

Et pourtant, elle tourne!

François Rothen

Et pourtant, elle tourne!

Le contenu de ce livre numérique est protégé par le droit d'auteur, son copyright est la propriété exclusive des *Presses polytechniques et universitaires romandes*. Vous pouvez disposer de ce contenu à titre privé et le copier sur vos propres supports de lecture. Toute forme de diffusion, de vente, de mise en ligne ou de publication de cette oeuvre est formellement interdite, sans l'autorisation écrite de l'éditeur. Les contrevenants s'exposent à des sanctions pénales conformément aux dispositions relatives au droit d'auteur et à la propriété intellectuelle.

e-isbn: 978-2-88914-01 ½è

Version imprimée ▶

Et pourtant, **elle tourne!**

François Rothen

François Rothen a également publié
aux Presses polytechniques et universitaires romandes

Physique générale

La physique des sciences et de la nature

et avec Philippe A. Martin

Problèmes à N-corps et champs quantiques

Cours élémentaire

Illustrations: Marc Fontaine, Lausanne
Mise en page et couverture: Alexandre Pasche
Impression: LegoPrint S.p.a., Lavis (TN)

Les Presses polytechniques et universitaires romandes sont une fondation scientifique dont le but est principalement la diffusion des travaux de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne ainsi que d'autres universités et écoles d'ingénieurs francophones. Le catalogue de leurs publications peut être obtenu par courrier aux Presses polytechniques et universitaires romandes, EPFL – Centre Midi, CH-1015 Lausanne, par E-Mail à ppur@epfl.ch, par téléphone au (0)21 693 41 40, ou par fax au (0)21 693 40 27.

www.ppur.org

Première édition

ISBN 2-88074-603-5

© 2004, Presses polytechniques et universitaires romandes,

CH – 1015 Lausanne

Imprimé en Italie

Tous droits réservés.

Reproduction, même partielle, sous quelque forme ou sur quelque support que ce soit, interdite sans l'accord écrit de l'éditeur.

*A mon ami Pawel Pieranski qui, comme Maria Sklodowska,
a quitté la Pologne pour faire carrière à Paris.*

«ET POURTANT, ELLE TOURNE!»

Contre toute vraisemblance, la tradition populaire attribue cette phrase à Galilée. Il l'aurait prononcée après s'être rétracté devant le tribunal de l'Inquisition. Ces quelques mots sont devenus le symbole de la rébellion de la science face à la religion.

Cette tradition est trompeuse. Au cours de l'épopée que constitue l'émergence de la science au sein du monde moderne, le procès de Galilée n'est qu'un épisode dénué d'importance. Si la confrontation entre science et religion a bien eu lieu, c'est dans des contextes autrement plus significatifs qu'elle a trouvé sa pleine expression.

Crédit photographique

La gravure que l'on distingue en filigrane sur la couverture de cet ouvrage provient d'un globe terrestre construit par Mercator, pseudonyme du mathématicien et géographe flamand Gerhard Kremer (1512-1594). Mercator a créé quantité de globes qui existent sous deux formes distinctes. Tout récemment, Jean-François Loude, professeur honoraire de l'Université de Lausanne, en a découvert et identifié deux exemplaires. Ils appartenaient à l'Institut d'Astronomie de cette même université.

SOMMAIRE

Avant-propos	ix
Prologue	xi
1 Au commencement	1
2 La radioactivité peut guérir et peut tuer	27
3 La chaleur interne de la Terre provient du cœur de la matière	47
4 L'horloge de la Terre	77
5 Que la lumière soit!	107
6 D'où proviennent les éléments de la vie?	133
7 La jeune femme et l'étoile	163
8 La météorite de Chicxulub	183
9 La pluralité des mondes	209
10 Sur les ailes de Pégase	243
Annexe 1: La notation exponentielle	277
Annexe 2: Le tableau périodique	278
Bibliographie	279
Index des noms propres	287

AVANT-PROPOS

Les références données dans cet ouvrage renvoient à des textes accessibles pour les lecteurs dépourvus de formation scientifique. Font exception à cette règle des articles ou des ouvrages qui ont marqué l'histoire des sciences ou témoigné d'une découverte importante. Il arrive parfois qu'une référence se rapporte à un ouvrage à caractère plus technique. Dans ce cas, elle sert à préciser l'origine d'une information essentielle.

Si les mathématiques sont absentes de ce texte, deux annexes figurent en fin d'ouvrage. La première, intitulée *La notation exponentielle*, permet au lecteur de passer sans danger de 3'000'000'000'000'000'000'000'000'000, une écriture parfaitement obscure, à $3 \cdot 10^{24}$, un symbolisme plus parlant pour l'intelligence bien que, dans les deux cas, notre intuition soit bafouée. Mais l'infiniment grand et l'infiniment petit font partie de la trousse d'urgence du savant: il ne peut se passer de ces monstres numériques. Le langage courant comme le jargon technique se sert de préfixes pour désigner des multiples ou des sous-multiples de dix: tout le monde connaît le kilomètre ou le millimètre, mais le micro- ou le nanomètre ne lui sont pas nécessairement familiers. Le lecteur trouvera dans cette même annexe la signification des préfixes les plus utilisés en physique.

Le tableau périodique des éléments, très abrégé, constitue la deuxième annexe. Il peut être utile à celui qui chercherait des points de repère parmi les différents éléments chimiques que l'on rencontre au hasard des chapitres.

Remerciements

La confection de cet ouvrage a bénéficié de l'aide de nombreux amis et collègues. J'aimerais d'abord remercier Olivier Babel et Jacques Neirynek d'avoir accepté de publier ce texte aux Presses polytechniques et universitaires romandes et de n'avoir jamais ménagé leurs remarques et encouragements. Marc Fontaine a bien voulu se charger des illustrations. Il l'a fait avec son talent qui est grand, avec une disponibilité constante et avec la volonté de traduire le mieux possible les intentions de l'auteur. Le résultat est là, remarquable. Josiane Moll a abattu un travail considérable et combien apprécié en recherchant dans toutes les bibliothèques possibles les sources d'information requises, souvent difficiles à dénicher quand les références étaient incomplètes. Japhet Bagilishya, Grégoire Galley, Michel Kessous et Patrick Stutz ont prodigué sans compter leur aide pour que la partie informatique de ce travail

se déroule sans encombre. Quant à ceux qui m'ont aidé dans mon entreprise, soit en relisant certains chapitres, soit, lors de discussions, en précisant certains points, je les remercie très vivement. Je pense notamment à Thierry Adatte, Wolfgang Bestgen, Yves Bouligand, Mikhail Chapochnikov, Mike Cosca, Giovanni Dietler, Jean Guex, Robert Huguenin, Jean-François Loude, Daniel Mange, Philippe Martin, Roland Martin, Michel Mayor, Jacques Neiryck, Pawel Pieranski, Nicolas Rivier, Jean-Willy Rossel, Claude-Alain Roten, Laure Rothen et Dieter Schwarzenbach. J'ai gardé pour la fin le travail considérable accompli par mon épouse Berna Rothen. Elle a relu à deux reprises le présent ouvrage. Elle ne s'est pas contentée de pourchasser impitoyablement coquilles, erreurs et impropriétés. Elle s'est aussi donné pour tâche de comprendre le texte du début jusqu'à la fin, non seulement par intérêt personnel, mais aussi et surtout pour pouvoir en signaler les passages obscurs. En me forçant à élucider tous ces points, elle est sans doute parvenue à améliorer la clarté de l'exposé.

PROLOGUE

En avril 1870, l'archéologue amateur Heinrich Schliemann commençait les fouilles de la colline d'Hissarlik, sur la côte ionienne. En dépit des sarcasmes des archéologues professionnels qui prenaient *l'Illiade* pour un mythe et Homère pour un auteur de contes de fées, Schliemann avait décidé de retrouver les traces de Troie. Accordant peu de poids aux opinions des spécialistes, Schliemann se contentait d'une lecture littérale de *l'Illiade* pour découvrir l'emplacement de l'antique Ilion. Schliemann avait raison. Dans le tumulus d'Hissarlik, il retrouva sept villes superposées. Mais il avait tort d'écarter les professionnels. Parmi les villes qu'il avait mises à jour, la Troie historique n'est pas celle qu'il avait cru identifier. Quant à la manière brutale dont il conduisit ses fouilles, c'est le modèle de ce qu'il ne faut pas faire en matière d'archéologie. Il n'en reste pas moins que, grâce à lui, la guerre de Troie a bien eu lieu.

