

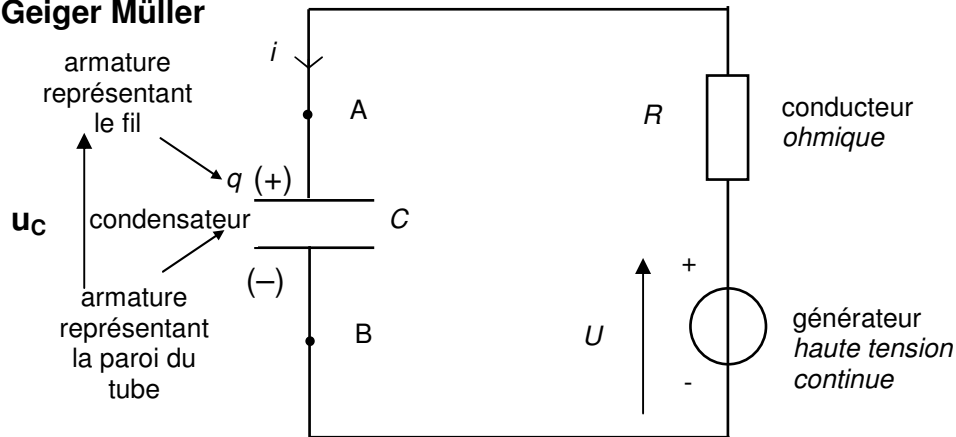
EXERCICE II. RADIOACTIVITÉ TELLURIQUE (6,5 points)

Calculatrice interdite

1. Le compteur Geiger Müller

1.1 Circuit RC.

1.1.1.



1.1.4.

Convention récepteur : flèche u_C opposée à la flèche i .1.1.2. Expression de l'intensité i du courant électrique en fonction de la charge q : $i = \frac{dq}{dt}$.

Lorsque le condensateur atteint sa charge maximale Q , la quantité d'électricité portée par les armatures ne varie plus. Cette charge Q constante a une dérivée nulle, $I = \frac{dQ}{dt} = 0 \text{ A}$.

1.1.3. $Q = C.U$

$$Q = 1,0 \times 10^{-11} \times 500 = 5,0 \times 10^{-9} \text{ C} = 5,0 \text{ nC}.$$

1.1.4. Voir schéma du 1.1.1. Les électrons se déplacent dans le sens inverse de l'intensité du courant, ils s'accumulent donc sur l'armature B qui portera la charge $-q$ et l'armature A portera l'armature $+q$.

1.2 Impulsion de décharge.

1.2.1. $\tau = R.C = 2 \Delta t$ ce qui donne $R = \frac{2\Delta t}{C}$

$$R = \frac{2 \times 0,10 \times 10^{-3}}{1,0 \times 10^{-11}} = 2,0 \times 10^7 \Omega = 20 \text{ M}\Omega$$

1.2.2. L'anode, fil chargé positivement, reçoit les électrons créés lors de l'ionisation de l'argon. La quantité d'électricité portée par l'anode va diminuer, les électrons étant porteurs d'une charge négative égale à $-N.e$, où N est le nombre d'électrons reçus par l'anode et e la charge élémentaire.

La valeur de la charge q portée par l'anode vaut alors $q = Q - N.e$.On rappelle que Q est la quantité d'électricité positive portée par l'anode avant le passage d'une particule dans le tube.1.2.3. u_C (après passage) = $\frac{q}{C} = \frac{Q - N.e}{C} < U$ (avant passage) = $\frac{Q}{C}$.

La tension entre les électrodes du tube diminue lors du passage d'une particule ce qui explique l'affirmation du texte.

1.2.4. $\Delta u_C = u_C$ (après passage) - u_C (avant passage) = $\frac{q}{C} - U = \frac{Q - N.e}{C} - \frac{Q}{C} = -\frac{N.e}{C}$.

2. Le radon « pollueur » des sous-sols.

2.1. Famille de l'uranium 238.

2.1.1. ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ le noyau de radon contient $Z = 86$ protons et $A - Z = 222 - 86 = 136$ neutrons.

2.1.2. Les noyaux représentés sur une même verticale sont des noyaux isotopes car ils ont même numéro atomique Z , mais des nombres de nucléons A différents.

2.1.3. ${}^{222}_{86}\text{Rn} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{218}_{84}\text{Po}$ (radioactivité α).

${}^{214}_{82}\text{Pb} \rightarrow {}^0_{-1}\text{e} + {}^{214}_{83}\text{Bi}$ (radioactivité β^-).

2.1.4. $t_{1/2}$ = temps de demi vie radioactive qui correspond à la durée nécessaire pour que la moitié des noyaux radioactifs initialement présents dans l'échantillon se soit désintégrée. L'activité aura ainsi diminué de moitié. Pour le polonium 218 on lit : $t_{1/2} = 3,1$ minutes.

2.2. Détection par le compteur.

2.2.1. Une dizaine de minutes correspond à environ 3 fois la demi-vie du polonium 218. Au bout d'une durée égale à chaque $t_{1/2}$, le nombre de noyau de polonium sera divisé par deux donc au bout de 3 demi-vie la nombre de noyaux de polonium sera divisé par 8 (par 2 au bout de $t_{1/2}$; par 2 à nouveau c'est à dire par 4 au bout de $2t_{1/2}$ puis à nouveau par 2 c'est à dire par 8 au bout de $3t_{1/2}$).

