

Miracle de Vie

Chapitre 1 Ex vacuo ? ex nihilo ?

SOMMAIRE

Le système solaire p3

 Le Grand Attracteur p4

Notre Terre p5

Les briques du vivant p7

Ex nihilo, ex vacuo ? Le vide, créateur de la matière est au cœur de celle-ci ! p9

Le mystère de l'électron, p10

L'Eau de vie p11

Le miracle de la Biogenèse p13

 Les premières recherches sur la Biogenèse de Miller, p15

 Les molécules d'intérêt vital p18

 Des polymères aux protobiontes p19

 Les expériences de biogenèse d'Oparine

 La régulation nutritionnelle d'un protobionte : la synthèse directe.p20

La photosynthèse indirecte : la chlorophylle p21

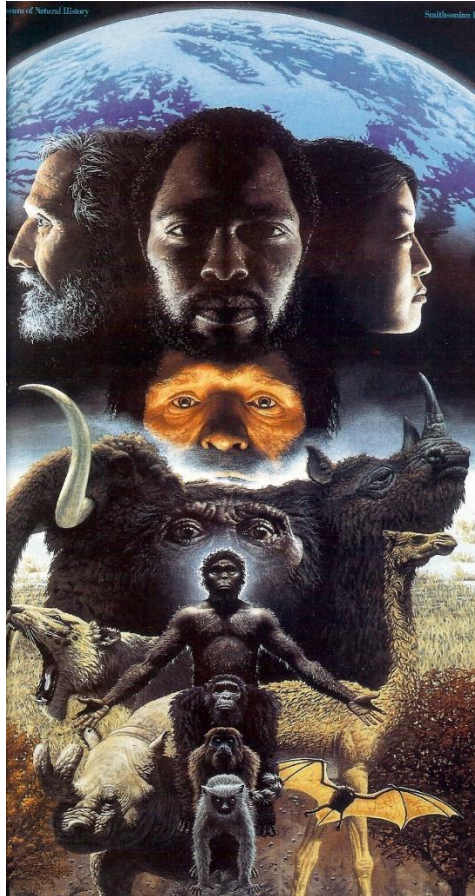
Les briques énergétiques de la vie p22

Quel choix, silicium, calcium ou carbone p23

 1) Un squelette carbone souple p24

 2) La fixation du carbone par le vivant p25

Conclusions, p31



LA VIE, où, quand, comment, pourquoi ?

C'est une différenciation néguentropique fugitive et qualitative de la matière dans un Univers entropique.

ENTELECHIE ¹ ➡ UNIVERS ➡ VIE ➡ CONSCIENCE

Où ? Un ou des lieux (multivers) dans l'espace...

Quand ? Dans l'histoire du temps néguentropique ² ?

¹ L'entéléchie est un concept de philosophie qui désigne l'état de ce qui a été réalisé, de ce qui a accompli sa fin. Le chêne est, par exemple, l'entéléchie du gland. Le concept fut créé par Aristote.

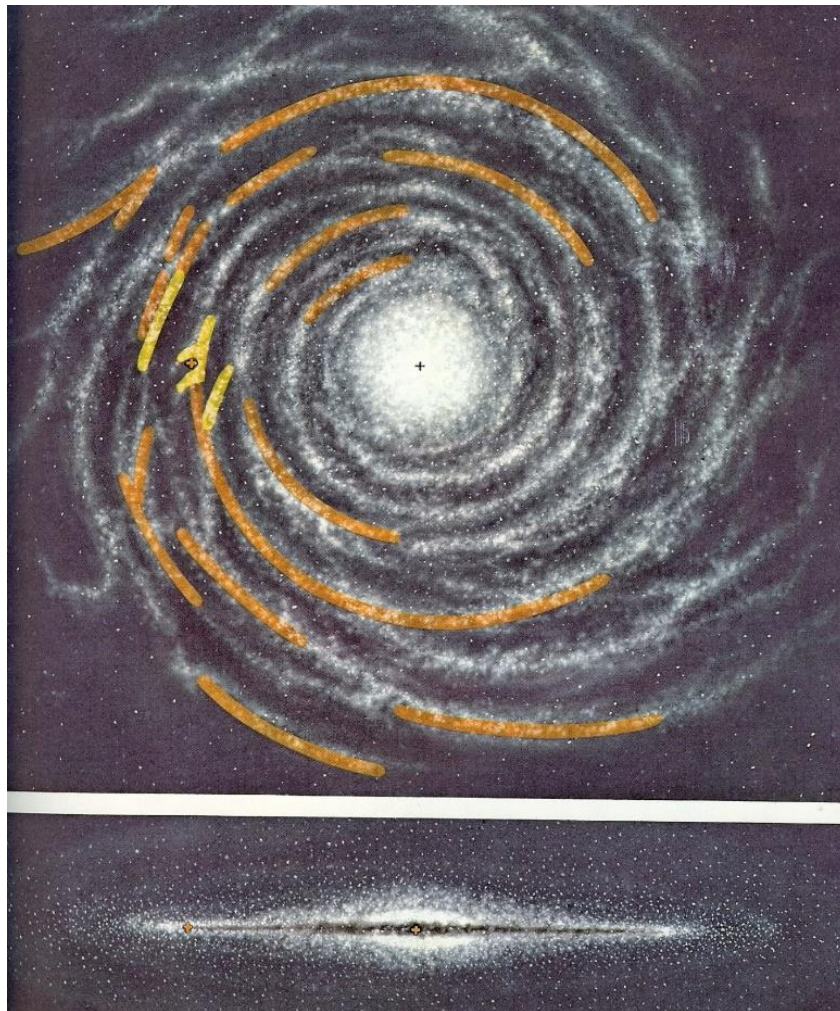
² La néguentropie est une « entropie négative », une variation générant une baisse du degré de désorganisation d'un système. Elle équivaut par conséquent à un facteur d'organisation des systèmes physiques, biologiques, écologiques et éventuellement sociaux et humains, qui s'oppose à la tendance naturelle à la désorganisation (entropie). Elle est une caractéristique essentielle des êtres vivants.

Comment ? Grâce aux principes : incertitude microcosmique (?) et causalité macrocosmique !

Pourquoi ? Grâce à une entéléchie qui conduit à la spiritualité.

Le système solaire

Dans l'état de nos connaissances, et bien que l'on soit persuadé de son universalité, la Vie s'est développée sur la planète Terre ³ située dans le système solaire ⁴:



³ Et probablement sur d'autres planètes de l'Univers.

⁴ Le Soleil et le Système solaire sont issus de l'effondrement d'un nuage géant de gaz et de poussière il y a environ 4,5 milliards d'années. Depuis lors, le Soleil brûle son combustible – l'hydrogène – et émet des particules et des rayonnements dans tout le Système solaire, dont de la lumière et de la chaleur.

Ce nid dangereux qui abrite la vie :

Notre étoile, le soleil décrit son orbite autour du centre galactique à la vitesse de 215 km/sec. Il en fait le tour en 250 millions d'années : des vitesses vertigineuses que nous ne ressentons pas !

Notre Galaxie fait 100 000 AL de diamètre et renferme plus de 100 milliards d'étoiles

Notre système solaire se situe à 30 000 AL du centre de la galaxie. Au centre de celle-ci se trouverait un trou noir?

Le système solaire effectue un mouvement sinusoïdal autour de l'axe galactique.

Notre soleil est une étoile de type naine jaune d'une masse d'environ $1,989 \times 10^{30}$ kg, composée d'hydrogène et d'hélium.

Sa température de surface est de 5 778 K

La distance de la Terre à son étoile est de 149,6 millions km, soit 1 unité astronomique.

Son rayon est de 696 340 km,

Son Âge est de 4,603 milliards ans. Elle pèse 2 octillions de tonnes, sa vitesse de rotation est de 1,997 km/s.

Quelque part, dans la zone la plus voilée de l'espace, se trouve une irrégularité gravitationnelle massive qui a été surnommée **le Grand Attracteur**.

Les scientifiques pensent que le Grand Attracteur se trouve au centre gravitationnel du super-amas de Laniakea, dont la Voie lactée n'est qu'une galaxie parmi 100 000 autres. Il s'agirait d'une confluence d'énergie sombre. Elle pourrait aussi être causée par une sur-densité, une zone de masse dense avec une intense attraction gravitationnelle.

Quoi que ce soit, c'est assez puissant pour surmonter l'énergie sombre normale, la force qui, croit-on, pousse les galaxies et leur fait prendre de la vitesse à mesure qu'elles avancent. On pense que l'énergie sombre représente 71% de l'univers. Malheureusement, les scientifiques n'ont aucune idée de ce que c'est à l'heure actuelle.



