

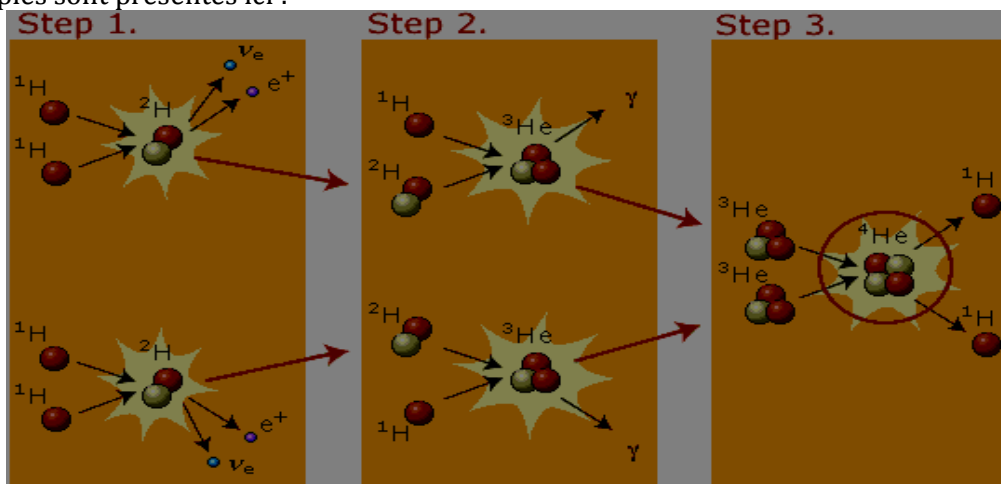


I) Création de la matière

Document 1 Comment la matière a-t-elle été créée ?

Peu après le Big Bang, l'Univers ne contenait que des particules isolées. Les noyaux des atomes n'existaient pas, hormis celui d'hydrogène (un proton seul). Les autres noyaux se sont progressivement formés à partir de ces particules. Ceux des numéros atomiques inférieurs à 26 se sont formés au cœur des étoiles ; les autres lors de l'explosion de supernovæ. Cette nucléosynthèse continue de se produire, en particulier dans le Soleil.

Quelques exemples sont présentés ici :



La production des noyaux d'hélium à partir de quatre protons s'effectue par une série de fusion (voir ci-dessus)

- 1) trois de ces noyaux d'hélium peuvent former du carbone selon le bilan : $3 {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{12}_6\text{C}$
- 2) La formation de l'oxygène s'ensuit selon : $2 {}^{12}_6\text{C} \rightarrow {}^{16}_8\text{O} + 2 {}^4_2\text{He}$
- 3) L'oxygène ainsi formé peut ensuite créer du silicium selon : $2 {}^{16}_8\text{O} \rightarrow {}^{28}_{14}\text{Si} + {}^4_2\text{He}$
- 4) Le fer 56 résulte de la fusion de deux noyaux de silicium 28

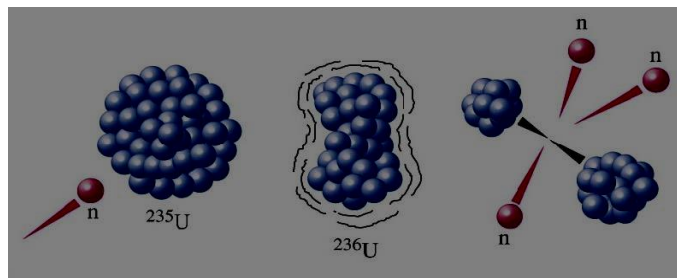
- 1) Que peut-on dire du nombre de masse et du nombre de charge lors des réactions de fusion représentées ?
- 2) Proposer deux lois traduisant ces observations.
- 3) Vérifier que ces lois de conservation sont vérifiées pour chacune des trois étapes décrites ci-dessus.
- 4) En utilisant ces lois de conservation, représenter par une équation la production de fer 56 par deux noyaux de silicium. Quelles particules sont émises ?
- 5) Représenter les trois réactions de spallations conduisant, à partir du carbone 12 bombardé par un proton, aux noyaux ${}^9_4\text{Be}$, ${}^{10}_5\text{B}$ et ${}^{11}_5\text{B}$, sachant que ces formations s'accompagnent de l'émission de protons et de neutrons.

II) Réaction nucléaire et énergie

Document 2 Production d'énergie dans les centrales nucléaires

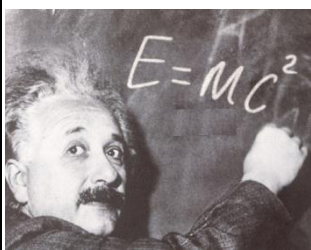
Dans une centrale nucléaire, le combustible utilisé est le plus souvent de l'uranium enrichi, mélange d'uranium-238 majoritaire et d'uranium-235.

