

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'isotopie. 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.

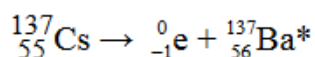
Le Noyau de césium: 55 protons 137-55=82 neutrons

Le Noyau de baryum: 56 protons 137-56=81 neutrons

Les isotopes sont des espèces qui ont le même nombre de protons mais dont le nombre de neutrons est différents.

Si le Cesium et le baryum étaient des isotopes ils auraient le même nom.

Equation de la désintégration β^- du césium puis celle de la désexcitation du baryum.



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 /C2.6**.

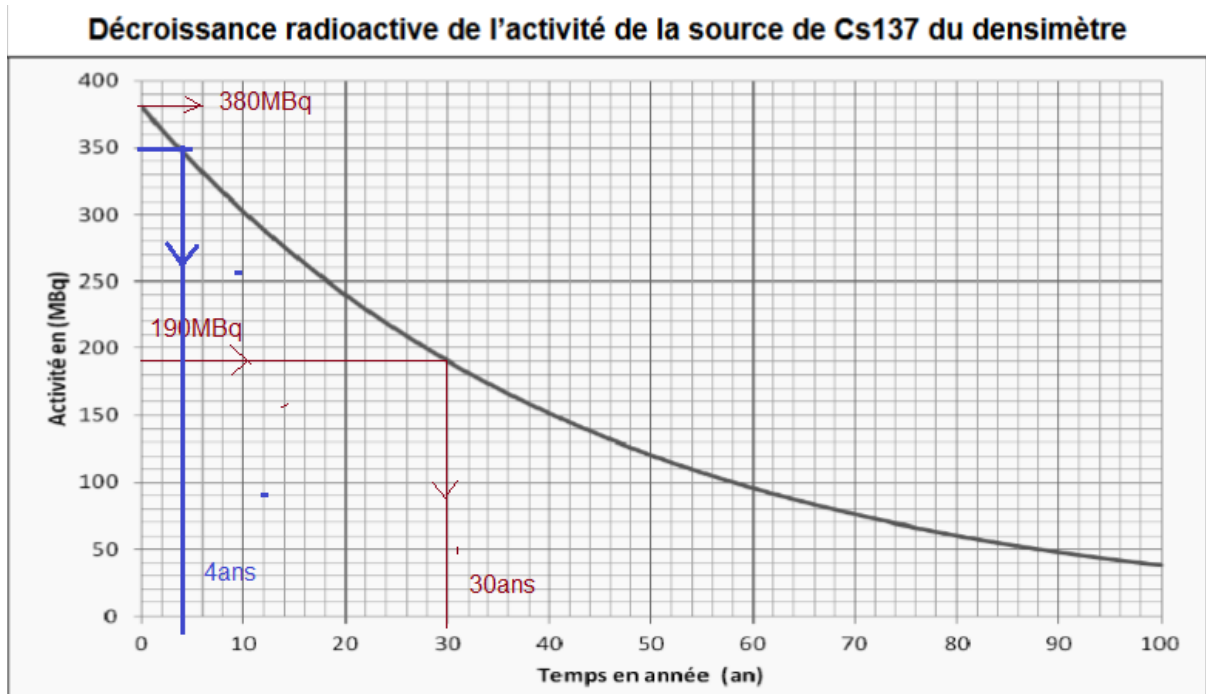
L'étalonnage de l'appareil est indispensable dès que la source a perdu 10% de son activité initiale.

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 ?



Précautions à prendre:

- Nécessité d'une autorisation donnée par la préfecture.
- Formation du personnel.
- Nécessité d'un calibrage pour chaque site.

Exercice N°3

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.

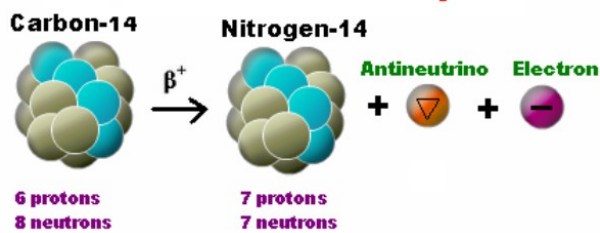
Les ossements peuvent-ils provenir du site archéologique ?

