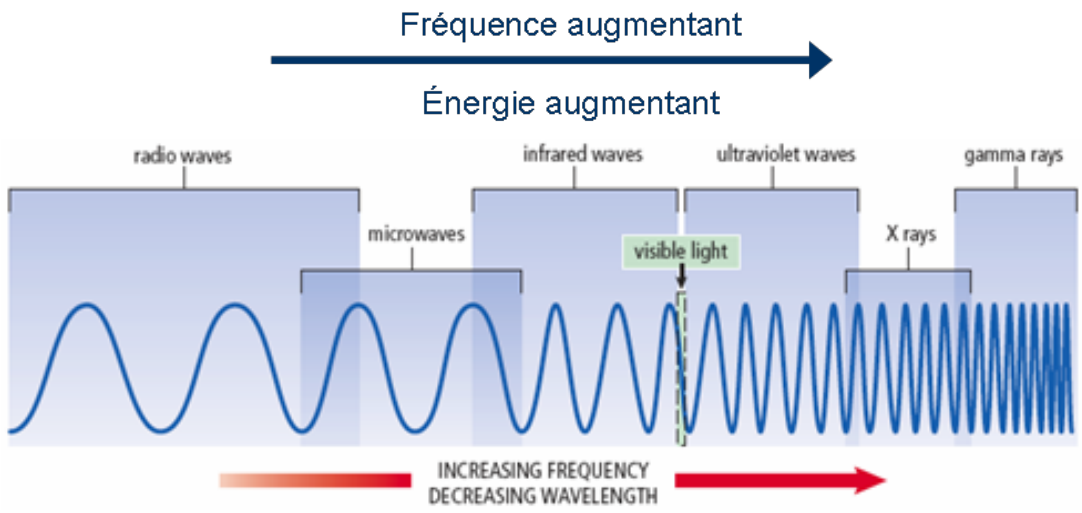
La théorie atomique, les isotopes et la désintégration radioactive

7.1

Définitions

- Radioactivité – habilité de libérer des particules et des rayons de haute énergie.
- Rayonnement naturel – particules ou d'ondes à haute énergie qui provient de notre environnement.
- Rayonnement *(radiation)* – émission de particules de haute énergie par une source radioactive.

Rayonnement



Les isotopes et le nombre de masse

- Isotopes – atomes différents d'un même élément qui ont un nombre différent de neutrons.
- Ils ont le même nombre de protons donc le même numéro atomique mais un nombre de masse différent.
- Nombre de masse = numéro atomique + nombre de neutrons

19 +
K
Potassium
39.1

Les isotopes et le nombre de masse

- Masse atomique = la moyenne des nombres de masse de tous les isotopes d'un élément.
- 93.2% des atomes de potassium ont 20 neutrons, 1.0% ont 21 neutrons, et 6.7% ont 22 neutrons.
- Donc 93.2% des atomes de potassium ont un nombre de masse de 39, 1.0% de 40, et 6.7% ont un nombre de masse de 41.
- Masse atomique = (.932 x 39) + (.001 x 40) + (.067 x 41) = 39.1

La représentation des isotopes

On utilise la notation atomique universelle.

- Symbole chimique + nombre de masse + numéro atomique

$$^{39}_{19}K,\ ^{40}_{19}K,\ ^{41}_{19}K$$

potassium-39 potassium-40 potassium-41

l'isotope le plus commun

Rayonnement ionisant

- Certains rayonnements sont dit ionisants.
- Ils ont assez d'énergie pour transformer les atomes qu'ils traversent en ions (un atome qui a perdu ou gagné un ou plusieurs électrons).
- Trois évènements peuvent se produire dans une cellule dont les atomes ont étés ionisés.
  - > la cellule meurt
  - > la cellule se répare
  - > la cellule développe une mutation qui peut mener au cancer

