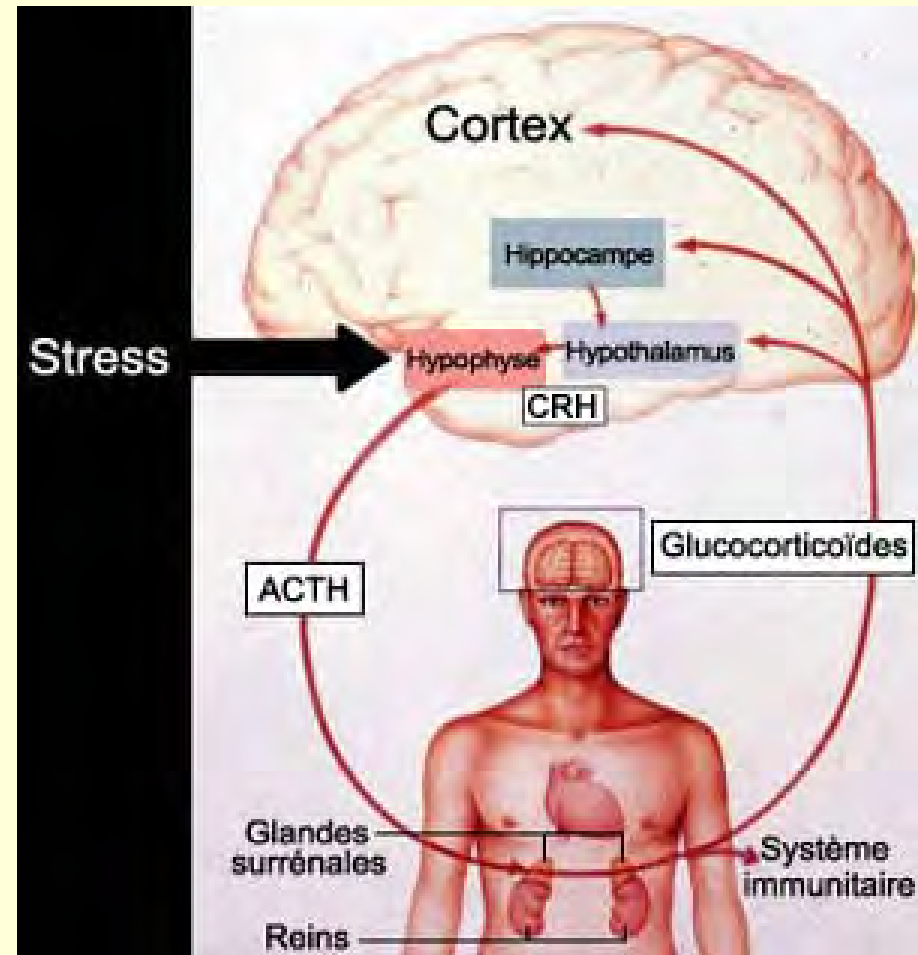
Certaines hormones, comme les glucocorticoïdes, qui demeurent à un taux élevé durant une longue période dans le sang, vont **affaiblir le système immunitaire** et même affecter le cerveau.

D'où les **maladies dites « de civilisation »** que l'on peut associer à l'inhibition de l'action (maladies cardio-vasculaire, ulcère d'estomac, etc)

Cours 7 : A- La cognition située dans un « corps-cerveau-environnement »

B- Exemples de modèles de cognition incarnée

Neuro-psycho-immunologie

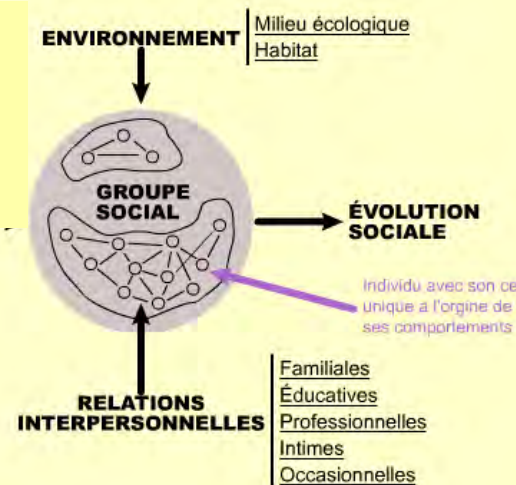
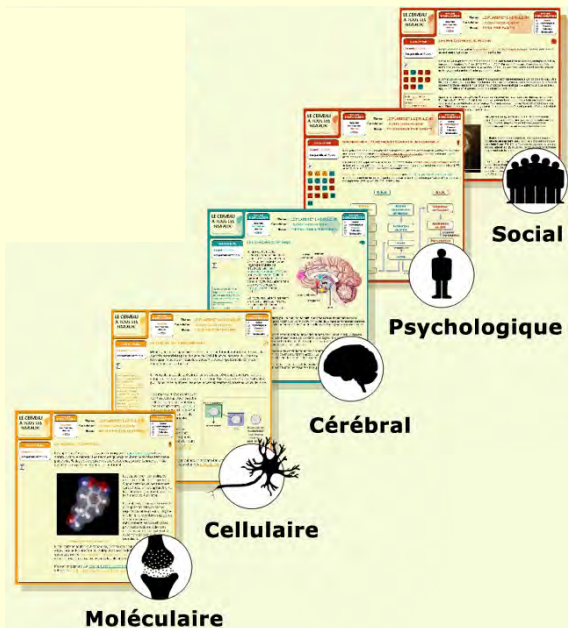


Des notions qu'il faudrait enseigner plus largement et dès le plus jeune âge pour Henri Laborit qui écrivait :

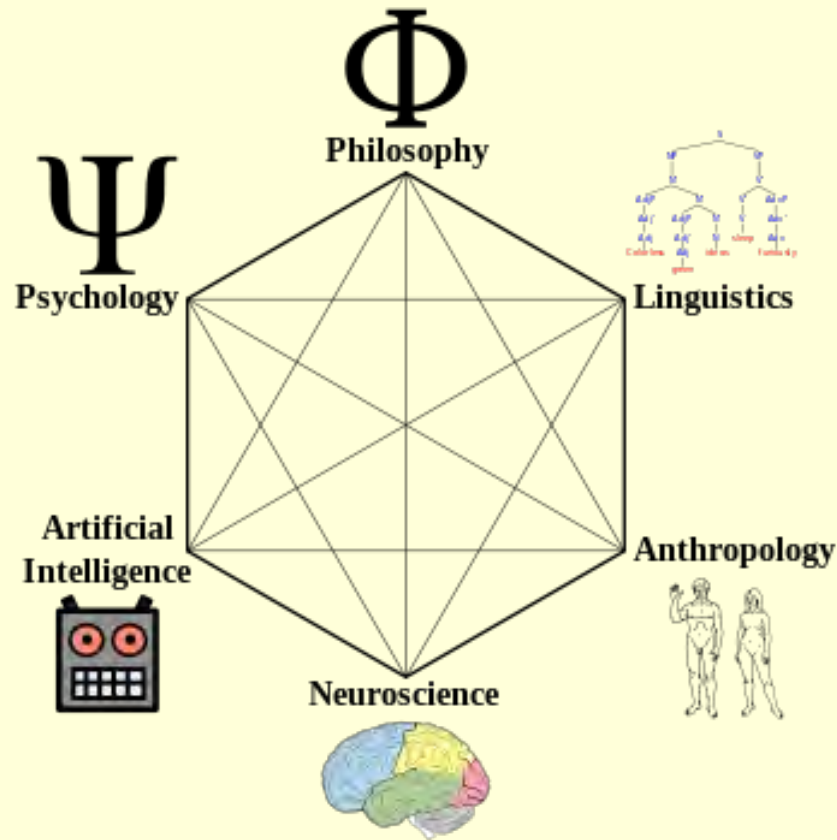
« Chaque heure passée par un enfant sur un banc d'école devrait commencer par définir la structure de ce qui va être dit **dans les structures d'ensemble.**

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

Cours 8 : A- Libre arbitre et neuroscience
B- Vers une neuropédagogie ?



J'ai l'impression que Laborit
se sentirait quand même moins seul aujourd'hui
dans ce réseau transdisciplinaire
que sont devenues les **sciences cognitives**
et dont les **neurosciences** font partie.



Avec des congrès
comme celui-ci

tenu en 2008 et
ayant pour titre

« Des molécules à
la pensée ».

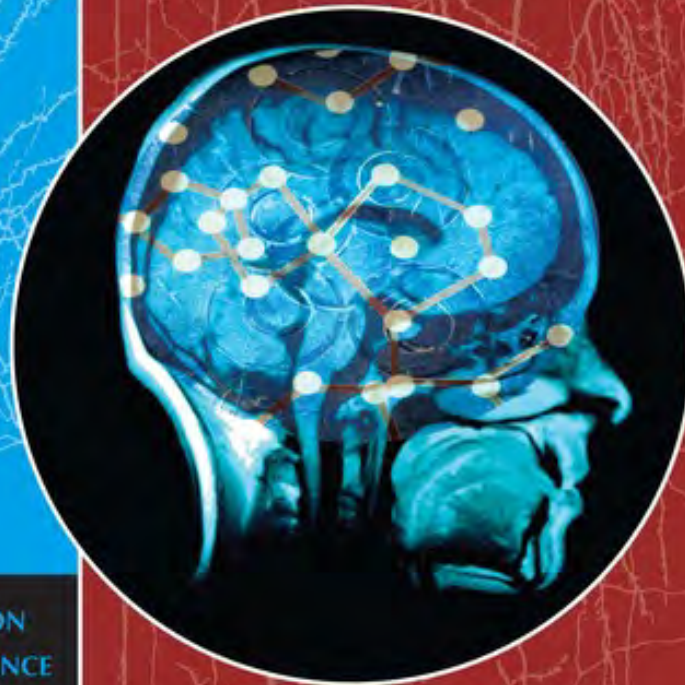
Cours 6 : A- Penser à partir de ce
que l'on perçoit : l'exemple de la
lecture, la catégorisation, les
concepts, les analogies

B- Les « fonctions
supérieures » : langage,
attention, conscience

INSTITUTE OF MEDICINE
OF THE NATIONAL ACADEMIES

FROM MOLECULES TO MINDS

Challenges for
the 21st Century



FORUM ON
NEUROSCIENCE
AND NERVOUS
SYSTEM
DISORDERS

WORKSHOP SUMMARY

« [...] all fields require actors who are sensitive to the **anomalies** which constantly surround us.

These anomalies must be maintained in a state of suspension or cultivation while one can find an alternative expression which reformulates the anomaly as a central problem of life and knowledge.”

– F. Varela



Invitation aux sciences cognitives, Francisco Varela, Seuil, 1988.

<http://4cristol.over-blog.com/article-invitation-aux-sciences-cognitives-francisco-varela-seuil-1988-100204822.html>

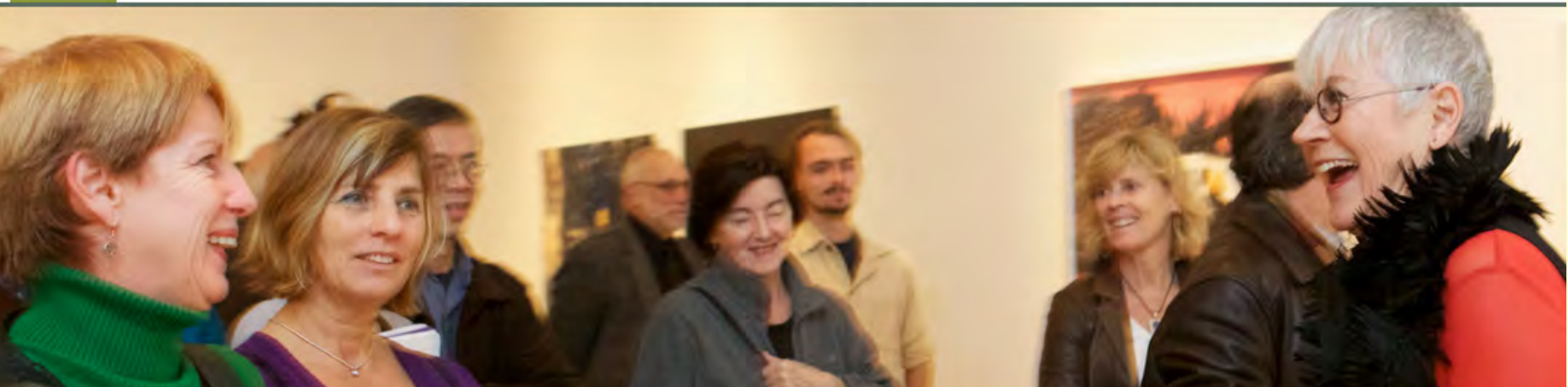
**Aux origines des sciences cognitives, Jean-Pierre DUPUY,
La Découverte, 2005**

http://www.editionsladecouverte.fr/catalogue/index-Aux_origines_des_sciences_cognitives-9782707147752.html

L'apport des neurosciences... à tous les niveaux !

Cours 1 : A- Multidisciplinarité des sciences cognitives

B- D'où venons-nous ?, ou la longue histoire
de notre système nerveux

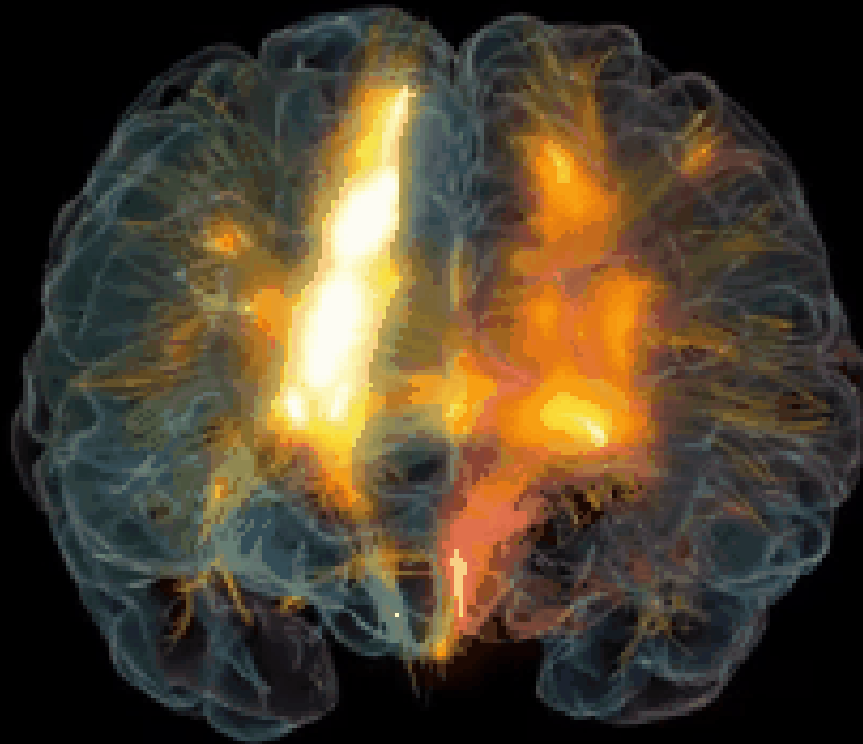


Voilà l'objet dont nous allons parler.

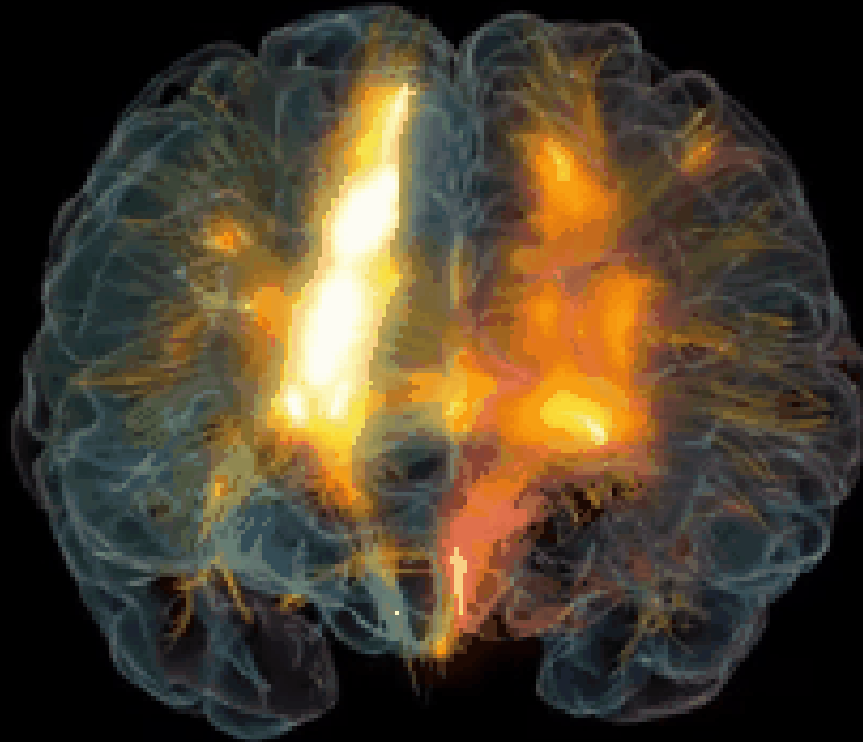
Avec sa forme étrange, mais aussi...



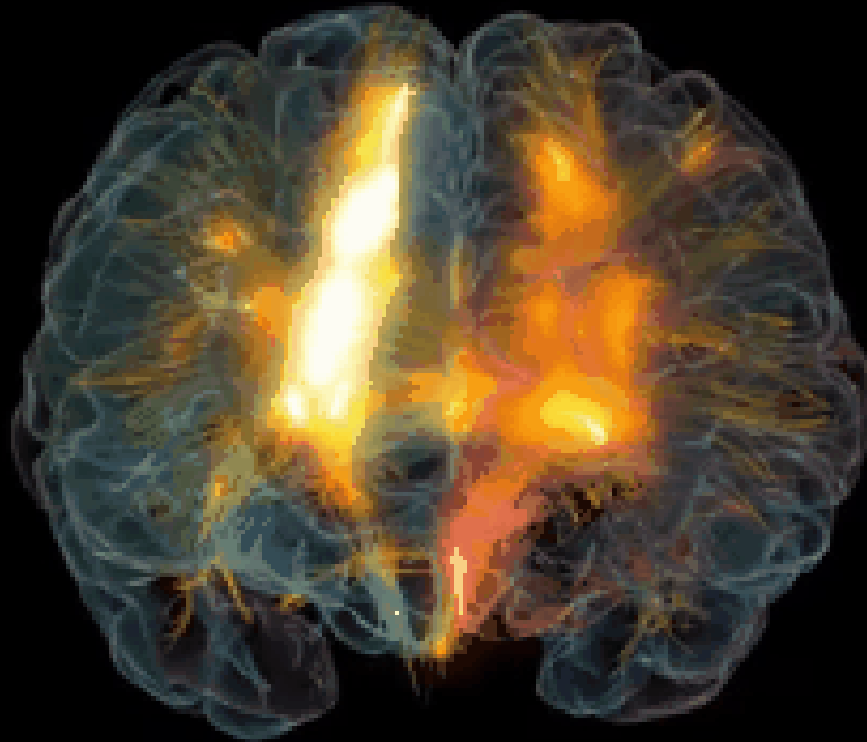
...son activité dynamique incessante,
C'est probablement l'objet le plus complexe de l'univers connu
dont on a tous un exemplaire entre les deux oreilles !

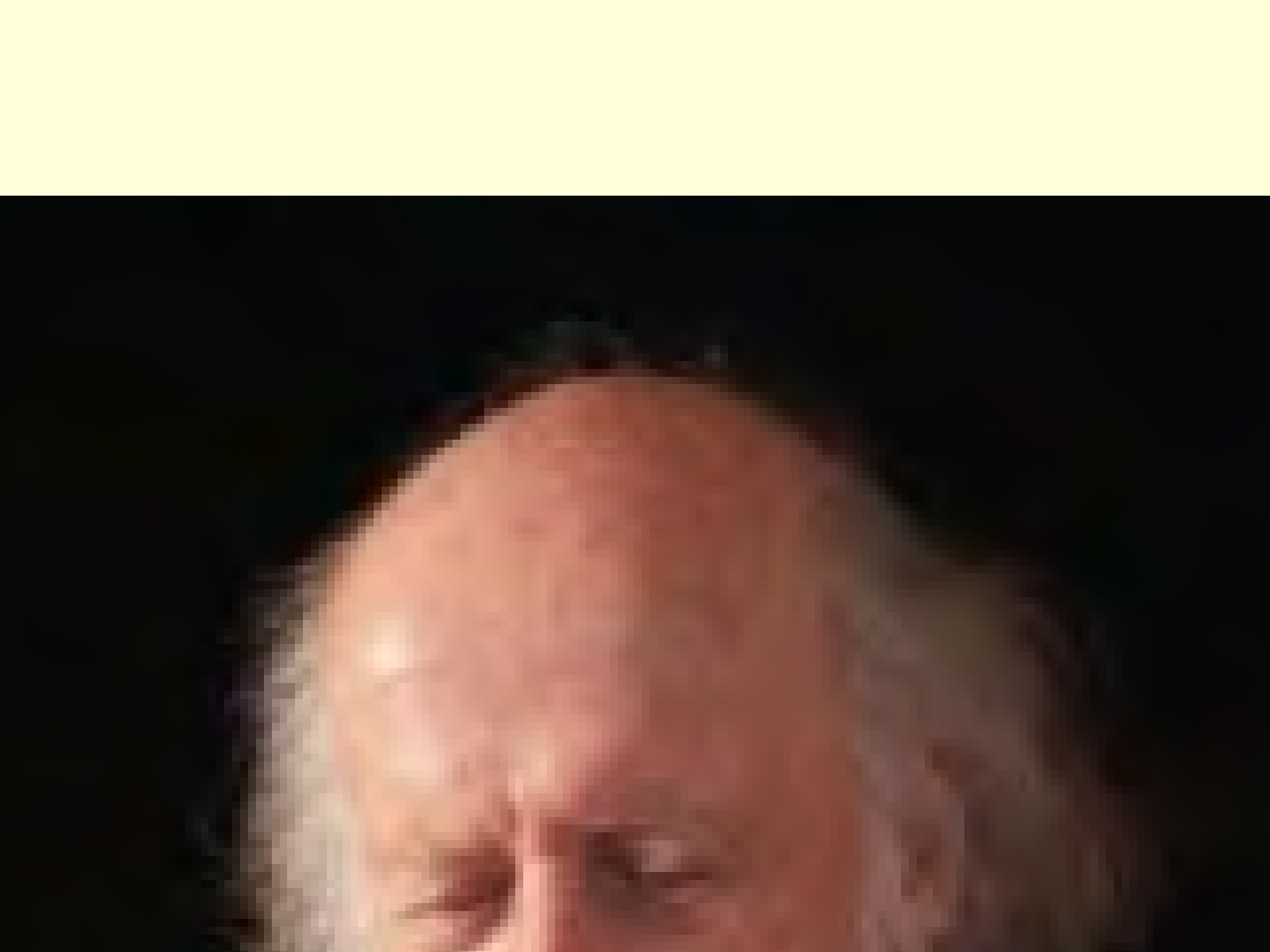


Mais c'est pas juste le cerveau qui est complexe,
c'est toute **la vie avant** lui qui a permis son émergence et toutes
les sociétés humaines après qui se sont constituées grâce à lui !



Pour ce qui est de l'heure qui vient,
c'est cette longue histoire de l'évolution qui a mené
jusqu'au cerveau humain que nous allons résumer.







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

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

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

- Hubert Reeves

Croissance
de complexité

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

10^{29}

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

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^{er} principe de la thermodynamique)

Et...

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

(2^e principe de la thermodynamique)





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

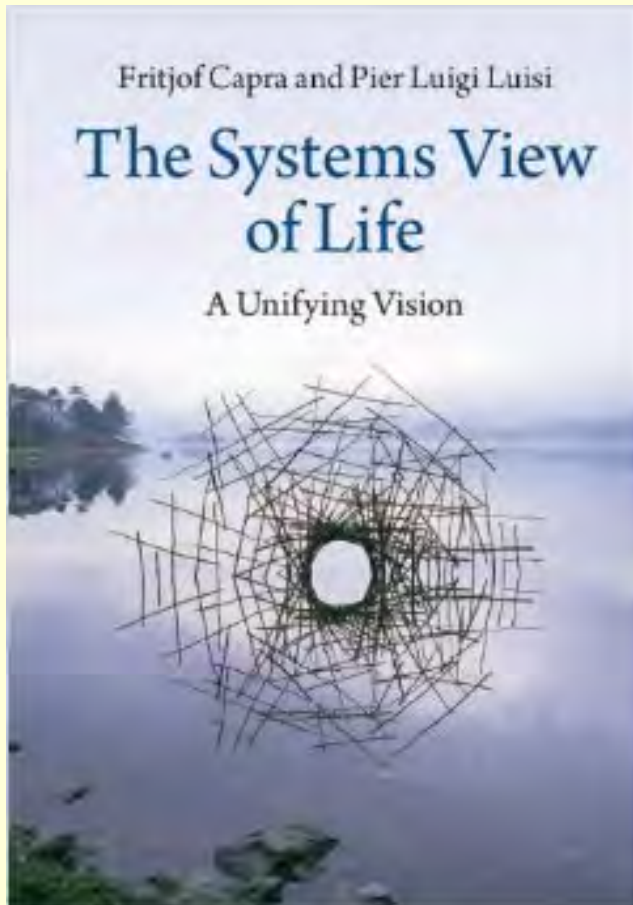


...parce qu'il continue d'y avoir croissance du désordre à l'échelle de l'univers.

“Such islands of order in a sea of disorder” are characteristic of the “**dissipative structures**” of living systems.

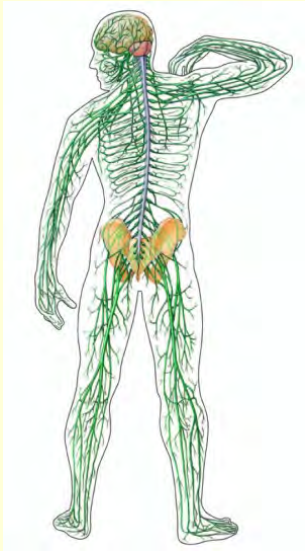
Et cette complexité va pouvoir croître dans ce qu'on appelle des **systèmes ouverts**, c'est-à-dire qui peuvent échanger de la matière et de l'énergie avec le milieu extérieur.

- The Systems View of Life



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

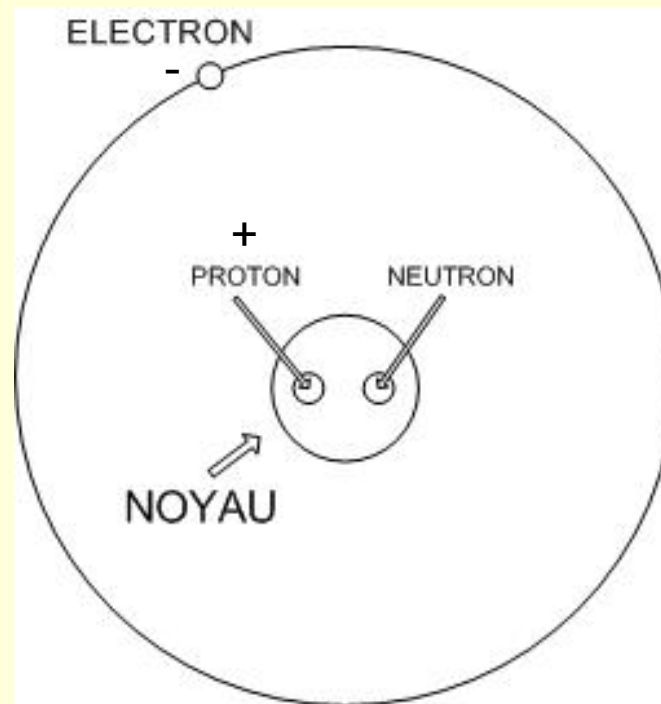
- l'étude de la **matière** : de quoi c'est fait ?
- l'étude de la **forme** : quel est le pattern ?



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

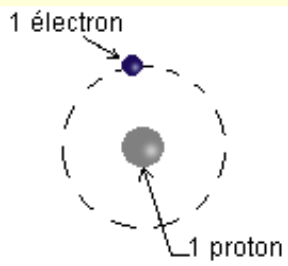


- l'étude de la **matière** : de quoi c'est fait ?

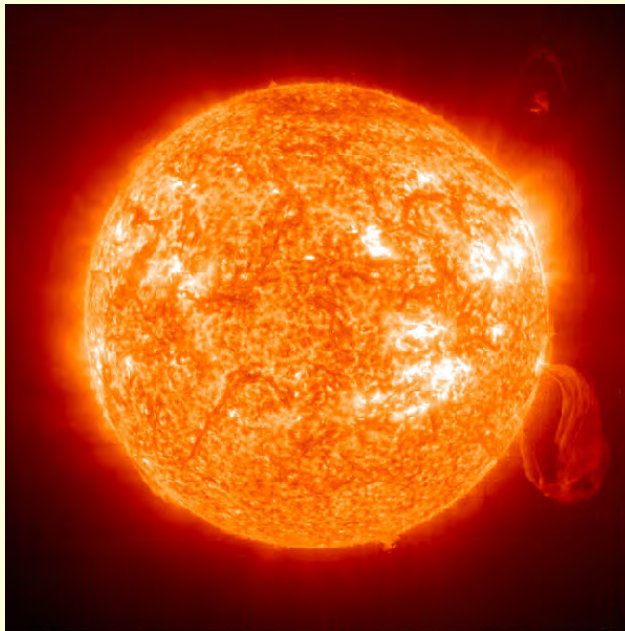


L'atome est constitué d'un noyau concentrant plus de 99,9 % de sa masse autour duquel se distribuent des électrons pour former un nuage 100 000 fois plus étendu que le noyau lui-même (donc schéma pas à l'échelle ici !).

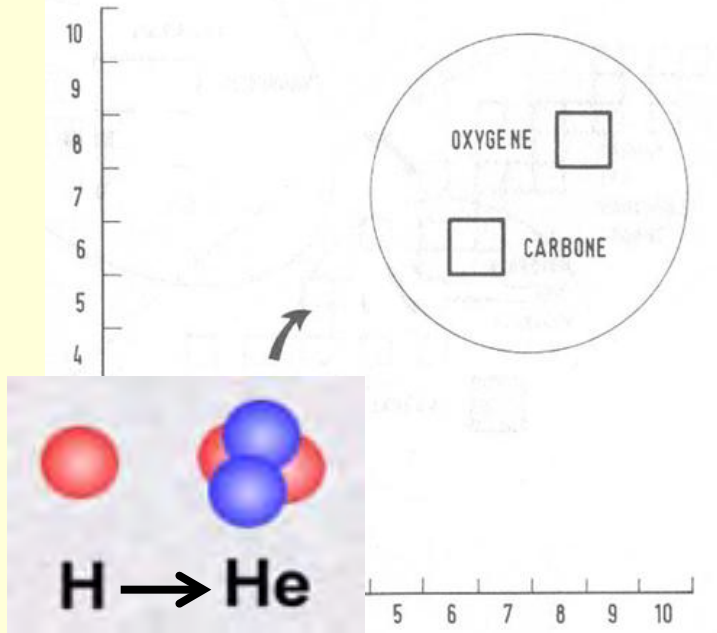
- l'étude de la **matière** : de quoi c'est fait ?



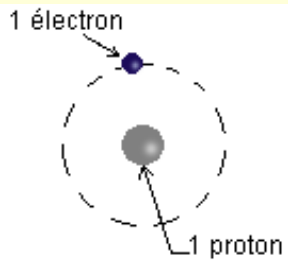
Hydrogène



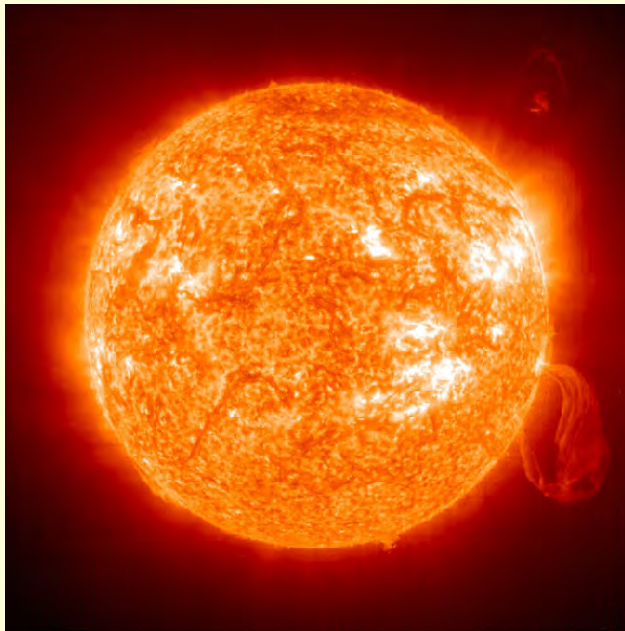
Combustion de l'hélium



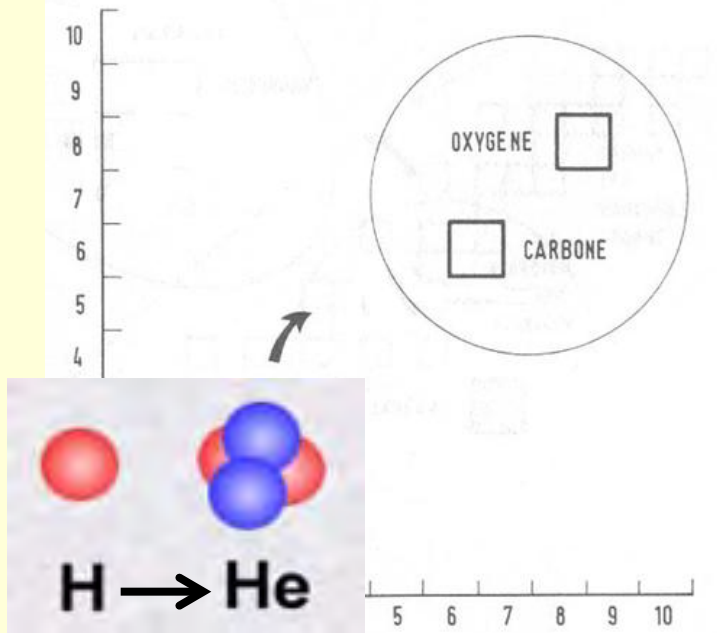
- l'étude de la **matière** : de quoi c'est fait ?



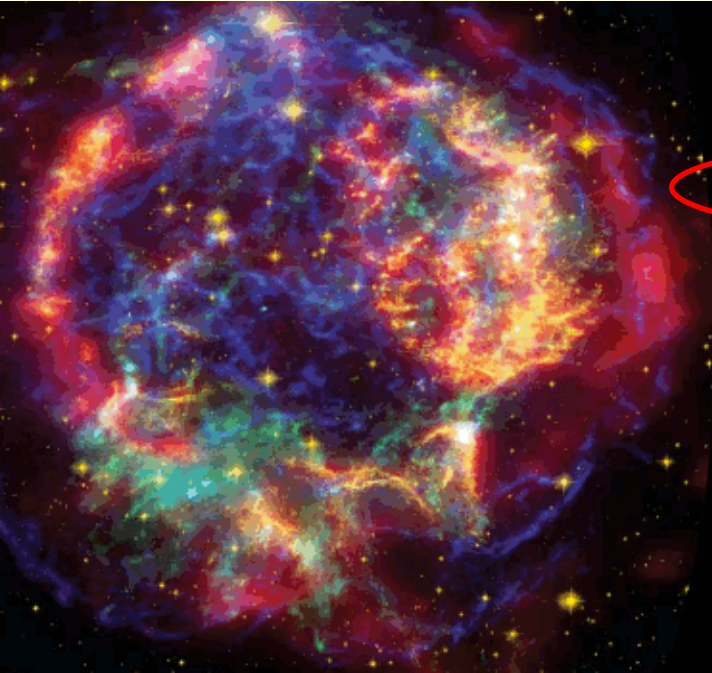
Hydrogène



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

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 IIIB	4 IVB	5 VB	6 VIB	7 VIIB	8	9 VIII B	10	11 IB	12 IIB	13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 VIIIA	
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		72 Hf Hafnium 178.49	73 Ta Tantale 180.9479	74 W Tungstène 183.84	75 Re Rhénium 186.207	76 Os Osmium 190.23	77 Ir Iridium 192.217	78 Pt Platine 195.078	79 Au Or 196.96655	80 Hg Mercure 200.59	81 Tl Thallium 204.3833	82 Pb Plomb 207.2	83 Bi Bismuth 208.98038	84 Po Polonium (209)	85 At Astate (210)	86 Rn Radon (222)
87 Fr Francium (223)	88 Ra Radium (226)	89 to 103		104 Rf Rutherfordium (261)	105 Db Dubnium (262)	106 Sg Seaborgium (266)	107 Bh Bohrium (264)	108 Hs Hassium (269)	109 Mt Meitnerium (268)	110 Ds Darmstadtium (271)	111 Rg Roentgenium (272)	112 Uub Ununbium (285)	113 Uut Ununtrium (284)	114 Uuq Ununquadium (289)	115 Uup Ununpentium (288)	116 Uuh Ununhexium (292)	117 Uus Ununseptium	118 Uuo Ununoctium

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

- Métaux alcalins
- Métaux alcalino-terreux
- Métaux de transition
- Lanthanides
- Actinides
- Métaux pauvres
- Non-métaux
- Gaz rares
- C** Solide
- Br** Liquide
- H** Gaz
- Tc** Artificiel

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 231.03588	92 U Uranium 238.02891	93 Np Neptunium (237)	94 Pu Plutonium (244)	95 Am Américium (243)	96 Cm Curium (247)	97 Bk Berkélium (247)	98 Cf Californium (251)	99 Es Einsteinium (252)	100 Fm Fermium (257)	101 Md Mendelevium (258)	102 No Nobélium (259)	103 Lr Lawrencium (262)

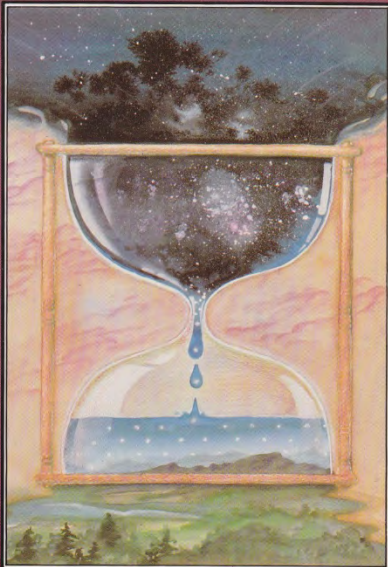
Note: The subgroup numbers 1-18 were adopted in 1984 by the International Union of Pure and Applied Chemistry. The names of elements 112-118 are the Latin equivalents of those numbers.

Pour essayer de
comprendre sa place
dans l'univers,

Hubert Reeves

PATIENCE DANS L'AZUR

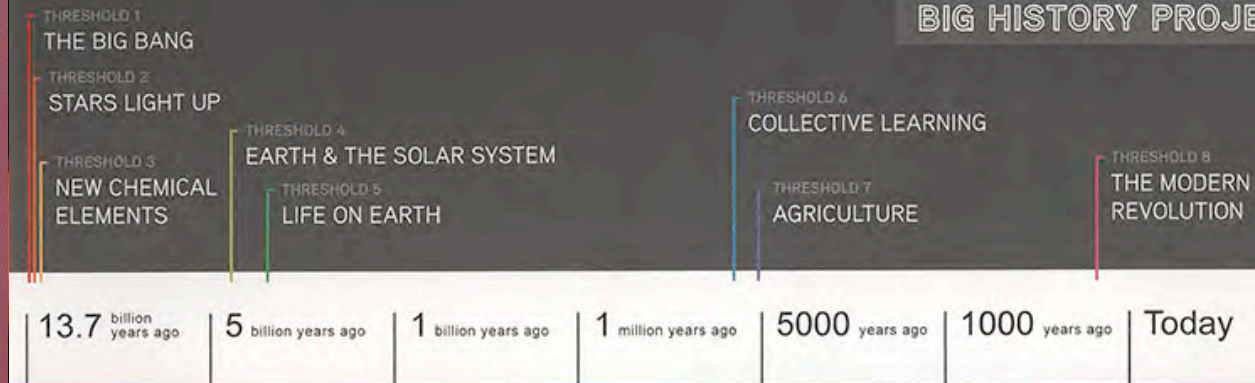
L'ÉVOLUTION COSMIQUE




QUÉBEC SCIENCE
ÉDITEUR

(1981)

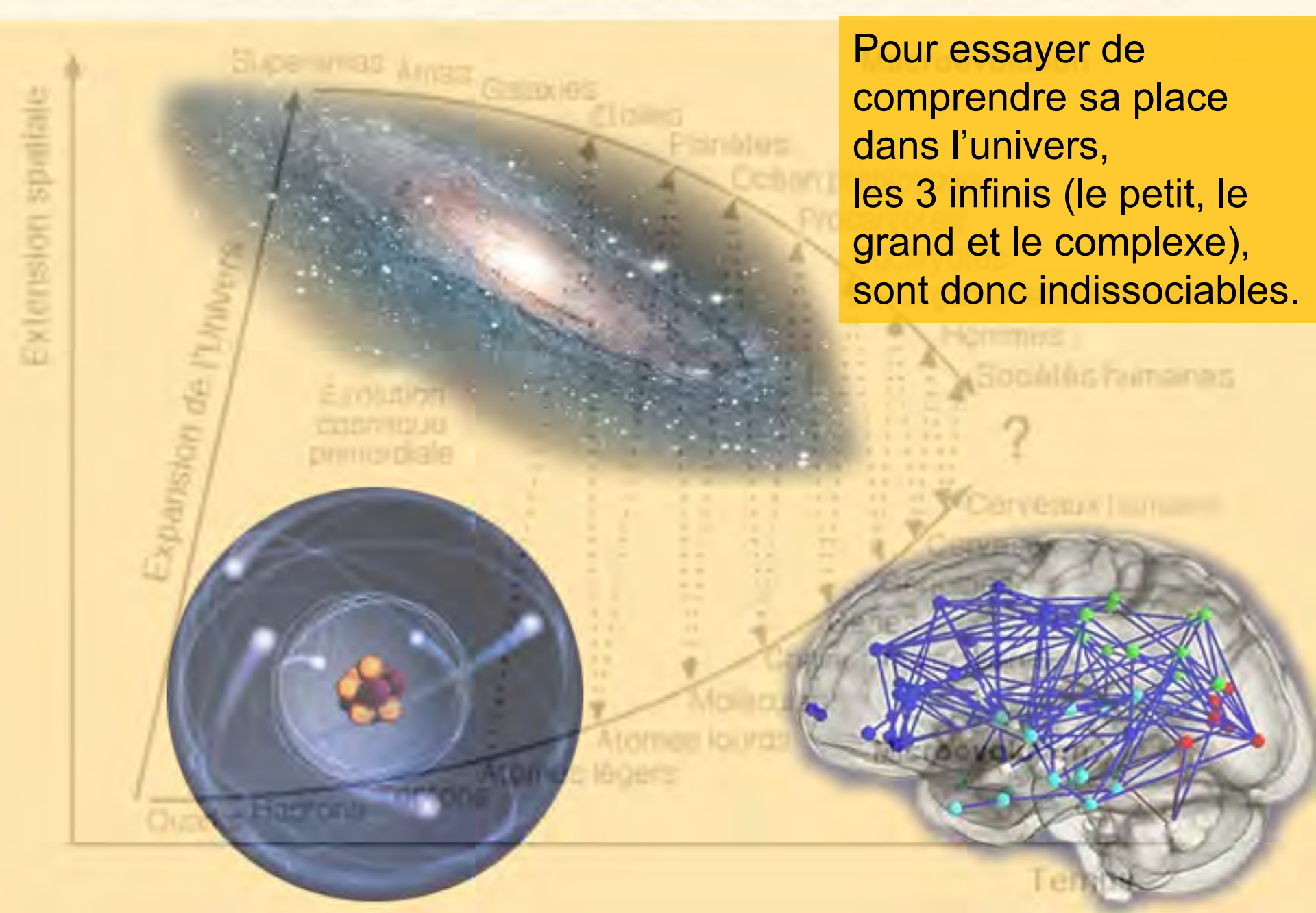
BIG HISTORY PROJECT



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 tent is a simple, dome-shaped structure with a bright light inside, casting a warm glow on the surrounding area. The background shows tall, dark trees and a dark, silhouetted mountain range under a deep blue night sky filled with stars. The overall mood is contemplative and serene.

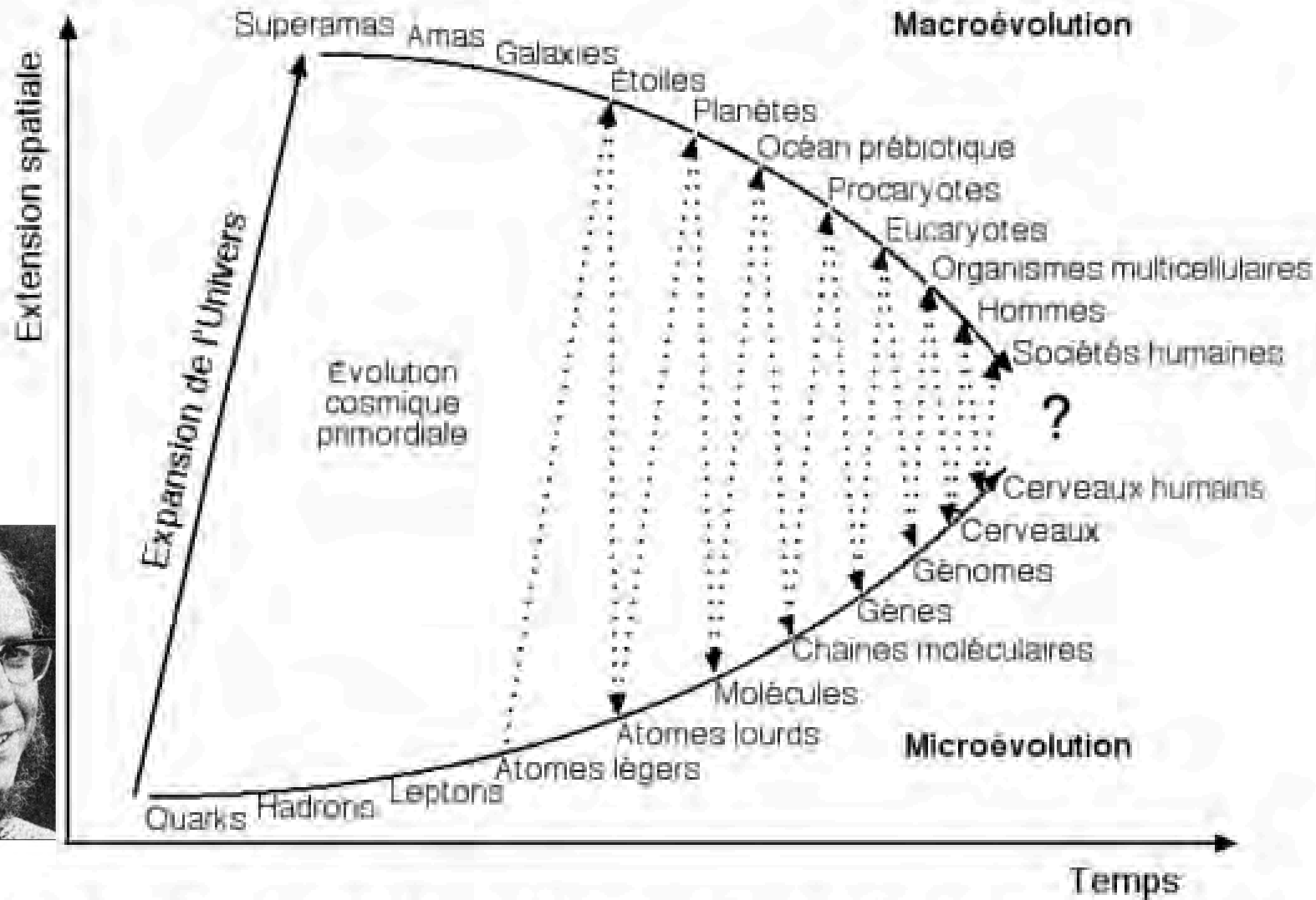
Pour essayer de
comprendre sa place
dans l'univers,
les 3 infinis (le petit, le
grand et le complexe),
sont donc indissociables.

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

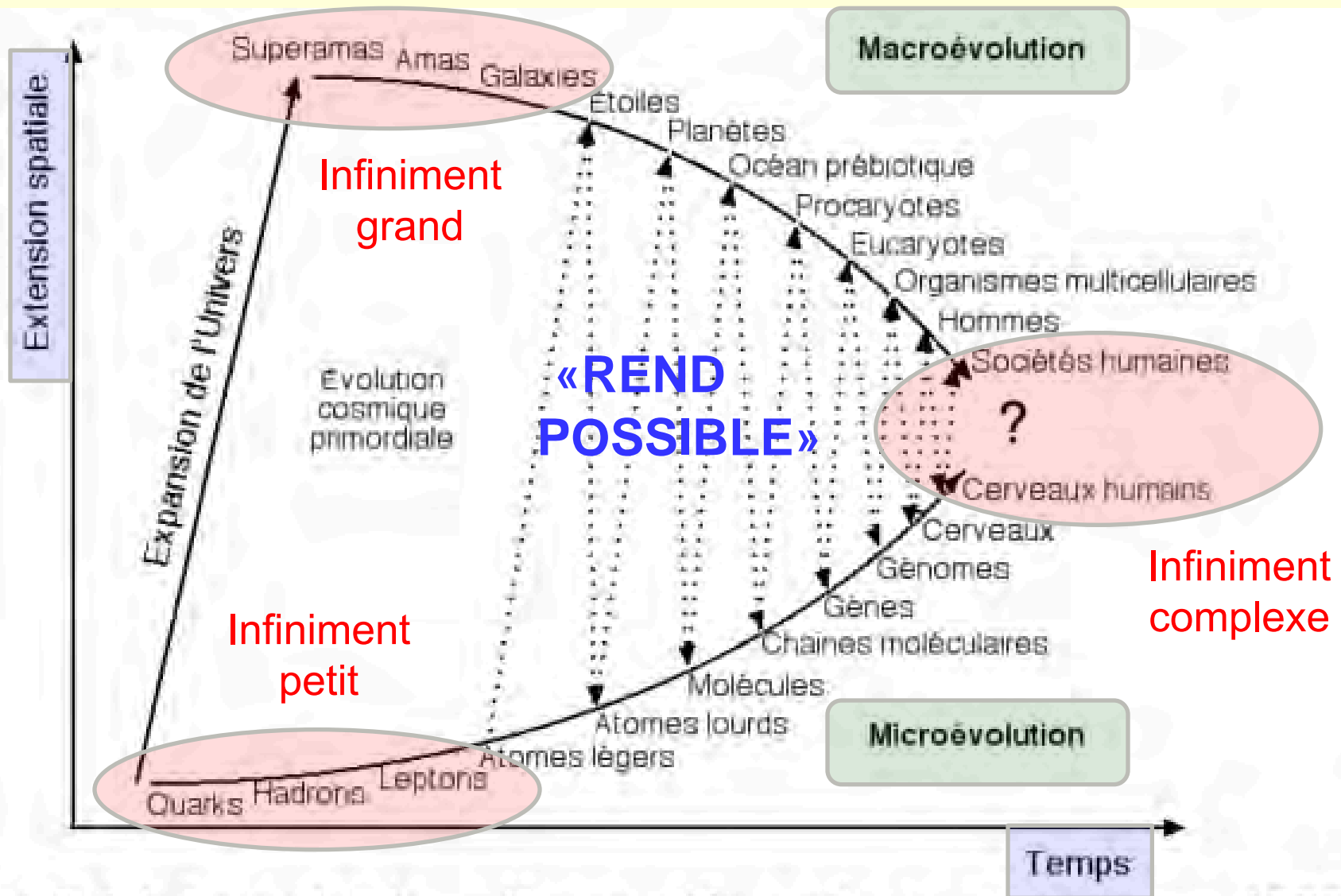




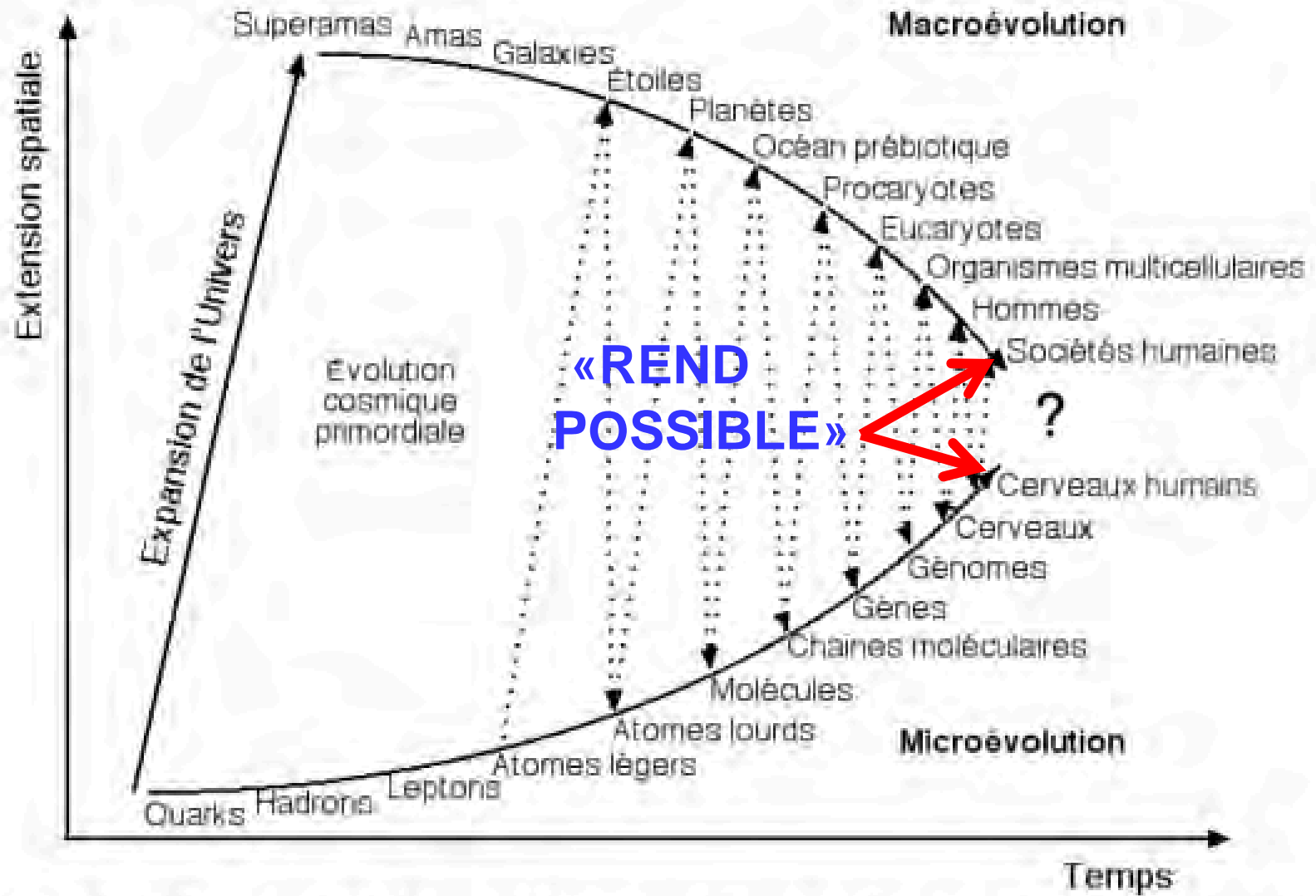
(1929 - 1980)



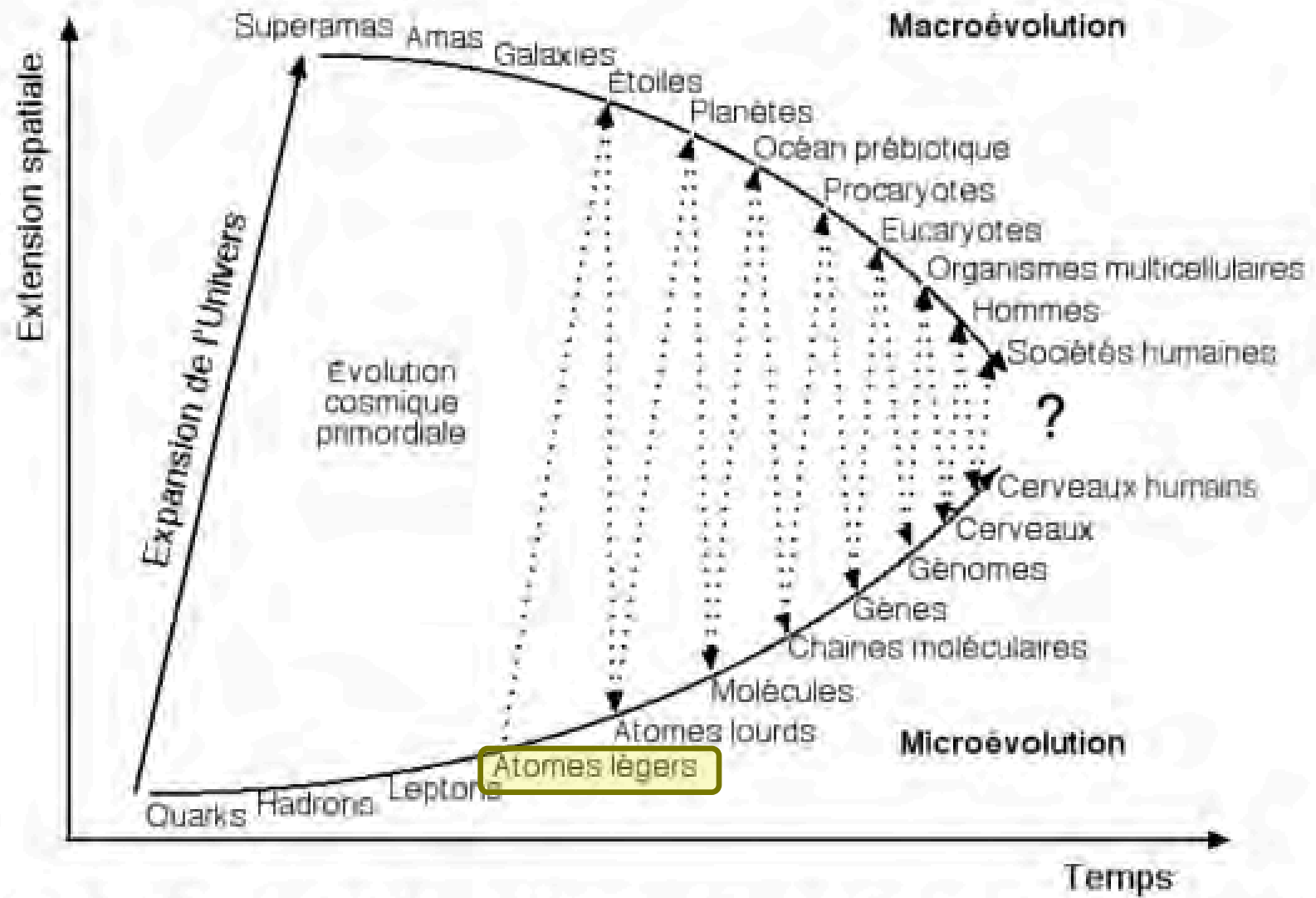
D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.