A l'état naturel, l'uranium est un mélange de 99,2743 % d'uranium-238 (émetteur alpha avec une période de 4,4688 milliards d'années) accompagné de 0,7202 % d'uranium-235 (émetteur alpha avec une période de 703,8 millions d'années) et d'une quantité infime d'isotope 234 (0,0055%)



Pour être utilisé dans les centrales produisant de l'électricité, l'uranium doit être enrichi en son isotope naturellement fissile, l'uranium-235 en des proportions ne devant pas dépasser, d'après les lois internationales, 20 %.

L'énergie produite par la centrale provient de la fission de l'uranium-235 lors de la capture d'un neutron. Ces fissions sont exothermiques, c'est à dire qu'elles libèrent de l'énergie et ses produits sont multiples.

Document 3 Relation masse-énergie

Par des techniques très précises, il est possible de mesurer la masse d'un noyau, d'un proton ou d'un neutron isolés. La masse du noyau est inférieure à la somme des masses de chacun de ses nucléons. **Qu'est devenue la masse manquante ? En fait, cette masse ne disparaît pas mais se transforme en énergie.** La formule d'Einstein, $E = mc^2$, nous permet de calculer celle-ci. En effet, cette formule associe à un corps de masse m , une énergie E qui est égale à sa masse multipliée par une constante c^2 . Cette dernière est le carré de la vitesse c de la lumière dans le vide égale à $3,00 \cdot 10^8$ m/s.

Données :

Noyau	${}^0_{-1}e$	1_0n	2_1H	3_1H	4_2He	${}^{99}_{44}Ru$	${}^{99}_{40}Zr$	${}^{94}_{38}Sr$	${}^{140}_{54}Xe$	${}^{134}_{52}Te$	${}^{235}_{92}U$
Masse ($\times 10^{-27}$ kg)	0,00091	1,67493	3,3445	5,0083	6,6445	164,2372	164,2547	155,9501	222,3551	222,3650	390,2996

II1) Fusion et fission

La fission (utilisée dans les réacteurs nucléaires) et la fusion (qui a lieu dans le Soleil) sont deux types de réactions nucléaires. En voici deux exemples.

Fusion : ${}^2_1H + {}^3_1H \rightarrow {}^4_2He + {}^1_0n$

Fission : ${}^{235}_{92}U + {}^1_0n \rightarrow {}^{94}_{38}Sr + {}^{140}_{54}Xe + 2 {}^1_0n$

- 1) Quelle est la différence essentielle entre la fusion et la fission ?
- 2) Les lois de conservation sont-elles vérifiées pour chaque réaction ?
- 3) Calculer pour chacune la variation de masse en kg.
- 4) Calculer l'énergie libérée par chaque réaction dans le cas d'un noyau de réactifs, puis pour 1g de réactif.
- 5) Comparer le pouvoir énergétique de ces deux réactions.
- 6) Les comparer à l'énergie libérée par 1kg de pétrole soit 45 MJ.

II2) Exemple de fission

Un autre exemple de réaction de fission est : ${}^{235}_{92}U + {}^1_0n \rightarrow {}^{99}_{40}Zr + {}^{134}_{52}Te + 3 {}^1_0n$

- 1) Calculer la masse des réactifs de cette réaction, puis la masse des produits et enfin, la variation de masse Δm_1 occasionnée par la réaction.
- 2) En déduire l'énergie E_1 libérée par cette réaction.
- 3) Les noyaux de zirconium et de tellure formés sont radioactifs et se désintègrent suivant les équations :

$${}^{99}_{40}Zr \rightarrow {}^{99}_{44}Ru + x {}^0_{-1}e \quad \text{et} \quad {}^{134}_{52}Te \rightarrow {}^{134}_{54}Xe + y {}^0_{-1}e$$
- 4) A l'aide des lois de conservation, calculer x et y .
- 5) Calculer les énergies E_2 et E_3 libérées par ces deux réactions en Joules.

II3) Second exemple de fission

Parmi les réactions de fission possibles de l'uranium-235, on étudie maintenant celle qui produit du strontium-94, un autre noyau de nombre de masse 139 noté X, ainsi que des neutrons

- 1) Écrire l'équation de la réaction nucléaire de fission étudiée. Le numéro atomique de X sera noté Z et le nombre de neutrons produits sera noté k.
- 2) Déterminer Z et k à l'aide des lois de conservation puis écrire l'équation de la réaction.
- 3) Exprimer la masse de l'uranium-235 et du strontium-94.
- 4) Sachant que la masse de ${}^{139}X$ vaut $129,4020 \text{ GeV}/c^2$, calculer la perte de masse Δm de cette réaction.
- 5) En déduire l'énergie libérée par cette fission, en MeV puis en joules.
- 6) Une tonne de combustible nucléaire contient 0,88 t d'uranium dont 3,5 % est de l'uranium-235.
- 7) Calculer l'énergie qu'une tonne de combustible peut libérer par fission de tout l'uranium-235 par cette réaction.
- 8) Exprimer cette énergie en tonne équivalent pétrole. Conclure.

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