

Introduction :

A partir du siècle des Lumières, les chronologies longues s'imposent. A cette époque, la géologie cesse d'être une science spéculative pour devenir une science d'observation. Les mentalités sont prêtes pour se libérer des contraintes religieuses et pour reconnaître la lenteur des phénomènes géologiques.

Problèmes :

Quelles ont été les méthodes scientifiques utilisées pour estimer l'âge de la Terre ?

Quelles sont les limites de ces méthodes ?

Groupe de 4 élèves : (Cf fichier Cartes des rôles)

- Un chargé de presse : responsable de la présentation à projeter.
- Un chargé de communication : responsable de la prise de parole devant la classe.
- Un scientifique : responsable des calculs et analyse des documents.
- Un zététicien : responsable des arguments utilisés, des limites de la méthode, des arguments fallacieux.

En amont de la séance, les élèves peuvent lire la fiche sur les sophismes (arguments fallacieux) avec pour objectif qu'ils devront au prochain cours : les repérer et en utiliser un seul.

Les élèves prennent un temps pour s'approprier les cartes « Rôles » à distribuer : chacun doit expliquer aux autres ce qu'il doit faire dans le groupe : les responsables peuvent déléguer les tâches qui leur incombent aux élèves inoccupés du groupe.

1. **Déterminer l'âge de la Terre à l'aide de la méthode attribuée** : 30 minutes.

Les élèves « incarnent » un personnage historique. En groupe, ils doivent

2. **Présenter le calcul à la classe** : 2-3 min pour le passage d'un groupe, 2-3 min de contre-argumentation.

20 minutes totales → tableau bilan à compléter en bilan d'un passage.

Ordre de passage chronologique qui s'enchaîne comme un « procès » de Buffon dirigé par Louis XV (représentant le parti religieux et les connaissances accumulées : voir fiche) : chaque argument est présenté puis les limites (présentées oralement par le groupe) doivent être reprises par les « opposants ». Le professeur (juge du procès) complète le tableau avec les éléments dits et intervient s'il en manque.

Les groupes doivent parvenir à convaincre Louis XV et le juge.

Parallèlement, se déroule le **jeu des sophismes** (arguments fallacieux). Les élèves d'un groupe doivent placer un seul argument fallacieux : soit au moment de leur présentation orale soit au moment des contre-arguments à la fin du passage d'un des groupes. L'objectif des autres élèves est de dénoncer l'argument fallacieux lorsqu'il est utilisé. Pour y parvenir, ils ont à leur disposition une fiche regroupant 10 arguments fallacieux possibles. Pour se rapprocher du format jeu, on peut compter un système de point gagné par groupe : un point ajouté à chaque limite de méthode trouvée chez les autres groupes et argument fallacieux dénoncé. Le décompte des sophismes utilisés peut être noté dans le tableau bilan.

3. Le professeur met en évidence les arguments fallacieux qui n'ont pas été perçus par les élèves.

4. **Calcul de l'âge de la Terre admis aujourd'hui** (méthode Patterson).

TABLEAU BILAN :

Méthode utilisée	Refroidissement	Sédimentation	Salinité des océans	Radioactivité
Scientifique	Conte de Buffon	John Phillips	John Joly	Bertram Boltwood
Date	1755	1860	1899	1905
Age calculé de la Terre	96 000 ans	96 Ma	100 Ma	1.3 Ga
Critique de la méthode	<p>Sphère en fer or la Terre n'est pas faite que de fer</p> <p>La Terre est une ellipse et non une sphère.</p> <p>Dissipation de chaleur par conduction alors que dans la Terre la convection est le principal mécanisme de dissipation de chaleur</p> <p>Refroidissement d'une très grande sphère n'est pas proportionnel au refroidissement d'une petite sphère.</p> <p>Mesure de la température par le ressenti (toucher).</p>	<p>Ne tient pas compte de la compaction des sédiments.</p> <p>Hauteur arbitraire de 22 km de sédiments.</p> <p>Ne tient pas compte de la géodynamique interne.</p>	<p>Ne tient pas compte de la formation de roches prélevant ces éléments au fond des océans.</p> <p>Age des océans obtenu mais qui ne donne pas l'âge de la Terre.</p>	<p>Calcul l'âge uniquement d'une roche terrestre après son refroidissement</p>
Arguments fallacieux				

SVT	Calcul de l'âge de la Terre à partir de la Bible	Groupe roi Louis XV
-----	---	---------------------

Louis XV dit le « Bien-Aimé » (1710-1774) est un roi de France et de Navarre. Membre de la maison de Bourbon, alors âgé de cinq ans, il commence son règne le 1er septembre 1715 au 10 mai 1774. Il fut le seul roi de France à naître et à mourir au château de Versailles. Sous son règne, toutefois, la France connaît de grands succès militaires sur le continent européen et acquiert le duché de Lorraine et le duché de Bar, ainsi que la Corse.