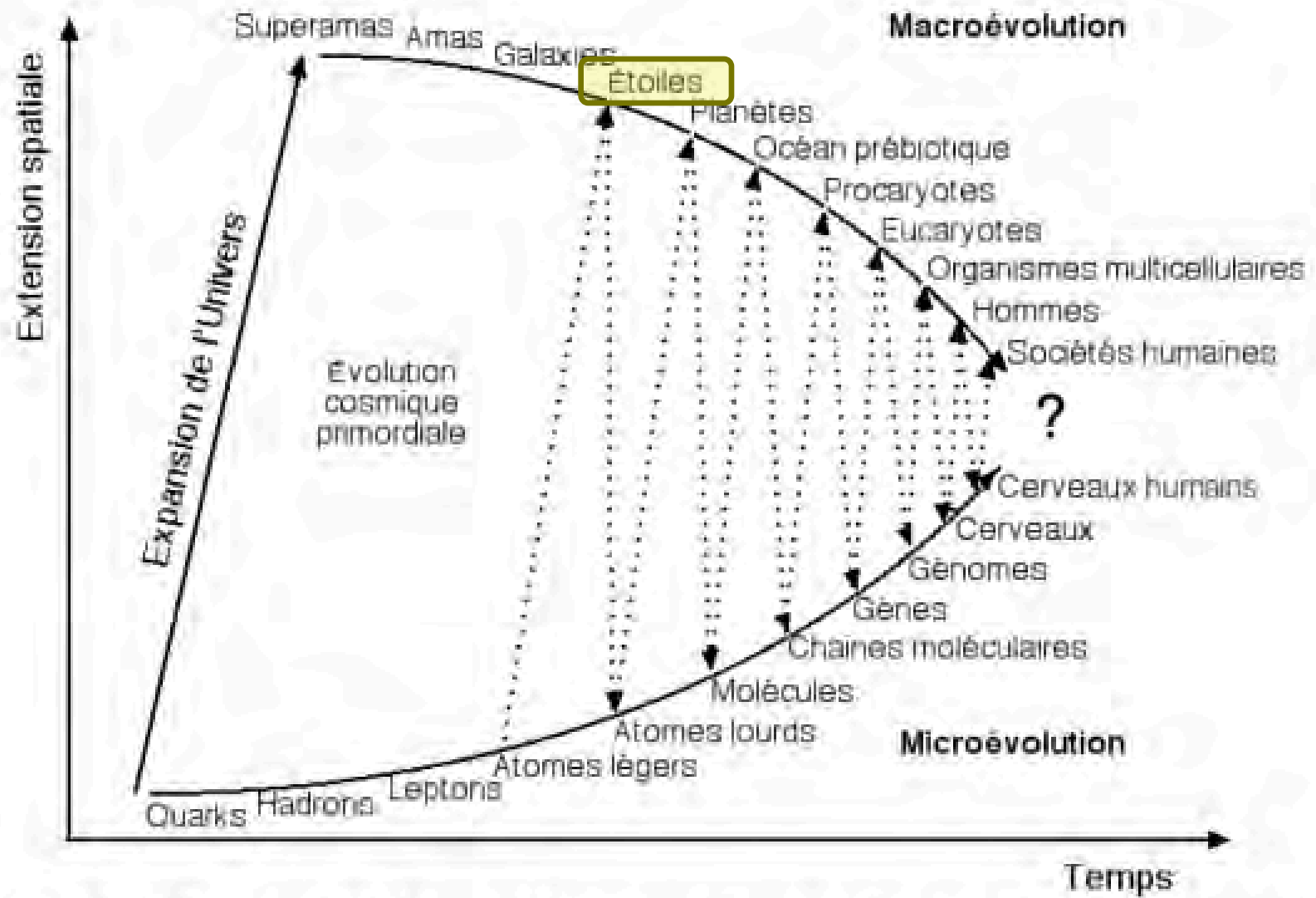
D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.



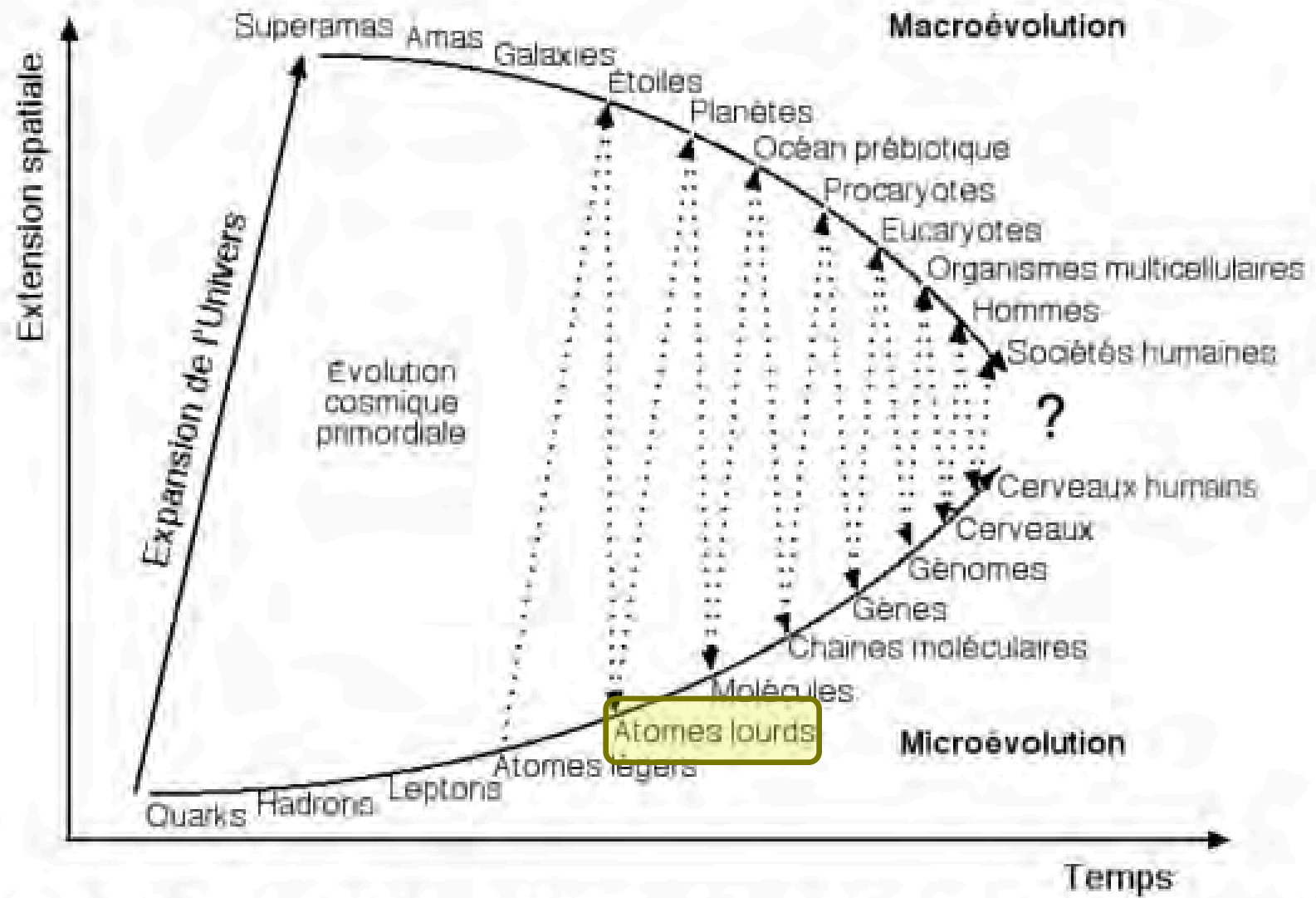
D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.



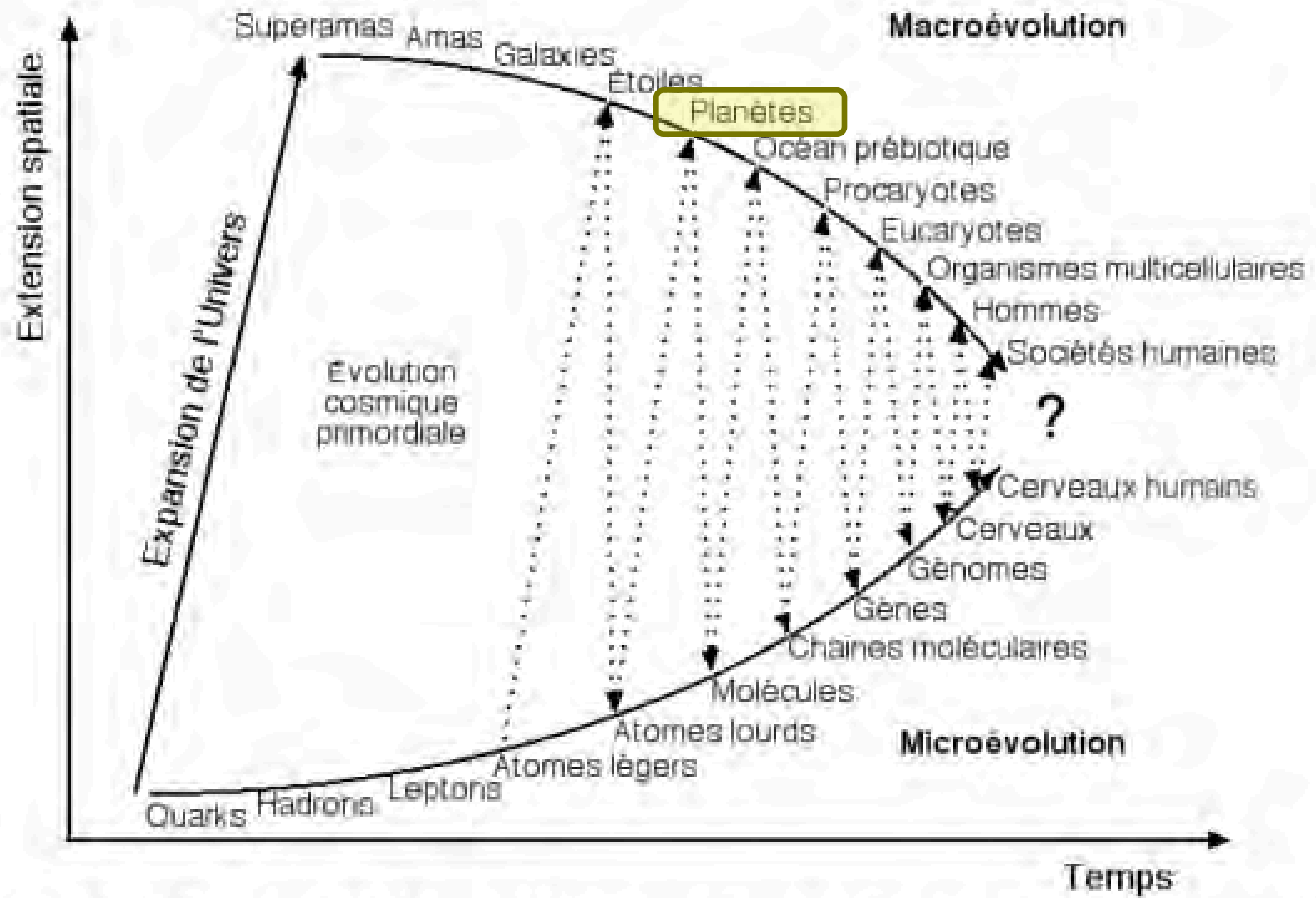
D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.



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



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



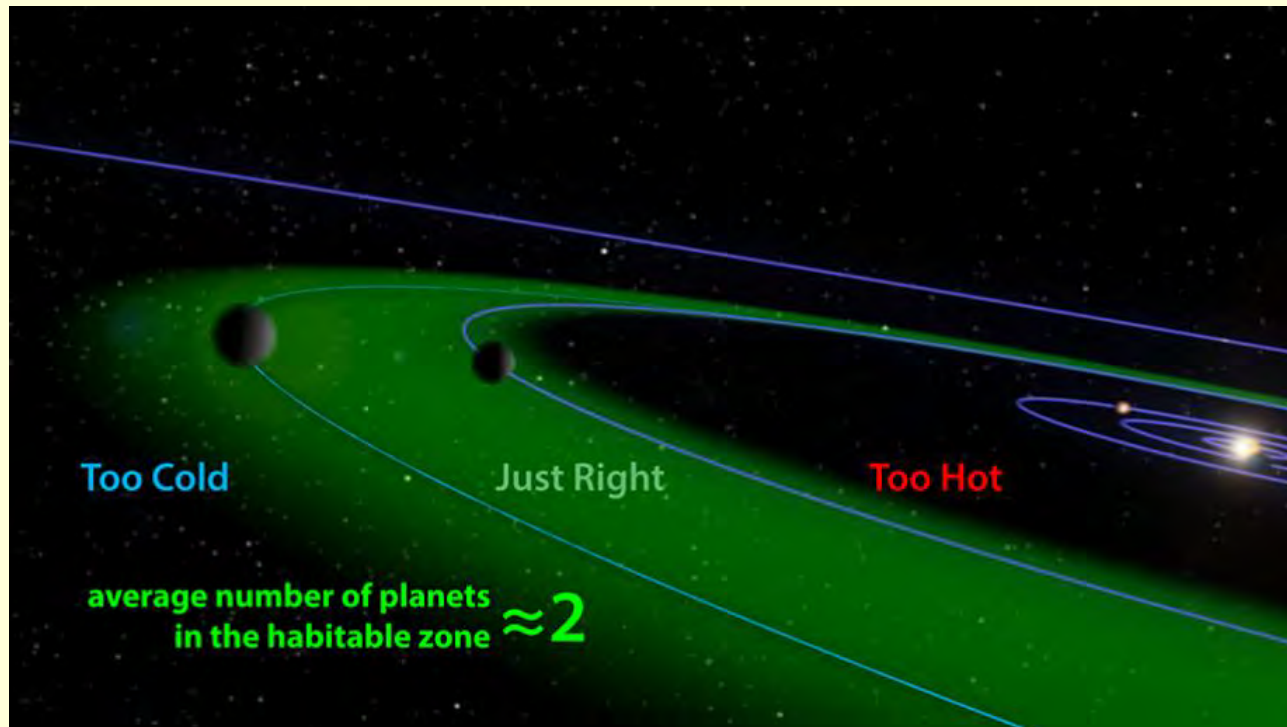
D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.

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

Par Erwan Lecomte

Publié le 6 février 2015

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



The aliens are silent because they're dead

January 21, 2016

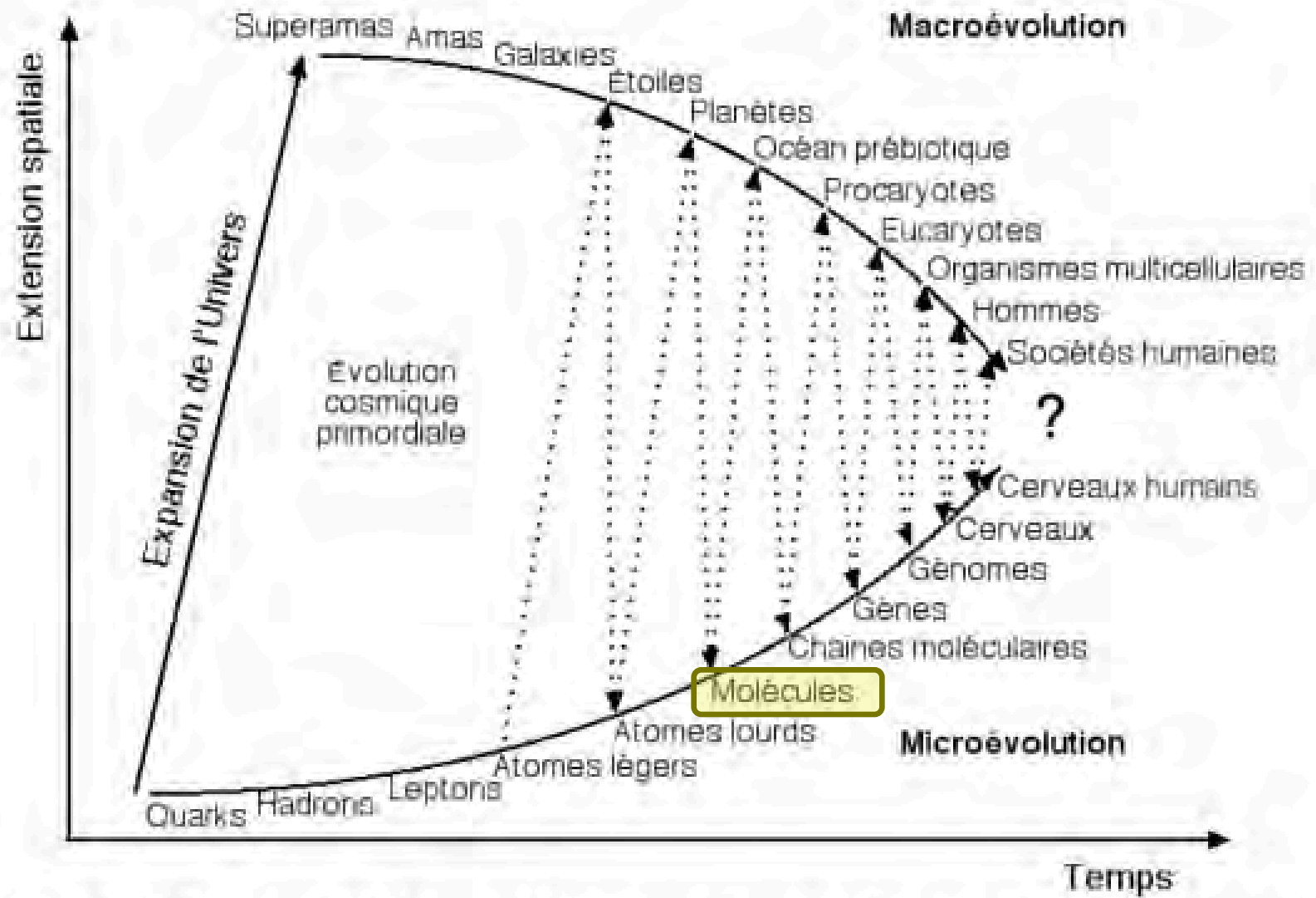
<http://phys.org/news/2016-01-aliens-silent-theyre-dead.html>

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

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

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



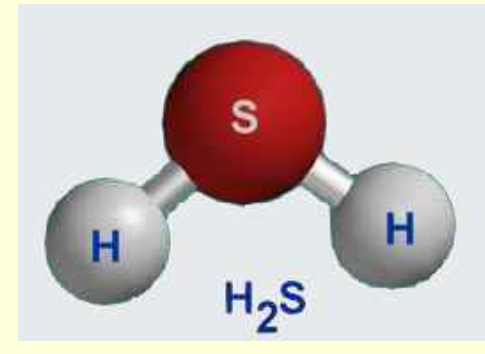
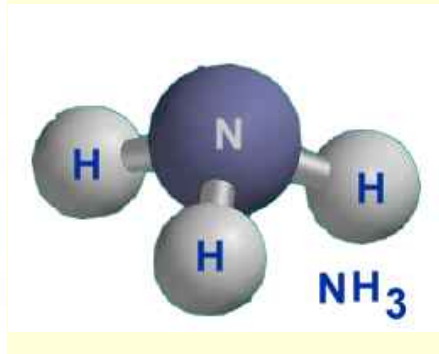
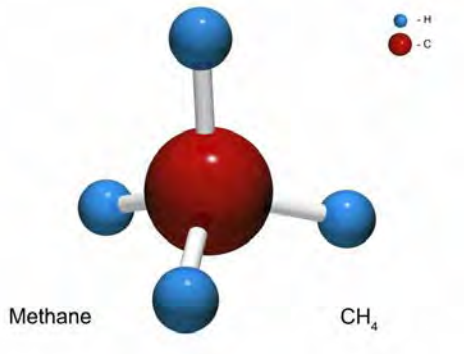
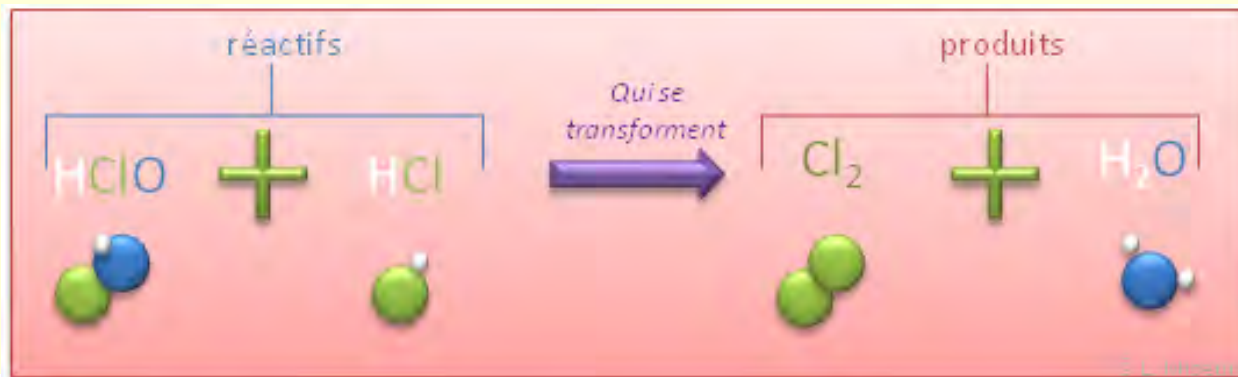


D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.

Molécule :

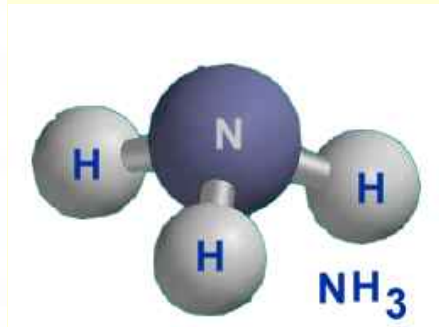
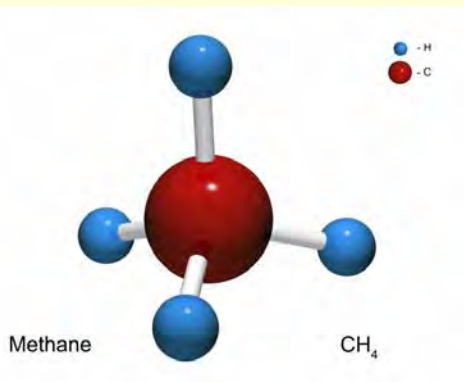
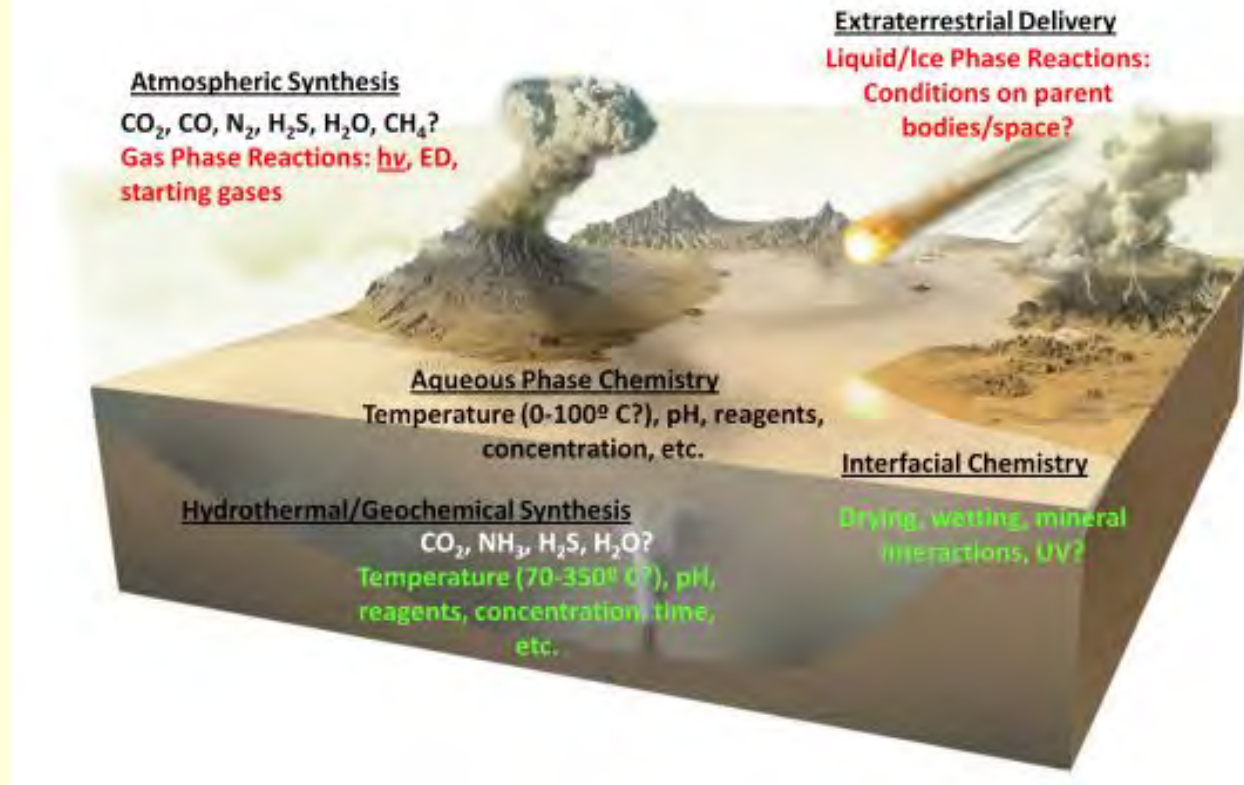
Les molécules constituent des **agrégats atomiques** liés par des liaisons dites « covalentes » d'au moins deux atomes, différents ou non.

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



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

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

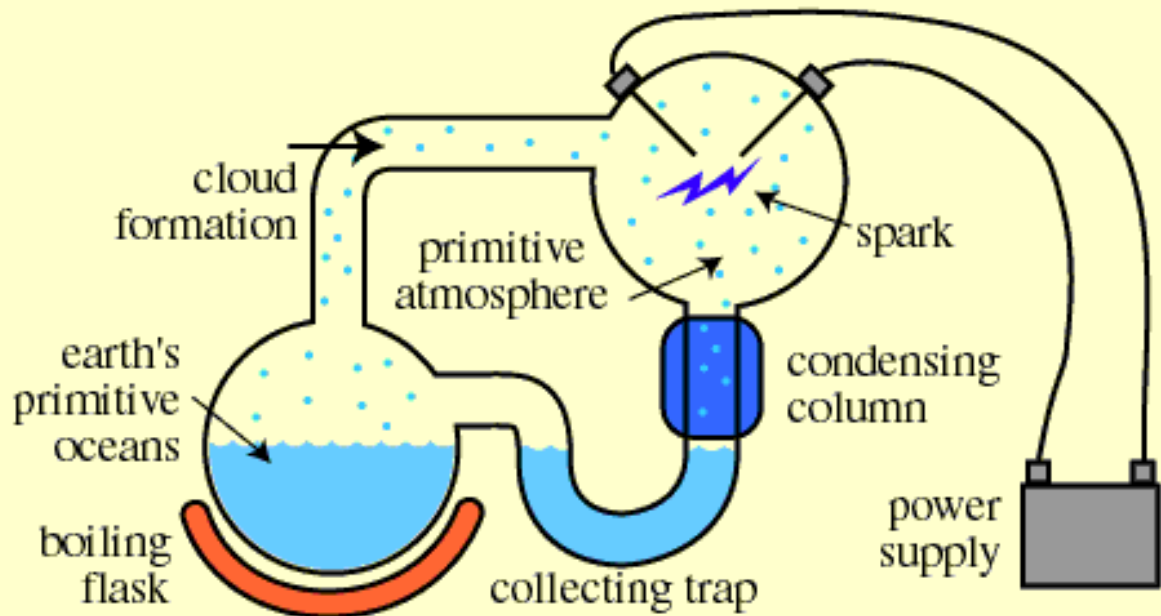


Ces molécules simples ont pu se complexifier jusqu'à un certain point dans les « **mares chaudes** » dont parlait déjà Darwin et qu'on a ensuite appelé « **soupe primitive** ».

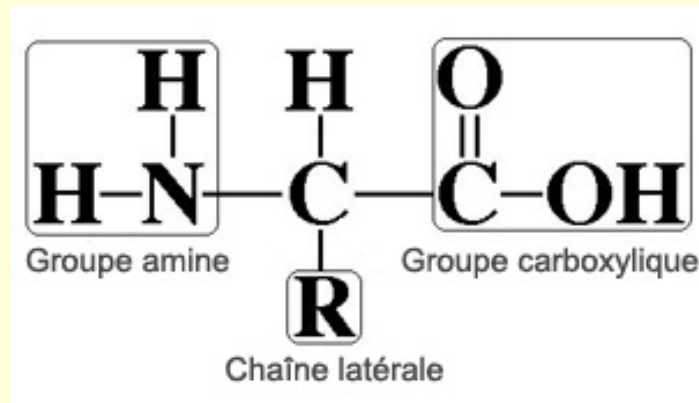


atmosphère et "soupe" primitive

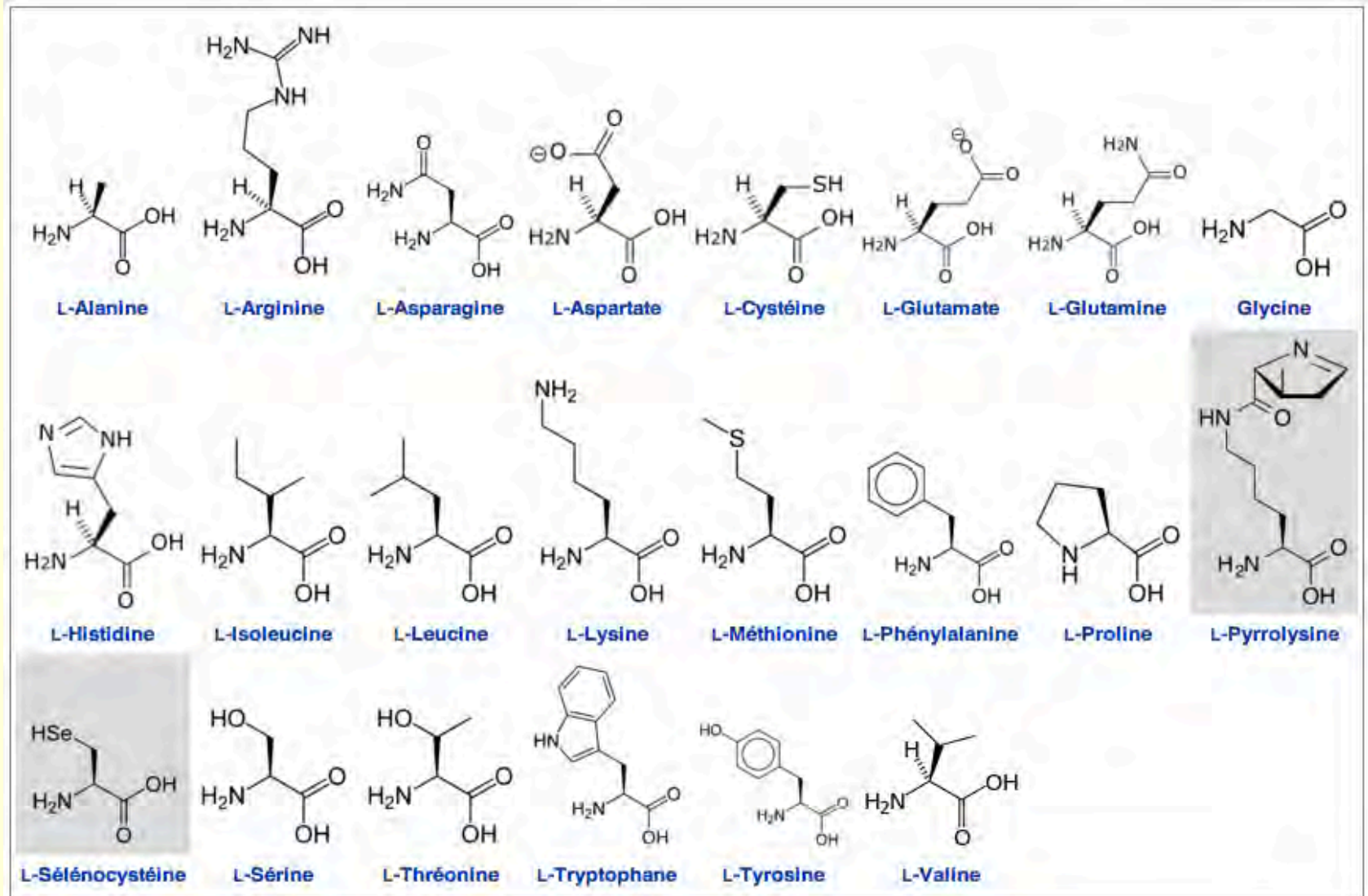
1953, Miller et Urey :
confirment cette
hypothèse par une
célèbre expérience in
vitro où des molécules
organiques apparaissent
(**acides aminés**, etc.)



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



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

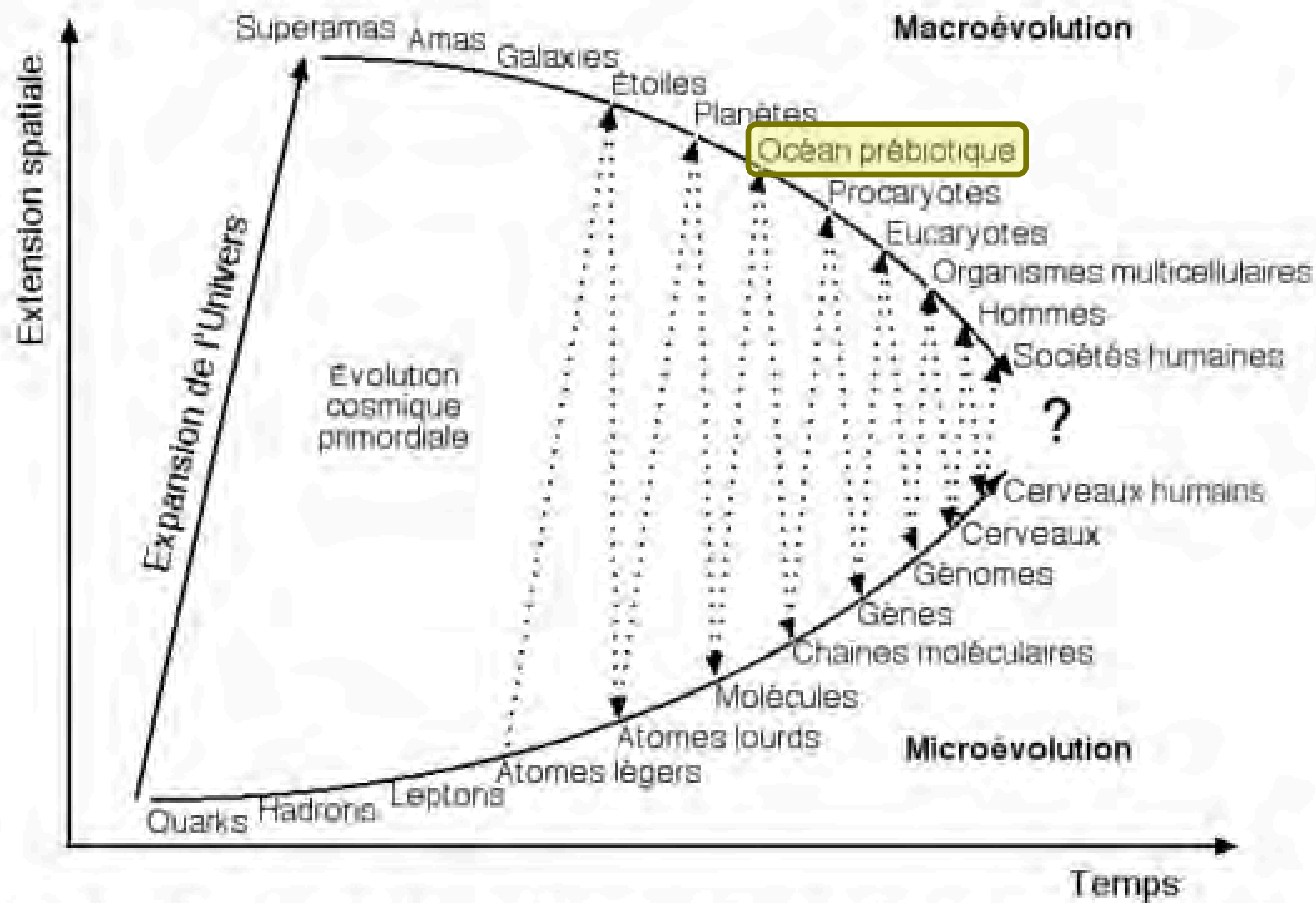


On peut donc dire que le passage de molécules simples vers des molécules organiques comme les acides aminés s'accompagne d'une **croissance de la complexité**.

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

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

c'est-à-dire qu'ils se produisent “spontanément” sans l'intervention de forces extérieures si les bonnes conditions de départ sont réunies.



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

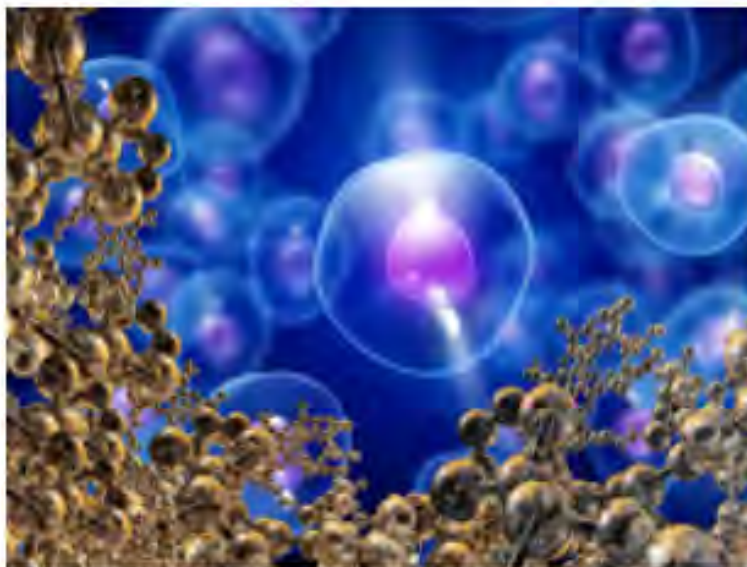


CONFÉRENCE - AMPHITHÉÂTRE

19 mars 2015 - 19h00

DU CHIMIQUE AU BIOLOGIQUE

AINSI VINT LA VIE!



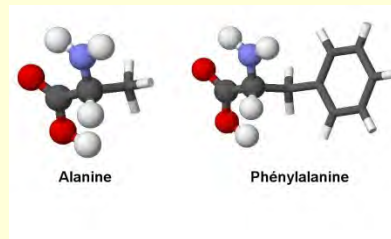
Une conférence de Christophe Malaterre

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...

...comme de petits ARN...

...et éventuellement à de longues chaînes informationnelles comme l'ADN ?

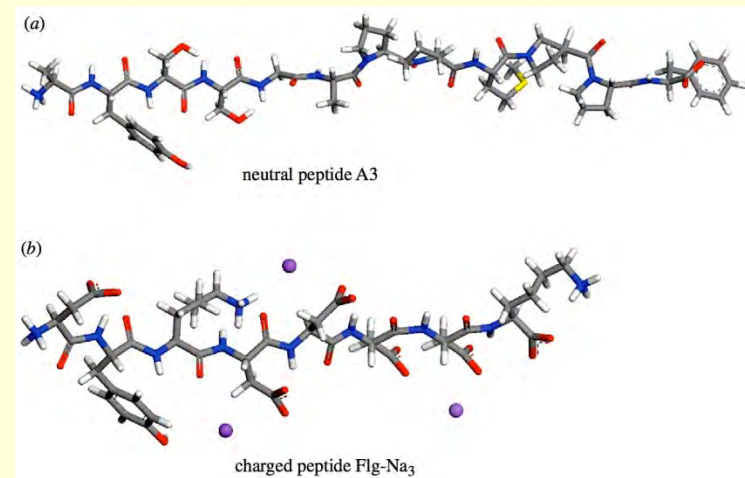
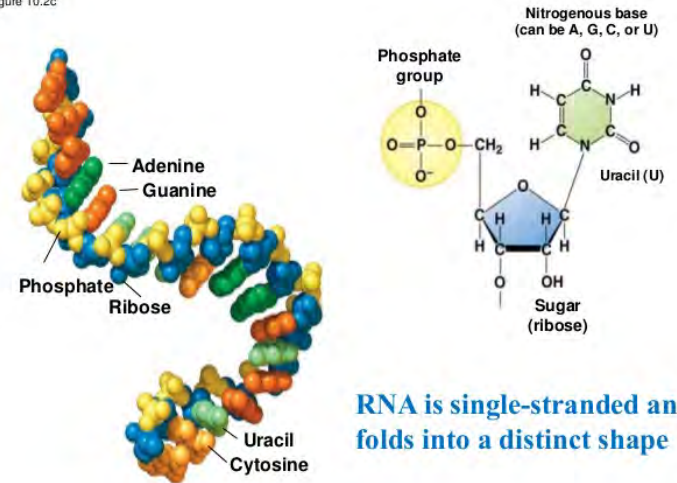


Figure 10.2c



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**...

Comme on va parler de la sélection naturelle un peu plus loin (et qu'il y a encore beaucoup, beaucoup de choses à dire...) on va laisser de côté les détails de l'évolution chimique

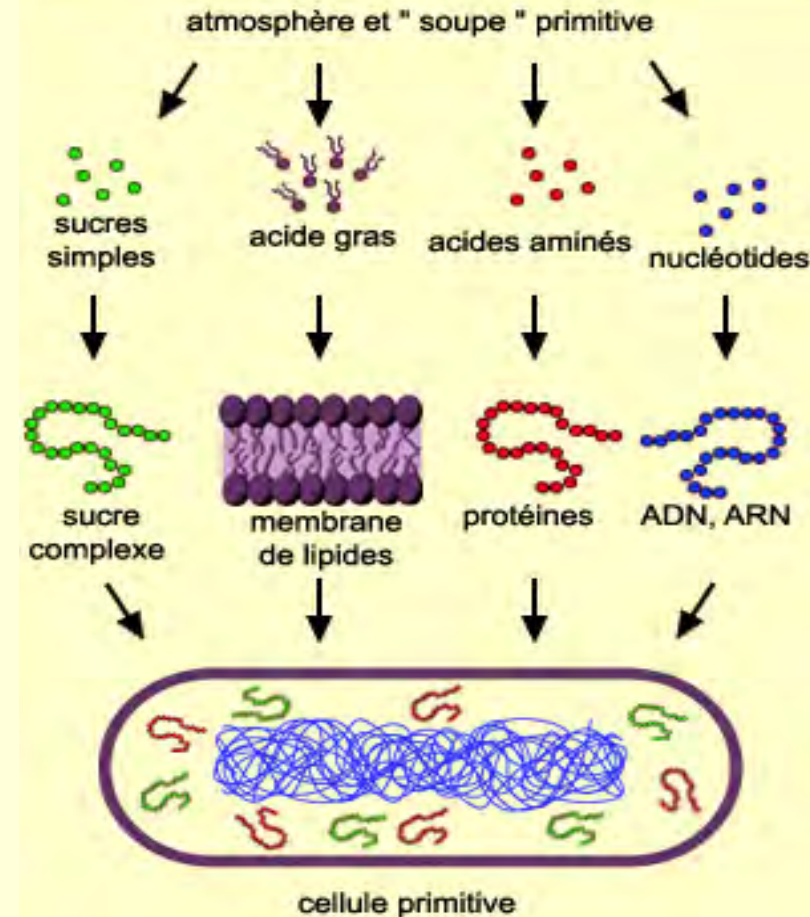
et poser LA question qui va découler de ce passage de l'évolution **chimique** à l'évolution **biologique**, c'est-à-dire...

quand apparaît la vie ?

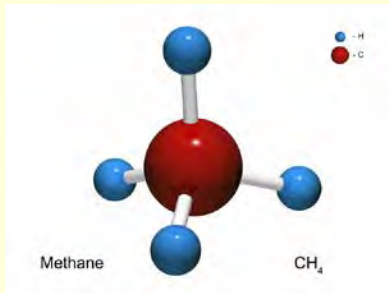
Les définitions de la vie (on va y revenir...) sont souvent des listes de critères comprenant des éléments comme :

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

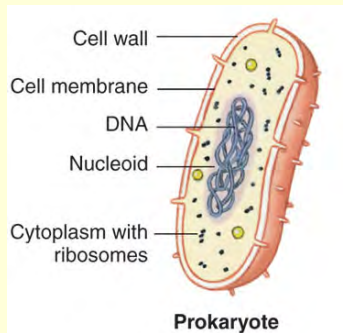
Le biologiste Radu Popa a listé plus de 300 définitions de la vie...dont aucune ne fait l'unanimité !



quand apparaît la vie ?



+ ou – vivants
de différentes
manières...

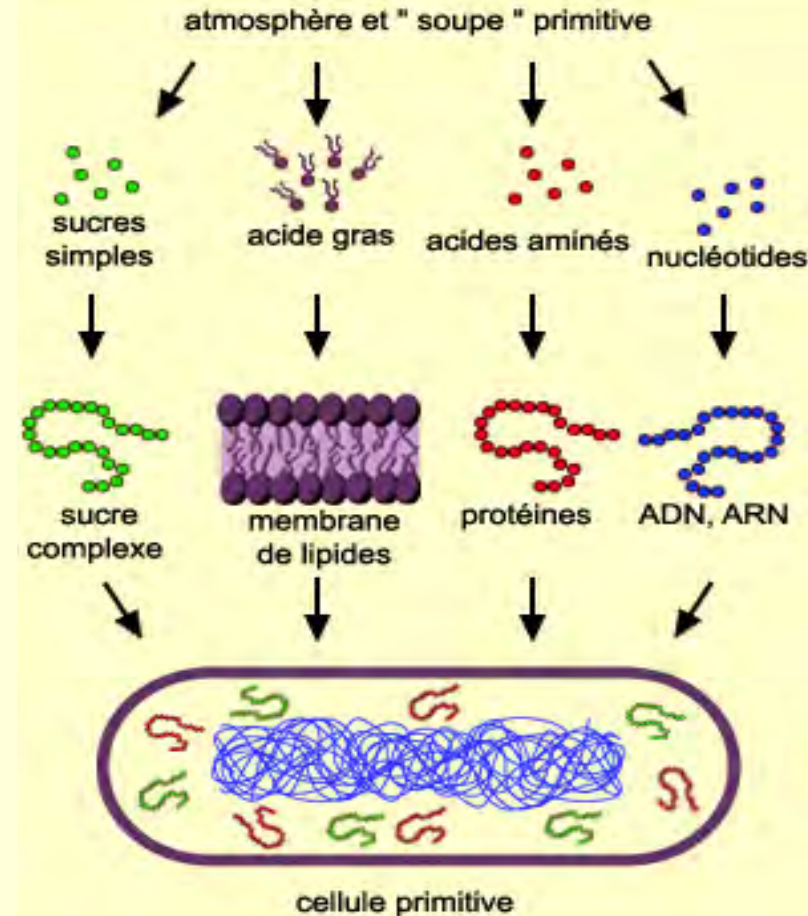


Non



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 –

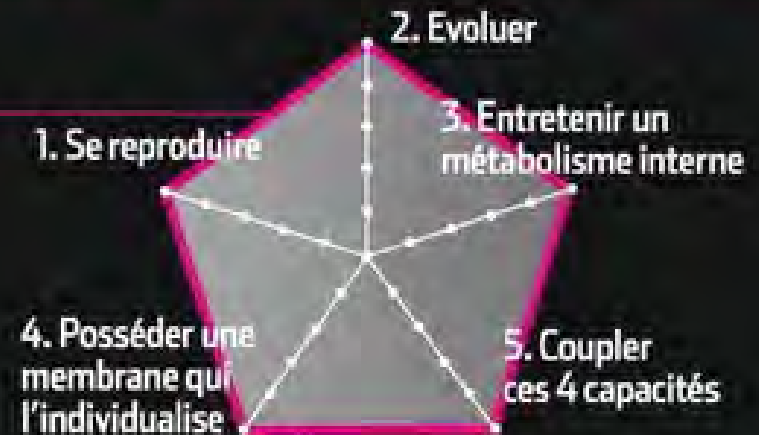
Réponse à des stimuli + ou –

Différentes « signature de vie »

Ni êtres vivants ni cailloux...

