

EVOLUTION ET DESSEIN INTELLIGENT EN BREF



Thomas Y. Lo
Paul K. Chien
Eric Anderson
Robert Alston
Robert Waltzer

EVOLUTION ET DESSEIN INTELLIGENT EN BREF

Thomas Y. Lo,
Paul K. Chien,
Eric H. Anderson,
Robert A. Alston,
Robert P. Waltzer



Description

La vie et l'univers sont-ils une simple coïncidence ou l'aboutissement non dirigé des lois qui régissent l'évolution cosmique, chimique et biologique? C'est l'explication traditionnelle que beaucoup d'entre nous ont appris à un moment ou à un autre. Mais que dit la science en réalité? En s'appuyant sur les découvertes récentes en astronomie, cosmologie, chimie, biologie et paléontologie, *Evolution et dessein intelligent en bref* démontre comment ces dernières avancées scientifiques révèlent une histoire tout à fait différente.

Avis de droit d'auteur

© 2023 par les auteurs. Tous droits réservés.

Données de catalogage de la bibliothèque

Evolution et dessein intelligent en bref par Thomas Y. Lo, Paul K. Chien, Eric H.

Anderson, Robert A. Alston, et Robert P. Waltzer

Numéro de contrôle de la bibliothèque: 2020936755

168 pages, 6 x 9 x 0,4 in. & 0,5 lb, 229 x 152 x 9 mm & 237 g

ISBN-13 Livre de poche : 978-1-936599-81-3

Kindle : 978-1-936599-83-7

EPub: 978-1-936599-82-0

BISAC : SCI015000 SCIENCE / Cosmologie

BISAC : SCI008000 SCIENCE / Sciences de la vie / Biologie

BISAC : SCI027000 SCIENCE / Sciences de la vie / Évolution

BISAC : SCI075000 SCIENCE / Philosophie et aspects sociaux

Initialement publié aux États-Unis.

Discovery Institute Press, 208 Columbia Street, Seattle, WA 98104, USA

Internet: <http://www.discoveryinstitutepress.com/>

Edition Française

Traducteur: Cédric Djeutchou

Planificateurs: Jerry An, Thomas Lo

Éditeurs: Kathryn Forrester, Liliane et Pierre Bourry

Couverture: Chunhua Liu

Administration: Jackson Tong

Informations sur l'éditeur

ReFrame Ministries, 1700 28th Street SE, Grand Rapids, MI, 49508, USA Box

12058, Hong Kong

Email: chinese@reframeminisries.org

ISBN: 978-1-956268-45-4

CONTENU

| | |
|--|-----|
| Approbations..... | 001 |
| Remerciements | 003 |
| Introduction..... | 004 |
| 1 Le big bang et le réglage précis de l'univers | 014 |
| 2 L'information et l'origine de la vie | 033 |
| 3 Une usine qui construit des usines qui construisent des usines qui..... | 064 |
| 4 Complexité irréductible et évolution..... | 089 |
| 5 Le big bang de la biologie : l'explosion cambrienne | 126 |
| Notes de fin d'ouvrage | 155 |
| A propos des auteurs | 178 |
| Sources des images | 180 |
| Ressources recommandées pour approfondir le sujet | 183 |

Approbations

“Accessible, informatif... puissant... une excellente ressource.”

- J. Warner Wallace

La vie et l'univers sont-ils une simple coïncidence ou l'aboutissement non dirigé des lois qui régissent l'évolution cosmique, chimique et biologique ? C'est l'explication traditionnelle que beaucoup d'entre nous ont appris à un moment ou à un autre. Mais que nous indique réellement la science ? En s'appuyant sur les découvertes récentes en astronomie, cosmologie, chimie, biologie et paléontologie, *Évolution et Dessein Intelligent en Bref* démontre comment ces dernières avancées scientifiques révèlent une histoire tout à fait différente.

Voyagez dans la plus petite cellule, jusqu'aux confins de l'univers, et jusqu'à la grande floraison de formes et d'énergie connue sous le nom de Big Bang. Découvrez la mission visant à construire une imprimante 3D autoreproductible et comment ces efforts nous montrent l'origine de la première vie sur terre sous un nouveau jour. Et voyagez avec un biologiste marin vers un trésor du Cambrien autrefois fermé aux scientifiques occidentaux, un site de fossiles des plus remarquables à Chengjiang, en Chine, qui approfondi ce que Charles Darwin appelait “le mystère des mystères.”

DiscoveryInstitutePress.com/EvolutionandID

“Richard Dawkins, biologiste évolutionniste et athée déclaré, a écrit un jour : “La biologie est l’étude des choses compliquées qui ont l’apparence d’avoir été conçues dans un but précis. Dans *Évolution et Dessein Intelligent en Bref*, cette observation courante (même chez les athées) est explorée jusqu’à sa conclusion logique. Issus de la biologie et de l’ingénierie, les auteurs ont créé un ouvrage accessible et informatif sur le Dessein Intelligent, en utilisant des données issues de la biologie et de la cosmologie. Si vous cherchez une introduction puissante aux concepts et aux preuves qui continuent de hanter ceux qui rejettent l’existence de Dieu, ce livre est une excellente ressource.”

-J. Warner Wallace

*Membres honoraire au Centre Colson pour une vision chrétienne du monde, et auteur de *Forensic faith**

Pour plus d’information, visiter le site :

www.evolutionandid.com

Remerciements

Lors d'un récent séminaire scientifique, j'ai (Thomas Y. Lo) fait part de mon désir de fournir un guide actualisé et facile à lire sur la science des origines, un livre explorant certaines des découvertes passionnantes qui relancent le débat sur la façon dont la vie et l'univers sont apparus. Rapidement, j'ai reçu l'aide de trois de mes collègues corédacteurs et d'un autre collaborateur, chacun d'entre eux maîtrisant parfaitement la communication, et spécialisé sur une partie spécifique du domaine des origines : l'ingénieur électrique Robert Alston, le cadre en génie logiciel et théoricien de la conception Eric Anderson, le professeur de biologie Robert Waltzer et le professeur de biologie marine Paul Chien.

Je remercie sincèrement ces 4 hommes. Je tiens également à remercier Eric, contributeur et co-éditeur ainsi que Jonathan Witt, un co-éditeur, dont l'énergie et l'expertise ont guidés ce projet jusqu'à son aboutissement. Nous sommes aussi reconnaissants pour l'aide de Cédric Djeutchou et Kathryn Forrester qui ont traduit le texte en français, mais également Liliane et Pierre Bourry qui ont aidés à la relecture. Nous sommes pareillement redevables envers nos collègues de Reframe Ministries pour la conception de la couverture, la mise en page et la relecture.

De nombreuses heures de travail, de brouillons et de corrections sont nécessaires à la production d'un livre, et nos remerciements vont également aux nombreux collègues, examinateurs de contenu et correcteurs qui sont restés anonymes. Les éventuelles erreurs qui subsistent sont les nôtres.

Notre gratitude se dirige au même titre vers nos familles pour leur soutien tout au long de ce projet et à vous, lecteurs, pour avoir accepté de vous embarquer avec nous dans ce voyage empli de découvertes.

INTRODUCTION

Thomas Y. Lo

D'où venons-nous ? Comment la vie est-elle apparue ? Y a-t-il eu un commencement de l'univers ? Comment a-t-il été créé ? J'ai longtemps été préoccupé par ce genre de questions. Mais alors même que je tombais amoureux de la science moderne, je ne savais pas qu'un certain nombre de récentes découvertes scientifiques avaient apporté de nouveaux indices sur ces anciens mystères.

Je suis né à Nanjing, en Chine, le troisième enfant d'une fratrie de quatre. Quand j'avais deux ans, notre famille a déménagé à Taipei, Taiwan, où j'ai passé mon enfance et mon adolescence. Ma mère était femme au foyer, puis a étudié la comptabilité et a travaillé dans un lycée privé pour filles afin de contribuer au revenu familial. Mon père était un officier militaire strict, qui imposait à la maison les conduites disciplinaires et rigoureuses de son milieu de travail. La vie de famille était stressante et nous n'osions ni désobéir, ni décevoir mon père. Quand j'avais environ dix ans, ma famille s'est convertie au christianisme, apportant un adoucissement à l'approche de mon père et une amélioration de notre environnement familial. Ce fut une bonne époque pour notre famille.

À l'âge de douze ans, j'ai assisté à une retraite spirituelle. Il y avait plus d'une centaine de participants, âgés de 11 à 82 ans, dont des étudiants, des jeunes professionnels et des retraités. Lors de la dernière soirée de ce programme long d'une semaine, toute la congrégation a vécu une expérience spirituelle inoubliable. Ce qui me mena finalement à me faire baptiser. Cependant, même si je sentais que j'avais vécu une véritable expérience spirituelle, peut-être même un petit miracle, je restais sceptique quant aux miracles bibliques. Ils me semblaient trop grands, trop majestueux, trop différents des expériences de ma propre vie. Seraient-ils vraiment réels ? Si les événements relatés dans l'Ancien Testament et le Nouveau Testament

n'étaient pas basés sur des preuves scientifiques objectives, comment pourraient-ils être crédibles ?

Au cours de mon adolescence, les doutes n'ont fait que grandir avec le temps. Mes camarades de classe me taquinaient à cause de mes croyances. Les professeurs faisaient des remarques condescendantes sur le christianisme. Je trouvais tout cela très inconfortable et agaçant.

Après mon entrée à l'université, cette tension intérieure grandissante m'a progressivement éloigné de ma foi chrétienne. À l'époque, je vivais chez mes parents, alors je devais toujours aller à l'église avec ma famille. J'assistais machinalement aux réunions chrétiennes sur le campus. Aux yeux de tous, je faisais ce que je devais faire mais à l'intérieur, je n'étais plus investi. Cela m'anéantissait émotionnellement. Il n'y avait aucune joie dans ma vie.

J'étais profondément préoccupé par des questions fondamentales : Quel est le sens de la vie ? Pourquoi suis-je ici ? Que suis-je censé faire de ma vie ? Je me suis donc naturellement plongé dans les littératures de l'existentialisme et du bouddhisme. Il y avait des moments où j'étais frustré et déprimé parce que je ne trouvais pas de réponse satisfaisante. Ma quête de sens et de but ne s'est pas arrêtée, mais j'ai commencé à chercher des réponses en dehors des domaines spirituels et religieux. Il ne m'a pas fallu longtemps pour trouver les réponses que je cherchais. C'est du moins ce qui m'a semblé.

Quand j'étais en troisième année d'université je suivais des cours de physique moderne, où mon professeur décrivait le comportement des électrons, des protons et des neutrons dans les atomes. J'en suis immédiatement tombé amoureux. La similitude¹, entre les nombreuses galaxies en orbite dans l'immensité de l'espace et le modèle simplifié des particules élémentaires infinitésimales en orbite autour d'un atome, m'a captivé.

Après avoir découvert ma passion pour les sciences et l'ingénierie, j'ai mis ces grandes questions de côté. Cependant, mes recherches en astronomie, géologie, génétique et histoire des sciences m'y ont ramené.

C'est vrai, la science m'a ramené à ces grandes questions, et je n'étais pas le seul. Environ trente-cinq ans avant mon cours de physique, Albert Einstein

avait du mal à défendre sa croyance en un univers statique et infini, un univers qui n'avait pas été créé mais qui avait toujours existé. Cependant, il s'est senti obligé de reconsidérer son point de vue après avoir pris connaissance de plusieurs nouvelles découvertes, notamment le décalage vers le rouge, similaire à l'effet Doppler, des galaxies lointaines découvertes par Edwin Hubble et d'autres astronomes.

En janvier 1931, Hubble invita Einstein à visiter l'observatoire du Mont Wilson en Californie pour voir ses travaux sur le phénomène du décalage vers le rouge. La photo la plus célèbre de cet événement montre Einstein regardant à travers l'oculaire du télescope massif Hooker, alors le plus grand télescope du monde, mesurant 2,54m.² Cette scène désormais célèbre d'Einstein contemplant les cieux lointains tandis que Hubble se tient juste derrière lui - avec une expression solennelle sur le visage et une pipe à la main - s'apparente plus à une "séance photo" médiatique qu'à une véritable observation scientifique. Mais l'image en est venue à représenter à la fois la réalité de l'expansion de l'univers, et la volonté d'Einstein d'accepter les preuves, de les suivre où qu'elles mènent, même lorsqu'elles remettaient en question ses opinions antérieures.

La fuite des galaxies qui génèrent le décalage vers le rouge sous-entend un commencement à l'univers - ce que l'on appelle maintenant le Big Bang - qui semble indiquer un moment de création spécifique et dramatique. Maintenant, je me demande la raison de l'importance de cette découverte extraordinaire et m'interpelle surtout sur la façon dont elle a bouleversé les idées reçues sur un univers éternel, qui n'est ni soulignée dans mes manuels universitaires ni évoquée dans mes cours. Si j'avais été conscient de la forte preuve cosmique de la création ex nihilo (création à partir de rien), mon conflit intérieur avec ces grandes questions aurait-il été moins douloureux ? Je ne peux m'empêcher de me poser la question.

La découverte que l'univers avait effectivement un commencement a été suivie d'une série de découvertes en physique, en chimie et en astronomie qui ont montré que les lois et les constantes de la physique et de la chimie sont précisément réglées afin de favoriser la vie dans l'univers - à un tel degré

qu'on peut facilement voir une intention derrière tout cela.

Arno Penzias, astronome lauréat du prix Nobel, l'a exprimé ainsi : "L'astronomie nous conduit à un événement unique, un univers créé à partir de rien dont l'équilibre est essentiel pour fournir exactement les conditions nécessaires à la vie..."³

Bien que ces découvertes soient mieux connues aujourd'hui qu'elles ne l'étaient il y a trente ou quarante ans, de nombreuses personnes en ignorent encore leurs détails ou leur impact potentiel. Bien que les manuels scientifiques fassent référence au Big Bang ou au réglage précis entre les lois et les constantes, ils le font souvent de manière superficielle et unilatérale, ce qui minimise leur importance. C'est comme si les auteurs des manuels ne veulent pas que leurs lecteurs ouvrent la porte et voient ce qu'il y a de l'autre côté. C'est regrettable, car les preuves de l'autre côté de la porte sont fascinantes. Elles regorgent d'indices sur nos origines, sur ce qui a pu exister auparavant et sur ce qui pourrait exister au-delà de l'univers. Nous allons franchir cette porte et jeter un coup d'œil autour de nous, dès le prochain chapitre.

L'information et l'origine de la vie

Au XXème siècle, alors que les physiciens et les cosmologues perçaient certains des mystères de l'univers, des scientifiques d'autres disciplines s'efforçaient de percer le mystère de l'information et comment il est impliqué dans l'origine des êtres vivants. C'est une histoire qui implique la biochimie et également l'informatique.

En 1948, cinq ans après la construction du premier ordinateur à tube à vide, le transistor a été inventé par trois physiciens : John Bardeen, William Shockley et Walter Brattain. La même année, Claude Shannon a publié "La théorie mathématique de la communication,"⁴ qui a fourni des informations clés sur ce qui allait devenir la théorie de l'information. Shannon a également introduit le mot "bit" comme unité d'information de base dans l'informatique et les communications. Ces deux développements ont contribué à propulser l'industrie électronique vers l'ère numérique actuelle. Ces scientifiques

étaient cependant loin de se douter que l'ère numérique qu'ils avaient inaugurée nous aiderait un jour à comprendre les systèmes biologiques, et nous donnerait des idées pour répondre à l'une des questions clés que je me posais à l'université : l'origine de la vie.

En 1952, Rosalind Franklin, de l'université King's College de Londres, a effectué des travaux révolutionnaires en examinant la structure de l'ADN en utilisant la cristallographie aux rayons X. Basé en partie sur les travaux de Franklin, James Watson et Francis Crick ont fait la découverte désormais célèbre que l'ADN a la forme d'une échelle torsadée, connue sous le nom de double hélice.

Outre la structure hélicoïdale, Watson et Crick ont proposé que les quatre types de nucléotides - abrégés en A, T, C et G - s'organisent exclusivement en paires A-T et C-G. Cette structure chimique complexe suggérait à Watson et Crick un "mécanisme de réplication possible" pour l'ADN,⁵ la longue molécule d'ADN contenant de nombreuses séquences possibles de paires A-T et C-G qui pourraient porter des informations génétiques. Watson et Crick se sont avérés corrects sur ces deux points, et leur découverte a marqué un tournant dans notre compréhension de tout organisme vivant.

D'autres études ont confirmé que l'ADN et d'autres molécules dans les cellules ne réagissent pas de manière aléatoire, mais plutôt de manière ciblée, un peu comme un ordinateur exécutant des commandes. Les cellules disposent également de systèmes de réparation de l'ADN endommagé par des forces extérieures, semblable à un algorithme qui corrige les erreurs de logiciel.

Les découvertes de la structure de l'ADN et les systèmes de traitement et de réparation de l'information cellulaire ont changé à jamais notre compréhension des origines de la vie. La masse et l'énergie ont vu le jour avec le Big Bang. Mais en l'absence d'informations génétiques ou de codes numériques, comment l'information a été générée pour construire la vie en premier lieu ? Cette question n'a cessé de faire débat dans le domaine de l'origine de la vie. Les chapitres 2 et 3 explorent cette question et comparent plusieurs des explications en lice.

Évolution et complexité irréductible

Se pose ensuite la question des origines biologiques ultérieures. Autrement formulée, « À partir du moment de la formation des premiers organismes vivants, comment toutes les autres formes de vie que nous voyons autour de nous sont-elles apparues ? ».

L'explication traditionnelle qu'on m'a apprise est que tout a évolué aveuglément, une petite transformation aléatoire à la fois, sur des milliards d'années. Il s'agit de la théorie de l'évolution par sélection naturelle, proposée pour la première fois par Charles Darwin et Alfred Russell Wallace il y a environ 160 ans et développée jusqu'à inclure la génétique moderne au cours du siècle suivant.

L'importance de cette théorie était claire pour moi. L'Homme n'était l'apogée d'aucun plan significatif. Nous ne sommes pas ici dans un but précis. L'univers nous a juste régurgité. Quel que soit le sens que nous trouvions à la vie, nous devons le concevoir nous-mêmes.

Ce que j'ignorais à l'époque, c'est que l'on m'avait enseigné beaucoup de désinformations sur l'évolution, et que de nombreuses informations importantes manquaient. Par exemple, personne ne prend la peine de mentionner que Wallace, co-découvreur avec Darwin de la théorie de l'évolution par variation aléatoire et sélection naturelle, a ensuite affirmé qu'il devait y avoir une sorte d'intelligence créatrice impliquée. Pour Wallace, un processus évolutif aveugle par variation aléatoire et sélection naturelle n'était pas suffisant pour transformer des créatures ressemblant à des singes en humains, avec nos capacités uniques d'expression, de raisonnement et nos facultés artistiques.⁶ Il n'était ni chrétien ni croyant, et n'essayait donc pas d'inclure la science dans une lecture particulière du livre de la Genèse.⁷ Au contraire, il semble avoir été conduit à sa conclusion simplement en examinant les données scientifiques.

Une autre chose qu'aucun de mes manuels ne mentionnait était la vérité sur les dessins classiques d'embryons du zoologiste allemand du XIXe siècle Ernst Haeckel. Destinés à prouver que les humains descendaient d'ancêtres

ressemblant à des poissons, les dessins d'embryons de Haeckel ont longtemps été un élément de base des manuels de biologie des lycées et des universités. Ils ont été utilisés sous une forme ou une autre pendant près de 150 ans. Mais il s'est avéré que ses dessins étaient inexacts,⁸ même faux.⁹ C'était un fait établi quand j'étais au lycée et à l'université, mais le problème était ignoré. Des tentatives de rectification ont été faites,¹⁰ mais il reste à voir combien de temps il faudra aux manuels pour intégrer pleinement la vérité.

Pourquoi est-il si difficile de réformer l'enseignement des sciences, surtout comme dans ce cas, lorsque les erreurs sont si évidentes ? La version moderne de la théorie de l'évolution de Darwin est le paradigme dominant pour expliquer l'émergence de diverses espèces dans l'histoire de la vie. Et tout ce qui semble remettre en cause ce paradigme se heurte à une résistance. Toutefois, la bonne nouvelle est que d'éminents biologistes sont désormais ouverts à discuter des révisions nécessaires de la théorie de l'évolution. Par exemple, le directeur du Département de biologie théorique de l'Université de Vienne, le Dr Gerd Müller, a récemment souligné que les nouvelles découvertes dans divers domaines scientifiques nécessitaient des changements théoriques faramineux.¹¹

D'autres scientifiques compétents sont prêts à aller encore plus loin. Il y a plus de vingt ans, je suis tombé par hasard sur un débat scientifique diffusé par la chaîne PBS. J'ai été stupéfait d'entendre que des scientifiques de premier plan contestaient l'histoire traditionnelle de l'évolution, non pas sur des bases bibliques ou religieuses, mais sur la base de preuves scientifiques. Un scientifique en particulier a cité des preuves issues de la biologie moléculaire qui remettaient en cause la théorie traditionnelle de l'évolution et, selon lui, soutenaient le rôle d'une planification et d'un objectif intelligents dans l'origine des organismes vivants. Plus tard, j'ai découvert le flagelle bactérien, une sorte de nano moteur doté d'une longue hélice en forme de fouet qui aide de nombreuses espèces de bactéries à se déplacer dans leur environnement aqueux. J'étais fasciné par cette merveille de technologie miniaturisée, avec ses nombreuses parties interconnectées et interdépendantes.¹²

Un mécanisme de mutation/sélection ou tout autre processus purement

aléatoire et irréféchi pourrait-il créer une telle merveille d'ingénierie ? Cette question est examinée dans le chapitre 4. Ce chapitre traite également des causes de la variabilité biologique, un problème plus fondamental auquel est confrontée la théorie moderne de l'évolution.

Le Big Bang de la biologie

L'étude des origines de la vie comprend l'étude de l'ADN et de dispositifs moléculaires tels que les flagelles bactériens, mais aussi celle des fossiles connus, en particulier du Cambrien, la strate probablement la plus remarquable. Cette couche ancienne témoigne de ce que l'on appelle le Big Bang de la biologie, de l'émergence relativement soudaine des grands groupes d'animaux. Il est à noter que les morphologies de ces animaux sont très différentes les unes des autres, et n'ont aucun prédécesseur parmi les fossiles connus, à l'exception de quelques éponges et d'autres espèces très éloignées. Comme si cette ménagerie de créatures marines étranges avait surgi de nulle part.

Charles Darwin lui-même a reconnu que ce que l'on appelle aujourd'hui "l'explosion cambrienne" constituait une énigme pour sa théorie il y a 160 ans, et le mystère n'est toujours pas résolu aujourd'hui. Que disent les manuels de biologie à ce sujet ? La question est généralement passée sous silence, voire ignorée. Certains scientifiques pensent que le réchauffement rapide de l'eau de mer au cours de cette période a accéléré le taux de mutations, accélérant ainsi le processus évolutif. Certains soutiennent que c'est l'éruption de magma à travers les fissures océaniques qui a apporté de grandes quantités de nutriments et a conduit à l'évolution de nouvelles espèces. D'autres disent que l'augmentation de l'oxygène atmosphérique a joué un rôle important. D'autres encore soutiennent que l'explosion soudaine du nombre de nouvelles formes animales n'est rien de plus qu'un signe visible de lacunes que nous avons en matière de fossiles. Cependant, aucune de ces idées ne fournit une explication adéquate et les scientifiques sont incapables de parvenir à un consensus.

Il y a une trentaine d'années, j'ai eu l'occasion d'en apprendre davantage

sur l'explosion cambrienne lors d'un événement organisé dans une salle de théâtre universitaire. Le plus mémorable a été l'exposé du professeur sur un fossile cambrien trouvé dans la province du Yunnan en Chine, une découverte inhabituelle qui a accru le mystère de l'explosion cambrienne.

J'ai eu la chance d'être récemment entré en contact avec le biologiste marin qui a donné cette conférence il y a trente ans, le Dr Paul Chien. Dans le chapitre 5, il nous raconte ses histoires lorsqu'il visitait des sites clés des fossiles cambriens et nous explique pourquoi il a conclu que la meilleure explication pour l'explosion cambrienne est une conception intentionnelle et non une évolution aléatoire.

Un guide pour les perplexes

Ce livre se veut être une introduction brève et accessible à un débat qui peut laisser perplexe. À cette fin, certaines notes contiennent des références non seulement à des ouvrages académiques, mais aussi à des vidéos YouTube utiles et à d'autres ressources adaptées aux personnes novices en la matière. Plusieurs d'entre elles sont également répertoriées sur la page de ressources recommandées à la fin du livre.

Parce que trois termes se sont avérés être une source particulière de confusion dans le débat sur les origines, nous allons les exposer brièvement ici.

Matérialisme - Dans le contexte des sciences qui étudient la création de la vie, le matérialisme fait référence à l'idée que tout ce qui existe est matière et énergie. En science et en philosophie, un matérialiste n'est pas quelqu'un qui aime les grandes maisons et les voitures rapides. Un matérialiste est quelqu'un qui prétend que tout résulte de, et peut finalement être expliqué par les interactions purement matérielles de l'énergie et des particules de matière. Il existe des différences entre les matérialistes et d'autres nuances que nous pourrions explorer, mais pour nos besoins à ce stade, il suffit de garder à l'esprit que la vision du monde connue selon la définition générale/principale du terme matérialisme soutient que le fonctionnement de la matière et de l'énergie se suffit à lui-même - en soi, sans aucune planification,

aide ni intervention intelligente - pour expliquer l'univers, la première vie et tous les organismes vivants. La question que nous nous posons et cherchons à explorer dans ce livre est de savoir si la science moderne soutient réellement ce concept.

Créationnisme-Dans la culture populaire, y compris dans les médias, le créationnisme se réfère habituellement à une défense explicite de l'histoire de la création trouvée dans le premier livre de la Bible, la Genèse. Le créationnisme implique aussi typiquement un effort d'expliquer la géologie et les fossiles connus avec le grand déluge décrit dans la Genèse. Le créationnisme considère la Bible comme faisant autorité, et cherche à comprendre les données et découvertes scientifiques dans le contexte des Saintes Écritures. Ce livre n'a pas pour but de soutenir ou de réfuter le créationnisme, ou de défendre une quelconque interprétation scripturale, mais plutôt d'exposer la science telle qu'elle est actuellement. Bien que nous ne discuterons pas du créationnisme, il est toutefois important que le lecteur comprenne la signification de ce terme et comment il diffère du matérialisme et du dessein intelligent.

Dessein intelligent - La théorie du dessein intelligent soutient que certaines caractéristiques de l'univers et des êtres vivants s'expliquent mieux par une cause rationnelle que par des processus naturels purement aléatoires. Dans un sens plus large, le dessein intelligent est la science de la détection du dessein, et implique la reconnaissance de récurrences et similitudes qui ont été arrangés par un agent rationnel dans un but spécifique. La science de la détection du dessein se retrouve dans des domaines aussi divers que l'archéologie, la criminalistique, la détection des fraudes et la physique. Le dessein intelligent peut s'aligner sur un ou plusieurs points de vue religieux, mais il ne constitue pas en soi un argument religieux. Le dessein intelligent se limite aux preuves scientifiques, telles que le contenu informatif de l'ADN, les machines moléculaires fonctionnant dans les organismes vivants, ou le réglage précis des lois et des constantes de la physique et de la chimie.



1

Le Big Bang et le réglage précis de l'univers

Robert A. Alston

Vous vous demandez comment les physiciens expliquent l'origine de l'univers ? Pendant longtemps, l'explication la plus courante était que l'univers ne venait de nulle part, car il avait simplement toujours existé. Cependant, une chose étrange s'est produite. Des découvertes scientifiques ont révélé que notre univers n'a pas toujours été là. Il est apparu il y a environ 13,8 milliards d'années.¹ Mettez-vous à l'aise pendant que je vous raconte l'histoire de cette découverte.

Depuis l'invention du télescope, les humains ont scruté le ciel nocturne et ont découvert les merveilles du cosmos qui nous étaient auparavant cachées. Plus les télescopes étaient perfectionnés, plus loin nous pouvions regarder et plus de choses nous vîmes. Alors que nous regardions de plus en plus loin, tout se ressemblait : des étoiles et des nuages de gaz. Il ne semblait pas y avoir de fin. Et cela réaffirmait l'opinion de nombreux scientifiques selon laquelle l'univers était infiniment grand et infiniment vieux. C'était en tout cas la théorie astronomique conventionnelle au début du XX^{ème} siècle.²

Puis, en 1915, le physicien allemand Albert Einstein a tout changé avec sa théorie générale de la relativité. Après avoir effectué ses calculs (à la main, dois-je ajouter), il a remarqué quelque chose d'étrange. Les calculs suggéraient que l'univers était soit en expansion, soit en contraction.³ C'était surprenant. Einstein pensait qu'il s'agissait d'une erreur. Comme ses collègues de l'époque, il était certain que l'univers était statique et éternel. Mais s'il était en expansion, il n'était guère statique, et il est difficile d'imaginer comment un univers en expansion pourrait continuer à s'étendre indéfiniment. Donc, il a fait ce que tout bon physicien aurait fait. Il a bidouillé son équation ! Einstein y a inscrit un autre nombre - une "constante" - qui allait résoudre son problème, en préservant ainsi le modèle d'univers statique et infini.

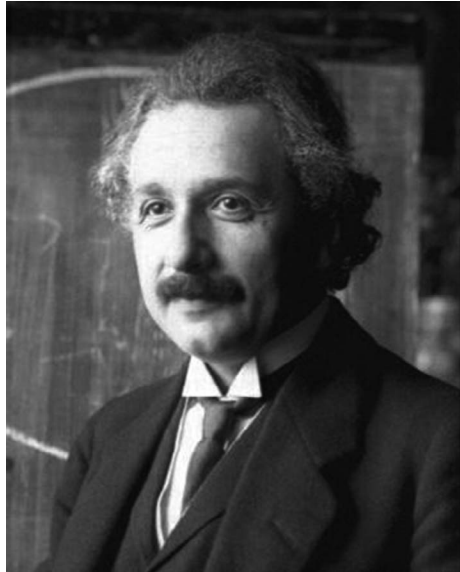


Figure 1.1. Albert Einstein.

Cela semblait résoudre le problème, mais il qualifiera plus tard cette modification de son équation de "la plus grosse gaffe" de sa vie.

Le problème Hubble

EN 1923, à l'observatoire du Mont Wilson en Californie, Edwin Hubble observait des nébuleuses, des objets qui semblaient étendus et flous dans un télescope, alors le plus grand du monde, et il a découvert que certaines d'entre elles étaient en réalité d'autres galaxies. En même temps, cette découverte a montré que notre Voie Lactée est également une galaxie, non pas la totalité de l'univers observable, mais simplement une galaxie parmi tant d'autres dans l'univers.

En plus de cela, il a remarqué quelques années plus tard une particularité de la lumière émise par ces galaxies. Plus une galaxie était éloignée de nous, plus la couleur de sa lumière était décalée vers le rouge. Il en conclut que ces galaxies s'éloignaient de nous, et que plus elles étaient éloignées, plus elles se

déplaçaient rapidement. En effet, l'univers semblait être en expansion.

Dès qu' Einstein en a entendu parler, il s'est rendu en Californie pour observer ce phénomène par lui-même. Ce qu'il a vu l'a obligé à effacer l'ajout mathématique à son équation et à admettre qu'en fait, l'univers était en expansion.

Cependant, ce n'était pas simplement une idée différente de ce qu'il croyait. L'idée d'un univers en expansion avait de profondes implications. Imaginez que nous regardions l'univers à la télévision et que nous puissions avancer et reculer dans le temps comme nous le faisons pour les films à la maison. À quoi cela ressemblerait-il si nous devions rembobiner et continuer à rembobiner à grande vitesse? Si l'univers est en expansion dans le temps, comme l'a compris Hubble, alors si nous rembobinons notre film de l'univers en arrière dans le temps, nous verrions l'univers et toute la matière et l'énergie qu'il contient se rétrécir dans un espace de plus en plus petit, jusqu'à ce que finalement l'univers se réduise à un point infinitésimal, si petit que nous ne pourrions pas le voir, et au-delà duquel le temps tel que nous le connaissons n'existerait pas - un point que les physiciens appellent une singularité.

Imaginons maintenant que nous arrêtions le rembobinage et que nous appuyions à nouveau sur le bouton de lecture. Au début, nous ne verrions rien sur notre écran, juste le noir. Puis, tout à coup, à partir de ce point infinitésimal, nous verrions un brillant éclair de lumière alors que la matière et l'énergie se déversent, s'étendant et s'étendant encore jusqu'à ce que nous voyions l'univers que nous reconnaissons aujourd'hui. Cet éclair brillant, cette étincelle, cette floraison de matière et d'énergie à la naissance de notre univers, est connu sous le nom de Big Bang.

Georges Lemaître, prêtre catholique romain et physicien belge, a été le premier à décrire une théorie similaire à ce que l'on appelle aujourd'hui le modèle du Big Bang.⁴ Ce modèle indique que l'univers a un début précis. "L'évolution du monde peut être comparée à un feu d'artifice qui vient de se terminer : quelques volutes rouges, des cendres et de la fumée," a écrit Lemaître. "Debout sur un tas de cendres refroidies, nous voyons la lente décoloration des soleils, et nous essayons de nous rappeler l'éclat disparu de

l'origine des mondes."⁵

Mais cette notion de commencement de l'univers n'était pas populaire à l'époque. Elle en écœurait même certains. L'astronome et physicien anglais de renom Arthur Eddington a déclaré que "philosophiquement, la notion d'un commencement de l'ordre actuel de la nature est répugnante."⁶ Notez qu'Eddington n'a pas prétendu que la science était mauvaise ni que ces nouvelles découvertes scientifiques étaient répugnantes. Il était plutôt dérangé par les implications philosophiques de la découverte.

Sir Fred Hoyle était un opposant à la théorie de Lemaître, la qualifiant de façon moqueuse de "cette idée de Big Bang" lors d'une émission de radio.⁷ Au fil des années, de nombreuses théories ont été proposées pour se débarrasser de ce "commencement bien défini" de l'univers, et une guerre de ces différentes théories a été menée jusqu'à ce que, finalement, dans les années 1960, une découverte spectaculaire ne laisse qu'un seul vainqueur.

Bruit blanc cosmique

Un photon est un paquet d'énergie électromagnétique. Lorsque vous allumez un interrupteur, l'ampoule émet un flux de paquets de lumière, ou photons, dans la gamme de fréquences que les humains peuvent percevoir avec leurs yeux. Cela vous permet de voir tout ce qui se trouve dans la pièce. D'autres photons existent dans des longueurs d'onde invisibles pour l'œil humain. Mais ce n'est pas parce que vous ne pouvez pas voir une chose qu'elle n'existe pas.

Le 20 mai 1964, aux Laboratoires Bell de Holmdel, dans le New Jersey, Robert Wilson et Arno Penzias détectent un message en provenance de l'univers. Il se présentait sous la forme d'un bruit statique et provenait de toutes les directions. Ils ont ensuite fait tout ce qu'ils pouvaient pour éliminer toutes les autres sources de bruit possibles, y compris nettoyer les fientes de pigeons trouvées dans l'antenne radio. Mais le bruit persistait.

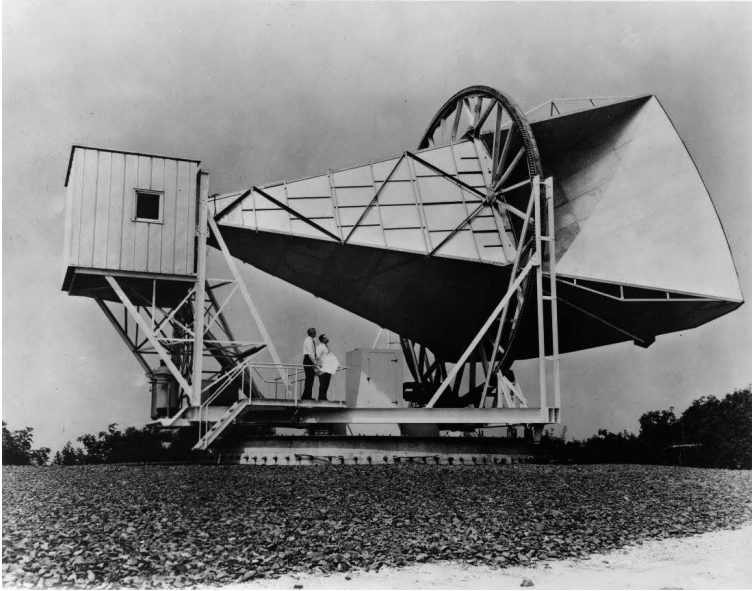


Figure 1.2. L'antenne cornet de 15 mètres de Holmdel aux Laboratoires Bell, utilisée par les radioastronomes Robert Wilson et Arno Penzias pour découvrir le rayonnement de fond des micro-ondes cosmiques (le fond diffus cosmologique).

Penzias a fait remarquer plus tard que : "Ce n'est qu'après avoir épuisé toutes les explications possibles de l'origine de ce son que nous avons réalisé que nous étions tombés sur quelque chose de grandiose."⁸

Ils ont découvert que des photons imprégnaient l'univers entier, des photons qui n'avaient qu'une seule origine possible, le Big Bang. Ces photons sont connus sous le nom de fond diffus cosmologique.

Certains d'entre vous se souviennent peut-être d'un vieux téléviseur que possédaient vos grands-parents, qui affichait de la neige à l'écran et produisait un bruit parasite lorsqu'il n'était pas réglé correctement sur une chaîne. Il se peut que 1% de ce bruit soit le résultat de photons provenant du Big Bang.⁹ Chaque centimètre cube d'espace est traversé par au moins 300 de ces photons.¹⁰

La découverte de Wilson et Penzias a confirmé la théorie du Big Bang et leur a valu un Prix Nobel de Physique. Le fond diffus cosmologique qu'ils

ont découvert serait constitué des mêmes photons présents peu après le Big Bang.¹¹ Aux premiers stades de l'Univers, sa taille n'était que d'environ un cent-millionième de la taille qu'il a aujourd'hui, et sa température était extrême, approchant les 300 millions de degrés. L'hydrogène ne pouvait pas se former car les électrons et les protons se séparaient rapidement en raison de la vitesse élevée des collisions. Par conséquent, les photons qui voyageaient se dispersaient sur les électrons, comme la lumière se disperse au milieu du brouillard sans se propager plus loin. Il a fallu 380 000 ans après le Big Bang pour que l'Univers se refroidisse suffisamment pour favoriser la formation de l'hydrogène, ce qui a permis aux photons de se déplacer en ligne droite.

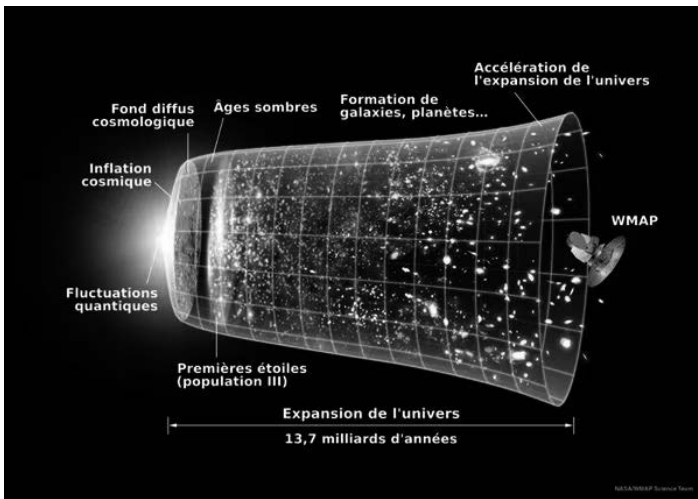


Figure 1.3. C. Notez l'image du fond diffus cosmologique (motif lumineux de rémanence) représentée à l'extrême gauche du graphique, peu après le début de l'Univers.

Le fond diffus cosmologique représente une photo de la densité des photons à ce moment-là, une image de leur distribution dans l'univers après que les électrons se soient combinés avec les protons pour former l'hydrogène et que le brouillard se soit dissipé.¹² Parfois appelé la Pierre de Rosette Cosmique, il présente des caractéristiques qui nous donnent de nombreux indices sur l'origine et les premiers stades de l'univers.¹³ Ces photons ne

pourraient exister dans l'état de distribution uniforme dans lequel nous les trouvons que si l'univers était autrefois plus petit en volume, plus dense et donc plus chaud.¹⁴

La théorie du Big Bang a donc gagné la guerre des théories et elle est rapidement devenue un nom connu de tous. Mais il y avait plus à découvrir. De nouveaux éléments en faveur de la théorie du Big Bang sont apparus au fur et à mesure que nos télescopes se sont perfectionnés.

Une vidéo qui renvoie au passé

Saviez-vous que vous avez le pouvoir de regarder dans le passé ? Non, je ne parle pas de regarder vos souvenirs ou des photos du passé. Je veux dire que vous avez le pouvoir de regarder quelque chose tel qu'il est apparu dans le passé, et non dans le présent.

Regardez par votre fenêtre. Si vous voyez le soleil (s'il vous plaît, ne le regardez pas directement ; je ne veux pas que vous vous abîmiez la vue), vous ne voyez pas le soleil tel qu'il apparaît maintenant, mais plutôt tel qu'il était il y a environ huit minutes. Ou si la lune est levée, regardez-la. Ce que vous voyez n'est pas son aspect actuel, mais celui qu'elle avait il y a 1,3 seconde.

La prochaine fois que la nuit sera dégagée, essayez de trouver Sirius, l'étoile la plus brillante vue de la Terre. Vous ne verrez pas l'étoile telle qu'elle est aujourd'hui, mais exactement comme elle était il y a 8,6 ans.

Comment cela est-il possible ? Bien que la lumière voyage extraordinairement vite, elle n'est pas infiniment rapide. Elle se déplace à un peu plus de 299 792 kilomètres par seconde dans l'espace vide. Cela signifie que les photons de lumière provenant de notre étoile mère, le soleil, mettent un peu plus de huit minutes pour atteindre la terre. Sirius est beaucoup plus éloignée - environ un demi-million de fois - de plusieurs milliers de milliards de kilomètres de la Terre, de sorte que sa lumière, aussi rapide qu'elle soit, prend 8,6 ans pour nous atteindre.

Une année-lumière est la distance que la lumière peut parcourir dans l'espace en un an. Cela signifie que si une étoile située précisément à 1 000 années-lumière explosait (dans le langage astronomique courant, "devenait

une supernova") il y a exactement 1 000 ans, nous serions les premiers aujourd'hui à observer cet événement spectaculaire dans le ciel nocturne.

Par une nuit claire à la campagne, à la bonne période de l'année, vous pouvez voir la galaxie d'Andromède à l'œil nu. Ce qui ressemble à une étoile un peu brumeuse est en réalité le renflement central d'une galaxie entière, située à environ 2,5 millions d'années-lumière. Ce que vous voyez quand vous la regardez est essentiellement un flux vidéo de cette galaxie, il y a 2,5 millions d'années.

Grâce à nos énormes télescopes, nous pouvons regarder encore plus loin dans l'univers, bien plus loin que la galaxie d'Andromède, qui est la grande galaxie spirale la plus proche de la nôtre. Nous pouvons observer des objets célestes brillants situés à plusieurs milliards d'années-lumière. Et plus nous regardons loin dans l'espace, plus nous plongeons dans l'histoire. Ce que nous voyons à l'extrême sont des portions de l'univers à leurs débuts, des bébés galaxies alors qu'elles évoluaient vers leurs formes actuelles. Ces résultats cadrent bien avec le modèle du Big Bang.

Tout cela pose problème à ceux qui veulent écarter l'idée d'un créateur cosmique. Ce que l'on appelle l'argument cosmologique de Kalam en fournit une partie de la raison.

Kalam

L'argument cosmologique du Kalam, vulgarisé par le philosophe William Lane Craig,¹⁵ comporte deux prémisses et une conclusion :

Tout ce qui commence à exister a une cause.

L'univers a commencé à exister.

Par conséquent, l'univers a une cause.

