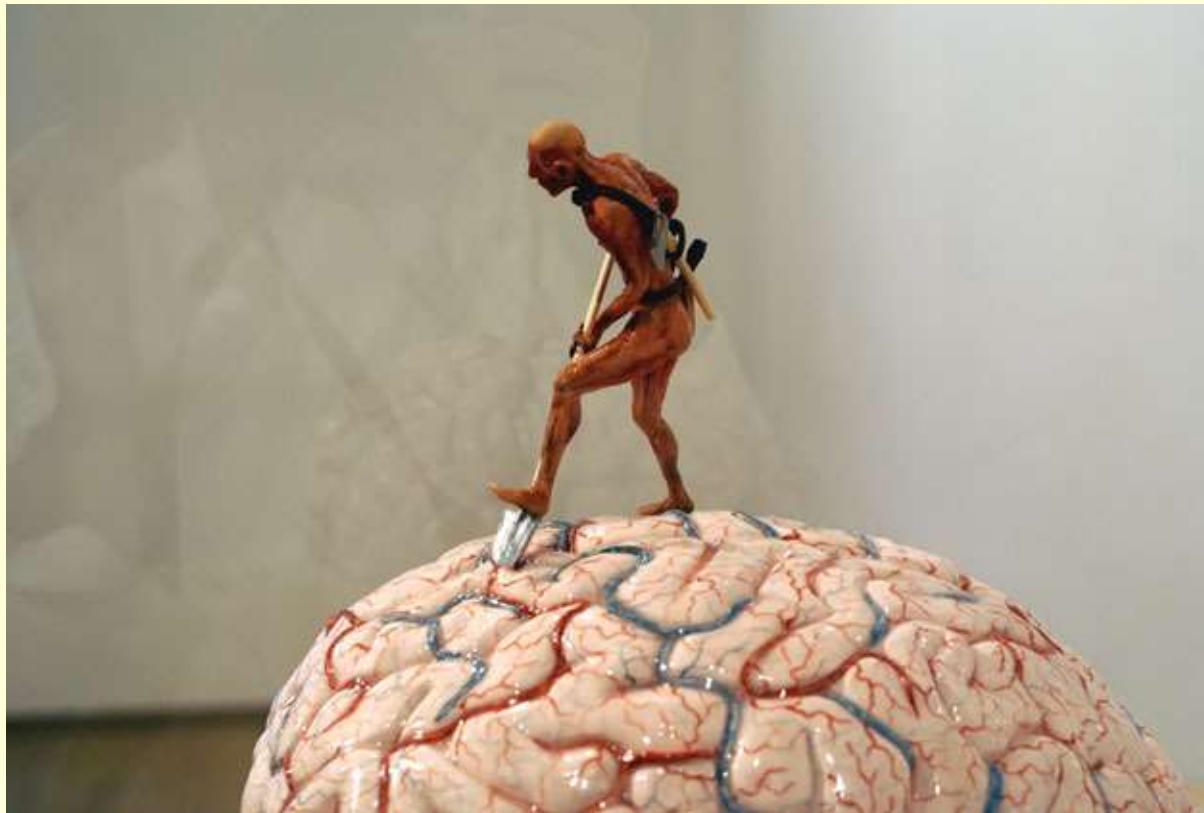


# École des profs

6 juin 2023



Cégep de  
Chicoutimi



## La « commande » : extrait du courriel du 14 avril dernier avec Marielle :

... La nouvelle compétence met vraiment l'accent sur les **comportements**, ce qui est moins notre champ d'expertise.

... Nous aimerions commencer par faire un tour d'horizon de **l'anatomie des différentes parties de l'encéphale** (en prenant en considération que nous sommes des enseignants de biologie au collégial 😊) et des **structures endocrines** pour ensuite passer la majorité du temps de formation sur les impacts physiologiques des **neurotransmetteurs** (dopamine, sérotonine, GABA...) et des **hormones** (ocytocine, testostérone, mélatonine, adrénaline...) **sur les comportements humains**.

... **La notion de "comportements humains" peut être très large** (pulsion sexuelle, lien d'attachement, colère, anxiété, système de récompense poussant l'humain à se mettre ou non en action, cycle veille-sommeil/rythme circadien, hallucination, peur...). Voilà pourquoi nous pensons qu'une journée complète de formation peut être nécessaire.

### Extrait de ma réponse :

Je peux toucher à tout ça, mais peut-être **pas nécessairement dans l'ordre et de la façon la plus répandue dans les monographies**. Mais bon, j'imagine que si vous me faites venir, c'est justement pour goûter à d'autres approches... ;-)

Et si vous vous êtes promené un peu sur mon site, vous savez à quel point **tout ça est en plus inextricablement lié**, donc on en aurait pas de trop d'une journée pour essayer d'appréhender un peu tout ça !

Pratique

Théorique

# Plan

## Avant-midi :

**Intro** : D'où je viens : le cerveau à tous les niveaux

**Bloc 1 de 4** : Une perspective évolutive sur les comportements

Pause

**Bloc 2 de 4** : Un cerveau qui ne sert pas à penser mais à agir

## Après-midi :

**Bloc 3 de 4** : Les hauts et les bas de l'histoire de notre « cerveau-corps »

Pause

**Bloc 4 de 4** : Nous sommes une « machine à faire des prédictions »

# Plan

**Intro** : D'où je viens : le cerveau à tous les niveaux

## **Bloc 1 de 4 : Une perspective évolutive sur les comportements**

Différents niveaux d'organisation et échelles de temps

Reconsidérer les comportements dans le temps long de l'évolution

Qu'est-ce que la vie ?

Métabolisme et physiologie

Les comportements comme boucle de rétroaction et création de significations

Des eucaryotes aux systèmes nerveux et endocriniens

Niveaux d'organisation, auto-organisation et phénomènes émergents

## **Bloc 2 de 4 : Un cerveau qui ne sert pas à penser mais à agir**

Le raffinement de nos comportements à travers l'évolution de vertébrés

Approche et évitement (ou fuite)

Apprentissage et mémoire

L'exploration du milieu et l'exploitation des ressources

Un tournant pragmatique dans la compréhension de nos comportements

Simulations mentales

Affordances

Prise de décision rapide et inconsciente

Spécification et sélection d'actions

D'autres changements de paradigmes en sciences cognitives

# Plan (suite)

## **Bloc 3 de 4 : Les hauts et les bas de l'histoire de notre « cerveau-corps »**

L'engramme mnésique à de multiples niveaux

Mécanismes de sélection d'engrammes : la neuromodulation cérébrale

« Neuro-hormones » : de la neuromodulation à l'échelle du corps

Aux origines des émotions : les neurosciences affectives

Le cas du stress chronique

Le cas de l'effet placebo

## **Bloc 4 de 4 : Nous sommes une « machine à faire des prédictions »**

L'activité dynamique endogène du cerveau

Le cas du sommeil

Mécanisme de sélection d'engrammes : les rythmes cérébraux

De vastes réseaux fonctionnels transitoires à l'échelle du cerveau

Synchronisation d'activité et consolidation

mnésique durant le sommeil

Perte de conscience durant le sommeil

La perception consciente dans un monde ambigu

Le grand cadre théorique du « cerveau prédictif »

L'attention, l'imagination et la compréhension sous l'angle du « cerveau prédictif »

# Plan

**Intro : D'où je viens : le cerveau à tous les niveaux**

## **Bloc 1 de 4 : Une perspective évolutive sur les comportements**

Différents niveaux d'organisation et échelles de temps

Reconsidérer les comportements dans le temps long de l'évolution

Qu'est-ce que la vie ?

Métabolisme et physiologie

Les comportements comme boucle de rétroaction et création de significations

Des eucaryotes aux systèmes nerveux et endocriniens

Niveaux d'organisation, auto-organisation et phénomènes émergents

2002

Donc je ne suis pas spécialiste, ni chercheur, ni médecin

mais plutôt un « généraliste » qui a fait une maîtrise en neurobiologie et 30 ans de vulgarisation scientifique.

**LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!**  
un site web interactif sur les comportements humains  
www.lecerveau.mcgill.ca

**20 ANS**

**DÉBUTANT**

**INTERMÉDIAIRE**

**AVANCÉ**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

[www.lecerveau.mcgill.ca](http://www.lecerveau.mcgill.ca)

# LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

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

Recherche -> site + blogue

[www.lecerveau.mcgill.ca](http://www.lecerveau.mcgill.ca)

Nouveau! "L'école des profs"


## Principes fondamentaux

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

## Fonctions complexes

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

## Dysfonctions

-  **Les troubles de l'esprit**
  - ➔ Dépression et maniaque-dépression
  - ➔ Les troubles anxieux
  - ➔ La démence de type Alzheimer

10

## Le BLOGUE du CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

Accueil du site

Recherche -> blogue

Billets par catégorie

 Abonnez-vous !

NOUVELLES RÉCENTES SUR LE CERVEAU

Lundi, 5 septembre 2016

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



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

## Faire un don

nous permet de continuer

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

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



# LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

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

Recherche -> site + blogue

[www.lecerveau.mcgill.ca](http://www.lecerveau.mcgill.ca)

Nouveau! "L'école des profs"

## Principes fondamentaux



### Du simple au complexe

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



### Le bricolage de l'évolution

- ➔ Notre héritage évolutif



### Le développement de nos facultés

- ➔ De l'embryon à la morale



### Le plaisir et la douleur

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



### Les détecteurs sensoriels

- ➔ La vision



### Le corps en mouvement

- ➔ Produire un mouvement volontaire

## Fonctions complexes



### Au coeur de la mémoire

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



### Que d'émotions

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



### De la pensée au langage

- ➔ Communiquer avec des mots



### Dormir, rêver...

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



### L'émergence de la conscience

- ➔ Le sentiment d'être soi

## Dysfonctions



### Les troubles de l'esprit

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

## Le BLOGUE du CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

Accueil du site

Recherche -> blogue

Billets par catégorie



Abonnez-vous !

NOUVELLES RÉCENTES SUR LE CERVEAU



Lundi, 5 septembre 2016

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



Comme promis il y a deux semaines, voici donc un bref aperçu du premier cours sur la

« cognition incarnée » que je donnerai mercredi à 18h au local A-1745 du pavillon Hubert-Aquin de l'UQAM. Et

## Faire un don

nous permet de continuer

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

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

**OFFRES DE PRÉSENTATIONS SUR LE CERVEAU**

**2014**

**"L'école des profs"**

**Cours intensifs de perfectionnement en neurosciences cognitives**



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

2014

École des profs de l'Université du troisième âge

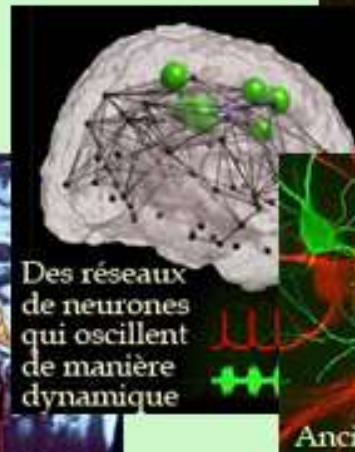
(cliquez ici pour les détails)



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

2015

École des profs de l'Université du troisième âge



2016

École des profs de l'Université du troisième âge



**Université du troisième âge**

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



2017

Université du troisième âge UPop Montréal : Po



2018



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

**Révolution féministe**  
De la chambre à coucher, à l'économie de marché

**Plein gaz sur le schiste**

**Introduction à l'écologie sonore**

**L'éthique dans l'assiette**

**Parlons cerveau**

**La Mort se raconte**

neurons univers mécanique quantique  
Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur...  
**Les trois infinis : le petit, le grand et le complexe**

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

**11 mai** L'infinitement complexe : le labyrinthe de nos réseaux cérébraux  
Tous les détails au [www.upopmontreal.com](http://www.upopmontreal.com)



2020

Recherche -> blogue

**Billets par catégorie**



Abonnez-vous !

**NOUVELLES  
RÉCENTES  
SUR LE CERVEAU**



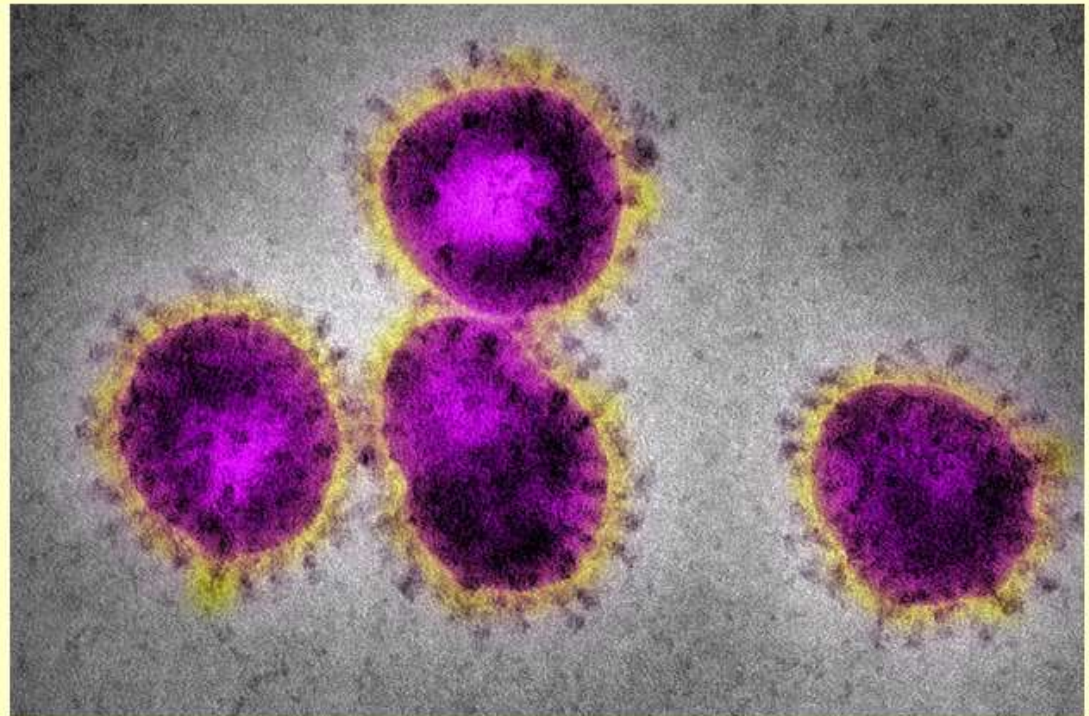
Deric Bownds'  
Mindblog



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

lundi, 16 mars 2020

## Ces très petits êtres qui bouleversent nos vies



Recherche -> blogue

Billets par catégorie

 Abonnez-vous !

NOUVELLES  
RÉCENTES  
SUR LE CERVEAU 

Deric Bownds'  
Mindblog 

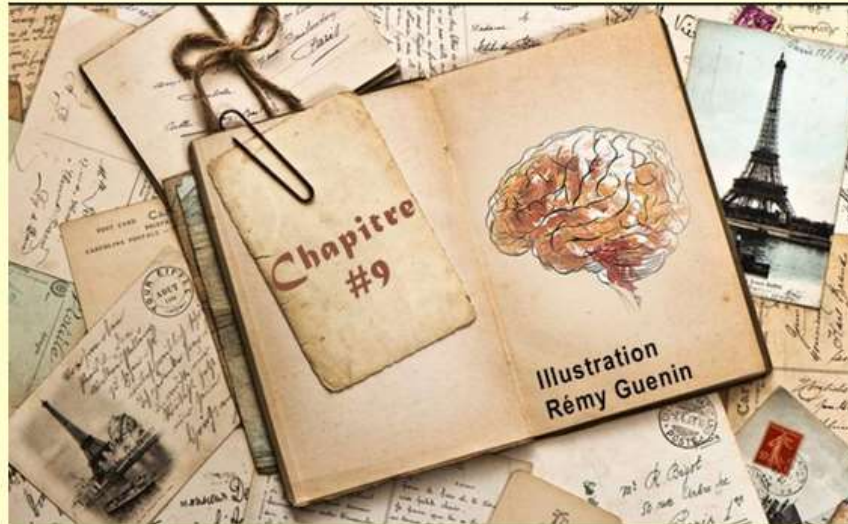
How nature nurtures

Machine learning is  
translating the  
languages of animals

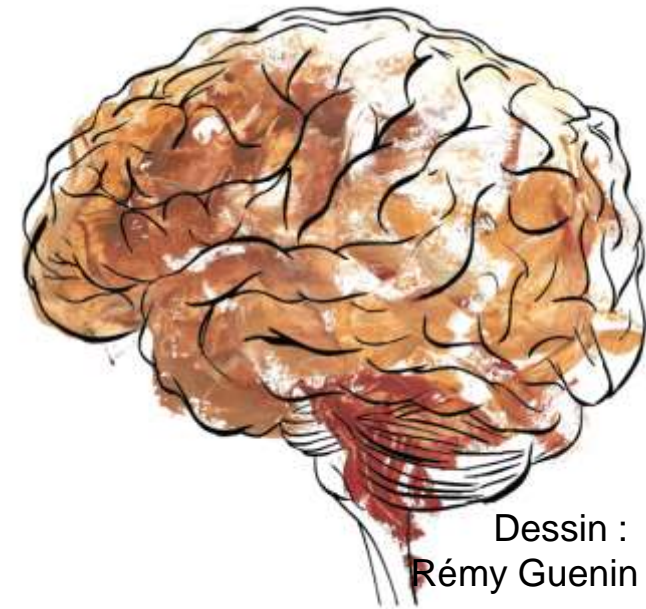
Lasting improvements  
in seniors' working and

lundi, 19 septembre 2022

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



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



Notre cerveau à tous les niveaux

# LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

[Retour à l'accueil](#)

## Niveau d'explication

Débutant  
Intermédiaire  
Avancé



## Niveau d'organisation

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

### Thème

#### Le plaisir et la douleur



### Sous-thème

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

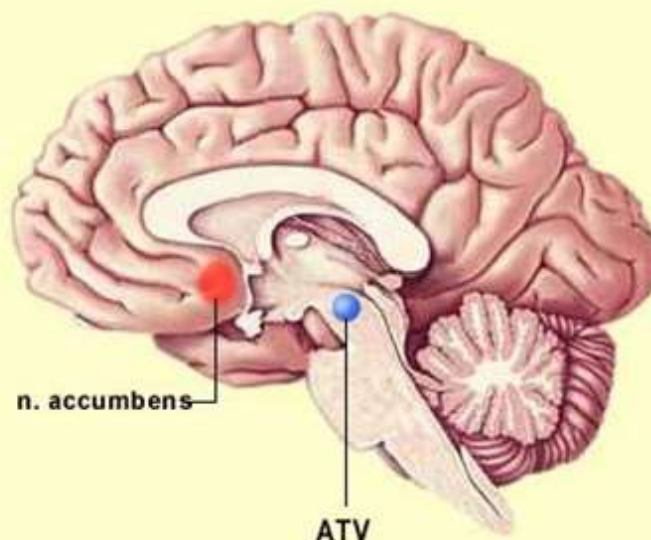


Un stimulus sensoriel qui n'apporte ni récompense ni punition est rapidement ignoré et oublié. C'est le phénomène de l'habituation qui nous fait oublier le contact de nos vêtements avec notre peau ou le tic tac de l'horloge du bureau.

## LES CENTRES DU PLAISIR

1

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



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

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

# 3 niveaux d'explication

**Niveau d'explication**

**Débutant**

**Intermédiaire**

**Avancé**

◀ ◻ ▶



LE CERVEAU À TOUTES LES NIVEAUX

Titre: LE CERVEAU À TOUTES LES NIVEAUX

Matériel: 1200

Motif: L'Éducation aux Médias et à l'Information

LE CERVEAU À TOUTES LES NIVEAUX

Le cerveau est un organe complexe qui contrôle toutes nos actions, nos émotions et nos pensées. Il est composé de milliards de cellules nerveuses qui communiquent entre elles pour transmettre des informations.



LE CERVEAU À TOUTES LES NIVEAUX


Titre: LE CERVEAU À TOUTES LES NIVEAUX

Matériel: 1200

Motif: L'Éducation aux Médias et à l'Information

LE CERVEAU À TOUTES LES NIVEAUX

Le cerveau est un organe complexe qui contrôle toutes nos actions, nos émotions et nos pensées. Il est composé de milliards de cellules nerveuses qui communiquent entre elles pour transmettre des informations.



LE CERVEAU À TOUTES LES NIVEAUX

Titre: LE CERVEAU À TOUTES LES NIVEAUX

Matériel: 1200

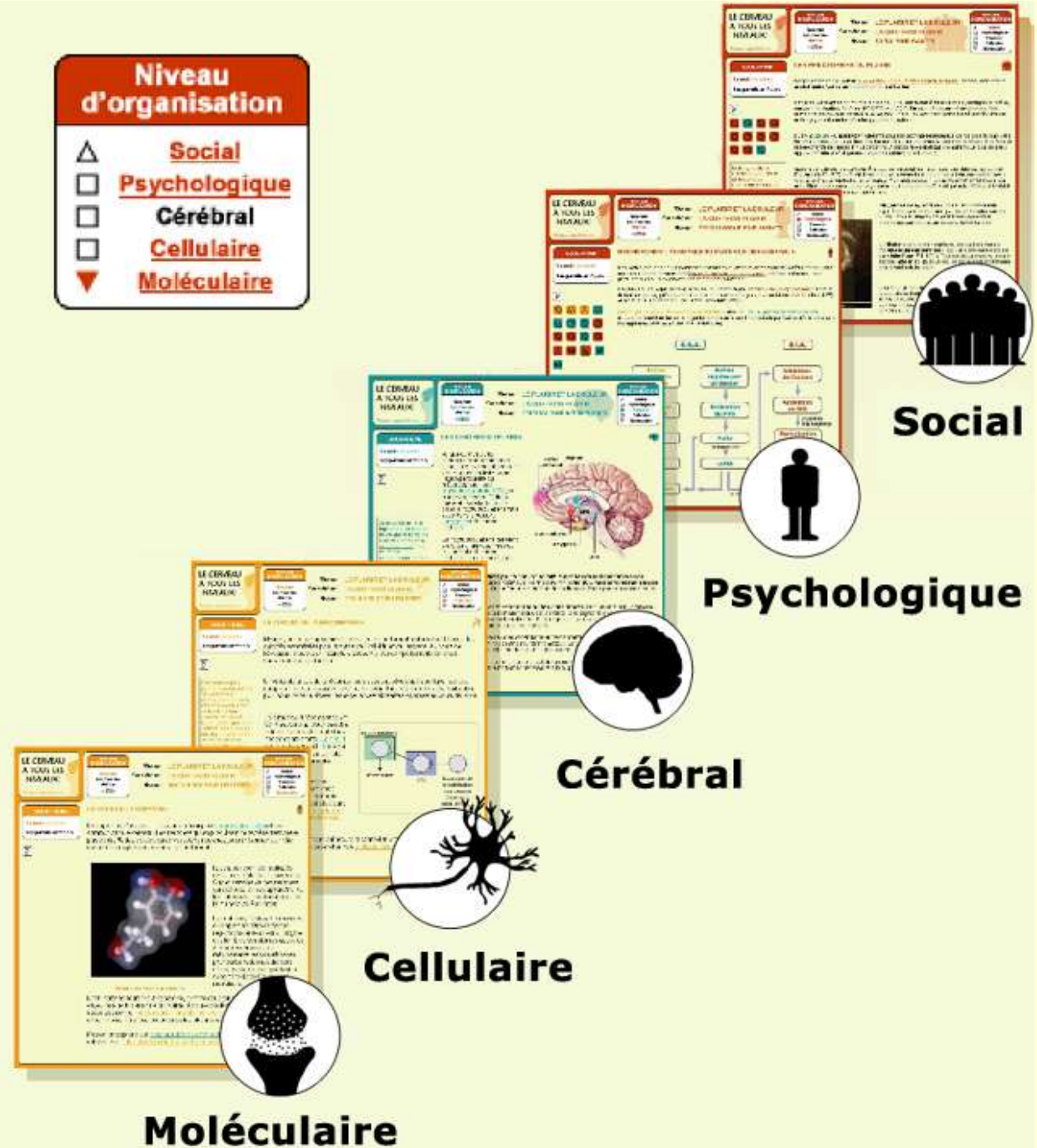
Motif: L'Éducation aux Médias et à l'Information

LE CERVEAU À TOUTES LES NIVEAUX

Le cerveau est un organe complexe qui contrôle toutes nos actions, nos émotions et nos pensées. Il est composé de milliards de cellules nerveuses qui communiquent entre elles pour transmettre des informations.



# 5 niveaux d'organisation





L'idée de mon livre,  
inspiré de ma série  
de 8 ou 10 cours de 2h,

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

et comment se construisent  
nos connaissances  
sur le monde,

comment se constitue notre  
psychologie particulière  
d'être humain,

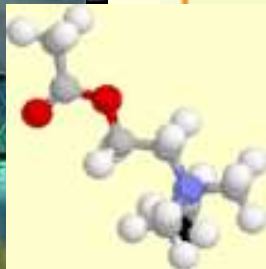
et comment tout ça  
nous amène à avoir  
la vie sociale que  
nous avons et  
les cultures dans  
lesquelles nous  
vivons.

The image displays a series of overlapping educational slides from a presentation titled "LE CERVEAU À TOUT LES NIVEAUX" (The Brain at All Levels). The slides are arranged in a staircase pattern, showing different levels of biological organization:

- Moléculaire (Molecular):** The bottom-most slide shows a detailed view of a neuron, with labels for the cell body, dendrites, and axon.
- Cellulaire (Cellular):** The next slide up shows a cluster of cells, possibly representing a microcircuit or a specific brain region.
- Cérébral (Cerebral):** The middle slide shows a cross-section of the brain with various regions labeled, such as the cortex, hippocampus, and amygdala.
- Psychologique (Psychological):** The next slide up shows a flowchart or diagram representing psychological processes, such as perception, attention, and memory.
- Social (Social):** The top-most slide shows a group of people, representing the social context of the brain.

Each slide is accompanied by a circular icon representing its level: a neuron for Molecular, a cluster of cells for Cellular, a brain for Cerebral, a person for Psychological, and a group of people for Social. The background is a light green gradient.

ce que nous sommes



**Moléculaire**



**Cellulaire**



**Cérébral**



**Psychologique**

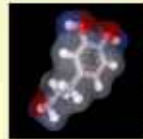
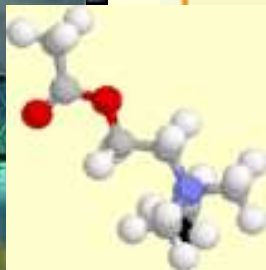
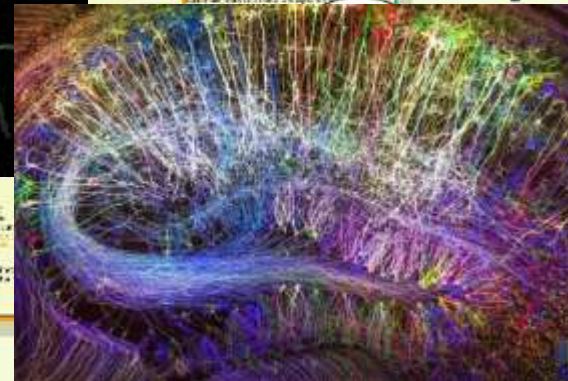
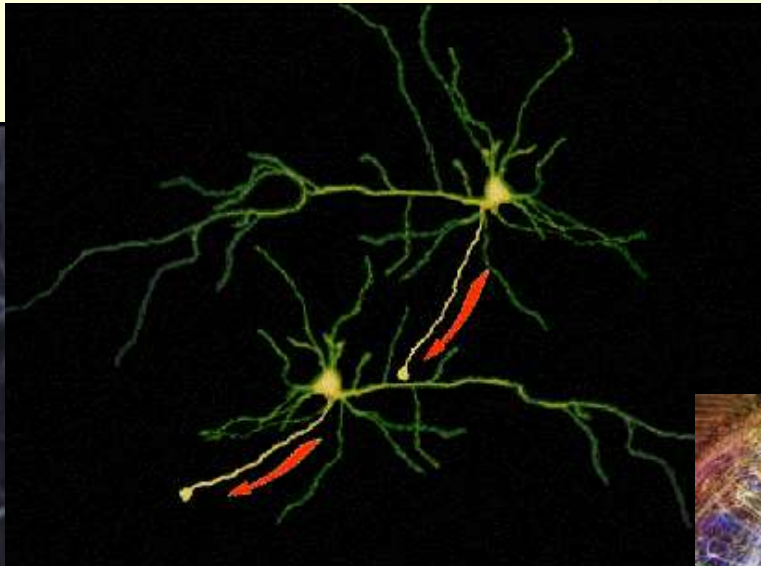


**Social**



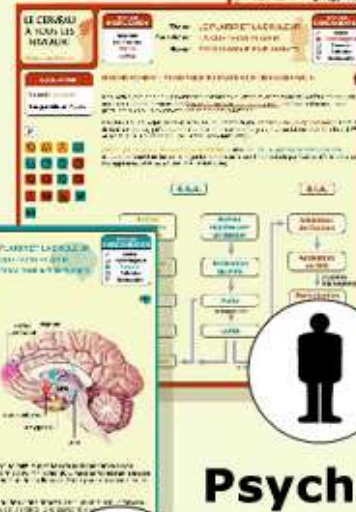
A collage of scientific papers and diagrams related to neuroscience. The papers are titled "LE CERVEAU A NOS LES NIVEAUX" and "LE CERVEAU A NOS LES NIVEAUX". The diagrams include a flowchart of brain organization levels (Social, Psychological, Cerebral, Cellular, Molecular) and a diagram of a neuron. The papers contain text and small images, including a brain scan and a molecular model.