Source : Wikipédia.fr

IDEE A DEFENDRE

Dieu est seul à être plus important que le roi : la Bible est la parole de Dieu. Or au verset 1 du premier livre de la Bible, la Genèse, évoque la création du monde : « Au commencement, Dieu créa le ciel et la terre. ». Néanmoins, vous gardez l'esprit ouvert et rationnel face aux contre-arguments.

DOCUMENT 1 : Deux explications opposées : l'hypothèse grecque et l'hypothèse chrétienne.

A l'aube des civilisations, dans l'Antiquité, la cosmologie telle qu'énoncée par exemple par Aristote (-350 av J.C.) conçoit un monde infini. Il n'y a donc aucun début, et ainsi purement et simplement on ne conçoit aucun âge à calculer.

Au Moyen-Âge et jusqu'à la Renaissance y compris, le contexte religieux empêchait une approche par la datation scientifique, la version biblique faisant autorité. Newton (1642-1727) va alors estimer l'âge de la Terre à 3998 avant Jésus Christ. Johannes Kepler (1571-1630), connu quant à lui pour avoir étayé la thèse de l'héliocentrisme (concept de la Terre tournant autour du soleil), estime que notre planète est née en 3993 av.J-C. Parmi les datations célèbres, on notera l'étonnante précision proposée par l'archevêque James Ussher en 1650 : pour lui, la Terre est née à midi le 23 octobre en 4004 av.J-C.

Source : <https://www.lespritsorcier.org/blogs-membres/histoire-des-sciences-age-de-la-terre/>

DOCUMENT 2 : Quelques repères chronologiques des événements selon la Bible

La Bible contient une chronologie détaillée des premières générations : Adam a vécu 930 ans, il enfanta Seth à l'âge de 130 ans, qui engendra Énoch à 105 ans, qui engendra Qénân à 90 ans, etc. Il est alors facile de déduire la date de naissance de Noé : 1 056 ans après la création. Le Déluge arriva lorsque Noé avait 600 ans. Abraham naît 292 années plus tard et mourut à 175 ans. Jusque-là, la précision est totale. La seule ambiguïté provient du choix de la version de la Bible, Septante ou Vulgate. La première vieillit le monde de plus de dix siècles. Ensuite la chronologie est beaucoup plus floue. Il faut alors la raccorder à l'histoire profane, supposée véridique, du règne de Nabuchodonosor II au VIe siècle av. J.-C. À la Renaissance, l'âge officiel de la Terre était estimé à 6.000 ans par l'Église, par une déduction en fonction des événements relatés dans la Bible.

Source : http://www.cnrs.fr/publications/imagesdelaphysique/couv-PDF/IdP2011/03_Krivine.pdf

CALCUL DE L'ÂGE MINIMUM DE LA TERRE : ?

OBJECTIFS : Être juste et défendre sa religion

- 1) Remplir la frise chronologique pour Aristote et Ussher avec la date et la méthode utilisée, l'âge estimé de la Terre.
- 2) A l'oral, présenter les estimations faites dans l'Antiquité puis au Moyen-Âge.
- 3) Être capable de distinguer des arguments fallacieux des arguments scientifiques.
- 4) Pendant les présentations orales des autres groupes, trouver les contre-arguments (fallacieux ou scientifiques tels que les limites des méthodes expliquées).

Georges-Louis Leclerc, comte de Buffon (1707-1788) est un naturaliste, mathématicien, biologiste, cosmologiste, philosophe et écrivain français. Proche du roi Louis XV, il est nommé intendant du Jardin du Roi en 1739. À la fois académicien des sciences et académicien français, il participe à l'esprit des Lumières.

Source : Wikipédia.fr



IDEE A DEFENDRE

Modèle du refroidissement : la Terre actuelle serait le résultat du refroidissement d'une planète composée initialement de roches en fusion. Son hypothèse est celle d'une sphère incandescente (ce qui définit le temps 0) qui se refroidit.

DOCUMENT : Extrait de l'Histoire naturelle, générale et particulière, Tome premier, Supplément, servant de suite à la Théorie de la Terre & d'introduction à l'histoire des minéraux (1774)

J'ai fait faire dix boulets de fer forgé :

Le premier d'un demi-pouce de diamètre. Le second d'un pouce. Le troisième d'un pouce et demi. Le quatrième de deux pouces. Le cinquième de deux pouces et demi. Le sixième de trois pouces. Le septième de trois pouces et demi. Le huitième de quatre pouces. Le neuvième de quatre pouces et demi. Le dixième de cinq pouces.

