Comment a été déterminé l’âge de notre bonne vieille Terre ?

écrit par Professeur Tetenlair | 24 mai 2023

Un immense merci, un immense bravo au Professeur Tête-en-l'Air pour ce fabuleux article qui va passionner et réconcilier les littéraires et les scientifiques. Magnifique condensé de l'histoire des sciences et de celle de l'humanité, qui permettra à chacun de rebondir et d'approfondir telle ou telle partie de la démonstration.

Encore une fois mille mercis à toi cher Professeur pour RR et tous nos lecteurs.

Christine Tasin

Il est bon de temps en temps de revenir aux fondamentaux, à savoir quel est l'âge du sol que nous foulons tous les jours. En effet, cette Terre si magnifique et si variée devant laquelle nous ne cessons d'être en admiration n'a pas toujours existé.

À propos de notre Terre, votre serviteur le Professeur Têtenlair a réalisé un article sur Résistance républicaine concernant la Terre, intitulé : « *Et si on parlait de la Terre ?* », article en 3 parties.

Pour te rendre sur la première partie, clique ici.

Pour te rendre sur la deuxième partie, clique ici.

Pour te rendre sur la troisième partie, clique ici.

Le présent article n'a pas pour objectif d'indiquer l'âge de notre bonne vieille Terre, mais de décrire très succinctement l'Histoire des hommes, des courants de pensée, des religions, de la science qui ont tous essayé de dater le début de notre planète.

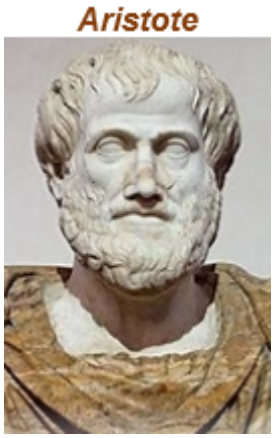
En ce sens, il est d'une lecture qui pourrait peut-être en décourager certains.

Que la Terre et même l'Univers aient un âge est de nos jours, selon les scientifiques, une évidence. Le fait que ces âges se comptent par milliards d'années est lui-même couramment connu : Terre a 4,5 milliards d'années et sans doute environ trois fois plus pour l'Univers, comme cela a été établi par les astrophysiciens.

Quand la philosophie fait de la science

Depuis toujours, l'Homme a voulu connaître depuis quand existait le sol qu'il arpente du matin au soir. Vers le Vème siècle avant notre ère, les premiers philosophes grecs avaient l'idée que le monde – Terre incluse – n'avait pas été créé ex

nihilo[1]. Du début de notre ère jusqu'au XVIIIème siècle, période théologique s'inspirant du récit biblique de la Genèse, la Terre n'existait que depuis quelques milliers d'années seulement.



Du début du XVIIIème siècle à la fin du XIXème, cette période naturaliste mit en cause ces très courtes échelles de temps, en n'ayant toutefois pu établir de chronologies que relatives. A la fin du XVIIIème siècle, période physique, l'âge de la Terre passa alors de dizaines de milliers à des centaines de millions d'années avec la physique classique, et enfin à des milliards d'années au début du XXème siècle, quand la physique nucléaire vit le jour.

Il y eut (tu t'en doutes bien, ami passionné) que de nombreuses théories et avis ont jailli dans le passé sur l'âge et la place dans l'Univers de la Terre. **Mais, sur le long terme, les idées qui exercèrent l'influence la plus longue et la plus forte furent cependant celles d'Aristote**.

Ci-dessous, en *italique bleue*, la pensée d'Aristote, pas évidente (!) mais que tu peux passer cela n'affectera pas la compréhension de la suite.

