

LA RADIOACTIVITE

Dr CHAKOURI M.

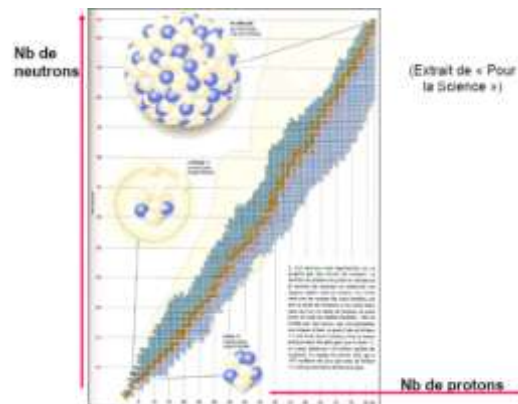
2013/2014

OBJECTIFS

- Utiliser la loi de décroissance et loi de filiations radioactives
- Calculer l'activité, période, constante radioactive.
- Convertir les unités en radioactivité.
- Distinguer et caractériser les différentes transformations radioactives.

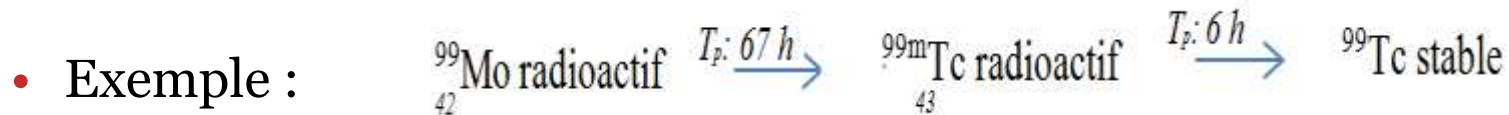
INTRODUCTION

- L'ensemble des atomes classés dans le tableau de Mendeleïev sont considérés comme stables, mais il existe d'autres atomes isotopes de ces derniers dont les noyaux renferment un déséquilibre énergétique et qui sont sujet à des transformations radioactives, ces atomes s'appellent « atomes radioactifs ».



DEFINITION

- La radioactivité est un phénomène physique aléatoire spontané naturel ou artificiel caractérisé par l'émission de particules ou de rayonnement électromagnétique à partir des noyaux atomiques instables, ces noyaux subissent des transformations et ceci jusqu'à ce qu'ils se stabilisent.



DECROISSANCE RADIOACTIVE

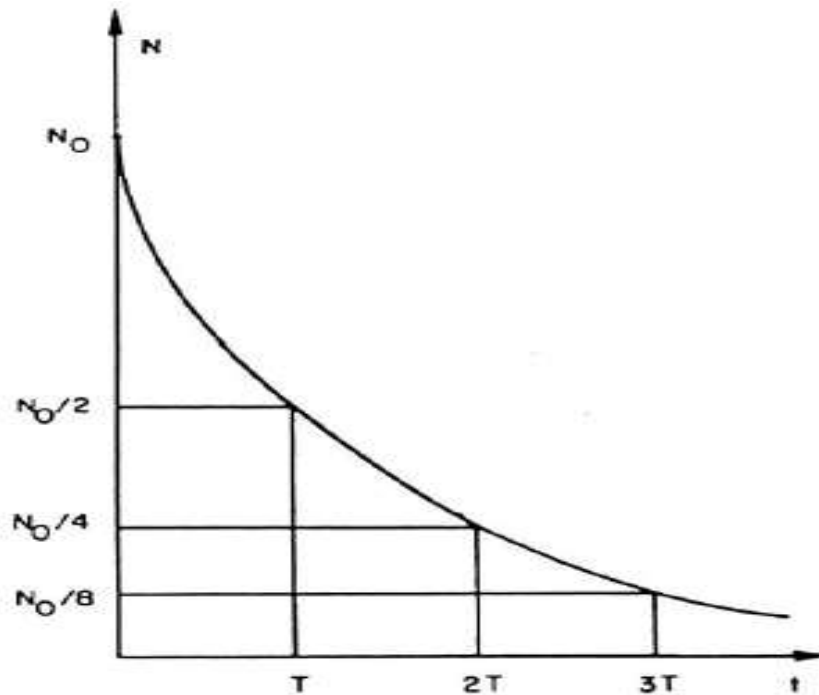
- La radioactivité est un phénomène physique qui suit loi exponentielle décroissante dans le temps, où le nombre de noyaux radioactifs diminue selon la relation :

$$N_t = N_0 \times e^{-\lambda t}$$

- N_0 : Nombre de noyaux radioactifs initiaux
- N_t : Nombre de noyaux à l'instant t .
- t : temps de décroissance
- λ : est la constante radioactive;