Le Grand Attracteur

Notre galaxie + 30 autres constituent un amas local, qui se dirige vers le centaure où se trouverait un superamas (à 500 millions AL de nous)

DIMENSIONS DES ETOILES en kilomètres :

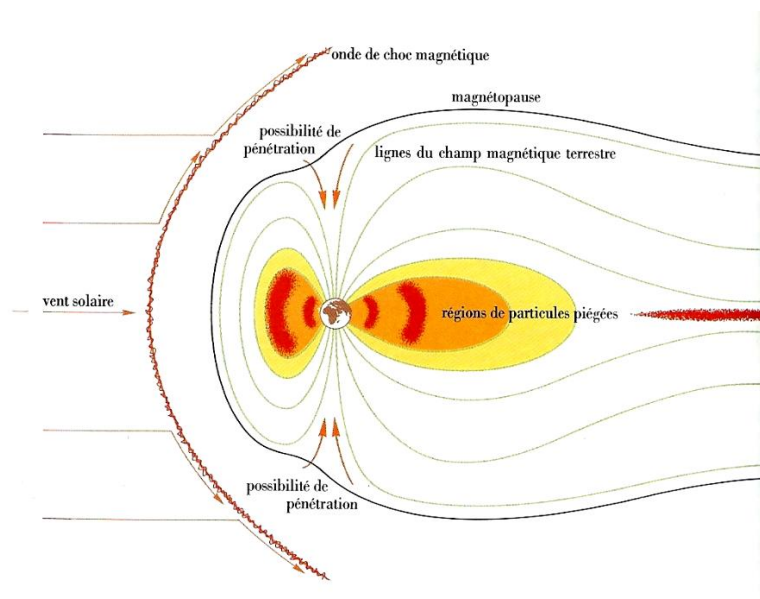
Proxima du Centaure	348 000
Soleil (naine jaune)	1 390 000
Arcturus	27 300 000
Alpha du verseau	153 000 000
Alpha de l'autel	430 000 000
Bételgeuse (Orion)	697 000 000

Notre Terre



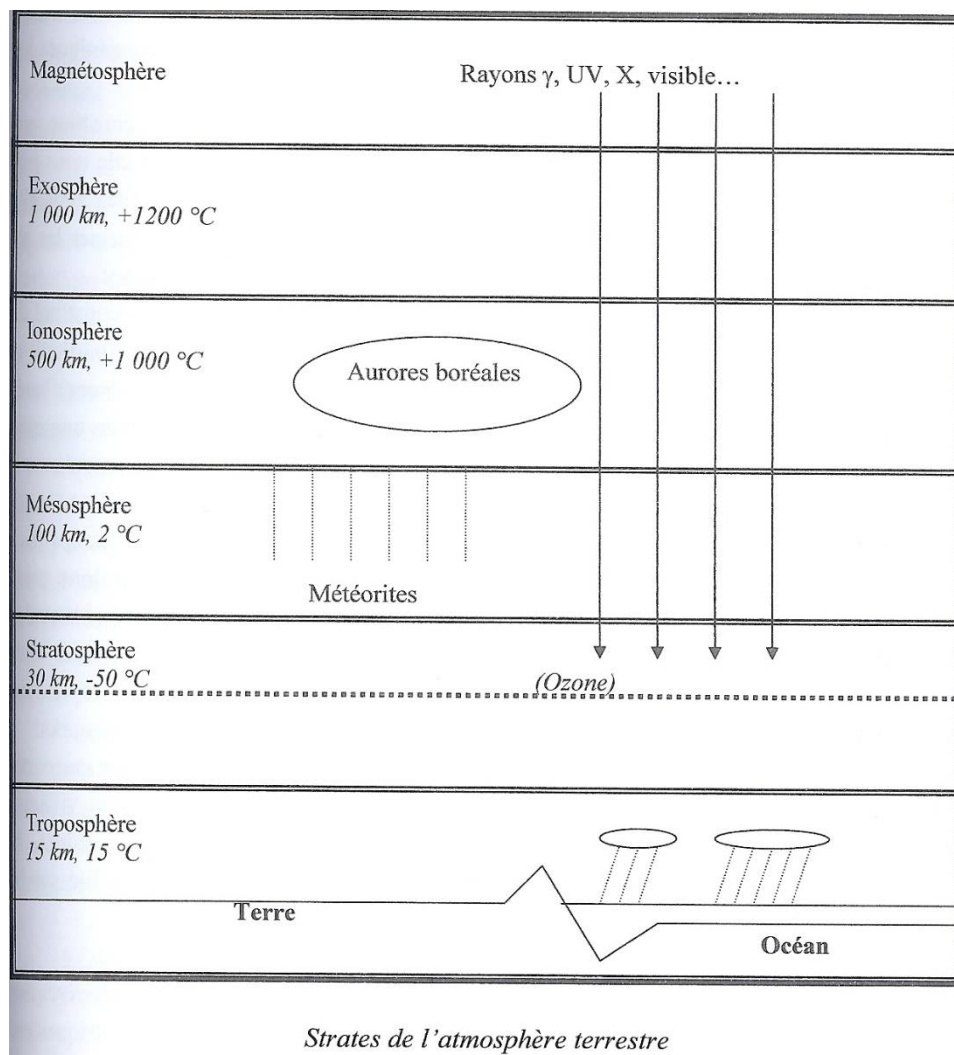
Notre planète la Terre vue de l'espace

Elle est protégée des vents solaires grâce à son champ magnétique :



Différentes couches concentriques ont un rôle important pour le maintien de la Vie (couche d'O₃, régulation des pluies et des températures, protection contre les météorites...). L'altération ou la destruction de ces couches entraînerait la disparition de la Vie !

Résumé dans le tableau ci-dessous :



Les Briques du vivant

Le microcosme dont la vie est issue peut être analysé grâce à de puissants accélérateurs de particules :

TEVATRON 1 TeV⁵ anneau 6,3 Km (USA Fermilab)

LEP GeV⁶ Large electron positron, anneau 27 Km (Europe)

LHC 7 TeV Large Hadron Collider, anneau 27 Km (Europe)

Le LHC est l'accélérateur de particules le plus grand et le plus puissant du monde. C'est un anneau de 27 kilomètres de circonférence, formé de milliers d'aimants supraconducteurs et doté de structures accélératrices pour accroître l'énergie des particules à chaque passage.

⁵ ev : électron volt. **10¹² électronvolts**, et dont le symbole est TeV.

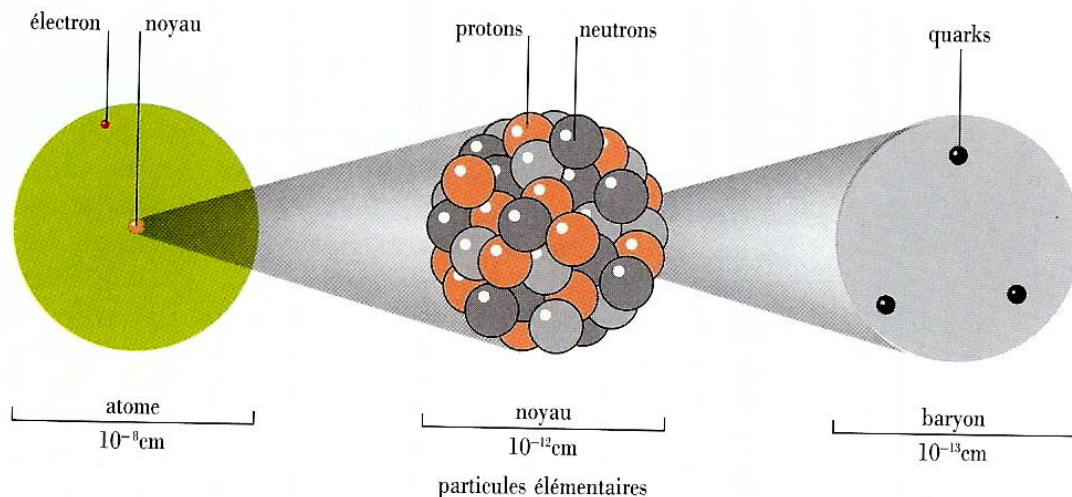
⁶ correspond à 10⁹ eV.

Objectifs:

L'objectif premier d'un accélérateur, qui utilise des champs magnétiques ou électriques, est de communiquer de l'énergie à des particules et de provoquer leurs collisions afin d'étudier leur nature et leurs propriétés. C'est l'étude des constituants élémentaires de la matière.

Ces collisions permettent de sonder l'infiniment petit. Lorsque les particules sont suffisamment énergétiques, il se produit un phénomène qui défie le sens commun : l'énergie de la collision se transforme en matière.

Ainsi, l'accélérateur propulse des particules, comme des protons, qui forment la matière que nous connaissons. Accélérés à une vitesse proche de la lumière, ils percutent d'autres protons. Ces collisions génèrent des particules massives, comme le boson de Higgs, le quark top, l'antimatière... La mesure de leurs propriétés permet de comprendre la matière et les origines de l'Univers.