# comment se construisent nos connaissances



**Cellulaire**

**Moléculaire**



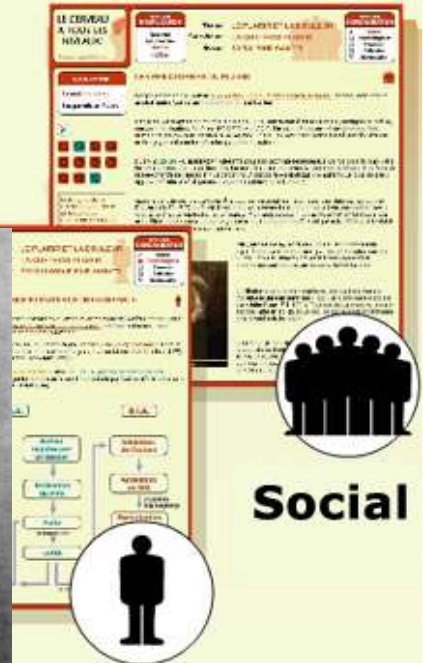
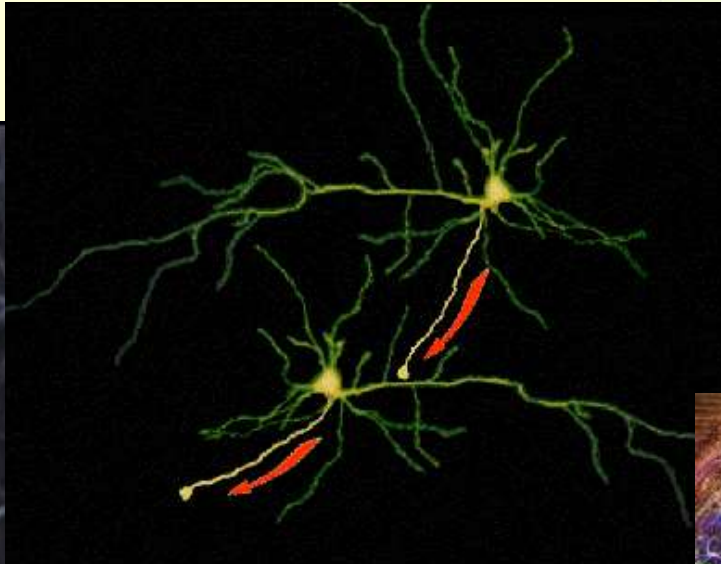
**Psychologique**



**Social**

A complex diagram with multiple sections, including text, charts, and a grid. It appears to be a detailed scientific or educational presentation.

# comment se constitue notre psychologie





**LE CERVEAU A TOUT LES NIVEAUX**

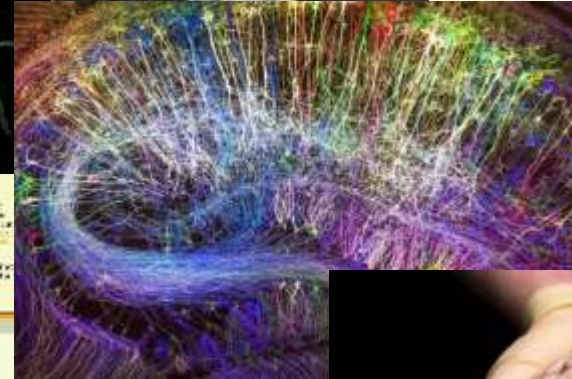
<b>LE CERVEAU</b>	<b>LE CERVEAU ET LA PSYCHOLOGIE</b>	<b>LE CERVEAU ET LA SOCIÉTÉ</b>
1. Le cerveau	2. Le cerveau et la psychologie	3. Le cerveau et la société

**LE CERVEAU ET LA SOCIÉTÉ**

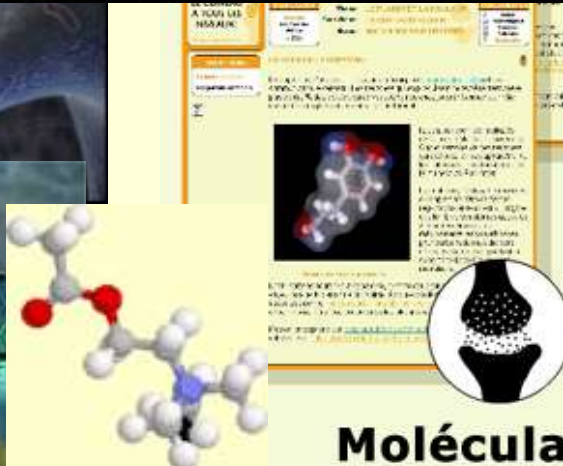
**Social**



**Psychologique**



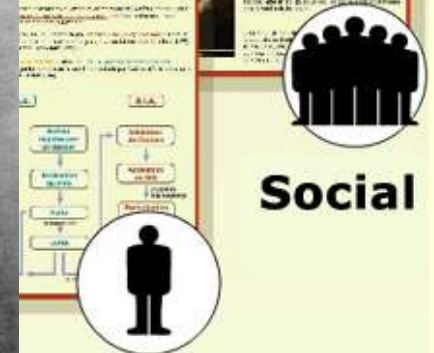
**Cellulaire**



**Moléculaire**

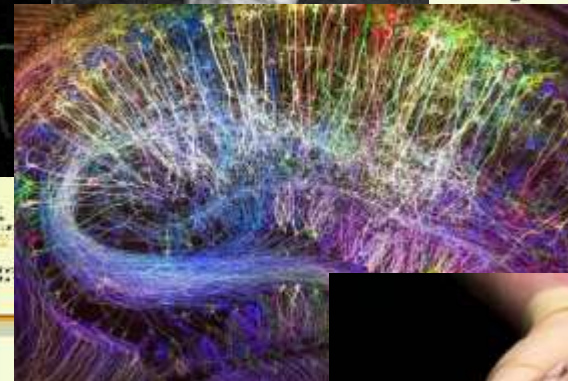
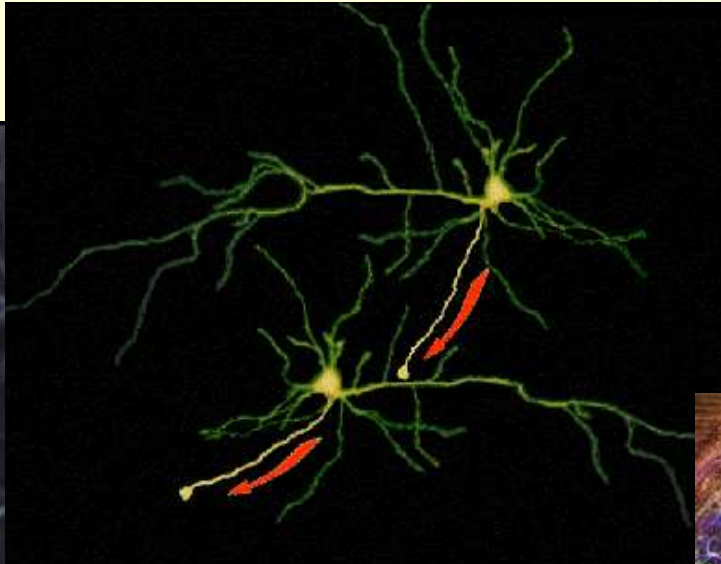


# la vie sociale et les cultures

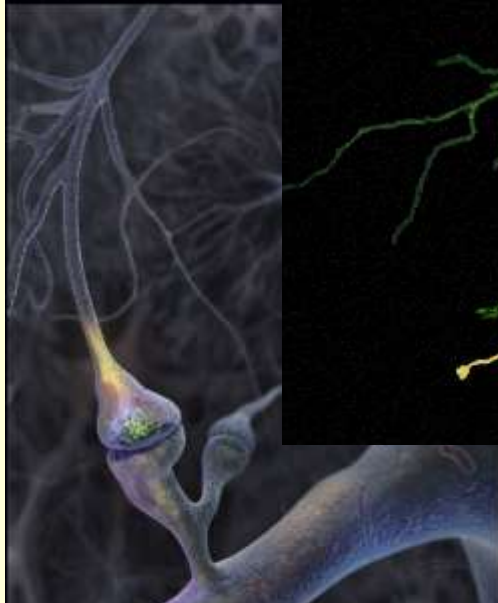


**Social**

**Psychologique**



**Cellulaire**



**Moléculaire**



# Plan

**Intro** : D'où je viens : le cerveau à tous les niveaux

## **Bloc 1 de 4 : Une perspective évolutive sur les comportements**

Différents niveaux d'organisation et échelles de temps

Reconsidérer les comportements dans le temps long de l'évolution

Qu'est-ce que la vie ?

Métabolisme et physiologie

Les comportements comme boucle de rétroaction et création de significations

Des eucaryotes aux systèmes nerveux et endocriniens

Niveaux d'organisation, auto-organisation et phénomènes émergents

# The Hierarchically Mechanistic Mind: A Free-Energy Formulation of the Human Psyche

Paul Badcock, Karl J Friston, Maxwell J. D. Ramstead

October 2018

“[...] this hypothesis defines the **human brain** as:

an **embodied, complex adaptive control system**

that actively **minimises** the variational free-energy  
(and, implicitly, the **entropy**)  
of (far from equilibrium) phenotypic states

via self-fulfilling **action-perception cycles**,

which are mediated by recursive interactions between **hierarchically organised**  
(functionally differentiated and differentially integrated) neurocognitive processes.

These ‘mechanics’ instantiate **adaptive priors**,

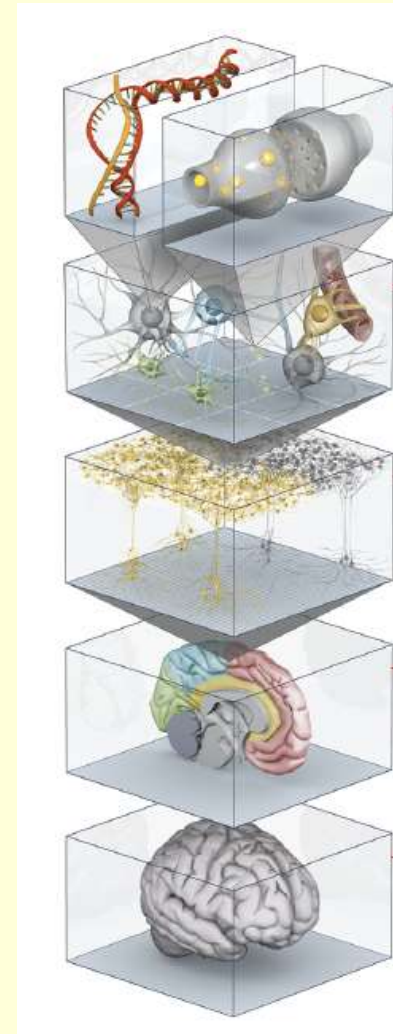
which have emerged from **selection** and **self-organisation**

co-acting upon human phenotypes across **different timescales**.”



“**hierarchically organised** ”: après **l'espace**  
et ses niveaux d'organisation →

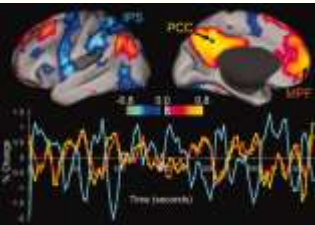
“ **different timescales** ” : il faut aussi considérer le **temps**  
et le caractère dynamique de ces formes et de ces patterns  
(qui se constituent en réseaux)



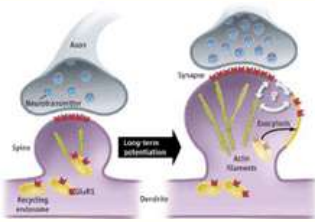


# Échelle de temps :

# Processus dynamiques :



$10^{-3} s$



$10^{11} s$

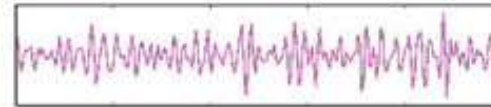
$10^3 s$



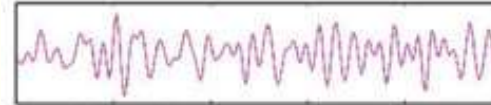
$10^6 s$



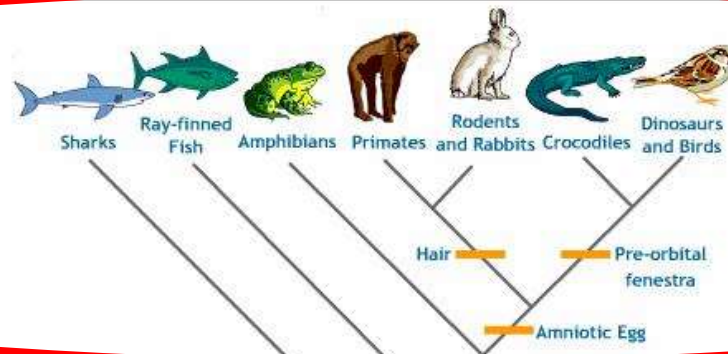
$10^{15} s$



Gamma  
40 - 70hz



Beta  
12 - 40hz



**Perception et action** devant des situations en temps réel grâce à des coalitions neuronales synchronisées temporairement

**L'apprentissage** durant toute la vie par la plasticité des réseaux de neurones

**Développement** du système nerveux par des mécanismes épigénétiques

**Évolution** biologique qui façonne les plans généraux du système nerveux

# Plan

**Intro** : D'où je viens : le cerveau à tous les niveaux

## **Bloc 1 de 4 : Une perspective évolutive sur les comportements**

Différents niveaux d'organisation et échelles de temps

**Reconsidérer les comportements dans le temps long de l'évolution**

Qu'est-ce que la vie ?

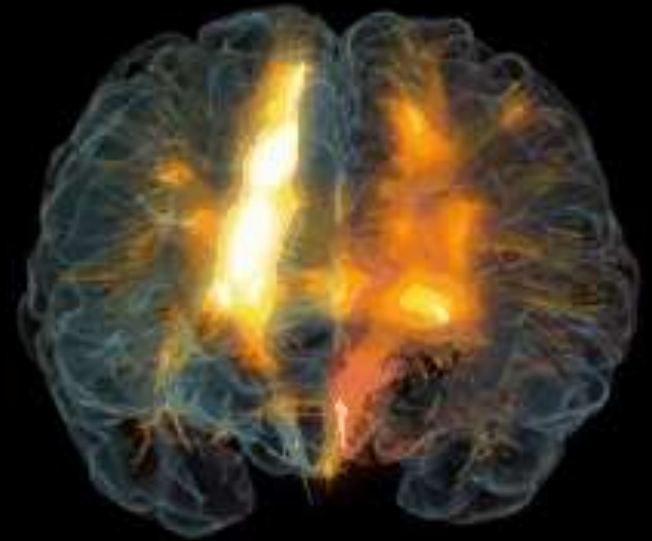
Métabolisme et physiologie

Les comportements comme boucle de rétroaction et création de significations

Des eucaryotes aux systèmes nerveux et endocriniens

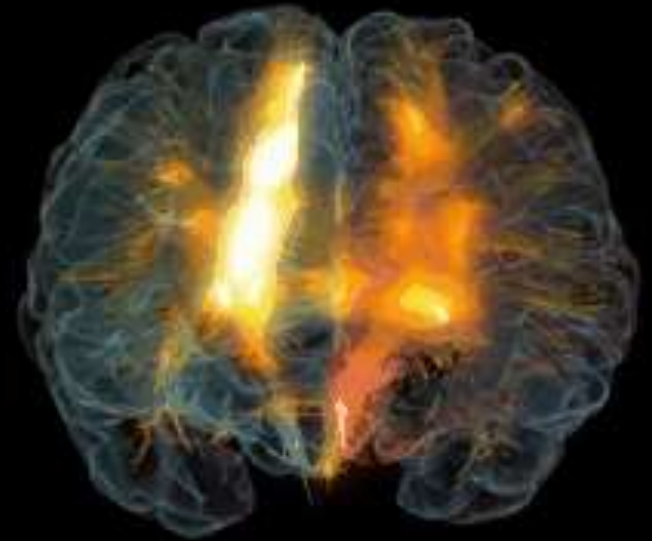
Niveaux d'organisation, auto-organisation et phénomènes émergents

Essayer  
de comprendre  
le cerveau humain  
tel qu'il est aujourd'hui,  
c'est un peu comme...





Live from the Flight Deck | golfcharlie232

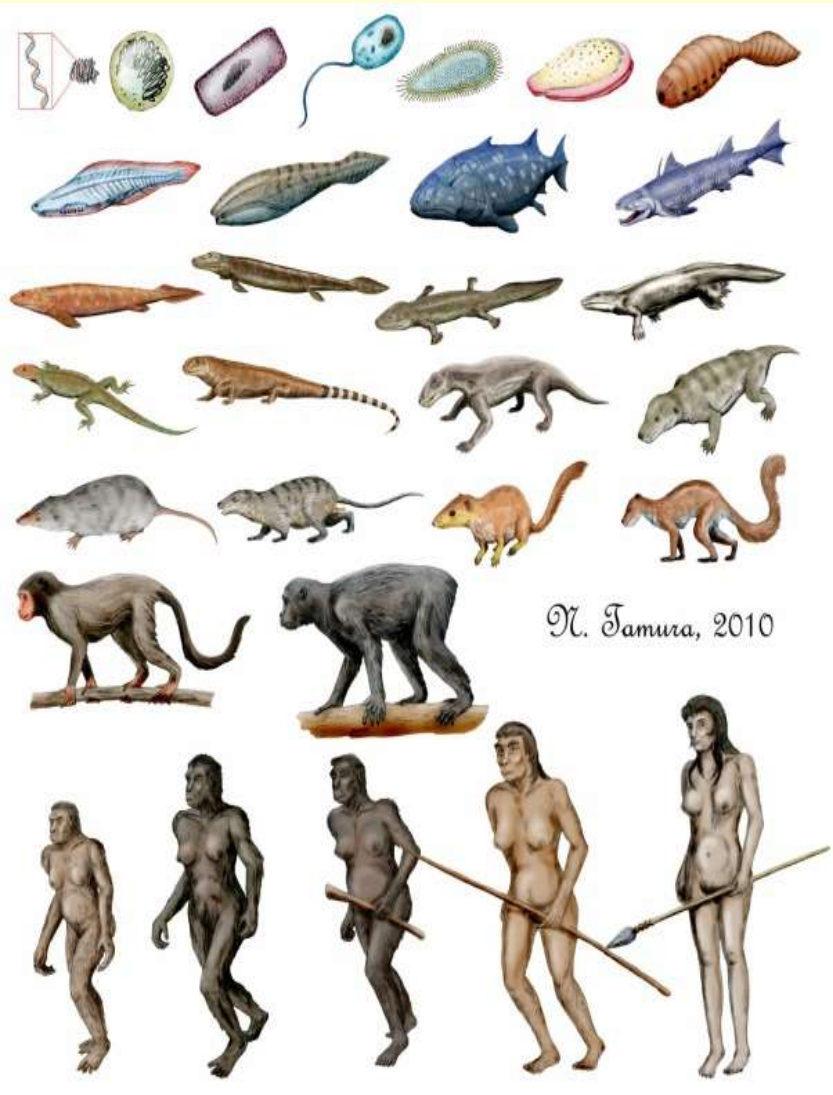


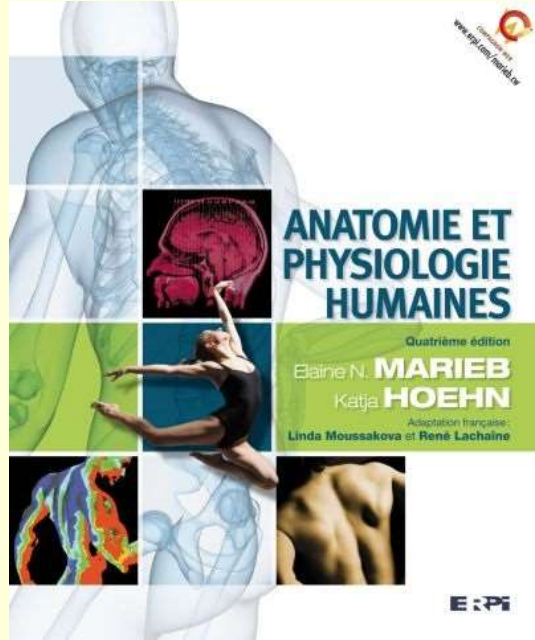




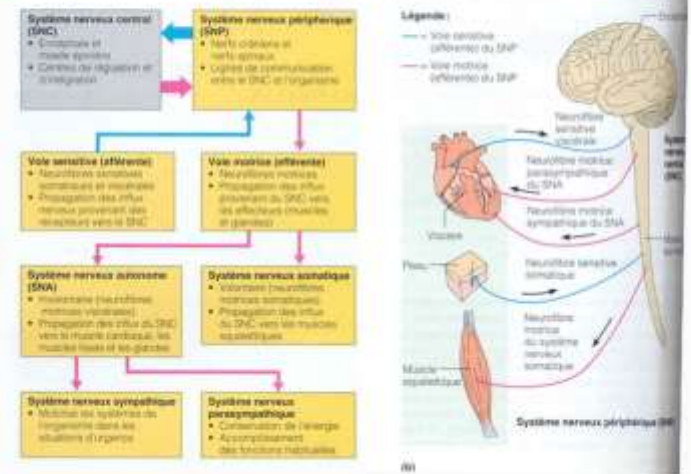
« Rien en biologie n'a de sens,  
si ce n'est à la lumière de  
**l'évolution** »

- Theodosius Dobzhansky  
(1900-1975)





# Organisation du système nerveux

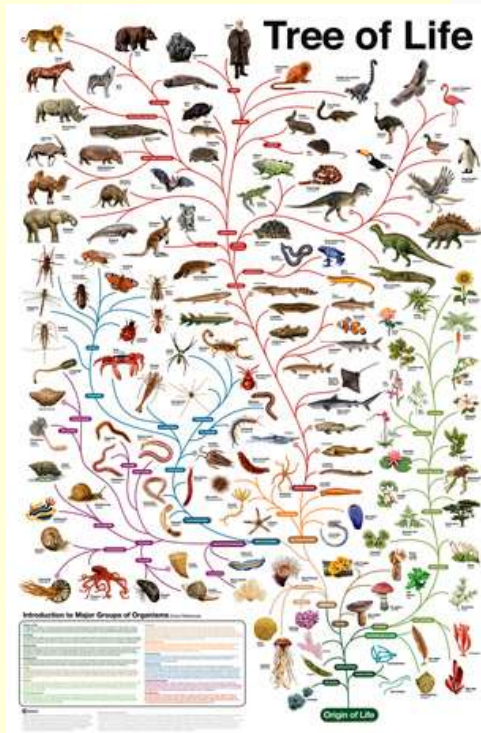


Marieb, 1999

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

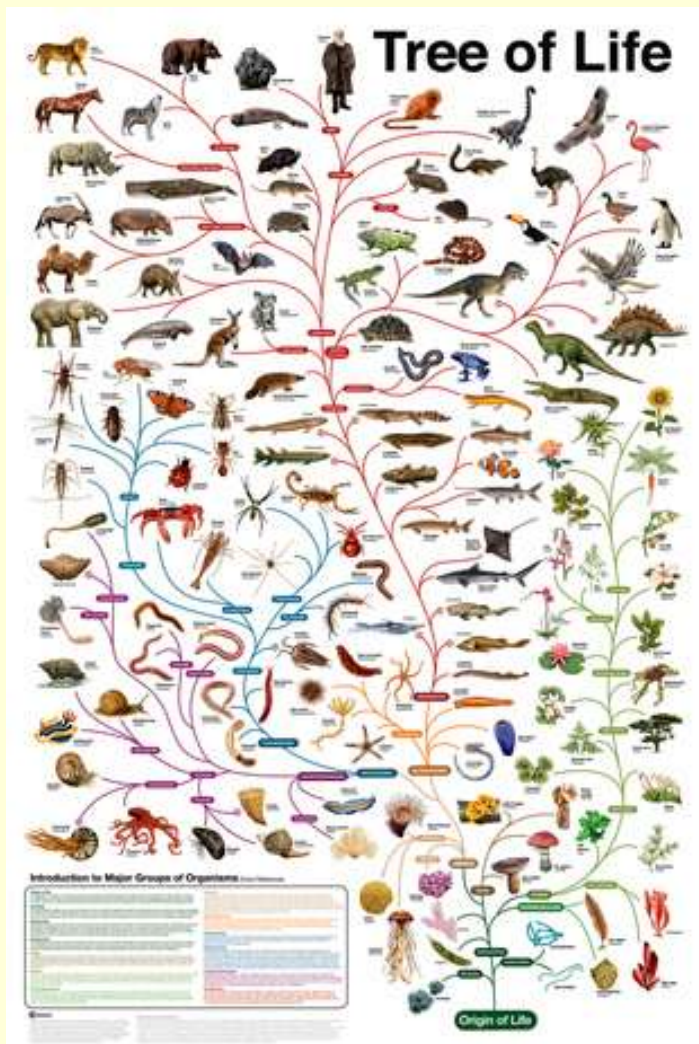
sans constamment rappeler sa longue **histoire évolutive**

rend très difficile une véritable compréhension de ses particularités morphologiques et de ce qu'il fait vraiment.





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



Et pour être sûr de ne rien manquer...





# Croissance de complexité

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

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

**Évolution cosmique, chimique et biologique**



(Crédit : modifié de Robert Lamontagne)



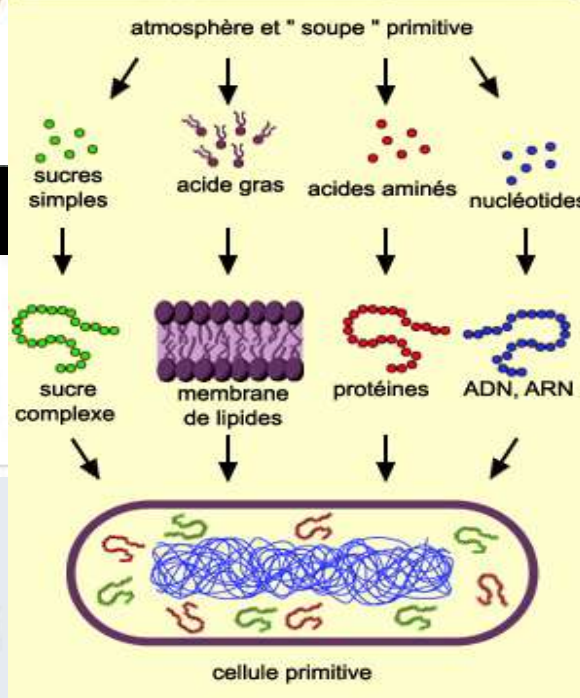
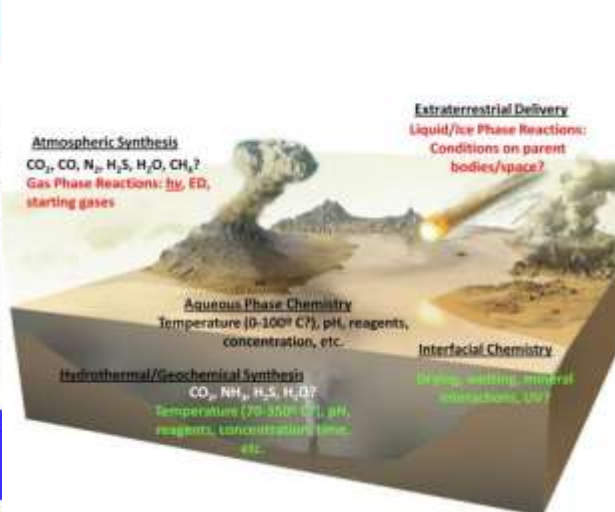
# Croissance de complexité

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

## Tableau Périodique des Éléments

■ Métaux alcalins    ■ Péloviens  
■ Métaux alcalino-terreux    ■ Métaux p-sémi  
■ Métaux de transition    ■ Non-métaux  
■ Lanthanides    ■ Gaz rares

S Solide  
L Liquide  
G Gaz



## Évolution cosmique, chimique



(Crédit : modifié de Robert Lamont)



## Cisek, P. Resynthesizing behavior through phylogenetic refinement.

*Atten Percept Psychophys* **81**, 2265–2287

(2019).

