

Thème 1 : Constitution et transformation de la matière

Partie 2B. Evolution temporelle d'un système - transformation nucléaire

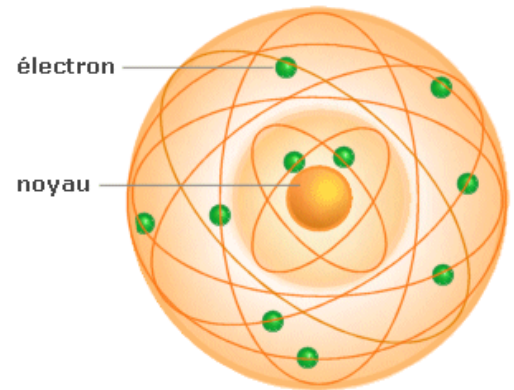
CHAP 6A ACT-COURS La radioactivité

RAPPEL DE 1ere

1. LA CONSTITUTION D'UN ATOME

Un atome est constitué :

- Dans un **noyau central chargé positivement** et
- D'un **nuage d'électrons en mouvement chargés négativement** qui constituent le **cortège électronique**.



1.1. Constitution du noyau de l'atome

- Le **noyau d'un atome**, dont le diamètre est d'environ 10^{-15} m, est constitué de **2 types** particules appelées **nucléons** (du latin *nucleus* qui signifie noyau).

1.1.1 Les nucléons

- Les **neutrons** (qui ne sont pas chargés)
- Les **protons** (chargés positivement).

1.1.2. Masse d'un noyau

$$m_{\text{noyau}} = A \times m_{\text{nucléon}}$$

m_{noyau} : Masse du noyau en kg

A : Nombre de nucléons.

$m_{\text{nucléon}}$: masse de 1 nucléons ($1,67 \cdot 10^{-27}$ kg)

1.2. Constitution du cortège électronique :

1.2.1 Les électrons

- Autour du noyau d'un atome, des **électrons, chargés négativement**, gravitent et constituent le « **nuage électronique** » de l'atome.

1.3. Masse d'un atome

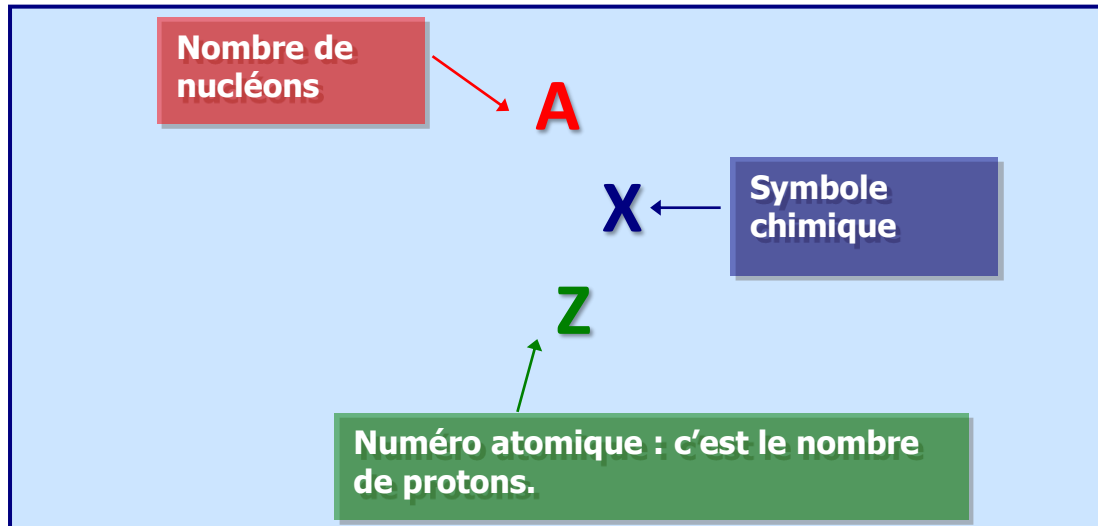
Les électrons ne pesant quasiment rien, la masse d'un atome est quasi égale à la masse de son noyau.

$$m_{\text{atome}} = m_{\text{noyau}} = A \times m_{\text{nucléon}}$$

A : Nombre de nucléons.

