

Dossier : Comment a t-on déterminé l'âge de la Terre et de l'univers?

Votre mission-travail à réaliser :

À l'aide des documents fournis, et éventuellement de vos recherches, **réaliser** une affiche qui réponde aux questions, en présentant l'histoire et les arguments qui ont émergés au cours du temps. Il s'agit d'un travail de *synthèse*, il ne faut retenir que le plus important (et le plus intéressant). Il faut aussi rédiger une ou deux phrases de bilan qui sera le cours.

Document 1. Avant l'âge de l'univers, celui de la Terre.

Dès le 18ème siècle, **les astronomes se questionnent sur l'âge des différents objets de l'univers**, comme la Terre, les comètes ou les étoiles perçues dans le ciel. Quelques temps après, cette question va se poser à propos de l'univers lui-même.

I. L'âge biblique de la Terre : une datation non scientifique

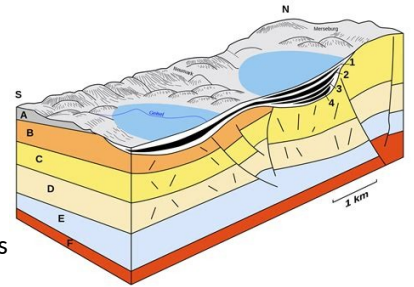
- **Pour le Grec Aristote, la Terre est éternelle et a toujours existé : la question de l'âge de la Terre ne se pose donc pas.** Cette conception aristotélicienne est globalement admise jusqu'à la fin du Moyen Âge. Mais, en Occident, les religions monothéistes introduisent l'idée de Création du monde et donc la notion d'un début de l'histoire de la Terre. Il devient possible de concevoir que la Terre a un âge, correspondant à celui de la Création. La Bible, en présentant une chronologie détaillée des premières générations, permet de proposer un âge pour la Terre, en la complétant par des repères historiques ultérieurs. Ainsi, à partir du 17ème siècle, des savants comme Gérard Mercator (1512-1594), Johannes Kepler (1571-1630) ou encore Isaac Newton (1642-1727), calculent l'âge de la Terre en se fondant sur la Bible. Le résultat est un âge généralement proche de 4 000 ans à partir de la naissance du Christ (âge minimum : 3 483 ans ; âge maximum : 6 984 ans). En dépit des calculs effectués, **la démarche réalisée ici n'est pas une démarche scientifique car elle s'appuie sur les données issues d'un livre, la Bible, considérée comme source de vérité d'origine divine. Mais, à l'époque, cette démarche est acceptée par l'ensemble des savants.**



II. L'âge de la Terre : une question controversée

1. Les méthodes géologiques

- **À partir du 17ème siècle, la géologie (étude de la Terre) se développe en Occident** avec l'étude des formations sédimentaires. L'étude de la superposition des terrains sédimentaires, appelée « stratigraphie », permet d'ordonner dans le temps les événements géologiques les uns par rapport aux autres : il s'agit de la **datation relative**. Mais **l'estimation des durées et la datation précise des événements, appelée « datation absolue », est très délicate voire impossible** par stratigraphie. Il faut en effet estimer la vitesse des phénomènes géologiques (sédimentation, érosion) sur un court intervalle de temps, puis extrapoler les résultats sur des terrains géologiques étendus. Par cette méthode, plusieurs scientifiques du 18ème siècle, comme Benoît de Maillet (1656-1738) ou encore George-Louis Leclerc (1707-1788), comte de Buffon, estiment que la durée de certains phénomènes géologiques est très longue, de l'ordre de **plusieurs millions voire de quelques milliards d'années**. Mais de Maillet et Buffon ne publient pas leurs résultats de leur vivant, car leurs estimations remettent en cause la datation biblique communément admise.