"Tout ce qui commence à exister a une cause." Est-ce que la première prémisse est vraie ? Demandez-vous si vous avez déjà vu quelque chose commencer à exister sans cause. Non. Et dans ce cas, la science et le bon sens sont depuis longtemps d'accord : tout ce qui commence à exister a effectivement une cause.

Et la deuxième prémisse ? "L'univers a commencé à exister."

Nous avons vu ci-dessus comment les découvertes scientifiques ont mis fin à l'idée que l'univers est infiniment vieux. Grâce à la théorie de la relativité générale d'Einstein, aux connaissances et aux observations fournies par Lemaître et Hubble, à la découverte du fond diffus cosmologique, ainsi qu'à d'autres preuves, nous pouvons raisonnablement conclure que l'univers a bel et bien commencé à exister. Comme l'a déclaré l'éminent cosmologue Alexander Vilenkin, "la preuve étant désormais faite, les cosmologues ne peuvent plus se cacher derrière la possibilité d'un univers passé-éternel. Il n'y a pas d'échappatoire : ils doivent affronter le problème d'un commencement cosmique."¹⁶ Il convient de noter que Vilenkin n'est pas religieux et qu'il a cherché des moyens d'éviter les implications théologiques du Big Bang. Il a fait preuve d'honnêteté en refusant de nier les évidences incontestables de l'existence d'un commencement cosmique.

Puisque les deux prémisses de l'argument cosmologique du Kalam sont correctes, nous pouvons sans risque tirer la conclusion : "Par conséquent, l'univers a une cause."

Alors, que pouvons-nous déduire de la cause de l'univers, de ce qui l'a fait naître ? Rappelez-vous que lorsque l'univers a commencé, l'espace et le temps de notre univers sont également apparus, puisqu'ils font aussi partie de la structure de notre univers comme le démontre la théorie générale de la relativité d'Einstein. Ainsi, la cause du commencement de l'univers doit transcender notre univers, exister au-delà des limites du temps, de la matière et de l'espace de notre univers. Et elle doit être assez puissante, bien sûr, pour provoquer l'apparition de l'univers tout entier.

La cause semble exiger une autre capacité importante : la capacité d'ajuster précisément.

Que les forces soient avec vous

Vous est-il déjà arrivé de faire une randonnée en forêt ? Si oui, il est plus que probable que vous vous soyez retrouvé dans un calme absolu, seul parmi les arbres. Il y avait peut-être des oiseaux qui chantaient et des écureuils qui

gambadaient. La forêt était si paisible qu'on aurait pu croire que la nature accomplissait cette tâche facilement. Mais en vérité l'immensité de la vie autour de vous était soutenue par les lois de la physique, réglées de telle manière que si elles variaient - ne serait-ce qu'un peu - ni vous ni la vie qui vous entoure ne pourraient exister.

Avec la naissance de notre univers, il y a quelque 13,8 milliards d'années, sont apparus non seulement la matière et l'énergie, mais aussi un remarquable ensemble de lois qui régissent le comportement de toutes choses. Ces lois, les constantes et les conditions initiales sont si délicatement équilibrées que de petits changements seraient catastrophiques pour la vie. En d'autres termes, elles semblent avoir été réglées avec une immense précision pour permettre l'existence de la vie. Cette prise de conscience a transformé la façon dont les scientifiques voient l'univers.¹⁷

L'univers est régi par quatre forces fondamentales : la gravité, l'électromagnétisme, la force nucléaire forte et la force nucléaire faible.¹⁸ De la plus grande à la plus petite échelle, ces forces régissent le comportement des objets physiques, et la force de chacune d'elles semble être finement calibrée pour permettre la possibilité de la vie dans l'univers.

Par exemple, si l'intensité de la force fondamentale de gravité était un peu plus forte, les étoiles brûleraient davantage, émettant beaucoup plus de photons stérilisants comme les rayons X et gamma, rendant la surface d'une planète comme la Terre inhabitable. Les étoiles brûleraient également beaucoup plus vite. "Les étoiles typiques se consumeraient en quelques années, et non en dizaines de milliards d'années," expliquent les cosmologues Geraint Lewis et Luke Barnes, ce qui signifie que notre soleil se consumerait trop rapidement, bien avant que la vie ait eu le temps d'apparaître et de se diversifier sur l'une de ses planètes.¹⁹

Et si la gravité était un peu plus faible ? Les étoiles pourraient ne pas se transformer en supernova, notent Lewis et Barnes, et même si l'une d'entre elles "déversait sa matière dans l'espace interstellaire, il s'agirait principalement d'éléments lourds tels que le silicium et le fer, plutôt que de l'oxygène et le carbone nécessaires à la vie."²⁰ Pas de carbone ni d'oxygène, pas de vie.

La force électromagnétique est également réglée avec précision. Lewis et Barnes présentent un calcul complexe de Fred Adams qui tient compte des paramètres de la gravité et de l'électromagnétisme. Lorsqu'il est transposé sur un graphique à deux axes, le résultat obtenu est une zone de stabilité en forme de triangle dans une large gamme de réglages conjoints qui donnent lieu à des étoiles instables. "Dans cette figure, expliquent les auteurs de *Fortunate Universe*, la zone des "étoiles stables" occupe moins d'une fraction sur 1035 de l'ensemble du graphique."²¹ En d'autres termes, les conditions de création d'étoiles stables sont au nombre d'un sur un trillion fois un trillion fois cent milliards. Quelle chance en effet !

Considérez aussi la force nucléaire forte. "Si nous augmentons l'intensité de la force nucléaire forte de seulement 0,4 %, les étoiles produisent une grande quantité de carbone, mais la création d'oxygène n'est plus possible," notent Lewis et Barnes. Et si nous allions dans l'autre sens ? "Diminuer l'intensité de la force forte d'un même 0,4 % à l'effet inverse : tout le carbone est rapidement transformé en oxygène, fournissant à l'univers beaucoup d'eau, mais le laissant dépourvu de carbone."²²

L'accent mis sur le carbone n'est pas arbitraire ou dû à un manque de volonté d'imaginer d'autres possibilités de vie. Absolument aucun autre élément ne semble capable de remplacer le carbone comme élément central de l'activité de traitement de l'information essentielle à toute vie. Grâce à la coopération de l'électromagnétisme et de la force nucléaire forte, il existe des niveaux d'énergie précis qui permettent aux atomes d'hélium de fusionner pour former du béryllium 8, puis du carbone. Si ces niveaux d'énergie ne coïncidaient pas, les particules se sépareraient avant d'avoir eu le temps de former du carbone.

Cette résonance parfaitement réglée du carbone a été prédite par Fred Hoyle. Après que sa prédiction se soit avérée exacte, il a déclaré : "Une interprétation rationnelle des faits suggère qu'un super-intellect a manipulé la physique, ainsi que la chimie et la biologie, et qu'il n'y a pas de forces anonymes dignes de ce nom dans la nature. Les chiffres que l'on calcule à partir des faits me paraissent si accablants qu'il semble n'y avoir aucun doute

possible.²³ Hoyle n'était pas religieux et a longtemps résisté aux évidences d'un commencement cosmique. Il est donc évident que ce sont les preuves scientifiques qui l'ont conduit à faire la remarque ci-dessus, et non une croyance religieuse.

Il ne s'agit que d'un aperçu rapide et partiel de la manière dont les forces fondamentales de la nature sont accordées pour permettre la vie dans l'univers.

Un univers comme une balle de golf est un univers viable

Autre élément qui a dû être réglé avec précision pour permettre la vie : la texture de l'univers au moment du Big Bang. Bizarre mais vrai.

Imaginez que vous tenez une balle de ping-pong. Soyez attentif à la douceur de la balle. Imaginez maintenant que vous tenez une balle de golf avec sa surface irrégulière et alvéolée. Enfin, imaginez que vous tenez une pierre rugueuse, de forme irrégulière. À sa création, l'univers avait une texture semblable à celle de la balle de golf, plutôt qu'à celle de la balle de ping-pong ou d'une roche de forme irrégulière. En d'autres termes, il n'était ni extrêmement lisse comme une balle de ping-pong, ni très irrégulier comme une roche anguleuse. Il était plutôt relativement uniforme, mais avec quelques variations, comme la surface d'une balle de golf alvéolée.

Et ce fût une bonne chose que notre univers en forme de balle de golf soit comme la bouillie de bébé ours que Boucle d'or a mangé, c'est à dire juste comme il faut. Si les creux dans la texture de l'univers primitif avaient été profonds au-delà d'une certaine limite étroite, il y aurait eu d'énormes poches de gravité. Les structures galactiques se seraient agglutinées les unes aux autres, ce qui aurait donné lieu à des collisions et des explosions mortelles pour la vie. Par ailleurs, si la texture de l'univers était lisse comme une balle de ping-pong, la force gravitationnelle aurait été trop faible pour former des galaxies et des planètes assez rapidement, ce qui aurait empêché la vie. La marge d'erreur est donc extrêmement faible. Pour que la vie soit possible dans l'univers, le degré d'uniformité - ni trop grand, ni trop peu - devait être réglé avec précision dans un éventail très restreint.²⁴

La meilleure boisson de l'univers

Ramenons la discussion sur l'ajustement précis plus près de nous. L'eau. La majeure partie de votre corps est constituée d'eau. La plupart de la surface de la Terre est recouverte d'eau. L'eau peut vous sembler ordinaire, mais c'est en fait l'un des composés les plus extraordinaires de l'univers, et son ensemble de propriétés inhabituelles est essentiel à la vie. Une histoire exceptionnelle d'un réglage spécialement conçu pour l'apparition de la vie. Michael Denton, auteur et biochimiste réputé, a résumé avec brio les nombreuses façons dont l'eau est particulièrement adaptée à la vie :

Ce fluide merveilleux est adapté à la vie sur Terre d'un nombre de façons absolument incroyable. Il est adapté à la formation des disques proto-planétaires, à la formation des planètes, à la formation des océans et à leur préservation ultérieure.

L'eau est particulièrement adaptée au cycle hydrologique, au cycle tectonique et à la régulation de la température du corps humain. Les propriétés de l'eau jouent un rôle essentiel dans la formation des grands courants océaniques, qui font circuler des nutriments cruciaux dans les océans du monde. Ces courants jouent un rôle clé dans la régulation et la modération de la température de la planète et dans le contrôle des niveaux de CO₂ dans l'atmosphère.

L'eau est parfaitement et uniquement apte à dissoudre les minéraux des roches, et ses grands pouvoirs de dissolution sont adaptés à la circulation des nutriments dans le sang et dans les océans. L'expansion de l'eau lors de la congélation et ses autres propriétés thermiques uniques préservent les grandes masses d'eau dans les hautes latitudes.

L'eau est idéale pour la bioénergétique dans la mesure où elle fournit les flux de protons qui jouent un rôle unique et primordial dans la production d'énergie cellulaire. La transparence de l'eau à la lumière est propice à la photosynthèse. L'eau n'est pas seulement

le fournisseur d'oxygène, elle est aussi particulièrement adaptée à son utilisation dans la respiration humaine.²⁵

Maintenant, quelqu'un pourrait dire : "Très bien, mais l'eau était inévitable, n'est-ce pas ? Avec toutes les différentes particules élémentaires qui se combinaient de tant de façons différentes pendant la période qui a suivi le Big Bang, n'était-il pas inévitable d'obtenir un composé comme l'eau, même si les lois et les constantes de l'univers étaient quelque peu différentes ? Non, en fait non. Encore une fois, si vous pensez aux forces fondamentales de la nature, si vous modifiez ne serait-ce qu'un peu certaines d'entre elles, vous n'obtenez pas d'oxygène. Vous n'obtenez même pas d'éléments plus lourds que l'hydrogène et l'hélium à l'extérieur des étoiles sans que plusieurs choses ne soient parfaites. Et on ne peut rien obtenir qui ne ressemble ni de près ni de loin à de l'eau à partir d'éléments aussi simples que l'hydrogène et l'hélium. De plus, même si un univers dont les forces fondamentales sont légèrement différentes, parvenait à produire une version de H₂O, comment pourrait-il être modifié de façon cruciale si la force nucléaire forte ou faible, ou la force électromagnétique, diffère légèrement ? Une ou plusieurs des propriétés uniques de l'eau, essentielles à la vie, seraient probablement modifiées, gâchant ainsi la recette de la vie.

Un réglage précis +

On pourrait facilement remplir un livre entier d'exemples montrant que notre univers est bien réglé précisément pour permettre l'apparition de la vie. Il existe des livres qui font exactement cela.²⁶ Ce que vous avez ci-dessus n'est qu'un bref échantillon. Mais même ce survol rapide nous pousse à nous poser la question suivante : Qu'est-ce qui a provoqué ce réglage précis de l'univers ?

C'est comme si vous étiez un explorateur de l'espace et que, après avoir atterri sur Mars, vous découvriez une pièce souterraine équipée d'un système de contrôle de la température comportant des dizaines de boutons, et que chacun d'entre eux étaient réglés sur la bonne position pour vous permettre de vivre pendant plusieurs jours dans la pièce : réglage de la bonne température,

du bon mélange de gaz dans l'air, de la bonne pression atmosphérique, etc. Les lois et les constantes de l'univers sont réglées à un degré bien plus élevé que cela pour permettre la vie.

Ce réglage précis ne suffit pas à lui seul pour rendre la vie possible, pas plus que l'hypothétique salle souterraine sur Mars ne suffirait à elle seule. Outre les nombreux paramètres précisément réglés de l'univers, la vie nécessite également une multitude d'autres paramètres ajustés précisément que nous trouvons réunis dans notre emplacement particulier dans l'univers, la planète Terre. Une telle précision à plusieurs niveaux suggère une planification et un objectif. Comme l'a dit le regretté et grand physicien théoricien de Princeton Freeman Dyson, "Plus j'examine l'univers et étudie les détails de son architecture, plus je trouve des preuves que l'univers, dans un certain sens, devait savoir que nous allions venir."²⁷

Un désordre multivers

Il existe de nombreux autres exemples bien établis de réglages précis²⁸ dans l'univers largement acceptés, y compris par les chercheurs qui s'opposent au dessein intelligent. Après avoir couvert dans ce premier chapitre comment la gravité est en équilibre sur le fil du rasoir, la relation délicate entre l'électromagnétisme et la force nucléaire forte, la texture de l'univers au moment du Big Bang et les propriétés étonnantes de l'eau, nous voyons que les paramètres requis pour la vie dans l'univers sont hautement improbables. Pourtant, malgré les preuves d'une planification et d'une volonté, certaines personnes continuent à affirmer que nous sommes ici par accident, quelles que soient les probabilités.

Si vous étiez confronté à une situation dans laquelle la probabilité de succès n'était pas en votre faveur, que feriez-vous pour garantir votre succès ? Comment augmenteriez-vous les probabilités pour qu'elles soient en votre faveur ? Face à la réalité des paramètres délicatement réglés de notre univers, ainsi qu'à une remarquable planète hôte très accueillante, certains scientifiques ont essayé de changer l'équation en proposant que notre univers et notre planète hospitalière fussent en réalité inévitables. Ils le font en

proposant l'existence d'univers multiples, ou ce que l'on appelle souvent le "multivers."

L'hypothèse du multivers propose qu'il existe de nombreux univers en dehors du nôtre, chacun étant réglé différemment. Ainsi, par exemple, dans l'un d'entre eux, la force de la gravité pourrait être dix fois supérieure à celle du nôtre ; dans un autre, la gravité pourrait être beaucoup plus faible. Et ainsi de suite avec les divers autres paramètres. Ensuite, si le nombre de ces univers est astronomiquement élevé, voire infini, la probabilité qu'au moins un univers existe avec tous les paramètres nécessaires à la vie est probable, et nous avons la chance de nous y trouver.²⁹ En fait, il fallait s'attendre à ce qu'on se trouve dans un tel univers, sinon nous ne serions pas là pour constater notre chance. D'une manière ou d'une autre, un groupe de scientifiques a réussi à transformer l'univers à faible probabilité et spécialement réglé en un univers hautement probable. Mais l'ont-ils réellement fait ?

La première chose à noter est qu'il n'existe aucune preuve empirique et vérifiable de l'existence réelle de ces autres univers. Même si ces univers multiples existaient, comment pourrions-nous le savoir ? Il n'existe aucun moyen connu de déterminer si ces univers existent, puisque nous sommes limités à l'observation de ce qui se trouve dans notre univers. Ainsi, le multivers n'est guère plus qu'une idée hypothétique. Un physicien théoricien de renom a comparé l'idée d'autres univers avec des constantes différentes aux lutins et aux licornes.³⁰

En outre, il faut se demander ce qui crée ce nombre massif d'univers. Il faudrait qu'il y ait une sorte de mécanisme de génération d'univers. La notion la plus courante de multivers s'appelle le "paysage cosmique," basé sur une combinaison de la théorie des cordes et de l'inflation infinie.³¹ Le paysage cosmique suggère qu'il existe une infinité d'univers isolés comme des îles générées par une sorte de "mégavers," chaque univers isolé contenant différentes lois et constantes physiques de niveau supérieur.³² Le seul problème est que ce "mégavers" nécessite lui-même un réglage précis pour fonctionner.³³ Pour tenter d'éliminer le problème du réglage, ils l'ont simplement déplacé de notre univers observable vers un hypothétique

multivers inobservable.

Dans "A Brief History of the Multiverse," le physicien Paul Davies fait l'observation suivante concernant l'hypothèse du multivers :

Dans quelle mesure pouvons-nous prendre au sérieux cette explication de la générosité de la nature ? Pas vraiment, je pense. Tout d'abord, comment vérifier l'existence des autres univers ? Certes, tous les cosmologues admettent que certaines régions de l'univers sont hors de portée de nos télescopes, mais quelque part sur la pente savonneuse entre cette hypothèse et celle d'un nombre infini d'univers, la crédibilité atteint une limite. Au fur et à mesure que l'on glisse sur cette pente, on doit accepter de plus en plus de choses aveuglément, et de moins en moins de choses peuvent être vérifiées scientifiquement.

Les explications extrêmes du multivers font donc penser à des discussions théologiques. En effet, invoquer une infinité d'univers invisibles pour expliquer les caractéristiques inhabituelles de celui que nous voyons est tout aussi ad hoc que d'invoquer un Créateur invisible. La théorie des multivers peut être habillée d'un langage scientifique, mais elle exige essentiellement le même acte de foi.³⁴

Davies a en partie raison, mais aussi en partie tort, à mon avis. L'hypothèse du multivers est en effet ad hoc, un acte de foi qui ne s'appuie sur aucune preuve tangible. Mais qu'en est-il de l'hypothèse alternative, un concepteur et un fabricant de la matière, de l'énergie, de l'espace, du temps et des lois délicatement ajustées de notre univers ? Sur la base de notre expérience uniforme, il n'y a qu'un seul type de cause capable de tailler et d'arranger des pièces de manière sophistiquée : un agent intelligent. Nous voyons des personnes faire cela tout le temps, produire des codes logiciels et des voitures, des avions, des drones et des satellites, des cafetières et des calculatrices ; et la liste pourrait encore s'allonger. Et nous ne trouvons jamais d'autres types de causes qui le font. L'ajustement précis de l'univers lors du Big Bang est un exemple de pièces conçues et arrangées pour remplir un objectif.

La déduction d'une intelligence créatrice pour le réglage précis de l'univers n'est donc pas ad hoc. Il s'agit d'une déduction vers la meilleure explication, un mode de raisonnement qui a fait ses preuves dans les sciences historiques.

Révision : À votre tour

1. Pourquoi Einstein a-t-il changé son équation ?
2. Pourquoi a-t-il fini par dire que c'était la plus grosse gaffe de sa vie ?
3. Qui était Edwin Hubble et qu'a-t-il découvert à l'observatoire du Mont Wilson en Californie ?
4. Que se passerait-il si la gravité était un peu plus forte qu'elle ne l'est ? Si elle était un peu plus faible ?
5. Pourquoi les scientifiques pensent-ils que l'univers est bien réglé pour accueillir la vie ?
6. L'espace, le temps, la matière et l'énergie de notre univers précisément réglé ont eu un commencement. Quelque chose a provoqué la création de l'univers. Quelles sont les caractéristiques que nous pouvons déduire de la cause de cet événement de création cosmique ?
7. Comment l'idée du multivers est-elle utilisée pour expliquer le réglage précis de l'univers ? Quels problèmes l'explication du multivers pose-t-elle ?



2

L'information et l'origine de la vie

Eric H. Anderson

Nous avons vu dans le chapitre précédent comment une série de découvertes scientifiques au XXème siècle a fortement remis en question l'idée d'un univers éternel. Notre cosmos a bel et bien eu un début. Et à un moment donné, la vie ici sur terre a aussi eu un début. Comment cela s'est-il produit ? Y a-t-il des raisons de penser que l'apparition de la vie était planifiée et intentionnelle, ou n'était-ce qu'une pure coïncidence, le résultat inespéré d'un hasard cosmique ?

Dans le dernier épisode de la série Star Trek : La Nouvelle Génération, l'immortel et presque omnipotent Q donne au capitaine Picard l'occasion unique d'assister à l'origine de la vie sur Terre. Picard se retrouve soudain dans un paysage chaotique, parsemé de coulées de lave et de volcans. La Terre est sombre, sinistre et totalement dépourvue de vie. Alors que Picard se remet de son soudain saut dans le temps et observe son environnement, Q lui montre avec enthousiasme une mare huileuse de produits chimiques près d'une cheminée volcanique.¹

Q dit "Viens ici, il y a quelque chose que je veux te montrer. Tu vois ça ? C'est toi."

Picard jette un regard sceptique à Q.

"Je suis très sérieux ! Juste ici," insiste Q, en regardant attentivement la boue chimique. "La vie est sur le point de se former sur cette planète pour la toute première fois. Un groupe d'acides aminés est sur le point de se combiner pour former la première protéine et les éléments constituant ce que vous appelez la vie."

Puis, avec un sourire en coin, Q dit sur la banalité de l'humanité : "C'est étrange, n'est-ce pas ? Tout ce que vous savez, toute votre civilisation, tout a commencé ici, dans cette petite mare de matière gluante."

Cet échange mémorable entre Q voyageant dans le temps et le capitaine de l'Enterprise est bien sûr une œuvre de fiction. Mais il reflète plus ou moins

fidèlement une idée que l'on trouve dans les manuels universitaires et les articles scientifiques actuels. Cette idée est la suivante : *Si les conditions sont réunies, des molécules non vivantes peuvent donner naissance aux éléments constitutifs de la vie et, finalement, à la vie elle-même. Puis, à un moment donné, sur la Terre primitive, les conditions étaient idéales, et voilà ! C'est arrivé. Ensuite, c'est à partir de cette première forme de vie simple qu'a évolué toute la vie que nous trouvons aujourd'hui sur Terre, nous y compris. Nous sommes les descendants de ce premier organisme modeste dans cette soupe chimique.*

Mais cette idée résiste-t-elle à la critique ? Qu'est-ce que les résultats les plus récents suggèrent au sujet de ce scénario de "soupe primordiale" ?

Nous nous intéresserons ici à la première partie de cette histoire. C'est-à-dire que l'on prétend que la vie est apparue par des processus purement naturels, sans aucune direction, intervention ou acteur créatif intelligent. On prétend que des molécules non vivantes, sans aucune aide - par le biais de rien d'autre que les lois de la physique, de la chimie, de la distribution aléatoire des molécules et des réactions chimiques - se sont assemblées pour former les éléments constitutifs de la vie, et finalement la vie elle-même. Il s'agit d'une idée connue sous le nom d'abiogenèse.

Une affirmation est considérée comme étant scientifique si nous pouvons la soumettre à un examen minutieux, à des tests et à des analyses. Bien entendu, nous ne pouvons pas voyager dans le temps comme Q et le capitaine Picard pour assister à l'origine de la vie sur Terre. Nous ne pouvons donc jamais vérifier par l'observation directe l'affirmation selon laquelle, par des processus purement naturels, de la matière chimique non vivante s'est transformée en matière chimique organique et finalement en un organisme vivant sur la Terre primitive. Mais remarquez que notre capacité à enquêter sur toute affirmation concernant des événements historiques lointains est limitée, qu'il s'agisse d'études sur l'origine de la vie, de paléontologie, d'archéologie ou de médecine légale. Au lieu de cela, nous examinons l'affirmation à la lumière des connaissances et de l'expérience dont nous disposons, et nous déduisons les causes passées à partir des indices actuels. Dans le cas de l'origine de

la vie, les enquêteurs peuvent essayer de recréer les conditions de la Terre primitive en laboratoire. Nous pouvons exécuter de nombreux scénarios avec différents constituants chimiques. Nous pouvons utiliser nos connaissances en chimie et en physique pour déterminer quels types de réactions seraient réellement nécessaires pour produire quelque chose comme la "première protéine" de Q. Nous pouvons observer les conditions minimales nécessaires à la création de la vie. Nous pouvons observer les exigences minimales de l'organisme autoreproducteur le plus simple vivant aujourd'hui et évaluer de manière logique si des formes de vie plus simples sont possibles. Nous pouvons analyser les nombreux défis auxquels est confrontée une théorie sur une origine purement naturelle de la vie et tirer des conclusions raisonnables quant à la probabilité de véracité de cette hypothèse.

Alerte à la présomption

Avant d'examiner les aspects scientifiques, il y a une chose dont nous devons être conscients. En plus de l'idée scientifique de l'abiogenèse et de toutes les preuves rassemblées en sa faveur, il existe une idée ou une hypothèse qui se cache souvent derrière l'affirmation de l'abiogenèse. La voici en résumé : *Même si notre compréhension actuelle de l'origine de la vie est imprécise et incomplète, une sorte de processus purement naturel doit avoir généré la première vie. Avant même d'examiner les preuves, cela doit être vrai. La seule question est de savoir quel était précisément ce processus naturel.*

Il est crucial d'être conscient de cette hypothèse de travail, d'être capable de la repérer lorsqu'elle se cache en toile de fond, et de la reconnaître comme telle. Si nous voulons nous poser la question de savoir si la vie est apparue par hasard, sans aide, si nous voulons voir ce que les preuves physiques essaient de nous dire, alors nous devons mettre de côté cette présomption. S'accrocher à cette présomption tout en cherchant à étudier si la vie est apparue par des processus purement naturels et non guidés, revient à essayer de déterminer si l'incendie d'une maison est d'origine criminelle ou non, tout en refusant d'envisager la possibilité qu'il soit d'origine criminelle.

La remarque peut sembler si évidente qu'il devrait être inutile de le préciser, pourtant, de nombreux scientifiques spécialistes de l'origine de la vie insistent pour ne considérer que des causes naturelles non intentionnelles pour l'origine de la première vie. Lorsque l'on conteste leur théorie avec des preuves contraires, ils insistent sur le fait qu'ils ne considéreront rien d'autre que des causes purement naturelles, car ce ne serait pas de la science. Alors qu'ils insistent sur le fait qu'ils ne font que suivre les preuves, sans aucune contrainte, ils excluent en fait toute autre explication possible avant même d'examiner les preuves.



Figure 2.1. Conception artistique d'un paysage primordial avec un bombardement cométaire et une soupe chimique prébiotique au premier plan.

Il vaut mieux se demander : que suggèrent les preuves ? Non pas des faits sélectionnés pour étayer une position philosophique, mais l'ensemble des preuves, les dernières et les meilleures données scientifiques dont nous disposons sur le sujet, analysées aussi soigneusement et objectivement que possible. Ce type de science rigoureuse et objective nous apprend-il quelque chose sur l'origine de la vie ?

La vie, une apparition spontanée ?

Des premiers philosophes aux observateurs de la nature, des Babyloniens aux Grecs antiques, en passant par les grandes civilisations chinoises et indiennes, tous se sont interrogés sur l'origine des organismes vivants. Comment se fait-il que les asticots semblent apparaître spontanément dans un cadavre, ou les vers sur la rive boueuse d'une rivière, ou même les souris dans un tonneau de blé ? Comme les premiers observateurs ne disposaient pas de microscopes puissants et d'autres équipements de détection sophistiqués, ni de la forte tradition de la science fondée sur l'expérimentation que nous considérons comme acquise aujourd'hui, ils ne pouvaient que deviner. Il semblait que ces créatures étaient apparues spontanément.

Il y avait une certaine logique à cela. Certaines observations simples semblaient même étayer cette idée : réunissez les bonnes conditions, comme le cadavre, la boue ou le grain, ajoutez-y le temps et la température adéquats et vous ne manquerez pas d'observer des asticots, des vers et des souris. Il était facile de constater cette observation et d'arriver à la conclusion que de telles créatures apparaissaient spontanément dans les bonnes conditions. Par conséquent, pendant des siècles, cette idée de génération spontanée a été acceptée comme la réponse à l'origine de nombreuses formes de vie.

Même après l'invention du microscope, l'idée a perduré. Mais ses jours étaient comptés.

Bien qu'il ne soit pas le seul à avoir émis des réserves, on attribue souvent au grand microbiologiste français Louis Pasteur (1822-1895) l'approche expérimentale rigoureuse qui a finalement porté le coup de grâce à l'idée de génération spontanée. À une époque où de nombreux scientifiques acceptaient encore l'idée de la génération spontanée, Pasteur a réalisé plusieurs expériences avec des récipients et des liquides stérilisés, démontrant que, lorsque ces expériences étaient réalisées avec soin, aucun organisme vivant n'apparaissait. Pasteur aurait déclaré plus tard : "Jamais la doctrine de la génération spontanée ne se remettra du coup mortel porté par cette simple expérience. Il n'existe aucune circonstance connue dans laquelle

on puisse confirmer que des êtres microscopiques sont venus au monde... sans parents semblables à eux-même."²

Dans le *Journal of Applied Microbiology* sur les expériences de Pasteur, Maxime Schwartz a proposé la réflexion suivante :

Par une méthodologie expérimentale extrêmement minutieuse, il a démontré que l'apparition de micro-organismes dans un milieu pré-stérilisé pouvait toujours être expliquée par des germes venant de l'extérieur. Il a ainsi réussi à discréditer toute base expérimentale à la théorie de la génération spontanée.

Sur le plan philosophique, les répercussions ont été retentissantes. L'apparition de la vie n'était décidément pas un phénomène prévisible, se produisant régulièrement dans tout milieu fermentable. La question de l'origine de la vie était dès lors clairement posée - et elle l'est toujours aujourd'hui.³

En d'autres termes, si, comme l'a montré Pasteur, les organismes vivants ne proviennent normalement que d'autres organismes vivants, d'où vient donc le premier organisme ?

Une rose sous un autre nom

Avec le recul, nous pourrions être tentés de penser que nos ancêtres étaient naïfs et même stupides. Comment ont-ils pu croire à la génération spontanée pendant tant de siècles ? Après tout, chaque petit enfant sait aujourd'hui que les souris ne surgissent pas du blé, les vers de la boue ou les asticots de la viande pourrie. Au contraire, ces créatures proviennent d'organismes parents. Nous sommes, à juste titre, fiers des grands progrès scientifiques réalisés, en particulier au cours des derniers siècles, et nous avons du mal à comprendre comment quelqu'un pourrait ne pas comprendre ce que nous considérons aujourd'hui comme acquis.

Pourtant, si l'on s'éloigne des exemples spécifiques tels que les asticots, les vers et les souris et que l'on examine plus largement le principe sous-jacent de la génération spontanée, force est de constater qu'un peu plus d'humilité

est de mise. De même que nos ancêtres se sont trompés sur la création spontanée, est-il possible que les affirmations actuelles sur l'abiogénèse doivent elles aussi faire l'objet d'un examen minutieux ?

Bien sûr, les partisans actuels de l'abiogénèse ne croient pas à la génération spontanée telle qu'elle était comprise il y a longtemps. Pourtant, bien que l'idée de la vie découlant de la non-vie ait été complètement discréditée par Pasteur et d'autres chercheurs en ce qui concerne les organismes vivants que nous observons autour de nous aujourd'hui, qu'en est-il du début de la vie, du premier organisme ? Même si la vie ne peut surgir spontanément, facilement ou souvent, peut-être pourrait-elle apparaître au moins une fois, dans des conditions encore plus particulières ? L'histoire moderne de l'abiogénèse repousse la formation de la vie à partir de la non-vie à un événement unique remarquablement aléatoire dans un passé lointain, mais le principe de base demeure : si les conditions sont justes, la matière non vivante peut se transformer en organisme vivant.

Entrez dans le petit étang chaud de Darwin

En 1859, cinq ans à peine avant que Louis Pasteur ne rejette l'idée de la génération spontanée lors d'une conférence scientifique, un autre Européen, Charles Darwin, publie *L'Origine des espèces*, un formidable ouvrage qui fera date en biologie.

Dans son livre, Darwin n'a pas tenté de traiter de l'origine de la vie. Il a simplement supposé l'existence d'un ou de plusieurs organismes originaux qui se reproduisent d'eux-mêmes, et a construit sa théorie de l'évolution à partir de là. Dans les éditions ultérieures, il mentionne le "Créateur" comme source possible du ou des premiers organismes vivants, mais il a apparemment gardé l'espoir d'une source purement naturaliste pour l'origine de la première vie. En effet, même après que Pasteur ait prouvé que la génération spontanée ne se produisait pas, Darwin a offert en privé une explication de l'origine de la vie qui n'impliquait pas de créateur.

"Comment peut-on expliquer l'absence de tout être vivant dans l'expérience de Pasteur ?" demanda Darwin à son ami Joseph Hooker dans

une lettre en 1871. Darwin poursuit en spéculant : "On dit souvent que toutes les conditions qui auraient été nécessaires pour la première création d'un organisme vivant sont maintenant établies. Mais si (et ce serait une grosse découverte si) nous pouvions concevoir que dans un petit étang chaud avec toutes sortes de sels ammoniacaux & phosphoriques, - avec la présence de lumière, chaleur, électricité, etc, qu'un composé protéique s'était formé chimiquement, prêt à subir des changements encore plus complexes..."⁴

Darwin a immédiatement reconnu que dans l'environnement naturel actuel, un tel "composé protéique" serait "instantanément dévoré ou absorbé." Est-il possible que les choses n'aient pas toujours été ainsi ? Il pensait que peut-être avant l'existence des êtres vivants, avant que la vie ne se forme sur la Terre primitive, un composé protéique aurait pu survivre et continuer à évoluer, subissant, comme le suggérait Darwin, "des changements encore plus complexes."

Remarquez que Darwin ne proposait pas que la vie puisse facilement naître de la matière non vivante, ou que le processus se produise souvent. Il se demandait plutôt ce qui se passerait si, peut-être dans les bonnes conditions, un précurseur de la vie pouvait naître de substances chimiques non vivantes. Et si tel était le cas, ce précurseur ne pourrait-il pas finalement donner naissance à un organisme vivant ?

Darwin n'était pas le seul à s'interroger sur la possibilité de produits chimiques s'assemblant à l'aveuglette pour former un organisme vivant. Dans les décennies qui ont suivi, des efforts considérables ont été déployés pour tenter d'étoffer cette idée et de lui apporter un soutien expérimental.

De la soupe chimique, ça vous dit ?

Au début des années 1920, le célèbre biochimiste russe Alexandre Oparin a proposé qu'une série d'étapes biochimiques a conduit à l'émergence de la vie sur Terre. Oparin croyait que des molécules organiques simples pouvaient se former sur la Terre primitive dans une atmosphère contenant du méthane, de l'ammoniac, de l'hydrogène et de la vapeur d'eau, mais dans laquelle - contrairement à notre atmosphère actuelle - l'oxygène était absent ou

considérablement réduit, empêchant l'oxydation d'autres produits chimiques dans l'environnement (une telle atmosphère privée d'oxygène est appelée atmosphère réductrice). Oparin a supposé qu'après que ces molécules organiques simples se soient formées dans de telles conditions, elles réagiraient occasionnellement pour former des molécules plus complexes, développant de nouvelles propriétés et se transformant finalement en un organisme vivant.⁵

Peu après, le généticien britannique J. B. S. Haldane a proposé que l'océan primitif de la Terre primitive ressemblait à une "soupe diluée chaude" dans laquelle des composés organiques simples auraient pu se former.⁶ Comme Oparin, et Darwin avant lui, Haldane pensait que les composés simples réagiraient avec d'autres, formant des composés plus complexes, puis les composants des cellules vivantes, et finalement un organisme vivant.

Bien que leurs idées aient été initialement rejetées par de nombreux scientifiques, les suggestions d'Oparin et Haldane selon lesquelles la vie a commencé sur Terre par une sorte "d'évolution chimique" ont gagné du terrain. Certains scientifiques sont restés sceptiques, mais pour beaucoup, il semblait que ce n'était qu'une question de temps avant que ce scénario ne soit confirmé. Après tout, si Darwin avait montré que toute la merveilleuse complexité et la diversité des formes de vie sur notre planète pouvaient évoluer à partir d'un premier organisme simple - par le biais d'un processus de sélection naturelle guidé par des variations aléatoires sans qu'aucune intelligence directrice ne soit nécessaire - alors peut-être que ce premier organisme vivant pouvait également être expliqué comme le résultat d'un processus purement naturel. Peut-être la nature elle-même était le créateur, produisant à partir des éléments chimiques les plus simples des éléments constitutifs de la vie et, finalement, la vie elle-même.

Cette possibilité a continué de fasciner les biochimistes de l'époque. Pourtant, si la théorie semblait bonne, il fallait encore des preuves expérimentales tangibles. C'est là qu'interviennent Stanley Miller et Harold Urey.

Un voyage personnel

Lorsque j'ai pris connaissance des célèbres expériences réalisées par Stanley Miller et Harold Urey à l'Université de Chicago,⁷ j'ai été impressionné par la formation d'acides aminés à partir de rien d'autre que de simples composés et d'un peu d'électricité. Des acides aminés qui d'après les partisans de l'abiogenèse, auraient pu s'assembler pour former des protéines simples, pour former par la suite des molécules organiques plus complexes et finalement la vie, tout comme Q l'a dit au capitaine Picard et comme Darwin l'avait envisagé.

Que s'est-il réellement passé ? Plutôt que d'accepter ce que l'on me disait, j'ai décidé de le découvrir par moi-même. En lisant des articles sur l'origine de la vie et en suivant les débats souvent très animés sur la question de savoir si des réactions chimiques spontanées pouvaient produire la vie, je me suis demandé pourquoi il y avait encore tant de débats si Miller et Urey avaient montré que la vie, ou du moins les éléments constitutifs de la vie, pouvaient naître d'un processus purement naturel.

De plus, l'éminent scientifique George Gaylord Simpson avait noté, il y a soixante ans, que "lors d'une récente réunion à Chicago, un panel international d'experts de renom a été interrogé et tous ont indiqué que la production expérimentale de la vie en laboratoire était imminente."⁸ Donc, si près de 70 ans auparavant, Miller et Urey avaient fait une telle percée, et si au début de la décennie suivante, en 1960, le groupe d'experts influents affirmaient avec assurance que la confirmation en laboratoire de l'origine purement naturelle de la vie était à portée de main, que restait-il à débattre après toutes ces décennies?

Il m'est venu à l'esprit que le débat avait peut-être fait rage parce que certaines personnes pensaient que les récits naturalistes sur les origines entraient en conflit avec leurs convictions religieuses, philosophiques, voire personnelles sur la création intentionnelle. Peut-être que les chercheurs ont conclu l'affaire il y a des dizaines d'années et que les croyants ne voulaient tout simplement pas voir la vérité en face. Pourtant, en effectuant des recherches

sur le sujet, j'ai découvert que nombre de scientifiques et d'auteurs, qui critiquaient l'expérience Miller-Urey, posaient des questions fondées non pas sur un quelconque point de vue religieux, mais sur la science. En effet, l'un d'entre eux, Dean Kenyon, avait été l'un des principaux partisans d'une origine naturelle de la vie, et avait littéralement écrit tout un livre sur le sujet - ou, pour être plus précis, avait co-écrit un manuel de référence sur l'origine de la vie, *Biochemical Predestination*.⁹

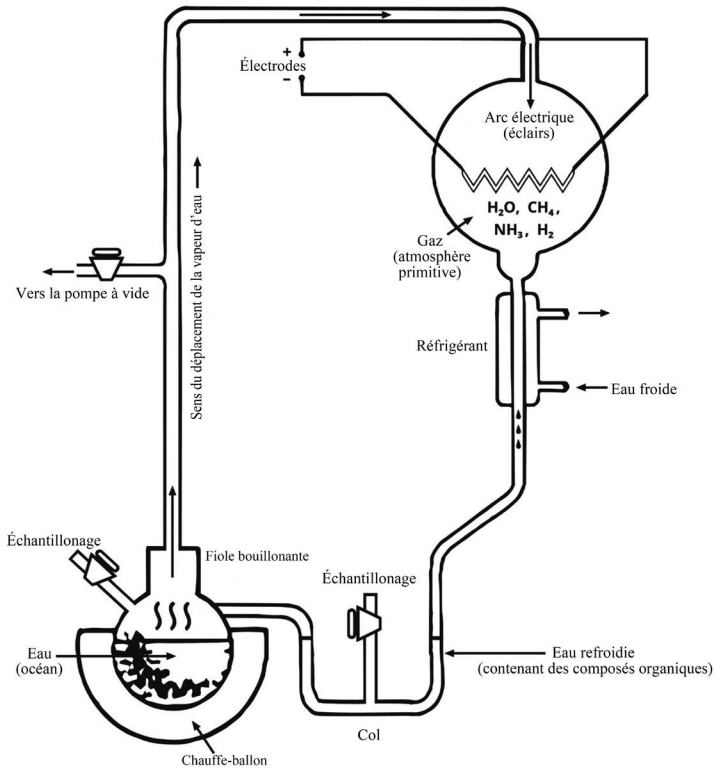


Figure 2.2. Schéma de l'installation utilisée dans les célèbres expériences de Miller-Urey.

Personnellement, l'histoire de l'abiogénèse ne me concernait pas d'un point de vue philosophique ou religieux, mais il y avait quelque chose de

louche. Plus je faisais de recherches, plus cela semblait louche.

Il est certain que Miller et Urey ont effectué un travail scientifique remarquable et ont créé une expérience très ingénieuse. Ils étaient à la pointe de la recherche au début des années 1950. Grâce à leur travail acharné et à leurs efforts dévoués, nous avons appris des choses nouvelles et importantes sur le comportement des produits chimiques non vivants et sur la formation de certains composés organiques. Une enquête plus poussée m'a toutefois révélé que l'idée selon laquelle l'expérience désormais iconique de Miller-Urey nous indique une origine purement naturelle de la vie - une idée principalement défendue par des personnes autres que Miller et Urey - est tout simplement fausse.

Au cours des décennies qui ont suivi, presque tous les aspects de l'expérience Miller-Urey ont été remis en question. Elle nous a appris des choses intéressantes, mais elle est loin d'avoir reproduit un processus d'évolution chimique spontané ou même les conditions clés susceptibles d'avoir influencées la Terre primitive. Les observateurs avertis ont remis en question la pertinence des résultats de Miller-Urey sur l'origine de la vie sur la Terre primitive: l'atmosphère réductrice utilisée lors de l'expérience,¹⁰ la nécessité de disposer de la bonne quantité d'énergie,¹¹ l'isolation minutieuse des produits chimiques sensibles des réactions croisées défavorables¹² et l'environnement protecteur dans lequel les réactions ont eu lieu.¹³ Pourtant, l'expérience de Miller-Urey est encore présentée dans de nombreux manuels de lycée et d'université comme la preuve que la formation des substances chimiques nécessaires à la vie sur la Terre primitive n'est plus un problème majeur et a été largement résolue.¹⁴ Rien ne pourrait être plus éloigné de la vérité.

Et cela ne représente que la moitié de la problématique de l'abiogénèse.

Flash dans une fiole

Même si nous acceptons comme parole d'évangile le récit inexact de l'expérience Miller-Urey, nous ne serions pas prêts à conclure qu'elle a vraiment montré la voie vers une origine naturaliste de la vie. En effet, à la

fin de leur expérience soigneusement contrôlée, intelligemment conçue et guidée, ils étaient encore à des années-lumière d'obtenir un organisme vivant simple.

