



# COURS 4

# TRANSFORMATIONS RADIOACTIVES

UE3A - BIOPHYSIQUE  
TUT'RENTRÉE 2017-2018

# PLAN

I. GENERALITES

II. RADIOACTIVITE  $\alpha$  OU PAR PARTITION

III. TRANSFORMATIONS ISOBARIQUES

IV. TRANSFORMATIONS ISOMERIQUES

V. APPLICATION : SPECTRE ELECTRONIQUE REEL COMPLET

VI. NOTION DE SCHEMA DE DESINTEGRATION

VII. NOTION DE FAMILLE RADIOACTIVE

# PLAN

## I. GENERALITES

II. RADIOACTIVITE  $\alpha$  OU PAR PARTITION

III. TRANSFORMATIONS ISOBARIQUES

IV. TRANSFORMATIONS ISOMERIQUES

V. APPLICATION : SPECTRE ELECTRONIQUE REEL COMPLET

VI. NOTION DE SCHEMA DE DESINTEGRATION

VII. NOTION DE FAMILLE RADIOACTIVE

# I. GENERALITES

## 1. Définition

- Une transformation radioactive est une **mutation/désintégration spontanée** d'un noyau atomique : un **noyau père, instable**, se transforme en **noyau fils de moindre masse**.
- On a ainsi une perte de masse, donc une augmentation du défaut de masse, convertie en énergie (**énergie de liaison  $E_L$** ). Cette énergie libérée est emportée par une particule ou un photon.



# I. GENERALITES

## 1. Définition

- Dans la nature, les noyaux sont **majoritairement stables** donc **non radioactifs** (274). Il en existe cependant des spontanément instables et radioactifs (51) : la radioactivité est donc un **phénomène naturel** et est omniprésente ! (*rayonnements cosmiques, écorce terrestre, eau, et même le corps humain*)
- On peut également fabriquer des noyaux radioactifs : c'est la **radioactivité artificielle**.

# I. GENERALITES

## 2. Classification

Il existe 3 types de transformations radioactives :

- Radioactivité  $\alpha$  ou par partition :
  - **noyaux lourds**
  - grand nombre de nucléons ( **$A > 200$** ).
  - ils émettent une particule  $\alpha$  (noyau d'Hélium) pour retrouver leur stabilité.

# I. GENERALITES

## 2. Classification

- Transformations isobariques :
  - **noyaux instables autour de la vallée de la stabilité**
  - trop riches soit en neutrons soit en protons et transforment donc un neutron en proton ou inversement
  - $\Delta!$  : ils **conservent leur nombre de masse A** ! (« isobare » = « même A »)

# I. GENERALITES

## 2. Classification

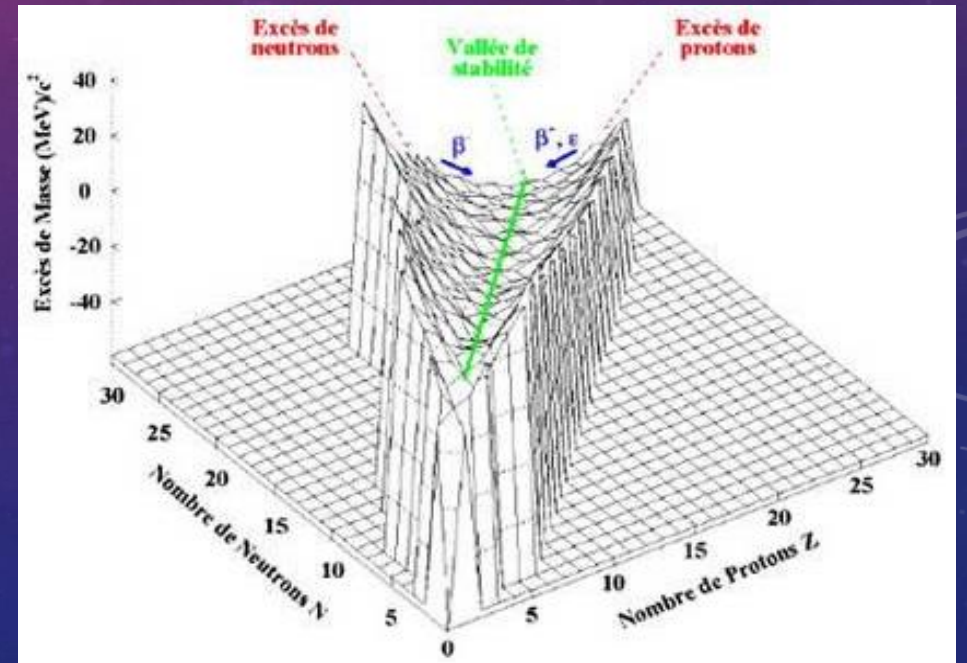
- Transformations isomériques :
  - **noyaux en excès d'énergie**
  - ils se désexcitent **sans modification** du nombre ou du type de **nucléons** : le **noyau ne change pas de nature!**



# I. GENERALITES

## 3. Evolution vers une masse inférieure

- Le but des transformations radioactives est toujours de **perdre de la masse** afin d'**augmenter l' $E_L$**  donc d'**augmenter  $E_L/A$**  et donc d'**augmenter la stabilité**
- Vallée de stabilité 3D : on voit bien qu'à nombre de nucléons égal, les **noyaux les plus stables ont une masse inférieure**.



