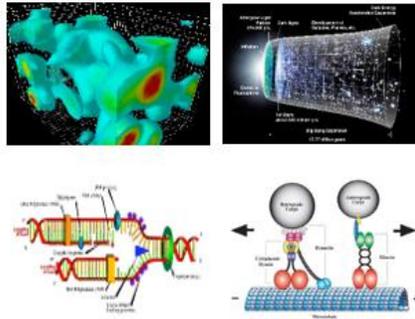




DIVINE GENESIS

Explorer la création à travers l'astronomie et la biologie



Dongchan Kim, Ph. D.

**Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à l'Esprit
Saint pour m'avoir inspiré et guidé tout au long de la
rédaction de ce livre !**

Contenu

Introduction.....	6
1. La création de l'univers	8
a. La structure hiérarchique de l'univers.....	8
i. Le système solaire.....	8
ii. Le système stellaire	10
iii. Notre galaxie (Voie lactée).....	11
iv. Galaxies, amas de galaxies et superamas	12
b. La création de l'univers	14
i. La création de l'univers en astronomie.....	14
ii. Le destin de l'univers (encore le Big Bang ?)	17
iii. La création de l'univers dans la Bible	21
c. Qui a été créé en premier, la Terre ou le Soleil ?	24
d. La Terre a-t-elle 6 000 ans ?	28
i. Les jours dans la Genèse	30
ii. Le créateur du temps	33
e. L'univers à réglage fin	36
2. La Terre, chef-d'œuvre de Dieu	41
a. Distance par rapport au soleil.....	41
b. L'inclinaison axiale droite	42
c. La bonne rotation et les périodes orbitales	44
d. La bonne taille.....	46
e. L'existence de la magnétosphère.....	48
f. L'existence d'une lune exceptionnellement grande.....	49
g. L'existence de Jupiter, gardien de la Terre.....	52

h. L'existence de la tectonique des plaques	54
i. La bonne taille du soleil	57
j. La bonne distance du centre de la galaxie	60
3. Création ou évolution ?	65
a. L'origine de la vie	65
i. La formation des acides aminés	66
ii. La formation de l'ARN	69
iii. La formation des protéines	75
iv. La formation de l'ADN	78
v. La formation des cellules	82
vi. La formation des cellules eucaryotes	85
vii. Localisation des organites	88
viii. Différenciation cellulaire	94
ix. La formation des tissus et des organes	98
x. La formation des organismes multicellulaires.....	100
b. L'évolution peut-elle expliquer l'origine de la vie ?	102
c. La théorie de Darwin : Théorie de l'évolution ou théorie de l'adaptation génétique ?	106
d. Avons-nous évolué à partir des singes ?	115
e. Le dessein intelligent.....	118
i. Complexité spécifiée.....	119
ii. Complexité irréductible.....	122
iii. Livres importants sur l'Intelligent Design	126
f. Physique des particules et création	129
g. Les extraterrestres et la création	133

h. Instincts des organismes vivants et de la création.....	138
i. Construction des nids d'abeilles maçonnées	139
ii. La construction des nids des oiseaux tisserands....	142
iii. Formation de la coquille du Nautilus.....	143
i. Les mathématiques dans la nature et la création	146
4. Invitation à l'Évangile	154
Remerciements	159
Crédit image	160
Références	162
A propos de l'auteur.....	167

Introduction

Les scientifiques qui défendent la théorie de l'évolution considèrent souvent que le créationnisme manque de soutien empirique et de rigueur scientifique. Ils affirment que le créationnisme ne devrait pas figurer dans les programmes d'enseignement des sciences, car il n'offre pas d'explication scientifiquement fondée à la diversité et à la complexité de la vie sur Terre.

D'autre part, la théorie de l'évolution comporte des lacunes et des questions sans réponse, notamment en ce qui concerne l'origine de la vie et la complexité des systèmes biologiques. La sélection naturelle et les mutations ne suffisent pas à expliquer les structures et les fonctions complexes observées dans les organismes vivants. En outre, la théorie de l'évolution ne s'applique qu'aux organismes vivants existants et ne traite pas de l'origine de la vie. En outre, elle repose largement sur des hypothèses et des reconstructions spéculatives, ce qui remet en cause sa validité en tant qu'explication globale de la diversité de la vie.

Ce livre a pour but d'explorer le débat entre la création et l'évolution en discutant de la création de l'univers, du caractère unique de la Terre et de l'origine de la vie.

Dans la première partie, nous présenterons la structure hiérarchique de l'univers et discuterons de la création de l'univers telle qu'elle est révélée par les observations astronomiques. Ensuite, nous examinerons si la création de l'univers décrite dans la Bible correspond aux résultats astronomiques, si l'âge de la Terre est de 6 000 ans et nous examinerons de plus près la nature finement ajustée de l'univers.

La deuxième partie présente dix faits étonnants sur la Terre, en soulignant son aptitude unique à accueillir la vie et en montrant les preuves d'une conception intentionnelle.

La troisième partie explore l'origine de la vie, en remettant en question les théories évolutionnistes conventionnelles et en mettant en évidence la complexité des systèmes biologiques

comme preuve de la création divine. L'adéquation du terme "théorie de l'évolution de Darwin" est examinée, suivie d'une enquête visant à déterminer si l'homme a évolué à partir du singe. En outre, le concept de dessein intelligent est introduit et le créationnisme est exploré à travers des discussions sur la physique des particules, l'existence d'une vie extraterrestre, les instincts des animaux et les mathématiques que l'on trouve dans la nature.

Le livre se termine par une invitation sincère à la foi, encourageant les lecteurs à réfléchir à leur cheminement spirituel et à considérer le pouvoir transformateur de la croyance. Il présente l'Évangile et fournit des conseils pratiques sur la façon d'embrasser la foi, y compris les étapes pour comprendre et recevoir la vie éternelle, offrant espoir et assurance à ceux qui recherchent une connexion plus profonde avec Dieu.

J'espère que ce livre vous apportera une connaissance renouvelée de la création, qu'il vous permettra d'approfondir votre compréhension du dessein et de la finalité complexes de l'univers, et qu'il vous donnera l'occasion de méditer sur la grâce, la sagesse et la puissance illimitées de Dieu, le divin Créateur, qui soutient toutes choses et nous invite à nous émerveiller devant son œuvre.

Dongchan Kim (cyberspacedckim@gmail.com)

1. La création de l'univers

Enfant, vous vous souvenez peut-être des nuits passées à camper à la campagne ou en montagne, à contempler d'innombrables étoiles scintillant dans l'immensité du ciel, ou à vous émerveiller devant des étoiles filantes traversant gracieusement le ciel noir. Ces expériences nous remplissent souvent d'admiration et d'émerveillement, et nous font profondément apprécier l'immense beauté et l'échelle de l'univers. Dans ces moments-là, vous avez peut-être ressenti un lien profond avec le cosmos, accompagné d'un sentiment d'humilité quant à la place que vous y occupez. Des questions ont peut-être surgi dans votre esprit : Combien d'étoiles remplissent le ciel ? Peut-il y avoir de la vie au-delà de notre monde ? Comment l'univers a-t-il commencé et comment pourrait-il finir ? Qui a créé tout cela ? La beauté époustouflante et la nature énigmatique du ciel nocturne suscitent la curiosité et invitent à réfléchir aux origines de l'univers et à notre rôle au sein de celui-ci. Ces moments de fascination laissent une empreinte durable, nous incitant à chercher des réponses aux plus grands mystères de la vie.

Dans ce chapitre, nous explorerons l'origine de l'univers d'un point de vue astronomique et biblique. Nous apporterons un soutien scientifique au récit de la création dans la Genèse en comparant ces deux points de vue. En outre, nous examinerons qui a été créé en premier, la Terre ou le Soleil, si la Terre a 6 000 ans, et le concept d'un univers finement accordé.

a. La structure hiérarchique de l'univers

Pour discuter de l'origine de l'univers, explorons d'abord sa structure hiérarchique. Nous commencerons par notre système solaire, puis nous passerons aux galaxies, aux galaxies externes, aux amas de galaxies, aux superamas et aux complexes de superamas.

i. Le système solaire

Le système solaire se compose d'une étoile, le Soleil, de huit

planètes en orbite autour de lui, de la ceinture d'astéroïdes entre Mars et Jupiter, la ceinture de Kuiper, et du membre le plus éloigné, le nuage d'Oort. Une étoile est définie comme un corps céleste autolumineux alimenté par la fusion nucléaire, tandis qu'une planète est un corps céleste qui reflète la lumière d'une étoile.

La Terre est la troisième planète à partir du Soleil. La distance entre la Terre et la Lune est de 384 000 km, ce qui prend 16 jours en avion à 1 000 km/h. La distance entre la Terre et le Soleil est d'environ 150 millions de kilomètres, soit une unité astronomique (UA), ce qui prend 17 ans en avion. La distance entre la Terre et le Soleil est d'environ 150 millions de kilomètres, soit une unité astronomique (UA), ce qui prendrait 17 ans en avion. La distance à Neptune est de 30 UA, la ceinture de Kuiper de 30 à 50 UA et le nuage d'Oort de 2 000 à 200 000 UA. À la vitesse de la lumière, il faudrait 8,3 minutes pour aller de la Terre au Soleil, 4 heures pour aller à Neptune et 9,5 mois (0,79 année-lumière) pour atteindre le bord intérieur du nuage de Oort. En avion, il faudrait environ 850 000 ans.

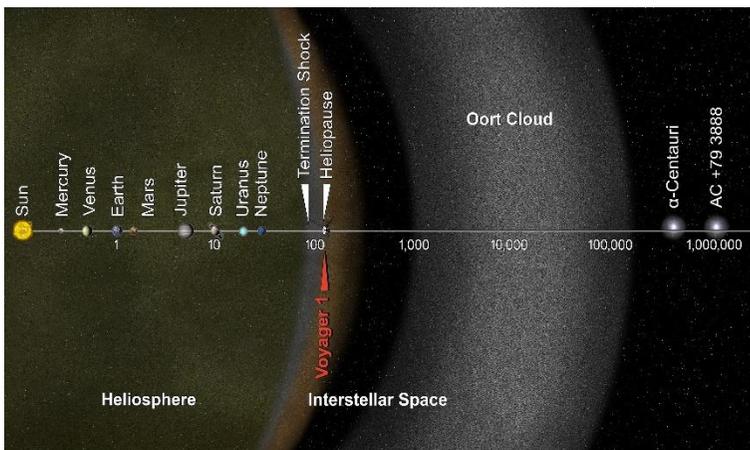


Fig. 1.1. Système solaire incluant la ceinture de Kuiper et le nuage d'Oort
Les comètes peuvent être classées en comètes à courte

période et comètes à longue période. La ceinture de Kuiper est la source des comètes à courte période, et le nuage d'Oort est la source des comètes à longue période. En raison de leur origine, les comètes ont des orbites très elliptiques avec de grandes excentricités. Le Soleil a une taille 109 fois supérieure à celle de la Terre, une masse 333 000 fois supérieure et une période de rotation d'environ 25 jours.

ii. Le système stellaire

En quittant le nuage d'Oort, vous entrez dans le royaume des étoiles. L'étoile la plus proche de la Terre est Proxima Centauri, qui a 14 % de la taille du Soleil, 12 % de sa masse et se trouve à environ 4,2 années-lumière. Il faudrait environ 4,6 millions d'années pour s'y rendre en avion.

Si vous observez attentivement les étoiles qui scintillent dans le ciel nocturne, vous remarquerez qu'elles ont des couleurs différentes. La couleur d'une étoile dépend de sa température de surface : les étoiles plus froides sont rougeâtres, tandis que les étoiles plus chaudes sont blanchâtres. Par exemple, Bételgeuse (α Ori) est rouge, le Soleil est jaune et Sirius (α CMa), l'étoile la plus brillante du ciel nocturne, est blanc bleuté.



Fig. 1.2. Les étoiles présentent une variété de couleurs

La masse d'une étoile détermine son taux de fusion nucléaire,

qui régit à son tour sa luminosité et sa durée de vie. Les étoiles plus massives consomment leur combustible plus rapidement que les étoiles moins massives. Les étoiles finissent leur vie sous la forme de naines blanches, d'étoiles à neutrons ou de trous noirs. Les étoiles dont la masse du cœur est inférieure à 1,4 masse solaire deviennent des naines blanches, celles dont la masse du cœur est comprise entre 1,4 et 3 masses solaires deviennent des étoiles à neutrons et explosent sous forme de supernovae, et celles dont la masse du cœur est supérieure à 3 masses solaires deviennent des trous noirs après être passées par le stade d'étoile à neutrons. Les restes des explosions de supernova peuvent être recyclés pour former de nouvelles étoiles.

En règle générale, moins d'une centaine d'étoiles sont visibles à l'œil nu dans une ville, et environ un millier à la campagne dans des conditions idéales. La plupart de ces étoiles se trouvent à moins de 50 années-lumière de la Terre.

iii. Notre galaxie (Voie lactée)

La Voie lactée est une galaxie spirale barrée contenant entre 200 et 400 milliards d'étoiles, ainsi que de grandes quantités de gaz, de poussière et de matière noire. Son diamètre s'étend sur environ 100 000 années-lumière, tandis que son épaisseur est d'environ 1 000 années-lumière, ce qui en fait une structure relativement plate et semblable à un disque avec un bulbe central.

Le Soleil est situé à environ 26 000 années-lumière du centre galactique, autour duquel il tourne une fois tous les 220 millions d'années, une période connue sous le nom d'année galactique. Notre système solaire réside près de l'éperon d'Orion, un bras mineur situé entre les bras spiraux du Sagittaire et de Persée. Situé à environ 60 années-lumière au-dessus du plan galactique, cet endroit offre une perspective avantageuse pour observer l'univers dans de multiples directions avec une obstruction minimale due à la poussière et au gaz denses du disque

galactique ().

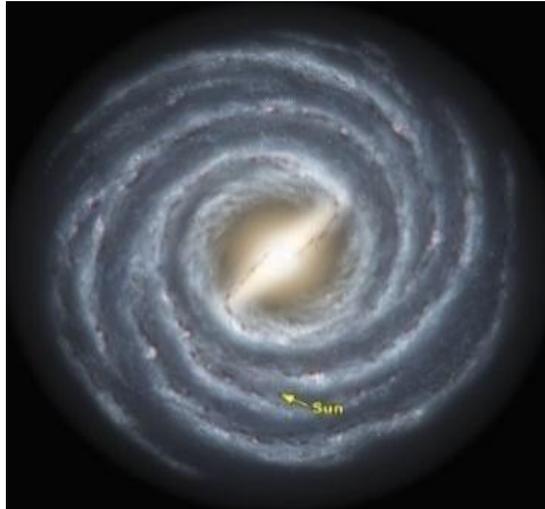


Fig. 1.3. Notre galaxie (Voie lactée)

iv. Galaxies, amas de galaxies et superamas

La galaxie d'Andromède (M31) est la galaxie la plus proche de la Voie lactée, située à environ 2,5 millions d'années-lumière de la Terre. Elle est visible à l'œil nu depuis l'hémisphère nord (magnitude visuelle = 3,4) et a une forme similaire à celle de la Voie lactée. La galaxie d'Andromède s'approche de la Voie lactée à une vitesse d'environ 110 km/s et devrait entrer en collision avec elle dans environ 4 milliards d'années.

Les galaxies peuvent être classées en trois grandes catégories morphologiques : spirales, elliptiques et irrégulières. Lorsque deux galaxies spirales entrent en collision, leurs interactions gravitationnelles peuvent entraîner une transformation spectaculaire, qui aboutit souvent à la formation d'une galaxie elliptique. Ce processus se déroule généralement par étapes impliquant des galaxies en interaction, suivies d'une phase de galaxie infrarouge lumineuse (LIRG) ou de galaxie infrarouge ultralumineuse (ULIRG).



Fig. 1.4. Galaxie spirale, galaxie elliptique et galaxie irrégulière

Si moins de 50 galaxies sont liées par la gravitation, on parle de "groupe de galaxies". Si des centaines ou des milliers de galaxies sont liées, on parle d'"amas de galaxies". Plus de 40 galaxies proches, dont la Voie lactée et Andromède, appartiennent au groupe local. Le groupe local et l'amas de la Vierge font partie du superamas de la Vierge, qui fait lui-même partie du superamas de Laniakea.

Un complexe de superamas, également appelé filament galactique ou chaîne de superamas, est une immense structure à grande échelle dans l'univers, composée de nombreux superamas de galaxies qui sont interconnectés par de vastes réseaux de galaxies, de gaz et de matière noire. Ces régions interconnectées forment une sorte de toile et représentent les plus grandes structures connues dans le cosmos. Elles s'étendent sur des distances incroyables, allant de centaines de millions à des milliards d'années-lumière, et éclipsent les structures cosmiques plus petites. Parmi celles-ci, le grand mur Hercules-Corona Borealis se distingue comme le plus grand complexe de superamas connu, un témoignage impressionnant de l'échelle de l'univers. Dans l'univers observable, on estime à 200 milliards le nombre de galaxies, réparties sur une distance stupéfiante de environ 93 milliards d'années-lumière, chacune contribuant à la tapisserie complexe des structures cosmiques.

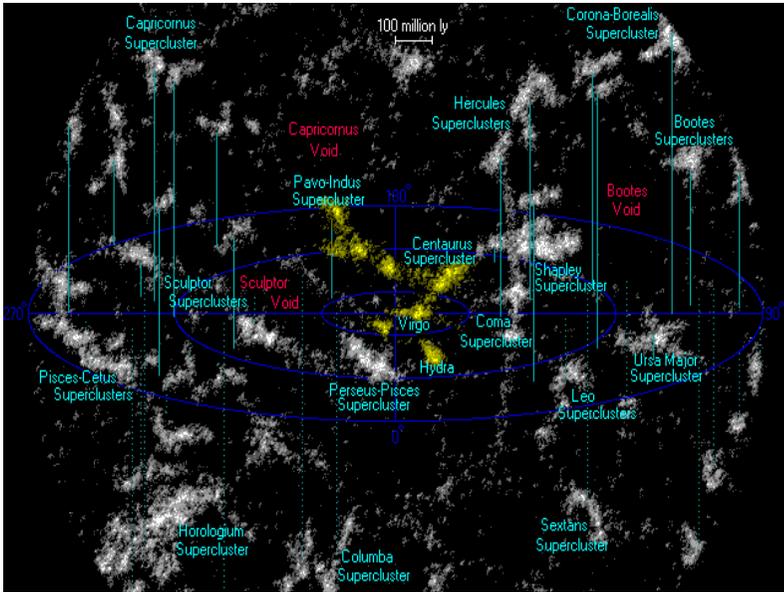


Fig. 1.5. Superamas proches (couleur jaune : superamas de Laniakea)

b. La création de l'univers

Comment l'univers a-t-il commencé ? A-t-il toujours existé ou a-t-il été créé par Dieu ? Pour explorer ce sujet, nous examinerons l'origine de l'univers telle qu'elle est observée en astronomie et telle qu'elle est décrite dans le livre de la Genèse dans la Bible.

i. La création de l'univers en astronomie

La théorie la plus largement soutenue sur l'origine de l'univers est la théorie du Big Bang, selon laquelle l'univers a commencé il y a environ 13,8 milliards d'années sous la forme d'un point incroyablement chaud et dense qui s'est rapidement dilaté. Cela soulève naturellement la question intrigante suivante : "Qu'est-ce qui existait avant le Big Bang ? L'une des principales hypothèses affirme, avec un soutien croissant, qu'avant le Big Bang, l'univers existait à l'état de fluctuations quantiques dans le vide, une base dynamique et probabiliste à partir de laquelle notre univers a

émergé.

Avant Paul Dirac, le vide était considéré comme un espace vide sans rien dedans. En 1928, Dirac a combiné la mécanique quantique et la relativité restreinte pour décrire le comportement d'un électron à des vitesses relativistes. Il est intéressant de noter que l'équation suggère deux solutions pour l'électron : l'une pour un électron à énergie positive, l'autre pour un électron à énergie négative. Dirac a proposé que le vide ne soit pas un espace vide mais qu'il soit rempli d'un nombre infini d'électrons à énergie négative (positron). C'est pourquoi le vide est parfois appelé mer de Dirac.

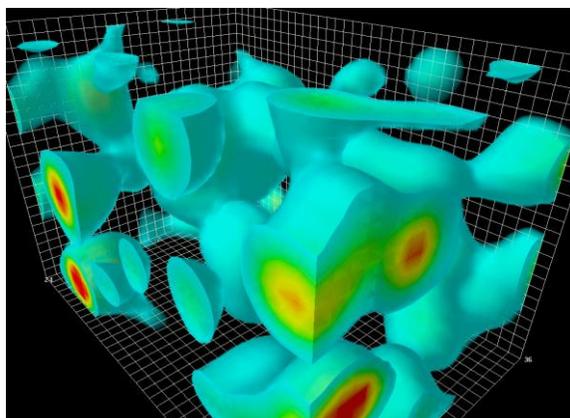


Fig. 1.6. Modèle tridimensionnel des fluctuations quantiques dans le vide

Bien que la mer de Dirac semble statique, elle ne l'est jamais en raison du principe d'incertitude d'Heisenberg. Des paires de particules et d'antiparticules apparaissent spontanément (production de paires) et disparaissent (annihilation de paires) de manière aléatoire (). L'échelle de temps est de 10^{-21} secondes et est invisible à l'œil humain, mais si une caméra peut le capturer, ce sera comme regarder une mer fluctuante. C'est ce qu'on appelle une "fluctuation quantique". Le Big Bang a émergé de la mer de fluctuations quantiques en un point singulier. Le Big Bang lui-même est le début de l'univers.

Immédiatement après le Big Bang, l'univers a subi des changements rapides en raison de sa température et de sa densité extrêmement élevées. De $10^{(-43)}$ secondes (temps de Planck) à $10^{(-36)}$ secondes, l'univers est régi par la théorie de la grande unification, qui unifie les trois forces (forces forte, faible et électromagnétique) du modèle standard. Il est ensuite entré dans l'ère inflationniste de $10^{(-36)}$ secondes à $10^{(-32)}$ secondes, dans l'ère électrofaible de $10^{(-32)}$ secondes à $10^{(-12)}$ secondes, dans l'ère des quarks de $10^{(-12)}$ secondes à $10^{(-6)}$ secondes, dans l'ère des hadrons de $10^{(-6)}$ secondes à 1 seconde, et dans l'ère des leptons de 1 seconde à 10 secondes.

À la fin de l'époque des leptons, un événement dramatique et décisif s'est produit. Les paires de leptons et d'antileptons, principalement constituées d'électrons et de positrons, se sont mutuellement annihilées. Ce processus a libéré un très grand nombre de photons (particules de lumière), inondant ainsi l'univers de lumière. Ces photons sont devenus la forme d'énergie dominante dans le cosmos, marquant le début de ce que l'on appelle l'ère des photons. Cette époque, qui a duré d'environ 10 secondes à 380 000 ans après le Big Bang, était caractérisée par un plasma chaud et dense d'électrons libres, de noyaux et de photons. Pendant cette période, les photons étaient dispersés par les électrons et les protons libres, ce qui les empêchait de voyager librement et rendait l'univers opaque.

L'époque de la recombinaison a suivi la fin de l'époque du photon, où un autre événement important s'est produit. Les électrons se combinent avec les protons pour former l'hydrogène et l'hélium neutres. C'est le début de l'ère dominée par la matière. À ce moment-là, l'univers rempli de plasma est devenu progressivement transparent et s'est transformé en un espace que nous pouvons appeler le ciel. Les photons produits à l'époque des photons, mais auparavant confinés dans le plasma, peuvent alors se déplacer librement dans l'univers transparent. Ces photons en mouvement libre sont observés comme une lumière très brillante et forment le rayonnement cosmique de

fond.

Les étoiles et les galaxies que nous voyons aujourd'hui ont été formées à partir des atomes créés à l'époque de la recombinaison. Depuis lors, l'univers a continué à s'étendre dans le sillage du Big Bang. Lorsque l'univers avait 9,8 milliards d'années, l'énergie sombre a commencé à dominer, marquant le début de l'ère dominée par l'énergie sombre. À cette époque, l'univers continue de s'étendre à un rythme accéléré. Cette expansion accélérée est l'état actuel de l'univers.

ii. Le destin de l'univers (encore le Big Bang ?)

Le destin de l'univers dépend de sa densité globale. Selon les mesures de WMAP, la densité actuelle de l'univers est approximativement égale à la densité critique (environ $10^{-29} \text{g cm}^{-3}$) avec une marge d'erreur de 0,5%. Toutefois, cette incertitude signifie que nous ne pouvons pas encore déterminer avec certitude le sort ultime de l'univers tant que des mesures plus précises ne seront pas obtenues. Si la densité de l'univers est supérieure à la densité critique, les forces gravitationnelles finiront par l'emporter sur l'expansion, provoquant l'effondrement de l'univers sur lui-même dans un événement catastrophique connu sous le nom de Big Crunch, caractéristique d'un univers fermé.

À l'inverse, si la densité est inférieure à la densité critique, l'univers continuera à s'étendre éternellement à un rythme accéléré, ce qui conduira à un scénario connu sous le nom de Big Rip, caractéristique d'un univers ouvert. Dans ce cas, la température de l'univers se refroidit progressivement à mesure que l'expansion progresse, et la formation d'étoiles finit par cesser en raison de l'épuisement du milieu interstellaire nécessaire à la création d'étoiles. Au fil du temps, l'univers deviendra de plus en plus sombre et froid, un processus souvent appelé "mort thermique".

Les étoiles existantes manqueront de combustible et cesseront de briller. Par la suite, la désintégration des protons

suivra, comme le prévoit la théorie du Grand Unifié, lorsque l'âge de l'univers sera d'environ 10^{32} ans. Vers 10^{43} ans, les trous noirs commenceront à s'évaporer sous l'effet du rayonnement de Hawking. Lorsque toutes les matières baryoniques se seront désintégrées et que tous les trous noirs se seront évaporés, l'univers sera rempli de rayonnements. La température de l'univers se refroidira jusqu'au zéro absolu et tout sera sombre et vide, ce qui ressemble à l'état de l'univers soumis à des fluctuations quantiques avant le Big Bang.

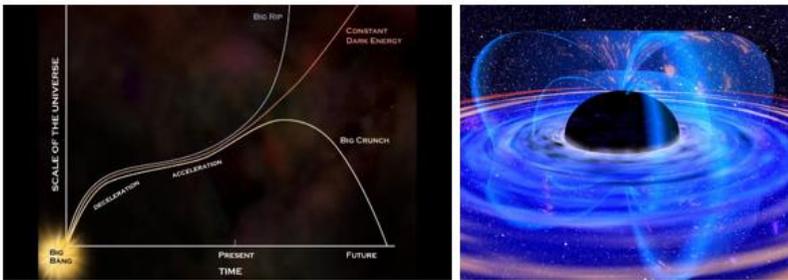


Fig. 1.7. Destin de l'univers et trou noir qui s'évapore

Récemment, deux mégastructures cosmiques ont été découvertes à 7 milliards d'années-lumière de la Terre, dans la direction de la Grande Ourse. L'Arc géant, découvert en 2022, et le Grand anneau, découvert en 2024, remettent en question le principe cosmologique selon lequel l'univers est homogène et isotrope à grande échelle. Ces mégastructures nécessitent une explication appropriée. L'une des explications possibles est qu'il s'agit d'énormes cordes cosmiques ou de vestiges de l'évaporation de trous noirs supermassifs (points de Hawking) lors du précédent Big Bang.

Cette interprétation est liée à la cosmologie cyclique conforme (CCC) de Roger Penrose. La CCC est un modèle cosmologique basé sur la relativité générale, dans lequel l'univers s'étend à l'infini jusqu'à ce que toute la matière se désintègre et laisse place à des trous noirs. Dans la CCC, l'univers suit des cycles infinis, avec un nouveau Big Bang émergeant à l'intérieur du Big

Bang actuel en expansion constante.

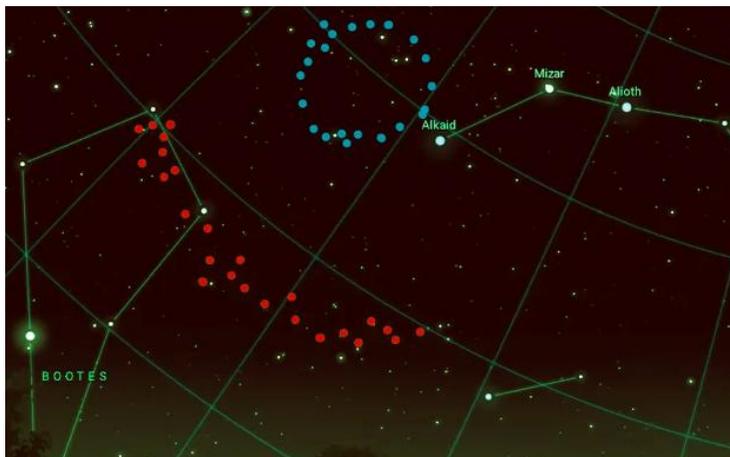


Fig. 1.8. Grand anneau (bleu) et grand arc (rouge)

Personnellement, je trouve le CCC intéressant parce qu'il offre des solutions potentielles à certains problèmes liés à l'évolution des galaxies. Il existe une corrélation entre la masse d'un trou noir et la dispersion des vitesses stellaires (la relation M-sigma). Selon cette relation, la masse d'un trou noir correspond à environ 0,1% de la masse de sa galaxie. Récemment, Chandra et JWST ont découvert une galaxie intrigante, UHZ1, grâce à l'effet de lentille gravitationnelle. UHZ1 se trouve à une distance de 13,2 milliards d'années-lumière et a été observée alors que notre univers n'avait que 3 % de son âge actuel. La masse estimée du trou noir UHZ1 s'est avérée plus importante que celle de la galaxie hôte. Cette masse importante du trou noir ne peut être expliquée par les théories actuelles sur la masse des trous noirs, mais peut l'être par le CCC. Cela peut se comprendre si le trou noir dans UHZ1 était un trou noir recyclé du Big Bang précédent et qu'il est devenu une graine de trou noir dans UHZ1 pendant le Big Bang actuel.

Nous ne savons pas comment le nouveau Big Bang se produit alors que le Big Bang actuel est toujours en expansion. Nous

pourrions essayer d'utiliser le concept d'hyperespace. Dans ce scénario, l'univers s'étend dans un espace tridimensionnel. Cependant, imaginons notre univers tridimensionnel comme une surface intégrée dans un espace de dimension supérieure (l'hyperespace). Cet espace de dimension supérieure pourrait être un espace quadridimensionnel (ou plus) dans lequel notre univers entier ne serait qu'une "tranche" ou un "brane".

Au fur et à mesure de son expansion, notre univers pourrait finir par converger vers un point singulier dans cet hyperespace de dimension supérieure, tout comme une surface bidimensionnelle peut se courber et converger vers un point de l'espace tridimensionnel. Ce point dans l'hyperespace pourrait être analogue au goulot d'une bouteille de Klein, une forme de dimension supérieure où la surface s'enroule sur elle-même.

Lorsque l'expansion de l'univers dans l'espace tridimensionnel converge vers ce point singulier de l'hyperespace, cela pourrait créer des conditions dans lesquelles la densité d'énergie deviendrait extrêmement élevée. Si ce point singulier de l'hyperespace ne peut pas accueillir l'immense afflux d'énergie et d'énergie du vide provenant de l'expansion actuelle de l'univers, il pourrait en résulter une explosion. Cette explosion serait le point de départ d'un nouveau Big Bang, créant un nouvel univers.

De cette manière, l'univers actuel du Big Bang, en constante expansion, pourrait conduire à la formation d'un nouvel univers dans le cadre de l'hyperespace, la convergence vers un point singulier faisant office de pont entre les cycles du CCC. Cette convergence dans une dimension supérieure fournit un mécanisme pour des cycles continus de Big Bang alors que l'univers actuel est toujours en expansion, et l'énergie de cet univers en expansion pourrait également contribuer à l'énergie noire qui alimente son accélération.

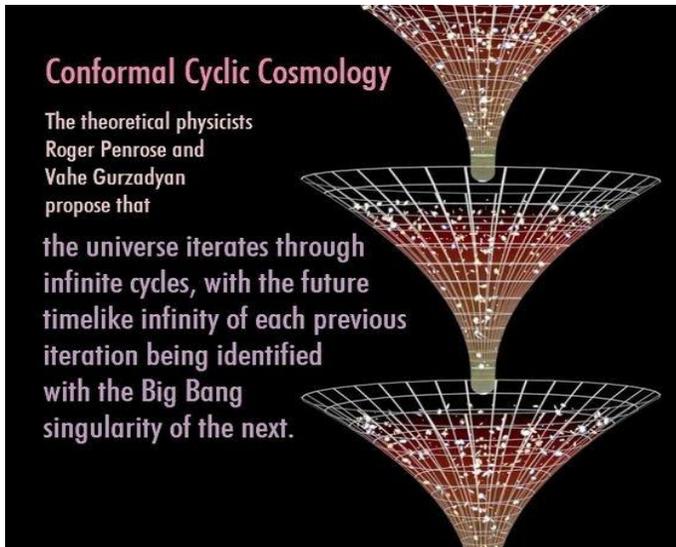


Fig. 1.9. Cosmologie cyclique conforme

iii. La création de l'univers dans la Bible

Dans cette section, j'explorerai la création de l'univers telle qu'elle est décrite dans la Bible d'un point de vue astronomique, en examinant comment le récit biblique pourrait s'aligner sur la compréhension scientifique moderne. Cette analyse approfondira les parallèles possibles entre le récit biblique et les observations astronomiques. Bien que cette approche offre une perspective intéressante, il est important de reconnaître qu'il existe d'autres façons d'interpréter le récit de la création dans la Bible. Ces interprétations peuvent varier en fonction des contextes théologiques, philosophiques et culturels, chacune apportant un éclairage unique sur le récit profond des origines de l'univers.

a) Dieu a déclaré la création de l'univers

La création de l'univers est décrite dans la Genèse, le premier livre de la Bible.

"Au commencement, Dieu créa les cieux et la terre. (Genèse

1:1)

Ce verset introduit l'acte de création par Dieu, affirmant qu'il est l'initiateur de tout ce qui existe. L'expression "les cieux et la terre" englobe toute la création, indiquant la totalité de l'univers.

"La terre était informe et vide, et il y avait des ténèbres à la surface de l'abîme. L'Esprit de Dieu planait à la surface des eaux." (Genèse 1:2)

Le terme "terre" représente ici la création physique et matérielle (c'est-à-dire la matière baryonique) que Dieu façonnera plus tard. La phrase "La terre était sans forme" peut être interprétée comme décrivant un état primordial de vide, dans lequel rien n'avait encore été créé. Le terme "vide" signifie un espace vide, et s'il n'y a rien dans cet espace, on peut légitimement l'appeler un vide. Par conséquent, la phrase "La terre était sans forme et vide" suggère que, dès le début, l'univers existait comme un vide, un état initial de néant. La phrase suivante, "des ténèbres couvraient la surface de l'abîme", a une signification profonde. Les "ténèbres" sont חֹשֶׁק (choshek) en hébreu et signifient littéralement l'obscurité totale sans aucune lumière. La "profondeur" est תְּהוֹמֹת (tehom) en hébreu et a été dérivée de הוּם (hom) qui signifie "tumulte" ou "fluctuation". Ainsi, "La terre était informe et vide, et les ténèbres couvraient la surface de l'abîme" peut être interprété comme décrivant l'origine de l'univers à partir d'un vide dans un état d'obscurité et de fluctuation. Cette interprétation correspond étroitement à l'état de l'univers à son stade le plus précoce, juste avant le Big Bang, lorsqu'il existait en tant que vide soumis à des fluctuations quantiques.

b) La création de la lumière

L'événement principal du premier jour de la création est la création de la lumière.

Dieu dit : "Que la lumière soit !" et la lumière fut. (Genèse 1:3)

Le verset indique que Dieu a initié la création de l'univers en créant la lumière. De même, le Big Bang a commencé par une série d'époques rapides, qui ont duré au total moins d'une seconde, et qui ont abouti à la création de la lumière (photons) au cours de l'époque des photons. La création de la lumière dans Genèse 1:3 correspond remarquablement à la création de la lumière à l'époque des photons, ce qui aligne puissamment le récit biblique sur ce moment crucial de l'univers primitif.

c) La création du ciel

L'événement principal du deuxième jour de la création est la création du ciel (les cieux).

"Et Dieu fit la voûte et..., Dieu appela la voûte sky...." (Genèse 1:7, 8)

La création du ciel décrite dans la Genèse peut être mise en corrélation avec l'époque de la recombinaison dans la cosmologie du Big Bang. Avant cette époque, l'univers était opaque, rempli d'un plasma dense et chaud d'électrons, de neutrons, de protons et de photons. Ce plasma dispersait les photons, les empêchant de voyager librement et rendant l'univers opaque au rayonnement. À cette époque, l'univers mesurait environ 10 années-lumière de diamètre, ce qui signifie qu'il n'y avait pas d'espace libre pour un "ciel" visible.

Cependant, à l'époque de la recombinaison, l'univers s'est suffisamment refroidi pour que les électrons et les protons se combinent et forment des atomes d'hydrogène neutres. Ce processus a nettoyé le plasma, rendant l'univers transparent et permettant aux photons de voyager librement dans l'espace. C'est ainsi qu'est née une vaste étendue transparente, que nous appelons le ciel visible, d'un rayon d'environ 42 millions d'années-lumière. Ainsi, la création du ciel dans Genèse 1:7-8 peut être interprétée comme une référence à cet événement

central de l'histoire cosmique.

