

RADIOACTIVITE

Quelles Sont les Idées Clés ?

Un atome est **radioactif** si son noyau instable se désintègre de façon **spontanée, inéluctable et aléatoire** en un noyau plus léger avec émission de particules (α , β^+ , β^-) et de rayons γ .

Pourquoi étudier ce chapitre ?

La radioactivité a de nombreuses applications : production d'électricité, imagerie médicale et radiothérapie, datation...

Elle présente aussi des dangers (cancers) si on est exposé à des fortes doses radioactives.



Fig1: "Welcome to the new age , l'm radioactive , radioactive ..."



Chapitre **8**

1-STRUCTURE D E L'ATOME

2-RADIOACTIVITE

3-ACTIVITE

4-APPLICATIONS

5-RESUME

1

STRUCTURE DE L'ATOME



1.1) Photographie d'atomes :

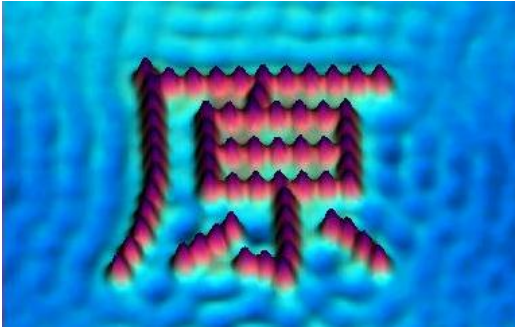


Fig 2

La fig 2 te présente des atomes de fer (en rose) sur des atomes de cuivre (bleu)

Le mot « atome » est écrit en japonais.

1.2) Constituants de l'atome :

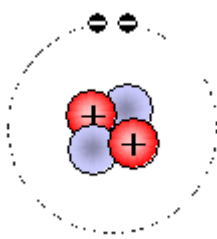


Fig 3 : Atome d'Helium



Proton



Neutron



électron : gravite autour du noyau

Quasiment toute la masse de l'atome est dans le noyau

1.3) Réaction chimique et nucléaire :

- ✓ Les réactions **chimiques** (acido basiques , oxydoreduction) ne font intervenir que les **électrons** de la couche externe. On ne touche pas aux noyaux.
- ✓ Les réactions **nucléaires** (fusion, fission, désintégrations) ne concernent que le **noyau**.

1.4) Symbole d'un noyau :

Nombre de nucléons ou de masse: A
 Nombre de protons : Z X

$$A - Z = N \text{ Neutrons}$$

Exemple : $\begin{matrix} 4 \\ 2 \end{matrix} He$

$Z=2$ protons

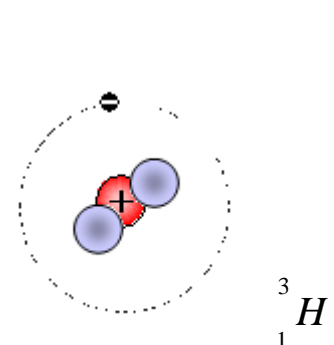
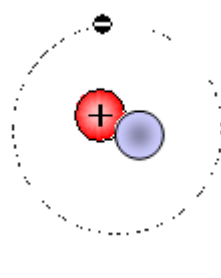
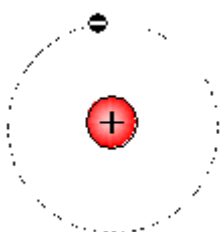
$A= 4$ nucléons

$N=4-2 =2$ neutrons

1.5) Isotopes :

Des noyaux isotopes possèdent le même nombre de protons Z , mais des nombres de neutrons N différents.

Fig 4 : Ex isotopes de l'hydrogène



2 RADIOACTIVITE

2.1) Stabilité des noyaux : Au sein du noyau s'affrontent deux types de forces:

- ✓ des répulsions électriques entre protons (+) qui ont tendance à détruire le noyau.
- ✓ des forces nucléaires fortes qui ont tendance à assurer la cohésion du noyau.

Si ces 2 forces s'équilibrent, le noyau est **stable** (ou « immortel » car Z et N ne changent pas) sinon il est **instable** (radioactif).

Lors d'une désintégration nucléaire, le noyau père X instable se transforme en noyau fils Y avec émission d'une particule (α , β^+ , β^- , γ ...). Le fils Y peut être stable ou instable.