# I. GENERALITES

## 4. Lois de conservation

Conservation nb de nucléons et de charges  $\rightarrow A$  et  $Z$  idem

Conservation énergie totale du système  $\rightarrow E_{tot}$  idem

Conservation quantité de mouvement  $\rightarrow \rho = mv$  idem

# PLAN

- I. GENERALITES
- II. RADIOACTIVITE  $\alpha$  OU PAR PARTITION
- III. TRANSFORMATIONS ISOBARIQUES
- IV. TRANSFORMATIONS ISOMERIQUES
- V. APPLICATION : SPECTRE ELECTRONIQUE REEL COMPLET
- VI. NOTION DE SCHEMA DE DESINTEGRATION
- VII. NOTION DE FAMILLE RADIOACTIVE



# PLAN

I. GENERALITES

II. **RADIOACTIVITE  $\alpha$  OU PAR PARTITION**

III. TRANSFORMATIONS ISOBARIQUES

IV. TRANSFORMATIONS ISOMERIQUES

V. APPLICATION : SPECTRE ELECTRONIQUE REEL COMPLET

VI. NOTION DE SCHEMA DE DESINTEGRATION

VII. NOTION DE FAMILLE RADIOACTIVE



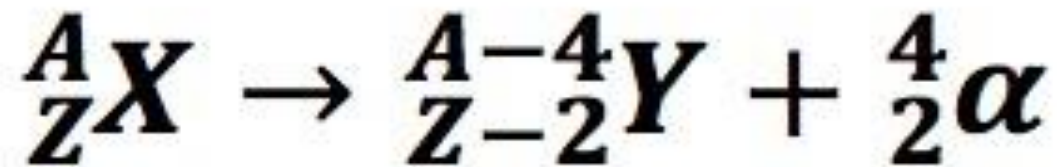
## II. RADIOACTIVITÉ $\alpha$ OU PAR PARTITION

### 1. Généralités

- = **noyau père lourd** se désintègre en **noyau fils plus léger** avec émission d'une **particule  $\alpha$**
- Particule  $\alpha$  = **noyau d'Hélium** ( $2p+2n$ ).  
/!\ seul noyau complexe émis spontanément, car il est **particulièrement stable** (**doublement magique**,  $E_L/A = 7 \text{ MeV/nuc}$ ).
- **Radioactivité efficace** car perte de 4 nucléons en même temps

## II. RADIOACTIVITÉ $\alpha$ OU PAR PARTITION

### 2. Réaction de désintégration



Z change : élément fils Y  
différent du père X

### 3. Bilan masse-énergie

$$\Delta M = \mathcal{M}(A, Z) - \mathcal{M}(A - 4, Z - 2) - \mathcal{M}(4, 2)$$

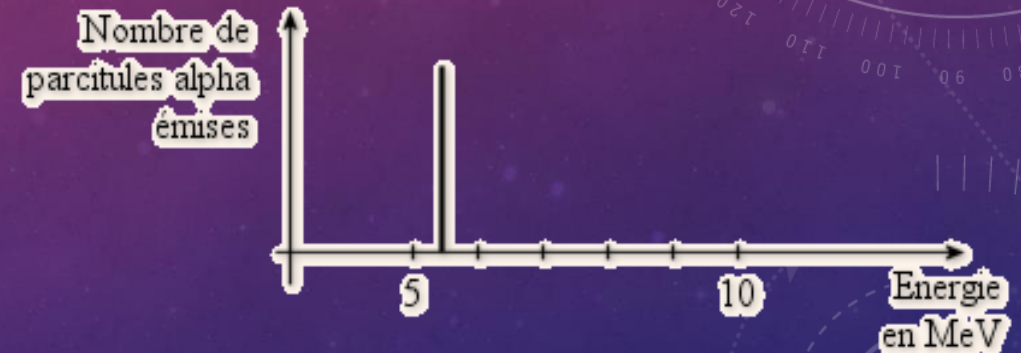
$$\textit{Energie disponible} : E_d[\textit{MeV}] = 931,5 \Delta M$$

## II. RADIOACTIVITÉ $\alpha$ OU PAR PARTITION

### 4. Spectre énergétique

→ L'énergie est libérée sous forme d'énergie cinétique  $E_c$ , partagée entre les noyaux formés.

Ici, le noyau fils est trop lourd, on considère donc que la particule  $\alpha$  emporte toute l' $E_c$  : on a un spectre de raie ( $E_{raie} = E_c$  ; entre 4 et 10 MeV)



*Remarque* : en réalité, le noyau fils emporte un peu d'énergie, c'est « l' $E_c$  de recul », mais elle est négligeable.