<https://doi.org/10.3758/s13414-019-01760-1>

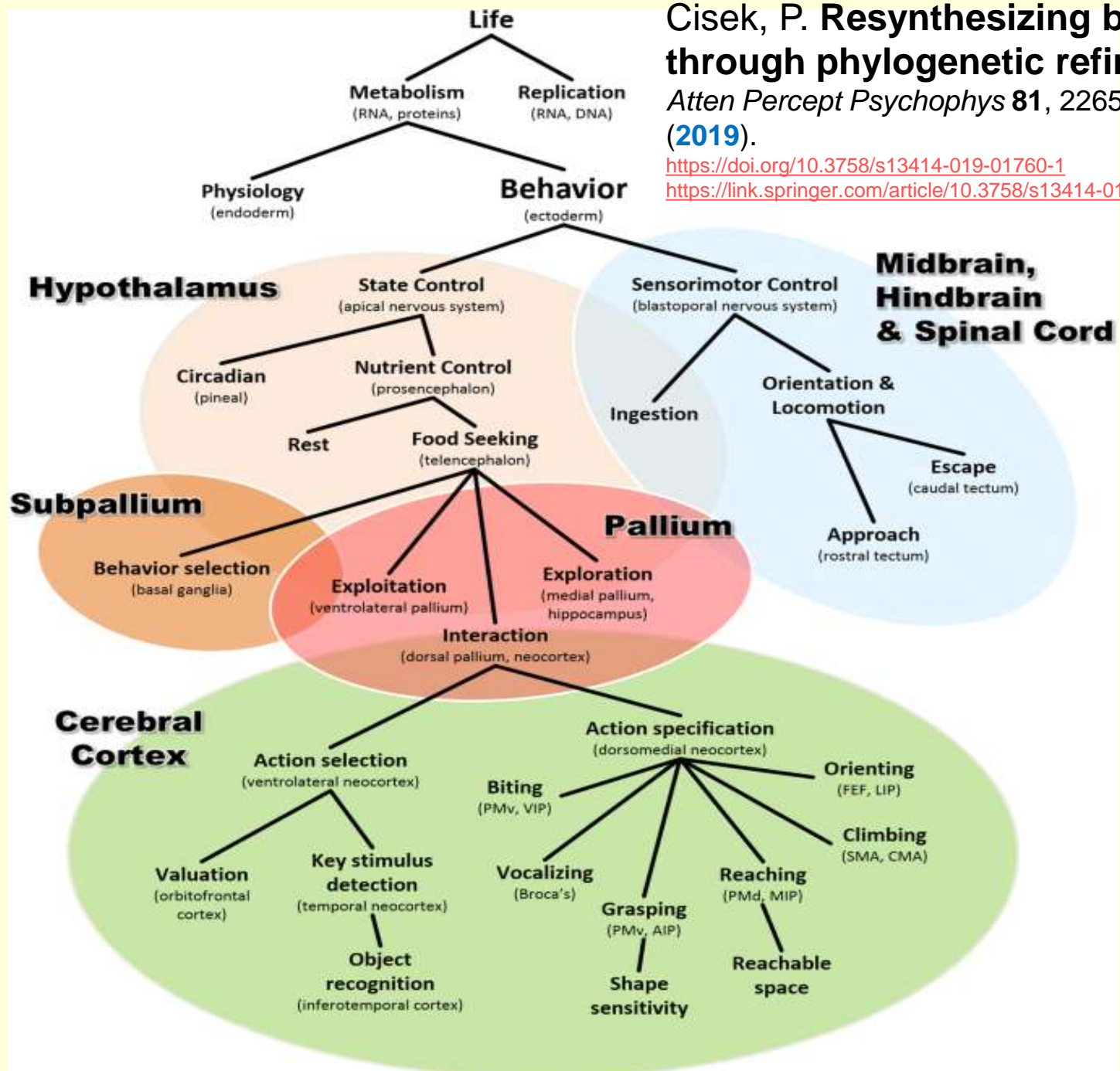
<https://link.springer.com/article/10.3758/s13414-019-01760-1#citeas>

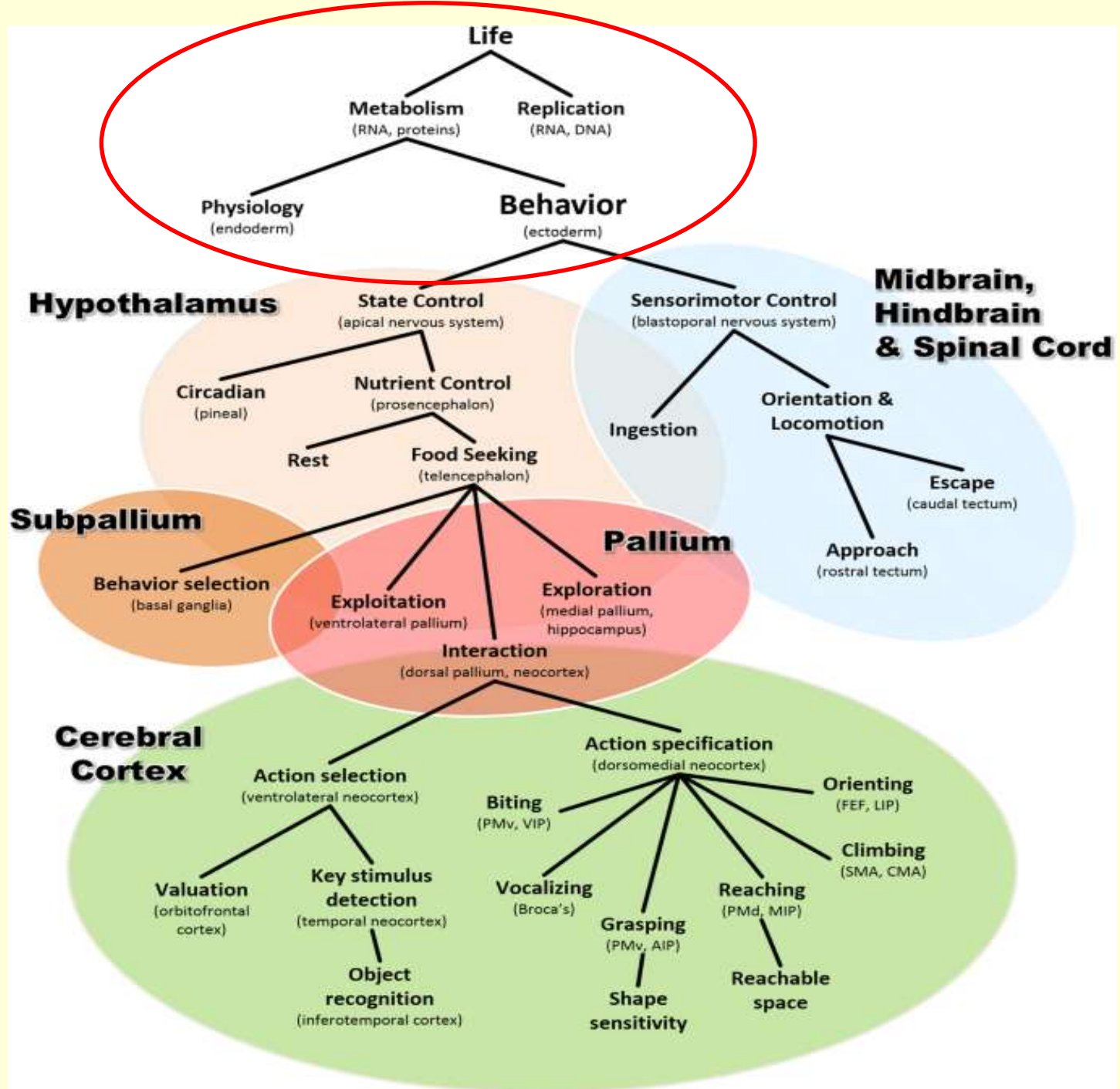
# Cisek, P. Resynthesizing behavior through phylogenetic refinement.

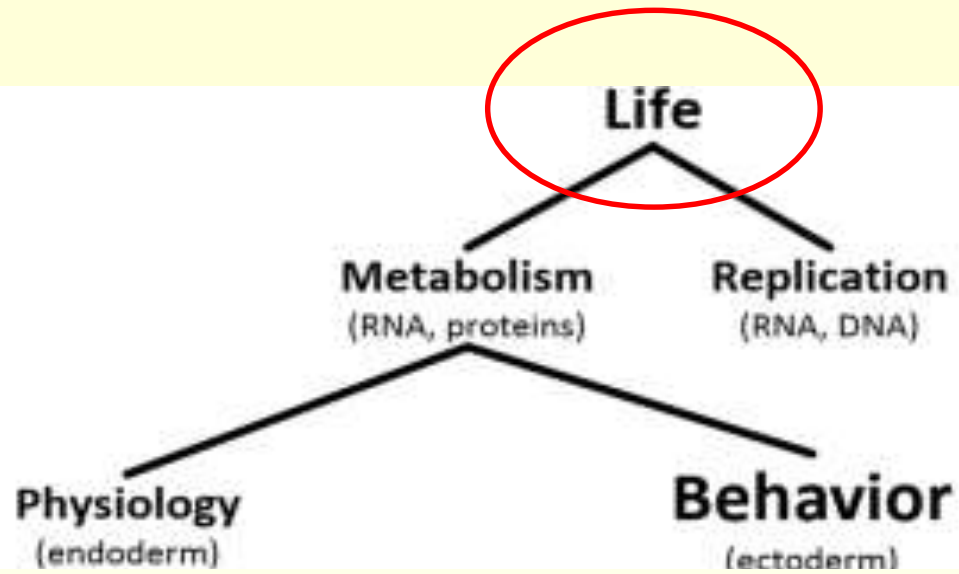
*Atten Percept Psychophys* **81**, 2265–2287 (2019).

<https://doi.org/10.3758/s13414-019-01760-1>

<https://link.springer.com/article/10.3758/s13414-019-01760-1#citeas>







# Plan

**Intro** : D'où je viens : le cerveau à tous les niveaux

## **Bloc 1 de 4 : Une perspective évolutive sur les comportements**

Différents niveaux d'organisation et échelles de temps

Reconsidérer les comportements dans le temps long de l'évolution

**Qu'est-ce que la vie ?**

Métabolisme et physiologie

Les comportements comme boucle de rétroaction et création de significations

Des eucaryotes aux systèmes nerveux et endocriniens

Niveaux d'organisation, auto-organisation et phénomènes émergents

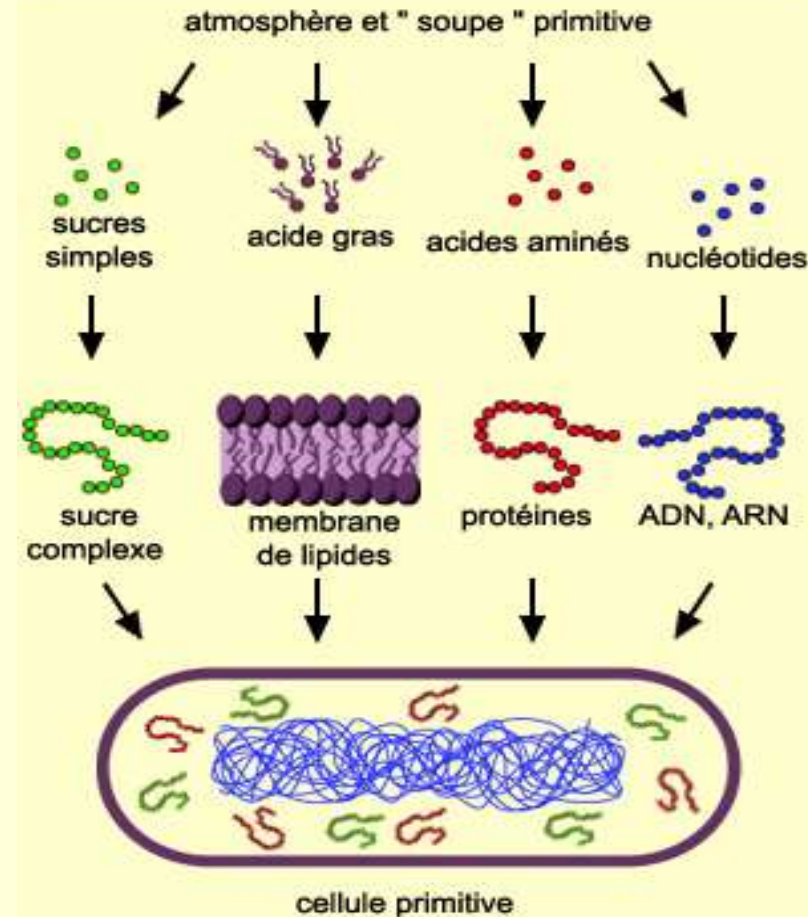


# Qu'est-ce que la vie ?

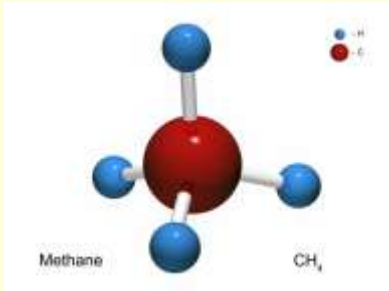
**Les définitions** de la vie (on va y revenir...) sont souvent des listes de critères comprenant des éléments comme :

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

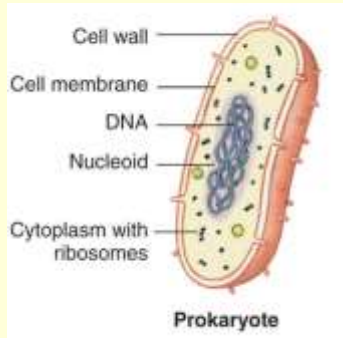
Le biologiste Radu Popa a listé plus de 300 définitions de la vie...dont aucune ne fait l'unanimité !



# Qu'est-ce que la vie ?



+ ou – vivants  
de différentes  
manières...

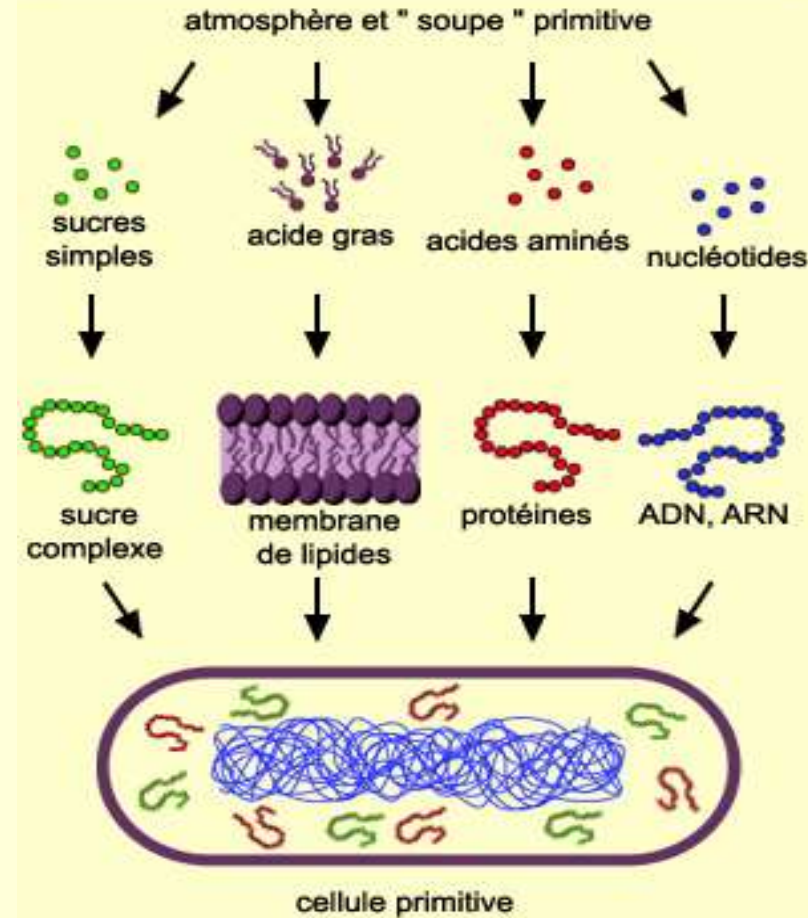


Non



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

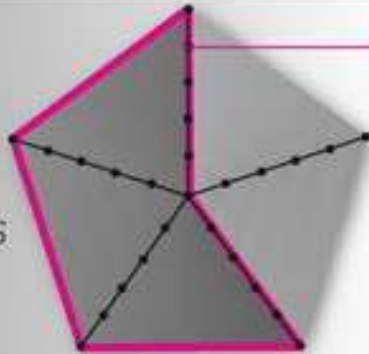
Incapable de se reproduire, d'évoluer, de posséder un métabolisme, une membrane ni, a fortiori, de conjuguer ces 4 facteurs, un caillou, par exemple, ne remplit aucune partie du pentagone.



# Différentes « signature de vie »

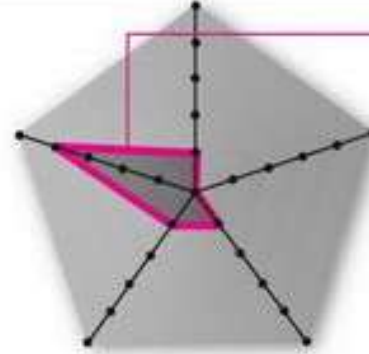
## mais des organismes à mi-chemin entre les deux

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



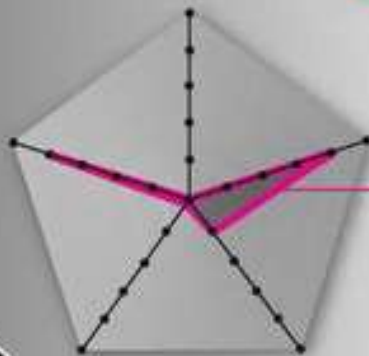
### Virus

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



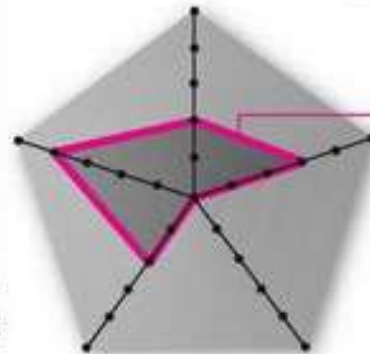
### Prion

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



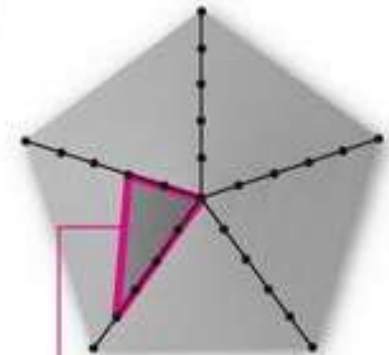
### Pepsine

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



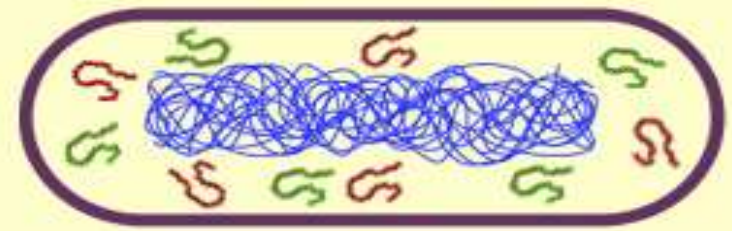
### Ribozyme

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.



cellule primitive

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.

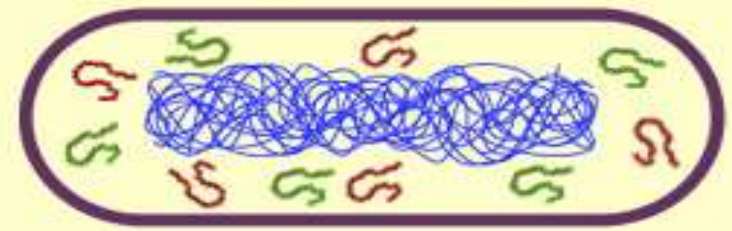
### Pourquoi ?

« Nous pensons qu'il est nécessaire de comprendre comment ces processus [cognitifs] sont enracinés dans l'être vivant pris dans sa totalité. »

Car « toute connaissance dépend de la structure de celui qui connaît. »

- Maturana et Varela, L'arbre de la connaissance, p.22





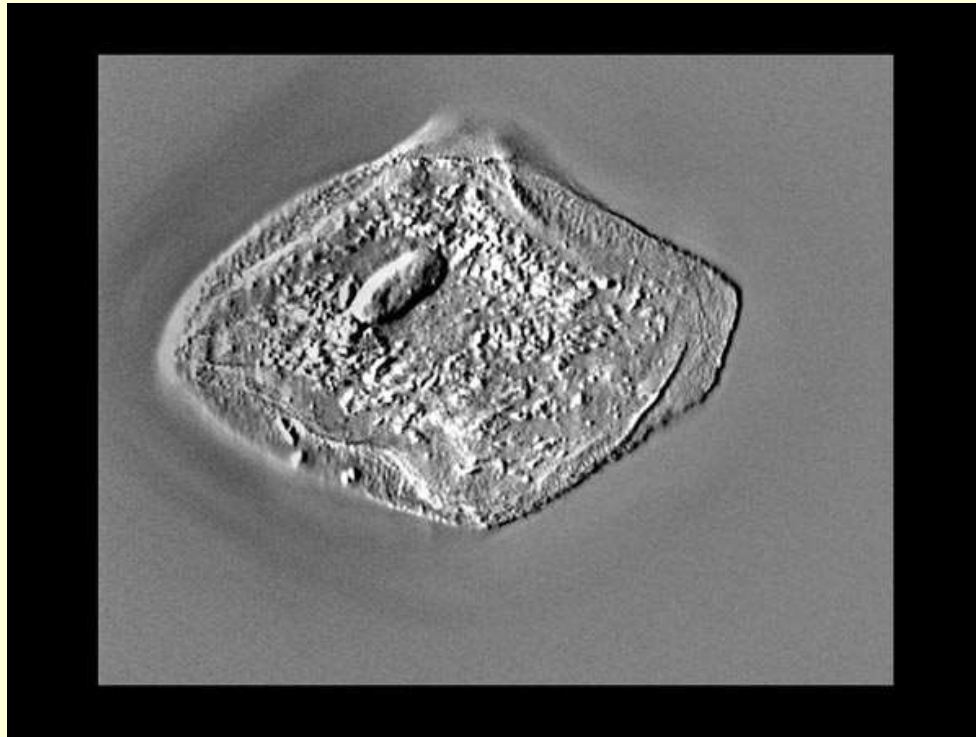
cellule primitive

Pour comprendre ce qu'est une **cellule vivante**,  
une notion très utile est celle **d'autopoïèse**,  
élaborée par Humberto Maturana et Francisco Varela  
dans les années 1970.

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

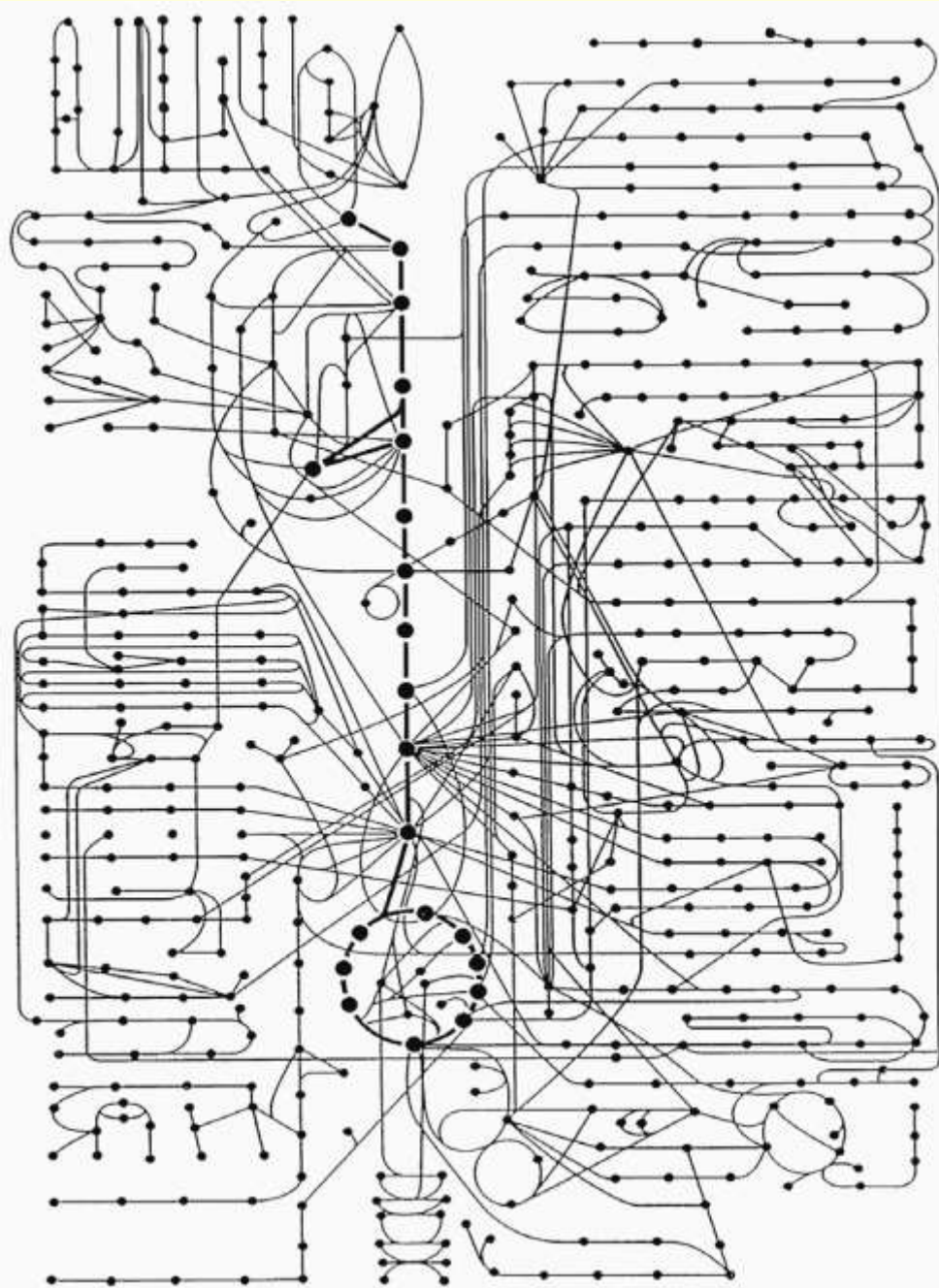
- Maturana & Varela, *L'arbre de la connaissance*, p.32

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



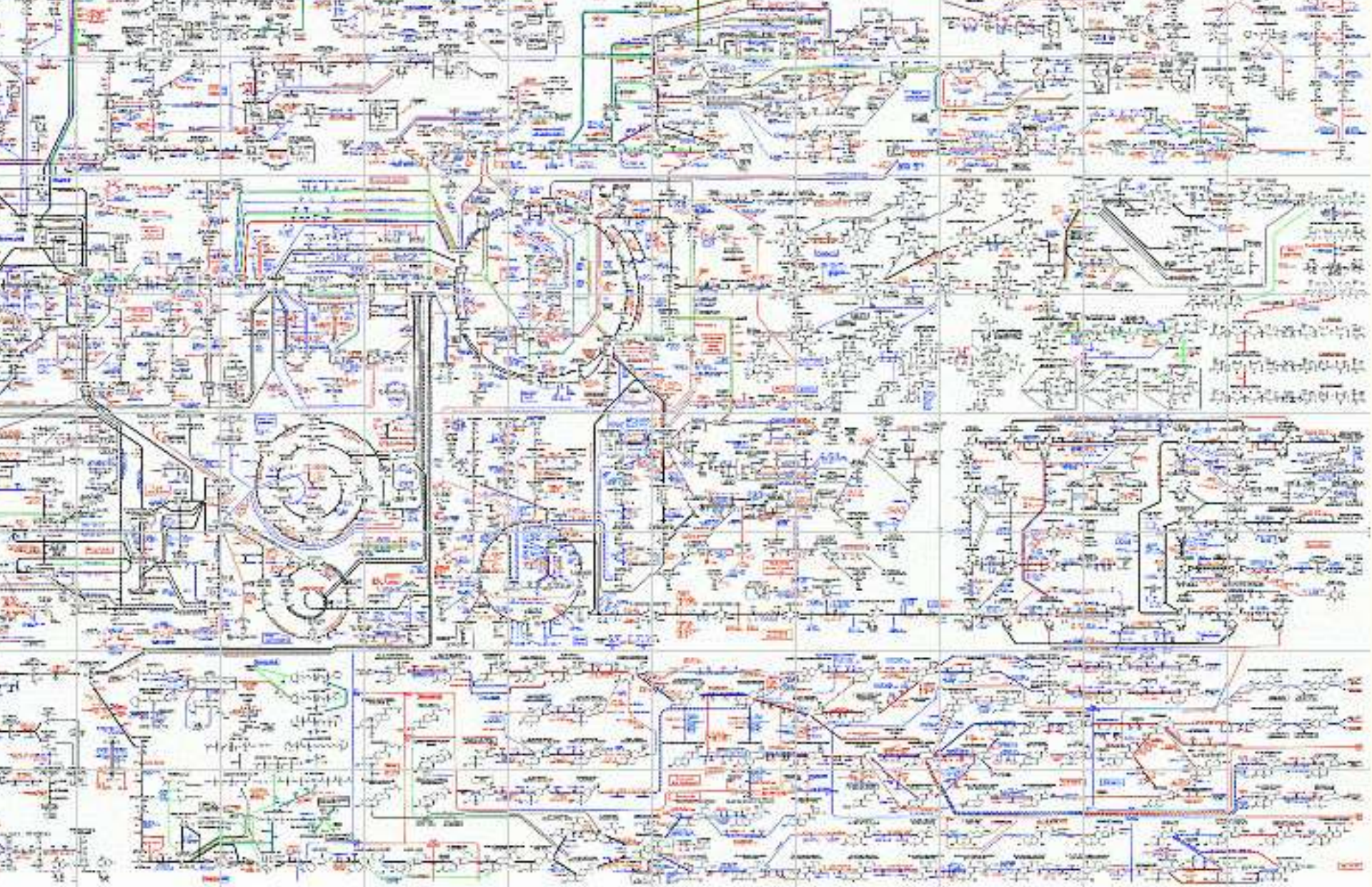
An image of a human buccal epithelial cell obtained using Differential Interference Contrast (DIC) microscopy  
([www.canisius.edu/biology/cell\\_imaging/gallery.asp](http://www.canisius.edu/biology/cell_imaging/gallery.asp))





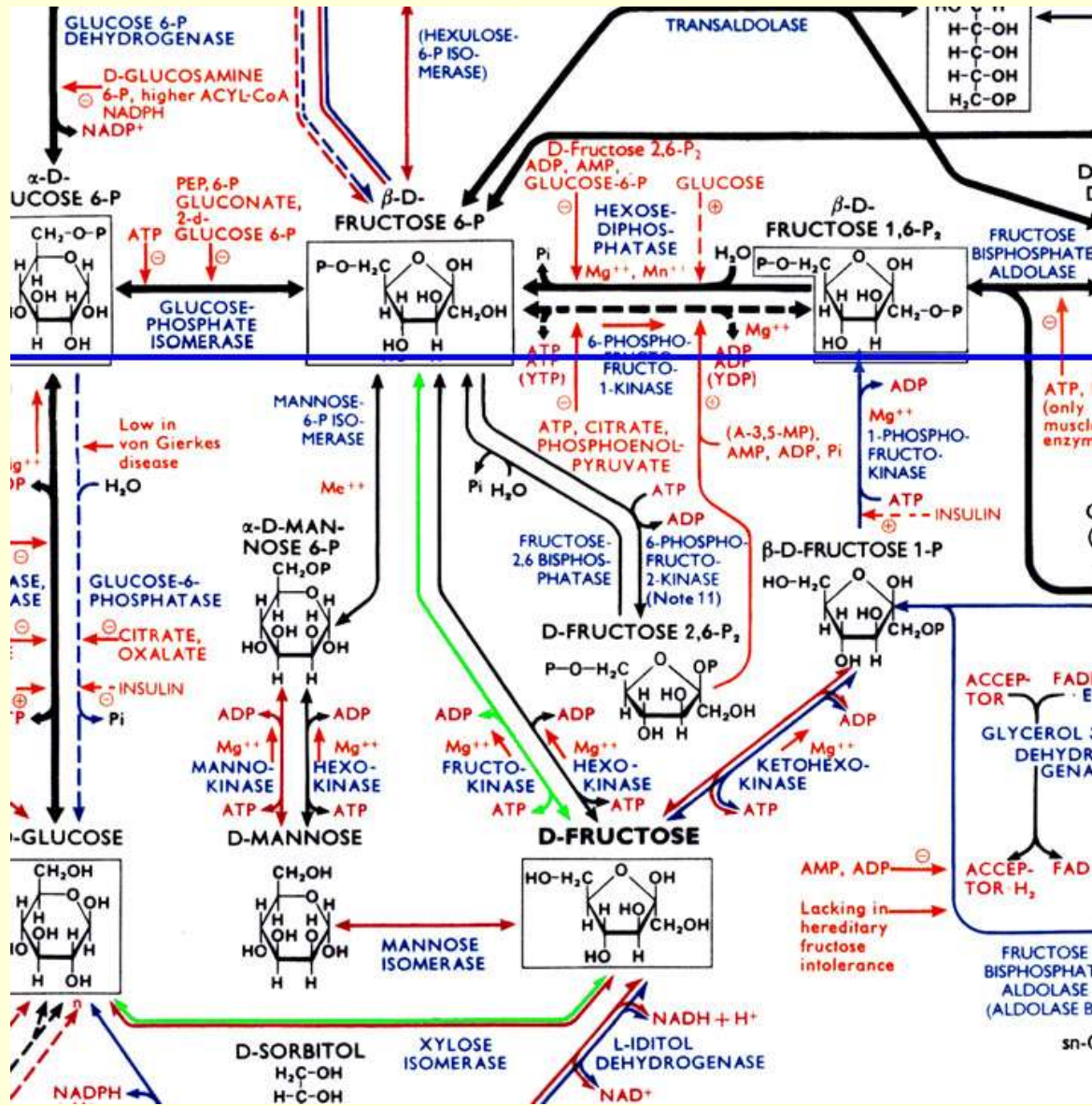
« un réseau »...

