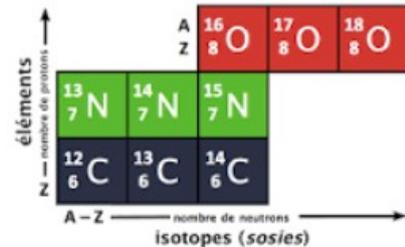


A savoir :

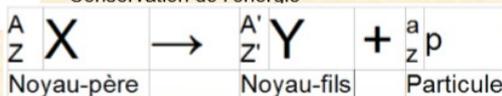
On appelle **isotopes** (d'un certain élément chimique) les nucléides partageant le même nombre de protons (caractéristique de cet élément), mais ayant un nombre de neutrons différent.



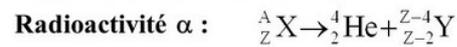
Les Lois de Soddy

Ce sont les lois qui régissent les réactions nucléaires. Toutes les réactions nucléaires vérifient les lois de conservation suivantes :

- Conservation de la charge électrique.
- Conservation du nombre total de nucléons.
- Conservation de la quantité de mouvement.
- Conservation de l'énergie

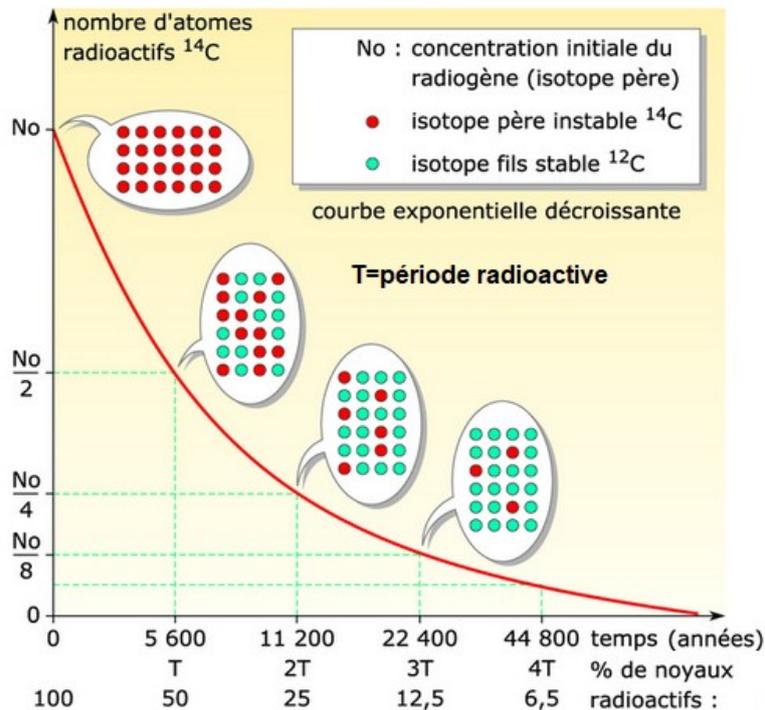


Les différentes radioactivités



Radioactivité γ : on obtient un noyau fils dans un état excité, qui émet des rayons γ lors du retour à l'état fondamental.

Décroissance radioactive du ${}^{14}\text{C}$



Exercice N°1

Les densimètres utilisent une source radioactive de césium 137 ($^{137}_{55}\text{Cs}$) qui se désintègre naturellement en baryum 137 ($^{137}_{56}\text{Ba}$).

Donner le nombre de protons et le nombre de neutrons composant un noyau de césium 137 puis de baryum 137.

Définir l'isotope. Le césium 137 et le baryum 137 sont-ils des isotopes ?

Écrire l'équation de désintégration du césium 137 en baryum 137 et préciser la nature de la particule émise.

À la lecture du **document C.1** et à l'aide de la question précédente, déterminer la nature des rayonnements émis par la source de césium 137.

Densimètre Nucléaire (Mesure la densité du sol et la teneur en humidité)

Document C.1

Les densimètres nucléaires sont des appareils dont le principe repose sur la mesure de dispersion ou de l'absorption de rayonnement radioactif par les sols.

Pour déterminer la densité du sol, une source radioactive-isotope (Césium 137) est plantée dans le sol (transmission directe). La source de l'isotope dégage des photons (des rayons gamma) qui sont éparpillés en raison des collisions avec les électrons d'atomes rencontrés. Plus la densité du milieu environnant est élevée, plus l'éparpillement est important.

La mesure de la teneur en humidité du sol est basée sur le principe d'absorption par l'eau des neutrons rapides émis par une source radioactive (Américium 241/Béryllium 9).

La majorité des densimètres nucléaires disponibles dans le commerce affichent directement les mesures. Avant chaque session de mesure, ils doivent être calibrés à l'aide d'un ensemble standard de matières de densité définie, habituellement livré avec le densimètre.