Il n'y aura pas de second Schliemann pour mettre au jour les restes du Jardin d'Eden. Il n'a ni localisation géographique, ni réalité historique. Il n'en reste pas moins que les premiers versets de la Genèse relatent le mythe de la Création, un mythe tout aussi chargé de sens, de poésie et de beauté que celui que le poète grec a mis en vers. Il constitue la réponse que les érudits juifs, lors de la lente émergence du monothéisme, donnaient aux questions les plus profondes que peut se poser l'être humain, celles des origines. Que savons-nous du monde dans lequel nous vivons? Comment est-il apparu? D'où venons-nous? Sommes-nous seuls dans l'univers? Comment l'être humain peut-il déchiffrer le langage de la nature? Ces questions ont jalonné toute l'histoire de l'humanité et sans doute une partie de la préhistoire. L'être humain se reconnaît à la capacité de se poser de telles questions. Ce sont les religions qui y ont d'abord répondu en créant des mythes. Les philosophes ont peu à peu mêlé leurs voix à celles des prêtres. Aujourd'hui, c'est la science qui tente de répondre à ces grandes questions. Les chercheurs se servent plus souvent de microscopes et de télescopes que de pelles et de pioches et leurs compétences en physique et en chimie comptent plus que leurs connaissances bibliques. Grâce à eux, le récit de la création se reconstitue tous les jours. Il ne prendra jamais fin.

Ce sont les découvertes scientifiques qui nous aident à recomposer le livre des origines. Chacune d'elles a sa propre histoire qui s'apparente parfois à une enquête judiciaire telle que nous la présente la littérature policière. Les deux démarches sont pourtant distinctes.

Les maîtres du roman policier font tout pour préparer un coup de théâtre final qui dévoilera l'identité du coupable au lecteur stupéfait et enchanté

d'être tombé dans le panneau. Chacun d'eux a créé son propre détective, qu'il s'appelle Sherlock Holmes, Maigret, ou Hercule Poirot. D'un roman à l'autre, l'enquêteur ne change pas, ses méthodes sont toujours les mêmes. Holmes est passé maître dans l'utilisation d'indices si fins qu'ils échapperaient à son cher Watson, fût-il des mois entiers à leur recherche. Les personnalités de ces illustres détectives de papier sont si affirmées, leurs approches si stéréotypées que l'auteur de roman policier est contraint d'adapter la nature de l'énigme aux méthodes de son personnage.

La nature n'est pas avare en coups de théâtre, mais elle ne les dispense pas avec la même régularité que le romancier. Ils surgissent comme des coups de tonnerre dans un ciel serein. Dans l'histoire des sciences, les enquêtes ne conduisent pas à l'arrestation d'un criminel mais au déchiffrement d'un secret que la nature tenait enfoui dans son Grand Livre. Les portraits de ceux qui s'efforcent de l'élucider offrent la même diversité que ceux des grands détectives. Comme eux, ils multiplient les méthodes d'investigation. Mais ils ne peuvent plier la nature à leurs systèmes de recherche. Ce sont eux qui doivent s'adapter.

Dans cet ouvrage, on cherche à illustrer le travail du savant, ce beau terme du temps passé que le présent a remplacé par celui de chercheur, plus correct mais moins chargé de symboles. Le savant, à travers l'histoire de ses passions, de ses combats et de ses découvertes, donne vie et couleur à une science trop souvent dépeinte comme une activité désincarnée, réservée à une élite enfermée dans sa tour d'ivoire. Comme tous ses semblables, le savant est un être qui aime ou qui hait, qui souvent se querelle avec ses pairs, qui souffre de ses échecs ou savoure ses succès. Il vit avec plus ou moins de bonheur dans la société et parvient parfois à la modifier. Non pas en s'efforçant de la bouleverser d'un jour à l'autre, mais en permettant à ses contemporains ou à leurs descendants de voir le monde sous un jour nouveau.

Quand on parle des sciences de la nature, certaines ambiguïtés surgissent. Les rapports que la science entretient avec le progrès soulèvent notamment de nombreuses questions. Le progrès technique et la science vont de pair. Ils modèlent notre vie quotidienne et notre façon de voir les choses. Il est vain de prétendre que l'un précède l'autre comme il est absurde de se demander qui, de la poule ou de l'œuf, vient en premier. Ce point acquis, la science modifie notre vision du monde aussi profondément que notre mode de vie. Elle est alors *philosophie naturelle*, une terminologie qui s'est imposée plus solidement en anglais qu'en français. Comme le dit le mathématicien allemand Carl G. J. Jacobi en parlant des mathématiques, la science est *l'honneur de l'esprit humain*.

En changeant notre vision du monde, les révolutions scientifiques ne se distinguent guère des révolutions de société. A long terme, elles modifient notre vie quotidienne et nos relations avec nos semblables. Cette transformation est profonde et irréversible, si bien que ces révolutions suscitent de violentes oppositions. Dans cet ouvrage, on illustre quatre révolutions scientifiques par la narration des découvertes les plus significatives qui les ont jalonnées. Dans chaque cas, leurs acteurs bénéficient d'un éclairage tout particulier.

L'origine de la Terre et celle de l'univers

Dans l'Occident du début du XVII^e siècle, il est universellement reconnu que la Genèse biblique donne une image fidèle de la Création du monde et permet de la dater. Mais cette question appartient au domaine de la science qui, contre vents et marées, revendique ses droits. Trois siècles de recherches s'écoulaient avant qu'on ne parvienne à évaluer l'âge de la Terre avec une bonne précision. L'archevêque anglican d'Armagh pensait que la Création avait eu lieu le 23 octobre 4004 avant J.-C. alors que, selon la conception actuelle, l'âge de la Terre dépasse quatre milliards d'années. On conçoit que la transition ne pouvait se faire d'un coup. Géologues, biologistes et physiciens ont dû unir leurs forces pour parvenir à écrire une nouvelle histoire de la Terre et de l'univers. A côté de la Genèse biblique, ils ont écrit la nouvelle épopée du monde où nous vivons.

D'où venons-nous?

Les interrogations sur l'origine et l'avenir de l'humanité ne font pas partie des préoccupations quotidiennes des physiciens. Mais rien ne les empêche de franchir les limites de leur domaine et de s'impliquer dans l'une des croisades les plus prestigieuses auxquelles s'est livré l'être humain: D'où venons-nous? Que faisons-nous ici-bas?

Les problèmes associés à notre présence sur Terre sont encore loin de constituer une discipline homogène. Trois des découvertes dont il est question dans cet ouvrage n'ont apparemment aucun lien entre elles, si ce n'est qu'elles nous forcent à nous interroger sur nos origines. La première nous a donné la clé de la production du carbone à l'intérieur des étoiles, un élément sans lequel la vie ne pouvait apparaître. La seconde découverte constitue un vrai roman policier. Il s'agit de la reconstitution de la catastrophe planétaire créée par la chute de la météorite de Chicxulub, soupçonnée d'avoir provoqué l'extinction des dinosaures et d'être indirectement à l'origine de l'apparition de l'être humain. Quant à la troisième, ce sont les points forts d'une odyssée inaugurée dans l'Antiquité et qui a marqué toute l'histoire humaine. Il s'agit de la mise en évidence de nouvelles planètes grâce l'observation des perturbations que leur présence induit sur un corps céleste proche. Au XIX^e siècle, cette quête a permis la découverte de Neptune et, à la fin du siècle passé, celle de la première planète extrasolaire par Mayor et Queloz. L'existence de nouveaux systèmes planétaires ravive d'autres débats. Comment la vie est-elle apparue sur Terre? Existe-t-elle ailleurs que sur notre planète? Jusqu'ici, les réponses à ces questions appartiennent au domaine de la spéculation. Il n'en sera peut-être pas toujours ainsi.

Le rôle de la femme dans la science

Même les dictionnaires offrent des surprises. Ils reconnaissent deux genres au mot savant (féminin *savante*), quand il est employé comme adjectif. Mais

le substantif est exclusivement masculin: *Le Petit Robert* donne comme exemple: «Marie Curie fut un grand savant». Ce petit bijou de «sexisme» grammatical suffirait à expliquer que l'on évoque ici le rôle de la femme dans la science. Non pas abstraitement, mais au travers des carrières et des vies de deux *savants*, Marie Curie et Jocelyn Bell.

Dans la Genèse biblique, Eve, formée à partir d'une côte d'Adam, est subordonnée à l'homme. Les exemples de Marie Curie et Jocelyn Bell parlent de la lente évolution qui, un jour, fera de la femme l'égale de l'homme. Ils montrent que notre société n'a pas encore donné à Eve la place qui lui revient aux côtés d'Adam.

