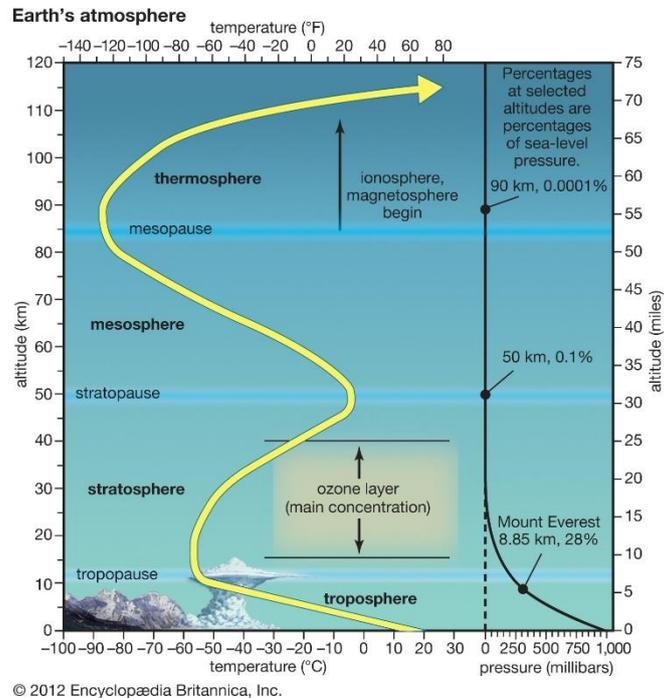


Datation au carbone 14

1) Création du carbone 14 par le rayonnement cosmique dans la haute atmosphère



L'atmosphère terrestre a environ une épaisseur d'une cinquantaine de kilomètres, si on se limite aux deux parties qui la composent et qui en constituent à plus de 90 % la masse :

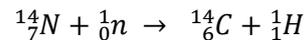
- La troposphère (entre 0 et 10 km en moyenne)
- La stratosphère (entre 10 km et 50 km en moyenne), partie où se trouve la couche d'ozone

L'atmosphère terrestre est bombardée en permanence par des particules et des rayonnements émis dans l'espace, principalement venant du soleil (vent solaire). Il s'agit :

- De rayonnements UV (en grande partie arrêtés par la couche d'ozone)
- De rayonnements X et gamma en grande partie absorbés dans la stratosphère et la haute troposphère
- De particules chargées, protons, électrons, déviées par le champ magnétique terrestre vers des régions toroïdales appelées ceintures de Van Halen, lesquelles rencontrent l'atmosphère terrestre au niveau des pôles et expliquent la formation des aurores boréales par interaction de ces particules chargées avec l'atmosphère.

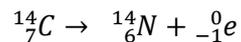
Le rayonnement cosmique constitué de particules de hautes énergie est absorbé en grande partie dans la stratosphère et la haute troposphère. Il interagit avec les molécules de l'air, principalement l'azote (l'air est composé à 78 % de diazote et à 21 % de dioxygène), qui réémet des neutrons lents.

D'autres atomes d'azote peuvent alors capter ces neutrons lents et se transformer en carbone 14 selon la réaction :



2) Teneur en carbone 14 dans les tissus vivants et datation

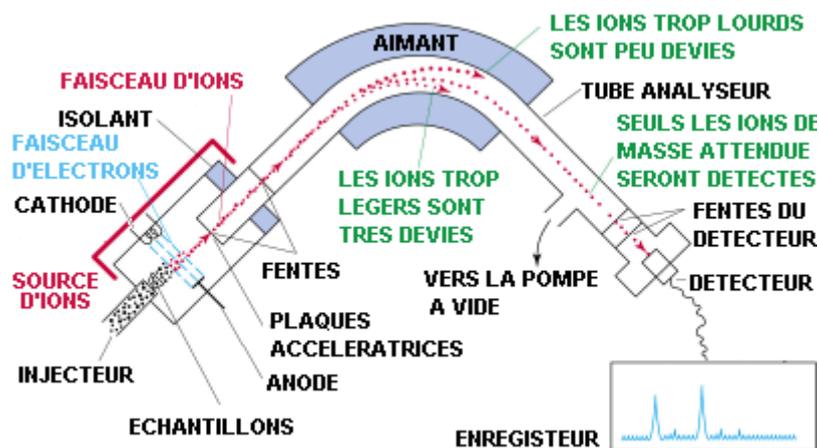
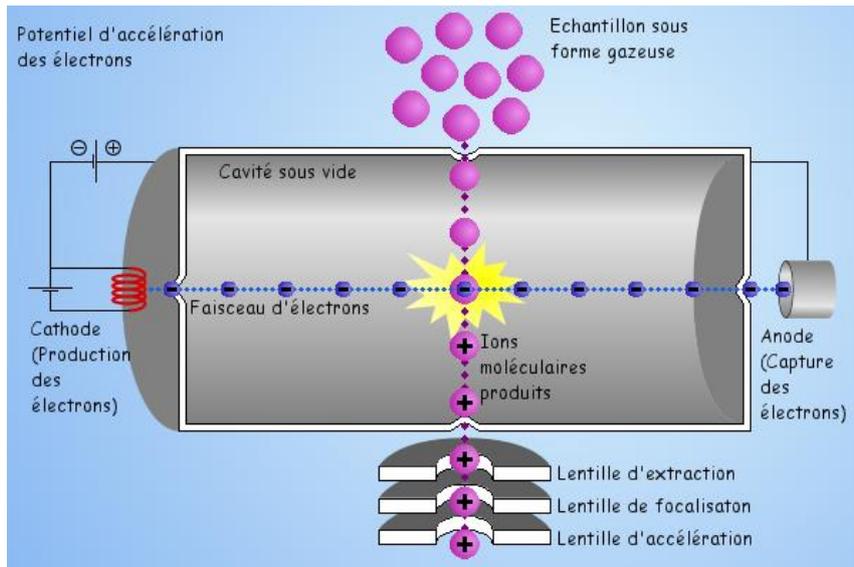
Le carbone 14 est radioactif de période 5730 ans. Il se désintègre en azote 14 en émettant un électron (rayonnement beta -) selon la réaction :



