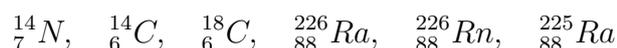


## Transformation nucléaire : exercices

### Décroissance radioactive

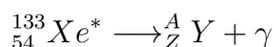
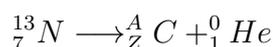
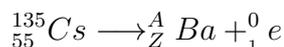
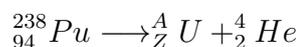
#### *Exercices 1 : QCM*

1. À composition donnée , l'activité d'un échantillon est  
(a) indépendante de sa masse      (b) proportionnelle à sa masse
2. Deux échantillons contiennent le même nombre de noyaux . Ceux du premier échantillon ont une demi-vie plus courte que ceux du deuxième . L'activité initiale du premier échantillon est :  
(a) supérieure      (b) inférieure      (c) égale à celle du deuxième .
3.  ${}^{14}_7N$  et  ${}^{14}_6C$  sont-ils isotopes ?
4. Sans consulter un tableau périodique , identifier l'intrus, sachant qu'il n'y en a qu'un :



#### *Exercices 2 : Équation des transformations nucléaires*

On donne les équations de différentes désintégrations radioactives :



1. Préciser , pour chaque réaction nucléaire , le type de désintégration
2. Compléter ces équations .

#### *Exercice 3*

Combien de temps faut-il attendre pour que 99,9% d'une masse donnée de strontium 90 ( ${}^{90}_{38}Sr$ ) ait disparu ? on donne la demi-vie du strontium 90 est de 28ans

#### *Exercice 4*

On considère deux isotopes radioactifs de l'iode , utilisés en médecine : l'iode 131 ( ${}^{131}_{53}I$  de demi-vie 8,1jours et l'iode 123 ( ${}^{123}_{53}I$  de demi-vie 13h.

1. On dispose de deux échantillons de masse  $m = 10g$  de ces deux isotopes . quelles sont leurs activités initiales ?
2. Au bout de combien de temps leurs activités sont-elles égales ? On donne :  $N_A \approx 6,02 \times 10^{23}mol^{-1}$

**Exercice 5**

Un gramme d'uranium  ${}_{92}^{238}\text{U}$  a une activité de  $12200\text{Bq}$ . Quelle est la demi-vie de cet isotope.

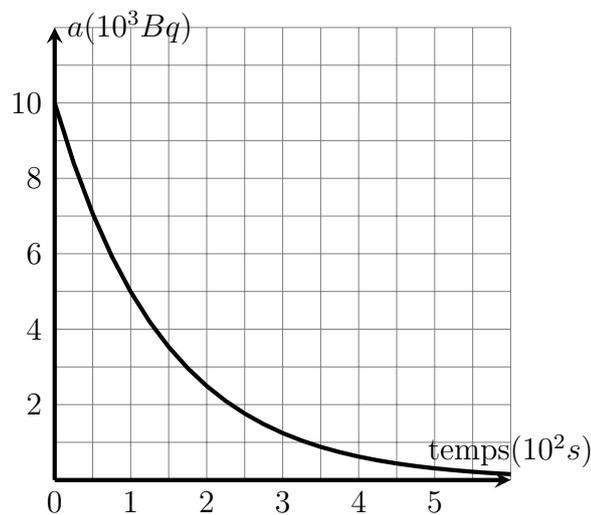
Donnée :

$$N_A = 6,02 \times 10^{23}\text{mol}^{-1}$$

**Exercice 6**

On se propose, à partir du graphe ci-dessous, d'établir la loi de décroissance radioactive d'un nucléide :

1. Rappeler la loi de décroissance donnant l'activité d'un radionucléide en fonction du temps.
2. Graphiquement, déterminer l'activité initiale et la demi-vie  $t_{1/2}$ .
3. Calculer la constante radioactive  $\lambda$  en précisant son unité.
4. Graphiquement déterminer la constante du temps  $\tau$ .
5. Quelle est la relation entre  $\tau$  et  $\lambda$ ? Est-elle vérifiée dans ce cas?