Comment lire cet ouvrage

Le présent ouvrage a été conçu pour raconter des histoires de savants et quelques épisodes de l'histoire des sciences. On a recherché l'exactitude sans prétendre à être exhaustif. Chemin faisant, on donne un bref exposé des domaines scientifiques que l'on rencontre. Il serait absurde de parler de la découverte de la radioactivité sans dire de quoi il s'agit et de parler de l'âge de la Terre sans donner au lecteur une idée de sa détermination. L'Histoire ne procède pas autrement. Or le lecteur qui n'a pas bénéficié d'une formation scientifique éprouve fréquemment un sentiment ambigu à l'égard de la science. A une certaine fascination se mêle de l'effroi ou même un réflexe de rejet ayant pour origine une expérience scolaire douloureuse, notamment en mathématiques. Dans ces conditions, on a tout fait pour rendre aussi claires et aussi simples que possible les courtes explications qui jalonnent cet ouvrage. On a résolument banni toute équation et toute «formule». Même si les sciences exactes ont les mathématiques pour langage, on a préféré parler des miracles qu'elle a accomplis en se servant de la langue de tous les jours. Selon Eric Temple Bell, l'auteur des *Grands Mathématiciens*, «Lagrange pensait qu'un mathématicien n'a pas entièrement compris son œuvre personnelle tant qu'il ne l'a pas rendue assez claire pour [pouvoir] l'expliquer au premier passant venu.» C'est là un idéal qu'il est difficile d'atteindre, aussi le lecteur ferait-il bien de suivre une recommandation d'un autre mathématicien, d'Alembert, qui, nous rapporte Bell, «conscient de ses propres difficultés aussi bien que de celles de ses lecteurs, [leur] conseillait de ne pas trop s'attarder sur tel point difficile [mais d'aller de l'avant]».

1 AU COMMENCEMENT

«Au commencement, Dieu créa les cieux et la Terre. Or, la terre était déserte et vide; les ténèbres couvraient la surface de l'abîme, et l'Esprit de Dieu planait sur les eaux.» [Genèse 1, 1-2]

Condamné pour avoir enseigné la théorie de l'évolution

En 1925, l'Américain John Thomas Scopes fut condamné à une amende pour avoir contrevenu à une décision du Parlement du Tennessee. La loi Butler, tel était son nom, stipulait qu'il était «illégal pour un professeur d'université, d'école normale et autres établissements publics de l'Etat [...], *d'enseigner une théorie qui nie le récit de la Création divine de l'homme*¹ telle qu'elle est révélée dans la Bible et enseigne au contraire que l'homme descendrait d'un ordre animal inférieur».

Qu'on n'imagine pas le procès de Scopes comme une réédition des bûchers de l'Inquisition. L'union américaine pour les droits civiques avait promis de fournir une assistance judiciaire à quiconque enfreindrait la loi Butler. Elle s'engageait à assumer les dépens qui en résulteraient. Scopes accepta de jouer les boucs émissaires. Il avait été engagé comme maître de sport et de physique dans un collège de la petite ville de Dayton, mais il avait dû remplacer au pied levé le maître de biologie, malade. Au lieu de donner un véritable cours sur la théorie de l'évolution, Scopes s'était contenté de distribuer aux élèves quelques pages d'un ouvrage qui en exposait les principes [1]. Dans cette affaire, il n'avait été qu'un provocateur, très serein au demeurant, mais la manœuvre des opposants à la loi Butler réussit parfaitement. Le procès eut un grand retentissement. C'est là tout ce que voulaient aussi bien l'union américaine des droits civiques que les habitants de Dayton, tout fiers que l'on parle de leur province éloignée.

Selon l'auteur de la référence [1], le géologue et historien des sciences Stephen Gould, «[le procureur] nia pratiquement que l'homme fût un mammifère». Il prit en exemple deux assassins fameux pour démontrer qu'il est dangereux de trop en savoir. Finalement, il finit quand même par reconnaître que les jours de la Genèse avaient pu compter plus de vingt-quatre heures... Cependant, Scopes ayant contrevenu à la loi, il devait être condamné et il le fut. Son amende s'éleva à cent dollars mais, le procès se déroulant sans jury, le juge ne pouvait infliger au prévenu une contravention aussi élevée. A la suite de ce vice de forme, la condamnation fut annulée [1]. Décidément, le procès se terminait en comédie burlesque. Et pourtant,

¹ C'est nous qui soulignons.

derrière la lecture littérale d'un texte sacré, qu'il soit d'inspiration divine ou laïque, se cache toujours le squelette ricanant de l'intolérance fanatique.

Aux Etats-Unis, on donne le nom de *fundamentalistes* aux croyants qui prennent à la lettre le texte de la Bible, et notamment les chapitres de la Genèse consacrés au récit de la Création. Ils ne sont plus qu'une minorité remuante². Aux XVI^e et XVII^e siècle, en revanche, la plupart des chrétiens capables de lire la Bible prenaient chaque verset au pied de la lettre. Nombreux ont été les érudits qui s'en sont servi pour reconstruire une chronologie universelle remontant à la Création. L'un d'eux s'est acquis une gloire particulière. Il s'agit de James Ussher.

Un archevêque moins bizarre qu'il n'y paraît

Archevêque anglican d'Armagh et primat de toute l'Irlande, James Ussher (1581-1656) nous plonge dans une perplexité amusée. Dans un fameux traité de chronologie, il fixe la Création au 23 octobre 4004 avant J.-C. Il précise qu'il était midi quand tout a commencé. Il est difficile de renoncer au plaisir de commenter ce travail, tant il est vrai que, même dans des domaines bien différents, la recherche s'expose aux mêmes pièges. Mais, avant de sourire de la naïveté de l'archevêque, on se doit de replacer cet ouvrage dans le contexte de son époque.

Pour ses contemporains, Ussher était un monument de culture et d'intelligence; calviniste rigoureux, il était un homme au grand cœur, excepté envers les «papistes», majoritaires en Irlande. Gould cite notamment une phrase d'Ussher à propos des catholiques: «[...] faire preuve à leur égard de tolérance ou consentir qu'ils exercent librement leur religion [...] est un grave péché» [2]. Pourtant, dans cette époque de guerres effroyables menées au nom de la religion, Ussher le calviniste cherchait à triompher plutôt par la force des arguments que par celle de l'épée. Bien que l'archevêque fût royaliste, Cromwell lui accorda des funérailles nationales à l'Abbaye de Westminster. L'œuvre la plus célèbre d'Ussher, *Les Annales*, constitue une chronologie de l'histoire mondiale, de la Création du monde à l'an 70 de notre ère, date de la prise de Jérusalem par Titus.

Aujourd'hui, l'établissement d'une chronologie universelle se déroulerait autrement. On commencerait par un récit plus ou moins parallèle des débuts des plus anciennes civilisations *historiques*, c'est-à-dire dotées d'une écriture que nous sommes capables de lire; c'est notamment le cas des civilisations égyptienne, mésopotamienne, chinoise ou crétoise. Mais on se heurterait tôt ou tard à un obstacle inévitable: à mesure que l'on remonte dans le temps, les dates deviennent de plus en plus incertaines et l'histoire se fond progressivement dans la légende. Ménès, le premier pharaon de la première dynastie, n'a pas d'existence historique. Le même flou se retrouve dans chacune des civilisations étudiées; nous sommes contraints d'avouer notre ignorance quant à la chronologie et à la réalité des faits trop anciens.

² La loi Butler fut abrogée en 1967.

A l'époque d'Ussher – et pour les fondamentalistes, c'est encore le cas aujourd'hui – la Bible constitue la parole de Dieu telle qu'elle a été révélée aux hommes. Il n'est pas question de l'interpréter: elle doit être prise à la lettre. La Bible comporte un récit de la Création ainsi que de nombreuses données concernant notamment les patriarches à la longévité démesurée. Celle de Mathusalem est proverbiale: l'Ancien Testament lui accorde 969 ans. Dans ces conditions, une chronologie universelle est à la portée d'un érudit qui mettrait en parallèle le récit biblique et l'histoire d'une autre civilisation. En effet, si la lecture du livre sacré permet de fixer une chronologie à peu près unique jusqu'au règne de Salomon, l'histoire de ses successeurs est entachée de lacunes et d'ambiguïtés. Autre difficulté, le récit de l'Ancien Testament prend fin environ quatre cents ans avant le début de l'ère chrétienne. Le recours à une chronologie issue de l'histoire d'une autre civilisation est inévitable.