DECROISSANCE RADIOACTIVE

$$N_t = N_0 \times e^{-\lambda t}$$



ACTIVITE

- C'est le nombre de désintégrations par seconde. On donne

$$A = \lambda \times N$$

λ : constante radioactive

- L'unité de l'activité est le Becquerel

$$1 \text{ Bq} = 1 \text{ dps (désintégration par seconde)}$$

- L'autre unité anciennement utilisée est le Curie avec

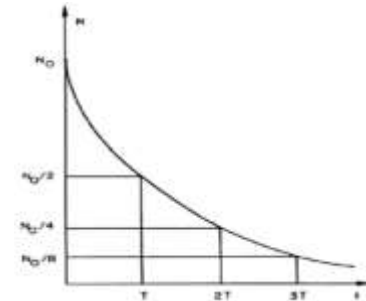
$$1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq} = 37 \text{ GBq.}$$

ACTIVITE

- L'activité diminue au cours du temps au même niveau que le nombre d'atome :

$$A_t = A_0 \times e^{-\lambda t}$$

PERIODE PHYSIQUE



- Elle correspond au temps au bout duquel la moitié des noyaux radioactifs présent initialement se sont désintégrés.
- Chaque élément radioactif peut être caractérisé par une période propre qui ne dépend que de sa constante radioactive.

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}$$

Exemples: ^{131}I $T = 8$ jours, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ $T = 6$ h, ^{125}I $T = 60$ jours,
 ^{60}Co $T = 5,27$ ans

PERIODE BIOLOGIQUE

- C'est le temps au bout duquel la moitié des éléments sont éliminés par l'organisme (salive, urines, selles, sueur...).
- T_B dépend de l'élément radioactifs et de son métabolisme dans l'organisme et l'état fonctionnel de l'organe d'élimination.
- Exemple: Pour l'iode fixé sur la thyroïde $T_B = 30$ jours

PERIODE EFFECTIVE

- C'est le temps moyens d'élimination de la radioactivité résultant de la période physique et la période biologique.

$$\frac{1}{T_e} = \frac{1}{T_P} + \frac{1}{T_B}$$

$$T_e = \frac{T_P \times T_B}{T_P + T_B}$$

Exemple: Pour ^{131}I = 6,33 jours

FORMULE ACTIVITE - MASSE

- Relation entre la radioactivité et la masse de la matière radioactive :

$$m \times \ln 2 \times \mathcal{N}_a = M \times A \times T$$

$$A(Bq) = \frac{4,17 \times 10^{23}}{T (s) \times M(g)} \times m (g)$$

- *A : l'activité*
- *M : la masse atomique ou nombre de masse ((le A))*
- *T : la période*
- *m : la masse.*

EXEMPLE

- Une source radioactive faite de 111×10^6 atomes radioactifs se retrouve 24 h après avec $6,93 \times 10^6$ atomes radioactifs,
- De quel atome radioactif s'agit il?
- Quelle est sa radioactivité initiale?
- Quelle est sa masse?

$$N_0 = 111 \times 10^6 \text{ atomes}$$

$$N = 6,93 \times 10^6 \text{ atomes}$$

$$t = 24 \text{ h} = 24 \times 60 \times 60 = 86400 \text{ s}$$

$$\begin{aligned} \bullet N_t &= N_0 \times e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{N_t}{N_0} = e^{-\lambda t} \Rightarrow \text{Ln} \frac{N_t}{N_0} = -\lambda t \\ &\Rightarrow \text{Ln} \frac{N_0}{N_t} = \lambda t \Rightarrow \text{Ln} \frac{N_0}{N_t} = \lambda t \\ &\Rightarrow \frac{1}{t} \times (\text{Ln} \frac{N_0}{N_t}) = \lambda \end{aligned}$$

$$\frac{1}{86400} \times (\text{Ln} \frac{111 \times 10^6}{6,93 \times 10^6}) = \lambda$$

$$\lambda = 3,2 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$$

On a $\lambda = 3,2 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$

- $T = \frac{\text{Ln } 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda} = \frac{0,693}{3,2 \times 10^{-5}} = 21656 \text{ s} = 6 \text{ h}$
- Donc la source radioactive est faite de $^{99\text{m}}\text{Tc}$
- la relation de la radioactivité est
- $A = \lambda \times N = 3,2 \times 10^{-5} \times 111 \times 10^6 = 3552 \text{ dps}$ ou Bq