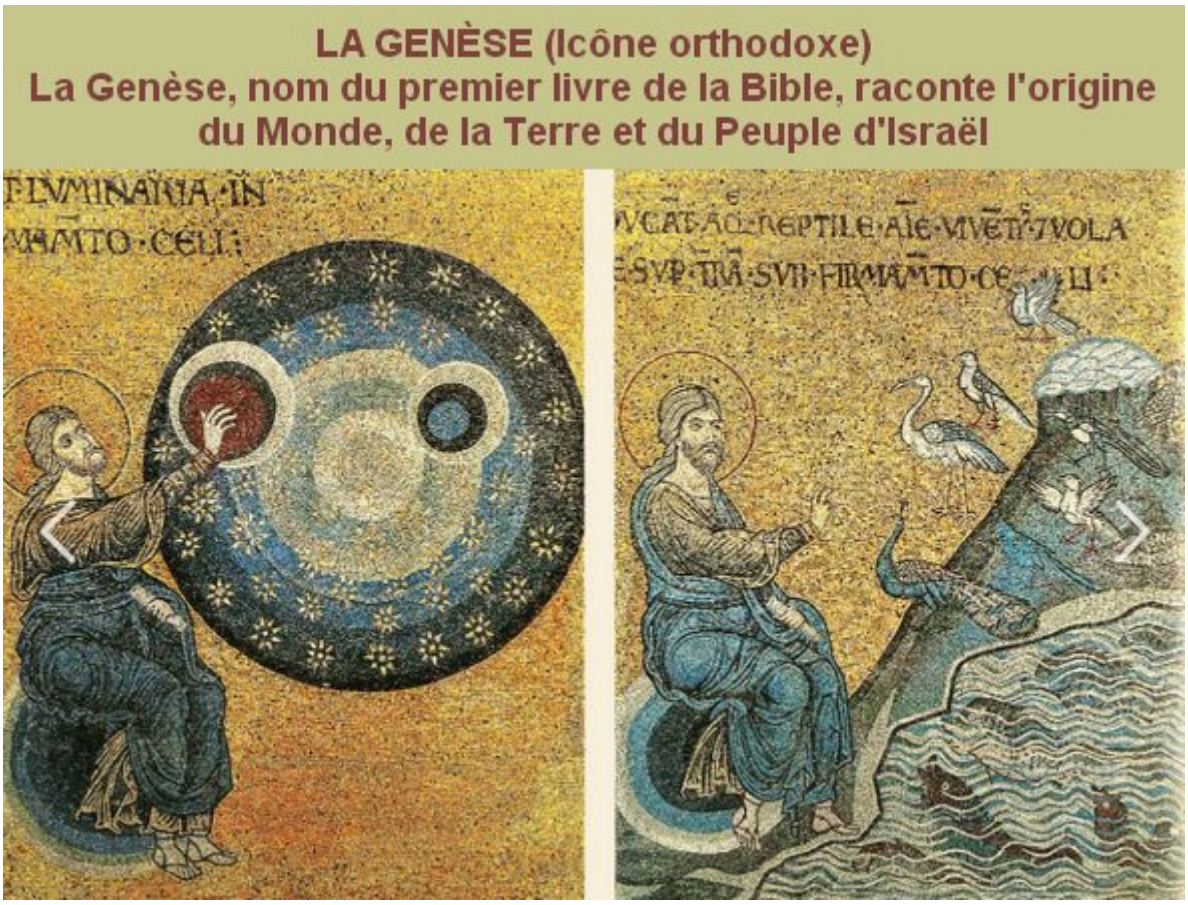
En décrivant un petit univers centré sur la Terre et borné par la sphère des étoiles fixes, ce dernier s'attacha à démontrer aussi bien philosophiquement que physiquement pourquoi le monde était nécessairement éternel. Si on supposait, par exemple, que le temps avait connu un début, on devait alors admettre une absence de temps auparavant, ce qui était absurde puisque la notion d'« auparavant » présupposait l'existence du temps. De même, un mouvement ne pouvait pas se produire spontanément : soit il existait de toute éternité, soit il résultait de l'action d'un autre mouvement qui était lui-même soit éternel, soit le produit d'encore un autre mouvement, et ainsi de suite. Quant à l'existence d'un monde céleste de

toute évidence immuable, elle témoignait aussi de l'éternité du temps puisque l'incorruptibilité était par définition absolue. Dans son traité Du Ciel, Aristote conclut ainsi que « le ciel tout entier n'a pas été engendré et ne peut donc plus périr, comme certains le disent de lui, mais qu'il est un et éternel, n'ayant ni commencement ni fin à sa durée tout entière, et qu'il tient et contient en lui-même le temps infini, voilà ce dont on peut être convaincu ».