Avant de rapporter les expériences, j'observerai :

1- Que pendant tout le temps qu'on les a faites, le thermomètre exposé à l'air libre était à la congélation ou à quelques degrés au-dessous ; mais qu'on a laissé refroidir les boulets dans une cave où le thermomètre était à peu près à dix degrés au-dessus de la congélation, c'est-à-dire au degré de la température des caves de l'Observatoire ; et c'est ce degré que je prends ici pour celui de la température actuelle de la Terre.

2- J'ai cherché à saisir deux instants dans le refroidissement, le premier où les boulets cessaient de brûler, c'est-à-dire le moment où on pouvait les toucher et les tenir avec la main, pendant une seconde, sans se brûler ; le second temps de ce refroidissement était celui où les boulets se sont trouvés refroidis jusqu'au point de la température actuelle, c'est-à-dire, à 10 degrés au-dessus de la congélation. Et pour connaître le moment de ce refroidissement jusqu'à la température actuelle, on s'est servi d'autres boulets de comparaison de même matière et de mêmes diamètres qui n'avaient pas été chauffés, et que l'on touchait en même temps que ceux qui avaient été chauffés. Par cet attouchement immédiat et simultané de la main ou des deux mains sur les deux boulets, on pouvait juger assez bien du moment où ces boulets étaient également froids ; cette manière simple est non seulement plus aisée que le thermomètre qu'il eût été difficile d'appliquer ici, mais elle est encore plus précise, parce qu'il ne s'agit que de juger de l'égalité et non pas de la proportion de la chaleur, et que nos sens sont meilleurs juges que les instruments de tout ce qui est absolument égal ou parfaitement semblable.

Diamètre de la sphère (en demi pouces)	Temps de refroidissement à une température permettant de le tenir dans la main 1 seconde (en minute)	Temps de refroidissement à température ambiante (en minutes)
1	12	39
2	35.5	93
3	58	145
4	80	196
5	102	248
6	127	308
7	156	356
8	182	415
9	205	466
10	232	522

Buffon, 1755

Tableau de résultats des expériences de mesure de temps de refroidissement
de boulets de fer portés au rouge.

QUESTIONS POUR LE CALCUL DE L'ÂGE DE LA TERRE

1. Sachant que 1 pouce = 2.54 cm, convertissez le diamètre de chacun des boulets en fer utilisé en centimètre, puis en mètre.
2. Sachant qu'une heure compte 60 minutes, qu'un jour compte 24 heures et qu'une année compte 365.25 jours, convertissez le temps de refroidissement obtenu en années.
3. A l'aide d'un logiciel tableur, construisez un graphique du type « nuage de point » représentant le temps de refroidissement à température ambiante en années en fonction du diamètre de la sphère.
4. Ajoutez une droite de tendance et déterminez-en l'équation (du type $y = a x + b$).
5. Déterminez ce que représente y ? x ? b ?
6. Sachant que le rayon de la Terre est de 6371 km, déterminez quel serait le temps nécessaire à son refroidissement à température ambiante si elle était constituée uniquement de fer.

OBJECTIFS : Convaincre le roi Louis XV de votre découverte.

- 1) Remplir la frise chronologique avec la date et la méthode utilisée, le nom du scientifique, l'âge estimé de la Terre.
- 2) Construire la communication de vos résultats à vidéoprojecter lors de votre présentation orale.
- 3) A l'oral, montrer votre méthode de calcul en citant ses limites.
- 4) Pendant les présentations orales des autres groupes, trouver les contre-arguments (fallacieux ou scientifiques tels que les limites des méthodes expliquées).

John Phillips (1800-1874) est un géologue britannique. En 1834 il est élu membre de la Royal Society, équivalent de l'académie de Sciences en France. En 1844 il devient professeur de géologie à l'université de Dublin.

Source : Wikipédia.fr



IDEE A DEFENDRE

Sédimentation : la formation de sédiments est un processus bien plus long que l'âge estimé de la Terre.

DOCUMENT 1 : Comprendre la sédimentologie



1-a] Vidéo Youtube – Le cycle des roches sédimentaires (par Yann Hautevelle) par ENSG

(Ecole Nationale Supérieure de Géologie) : <https://www.youtube.com/watch?v=MgYRbwsJnpM>

1-b] Glossaire à partir du Dictionnaire de Géologie de Alain Foucault et Jean-François Raoult.