L'histoire globale de l'abiogenèse présente tellement de problèmes supplémentaires qu'il est difficile de savoir par où commencer. Les chercheurs ont identifié plus d'une douzaine de problèmes graves concernant le scénario de l'abiogenèse. La majorité d'entre eux, même pris séparément, réfutent l'idée de l'abiogenèse. Pris ensemble, ils constituent une critique dévastatrice de l'explication purement naturelle de l'origine de la vie. En 1982, le chimiste organique et biologiste moléculaire A. G. Cairns-Smith a soulevé plusieurs objections contre les expériences de simulation typiques de "l'origine de la vie."¹⁵ Peu après, le chimiste Charles Thaxton, le géochimiste Roger Olsen et le spécialiste en sciences des matériaux Walter Bradley ont formulé une critique rigoureuse des nombreuses propositions et spéculations sur l'origine de la vie, évoquant une "crise de la chimie des origines" et observant que "le flux d'énergie non dirigé à travers une atmosphère et un océan primordiaux est actuellement une explication terriblement inadéquate de l'incroyable complexité associée aux systèmes vivants, même simples, et qu'il est probablement faux." Ils poursuivent en concluant que "des doutes raisonnables existent quant à savoir si des produits chimiques simples sur une terre primitive ont spontanément évolué (ou se sont organisés) vers la première vie."¹⁶

La situation ne s'est depuis lors pas améliorée. Bien au contraire. Chaque nouvelle piste de recherche semble engendrer de nouvelles interrogations et de nouveaux défis pour l'histoire de l'abiogenèse. Les idées des chercheurs sur l'abiogenèse sont régulièrement rejetées par d'autres chercheurs sur l'origine de la vie, qui proposent ensuite leurs propres pistes, tout aussi inadéquates.

Un article publié récemment en 2019 examine plusieurs propositions pour l'origine de la vie, notamment la "petite mare chaude" de Darwin, les sources chaudes, l'espace et (une suggestion populaire de nos jours) les cheminées hydrothermales en eaux profondes. Les chercheurs concluent qu'aucun de ces lieux n'est en mesure de satisfaire les exigences de l'abiogenèse,

et proposent à la place un système de geysers "alimenté par un réacteur nucléaire naturel."¹⁷ Dans un récent article de synthèse sur la recherche sur l'origine de la vie, l'astrobiologiste et physicienne théorique Sara Walker salue les efforts déployés à ce jour dans la recherche sur l'origine de la vie, mais elle reconnaît que "nous n'avons pas encore pu répondre à la question de savoir comment la vie est apparue."

Walker semble inébranlable dans sa conviction que la première vie sur terre est apparue de manière naturelle, mais après avoir examiné les problèmes que soulèvent les nombreuses tentatives actuelles pour expliquer l'origine de la vie, elle conclut que "de nouvelles approches... sont peut-être nécessaires" et espère une "nouvelle théorie de la physique" qui puisse aider à combler le fossé. Walker fait remarquer que la tâche consistant à comprendre comment la vie est apparue à partir de causes purement naturelles pourrait être aussi difficile que "d'unifier la relativité générale et la théorie quantique" et suggère que la résolution de l'énigme de nos origines ne pourrait intervenir que "si nous avons la chance de tomber sur [une] nouvelle compréhension fondamentale de la vie."¹⁸

Ainsi, l'enthousiasme suscité par l'expérience de Miller-Urey a été calmé par la réalité, une réalité qui nous laisse encore de quoi réfléchir. Dans le reste de ce chapitre et dans le suivant, nous n'examinerons que deux des problèmes clés de l'histoire moderne de l'abiogenèse : le besoin d'informations biologiques et le défi de l'auto-réplication.

Plus d'informations, s'il vous plaît

Le début des années 1980 a été une période de grande effervescence dans le monde de l'informatique. Quelques années auparavant, la société Apple Computer Company avait été fondée par Steve Jobs, Steve Wozniak et Ronald Wayne, donnant le coup d'envoi de la révolution des ordinateurs personnels peu coûteux qui commençaient à se frayer un chemin chez les amateurs, les clubs informatiques et quelques familles. La popularité d'Apple avait explosé avec l'introduction de l'Apple II en 1977. Plusieurs autres fabricants avaient également commencé à développer et à vendre des ordinateurs directement

aux consommateurs, avec des noms comme Altair, Texas Instruments, TRS-80, Sinclair, Atari, Commodore, et bien d'autres.

Mon père était ingénieur de formation et s'intéressait de près à ce nouveau développement de l'informatique pour usage personnel. Dès que les circonstances et le budget familial le lui permirent, il nous fit monter, mes trois frères et moi, dans la voiture tôt un samedi matin pour un trajet de huit heures jusqu'à un salon de l'informatique où nous avons examiné les nouvelles offres passionnantes de ce jeune secteur. Malgré notre épuisement dû à une journée bien remplie, nous avons parlé avec enthousiasme pendant tout le trajet du retour de la nouvelle technologie que nous avons vue.

Mon père ne roulait certainement pas sur l'or, mais il avait effectué ses propres recherches et il était déterminé à dépenser son argent durement gagné pour une machine de qualité, qui pourrait être utilisée pendant des années. Après avoir soigneusement analysé le pour et le contre, les coûts et les avantages de divers systèmes, avec une telle minutie que seul un ingénieur pouvait apprécier, il se décida pour l'un des meilleurs systèmes compatibles avec un Apple II qu'il pouvait trouver à l'époque. Ma mère ayant finalement accepté que ce système remplace tous nos cadeaux ce Noël-là, il a puisé dans son portefeuille et a passé commande.

Avec le recul, je dois reconnaître que notre premier ordinateur coûtait plus cher que de nombreux systèmes de jeu haut de gamme aujourd'hui. Lorsque nous avons enfin reçu notre nouvel ordinateur quelques semaines plus tard, la veille de Noël, nous avons hâte d'être au matin de Noël pour le configurer. Il était plein de fonctionnalités ! Une énorme mémoire vive de 64 Ko (et non les 48 Ko dont disposaient la plupart des Apple II à l'époque), un lecteur de disquettes de 5,25 pouces, cinq jeux vidéo, dix disquettes vierges, un simple joystick et, surtout, un grand écran couleur CRT ! (Il n'était pas question de se contenter d'un moniteur vert monochrome !)

Quelques mois plus tard, nous avons ajouté une imprimante matricielle et un deuxième lecteur. Les lecteurs de disquettes de 5,25 pouces permettaient à l'ordinateur d'exécuter des programmes de traitement de texte plus avancés et nous permettaient également de copier des disques beaucoup

plus facilement.

Bien que notre famille ne possédait même pas de télévision, nous avons rapidement suscité la convoitise de nos amis et de nos connaissances en matière de technologie. Nous avions le premier ordinateur personnel de tout le voisinage. Tout à coup, notre garage, qui avait été transformé en aire de jeux pour la famille, est devenu la scène d'innombrables week-ends et de nuits tardives. Mes frères et sœurs, moi et nos amis, nous nous blottissions autour de cet écran couleur à faible résolution pour jouer à des jeux d'ordinateur passionnants. Au grand regret de mes parents, mes habitudes de sommeil ont sérieusement empiré à mesure que les après-midis devant l'ordinateur se transformaient en soirées, puis en nuits, puis en petits matins.

Mais il n'y avait pas que des jeux. La formation d'ingénieur de mon père nous a inculqué le désir de ne pas nous contenter d'utiliser la technologie, mais également de comprendre comment elle fonctionne.

J'ai acheté un ancien manuel sur le système d'exploitation Apple et j'ai étudié les détails pendant des heures. J'ai appris à "pirater" des jeux vidéo et à modifier certains de leurs paramètres et affichages. Ce n'est pas quelque chose de très utile en soi, mais j'ai appris de précieuses leçons sur les systèmes de fichiers, les secteurs de disque, les protocoles de stockage et d'autres aspects du fonctionnement interne de l'ordinateur.

J'ai également appris à programmer en BASIC, le langage utilisé par l'Apple II, et j'ai commencé à écrire mes propres programmes, pour finalement faire mes premiers travaux sur les bases de données. Je me suis aussitôt plongé dans le Cobol et le Fortran, et j'ai même passé quelques étés à aider à programmer un vieil ordinateur Burroughs en hexadécimal - en voilà un travail fastidieux ! Finalement, je me suis mis à construire mes propres ordinateurs.

En repensant à cette période formatrice dans l'industrie informatique et dans ma propre vie, je suis reconnaissant d'avoir eu l'opportunité - à ma petite échelle et dans mon petit coin du monde - d'avoir été le témoin direct et personnel de la transformation remarquable des ordinateurs et des technologies de l'information. Ce que j'ai retenu de cette expérience, c'est

que l'information était la clé et non le métal, le plastique, les fils ou les disques magnétiques. Bien sûr qu' ils étaient également importants. Cependant, c'était toujours la même chose qui était au cœur de chaque jeu, chaque base de données, chaque secteur de disquette, chaque fonction : l'information.

Dans le monde des systèmes fonctionnels complexes, l'information est reine. Qu'est-ce que cela a à voir avec l'origine de la vie ? Il s'avère qu'une forme importante d'information numérique existait bien avant les ordinateurs - on pourrait dire que l'information vibre dans le cœur de toute vie.

Un brin d'ADN entre dans un bar..

L'histoire est bien connue dans les cercles scientifiques, elle est presque légendaire. Un samedi de février 1953, le scientifique anglais Francis Crick entre dans l' Eagle pub à Cambridge, en Angleterre, avec son partenaire de recherche américain James Watson, et annonce que tous deux "ont découvert le secret de la vie."¹⁹

On pourrait pardonner à Watson et Crick leur bravoure. Après tout, ils avaient, avec l'aide importante de Rosalind Franklin et de Maurice Wilkins, découvert la structure de la grande molécule organique sans doute la plus essentielle à la vie : l'acide désoxyribonucléique (ADN).

Déterminer la structure hélicoïdale tridimensionnelle de cette importante molécule était déjà un exploit, mais Watson et Crick ont également pensé que l'appariement des nucléotides sur les deux brins en spirale de l'ADN suggérait "un mécanisme de copie possible pour le matériel génétique."²⁰ Autrement dit, la structure de l'ADN pourrait faciliter la copie de l'information génétique de génération en génération. Il s'est avéré qu'ils avaient raison.

Un remarquable aperçu de l'histoire a été préservé sous la forme d'une lettre manuscrite que Crick a adressée à son fils de 12 ans, Michael, le 19 mars 1953.²¹ Bien qu'il écrive à un jeune homme qui n'est pas encore adolescent, Crick expose la structure de l'ADN de manière assez détaillée :

« Mon cher Michael,

Jim Watson et moi avons probablement fait une découverte de la plus haute importance. Nous avons construit un modèle de la structure de l'acide dés-oxy-ribo-nucléique (lis cela attentivement) appelé A.D.N., pour faire court. [...]

Ainsi, sur une chaîne, pour ce que nous en savons, les bases peuvent se trouver dans n'importe quel ordre, mais si leur ordre est fixé, alors l'ordre sur la seconde chaîne l'est aussi. Par exemple, imagine que la première chaîne soit A-T-C-A-G-T-T, alors la seconde chaîne sera obligatoirement T-A-G-T-C-A-A. »

Crick a ensuite suggéré que cet appariement complémentaire des deux brins d'ADN non seulement mettait en lumière les propriétés de support de l'information de l'ADN et l'existence de ce qui serait connu plus tard sous le nom de "code génétique," mais laissait également entrevoir un mécanisme de copie potentiel :

« C'est comme un code. Si on te donne un jeu de lettres, tu peux écrire les autres.

Aujourd'hui nous sommes sûrs que l'A.D.N. est un code. C'est-à-dire que c'est l'ordre des bases (les lettres) qui fait qu'un gène est différent d'un autre (tout comme une page imprimée est différente d'une autre) [...]....

Autrement dit, nous pensons avoir trouvé le mécanisme élémentaire de copie grâce auquel le vivant procède du vivant. La beauté de notre modèle est que sa configuration est telle que seules ces paires peuvent se former, alors que les bases pourraient s'associer différemment dans un cas où elles circuleraient librement. Tu comprendras que nous sommes très enthousiastes. Nous devons avoir une lettre publiée dans Nature dans un jour ou deux. Lis tout cela attentivement jusqu'à ce que tu comprennes bien. Nous te montrerons le modèle lorsque tu seras à la maison. »

Lorsque je réfléchis à la lettre de Crick et que j'imagine ce que cela

a dû être pour Crick et Watson de découvrir la structure de l'ADN, je suis impressionné par leur perspicacité quant aux implications de leur découverte. En effet, ils ont reconnu non seulement la structure de l'ADN, mais aussi l'existence d'un code, le rôle clé de l'information et la façon dont "la vie provient de la vie," comme l'a expliqué Crick à son fils.

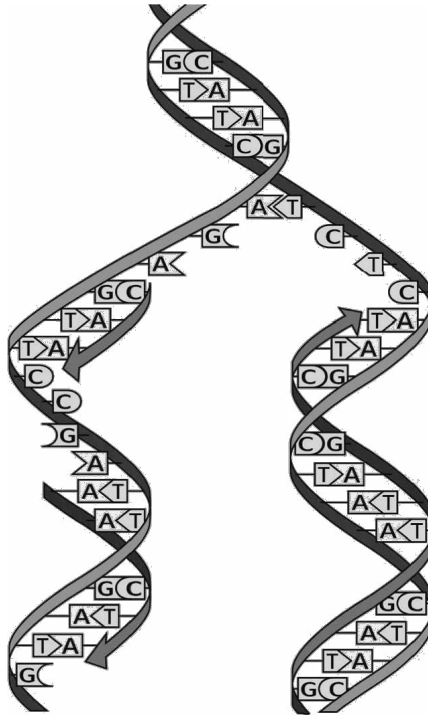


Figure 2.3. Structure de l'ADN, montrant les paires de bases nucléotidiques adénine et thymine (A/T) et cytosine et guanine (C/G), et le déroulement de la double hélice dans le cadre du processus de copie.

Quelques années plus tard, en 1957, Crick donne une conférence dans laquelle il expose ce qu'il appelle "l'hypothèse de la séquence."²² L'année suivante, il publie un article intitulé "On Protein Synthesis."²³ Il y propose, entre autres, que la "spécificité" d'un morceau d'ADN (c'est-à-dire, en substance, l'information contenue dans ce morceau d'ADN) résulte de la séquence ou de l'ordre des molécules de base ou des bases. En d'autres

termes, ce n'est pas simplement la structure physique ou la composition chimique des bases de l'ADN qui stocke l'information, mais la disposition de ces bases.

Comme les lettres de l'alphabet français que vous lisez dans ce livre, c'est l'ordre des lettres qui transmet l'information, et non la couleur de l'encre ou le type de papier utilisé.

Au moins sur ce point, l'hypothèse de la séquence de Crick était exacte. Les travaux de Watson et Crick constituent une réussite singulière dans l'histoire des sciences. Le philosophe des sciences Stephen Meyer a fait observer à la suite que "La découverte de Watson et Crick allait changer à jamais notre compréhension de la nature de la vie." À la fin du XIXe siècle, la plupart des biologistes pensaient que la vie était constituée uniquement de matière et d'énergie. Mais après Watson et Crick, les biologistes ont fini par reconnaître l'importance d'une troisième entité fondamentale dans les êtres vivants : l'information.²⁴

Le langage de la vie

Depuis ce jour fatidique dans un pub anglais en 1953, le problème de l'explication de l'origine de la vie, est de plus en plus reconnu comme étant plutôt un problème d'explication de l'origine de l'information biologique. D'où vient l'information contenue dans la vie ? Depuis plus de soixante ans, les scientifiques se posent toujours la question, alors même qu'ils cherchent à mieux comprendre la vie moléculaire.

Nous savons maintenant que la vie organique dépend de nanotechnologie, de machines moléculaires, de systèmes de traitement de l'information et bien sûr, d'ADN. En regardant dans des microscopes toujours plus sophistiqués, il devient de plus en plus évident que nous avons affaire à un processus soigneusement orchestré, doté d'un code numérique de 4 bits, de mécanismes de stockage, de récupération et de traduction, de protocoles de calcul et d'autres caractéristiques d'un système riche en informations hautement fonctionnel.

Comment un tel système est-il apparu ? Comme nous l'avons noté au

début de ce chapitre, nous n'étions pas là pour voir le premier organisme vivant apparaître sur la Terre primitive et nous n'avons pas le luxe de Q de Star Trek de nous transporter dans le temps afin d'en être témoins. Cependant, quels indices pouvons-nous utiliser pour déterminer l'origine de ces systèmes vivants ?

Il y a au moins deux choses que nous savons sur les systèmes riches en informations et fonctionnellement intégrés comme ceux que nous trouvons dans toute la biologie - deux choses qui peuvent nous aider à tirer une conclusion raisonnable sur l'origine de tels systèmes.

Tout d'abord, il n'existe aucun processus naturel connu qui produise de grandes quantités de nouvelles informations. Une telle chose n'a jamais été observée. Pas une seule fois. Et il n'existe aucune théorie détaillant avec succès comment cela pourrait se produire. De plus, ce n'est pas comme si les scientifiques avaient proposé plusieurs grandes possibilités qui n'ont pas abouti, ni que plusieurs bonnes explications naturalistes étaient sur la table et avaient juste besoin d'un peu plus d'ajustements, d'un peu plus de recherche ou d'un peu plus de financement. Bien que l'on puisse faire appel aux processus naturels pour expliquer de nombreuses observations, la situation est complètement différente lorsqu'il s'agit de systèmes riches en informations fonctionnellement intégrées. Ce n'est pas comme si la recherche n'avait commencé que récemment, que nous en étions très proches et qu'il nous suffisait de persévérer un peu plus ou de chercher un peu plus longtemps. La recherche a été menée de manière approfondie sur plusieurs générations par des milliers de chercheurs, au prix de centaines de milliers d'heures d'efforts et de milliards de dollars, sans succès. Aucun processus naturaliste crédible n'a jamais été identifié comme pouvant produire des systèmes riches en informations.

James Tour, un chimiste de synthèse organique renommé, a analysé ce qu'il considère comme les efforts de recherche les plus prometteurs en matière d'origine de la vie (OOL). Chercheur expérimenté, avec plus de 700 publications de recherche et plus de 130 brevets à son actif, il a le don de voir au-delà du battage optimiste et de se concentrer sur les difficultés

réelles de l'assemblage de systèmes moléculaires fonctionnels. Dans un essai critique de 2019, M. Tour exprimait sa frustration face au manque de franchise de nombreux articles sur l'origine de la vie concernant l'état d'avancement dans ce domaine, et il demandait: "Pourquoi ne pas admettre ce que nous ne pouvons pas encore expliquer : le transfert de masse des matières premières vers les molécules nécessaires à la vie, l'origine du code de la vie, les complexités combinatoires présentes dans tout système vivant et l'assemblage précis et non régulier des composants cellulaires?" Le désir de prendre ses rêves pour des réalités, ou peut-être la naïveté, pourraient également jouer un rôle. "J'ai discuté de ces questions avec des chercheurs de l'OOL," écrit-il, "et je suis étonné qu'ils ne parviennent pas à apprécier l'ampleur du problème de la construction des molécules."²⁵

En fait, la situation est encore plus désespérée que cela.

Il est de plus en plus évident que le hasard et les processus basés sur des lois scientifiques ne peuvent non seulement pas construire des systèmes riches en informations, mais qu'ils les détruisent. Sur une base nette, ces processus naturels entraînent invariablement une perte d'information au fil du temps. Il s'agit d'un principe bien compris, observé à maintes reprises sur le terrain. Un principe clairement révélé dans des analyses mathématiques et des principes de la théorie de l'information. Il est confirmé par la recherche en laboratoire.

La conclusion à tirer de ces diverses observations est simple : les processus qui sont soit dirigés par une cause semblable à une loi, soit le fruit du hasard, n'ont tout simplement pas la capacité de générer de nouveaux systèmes riches en informations tels que ceux que nous observons en biologie. Sur la base de notre compréhension actuelle, nous avons de bonnes raisons de conclure qu'une explication purement naturelle de ces types de systèmes ne sera jamais trouvée.

En effet, par une ironie du sort, il s'avère que les organismes ont mis en place des systèmes, notamment des mécanismes de relecture et de correction des erreurs, conçus spécifiquement pour combattre les tendances destructrices de l'information logique et à risque. En outre, l'origine de

ces systèmes sophistiqués de relecture et de correction d'erreurs nécessite également une explication. Il serait totalement erroné de suggérer que des événements imaginaires et aléatoires ont produit des systèmes aussi riches en informations.

Cela nous conduit à la deuxième chose que nous savons. Nous savons que ce type de système riche en informations et fonctionnellement intégré n'est possible qu'à partir d'un seul type de cause. Il s'agit de l'intelligence.

Les exemples abondent. Tout autour de nous, nous avons des ordinateurs de bureau, des smartphones, des serveurs dans le cloud, des téléviseurs intelligents, des applications web, des appareils connectés, et ainsi de suite. Tous ces systèmes sont fonctionnellement intégrés et les informations qu'ils contiennent sont le fruit d'un processus d'activité orienté vers un objectif, de préparation, de planification, de collecte des exigences, de choix des matériaux, de création de prototypes, d'identification des protocoles d'interconnexion, etc. En d'autres termes, elles sont le fruit d'un processus de conception ciblé, de l'activité de l'esprit. Pas un seul d'entre eux n'est né de causes purement naturelles.

Même les objets plus simples et riches en informations, comme un livre ou un post sur Instagram, remontent tous à un esprit, une intelligence.

Comme l'a noté Meyer, "Notre expérience commune affirme que toute information spécifique - qu'elle soit inscrite dans des hiéroglyphes, écrite dans un livre, encodée dans un signal radio ou produite dans une expérience de simulation - provient toujours d'une source intelligente, d'un esprit et non d'un processus strictement matériel [...] En effet, chaque fois que nous trouvons une information spécifique et que nous connaissons l'histoire causale de la façon dont cette information est apparue, nous constatons toujours qu'elle provient d'une source intelligente."²⁶

Et notez qu'il ne s'agit pas d'une conclusion fondée sur l'ignorance, la spéculation futile ou le manque de connaissances, mais sur les nombreuses choses que nous avons apprises et observées en biologie moléculaire et ailleurs - sur ce que nous savons. C'est une conclusion basée sur notre expérience et nos observations communes régulières et répétées.

Qui est le coupable ?

Aucun scientifique n'était présent au moment où la vie s'est formée sur la Terre. Il n'y avait pas de blogueurs, de reporters, de caméras, de blogs vidéo pour enregistrer l'événement ou nous donner un compte-rendu de "flash spécial" sur la façon dont la vie a commencé. Q de Star Trek ne peut pas nous emmener en arrière pour être aux premières loges de l'événement principal. L'origine de la vie est un événement historique, qui s'est déroulé il y a longtemps, loin dans le passé et au-delà de notre capacité à en être témoin. Par conséquent - comme pour toutes les sciences naturelles - la voie à suivre consiste à rassembler les indices, à examiner les différentes explications et à déterminer avec soin quelle cause proposée est la plus probable, celle qui explique le mieux les indices sur la table.

Supposons par exemple que vous ayez récemment déménagé dans l'est de l'État de Washington, et qu'en aménageant un potager dans votre jardin, vous tombiez sur une couche de matière poudreuse blanche sous la surface de la terre. Vous apprenez par la suite que la même couche se trouve dans toute la région. Vous passez rapidement en revue les causes possibles. Une inondation ? Un déversement désastreux de polluants provenant d'une ancienne usine, fermée depuis longtemps ? Un volcan ? Chacune de ces causes peut avoir un impact sur une vaste zone géographique et modifier la géologie d'une région. Cependant, vous reconnaissez rapidement qu'une seule des causes proposées a la capacité avérée de produire réellement l'effet en question. Une grande inondation pourrait déposer une couche de limon sur une vaste zone, mais pas de cendres. Une catastrophe industrielle ne pourrait pas déposer le volume considérable de matériaux que vous avez rencontrés. De plus, les catastrophes industrielles ne produisent pas de cendres volcaniques, et après avoir demandé à un ami chimiste de faire quelques tests, vous confirmez qu'il s'agit bien de cendres volcaniques. Vous tirez donc une conclusion raisonnable de ces preuves : la cendre blanche et poudreuse a été produite par une explosion volcanique.²⁷

Remarquez comment, grâce à un raisonnement et une analyse

minutieuse, vous pouvez tirer une déduction raisonnable à partir des preuves physiques et arriver à la bonne conclusion. Cela même si vous n'avez jamais entendu parler ou été témoin de ce dimanche matin fatidique du printemps 1980, lorsque le mont St-Helens a envoyé vers le ciel un énorme panache de cendres en entrant en éruption.

Lorsque nous réfléchissons à l'origine de la vie, nous sommes comme un scientifique qui examine un dépôt de cendres sans avoir été là pour voir l'éruption volcanique. Parce que nous n'étions pas là pour observer l'origine de la vie, nous ne pouvons pas repasser une vidéo de l'événement et dire : "Voilà. C'est comme ça que ça s'est passé." Mais cela ne signifie pas que nous en sommes réduits à des spéculations, ou à baisser les bras et à abandonner la question. Au contraire, nous pouvons examiner les indices et les preuves et nous appuyer sur notre propre expérience pour parvenir à une conclusion raisonnable - ce que les philosophes des sciences appellent une déduction vers la meilleure explication.

Dans le cas de l'origine de la vie, ce qui doit être expliqué n'est pas une couche de cendres volcaniques, mais plutôt la présence d'informations dans la première cellule vivante. Et la cause est claire, si nous sommes prêts à l'accepter. Toutes les nombreuses explications naturalistes proposées au fil des ans ne parviennent pas à expliquer les systèmes riches en informations que nous observons même dans le plus simple des organismes unicellulaires. En effet, les processus naturalistes ont tendance à dégrader l'information au fil du temps, et non à créer de nouvelles informations. Par conséquent, nous pouvons raisonnablement conclure qu'aucune de ces explications ne peut être ce que les philosophes des sciences appellent la "vraie cause," car aucune d'entre elles n'a la capacité d'étayer ce que nous observons en biologie moléculaire. Cependant, nous connaissons une cause qui produit régulièrement de grandes quantités d'informations et qui produit de manière répétée des systèmes complexes, fonctionnellement intégrés et riches en informations, tels que ceux que nous trouvons dans les cellules vivantes. Cette cause est l'intelligence. Contrairement aux explications naturalistes, l'intelligence créatrice peut être la vraie cause, la cause correcte, car elle est

capable de produire ce genre d'effets.

Ainsi, la conclusion claire et raisonnable que nous pouvons tirer de l'origine de la vie et des systèmes riches en informations que nous retrouvons même dans l'organisme le plus simple - la déduction de la meilleure explication - est qu'ils ont été causés par l'activité d'un concepteur intelligent.

Un tour de passe-passe

Certains partisans de l'abiogénèse naturaliste s'opposent à cet argument de l'information venant d'un créateur en tentant de rationaliser l'information contenue dans l'ADN. En fait, ils essaient de faire magiquement disparaître l'information. Ils emploient deux stratégies à cette fin.

Tout d'abord, certains ont tenté d'expliquer le contenu riche en informations de l'ADN en affirmant qu'il n'y a en fait aucune information dans l'ADN. Nous pouvons penser qu'il y a de l'information dans l'ADN, mais elle n'y est pas vraiment, affirment-ils. En tant qu'êtres humains, nous ne faisons qu'imposer nos propres préjugés et attentes à l'ADN, qui n'est en réalité qu'une molécule comme une autre. Ce que nous appelons "information" est simplement notre façon de comprendre la composition moléculaire et le comportement de l'ADN.

Si cet argument vous semble étrange, vous n'êtes pas le seul. Lorsque Watson et Crick ont découvert la structure de l'ADN et reconnu le mécanisme d'appariement et de copie des bases complémentaires, ils ne se contentaient pas d'imposer leurs propres attentes et préjugés aux molécules. Ils découvraient quelque chose qui existait vraiment dans le monde réel, quelque chose qui était déjà là bien avant leur naissance et avant qu'ils ne portent leur attention sur le monde cellulaire. Ils n'avaient certainement aucun préjugé religieux les poussant à voir des informations dans la cellule. Ni l'un ni l'autre n'était particulièrement religieux, tous deux nourrissaient l'espoir qu'une explication purement matérialiste de l'origine de la vie pourrait un jour être trouvée. Crick est même allé jusqu'à suggérer que la première vie sur Terre avait été semée depuis l'espace, ayant d'abord pris naissance sur une planète lointaine. Cette idée ne fait que renforcer le problème d'une autre

planète, et elle ajoute la difficulté supplémentaire de transporter en toute sécurité une vie microscopique à travers des millions de kilomètres d'espace froid tout en étant bombardée par des rayons cosmiques nocifs. Mais le fait qu'il soit prêt à chercher une telle explication montre clairement qu'il ne s'agit pas d'un homme désireux de reconnaître l'existence d'un créateur comme une explication de l'origine de la vie sur Terre. Pourtant, lui et Watson ont reconnu sans hésiter que la cellule est riche en informations et en systèmes de traitement de l'information.

Les découvertes suivantes n'ont fait que confirmer et approfondir cette compréhension. Ainsi, on sait depuis des décennies que l'ADN contient des informations - des informations réelles, observables, codées et fonctionnelles. De nombreuses entreprises ont été fondées pour récupérer, étudier et analyser les informations contenues dans l'ADN. Les départements de biologie des universités et même certains départements d'informatique ont créé des cours pour enseigner à la prochaine génération de scientifiques les informations contenues dans l'ADN. Un domaine de recherche entier appelé "bio-informatique" a été mis sur pied ces dernières années, consacré à l'étude de l'information dans les systèmes biologiques, en particulier l'information contenue dans l'ADN.

D'autres opposants ont adopté la position inverse, en affirmant que tout contient de l'information. L'hypothèse qui sous-tend cet argument est que toute la matière de l'univers contient de l'information - les roches, les particules, les étoiles et les galaxies. Bien sûr, l'ADN contient de l'information, affirment-ils, mais tout le reste aussi. L'ADN n'a donc rien d'unique. Rien à voir ici, les amis. Circulez.

Une personne avec laquelle j'ai débattu soutenait, par exemple, que l'ADN n'est qu'une molécule comme les autres et qu'il n'y a rien de plus intéressant dans l'ADN que dans un verre d'eau salée, car, comme il le prétendait, il y a de l'information aussi bien dans l'ADN que dans l'eau salée.

Encore une fois, cela n'a aucun sens. Même un enfant peut facilement comprendre qu'il y a un monde de différence entre ce que nous trouvons dans l'ADN et ce que nous voyons dans quelque chose comme un verre d'eau

salée ou les particules de matière sans vie qui flottent dans l'univers.²⁸ C'est la même différence qu'entre les lettres d'un livre bien écrit et des pages et des pages de caractères aléatoires (dans le cas de particules flottant au hasard dans l'univers), ou des pages et des pages d'un motif relativement simple de lettres répétées (dans le cas de l'eau salée) - par exemple, aabbccdd, aabbccdd, aabbccdd se répétant sans cesse.

Contrairement à ces exemples non vivants, ce que nous trouvons dans l'ADN n'est ni un simple motif répétitif ni une collection aléatoire de nucléotides. Au contraire, l'ADN contient des informations fonctionnelles hautement spécifiées, stockées directement sous forme numérique et exprimées par le code génétique.

Comment les informations que nous trouvons dans les cellules sont-elles apparues ? La question persiste. Toute tentative de l'ignorer ou de la balayer sous le tapis en niant ou en banalisant l'existence de l'information biologique, est intellectuellement vide et indique qu'il y a peut-être d'autres motivations que simplement la recherche scientifique.

La boucle est bouclée

Aujourd'hui, grâce aux progrès considérables réalisés au cours des dernières décennies dans notre compréhension de l'ADN et du code génétique, ainsi qu'à la découverte d'ingénieuses machines moléculaires, nous sommes mieux placés que jamais pour répondre à la question posée au début de ce chapitre : Comment la vie a-t-elle commencé ? Les preuves accumulées dont nous disposons aujourd'hui indiquent que la meilleure explication de l'origine de la vie est un processus planifié, volontaire et soigneusement conçu.

De nombreux chercheurs sur l'origine de la vie rejettent cette conclusion, mais ils le font principalement en insistant de façon dogmatique sur le fait que les scientifiques ne doivent envisager que des processus purement naturels et aléatoires pour expliquer l'origine de la vie. Leur affirmation selon laquelle la vie est apparue sur la Terre primitive par le biais d'une longue série d'interactions chimiques non contrôlées, n'est guère plus valable que les spéculations lointaines de nos ancêtres sur la génération spontanée. En fait,

elle est sans doute moins valable parce que les matérialistes modernes n'ont plus l'excuse de l'ignorance. Les gens pensaient autrefois que la vie émergeait systématiquement à partir de rien. Nous sommes désormais mieux informés. Pourtant pas plus loin que l'époque de Darwin, de nombreux scientifiques supposaient que la vie microscopique était assez simple. Aujourd'hui, nous savons que même la cellule la plus simple est une merveille de traitement de l'information et de complexité technique.

Malgré les hypothèses créatives de Darwin sur la première cellule, malgré les théories d'Oparin et Haldane et les expériences minutieuses de Miller et Urey, malgré les décennies de découvertes qui ont suivi - voire en grande partie grâce à ces découvertes - il est plus clair que jamais, que quelque chose de plus que du temps et des processus matériels aléatoires sont nécessaires pour faire apparaître la première cellule vivante.

Lorsque nous nous éloignons des propositions vagues et des spéculations du passé, que nous examinons ce qui est réellement requis pour un organisme vivant, pour assembler un organisme complexe, fonctionnel et riche en informations : la réponse est claire. La première vie n'était pas un accident de la chimie ou un tirage au sort de la loterie cosmique. Au contraire, la vie était prévue. Elle a été planifiée. Elle a été orchestrée.

Elle a été conçue.

Révision : À votre tour

1. Comment les scientifiques enquêtent-ils et raisonnent-ils sur des événements passés qu'ils ne peuvent jamais observer directement, comme l'origine de la première vie sur Terre ?
2. Pourquoi l'hypothèse selon laquelle la vie doit avoir commencé par des processus purement naturels, sans aucune orientation ou intervention intelligente, est-elle une hypothèse philosophique plutôt que scientifique ?
3. Au lieu de supposer que la vie a dû naître de processus purement naturels, quelles preuves pouvons-nous considérer pour déterminer si cela est vrai ou si la vie a nécessité une intelligence créatrice ?

4. L'expérience de Miller-Urey a-t-elle montré que la vie pouvait apparaître sur la Terre primitive par des causes naturelles ? Qu'a-t-elle montré ?
5. Que contient l'ADN qui le rend si différent de la matière inanimée ?
6. Même les cellules les plus simples regorgent d'informations. Quel type de cause a une capacité démontrée à générer de nouvelles informations ?



3

**Une usine qui construit des
usines qui construisent des
usines qui...**

Eric H. Anderson

Lauréat du prix Nobel et chercheur à Harvard sur l'origine de la vie, Jack Szostak a un jour fait la remarque suivante : "Dans mon laboratoire, nous nous intéressons à la transition entre la chimie et la biologie primitive sur la terre primitive [... Nous cherchons quelque chose qui puisse croître et se diviser, mais surtout, présenter une évolution darwinienne."¹

Gerald F. Joyce, un autre chercheur de renom sur l'origine de la vie, a eu des opinions convergentes. Interrogé sur l'idée que des produits chimiques aient pu s'assembler sur la Terre primitive, pour former quelque chose capable de se reproduire, Joyce a répondu : "C'est ce qui nous intéresse, car c'est en quelque sorte le point de basculement entre la chimie avant et la biologie après."²

L'auto-réplication n'est donc pas seulement un problème de plus dans la longue liste des problèmes à résoudre sur l'origine de la vie. Pour bon nombre des éminents chercheurs sur l'origine de la vie, la découverte de la voie menant à une entité auto-répliquante est le défi central, le Saint Graal. Si l'on trouve comment l'obtenir à partir de processus purement naturels, on peut espérer que tout le reste se fera tout seul.

Mais il s'agit d'un Graal qui continue d'échapper à la communauté des chercheurs, malgré les affirmations imprudentes qui sont parfois faites pour prouver le contraire.

La molécule miracle de Dawkins

Il y a quelques années, en écoutant la radio dans mon véhicule, je suis tombé sur un segment de conférence sur la radio publique. Le biologiste évolutionniste Richard Dawkins, et un athée déclaré, était l'invité d'honneur. M. Dawkins tenait le poste de professeur de la compréhension publique de

la science, à l'Université d'Oxford pendant plus d'une décennie et l'une des questions qui lui a été posée m'a fait rapidement monter le volume.

"Sommes-nous proches de comprendre l'origine de la vie ?" a demandé le modérateur.

Je m'attendais presque à ce que Dawkins reconnaisse les nombreuses difficultés liées à l'abiogénèse, qu'il admette que la question reste ouverte et qu'il avoue que nous ne disposons pas encore de bons scénarios d'abiogénèse, tout en affirmant, comme le font tant de partisans de l'évolution, que l'origine de la vie est une question distincte de l'évolution biologique. En d'autres termes, je pensais qu'il pourrait concéder les nombreuses difficultés - largement reconnues - auxquelles l'origine de la vie est encore confrontée, mais qu'il tenterait de limiter les dégâts pour la perspective matérialiste en soulignant qu'au moins, les choses étaient bien en main pour la théorie de l'évolution après l'origine de la première vie.

À ma grande surprise, Dawkins a répondu avec une certaine désinvolture que nous avons une assez bonne idée de la façon dont la vie a commencé. Certes, il y avait quelques difficultés, a-t-il reconnu, mais ils savaient dans les grandes lignes ce qui s'est passé, puis il a laissé entendre qu'ils ne faisaient plus que remplir les détails.

Ayant longtemps étudié l'origine de la vie et étant conscient des nombreux et graves problèmes que posent les théories de l'abiogénèse, il m'a semblé plus qu'irresponsable qu'une personne portant le titre de "professeur de la compréhension publique de la science" affirme dans un lieu public devant des milliers d'auditeurs que nous avons une assez bonne idée de la façon dont la vie a commencé.

Pourquoi Dawkins a-t-il fait une telle déclaration ? A-t-il délibérément désinformé ses auditeurs sur l'état actuel de la science, ou n'était-il pas conscient des nombreux problèmes liés à l'abiogénèse ? Croyait-il vraiment ce qu'il disait ?

En analysant la question plus en profondeur au cours des jours suivants, j'ai réalisé que la pensée de Dawkins découle probablement de la notion que l'origine de la vie - du moins l'événement initial de départ - était un

événement relativement simple. Pas nécessairement un événement commun ou un événement facilement reproductible, mais un événement relativement simple.

Dans son livre *The Selfish Gene (Le gène égoïste)*, Dawkins brosse un tableau remarquablement similaire à la déclaration de Darwin dans sa lettre de 1871 à Joseph Hooker (citée dans le chapitre précédent). "De nos jours, les grosses molécules organiques ne dureraient pas assez longtemps pour être remarquées : elles seraient rapidement absorbées et décomposées par des bactéries ou d'autres créatures vivantes," écrit Dawkins. "Mais les bactéries et nous autres n'entrons que plus tard en scène, et à cette époque [sur la Terre primitive] les grosses molécules organiques pouvaient dériver sans être inquiétées³ à travers la soupe qui s'épaississait."⁴

Avec cette toile de fond des conditions supposées de la Terre primitive, Dawkins poursuit en suggérant la première étape clé de l'origine de la vie : "À un moment donné, une molécule particulièrement remarquable s'est formée par accident. Nous l'appellerons le *réplicateur*. Ce n'était pas nécessairement la molécule la plus grande ou la plus complexe qui soit, mais elle avait la propriété extraordinaire de pouvoir créer des copies d'elle-même."⁵

Cette molécule hypothétique auto-répliquante est cruciale pour le récit matérialiste de la création, et ce à deux titres. Premièrement, l'apparition d'un organisme complet par hasard est, comme on le reconnaît généralement, trop improbable et n'aurait jamais pu se produire. Il fallait donc que quelque chose de plus simple, quelque chose qui avait beaucoup plus de chances de se produire par pur hasard, quelque chose comme une simple molécule auto-répliquante lance le processus. Ensuite, une fois que cette molécule est apparue, l'évolution darwinienne a pu se mettre en marche, apportant la puissance impressionnante des mutations aléatoires et de la sélection naturelle pour finalement transformer notre simple molécule auto-répliquante en un organisme réel.

C'est du moins ce que raconte cette théorie.

Cette "molécule particulièrement remarquable" que suggère Dawkins est facile à imaginer. Le reste de la description qu'il fait de cette entité

extraordinaire consiste en une réflexion facile - bien que chimiquement irréaliste - sur la façon dont une molécule aussi fascinante pourrait fonctionner en faisant des copies d'elle-même, en "rivalisant" avec d'autres molécules dans le milieu aqueux, etc.

Le fait que les chercheurs sur l'origine de la vie ne se soient pas juste contentés d'expériences purement intellectuelles est tout à leur honneur. De nombreux efforts ont été déployés au cours des deux dernières décennies pour tenter de créer une molécule auto-répliquante en laboratoire, puis d'appliquer les leçons apprises à la question de l'origine de la vie. Plusieurs études de qualité ont été réalisées et des résultats intéressants ont été publiés à l'occasion, mais personne n'a été en mesure de créer une telle molécule.

Certes, plusieurs articles ont été publiés et des reportages sont sortis, proclamant que des chercheurs avaient créé telle ou telle molécule auto-répliquante, mais ces affirmations s'avèrent toujours être mensongères. La découverte ou la création d'une molécule auto-répliquante est gardée très secrète, si cela s'est réellement passé.

Gardez à l'esprit que cette incapacité à produire une telle molécule survient malgré des décennies de recherche et des dépenses financières considérables. La raison de cet échec n'est pas le manque de temps, d'efforts et de fonds. Non, la raison est beaucoup plus fondamentale.

La boule gélatineuse a un secret

Comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, à l'époque de Darwin, on pensait que les micro-organismes étaient plutôt simples, chacun n'étant guère plus qu'une minuscule "boule de protoplasme".⁶ Darwin considérait ces organismes comme un ensemble hétérogène de simples cellules. Ni lui ni ses homologues n'avaient conscience du traitement de l'information, de la signalisation et des rétroactions, ni de la machinerie cellulaire, des systèmes intégrés, de la coordination complexe des parties moléculaires, ni des nombreuses autres conditions nécessaires au fonctionnement de la cellule la plus simple.

Dans L'origine des espèces, Darwin décrit les organismes comme

étant comme du "plastique."⁷ Il ne faisait pas référence au matériau utilisé aujourd'hui pour fabriquer les jouets des enfants, mais plutôt à l'idée que les organismes étaient flexibles et pouvaient être facilement façonnés, modelés par la sélection naturelle pour prendre essentiellement n'importe quelle forme. De ce point de vue, il s'ensuit que l'ajout de cellules ou la modification de l'organisme devrait également être un processus relativement simple.

Cependant, avec l'accumulation des connaissances : - sur les structures cellulaires à la fin du XIXe siècle ; - sur la découverte des systèmes cellulaires ; - sur la découverte des protéines et des voies métaboliques ; - sur la découverte de la structure de l'ADN dans les années 1950 ; - sur les découvertes ultérieures qui continuent de révéler de nouvelles facettes de la complexité biologique, il est devenu de plus en plus clair que les cellules sont tout sauf simples et que même le plus ordinaire des organismes est complexe au-delà de tout ce que l'on avait imaginé. Mais pas seulement complexe. Complexe et coordonné, avec un code numérique de 4 bits, des mécanismes de stockage, de récupération et de traduction de l'information, des algorithmes de correction des erreurs, des systèmes fonctionnellement intégrés et des machines moléculaires - des merveilles de la nanotechnologie qui sont de loin supérieur à tout ce que les humains ont pu créer jusqu'à présent.

À la suite de ces découvertes, il est devenu de plus en plus évident qu'aucun organisme, même un organisme unicellulaire relativement simple, ne pouvait apparaître soudainement sur la Terre primitive par hasard.

Mais si la vie ne pouvait pas apparaître par hasard comme un événement unique, peut-être qu'une série d'événements pourrait faire l'affaire. Serait-il possible de résoudre le problème en le décomposant en étapes plus simples ?

