

Approche historique de l'âge de la Terre

Enseignement scientifique première

Durée 1h – 10 points – Thème « La Terre, un astre singulier »

Depuis l'Antiquité, la question de l'âge de la Terre a soulevé de nombreuses controverses. On se propose d'étudier différentes méthodes ayant permis d'estimer l'âge de la Terre au cours de l'histoire des sciences.

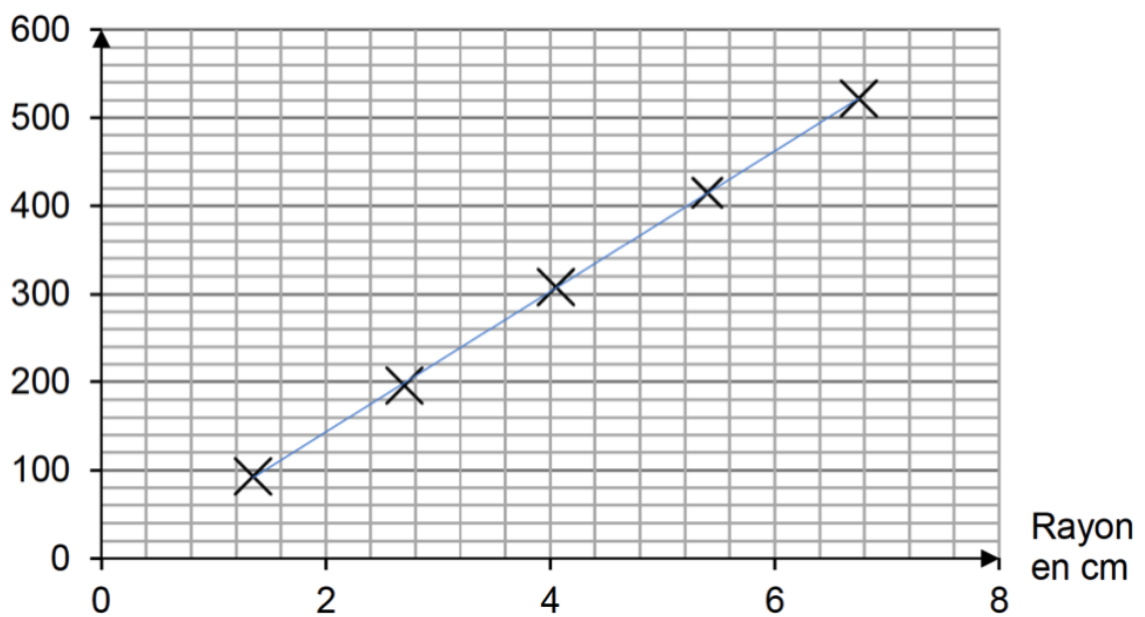
Partie A. Les précurseurs : Buffon et Kelvin

- La démarche de Buffon

Georges Louis Leclerc, comte de Buffon, est le premier à réaliser une expérience pour déterminer l'âge de la Terre. Partant de l'hypothèse que la Terre a d'abord été une sphère de matière en fusion qui a refroidi, il chauffe au rouge 10 boulets de fer forgé de tailles différentes et inférieures à 5 pouces (1 pouce = 2,54 cm). Buffon mesure la durée de leur refroidissement et extrapole ensuite ses résultats au globe terrestre, dont le diamètre connu à l'époque est proche de 13 000 km. Pendant plusieurs années et avec des métaux différents, il effectuera plus de 60 expériences, chacune répétée trois fois.

Document 1. Temps de refroidissement des boulets de canon selon leur rayon

Temps en min



Buffon écrit :

« Maintenant, si l'on voulait chercher [...] combien il faudrait de temps à un globe gros comme la Terre pour se refroidir, on trouverait, d'après les expériences précédentes, [...] quatre-vingt-seize-mille six cent soixante-dix ans et cent trente-deux jours pour la refroidir à la température actuelle » (extrait de *L'Histoire Naturelle, générale et particulière*, Buffon, 1774).

- La démarche de Kelvin

Presque un siècle plus tard, le Britannique Lord Kelvin utilise la théorie de la conduction de la chaleur établie par Fourier et modélisée par « l'équation de la chaleur ». En considérant que l'intérieur de la Terre est homogène et rigide, il estime l'âge de la Terre entre 20 et 400 millions d'années en utilisant l'équation de transfert de chaleur.