La chronologie de l'évolution de la Terre devient une préoccupation chrétienne. Accepté au Moyen Âge aussi bien à Byzance que dans le monde musulman et en Occident, le petit univers d'Aristote centré sur la Terre ne fut pas remis en cause pendant près de deux millénaires. Ce ne fut pas le cas de l'éternité du monde qui fut en revanche vite contestée par les chrétiens parce qu'elle contredisait clairement le tableau biblique de la Création de la Genèse. Pour les tout premiers chrétiens, la création du monde était secondaire étant reléguée à l'arrière-plan par l'Incarnation et la Passion du Christ.

Ce fut au milieu du IIème siècle que la question du type de création prit une grande importance dans le cadre de polémiques avec les sectes gnostiques[2]. Celles-ci avaient en effet soulevé un sérieux problème théologique : **si toute chose avait une origine divine, comment le Dieu bon des Écritures aurait-il pu être à la source du mal ?** Et comme Dieu n'avait pu créer le monde à partir de lui-même, en raison de son indivisibilité et de son immuabilité, la seule façon d'expliquer l'existence du mal était de supposer une création de type platonicien, faite à partir de matière préexistante. Selon différents schémas, il devenait alors possible d'imaginer comment un cosmos manifestement imparfait avait été créé non par Dieu, mais par des êtres célestes de moindre rang qui l'avaient ignoré ou s'étaient rebellés contre lui après que les Cieux eurent été créés. Pour les chrétiens, ces explications posaient en retour une difficulté considérable

puisque la liberté divine n’aurait pas été absolue.



Et oui, on s’en posait des questions à l’époque !

Mais rapidement, la formation du monde soulevée par les gnostiques fut transformée en un problème théologique : la Création du monde ex nihilo souligna l’unité, la puissance absolue et la liberté absolue de Dieu en évoquant le mystère insondable d’une œuvre dont seule l’origine divine ne faisait aucun doute. Cette thèse d’une Création ex nihilo se diffusa chez les chrétiens en devenant même un de leurs principaux articles de foi.

L’idée se fit donc jour que l’histoire humaine se confondait avec celle du monde depuis le tout premier moment de la Création. Or cet instant pouvait être daté précisément. Théophile l’illustra quand il affirma que 5 695 ans s’étaient déjà écoulés à la mort de l’empereur Aurelius Verus (en l’an 169). La méthode consistait en un décompte minutieux des années quand on suivait, génération après génération, la

descendance d'Adam et Ève que décrivait le Pentateuque[3] et les événements historiques rapportés par l'Ancien Testament. Ceci s'enracina profondément chez les chrétiens en raison de l'autorité incontestée des Écritures.

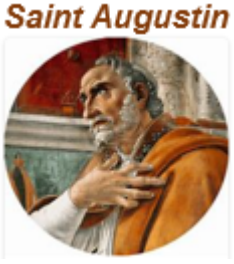
L'histoire n'était plus désormais celle du seul peuple juif. Elle était devenue universelle. Par définition, l'annus mundi, l'année de la Création, était le point de départ de « l'èremondiale ». Pour résoudre les incertitudes qui entachaient sa détermination, il apparut qu'une meilleure précision pouvait être obtenue sur la base de considérations astronomiques.

Les fossiles, découvertes pour servir de marqueurs du temps

Eusèbe de Césarée

Pour les chrétiens, l'histoire prenait un nouveau sens de suite ordonnée, et non plus de séquence quasiment aléatoire d'événements. C'est l'évêque Eusèbe de Césarée (~265-av. 341) qui établit l'ordre des choses par le biais d'habiles rapprochements effectués entre systèmes chronologiques différents : ceux des Romains et des Grecs.

Que l'histoire de la Terre devait s'inscrire dans ce même cadre chronologique fut illustré par Eusèbe quand ce dernier attribua au Déluge la présence des diverses sortes de poissons trouvés au sommet du mont Liban[4]. En reliant un vestige de l'histoire de la Terre à un épisode bien défini de l'histoire humaine, et donc en même temps du monde, Eusèbe fut ainsi l'auteur de la toute première datation géologique « absolue ».