**Exercice 7 : Datation au carbone 14**

Lorsque, dans la haute atmosphère, un neutron appartenant au rayonnement cosmique rencontre un noyau d'azote  ${}_{7}^{14}\text{N}$ , il donne naissance à du carbone 14, isotope de carbone  ${}_{6}^{12}\text{C}$ .

1. Écrire l'équation de la réaction en précisant la nature de la particule apparue avec le carbone 14.
2. Le noyau de carbone 14 se désintègre en émettant un rayonnement  $\beta^-$ . Écrire le bilan de cette réaction nucléaire.
3. Des végétaux absorbent le dioxyde de carbone de l'atmosphère provenant indifféremment du carbone 14 et de carbone 12. la proportion de ces deux isotopes est la même dans les végétaux vivants et dans l'atmosphère. Mais lorsque la plante meurt, elle cesse d'absorber le dioxyde de carbone; le carbone 14 qu'elle contient se désintègre

alors, sans être renouvelé , avec une demi-vie  $t_{1/2} = 5570ans$  .

- (a) Quelle sera l'activité d'un échantillon de végétal au bout d'une durée  $t = n.t_{1/2}$  après sa mort ?  
Donnée :  $e^{n \ln 2} = 2^n$
- (b) On a comparé l'activité  $a_1$  d'un échantillon de bois trouvé dans une tombe égyptienne en 1998 avec l'activité  $a_2$  d'un échantillon de référence dont l'activité était  $a_0$  en 1985. Le rapport est  $\frac{a_2}{a_1} = 1,85$  .  
Calculer l'ordre de grandeur de la date de la coupe du bois trouvé dans la tombe .

### **Exercice 8 : Datation d'une nappe phréatique**

Le chlore 36 est crée régulièrement dans la haute atmosphère et se trouve dans l'eau. Il est radioactif  $\beta^-$ . Les eaux de surface ont une teneurs en chlore 36 constante malgré sa radioactivité . Leur contact avec l'atmosphère et les mouvements de l'eau permettent d'en garantir le teneur. Les nappes phréatiques d'écoulement lent en sous - sol voient leur teneur en chlore 36 diminuer. Ainsi, un forage réalisé dans une tel nappe indique que celle - ci ne contient plus que 33% de chlore 36 par rapport à une eau courante. La demi-vie du chlore 36 est  $t_{1/2} = 3,0 \times 10^4 ans$ .

1. Écrire l'équation nucléaire de radioactivité du chlore 36 .
2. Calculer l'âge de la nappe d'eau trouver par forage .
3. Est-il possible d'utiliser le silicium 32 pour réaliser cette datation, sachant que sa demi-vie est  $t_{1/2} = 6,5 \times 10^2 ans$

### **Exercice 9 : Datation d'une roche volcanique**

Le magma terrestre contient de potassium, dont l'une des isotopes,  $^{40}K$ , est radioactif. Dans 12% des cas, celui - ci se désintègre en argon 40, un gaz . Lors d'une éruption volcanique, les roches en fusion laissent échapper les gaz dans l'atmosphère. Une fois refroidies, les roches gardent l'argon 40 prisonnier. La mesure du rapport  $\frac{N_{Ar}}{N_K}$  permet de déterminer l'âge de la roche. La demi-vie du potassium 40 est  $t_{1/2} = 1,3 \times 10^9 ans$

1. Écrire l'équation nucléaire de désintégration du potassium 40.
2. En inspirant des lois de conservation, écrire la relation qui existe entre  $N_{K0}$  ,  $N_K$  et  $N_{Ar}$ , où  $N_{K0}$  est  $N_K$  à  $t=0$ .
3. Rappeler la relation entre  $N_K$  et  $t$ .
4. Exprimer le rapport  $\frac{N_{Ar}}{N_K}$  en fonction de  $t$ .
5. Déterminer l'âge de la roche si le rapport précédent est égale à 0,033.

