

Prologue

L'Univers en évolution

Les premières décennies du 20^e siècle ont vu une révolution intellectuelle qui a complètement bouleversé l'image que nous avions de l'Univers. Considéré comme statique depuis des millénaires, les astrophysiciens ont élaboré, dès les années 1920-1930, le concept d'un Univers en constante évolution.

Un Univers en expansion

Cette prise de conscience d'un Univers en évolution est assurément liée aux multiples perfectionnements des moyens d'observation, de détection et de traitement informatique. L'envol des télescopes dans l'espace, l'exploration de tout le spectre des ondes électromagnétiques émises par les astres les plus lointains, la puissance des ordinateurs permettant des calculs précisément astronomiques, sont les plus spectaculaires témoins des techniques mises en œuvre qui ont abouti à cette nouvelle vision de l'Univers.

La « fuite » des galaxies

Loin d'être stable et immuable, l'Univers ne cesse d'évoluer. Dès le début du 20^e siècle, depuis les mesures effectuées par l'astronome Vesto Melvin Slipher (1875-1969), on savait que la lumière de la plupart des *nébuleuses* présentait un phénomène de « décalage vers le rouge », interprété par Slipher comme un phénomène Doppler. La mesure de ce décalage indiquait que ces nébuleuses s'éloignaient de la Terre avec des vitesses de plusieurs centaines de kilomètres par seconde. En 1924, Edwin Hubble (1889-1953) démontra que ces nébuleuses étaient en fait des galaxies autres que celle qui héberge notre système solaire.

Notons que la galaxie dans laquelle nous vivons a été baptisée du doux nom de *Voie Lactée*, plus couramment appelée la Galaxie, avec un « G » majuscule. De même, nous noterons l'Univers avec un « U » majuscule puisqu'il est de bon goût, de nos jours, d'imaginer qu'il puisse en exister d'autres. Tous les noms des astres, Soleil, Terre, Lune, etc., sont des noms propres.

Vers 1929, une étude systématique des vitesses d'éloignement de nombreuses galaxies fut entreprise par Hubble. Puisque la Galaxie n'avait pas *a priori* de situation privilégiée dans l'espace, cela signifiait que, vues d'une galaxie quelconque, toutes les autres fuyaient également cette dernière. Bizarrement, toutes les galaxies semblaient s'éloigner les unes des autres avec des vitesses d'autant plus rapides qu'elles étaient plus éloignées.

L'Univers d'Alexandre Friedmann n'est pas statique

L'interprétation de ce phénomène de « fuite » des galaxies se fit grâce aux travaux du mathématicien et physicien russe Alexandre Friedmann (1888-1925). Il publia deux articles, en 1922 et 1924, sur les solutions des équations de la gravitation relativiste, appelées encore *équations d'Einstein*. Dans ces articles, Friedmann démontre « l'existence possible d'univers dont la courbure spatiale est constante par rapport aux trois coordonnées spatiales mais dépend du temps, c'est-à-dire de la quatrième coordonnée temporelle ».

En d'autres termes, cela signifie que l'Univers est instable au cours du temps. Pour illustrer de façon imagée, mais loin de la réalité, le résultat de Friedmann, disons que si l'Univers était une sphère, son rayon serait variable au cours du temps. Si les galaxies étaient des points marqués sur la sphère, ils s'éloigneraient ainsi les uns des autres lorsque la sphère augmenterait de volume. L'éloignement de toutes les galaxies entre elles avait ainsi une certaine interprétation.

L'idée que l'Univers pouvait être en expansion allait à l'encontre de toute la cosmologie admise à cette époque. Einstein n'y crut pas et accusa même, dans l'un de ses articles, Friedmann de s'être trompé dans ses calculs qui, rapidement, s'avérèrent justes. Une révolution en cosmologie venait de naître. Jean-Pierre Luminet, dans son ouvrage : *Alexandre Friedmann, Georges Lemaître. Essais de cosmologie*, souligne avec vigueur l'importance historique des travaux de Friedmann [Lum1] :

Avec son article de 1922, Friedmann introduit une révolution scientifique de même ampleur que la révolution copernicienne. [...] La cosmologie friedmannienne introduit de façon irréversible l'historicité de l'univers comme espace-temps, et l'idée d'un commencement.

La naissance de l'Univers

Friedmann n'aura pas le temps de faire la relation entre les observations sur la fuite des galaxies et sa découverte du phénomène relativiste d'expansion de l'Univers, car il meurt prématurément de la fièvre typhoïde en 1925.

« L'atome primitif » de Georges Lemaître

Ce sera l'abbé Georges Lemaître (1894-1966) qui fera le lien entre les résultats relativistes et les observations astronomiques. En 1927, sans connaître les travaux de Friedmann, Lemaître va refaire les mêmes calculs dans des conditions un peu plus générales. Il obtient diverses solutions montrant que toutes prévoient



Albert Einstein et Georges Lemaître
Discussion à Pasadena, USA, en 1933.

une certaine période d'expansion de l'Univers. En 1926, Lemaître a travaillé aux Etats-Unis et connaît ainsi les observations astronomiques faites sur les vitesses d'éloignement des nébuleuses extragalactiques. Il fait donc la remarque que cette fuite des galaxies est une conséquence de l'expansion cosmique de l'Univers calculée dans le cadre de la Relativité générale. Il est le premier à affirmer que cette expansion est la bonne solution pour les modèles d'Univers.

Si l'Univers est en expansion, il semble vraisemblable qu'il ait eu un volume plus petit lorsqu'on remonte le cours du temps. Georges Lemaître va extrapoler en imaginant que ce volume était, tout au commencement de l'expansion, celui d'un « atome primitif », sorte d'embryon contenant toute la matière nécessaire à la formation de l'Univers tel que nous l'observons.

En 1931, Lemaître va publier un article qui peut être considéré comme l'acte fondateur de la théorie du Big Bang, reliant la cosmologie à la théorie quantique. Il va jusqu'à émettre l'idée que le commencement du temps et de l'espace coïncide avec l'origine de l'Univers :

Si le monde a commencé par un quantum unique, les notions d'espace et de temps n'auront absolument plus de signification au commencement même.

La physique quantique accouche de l'Univers en évolution

L'idée de Lemaître, d'une naissance de l'Univers à partir d'un « atome primitif », va être progressivement enrichie par les apports de la physique quantique qui, au cours des années 1930, est en plein développement. Cette idée aboutira au scénario de la « création » de l'Univers dont l'ultime commencement est appelé le Big Bang.