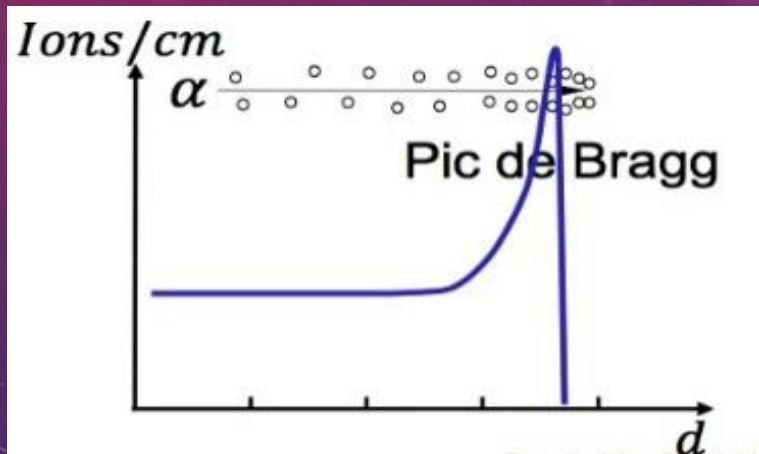


## II. RADIOACTIVITÉ $\alpha$ OU PAR PARTITION

### 5. Parcours dans la matière

La particule  $\alpha$  :

- **lourde**  $\rightarrow$  trajectoire **rectiligne**, courte
- **non relativiste**  $\rightarrow$  vitesse faible
- **chargée positivement**  $\rightarrow$  **directement ionisante** selon le **pic de Bragg**



Pic de Bragg = la probabilité d'ionisation augmente brutalement à partir d'une certaine distance et **maximum d'ionisations en fin de parcours** puis tout s'arrête  $\rightarrow$  dépôt d'énergie concentré sur une courte distance

- **interactions obligatoires** avec la matière  $\rightarrow$  arrêt par une **feuille de papier**



## II. RADIOACTIVITÉ $\alpha$ OU PAR PARTITION

### 6. Applications biomédicales

- Radioprotection :
  - exposition externe → **aucun danger** (arrêtées par la peau)
  - exposition interne → possibles **ionisations** dans les tissus et les  $\emptyset$ .  
*Exemple : Radon 222 dans les poumons*
- Radiothérapie : dépôt d'énergie localisé (pic de Bragg) représente un **intérêt majeur thérapeutique** ; c'est en voie de développement!  
*Exemple : Bismuth 263 dans le ttt du glioblastome*

# PLAN

- I. GENERALITES
- II. RADIOACTIVITE  $\alpha$  OU PAR PARTITION
- III. TRANSFORMATIONS ISOBARIQUES
- IV. TRANSFORMATIONS ISOMERIQUES
- V. APPLICATION : SPECTRE ELECTRONIQUE REEL COMPLET
- VI. NOTION DE SCHEMA DE DESINTEGRATION
- VII. NOTION DE FAMILLE RADIOACTIVE

# PLAN

- I. GENERALITES
- II. RADIOACTIVITE  $\alpha$  OU PAR PARTITION
- III. **TRANSFORMATIONS ISOBARIQUES**
- IV. TRANSFORMATIONS ISOMERIQUES
- V. APPLICATION : SPECTRE ELECTRONIQUE REEL COMPLET
- VI. NOTION DE SCHEMA DE DESINTEGRATION
- VII. NOTION DE FAMILLE RADIOACTIVE

# III. TRANSFORMATIONS ISOBARIQUES

- Transformations à **nombre de masse A constant !!**
- Mais la répartition neutron/proton va changer par inversion des quarks up et down, donc **N et Z changent** : l'élément **fil** est **différent** de l'élément père.
- Il existe 3 types de transformations isobariques possibles :  $\beta^-$ ,  $\beta^+$ , CE



# III. TRANSFORMATIONS ISOBARIQUES

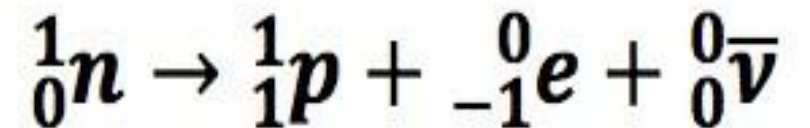
## A. TRANSFORMATION $\beta^-$

### 1. Généralités

- concerne les noyaux ayant un **excès de neutrons**
- **1 n se transforme en 1 p par inversion d'un quark :  $n = u\bar{d}d \rightarrow p = u\bar{u}d$**

= noyau père  $\rightarrow$  noyau fils + 1 électron (d'origine nucléaire) + 1 antineutrino

/!\ l'électron et l'antineutrino proviennent de la réaction de dissociation du neutron, instable hors du noyau.