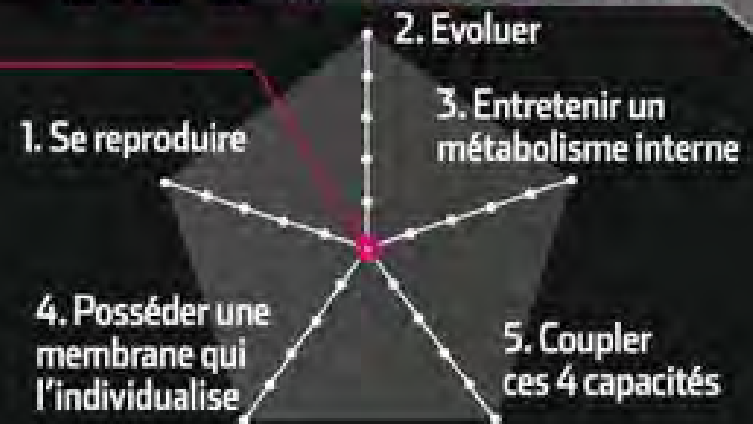
Etre vivant

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

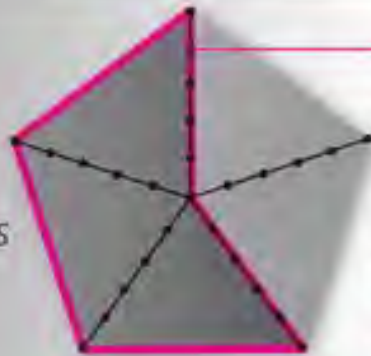
Incapable de se reproduire, d'évoluer, de posséder un métabolisme, une membrane ni, a fortiori, de conjuguer ces 4 facteurs, un caillou, par exemple, ne remplit aucune partie du pentagone.



Différentes « signature de vie »

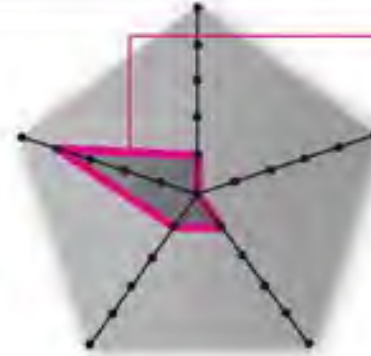
mais des organismes à mi-chemin entre les deux

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.



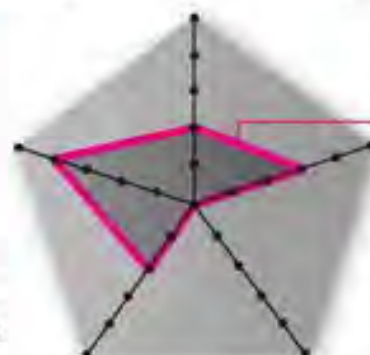
Prion

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



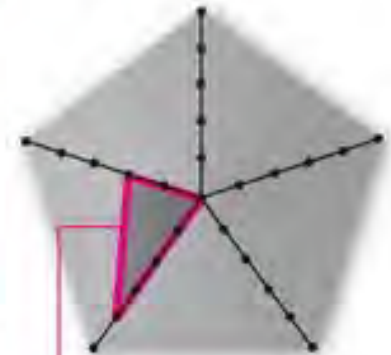
Pepsine

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.

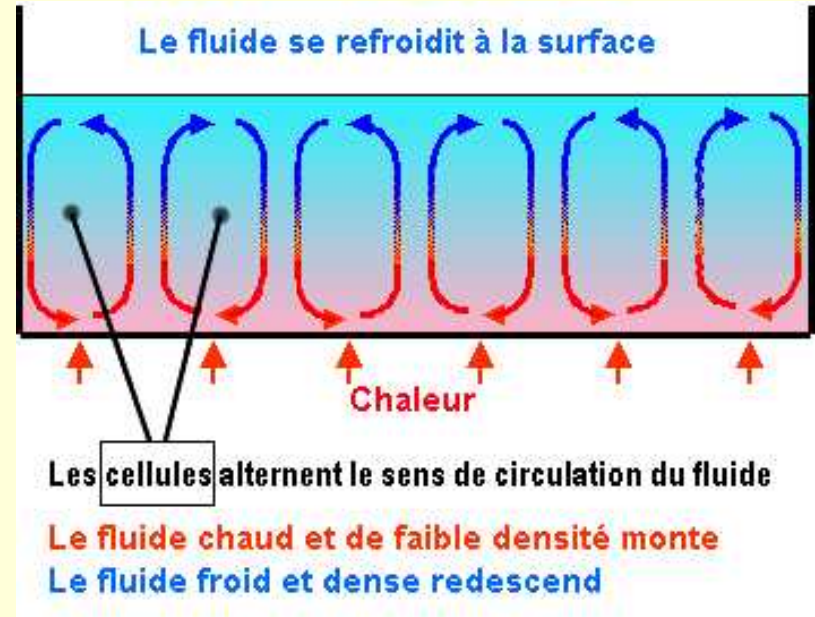
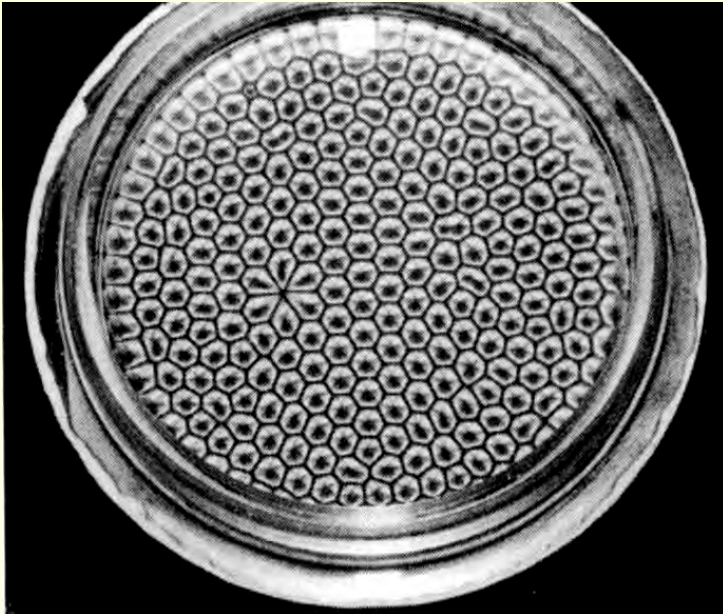
On peut aussi se demander (comme un enfant fatigant!),
pourquoi apparaît la vie ?

Et la réponse pourrait bien être pas très différente de
“pourquoi il y a des molécules ou des macro-molécules ?”

Autrement dit, ces bonnes vieilles
lois de la thermodynamique
qui pourraient encore contrôler l'affaire...

Un exemple de phénomène **dissipatif auto-organisé** :

les **cellules de Bénard**



Des cellules presque vivantes.

<http://www.francois-roddier.fr/?p=109>

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.



Le CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

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

Recherche -> site -> blogue

Principaux Fonctionnements

- 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'embrion à la mortelle
- Le plaisir et la douleur
 - Le plaisir du plaisir
 - Les paradis artificiels
 - L'évolution de la douleur
- Les détecteurs sensoriels
 - La vision
- Le corps en mouvement
 - Produire un mouvement volontaire

Fonctions complexes

- Au cœur de la mortelle
 - Les traces de l'empreinte
 - Obéir et amoralité
- Que d'émotions!
 - Peur, anxiété et angosse
 - Deux, amour, attachement
- De la pensée au langage
 - Communiquer avec des mots
- Dormir, rêver...
 - Le cycle veille-sommeil-rêve
 - Mes horloges biologiques
- L'émergence de la conscience
 - Le continuum d'être soi

D'y a-t-il des fonctions?

- Les troubles de l'esprit
 - Dépression et trouble-dépression
 - Les troubles anxieux
 - La démence de type Alzheimer

Le BLOGUE du CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

Lundi, 28 janvier 2013

L'intelligence collective des groupes humains

En psychologie, le concept d'intelligence individuelle et les "test de QI" pour la mesurer sont pour le moins controversés. L'une des bases empiriques fréquemment avancées en faveur de l'existence d'une telle « **intelligence générale** » est que cette variable unique prédit environ 50% à la moitié des résultats qu'obtient un individu dans de nombreuses tâches cognitives distinctes et variées.

Dans une étude publiée dans la revue Science en octobre 2010, des psychologues de trois universités américaines affirment avoir mis en évidence un facteur similaire d'intelligence générale, mais cette fois non pour des individus mais pour des groupes. Pour tester cette « intelligence collective », ils ont formé des dizaines de groupes de 2 à 5 personnes et les ont fait travailler pendant plusieurs heures sur différentes tâches allant du brainstorming créatif au dilemme moral, en passant par la partie de dame contre un ordinateur.

Ce qui est ressorti de fort en fort de ces nombreuses analyses statistiques de l'étude autour de ce facteur « c » (pour intelligence collective), et qui va au-delà du débat sur ce qu'il pourrait exactement représenter, c'est d'abord le fait qu'il n'était ni fortement corrélé avec l'intelligence moyenne des membres d'un groupe ni avec celle de l'individu du groupe ayant obtenu le meilleur score au test d'intelligence individuelle. Autrement dit, un groupe formé de gens brillants ne fait pas automatiquement le groupe le plus brillant.

Les psychologues ont toutefois trouvé des facteurs permettant de prédire si un groupe sera « intelligent » collectivement, mais ils ont dû se tourner du côté de **« compétences »** pour en identifier trois. Concrètement, de quoi on pourrait appeler la sensibilité sociale d'un groupe (notre capacité à

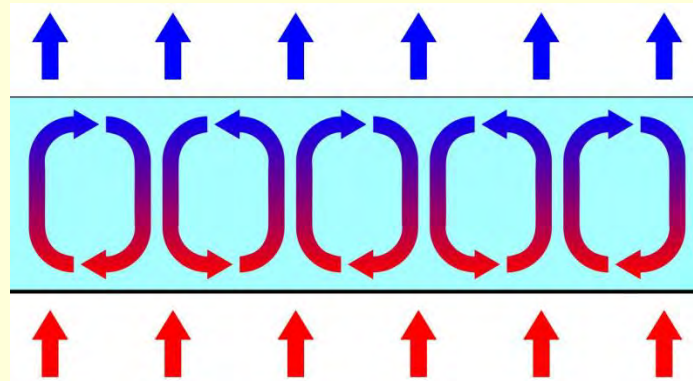
Le cerveau à tous les niveaux est financé depuis dix ans par l'Institut des neurosciences, de la santé mentale et des toxomanies (INSM). Un des 13 Instituts de recherche en santé du Canada (IRSC). Mais suite à une réorientation de ses priorités découlant de rassemblements budgétaires à TRIC, TRIMT a annoncé qu'elle cessait de financer le Cerveau à tous les niveaux le 31 mars 2013.

La **petite équipe** à l'œuvre depuis une décennie pour produire le Cerveau à tous les niveaux (et sa version anglaise, **The Brain from Top to Bottom**) doit donc trouver un nouveau bailleur de fonds si elle veut poursuivre l'aventure. Bien que des démarches pour du financement alternatif auprès d'autres organismes soient en cours, rien n'est certain et il reste relativement peu de temps avant le 31 mars prochain.

Voilà pourquoi nous rendons publique cette situation, dans l'espoir de recueillir des idées ou des contacts auprès de la **voûte communautaire** qui

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.**



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...

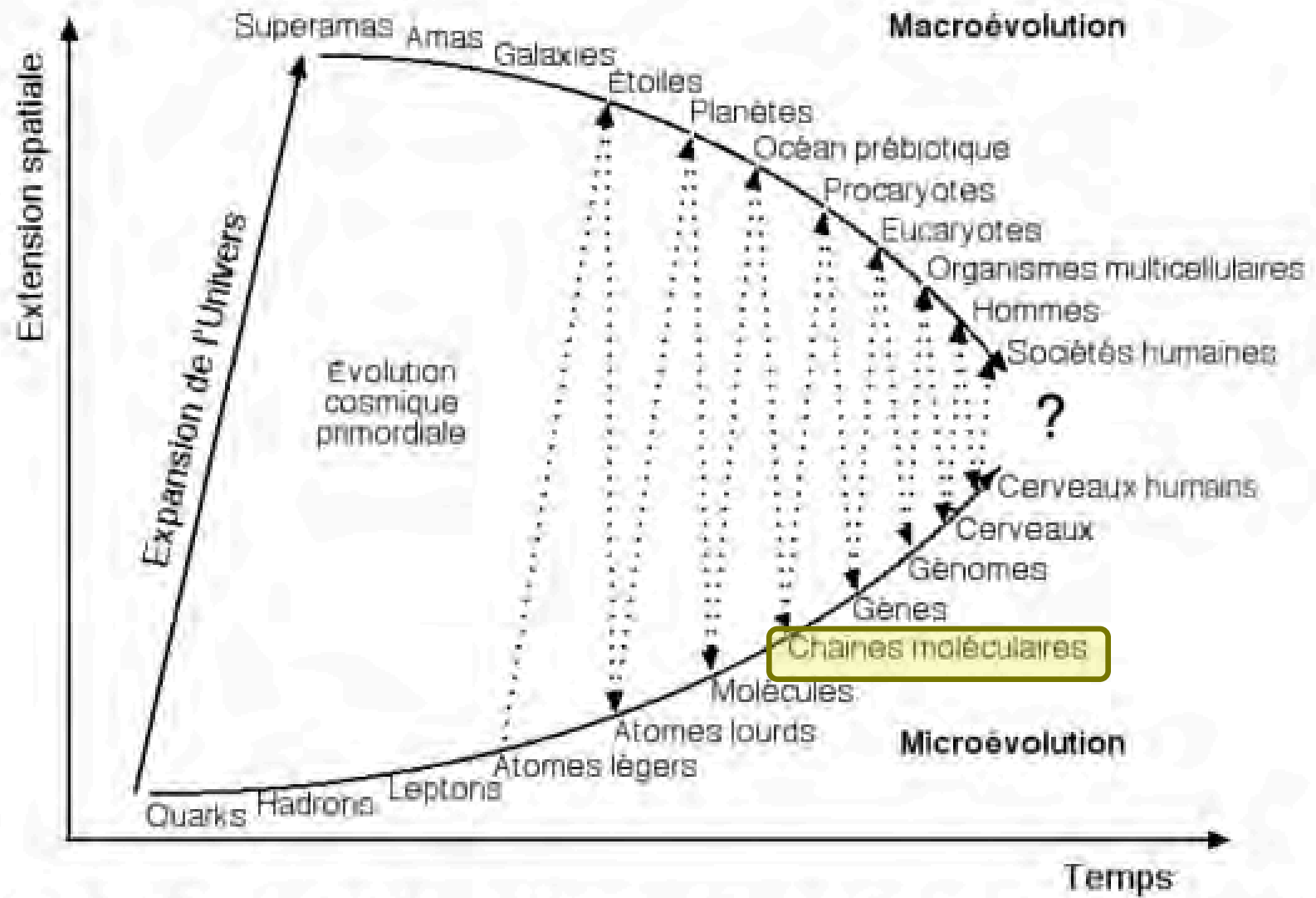
Pourquoi la vie existe-t-elle ? Ce physicien a développé une théorie qui pourrait bouleverser les fondements actuels

<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

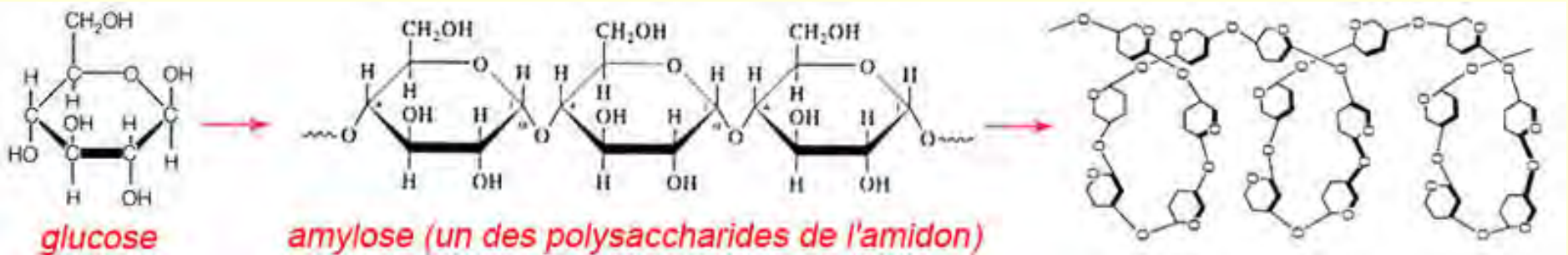
<https://www.quantamagazine.org/20140122-a-new-physics-theory-of-life/>



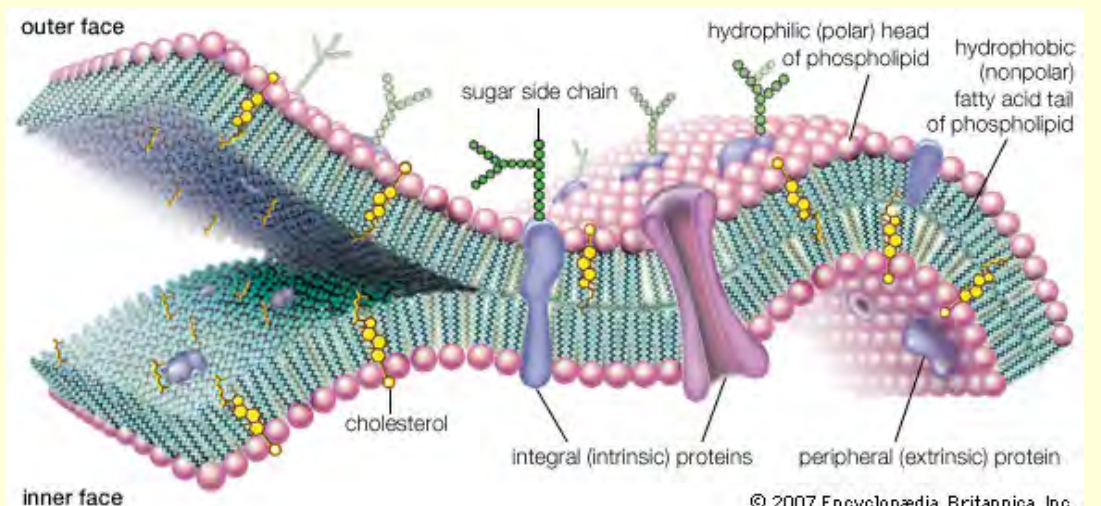
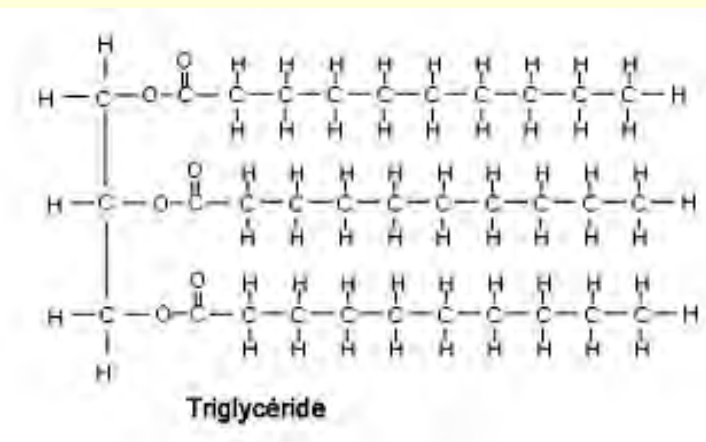
D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.

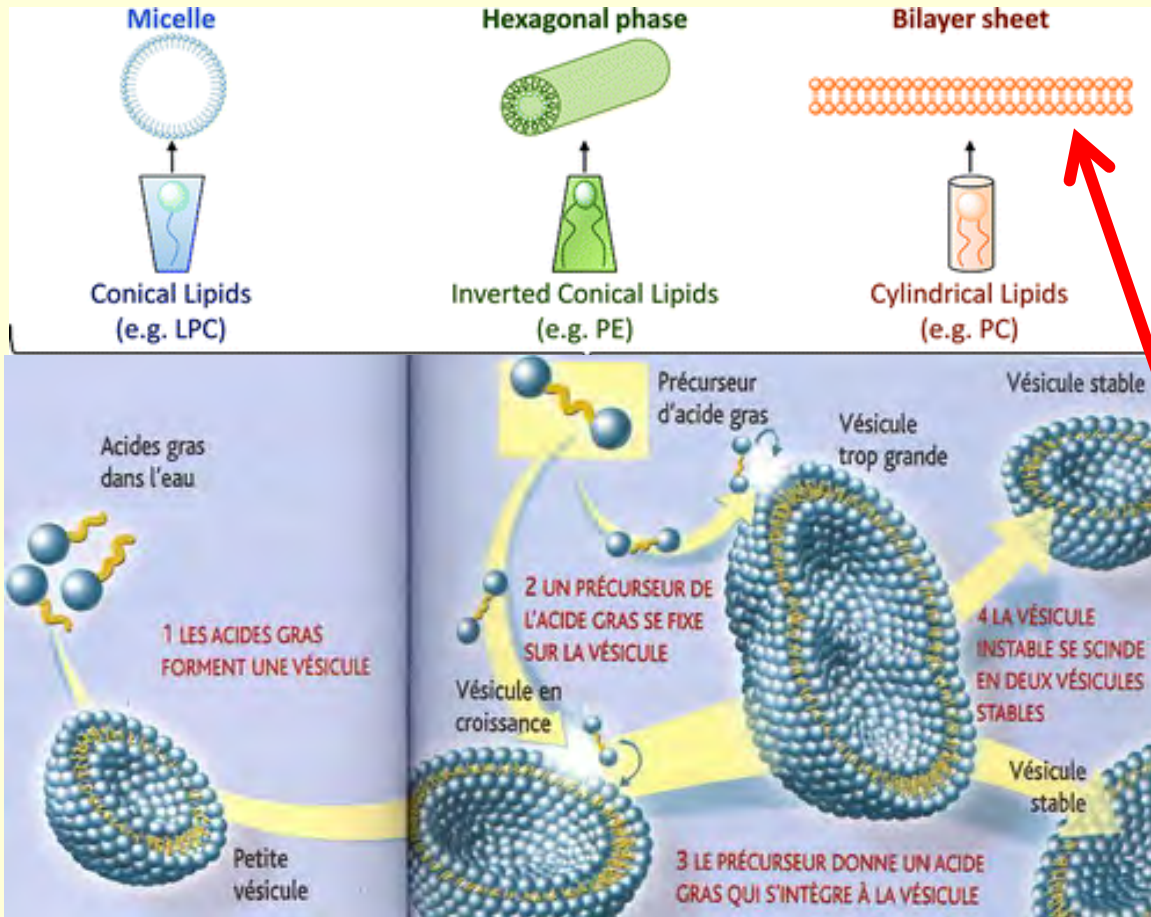
Quoi qu'il ait pu être ses mécanismes, cette évolution chimique va donner lieu à des chaînes moléculaires de :

- Glucides



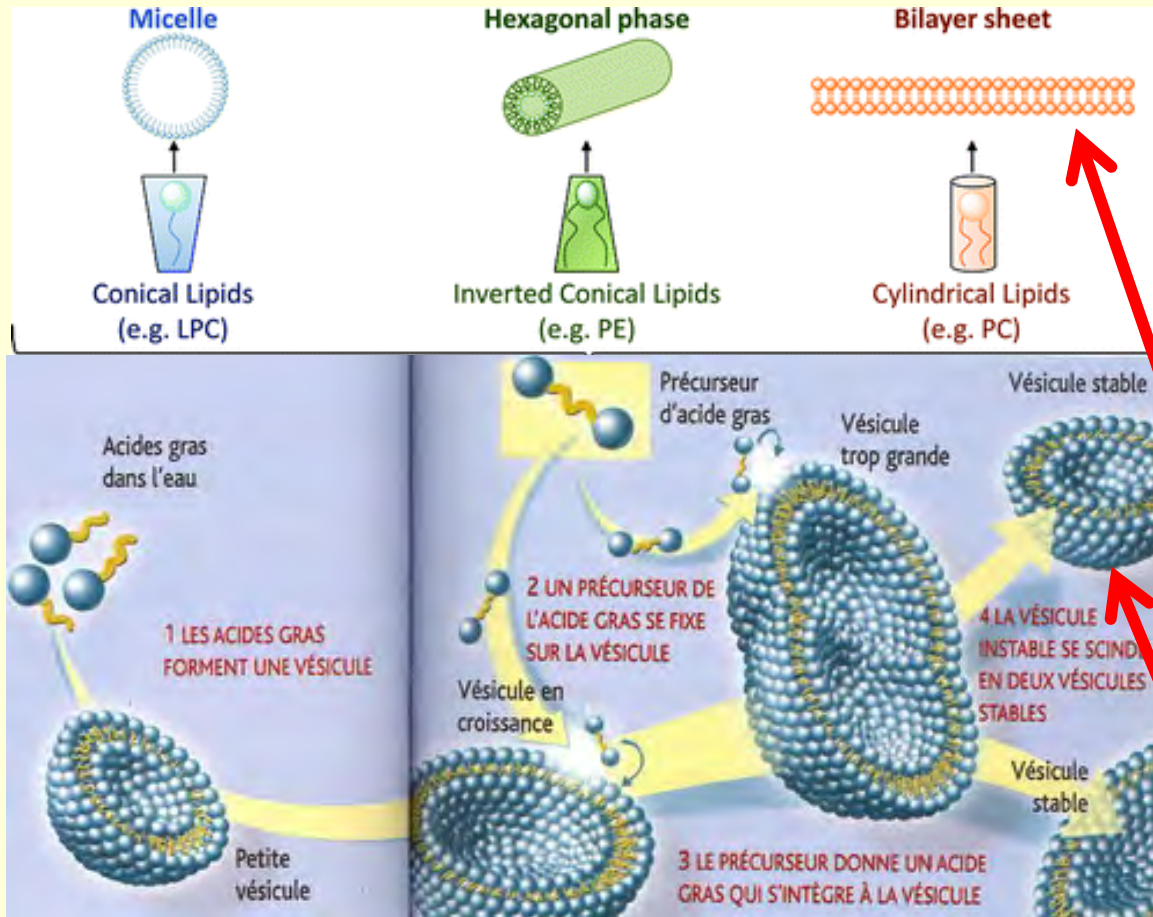
- Lipides





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

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



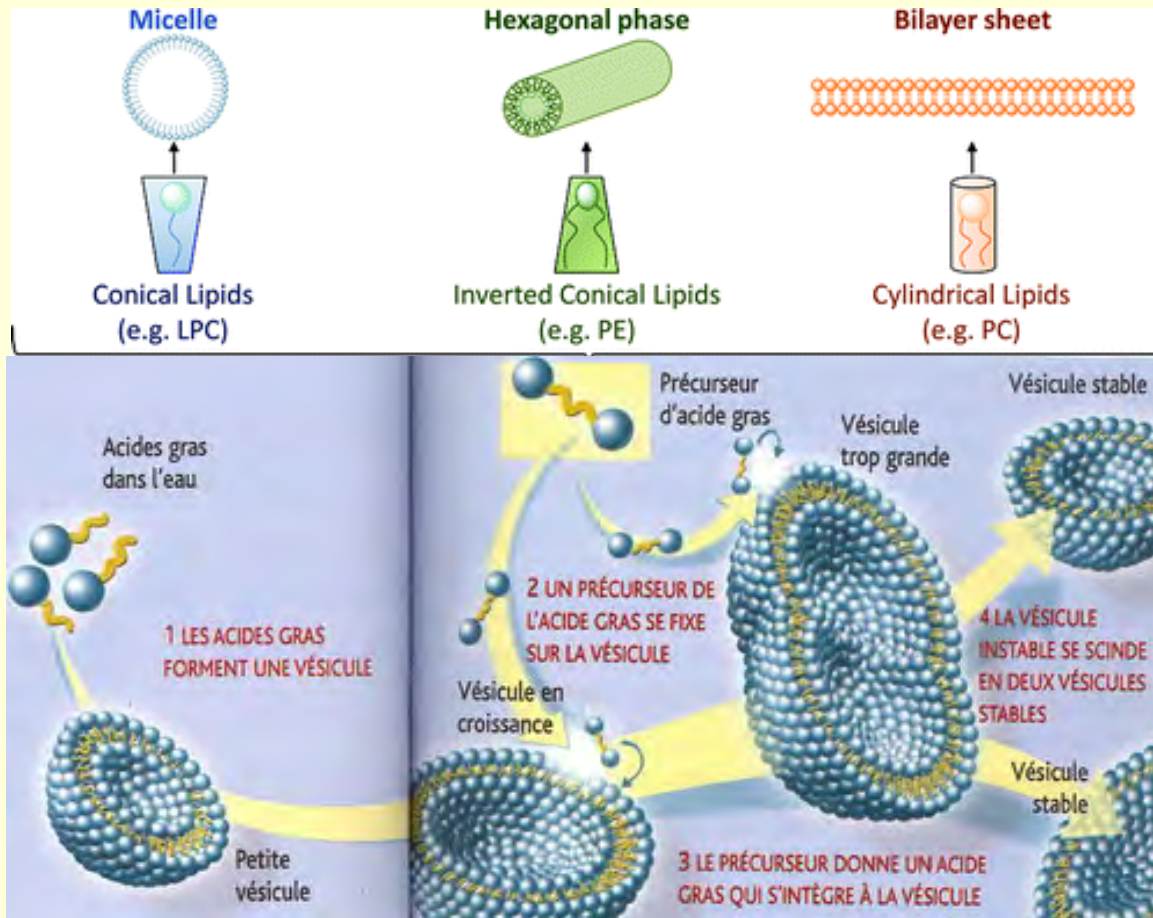
Ces chaînes de lipides vont donner lieu à des phénomènes **d'auto-organisation** mais cette fois-ci au niveau **supra-moléculaires** :

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

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

“there is an overall increase of entropy (or disorder) due to the “liberation” of water molecules, which makes the process **thermodynamically favorable.**”

- The Systems View of Life

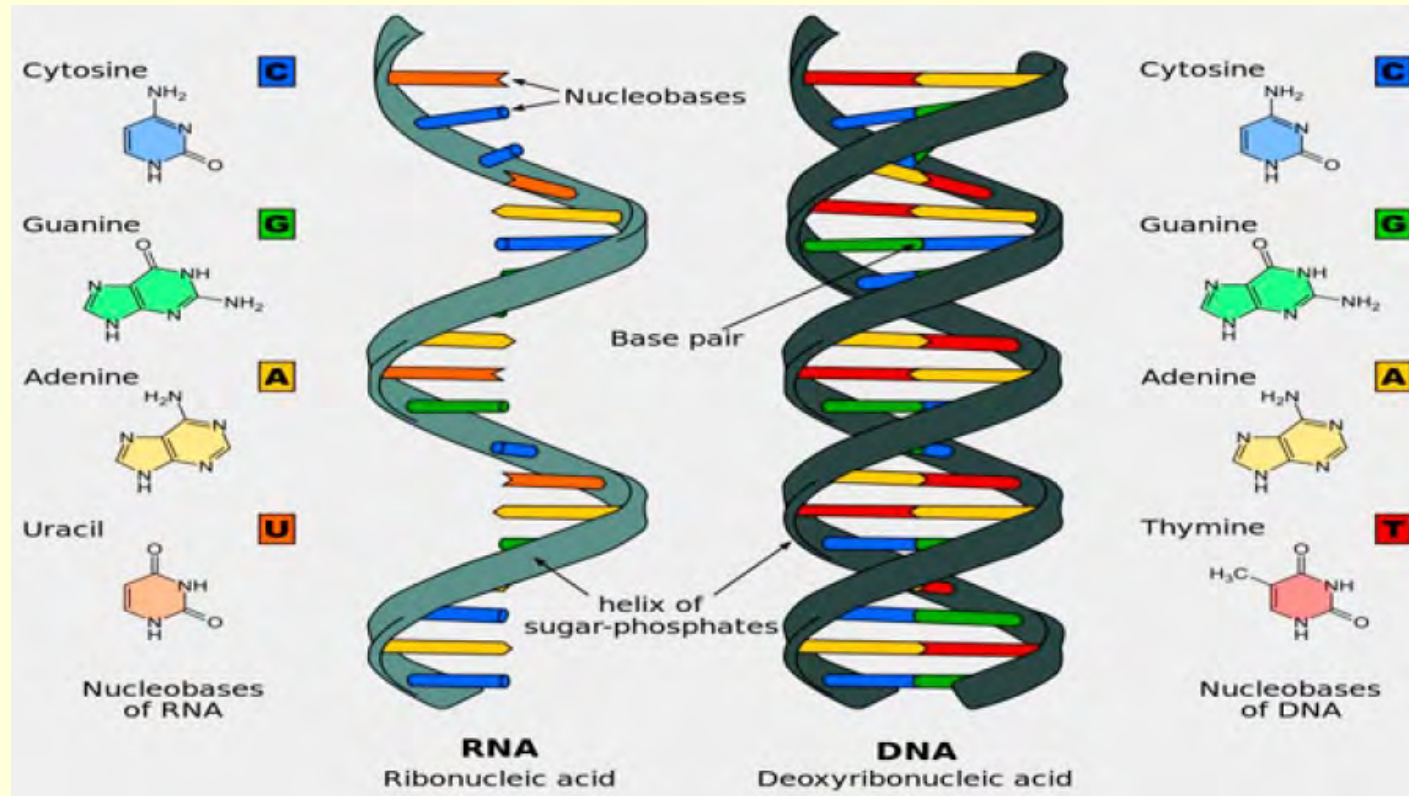


« Pas de membrane, pas de cellules.
Pas de cellules, pas de neurones.
Pas de neurones, pas de cerveaux.
Pas de cerveaux, pas d'humains ! »

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

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

- Glucides
- Lipides
- **Bases nucléiques**

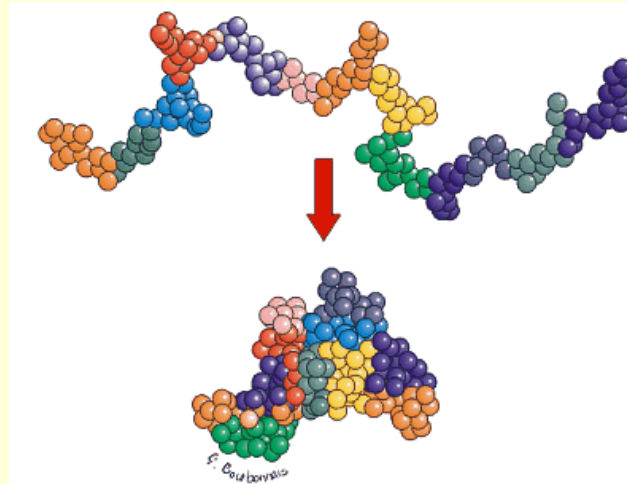
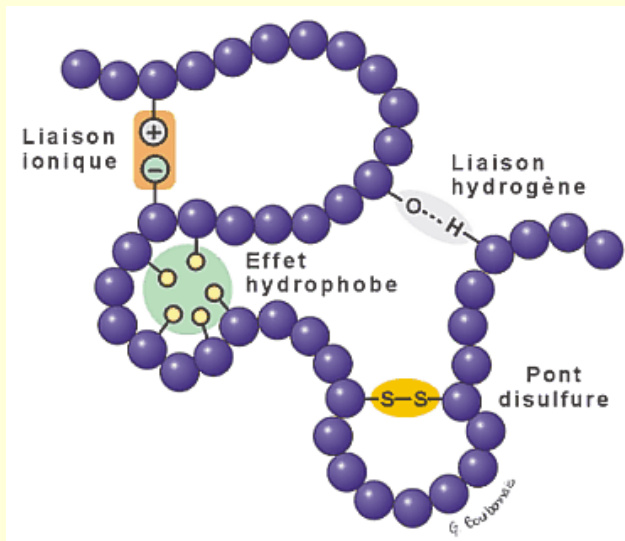
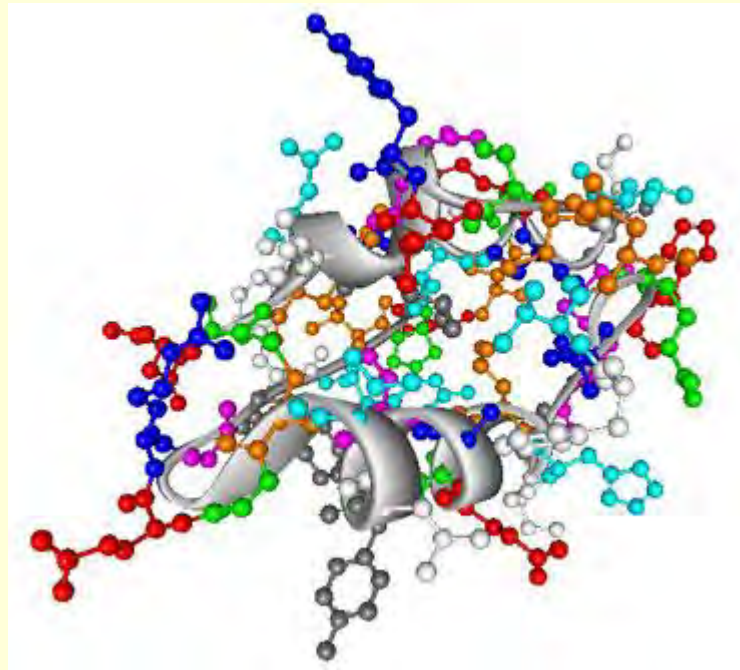


Même principe d'organisation que pour les lipides:

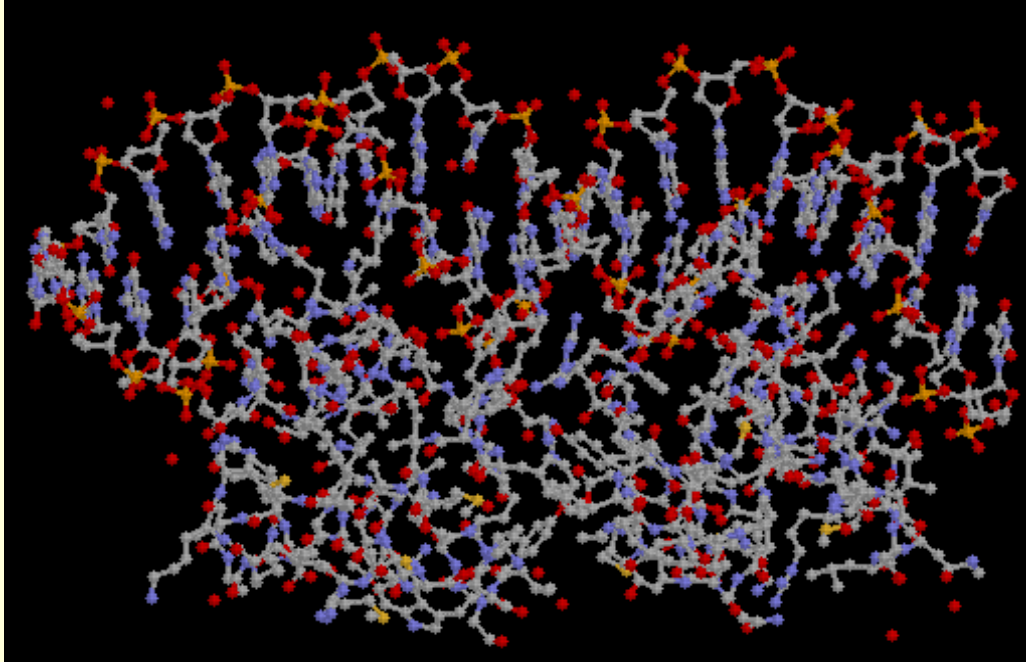
les deux brins complémentaires d'AND forment un duplex dans lequel les bases nucléiques hydrophobiques complémentaires fuient le contact de l'eau, laissant les "doigts" hydrophiliques des groupes phosphates s'occuper de la solubilité avec l'eau...

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

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



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



On peut donc dire encore une fois que **ce repliement s'auto-organise** (toujours sous contrôle thermodynamique), amenant « l'émergence » de nouvelles propriétés fonctionnelles au niveau de la structure 3D de la protéine (site de liaison d'un enzyme, le pore d'un canal membranaire, etc...) :

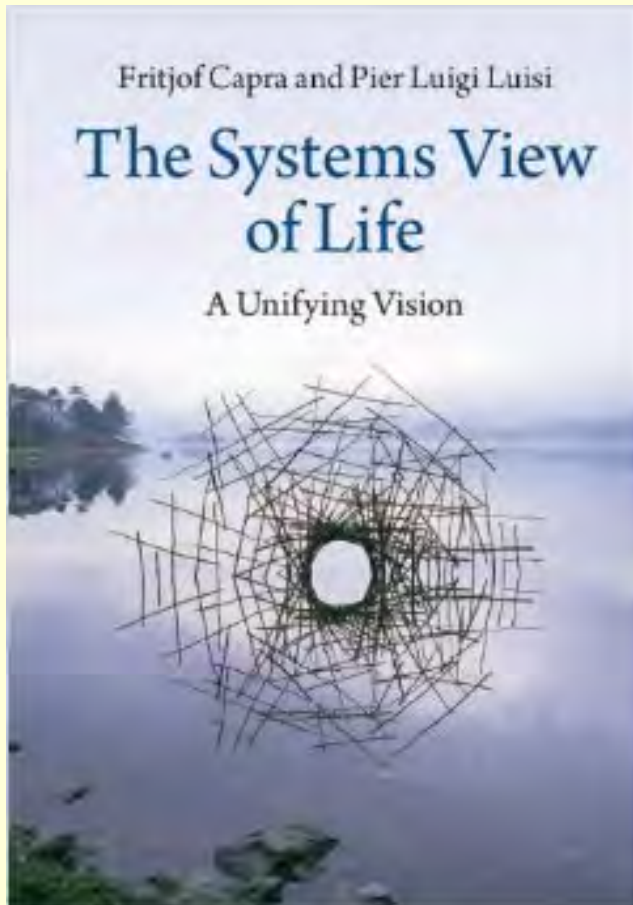
Et Chris Anfinsen a démontré en 1954 que ce repliement spontané à partir de la structure primaire de la protéine est aussi le plus stable thermodynamiquement parlant.

Si l'on dénature une protéine avec de l'urée, ce qui change sa forme et lui fait perdre sa fonction biologique, le retrait de l'urée amène la protéine à reprendre sa forme originale.

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.**

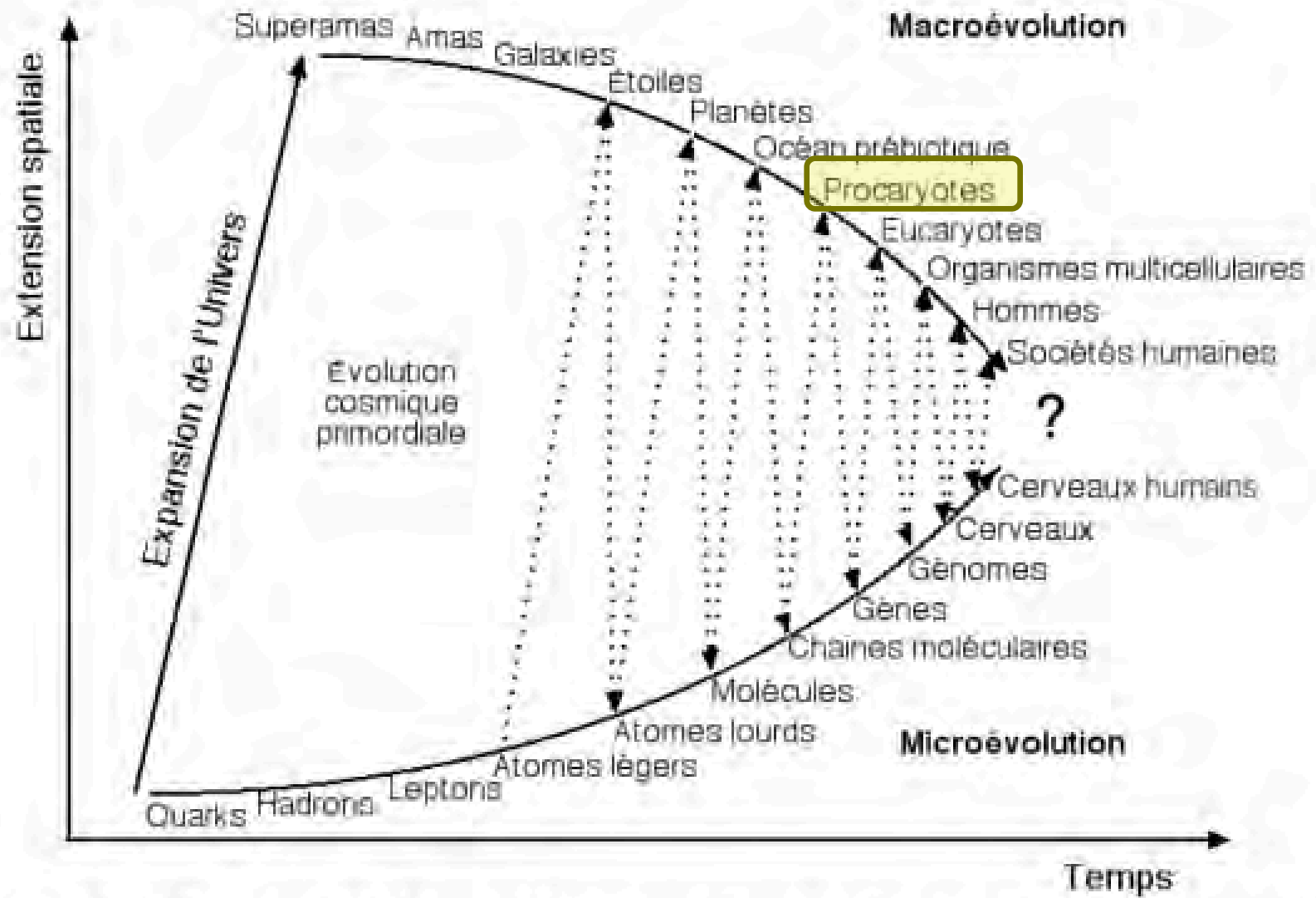


Durant l'histoire occidentale de la science et de la philosophie, il y a eu une tension entre 2 perspectives :

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

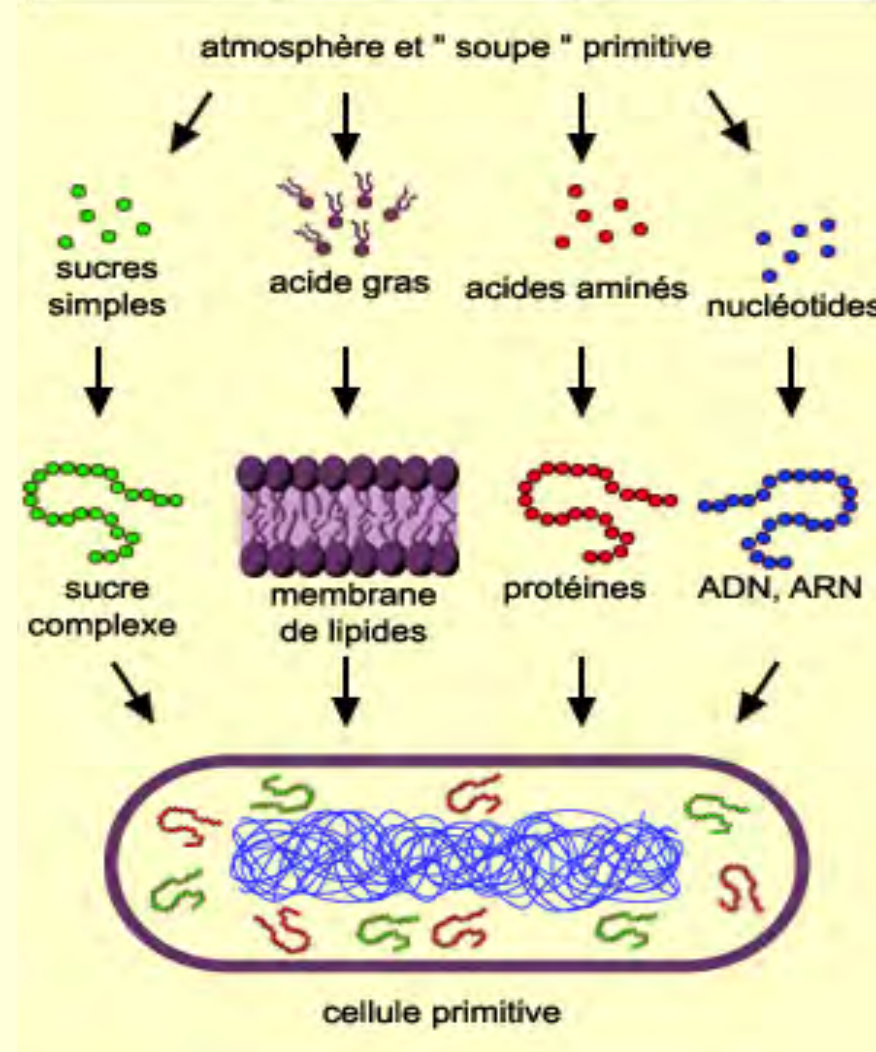
Parce que ça commence à devenir important avec le repliement des protéines,

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

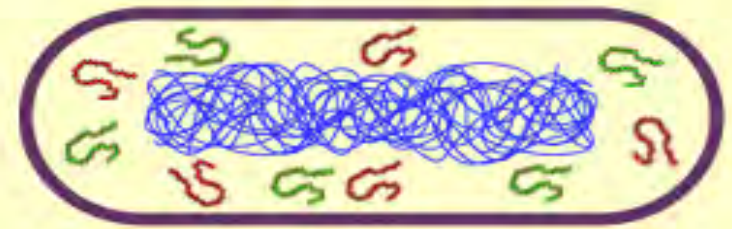


D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.

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

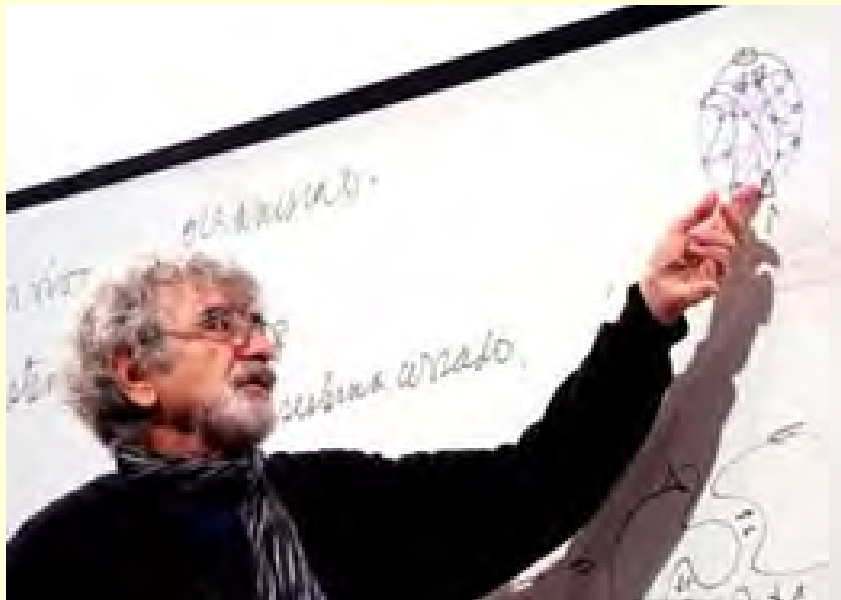


Pour comprendre ce qu'est une **cellule vivante**,

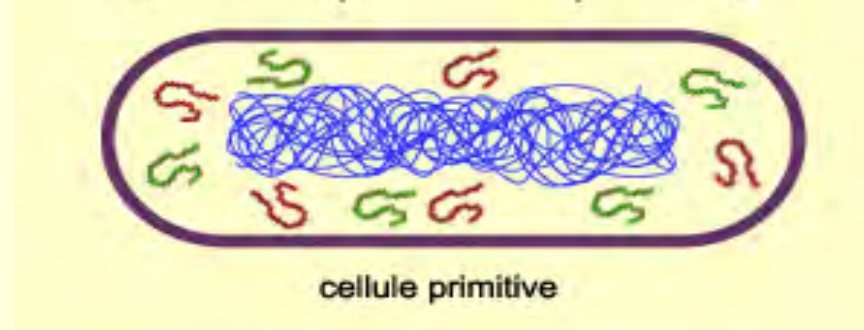


cellule primitive

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**,

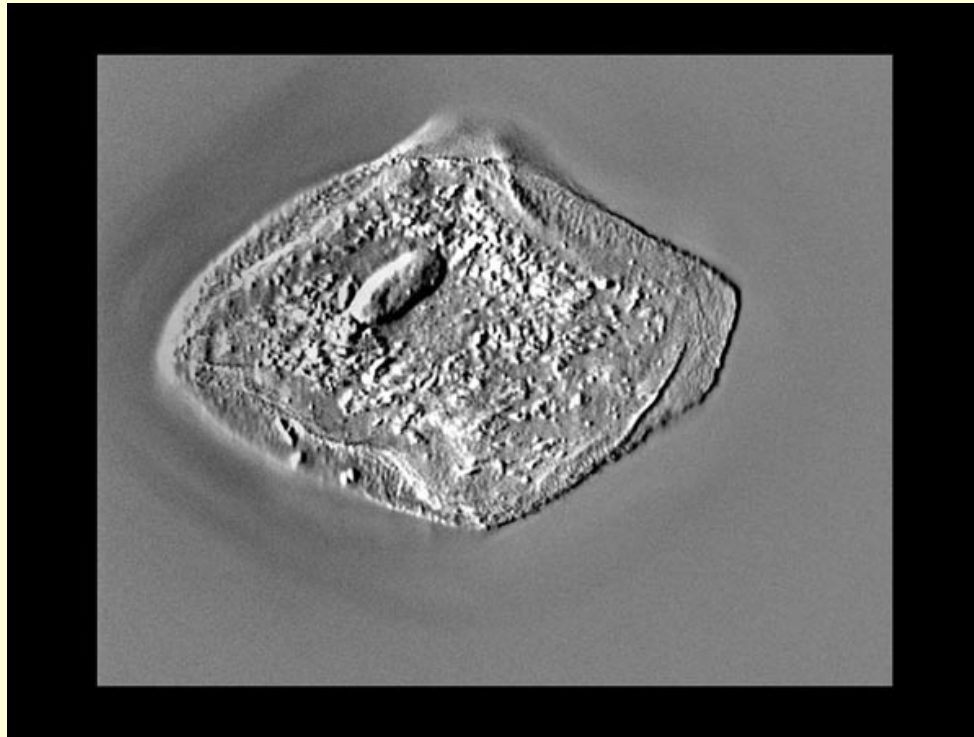


une notion très utile est celle **d'autopoïèse**,
élaborée par Humberto Maturana et Francisco Varela
dans les années 1970.