Forts de ce constat, les partisans de l'abiogenèse se sont empressés d'émettre hypothèse après hypothèse pour faciliter le processus, des étapes plus simples qui pourraient peut-être mener à quelque chose de plus abouti. En d'autres termes, plutôt que de tenter d'expliquer comment un simple organisme unicellulaire a pu apparaître par hasard, de nombreux chercheurs sur l'origine de la vie se sont concentrés sur l'identification de la capacité ou de la caractéristique initiale du premier stade de la vie. Comme nous l'avons

vu dans le chapitre précédent, le stockage et le traitement de l'information semblent être au cœur de toutes les formes de vie. La vie a donc peut-être commencé avec l'ADN. D'autres chercheurs ont noté que la vie avait besoin d'un moyen d'obtenir et d'utiliser de l'énergie pour faire fonctionner les processus cellulaires. Ainsi, la clé de l'origine de la vie était peut-être une forme primitive de métabolisme. D'autres chercheurs se sont concentrés sur le fait que les organismes avaient besoin d'un moyen de se protéger du milieu environnant et de protéger les premières réactions chimiques délicates contre les interférences. La vie a donc peut-être dû commencer par une enveloppe ou une bulle protectrice, une sorte de membrane cellulaire primitive.

L'une des idées les plus prometteuses est née de la découverte que certaines molécules d'ARN pouvaient agir comme des enzymes, aidant à catalyser des réactions chimiques dans la cellule. L'ARN pouvant également stocker des informations, comme l'ADN, il semblait idéal pour jouer non pas un, mais deux rôles dans l'histoire de l'abiogenèse. Il a donc été suggéré que la vie avait peut-être commencé par une molécule d'ARN.

Ces idées, ainsi que d'autres, continuent d'être développées aujourd'hui, et des communiqués de presse et des articles sont régulièrement publiés sur des sites d'information populaires et dans des revues scientifiques renommées. Sans minimiser l'importance des différentes pistes de recherche, on peut néanmoins affirmer que l'opinion la plus répandue aujourd'hui parmi les chercheurs sur l'origine de la vie est essentiellement la même que celle exposée par Dawkins dans *The Selfish Gene*, à savoir que la vie a commencé par une molécule, une sorte de molécule auto-répliquante.

L'évolution Darwinienne pour tout

La vision évolutionniste actuelle de la vie, bien que beaucoup plus sensible à la complexité et aux propriétés riches en informations des organismes que ne l'était la science de l'époque de Darwin, est toujours très dépendante des deux mêmes hypothèses que Darwin a formulées il y a si longtemps: *Premièrement, si nous partons d'une entité simple, elle finira par subir des variations suffisantes, tant en nature qu'en quantité, pour*

devenir un autre organisme; en fait, pour devenir tout ce que nous voyons aujourd'hui en biologie. Deuxièmement, les organismes sont très flexibles dans leur composition, capables de subir d'innombrables changements au fil du temps et d'incorporer ces changements dans leur composition sans se briser ou manquer une étape dans la longue chaîne des changements requis.

Sur la base de ces deux hypothèses fondamentales, les chercheurs actuels sur l'origine de la vie pensent que si nous parvenons à obtenir une molécule auto-répliquante sur la Terre primitive, le processus darwinien de mutations et de sélection naturelle prendrait le relais, pour finalement, produire le premier organisme vivant. Ce premier organisme vivant produirait ensuite, tout ce que nous voyons autour de nous dans la nature...

Ne vous méprenez pas. Il existe un doute sérieux (comme nous l'explorerons plus loin dans ce chapitre et dans les chapitres suivants) quant à savoir si le mécanisme de l'évolution peut réellement transformer une molécule auto-répliquante en un organisme vivant et produire les types de systèmes que nous voyons dans les êtres vivants. Mais la vision de la sélection naturelle dotée de pouvoirs de création quasi-mystiques s'est tellement emparée de l'imagination évolutionniste, que de nombreux chercheurs semblent croire qu'avec la baguette magique de la sélection naturelle, "tout est possible." En d'autres termes, ce n'est pas qu'il y ait réellement de preuves irréfutables qu'une molécule auto-répliquante puisse donner naissance à une vie complexe ; c'est juste qu'une fois que la sélection naturelle entre en jeu, l'idée devient plus crédible pour beaucoup de gens.

En conséquence, de nombreux chercheurs éminents sur l'origine de la vie considèrent aujourd'hui que l'origine de la vie est essentiellement un problème d'obtention d'une seule molécule auto-répliquante. Dès qu'une molécule auto-répliquante apparaît sur la scène brumeuse de la Terre primitive, le pouvoir de l'évolution darwinienne est censé prendre le dessus et ensuite... tout est permis.

D'après un article de David Horning et Gerald Joyce sur la recherche sur l'origine de la vie : "La recherche sur l'origine de la vie tient pour acquis que

le premier être vivant était beaucoup plus simple que toute vie existante... À un moment donné, une molécule a acquis la capacité de se répliquer à partir de produits chimiques trouvés sur la Terre primordiale. Une fois que cela s'est produit, l'évolution darwinienne a pu prendre le relais."⁸

Cette hypothèse étant bien établie, la molécule auto-répliquante joue le rôle central dans l'histoire dramatique de la vie sur Terre, et l'auto-réplication devient la clé de toute l'histoire de l'abiogenèse.

Au fil des années, la plupart des critiques de l'abiogenèse se sont concentrées sur l'atmosphère réductrice, les sources d'énergie, la difficulté de former des polymères essentiels à la vie dans la soupe primordiale, l'existence des nucléotides ou des acides aminés nécessaires présents au bon endroit et au bon moment, l'apparition de molécules codantes et riches en informations, les chances astronomiques de voir les molécules s'assembler dans le bon ordre, etc.

Cependant, beaucoup moins de temps a été consacré à la question de l'auto-réplication. En effet, même la plupart des critiques de l'abiogenèse, ignorent largement la question ou semblent accepter sans réfléchir l'idée que l'auto-réplication peut effectivement être une étape précoce de la création de la première vie.

Les partisans de l'évolution, pour leur part, ont longtemps hésité à relever le défi de l'abiogenèse. En effet, pour perpétuer les débats, beaucoup ont refusé de s'y attaquer, soutenant que l'origine de la vie est un problème complètement distinct de l'évolution et qu'il n'est pas nécessaire que les partisans de l'évolution s'en occupent, car l'évolution ne commence qu'une fois qu'il y a un organisme vivant. Mais les énormes défis posés par l'abiogenèse ont obligé ses partisans à se rabattre sur ce qu'ils considèrent comme la plus puissante force créatrice : l'évolution darwinienne, sous la forme d'une sélection naturelle agissant sur les variations survenant au sein d'entités auto-répliquantes, censées exister avant la première cellule vivante. L'espoir est que, de cette manière, l'évolution darwinienne puisse résoudre le difficile défi de l'obtention de l'organisme vivant initial. Un défi qui comprend la création du métabolisme, des systèmes cellulaires et des multiples pages d'informations

numériques codées avec précision et hautement fonctionnelles.

Ainsi, au lieu d'être sans rapport à l'histoire de l'origine de la vie, l'évolution darwinienne est maintenant vue comme centrale à elle—une dernière chance pour tenir ensemble les nombreux fils s'effilochant rapidement de la tapisserie de l'abiogenèse. Ceci marque un changement significatif dans les fondements rhétoriques de l'histoire matérialiste de la création.

Il est vrai que les premiers chercheurs, comme Oparin, Haldane et d'autres partisans de l'abiogenèse, ont parfois décrit le processus de l'origine de la vie comme une sorte "d'évolution" chimique. Pourtant, le lien entre un tel processus d'évolution chimique et l'évolution darwinienne a longtemps été ambigu. En effet, au fil des années, de nombreux scientifiques et théoriciens ont explicitement rejeté l'application de l'évolution darwinienne à la période précédant l'existence du premier organisme vivant, traçant une ligne de démarcation nette entre le problème de l'origine de la vie et l'évolution de la vie après son origine.⁹

Ce n'est plus le cas. Dans le cadre du modèle actuel, l'abiogenèse commence par des réactions chimiques non dirigées, menant par hasard à un auto-réplicateur simple, telle qu'une molécule auto-réplicante quelconque. Les partisans de l'abiogenèse imaginent que la sélection naturelle intervient à ce moment-là pour aider la jeune molécule à acquérir d'autres caractéristiques, pour aboutir finalement au premier organisme vivant, puis à toute la complexité et la diversité de la vie que nous connaissons aujourd'hui.

Ainsi, plutôt que d'avoir un organisme vivant et de le doter ensuite d'une capacité supplémentaire d'auto-réplication, l'histoire de l'abiogenèse matérialiste fait de l'auto-réplication la première capacité. L'auto-réplication devient ainsi la caractéristique formative initiale de l'entité ancestrale de toute vie, la caractéristique dont découlent toutes les autres caractéristiques et pouvoirs ultérieurs.

Trois indispensables... quatre en réalité

Que faudrait-il pour qu'une unité chimique de la Terre primitive ait la capacité

de s'auto-répliquer ? Ce n'est pas une tâche facile. Certains ont évoqué les cristaux, les réactions auto-catalytiques et même les molécules d'ARN-ligase.¹⁰ Mais malgré des propriétés chimiques et structurales intéressantes, aucune de ces molécules ne s'auto-réplique réellement.

Un certain nombre de chercheurs se sont penchés sur ce qui pourrait être exigé de l'entité chimique véritablement auto-répliquante, même la plus simple. Voici trois exigences fondamentales : (1) Elle doit être capable de se former dans des conditions naturelles, sans l'aide d'un technicien de laboratoire. (2) Elle doit être capable de faire des copies d'elle-même en localisant et en commandant des atomes ou des petites molécules spécifiques qui seraient disponibles dans l'environnement, et non pas en catalysant simplement une réaction entre des sections d'elle-même soigneusement conçues et préparées au préalable, comme dans tant d'expériences de laboratoire réalisées ces dernières années. (3) Elle doit être suffisamment stable pour exister dans les conditions réelles de la Terre primitive - la "soupe primordiale" - sans se dégrader trop rapidement et sans s'embourber dans des réactions croisées parasites.

En outre, si la molécule doit déclencher un processus darwinien de mutation et de sélection naturelle, elle doit avoir la capacité de muter tout en conservant, d'une manière ou d'une autre, la capacité de répliquer fidèlement sa propre mutation.

Sur la base des recherches approfondies menées par de nombreux chercheurs sur l'origine de la vie au cours des deux dernières décennies, il y a de bonnes raisons de conclure qu'une seule molécule ne pourrait pas, à elle seule, gérer tout cela.¹¹ Notez également que ce qui précède n'est qu'une liste sommaire des exigences. Une liste exhaustive remplirait de nombreuses pages.¹²

Le défi des études sur l'origine de la vie est d'auto-répliquer un auto-réplicateur, qui peut à son tour auto-répliquer un auto-réplicateur, à l'infini. L'équivalent serait un ordinateur capable de s'auto-répliquer, dont les copies pourraient s'auto-répliquer, encore et encore. Et en fait, pas seulement des ordinateurs mais des robots entièrement fonctionnels.

Certains pourraient être tentés d'évoquer un virus informatique ou un autre programme informatique capable de se copier lui-même, mais de tels programmes ne sont pas auto-réplicatifs au sens propre du terme. Le programme logiciel n'existe et ne fonctionne que sur une pièce de matériel soigneusement conçue et fonctionnelle qui n'est certainement pas répliquée dans le processus. En outre, il existe généralement un système d'exploitation, ainsi que plusieurs catégories supplémentaires de logiciels sous la forme de pilotes, de compilateurs, d'interfaces, d'intergiciels, etc. Le plus que l'on puisse dire des programmes informatiques dits "auto-réplicatifs" est ceci : un système de matériel et de logiciel soigneusement conçu et fonctionnellement intégré peut reproduire une copie d'une partie du logiciel sur la machine. Oui, c'est intéressant, mais essentiellement sans rapport avec le problème en question.

La véritable auto-réplication est une tâche plus onéreuse. Si l'on considère la tâche consistant à construire une machine auto-répliquante capable d'exister dans le monde réel, dans un espace physique tridimensionnel, les défis deviennent un peu plus évidents.

Une imprimante 3D qui imprime... des imprimantes 3D ?

Pour vous aider à comprendre ce qu'implique l'auto-réplication, mettons de côté pour un moment la complexité vertigineuse de la cellule vivante et examinons ce qu'il faudrait faire pour construire la machine auto-répliquante la plus simple possible avec la technologie actuelle.

La capacité de concevoir une machine auto-répliquante a fait l'objet de nombreuses discussions dans les histoires et les films de science-fiction, qu'il s'agisse de grands et puissants robots de type Terminator ou de nanites petites mais mortelles. Cela reste de la science-fiction. Mais en sera-t-il toujours ainsi ?

Il existe désormais des imprimantes 3D capables de créer certaines de leurs propres pièces dans un espace tridimensionnel. Cela nous a permis, pour la première fois dans l'histoire de l'humanité, de commencer à rêver concrètement de faire les premiers pas sur le long et encore mystérieux chemin vers la création d'une machine auto-répliquante. Un tel exploit est-il seulement

possible ? Cela semble fantastique, voire fou. Cette idée est à l'origine de recherches fascinantes. Ce que nous apprenons a des implications directes sur la recherche de ce qui serait minimalement requis pour la première entité auto-répliquante dans l'histoire de la vie.

Tout d'abord, un petit rappel sur l'impression 3D pour ceux qui ne connaissent pas ce domaine.

J'ai commencé à m'intéresser à l'impression 3D il y a plusieurs années et depuis j'ai suivi le développement de cette industrie de façon intermittente. Récemment, la technologie est devenue suffisamment bon marché pour que les imprimantes 3D entrent dans le monde des amateurs et des passionnés de technologie. Les imprimantes grand public les plus populaires sont MakerBot, FlashForge, Creality3D, et bien d'autres.

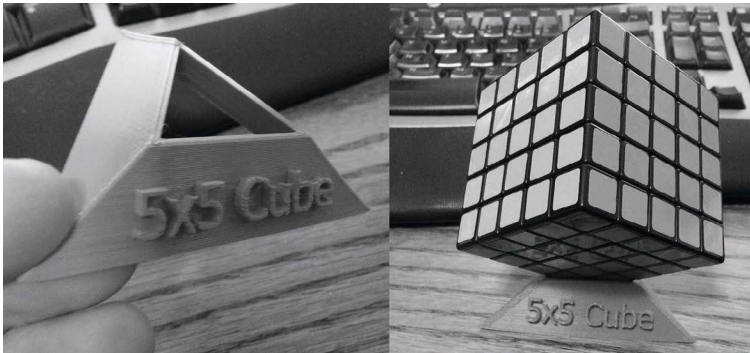


Figure 3.1. Support imprimé en 3D conçu par l'auteur sur l'une des premières imprimantes à extrusion.

Au moment où j'écris ceci, les imprimantes 3D vont des machines personnelles, coûtant quelques centaines de dollars et produisant des impressions grossières dans un seul matériau, aux imprimantes professionnelles haut de gamme coûtant plusieurs milliers de dollars, offrant une résolution inférieure à 50 microns et une impression dans plusieurs matériaux. Plusieurs types différents de technologies d'impression 3D sont également disponibles. Il existe une multitude de technologies : l'extrusion de matériaux (la technologie la plus courante pour les imprimantes

grand public et pour les prosommateurs), la fusion sur lit de poudre, la photopolymérisation, l'additif par ultrasons, le jet de matériaux, la fusion par faisceau d'électrons, etc.

Il y a plusieurs années, notre bibliothèque locale a reçu une subvention pour sensibiliser ses usagers à la technologie des imprimantes 3D en leur permettant de réserver du temps d'impression. J'ai donc profité de l'occasion pour concevoir et imprimer un support simple pour l'un de mes cubes 5x5x5 (en fait, un Rubik's cube dopé à l'EPO).

Il s'agit d'une technologie passionnante qui promet de transformer le paysage des activités de conception et de prototypage, et même certains processus de fabrication. Il y a beaucoup d'ingénieurs audacieux et de visionnaires dans ce domaine, mais les plus audacieux sont peut-être ceux qui participent au projet RepRap, une entreprise en ligne ouverte au public qui cherche à créer une imprimante 3D auto-répliquante.¹³ De nombreuses personnes ont été impliquées dans ce projet et ont effectué un travail énorme pour le faire avancer, en réalisant des progrès significatifs. La plupart des pièces d'une imprimante RepRap peuvent être imprimées sur l'imprimante elle-même avec des tolérances raisonnables, ce qui permet à un amateur d'utiliser ces pièces dans la construction d'une nouvelle imprimante.

Toutefois, comme c'est souvent le cas avec les nouvelles technologies révolutionnaires, l'enthousiasme suscité par les futures percées potentielles tend à s'immiscer dans l'évaluation des réalités sur le terrain. Par exemple, le site Web de RepRap présente cette machine comme "la première machine de fabrication auto-répliquante de l'humanité à usage général." Pour faire allusion à la pensée évolutionniste, tout en occultant l'énorme quantité de conception et d'ingénierie impliquée dans la production de RepRap. L'une des premières imprimantes RepRap a même été nommée "Darwin."

Une autre imprimante intéressante, la BI V2.0 financée par Kickstarter,¹⁴ a fait l'objet d'une attention exceptionnelle fin 2013, avec une kyrielle de titres vantant "La première imprimante 3D auto-répliquante au monde !" Il ne s'agit pas seulement d'un enthousiasme maladroit de la part des agences de presse ; même le site officiel du projet présentait BI V2.0 comme "une imprimante

3D auto-répliquante de haute précision."¹⁵

Si l'on est du genre confiant, il est tentant de regarder des projets comme RepRap ou BI V2.0 et de se dire : "Wow ! Nous y sommes presque. Nous avons presque créé une machine auto-répliquante !" Mais il convient d'y regarder de plus près. Ni RepRap ni BI V2.0 ne sont auto-répliquatifs.

Ni en théorie ni en pratique.

Pas du tout.

C'est loin d'être le cas.

Ne vous méprenez pas. J'adore cette technologie. J'ai suivi RepRap de près et je considère que c'est une idée fantastique et un excellent projet ouvert au public. J'ai même envisagé de contribuer au projet Kickstarter BI V2.0 lorsqu'il a été lancé. Mais malgré des efforts impressionnants, on est encore loin d'une machine auto-répliquante conçue par l'homme.

A la recherche de l'approximation

De nombreux utilisateurs de RepRap ont partagé en ligne des photos des nombreuses pièces de l'imprimante RepRap qui peuvent être imprimées sur l'imprimante elle-même dans un matériau plastique dur, comme le plastique ABS.¹⁶ Il est vrai qu'un nombre impressionnant de pièces peuvent être imprimées. Pourtant, même une analyse superficielle du processus d'impression révèle que l'imprimante n'est en fait capable d'imprimer aucune de ces pièces par elle-même.

L'imprimante doit d'abord être configurée et programmée avec les bons paramètres, puis elle doit recevoir le matériau à extruder. Même une fois les pièces imprimées, elles doivent être soigneusement retirées du lit d'impression par l'utilisateur. Les pièces doivent être contrôlées, voire nettoyées ou poncées avant de pouvoir être utilisées. Le nombre impressionnant de pièces pouvant être imprimées ne dit donc pas tout.

De plus, l'imprimante ne peut pas imprimer de nombreuses autres de ses propres pièces, avec ou sans assistance. Il s'agit notamment des tiges de support structurel, des vis, du fil de cuivre, de la courroie d'entraînement en

caoutchouc, de la buse d'extrusion de précision en acier inoxydable, du lit d'impression, d'élément chauffant, des pinces et des liens, et d'alimentateur de filament.

Plus décourageant encore, l'imprimante a besoin d'une carte de circuit imprimé, d'un lecteur de carte SD, d'un câblage, d'interrupteurs de commande, de moteurs électriques, etc... pour fonctionner.

L'imprimante est donc loin d'être capable de produire toutes ces pièces.

En raison de tous ces problèmes, la situation semble pire qu'elle ne l'est en réalité.

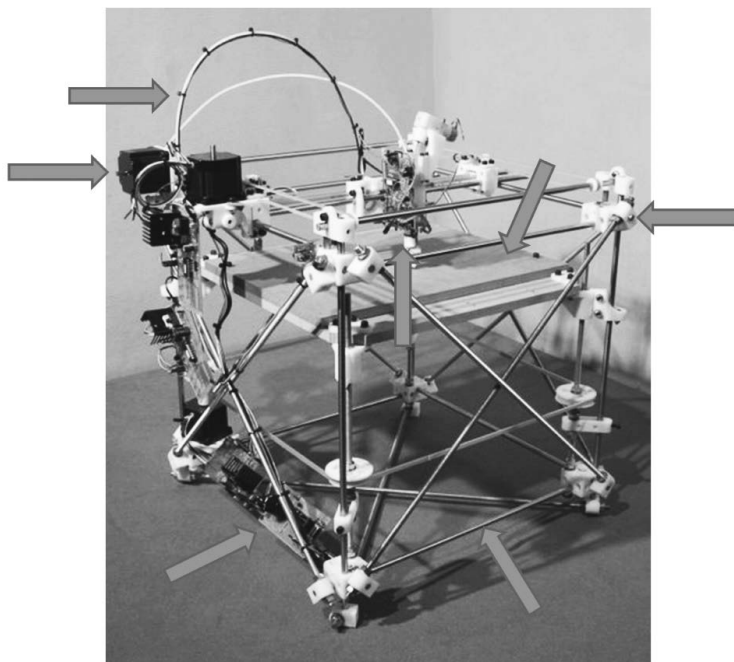


Figure 3.2. Imprimante RepRap avec des flèches indiquant quelques-unes des nombreuses pièces qui ne peuvent pas être imprimées sur l'imprimante.

Un moteur électrique est en soi une machine de précision qui nécessite de multiples pièces, fabriquées avec des tolérances serrées et assemblées de la bonne manière pour fonctionner. Même un moteur électrique simple

comprend un boîtier, un arbre, un rotor, un stator, des bornes, des aimants, des enroulements en cuivre, un certain type de lubrifiant et/ou de roulements, et des connexions de câblage.

Plus intimidant encore, un circuit imprimé est une merveille de l'ingénierie moderne et comprend des matériaux stratifiés en résine thermodurcissable, une batterie, des résistances, des transistors, des condensateurs, des inductances, des diodes, des interrupteurs et bien d'autres éléments encore, tous fabriqués selon des tolérances précises.

Enfin, pour que notre imprimante soit réellement auto-répliquante, elle doit pouvoir imprimer avec plusieurs matériaux. C'est une chose d'imprimer des pièces en plastique et d'avoir la bonne buse et le bon élément chauffant pour le faire. C'en est une autre d'imprimer des pièces dans plusieurs matériaux. Si notre imprimante était réellement auto-répliquante, elle serait capable d'imprimer non seulement du plastique, mais aussi de l'aluminium, l'acier inoxydable, du cuivre, du caoutchouc, de l'argent, de l'or, de l'étain et de la fibre de verre. Elle devrait également être capable de manipuler en toute sécurité le chlorure de zinc, l'acide chlorhydrique, les laminés de résine et les produits chimiques de gravure.

Il ne s'agit que d'une liste partielle des exigences manquantes.

Il est vrai que les ingénieurs et les concepteurs avisés peuvent souvent trouver des moyens de substituer différents matériaux et de différentes manières, il est donc possible de trouver quelques solutions de contournement qui réduiraient le nombre total de pièces et de matériaux différents. À cet égard, certains individus entrepreneurs ont créé des dérivés de RepRap qui utilisent du plastique à la place des tiges de support en acier et des courroies en caoutchouc. Il s'agit là d'un travail de conception ingénieux. Mais n'oubliez pas que ces solutions de contournement sont limitées dans leur application, que la description ci-dessus n'est qu'une esquisse très partielle et qu'une analyse détaillée révélerait beaucoup plus de pièces et de matériaux nécessaires à une imprimante réellement auto-répliquante.

Le but ici n'est pas de critiquer RepRap. Comme je l'ai dit plus tôt, j'en suis fan. Le but est de donner au lecteur une idée du défi à relever et de

l'ampleur du problème. Quelle que soit l'imprimante que nous analysons et quelle que soit la liste de pièces sur laquelle nous voulons nous concentrer, nous constatons que la création d'une machine, même relativement modeste, capable de produire toutes ses propres pièces est un défi d'ingénierie exceptionnel - un défi qui dépasse de loin tout ce que nos meilleurs ingénieurs et nos esprits les plus brillants peuvent accomplir actuellement.

L'assemblage

Si nous espérons construire un jour une machine auto-répliquante, nous devons maîtriser un autre aspect du processus qui va au-delà de la reproduction des pièces. Même si notre imprimante avait la capacité remarquable d'imprimer avec de multiples matériaux à l'échelle inframicronique et d'imprimer chaque pièce utilisée dans la construction de l'imprimante - ce qui, à ce stade, n'est qu'un rêve lointain - elle ne serait toujours pas capable de s'assembler elle-même. Pour être véritablement auto-répliquante, elle devrait également être capable d'assembler ces pièces dans un espace réel, physique et tridimensionnel.

Pour ce faire, l'imprimante devrait disposer de systèmes d'assemblage robotisés sophistiqués et soigneusement contrôlés. Par exemple, elle aurait besoin d'un bras d'assemblage pour prendre les pièces imprimées, les analyser pour vérifier qu'elles sont complètes et de qualité, les faire pivoter dans la bonne position et les placer au bon endroit. En réalité, cela nécessiterait plusieurs bras et mécanismes d'assemblage.

De plus, dès que nous introduisons un nouveau bras d'assemblage et les nombreuses pièces qui l'accompagnent, nous nous retrouvons avec un ensemble supplémentaire de pièces de machine qui doivent à leur tour être intégrées dans la conception de notre imprimante, imprimées et ensuite assemblées. Cela nécessiterait également un logiciel informatique supplémentaire. Et ce logiciel, cette information numérique, serait loin d'être simple. En effet, l'imprimante tout entière devrait être radicalement repensée pour tenir compte de ces pièces et des mécanismes supplémentaires.

Pire encore, chaque fois que nous incluons une nouvelle pièce ou

un mécanisme supplémentaire pour faciliter ce processus difficile d'auto-réplication, cette nouvelle pièce ou ce nouveau mécanisme doit également être répliqué, ce qui nécessite des instructions supplémentaires, peut-être un remaniement de la disposition physique de la machine, et des informations supplémentaires liées à cette nouvelle pièce ou à ce nouveau mécanisme: comment il doit être construit, comment il doit être assemblé, comment il doit fonctionner.

En effet, chaque fois que nous ajoutons une nouvelle pièce significative ou, dans le jargon de l'histoire de l'évolution matérialiste, chaque fois que l'organisme naissant développe une nouvelle fonction significative, cette nouvelle fonction nécessite non seulement une intégration minutieuse dans l'ensemble, mais aussi les instructions pour mettre en œuvre et reproduire les pièces nécessaires à cette nouvelle fonction.

De plus, on ne voit pas comment l'imprimante pourrait accomplir l'assemblage sans une réingénierie supplémentaire importante. N'oubliez pas que l'imprimante occupe un espace physique tridimensionnel. Le mieux qu'elle puisse faire est d'assembler une copie juste à côté d'elle, avec le côté opposé de la copie à une distance de 30 à 60cm. Ainsi, tout mécanisme devra faire preuve de créativité pour trouver une solution d'assemblage à l'extérieur de cette même imprimante - afin de se reproduire. Ceci suggère un autre défi.

Ingénierie interne

Une imprimante 3D assemblant une copie en dehors d'elle-même pourrait fonctionner sur une surface nette sans aucune autre interférence, mais une telle approche est malheureusement et totalement irréalisable dans l'environnement biologique fluide et aqueux. La cellule utilise donc une approche ingénieuse. Elle construit une copie d'elle-même à l'intérieur d'elle-même, en utilisant sa propre membrane cellulaire pour former l'environnement protecteur pour la construction, puis se divise en tirant la membrane cellulaire vers l'intérieur entre l'original et la copie, pour finalement sceller l'espace et libérer la copie désormais achevée dans l'environnement plus large.

Cette approche permet à la cellule de s'auto-répliquer fidèlement tout en évitant les réactions croisées désastreuses avec les autres produits chimiques et molécules de l'environnement. Elle empêche également les composants cellulaires de se séparer et de se perdre dans l'environnement aqueux.

Dans une cellule bactérienne vivante, par exemple, la cellule se développe et les composants internes nécessaires de la cellule sont fidèlement répliqués (y compris l'ADN). Après que les composants cellulaires se sont séparés aux extrémités de la cellule, le centre de la cellule est divisé et scellé par un septum - une nouvelle paroi cellulaire et un nouveau matériau membranaire séparant les deux moitiés - jusqu'à ce qu'il soit complètement scellé et que les deux cellules soient séparées.

Comparez ce processus de répllication à notre hypothétique imprimante 3D auto-répliquante. Ce serait comme si notre imprimante devait étendre son propre cadre pour englober un espace de la taille de deux imprimantes, construire et assembler les nouveaux composants internes dans cet espace protégé, puis reconstruire deux murs entre les sections identiques afin de libérer la copie achevée dans l'environnement requis. Il s'agirait d'un exploit technique remarquable !

Enfin, une entité auto-répliquante véritablement autonome doit également être capable de localiser, d'acquérir et d'utiliser des matières premières pour la construction de nouvelles pièces, et de générer sa propre énergie à partir de matériaux disponibles dans l'environnement. Pas de câble électrique branché au mur, s'il vous plaît. Ni d'utilisateurs qui alimentent minutieusement l'imprimante en filament d'impression. Enfin, pour une reproduction réussie à long terme sur plus de quelques générations, il serait essentiel de disposer de nombreux mécanismes de retour d'information et de contrôle de la qualité, de capacités de correction des erreurs, etc.

Ce qui précède n'est qu'un aperçu très partiel de ce qu'impliquerait la construction d'une machine véritablement auto-répliquante. Mais si nous réfléchissons à certains de ces détails - un exercice qui est, malheureusement, trop souvent ignoré par les partisans de l'abiogenèse - nous commençons à saisir l'ampleur du problème. Alors que nous le faisons et que nous nous

demandons si une telle prouesse technique est possible, nous ne devons pas négliger le plus gros problème : la création d'une imprimante 3D capable d'imprimer toutes ses pièces et de les assembler en une autre imprimante 3D auto-répliquante, et de le faire avec succès génération après génération - comme peut le faire même la plus simple des cellules auto-répliquantes - serait un travail de conception ingénieuse des plus impressionnants.

Recherché : une licorne moléculaire violette

Il existe évidemment des différences importantes entre le niveau macroscopique de l'impression 3D et le niveau microscopique de la cellule. Pourtant, notre bref examen de ce qu'impliquerait la création d'une machine véritablement auto-répliquante au niveau macro, nous donne une idée des nombreuses capacités qu'une molécule auto-répliquante devrait posséder pour être vraiment viable. Par exemple, la molécule devrait identifier, positionner et orienter les blocs de construction individuels. Elle devrait ensuite les relier entre eux. Dans un environnement liquide, la liaison ne pourrait se faire sans avoir accès à une source d'énergie pour assembler les blocs. Parmi les nombreuses autres capacités qu'elle devrait posséder, la molécule devrait également être capable de vérifier les erreurs de la molécule dupliquée en cours de développement, pour éviter que les informations essentielles ne se dégradent à chaque fois qu'elles sont copiées.¹⁷

L'exercice remet en question l'idée qu'une molécule solitaire, aussi grande et sophistiquée soit-elle, puisse accomplir cette tâche. Pour commencer, il lui manquerait une paroi cellulaire pour se protéger des violentes secousses de la soupe chimique environnante et des inévitables réactions croisées d'interférence. Si elle possédait toutes les autres caractéristiques nécessaires à une machine auto-répliquante viable, elle devrait être beaucoup plus complexe, plus sophistiquée, que n'importe quelle molécule organique existante. Puisque le but de cette molécule - tout aussi imaginaire qu'une licorne violette - est de suggérer la plausibilité pour des forces naturelles aléatoires de donner un coup de pouce à l'origine de la vie, alors la question qui se pose à nous n'est pas de savoir si un agent intelligent pourrait un jour assembler une molécule

hypothétique aussi performante, mais plutôt de savoir si des forces naturelles anodines pourraient d'une manière ou d'une autre la produire. Cela avant que le processus darwinien de variation aléatoire et de sélection naturelle ne puisse y contribuer, puisque, rappelons-le, ce processus ne commence qu'une fois qu'une entité auto-répliquante est en place et effectue son travail.

Quelle sorte de super-molécule serait nécessaire ? Après tout, ni l'ADN ni l'ARN ne sont près de posséder l'ensemble des capacités nécessaires pour s'auto-répliquer tout seuls. Chacun a besoin de l'autre, et chacun a besoin de la cellule.

Qu'est-ce que la cellule ? C'est un travail de nanotechnologie qui dépasse tout ce que les humains n'ont jamais construit. Le généticien Michael Denton l'a décrite comme "un objet d'une complexité et d'une conception adaptative inégalées." Denton nous invite à imaginer que nous agrandissons considérablement une cellule afin d'être capable de voir tous les composants de la cellule travailler ensemble :

Ce dont nous serions témoins serait un objet ressemblant à une immense usine automatisée, une usine plus grande qu'une ville et remplissant presque autant de fonctions uniques que toutes les activités de fabrication des humains sur terre. Cependant, il s'agirait d'une usine qui aurait une capacité inégalée par nos machines les plus avancées, car elle serait capable de reproduire sa structure entière en quelques heures. Être témoin d'un tel acte... serait un spectacle impressionnant.¹⁸

Après avoir passé en revue quelques-unes des exigences technologiques d'une imprimante 3D véritablement auto-répliquante, cela ne devrait pas nous surprendre. Lorsque nous observons qu'une cellule peut s'auto-répliquer, nous pouvons commencer à nous demander quelles technologies, quelles capacités, seraient nécessaires pour que cela soit possible. La liste est longue et décourageante. Les cellules sont incroyablement complexes.

Les chercheurs ont tenté d'identifier les exigences minimales d'une cellule vivante en retirant méthodiquement des protéines et en observant si la cellule continue à fonctionner. Pour un parasite relativement simple

qui dépend de son hôte pour sa survie, les chercheurs ont identifié plus de 300 protéines essentielles.¹⁹ Un autre groupe de recherche a étudié l'une des bactéries libres les plus petites et les plus simples et a estimé que deux fois plus de protéines étaient nécessaires.²⁰ Même si l'on retient la plus petite estimation, cela signifie que plus de 300 types de molécules différentes sont nécessaires à une cellule auto-répliquante relativement simple, sans parler de la molécule d'ADN et des instructions génétiques qu'elle contient. L'idée qu'une seule molécule puisse accomplir une telle tâche dépasse l'imagination.²¹

Ceux qui sont obsédés par la possibilité d'une molécule auto-répliquante doivent ignorer toute l'analyse minutieuse fournie ci-dessus. Ils doivent ignorer la réalité que l'auto-réplication, plutôt que d'être un simple point de départ de la longue route de l'évolution, se trouve à la fin d'un processus d'ingénierie extrêmement compliqué, sophistiqué et spécifique. Ils doivent aussi ignorer le fait qu'à chaque fois qu'une nouvelle caractéristique biologique importante est acquise, ou qu'un élément est ajouté pour faciliter le processus d'auto-réplication, cet ajout nécessite un remaniement du processus d'auto-réplication lui-même, ainsi que l'ajout probable de nouveaux composants et d'informations supplémentaires pour auto-répliquer les nouvelles parties.²² Ce fait, rarement mentionné ou reconnu dans la littérature évolutionniste, jette non seulement un doute sur l'histoire matérialiste de l'origine de la vie, mais représente également un problème conceptuel fondamental pour le processus évolutionniste par la suite.

L'idée que l'auto-réplication est le point de départ de l'origine de la vie n'est pas simplement discutable. Ce n'est pas non plus simplement un problème de plus dans une longue liste de problèmes de l'histoire d'abiogenèse. Elle ne fait pas que simplement empirer les probabilités. Elle est complètement contraire. Elle est diamétralement opposée aux réalités physiques, chimiques et techniques.

Alors pourquoi de nombreux chercheurs sur l'origine de la vie restent-ils fixés sur la licorne violette, la molécule auto-répliquante? Malheureusement, dans le domaine de l'abiogenèse, c'est la théorie, et non les preuves, qui guident la réflexion. C'est pourquoi Richard Dawkins pouvait affirmer avec

assurance dans *The Selfish Gene* que "une molécule qui fait des copies d'elle-même n'est pas aussi difficile à imaginer qu'il n'y paraît au premier abord, puis elle n'a dû apparaître qu'une seule fois."²³ Imaginez ça ! La théorie nécessite juste un peu d'imagination et une forte dose de chance.

C'est pourquoi tant d'énergie dans la recherche sur l'origine de la vie se concentre aujourd'hui sur la découverte de cette insaisissable molécule auto-répliquante. L'insistance sur une origine matérialiste de la vie, associée à l'attrait hypnotique du pouvoir prétendument illimité de la sélection naturelle, conduit le matérialiste à tirer une conclusion qui non seulement n'est pas étayée, mais qui est diamétralement opposée aux réalités physiques, chimiques et techniques que nous observons dans le monde qui nous entoure. En d'autres termes, elle va à l'encontre de ce que nous savons à la fois de l'ingénierie et de l'observation des bactéries auto-répliquantes les plus simples, qui sont toutes des merveilles de perfectionnement technique.

L'auto-réplication, contrairement à l'histoire matérialiste de l'abiogenèse, n'est pas une caractéristique initiale, un trait rudimentaire qu'une seule molécule pourrait gérer. Il s'agit plutôt d'un trait culminant, l'un des traits de haute technologie les plus éblouissants de la biosphère. Les preuves accumulées, prises dans leur ensemble, suggèrent fortement que l'auto-réplication se trouve à la fin d'un processus d'ingénierie très compliqué, profondément intégré, hautement sophistiqué, soigneusement planifié et contrôlé.

En fin de compte, l'histoire de l'abiogenèse n'est pas seulement incomplète, avec des détails restant à remplir. Non. Le paradigme de l'abiogenèse, qui place l'auto-réplication comme première étape du développement, est fondamentalement défectueux au niveau conceptuel. Il s'oppose à la fois aux preuves et à notre expérience du monde réel et doit être écarté.

Révision : À votre tour

1. Qu'est-ce que l'abiogenèse?
2. Qu'y a-t-il d'attrayant dans l'idée que l'évolution darwinienne a

commencé par une simple molécule auto-répliquante, plutôt que par un organisme vivant ?

3. Selon les chercheurs partisans de l'abiogenèse, l'évolution darwinienne est-elle pertinente si elle est appliquée à l'origine de la vie ? Comment ?
4. Dans quelle mesure sommes-nous proches de pouvoir créer une machine véritablement autonome et auto-répliquante ? Quels sont les défis qui restent à relever ?
5. Quels problèmes (s'il y en a) sont engendrés par l'idée que la nature produise une molécule relativement simple et auto-répliquante ?



4

Complexité irréductible et Évolution

Robert P. Waltzer

Vous avez peut-être entendu dire que l'évolution est un fait. La réponse la plus raisonnable à une telle affirmation n'est pas "oui" ou "non." Il s'agit de savoir ce que vous entendez par évolution. En effet, le terme "évolution" peut avoir de nombreuses significations différentes. Il peut faire référence à des changements au fil du temps dans les plantes et les animaux qui ont existé sur terre. Il peut faire référence à des changements relativement petits au sein des espèces. Il peut faire référence à l'origine d'espèces fondamentalement nouvelles à partir de formes antérieures. Il peut faire référence à l'ascendance commune de toute vie sur terre.

Plus précisément, il peut faire référence à la théorie selon laquelle la sélection naturelle, ayant agi sur de petites variations pendant des millions de générations, explique l'origine et la diversité de toute vie - une théorie proposée pour la première fois par Charles Darwin et Alfred Russel Wallace au XIXe siècle, puis développée et affinée au cours des 160 années suivantes.¹ Enfin, le terme peut désigner une version étendue de cette théorie, qui fait intervenir le mécanisme de sélection/variation naturelle mais aussi d'autres mécanismes naturels.

Le terme "évolution" peut donc faire référence à de nombreuses choses différentes. Le fait d'en être conscient peut nous aider à nous orienter dans les discussions sur la théorie de l'évolution, à dissiper le brouillard qui entache souvent les conversations sur le sujet et à mieux évaluer les arguments pour et contre la théorie de l'évolution. Pour y parvenir, examinons brièvement quelques-unes des définitions les plus courantes du terme : changement dans le temps, descendance commune, sélection naturelle, microévolution et macroévolution.

Évolution dans le temps

Des formes végétales et animales différentes ont existé à différentes périodes

de l'histoire géologique. Personne ne remet sérieusement en question cette affirmation. Par exemple, si l'on considère la famille des félins (Felidae), certaines espèces se sont éteintes, comme le Smilodon (connu familièrement sous le nom de tigre à dents de sabre), et d'autres sont apparues plus récemment. Les membres de la famille des félins n'ont donc pas toujours été les mêmes au cours de l'histoire géologique. Ce type de changement au fil du temps est souvent décrit par le terme "évolution." Notez que, en soi, ces changements dans le temps ne disent rien sur ce qui a provoqué le changement, ni sur le fait que certaines ou toutes les différentes formes de vie dans l'histoire de la vie partagent un ancêtre commun. L'évolution dans le temps est une affirmation très modeste sur l'histoire de la vie sur terre, une affirmation que peu, voire personne, ne remet en question.

Origine commune

Il est communément admis que les félins, des lions aux panthères en passant par les chats domestiques, partagent un ancêtre commun. Allant au-delà de la famille des chats et étendant ce type de parenté à toutes les espèces, la plupart des disciples de Darwin ont soutenu qu'il existait un ancêtre commun à toute la vie sur terre,² une idée connue sous le nom de descendance commune universelle. Cette idée n'était pas nouvelle pour Darwin, mais elle a gagné en importance après que Darwin et Wallace eurent proposé leur théorie de l'évolution,³ et parfois, lorsque quelqu'un fait référence à "l'évolution," il veut dire l'idée que toute vie a évolué à partir d'un ancêtre commun. (Notez toutefois qu'il est possible d'affirmer l'ascendance commune sans approuver d'un récit particulier de la façon dont cela s'est produit. Une personne peut, par exemple, penser que le processus a été intelligemment guidé).

La Sélection Naturelle

Dans la nature, il y a souvent une compétition pour avoir accès aux ressources qui sont fréquemment limitées. Certains membres d'une espèce possèdent différentes adaptations, qui les rendent plus aptes à accéder à ces ressources.

Ils ont ainsi plus de chances de survivre et de se reproduire. Ceux qui possèdent les mutations bénéfiques sont plus susceptibles de les transmettre aux générations futures. Les mutations bénéfiques sont donc sélectionnées et les mutations nuisibles sont filtrées. C'est l'idée de la sélection naturelle en résumé.

Comme l'a noté Darwin, lorsqu'une mutation aide une créature à survivre et à se reproduire, cette mutation, appelée avantage sélectif, a donc plus de chances d'être transmise à la descendance et de devenir finalement commune dans une population.

Considérons une espèce d'oiseau, dans un environnement où un changement climatique a entraîné une augmentation du nombre d'insectes comestibles vivant dans l'écorce des arbres. Ces insectes sont alors plus facilement accessibles pour des becs légèrement plus longs que la moyenne de cette espèce d'oiseau. Dans le même temps, ce changement climatique a entraîné une diminution du nombre de graines, qu'il est préférable de fragmenter et de consommer à l'aide de becs plus courts et plus robustes. La taille des becs variera naturellement au sein de cette population d'oiseaux, et les oiseaux dotés des becs les plus longs seront mieux adaptés pour obtenir des organismes de l'écorce des arbres. Ainsi, ces oiseaux auront plus de chances de survivre et de se reproduire dans cette nouvelle situation climatique que s'ils avaient des becs plus courts. La génération suivante pourrait alors avoir des becs légèrement plus longs en moyenne, et si la situation climatique se poursuit, le processus se répétera, aboutissant à nouveau à des becs légèrement plus longs, en moyenne, au sein de la population.