2.2.2. L'activité initiale de chaque type de noyaux est identique. La demi-vie du plomb 214 est de 27 minutes et celle du bismuth 214 est de 20 minutes.

Au bout de 10 minutes l'activité (proportionnelle aux nombre de noyaux) du polonium est 8 fois plus faible que celle de départ. Or pour constater une diminution de moitié de l'activité due au bismuth 214 il faut attendre 20 minutes (27 minutes pour le plomb 214). Donc au bout de 20 minutes (6 fois $t_{1/2}$ du polonium 218), l'activité du polonium aura été divisée par 64, on peut donc en conclure que la contribution du polonium 218 peut être négligée.

2.2.3. Le plomb 210 ainsi que ses descendants ne participent pas à la radioactivité de l'échantillon, on en conclut que les seuls noyaux radioactifs émetteurs β^- sont le plomb 214 et le bismuth 214.

3. Évolution temporelle.

3.1. Loi de décroissance.

3.1.1. Le nombre de noyaux radioactifs présents à la date t est donné par $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ où N_0 est le nombre initial de noyaux radioactifs et λ la constante radioactive du noyau concerné (en s^{-1}).

3.1.2. $A(t) = -\frac{dN(t)}{dt} = -\frac{dN_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}}{dt} = -[-\lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}] = +\lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} = +\lambda \cdot N(t)$.

3.1.3. Graphiquement on constate que $N(t_2) < N(t_1)$, alors $\lambda \cdot N(t_2) < \lambda \cdot N(t_1)$ et comme $A(t) = \lambda \cdot N(t)$ il vient $A(t_2) < A(t_1)$.

remarque : $t_2 - t_1 = 25$ minutes ce qui est proche de la demi-vie du plomb 214 ($t_{1/2} = 27$ min), donc entre t_1 et t_2 on peut en déduire que l'activité (qui est proportionnelle au nombre de noyaux) de la population de plomb 214 est divisée par deux.

3.1.4. $A(t) = -\frac{dN(t)}{dt}$ avec $\frac{dN(t)}{dt}$ = coefficient directeur de la tangente à la courbe $N = f(t)$.

Quand $N(t) = \frac{N_0}{2}$, on constate graphiquement que l'opposé du coefficient directeur de la tangente à la courbe relative au bismuth 214 (—) est supérieur à celle relative au plomb 214 (- - -).

Donc l'activité de $\frac{N_0}{2}$ noyaux de bismuth 214 est supérieure à l'activité du même nombre de noyaux de plomb 214.

$A_{\text{bismuth}} > A_{\text{plomb}}$ comme $A = \lambda \cdot N$,

on a $\lambda_{\text{bismuth}} \cdot \frac{N_0}{2} > \lambda_{\text{plomb}} \cdot \frac{N_0}{2}$ soit $\lambda_{\text{bismuth}214} > \lambda_{\text{plomb}214}$

3.2.1. La courbe (b) indique qu'à $t = 0$ s, le nombre de noyaux est nul. Les noyaux fils de bismuth 214 ne sont pas encore apparus. **La courbe (b) correspond au bismuth 214.**

Puis la courbe (b) indique que le nombre de noyaux croît : il y a formation de noyaux fils de bismuth 214.

Ensuite la courbe (b) montre que le nombre de noyaux décroît : le nombre de noyaux de bismuth qui se désintègrent en polonium 214 est supérieur au nombre de noyaux de bismuth formés par désintégration du plomb 214.

Le nombre de noyaux de **plomb 214** décroît de façon exponentielle puisqu'ils se désintègrent. Cela correspond à l'allure de la **courbe (a)**.

3.2.2. Les **équations (1) et (3) sont fausses**, car dans ces expressions le coefficient directeur de la tangente à la courbe (b) : $\frac{dN_{Bi}}{dt}$ est négatif, quel que soit t . (avec $\lambda > 0$ et $N > 0$)

Or le coefficient directeur de la tangente à la courbe est d'abord positif, puis ensuite négatif.

Seule l'**expression (2) convient** : $\frac{dN_{Bi}}{dt} = \lambda_{Pb} \cdot N_{Pb} - \lambda_{Bi} \cdot N_{Bi} = A_{Pb} - A_{Bi}$.

Le terme $\lambda_{Pb} \cdot N_{Pb}$ traduit la formation de noyaux de bismuth 214 à partir de la désintégration radioactive de noyaux de plomb 214, le terme $-\lambda_{Bi} \cdot N_{Bi}$ traduit la décroissance radioactive du bismuth 214.

Tant que l'activité A_{Pb} du plomb 214 est supérieure à celle du bismuth 214, le nombre de noyaux de bismuth augmente et $\frac{dN_{Bi}}{dt} > 0$. Dès que l'activité du bismuth devient supérieure à celle du

plomb, le nombre de noyaux de bismuth diminue au cours du temps et $\frac{dN_{Bi}}{dt} < 0$.