2. Les méthodes physiques

- Vers 1755, Buffon **propose l'hypothèse qu'à l'origine, la Terre était une planète en fusion, qui s'est refroidie jusqu'à sa température actuelle**. Il réalise des expériences de refroidissement de sphères en faisant varier les rayons et les matériaux les composant. Puis, il extrapole les résultats obtenus à une sphère dont le rayon est égal au rayon terrestre (6 400 km). **Il conclut que la durée de refroidissement de la Terre est de 74 047 ans**. Les travaux de Buffon constituent une première confrontation entre la modélisation théorique et les résultats expérimentaux. Cependant, à cette époque, la **compréhension des modalités de dissipation de chaleur était trop peu avancée pour permettre d'aboutir à un résultat correct**.
- Plus tard en 1807, le mathématicien et physicien français **Jean-Baptiste Fourier** (1768-1830) modélise mathématiquement la conduction de chaleur. **Lord Kelvin**, applique cette connaissance pour décrire le refroidissement de la Terre selon le modèle de Buffon. Kelvin estime que **l'âge de la Terre** est compris entre 20 et 400 millions d'années. Puis, Kelvin complète son estimation par des études sur l'âge du Soleil et la croûte terrestre et conclut que l'âge de la Terre doit être compris entre **20 et 40 millions d'années**.

3. Géologues et naturalistes versus physiciens : controverse sur l'âge de la Terre

- Ainsi, vers 1850, l'estimation de Kelvin est acceptée par l'ensemble de la communauté scientifique de par la renommée de son auteur et par sa base scientifique qui semblait rigoureuse. Mais **la faible valeur de l'âge de la Terre n'était pas en accord avec les longues durées des phénomènes géologiques** que présentaient les géologues sans pourtant pouvoir les démontrer rigoureusement. Il en est de même pour le naturaliste anglais Charles Darwin (1809-1882), auteur de L'Origine des espèces. Selon Darwin, l'évolution des espèces nécessite l'accumulation de petites variations des êtres vivants sur de très longues périodes. Cette conception de

l'évolution est incompatible avec l'estimation de l'âge de la Terre de Kelvin. La découverte de la radioactivité et son application à la datation de la Terre mirent fin au début du 20ème siècle à cette controverse en donnant raison aux géologues et aux naturalistes.

III. La radioactivité : une estimation précise de l'âge de la Terre

- À partir de la fin du 19^{ème} siècle, **la radioactivité est découverte** lors de travaux de plusieurs scientifiques en Europe. Un matériau radioactif le devient de moins en moins avec le temps, **ce qui permet de déduire le temps qui s'est écoulé** si on connaît la radioactivité initiale.
- À partir du début du 20^{ème} siècle, il devient possible d'utiliser la radioactivité pour dater des échantillons terrestres. Le physicien anglais Ernest Rutherford (1871-1937) est le premier à dater la formation d'une roche terrestre : il obtient un âge de 140 millions d'années pour une roche riche en uranium. Des datations ultérieures d'autres roches terrestres confirment que la datation de Kelvin sous-estimait l'âge de la Terre. **Mais il reste à fournir une estimation précise de l'âge de la planète.** Une des principales difficultés est de disposer d'échantillons permettant cette datation. En 1953, le physicien américain Clair Patterson (1922-1995) a l'idée d'utiliser des météorites datant de la formation de la Terre. Grâce aux progrès techniques **Patterson estime l'âge de la Terre à 4,55 milliards d'années.** La rigueur et la précision de son estimation font qu'elle est rapidement admise par l'ensemble de la communauté scientifique.

Document 2. Un peu d'histoire...

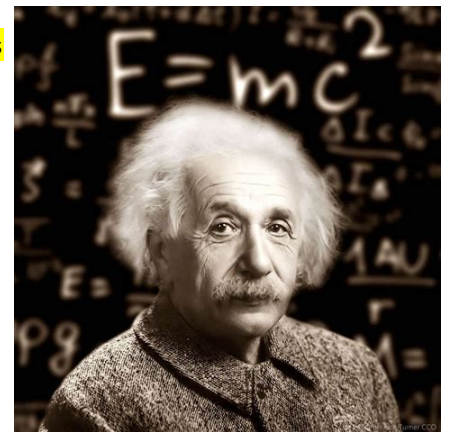
Le Big Bang (« Grand Boum ») est le modèle utilisé par les scientifiques pour décrire l'origine et l'évolution de l'Univers.

