

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	5
2. PREMIERE PARTIE : COSMOLOGIE	8
2.1. DES MODELES	9
2.2. RIEN MAIS CE RIEN EST TOUT	10
2.3. LES PARTICULES ELEMENTAIRES	11
2.4. LES GRANDES FAMILLES DE PARTICULES	15
2.5. L'ORIGINE DE LA MATIERE	17
2.6. LA NUCLEOSYNTHESE PRIMORDIALE	19
2.7. L'ORIGINE DE L'UNIVERS	22
2.7.1. <i>Les principales étapes de l'origine de l'Univers</i>	24
2.8. L'EAU DE L'UNIVERS	26
2.9. L'ORIGINE DES GRANDES STRUCTURES	28
2.10. L'ORIGINE DE NOTRE SYSTEME SOLAIRE	30
2.11. LE TEMPS	32
2.12. LES POINTS FAIBLES DE LA COSMOLOGIE	34
3. COMPLEMENTS	37
3.1. SUR LES PARTICULES ELEMENTAIRES	37
3.1.1. <i>Les nombres quantiques des électrons</i>	37
3.1.2. <i>Les nombres magiques du noyau</i>	40
3.2. SUR LES FAMILLES DE PARTICULES	42
3.3. SUR LA NUCLEOSYNTHESE	46
4. GLOSSAIRE « PHYSIQUE »	49
5. DEUXIEME PARTIE : LA VIE SUR LA TERRE	59
5.1. FORMATION ET STRUCTURE DE LA TERRE.....	60
5.1.1. <i>Les matériaux terrestres</i>	61
5.1.2. <i>La structure de la Terre</i>	61
5.1.3. <i>Les mouvements des plaques</i>	62
5.1.4. <i>La formation des roches</i>	63
5.1.5. <i>Le géomagnétisme</i>	63
5.2. LA VIE.....	65
5.2.1. <i>La cellule</i>	71
5.2.2. <i>La division cellulaire</i>	72
5.2.3. <i>L'organisme</i>	75
5.3. LES ERES GEOLOGIQUES.....	77
5.3.1. <i>Notre histoire à l'échelle d'une journée</i>	81
6. COMPLEMENTS	82
6.1. SUR LA VIE.....	82
6.2. SUR LA CELLULE.....	85
6.2.1. <i>La synthèse des protéines</i>	86
6.3. SUR LES ORGANISMES	88
7. GLOSSAIRE « ORGANIQUE »	94
7.1. LA CELLULE	94
7.2. LE NEURONE.....	97
7.3. NUCLEOTIDE	99
7.4. COMPOSES ET MOLECULES	105
7.5. GENERALITES	109
7.6. BIOCHIMIE	113

