

L'épopée de la vie



Philippe Mignotte



Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.

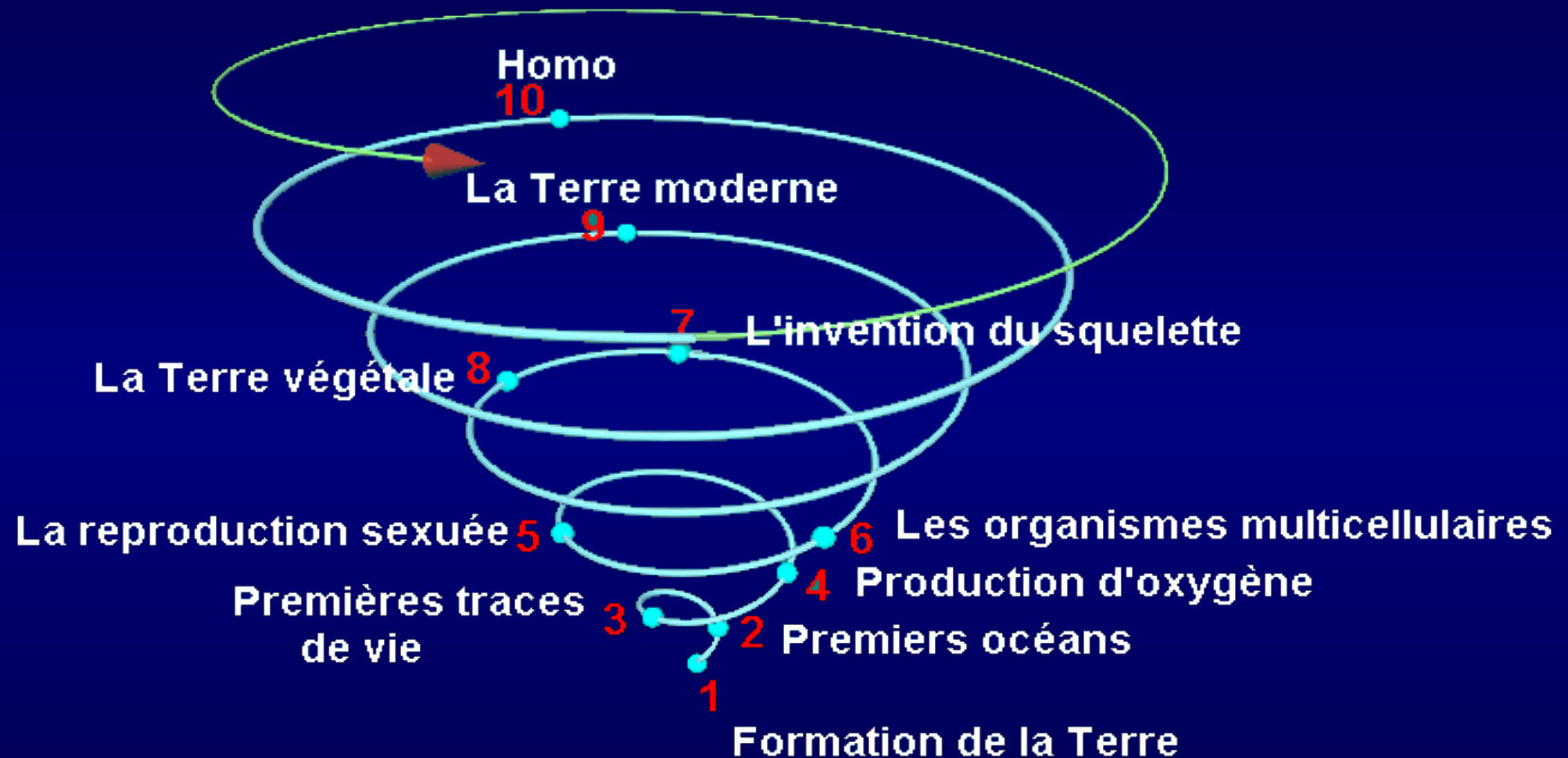
Dans l'état actuel de nos connaissances ...
qui évolueront !

biologie,
paléontologie,
anthropologie,
sociologie.

- environnement,
 - cellules,
 - flore et faune,
 - hommes.



Une histoire en milliards d'années (Ga)



La vie n'apparaît que dans le dernier quart
du passé de l'univers

Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.

Dans l'état actuel de nos connaissances ...
qui évolueront !

biologie,
paléontologie,
anthropologie,
sociologie.

- environnement,
 - cellules,
 - flore et faune,
 - hommes.

Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.



Le Big Bang (13,8 Ga)



Energie => matière

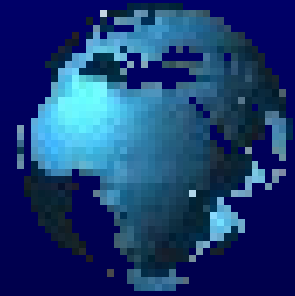
Concentration d'hydrogène

Réaction nucléaire

Implosion d'étoiles

Rassemblement de poussières

Soleil et Terre



Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.

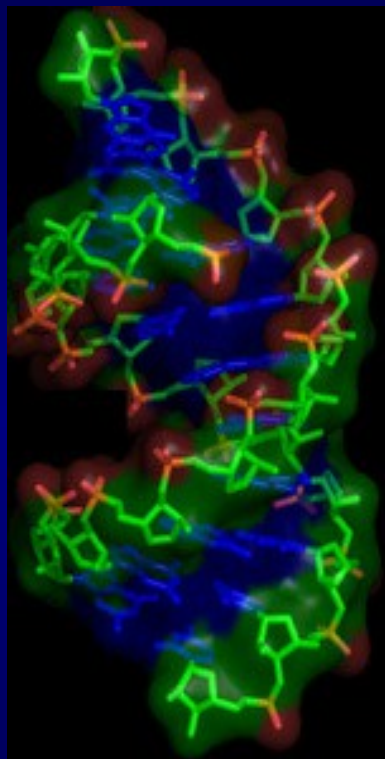


-4,55 Ga : Soleil et Terre

La Terre,
bombardée par des météorites,
est en fusion pendant 100 Ma.
Son atmosphère : CO_2 , H_2O , NH_3 , CH_4 .

Puis la croûte se forme,
des comètes apportent l'eau
(océans et mares).

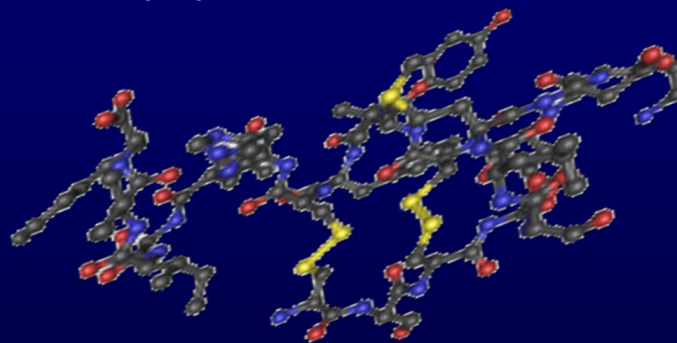




Température modérée + éclairs
+ eaux stagnantes
+ molécules simples
(CO_2 , NH_3 , H_2O , CH_4 , ...)

➔ molécules organiques
(nucléotides, sucres, acides aminés, ...)

➔ molécules complexes
(ARN, peptides, ...)



Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.

Dans l'état actuel de nos connaissances ...
qui évolueront !

biologie,
paléontologie,
anthropologie,
sociologie.

- environnement,
 - cellules,
 - flore et faune,
 - hommes.

Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.

