

TS1 – lundi 4 janvier 2010 – 50 min

Données:

Particule ou Noyau	Neutron	Hydrogène 1 ou proton	Hydrogène 2 ou Deutérium	Hydrogène 3 ou Tritium	Hélium 3	Hélium 4	Uranium 235	Xénon	Strontium
Symbole	${}_0^1\text{n}$	${}_1^1\text{H}$	${}_1^2\text{H}$	${}_1^3\text{H}$	${}_2^3\text{He}$	${}_2^4\text{He}$	${}_{92}^{235}\text{U}$	${}_{54}^{\text{A}}\text{Xe}$	${}_{38}^{94}\text{Sr}$
Masse en u	1,00866	1,00728	2,01355	3,01550	3,01493	4,00150	234,9942	138,8892	93,8945

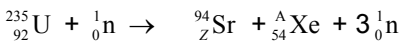
Unité de masse atomique	$u = 1,66054 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Énergie de masse de l'unité de masse atomique	$E = 931,5 \text{ MeV}$
Électronvolt	$1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$
Vitesse de la lumière dans le vide	$c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

I. Fission nucléaire

Une centrale nucléaire est une usine de production d'électricité. Actuellement ces centrales utilisent la chaleur libérée par des réactions de fission de l'uranium 235 qui constitue le "combustible nucléaire". Cette chaleur transforme de l'eau en vapeur. La pression de la vapeur permet de faire tourner à grande vitesse une turbine qui entraîne un alternateur produisant l'électricité.

Certains produits de fission sont des noyaux radioactifs à forte activité et dont la demi-vie peut être très longue.

- Définir le terme demi-vie.
- Définir l'activité d'une source radioactive.
Préciser son unité dans le Système International.
- Le bombardement d'un noyau d'uranium 235 par un neutron peut produire un noyau de strontium et un noyau de xénon selon l'équation suivante :



- Déterminer les valeurs des nombres A et Z.
- Calculer en MeV l'énergie libérée par cette réaction de fission.
- Quelle est l'énergie libérée par nucléon de matière participant à la réaction ?

II - Fusion nucléaire

Le projet ITER s'installera prochainement sur le site de Cadarache en France.

L'objectif de ce projet est de démontrer la possibilité scientifique et technologique de la production d'énergie par la fusion des atomes.

La fusion est la source d'énergie du soleil et des autres étoiles.

Pour obtenir une réaction de fusion, il faut rapprocher suffisamment deux noyaux qui se repoussent, puisqu'ils sont tous deux chargés positivement. Une certaine énergie est donc indispensable pour franchir cette barrière et arriver dans la zone, très proche du noyau, où se manifestent les forces nucléaires capables de l'emporter sur la répulsion électrostatique.

La réaction de fusion la plus accessible est la réaction impliquant le deutérium et le tritium. C'est sur cette réaction que se concentrent les recherches concernant la fusion contrôlée.

La demi-vie du tritium consommé au cours de cette réaction n'est que de 15 ans.

De plus il y a très peu de déchets radioactifs générés par la fusion et l'essentiel est retenu dans les structures de l'installation ; 90 % d'entre eux sont de faible ou moyenne activité.

