

*Physique chimie terminale S*

*Centrale nucléaire*

# Centrale nucléaire

I.	Principe de fonctionnement d'un central nucléaire :	3
	<b>CENTRAL NUCLEAIRE</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
II.	Réaction de fission et fusion nucléaire :	7
1.	Fusion nucléaire :	7
2.	Fission nucléaire :	8
	Fission nucléaire	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
III.	Energie libérée par une réaction nucléaire :	9
1.	Energie libérée :	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
a.	Variation de masse dans une réaction nucléaire :te	9
b.	Energie libérée :	9
IV.	Exercices :	11

Objectif d'apprentissage	Contenus
<p>L'apprenant doit être capable de (d') :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Expliquer le principe de fonctionnement d'une centrale nucléaire</li> <li>• Déterminer les avantages et les inconvénients de la production d'énergie nucléaire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Production d'énergie au sein d'un réacteur nucléaire : l'énergie produite par la centrale provient de la fission de l'uranium 235 sous l'effet d'un neutron</li> <li>• Définition de la réaction de fission et de fusion</li> <li>• Ecriture de la réaction de fission et de fusion</li> <li>• Energie libérée par les réactions nucléaires  <math>E_{libérée} =  \Delta m  c^2</math> avec  <math>\Delta m = m_{produits} - m_{réactifs}</math></li> <li>• Avantages et inconvénients de la production d'énergie nucléaire</li> </ul>

# I. Principe de fonctionnement d'un central nucléaire :

## 1. Définition :

Une centrale nucléaire, également appelée centrale atomique, est une installation industrielle conçue pour produire de l'électricité à grande échelle en utilisant l'énergie libérée, sous forme de chaleur, par des réactions nucléaires, principalement des réactions de fissions nucléaires.



## 2. Principe de fonctionnement :

Le principe de fonctionnement d'un central nucléaire repose sur l'utilisation de l'énergie libérée par des réactions nucléaires, principalement des réactions de fission nucléaire, pour produire de l'électricité. Voici les principales étapes du fonctionnement d'une centrale nucléaire :

### a. Réaction de fission nucléaire :

Le cœur du réacteur nucléaire contient des assemblages de combustible nucléaire, tels que de l'uranium enrichi, qui sont bombardés par des neutrons. Lorsque ces noyaux fissiles absorbent un neutron, ils se divisent en deux noyaux plus légers, libérant une grande quantité d'énergie thermique sous forme de chaleur.

### b. Contrôle des réactions en chaîne :

Pour maintenir la réaction de fission sous contrôle, des barres de contrôle, généralement en graphite ou en bore, sont insérées ou retirées du cœur du réacteur. Ces barres absorbent les neutrons en excès, ralentissant ou arrêtant la réaction en chaîne.

### c. Production de chaleur :

La chaleur produite par les réactions de fission est utilisée pour chauffer de l'eau à haute pression dans un circuit primaire.

### d. Production de vapeur :

La vapeur à haute pression produite dans le circuit primaire est acheminée vers un échangeur de chaleur, où elle transfère sa chaleur à un circuit secondaire d'eau, sans entrer directement en contact avec elle.