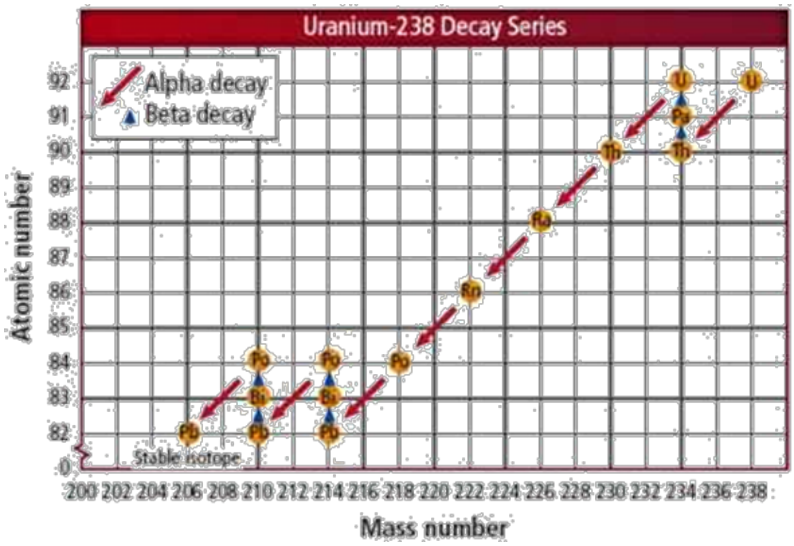
Rayonnement non-ionisant

- La plupart du rayonnement auquel nous sommes exposés est non-ionisant.

La désintégration radioactive

- Certains isotopes sont stables, mais d'autres sont instables.
- Les instables deviennent stables en perdant de l'énergie en émettant un rayonnement = désintégration radioactive.
- Radio-isotopes – isotopes capables de désintégration radioactive.
- Ces éléments peuvent devenir un nouvel atome.

La désintégration radioactive



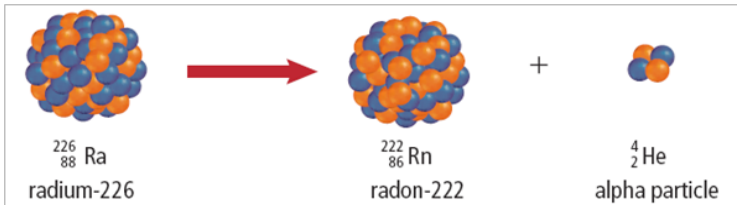
Les trois principaux types de rayonnement

Le rayonnement alpha (α)

- Particules alpha – particules chargées positivement qui ressemble au noyau d'un atome d'hélium.
- Symbole – $^{4}_{2}\alpha$ ou $^{4}_{2}\mathrm{He}$
- Le symbole montre que la particule a une masse de 4 et un numéro atomique de 2 (c-à-d 2 protons et 2 neutrons).
- Elles se déplacent lentement et peuvent être arrêtées par une feuille de papier.

Le rayonnement alpha (α)

- Après une désintégration alpha (émission d'une particule alpha) l'atome devient un nouvel élément.



$$^{226}_{88}\mathrm{Ra} \rightarrow {}^{222}_{86}\mathrm{Rn} + {}^{4}_{2}\alpha$$

$$^{226}_{88}\mathrm{Ra} \rightarrow {}^{222}_{86}\mathrm{Rn} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$$

(a) $^{208}_{84}Po \rightarrow$ ____ + $^{4}_{2}\alpha$

(b) $^{231}_{91}Pa \rightarrow$ ____ + $^{4}_{2}He$

(c) ____ $\rightarrow$ $^{221}_{87}Fr$ + $^{4}_{2}\alpha$

(d) ____ $\rightarrow$ $^{192}_{77}Ir$ + $^{4}_{2}\alpha$

(e) ____ $\rightarrow$ $^{207}_{85}At$ + $^{4}_{2}He$

(a) $^{208}_{84}Po \rightarrow ^{204}_{82}Pb + ^{4}_{2}\alpha$

(b) $^{231}_{91}Pa \rightarrow ^{227}_{89}Ac + ^{4}_{2}He$

(c) $^{225}_{89}Ac \rightarrow ^{221}_{87}Fr + ^{4}_{2}\alpha$

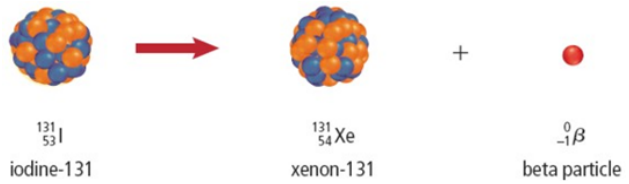
$^{231}_{91}Pa \rightarrow ^{223}_{87}Fr + 2\,^{4}_{2}\alpha$

(d) $^{196}_{79}Au \rightarrow ^{192}_{77}Ir + ^{4}_{2}\alpha$

(e) $^{211}_{87}Fr \rightarrow ^{207}_{85}At + ^{4}_{2}He$

Le rayonnement bêta (β)