**Noyaux, masse, énergie**

Données générales pour tous les exercices :

- \* Célérité de la lumière :  $c = 3 \times 10^8 m/s$
- \* Électronvolt :  $1eV = 1,602 \times 10^{-19} J$  ;  $1MeV = 1,602 \times 10^{-13} J$
- \* Masse de neutron :  $m_n = 1,6750 \times 10^{-27} kg$
- \* Masse de proton :  $m_p = 1,6727 \times 10^{-27} kg$
- \* Masse de particule  $\alpha$  :  $m(\alpha) = 6,6445 \times 10^{-27} kg$
- \* Masse de l'électron et positron  $m(e) = 9,1 \times 10^{-31} kg$
- \*  $1u$  correspond à  $931,49432 MeV/c^2$
- \*  $N_A = 6,02 \times 10^{23} mol^{-1}$

**Exercices 1 : QCM**

1. Les réactions de fusion existent à l'état naturel :  
(a) oui      (b) non
2. L'énergie de liaison par nucléon est la plus grande dans un noyau :  
(a) d'hélium      (b) de fer 56      (c) d'uranium 235
3. Une réaction de fission produit moins de neutrons qu'elle n'en consomme .  
(a) vrai      (b) faux
4. Le MeV est une unité :  
(a) d'activité      (b) de masse      (c) d'énergie
5. L'énergie de liaison par nucléon est exactement la même pour deux isotopes d'un même élément . (a) vrai      (b) faux

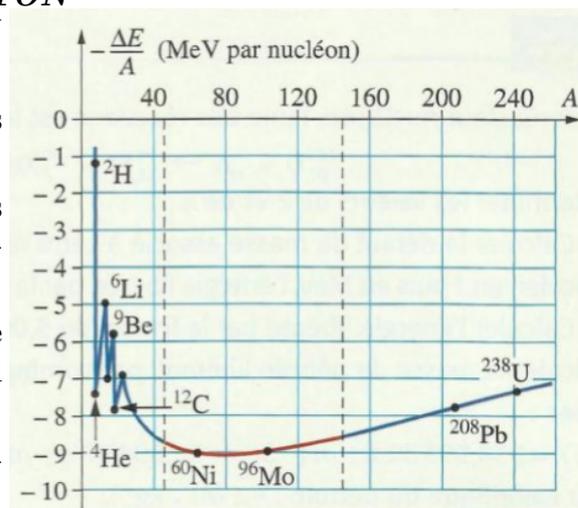
**Exercices 2 : Défaut de masse et énergie de liaison d'un noyau**

Le noyau  ${}_{82}^{208}Pb$  ( $m(Pb) = 207,93162u$ ) est un isotope du plomb produit lors de la désintégration de l'uranium 238 . Le noyau  ${}^6_3Li$  ( $m(Li) = 6,01347u$ ) est produit dans les réactions nucléaires des étoiles .

1. Déterminer les nombres de neutrons et de protons dans chacun de ces deux noyaux .
2. Calculer le défaut de masse de ces deux noyaux en unité de masse atomique
3. Calculer , en MeV , puis en joule , l'énergie
4. Le MeV est une unité de liaison de ces noyaux . Quelle est l'énergie qu'il faut fournir à ces deux noyaux , au repos , pour les dissocier en nucléon isolés immobiles ?
5. Calculer les énergies de liaison par nucléon de ces deux noyaux . Quel est le plus stable ?

**Exercices 3 : Utiliser la courbe d'ASTON**

1. Que représente la courbe d'ASTON donnée ci-après ?
2. Où se situent les noyaux les plus stables sur cette courbe ?
3. Où se trouvent les noyaux les susceptibles de réaliser une fission ? Justifier la réponse .
4. Quel est l'ordre de grandeur de l'énergie de liaison par nucléon du noyau de nickel 60 ?
5. Quel est l'ordre de grandeur de son énergie de liaison ?