# III. TRANSFORMATIONS ISOBARIQUES

## A. TRANSFORMATION $\beta^-$

### 2. Réaction de désintégration



**A constant mais Z change :**  
élément fils Y différent du père X

### 3. Bilan masse-énergie

$$\Delta M = \mathcal{M}(A, Z) - \mathcal{M}(A, Z + 1)$$

$$\textit{Energie disponible : } E_d[\textit{MeV}] = 931,5\Delta M$$

# III. TRANSFORMATIONS ISOBARIQUES

## A. TRANSFORMATION $\beta^-$

### 4. Spectre énergétique

→ L'énergie est libérée sous forme d'énergie cinétique  $E_c$ , partagée entre les noyaux formés.

Ici, le noyau fils est trop **lourd** → «  $E_c$  de recul » **négligeable**.

L' $E_c$  se répartie au **hasard** entre  $\beta^-$  et  $\bar{\nu}$  (indétectable) : **spectre continu** avec  
 $E_{max} = E_d$

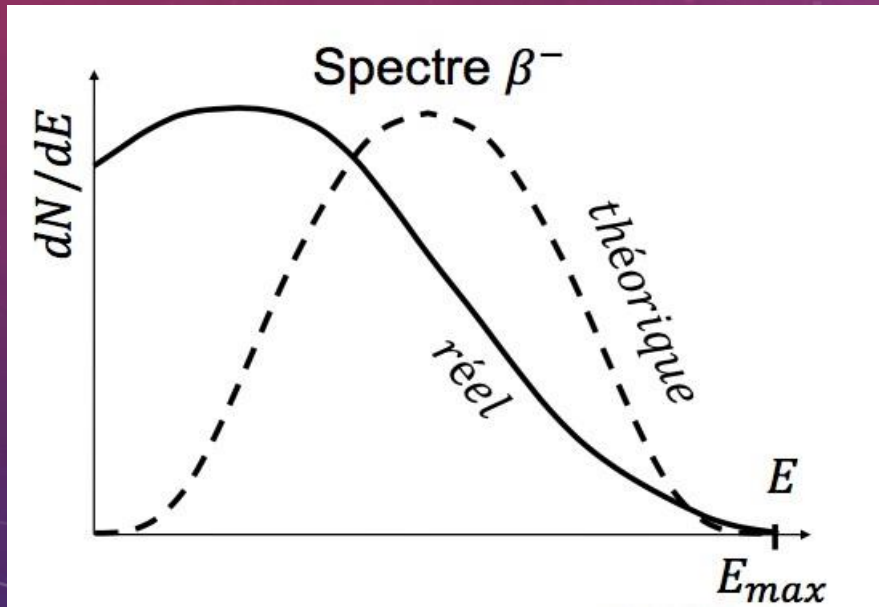
/! Seul  $\beta^-$  est détectable → on parle du spectre de  $\beta^-$  seulement!



# III. TRANSFORMATIONS ISOBARIQUES

## A. TRANSFORMATION $\beta^-$

### 4. Spectre énergétique



Spectre théorique : va de 0 (cas où  $\bar{\nu}$  emporterait toute l'énergie) à  $E_{max}$  (cas où  $\beta^-$  emporterait toute l'énergie)

Spectre réel : **décalé vers la gauche** car il y a des **interactions coulombiennes** entre  $\beta^-$  et le **noyau** qui fait que les  $\beta^-$  d'énergie **trop faible** ne pourront pas s'extraire du noyau et ne seront **pas détectés**



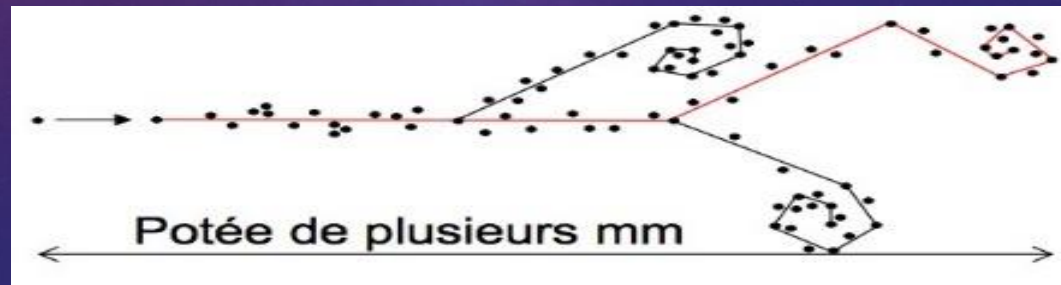
# III. TRANSFORMATIONS ISOBARIQUES

## A. TRANSFORMATION $\beta^-$

### 5. Parcours dans la matière

La particule  $\beta^-$  :

- **relativiste**  $\rightarrow$  vitesse proche de celle de la lumière
- **chargée**  $\rightarrow$  **ionisations** par collisions avec d'autres électrons
- **parcours court** (qqs mms) et **non rectiligne**
- **interactions obligatoires** avec la matière  $\rightarrow$  arrêt par une **feuille métallique**



# III. TRANSFORMATIONS ISOBARIQUES

## A. TRANSFORMATION $\beta^-$

### 6. Applications biomédicales

Iode 131 dans le **ttt du cancer de la thyroïde** (glande indispensable car sécrétrice d'hormones) et de ses métastases, dans le cadre de la **radiothérapie métabolique**.