En revanche, les oiseaux qui vivent dans un environnement où les graines sont durcies par la sécheresse pourraient être mieux adaptés avec des becs courts et robustes. Il s'agit de l'un des exemples les plus fréquemment cités de la sélection naturelle agissant sur la variation aléatoire, souvent mentionné dans les manuels de biologie. Il illustre bien l'idée de base de l'évolution par sélection naturelle.

Arbre généalogique de l'homme.

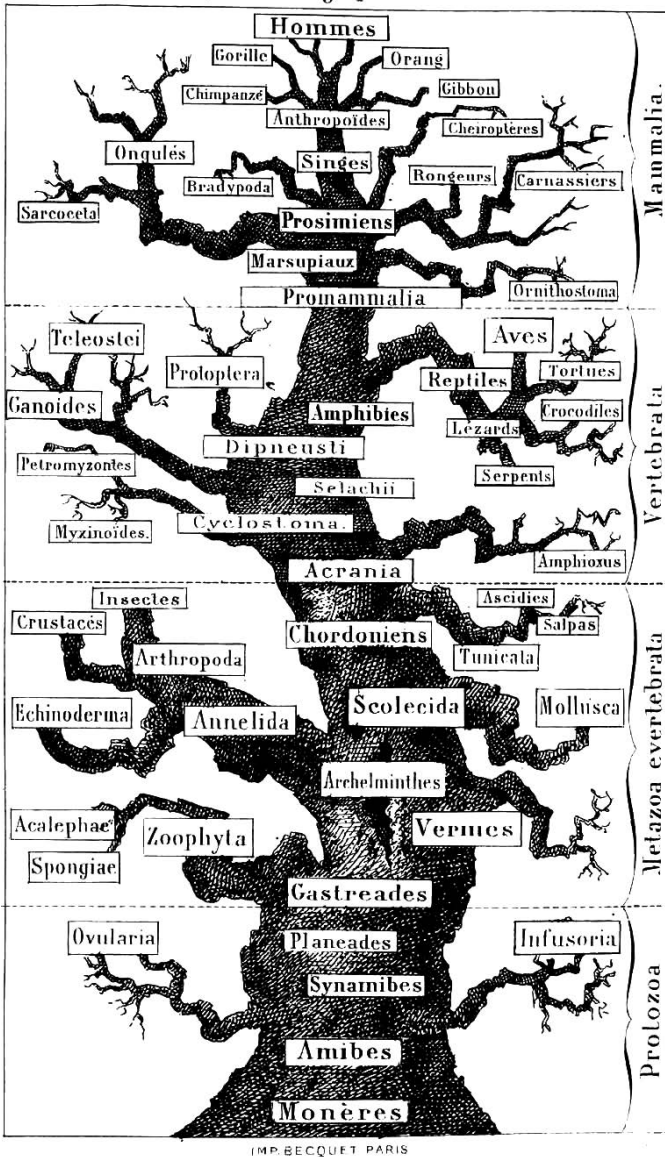


Figure 4.1. Illustration de "l'arbre de vie" réalisée par le naturaliste allemand du XIX^e siècle Ernst Haeckel, illustrant l'idée que toutes les espèces et tous les groupes d'espèces sont issus d'un ancêtre commun. Aujourd'hui comme hier, la production de ces illustrations comporte une part de spéculation et les théoriciens de l'évolution ne s'accordent pas sur la place à donner à chaque élément de l'arbre.

Mais remarquez que la variation est modeste et que la taille des becs tend à augmenter et à diminuer à l'intérieur d'une fourchette fixe. Ainsi, bien que cet exemple soit l'un des plus couramment utilisés pour démontrer la sélection naturelle, il n'est que d'une utilité limitée pour justifier l'évolution par sélection naturelle de formes animales fondamentalement nouvelles à partir de formes antérieures.⁴

Microévolution et macroévolution

La microévolution désigne des changements évolutifs relativement modestes, comme ceux mentionnés ci-dessus. Pensez à la façon dont la taille du bec des pinsons varie, ou à la façon dont certaines espèces d'oiseaux vivant sur des îles venteuses sans prédateurs s'adaptent pour devenir incapables de voler. C'est la microévolution. La macroévolution, en revanche, est un changement évolutif qui produit des structures biologiques et des formes de vie fondamentalement nouvelles. À un moment donné de l'histoire de la vie, les oiseaux n'avaient pas d'ailes. Puis finalement, ils en ont eu. Si les processus évolutifs ont créé les ailes d'oiseau, c'est de la macroévolution.

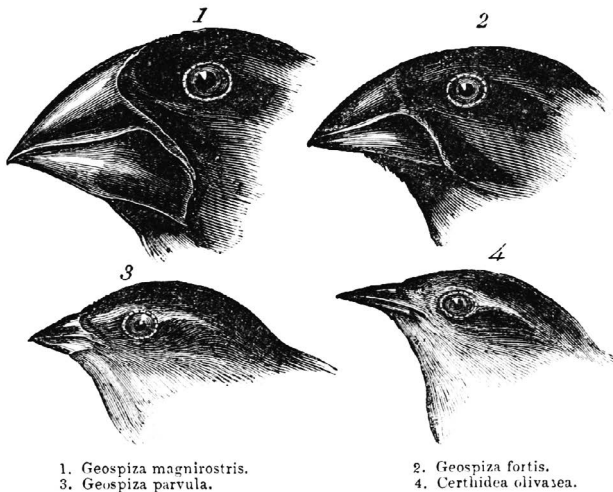


Figure 4.2. Dessins de pinsons des Galápagos. Les becs courts et robustes permettent de mieux manger les graines dures. Les becs longs permettent de creuser l'écorce des arbres pour attraper les insectes et autres petits organismes.

L'entomologue Yuri Philiptschenko aurait inventé les termes "microévolution" et "macroévolution" dans un ouvrage allemand en 1927.⁵ Le biologiste évolutionniste russo-américain Theodosius Dobzhansky, dans son ouvrage de 1937 intitulé "Genetics and the Origins of Species," a introduit cette terminologie en anglais. Il y fait remarquer que "dans l'état actuel des connaissances, nous sommes contraints, à contrecœur, de mettre sur le même pied d'égalité les mécanismes de la macro et de la microévolution."⁶

Pourquoi à contrecœur ? Parce que, comme l'a admis Dobzhansky, si nous pouvons observer directement et construire des expériences qui produisent une microévolution, nous n'avons pas été capables d'observer ou de produire une macroévolution. Même de nos jours, lorsque nous tentons de le faire, plus de quatre-vingts ans après que Dobzhansky a écrit ces mots, il y a toujours assez rapidement un mur micro évolutif sur lequel nous continuons à nous heurter. Nous le constatons même dans le cas de microbes qui se reproduisent rapidement et dans d'énormes populations, où des millions de mutations et des dizaines de milliers de générations sont possibles.

Qu'est-ce qui a donc "contraint" Dobzhansky à mettre sur le même pied d'égalité la micro et la macroévolution ? Il semble que ce soit son engagement personnel en faveur de l'existence de la macroévolution, associé au fait que la macroévolution n'est pas directement observable. En d'autres termes, il voulait démontrer que toute la diversité de la vie ne nécessitait pas de mécanismes autres que ceux de la microévolution, mais il ne pouvait pas observer ou produire de la macroévolution pour étayer son argumentation : il s'est donc contenté de démontrer la microévolution et de l'assimiler à la macroévolution.

Bien que Dobzhansky et d'autres théoriciens de l'évolution puissent assimiler les deux, nous sommes libres d'observer la différence flagrante et l'inégalité que Dobzhansky a lui-même constatée. En fait, la raison nous oblige à le faire. Reconnaître la différence cruciale, l'inégalité, est la clé d'une réflexion claire sur cette question.

Les changements microévolutifs non assistés peuvent-ils s'accumuler et conduire à des changements macroévolutifs spectaculaires ? Peuvent-ils,

par exemple, conduire à l'apparition des premiers animaux marins, ou des premiers dinosaures, ou des premiers mammifères ? Peuvent-ils produire un sonar chez les chauves-souris ? Nous ne pouvons même pas aborder rationnellement la question tant que nous ne reconnaissons pas d'abord la différence claire entre microévolution et macroévolution.

Alerte à l'équivoque

L'équivoque est un sophisme logique qui consiste à changer le sens d'un mot au milieu d'un argument. Prenez, par exemple, l'argument suivant : "Lorsque le temps est ensoleillé, les rues sont sèches." Harriet a un tempérament ensoleillé. Par conséquent, chaque fois que Harriet est dehors, les rues sont sèches." Le mot "ensoleillé" signifie en premier lieu que le soleil brille ; en second lieu, il signifie optimiste et joyeux.

Les arguments en faveur de l'évolution recourent souvent à l'équivoque, en s'appuyant sur le fait que le terme "évolution" peut désigner plusieurs choses différentes. Prenons l'exemple d'une personne qui affirme que l'évolution est un fait. Par "évolution," elle entend l'idée que la sélection naturelle, agissant sur des mutations génétiques accidentelles, a produit la macroévolution, c'est-à-dire l'évolution de nouvelles structures et formes dans l'histoire de la vie. Supposons que cette personne essaie ensuite de prouver l'évolution dans ce sens en citant la façon dont les éleveurs ont créé différentes sortes de chiens - la microévolution par sélection artificielle. Ainsi, au début, l'évolution signifie la macroévolution par sélection naturelle, mais ensuite l'évolution fait référence à la microévolution par sélection artificielle. L'évolutionniste a utilisé un terme dans son argumentation de deux manières différentes, mais il agit comme si la signification n'avait pas changé, ou du moins pas de manière significative. Ceci est un exemple du sophisme de l'équivoque.

Nous devons comprendre que ceux qui utilisent le terme "évolution" ne sont peut-être pas de mauvaise foi. Ils peuvent ne pas se rendre compte qu'ils sont en train d'équivoquer. Mais cela ne signifie pas que l'on doit se plier à leur confusion. Au contraire, la prochaine fois que quelqu'un affirme quelque chose à propos de "l'évolution," appuyez sur "pause" et demandez

ce que la personne veut dire exactement. Si la personne suggère des preuves d'évolution en cours, demandez-vous quel type d'évolution, et si elle existe, a-t-elle été démontrée ? Est-ce que ces preuves confirment l'hypothèse d'une évolution complète, non assistée, du microbe à l'homme ? Est-ce qu'elle fait avancer le débat mais ne le clôt pas ? Est-ce que la preuve fournie est entièrement hors contexte ? Si c'est le cas, que faut-il d'autre pour arriver à une conclusion, ou s'il y a lieu, pour étayer le cas de la théorie complète de l'évolution ?

Une autre explication en lice

Dans l'évaluation des revendications de la théorie moderne de l'évolution, un objectif louable est de procéder aussi raisonnablement que possible et de suivre les preuves là où elles mènent. L'équivoque avec le terme évolution ne nous y mène pas. Cela produit de la confusion alors que ce que nous voulons, c'est de la clarté et de la perspicacité. Nous voulons procéder raisonnablement et d'une manière qui soit guidée par des preuves. La science des origines biologiques est une science historique, et les sciences historiques ont développé une méthodologie commune pour faire exactement cela.

Les sciences historiques étudient les indices du présent pour résoudre les mystères du passé. Dans les sciences historiques, les chercheurs comparent des explications contraires pour un événement donné ou une série d'indices sur un événement passé. Parfois, deux explications ou plus semblent expliquer de manière adéquate un événement en question. Si un indice décisif peut être trouvé, une explication peut alors remplacer l'autre. Dans le cas contraire, il n'est pas juste qu'une explication se déclare "la vérité" et que toutes les autres soient fausses.

Prenons un exemple tiré de l'une des sciences historiques qu'est la médecine légale, utilisée pour étudier les scènes de crime. Un homme est retrouvé mort à son domicile. Les médecins légistes sont appelés à enquêter et à déterminer la cause du décès. Mort d'une maladie naturelle ? D'un meurtre ? D'un suicide ? D'un accident ? L'homme a été retrouvé dans sa baignoire avec des traces d'un coup violent à l'arrière de la tête. L'un des

enquêteurs conclut que l'homme a glissé et s'est frappé la tête sur le côté de la baignoire. On ne peut pas très bien se frapper l'arrière de sa propre tête assez fort pour se tuer, raisonne l'enquêteur. Donc clairement, ce n'était pas un suicide, annonce-t-il. Au lieu de cela, c'est une mort accidentelle.

Mais un deuxième enquêteur fait remarquer que l'homme pourrait avoir été frappé à l'arrière de la tête par quelqu'un d'autre. Ce n'était peut-être pas un accident. Le premier enquêteur montre le coup à l'arrière de la tête et note que le coup est parfaitement cohérent avec sa théorie d'une chute accidentelle. Affaire classée, dit-il. Lorsque l'autre enquêteur lève un sourcil, le premier l'accuse de sensationnalisme, de préférer l'explication la plus dramatique, le meurtre. Il n'y a aucune preuve d'entrée par effraction dans la maison, note encore le premier enquêteur, et si chaque accident de salle de bains doit être attribué à un meurtrier mystérieux, où s'arrêteront les théories du complot ? Non, il insiste. Il va écrire qu'il s'agit d'un simple accident. La victime a glissé, s'est cognée la tête et est morte. Fin de l'histoire.

Est-ce une façon de procéder pour un expert médico-légal ? Bien sûr que non. Il ne prend pas en compte l'hypothèse du meurtre. Au lieu de cela, il devrait reconnaître qu'il y a une explication alternative et que ce n'est pas une affaire facile à résoudre. D'autres preuves sont nécessaires pour choisir une hypothèse plutôt qu'une autre.

Le premier enquêteur a mentionné qu'il n'y avait aucun signe d'effraction. C'est bien, mais ce n'est pas décisif. L'homme aurait pu être assassiné par un ami ou un membre de sa famille. Ou peut-être qu'il a laissé la porte d'entrée non verrouillée. Au lieu de porter un jugement hâtif, le premier enquêteur devrait examiner la scène plus attentivement à la recherche d'indices supplémentaires qui pourraient s'avérer décisifs dans un sens ou dans l'autre. S'il le faisait, il pourrait trouver, par exemple, un serre-livre en étain dans le couloir qui montre des traces d'avoir été récemment nettoyé à l'eau de Javel, alors que le second serre-livre ne l'a pas été. Les serre-livres ont aussi une forme qui correspond à la blessure à l'arrière de la tête du mort. Des indices importants, mais qui ne seront même pas pris en compte si le premier enquêteur arrive à ses fins.

Il existe un cas dans la biologie des origines qui n'est pas sans rappeler le scénario fictif ci-dessus. Des similitudes dans la génétique peuvent être observées chez diverses espèces. Par exemple, il existe un ensemble de gènes impliqués dans la spécification de l'organisation du corps au cours de son développement. Ces gènes sont appelés gènes Hox. Nous pouvons observer des similitudes dans certains gènes Hox chez des espèces aussi disparates que la drosophile, la pieuvre et l'homme. Les théoriciens de l'évolution affirment que l'ascendance commune est l'explication de ces similitudes génétiques. Autrement dit, les gènes similaires seraient passés d'un ancêtre commun à ces descendants. D'accord, c'est une explication possible pour les similitudes génétiques, mais ce n'est pas la seule.

De même que les développeurs de logiciels réutilisent des lignes de code informatique dans différents contextes lorsqu'ils conçoivent de nouveaux logiciels, ou que les concepteurs automobiles réutilisent le principe des quatre roues et des deux essieux lorsqu'ils conçoivent une nouvelle voiture, de même un concepteur de la vie aurait pu réutiliser des lignes de code génétique entre différentes espèces. Il s'agit là aussi d'une explication potentielle.

En effet, l'informaticien Winston Ewert soutient que le schéma des similitudes et des différences dans les différents génomes ressemble davantage au schéma que l'on trouve dans le travail des concepteurs de logiciels, qui réutilisent les modules logiciels dans différents contextes, même s'ils construisent des programmes logiciels avec de nouveaux éléments et de nouvelles dispositions des modules existants. Ewert suggère que ce schéma de similitudes et de différences favorise la conception intentionnelle comme cause première des programmes génétiques qui contribuent à coder la diversité des formes biologiques que nous trouvons dans la biosphère.⁷

Certains théoriciens de l'évolution, malheureusement, sont comme le premier enquêteur ci-dessus qui a écarté l'hypothèse du meurtre en la jugeant trop sensationnelle, puis a simplement répété que son explication de la mort par chute accidentelle était cohérente avec le coup porté à l'arrière de la tête de la victime. Ces théoriciens de l'évolution insistent sur le fait

que la déduction d'une conception intentionnelle "n'est pas de la science" et se comportent comme si la descendance commune via une évolution non assistée était la seule explication pour les similarités génétiques, fin de la discussion.

ADN de pacotille ou argument de pacotille ?

Heureusement, certains théoriciens de l'évolution se comportent un peu mieux que cela. Ils affirment que le processus darwiniste d'évolution non assistée devrait produire beaucoup de déchets génétiques, et que nos génomes seraient truffés de déchets d'ADN. Selon eux, on peut s'y attendre pour des raisons d'évolution, mais pas si la vie est l'œuvre d'une intelligence.

Francis Collins et Karl Giberson proposent l'exemple d'un gène impliqué dans la synthèse de la vitamine C. "Les primates, y compris les humains, ont besoin de vitamine C dans leur alimentation, sinon ils souffriront d'une maladie appelée scorbut," écrivent-ils. "Que s'est-il passé ? Le génome humain possède une copie dégénérée du gène qui fabrique l'enzyme de synthèse de la vitamine C. Ce gène 'cassé' a perdu plus de la moitié de sa séquence codante. Prétendre que le génome humain a été créé par Dieu de manière indépendante, plutôt que de descendre d'un ancêtre commun, signifie que Dieu a inséré un morceau d'ADN cassé dans nos génomes. Ce n'est pas du tout plausible."⁸ Un tel gène cassé est appelé "pseudogène."

Il existe cependant des réponses à cet argument. Les erreurs génétiques pourraient facilement provenir de la transmission au fil du temps. C'est-à-dire qu'une création originale sans ces erreurs a subi des erreurs de mutation au cours de nombreuses générations. Bien que le processus de réplication soit extraordinairement précis et contienne même un système de correction des erreurs étonnamment sophistiqué, il n'est pas totalement exempt d'erreurs, et l'on peut donc s'attendre à ce que des erreurs s'accumulent dans certaines parties du génome.

De plus, comme les chimpanzés et les humains ont des structures et des fonctions similaires (ce sont tous deux des primates, après tout), il n'est pas surprenant qu'ils aient une séquence génétique similaire à un endroit

similaire. Le fait que ce gène ait cessé de fonctionner au sein de la lignée humaine n'est pas une preuve de l'existence d'un ancêtre commun avec les chimpanzés, et encore moins une preuve de l'existence d'un ancêtre commun au lieu d'une conception commune.

De même, le fait que notre pseudogène supposé ne fonctionne pas pour la production de vitamine C ne signifie pas qu'il n'a aucune fonction. La version humaine pourrait encore avoir une fonction non découverte. Le paradigme darwinien a découragé la recherche de fonctions supplémentaires dans ce gène et dans de nombreux autres dont la fonction possible reste à déterminer.

Il y a aussi la question de savoir pourquoi la partie non mutée restante est intacte. Si le gène était totalement inutile, pourquoi le reste du gène ne subirait-il pas une nouvelle mutation, voire ne serait-il pas supprimé du génome ? Je soupçonne qu'il ne subit pas une telle mutation ou suppression parce que cela pourrait être délétère pour l'individu, diminuant ses chances de survie - car le gène peut remplir une fonction. Et donc la partie non mutée reste, servant une fonction encore indéterminée mais nécessaire.

Enfin, si l'histoire de l'évolution racontée par Collins, Giberson et d'autres était vraie, nous pourrions nous attendre à ce qu'elle soit confirmée par le schéma plus large des relations phylogénétiques (évolutionnistes) entre les différents animaux qui n'ont pas la capacité de synthétiser la vitamine C. Mais c'est tout le contraire qui se produit. Comme le notent Sebastian J. Padayatty et Mark Levine dans la revue *Oral Diseases*, un grand nombre de "ces animaux qui n'ont pas la capacité de synthétiser la vitamine C n'ont aucun lien phylogénique entre eux, ce qui implique de nombreuses mutations indépendantes aboutissant toutes au même phénotype. Aucune influence environnementale commune n'est apparente. À ce jour, il n'existe pas d'explication évolutive satisfaisante pour la perte apparemment aléatoire de la capacité de synthèse de la vitamine C."⁹

En ce qui concerne les vastes sections du génome que les théoriciens de l'évolution considèrent comme de "l'ADN non codant," certains développements semblent favoriser l'hypothèse du dessein par rapport

à celle de l'évolution aléatoire. Les théoriciens du dessein ont prédit il y a des années qu'une grande partie de ce que les partisans de l'évolution considéraient comme de l'ADN non codant se révélerait avoir des fonctions importantes,¹⁰ et cette prédiction s'est déjà confirmée. De plus, chaque année, les scientifiques découvrent de nouvelles preuves des fonctions précédemment inconnues de ces soi-disant déchets.

Ann Gauger, Ola Hössjer et Colin Reeves font remarquer que "les pseudogènes n'ont pas fait l'objet d'une grande attention dans la littérature scientifique parce qu'ils sont considérés comme des déchets." Mais ils affirment que cela est en train de changer. "Lorsque les pseudogènes ont été soigneusement étudiés, ils se sont souvent avérés être fonctionnels, et ce, de manière non standard," écrivent-ils. "Une partie du problème réside dans le fait qu'un pseudogène peut être actif dans des tissus spécifiques uniquement pendant des étapes particulières du développement, ce qui rend l'identification de leurs fonctions difficile. Néanmoins, les chercheurs dans ce domaine sont convaincus que la poursuite des recherches permettra d'obtenir davantage de preuves de fonctionnalité."¹¹

Le test de Darwin

Outre la question des similitudes et des différences génétiques, il existe d'autres indices qui méritent d'être pris en considération, des preuves qui pourraient pointer vers le travail d'un intellect créatif et non vers une évolution aveugle. Examinons l'un de ces indices, voyons comment les darwinistes réagissent et comment on pourrait réagir à notre tour.

Dans sa recherche sur l'origine des espèces, Darwin propose un moyen de tester et peut-être même de réfuter sa théorie de l'évolution. "Si l'on pouvait démontrer l'existence d'un organe complexe qui n'aurait pas pu être formé par de nombreuses modifications successives et légères, écrivait-il, ma théorie s'effondrerait absolument."¹² Grâce au développement de microscopes de grande précision et de nouvelles techniques d'observation, nous connaissons désormais de nombreuses structures biologiques au niveau moléculaire qui peuvent servir de candidats pour potentiellement réfuter la théorie

de Darwin. Au cours des dernières décennies, de nombreuses structures biologiques minuscules ont été découvertes, des structures complexes souvent appelées "machines moléculaires." Michael Behe, professeur de biochimie à l'Université de Lehigh, a affirmé que quelques-unes d'entre elles n'ont pas pu évoluer de la manière envisagée par Darwin et qu'elles contredisent donc le darwinisme. Il suggère que le dessein intentionnel est donc une meilleure explication de leur origine, c'est-à-dire qu'un intellect créateur les a façonnées.

Au cœur de l'argumentation de Behe se trouve l'idée de complexité irréductible. Il définit la complexité irréductible comme "un système unique composé de plusieurs parties bien assorties et en interaction qui contribuent à la fonction de base, dans lequel la suppression de l'une des parties quelconques entraîne l'arrêt effectif du fonctionnement du système."¹³ Si de telles machines moléculaires existent, comment ont-elles pu évoluer progressivement, étant donné qu'elles ne fonctionnent pas tant que toutes leurs nombreuses parties essentielles ne sont pas en place ? Behe affirme que ce n'est pas possible et que la biologie moléculaire a mis au jour plusieurs machines moléculaires irréductiblement complexes, des merveilles de nanotechnologie qui n'auraient pas pu évoluer de manière graduelle et non dirigée tel que par Darwin et ses partisans l'ont imaginé.

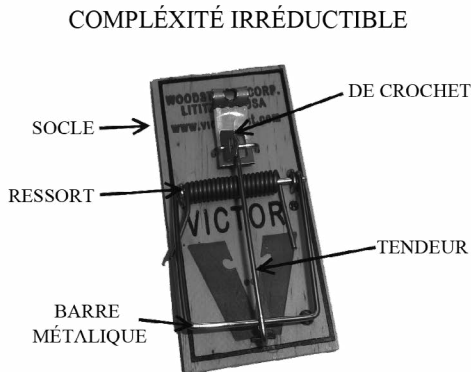


Figure 4.3. Une tapette à souris comme exemple de complexité irréductible.

Pour comprendre le concept de complexité irréductible, il est utile d'imaginer une machine qui nous est familière : la tapette à souris. Il s'agit d'une machine relativement simple, mais, comme le note Behe, elle nécessite tout de même "plusieurs pièces en interaction bien assorties"¹⁴ afin de fonctionner correctement. Si la barre métallique est enlevée, la souris ne sera pas piégée. Si le tendeur n'est pas là pour retenir la barre métallique, le piège sera fermé en permanence et n'attrapera rien. Enlevez une de ces parties essentielles et ce n'est plus une tapette à souris qui fonctionne. C'est ce que Behe entend par "irréductiblement complexe."

Un moteur révolutionnaire

Passons maintenant de la simplicité relative de la tapette à souris à des exemples tirés de la biologie. Behe en donne plusieurs dans son livre *Darwin's Black Box*.¹⁵ Il s'agit notamment du système humain de coagulation sanguine et des mécanismes de détection de la lumière dans nos yeux.

Au microscope électronique, le flagelle bactérien est une longue queue en forme de fouet qui se détache de la bactérie en forme de haricot (figure 4.4). Mais c'est bien plus que cela. Nous savons maintenant que ce flagelle en forme de fouet fonctionne comme un moteur, tournant plusieurs milliers de fois par minute et déplaçant la bactérie comme une hélice fait avancer un bateau sur l'eau.

Semblable à une machine de fabrication humaine, le moteur du flagelle est ancré par des bagues et comporte un arbre d'entraînement fixé à un rotor tournant dans un stator. Cependant, contrairement au moteur d'un bateau, il est alimenté par des ions d'hydrogène plutôt que par de l'essence.

Grâce à des microscopes électroniques de pointe, les biologistes ont pu non seulement voir le flagelle, mais aussi en apprendre davantage sur les minuscules pièces de cette remarquable nano-machine. Nous pouvons en voir quelques-unes dans le croquis ci-dessous (figure 4.5). N'oubliez pas que le flagelle réel est encore plus sophistiqué que ne le suggère ce dessin simplifié.

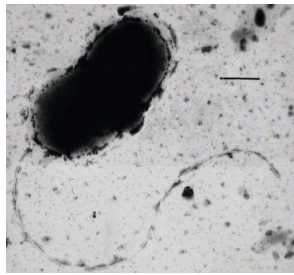


Figure 4.4. Micrographie électronique d'une bactérie. La grande structure ovale est la bactérie, et la longue queue en forme de fouet est le flagelle.

Quel est le rapport entre le flagelle bactérien et la théorie de l'évolution ? Pour que le darwinisme moderne soit vrai, cette remarquable nanomachine devait évoluer par "de nombreuses modifications successives et légères," sans qu'aucune intelligence ne soit impliquée. Seulement une série de petites mutations aléatoires passées au crible de la sélection naturelle, sur des milliers ou des millions de générations devaient suffire.

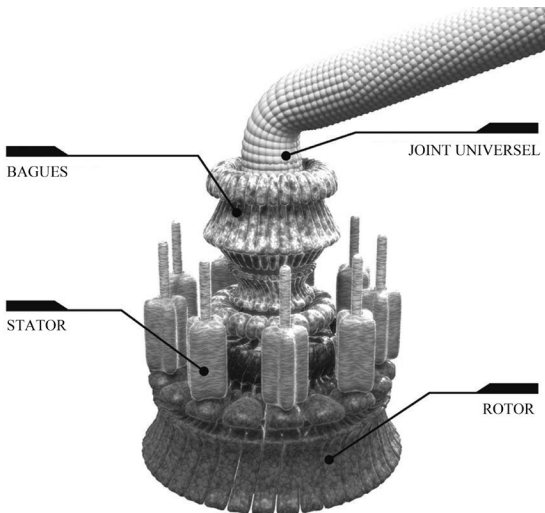


Figure 4.5. Représentation des composants clés du moteur flagellaire bactérien.

Chaque étape de mutation doit être petite car les chances sont trop

importantes de produire de grandes améliorations mutationnelles en un seul bond. (C'est le point de vue standard des néo-darwinistes.) De la même manière qu'on ne peut pas jeter au hasard une boîte de lettres de Scrabble sur une table et s'attendre à ce qu'elles forment un jeu complet de mots cohérents. Nous ne pouvons pas nous attendre à ce que des mutations génétiques aléatoires arrangent soudainement l'ADN pour coder l'ensemble du flagelle bactérien. Non, pour maîtriser les probabilités, il faut avancer à petits pas.

En outre, chacun de ces petits pas sur le chemin de l'évolution doit être immédiatement fonctionnel pour offrir un avantage sélectif et être transmis à la génération suivante. Il ne suffit pas d'avoir une mutation qui s'avèrera potentiellement un jour utile, parce que l'évolution ne regarde pas vers l'avenir. L'évolution est aveugle. C'est pourquoi l'évolutionniste Richard Dawkins l'a appelée "The Blind Watchmaker" (l'horloger aveugle) dans un livre portant ce titre. Le processus ne se projette pas dans l'avenir et ne se dit pas : " ne serait-il pas pratique pour une bactérie d'avoir une queue qui puisse la propulser ? Je pense que pendant plusieurs générations, je vais localiser et assembler des dizaines de pièces distinctes et très spécialisées pour en faire un moteur génial." Non, l'évolution ne regarde pas en avant. Elle ne pense pas. Il y a juste une petite mutation aléatoire dans l'ADN. Ensuite, soit la mutation aide l'organisme, soit elle ne l'aide pas. Soit elle est transmise à une autre génération, soit elle ne l'est pas. Le processus d'évolution ne se préoccupe pas de savoir si la mutation sera un jour utile lorsqu'elle sera assemblée à d'autres mutations possibles. L'avenir n'est pas un souci. Tout ce qui est important, c'est qu'une nouvelle mutation – à son moment précis - contribue à la fonction de la survie et de la reproduction. Elle est aveugle à tout le reste.

C'est pourquoi l'évolution nécessite une série de petites étapes fonctionnelles entre l'ancêtre le plus simple et le moteur flagellaire le plus complet. Mais un tel arbre généalogique ne semble pas possible pour le flagelle bactérien. Au contraire, les observations révèlent que la structure entière du flagelle doit être présente, avec toutes les parties en place, pour que le flagelle puisse propulser la bactérie. C'est en ce sens semblable à la tapette

à souris. Si la tapette ne possède que certaines de ses parties essentielles, elle ne fonctionne pas. Tout comme le flagelle, si l'une ou l'autre de ses parties est défaillante ou manquante, le flagelle entier s'arrête. Si toutes les pièces sont présentes et en bon état de marche, mais qu'elles n'ont pas été disposées avec précision, là encore, le flagelle ne fonctionne pas et ne fait qu'absorber les précieuses ressources de la bactérie, ce qui réduit ses chances de survie.

Cependant, le flagelle bactérien *fonctionne*. Alors comment une telle merveille technologique a-t-elle vu le jour ? Les partisans de la théorie moderne de l'évolution ont tenté d'expliquer comment une série de coïncidences aléatoires a pu faire évoluer un tel système. L'une des idées qu'ils avancent est ce que l'on appelle la cooptation. En d'autres termes, la nature coopte des machines moléculaires antérieures plus simples pour créer le flagelle bactérien. Il s'agit d'une idée inventive, certes, mais elle présente une grave lacune dans son principe même. Les pièces des machines plus simples devraient être retravaillées pour fonctionner dans le flagelle bactérien et, d'une manière ou d'une autre, être toutes mises en place - tout comme un bricoleur de garage devrait retravailler et assembler soigneusement des pièces de récupération provenant de vieilles tondeuses à gazon et autres, pour construire un kart motorisé.

Les évolutionnistes ont proposé un dispositif qui pourrait être le précurseur du flagelle bactérien, un complexe d'aiguilles connu sous le nom de système de sécrétion de type III (SST3). Le SST3 a-t-il contribué à ouvrir la voie de l'évolution vers le flagelle bactérien ? Cette notion présente plusieurs problèmes, comme l'expliquent Scott Minnich et Stephen Meyer :

Cet argument ne semble que superficiellement plausible à la lumière de certaines des conclusions présentées dans cet article. Tout d'abord, les SST3 génèrent plus de complications que de solutions à cette question. Comme nous l'avons démontré ici, le fait de posséder plusieurs SST3 provoque des interférences. S'ils ne sont pas séparés, l'un ou les deux systèmes sont perdus. De plus, les trente autres protéines du moteur flagellaire (qui ne sont pas présentes dans le SST3) sont uniques au moteur et ne se

trouvent dans aucun autre système vivant. D'où viennent donc ces protéines coopter ? En outre, même si toutes les parties protéiques étaient disponibles pour fabriquer un moteur flagellaire au cours de l'évolution de la vie, il faudrait que les pièces soient assemblées dans la bonne séquence temporelle, comme on assemble une automobile en usine. Pourtant, pour coordonner l'assemblage des pièces du moteur flagellaire, les bactéries actuelles ont besoin d'un système élaboré d'instructions génétiques ainsi que de nombreuses autres machines protéiques pour chronométrer l'expression de ces instructions d'assemblage. On peut soutenir que ce système est lui-même irréductiblement complexe. Quoi qu'il en soit, l'argument de la cooptation suppose implicitement la chose même qu'il cherche à expliquer - un système de protéines fonctionnellement interdépendant. Enfin, les analyses phylogénétiques des séquences génétiques suggèrent que les protéines du moteur flagellaire sont apparues en premier et que celles de la pompe sont venues plus tard. En d'autres termes, la pompe a évolué à partir du moteur et non le moteur à partir de la pompe.¹⁶

Qu'est-ce que cela nous apprend sur le moteur du flagelle bactérien ? Jusqu'à présent, personne n'a proposé un plan raisonnable, étape par étape, pour expliquer comment une telle chose aurait pu évoluer. Personne ne s'en est même approché. Ainsi, comme le note Behe, la théorie de Darwin a été soumise au test de Darwin lui-même et a échoué.

Le flagelle bactérien n'est pas le seul exemple. Il existe de nombreux systèmes complexes pour lesquels personne n'a réussi à montrer comment ils ont pu évoluer par une série de modifications légères et successives. En effet, les évolutionnistes n'ont pas réussi à fournir une voie d'évolution détaillée et exploitable pour un système biologique irréductiblement complexe. Pas un seul.

Les récits hypothétiques dépourvus de preuves ou de détails ne sont pas adéquats. En l'absence d'une explication raisonnable de la manière dont de tels systèmes ont pu évoluer progressivement par des mécanismes purement

naturels, la théorie moderne de l'évolution ne parvient pas à expliquer une part très importante de ce que nous observons en biologie et, de fait, échoue à l'un de ses tests les plus fondamentaux.

La complexité irréductible en notre propre corps

Après les micros-machines biologiques, passons aux systèmes à grande échelle du corps humain qui présentent eux aussi une complexité irréductible, ici les systèmes de transport du sang et de l'oxygène vers les tissus. Ce travail nécessite la coordination de multiples structures et sous-systèmes, tous dotés de spécifications extrêmement précises. Nous avons besoin d'un cœur et d'une série de vaisseaux sanguins, qui constituent le système cardiovasculaire. Nous avons également besoin de poumons, de voies respiratoires et de muscles pour faire entrer l'air dans le corps : le système respiratoire. Les nombreuses parties essentielles du système cardiovasculaire doivent être placées et disposées correctement pour que le système fonctionne. Pour acheminer l'oxygène vers les tissus, il doit également exécuter une coordination extrêmement complexe avec le système respiratoire, qui doit aussi avoir ses nombreuses parties essentielles en place.

Il existe de nombreux autres sous-systèmes qui doivent être en place et fonctionner avec ceux-ci, mais nous allons ici nous concentrer sur ces deux systèmes. Ils sont cruciaux car les cellules de votre corps ont besoin d'oxygène pour rester en vie et fonctionner.¹⁷

Le système respiratoire contient des poumons et des voies respiratoires ainsi que des muscles importants, dont le diaphragme. Lorsque le diaphragme se contracte, l'air est aspiré dans les poumons par les voies respiratoires. Les poumons, les voies respiratoires et les muscles doivent tous travailler ensemble pour que le système respiratoire fonctionne. Mais une fois que l'air pénètre dans les poumons, rien ne se passe si l'oxygène ne peut pas pénétrer dans la circulation sanguine. Il doit donc y avoir une interface précisément structurée entre le système respiratoire et le système cardiovasculaire. Chaque système ayant besoin de l'autre.

Les minuscules sacs en forme de raisin dans les poumons qui reçoivent

l'air sont appelés alvéoles ou sacs alvéolaires. Les minuscules vaisseaux sanguins qui entourent ces sacs sont appelés capillaires pulmonaires. Lorsque le sang pénètre pour la première fois dans les poumons, il est pauvre en oxygène et de couleur bleuâtre. Après avoir absorbé de l'oxygène, le sang devient rouge.

Les sacs alvéolaires et les capillaires forment l'interface par laquelle l'oxygène passe des voies respiratoires à la circulation sanguine. Les parois des alvéoles et des capillaires doivent être proches les unes des autres et incroyablement fines pour que l'oxygène puisse se propager efficacement. Il doit également y avoir assez d'alvéoles et de capillaires pour que l'oxygène se propage en quantité suffisante. Tous ces éléments doivent être structurés de manière très précise pour fonctionner.

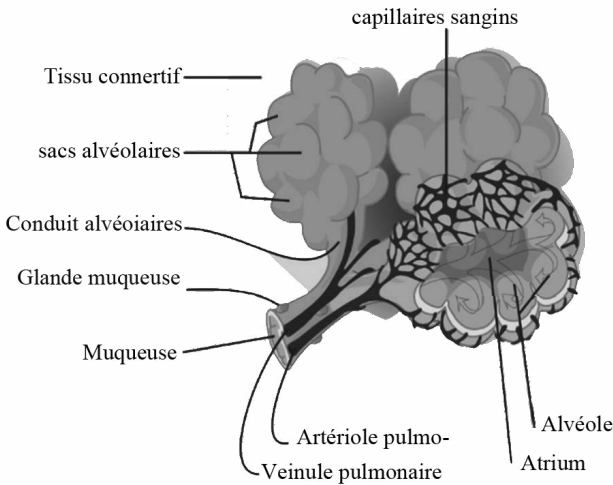


Figure 4.6. Dessin très simplifié des sacs alvéolaires et des capillaires pulmonaires.

La bête de somme de l'oxygène

Pourtant, même avec un système cardiovasculaire complet, un système respiratoire complet et une interface complète entre eux, l'oxygène ne serait toujours pas transporté en quantité suffisante vers les tissus. Pourquoi ? Parce

que l'oxygène a une très faible solubilité dans le liquide sanguin (plasma). Le sang ne serait donc pas en mesure d'absorber et de transporter suffisamment d'oxygène pour nous maintenir en vie. Pour apporter suffisamment d'oxygène aux cellules, il faut presque cinquante fois la quantité d'oxygène qui se dissout naturellement dans le plasma.

Il s'agit d'un véritable défi d'ingénierie biologique. Quelles sont les options pour résoudre ce problème ? Une option consisterait à agrandir chacun de ces systèmes pour absorber et transporter plus d'oxygène. Malheureusement, cela créerait un nouveau problème car chaque partie devrait être plusieurs fois plus grande. Le cœur serait plus gros que la poitrine et les poumons seraient encore plus grands. Puis où se trouveraient tous les vaisseaux sanguins et les voies respiratoires ? Il n'y aurait plus assez de place et les systèmes agrandis ne fonctionneraient pas. Il doit y avoir un moyen de dissoudre cinquante fois plus d'oxygène dans le sang sans agrandir considérablement le cœur, les poumons et les vaisseaux sanguins. Même le plus intelligent des chimistes pourrait être en difficulté face à ce problème.

Comment a-t-il été résolu ? La réponse se trouve dans une molécule appelée hémoglobine.

L'hémoglobine est une protéine. Comme toutes les protéines, elle est codée avec un alphabet de vingt caractères d'acides aminés. La comparaison entre les protéines et l'alphabet d'acides aminés est instructive mais a besoin de plus d'explications. Les acides aminés ne fonctionnent pas comme les mots humains, en assemblant des lettres qui symbolisent autre chose. Cependant, ils fonctionnent comme un logiciel ou un texte, dans le sens où le choix et l'ordre des "lettres" sont cruciaux.

L'hémoglobine compte 574 acides aminés contenus dans quatre chaînes. De même que les lettres de ce paragraphe sont sélectionnées et ordonnées avec précision pour communiquer des informations sur l'hémoglobine, les différents acides aminés sont ordonnés au sein des quatre chaînes de l'hémoglobine pour donner à la molécule exactement la forme et la fonction voulues. L'hémoglobine, comme des milliers d'autres protéines, est une entité extrêmement complexe et incroyablement bien

structurée, réglée avec précision pour remplir une fonction très précise. Une molécule d'hémoglobine peut lier quatre molécules d'oxygène, les retenir et les libérer où et quand elles sont nécessaires. On trouve jusqu'à 280 millions de molécules d'hémoglobine dans un seul globule rouge.¹⁸ Il y a environ cinq trillions de globules rouges par litre de sang, et environ cinq litres de sang chez un adulte moyen. En liant quatre molécules d'oxygène à chaque molécule d'hémoglobine, en ayant autant de molécules d'hémoglobine dans un globule rouge, et autant de cellules dans notre sang, nous sommes en mesure de fournir suffisamment d'oxygène à nos tissus pour rester en vie.¹⁹

Les protéines, ne l'oubliez pas, ont souvent une tolérance très limitée aux erreurs dans leur séquence d'acides aminés. Les mutations aléatoires entraînent généralement une diminution ou une perte de fonction. En effet, il existe de plus en plus de résultats de laboratoire indiquant que la séquence d'acides aminés, très spécifique et hautement improbable qui code un pli particulier (forme fonctionnelle) de protéine, ne peut tolérer que quelques altérations avant de perdre sa fonction. Par exemple, une étude publiée dans le *Journal of Molecular Biology* a montré que si on laisse faire le hasard, la probabilité pour qu'une protéine de 153 acides aminés ait la bonne séquence pour se replier et remplir une fonction, est d'environ 1 sur 1077.²⁰ C'est une chance sur 1, suivie de 77 zéros. (Plus de détails sur ces résultats ci-dessous).

Faisons le rapprochement

Le système cardiovasculaire est une merveille savamment orchestrée, mais contrairement à un orchestre, il n'est pas simplement diminué par l'absence d'un de ses instruments - un de ses sous-systèmes. Encore plus que simplement diminué, il cesserait complètement de fonctionner. En effet, nous avons besoin que tout soit présent, que tout fonctionne et que tout soit soigneusement coordonné dans notre système cardiovasculaire, afin de pouvoir apporter de l'oxygène en quantité suffisante aux nombreuses parties de notre corps.

Personne n'a jamais été en mesure d'expliquer en détail comment le système cardiovasculaire a pu évoluer progressivement grâce à des forces

naturelles aveugles. Mais même si un système cardiovasculaire entièrement fonctionnel avait pu évoluer de cette manière, cela ne serait pas suffisant. Souvenez-vous du défi lancé par Darwin : "Si l'on pouvait démontrer l'existence d'un organe complexe qui n'aurait pas pu être formé par de nombreuses modifications successives et légères, ma théorie s'effondrerait complètement." Ce qui s'applique à un seul organe, s'applique également à un système d'organes interdépendants, les uns ne pouvant survivre et fonctionner sans les autres. Le système permettant de fournir de l'oxygène à nos cellules nécessite le système cardiovasculaire avec ses nombreuses parties essentielles : le système respiratoire avec ses nombreuses parties essentielles, l'interface parfaitement structurée entre eux, et la molécule d'hémoglobine avec ses propriétés de liaison spéciales pour pouvoir transporter des molécules d'oxygène en nombre suffisant.

