

TS	Physique	Le rayonnement corpusculaire et le rayonnement électromagnétique	Exercice résolu
----	----------	---	-----------------

## - Énoncé -

Il y a deux sortes de rayonnement corpusculaire : les particules alpha et les particules bêta ( $\alpha$  et  $\beta$ ).

✚ Particules alpha :

Ce sont des noyaux d'hélium composés de deux protons et de deux neutrons. Ce sont donc des particules quatre fois plus lourdes qu'un noyau d'hydrogène composé d'un seul proton. Ces particules sont très peu pénétrantes : à peine quelques centimètres dans l'air et quelques centièmes de millimètres dans les tissus organiques. Toutefois, elles sont très toxiques lorsque l'on absorbe l'élément radioactif qui les produit. En effet, ces particules, par leur masse, peuvent perturber les délicates constructions moléculaires de la cellule vivante et, comme des boules dans un jeu de quilles, produire des modifications ou mutations graves qui peuvent déclencher un cancer.

✚ Particules bêta :

Ce sont des électrons (provenant de la transformation d'un proton en neutron). Ils sont un peu plus pénétrants que les particules alpha : quelques mètres dans l'air et quelques millimètres dans les tissus vivants. Il suffit d'une feuille d'aluminium ou de plastique peu épais pour s'en protéger. Ils sont donc assez peu dangereux par irradiation mais, pour les mêmes raisons que celles indiquées plus haut, très dangereux par ingestion.

Le spectre du rayonnement électromagnétique s'étend des ondes radio (grandes ondes, ondes courtes et ultra-courtes), aux ondes TV (mégahertz), et aux communications satellitaires (gigahertz). Puis on arrive dans les rayonnements lumineux : infrarouge, lumière visible, ultraviolet... puis dans les rayons X, gamma et, finalement, dans les rayons cosmiques.

Les éléments radioactifs peuvent produire des rayons X et des rayons gamma ( $\gamma$ ). Ces derniers sont très pénétrants : il faut au moins quinze centimètres d'épaisseur de plomb ou des murs de béton d'un mètre pour les arrêter.

Les rayons X sont des rayons gamma qui ont une énergie plus faible mais les mêmes caractéristiques.

**A. Première partie : « A propos du texte... »**

- Quelle est la différence essentielle entre l'émission  $\alpha$  et  $\gamma$  ou  $\beta$  et  $\gamma$  ?
- a) Donnez la représentation symbolique des noyaux d'hélium et d'hydrogène.  
b) Définissez des noyaux isotopes. Ces noyaux appartiennent-ils au même élément. Justifiez votre réponse.  
c) Le deutérium et le tritium sont deux noyaux isotopes de l'hydrogène qui renferment respectivement 1 et 2 neutrons. Donnez les représentations symboliques de ces noyaux.
- Le texte indique que les particules  $\beta$  sont des électrons. Est-ce toujours le cas ? Précisez.
- Dans quel domaine de longueur d'onde les ondes électromagnétiques sont-elles visibles ?
- Les particules et rayonnement radioactifs sont dangereux pour l'Homme.  
a) Classez-les par ordre de pouvoir pénétrant croissant.  
b) De quelles façons l'organisme peut-il être atteint ?  
c) En quoi les particules  $\alpha$  peuvent-elles provoquer des dégâts considérables ?

## B. Deuxième partie : « Emissions radioactives »

### 1. Les émissions $\beta$

a) L'émission  $\beta^-$  correspond à la transformation d'un neutron du noyau en proton avec éjection d'une particule  $\beta^-$ .

Ecrivez la réaction nucléaire (ou transmutation) de cette transformation.

b) Par quelle transmutation peut-on interpréter l'émission  $\beta^+$  sachant qu'elle aboutit à l'éjection d'un positon  ${}^0_{+1}e$  ? Ecrivez la réaction nucléaire correspondante.

### 2. Equations de réactions nucléaires

a) Énoncez les règles auxquelles obéissent les équations des réactions nucléaires.

b) Le polonium 210 (Po ; Z = 84) est un émetteur  $\alpha$ . Ecrivez les équations traduisant sa transformation en plomb (Pb) avec émission d'un rayonnement électromagnétique.

c) Le bismuth 210 (Bi ; Z = 83) est un émetteur  $\beta^-$ . Ecrivez les équations traduisant sa transformation en polonium 210 avec émission d'un rayonnement électromagnétique.

d) Le bismuth 210 et le polonium 210 appartiennent à la famille radioactive de l'uranium 238. Que signifie cette expression ?