Le tableau suivant résume la création de l'univers telle qu'elle est décrite dans la Bible et telle qu'elle est expliquée par l'astronomie. La comparaison montre que le récit de la création dans la Genèse s'aligne remarquablement sur les faits astronomiques, affirmant que Dieu avait déjà révélé ces vérités à travers la Bible bien avant qu'elles ne soient découvertes par la science.

La genèse	Astronomie
Fluctuation du vide (Gn 1:2 - avant la création)	Fluctuation du vide (avant le Big Bang)
Création de lumière (Gn 1:3 - 1er jour de la création)	Création de lumière (Époque des photons)
Création du ciel (Gn 1:7-8 - Jour 2 de la création)	Création du ciel (Époque de recombinaison)

Tableau 1.1. Comparaison entre la création dans la Genèse et l'astronomie

c. Qui a été créé en premier, la Terre ou le Soleil ?

L'événement principal du troisième jour de la création dans la Genèse est la création de la terre ferme et de la mer. Cela peut être compris comme la période pendant laquelle la Terre a été formée et structurée. Le processus de collecte de l'eau et de révélation de la terre ferme signifie le développement de la surface de la Terre et de ses caractéristiques géographiques. L'événement principal du quatrième jour de la Genèse est la création du Soleil. La Terre a donc été créée avant le Soleil. Il sera intéressant d'examiner si le récit biblique est cohérent avec les observations astronomiques. Explorons-le.

Les étoiles et les planètes se forment à partir de nuages moléculaires. Les nuages moléculaires sont constitués d'environ 98 % de gaz (environ 70 % d'hydrogène et 28 % d'hélium) et de

2 % de poussières (carbone, azote, oxygène, fer, etc.). La plupart des étoiles et des planètes joviennes sont constituées de gaz, et la plupart des planètes terrestres sont constituées de poussières (). Les protoétoiles se forment lorsque les nuages moléculaires s'effondrent sous l'effet de leur propre gravité. Au cours de ce processus, la matière restante des nuages moléculaires forme un disque rotatif appelé disque protoplanétaire, qui est la région où les planètes finissent par prendre forme. L'effondrement gravitationnel déclenche le chauffage et la compression du noyau, ce qui conduit à la naissance d'une protoétoile, tandis que le disque en rotation qui l'entoure fournit l'environnement nécessaire à la formation et à l'évolution des corps planétaires.

Au fur et à mesure que la protoétoile se contracte, elle devient une étoile de la séquence principale et suit les trajectoires d'évolution stellaire connues sous le nom de trajectoire de Hayashi (pour les étoiles de faible masse) et de trajectoire de Henyey (pour les étoiles de masse élevée) dans le diagramme de Hertzsprung-Russell (diagramme H-R). Les étoiles de la séquence principale peuvent être observées comme des étoiles T Tauri si leur masse est inférieure à 2 masses solaires, et comme des étoiles Herbig Ae/Be si leur masse est supérieure à 2 masses solaires. L'étoile de la séquence principale continue à se contracter jusqu'à ce que sa température interne atteigne 10 à 20 millions de degrés. À ce stade, l'étoile de la séquence pré-main commence la fusion nucléaire de l'hydrogène et devient une véritable étoile dans le ciel. Les étoiles à ce stade sont appelées étoiles de la séquence principale.

Selon la théorie de l'évolution stellaire et les études d'héliosismologie, le Soleil est resté au stade de la séquence pré-main pendant environ 40 à 50 millions d'années, après quoi il est devenu une étoile de la séquence principale.

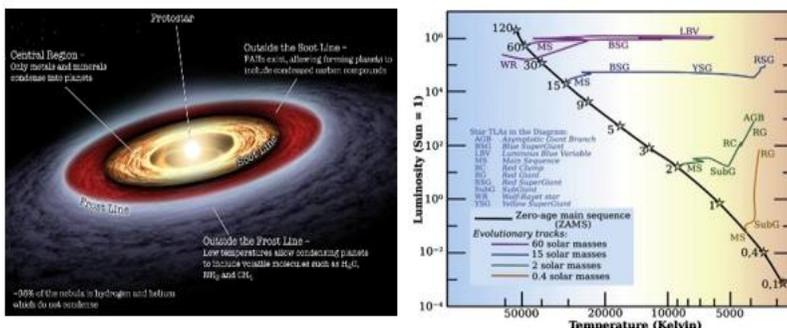


Fig. 1.10. Proto-étoile et disque protoplanétaire, et diagramme H-R

Pendant que l'étoile se forme au centre, les planètes se forment dans le disque protoplanétaire. Les collisions de particules de poussière et de gaz forment des cailloux, les cailloux deviennent des roches, et les roches deviennent des planétésimaux. Ces planétésimaux sont les éléments constitutifs des planètes.

Ce n'est que récemment que les détails du processus de formation des planètes dans le disque protoplanétaire ont été activement étudiés. Les études prédisent qu'il faudra quelques millions d'années pour former une planète de la taille de la Terre à partir de cailloux de 1 mm. Cette prédiction peut être testée grâce à des observations réelles, notamment les images submillimétriques ALMA des étoiles Tauri HL Tau et PDS 70.

La masse de HL Tau est d'environ deux masses solaires, et son âge est d'environ un million d'années. L'image révèle que plusieurs planètes se sont déjà formées et sont en orbite autour de l'étoile centrale de la séquence principale, comme l'indiquent les trous dans le disque protoplanétaire. La masse de PDS 70 est d'environ 0,76 masse solaire, et son âge est d'environ 5,4 millions d'années. Deux exoplanètes, PDS 70b et PDS 70c, ont été directement imagées par le VLT de l'ESO. En 2023, des observations spectroscopiques réalisées par le télescope spatial James Webb ont permis de détecter de l'eau dans la région de formation des planètes terrestres du disque protoplanétaire et

suggèrent que deux planètes terrestres ou plus se sont formées à l'intérieur. Il est important de noter que les nuages de gaz et de poussière observés dans HL Tau ont été en grande partie éliminés dans PDS 70, et que des planètes terrestres contenant de l'eau se sont formées au centre.

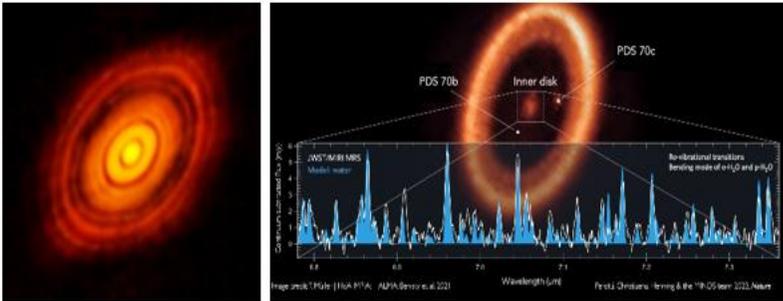


Fig. 1.11. HL Tau et PDS 70

Il a fallu 5,4 millions d'années pour former les planètes terrestres, mais même s'il fallait 10 millions d'années, ce serait toujours beaucoup moins que les 40 à 50 millions d'années nécessaires pour que le Soleil devienne une étoile de la séquence principale. Cela suggère que la Terre a été créée avant le Soleil, comme le dit la Genèse, et est cohérent avec les observations astronomiques.

Un autre événement majeur que Dieu a accompli le troisième jour a été la création des plantes et des arbres. Les athées et les évolutionnistes demandent souvent comment ces plantes et ces arbres ont pu survivre si le soleil a été créé le quatrième jour. Cette question peut être abordée dans le contexte de la théorie de l'évolution stellaire. Lorsque la Terre a été formée, le Soleil était encore au stade d'étoile Tauri. Bien que les étoiles Tauri ne soient pas des étoiles de la séquence principale, leur température de surface varie entre 4 000 et 5 000 kelvins. Le rayonnement du corps noir à cette température culmine dans la longueur d'onde visible. En outre, la taille du Soleil en tant qu'étoile Tauri était plusieurs fois supérieure à sa taille actuelle. Il

pouvait donc fournir suffisamment d'énergie dans la gamme des longueurs d'onde visibles pour permettre la photosynthèse des plantes et des arbres.

d. La Terre a-t-elle 6 000 ans ?

Le 'young Earth creationism' est la croyance selon laquelle la Terre et l'univers sont relativement jeunes, généralement âgés de 6 000 à 10 000 ans, sur la base d'une interprétation littérale du récit biblique de la création dans la Genèse. Les jeunes créationnistes croient que la Terre a été créée en six jours de 24 heures et rejettent une grande partie du consensus scientifique moderne concernant l'âge de la Terre et de l'univers. De nombreuses preuves scientifiques provenant de divers domaines, notamment la géologie, l'astronomie et la physique, indiquent que la Terre a environ 4,6 milliards d'années et que l'univers a environ 13,8 milliards d'années. Malgré ces nombreuses preuves, les jeunes créationnistes ne sont pas d'accord. Cette situation rappelle le débat entre les modèles géocentrique et héliocentrique à l'époque de Galilée.

Avant d'entrer dans le vif du sujet, prenons quelques exemples qui permettent de comprendre que la Terre et l'univers ont au moins plusieurs millions d'années.

La croûte terrestre est composée de plaques tectoniques qui se déplacent lentement, provoquant des tremblements de terre. Personne ne conteste ce fait. Un point chaud est un endroit où le magma s'écoule des profondeurs du manteau sous la croûte, avec son centre fixé en place. Lorsque le magma s'écoule sur la croûte et se refroidit, il forme des terres. Les îles Hawaï sont un excellent exemple de ce processus. Sur la Grande île d'Hawaï, le Kilauea est toujours un volcan actif et, à mesure que le magma qu'il produit se refroidit dans l'eau de mer, de nouvelles terres se forment. Les terres nouvellement formées se déplacent vers le nord-ouest à une vitesse d'environ 7 à 10 cm par an en raison de la tectonique des plaques, et ce processus a donné naissance aux différentes îles d'Hawaï. Ce processus se produit encore

aujourd'hui, et c'est un fait indéniable.

Compte tenu de la vitesse à laquelle les plaques tectoniques se déplacent, l'âge des îles hawaïennes est estimé comme suit : la Grande île a 400 000 ans, Maui a 1 million d'années, Molokai a 1,5 à 2 millions d'années, Oahu (où se trouve Waikiki) a 3 à 4 millions d'années, et Kauai a environ 5 millions d'années. Dans la Grande île, on peut voir qu'une grande partie du territoire est encore recouverte de terre volcanique noire, ce qui indique une altération minimale. En revanche, Kauai a subi une altération importante qui a permis à la végétation de prospérer, ce qui lui a valu le surnom d'"île jardin". Cet exemple constitue une preuve directe que la Terre a au moins plusieurs millions d'années.

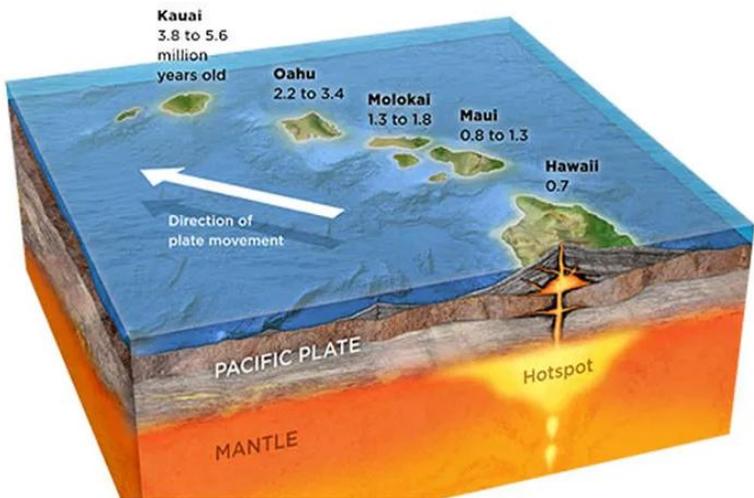


Fig. 1.12. Histoire géologique des îles hawaïennes

Pour comprendre directement que l'univers a au moins plusieurs millions d'années, il suffit d'accepter que la lumière voyage à 300 000 km par seconde. Le Soleil se trouve à 150 millions de km de la Terre. La lumière que nous recevons aujourd'hui a donc été générée par le soleil il y a 8,3 minutes. Le Soleil est environ 400 fois plus grand que la Lune, mais comme il est beaucoup plus éloigné, il semble avoir à peu près la même

taille que la Lune dans le ciel. Personne ne le nierait. La galaxie d'Andromède a une taille similaire à celle de notre Voie lactée, mais elle se trouve à 2,5 millions d'années-lumière, ce qui la fait paraître environ quatre fois plus grande que la Lune. Le fait que nous puissions voir la galaxie d'Andromède signifie que la lumière que nous observons a été créée dans cette galaxie il y a 2,5 millions d'années et qu'elle vient juste de nous parvenir. Si vous avez vu la galaxie d'Andromède, vous ne pouvez pas nier ce fait. Il s'agit d'une preuve directe que l'univers a au moins plusieurs millions d'années.

Malgré ces faits, si l'on continue à insister sur le fait que la Terre a 6 000 ans, cela pourrait devenir une pierre d'achoppement plutôt qu'une aide à la diffusion de l'Évangile, ce qui risquerait d'éloigner de nombreuses personnes de ce dernier. Par conséquent, au lieu de défendre le créationnisme de la jeune Terre, il serait plus raisonnable de lire attentivement la Genèse dans la Bible et d'essayer de trouver une solution.

Pour les humains, le temps s'écoule toujours du présent vers le futur et ne s'écoule jamais en arrière. Nous définissons un jour comme étant 24 heures, mais si nous avions été créés sur d'autres planètes, un jour ne serait pas de 24 heures. Par exemple, si nous étions créés sur Vénus, un jour correspondrait à 243 jours terrestres, et sur Jupiter, un jour correspondrait à 10 heures terrestres. Par conséquent, si nous ne changeons pas notre définition et notre perception du temps dans une perspective géocentrique, il sera difficile d'aborder cette question. C'est en gardant ces faits à l'esprit que nous allons discuter plus en détail de cette question.

i. Les jours dans la Genèse

Tout d'abord, estimons l'âge de l'univers en nous basant sur les récits de la Genèse. Selon la Genèse, Dieu a créé l'univers et tout ce qu'il contient en six jours. Le temps écoulé entre Adam et Noé () peut être estimé à l'aide des archives généalogiques de la Genèse (5:3-32). Le déluge de Noé s'est produit lorsque Noé

avait 600 ans, et le nombre total d'années entre Adam et le déluge est de 1 656 ans. Nous ne savons pas quand le déluge de Noé s'est produit. Certains érudits et traditions bibliques tentent de dater le déluge à l'aide des généalogies de la Bible, estimant qu'il s'est produit vers 2300-2400 avant Jésus-Christ. Selon cette interprétation, l'âge de l'univers est donc de 7 jours + 1 656 ans + 4 400 ans = 6 056 ans. C'est sur cette base théorique que les jeunes créationnistes affirment que la Terre a 6 000 ans.

Pour aborder le problème de l'âge du jour, jetons un nouveau coup d'œil à la Genèse. Si les données généalogiques de la Genèse ne semblent pas poser de problème, l'année exacte du déluge de Noé pourrait faire l'objet d'un débat. Cependant, que le déluge de Noé ait eu lieu il y a 4 400 ans ou 44 000 ans, cela n'affecte pas de manière significative l'âge de l'univers tel qu'il est compris dans le contexte scientifique de 13,8 milliards d'années. Alors, où se trouve la clé pour résoudre le problème de l'âge des jours ? Vous l'avez peut-être déjà remarqué : la clé réside dans l'interprétation des sept premiers jours de la création.

La raison en est simple : un jour est défini comme la période de rotation de la planète sur laquelle nous vivons. Pour définir un jour, il faut que le Soleil et la Terre existent au préalable. Or, la Genèse rapporte que la Terre a été créée le troisième jour, et le Soleil le quatrième jour, alors que Dieu a utilisé les termes "jour" et "nuit" avant même leur création. Cela implique que le "jour" de la Genèse n'est pas le jour de 24 heures tel que nous le définissons, mais un "jour" tel que défini par Dieu. L'erreur des jeunes créationnistes terrestres réside dans leur incompréhension du fait que le "jour" mentionné dans Genèse se réfère à une journée humaine littérale de 24 heures, ce qui conduit à une mauvaise interprétation du terme "jour" dans le récit de la Genèse.

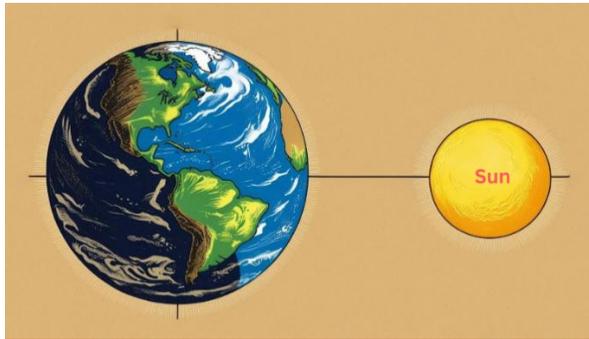


Fig. 1.13. Pour définir un jour, la Terre et le Soleil doivent exister au préalable.

Si les jours de la Genèse ne correspondent pas aux périodes de 24 heures définies par les humains, on peut se demander quelle est la durée des jours de la Genèse en termes de jours humains. Bien que nous ne connaissions pas la réponse exacte, nous pouvons estimer une période approximative en comparant les événements de la création décrits dans la Genèse avec ceux du Big Bang.

Le principal événement du premier jour de la création est la création de la lumière. L'époque photonique du Big Bang correspond à cet événement, le temps humain du premier jour étant de 380 000 ans. Le principal événement du deuxième jour de la création est la création du ciel. L'époque de la recombinaison correspond à cet événement, le deuxième jour correspondant à 100 000 ans en temps humain. Le principal événement du troisième jour est la création de la Terre. Comme nous l'avons vu dans la section précédente, il faut environ 10 millions d'années pour que la Terre se forme, donc le troisième jour de la création aurait duré plus de 10 millions d'années. De même, l'événement principal du quatrième jour est la création du Soleil. Comme il faut environ 40 à 50 millions d'années pour que le Soleil se forme, le quatrième jour de la création aurait duré plus de 40 millions d'années. Le tableau suivant résume les résultats ci-dessus.

Le jour de la création	Événement dans la Genèse	Événement dans le domaine de l'astronomie	Humain temps
Jour 1	Création de la lumière	Création de la lumière à l'époque des photons	380 000 ans
Jour 2	Création du ciel	Création du ciel à l'époque de la recombinaison	100 000 ans
Troisième jour	Création de la Terre	Création de la Terre	> 10 millions d'années
Jour 4	Création du soleil	Création du soleil	> 40 millions d'années

Tableau 1.2. Jours de la création dans la Genèse interprétés dans le temps humain

Ici, nous remarquons certains faits inattendus concernant la notion de temps telle qu'elle est utilisée par Dieu. Les jours dans le récit de la création sont beaucoup plus longs que les jours humains de 24 heures. De plus, le temps de Dieu n'est pas fixe, mais varie, allant de centaines de milliers d'années à plus de 40 millions d'années. Comment pouvons-nous comprendre cela ? Dans un certain sens, ce résultat n'est pas surprenant, mais plutôt prévisible.

ii. Le créateur du temps

Le "jour" utilisé dans la Genèse est yom (יֹם) en hébreu. Yom peut être interprété de plusieurs manières, notamment en référence à l'âge ou à une longue période de temps. Cette interprétation suggère que chaque "jour" de la création représente une longue période au cours de laquelle des actes spécifiques de la création ont eu lieu. Selon une autre interprétation, "yom" signifie une période de durée indéterminée. Ce point de vue postule que les jours de Dieu ne sont pas liés aux contraintes temporelles humaines, reconnaissant que Dieu, en tant que créateur du temps, opère en dehors de nos limites temporelles. On trouve des exemples de cette interprétation dans

la Bible.

Dans 2 Pierre du Nouveau Testament, il est écrit :

"Mais n'oubliez pas une chose, chers amis : pour le Seigneur, un jour est comme mille ans, et mille ans sont comme un jour : Pour le Seigneur, un jour est comme mille ans, et mille ans sont comme un jour." (2 Pierre 3:8)

Ce passage a pour but d'encourager ceux qui attendent les promesses de Dieu à le faire patiemment. Il peut également suggérer que la perspective de Dieu sur le temps diffère de celle des humains, ce qui implique que Dieu peut étendre ou contracter le temps à sa guise. Nous comprenons que le temps n'est pas une quantité fixe. Selon la relativité restreinte, le temps s'écoule plus lentement pour l'observateur en mouvement que pour l'observateur au repos dans le même cadre inertiel ($t = t_0/\sqrt{1 - (v/c)^2}$). Selon la relativité générale, le temps s'écoule plus lentement dans un champ gravitationnel intense ($t = t_0\sqrt{1 - (2GM/rc^2)}$).

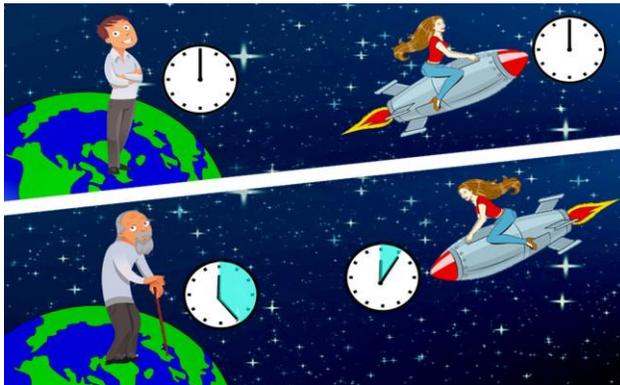


Fig. 1.14. Illustration de la dilatation du temps

Dieu ne se contente pas de dilater ou de contracter, il arrête également le temps. Dans l'Ancien Testament, dans le livre de Josué, il est écrit :

"Le soleil s'arrêta au milieu du ciel et tarda à se coucher pendant un jour entier" (Josué 10:13).

Ce miracle s'est produit lors de la bataille de Josué contre les Amorites et démontre que Dieu a le pouvoir de figer le temps. Par ailleurs, Dieu a réalisé un miracle encore plus étonnant, comme le rapporte 2 Rois de l'Ancien Testament :

"Le prophète Ésaïe invoqua l'Éternel, et l'Éternel fit reculer l'ombre de dix marches qu'elle avait descendues sur l'escalier d'Achaz. (2 Rois 20:11)

Le verset ci-dessus reflète la réponse de Dieu à la prière déchirante du roi Ézéchias, qui demandait à vivre plus longtemps. Dans sa miséricorde, Dieu a entendu Ézéchias et lui a accordé 15 années supplémentaires. Pour confirmer sa promesse, Dieu accomplit un signe miraculeux en faisant reculer de dix marches l'ombre sur l'escalier d'Achaz (cadran solaire). Ce miracle indique que Dieu a le pouvoir d'inverser le temps, un concept qui dépasse notre compréhension scientifique actuelle.



Fig. 1.15. Escalier d'Achaz (cadran solaire)

Pour les humains, le temps s'écoule de manière unidirectionnelle du présent vers le futur, mais pour Dieu, comme le montre la Bible, le temps est une variable qu'il peut contrôler. Dieu peut raccourcir, allonger, figer ou même inverser le temps, démontrant ainsi sa souveraineté sur les lois naturelles et soulignant le contraste entre les limites humaines et son pouvoir infini.

e. L'univers à réglage fin

L'univers finement réglé exprime le fait que les constantes physiques fondamentales qui constituent et font fonctionner l'univers sont finement réglées avec une extrême précision pour que la vie puisse exister dans l'univers.

Si la densité de l'univers avait été supérieure à la densité critique, l'univers se serait contracté immédiatement après sa formation. Inversement, si elle avait été inférieure à la densité critique, l'univers se serait étendu trop rapidement, empêchant la formation d'étoiles et de galaxies. Dans les deux cas, nous n'existerions pas dans ce monde.

Dans son livre *The Emperor's New Mind*, Penrose a utilisé la formule de Bekenstein-Hawking pour l'entropie des trous noirs afin d'estimer les probabilités du Big Bang. Il a calculé que la probabilité que l'univers vienne à l'existence d'une manière qui permette le développement et le maintien de la vie telle que nous la connaissons est de 1 sur 10 à la puissance 10^{123} . Cela suggère que notre univers n'est pas le fruit d'un hasard ou d'un processus aléatoire, mais d'un réglage extraordinairement fin de la part du Créateur divin !

Les constantes fondamentales de la physique, telles que la constante gravitationnelle, la vitesse de la lumière dans le vide, la constante de Planck, la constante de Boltzmann, la constante électrique, la charge élémentaire et la constante de structure fine, etc. doivent être finement ajustées pour que la vie puisse exister dans l'univers. Si ces constantes étaient légèrement différentes, l'univers ne pourrait pas accueillir la vie.

Par exemple, si la constante gravitationnelle était plus petite qu'elle ne l'est actuellement, la force de gravité serait plus faible. Cette réduction de l'attraction gravitationnelle empêcherait la matière de se regrouper pour former des étoiles, des galaxies et des planètes, y compris la Terre sur laquelle nous vivons aujourd'hui. Si la constante de Planck était plus grande qu'elle ne l'est actuellement, plusieurs changements fondamentaux se

produiraient dans l'univers physique. Tout d'abord, l'intensité du rayonnement solaire diminuerait, ce qui signifierait que moins d'énergie atteindrait la Terre en provenance du Soleil. Cette réduction d'énergie aurait un impact sur de nombreux processus naturels, y compris le climat et les modèles météorologiques. En outre, l'augmentation des valeurs de la constante de Planck entraînerait une augmentation de la taille des atomes, car la quantification des niveaux d'énergie atomique serait modifiée. Cette augmentation affaiblirait la force de liaison des atomes et des molécules, ce qui rendrait les réactions chimiques moins stables. La photosynthèse chez les plantes, qui repose sur l'absorption précise de l'énergie lumineuse pour convertir le dioxyde de carbone et l'eau en glucose, deviendrait moins efficace. L'ensemble des processus biochimiques et physiques qui dépendent de l'équilibre actuel de la mécanique quantique serait modifié, ce qui créerait un environnement radicalement différent et moins stable pour la vie.

Parmi les constantes fondamentales, la constante de structure fine a attiré l'attention des physiciens. La constante de structure fine, désignée par la lettre grecque α , quantifie l'intensité de l'interaction électromagnétique entre les particules chargées élémentaires.

$$\alpha = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{\hbar c} \approx \frac{1}{137}$$

Il s'agit d'une quantité sans dimension dont la valeur approximative est de 1/137, un chiffre qui intrigue les physiciens depuis sa découverte. Sa valeur précise est cruciale pour la stabilité de l'univers et l'existence de la vie. Si elle différait ne serait-ce que légèrement de sa valeur actuelle (α), la vie telle que nous la connaissons n'existerait pas.

Si α était supérieur à 1/137, l'interaction électromagnétique entre les particules deviendrait plus forte. Les électrons seraient alors plus étroitement liés au noyau, ce qui réduirait la taille des atomes et faciliterait la formation d'éléments lourds, tandis que les éléments légers tels que l'hydrogène seraient moins

susceptibles de se former. L'hydrogène étant une matière première essentielle pour la fusion nucléaire, ce changement affecterait directement la survie de la vie en limitant la disponibilité de l'hydrogène nécessaire à la production d'énergie dans le Soleil et les étoiles. Inversement, si α était plus petit que $1/137$, l'interaction électromagnétique entre les particules deviendrait plus faible. Les électrons seraient moins étroitement liés au noyau, ce qui conduirait à des atomes et des molécules instables. Cette instabilité entraînerait une désintégration plus facile des atomes et des molécules, empêchant la formation de molécules complexes telles que l'ADN et les protéines, qui sont essentielles à la vie. Ainsi, tout changement significatif de la constante de structure fine aurait des implications profondes sur la formation de la matière et le potentiel de vie dans l'univers.

Nous ne connaissons pas l'origine de sa valeur numérique $\approx 1/137$. Dirac considérait l'origine de α comme "le problème non résolu le plus fondamental de la physique". Feynman a décrit α comme un "nombre de Dieu" ou un "nombre magique" qui façonne l'univers et qui nous parvient sans que nous le comprenions. On pourrait dire que c'est la "main de Dieu" qui a écrit ce nombre, et que "nous ne savons pas comment il a poussé son crayon".

Si nous réécrivons l'équation de α , elle peut représenter plusieurs rapports : la vitesse des électrons par rapport à la vitesse de la lumière (c'est-à-dire que la lumière voyage 137 fois plus vite que les électrons), la répulsion électrostatique par rapport à l'énergie d'un seul photon, et le rayon classique de l'électron par rapport à la longueur d'onde Compton réduite de l'électron. En outre, le rapport entre la force électromagnétique et la force gravitationnelle est de 10^{36} , et le rapport entre la force électromagnétique et la force forte est de $1/137$. Ainsi, la valeur numérique de la constante sans dimension α pourrait servir de point de référence pour les quatre forces fondamentales.

Comme mentionné au chapitre 3, « Physique des particules et création », toute la matière de l'univers (les baryons) est

composée des particules fondamentales décrites par le modèle standard : les quarks, les leptons, les bosons de jauge et le boson de Higgs, soit 17 particules au total. Chaque particule possède une masse, une charge et un spin qui lui sont propres. Si l'une de ces propriétés fondamentales était légèrement différente, les structures atomiques, moléculaires, biologiques et cosmiques que nous connaissons n'existeraient pas.

Par exemple, si la différence de masse entre les quarks up et les quarks down était modifiée, l'équilibre délicat qui rend les protons stables et les neutrons légèrement plus lourds serait perturbé. Dans ce cas, l'hydrogène ne pourrait pas se former et les noyaux plus lourds ne pourraient pas être synthétisés, rendant les atomes impossibles. Si la masse de l'électron était significativement différente, la taille des atomes et les niveaux d'énergie changeraient, et les liaisons chimiques stables ne se produiraient plus, empêchant la formation de molécules complexes. Si les propriétés du boson de Higgs étaient modifiées, le mécanisme qui donne leur masse à toutes les particules élémentaires serait altéré, remodelant la structure même de l'univers.

De plus, si les charges électriques des protons et des électrons n'étaient pas exactement égales et opposées, les atomes neutres ne pourraient pas exister. Si les charges des quarks étaient différentes, les propriétés des protons et des neutrons changeraient, compromettant la possibilité d'exister des noyaux atomiques. Si les électrons n'avaient pas un spin de $1/2$, le principe d'exclusion de Pauli ne s'appliquerait pas et les atomes ne pourraient pas maintenir leur structure. De même, si les bosons n'avaient pas des valeurs de spin entières, le cadre du champ quantique qui permet à des forces telles que l'électromagnétisme, la force forte et la force faible d'opérer s'effondrerait. Enfin, si le boson de Higgs n'était pas une particule de spin 0, le mécanisme de génération de masse lui-même échouerait et les particules ne pourraient pas exister sous leur forme actuelle.

L'univers finement réglé reflète l'équilibre et la précision étonnants qui sous-tendent l'existence de toutes choses. De la densité critique de l'univers fixée avec une exactitude inimaginable, au calcul de Penrose de la probabilité infiniment faible de telles conditions initiales, en passant par les valeurs délicates de la constante gravitationnelle, de la constante de Planck et de la constante de structure fine, chaque détail indique un cosmos parfaitement calibré pour la vie. Même les particules fondamentales elles-mêmes — quarks, leptons, bosons et Higgs — possèdent précisément les masses, les charges et les spins nécessaires pour permettre l'existence des atomes, des molécules, des étoiles et, en fin de compte, des êtres vivants. Une telle harmonie ne peut raisonnablement être attribuée au hasard aveugle.

Cette précision extraordinaire nous inspire non seulement le respect, mais nous pousse également à nous poser des questions plus profondes sur l'origine et le but de l'univers. L'interaction parfaite des lois physiques porte la marque d'une conception intentionnelle, et le concept de création divine offre une explication profonde et convaincante. Tout comme un orchestre ne produit une belle symphonie que lorsque tous les instruments sont parfaitement accordés, l'univers témoigne également de la sagesse et de la puissance du Créateur, qui a ordonné toutes choses avec un but et un sens.

Si ceux qui ont simplement découvert les principes fondamentaux de l'univers — la gravité, la relativité, le principe d'incertitude, le principe d'exclusion de Pauli et le mécanisme de Higgs — sont honorés comme des génies et récompensés par des prix Nobel, combien plus grand est Dieu, le Créateur qui a non seulement conçu ces lois et ces principes, mais qui a également donné naissance à l'univers tout entier?

2. La Terre, chef-d'œuvre de Dieu

La Terre sur laquelle nous vivons offre plusieurs conditions bien réglées, essentielles à la survie des organismes vivants. Ces conditions sont si précises qu'elles servent souvent d'extension à l'univers finement réglé.

Dans ce contexte, nous explorerons dix conditions particulières de la Terre qui sont particulièrement uniques et cruciales pour soutenir la vie telle que nous la connaissons. Ces conditions mettent en évidence l'équilibre et la précision extraordinaires nécessaires au maintien des organismes vivants, faisant de notre planète une oasis exceptionnelle dans la vaste étendue de l'univers. En examinant ces attributs uniques, nous pouvons mieux apprécier l'interaction complexe des facteurs qui permettent à la vie de prospérer sur Terre.

a. Distance par rapport au soleil

La présence d'eau liquide est essentielle à la vie. Pour avoir de l'eau liquide, une planète doit orbiter dans une région spécifique autour de son étoile centrale. Si la planète est trop proche de l'étoile, toute l'eau va bouillir, et si elle est trop éloignée, toute l'eau va geler. La plage d'orbites où l'eau ne bout ni ne gèle est appelée "zone habitable". La zone habitable estimée dans notre système solaire se situe entre 0,95 UA et 1,15 UA (1 UA est la distance entre la Terre et le Soleil). Par conséquent, si la Terre était 5 % plus proche ou 15 % plus éloignée du Soleil, nous ne serions pas là.

Le pourcentage de la zone habitable occupant le plan de l'écliptique étiré jusqu'à Neptune (30 UA) n'est que de 0,05 %. L'excentricité de l'orbite terrestre est un autre facteur important qui influe sur l'étendue de la zone habitable. Par exemple, si l'excentricité était supérieure à 0,5, toute l'eau entrerait en ébullition deux fois par an près du périhélie et gèlerait deux fois par an près de l'aphélie. Heureusement, l'excentricité de la Terre n'est que de 0,017, ce qui se traduit par une orbite presque circulaire.

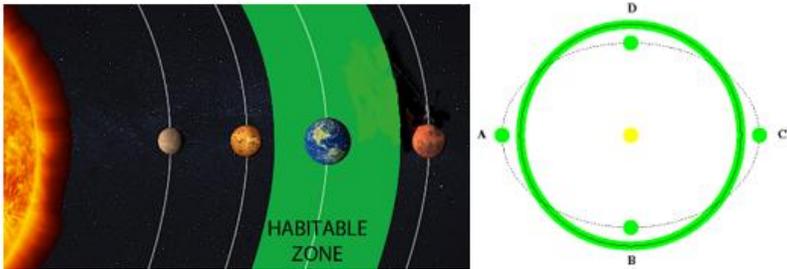


Fig. 2.1. Zone habitable (en vert) dans le système solaire

b. L'inclinaison axiale droite

L'axe de rotation de la Terre est incliné d'environ 23,5 degrés. Cela nous permet d'avoir quatre saisons et un climat doux. Que se passera-t-il si l'axe de rotation n'est pas incliné (0 degré, cf. inclinaison axiale de Mercure= 0,0 degré) ou complètement incliné (90 degrés, cf. inclinaison axiale d'Uranus = 82,2 degrés) ?

Si l'axe de rotation de la Terre n'était pas incliné, plusieurs changements importants se produiraient en termes de climat, de saisons et d'habitabilité. L'équateur recevrait un ensoleillement direct et constant tout au long de l'année, ce qui se traduirait par des températures perpétuellement chaudes. À l'inverse, les pôles recevraient toujours un minimum de lumière solaire, d'où un froid perpétuel. Ce contraste radical de température affecterait de manière significative les climats et les régimes météorologiques de la planète.

L'absence de saisons aurait de profondes répercussions sur les écosystèmes et l'agriculture. Les régions proches de l'équateur pourraient devenir trop chaudes pour que de nombreuses cultures et de nombreux organismes puissent prospérer, tandis que les régions polaires resteraient inhospitalières et froides. Les latitudes moyennes deviendraient les principales zones habitables, mais même ces régions ne connaîtraient pas les variations saisonnières dont dépendent de nombreuses plantes et de nombreux animaux pour leur cycle de vie et leur reproduction.

Les sociétés humaines seraient confrontées à de graves problèmes, notamment une baisse de la productivité agricole et une pression accrue sur les terres habitables. L'absence de repères saisonniers pourrait également perturber les activités culturelles et économiques qui dépendent des changements de saison. Globalement, une Terre non inclinée créerait un environnement moins dynamique et moins propice à la vie.