$m_{\text{nucléon}}$: masse de 1 nucléons ($1,67 \cdot 10^{-27}$ kg)

2. REPRESENTATION SYMBOLIQUE DU NOYAU DE L'ATOME



1. LA STABILITÉ NUCLÉAIRE

1.1. Définition

La stabilité nucléaire correspond à l'état d'un noyau atomique dans lequel la force nucléaire est **supérieure** aux forces de répulsion entre les protons.

1.2. Radioactif !!!

- La stabilité nucléaire dépend principalement de deux facteurs : la **taille** du noyau atomique et le **nombre** de nucléons qu'il contient.
- Un atome dont le noyau est instable est dit « **radioactif** ».

1.3. Isotopes radioactifs

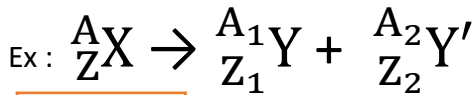
- Presque tous les éléments chimiques possèdent plusieurs isotopes c'est-à-dire qui ne contiennent pas le même nombre de **neutrons**.
- Certains isotopes sont **instables**, donc radioactif.

2. LES TRANSFORMATIONS OU REACTIONS NUCLEAIRES

- Les transformations nucléaires sont des réactions qui se déroulent **à l'intérieur du noyau d'un atome** et qui entraînent le **dégagement d'une très grande quantité d'énergie (exothermique)**.
- Il existe 2 types de réactions nucléaires :
 - La Réaction nucléaire spontanée : C'est la radioactivité, qu'elle soit **naturelle** ou **artificielle**
 - La réaction nucléaire provoquée : C'est la **fission** et la **fusion** qui résulte du bombardement de particules ou de radiations

2.2. Lois de conservation (lois de Soddy)

- Lors d'une réaction nucléaire, il y a conservation de **A** et de **Z**



noyau père

noyaux fils

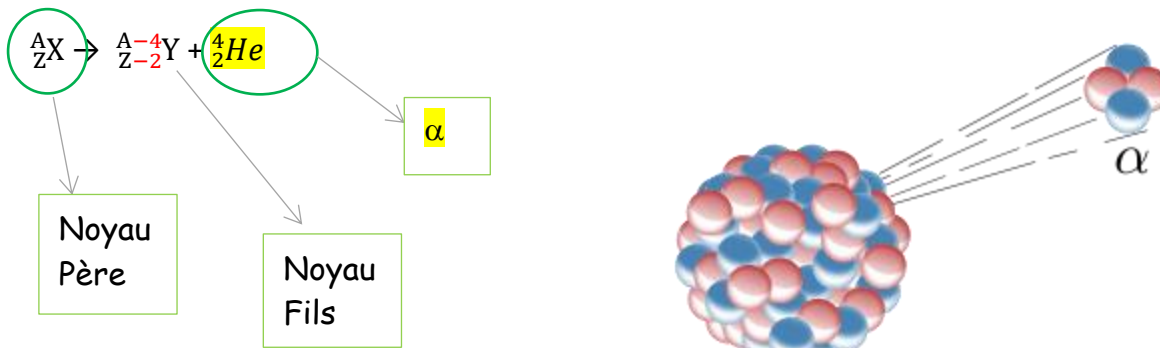
On a : $A = A_1 + A_2$ et $Z = Z_1 + Z_2$

2.3. Radioactivités ou désintégration ou rayonnement α

3.3.1. Définition

Le **rayonnement alpha** se produit lorsque la désintégration d'un noyau instable s'accompagne de l'émission d'une particule de charge positive : le noyau d'un atome d'hélium : ${}^4_2\text{He}$

2.3.2. Equation

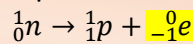


⇒ La radioactivité α concerne les noyaux lourds $A > 200$

2.4. Radioactivités β^-

2.4.1. Définition

Le **rayonnement bêta moins** se produit lorsqu'un neutron se transforme en proton au sein d'un noyau instable :



ce qui s'accompagne de l'émission d'une particule de charge négative :

un **électron** ${}_{-1}^0e$ ou particule β^-

2.4.2. Equation

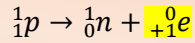


⇒ la radioactivité β^- concerne les noyaux ayant trop de **neutrons**

2.5. Radioactivités β^+

2.5.1. Définition

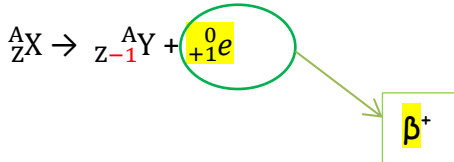
Le rayonnement bêta plus se produit lorsqu'un proton se transforme en neutron au sein d'un noyau instable :