- Une particule bêta est un électron.
- Légère et rapide; pouvoir de pénétration plus grande qu'une particule alpha (bloqué par du papier d'aluminium).
- Symbole – $^{0}_{-1}\beta$ ou $^{0}_{-1}e$
- Dans la désintégration bêta, un neutron perd un électron et devient un proton.



$$^{131}_{53}I \rightarrow {}^{131}_{54}Xe + {}^{0}_{-1}\beta \qquad {}^{131}_{53}I \rightarrow {}^{131}_{54}Xe + {}^{0}_{-1}e$$

(a) $^{14}_{6}C \rightarrow$ ____ $+ \, ^{0}_{-1}\beta$

(b) $^{6}_{2}He \rightarrow$ ____ $+ \, ^{0}_{-1}\beta$

(c) $^{24}_{11}Na \rightarrow$ ____ $+ \, ^{0}_{-1}e$

(d) ____ $\rightarrow \, ^{201}_{80}Hg + \, ^{0}_{-1}\beta$

(e) ____ $\rightarrow \, ^{52}_{27}Co + \, ^{0}_{-1}\beta$

(f) ____ $\rightarrow \, ^{42}_{20}Ca + \, ^{0}_{-1}e$

(a) $^{14}_{6}C \rightarrow \underline{^{14}_{7}N} + {}^{0}_{-1}\beta$

(b) $^{6}_{2}He \rightarrow \underline{^{6}_{3}Li} + {}^{0}_{-1}\beta$

(c) $^{24}_{11}Na \rightarrow \underline{^{24}_{12}Mg} + {}^{0}_{-1}e$

(d) $\underline{^{201}_{79}Au} \rightarrow {}^{201}_{80}Hg + {}^{0}_{-1}\beta$

(e) $\underline{^{52}_{26}Fe} \rightarrow {}^{52}_{27}Co + {}^{0}_{-1}\beta$

(f) $\underline{^{42}_{19}K} \rightarrow {}^{42}_{20}Ca + {}^{0}_{-1}e$

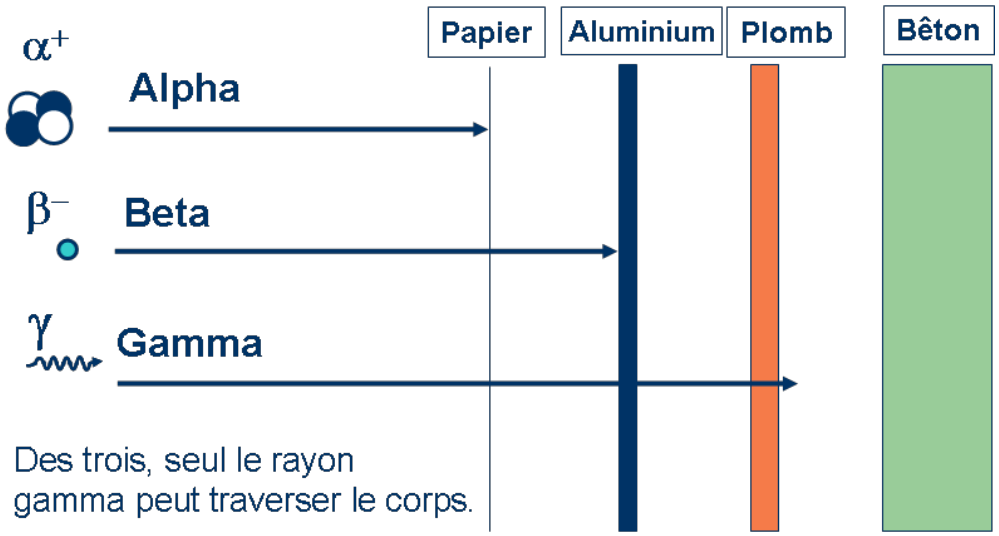
Le rayonnement gamma (γ)

- Rayons gamma – rayons de haute énergie et de courte longueur d'onde.
- Aucune masse et aucune charge donc le numéro atomique et la masse atomique ne changent pas.
- Grand pouvoir de pénétration donc dangereux (bloqué par du plomb).