- Bassin sédimentaire : Dépression (creux topographique dont l'altitude du fond est inférieure à celle des régions voisines) ovale ou circulaire, à fond plat ou concave, et largement évasée, à flancs en pente douce, de dimension très variable (du kilomètre à plusieurs milliers de kilomètres), qui est ou a été un lieu de sédimentation.
- Compaction sédimentaire : Formation d'un état compact par l'action naturelle du tassement des sédiments au cours du temps. Le compactage est l'ensemble des autres actions mécaniques tendant à rendre une roche compacte.
- Erosion : Ensemble des phénomènes externes qui, à la surface du sol ou à faible profondeur, enlèvent tout ou partie des terrains existants et modifient ainsi le relief. On distingue deux grands types de phénomènes dont, le plus souvent, les effets s'additionnent :

-1. les **processus chimiques** avec altération et dissolution par les eaux plus ou moins chargées de gaz carbonique.

-2. les **processus physiques ou mécaniques** avec désagrégation des roches et enlèvement des débris par un fluide, d'où les distinctions entre les érosions éolienne, fluviale, glaciaire, marine.

L'érosion chimique enlève de 6 à 7 mm/1 000 ans à la surface des continents, l'érosion mécanique dix fois plus. Cela en moyenne à l'échelle de la Terre, car les vitesses d'érosion sont très variables d'une zone à l'autre, selon les climats et les reliefs.

- Sédiments : Particules plus ou moins grosses ou de matières précipitées ayant, séparément, subi un certain transport. Les matériaux des sédiments peuvent provenir de l'érosion des roches ou résulter d'une activité organique (accumulation de coquilles,...). Après un dépôt, un sédiment subit une diagenèse, et devient une roche sédimentaire. On parle en général de sédiment lorsque le dépôt est récent, surtout s'il se trouve encore dans son milieu de formation, et s'il est encore gorgé d'eau. On parle de roche sédimentaire lorsqu'il a été induré, avec compaction et perte de son eau d'imbibition originelle.
- Sédimentation : Ensemble des processus conduisant à la formation de sédiments. Elle peut être marine ou continentale (vents, lacs, fleuve...).

- Strate : Synonyme de couche. Ensemble sédimentaire, compris entre deux surfaces approximativement parallèles dont les caractéristiques permettent de délimiter nettement cet ensemble des terrains voisins.
- Taux de sédimentation : Rapport (division) d'une épaisseur de sédiment par le temps de sédimentation correspondant.

DOCUMENT 2 : Datation de la Terre grâce à la sédimentaire

« L'échelle géologique de temps est fondée sur les séries de strates déposées dans la mer ancienne ; si les forces tendant à produire ces dépôts ont toujours produit les mêmes effets en de même temps, les épaisseurs de strates sont des mesures exactes des temps ».

En 1860, John Phillips jette son dévolu sur le bassin fluvial du Ganges. Ce fleuve draine un bassin de 777 000 km² et charrie annuellement 180 323 871 m³ de sédiments. En moyenne, l'érosion emporte 0.27 cm de terrain par siècle. En supposant dans ce bassin une épaisseur de sédiments de 22km et un taux de sédimentation égal au taux d'érosion.

D'après L'âge du monde, à la découverte de l'immensité du temps, Pascal Richet.



Bassin fluvial du Ganges



Pour simplifier les calculs, on raisonne sur une colonne sédimentaire (tranche verticale des terrains sédimentaire de petite surface) et non à l'échelle du bassin entier.

1. Calculer le taux de sédimentation en mètre par an.
2. Combien de temps est nécessaire au dépôt des 22 km de sédiments de ce bassin ?

Cependant, John Phillips a occulté, dans son raisonnement, le fait qu'au cours de la mise en place des strates de sédiments issus du Ganges, ceux-ci se compactent lors de la diagenèse. Le taux de compaction des roches varie selon la granulométrie des particules sédimentaires : les particules fines subissent une compaction faible (25%), tandis que les particules plus grossières auront un taux de compaction élevé.

3. En supposant que les sédiments du Ganges sont surtout de nature argileuse, déterminez quelle était la hauteur de la colonne sédimentaire déposée avant compaction.
4. Calculer le temps nécessaire au dépôt de cette colonne sédimentaire.

OBJECTIFS : Convaincre le roi Louis XV de votre découverte.

- 1) Remplir la frise chronologique avec la date et la méthode utilisée, le nom du scientifique, l'âge estimé de la Terre.
- 2) Construire la communication de vos résultats à vidéoprojecter lors de votre présentation orale.
- 3) A l'oral, montrer votre méthode de calcul en citant ses limites.
- 4) Pendant les présentations orales des autres groupes, trouver les contre-arguments (fallacieux ou scientifiques tels que les limites des méthodes expliquées).

OBJECTIFS : Convaincre le roi Louis XV de votre découverte.

- 1) Remplir la frise chronologique avec la date et la méthode utilisée, le nom du scientifique, l'âge estimé de la Terre.
- 2) Construire la communication de vos résultats à vidéoprojecter lors de votre présentation orale.
- 3) A l'oral, montrer votre méthode de calcul en citant ses limites.
- 4) Pendant les présentations orales des autres groupes, trouver les contre-arguments (fallacieux ou scientifiques tels que les limites des méthodes expliquées).