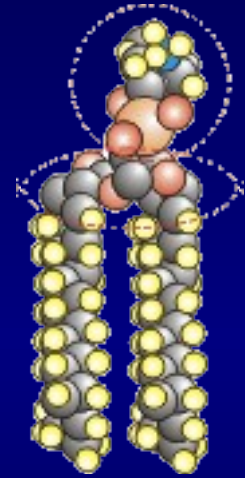


Evolution de la vie : Les conditions vitales

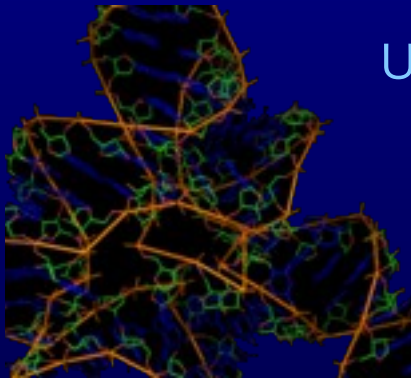
Vie : caractéristiques minimales

- une membrane isolante
- un métabolisme de survie
- une aptitude à se reproduire

Un embryon de membrane : les phospholipides



Un métabolisme : des sucres, ...



Une amorce de reproduction : l'ARN

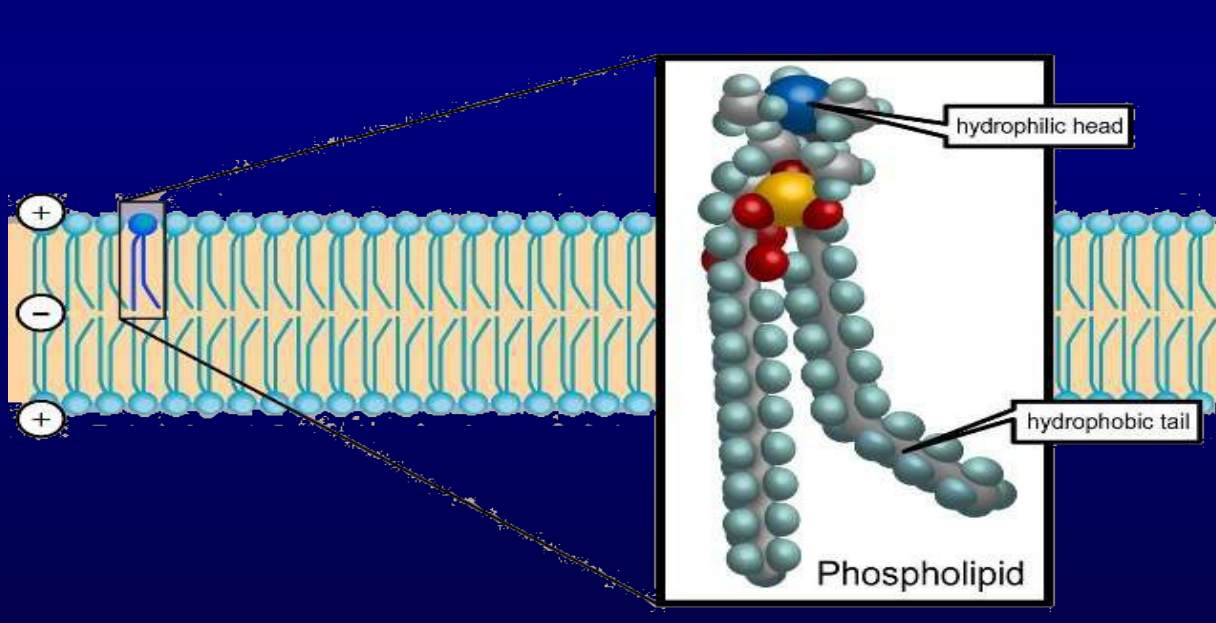
Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.

Evolution de la vie : Les phospholipides

Une extrémité hydrophobe et l'autre hydrophile

➔ Un accouplement selon leurs affinités

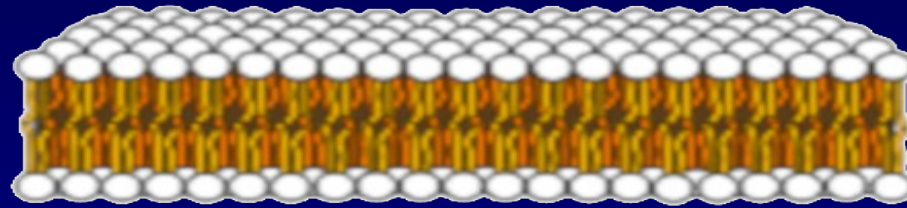
➔ Une membrane s'esquisse



Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.

Evolution de la vie : Des cavités

D'autres formes, selon le même principe :

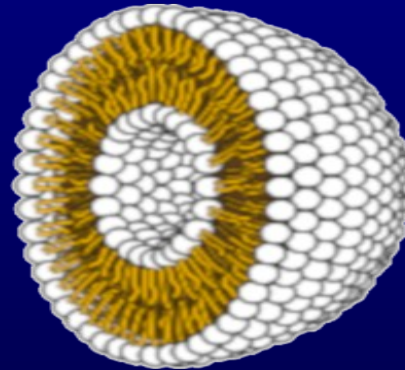


Feuillet



Micelle

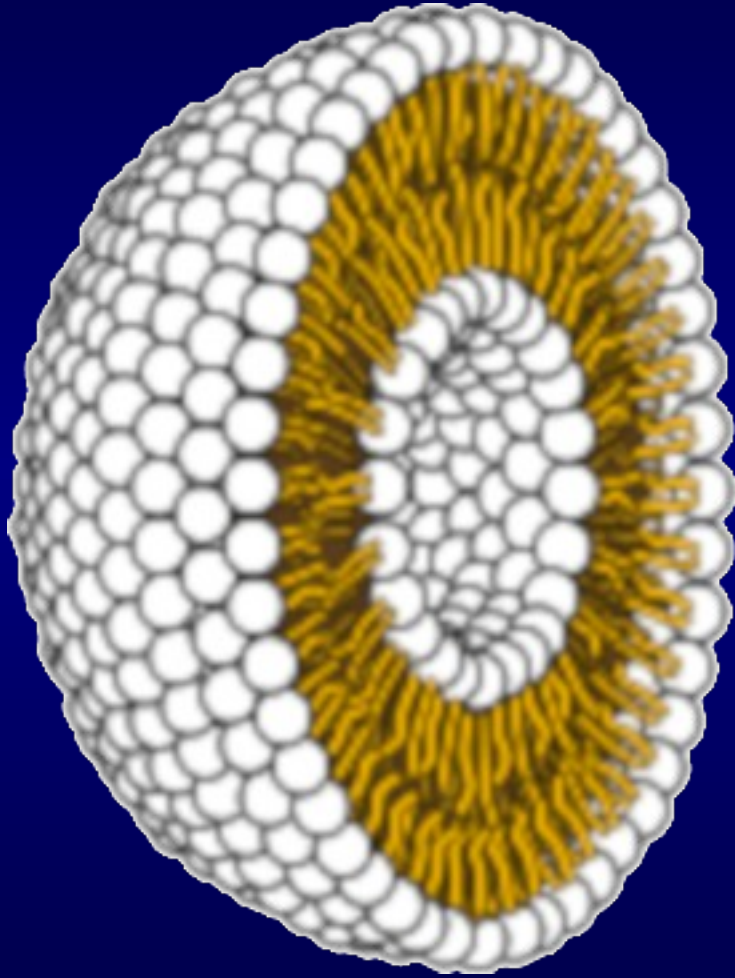
Liposome



Une cavité hydrophile et une autre hydrophobe

Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.

Evolution de la vie : Une protocellule



Des nucléotides et/ou des protides peuvent de glisser dans ces liposomes.

