

Enseignement Secondaire

3^e année: Séries LH - SE

Physique

Chapitre 5: Les Réactions Nucléaires provoquées: Fission & Fusion

تم الاعتماد على الكتاب المدرسي الوطني الصادر عن المركز التربوي للبحوث والانماء

إعداد مصطفى سكرية

يسمح باستعماله وإعادة نشره مع ذكر المصدر



Chapitre 5: Les Réactions Nucléaire Provoquées : Fission & Fusion

Objectifs:

- Relier l'énergie produite au défaut de mass.
- Comprendre ce qu'est une réaction de fission nucléaire.
- Comprendre ce qu'est une réaction de fusion nucléaire.
- Estimer la valeur de l'énergie libérée dans chaque type de réaction.
- Donner quelques exemples de réactions nucléaires provoquées.

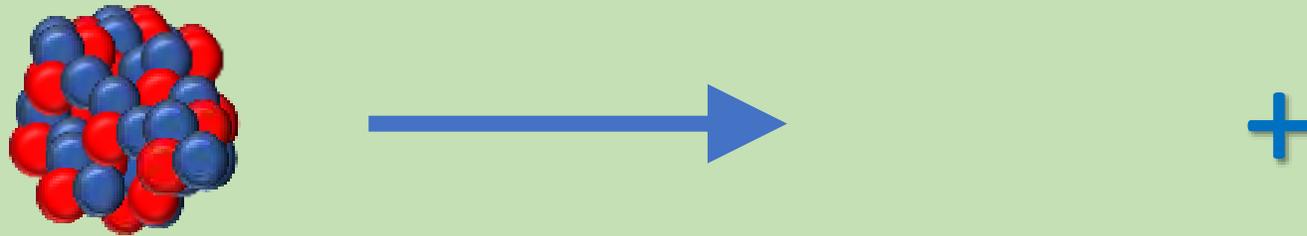


Chapitre 5: Les Réactions Nucléaire Provoquées : Fission & Fusion

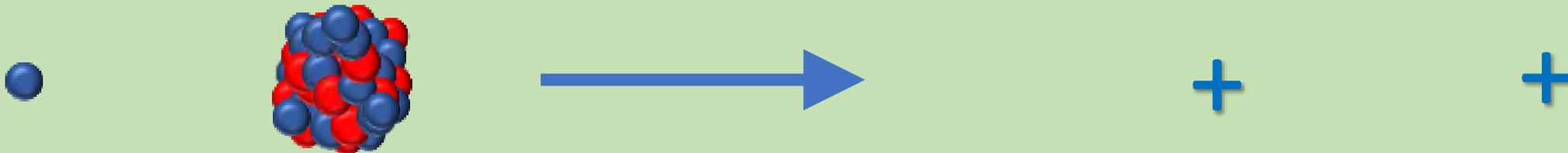
Introduction

Les différentes formes de radioactivité (α , β et γ) vues dans le chapitre précédent, représentent des réactions nucléaires dites spontanées.

Elles n'ont pas besoin d'une intervention extérieure pour avoir lieu.



La fission et la fusion sont des réactions nucléaires provoquées car elles ont besoin d'une intervention extérieure pour être déclenchées.



Chapitre 5: Les Réactions Nucléaire Provoquées : Fission & Fusion

La masse perdue et l'énergie

La plupart des réactions nucléaires libèrent de l'énergie. Cette énergie libérée se remarque avec une perte de masse entre les éléments de la réaction avant et après.

Selon l'équivalence masse-énergie d'Einstein, la masse est une mesure d'une quantité d'énergie. Selon cette théorie, l'énergie libérée est : $E = (m_{av} - m_{ap}) \times c^2$

Avec: m_{av} est la masse avant la réaction nucléaire;

m_{ap} est la mass après la réaction nucléaire;

c est la vitesse de la lumière dans le vide, $c = 3 \times 10^8$ m/s.

dans le SI, l'unité de m est kg , c en m/s et E en Joule (J)

En physique nucléaire, on utilise l' électronvolt (symbole eV)

ou ses multiples, principalement le Méga-électronvolt (symbole MeV)

$$1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}; 1 \text{ MeV} = 1,6 \times 10^{-13} \text{ J}$$

Application

Dans une centrale nucléaire, un noyau d'uranium 235 subit sous l'impact d'un neutron lent (neutron thermique), la réaction suivante :



- 1) Déterminer Z et A en indiquant les lois utilisées.