### 3. Evolution de l'activité au cours du temps

a) Nommez la loi selon laquelle le nombre de noyaux radioactifs N d'un échantillon évolue au cours du temps. Formalisez cette loi par une relation pour laquelle vous nommerez chacune des grandeurs utilisées.

b) Définissez l'activité A d'un échantillon de noyaux radioactifs. Nommez et définissez l'unité d'activité.

c) Donnez, sans démonstration, la relation qui lie, à une date t, l'activité A d'un échantillon et le nombre N de noyaux radioactifs de celui-ci.

d) Sachant que la demi-vie du bismuth 210 est de 5,02 jours, calculez les valeurs de la constante radioactive  $\lambda$  et de la constante de temps  $\tau$  de ce radioisotope.

e) Quelle serait l'activité d'un échantillon contenant 2,1 g de bismuth 210 (nombre d'Avogadro :  $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ , et masse molaire du bismuth 210 :  $M = 210 \text{ g.mol}^{-1}$ ).

f) Au bout de combien de temps cette activité sera-t-elle réduite à 1% de sa valeur initiale ?

## - Corrigé -

**A. Première partie : « A propos du texte... »**

1. Des noyaux sont dits radioactifs  $\alpha$  ou  $\beta$  s'ils émettent des particules chargées. Le rayonnement  $\gamma$  est une onde électromagnétique.

2. a)  ${}^4_2\text{He}$  et  ${}^1_1\text{H}$  (pour l'isotope le plus courant).

b) Des noyaux isotopes possèdent le même nombre de charge mais des nombres de masse différents (ils diffèrent par leur nombre de neutrons). Ces noyaux appartiennent au même élément puisqu'ils ont le même nombre de protons.

c)  ${}^2_1\text{H}$  et  ${}^3_1\text{H}$ .

3. Dans le cas de la radioactivité  $\beta^-$ , la particule émise est un électron. Mais dans le cas de la radioactivité  $\beta^+$ , la particule émise est un positon.

4. Entre 400 nm et 800 nm

5. a)  $\alpha < \beta < \gamma$ .

b) Par irradiation ou par ingestion.

c) Le texte évoque la masse importante des particules  $\alpha$  pour expliquer le danger qu'elles présentent si on les absorbe.

**B. Deuxième partie : « Emissions radioactives »****1. Les émissions  $\beta$** 

a)  ${}^1_0n \rightarrow {}^1_1p + {}^0_{-1}e$

b) Par la transmutation d'un proton en neutron :  ${}^1_1p \rightarrow {}^1_0n + {}^0_{+1}e$

**2. Equations de réactions nucléaires**

a) Au cours d'une réaction nucléaire, il y a conservation du nombre de nucléons  $A$  et du nombre de protons  $Z$  (lois de Soddy).

b)  ${}^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow {}^{206}_{82}\text{Pb}^* + {}^4_2\text{He}$  et  ${}^{206}_{82}\text{Pb}^* \rightarrow {}^{206}_{82}\text{Pb} + \gamma$

c)  ${}^{210}_{83}\text{Bi} \rightarrow {}^{210}_{84}\text{Po}^* + {}^0_{-1}e$  et  ${}^{210}_{84}\text{Po}^* \rightarrow {}^{210}_{84}\text{Po} + \gamma$

d) Ils font partie des descendants de l'uranium 238 qui donnent des noyaux fils instables, avant de donner finalement du plomb 206 stable.

**3. Evolution de l'activité au cours du temps**

a) C'est la loi de décroissance radioactive. On a  $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$ , avec :

-  $N$  : nombre de noyaux de l'échantillon non désintégrés à la date  $t$ ,

-  $N_0$  : nombre de noyaux du même échantillon à la date  $t = 0$ ,

-  $\lambda$  : constante radioactive.

b) L'activité d'une source radioactive est égale au nombre moyen de désintégrations par seconde dans l'échantillon. Elle s'exprime en becquerel : 1 Bq = 1 désintégration par seconde.

c)  $A = \lambda \cdot N$

$$d) \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \text{ soit } \lambda = \frac{\ln 2}{5,02} \approx 1,38 \times 10^{-1} \text{ j}^{-1} \text{ ou } 1,60 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$$

e) Soit  $N_0$  le nombre de noyaux radioactifs présents dans la masse  $m$  considérée.

$$N_0 = n \cdot \mathcal{N} \quad (n : \text{quantité de matière de bismuth 210 dans l'échantillon}) \text{ et } n = \frac{m}{M}$$

$$\Rightarrow N_0 = \frac{m}{M} \cdot \mathcal{N}$$

$$\text{Or } A_0 = \lambda \cdot N_0 \Rightarrow A_0 = \lambda \cdot \frac{m}{M} \cdot \mathcal{N}$$

$$\text{soit } A_0 = 1,60 \times 10^{-6} \times \frac{2,1}{210} \times 6,022 \times 10^{23} \approx 9,6 \times 10^{15} \text{ Bq}$$

$$f) A = A_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{A}{A_0} = e^{-\lambda t} \Rightarrow \ln \frac{A}{A_0} = -\lambda \cdot t \Rightarrow t = -\frac{1}{\lambda} \ln \frac{A}{A_0}$$

$$\text{Soit : } t = -\frac{1}{1,60 \times 10^{-6}} \ln \frac{1}{100} \approx 2,88 \times 10^6 \text{ s ou } 33,3 \text{ j}$$