

Introduction : En France, la production de l'énergie électrique provient pour plus des trois quarts de l'énergie nucléaire. Dans les réacteurs nucléaires, c'est la chaleur produite par la fission de l'uranium qui est utilisée. D'où provient cette énergie ?

1°) Aspect énergétique des réactions nucléaires :

1°) Perte de masse dans une réaction nucléaire :

Exercice 1 (réponses derrière la feuille) : Soit la désintégration α subie par un noyau de Po, dont l'équation-bilan est :



Données : (en unités de masse atomique u)

Aux échelles atomique et nucléaire, on préfère utiliser l'unité de masse atomique notée **u**, dont la valeur correspond au 1/12 de la masse d'un atome de carbone 12 (Z=6) : **1u = 1,66054.10⁻²⁷ kg**

Masse d'un noyau de ²²⁶Ra = 225,977 0 u ; Masse d'un noyau de ²²²Rn = 221,970 3 u Masse d'un noyau d' ⁴He = 4,001 5 u

Questions :

- 1°) *Quels sont les deux formes d'énergies libérées ?*
- 2°) *Complète l'équation-bilan ci-dessus en justifiant.*
- 3°) *Calculer m_{avant} - m_{après} pour les noyaux lors de la réaction.*

Conclusion : Au cours de nombreuses **réactions nucléaires** (ceci étant vérifié pour toutes les réactions spontanées), il y a de masse : la masse des noyaux après réaction est à la masse des noyaux
perte de masse = m_{av} - m_{ap} ... 0

2°) Relation d'Einstein :

Pour expliquer ce défaut de masse, Albert EINSTEIN (physicien d'origine Allemande, prix Nobel en 1921 pour la théorie de la relativité) postule en 1905 q'une particule au repos recèle de l'énergie du seul fait de sa masse.

Définition : Toute particule de masse m même au repos, possède du seul fait de sa masse une énergie E₀ donnée par :

$$E_0 = m \cdot c^2$$

E₀ s'exprime en et m en kilogramme (kg) **c** est la vitesse de la lumière dans le vide qui vaut : c =
 Aux échelles atomique et nucléaire, on préfère exprimer les énergies en électronvolt (eV) ou en mégaelectronvolt (MeV) :
1eV = 1,6022 .10⁻¹⁹ J et 1MeV = 10⁶ eV = 1,6022.10⁻¹³ J

Exercice 2 : (réponses derrière la feuille) :

- 1°) *Ecrire un bilan énergétique (en eV) pour l'équation du 1°) dans le cas où la particule de radium est au repos, le radon et l'hélium étant en mouvement.*
- 2°) *En déduire l'expression de l'énergie libérée puis donner sa valeur.*

Conclusion : L'énergie libérée ΔE par une réaction nucléaire (énergie cinétique + énergie est reliée à la perte de masse selon l'égalité :

$$\Delta E = \dots\dots\dots c^2$$

3°) Energie de liaison d'un noyau :

Exercice 3 (réponse derrière la feuille) : *Supposons possible le fractionnement d'un noyau d' ⁴He en 2 protons et 2 neutrons. Comparons la masse du noyau d'hélium au repos et la masse de ses nucléons (famille des protons + neutrons) séparés au repos.*

Données : (en unités de masse atomique u) Masse d'un noyau d'⁴He = 4,001 50 u ; Masse d'un proton = 1,007 28 u ; Masse d'un neutron = 1,008 66 u

Conclusion : La formation d'un noyau à partir de ses constituants séparés, les nucléons, s'accompagne d'une de
 masse.

Définitions : On appelle **défaut de masse d'un noyau**, la différence entre la masse des nucléons, séparés au repos, et la masse du noyau au repos. Pour un noyau :

$$\Delta m \text{ (défaut de masse (toujours positif))} = Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n - m_{\text{noyau}}$$

Exercice 4 :

- 1°) *Exprimer et calculer l'énergie correspond au défaut de masse de l'exercice 3 en eV.*
- 2°) *Représenter sur un diagramme énergétique l'énergie des nucléons séparés et celle du noyau.*

Définition : L'énergie de liaison E_l d'un noyau de masse m est l'énergie que le milieu extérieur doit pour le séparer en ses Z protons de masse m_p et neutrons de masse m_n . Elle vaut :

$$E_l = [Z.m_p + (A-Z).m_n - m_{\text{noyau}}].c^2$$

Inversement lors de la formation d'un noyau, il y a vers le milieu extérieur.

