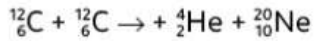


Exercices éléments dans l'univers

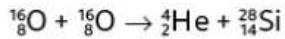
3 Réactions nucléaires

OBJECTIF Identifier la nature d'une transformation nucléaire.

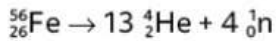
- De nombreuses transformations nucléaires se produisent au sein des étoiles tout au long de leur vie. Les équations de réaction de quelques transformations sont données ci-dessous :



Fusion / Réaction provoquée



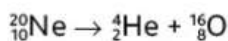
Fusion / Réaction provoquée



Fission / Réaction spontanée



Fusion / Réaction provoquée



Fission / Réaction spontanée



Fusion / Réaction provoquée

1. Classer ces transformations selon le type de processus : fusion nucléaire ou fission nucléaire.

2. Préciser si la réaction est spontanée ou provoquée

Lors d'une fusion, plusieurs noyaux « légers » réagissent pour former un noyau plus « lourd ».

Lors d'une fission, un noyau lourd se casse en plusieurs noyaux plus légers.

On cherche donc où est le noyau le plus lourd : c'est celui qui a le plus grand nombre de nucléons donc le « A » le plus grand (rappel : A est le nombre en haut à gauche).

Si le noyau lourd est dans les réactifs, il s'agit d'une fission.

Si le noyau lourd est dans les produits, il s'agit d'une fusion.

La réaction est spontanée si il n'y a qu'un seul noyau ou particule dans les réactifs (du côté gauche)

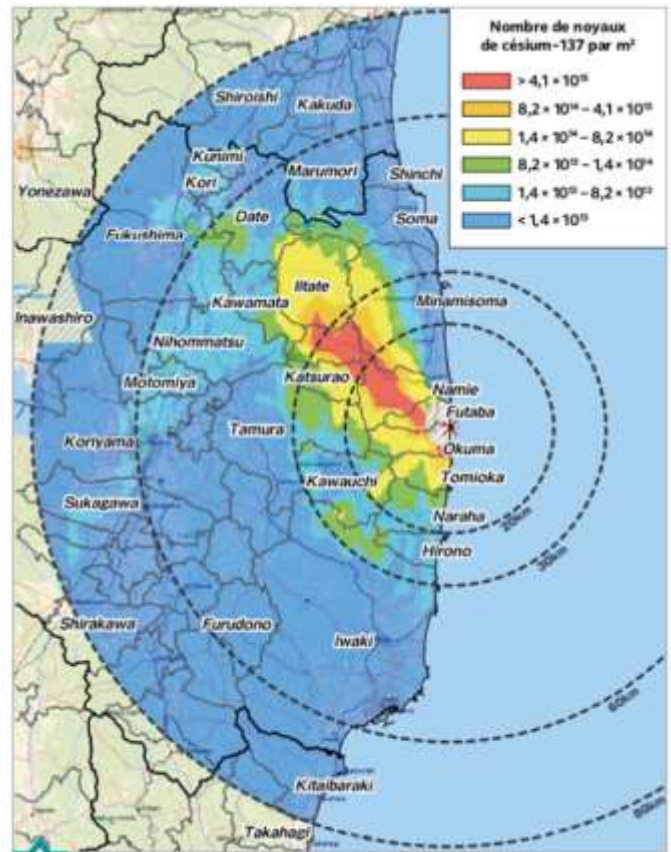
La réaction est provoquée si il y a une rencontre entre plusieurs particules, ce qui se traduit par plusieurs particules du côté des réactifs.

5 Accident de Fukushima

OBJECTIF Estimer une période de décontamination.

- Le 11 mars 2011, un tsunami consécutif à un violent séisme au Japon endommage le système de refroidissement de la centrale nucléaire de Fukushima-Daiichi. Du 12 au 15 mars, des explosions se produisent dans les bâtiments réacteurs de la centrale, projetant dans l'air des particules radioactives qui finissent par retomber sur une très large zone autour de la centrale.
- Le césium-137, dont la demi-vie est égale à 30 ans, est un produit radioactif issu de la fission nucléaire qui se déroule dans un réacteur. On considère que le sol est contaminé au césium-137, et donc dangereux pour un être humain, lorsque sa concentration surfacique dépasse $1,4 \times 10^{13}$ noyaux par mètre carré.