= des éléments qui entretiennent  
des relations

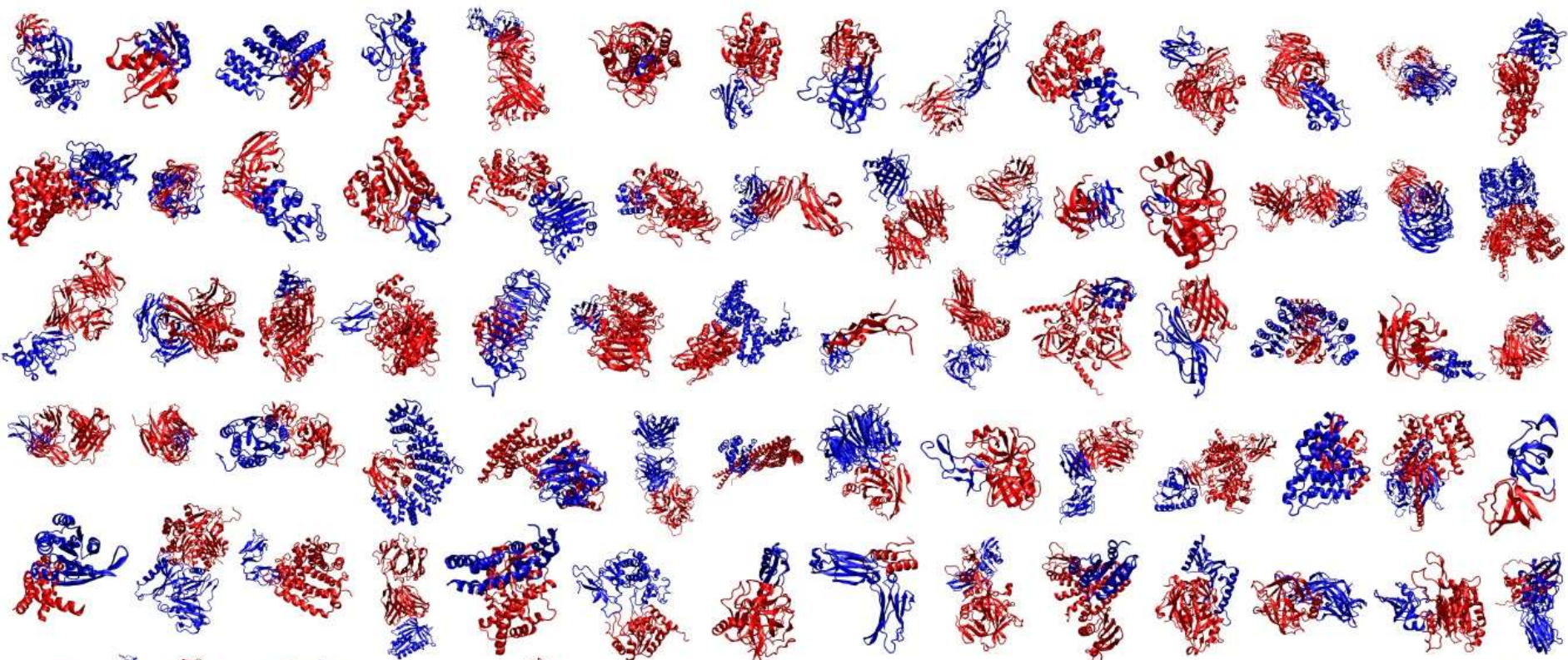
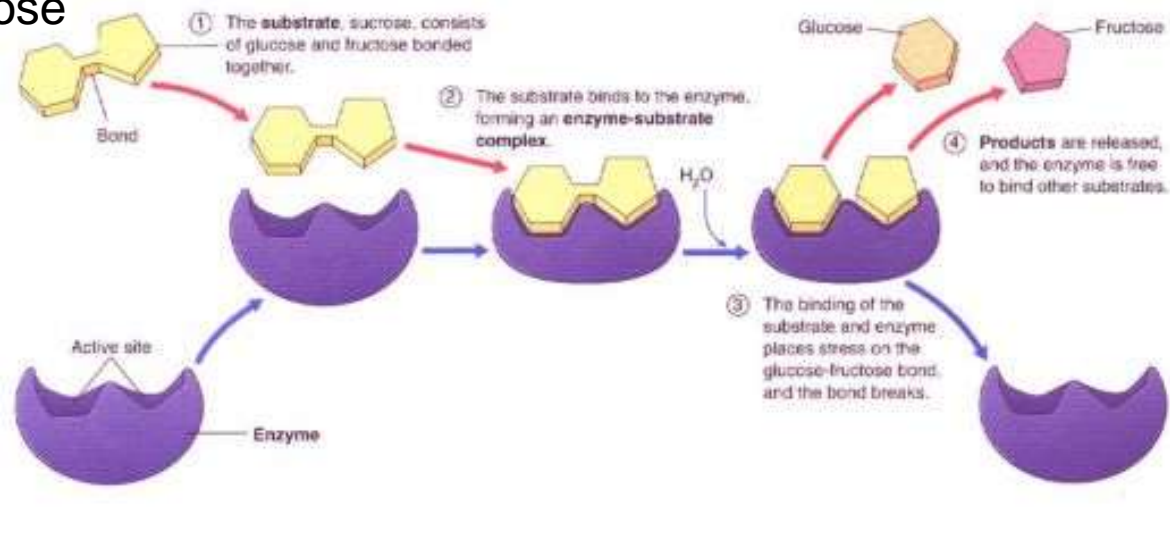


« un réseau complexe »... = cascades de réactions biochimiques dans une cellule

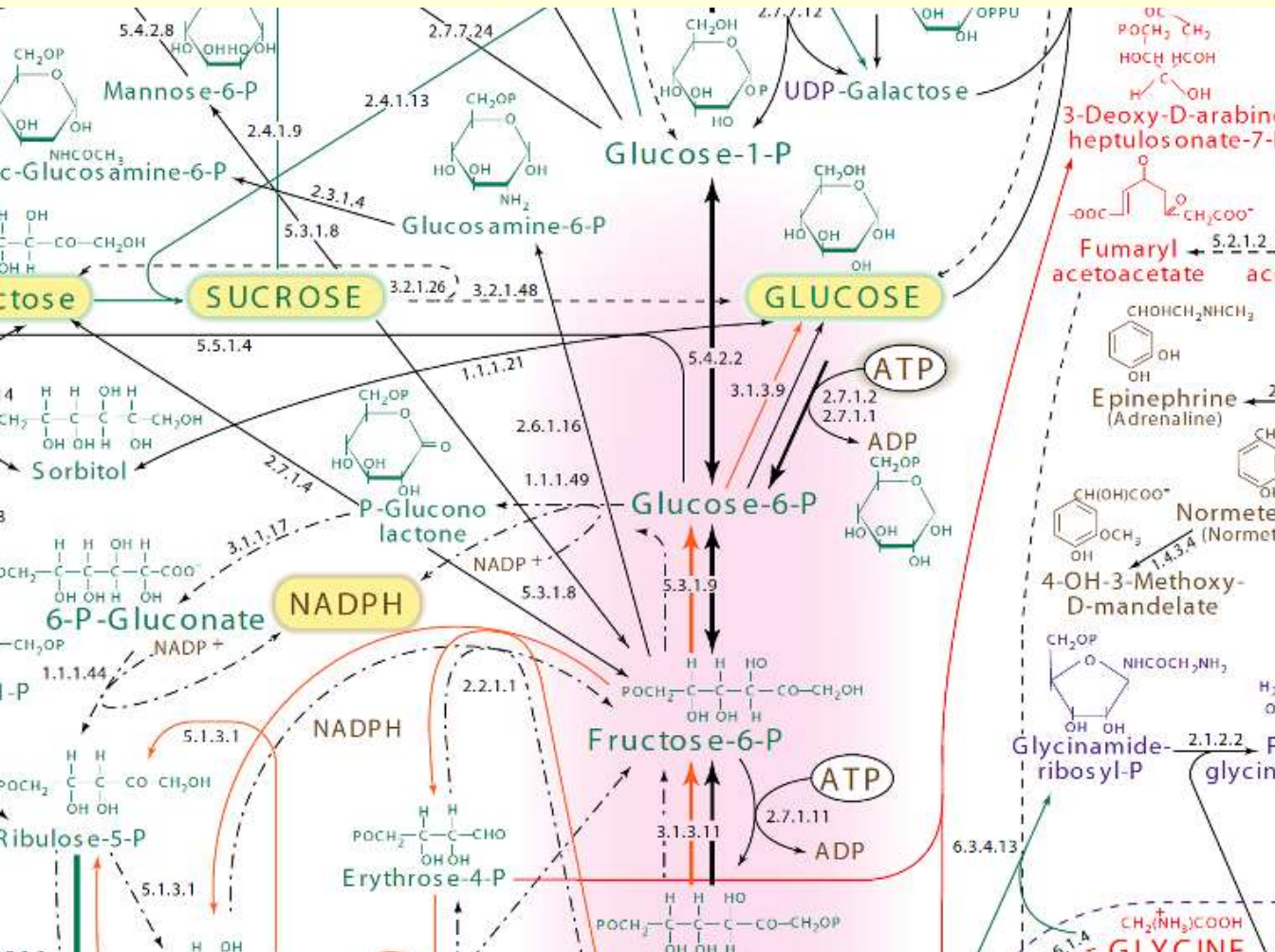
« un réseau complexe d'éléments »... : enzymes (protéines), ADN, etc.



# sucrose



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



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

# Plan

**Intro** : D'où je viens : le cerveau à tous les niveaux

## **Bloc 1 de 4 : Une perspective évolutive sur les comportements**

Différents niveaux d'organisation et échelles de temps

Reconsidérer les comportements dans le temps long de l'évolution

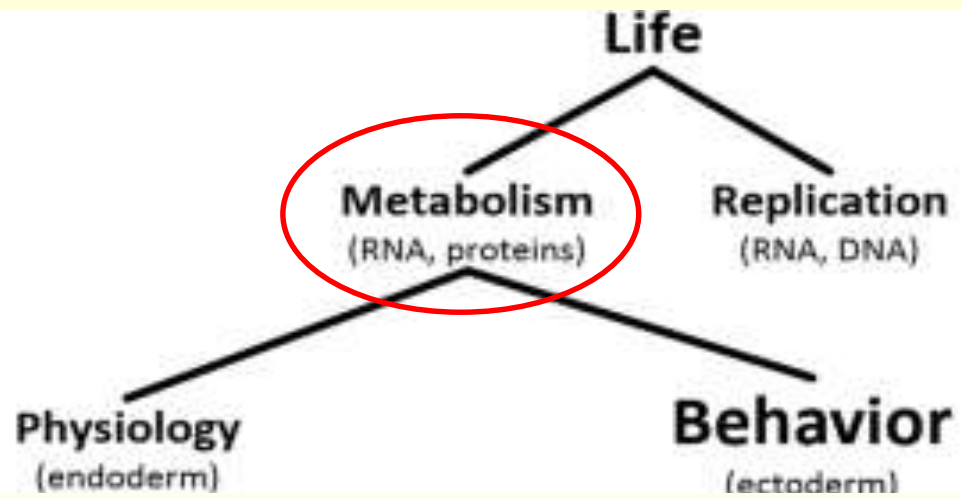
Qu'est-ce que la vie ?

**Métabolisme et physiologie**

Les comportements comme boucle de rétroaction et création de significations

Des eucaryotes aux systèmes nerveux et endocriniens

Niveaux d'organisation, auto-organisation et phénomènes émergents



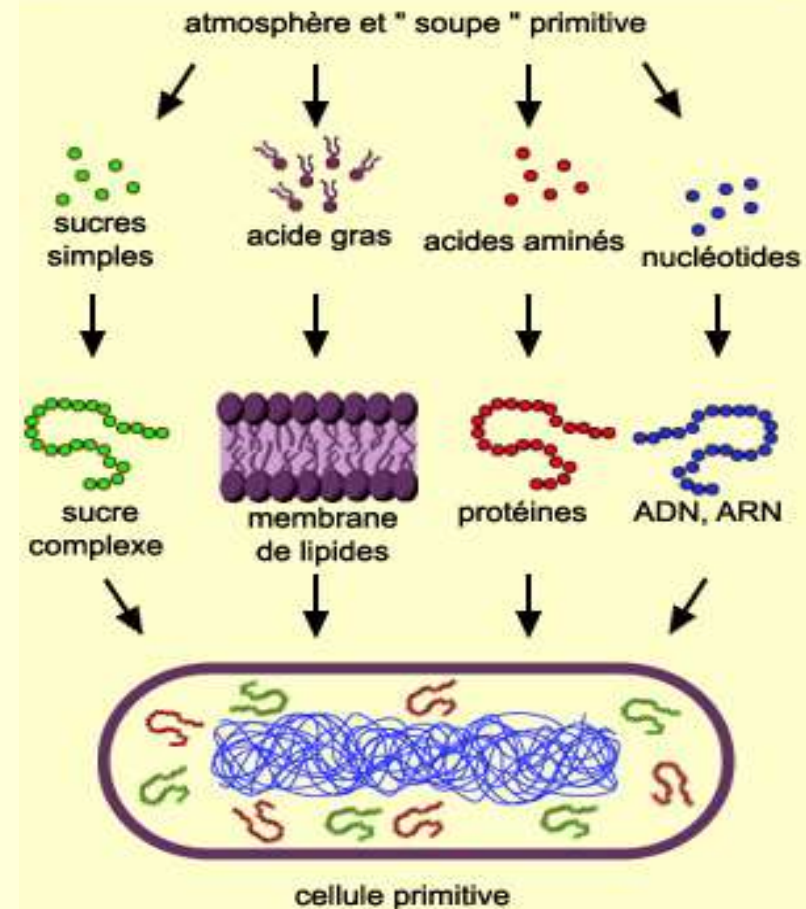
On voit que le passage de molécules simples vers des molécules organiques comme les acides aminés ou les sucres s'accompagne, comme on l'a dit, d'une **croissance de la complexité**.

On parle aussi "**d'auto-organisation**" pour désigner un tel processus ("self assembly")

<https://www.sciencedirect.com/topics/physics-and-astronomy/self-assembly> .

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.





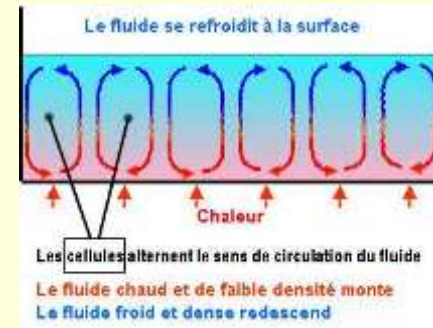
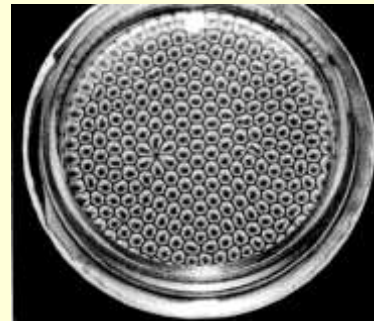
La notion d'**auto-organisation** permet de comprendre comment **de l'ordre peut apparaître spontanément au sein du désordre [...]**

et amener l'**émergence spontanée d'une structure**

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

Exemples :

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

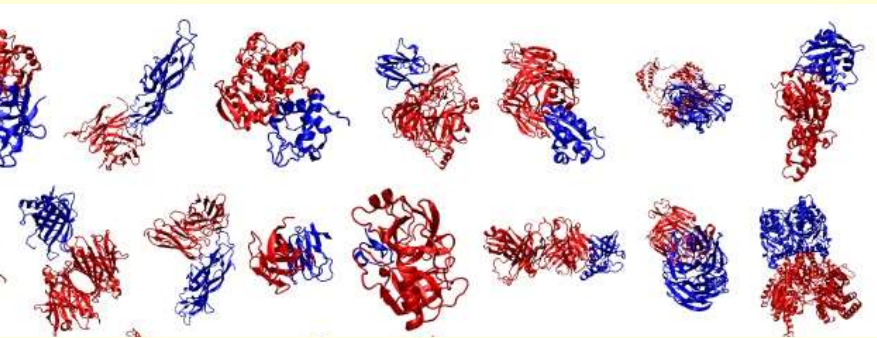


- Les interactions moléculaires qui vont donner lieu aux processus du vivant

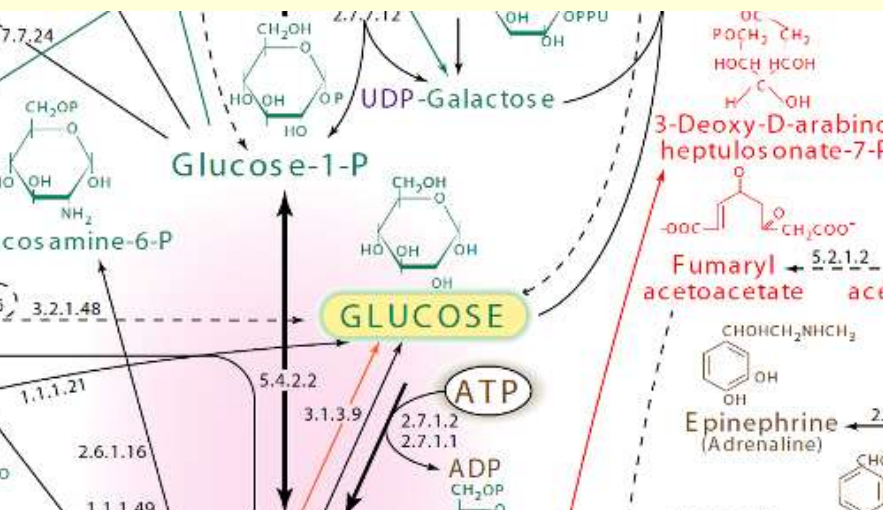
Donc on a :



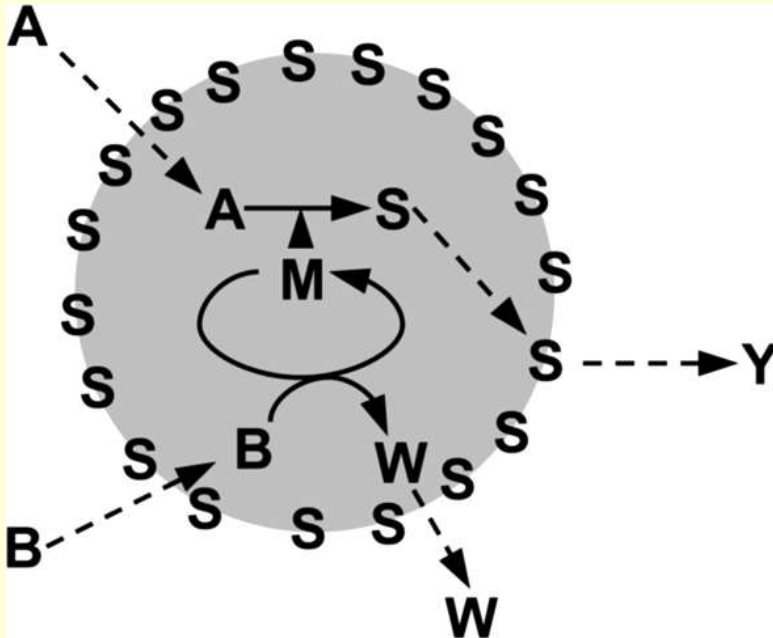
- l'étude de la **matière** : de quoi c'est fait ?  
(atomes, molécules)



- l'étude de la **forme** : quel est le pattern ?  
(réseaux)



- l'étude des processus **dynamiques** :  
comment ces formes changent  
dans le temps ?



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

Toute cellule est donc un **système ouvert** (du point de vue thermodynamique) qui :

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

Un système autopoïétique subit donc constamment des **changements** au niveau de ses **éléments structuraux**

tout en **préservant son pattern général d'organisation.**

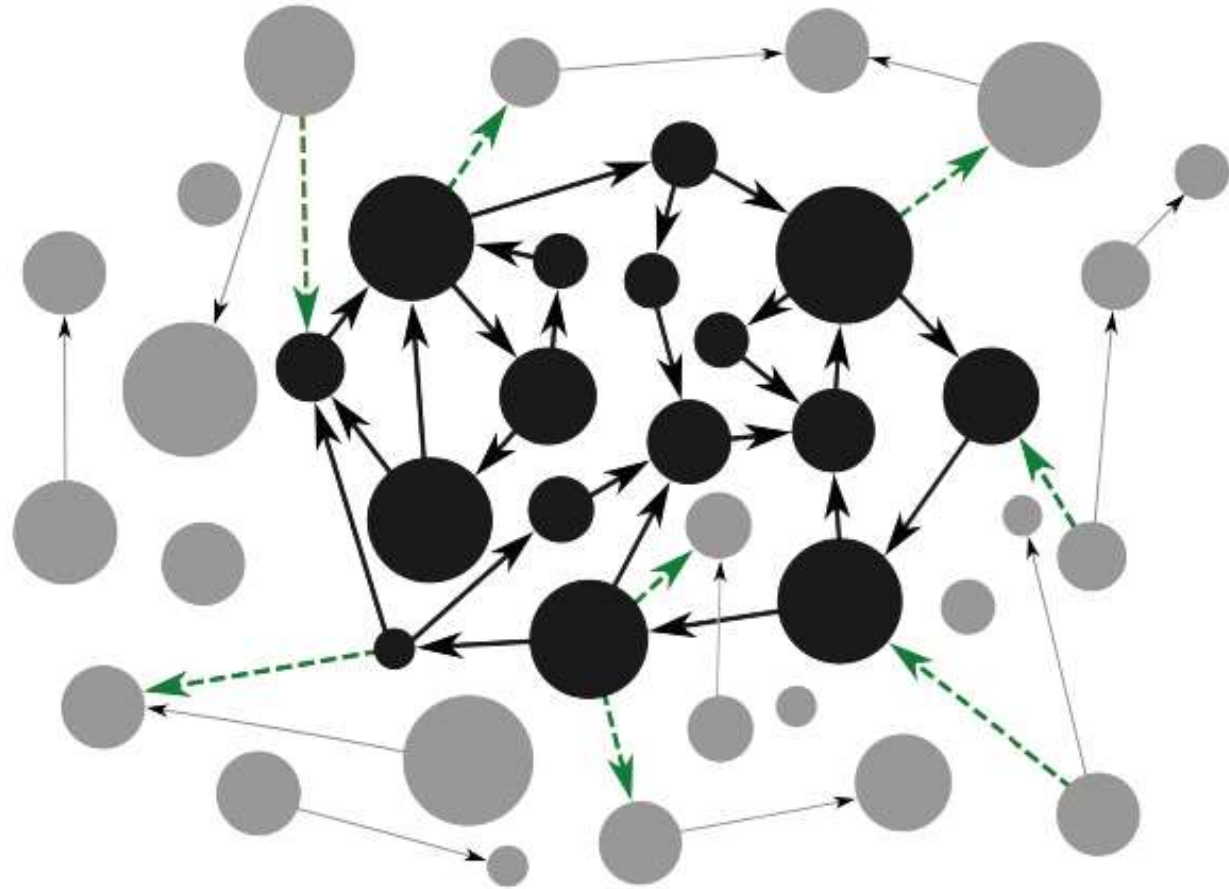
(car le système est **fermé** du point de vue **opérationnel**)

Varela parle de  
« **clôture  
opérationnelle** »,  
des systèmes vivants

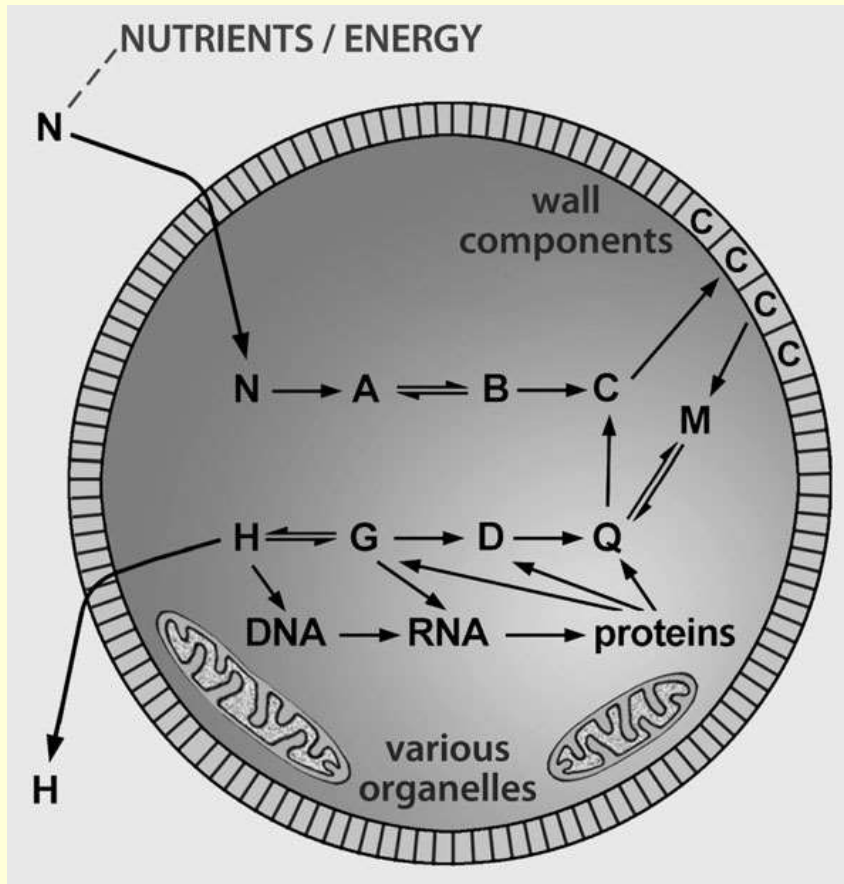
car elle ne se confond  
évidemment pas avec  
une paroi étanche.

**En noir** : une cellule

(des molécules se  
fixent sur sa  
membrane, des ions  
traverse cette  
membrane, etc.)