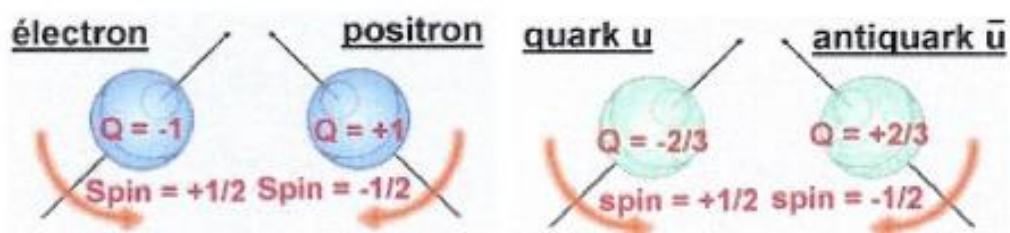
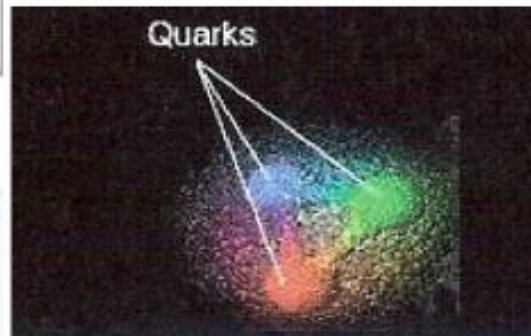


Les différents constituants de la matière sont résumés dans le tableau ci-dessous :

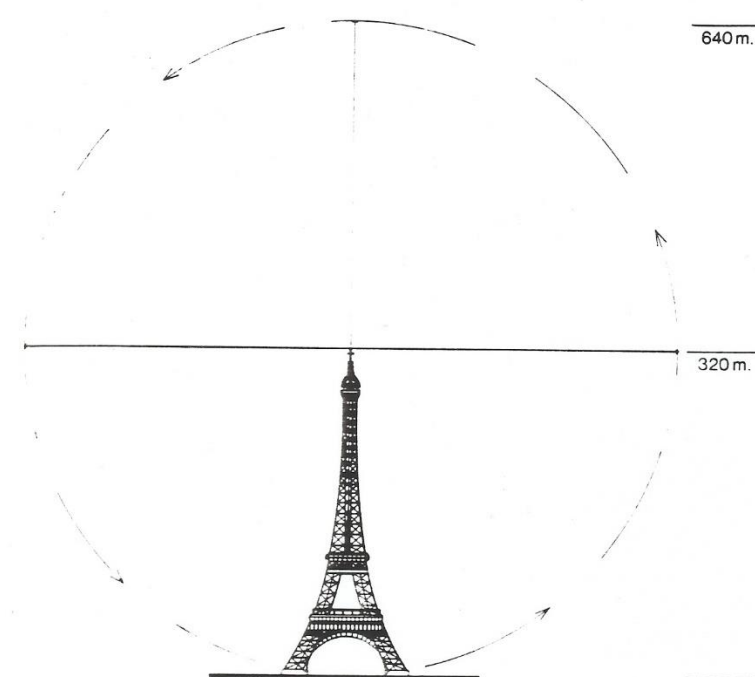
NUCLEON:	QUARKS:	CHARGE Q:
proton	u + u + d	$+2/3 + 2/3 - 1/3 = +1$
neutron	u + d + d	$+2/3 - 1/3 - 1/3 = 0$



	QUARKS		LEPTONS	
charge Q	Q = -1/3	Q = +2/3	Q = -1	Q = 0
famille 1	down = d	up = u	électron	neutrino électronique
famille 2	strange = s	charm = c	muon	neutrino muonique
famille 3	bottom = b	top = t	tau	neutrino du tau



Le vide, créateur de matière, est au cœur de la matière !



Considérons un atome d'hydrogène, le rayon de son orbite, dit « Rayon de Bohr », mesure 0,529 Angstrom ⁷ donc son diamètre, c'est-à-dire la dimension totale

⁷ Unité de longueur de 1/10 000 de micron (symbole Å).

de l'atome est légèrement supérieure à 1 Angstrom, soit un dix-millionième de millimètre.

Si l'atome était grand comme deux fois la Tour Eiffel, son noyau mesurerait 6,4 mm de diamètre et se trouverait au sommet de la tour, soit à 320 mètres du sol. L'électron décrirait un cercle de 640 mètres autour du sommet de la tour.

Pour l'atome d'hydrogène, l'électron-onde occupe un volume de la forme d'une sphère dont le rayon mesure 50 milliardièmes de millimètre...

Entre l'électron et le proton, il n'y a que le vide. On dit pour cela que l'atome d'hydrogène a une structure lacunaire.

Cela donne une idée de l'immense espace vide contenu dans l'atome ! Mais ce vide n'est pas totalement vide : il est rempli de potentialités quantiques (fluctuations génératrices de matière)...

La notion de trajectoire n'a donc plus de sens pour un électron à l'intérieur d'un atome. Tout ce que nous pouvons connaître de l'électron dans l'atome d'hydrogène est la probabilité de le trouver au voisinage d'un point.

Le mystère de l'électron !

L'électron piégé dans un atome devient une onde et l'onde n'est pas localisée en un point précis : elle s'étale autour du noyau. Mais pas n'importe comment ! Elle prend la forme géométrique qui minimise son énergie globale. Cet état de plus basse énergie, aussi appelé état fondamental, est le plus stable de l'atome.

Ce que l'on appelle « l'énergie globale » de l'onde est en fait la somme de l'énergie potentielle, liée à l'attraction du noyau, et de l'énergie cinétique, liée à la longueur d'onde. Cette somme n'est pas constante : elle varie selon le volume occupé par l'onde. Lorsque l'onde est confinée dans un petit espace, sa longueur d'onde diminue, ce qui augmente son énergie cinétique. Son énergie potentielle quant à elle diminue.

Toutefois, l'énergie cinétique augmente plus vite que l'énergie potentielle ne diminue. Résultat : plus l'onde est confinée (plus elle se rapproche du noyau), plus son énergie globale augmente. C'est précisément ce qui arriverait si l'électron collait au noyau. Le système atteindrait une énergie telle que l'atome ne serait pas stable : il n'y aurait alors pas des atomes pour former la matière...pas de matière et pas de vie !

Ex nihilo ou Ex vacuo ?

Ex nihilo?

Pour l'archevêque USSHER (1658) l'Univers serait né « tel quel » avec hommes, animaux, plantes... en 4004 avant J.C., le 23 octobre à 6 heures du matin !!!

Ex vacuo ?

Très tôt, dans l'histoire des civilisations, les premiers penseurs eurent des débats contradictoires sur l'origine et le rôle du vide :

HESIODE (VII^e s av.J.C.) à l'origine il y eut le vide.

DEMOCRITE (V^e s av.J.C.) le vide est autour des atomes.

PLATON (V^e s av.J.C.) il n'y a pas de vide dans le monde sensible.

ARISTOTE (IV^e s av.J.C.) le vide est nécessaire pour créer le mouvement.

LUCRECE (I^{er} s ap. J.C.) sans le vide, pas de mouvement.

DESCARTES (XVII^e) le vide n'existe pas.

EINSTEIN (XX^e) c'est un état d'énergie minimum dépourvu de particules réelles.

WHEELER le vide quantique serait plein de l'énergie des particules virtuelles.

CASSE le vide est à tout instant l'état d'énergie minimum du système de champs qui constitue le monde.

BOHM le monde implicite du vide est à l'origine du monde de matière explicite que nous habitons transitoirement et dans lequel nous retournerons.

En 1955, John Wheeler emploie la notion de *Quantum foam*, « mousse quantique », pour décrire qualitativement des turbulences dans l'espace-temps à une échelle subatomique concernant des distances qui sont de l'ordre de la longueur de Planck (10^{-33} cm).

À des échelles aussi infinitésimales sur le plan de la distance et aussi du temps, le Principe d'incertitude d'Heisenberg admet que l'énergie peut brièvement se décomposer en particules et antiparticules et ensuite s'annihiler sans pour autant entrer en contradiction avec les lois physiques de la conservation de l'énergie.