Les lois de Soddy:

conservation de nombre de masse : $236 = A + 96$; then $A = 140$.

conservation de nombre de charge : $92 = Z + 38$; then $Z = 54$.

- 2) Calculer, en u puis en kg, la masse perdue Δm mis en jeu par la réaction précédente.

$$\Delta m = m(\text{U}) + m(\text{n}) - m(\text{Xe}) - m(\text{Sr}) - 2 m(\text{n}) = 0.1955 \text{ u} = 3.245 \times 10^{-28} \text{ kg}.$$

- 3) Calculer, en joules, l'énergie libérée par la réaction précédente.

$$E = \Delta m \times c^2.$$

$$E = 3,245 \times 10^{-28} \times 9 \times 10^{16} = 2,92 \times 10^{-11} \text{ J}$$

On donne:

$$m({}_{92}^{235}\text{U}) = 235,0439 \text{ u};$$

$$m({}_{38}^{94}\text{Sr}) = 93,9145 \text{ u};$$

$$m({}_Z^A\text{Xe}) = 139,9252 \text{ u}$$

$$m({}_0^1\text{n}) = 1,0087 \text{ u};$$

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s};$$

$$1 \text{ u} = 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}.$$

Chapitre 5: Les Réactions Nucléaire Provoquées : Fission & Fusion

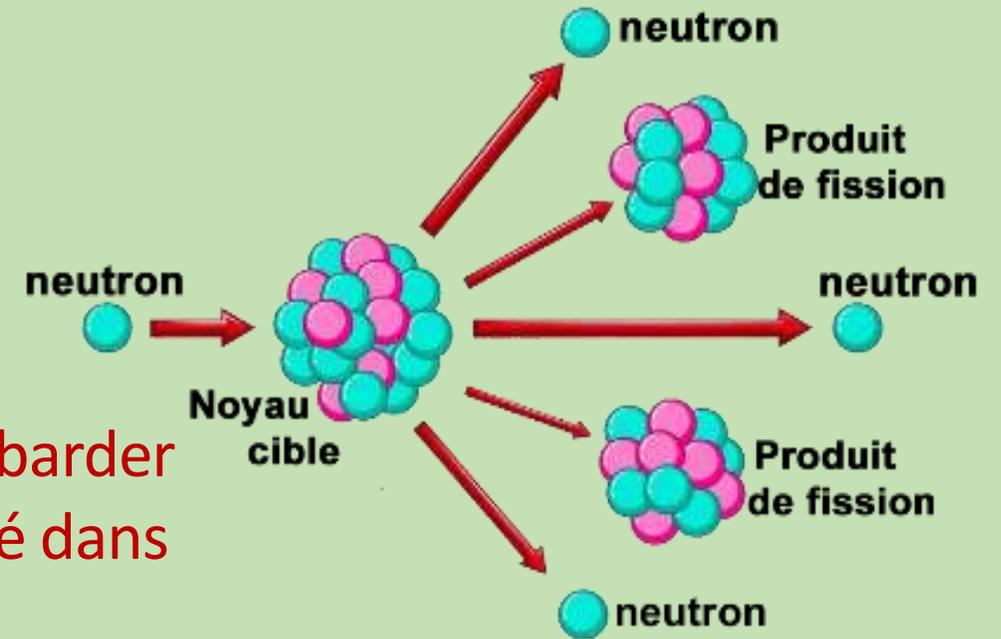
La fission Nucléaire

La **Fission** est une réaction nucléaire provoquée, Durant laquelle un noyau lourd se divise en deux noyaux plus légers sous l'impact d'un neutron.