4°) Energie de liaison par nucléon (courbe d'Aston):

L'énergie de liaison (E_l) moyenne par nucléon d'un noyau est égale au rapport $\frac{E_l}{A}$ (A est le nombre de nucléons dans le noyau).

Un noyau sera d'autant plus stable que l'énergie de liaison par nucléon sera plus (voir courbe d'Aston p 115). Les noyaux stables (environ 8 MeV par nucléon) sont des noyaux pour lesquels : <math>A < 20</math>.....

Les noyaux instables : - $A > 195$ 'ex : ^{235}U peuvent se briser en 2 noyaux légers appartenant au domaine de stabilité , c'est de la

$A < 20$: des noyaux très légers (comme les noyaux ^1H) peuvent se fusionner pour donner un noyau plus stable, c'est la réaction de

II°) Les réactions nucléaires provoquées :

1°) Les 2 types de réactions nucléaires provoquées :

Une réaction nucléaire est provoquée si elle est obtenue par choc d'une particule sur un noyau ou par choc de 2 noyaux. Il existe deux types de réactions provoquées :

- lors du choc d'une particule sur un noyau lourd ($A > 195$), celui-ci se scinde en deux noyaux plus légers : c'est la **fission nucléaire** .

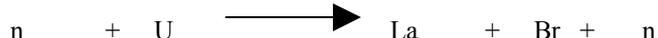
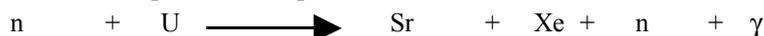
- lors du choc de deux noyaux légers ($A < 20$), ceux-ci fusionnent pour donner un élément plus lourd : c'est la **fusion nucléaire**.

Remarque : Au cours des réactions nucléaires (spontanées ou provoquées) les lois de la physique sont vérifiées , en particulier conservation du nombre de charges électriques (Z) et du nombre de neutrons (N).

2°) La fission nucléaire : réaction présente dans les réacteurs nucléaires et dans la bombe A (HIROSHIMA)

Le phénomène de fission fut observé pour la première fois en 1938 par 2 allemands HAHN et STRASSMAN alors qu'ils bombardaient de l'uranium par des neutrons. Cependant c'est Irène et Frédéric JOLIOT CURIE (prix Nobel de Chimie en 1935) qui en 1934 synthétisèrent les premiers isotopes artificiels.

Exercice 5 : Equilibre les équations suivantes traduisant la fission découverte par HAHN et STRASSMAN :



La fission de 1 g d'isotope 235 de l'uranium (qui nécessite le traitement de 140 g d'uranium naturel) fournit ainsi une énergie d'environ 80 GJ, ce qui correspondrait à la combustion d'environ 2 tonnes de pétrole.

3°) La fusion nucléaire :

Ces réactions sont à l'origine du rayonnement des étoiles et du soleil : l'énergie libérée est appelée énergie thermonucléaire. L'homme sait initier (.....) ces réactions mais il ne sait pas les contrôler , c'est le cas de la bombe H.

Aujourd'hui, on ne sait ni contrôler la réaction de fusion, ni construire les réacteurs qui produiraient cette énergie de manière régulée et continue.

Exercice 6 : Equilibre les équations suivantes traduisant la fusion nucléaire dans le soleil :



III°) Énergie libérée lors d'une réaction nucléaire :

Une réaction nucléaire fournit de l'énergie au milieu extérieur lorsqu'elle s'effectue avec

L'énergie libérée (sous forme d'énergie et) est égale à l'énergie de masse perdue par le système :

$$\Delta E = (\sum m_{\text{réactifs}} - \sum m_{\text{produits}}).C^2$$