Saint Augustin

Mais un problème épineux apparut quand, comme le fit saint Augustin (354-430), on constata que des âges systématiquement moins élevés étaient tirés de la Vulgate, la traduction latine de la Bible, plutôt que des Septante, la version grecque produite à Alexandrie au IIIème siècle avant

notre ère à l'intention de la diaspora juive hellénisée. Pendant près de quinze siècles, des trésors d'érudition furent déployés par d'éminents esprits pour tenter de résoudre ces désaccords. Le grand Isaac Newton (1642-1727) fut un des derniers à participer au débat par une savante « *Chronologie des anciens royaumes* », publiée à titre posthume, où il concluait que le monde n'avait que 4 000 ans.

Mais la lassitude avait fini par gagner les esprits devant l'inanité des efforts déployés pour établir un âge indiscutable. Dans sa Chronologie de l'histoire sainte, Alphonse des Vignoles (1649-1744), un des premiers directeurs de l'Académie des sciences de Berlin, déplora ainsi en 1738 avoir lui-même recueilli « plus de deux cents calculs différents, dont le plus court ne compte que 3 483 ans depuis la Création du Monde jusqu'à Jésus-Christ : et le plus long en compte 6 984. C'est une différence de 35 siècles. »

En parallèle, les fossiles étaient peu à peu revenus sur le devant de la scène. Malgré le scepticisme de certains, de solides arguments étaient en faveur d'une origine organique des fossiles comme le démontra rigoureusement l'anatomiste danois au service du duc de Toscane, Nicolas Sténon (1638-1686).

La découverte d'innombrables volcans éteints dans la deuxième moitié du XVIIIème siècle, puis ensuite celle d'anciennes glaciations, illustrèrent également que la surface de la Terre avait grandement varié au cours des siècles. Or de tels changements étaient imperceptibles à l'échelle des civilisations humaines. On dut peu à peu en conclure que les échelles de temps mosaïques étaient bien trop courtes.

D'un autre intérêt fut alors une autre découverte, celle que certains fossiles appartenaient à des espèces dont aucun

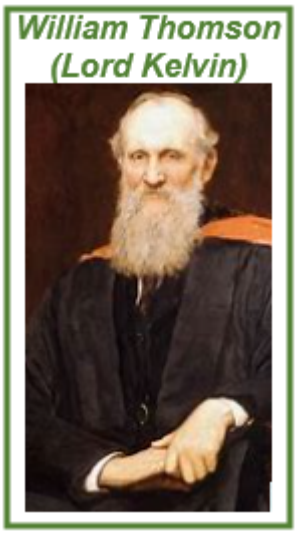
individu vivant n’avait jamais été vu ; c’était en particulier le cas de grands mammifères qui, tel le mastodonte[5], n’auraient certainement pas échappé à l’observation. Ces espèces étaient donc éteintes, en ayant vécu à des périodes bien définies de l’histoire de la Terre. En retour, il devint possible d’employer celles de ces espèces qui avaient connu de vastes distributions géographiques pour établir une chronologie relative : d’un bout à l’autre de la Terre, des corrélations furent dans ce but effectuées entre strates au sein desquelles se trouvaient les mêmes fossiles caractéristiques. Sans s’en rendre compte, les géologues qui s’attachèrent à cet exercice empruntèrent en tout point la démarche suivie par Eusèbe quinze siècles plus tôt pour son histoire universelle. Elle n’est pas mal, celle-là, hein ?

Si les ères géologiques et leurs diverses subdivisions purent ainsi être définies à partir du début du XIXème siècle, rien ne pouvait cependant être dit sur leurs durées respectives. La question devint spécialement épineuse quand la théorie de l’évolution fut simultanément présentée à Londres par Charles Darwin (1809-1882) et Alfred Russell Wallace (1823-1913). Tandis que le second assurait que quelques dizaines de millions d’années avaient suffi pour produire les formes de vie les plus évoluées, le premier postulait des durées considérablement plus longues. Les deux naturalistes avaient de fait pris des partis divergents dans un grand débat qu’avait lancé le physicien William Thomson (1824-1907), plus connu sous le nom de Lord Kelvin.