# III. TRANSFORMATIONS ISOBARIQUES

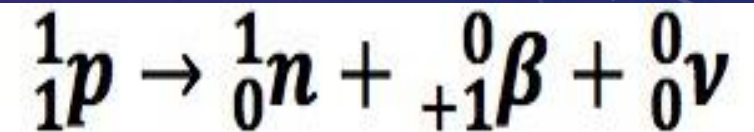
## B. TRANSFORMATION $\beta^+$

### 1. Généralités

- concerne les noyaux ayant un **excès de protons**
- **1 p se transforme en 1 n** par **inversion d'un quark** :  $p = u\bar{u}d \rightarrow n = u\bar{d}d$

= noyau père  $\rightarrow$  noyau fils + 1 positon + 1 neutrino

/!\ le positon et le neutrino ne préexistent pas dans le noyau mais proviennent en fait de la réaction de dissociation du proton .

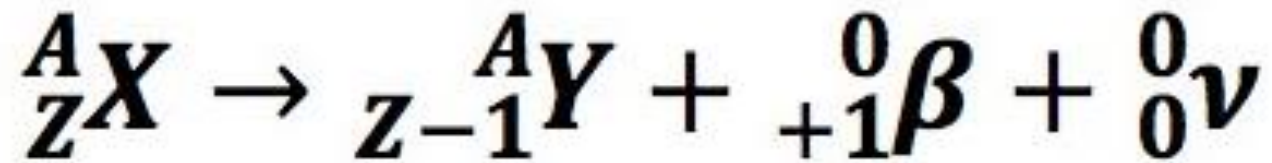




# III. TRANSFORMATIONS ISOBARIQUES

## B. TRANSFORMATION $\beta^+$

### 2. Réaction de désintégration



A constant mais Z change :  
élément fils Y différent du père X

### 3. Bilan masse-énergie

$$\Delta M = \mathcal{M}(A, Z) - \mathcal{M}(A, Z - 1) - 2m_e$$

$$2m_e = 0,0011 u$$

$$\textit{Energie disponible} : E_d[\textit{MeV}] = 931,5\Delta M$$

# III. TRANSFORMATIONS ISOBARIQUES

## B. TRANSFORMATION $\beta^+$

### 3. Bilan masse-énergie

/!\ ATTENTION : Cette transformation est particulière car elle est exoénergétique et possède un **seuil énergétique** :

$$\Delta M > 2m_e \text{ soit } \Delta M > 0,0011u \text{ ou bien } E_d > 1,022 \text{ MeV}$$

En dessous de ce seuil, la réaction n'est pas possible ! (QCM++)

# III. TRANSFORMATIONS ISOBARIQUES

## B. TRANSFORMATION $\beta^+$

### 4. Spectre énergétique

→ L'énergie est libérée sous forme d'énergie cinétique  $E_c$ , partagée entre les noyaux formés.

Ici, le noyau fils est trop **lourd** → «  $E_c$  de recul » **négligeable**.

L' $E_c$  se répartie au **hasard** entre  $\beta^+$  et  $\nu$  (indétectable) : **spectre continu** avec

$$E_{max} = E_d$$

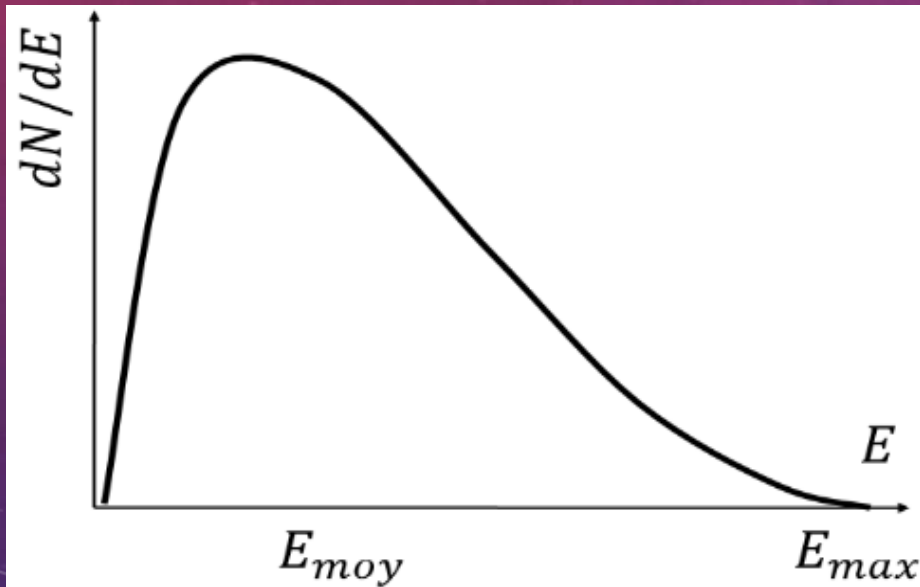
⚠ Seul  $\beta^+$  est détectable → on parle du spectre de  $\beta^+$  seulement!



