11 bis quai de Turenne
44000 Nantes
02 40 20 33 20
Site internet : www.cours-galien.fr

"Le hasard ne favorise que les esprits préparés" Louis Pasteur

NOM : VILLE :

Prénom : Note sur : / 40

INTERNAT PHARMACIE

EXERCICE N°5

40 POINTS

Date : Samedi 9 Juin 2007 & Dimanche 10 Juin 2007

Datation au carbone 14.

Question 1 (17 points)

Dans les végétaux, lors de leur formation, le rapport du nombre d'atomes ^{14}C au nombre d'atomes ^{12}C (taux de ^{14}C) vaut 10^{-12}.
À l'abri de l'air, ce rapport suit une loi de décroissance radioactive.
1.1 – Définir la radioactivité (2).

1.2 – Définir le principe de la datation au carbone 14 (3).

1.3 - Comment expliquer que la quantité moyenne de carbone 14 par kilogramme de matière (ou teneur) reste constante pour tous les organismes vivant ? (2)

1.4 - Quel serait, en fonction de la période radioactive, l'âge d'un végétal fossile pour lequel le taux de ^{14}C vaut $0{,}044.10^{-12}$? (8)

Question 2 (10 points)

À l'aide d'un compteur électronique d'impulsions et en utilisant les lois statistiques sur un grand nombre de mesures, on trouve que le nombre d'atomes de ^{14}C diminue d'un millionième de sa valeur en 2,483 jours .
2-1. Définir la période radioactive (2)

2-2. Calculer la constante radioactive ainsi que la période radioactive du ^{14}C (5). En déduire l'âge effectif du végétal fossile (3).

Question 3 (13 points)

L'isotope ^{14}C est un émetteur radioactif β^-.

3.1- Définir un isotope. Donner un exemple d'isotopes. (2+3)

3.2- Définir la désintégration ß$^-$. Donner un exemple d'émetteur ß$^-$. (2+3)

3.3- Quel type de matériau est suffisant à arrêter un rayonnement ß$^-$? (2)

3.4- Ecrire la réaction de désintégration (3).
Données : N (14,7) ; C(13,6), C(12,6)

11 bis quai de Turenne
44000 Nantes
02 40 20 33 20
Site internet : www.cours-galien.fr

"Le hasard ne favorise que les esprits préparés" Louis Pasteur

CORRECTION

INTERNAT PHARMACIE

EXERCICE N°5

PHYSIQUE

Date : Samedi 9 Juin 2007 & Dimanche 10 Juin 2007

Datation au carbone 14.

Question 1 (17 points)

1.1- Définition de la radioactivité :

La radioactivité est un phénomène physique naturel au cours duquel des noyaux atomiques instables se désintègrent en dégageant de l'énergie sous forme de rayonnements divers, pour se transformer en noyaux atomiques plus stables. Les rayonnements ainsi émis sont appelés, selon le cas, des *rayons* α, des *rayons* β ou des *rayons* γ.

1.2- Principe de la méthode de datation par le ^{14}C :
La méthode de la datation consiste à mesurer l'activité spécifique d'un échantillon, qui est le nombre de rayons ß$^-$ émis par gramme de carbone et par minute, et en déduire par le calcul, le temps écoulé depuis la mort de l'organisme sur lequel l'échantillon a été prélevé. Dater un échantillon par le radiocarbone consistera donc à mesurer sa teneur en ^{14}C actuelle et la comparer à celle qu'il avait lors de sa formation.

1.3- Les organismes vivants perdent quotidiennement des atomes de carbone 14 par sécrétion, respiration, déjections et du fait de sa désintégration spontanée. Ils assimilent parallèlement du carbone, notamment dans leur alimentation. Ce carbone est composé entre autres de carbone 14 qui entretient les réserves de l'organisme vivant. Ainsi, dans leur organisme, la proportion de carbone 14 comparée à celle de carbone 12 reste celle de l'environnement dans lequel ils vivent.

1.4- A l'instant $t_0 = 0$ (pris comme instant initial) la teneur en $^{14}C = 10^{-12}$.
Ce nombre est noté N_0 à l'instant $t_0 = 0$s.
A l'instant t, cette teneur est égale à $0{,}044.10^{-12}$.
Selon la loi de décroissance radioactive :
$N = N_0\, e^{-\lambda.t}$
N noyaux radioactifs (non désintégrés) à un instant t
N_0 le nombre de noyaux radioactifs à l'instant t_0
λ est la constante radioactive
t est le temps qui s'est écoulé appelé l'âge du fossile.