$$^{60}_{28}Ni^* \rightarrow ^{60}_{28}Ni + ^{0}_{0}\gamma$$

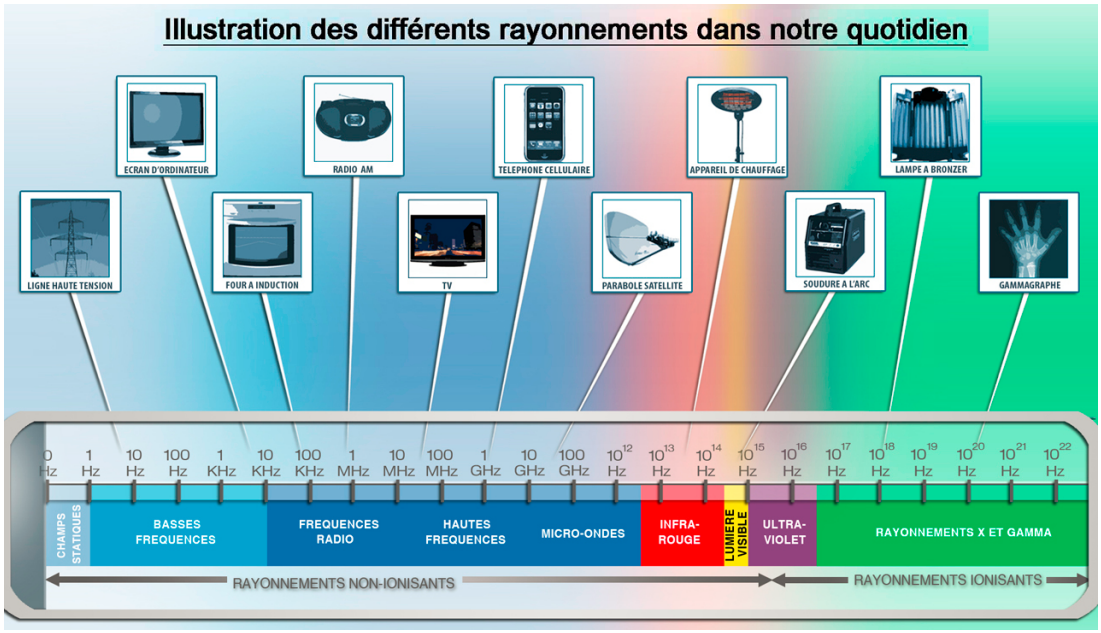
$$^{238}_{92}U \rightarrow ^{234}_{90}Th + ^{4}_{2}He + 2\gamma$$

Pouvoir de pénétration



Des trois, seul le rayon gamma peut traverser le corps.

Rayonnement ionisant



La période radioactive

7.2

La datation au carbone

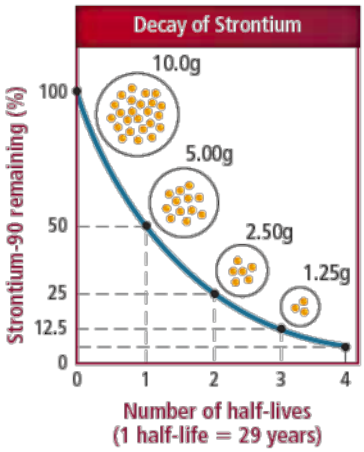
- La datation au carbone mesure le rapport entre le carbone 12 (stable) et le carbone 14 (radioactif).
- Ces deux isotopes existent naturellement à un rapport constant.
- Les plantes absorbent le carbone et les animaux mangent les plantes.
- Quand un organisme meurt, le carbone 14 se désintègre lentement sans être remplacé.
- Bon seulement pour les organismes qui ont moins de 50 000 ans.

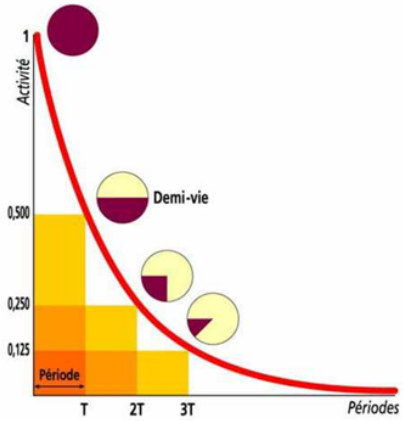
Le taux de désintégration radioactive

- Période radioactive (ou demi-vie) – temps nécessaire pour que la moitié des noyaux d'un échantillon (*sample*) se désintègrent.
- Cette période est constante pour tout isotope radioactif.

Courbe de désintégration

Courbe qui montre le taux de désintégration d'un radio-isotope (isotope radioactif).





