

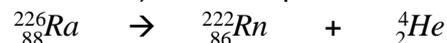
**Devoir surveillé N°8****Données (valables pour les deux exercices) :**

Unité de masse atomique	$u = 1,660\ 54 \times 10^{-27}\ \text{kg}$
Électronvolt	$1\ \text{eV} = 1,60 \times 10^{-19}\ \text{J}$
Megaélectronvolt	$1\ \text{MeV} = 1 \times 10^6\ \text{eV}$
Célérité de la lumière dans le vide	$c = 2,997\ 92 \times 10^8\ \text{m.s}^{-1}$

Nom du noyau ou de la particule	Radon	Radium	Hélium	Tritium	Deutérium	Neutron	Proton	Électron
Symbole	${}^{222}_{86}\text{Rn}$	${}^{226}_{88}\text{Ra}$	${}^4_2\text{He}$	${}^3_1\text{H}$	${}^2_1\text{H}$	${}_0^1n$	${}_1^1p$	${}^0_{-1}e$
Masse (en u)	221,970	225,977	4,001 50	3,015 50	2,013 55	1,008 66	1,007 28	$5,5 \times 10^{-4}$

**Ex N°1/ Radioactivité dans la famille de l'uranium****❖ Désintégration du radium**

L'air contient du radon 222 en quantité plus ou moins importante. Ce gaz radioactif naturel est issu des roches contenant de l'uranium et du radium. Le radon se forme par désintégration du radium (lui-même issu de la famille radioactive de l'uranium 238), selon l'équation de réaction nucléaire suivante :



**1.1/** Quel est le type de radioactivité correspondant à cette réaction de désintégration? Justifier votre réponse.

**1.2/** Établir littéralement le défaut de masse  $\Delta m$  de la réaction en fonction de  $m_{\text{Ra}}$ ,  $m_{\text{Rn}}$  et  $m_{\text{He}}$ , masses respectives des noyaux de radium, de radon et d'hélium.

**1.3/** Calculer le défaut de masse  $\Delta m$  de la réaction en unité de masse atomique puis en kilogramme.

**1.4/** Exprimer puis calculer la valeur de l'énergie libérée lors de la réaction en joule.

**❖ Fission de l'uranium 235**

À l'état naturel, l'élément uranium comporte principalement les isotopes  ${}^{238}_{92}\text{U}$  et  ${}^{235}_{92}\text{U}$ .

Dans une centrale nucléaire "à neutrons lents", le combustible est de l'uranium « enrichi ». Lors de la fission d'un noyau d'uranium 235, un grand nombre de réactions sont possibles.

Parmi celles-ci, il y en a une qui donne les noyaux de zirconium et de tellure, dont les symboles des noyaux sont  ${}^{99}_{40}\text{Zr}$  et  ${}^{134}_{52}\text{Te}$ .

**1.5/** Définir le terme "isotope"

**1.6/** Donner la définition de la fission.

**1.7/** Écrire la réaction de fission d'un noyau d'uranium 235 bombardé par un neutron, conduisant à la formations de Zirconium et de Tellure.

❖ **Désintégration du noyau de zirconium Zr**

Le noyau de zirconium  ${}_{40}^{99}\text{Zr}$  issu de la fission du noyau d'uranium est instable. Il se désintègre au cours d'une désintégration  $\beta^-$  en donnant le noyau de niobium Nb.

**1.8/** Donner la définition de la radioactivité  $\beta^-$ .

**1.9/** Écrire l'équation de désintégration du noyau de zirconium.

**Ex N°2/ Fusion nucléaire de l'hydrogène**

*On sait depuis les travaux de Hans Bethe (1939) que l'énergie du rayonnement émis par le Soleil a pour origine la fusion nucléaire de l'hydrogène.*

Les physiciens essaient de réaliser la même réaction en la contrôlant. Maîtriser sur Terre la fusion des noyaux légers à des fins de production d'énergie mettrait à disposition de l'Homme des ressources quasiment illimitées, ce qui pourrait résoudre les problèmes à venir que provoquera la baisse inéluctable des réserves pétrolières.

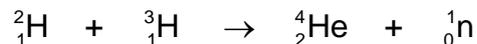
Tel est l'objectif des recherches engagées par les grandes nations industrielles avec le projet ITER, réacteur expérimental de fusion nucléaire.

**Données :** Suivant la tradition, on appelle deutérium le noyau  ${}^2_1\text{H}$  et tritium le noyau  ${}^3_1\text{H}$ .

