

EXERCICE 1 25 POINTS.

On donne : masse volumique du mercure $\rho_1 = 13,6 \text{ kg.L}^{-1}$;
masse volumique de l'eau $\rho_2 = 1 \text{ kg.L}^{-1}$.

1.1. Une éprouvette graduée de section S_0 contient du mercure et de l'eau, deux liquides non miscibles. On introduit un cylindre plein, en zinc, de hauteur h et de section S_c . Il reste en équilibre au sein des deux liquides comme la figure. Le niveau du mercure ... dans l'éprouvette graduée s'est élevé de h_1 et celui de l'eau s'élève de h_2 .
Sur le cylindre plein, en l'équilibre, s'exercent les trois forces suivantes :

\vec{F}_1 force exercée par le mercure sur le cylindre, \vec{F}_2 force exercée par l'eau sur le cylindre et \vec{P} poids du cylindre.

1.1.1. Rappeler les caractéristiques de la poussée d'Archimède.

1.1.2. Recopier la figure 1 puis y représenter les trois forces qui s'exercent sur le cylindre, en équilibre. Etablir la relation entre les intensités P , F_1 , F_2 de ces forces.

1.1.3. Exprimer les volumes V_1 et V_2 , du cylindre, immergé respectivement dans le mercure et dans l'eau en fonction de S_0 , h_1 et éventuellement de h_2 .

1.1.4. Exprimer l'intensité F_1 en fonction des grandeurs notées par S_0 , h_1 , ρ_1 et g .

1.1.5. Exprimer l'intensité F_2 en fonction des grandeurs notées par S_0 , h_1 , h_2 , ρ_2 et g .

1.1.6. Montrer que la masse volumique du zinc, constituant le cylindre, est donnée par :

$$\rho_{\text{zinc}} = A \cdot (\rho_1 - \rho_2) + \rho_2 \text{ où } A \text{ est une constante dont on donnera l'expression.}$$

1.1.7.) Si le rapport $\frac{h_1}{h_2} = 0,484$, calculer la masse volumique du zinc..

1.2. Cette fois-ci on utilise un récipient suffisamment large afin que les niveaux des liquides ne changent pratiquement pas lors de l'introduction du cylindre en zinc. A l'équilibre le cylindre est immergé à la fois dans l'eau et dans le mercure. (Voir figure 2).

Sur le cylindre à l'équilibre s'exercent toujours trois forces :

\vec{F}_3 force exercée par le mercure sur le cylindre, \vec{F}_4 force exercée par l'eau sur le cylindre et \vec{P} poids de l'objet cylindrique.

Soit h_0 la dénivellation de la partie supérieure du cylindre par rapport à la surface de séparation des deux liquides.

1.2.1. Etablir la relation entre F_3 , S_c , h , h_0 , ρ_1 et g puis la relation entre F_4 , S_c , h_0 , ρ_2 et g .

1.2.2. En utilisant la condition d'équilibre, établir la relation entre h , ρ_{zinc} , h_0 , ρ_1 et ρ_2 .

1.2.3. Soit h_3 la hauteur d'immersion du cylindre dans le mercure et h_4 celle dans l'eau. Exprimer le rapport $\frac{h_3}{h_4}$ en fonction ρ_{zinc} , ρ_1 et ρ_2 .

1.2.4. La hauteur du cylindre étant $h = 5 \text{ cm}$. Calculer les valeurs de h_3 et h_4 .

EXERCICE 2 20 POINTS

On prendra $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$.

On considère le dispositif représenté par la figure 3 ; O_1O_2 : partie rectiligne horizontale ; O_2AB : partie rectiligne d'inclinaison $\alpha = 30^\circ$ par rapport à l'horizontale.

BC : partie circulaire de centre I et de rayon $r = 1,5 \text{ m}$; CD : partie rectiligne rugueuse.

Les corps (C_1) de masse $m_1 = 200 \text{ g}$, (C_2) de masse $m_2 = 600 \text{ g}$, (C_3) de masse $m_3 = 200 \text{ g}$ ainsi que les poulies (P_1) et (P_2) de masses négligeables sont supposés ponctuels. Les fils sont inextensibles et de masses négligeables.

Les frottements sont supposés négligeables pour les poulies, le corps (C_2) et pour le corps (C_3) jusqu'au point C .