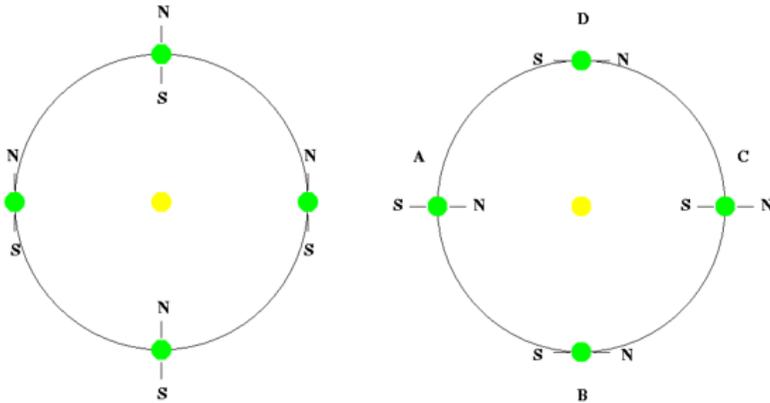


Fig. 2.2. Inclinaison axiale de la Terre. Pas d'inclinaison (à gauche) et inclinaison de 90 degrés (à droite)

Si l'axe de rotation de la Terre était complètement incliné à 90 degrés, cela aurait des effets profonds et dramatiques sur le climat et l'environnement de la planète. Dans ce scénario, un hémisphère connaîtrait une lumière du jour continue pendant la moitié de l'année, tandis que l'autre serait dans l'obscurité constante, puis la situation s'inverserait pendant l'autre moitié de l'année.

Chaque hémisphère connaîtrait des variations saisonnières extrêmes. Pendant l'été, un hémisphère recevrait un ensoleillement constant, ce qui entraînerait des périodes prolongées de chaleur intense () et des conditions potentiellement désertiques. À l'inverse, pendant l'hiver, le même hémisphère connaîtrait une obscurité permanente et des températures glaciales.

Les changements radicaux de lumière et de température perturberaient gravement les écosystèmes. De nombreux animaux et plantes sont adaptés au cycle saisonnier actuel, et des changements aussi extrêmes menaceraient leur survie.

L'agriculture, qui repose sur des saisons prévisibles, serait considérablement affectée. Les régions actuellement propices à l'agriculture pourraient devenir inhabitables, ce qui entraînerait des pénuries alimentaires et la nécessité d'adapter radicalement les pratiques agricoles.

Globalement, un axe complètement incliné rendrait la Terre beaucoup moins accueillante pour la vie, créant des conditions environnementales extrêmes et instables.

c. La bonne rotation et les périodes orbitales

La période de rotation de la Terre est de 24 heures, avec environ 12 heures de jour et 12 heures de nuit. Notre biorythme a été façonné par la période de rotation de la Terre. La période de rotation de 24 heures offre une plage horaire optimale pour 8 heures de travail, 8 heures de sommeil et 8 heures de loisirs. Cependant, toutes les planètes du système solaire n'ont pas une période de rotation optimale. Par exemple, la période de rotation de Jupiter est d'environ 10 heures, alors que celle de Vénus est de 243 jours.

Si la période de rotation de la Terre était réduite à 10 heures, cela aurait un impact significatif sur l'environnement et la vie de la planète. Une rotation plus rapide se traduirait par des jours et des nuits plus courts, entraînant une alternance rapide entre la lumière du jour et l'obscurité. Cela pourrait perturber les rythmes circadiens de nombreux organismes, affectant les habitudes de sommeil, les comportements alimentaires et les cycles de reproduction ().

L'augmentation de la vitesse de rotation entraînerait également des effets de Coriolis plus importants, ce qui intensifierait les phénomènes météorologiques et pourrait provoquer des tempêtes et des ouragans plus violents. La rotation plus rapide

pourrait également avoir un impact sur l'activité tectonique de la Terre. L'augmentation de la force centrifuge pourrait entraîner des tremblements de terre et des éruptions volcaniques plus fréquents et plus intenses.

En revanche, si la période de rotation de la Terre était de 243 jours comme pour Vénus, les conséquences pour la planète et ses habitants seraient dramatiques. Une rotation aussi lente se traduirait par des jours et des nuits extrêmement longs, d'une durée d'environ 120 jours chacun.

La face orientée vers le soleil connaîtrait un réchauffement prolongé, entraînant des températures brûlantes, tandis que la face orientée vers l'extérieur subirait une obscurité prolongée et un refroidissement important, pouvant aller jusqu'au gel. Ces températures extrêmes rendraient la survie de la plupart des formes de vie difficile. Les périodes de réchauffement et de refroidissement prolongées perturberaient la circulation atmosphérique, provoquant probablement des phénomènes météorologiques extrêmes. Les ouragans, les tempêtes massives et les sécheresses ou inondations prolongées pourraient devenir monnaie courante.

Les longues périodes de lumière du jour et d'obscurité perturberaient gravement les cycles de vie des plantes et des animaux, en affectant la photosynthèse, la reproduction et les modes d'alimentation.

Les activités humaines, l'agriculture et les infrastructures devront s'adapter de manière significative pour faire face aux conditions difficiles et variables, ce qui constituera un défi considérable pour la survie et la vie quotidienne.

La période orbitale de la Terre est également importante pour la survie de l'homme. La période orbitale de la Terre est de 365 jours, avec 3 mois pour le printemps, l'été, l'automne et l'hiver. La durée de chaque saison () est bien équilibrée, de sorte qu'aucune saison n'est trop courte ou trop longue. Cet équilibre est crucial pour les cycles agricoles, la croissance des plantes, le calendrier des migrations animales et d'autres processus

écologiques.

Que se passe-t-il si la Terre a une période orbitale courte de 88 jours, comme Mercure ? Dans ce scénario, chaque saison ne durerait qu'environ 3 semaines. La plupart des cultures sur Terre nécessitent 6 à 9 mois entre le semis au printemps et la récolte à l'automne. Or, avec des saisons changeant toutes les trois semaines, les cultures n'auraient pas assez de temps pour mûrir, ce qui entraînerait de graves pénuries alimentaires et aurait un impact direct sur la survie de l'humanité.

Inversement, que se passe-t-il si la Terre a une longue période orbitale de 164 ans, comme Neptune ? Chaque saison durerait environ 40 ans. Des étés prolongés entraîneraient des vagues de chaleur prolongées et une désertification potentielle, tandis que des hivers prolongés provoqueraient de longues périodes de froid et de glace, ce qui aurait des répercussions sur l'agriculture et les écosystèmes. Alors que les humains pourraient s'adapter pour éviter les pénuries alimentaires, les animaux sauvages auraient du mal à trouver de la nourriture pendant un hiver qui durerait 40 ans. Les conditions difficiles prolongées rendraient la survie de la plupart des animaux sauvages pratiquement impossible, ce qui entraînerait une extinction généralisée.

d. La bonne taille

Vous n'y avez peut-être pas pensé, mais la taille de la Terre est cruciale pour la survie des êtres humains. La taille de la planète influence sur son attraction gravitationnelle, qui à son tour influence tout, de la rétention d'une atmosphère propice à la vie à la capacité d'abriter des masses d'eau stables et de maintenir un champ magnétique protecteur.

Si la Terre était réduite de moitié par rapport à sa taille actuelle, la gravité serait réduite de moitié. La réduction de la gravité aurait des conséquences importantes et potentiellement dévastatrices sur la capacité de la planète à accueillir la vie. La gravité réduite pourrait ne pas être assez forte pour conserver une atmosphère dense. Cette atmosphère plus fine offrirait moins de protection

contre les rayonnements solaires nocifs et les météoroïdes, et pourrait ne pas favoriser les conditions météorologiques stables nécessaires à la vie.

La diminution de la gravité affecterait également la rétention de l'eau liquide, entraînant une augmentation des taux d'évaporation et potentiellement une perte d'eau de surface au fil du temps. Il serait alors difficile de préserver les océans, les rivières et les lacs, qui sont essentiels à la diversité des écosystèmes et à la civilisation humaine.

En outre, une Terre plus petite aurait un champ magnétique réduit, offrant moins de protection contre le vent solaire. L'atmosphère pourrait alors se dégrader et la surface serait davantage exposée aux rayonnements cosmiques et solaires nocifs, ce qui rendrait la planète beaucoup moins hospitalière pour les êtres humains et les autres formes de vie.

Si la Terre était deux fois plus grande qu'aujourd'hui, les effets sur la gravité et la vitesse de fuite seraient considérables et auraient des implications profondes pour la vie sur la planète. La gravité augmenterait, donnant l'impression que tout ce qui se trouve sur Terre est plus lourd, et la vitesse de fuite doublerait également. Cette gravité accrue rendrait les mouvements plus pénibles pour les humains et les autres organismes, ce qui pourrait entraîner un stress physique plus important et des adaptations au fil du temps.

La combinaison d'une gravité accrue et d'une vitesse de fuite aurait également un impact sur l'atmosphère. Une attraction gravitationnelle plus forte retiendrait davantage de gaz, y compris des gaz toxiques comme le méthane et l'ammoniac, à l'instar des atmosphères de Saturne et de Jupiter. Ces gaz pourraient s'accumuler jusqu'à atteindre des niveaux nocifs (), créant un environnement toxique impropre à la plupart des formes de vie.

En outre, l'augmentation de la gravité pourrait affecter les processus géologiques, entraînant une activité volcanique plus intense et des montagnes plus hautes. Dans l'ensemble, une Terre plus grande, avec une gravité et une vitesse de fuite

accrues, présenterait des défis importants pour la survie de la vie, avec pour conséquence potentielle un environnement plus hostile et plus instable.

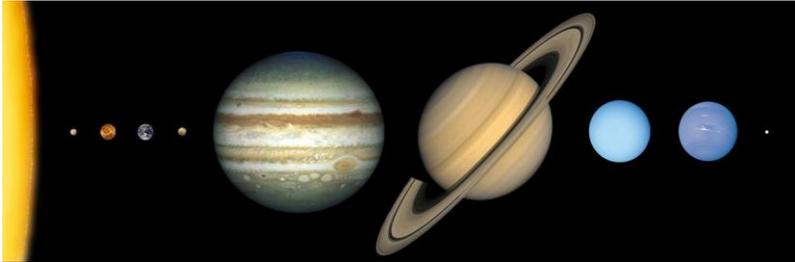


Fig. 2.3. Comparaison des tailles des planètes du système solaire

e. L'existence de la magnétosphère

La Terre est entourée d'un système de champs magnétiques appelé magnétosphère, qui protège la planète des rayonnements solaires et cosmiques nocifs. Ce bouclier protecteur est essentiel au maintien de la vie sur Terre. Pour qu'il y ait une magnétosphère, deux facteurs sont essentiels : une vitesse de rotation adéquate et l'existence d'un noyau externe métallique et liquide. Heureusement, la Terre possède les deux. La rotation de la planète induit des mouvements de fluides (convection) à l'intérieur du noyau externe liquide, générant de puissants champs magnétiques qui forment la magnétosphère.

Que se passerait-il si nous n'avions pas de magnétosphère ? Si la Terre n'avait pas de magnétosphère, les conséquences pour les organismes vivants et l'atmosphère seraient graves. Sans ce bouclier protecteur, les rayonnements solaires et cosmiques nocifs bombarderaient la planète, augmentant considérablement le risque de cancer et de mutations génétiques chez les organismes vivants. En outre, la magnétosphère contribue à prévenir les pertes atmosphériques en déviant les particules chargées du vent solaire. Sans elle, ces particules détruiraient l'atmosphère au fil du temps par un processus de pulvérisation cathodique, épuisant des gaz essentiels comme l'oxygène et

l'azote. Cette érosion atmosphérique entraînerait un amincissement de l'atmosphère, une diminution de la pression de surface et des variations extrêmes de température, rendant la Terre moins accueillante pour la vie.

L'intensité du champ magnétique sur Mars représente environ 0,01 % de celui de la Terre. En raison de la faiblesse du champ magnétique, la magnétosphère globale n'a pas pu être formée sur Mars et, par conséquent, la majeure partie de l'air a été éliminée par pulvérisation cathodique.

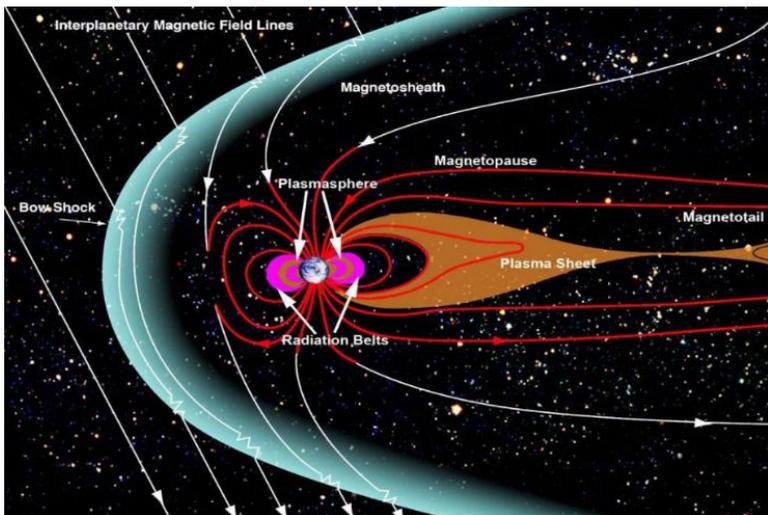


Fig. 2.4. La magnétosphère terrestre dévie les rayons cosmiques nocifs

Les lignes de champ de la magnétosphère convergent aux pôles près de l'Arctique et de l'Antarctique, provoquant un affaiblissement naturel de l'intensité du champ magnétique. Cela peut entraîner une exposition accrue au rayonnement solaire dans ces régions. Les particules chargées à haute énergie ionisent et excitent les atomes de la haute atmosphère et produisent des aurores boréales et australes colorées.

f. L'existence d'une lune exceptionnellement grande

La Terre possède une lune exceptionnellement grande par

rapport aux autres planètes. Parmi les planètes terrestres, seules la Terre et Mars possèdent des lunes. Mars possède deux petites lunes, Phobos et Deimos, nommées d'après des personnages jumeaux de la mythologie grecque, dont les diamètres sont respectivement de 22,2 km et 12,6 km. En revanche, la Lune de la Terre a un diamètre de 3 475 km, ce qui la rend beaucoup plus grande que les lunes de Mars.

L'existence d'une grande lune joue deux rôles importants dans la survie de l'humanité : i) la stabilisation de l'axe de rotation de la Terre et ii) le maintien des écosystèmes marins.

Sans la Lune, les forces gravitationnelles les plus importantes agissant sur la Terre proviendraient du Soleil et de Jupiter. La Terre étant en orbite autour du Soleil, les forces gravitationnelles du Soleil et de Jupiter, à des degrés divers, déstabiliseraient l'axe de rotation de la Terre. Si l'axe de rotation de la Terre venait à osciller de manière significative, nous subirions de graves changements climatiques, comme nous l'avons vu dans la section précédente.

En fait, au cours des 6 derniers millions d'années, Mars a connu des changements substantiels de son axe de rotation et de son excentricité environ tous les 150 000 ans, en raison de l'absence d'une grande lune stabilisatrice. Au cours de cette période, l'axe de rotation a varié entre 15 et 45 degrés, tandis que l'excentricité a varié entre 0 et 0,11.

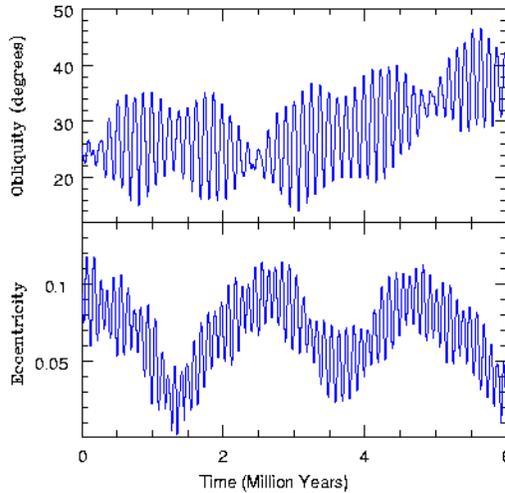


Fig. 2.5. Changements d'axe de rotation et d'excentricité sur Mars

Les marées océaniques sont principalement causées par la force gravitationnelle de la Lune. Les marées fournissent de l'oxygène au plancton flottant et le répartissent sur de vastes zones, où il est consommé par les petits poissons. Les marées mélangent également l'eau douce riche en nutriments à l'eau salée, fournissant ainsi ces nutriments au plancton et aux petits poissons. Sans les marées, l'eau douce riche en nutriments ne se mélangerait pas à l'eau salée, ce qui entraînerait une prolifération incontrôlable d'algues. Si les algues contiennent des toxines, elles produisent des marées rouges ou des proliférations d'algues nuisibles (HAB), qui peuvent tuer les poissons, les oiseaux de mer, les mammifères et même les êtres humains. Même si les algues ne sont pas toxiques, elles consomment tout l'oxygène de l'eau en se décomposant, obstruant les branchies des poissons et autres animaux marins. Si la Lune n'existait pas, l'écosystème marin aurait été détruit depuis longtemps. En outre, nous n'aurions pas de fruits de mer, comme le homard, les crevettes et les sushis.

Cependant, même si la Terre avait une Lune plus petite ou plus

grande que sa taille actuelle, ou si sa position était plus éloignée ou plus proche que sa position actuelle, nous pourrions toujours être confrontés à des problèmes similaires.



Fig. 2.6. Marée rouge

g. L'existence de Jupiter, gardien de la Terre

Jupiter est la plus grande planète du système solaire, 11,2 fois plus grande et 318 fois plus lourde que la Terre. La présence de Jupiter est importante pour notre survie. La Terre est constamment bombardée par des météorites (principalement des astéroïdes brisés et des fragments de comètes). La fréquence des chutes de météorites est d'un mètre toutes les heures, de quelques mètres tous les jours, de quelques mètres à 10 mètres tous les ans, de quelques dizaines de mètres tous les dix ans et de quelques dizaines de mètres à 100 mètres tous les siècles.

Lorsque des météorites de moins de 10 mètres pénètrent dans l'atmosphère, la plupart d'entre elles brûlent en raison de la friction et de la compression atmosphériques. En revanche, si leur taille est supérieure à 10 mètres, des événements désastreux peuvent se produire. En 1908, une météorite d'environ 55 mètres a explosé à une altitude de 5 à 10 km dans la région de Tunguska et a écrasé environ 80 millions d'arbres sur une zone de 2 150 km². Cet événement de la Toungouska est

le plus grand impact sur Terre jamais enregistré.

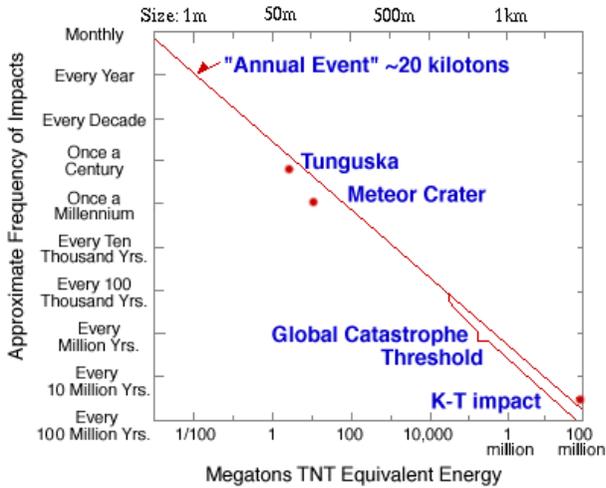


Fig. 2.7. Taille et fréquence des météorites tombant sur la Terre



Fig. 2.8. Arbres renversés par une météorite tombée à Tunguska

Jupiter est essentiel parce qu'il agit comme un aspirateur cosmique, capturant les météorites et les comètes qui pourraient autrement frapper la Terre et provoquer des événements catastrophiques comme la Toungouska. Les simulations indiquent que Jupiter est environ 5 000 fois plus efficace pour

capturer les comètes que la Terre (). Une démonstration notable de ce phénomène a eu lieu en 1994, lorsque Jupiter a capturé la comète fragmentée Shoemaker-Levy 9, dont la taille était estimée à environ 1,8 km. Si cette comète avait heurté la Terre, elle aurait pu envoyer des poussières et des débris dans l'atmosphère, bloquant ainsi la lumière du soleil. Ce blocage pourrait durer suffisamment longtemps pour tuer toute la vie végétale, entraînant l'extinction des personnes et des animaux qui dépendent des plantes pour leur survie.



Fig. 2.9. Fragment de Shoemaker-Levy 9 et son impact sur Jupiter

h. L'existence de la tectonique des plaques

La tectonique des plaques est la théorie qui décrit le mouvement à grande échelle de la lithosphère terrestre, qui a été divisée en plusieurs grandes plaques tectoniques par les mouvements convectifs du manteau. Cette théorie explique de nombreux phénomènes géologiques, notamment le mouvement des continents, la formation des montagnes, les tremblements de terre et l'activité volcanique.

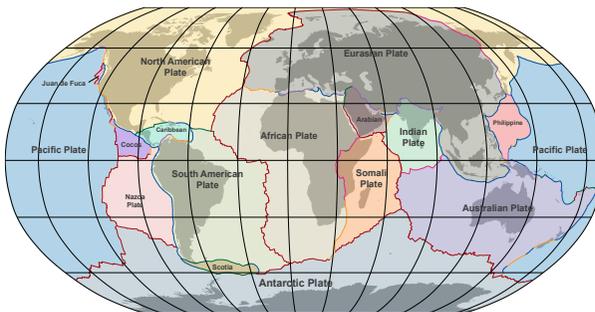


Fig. 2.10. Les plaques qui constituent la croûte terrestre

La tectonique des plaques joue un rôle crucial dans divers aspects des systèmes terrestres qui ont un impact direct et indirect sur la survie de l'homme. L'un des aspects les plus importants de la tectonique des plaques est la régulation automatique du climat de la Terre par le biais du cycle du carbone.

Le climat de la Terre est principalement déterminé par le rayonnement solaire entrant, l'albédo de la surface de la Terre et la composition de l'atmosphère. Parmi ces facteurs, le rayonnement solaire entrant est presque constant pendant une longue période. L'albédo est un rapport entre le rayonnement entrant et le rayonnement réfléchi. Une fraction importante du rayonnement réfléchi par la surface de la Terre sera absorbée par les molécules de dioxyde de carbone (CO_2) dans l'atmosphère. Le rayonnement absorbé chauffe les molécules de CO_2 et les réémet dans toutes les directions, la moitié environ revenant sur Terre sous forme de chaleur. Cette énergie thermique piégée augmente la température moyenne à la surface du globe, ce qui est connu sous le nom d'effet de serre.

Le cycle du carbone est le processus par lequel le carbone est échangé entre l'atmosphère, les océans, le sol, les minéraux, les roches, les plantes et les animaux, ce qui est crucial pour la régulation du climat de la Terre. Le carbone pénètre dans l'atmosphère sous forme de CO_2 provenant de la respiration, de la combustion et des éruptions volcaniques. Les plantes absorbent le CO_2 au cours de la photosynthèse et le transforment en matière organique, qui est consommée par les animaux et rejetée dans l'atmosphère par la respiration et la décomposition. Dans les océans, le CO_2 est dissous et utilisé par les organismes marins pour former des coquilles de carbonate de calcium (CaCO_3). Lorsque ces organismes meurent, leurs coquilles s'accumulent au fond de l'océan, formant des roches sédimentaires.

L'altération des roches terrestres absorbe également CO_2 , formant des carbonates qui sont rejetés dans les océans. Ce

processus d'altération dépend de la température. S'il y a trop de CO_2 dans l'atmosphère et que la température augmente en raison de l'effet de serre, le processus d'altération augmente et absorbe davantage de CO_2 . Si le CO_2 présent dans l'atmosphère est éliminé, la température de la Terre diminuera. Si la température de la Terre diminue, le processus d'altération diminue et moins de CO_2 est éliminé de l'atmosphère. Dans ce cas, le CO_2 accumulé produit davantage d'effet de serre et augmente la température. Ce processus est appelé "cycle d'altération des roches par le dioxyde de carbone". À l'échelle géologique, l'activité tectonique peut pousser ces roches riches en carbone dans le manteau terrestre par subduction. Le carbone est ensuite relâché dans l'atmosphère par le biais d'éruptions volcaniques, bouclant ainsi le cycle. Le cycle d'altération des roches par le dioxyde de carbone, qui dépend de la température, régule automatiquement la température de la Terre à l'échelle géologique. La figure ci-dessous montre comment ce cycle a fonctionné au cours des 800 000 dernières années : lorsque la quantité de dioxyde de carbone augmente, la température de la Terre augmente, et lorsque le dioxyde de carbone diminue, la température de la Terre diminue.

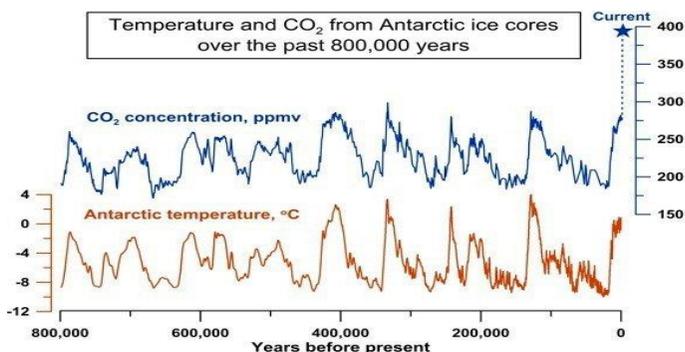


Fig. 2.11. Corrélation entre le CO_2 et la température

Cependant, le cycle d'altération des roches par le dioxyde de carbone ne fonctionne pas s'il n'y a pas de tectonique des

plaques. Dans ce cas, le CO_2 accumulé ne sera pas recyclé et l'effet de serre sera donc réduit. S'il n'y a pas d'effet de serre, la température de la Terre diminuera rapidement et toutes les eaux seront gelées. Si toutes les eaux sont gelées, l'énergie solaire entrante sera réfléchiée en raison d'un albédo important et la Terre entrera finalement dans une période glaciaire irréversible.

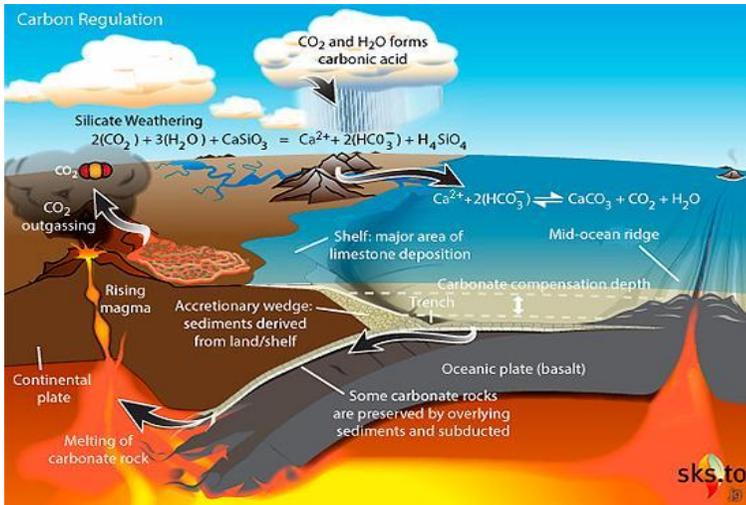


Fig. 2.12. Le dioxyde de carbone est recyclé par la tectonique des plaques

Des recherches récentes sur la tectonique des plaques suggèrent que si la Terre était 20 % plus grande ou plus petite qu'aujourd'hui, si la croûte terrestre contenait un peu plus de métaux tels que le fer et le nickel, ou si la croûte était plus épaisse, la tectonique des plaques n'aurait pas fonctionné comme elle le fait aujourd'hui.

Dans l'ensemble, la tectonique des plaques est un processus fondamental qui favorise la vie en maintenant la stabilité géologique et environnementale de la Terre.

i. La bonne taille du soleil

La taille de la zone habitable (ZH) d'une planète varie en fonction de la taille et du type de son étoile centrale.

Pour les petites étoiles, telles que les naines rouges, la ZH est proche de l'étoile car celle-ci émet moins de lumière et de chaleur. La zone d'habitabilité est donc plus étroite qu'autour du Soleil. En raison de sa proximité, une planète située dans la zone habitable d'une naine rouge pourrait être bloquée par la marée, tout comme notre Lune l'est pour la Terre. Dans ce cas, la planète serait incapable de générer un champ magnétique et de former une magnétosphère en raison de sa rotation lente. Sans magnétosphère, les rayonnements nocifs de l'étoile pourraient librement atteindre la surface de la planète, endommageant les cellules et l'ADN. En outre, le côté jour connaîtrait une lumière constante et une chaleur extrême, tandis que le côté nuit resterait dans une obscurité perpétuelle et un froid extrême.

Pour les grandes étoiles, telles que les géantes bleues ou rouges, la ZH est beaucoup plus éloignée de l'étoile. Cependant, les planètes situées dans ces zones sont confrontées à des défis importants. Les étoiles géantes évoluent rapidement en raison de leur masse élevée. Elles brûlent rapidement leur hydrogène, se transforment en supergéantes rouges et subissent de multiples étapes de fusion jusqu'à la formation d'un noyau de fer. Ce noyau finit par s'effondrer, entraînant l'explosion d'une supernova et laissant derrière lui une étoile à neutrons ou un trou noir. La durée de vie typique des étoiles géantes n'est que de quelques millions d'années, ce qui signifie qu'avant que l'étoile n'explose en supernova, tous les habitants d'une planète située dans sa ZH devraient trouver une autre planète appropriée vers laquelle migrer pour survivre. En outre, les étoiles géantes émettent des niveaux élevés de rayonnements ultraviolets et de rayons X, qui peuvent être nocifs pour l'ADN et les cellules, ce qui rend les environnements de surface des planètes situées dans la ZH moins hospitaliers pour la vie. En outre, les étoiles géantes peuvent présenter une variabilité importante de leur production d'énergie, ce qui entraîne des climats instables sur les planètes en orbite. Cette instabilité peut entraîner des fluctuations de température extrêmes, rendant la survie de la vie difficile.

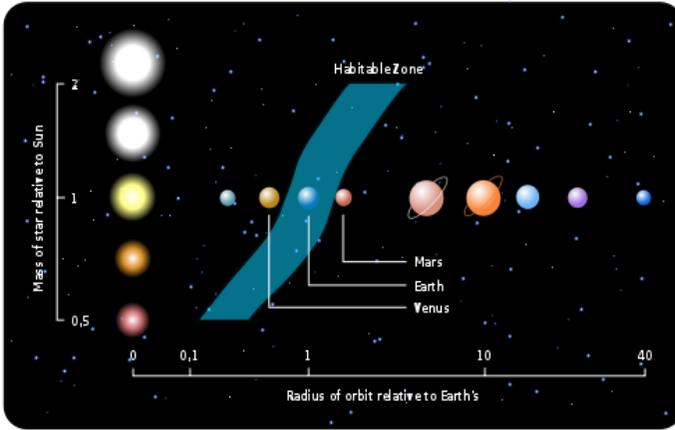


Fig. 2.13. Évolution des zones habitables en fonction de la taille de l'étoile

Les zones habitables (ZH) autour des étoiles semblables au Soleil présentent de nombreux avantages. Ces étoiles ont une production d'énergie relativement stable sur de longues périodes, fournissant une lumière et une chaleur constantes aux planètes situées dans leurs zones habitables. Cette stabilité favorise le développement de climats et d'écosystèmes stables. La zone habitable autour des étoiles semblables au Soleil se trouve à une distance modérée, ni trop proche ni trop éloignée de l'étoile. Le spectre lumineux des étoiles semblables au Soleil est idéal pour la photosynthèse, ce qui permet aux plantes et aux autres organismes photosynthétiques de convertir efficacement la lumière solaire en énergie, formant ainsi la base d'une chaîne alimentaire durable. En outre, les étoiles semblables au Soleil présentent généralement des niveaux d'activité stellaire plus faibles que les étoiles plus petites telles que les naines rouges. Moins d'éruptions et une activité magnétique moins intense signifient que les planètes situées dans la zone habitable sont moins exposées aux radiations potentiellement nocives et à la destruction de l'atmosphère.

La proportion d'étoiles semblables au Soleil n'est que de quelques pour cent, car la plupart des étoiles sont plus petites et plus légères que le Soleil. Le Soleil est une étoile unique, mais

environ 50 à 60 % des étoiles sont des systèmes binaires ou à étoiles multiples. La zone habitable des systèmes stellaires multiples est beaucoup plus restreinte en raison des orbites complexes, de l'éclairage variable, des perturbations gravitationnelles et des niveaux de rayonnement potentiels.

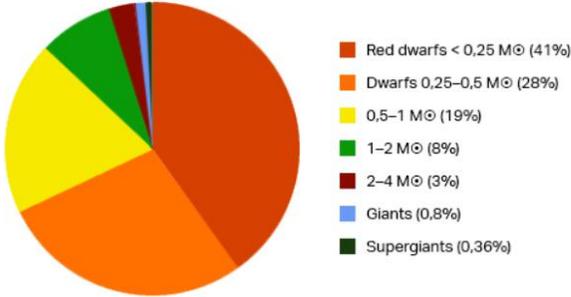


Fig. 2.14. Distribution de la masse des étoiles

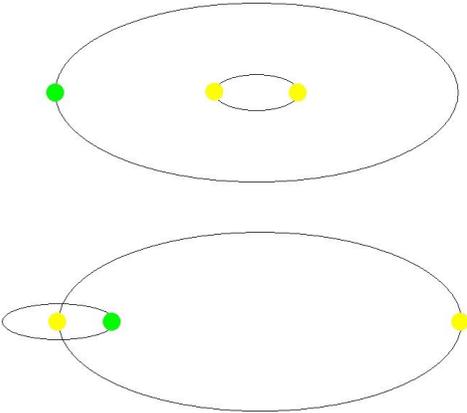


Fig. 2.15. Orbite circumbinaire (en haut) et orbite circumprimaire ou circumsecondaire (en bas) dans les systèmes binaires

j. La bonne distance du centre de la galaxie

À l'instar de la ZH dans notre système solaire, il existe une zone habitable galactique (ZHG) dans une galaxie où les conditions sont les plus favorables à la vie. Les conditions requises pour la ZHG comprennent la métallicité, la densité

stellaire, les niveaux de radiation et les environnements orbitaux.

La ZGH doit présenter une concentration optimale d'éléments lourds (éléments plus lourds que l'hélium) nécessaires à la formation de planètes terrestres et de molécules organiques. Bien que les éléments métalliques soient plus abondants au centre de la galaxie, cette région ne peut être considérée comme une zone favorable à la GHZ en raison de sa forte densité stellaire, qui provoque de fréquentes explosions de supernovas, des sursauts gamma (GRB) et d'autres événements à haute énergie.

Un sursaut gamma se produisant à moins de 10 000 années-lumière de la Terre aurait probablement des effets dévastateurs sur l'atmosphère, le climat et la biosphère de la planète. Les effets immédiats comprendraient une augmentation du rayonnement UV due à la destruction d'environ 40 % de la couche d'ozone, tandis que les effets à long terme pourraient entraîner des changements climatiques importants et des extinctions massives. Un tel événement constituerait une grave menace pour la civilisation humaine et le monde naturel. La destruction de 40 % de la couche d'ozone permettrait aux rayons UV d'endommager 16 fois plus l'ADN. Le phytoplancton, qui est à la base du réseau alimentaire marin, est particulièrement sensible au rayonnement UV. Une exposition accrue aux UV peut inhiber leur croissance et leur reproduction, entraînant un déclin des populations de phytoplancton. Le phytoplancton joue un rôle crucial dans le cycle du carbone en absorbant le CO₂ pendant la photosynthèse. Un déclin du phytoplancton réduirait cette séquestration du carbone, ce qui pourrait exacerber l'accumulation de CO₂ dans l'atmosphère () et renforcer l'effet de serre.

Certains éléments indiquent que les extinctions massives qui ont eu lieu sur Terre dans le passé pourraient avoir été déclenchées par des GRB proches. Par exemple, certains scientifiques ont émis l'hypothèse que l'extinction de l'Ordovicien et du Silurien, il y a environ 450 millions d'années, avait été

influencée par un GRB qui s'était produit à 6 000 années-lumière de la Terre.

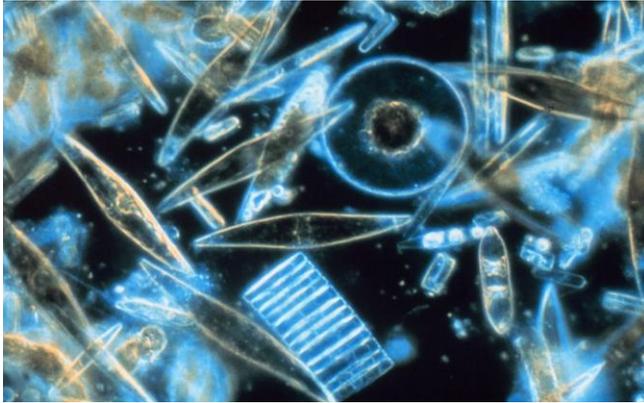


Fig. 2.16. Phytoplancton

Un autre problème rencontré au centre de la Galaxie est la rencontre fréquente avec d'autres étoiles. Ces rencontres rapprochées provoquent d'importantes perturbations gravitationnelles qui peuvent déstabiliser les orbites et les axes de rotation des planètes au sein des systèmes planétaires. Ces perturbations peuvent entraîner des croisements d'orbites, des collisions ou des éjections du système. L'influence gravitationnelle des étoiles proches pourrait également perturber les orbites des objets du nuage d'Oort et de la ceinture de Kuiper, envoyant un plus grand nombre de comètes et d'astéroïdes dans le système solaire interne. Cela augmenterait la probabilité d'impacts sur les planètes, y compris la Terre.