#### e. Turbine à vapeur :

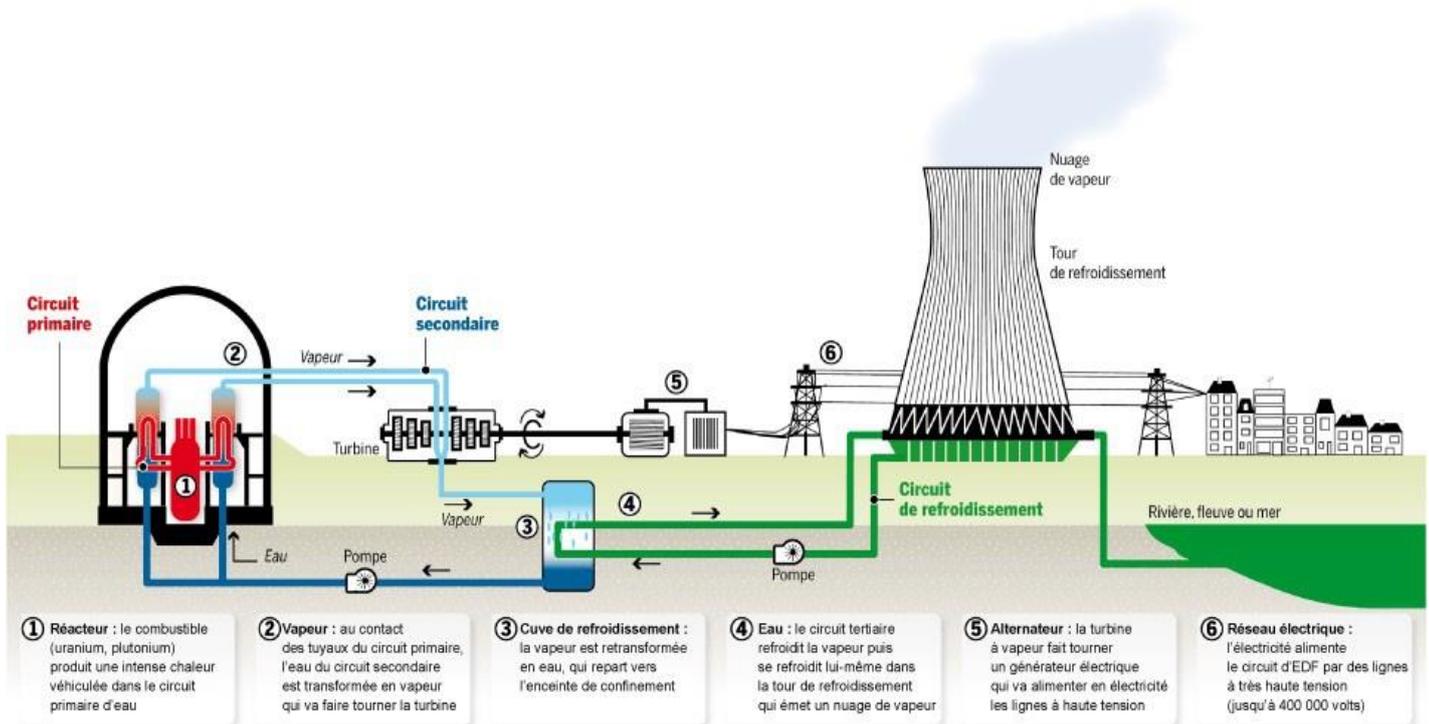
La vapeur à haute pression fait tourner une turbine reliée à un générateur électrique. La turbine convertit l'énergie thermique en énergie mécanique, faisant ainsi tourner l'arbre du générateur.

#### f. Génération d'électricité :

L'arbre du générateur entraîne un ensemble de bobines de cuivre à travers un champ magnétique, générant ainsi de l'électricité par induction électromagnétique.

#### g. Transformation de la tension :

L'électricité produite par le générateur a généralement une tension élevée. Elle est ensuite transformée par des transformateurs pour augmenter la tension, afin de



faciliter son transport à travers le réseau électrique.

### 3. Avantage et inconvénients d'un central nucléaire :

Les principaux **avantages de l'énergie nucléaire par fission** :

- Génère une grande quantité d'électricité
- Elle ne produit pas de gaz à effets de serre
- La dépendance au pétrole est réduite

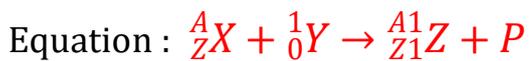


5. Alternateur
6. Réseau électrique

## II. Réaction de fission et fusion nucléaire :

### 1. Fusion nucléaire :

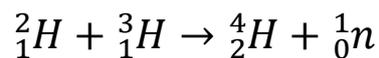
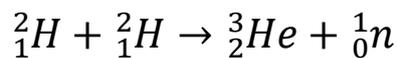
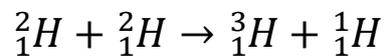
La fusion nucléaire est une réaction au cours de laquelle deux noyaux plus légers ( $A < 20$ ) s'unissent pour former un noyau plus lourd en libérant un ou plusieurs particules.