La rigueur de la physique

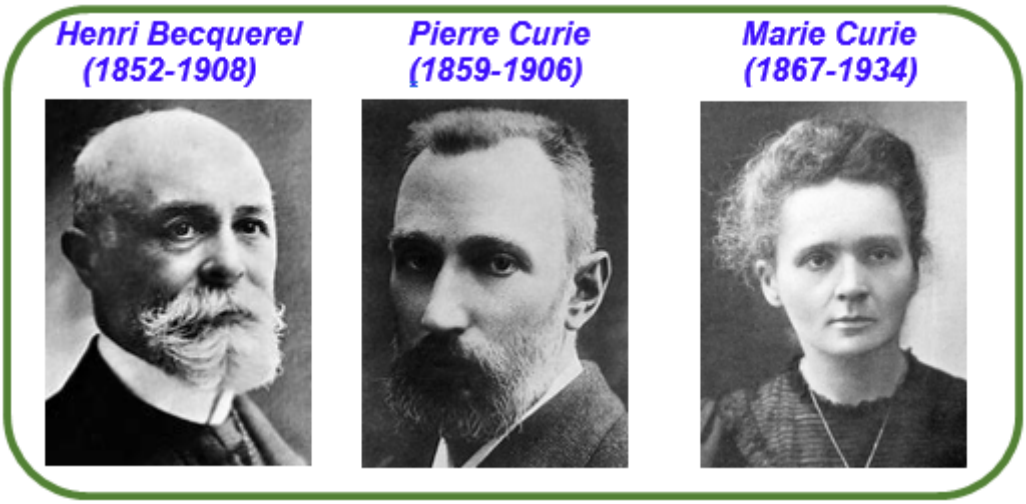
Puis Georges Louis Leclerc, comte de Buffon (1707-1788) postula que la Terre avait initialement été une masse en fusion arrachée du Soleil lors de l'impact d'une comète. L'idée de Buffon fut alors de mesurer les vitesses de refroidissement de boulets de différentes matières chauffées à blanc, qu'il extrapola audacieusement à des objets de la taille des planètes. Pour la Terre, il détermina de la sorte que 75 000 ans s'étaient écoulés avant qu'elle ne devienne habitable et qu'elle le resterait ensuite 80 000 ans. En ayant par ailleurs observé les vitesses très faibles auxquelles des sédiments se déposaient dans la mer, Buffon consigna en vérité dans ses carnets un âge de dix millions d'années. S'il préféra ne pas le publier, ce ne fut pas en raison de la censure ecclésiastique, mais parce qu'il jugea que l'immensité d'une telle durée ne pourrait pas être appréhendée par ses contemporains. Marrant, à l'époque on avait le soucis des réactions des autres…

Profils de température à l'intérieur de la Terre

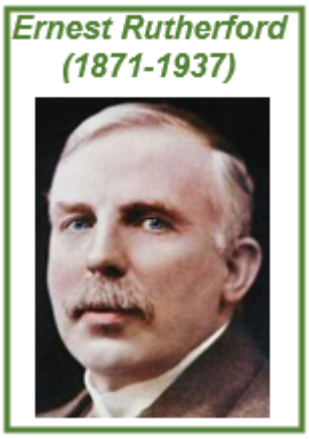


Kelvin s'appuya sur les deux principes de la thermodynamique[6] entre-temps énoncés (conservation de l'énergie et augmentation d'entropie[7] d'un système isolé). En supposant assez arbitrairement que la température initiale de la Terre avait été de 3 870 °C, il calcula avec les paramètres thermiques jugés appropriés qu'il avait fallu de 20 à 400 millions d'années pour que le profil de température observé à la surface de la Terre (le gradient géothermique) atteigne sa valeur mesurée d'environ 30 °C. Le résultat était spécialement probant, car il s'accordait à l'âge déterminé pour le Soleil par une tout autre méthode : si l'énergie fournie par un combustible comme le charbon ou par la chute de comètes sur le Soleil était très insuffisante pour assurer le flux connu de chaleur solaire, celle que libérait une contraction gravitationnelle du Soleil sur lui-même autorisait en revanche des durées de 40 à 100 millions d'années.

Pour leur part, les géologues avaient eu tendance à évoquer des temps beaucoup plus longs. Le débat ainsi lancé fut d'autant plus vif que Kelvin ne cessa de reprendre ses calculs pour annoncer des durées de plus en plus courtes, qu'il limita à 24 millions seulement en 1893 à partir de paramètres thermiques qu'il pensait plus précis. Sa position fut cependant vite rendue intenable à la suite de la découverte de la radioactivité en 1896 par Henri Becquerel (1852-1908), puis des travaux de Pierre (1859-1906) et Marie Curie (1867-1934) sur l'uranium, le thorium et le radium, le premier nouvel élément chimique qu'ils découvrirent. Les calculs de Kelvin présupposaient l'absence de sources de chaleur interne à la Terre, ce qui était une erreur par ignorance.