Dans notre ouvrage *Pour comprendre simplement les origines et l'évolution de la physique quantique* [Hla6], le lecteur peut discerner comment les différentes avancées de la physique quantique participent à la compréhension de l'Univers et en particulier à la création progressive du scénario de sa naissance. Celui-ci ne fut

d'ailleurs vraiment admis par la communauté scientifique qu'à partir des années 1960, lorsqu'une véritable trace fossile de la gestation de l'Univers fut enregistrée sous forme d'un rayonnement électromagnétique datant d'environ 13 milliards d'années, soit seulement 380 000 ans après le Big Bang.

La découverte du « rayonnement fossile » était une bonne nouvelle pour les cosmologistes mais encore fallait-il en expliquer l'origine. La réponse vint très rapidement d'une autre source de recherches théoriques. Dès 1946, une idée extrêmement audacieuse avait été lancée par un physicien américain d'origine russe, George Gamow (1904-1968) : l'abondance relative des éléments dans l'Univers devait être la conséquence d'un état très primitif de ce dernier. Cet état devait être à la fois très dense et très chaud ; en se dilatant, il serait devenu peu dense et beaucoup moins chaud.

Il en résultait que le rayonnement produit au cours de cet état primitif de l'Univers pouvait avoir subsisté au cours de son évolution. Le « rayonnement fossile » ainsi enregistré devait précisément être celui imaginé par Gamow.

Les bases d'une théorie de l'évolution de l'Univers étaient ainsi posées. Les fantastiques développements de la physique quantique, au cours de la seconde moitié du 20^e siècle, confortèrent cette théorie tout en l'améliorant. La physique nucléaire avait permis de rendre compte de l'évolution stellaire dans les années 1940 ; par la suite, la découverte des particules les plus élémentaires, quarks, leptons et bosons vecteurs, permit d'affiner les connaissances sur la gestation de l'Univers et son évolution.

Connaître l'essentiel sur l'évolution de l'Univers

Le thème du présent ouvrage est l'étude générale de cette évolution de l'Univers si bien détaillée de nos jours. Chaque fragment de son évolution est en effet disséqué dans de très nombreux livres. Par exemple, Stephen Weinberg, prix Nobel de physique en 1979, détaille *Les trois premières minutes de l'univers* dans son remarquable ouvrage [Weil]. Stephen Hawking, bien connu d'un large public, nous parle des *Trous noirs et bébés univers* dans l'un de ses livres [Haw1]. Claude Bertout, directeur de l'Observatoire de Grenoble, nous passionne par sa quête de *Mondes lointains. À la recherche d'autres systèmes solaires* [Ber1]. Et bien d'autres très spécialisés bien que destinés à un large public. Sans compter tous les magnifiques albums de photographies des innombrables astres qui peuplent l'Univers.

Pour « l'honnête homme » du 21^e siècle qui désire avoir une idée générale sur l'Univers et son évolution, notre propos a été de retenir l'essentiel des données touchant à tous les aspects de cette évolution. Ainsi nous verrons les tout débuts de l'Univers, sa gestation et sa naissance, puis son développement aboutissant aux structures dans lesquelles l'humanité perdure et que nous observons de nos jours, enfin son vieillissement, son agonie et sa mort que les astrophysiciens imaginent comme étant les plus probables.

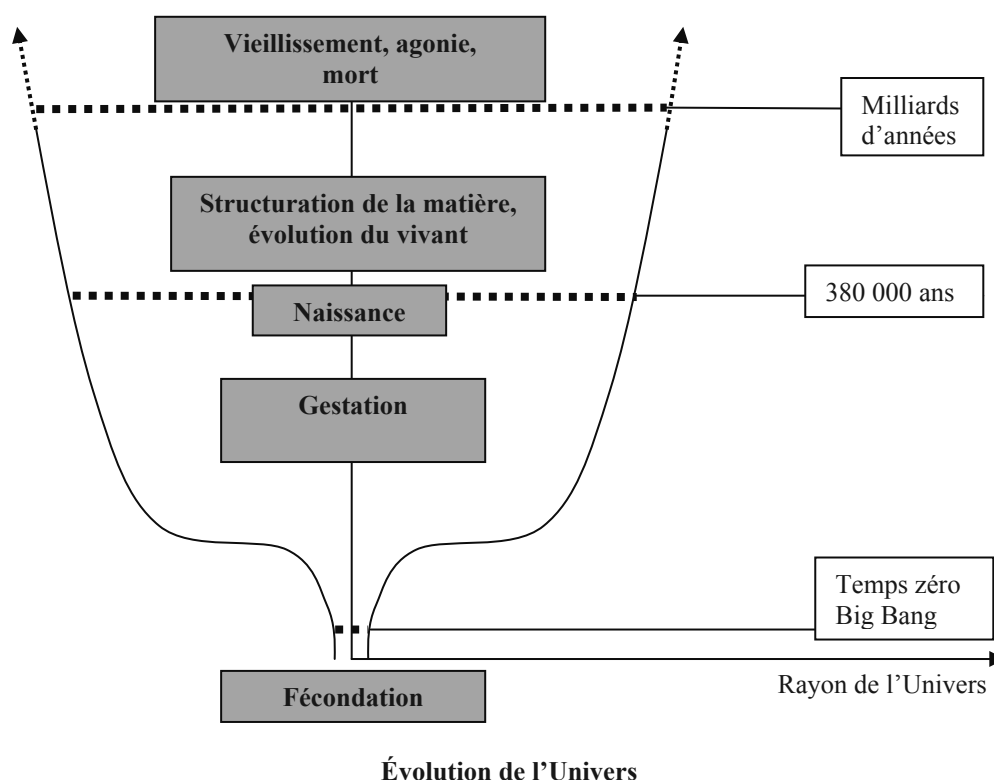
Pour bien comprendre le vocabulaire utilisé par les astrophysiciens, il faut connaître quelques résultats de relativité générale et de physique quantique. Nous avons donc donné quelques éléments permettant la liaison entre ces sciences fondamentales et leurs applications à l'astrophysique et la cosmologie. Pour approfondir simplement les bases de ces théories fondamentales, nous renvoyons le lecteur à nos ouvrages portant sur la Relativité ou la physique quantique.