2.2) Construction du diagramme (N,Z) :

Il contient tous les isotopes connus. Il permet d'étudier la stabilité des noyaux atomiques en fonction de leur nombre de protons Z et de neutrons N.

La zone centrale en rouge est la **vallée de stabilité** : elle contient les noyaux stables.

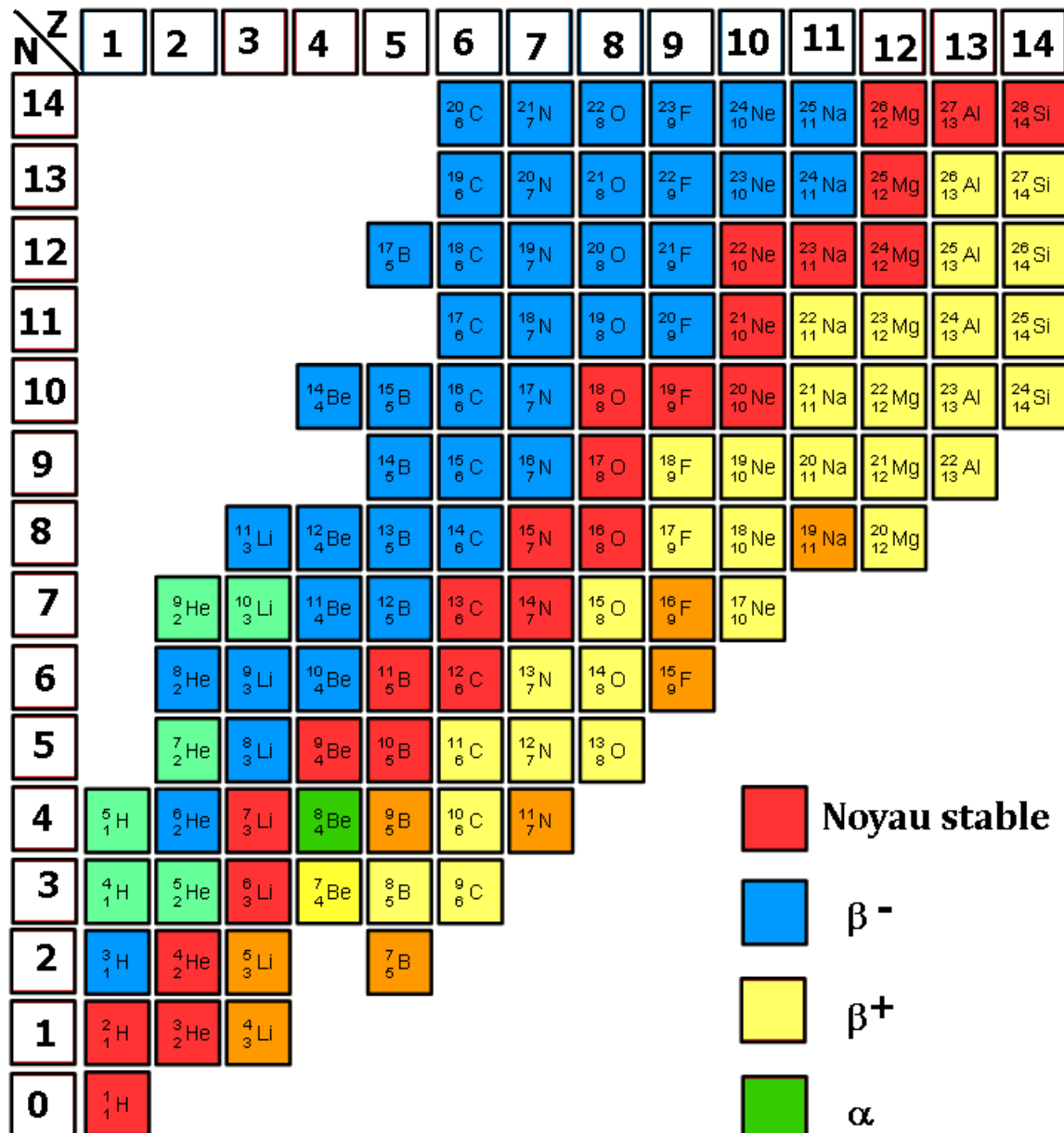


Fig 5 : Diagramme (N,Z) de quelques isotopes

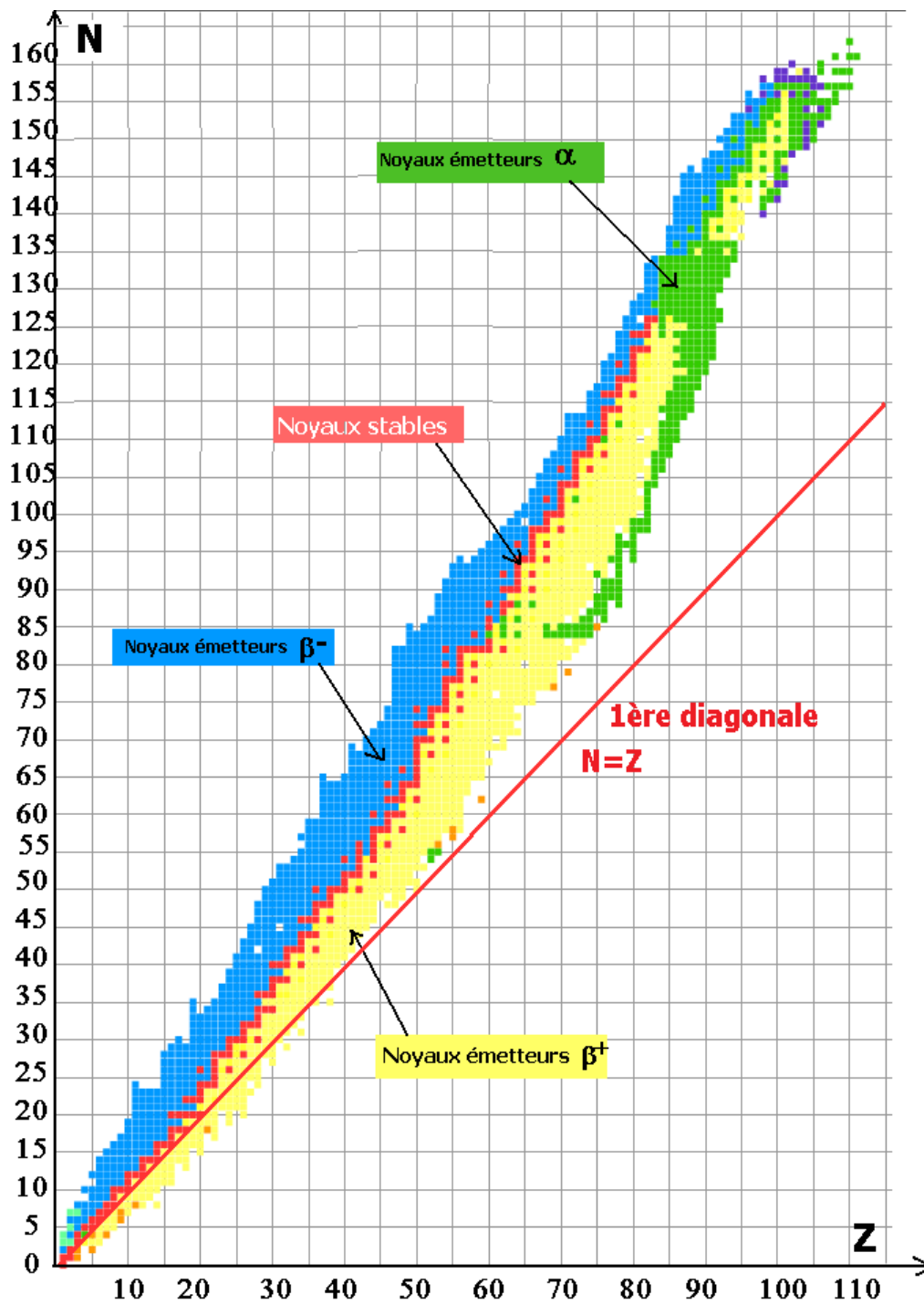


Fig 6 : Diagramma (N,Z) complet

- ✓ Les émetteurs α se situent au sommet du nuage de points (N et Z grands)
- ✓ Les émetteurs β^- se situent au-dessus de la vallée de stabilité
- ✓ Les émetteurs β^+ se situent en dessous de la vallée de stabilité

1^{er} cas : si $Z \leq 20$

la vallée de stabilité est située au voisinage de la 1^{ère} diagonale d'équation $N = Z$
 \Rightarrow les noyaux stables comportant à peu près autant de protons que de neutrons.