Pour régler l'horloge hébraïque sur l'horloge «universelle» que fournissent les histoires grecque et romaine, Ussher utilise un événement enregistré aussi bien dans la chronologie biblique que dans la tradition gréco-romaine. Il s'agit de la mort de Nabuchodonosor, roi de Babylone. Nabuchodonosor prit Jérusalem en 587 et déporta une partie des Hébreux à Babylone. Il mourut en 563.

Que la reconstitution chronologique ne fût pas simple est une évidence. Elle était cependant accessible pour un historien comme Ussher qui ne doutait pas de la fiabilité des sources bibliques. Depuis le haut Moyen Age, une tradition s'était peu à peu établie selon laquelle il s'était écoulé exactement 4000 ans entre la Création et la naissance du Christ. Cette affirmation était à peu près confirmée par le calendrier juif, pour qui l'an 3671 coïncide avec l'an 1 de l'ère chrétienne. A l'époque d'Ussher, on «savait» que Jésus était né au plus tard 4 ans avant J.-C., même si une telle affirmation peut paraître contradictoire. Elle résulte d'une erreur historique et d'une lecture littérale de la Bible.

Au sixième siècle, le moine scythe Denys le Petit (environ 500-545) avait situé la naissance du Christ le 25 décembre de l'an 753 du calendrier romain, si bien que l'an 1 de l'ère chrétienne commence le 1^{er} janvier 754. Or cette date est incompatible avec une lecture littérale du Nouveau Testament. Jésus est nécessairement né avant la mort d'Hérode le Grand puisque celui-ci, averti par les rois mages de la naissance d'un futur roi des Juifs, projette de le mettre à mort en organisant le massacre des Innocents. Il veut faire disparaître dès sa naissance un rival qui pourrait un jour lui porter ombrage – la similitude avec la légende d'Œdipe est troublante. Les craintes d'Hérode sont inutiles puisqu'il meurt très vite, en l'an 749 du calendrier romain. Si l'on accepte que Jésus est né avant la mort d'Hérode, il devait avoir au moins quatre ans au début de notre ère que Denys fait commencer trop tard.

Une remarque encore, au risque de plonger le lecteur dans la confusion à laquelle n'échappent pas les rédacteurs de traités sur les calendriers. Pour les chronologistes, il n'y a pas eu d'année «zéro», si bien que l'année 754 du calendrier romain coïncide avec l'an 1 de l'ère chrétienne, tandis que l'année précédente s'identifie avec l'an 1 avant Jésus-Christ. Le zéro n'existe pas dans la numération romaine. Il est bien difficile d'échapper aux pièges du calendrier, surtout si l'on sait que, pour les astronomes, il existe bel et bien une année zéro...

Nous ne pouvons nous empêcher de froncer les sourcils en constatant qu'Ussher compte exactement 4000 ans entre la Création du Monde et la naissance du Christ. Souvenons-nous que les sources historiques et bibliques sont ambigus. Très souvent, pour fixer une durée ou une date, Ussher doit choisir entre deux ou même plusieurs interprétations. Il est évident qu'Ussher désirait arriver à ce chiffre rond et sacré de quatre mille, qui constituait pour lui une preuve de la qualité de son travail. Mais, du même coup, une coïncidence tant attendue le rend suspect à nos yeux. Car nous ne sommes pas au bout de nos surprises.

Selon la chronologie d'Ussher, le temple de Salomon a été achevé exactement 3000 ans après la Création. Ussher parvient à d'autres coïncidences mineures qui jettent incontestablement une ombre sur la probité de son travail. Selon le primat d'Irlande, il s'est passé 215 ans entre l'arrivée d'Abraham au pays de Canaan et le début de l'exil en Egypte, où les Israélites sont restés 430 ans, exactement deux fois plus longtemps. Et du début de la construction du Temple de Salomon à sa destruction par les Babyloniens, Ussher compte à nouveau 430 ans. Ce n'est pas fini. Ses œuvres complètes, publiées à Dublin au XIX^e siècle, remplissent 17 tomes. Or les Annales, qui sont consacrées à la chronologie, comportent exactement 2000 pages [3]. Dès lors que sa propre création tient en un chiffre rond de pages, l'archevêque se prendrait-il lui-même pour un petit Dieu?

Même si l'on oublie ce dernier détail, on se sent mal à l'aise. *Un chercheur honnête doit se défier aussi bien de ses préjugés ou de ses attentes que de certaines coïncidences trop belles pour être significatives.* Les vraies découvertes sont celles qui sont inattendues. Pour sa défense, Ussher pourra toujours affirmer qu'il a été guidé par la Providence dans ses calculs. Le jury appréciera, mais il voudra peut-être encore savoir comment Ussher, non content de déterminer l'année de la Création, en fixe le mois, le jour et l'heure. Comment sait-il donc que c'est le 23 octobre que l'horloge de l'univers s'est mise en marche?

Pour pouvoir répondre à cette question, on doit tout d'abord dire quelques mots des principaux calendriers auxquels Ussher devait recourir pour établir sa chronologie.

Les rythmes célestes et le calendrier

L'astronomie est l'une des sciences les plus anciennes. Le ciel est une horloge qui fournit des jalons pour la vie humaine comme pour celle des animaux et des plantes: le *jour* et l'*année* en constituent les points de repère les plus naturels. Le jour parce qu'il ponctue l'alternance de la clarté et de l'obscurité, l'année parce qu'elle souligne le retour des saisons, permettant ainsi à l'agriculteur de préparer les semailles et les moissons. Pour les habitants de l'hémisphère nord, le Soleil de l'été se lève au nord-est et se couche au nord-ouest. Il atteint le sommet de sa trajectoire diurne au milieu d'une journée de plus de douze heures. Le Soleil hivernal, qui s'est levé au sud-est, se couche rapidement au sud-ouest après être monté moins haut dans le ciel. Lors de l'équinoxe de printemps – en général le 21 mars – la durée du jour, qui a augmenté depuis le solstice d'hiver du 21 décembre, dépasse celle de la nuit.

Elle poursuit sa croissance et atteint sa valeur extrême le jour du solstice d'été, le plus souvent le 21 juin. Elle se met alors à décroître jusqu'au solstice d'hiver; au passage, l'équinoxe d'automne marque à nouveau l'égalité de durée entre le jour et la nuit (fig. 1.1).

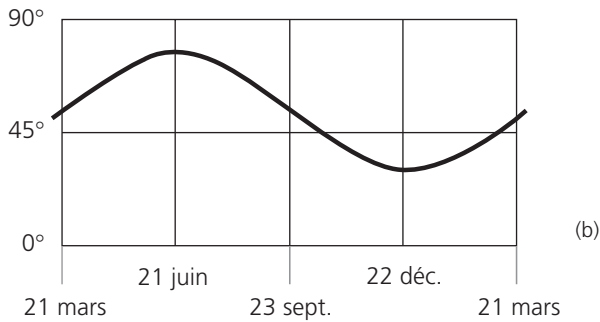
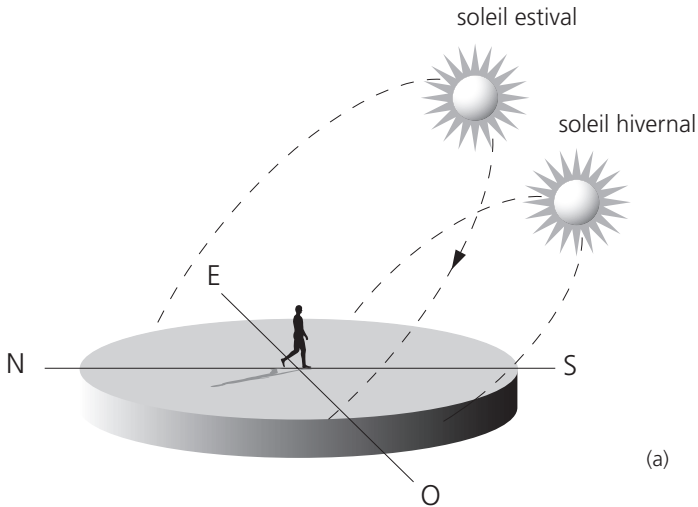


Fig. 1.1 Trajectoires diurnes respectives du Soleil en été et en hiver telles qu'elles apparaissent au nord du Tropique du Cancer (a). Lors de la trajectoire diurne du Soleil, la hauteur maximale atteinte varie régulièrement au cours de l'année. Le graphique présenté correspond à l'observation que peut faire un habitant de Lisbonne (b).