Les neutrons ont été utilisés, du fait de l'absence de leur charge électrique, comme projectiles pour bombarder le noyau cible. Le nucléide le plus couramment utilisé dans les réactions de fission nucléaire est l'uranium 235.

La fission de chaque noyau d'uranium U-235 produit en moyen une énergie d'environ 200 MeV.

If faut noter, que toutes les réactions vérifient les lois de Soddy.



Chapitre 5: Les Réactions Nucléaire Provoquées : Fission & Fusion

La fission Nucléaire

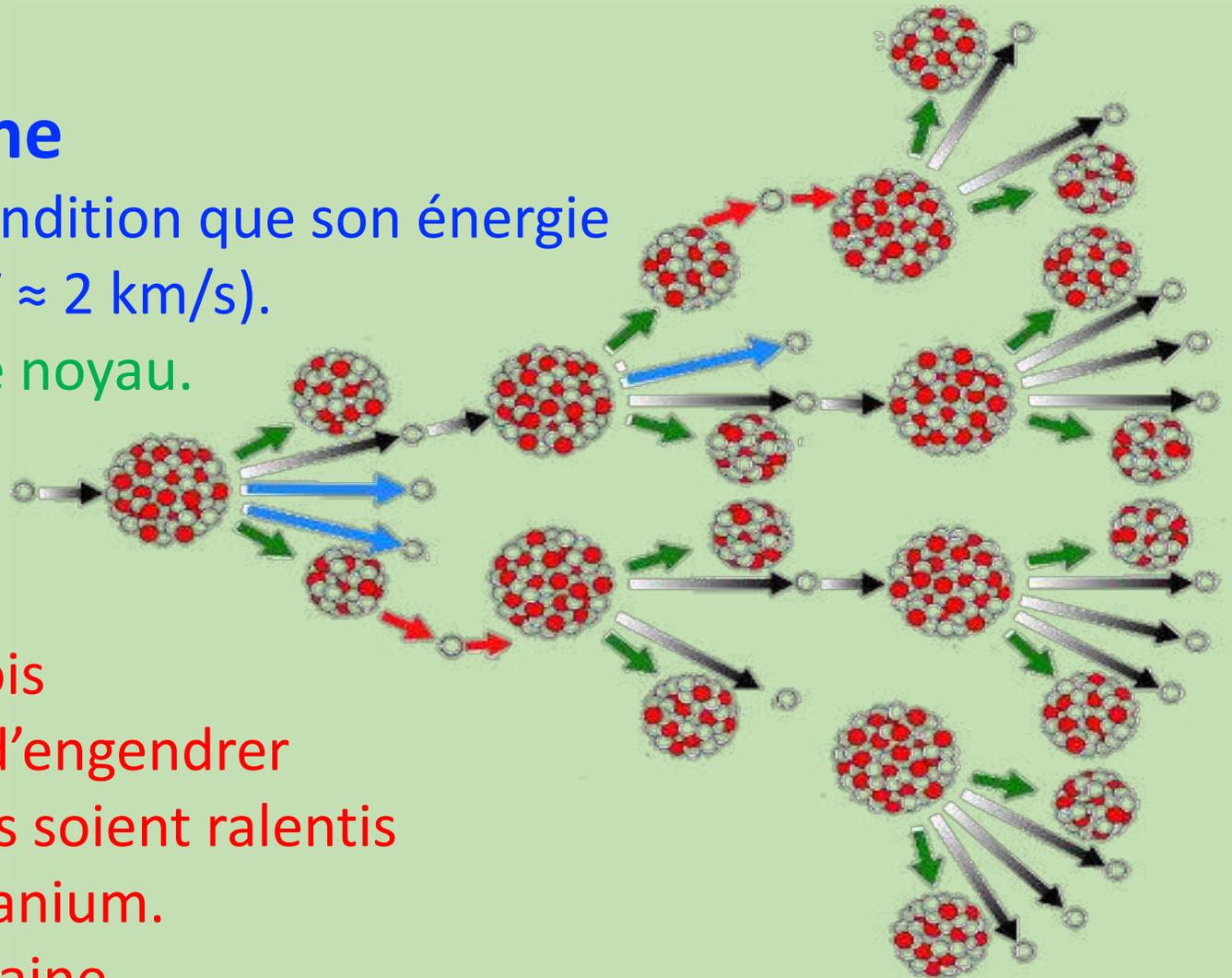
La réaction en chaine

Le neutron peut réaliser la fission à condition que son énergie cinétique soit de l'ordre de 0.02 eV; ($V \approx 2$ km/s).