2nd cas : Si $Z > 20$

la stabilité du noyau n'est assurée que si $N > Z$.

En effet si le nombre de protons est trop élevé, les forces électriques répulsives l'emportent sur l'interaction forte, attractive mais de portée plus limitée et le noyau se désintègre.

3^{ème} cas : Si $Z > 83$

Aucun noyau n'est stable

2.3) radioactivité α :

C'est le mode de désintégration de certains noyaux trop chargés en nucléons pour être stables. Ils se transforment un noyau plus léger avec émission d'un noyau d'hélium ${}^4_2\text{He}$, appelé particule α

Exemple :

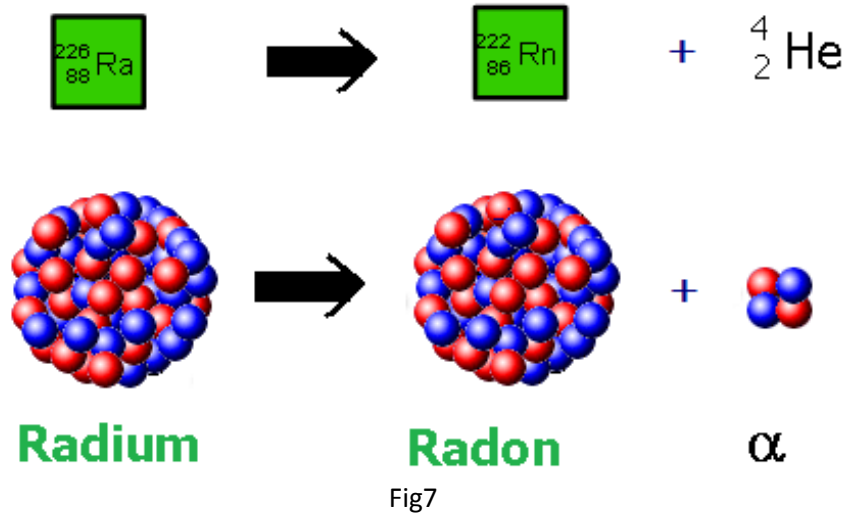
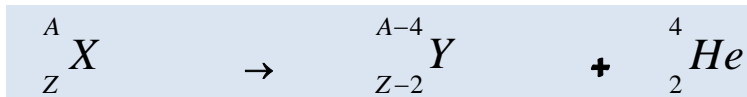


Fig7

Généralisation :



On constate que :

- $226 = 222 + 4$
- $88 = 86 + 2$

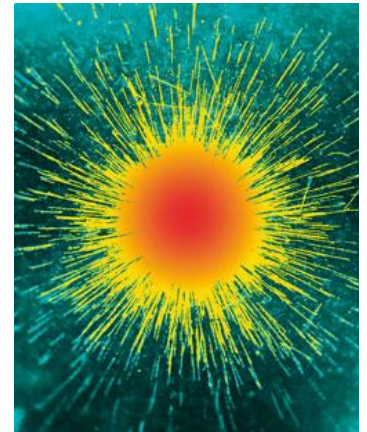


Fig8 : Les noyaux radioactifs de Radium contenus dans l'échantillon au centre émettent spontanément des particules α

2.4) radioactivité β^- :

Elle affecte les noyaux qui contiennent trop de neutrons par rapport aux protons.

Exemple :

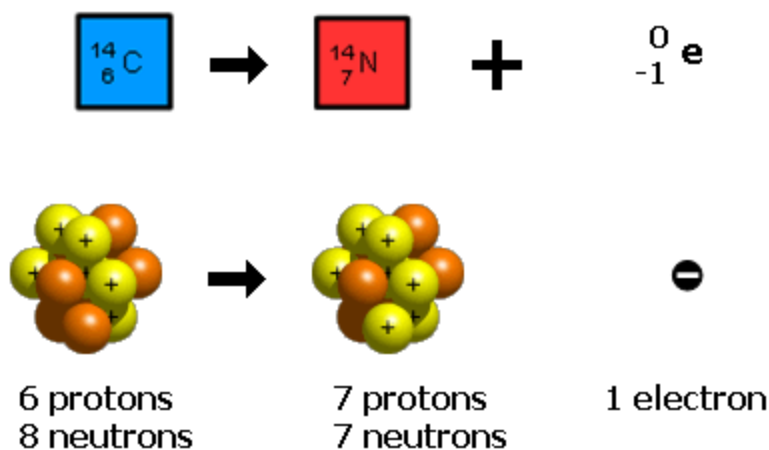
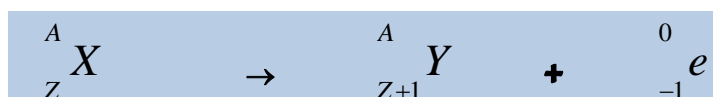


