



# Exercices de la séquence n°6

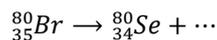
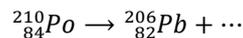
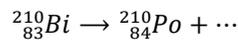
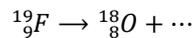
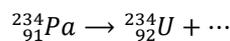
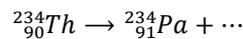
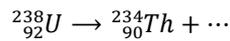
## Radioactivité

### EXERCICE 1 : application des lois de conservation



Cet exercice est aussi proposé en version **interactive** et traitable en ligne

Compléter chacune des équations suivantes et indiquer s'il s'agit d'une désintégration  $\alpha$ ,  $\beta^+$  ou  $\beta^-$ .



### EXERCICE 2 : vrai ou faux ?



Cet exercice est aussi proposé en version **interactive** et traitable en ligne

1. Tous les noyaux sont instables. Ils se désintègrent et sont radioactifs.
2. La radioactivité est un phénomène artificiel.
3. Lors d'une désintégration radioactive, il se forme un noyau plus stable que celui qui s'est désintégré.
4. La particule  $\beta^+$  correspond à un atome d'hélium  ${}_{2}^4\text{He}$ .
5. Le rayonnement gamma correspond à l'émission d'une onde électromagnétique de forte énergie.
6. L'équation :  ${}_{15}^{30}\text{P} \rightarrow {}_{14}^{30}\text{Si} + {}_{1}^0\text{e}$  est correctement écrite et correspond à une radioactivité  $\beta^+$ .
7. L'équation :  ${}_{88}^{226}\text{Ra} \rightarrow {}_{86}^{222}\text{Rn} + {}_{2}^4\text{He}$  est correctement écrite et correspond à une radioactivité  $\alpha$ .
8. Il est nécessaire de se placer derrière un mur de béton de 20 cm pour ne pas être irradié par des particules  $\alpha$ .
9. On ne peut pas modéliser l'évolution d'une population de noyau radioactif car la radioactivité est un phénomène aléatoire.
10. Le temps de demi-vie correspond au temps pour lequel la moitié de l'échantillon s'est désintégré.

### EXERCICE 3 : autour de l'uranium

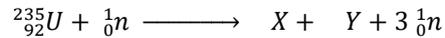
L'uranium est présent dans certaines roches, notamment en Australie, aux États-Unis et en Afrique du sud. L'essentiel de l'uranium extrait est destiné à la fabrication de combustible nucléaire. L'uranium naturel est constitué d'un mélange de trois isotopes radioactifs de l'uranium :  ${}^{238}\text{U}$ ,  ${}^{235}\text{U}$  et  ${}^{234}\text{U}$  ; ce dernier étant en très faible proportion (0,006 %), on considérera uniquement les deux premiers isotopes dans la suite du problème.

1. La masse molaire de l'uranium naturel est de 238,0289 g/mol. En utilisant les données fournies, donner le pourcentage d'uranium 238 et d'uranium 235 présent dans l'uranium naturel.



2. L'uranium 235 est relativement stable avec une demi-vie de  $7 \times 10^8$  années. Il se désintègre naturellement pour former du thorium :  ${}_{90}^{231}\text{Th}$ . Écrire l'équation de réaction nucléaire associée à cette désintégration et préciser le type de radioactivité mis en jeu.

Dans un réacteur nucléaire, les atomes d'uranium 235 sont bombardés par des neutrons pour entraîner la fission de ces atomes. Il en résulte la création d'autres atomes et de 3 neutrons. Cette réaction est modélisée par l'équation suivante :



3. L'équation de fission de l'uranium 235 respecte les règles de conservation du nombre de nucléons et de la charge. Proposer un couple d'atomes (X,Y) possible pour compléter cette équation.

**Données :**

- Masses molaires :  $M({}_{92}^{238}\text{U}) = 238,0508 \text{ g/mol}$  ;  $M({}_{92}^{235}\text{U}) = 235,0439 \text{ g/mol}$
- Liste des noyaux atomiques possibles issus de la fission de l'uranium 235 :  
 ${}_{36}^{92}\text{Kr}$  ;  ${}_{38}^{93}\text{Sr}$  ;  ${}_{53}^{131}\text{I}$  ;  ${}_{54}^{140}\text{Xe}$  ;  ${}_{56}^{141}\text{Ba}$  et  ${}_{39}^{102}\text{Y}$