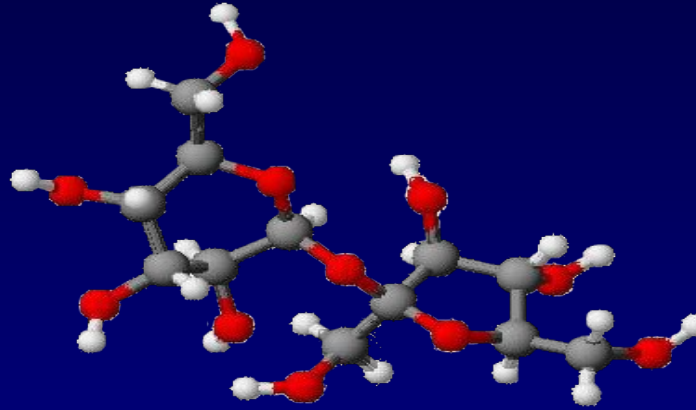
Dans cet espace confiné, ils réagissent en formant des brins d'ARN et des protéines.

Plus grosses, elles sont prisonnières :
une protocellule est née!

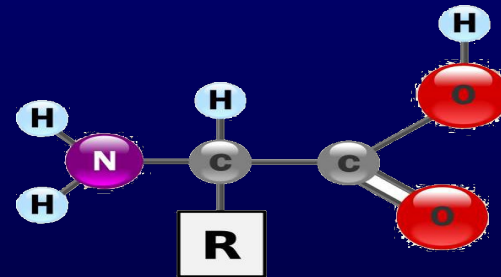


Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.

Evolution de la vie : Un métabolisme



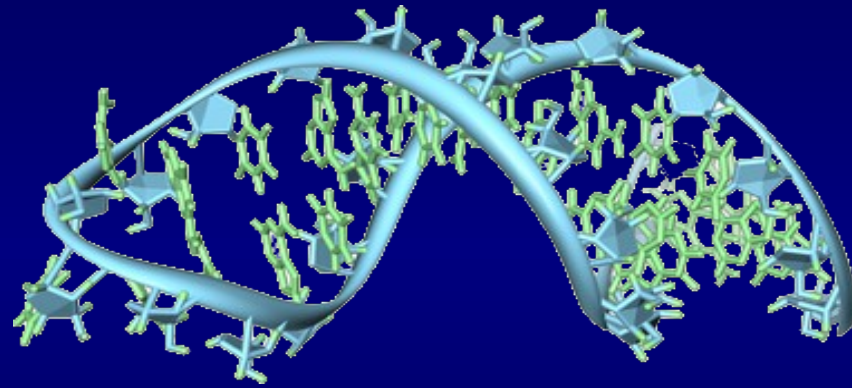
Des polymères captifs, mais des molécules plus petites,
(acides aminés, ATP ou sucres)
peuvent entrer et fournir de l'énergie
sous l'action catalytique d'ARN unis à des protéines



Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.

Evolution de la vie : La reproduction

Au départ, probablement réalisée par l'ARN qui peut générer son complémentaire qui peut régénérer le brin originel.



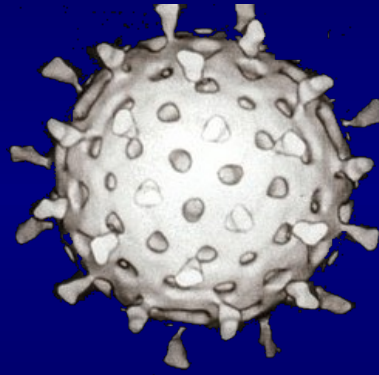
La duplication est possible

Puis l'ADN, plus stable et plus fiable, domine pour la reproduction

Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.



Les virus font partie des acariotes.
Ils sont capables de se reproduire,
mais ils utilisent le métabolisme
d'une cellule qu'ils parasitent



A la limite de l'inerte et du vivant

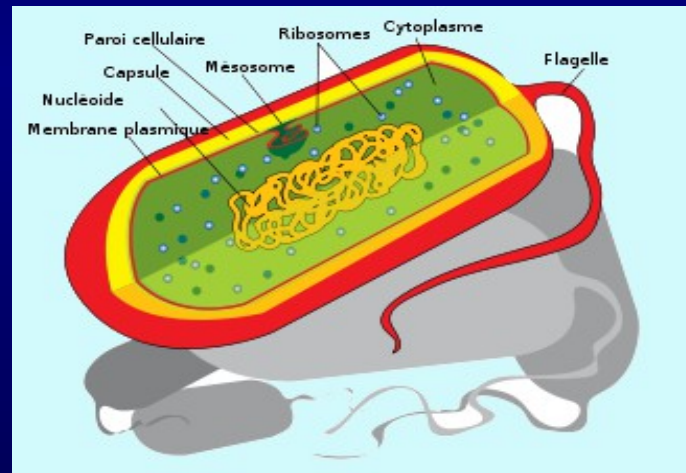
La nature avance continument à petit pas ...

Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.

Evolution de la vie : Les premières cellules

Après les dernières chutes de météorites
qui contrariaient la stabilité de macromolécules, il y a

3,85 milliards d'années :
premières cellules vivantes



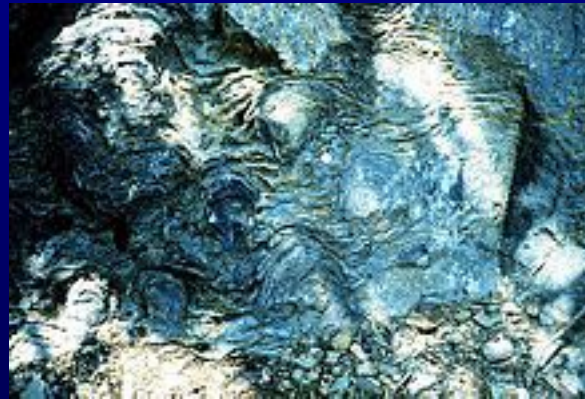
Procaryotes sans noyau
(archées et bactéries)

Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.

Dans une mer chaude et peu profonde
et une atmosphère constituée de $\text{CO}_2 + \text{N}_2$

Un métabolisme spécifique

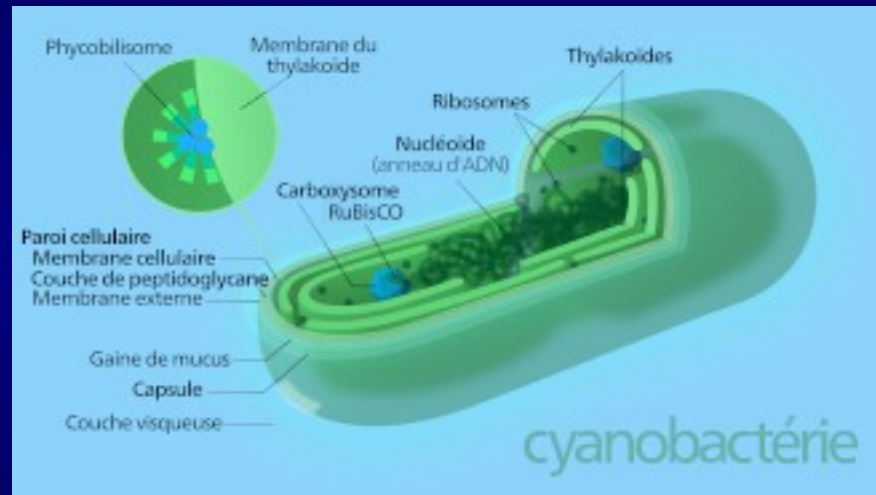
$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{lumière} \Rightarrow \text{O}_2 + \text{CH}_2\text{O} + \text{énergie}$



Stromatolithes (3,5Gan)

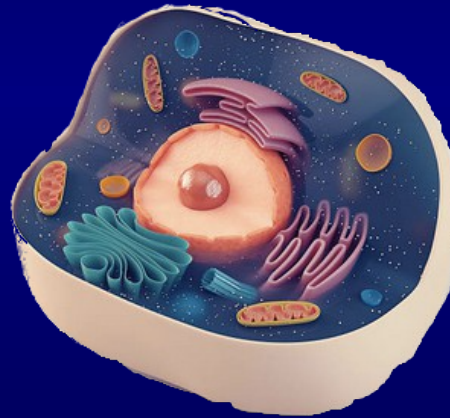
Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.