ce qui s'accompagne de l'émission d'une particule de charge positive:

un positon ou anti-électron ${}^0_{+1}e$ ou particule β^+

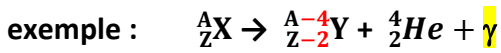
2.5.2. Equation



⇒ la radioactivité β^+ concerne les noyaux ayant trop de protons

2.6. Désexcitation γ (gamma)

- C'est un rayonnement non chargé, de même nature que la lumière (électromagnétique)
- Il accompagne la plupart du temps chacun des 3 types de rayonnement précédent.



3. VALLEE DE STABILITE

- La représentation des noyaux connus dans un graphe (N, Z) permet de mettre en évidence la ligne de stabilité, peuplée par les noyaux stables (on devrait plutôt parler de courbe de stabilité).

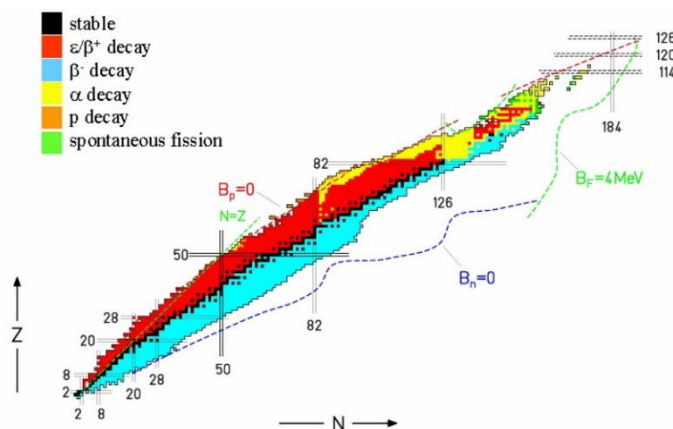


Figure 1 : carte des noyaux connus. Les noyaux stables sont notés en noir.

Les noyaux instables vont, par une suite de désintégrations radioactives, se transformer jusqu'à devenir stables :

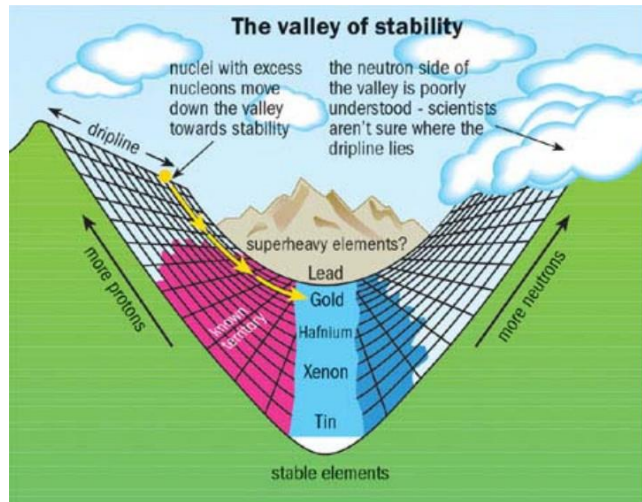
- au-dessous des noyaux stables, on trouve en bleu les noyaux trop riches en neutrons. Ces noyaux reviennent vers la ligne de stabilité par désintégration β^- , qui transforme au sein du noyau un neutron en proton.

- au-dessus des noyaux stables, on trouve **en rouge les noyaux trop riches en protons**. Ces noyaux reviennent vers la ligne de stabilité par **désintégration β^+** ou par capture électronique, qui transforme au sein du noyau un proton en neutron.

- les **noyaux lourds riches en nucléons** sont revenir vers la ligne de stabilité par désintégration alpha (en jaune)

- Enfin, les **noyaux très lourds** se fissionnent en donnant naissance à des produits de désintégration légers.

Une représentation en 3D où le troisième axe représente la masse des noyaux permet d'illustrer les transformations nucléaires jusqu'à atteindre l'état de stabilité maximal, en fond de vallée.