Les familles de désintégration

- Isotope parent – isotope qui se désintègre.
- Isotope fils – ce que l'isotope parent devient.
- Voir tableau 7.6 (p. 307)

Table 7.6 Common Isotope Pairs Chart

Isotope		Half-Life of Parent (y)	Effective Dating Range (y)
Parent	Daughter		
carbon-14	nitrogen-14	5730	up to 50 000
uranium-235	lead-207	710 million	> 10 million
potassium-40	argon-40	1.3 billion	10 000 to 3 billion
uranium-238	lead-206	4.5 billion	> 10 million
thorium-235	lead-208	14 billion	> 10 million
rubidium-87	strontium-87	47 billion	> 10 million

L'horloge au potassium 40

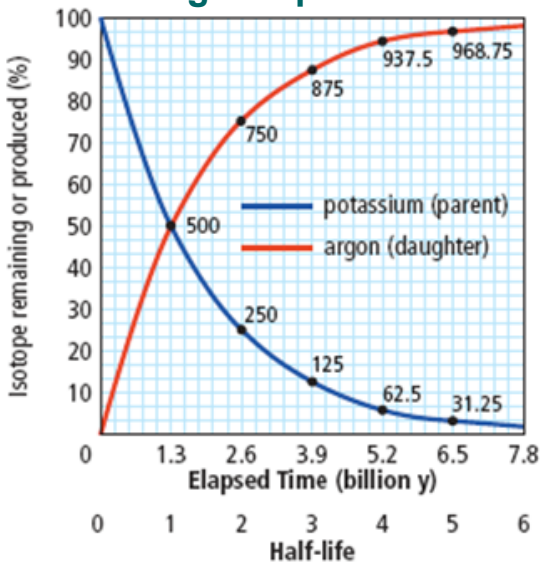


Table 7.7 The Decay of Potassium-40

Number of Half-lives	Elapsed Time (billions of years)	Amount of Potassium-40 Present	Amount of Argon-40 Present	Ratio of Argon-40 to Potassium-40
0	0	1000 g	0	0
1	1.3	500 g	500 g	1:1
2	2.6	250 g	750 g	3:1
3	3.9	125 g	875 g	7:1
4	5.2	62.5 g	937.5 g	15:1

7.3 – Les réactions nucléaires

- Réaction nucléaire – réaction qui cause un changement dans le noyau d'un atome.
- Il y a deux sortes
  - Fission nucléaire = division d'un noyau.
  - Fusion nucléaire = deux noyaux se joignent.
- Les réactions nucléaires dégagent beaucoup d'énergie.
- La masse des produits est un peu plus petite que la masse des réactifs, donc de la masse est convertie en énergie.

Les symboles des particules subatomiques

- Proton = $^{1}_{1}p$ = noyau d'hydrogène = $^{1}_{1}\mathrm{H}$
- Neutron = $^{1}_{0}n$
- Électron = $^{0}_{-1}e$ = particule bêta = $^{0}_{-1}\beta$
- Noyau d'hélium = $^{4}_{2}\mathrm{He}$ = particule alpha = $^{4}_{2}\alpha$

$$^{4}_{2}\alpha + {}^{14}_{7}\mathrm{N} \rightarrow {}^{17}_{8}\mathrm{O} + f$$

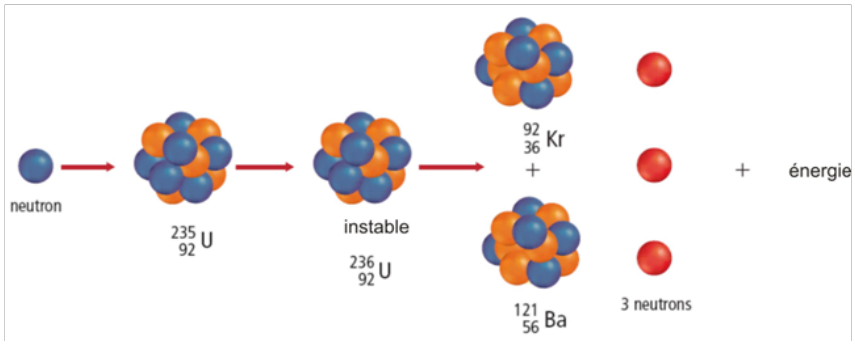
$$^{4}_{2}\mathrm{He} + {}^{14}_{7}\mathrm{N} \rightarrow {}^{17}_{8}\mathrm{O} + f$$

Quelles particules manquent-il?