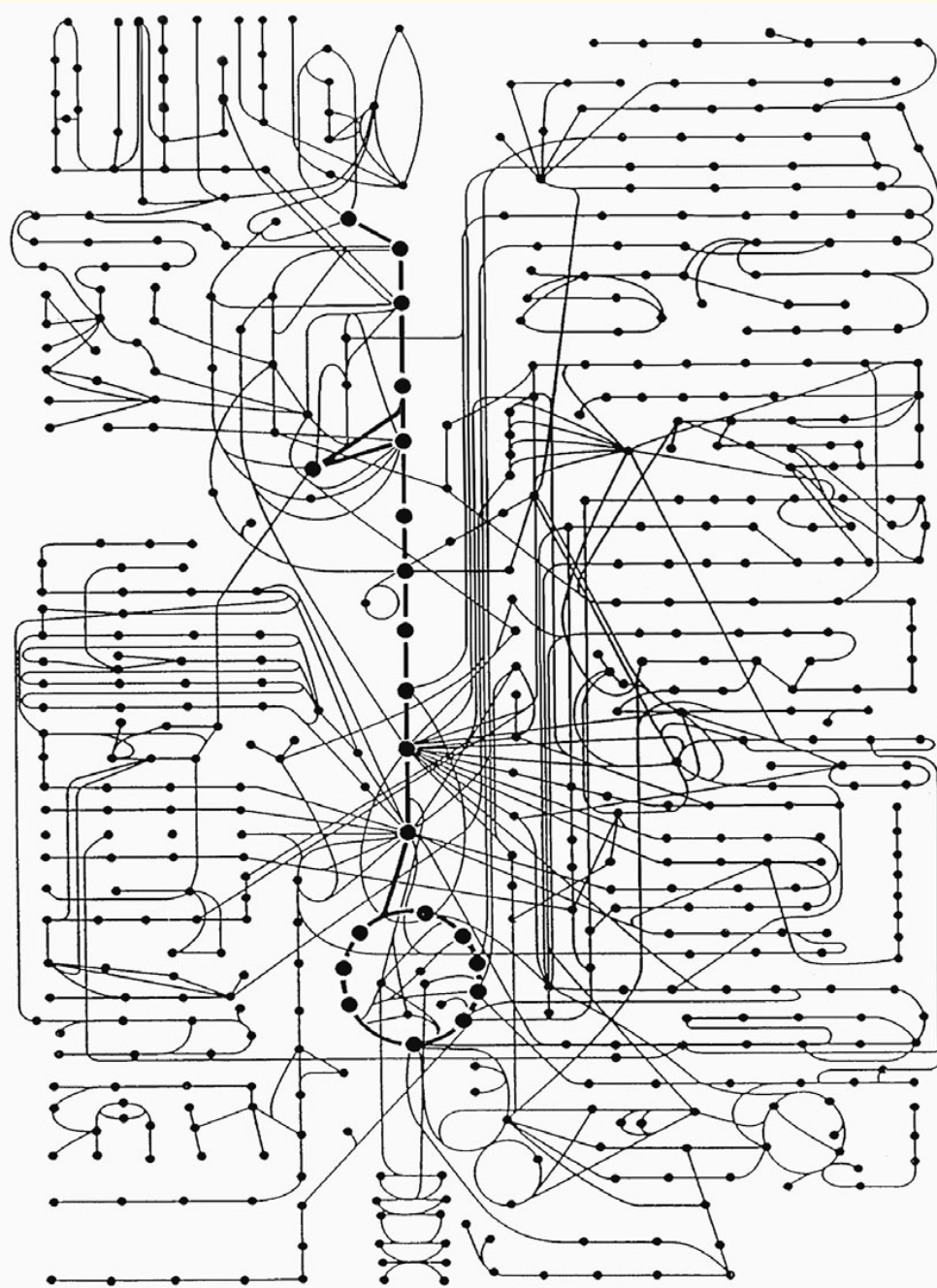
« Notre proposition est que les êtres vivants sont caractérisés par le fait que, littéralement, ils sont continuellement en train de **s'auto-produire**. »

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

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



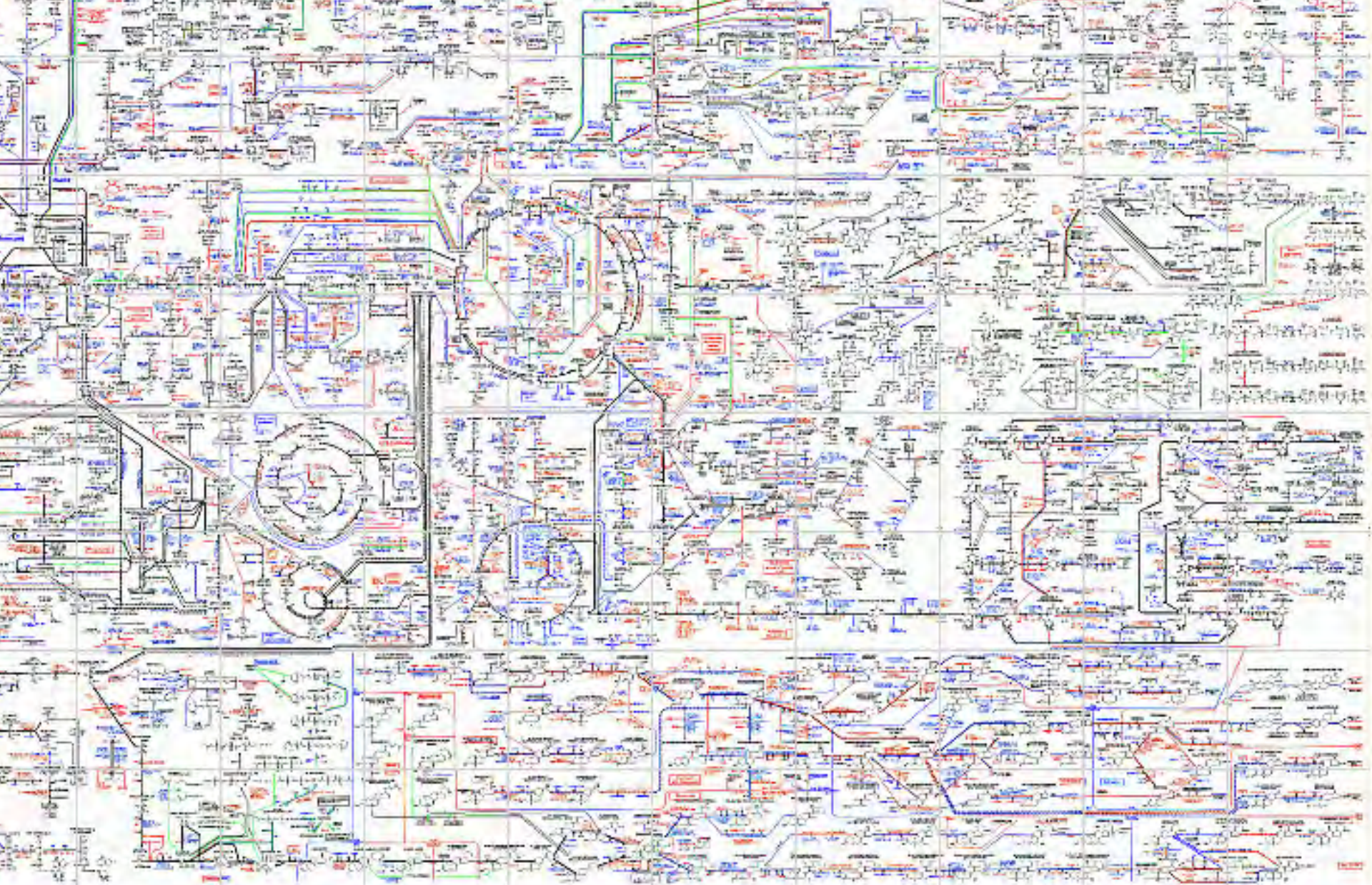
An image of a human buccal epithelial cell obtained using Differential Interference Contrast (DIC) microscopy
(www.canisius.edu/biology/cell_imaging/gallery.asp)



« un réseau »...

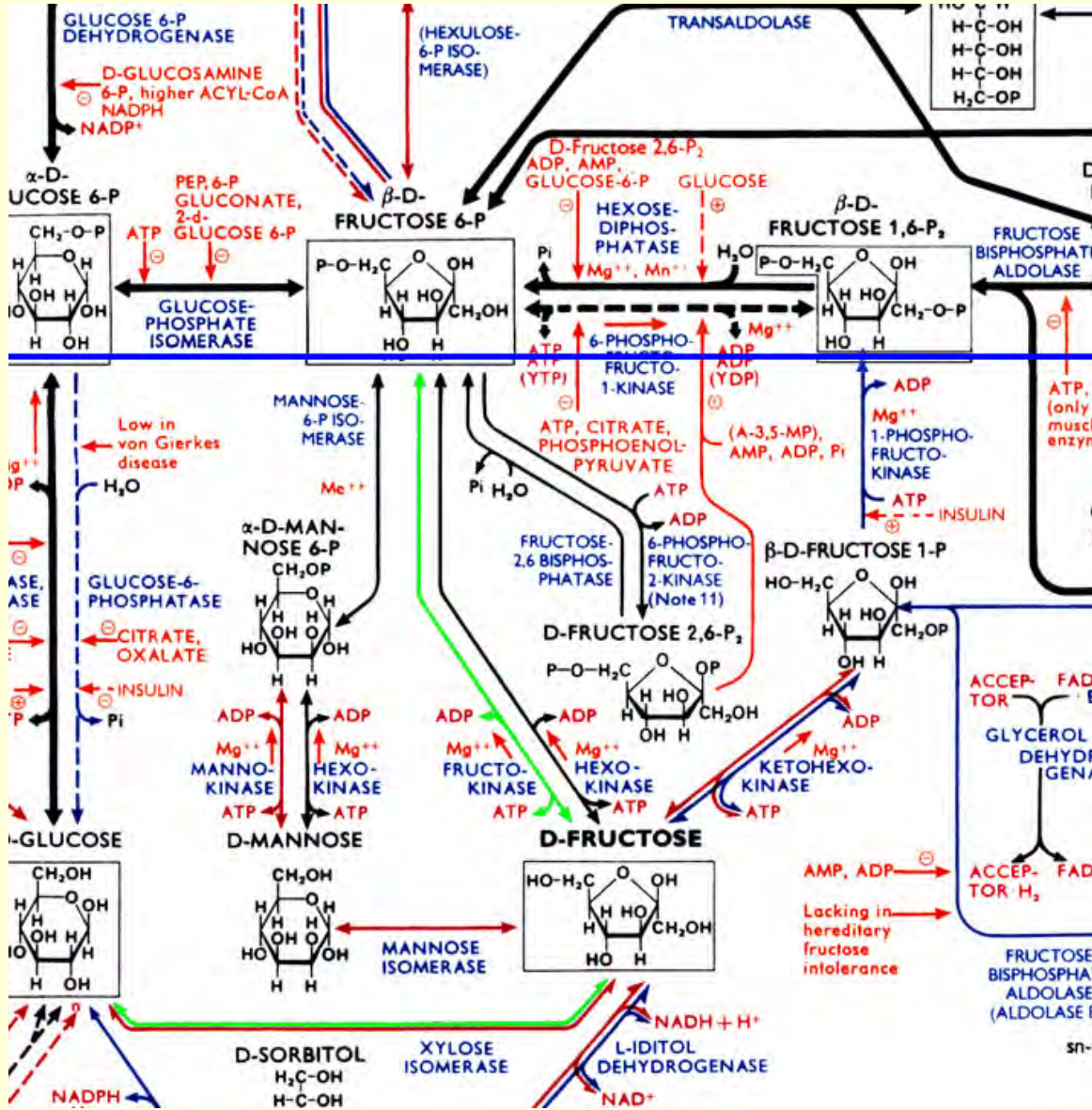
= des éléments qui entretiennent
des relations

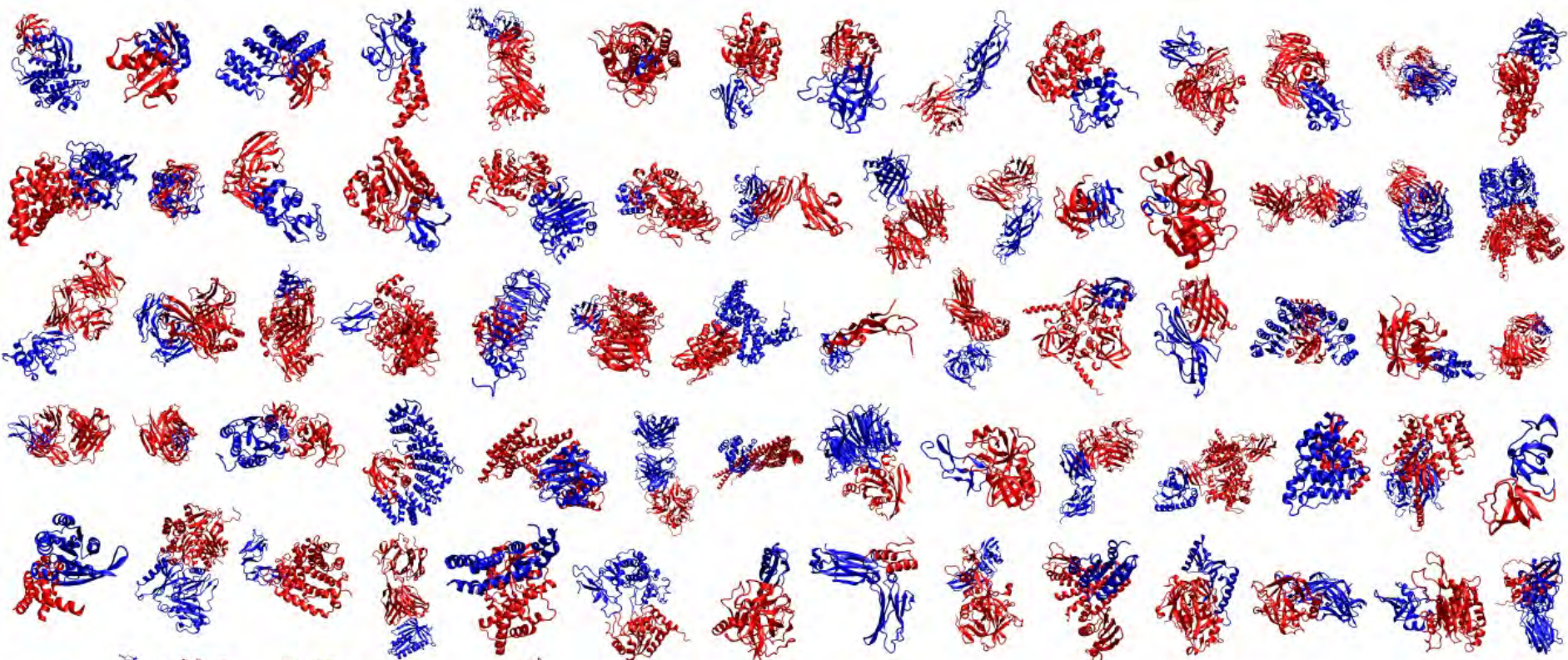
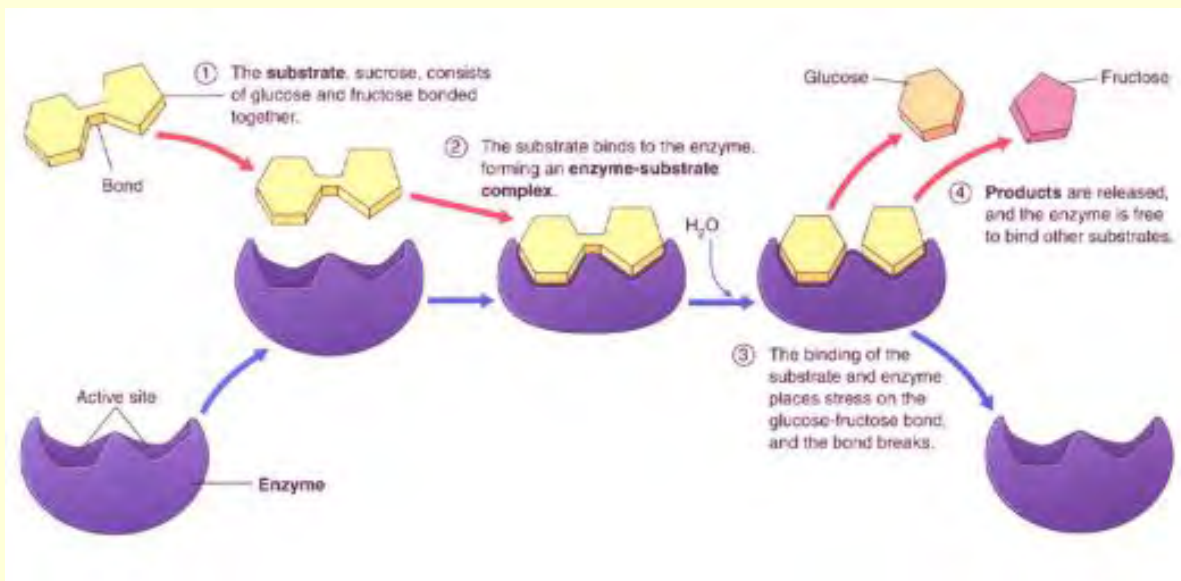
Et dans ce réseau, il y a
constance de la structure
générale malgré le changement
de ses éléments constitutants.



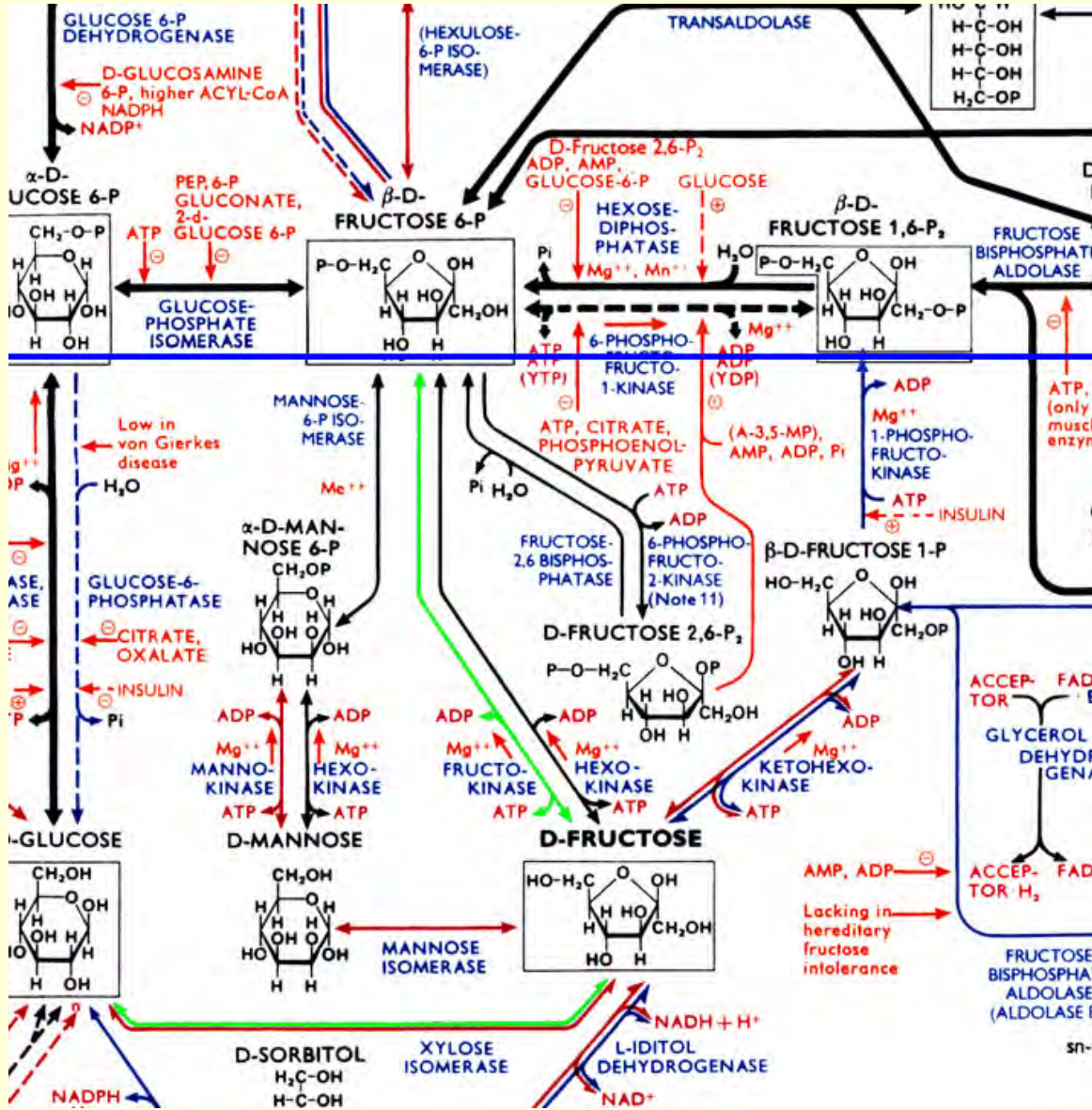
« un réseau complexe »... = cascades de réactions biochimiques dans une cellule

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





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

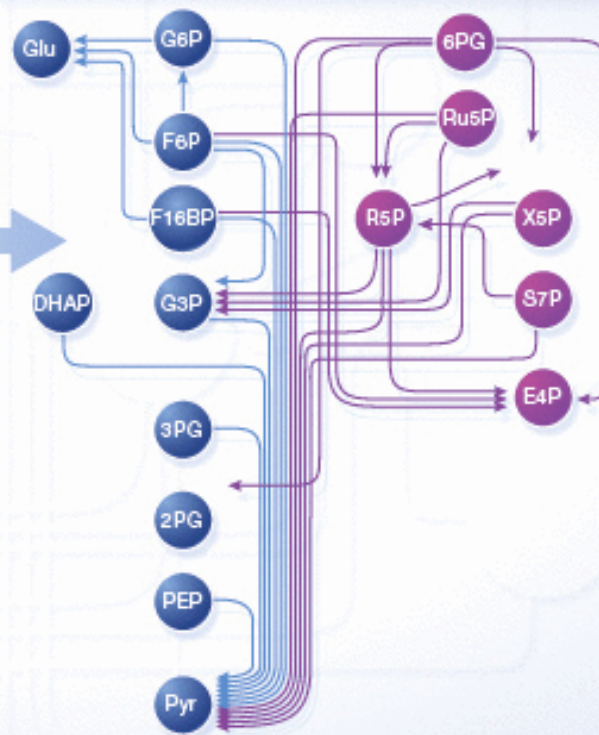


..qui régénèrent constamment, par leurs interactions et transformations, le réseau qui les a produits.

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

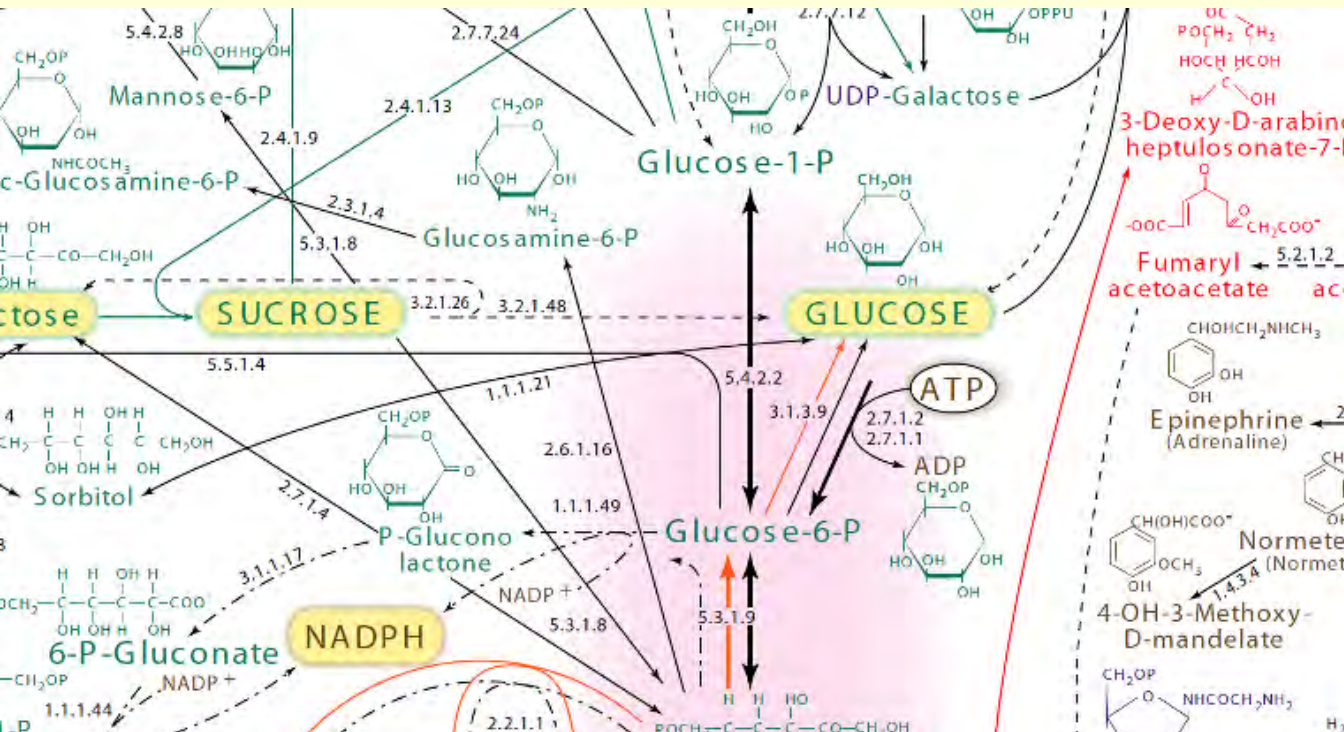
Published

25.04.2014

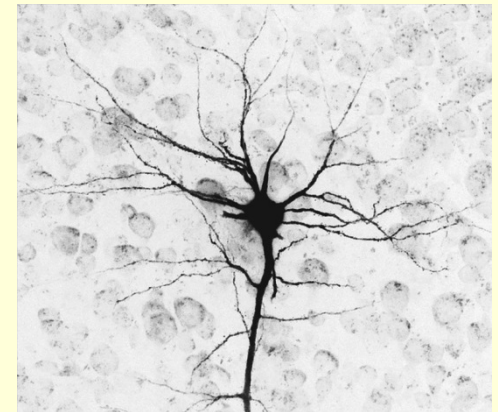
<http://msb.embopress.org/content/10/4/725>

« metabolism could be of prebiotic origin. »

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



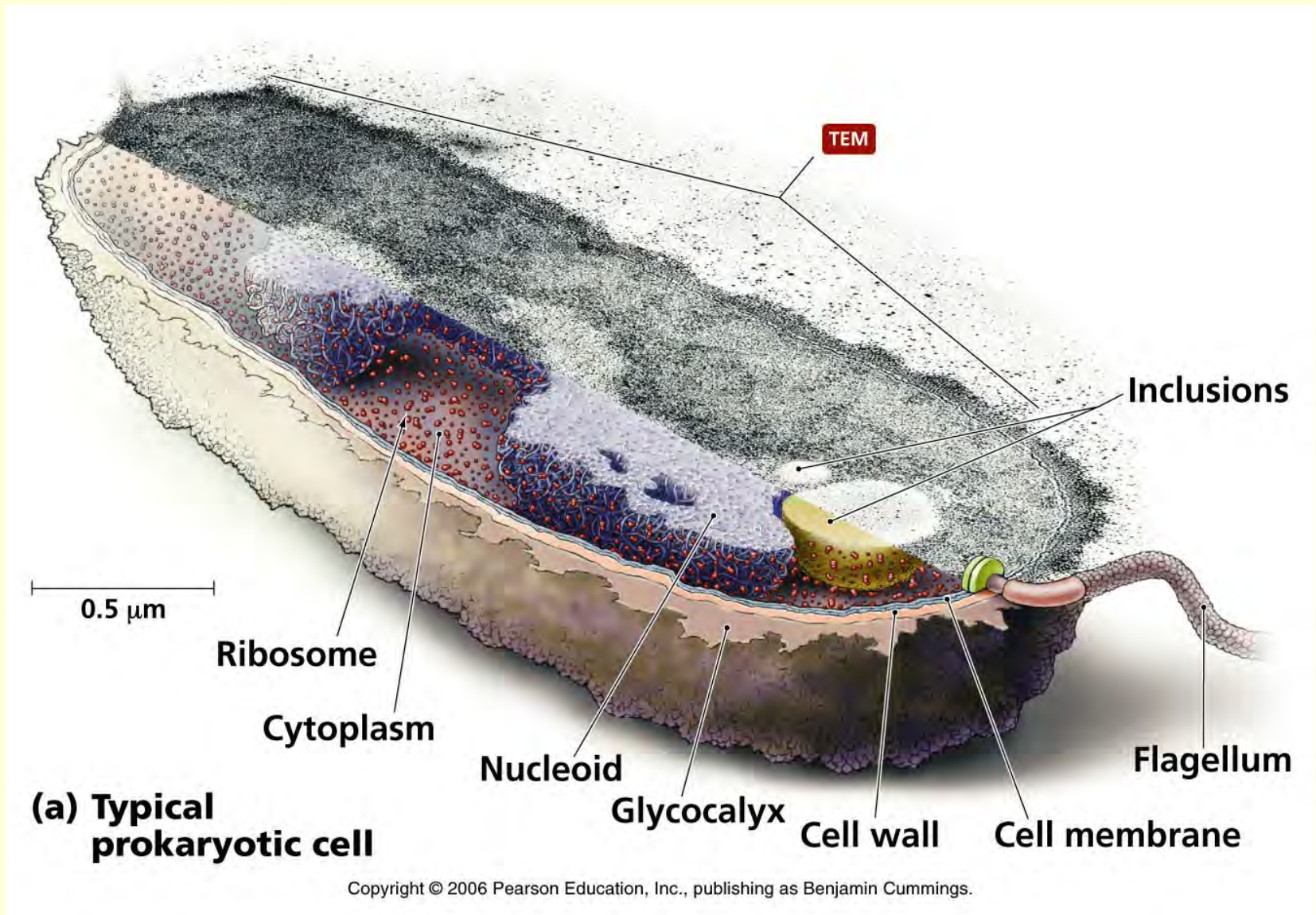
..qui régénèrent constamment, par leurs interactions et transformations, le réseau qui les a produits.

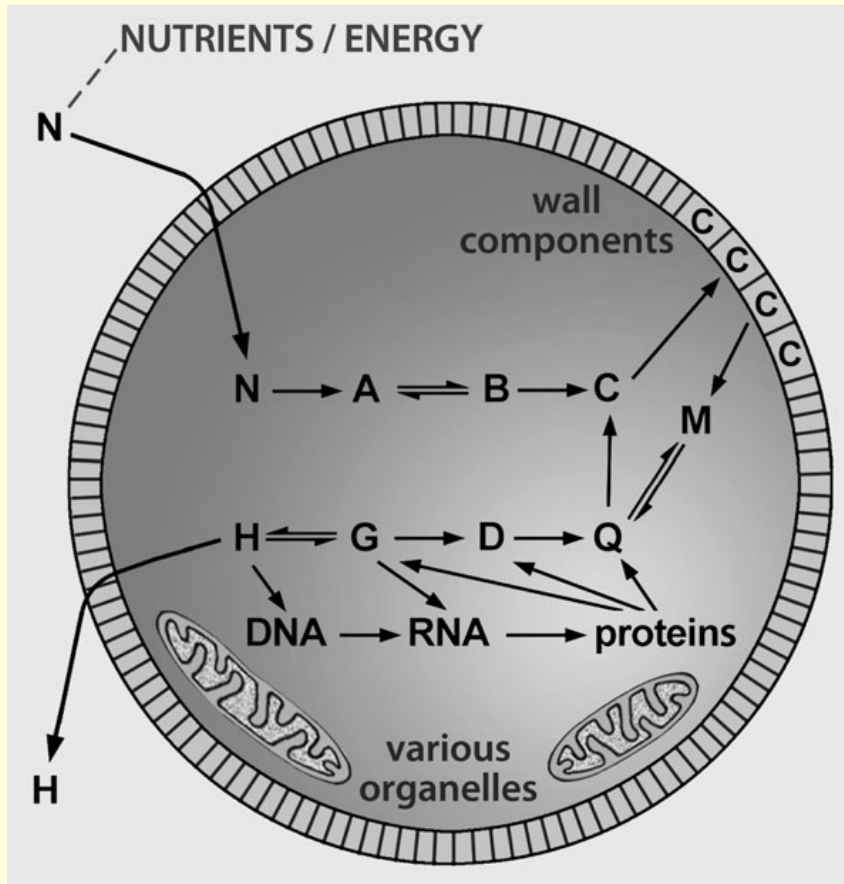


Car encore aujourd'hui, chaque cellule de votre cerveau a un tel métabolisme.

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

Les premières cellules vivantes sont déjà infiniment complexes !





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



+



=

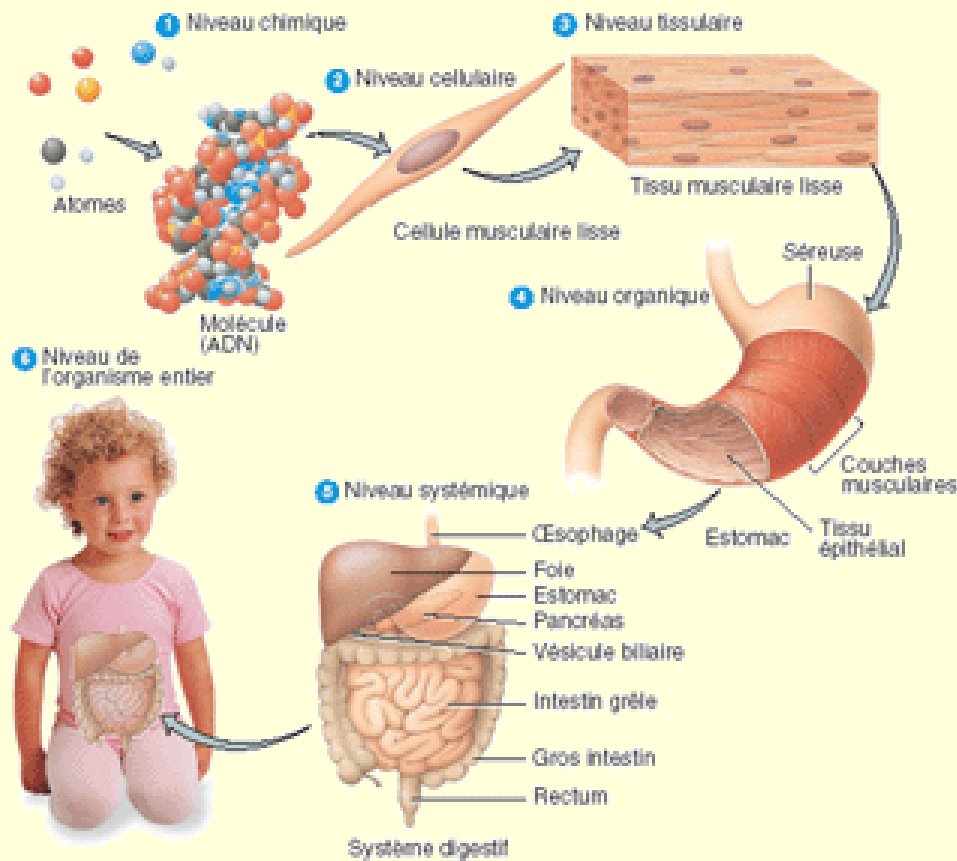


Sodium (Na)
(métal hautement inflammable)

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).

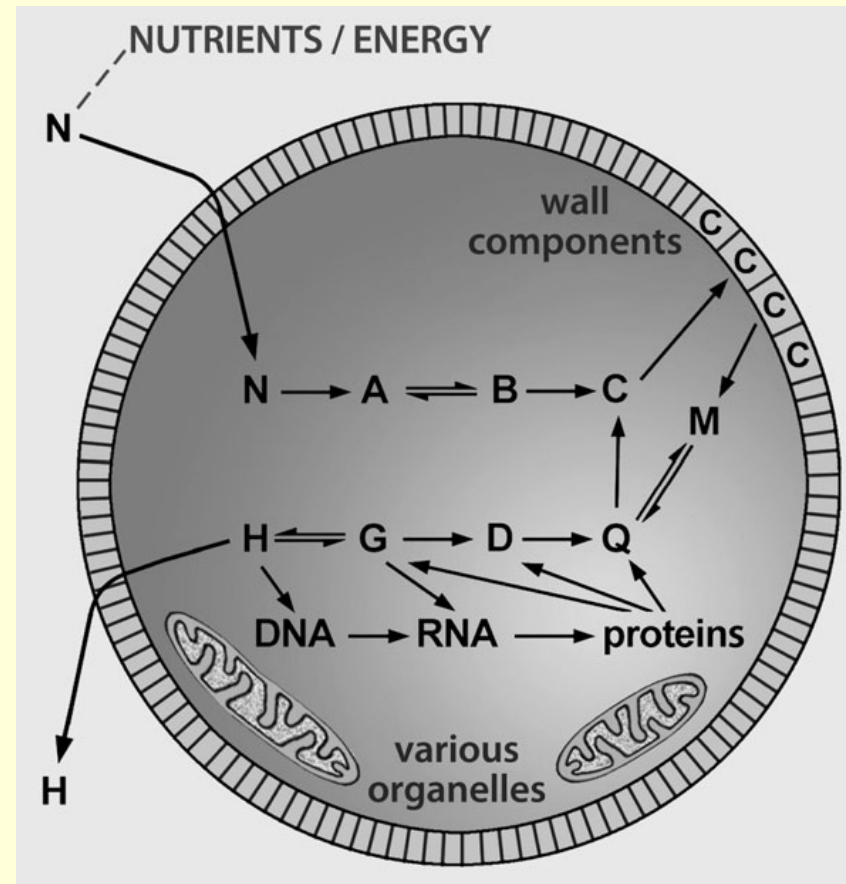
En biologie, c'est donc la 2^e question qui va nous intéresser :

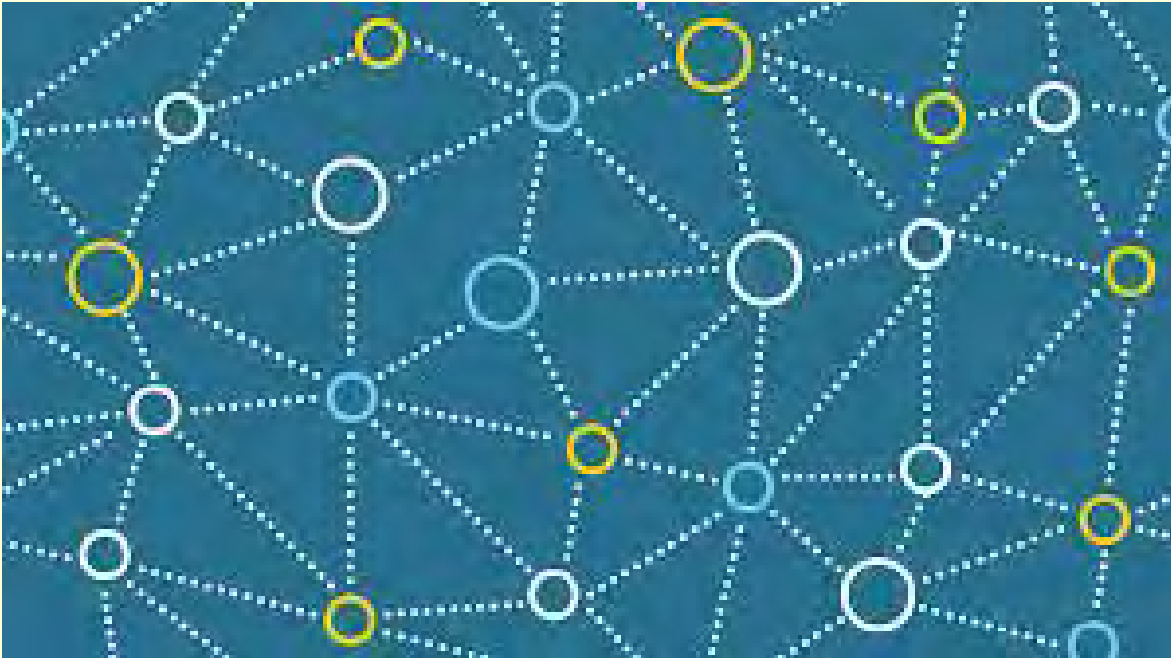
l'étude de la **forme** : quel est le pattern ?

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

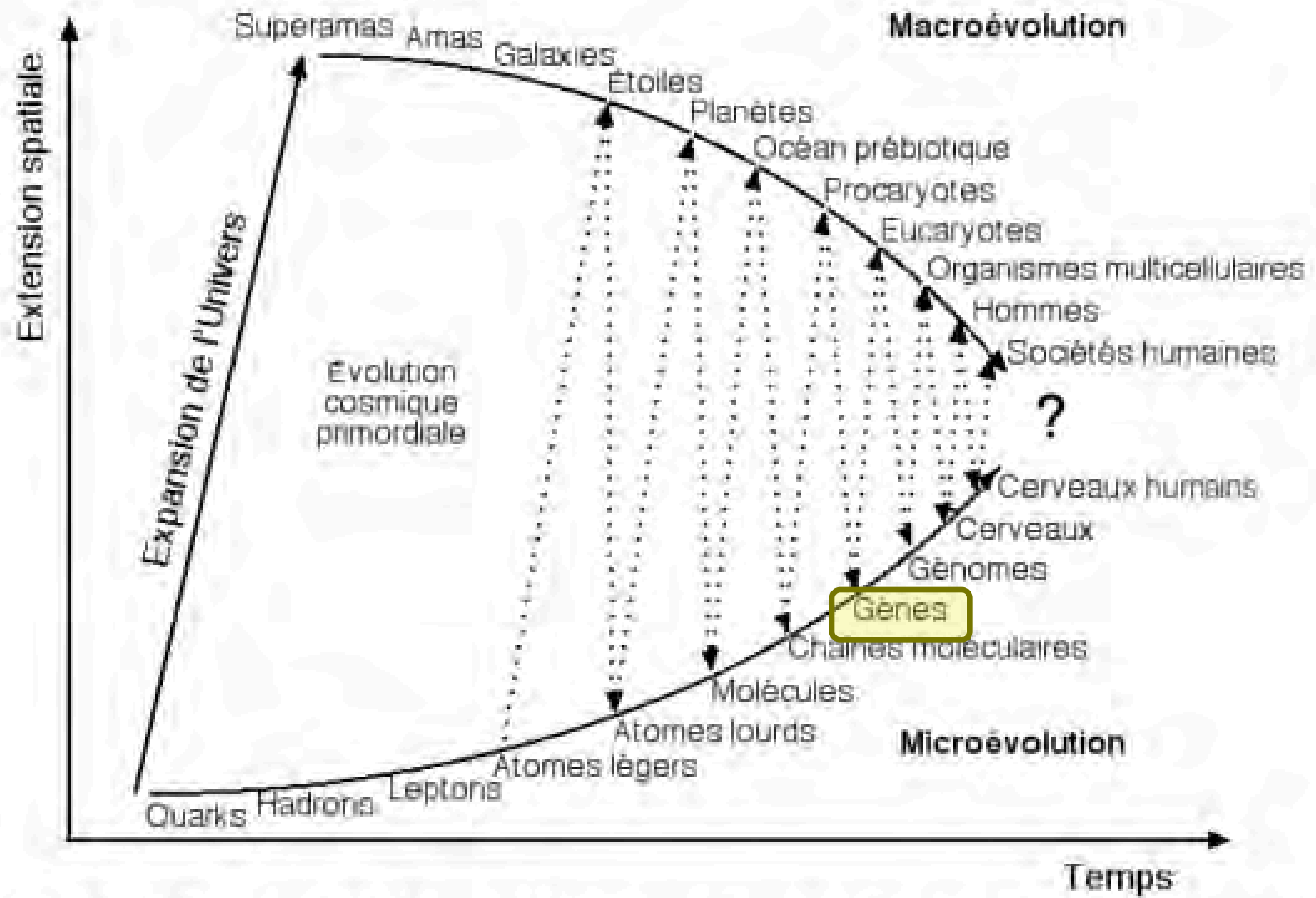
Je vous donne tout de suite le punch :

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



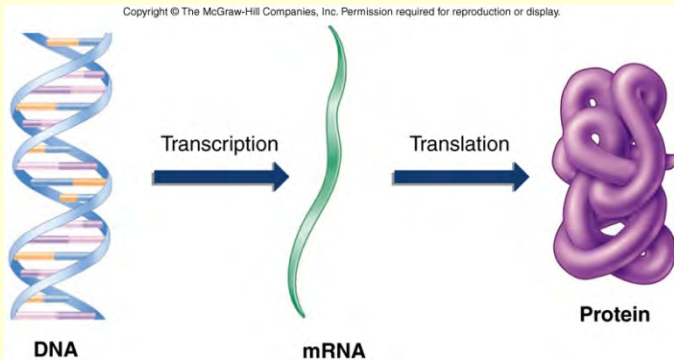


**« Whenever we look at life,
we look at networks. »**

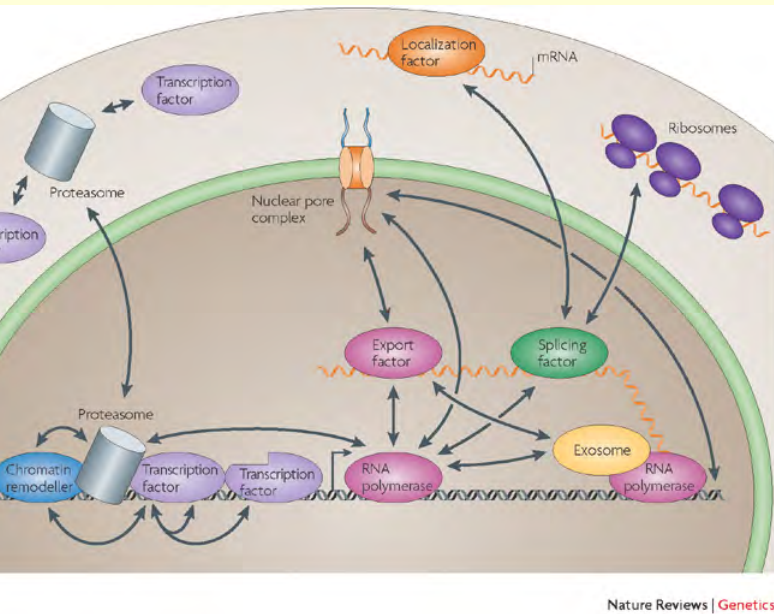


D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.

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

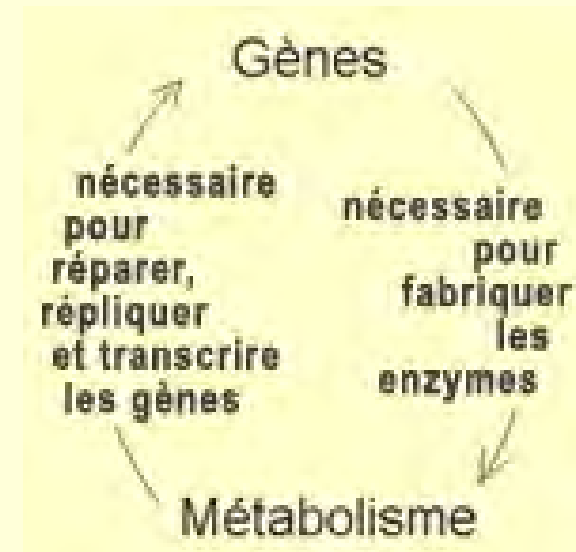


On a longtemps pensé que les gènes n'étaient que les « plans » pour fabriquer nos protéines.



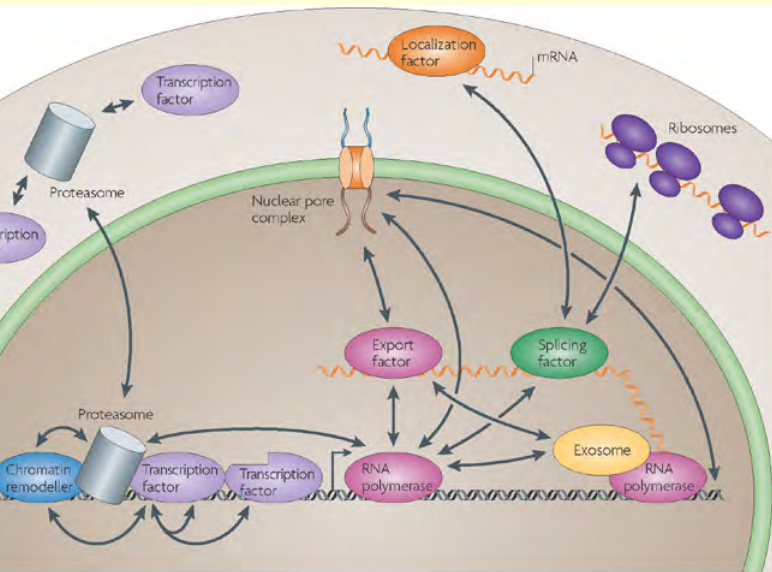
Mais on sait maintenant que certains gènes servent à fabriquer des enzymes qui vont revenir se fixer sur d'autres gènes et en influencer l'expression.

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



Le paradigme du « tout génétique » constitue un obstacle à l'appropriation de concepts biologiques actuels et plus flexibles entre le bagage héréditaire et le milieu de vie, dont la **plasticité cérébrale** et l'**épigénétique**.

(inspiré de Henri Atlan, *La Fin du tout génétique ? Nouveaux paradigmes en biologie*, 1999)



Nature Reviews | Genetics

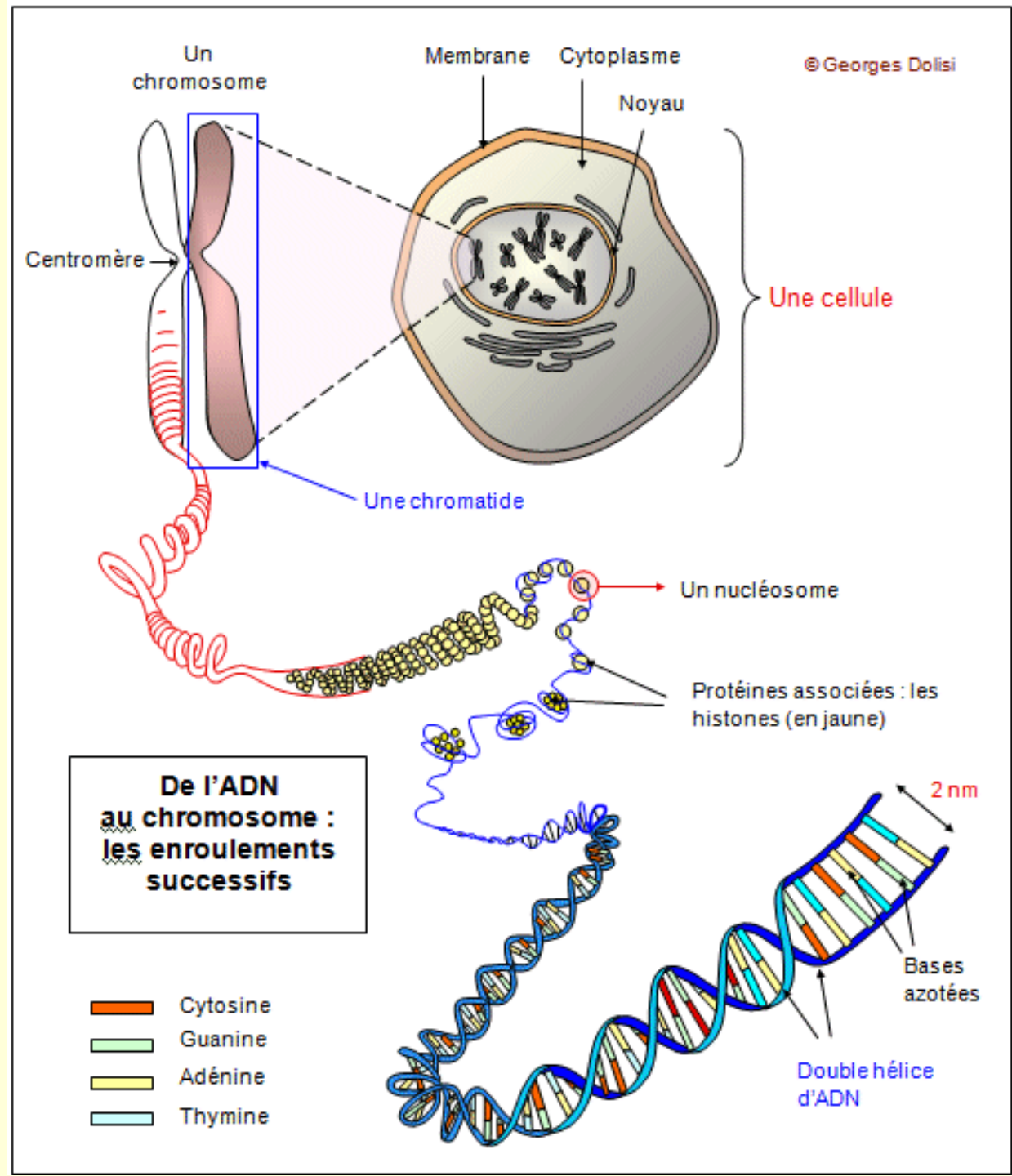
Ces réseaux métaboliques doivent cependant réussir à se **reproduire** en faisant des **copies d'eux-mêmes**.