OBJECTIFS : Convaincre le roi Louis XV de votre découverte.

- 1) Remplir la frise chronologique avec la date et la méthode utilisée, le nom du scientifique, l'âge estimé de la Terre.
- 2) Construire la communication de vos résultats à vidéoprojecter lors de votre présentation orale.
- 3) A l'oral, montrer votre méthode de calcul en citant ses limites.
- 4) Pendant les présentations orales des autres groupes, trouver les contre-arguments (fallacieux ou scientifiques tels que les limites des méthodes expliquées).

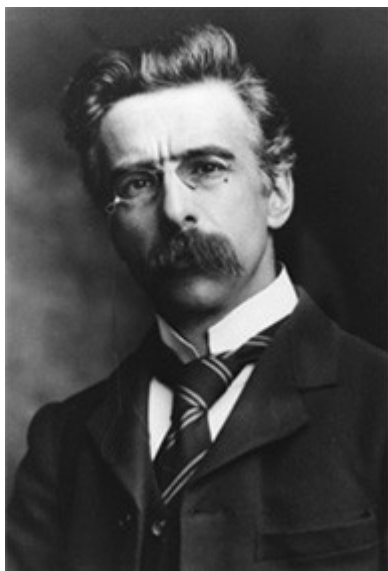
OBJECTIFS : Convaincre le roi Louis XV de votre découverte.

- 1) Remplir la frise chronologique avec la date et la méthode utilisée, le nom du scientifique, l'âge estimé de la Terre.
- 2) Construire la communication de vos résultats à vidéoprojecter lors de votre présentation orale.
- 3) A l'oral, montrer votre méthode de calcul en citant ses limites.
- 4) Pendant les présentations orales des autres groupes, trouver les contre-arguments (fallacieux ou scientifiques tels que les limites des méthodes expliquées).

OBJECTIFS : Convaincre le roi Louis XV de votre découverte.

- 1) Remplir la frise chronologique avec la date et la méthode utilisée, le nom du scientifique, l'âge estimé de la Terre.
- 2) Construire la communication de vos résultats à vidéoprojecter lors de votre présentation orale.
- 3) A l'oral, montrer votre méthode de calcul en citant ses limites.
- 4) Pendant les présentations orales des autres groupes, trouver les contre-arguments (fallacieux ou scientifiques tels que les limites des méthodes expliquées).

SVT	Calcul de l'âge de la Terre par salinité des océans	Groupe C : Joly
-----	--	-----------------



John Joly (1857-1933) est connu pour ses travaux sur la radiothérapie dans le traitement des cancers. Il est également célèbre pour avoir proposé une méthode de datation des océans à partir de la salinité.

Source : Wikipédia.fr

IDEE A DEFENDRE

La quantité de sel des océans est due aux ions issus de l'érosion continentale (tels que Na^+ , K^+ ...) : calculer ces deux quantités permet de connaître le temps écoulé depuis la formation de la Terre.

DOCUMENT 1 : Le principe de la méthode de John Joly

Le 7 mai 1899, il en fit l'exposé à l'Académie Royale de Dublin. Son raisonnement était le suivant : au départ l'océan n'était pas salé ; sa salinité est due à un apport régulier de sel par les rivières. En mesurant la salinité actuelle de l'océan on peut donc en déduire le temps écoulé depuis sa formation.

Avant de se lancer sur les traces de John Joly, quelques précisions ...

La salinité est la masse de sels (composés ioniques) dissous dans 1 L d'eau. Elle s'exprime en g par kg d'eau. L'eau de mer contient en moyenne 35 g de sels par kg d'eau de mer. On rappelle qu'un composé ionique est une espèce chimique électriquement neutre constituée de cations (ions chargés +) et d'anions (ions chargés -). Le chlorure de sodium, appelé couramment "sel", est un composé ionique responsable à 77,8 % de la salinité de l'eau de mer. Les autres ions responsables de la salinité sont essentiellement les ions sulfate SO_4^{2-} , hydrogénocarbonate (ou bicarbonate) HCO_3^- , fluorure F^- , magnésium Mg^{2+} , calcium Ca^{2+} et potassium K^+ .

1. Donner la formule chimique du chlorure de sodium et la formule des ions qui le constituent.
2. En utilisant vos connaissances sur le cycle de l'eau, expliquer comment l'eau douce des rivières peut saler les océans.

En avant pour les calculs ...

John Joly a fait l'hypothèse que le sodium des océans ne provenait que des rivières. Il a estimé qu'elles apportaient $1,43 \cdot 10^{11}$ kg de sodium chaque année aux océans.