# III. TRANSFORMATIONS ISOBARIQUES

## B. TRANSFORMATION $\beta^+$

### 4. Spectre énergétique



Il va de 0 (cas où  $\nu$  emporterait toute l'énergie) à  $E_{max}$  (cas où  $\beta^+$  emporterait toute l'énergie).

**⚠ Pas de décalage vers la gauche car il n'y a pas d'interactions coulombiennes avec le noyau!**

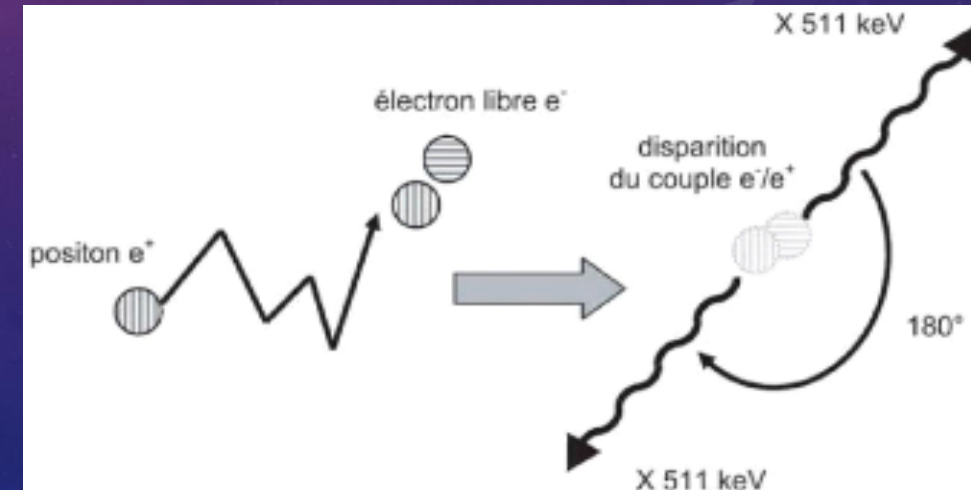
# III. TRANSFORMATIONS ISOBARIQUES

## B. TRANSFORMATION $\beta^+$

### 5. Parcours dans la matière

La particule  $\beta^+$  :

- **chargée**  $\rightarrow$  **ionisations** par collisions avec d'autres électrons
- **parcours court** et **non rectiligne**
- fin de parcours : **réactions d'annihilations** avec des électrons  $\rightarrow$  émission de **2 photons gamma** à  **$180^\circ$**  d' $E = 0,511 \text{ MeV}$



# III. TRANSFORMATIONS ISOBARIQUES

## B. TRANSFORMATION $\beta^+$

### 5. Parcours dans la matière

Les photons gamma :

- **non chargés** → interagissent avec la matière de façon **indirectement ionisante** → atténués par épaisseurs importantes de **plomb/béton**.

/!\ Ils ont une **origine non directement nucléaire!**

### 6. Applications biomédicales

**FDG** (*fluoro-deoxy-glucose*) pour détecter les **œ** **cancéreuses hyperconsommatrices de glucose.**

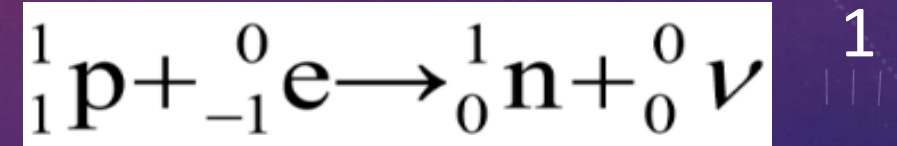


# III. TRANSFORMATIONS ISOBARIQUES

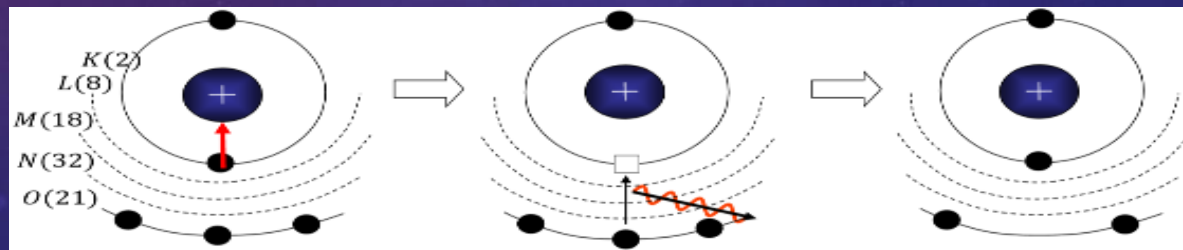
## C. CAPTURE ÉLECTRONIQUE (CE)