Lord Kelvin écrit :

« Le fait que la température de la Terre augmente avec la profondeur sous la surface implique une perte continue de chaleur de l'intérieur par conduction vers l'extérieur, à travers ou dans la croûte supérieure. Puisque la croûte supérieure ne devient pas plus chaude d'année en année, il doit donc y avoir une perte de chaleur séculaire de

la Terre entière... Mais il est certain que la Terre devient de plus en plus froide d'âge en âge... » (d'après *On the Secular Cooling of the Earth*, Lord Kelvin, 1862).

En s'appuyant sur le document 1, les informations précédentes et sur les connaissances personnelles, répondre aux questions suivantes.

1. Expliciter la démarche mise en œuvre par Buffon, ses points forts et ses limites.

Démarche mise en œuvre par Buffon :

Buffon que la Terre a d'abord été une sphère de matière en fusion qui a refroidi.

Ainsi, en étudiant le refroidissement de sphère en fusion il crée un modèle qui lui permet d'estimer l'âge de la Terre.



Déterminons la relation entre la durée de leur refroidissement et le rayon à l'aide du document 1 :

$$t = aR + b$$

Avec a le coefficient directeur de la droite.

$$a = \frac{t_B - t_A}{R_B - R_A}$$

$$a = \frac{140 - 520}{2 - 6,8}$$

$$a=79$$

$$\text{D'ou } t=79R+b$$

Trouvons b à l'aide du point (2 ; 140)

$$t=79R+b$$

$$140=79 \times 2+b$$

$$140=158+b$$

$$158+b=140$$

$$b=140-158$$

$$b=-18$$

$$\text{D'ou } t=79R-18$$

Considérons la Terre de diamètre connu à l'époque est proche de 13 000 km soit R=6500 km et trouvons le temps de refroidissement :

$$t=79R-18$$

$$t=79 \times 6500 \times 10^3 \times 10^2 - 18$$

$$t=5,1 \times 10^{10} \text{ min}$$

$$t = \frac{5,1 \times 10^{10}}{60 \times 24 \times 365,25}$$

$t=96\,965$ ans

On retrouve quasiment le temps trouvé par Buffon : « quatre-vingt-seize-mille six cent soixante-dix ans et cent trente-deux jours pour la refroidir à la température actuelle »

Les points forts de cette démarche : c'est une démarche scientifique qui repose sur des mesures.

Les limites de cette démarche : la terre n'est pas une boule de métal, ainsi, le modèle utilisé donne un résultat éloigné de l'âge de la terre.

2. Expliciter la démarche mise en œuvre par Lord Kelvin, ses points forts et ses limites.

Démarche mise en œuvre par Lord Kelvin :

Lord Kelvin utilise la théorie de la conduction de la chaleur en considérant que l'intérieur de la Terre est homogène et rigide.

Il estime l'âge de la Terre entre 20 et 400 millions d'années en utilisant l'équation de transfert de chaleur.

Les points forts de cette démarche : il améliore le modèle proposé par Buffon en utilisant le théorie de conduction de chaleur.

Les limites de cette démarche : la terre n'est pas est homogène et rigide, ainsi, le modèle utilisé donne un résultat éloigné de l'âge de la terre.

3. Commenter les âges de la Terre proposés par Buffon et Kelvin. On attend une comparaison des valeurs, de leur précision et de leur ordre de grandeur.

Âge de la Terre proposé par Buffon : quatre-vingt-seize-mille six cent soixante-dix ans et cent trente-deux jours. $t_{\text{Buffon}}=96\,670$ ans et 132 jours

Âge de la Terre proposé par Kelvin : entre 20 et 400 millions d'années.

Comparaison des valeurs : $t_{\text{Kelvin}} > t_{\text{Buffon}}$. L'estimation donnée par Kelvin est très supérieure à celle donnée par Buffon.

Comparaison de leur précision :

La précision de Buffon est donnée au jour près tandis que Kelvin nous donne une fourchette de plusieurs centaines de millions d'années.