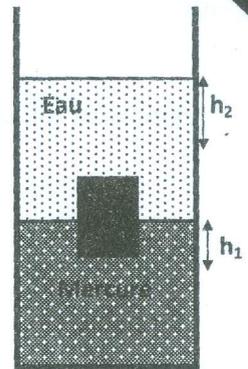


Figure 1

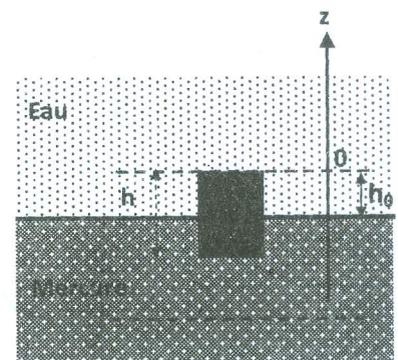


Figure 2

On abandonne le système à lui-même sans vitesse initiale à l'instant $t_0 = 0$ s pris comme l'origine des dates pour des différents mouvements.

La distance entre les deux poulies est $L = 2$ m, A l'instant $t_0 = 0$ s, le corps (C_2) se trouve à 0,7 m de la poulie (P_2) . Le sens positif (+) choisi est indiqué sur le schéma.

- 2.1. Déterminer le sens du mouvement d'ensemble des corps (C_1) , (C_2) et (C_3) .
- 2.2. Etablir l'expression de l'accélération a_1 du mouvement des corps (C_1) , (C_2) et (C_3) . Calculer sa valeur.
- 2.3. À l'instant $t_1 = 1$ s, le fil (f_1) est subitement coupé.
 - 2.3.1. Etablir l'expression de l'accélération a_2 des corps (C_2) et (C_3) . Calculer sa valeur algébrique..
 - 2.3.2. Etablir l'équation horaire $x(t)$ du mouvement du corps (C_2) en prenant l'origine des abscisses la position de (C_2) à $t_0 = 0$.
 - 2.3.3. A quelle distance de la poulie (P_1) et à quelle date t_2 le corps (C_2) rebrousse-t-il chemin ?
 - 2.3.4. Avec quelle vitesse V_2 le corps (C_2) atteint-il la poulie (P_2) ?
- 2.4. Juste au moment où le corps (C_2) heurte la poulie (P_2) , le corps (C_3) se détache du fil (f_2) et se trouve au point A à une altitude $H = 0,8$ m par rapport à la partie horizontale CD et avec une vitesse $V_0 = 2$ m s⁻¹.
 - 2.4.1. Déterminer la nature du mouvement du corps (C_3) après le détachement.
 - 2.4.2. Calculer sa vitesse d'arrivée au point B.
- 2.5. De C à D la piste devient rugueuse, les frottements sont équivalents à une force constante d'intensité $f = 2$ N.
 - 2.5.1. Etablir l'expression de l'accélération a_3 du corps (C_3) . Calculer sa valeur..
 - 2.5.2. Le corps (C_3) s'arrête en D tel que $CD = 1$ m. Déterminer la valeur de la vitesse acquise par (C_3) au point C.