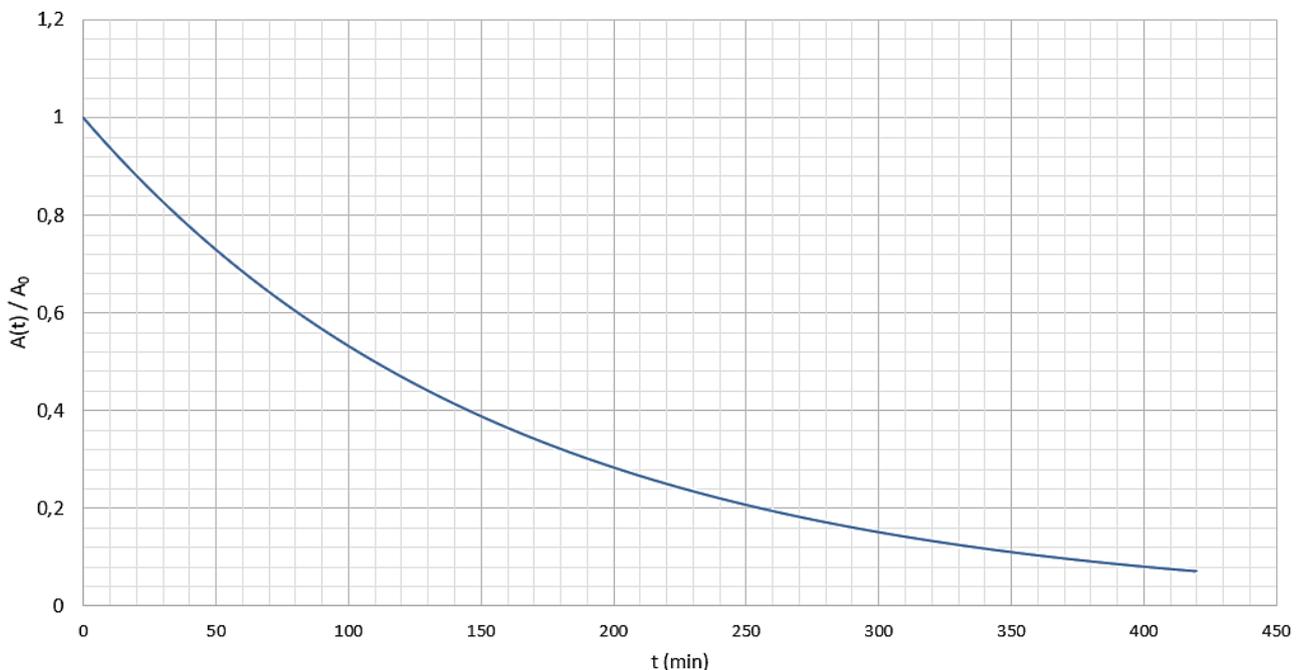
## EXERCICE 4 : la tomographie par émission de positon : TEP

La TEP est une technologie d'imagerie médicale qui utilise des molécules marquées avec un isotope du fluor (le fluor 18) émetteur de positons pour étudier le fonctionnement ou le dysfonctionnement d'organismes vivants.

1. Le fluor 18 ( ${}_{9}^{18}\text{F}$ ) se désintègre par émission  $\beta^+$  et forme de l'oxygène.  
Écrire l'équation de réaction nucléaire associée à cette désintégration.

La courbe de décroissance de l'activité de la source radioactive tracée ci-dessous a pour équation :

$A(t) = A_0 e^{-\lambda t}$  avec la constante de radioactivité  $\lambda = 1,05 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$  et l'activité initiale  $A_0$ .



2. Définir le temps de demi-vie d'un noyau radioactif.
3. Déterminer par deux méthodes différentes le temps de demi-vie du fluor 18.
4. On injecte au patient la solution contenant le traceur à 11h. On ne laisse sortir le patient que lorsque son activité n'est plus que 1% de sa valeur initiale. À quelle heure pourra-t-il quitter la salle d'examen ?



## EXERCICE 5 : utilisation d'iode pour prévenir les cancers de la thyroïde

Suite à l'incident de Fukushima en 2011, des nuages de poussières radioactives ont été disséminés par le vent dans plusieurs villes au Japon. Parmi les éléments radioactifs, on retrouve la présence d'iode 131 qui représente l'une des sources d'exposition les plus dangereuses pour l'homme car cet élément se fixe sur la thyroïde. Afin de prévenir ce phénomène, les autorités nippones ont distribué à la population un médicament contenant de l'iodure de potassium non radioactif afin que celui-ci vienne saturer la thyroïde à la place des noyaux radioactifs.

1. L'iode  ${}^{131}_{53}\text{I}$  se désintègre pour former du xénon dans un état excité  ${}^{131}_{54}\text{Xe}^*$ .  
Écrire les deux équations de réactions nucléaires successives liées à la désintégration de l'iode 131 conduisant au xénon dans son état non excité  ${}^{131}_{54}\text{Xe}$ .
2. À quels types de radioactivité cela correspond-t-il ? S'agit-il de rayonnement ionisant ou non ?
3. On mesure l'activité de la thyroïde d'un patient due à la présence d'iode 131 à l'aide d'un compteur Geiger. Lors de la première mesure, l'activité est de 200 désintégrations par minute. Au bout de 5 jours, l'activité résiduelle est de 130 désintégrations par minute. Calculer le temps de demi-vie  $t_{1/2}$  de l'iode 131.