La périphérie de la galaxie a une faible densité stellaire et ne connaît pas ces problèmes, mais il y a un point crucial : le faible taux d'explosion des supernovas. Il en résulte un milieu interstellaire qui ne contient pas suffisamment d'éléments métalliques pour la formation de planètes terrestres, ce qui rend la périphérie de la galaxie peu propice à l'implantation de la GHZ.

La région favorable à la ZGH est celle où il y a suffisamment d'éléments lourds pour la formation de planètes, moins de

supernovae et d'autres événements dangereux pour des environnements sûrs pour la vie, et des zones moins encombrées pour des orbites planétaires stables. En outre, il existe une région où la vitesse orbitale des étoiles correspond à la vitesse des bras spiraux de la galaxie, connue sous le nom de rayon de corotation. Dans le rayon de corotation, les étoiles et leurs systèmes planétaires subissent moins d'interactions gravitationnelles perturbatrices avec les bras spiraux, ce qui augmente la probabilité de conditions habitables durables.

Compte tenu de toutes ces conditions, GHZ se situe entre 23 000 et 29 000 années-lumière du centre de la galaxie. Par coïncidence, notre système solaire se trouve à 26 000 années-lumière du centre de la galaxie et se situe au centre de GHZ.

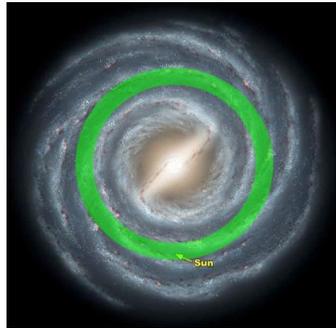


Fig. 2.17. Zones habitables de la galaxie

Dans ce chapitre, nous avons exploré dix conditions uniques et extraordinaires qui font de la Terre une planète exceptionnelle. Ces conditions sont si étroitement équilibrées et précisément calibrées que la probabilité qu'elles se produisent par hasard est astronomiquement faible. La précision requise pour la distance de la Terre par rapport au Soleil, son inclinaison axiale, sa période de rotation, son champ magnétique, son atmosphère et d'autres facteurs critiques crée un environnement qui est uniquement capable d'accueillir la vie. Une telle combinaison de conditions favorables se produisant simultanément ailleurs dans l'univers serait hautement improbable, ce qui souligne encore

davantage la spécificité de la Terre. En outre, la protection et la stabilité dont jouit la Terre - protection contre les événements cosmiques nocifs et maintien d'un équilibre écologique délicat - soulignent sa singularité par rapport aux autres planètes. L'ensemble de ces facteurs renforce l'idée que la Terre a été conçue intentionnellement par le divin Créateur pour servir d'habitat à la vie. Cet équilibre parfait des conditions n'est pas une simple coïncidence, mais suggère au contraire une conception intelligente et délibérée, faisant de la Terre un environnement extraordinaire et unique, propice au maintien de la vie.

3. Création ou évolution ?

Sommes-nous créés ou avons-nous évolué ? Le débat sur l'origine de la vie est toujours en cours, mais le système éducatif actuel enseigne l'évolution comme la théorie établie concernant l'origine de la vie, tout en considérant le créationnisme comme une affirmation non scientifique.

La théorie de l'évolution part de l'hypothèse de l'abiogenèse pour expliquer l'origine de la vie. Nous examinerons d'abord cette question en détail, puis nous nous demanderons si la théorie de Darwin doit être qualifiée de "théorie de l'évolution" ou de "théorie de l'adaptation génétique". Nous aborderons également la question de savoir si l'homme a évolué à partir du singe. En outre, nous présenterons le dessein intelligent et examinerons le créationnisme sous l'angle de la physique des particules, de l'existence d'une vie extraterrestre, de l'instinct animal et des mathématiques présentes dans la nature.

a. L'origine de la vie

L'hypothèse scientifique de l'origine de la vie sur Terre commence par la formation spontanée d'acides aminés à partir d'atomes de carbone (abiogenèse) dans la soupe primordiale de la Terre primitive. Ces acides aminés s'associent par des liaisons peptidiques pour former des protéines, qui remplissent diverses fonctions essentielles au sein des cellules, telles que la catalyse des réactions biochimiques et la fourniture d'un soutien structurel. Au fil du temps, des acides nucléiques tels que l'ARN et l'ADN sont apparus, permettant le stockage et la transmission de l'information génétique. L'interaction entre les protéines et les acides nucléiques a facilité le développement de cellules procaryotes simples, qui ont ensuite donné naissance à des cellules eucaryotes plus complexes. Ces cellules eucaryotes se sont ensuite transformées en organismes multicellulaires (), la différenciation cellulaire conduisant au développement de tissus et d'organes spécialisés. Ce voyage s'est achevé avec les formes de vie diverses et complexes que nous voyons aujourd'hui.

Examinons si ces processus ont pu se produire spontanément. Nous explorerons les sujets suivants : i) formation des acides aminés, ii) formation de l'ARN, iii) formation des protéines, iv) formation de l'ADN, v) formation des cellules, vi) formation des cellules eucaryotes, vii) localisation des organites, viii) différenciation cellulaire, ix) formation des tissus et des organes, x) formation d'un organisme multicellulaire.

i. La formation des acides aminés

La formation des acides aminés dans les conditions prébiotiques de la Terre primitive est un sujet crucial pour comprendre l'origine de la vie. L'expérience de Miller-Urey, réalisée en 1952, est une étude représentative qui a simulé les conditions de l'atmosphère de la Terre primitive pour étudier la formation des acides aminés. En utilisant un mélange de gaz censé ressembler à l'atmosphère primitive (méthane, ammoniac, hydrogène et vapeur d'eau) et en appliquant des étincelles électriques pour imiter la foudre, ils ont synthétisé plusieurs acides aminés, dont la glycine et l'alanine.

Cette expérience a démontré que des molécules organiques essentielles à la vie pouvaient être formées à partir de composés inorganiques simples dans des conditions prébiotiques, étayant ainsi de manière significative l'hypothèse selon laquelle la vie sur Terre aurait pu naître de processus chimiques naturels. L'expérience de Miller-Urey a permis de synthétiser certains acides aminés, mais elle se heurte à plusieurs problèmes qu'il est important de prendre en compte.

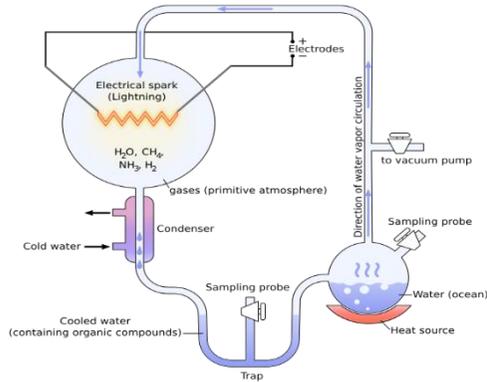


Fig. 3.1. Schéma de l'expérience de Miller-Urey

L'expérience de Miller-Urey a utilisé un dispositif de décharge électrique pour imiter la foudre naturelle, mais ce dispositif et la foudre naturelle diffèrent considérablement à bien des égards. Leur dispositif utilise une tension de 50 000 volts et génère 250 degrés de chaleur, alors que la tension de la foudre est de 100 millions de volts et génère 50 000 degrés de chaleur. Les décharges électriques de l'expérience de Miller-Urey étaient relativement continues et pouvaient être maintenues pendant de longues périodes, ce qui garantissait un apport d'énergie constant pour les réactions chimiques. En revanche, la foudre ne se produit pas de manière continue, mais plutôt de manière sporadique, et sa durée est extrêmement brève, puisqu'elle ne dure que quelques microsecondes ou millisecondes.

Les comètes sont des vestiges du système solaire primitif et contiennent des matériaux de construction primordiaux qui sont restés relativement inchangés. La composition des comètes peut fournir des indications précieuses sur la composition de l'atmosphère de la Terre primitive. Les comètes sont principalement composées d'eau (86 %), de dioxyde de carbone (10 %) et de monoxyde de carbone (2,6 %). L'ammoniac et le méthane occupent moins de 1 % chacun. Ce résultat suggère que le gaz utilisé dans l'expérience Miller-Urey ne représente pas fidèlement l'atmosphère de la Terre primitive puisqu'il ne contient

pas le gaz le plus abondant, le dioxyde de carbone, ni le deuxième gaz le plus abondant, le monoxyde de carbone. En outre, le dioxyde de carbone () est un agent oxydant qui inhibe la formation des acides aminés.

Composition	Ratio (%)	Référence
l'eau (H ₂ O)	100 (86%)	Pinto et al (2022)
dioxyde de carbone (CO ₂)	12 (10%)	Pinto et al (2022)
le monoxyde de carbone (CO)	3 (2.6%)	Pinto et al (2022)
ammoniac (NH ₃)	0.8 (0.7%)	Russo et al. (2016)
méthane (CH ₄)	0.7 (0.6%)	Mumma et al. (1996)

Tableau 3.1. Composition des comètes (eau=100)

L'expérience de Miller-Urey supposait que l'atmosphère prébiotique de la Terre primitive était une atmosphère réductrice. Cependant, s'il s'agissait d'une atmosphère oxydante, elle empêcherait la formation d'acides aminés en décomposant ou en oxydant les molécules organiques. Les conditions de l'atmosphère de la Terre primitive font l'objet de recherches et de débats scientifiques permanents. Urey (1952), Miller (1953) et Chyba & Sagan (1997) plaident en faveur d'une atmosphère réductrice, tandis qu'Albeson (1966), Pinto et al. (1980), Zahnle (1986) et Trail et al. (2011) plaident en faveur d'une atmosphère oxydante.

L'article de Trail et al. (2011) publié dans Nature mérite d'être mentionné. Ils ont analysé l'état d'oxydation des cristaux de zircon de l'ère hadéenne en utilisant le rapport des états d'oxydation du cérium (Ce). L'analyse indique que les magmas de l'Hadéen étaient plus oxydés qu'on ne le pensait, dans des conditions similaires à celles des gaz volcaniques modernes. L'état plus oxydé des magmas de l'Hadéen implique que le dégazage du volcan aurait rejeté moins d'hydrogène (H₂) et plus de vapeur d'eau (H₂O), de dioxyde de carbone (CO₂) et de

dioxyde de soufre (SO₂). Ils en ont conclu que l'atmosphère de la Terre primitive était probablement moins réductrice et plus oxydante qu'on ne le pensait traditionnellement. Leurs résultats ont remis en question la validité de l'expérience de Miller-Urey, suggérant qu'il n'était peut-être pas possible de former des acides aminés par abiogenèse sur la Terre primitive prébiotique.

Les acides aminés produits lors de l'expérience ont été collectés et conservés dans des conditions de laboratoire. Dans les conditions difficiles et variables de la Terre primitive, ces composés auraient pu être moins stables et plus susceptibles de se dégrader. La concentration des molécules organiques dans l'expérience a été contrôlée et maintenue à des niveaux relativement élevés. Sur la Terre primitive, ces molécules auraient pu être fortement diluées dans de vastes océans ou soumises à une dispersion rapide, ce qui aurait pu réduire les chances d'une évolution chimique ultérieure.

Un autre problème clé est la chiralité. Les acides aminés produits étaient racémiques, c'est-à-dire qu'ils contenaient des quantités égales d'isomères gauches et droits. La vie sur Terre utilise principalement des acides aminés gauchers (99,3 %), et l'origine de cette homochiralité reste inexplicée par l'expérience de Miller-Urey.

ii. La formation de l'ARN

Tous les organismes vivants sont composés de 20 acides aminés différents. Pour poursuivre notre discussion, supposons que ces 20 acides aminés se sont formés spontanément. L'étape suivante vers la vie serait la formation de l'ARN, des protéines et de l'ADN. Jusqu'à présent, il n'existe aucune théorie confirmée concernant la formation spontanée de ces molécules (). Les scientifiques suggèrent que l'ARN est apparu en premier, car il serait l'une des premières molécules capables de stocker des informations génétiques et de catalyser des réactions chimiques. Cette double fonctionnalité est au cœur de l'"hypothèse du monde de l'ARN", qui propose que la vie ait commencé avec des

molécules d'ARN avant la formation de l'ADN et des protéines. Bien que l'hypothèse du monde de l'ARN constitue un cadre convaincant, elle se heurte à plusieurs difficultés importantes : (i) l'ARN est une molécule trop complexe pour être apparue de manière prébiotique, (ii) l'ARN est intrinsèquement instable, (iii) la catalyse est une propriété qui ne se manifeste que dans un sous-ensemble relativement restreint de longues séquences d'ARN, et (iv) le répertoire catalytique de l'ARN est trop limité. Commençons par examiner le premier défi.

Les nucléotides de l'ARN sont composés de trois éléments : des bases azotées (adénine, guanine, cytosine et uracile), un sucre ribose et des groupes phosphates. Pour que l'ARN se forme, il faut que ces composants soient apparus spontanément dans des conditions prébiotiques. Examinons la faisabilité de ce processus.

- **Formation des bases azotées**

Les bases azotées sont des molécules complexes avec des structures en anneaux complexes. L'assemblage spontané de ces molécules à partir de composés prébiotiques plus simples est hautement improbable, car il faut des réactions chimiques spécifiques, des conditions de réaction spécifiques et des catalyseurs pour former les structures cycliques. Ces réactions comprennent des réactions d'amination, au cours desquelles un groupe amine (NH_2) est ajouté à un squelette de carbone, qui nécessitent des composés azotés comme l'ammoniac et des aldéhydes ou des cétones, souvent facilitées par des catalyseurs ou des températures élevées. Les réactions de désoxygénation, qui éliminent les atomes d'oxygène, nécessitent des agents réducteurs tels que l'hydrogène ou le méthane. La formation de cycles, cruciale pour la création de la structure de la base azotée, se produit généralement dans des processus en plusieurs étapes dans des conditions de haute température et de haute pression, souvent catalysés par des ions métalliques. Enfin, l'addition de bases azotées peut nécessiter des environnements à haute

énergie et des composés précurseurs spécifiques pour achever le processus.

On pense que l'environnement de la Terre primitive variait considérablement en termes de température, de pH et de composés chimiques disponibles. Il aurait été extrêmement difficile de créer les conditions précises nécessaires à la synthèse des bases azotées. Par exemple, les conditions de haute énergie nécessaires à la formation de ces bases n'auraient peut-être pas été constamment présentes ou soutenues. Même dans des conditions de laboratoire optimisées, les rendements des bases azotées sont souvent faibles. On peut donc se demander si des quantités suffisantes de ces bases auraient pu être produites naturellement pour permettre la formation de l'ARN ou d'autres acides nucléiques. Les voies menant à la synthèse des bases azotées impliquent de multiples étapes et composés intermédiaires. La probabilité que toutes les conditions et tous les composés nécessaires soient présents simultanément et dans les bonnes proportions est discutable.

La formation de bases azotées nécessite généralement des catalyseurs pour conduire les réactions chimiques. Dans un monde prébiotique, la présence de ces catalyseurs dans les bonnes concentrations et conditions est incertaine. Sans ces catalyseurs, les taux de réaction seraient trop lents pour être significatifs. Même si les bases azotées pouvaient se former spontanément, leur stabilité dans un environnement prébiotique est discutable. Ces molécules sont sujettes à la dégradation sous l'effet des rayons UV, de l'hydrolyse et d'autres facteurs environnementaux. Cette instabilité empêcherait leur accumulation et leur utilisation ultérieure dans la formation de l'ARN.

- **Formation du sucre Ribose**

La réaction de formose, qui implique la polymérisation du formaldéhyde en présence d'un catalyseur, peut produire du ribose. Cette réaction manque de spécificité, ce qui entraîne un

faible rendement en ribose par rapport à d'autres sucres. Elle nécessite également des conditions spécifiques, telles que la présence d'hydroxyde de calcium comme catalyseur, qui n'était peut-être pas disponible partout ou stable dans les environnements prébiotiques. Pour que le ribose soit utile dans la synthèse prébiotique de l'ARN, il faudrait qu'il soit synthétisé et stabilisé de manière sélective. Cependant, la réaction du formose ne favorise pas la formation sélective du ribose, et le mélange de sucres qui en résulte complique l'utilisation du ribose pour la synthèse de l'ARN. Des mécanismes permettant de stabiliser le ribose ou de le sélectionner dans un mélange complexe auraient dû être présents. Des agents stabilisateurs potentiels, tels que les minéraux borates, ont été proposés, mais leur disponibilité et leur efficacité dans des conditions prébiotiques sont incertaines.

La réaction de formose nécessite du formaldéhyde, qui doit être présent en concentration suffisante. La production et la stabilité du formaldéhyde dans des conditions prébiotiques ne sont pas possibles car le formaldéhyde peut facilement se polymériser ou réagir avec d'autres composés. Les conditions environnementales spécifiques nécessaires pour que la réaction du formose se déroule efficacement et produise du ribose (par exemple, pH optimal, température, présence de catalyseurs) n'étaient peut-être pas répandues ou stables sur la Terre primitive. Même dans des conditions de laboratoire contrôlées, le rendement du ribose est faible et la réaction produit un mélange complexe de sucres, ce qui souligne le défi que représente l'isolement du ribose dans un contexte prébiotique.

Le ribose est un sucre pentose chimiquement instable et susceptible de se dégrader rapidement, en particulier dans les conditions que l'on pense avoir prévalu sur la Terre primitive. Cette instabilité est due au fait que le ribose est facilement hydrolysé dans les solutions aqueuses et qu'il peut se dégrader par des processus tels que la réaction de Maillard et la caramélisation. En outre, des études ont montré que le ribose a une demi-vie courte, en particulier dans des conditions alcalines,

ce qui le rend peu susceptible de s'accumuler en quantités significatives à l'échelle géologique.

- **Formation du groupe phosphate**

La formation de groupes phosphates dans des conditions prébiotiques pose des problèmes car les sources de phosphate facilement disponibles étaient relativement rares sur la Terre primitive. Le phosphate se trouve généralement dans des minéraux tels que l'apatite, qui ne sont pas très solubles dans l'eau, ce qui rend difficile la libre disponibilité du phosphate dans les environnements aqueux où l'on pense que la chimie prébiotique s'est produite. Les minéraux phosphatés ont tendance à être chimiquement inertes dans des conditions de pH neutre. Cette faible réactivité constitue un obstacle important à l'incorporation du phosphate dans les molécules organiques nécessaires à la vie.

La formation d'esters de phosphate, qui sont essentiels à la synthèse des nucléotides, nécessite un apport d'énergie important. Dans des conditions prébiotiques, les sources d'énergie et les processus catalytiques nécessaires pour surmonter ces obstacles auraient été limités. Certaines études ont montré que des conditions de haute énergie, telles que celles créées par la foudre ou l'activité volcanique, peuvent faciliter la formation de molécules contenant des phosphates. Toutefois, ces scénarios requièrent des conditions spécifiques et transitoires qui n'étaient peut-être pas très répandues.

La formation de polyphosphates, qui sont des chaînes de groupes phosphates, nécessite généralement des conditions spécifiques, telles que des températures élevées ou la présence de catalyseurs qui n'étaient peut-être pas facilement disponibles dans les environnements prébiotiques. Les polyphosphates sont sujets à l'hydrolyse, c'est-à-dire à la décomposition en composés phosphatés plus simples. La stabilité de ces composés dans les conditions fluctuantes de la Terre primitive est sujette à caution.

Bien que certaines expériences aient démontré la formation de

molécules contenant du phosphate dans des conditions prébiotiques simulées, elles nécessitent souvent des conditions très spécifiques et contrôlées qui peuvent ne pas refléter de manière réaliste les environnements de la Terre primitive. En outre, les rendements des molécules contenant du phosphate dans les expériences de synthèse prébiotique sont généralement faibles, ce qui soulève des doutes quant à l'efficacité et à la plausibilité de ces processus sur une Terre prébiotique à des échelles suffisantes pour conduire à l'origine de la vie.

- **Formation de nucléotides d'ARN fonctionnels**

Même si tous les défis ont été relevés et que les bases azotées, le sucre ribose et les groupes phosphates ont été créés avec succès, un autre obstacle important subsiste : la formation de nucléotides d'ARN fonctionnels.

Il existe de nombreux types d'ARN : Les ARN impliqués dans la synthèse des protéines (ARNm, ARNr, ARNt, etc.), les ARN impliqués dans les modifications post-transcriptionnelles (snRNA, snoRNA, etc.), les ARN régulateurs (aRNA, miRNA, etc.), et les ARN parasites. Le nombre de nucléotides dans les molécules d'ARN dépend de leur type. En voici quelques exemples :

- ARNm et ARNr - des centaines à des milliers
- ARNt - 70 à 90
- snRNA - 100 à 300
- miARN - 20 à 25.

Supposons que la molécule d'ARN typique, pour laquelle nous voulons estimer la probabilité de formation, soit longue de 100 nucléotides. Dans ce cas, chaque position dans la séquence d'ARN peut être occupée par l'une des quatre bases suivantes : adénine, uracile, cytosine ou guanine. Le nombre total de séquences possibles d'une longueur de 100 nucléotides est de $4^{(100)} (=1,6 \times 10^{60})$ et la probabilité de former un ARN fonctionnel est de $1/1,6 \times 10^{60} = 6,2 \times 10^{-61}$. Cette probabilité extrêmement

faible suggère que l'ARN fonctionnel ne peut pas se former spontanément, même en présence de bases azotées préexistantes, de sucre ribose et de groupes phosphates.

iii. La formation des protéines

La formation des protéines implique la synthèse des acides aminés, leur polymérisation en peptides et le repliement de ces peptides en protéines fonctionnelles. Examinons les problèmes et les défis liés à ces processus dans des conditions prébiotiques.

Les protéines sont composées de longues chaînes d'acides aminés, appelées chaînes polypeptidiques, disposées selon des séquences très spécifiques. Le nombre d'acides aminés dans une seule protéine peut varier de quelques dizaines à plusieurs milliers. Par exemple, la petite protéine insuline contient environ 51 acides aminés, la protéine moyenne myoglobine environ 153 acides aminés, la grande protéine hémoglobine environ 574 acides aminés et la protéine géante titine environ 34 350 acides aminés. Il est pratiquement impossible de former de longues chaînes peptidiques par un processus aléatoire à partir d'une combinaison de 20 types d'acides aminés. Par exemple, la probabilité de former une chaîne polypeptidique dans la petite protéine insuline par un processus aléatoire est de $1/20^{51} = 4.4 \times 10^{(-6)} (7) \approx 0$.

Même si les chaînes polypeptidiques ont été formées d'une manière ou d'une autre, elles doivent se replier dans des structures tridimensionnelles spécifiques pour devenir des protéines fonctionnelles. Le processus de repliement d'une chaîne polypeptidique en une protéine fonctionnelle comporte plusieurs étapes clés, chacune étant déterminée par diverses interactions chimiques et assistée par une machinerie moléculaire au sein de la cellule.

Des sections de la chaîne polypeptidique (structure primaire) se replient en structures secondaires connues sous le nom d'hélices alpha et de feuillets bêta. Ces structures sont

stabilisées par des liaisons hydrogène entre les atomes du squelette de la chaîne polypeptidique. D'autres structures secondaires, telles que des tours et des boucles, relient les hélices et les feuillets, contribuant ainsi au pliage global de la protéine. Les structures secondaires se replient ensuite en une forme tridimensionnelle spécifique, connue sous le nom de structure tertiaire. Ce processus est régi par des interactions hydrophobes, où les chaînes latérales non polaires s'éloignent de l'environnement aqueux, poussant le polypeptide à se replier sous une forme compacte et globulaire ; des liaisons hydrogène, qui se forment entre les chaînes latérales polaires et le squelette, stabilisant la structure repliée ; des liaisons ioniques, les interactions électrostatiques entre les chaînes latérales de charge opposée contribuant à la stabilité de la protéine ; et des liaisons disulfure, où les liaisons covalentes entre les résidus de cystéine confèrent une stabilité supplémentaire à la structure.

Pour certaines protéines comportant plusieurs chaînes polypeptidiques (sous-unités), ces unités repliées se rassemblent pour former la structure quaternaire. Pour éviter les erreurs, les protéines chaperonnes participent au processus de repliement en empêchant les erreurs de repliement et l'agrégation. Elles aident la chaîne polypeptidique à atteindre sa conformation correcte. La protéine peut subir des changements de conformation mineurs et des corrections pour atteindre sa conformation la plus stable et la plus fonctionnelle. Des modifications chimiques, telles que la phosphorylation, la glycosylation ou le clivage, peuvent se produire, stabilisant davantage la protéine ou la préparant à sa fonction spécifique.

La formation de liaisons peptidiques entre les acides aminés nécessite une énergie importante. Dans des conditions prébiotiques, la disponibilité de sources d'énergie constantes et suffisantes pour conduire ces réactions est discutable. Bien que diverses sources d'énergie telles que la foudre, les rayons UV et la chaleur volcanique aient été proposées, l'efficacité et la fiabilité de ces sources pour faciliter la formation de liaisons peptidiques

de manière constante sont discutables. Les conditions de la Terre primitive étaient probablement rudes et variables, avec des températures extrêmes, des niveaux de pH et des changements environnementaux. Ces conditions ont pu perturber le processus délicat de formation des liaisons peptidiques et la stabilité des peptides formés.

Les peptides et les acides aminés sont sujets à l'hydrolyse et à la dégradation en milieu aqueux. La stabilité des peptides formés sur de longues périodes est un sujet de préoccupation, car ils pourraient se dégrader plus vite qu'ils ne se forment. L'absence de mécanismes de protection dans les conditions prébiotiques signifie que les peptides nouvellement formés sur pourraient être rapidement dégradés par des facteurs environnementaux tels que le rayonnement UV et les fluctuations thermiques. Si les surfaces minérales telles que les argiles peuvent catalyser la formation de liaisons peptidiques, l'efficacité, la spécificité et le rendement de ces réactions dans des conditions naturelles ne sont pas bien démontrés. Il n'est pas certain que ces surfaces soient efficaces pour produire une gamme variée de peptides nécessaires à la vie. Les conditions précises dans lesquelles ces réactions catalysées par les minéraux se produisent (par exemple, la température, le pH) doivent être étroitement contrôlées, et il est possible que ces conditions n'aient pas été systématiquement présentes sur la Terre primitive. Certaines expériences démontrant la formation de peptides ont été réalisées dans des conditions très contrôlées, mais ces conditions ne reflètent peut-être pas exactement les conditions chaotiques et variables de la Terre primitive.

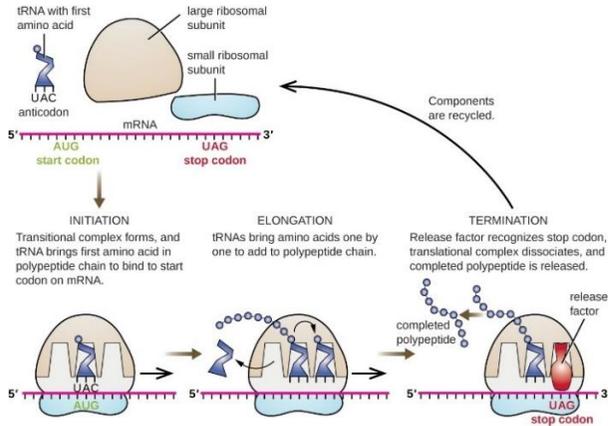


Fig. 3.2. Synthèse des protéines

L'hypothèse du monde de l'ARN postule que les molécules d'ARN ont catalysé la formation des peptides. Cependant, l'émergence simultanée de l'ARN fonctionnel et des peptides pose le problème de la poule et de l'œuf, les deux étant interdépendants (). Sans ARN, les protéines ne peuvent être formées.

Les protéines nécessitent des acides aminés ayant la même chiralité (acides aminés L). La synthèse prébiotique produit généralement des mélanges racémiques contenant des quantités égales d'isomères gauches et droits. La formation spontanée de protéines homochirales à partir de ces mélanges est statistiquement improbable.

iv. La formation de l'ADN

La formation de l'ADN dans des conditions prébiotiques est un processus complexe et spéculatif qui implique plusieurs étapes clés, notamment la synthèse des nucléotides, la formation de chaînes de polynucléotides, l'appariement des bases, la formation d'une double hélice, la condensation de l'ADN, la réplication et l'assistance enzymatique.

Comme l'ARN, les nucléotides de l'ADN sont composés de trois parties : des bases azotées (adénine, guanine, cytosine,

thymine), un sucre désoxyribose et des groupes phosphates. Le niveau de difficulté pour la formation spontanée de l'ADN sera comparable à celui de l'ARN. Une difficulté supplémentaire pour l'ADN est la formation de la structure en double hélice de l'ADN. La structure en double hélice de l'ADN repose sur un appariement précis des bases entre l'adénine et la thymine, et entre la cytosine et la guanine. Il est extrêmement improbable de parvenir à cette spécificité spontanément, sans modèle ou mécanisme directeur. Pour que la double hélice soit stable, les nucléotides doivent être disposés dans un ordre spécifique, avec des séquences complémentaires sur les brins opposés. La probabilité de former spontanément deux séquences complémentaires qui s'alignent parfaitement est extrêmement faible.

La réplication de l'ADN nécessite des enzymes complexes et une machinerie protéique pour garantir la précision et la fidélité. La liste des principales enzymes impliquées dans la réplication de l'ADN comprend l'hélicase, les protéines de liaison simple brin (SSB), la primase, l'ADN polymérase, la ribonucléase H (RNase H), l'ADN ligase et la topoisomérase. La formation spontanée d'une double hélice ne comprendrait pas ces composants essentiels, ce qui rendrait la réplication et la correction des erreurs hautement improbables. En l'absence de mécanismes de correction des erreurs, tout ADN formé spontanément accumulerait rapidement des erreurs, ce qui compromettrait sa stabilité et sa fonctionnalité.

Le nombre total d'acides aminés dans les enzymes typiques participant à la réplication de l'ADN est de l'ordre de quelques centaines à quelques milliers. La probabilité de produire l'une de ces enzymes par hasard est pratiquement nulle. Par exemple, la probabilité de produire la RNase H par hasard n'est que de 20^{-155} ou $2,2 \times 10^{-202} \approx 0$. Cette probabilité incroyablement faible est essentiellement au-delà du domaine de l'occurrence pratique et ne se produira jamais dans la nature.

Même si l'ADN était formé d'une manière ou d'une autre, il

devrait passer par un processus de condensation de l'ADN très complexe. Le processus de condensation de l'ADN transforme une longue molécule d'ADN linéaire en une structure très compacte et organisée, capable de s'insérer dans le noyau cellulaire. Le processus de condensation est essentiel pour le stockage, la protection et la régulation efficaces de l'ADN, ainsi que pour la ségrégation correcte des chromosomes au cours de la division cellulaire. Ce processus implique la formation de nucléosomes, de fibres de 30 nm, de domaines en boucle, de repliements d'ordre supérieur et de chromosomes en métaphase.

Le nucléosome peut se former si l'ADN s'enroule autour des protéines histones. Chaque nucléosome est constitué d'environ 147 paires de bases d'ADN enroulées autour d'un octamère d'histones (deux copies de chacune des protéines H2A, H2B, H3 et H4). La structure qui en résulte ressemble à des perles sur un fil, les nucléosomes (les perles) étant reliés par l'ADN de liaison (le fil).

La chaîne de nucléosomes s'enroule ensuite en une fibre plus compacte de 30 nm, facilitée par l'histone H1 de liaison, qui se lie au nucléosome et à l'ADN de liaison. La fibre de 30 nm peut adopter une configuration en solénoïde ou en zigzag, en fonction des interactions avec le nucléosome.

La fibre de 30 nm forme des domaines en boucle en s'attachant à un échafaudage de protéines à l'intérieur du noyau. Les régions d'attachement à l'échafaudage ou à la matrice (SARs/MARs) ancrent ces boucles. Ces boucles, d'une longueur typique de 40 à 90 kilobases paires (kb), assurent un compactage supplémentaire et jouent un rôle dans la régulation des gènes en rapprochant des éléments régulateurs éloignés des gènes.

Les domaines bouclés se replient ensuite en fibres plus épaisses, connues sous le nom de fibres de chromonéma. Ces fibres subissent d'autres enroulements et repliements, ce qui donne une structure plus condensée.

Au cours de la division cellulaire, en particulier en métaphase, la chromatine atteint son plus haut niveau de condensation pour

former les chromosomes visibles. Cela implique l'action des protéines condensines qui aident à superenrouler et à compacter la chromatine. Chaque chromosome est constitué de deux chromatides sœurs identiques maintenues ensemble au niveau du centromère, ce qui garantit une ségrégation précise au cours de la division cellulaire.

Le degré de condensation influence l'expression des gènes, l'hétérochromatine très dense étant inactive sur le plan de la transcription et l'euchromatine peu dense étant active. Une condensation correcte est cruciale pour la ségrégation précise des chromosomes au cours de la mitose et de la méiose.

Comme nous l'avons vu plus haut, la formation et la réplication de l'ADN sont extrêmement complexes, nécessitant une coordination biochimique précise et l'implication de plusieurs enzymes. Cependant, la théorie de l'évolution ne fournit pas d'explication claire sur l'origine de ces mécanismes, se contentant d'affirmer que l'ADN a évolué à partir de l'ARN sans relever les défis cruciaux. Pour que cette affirmation soit valable, elle doit expliquer comment l'ARN s'est formé, comment la structure en double hélice de l'ADN est apparue et comment les enzymes de réplication essentielles sont apparues. Sans ces réponses, l'idée reste spéculative. Compte tenu de ces facteurs, la formation de l'ADN est le résultat d'une conception intentionnelle plutôt que d'un hasard.

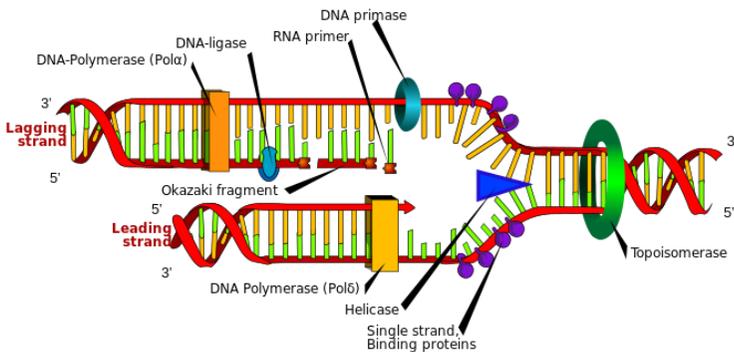


Fig. 3.3. Processus de réplication de l'ADN

v. La formation des cellules

Pour poursuivre notre discussion, supposons que l'ARN, les protéines et l'ARN ont été produits spontanément. L'étape suivante vers la vie est la formation des cellules. Il existe deux types principaux de cellules : les cellules procaryotes et les cellules eucaryotes. Les cellules procaryotes, que l'on trouve dans des organismes tels que les bactéries et les archées, sont plus simples et n'ont pas de noyau défini. Leur matériel génétique est contenu dans une seule molécule d'ADN circulaire qui flotte librement dans le cytoplasme. Les cellules procaryotes sont également dépourvues d'organites membranaires. Les cellules eucaryotes, présentes chez les plantes, les animaux, les champignons et les protistes, ont une structure plus complexe. Elles contiennent un noyau défini entouré d'une membrane nucléaire. Les cellules eucaryotes possèdent également divers organites membranaires, tels que les mitochondries, le réticulum endoplasmique et l'appareil de Golgi, qui remplissent des fonctions spécifiques essentielles à la survie et au bon fonctionnement de la cellule.

Les scientifiques affirment que les protocellules se sont transformées en cellules procaryotes par un processus graduel régi par la sélection naturelle, la mutation et l'adaptation à l'environnement. L'existence des protocellules, précurseurs hypothétiques des cellules modernes, fait l'objet de plusieurs critiques importantes. L'un des principaux problèmes est la formation spontanée de bicouches lipidiques, qui sont essentielles pour créer un environnement stable et fermé. Les conditions nécessaires à la formation et au maintien de ces bicouches sur la Terre primitive sont hautement spéculatives. En outre, l'intégration de composants fonctionnels, tels que l'ARN ou des protéines simples, dans ces structures lipidiques nécessite des interactions hautement spécifiques qui sont statistiquement improbables en l'absence d'un mécanisme de guidage. En outre, la capacité des protocellules à se répliquer et à évoluer, une

caractéristique essentielle des organismes vivants, n'est pas suffisamment étayée par des expériences, ce qui soulève des questions quant à leur rôle dans l'origine de la vie. Pour ces raisons, les premières cellules apparues sur Terre auraient été des cellules procaryotes.

Les archives fossiles suggèrent que les cellules procaryotes sont apparues sur Terre il y a 3,5 à 3,8 milliards d'années. Toutes les cellules sont entourées d'une membrane cellulaire, et la première étape de la formation des cellules serait la formation de cette membrane. Cherchons donc à savoir si une membrane cellulaire pourrait se former spontanément à l'adresse dans des conditions prébiotiques.