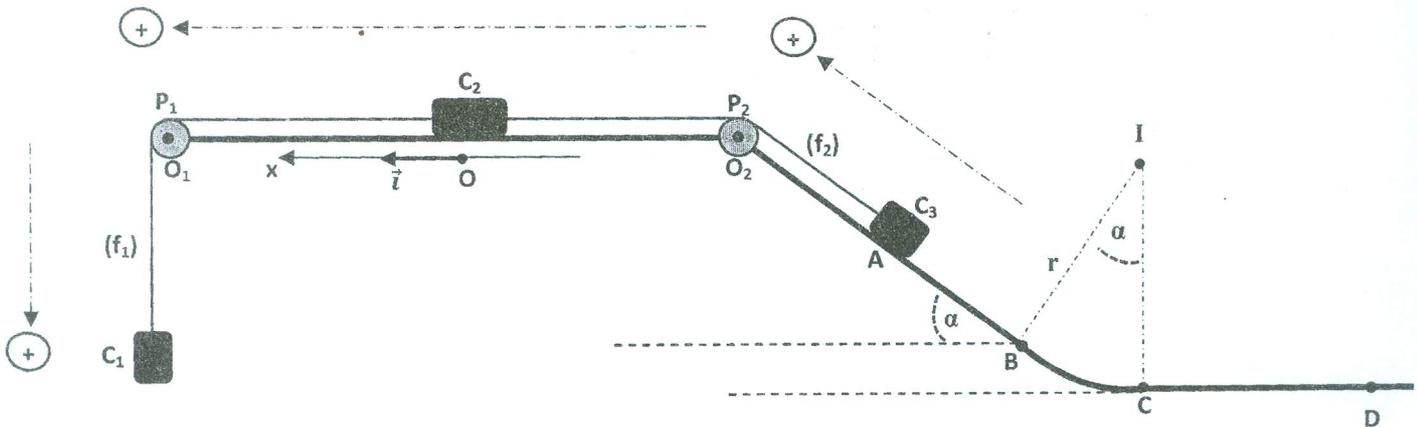


Figure 3

EXERCICE 3 25 POINTS

Les deux parties sont indépendantes.

Première partie :

On se propose de déterminer la composante horizontale B_H du champ magnétique terrestre par l'expérience suivante. Une boussole est placée à l'intérieur d'un solénoïde S dont l'axe est perpendiculaire au plan du méridien magnétique. Le solénoïde, alimenté par l'intermédiaire d'un générateur et d'un rhéostat, crée, au voisinage de son centre un champ magnétique uniforme \vec{B}_S d'intensité $1,7 \cdot 10^{-4}$ T.

Or, le rhéostat, parcouru par un courant électrique d'intensité I, engendre un champ magnétique perturbateur \vec{B}_r dont on ne connaît pas la valeur. Pour éliminer cette inconnue, on réalise deux mesures dont les vues du dispositif sont les suivantes figures (4 a) et (4 b) :

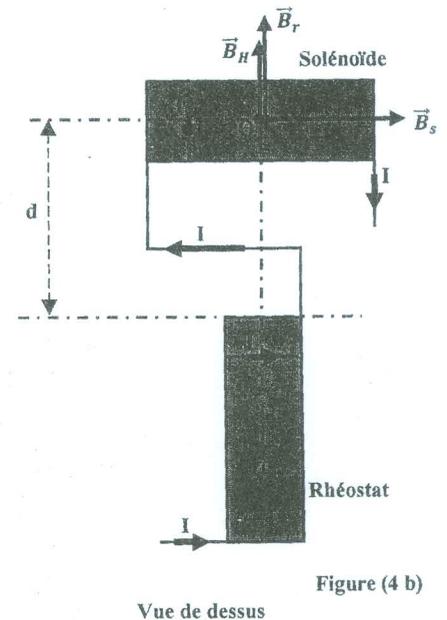
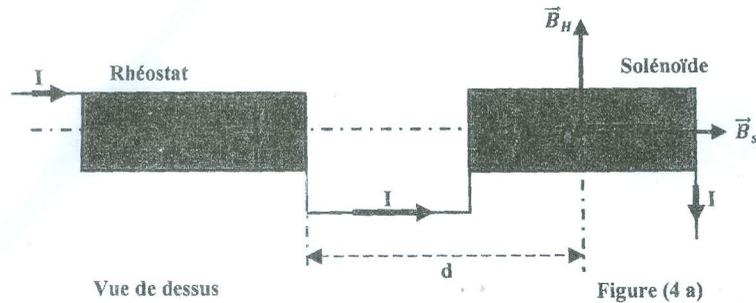
Première expérience :

L'axe du rhéostat est disposé suivant l'axe du solénoïde (figure 4a) à la distance d du centre où se trouve la boussole. Le champ magnétique \vec{B}_r créé par le rhéostat est parallèle à \vec{B}_S et de même sens. Un courant électrique d'intensité I provoque une rotation de l'aiguille aimantée d'un angle $\alpha_1 = 83,4^\circ$.

Deuxième expérience :

L'axe du rhéostat est disposé perpendiculairement à l'axe du solénoïde (figure 4b), à la même distance d du centre de celui-ci. Le champ magnétique \vec{B}_r créé par le rhéostat est parallèle à \vec{B}_H et de même sens. Le même courant électrique d'intensité I provoque une rotation de l'aiguille aimantée d'un angle $\alpha_2 = 82,9^\circ$.