La réaction respecte toujours les lois de conservations (conservation de nombre de masse A et nombre de charge Z) (loi de Soddy)

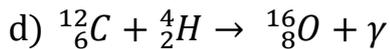
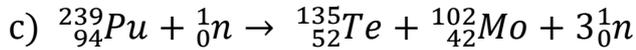
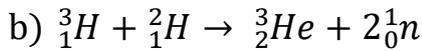
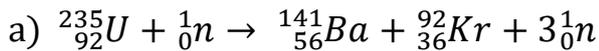
#### Exemple de fusion nucléaire :

Les seules réactions qui se produisent naturellement dans les étoiles sont les fusions entre deux isotopes d'hydrogène, le deutérium et le tritérium selon l'équation :



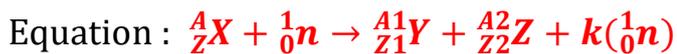
## Application :

Cocher les équations que vous pensez être une réaction de fusion



## 2. Fission nucléaire :

La fission nucléaire est une réaction provoquée où, sous le choc d'un neutron lent, un noyau lourd ( $A > 200$ ) se scinde en deux noyaux plus légers ayant chacun une énergie de liaison par nucléon plus élevée. Elle émet d'autre neutron.

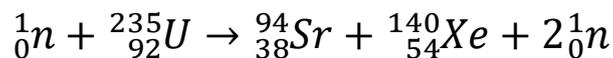


D'après les lois de conservation, on a :

$$A+1 = A1+A2+k$$

$$Z = Z1+Z2$$

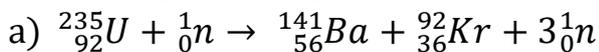
**Exemple :** fission de l'Uranium 235

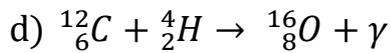
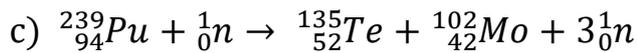
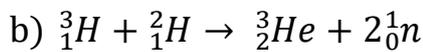


Sous l'impact d'un neutron, un noyau d'uranium 235 peut se briser en deux noyaux plus légers.

## Application :

Cocher les équations que vous pensez être une réaction de fusion





### III. Energie libérée par une réaction nucléaire :

#### 1. Variation de masse dans une réaction nucléaire :

Lors d'une réaction nucléaire, il y a toujours une variation de masse. Cette variation est donnée par l'expression :

$$\Delta m = m_{\text{réactifs}} - m_{\text{produits}}$$

#### 2. Energie libérée :

Toute réaction nucléaire s'effectuant avec une perte de masse fournit de l'énergie au milieu extérieur.

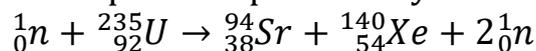
L'énergie libérée lors d'une réaction nucléaire est donnée par la relation :

$$E_{\text{libérée}} = \Delta E = \Delta m \cdot c^2$$

#### Application : j'apprends à rédiger

##### ❖ *Energie libérée par une réaction de fission nucléaire :*

Soit une des réactions de fission possible pour le noyau d'Uranium 235 :



Déterminer :

- L'énergie libérée  $E_{\text{libérée}} = \Delta E$
- L'énergie libérée  $\Delta E_m$  par une mole de noyau d'uranium (en J.mol<sup>-1</sup>)
- L'énergie libérée par nucléon  $\Delta E_l$

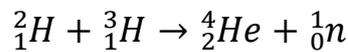
Données :

$${}^{235}_{92}\text{U} (234,9935 u) ; {}^{94}_{38}\text{Sr} (93,8945 u) ; {}^{140}_{54}\text{Xe} (139,8920 u) ; {}^1_0\text{n} (1,0087 u)$$

$$1u = 931,5 \text{MeV} \cdot c^{-2} ; 1 \text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{J} ; N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{mol}^{-1}$$

##### ❖ *Energie libérée par une réaction de fusion :*

On considère la réaction « classique » de fusion entre un noyau de deutérium et un noyau de tritium :



Déterminer :

- L'énergie libérée  $E_{\text{libérée}} = \Delta E$
- L'énergie libérée par nucléon