8. TROISIEME PARTIE : ASTRONOMIE	120
8.1. LES CALENDRIERS	128
8.2. LES MOUVEMENTS DE LA TERRE	130
8.3. LES MOUVEMENTS DE LA LUNE	136
8.4. LES ECLIPSES	137
8.4.1. <i>Eclipses de Lune</i>	138
8.4.2. <i>Eclipses de Soleil</i>	139
8.5. LES CONSTELLATIONS	141
8.6. LES ECHELLES DE TEMPS	143
8.7. LES COORDONNEES GEOGRAPHIQUES SUR TERRE	145
8.7.1. <i>Repérage sur la Terre</i>	146
8.8. LES COORDONNEES ASTRONOMIQUES.....	148
8.8.1. <i>La sphère céleste</i>	149
8.8.2. <i>Les coordonnées horizontales</i>	150
8.8.3. <i>Les coordonnées horaires</i>	151
8.8.4. <i>Les coordonnées équatoriales</i>	152
8.8.5. <i>Les coordonnées écliptiques</i>	153
8.8.6. <i>Corrections à apporter aux observations</i>	153
8.9. LE RAYONNEMENT ELECTROMAGNETIQUE	154
8.9.1. <i>Le rayonnement gamma</i>	155
8.9.2. <i>Le rayonnement X</i>	156
8.9.3. <i>Le rayonnement ultraviolet</i>	158
8.9.4. <i>Le rayonnement visible</i>	159
8.9.5. <i>Le rayonnement infrarouge</i>	161
8.9.6. <i>Le rayonnement radioélectrique</i>	161
8.10. NATURE DE LA LUMIERE	164
8.10.1. <i>Nature ondulatoire</i>	164
8.10.2. <i>Nature corpusculaire</i>	166
8.11. SPECTROSCOPIE	168
8.11.1. <i>Etats d'énergie d'un atome</i>	171
8.11.2. <i>Le corps noir, lois du rayonnement</i>	173
8.11.3. <i>Analyse et Classification spectrale</i>	174
8.11.4. <i>Diagramme de Hertzprung-Russell (HR)</i>	178
8.12. LES INSTRUMENTS D'OBSERVATION	180
8.12.1. <i>Principe optique des instruments et détecteurs</i>	181
8.12.2. <i>Les jumelles</i>	186
8.12.3. <i>Les lunettes</i>	186
8.12.4. <i>Les télescopes</i>	187
8.12.5. <i>Les instruments spécialisés</i>	191
8.12.6. <i>Grandes réalisations et grands projets</i>	192
8.12.7. <i>Les télescopes embarqués</i>	195
8.13. DISTANCE DES ASTRES	196
8.13.1. <i>Parallaxe trigonométrique</i>	203
8.13.2. <i>Magnitude</i>	210
8.14. NEWTON DEMONTRE KEPLER	215
8.15. "PESER" LES ASTRES	218
8.16. DENSITE ET PESANTEUR D'UN ASTRE	222
8.17. EINSTEIN AFFINE NEWTON	223
8.18. EVOLUTION DES ETOILES.....	225
8.19. LES EXOPLANETES	237
8.20. NOTRE GALAXIE.....	239
8.21. NOTRE SYSTEME SOLAIRE	242
8.21.1. <i>Le Soleil</i>	243
8.21.2. <i>Mercur</i> e.....	248
8.21.3. <i>Vénus</i>	250
8.21.4. <i>La Terre</i>	251
8.21.5. <i>La lune</i>	258
8.21.6. <i>Mars</i>	261

8.21.7.	<i>Jupiter</i>	265
8.21.8.	<i>Saturne</i>	270
8.21.9.	<i>Uranus</i>	272
8.21.10.	<i>Neptune</i>	275
8.21.11.	<i>Pluton</i>	277
8.21.12.	<i>Synthèse des caractéristiques des planètes</i>	278
8.21.13.	<i>Les astéroïdes</i>	280
8.21.14.	<i>Les comètes</i>	284
9.	GLOSSAIRE « ASTRO »	287
10.	ANNEXE PATRONYMIQUE	292
11.	INDEX GENERAL DES GLOSSAIRES	302

1. INTRODUCTION

La retraite, quel bonheur! J'ai une très grande disponibilité, je peux me rendre utile vis à vis de toute ma famille, mes trois petits-enfants en bénéficient beaucoup. J'ai également la possibilité de reprendre quelques sujets scientifiques effleurés jusque là par simple curiosité, ma vie familiale et professionnelle ne m'ayant pas permis d'y consacrer le temps nécessaire pour les approfondir. Je suis alors redevenu étudiant pour suivre des cours d'astronomie, de biologie, de paléontologie et de géologie à l'UNIA (Université de Nice Inter-Ages). J'ai complété mes notes par un stage d'astronomie à Toulouse ainsi que par un cours d'astrophysique au CNED (Centre National d'Enseignement à Distance). Mes lectures et mes recherches sur Internet m'ont également apporté d'autres informations. Au bout de quelque temps a germé l'idée d'organiser toute cette collecte de données, ainsi s'explique la genèse de ce livre.

Je désire présenter *notre histoire*. Le fil conducteur est naturellement donné par les différents événements qui se succèdent depuis environ 13 milliards d'années. Depuis le vide existant avant les premières particules (cosmologie), jusqu'à l'étude de l'Univers (astronomie), en passant par l'émergence de la vie sur Terre (biologie). Au centre de ces trois parties se trouve l'Homme, capable d'étudier, de s'interroger, voire de comprendre le milieu dans lequel il évolue. Une annexe patronymique des personnes illustres (en caractères gras dans le texte) présente, en quelques lignes, leur biographie ainsi que leurs principales contributions scientifiques.