Les *constellations* et les étoiles qui les composent paraissent fixes les unes par rapport aux autres, à l'échelle humaine tout au moins. D'où le nom que le poète donne parfois à la *sphère céleste*, le «firmament», mot apparenté au latin «firmare», rendre solide, ferme. Quand le Soleil a disparu sous l'horizon,

les habitants des grandes plaines peuvent apercevoir chaque nuit un hémisphère de ce firmament, la *voûte céleste* qui, à l'image du Soleil et de la Lune, accomplit chaque nuit un *mouvement de rotation autour de l'Etoile polaire*. Ce mouvement n'est qu'apparent: il est dû à la rotation de la Terre autour de son axe.

Si, à l'instar des passagers des véhicules spatiaux, nous observions le ciel de l'extérieur de l'atmosphère, nous pourrions admirer simultanément un Soleil éclatant et les constellations se détachant sur un ciel parfaitement noir. Nous lirions directement la position de l'astre du jour sur une tapisserie céleste semée d'étoiles. Pour nous autres Terriens, à cause de l'éblouissement que provoque le Soleil en embrasant l'atmosphère, la tâche est un peu plus compliquée. Ce n'est que par la géométrie et le calcul que nous déterminons la position relative du Soleil et des étoiles qui disparaissent en alternance: «Celui qui osa le premier soutenir que pendant le jour le ciel est parsemé d'étoiles aussi bien que pendant la nuit, et que, si nous ne les y voyons pas le jour, c'est qu'elles sont éclipsées par la lumière du Soleil, celui-là fut certainement un homme plein de génie et de hardiesse.» [4]

C'est là que l'année entre en jeu et nous impose sa propre périodicité: l'aspect de la voûte céleste change de nuit en nuit. L'éternel retour du temps des frimas ou des canicules s'accompagne d'un ballet céleste silencieux qui ramène les mêmes constellations aux mêmes saisons. Orion et son baudrier illumine les nuits d'hiver mais reste invisible en été. Véga, l'étoile la plus brillante de la constellation de la Lyre, est proche du zénith pendant les nuits d'été. En hiver, il faut regarder au Nord, près de l'horizon, pour avoir une chance de l'apercevoir (fig. 1.2). L'Etoile polaire, elle, reste visible toute l'année, presque accrochée au *pôle céleste*, le point de la voûte autour duquel les étoiles décrivent chaque nuit un cercle silencieux (fig. 1.3).

Si notre vision nocturne de la voûte céleste se modifie au cours de l'année, c'est que, chaque jour, le Soleil prend quatre minutes de retard sur les étoiles: *le Soleil se déplace relativement aux étoiles fixes*. Là encore, ce mouvement n'est qu'apparent. Il est dû à la *révolution* de la Terre autour du Soleil. Si l'on inscrit son mouvement sur la voûte céleste, considérée comme fixe pour les besoins de la cause, le Soleil décrit *d'ouest en est* une lente et majestueuse trajectoire qu'il boucle en une année.

L'homme préhistorique n'a pas manqué de noter la coïncidence entre rythmes saisonniers et célestes. Les pyramides d'Egypte et le monument mégalithique de Stonehenge, en Angleterre, sont à peu près contemporains. Ils datent du troisième millénaire avant notre ère. Ces deux constructions révèlent l'intérêt que nos ancêtres portaient à l'astronomie. Pouvaient-ils dissocier astronomie et religion?

Parmi les quelques définitions de l'année en usage en astronomie, seule l'*année tropique* est importante pour les besoins de la vie humaine, car elle conditionne le rythme des saisons. Il s'agit de l'intervalle de temps moyen qui sépare deux passages successifs à l'équinoxe de printemps. Peu à peu s'est posée la question de sa durée exacte. Nous la connaissons aujourd'hui avec une grande précision: l'année tropique vaut 365,24220 jours. Les décimales qui interviennent dans sa définition ont été la source de bien des vicissitudes. Elles ont rendu malaisée la détermination de la valeur précise de l'année. Si

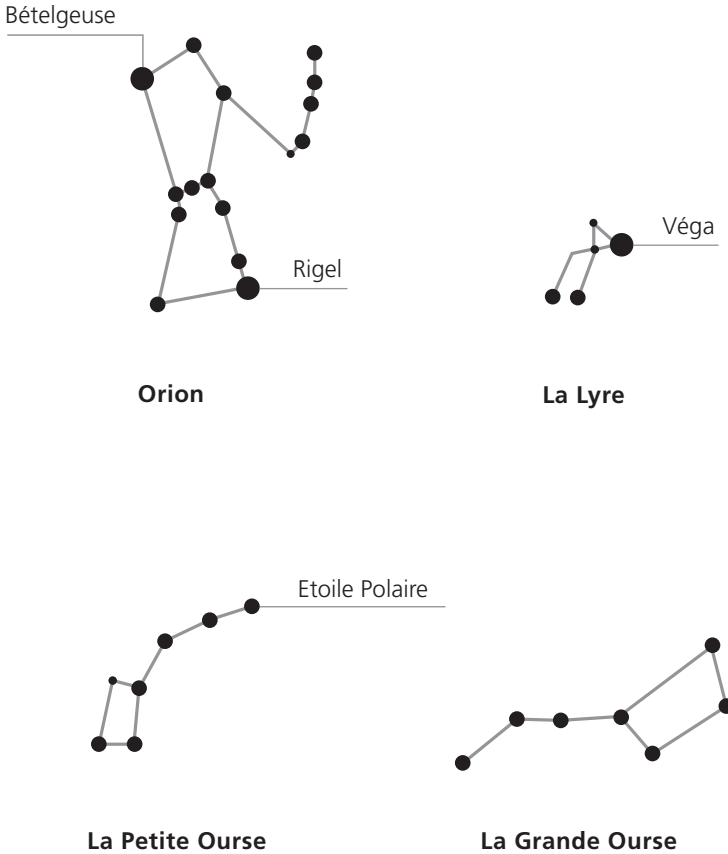


Fig. 1.2 Les constellations d'Orion, de la Lyre, de la Petite et de la Grande Ourse. Les points marquant les angles correspondent à des étoiles. Bételgeuse et Rigel (Orion), Véga (la Lyre) et l'Etoile Polaire (la Petite Ourse) sont représentées par des points bien marqués symbolisant leur éclat particulier.

l'année tropique comportait un nombre entier de jours, l'histoire des calendriers en serait grandement simplifiée.

Pendant des millénaires, l'année égyptienne ne comportait que 360 jours. Puis ce fut l'introduction du calendrier *vague* égyptien en 4236 avant notre ère. Il comportait 365 jours, ce qui impliquait qu'en cent ans, le décalage entre calendrier et rythme saisonnier atteignait environ 25 jours. On comprend mieux ce terme de «vague», à rapprocher de «vagabond».

Avant que César n'y mette bon ordre, le calendrier *romain* obéissait à des règles complexes. L'année romaine étant trop courte de dix jours au moins, on intercalait périodiquement un mois supplémentaire, *Mercedonius*, dont la durée était variable et fixée par le collège des pontifes. «[Ils] finirent par donner à ce mois une durée qui n'avait pour but que de favoriser leurs amis

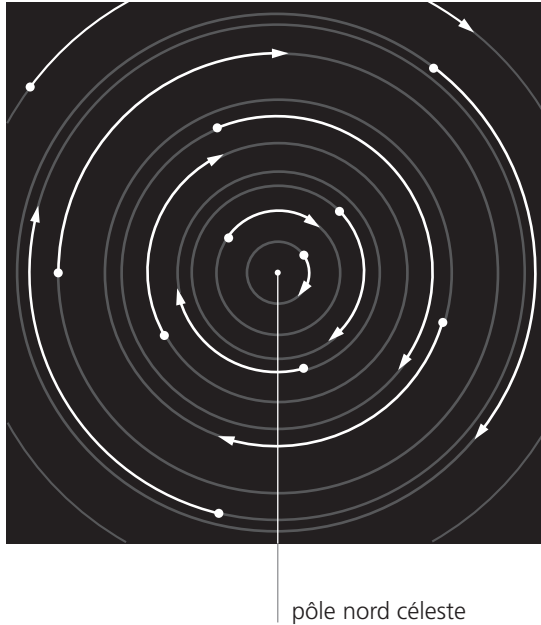


Fig. 1.3 Si l'on photographie de nuit la voûte céleste durant plusieurs heures, chaque étoile laisse sur la pellicule une trace en forme d'arc de cercle; l'ensemble de ces traces forme une série de cercles concentriques dont le pôle céleste constitue le centre. La figure représente schématiquement les trajectoires nocturnes des étoiles situées près du pôle, dont l'Etoile polaire est très proche. Chaque étoile ayant décrit un quart de tour, cela implique que l'observation a duré six heures.

politiques [...]. L'intercalation de Mercedonius était devenue une source de corruption [...]. » [5] Jules César décida de faire cesser cette joyeuse anarchie en instituant le calendrier *julien*. Pour ce faire, il fit appel à l'astronome Sosigène d'Alexandrie dont, hormis l'origine grecque et le lieu de naissance, l'Egypte, on ne sait rien.