On a $T = 6 \text{ h} = 21656 \text{ s}$

Masse atomique = nombre de masse = 99

- La relation de la masse avec la radioactivité:

- $$A(\text{Bq}) = \frac{4,17 \times 10^{23}}{T(\text{s}) \times M(\text{g})} \times m(\text{g})$$

- $$A \times \frac{T \times M}{4,17 \times 10^{23}} = m = 3552 \times \frac{21656 \times 99}{4,17 \times 10^{23}}$$

- la masse $99m$ Tc dans la source est de

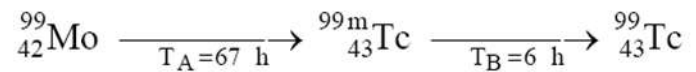
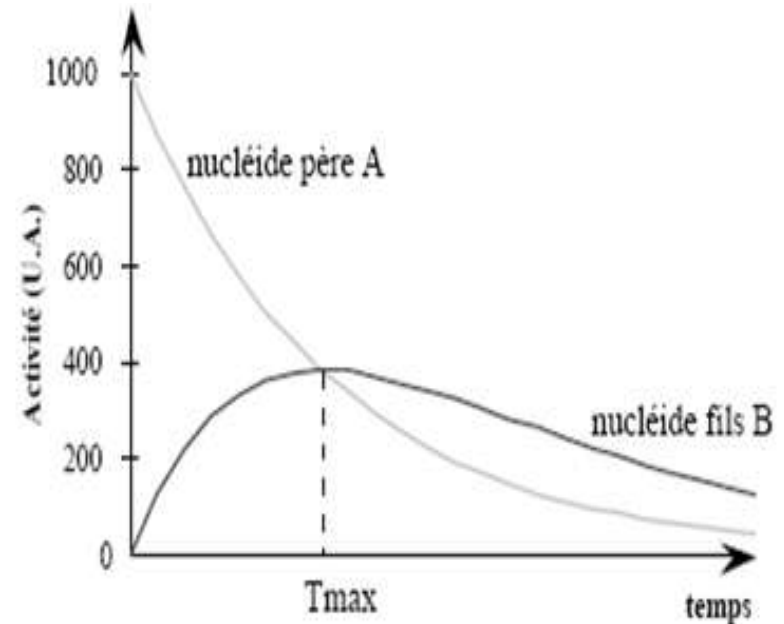
$$m = 18,26 \times 10^{-15} \text{ g}$$

FILIATIONS RADIOACTIVES

- C'est une étude des activités du radioélément père et radioélément fils (résultant). Selon la période du père et du fils on peut avoir :
- EQUILIBRE DE REGIME
- EQUILIBRE SECLAIRE

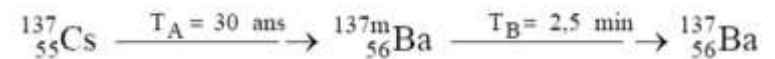
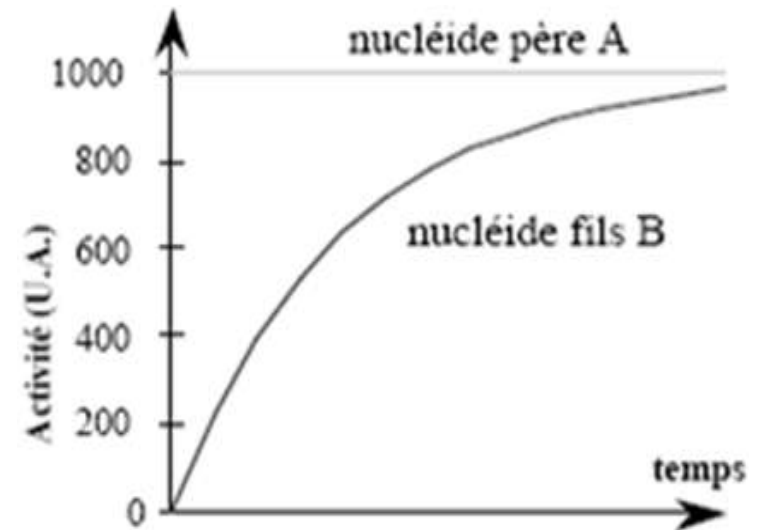
EQUILIBRE DE REGIME

- Lorsque le nucléide père décroît assez rapidement en donnant naissance à la même occasion, un radioélément fils, chacun à sa propre période, il arrive à un certain moment que leurs activités deviennent égales,
- À partir de là, l'activité du radioélément fils commence à décroître au même niveau que celle du nucléide père.