Si le neutron est lent, il rebondit sur le noyau.

S'il est trop rapide, il le traverse sans être capturé.

La réaction de fission libre deux ou trois neutrons. Ces neutrons sont capable d'engendrer de nouvelles fissions, à condition qu'ils soient ralentis avant de frapper d'autres noyaux d'uranium. On dit alors qu'il y a un réaction en chaine.



Chapitre 5: Les Réactions Nucléaire Provoquées : Fission & Fusion

La fusion nucléaire

La **fusion** est une réaction nucléaire provoquée pendant laquelle deux noyaux légers s'unissent et constituent un noyau plus lourd.

Chaque noyau porte une charge électrique positive, donc ils se repoussent. Pour se rapprocher suffisamment et fusionner, il faut qu'ils soient animés de grande vitesse.

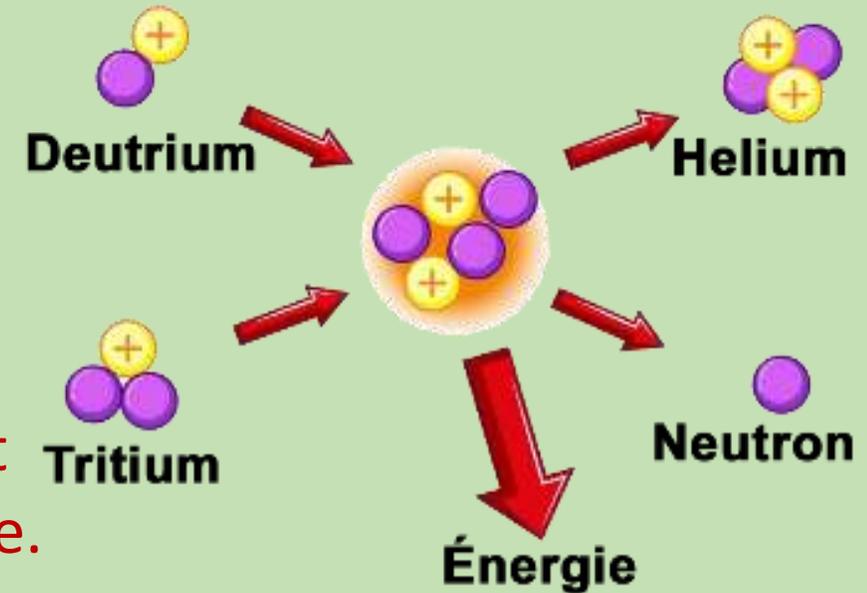
L'énergie cinétique doit être de l'ordre de 0.1 MeV.

Donc la température doit être de l'ordre de 100 millions de degrés.

La réaction de fusion est la suivante:



Cette réaction élémentaire produit une énergie d'environ 17 MeV, très importante malgré la petitesse des masses mises en jeu.



Application

Rendement d'une centrale nucléaire (session 2019-2)

Une centrale nucléaire utilise l'uranium ${}_{92}^{235}\text{U}$ pour produire de l'énergie électrique. Le but de cet exercice est de déterminer le rendement de cette centrale nucléaire. Une des réactions nucléaires possibles de l'uranium ${}_{92}^{235}\text{U}$ est donnée par l'équation suivante :



Prendre : $m({}_0^1\text{n}) = 1,0087 \text{ u}$; $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$; $1 \text{ u} = 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}$.

$m({}_{92}^{235}\text{U}) = 234,9942 \text{ u}$; $m({}_{39}^{94}\text{Sr}) = 93,8945 \text{ u}$; $m({}_Z^{140}\text{Xe}) = 138,8892 \text{ u}$

1) La réaction nucléaire ci-dessus est une fission. Justifier.