Le nouveau calendrier entre en vigueur le 1^{er} janvier de l'an 46 avant J.-C. Pour les Romains, cette année porte le numéro d'ordre 708: César ne juge pas utile de modifier l'usage qui voulait que l'on comptât les années *ab Urbe condita*, autrement dit à partir de la fondation – légendaire – de Rome. Le calendrier julien s'appuie sur une valeur plus précise mais encore approchée de l'année tropique: Sosigène en fixe la durée à 365,25 jours. Dans le calendrier julien, l'année comporte 365 jours trois fois sur quatre. Tous les quatre ans, elle en compte 366 grâce à l'introduction d'un *jour bissextile* à chaque fois que le millésime est divisible par quatre. En comparaison du calendrier vague, le décalage entre calendrier et saisons se réduit, mais il atteint quand même huit jours par millénaire.

En 1582, le pape Grégoire XIII institue le calendrier *grégorien*, appelé à corriger la dérive du calendrier julien. En vigueur de nos jours, ce calendrier est

construit sur une année tropique longue de 365,2425 plutôt que de 365,24220 jours. La dérive devient négligeable. Si l'année tropique et la durée du jour restaient strictement constants, l'équinoxe de printemps tomberait le 18 mars en l'an 12000. Il aurait avancé de trois jours. Mais quand nos lointains descendants auront à s'en préoccuper, ils devront tenir compte d'autres facteurs propres à désolidariser le calendrier du rythme des saisons: ni la durée du jour ni celle de l'année tropique ne sont strictement constantes.

Bien que nécessaire, la réforme grégorienne se heurta en Europe à de nombreuses résistances, plus politiques que religieuses. Les protestants, notamment, ne l'adoptèrent qu'après des décennies d'hésitation alors que les Eglises orthodoxes ont attendu le XX^e siècle pour se rallier au calendrier grégorien. Quant à la Grande Bretagne du début du XVII^e siècle, elle restait fidèle au calendrier julien. La chronologie d'Ussher ne permet pas d'en douter.

Tantôt juif, tantôt anglican, le Dieu d'Ussher ne saurait être papiste

Lors de l'introduction du calendrier julien, Jules César avait fixé l'équinoxe de printemps au 25 mars, ce qui plaçait le solstice d'hiver au 25 décembre, date qui était alors celle d'une fête païenne. Dans les Eglises chrétiennes, elle a été remplacée depuis le IV^e siècle par la célébration de Noël. Au cours des siècles, le calendrier julien se mit à dériver lentement par rapport aux bornes milliaires des saisons que sont les solstices ou les équinoxes: l'*Escalade* de la Genève calviniste se fête au soir du 11 décembre, la date du calendrier julien qui, en 1602, correspondait au solstice d'hiver. La nuit du 11 au 12 décembre étant la plus longue de l'année, elle devait favoriser au mieux les desseins des Savoyards qui comptaient s'emparer de Genève par surprise. Dès 1582, sous l'impulsion du pape Grégoire XIII, cette dérive avait été corrigée en pays catholique. On décida que le vendredi 15 octobre suivrait immédiatement le jeudi 4 octobre. En 325, le concile de Nicée avait fixé l'équinoxe de printemps au 21 mars. La réforme de Grégoire XIII confirma ce choix.

Le Dieu d'Ussher était anglican avant tout. Il ne pouvait utiliser le calendrier grégorien, création du pape, mais devait s'en tenir au calendrier julien, encore en vigueur dans les pays réformés. Conformément à la citation bien connue, si Dieu a créé l'homme à Son image, celui-ci le Lui a bien rendu... L'Angleterre s'est fait tirer les oreilles avant d'adopter la réforme grégorienne en 1752, soit près de cent ans après la mort d'Ussher.

Si l'on remonte dans le passé à partir du début de notre ère tout en suivant un calendrier julien fictif, la situation s'inverse: les équinoxes et les solstices apparaissent toujours plus tardivement au cours de l'année. Or, sans doute en accord avec le Très Haut, Ussher décide que la Création eut lieu lors de l'équinoxe d'automne, début de l'année dans le calendrier juif. A cause de la dérive du calendrier julien, Ussher constate que, en 4004 avant J.-C., l'équinoxe d'automne serait tombé autour du 21 octobre. Il se persuade aussi que le premier jour de la Création ne pouvait être qu'un dimanche. Le récit de la Genèse est sans ambiguïté: le septième jour de la Création, Dieu se reposa et institua le jour du sabbat qui tombe le samedi (*sabbato* en italien). Avant d'être farouchement antipapiste, le Dieu d'Ussher avait donc été juif!

Dans ces conditions, le primat anglican peut affirmer que la Création eut lieu le 23 octobre 4004 avant J.-C., le premier dimanche après l'équinoxe d'automne. Nous lui laissons la responsabilité de son choix. Il précise encore l'heure de la Création – midi – qui correspond, dans son idée, à la création de la lumière, sans laquelle on ne peut parler de jour ni, a fortiori, de calendrier. En passant, on peut s'interroger sur le sort de la Nouvelle Zélande pour qui la Création du monde eut lieu en pleine nuit, à l'équinoxe de printemps. La Terre plate des Anciens avait du bon.

Avant de quitter l'archevêque d'Armagh, il est bon de noter qu'à son époque et jusqu'à la fin du XVIII^e siècle, les chronologies bibliques foisonnaient. On pourrait tout aussi bien rire de ses concurrents, et notamment de Kepler et de Newton. «Dans le monde anglo-saxon moderne [...] Ussher tire sa célébrité désormais douteuse de ce que sa conclusion fut insérée en 1701 comme une note marginale dans la Bible dite du roi James [...]» [6] De nos jours, seuls les fondamentalistes prennent la Bible au pied de la lettre. Le récit de la Création que rapporte la Genèse est considéré aujourd'hui comme le mythe fondateur de la civilisation et de la religion juive, non comme un traité d'histoire. Pour beaucoup de théologiens, cette affirmation s'étend à toute la Bible, Nouveau Testament compris: le message religieux y a plus d'importance que l'exactitude des faits qui y sont rapportés. Cette conception moins littérale des Textes sacrés n'est pas nouvelle: les Lumières avaient porté un coup sensible à la lecture naïve de la Bible, mais c'est le début du XIX^e siècle qui voit réellement naître une approche scientifique de la chronologie de la Terre.

Les sciences de la Terre sont aussi anciennes que l'humanité, mais ce n'est que vers la fin du XVIII^e siècle qu'elles vont peu à peu contester la lecture littérale du récit biblique de la Création. Deux démarches parallèles vont conduire à des attitudes opposées. On verra dans un chapitre ultérieur que, aujourd'hui encore, elles prennent pour prétexte le problème de la disparition des dinosaures pour s'affronter et étaler leur désaccord. La première tendance met l'accent sur les discontinuités que l'on relève dans les couches géologiques. Elle les interprète comme les traces des catastrophes qui ont jalonné le passé de la Terre. Elle est née au début du XIX^e siècle et son champion se nomme Cuvier, le «découvreur de mondes disparus» [7]. La seconde affirme en revanche que l'histoire de la Terre ne procède jamais par à-coups. Elle se regroupe sous la bannière de Lyell.