Données :

$$1\text{u} = 931,5\text{MeV}\cdot\text{C}^{-2}$$

$$1\text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{ J}$$

$$\mathcal{N}_A = 6,02 \cdot 10^{23}\text{ mol}^{-1}$$

NOYAU	MASSE (u)
${}^2_1\text{H}$	2.0160
${}^3_1\text{H}$	3.0247
${}^4_2\text{He}$	4.0015
n	1,0087

Solution :

❖ **Energie libérée par une réaction de fission nucléaire**

- **Energie libérée par la réaction de fission de l'uranium 235 :**

$$E_{\text{libérée}} = \Delta E = [(m_U + m_n) - (m_{Sr} + m_{Xe} + 2m_n)] \cdot C^2$$

AN :

$$E_{\text{libérée}} = \Delta E = [(234,9935 + 1,0087) - (93,8945 + 139,8920 + (2 \times 1,0087))] \cdot 931,5$$

$$E_{\text{libérée}} = \Delta E = 184,7\text{ MeV}$$

- **Energie libérée par mole de noyau d'Uranium :**

$$E_{\text{libérée}} = \Delta E = 184,7\text{ MeV} \quad \text{avec } 1\text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{ J} \quad \text{et } \mathcal{N}_A = 6,02 \cdot 10^{23}\text{ mol}^{-1}$$

$$\Delta E_m = 184,7 \cdot 10^6 \times 1,6 \cdot 10^{-19} \times 6,02 \cdot 10^{23}$$

$$\Delta E_m = 1,8 \cdot 10^{13}\text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}$$

- **Energie libérée par nucléon :**

$$\Delta E_{l/A} = \frac{\Delta E_m}{236}$$

$$AN : \Delta E_l = \frac{184,7}{236} = 0,7826$$

$$\Delta E_l = 0,7826\text{ MeV/nuécléon}$$

❖ **Energie libérée par une réaction de fusion :**

- **Energie libérée par la réaction de fusion**

$$E_{\text{libérée}} = \Delta E = [(m_H + m_H) - (m_{He} + m_n)] \cdot C^2$$

AN :

$$E_{\text{libérée}} = \Delta E = [(2,0160 + 3,0247) - (4,0015 + 1,0087)] \cdot 931,5$$

$$E_{\text{libérée}} = \Delta E = 28,41 \text{ MeV}$$

- Energie libérée par nucléon

$$\Delta E_{l/A} = \frac{\Delta E_m}{5}$$

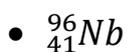
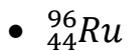
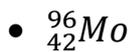
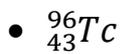
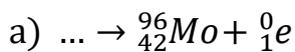
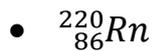
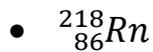
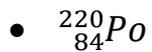
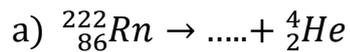
$$\text{AN : } \Delta E_l = \frac{-28,41}{5} = 5,682 \text{ MeV}$$

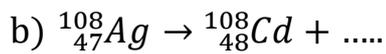
$$\Delta E_l = 5,682 \text{ MeV}$$

## IV. Exercices :

Exercice1 :

Quelle est l'élément manquant dans chaque équation incomplète ci-dessous :

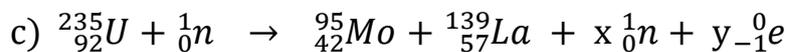
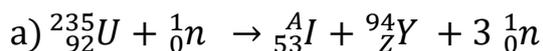




- ${}^0_1e$
- ${}^1_1p$
- ${}^0_{-1}e$
- ${}^0_1n$

### Exercice 2 :

1. Equilibrer les réactions suivantes en indiquant le type de chacune d'elles :



2. Calculer l'énergie libérée par la réaction 1.a) en utilisant 1kg de  ${}^{235}_{92}\text{U}$   
Calculer l'énergie libérée par la réaction 1.b) en utilisant 4g de deutérium

### Exercice 3 : j'apprends à rédiger

Un noyau d'uranium  ${}^{238}_{92}\text{U}$  bombardé par un neutron noté  ${}^1_0n$  donne du xénon  ${}^{140}_{54}\text{Xe}$  et du strontium Sr dont le nombre de masse est 94

Ecrire l'équation-bilan correspondant à cette réaction nucléaire et déterminer le nombre de charge du strontium ainsi que le nombre de neutrons formés.