Aucun de ces systèmes et sous-systèmes n'est facultatif. S'ils n'étaient pas tous en place en même temps, nous ne serions pas en vie. La nature ne peut donc pas faire évoluer quelques parties ou sous-systèmes et attendre pendant d'innombrables générations que d'autres parties et sous-systèmes évoluent et se mettent en place. La nature ne peut même pas attendre une seule génération. Tout doit fonctionner correctement sinon, c'est la mort. Dans ce cas, l'évolution ne doit pas se faire par petits pas, mais par un bond créatif gargantuesque, comme si l'on jetait des boîtes de lettres de Scrabble sur une table et que, d'une manière ou d'une autre, elles formeraient une série de mots français qui, à leur tour, formeraient les phrases d'un scénario parfaitement ordonné pour une pièce de théâtre en plusieurs actes. Il existe bien sûr des systèmes cardio-vasculaires et respiratoires moins complexes dans la biosphère, mais ils ont leur propre logique interne et personne n'a été en mesure de proposer une voie d'évolution détaillée et fonctionnelle pour passer de ces systèmes relativement simplifiés (bien qu'ils soient incroyablement sophistiqués selon les normes de l'ingénierie humaine) à un système cardiovasculaire et respiratoire tel que le nôtre.

L'évolution neutre

Face au défi de la complexité irréductible, les évolutionnistes ont proposé d'autres scénarios (en plus de l'idée de cooptation évoquée ci-dessus) pour expliquer comment de tels systèmes complexes ont pu apparaître par des processus accidentels non dirigés. Par exemple, certains ont avancé que l'évolution neutre pourrait aider à expliquer l'origine de nouvelles fonctions biologiques. En termes simples, l'évolution neutre repose sur l'observation que certaines mutations de l'ADN ne sont ni nuisibles ni utiles, mais sont neutres et ne semblent pas avoir d'impact significatif sur l'organisme. Par conséquent, la sélection naturelle n'éliminerait ni ne sélectionnerait ces mutations neutres. Selon ses partisans, les mutations neutres pourraient continuer à s'accumuler, jusqu'à ce qu'elles s'unissent par hasard à un moment quelconque pour aider positivement l'organisme.

L'une des suggestions les plus populaires est qu'un gène aurait pu être dupliqué. L'une des copies aurait alors subi des mutations neutres aléatoires à travers des "expériences," tandis que l'autre copie aurait conservé la fonction originale nécessaire à la survie de l'organisme. On peut supposer que la nouvelle copie finirait par acquérir le rôle fonctionnel plus complexe et que l'ancienne copie pourrait ainsi être éliminée.²¹ Il s'agit certainement d'une idée intéressante, mais certains problèmes ont été identifiés :

1. Tous les scénarios, décrits étape par étape, qui ont été proposés, sont complètement imaginaires. Les arguments en faveur d'une évolution progressive du nouveau système font défaut.
2. L'approche de l'évolution neutre évite le problème des séquences d'ADN qui doivent être fonctionnelles à chaque étape, mais non sans coûts importants. Le processus doit maintenant se construire sans sélection naturelle pour préserver les changements favorables. Il n'y a rien dans l'évolution neutre pour verrouiller les mutations qui se construisent vers la séquence complète requise par le système

ou le sous-système en question. N'oubliez pas que l'évolution neutre est censée se produire lorsque les considérations relatives à l'aptitude sont largement ignorées, notamment en ce qui concerne les mutations potentiellement utiles. Par conséquent, l'évolution neutre abandonne la sélection naturelle en faveur des résultats aléatoires, c'est-à-dire de la chance. Pourtant, le hasard est un piètre candidat pour construire les types de systèmes irréductiblement complexes que l'on trouve en biologie. Au fur et à mesure que le nombre d'unités requis dans une séquence augmente, les chances qu'un tel événement se produise par hasard deviennent rapidement impossibles, bien avant que la séquence soit suffisamment longue pour coder un système fonctionnel. Ainsi, bien que des mutations neutres puissent s'accumuler dans l'ADN d'un organisme au fil du temps, ces mutations neutres n'expliquent pas comment des caractéristiques biologiques nouvelles et sophistiquées sont apparues.

3. Un organisme doit dépenser beaucoup d'énergie pour essayer quelque chose qui ne produit pas de bénéfices immédiats. Il existe des éléments montrant que certains organismes sont prompts à désactiver les gènes qui ne présentent aucun avantage adaptatif/sélectif.²²

Comme une belette

Bien que les évolutionnistes concèdent que chaque scénario d'évolution peut présenter des lacunes, ils affirment d'autre part que nous savons au moins que les mutations aléatoires de l'ADN peuvent produire des résultats impressionnants au niveau des gènes et des protéines individuels. Si c'est le cas, l'évolution peut certainement accumuler progressivement de nouvelles lignes de code génétique fonctionnel et avec elles de nouvelles fonctions, caractéristiques, organes, espèces et en fin de compte, des plans d'organisation entièrement nouveaux. Considérons la première moitié de cette affirmation,

car si la théorie moderne de l'évolution doit fonctionner quelque part, cela devrait être au niveau restreint des gènes et des protéines individuelles.

Dans la vie biologique moléculaire, il existe de nombreux types de gènes et de nombreux types de protéines. En simplifiant et en laissant l'ARN de côté pour l'instant, supposons qu'un gène est une portion d'ADN qui peut coder pour un type de protéine donné.²³ L'information contenue dans l'ADN est basée sur la disposition des quatre lettres (bases) de l'ADN. Ces lettres sont maintenues en place par d'autres molécules et organisées en une spirale spéciale appelée double hélice. La disposition des bases dans l'ADN est comparable à la disposition des lettres dans les phrases et les paragraphes de ce livre. Or dans le cas de la langue française, il y a vingt-trois lettres, alors que dans l'ADN, il y a quatre lettres (bases), généralement abrégées en A, T, G et C. Dans les deux cas, c'est l'ordre de ces lettres qui fournit le sens ou la fonction. Il ne suffit pas d'avoir toutes ces lettres d'ADN empilées. Pour fonctionner, elles doivent être dans un ordre particulier, fonctionnel, de la même manière que les lettres des phrases d'un manuel d'instructions doivent être dans un ordre particulier pour avoir un sens.

En quoi les informations contenues dans l'ADN sont-elles cruciales ? Elles sont impliquées dans la spécification de la disposition de la séquence des acides aminés présents dans les protéines, dont nous avons parlé un peu plus tôt. Là encore, il existe vingt acides aminés différents utilisés dans la synthèse des protéines. En reliant ce qui a déjà été dit sur les protéines à l'ADN, l'alphabet à quatre lettres de l'ADN code pour l'alphabet à vingt caractères des acides aminés. Par exemple, la molécule d'hémoglobine dont nous avons parlé plus haut, qui compte 574 acides aminés, doit avoir les bonnes lettres d'acides aminés dans le bon ordre pour pouvoir se plier et fonctionner correctement. Le bon acide aminé placé dans la bonne séquence dépend - en partie - des gènes et les informations contenues dans les gènes sont basées sur l'ordre des quatre lettres de l'ADN : A, T, G et C.

Durant le siècle dernier, les scientifiques ont déchiffré le code génétique, de sorte que nous savons maintenant comment la cellule prend l'information contenue dans l'ADN (la séquence des bases) et la transforme

en une séquence d'acides aminés dans les protéines. Le processus est assez compliqué.²⁴ Mais la principale chose à savoir ici est qu'il est très précis. Si une mauvaise base est insérée dans l'ADN, cette erreur de mutation peut être transmise à la protéine sous la forme d'un acide aminé erroné. Tout comme une faute d'orthographe dans un mot, une mutation génétique peut faire une grosse différence. Un acide aminé erroné dans une protéine peut faire en sorte que la protéine se replie de manière incorrecte et ne fonctionne pas aussi bien, voire pas du tout.

Considérons une illustration tirée du langage humain. Prenons la simple phrase « Il est tourné comme une belette » tirée de la pièce de Shakespeare Hamlet. Que se passerait-il si elle était tapée par erreur "Il est tourné comme une begette" ? Le dernier mot de la phrase n'est plus un mot français. La phrase n'a plus de sens. Elle est dysfonctionnelle. De la même manière, nous savons que les mutations peuvent souvent causer de graves problèmes aux organismes vivants. Par exemple, les chercheurs ont identifié des mutations dans une protéine impliquée dans la reproduction de la drosophile, qui entraînent une perte de fonction, puis finalement, une mort prématurée au stade de nymphe ou de larve. Plusieurs de ces résultats fatals sont causés par une seule mutation ponctuelle - le changement d'une seule "lettre" nucléotidique dans la séquence d'ADN.²⁵

Il semble donc évident que les erreurs sont mauvaises, non ? Curieusement, les partisans de l'évolution pensent que ces mêmes erreurs sont les matières premières du progrès évolutif. Au niveau le plus élémentaire, ils proposent que ces erreurs puissent conduire à des améliorations de la protéine.

Si l'on se base sur notre expérience quotidienne, on pourrait conclure qu'il faut une ingéniosité et une prévoyance énormes pour construire quelque chose comme notre système de transport de l'oxygène. Pourtant, selon la théorie de l'évolution, tout cela est dû à une série de mutations accidentelles utiles dans notre ADN.

Il s'agit d'une affirmation extraordinaire, mais plutôt que de la rejeter d'emblée, nous devrions voir s'il existe des éléments qui plaident de manière

décisive en sa faveur. Il s'avère que de telles preuves font défaut, malgré les efforts considérables et extrêmement bien financés de nombreux scientifiques du monde entier depuis plusieurs décennies. Il n'existe toujours pas de feuille de route détaillée sur la manière dont les mutations génétiques pourraient conduire à des améliorations et à des innovations significatives. Il n'existe aucune documentation sur ces types d'améliorations, étape par étape.²⁶ En l'absence de telles preuves, un scepticisme bien placé est tout à fait justifié.

Les partisans de la théorie moderne de l'évolution citent quelques exemples de protéines qui, lorsqu'elles sont endommagées, procurent un avantage dans des conditions uniques. Les quelques exemples de ce type qui ont été découverts ont toutefois tendance à être des épées à double tranchant. Par exemple, une erreur dans une protéine peut permettre à un organisme de résister à une maladie particulière, mais cette même protéine endommagée ne fonctionnera généralement pas aussi efficacement dans sa fonction normale.²⁷

Un chercheur, Douglas Axe, qui travaillait dans un laboratoire de Cambridge, en Angleterre, a fait le calcul suivant : les chances de produire par hasard une protéine spécifique de 153 acides aminés sont, comme indiqué plus haut, de 1 sur 1077 (c'est-à-dire 1 sur 1 suivi de 77 zéros). Pour obtenir une séquence fonctionnelle de cette longueur, les chances ne sont pas beaucoup plus élevées, environ 1 sur 1074. Pour chaque séquence fonctionnelle de cette longueur, il existe un très grand nombre de séquences de charabia,²⁸ un énorme océan de charabia dans lequel il faut nager dans l'espoir de tomber par hasard sur la séquence fonctionnelle ultra-rare qui code un pli protéique fonctionnel.

C'est tellement énorme qu'il faut une illustration pour commencer à s'en faire une idée. Notre galaxie compte une centaine de milliards d'étoiles et environ 1067 atomes. Il y a donc beaucoup plus de chances que vous choisissiez l'atome gagnant, les yeux bandés et au hasard parmi tous les atomes de la Voie Lactée, que de voir la nature tomber par hasard sur un seul nouveau pli de protéine fonctionnel à partir de rien.²⁹

En outre, pour produire des changements biologiques significatifs,

l'évolution doit tomber sur de nombreuses séquences de protéines fonctionnelles. Dans de nombreux cas, de multiples protéines auraient dû travailler en coordination les unes avec les autres pour produire toute fonction biologique qui pourrait être soumise à la sélection naturelle, comme les nombreux complexes protéiques et les machines moléculaires que l'on trouve dans toute la biologie. Ainsi, même si l'estimation d'Axé, basée sur des expériences, est fautive de plusieurs ordres de grandeur, le défi essentiel de l'histoire darwinienne demeure : les chances de tomber de manière répétée sur des changements fonctionnels et de nouvelles formes de vie, au milieu d'une mer de possibilités non fonctionnelles, semblent être extrêmement faibles.

Inertie

Avec de telles preuves contre la théorie moderne de l'évolution, pourquoi ses partisans la soutiennent-ils toujours ? Répondre à une telle question est, bien sûr, largement conjectural. Il est donc peu probable que les motivations soient exactement les mêmes chez deux scientifiques, encore moins chez tous les partisans de la théorie de l'évolution. Mais d'une manière générale, la science est une entreprise profondément humaine : les faiblesses humaines entrent donc en jeu. Les historiens et les philosophes des sciences ont bien montré que les scientifiques, - même ceux qui réussissent le mieux - ont tendance à s'accrocher à leurs théories favorites, même face à des preuves contraires de plus en plus nombreuses. Le changement dans la science a tendance à se faire par funérailles successives.³⁰ C'est particulièrement vrai dans la science des origines, où l'on a souvent affaire à des déductions sur des événements passés non reproductibles, plutôt qu'à une expérience directe pouvant être reproduite en laboratoire. C'est encore plus vrai lorsque la théorie en question, l'évolution, est considérée par certains de ses partisans comme cruciale pour étayer leur vision du monde, à savoir l'idée qu'il n'y a pas de créateur et que la réalité n'est finalement rien d'autre que de la matière et de l'énergie.

Alors comment les théoriciens de l'évolution justifient-ils leur soutien

à cette théorie face à tant de preuves la discréditant ? Ceux d'entre eux qui reconnaissent les problèmes évoqués ci-dessus disent qu'ils ont simplement besoin de plus de temps, que nous devrions accepter la théorie de l'évolution pendant que la science cherche les preuves manquantes - et que toute autre démarche reviendrait à "renoncer à la science."

On peut comprendre ce qu'ils ressentent, mais ce n'est pas renoncer à la science, c'est abandonner le darwinisme moderne - ou plus précisément, l'idée qu'un ensemble de mécanismes évolutifs purement aveugles pourrait produire toute la diversité de la vie qui nous entoure. C'est refuser de laisser une idéologie l'emporter sur les preuves. La biologie des origines doit absolument poursuivre des recherches prometteuses, notamment sur ce que les mécanismes évolutifs peuvent et ne peuvent pas accomplir. Mais cela ne justifie pas de s'accrocher à une déduction qui s'est avérée totalement inadéquate pour expliquer l'origine de formes et d'informations fondamentalement nouvelles.

Une origine inhabituelle

Rappelons que la théorie moderne de l'évolution soutient que la vie a commencé par un organisme unicellulaire qui a évolué à son tour vers d'autres formes nouvelles, ainsi de suite jusqu'à la diversité des formes vivantes que nous voyons autour de nous. Cette idée est généralement illustrée par un arbre de la vie se ramifiant progressivement, appelé arbre phylogénétique. Mais quelles formes se sont ramifiées à partir de quels ancêtres ? De quoi les chats ont-ils évolué ? Les ours et les chats sont-ils étroitement parentés ? Ou ont-ils un lien de parenté lointain ? De quoi les tortues ont-elles évolué ? Et les baleines ? Vous voyez, même si l'on suppose un ancêtre commun à tous les êtres vivants, il reste des milliers de questions sur la place de certaines espèces dans l'arbre de l'évolution de la vie. Pour tenter de répondre à ces questions, les scientifiques utilisent des formes vivantes et fossiles, et recherchent des caractéristiques similaires entre les formes. Les caractéristiques utilisées pour la comparaison peuvent être génétiques, biochimiques ou morphologiques.

Ils partent également d'une hypothèse, à savoir que les similitudes

sont souvent le signe d'une parenté évolutive. On pourrait rester ouvert à la possibilité qu'une similitude donnée entre deux formes vivantes distinctes soit basée sur une conception intentionnelle, de la même manière que, par exemple, on trouve des roues sur de nombreux types de véhicules différents, non pas parce que l'un a évolué vers l'autre, mais parce que les roues sont une stratégie de conception utile dans une grande variété de contextes. Mais les darwinistes modernes écartent la possibilité de conception et insistent sur le fait que les similitudes entre différentes formes vivantes ne peuvent s'expliquer par une stratégie de conception commune.

À titre de clarification, les évolutionnistes ne partent pas du principe que toute similitude entre espèces est due à un ancêtre commun qui possédait cette caractéristique. Les évolutionnistes font des exceptions pour ce qu'ils appellent l'évolution convergente. Il s'agit des cas où l'on pense que le processus d'évolution a inventé la caractéristique commune en question plus d'une fois dans l'histoire de la vie; par exemple, les formes corporelles similaires des poissons et des dauphins, qui sont censés avoir évolué séparément.

Mais en général, on suppose que les similitudes sont dues à un ancêtre commun qui possédait le trait en question. En résumé, plus deux espèces ont en commun, plus on pense que leur ancêtre commun a vécu récemment. Ainsi, on pense par exemple que l'ancêtre commun le plus récent du lynx roux et du lion d'Afrique, a vécu beaucoup plus récemment que l'ancêtre commun le plus récent du lion et de l'ours.

Les ensembles de données permettant de construire un arbre phylogénétique sont par nature incomplets et sujets à interprétation. Ce n'est pas en soi une faiblesse fatale pour l'argument de la descendance commune par évolution non guidée. Il y a cependant quelque chose qui peut l'être : des arbres phylogénétiques radicalement différents et contradictoires peuvent être générés en fonction de quels ensembles de données sont utilisés.

Lorsque les évolutionnistes construisent des arbres de l'évolution en utilisant les formes (les morphologies) des plantes, des animaux et des microbes, ils aboutissent à quelque chose de très différent de ce qui

résulte lorsqu'ils construisent un arbre évolutif basé sur des comparaisons de séquences d'ADN. Même les différents arbres basés sur les séquences d'ADN entrent souvent en conflit les uns avec les autres. Nos génomes sont énormes et compliqués, et pour rendre la tâche de comparaison plus facile, les biologistes évolutionnistes se concentrent sur une zone particulière du génome et comparent cette partie entre différentes espèces. Ainsi, un arbre phylogénétique sera basé sur une partie du génome. Un deuxième sur une autre. Un troisième sur une autre. Ainsi de suite. Chacun produit son propre arbre phylogénétique, et ces arbres peuvent se contredire, souvent de façon spectaculaire.

Bien que de nombreux partisans de l'évolution gardent l'espoir de trouver un arbre de vie cohérent, cela semble désormais peu probable. Les arbres prolifèrent, plutôt que de commencer à converger vers un seul véritable arbre de la vie.³¹ Pour ne prendre qu'un exemple dramatique du problème, qu'ont noté le bio ingénieur Matti Leisola et son co-auteur Jonathan Witt dans un article publié en 2013 dans la prestigieuse revue Nature : "la nature a mis en évidence l'ampleur du problème. Les auteurs ont comparé 1 070 gènes dans vingt levures différentes et ont obtenu 1 070 arbres différents."³²

Que devons-nous penser de cette prolifération d'arbres contradictoires ? Si toutes les formes de vie partagent effectivement un ancêtre commun, il n'est donc sensé exister qu'un seul et unique vrai arbre de l'évolution. Il est raisonnable de voir des conflits alors que les scientifiques tentent de mettre en place des moyens toujours plus précis pour découvrir l'histoire réelle des différentes branches de l'arbre phylogénétique, mais si la théorie de l'évolution est vraie, nous ne devrions pas nous attendre à trouver cette forêt d'arbres contradictoires qui ne cesse de s'étendre. Une telle tendance est plus logique si les nombreuses et diverses formes de vie ne sont pas en fait liées par un ancêtre commun, mais plutôt par une conception commune. Elles pourraient simplement partager certaines caractéristiques communes parce qu'elles ont été bien conçues par leur créateur, tout comme les voitures, les avions et les bicyclettes partagent de nombreuses caractéristiques communes même si aucune n'a évolué aveuglément à partir d'une autre.

Notez, en passant, qu'il n'est pas nécessaire d'adopter une position extrême ici. Il se pourrait que le dessein intelligent explique bon nombre des thèmes récurrents de conception que nous trouvons en biologie dans différentes espèces, et que l'ancêtre commun explique les points communs entre des espèces étroitement liées - la famille des chats, par exemple. En d'autres termes, il se peut que toutes les différentes variétés de chats que nous trouvons sur Terre descendent en fait d'un seul ancêtre chat. Mais l'évolution de toute vie à partir d'un seul ancêtre commun par le biais de processus naturels aléatoires ? Les données comparatives jettent un doute raisonnable sur cette idée.³³

En conclusion

Lorsque l'on pense à toutes les structures compliquées que l'on trouve dans les organismes vivants, cela dépasse l'entendement. Beaucoup de ces structures possèdent de nombreuses parties essentielles, qui doivent toutes être présentes et en place pour que le système fonctionne. C'est ce qu'on appelle la complexité irréductible. En revanche, nombre de ces systèmes doivent fonctionner avec d'autres systèmes irréductiblement complexes pour que l'organisme survive - un système irréductiblement complexe de systèmes irréductiblement complexes. Non seulement ces systèmes coordonnés sont compatibles avec une conception intelligente, mais leur incroyable sophistication témoigne également d'un niveau de génie qui dépasse de loin celui de la plus brillante équipe d'ingénieurs humains en vie. Il existe de bonnes preuves pour conclure que des processus non guidés comme ceux de l'évolution darwinienne ne pourraient pas produire ne serait-ce qu'une petite partie de l'un de ces systèmes, encore moins dans leur forme complète et coordonnée.

Certains ont tenté de réfuter la complexité irréductible en faisant appel à des processus hypothétiques comme la cooptation ou l'évolution neutre, ou en soulignant certaines similitudes entre les systèmes biologiques. Or aucune de ces réponses n'identifie une cause adéquate pour produire des formes et des informations biologiques fondamentalement nouvelles.

D'autres se contentent de rejeter les problèmes. Certains disent que les évolutionnistes finiront par comprendre, ou qu'ils ont d'autres preuves de l'évolution. Il est certain que la science progresse parfois lentement et qu'il faut faire preuve de patience dans la marche majestueuse du progrès, mais la science progresse souvent en accumulant des preuves contre une théorie dominante jusqu'à ce que la seule stratégie raisonnable soit de chercher une explication alternative qui corresponde mieux aux preuves.

Les partisans de la forme moderne de la théorie de l'évolution de Darwin, le néo-darwinisme, soutiennent que la sélection naturelle agissant sur des mutations génétiques accidentelles peut réaliser des merveilles créatives. Mais les mutations aléatoires sont, dans l'ensemble, soit neutres (sans effet observable), soit nuisibles. La seule dérogation est que certaines mutations nuisibles créent des avantages spécifiques. C'est fascinant, mais ce n'est pas une preuve de l'évolution aveugle qui crée de nouvelles formes et informations. C'est une preuve supplémentaire que, même dans des conditions optimum, le mécanisme de mutation/sélection n'est capable que de très modestes variations dégradantes, comme si l'on arrachait le toit d'une berline pour créer une décapotable de fortune.

Les évolutionnistes qui reconnaissent les limites du mécanisme de mutation/sélection peuvent encore s'en tenir à l'évolution, en raison des preuves qu'ils voient de l'ancêtre commun. Cependant, la théorie de l'ancêtre commun est moins probable que nombreux ne la supposent. La possession de caractéristiques communes chez des espèces disparates, n'est un argument fort en faveur de la théorie de l'ancêtre commun que si la conception commune est écartée d'emblée, avant même l'examen des preuves. Par ailleurs, l'arbre de l'évolution de la vie proposé par Darwin reste curieusement insaisissable, avec plusieurs arbres proposés se contredisant et se bousculant pour le trône.

D'une manière générale, il est dit que les scientifiques classiques adhèrent massivement à la théorie moderne de l'évolution. Mais la vérité d'une théorie scientifique n'est pas déterminée par un vote majoritaire. En effet, l'histoire de la science est parsemée de théories aujourd'hui rejetées qui ont été, pendant un certain temps, soutenues par la grande majorité des scientifiques dans un

domaine donné. Cependant, il existe quelques dissidents scientifiques de la théorie de l'évolution, dont certains qui travaillent ou ont travaillé dans des institutions scientifiques réputées, voire prestigieuses, et qui ont eux-mêmes un palmarès impressionnant de réalisations scientifiques.³⁴

Compte tenu des défis croissants posés à la théorie moderne de l'évolution, il est peut-être temps de remettre le dessein intelligent sur la table des explications possibles et de suivre simplement les preuves là où elles mènent. Elle pourrait bien constituer une nouvelle voie vers une meilleure compréhension des incroyables systèmes biologiques au cœur de la vie.

Révision : À votre tour

1. Quelles sont les différentes significations du terme "évolution"?
2. Quelles preuves Darwin a-t-il reconnu qu'elles remettraient sérieusement en cause sa théorie si elles s'avéraient vraies ?
3. Qu'est-ce que la complexité irréductible ? Quel est l'exemple tiré du monde non vivant ? Quels sont les exemples possibles dans les organismes biologiques ?
4. Même si nous disposons d'un système cardiovasculaire complet, d'un système respiratoire complet et d'une interface entre les deux, que faut-il de plus pour assurer un apport suffisant d'oxygène au corps ?
5. Comment les partisans du darwinisme moderne ont-ils tenté de répondre aux critiques, fondées sur des preuves, faites à leur théorie ?
6. À quels défis, fondés sur des preuves, l'idée de l'ancêtre commun doit-elle faire face ?



5

Le Big Bang de la biologie : L'explosion Cambrienne

Paul K. Chien

De nombreuses personnes ont déjà entendu parler des termes "Big Bang animal" ou "Explosion Cambrienne." Ces termes font référence à l'apparition soudaine et quasi simultanée de la plupart des principaux groupes d'animaux au début de la période du Cambrien, il y a environ 530 millions d'années. La plupart des gens ont découvert ce concept pour la première fois lorsqu'il est paru sur la couverture du magazine *Time* en décembre 1995. Les expressions "Le Big Bang de l'évolution" étaient imprimées en caractères gras sur la couverture. Le sous-titre était le suivant : "De nouvelles découvertes montrent que la vie telle que nous la connaissons a commencé lors d'une incroyable frénésie biologique qui a changé la planète presque du jour au lendemain."

L'évolution, selon la théorie dominante, devrait être un processus lent et graduel impliquant des millions de mutations accidentelles et d'étapes intermédiaires sur une multitude de générations. Comment des termes tels que "Big Bang," "explosion" et "incroyable frénésie biologique" peuvent-ils décrire un processus aussi laborieux ? Pour beaucoup, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de la communauté des scientifiques évolutionnistes, cela a semblé être une contradiction dans les termes.

Peu après avoir vu la couverture du magazine *Time*, un ami m'a signalé deux articles connexes dans un journal officiel chinois, le *People's Daily*. L'un était intitulé "Les fossiles de Chengjiang défient l'évolution" et utilisait le terme "Explosion Cambrienne de la Vie." Il s'agissait d'une découverte passionnante de fossiles cambriens dans le Comté de Chengjiang, dans la Province du Yunnan, située dans le sud-ouest de la Chine. Les fossiles marins qui s'y trouvent sont si étonnamment bien conservés que l'endroit a été désigné site du patrimoine mondial par l'Organisation des Nations Unies pour l'Éducation, la Science et la Culture (UNESCO).¹ L'autre article conclut qu'une étude plus approfondie de ces extraordinaires fossiles marins pourrait porter un coup sérieux à la théorie darwinienne traditionnelle.

Comme je suis moi-même chinois, j'étais doublement intriguée. De plus, les fossiles cambriens étaient des fossiles marins, or je suis professeur de biologie marine. Il n'est donc pas difficile d'imaginer à quel point j'étais impatient d'étudier ces fossiles de plus près si cela était possible.

Des plans d'organisation en veux-tu, en voilà

L'Explosion Cambrienne en général - et la découverte des fossiles de Chengjiang en particulier - sont remarquables par leur extraordinaire diversité de faune. Pour expliquer ce que je veux dire exactement, je dois décortiquer le concept de plans d'organisation.

J'ai enseigné la biologie marine à l'Université de San Francisco pendant une quarantaine d'années, où je suis toujours Professeur émérite ; l'une des activités hors campus préférées de mes étudiants était l'exploration de la plage à marée basse, en suivant les rivages rocheux de l'océan Pacifique. À marée basse, une multitude d'animaux intertidaux sont exposés, ce qui permettait à mes étudiants d'apprendre de façon directe où vivaient les animaux, ce qu'ils mangeaient, comment ils étaient adaptés à leur environnement, comment ils se reproduisaient, quel était leur rôle dans la communauté, et bien plus encore. Mais avant d'apprendre tout cela, mes élèves ont dû identifier les animaux par leur nom scientifique : le genre et l'espèce. Par exemple, le nom scientifique du Bernard-l'ermite californien le plus commun est *Pagurus samuelis*. Pour certains élèves, l'identification des animaux a été une tâche difficile. De nombreuses espèces très proches se ressemblent, surtout sur le terrain, sans l'aide de microscopes et sans pouvoir disséquer les spécimens ou utiliser une clé de référence appropriée. Mais la plupart des élèves ont eu peu de difficultés à déterminer à quel grand groupe appartenait chaque animal, même au premier coup d'œil.

Pourquoi ? Parce que ces grands groupes étaient basés sur des plans d'organisation très distincts, et que les plans d'organisation étaient radicalement différents les uns des autres. Même lorsque les élèves découvraient un nouvel animal qu'ils n'avaient jamais vu auparavant, ils pouvaient facilement dire à quel grand groupe il appartenait.

En termes scientifiques, ces groupes distincts de plans d'organisation des animaux sont appelés phylums. La division entre les phylums est très distincte ; il y a peu, voire pas d'intermédiaires entre les phylums. Par exemple, les palourdes et les moules appartiennent à l'embranchement des mollusques ; les crabes et les crevettes sont regroupés dans l'embranchement des arthropodes ; la plupart des vers que mes élèves et moi avons vus appartenaient à l'embranchement des annélides. Pour vous donner une idée de l'étendue d'une catégorie d'embranchement, sachez que tous les mammifères appartiennent à l'embranchement des chordés, tout comme les poissons, les amphibiens, les reptiles, les oiseaux, les ascidies et les amphioxiformes. On y trouve une énorme variété, mais il existe des plans d'organisation si différents de ceux des chordés qu'ils appartiennent à un autre phylum. Tandis que les chordés, malgré leur étonnante diversité, appartiennent au même phylum en raison du fait qu'ils partagent certaines caractéristiques architecturales très essentielles.

Il existe des dizaines de phylums. Selon les standards de la théorie de l'évolution, ces plans d'organisation radicalement distincts sont apparus par le biais d'une série de changements progressifs sur de nombreuses générations, avec au départ une seule espèce ancestrale d'un seul phylum, qui s'est lentement diversifiée en deux, puis plus. Ce processus est considéré comme progressif et lent, une petite étape à la fois.

Selon la théorie traditionnelle de l'évolution, toute la biologie est partie d'une forme unique mal définie, appelée dernier ancêtre commun universel, qui a évolué en deux branches, puis en un nombre de plus en plus important au fil du temps selon un modèle d'arbre ramifié. C'est ce que montrent de nombreux manuels et expositions dans les musées. Dans ce modèle, les nouvelles formes se développent du bas vers le haut : une espèce évolue en deux espèces, puis en un nouveau genre d'espèces, puis en une nouvelle famille d'espèces... Enfin, il y aura suffisamment de différences entre certaines formes d'espèces pour qu'il soit logique d'identifier des phylums distincts. De petites différences, suivies de différences plus grandes, suivies de différences si grandes qu'il existe maintenant des formes avec des plans d'organisation

complètement distincts.

Cependant, le modèle émergeant du registre fossile qui a été publié dans le magazine Time, People's Daily et d'autres encore, a montré un modèle complètement différent de celui d'un arbre se ramifiant lentement. Selon les estimations actuelles, vingt des trente-trois phylums métazoaires encore vivants, dont dix-sept des vingt-sept phylums animaux bilatériens vivants, sont apparus relativement soudainement dans de nombreux endroits du monde au cours de la période cambrienne : d'où les appellations "Explosion cambrienne" et "Big Bang animal."

Selon le People's Daily, le riche site fossilifère du comté de Chengjiang est facilement accessible depuis Kunming, dans le sud-ouest de la Chine. J'ai immédiatement pensé qu'il serait merveilleux de visiter un jour le site fossilifère et de tout savoir sur cet événement énigmatique. Si je le pouvais, je partagerais les faits avec mes étudiants et mes amis.

Ce n'était qu'une idée passagère. Je doutais que le gouvernement chinois accorde à un Américain l'accès au site. C'était un joyau de la couronne parmi les sites fossilifères du monde, je n'ai donc jamais cru que le rêve pourrait se réaliser si vite.

En route pour le site

Moins d'un mois plus tard, j'ai eu la surprise et le privilège d'être invité à organiser une équipe internationale d'universitaires pour visiter le site fossilifère et rencontrer les paléontologues qui avaient fait la grande découverte. Ces experts en fossiles étaient basés à l'Académie chinoise des sciences à Nanjing, dans l'est du pays et loin du site fossilifère. L'organisation d'un voyage de groupe aussi complexe à Nanjing, dans l'est de la Chine, puis à Chengjiang, dans l'ouest du pays, s'est avérée une tâche ardue, bien que j'eusse plusieurs années d'expérience de voyages en Chine pour enseigner la biologie pendant les cours d'été. Les échanges universitaires internationaux avec la Chine à cette échelle n'étaient pas chose courante. Cependant, grâce à l'aide généreuse des universitaires chinois ainsi que du gouvernement, nous avons établi toutes les connexions, résolu tous les problèmes financiers et obtenu

tous les documents nécessaires, etc. Nous avons obtenu les approbations nécessaires et nous nous sommes pliés à toutes les formalités administratives, le plus souvent par courrier postal. Cinq mois après l'invitation, notre équipe est arrivée.



Figure 5.1. L'auteur Paul Chien devant le Maotian Shan (Mt. of Heavenly Hat) près de Chengjiang, en Chine, lors d'une visite ultérieure.

Notre groupe comprenait le professeur James Valentine, de l'Université de Californie à Berkeley, et W. Y. Leung, Chef de Département de communication de l'Université chinoise de Hong Kong. Le professeur Leung a également convaincu un célèbre réalisateur de télévision de Hong Kong d'emmener une petite équipe de tournage pour enregistrer la visite. C'était la première équipe de télévision étrangère à filmer le site de Chengjiang. À l'époque, faire venir des caméras spécialisées et filmer en Chine nécessitait une autorisation très spéciale. Avec le recul, cela a ressemblé à un miracle. Je me demande encore comment tant de portes fermées ont pu s'ouvrir pour nous, l'une après l'autre de façon si opportune.

La première étape de notre voyage était Nanjing. À l'Académie chinoise des sciences, nous avons été accueillis très chaleureusement par le directeur et avons rencontré de nombreux scientifiques travaillant dans des domaines connexes. Nous avons également visité les laboratoires de

deux chercheurs principaux, où nous avons eu un premier aperçu des plus anciens - extrêmement bien conservés - fossiles d'animaux marins de différents phylums. Ces créatures présentaient déjà une symétrie bilatérale, des membres et un tube digestif distincts, un cerveau bien développé ainsi que des yeux. Valentine a constaté que les phylums et les classes étaient très évolués lorsqu'ils sont apparus au Cambrien.

Au cours de cette visite, l'Académie chinoise des sciences a également organisé un symposium d'une journée sur les fossiles. Le matin, nous avons écouté les exposés des principaux chercheurs dans ce domaine, suivis d'une période de questions-réponses. Dans l'après-midi, nous avons eu beaucoup de temps pour échanger des informations et des idées sur l'explosion. Le plus intéressant pour moi, a été la discussion sur les causes possibles de l'apparition soudaine et simultanée de tant de plans d'organisation d'animaux différents. Tout le monde semblait d'accord pour dire que l'apparition explosive d'un si grand nombre de phylums sans ancêtres apparents contredisait le modèle darwinien classique, qu'il s'agisse de sa forme originale du XIXe siècle, ou du modèle néo-darwinien actuel développé dans le sillage de la révolution du XXe siècle en génétique et en biologie moléculaire. Les scientifiques et les érudits ont réalisé que les mutations génétiques aléatoires sur lesquelles agissait la sélection naturelle n'étaient pas capables de générer autant de groupes disparates d'animaux dans le court laps de temps disponible.

Il y a eu quelques désaccords sur la durée de l'Explosion Cambrienne. La période généralement citée dans la littérature scientifique est de 20 à 30 millions d'années. Cependant, certains chercheurs chinois semblaient penser que l'explosion n'a duré que 1 à 3 millions d'années, les couches de schiste jaune contenant la plupart des phylums n'étant pas très épaisses. Quoi qu'il en soit, même en supposant que le laps de temps soit plus important - et peu importe si cela nous semble long - du point de vue de la géologie, c'est assez soudain pour produire autant de nouveaux phylums. L'histoire darwinienne traditionnelle ne pouvait tout simplement pas expliquer les fossiles découverts, de nouvelles idées et explications étaient alors nécessaires.

L'un des érudits chinois qui s'est exprimé a proposé l'idée commune,

toujours débattue, qu'une augmentation soudaine du niveau d'oxygène dans l'océan a provoqué l'explosion. D'autres ont émis la théorie que l'accumulation de nutriments dans l'océan, à ce moment-là ou peu avant, aurait pu déclencher des proliférations de bactéries et d'algues qui constitueraient à leur tour une source de nourriture pour alimenter un développement rapide des animaux. Mais bien qu'intéressantes, ces explications se concentrent sur les conditions nécessaires à l'Explosion Cambrienne (oxygène et source de nutriments), mais n'offrent pas de cause suffisante à l'émergence soudaine de tous ces plans d'organisation d'animaux. Ce serait comme prétendre que l'existence de l'atmosphère terrestre a d'une manière ou d'une autre provoqué l'apparition des oiseaux, puisque que les oiseaux volent dans les airs. De telles explications ne sont tout simplement pas logiques ou pratiques.

Un des participants à la réunion a suggéré une autre piste d'explication : nous pourrions commencer à comparer les gènes Hox dans différents groupes d'animaux. Des gènes Hox similaires existent chez de nombreuses espèces différentes, et ils contribuent à contrôler le développement des embryons. De légers changements dans les gènes Hox pourraient avoir rapidement donné naissance à des plans d'organisation différents, a-t-on suggéré. Cette idée était nouvelle pour de nombreux paléontologues de l'époque et semblait intéressante, mais d'où venaient les gènes Hox ? Plus tard, nous avons appris que les gènes Hox fonctionnent souvent comme des interrupteurs pour d'autres gènes codants ou qu'ils spécifient le positionnement de diverses structures biologiques, mais qu'ils ne transmettent pas eux-mêmes toutes les informations biologiques requises pour les plans d'organisation.

Un autre chercheur a suggéré que l'évolution pourrait être une combinaison de hasard et de nécessité, en ce sens qu'une fois qu'un nouveau plan d'organisation a été établi par hasard, alors par nécessité il se répandrait en différentes formes au sein du même plan d'organisation dans le nouvel environnement. Par exemple, lorsque les arthropodes sont apparus pendant la période cambrienne, un grand nombre et une grande variété de formes légèrement différentes d'arthropodes ont immédiatement suivi. Cependant, les arthropodes semblent être les seuls qui ont suivi ce modèle ; les autres

phylums n'en ont pas fait de même. De plus, au mieux, cela expliquerait l'émergence rapide de la diversité au sein d'un phylum, et non l'origine soudaine d'un si grand nombre de phylums distincts en premier lieu.

Le modèle de l'équilibre ponctué proposé par Stephen J. Gould et Niles Eldredge a été évoqué. Selon ce modèle, les espèces restent généralement stables, ne montrant que peu ou pas de changement au fil du temps dans le registre fossile, mais lorsqu'un changement se produit, il se produit rapidement dans des endroits rares et isolés, laissant peu de traces de ce changement dans le registre fossile. L'équilibre ponctué est fondé sur l'observation de l'apparition soudaine d'espèces dans le registre fossile, mais il ne permet pas d'expliquer comment les nombreux plans d'organisation du Cambrien ont pu apparaître dans le temps imparti.

C'est ainsi que Sean B. Carroll, un biologiste évolutionniste du courant dominant fortement engagé dans la théorie moderne de l'évolution, peut déclarer avec assurance : "L'explosion de la diversité animale au Cambrien est l'un des mystères les plus importants et les plus fascinants de l'histoire de la vie." Il a écrit cela dans le cadre de la promotion d'un livre relativement récent sur l'Explosion Cambrienne, largement considéré comme une référence dans ce domaine, et qui met également l'accent sur le mystère persistant de la transition spectaculaire entre les éponges du Précambrien et le monde du Cambrien, avec sa multitude de plans d'organisation d'animaux.

Dans ce livre, *The Cambrian Explosion*, les auteurs Douglas Erwin et James Valentine restent attachés à l'idée de trouver une explication évolutionniste purement matériel de l'Explosion Cambrienne, mais ils insistent sur le fait que cet événement singulier de l'histoire de la vie reste marqué par d'importantes "questions non résolues," et ils qualifient la transition des éponges en créatures du Cambrien de "la plus énigmatique de toutes les transitions évolutives chez les métazoaires."²

Ce point est suffisamment central pour que Christopher J. Lowe le souligne dans sa critique du livre parue dans la revue *Science*. "La grande énigme de l'Explosion Cambrienne doit certainement être considérée comme l'un des plus grands mystères de la biologie de l'évolution," écrit-il.³

Au cours du symposium, il y a eu beaucoup de spéculations, mais pas de réponses. La question centrale est de savoir ce qui a produit tous ces nouveaux plans d'organisation en un court laps de temps. Personne ne semblait avoir une bonne réponse, il semblait y avoir peu de progrès. Mais je ne me suis pas découragé, car j'ai été frappé par le fait qu'ici, dans un cadre universitaire rigoureux, l'événement cambrien était ouvertement reconnu comme une "explosion" unique et un défi sérieux à la théorie darwinienne moderne, ce qui constituait un grand pas en avant pour la liberté d'investigation intellectuelle. Par ailleurs, je savais que les études à Chengjiang ne faisaient que commencer ; il y avait beaucoup à apprendre et davantage de données à collecter.

Les exquis fossiles Cambriens de Chengjiang

LA DISCUSSION au symposium de Nanjing était fascinante, mais pour moi, ce n'était qu'un prélude à ce que j'attendais avec le plus d'impatience : notre visite du site fossilifère de Chengjiang lui-même, sans doute le meilleur site fossilifère cambrien au monde. Nous n'avons pas été déçus.

Peu après le symposium, nous sommes partis pour le site de Chengjiang avec le paléontologue chinois J. Y. Chen et ses collègues, parmi lesquels Mme Zhou, une paléontologue très respectée de l'Institut de paléontologie de Nanjing, qui a donné son nom à un fossile, *Misszhouia*. Nous avons commencé par un voyage en avion de plus de 1 500 km à travers le sud de la Chine jusqu'à la ville de Kunming, dans le sud-ouest du pays. Après avoir quitté l'avion, notre groupe s'est serré dans une petite voiture avec tout notre matériel. Après près de deux heures à travers les villages et les montagnes, nous nous sommes installés dans un hôtel pittoresque niché dans la ville agricole de Chengjiang, au milieu des champs de tabac. En explorant les environs, j'ai réalisé que cet hôtel était le plus chic de la ville.

Tôt le lendemain matin, nous avons fait un petit tour dans les collines rouges derrière la ville. La route en terre battue nous a mené devant une usine de traitement du minerai de phosphate et s'est terminée près d'une petite carrière de roches jaunes désagrégées, d'apparence assez banale. Elle ressemblait à plusieurs autres collines de la région. J'étais loin de me douter

qu'il s'agissait du site d'origine de l'une des plus grandes découvertes de fossiles d'animaux - un endroit que la plupart des paléontologues du monde entier aimeraient visiter.