L'âge de l'univers est défini comme la durée écoulée depuis le **Big Bang**.

Au cours du 19^{ème} siècle, ainsi que dans la première dizaine d'années du 20^{ème} siècle, **les scientifiques adhèrent au modèle d'univers stationnaire et éternel, c'est-à-dire un univers immuable, sans aucune variation notable, donc sans âge.**

Il faut attendre le développement d'un nouveau concept : La thermodynamique, pour que les physiciens commencent à admettre la possibilité que l'univers n'a pas toujours été là.

En 1917, **après avoir publié ses travaux sur la relativité générale en 1915, Albert Einstein modifie ses équations pour essayer de rester cohérent avec un modèle d'univers stationnaire.** Mais, en 1922 puis en 1927, **les travaux des cosmologues Alexander Friedmann et Georges Lemaître, basés sur les équations d'Einstein, donneront tort au père de la relativité, en rejetant l'hypothèse stationnaire et en démontrant que l'univers est nécessairement en contraction ou en expansion.** Arthur Eddington donnera le coup de grâce en montrant explicitement qu'un univers stationnaire est **instable**.



Document 3. Les premiers indices.

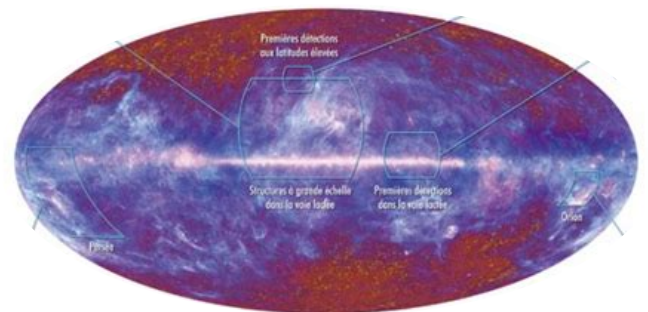
Les premiers indices de l'âge de l'univers proviennent des observations des astronomes Vesto Slipher et Edwin Hubble (1929), **mettant en évidence** l'éloignement des galaxies et donc **le phénomène d'expansion de l'univers.** Pour établir la première estimation de l'âge de l'univers, Hubble a considéré que tous les objets avaient commencé à s'éloigner du même point, et a ainsi pu calculer une première valeur.

L'astronome américain Allan Sandage donne en 1958 la première valeur relativement précise **du taux d'expansion de l'univers.** Cette valeur lui permet de calculer **un âge de l'univers égal à 13 milliards d'années.** Toutefois, à cette époque, les modèles stellaires considéraient que l'âge des plus vieilles étoiles peut atteindre 25 milliards d'années, Sandage remet alors en cause ses calculs.

Document 4. Le fond diffus cosmologique.

Le fond diffus cosmologique est le nom donné à la lumière la plus lointaine qui est observée dans toutes les directions du ciel. La lumière mettant un certain temps à nous parvenir, cette lumière date donc des débuts de notre univers, peu de temps après le big bang.

En 1965, les physiciens A. Penzias, R. Wilson, R. Dicke, J. Peebles et D. Wilkinson, publient leurs travaux sur le fond diffus cosmologique, mettant fin aux rares doutes qui subsistaient encore concernant l'expansion de l'univers et confirmant définitivement les résultats de Sandage



Document 5. Les méthodes récentes.

De nombreuses expériences et missions d'observation ont contribué à fournir des données permettant aux scientifiques d'établir avec précision l'âge de l'univers.

En analysant la lumière du fond diffus cosmologique et en déterminant l'âge des plus vieilles étoiles de l'univers, etc. Ces données donnent aujourd'hui **un âge de 13.8 milliards d'années.**