La proportion de carbone 14 par rapport au carbone 12 dans les êtres vivants peut être mesurée en prélevant un échantillon de matière vivante et en l'analysant à l'aide d'un spectromètre de masse qui permet de dénombrer les atomes de chaque type, carbone 12 et carbone 14, de l'échantillon. On constate, à des exceptions près liées aux conséquences des activités nucléaires humaines produisant du carbone 14 artificiel, que cette proportion est constante et de 1 atome de carbone 14 pour 10^{12} atomes de carbone 12.

En faisant l'hypothèse que cette teneur reste la même au cours des âges, lorsqu'un être vivant meurt, la teneur en carbone 14 diminue en raison de son caractère radioactif et elle diminue de moitié tous les 5730 ans. Cela permet de dater avec une précision satisfaisante des tissus ou des ossements d'un âge allant jusqu'à sept périodes soit environ 40 000 ans.

Ci-dessous le principe permettant d'ioniser les atomes de l'échantillon à analyser. Ce dernier est introduit sous forme gazeuse et un faisceau d'électrons entre en collision avec les atomes de l'échantillon, ce qui provoque leur ionisation. Un système de lentilles sert à focaliser les ions formés en un faisceau puis à l'accélérer avant de le dévier à l'aide d'un champ magnétique créé par des bobines. Pour une tension d'accélération appropriée, seul un type d'ion peut atteindre une cible et générer un signal électrique sous forme de pic. Ce dispositif permet alors de mesurer pour cet ion le rapport charge sur masse et comme la charge est connue en déduire sa masse mais aussi d'isoler les ions d'un type pour procéder à leur comptage. En faisant croître la tension régulièrement, on enregistre ainsi une série de pics, ce qui donne un spectre, d'où le nom de spectromètre de masse.



Les activités nucléaires de l'homme (essais nucléaires, centrales nucléaires, etc.), ont eu un impact sur la quantité de carbone 14 présente dans l'atmosphère, en ayant produit et relargué dans l'environnement du carbone 14 artificiel, ce qui pourrait biaiser la méthode de datation au carbone 14. Mais on considère que le carbone 14 artificiel s'est largement dilué dans l'air et dans les mers et que sa part n'est généralement plus distinguable du carbone 14 naturel.

Principe de la datation appliqué à une momie égyptienne :



Soit une momie égyptienne, enroulée de bandelettes de lin, qu'on suppose dater du même âge que la momie. On prélève un échantillon de lin que l'on analyse à l'aide d'un spectromètre de masse. On dénombre alors 67 noyaux de carbone 14 pour 10^{12} atomes de carbone 12. Comment dater l'échantillon de lin et donc la momie ?

Réponse :

On se sert de la loi de décroissance radioactive du carbone 14 dont on sait qu'il a une demi-vie de 5730 ans. Soit $N(0)$ le nombre d'atomes de carbone 14 de l'échantillon à l'époque de la momification et $N(t)$ le nombre d'atomes de carbone 14 de l'échantillon t années plus tard. Soit M le nombre d'atome de carbone 12 de l'échantillon, lequel n'a pas varié depuis la momification et soit $R(t)$ le rapport de $N(t)$ sur M .