A la fin de chaque partie on trouve des compléments qui permettent de développer et préciser certains chapitres ou expressions. En plus, un glossaire donne les définitions des termes présentés en caractères gras dans le texte. Un récapitulatif appelé <index général des glossaires> reprend, dans un classement alphabétique, tous les termes présentés dans les différents glossaires.

Les quelques formules mathématiques et chimiques rencontrées dans ce livre ne sont présentes que pour, je l'espère, apporter un éclaircissement ou étayer le texte dans le but de le préciser. Les personnes ayant oublié ou n'ayant jamais côtoyé ces expressions peuvent très bien ne pas en tenir compte et continuer leur lecture.

Un âge viendra où ce qui est mystère pour nous sera mis au jour par les observations et les théories futures. Mais, alors, d'autres questions se feront pressantes, les chercheurs ouvriront des fenêtres, exactes ou erronées, qui nous permettront de faire quelques pas supplémentaires vers un nouvel horizon. De l'infiniment petit à l'infiniment grand il y a un nombre considérable de domaines à explorer, la compréhension du GRAND TOUT ne sera probablement jamais atteinte. Les observations et les théories avancent à grands pas, aussi, les renseignements donnés dans ce livre seront bien vite dépassés. Ces pages auront eu le mérite, je l'espère, de faire prendre conscience de nos origines et du monde dans lequel nous évoluons.

Les conclusions présentées dans ce livre doivent donc être nuancées. En effet, l'évolution des moyens d'investigations permet de mettre à jour de menus détails qui avaient 'échappés' lors des précédentes observations. En général, les théories associées aux phénomènes étudiés ne sont pas rejetées mais elles s'affinent.

La vie que nous connaissons, basée sur le carbone, le système solaire que nous étudions et comprenons ne sont que des modèles. À ce début du troisième millénaire, aucune autre vie n'a été vérifiée, les comparaisons sont donc nulles. Par contre, une centaine de planètes extrasolaires a été détectée. Et déjà, la masse et surtout la position de ces planètes par rapport à leur étoile bouleversent quelque peu le modèle planétaire imaginé jusqu'ici, le seul exemple connu, le nôtre.

Je me permets de citer et de remercier madame Michèle Peuto-Moreau, mon professeur de biologie, ainsi que monsieur Daniel Benest, mon professeur d'astronomie. Je tiens à préciser que les erreurs ou omissions rencontrées dans ce livre ne sont nullement de leur fait mais dues à une interprétation erronée de ma part.

Un grand merci à Monique, ma femme, qui a passé beaucoup de temps à effectuer de nombreuses recherches pour écrire l'annexe patronymique. Par ses remarques judicieuses elle m'a permis de rendre agréable la lecture de ce livre. Ses parents, qui n'ont pas hésité à lire et à corriger mes différentes versions, méritent toute ma gratitude.

Je tiens à remercier mes petits-enfants, Jeremy et Johanna qui, par leur simple présence parfois ponctuée d'une question <Papi, tu as fini ton livre ?>, m'ont permis de garder ma motivation. Joshua, le dernier-né, ne s'exprime pas encore mais il me semble qu'il n'en pense pas moins.

Bon voyage...

C'est la plus longue et la plus grande aventure de l'histoire de l'homme
cette quête de la compréhension de l'Univers,
de comment il fonctionne et d'où il vient.

Il est difficile d'imaginer qu'une poignée d'habitants d'une petite planète
en orbite autour d'une étoile insignifiante
dans une petite Galaxie
ont pour but la compréhension complète de l'Univers entier,
une poussière de la création, persuadée
qu'elle est capable de comprendre le **GRAND TOUT**

Murray Gell-Mann (1929-)
Prix Nobel de Physique (1969)
existence des quarks.

2. PREMIERE PARTIE : COSMOLOGIE

Du vide quantique à l'Univers.

L'Univers? <C'est une sphère dont le centre est partout, la circonférence nulle part>.
Pensées B. Pascal (1623-1662).

2.1. DES MODELES

Les modèles cosmologiques impliquent que l'âge des étoiles ne doit pas dépasser une valeur de 10 à 20 milliards d'années, que l'Univers doit être rempli d'un rayonnement diffus aux propriétés très particulières, que les abondances de certains éléments légers doivent être universelles, et dans des proportions définies, que seulement trois familles de **neutrinos** existent... Toutes ces prédictions ont été vérifiées avec une excellente précision.