Comparaison de leur ordre de grandeur :

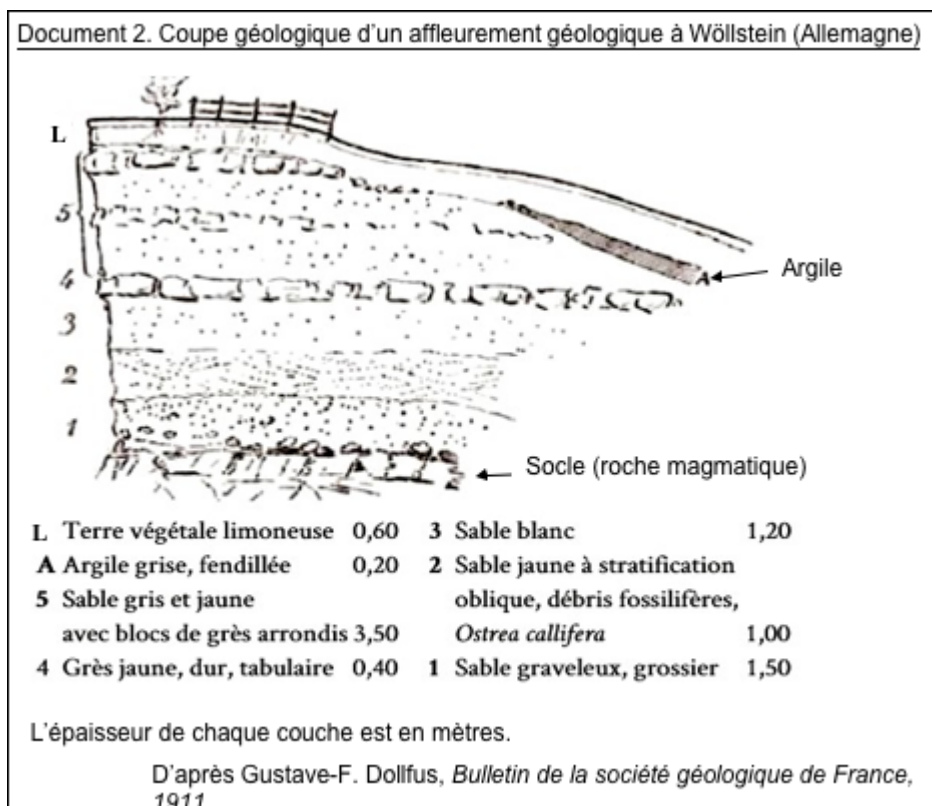
- ordre de grandeur de l'âge de la Terre proposé par Buffon : 10^5 ans
- ordre de grandeur de l'âge de la Terre proposé par Kelvin : entre 10^7 ans et 10^8 ans

Partie B. Les positions des géologues et de Charles Darwin

Au XIXe siècle, des géologues à l'instar de Charles Lyell, affirment que l'explication du passé de la Terre réside dans l'étude des phénomènes géologiques actuels. Ils utilisent la vitesse de sédimentation pour évaluer l'âge de la Terre.

En considérant que les sédiments se déposent à un rythme compris entre 1 mm et 1 cm par an, ils estiment l'âge de la Terre à environ 3 milliards d'années.

Quant à Charles Darwin, il s'oppose à Kelvin dans son ouvrage « De l'origine des espèces » paru en 1859. Selon lui, la théorie de l'évolution permet d'expliquer la diversité du vivant, mais elle nécessite des temps très longs, de l'ordre du milliard d'années.



4. En considérant que la vitesse de sédimentation est de 0,1 mm par an et que les sédiments formant ces différentes strates (couches 1 à 5) se sont déposés de manière uniforme, estimer la durée de formation de l'ensemble des strates de Wöllstein surmontant le socle.

Considérons les sédiments formant ces différentes strates (couches 1 à 5) et calculons l'épaisseur totale :

$$e = 1,50 + 1,00 + 1,20 + 0,40 + 3,50$$

$$e = 7,60 \text{ m}$$

Estimons la durée de formation de l'ensemble des strates de Wöllstein surmontant le socle

0,1 mm	1 an
e = 7,60 m	t

$$t = \frac{7,60 \times 1}{0,1 \times 10^{-3}}$$

t=76 000 ans

5. Comparer cet âge à celui estimé par Darwin. Proposer une hypothèse pour laquelle cette estimation de l'âge de la Terre à partir de cette coupe géologique est très différente.

Selon Charles Darwin l'âge de la Terre est de l'ordre du milliard d'années.

L'âge trouvé (76 000 ans) est très inférieur à celui estimé par Darwin.

L'estimation de l'âge de la Terre à partir de cette coupe géologique repose sur l'hypothèse selon laquelle les différentes strates (couches 1 à 5) se sont déposés de manière uniforme. Or ce n'est pas le cas, ce qui explique que cette estimation est très différente de celle estimée par Darwin.