**Exercices 4 : bilan énergétique pour une désintégration  $\alpha$** 

Le bismuth  ${}_{81}^{212}\text{Bi}$  est radioactive  $\alpha$ . Le noyau fils est un isotope de l'élément thallium  ${}_{81}^A\text{Tl}$ . Il peut se produire, ou non, une émission d'un rayonnement  $\gamma$ .

1. Écrire l'équation de cette désintégration spontanée en déterminant  $A$  et  $Z$ .
2. Déterminer l'énergie libérée par la désintégration d'un noyau de bismuth.
3. (a) Lors d'une désintégration d'un noyau au repos, il n'y a pas production de rayonnement  $\gamma$ . Le noyau fils a une vitesse quasiment nulle. Calculer l'énergie cinétique de la particule  $\alpha$ .  
(b) Lors d'une désintégration d'un noyau au repos, un rayonnement  $\gamma$  est émis avec une énergie de  $0,47\text{MeV}$ . Calculer l'énergie cinétique de la particule  $\alpha$ .

Données :  $m(\text{Bi}) = 211,94562u$ ;  $m(\text{Tl}) = 207,93745u$ ;  $m(\alpha) = 4,00150u$

**Exercices 5 : Le rendement d'une centrale nucléaire**

On considère la réaction, suivante, qui est l'une des nombreuses réactions de fission de l'uranium 235 se produisant dans le cœur des centrales nucléaires :



1. Déterminer  $x$  et  $y$  de manière à équilibrer cette réaction.
2. Quelle est l'énergie produite par cette réaction ?
3. Quelle est l'énergie produite par la fission d'un gramme d'uranium 235 ? Pendant combien de temps la fission d'un gramme d'uranium 235 permet-elle de délivrer une puissance d'un mégawatt (On suppose que le rendement est 100%)

Données :  $N_A = 6,02 \times 10^{23}\text{mol}^{-1}$ ;

noyau radioactif	${}^{235}\text{U}$	${}^{140}\text{Cs}$	${}^{93}\text{Rb}$
Énergie de liaison par nucléon	$7,6\text{MeV}$	$8,4\text{MeV}$	$8,7\text{MeV}$

**Exercices 6 : Transformation nucléaire Bac 2015 SM**

Les réactions de fission et de fusion sont des réactions nucléaires peuvent produire une énergie important, utiliser par plusieurs domaines .

Données :  $1u = 931,494 \text{ MeV}/c^2 = 1,66054 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ;  $1 \text{ MeV} = 1,6022 \cdot 10^{-13} \text{ J}$

La masse du soleil :  $m_s = 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$

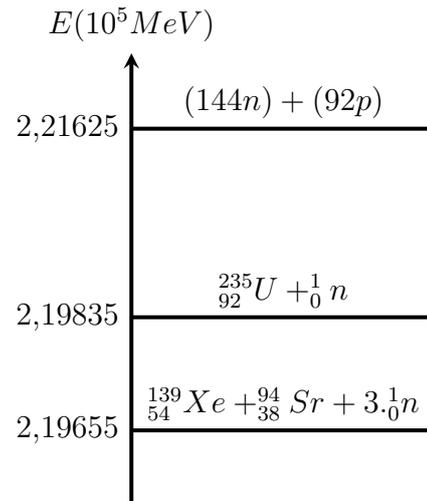
${}^1_1\text{H}$	${}^4_2\text{He}$	${}^0_1\text{e}$
1,00728u	4,00151u	$5,48579 \cdot 10^{-4}u$

On considère que la masse d'hydrogène représente 10% de la masse totale du soleil .