Cuvier recrée les espèces disparues

Au XVI^e siècle, un *fossile* désigne tout objet singulier que l'on peut trouver dans la terre [8]. Ce mot vient probablement du latin «fodere», creuser, et regroupe d'abord aussi bien les cristaux et les haches de pierre que les restes pétrifiés d'organismes vivants. Ces fossiles d'origine organique étaient connus dans l'Antiquité mais, dès cette époque, leur provenance et leur nature étaient l'objet d'hypothèses variées. Pour Hérodote (484-425 av. J.-C.), les coquilles pétrifiées d'Égypte suggéraient que la Méditerranée s'étendait autrefois vers l'Éthiopie. C'était faire preuve d'un grand courage intellectuel d'admettre que les frontières entre mers et continents aient pu varier à ce point

dans le passé, d'autant que les fossiles se rencontrent souvent dans les montagnes. Nombreux étaient ceux qui se refusaient à une hypothèse aussi contraire à notre expérience quotidienne. Ils se lançaient alors dans des explications qui ne nous surprennent que si nous perdons de vue la difficulté du problème posé. Deux exemples suffisent pour en témoigner.

Après la découverte d'ivoire fossile, certains imaginaient l'existence de mines d'ivoire et pensaient que les os pouvaient naître spontanément de la terre. Quant aux formes complexes que constituent les fossiles au sein des roches, l'origine des forces capables de les susciter restait mystérieuse. Un jésuite, Athanase Kircher (1602-1680), illustre merveilleusement les vertus de la langue de bois qui fleurit dans le monde préscientifique. Il attribue la forme des fossiles à un «spiritus plasticus» et leur nature pierreuse à une «vertu lapidifiante» [9]. On ne peut s'empêcher de penser au langage des apothicaires qui entourent Argan dans *Le Malade Imaginaire* de Molière, un contemporain de Kircher. Faute de comprendre les phénomènes, on leur donnait un nom, ce qui permettait de les classer.

Finalement, à la fin du XVIII^e siècle, chacun, ou presque, a fini par se convaincre de l'origine organique des fossiles. Mais un nouveau problème apparaît: certains d'entre eux paraissent bien difficiles à ramener à des organismes connus. Pour ceux qui prennent la Bible au pied de la lettre, le problème est grave, la disparition de certains groupes zoologiques étant en contradiction patente avec le récit du Déluge universel. La Genèse nous apprend que Noé avait pris la précaution de sauver sept couples de chaque espèce terrestre ou volatile en leur réservant une place dans l'Arche. Pour ceux qui s'accrochent à l'enseignement biblique, il reste d'ailleurs un moyen d'expliquer les extinctions: les espèces prétendument disparues se terrent sans doute dans des régions reculées. Quant aux organismes marins comme les ammonites ou certains poissons, ils se cachent dans les profondeurs océaniques. Au reste, leur cas n'est pas si grave. Durant le Déluge, les habitants des mers s'étaient débrouillés tout seuls.

C'est alors que paraît Cuvier.

Si la vie de Georges Cuvier (1769-1832) n'est pas riche en anecdotes et en épisodes aventureux, son intelligence, sa mémoire et sa puissance de travail sont exceptionnelles. Pour ses contemporains, il est le prototype du génie, le «Napoléon de l'intelligence». Protestant, il naît à Montbéliard, alors possession francophone du duc de Wurtemberg, si bien que ses dons lui donnent accès à l'Académie Caroline de Stuttgart, un établissement technique supérieur destiné à former des fonctionnaires. Comme il s'intéresse dès sa jeunesse à l'histoire naturelle, qu'il est très bon élève et qu'il soigne admirablement ses relations sociales, il fera carrière à la fois au Muséum d'Histoire Naturelle et dans l'administration, notamment au Conseil d'Etat.

C'est comme *paléontologue* que Cuvier se rend célèbre, même si le terme n'est attesté qu'en 1830, deux ans avant la mort de Cuvier. Il ne l'a probablement jamais utilisé. Cuvier domine l'époque bénie où foisonnent les découvertes de nouvelles espèces fossiles. En simplifiant un peu, on peut dire qu'il est le premier à avoir apporté la preuve que certaines espèces de vertébrés ont disparu de la surface de notre globe. Parmi ses premiers succès, on peut citer

l'identification du mastodonte, du mégathérium – un mammifère géant proche des paresseux – et du ptérodactyle – un reptile volant. On ne parle pas encore de *dinosaures*, un terme que Cuvier n'a pas connu: il est apparu en 1840 du grec «deinos» (terrible) et «sauros» (lézard). Pour ses contemporains, Cuvier est une sorte de magicien qui, à partir d'un seul os ou d'une seule dent, est capable de reconstituer un squelette et même la silhouette de son propriétaire. Il s'agit là d'une exagération, bien sûr, mais les connaissances de Cuvier en anatomie comparée en font le plus grand paléontologue de son temps et peut-être de tous les temps.

Quelle est la cause des multiples extinctions qui se révèlent à mesure que l'on récolte os et dents fossilisés? C'est sur ce point que va naître une polémique qui dure encore aujourd'hui.

Cuvier note d'abord que les fossiles rencontrés dans une couche géologique permettent de la caractériser et, souvent, en présence de deux couches, de déterminer laquelle est la plus ancienne. Il note par exemple que certaines couches ne contiennent que des fossiles d'invertébrés ou de poissons. Comme elles se situent généralement au-dessous de celles qui recèlent des os de mammifères, elles se sont déposées les premières et doivent être plus anciennes. Il est à noter que, sur le terrain, les choses ne sont pas si simples. De très nombreuses couches géologiques, porteuses ou non de fossiles, sont absentes ici mais présentes ailleurs. La règle selon laquelle «le plus profond est le plus ancien» est souvent malmenée, notamment dans les terres volcaniques ou montagneuses. Depuis le début du XIX^e siècle, des géologues parcourent le monde pour établir un peu partout des cartes permettant de préciser la situation stratigraphique locale. Grâce à leur labeur, les fossiles permettent de définir un *ordre chronologique* mais, à eux seuls, ils n'auraient rien pu nous dire sur l'âge des couches où on les trouve.

Avec le géologue Alexandre Brongniart, Cuvier met en évidence un phénomène très intéressant: l'alternance de dépôts marins et d'eau douce, caractérisés à tour de rôle par leur faune particulière. Il l'interprète de manière très naturelle: l'histoire de la Terre est entrecoupée d'événements très violents qui, à chaque fois, modifient complètement la distribution des mers et des terres et provoquent les extinctions observées. Le plus récent de ces événements catastrophiques dont les archives géologiques gardent la trace ne serait autre que le Déluge universel.

Le mot terrible est lâché. Pour de nombreux auteurs, Cuvier fait appel à la paléontologie afin de justifier la lecture littérale de la Bible. On l'accuse même d'avoir été le héraut de «créations successives» qui intervenaient chaque fois qu'une catastrophe avait détruit toute la vie sur Terre [7, 9]. Il est vrai que Cuvier croyait à la divine providence et qu'il haïssait aussi bien les idées révolutionnaires que la Révolution elle-même, durant laquelle «la populace faisait la loi» [10]. Il était aussi docile à l'égard des puissants qu'autoritaire envers ses subordonnés. On ne peut cependant l'accuser d'en être resté à la chronologie biblique: il termine son *Discours préliminaire aux Recherches sur les ossements fossiles de quadrupèdes* par cette phrase: «Et l'homme, à qui il n'a été accordé qu'un instant sur la terre, aurait la gloire de refaire l'histoire des milliers de siècles qui ont précédé son existence, et des milliers d'êtres qui n'ont pas été ses contemporains.» Il est difficile de faire coïncider ces mots avec le récit littéral de la Création.

Aujourd'hui, on reconnaît en Cuvier un géant de la science et le fondateur du *catastrophisme*, la doctrine qui, en géologie, met l'accent sur l'importance des catastrophes dans l'histoire de la Terre. Mais comme Cuvier a effectivement rangé le Déluge parmi les catastrophes qui ont jalonné l'histoire de la Terre, ses successeurs ont établi une corrélation très forte entre catastrophisme et lecture littérale de la Bible. C'est une des raisons qui font que, aujourd'hui encore, la notion de catastrophe a gardé pour les géologues une odeur de fagot. Dans l'esprit de nombre d'entre eux, les discontinuités visibles dans les archives fossiles ne sont pas les traces d'événements subits. Elles ne proviennent que d'une accélération passagère de certains phénomènes graduels (éruptions volcaniques massives, modifications du climat, abaissement ou élévation du niveau de la mer). Le catastrophisme est pourtant compatible avec une vision scientifique de la géologie. Aujourd'hui, sa cote ne cesse de remonter, même si son rejet presque irrationnel est encore monnaie courante. Cette opposition peut s'expliquer par l'influence considérable que Charles Lyell, un autre grand géologue du XIX^e siècle, eut sur ses contemporains et ses successeurs.