Les densimètres nucléaires permettent des mesures rapides, précises et renouvelables. Les instruments sont transportables et peuvent être utilisés facilement.

Les inconvénients résident dans le fait que du matériel radioactif est utilisé, ce qui requiert une autorisation préfectorale d'utilisation ainsi que des opérateurs correctement formés. De plus, le matériel est cher et requiert un calibrage adéquat pour chaque site.

Par conséquent, les densimètres nucléaires ne sont préconisés que pour des entreprises effectuant beaucoup de mesures.

Le graphe du **document réponse C.2.5/C.2.6** représente l'évolution de l'activité d'un échantillon de noyaux radioactifs de césium en fonction du temps.

On rappelle que la « période radioactive » (ou demi-vie) $T_{1/2}$ est la durée au bout de laquelle le nombre de noyaux radioactifs présents dans l'échantillon est réduit de moitié.

Déterminer graphiquement la demi-vie radioactive du césium 137. Vous ferez clairement apparaître le tracé sur le **document réponse C.2.5 /C.2.6**.

L'étalonnage de l'appareil est indispensable dès que la source a perdu 10% de son activité initiale.

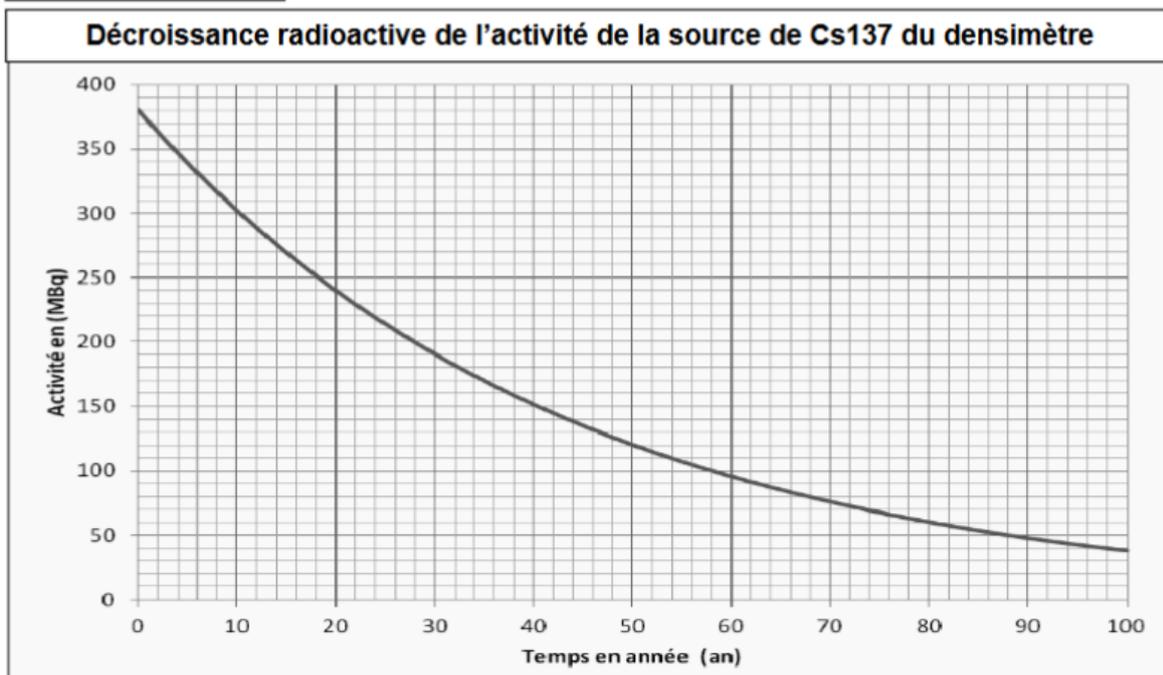
Estimer graphiquement la durée entre deux étalonnages de cet appareil. Vous ferez clairement apparaître le tracé sur le **document réponse C.2.5 /C.2.6**

Obligation en cas d'acquisition d'un densimètre nucléaire.

En vous aidant du **document C.1**, répondre à la question suivante :

Dans le cas où les responsables de l'entreprise feraient le choix d'acquérir ce type de densimètre, quelles actions doivent-ils mettre en place ?

Questions C.2.5/C2.6



Exercice N°2

datation des ossements

Procès-verbal des enquêteurs :

Dans le coffre du véhicule, se trouvait une mallette contenant des ossements.

Il se trouve que dans la région, un site archéologique d'une grande richesse a été découvert. Des ossements d'hominidés, dans un état de conservation exceptionnel, ont été mis au jour. Ils auraient vécu, selon l'estimation des responsables du site, il y a 23500 ans. Malheureusement le site a en partie été pillé.

Les ossements peuvent-ils provenir du site archéologique ?