EQUILIBRE SECULAIRE

- Lorsque la période du père est très grande par rapport à celle du radioélément fils, et que l'activité du nucléide père semble constante, l'activité du fils va augmenter jusqu'à arriver au même niveau que celle du nucléide père et rester constante.



EQUATION DE LA FILIATION

- on arrive à calculer l'activité du radioélément fils à partir de l'activité du nucléide père.
- Lorsqu'on est en équilibre de régime l'équation s'écrit :

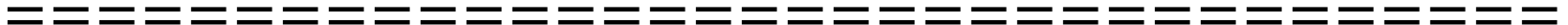
$$N_1(t) = N_1(o) e^{-\lambda_1 t}$$

$$N_2(t) = N_1(o) \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} \left[e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t} \right]$$

EQUATION DE LA FILIATION

- Et les activités sont égales à T_{MAX}

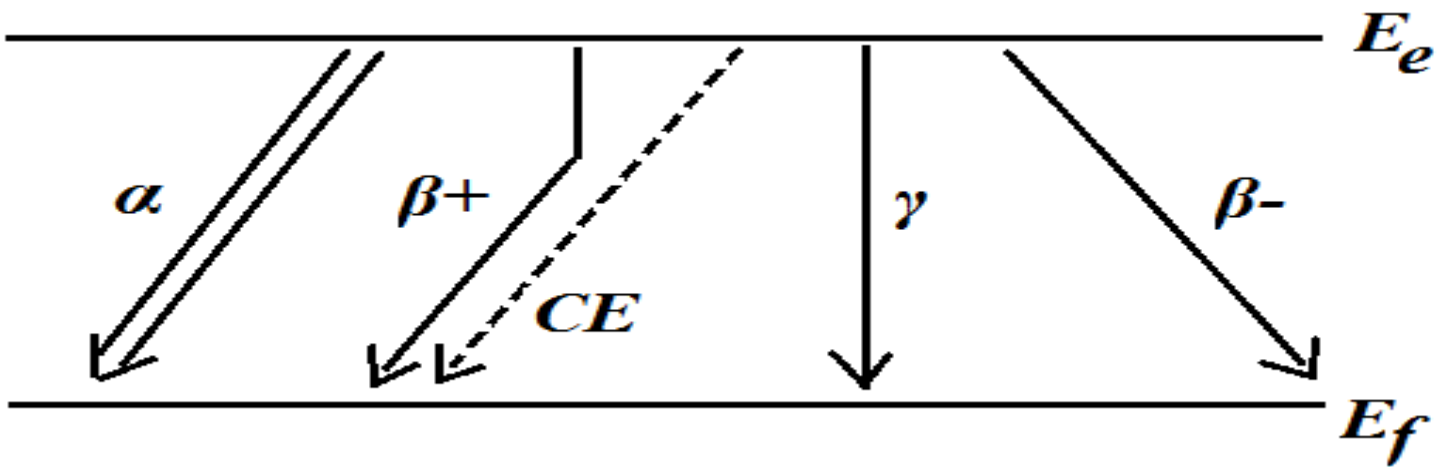
$$T_{MAX} = \frac{\text{Ln } \lambda_2 - \text{Ln } \lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1}$$



LES REACTIONS NUCLEAIRES

- Transformations isobariques
- Transitions énergétiques
- Transformations par partition
- Fusion nucléaire

SCHEMA DE DESINTEGRATION

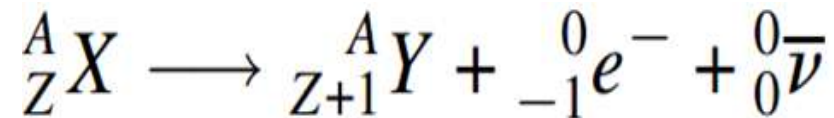


TRANSFORMATIONS ISOBARIQUES

Emission β^-

C'est l'émission d'un négaton à partir d'un noyau radioactif.

Les particules β^- sont des équivalents d'électrons mais d'origine nucléaire, elles ont une masse pratiquement négligeable et porte une charge négative.