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

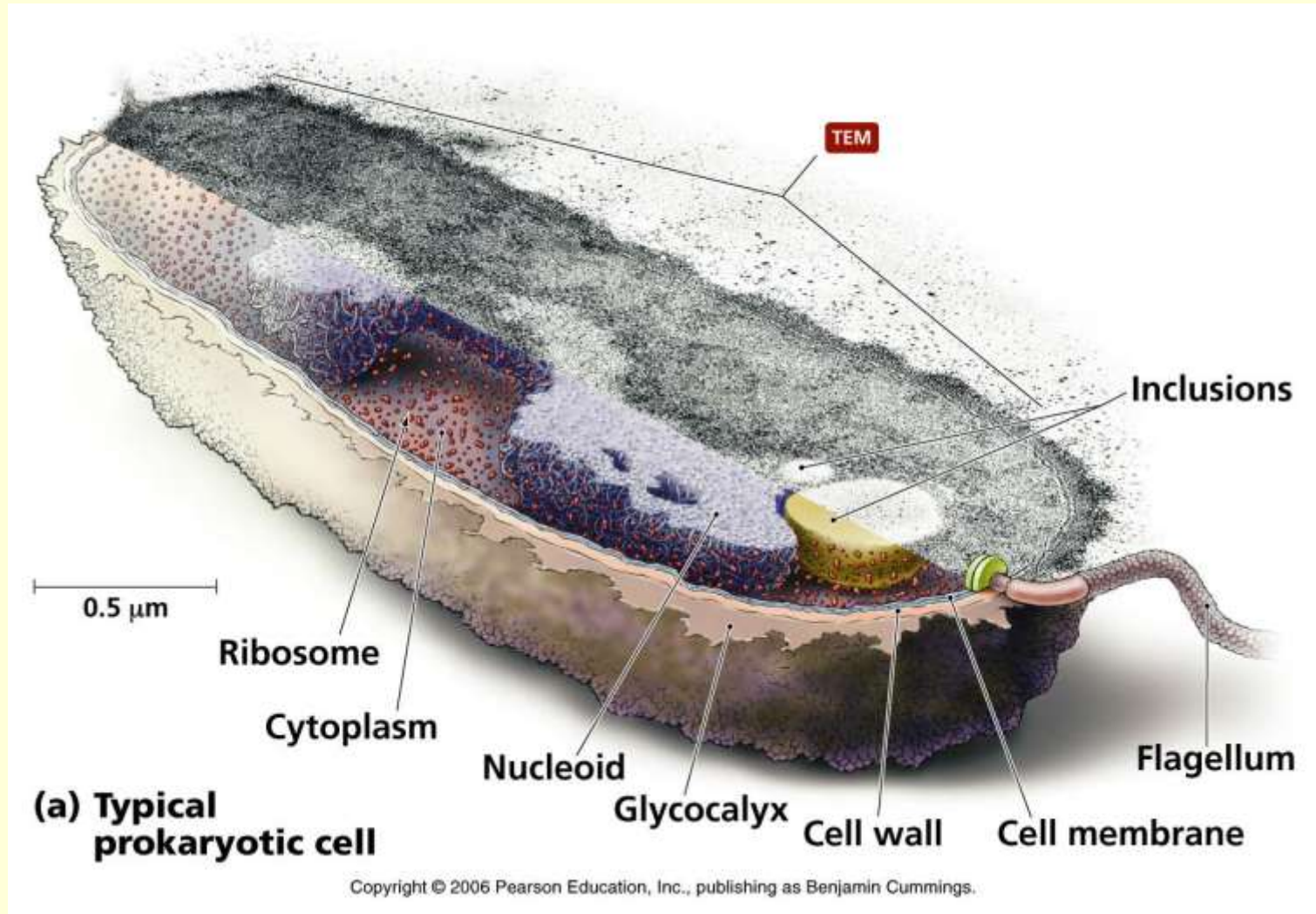


Il n'y a pas d'endroit particulier qui pourrait être associé à un "centre de la vie" à l'intérieur de la cellule (pas plus qu'il n'y a de "centre de" quoi que ce soit dans le cerveau...)

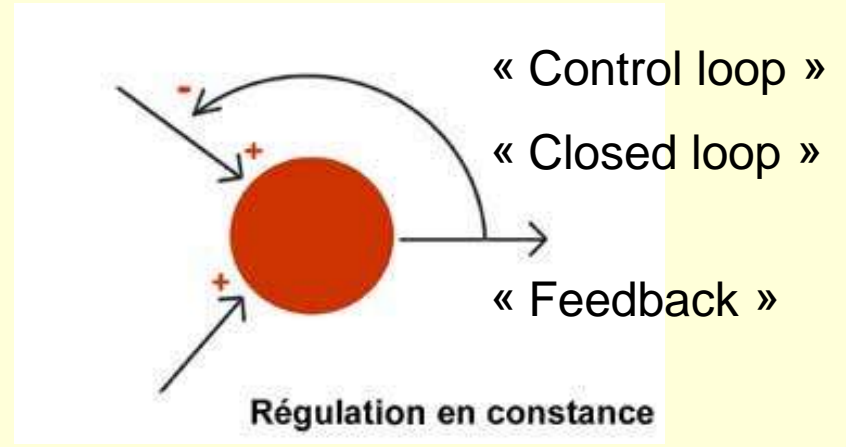
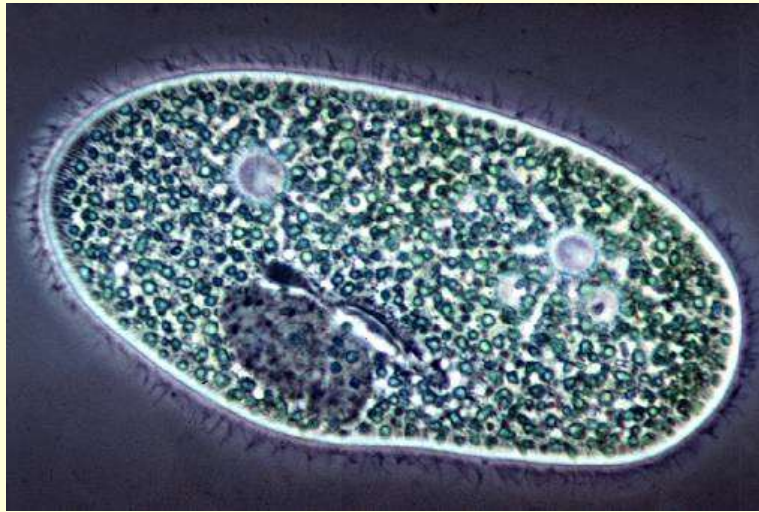
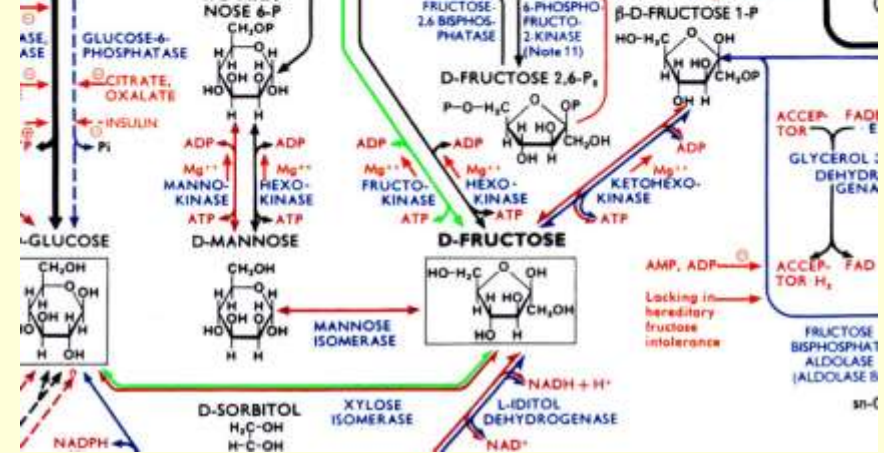
Car la vie n'est **pas localisée**.

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

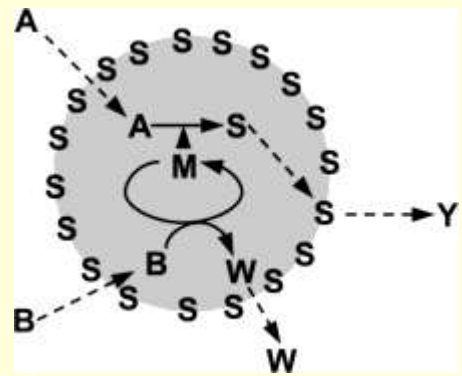
# Les premières cellules vivante sont déjà infiniment complexes !



Et non seulement elles se maintiennent, mais elles s'adaptent à leur environnement.

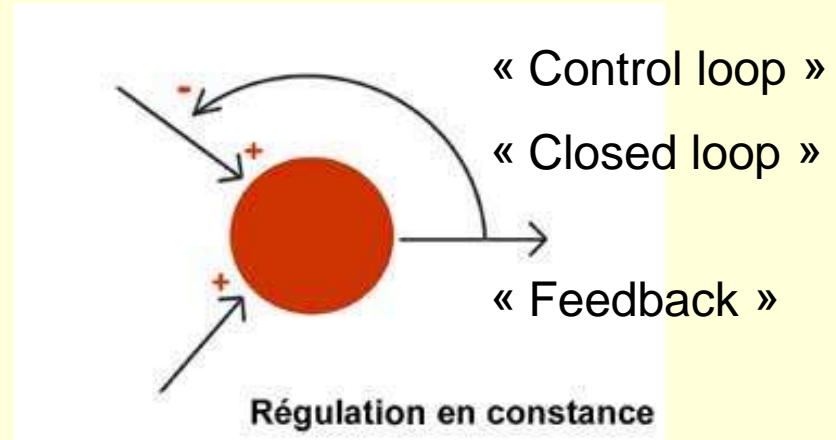
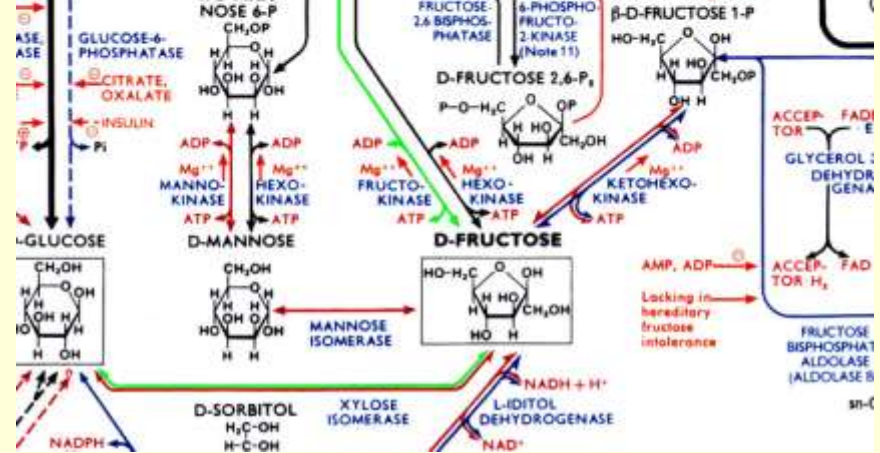


**L'autopoïèse** permet donc le **maintien** de la vie et l'autonomie.

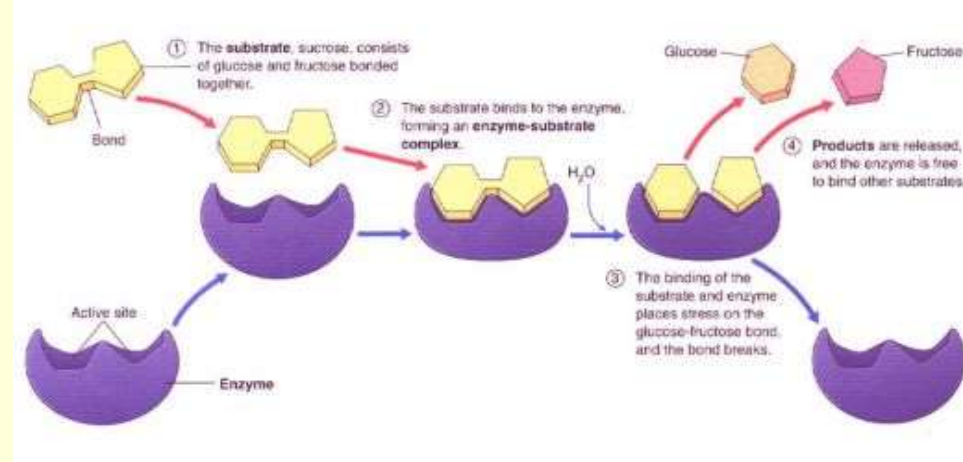


Grâce à d'innombrables **boucles de régulation**

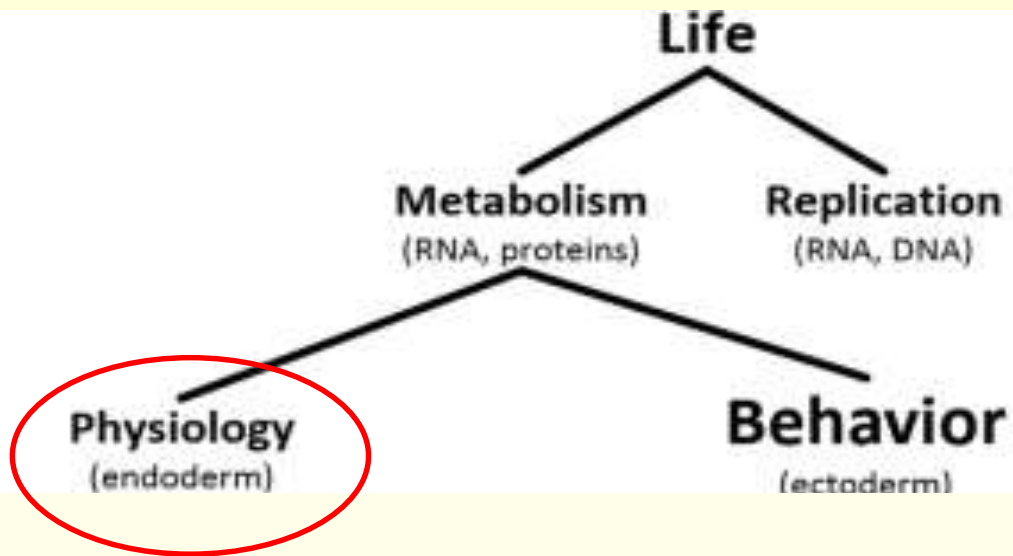
# « Physiologie »



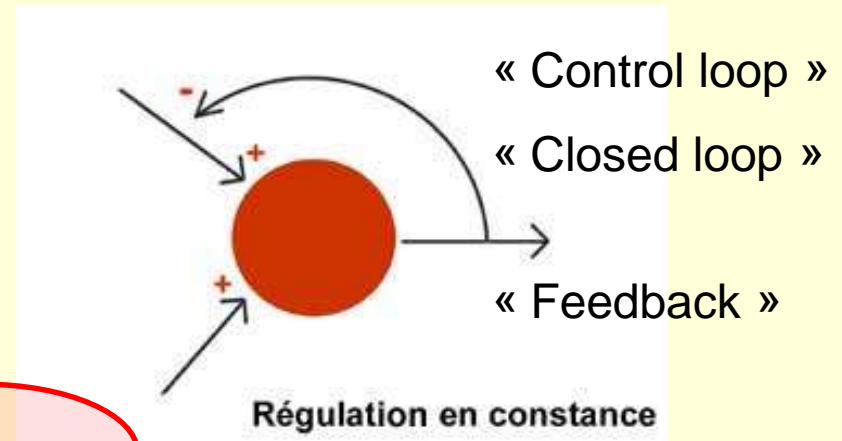
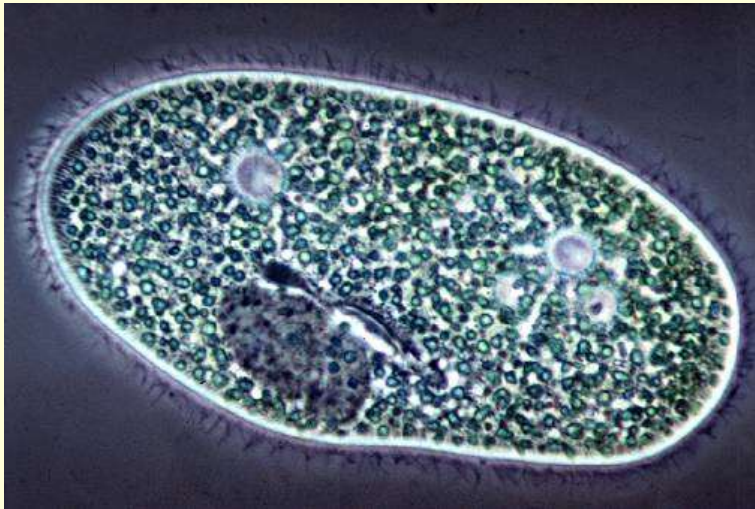
sucrose



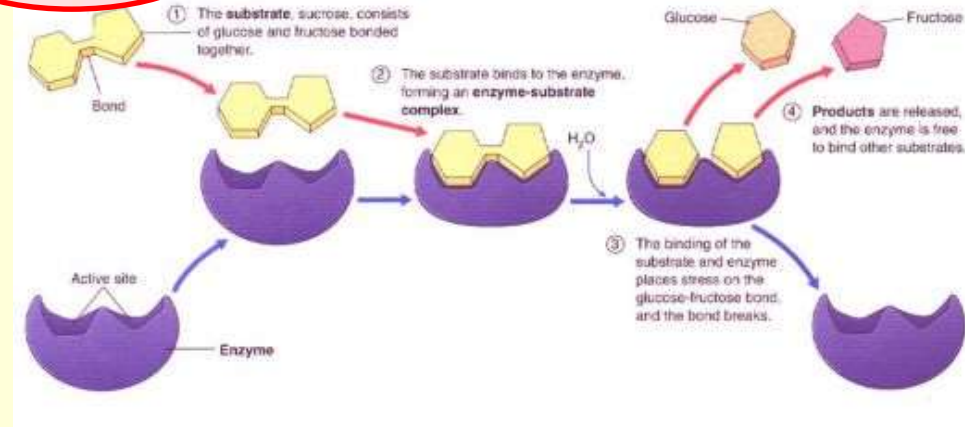
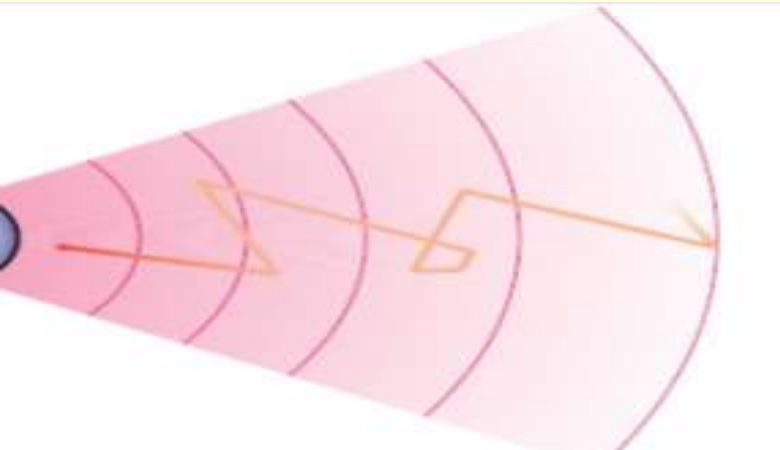




# « Comportement » :



sucrose



# Plan

**Intro** : D'où je viens : le cerveau à tous les niveaux

## **Bloc 1 de 4 : Une perspective évolutive sur les comportements**

Différents niveaux d'organisation et échelles de temps

Reconsidérer les comportements dans le temps long de l'évolution

Qu'est-ce que la vie ?

Métabolisme et physiologie

**Les comportements comme boucle de rétroaction et création de significations**

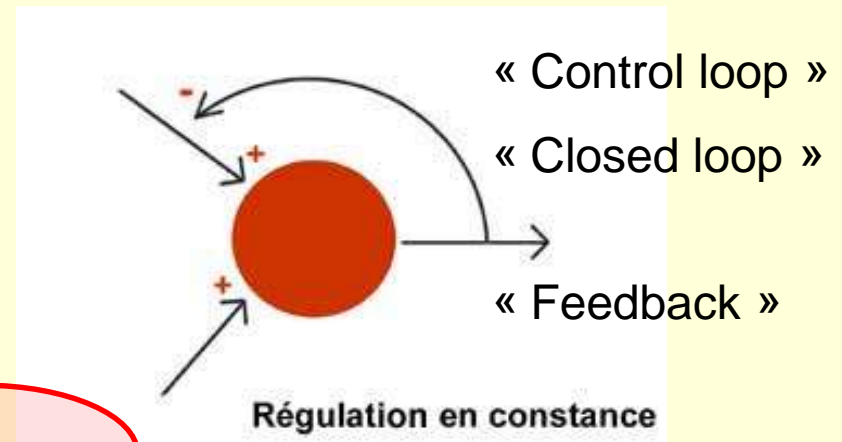
Des eucaryotes aux systèmes nerveux et endocriniens

Niveaux d'organisation, auto-organisation et phénomènes émergents

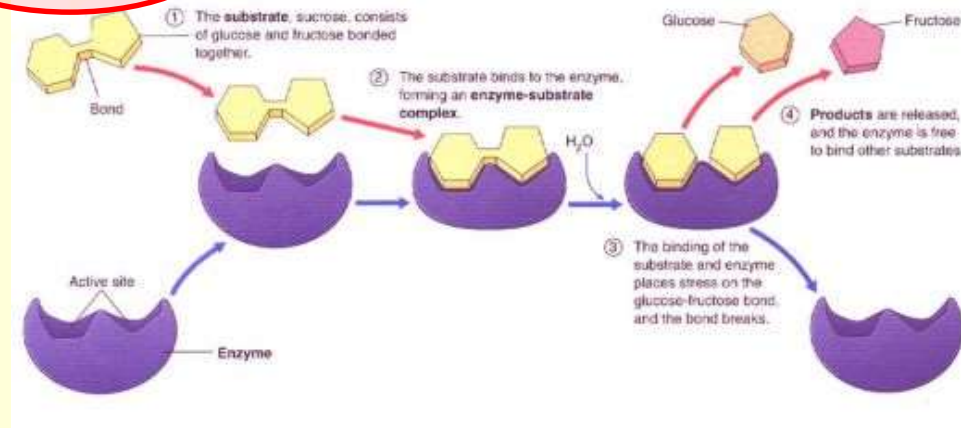
# « Comportement » :

peut être pensé comme une autre **boucle de contrôle**,  
mais à l'extérieur de l'organisme cette fois !

(plutôt que comme un « input-output process »)



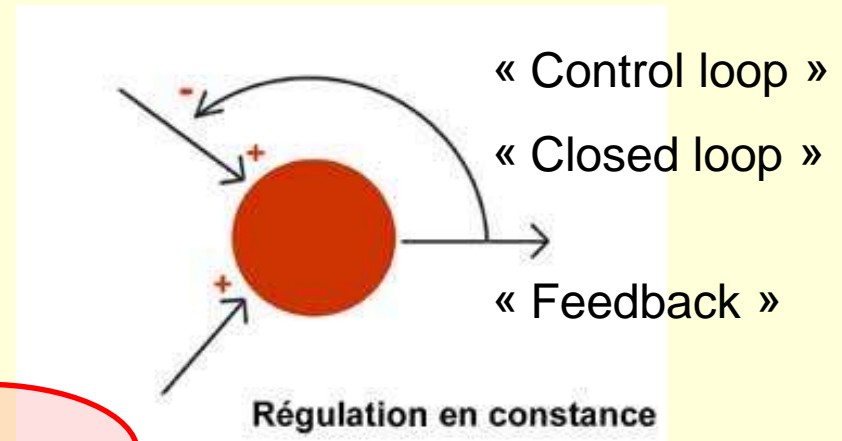
sucrose



# « Comportement » :

peut être pensé comme une autre **boucle de contrôle**,  
mais à l'extérieur de l'organisme cette fois !

(plutôt que comme un « input-output process »)



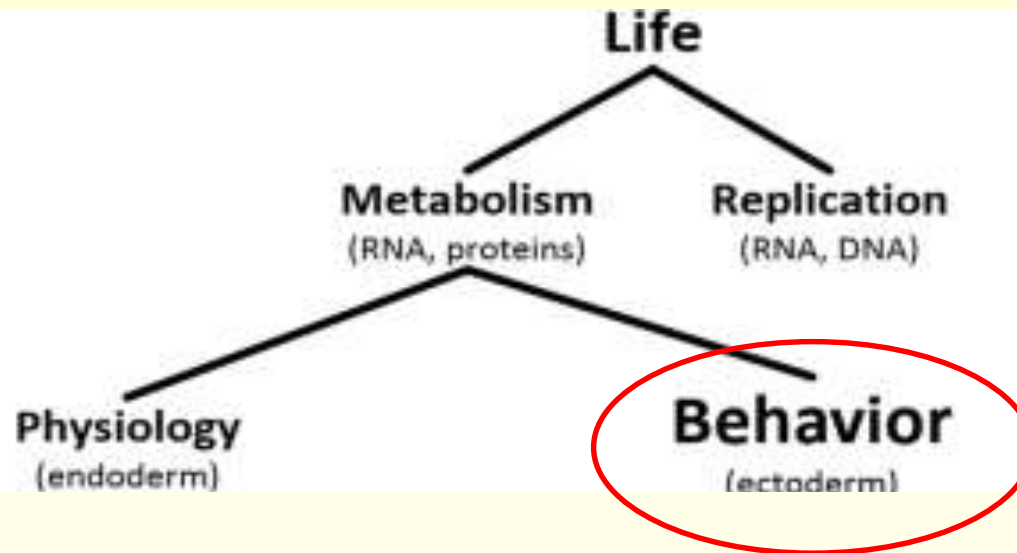
sucrose

Cette tendance à **bouger** pour tirer le meilleur de son environnement (**s'adapter**) vient s'ajouter à l'autopoïèse pour donner une définition minimale des **comportements**.

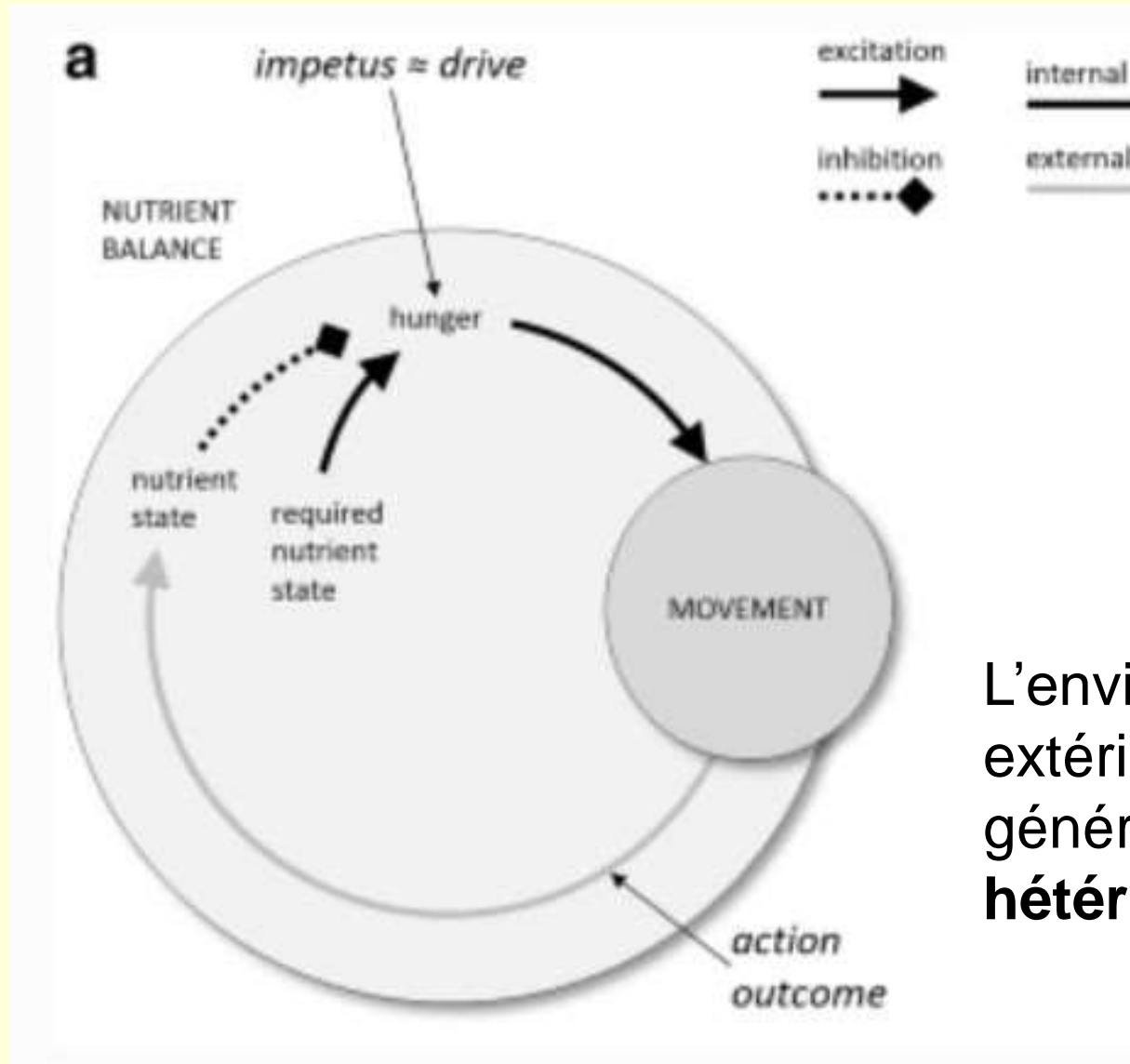
Adaptivity (Di Paolo) = behaviour as control mechanism (Cisek) = active inference (Friston)



« Comportement » :

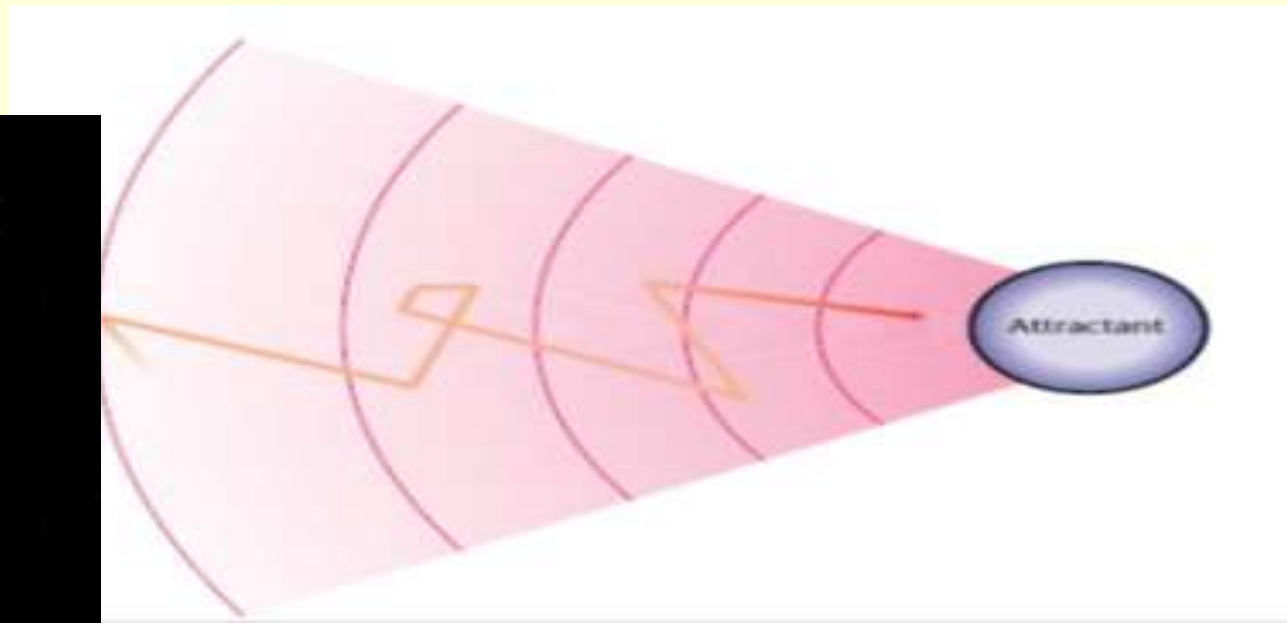
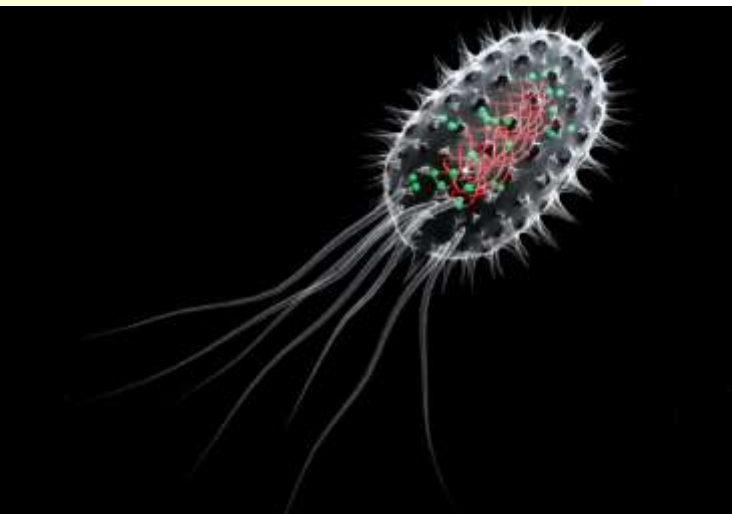


# « Comportement » :



L'environnement extérieur est généralement **hétérogène**.