Montrer à partir de ces deux expériences que la valeur de \vec{B}_H peut s'exprimer sous la forme : $B_H = B_s \frac{1 + \tan \alpha_2}{\tan \alpha_2 (1 + \tan \alpha_1)}$ puis calculer B_H .

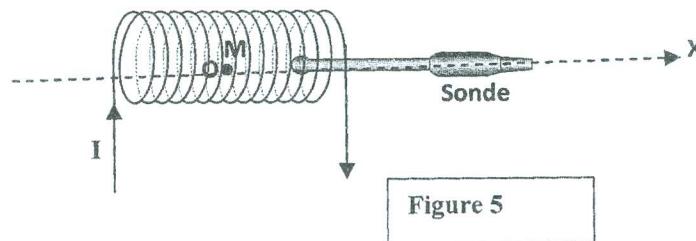


Deuxième partie :

On s'intéresse maintenant au champ magnétique \vec{B} à l'intérieur du solénoïde.

Avec une sonde de Hall on réalise le dispositif ci-dessous permettant la mesure de l'intensité B du champ magnétique \vec{B} au point M du solénoïde (figure 5). La tension U_s à la sortie de la sonde de Hall est proportionnelle à la valeur B : $U_s = 20 \cdot B$, où B en mT et U_s en mV.

B_0 désignera la valeur du champ magnétique au centre du solénoïde.



3.1. Etude de B_0 en fonction de l'intensité I du courant :

Le tableau suivant donne les valeurs de la tension U_s , mesurée à la sortie de la sonde, pour différentes valeurs de l'intensité I du courant qui traverse le solénoïde.

I(A)	0	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
U_s (mV)	0	12,6	18,8	25,9	30	37,8	43,0	49,7	56,0	62,0
B_0 (mT)										

3.1.1. Recopier puis compléter le tableau précédent.

3.1.2. Tracer la courbe représentant les variations de B_0 en fonction de I .

3.1.3. Quelle relation peut-on en déduire entre B_0 et I ? (Justifier la réponse).

3.1.4. Pour quelle valeur de l'intensité I du courant a-t-on $B_0 = B_H$?

3.2. Etude de la valeur du champ le long de l'axe $x'x$ du solénoïde :

L'origine de l'axe Ox est choisie au centre. L'intensité du courant est réglée à la valeur $I = 4$ A.

Pour différentes positions x on a obtenu le tableau de mesures suivant :

$x(\text{cm})$	0	4	8	12	14	16	17	18	19	20
$U_S(\text{mV})$	49	48,6	48,4	48	46,5	45,5	43,8	41,5	37,4	29
B (mT)										

3.2.1. Recopier puis compléter le tableau en vous aidant de la relation $U_S = 20 \cdot B$.

3.2.2. Tracer la courbe représentant les valeurs de l'intensité B en fonction de x .

3.2.3. Pour quelles valeurs de x peut-on considérer que B , sur l'axe du solénoïde, est constant à 5% près de sa valeur au centre ?

3.3. Influence de la longueur du solénoïde sur la valeur de B_0 :

En utilisant des bornes intermédiaires, on réalise des bobines de même rapport $\frac{N}{L}$ mais de longueurs différentes. On a obtenu le tableau de mesures suivant :

$L(\text{cm})$	40	20	12	8	4
$U_S(\text{mV})$	49,5	49,2	47,7	44,0	30,0
$B_0(\text{mT})$					

3.3.1. Recopier puis compléter le tableau en précisant les valeurs de B_0 correspondantes.

3.3.2. Tracer la courbe représentant B_0 en fonction de L .

3.3.3. Calculer la valeur théorique $B_{0(\text{TH})}$ de B_0 sachant que les mesures ont été faites avec les caractéristiques suivantes : $I = 3,95$ A ;
 $\frac{N}{L} = 500$ spires par mètre et un diamètre de $D = 5$ cm pour le solénoïde. (On donne $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ S.I.).

3.3.4. Pour quelles longueurs, la valeur B_0 du champ diffère-elle de moins de 5% de la valeur de $B_{0(\text{TH})}$.

EXERCICE 4 15 POINTS.