La fission nucléaire

- Une particule entre en collision avec un noyau.
- Le noyau se divise et libère de l'énergie et des neutrons.

$$ {}^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \rightarrow {}^{92}_{36}Kr + {}^{141}_{56}Ba + 3\,{}^{1}_{0}n + \text{énergie} $$

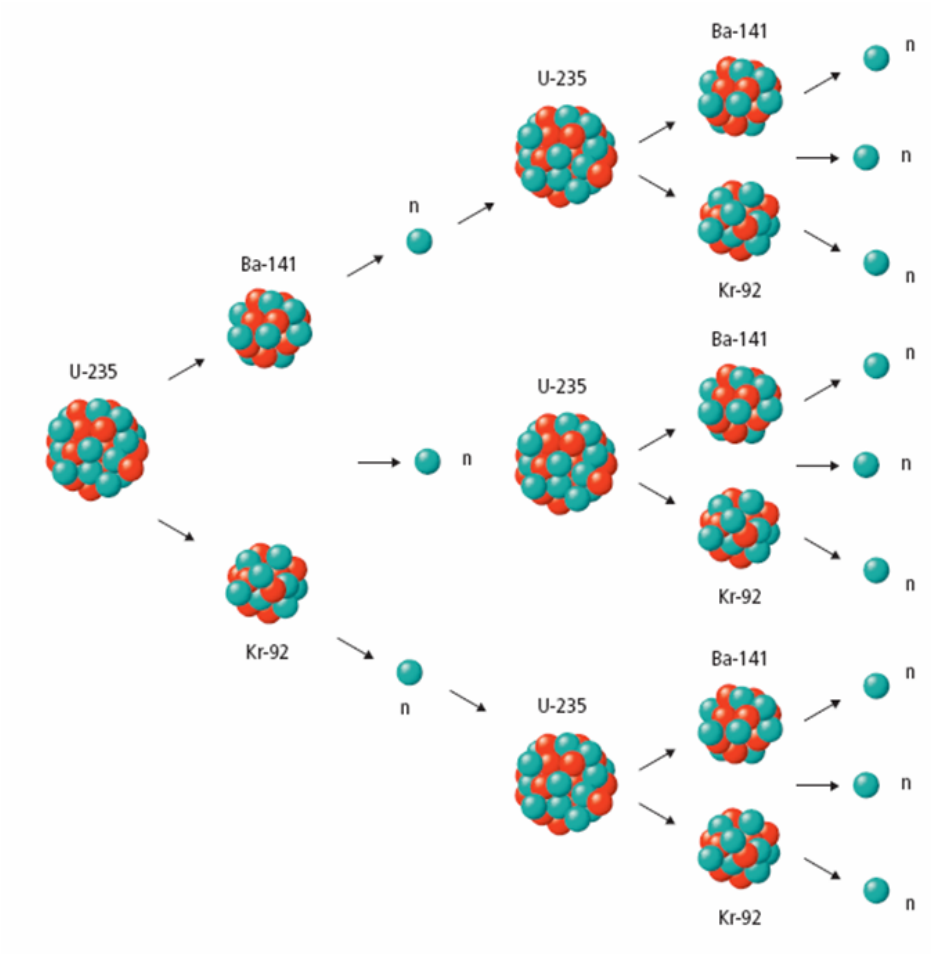


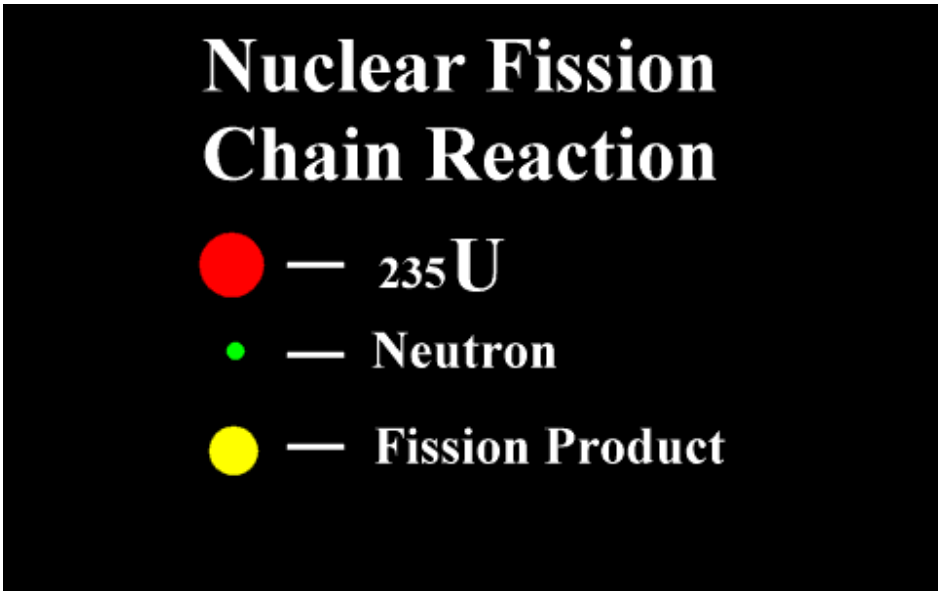
La fission nucléaire

(*pas à* écrire)
La fission nucléaire de 1 g d'uranium 235 libère la même quantité d'éngergie que la combustion d'environ 2 tonnes de charbon.

Réactions en chaîne

- Réaction en chaîne = réaction continue où une réaction déclenche la réaction suivante.
- Peut se produire avec la fission nucléaire (figure 7.21, p. 318).


U-235
Ba-141
Kr-92
n
n
n
U-235
U-235
U-235
Ba-141
Kr-92
Ba-141
Kr-92
Ba-141
Kr-92
n
n
n
n
n
n
n
n
n


Nuclear Fission
Chain Reaction
— 235U
— Neutron
— Fission Product

(a) ${}^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \rightarrow$ ____ $+ {}^{143}_{55}Cs + 3\ {}^{1}_{0}n$ + energy

(b) ${}^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \rightarrow$ ____ $+ {}^{94}_{42}Mo + 3\ {}^{1}_{0}n$ + energy

(c) ${}^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \rightarrow$ ____ $+ {}^{140}_{60}Nd + 3\ {}^{1}_{0}n$ + energy

(a) $^{1}_{0}n + ^{235}_{92}U \rightarrow ^{90}_{37}Rb + ^{143}_{55}Cs + 3\,^{1}_{0}n$ + energy