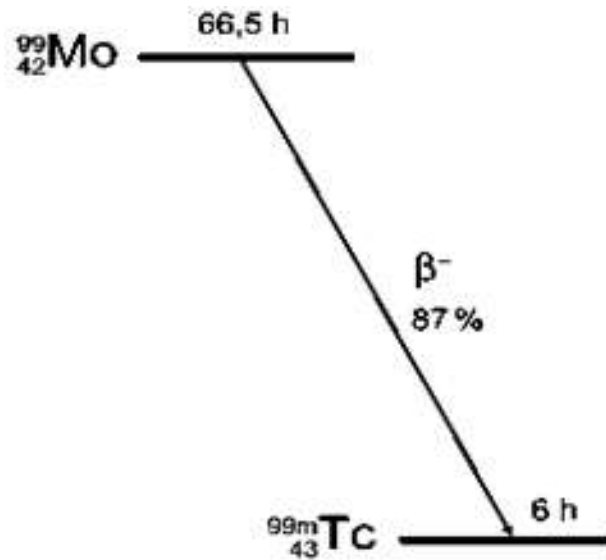
$$Q_{\beta^-} = [M(A, Z) - M(A, Z+1)] \cdot c^2$$

Cause : excès de neutrons.

Le neutron se transforme en proton avec émission de négaton et un antineutrino

TRANSFORMATIONS ISOBARIQUES

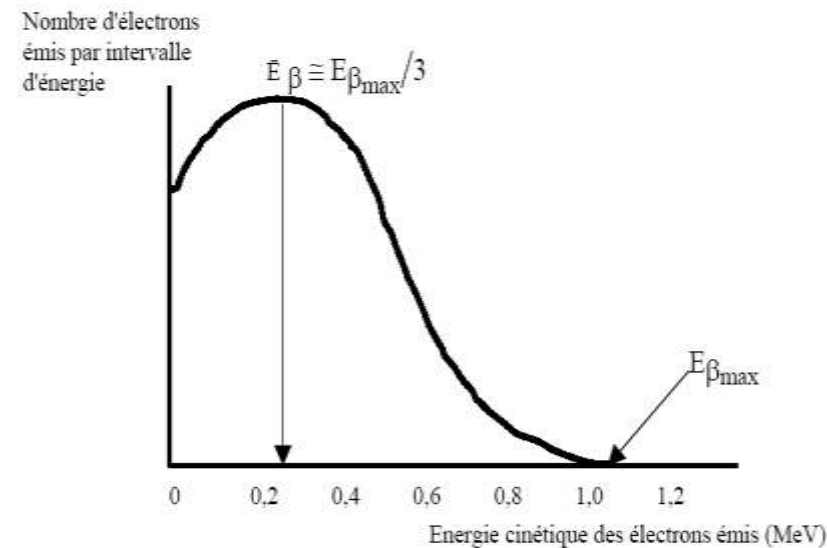
Emission β^-



TRANSFORMATIONS ISOBARIQUES

Emission β^-

- Le spectre d'émission β^- n'est pas un spectre de raie
- Un rayonnement complément intervient et partage l'énergie avec le β^- , c'est l'«anti neutrino » responsable du spectre continue.

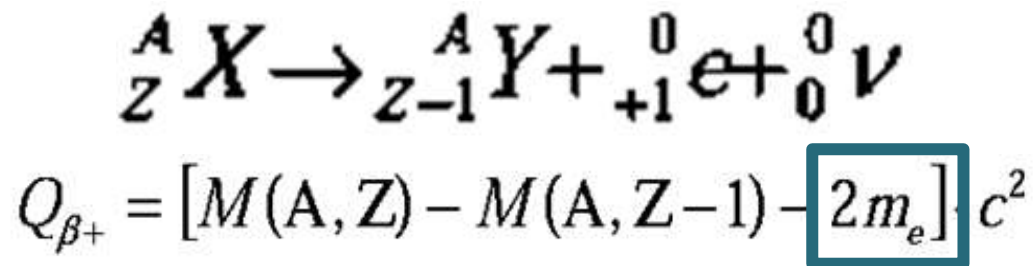


TRANSFORMATIONS ISOBARIQUES

Emission β^+

C'est l'émission d'un positon à partir d'un noyau radioactif,

Équivalent à un négaton mais de charge élémentaire positive.