Lyell boute les catastrophes hors de la géologie

Si l'on omet de le replacer dans son époque, Ussher passe à nos yeux pour un fou de Dieu. Or le XIX^e siècle voit l'avènement du britannique Charles Lyell (1797-1875), souvent considéré comme le père de la géologie scientifique. Dans ses *Principles of Geology*, parus de 1830 à 1833, il établit fermement les bases de la méthodologie des sciences de la Terre [11]. Par un effet de contraste, on pourrait en faire un scientifique acharné, un de ces êtres qui prétendent résoudre tous les problèmes philosophiques par la science. Alors qu'Ussher voit l'origine de l'univers dans un événement unique, la Création divine, Lyell élimine de l'histoire de la Terre tout processus subit. De cette manière, il s'oppose aussi bien à Cuvier qu'à Ussher. Ussher limite l'âge de l'univers à 6000 ans; Lyell accorde à l'histoire de notre planète une durée immense, qu'il ne peut ni ne se soucie de préciser: même si la Terre a eu une naissance, toute trace en a été perdue.

Quantité de transformations géologiques se produisent sous nos yeux. L'érosion, les inondations, les éruptions volcaniques et les tremblements de terre modifient les reliefs mais, à l'échelle de la Terre entière, la géographie ne change qu'insensiblement. Emportés par les cours d'eau, les produits de l'érosion s'accumulent dans les mers. Ils en accroissent la salinité et constituent peu à peu des sédiments. Comment douter que ces phénomènes se sont également produits dans le passé? Comment ne pas pressentir les durées immenses qu'il a fallu pour niveler des massifs montagneux, pour saler la totalité des océans ou pour hisser des sédiments du fond des mers au sommet des montagnes? Les fossiles marins que l'on découvre à trois mille mètres de hauteur en témoignent.

C'est là le message de Lyell: l'observation du présent est la clé de la compréhension du passé. Par référence au catastrophisme de Cuvier, Lyell est considéré comme le fondateur du gradualisme, ou *principe d'uniformité*³.

Lyell applique cette méthode de réflexion à l'étude de la Terre et même à l'*orogénèse*, l'édification des massifs montagneux, ce qui heurte au premier abord notre intuition. Il est patent que les séismes peuvent soulever ou enfoncer le sol de plusieurs centimètres, voire plus. Si la Terre est assez âgée pour que chaque événement, si rare soit-il, se reproduise un grand nombre de fois, une chaîne montagneuse peut se soulever, quitte à disparaître peu à peu sous l'effet de l'érosion. Il est à noter que, pour qu'une chaîne de montagne puisse réellement apparaître, il est nécessaire que les séismes contribuent plus souvent à l'élévation qu'à l'abaissement du sol. C'est ce qui s'est passé il y a 25 millions d'années avec l'Himalaya, quand l'Inde est venue s'encastrier dans l'Asie. Ce soulèvement se poursuit de nos jours.

L'étude des processus géologiques qui ont cours sous nos yeux milite en faveur du gradualisme: nous n'observons pas de bouleversements à l'échelle planétaire, tout au plus à l'échelle locale. Le mérite de Lyell est grand car, pour citer Gould: «Aujourd'hui comme hier, la lecture au premier degré des traces du passé géologique ne nous révèle qu'une succession discontinue de brutales transitions, à tout le moins dans des aires géographiques limitées. [...] La plupart du temps, les *strates* ou couches géologiques marines bien caractérisées gisent directement au-dessus de couches terrestres, et nous ne trouvons aucun signe d'une transition graduelle entre les unes et les autres. Le monde des dinosaures ne s'efface pas petit à petit devant l'environnement des mammifères.» [12] Ces discontinuités criantes, Lyell les interprétait comme le résultat de la disparition de certaines couches géologiques, à l'image d'une Histoire de France qui passerait sans transition du récit du procès de Jeanne d'Arc à celui de condamnation du capitaine Dreyfus. Même non averti, un lecteur se rendrait rapidement compte qu'un certain nombre de pages font défaut...

Les conceptions de Lyell entraînent une conséquence immédiate et scandaleuse pour les fidèles d'Ussher: pour promouvoir l'uniformité, *il faut accorder à l'histoire de la Terre du temps, beaucoup de temps*, une durée incommensurable vis-à-vis des six mille malheureuses années que le primat d'Armagh accordait à l'histoire de la Terre. L'immense mérite de Lyell a été de comprendre que les phénomènes géologiques, tous mineurs à l'échelle humaine, ont des conséquences importantes pourvu qu'on leur en donne le temps.

Lyell abolit la flèche du temps

Pour défendre ses conceptions, Lyell avait besoin de durées immenses. En cela, il s'opposait à Ussher et aux autres fondamentalistes. Nous ne pouvons que l'approuver. Mais il va encore beaucoup plus loin et, là, nous refusons de le suivre. Il se fait l'avocat de ce qu'on appelle volontiers le temps cyclique, ce qui entraîne à peu près l'abolition de la *flèche du temps*.

L'histoire humaine est une évolution. Certains événements changent à jamais l'avenir, ils ne peuvent influencer le passé: la découverte de l'écriture ne pouvait que précéder celle de l'imprimerie; celle de l'Amérique par Christophe

³ On parle aussi d'*uniformitarisme* ou d'*actualisme*.

Colomb devait se produire avant l'introduction de la pomme de terre en Europe. Même si nous avons oublié les dates, nous savons ordonner la chronologie. Il en est de même en paléontologie: les poissons sont présents très tôt, bientôt suivis par les reptiles. Ce n'est que beaucoup plus tard qu'apparaissent les oiseaux et les mammifères, qui ne connaissent un véritable épanouissement qu'après la disparition des dinosaures.

Lyell n'accepte pas cet ordre chronologique qui, peu ou prou, affaiblit son principe d'uniformité. On ne trouve pas d'oiseaux dans les strates les plus anciennes? C'est que les oiseaux se fossilisent rarement. Les mammifères y sont également absents? C'est qu'on a mal cherché. Son attitude est celle d'un archéologue qui chercherait des tombeaux de pharaons en Australie et des amphithéâtres romains en Chine, sous le prétexte que ce qui s'est passé autour de la Méditerranéenne s'est nécessairement produit ailleurs. Pour Lyell, le passé avait la même coloration que le présent et il en sera de même dans l'avenir. L'histoire n'est qu'un *éternel retour*. Puisque le futur peut être permuté sans dommage avec le passé, le temps a perdu le sens de son écoulement ou, comme on dit volontiers, sa «flèche». Gould cite un passage étonnant de Lyell: «Alors pourrait réapparaître ces genres d'animaux dont les roches anciennes de nos continents ont conservé la mémoire. L'énorme iguanodon pourrait revenir dans les forêts, l'ichtyosaure dans la mer et le ptérodactyle voler de nouveau dans l'ombre des bocages de cyathacées.» [12]

Pour mieux écraser la mythologie créationniste, Lyell abolit la marche de l'histoire. Ses convictions philosophiques prennent le pas sur l'observation, contrairement à Cuvier qui se méfiait des spéculations. Lyell n'admet qu'une exception à son principe d'uniformité, mais elle est de taille: notre espèce n'est apparue qu'une fois et une seule. Ce qui constitue une incongruité par rapport à l'ensemble de son œuvre. Que celui qui est exempt de contradictions lui jette le premier fossile.

Darwin, théologien par dépit, naturaliste par vocation

Charles Darwin (1809-1882) est l'une des plus grandes figures de la science. Issu de Shrewsbury dans le Shropshire, comté qui jouxte le Pays de Galles, il était à la fois un naturaliste hors pair et un théoricien de la biologie qui a passé la plus grande partie de sa vie à méditer sur les mécanismes de l'évolution.

Les parents qui ont des cancre pour rejetons citent volontiers le nom de ceux qui, mauvais élèves dans leur jeunesse, ont brillamment réussi par la suite. Quand il s'agit de savants renommés, ces histoires ont bien des chances d'être apocryphes, ou considérablement déformées. Or Darwin est le héros de l'une de ces légendes. On raconte que, lorsqu'il eut seize ans, son père Robert le retira de l'école de Shrewsbury en affirmant: «Tu ne t'intéresses qu'aux fusils, aux chiens et à la chasse aux mulots. Tu ne sauras jamais rien faire, sinon honte à tous les tiens!» Puis il l'envoya à l'Université d'Edimbourg étudier la médecine aux côtés de son frère aîné. En réalité, l'enseignement prodigué à Shrewsbury, strictement limité aux «humanités», ennuyait profondément le jeune Darwin. On en veut pour preuve l'anecdote suivante. Vers la fin de ses