**Parenthèse sur l'origine incarnée du monde de signification d'un organisme.**

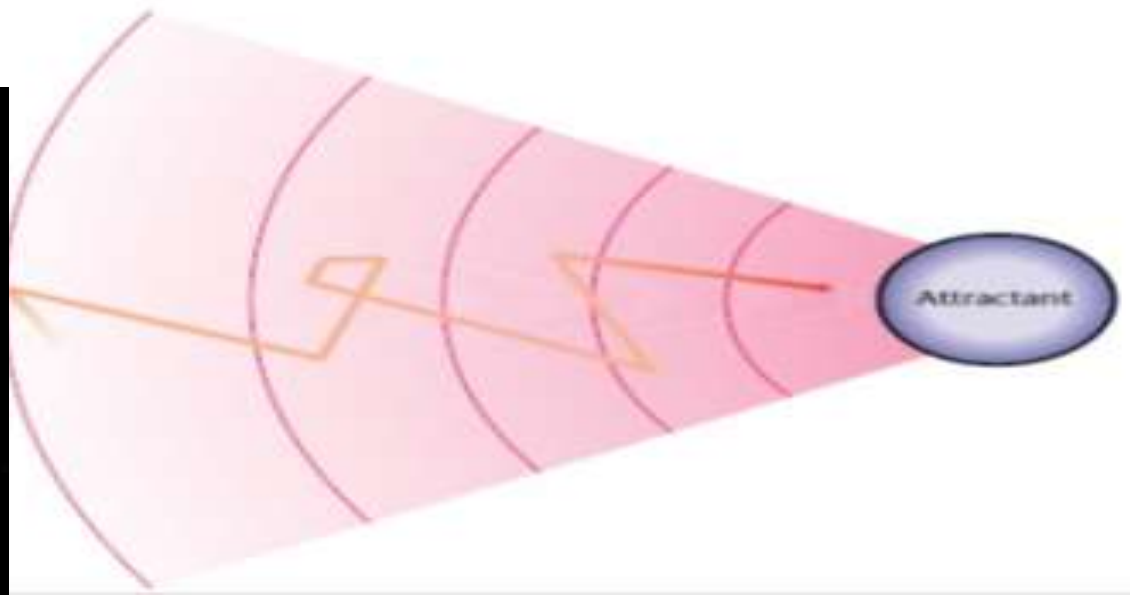


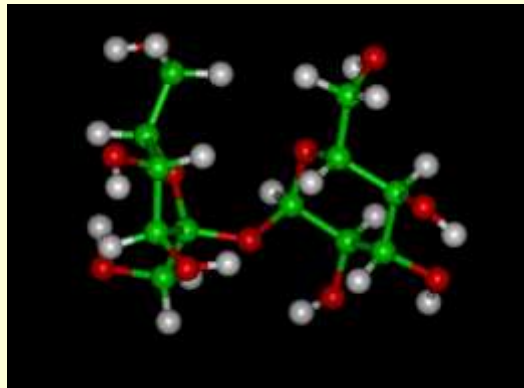


Prenons l'exemple d'une bactérie mobile qui nage dans un milieu aqueux en remontant un **gradient de sucre**.

La bactérie nage au hasard jusqu'à ce qu'elle sente le gradient de molécules de sucre, grâce à un « **couplage** » de récepteurs sur sa membrane avec cette molécule.

Puis elle va se mettre naturellement à remonter ce gradient pour avoir plus de sucre **parce qu'elle a les enzymes pour en soutirer de l'énergie !**





Le point important ici : bien que le **sucrose** est un réel élément de cet environnement physicochimique, son statut comme **aliment**, lui, ne l'est pas.

Le sucrose en tant qu'aliment **n'est pas intrinsèque au statut de sucrose en tant que molécule**. C'est plutôt une caractéristique « relationnelle », liée au métabolisme de la bactérie (qui peut l'assimiler et en soutirer de l'énergie).

Le sucrose n'a donc **pas de signification ou de valeur comme nourriture en soi**, mais seulement dans ce milieu particulier que le corps (et le métabolisme) de la bactérie amène à exister.

Francisco Varela résume ceci en disant que grâce à l'autonomie de l'organisme (ici la bactérie), son environnement a un « **surplus de signification** » comparé au monde physicochimique.

Les significations particulières (valeurs positives ou négatives) que l'on retrouve dans ce monde sont donc le **résultat des actions d'un organisme particulier**.

La signification et la valeur des choses **ne préexiste donc pas** dans le monde physique, mais est mise de l'avant (« **éactés** ») par les organismes.

Par conséquent, **vivre** est un processus créateur de sens.

Donc pour ces auteurs dès qu'il y a vie, il y a cognition.

Et chaque organisme va construire durant sa vie «son monde» de sens.

# Plan

**Intro** : D'où je viens : le cerveau à tous les niveaux

## **Bloc 1 de 4 : Une perspective évolutive sur les comportements**

Différents niveaux d'organisation et échelles de temps

Reconsidérer les comportements dans le temps long de l'évolution

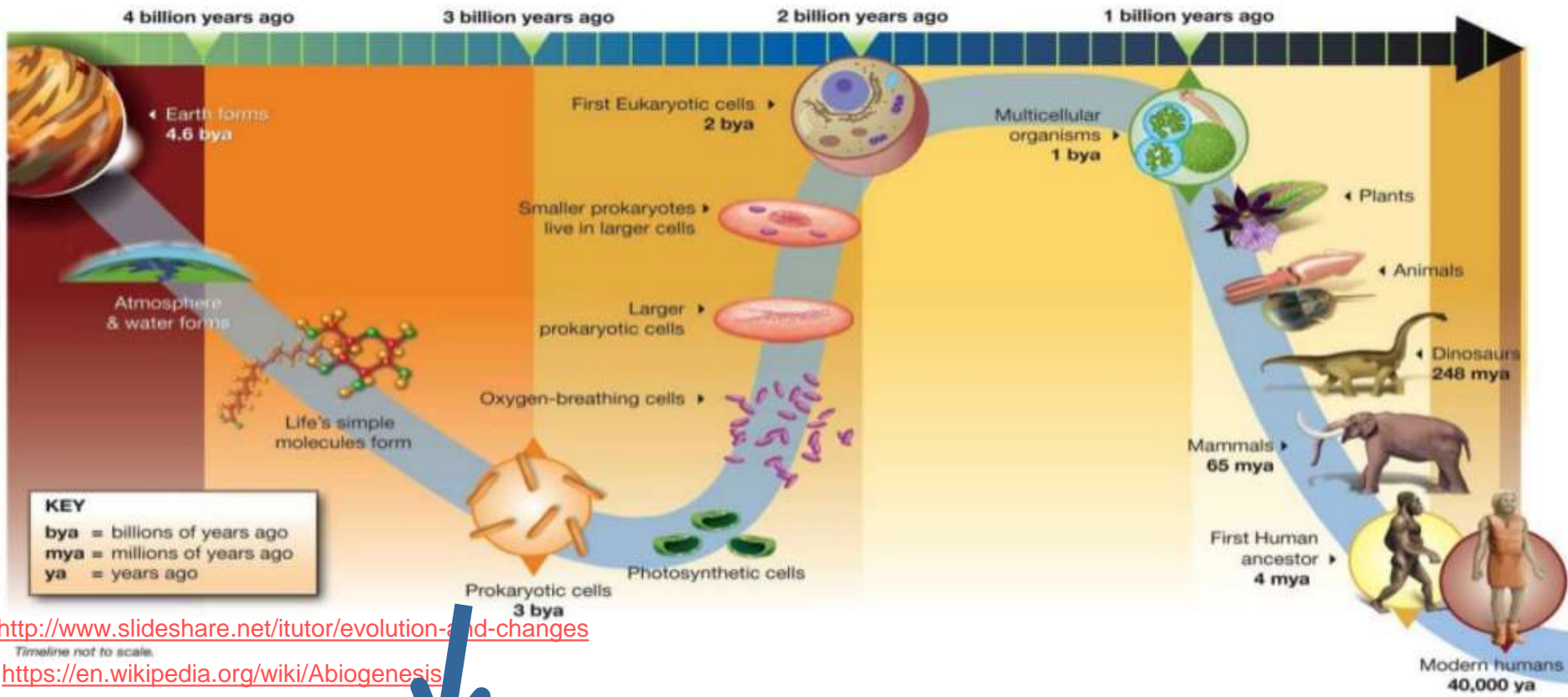
Qu'est-ce que la vie ?

Métabolisme et physiologie

Les comportements comme boucle de rétroaction et création de significations

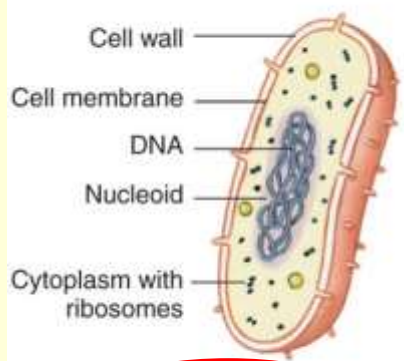
**Des eucaryotes aux systèmes nerveux et endocriniens**

Niveaux d'organisation, auto-organisation et phénomènes émergents



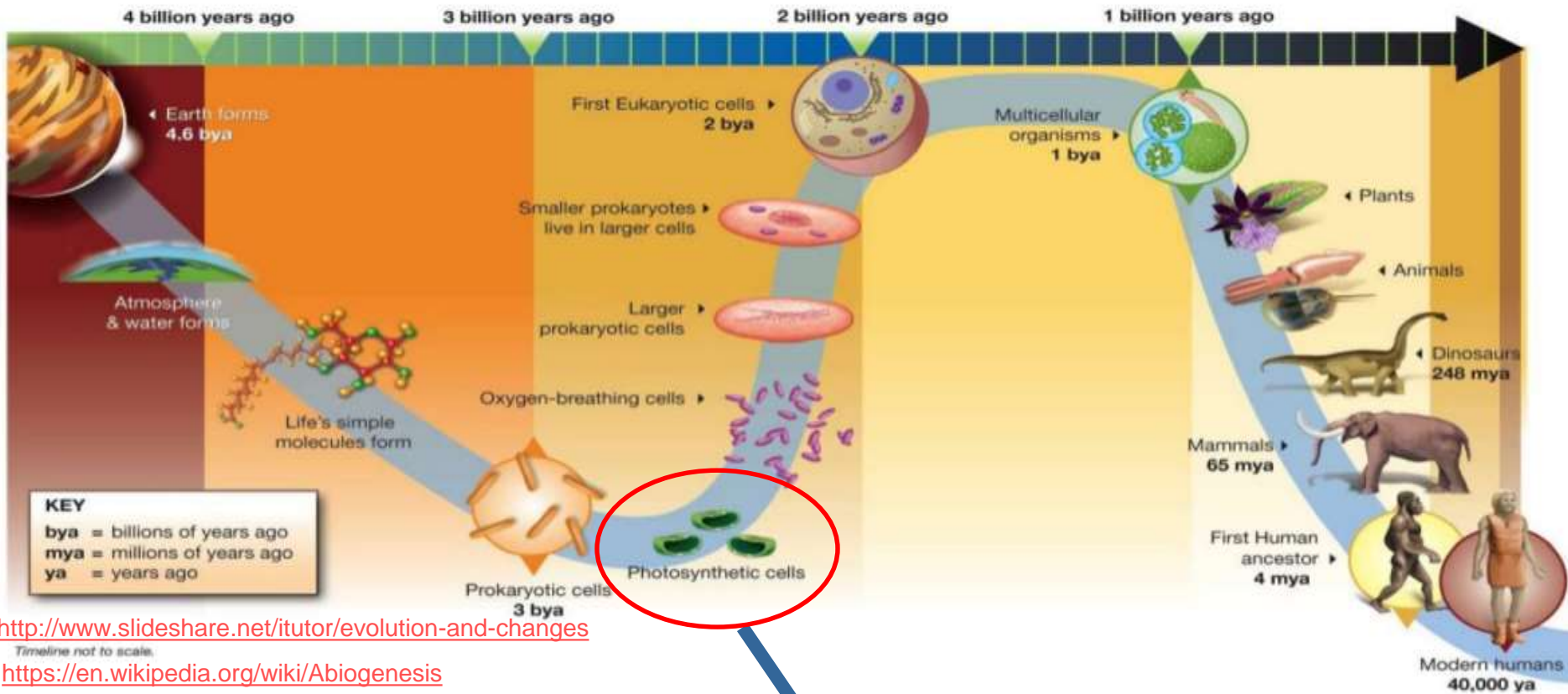
<http://www.slideshare.net/itutor/evolution-and-changes>

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



**Prokaryote**

**3,5 bya**

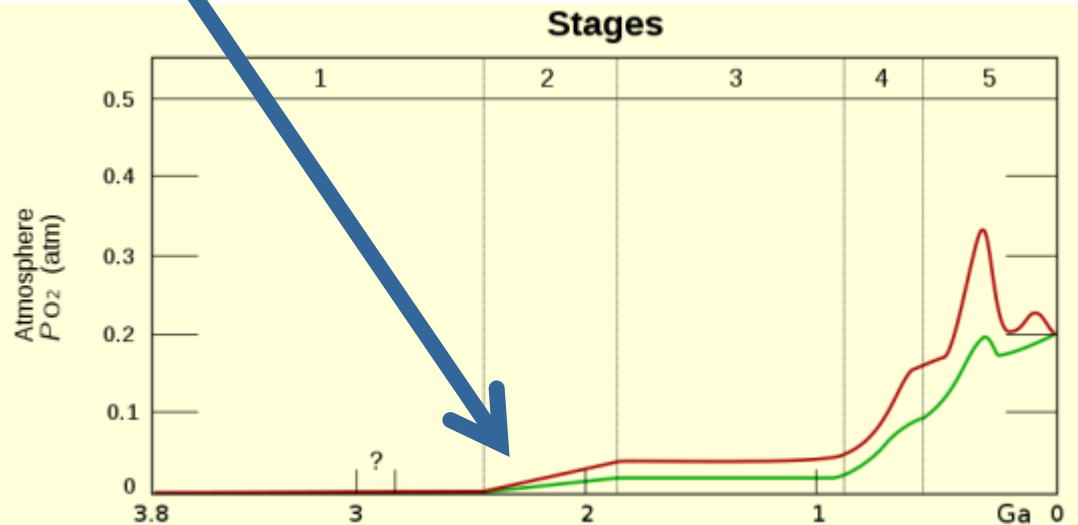


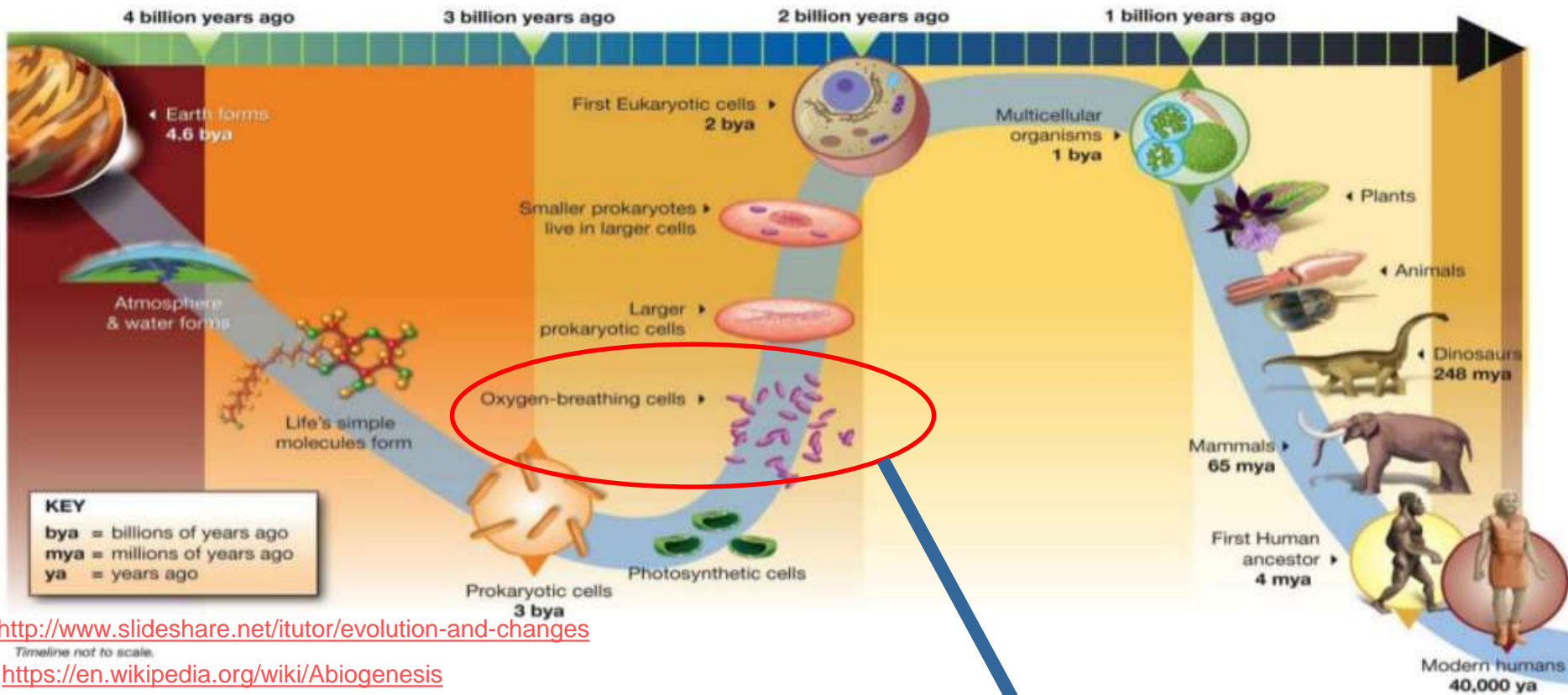
<http://www.slideshare.net/itutor/evolution-and-changes>

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

**2,4 Ga :**

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

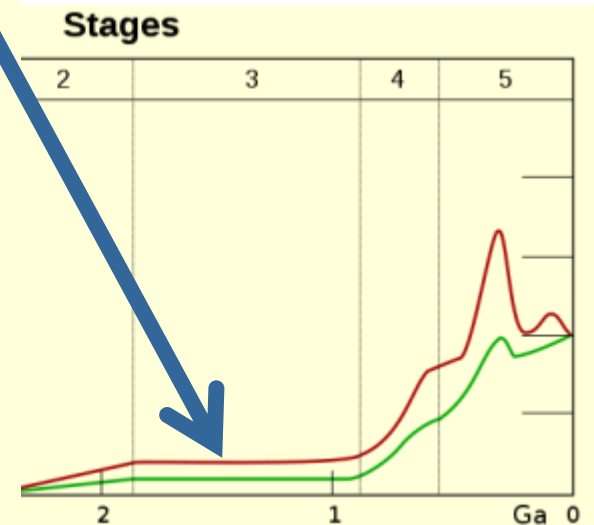


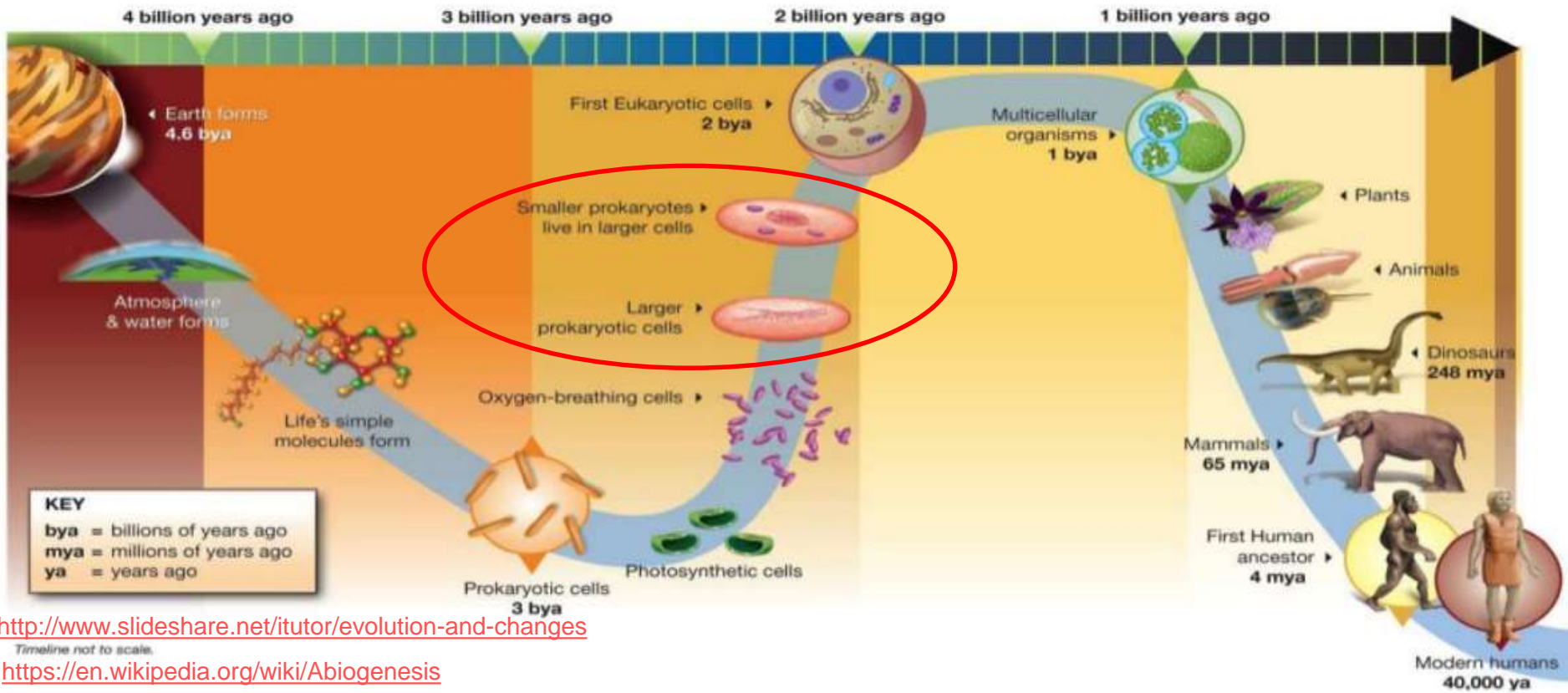


<http://www.slideshare.net/itutor/evolution-and-changes>

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

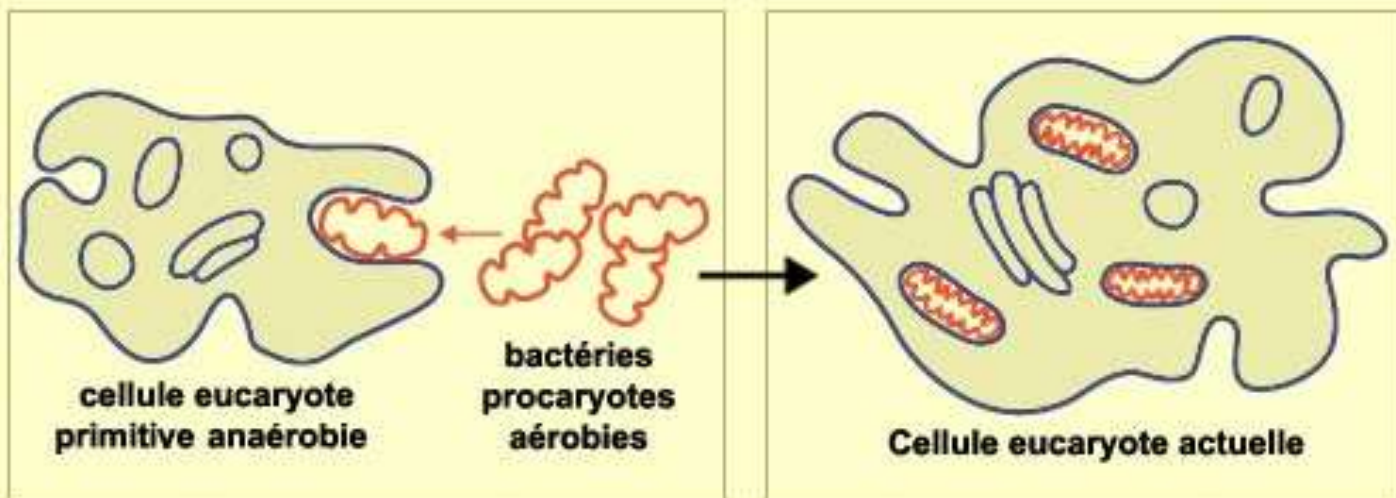
L'avènement de microorganismes capables d'utiliser cet oxygène va faire passer de 5 à 36 la quantité de molécules d'ATP produites à partir d'une molécule de glucose.