Fig 9

Généralisation :



On constate que :

- $14 = 14 + 0$
- $6 = 7 + (-1)$

Un neutron s'est transformé en un proton et 1 électron

Un noyau est radioactif « β^- » s'il gagne un proton et émet un électron noté ${}^0_{-1}e$

2.5) radioactivité β^+ :

Elle affecte les noyaux qui contiennent trop de protons par rapport aux neutrons.

Exemple :

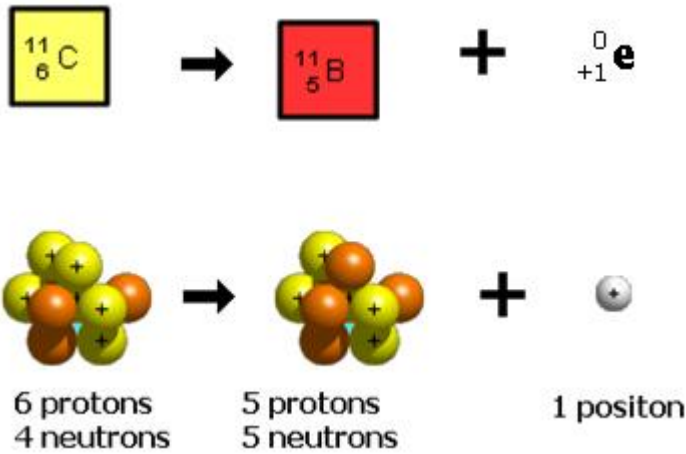


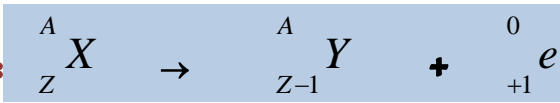
Fig10

On constate que :

- $11 = 11 + 0$
- $6 = 5 + (+1)$

Un proton s'est transformé en un neutron et 1 positron

Généralisation :



Un noyau est radioactif « β^+ » s'il perd un proton et émet un **positron** noté ${}_{+1}^{0}\text{e}$

2.6) émission γ :

Après une désintégration α ou β le noyau fils possède souvent un trop plein d'énergie. Il est dans un état excité noté Y^* . Il se désexcite en émettant un **rayonnement γ**

Exemple :

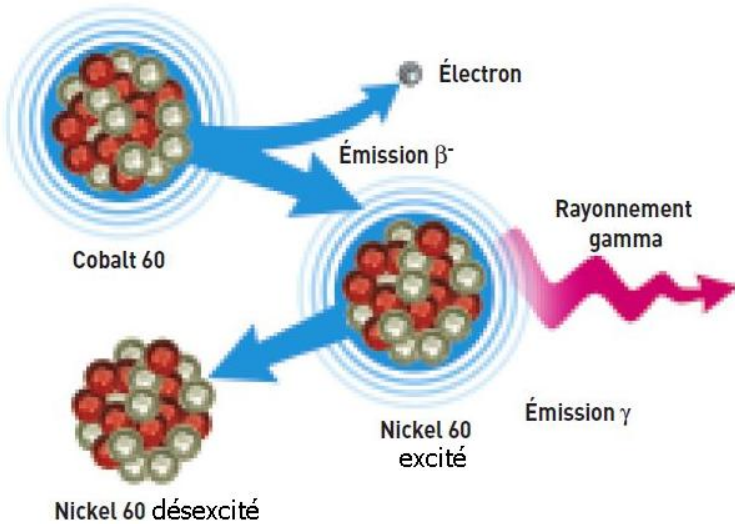
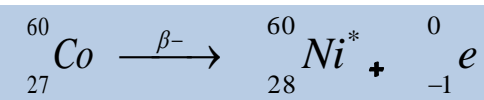