Analgies anthropomorphiques

Nous avons utilisé des mots comme naissance, vie et mort en parlant de l'Univers. Ce sont des termes qui concernent le vivant, et l'homme en particulier. La comparaison entre l'évolution de l'Univers et celles des êtres vivants est sans doute excessive mais elle permet de se rappeler plus aisément les différents stades du développement de l'Univers.

Il est d'ailleurs fréquent que des termes anthropomorphiques soient détournés de leur sens pour qualifier des objets ou des phénomènes physiques. On parle, par exemple, du charme et de la beauté de certaines particules élémentaires ; de la signature d'un phénomène. Des radiations électromagnétiques émises par les atomes forment des spectres, d'autres sont qualifiées de fantômes.

Suivant cette tradition, nous avons fait de même pour l'Univers. La figure ci-dessous montre les différentes phases de son évolution. Le temps est porté en ordonnées et une dimension spatiale de l'Univers en abscisses. Sa « naissance » est l'époque où, comme le nouveau-né sort de son obscurité fœtale, l'Univers devient « visible » après une gestation d'environ 380 000 ans.



Une longue période de la « vie » de l'Univers va ensuite se dérouler sur des milliards d'années. Son architecture actuelle va se constituer au fil de ces innombrables millénaires permettant l'apparition de la vie. Différents scénarios sont alors scientifiquement imaginables, aboutissant au vieillissement de l'Univers, à son agonie et sa disparition.

Unités de mesure

Les dimensions des structures célestes et les distances entre elles sont tellement gigantesques qu'il faut employer des unités de mesure particulières en astronomie. Tant qu'on parle du système solaire, on peut encore utiliser le kilomètre comme unité, mais au-delà, même pour l'étoile la plus proche, on emploie l'année-lumière.

Une *année-lumière* (AL) est la distance parcourue par la lumière durant une année. La vitesse de la lumière étant de l'ordre de 300 000 kilomètres par seconde, une année-lumière correspond environ à 9 460 530 000 000 mètres, soit 9,46 milliers de milliards de kilomètres. Pour de tels nombres, l'emploi de la notation en puissance de dix est évidemment plus pratique. On a donc :

$$1 \text{ AL} = 9,460 \times 10^{15} \text{ m}$$

L'étoile la plus proche de la Terre, *Proxima Centauri*, se trouve à environ 4 AL ; le diamètre de notre galaxie est de l'ordre de 100 000 AL ; la plus proche des grandes galaxies, celle d'Andromède, se situe à quelques 2,5 millions AL ; le télescope spatial Hubble permet d'observer des céphéides distantes de plus de 60 millions AL. Les plus lointains objets que l'on puisse espérer détecter sont situés à des distances de l'ordre de 10 milliards AL ; au-delà la lumière n'a pas eu le temps de nous parvenir compte tenu de l'âge de l'Univers et de celui de la Terre.

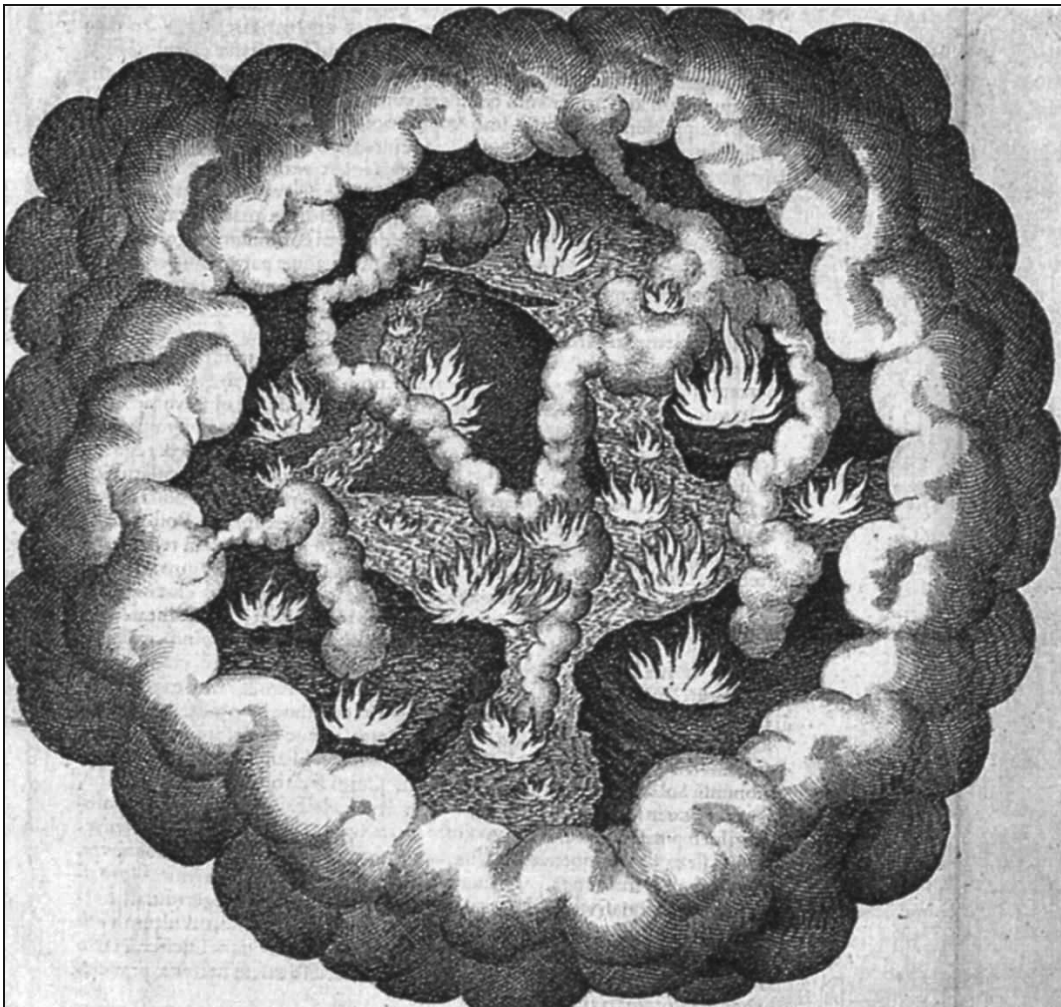
Une *unité astronomique* (UA) est la distance moyenne de la Terre au Soleil : $1 \text{ UA} = 1,496 \times 10^{11} \text{ m}$, soit environ 150 millions de kilomètres. Il ne faut donc qu'environ 8 minutes pour que la lumière du Soleil parvienne à la Terre, et quand même 5 heures et demi pour aller aux confins du système solaire éclairer Pluton.