3. La masse des océans est de $1,33 \cdot 10^{21}$ kg. En déduire la masse totale de chlorure de sodium contenue dans les océans (en kg).
4. On donne $M(\text{Na}) = 23,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ et $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$. Calculer la masse molaire du chlorure de sodium. En déduire le pourcentage de sodium dans une mole de chlorure de sodium.
5. En déduire la masse de sodium contenue dans les océans.
6. En appliquant l'hypothèse de John Joly, calculer l'âge des océans (assimilable à l'âge de la Terre).

OBJECTIFS : Convaincre le roi Louis XV de votre découverte.

- 1) Remplir la frise chronologique avec la date et la méthode utilisée, le nom du scientifique, l'âge estimé de la Terre.
- 2) Construire la communication de vos résultats à vidéoprojecter lors de votre présentation orale.
- 3) A l'oral, montrer votre méthode de calcul en citant ses limites.
- 4) Pendant les présentations orales des autres groupes, trouver les contre-arguments (fallacieux ou scientifiques tels que les limites des méthodes expliquées).



Bertram Borden Boltwood (1870-1927) est un radiochimiste américain.

Il a établi que le plomb était l'élément final de la famille radioactive de l'uranium. Il remarqua aussi, sur une idée d'Ernest Rutherford, que le ratio plomb/uranium était plus important dans des roches plus anciennes, et en inféra en 1907 une méthode géologique de datation des roches.

Source : Wikipédia.fr

IDEE A DEFENDRE

La quantité d'éléments (fils) issus d'une désintégration radioactive d'éléments (pères) radioactifs contenu dans une roche solidifiée au moment de la formation des continents permet de calculer l'âge de la Terre.



DOCUMENT 1 : Lecture graphique de la loi de décroissance radioactive

Vidéo Youtube Loi de décroissance radioactive : tangente de Videophysique :

<https://www.youtube.com/watch?v=UWIt1PTRpNE>

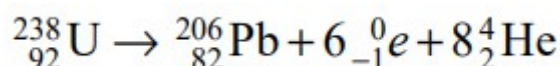
DOCUMENT 2 : La datation par radiochronologie de Boltwood

La découverte de la radioactivité, par H. Becquerel en 1896, bouleversa toutes les données connues.

En 1905, la méthode Uranium-Plomb, mise au point par Bertram Boltwood, permet de déterminer assez précisément l'âge de la Terre.

Nous proposons de comprendre cette technique de datation.

L'équation globale du processus de transformation d'un noyau d'uranium (U) 238 en un noyau de plomb (Pb) 206 est :



e : électron

He : Hélium

On a constaté d'une part, que les minéraux d'une même couche géologique, donc du même âge, contiennent de l'uranium 238 et du plomb 206 en proportions remarquablement constantes, et d'autre part que la quantité de plomb dans un minéral augmente proportionnellement à son âge relatif.

Si on mesure la quantité de plomb 206 dans un échantillon de roche ancienne, en considérant qu'il n'y en avait pas initialement, on peut déterminer l'âge du minéral à partir de la courbe de décroissance radioactive du nombre de noyaux d'uranium 238.

Étudions un échantillon de roche ancienne du Sri Lanka dont l'âge sera noté t_{Ceylan} .

On considère la courbe de décroissance radioactive du nombre $N_U(t)$ de noyaux d'uranium 238 dans un échantillon de roche ancienne (voir graphique).

1. Indiquer la quantité initiale $N_U(0)$ de noyaux d'uranium.
2. Déterminer graphiquement la valeur de la constante de temps τ de l'uranium 238 (représenter la construction sur la courbe). En déduire la valeur de sa constante de radioactivité λ .
3. Sachant que $N_U(t) = N_U(0)e^{-\lambda t}$,

Calculer le nombre de noyaux d'uranium 238 qui restent dans la roche à la date $t_1 = 1,5 \cdot 10^9$ années.

Vérifier graphiquement votre résultat.