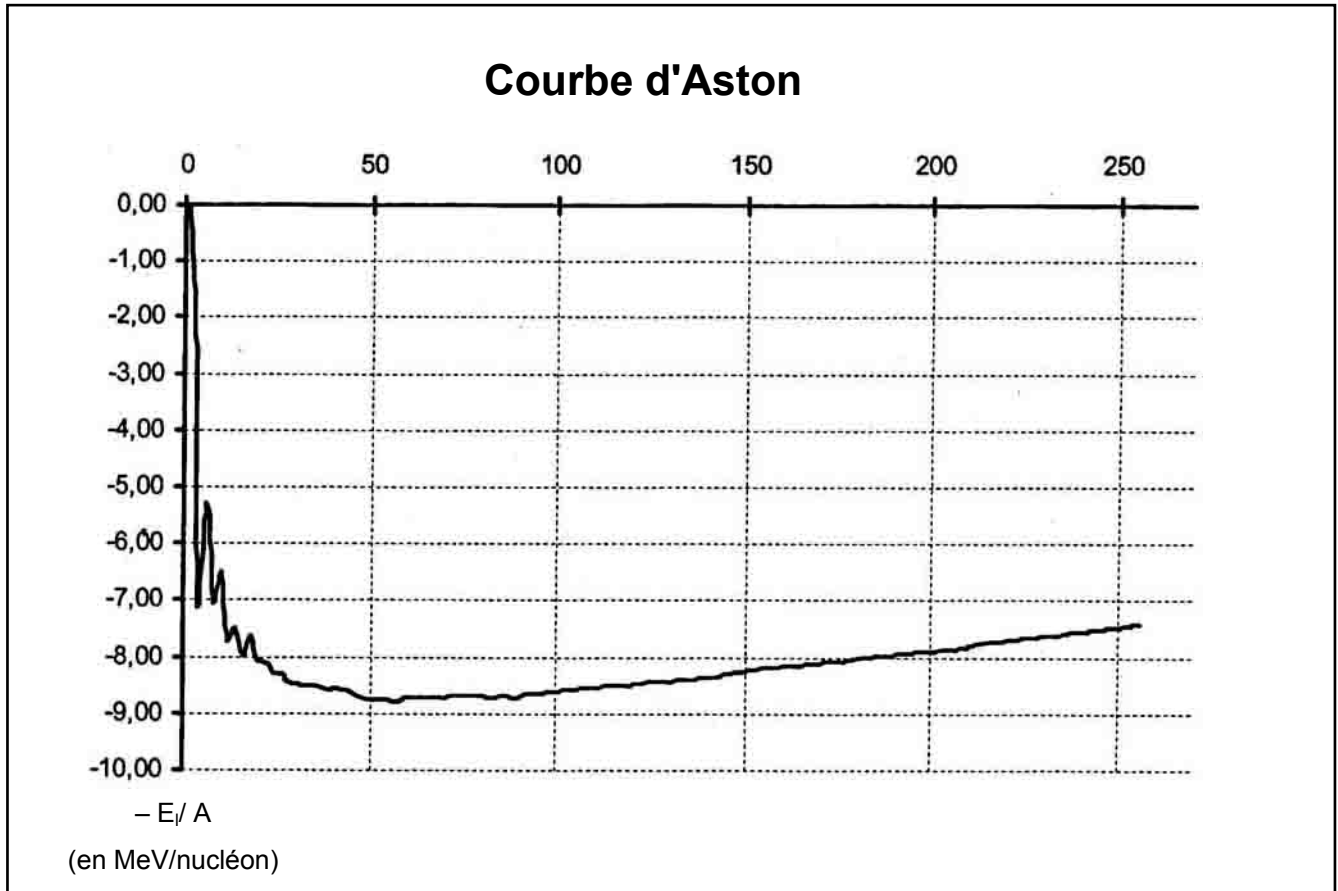
- Le deutérium de symbole ${}_1^2\text{H}$ et le tritium de symbole ${}_1^3\text{H}$ sont deux isotopes de l'hydrogène.
 - Définir le terme de noyaux isotopes.
 - Donner la composition de ces deux noyaux.
- Qu'appelle-t-on réaction de fusion ?
- Sur la courbe d'Aston (**annexe à rendre avec la copie**) indiquer clairement dans quel domaine se trouvent les noyaux susceptibles de donner une réaction de fusion.
- Écrire l'équation de la réaction nucléaire entre un noyau de Deutérium et un noyau de Tritium sachant que cette réaction libère un neutron et un noyau noté ${}_{Z}^{\text{A}}\text{X}$.
Préciser la nature du noyau ${}_{Z}^{\text{A}}\text{X}$.
- Montrer que l'énergie libérée au cours de cette réaction de fusion est de 17,6 MeV. Quelle est

l'énergie libérée par nucléon de matière participant à la réaction ?

par rapport à la fission pour la production d'électricité dans les centrales nucléaires.

6. Conclure sur l'intérêt du projet ITER en indiquant les avantages que présenterait l'utilisation de la fusion

III. ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE



TS1 – lundi 4 janvier 2010 – 50 min – correction

Remarque importante : La correction est rédigée à partir de celle mise en ligne sur le site Labolycee.org

I. Fission nucléaire

I.1. Le **temps de demi-vie** $t_{1/2}$ est la durée au bout de laquelle la moitié d'une quantité initiale de noyaux radioactifs contenus dans un échantillon s'est désintégrée.