Seules durant un milliard d'années,
leurs colonies remplacent le gaz carbonique par de l'oxygène
(océans, roches, atmosphère)



La nature, lorsqu'elle a élaborée une structures stable, en
multiplie les espèces
on en compte 20 000 pour les cyanobactéries

Atmosphère enrichie en oxygène :
hécatombe des espèces non tolérantes
et apparition des
Eucaryotes



*une structure plus complexe avec noyau,
nouveaux métabolisme et reproduction*

Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.

Evolution de la vie : Le noyau

Issu de l'absorption de petites procaryotes par une plus grosse, cette combinaison s'est multipliée et diversifiée

Le noyau contient un ADN double chaîne

Reproduction par la
duplication de l'ADN
*32 milliards de paires de
nucléotides pour l'homme*



Guide de la synthèse des
protéines via l'ARN
*Un alphabet à 4 lettres pour coder
22 acides aminés*

Une structure nettement plus complexe

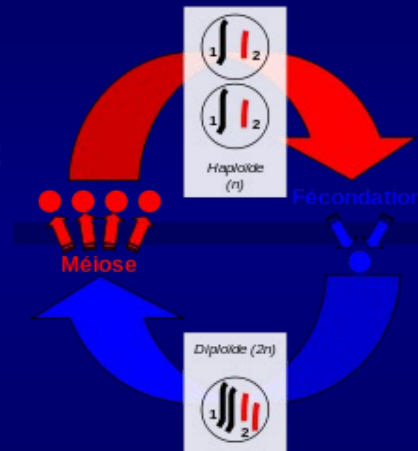


Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.

Evolution de la vie : La reproduction sexuée

Apparue il y a environ 1,5 GA, elle génère, non pas à un clone comme les procaryotes, mais un organisme original et unique.

Une cellule mère se coupe en donnant à chaque fille la moitié de ses ADN double brins



Chaque fille dédouble ses ADN et génère à son tour 2 cellules petites-filles avec la moitié des brins uniques

Des petites-filles issues de grands-parents différents donnent naissance à un organisme génétiquement nouveau

Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.



Evolution de la vie : Le cytoplasme

Ses organites : une zone industrielle !

Mitochondries: centrale à énergie ($O_2 \rightarrow CO_2$)

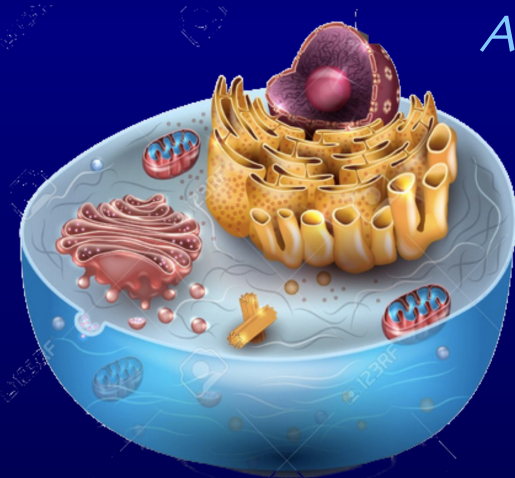
Ribosomes: ateliers de protéines

Appareil de Golgi: emballage et transport

Micro-tubes: régulation

Peroxisomes: nettoyage

Lysosome: éboueurs



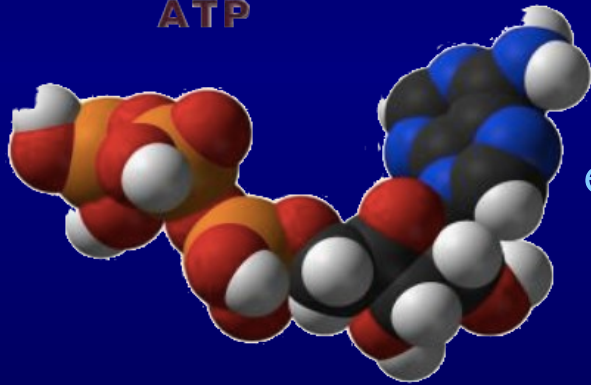
Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.



Une batterie rechargeable !

En présence d'eau, la molécule d'ATP se casse partiellement en ADP en libérant de l'énergie qui peut être utilisée par d'autres molécules en particulier lors des contractions musculaires.

ATP



L'ATP se régénère à partir de l'ADP en utilisant l'énergie provenant d'une autre source : soit la combustion, par O_2 , de sucres ou graisses soit par photosynthèse avec l'énergie de photons

Tout cela se passe dans les mitochondries.



Des milliers de protéines

(muscles, tendons, organes, glandes, ...)
à partir de :



ADN : 4 molécules

Acides aminés : 22 molécules

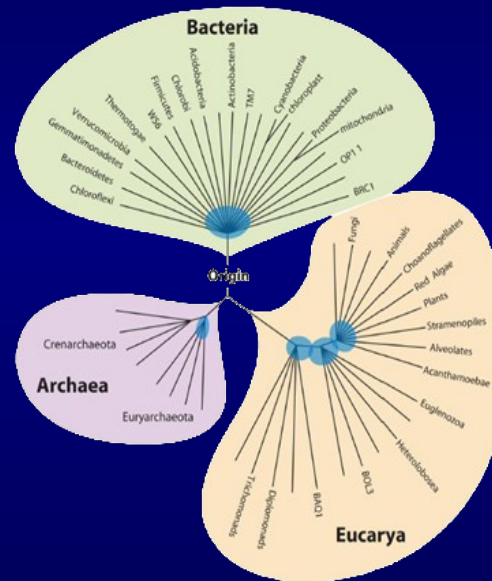


Traduire d'un alphabet à 4 lettres dans un à 20 !

Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.

Evolution de la vie : La différenciation

*A partir des trois souches originelles
(archées, bactéries, eucaryotes)
les cellules se sont différenciées
pour assumer des fonctions variées*



*Un degré supplémentaire de complexité va apparaître
lorsque des cellules vont s'unir entre elles
pour former des organismes.*

Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.



Dans l'état actuel de nos connaissances ...
qui évolueront !

biologie,
paléontologie,
anthropologie,
sociologie.

- environnement,
 - cellules,
 - flore et faune,
 - hommes.



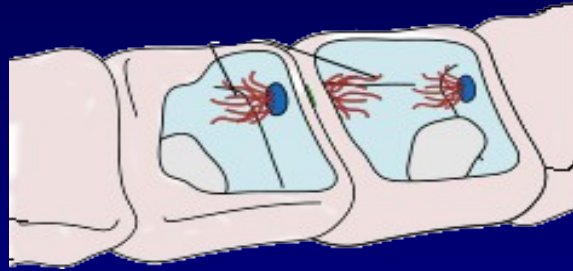
Les organismes multicellulaires
apparaissent ...
± 2 milliards d'années après les premières cellules !