Le *parsec* (pc) est la distance à laquelle il faut se placer pour voir une unité astronomique sous un angle d'une seconde. On a : $1 \text{ pc} = 3,26 \text{ AL}$. Le *kiloparsec*, noté kpc, est égal à 1 000 parsecs, et le *mégaparsec*, noté Mpc, vaut un million de parsecs.



Première partie

Naissance de l'Univers



Le commencement de la création du Monde

par Robert Fludd dans son ouvrage *Utriusque cosmi* publié en 1617.

Le Chaos élémentaire « est une substance grossière et informe qui enferme dans ses entrailles les éléments (terre, eau, air et feu) à ce point embrouillés qu'ils y mènent entre eux une lutte sauvage ».

La création du Monde selon le texte biblique

École biblique de Jérusalem [Éco1]

« Au commencement, Dieu créa le ciel et la Terre. Or la Terre était vague et vide, les ténèbres couvraient l'abîme, l'esprit de Dieu planait sur les eaux.

Dieu dit : « Que la lumière soit » et la lumière fut. Dieu vit que la lumière était bonne, et Dieu sépara la lumière et les ténèbres. Dieu appela la lumière « jour » et les ténèbres « nuit ». Il y eut un soir et il y eut un matin : premier jour.

Dieu dit : « Qu'il y ait un firmament au milieu des eaux et qu'il sépare les eaux d'avec les eaux » et il en fut ainsi. Dieu fit le firmament, qui sépara les eaux qui sont sous le firmament d'avec les eaux qui sont au-dessus du firmament, et Dieu appela le firmament « ciel ». Il y eut un soir et il y eut un matin : deuxième jour.

Dieu dit : « Que les eaux qui sont sous le ciel s'amassent en une seule masse et qu'apparaisse le continent » et il en fut ainsi. Dieu appela le continent « terre » et la masse des eaux « mers », et Dieu vit que cela était bon.

Dieu dit : « Que la terre verdisse : des herbes portant semence et des arbres fruitiers donnant sur la terre des fruits contenant leur semence » et il en fut ainsi. La terre produisit de la verdure : des herbes portant semence selon leur espèce, des arbres donnant, selon leur espèce, des fruits contenant leur semence, et Dieu vit que cela était bon. Il y eut un soir et il y eut un matin : troisième jour.

Dieu dit : « Qu'il y ait des luminaires au firmament du ciel pour séparer le jour et la nuit ; qu'ils servent de signes, tant pour les fêtes que pour les jours et les années ; qu'ils soient des luminaires au firmament du ciel pour éclairer la terre » et il en fut ainsi. Dieu fit les deux luminaires majeurs : le grand luminaire comme puissance du jour et le petit luminaire comme puissance de la nuit, et les étoiles. Dieu les plaça au firmament du ciel pour éclairer la terre, pour commander au jour et à la nuit, pour séparer la lumière et les ténèbres, et Dieu vit que cela était bon. Il y eut un soir et il y eut un matin : quatrième jour. »

Passons rapidement sur les créations animales. Les cinquième et sixième jours furent l'occasion pour Dieu de créer les animaux, ceux des eaux, du ciel et de la terre. À la fin, il créa l'homme, et par la suite la femme.

« Dieu dit : « Faisons l'homme à notre image, comme notre ressemblance, et qu'il domine sur les poissons de la mer, les oiseaux du ciel, les bestiaux, toutes les bêtes sauvages et toutes les bestioles qui rampent sur la terre. [...] Au septième jour, Dieu chôma, après tout l'ouvrage qu'il avait fait. [...] Telle fut la genèse du ciel et de la terre, quand ils furent créés. »

Un second récit de la genèse donne le détail de la création de la femme.

« [...] Yahvé Dieu dit : « Il n'est pas bon que l'homme soit seul. Il faut que je lui fasse une aide qui lui soit assortie. [...] Alors Yahvé Dieu fit tomber un profond sommeil sur l'homme, qui s'endormit. Puis, de la côte qu'il avait tirée de l'homme, Yahvé Dieu façonna une femme et l'amena à l'homme. »

Chapitre 1

Quelques anciennes cosmogonies

Qu'il s'agisse d'une description mythique de la naissance de l'Univers grâce à un quelconque dieu ou de la théorie scientifique du Big Bang, cette naissance est décrite souvent de nos jours comme une création. Celle-ci aurait alors eu lieu à un instant qui déterminerait « l'origine » du temps. Selon cette théorie, le temps n'existerait pas avant cette fameuse création. L'idée de création s'oppose donc, au moins selon certaines visions, à celle d'un Univers, ou d'un plus vaste Cosmos, existant de toute éternité.

D'autres mythologies, ainsi que d'autres hypothèses scientifiques, imaginent plutôt l'origine de l'Univers non pas comme un acte de création mais un acte d'organisation du chaos en un ordre universel. L'existence de quelque chose d'éternel est donc plus ou moins explicitement présumée. L'Univers est alors issu de cet existant sous forme organisée. Le temps n'a pas de commencement.

À vrai dire, les hypothèses d'une origine du temps autant que de l'éternité de celui-ci, sont des concepts obscurs. La cosmologie impose donc de nouvelles réflexions sur le temps, dépassant le cadre du présent livre, que nous avons déjà abordées dans nos ouvrages sur la théorie de la Relativité [H1a1, 2, 3].

Nous allons voir que les anciennes cosmogonies décrivent l'une ou l'autre de ces versions : création *ex nihilo*, avec ou sans commencement du temps, ou éternité. Dans ces cosmogonies, les dieux jouent un rôle de premier plan.