BIG BANG ou pas Big Bang ?... Le Big Bang est la seule théorie qui cadre <facilement> avec l'ensemble des faits observés. Il est une théorie de la cosmologie, science qui traite de l'évolution de l'Univers.

La théorie du Big Bang est un modèle cosmologique qui prétend décrire la structure et l'évolution du cosmos. Le cosmologiste cherche à déterminer quelle devait être la structure du cosmos dans le lointain passé aux conditions extrêmes (température et pression), pour que, sous l'influence des lois de la physique (connues actuellement), il ait évolué vers son état présent. Les physiciens, les astrophysiciens, les cosmologistes admettent que les lois de la physique en général restent valables dans tout l'Univers. Cela reste à jamais impossible à vérifier en toute rigueur. Mais toutes nos connaissances sur le cosmos reposent sur le **principe cosmologique** qui énonce que l'Univers a la même apparence (pas dans le détail mais dans la globalité), quel que soit l'endroit d'où nous l'observons. C'est l'opposé de l'anthropocentrisme.

Le Big Bang est, en réalité, *notre horizon dans le temps et dans l'espace*. Il est en fait la limite à laquelle les notions de temps, d'espace, d'énergie et de température sont applicables en fonction de nos connaissances actuelles.

Les équations d'Einstein disent que l'Univers ne peut pas être statique. Dans l'espoir de le <stabiliser> **A. Einstein** (1879-1955) entreprend de modifier son formalisme. Il ajoute un terme supplémentaire : la **constante cosmologique**. Quand, plusieurs années plus tard, **E. Hubble** (1889-1953) découvre le mouvement d'expansion de l'Univers, Einstein retire sa proposition.

Les pères fondateurs de la théorie du Big Bang sont **A. Friedman** (1888-1925), **G. Lemaître** (1894-1966) et **G. Gamow** (1904-1968). En 1922, Friedman montre que les équations d'Einstein permettent la description d'un univers en évolution. En 1927, Lemaître voit dans les observations de Hubble la preuve du comportement dynamique de l'Univers (à noter que ce modèle de Big Bang demande un 'avenant', le scénario cosmologique de *l'inflation*). Le grand mérite de Gamow a été d'intégrer la physique nucléaire à la cosmologie évolutive. De là est née sa prédiction de l'existence du <rayonnement fossile>. La découverte de ce rayonnement fossile, par A. Penzias et R. Wilson en 1965, constitue aujourd'hui un des meilleurs arguments en faveur de la théorie du Big Bang.

Le nombre d'étoiles, de galaxies détectées par nos télescopes, pour grand qu'il soit, ne sera jamais infini. On ne peut observer que du <fini>. Aussi faut-il faire appel à d'autres méthodes d'enquête. La structure mathématique de la théorie du Big Bang s'étend au-delà des données d'observation sur laquelle elle a été établie. Elle permet de prévoir.

2.2. RIEN mais ce rien est TOUT

Toutes les théories, y compris celle du Big Bang, ne pourront jamais répondre à la fameuse question de G. Leibniz (1646-1716) <Pourquoi y a-t-il quelque chose plutôt que rien> ou, dans le même ordre d'idée, <Pourquoi y a-t-il des lois plutôt que pas de lois>.

Si l'on veut supposer que l'Univers a pu avoir un commencement, à partir de quoi a-t-il pu émerger? À partir de RIEN ou à partir du VIDE?

L'introduction du *vide quantique* dans la cosmologie ouvre des voies de recherche apparemment fructueuses, elles complètent le modèle du Big Bang standard. **P. Dirac** (1902-1984) puis **R. Feynman** (1918-1988) montrèrent que des particules élémentaires surgissent spontanément du néant et y retournent. Bien qu'invisibles et insaisissables leurs effets énergétiques sont parfaitement mesurables, elles induisent des forces entre des plaques de métal très proches (effet Casimir). Le vide quantique aurait une énergie capable d'exercer, comme la masse, des effets gravitationnels. D'où l'idée que *l'univers serait <né des fluctuations du vide>*.