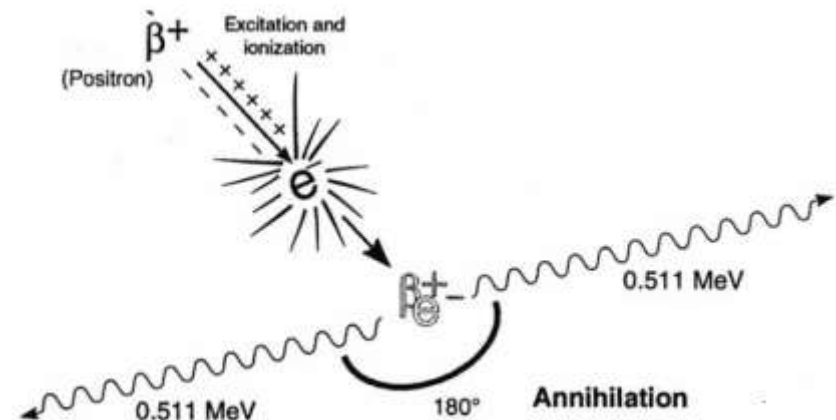
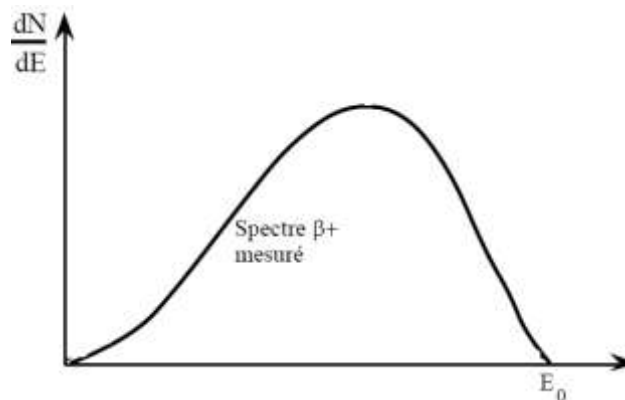
Cause : excès de proton.

La réaction a lieu dans le noyau par transformation d'un proton en neutron avec émission β^+ et un neutrino.

TRANSFORMATIONS ISOBARIQUES

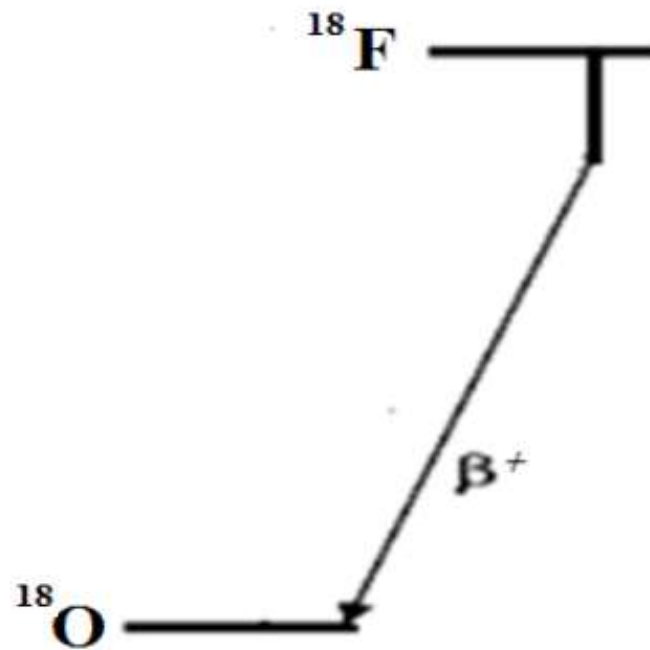
Emission β^+

- Le spectre est continu
- Les émetteurs β^+ sont utilisés en TEP (tomographie par émission de positon) par leur émission γ (2 photons de 0,511 MeV à 180°) résultant de l'annihilation (dématérialisation) du β^+ .