Un dipôle (D) comprend, en série, une bobine de résistance nulle et d'inductance L , un condensateur de capacité $C = 10 \mu\text{F}$ et un résistor de résistance R variable. On alimente ce dipôle (D) avec une tension alternative sinusoïdale de valeur efficace U maintenue constante lors de toutes les expériences.

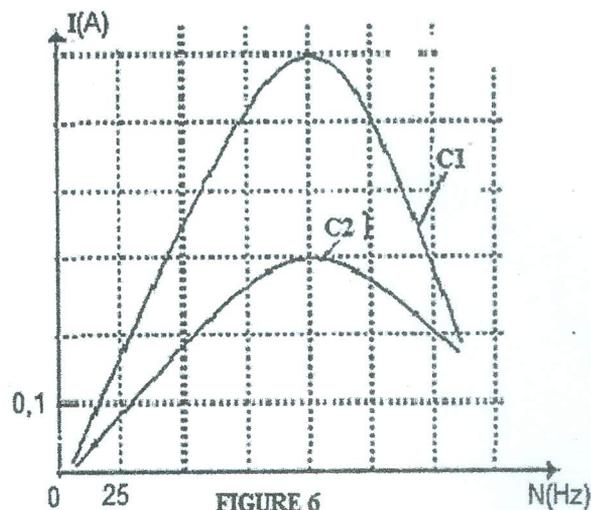
4.1. On a tracé la courbe de résonance d'intensité pour deux valeurs de la résistance R . (Figure 6)

• Pour $R = R_1$, on obtient la courbe C_1 .

• Pour $R = R_2$, on obtient la courbe C_2 .

4.1.1 Déterminer la fréquence N_0 de résonance en intensité. En déduire l'inductance L de la bobine.

4.1.2 Pour chacune des courbes déterminer la largeur de la bande passante en fréquence ΔN puis le facteur de qualité Q .



4.1.3 Préciser, pour les courbes C_1 et C_2 , celle qui correspond à une résonance aigüe et à une résonance floue.

4.1.4 Déterminer la valeur du rapport $\frac{R_1}{R_2}$.

4.2. On fixe maintenant la fréquence du générateur à la valeur $N_1 = 72$ Hz et la résistance du résistor à la valeur R_1 . On branche, ensuite aux bornes du dipôle D un oscilloscope bicourbe de manière à visualiser :

- Sur la voie Y_1 : la tension $u(t)$ aux bornes du générateur ;
- Sur la voie Y_2 : la tension $u_{R_1}(t)$ aux bornes du résistor.

Les deux voies sont réglées avec les mêmes sensibilités verticale et horizontale, (voir Figure 7).

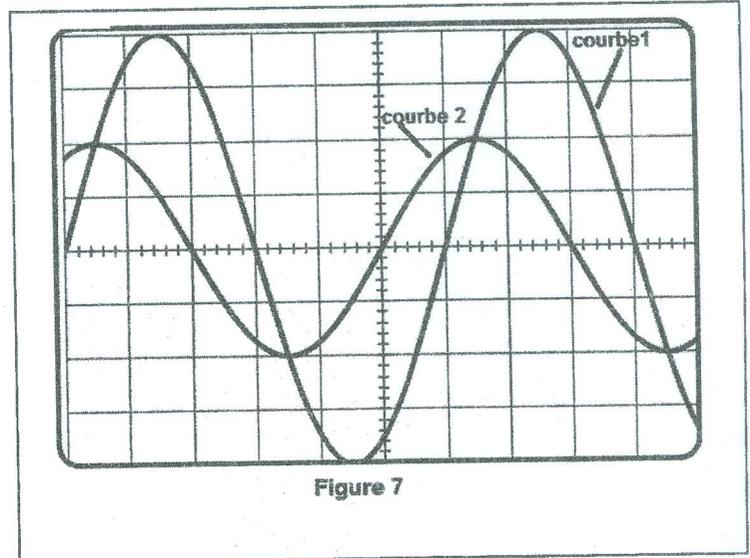
4.2.1 Proposer un schéma de montage électrique permettant d'obtenir les courbes (1) et (2) de la Figure 7 en précisant les connexions des voies Y_1 et Y_2 et la masse de l'oscilloscope.