1. En supposant qu'aucune action de décontamination ne soit mise en place, indiquer si les sols les plus contaminés au césium-137 seront exploitables dans 30 ans.
2. Estimer la durée nécessaire pour que les zones les plus contaminées en 2011 ne le soient plus.



doc. Concentration surfacique de césium-137 le 2 juillet 2011

1. D'après le document, les sols les plus contaminés contiennent $4,1 \times 10^{15}$ noyaux de césium par m² le 2 juillet 2011.

La demi-vie du césium est de 30 ans (voir énoncé). Cela signifie qu'au bout de 30 ans, la moitié des noyaux présents initialement aura disparu. Il restera donc en 2041, $2,05 \times 10^{15}$ noyaux de césium par m².

Cette concentration sera supérieure au seuil dangereux donné dans l'énoncé ($1,4 \times 10^{13}$).

2. Estimation de la durée nécessaire :

Dans le tableau suivant, à chaque ligne supplémentaire il y a 30 ans de plus soit 1 période (ou demi-vie). Le nombre de noyaux restants diminue donc de moitié à chaque ligne :

année	Nombre de noyaux restants
2011	4,10E+15
2041	2,05E+15
2071	1,03E+15
2101	5,13E+14
2131	2,56E+14
2161	1,28E+14
2191	6,41E+13
2221	3,20E+13
2251	1,60E+13
2281	8,01E+12

Il faut attendre 2281 pour que le nombre de noyaux soit inférieur à $1,4 \times 10^{13}$. Il se sera donc écoulé 9 périodes soit 270 ans...

On peut aussi conclure que la durée doit être comprise entre 8T et 9T, soit entre 240 ans et 270 ans.

Autre méthode : formule mathématique :

à $t = 0$	on a N_0	noyaux
à $t = 1 \times T$	il reste $N_1 = \frac{N_0}{2}$	noyaux
à $t = 2 \times T$	il reste $N_2 = \frac{N_1}{2} = \frac{N_0}{4} = \frac{N_0}{2^2}$	noyaux
à $t = 3 \times T$	il reste $N_3 = \frac{N_2}{2} = \frac{N_0}{8} = \frac{N_0}{2^3}$	noyaux
.....		
à $t = n \times T$	il reste $N_n = \frac{N_0}{2^n}$	noyaux

On peut donc écrire que $\frac{N_0}{N_n} = 2^n$

A l'aide de la calculatrice, on peut chercher la valeur de n telle que $2^n = \frac{N_0}{N_{seuil}} = \frac{4,1 \times 10^{15}}{1,4 \times 10^{13}} = 293$

on trouve $n = 8,2$

Il doit s'écouler $8,2 \times 30 = 246$ ans

Cette valeur est bien en accord avec ce qui a été annoncé dans la première méthode.

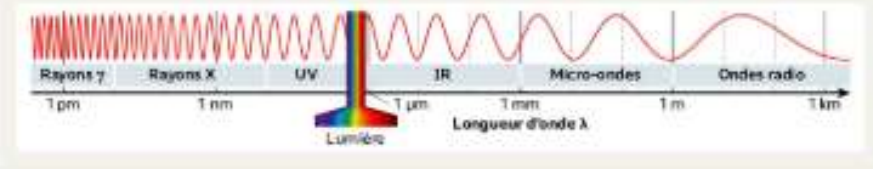
6 Scintigraphie thyroïdienne

OBJECTIFS Exploiter des documents – Effectuer des calculs.

- Un produit radiopharmaceutique est un médicament contenant un élément radioactif. Ce produit est utilisé dans le diagnostic ou le traitement d'une pathologie. Le choix de l'élément radioactif dans un acte médical n'est donc pas anodin. Cet élément doit en effet respecter certains critères.