D.1 Questions préliminaires (à l'aide du document D1)

- D.1.1 Quelle est la méthode utilisée pour dater les ossements ? Citer une limite à cette technique.
- D.1.2 Le carbone 14 se désintègre pour donner de l'azote 14 en émettant une particule. Compléter l'équation de désintégration radioactive du document réponse DR3. En déduire le nom de la particule émise et le type de radioactivité.

ANNEXE D : datation des ossements

D1 – Généralités sur la datation au carbone 14

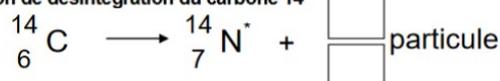
Vers 1950, le chimiste américain W. Libby a démontré [...] que tous les êtres vivants sont caractérisés par le même rapport du nombre de noyaux de ^{14}C au nombre de noyaux de ^{12}C : $N(^{14}\text{C}) / (^{12}\text{C})$.

En conséquence, un gramme de carbone pur extrait d'un être vivant présente une activité due au ^{14}C , voisine de 13,6 désintégrations par minute, ce qui correspond à "un âge zéro". Dans un animal ou un végétal mort (tronc d'arbre, coquille fossile, os... trouvé dans une caverne), le ^{14}C "assimilé" par l'animal ou la plante quand il était vivant, décroît exponentiellement en fonction du temps du fait de sa radioactivité à partir de l'instant de sa mort. La comparaison(1) de cette activité résiduelle aux 13,6 désintégrations par minute fournit directement l'âge de l'échantillon fossile [...]. Au bout de 40 millénaires, il reste moins de 1% du ^{14}C que contenait initialement un échantillon fossile ; cette teneur résiduelle devient trop faible pour être déterminée avec précision.

J.C Duplessy et C. Laj ; D'après une publication du CEA ; Clefs CEA n°14 automne 1989

(1) : On suppose que la valeur 13,6 désintégrations par minute, pour un organisme vivant, est restée constante au cours des derniers millénaires.

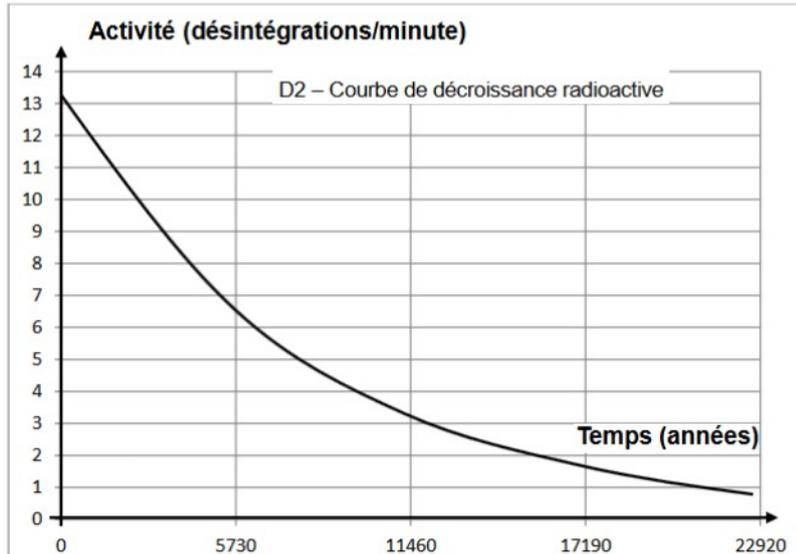
DR3 – Équation de désintégration du carbone 14



D.2 Décroissance radioactive du carbone 14

On définit la demi-vie (notée $t_{1/2}$) d'un échantillon radioactif comme étant la durée au bout de laquelle l'activité d'un échantillon radioactif a été divisée par deux.

À l'aide du document D2, déterminer la valeur de la demi-vie $t_{1/2}$.



D.3 Datation des ossements (à l'aide des documents D1 et D3)

Vous prélevez un échantillon des ossements de la mallette ; un comptage radioactif permet de relever une activité A de 14 mBq par gramme de carbone pur.

L'activité d'un échantillon radioactif est égale au nombre moyen de désintégrations par seconde de noyaux de l'échantillon. Elle s'exprime en becquerels (Bq) :

$$1 \text{ Bq} = 1 \text{ désintégration} \cdot \text{s}^{-1}$$

D.3.1 Montrer que l'activité A_0 (à « l'âge zéro ») est d'environ 0,23 Bq par gramme de carbone pur.

D.3.2 Exploiter la relation du document D3 pour déterminer l'âge des ossements de la mallette.

D.3.3 Ces ossements peuvent-ils provenir du site archéologique ? Justifier.

D3 – Expression réciproque de la loi de décroissance radioactive.

$$t = \frac{1}{\lambda} \times \ln\left(\frac{A_0}{A}\right)$$

A : activité en Bq à la date t

A_0 : activité en Bq à la date $t = 0$ (« âge zéro »)

λ : constante radioactive du carbone 14 ($1,2 \cdot 10^{-4} \text{ ans}^{-1}$)