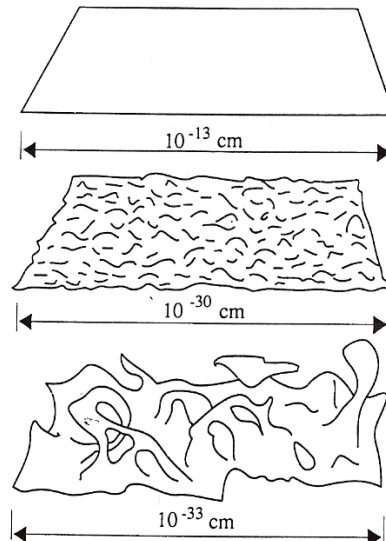
Pour Stephen Hawking, « *l'espace n'est jamais vide, il peut être dans un état d'énergie minimale, ce que nous appelons le vide, mais cet état est sujet à des fluctuations quantiques ou fluctuations du vide, des apparitions et disparitions incessantes de particules et de champs...* »

Cette énergie augmente avec la diminution proportionnelle des échelles de temps et d'espace correspondantes. Compte-tenu que, selon la théorie de la

Relativité Générale, l'énergie impose une courbure à l'espace-temps, ce dernier prendrait l'aspect d'une mousse quantique.

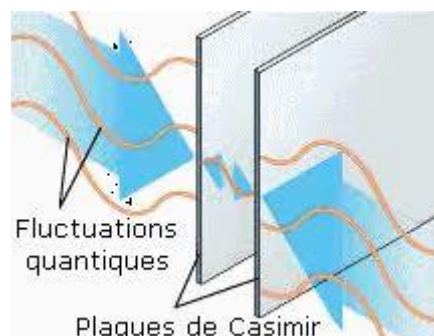
Les particules virtuelles (particules/antiparticules) ont donc une énergie et, étant donné qu'elles sont en nombre infini, la quantité d'énergie correspondante est également infinie.

Ci-dessous, le vide qui semble lisse à 10^{-13} cm, en réalité bouillonne (fluctuations) de particules virtuelles lorsqu'on l'observe à 10^{-33} cm !



Contorsion de l'espace-temps à l'échelle de Planck d'après Wheeler ⁸

Le physicien hollandais Hendrik Casimir démontra, expérimentalement, en 1948, que deux plaques parallèles et sans charge, quand la distance entre elle est très petite (de l'ordre de quelques diamètres atomiques) subissent une pression qui les rapproche l'une de l'autre. Le vide peut donc renfermer une grande quantité d'énergie nommée énergie du point zéro.



Expérience de Casimir

⁸ Michel Cassé « Du vide et de la Création » Odile Jacob

L'Eau de Vie

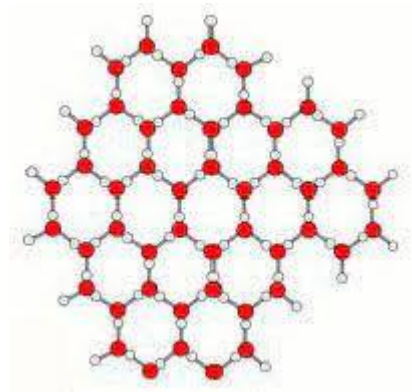
Pour se développer, la Vie a besoin d'eau !



Quoi de plus poétique que des gouttes d'eau accrochées à des tiges de graminées ?

L'eau a des propriétés qui lui permettent de supporter la Vie :

- Elle peut se trouver sous trois états : cristal, liquide, vapeur
- 1 litre liquide produit 1,098 litre de glace.
- Elle est vaporisée à 100°C.
- Sur Terre, dans les Océans elle occupe 1,3 milliards de Km³. Elle ne gèle qu'en surface permettant à la vie de persister en dessous.
- Dans les espaces galactiques elle est présente sous la forme de glace.
- Aux origines l'EAU SUPERCRITIQUE (à 221 bars et 374°C), possédait des propriétés de super solvant.
- En outre, sous certaines conditions elle peut former des sortes cages ou clusters, ensemble de molécules d'eau liées par des liens pont hydrogène :

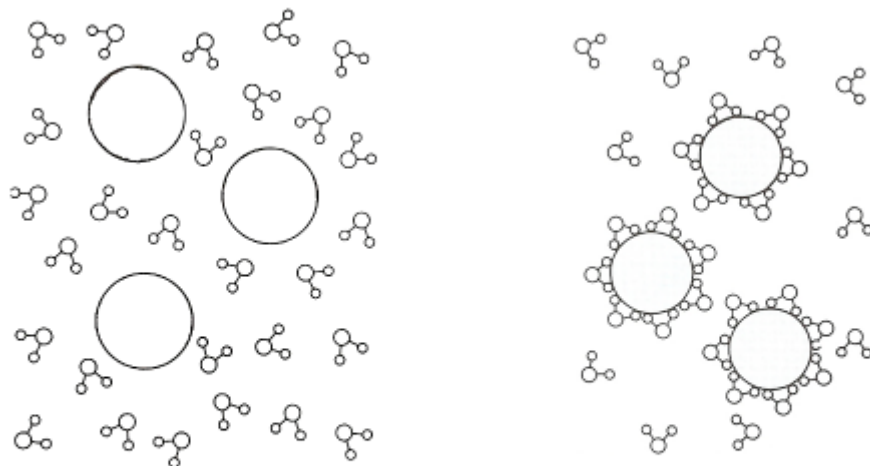


Cluster

L'étude expérimentale des structures supramoléculaires de l'eau est difficile en raison de la courte durée de vie des liaisons hydrogène, qui se font et se défont continuellement en quelque 200 femtosecondes ⁹ !

Importance de l'eau dans la biogenèse :

Elle a des propriétés fondamentales d'hydratation, solvation...



-Hydratation: 4 H₂O pour le K⁺; 8 pour Na⁺; 15 pour Li⁺ ...

-Solvatation: Na⁺Cl⁻

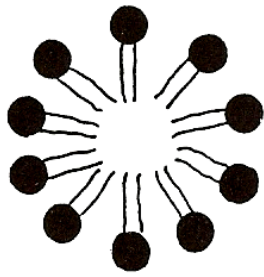
-Enzymologie : Hydrolases

-Phospholipides

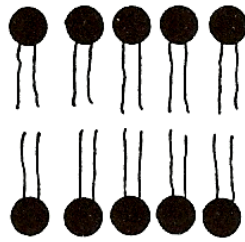
Les Lipides et l'eau

Les membranes des cellules vivantes sont constituées de lipides (phospholipides) qui, en phase aqueuse peuvent se disposer suivant les structures ci-dessous :

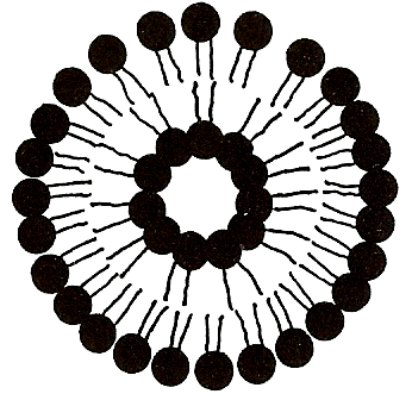
⁹ Soit : 10⁻¹⁵ seconde.



micelle sphérique

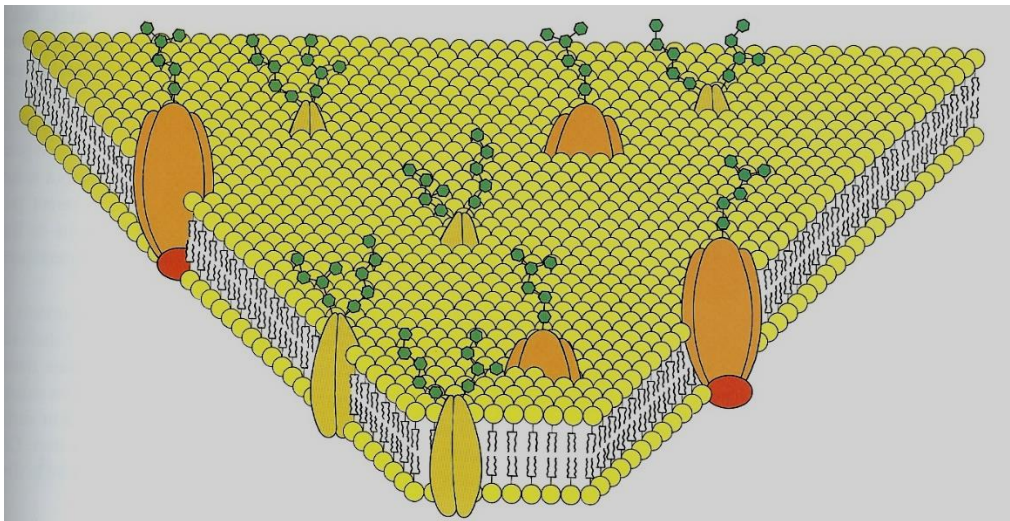


bicouche



liposome

Vue tridimensionnelle d'une membrane :



Double couche de phospholipides (têtes jaunes) dans laquelle sont immergées des glycoprotéinesprotéines (partie protéique marron et glycane verte).

Le miracle de la Biogenèse.