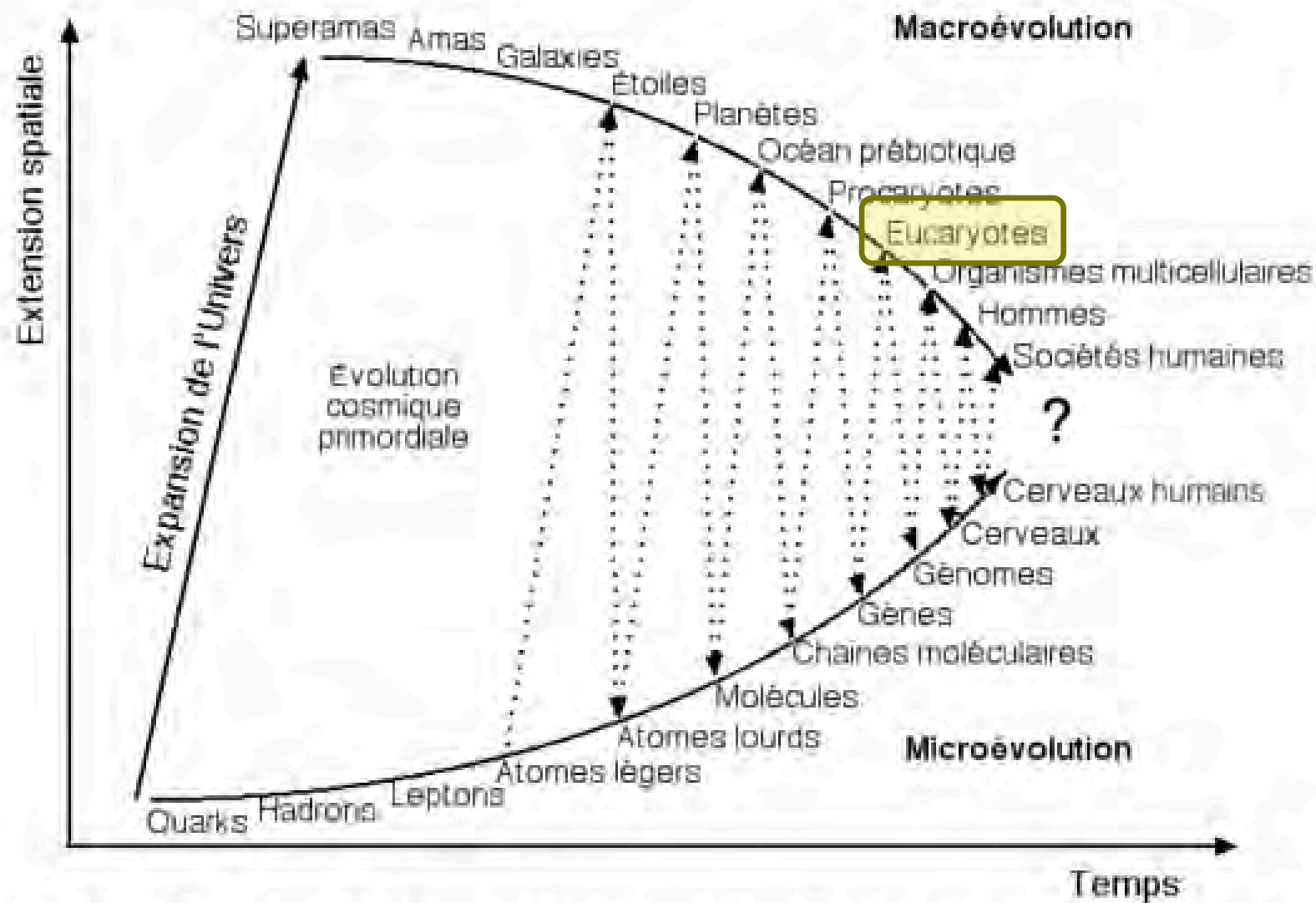
Car la vie implique aussi une capacité de **mémoire** pour retenir les bons coups du hasard.

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

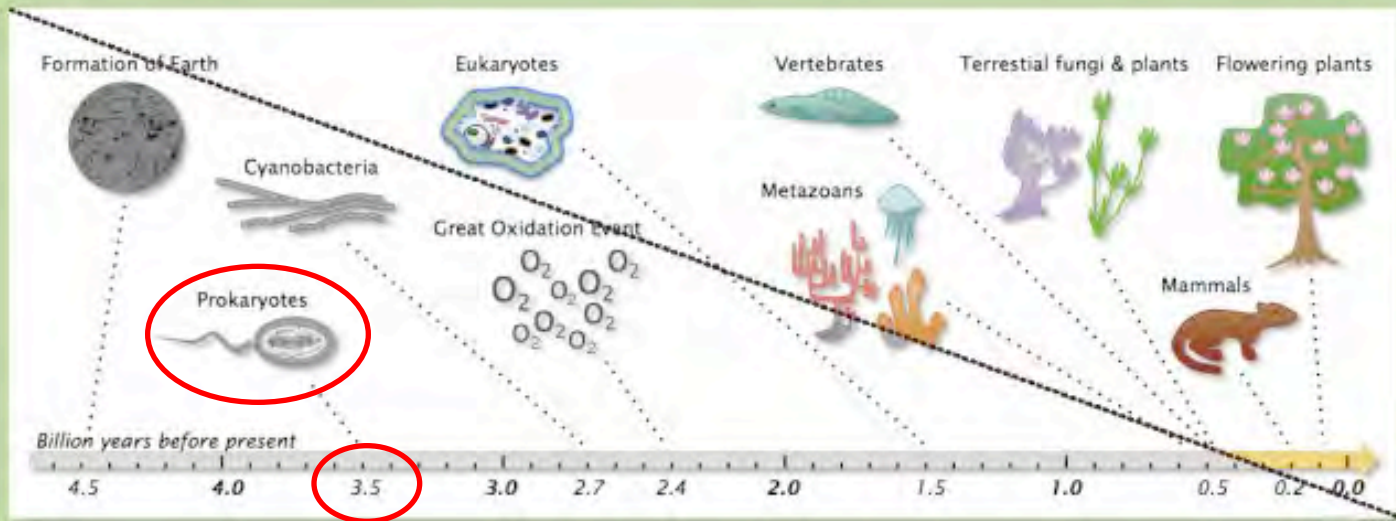
Mais cette stabilité ne lui confère pas un statut particulier vis-à-vis des autres molécules :

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

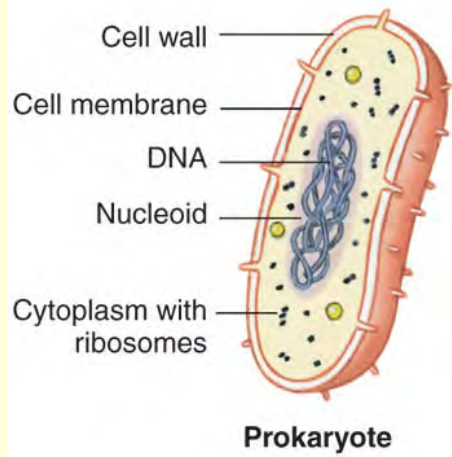


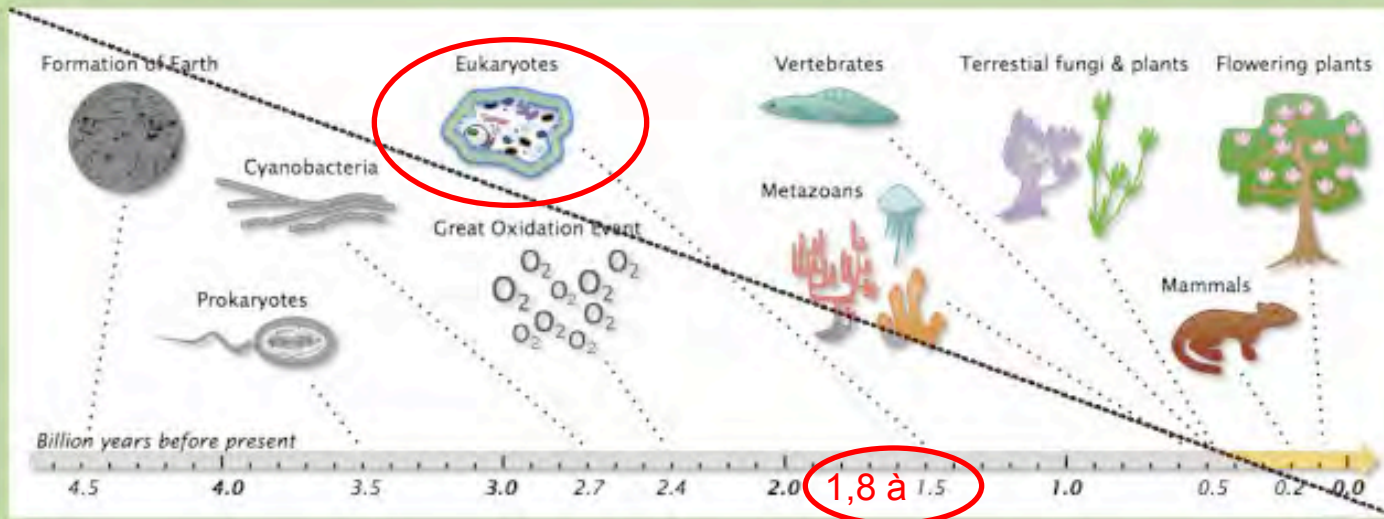


D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.

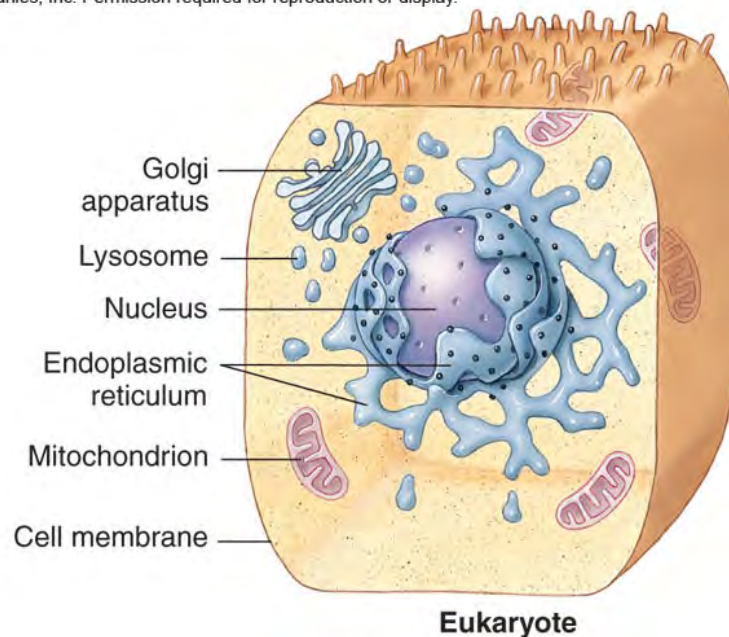
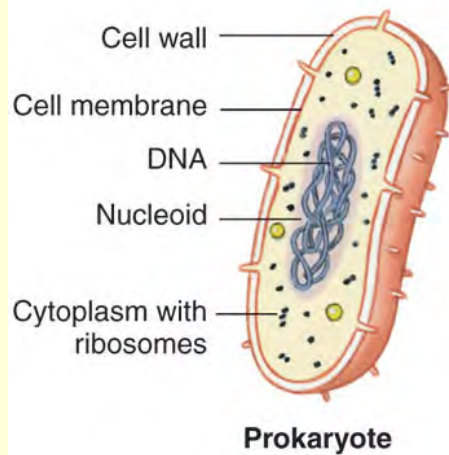


Copyright © The McGraw-Hill Co





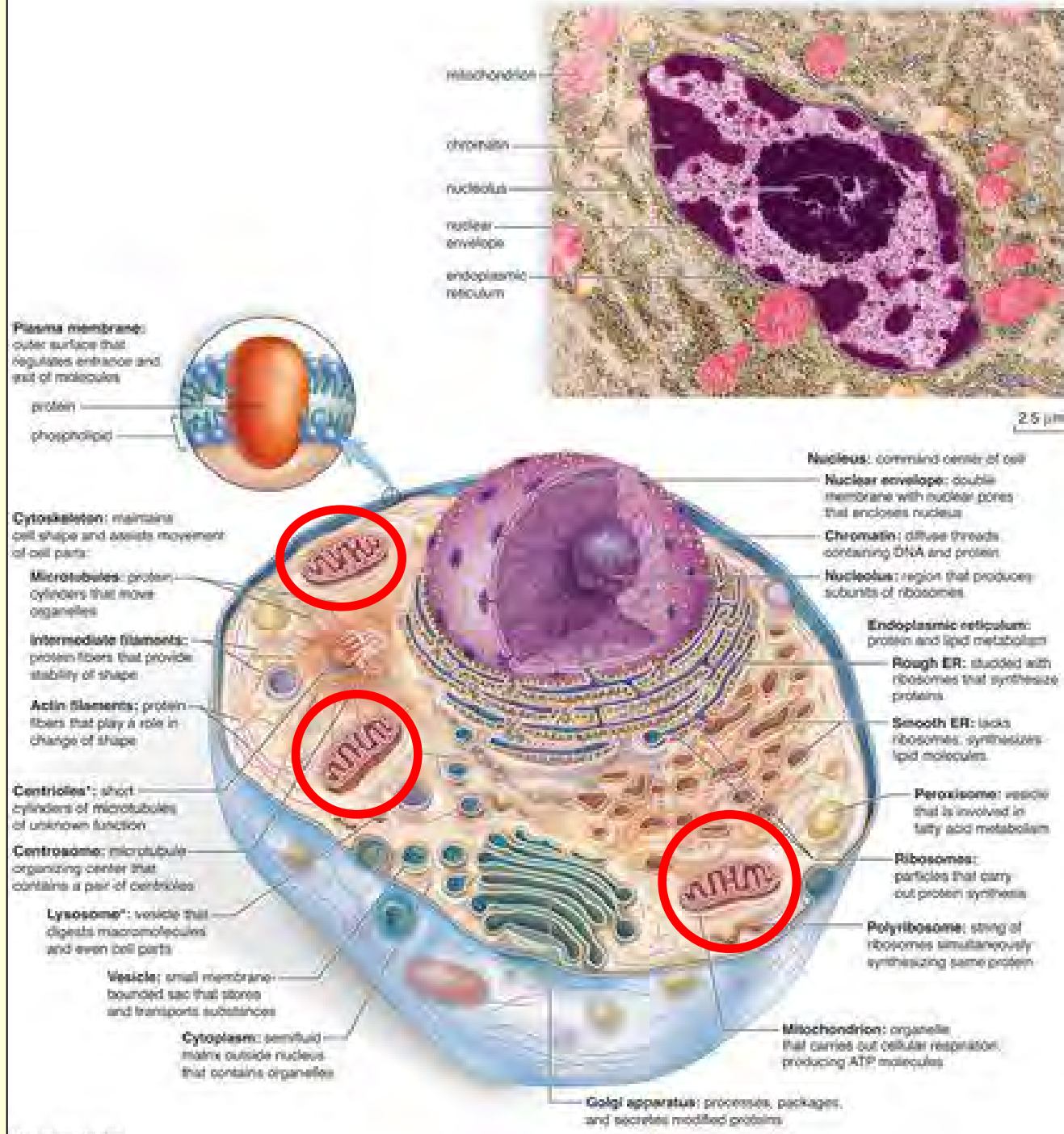
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



Les réseaux complexes se « compartimentalisent »

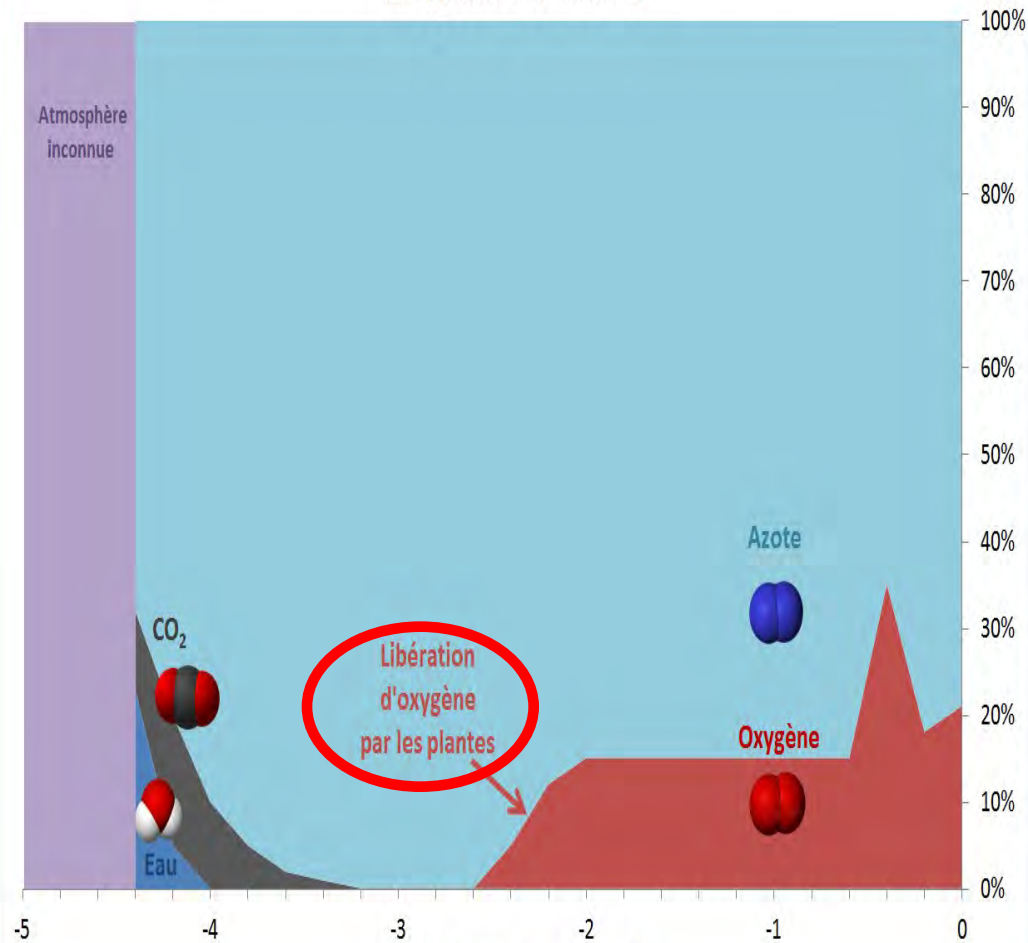
Dans le **noyau**, où se retrouve l'ADN.

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

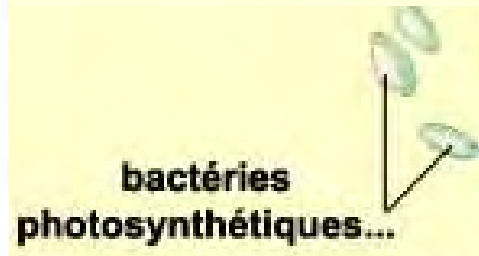


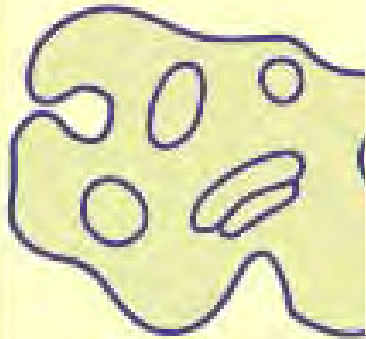
Composition de l'atmosphère depuis 5 milliards d'années

(en %) (Source : Pour la Science)



© Olivier Berruyer, www.les-crisis.fr

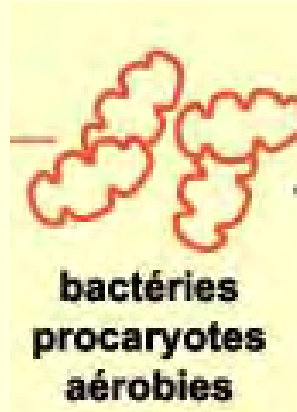




**cellule eucaryote
primitive anaérobie**

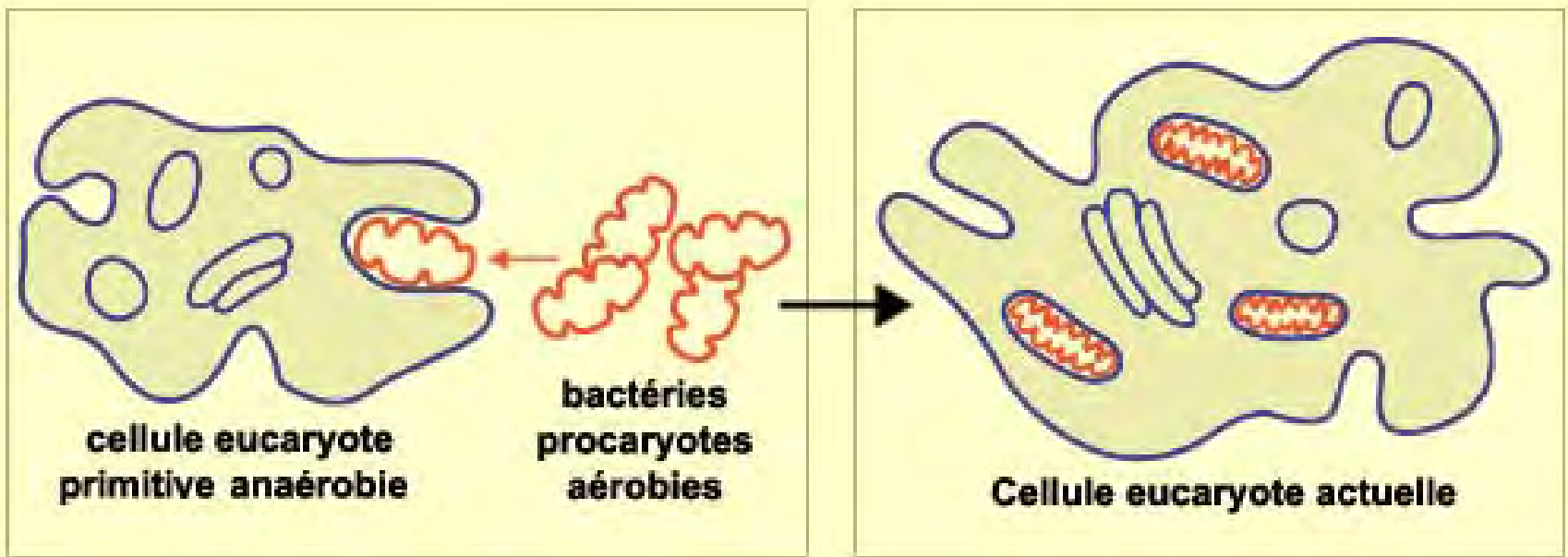
Avant, avec seulement la glycolyse :

Bilan énergétique : 2 ATP



capables d'utiliser la molécule d'oxygène.

Bilan énergétique : 38 ATP !

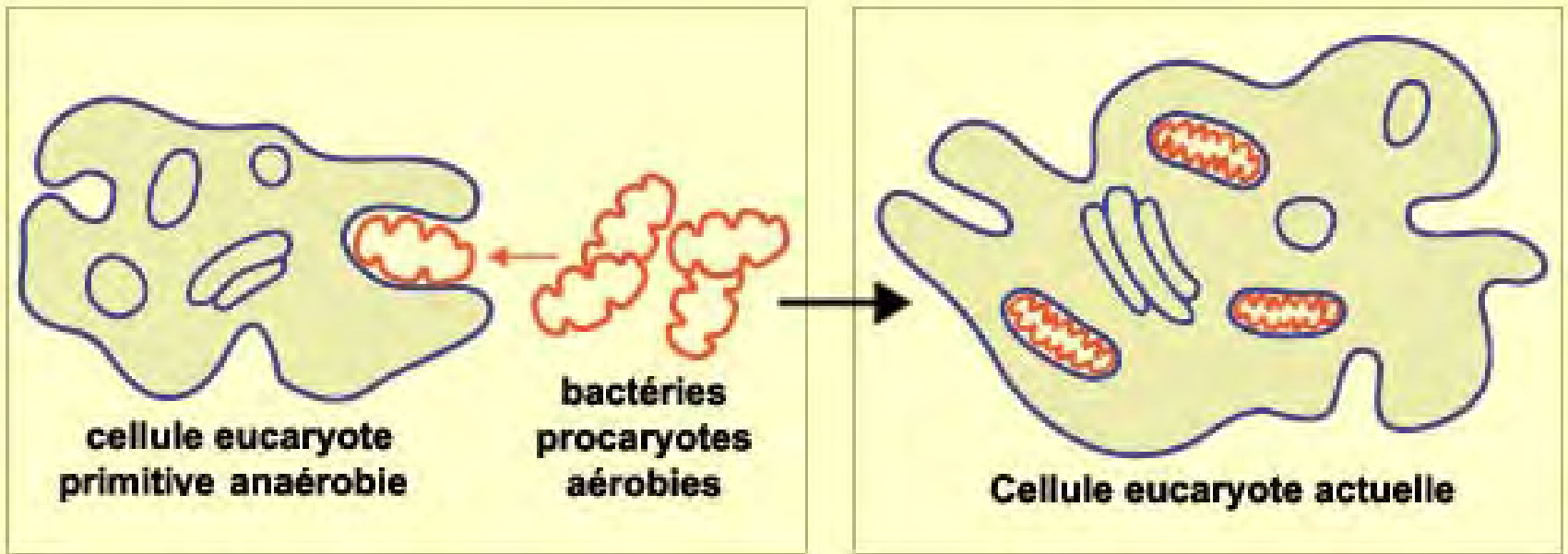


Avant, avec seulement la glycolyse : le **glucose** sera transformé en absence d'oxygène, en alcool éthylique qui sert d'accepteur interne pour les électrons.

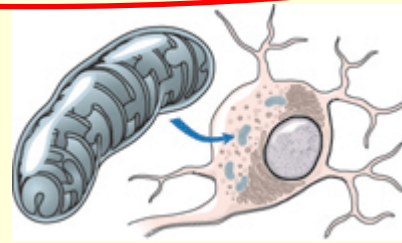
Bilan énergétique : 2 ATP

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 CO₂ et H₂O.

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



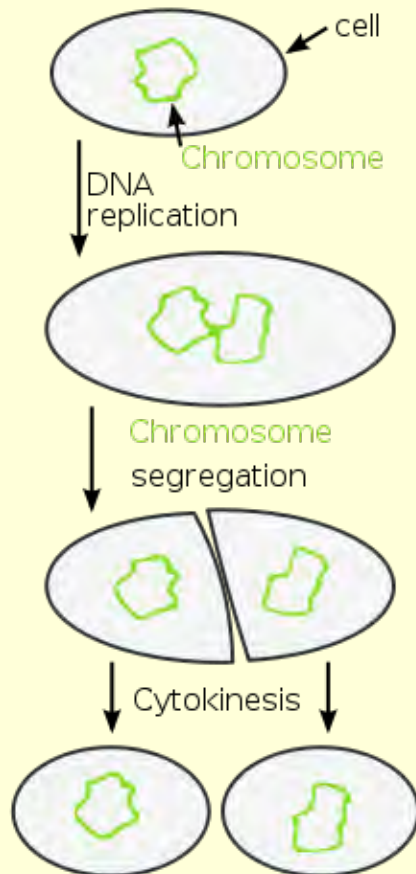
« Pas de relation **symbiotique** cellules eucaryotes - bactéries aérobie
(une forme de coopération), pas de neurones si énergivores.
Pas de neurones, pas de cerveaux.
Pas de cerveaux, pas d'humains ! »



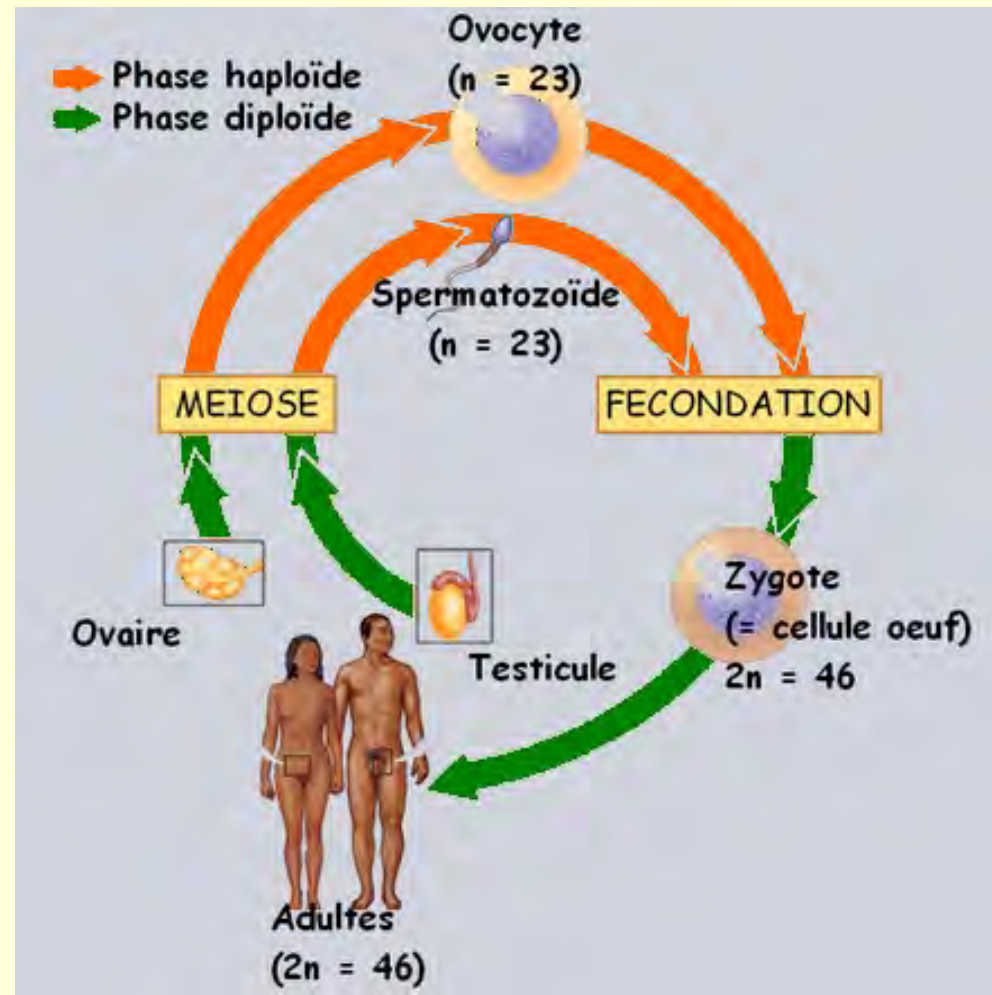
Car encore aujourd'hui,
chaque cellule de
votre cerveau possède
des mitochondries.

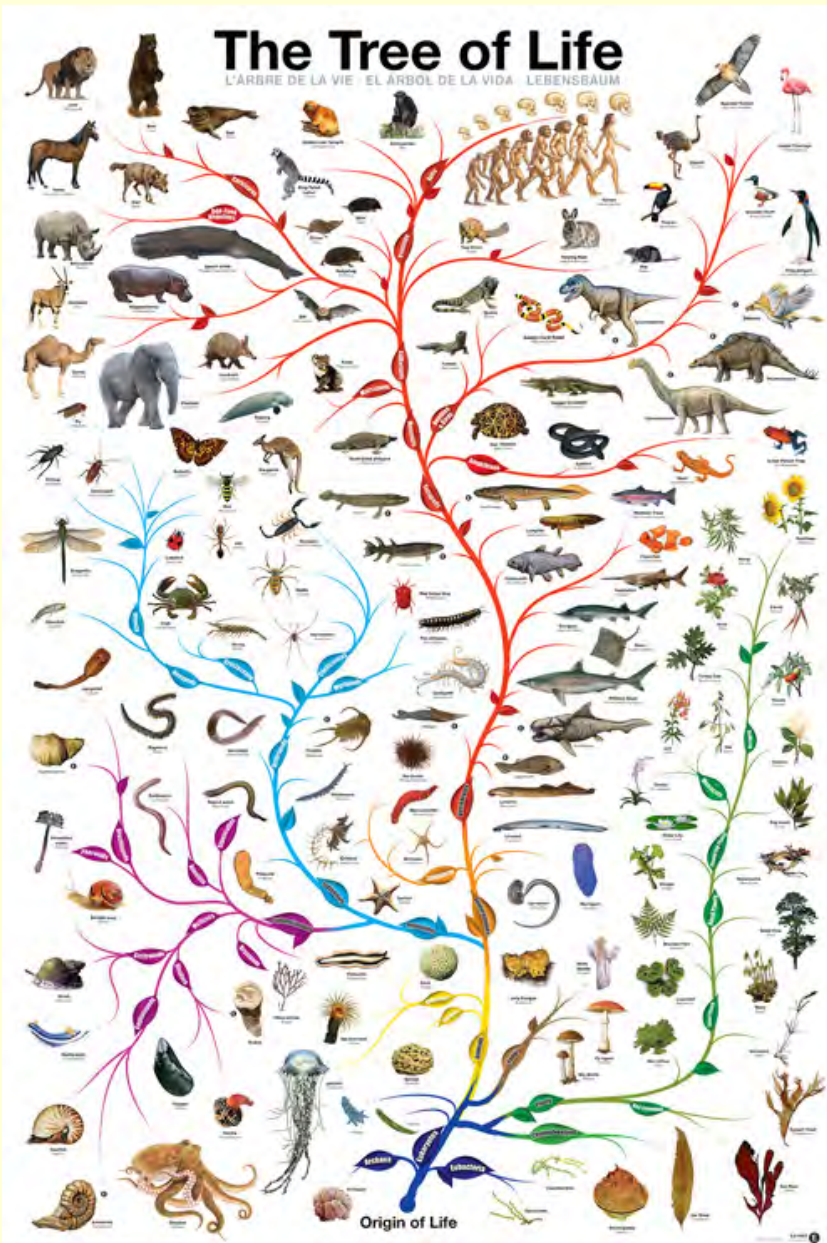
Autre étape importante : apparition de la **reproduction sexuée**, vraisemblablement avec les premiers eucaryotes.

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

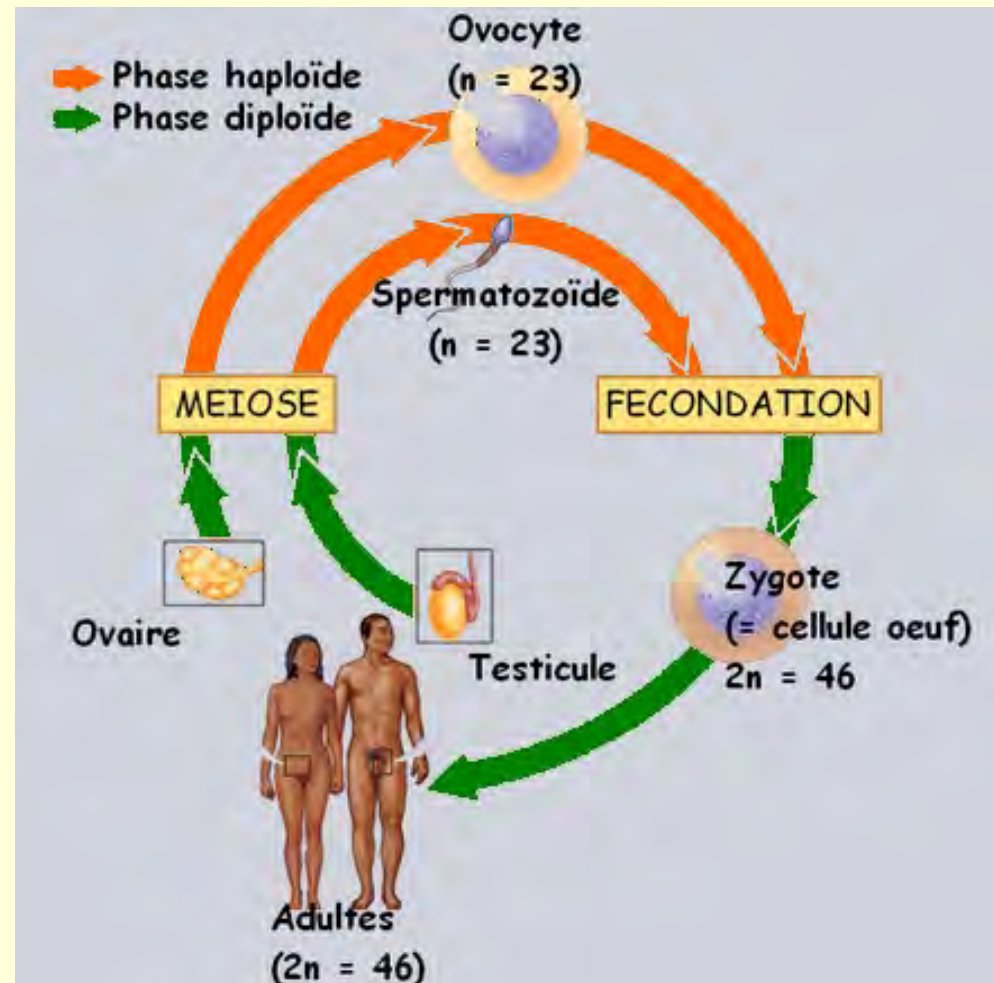


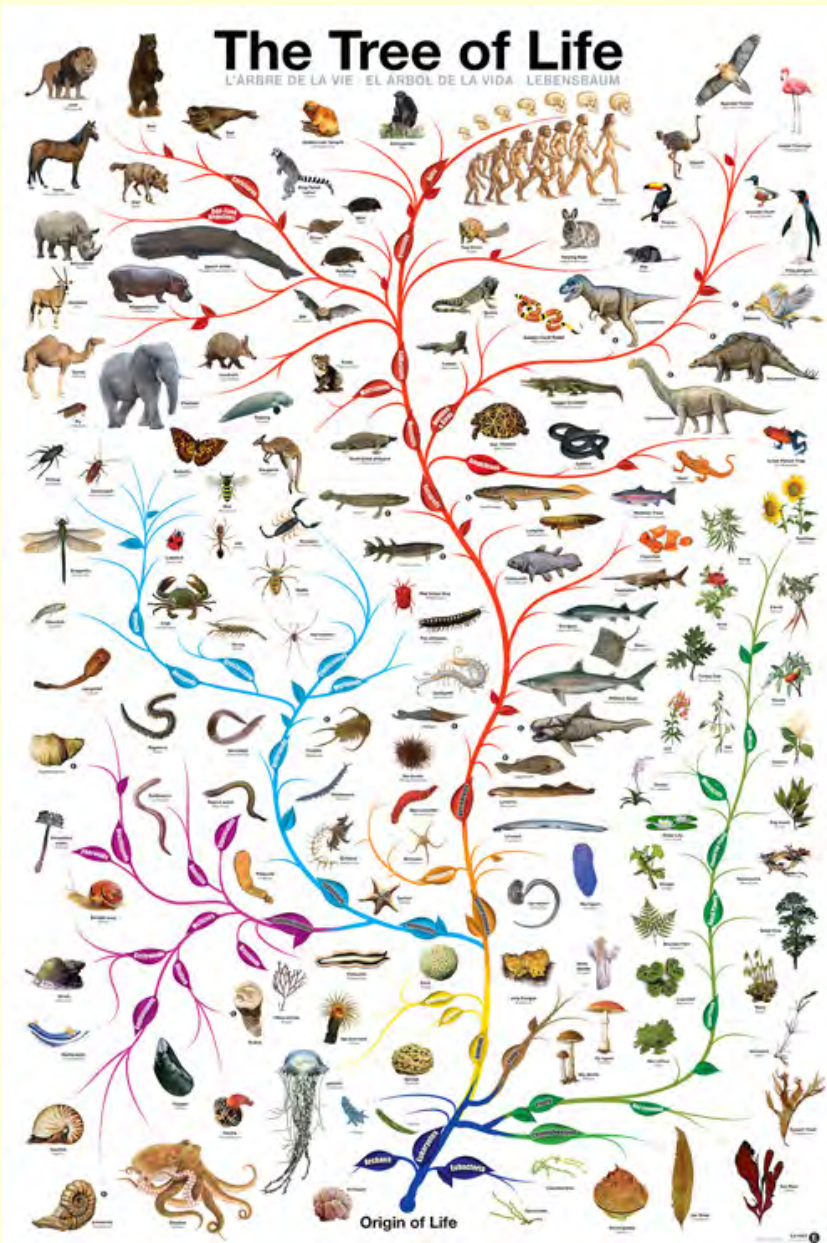
La sexualité : **deux** « parents » se mettent ensemble pour faire **un** individu toujours **différent** grâce au **brassage** du patrimoine génétique (crée beaucoup plus de **diversité**)





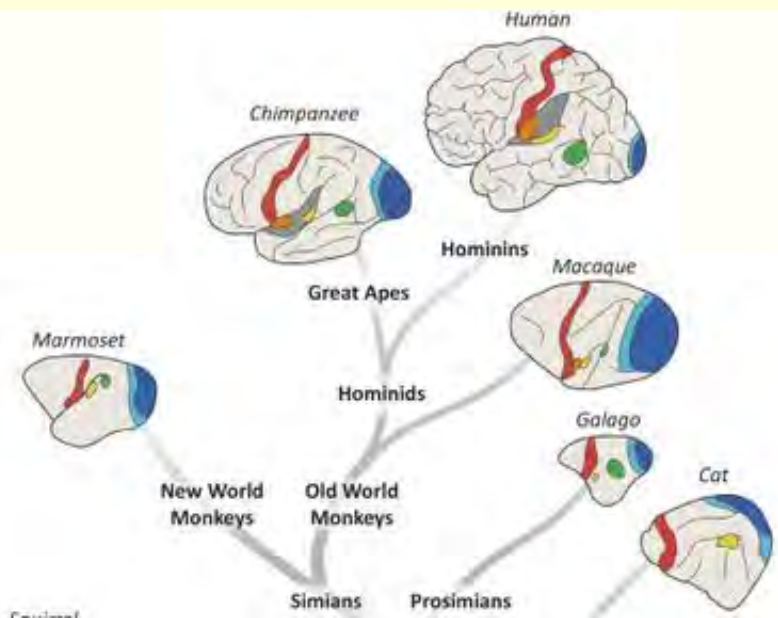
La sexualité : deux « parents » se mettent ensemble pour faire un individu toujours différent grâce au brassage du patrimoine génétique (crée beaucoup plus de **diversité**)

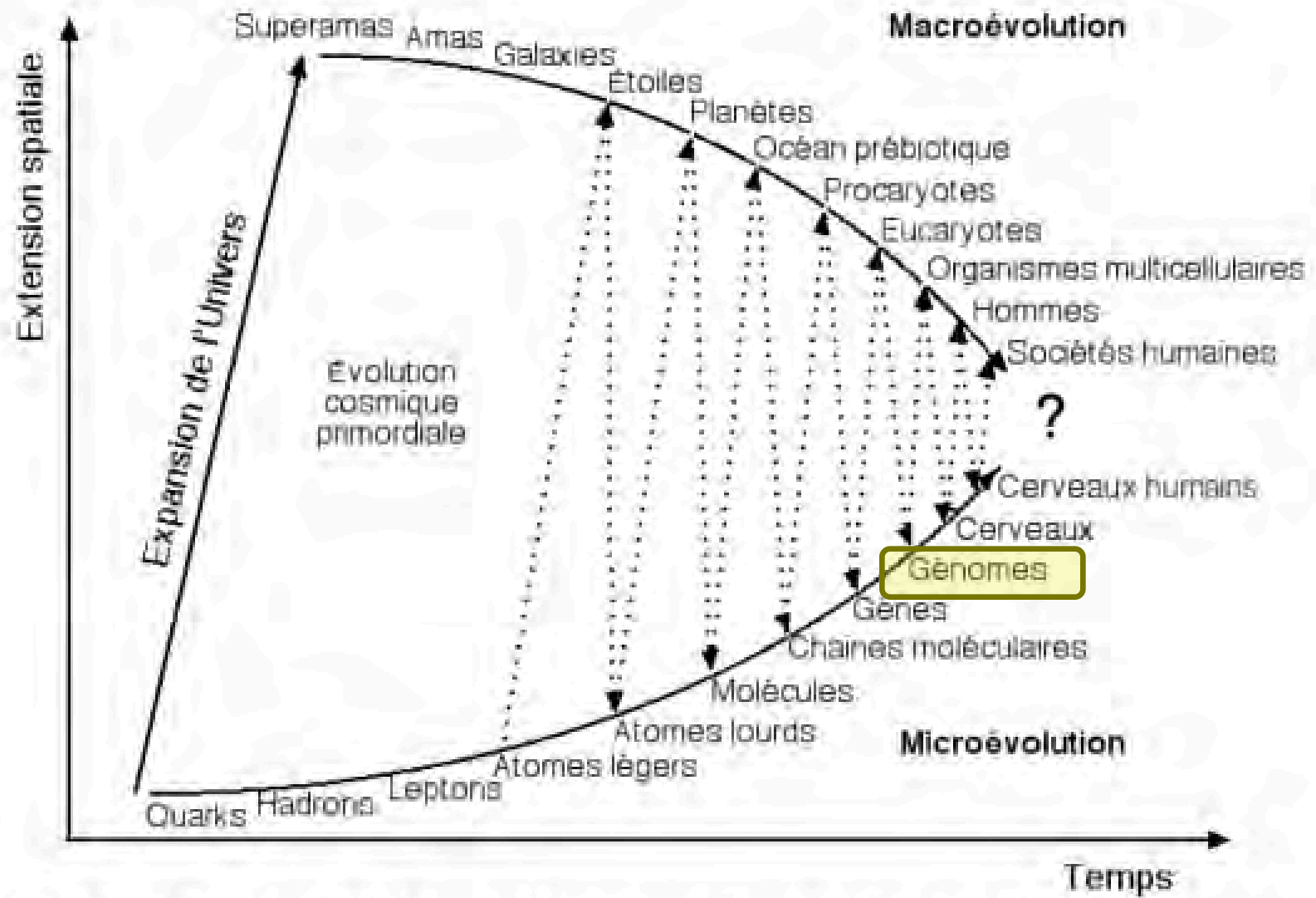




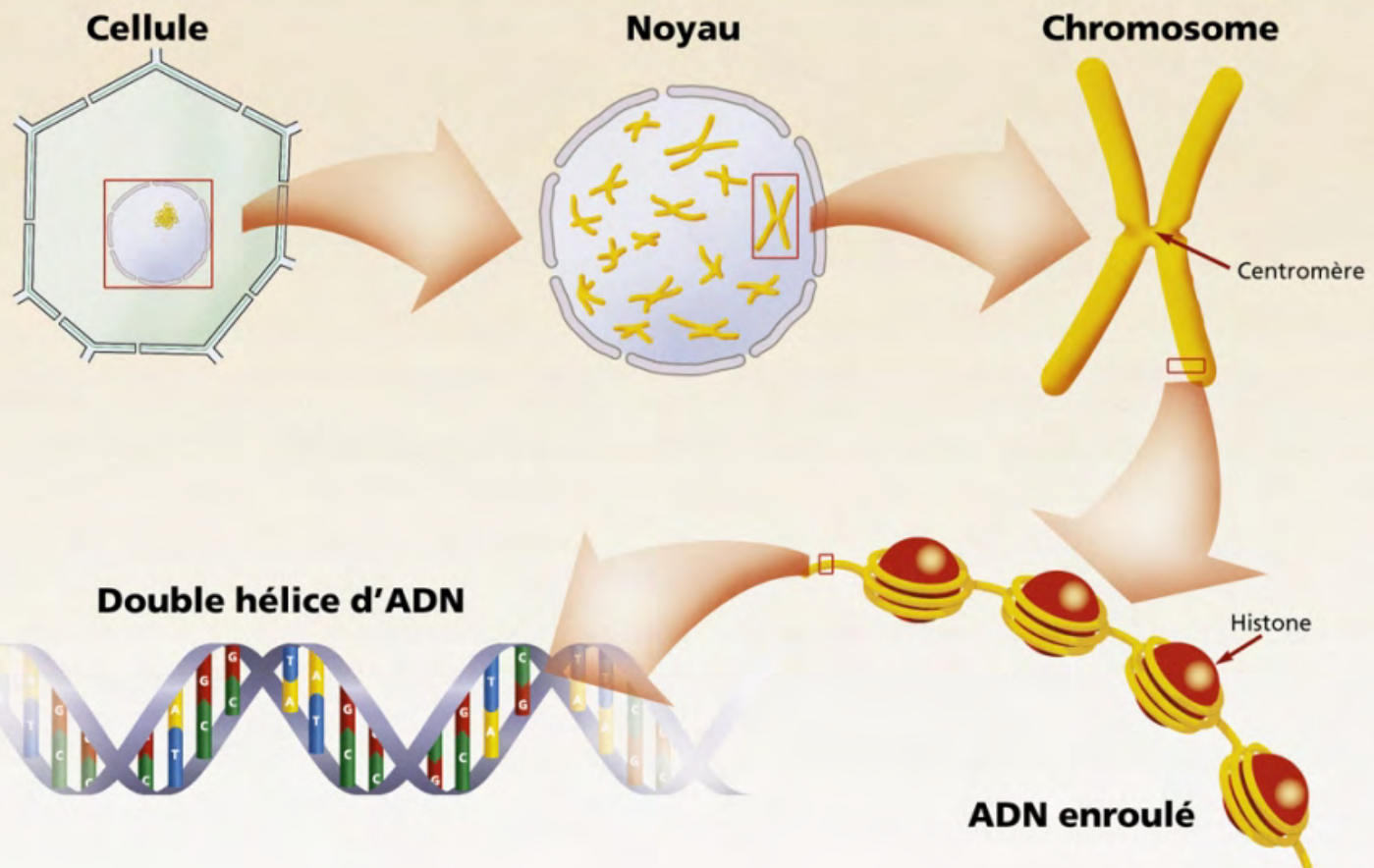
« Pas de sexualité, peu de diversité.
 Peu de diversité, peu d'évolution
 biologique.

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





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



9

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

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

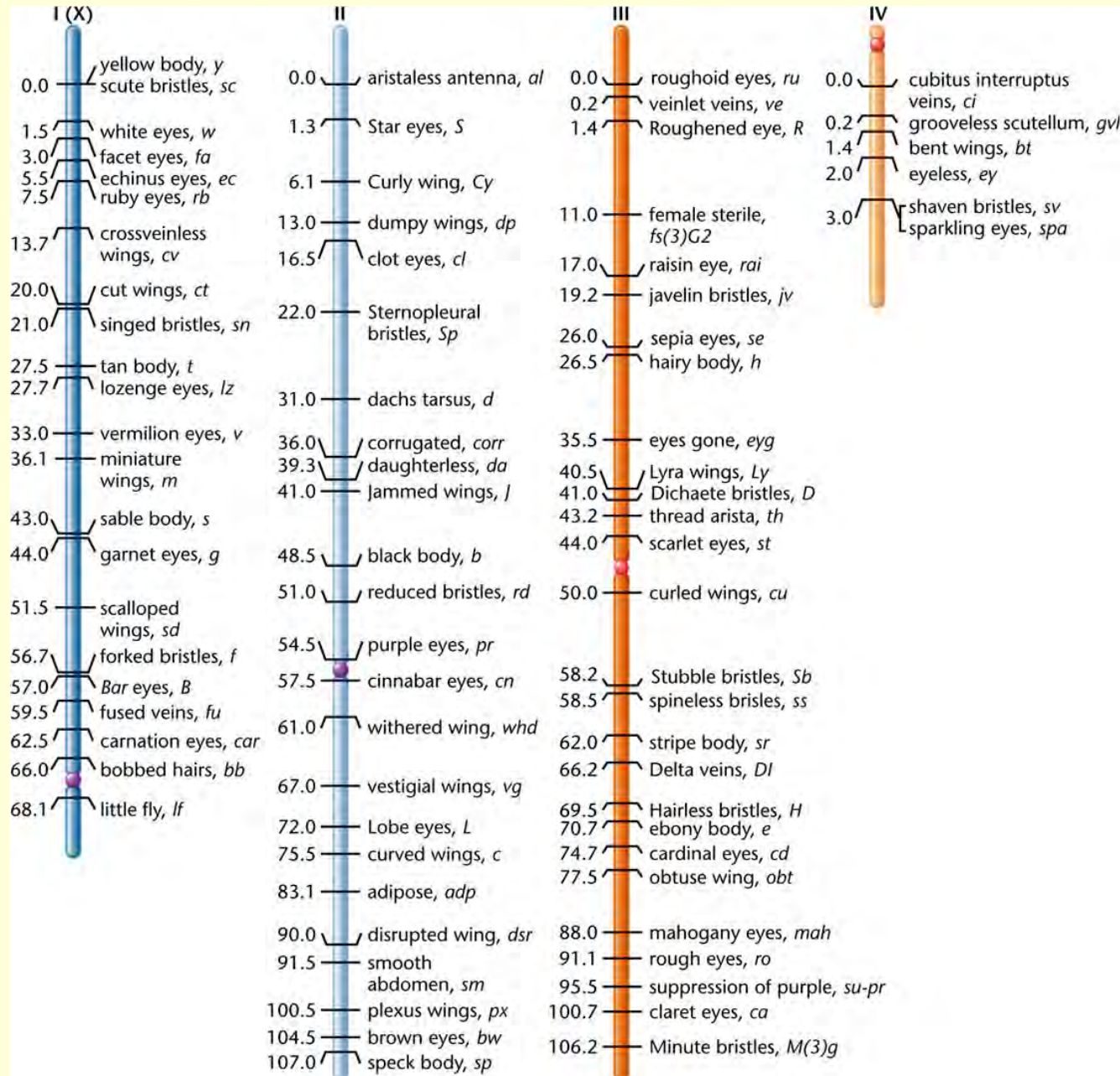
Mouche mutante



Mouche normale



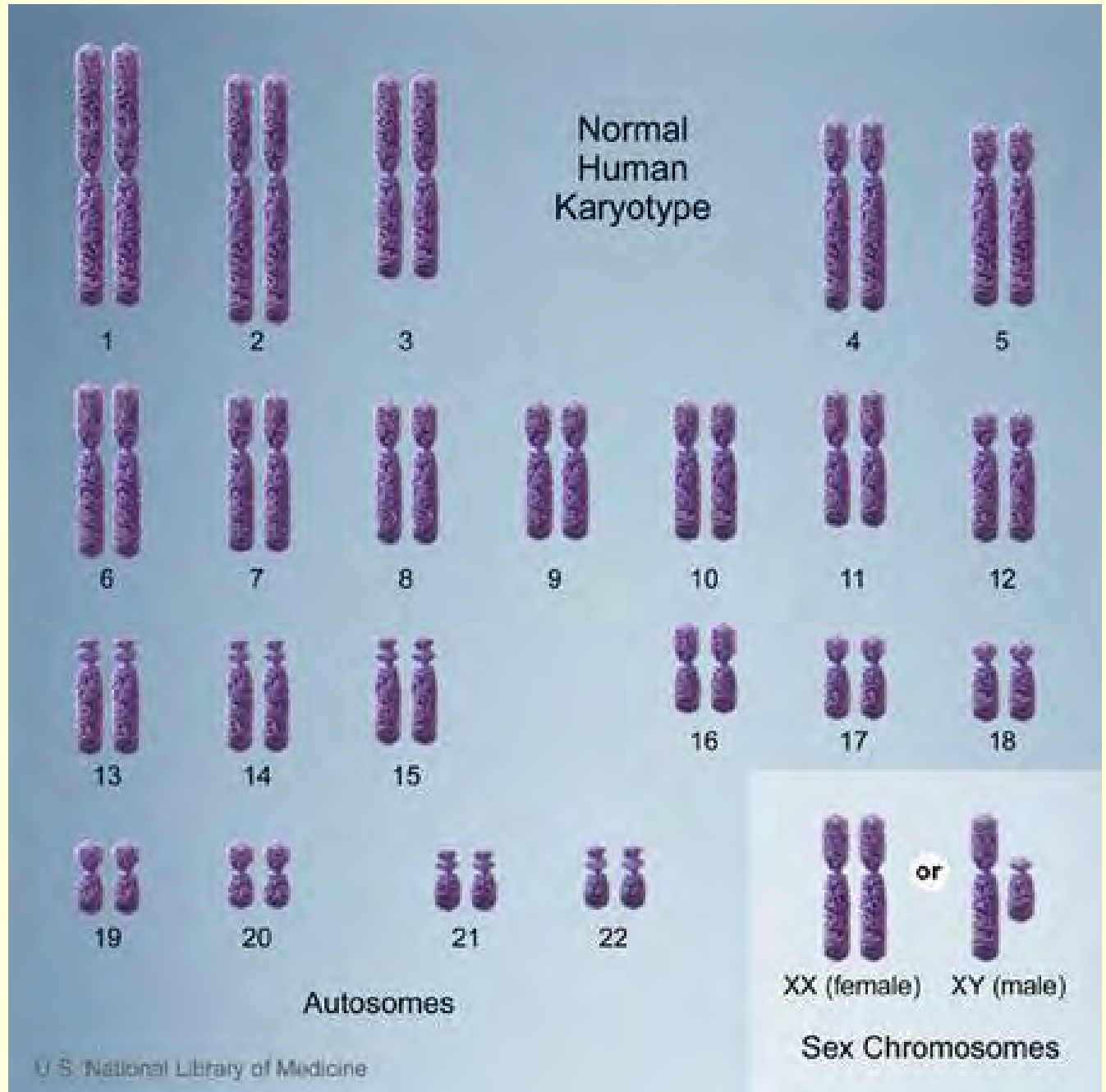
La mouche drosophile a un génome constitué de **13 000 gènes** portés sur **4 paires de chromosomes**



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

L'ensemble du génome humain contiendrait près de **3,2 milliards de paires de nucléotides** au total sur ses différents brins d'ADN,

ce qui représente environ 2 mètres d'ADN par cellule.