TRANSFORMATIONS ISOBARIQUES

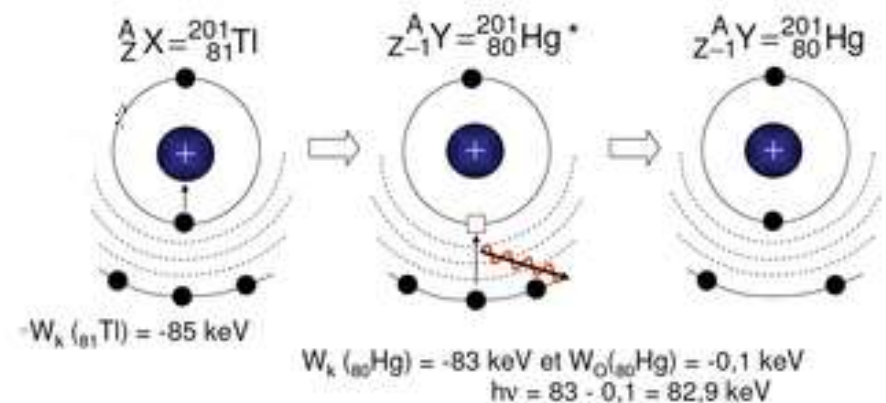
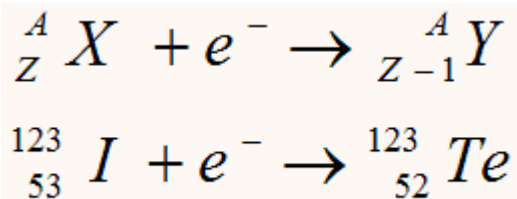
Emission β^+



TRANSFORMATIONS ISOBARIQUES

Capture électronique

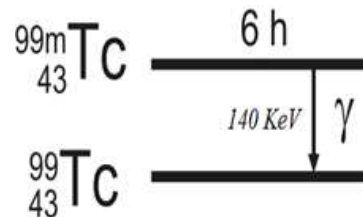
- Cause : aussi dû à un excès de proton
- Le noyau de l'atome attire vers lui un électron de la couche la plus proche.



DESEXCITATION ELECTROMAGNETIQUE

Emission γ

- C'est un rayonnement électromagnétique émis par un noyau qui passe d'un état excité à un état moins excité ou stable
- Cause : déséquilibre énergétique suite à une désintégration α ou β .
- Elle donne un spectre de raie.



- Les rayons γ sont peu ionisants et très pénétrant.

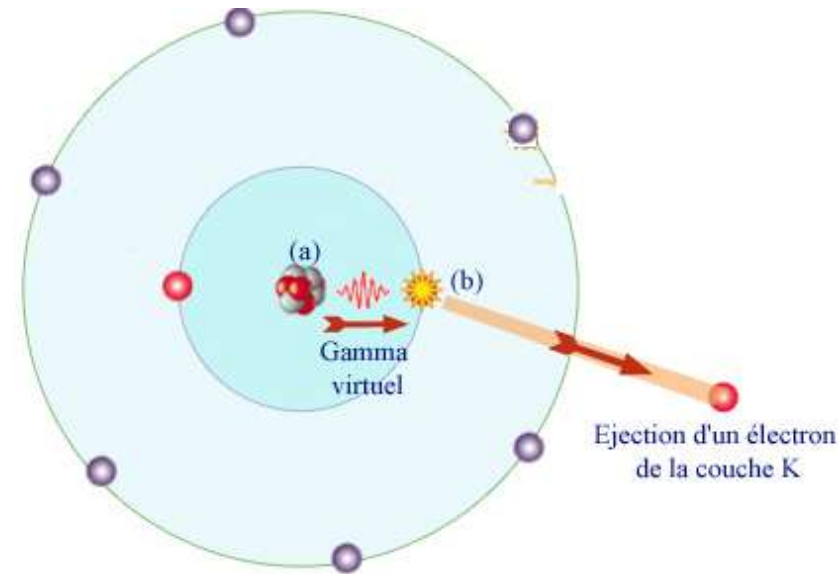
DESEXCITATION ELECTROMAGNETIQUE

Conversion interne (C.I)

Un noyau excité va transférer son énergie à un électron atomique qui va être éjecté en dehors de l'atome.

La conversion interne se produit souvent sur la couche K.

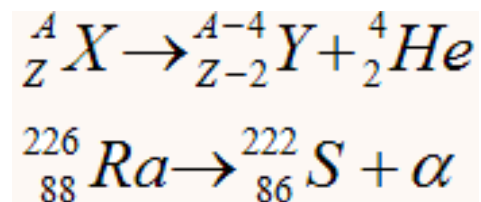
Le spectre des électrons de la C.I est monoénergétique donc spectre de Raie.



TRANSFORMATION PAR PARTITION

Désintégration α

- Correspond à l'émission par les noyaux lourds ($Z \geq 82$) d'une particule α .
- Dû à un excès de nucléons protons et/ou neutrons
- Cette particule est un noyau d'hélium avec deux protons, deux neutrons, et porte une double charge positive.
- Elles donnent un spectre de raie.
- Elles sont très ionisantes et pas pénétrantes.