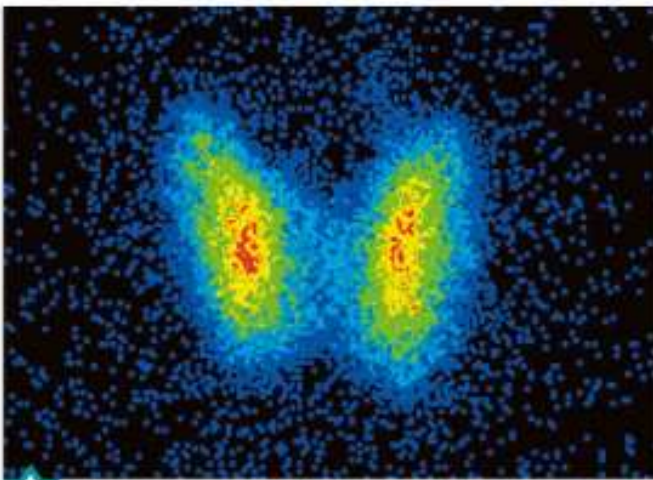
DONNÉES

Longueurs d'onde des rayonnements électromagnétiques:



a. Principe de la scintigraphie

La radioactivité est très utilisée en imagerie médicale (radiographie, scintigraphie, tomographie...). Lors d'une scintigraphie, une faible dose de noyaux radioactifs peu irradiants est injectée au patient. Les noyaux injectés présentent une affinité avec l'organe à analyser et se fixent sur lui. Une caméra sensible aux rayonnements émis par les noyaux prend ensuite des clichés de l'organe.



b. Scintigraphie de la glande thyroïde

Lors de cet examen, une dose d'iode-123 contenant $N_0 = 1,0 \times 10^{12}$ noyaux est injectée au patient. La demi-vie de l'iode-123 est $t_{1/2} = 13,2$ heures.



c. Pouvoir pénétrant des rayons radioactifs

Les rayonnements γ sont plus pénétrants que les particules α et β , mais moins ionisants donc moins dangereux pour l'être humain. Les rayonnements X et γ sont des ondes électromagnétiques, comme la lumière visible. Ils diffèrent par leurs valeurs des longueurs d'onde (comprises entre 10^{-11} m et 10^{-8} m pour le rayonnement X).

GUIDE D'EXPLOITATION

- Préciser la nature du rayonnement détecté par la caméra lors d'une scintigraphie.
 - Lors de la scintigraphie de la thyroïde, seulement 25 % des noyaux se fixent sur la glande, le reste de la dose étant rapidement éliminé par les urines. Exprimer le nombre N de noyaux d'iode-123 encore présents dans l'organisme après n demi-vies.
 - Calculer N pour 20 demi-vies, puis pour 40 demi-vies. Commenter ce dernier résultat.
- On estime que la dose injectée n'a plus d'effet lorsqu'il ne reste plus que 0,78 % des noyaux initialement présents. Estimer la durée nécessaire, en heures et en jours, pour atteindre ce stade.
- Citer les critères que doit remplir un élément chimique pour être utilisé pour une scintigraphie.

1.

- Le rayonnement détecté est un rayonnement gamma (γ)
- D'après le document b, on injecte $1,0 \times 10^{12}$ noyaux au patient. D'après l'énoncé de la question, seule 25% de cette dose est fixée par la thyroïde, le reste est éliminé : le nombre de noyaux fixés par la thyroïde est donc :

$$N_{\text{fixés}} = \frac{25}{100} \times 1,0 \times 10^{12} = 2,5 \times 10^{11} \text{ noyaux}$$

Le nombre de noyaux qui restent au bout de n demi-vies est : (voir exercice précédent pour la démonstration) : $N_n = \frac{N_{fixés}}{2^n}$

c. $N_{20} = \frac{2,5 \times 10^{11}}{2^{20}} = 2,38 \times 10^5 \text{ noyaux}$