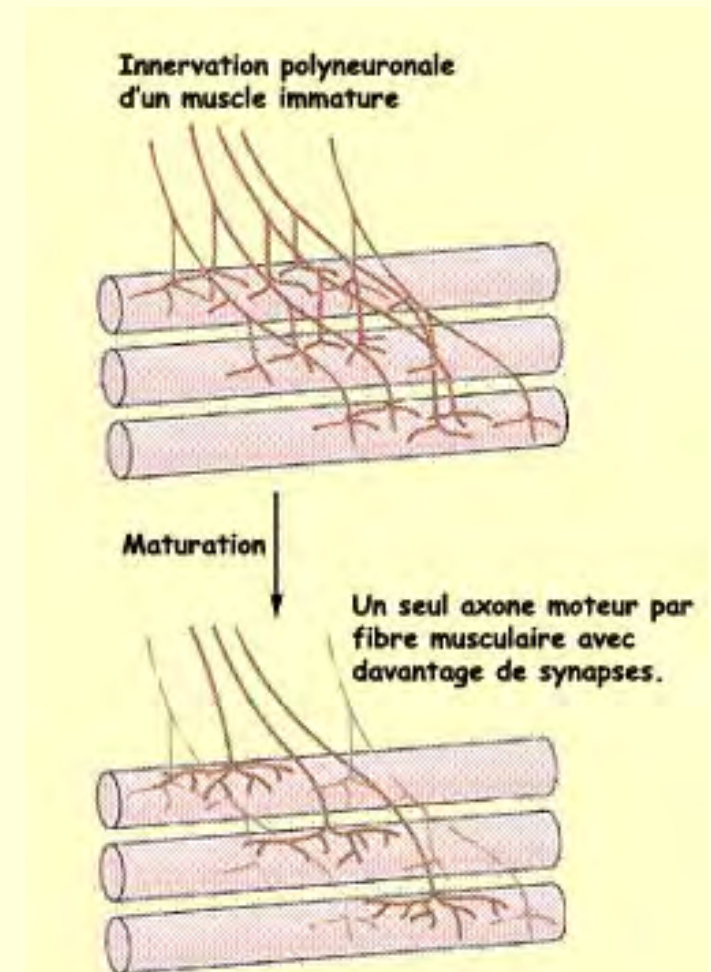


Mais 20 000 gènes pour spécifier l'emplacement de 85 milliards de neurones et de leur 1000 ou 10 000 connexions chacun, c'est pas assez !

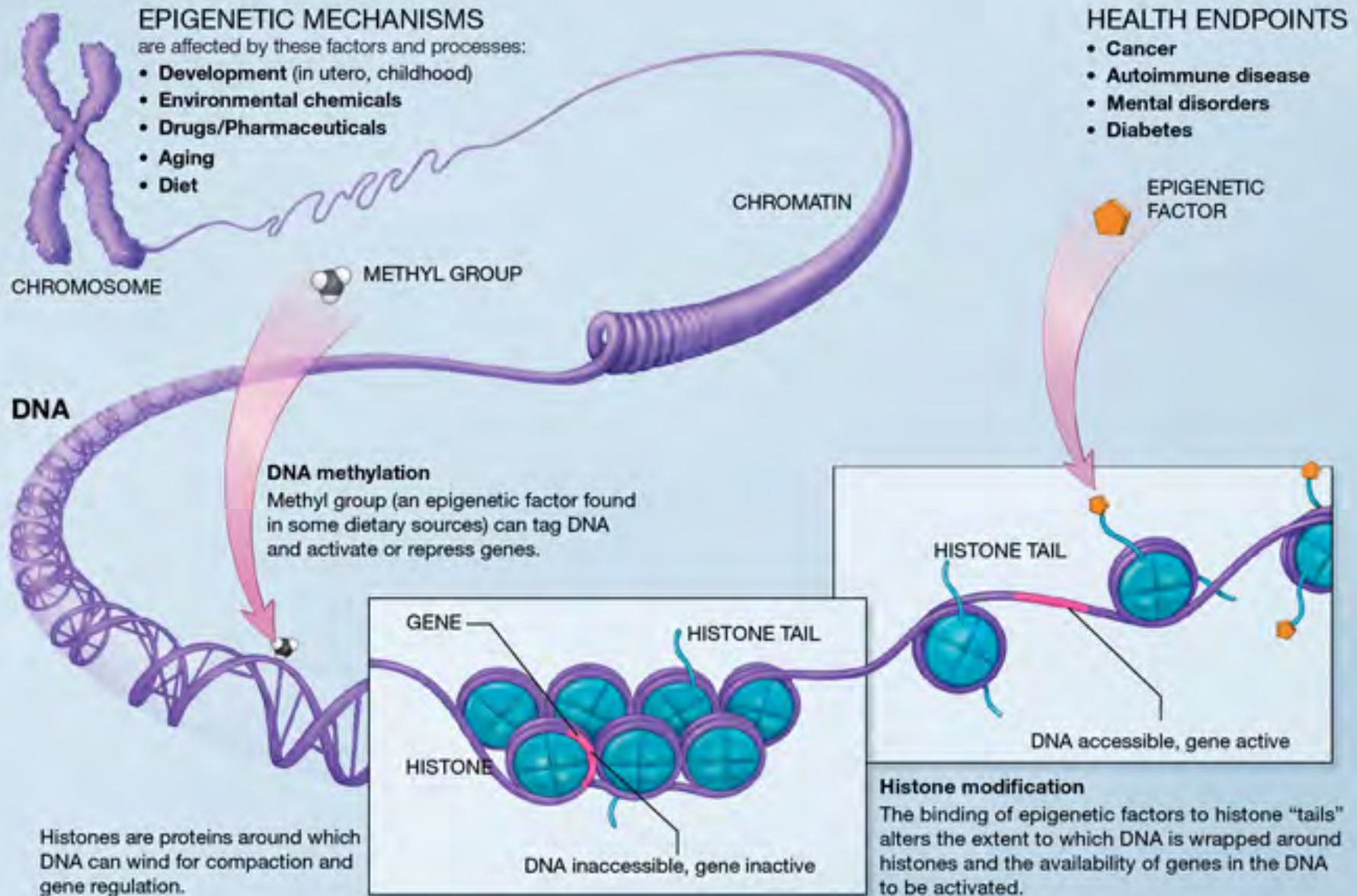
Il va donc devoir y avoir des choses qui se passent « après les gènes », durant le développement.

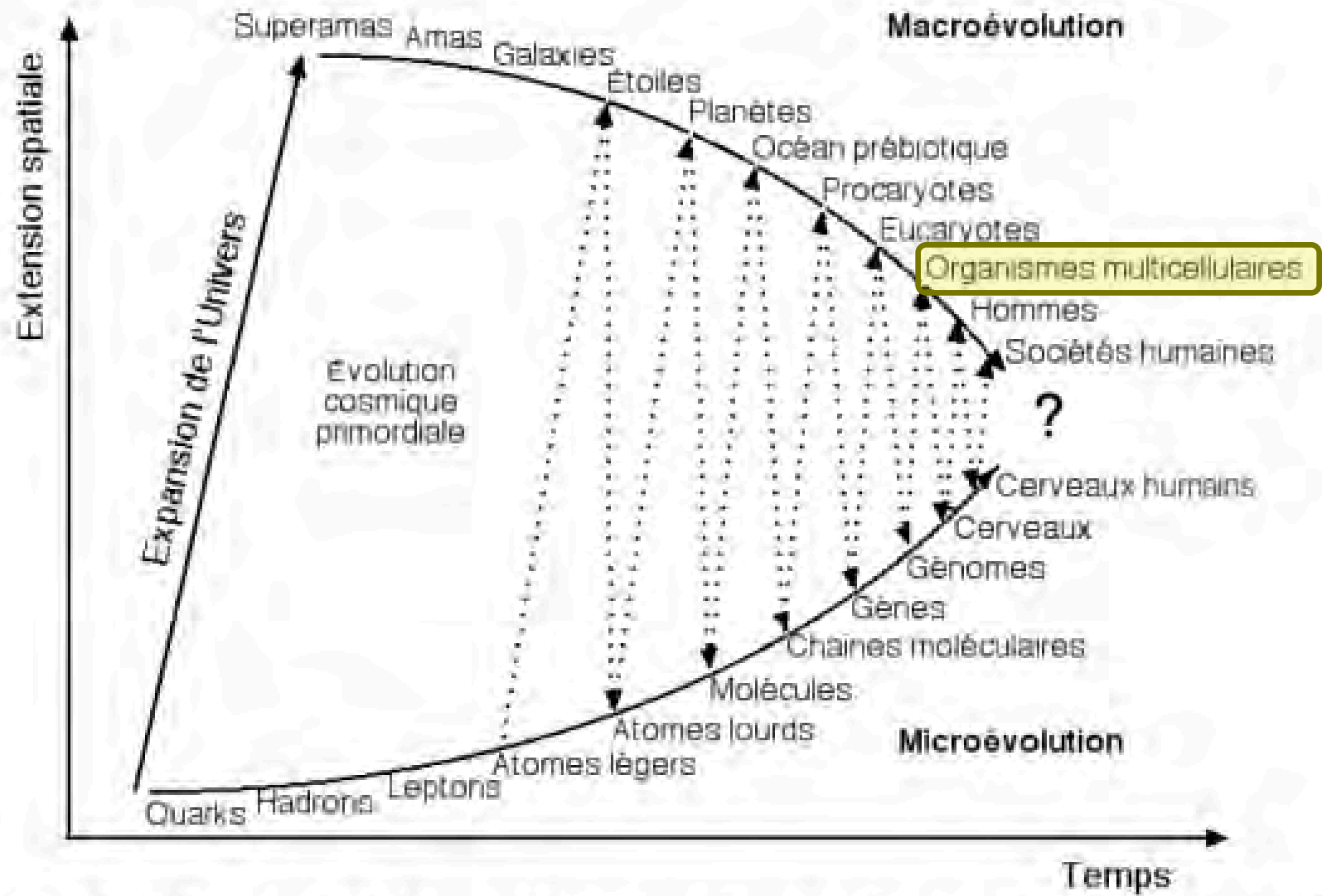
Ces phénomènes **épigénétiques** », qui surviennent donc après la naissance, étaient déjà observés vers 1972 par J-P Changeux et son équipe (rapportés dans l'*Homme neuronal*, 1983),

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

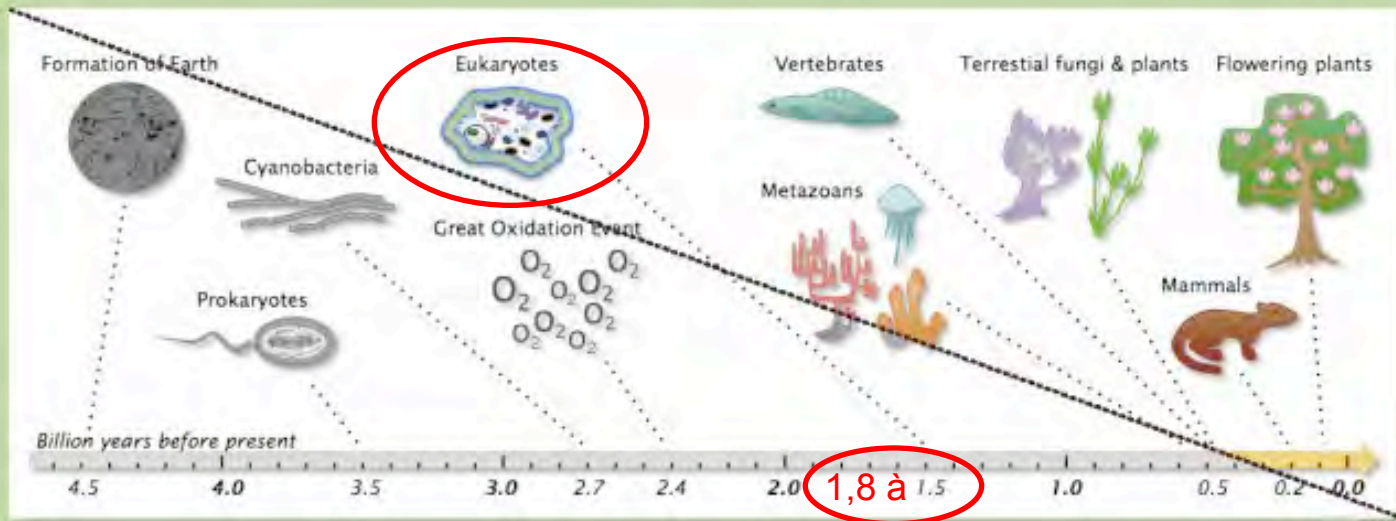


Le spectre des phénomènes **épigénétiques** s'est beaucoup élargi et on connaît maintenant certains mécanismes moléculaires qui **contrôlent l'expression des gènes**.

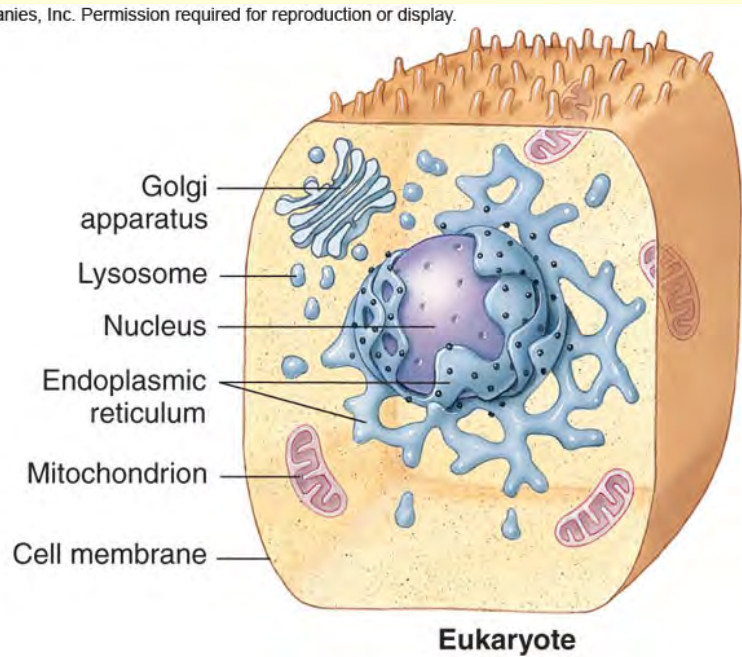


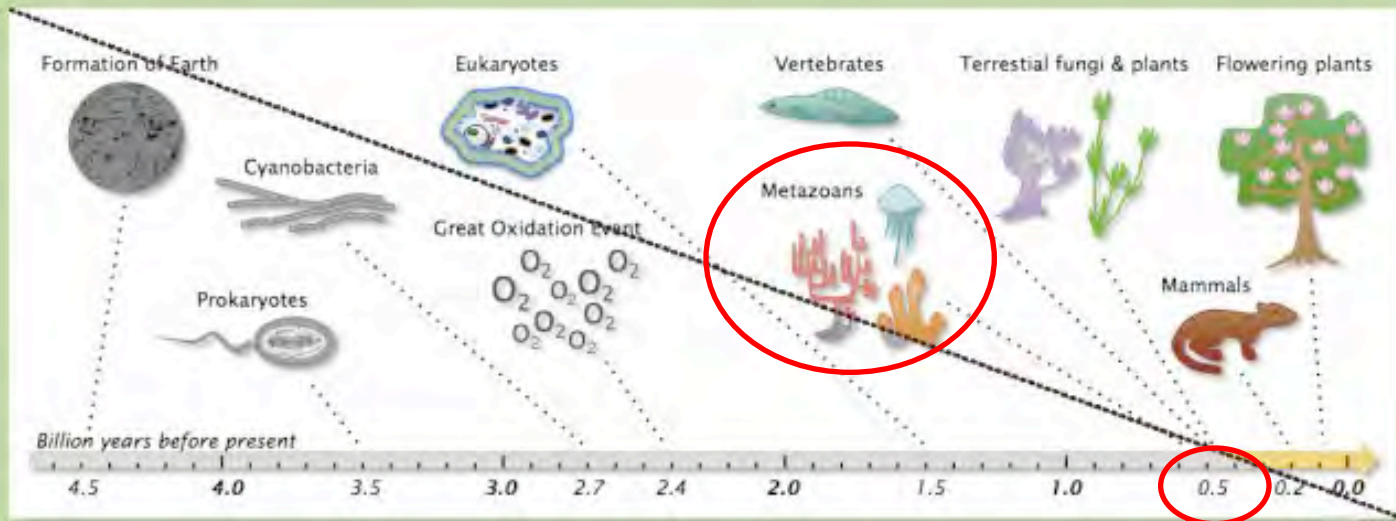


D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.

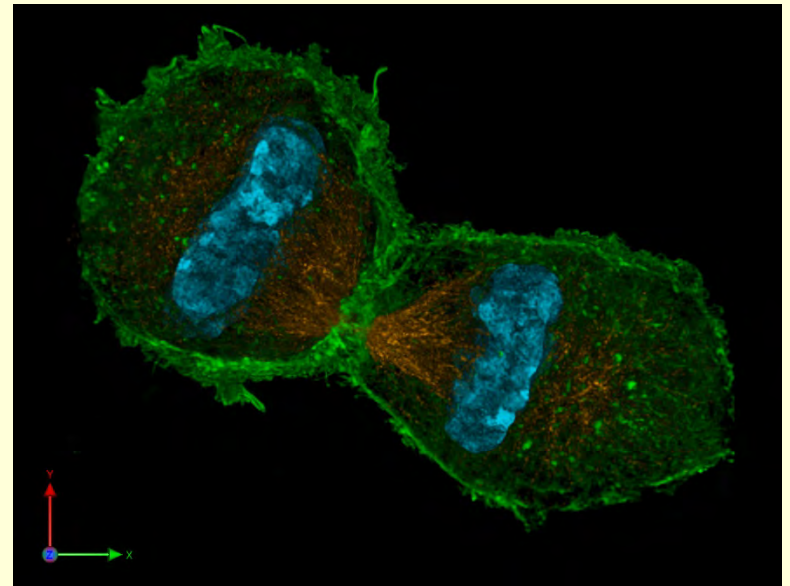
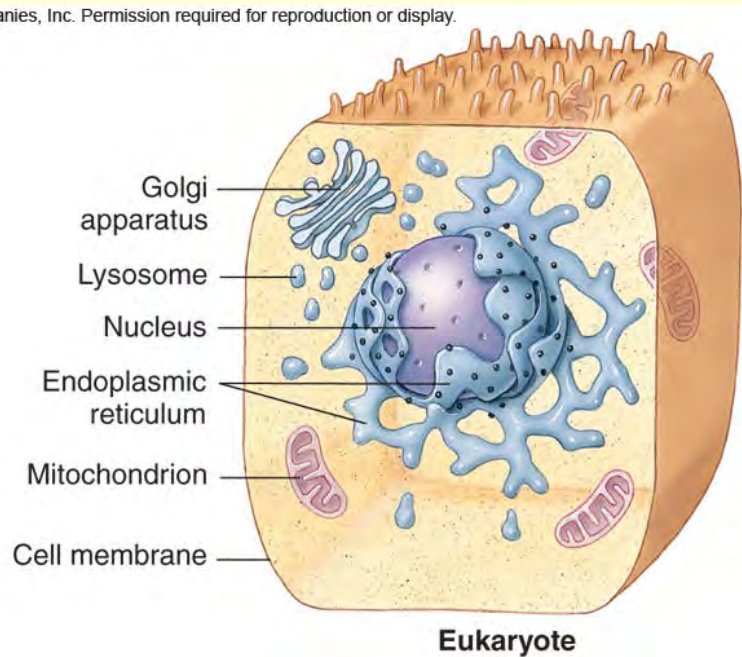


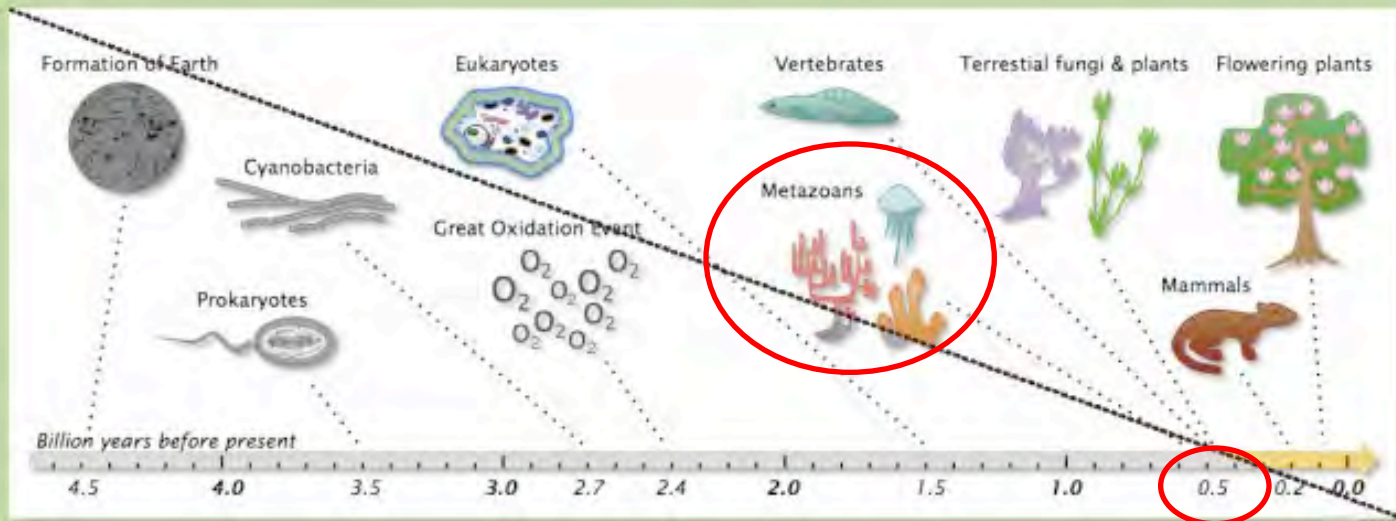
© 2008 McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



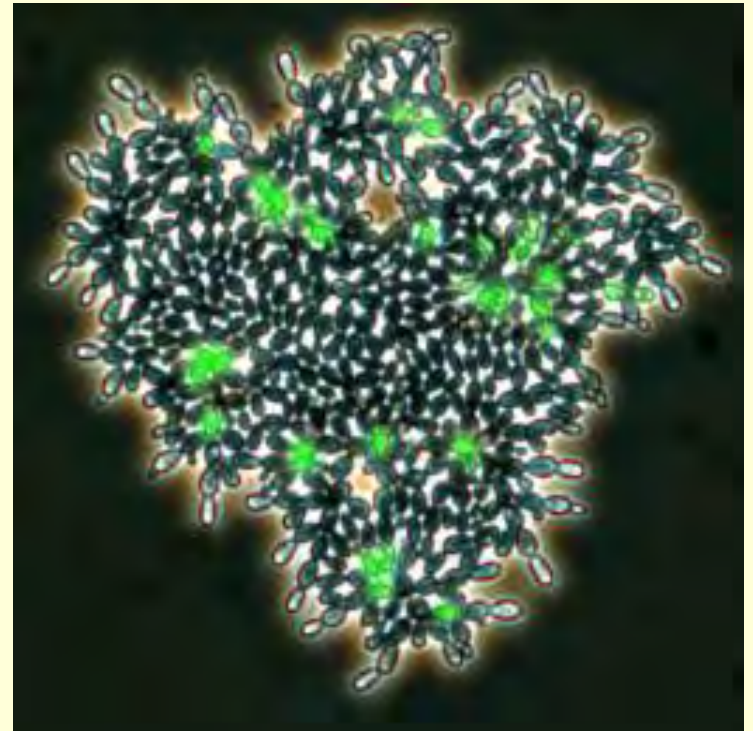
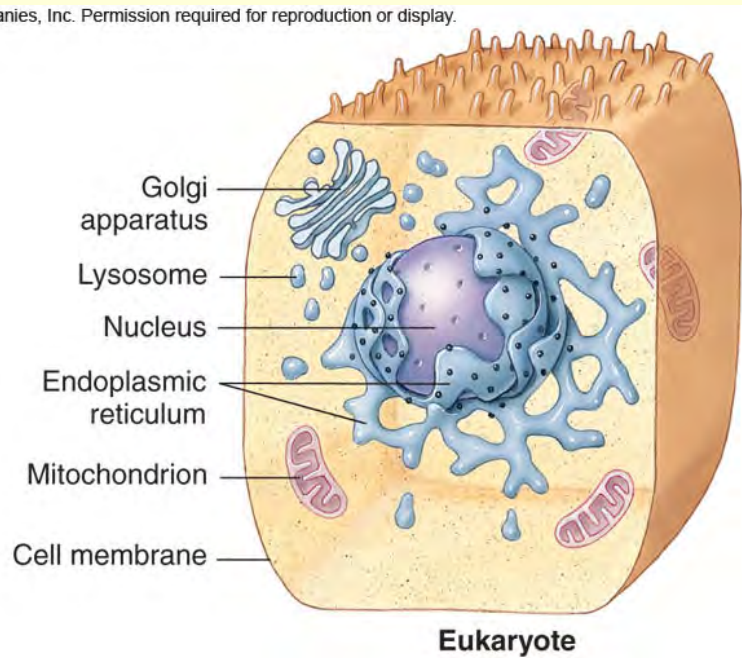


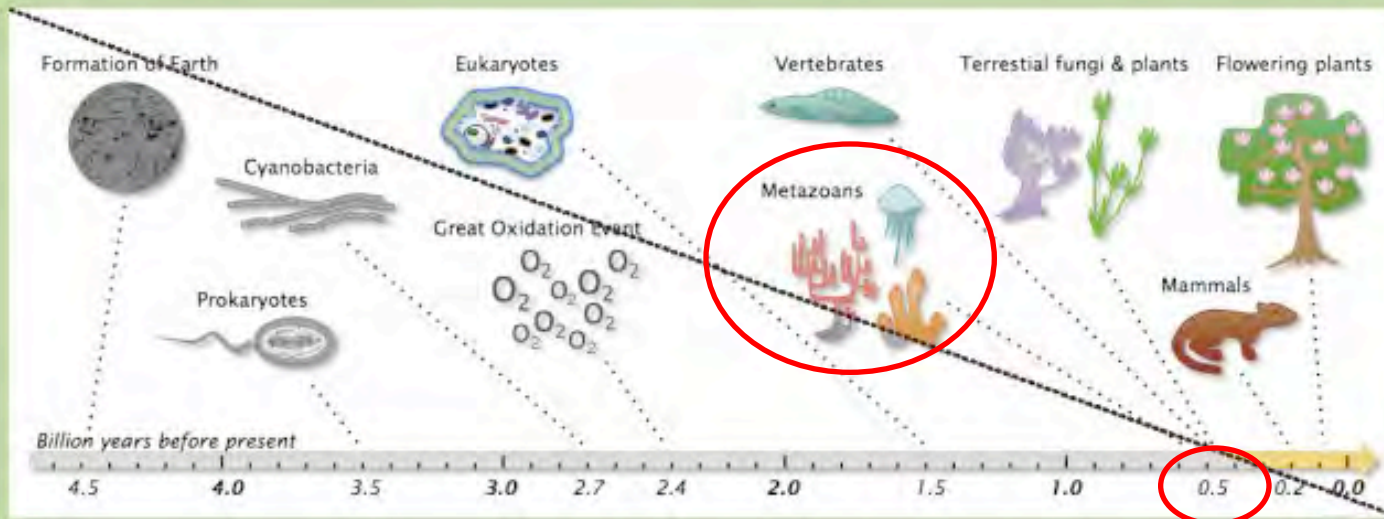
© 2004 McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.





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





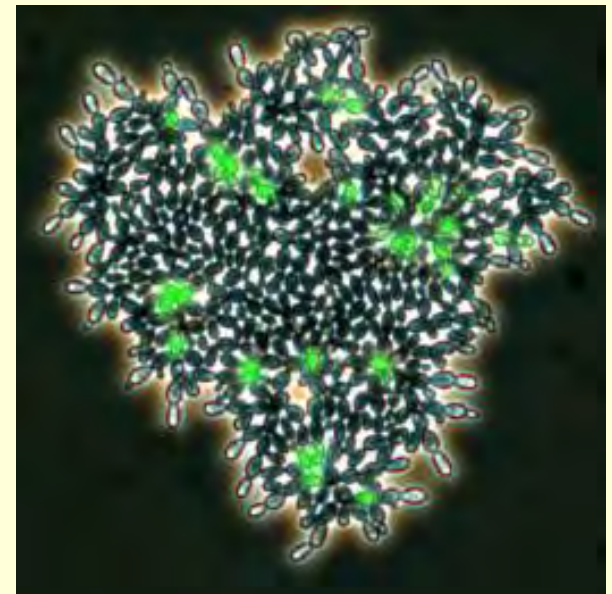
Scientists replicate key evolutionary step in life on earth

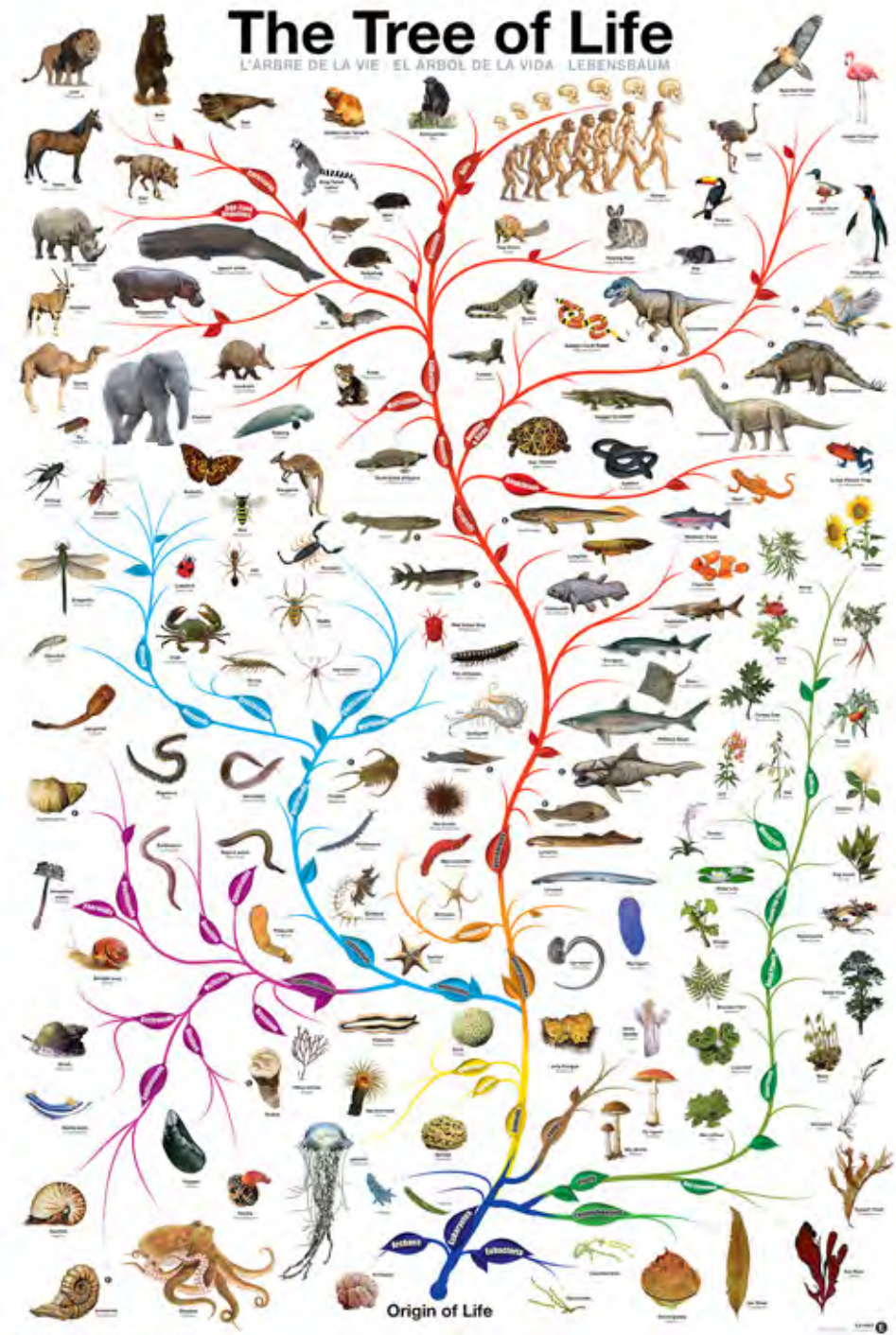
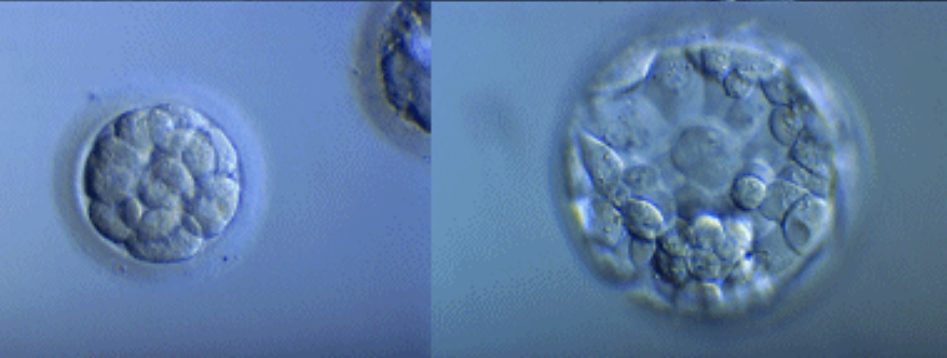
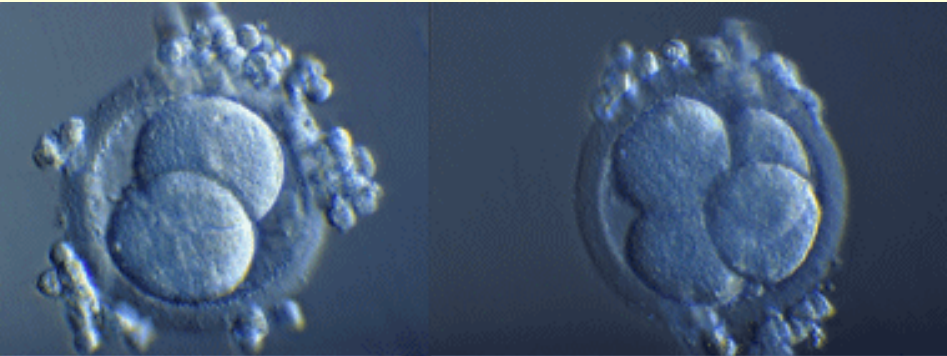
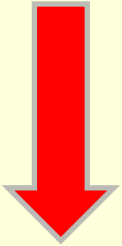
Jan 16, 2012

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

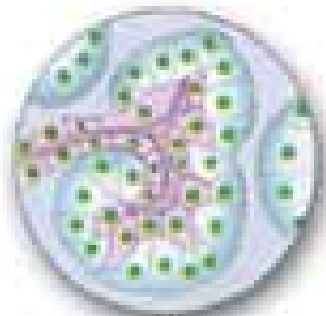
"This study is the **first to experimentally observe that transition** [the switch to living as a group, as multi-celled organisms]"

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

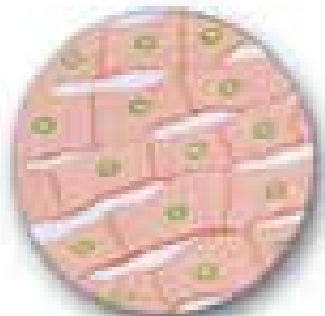




Chez les multicellulaires, on va aussi assister au phénomène de **spécialisation cellulaire**...



cellule
pancréatique



cellule
cardiaque



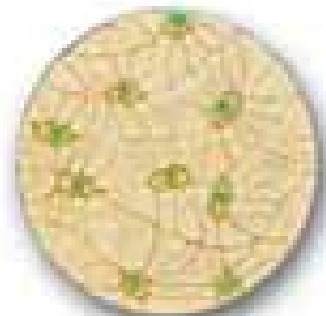
cellule
sanguine



cellule
pulmonaire



ovule



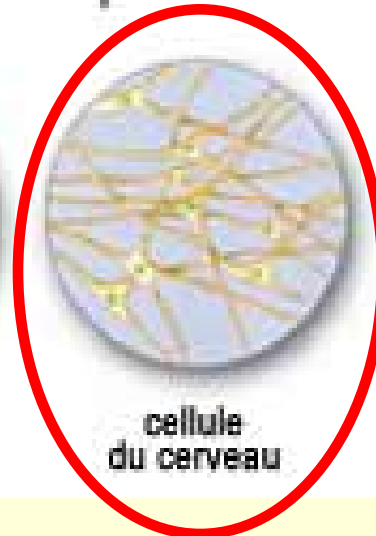
cellule
osseuse



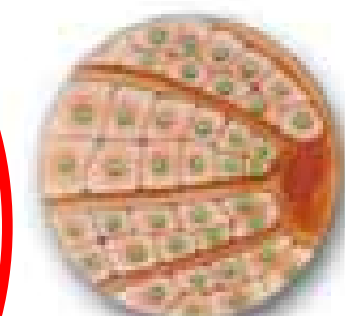
cellule
de la rate



cellule
musculaire

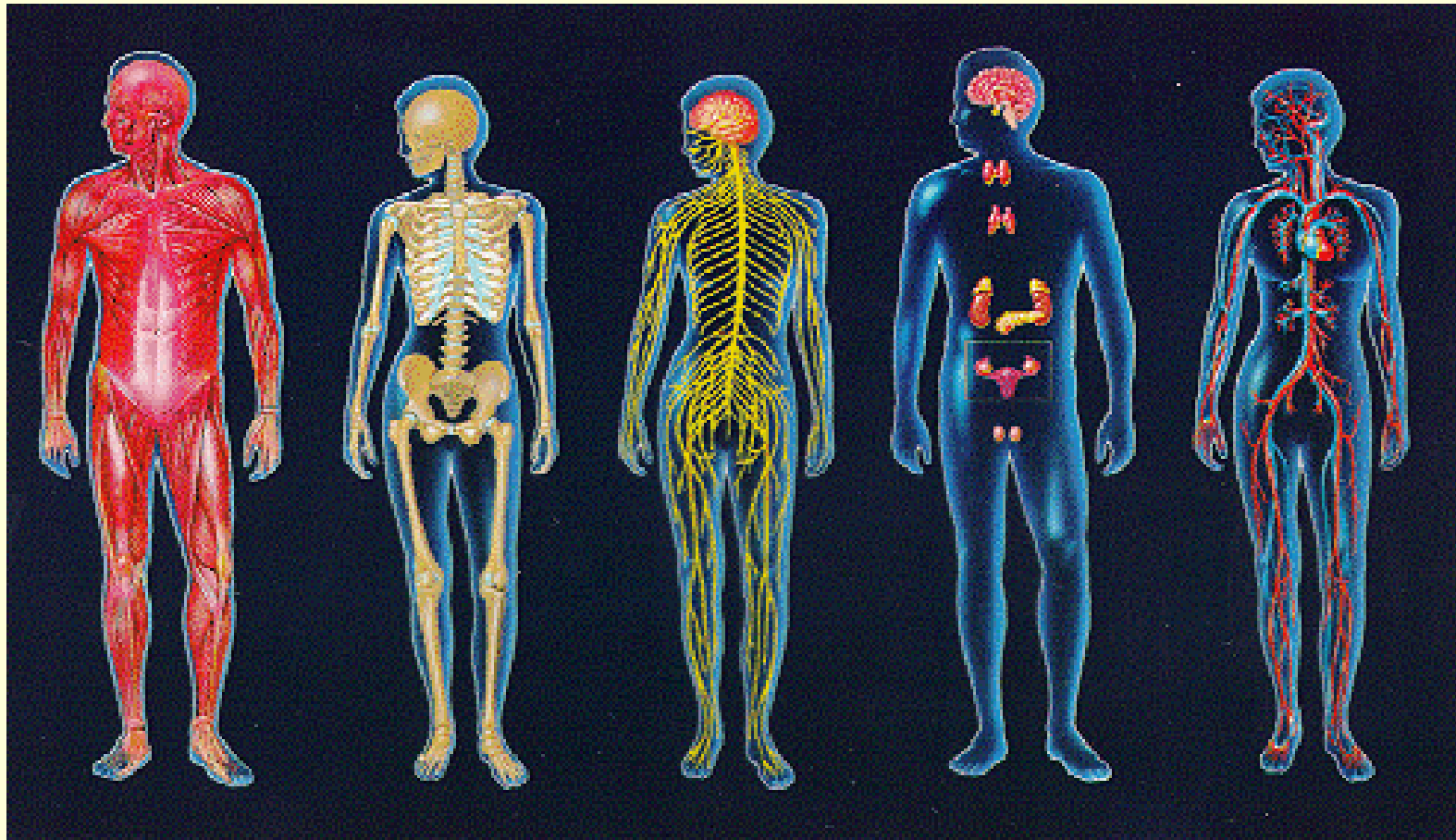


cellule
du cerveau



cellule
du foie

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

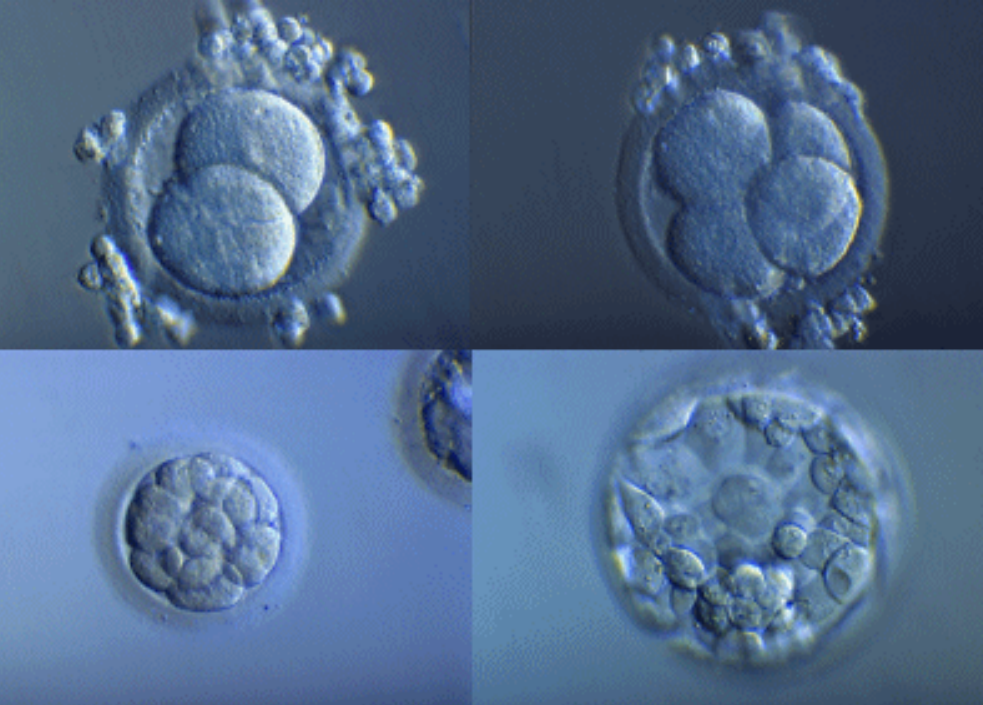


Musculo-squelettique

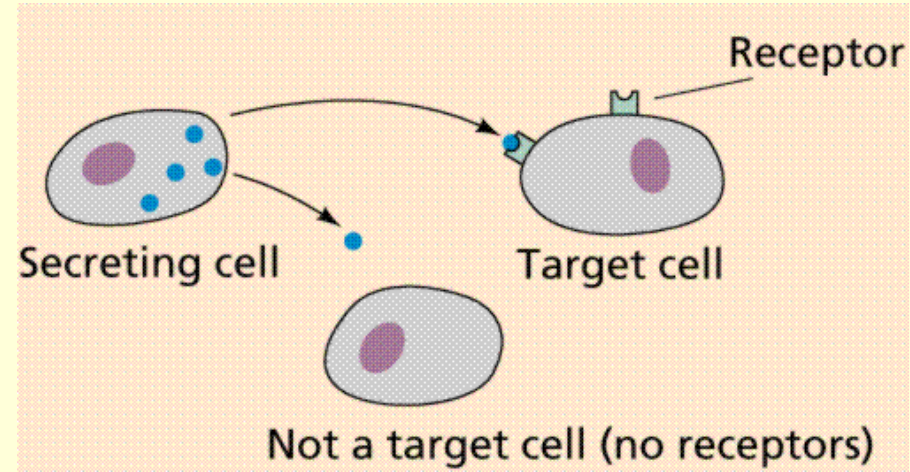
Nerveux

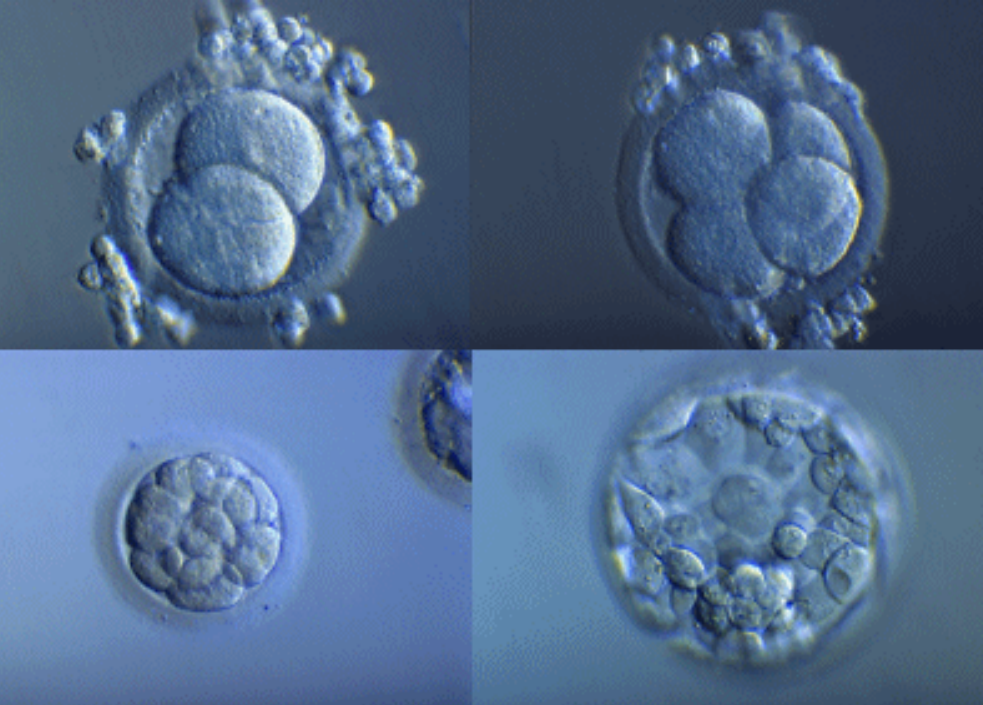
Endocrinien

Circulatoire

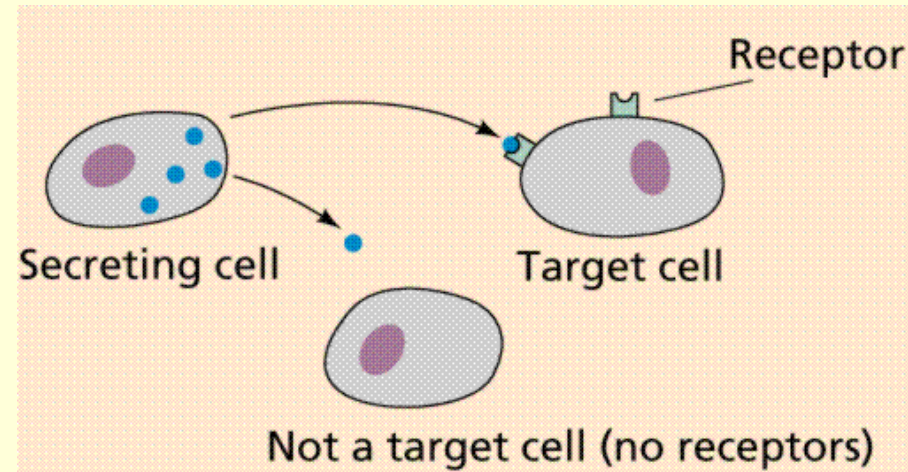


...dont l'origine est très ancienne !