❖ **Réaction deutérium-tritium**

C'est la réaction la plus facile à déclencher. Elle fait l'objet d'importantes recherches.

L'équation nucléaire en est :



**2.1/** Exprimer puis calculer le défaut de masse  $\Delta m$  de la réaction en unité de masse atomique puis en kilogramme.

**2.2/** Exprimer puis calculer la valeur de l'énergie libérée lors de la réaction en joule puis en MeV.

**2.3/** Sachant qu'il est possible d'extraire 33 mg de deutérium d'un litre d'eau de mer, exprimer puis calculer :

- le nombre de noyau de deutérium présents dans un litre d'eau de mer.
- l'énergie obtenue (en joules) à partir du deutérium extrait d'un mètre-cube d'eau de mer.

**2.4/** Le pouvoir énergétique du pétrole vaut  $42,0 \text{ MJ.kg}^{-1}$ . Calculer la masse de pétrole qui produirait par combustion la même énergie. Conclure.

❖ **Radioactivité du tritium**

Le tritium est radioactif  $\beta^-$  ; sa demi-vie vaut  $t_{1/2} = 12,3$  ans.

**2.5/** Quelle est la signification du terme demi-vie ?

A un instant pris comme origine des temps, le nombre de noyaux de tritium vaut  $N_0$ . On rappelle l'expression du nombre  $N$  de noyaux à l'instant  $t$  en fonction de  $N_0$ ,  $\lambda$  et  $t$  :

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

**2.6/** A l'aide de la question 2.1/ et des informations précédentes, démontrer que  $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$ .

**2.7/** Au bout de combien de temps  $N(t)$  vaut-il le dixième de sa valeur initiale  $N_0$  ?

**Correction devoir surveillé N°8****Exercice N°1/**

1.1/ Radioactivité  $\alpha$  car désintégration avec émission d'un noyau d'hélium.

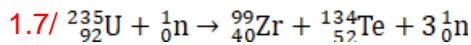
$$1.2/ \Delta m = m_{Ra} + (m_{Rn} - m_{He})$$

$$1.3/ \Delta m = 225,977 - 221,970 - 4,00150 = 0,0055u = 9,13297 \times 10^{-30} \text{kg}$$

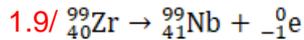
$$1.4/ E = \Delta mc^2 = 9,13297 \times 10^{-30} \times (2,99792 \times 10^8)^2 = 8,20828 \times 10^{-13} \text{J}$$

1.5/ Le terme d'isotope définit des atomes ayant le même nombre de protons mais un nombre de neutrons différents.

1.6/ Fission: transformation nucléaire provoquée qui consiste à bombarder un gros noyau avec un neutron afin de le scinder en deux noyaux plus légers.



1.8/ Radioactivité  $\beta^-$  : transformation nucléaire spontanée au cours de laquelle un électron est émis.

**Exercice N°2/**

$$2.1/ \Delta m = m_{\text{Deutérium}} + m_{\text{Tritium}} - m_{\text{He}} - m_{\text{n}}$$

$$\Delta m = 0,01889u$$

$$\Delta m = 0,01889 \times 1,66054 \times 10^{-27} = 3,13676 \times 10^{-29} \text{kg}$$

$$2.2/ E = \Delta mc^2 = 3,13676 \times 10^{-29} \times (2,99792 \times 10^8)^2 = 2,81917 \times 10^{-12} \text{J}$$

$$E = 17,620 \text{ MeV}$$

2.3/

- Masse de deutérium dans un litre d'eau : 0,000033kg

Nombre de noyaux dans un litre :

$$N = \frac{0,000033}{2,01355 \times 1,66054 \times 10^{-27}} \simeq 9,86966 \times 10^{21}$$

- Energie libérée pour 1000 litre c'est-à-dire un mètre cube :

$$E_{1\text{m}^3} = E \times 1000 \times 9,86966 \times 10^{21} = 2,78242 \times 10^{13} \text{ J}$$

2.4/ Masse de pétrole libérant la même énergie :

$$m = \frac{E_{1\text{m}^3}}{\text{PC}(\text{pétrole})} = 662482 \text{ kg}$$

2.5/ Voir cours

2.6/

$$\frac{N_0}{10} = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$\frac{1}{10} = e^{-\lambda t}$$

$$\ln\left(\frac{1}{10}\right) = -\lambda t$$

$$\ln(10) = \lambda t$$

$$t = \frac{\ln(10)}{\lambda} = t_{1/2} \times \frac{\ln(10)}{\ln(2)} = 40,9 \text{ ans}$$