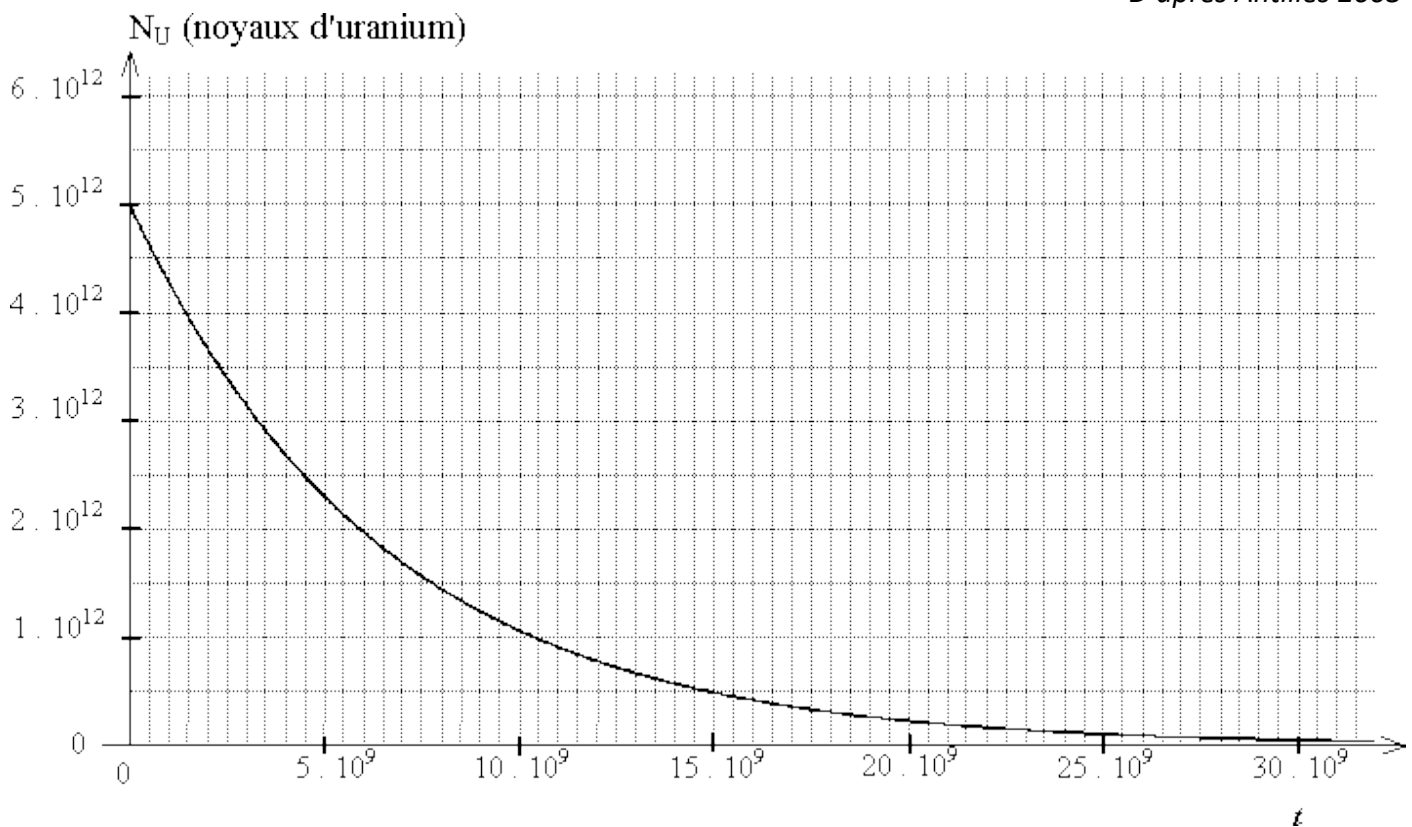
4. Définir et déterminer graphiquement le temps de demi-vie $t_{1/2}$ de l'uranium 238 (représenter la construction sur la courbe).

La quantité de plomb mesurée dans la roche la plus ancienne retrouvée en France, notée $N_{pb}(t_{Ceylan})$, est égale à $0,9 \cdot 10^{12}$ atomes.

5. Établir la relation entre $N_U(t_{Ceylan})$, $N_U(0)$ et $N_{pb}(t_{Ceylan})$. Calculer la quantité $N_U(t_{Ceylan})$ de noyaux d'uranium.

6. Déterminer l'âge t_{Ceylan} de cette roche ancienne.

D'après Antilles 2003



Graphique des noyaux d'uranium en fonction du temps : loi de la décroissance radioactive

OBJECTIFS : Convaincre le roi Louis XV de votre découverte.

- 1) Remplir la frise chronologique avec la date et la méthode utilisée, le nom du scientifique, l'âge estimé de la Terre.
- 2) Construire la communication de vos résultats à vidéoprojecter lors de votre présentation orale.
- 3) A l'oral, montrer votre méthode de calcul en citant ses limites.
- 4) Pendant les présentations orales des autres groupes, trouver les contre-arguments (fallacieux ou scientifiques tels que les limites des méthodes expliquées).



En 1953, **Patterson** procède à l'analyse de la composition isotopique du plomb contenu en traces dans les météorites et utilise les données isotopiques du plomb du météorite Canyon Diablo et profitant d'un spectroscope de masse récemment acquis par le Laboratoire national d'Argonn. Clair **Patterson**, montre que la Terre et les météorites se sont formées à la même époque, avec une approximation de 70 Ma. Cet âge sera confirmé par d'autres méthodes isotopiques (potassium/argon et rubidium/strontium).