Depuis le début des civilisations, la naissance de la Vie a fait l'objet de nombreux débats contradictoires et inattendus :

- Selon Anaximandre de Milet (610 à 546 av. J.-C.), la Vie apparaît suite à l'évaporation de l'eau du Soleil.
- Empédocle (490 à 435 av. J.-C.) pense quant à lui que les organes isolés se rassemblent pour former un seul être,
- Démocrite (460 à 370 av. J.-C.) décrète que la Vie est issue de vers sortant de la boue pour former des êtres humains.
- On trouve les traces d'une croyance en une apparition spontanée de la Vie dans les écrits les plus anciens de la Chine, de l'Inde ou de l'Égypte

ancienne : ainsi, des bambous donnent naissance aux pucerons pour autant que leurs jeunes pousses soient repiquées par temps chaud et humide ; les mouches et les parasites naissent spontanément à partir d'ordures et de sueurs ; les boues laissées par les inondations du Nil engendrent spontanément des grenouilles, des crapauds, des serpents, des souris et même des crocodiles.

- C'est Aristote (384 à 322 av. J.-C.) qui a réussi la synthèse des idées accumulées jusqu'à son époque et qui a formulé la thèse de la génération spontanée : « *les plantes, les insectes, les animaux peuvent naître de systèmes vivants qui leur ressemblent, mais aussi de la matière en décomposition activée par la chaleur du Soleil* ».
- René Descartes ou Isaac Newton soutiennent l'idée de la génération spontanée. On passe même à l'expérimentation pour conforter la théorie.
- Jean -Baptiste Van Helmont (1577-1644) affirme ainsi qu'une chemise sale, du blé... et vingt et un jours d'attente feront apparaître une souris !
- En plein milieu du XVIIIème siècle, le grand naturaliste Buffon (1707-1788) est un ardent défenseur de la génération spontanée. Mais le doute commence à s'installer...
- Enfin, Louis Pasteur démontre, en mettant au point un protocole de stérilisation fiable, que la Vie ne peut naître spontanément de la matière inanimée – du moins à l'échelle d'une vie humaine : c'en était fait de la théorie de la génération spontanée.
- Le créationnisme suppose que c'est un être supérieur, le plus souvent un dieu, qui est à l'origine de la création de l'Univers et de la Vie. Par exemple, pour la religion chrétienne – du moins si l'on s'en tient stricto sensu à la Bible, c'est en rassemblant les eaux que Dieu fait apparaître la terre ferme ; il fait ensuite surgir les animaux dans la mer, dans l'air et sur la terre.
- Il faut signaler une autre théorie, qui est née à la fin du siècle de Pasteur : la Vie serait venue du cosmos. Cette théorie a été développée par l'Allemand H. E. Richter en 1865 ; selon lui, les corps célestes libèrent des particules qui contiennent des germes de microorganismes, appelés cosmozoaires, et qui ont été amenés sur Terre par les météorites.
- L'idée a été reprise au début du siècle dernier, en 1906, par le savant suédois Svante Arrhénius – père de la théorie des électrolytes et Prix Nobel de Chimie en 1903 –, mais sous une forme plus élaborée : la **panspermie**. Cette théorie considère la Vie comme une caractéristique fondamentale de l'Univers, au même titre que la matière et l'énergie, et

la Terre aurait été « ensemencée » par une Vie d'origine extra -terrestre. En 1969, on a d'ailleurs trouvé dans une météorite tombée en Australie de nombreuses substances organiques, notamment des acides aminés. D'autres molécules complexes ont aussi été identifiées dans l'espace par les astronomes. Les premières molécules organiques seraient-elles venues de l'espace ?

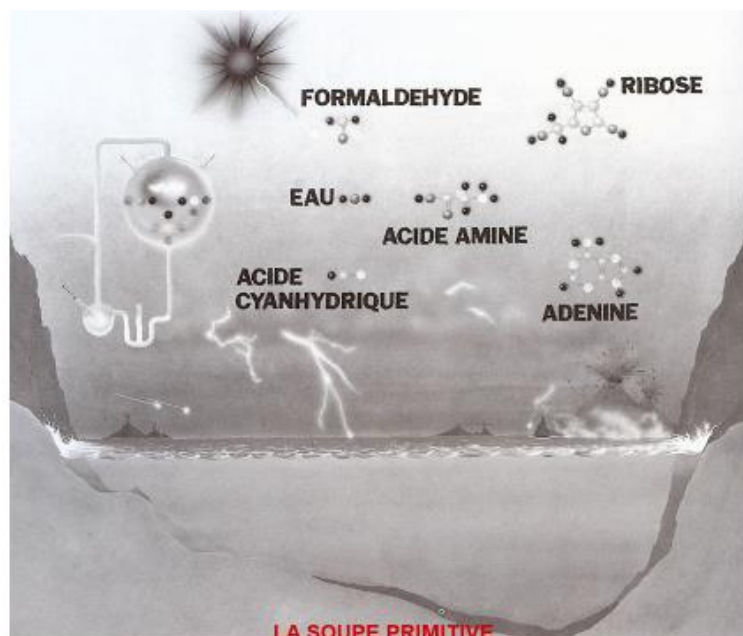
LA BIOGENESE

La Vie est née dans la SOUPE PRIMITIVE de l'ère prébiotique.

L'atmosphère était alors particulièrement agressive :

- * Il n'y avait pas d'oxygène et pas d'azote,
- * par contre beaucoup d'hydrogène, ammoniac, méthane, hydrogène sulfureux...(le milieu était anoxique),
- * L'énergie dure sévissait : rayons x, uv, γ , énergie thermique des volcans, décharges orageuses électriques pilonnaient la Terre...

De manière surprenante, il semblerait que la vie soit apparue assez rapidement dans ces conditions particulièrement hostiles, puisque les plus anciennes traces indirectes dont nous disposons seraient celles de cyanobactéries (les stromatolithes ¹⁰ ayant vécu il y a environ 3.5 milliards d'années.



¹⁰ Les stromatolithes sont des constructions fossiles, formées de carbonates. Ce sont parmi les plus anciens fossiles connus.

Les premières recherches dans le domaine de la Biogenèse

Avec OPARINE ET HALDANE puis PAVLOVSKAYA (uv) et FOX (chaleur).

Dans les années 1920, le biochimiste russe Alexander Oparine proposa une hypothèse audacieuse : selon lui, il y a quelques milliards d'années, l'atmosphère terrestre était différente, dénuée d'oxygène (anoxie); et dans ces conditions les molécules de base du vivant auraient pu se former et s'assembler sans être dégradées. Cela peut paraître étrange d'imaginer la vie sur une Terre initialement dépourvue d'oxygène, mais on sait maintenant que c'est précisément l'apparition de la vie, et en particulier la photosynthèse, qui a enrichi l'atmosphère terrestre en oxygène il y a environ 2 milliards d'années !

L'hypothèse d'Oparine permet donc d'imaginer des réactions chimiques ayant lieu au contact d'une atmosphère non oxydante, et pouvant produire de manière stable les premières molécules indispensables à la vie. Il fallut pourtant attendre 30 ans avant de voir cette hypothèse testée, grâce aux expériences de Miller et Urey.

En 1953, Stanley MILLER réalisa la première synthèse de la soupe primitive qui lui permit d'obtenir des molécules organiques. Pour cela, il utilisa un mélange de gaz censés représenter l'atmosphère terrestre primitive (hydrogène, méthane et ammoniac, et bien sûr pas d'oxygène !); dans une fiole remplie d'eau chauffée, pour simuler l'océan, il produisit des décharges électriques, sous forme d'étincelles, pouvant représenter l'impact de la foudre.



Stanley MILLER
1953

Au bout d'une semaine d'expérience, il analysa le contenu de la soupe ainsi formée.

C'est alors qu'il put mettre en évidence dans sa fiole la présence de 11 types différents d'acides aminés. Avec du gaz, de l'eau et des décharges électriques, Miller avait reconstitué les premières briques élémentaires de la vie sur Terre ! Depuis, on a analysé les résultats de son expérience avec des méthodes plus fines, et l'on s'est rendu compte qu'il avait en fait créé 25 molécules, dont certaines ne sont pas utilisées par les organismes vivants de la Terre !

Un autre point intéressant concerne la chiralité de ces molécules. En raison de sa forme, un acide aminé peut en principe exister sous deux formes distinctes : la forme « gauche » et la forme « droite ». Ces deux versions de la même molécule sont l'image l'une de l'autre dans un miroir.