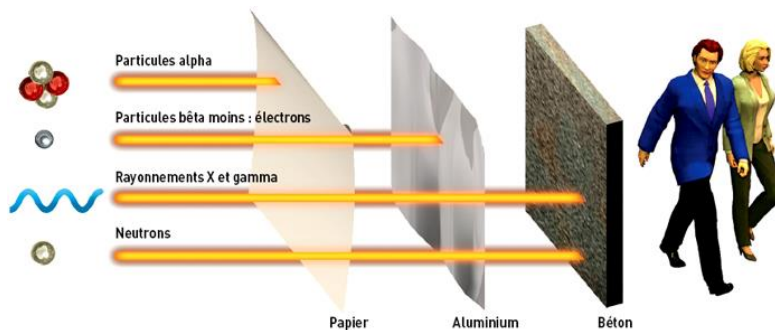


4. LES EFFETS DE LA RADIOACTIVITE SUR LA VIE

4.1. Les dangers

- La radioactivité est aussi appelée « rayonnements ionisants » puisqu'ils peuvent pénétrer dans la matière et y ioniser les atomes c'est-à-dire à les transformer en ions
- Les effets néfastes attribuables à l'irradiation dépendent surtout de l'énergie contenue dans les rayonnements, de leur pouvoir de pénétration dans la matière et des doses auxquelles les organismes sont exposés.
- Plus un rayonnement est énergétique, plus il est susceptible de causer d'importants dommages puisqu'il présente une plus grande capacité de pénétration de la matière.

Exemple :



Les particules **alpha** sont arrêtées par une feuille **de papier** et ne traverse pas **la peau**.

Les particules **bêta** sont arrêtées par une feuille **d'aluminium**. Ils pénètrent jusqu'à environ **un centimètre** dans le corps.

Les rayons **gamma** sont **atténués** (mais jamais arrêtés) par de grandes épaisseurs de matériaux denses. **Ils passent à travers les tissus vivants**

4.2. Quels sont les effets produits par différentes doses de rayonnement sur les personnes ?

- Le sievert (Sv) est l'unité utilisée pour mesurer l'absorption du rayonnement par le corps humain et les effets qui y sont associés.
- Dose annuelle moyenne reçue en France : ~2,4 mSv/an/personne.
- Limite autorisée pour les personnels exposés, en France : 20 mSv sur douze mois glissants par personne

Origine	Dose en millisievert (mSv)
Scanner	8
Radio pulmonaire	0,3
Radioactivité du sol	0,4
Rayons cosmiques	0,3
radionucléides incorporés dans l'organisme	0,24
voisinage d'une centrale nucléaire	0,002
Télévision	0,01
Un voyage Paris-New York aller et retour :	0,06
Fumer une cigarette :	0,001

Dose en sievert (Sv)	Effets après exposition (dose unique)
≥ 18	On observe un syndrome nerveux avec convulsions, coma et mort instantanée.
Pour une dose de 8 à 10 Sv	On observe un syndrome gastro-intestinal avec diarrhées aiguës, hémorragie digestive menant à la mort. La mort est pratiquement certaine pour des doses supérieures à 10 Sv.
Pour une dose de 2 à 5 Sv	Atteinte de la moelle osseuse, anémie, infection, hémorragies (10% de mortalité)
2	modification de la formule sanguine (diminution des globules blancs)
1	Nausées, vomissements, troubles digestifs, alopecie, stérilité, risque accru de cancer

Pour info :

- Les grandes quantités d'iode radioactif dispersées lors de l'explosion du réacteur de Tchernobyl en 1986 ont entraîné des **irradiations** non négligeables de la thyroïde.
- Un premier bilan a fait état de 17000 enfants avec plus de 1 Sv à la thyroïde, 6000 enfants avec plus de 2 Sv et 500 enfants avec plus de 10 Sv.
- Pour les 117000 personnes des territoires strictement contrôlés de Biélorussie et de Russie, la dose thyroïdienne moyenne a été de 200 mSv (10 fois la dose annuelle admise) pour les adultes.