Ce vide quantique serait la matérialisation d'une vibration d'un champ quantique. Ce dernier, à l'inverse des champs classiques qui peuvent être annulés (exemple d'un champ électromagnétique), serait inamovible et éternel. Cependant, pour que le champ quantique puisse s'exciter et vibrer, il est nécessaire qu'il reçoive de l'énergie, or, il ne peut pas recevoir de l'énergie car il est TOUT, il n'y a pas d'extérieur à ce premier champ quantique. La réponse se trouve dans les équations de la relativité générale, c'est l'expansion de l'espace qui induit l'excitation du champ et donne l'énergie au vide quantique ce qui permet la création des premières particules fondamentales.

En 1980, Alan Guth démontre que la **gravitation** répulsive d'un vide quantique peut provoquer une période d'expansion cosmologique accélérée (expansion inflationnaire). Un des avantages de cette théorie est de permettre l'apparition de petites *fluctuations* dans le rayonnement de **fond cosmologique**.

Les travaux sur les fluctuations dans le vide quantique, laissent envisager la possibilité de plusieurs naissances d'univers, donc de plusieurs Big Bang entièrement indépendants les uns par rapport aux autres. Chacun d'eux aurait un destin propre, avec des caractéristiques physiques plus ou moins proches (idée promue par le cosmologiste russe Andrei Linde).

Cependant, même si la physique permet de donner une description d'instantanés très éloignés dans le passé, elle ne peut que rester muette devant la question de la CREATION de l'univers. En effet, d'un point de vue physique, on voudrait pouvoir évoquer une création comme un événement, un processus particulier marquant une transition entre un AVANT et un APRES, ce qui nécessiterait -- ne serait ce que pour que le terme AVANT ait un sens -- un temps et des lois physiques existant avant cette transition. On arrive ainsi au paradoxe que la création de l'univers présupposerait la préexistence du TEMPS, et donc... de l'univers.

La version biblique n'échappe pas à ce problème. À la question <Que faisait Dieu avant de créer l'univers> la réponse, donnée par Saint Augustin (354-430), est que le temps devait avoir été créé avec l'univers. Dès lors, la question de savoir ce que Dieu faisait avant est oiseuse.

Puis...

2.3. LES PARTICULES ELEMENTAIRES

Les Grecs avaient remarqué qu'en frottant de l'ambre jaune celui-ci attirait de nombreux corps légers : fils, plumes, poussières ..., phénomène connu de nos jours sous le nom d'électricité statique (le mot électricité provient d'elektron, qui signifie ambre en grec).

Pour Aristote (384-322 av. J.C.), toute la matière dans l'univers était composée de quatre éléments de base, la terre, l'air, le feu et l'eau. Il croyait aussi que la matière était continue, c'est-à-dire que l'on pouvait diviser un bout de matière en morceaux de plus en plus petits, à l'infini : on ne pourrait jamais tomber sur un grain de matière qui ne pourrait plus être divisé.

Pour Démocrite (460-370), au contraire, la matière était granuleuse en soi et que tout était fait d'un grand nombre de différentes sortes d'**atomes** (atome signifie <insécable> en grec).

Il faut attendre la première décennie du 19^e siècle pour que la controverse trouve une issue. J. Dalton (1766-1844) constate que les composés chimiques sont toujours combinés dans certaines proportions, loi des proportions multiples, il explique que les atomes sont regroupés en des unités appelées molécules. Dans la même période A. Avogadro (1776-1856) fait l'hypothèse que, dans les mêmes conditions de température et de pression, des volumes de gaz différents contiennent exactement le même nombre de molécules. Ces deux savants posent les bases de la chimie moléculaire.

Peu de temps avant, en 1785, le français Charles Coulomb (1736-1806) avait démontré que l'intensité des forces électrique et magnétique est inversement proportionnelle au carré de la distance.

En 1831, l'anglais M. Faraday (1791-1867) montre qu'un aimant en mouvement produit de l'électricité, tout comme un courant électrique produit du magnétisme. Il démontre que l'électricité et le magnétisme se propagent le long de lignes de force emplissant l'espace (limaille de fer).

En 1864, l'écossais **J. Maxwell** (1831-1879) développe une description mathématique qui unifie les phénomènes électrique et magnétique et introduit le concept de champ pressenti par Faraday. Champs électrique et magnétique sont si intimement associés, chacun engendrant l'autre, qu'il est plus judicieux de parler d'un seul phénomène, l'électromagnétisme. Maxwell montre qu'un champ électromagnétique peut se décomposer selon deux plans orthogonaux, l'un contenant un champ purement magnétique, l'autre un champ purement électrique.