$N_{40} = \frac{2,5 \times 10^{11}}{2^{40}} = 0,22 \text{ noyaux}$

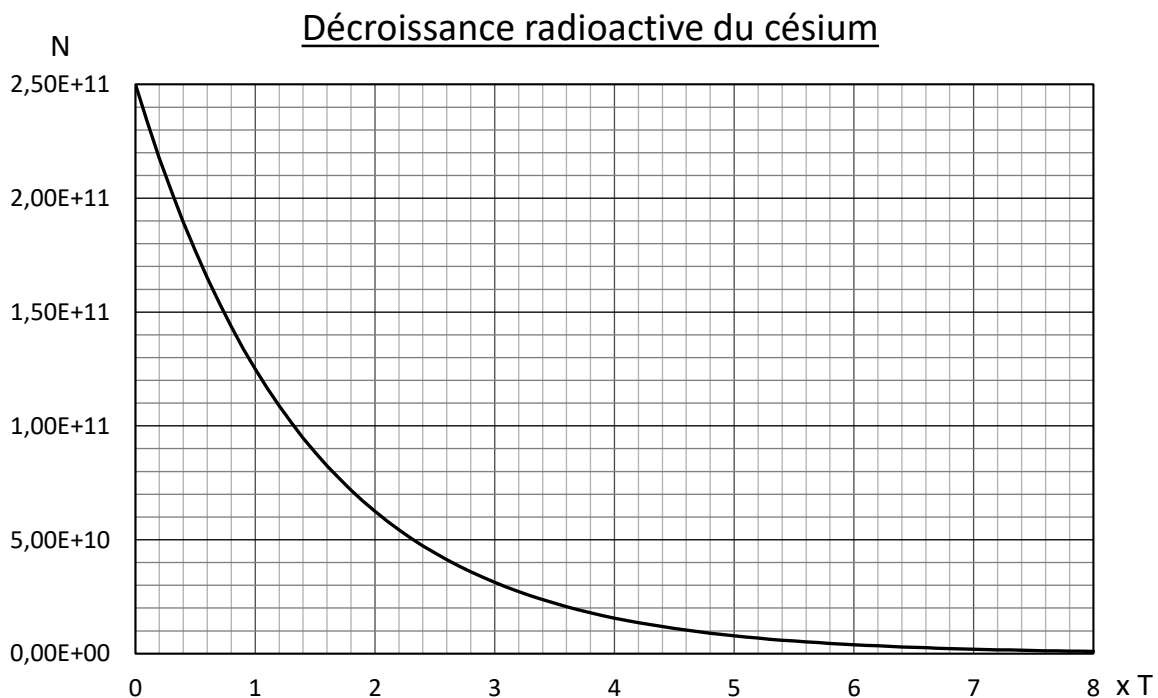
Au bout de 40 demi-vies, on peut considérer qu'il n'y a plus de noyaux de césium dans la thyroïde (on a calculé moins de 1...)

2. Calculer le nombre de noyaux correspondant à 0,78% des noyaux fixés :

$N_{lim} = \frac{0,78}{100} \times 2,5 \times 10^{11} = 1,95 \times 10^9 \text{ noyaux.}$

On demande combien de temps il faut attendre pour attendre cette limite.

On peut utiliser la courbe de décroissance pour répondre à la question : on trace le nombre de noyaux en fonction du nombre de périodes.



Graphiquement on ne peut lire la valeur $1,95 \times 10^9$. Cette méthode ne peut être utilisée pour déterminer la durée....

On utilise la relation établie dans la question 1 : $N_n = \frac{N_{fixés}}{2^n}$

Cette relation s'écrit aussi : $2^n = \frac{N_{fixés}}{N_n}$

On cherche donc la valeur de n pour que $\frac{N_{fixés}}{N_n} = \frac{2,5 \times 10^{11}}{1,95 \times 10^9} = 128$

Par « tâtonnement » avec la calculatrice, on obtient : $n = 7$

Il faut donc attendre : $7 \times T = 7 \times 13,2 = 92,4 \text{ h}$ soit un peu moins de 4 jours.

3. L'élément doit

- être radioactif
- Emettre des rayonnement γ au cours de sa désintégration
- Avoir une période radioactive suffisamment courte