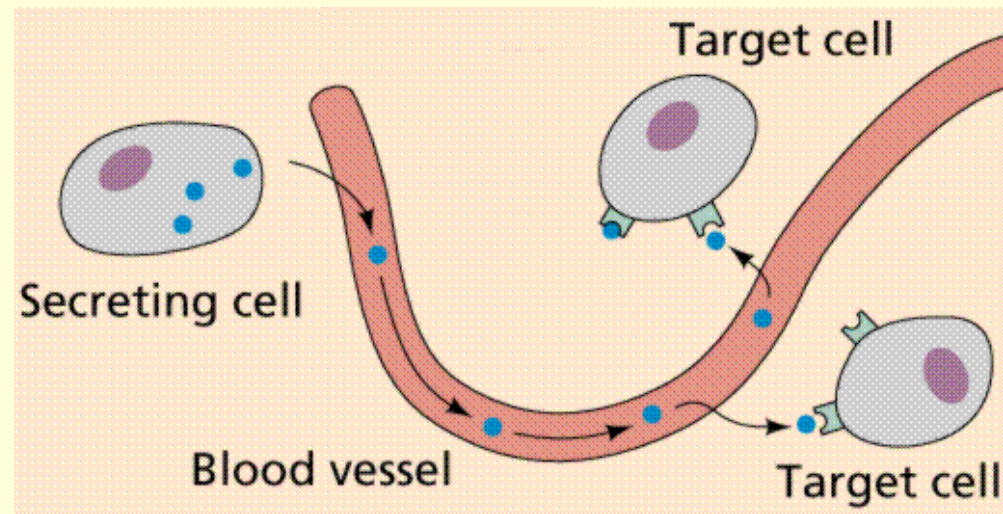




...mais aussi neurotransmetteurs et récepteur des neurones du **système nerveux !**

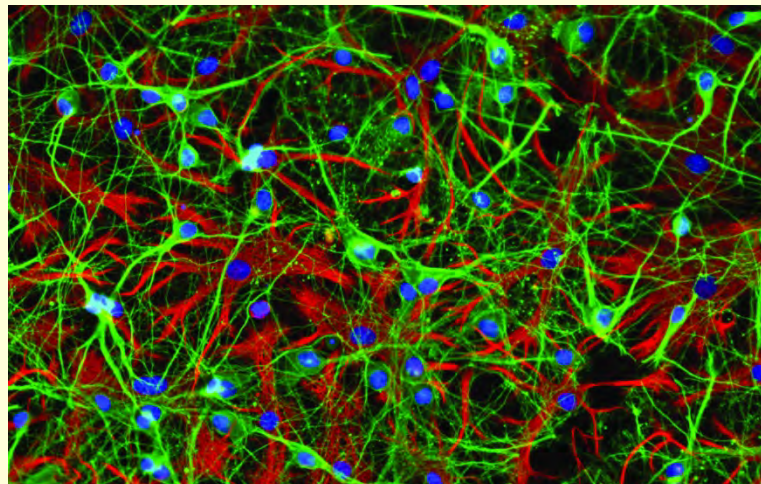


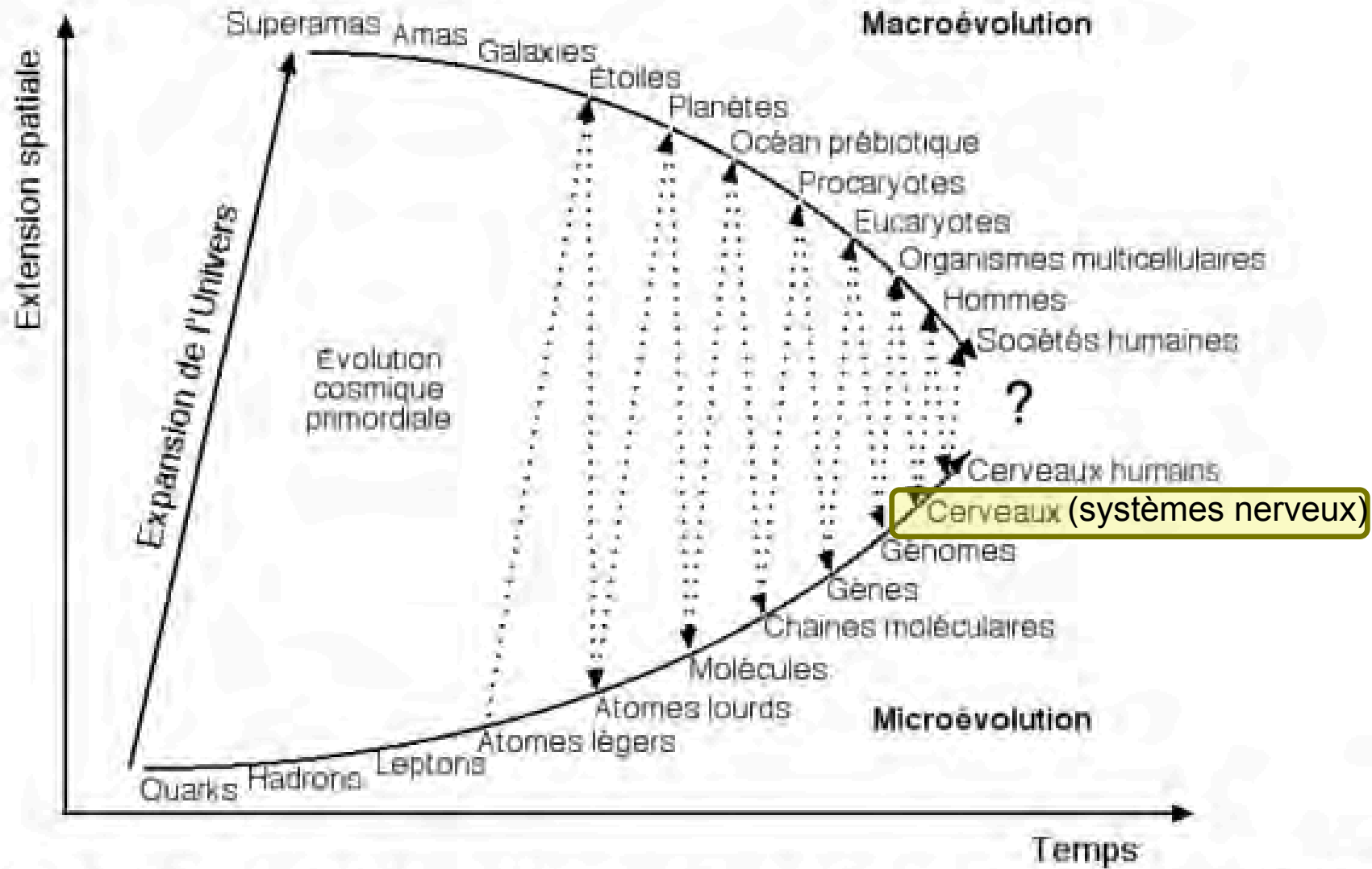
Hormones !
(système endocrinien)



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

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





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

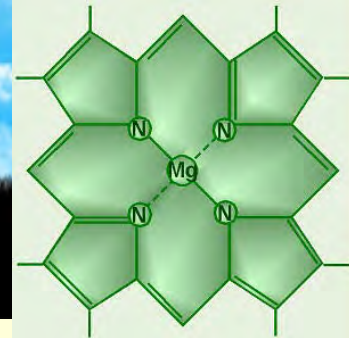
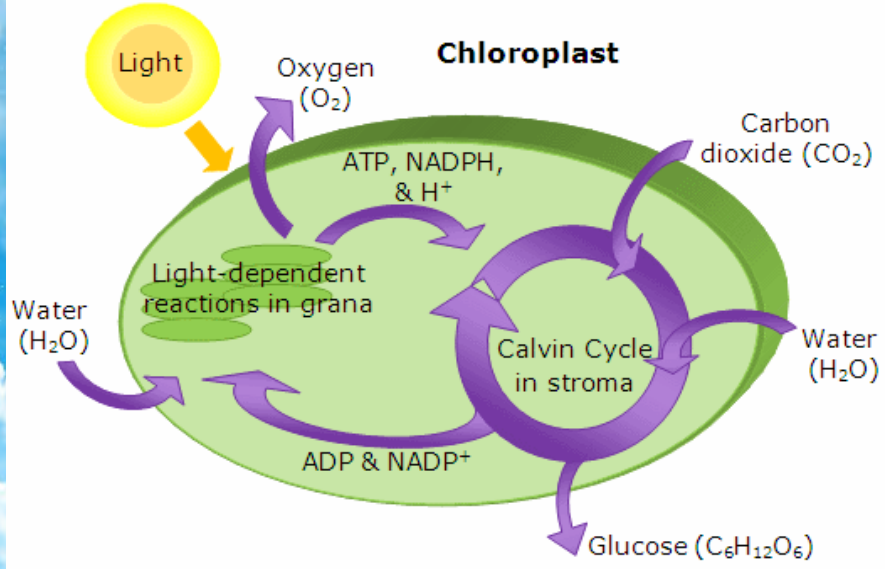
2^e principe de la thermodynamique : entropie, désordre...





« 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



Parenthèse : en fait, il y a au moins deux cas de producteurs primaires (ou autotrophes) :

les plantes, mais aussi les **organismes vivant près des sources thermales ou dans les profondeurs de la Terre** qui utilisent des molécules inorganiques pour construire leurs composantes grâce, non pas à la photosynthèse, mais à la **chimiosynthèse**.

À la place de la lumière, c'est une réaction chimique qui fournit l'énergie primaire nécessaire à leur métabolisme (par exemple par l'oxydation du méthane ou de différents composés sulfurés).

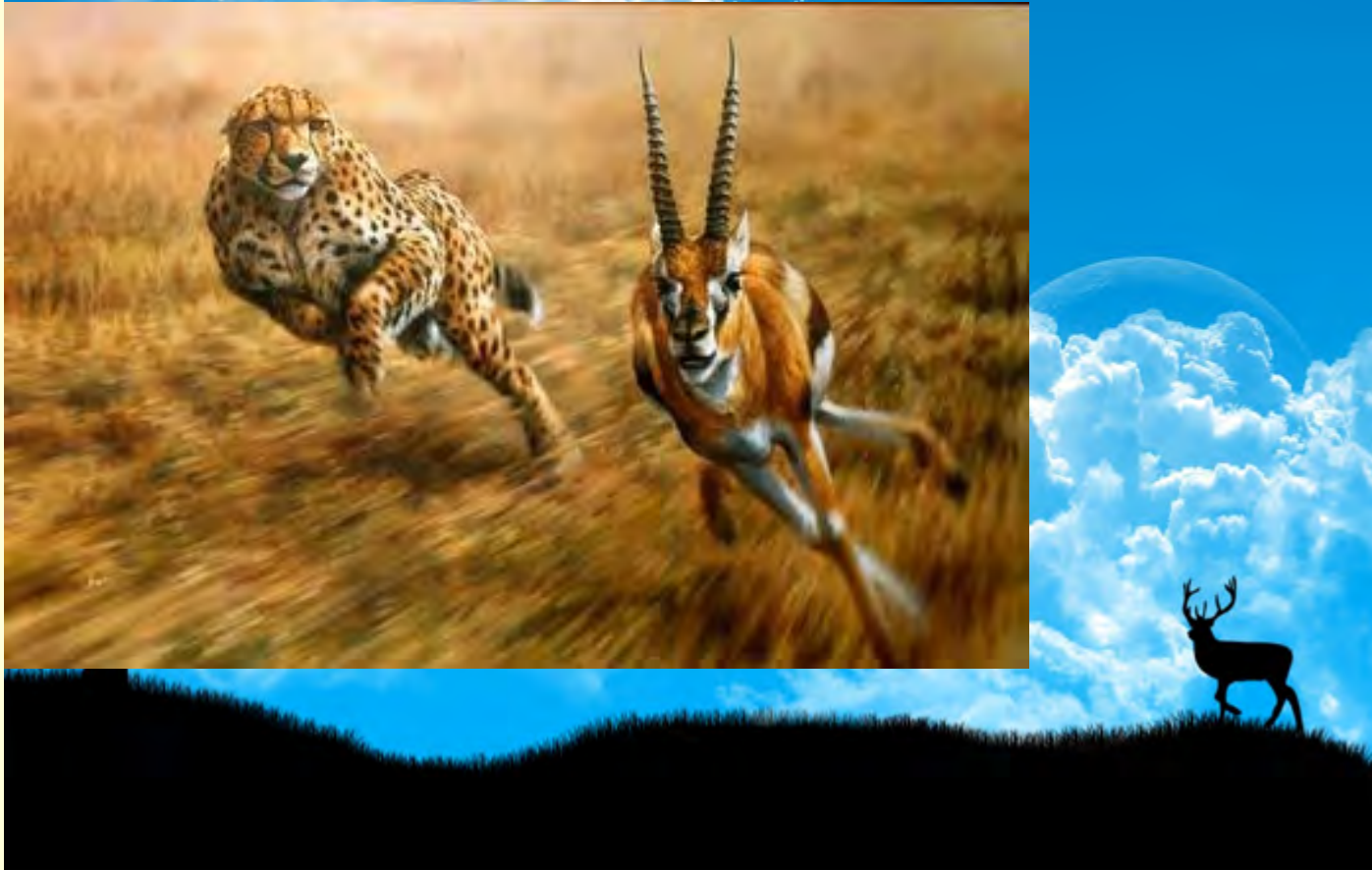


Intraterrestres et autres vivants des milieux extrêmes
02.11.2015

<http://www.franceculture.fr/emission-continent-sciences-intraterrestres-et-autres-vivants-des-milieus-extrêmes-2015-11-02>

Les bactéries de l'extrême fonctionnent à l'hydrogène !
16/08/2011

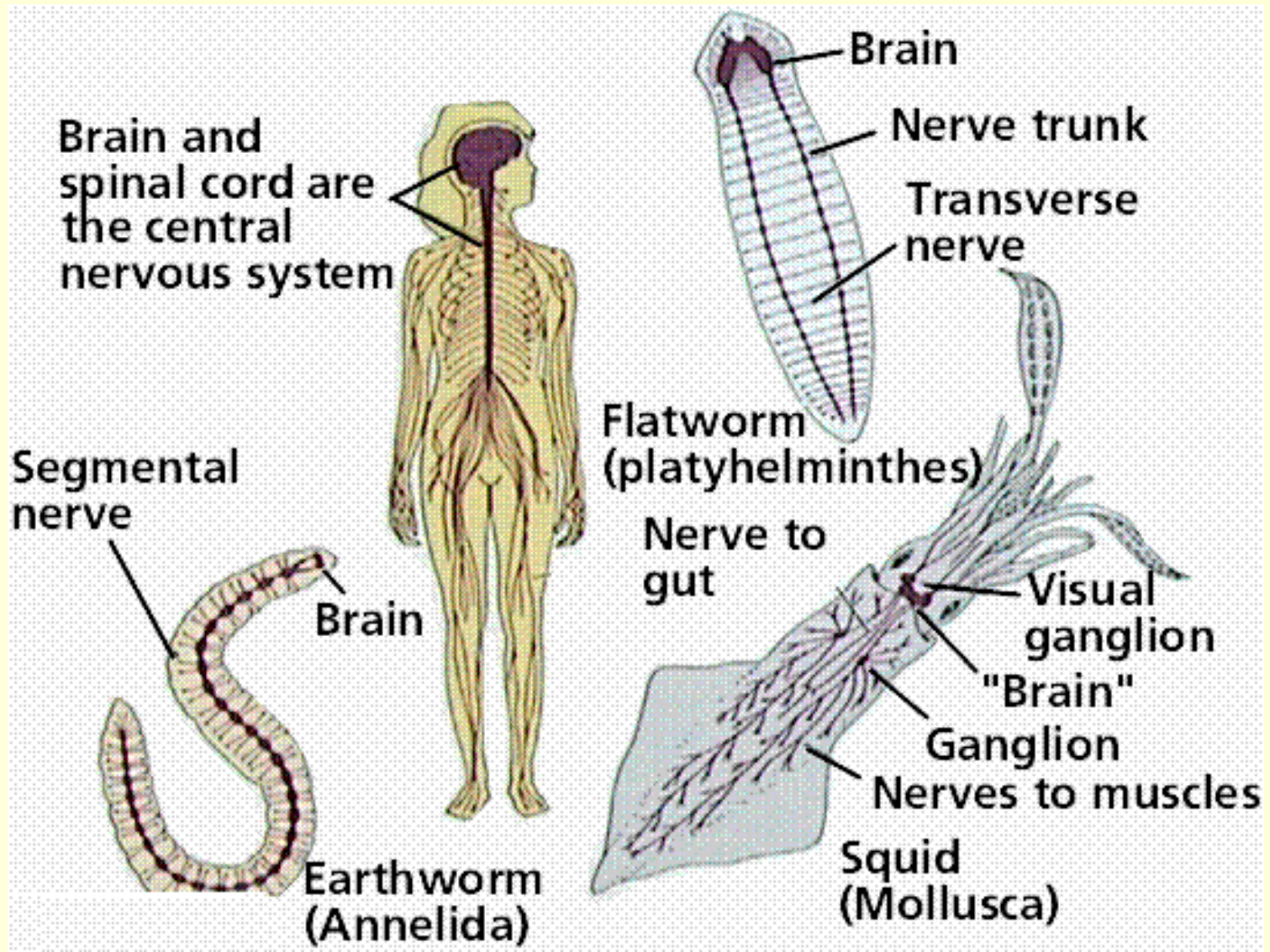
<http://www.futura-sciences.com/magazines/nature/infos/actu/d/zoologie-bacteries-extreme-fonctionnent-hydrogene-32851/>



Animaux :

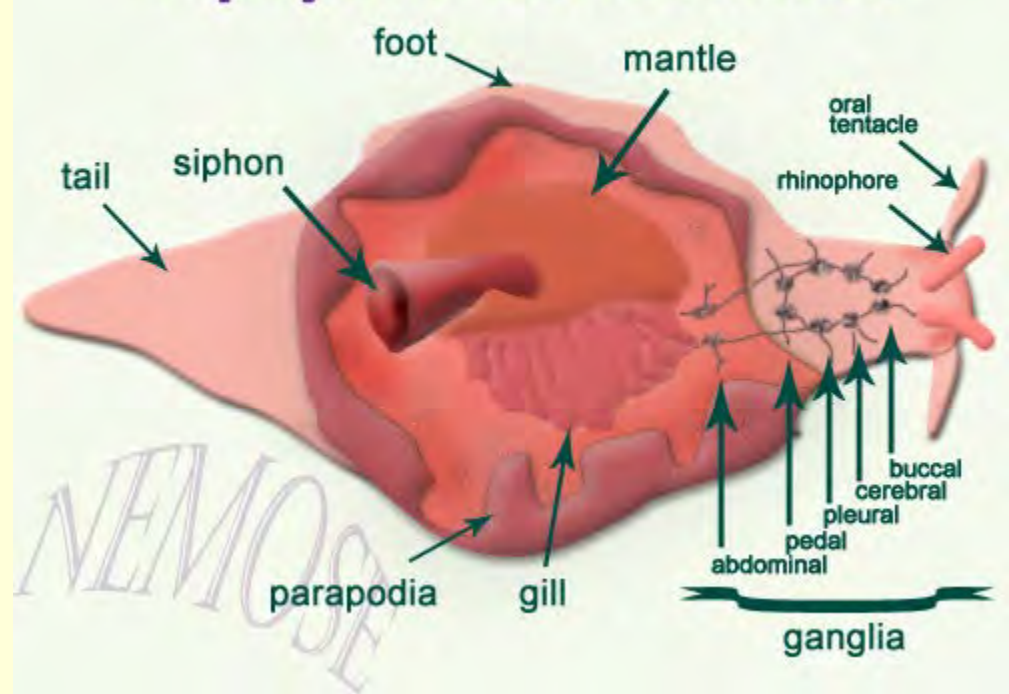
autonomie motrice
pour trouver leurs ressources
dans l'environnement

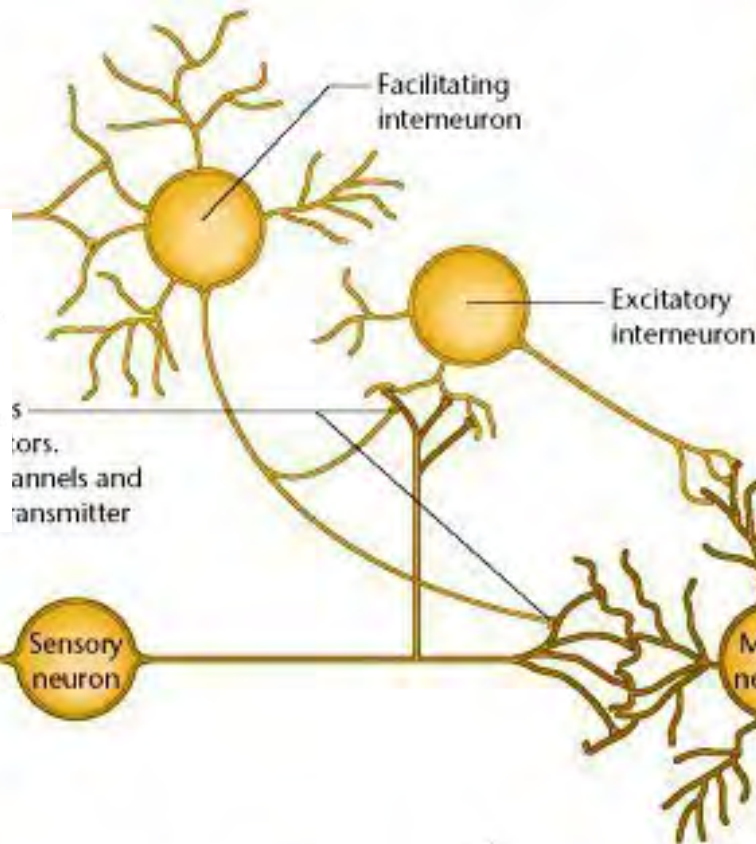
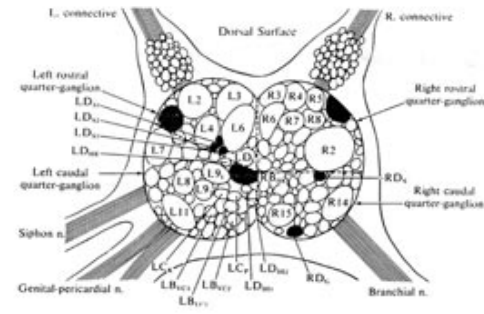
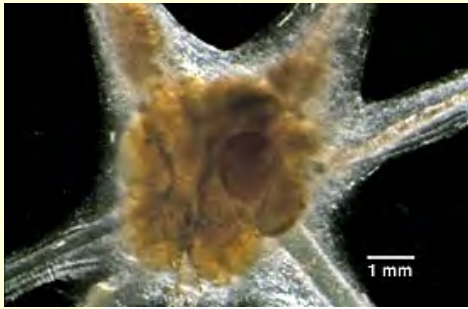
Systemes nerveux !





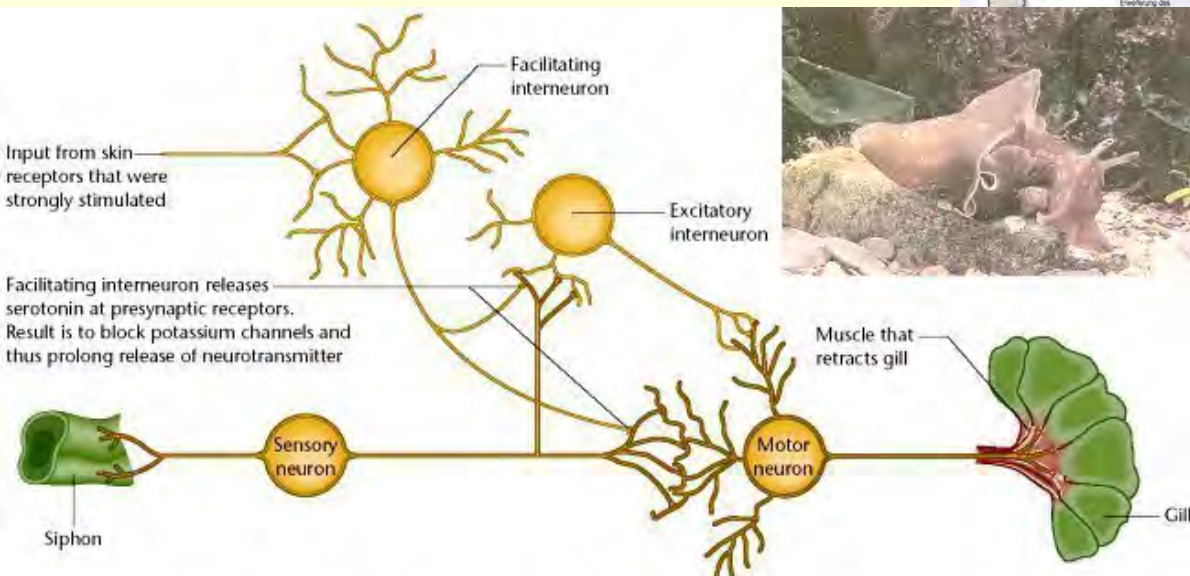
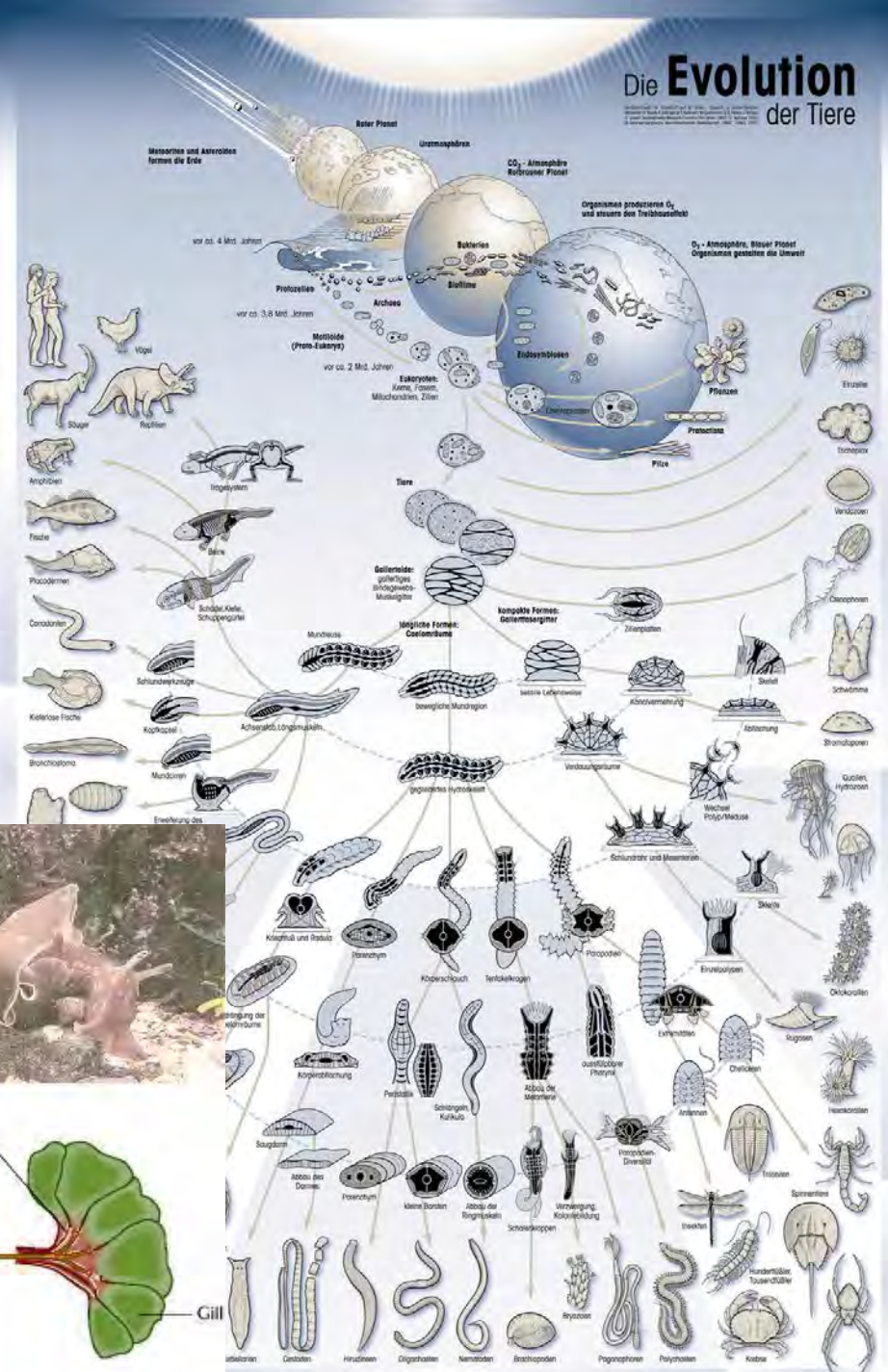
Aplysie
(mollusque marin)

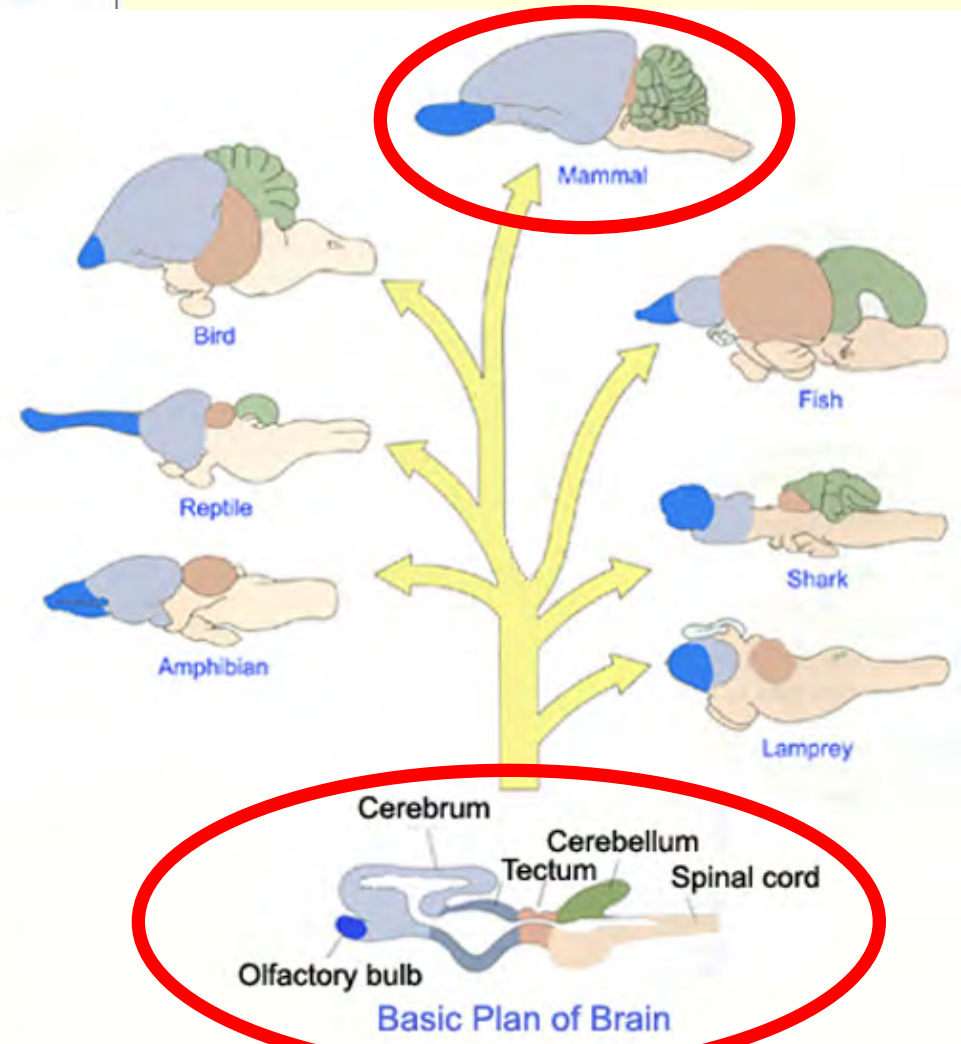
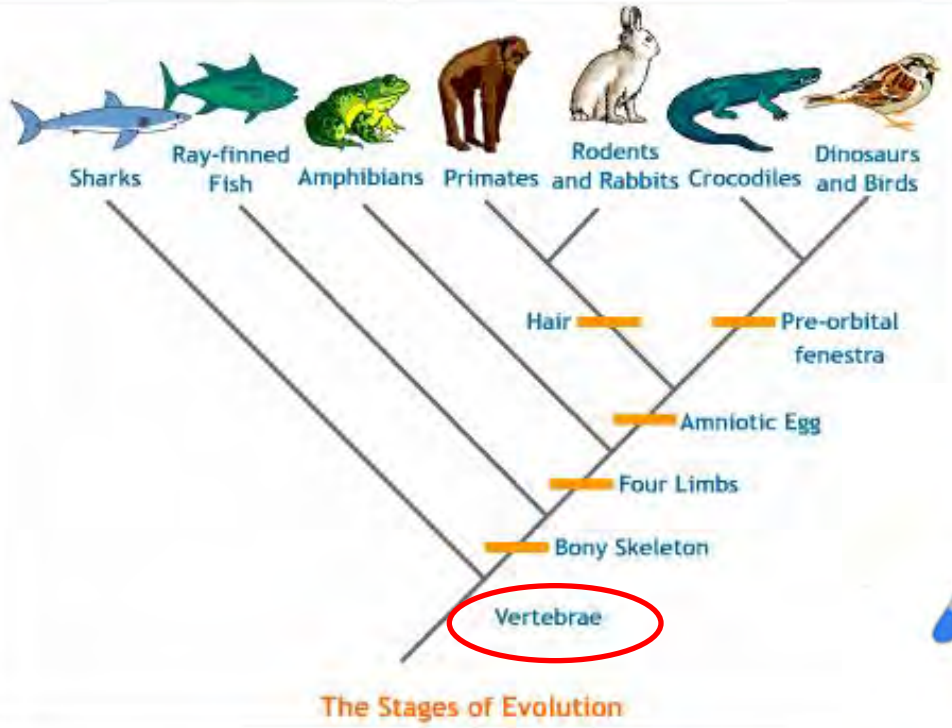




Une boucle sensori - motrice

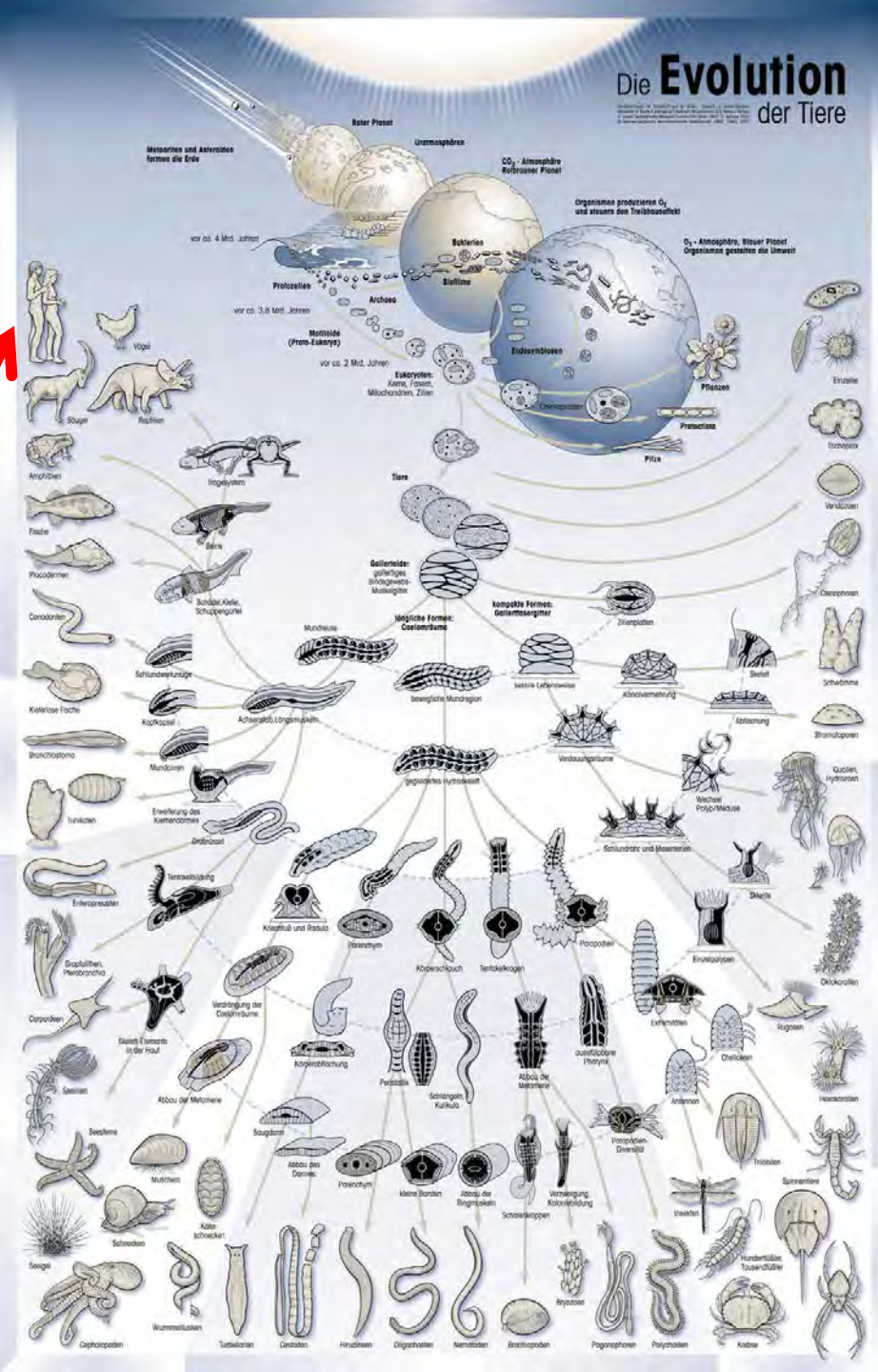
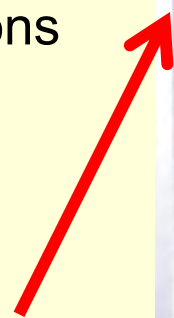
Pendant des centaines de millions d'années, c'est cette boucle-sensorimotrice qui va se complexifier...





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

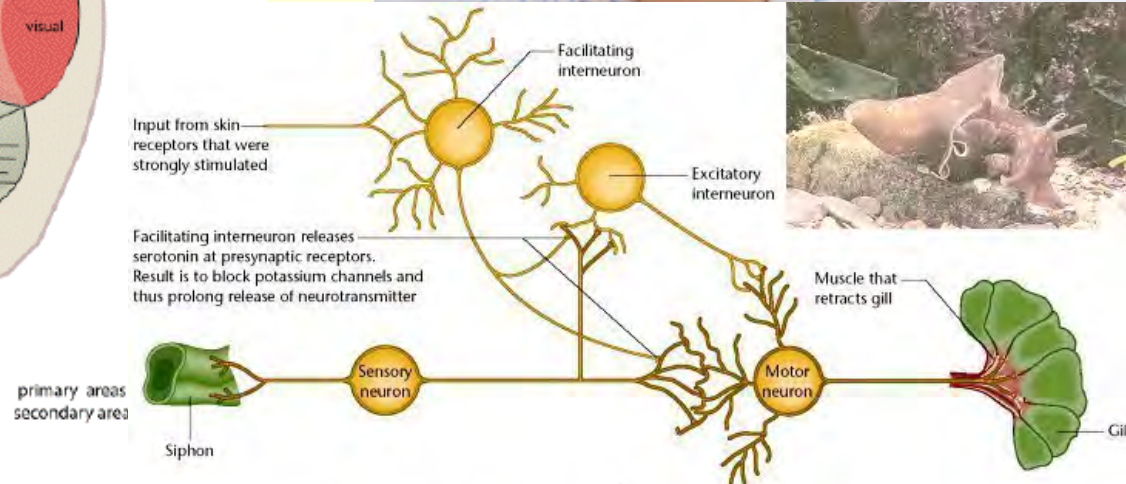
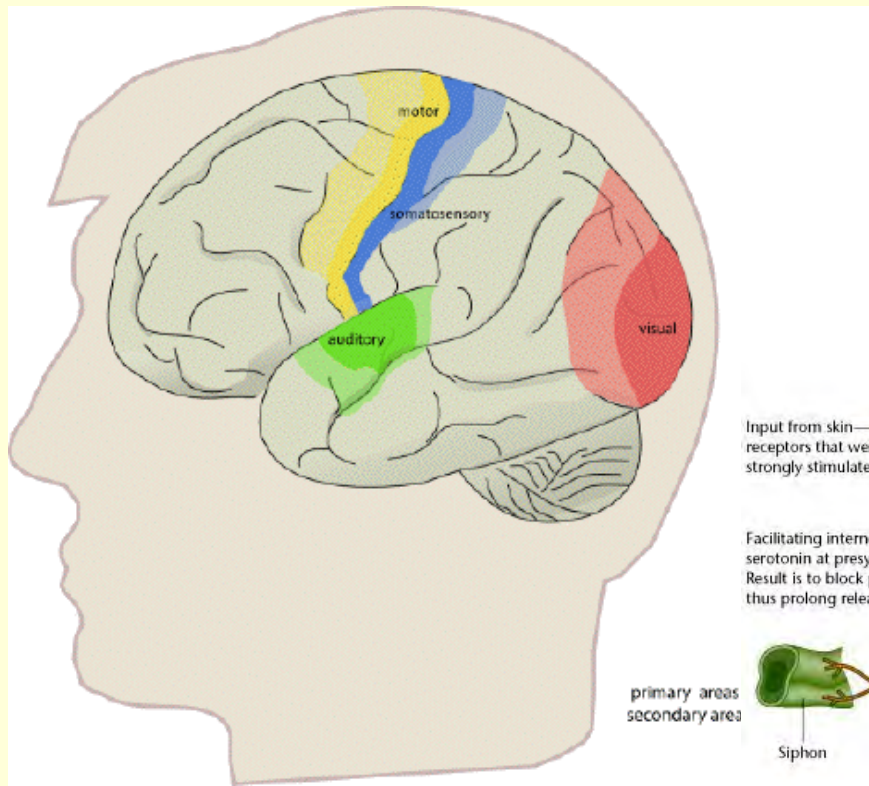
...et l'une des variantes sera nous !

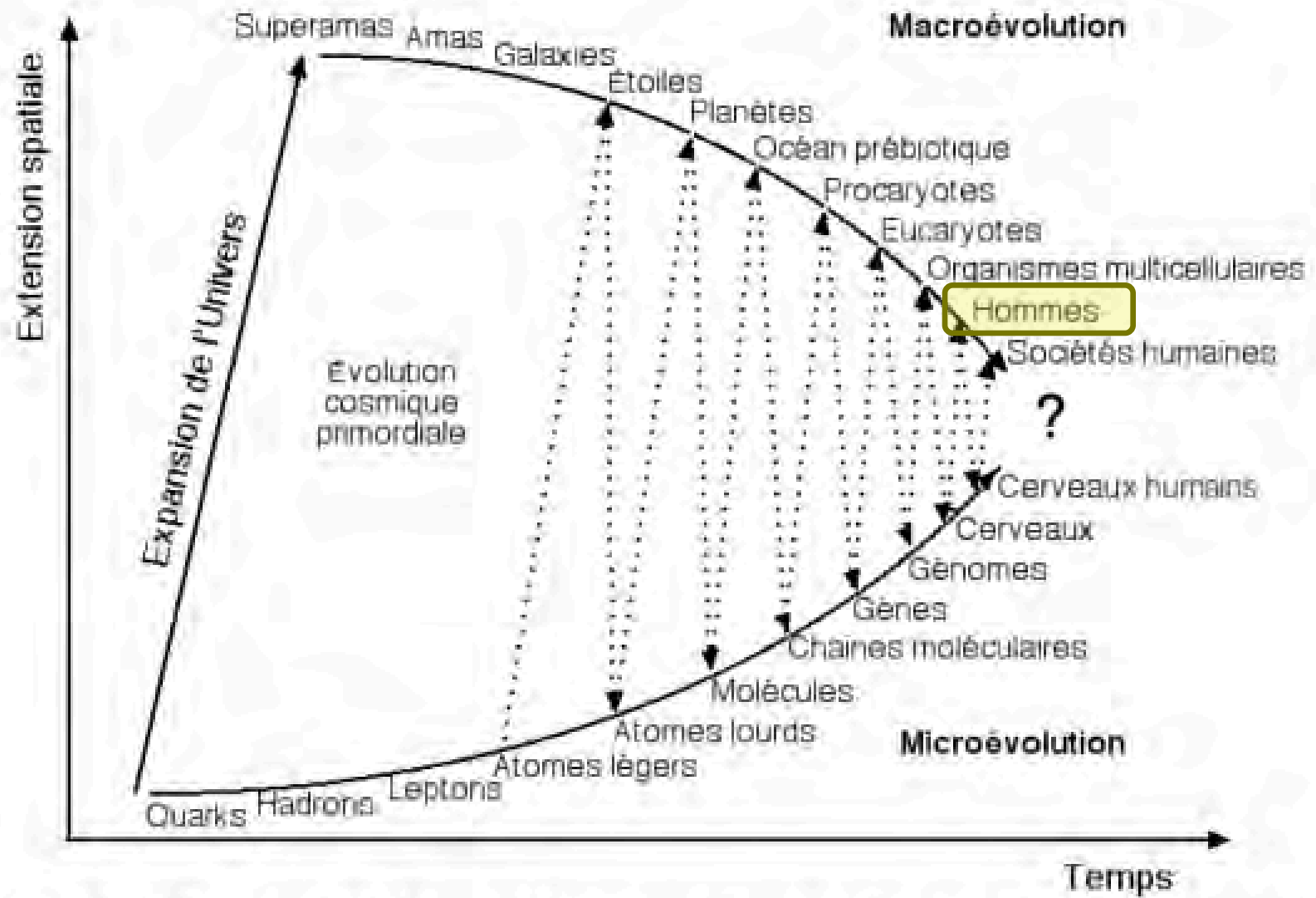


Le cerveau humain est encore construit sur cette **boucle perception – action**,

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

comme les inter-neurones de l'aplysie.



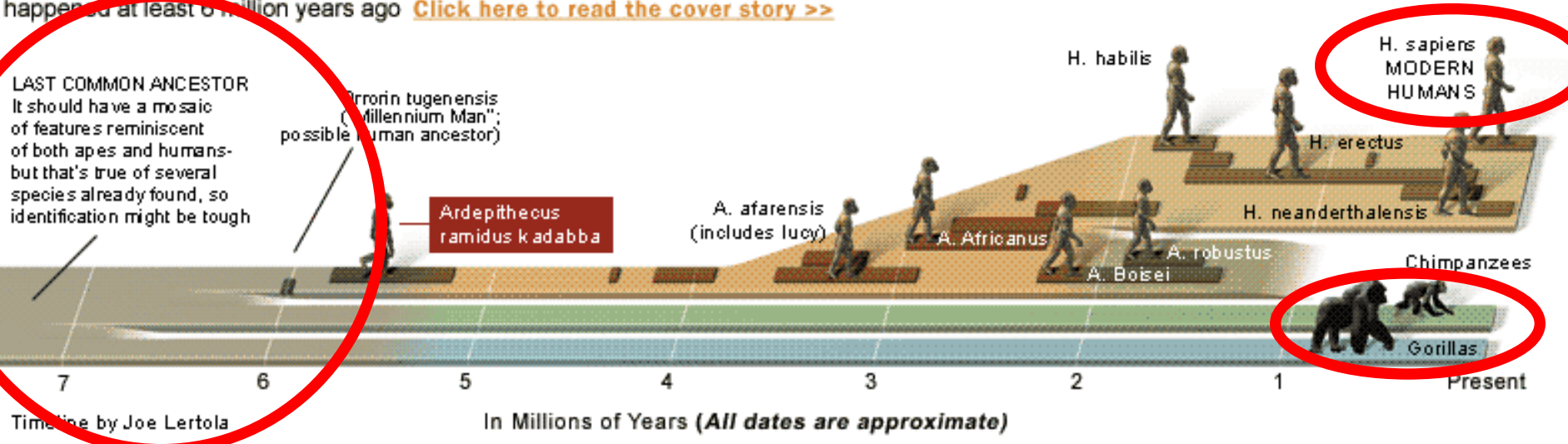


D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.

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

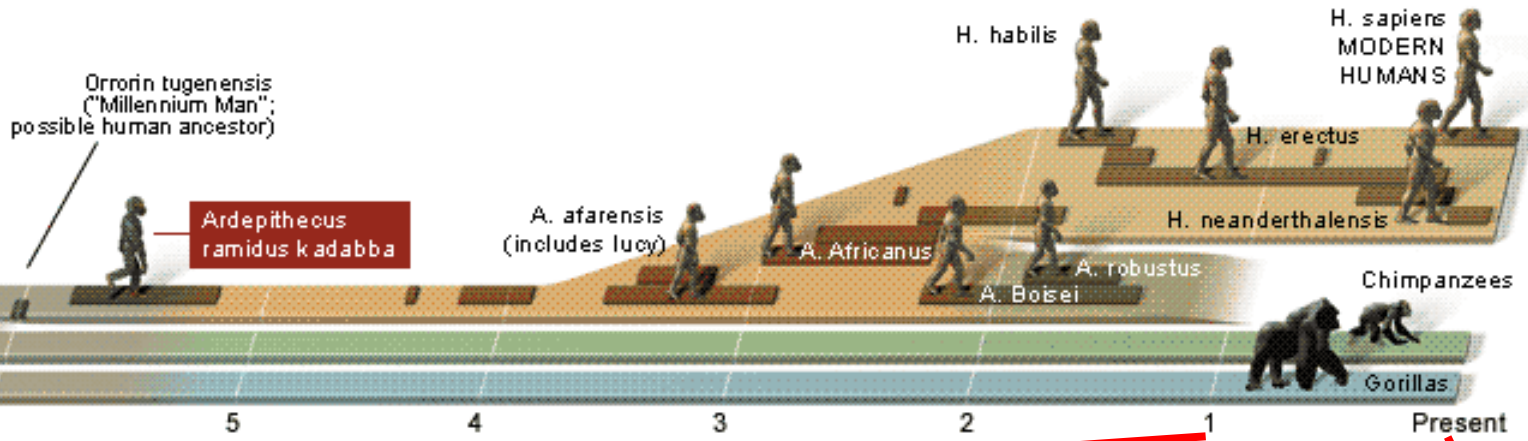


Voir aussi :
L'hominisation, ou l'histoire de la lignée humaine.
http://lecerveau.mcgill.ca/flash/capsules/histoire_bleu03.html

A WALK THROUGH HUMAN EVOLUTION

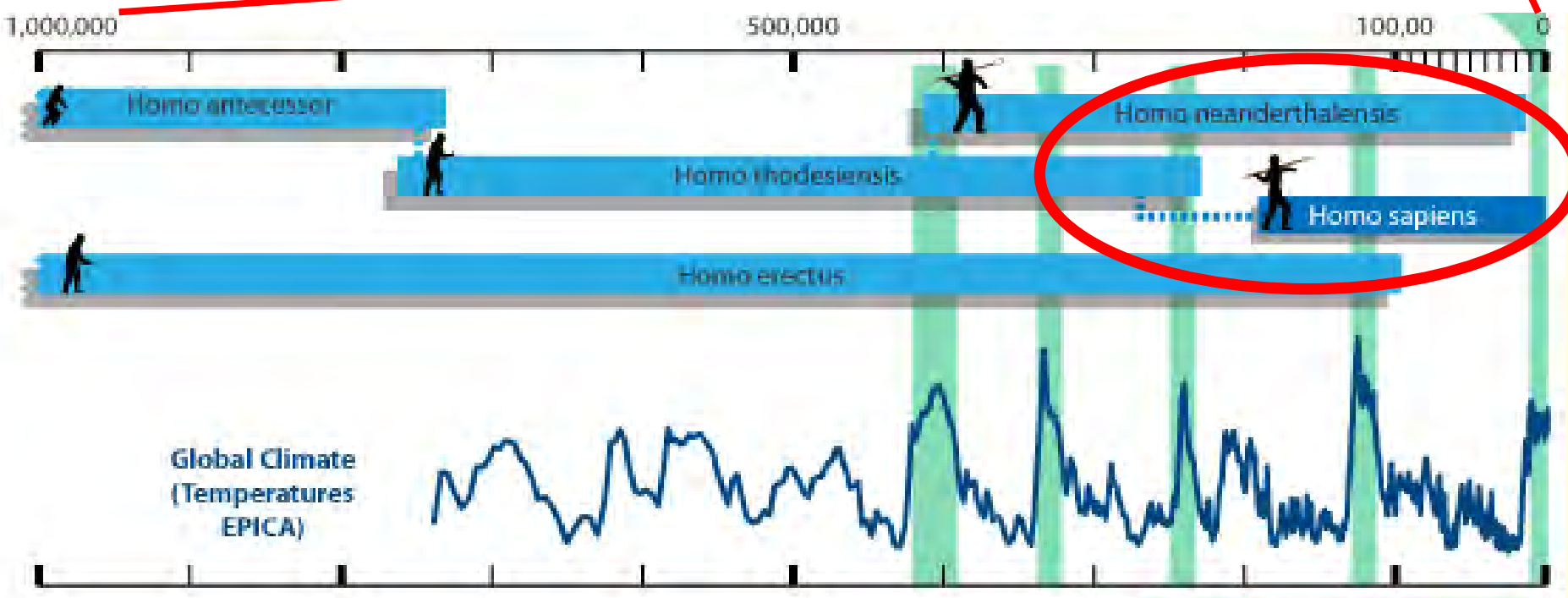
The newest fossils have brought scientists tantalizingly close to the time when humans first walked upright—splitting off from the chimpanzees. Their best guess now is that it happened at least 6 million years ago [Click here to read the cover story >>](#)

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)



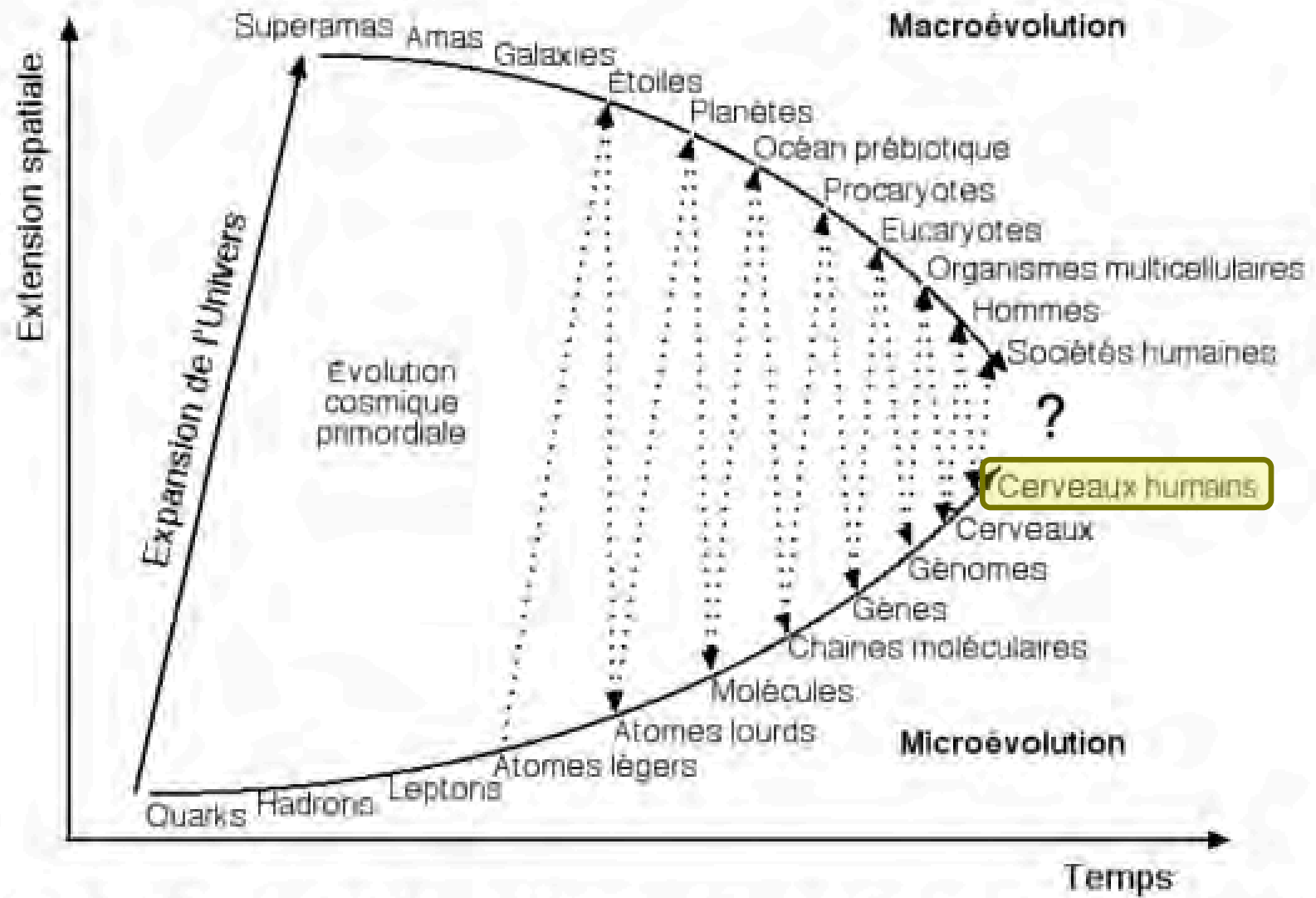
Les révélations du génome néandertalien

<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.