*Depuis, la vie a foisonné, en prenant son temps,
en millions de formes différentes*

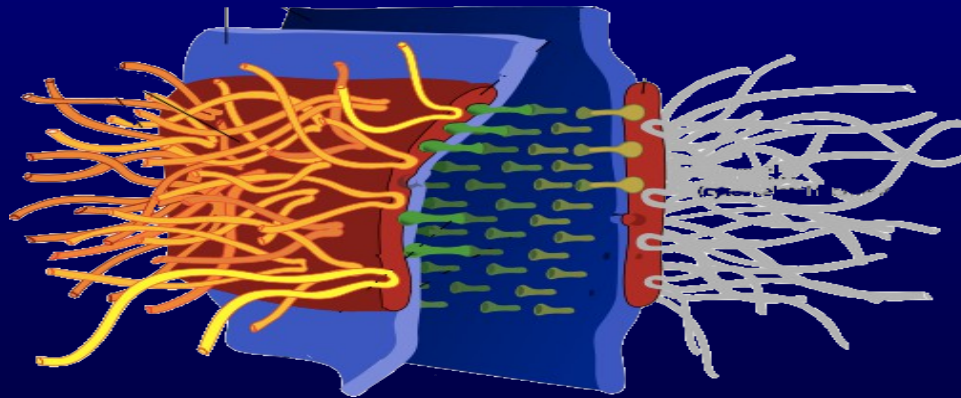
Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.

Deux modes de liens entre des cellules :



Exsudation de macro-molécules adhérentes

Réaction entre molécules de cellules voisines



Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.

Après cinq cents millions d'années de vie solitaire, des eucaryotes s'unissent

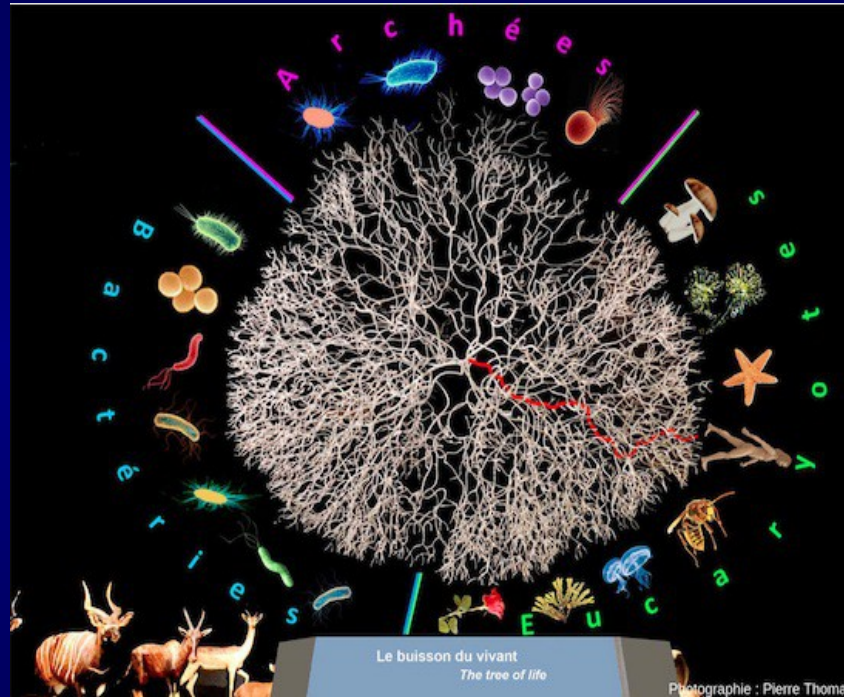
Des traces de tailles et formes variées,
âgés de 2,1GA et capables de se déplacer :
un écosystème marin déjà sophistiqué



Des organismes plus primitifs ont probablement existé,
mais la vie va continuer de se développer en foisonnant.

Evolution de la vie : Le buisson du vivant

Aujourd'hui $\pm$ 8 000 000 d'espèces identifiées
interdépendantes !



L'homme est l'une d'elles ... avec ses spécificités



Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.

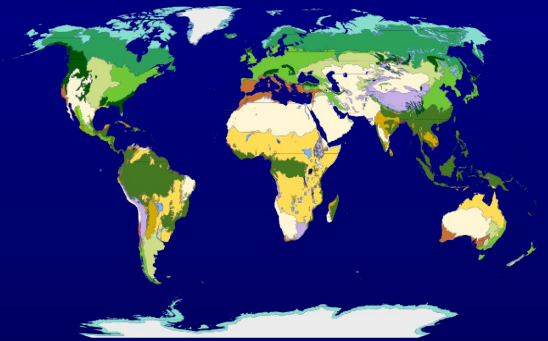
L'environnement climatique

(température et hydrométrie)

➔ le type de sol

➔ la flore compatible

➔ la faune viable



Les variations climatiques suscitent des évolutions
de la flore, puis de la faune

(extinctions et apparitions)

Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.

L'environnement a changé par :

- ➔ la dérive des continents
- ➔ des glaciations ou canicules
- ➔ le niveau des océans



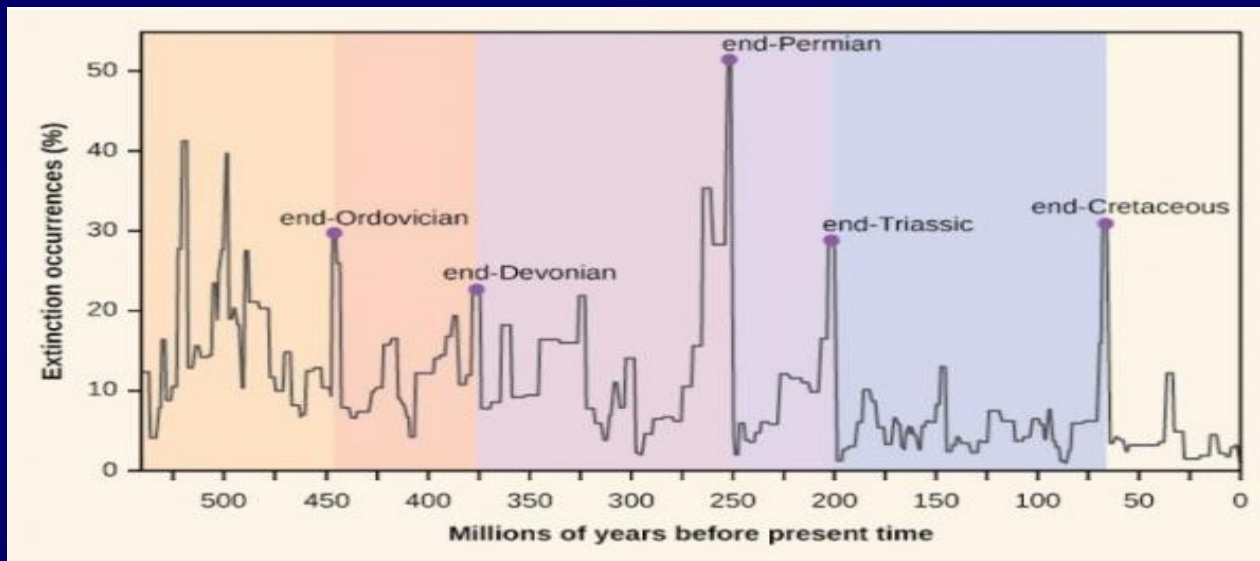
Des extinctions massives en ont résulté

Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.

Evolution de la vie : Les cataclysmes

Les variations climatiques ont provoqué des catastrophes écologiques majeures

70 à 95% des espèces ont disparu, mais une biodiversité nouvelle s'est reconstituée.



La vie n'est pas un long fleuve tranquille !
L'évolution recherche, en continu, son équilibre.



Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.

Evolution de la vie : Les plantes

1600 Ma : algues mono-cyanobactéries

1200 Ma : algues pluri-cellulaires

850 Ma : mousses terrestres

500 Ma : 1^{ères} plantes terrestres

420 Ma : plantes à graines

400 Ma : arbres

140 Ma : plantes à fleurs



Elles contribuent à l'oxygénation de l'atmosphère
et permettent ... les incendies et le charbon.

Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.