### 1. Généralités

- concerne les noyaux ayant un **excès de protons**  
= noyau **père** capte **1 électron** se combinant à  
proton  $\rightarrow$  1 neutron + 1 neutrino



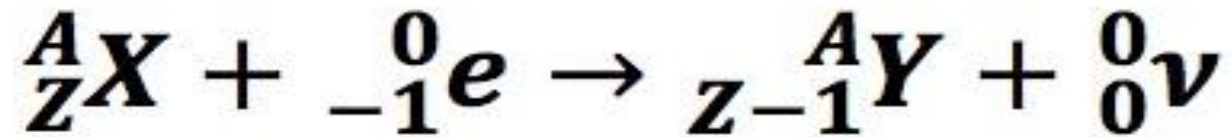
- L'électron capté provient d'une **couche électronique profonde** (souvent couche K ou L). Le père X a une vacance électronique  $\rightarrow$  **réarrangements** du **fil** Y par **photons de fluorescence** et/ou **e. Auger**



# III. TRANSFORMATIONS ISOBARIQUES

## C. CAPTURE ÉLECTRONIQUE (CE)

### 2. Réaction de désintégration



**A constant mais Z change :**  
élément fils Y différent du père X

### 3. Bilan masse-énergie

$$\Delta M = \mathcal{M}(A, Z) - \mathcal{M}(A, Z - 1)$$

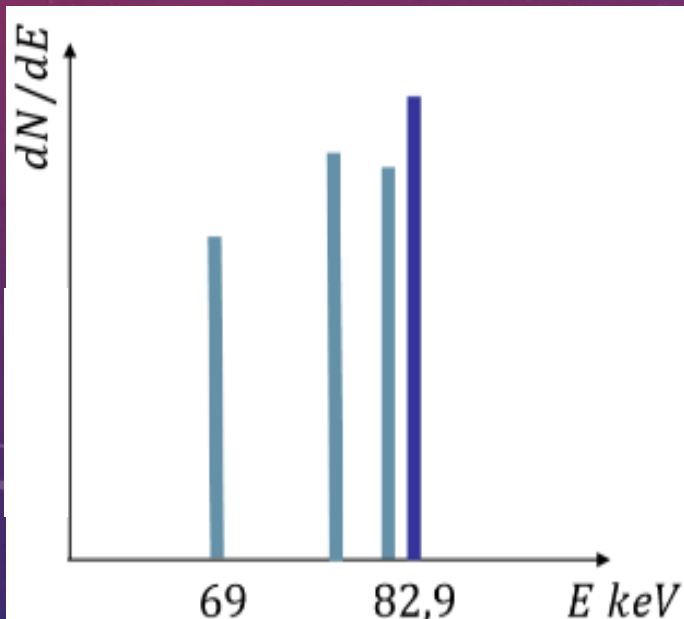
$$\textit{Energie disponible} : E_d[\textit{MeV}] = 931,5\Delta M$$

# III. TRANSFORMATIONS ISOBARIQUES

## C. CAPTURE ÉLECTRONIQUE (CE)

### 4. Spectre énergétique

→ L'énergie est libérée sous forme d'énergie cinétique  $E_c$ , partagée entre les noyaux formés.



Ici, le noyau fils est trop **lourd** → «  $E_c$  de recul » **négligeable**.

Toute l' $E_c$  est emportée par le **neutrino indétectable!**  
→ **pas de spectre d'origine nucléaire** mais **spectre électromagnétique de raies d'origine atomique**, dû aux réarrangements électroniques de l'atome fils.



# III. TRANSFORMATIONS ISOBARIQUES

## C. CAPTURE ÉLECTRONIQUE (CE)

### 5. Parcours dans la matière

- On ne s'intéresse qu'aux photons de fluorescence **émis indirectement** :
- **non chargés** → interactions avec la matière non obligatoires (**indirectement ionisants**)
  - **atténués** par une épaisseur importante de **plomb/béton**

### 6. Applications biomédicales

← **Imagerie/scintigraphie cardiaque** au Thallium 201

# III. TRANSFORMATIONS ISOBARIQUES

## D. COMPÉTITION $\beta^+$ ET CE

Un noyau instable par excès de proton a le choix entre les 2 réactions, selon  $\Delta M$  :

**$\Delta M < 1022 \text{ keV ou } < 2m_e \rightarrow \text{CE seulement}$**   
 **$\Delta M > 1022 \text{ keV ou } > 2m_e \rightarrow \text{CE ou } \beta^+ \text{ possibles}$**

# PLAN

- I. GENERALITES
- II. RADIOACTIVITE  $\alpha$  OU PAR PARTITION
- III. TRANSFORMATIONS ISOBARIQUES
- IV. TRANSFORMATIONS ISOMERIQUES
- V. APPLICATION : SPECTRE ELECTRONIQUE REEL COMPLET
- VI. NOTION DE SCHEMA DE DESINTEGRATION
- VII. NOTION DE FAMILLE RADIOACTIVE