Les origines du Monde au temps de l'Égypte antique

Si les dieux de l'Égypte ancienne sont traditionnellement connus, les mythes qui incarnaient la conception égyptienne du Monde sont très peu décrits. Leurs récits furent cependant consignés près de 2000 ans avant J.-C. et il existe des

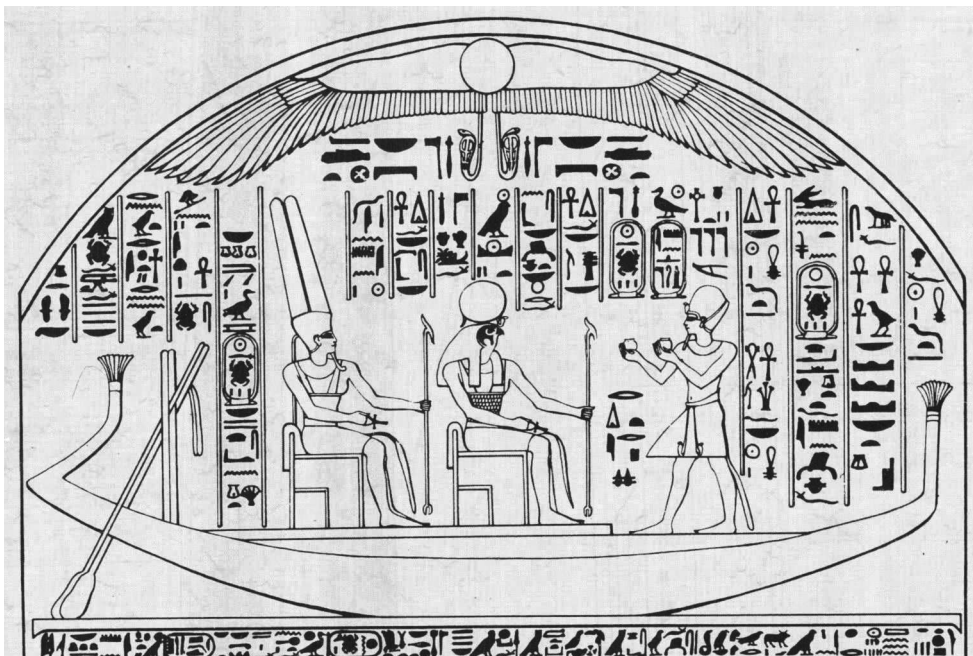
représentations picturales beaucoup plus anciennes. Il est vrai que les mythes étaient moins importants que le culte des dieux, rôle primordial réservé aux rois et aux prêtres.

L'Univers sort d'un chaos primordial liquide

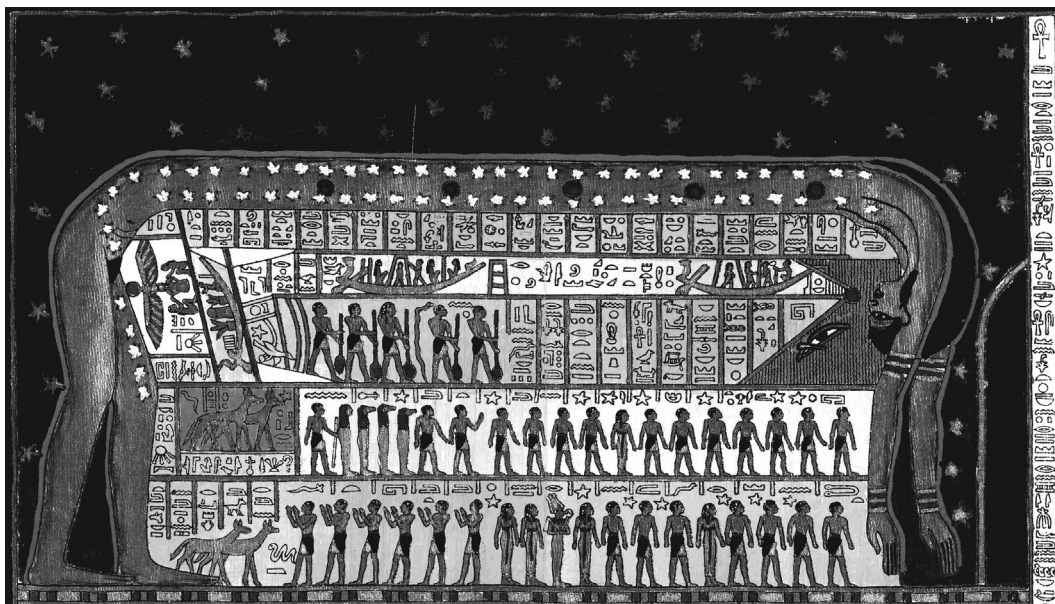
Bien que diverses traditions de la religion égyptienne conduisent à l'existence de nombreux dieux locaux, toutes les cosmogonies des différentes régions de l'Égypte ancienne partagent la croyance en un chaos primordial liquide. L'univers va sortir de ce chaos, organisé par l'intervention d'un démiurge et selon des modalités propres à chaque système local.

Avant la naissance des dieux, il n'existait, selon les plus anciennes traditions, qu'une étendue d'eau inerte, sorte d'océan primitif, appelé le *Noun*. Celui-ci contenait les formes potentielles de toute la création. Les énergies chaotiques présentes dans le Noun pouvaient être symbolisées, selon certaines théologies, par différents dieux.

À Hermopolis, les prêtres représentèrent les forces du chaos par quatre couples de divinités symbolisant chacun un aspect de l'état primordial. Noun et Naunet étaient le dieu et la déesse des Eaux primordiales ; Kek et Keket étaient les divinités des ténèbres ; Amon et Amaunet incarnaient l'indéfinissable ; Heh et Hehet symbolisaient l'espace sans fin. Selon cette tradition, les huit dieux créèrent un œuf cosmique qu'ils déposèrent sur un tertre qui émergea de Noun. Amon, sous la forme d'un serpent, fertilisa l'œuf cosmique façonné par les autres dieux. De cet œuf sortit le dieu Soleil, Rê-Horakhty, qui créa à son tour le Monde actuel. Au deuxième millénaire avant J.-C., le dieu Amon prit le nom de Amon-Rê.



Le roi Amenophis II fait des offrandes aux dieux solaires Rê-Horakhty, représenté avec une tête de faucon, et Amon-Rê, dieu présent dans les eaux primordiales.



Représentation de la déesse du Ciel, *Nout* (peinture égyptienne récente sur papyrus)

La déesse *Nout* est représentée comme une femme nue arquée au-dessus de la terre

Chaque soir, la déesse Nout avale le Soleil

Selon la tradition d'Héliopolis, le dieu Soleil, Rê, engendra, à partir de sa semence, le dieu de l'Air, Chou, et la déesse de l'Humidité, Tefnout. Les êtres humains furent formés par les larmes que versa Rê lorsqu'il retrouva ses enfants, Chou et Tefnout, égarés dans les Eaux primordiales.