Evolution de la vie : La faune

700 Ma : éponges

650 Ma : corps mous

600 Ma : carapace

570 Ma : système nerveux

530 Ma : vertébrés

500 Ma : animaux terrestres

300 Ma : reptiles

225 Ma : mammifères

7 Ma : hominidés



Les variations climatiques entraînent des évolutions de la flore, puis de la faune pour s'adapter.



Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.



Evolution de la vie : Le système nerveux

570 Ma : Premier cordon nerveux

Un fil central dans un ver
Réflexes



500 Ma : Cerveau reptilien primitif

Animaux à sang froid
Sensation

225 Ma : Deux hémisphères

Mammifères à sang chaud
Emotion et rêve



7 Ma : Néocortex développé

Hominidés
Conscience

Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.

Evolution de la vie : La survie

Les animaux à sang froid abandonnent leur ponte aux prédateurs :
pour assurer la survie de l'espèce, ils les multiplient.



Les mammifères à sang chaud nourrissent leurs petits, donc peu
nombreux et vulnérables durant l'élevage.
Les adultes constituent des groupes ... de défense.

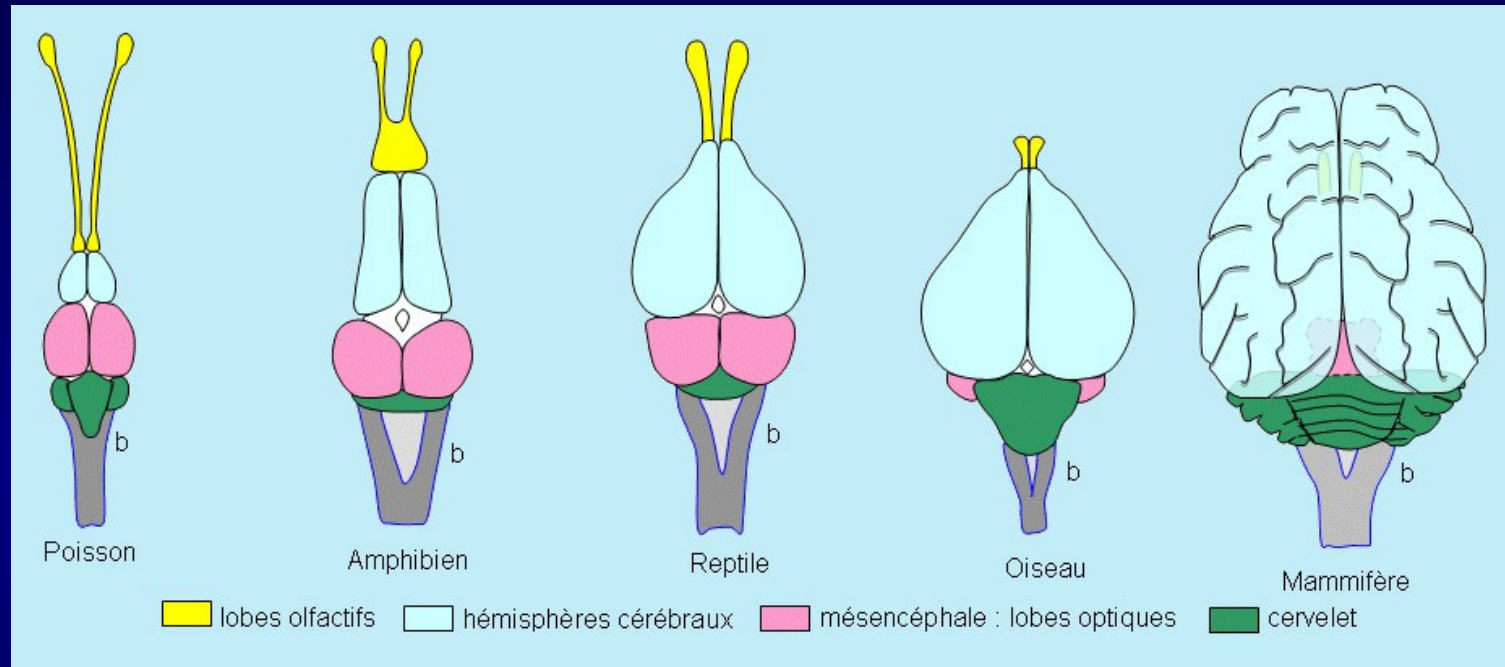


degré plus élevé de complexité => règles de vie en société

La loi de complexité-conscience se confirme.

Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.

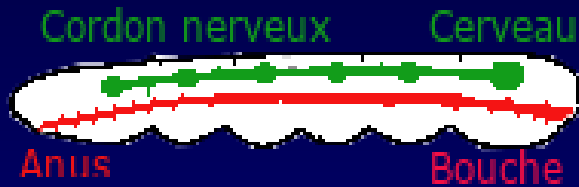
Evolution de la vie : Les mutations du cerveau



La structure du cerveau a beaucoup évolué,
mais par tâtonnements continus et progressifs.

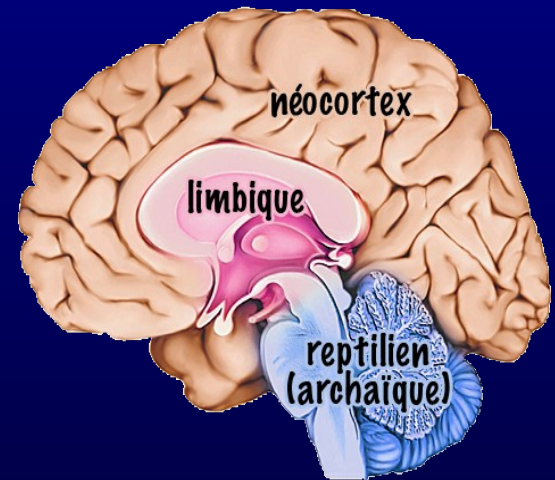
Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.

Evolution de la vie : La gestation



Pendant la gestation du bébé humain, toutes les phases de l'évolution du système nerveux, depuis son origine il y a 550 millions d'années, se retrouvent dans le cerveau de l'homme.

Reptilien = fonctions vitales
Limbique = sentiments
Néocortex = réflexion



Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.



Dans l'état actuel de nos connaissances ...
qui évolueront !

biologie,
paléontologie,
anthropologie,
sociologie.

- environnement,
 - cellules,
 - flore et faune,
 - hommes.



Evolution de la vie : Les hominidés



>50 millions d'années, les primates

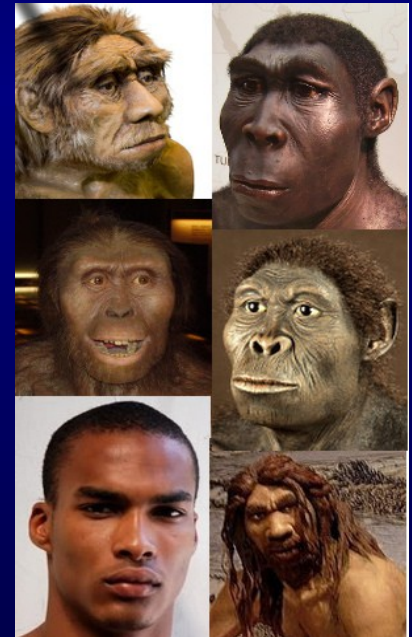
Hominidés : 7 millions d'années

Homos : 2,8 millions d'années

↳ Homo Habilis, ... ,
↳ Homo Erectus, ... ,

Homo Sapiens

200 000 ans !



Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.

Evolution de la vie : Les prédécesseurs



Les primates,
(singes avec ou sans queue)
apparaissent il y a
>50 millions d'années.



Qui est qui ?