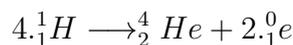
1. Le tableau suivant contient quelques réactions nucléaires :

A	${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \longrightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$
B	${}^{60}_{27}\text{Co} \longrightarrow {}^{60}_{28}\text{Ni} + {}^0_{-1}\text{e}$
C	${}^{238}_{92}\text{U} \longrightarrow {}^{234}_{90}\text{Th} + {}^4_2\text{He}$
D	${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \longrightarrow {}^{139}_{54}\text{Xe} + {}^{94}_{38}\text{Sr} + 3 \cdot {}^1_0\text{n}$

- a. Parmi les réactions nucléaires suivantes , Laquelle est-elle une réaction de fusion
- b. En utilisant le diagramme énergétique (figure 1 ) , calculer :
- \* l'énergie de liaison par nucléon du noyau  ${}^{235}_{92}\text{U}$
  - \* l'énergie  $|\Delta E_0|$  produit par la réaction (D)



2. Au cœur du soleil , il se produit des transformations nucléaires à partir de noyaux d'hydrogène . Le bilan de ce type de réaction est :



- (a) Calculer en joule , l'énergie  $|\Delta E|$  produit par cette transformation
- (b) Sachant que le soleil libère, chaque année , lors de cette transformation une énergie  $E_S = 10^{34} \text{ J}$  , trouver le nombre des années nécessaires pour que l'hydrogène qui existe dans le soleil soit totalement consommé .

**Exercices 7 : La radioactivité du polonium Bac 2016 SM**

Le polonium 210 ( ${}^{210}_{84}\text{Po}$ ) se désintègre , par radioactivité  $\alpha$ , en un noyau de plomb 206 ( ${}^{206}_{82}\text{Pb}$ ) .

Cette exercice a pour but de faire un étude de bilan énergétique de cette transformation nucléaire et aussi son évolution dans le temps . Données :

noyau	${}^{210}\text{Po}$	${}^{206}\text{Pb}$	$\alpha$
Énergie de liaison en MeV	$1,6449 \times 10^3$	$1,6220 \times 10^3$	28,2989

\* la demi-vie du polonium 210 est symbolisée par  $t_{1/2}$

- Écrire l'équation de cette transformation nucléaire en indiquant le nombre Z .
- Déterminer en MeV , l'énergie  $|\Delta E|$  produit au cours de la désintégration d'un noyau de polonium 210 .

3. Soit  $N_0(Po)$  le nombre des des noyaux de polonium 210 dans un échantillon à l'instant  $t = 0$  , et  $N(Po)$  le nombre des noyaux du même échantillon, qui restent à l'instant  $t$

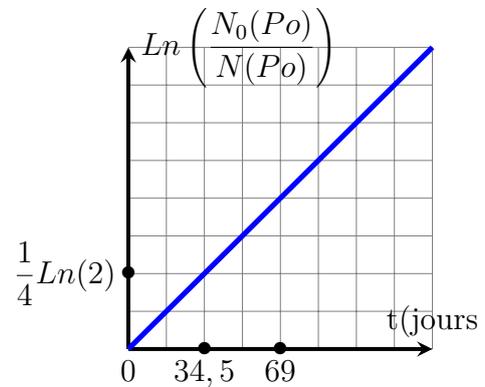
a. Soit  $N_D$  le nombre des noyaux de polonium 210 désintégré à l'instant  $t = 4.t_{1/2}$

Choisir la bonne réponse :

(a)  $N_D = \frac{N_0(Po)}{8}$       (b)  $N_D = \frac{N_0(Po)}{16}$

(c)  $N_D = \frac{N_0(Po)}{4}$       (d)  $N_D = \frac{15.N_0(Po)}{16}$

b. la courbe ci- contre représente la variation de  $\ln\left(\frac{N_0(Po)}{N(Po)}\right)$  en fonction du temps . En utilisant cette courbe déterminer , en "jour" la demi-vie  $t_{1/2}$



c. Sachant que l'échantillon ne contient pas du plomb à l'instant  $t = 0$  , déterminer en jour l'instant  $t_1$  où  $\frac{N(Pb)}{N(Po)} = \frac{2}{5}$  tel que  $N(Pb)$  est le nombre des noyaux de plomb formé à cet instant .