- **Formation de la membrane cellulaire**

La membrane cellulaire n'est pas une structure simple mais une structure complexe et dynamique composée de lipides (phospholipides, cholestérol et glycolipides), de protéines et d'hydrates de carbone. Les phospholipides forment la structure fondamentale de la bicouche, le cholestérol module la fluidité et les glycolipides contribuent à la reconnaissance cellulaire. Les protéines, qu'elles soient intégrales ou périphériques, facilitent le transport, la signalisation et le soutien structurel, tandis que les hydrates de carbone jouent un rôle crucial dans la reconnaissance et la communication cellulaires. Cette composition permet à la membrane cellulaire de remplir ses fonctions essentielles, en maintenant l'homéostasie et en facilitant les interactions avec l'environnement.

La formation d'une membrane cellulaire par hasard dans des conditions prébiotiques se heurte à plusieurs problèmes en raison de la complexité et de la spécificité requises pour les structures membranaires fonctionnelles.

Les molécules lipidiques amphiphiles spécifiques, telles que les phospholipides, nécessitent une combinaison précise d'acides gras, de glycérol et de groupes phosphates, dont la formation et l'assemblage spontanés dans les proportions

correctes sont peu probables dans des conditions prébiotiques. La formation spontanée du groupe phosphate, comme démontré dans la section précédente, est peu probable. Si les molécules amphiphiles peuvent former spontanément des bicouches, l'obtention d'une bicouche stable et semi-perméable capable d'encapsuler et de protéger un environnement cellulaire requiert des conditions spécifiques. L'apparition aléatoire de ces conditions, y compris la bonne concentration et les bons types de lipides, est très improbable.

La taille typique d'une cellule procaryote, telle qu'une cellule bactérienne, est de 1 micromètre. La surface est de $3 \times 10^{(-12)} \text{ m}^2$ et la taille d'une seule molécule de phospholipide est d'environ $5 \times 10^{(-19)} \text{ m}^2$. Le nombre total de phospholipides dans la bicouche est donc de $1,2 \times 10^7$. Pour former des bicouches, environ dix millions de phospholipides doivent s'aligner côte à côte et créer une chambre fermée. Il est très peu probable que cela se produise par hasard, car les bicouches ne s'aligneraient pas naturellement et ne formeraient pas une chambre fermée sans une certaine forme d'orientation ou de direction.

Les conditions de la Terre primitive étaient rudes et variables, avec des températures extrêmes, des niveaux de pH et des radiations. Maintenir l'intégrité et la stabilité d'une membrane primitive dans un tel environnement aurait été un défi, car les membranes peuvent facilement être perturbées par ces facteurs. Une membrane fonctionnelle doit laisser passer de manière sélective les nutriments et les molécules essentiels tout en empêchant les substances nocives d'entrer. Cette perméabilité sélective nécessite la présence de protéines et de canaux complexes, qui ont peu de chances de se former et de s'intégrer dans la membrane par des processus aléatoires.

Même si des membranes primitives se formaient, l'encapsulation aléatoire des biomolécules nécessaires, telles que les nucléotides, les acides aminés et les molécules catalytiques, serait improbable. Il est peu probable que les concentrations et les combinaisons spécifiques nécessaires au

lancement des processus métaboliques primitifs se produisent par hasard.

La formation d'une membrane fonctionnelle doit s'accompagner du développement simultané d'autres machines cellulaires, telles que les protéines de transport et les enzymes métaboliques, ce qui complique encore le scénario de la formation de la membrane à partir de processus aléatoires. Ainsi, la formation de cellules procaryotes sous la Terre prébiotique n'est pas possible.

vi. La formation des cellules eucaryotes

La théorie largement acceptée pour l'origine des cellules eucaryotes est la théorie endosymbiotique. La théorie endosymbiotique suggère que les cellules eucaryotes sont nées d'une relation symbiotique entre des cellules procaryotes primitives. Ce processus implique l'engloutissement de certaines cellules procaryotes (les mitochondries dans le cas des cellules animales et les chloroplastes dans le cas des cellules végétales) par une cellule hôte ancestrale, ce qui a conduit à une relation mutuellement bénéfique et, finalement, au développement de cellules eucaryotes complexes. La cellule hôte ancestrale serait une archée, mais cette hypothèse se heurte au fait que l'endocytose, le processus d'engloutissement des cellules procaryotes, n'a jamais été observée chez les archées, et que la membrane cellulaire des archées est composée de liaisons éther, alors que celle des cellules eucaryotes est composée de liaisons ester.

Cette théorie suppose la préexistence de cellules procaryotes et de mitochondries ou de chloroplastes. Cependant, l'origine des mitochondries et des chloroplastes n'est pas bien documentée. Les mitochondries sont des organites complexes dotés d'une structure unique qui reflète leur rôle de centrales électriques de la cellule, générant de l'ATP par phosphorylation oxydative. Les mitochondries sont composées de plusieurs éléments distincts : la membrane externe, l'espace intermembranaire, la membrane

interne et la matrice, qui comprend les enzymes, l'ADN, les ribosomes et les métabolites. La membrane externe, comme la membrane cellulaire, contient une bicouche phospholipidique avec un mélange de phospholipides et de protéines. Il est improbable qu'une structure aussi complexe puisse apparaître spontanément par le biais de processus aléatoires, car les membranes cellulaires, l'ADN et les protéines ne peuvent pas se former spontanément. Les mitochondries ont leur propre ADN, distinct de l'ADN nucléaire, mais elles doivent se coordonner avec le génome nucléaire pour fonctionner correctement. L'intégration de l'ADN mitochondrial dans les réseaux régulateurs et métaboliques d'une cellule hôte présente des défis importants.

Le noyau des cellules eucaryotes est composé d'une membrane nucléaire à double couche, de nucléoles et de chromosomes, qui contiennent le matériel génétique de la cellule, notamment l'ADN, l'ARN et les protéines associées. L'origine du noyau dans les cellules eucaryotes est encore plus difficile à expliquer. Commençons par l'aspect le plus simple : la membrane nucléaire. L'origine de la membrane nucléaire dans les cellules eucaryotes fait l'objet d'un important débat scientifique. Plusieurs hypothèses, dont l'hypothèse de l'invagination de la membrane (repliement vers l'intérieur), l'hypothèse de l'origine virale et l'hypothèse du transfert de gènes, ont été proposées pour expliquer l'apparition de cette structure complexe.

L'hypothèse de l'invagination membranaire suggère que la membrane nucléaire provient de l'invagination de la membrane cellulaire d'une cellule procaryote ancestrale. Cependant, cette hypothèse n'explique pas la différence entre la membrane cellulaire et la membrane nucléaire. La membrane cellulaire est composée d'une seule bicouche phospholipidique, alors que la membrane nucléaire est constituée de deux bicouches phospholipidiques - une membrane interne et une membrane externe. En outre, la membrane nucléaire contient des

complexes de pores nucléaires qui ne se trouvent pas dans la membrane cellulaire. En outre, la composition des protéines de la membrane cellulaire et de la membrane nucléaire est différente.

L'hypothèse de l'origine virale postule que les virus qui ont infecté les cellules primitives pourraient avoir contribué au matériel génétique ou aux composants structurels qui ont finalement conduit au développement d'une enveloppe nucléaire. L'interaction entre les membranes virales et celles des cellules hôtes pourrait avoir créé une structure protectrice autour de l'ADN. Bien que l'on sache que les virus influencent les structures des cellules hôtes, les preuves concrètes liant les virus à l'origine de la membrane nucléaire sont limitées.

L'hypothèse du transfert de gènes suggère que le mélange et le transfert de gènes entre différents procaryotes auraient pu créer un génome vaste et complexe nécessitant un compartiment protecteur. La membrane nucléaire aurait évolué pour protéger et réguler ce matériel génétique complexe. Cette hypothèse se heurte à de nombreux problèmes en raison du manque de preuves directes, de son incapacité à expliquer comment une structure aussi complexe et organisée, composée d'une double membrane et de complexes de pores nucléaires, pourrait résulter uniquement du transfert et de l'intégration de gènes, et de son incapacité à fournir une voie claire pour l'intégration et l'expression des gènes transférés d'une manière qui aboutisse au développement de la membrane nucléaire.

La structure des nucléoles et des chromosomes est beaucoup plus complexe que celle de la membrane nucléaire, et il est donc difficile d'imaginer qu'ils puissent provenir d'événements aléatoires. En outre, il est difficile de comprendre comment ces composants se sont retrouvés enfermés dans la membrane. Les nucléoles et les chromosomes contiennent l'information génétique des organismes vivants, y compris les plans de formation de l'ARN, des protéines, de l'ADN, des organites cellulaires et des tissus et organes des êtres vivants. Le fait que

ces plans pour construire la vie soient prédits et déjà présents dans le noyau au stade de la cellule eucaryote, avant même la formation de la vie, ne peut pas être expliqué de manière adéquate par la théorie de l'évolution. Il s'agit au contraire d'une preuve évidente de la conception intelligente de la vie.

En résumé, le dessein intelligent peut expliquer naturellement l'origine des cellules eucaryotes, alors que la théorie de l'évolution ne fournit pas d'explication claire à ce sujet.

vii. Localisation des organites

Les cellules sont composées de divers organites, notamment le noyau, les mitochondries, le réticulum endoplasmique, l'appareil de Golgi, les lysosomes et d'autres organites, qui travaillent tous ensemble pour maintenir la fonction et l'homéostasie cellulaires. La localisation des organites cellulaires est un processus hautement régulé et dynamique qui garantit que les organites sont positionnés de manière optimale dans la cellule afin de maintenir une fonction cellulaire efficace. Une localisation correcte est essentielle pour la santé cellulaire et joue un rôle critique dans l'adaptation aux conditions cellulaires et environnementales changeantes. On peut se demander comment ces organites trouvent leur emplacement optimal, étant donné qu'ils ne peuvent pas penser par eux-mêmes.

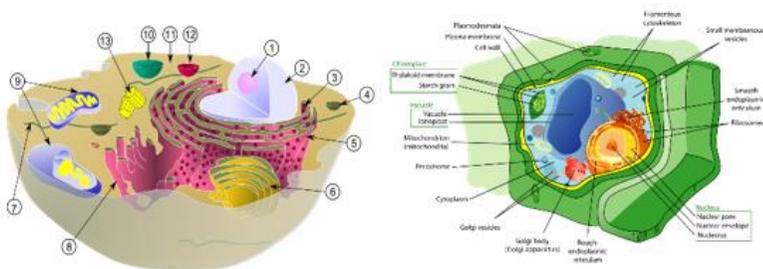


Fig. 3.4. Structure de la cellule animale et de la cellule végétale

Un examen détaillé du processus de localisation des organites révèle un mécanisme extrêmement précis et complexe qui ne

peut être attribué au hasard. Ce processus implique une interaction complexe entre le cytosquelette, les protéines motrices, le trafic membranaire, les protéines d'ancrage, les échafaudages, les ajustements dynamiques et la communication entre les organites.

Le cytosquelette joue un rôle crucial dans la localisation des organites. Il fournit un soutien structurel, facilite les mouvements et assure le bon positionnement des organites. Le cytosquelette est composé de trois principaux types de filaments : les microtubules, les filaments d'actine et les filaments intermédiaires, chacun contribuant de manière unique à la localisation des organites.

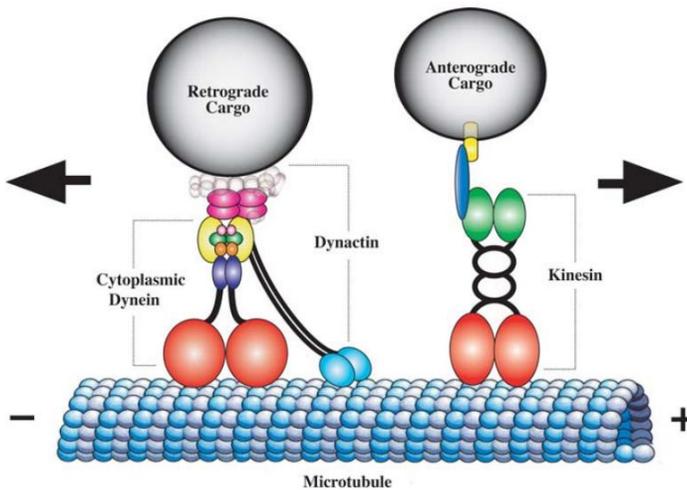


Fig. 3.5. Schéma des microtubules et des protéines motrices

Les microtubules sont de longs tubes creux constitués de protéines tubulines. Ils forment un réseau qui s'étend du centre d'organisation des microtubules (centrosome) à la périphérie de la cellule. Les microtubules servent de pistes aux protéines motrices telles que la kinésine et la dynéine. La kinésine déplace les organites vers l'extrémité supérieure des microtubules, généralement vers la périphérie de la cellule, tandis que la

dynéine les déplace vers l'extrémité inférieure, généralement vers le centre de la cellule. Les microtubules aident à positionner des organites tels que l'appareil de Golgi, qui est généralement situé près du centrosome, et les mitochondries, qui sont réparties dans toute la cellule mais peuvent être transportées le long de microtubules vers des zones à forte demande d'énergie.

Les filaments d'actine, également appelés microfilaments, sont des fibres minces et flexibles constituées de protéines d'actine. Ils sont concentrés juste sous la membrane plasmique et forment un réseau dense dans tout le cytoplasme. Les filaments d'actine facilitent l'écoulement du cytoplasme, un processus qui aide à distribuer les organites et les nutriments dans toute la cellule. Les protéines motrices de la myosine interagissent avec les filaments d'actine pour transporter les vésicules, les endosomes et d'autres petits organites le long du réseau d'actine. Les filaments d'actine aident à maintenir la forme de la cellule et sont impliqués dans le mouvement cellulaire, ce qui affecte indirectement le positionnement des organites.

Les filaments intermédiaires sont des fibres en forme de corde composées de diverses protéines (telles que les kératines, la vimentine et les lamines) en fonction du type de cellule. Ils assurent la résistance mécanique et le soutien structural. Les filaments intermédiaires aident à stabiliser la position des organites tels que le noyau en les ancrant dans le cytoplasme. Ils maintiennent l'intégrité globale du cytosquelette, garantissant que d'autres composants tels que les microtubules et les filaments d'actine peuvent fonctionner efficacement dans la localisation des organites.

Les différents types de filaments du cytosquelette travaillent souvent ensemble pour positionner les organites avec précision. Par exemple, les microtubules () et les filaments d'actine se coordonnent pour assurer une distribution et un mouvement corrects des vésicules et des organites. Le cytosquelette est très dynamique et se remodèle continuellement pour s'adapter aux besoins de la cellule. Cette flexibilité permet le repositionnement

rapide des organites en réponse aux signaux cellulaires ou aux changements de l'environnement.

Le trafic membranaire est le processus par lequel les protéines, les lipides et d'autres molécules sont transportés à l'intérieur des cellules, garantissant que les composants cellulaires atteignent leur destination correcte. Ce processus implique le bourgeonnement des vésicules à partir des membranes donneuses, leur transport à travers le cytoplasme et leur fusion avec les membranes cibles. Les principaux organites impliqués dans le trafic membranaire sont le réticulum endoplasmique, l'appareil de Golgi et divers types de vésicules comme les endosomes et les lysosomes. Ce processus est essentiel pour maintenir l'organisation cellulaire, faciliter la communication entre les organites et permettre à la cellule de répondre efficacement aux signaux internes et externes.

Les voies de signalisation guident le mouvement et le positionnement des organites dans la cellule. Ces voies impliquent la transmission de signaux chimiques qui fournissent des repères spatiaux, garantissant que les organites sont dirigés vers leurs emplacements appropriés. Les récepteurs situés à la surface des organites et dans le cytoplasme interagissent avec les molécules de signalisation pour faciliter ce processus. Par exemple, les petites GTPases comme les protéines Rab sont des régulateurs clés qui contrôlent le trafic des vésicules et le positionnement des organites en interagissant avec des protéines effectrices spécifiques. Ces voies de signalisation assurent la coordination des processus cellulaires et le positionnement dynamique des organites en réponse à l'évolution des besoins cellulaires et des conditions environnementales.

Les protéines d'ancrage et les échafaudages jouent un rôle essentiel dans la localisation des cellules en garantissant que les organites sont positionnés avec précision à l'intérieur de la cellule. Les protéines d'ancrage relient les organites à des sites spécifiques dans le cytoplasme, les stabilisant et empêchant leur

déplacement. Par exemple, les mitochondries peuvent être attachées au réticulum endoplasmique par des mécanismes d'ancrage spécifiques, ce qui facilite le transfert d'énergie et la coordination métabolique. Les protéines d'échafaudage fournissent un soutien structurel en formant des complexes qui maintiennent les organites en place, préservant ainsi l'organisation globale de la cellule. Ces protéines créent un cadre dynamique qui permet la bonne disposition des organites, garantissant ainsi que les fonctions cellulaires sont exécutées de manière efficace et efficiente.

Les ajustements dynamiques de la localisation cellulaire font référence aux changements continus et réactifs du positionnement des organites au sein d'une cellule. Ces ajustements sont cruciaux pour le maintien de la fonction et de l'adaptabilité cellulaires. Au cours des différentes phases du cycle cellulaire, comme la mitose, les organites tels que le noyau et les mitochondries se repositionnent pour assurer une division cellulaire correcte. En outre, en réponse à des stimuli environnementaux, tels que la disponibilité des nutriments ou les conditions de stress, les organites peuvent se déplacer vers les zones où leurs fonctions sont les plus nécessaires. Cette relocalisation dynamique est facilitée par le cytosquelette et les protéines motrices, ce qui permet à la cellule de maintenir l'homéostasie et de répondre efficacement aux conditions internes et externes changeantes.

La communication inter-organes assure la coordination et l'efficacité des fonctions cellulaires. Cette communication s'effectue par l'intermédiaire de sites de contact direct et du transport vésiculaire. Les sites de contact, tels que les membranes associées aux mitochondries (MAM) entre les mitochondries et le réticulum endoplasmique, facilitent le transfert de lipides, de calcium et d'autres molécules, assurant ainsi la synchronisation des activités entre les organites. Le transport vésiculaire implique le bourgeonnement et la fusion de vésicules, qui transportent des protéines et des lipides entre les

organites, maintenant ainsi leur intégration fonctionnelle. Une communication efficace entre les organites est essentielle pour des processus tels que le métabolisme, la signalisation et les réponses au stress, contribuant ainsi à l'homéostasie globale de la cellule.

Comme décrit ci-dessus, les mécanismes impliqués dans la localisation des organites sont hautement organisés et complexes. L'évolution pas à pas de systèmes aussi complexes par le biais de mutations aléatoires et de la sélection naturelle est extrêmement improbable pour les raisons suivantes.

Il n'existe aucune preuve directe de l'existence de stades intermédiaires dans l'évolution des mécanismes de localisation des organites. Les archives fossiles et les études moléculaires ne permettent pas d'identifier les formes transitoires qui illustreraient l'évolution progressive de ces systèmes sophistiqués. La complexité de la localisation des organites et de leur coordination au sein des cellules pose un défi aux explications évolutionnistes, car l'organisation cellulaire présente une "complexité irréductible", où l'élimination d'une partie quelconque rendrait le système non fonctionnel. La théorie de l'évolution explique la complexité par des modifications graduelles, mais les structures cellulaires et leur localisation précise n'ont pas d'étapes intermédiaires viables.

La localisation des organites dépend d'interactions complexes avec le cytosquelette, les protéines motrices, les voies de signalisation et d'autres composants cellulaires. Cette interdépendance soulève des questions sur la manière dont ces systèmes ont pu évoluer de manière progressive. Il est difficile d'expliquer comment les organites et les systèmes responsables de leur localisation ont pu évoluer simultanément sans que l'un d'entre eux ne soit d'abord pleinement fonctionnel.

L'origine et l'évolution des protéines motrices telles que la kinésine, la dynéine et la myosine, ainsi que des éléments du cytosquelette tels que les microtubules et les filaments d'actine, ne sont pas entièrement comprises. Ces protéines et ces

structures doivent avoir évolué vers des fonctions et des interactions hautement spécifiques, qu'il est difficile d'expliquer uniquement par des changements progressifs. L'évolution des réseaux de régulation complexes qui contrôlent la localisation des organites pose des défis importants. Ces réseaux doivent coordonner avec précision l'expression et l'activité de nombreux gènes, et leur évolution progressive par des mutations aléatoires est difficile à expliquer.

De nombreux composants impliqués dans la localisation des organites sont interdépendants, ce qui signifie qu'ils doivent fonctionner ensemble de manière efficace pour offrir un avantage sélectif. L'évolution simultanée de multiples parties en interaction est problématique car les systèmes partiels ne confèrent pas un avantage suffisant pour être favorisés par la sélection naturelle.

Les processus de localisation et de maintien des organites sont très consommateurs d'énergie. Il n'est pas évident que les premières cellules aient pu supporter les coûts métaboliques associés à ces systèmes complexes sans avoir déjà mis en place des mécanismes efficaces de production d'énergie et de gestion des ressources.

viii. Différenciation cellulaire

La différenciation cellulaire est le processus par lequel des cellules non spécialisées se transforment en cellules spécialisées dotées de structures et de fonctions distinctes. Ce processus est crucial pour le développement, la croissance et le fonctionnement des tissus, des organes et, en fin de compte, des organismes multicellulaires. La différenciation commence généralement par les cellules souches, qui sont des cellules indifférenciées capables de donner naissance à différents types de cellules. Les cellules souches peuvent être pluripotentes, c'est-à-dire capables de se différencier en presque n'importe quel type de cellule. Au cours du développement, ces cellules reçoivent des signaux qui les orientent vers des types de cellules spécifiques. En se différenciant, les cellules souches deviennent

des cellules progénitrices multipotentes, qui s'engagent à donner naissance à une gamme limitée de types cellulaires. Les cellules progénitrices se différencient ensuite en cellules entièrement spécialisées. La différenciation cellulaire est un processus hautement régulé et dynamique qui dépend de la régulation de l'expression des gènes, des voies de transduction des signaux, des modifications épigénétiques, des gradients morphogéniques et des interactions avec d'autres cellules et la matrice extracellulaire.

Toutes les cellules d'un organisme contiennent le même ADN, mais les différents types de cellules expriment différents sous-ensembles de gènes. Cette expression sélective des gènes est le moteur de la différenciation. Des protéines appelées facteurs de transcription se lient à des séquences d'ADN spécifiques pour réguler la transcription des gènes cibles. Ces facteurs peuvent activer ou réprimer l'expression des gènes, ce qui entraîne la production de protéines nécessaires à un type de cellule spécifique.

Les cellules reçoivent des signaux de leur environnement, tels que des facteurs de croissance, des hormones et des cytokines. Ces signaux se lient aux récepteurs de la surface cellulaire, ce qui déclenche les voies de transduction du signal. Les voies de transduction du signal impliquent une cascade d'événements intracellulaires, comprenant souvent la phosphorylation de protéines, qui aboutissent finalement à des changements dans l'expression des gènes.

Les modifications épigénétiques comprennent la méthylation de l'ADN et la modification des histones. La méthylation de l'ADN réduit l'expression des gènes au silence en ajoutant des groupes méthyles à l'ADN, généralement au niveau des îlots CpG. Les schémas de méthylation sont héréditaires et peuvent verrouiller l'identité d'une cellule en réprimant les gènes qui ne sont pas nécessaires à un type de cellule particulier. Les histones, les protéines autour desquelles l'ADN s'enroule, peuvent être modifiées chimiquement (acétylation, méthylation, etc.). Ces

modifications altèrent la structure de la chromatine, rendant l'ADN accessible à la transcription.

Les morphogènes sont des molécules de signalisation qui se diffusent dans les tissus et forment des gradients de concentration. Les cellules répondent à différentes concentrations de morphogènes en activant différentes voies de développement, conduisant à divers destins cellulaires. Les gradients de morphogènes sont essentiels dans le développement embryonnaire pour la formation de modèles, déterminant la disposition spatiale des cellules différenciées.

Le contact direct entre les cellules peut induire la différenciation. Les protéines membranaires d'une cellule interagissent avec les protéines réceptrices d'une cellule adjacente pour transmettre des signaux. Les cellules sécrètent des molécules de signalisation qui affectent les cellules voisines et influencent leur différenciation.

La matrice extracellulaire (MEC), composée de protéines et de polysaccharides, fournit un support structurel et des signaux biochimiques aux cellules. Les intégrines et d'autres molécules d'adhésion assurent la fixation des cellules à la matrice extracellulaire, influençant ainsi la forme, la migration et la différenciation des cellules.

Des mécanismes de rétroaction positive et négative contrôlent la progression de la différenciation. La rétroaction positive indique que les cellules différenciées peuvent produire des signaux qui renforcent leur identité, assurant ainsi la stabilité des types cellulaires. Les mécanismes de rétroaction négative limitent les signaux de différenciation, empêchant une différenciation excessive () et maintenant un pool de cellules indifférenciées.

Comme nous l'avons décrit, la différenciation cellulaire implique une série d'événements extrêmement complexes et coordonnés, notamment une régulation précise des gènes, une transduction des signaux et des modifications épigénétiques. Une telle complexité est difficile à expliquer par les seules mutations

graduelles et aléatoires et par la sélection naturelle. Le processus nécessite l'intégration de nombreux systèmes cellulaires, tels que les facteurs de transcription, les voies de signalisation et le cytosquelette. L'évolution simultanée de ces systèmes interdépendants constitue un défi important pour la théorie de l'évolution. En outre, l'origine des cellules souches pluripotentes ne peut être expliquée par des mécanismes évolutifs.

Le rôle des modifications épigénétiques, telles que la méthylation de l'ADN et la modification des histones, est crucial dans la différenciation. L'origine de ces mécanismes sophistiqués n'est pas bien expliquée par la théorie de l'évolution, car ils nécessitent un niveau élevé de précision et de coordination. L'héritabilité des marques épigénétiques ajoute une couche de complexité supplémentaire. Les mécanismes par lesquels ces marques sont établies, maintenues et héritées sont complexes et nécessitent une explication détaillée.

L'établissement et l'interprétation des gradients de morphogènes sont essentiels pour la formation de motifs au cours du développement. La précision des gradients de concentration et la capacité de la cellule à interpréter ces signaux avec exactitude suggèrent une conception intelligente plutôt que des mutations aléatoires. Le concept d'information positionnelle, selon lequel les cellules déterminent leur emplacement et se différencient en conséquence, nécessite un système de communication sophistiqué. L'origine évolutive d'un tel système n'est pas clairement comprise.

Les réseaux de régulation des facteurs de transcription qui contrôlent l'expression des gènes au cours de la différenciation sont extrêmement complexes. L'évolution progressive de ces réseaux manque de soutien empirique, étant donné la nécessité de changements coordonnés dans de multiples gènes. Les mutations dans les facteurs de transcription clés peuvent avoir des effets étendus et délétères, ce qui rend difficile d'envisager comment des mutations bénéfiques pourraient s'accumuler progressivement pour former des réseaux de régulation

fonctionnels.

ix. La formation des tissus et des organes

La formation des tissus (histogenèse) est le processus par lequel les cellules différenciées s'organisent en tissus spécifiques au cours du développement embryonnaire.

Ce processus implique la spécialisation des cellules souches en divers types de cellules, telles que les cellules musculaires, les cellules nerveuses et les cellules épithéliales, chacune ayant des fonctions distinctes. Une fois différenciées, les cellules commencent à s'organiser en structures complexes qui forment les tissus de base de l'organisme. Ces tissus comprennent les tissus épithéliaux, conjonctifs, musculaires et nerveux, chacun contribuant à la structure et à la fonction globales des organes.

Les voies de communication et de signalisation cellulaires jouent un rôle crucial en guidant les cellules vers leur emplacement correct et en veillant à ce qu'elles interagissent de manière appropriée. L'histogenèse est étroitement régulée, car les erreurs d'organisation cellulaire peuvent entraîner des anomalies du développement ou des maladies. Tout au long de ce processus, les cellules adhèrent les unes aux autres, migrent vers des régions spécifiques et subissent des changements morphologiques pour former des structures tissulaires fonctionnelles. L'achèvement de l'histogenèse aboutit à la formation de tissus entièrement développés, capables de remplir des fonctions spécialisées. Ce processus est fondamental pour le bon développement des organes et l'organisation générale du corps.

La formation des organes (organogenèse) fait suite à l'histogenèse, au cours de laquelle les tissus sont organisés en unités fonctionnelles. Au cours de l'organogenèse, les trois couches germinales (ectoderme, mésoderme et endoderme) interagissent et se différencient pour former des organes spécifiques. L'ectoderme forme principalement des organes tels que le cerveau et la moelle épinière, tandis que le mésoderme

donne naissance au cœur, aux reins et aux muscles squelettiques. L'endoderme forme des structures internes telles que les poumons et le foie.

L'organogenèse implique des voies de signalisation complexes et une régulation génétique pour garantir que les organes se développent au bon endroit et avec une fonction appropriée. Au cours de l'organogenèse, les cellules migrent, prolifèrent et subissent l'apoptose nécessaire à la formation des organes en développement. La voie de signalisation Notch est particulièrement importante pour déterminer le destin cellulaire et maintenir l'équilibre entre la prolifération et la différenciation des cellules. La signalisation Wnt contribue à la structuration et à la morphogenèse des organes, en veillant à ce que les tissus se développent dans des emplacements et des proportions corrects. Les perturbations de cette signalisation peuvent entraîner des malformations congénitales ou un développement anormal des organes. Ce processus est crucial pour l'établissement de l'anatomie et de la physiologie globales du corps.

Au fur et à mesure que les organes se développent, plusieurs types de tissus s'intègrent et fonctionnent ensemble. Par exemple, un organe comme le cœur est constitué de tissus musculaires, de tissus conjonctifs et de tissus nerveux, tous essentiels à son fonctionnement. Le développement de ces organes est guidé par des voies de signalisation complexes qui garantissent que les cellules migrent vers les bons endroits, se différencient de manière appropriée et forment les structures adéquates.

Les théories évolutionnistes expliquant la formation des tissus et des organes sont confrontées à des défis importants. La complexité des tissus et des organes est trop grande pour être expliquée par des processus évolutifs graduels, étape par étape. De nombreux tissus et organes présentent une "complexité irréductible", c'est-à-dire qu'ils sont constitués de multiples parties interdépendantes qui ne pourraient pas fonctionner si

l'une d'entre elles venait à manquer. De telles structures complexes n'ont pas pu évoluer progressivement, car elles ne seraient pas fonctionnelles à des stades intermédiaires.

La théorie de l'évolution postule que les nouvelles structures, telles que les tissus et les organes, naissent de la modification progressive des structures existantes. Cependant, cette théorie n'explique pas correctement l'origine de structures entièrement nouvelles qui n'ont pas de précurseurs apparents. Par exemple, le développement d'organes complexes comme le cerveau ou le système immunitaire est considéré comme difficile à expliquer par de petites modifications progressives.

L'information génétique nécessaire à la construction et à l'organisation des tissus et des organes est vaste et très spécifique, et il est peu probable qu'une information aussi détaillée apparaisse par le biais de mutations aléatoires.

Les facteurs épigénétiques, qui influencent l'expression des gènes sans modifier la séquence de l'ADN, jouent un rôle important dans le développement des tissus et des organes. La théorie de l'évolution, qui met principalement l'accent sur les mutations génétiques, ne tient pas pleinement compte de la complexité supplémentaire introduite par la régulation épigénétique. Elle n'explique pas non plus comment des systèmes biologiques complexes (comprenant de multiples tissus et organes en interaction) peuvent évoluer de manière indépendante et s'intégrer plus tard () pour fonctionner de manière cohérente en tant qu'organisme unifié.

x. La formation des organismes multicellulaires

Une fois que les organes individuels sont formés, ils doivent être intégrés dans un organisme cohérent et fonctionnel. Cette intégration est réalisée grâce à l'organisation spatiale des organes dans le corps, où chaque organe occupe un emplacement spécifique qui lui permet d'interagir avec d'autres organes et systèmes. Par exemple, le système circulatoire, qui comprend le cœur et les vaisseaux sanguins, doit être

correctement relié à d'autres systèmes tels que les systèmes respiratoire et digestif pour permettre la vie.

Tout au long de ce processus, les cellules des tissus et des organes continuent à se spécialiser et à s'adapter à leur rôle, un processus connu sous le nom de différenciation fonctionnelle. Ce processus garantit que chaque partie de l'organisme remplit efficacement les fonctions qui lui sont assignées. La coordination et l'interaction entre les différents organes et systèmes sont essentielles au maintien de la santé et de la fonction globales de l'organisme multicellulaire, lui permettant de survivre, de croître et de se reproduire. L'explication évolutionniste de la formation d'organismes multicellulaires à partir d'organes implique de relever plusieurs défis et complexités clés :

La formation d'organismes multicellulaires à partir d'organes nécessite un niveau incroyablement élevé d'intégration et de coordination entre différents systèmes. Les processus évolutifs qui pourraient conduire au développement simultané et au fonctionnement sans faille de plusieurs systèmes d'organes sont difficiles à expliquer.

Les organes et les systèmes des organismes multicellulaires sont très interdépendants, ce qui signifie que la fonctionnalité d'un système dépend souvent du bon fonctionnement des autres. Les explications évolutionnistes doivent rendre compte du développement simultané de différents organes et systèmes, chacun ayant des fonctions et des interdépendances spécifiques, et expliquer comment ces systèmes complexes ont évolué de manière coordonnée, étape par étape. Les formes intermédiaires dotées de systèmes partiellement développés ne présenteraient pas suffisamment d'avantages pour être favorisées par la sélection naturelle.

Dans les archives fossiles, on trouve peu de formes transitoires claires illustrant l'évolution progressive d'organismes multicellulaires simples vers des organismes complexes dotés d'organes entièrement formés. Cette lacune rend difficile l'identification des voies évolutives qui ont conduit au

développement de structures aussi complexes.

La coordination précise de l'expression des gènes et des voies de développement nécessaires à la formation et à l'intégration des organes présente des défis importants. De petites erreurs dans ces processus peuvent entraîner des troubles du développement, ce qui soulève des questions sur la manière dont des systèmes aussi délicats pourraient évoluer progressivement.

Le développement d'organismes multicellulaires complexes nécessite des mécanismes robustes pour gérer les erreurs et les variations. L'explication évolutive doit expliquer comment ces systèmes de traitement des erreurs ont évolué et comment ils assurent la stabilité et la fidélité de la formation et de la fonction des organes.

b. L'évolution peut-elle expliquer l'origine de la vie ?

Dans la section précédente, nous avons abordé l'origine de la vie, en retraçant sa progression depuis la formation des acides aminés, de l'ARN, des protéines, de l'ADN, des cellules procaryotes, des cellules eucaryotes, des tissus et des organes, jusqu'à l'obtention d'organismes multicellulaires. Ces processus ont indéniablement progressé d'une manière orientée et guidée vers un objectif singulier - la formation d'organismes vivants.

Cela soulève une question importante : L'évolution, qui opère par le biais de processus non dirigés et aléatoires, peut-elle expliquer de manière adéquate ces développements complexes et l'origine de la vie ? Les scientifiques évolutionnistes ont proposé diverses théories pour répondre à cette question. Les principales théories de l'évolution comprennent la sélection naturelle, la mutation, la dérive génétique et le transfert horizontal de gènes. Examinons brièvement chacune de ces théories.

La sélection naturelle est le processus par lequel les individus présentant des caractéristiques avantageuses survivent et se reproduisent avec plus de succès, ce qui fait que ces caractéristiques deviennent plus courantes dans une population au fil des générations. La sélection naturelle opère sur les

variations existantes dans les organismes vivants. Ainsi, l'origine de la vie et la formation de ses éléments fondamentaux (acides aminés, ARN, protéines, ADN) et de ses structures (cellules, tissus, organes et organismes multicellulaires) nécessitent des explications allant au-delà de la sélection naturelle, car ces processus ne présentent pas les conditions préalables nécessaires (réplication et fonctionnalité) à l'action de la sélection.

La mutation est une modification aléatoire de l'ADN d'un organisme qui peut introduire une variation génétique, conduisant parfois à de nouvelles caractéristiques ou adaptations. La mutation est confrontée à des difficultés car la plupart des mutations sont nuisibles ou neutres plutôt que bénéfiques, de sorte qu'il est peu probable que des mutations avantageuses se produisent assez fréquemment pour entraîner des changements évolutifs significatifs. Par exemple, une étude sur la distribution des effets de fitness (DFE) des mutations aléatoires dans le virus de la stomatite vésiculaire illustre ce problème. Sur l'ensemble des mutations, 39,6 % étaient létales, 31,2 % étaient délétères non létales et 27,1 % étaient neutres.