Fig11



Généralisation :

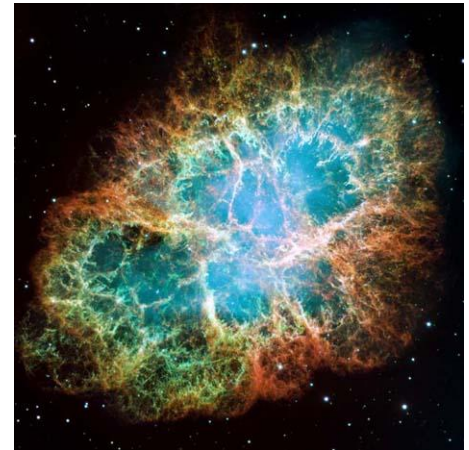
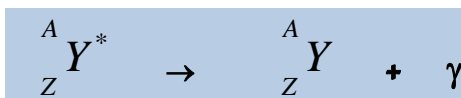


Fig12 : La nébuleuse de crabe contient en son centre un pulsar qui émet des dangereux rayons γ

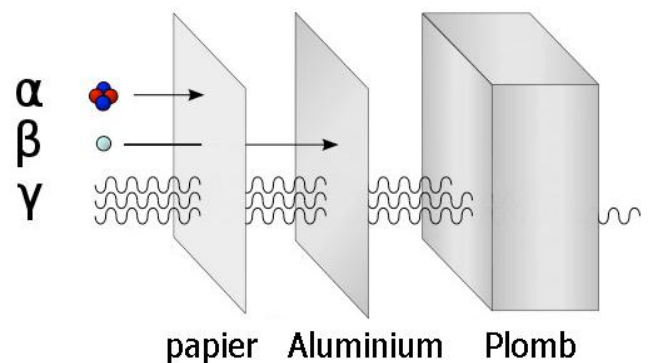


Fig 13

3

ACTIVITE RADIOACTIVE



3.1) Définition :

C'est le nombre de désintégrations spontanées par seconde. Unité : le becquerel. (Bq)

1 Bq : 1 désintégration/s

L'activité se mesure avec un compteur Geiger.

L'activité d'un échantillon radioactif diminue avec le temps du fait de la disparition progressive des noyaux instables qu'il contient. La désintégration radioactive d'un noyau donné est un phénomène **aléatoire**.

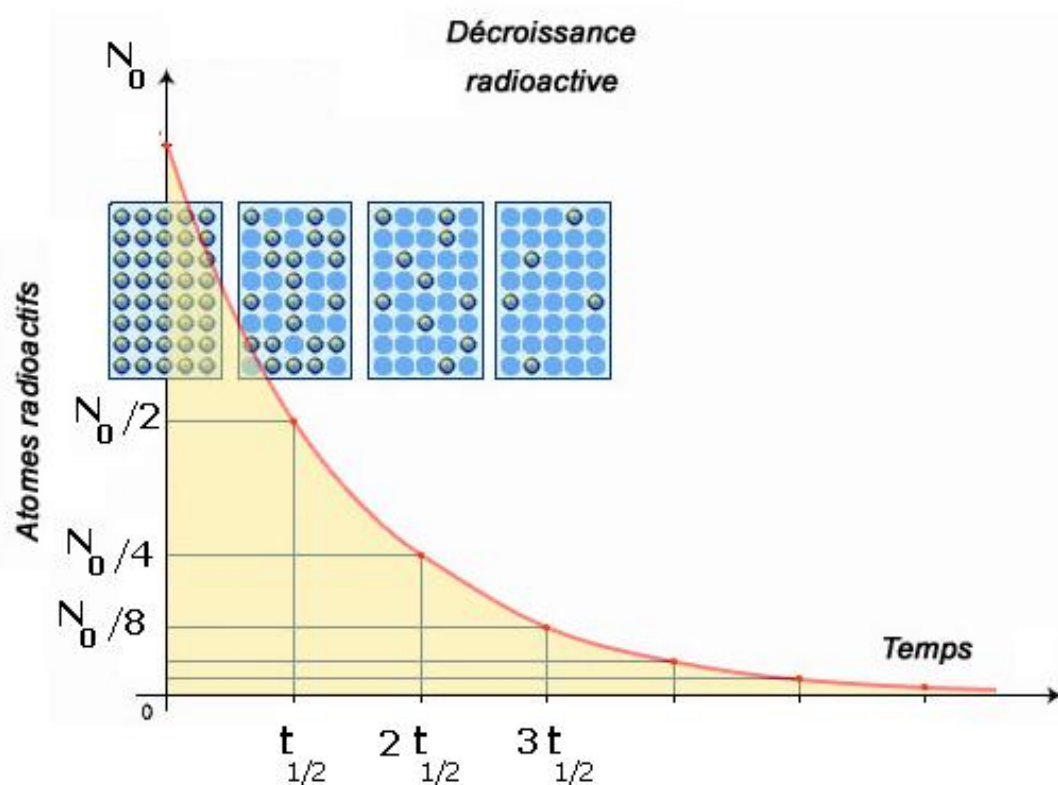
3.2) La demi-vie :