C'est une réaction de fission, car le noyau lourd d'uranium se divise en deux noyaux plus légers (Sr et Xe) sous l'impact d'un neutron ${}_0^1\text{n}$.

2) Indiquer la valeur approximative de l'énergie cinétique d'un neutron qui réalise une fission nucléaire.

L'énergie cinétique d'un neutron incident est de l'ordre de 0,02 eV.

Application

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s} ; 1 \text{ u} = 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg.}$$

$$m ({}^{235}_{92}\text{U}) = 234,9942 \text{ u} ; m ({}^{94}_{39}\text{Sr}) = 93,8945 \text{ u} ;$$

$$m ({}^{140}_{54}\text{Xe}) = 138,8892 \text{ u} ; m ({}^1_0\text{n}) = 1,0087 \text{ u} ;$$



3) Déterminer Z et x en indiquant les lois utilisées.

Les lois de Soddy: Conservation du nombre de mass A : $1 + 235 = 94 + 139 + x$ alors $x = 3$

Conservation du nombre de charge Z : $92 = 38 + Z$ alors $Z = 54$

4) Calculer, en u puis en kg, la perte de masse Δm qui a lieu au cours de cette réaction.

La perte de masse $\Delta m = m_{\text{avant}} - m_{\text{après}}$

$$\begin{aligned} \Delta m &= (234,9942 + 1,0087) - (93,8945 + 138,8892 + 3 \times 1,0087) \\ &= 0,1931 \text{ u} = 0,1931 \times 1,66 \times 10^{-27} = 3,20546 \times 10^{-28} \text{ kg} \end{aligned}$$

5) Calculer, en J, l'énergie libérée par la fission d'un noyau d'uranium ${}^{235}_{92}\text{U}$.

$$E_{\text{lib}} = \Delta m \times c^2 = 3,20546 \times 10^{-28} \times (3 \times 10^8)^2 = 2,884914 \times 10^{-11} \text{ J}$$

Application

$$m({}^{235}_{92}\text{U}) = 234,9942 \text{ u};$$

$$1 \text{ u} = 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}.$$

$$E_{\text{lib}} = 2,884914 \times 10^{-11} \text{ J}$$

6) La centrale nucléaire considérée, consomme 1 kg d'uranium ${}^{235}_{92}\text{U}$ en un jour.

On suppose que tous les noyaux d'uranium subissent la fission selon l'équation précédente.

6-1) Monter que l'énergie libérée par la fission de 1 kg d'uranium $E = 7,3955 \times 10^{13} \text{ J}$.

$$234,9942 \times 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg} \rightarrow 2,884914 \times 10^{-11} \text{ J}$$

$$1 \text{ kg} \rightarrow E \quad \text{Alors : } E = \frac{2,884914 \times 10^{-11}}{3,9009 \times 10^{-25}} = 7,3955 \times 10^{13} \text{ J}$$

6-2) Déduire l'énergie E_1 libérée par la fission de l'uranium ${}^{235}_{92}\text{U}$ en une seconde.

$$\text{L'énergie libérée en 1 s : } E_1 = \frac{7,39550 \times 10^{13}}{24 \times 3600} = 8,5596 \times 10^8 \text{ J}$$

6-3) Le rendement de cette centrale nucléaire est donné par :

$$r = \frac{E_{\text{électrique}}}{E_1} \quad \text{où } E_{\text{électrique}} \text{ est l'énergie électrique produite en une seconde.}$$

Calculer le rendement de cette centrale nucléaire sachant que $E_{\text{électrique}} = 2,575 \times 10^8 \text{ J}$.

$$\text{rendement } r = \frac{2,575 \times 10^8}{8,5596 \times 10^8} = 0,30 = 30 \%$$



Les bombardements atomiques d'Hiroshima et de Nagasaki ont tué entre 129 000 et 226 000 personnes, dont la plupart étaient des civils, et restent la première et la seule utilisation d'armes nucléaires dans les conflits armés.