De l'union sexuelle de Chou et Tefnout naquirent Geb, le dieu de la Terre, et Nout, la déesse du Ciel. Les Eaux primordiales entouraient toujours l'Univers. Chou souleva la déesse Nout au-dessus de la Terre, créant ainsi un espace où les créatures pouvaient vivre et respirer. La déesse du Ciel est souvent représentée comme une femme nue, arquée au-dessus de la Terre et constellée d'étoiles.

Chaque jour, le dieu Soleil parcourait le ciel et chaque nuit, il était avalé par Nout et entrait dans le Monde souterrain. À l'aube, le dieu Soleil renaissait de la déesse du Ciel.

Dans la mythologie de l'Égypte ancienne, il n'y a pas de représentation du Monde sous forme d'une structure telle qu'elle commença à être imaginée par les Grecs à partir du 6^e siècle avant J.-C. Pour les Anciens, les phénomènes astronomiques sont attribués à la toute puissance des divinités, et souvent celles-ci s'identifient aux objets célestes eux-mêmes. On ne trouve nulle conception d'une certaine structure rationnelle du Monde.

L'œuf cosmique est à la source de nombreuses cosmogonies

De nombreuses cosmogonies, contemporaines de celle de l'Égypte ancienne, décrivent la source de l'Univers sous forme d'un œuf, une sorte de réservoir illimité de potentialités.

Ainsi, par exemple, dans l'Inde ancienne, des hymnes védiques font allusion à l'Œuf d'Or Cosmique flottant sur les eaux du chaos originel, et d'où naîtra la

divinité première en tant que créatrice ou ordonnatrice du Monde. C'est une analogie avec la gestation que l'on trouve dans plusieurs mythes védiques.

Cette analogie se retrouve également dans la cosmogonie de la Chine ancienne qui décrit la création du Monde par un dieu originel nommé Pan Gu. Ce dieu serait né de la rencontre de deux principes, le yin et le yang, les deux forces vitales de l'Univers. Plongé dans les ténèbres d'un énorme œuf primordial, le dieu Pan Gu se développa pendant 18 000 années. Enfin, l'œuf s'ouvrit et son contenu forma l'Univers. Ses éléments transparents et légers se mirent à flotter et formèrent le Ciel, et ses parties lourdes et opaques s'enfoncèrent pour former la Terre. Afin d'empêcher le Ciel et la Terre de se mélanger à nouveau, ainsi qu'ils l'étaient dans l'œuf cosmique, Pan Gu se mit à grandir entre eux afin de les maintenir écartés. Ainsi séparés, le Ciel et la Terre se solidifièrent peu à peu durant 18 000 ans et Pan Gu put enfin se reposer. Épuisé, il mourut et les diverses parties de son corps donnèrent naissance à tous les éléments que l'on trouve sur Terre et dans les cieux. Son œil gauche forma le Soleil et le droit, la Lune ; ses moustaches, les étoiles du ciel.

L'idée qu'un œuf cosmique soit à l'origine de l'Univers est très répandue dans les cosmogonies africaines. Chez les Dogons, la création commença par un œuf qui était la semence de l'Univers. Il éclata à la suite de vibrations internes et libéra ainsi un démiurge créateur. De nombreuses cosmogonies africaines n'ont accordé que peu d'intérêt à la création du cosmos, privilégiant l'apparition de l'homme dans un monde déjà créé.

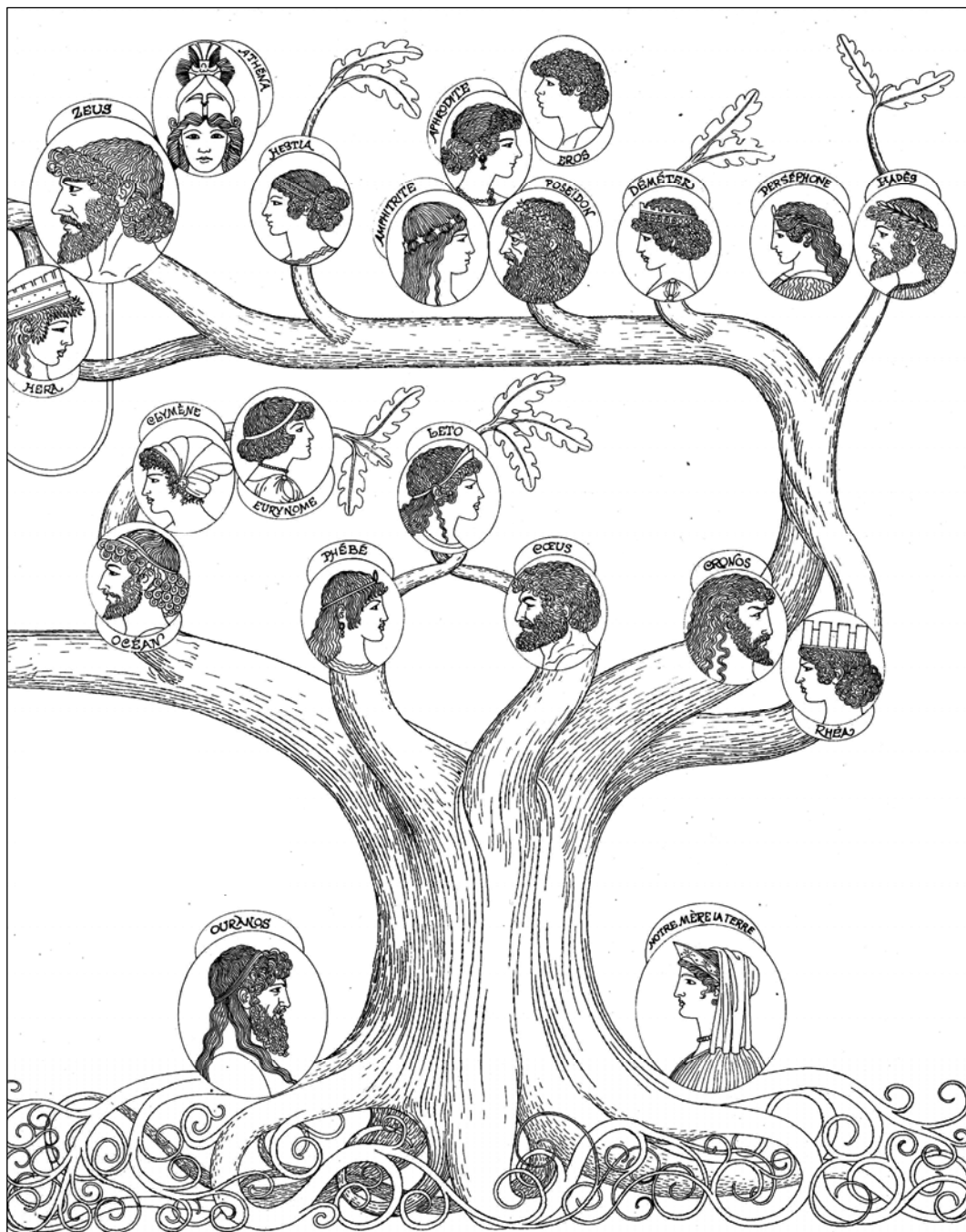
Cosmogonie et théogonie de la Grèce antique