Le groupe est sorti du véhicule et a parcouru la courte distance jusqu'à la carrière. Mme Zhou connaissait cet endroit comme sa poche. Avec son marteau à pointe de géologue, elle a cassé des roches jaunes qui semblaient tout à fait ordinaires à nos yeux. Soudain, un animal ressemblant à une crevette, parfaitement conservé, est apparu sous nos yeux ! Bien que le spécimen ait plus de 500 millions d'années, nous pouvions clairement voir l'image fossilisée de ses yeux, de ses antennes, de ses pattes et même des poils de ses pattes. Le paléontologue Xian-Guang Hou a remarqué que l'un des fossiles de Chengjiang avait l'air "d'être vivant sur la surface de la roche mouillée."⁴ J'ai suivi avec enthousiasme l'exemple de Mme Zhou et j'ai moi-même trouvé une demi-douzaine de fossiles en une heure. Il semblait que partout où nous regardions, nous trouvions d'autres de ces fascinants anciens fossiles.

Je souhaite partager avec vous quelques photos de ces fossiles remarquables que mes collègues et moi avons prises au fil des années. Certaines ont été prises lors de ma première visite à Chengjiang.

Un fossile de poisson en particulier, *Myllokunmingia fengjiaoa*, a été découvert par le professeur D. G. Shu et a fait l'objet d'un article dans la revue *Nature*.⁵ J'ai eu le privilège de visiter le laboratoire du professeur Shu, et j'ai été ravie lorsqu'il a sorti ce spécimen que j'ai pu examiner en personne au microscope optique.

Le site de Chengjiang n'est pas le seul site cambrien à témoigner de la nature remarquable de l'Explosion Cambrienne. Par exemple, les schistes de Burgess au Canada (nous reviendrons sur ce remarquable site fossilifère) témoignent également de l'apparition soudaine de nombreux nouveaux phylums au cours du Cambrien. L'un des fossiles les plus remarquables de ce site est *Metaspriggina*, un fossile de poisson vieux de 500 millions d'années (Cambrien inférieur-moyen) présentant une paire d'yeux bien développés. Il ne fait aucun doute que les yeux composés et ceux des vertébrés qui

fonctionnent comme un appareil photo étaient déjà bien développés au début de l'ère cambrienne.⁶

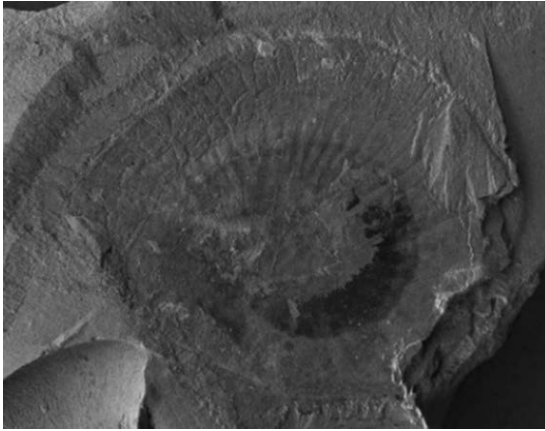


Figure 5.2. Stellostomites, un animal à corps mou en forme de disque, doté d'un tractus gastro-intestinal en forme de U bien développé (la section sombre et incurvée en bas à droite du centre). Les gelées modernes appartiennent à un phylum différent et ne possèdent pas ce tractus gastro-intestinal.

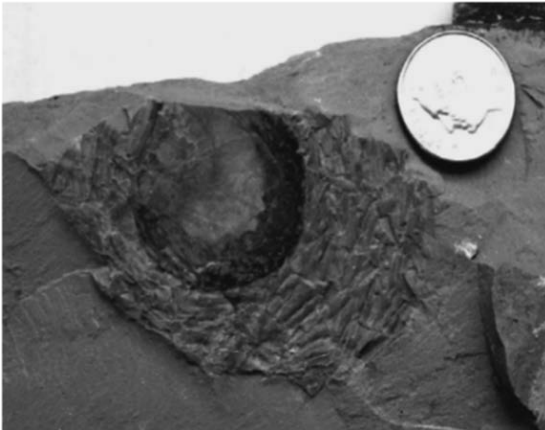


Figure 5.3. Les structures triangulaires entourant les Stellostomites sont des coquilles coniques d'Hyolithes. Des études récentes considèrent ces deux espèces comme des filtreurs apparentés à d'autres phylums, tels que les Phoronida et les Brachiopoda, et non aux gelées de mer et aux mollusques.



Figure 5.4 Les vers de l'espèce *Maotianshania cylindrica*.



Figure 5.5. L'arthropode *Leanchoilia* se trouve à la fois à Chengjiang, ainsi qu'au dépôt de schistes de Burgess au Canada

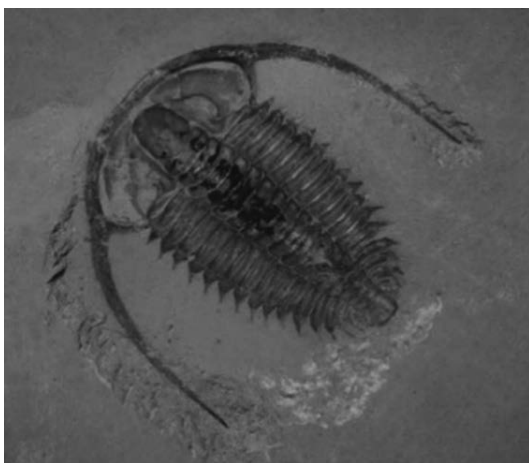


Figure 5.6. Un spécimen de trilobite bien conservé provenant du dépôt de schiste de Maotianshan.

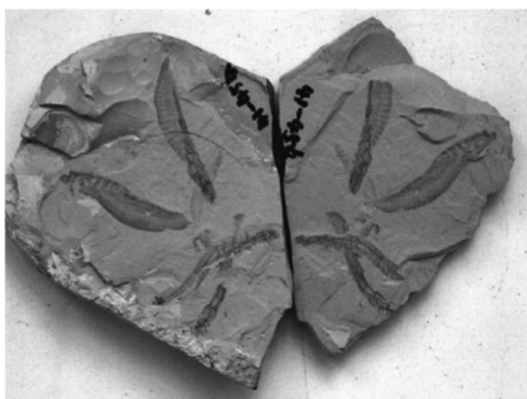


Figure 5.7. Des centaines d'Haikouella, phylum des chordés, ont été trouvés près du site de Chengjiang en 1999.

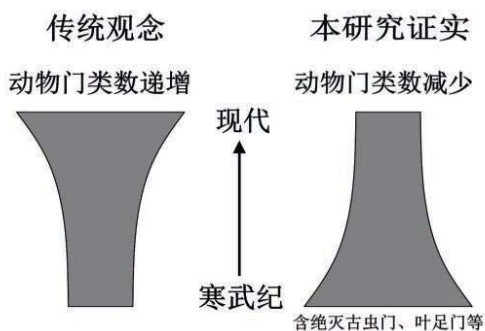


Figure 5.8. Reproduction d'un graphique fourni par le professeur Shu à l'auteur, comparant l'augmentation attendue des phylums au fil du temps selon le modèle évolutionniste traditionnel (à gauche) aux données réelles montrant un grand nombre de phylums nés au Cambrien et une perte de certains de ces phylums au fil du temps (à droite).

De haut en bas ou de bas en haut

Lors d'un autre voyage, quelques années après mon premier voyage, j'ai emmené une équipe de production télévisée de Hong Kong rendre visite au professeur D. G. Shu et visiter son laboratoire à l'Université du Nord-Ouest

à Xi'an, en Chine. Il nous a remis son diagramme comparant le concept traditionnel du développement des phylums animaux avec sa propre étude et sa conclusion. Le modèle traditionnel prévoyait que le nombre de phylums animaux augmenterait progressivement avec le temps (dessin de gauche de la figure 5.8), en commençant par un seul ou quelques phylums. Cependant, ses recherches ont bouleversé le modèle traditionnel, en montrant qu'au début du Cambrien, la plupart des phylums animaux sont apparus brusquement et que le nombre de phylums cambriens a diminué au fil du temps, par extinction (dessin de droite). Cette tendance dans le registre fossile cambrien pourrait nuire autant à la théorie darwinienne que l'apparition soudaine des phylums.

Fuir les dures réalités

Dans les années 1990, avant que les données sur l'Explosion Cambrienne du site fossilifère de Chengjiang ne soient largement connues, un musée du Golden Gate Park, à San Francisco, présentait une exposition intitulée "Hard Facts Wall." Sur la façade, des roches dures contenant des spécimens de fossiles étaient exposées et disposées selon le modèle d'un arbre, comme si des faits concrets soutenaient l'idée que l'histoire de la vie avait suivi le modèle de l'arbre ramifié prédit par Darwin.

Il y avait juste un problème. Ce n'était pas vrai.

John Wiester, géologue de formation, était sceptique. Wiester, membre de l'Affiliation scientifique américaine et du comité pour l'intégrité dans l'enseignement des sciences, a examiné l'âge des fossiles exposés et a constaté que de nombreux fossiles n'étaient pas placés dans les couches géologiques appropriées en fonction de leur âge. Certains des fossiles les plus anciens étaient placés au même niveau que des fossiles plus jeunes, tandis que certains des fossiles les plus jeunes étaient placés dans des couches géologiques plus anciennes. L'histoire globale de ces fossiles n'a pu s'inscrire dans le schéma de l'arbre de Darwin qu'en déformant les données.

Consterné, Wiester a écrit un article intitulé "Shell Games in California" expliquant que si les fossiles avaient été disposés selon leur âge

réel, ils présenteraient un modèle de lignes droites parallèles, chaque ligne représentant un phylum animal et la base de ces lignes isolées apparaissant brusquement à peu près au même moment, il y a environ 550 millions d'années.⁷ En termes familiers, il s'agirait d'un modèle « sillons dans un champ » plutôt que d'un modèle « branches d'arbre ».

L'analyse des fossiles du musée par Wiester a été corroborée par ce que les paléontologues découvraient à Chengjiang. Les données de ce site fossilifère, publiées depuis 1995, corroborent ce concept de modèle de sillons plutôt que de modèle de branches. Tous les phylums animaux qui s'y trouvent apparaissent de manière abrupte dans la colonne géologique, proches les uns des autres dans le temps mais sans liens clairs entre eux.

Lorsque j'ai appris par la suite l'existence de l'exposition « Hard Facts Wall, » je me suis demandé pourquoi l'équipe du musée avait créé une exposition qui ne correspondait pas à la réalité des données réelles. On pourrait peut-être pardonner au personnel du musée de ne pas être au courant des découvertes de fossiles cambriens en Chine qui commençaient à secouer le monde de la paléontologie.⁸ Mais pourquoi, me suis-je demandé, l'exposition aurait-elle délibérément manipulé l'âge des différents fossiles juste pour faire croire que la prédiction de Darwin d'un arbre ramifié était vraie ?

Une autre caractéristique intéressante du « Hard Facts Wall » était une série de grandes loupes placées sur chaque point de ramification de l'arbre de l'évolution. Mais, ironiquement, si l'on y regarde de plus près, sous chaque loupe, sans exception, il n'y avait aucun fossile, juste un espace. En d'autres termes, selon la théorie de Darwin, à chaque point de ramification, il devrait y avoir un ancêtre commun, mais le musée ne l'a pas montré et ne pouvait pas montrer de fossiles d'un ancêtre commun entre deux groupes. Ceci pour une raison très simple : aucun ancêtre commun de ce type n'avait été trouvé.

Si les visiteurs du musée n'y regardaient pas de plus près, le « Hard Facts Wall » ressemblait à une confirmation de la prédiction de Darwin. Mais pour l'œil averti, cela démontre par inadvertance que le registre fossile contredit cette prédiction.

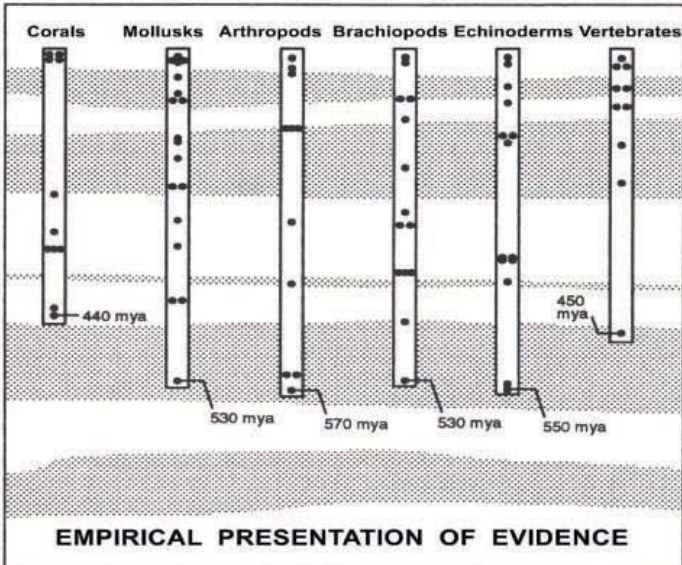
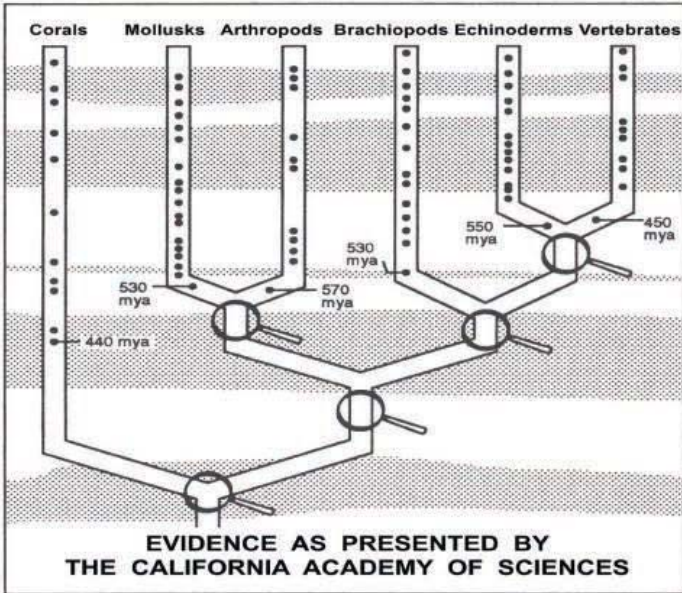


Figure 5.9. Représentation de l'exposition "Hard Facts Wall" (en haut), et des données fossiles réelles (en bas). Remarquez en bas l'aspect abrupt et l'absence de schéma arborescent.

Heureusement, cette exposition "Hard Facts Wall" n'a pas survécu après une importante rénovation du musée. A la réouverture, sur la façade se trouvait une nouvelle exposition intitulée "Chronologie de la vie sur Terre," montrant les principaux événements depuis la formation de la Terre, il y a 4,6 milliards d'années, jusqu'au début de la vie sur Terre et au-delà.

Lors de deux visites distinctes, peu après la rénovation, j'ai cherché à voir comment ils montreraient l'Explosion Cambrienne, qui était alors beaucoup mieux connue dans la littérature scientifique. Malheureusement, il s'est avéré que la découverte paléontologique la plus importante du vingtième siècle était complètement absente. Les événements majeurs présentés sur la façade du musée passaient de 650 millions à 450 millions d'années, sautant complètement l'Explosion Cambrienne ! Une fois de plus, je me suis demandé pourquoi le musée omettait cet élément de preuve essentiel qui remettait en question Darwin. Je me demande encore si ces informations seront un jour intégrées.



Figure 5.10. Exposition au musée de l'Académie des sciences de Californie de la "Chronologie de la vie sur Terre," sans l'une des découvertes les plus importantes du vingtième siècle en biologie: l'Explosion Cambrienne, il y a environ 530 millions d'années.

Musée national d'Histoire naturelle de Pékin

J'ai vécu une autre expérience, plus positive, dans un musée à l'autre bout du monde. Plusieurs années après ma première visite à Chengjiang, j'ai visité le Musée national d'histoire naturelle de Pékin. À ma grande surprise, j'ai trouvé une grande salle abritant une exposition intitulée "Le Big Bang cambrien de la vie." Une belle collection de fossiles de Chengjiang y était exposée. Dans le schéma récapitulatif, le musée montrait un modèle de sillons pour illustrer le développement des phylums animaux depuis le début de la période cambrienne, au lieu du modèle d'arbre darwinien standard des manuels scolaires. Le diagramme de Pékin était beaucoup plus cohérent avec les données fossiles réelles.

Dans le diagramme de Pékin, des lignes jaunes verticales parallèles et pleines ont été utilisées pour représenter l'histoire des phylums animaux. Les phylums étaient correctement représentés, la plupart d'entre eux commençant au début du Cambrien et les lignes parallèles sans interconnexion entre elles montraient qu'il n'existait aucune relation évolutive connue entre les phylums depuis cette époque. Seules les lignes pleines des éponges et des mollusques s'étendaient jusqu'à la fin du Précambrien (ce qui montre que des fossiles d'éponges et de mollusques ont été trouvés avant les autres phylums). Les autres phylums n'avaient que des lignes en pointillé avant le Cambrien, ce qui soulève la question de savoir s'ils avaient une origine antérieure. Il était gratifiant de voir que l'exposition de Pékin était beaucoup plus précise que celle du musée de San Francisco, montrant les données réelles plutôt que d'essayer de maintenir le modèle d'arbre darwinien face à des preuves contraires.

Le panneau de conclusion de l'exposition de Pékin, qui cite une préoccupation que Darwin avait lui-même soulevée dans *L'origine des espèces*, est peut-être plus remarquable. Darwin reconnaissait que l'apparition soudaine d'un grand nombre d'animaux au cours de la période cambrienne pouvait remettre en question sa théorie. Le dernier panneau de cette exposition concluait en observant que la découverte de la faune de Chengjiang et d'autres fossiles

avait confirmé la réalité de l'Explosion Cambrienne, confirmant ainsi les inquiétudes de Darwin et soulignant le défi lancé à sa théorie.

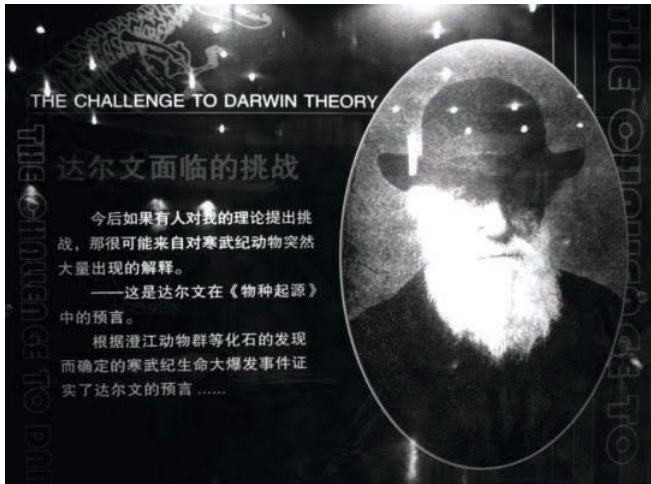


Figure 5.11. Panneau d'une exposition de fossiles au Musée national d'histoire naturelle de Pékin, soulignant le défi posé à la théorie de Darwin par les fossiles cambriens de Chengjiang.

J'étais reconnaissant de l'occasion exceptionnelle qui m'avait été donnée plusieurs années auparavant de visiter Chengjiang et de voir directement sur le terrain les fossiles qui remettent en question la théorie de Darwin. L'exposition de Pékin m'a donné l'espoir que peut-être davantage de personnes commenceraient à apprendre la vérité sur les fossiles.

En réfléchissant à ces deux expériences très différentes, je me souviens de l'observation ironique faite par le paléontologue chinois J. Y. Chen lorsqu'il répondait aux questions après une conférence qu'il a donnée aux États-Unis lors d'une de ses visites : "En Chine, on peut critiquer Darwin, mais pas le gouvernement. En Amérique, on peut critiquer le gouvernement, mais pas Darwin."⁹

Une montagne de preuves

Quelques années plus tard, au début des années 2000, j'ai eu le privilège de

participer à une autre discussion sur la cause de l'Explosion Cambrienne, cette fois au sommet d'une montagne du sud-ouest du Canada.

Plusieurs géologues canadiens, ainsi que des chercheurs du Centre pour la Science et la Culture du Discovery Institute, m'ont invité à me joindre à eux pour une randonnée guidée spéciale sur le mont Wapta, dans le parc national canadien de Yoho, afin de visiter les schistes de Burgess, le site de fossiles cambriens le plus célèbre du monde occidental. Ce site a été découvert en 1909 par Charles Walcott, secrétaire de l'Institut Smithsonian des États-Unis. C'était le site que tous les paléontologues chinois que je connaissais considéraient comme un honneur de visiter. Pour moi, cette opportunité était la chance de ma vie et j'ai accepté l'invitation sans hésiter.

Notre groupe s'est réuni dans un petit parking au pied de la montagne par une journée ensoleillée de juillet. Il nous a fallu plus de quatre heures pour arriver. Nous avons souvent dû nous arrêter et nous reposer, surtout sur le dernier tronçon. À certains endroits, le sentier semblait être en pente verticale (ce n'était pas le cas, mais nous en avions l'impression !) et l'air se faisait rare.

Lorsque j'ai enfin atteint le site, j'ai regardé les montagnes enneigées environnantes, les glaciers de la vallée et la carrière juste à côté de moi, en essayant d'imaginer comment Walcott et d'autres travaillaient là il y a un siècle.

Pour les visiteurs, il est désormais interdit de collecter des fossiles ou même des échantillons de roches sur le site, mais nous pouvions retourner les roches laissées par les travailleurs précédents. J'ai trouvé une variété de fossiles d'invertébrés marins partiellement brisés et éparpillés un peu partout. J'ai pu reconnaître de nombreux arthropodes, vers, gelées de mer et brachiopodes bien conservés. La plupart d'entre eux étaient semblables à ceux que j'avais vus en Chine, mais il y avait quelques espèces fossiles uniques que je n'avais jamais vues auparavant. Cependant, elles appartenaient toutes au même ensemble de plans d'organisation présents dans les deux sites.

Notre guide, qui détenait deux doctorats dans des domaines connexes, a donné une excellente introduction à l'histoire de la découverte et des études

depuis Walcott. Il a ouvert un coffre en acier conservé sur le site, en a sorti une merveilleuse collection de fossiles remarquables représentant de nombreux phylums et a fait un exposé intéressant sur chacun d'eux. Dans sa conclusion, il a fait l'éloge du merveilleux processus d'évolution qui a produit un trésor aussi riche il y a des millions d'années et a déclaré que sans l'évolution, il n'y aurait pas d'êtres humains aujourd'hui.

Le plus jeune membre de notre groupe, un adolescent, a posé une question très simple à notre guide officiel : "D'où vient tout ce nouvel ADN ?" - voulant dire que l'apparition explosive de plans d'organisation très différents et de différents types d'organismes doit nécessiter une quantité importante de nouvel ADN pour les coder. D'où sont venus des ensembles aussi diversifiés de nouvel ADN lors de cet événement explosif ?

Notre guide n'avait apparemment jamais pensé à cette question auparavant, car il a hésité pendant quelques secondes et a finalement reconnu "C'est une très bonne question." Il m'a semblé qu'il avait décidé que l'évolution devait d'une manière ou d'une autre avoir produit tous les nouveaux ADN et qu'il l'avait décidé sans même envisager comment cela avait pu se produire. La question honnête d'un adolescent curieux aura donné, je l'espère, à notre guide de quoi réfléchir dans les jours qui suivirent notre visite.

Le bourbier du Cambrien

Après avoir réfléchi aux nombreuses discussions sur les causes potentielles de l'Explosion Cambrienne, tant dans la littérature scientifique que dans les conversations auxquelles j'ai participé depuis mon premier voyage à Chengjiang il y a vingt ans, je suis frappé par le peu de progrès réalisé. La plupart des gens s'enlisent encore dans une certaine forme de cadre darwinien, même si le registre fossile suggère quelque chose de tout à fait différent.

Certains essaient effectivement de faire preuve d'imagination. En novembre 2016, de nombreux biologistes et scientifiques éminents se sont réunis lors d'une conférence organisée par la Société Royale de Londres, l'une des organisations scientifiques les plus distinguées au monde. L'un

des principaux sujets de discussion était l'insatisfaction croissante à l'égard de l'explication néo-darwinienne des découvertes de la nouvelle génération biologique.

Deux ans plus tard, l'annonce d'une conférence organisée à Salzbourg, en Autriche, était encore plus directe dans sa critique du néo-darwinisme : "Pendant plus d'un demi-siècle, il a été admis que les nouvelles informations génétiques provenaient principalement d'événements aléatoires basés sur des erreurs," disait l'annonce. "Il est maintenant reconnu que les erreurs ne peuvent pas expliquer la nouveauté et la complexité génétique."¹⁰

Où en sont les évolutionnistes dans leur recherche d'une alternative purement matérialiste au darwinisme moderne pour expliquer l'Explosion Cambrienne ? La situation est devenue si désespérée que, récemment, plusieurs scientifiques de différents domaines se sont réunis pour suggérer que les animaux du Cambrien, ainsi que la première vie sur Terre, provenaient de l'espace.¹¹ Cependant, il n'y a presque pas d'évidence pour supporter cette théorie extraterrestre. Je considère ce type de proposition comme un aveu de l'échec des explications évolutionnistes existantes, darwiniennes ou autres, de l'Explosion Cambrienne.

Contrairement à ces propositions, qui tentent de fournir une explication purement naturaliste à l'explosion de la vie au Cambrien, le philosophe des sciences Stephen Meyer et d'autres ont proposé le dessein intelligent comme meilleure explication. Cette idée correspond certainement beaucoup mieux aux données fossiles que les modèles évolutionnistes traditionnels.¹²

Mon étude des embryons d'éponges du pré-Cambrien

Enfin, je souhaite partager avec vous ma propre expérience de l'étude de certaines des remarquables formes de vie primitives sur Terre et explorer brièvement la lumière qu'elle jette sur la question des origines animales.

Au cours de mes études supérieures dans les années 1960, j'ai appris les techniques permettant d'étudier la structure des tissus et des cellules d'animaux vivants à l'aide de microscopes électroniques. La maîtrise de ces techniques s'est avérée très utile lorsqu'elle a été appliquée à de minuscules

spécimens dans les roches.

Des années plus tard, alors que je coopérais avec des chercheurs de différentes régions de Chine, nous avons découvert un grand nombre d'objets presque parfaitement sphériques dans des roches riches en phosphore, vieilles de 570 millions d'années, provenant de la province de Guizhou, en Chine, juste à l'est de la ville de Kunming. Ces roches datent de la période juste avant les couches cambriennes. Les échantillons de roche ont été découpés en tranches de 1,27 cm et collés sur des lames de verre microscopiques. Ensuite, les tranches de roche sur les lames ont été soigneusement broyées à la main jusqu'à ce qu'elles soient très fines, afin que nous puissions les étudier au microscope optique.

Dans de nombreuses lames minces, nous avons trouvé de nombreux objets ronds microscopiques fossilisés. Certaines de ces sphères étaient des fossiles de cellules d'algues. Celles-ci étaient faciles à identifier grâce à leurs parois cellulaires épaisses et grâce au fait que les cellules filles ont tendance à adhérer ensemble, partageant une paroi cellulaire commune lors de leur division. Mais un grand pourcentage des sphères semblait être les fossiles de cellules d'éponge et d'embryons avec des spicules caractéristiques. (Aucun autre groupe d'animaux connu ne contient de spicules.) Les œufs d'éponge et les premiers embryons avaient un diamètre de 0,6 à 0,7 mm. En 1999, nous avons présenté nos résultats lors d'une conférence scientifique à Kunming, en Chine, parrainée par le Centre de Recherche sur la Vie Précoce et l'Académie Chinoise des Sciences.¹³

Mes techniques de microscopie électronique à balayage m'ont été utiles dans des recherches ultérieures. Dans ces études ultérieures, j'ai photographié ces œufs d'éponge et ces embryons précoces à des résolutions beaucoup plus élevées. Après les avoir soigneusement ouverts en utilisant un microscope électronique à balayage, j'ai pu identifier des structures cellulaires à l'intérieur des cellules, comme les noyaux et les granules de jaune d'œuf, dont la microscopie optique ne pouvait pas révéler les détails. En 2001, mes collègues et moi avons présenté un autre article illustré de micrographies électroniques à balayage lors d'une conférence à l'Université de Californie, à

Berkeley, détaillant nos découvertes.¹⁴

Au cours de ces travaux, j'ai été émerveillé par les découvertes que nous avons faites, mais lorsque je regarde plus de dix ans en arrière, je suis encore plus étonné par ce que nous n'avons pas vu. Lorsque mes collègues et moi avons examiné des milliers de lames minces d'échantillons de roches précambriennes vieilles de 570 millions d'années et photographié des milliers d'objets isolés au microscope électronique à balayage, nous n'avons trouvé que des éponges et des algues, donc aucune forme de vie qui se rapproche de ce que l'on pourrait considérer comme des animaux bilatériens. Ces petites éponges étaient tout ce qu'il y avait, même l'identification des fossiles de Doushantou/Weng'an comme des embryons d'éponges a récemment été contestée.¹⁵



Figure 5.12. Image au microscope électronique de petits fossiles ronds vieux de 570 millions d'années, composés de spécimens d'éponges et d'algues.

Je crois savoir que des scientifiques et leurs étudiants dans plusieurs laboratoires en Chine ont également étudié ces roches précambriennes et ont confirmé nos découvertes d'œufs et d'embryons d'éponges. Des fossiles de corps d'éponges adultes ont également été signalés. Certains évolutionnistes

espéraient trouver d'autres restes d'animaux qui pourraient être revendiqués comme précurseurs du Cambrien. Jusqu'à présent, les roches refusent de fournir les preuves que ces chercheurs espéraient. Le problème est exacerbé par le fait que la théorie de l'évolution prévoit d'innombrables chaînons manquants entre les éponges (ou une forme de vie encore plus simple et plus ancienne) et les phylums animaux du Cambrien. La théorie a besoin d'un nombre incalculable de chaînons manquants, mais elle continue de se contenter de quelques-uns.

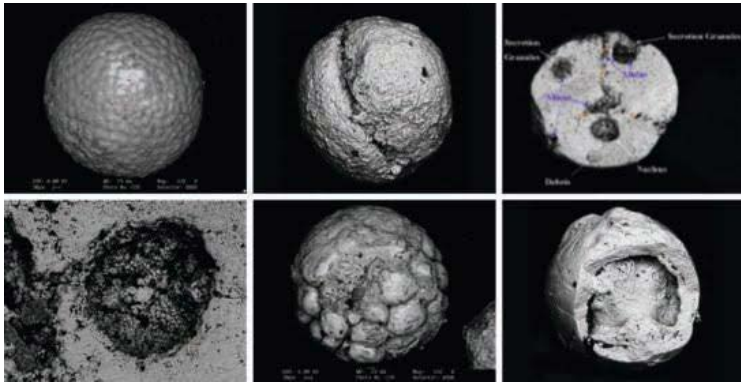


Figure 5.13. En haut à gauche : Fossile bien préservé d'une cellule d'œuf d'éponge avec la membrane externe intacte. En haut au centre : Fossile d'embryon d'éponge au stade de deux cellules avec les membranes externes enlevées. En haut à droite : Fossile d'embryon d'éponge fendu et ouvert, montrant le stade cellulaire de trois cellules. En bas à gauche : Image agrandie et tournée du même embryon fossilisé, montrant le noyau rond en trois dimensions au centre de la cellule. En bas, au centre : Stade de l'embryon où l'on peut compter plus de trente cellules. En bas à droite : Embryon d'éponge fossilisé à un stade de développement plus avancé.

Certains ont tenté de sauver la théorie de l'évolution en affirmant qu'il y a pu y avoir de nombreux animaux précurseurs jusqu'au Cambrien, que les conditions précambriennes n'étaient pas très favorables à la préservation de ces fossiles, de sorte que ces précurseurs ont disparu du registre fossile. Mais si les conditions de conservation des fossiles étaient si mauvaises, pourquoi les œufs d'éponge et les premiers embryons - pourtant mous et délicats - sont-ils si bien préservés, y compris leur noyau ? Dans ces conditions, pourquoi

n'a-t-on pas encore trouvé de précurseurs des animaux du Cambrien ?

Par ailleurs, si, comme l'ont suggéré quelques spécialistes des fossiles précambriens, les fossiles de Doushantou/Weng'an ne sont pas des embryons d'éponges, on pourrait à nouveau essayer de faire valoir que l'Explosion Cambrienne n'est qu'un artefact d'un registre fossile incomplet. Mais toute tentative de rejeter l'Explosion Cambrienne comme une simple illusion, avec ou sans embryons d'éponge précambriens, va à l'encontre des preuves de plus en plus nombreuses.

Comme le note le paléontologue allemand Günter Bechly,¹⁶ de vastes gisements de fossiles datant de l'Édiacarien ont récemment été découverts en Mongolie et en Chine.¹⁷ Ces sites ne contiennent aucun animal bilatérien et n'ont livré que des algues fossiles. Le fait que ces roches conservent des fossiles à corps mou comme les algues est significatif, car ces localités sont du même type que les schistes de Burgess, ce qui montre que les conditions de conservation étaient capables de préserver de petits organismes à corps mou - exactement le type de créatures que l'on propose comme étant les ancêtres des animaux du Cambrien. Le fait qu'ils ne conservent rien qui ressemble à de tels ancêtres animaux indique que ces animaux n'étaient tout simplement pas présents. Même un article récent paru dans PNAS, qui tente de minimiser l'Explosion Cambrienne, reconnaît que ces nouveaux sites montrent que les animaux sont inconnus de l'Édiacarien, non pas en raison de problèmes de conservation, mais parce qu'ils n'existaient pas encore.¹⁸

Que penser de ceux qui interprètent certaines traces fossiles comme suggérant des formes animales possibles au Précambrien, atténuant ainsi l'étonnante efflorescence de nouveaux plans d'organisation d'animaux au Cambrien ? Selon Meyer "les registres fossiles de l'Édiacarien sont loin d'établir l'existence de la grande variété d'intermédiaires transitionnels qu'exige une vision darwinienne de l'histoire de la vie." "L'Explosion Cambrienne atteste de la première apparition d'organismes représentant au moins vingt phylums et beaucoup plus de sous-catégories de phylums et de classes, chacun manifestant des plans d'organisation distincts. Dans le meilleur des cas, les formes de l'Édiacarien représentent des ancêtres possibles

pour, au maximum, quatre plans d'organisation distincts du Cambrien, même en comptant ceux qui ne sont documentés que par des traces de fossiles. La grande majorité des phylums cambriens n'ont donc aucun ancêtre apparent dans les roches précambriennes."¹⁹ De plus, la majorité des traces fossiles animales présumées de l'Édiacarien ont été réfutées par une étude expérimentale récente, qui a reproduit exactement toutes ces traces comme des artefacts de tapis bactériens remués.²⁰

Comme nous l'avons vu au début de ce chapitre, il n'y a pas que Meyer et les autres théoriciens du dessein. En effet, le fait que l'Explosion Cambrienne soit un événement réel est l'opinion générale des paléontologues cambriens. Comme le soulignent Erwin et Valentine, "Plusieurs sources de preuves sont compatibles avec la réalité de l'Explosion Cambrienne."²¹ Ou encore, comme l'observe Martin Scheffer, écologiste néerlandais, lauréat du prix Spinoza et membre de l'Académie Nationale des Sciences des États-Unis, "il se pourrait que les roches antérieures ne soient pas aussi propices à la préservation des fossiles," mais nous savons désormais que "des fossiles bien préservés existent pour les périodes antérieures, et il est désormais généralement admis que l'Explosion Cambrienne était réelle."²²

Écouter les murmures du passé

Darwin a reconnu que le registre fossile posait une sérieuse difficulté pour sa théorie. Il espérait que les découvertes futures bouleverseraient le tableau et confirmeraient sa prédiction d'un processus d'évolution lent, graduel, étape par étape, avec un registre de fossiles ressemblant à un arbre ramifié. Cependant, depuis l'époque de Darwin, le registre fossile a obstinément refusé de confirmer sa prédiction. Au contraire, au fur et à mesure de nos découvertes - notamment les remarquables sites fossilifères de Chine et du Canada qui témoignent de l'étonnante diversité et de la soudaineté de l'Explosion Cambrienne - les choses n'ont fait qu'empirer pour l'histoire de Darwin.

Que devons-nous faire de ces découvertes ? Plutôt que de prétendre que l'arbre de Darwin est toujours en bonne voie, plutôt que de dissimuler

des données ou de présenter une image unilatérale aux visiteurs des musées, nous devons trouver le courage d'accepter le registre fossile pour ce qu'il est, y compris les fossiles fascinants révélant l'apparition soudaine de nombreux phylums d'animaux au cours du Cambrien, dans un élan explosif de créativité. Nous devons alors suivre ces preuves, ces découvertes récurrentes, jusqu'à la meilleure explication. Je vous suggère que la meilleure explication invoque la seule cause ayant la capacité démontrée de générer de nouvelles formes et informations biologiques aussi rapidement. C'est la seule cause connue pour créer un modèle descendant tel que celui que nous trouvons dans le registre fossile. Cette cause est l'intelligence.

Révision : À votre tour

1. Où Paul Chien s'est-il rendu pour voir des fossiles de la période cambrienne ?
2. Pourquoi les scientifiques parlent-ils d'une "Explosion Cambrienne" ? En quoi l'apparition de ces animaux sur la Terre s'apparente-t-elle à une "explosion" ou à un "Big Bang" ?
3. En quoi l'Explosion Cambrienne remet-elle en question la théorie de l'évolution de Darwin ?
4. Pourquoi pensez-vous que l'exposition du musée de San Francisco a disposé les fossiles en forme d'arbre, avec certains fossiles au mauvais endroit sur la ligne chronologique ?
5. En quoi l'exposition du musée de Pékin était-elle différente de celle du musée de San Francisco ?
6. Pourquoi est-il important que tant de fossiles d'éponges et d'embryons d'éponges à corps mou aient été préservés juste avant l'Explosion Cambrienne ?

Notes de fin

INTRODUCTION

1. L'image d'électrons orbitant le noyau d'un atome à la manière des planètes orbitant une étoile est utilisée comme une illustration utile—en histoire de la chimie ainsi que pour les étudiants commençant la chimie—plutôt qu'une représentation rigoureuse de notre compréhension du fonctionnement de l'atome. Les physiciens et les chimistes pensent maintenant que les électrons existent plutôt sous forme de “nuage” autour de l'atome, où leurs déplacements sont prédits par des modèles probabilistes, très différents de la mécanique planétaire de Newton.
2. Photo de Einstein avec Edwin Hubble et Walter Adams à l'observatoire du Mont Wilson en janvier 1931, archives de l'Institut de Technologie de Californie, <http://archives-dc.library.caltech.edu/islandora/object/ct1%3A8407>.
3. Arno Penzias, “Creation Is Supported by All the Data So Far,” dans *Cosmos, Bios, Theos*, eds. Henry Margenau et Roy Abraham Varghese (La Salle, IL: Open Court Press, 1992), 83.
4. Claude Shannon, “A Mathematical Theory of Communication,” *Bell System Technical Journal* 27 (1948): 379-423, 623-56. L'année suivante, cet article a été publié sous forme de livre sous le titre Claude Shannon and Warren Weaver, *The Mathematical Theory of Communication* (Urbana: University of Illinois Press, 1949).
5. J. D. Watson et F. H. Crick, “Molecular Structure of Nucleic Acids: A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid,” *Nature* 171 (1953): 737-8.
6. Voir Michael A. Flannery, *Nature's Prophet: Alfred Russel Wallace et son évolution de la sélection naturelle à la*

théologie naturelle (Tuscaloosa, AL: University of Alabama Press, 2018), chap. 1 et 3.

7. Flannery, *Nature's Prophet*, 113-19.
8. Stephen Jay Gould, "Abscheulich! (Atrocious!): Haeckel's Distortions Did Not Help Darwin," *Natural History* 109, no. 2 (mars 2000): 42-9.
9. Elizabeth Pennisi, "Haeckel's Embryos: Fraud Rediscovered," *Science* 277, no. 5331 (5 septembre 1997): 1435.
10. Voir Karen L. Wellner, "Lessons from Embryos: Haeckel's Embryo Drawings, Evolution, and Secondary Biology Textbooks" (PhD diss., Université de l'état d'Arizona, 2014), <https://embryo.asu.edu/pages/dissertation-lessons-embryos-haeckels-embryo-drawings-evolution-and-secondary-biology>.

Pour une explication plus approfondie du problème voir Jonathan Wells, *Icons of Evolution: Science or Myth? Why Much of What We Teach About Evolution Is Wrong* (Washington, DC: Regnery, 2000) et *Zombie Science: More Icons of Evolution* (Seattle: Discovery Institute Press, 2017). Le site internet de Wells, <https://iconsofevolution.com>, also has short videos highlighting the persistent textbook problems.
11. Gerd B. Müller, "Why an Extended Evolutionary Synthesis is Necessary," *Interface Focus* (18 août 2017), <https://doi.org/10.1098/rsfs.2017.0015>. Il convient de noter que Müller, tout en étant ouvert à l'élargissement de la boîte à outils explicative de la théorie moderne de l'évolution, s'en tient aux diktats du matérialisme méthodologique.
12. Voir le rendu artistique du flagelle bactérien et une micrographie électronique du moteur flagellaire sur <https://phys.org/news/2017-08-nanomachines-bacteria.html>

1. Le big bang et le réglage précis de l'univers

1. Les cosmologues continuent d'affiner leurs estimations de l'âge de l'univers, et certaines découvertes récentes suggèrent que l'estimation actuelle de 13,8 milliards d'années devrait peut-être être révisée. Cependant, que de nouvelles études et mesures finissent ou non par modifier notre meilleure estimation de l'âge exact de l'univers, l'essentiel, comme nous le verrons plus loin dans ce chapitre, est le fait que l'Univers a un âge fini et qu'il a donc eu un commencement.
2. Guillermo Gonzalez et Jay W. Richards, *The Privileged Planet: How Our Place in the Cosmos is Designed for Discovery* (Washington, DC: Regnery Publishing, 2004), 171.
3. Luke Mastin, "The Expanding Universe and Hubble's Law," La physique de l'Univers, consulté le 1er novembre 2019, https://www.physicsoftheUniverse.com/topics_bigbang_expanding.html. Des recherches récentes ont relancé la constante cosmologique, mais sa valeur précise ne permet pas de conclure à un univers statique, comme l'espérait Einstein. Les preuves d'un univers en expansion sont plus fortes que jamais. En fait, le taux d'expansion de l'univers semble même s'accélérer. Quoi qu'il en soit, ce qu'il faut retenir de l'expérience d'Einstein, c'est que ses idées préconçues l'ont conduit à expliquer les preuves au lieu de les suivre.
4. Luke Mastin, «Georges Lemaître (1894-1966),» La physique de l'Univers, consulté le 1er novembre 2019, https://www.physicsoftheUniverse.com/scientists_lemaitre.html.
5. Georges Lemaître, cité dans George Gamow, *The Creation of the Universe* [1952] (New York: Dover, 2004), 51.
6. Arthur S. Eddington, "The End of the World: From the Standpoint of Mathematical Physics," *Nature* 127 (21 mars 1931): 447-53, <https://doi.org/10.1038/127447a0>.

7. Helge Kragh, «Big Bang : L'étymologie d'un nom,» *Astronomie et géophysique* 54, n° 2 (1er avril 2013): 2,28-2,30, <https://doi.org/10.1093/astrogeo/att035>.
8. Alaina G. Levine, "The Large Horn Antenna and the Discovery of Cosmic Microwave Background Radiation," American Physical Society, 2009, <https://www.pbs.org/wgbh/aso/databank/entries/dp65co.html>.
9. Nicholas Wethington, "The Switch to Digital Switches off Big Bang TV Signal," Universe Today, 16 février 2009, <https://www.Universetoday.com/25560/the-switch-to-digital-switches-off-big-bang-tv-signal/>.
10. Propriétés de la lumière cosmique, <http://background.uchicago.edu/~whu/beginners/properties.html>.
11. *Une brève histoire de l'Univers*, épisode 3, «L'époque des photons,» Highbrow Learning Inc, consulté le 1er novembre 2019, <https://gohighbrow.com/the-photon-epoch/>.
12. Voir une brève vidéo sur le rayonnement de fond diffus cosmologique à Piled Higher and Deeper, «Cosmic Inflation Explained,» YouTube, vidéo, 3 :42, 22 juillet 2014, https://www.youtube.com/watch?v=_lLA2q1rlSg.
13. Martin White, «The Cosmic Rosetta Stone,» *Martin White* (page Web personnelle), Université de Californie Berkeley, Département d'astronomie, novembre 1997, consulté le 1er novembre 2019, <http://w.astro.berkeley.edu/~mwhite/rosetta/>.
14. Karl Tate, "Cosmic Microwave Background: Big Bang Relic Explained (Infographic)," Space.com, 3 avril 2013, <https://www.space.com/20330-cosmic-microwave-background-explained-infographic.html>.
15. William Lane Craig, «L'argument cosmologique du *Kalam*,» *Foi raisonnable*, 2015, <https://www.reasonablefaith.org/writings/popular-writings/existence-nature-of-god/the-kalam->

cosmological-argument/.