En 1897, l'anglais **J. Thomson** (1856-1940) démontre qu'un courant électrique est un flux de particules chargées négativement, c'est la découverte de l'*électron*.

Le 24 février 1896, dans une communication à l'Académie des Sciences, H. Becquerel (1852-1908) signale que les sels d'uranium possèdent l'étrange propriété d'impressionner la plaque photographique malgré l'interposition d'écrans opaques à la lumière. La *radioactivité* venait d'être découverte. C'était le point de départ à la compréhension de la *structure de la matière*. Cependant, pour expliquer tous les phénomènes constatés lors des différentes expériences, une succession de modèles et de théories seront nécessaires :

L'atome de Rutherford (1871-1937): En 1911 - C'est un modèle planétaire qui comprend : Un corps central, le **noyau**, renfermant des *protons* ayant une **charge** individuelle égale à +1 et un ensemble d'électrons, dont le nombre est fixé par le nombre de protons, de charge -1 qui tourne autour du noyau. Le système est stable quand la force attractive électrostatique s'exerçant entre le noyau et les électrons est égale à la force centrifuge des électrons. Il y a lieu de tenir compte de la force électrique de répulsion entre les électrons.

L'atome de N. Bohr (1883-1962) : En 1913 - C'est un modèle quantique : Le modèle planétaire de Rutherford est conservé mais l'électron ne peut prendre certaines trajectoires liées aux conditions quantiques : l'énergie radiante ne peut exister que sous forme de paquets discrets appelés <quanta> par **M. Planck** (1858-1947) en 1900. Les calculs de Bohr lui permirent d'expliquer en détail les raies spectrales de l'hydrogène (problème de spectroscopie).

Malgré son succès, la théorie de Bohr n'expliquait pas tout ce qu'on savait des atomes. Ainsi, elle était impuissante à décrire le processus de transition d'un électron entre deux états quantiques, et elle ne donnait pas le moyen de calculer les intensités des diverses raies des spectres optiques.

En 1925, **Louis De Broglie** (1892-1987) donne une interprétation des orbites quantiques de Bohr; Le mouvement de chaque électron est guidé par une onde pilote. Cette théorie permet de concilier l'aspect ondulatoire et l'aspect corpusculaire de la lumière.

Tout corpuscule de quantité de mouvement p est guidé par une onde de longueur d'onde

$$\lambda = h/p = h/mv$$

h étant la **constante de Planck**, elle est égale à $6,626.10^{-34}$ J-s.

En 1926, **E. Schrödinger** (1887-1961) reprend la théorie de De Broglie et lui donne une forme plus mathématique en développant une théorie appelée *Mécanique ondulatoire*. Cette théorie expliquait tous les phénomènes atomiques connus et prévoyait des phénomènes nouveaux (par exemple la diffraction d'un faisceau d'électrons).

En 1927, **W. Heisenberg** (1901-1976) publie un article sur le même sujet en utilisant des méthodes mathématiques différentes (mécanique des matrices). Les électrons occupent des <états quantiques> représentant des niveaux d'énergie distincts et effectuent des transitions entre ces états en émettant ou absorbant des *photons*. Cette nouvelle méthode enrichit la notion 'd'onde pilote' de Schrödinger en déterminant le '*principe d'incertitude*' : La détermination de la position d'une particule entraîne une modification de sa vitesse et, réciproquement, l'exacte détermination de sa vitesse rend incertaine sa position. Heisenberg montre que l'incertitude de la position d'une particule multipliée par l'incertitude de sa vitesse est toujours plus grande que la constante de Planck.

En 1928, la théorie de Dirac, appelée *électrodynamique quantique* (Quantum Electrodynamics, QED) permet d'appliquer la théorie des quanta à la dynamique des champs électromagnétiques. Elle intègre également la relativité restreinte qui explique le comportement d'électrons atomiques se déplaçant à des vitesses voisines de celle de la lumière.

Quand deux électrons se trouvent suffisamment proches l'un de l'autre pour avoir une interaction, ils échangent un certain type de photons appelés virtuels car indétectables. *Ces photons transportent la force électromagnétique* à laquelle ils sont soumis.