Alors, $R(t)$ suit une loi exponentielle de même nature que $N(t)$ et qui peut être représentée graphiquement, en faisant apparaître sur l'axe des temps, les multiples de la demi-vie, avec l'hypothèse que la teneur en carbone 14 était la même à cette époque qu'aujourd'hui, à savoir :

$$R(0) = \frac{1}{10^{12}}$$

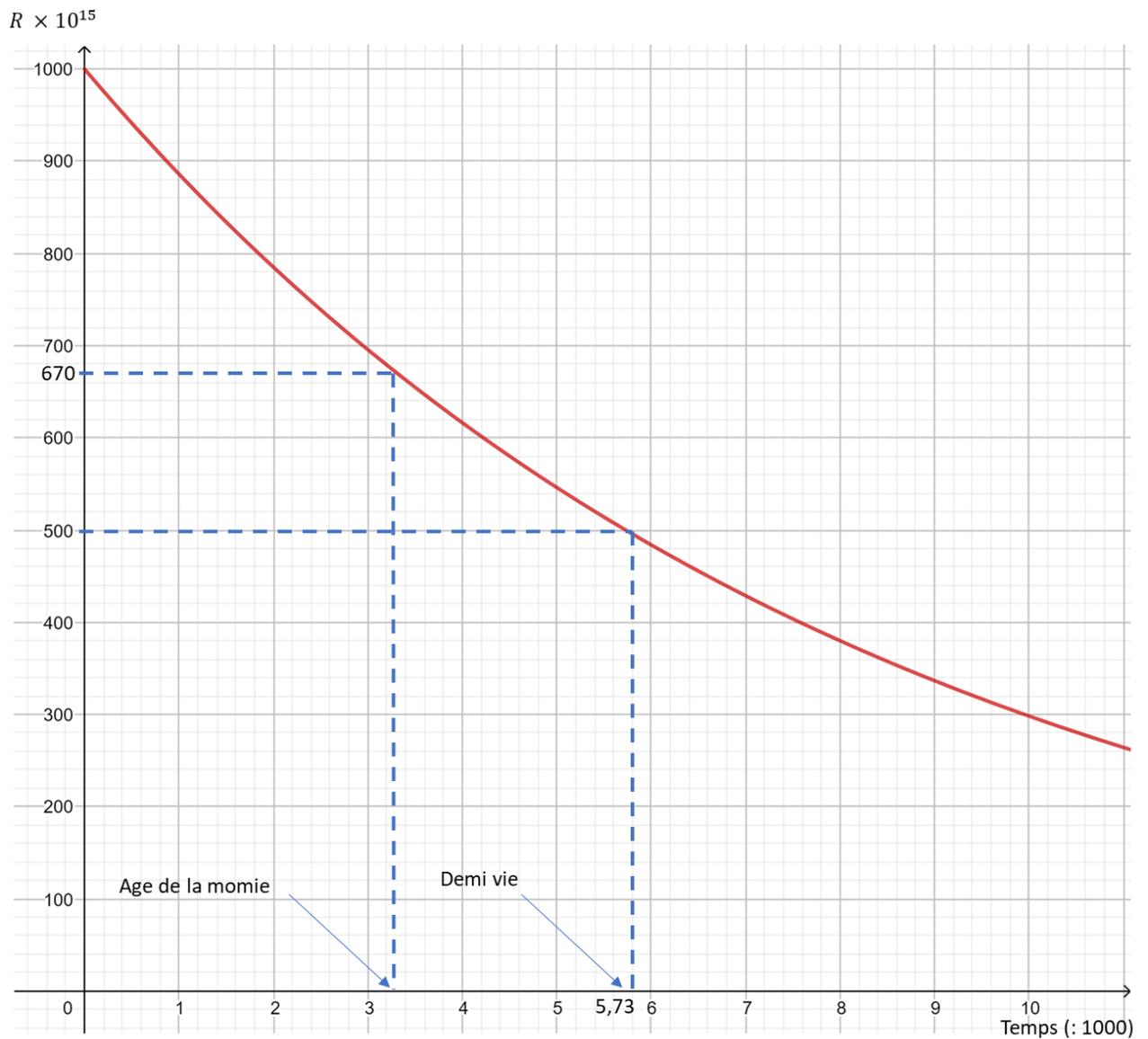
Toutefois, afin de rendre la lecture du graphique plus aisée, on multiplie les ordonnées par le facteur 10^{15} de telle sorte à faire débiter la courbe à l'ordonnée 1000 car :

$$R(0) \times 10^{15} = \frac{1}{10^{12}} \times 10^{15} = 1000$$

Et on représente les temps en milliers d'années. On obtient alors la courbe sous geogebra, en tapant :

$$f(x) = 1000 \times 2^{-\frac{x}{5,73}}$$

Ce qui donne :



Pour obtenir l'âge de la momie, on calcule la valeur de $R(t)$ où t est la durée écoulée en milliers d'années entre la momification et aujourd'hui. Cela est donné par la mesure actuelle :

$$R(t) = \frac{67}{10^{12}}$$

Donc, l'ordonnée correspondante sur le graphique est :

$$R(t) \times 10^{15} = \frac{67}{10^{12}} \times 10^{15} = 670$$

t est alors l'antécédent de 670 par la fonction précédente, ce qui se lit sur le graphique comme l'abscisse du point d'ordonnée 670. Par lecture graphique, on l'estime à $t = 3,23$ ce qui donne un âge de 3230 années pour la momie.