16. Alexander Vilenkin, *Many Worlds in One: The Search for Other Universes* (New York: Hill and Wang, 2006), 176. Son analyse exclut diverses tentatives de postuler un univers sans commencement, y compris l'idée que l'univers s'est étendu et contracté éternellement, dans une série sans fin de Big Bangs et de Big Crunches. Comme lui et sa co-auteure Audrey Mithani l'ont conclu dans un article publié en 2012, «toutes les preuves dont nous disposons indiquent que l'Univers a eu un début.» Audrey Mithani et Alexander Vilenkin, "Did the Universe Have a Beginning?" arXiv.org, 20 avril 2012, <https://arxiv.org/pdf/1204.4658.pdf>. Voir aussi un article de *New Scientist* sur ses conclusions par Lisa Grossman, «Why Physicists Can't Avoid a Creation Event,» *New Scientist*, 11 janvier 2012, <https://www.newscientist.com/article/mg21328474-400-why-physicists-cant-avoid-a-creation-event/>.
17. Anil Ananthaswamy, "Is the Universe Fine-Tuned for Life," *NOVA*, PBS Online, 7 mars 2012, <http://www.pbs.org/wgbh/nova/blogs/physics/2012/03/is-the-Universe-fine-tuned-for-life/>.
18. Carl R. Nave, «Fundamental Forces,» HyperPhysics, consulté le 1er novembre 2019, <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Forces/funfor.html>.
19. Geraint F. Lewis et Luke A. Barnes, *A Fortunate Universe: Life in a Finely Tuned Cosmos* (Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2016), 108. Comme ils l'expliquent encore, «Si la gravité était 1035 au lieu de 1040 fois plus faible que la force forte, alors le créneau se fermerait complètement. Les étoiles stables ne seraient pas du tout possibles" (109).
20. Lewis et Barnes, *A Fortunate Universe*, 108.
21. Lewis et Barnes, *A Fortunate Universe*, 109-10.
22. Lewis et Barnes, *A Fortunate Universe*, 118. Ils ajoutent une

mise en garde dans le paragraphe suivant. En raison de certains facteurs compliquant le calcul de ces changements hypothétiques, «il se peut qu'il faille un pourcentage légèrement plus élevé pour éradiquer totalement le carbone ou l'oxygène de l'univers.» Le mot clé ici, cependant, est «légèrement plus élevé.» Même si cela s'avère être le cas, le degré de précision du réglage de la force pour la vie restera frappant.

23. Fred Hoyle, "The Universe: Past and Present Reflections," *Annual Review of Astronomy and Astrophysics* (1982): 16.
24. Martin Rees, *Just Six Numbers* (New York: Basic Books, 2000), 127.
25. Discovery Science, "Water, Ultimate Giver of Life, Points to Intelligent Design," YouTube, vidéo, 8:05, 17 octobre 2017, <https://www.youtube.com/watch?v=e2i0g1sL-X4>. Pour un regard plus approfondi, voir Michael Denton, *The Wonder of Water: Water's Profound Fitness for Life on Earth and Mankind* (Seattle, WA: Discovery Institute Press, 2017).
26. Pour des livres sur le réglage précis de l'univers, voir Rees, *Just Six Numbers* et Lewis et Barnes, *A Fortunate Universe*.
27. Freeman Dyson, *Disturbing the Universe* (New York: Basic Books, 1981), 250.
28. Voir Lewis et Barnes, *A Fortunate Universe*. Pour un bref aperçu en ligne, voir Jay W. Richards, «List of Fine-Tuning Parameters,» Discovery Institute Center for Science and Culture, 14 janvier 2015, <https://www.discovery.org/m/securepdfs/2018/12/List-of-Fine-Tuning-Parameters-Jay-Richards.pdf>.
29. Simon Friederich, "A New Fine-Tuning Argument for the Multiverse," *Foundations of Physics* 49 (2019): 1012, <https://doi.org/10.1007/s10701-019-00246-2>.
30. Voir, par exemple, la discussion du physicien Frank Tipler dans le segment vidéo en ligne, *Science Uprising: Fine Tuning* (6:27),

<https://scienceuprising.com/fine-tuning/>.

31. Friederich, "A New Fine-Tuning Argument for the Multiverse," 1012.
32. Friederich, "Fine-Tuning," Stanford Encyclopedia of Philosophy, <https://plato.stanford.edu/entries/fine-tuning/>.
33. Robin Collins, "The Teleological Argument: An Exploration of the Fine-Tuning of the Universe," *The Blackwell Companion to Natural Theology* [2009] (Chichester, UK: John Wiley & Sons, 2012), 264.
34. Paul Davies, "A Brief History of the Multiverse," *The New York Times*, 12 avril 2003, <https://www.nytimes.com/2003/04/12/opinion/a-brief-history-of-the-multiverse.html>.

2. L'information et l'origine de la vie

1. *Star Trek: The Next Generation*, saison 7, épisode 26, "All Good Things," diffusé le 23 mai 1994. Extrait sur YouTube, vidéo, 0.46, <https://www.youtube.com/watch?v=YLyqTtrhUJE>.
2. B. Lee Ligon, «Biographie : Louis Pasteur : A Controversial Figure in a Debate on Scientific Ethics,» *Seminars in Pediatric Infectious Diseases* 13, no 2 (avril 2002): 134-41. <https://doi.org/10.1053/spid.2002.125138>.
3. Maxime Schwartz, "The Life and Works of Louis Pasteur," *Journal of Applied Microbiology* 91 (octobre 2001): 598, <https://sfamjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1046/j.1365-2672.2001.01495.x>.
4. Darwin à J.D. Hooker, 1er février 1871, DCP LETT 7471, le projet des lettres de Darwin, Université de Cambridge, <https://www.darwinproject.ac.uk/letter/DCP-LETT-7471.xml>. Le contexte historique, ainsi que d'autres références dans la lettre de Darwin à Hooker, soulignent le fait que la spéculation sur l'apparition de la

vie à partir de la non-vie n'était pas seulement une rêverie isolée ou une remarque désinvolte de Darwin, mais qu'elle faisait l'objet d'un débat actif au sein de la communauté scientifique de l'époque.

5. Voir par exemple, «Aleksandr Oparin,» *Encyclopédie Britannica*, 17 avril 2019, consulté le 10 février 2020, <https://www.britannica.com/biography/Aleksandr-Oparin>.
6. J. B. S. Haldane, "The Origin of Life," *The Rationalist Annual* 148 (1929): 3-10; réimprimé dans J. B. S. Haldane, *Science and Life: Essays of a Rationalist* (Londres: Pemberton, 1968).
7. Stanley L. Miller, "A Production of Amino Acids Under Possible Primitive Earth Conditions," *Science* 117 (mai 1953): 528-9.
8. George Gaylord Simpson, "The World into Which Darwin Led Us," *Science* 131 (1960): 966-74.
9. Dean H. Kenyon et Gary Steinman, *Biochemical Predestination* (New York: McGraw-Hill, 1969).
10. Voir, par exemple, Sidney W. Fox et Klaus Dose, *Molecular Evolution and the Origin of Life*, rev. ed. (1972; repr., New York: Marcel Dekker, 1977), 43; Freeman Dyson, *Origins of Life*, 2nd ed. (Cambridge: Cambridge University Press, 1999), 33-34; et David C. Catling, "Comment on 'A Hydrogen-Rich Early Earth Atmosphere,'" *Science* 311 (2006), réponse de l'auteur 38, <https://doi.org/10.1126/science.1117827>.
11. Voir J. P. Ferris et D. E. Nicodem, "Ammonia: Did It Have a Role in Chemical Evolution?" in *The Origin of Life and Evolutionary Biochemistry*, eds. K. Dose, S. W. Fox, G. A. Deborin, and T. E. Pavlovskaya (New York: Plenum Press, 1974), 107; voir également une discussion sur les facteurs énergétiques ayant un impact sur l'hypothèse des cheminées hydrothermales dans J. Baz Jackson, "The 'Origin-of-Life Reactor' and Reduction of CO₂ by H₂ in Inorganic Precipitates," *Journal of Molecular Evolution* 85, no. 1-2 (2017): 1-7, <https://doi.org/10.1007/s00239-017-9805-9>.

12. Robert Shapiro, "Prebiotic Cytosine Synthesis: A Critical Analysis and Implications for the Origin of Life, *PNAS* 96, no. 8 (avril 1999): 4397-98.
13. Voir Fox et Dose, *Molecular Evolution, and the Origin of Life*, 74-76; et Robert Shapiro, *Origins: A Skeptic's Guide to the Creation of Life on Earth* (New York: Summit Books, 1986), 112.
14. Dans son livre *Icônes de l'évolution : Science ou Myth?* (Washington, DC: Regnery Publishing, 2000), le biologiste Jonathan Wells examine en détail la persistance des manuels scolaires qui exagèrent l'importance des expériences de Miller-Urey. Pour une discussion actualisée, voir Charles B. Thaxton et al, *The Mystery of Life's Origin: The Continuing Controversy* (Seattle: Discovery Institute Press, 2020), chap. 16.
15. A. G. Cairns-Smith, *Genetic Takeover, and the Mineral Origins of Life* (New York: Cambridge University Press, 1982).
16. Charles B. Thaxton, Walter L. Bradley et Roger L. Olsen, *The Mystery of Life's Origin* (New York: Philosophical Library, 1984).
17. Shigenori Maruyama et al, "Nine Requirements for the Origin of Earth's Life: Not at the Hydrothermal Vent, but in a Nuclear Geyser System," *Geoscience Frontiers* 10, no. 4 (2019): 1337-57, <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2018.09.011>.
18. Sara Imari Walker, "Origins of Life: A Problem for Physics, a Key Issues Review," *Rapport sur les progrès de la physique* 80, no 9 (août 2017), <https://doi.org/10.1088/1361-6633/aa7804>.
19. Raconté par James D. Watson dans *The Double Helix: A Personal Account of the Discovery of the Structure of DNA* (New York: Touchstone, 2001). Voir également Bill Mesler et H. James Cleaves II, *A Brief History of Creation: Science and the Search for the Origin of Life* (New York: W. W. Norton, 2016),

199-200.

20. James D. Watson et Francis H. C. Crick, "A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid," *Nature* 171 (avril 1953): 737-38.
21. Jane J. Lee, "Read Francis Crick's \$6 Million Letter to Son Describing DNA," *New York Post*, 11 avril 2013, <https://nypost.com/2013/04/11/letter-from-dna-structures-co-discoverer-to-his-young-son-sells-at-auction-for-6m/>.
22. Pour une discussion sur la remarquable conférence de Crick en 1957, prononcée lors d'un symposium de la Society for Experimental Biology, à University College de Londres, voir Matthew Cobb, "60 Years Ago, Francis Crick Changed the Logic of Biology," *PLOS Biology* 15, no 9 (18 septembre 2017): e2003243, <https://journals.plos.org/plosbiology/article?id=10.1371/journal.pbio.2003243>.
23. Francis H. Crick, "On Protein Synthesis," *Symposia of the Society for Experimental Biology* 12 (1958): 138-63.
24. Stephen C. Meyer, *Signature in the Cell: DNA and the Evidence for Intelligent Design* (New York: HarperOne, 2009), 84.
25. James Tour, «Time Out,» *Inference: Revue internationale des sciences* 4, no. 4 (juillet 2019), <https://inference-review.com/article/time-out>.
26. Meyer, *Signature in the Cell*, 347.
27. Exemple tiré de Meyer, *Signature in the Cell*, 342. Voir aussi "In a Three-Way Radio Debate, Stephen Meyer Takes on a Chemist and a Biologist," 16 mars 2016, dans *ID the Future*, podcast, audio MP3, 27:55 (à partir de 6:34), https://evolutionnews.org/2016/03/in_a_three-way_/.
28. Pour une analyse approfondie de plusieurs arguments incorrects souvent avancés par les opposants au dessein intelligent

concernant l'information en biologie, voir ma série d'entretiens à *ID the Future*, podcast, audio MP3, <https://idthefuture.com/1551/>.

3. Une usine qui construit des usines qui construisent des usines qui...

1. Jack Szostak, "From Telomeres to the Origins of Life," interview par Claudia Dreifus, A Conversation With, *New York Times*, 17 octobre 2011, <https://www.nytimes.com/2011/10/18/science/18conversation.html>
2. Gerald F. Joyce, "In Lab, Clues to How Life Began," interview par Nell Greenfieldboyce, *All Things Considered* (transcription), NPR, 8 janvier 2009, <https://www.npr.org/templates/story/story.php?storyId=99132608>.
3. Malgré l'optimisme de Dawkins, qui suggérait que les molécules organiques dérivait «sans encombre» dans la soupe primordiale, les chercheurs sur l'origine de la vie reconnaissent aujourd'hui que le double problème de la dégradation chimique et des réactions croisées interférentes pose d'énormes difficultés à tout scénario d'abiogenèse. En effet, l'un des principaux défis que doivent relever les chercheurs modernes sur l'origine de la vie est de trouver un moyen d'isoler et de protéger les premières molécules tendres des effets dévastateurs de la décomposition et des réactions croisées interférentes suffisamment longtemps pour qu'autre chose d'intéressant puisse se produire sur le chemin de la vie.
4. Richard Dawkins, *Le gène égoïste*, édition du 30e anniversaire. (New York: Oxford University Press, 2006), 15.
5. Dawkins, *The Selfish Gene*, 15.
6. En 1861, Max Schultze, un anatomiste microscopique allemand, a décrit la cellule comme «une boule de protoplasme, au cœur de

laquelle se trouve un noyau...» Félix Dujardin, biologiste français et pionnier de la recherche sur les protozoaires, a parlé d'une «substance gélatineuse omniprésente» comme d'une substance cellulaire clé commune à la vie animale et végétale. Tous deux cités dans Mario A. Di Gregorio, *From Here to Eternity: Ernst Haeckel and Scientific Faith* (Göttingen, Allemagne: Vandenhoeck & Ruprecht, 2005), 67-68.

7. Charles Darwin, *The Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life* [1872], 6e édition. (New York: Mentor, 1958). Darwin fait plus d'une demi-douzaine de références à cette propriété «plastique» des organismes dans l'*Origine*. Son glossaire définit le terme «plastique» comme «facilement modifiable.»
8. Bradley J. Fikes, “Lab-Evolved Life Gets Closer in Scripps Research Study,” *The San Diego Union-Tribune*, 15 août 2016, <https://www.sandiegouniontribune.com/business/biotech/sdut-rna-world-origin-life-2016aug15-story.html>. L'article traite d'un article scientifique de David P. Horning et Gerald F. Joyce, “Amplification of RNA by an RNA polymerase ribozyme,” *PNAS* 113, no. 35 (août 2016), <https://doi.org/10.1073/pnas.1610103113>.
9. Voir, par exemple, la discussion de Theodosius Dobzhansky sur l'article de Gerhard Schramm intitulé «Synthesis of Nucleosides and Polynucleotides with Metaphosphate Esters» dans S. W. Fox, ed. *The Origins of Prebiological Systems and of Their Molecular Matrices*, Compte rendu d'une Conférence à Wakulla Springs en Floride du 27 au 30 octobre 1963 (New York: Academic Press, 1965), 309-10.
10. Voir, par exemple, Natasha Paul et Gerald F. Joyce, “A Self-Replicating Ligase Ribozyme,” *PNAS* 99, no 20 (octobre 2002),

<https://doi.org/10.1073/pnas.202471099>.

11. James Tour, chimiste organique de synthèse à l'Université Rice, a récemment passé en revue certains des défis posés par la construction de molécules organiques et l'assemblage d'un système moléculaire auto-répliatif, dans «Time Out,» *Inference: Revue internationale des sciences* 4, no. 4 (juillet 2019), <https://inference-review.com/article/time-out>. Voir également la conférence de Tour durant la Conférence de Dallas sur la science et la foi de 2019, à Discovery Science, «James Tour: Le mystère de l'origine de la vie,» YouTube, vidéo, 58:01, 18 mars 2019, <https://www.youtube.com/watch?v=zU7Lww-sBPg&t=1644s>.
12. Pour explorer plus avant les exigences minimales d'une entité auto-répliatrice, voir Arminius Mignea, "The Engineering of Life," dans *Engineering and the Ultimate: An Interdisciplinary Investigation of Order and Design in Nature and Craft*, eds. Jonathan Bartlett, Dominic Halsmer et Mark R. Hall (Broken Arrow, OK: Blyth Institute Press, 2014), partie IV.
13. Voir «RepRap,» RepRap, 22 septembre 2019, consulté le 2 novembre 2019, <http://reprap.org/wiki/RepRap>; voir également «RepRap Project,» Wikimedia Foundation, dernière modification le 5 janvier 2020, 11:07, consulté le 18 février 2020, https://en.wikipedia.org/wiki/RepRap_project.
14. Jean Le Bouthillier, «BI V2.0-A Self-Replicating, High Precision 3D Printer,» *Kickstarter*, Kickstarter, PBC, 22 septembre 2014, consulté le 2 novembre 2019, <https://www.kickstarter.com/projects/1784037324/bi-v20-a-self-replicating-high-precision-3d-printe>.
15. Plusieurs autres projets d'impression 3D ont également vanté leurs capacités «d'auto-répliation,» notamment Dollo et Snappy.
16. Une recherche de «reprap parts» dans Google Images permet de

trouver de nombreux exemples de ce type.

17. Manfred Eigen, "Self-organization of Matter and the Evolution of Biological Macromolecules," *Die Naturwissenschaften* 58, no. 10 (1971): 465-523, <https://doi.org/10.1007/BF00623322>.
18. Michael J. Denton, *Evolution: A Theory in Crisis* (Chevy Chase, MD: Adler & Adler, 1986), 328-29.
19. John I. Glass et al. "Essential Genes of a Minimal Bacterium," *PNAS* 103, no 2 (2006): 425-30, <https://doi.org/10.1073/pnas.0510013103>.
20. Stephen J. Giovannoni et al. "Genome Streamlining in a Cosmopolitan Oceanic Bacterium," *Science* 309, no. 5738 (2005): 1242-45, <https://doi.org/10.1126/science.1114057>. Voir également une discussion sur les efforts déployés par le J. Craig Venter Institute pour construire un génome minimal à l'adresse <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4879981/>.
21. Considérons un modèle cellulaire minimal décrit par In Vivo Veritas à l'adresse, http://invivoveritasest.blogspot.com/2013/07/a-minimum-cell-model-and-origin-of-life_4.html.
22. Il ne s'agit pas nécessairement d'une régression infinie. D'après ce que nous voyons en biologie, le processus d'auto-réplication peut apparemment être conçu et le défi peut être relevé. Mais nous commençons à sentir l'ampleur du problème.
23. Dawkins, *The Selfish Gene*, 15.

4. Complexité irréductible et Évolution

1. Pour Charles Darwin, il n'y avait aucun but ou finalité dans ce processus; toutes les variations étaient accidentelles. Wallace a fini par se démarquer en affirmant une certaine mesure de finalité dans l'évolution, comme l'ont fait Asa Gray et d'autres depuis, mais la plupart des pensées évolutionnistes ont suivi Darwin.

2. Darwin lui-même n'était pas sûr qu'il n'y ait qu'une seule forme de vie originelle, ou un petit nombre de formes (par exemple, un ancêtre pour toutes les plantes, un pour tous les animaux, un pour tous les champignons), mais (au moins jusqu'à très récemment) l'opinion commune parmi les théoriciens de l'évolution était qu'il n'y avait qu'une seule forme originelle.
3. Au départ, Darwin n'a pas appelé le processus de divergence à partir d'un ancêtre commun «évolution» mais «descendance avec modification.»
4. Pour une discussion de certaines des difficultés liées aux exemples traditionnels de sélection naturelle, notamment les papillons de nuit poivrés et les pinsons de Darwin, voir Jonathan Wells, *Icons of Evolution: Science ou mythe?* (Washington, DC: Regnery Publishing, 2000). Voir également le site web complémentaire à l'adresse <https://iconsofevolution.com/icons-of-evolution/>.
5. Yuri Philiptschenko, *Variabilität und Variation* (Berlin: Gebrüder Borntraeger Verlagsbuchhandlung, 1927).
6. Theodosius Dobzhansky, *Genetics and the Origin of Species* [1937] (New York: Columbia University Press, 1982), 12.
7. Winston Ewert, «Le graphique de dépendance de la vie,» *BIO-Complexité* 2018, no. 3 (17 juillet 2018): 1-27, <https://bio-complexity.org/ojs/index.php/main/article/viewFile/BIO-C.2018.3/BIO-C.2018.3>.
8. Karl W. Giberson et Francis S. Collins, *The Language of Science and Faith: Straight Answers to Genuine Questions* (Downers Grove, IL: InterVarsity Press, 2011), 43.
9. S. J. Padayatty et M. Levine, "Vitamin C: The Known and the Unknown and Goldilocks," *Oral Diseases* 22, no 6 (septembre 2016): 483, <https://doi.org/10.1111/odi.12446>.
10. Voir, par exemple, William A. Dembski, *The Design Revolution: Answering the Toughest Questions about Intelligent Design*

(Downers Grove, IL: Intervarsity Press, 2004), 317; voir aussi Jonathan Wells, *The Myth of Junk DNA* (Seattle: Discovery Institute, 2011).

11. Ann K. Gauger, Ola Hössjer, et Colin R. Reeves, “Evidence for Human Uniqueness,” in *Theistic Evolution: A Scientific, Philosophical, and Theological Critique*, eds. J.P. Moreland et al. (Wheaton, IL: Crossway, 2017), 497. [Une citation interne a été supprimée de la citation].
12. Charles Darwin, *L'origine des espèces*, 6th ed. (Londres: John Murray, 1872), chap. 6, <https://www.amazon.com/Origin-Species-6th-Darwin-Charles/dp/1500948608>.
13. Michael Behe, *La boîte noire de Darwin: The Biochemical Challenge to Evolution*, 10th anniversary ed. (New York: Free Press, 2006), 39.
14. Behe, *Darwin's Black Box*, 39 (pour la phrase citée), 42-45 (pour la discussion sur les pièces de la tapette à souris et leurs interactions).
15. Behe, *La boîte noire de Darwin*, 51-139.
16. Scott A. Minnich et Stephen C. Meyer, “Genetic Analysis of Coordinate Flagellar and Type III Regulatory Circuits in Pathogenic Bacteria,” *Design and Nature II*, eds. M. W. Collins et C. A. Brebbia (Southampton, UK: WIT Press, 2004), 302. Voir également la courte vidéo en ligne, «Type Three Secretory System,» <https://revolutionarybehe.com/category/bacterial-flagellum/>.
17. Certaines de ces idées sont tirées de l'excellente interview du Dr Howard Glicksman, «Un médecin examine comment le corps répond à ses besoins en oxygène,» 7 août 2020, dans *ID the Future*, podcast, audio MP3, 17:19, <https://idthefuture.com/2020-08-07/>
18. Stuart Fox, *Physiologie humaine*, 15e éd. (New York: McGraw-

- Hill Education, 2018), 408.
19. Selon une analyse, la taille de chaque molécule d'hémoglobine est d'environ 5 nm de diamètre. Voir Harold P. Erickson, "Size and Shape of Protein Molecules at the Nanometer Level Determined by Sedimentation, Gel Filtration, and Electron Microscopy," *Biological Proceedings Online* 11, no. 1, art. 32 (15 mai 2009): 35, <https://biologicalproceduresonline.biomedcentral.com/track/pdf/10.1007/s12575-009-9008-x>.
 20. Douglas Axe, "Estimating the Prevalence of Protein Sequences Adopting Functional Enzyme Folds," *Journal of Molecular Biology* 341 (2004): 1295-1315.
 21. Bruce Alberts et al., *Molecular Biology of the Cell*, 6th ed. (New York: Garland Science, 2015), 16.
 22. Pour plus d'informations sur cette contrainte évolutive, voir Ann K. Gauger, Stephanie Ebnet, Pamela F. Fahey et Ralph Seelke, "Reductive Evolution Can Prevent Populations from Taking Simple Adaptive Paths to High Fitness," *BIO-Complexity* 2010, no 2 (janvier 2010): 1-9, <http://dx.doi.org/10.5048/BIO-C.2010.2>.
 23. Pour comprendre la raison de ce langage prudent, voir Mark Gerstein et al, «What Is a Gene, Post-ENCODE?» *Genome Research* 17 (2007): 669-681, <https://genome.cshlp.org/content/genome/17/6/669.full.html>, ainsi que Jonathan Wells, *Zombie Science: More Icons of Evolution* (Seattle: Discovery Institute Press, 2017), chap. 4.
 24. Pour une explication simple et une première animation de la synthèse des protéines, regardez *Unlocking the Mystery of Life*, réalisé par Lad Allen (La Mirada, CA: Illustra Media, 2003), DVD, chapitre 10. Cette partie du documentaire peut également être visionnée : Illustra Media, «Unlocking the Mystery of Life (Chapter 10 of 12),» YouTube, vidéo, 4:27, 9 décembre 2008,

<https://www.youtube.com/watch?v=gdBjt6sdDfI>.

25. Pour une discussion détaillée de plusieurs mutations de la protéine flapwing (*flw*) et de leur impact sur la reproduction des drosophiles, voir Shinya Yamamoto, et al. «Protein Phosphatase 1 β Limits Ring Canal Constriction during *Drosophila* Germline Cyst Formation,» *PLOS ONE* 8, no 7 (25 juillet 2013): e70502, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070502>.
26. Dans son best-seller suivant *Darwin's Black Box*, Michael Behe a examiné les preuves expérimentales et les observations sur le terrain pour déterminer ce que le mécanisme de mutation plus sélection de Darwin pouvait réellement accomplir. Il s'est intéressé aux microbes, car ils ont des populations énormes et un renouvellement rapide des générations, ce qui permet aux processus évolutifs d'essayer plusieurs millions de mutations en quelques années seulement. À partir des résultats, il a extrapolé mathématiquement à des temps d'attente encore plus longs et à des populations encore plus grandes. Ces travaux lui ont permis de montrer qu'il existe de sérieuses limites à la capacité du mécanisme darwinien à provoquer des changements biologiques. Il peut bricoler mais pas innover. Il peut casser, mais pas construire quelque chose de fondamentalement nouveau. Voir Michael J. Behe, *The Edge of Evolution: The Search for the Limits of Darwinism* (New York: Free Press, 2007).
27. Behe a montré que le mécanisme darwinien est plus efficace en tant que force destructrice qu'en tant que force créatrice. Behe a énoncé un principe qu'il appelle «la première règle de l'évolution adaptative,» qui, en substance, stipule que les mutations qui produisent un gain net de fitness sont beaucoup plus susceptibles d'être des mutations qui brisent ou émoussent une fonction préexistante que celles qui produisent une nouvelle fonction. Voir Michael J. Behe, "Experimental Evolution, Loss-of-function

- Mutations, and “The First Rule of Adaptive Evolution,” *The Quarterly Review of Biology* 85, no. 4 (décembre 2010): 419-45, https://www.lehigh.edu/~inbios/Faculty/Behe/PDF/QRB_paper.pdf. Voir également son ouvrage récent: Michael J. Behe, *Darwin Devolves: The New Science about DNA that Challenges Evolution* (New York: HarperCollins, 2019).
28. Douglas Axe, “Estimating the Prevalence of Protein Sequences Adopting Functional Enzyme Folds.” “Voir également Douglas D. Axe, *Undeniable: How Biology Confirms Our Intuition That Life Is Designed* (New York: HarperOne, 2016), 57.
29. Certains chercheurs pensent que l’improbabilité de former accidentellement une protéine est encore plus élevée que les calculs d’Axe axés sur les séquences d’acides aminés. D’autres facteurs sont également nécessaires pour obtenir des protéines fonctionnelles, notamment les états d’énergie libre des combinaisons d’acides aminés et la stabilité de la chaîne protéique repliée. Des recherches récentes laissent entrevoir des improbabilités supplémentaires similaires à celles calculées par Axe. Voir Brian Miller, “Thermodynamic Challenges to the Origin of Life,” dans Charles B. Thaxton et al, *The Mystery of Life’s Origin: The Continuing Controversy* (Seattle: Discovery Institute Press, 2020), 359-74.
30. La déclaration originale était : «Une nouvelle vérité scientifique ne triomphe pas en convainquant ses adversaires et en leur faisant voir la lumière, mais plutôt parce que ses adversaires finissent par mourir et qu’une nouvelle génération grandit qui la connaît.» Extrait de Max Planck, *Scientific Autobiography and Other Papers*, trad. Frank Gaynor (Londres: Williams & Norgate, 1950), 33-34. D’autres ont repris la déclaration de Planck et l’ont modifiée dans un souci de concision, comme le montrent Pierre Azoulay, Christian Fons-Rosen et Joshua S. Graff Zivin, «Does

Science Advance One Funeral at a Time?,» *American Economic Review* 109, n° 8 (2019): 2889-2920. Des idées similaires sont présentées dans Thomas Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*, 4th ed. (Chicago: University of Chicago Press, 2012).

31. Voir Stephen C. Meyer, *Darwin's Doubt: L'origine explosive de la vie animale et les arguments en faveur du dessein intelligent* (New York: HarperOne, 2013), chap. 6.
32. Matti Leisola et Jonathan Witt, *Heretic: One Scientist's Journey from Darwin to Design* (Seattle: Discovery Institute Press, 2018), 84. L'article auquel il est fait référence est de Leonidas Salichos et Antonis Rokas, «Inferring Ancient Divergences Requires Genes with Strong Phylogenetic Signals,» *Nature* 497 (16 mai 2013): 327-31, <https://doi.org/10.1038/nature12130>.
33. Voir Günter Bechly et Stephen C. Meyer, "The Fossil Record and Universal Common Ancestry," dans *Theistic Evolution: A Scientific, Philosophical, and Theological Critique*, eds. J. P. Moreland et al. (Wheaton, IL: Crossway, 2017), 331-362.
34. "Dissent from Darwin List Tops 1,000-Now the Scientists Weigh In," *Evolution News*, 14 février 2019, <https://evolutionnews.org/2019/02/listen-dissent-from-darwin-list-tops-1000-scientists-weigh-in/>.

5. Le big bang de la biologie : L'explosion Cambrienne

1. Voir «Chengjiang Fossil Site,» *Liste du patrimoine mondial*, UNESCO, consulté le 13 février 2020, <https://whc.unesco.org/en/list/1388/>.
2. Voir Douglas H. Erwin et James W. Valentine, *The Cambrian Explosion: La construction de la biodiversité animale* (Greenwood Village, CO: Roberts and Company, 2013), 330, 324.

3. Christopher J. Lowe, «Qu'est-ce qui a conduit au Big Bang des métazoaires ?» *Science* 340, no 6137 (2013): 1170-71, <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1237431>.
4. Xian-guang Hou et al., *The Cambrian Fossils of Chengjiang, China: The Flowering of Early Animal Life*, (Oxford: Blackwell, 2004), 13.
5. D. G. Shu et al, “Lower Cambrian Vertebrates from South China,” *Nature*, 402 (4 novembre 1999): 42-46, <https://www.nature.com/articles/46965>.
6. Simon Conway Morris et Jean-Bernard Caron, “A Primitive Fish from the Cambrian of North America,” *Nature* 512 (11 juin 2014): 419-22, <https://doi.org/10.1038/nature13414>.
7. John L. Wiester, “Shell Games in California,” *Origins Research* 14, no. 2 (1992): 11.
8. Avant Chengjiang, d'autres sites de fossiles cambriens dans le monde, les schistes de Burgess en particulier, suggéraient déjà le modèle des sillons, à savoir l'apparition brutale de multiples phylums rapprochés dans le temps. Mais les découvertes de fossiles de Chengjiang ont rendu ce modèle encore plus évident, et les fossiles étaient si bien conservés qu'ils ont créé une sensation internationale, faisant que les nouvelles de l'Explosion Cambrienne dépassent largement le monde spécialisé de la paléontologie et de la biologie de l'évolution.
9. J. Y. Chen, cité par Stephen C. Meyer dans *Darwin's Doubt: L'origine explosive de la vie animale et les arguments en faveur du dessein intelligent* (New York: HarperOne, 2013), 52.
10. Voir l'annonce de la conférence sur l'évolution : Genetic Novelty/ Genomic Variations by RNA Networks and Viruses, Salzburg, Autriche, 4-8 juillet 2018, <http://www.rna-networks.at/about/>.
11. Edward J. Steele et al. «Cause de l'Explosion Cambrienne -

terrestre ou cosmique?» *Progress in Biophysics and Molecular Biology* 136 (août 2018): 3-23, <https://doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2018.03.004>. Considérez également une critique d'interview avec la biologiste Ann Gauger, «Octopuses from the Sky: Scientists Propose 'Aliens Seed Life on Earth',» 9 juillet 2018, dans *ID the Future*, podcast, audio MP3, <https://idthefuture.com/1633/>.

12. Pour l'exposé détaillé de Stephen Meyer sur la question, voir *Darwin's Doubt: The Explosive Origin of Animal Life and the Case for Intelligent Design* (New York: HarperOne, 2013) et *Debating Darwin's Doubt: Une controverse scientifique qui ne peut plus être niée*, éd. David Klinghoffer (Seattle: Discovery Institute Press, 2015). Parmi les autres chercheurs et théoriciens clés du dessein intelligent figurent Douglas Axe, Michael Behe, William Dembski, Guillermo Gonzalez, Phillip Johnson, Paul Nelson, Jay Richards et Jonathan Wells. Voir, par exemple, une liste partielle d'éminents spécialistes du dessein intelligent sur le site «Fellows,» Discovery Institute Center for Science and Culture, www.discovery.org/id/about/fellows.
13. J. Y. Chen, C. W. Li, Paul Chien, G. Q. Zhou, et Feng Gao, "Weng'an Biota: Casting Light on the Precambrian World" (présentation d'un document, *The Origin of Animal Body Plans and Their Fossil Records*, Kunming, Chine, 20-26 juin 1999).
14. Paul Chien, J. Y. Chen, C. W. Li, et Frederick Leung, «SEM Observation of Precambrian Sponge Embryos from Southern China, Revealing Ultrastructures Including Yolk Granules, Secretion Granules, Cytoskeleton, and Nuclei,» papier présenté à la conférence paléontologique d'Amérique du nord, Université de Californie, Berkeley, du 26 juin au 1 juillet 2001.
15. John A. Cunningham et al, "The Weng'an Biota (Doushantuo Formation): An Ediacaran Window on Soft-bodied and

- Multicellular Microorganisms,” *Journal of the Geological Society* 174, no. 5 (2017): 793-802, <https://pubs.geoscienceworld.org/jgs/article/174/5/793/388777/>
- The-Weng-an-Biota-Doushantuo-Formation-an; David J. Bottjer et al. “Comparative Taphonomy and Phylogenetic Signal of Phosphatized Weng’an and Kuanchuanpu Biotas,” *Precambrian Research*, 8 août 2019, <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2019.105408>; Jonathan B. Antcliffe et al. “Giving the Early Fossil Record of Sponges a Squeeze,” *Biological Reviews* 89, no. 4 (29 avril 2014), <https://doi.org/10.1111/brv.12090>.
16. Günter Bechly, “Alleged Refutation of the Cambrian Explosion Confirms Abruptness, Vindicates Meyer,” *Evolution News and Science Today*, Discovery Institute, 29 mai 2018, <https://evolutionnews.org/2018/05/alleged-refutation-of-the-cambrianexplosion-confirms-abruptness-vindicates-meyer/>.
 17. Stephen Q. Dornbos et al, “A New Burgess Shale-Type Deposit from the Ediacaran of Western Mongolia,” *Scientific Reports* 6 (2016): 23438; Xunlai Yuan et al, “An Early Ediacaran Assemblage of Macroscopic and Morphologically Differentiated Eukaryotes,” *Nature* 470 (2011): 390-3.
 18. Allison C. Daley et al, “Early Fossil Record of Euarthropoda and the Cambrian Explosion,” *PNAS* 115, no 21 (2018): 5323-31.
 19. Meyer, *Darwin’s Doubt*, 85-6.
 20. Giulio Mariotti et al, “Microbial Origin of Early Animal Trace Fossils,” *Journal of Sedimentary Research*, 86 (2016): 287-93.
 21. Erwin et Valentine, *The Cambrian Explosion*, 6.
 22. Martin Scheffer, *Critical Transitions in Nature and Society* (Princeton, NJ: Princeton University Press, 2009), 169-70.

À propos des auteurs



Thomas Y. Lo, PhD, est un ingénieur et un entrepreneur spécialisé dans le développement de technologies médicales et de technologies qui aident à améliorer la forme physique. Président et directeur technique de Logos Care, Inc., il a obtenu son doctorat en génie électrique à l'université de l'Illinois.



Paul K. Chien, PhD, est professeur émérite à l'Université de San Francisco, où il était auparavant chef du département de biologie. Il a également enseigné à l'Université chinoise de Hong Kong, a été consultant pour le Laboratoire Marin Kerckhoff de l'Institut de Technologie de Californie et a été analyste en microscopie électronique à balayage pour le département de biologie de l'Université de Santa Clara, en Californie. Chien a publié des articles avec des collègues de plusieurs institutions en Chine. Il a obtenu son doctorat en biologie à l'Université de Californie à Irvine.



Eric H. Anderson, LL.B., de l'École de droit J. Reuben Clark, est un entrepreneur, un ingénieur cadre en informatique, un théoricien du design intelligent et un auteur qui collabore sur "Uncommon Descent" traitant de l'évolution et le design intelligent.



Robert A. Alston, PhD, est un ingénieur électricien à l'Arsenal de Picatinny et un ancien ingénieur de projets spéciaux de la NASA. Il a obtenu son doctorat en génie électrique à l'Université Agricole et Technique de l'Etat de Caroline du Nord.



Robert P. Waltzer, PhD, est professeur et chef du département de biologie de l'Université Belhaven à Jackson au Mississippi. Il a été co-président de la section Histoire et Philosophie des Sciences à l'Académie des Sciences du Mississippi et a obtenu son doctorat en anatomie avec une spécialisation en neuroanatomie à l'Université de l'État de l'Ohio.

Sources des images

Le Big Bang et le réglage précis de l'univers

Figure 1.1. Albert Einstein. Photo par Ferdinand Shmutzer, 1921.
Modifiée par Quibik, 2012, Wikimedia Commons. Domaine public.

Figure 1.2. L'antenne cornet de Holmdel aux Laboratoires Bell. Photo de la NASA, 1962. Domaine public.

Figure 1.3. L'expansion du Big Bang. "Chronologie de l'univers."
Image de la NASA/WMAP Science Team. Domaine public.
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Universe_Expansion_Timeline_%28fr%29.png

L'information et l'origine de la vie

Figure 2.1. Paysage primordial. "Chemical Soups around Cool Stars."
Illustration de la NASA/JPL-Caltech. Domaine public.

Figure 2.2. Schéma de l'installation utilisée dans l'expérience de Miller-Urey. Adapté par Brian Gage à partir de différentes images, y compris une image de Yassine Mrabet, 2008, Wikimedia Commons. CC BY-SA license.

Figure 2.3. Structure de l'ADN. "DNA Replication Split." Image par Madeleine Price Ball (Madprime), 2013, Wikimedia Commons. CCO 1.0 license.

Une usine qui construit des usines qui construisent des usines qui...

Figure 3.1. Support de cube imprimé en 3D. Photo par Eric H. Anderson.

Figure 3.2. Imprimante RepRap. Image de RepRap Project, 2007,

Wikimedia Commons. CC BY-SA 3.0 license. Flèches
descriptives ajoutées.

Complexité irréductible et Évolution

Figure 4.1. « Arbre généalogique de l'homme » illustration de
HAECKEL, Ernst dans *anthropogénie, ou histoire de
l'évolution humaine. Leçons familières sur les principes
de l'embryologie et de la phylogénie humaines*, 1877. p.
432 . Traduit de L'allemand sur la deuxième édition par le
Dr. CH. Letourneau. Modifiée par mariophilippine, 2015,
[https://ricochets.info/2015/09/30/sil-vous-plait-dessine-
moi-un-arbre/](https://ricochets.info/2015/09/30/sil-vous-plait-dessine-moi-un-arbre/). Domaine public.

Figure 4.2. Pinsons des Galápagos. Illustration par John Gould dans
*Journal of Researches into the Natural History and
Geology of the Countries Visited during the Voyage of
H. M. S. Beagle round the World* (London: John Murray,
1845), 379, de Charles Darwin. Modifiée par Shyamal,
Wikimedia Commons. Domaine public.

Figure 4.3. Tapette à souris. Image de Eric H. Anderson.

Figure 4.4. Micrographie électronique d'une bactérie de Graham
Bradley, 2005, Wikimedia Commons. Domaine public.

Figure 4.5. Flagellaire bactérien. Illustration de Joseph Condeelis/
Light Productions. Adaptée par Brian Gage.

Figure 4.6. Sacs alvéolaires et capillaires pulmonaires. Image de
LadyofHats et Salman666, 2007, Wikimedia Commons.
Domaine public.

Le Big Bang de la Biologie : l'explosion Cambrienne

Figure 5.1. Paul K. Chien devant Maotian Shan. Photo de Illustra
Media. Utilisée avec permission.

Figures 5.2–5.3. Stellostomites et Hyolithes. Photo de Paul K. Chien.

Figure 5.4. Maotianshania cylindrica. Photo de Illustra Media. Utilisée

avec permission.

Figures 5.5–5.6. *Leanchoilia* et trilobite. Photo de Illustr Media.

Utilisée avec permission.

Figure 5.7. *Haikouella*. Photo de Paul K. Chien.

Figure 5.8. Graphique de phylums. Recréé par Eric H. Anderson, basé sur des informations fournies par D. G. Shu à l'auteur.

Figure 5.9. Représentation graphique du "Hard Facts Wall" et des données réelles. Image de Access Research Network. Utilisée avec permission.

Figure 5.10. Exposition au musée de l'Académie des sciences de Californie de la "Chronologie de la vie sur Terre." Photo de Paul K. Chien.

Figure 5.11. Panneau de l'exposition au Musée national d'histoire naturelle de Pékin. Photo de Paul K. Chien.

Figure 5.12. Petits fossiles ronds. Photo de Paul K. Chien.

Figure 5.13. Images d'œufs d'éponge. Photo de Paul K. Chien.

RESSOURCES

RECOMMANDEES POUR

APPROFONDIR LE SUJET

1. *The Privileged Planet* par Guillermo Gonzalez et Jay Richards
2. *The Privileged Planet* film par Illustra Media
3. *A Fortunate Universe: Life in a Finely Tuned Cosmos* par Geraint Lewis et Luke Barnes
4. *Signature in the Cell* by Stephen Meyer
5. *The Mystery of Life's Origin: The Continuing Controversy* by Charles Thaxton et al.
6. Dallas Science and Faith Conference: James Tour: *The Mystery of the Origin of Life* sur la chaîne YouTube Discovery Science
7. *Darwin's Black Box*, édition révisée, par Michael Behe
8. *Secrets of the Cell* sur michaelbehe.com
9. *Revolutionary, The Information Enigma*, et d'autres vidéos portant sur les origines sur la chaîne YouTube Discovery Science
10. *Icons of Evolution* par Jonathan Wells
11. *Zombie Science* par Jonathan Wells, et iconsofevolution.com
12. *Darwin Devolves* par Michael Behe
13. *Darwin's Doubt* par Stephen Meyer
14. *Debating Darwin's Doubt*, ed. David Klinghoffer
15. *Darwin's Dilemma* par Illustra Media, un film explorant l'Explosion Cambrienne comme preuve pour le dessein intelligent. (Une version en chinois a récemment été ajoutée sur la chaîne YouTube Illustra Media YouTube.)