Les humanoïdes
se séparent ensuite des orangs-outans, puis des gorilles,
enfin, les chimpanzés
des homos

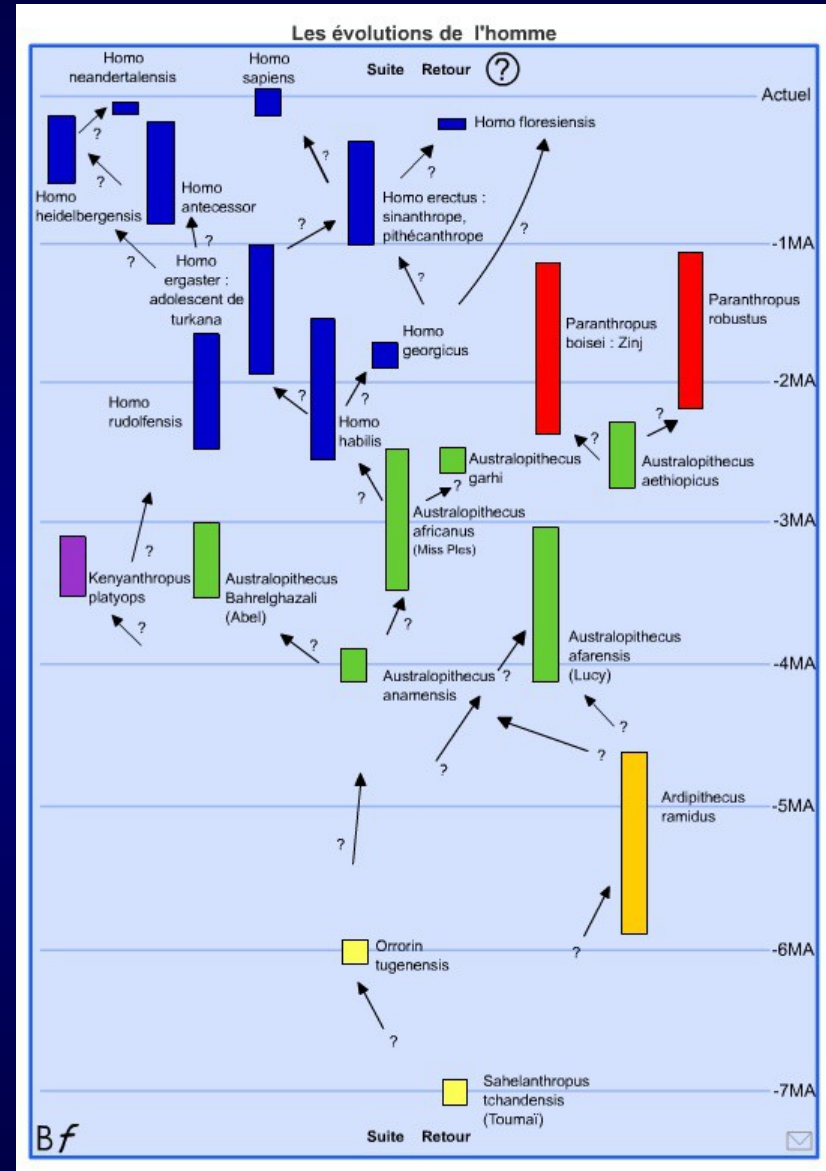


Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.

Evolution de la vie : Les homos

7 millions d'années :
homme de Tourmaï
australopithèques
homo erectus
homo habilis

Il y a 100 000 ans
six types d'homos
cohabitent,
seuls survivent les
sapiens
depuis 200 000 ans



Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.





Homo habilis

apparu en Afrique

utilise des outils

pendant 1 million d'années



Homo erectus

durant 1,5 millions d'années,

a migré vers l'Asie et l'Europe

maitrisait le feu

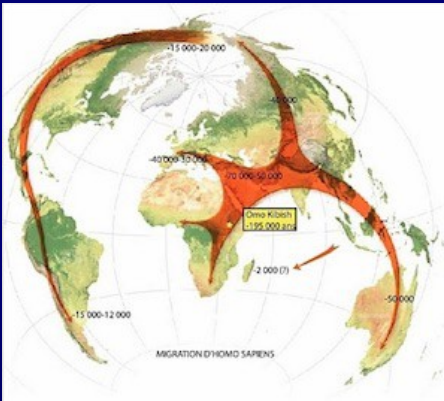
procédait à des enterrements

Evolution de la vie : Les migrations

En Afrique de l'ouest pendant 50 000 ans.

Migrations :

- Europe (cotés est et ouest)
- Amériques (nord)
- Indonésie (à pieds secs)
- Australie (navigation)



Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.



Des populations géographiquement isolées
pendant 100 000 ans.



Une évolution continue :

Des spécificités d'adaptation locale
Des muscles résiduels chez certains
Des bactéries résistantes

.....

La mondialisation va brasser les types



12 000 ans : Agriculture, élevage

6 500 ans : Ecriture

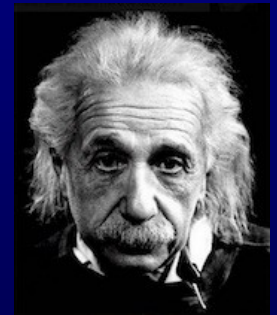
4 000 ans : Métallurgie

1 500 ans : Moyen-Age

800 ans : Renaissance

200 ans : Les Lumières

100 ans : Relativité



Tous les groupes humains isolés ont inventé une culture

- un langage
- des règles morales
- une sensibilité artistique
- des questions existentielles
- des rites divins
- ...



Une caractéristique fondamentale de l'homme ?

そして朝ご飯

Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.

L'homme n'a aucun rival à sa hauteur,
aucun prédateur ne peut limiter son expansion,
seule sa conscience peut lui permet une auto-régulation.

L'éducation fait évoluer les attitudes.

Seule espèce à coloniser toute la Terre :
laisser aux autres des espaces viables ...
sinon risque d'extinction n°6 ?



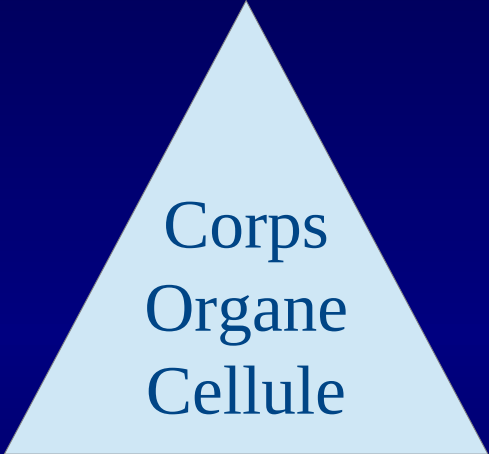
1



Evolution de la vie : L'architecture de la vie

Une cellule prélevée de notre corps et placée dans un milieu nutritif idoine, va prospérer :
elle continue de vivre
indépendamment de nous ...

Un organe, prélevée sur un vivant,
puis greffé sur un tiers :
les deux continuent de vivre ...



Corps
Organe
Cellule

Qu'est-ce qu'un homme vivant ?

Un échafaudage, peu stable, d'éléments autonomes,
mais avec des propriétés propres à l'ensemble ...

Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.



Evolution de la vie : Le corps



Un humain adulte (70kg) :
38 000 milliards
de cellules dont les interactions
sont pilotées par le système nerveux
(cerveau : 20 G de neurones dont chacun est connecté à 10 000 voisins)
tout cela à partir de 4 particules pilotées par 4 forces !

Il n'est pas vraiment surprenant
que le château de carte
finisse par s'écrouler ...