I.2. L'**activité A** est le nombre de désintégrations que subit une population de noyaux radioactifs par seconde. Elle s'exprime en becquerel (Bq).

I.3.1. En appliquant les lois de conservation du nombre de masse et du nombre de charge, nous obtenons :

$$235 + 1 = 94 + A + 3 \quad \text{donc } \mathbf{A = 139}$$

$$92 = Z + 54 \quad \text{donc } \mathbf{Z = 38}$$

I.3.2.

Soient :

- E l'énergie libérée par la réaction de fission ;
- Δm la variation de masse qui accompagne la réaction nucléaire.
- c la célérité de la lumière dans le vide.

Nous avons $E = |\Delta m| \times c^2$, avec

$$\Delta m = 3m(n) + m(\text{Xe}) + m(\text{Sr}) - m(n) - m(\text{U})$$

Donc :

$$E = |2m(n) + m(\text{Xe}) + m(\text{Sr}) - m(\text{U})|.c^2$$

Méthode 1 : masses converties en kg en multipliant par $1,66054 \times 10^{-27}$, et énergie convertie de joule en mégaélectronvolt en divisant par $1,60 \times 10^{-13}$

$$E = |2 \times 1,00866 + 138,8892 + 93,8945 - 234,9942| \times 1,66054 \times 10^{-27} \times (3,00 \times 10^8)^2 / (1,60 \times 10^{-13})$$

$$E = 1,80 \times 10^2 \text{ MeV}$$

Méthode 2 : masses en unité de masse atomique, on multiplie par l'énergie de masse atomique, on obtient directement E en MeV.

$$E = |2 \times 1,00866 + 138,8892 + 93,8945 - 234,9942| \times 931,5$$

$$E = 180,0 \text{ MeV}$$

L'énergie libérée est de 180 MeV.

I.3.3. Il y a 236 nucléons qui participent à la réaction, l'énergie libérée par nucléon est donc égale à $E / 236$, c'est-à-dire égale à 0,76 MeV.

II. Fusion nucléaire

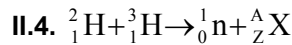
II.1.1. Deux noyaux sont isotopes s'ils possèdent le même nombre de protons mais un nombre différents de nucléons (donc de neutrons).

II.1.2. ${}^2_1\text{H}$: Z = 1 donc 1 proton et A = 2 donc A - Z = 1 neutron

${}^3_1\text{H}$: 1 proton et deux neutrons.

II.2. Lors d'une réaction de fusion, il y a réunion de deux petits noyaux en un seul, plus gros et plus stable, avec éventuellement formation de particules (neutron, proton...). Cette réaction s'accompagne d'une perte de masse.

II.3. voir annexe, ci-après.

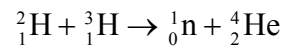


conservation du nombre de masse : $A + 1 = 2 + 3$

$$\mathbf{A = 4}$$

conservation du nombre de charge : $\mathbf{Z = 2}$

Le noyau formé est un noyau d'hélium ${}^4_2\text{He}$:



II.5.

Soient :

- E l'énergie libérée par la réaction de fusion ;
- Δm la variation de masse qui accompagne la réaction nucléaire.
- c la célérité de la lumière dans le vide.

Nous avons $E = |\Delta m| \times c^2$

$$E = |m(n) + m(\text{He}) - m(\text{D}) - m(\text{T})|.c^2$$

$$E = |1,00866 + 4,00150 - 2,01355 - 3,01550| \times 1,66054 \times 10^{-27} \times (3,00 \times 10^8)^2 / (1,60 \times 10^{-13})$$

$$E = 17,6 \text{ MeV}$$

L'énergie libérée est de 17,6 MeV.

Il y a 5 nucléons qui participent à la réaction, soit une énergie E / 5 égale à **3,5 MeV par nucléon de matière** participant à la réaction.

6. L'utilisation d'ITER permet de produire plus d'énergie par nucléon de matière, les produits formés sont radioactifs mais en majorité ils possèdent une activité faible ou moyenne.

Tandis qu'avec la fission, certains produits possèdent une forte activité nucléaire et ont une demi-vie très longue.

Courbe d'Aston