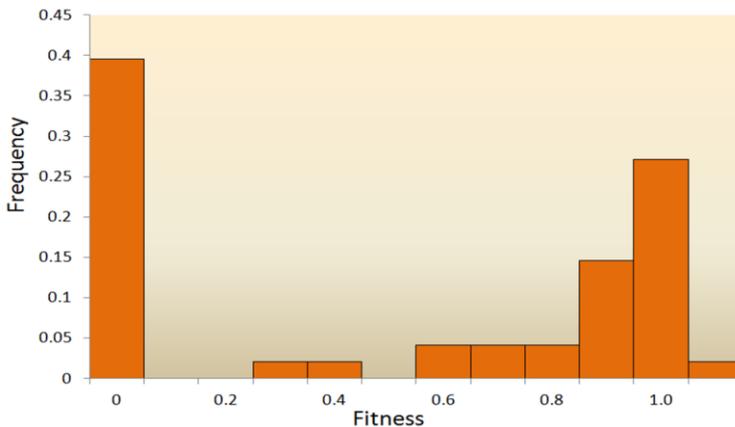


Fig. 3.6. Distribution de l'effet de fitness

Si des nucléotides sont insérés ou supprimés (ce qui provoque

des mutations de type "frameshift"), ou si des codons stop sont créés ou supprimés par des mutations, des protéines non fonctionnelles sont produites. C'est l'une des principales raisons pour lesquelles, compte tenu du grand nombre d'acides aminés dans les protéines des organismes vivants (par exemple, de 20 à 33 000 dans les protéines humaines), la probabilité d'une macroévolution par le biais de telles mutations aléatoires est impossible (voir la section "d" du présent chapitre pour plus de détails). En outre, les mutations aléatoires ne peuvent expliquer l'émergence initiale de la vie à partir de matières non vivantes.

La dérive génétique repose sur des changements aléatoires dans les fréquences des allèles, ce qui n'explique peut-être pas suffisamment la complexité adaptative observée dans les organismes. La dérive génétique est plus prononcée dans les petites populations, ce qui rend son impact moins pertinent dans les grandes populations où se produit la majeure partie de l'évolution. En outre, elle n'a pas la force directionnelle nécessaire pour expliquer le développement de structures et de systèmes hautement organisés. En outre, la dérive génétique ne peut pas produire de nouvelles informations ou fonctions, ce qui ne permet pas d'expliquer l'émergence de nouveaux traits ou l'origine de caractéristiques biologiques complexes ().

Le transfert horizontal de gènes (THG) est le transfert de matériel génétique entre des organismes non apparentés, sans passer par l'hérédité, ce qui contribue à la variation génétique. Le transfert horizontal de gènes se heurte à des difficultés lorsqu'il s'agit d'expliquer les caractères complexes des organismes multicellulaires, car son rôle se limite principalement aux procaryotes et a moins d'impact sur les organismes supérieurs. L'intégration de gènes étrangers dans le génome d'un hôte nécessite souvent des mécanismes de régulation précis, dont l'évolution simultanée est peu probable. En outre, le transfert de gènes étrangers peut introduire une instabilité génétique, susceptible d'entraîner des mutations néfastes. La nature aléatoire de l'acquisition de gènes par HGT soulève également

des questions quant à sa capacité à produire des adaptations coordonnées et fonctionnelles. L'HGT n'explique pas l'origine de nouveaux gènes, mais plutôt le transfert de gènes existants, ce qui ne permet pas d'expliquer l'émergence de nouveaux caractères.

Le tableau suivant résume l'applicabilité des théories évolutionnistes à la biogenèse et aux processus génétiques.

Théories de l'évolution	Peut-on expliquer la biogenèse ?	Peut-elle expliquer la formation de l'ARN, des protéines et de l'ADN ?	L'adaptation génétique, pas l'évolution...
La sélection naturelle	Non	Non	Oui
Mutation	Non	Non	Oui
Dérive génétique	Non	Non	Oui
HGT	Non	Non	N/A

Tableau 3.2. Théories de l'évolution : applicabilité à la biogenèse et à la génétique (* : voir la section suivante pour l'adaptation génétique)

Comme le montre le tableau, les principales théories évolutionnistes ne parviennent pas à expliquer l'origine de la vie sur Terre et les mécanismes qui sous-tendent la formation des composants biologiques fondamentaux tels que l'ARN, les protéines et l'ADN. Cela suggère que les modèles évolutionnistes appliqués aux cellules, aux tissus, aux organes et aux formes de vie existantes ne constituent pas de véritables explications de l'origine ou de l'évolution de la vie elle-même. Plutôt que d'aborder l'émergence de la vie à partir de la matière non vivante, ces théories se contentent de décrire comment la vie se développe une fois que les éléments constitutifs essentiels - l'ARN, les protéines et l'ADN - sont déjà en place, un peu comme

si l'on détaillait le processus d'assemblage d'une voiture ou la construction d'un bâtiment sans expliquer comment les matières premières et les pièces sont apparues.

Les théories de l'évolution appliquées aux organismes vivants décrivent principalement les processus génétiques et biochimiques qui leur permettent de s'adapter à des environnements changeants. Cependant, ces adaptations et comportements ne sont pas nouvellement créés par l'évolution, mais sont déjà encodés dans leur information génétique. Compte tenu de cette limitation, les théories évolutionnistes seraient plus justement qualifiées de "théorie de l'adaptation génétique" (voir section suivante), car elles traitent principalement de la manière dont les organismes s'adaptent aux pressions environnementales par le biais de mécanismes génétiques préexistants.

Malgré ces limites critiques, la théorie de l'évolution a fait l'objet d'une promotion excessive, ce qui a donné lieu à des idées fausses très répandues. De nombreuses personnes croient aujourd'hui à tort qu'elle peut expliquer le passage de la matière non vivante aux organismes vivants et le développement de formes de vie complexes.

Pour construire un bâtiment, nous avons besoin de plans, de matériaux de construction et d'une base solide. Les théories de l'évolution s'apparentent à une tentative de construction d'un bâtiment sans plans (directionnalité), sans matériaux de construction (ARN, protéines, ADN) et sans fondations (l'origine initiale de la vie). Sans ces éléments, il est impossible de construire un bâtiment.

Tout comme nous reconnaissons que les plans d'un bâtiment ont été conçus par un architecte, nous devrions également reconnaître que tous les organismes vivants ont été conçus et créés par Dieu, le divin Créateur.

c. La théorie de Darwin : Théorie de l'évolution ou théorie de l'adaptation génétique ?

L'évolution se divise en deux grandes catégories : la microévolution et la macroévolution. La microévolution fait référence à des changements à petite échelle au sein d'une espèce au fil du temps. Ces changements sont observables sur de courtes périodes et impliquent souvent une adaptation à l'environnement. La macroévolution, quant à elle, implique des changements à grande échelle qui se produisent sur de longues périodes géologiques et conduisent à la formation de nouvelles espèces et de groupes taxonomiques plus larges.

Les biologistes évolutionnistes proposent que le mécanisme principal de la macroévolution soit l'accumulation de nombreux changements microévolutifs au fil du temps. Les gens s'accordent à dire qu'il existe des preuves de la microévolution, mais pas de preuves convaincantes de la macroévolution. Si le darwinisme doit être considéré comme la théorie de l'évolution, il doit présenter des preuves de la macroévolution. La preuve la plus convaincante de la macroévolution est l'existence d'espèces transitoires. Au chapitre 6 (Difficultés de la théorie) du livre de Darwin "De l'origine des espèces", il est écrit : Pourquoi, si les espèces sont descendues d'autres espèces par des graduations insensiblement fines, ne voyons-nous pas partout d'innombrables formes de transition ? Cette absence de preuve de l'existence d'espèces transitoires est souvent appelée le "dilemme de Darwin".

Les fossiles souvent qualifiés de "transitionnels" peuvent être simplement des variations au sein d'une espèce ou des formes non apparentées. Cette ambiguïté fait qu'il est difficile d'identifier de manière concluante les véritables formes de transition. Par exemple, Tiktaalik est largement considéré comme un fossile de transition et comme l'une des découvertes les plus importantes dans l'étude de l'évolution des vertébrés. Cependant, un article publié dans Nature par Niedzwiedzki et al. révèle des pistes de tétrapodes bien conservées qui précèdent Tiktaalik d'environ 18 millions d'années. Les pistes découvertes suggèrent que des tétrapodes pleinement développés marchaient déjà sur la terre

ferme bien plus tôt qu'on ne le pensait auparavant. Étant donné que Tiktaalik date d'environ 375 millions d'années, la présence de traces de tétrapodes plus anciennes remet en question son rôle en tant que forme de transition directe entre les poissons et les tétrapodes.

S'il n'existe aucune preuve convaincante de l'existence d'espèces transitoires, la théorie de Darwin a été mal nommée et devrait être appelée théorie de l'adaptation génétique plutôt que théorie de l'évolution. La raison est liée aux cycles de Milankovitch, qui influencent les schémas climatiques et ont joué un rôle dans le façonnement des adaptations génétiques au fil du temps.

- **Cycles de Milankovitch**

L'excentricité de la Terre fluctue de presque circulaire à plus elliptique sur un cycle de 100 000 ans. Le changement d'excentricité influence les schémas climatiques, contribuant au calendrier des périodes glaciaires et interglaciaires.

L'inclinaison axiale de la Terre (obliquité) varie entre 22,1 et 24,5 degrés sur un cycle de 41 000 ans. Cette inclinaison affecte la distribution du rayonnement solaire entre l'équateur et les pôles, influençant l'intensité des saisons et jouant un rôle crucial dans les schémas climatiques à long terme et la dynamique des périodes glaciaires .

La précession de l'axe de rotation de la Terre implique le changement progressif de l'orientation de l'axe au cours d'un cycle de 26 000 ans. Cette oscillation entraîne un décalage du calendrier des saisons par rapport à la position de la Terre sur son orbite. Ce mécanisme modifie l'intensité et le calendrier des saisons, ce qui a un impact sur le système climatique global de la Terre.

Les effets combinés des variations de l'excentricité, de l'inclinaison axiale et de la précession de l'axe de rotation sont collectivement connus sous le nom de cycles de Milankovitch. Ces cycles provoquent des changements climatiques mondiaux

à long terme. Le désert du Sahara est un bon exemple de changement climatique. Pendant les périodes d'augmentation du rayonnement solaire, le Sahara reçoit davantage de précipitations, ce qui le transforme en un paysage luxuriant et verdoyant, parsemé de lacs et de rivières. À l'inverse, la diminution du rayonnement solaire entraîne des conditions arides, transformant la région en l'immense désert que l'on connaît aujourd'hui.

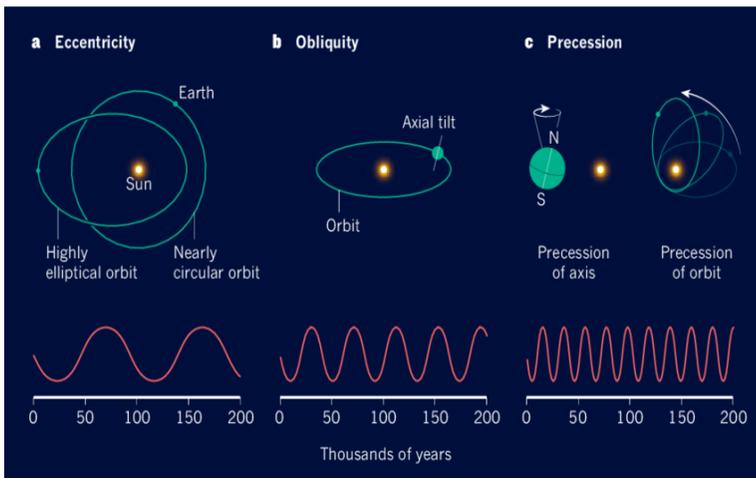


Fig. 3.7. Composantes des cycles de Milankovitch

Lorsque de tels changements se produisent, tous les organismes vivants sur Terre ajustent leur corps à l'environnement changeant par le biais de l'adaptation génétique. Ce mécanisme remarquable, codé dans l'ADN, permet aux organismes de survivre pendant de longues périodes sans s'éteindre. Bien que les évolutionnistes aient traditionnellement qualifié cette capacité d'adaptation d'"évolution", cette classification est trompeuse ; il serait plus exact et plus scientifique de parler d'"adaptation génétique". Permettez-moi de vous présenter quelques exemples qui pourraient étayer le concept de la "théorie de l'adaptation génétique".

- **Adaptation génétique au rayonnement UV**

Si la peau humaine est exposée à un fort rayonnement UV en raison du changement climatique, un mécanisme complexe impliquant plusieurs protéines et hormones déclenche une production accrue de mélanine par l'activation de gènes spécifiques.

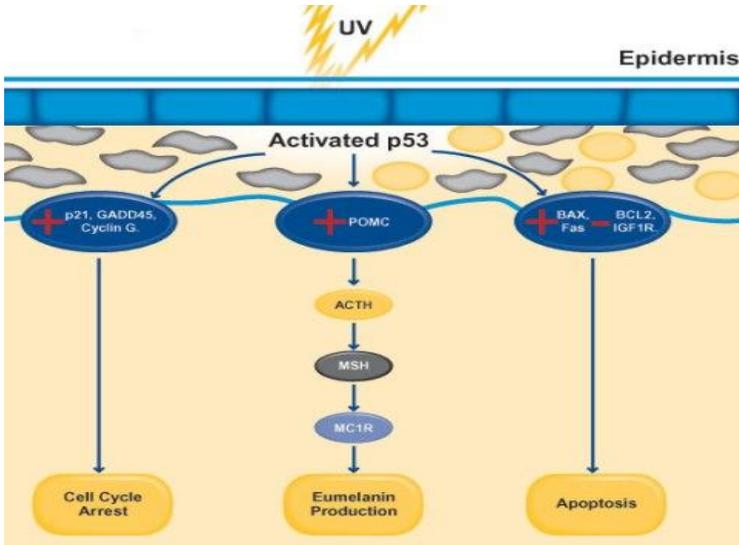


Fig. 3.8. Mécanisme de production de la mélanine

Les rayons UV endommagent l'ADN des cellules de la peau. Ces dommages activent la protéine p53, qui est un régulateur crucial de la réponse de la cellule au stress et aux dommages. La protéine p53 activée agit comme un facteur de transcription, favorisant l'expression de divers gènes impliqués dans la réponse protectrice aux dommages causés par les UV. La protéine p53 stimule l'expression du gène de la pro-opiomélanocortine (POMC). La POMC est un polypeptide précurseur qui peut être scindé en plusieurs peptides plus petits ayant des fonctions différentes. La POMC est transformée en plusieurs peptides, dont l'hormone adrénocorticotrope (ACTH) et l'hormone stimulant les mélanocytes (MSH).

La MSH se lie au récepteur de la mélanocortine 1 (MC1R) à la surface des mélanocytes, les cellules responsables de la production de mélanine. La liaison de la MSH au MC1R active le récepteur, ce qui déclenche une cascade de signaux à l'intérieur des mélanocytes. L'activation du MC1R entraîne la régulation à la hausse des gènes impliqués dans la synthèse de la mélanine. Les mélanocytes augmentent la production de mélanine, un pigment qui absorbe et dissipe les rayons UV, protégeant ainsi l'ADN des cellules de la peau contre d'autres dommages induits par les UV.

La mélanine est emballée dans des mélanosomes, qui sont ensuite transportés vers les kératinocytes, le type de cellule prédominant dans la couche externe de la peau. La mélanine forme un capuchon protecteur sur les noyaux des kératinocytes, protégeant ainsi efficacement l'ADN des rayons UV.

C'est l'un des exemples d'adaptation des gènes en réponse à un environnement changeant sur une période de temps relativement courte.

- **Adaptation génétique à l'environnement arctique**

Les Inuits ont développé des adaptations génétiques qui leur permettent de prospérer dans le rude environnement arctique. Les principales adaptations comprennent des variantes du groupe de gènes de la désaturase des acides gras (FADS), qui améliorent leur capacité à métaboliser les acides gras oméga-3 et oméga-6 provenant de leur régime alimentaire traditionnel riche en graisses, composé de mammifères marins. En outre, les modifications génétiques du gène de la carnitine palmitoyltransférase 1A (CPT1A) améliorent la production d'énergie à partir des graisses, ce qui est essentiel pour maintenir la chaleur corporelle. Ces adaptations réduisent le risque de maladies cardiovasculaires malgré un régime riche en graisses. En outre, l'adaptation des gènes régulant l'activité de la graisse

brune améliore la thermogénèse, ce qui aide les Inuits à produire de la chaleur et à maintenir leur température corporelle en cas de froid extrême. Ces adaptations génétiques contribuent collectivement à leur survie dans des conditions climatiques froides. Ces changements semblent remonter à au moins 20 000 ans, lorsque les ancêtres des Inuits vivaient autour du détroit de Béring, entre la Russie et l'Alaska. Il s'agit là d'un autre exemple d'adaptation génétique à un environnement changeant.



Fig. 3.9. Inuits dont les gènes sont adaptés à l'environnement froid

- De l'ours brun à l'ours polaire par adaptation génétique

Le passage de l'ours brun à l'ours polaire est un bon exemple d'adaptation génétique induite par les pressions environnementales. Il y a environ 400 000 ans, une population d'ours bruns s'est isolée dans l'Arctique, où elle a dû faire face à différents problèmes de survie. Les changements génétiques qui conféraient des avantages dans l'environnement rude et glacial ont été naturellement sélectionnés au fil du temps.

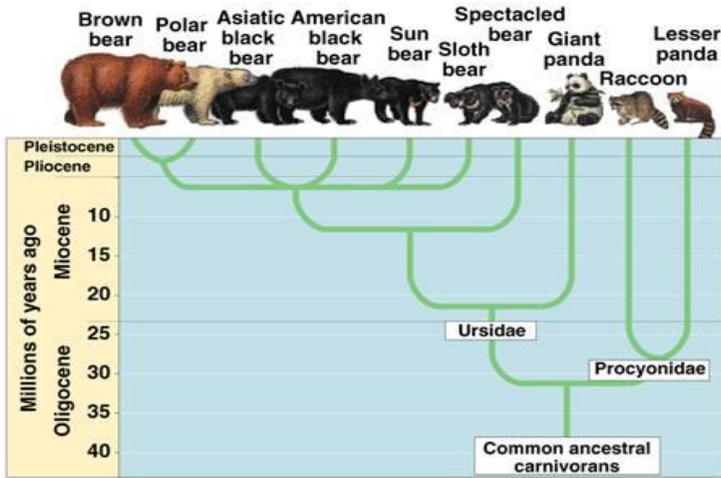


Fig. 3.10. Ours brun et ours polaire

Les principales adaptations comprennent des changements dans les gènes liés au métabolisme des graisses, tels que le gène de l'apolipoprotéine B (APOB), qui a amélioré la capacité à traiter un régime riche en graisses provenant des phoques, leur principale source de nourriture. Des adaptations de gènes tels que le récepteur de l'endothéline de type B (EDNRB) et le gène absent dans le mélanome 1 (AIM1) ont également conduit au développement d'une fourrure blanche, qui permet de se camoufler dans la neige et la glace. En outre, des changements génétiques affectant la structure du squelette et la morphologie des membres de l'ours ont amélioré ses capacités de nage, essentielles pour chasser dans les eaux arctiques.

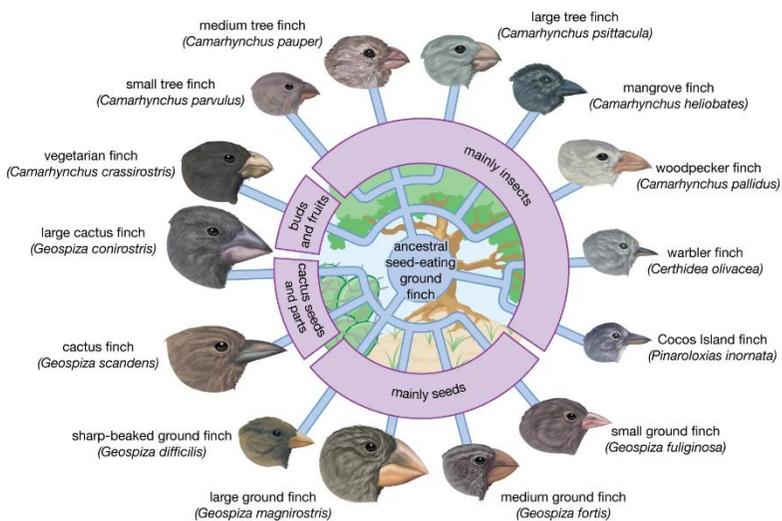
Ces adaptations génétiques ont permis aux ours polaires d'exploiter efficacement les ressources de l'Arctique, de survivre dans des conditions de froid extrême et de se distinguer de leurs ancêtres les ours bruns. Il est important de noter que malgré 400 000 ans de changements génétiques, les ours polaires restent des ours et ne se sont pas transformés en une espèce différente.

- **Changement de bec chez les pinsons par adaptation génétique**

La modification de la taille et de la forme du bec chez les pinsons de Darwin est un exemple classique d'adaptation génétique en réponse aux pressions environnementales. Sur les îles Galápagos, les pinsons ont changé la forme de leur bec pour exploiter différentes sources de nourriture. Pendant les périodes de sécheresse, lorsque les graines dures constituent la principale source de nourriture, les pinsons dotés de becs plus grands et plus forts ont plus de chances de bénéficier d'un avantage sélectif et de se reproduire. À l'inverse, lorsque l'environnement évolue vers des aliments plus tendres, les pinsons dotés de becs plus petits et plus agiles bénéficient d'un avantage sélectif. Ces adaptations sont le résultat de changements dans des gènes spécifiques, tels que le gène ALX1 (aristaless-like homeobox 1), qui influence la forme du bec, et le gène HMGA2 (high mobility group AT-hook 2), qui affecte la taille du bec.

Les changements dans l'environnement agissent sur ces variations génétiques, conduisant à une diversité de formes de becs adaptées à différentes niches écologiques. Au fil des générations, ces adaptations génétiques permettent aux pinsons d'exploiter efficacement les ressources disponibles, démontrant ainsi que les changements génétiques peuvent entraîner une diversité de formes et de tailles de becs en réponse aux défis environnementaux. Les pinsons vivent sur les îles Galápagos depuis environ 2 millions d'années. Malgré cette longue période, ils sont restés des pinsons () et ne se sont pas transformés en une espèce différente (c'est-à-dire qu'il n'y a pas eu de macroévolution).

Adaptive radiation in Galapagos finches



© Encyclopædia Britannica, Inc.

Fig. 3.11. Becs des pinsons des Galápagos

En conclusion, la "théorie de l'évolution" de Darwin devrait être appelée "théorie de l'adaptation génétique", car il n'existe aucune preuve convaincante de macroévolution. La microévolution fait référence à des changements à petite échelle dans la fréquence des allèles au sein d'une population au fil du temps, tandis que l'adaptation génétique décrit spécifiquement les changements qui améliorent la capacité d'un organisme à survivre et à se reproduire dans son environnement. Par conséquent, lorsqu'il est question de changements qui améliorent la survie, le terme "adaptation génétique" est non seulement plus approprié, mais aussi scientifiquement exact, contrairement au terme "évolution", largement utilisé à tort.

d. Avons-nous évolué à partir des singes ?

Les anthropologues suggèrent que l'évolution humaine a commencé à partir des Hominoidea il y a environ 20,4 millions d'années. Les Hominoidea ont divergé en Hominidae et

Hylobatidae (gibbons). Les Hominidae se sont ensuite divisés en Homininae et Ponginae (orangs-outans). Les Homininae ont ensuite divergé en Hominini et Gorillini (gorilles). Les Hominini se sont divisés en Hominina (Australopithecina) et Panina (chimpanzés). Les Hominina ont finalement divergé en Australopithecus et Ardipithecus. L'homme a évolué à partir de l'australopithèque il y a environ 2,5 millions d'années, en passant par l'Homo habilis, l'Homo erectus et l'Homo sapiens.



Fig. 3.12. Avons-nous évolué à partir de singes ?

Voyons si l'homme a pu évoluer à partir de l'australopithèque (singes) par le biais de changements génétiques au cours des 2,5 millions d'années écoulées. Il existe des cartes génétiques humaines, mais aucune carte génétique n'est disponible pour les australopithèques. Lucy, l'australopithèque la plus célèbre, avait un cerveau d'une taille comparable à celui des chimpanzés modernes. Par conséquent, supposons que les gènes des australopithèques sont similaires à ceux des chimpanzés. Les séquences d'ADN de l'homme et du chimpanzé diffèrent d'environ 1,23 % en raison de polymorphismes nucléotidiques simples (SNP), qui sont des changements d'une seule paire de bases dans la séquence d'ADN. Si l'on tient compte des insertions et des suppressions (indels) de paires de bases dans le génome, la différence totale augmente. Les indels sont des segments d'ADN présents chez une espèce et absents chez l'autre. Ils peuvent représenter une différence supplémentaire de 3 % dans le génome. Globalement, alors que les humains et les

chimpanzés partagent environ 98-99 % de leurs séquences d'ADN, les 1 à 2 % de différence restants, ainsi que les variations dans la régulation des gènes, expliquent les différences physiques, cognitives et comportementales significatives entre les deux espèces.

On sait que le taux de mutation chez les chimpanzés est d'environ 1 mutation pour 100 millions de paires de bases par génération, ce qui est comparable au taux de mutation chez l'homme. Si nous supposons qu'une génération d'australopithèque dure 25 ans, alors 100 000 générations se seront écoulées en 2,5 millions d'années. Au cours de cette période, le taux de mutation total serait de 0,1 % (100 000 / 100 millions). Ce taux de mutation ne représente que 10 % de la différence génétique entre les humains et les chimpanzés. Il semble donc peu probable que les australopithèques aient pu évoluer vers l'homme en l'espace de 2,5 millions d'années. Cette estimation suppose que toutes les mutations sont bénéfiques, alors que la plupart des mutations sont nuisibles.

Cet argument peut également être examiné en considérant la modification des codons par des mutations génétiques aléatoires. L'homme et le chimpanzé possèdent tous deux entre 20 000 et 25 000 gènes codant pour des protéines. En raison de l'épissage alternatif et des modifications post-traductionnelles, chaque gène peut produire de multiples variantes de protéines, ce qui donne, selon les estimations, 80 000 à 100 000 protéines fonctionnelles uniques. Le nombre d'acides aminés dans les protéines humaines varie de 20 à 33 000. En supposant que 1 % des gènes diffèrent entre l'homme et le chimpanzé () et que les deux espèces possèdent 20 000 gènes codant pour des protéines avec une moyenne de 100 acides aminés par protéine, on peut s'attendre à ce que chaque protéine du chimpanzé nécessite une mutation d'un acide aminé pour correspondre à son homologue humain.

Pour que ces mutations se produisent dans l'ADN du chimpanzé, il faudrait éviter de muter les codons en codons stop

(UAA, UAG, UGA) parmi les 64 codons possibles, car de tels changements donneraient lieu à des protéines non fonctionnelles. La probabilité d'atteindre ce taux de mutation de 1 % sur 20 000 protéines sans muter en codons stop et en codons propres au chimpanzé est de $(60/64)^{(20000)} = 10^{(-) (561)}$. Même sans tenir compte des mutations par décalage de trame (insertions ou suppressions de nucléotides), cette probabilité est extraordinairement faible et il est pratiquement impossible qu'elle se produise par hasard. Cet argument suggère que les changements macroévolutifs, tels que la transition de l'australopithèque à l'homme, sont virtuellement impossibles par le biais de mutations aléatoires.

e. Le dessein intelligent

Le dessein intelligent, souvent considéré comme synonyme de créationnisme, est la théorie scientifique selon laquelle l'univers et les organismes vivants s'expliquent mieux par une cause intelligente que par des processus non dirigés tels que la sélection naturelle ou le processus aléatoire. Une affaire notable liée au dessein intelligent est le procès qui s'est tenu en 2005 devant un tribunal fédéral à Dover, en Pennsylvanie (États-Unis). Ce procès a débuté lorsque des parents ont intenté une action en justice au motif que l'enseignement du dessein intelligent dans les écoles publiques violait la Constitution. Les parents ont fait valoir que le dessein intelligent était par nature religieux et que son enseignement dans les écoles publiques contrevenait à la clause d'établissement de la Constitution des États-Unis, qui impose la séparation de l'Église et de l'État.

Au cours du procès, les partisans du dessein intelligent et de l'évolution ont présenté leurs arguments respectifs. Le biochimiste Michael Behe, qui a affirmé que les structures complexes des organismes vivants ne pouvaient pas être expliquées par la seule sélection naturelle et a suggéré la possibilité que certaines caractéristiques aient été façonnées par une cause intelligente, a été l'un des principaux représentants de

l'Intelligent Design.

Cependant, le tribunal a rejeté les arguments de Behe et d'autres partisans du dessein intelligent, acceptant plutôt les positions des défenseurs de l'évolution. Le juge a statué que l'enseignement du dessein intelligent était inconstitutionnel, rendant ainsi illégal l'enseignement du dessein intelligent dans les écoles publiques de Dover.

Le problème majeur de cet arrêt réside dans l'acceptation non critique par la Cour des arguments avancés par les partisans de l'évolution et des articles scientifiques qui s'y rapportent. Ces documents supposent implicitement que la vie est apparue par hasard et interprètent à tort l'adaptation génétique à l'environnement comme une preuve de l'évolution. Cependant, comme le résume le tableau 3.2, les théories évolutionnistes ne s'appliquent qu'aux organismes vivants existants et ne peuvent expliquer l'origine de la vie. En outre, les théories de l'évolution ne font que décrire le comportement des gènes qui sont déjà intégrés dans le code génétique. Pourtant, le tribunal n'a pas tenu compte de ces faits scientifiques dans sa décision, ce qui soulève d'importantes préoccupations quant à l'équité de l'arrêt.

William Paley, philosophe du XVIII^e siècle, est une figure fondamentale de cet argument, qu'il a illustré de façon célèbre par son analogie avec l'horloger. Selon Paley, tout comme la complexité d'une montre implique un concepteur, la complexité de la vie et de l'univers implique un Créateur divin. Ses idées ont jeté les bases de la théorie moderne du dessein intelligent. Les concepts clés de l'Intelligent Design sont la complexité spécifiée, la complexité irréductible et le réglage fin. Plusieurs exemples de réglage fin ont été présentés aux chapitres 1 et 2. Examinons maintenant en détail la complexité spécifiée et la complexité irréductible.

i. Complexité spécifiée

La complexité spécifiée, un concept clé de la conception intelligente, postule que certains modèles dans la nature sont à

la fois très complexes et spécifiquement arrangés pour remplir une fonction particulière, ce qui indique une conception intentionnelle. Contrairement à la complexité aléatoire, la complexité spécifiée est non seulement complexe, mais aussi ordonnée de manière à obtenir un résultat spécifique. Cette double caractéristique suggère qu'il est peu probable que de tels modèles soient le fruit du hasard.

La structure de l'ADN est l'un des exemples de complexité spécifiée. La séquence des nucléotides de l'ADN est extrêmement complexe, avec des milliards de combinaisons potentielles dans un seul brin. Cette complexité garantit que l'arrangement n'est pas le résultat de processus simples et aléatoires. Les mécanismes de réplication et de réparation de l'ADN mettent encore plus en évidence sa complexité. Ces processus impliquent de multiples protéines et enzymes qui travaillent en coordination pour copier et conserver avec précision l'information génétique. La séquence de nucléotides n'est pas seulement complexe, elle est aussi très spécifique, car elle codifie des instructions précises pour la synthèse des protéines. Chaque gène de la séquence d'ADN correspond à une protéine particulière, et même de petites modifications de la séquence peuvent affecter de manière significative la fonction de la protéine résultante. L'ADN contient également des éléments régulateurs qui contrôlent quand et où les gènes sont exprimés, ce qui ajoute une autre couche de spécificité à sa fonction.

Il est peu probable que la complexité spécifiée observée dans l'ADN soit le fruit de processus non dirigés tels que les mutations aléatoires et la sélection naturelle. Elle suggère plutôt qu'une cause intelligente est une explication plus plausible pour l'origine d'une information aussi complexe et fonctionnellement spécifique.

Un autre exemple de complexité spécifiée est le flagelle bactérien, une structure motorisée en forme de fouet utilisée par certaines bactéries pour la locomotion. Voici un aperçu détaillé des raisons pour lesquelles le flagelle bactérien est considéré

comme un exemple de complexité spécifiée.

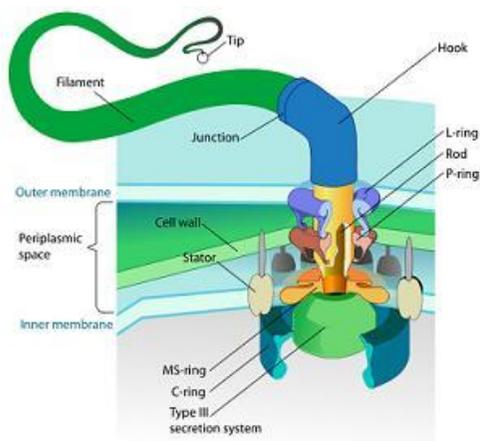


Fig. 3.13. Flagelle bactérienne

Le flagelle bactérien est composé d'environ 40 protéines différentes qui forment divers composants tels que le filament, le crochet et le corps basal. Le corps basal lui-même fonctionne comme un moteur rotatif, avec un rotor, un stator, un arbre d'entraînement et une hélice. Pour que le flagelle fonctionne, toutes ces parties doivent être présentes sur le site et correctement assemblées. L'absence de l'un de ces composants rend le flagelle non fonctionnel, ce qui souligne sa complexité.

Les composants du flagelle doivent être agencés d'une manière très spécifique pour fonctionner. Les protéines doivent être assemblées dans une séquence précise et leurs formes doivent s'emboîter exactement, un peu comme les pièces d'une machine bien conçue. Le flagelle est non seulement complexe, mais il remplit aussi une fonction très spécifique : propulser la bactérie. Il fonctionne à des vitesses remarquables, peut changer de direction et est économe en énergie, autant d'éléments qui témoignent d'une conception réfléchie.

La complexité spécifiée du flagelle bactérien ne peut être expliquée de manière adéquate par des mutations aléatoires et la sélection naturelle. La probabilité qu'un système aussi intégré

et fonctionnel apparaisse par hasard est extrêmement faible. De plus, comme les formes intermédiaires du flagelle ne seraient probablement pas fonctionnelles, la voie évolutive traditionnelle des améliorations graduelles, étape par étape, semble peu plausible. Le flagelle est également un exemple de complexité irréductible, un sous-ensemble de la complexité spécifiée, comme nous le verrons en détail dans la section suivante. L'argument est que toutes les parties du flagelle sont nécessaires à sa fonction et qu'il n'a donc pas pu évoluer par de légères modifications successives, comme le suggère l'évolution darwinienne.

ii. Complexité irréductible

La complexité irréductible est un concept introduit par le biochimiste Michael Behe, qui postule que certains systèmes biologiques sont trop complexes pour avoir évolué par des modifications graduelles, étape par étape. Ces systèmes, tels que le flagelle bactérien ou la cascade de coagulation sanguine, sont constitués de parties multiples et interdépendantes qui doivent toutes être présentes et fonctionner pour que le système fonctionne. Le retrait d'une seule partie rend le système inopérant. Des structures aussi complexes et interdépendantes indiquent la présence d'un concepteur intelligent, car elles ne peuvent s'expliquer uniquement par la sélection naturelle et les mutations aléatoires. Ce concept remet en question la théorie évolutionniste conventionnelle et soutient l'idée d'une conception intentionnelle dans la nature.

Un exemple de complexité irréductible est le cycle visuel, un processus biochimique dans l'œil qui convertit la lumière en signaux électriques, permettant la vision. Ce système est constitué de multiples parties interdépendantes qui doivent toutes être présentes et fonctionner pour que le processus soit efficace. Si l'un des composants est manquant ou non fonctionnel, l'ensemble du cycle visuel est défaillant, ce qui illustre le concept de complexité irréductible. Les composants

clés du cycle visuel sont les photorécepteurs (bâtonnets et cônes), la rhodopsine, les opsines, la rétine, la voie de transduction du signal et le traitement neuronal.

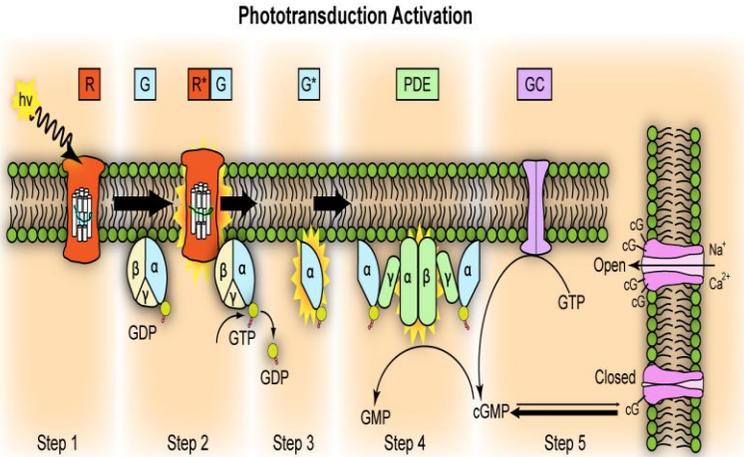


Fig. 3.14. Étapes moléculaires du cycle visuel

Les photorécepteurs sont des cellules de la rétine qui détectent la lumière. Les bâtonnets sont responsables de la vision en basse lumière, tandis que les cônes détectent les couleurs. Chaque photorécepteur contient des molécules sensibles à la lumière appelées photopigments, principalement la rhodopsine dans les bâtonnets. Dans les bâtonnets, ce photopigment est constitué d'une protéine appelée opsine et d'une molécule sensible à la lumière appelée rétinol. Les cônes contiennent différentes opsines qui répondent à différentes longueurs d'onde de la lumière, ce qui permet la vision des couleurs. Le rétinol, un dérivé de la vitamine A, change de forme lorsqu'il absorbe la lumière. Ce changement de forme active l'opsine, ce qui déclenche la cascade de transduction visuelle. L'opsine activée active à son tour une protéine G appelée transducine. La transducine active la phosphodiésterase (PDE), qui abaisse le niveau de GMP cyclique (GMPC) dans la cellule. La diminution du GMPC ferme les canaux ioniques de la membrane des cellules

photoréceptrices, ce qui entraîne une hyperpolarisation de la cellule et génère un signal électrique. The electrical signal is transmitted through bipolar cells to ganglion cells, which send the signal via the optic nerve to the brain. Le cerveau traite ces signaux pour former des images visuelles.