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.

La datation des ossements se fait à partir de l'isotope 14 du carbone. Cet isotope est absorbé via la chaîne alimentaire par les créatures vivantes. Puis à la mort des créatures la décomposition radioactive du carbone 14 et la connaissance de sa loi de désintégration nous permet de dater l'échantillon.

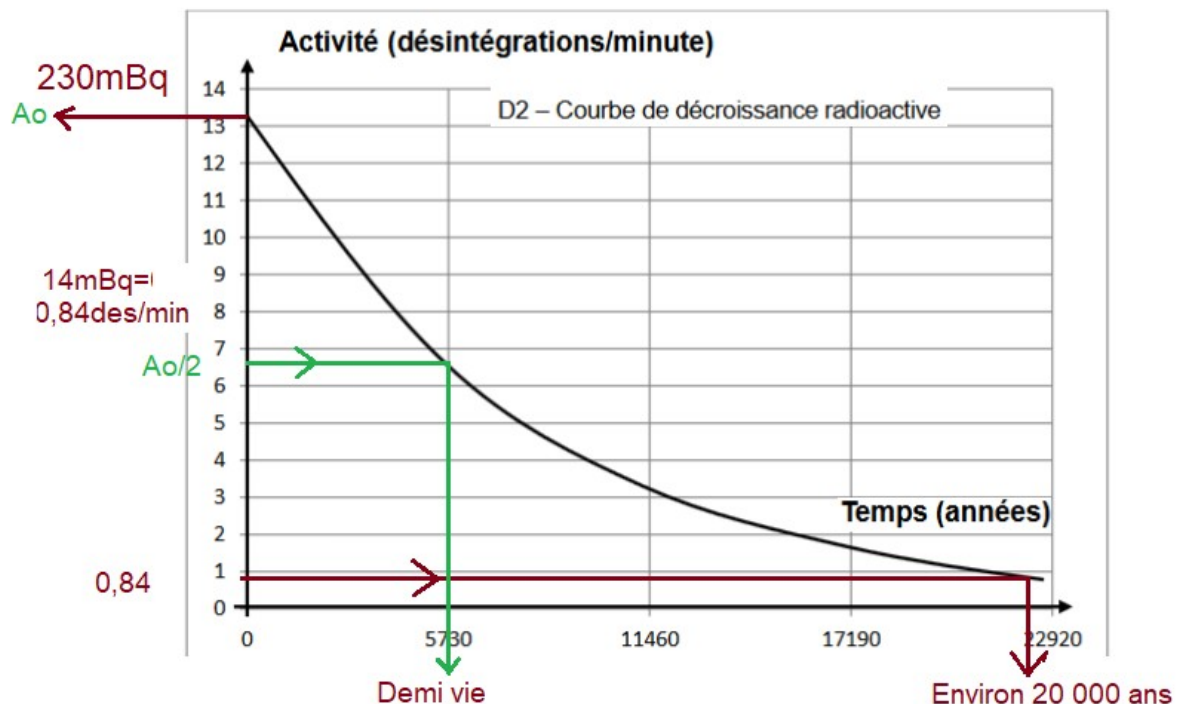
Si les échantillons sont trop âgés (supérieurs à 10 périodes) alors la méthode devient imprécise.



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 $t_{1/2}$.



D3.1 Sur la courbe on lit à la date $t=0$ 13,3 désintégrations par minute.

L'activité en becquerel correspond au nombre de désintégration par seconde :

$$A_0 = 13,3/60 = 230\text{mB}$$

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) :

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

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 ($1,2 \cdot 10^{-4} \text{ ans}^{-1}$)

D3.1 Sur la courbe on lit à la date $t=0$ 13,3 désintégrations par minute.

L'activité en becquerel correspond au nombre de désintégration par seconde :

$$A_0 = 13,3/60 = 221,7 \text{ mBq}$$

D3.2 $t = 1/1,2 \cdot 10^{-4} \times \ln(230/14) = 23325 \text{ ans}$.

La méthode graphique donne environ 20 000 ans, La courbe donnée n'est pas assez précise dans le domaine des mesures...

D.3.3 Ceci correspond bien à l'âge estimé du site (23500ans) compte tenu de la précision des estimations