La « demi-vie » d'un noyau radioactif notée $t_{1/2}$ est la durée au bout de laquelle **la moitié** des atomes radioactifs initialement présents a disparu par désintégration.



Activité Tome 1 p275



On note que : $N(n \times t_{1/2}) = \frac{N_0}{2^n}$

n entier naturel : 0,1,2,3



Exo 10 et 11 p 287

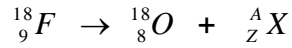
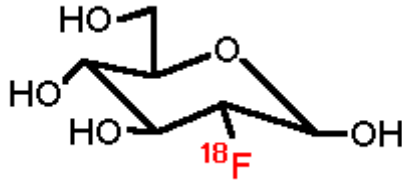
4 APPLICATIONS

Comme un isotope radioactif émet des rayons γ en se désintégrant, on peut le suivre à la trace à l'aide de détecteurs sensibles à ces rayons. On utilise cette méthode en médecine nucléaire pour suivre l'action d'un médicament ou pour localiser des tumeurs...



4.1) PET Scan :

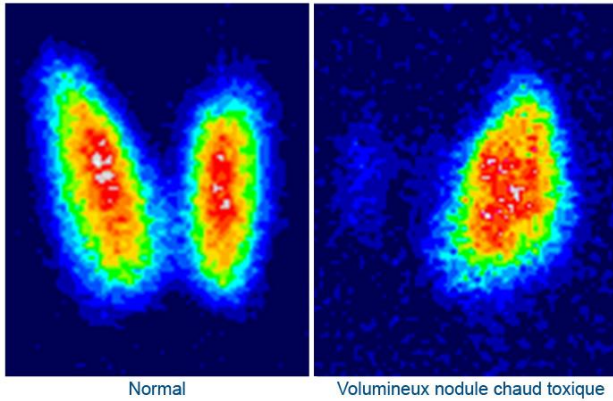
Le PET Scan (Tomographie par Émission de Positrons ou TEP en français) est un examen qui consiste à injecter un sucre fluoré radioactif FDG (fluorodeoxyglucose) dans le corps, qui va se fixer sur les tumeurs (qui adorent consommer du sucre). La durée de vie est de 110 mins..



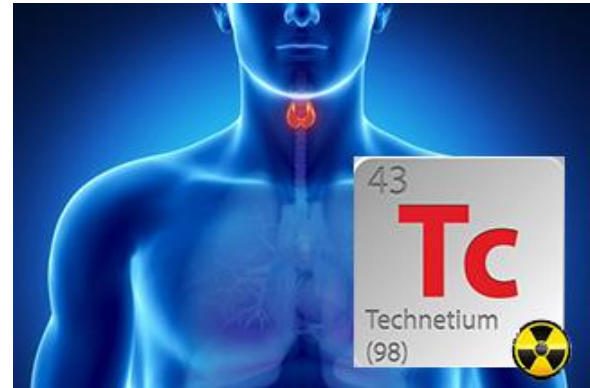
Déterminer Z et A. Cette désintégration est-elle du type α , β^- ou β^+ ?



4.2) Scintigraphie :



- De la Thyroïdie : L'iode 123 est un isotope de l'iode utilisé pour étudier le métabolisme thyroïdien.