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

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





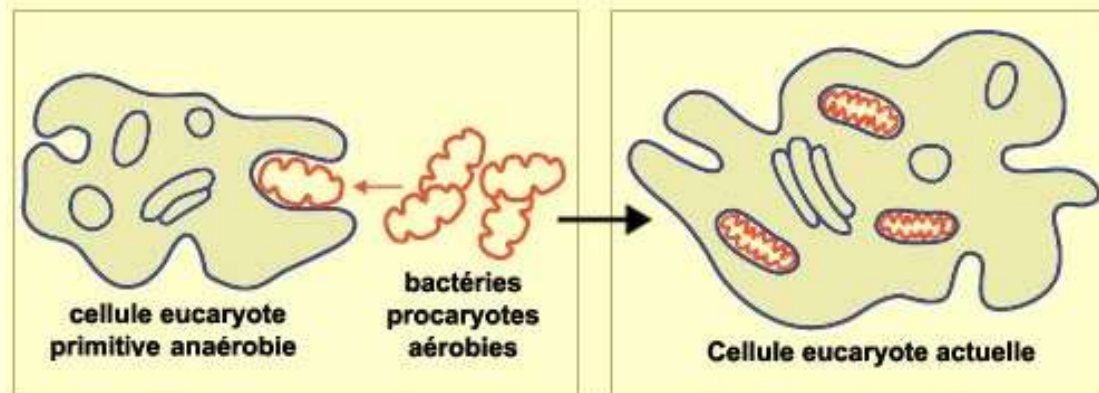
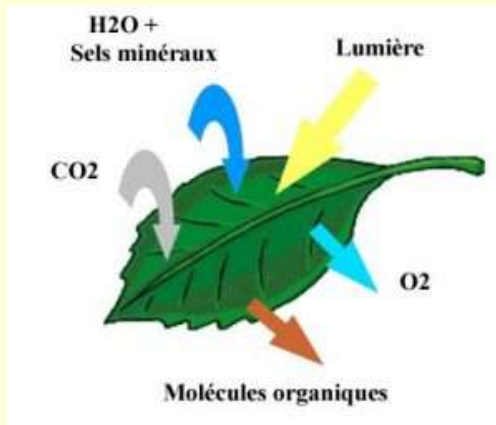
« Pas de mutation à l'origine de la **photosynthèse**  
ou pas relation **symbiotique** cellules eucaryotes - bactéries aérobies  
(qui sont des événements **contingents ou accidentels**),  
pas de neurones si énergivores.  
Pas de neurones, pas de cerveaux.  
Pas de cerveaux, pas d'humains ! »

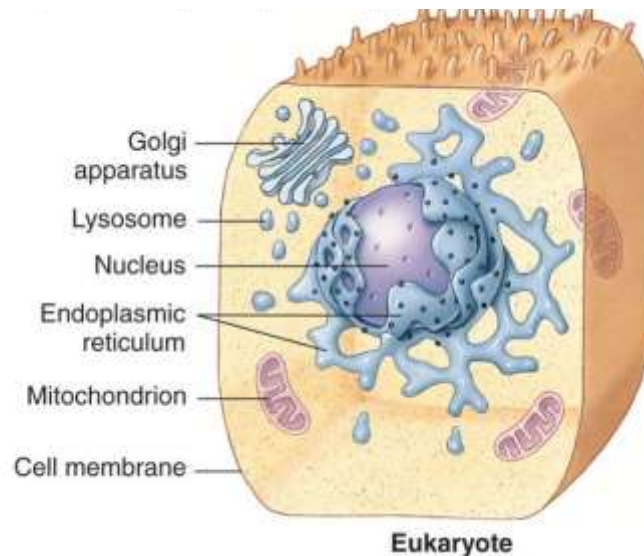
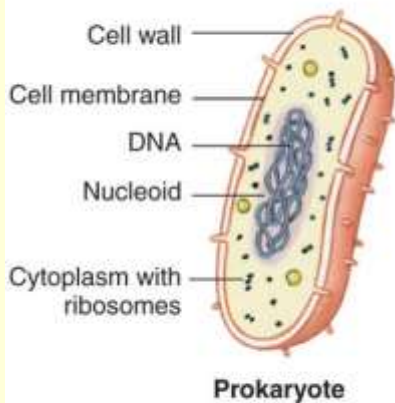
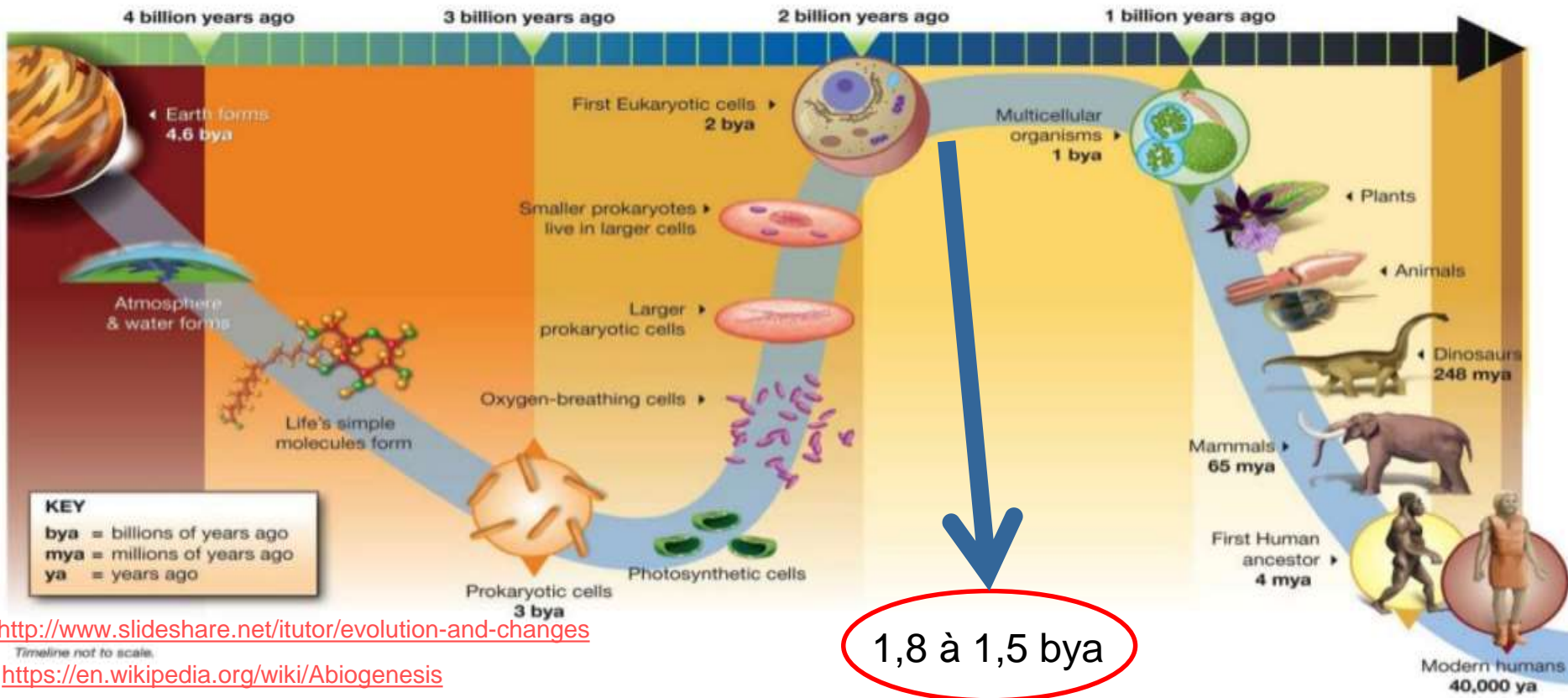
Concept de « **transition majeure de l'évolution** » :

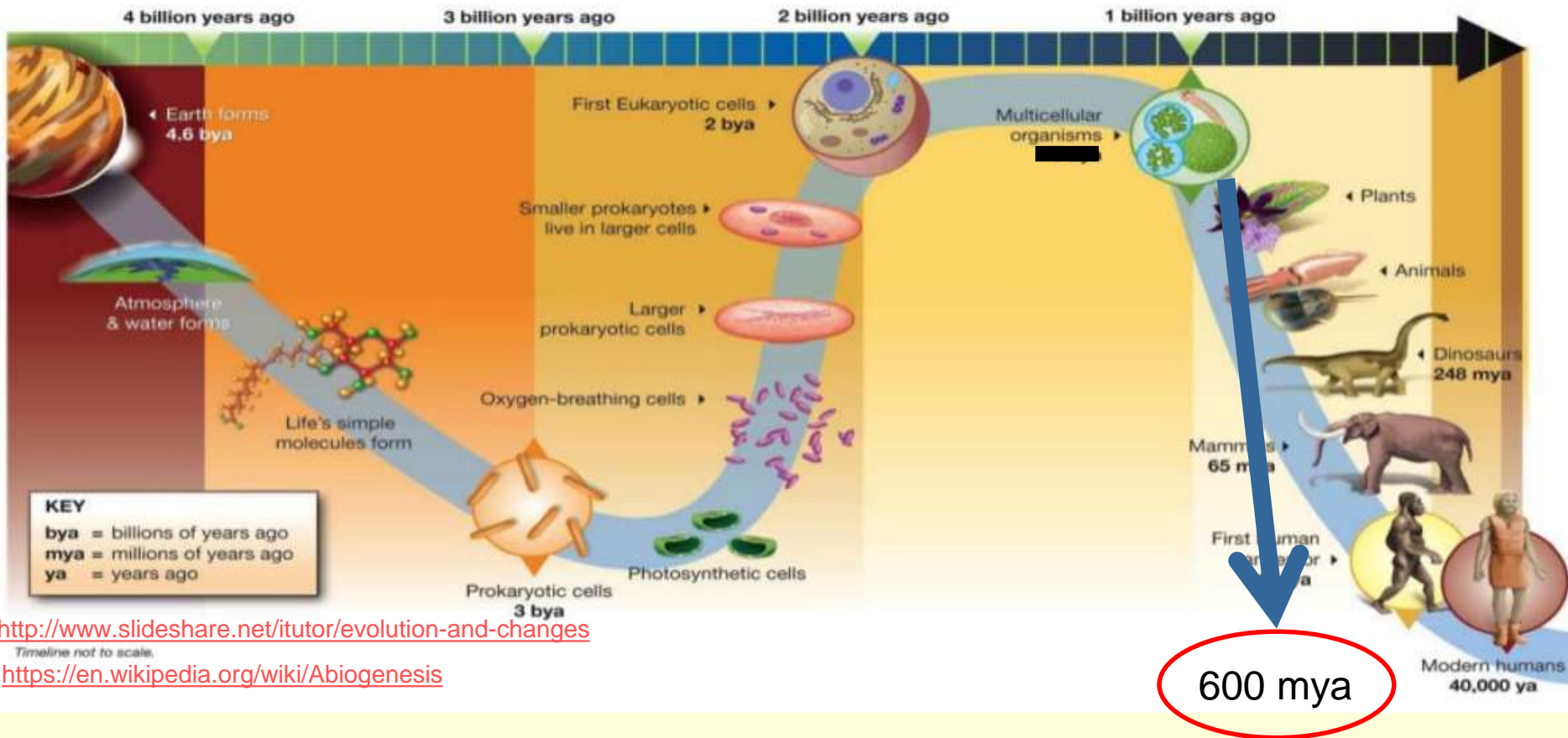
grands moments de notre histoire évolutive se sont bien plus souvent produits par la **coopération** entre les organismes que par la compétition.

What  
Caused  
Life's Major  
Evolutionary  
Transitions?

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



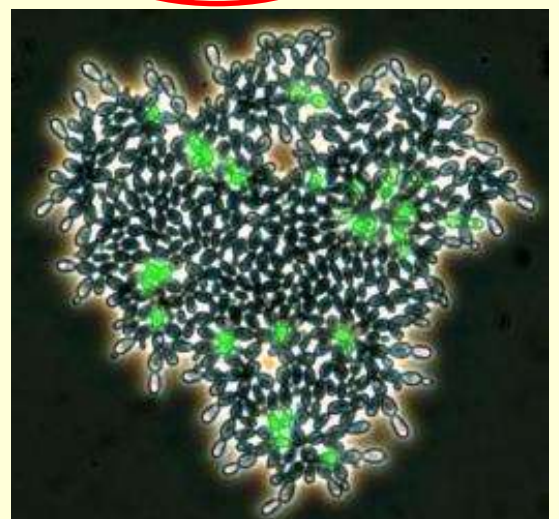


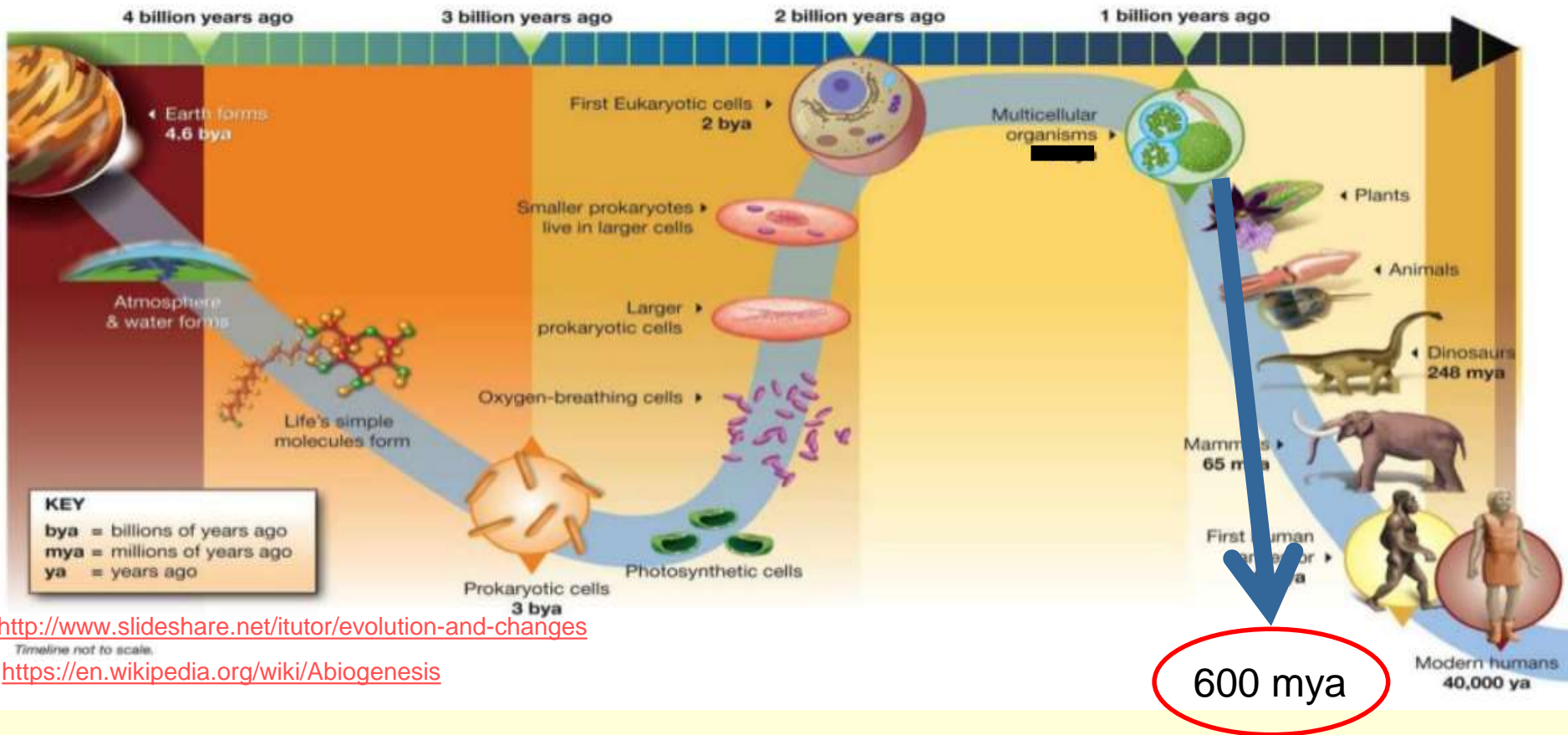


<http://www.slideshare.net/itutor/evolution-and-changes>  
<https://en.wikipedia.org/wiki/Abiogenesis>

L'émergence de la vie **multicellulaire** est attestée dans des roches datées de 2,1 milliards d'années (mais disparaît suite à la « catastrophe de l'oxygène »).

Autre « transition majeure de l'évolution »



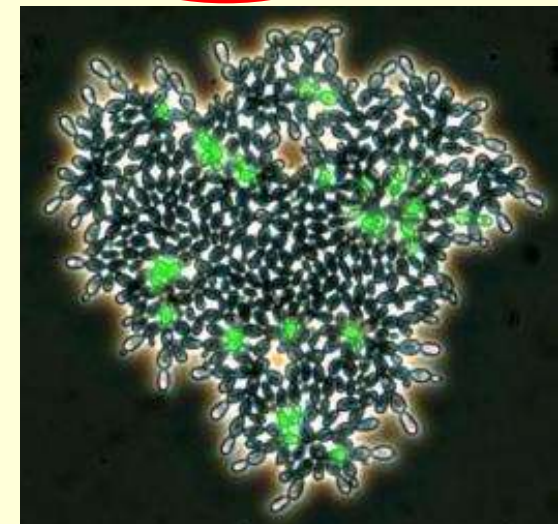


L'émergence de la vie **multicellulaire** est attestée dans des roches datées de 2,1 milliards d'années (mais disparaît suite à la « catastrophe de l'oxygène »).

Elle réapparaît il y a un peu plus de 600 millions d'années.

Des multicellulaires auraient évolué au moins 25 fois à partir d'ancêtres unicellulaires au cours de l'évolution.

[https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89volution\\_de\\_la\\_multicellularit%C3%A9](https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89volution_de_la_multicellularit%C3%A9)



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

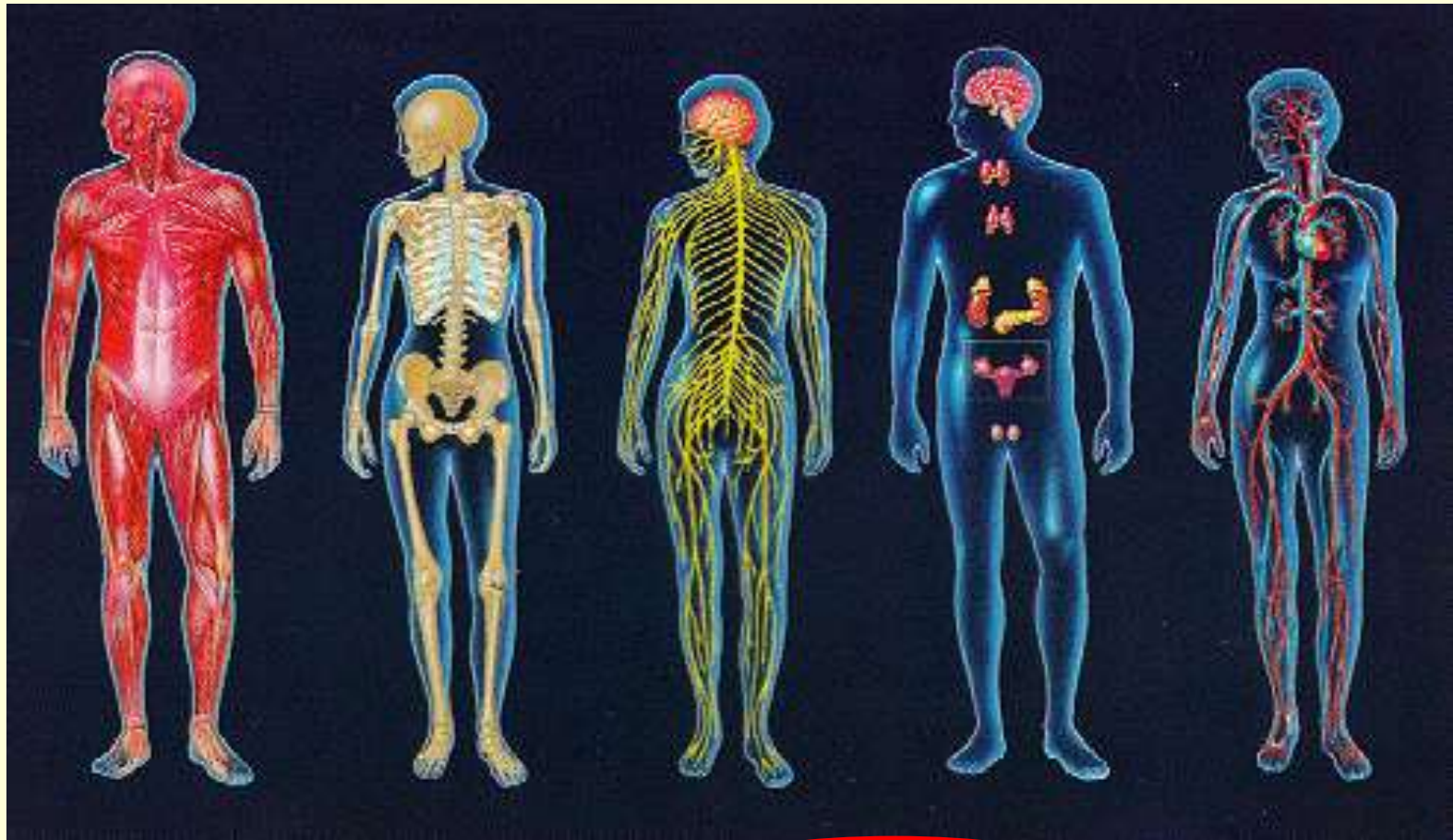


cellule  
du cerveau



cellule  
du foie

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



Musculo-squelettique

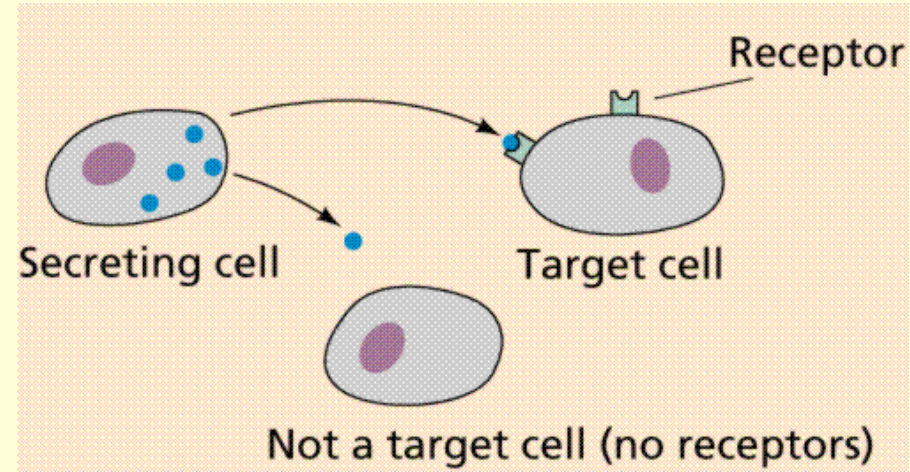
Nerveux

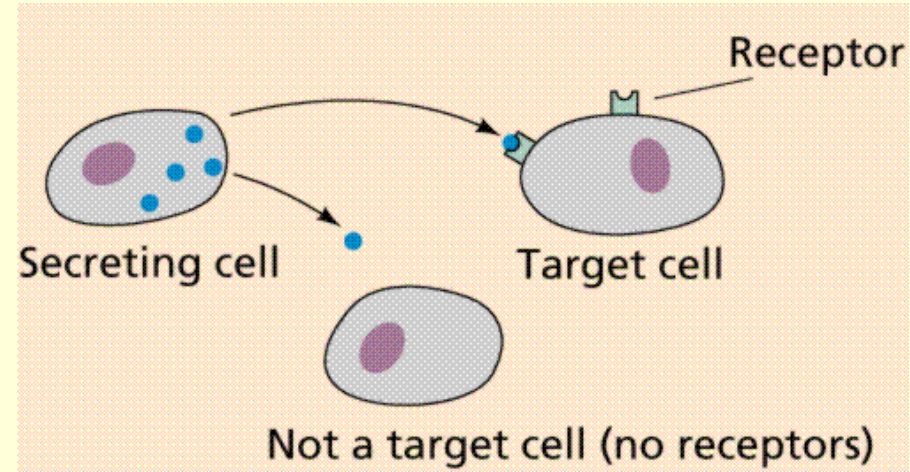
Endocrinien

Circulatoire

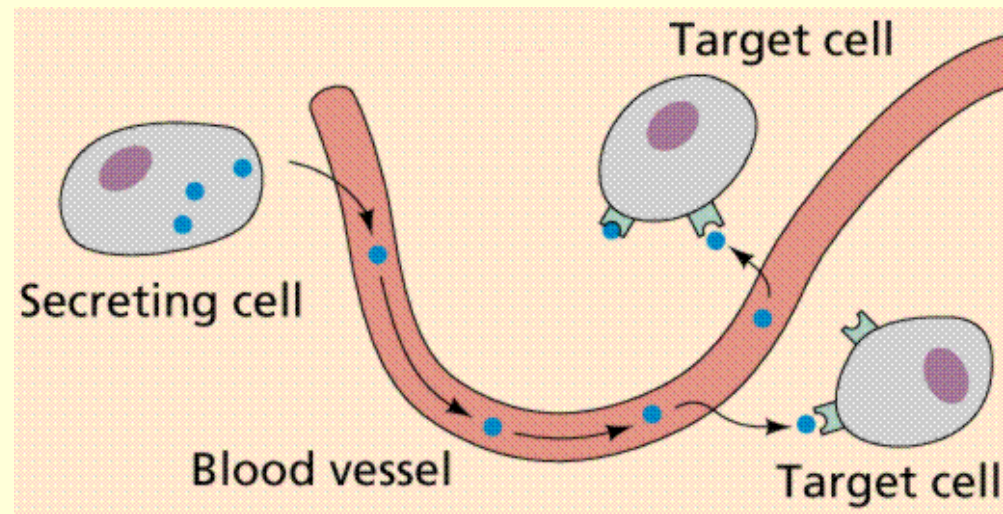


...dont l'origine est très ancienne !

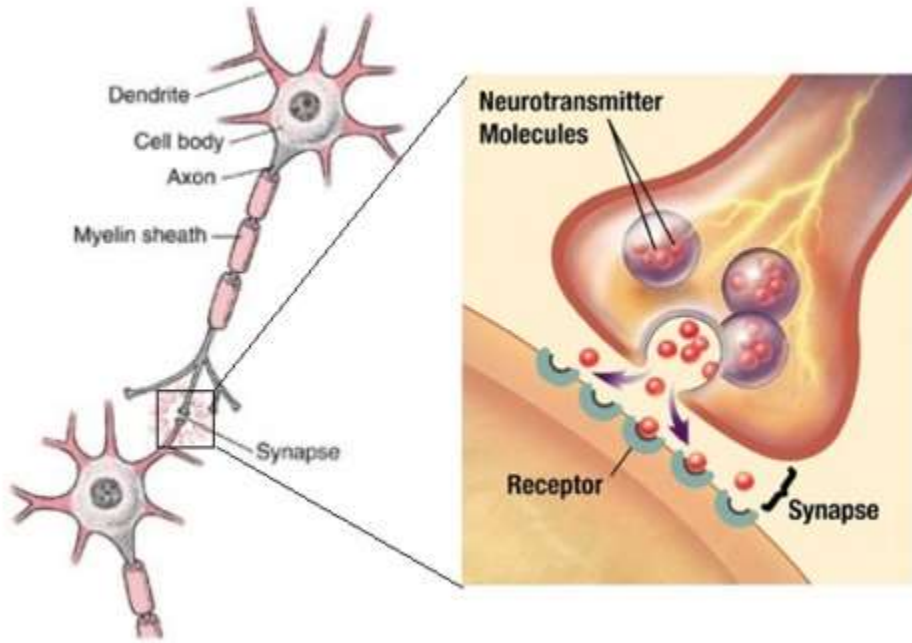




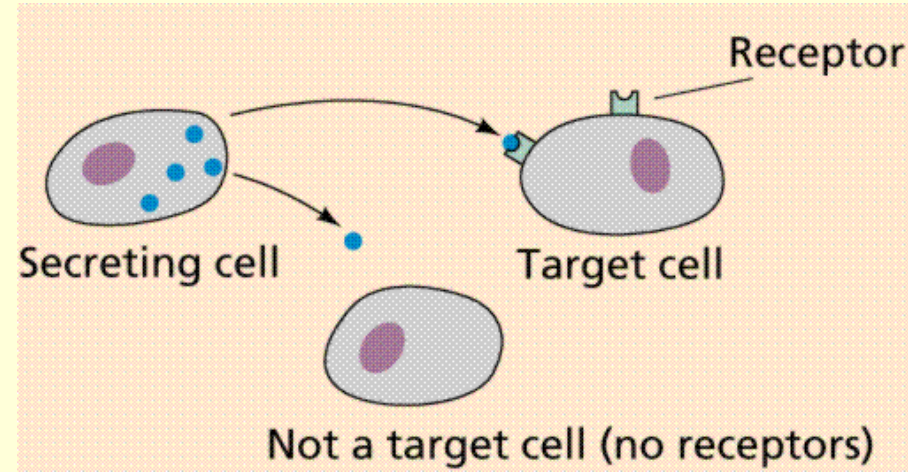
**Hormones !**  
(système endocrinien)



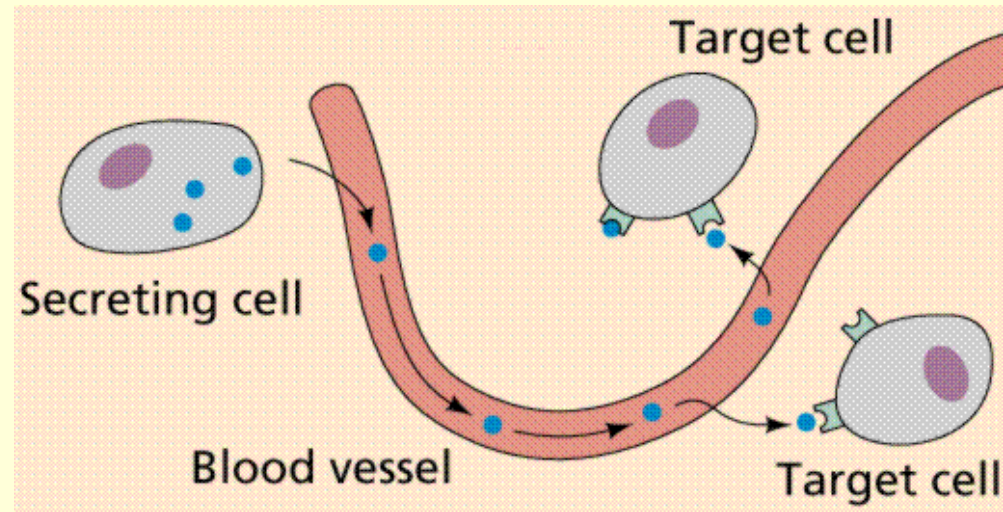




...mais aussi neurotransmetteurs et récepteur des neurones du **système nerveux !**



**Hormones !**  
(système endocrinien)

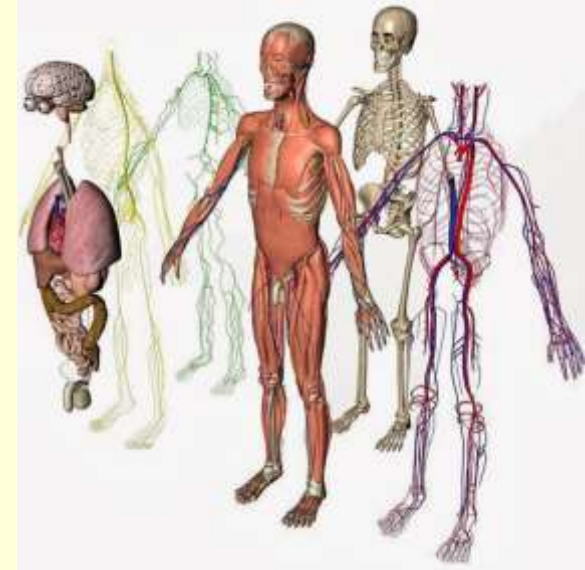


Nos besoins fondamentaux subissent des fluctuations qui oscillent autour d'une valeur optimale vers laquelle les différents systèmes de l'organisme vont tendre à les ramener.

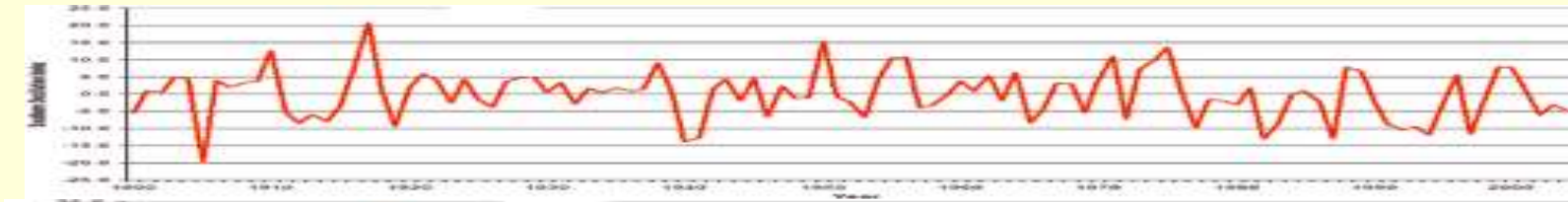
Autrement dit :

**l'autopoïèse** du niveau cellulaire va devenir

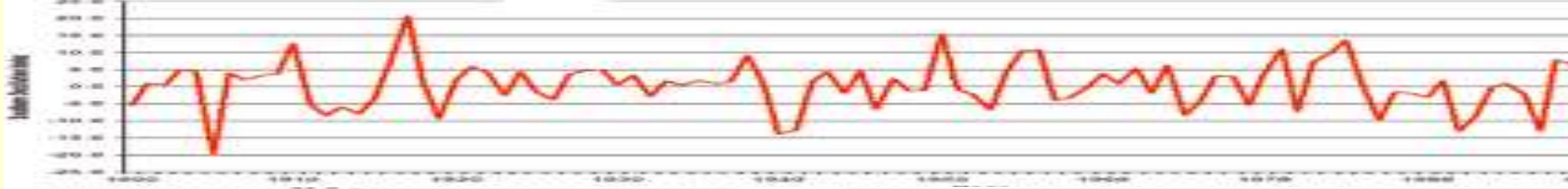
**l'homéostasie** au niveau de l'organisme multicellulaire !