Chaque composante du cycle visuel est interdépendante. Les photorécepteurs, la rhodopsine, le rétinale, la transducine, la PDE et les canaux ioniques doivent tous être présents et fonctionner correctement pour que la vision se produise. La suppression d'un seul de ces composants entraînerait la défaillance du système. Nous pouvons affirmer qu'un système aussi complexe n'a pas pu évoluer par le biais d'une série de petits changements progressifs, car les stades intermédiaires dépourvus de tous les composants ne seraient pas fonctionnels et ne seraient donc pas favorisés par la sélection naturelle. Les voies biochimiques complexes et les interactions moléculaires précises impliquées dans le cycle visuel mettent en évidence la complexité et la spécificité requises pour la vision. La nature interdépendante de ses composants et la complexité des processus biochimiques impliqués suggèrent que ce système n'a pas pu apparaître par le biais de processus évolutifs non dirigés, mais indique plutôt un concepteur intelligent, le Créateur divin.

Le cycle visuel d'un programme informatique peut aider à illustrer sa complexité et ses processus interdépendants. Voici une analogie conceptuelle en python :

Cycle visuel écrit dans un programme informatique

Initialisation : met en place l'environnement du cycle visuel, y compris les photorécepteurs (bâtonnets et cônes).

```
classe VisualCycle :
```

```
    def __init__(self) :
```

```
        self.photoreceptors = {'rods' : [], 'cônes' : []}
```

```
        self.initialize_photopigments()
```

```
        self.signal_pathway_active = False
```

Entrée utilisateur : détecte la lumière entrante et lance le

processus d'activation des photopigments.

```
def detect_light(self, light_wavelength) :  
    si longueur_d'onde_de_lumière dans spectre_visible :  
        self.activate_photopigment(light_wavelength)  
    # Événement déclencheur : modification de la forme de la  
    rétine et activation de l'opsine, qui déclenche alors la voie de  
    transduction du signal.
```

```
def activate_photopigment(self, wavelength) :  
    retinal = self.change_retinal_shape(wavelength)  
    opsin = self.bind_retinal_to_opsin(retinal)  
    self.start_signal_transduction(opsin)  
    # Prise en charge de l'événement : activation de la transducine  
    et de la PDE, entraînant une réduction des niveaux de GMPc, la  
    fermeture des canaux ioniques et la génération d'un signal  
    électrique.
```

```
def start_signal_transduction(self, opsin) :  
    self.signal_pathway_active = True  
    transducin = self.activate_transducin(opsin)  
    pde = self.activate_pde(transducin)  
    self.regulate_cGMP_levels(pde)  
    self.generate_electrical_signal()  
    # Traitement du signal : ajustement des canaux ioniques en  
    fonction des niveaux de GMPc afin de faciliter la génération du  
    signal électrique.
```

```
def regulate_cGMP_levels(self, pde) :  
    cGMP_level = self.reduce_cGMP(pde)  
    self.adjust_ion_channels(cGMP_level)  
    # Sortie du signal : crée et transmet le signal électrique au  
    cerveau.
```

```
def generate_electrical_signal(self) :  
    si self.signal_pathway_active :  
        signal_électrique = self.create_signal()  
        self.transmit_signal_to_brain(electrical_signal)  
    # network communication: processes and forwards the signal  
    through bipolar and ganglion cells, ultimately sending it via the
```

optic nerve

```
def transmit_signal_to_brain(self, signal) :  
    bipolar_cells =  
self.process_signal_with_bipolar_cells(signal)  
    cellules_ganglion =  
self.forward_signal_to_ganglion(bipolar_cells)  
    nerf_optique =  
self.send_signal_via_nerf_optique(ganglion_cells)  
    self.visual_perception(optic_nerve)  
# Résultat final : le cerveau décode et traite le signal pour créer  
une image visuelle.  
def visual_perception(self, optic_nerve) :  
    cortex_visuel = self.decode_signal(nerf_optique)  
    self.render_image(visual_cortex)
```

Cette analogie illustre les étapes interdépendantes et la complexité du cycle visuel, à l'instar d'un programme informatique comportant plusieurs fonctions et gestionnaires d'événements qui travaillent ensemble pour obtenir un résultat spécifique. Si nous omettons l'une des étapes ou si nous les utilisons dans le mauvais ordre, nous n'obtiendrons pas le résultat escompté.

Le fait que le cycle visuel puisse être représenté comme un programme informatique suggère que l'œil a été conçu intelligemment. Le plan de conception de l'œil est lié au gène PAX6, situé sur le chromosome 11, qui joue un rôle crucial dans le développement de l'œil.

iii. Livres importants sur l'Intelligent Design

L'évolution : A Theory in Crisis (Michael Denton : 1985) : Denton critique l'évolution darwinienne, arguant que la complexité des systèmes biologiques ne peut être expliquée de manière adéquate par la seule sélection naturelle. Denton présente des preuves issues de différents domaines, tels que la biologie moléculaire et la paléontologie, afin de mettre en

évidence les lacunes et les incohérences de la théorie de l'évolution. Il soutient que les structures et les fonctions complexes observées dans les organismes vivants témoignent d'une conception intelligente plutôt que de mutations et de sélections aléatoires. Ce livre remet en question le consensus scientifique dominant et suggère qu'une autre explication est nécessaire pour rendre compte de l'origine et de la diversité de la vie.

La boîte noire de Darwin : The Biochemical Challenge to Evolution (Michael J. Behe : 2006) : Dans cet ouvrage fondamental, Michael Behe introduit le concept de complexité irréductible, en soutenant que certains systèmes biologiques, tels que le flagelle bactérien, sont trop complexes pour avoir évolué par le seul biais de la sélection naturelle. Behe soutient que ces systèmes s'expliquent mieux par une conception intelligente. Ce livre remet en question la capacité de l'évolution darwinienne à expliquer les mécanismes complexes de la vie au niveau moléculaire et a suscité un débat important dans les cercles scientifiques et philosophiques.

Darwin on Trial (Phillip Johnson : 2010) : Ce livre critique les fondements scientifiques de l'évolution darwinienne. Johnson, professeur de droit, examine les preuves de l'évolution avec l'attention d'un analyste juridique. Il affirme que la sélection naturelle et la mutation aléatoire n'expliquent pas correctement la complexité de la vie. M. Johnson suggère qu'une grande partie du soutien au darwinisme repose sur le naturalisme philosophique plutôt que sur la science empirique. Il remet en question la réticence de la communauté scientifique à envisager des explications alternatives, telles que le dessein intelligent, et appelle à une discussion plus ouverte sur les origines de la vie. Ce livre a eu une grande influence sur la promotion de l'Intelligent Design et sur la remise en question de la prédominance de la théorie darwinienne en biologie.

Signature in the Cell : DNA and the Evidence for Intelligent Design (Stephen C. Meyer, 2010) : Ce livre explore les origines

de la vie et l'information codée dans l'ADN. Meyer soutient que les informations complexes et spécifiques contenues dans l'ADN s'expliquent mieux par une cause intelligente, car les processus naturalistes ne parviennent pas à rendre compte de l'origine de ces informations. Il présente un argumentaire détaillé en faveur d'une conception intelligente basée sur les complexités de l'information génétique, suggérant que l'origine de la vie indique une création intentionnelle plutôt que des processus aléatoires.

Darwin Devolves : La nouvelle science de l'ADN qui remet en cause l'évolution (Michael J. Behe, 2020) : Dans ce nouveau livre, Michael J. Behe affirme que les récentes découvertes génétiques remettent en cause l'évolution darwinienne traditionnelle. Il affirme que si la sélection naturelle et les mutations aléatoires peuvent expliquer des adaptations mineures, elles ne parviennent pas à rendre compte de la complexité de la machinerie moléculaire au sein des cellules. Il introduit le concept de "dévolution", selon lequel les mutations entraînent la perte d'informations génétiques plutôt que la création de nouvelles caractéristiques bénéfiques. Behe soutient que ces limites génétiques soulignent la nécessité d'un concepteur intelligent, remettant en question le cadre évolutionniste traditionnel et proposant que la conception intelligente offre une explication plus plausible de la complexité de la vie.

Le mystère de l'origine de la vie : Reassessing Current Theories (Charles B. Thaxton et al., 2020) : Cet ouvrage novateur critique les diverses théories naturalistes de l'origine de la vie et propose le dessein intelligent comme explication plus plausible. Les auteurs soutiennent que la chimie prébiotique et la formation de la vie à partir de la non-vie s'expliquent mieux par une cause intelligente. Le livre examine les lacunes des théories contemporaines sur l'origine de la vie et présente le dessein intelligent comme une alternative scientifiquement viable, jetant ainsi les bases du mouvement moderne du dessein intelligent.

L'inférence de conception : Eliminating Chance through Small

Probabilités (William A. Dembski & Winston Ewert, 2023) : Ce livre jette les bases théoriques de la détection de la conception dans la nature. Il explore le cadre mathématique de la détection de la conception intelligente. Les auteurs présentent l'argument selon lequel les systèmes complexes présentant une complexité spécifiée s'expliquent mieux par une cause intelligente que par des processus aléatoires. Ils introduisent le concept de "complexité spécifiée", qui associe la complexité à un modèle donné de manière indépendante. Le livre utilise la théorie des probabilités pour montrer que certains modèles dans la nature sont trop improbables pour être le fruit du hasard. Grâce à une analyse rigoureuse, Dembski et Ewert soutiennent que la reconnaissance de la conception est une pratique scientifique légitime et fournit des outils permettant de distinguer la conception du hasard dans les systèmes biologiques.

f. Physique des particules et création

Dans la section précédente, nous avons exploré l'origine de la vie en abordant, à l'adresse , ses éléments constitutifs fondamentaux, notamment les acides aminés, l'ARN, les protéines, l'ADN et les cellules. Ces composants sont constitués d'atomes, dont nous supposons implicitement qu'ils existent naturellement. Les atomes sont composés de particules élémentaires. Dans cette section, nous examinerons de plus près l'origine de ces particules, en cherchant à savoir si elles sont apparues spontanément ou si elles ont été formées par un processus intentionnel.

Selon le modèle standard de la physique des particules, toutes les matières de l'univers sont composées de 17 particules élémentaires. Celles-ci comprennent 6 quarks, 6 leptons, 4 bosons de jauge (gluons, photons, bosons Z et bosons W) et le boson de Higgs. Chacune de ces particules possède des propriétés spécifiques, telles que la masse, la charge et le spin, et joue un rôle unique dans les interactions entre particules, de la même manière que les organites d'une cellule remplissent des

fonctions distinctes.

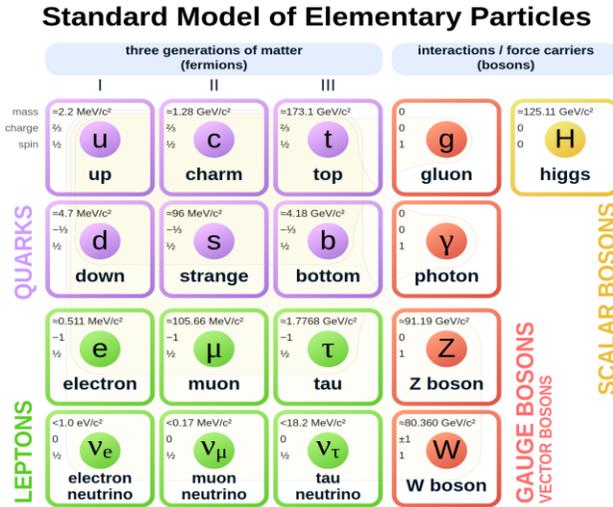


Fig. 3.15. Les particules élémentaires du modèle standard

Les quarks sont des composants fondamentaux de la matière, essentiels pour former les protons et les neutrons. Les protons sont constitués de deux quarks up et d'un quark down, tandis que les neutrons sont composés d'un quark up et de deux quarks down. Les quarks sont maintenus ensemble par la force forte, médiée par les gluons. Contrairement aux forces gravitationnelles ou électromagnétiques, qui diminuent avec la distance, la force forte entre les quarks augmente lorsqu'ils s'éloignent et diminue lorsqu'ils se rapprochent, maintenant une séparation spécifique. Les quarks peuvent changer de type lors d'interactions entre particules, telles que la désintégration bêta, au cours de laquelle un neutron se transforme en proton en convertissant un quark descendant en un quark ascendant.

Les bosons de jauge sont des particules fondamentales qui servent de médiateurs aux forces de base de la nature. Il s'agit notamment du photon pour la force électromagnétique, des bosons W et Z pour la force faible et du gluon pour la force forte. Chaque boson de jauge est associé à un champ spécifique et

transmet la force entre les particules. Ils sont essentiels pour expliquer les interactions au niveau quantique, régissant la manière dont les particules interagissent et se lient pour former la matière.

Le mécanisme de Higgs est un processus qui explique comment les particules élémentaires acquièrent une masse. Il fait intervenir le champ de Higgs, un champ d'énergie qui imprègne l'univers. Lorsque les particules interagissent avec le champ de Higgs, elles acquièrent une masse, de la même manière que les objets se déplaçant dans un milieu subissent une résistance. Le boson de Higgs, une particule associée au champ de Higgs, a été découvert en 2012, confirmant cette théorie. Sans le mécanisme de Higgs, les particules resteraient sans masse et l'univers n'aurait pas la structure nécessaire à la formation des atomes, des organismes vivants, des planètes et des étoiles.

La physique des particules opère à un niveau incroyablement avancé et complexe, offrant des perspectives profondes sur la nature et les origines de l'univers. Cela nous incite à poser les questions fondamentales suivantes, parmi beaucoup d'autres :

- Comment les 17 particules fondamentales ont-elles été créées avec des propriétés aussi précises ?
- Comment les bosons de jauge ont-ils acquis la propriété de médiation des forces ?
- Quelle est l'origine du mécanisme de Higgs ?
- Quelle est l'origine du mécanisme de désintégration bêta ?
- Comment peut-on décrire mathématiquement les propriétés des particules élémentaires ?

Si les réponses aux questions ci-dessus n'étaient que le résultat de processus aléatoires, le monde tel que nous le connaissons pourrait ne pas exister. Par exemple, si une seule particule fondamentale manquait, si le mécanisme de Higgs n'avait pas été établi ou si les valeurs de masse et de spin des particules élémentaires étaient légèrement différentes, les neutrons, les protons et les électrons ne pourraient pas se tenir

ensemble. Il en résulterait un effondrement de toutes les matières, rendant impossible la formation de quoi que ce soit, y compris des êtres humains. Une telle précision dans la structure fondamentale de l'univers illustre le concept de "complexité irréductible" dans le domaine de la physique des particules, un principe souvent associé au dessein intelligent.

La création de particules élémentaires pour former la matière peut être comparée à la formation des cellules et des organites dans les organismes multicellulaires. Tout comme les cellules et les organites spécifiques ont chacun des rôles et des propriétés distincts qui contribuent à la fonctionnalité complexe des êtres vivants, les particules élémentaires possèdent des caractéristiques précises qui permettent la formation d'atomes, de molécules et, en fin de compte, de toutes les matières. Ce parallèle souligne la sophistication et l'intentionnalité inhérentes au monde naturel, que ce soit au niveau microscopique des cellules vivantes, dans le domaine subatomique des particules fondamentales ou à l'échelle macroscopique des organismes vivants, des étoiles et des galaxies.

Le fait que la formation des particules élémentaires et leurs interactions puissent être décrites avec précision à l'aide des équations mathématiques de la mécanique quantique suggère qu'elles sont le résultat d'une conception mathématique intentionnelle plutôt que d'un simple hasard. Dans le cas contraire, nous devrions supposer que les particules élémentaires possèdent une intelligence et la capacité de déterminer, par elles-mêmes, les valeurs exactes de masse, de charge et de spin nécessaires pour former de la matière et interagir avec d'autres particules. Or, nous savons que ce n'est pas le cas, car les particules élémentaires n'ont pas de conscience ni de compréhension intrinsèque de la mécanique quantique.

La conception et la coordination complexes observées tant dans les systèmes biologiques que dans la physique des particules suggèrent fortement la présence d'une intelligence

sous-jacente et d'une création intentionnelle - une caractéristique de la conception intelligente - plutôt qu'une série d'événements aléatoires.

g. Les extraterrestres et la création

La possibilité de l'existence d'extraterrestres, ou d'une vie extraterrestre, fascine les scientifiques et le public depuis des décennies (). Étant donné l'immensité de l'univers, avec des milliards de galaxies contenant chacune des milliards d'étoiles et potentiellement encore plus de planètes, il semble statistiquement plausible que la vie puisse exister ailleurs si elle est apparue spontanément. Le nombre de civilisations extraterrestres dans une galaxie peut être estimé par l'équation de Drake : $N = R \times f_p \times n_e \times f_l \times f_i \times f_c \times L$ où, N est le nombre de civilisations avancées, R est le taux de formation d'étoiles, f_p est la fraction de planètes, n_e est le nombre de planètes abritant la vie, f_l est la fraction de planètes où la vie se développe, f_i est la fraction de planètes où la vie intelligente évolue, f_c est la fraction de civilisations qui peuvent envoyer des signaux, et L est la durée pendant laquelle les civilisations peuvent communiquer. Avec une valeur appropriée pour chaque paramètre, le nombre estimé de civilisations dans une galaxie est d'environ 2.



Fig. 3.16. Les extraterrestres existent-ils ?

Les projets de recherche d'intelligence extraterrestre (SETI) ont été lancés en 1960. Ces projets utilisent diverses méthodes

et technologies pour scruter le cosmos à la recherche de preuves de l'existence de civilisations extraterrestres. Voici quelques-uns des principaux projets SETI.

Le projet Ozma a été la première expérience SETI moderne. Il a utilisé un radiotélescope pour scanner les étoiles Tau Ceti et Epsilon Eridani à la recherche d'éventuels signaux extraterrestres. SETI@home était un projet de calcul distribué qui utilisait la puissance de traitement inactive des ordinateurs personnels. Des volontaires ont installé des logiciels sur leurs ordinateurs personnels pour analyser les signaux radio à la recherche de signes d'intelligence extraterrestre. Le réseau de télescopes Allen est un réseau dédié de radiotélescopes conçu pour une recherche systématique et continue de signaux extraterrestres (). Il se compose de plusieurs petites antennes paraboliques qui travaillent ensemble pour détecter des signaux extraterrestres. Il se compose de plusieurs petites antennes paraboliques qui fonctionnent ensemble pour étudier de vastes zones du ciel. Breakthrough Listen est le projet SETI le plus complet à ce jour. Il vise à étudier un million d'étoiles parmi les plus proches et 100 galaxies proches pour détecter des signaux potentiels. Le projet Fast Radio Burst étudie les mystérieux sursauts radio rapides détectés depuis l'espace, qui pourraient nous éclairer sur des phénomènes cosmiques inconnus. Laser SETI est un projet axé sur la détection de signaux optiques provenant de civilisations extraterrestres, explorant la possibilité d'une communication interstellaire par le biais de transmissions laser.

Malgré la poursuite des recherches à l'aide de radiotélescopes et de télescopes optiques perfectionnés, les projets SETI n'ont pas réussi à trouver de preuves définitives de l'existence d'une vie intelligente extraterrestre.



Fig. 3.17. Radiotélescopes utilisés pour le SETI

Si de nombreuses civilisations extraterrestres existent, elles pourraient nous avoir rendu visite ou nous rendre visite actuellement. Dans ce cas, quels moyens de voyager dans l'espace utiliseraient-elles ? Voyager dans l'espace à l'aide d'objets volants (fusées ou OVNI) pose des problèmes insurmontables en raison de la taille gigantesque de l'univers. Même l'étoile la plus proche, Proxima Centauri, se trouve à à 4,24 années-lumière, ce qui nécessite des dizaines de milliers d'années pour l'atteindre avec les technologies actuelles. Les vastes distances à parcourir rendent impossible l'exploration de notre galaxie, sans parler de l'univers, au cours de la vie d'un être humain.

Parmi les méthodes de propulsion avancées possibles, on peut citer les moteurs à distorsion ou les voyages à travers les trous de ver. Le moteur à distorsion est un concept théorique de voyage spatial plus rapide que la lumière, inspiré de la relativité générale d'Einstein. Proposé par le physicien Miguel Alcubierre en 1994, le moteur à distorsion consiste à créer une "bulle de distorsion" qui contracte l'espace devant un vaisseau spatial et dilate l'espace derrière lui. Cela permettrait au vaisseau spatial de se déplacer plus vite que la lumière par rapport aux observateurs externes sans violer les lois de la physique. La principale difficulté réside dans le fait qu'il faut de la matière

exotique à densité d'énergie négative, qui n'a pas encore été découverte ou créée. Bien que la théorie soit prometteuse, d'importantes avancées scientifiques et technologiques sont nécessaires pour rendre possible l'utilisation pratique d'un moteur à distorsion dans le cadre de l'exploration spatiale.

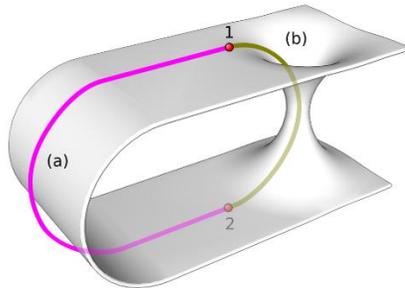


Fig. 3.18. Trou de ver

Le voyage spatial à travers les trous de ver est un concept théorique impliquant des raccourcis à travers l'espace-temps qui relient des points éloignés dans l'univers. Prévus par la relativité générale d'Einstein, les trous de ver, ou ponts d'Einstein-Rosen, pourraient permettre de voyager instantanément sur de vastes distances cosmiques. Pour une utilisation pratique, un trou de ver traversable devrait être stabilisé, ce qui nécessite théoriquement de la matière exotique avec une densité d'énergie négative pour éviter l'effondrement. Bien qu'il s'agisse d'un thème de science-fiction populaire, les trous de ver restent une spéculation et ne font l'objet d'aucune preuve expérimentale. S'ils sont réalisables, ils pourraient révolutionner les voyages spatiaux, en permettant l'exploration de galaxies lointaines et en réduisant la durée des voyages de plusieurs années à quelques instants seulement. Toutefois, d'importantes avancées scientifiques et technologiques sont nécessaires pour que ce concept devienne réalité.



Fig. 3.19. Téléportation

La téléportation à travers l'hyperespace ou la masse pourrait être une autre méthode pour voyager instantanément sur de grandes distances en contournant l'espace tridimensionnel conventionnel. L'hyperespace désigne une dimension ou une série de dimensions supplémentaires au-delà des trois dimensions spatiales et de la dimension temporelle habituelles, offrant un raccourci à travers le tissu de l'univers. De même, le bulk est un terme utilisé dans des théories telles que la cosmologie du brane dans le cadre de la théorie des cordes, où notre univers est envisagé comme un "brane" dans un espace de dimension supérieure appelé le bulk. Dans ces théories, la téléportation consiste à se déplacer dans ces dimensions supérieures pour réapparaître instantanément à un autre endroit de notre univers. Des cadres théoriques tels que le modèle Randall-Sundrum proposent l'existence de ces dimensions supérieures qui pourraient permettre des raccourcis à travers l'espace-temps. Si de telles dimensions existent et sont accessibles, il pourrait être possible de les exploiter pour la téléportation, en évitant les contraintes du voyage relativiste et en rendant possible un voyage plus rapide que la lumière.

Si la vie apparaît spontanément comme le suppose l'équation

de Drake, le nombre total de civilisations extraterrestres dans l'univers serait d'environ 400 milliards (2 civilisations dans chacune des 200 milliards de galaxies). La vie sur Terre est apparue il y a environ 4 milliards d'années. Imaginons maintenant que 1 % des civilisations extraterrestres aient commencé 1 million d'années plus tôt que la nôtre et aient suivi une évolution similaire. Dans ce cas, leur civilisation serait 1 million d'années plus avancée que la nôtre. Avec une telle avance, ils pourraient avoir développé des technologies avancées de téléportation, leur permettant de voyager n'importe où dans l'univers aussi facilement que nous rendons visite à nos voisins. Si la population d'une telle civilisation est d'un milliard d'individus, le nombre total d'extraterrestres serait d'un quintillion (10^{18}). Si seulement 1 % d'entre eux pouvaient visiter la Terre un jour tous les dix ans, la Terre serait peuplée d'environ 10 000 milliards d'extraterrestres chaque jour, soit 1 000 fois la population humaine actuelle. Pourtant, nous n'avons observé aucune preuve de leur présence. Comment expliquer cette apparente contradiction ?

Ce problème est connu sous le nom de paradoxe de Fermi, du nom d'Enrico Fermi (), qui a posé la célèbre question "Où est passé tout le monde ? Les réponses pourraient être : (i) l'hypothèse (évolution) de l'équation de Drake est erronée, ou (ii) des civilisations avancées pourraient utiliser une technologie indétectable avec nos méthodes actuelles ou éviter délibérément d'être détectées. Si les extraterrestres n'étaient ni des bactéries ni des êtres invisibles, leur existence nous aurait probablement déjà été révélée d'une manière ou d'une autre. Cependant, le fait que nous n'ayons encore détecté aucune preuve de leur existence suggère que l'hypothèse évolutionniste de l'équation de Drake est très probablement incorrecte.

h. Instincts des organismes vivants et de la création

Les ordinateurs sont composés de trois éléments principaux : le matériel, les logiciels et les microprogrammes. Le micrologiciel est un logiciel spécialisé programmé dans la ROM ou l'UEFI, qui

fournit un contrôle critique pour un matériel spécifique et agit en tant qu'intermédiaire entre le matériel et le logiciel. Il est essentiel pour le démarrage du système, la gestion des opérations matérielles et la garantie de la fonctionnalité des appareils.

Les microprogrammes des ordinateurs et l'instinct des organismes vivants présentent une similitude essentielle : tous deux sont des systèmes intrinsèques, préprogrammés, qui régissent des fonctions essentielles. Les microprogrammes initialisent et gèrent les opérations, garantissant un fonctionnement correct dès la mise sous tension. De même, l'instinct est un modèle de comportement naturel et inné qui dirige les activités de survie, telles que l'alimentation, l'accouplement et la fuite devant le danger. Ces deux systèmes fonctionnent automatiquement, sans intervention consciente, et fournissent des orientations fondamentales pour un fonctionnement efficace et une réponse à l'environnement. Par essence, le microprogramme est aux ordinateurs ce que l'instinct est aux organismes vivants : un système intégré et préconfiguré essentiel au fonctionnement de base et à la survie (). Tout comme les microprogrammes sont intégrés dans la mémoire morte par les concepteurs d'ordinateurs, l'instinct est intégré dans le cerveau et le système nerveux des organismes vivants par le Créateur divin. Permettez-moi de vous présenter quelques exemples d'instincts qui illustrent ce concept.

i. Construction des nids d'abeilles maçonnes

Dans le livre de Jean-Henri Fabre "Les abeilles maçonnes" (qui fait partie du "Livre des insectes"), il décrit le processus complexe de construction du nid des abeilles maçonnes. Ces abeilles choisissent une surface plane appropriée, souvent une pierre, pour commencer leur construction. Elles rassemblent de la boue et des petits cailloux, créant méticuleusement des cellules pour leur progéniture. La femelle transporte les boulettes de boue sur le site, les façonne et les compacte pour former une paroi cellulaire solide. Elle recueille ensuite du nectar et du pollen pour

approvisionner chaque cellule, pond un seul œuf avant de le sceller avec de la boue. Ce processus est répété, ce qui permet d'obtenir une série de cellules de boue renforcées par des cailloux et bien disposées, qui protègent les larves en développement. Les observations de Fabre mettent en évidence la précision et la diligence remarquables de ces abeilles solitaires.

Il décrit une expérience au cours de laquelle il a échangé un nid inachevé avec un nid achevé. L'abeille maçonne, lorsqu'elle a constaté que son nid inachevé avait été remplacé par un nid achevé, a eu un comportement intéressant. Au lieu de reprendre le travail sur le nouveau nid, l'abeille a continué sa construction comme si aucun changement n'était intervenu. Elle n'a pas reconnu le nid terminé comme étant son propre travail et a continué ses actions habituelles, apportant de la boue et continuant à construire.

Cette expérience illustre la nature instinctive et programmée du comportement de l'abeille, motivée par une séquence interne d'actions plutôt que par des indices visuels de l'état du nid .

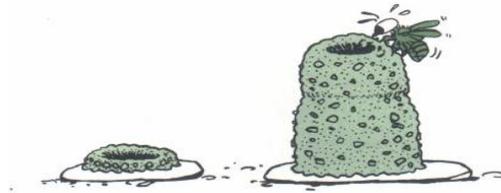


Fig. 3.20. L'abeille maçonne construit un nid sur le nid déjà construit.

Fabre a fait l'expérience inverse en échangeant un nid d'abeilles maçonnes achevé avec un nid inachevé. Il a observé que lorsque l'abeille maçonne revenait sur le site et trouvait le nid achevé remplacé par un nid inachevé, elle ne continuait pas à travailler sur le nouveau nid incomplet. Au contraire, l'abeille semble confuse et passe du temps à inspecter le nid modifié, mais ne reprend finalement pas la construction. Elle passe ensuite à l'action suivante qui consiste à le remplir de miel, même s'il déborde. Ce comportement démontre le fort attachement de

l'abeille maçonne à son nid spécifique et la difficulté de s'adapter à des changements inattendus dans son environnement. Cette expérience met également en évidence la nature instinctive du processus de construction du nid de l'abeille maçonne.



Fig. 3.21. Une abeille maçonne remplit de miel un nid inachevé.

Fabre a réalisé une autre expérience intéressante. L'abeille maçonne remplit d'abord son nid de nectar, puis tourne à 180 degrés pour épousseter le pollen sur ses pattes et son corps. Si elle est dérangée alors qu'elle est sur le point d'épousseter le pollen, elle s'envole et attend que la menace disparaisse. Après son retour au nid, elle recommence depuis le début. Remplir son nid de nectar même s'il n'y a rien dans son sac à nectar. Cette expérience montre que les abeilles suivent instinctivement un programme intégré de collecte de nectar et que leur séquence d'actions ne peut pas être modifiée.

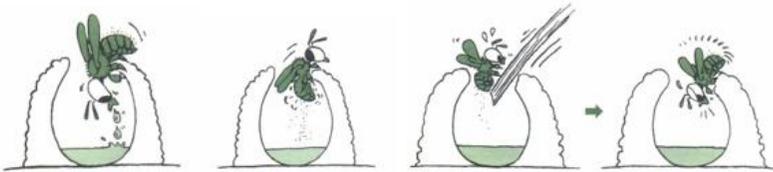


Fig. 3.22. Comportement de l'abeille maçonne en cas de perturbation

Lorsque l'abeille maçonne a terminé la construction de son nid, elle le remplit de nectar et de pollen, y dépose son œuf, puis scelle le sommet du nid. Fabre a réalisé une autre expérience : pour un nid, il a collé du papier sur le dessus, et pour un autre, il a placé un cône en papier sur le dessus. Il a observé le comportement des abeilles maçonnes écloses. Pour le nid avec le papier collé, l'abeille a utilisé ses fortes mâchoires pour découper le sommet sans problème. Pour le nid avec un cône en

papier, elle a découpé le sommet mais ne savait pas quoi faire ensuite. S'attendant à voir le ciel ouvert, elle a été désorientée par le cône de papier, n'a pas essayé de le percer et est finalement morte.

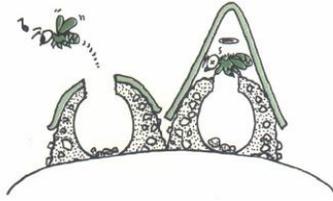


Fig. 3.23. Nid d'abeilles collé avec du papier et recouvert d'un cône en papier

Toutes les expériences ci-dessus démontrent la nature instinctive et programmée du comportement de l'abeille maçonne, qui obéit à une séquence interne d'actions inscrites dans son code génétique.

ii. La construction des nids des oiseaux tisserands

L'oiseau tisserand, connu pour ses nids complexes et élaborés, tisse habilement des brins d'herbe et d'autres matériaux végétaux pour former des structures complexes, faisant preuve d'un savoir-faire remarquable et d'une ingénierie instinctive.



Fig. 3.24. Nid d'oiseau tisserand

Eugène Marais, naturaliste et poète sud-africain, a mené des expériences fascinantes sur des oiseaux tisserands afin d'étudier leur comportement en matière de construction de nids et le rôle de l'instinct. Marais cherchait à comprendre si les compétences complexes des oiseaux tisserands en matière de construction de nids étaient purement instinctives ou si elles impliquaient un comportement acquis.

Marais a élevé des oiseaux tisserands en les isolant de leur environnement naturel pour s'assurer qu'ils n'étaient pas exposés à d'autres oiseaux ou à des activités de construction de nids. Il a observé ces oiseaux isolés de l'éclosion à la maturité, s'assurant qu'ils n'avaient pas la possibilité d'apprendre des autres oiseaux tisserands pendant quatre générations. Pour la cinquième génération, Marais a fourni les mêmes matériaux que les oiseaux tisserands sauvages utilisent pour construire leur nid, tels que de l'herbe et des brindilles. Bien qu'ils n'aient jamais vu de nid ou d'autres oiseaux en construire un, les oiseaux tisserands isolés ont commencé à construire des nids presque identiques à ceux construits par leurs homologues sauvages. Ils présentaient les mêmes techniques de tissage complexes, les mêmes méthodes de nouage et la même structure générale. Les nids construits par ces oiseaux isolés présentaient des caractéristiques de conception typiques de leur espèce, ce qui indique que leurs compétences en matière de construction de nids étaient innées plutôt qu'apprises par l'observation ou le mimétisme.

Marais a conclu que le comportement complexe des oiseaux tisserands en matière de construction de nids est dicté par l'instinct. Ce comportement inné est codé dans leur cerveau et leur système nerveux, ce qui leur permet de construire des nids élaborés sans expérience ni apprentissage préalable. Ces comportements innés sont conçus à dessein et transmis de génération en génération par l'ADN.

iii. Formation de la coquille du Nautilus

Le nautilus est un mollusque marin connu pour la beauté et la particularité de sa coquille. La forme de sa coquille suit une spirale logarithmique précise. La formation de la coquille du nautilus est un autre exemple remarquable d'instinct, impliquant une interaction complexe de processus biologiques et chimiques qui sont coordonnés de manière complexe pour produire sa structure unique.

Le processus commence lorsque le nautilus est encore un embryon à l'intérieur d'un œuf. La coquille initiale, appelée protoconque, se forme à ce stade. Cette première chambre est petite et constitue la base de la croissance ultérieure de la coquille. Le manteau, un tissu spécialisé qui tapisse la coquille, sécrète des couches de carbonate de calcium (CaCO_3) sous forme d'aragonite, une structure cristalline. Les cellules du manteau extraient les ions calcium de l'eau de mer et les combinent avec les ions carbonate pour former du carbonate de calcium. Le manteau sécrète également une matrice organique composée de protéines et de polysaccharides, qui sert d'échafaudage pour le dépôt du carbonate de calcium. Cette matrice permet de contrôler la forme et l'orientation des cristaux d'aragonite, assurant ainsi la solidité et la durabilité de la coquille.



Fig. 3.25. Coquille de nautilus présentant une spirale logarithmique

Au fur et à mesure que le nautilus grandit, il ajoute périodiquement de nouvelles chambres à sa coquille. Chaque nouvelle chambre est plus grande que la précédente, afin de s'adapter à la taille croissante du nautilus. Le nautilus avance dans

sa coquille et ferme les anciennes chambres à l'aide d'une paroi appelée septum, créant ainsi une série de chambres progressivement plus grandes et reliées entre elles. Un organe spécialisé, le siphon, traverse toutes les chambres de la coquille. Cette structure en forme de tube ajuste le contenu en gaz et en liquide à l'intérieur des chambres. En régulant les niveaux de gaz (principalement de l'azote) et de liquide, le siphoncle aide le nautilite à contrôler sa flottabilité, ce qui lui permet de monter et de descendre dans la colonne d'eau. La couche la plus externe de la coquille, appelée périostracum, est une couche organique qui protège les couches de carbonate de calcium sous-jacentes de la dissolution et des dommages physiques. Sous le périostracum se trouvent des couches d'aragonite, disposées selon une structure nacré ou prismatique, qui contribuent à l'iridescence et à la solidité de la coquille.