Au temps de Moïse, soit treize siècles avant J.-C., la cosmogonie des Grecs était déjà peuplée de nombreux dieux. Ce n'est cependant qu'au cours du 8^e siècle avant J.-C. qu'un texte fondamental vient témoigner de la pensée mythique des Grecs et de ses orientations dans le domaine cosmogonique. Il s'agit de la *Théogonie*, ou naissance des Dieux, écrite par Hésiode [Hes1].

La Théogonie d'Hésiode

La naissance des dieux grecs est décrite sous forme d'un très long poème dont la traduction en français ne peut évidemment redonner toute la beauté d'origine. Nous reprenons la traduction [Hes1] en indiquant à côté du nom grec, une approximation française ainsi que le fait la traductrice. La cosmogonie grecque débute ainsi :

En vérité, aux tout premiers temps, naquit Chaos (l'Abîme-Béant) et ensuite Gaia (la Terre) aux larges flancs — universel séjour à jamais stable des immortels maîtres des cimes de l'Olympe neigeux — les étendues brumeuses du Tartare, au fin fond du sol aux larges routes, et Éros, celui qui est le plus beau d'entre les dieux immortels (il est l'Amour qui rompt les membres).



Arbre généalogique d'une partie de la descendance du couple Gaia-Ouranos

Les descendants de Cronos et Rhéa sont les *Olympiens*, dieux de l'Olympe.

Une triade, Chaos, Gaia et Éros, va être à l'origine de tout le processus d'organisation cosmogonique. Gaia et Chaos vont engendrer séparément leurs propres enfants.

De Chaos, ce furent Érèbe [l'Obscur] et Nyx [la Nuit Noire] qui naquirent et, de Nyx, à leur tour, Éther et Héméré [Clair-Éclat et Journée], qu'elle enfanta, devenue grosse de son union de bonne entente avec Érèbe. Quant à Gaia, en premier lieu, elle fit naître, égal à elle-même,

*(il fallait qu'il pût la cacher, l'envelopper entièrement) Ouranos [le Ciel]
afin qu'il fût, pour les dieux bienheureux, séjour à jamais stable ;*

Gaia enfante ensuite, à partir d'elle-même, son double et son contraire liquide, *Pontos* [Flot Marin] dont les eaux sont tantôt d'une clarté limpide, tantôt obscurcies par de chaotiques tempêtes. Ainsi s'achève la première phase de la cosmogonie. Les entités qui sont devenues des démiurges se présentent comme des éléments fondamentaux de la nature. Le théâtre du monde est maintenant dressé pour l'entrée en scène de démiurges de nature différente. Gaia ne va plus les enfanter d'elle-même mais en s'unissant à un partenaire masculin.

Les dieux de l'Olympe

Plusieurs générations d'êtres mythiques vont voir le jour : dieux, titans, cyclopes, nymphes, demi-dieux, etc. Gaia et Ouranos vont avoir une nombreuse descendance. Les plus connus sont ceux des dernières générations. Ce sont les dieux de l'Olympe où le roi des dieux, Zeus, régnait en maître.

Gaia et Ouranos engendrèrent, entre autres, Cronos (*le Temps*) et Rhéa. De l'union de Cronos et Rhéa naquirent les dieux de l'Olympe : Poséidon, dieu de la mer ; Hadès, maître des Enfers ; Héra, déesse protectrice du mariage ; Déméter, déesse de l'agriculture ; etc.

Les Grecs croyaient que leur vie et leur destinée étaient régies par les dieux de l'Olympe, les *Olympiens*, ainsi que par d'autres divinités secondaires. C'était aux Olympiens qu'étaient rendus les cultes les plus populaires. Les rites religieux se déroulaient dans des sanctuaires consacrés à une divinité dont la statue était abritée par un temple. Les prêtres procédaient sur un autel au sacrifice d'un animal, en plein air devant le temple, sous les regards des fidèles. La viande était rôtie, puis les spectateurs dégustaient l'animal sacrifié.

L'éducation et la vie intellectuelle étaient fondées sur la mythologie. Les mythes racontés par Hésiode et Homère étaient au cœur de l'enseignement. Ce fut à partir du 5^e siècle avant J.-C. que les mythes commencèrent à devenir un sujet de discussion et de doute pour les philosophes.

Les philosophes grecs s'éloignent des dieux

La cosmogonie grecque va devenir plus subtile lorsque les philosophes commenceront à douter de l'existence des dieux. Certes, ils ne s'aventurèrent pas trop à critiquer ouvertement le système religieux en place qui était tout puissant. Socrate l'apprit à ses dépens puisqu'il fut condamné pour impiété et corruption de la jeunesse à boire la mortelle ciguë. Les premières tentatives pour élaborer des cosmogonies dégagées de l'emprise des dieux commencèrent vers le 6^e siècle avant J.-C. En même temps, les astronomes tentèrent d'élaborer des modèles de l'Univers qui, pour eux, se réduisait toujours au système solaire entouré des étoiles.

Anaximandre (vers –610, –546)

L'un des premiers savants grecs qui fut à la fois géographe, astronome et philosophe. On lui attribue les premières cartes géographiques ainsi que l'estimation de l'inclinaison de l'écliptique sur l'équateur.