Âge de la Terre calculé selon les compositions en isotopes du plomb



La première datation géologique suivit rapidement. En 1905, elle fut l'œuvre du physicien anglais Ernest Rutherford (1871-1937) qui tira profit du fait que la désintégration de l'uranium et du thorium produisait une quantité d'hélium qui représente aussi une mesure du temps. Avec son estimation du taux de production d'hélium par l'uranium, Rutherford put déterminer l'âge d'un minéral uranifère[8] d'après les teneurs mesurées pour ces deux éléments : accusant 140 millions d'années, ce simple minéral se révélait bien plus ancien que la Terre entière selon l'âge attribué par Kelvin ! On comprit ensuite que l'uranium et le thorium étaient les points de départ de longues chaînes de désintégration dont le terme commun était le plomb. **La teneur en plomb accumulé dans un minéral uranifère constituait donc aussi un chronomètre**.

À Londres, Arthur Holmes (1890-1965) mit en œuvre la méthode pour dater des roches du Carbonifère[9], du Dévonien[10] et du Silurien[11] ; les âges respectifs de 340, 370 et 430 millions d'années qu'il détermina en 1911 pour ces trois périodes à partir des faibles quantités de plomb analysées, furent donc les premiers jalons fermes placés sur l'échelle des temps géologiques (qui ne diffèrent que de 15, 38 et 5 millions d'années des valeurs aujourd'hui acceptées). **Mais il restait bien sûr à dater la Terre elle-même.** Ce qui permit de le faire fut la découverte des isotopes, de mêmes éléments chimiques ne différant que par des masses atomiques légèrement différentes.

Ci-dessous, en *italique bleue*, quelques précisions sur deux isotopes radioactifs d'uranium, notions pas évidentes (!) mais que tu peux passer cela n'affectera pas la compréhension de la suite.

Il apparut qu'il existe deux isotopes radioactifs d'uranium, de masses 235 et 238, dont les chaînes radioactives se terminent respectivement par des plombs de masses 207 et 206. Avec leurs demi-vies de 0,71 et 4,56 milliards d'années, réalisa-t-on dans les années 1920, ces isotopes constituent deux chronomètres différents d'un même phénomène. Pour des minéraux ou des roches non altérées et de même âge, mais de teneur en uranium différente, on démontra en outre à partir des lois de la radioactivité que les compositions isotopiques du plomb suivent une loi très simple : les rapports 207Pb/204Pb et 206Pb/204Pb, où le plomb 204 est un isotope non radiogénique, doivent en effet définir une droite dont la pente croît avec l'âge géologique.

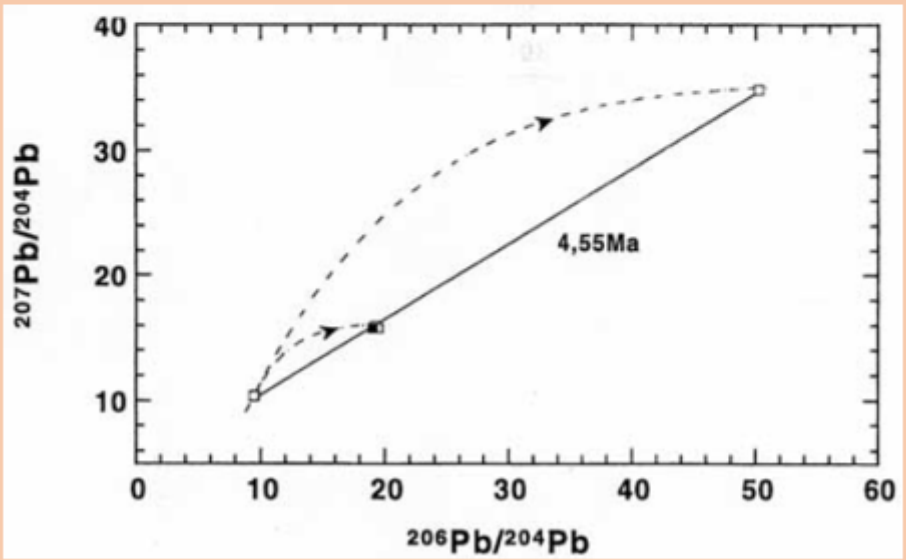
Pour pouvoir appliquer la méthode, il a fallu une vingtaine d'années de progrès analytiques et instrumentaux en plus.