On retrouve, dans les météorites de type chondrites, les éléments **rubidium 87**, **strontium 87** et **rubidium 86**. Le rubidium 87 est **radioactif β^-** .

Il se désintègre en strontium 87 qui est un isotope stable de l'élément strontium. La constante de désintégration radioactive λ vaut $1,42 \cdot 10^{-11} \text{ an}^{-1}$. Nous allons déterminer l'âge de ces météorites en appliquant la méthode dite "**isochrone**".

Pour appliquer cette méthode, le système doit être resté clos depuis sa formation : ici nous considérons le moment où la roche est consolidée. et il faut que la fermeture dure très peu de temps par rapport à l'âge à mesurer. De fait, il n'y a pas d'échange avec l'extérieur : la population de rubidium 87 diminue, la population de strontium 87 augmente et celle de strontium 86 reste constante.

Questions :

1. Ecrire l'équation de désintégration radioactive du rubidium 87 et justifier l'emploi du rubidium 87 pour cette datation.

2. Appliquer la loi de décroissance radioactive pour exprimer la relation entre la quantité initiale de rubidium 87 notée $^{87}\text{Rb}(0)$ et la quantité actuelle de rubidium 87 notée $^{87}\text{Rb}(\text{actuel})$ en fonction de la constante de désintégration radioactive λ .

3. La quantité de strontium radiogénique $^{87}\text{Sr}(t)$ produit par la désintégration radioactive correspond au nombre de désintégrations subies par le rubidium 87. En déduire la relation entre $^{87}\text{Sr}(t)$, $^{87}\text{Rb}(0)$ et $^{87}\text{Rb}(\text{actuel})$.

4. La quantité de strontium 87 présent actuellement dans une roche notée $^{87}\text{Sr}(\text{actuel})$ est la somme du strontium 87 présent à l'origine $^{87}\text{Sr}(0)$ et du strontium 87 radiogénique (produit par la désintégration radioactive). En déduire la relation entre $^{87}\text{Sr}(\text{actuel})$, $^{87}\text{Sr}(0)$ et $^{87}\text{Sr}(t)$.

5. Montrer que l'on peut écrire :

$$^{87}\text{Sr}(\text{actuel}) = ^{87}\text{Sr}(0) + ^{87}\text{Rb}(\text{actuel}) \times (e^{\lambda t} - 1)$$

6. $^{87}\text{Sr}(0)$ est inconnu. On résout ce problème en sachant que le rapport isotopique $\frac{^{87}\text{Sr}(0)}{^{86}\text{Sr}(0)}$ est constant. Le strontium 86 est un isotope stable qui n'est ni radiogénique, ni radioactif : sa quantité est donc constante (elle n'a pas varié au cours du temps). Montrer alors que l'on peut établir l'expression :

$$\frac{^{87}\text{Sr}(\text{actuel})}{^{86}\text{Sr}(\text{actuel})} = \frac{^{87}\text{Sr}(0)}{^{86}\text{Sr}(\text{actuel})} + \left(\frac{^{87}\text{Rb}(\text{actuel})}{^{86}\text{Sr}(\text{actuel})} \right) \times (e^{\lambda t} - 1)$$

7. Les rapports de composition isotopiques d'une suite de 8 chondrites LL ont été obtenus directement à l'aide d'un spectrographe de masse. On obtient les valeurs suivantes. (D'après Minster et Allègre, 1981)

$\frac{^{87}\text{Rb}(\text{actuel})}{^{86}\text{Sr}(\text{actuel})}$	0,758	0,7255	1,52	1,49	1,555	1,685	0,1542	0,1533
$\frac{^{87}\text{Sr}(\text{actuel})}{^{86}\text{Sr}(\text{actuel})}$	0,74864	0,7465	0,79891	0,79692	0,80152	0,80952	0,7091	0,70895

Ouvrir le logiciel tableur (Excel, Calc...) et créer une feuille de calcul comportant le tableau précédent.

8. Insérer un diagramme X-Y (avec $\frac{^{87}\text{Rb}(\text{actuel})}{^{86}\text{Sr}(\text{actuel})}$ en abscisse). Insérer la courbe de tendance (choisir régression linéaire). La courbe obtenue s'appelle une **isochrone**. Justifier ce nom.

9. Déterminer l'ordonnée à l'origine et la pente de la droite obtenue (soit à l'aide d'une formule soit en affichant l'équation de la courbe de tendance).

10. En déduire l'âge de ces météorites (**c'est l'âge Rb-Sr du système solaire**) et déterminer le rapport d'abondance isotopique $\frac{^{87}\text{Sr}(0)}{^{86}\text{Sr}(\text{actuel})}$.

D'après acces.ens-lyon.fr