## EXERCICE 6 : datation de roche par la méthode potassium-argon

Dans certaines roches volcaniques, on détecte la présence de potassium  ${}^{40}_{19}\text{K}$  radioactif. Lors d'une éruption volcanique tout l'argon produit s'évapore (sous l'effet de la température et de la pression) : on dit que la lave se dégaze. À cette date, considérée comme instant initial  $t = 0$  s, la lave volcanique solidifiée ne contient pas d'argon mais seulement du potassium 40. Plus tard, à l'instant  $t$ , on effectue un prélèvement de roche sur le site d'un ancien volcan. Un spectrographe détermine la composition de ce prélèvement : il contient 1,57 mg de  ${}^{40}_{19}\text{K}$  et 2,0 mg de  ${}^{40}_{18}\text{Ar}$ .

1. Écrire l'équation de réaction modélisant la désintégration du potassium 40 en argon 40.  
Préciser le type de radioactivité associée.
2. Calculer la constante radioactive (noté  $\lambda$ ) du potassium 40.
3. Calculer le nombre de noyaux de  ${}^{40}_{19}\text{K}$  (noté  $N_K$ ) et de  ${}^{40}_{18}\text{Ar}$  (noté  $N_{Ar}$ ) présents dans cet échantillon à la date du prélèvement.
4. On note  $N_0$  le nombre de noyau de  ${}^{40}_{19}\text{K}$  initialement présent dans l'échantillon à  $t = 0$  s.  
Justifier que l'on a la relation :  $N_0 = N_K + N_{Ar}$
5. Exprimer le nombre de noyaux  $N_K$  en fonction de  $N_0$ ,  $\lambda$  et  $t$ .
6. En déduire la date approximative de l'éruption qui a produit cette roche.

Données :

- Masses molaires :  $M({}^{40}_{19}\text{K}) = 40,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ;  $M({}^{40}_{18}\text{Ar}) = 40,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
- Nombre d'Avogadro :  $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- Temps de demi-vie du potassium 40 :  $t_{1/2} = 1,3 \times 10^9 \text{ ans}$

## EXERCICE 7 : gestion des déchets radioactifs

Visionner le court métrage « Pierre et le tigre » du réalisateur Béranger Thouin : <https://www.andra.fr/node/1048>

À l'aide de vos connaissances et de certaines informations du court métrage, répondre alors aux questions suivantes :

1. Existe-t-il une radioactivité naturelle ? Si oui relever des exemples chiffrés donnés dans le film ?
2. À quelle grandeur correspond l'unité Becquerel en question dans le film ?
3. Les déchets radioactifs sont-ils exclusivement produits par les centrales nucléaires ? Sinon citer d'autres sources.



4. Un déchet radioactif reste-t-il éternellement radioactif ? Justifier votre réponse en utilisant le vocabulaire adapté de la Fiche de Synthèse de la séquence 6.
5. Justifier pourquoi, comme cela est précisé dans le film, au bout de 10 périodes ou 10 temps de demi-vie l'activité d'un échantillon est divisée par mille environ ?
6. Déterminer alors au bout de combien d'années l'activité d'un échantillon d'uranium 218 sera divisée par 1000.  
**Donnée** : constante radioactive de l'uranium 218 :  $\lambda = 1,5 \cdot 10^{-10} \text{ an}^{-1}$
7. **Vers le Grand Oral** : Les solutions de stockage des déchets radioactifs sont-elles dangereuses pour notre santé ? Préparer une présentation de 5 minutes afin de répondre à la question, dans laquelle vous présenterez notamment les différents types de stockage (en profondeur ou non).

Vous pourrez vous aider des ressources suivantes : site de l'Agence Nationale pour la gestion des Déchets Radioactifs (ANDRA) et site du Commissariat à l'Energie Atomique (CEA) :

<https://www.andra.fr/les-dechets-radioactifs>

<https://www.andra.fr/les-dechets-radioactifs/tout-comprendre-sur-la-radioactivite/classification>

<https://www.cea.fr/Pages/domaines-recherche/energies/energie-nucleaire/CEA-gestion-dechets-nucleaires.aspx>

<https://www.cea.fr/comprendre/Pages/radioactivite/essentiel-sur-dechets-radioactifs.aspx>

<https://www.cea.fr/Pages/domaines-recherche/energies/energie-nucleaire/conditionnement-dechets-nucleaires.aspx?Type=Chapitre&numero=4>