La coordination complexe requise pour la sécrétion de carbonate de calcium, la formation des chambres et la régulation de la flottabilité par le siphoncle indique un système "tout ou rien" trop complexe pour être le fruit d'une évolution graduelle. L'absence de fossiles de transition clairs dans les archives, associée au fait que le nautilite est qualifié de "fossile vivant", implique une apparition soudaine et suggère que la formation sophistiquée de sa coquille témoigne d'une création intentionnelle plutôt que d'une évolution non dirigée. Le nautilite ne possède pas de connaissances mathématiques ou biochimiques ; par conséquent, la formation précise de la forme logarithmique de sa coquille, la régulation biochimique complexe de la sécrétion de la coquille et l'intégration transparente de son système de flottabilité ne sont pas le résultat de processus aléatoires. Ces caractéristiques suggèrent plutôt un schéma génétique préprogrammé qui permet au nautilite de construire sa coquille complexe avec une précision remarquable, ce qui renforce l'idée d'une conception intentionnelle plutôt que d'une évolution non guidée.

i. Les mathématiques dans la nature et la création

Les mathématiques sont la langue dans laquelle Dieu a écrit l'univers. - Galilée

Les modèles et principes mathématiques sont abondants dans la nature, notamment le nombre d'or, l'angle d'or, la suite de Fibonacci, la spirale logarithmique et les fractales.

- Le nombre d'or, souvent désigné par la lettre grecque ϕ ($=\frac{a+b}{a}=\frac{a}{b}$), est un nombre irrationnel approximativement égal à 1,618. Il se produit lorsque le rapport de deux quantités est le même que le rapport de leur somme à la plus grande des deux quantités.
- L'angle d'or est l'angle sous-tendu par deux rayons qui divisent un cercle en deux longueurs d'arc selon le nombre d'or. C'est le plus petit des deux angles ($\sim 137,5$ degrés) créés en divisant la circonférence d'un cercle selon le nombre d'or.
- La suite de Fibonacci est une série de nombres où chaque nombre est la somme des deux précédents, en partant de 0 ou de 1 (par exemple, 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, ...).
- La spirale logarithmique est une courbe en spirale auto-similaire qui apparaît fréquemment dans la nature. Elle se caractérise par le fait que l'angle entre la tangente et la ligne radiale en tout point est constant.
- Les fractales sont des motifs complexes qui sont autosimilaires à différentes échelles. Elles sont souvent créées en répétant un processus simple à l'infini dans une boucle de rétroaction continue.

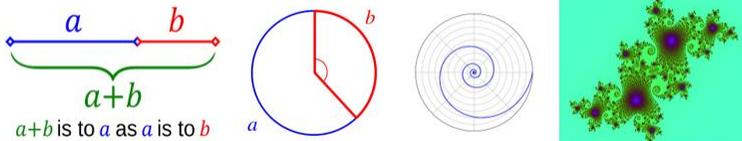


Fig. 3.26. Ratio d'or, angle d'or, spirale logarithmique et fractale

Voyons où se trouvent ces principes mathématiques dans la nature.

La phyllotaxie est la disposition des feuilles, des fleurs ou d'autres structures botaniques sur la tige d'une plante. Il s'agit d'un concept clé de la botanique () qui reflète la façon dont les plantes maximisent leur exposition à la lumière du soleil et à d'autres ressources environnementales. La disposition des feuilles suit la séquence de Fibonacci, où le nombre de feuilles dans les spirales successives est un nombre de Fibonacci. Les schémas de phyllotaxie possibles sont $1/2$, $1/3$, $2/5$, $3/8$, $5/13$, $8/21$, etc., où les numérateurs et les dénominateurs forment la séquence de Fibonacci.

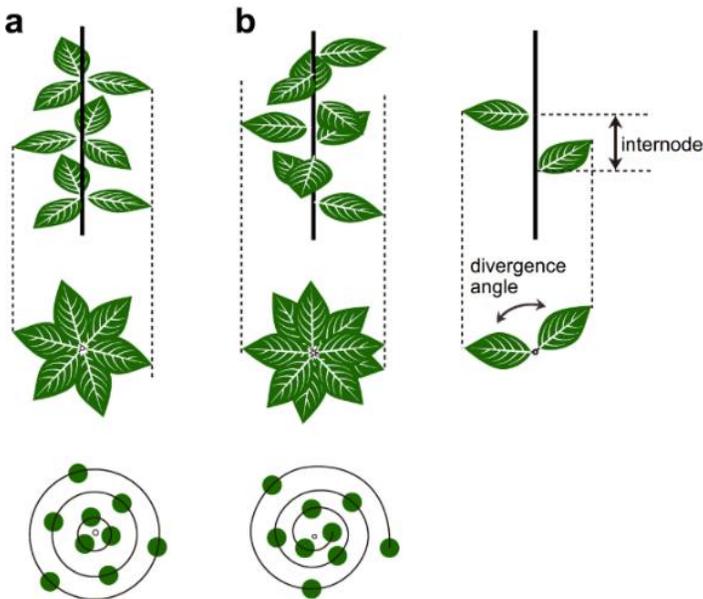


Fig. 3.27. Phyllotaxie $2/5$ (a) et phyllotaxie $3/8$ (b)

La phyllotaxie $3/8$ fait référence à un schéma de disposition des feuilles dans lequel chaque feuille est séparée de la suivante

par trois huitièmes d'une rotation complète de 360 degrés autour de la tige. Cela signifie que chaque feuille successive est positionnée à un angle de $\frac{3}{8} \times 360 = 135$ degrés (appelé angle de divergence) par rapport à la précédente. L'angle de divergence converge vers l'angle d'or de 137,5 degrés chez les plantes ayant un grand nombre de feuilles (). Cette divergence fractionnée permet de répartir les feuilles de manière à maximiser l'exposition à la lumière du soleil et à minimiser le chevauchement et l'ombre, en veillant à ce que chaque feuille reçoive suffisamment de lumière et d'air. Un bon espacement permet une distribution optimale de l'eau et des nutriments dans la plante.

Des schémas similaires peuvent également être trouvés dans de nombreuses fleurs. Par exemple, le nombre de feuilles, de branches et de pétales de l'agripaume forme des nombres de Fibonacci consécutifs. 1, 1, 2, 3, 5, 8 pour les feuilles, 1, 2, 3, 5, 8, 13 pour les branches, et 5, 8 ou 8, 13 pour les pétales.

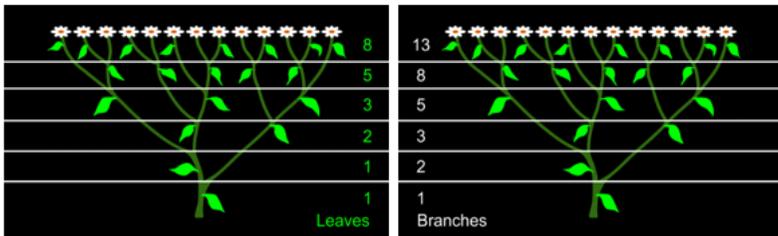


Fig. 3.28. Feuilles et branches de l'ortie royale

Les feuilles, mais aussi les pousses, les fruits et les graines d'une plante sont régis par la suite de Fibonacci et l'angle d'or.

Le schéma de pousse de l'épicéa commun suit les principes de la séquence de Fibonacci et de l'angle d'or. Chaque nouvelle pousse émerge à un angle d'environ 137,5 degrés (angle d'or) par rapport à la précédente. Par conséquent, les branches se forment en spirale autour du tronc, s'alignant sur les nombres de Fibonacci dans leur distribution. Ce schéma naturel améliore la capacité de l'arbre à capter efficacement la lumière du soleil, l'eau et les nutriments, ce qui favorise sa croissance et sa santé.

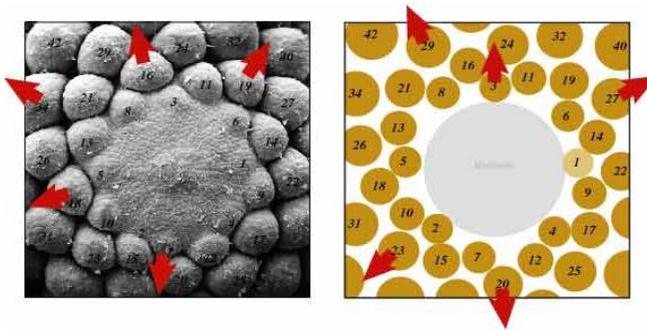


Fig. 3.29. Schéma de germination de l'épicéa commun

La marguerite présente également le motif de Fibonacci et l'angle d'or dans sa composition florale. Les pétales et les graines de la fleur s'alignent en spirales qui suivent la séquence de Fibonacci, où le nombre de spirales dans chaque direction correspond généralement à des nombres de Fibonacci successifs, tels que 21 et 34. En outre, l'angle de divergence entre les pétales ou les graines successifs est approximativement l'angle d'or. Si la spirale est enroulée à un angle d'or, elle forme une spirale logarithmique. Si les fleurons d'une marguerite forment une spirale logarithmique, ils conservent leur forme au cours de leur croissance. Une spirale logarithmique est autosimilaire, ce qui signifie que la forme de la spirale reste constante même lorsqu'elle se dilate. Les propriétés inhérentes à la spirale logarithmique permettent à la marguerite de conserver sa structure géométrique globale tout au long de sa croissance.

On trouve des motifs similaires dans les pommes de pin, le chou-fleur et le brocoli Romanesco. Les écailles d'une pomme de pin sont disposées de manière complexe en spirales qui suivent les nombres de Fibonacci, affichant généralement 8 spirales dans une direction et 13 dans la direction opposée, chaque écaille étant soigneusement positionnée à peu près à l'angle d'or. De même, les fleurettes du chou-fleur () sont enroulées en 5 spirales dans un sens et 8 dans l'autre, reflétant la même

séquence numérique. Dans le brocoli Romanesco, les bouquets sont disposés en 13 spirales dans un sens et 21 dans l'autre.

Les nombres de Fibonacci des ananas se retrouvent dans la disposition de leurs yeux. Ces yeux sont organisés en spirales qui suivent les nombres de Fibonacci, formant généralement trois ensembles distincts de spirales. En général, on trouve 8 spirales ascendantes dans une direction, 13 dans la direction opposée et parfois 21 dans une autre, chaque ensemble s'alignant sur des nombres de Fibonacci consécutifs. Ce schéma garantit un emballage efficace et maximise l'intégrité structurelle du fruit. Cette disposition permet à l'ananas de croître uniformément et de distribuer les nutriments de manière homogène, illustrant l'application naturelle des séquences de Fibonacci dans la croissance et le développement des plantes.

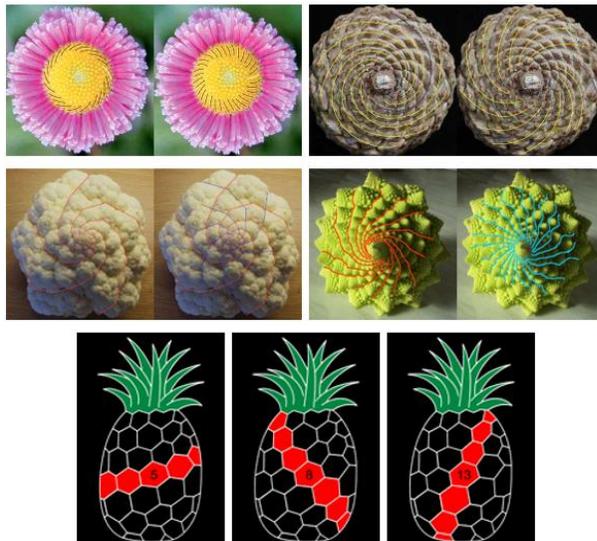


Fig. 3.30. Séquence de Fibonacci et spirale logarithmique trouvées dans les plantes

La courbe de croissance qui suit une spirale logarithmique se retrouve non seulement chez les plantes, mais aussi chez l'homme et d'autres animaux. Le pavillon de l'oreille humaine, la

cochlée, les doigts humains, la queue d'un hippocampe, les cornes d'une chèvre de montagne et les coquilles de divers escargots, dont le nautilus, en sont des exemples. Si ces modèles de croissance ne suivaient pas une spirale logarithmique, ils seraient incapables de conserver leur forme caractéristique au fur et à mesure de leur croissance, perdant ainsi leur fonctionnalité distincte et leur intégrité structurelle unique.

Par exemple, si le schéma de croissance de la cochlée ne suivait pas une spirale logarithmique, cela affecterait considérablement sa capacité à traiter efficacement les sons. La spirale logarithmique permet de détecter un gradient de fréquences sur toute sa longueur, avec des fréquences élevées à la base et des fréquences basses à l'apex. Tout écart par rapport à ce schéma peut se traduire par un espacement inégal des zones de détection des fréquences, entraînant des troubles de l'audition ou des difficultés à distinguer les différentes fréquences sonores. Cette disposition précise est essentielle pour que la cochlée puisse convertir les ondes sonores en signaux neuronaux, ce qui permet une perception auditive précise.



Fig. 3.31. Cochlée, oreille, hippocampe et os du poing américain

On trouve de nombreux motifs fractals dans la nature, notamment les motifs de ramification des fougères et des arbres, la structure des feuilles de la fougère, la disposition des fleurons du chou-fleur, du brocoli et du brocoli Romanesco, le système racinaire de nombreuses plantes et les pommes de pin.



Fig. 3.32. Fractales trouvées dans la fougère et le brocoli roman

Les modèles fractals sont également présents dans les systèmes biologiques. La ramification des vaisseaux sanguins, des grandes artères aux plus petits capillaires, suit des modèles fractals. La structure fractale maximise la surface d'échange des nutriments et des gaz tout en minimisant l'énergie nécessaire pour pomper le sang dans tout le corps. Les ramifications fractales garantissent que chaque cellule est suffisamment alimentée en oxygène et en nutriments. En outre, la nature fractale des vaisseaux sanguins contribue à leur robustesse et à leur adaptabilité. Les motifs répétitifs peuvent facilement s'adapter à la croissance et à la réparation, maintenant une circulation efficace malgré les changements ou les dommages.

Les systèmes respiratoires humains présentent également des motifs fractals. La structure du poumon comprend la trachée qui se ramifie en bronches, lesquelles se divisent à leur tour en bronchioles plus petites, pour aboutir aux alvéoles où se produisent les échanges gazeux. Chaque division présente des motifs fractals. Cette architecture fractale maximise la surface, qui est aussi grande qu'un court de tennis, pour les échanges gazeux tout en minimisant le volume occupé par les poumons. En suivant un modèle fractal, les poumons peuvent efficacement fournir de l'oxygène à la circulation sanguine et expulser le dioxyde de carbone, optimisant ainsi la fonction respiratoire.

La présence de modèles mathématiques tels que l'angle d'or, la séquence de Fibonacci et les fractales dans la nature et les

systèmes biologiques remet en question l'idée de mutations aléatoires et de sélection naturelle. L'espacement optimal des feuilles dans l'angle d'or et l'efficacité de la séquence de Fibonacci dans la disposition des graines, par exemple, suggèrent une conception intentionnelle visant à maximiser l'utilisation des ressources. La complexité autosimilaire des fractales dans des structures telles que les vaisseaux sanguins et les racines des plantes indique un niveau d'organisation sophistiqué qui ne peut être atteint par des processus aléatoires. La complexité, la précision et la présence universelle de ces structures indiquent une conception intelligente prédéterminée plutôt qu'un processus évolutif non dirigé.

4. Invitation à l'Évangile

"Quand je considère tes cieux, ouvrage de tes doigts, la lune et les étoiles, que tu as disposées,

qu'est-ce que l'humanité pour que tu en prennes soin, les êtres humains pour que tu t'en occupes ?

Tu les as abaissés au-dessous des anges et tu les as couronnés de gloire et d'honneur.

Tu les as fait dominer sur les oeuvres de tes mains, tu as tout mis sous leurs pieds :

tous les troupeaux et toutes les bêtes sauvages,
les oiseaux du ciel, les poissons de la mer, tous ceux qui parcourent les sentiers des mers.

Éternel, notre Seigneur, que ton nom est majestueux sur toute la terre ! (Psaume 8:3-9)

Les versets bibliques ci-dessus reflètent magnifiquement l'admiration et l'émerveillement de la création, reconnaissant la majesté des cieux et la conception complexe de l'univers comme preuve du Créateur. Dans ces versets, le psalmiste s'émerveille devant la lune, les étoiles et la vaste étendue du ciel, que Dieu a mis en place, reconnaissant ainsi l'acte délibéré et intentionnel de la création. Le créationnisme s'appuie sur ce sentiment d'émerveillement, affirmant que la complexité et l'ordre observés dans la nature ne sont pas le fruit d'un hasard, mais d'une conception intentionnelle du Créateur divin. La réflexion du psalmiste sur la petitesse de l'humanité par rapport à la grandeur du cosmos souligne la conviction que, malgré l'immensité de l'univers, Dieu a choisi de nous couronner de gloire et d'honneur, en nous donnant la domination sur les œuvres de ses mains. Cette relation profonde entre Dieu et l'humanité renvoie à son amour profond pour nous et son désir de nous voir vivre en communion avec lui.

Dans ce chapitre, j'aimerais présenter l'Évangile, qui révèle comment l'amour de Dieu et son désir de communion avec nous

s'accomplissent en Jésus-Christ, nous offrant la possibilité d'être réconciliés avec lui et de vivre dans la plénitude de sa grâce. Pour ceux qui ont encore du mal à croire en l'existence de Dieu telle qu'elle se révèle à travers l'univers et toute la création, j'aimerais également présenter le pari de Pascal.

Blaise Pascal était un philosophe, mathématicien, physicien et écrivain français du XVIIe siècle, célèbre pour ses réflexions philosophiques sur la nature humaine et la foi, en particulier dans ses "Pensées". Il a présenté un argument philosophique sur l'existence de Dieu, appelé le pari de Pascal. Pascal soutient qu'il est rationnel de vivre comme si Dieu existait, car si Dieu existe, le croyant gagne le bonheur éternel, tandis que si Dieu n'existe pas, la perte est négligeable. Inversement, si l'on vit comme si Dieu n'existait pas et que l'on se trompe, la perte potentielle est immense, y compris la souffrance éternelle, alors que le gain si l'on se trompe est minime. Pascal conclut donc que la croyance en Dieu est le "pari" le plus sûr et le plus bénéfique.

	Dieu existe	Dieu n'existe pas
Croire en Dieu	Joie éternelle (paradis)	Rien ne se passe
Ne pas croire en Dieu	Souffrance éternelle (enfer)	Rien ne se passe

Tableau 4.1. Pari de Pascal

Jusqu'à présent, nous avons eu une discussion approfondie sur la création et l'évolution, en reconnaissant l'existence de Dieu. Si vous reconnaissez cette vérité, le pari de Pascal présente deux choix clairs : la joie éternelle (le paradis) ou la souffrance éternelle (l'enfer). Tout le monde souhaite choisir la première option, et personne ne veut choisir la seconde. À ce stade, vous doutez peut-être de l'existence du paradis, mais le paradis existe bel et bien. Dans 2 Corinthiens, l'apôtre Paul partage une expérience profonde et mystérieuse qui donne un aperçu de l'existence du paradis. Il écrit :

"Je connais un homme en Christ qui, il y a quatorze ans, a été enlevé au troisième ciel. Je ne sais pas si c'était dans le corps ou hors du corps, mais Dieu le sait. Et je sais que cet homme - je ne sais si c'était dans son corps ou hors de son corps, mais Dieu le sait - a été enlevé au paradis et a entendu des choses inexprimables, des choses qu'il n'est permis à personne de raconter". (2 Corinthiens 12:2-4)

Le récit de Paul suggère que le ciel, ou le "troisième ciel", est un royaume d'une beauté indescriptible et d'une présence divine, distinct de notre expérience terrestre. Ce "troisième ciel" est considéré comme la partie la plus élevée du ciel, un lieu de réalité spirituelle ultime et de communion avec Dieu. Les "choses inexprimables" que Paul y a entendues indiquent que les expériences et les vérités du ciel dépassent l'entendement et le langage humains.

Ce passage rassure les croyants sur la réalité du ciel et sa nature profonde et transcendante, offrant l'espoir et la promesse des mystères divins qui nous attendent au-delà de notre existence terrestre. La vision de Paul est un témoignage puissant de l'existence d'un paradis céleste, un lieu préparé par Dieu pour ceux qui l'aiment.

Le paradis est ouvert à tous ceux qui croient en Jésus-Christ. Jésus-Christ est venu sur Terre pour sauver l'humanité du péché. Jésus est un personnage historique. Notre histoire est divisée en B.C. (avant le Christ) et A.D. (Anno Domini, qui signifie en latin "l'année de notre Seigneur"). Comme l'indiquent les quatre évangiles, Jésus a accompli de nombreux miracles au cours de son ministère, démontrant sa puissance divine et sa compassion. Il a guéri des malades, notamment un lépreux (Matthieu 8:1-4) et rendu la vue à un aveugle (Jean 9:1-7). Il a également accompli des miracles dans la nature, notamment en calmant une tempête (Marc 4:35-41) et en marchant sur l'eau (Matthieu 14:22-33). En outre, Jésus a ressuscité les morts, notamment Lazare (Jean 11:1-44), et a multiplié les pains et les poissons pour nourrir des

milliers de personnes (Matthieu 14:13-21). Ces miracles ont affirmé son identité en tant que Fils de Dieu et ont apporté l'espoir et la foi à de nombreuses personnes.

Si vous voulez croire en Jésus et avoir l'assurance d'aller au paradis, vous pouvez suivre les étapes suivantes, basées sur les principes fondamentaux de la foi chrétienne :

Reconnaissez que vous êtes un pécheur qui a besoin du pardon de Dieu. Le péché comprend le blasphème, l'orgueil, la cupidité, la luxure, la colère, l'idolâtrie, l'adultère, le vol, le mensonge, la tromperie, la haine, les jeux d'argent, l'ivrognerie, l'abus de drogues et bien d'autres choses encore - personne n'en est exempt. Ce péché a rompu notre communion avec Dieu, créant un fossé entre nous et lui. La Bible dit ,

"Car tous ont péché et n'ont pas atteint la gloire de Dieu" (Romains 3:23).

Ayez la foi que Jésus-Christ est le Fils de Dieu, qu'il est mort pour vos péchés et qu'il est ressuscité.

"Car Dieu a tant aimé le monde qu'il a donné son Fils unique , afin que quiconque croit en lui ne se perde pas, mais ait la vie éternelle." (Jean 3:16)

Confessez vos péchés à Dieu et détournez-vous-en.

"Si nous confessons nos péchés, il est fidèle et juste, il nous pardonnera nos péchés et nous purifiera de toute iniquité." (1 Jean 1:9)

Invitez Jésus dans votre vie pour qu'il soit votre Sauveur et votre Seigneur. Cela signifie que vous lui faites confiance pour votre salut et que vous vous engagez à le suivre.

"Mais à tous ceux qui l'ont reçu, à ceux qui ont cru en son nom, il a donné le droit de devenir enfants de Dieu. (Jean 1:12)

Voici une prière simple que vous pouvez dire pour exprimer votre foi et votre engagement envers Jésus :

"Je me présente devant toi, reconnaissant mes péchés et mon besoin de ta grâce. Je crois que Jésus est mort pour mes péchés et qu'il est ressuscité pour me donner une vie nouvelle. Je l'accepte comme mon Seigneur et mon Sauveur, et je te remets mon cœur et ma vie. Pardonne-moi, purifie-moi et guide-moi par ton Esprit. Aide-moi à vivre fidèlement, en marchant dans ton amour et ton dessein. Merci pour ta miséricorde et ton salut. Au nom de Jésus, Amen.

Après avoir accepté Jésus, il est important de grandir dans votre nouvelle foi. Lisez la Bible régulièrement, priez et trouvez une église locale où vous pourrez faire partie d'une communauté de croyants qui vous soutiendront et vous encourageront.

Montrez votre foi par vos actions en aimant les autres, en partageant votre foi sur et en vivant selon les enseignements de Jésus.

"À ceci, tous reconnaîtront que vous êtes mes disciples : si vous vous aimez les uns les autres." (Jean 13:35)

Croire en Jésus et lui confier sa vie est le fondement de la foi chrétienne et le chemin vers la vie éternelle au paradis.

"Crois au Seigneur Jésus, et tu seras sauvé, toi et ta famille. (Actes 16:31)

Remerciements

Je tiens à exprimer ma sincère gratitude au révérend Hwan-Chull Park, de la Bridge Church, qui a lu attentivement l'ensemble du projet et a apporté les révisions méticuleuses et les ajouts nécessaires.

Je suis également profondément reconnaissant au pasteur Yong-Cheol Kim, au pasteur Jong-Kug Kim, à la missionnaire Kyoung Kim et à Mme Hyun-Ah Kim d'avoir inspiré la publication de ce livre à travers de nombreuses conversations sur la Bible et l'astronomie.

Jun-Sub Im de l'église coréenne BLOO-gene de Charlottesville, au Dr Kyoung-Joo Choi d'Arcturus Therapeutics et au Dr Chi-Hoon Park de l'Institut coréen de recherche en technologie chimique pour avoir lu le manuscrit et fourni de précieuses informations en retour.

Je remercie tout particulièrement mes fils, Samuel et Daniel, pour l'aide qu'ils m'ont apportée dans la réalisation des images.

À la fin du XIXe siècle et au début du XXe siècle, quelque 150 à 200 missionnaires américains sont arrivés en Corée, jetant les bases de l'évangélisation chrétienne, de l'éducation et des missions médicales. Leurs efforts ont joué un rôle essentiel dans la diffusion de l'Évangile dans tout le pays et ont finalement eu un impact sur ma vie. Par la grâce de Jésus, j'ai reçu le salut et suis devenu membre de la famille de la foi. Je voudrais saisir cette occasion pour leur exprimer ma sincère gratitude pour leur dévouement et leur service.

Gloire à Dieu !

Crédit image

1. La création de l'univers

Fig. 1.1 : NASA/JPL, Fig. 1.2 : Hubble Heritage Team, Fig. 1.3 : R. Hurt/JPL-Caltech/NASA, Fig. 1.4 : Hubble/NASA/ESA, Fig. 1.5 : Wikipedia/R. Powell, Fig. 1.6 : Wikimedia/D. Leinweber, Fig. 1.7 : NASA/CXC/M. Weiss(gauche), NASA/D. Berry (droite), Fig. 1.8 : Stellarium, Fig. 1.9 : Physics Forums, Fig. 1.10 : NASA/JPL-Caltech (gauche), A. Sarangi, 2018, SSR, 214, 63 (droite), Fig. 1.11 : Wikimedia/ALMA (ESO/NAOJ/NRAO) (gauche), T. Müller (HdA/MPIA)/G. Perotti (The MINDS collaboration)/M. Benisty (à droite), Fig. 1.12 : TASA Graphic Arts, Inc. Fig. 1.14 : Jon Therkildsen, Fig. 1.15 : www.neot-kedumim.org.il

2. La Terre, chef-d'œuvre de Dieu

Fig. 2.1 : R. Narasimha, Fig. 2.3 : NASA, Fig. 2.4 : NASA/Goddard/Aaron Kaase , Fig. 2.6 : Wikimedia, Fig. 2.7 : Linda Martel, Fig. 2.8 : Wikimedia, Fig. 2.9 : NASA/ESA/H. Weaver & E. Smith (à gauche), NASA/HST Comet Team (à droite), Fig. 2.10 : Wikimedia/M. Bitton, Fig. 2.11 : Wikimedia/John Garrett, Fig. 2.12 : UK Foreign and Commonwealth Office, Fig. 2.13 : Wikipedia, Fig. 2.16 : Wikipedia/G. Taylor, Fig. 2.17 : NASA/Caltech

3. Création ou évolution ?

Fig. 3.1 : Wikipedia/Yassine Mrabet, Fig. 3.2 : OpenEd/Christine Miller , Fig. 3.3 : Wikipedia/LadyofHats, Fig. 3.4 : Wikipedia/Messer Woland & Szczepan (gauche), Wikipedia/LadyofHats (droite), Fig. 3.5 : J.E. Duncan & S.B. Goldstein, Fig. 3.6 : Wikipedia/Fiona 126, Fig. 3.7 : NASA, Fig. 3.8 : R. Cui, Fig. 3.9 : Wikipedia/Ansgar Walk, Fig. 3.10 : The Whisker Chronicles, Fig. 3.11 : Encyclopedia Britanica Inc, Fig. 3.12 : Wikipedia, Fig. 3.13 : Wikipedia/LadyofHats, Fig. 3.14 : Wikipedia/J.J. Corneveaux, Fig. 3.15 : Smithsonian Institution, Fig. 3.17 : NRAO/AUI/NSF (à gauche), Wikipedia/Colby Gutierrez-Kraybill (à droite), Fig. 3.18 : Wikipedia/MikeRun, Fig. 3.20 - Fig. 3.23 : Shueisha, Inc./Obara Takuya, Fig. 3.24 : Wikipedia/Pinakpani, Fig. 3.25 : Wikipedia/Dicklyon, Fig. 3.26 : Wikipedia/Stannered (1stimg), Dicklyon (2nd img), Morn the Gom

(3rd img), Eequor (4thimg), Fig. 3.27 : M. Kitazawa/J. Plant Res., Fig. 3.28 : S.R. Rahaman, Fig. 3.30 : Jill Britton (ananas), Fig. 3.32 : Wikipedia/Farry (gauche), Wikimedia/Ivar Leidus (droite).

Références

1. La création de l'univers

- 제자원 (2002), Oxford Bible Encyclopedia, *Bible Textbook Co*, Genesis Chap. 1-11.
- Un autre univers a existé avant le Big Bang ? 우주먼지의
현자타임즈, 2/24/2024,
<https://www.youtube.com/watch?v=RckLkaVzFe0>
- Un grand anneau dans le ciel : Conférence de presse de la
243e édition de l'AAS. Alexia M. Lopez, 1/11/2024,
<https://www.youtube.com/watch?v=fwRJGalcX6A>
- Bogdan, A., et al. (2024), 'Evidence for heavy-seed origin of
early supermassive black holes from a $z \approx 10$ X-ray quasar',
Nature Astronomy, 8, 126.
- Bonanno, A., & Fröhlich, H.-E. (2015), 'A Bayesian estimation
of the helioseismic solar age', *Astronomy & Astrophysics*,
580, A130.
- Karim, M. T., & Mamajek, E. E. (2017), 'Revised geometric
estimates of the North Galactic Pole and the sun's height
above the Galactic mid-plane', *MNRAS*, 465, 472.
- Lopez, A. M., et al. (2022), 'Giant Arc on the sky', *MNRAS*,
516, 1557.
- Lopez, A. M., Clowes, R. G., & Williger, G. M. (2024), 'A Big
Ring on the Sky', *JCAP*, 07, 55.
- Lyra, W., et al. (2023), 'An Analytical Theory for the Growth
from Planetesimals to Planets by Polydisperse Pebble
Accretion', *The Astrophysical Journal*, 946, 60.
- Penrose, R. (2016), *The Emperor's New Mind*, Oxford
University Press, Oxford, Royaume-Uni.
- Perotti, G., et al. (2023), 'Water in the terrestrial planet-
forming zone of the PDS 70 disk', *Nature*, 620, 516.
- Sandor, Zs., et al. (2024), 'Planetesimal and planet formation
in transient dust traps', *Astronomy & Astrophysics*, in press.
- Schiller, M., et al. (2020), "Iron isotope evidence for very rapid
accretion and differentiation of the proto-earth", *Science*

Advances, 6, 7.

Tonelli, G. (2019), *Genèse : L'histoire de comment tout a commencé*, Farrah, Straus et Giroux, New York, pp 19-44.

Tryon, E. P. (1973), "Is the Universe a vacuum fluctuation", *Nature*, 246, 396.

Vorobyov, E. I., et al. (2024), 'Dust growth and pebble formation in the initial stages of protoplanetary disk evolution', *Astronomy & Astrophysics*, 683, A202.

Yi, S., et al. (2001), 'Toward Better Age Estimates for Stellar Populations : The Y2 Isochrones for Solar Mixture', *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 136, 417.

2. La Terre, chef-d'œuvre de Dieu

Comins, N. F. (1993), *Et si la Lune n'existait pas ?* HarperCollins Publishers Inc, New York, NY.

Gonzalez, G. & Richards, J. W. (2004), *The privileged planet : How Our Place in the Cosmos Is Designed for Discovery*, Regnery Publishing, Inc.

Lineweaver, C. H., et al. (2004), "The Galactic Habitable Zone and the Age Distribution of Complex Life in the Milky Way", *Science*, 303 (5654), 59.

Lüthi, D. et al. (2008), "High-resolution carbon dioxide concentration record 650,000 - 800,000 years before present", *Nature*, 453, 379.

Narasimha, R., et al. (2023), 'Making Habitable Worlds : Planets Versus Megastructures', *arXiv:2309.06562*.

OpenAI. (2024), *ChatGPT (4o)* [Grand modèle linguistique], <https://chatgpt.com>

Ward, Peter D. & Brownlee, Donald (2000), *Rare Earth : Why Complex Life is Uncommon in the Universe*, Copernicus Books (Springer Verlag).

3. Création ou évolution ?

Abelson, P. H. (1966), "Chemical Events on the Primitive Earth", *Proc Nat Acad Sci*, 55, 1365.

- Behe, M. J. (2006). *La boîte noire de Darwin : The biochemical challenge to evolution*. Free Press.
- Behe, M. J. (2020). *Darwin devolves : La nouvelle science de l'ADN qui remet en cause l'évolution*. HarperOne.
- Bernhardt, H. S. (2012), 'The RNA world hypothesis : the worst theory of the early evolution of life (except for all the others)', *Biology Direct*, 7, Article number : 23.
- Chyba, C. F., & Sagan, C. (1992), 'Endogenous production, exogenous delivery and impact-shock synthesis of organic molecules : An inventory for the origins of life'. *Nature*, 355, 125.
- Cui, R., "The transcription network in skin tanning : from p53 to microphthalmia", <https://www.abcam.com/index.html?pageconfig=resource&id=11180&pid=10026>
- Dembski, W. A., et Ewert, W. (2023). *The design inference : L'élimination du hasard par de petites probabilités*. Discovery Institute.
- Danielson, M. (2020), "Simultaneous Determination of L- and D-Amino Acids in Proteins", *Foods*, 9 (3), 309.
- Fabre, J.-H. (2015), *The Mason -Bees (Perfect Library)*, CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Higgins, M. (2014), "Bear evolution 101", *The Whisker Chronicles*, <https://thewhiskerchronicles.com/2014/01/03/bear-evolution-101/>
- Kasting, J. F. (1993). "Earth's Early Atmosphere" (L'atmosphère primitive de la Terre). *Science*, 259(5097), 920.
- Maslin, M. (2016), "Forty years of linking orbits to ice ages", *Nature*, 540 (7632), 208.
- Miller, S. L. (1953), "A Production of Amino Acids under Possible Primitive Earth Conditions", *Science*, 117, 528.
- Mumma, M. M., et al. (1996), 'Detection of Abundant Ethane and Methane, Along with Carbon Monoxide and Water, in

- Comet C/1996 B2 Hyakutake : Evidence for Interstellar Origin', *Science*, 272 (5266), 1310.
- OpenAI. (2024), *ChatGPT (4o)* [Grand modèle linguistique], <https://chatgpt.com>
- Park, Chi Hoon (2024), "Stop codon points to GOD", Actes du 20th Anniversary KRAID Symposium
- Pinto, J. P., Gladstone, G. R., & Yung, Y. L. (1980), 'Photochemical Production of Formaldehyde in Earth's Primitive Atmosphere', *Science*, 210, 183.
- Pinto, O. H., et al. (2022), 'A Survey of CO, CO₂, and H₂O in Comets and Centaurs', *Planet. Sci. J.*, 3, 247.
- Russo, D., et al. (2016), 'Emerging trends and a comet taxonomy based on the volatile chemistry measured in thirty comets with high resolution infrared spectroscopy between 1997 and 2013', *Icarus*, 278, 301.
- Sanjuán, R., Moya, A., & Elena, S. F. (2004), 'The distribution of fitness effects caused by single-nucleotide substitutions in an RNA virus', *Proc Natl Acad Sci*, 101(22), 8396.
- Trail, D., et al. (2011), "The oxidation state of Hadean magmas and implications for early Earth's atmosphere", *Nature*, 480, 79.
- Urey, H. C. (1952). On the Early Chemical History of the Earth and the Origin of Life" (Sur l'histoire chimique ancienne de la Terre et l'origine de la vie). *Proc Natl Acad Sci*, 38(4), 351.
- Wikipedia, Mutation (Distribution des effets sur la condition physique).
- Wikipedia, Phototransduction visuelle.
- Yang, P.-K. (2016), "How does Planck's constant influence the macroscopic world ?", *Eur. J. Phys.*, 37, 055406.
- Zahnle, K. J. (1986), "Photochemistry of methane and the formation of hydrocyanic acid (HCN) in the Earth's early atmosphere", *J. Geophys Res*, 91, 2819.

A propos de l'auteur

Dongchan Kim est titulaire d'une licence en astronomie de l'université Yonsei de Séoul, en Corée, et d'un doctorat en astronomie de l'université d'Hawaï. Après avoir obtenu son doctorat, il a poursuivi des recherches astronomiques dans plusieurs institutions, notamment au Jet Propulsion Laboratory/Caltech de la NASA, à l'université nationale de Séoul et à l'université de Virginie.

Les recherches du Dr Kim se concentrent sur les galaxies infrarouges lumineuses (LIRG), les galaxies infrarouges ultralumineuses (ULIRG), les quasars et les trous noirs supermassifs en recul.

Il est affilié au National Radio Astronomy Observatory à Charlottesville, en Virginie, aux États-Unis.

La version anglaise de ce livre a été publiée sous le titre
"**DIVINE GENESIS** : Exploring Creation through Astronomy and
Biology" sur Amazon USA.

].