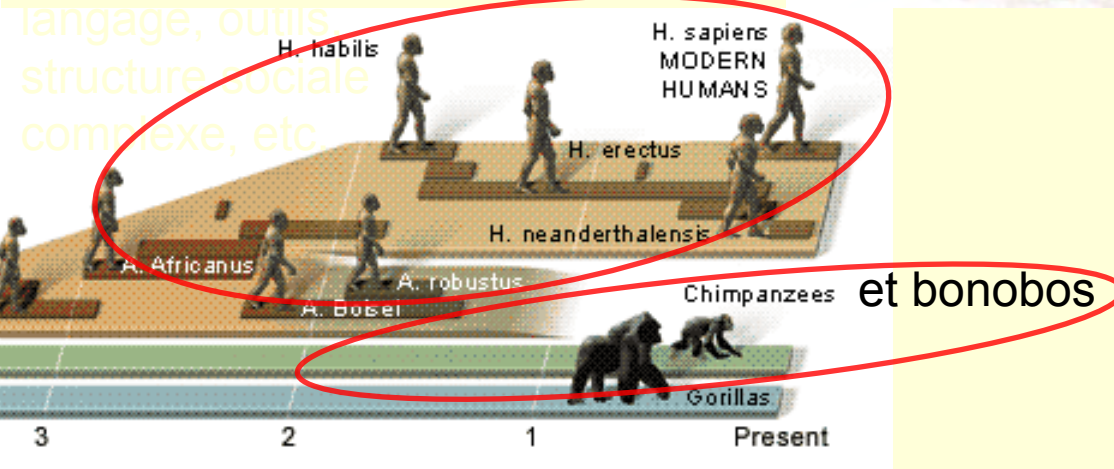
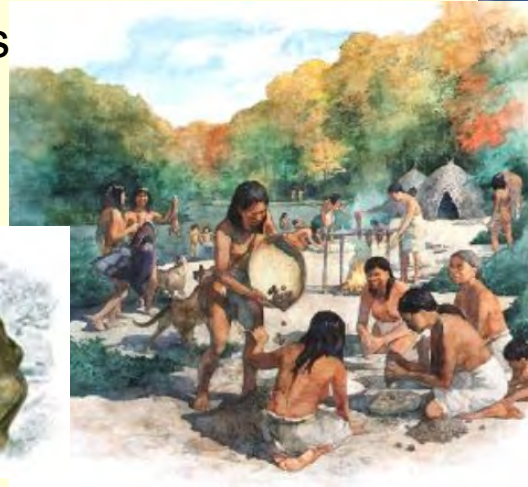





D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.

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?

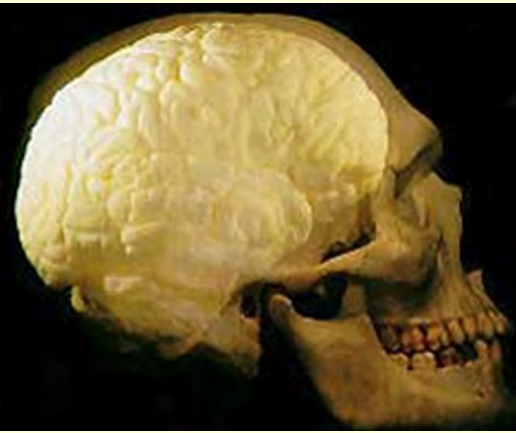
War, violence & **MEN** rule

Peace, love & **WOMEN** rule



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

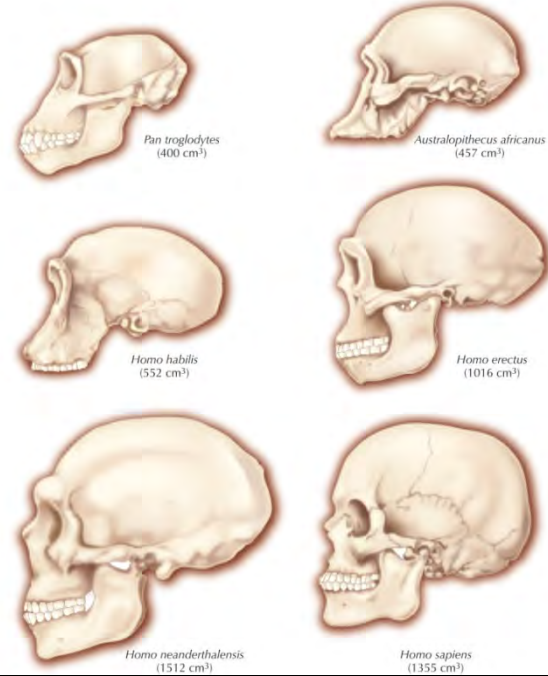
- organisation sociale différente (bonobos: matriarcale; chimpanzé: dominée par mâle alpha)
- utilisation d'outils présente chez l'un (chimpanzé) mais pas chez l'autre.



L'expansion cérébrale

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

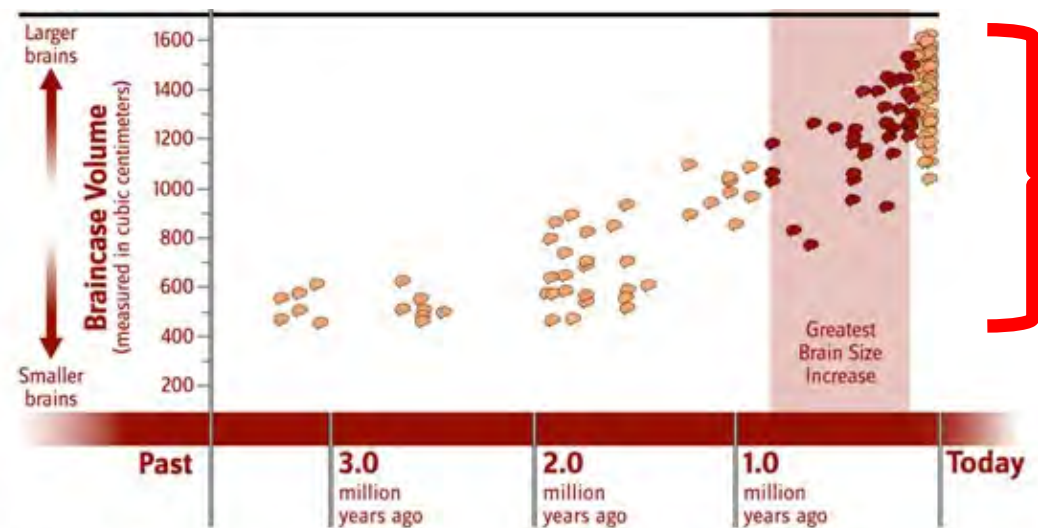
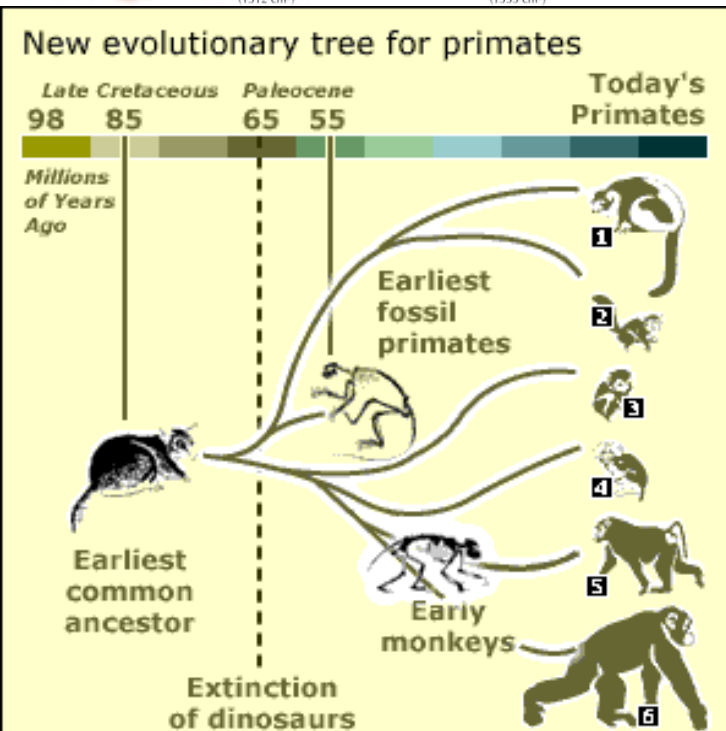
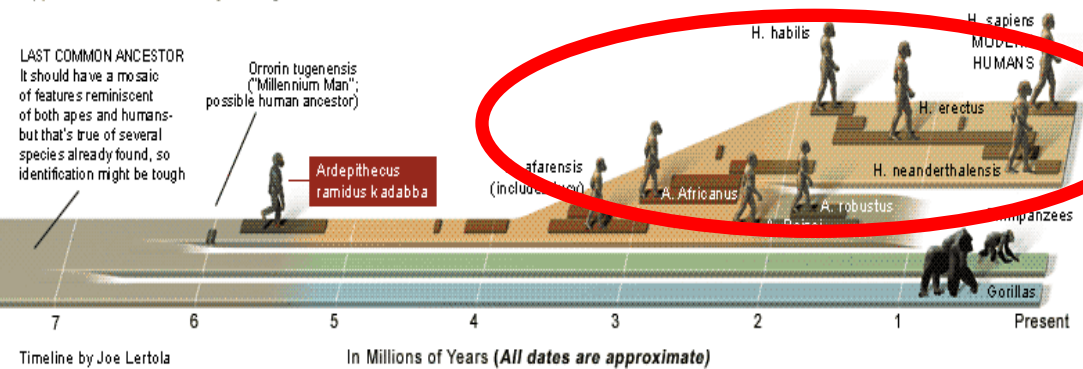




En moins de 4 millions d'années, un temps relativement court à l'échelle de l'évolution, le cerveau des hominidés va **tripler** de volume par rapport à celui qu'il avait acquis en 60 millions d'années d'évolution des primates.

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 >>](#)



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 :

[hypothèses impliquant des mécanismes comme la **sélection naturelle**, moteur important de l'évolution...]



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

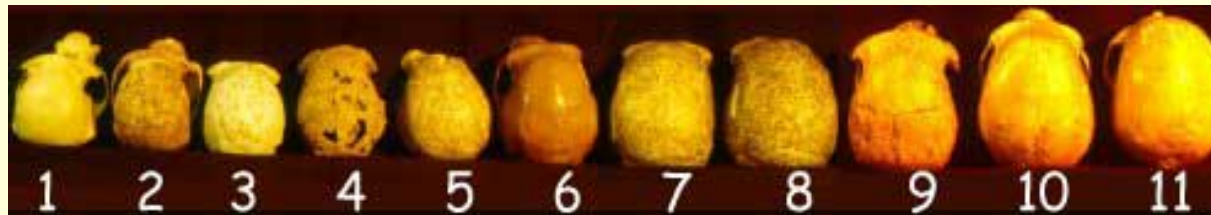
Plusieurs hypothèses pouvant avoir agi de concert sont encore débattues pour expliquer l'origine de cette expansion cérébrale spectaculaire :

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).

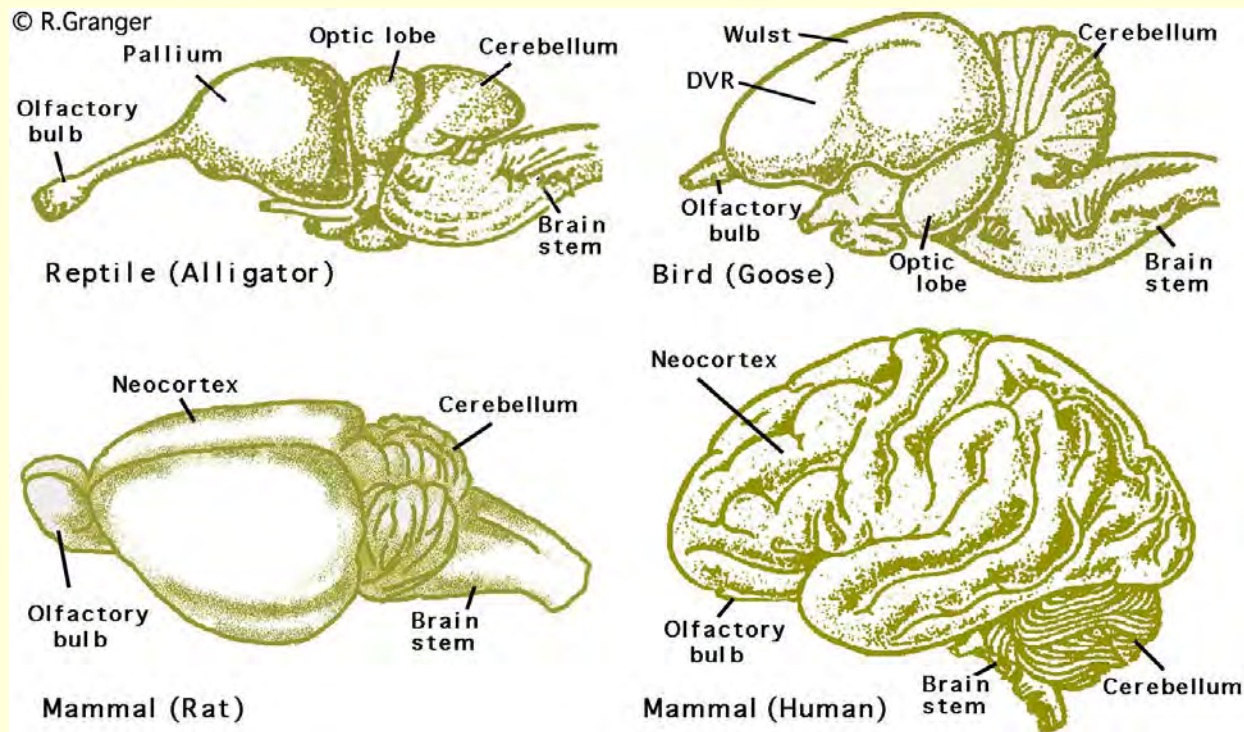


1 Chimpanzé 2 A. africanus 3 H. habilis 4 KNM-ER 1470 5 Homme de Java 6 Homme de Pékin 7 H. saldensis 8 H. saldensis 9 « Broken Hill » 10 Homme de Néanderthal 11 H. sapiens sapiens

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;



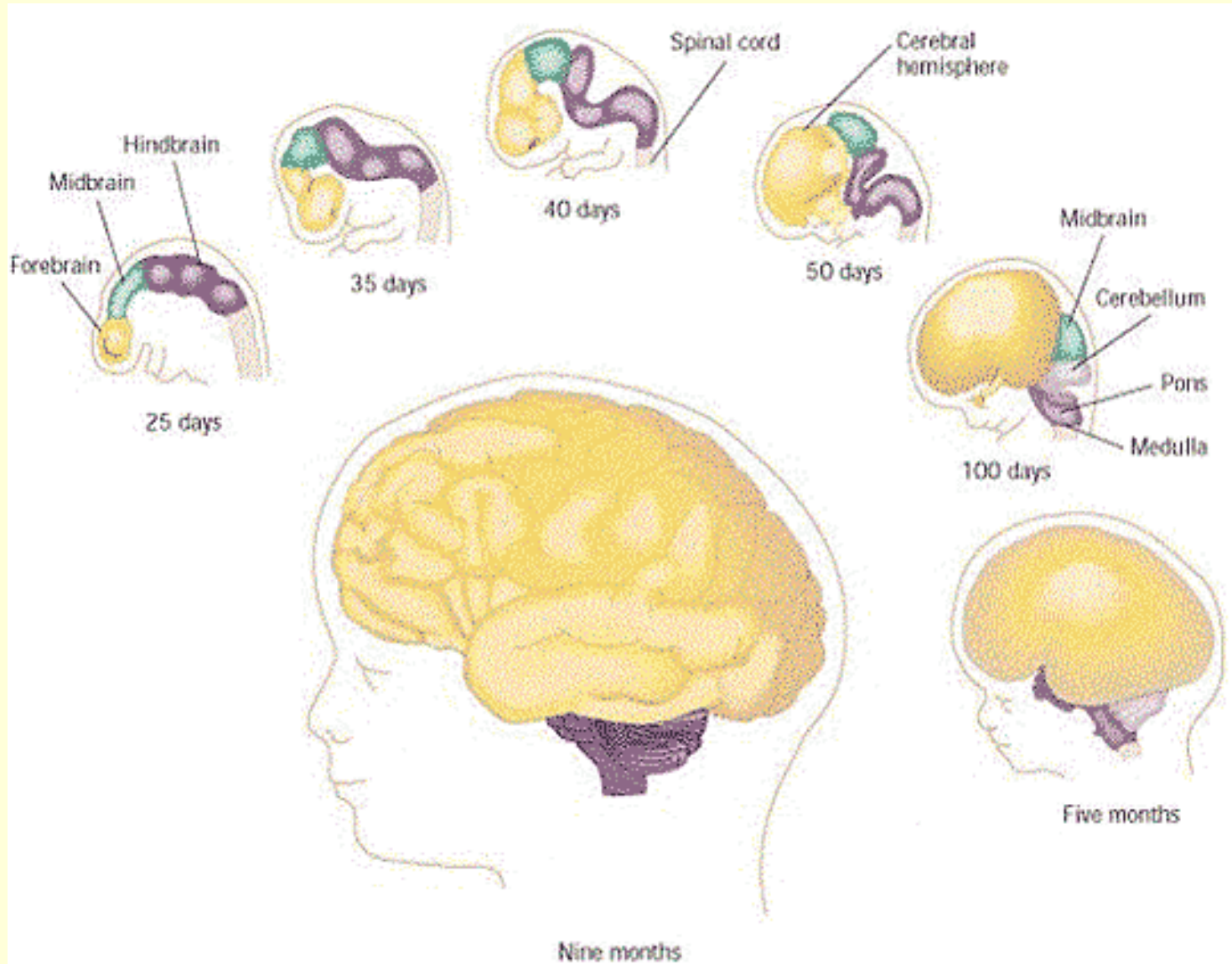


2) Par la croissance relative de différentes structure cérébrale

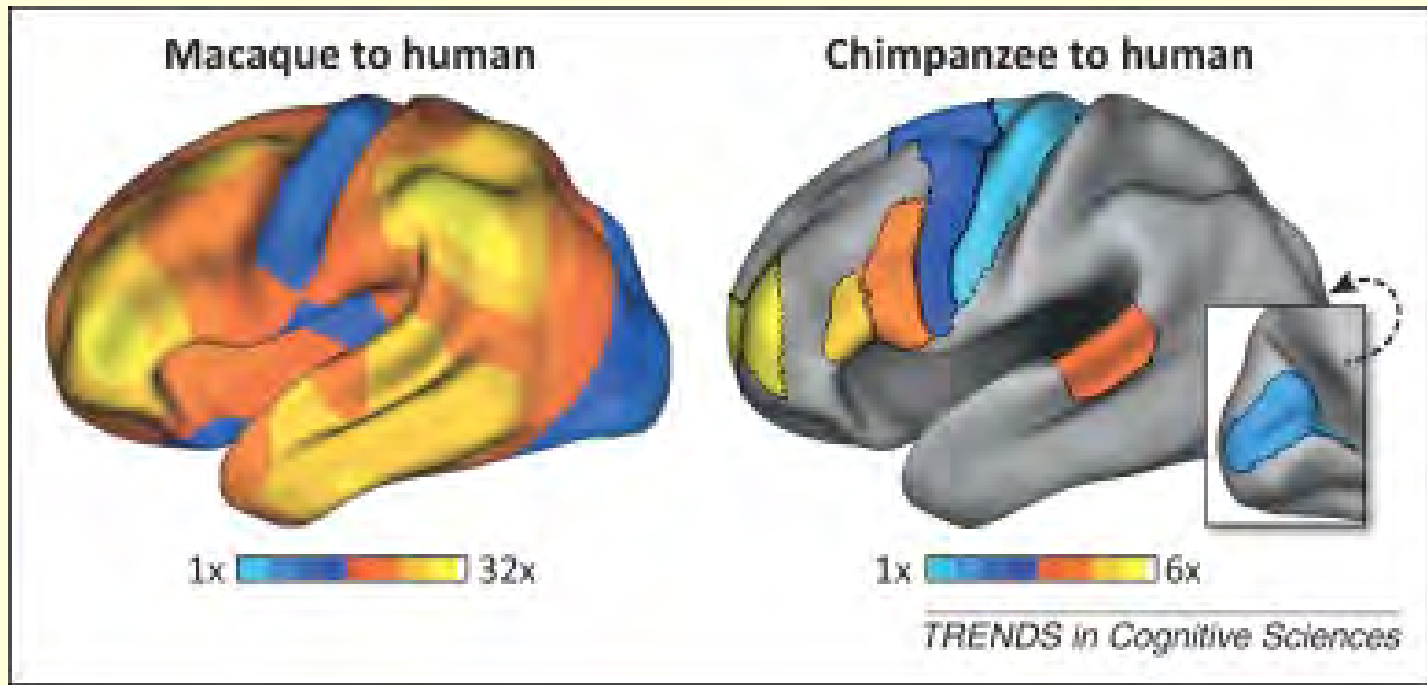
Pour le **cervelet**, impliqué dans la coordination des mouvements musculaires, son poids par rapport au reste du cerveau est remarquablement constant chez tous les mammifères.

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



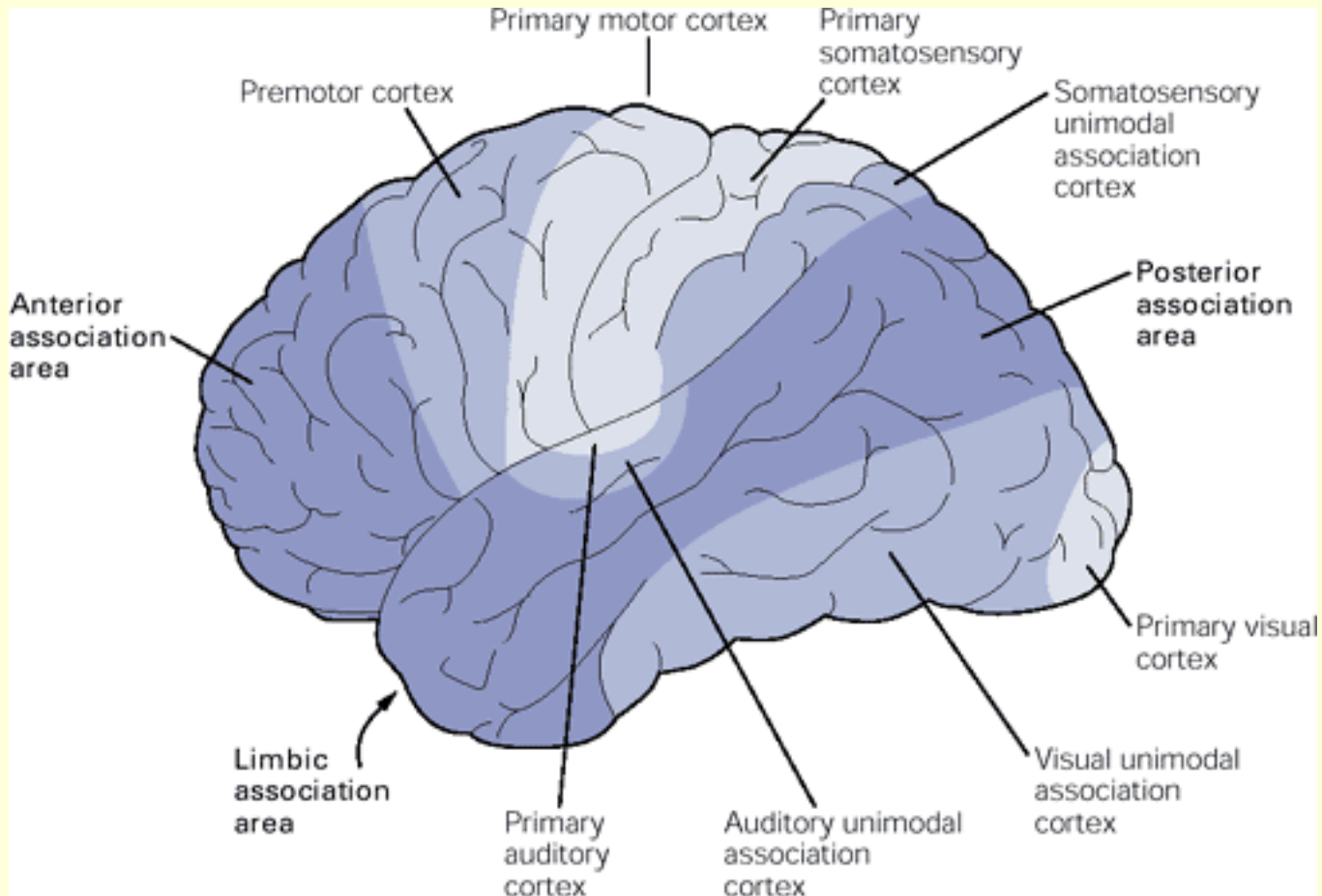
C'est durant la transition des primates à l'humain que le **néocortex s'est le plus développé**.



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).

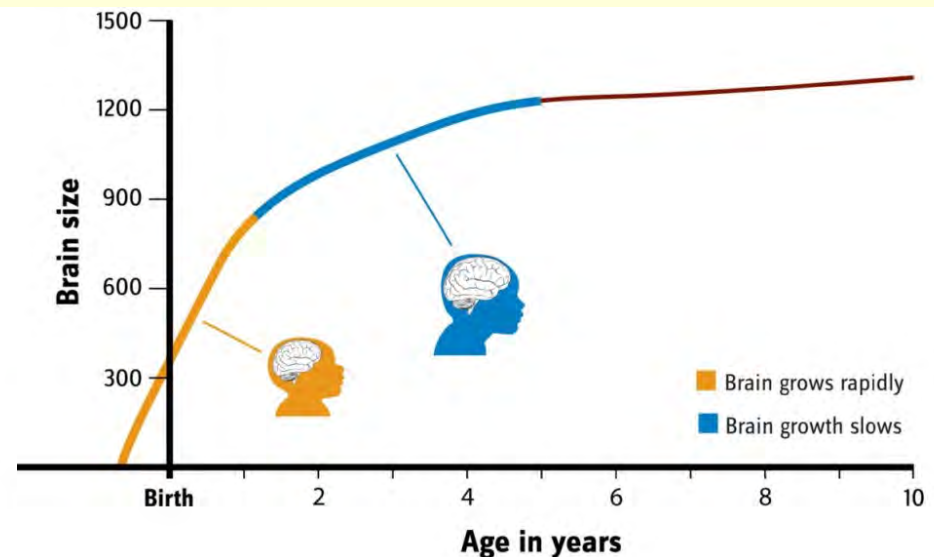
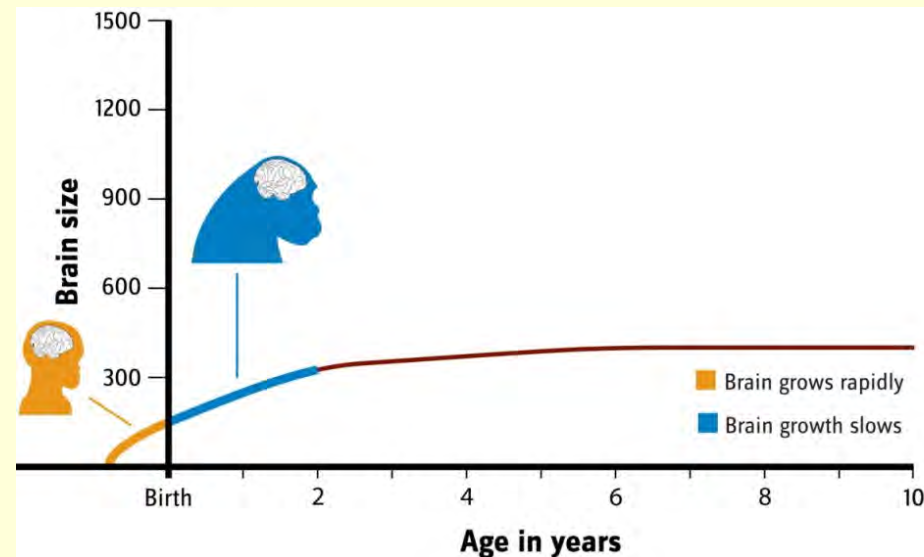
L'expansion rapide du cortex chez l'humain a fait émerger de larges portions de **cortex dit « associatif »** plus ou moins détachées des cortex sensoriels.



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

Ce vaste cortex humain est donc largement constitué de :

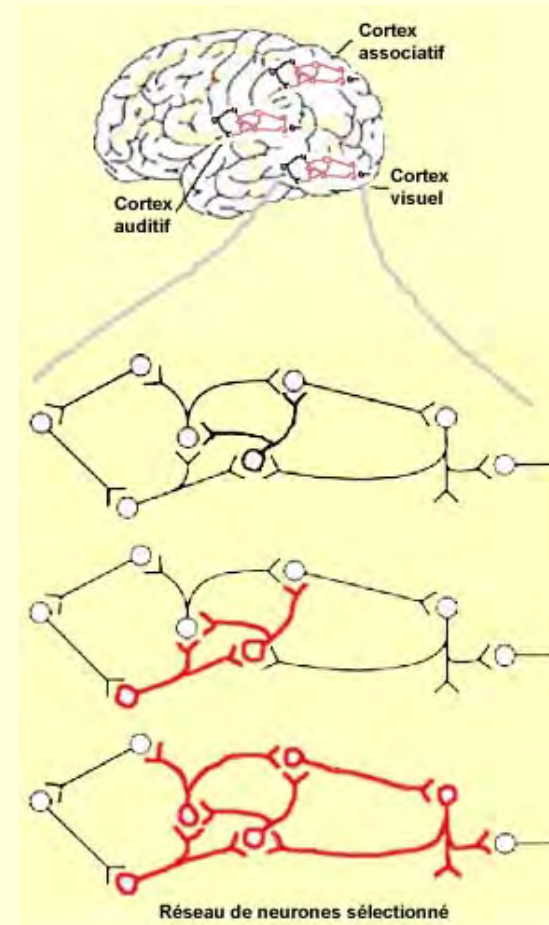
- **réseaux associatifs** interconnectés et distribués
- qui se mettent en place **tardivement** durant le développement

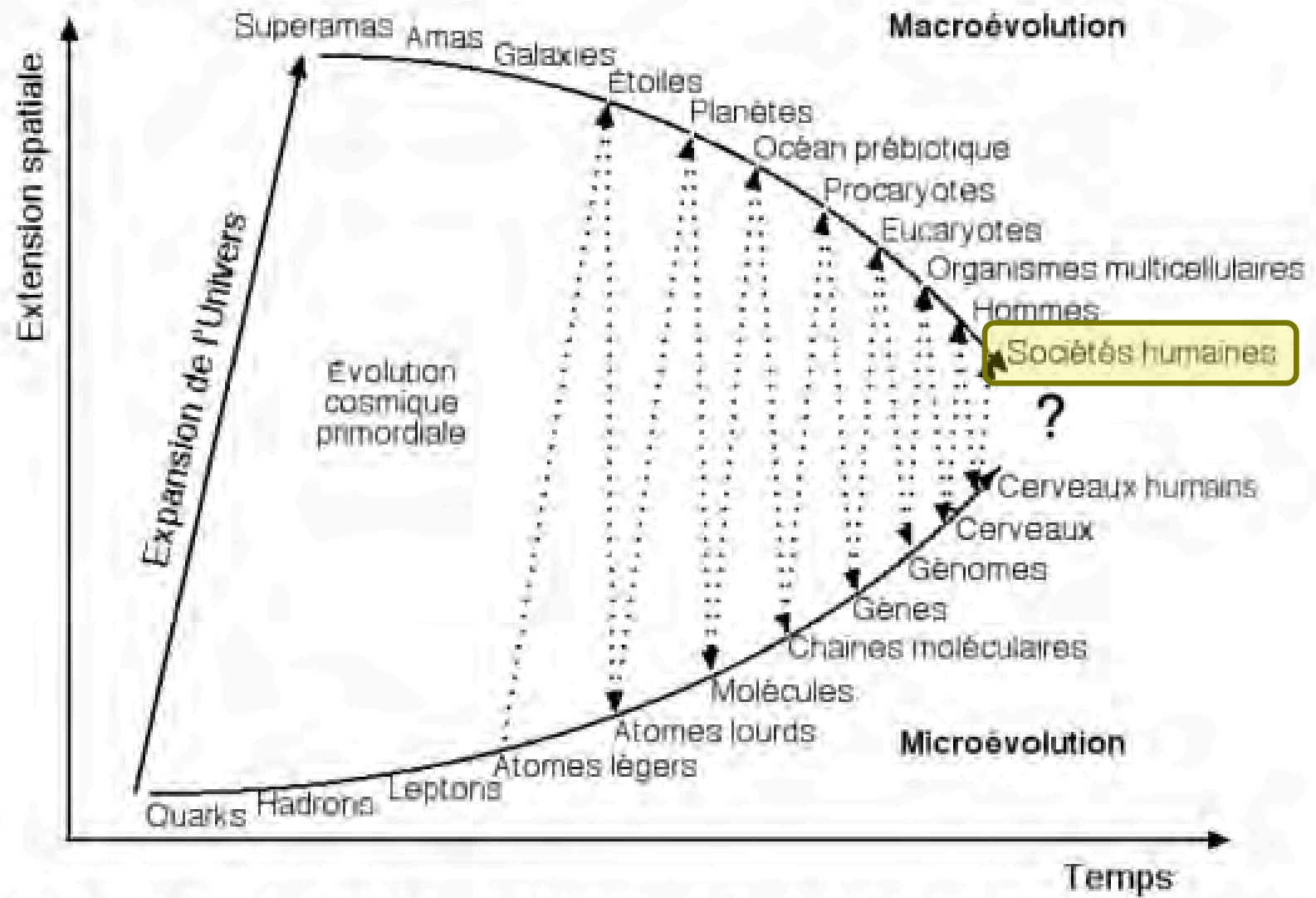


L'expansion rapide du cortex chez l'humain a fait émerger de larges portions de **cortex dit « associatif »** plus ou moins détachées des cortex sensoriels.

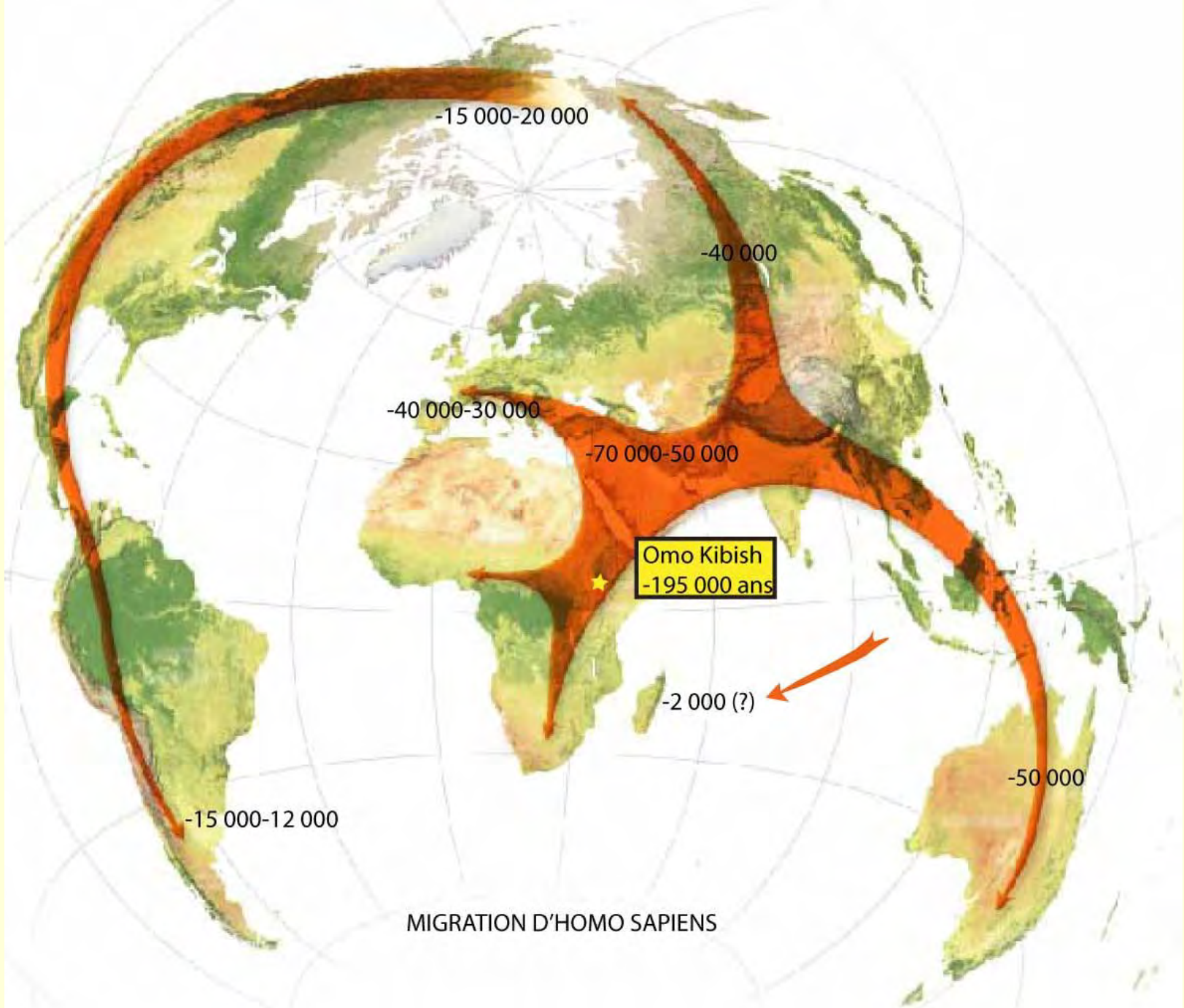
Ce vaste cortex humain est donc largement constitué de :

- **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.



Apparition du langage :

Nouvelles régions ? Agrandissement d'anciennes régions ?

Réutilisation de certaines régions ou parties de réseaux cérébraux ?

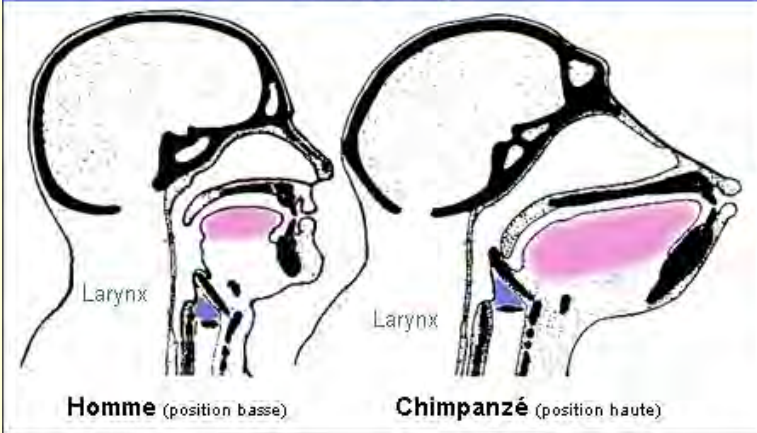


TALKING THE TALK

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

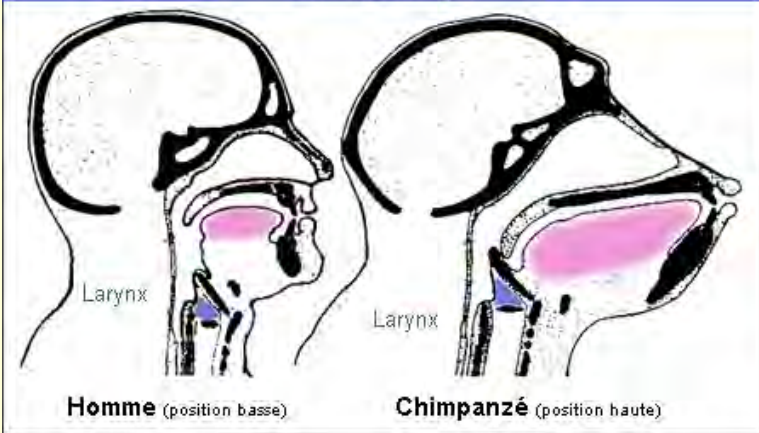
Nothing drives complex societies like language, and the key to human prolixity is the arcuate fasciculus, which weaves together the various brain regions that govern speech



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

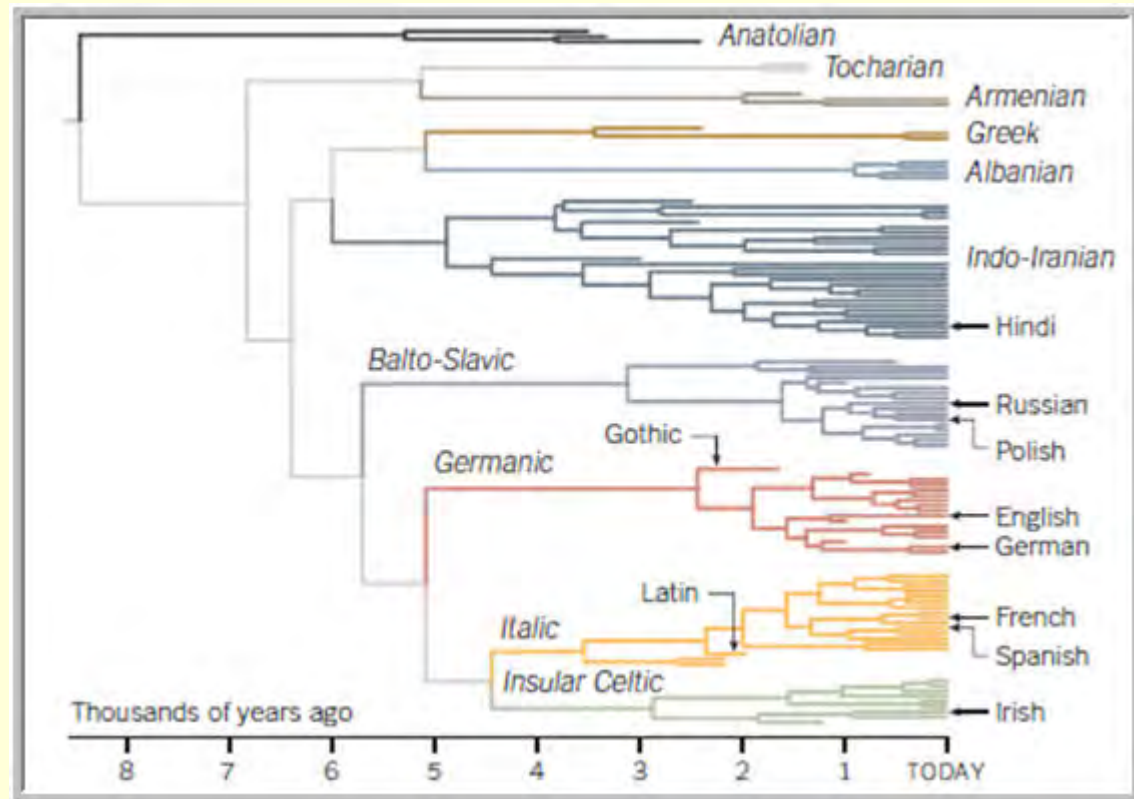
On suppose aussi la présence d'une proto-langue chez l'homme et la femme de **Néandertal** qui, au niveau actuel des connaissances, ne possédait pas de syntaxe.

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



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

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





Le BLOGUE du CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

Lundi, 18 janvier 2016

Une langue étrange à l'origine d'une controverse chez les linguistes

<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2016/01/18/une-langue-etrange-a-lorigine-dune-controverse-chez-les-linguistes/>



Mais le soir, quand la **maîtrise du feu** a permis d'allonger le temps d'éveil, on peut utiliser le langage pour se raconter des histoires...

SUR LES ÉPAULES DE DARWIN

par Jean Claude Ameisen
le samedi de 11h à 12h

l'émission | (ré)écouter | archives | à venir | contactez-nous | podcast ▶



samedi 18 juillet 2015

La glace et le feu

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

Argile du passé (2)

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

...et représenter ces récits par des peintures.



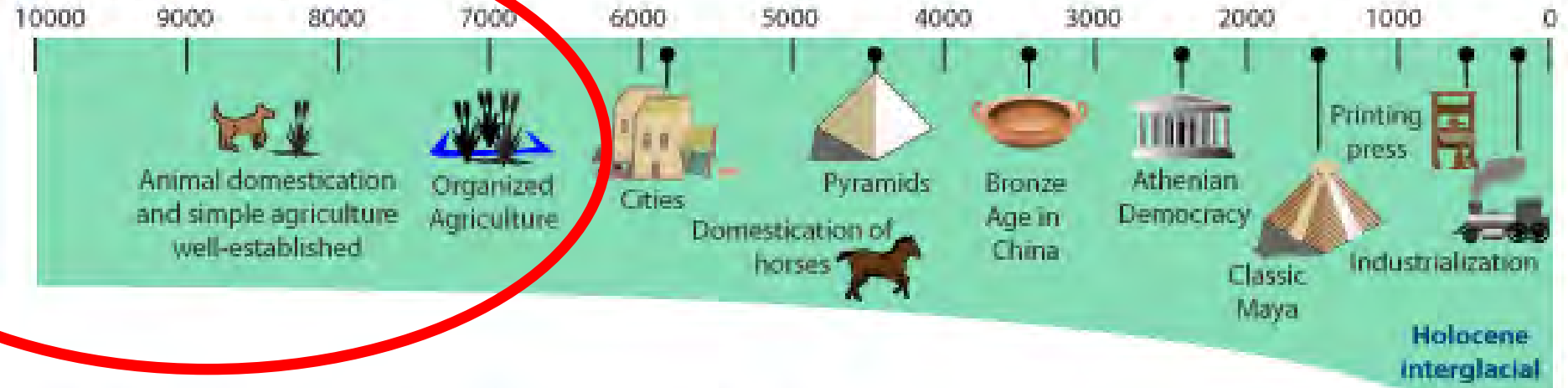
Jusqu'à il y a 8000 – 10 000 ans,
on était dans :

Puis c'est la fixation au sol
avec la « révolution » du
néolithique :



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.

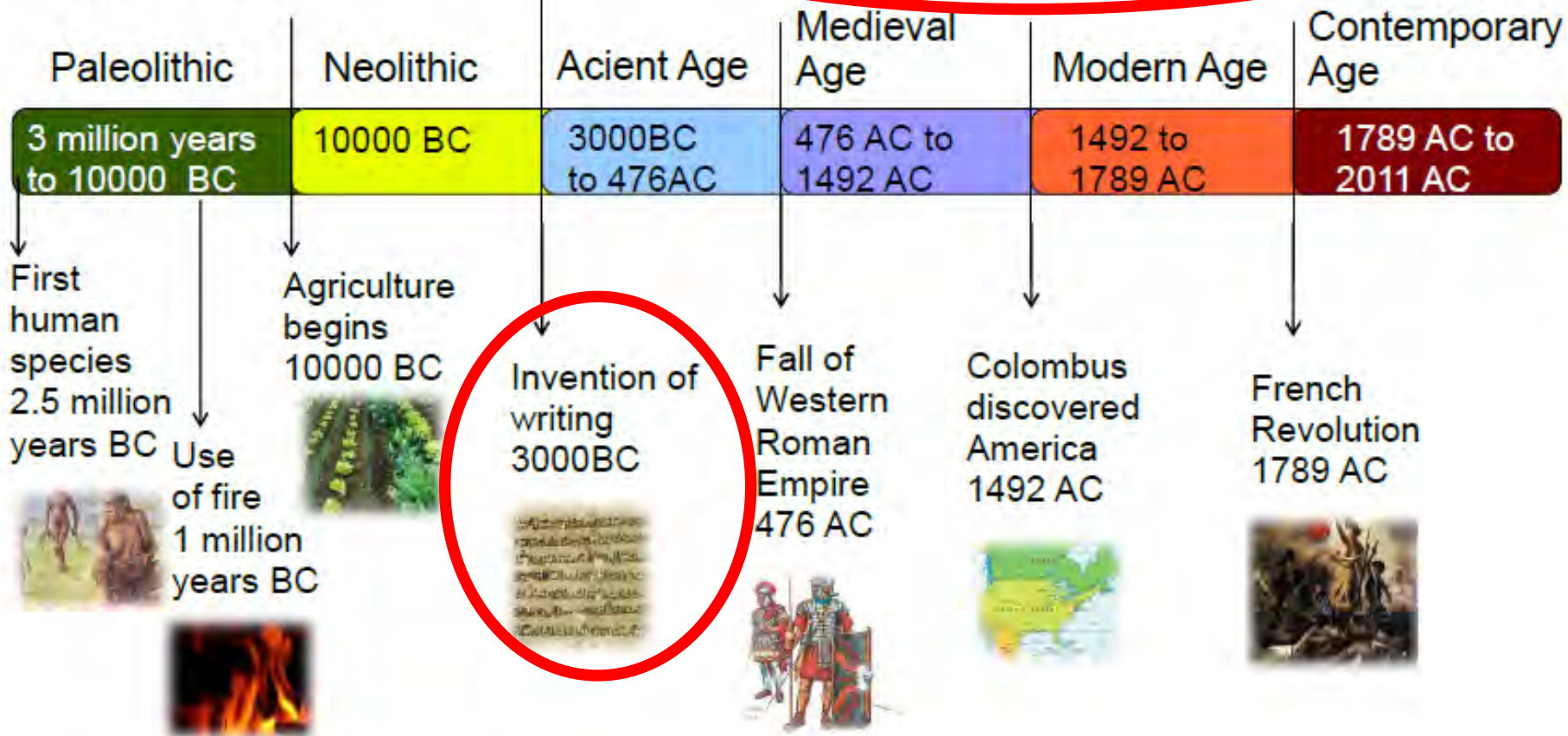
Des centaines de gènes humains **évoluent probablement encore** en réponse à une pression sélective venant de pratiques culturelles...

Prehistory

3 million years to 3000 BC

History

3000 BC to nowadays



ZOOM

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

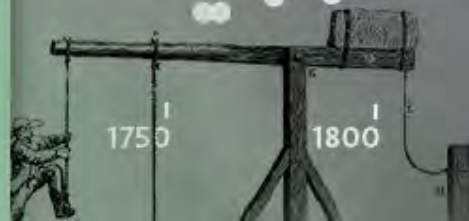
Début de l'ère industrielle avec l'emploi du charbon. Train, navires et machines seront les premiers grands émetteurs de gaz à effet de serre (GES) de source fossile.



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

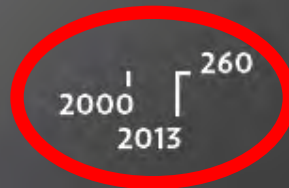
1950

2000

2013

400
380
360
340
320
300
280

260





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

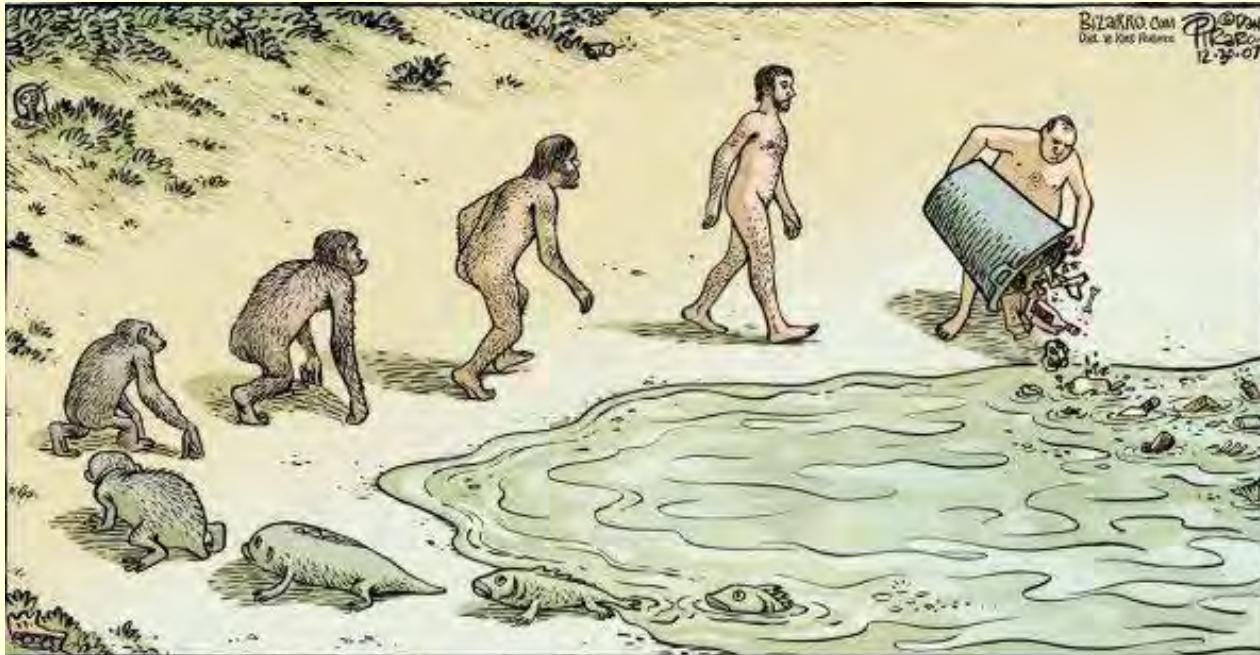
Publication **20 mars 2015**

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.

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

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



Bref, ça va nous prendre des modèles pour essayer de comprendre tout ça.

Que nous aborderons la semaine prochaine !