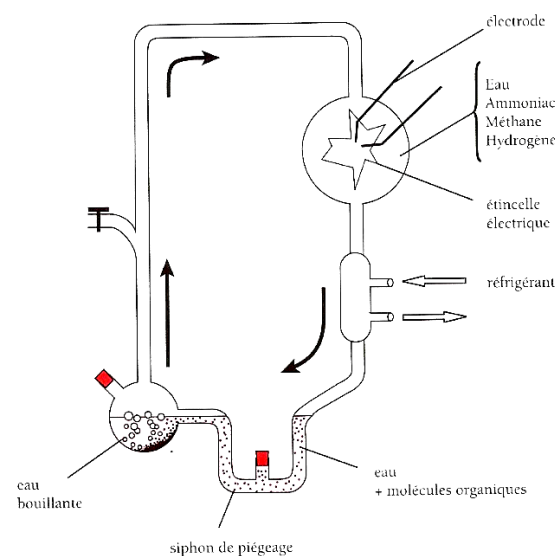
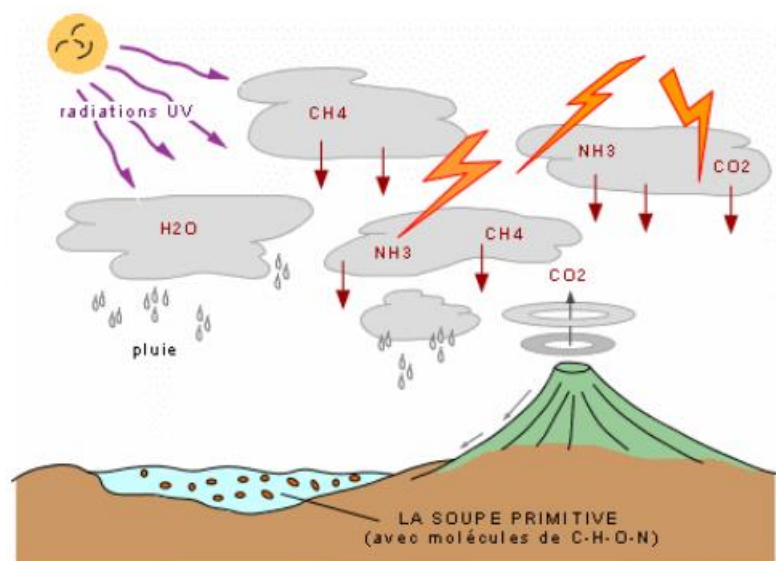
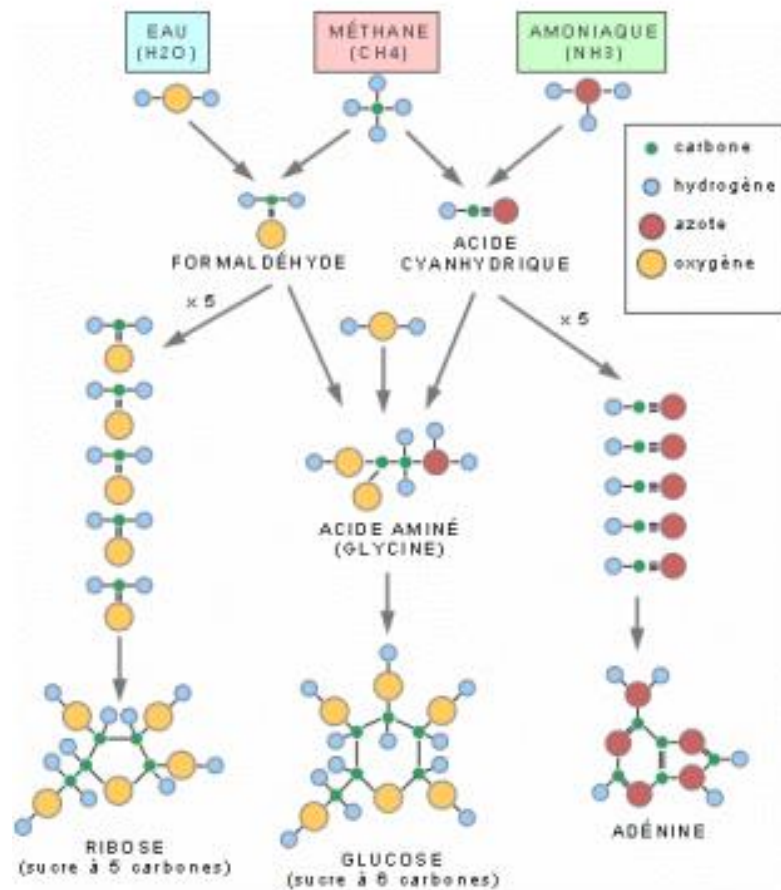


Figure 3.1 Expérience de Stanley Miller (1953).



Dans son expérience, Miller avait produit autant de molécules « gauches » que « droites ». Et pourtant dans la vie telle que nous la connaissons, on ne trouve que des acides aminés « gauches ». Un mystère qui n'est pas à ce jour résolu !



LES MOLECULES D'INTERET VITAL

Ces molécules se trouvent sous la forme de monomères et de polymères :

MONOMERES : Acides aminés L (sauf l'alanine), sucres D...

POLYMERES :

- la polymérisation en milieu aqueux produit des phosphates,
- des protéinoïdes,
- le pentamère de l'acide cyanhydrique donne l'adénine+ribose+3Ph= **ATP**,
- Porphyrines : méthane+ammoniac+eau,
- Lipides (difficile) : oxyde de carbone + hydrogène à 450°C,
- des protéinoïdes produisent des protéines enzymatiques (**ATPase**).

La MÉMOIRE CELLULAIRE opta pour deux types de molécules : l'ARN puis l'ADN

Ce dernier mesure chez la Bactérie : 1,2mm et chez l'Homme: 1m50



DES POLYMERES AUX PROTOBIONTES ou cellules primitives

Expérimentalement, 1 gramme de protéinoïdes en milieu aqueux produit 10 milliards de protobiontes : c'est la première compartimentation !

Si le pH est augmenté les protobiontes bourgeonnent (premier type de reproduction) et s'ils sont éclairés, ils acquièrent un potentiel membranaire de 100 mVolts (toutes les membranes ont un potentiel membranaire) !



Protobiontes qui bourgeonnent.

La vie au fond des abysses !

Paradoxalement, la VIE se développe dans les océans dans des sources thermales volcaniques à 2600m de profondeur en absence de lumière et à 250°C, température abiotique ! : on y trouve des vers marins, bactéries, moules, anémones, palourdes, crabes, poissons...qui y prospèrent, mais comment ?



En fait, en absence de lumière la matière organique est fournie par des bactéries sulfureuses qui oxydent le H_2S et réalisent une synthèse organique directe. De plus, des protections ont été mises en place contre la dénaturation thermique :

- La dénaturation de l'ADN est évitée par la présence du potassium qui stabilise les phosphates,
- celle des protéines par la présence d'acides aminés plus stables,
- celle des lipides par des chaînes d'acides gras très ramifiées renforçant la cohésion des membranes.

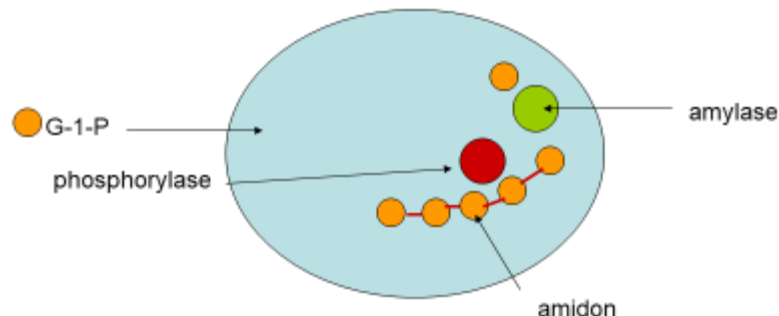
Les Expériences de Biogenèse d'Oparine.

1) La régulation nutritionnelle d'un protobionte : la synthèse directe.

Oparine a réalisé, expérimentalement, la régulation nutritionnelle sous la forme d'une synthèse directe :

Il réalisa d'abord la synthèse d'un protobionte à partir d'un mélange de protéinoïdes + polysaccharides + des enzymes : phosphorylase + amylase.

Puis, il ajouta dans le milieu du glucose-1-phosphate.
Le protobionte fut alors capable de synthétiser de l'amidon.
Voir le schéma ci-dessous :

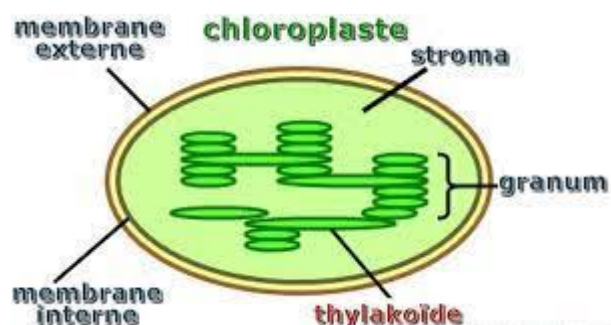
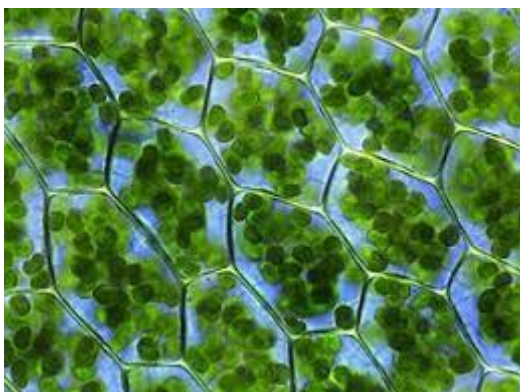


2) La photosynthèse indirecte.