TRANSFORMATION PAR PARTITION

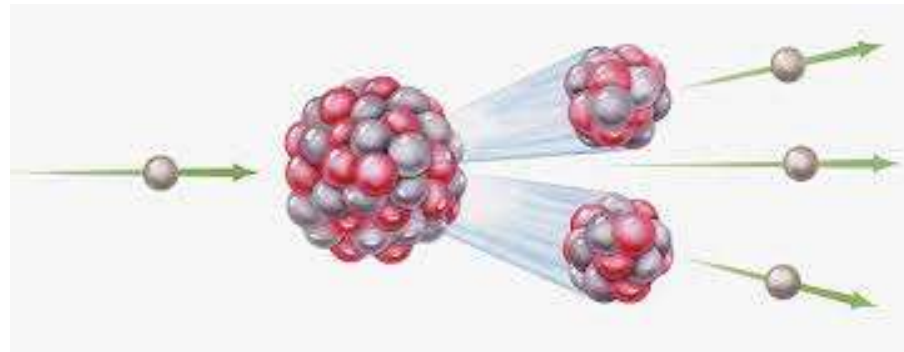
Fission

- Dû à un excès de nucléon, le noyau se scinde en donnant deux ou plusieurs atomes stables ou radioactifs avec libération d'une énergie importante.

En exemple :

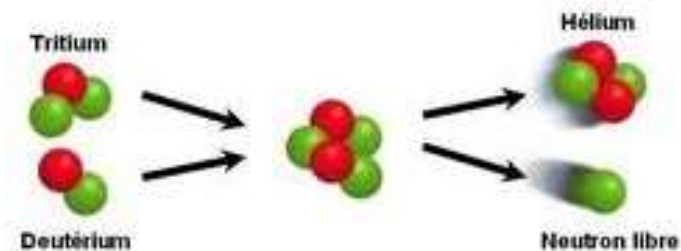
$${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \longrightarrow {}_{56}^{139}\text{Ba} + {}_{36}^{86}\text{Kr} + 11 {}_0^1\text{n}$$

- Cette fission est source de radioélément artificiel.



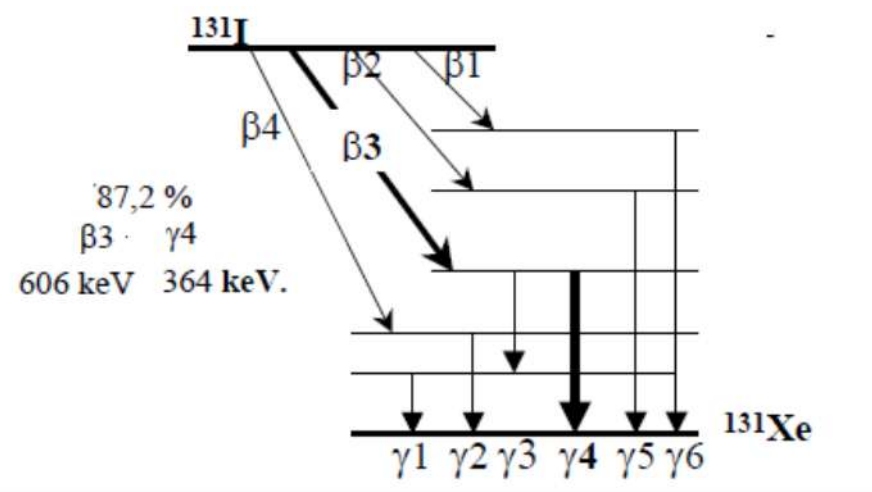
FUSION NUCLEAIRE

- C'est la réunion de deux noyaux légers pour donner autre nouveau noyau avec libération d'énergie



RAPPORT D'EMBRANCHEMENT

- Un noyau radioactif peut se transformer à un autre noyau en empruntant différentes voies de désintégration qui n'ont pas la même probabilité de se réaliser



CONCLUSION

- La radioactivité est un paramètre physique mesurable, il est utilisé dans différent domaines : industrie, énergie, guerre et aussi dans le domaine médicale : radiothérapie, médecine nucléaire et radiologie.
- De la diversité des radioéléments, la médecine choisit avec soin pour des raisons radiobiologiques et de radioprotections le type du radioélément, l'émission qui en décours et surtout l'activité nécessaire pour une utilisation optimale.

Répondre au questionnaire

- <https://docs.google.com/forms/d/14VBGasAOkmM6pvLYHRi2P3hpXng6GcDPHJD022-nEKo/viewform>