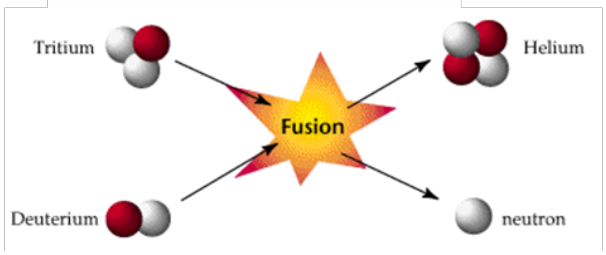
(b) $^{1}_{0}n + ^{235}_{92}U \rightarrow ^{139}_{50}Sn + ^{94}_{42}Mo + 3\,^{1}_{0}n$ + energy

(c) $^{1}_{0}n + ^{235}_{92}U \rightarrow ^{93}_{32}Ge + ^{140}_{60}Nd + 3\,^{1}_{0}n$ + energy

Fusion nucléaire

- Fusion nucléaire – deux noyaux de faible masse se combinent pour former un noyau plus massif.
- Se produit dans le Soleil et les autres étoiles.
- Les produits sont rarement radioactifs.

$${}^{2}_{1}\mathrm{H} + {}^{3}_{1}\mathrm{H} \rightarrow {}^{4}_{2}\mathrm{He} + {}^{1}_{0}n + \text{énergie}$$



Fusion nucléaire

- À besoin d'une pression et température assez élevées pour commencer.

Utilisation

- Fission – réacteurs nucléaires, bombe atomique.
- Fusion – bombe nucléaire (bombe à hydrogène).
- La fusion nucléaire dégage plus d'énergie que la fission nucléaire.

Problèmes associés avec l'énergie nucléaire

- Risque de perte de contrôle à d'un réacteur nucléaire.
  - Libération accidentelle d'une quantité dangereuse de rayonnement.
  - Explosion
- Les déchets dangereux
  - Les réacteurs utilisent de l'uranium pour produire de la chaleur.
  - L'uranium est utilisé pendant 15 mois, entreposé pendant 10 ans, puis conservé dans des contenants.
  - Les déchets demeurent dangereux pendant des milliers d'années.

Attachments

fusion.mov

fusion.avi

De l'atome à la radioactivité.swf