Application numérique :

$N = 0{,}044.10^{-12}$, $N_0 = 10^{-12}$

$e^{-\lambda.t} = N/N_0 = 0.044$

$\ln (e^{-\lambda.t}) = \ln (N/N_0) = \ln (0.044)$

$\ln (e^{\lambda.t}) = \ln (N_0/N) = \ln (1/0.044)$

$\lambda.t = 3.1235$

$\ln 2\ t / T = 3.1235$

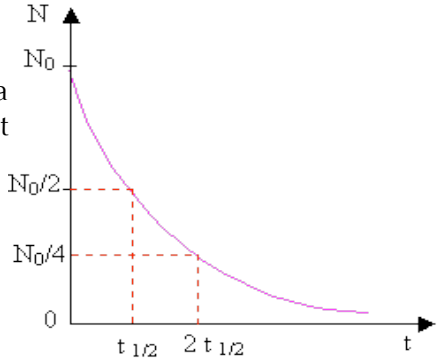
$t = 3.1235 \times T / \ln 2$

t = 4.5 T , l'âge végétal correspond à 4 fois la période radioactive du ^{14}C.

Question 2 (10 points)

2.1-Définition de la période radioactive :
À chaque instant, un noyau radioactif a une probabilité non nulle de se désintégrer. Le nombre de noyaux radioactifs présents dans un échantillon décroît avec le temps selon une loi exponentielle. Selon cette loi, ce nombre diminue d'un facteur 2,7 chaque fois qu'un laps de temps caractéristique de l'isotope, appelé période, s'écoule. On appelle « période radioactive » (ou *demi-vie*) $T_{\frac{1}{2}}$ la durée au bout de laquelle le nombre de radionucléides présents dans l'échantillon est réduit de moitié. On a donc :

$$\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T_{\frac{1}{2}}} \Rightarrow e^{\lambda T_{\frac{1}{2}}} = 2 \Rightarrow T_{\frac{1}{2}} = (\ln 2)\lambda^{-1} \Rightarrow T_{\frac{1}{2}} = 0.693\lambda^{-1}$$



2.2- Le nombre d'atomes de ^{14}C diminue d'un millionième = $1/10^6$ de sa valeur en 2,483 jours. Par conséquent, le nombre d'atome subsistant après 2,483 jours est de 999999 (=N) sur 10^6 d'atomes initial ($=N_0$).
$e^{-\lambda.t} = N/N_0$
$\lambda.t = \ln (N_0/N)$
$\ln 2 \times t / T = \ln (N_0/N)$
$T = \ln 2 \times t / \ln (N_0/N)$
Pour t = 2,483 J, $N_0/N = 10^6/999999$
T = 1721084.449 J = 4715.299 ans.
$\lambda = 1.47\ ans^{-1}$

Question 3 (13 points)

Question 3 :

3.1- définition de l'isotope
Le mot « isotope » vient du grec (*iso*=même, *topos*=place) désignée chacun des différents types d'atomes d'un même élément, différant par leur nombre de neutrons mais ayant le même nombre de protons et d'électrons, et possédant donc les mêmes propriétés chimiques. Dans la table périodique des éléments ; ce sont les différentes formes d'un même élément chimique. Deux isotopes d'un même élément possèdent le même nombre de protons, mais pas le même nombre de neutrons.

Exemple :
- l'Hydrogène (1 proton), le Deutérium (1 proton/1neutron; atome présent dans l'eau lourde), Tritium (1 proton/2 neutrons ; atome qui est aujourd'hui très rare à trouver dans la nature)
- L'iode : 125, 123, 131

3.2- Radioactivité B- :
Un neutron est converti en proton par l'intermédiaire de la force nucléaire faible et une particule β^- (un électron) et un anti-neutrino sont émis :

$$n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$$

Le spectre d'énergie (nombre de particules émises en fonction de leur énergie cinétique) des β^- (électrons) est continu en raison du partage de l'énergie entre les trois corps. Il n'y a pas d'énergie minimale.
Exemples :
- Exemple d'une réaction β^- pour le tritium ($^3H^+$) qui se transforme en hélium-3 ($^3He^{2+}$) :

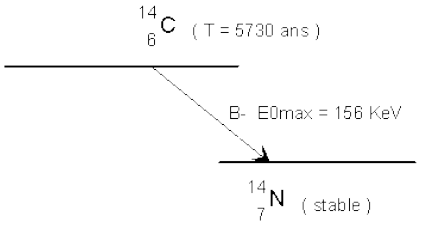
$$^3H^+ \rightarrow {}^3He^{2+} + e^- + \bar{\nu}_e$$

- Exemple d'une réaction β^- pour l'isotope radioactif cobalt-60 (^{60}Co) qui se transforme en nickel-60 ($^{60}Ni^+$) stable :

$$^{60}Co \rightarrow {}^{60}Ni^+ + e^- + \bar{\nu}_e$$

3.3- Le rayonnement β^- est arrêté par une feuille d'aluminium ou par une plaque de plexiglas de 1 cm d'épaisseur.

3.4- **Equation de désintégration :**
Schéma de désintégration du carbone 14



$$^{14}_{6}C \Rightarrow \beta^- + {}^{14}_{7}N$$