4.2.2 Laquelle des deux courbes correspondant à la tension $u_{R_1}(t)$? Justifier la réponse.

4.2.3 Déterminer le déphasage entre la tension et l'intensité du courant $\Delta\phi = \phi_u - \phi_i$. En Dédire le mode de fonctionnement, capacitif ou inductif, du circuit.

4.2.4 Calculer le facteur de puissance de ce circuit.

4.2.5 Calculer les valeurs de R_1 , de R_2 et de U .



EXERCICE 5 15 POINTS

Isotope radioactif, le « carbone 14 » noté ^{14}C est formé continuellement dans la haute atmosphère. Il est très réactif et donne rapidement du « gaz carbonique » qui, en quelques mois, se mélange avec l'ensemble du gaz carbonique de notre atmosphère. Il sera donc assimilé par les plantes au même titre que le gaz carbonique produit avec du carbone stable (les isotopes ^{12}C et ^{13}C). On le retrouvera donc comme constituant de la matière organique des animaux herbivores et carnivores. Vers 1950, le chimiste américain W. Libby a pu montrer 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 . 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 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.

D'après une publication du CEA Clefs CEA n°14 automne 1989

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

5.1. On donne les numéros atomiques suivants : $Z = 6$ pour le carbone (C) et $Z = 7$ pour l'azote (N).

5.1.1. Donner la composition des noyaux de symbole $^{12}_6\text{C}$ et $^{13}_6\text{C}$. Pourquoi ces noyaux de carbone sont-ils appelés isotopes ?

5.1.2. Le « carbone 14 » se désintègre « en azote 14 ». Ecrire l'équation de désintégration du « carbone 14 » en supposant que le noyau fils n'est pas obtenu dans un état excité.

S'agit-il d'une radioactivité α , β^+ , β^- ?

5.1.3. On propose quatre expressions mathématiques pour représenter l'évolution du nombre N de noyaux de « carbone 14 » restant dans l'échantillon à la date t , λ étant la constante radioactive relative à la désintégration étudiée ($\lambda > 0$) :



a) $N = \frac{N_0}{e^{\lambda t}}$	b) $N = N_0(1 - e^{-\lambda t})$	c) $N = N_0.e^{\lambda t}$	d) $N = N_0(1 - e^{\lambda t})$
------------------------------------	----------------------------------	----------------------------	---------------------------------

Dans chacune des quatre expressions ci-dessus :

- Que vaut N à $t = 0$?

- Quelle est la limite de N quand t tend vers l'infini pour chaque expression ?

En déduire l'expression à retenir parmi les propositions a), b), c) et d) en justifiant.

5.1.4. L'activité à l'instant t est donnée par la relation $A = -\frac{dN}{dt}$.

- Définir l'activité radioactive.

- Montrer que l'expression de l'activité peut se mettre sous la forme : $A = A_0.e^{-\lambda t}$ en précisant ce que représente A_0 .

5.1.5. En s'aidant du texte, donner pour un échantillon de 1,0 mg de carbone pur, extrait d'un être vivant, la valeur de A_0 dans le système international.

5.2. La période radioactive de l'isotope ^{14}C est $T=5730$ ans.

5.2.1. Qu'appelle-t-on période radioactive d'un échantillon radioactif ?

5.2.2. Etablir la relation liant la constante radioactive et la période T .

Calculer la constante radioactive du ^{14}C .

5.2.3. Plusieurs articles scientifiques parus en 2004 relatent les informations apportées par la découverte d'Otzi, un homme naturellement momifié par la glace et découvert, par des randonneurs, en septembre 1991 dans les Alpes italiennes. Pour dater le corps momifié, on a mesuré l'activité d'un échantillon de la momie. On a trouvé une activité égale à 7,16 désintégrations par minute pour une masse équivalente à 1,0 g de carbone pur. Donner l'expression littérale de la durée écoulée entre la mort d'Otzi et la mesure de l'activité de l'échantillon puis calculer cette durée.

5.2.4. A Obock (en République de Djibouti), des chercheurs ont étudié un corail vieux de $1,2.10^5$ ans.

D'après le texte, ce corail a-t-il pu être daté par la méthode utilisant le « carbone 14 » ? Justifier la réponse.

FIN DE L'EPREUVE.