Âge de la Terre calculé selon les compositions en isotopes

du plomb de météorites

Pour déterminer l'âge de la Terre, il restait encore à résoudre une gageure, à savoir trouver des échantillons dont le plomb était représentatif de celui de la Terre entière. Patterson eut l'idée de supposer que les météorites s'étaient formées en même temps que la Terre. Il obtint ainsi, après études de différents éléments, une belle droite dont la pente indiqua un âge de la Terre de 4,55 ± 0,07 milliards d'années.

Clair Cameron Patterson et sa courbe droite calculée selon les compositions en isotopes du plomb de météorites qui indique un âge de 4,55 ± 0,07 milliards d'années de la Terre



Une controverse vieille de deux mille cinq cents ans avait été close, non pas par combinaison d'outils inadéquats ou moyennes

de mesures discordantes, mais par la création de méthodes complètement nouvelles : difficultés analytiques mises à part, un problème dont la complexité avait défié l'entendement des plus éminents esprits à travers les âges avait été réduit à un exercice d'algèbre pour élève de collège. C'est pas mal, ça, hein, ami astronome ?

Ben voilà. Je reconnais que c'est là un article un peu ardu pourtant objet d'un maximum de simplifications.

A la prochaine !

Bye-bye

Professeur Têtenlair

[1] ex nihilo = à partir de rien

[2] Employé comme adjectif : en religion, relatif aux doctrines d'un ensemble de sectes religieuses pendant les premiers siècles de notre ère, à la connaissance ésotérique parfaite et initiatique contenant toutes les connaissances sacrées

Employé comme nom : adepte d'une de ces sectes, fondateur d'une doctrine secrète de salut.

Le sentiment fondamental du gnostique consiste à se sentir « étranger » au monde. Il éprouve sa situation d'être-au-monde comme anormale, comme violente : le corps, le monde sensible sont une prison, un lieu dominé par le mal et les passions. Le gnostique a l'impression d'être dans une prison dont les limites sont au-delà du monde stellaire.

[3] Les cinq premiers livres de la Bible forment un ensemble appelé Pentateuque ou Torah. On y retrouve les livres de la Genèse, de l'Exode, du Lévitique, des Nombres et du Deutéronome. Il s'agit du cœur de la foi juive. Les chrétiens y trouvent aussi le cœur de leur foi, mais avec le Nouveau Testament, écrit après la mort du Christ.

[4] Le mont Liban est une chaîne de montagnes du Liban et, pour une petite partie, de Syrie ; elle domine la mer Méditerranée située à l'ouest, et culmine, à son plus haut sommet, à 3 088 mètres d'altitude. Il s'agit du plus haut relief montagneux du Proche-Orient. Cette montagne a constitué le noyau du Grand Liban, à l'origine de la république libanaise moderne.

[5] Le mastodonte est un mammifère fossile proche de l'éléphant.

[6] La thermodynamique correspond à une branche de la physique qui étudie le comportement thermique des corps, plus exactement les mouvements de chaleur. D'une façon plus générale, la thermodynamique s'intéresse à l'étude de l'énergie (en particulier l'énergie interne) et de ses transformations.

[7] L'entropie est la dernière et la plus mystérieuse des cinq grandeurs physiques (température, pression, volume, énergie interne, entropie) définissant l'état d'un système thermodynamique, c'est-à-dire d'un ensemble matériel délimité capable d'échanger de la chaleur et du travail avec le milieu extérieur.

[8] Qui contient de l'uranium

[9] Le Carbonifère est une période géologique qui s'étend de −358,9 ± 0,4 à −298,9 ± 0,2 millions d'années

[10] Le Dévonien est une période géologique s'étendant d'environ −419 à −359 millions d'années. Il est précédé par le Silurien et suivi par le Carbonifère. Cette période de l'ère primaire est caractérisée par l'apparition des premiers vertébrés.

[11] Le Silurien, parfois anciennement nommé Gothlandien, est un système géologique qui s'étend de −443,4 à −419,2 millions d'années