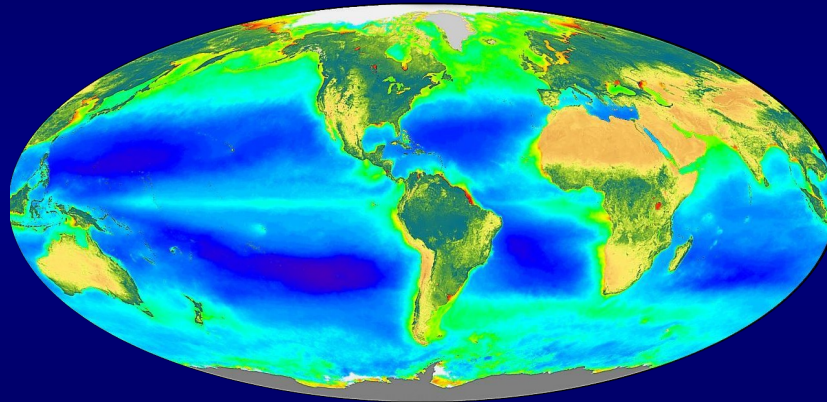


Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.

Evolution de la vie : Biosphère et noosphère

La vie n'occupe qu'une mince épaisseur sur la Terre
(de quelques kms dans les océans à quelques kms dans l'atmosphère)

La biosphère



Le sapiens ne perdure que sur une pellicule très mince

La noosphère

Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.

Lors d'une mort naturelle
l'architecture générale n'est pas, sensiblement, modifiée.

C'est le fonctionnement global qui s'est arrêté,
mais au niveau des organes ou cellules,
les ressources locales continuent à être consommées.

Ce n'est qu'ensuite que l'agrégat des molécules,
assemblées par les lois de la physique, se désagrège.

A quel moment un être vivant meurt-il?



Evolution de la vie : L'homme complexe

Crâne
Liberté
Nudité
Cerveau
Réflexion
Langage
Conscience
Concepts
Bipède
Emotion
Solitude
Désarmé
Sentiment
Morale
Amour
Long terme
Spiritualité
Raisonnement
Liberté
Prédateur
Sans rival
Culture

Comment le définir ?

Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.



Evolution de la vie : La pensée

Un néo-cortex :

plus volumineux

plus de circonvolutions

plus de zones spécialisées

plus de connexions



des réactions analogues à d'autres primates

émotions, communication (gestes et sons),

des différences surgies d'une complexité plus grande

à un degré supérieur : langage, vie sociale, ...

des capacités nouvelles : réflexion, spiritualité

Le sapiens : une différence de degré et/ou de nature ?



Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.

Evolution de la vie : L'intelligence artificielle

La complexité des équipements et logiciels qui permettent

l'intelligence artificielle

est très inférieure à celle du cerveau animal



L'informatique n'est que ponctuellement supérieure au cerveau
(automatisme, vitesse de calcul)
... qui sait mettre ces avantages à son service.

Ne pas en attendre une émergence nouvelle



Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.

Une complexité supplémentaire :
l'intelligence collective
avec le défi de
la régulation mondiale



Une nouvelle propriété va-t-elle en résulter ?

Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.

Des assemblages de matière
de plus en plus complexes
de plus en plus improbables

Des propriétés nouvelles

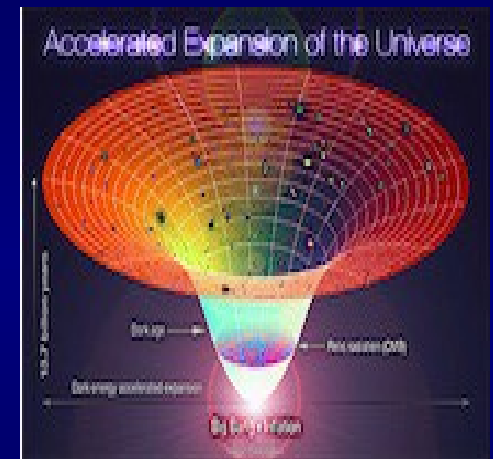
- reproduction
 - mobilité
 - sensibilité
 - conscience
 - spiritualité
- E
V
O
L
U
T
I
O
N

Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.

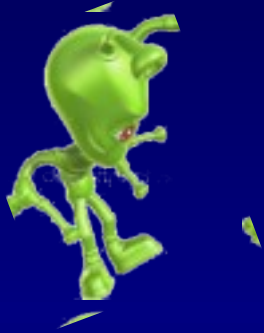


L'homínisation
a signé le passé de la vie

Son humanisation
est-il son futur ?



Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.



Une étoile primaire

Une nébuleuse

Notre Soleil

Notre Terre

Une cellule

Les végétaux

Les animaux

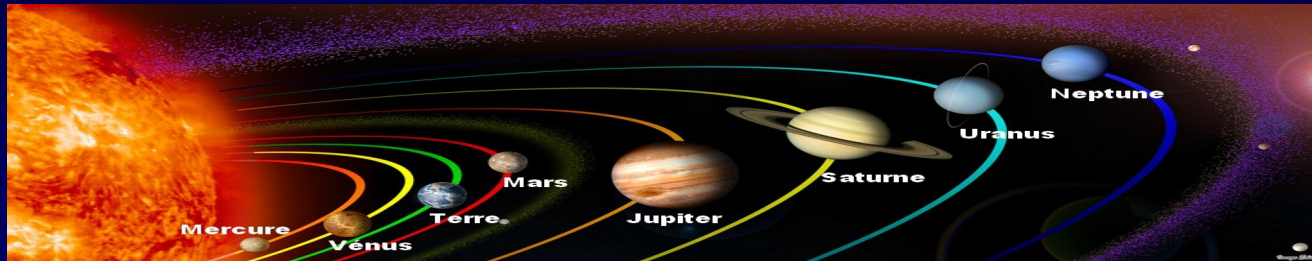
Les homos

Ailleurs aussi?

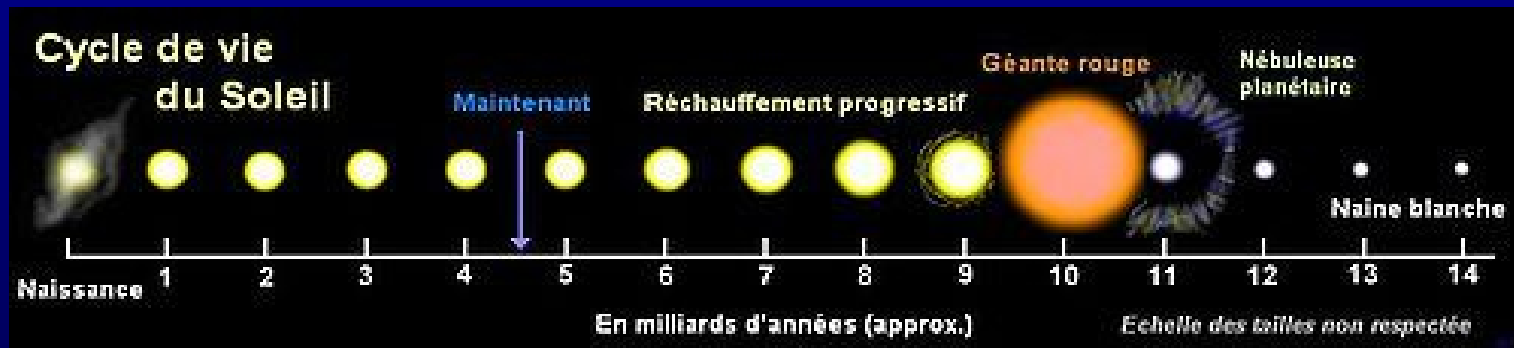
Quel devenir pour sapiens ?

Une conscience
13,8 milliards d'années !

Evolution de la vie : La fin de la Terre



Cinq milliards d'années : le Soleil engloutit la Terre !
Que va devenir la vie ?



Etoile la plus proche ... 4 années lumière
Galaxie voisine ... 6 millions !

Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.

Nos croyances et notre compréhension dans ...

UN MILLION D'ANNEES ?



Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.

L'épopée de la vie



La fuite du temps

Face au chaos du compliqué, trouver le simple qui n'est pas simpliste car il permet le complexe.