Anaximandre conçoit une première architecture du « Tout ». Il place la Terre, vue comme un disque épais isolé dans l'espace, au centre du Monde. Trois anneaux, inclinés les uns par rapport aux autres, tournent autour de la Terre. Le plus proche est la Voie Lactée dans lequel des trous brillants — les étoiles — laissent voir le feu interne. Ensuite vient l'anneau de la Lune, puis celui du Soleil, dans chacun desquels un trou permet de voir le feu intérieur. Les astronomes commencent ainsi à se poser des questions sur une hypothétique structure des objets observés.

La cosmogonie d'Anaximandre est basée sur l'idée de l'existence d'une substance éternelle sans commencement ni fin. Cette matière homogène au « commencement » de l'Univers est appelée « apeiron » (απειρον), terme que l'on a traduit par l'« indéfini ». Dans ce mot se trouvent simultanément l'idée de l'infini et celle de commencement, comme si l'Univers était à la fois intemporel et temporel. Ainsi que le souligne à ce propos Jean-Claude Pecker dans son ouvrage, *L'Univers exploré, peu à peu expliqué* [Pec1] : « Cette idée est à vrai dire bien confuse, et les commentateurs, encore une fois, se contredisent ».

L'idée de l'infini, spatial ou temporel, est déjà en elle-même une notion qui, physiquement, n'est pas claire. C'est l'infini du temps qu'Anaximandre admettra, au cours duquel des Mondes successifs naissent et disparaissent :

L'indéfini renferme toute cause de production et de destruction dans l'Univers ; les ciels s'en sont dégagés, ainsi qu'en général tous les mondes en nombre indéfini.

Curieusement, cette vision cyclique de l'évolution du Monde, comme une succession à l'infini de Mondes, ressemble à la conception bouddhique qui imagine des univers en nombre infini naissant et mourant dans une durée sans commencement ni fin. Elle rejoint également l'une des solutions possibles des équations de la relativité générale conduisant à un univers qui, après sa naissance lors du Big Bang, poursuit une période d'expansion puis se rétracte pour finalement disparaître après un Big Crush, le cycle pouvant se répéter indéfiniment.

Les mesures astronomiques ainsi que les discussions philosophiques permirent d'affiner peu à peu le modèle cosmologique de l'Univers. Le principe d'harmonie universelle, cher à Pythagore, conduisit Parménide (–540, –450) à supposer que la Terre est sphérique, car la sphère est « le plus parfait des volumes », et que tous les astres sont des corps sphériques en mouvement. Les étoiles sont portées par une sphère centrée sur la Terre.

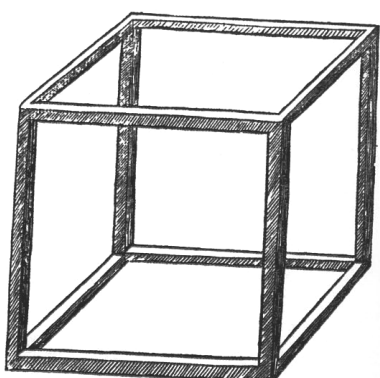
Anaxagore (–499, –428) eut l'intuition que les planètes et la Lune étaient des corps solides analogues à la Terre, parcourant l'espace autour de cette dernière. Il en déduisit la première explication exacte des éclipses de Lune, par immersion dans l'ombre de la Terre.

Platon (–428, –348)

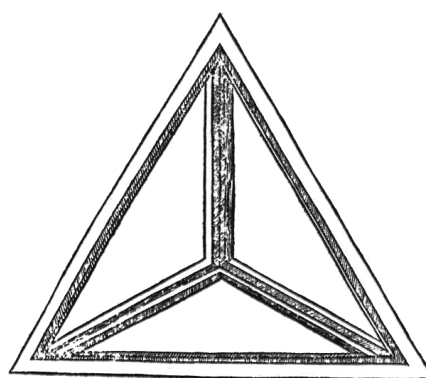
Platon connaît bien l'astronomie mais il est plus intéressé par la philosophie. En ce qui concerne sa conception cosmologique de l'Univers, il reprend les idées des astronomes précédents. Pour lui, la Terre est sphérique, située au centre de l'Univers. Le Soleil, les planètes et les étoiles sont sur des sphères idéales qui tournent autour de la Terre.

Pourquoi le Monde tel que nous le connaissons existe-t-il ? Parce qu'il a été créé. Un démiurge est donc nécessaire mais celui-ci va seulement organiser des éléments préexistants et non pas le créer *ex nihilo*. Le Monde créé est lui-même une entité vivante douée d'une intelligence et d'une âme. Il est unique puisqu'il est « construit à l'imitation du modèle ».

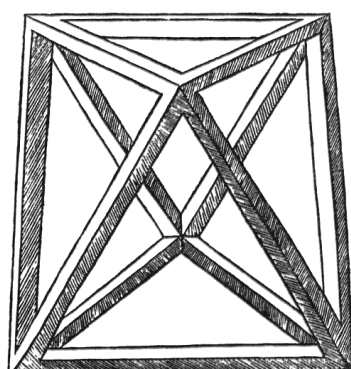
Comment le Démiurge s'y est-il pris pour créer le Monde ? Sa création fait appel à quatre éléments fondamentaux : l'air, l'eau, la terre et le feu. Inspiré par les harmonies pythagoriciennes, Platon invoque des relations entre les éléments puis associe à chacun une figure géométrique. Pour lui, l'air est à l'eau ce que le feu est à l'air ; l'eau est à la terre ce que l'air est à l'eau. Par conséquent, il existe des relations symboliques entre les quatre éléments qui évoluent constamment l'un en l'autre. L'eau se transforme en solide, en glace ou en pierre, ou se vaporise dans l'air, devenant de l'air. La combustion d'un solide produit du feu ; le feu



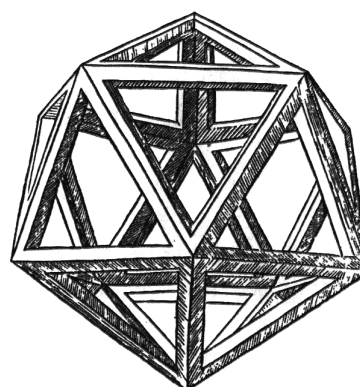
cube



tétraèdre



octaèdre



icosaèdre

Les polyèdres réguliers liés aux quatre premiers éléments de Platon