La photosynthèse est le processus par lequel les végétaux chlorophylliens utilisent la lumière, l'eau et le dioxyde de carbone pour obtenir des sucres et d'autres substances riches en énergie, tout en libérant de l'oxygène.

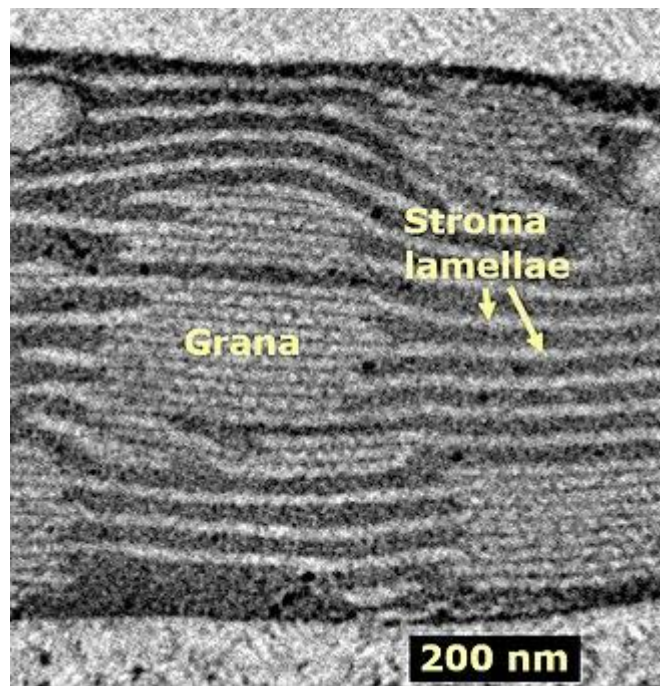
Dans les cellules des feuilles, les chloroplastes captent l'énergie lumineuse et, en décomposant l'eau, produisent de l'énergie chimique (ATP), des molécules réduites (NAPDH) et de l'oxygène : un processus incroyablement miniaturisé et d'un rendement exceptionnel !

L'apparition de l'oxygène dans l'atmosphère terrestre entraîna la disparition d'une grande partie des premiers êtres vivants qui s'étaient adaptés à une atmosphère réduite, ils durent se réfugier dans des niches anoxiques.



Chloroplastes en microscopie photonique / ultrastructure d'un chloroplaste

Les grana contiennent les chlorophylles et les caroténoïdes et sont le siège des réactions lumineuses de la photosynthèse. Les grana sont reliés entre eux par des thylakoïdes intergranaires. L'espace séparant la membrane du thylakoïde et la membrane du chloroplaste est appelé stroma.



Micrographie prise au microscope électronique montrant les Grana (empilements de thylakoïdes) et les thylakoïdes stromatiques (connectant des grana) dans un chloroplaste de plante verte.

Les différents types de chlorophylles possèdent des doubles liaisons. Ce sont ces doubles liaisons conjuguées qui permettent aux chlorophylles d'absorber la lumière visible et de la convertir en énergie chimique potentielle.

Ensuite, sans utilisation d'énergie lumineuse (phase sombre), selon une série de réactions connues sous le nom de " cycle de Calvin ", le dioxyde de carbone se fixe et se convertit en sucres, acides aminés et acides gras, constituant la matière nutritive végétale.

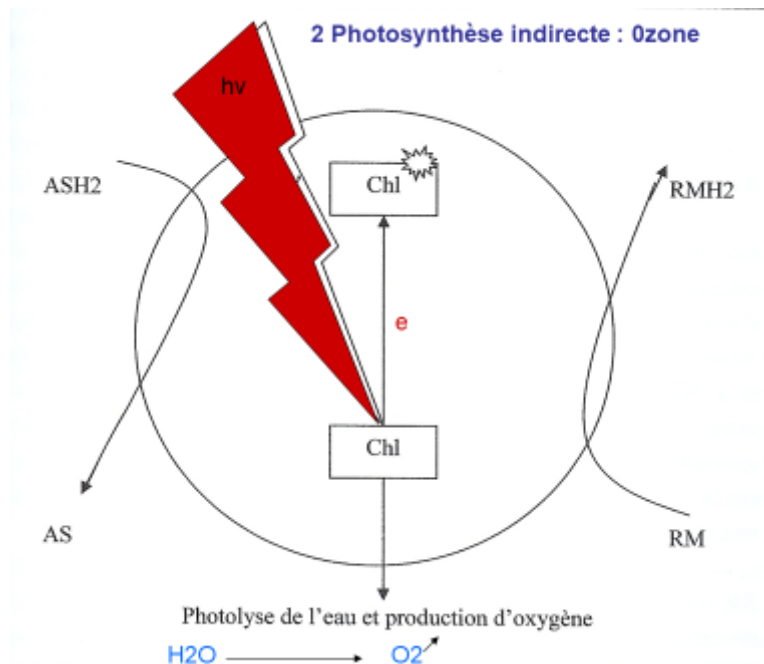
Expérience d'Oparine (1922)

Un protobionte en solution aqueuse est mis en présence de rouge de méthyle (qui est un indicateur coloré de pH rouge à pH inférieur à 4,4, jaune au-delà de 6,2 et orange entre les deux), et d'acide ascorbique réduit pour suivre le déroulement de l'expérience.

Le milieu est éclairé.

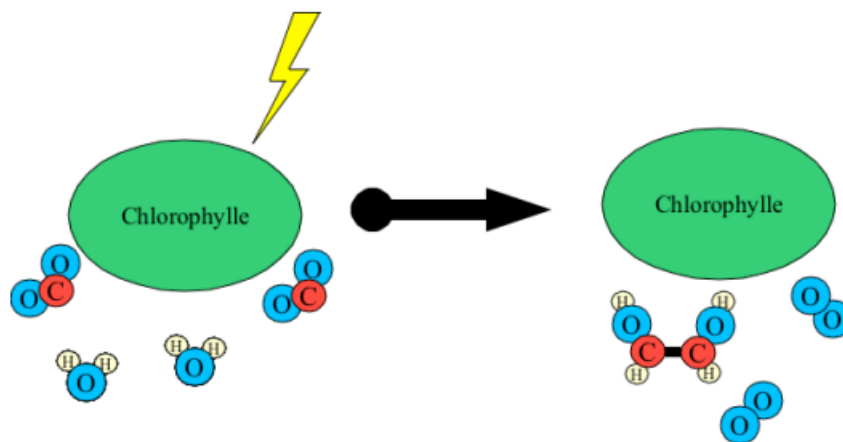
Suite à l'excitation par un photon d'une molécule de chlorophylle, piégée dans un protobionte, il obtint un dégagement d'oxygène à partir de la lyse d'une molécule d'eau.

L'oxygène ainsi libéré progressivement, autour de la planète, constitua une couche d'ozone (O₃) protectrice des rayonnements solaires.



Expérience d'Oparine

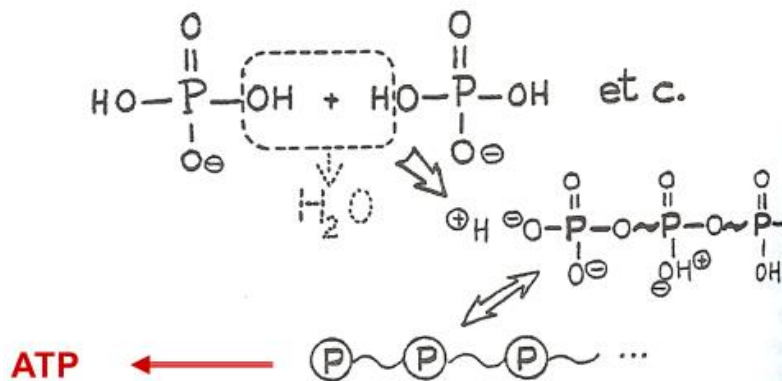
Présentation simplifiée de la photosynthèse



3) Les Briques énergétiques de la Vie.