- le technétium 43 est un autre traceur de la thyroïde



4.3) Radiothérapie :

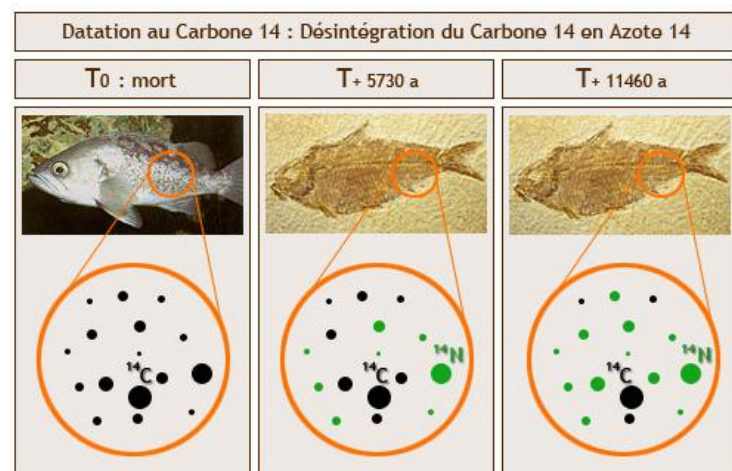
En radiothérapie, on envoie chaque jour une petite dose de rayonnement pendant 5 à 6 semaines. Ces petites doses provoquent des dégâts modérés dans les cellules. Les cellules saines sont capables de réparer les dégâts subis d'un jour au suivant : elles vont donc pouvoir survivre. Par contre, les cellules cancéreuses vont décliner



4.4) Datation au ${}^{14}C$:

Le carbone 14 est un isotope radioactif du carbone dont la période radioactive est égale à 5730 ans

La datation par le carbone 14 se fonde sur la présence dans tout organisme de radiocarbone en infime proportion. À partir de l'instant où un organisme meurt, la quantité de radiocarbone qu'il contient ainsi que son activité radiologique décroissent au cours du temps selon une loi exponentielle.



5 RESUME

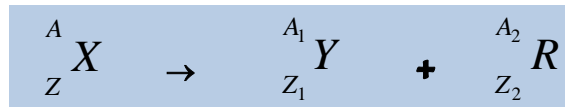
Nombre de nucléons ou de masse: A X

Nombre de protons : Z

Des noyaux **isotopes** ont un nombre Z identique, mais un A différent.

Un noyau stable a son composition qui ne change pas dans le temps. Un noyau **radioactif** est **instable** et se désintègre de façon **spontanée, inéluctable et aléatoire** en un noyau plus léger avec émission de particules (α, β^+, β^-) et de rayons γ .

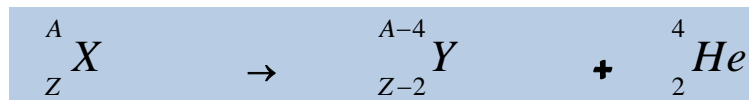
Désintégration quelconque



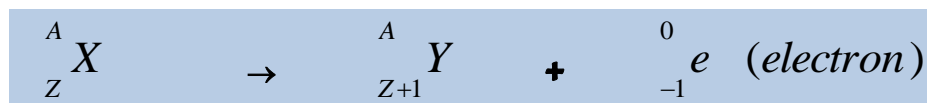
Conservation du nombre de nucléons : $A = A_1 + A_2$

Conservation de la charge électrique : $Z = Z_1 + Z_2$

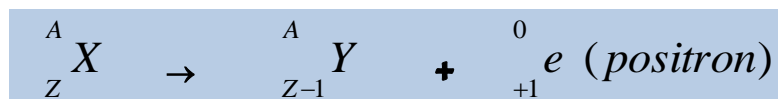
Désintégration α



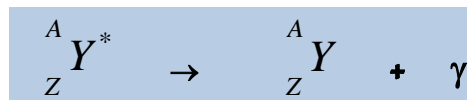
Désintégration β^-



Désintégration β^+



Emission γ



Demi-vie : La « demi-vie » d'un noyau radioactif notée $t_{1/2}$ est la durée au bout de laquelle **la moitié** des atomes radioactifs initialement présents a disparu par désintégration

$$N(n \times t_{1/2}) = \frac{N_0}{2^n} \quad n \text{ entier naturel : } 0,1,2,3$$