- En France 0 mSv, le nuage à fait le tour

4.3. Les règles élémentaires de la radioprotection

- éloigner au maximum les personnes de la source des rayonnements,
- diminuer autant que possible la durée d'exposition aux rayonnements,
- placer entre la source et les personnes exposées un ou plusieurs écrans de protection appropriés à la nature des différents rayonnements ionisants,
- ventiler les lieux où flottent des gaz radioactifs afin de diluer ces gaz (par exemple, aérer les galeries des mines souterraines d'uranium pour en évacuer le radon),
- attendre si possible que la radioactivité baisse naturellement, par exemple en cas d'intervention sur un site contaminé par des substances radioactives à vie courte.
- Avoir une tenue adaptée



5. LA RADIOACTIVITE ET L'HOMME

- La radioactivité est d'origine naturelle.
- Depuis plus d'un siècle, l'homme a découvert son existence.
- Il a su exploiter l'énergie fabuleuse cachée au cœur de la matière, avec plus ou moins de bonheur, et même créer de nouveaux éléments qui n'existent pas sur Terre (radioactivité artificielle)

- Quelques applications :

- médicales : utilisation de traceurs radioactifs pour les diagnostics, traitement des cancers,
- biologiques / géologie : études in vivo à l'aide de marqueurs radioactifs, datation
- industrielles : l'irradiation est un moyen privilégié pour détruire, à froid, les micro-organismes (champignons, bactéries, virus,...). Cette technique porte le nom d'ionisation des aliments.

6. REACTIONS NUCLEAIRES PROVOQUEES

6.1. La fission nucléaire

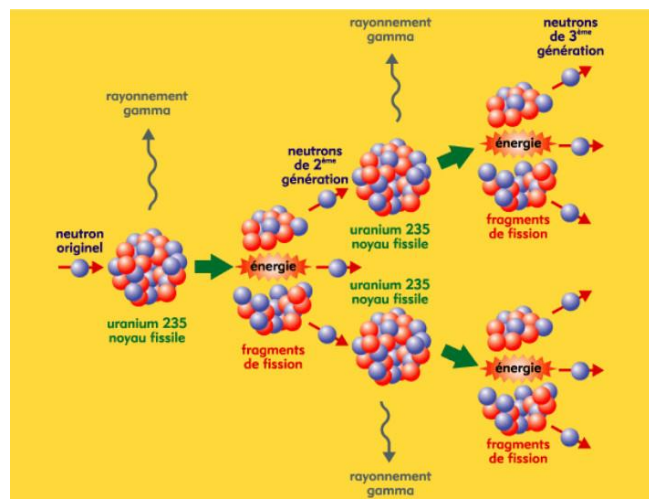
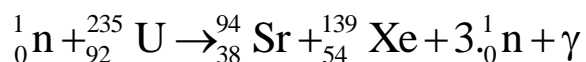
6.1.1 Définition

- La fission nucléaire est l'éclatement d'un noyau instable en deux noyaux plus légers et quelques particules élémentaires.

- Le seul élément naturellement fissile est l'uranium 235

Exemple :

Fission d'un noyau d'uranium 235 par un neutron :



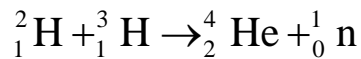
6.1.2 Deux applications humaines : réacteur nucléaire et bombe A

6.2. La fusion nucléaire

- C'est une réaction nucléaire au cours de laquelle 2 noyaux légers fusionnent pour former des noyaux plus **lourds**
- La fusion **libère** de l'énergie
- Elle se déroule **naturellement** dans le soleil
- Sur Terre elle n'est pas (encore) **contrôlée**.

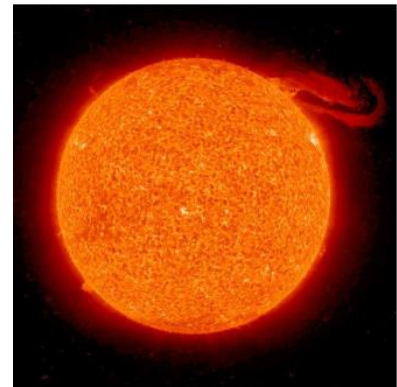
Exemple :

Fusion entre le deutérium ${}^2_1\text{H}$ et le tritium ${}^3_1\text{H}$



cf vidéo : https://www.youtube.com/watch?v=OVHyft_c6zQ

(ou Film d'animation Fusions.mp4)



7. ÉNERGIE LIBÉRÉE LORS D'UNE RÉACTION NUCLÉAIRE

L'énergie libérée au cours d'une réaction nucléaire correspond à la **perte** de masse au cours de la réaction.

Elle se note $E_{\text{libérée}}$ et s'exprime en joule (symbole : J).

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

$|\Delta m|$ = perte de masse (en kg)

c = vitesse de propagation de la lumière dans le vide ($3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)

$E_{\text{libérée}}$ = énergie (en J)