La vie en déperdition constante d'énergie, a, au niveau cellulaire, besoin de briques énergétiques pour la réalisation de réactions biochimiques endergoniques (qui nécessitent un apport d'énergie) ; pour cela elle utilisa dans un premier temps les polyphosphates présents au fond des océans, puis synthétisa elle-même des polyphosphates qui seront stockés et distribués dans les cellules sous la forme d'adénosine triphosphate (ATP) suivant la réaction ci-dessous :

LES POLYPHOSPHATES



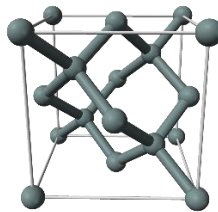
LES BRIQUES ENERGETIQUES DE LA VIE

QUEL CHOIX : SILICIUM, CALCIUM OU CARBONE ?

La Vie avec un squelette silicium ou calcium rigides fit un choix limité !

La croûte terrestre renferme 25,7% de silicium.

L'option SILICIUM se retrouve dans les diatomées, les radiolaires, les spongiaires, les graminées, les bambous, les prèles...



Maille de silicium

L'atome de silicium : possède 14 électrons, 4 dans la plus externe.

Energie de liaison faible : 53 kcal; distance interatomique : 2,34 Å liaisons facilement rompues. (1 Å = 10⁻¹⁰m).

Liaison avec l'oxygène : 108 Kcal.

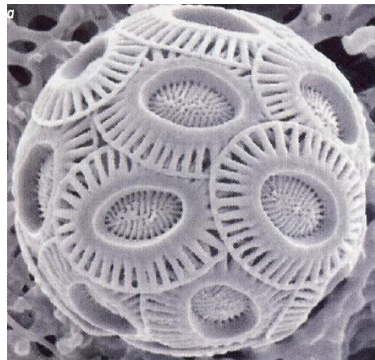


Diatomées



Radiolaire

L'OPTIUM CALCIUM se trouve chez certaines algues :



Les coccolithophores, ci-dessus, sont des micro-algues dont la particularité est de former autour de leur unique cellule de minuscules plaques de calcaire.

Mais la rigidité des squelettes de silicium et de calcium limita la conquête des milieux.

La solution : un squelette de carbone souple !

En effet, l'option CARBONE est la plus répandue grâce à des propriétés physico-chimiques particulièrement favorables.

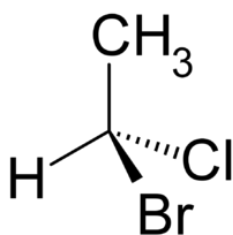
Dans l'atmosphère on retrouve le carbone sous la forme CO_2 , CO , la croûte terrestre en renferme 0,08%.

Chimiquement, l'atome de carbone possède 6 électrons, 4 dans la plus externe.

Son énergie de liaison est forte : 85 Kcal; sa distance interatomique est faible : 1,54 Å d'où plus léger et capable de réaliser de longues chaînes stables et variées. Liaison avec l'hydrogène : 99 Kcal.

Le Carbone asymétrique :

Un atome de carbone asymétrique est un carbone tétraédrique (c'est-à-dire lié à quatre atomes) qui possède au moins trois substituants, et dont tous les substituants sont différents.



Exemple de carbone asymétrique

Un carbone asymétrique permet à la molécule le possédant des propriétés optiques importantes qui lui confèrent un **pouvoir rotatoire**. On dit qu'elle est optiquement active : elle fait tourner le plan de polarisation d'une lumière polarisée rectilignement.

Une structure possédant un unique carbone asymétrique est dite **chirale**. C'est-à-dire qu'elle ne peut pas se superposer à son image dans un miroir plan. Deux molécules possédant une telle relation sont nommées des **énantiomères**. Une structure possédant plusieurs atomes asymétriques peut peut-être être achirale (ladite structure possède alors un ou plusieurs plans ou centres de symétries).

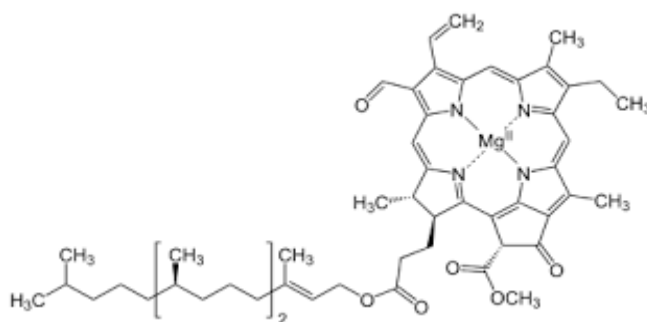
Les distances interatomiques entre les différents substituants étant les mêmes dans les deux cas, les propriétés physiques et chimiques des deux énantiomères sont les mêmes, à l'exception des propriétés douées d'un caractère chiral comme leur pouvoir rotatoire, qui sont de signes opposés.

LA FIXATION DU CARBONE PAR LE VIVANT.

Le vivant fixe le carbone sous deux formes :

- une forme « minérale » : le CaCO_2 des calcaires.
- une forme « organique » qui permet à la vie de fabriquer les sucres, la cellulose, les lipides, les protéines...

Cette dernière action est le privilège exclusif des organismes végétaux capables d'opérer la photosynthèse grâce à la **chlorophylle**. En présence d'eau (H₂O) et de dioxyde de carbone (CO₂), la chlorophylle capte les rayonnements solaires et mobilise cette énergie pour créer des molécules plus longues. Cette réaction, nous l'avons vu plus haut, dégage du dioxygène (O₂), d'où la réputation des forêts d'être des « poumons verts ».



Molécule de chlorophylle

Cette opération fondamentale est complétée par d'autres réactions qui permettent finalement aux plantes de construire :

- soit des molécules courtes, comme des lipides, des sucres simples, des protéines, assez facilement dégradables et qui serviront de réserves ou d'agents actifs dans le cas des protéines;
- soit des molécules longues (plusieurs centaines ou milliers d'atomes de carbone) qui formeront des « squelettes carbonés » : la cellulose et la lignine, longs polymères carbonés qui forment les tiges, les troncs et dont on tire de quoi faire du papier, des vêtements (lin, coton...).

Lorsque les végétaux meurent et que leurs feuilles tombent, les racines du sol, les tiges et les troncs forment une litière et enrichissent le sol en molécules carbonées qui subiront des altérations.

On désigne l'ensemble de ces molécules – plus ou moins dégradées – sous le terme générique de matière organique. Ces matières organiques jouent un rôle décisif. Ce dernier point est essentiel pour la compréhension des systèmes de fertilité des écosystèmes.

Le tableau ci-dessous traduit bien l'importance du carbone sur notre planète !

Formes du carbone	Quantité de carbone (en gigatonnes)	Proportion par rapport à l'ensemble du carbone stocké
Calcaire et roche (CaCO ₃)	78 000 000	99,9454 %
CO ₂ dans l'atmosphère ou dissout dans l'eau (non organique)	39 870 (dont 750 pour l'atmosphère et 38 120 pour l'océan)	0,0511 %
Sol, charbon, pétrole et détritiques marins	2 200	0,0028 %
Animaux/végétaux vivants	553 (dont 550 pour le terrestre et 3 pour l'océanique)	0,0007 %
Total	78 042 823	100 %

CONCLUSIONS

La matière est née d'une fluctuation du Vide. L'électron dans l'atome joue un rôle primordial.

Tous les atomes sont remplis d'un vide riche de potentialités quantiques !

La Vie est née sur une planète où l'eau est sous sa forme liquide.

Grâce à la magnétosphère et aux couches concentriques de son atmosphère, elle a pu se développer à l'abri des radiations létales de son étoile.

Elle est née dans la SOUPE PRIMITIVE de l'ère prébiotique.

L'atmosphère était alors particulièrement agressive :

- * Il n'y avait pas d'oxygène et pas d'azote,
- * par contre beaucoup d'hydrogène, ammoniac, méthane, hydrogène sulfureux...(le milieu était anoxique),
- * L'énergie dure sévissait : rayons x, uv, γ , énergie thermique des volcans, décharges orageuses électriques pilonnaient la Terre...

La Vie est une caractéristique fondamentale de l'Univers, au même titre que la matière et l'énergie, la Terre aurait été «ensemencée» par une Vie d'origine extra-terrestre.

OPARINE ET HALDANE puis PAVLOVSKAYA (uv) et FOX (chaleur) et MILLER ont réalisé des expériences de Biogenèse remarquables démontrant que la Vie est née dans un milieu anoxique dans lequel sévissaient des énergies dures et abiotiques comme la foudre des orages, la chaleur des volcans, les radiations mortelles de notre étoile...

L'option CARBONE fut retenue grâce aux propriétés physico-chimiques particulièrement favorables de cet atome.

Grâce à la molécule de chlorophylle, les végétaux ont permis la synthèse des glucides et la libération de l'oxygène. Paradoxalement, ce dernier fut la première pollution toxique de la planète qui éradiqua la Vie anoxique, mais permit le développement de la Vie « sous oxygène » qui, progressivement occupa la presque totalité des niches écologiques actuelles !