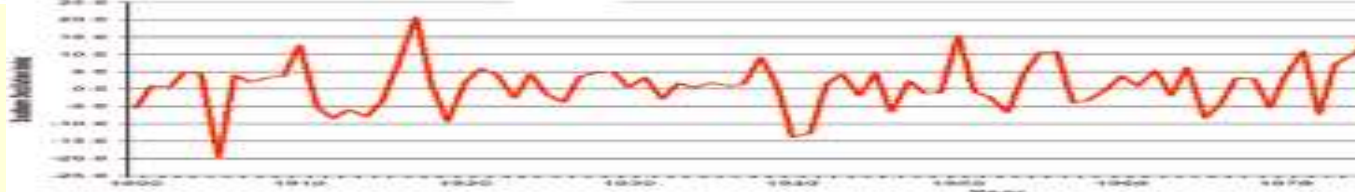
**FAIM**



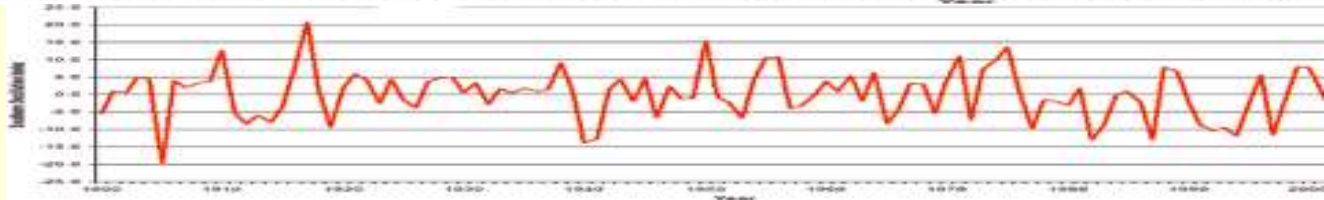
**SOIF**



**TEMPÉRATURE**



**REPRODUCTION**



**Claude BERNARD** (1813-1878), en **1865**, crée le concept de **milieu intérieur** et **d'équilibre** à l'intérieur de celui-ci :

"Tous les mécanismes vitaux, quelques variés qu'ils soient, n'ont toujours qu'un but, celui de maintenir l'unité des conditions de la vie dans le milieu intérieur"

**Walter Bradford CANNON** (1871-1945), forge le mot **homéostasie** à partir des deux mots grecs stasis (état, position) et homolos (égal, semblable à) en **1926**.

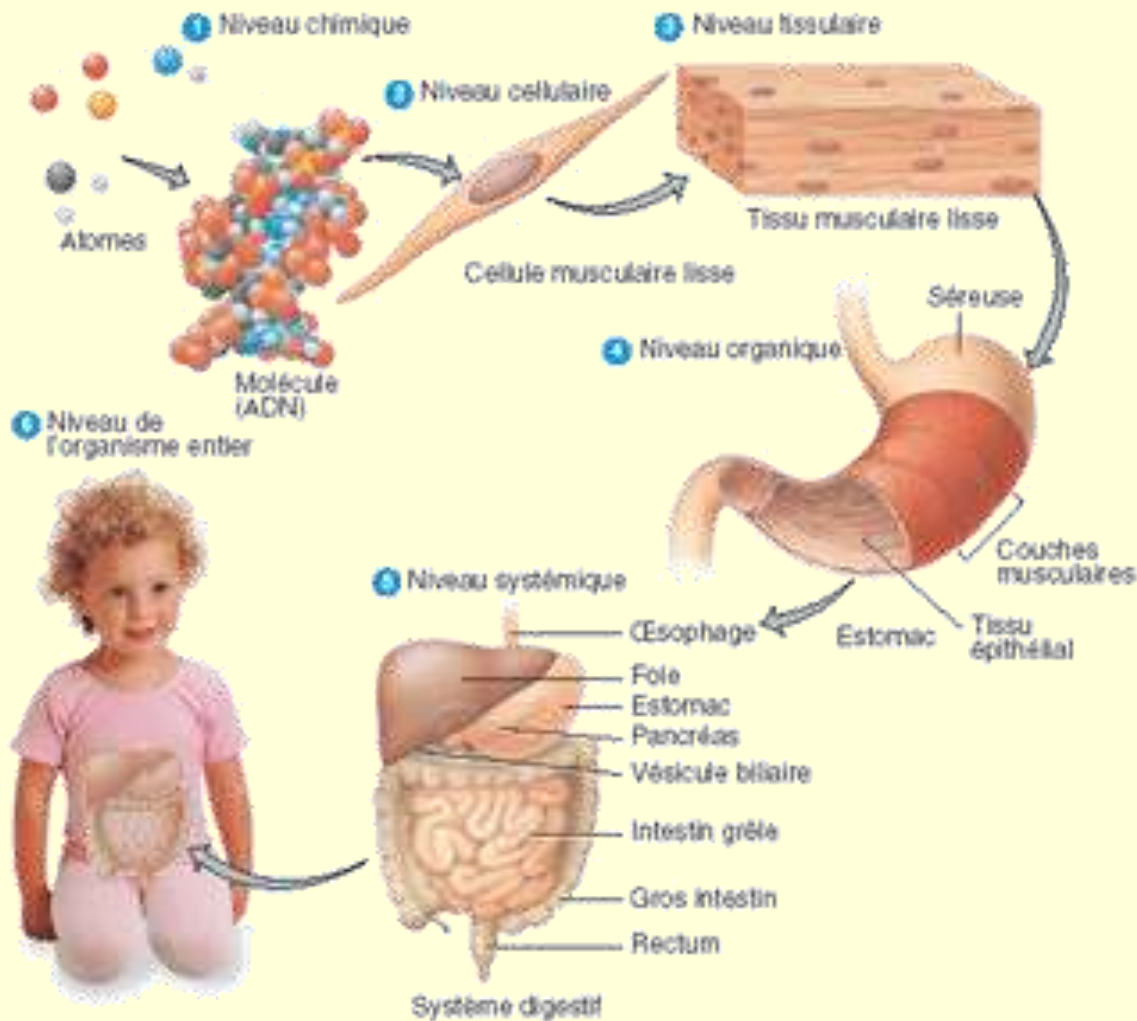
« The physiology of biological systems can be reduced almost entirely to their **homeostasis**. »

- Karl Friston (**2010**)

« Technically, biological systems **revisit the same set of characteristic states** that constitute a *random dynamical attractor*. »

- M. Ramstead, A. Constant, P. Badcock, K. Friston (**2019**)

## Organisation structurale du corps humain (Figure 1.1)

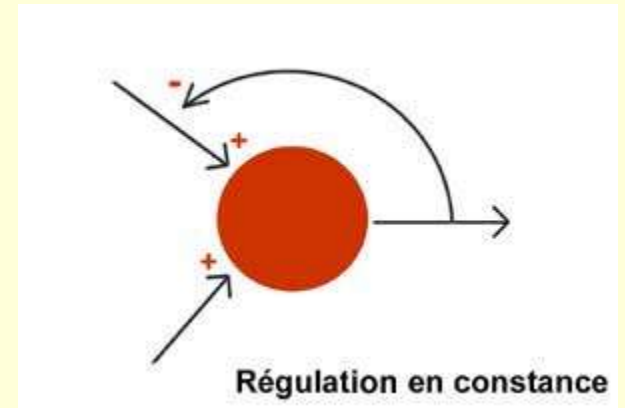
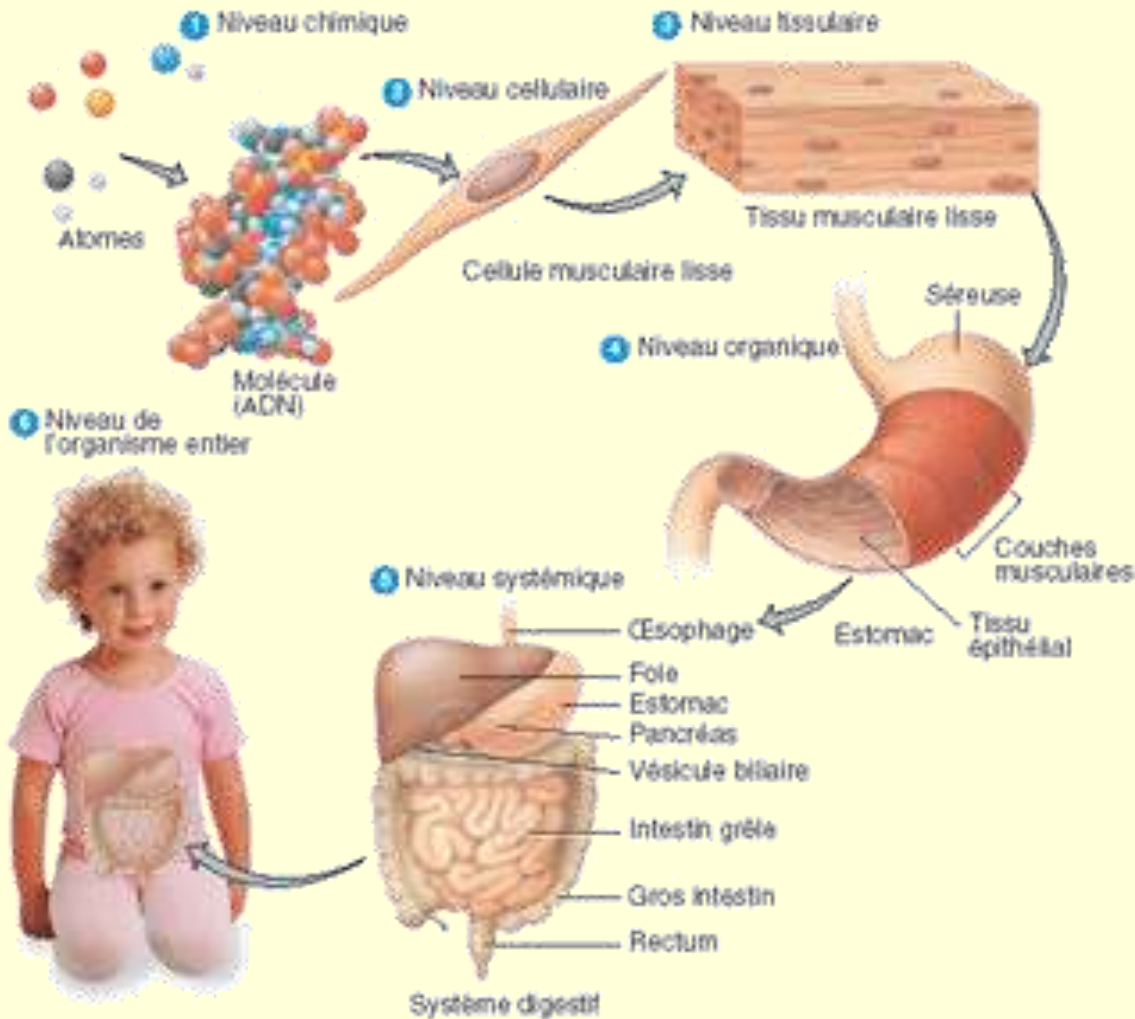


Car dans un organisme, chacun de ces « **niveaux d'organisation** » doit collaborer pour maintenir l'homéostasie de l'ensemble.

Comment ?

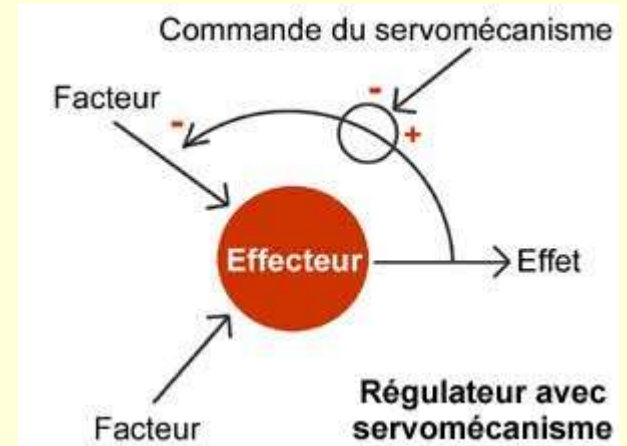
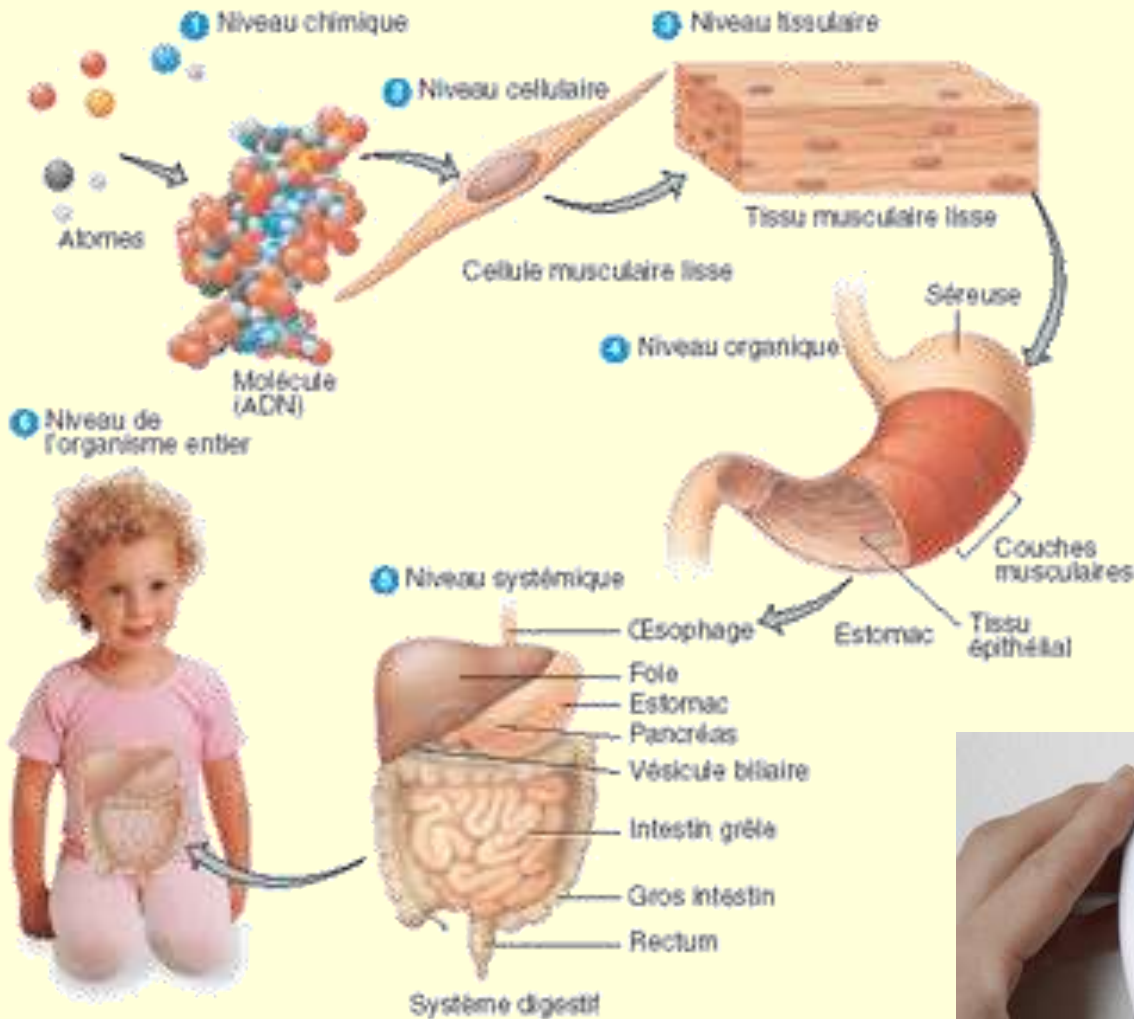
# Par régulation de chaque niveau...

Organisation structurale du corps humain (Figure 1.1)



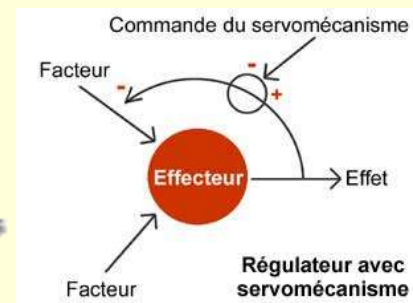
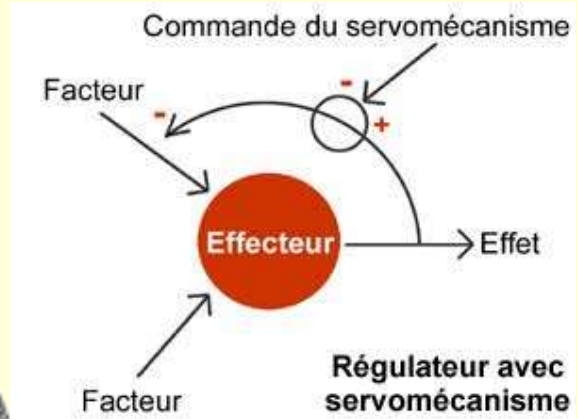
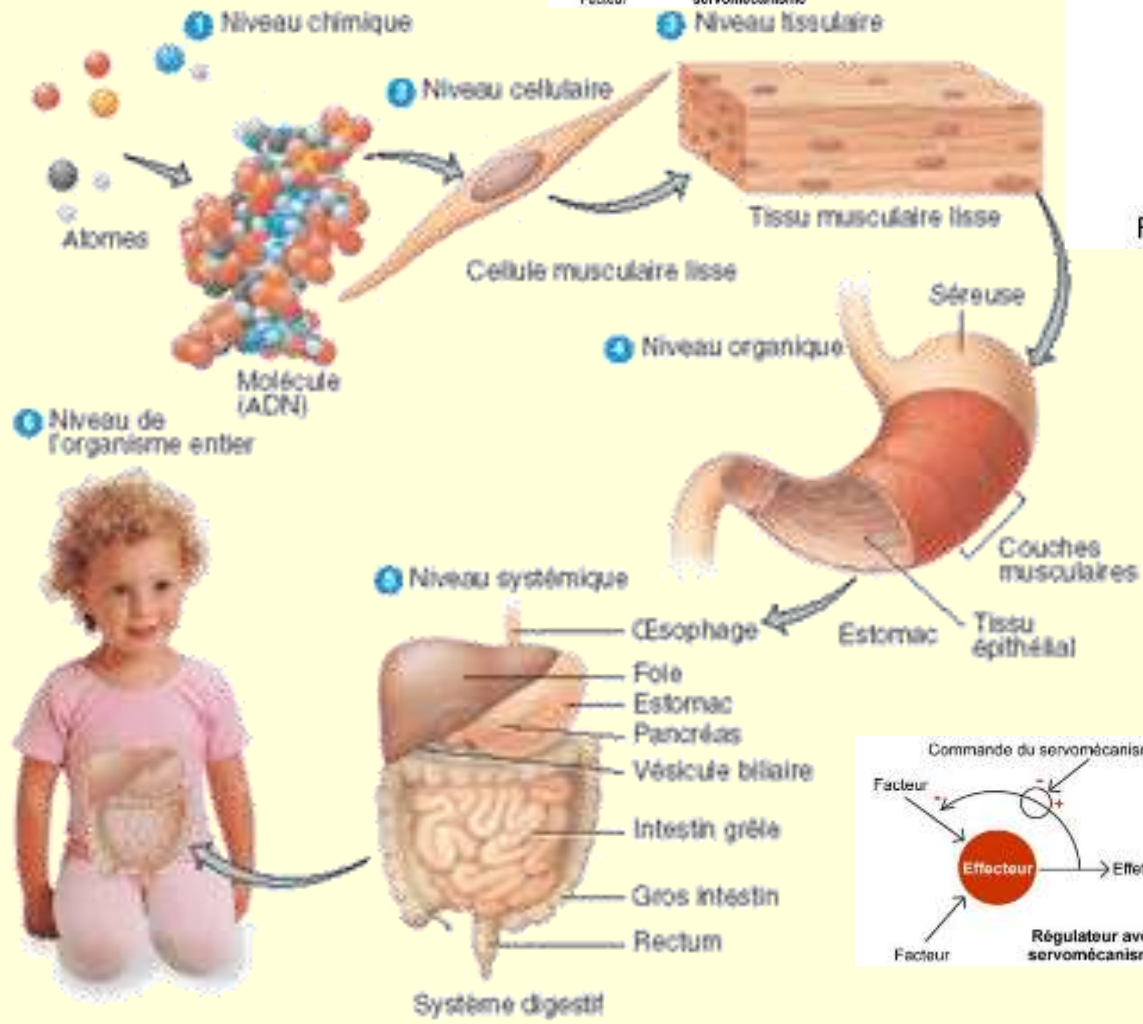
# ...et ajustement constant à la demande du niveau supérieur.

Organisation structurale du corps humain (Figure 1.1)



Organisation structurale du

(Figure 1)



“Active inference destroys free energy gradients at each scale,<sup>3</sup> under the guidance or control of a generative model at the scale above.”

Variational ecology and the physics of sentient systems (2019)

[https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S157106451930003X?fbclid=IwAR34FGTFtRxssviMaQe5TS9zxK5pr2wc3W8P9LZexX8VDKft\\_8VrlqgV6Hw#bfn0030](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S157106451930003X?fbclid=IwAR34FGTFtRxssviMaQe5TS9zxK5pr2wc3W8P9LZexX8VDKft_8VrlqgV6Hw#bfn0030)

# Plan

**Intro** : D'où je viens : le cerveau à tous les niveaux

## **Bloc 1 de 4 : Une perspective évolutive sur les comportements**

Différents niveaux d'organisation et échelles de temps

Reconsidérer les comportements dans le temps long de l'évolution

Qu'est-ce que la vie ?

Métabolisme et physiologie

Les comportements comme boucle de rétroaction et création de significations

Des eucaryotes aux systèmes nerveux et endocriniens

**Niveaux d'organisation, auto-organisation et phénomènes émergents**

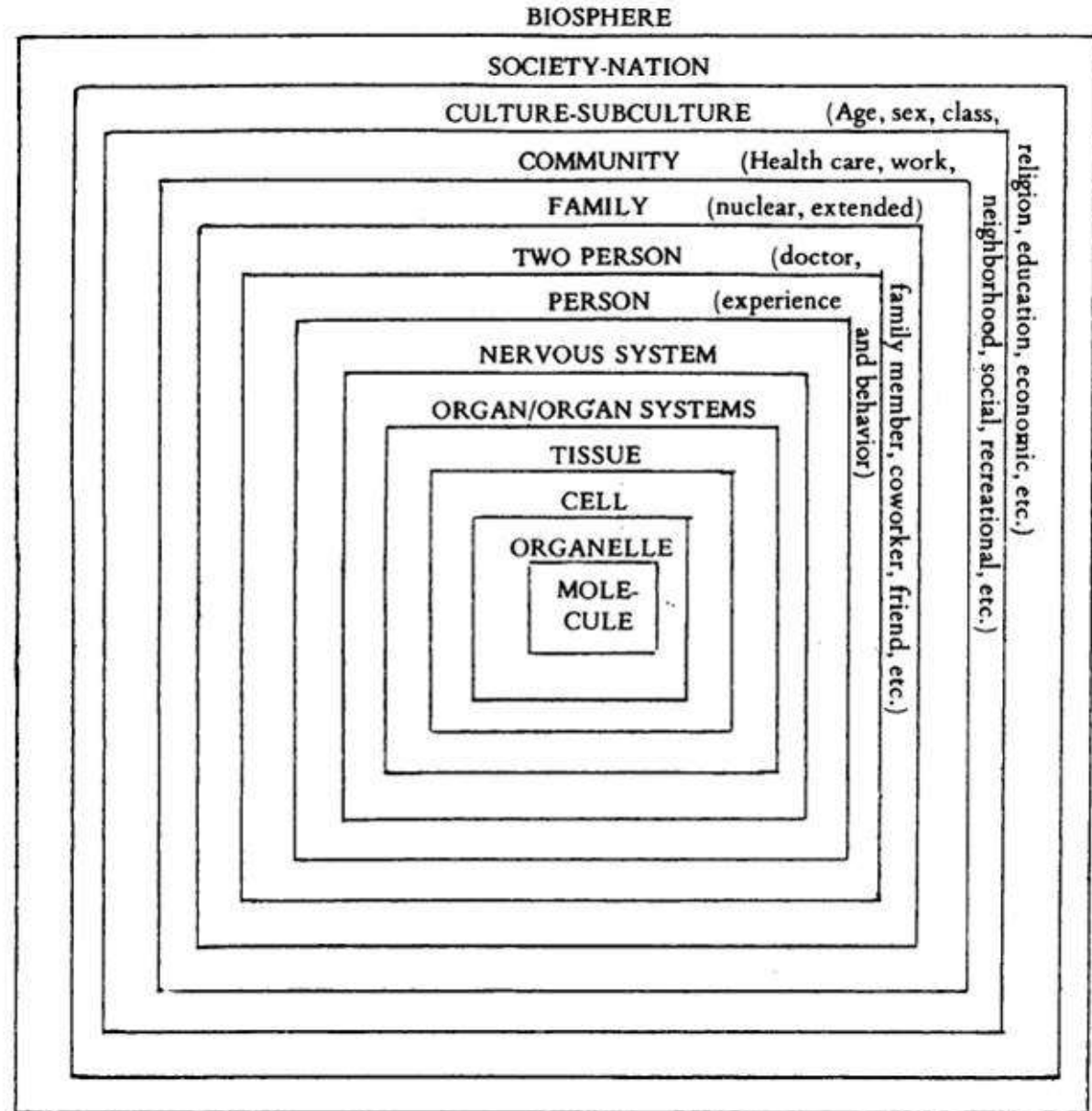


## Petit retour sur les niveaux d'organisation...

Leur **nombre** n'est pas quelque chose d'absolu et varie au gré des auteurs ou du degré de finesse du modèle employé.

George Engel, par exemple, en identifiait près d'une quinzaine.

Et il prônait déjà pour la psychiatrie, dans un article devenu un classique publié en 1977, une approche biopsychosociale qui tenait compte de tous les niveaux d'organisation sous et sus-jacents à l'individu.



## Phénomènes émergents.

Un autre phénomène fondamental inhérent aux niveaux d'organisation est que chacun acquiert, par rapport aux niveaux inférieurs, des propriétés différentes qui sont plus que la simple somme de ses parties. Des propriétés qu'on peut qualifier « **d'émergentes** ».

Il y a un siècle régnait a eu lieu un gros débat sur ce qu'est la vie. Entre la thèse **mécaniste matérialiste** où le vivant ne pouvait s'expliquer que par des lois physiques

et la thèse **vitaliste** qui postulait l'existence de forces mystérieuses comme « l'élan vital »,

leur **troisième voie** admettait que les phénomènes de la vie provenaient uniquement d'entités matérielles, mais qu'ils n'étaient cependant pas réductibles aux propriétés de leurs composants.

Ça voulait dire que l'émergence du vivant était entièrement due à la configuration particulière adoptée par les constituants de niveau inférieur.

Rejeter le **réductionnisme** classique ne remet pas en question l'universalité des lois dans l'Univers, mais ça suppose qu'il peut exister plusieurs types de lois. Des lois spécifiques au domaine considéré, qui ne sont pas dérivables de celles des niveaux inférieurs, mais parfaitement compatibles avec elles.

Quand on pense, par exemple, à tous les phénomènes étranges décrits par la physique quantique, on voit tout de suite que le monde à notre échelle ne suit pas les mêmes règles que celui de l'infiniment petit.

Et donc, qu'il existe une **autonomie partielle de chaque niveau** qui permet de le considérer et de l'étudier pour ce qu'il est, avec les outils et les méthodes d'une discipline qui lui est propre.

Tout ça débouche sur une **conception pluraliste de l'Univers** parce que plusieurs formes d'existence deviennent possibles selon le degré de complexité des systèmes observés.

Autrement dit, que le phénomène d'émergence permet la formation d'entités complexes dans l'Univers, qui constituent autant de « régions différentes » ou de « formes d'existence » qualifiées de physiques, chimiques, biologiques, cognitives ou sociales.

# Plan

**Intro** : D'où je viens : le cerveau à tous les niveaux

## **Bloc 1 de 4 : Une perspective évolutive sur les comportements**

Différents niveaux d'organisation et échelles de temps

Reconsidérer les comportements dans le temps long de l'évolution

Qu'est-ce que la vie ?

Métabolisme et physiologie

Les comportements comme boucle de rétroaction et création de significations

Des eucaryotes aux systèmes nerveux et endocriniens

Niveaux d'organisation, auto-organisation et phénomènes émergents

## **Bloc 2 de 4 : Un cerveau qui ne sert pas à penser mais à agir**

**Le raffinement de nos comportements à travers l'évolution de vertébrés**

Approche et évitement (ou fuite)

Apprentissage et mémoire

L'exploration du milieu et l'exploitation des ressources

Un tournant pragmatique dans la compréhension de nos comportements

Simulations mentales

Affordances

Prise de décision rapide et inconsciente

Spécification et sélection d'actions

D'autres changements de paradigmes en sciences cognitives