# PLAN

I. GENERALITES

II. RADIOACTIVITE  $\alpha$  OU PAR PARTITION

III. TRANSFORMATIONS ISOBARIQUES

IV. **TRANSFORMATIONS ISOMERIQUES**

V. APPLICATION : SPECTRE ELECTRONIQUE REEL COMPLET

VI. NOTION DE SCHEMA DE DESINTEGRATION

VII. NOTION DE FAMILLE RADIOACTIVE

# IV. TRANSFORMATIONS ISOMERIQUES

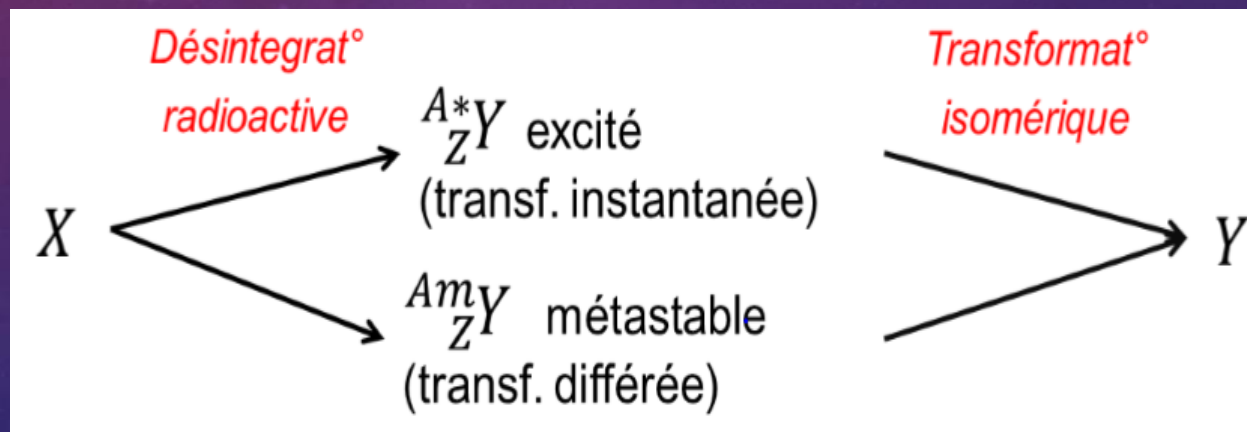
Isomères = nucléides ayant les **même Z et A** mais sous **différents états** qui correspondent à **différents niveaux d'énergie** du noyau :

- Etat fondamental  ${}^A_ZX$  : niveau d'énergie/masse min → **stabilité max**
- Etat excité  ${}^{A*}_ZX$  : niveau d'énergie/masse élevés → très **instable**, retour à l'état fondamental **quasi instantané** ( $10^{-12}s$ )
- Etat métastable  ${}^{Am}_ZX$  : niveau d'énergie/masse élevés → **instable** mais retour à l'état fondamental **différé** (*possible plusieurs h*)

# IV. TRANSFORMATIONS ISOMERIQUES

Transformations isomériques = **changements d'énergie sans changement de nature du noyau !**

Elles peuvent succéder à d'autres transformations radioactives ( $\alpha$ ,  $\beta$ , CE) pour lesquelles le noyau fils garde un **excédent d'énergie** ( $^{Am} ou A^*_Z Y$ )





# IV. TRANSFORMATIONS ISOMERIQUES

## A. TRANSFORMATION $\gamma$

### 1. Généralités

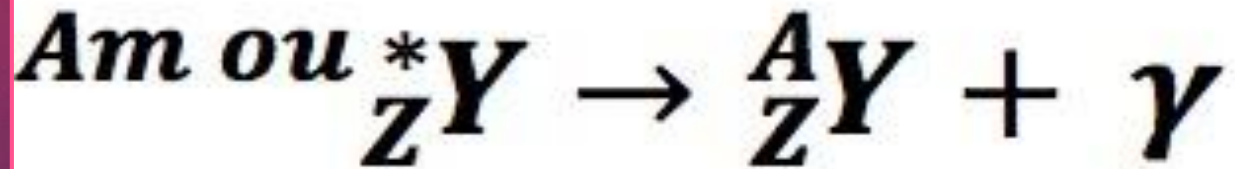
= **noyau Y père** dans un état métastable ou excité se **désexcite** en **noyau Y fils stable** par émission d'un **photon  $\gamma$**  qui emporte le **surplus d'énergie**.

/!\ le photo  $\gamma$  est un REM d'origine nucléaire ( $\neq$  rayons X d'origine atomique)

# IV. TRANSFORMATIONS ISOMERIQUES

## A. TRANSFORMATION $\gamma$

### 2. Réaction de désintégration



Z ne change pas  $\rightarrow$  même élément!

### 3. Bilan masse-énergie

$$\Delta M = \mathcal{M}(Am, Z) - \mathcal{M}(A, Z)$$

$$\text{Energie disponible : } E_d [\text{MeV}] = 931,5 \Delta M$$

# IV. TRANSFORMATIONS ISOMERIQUES

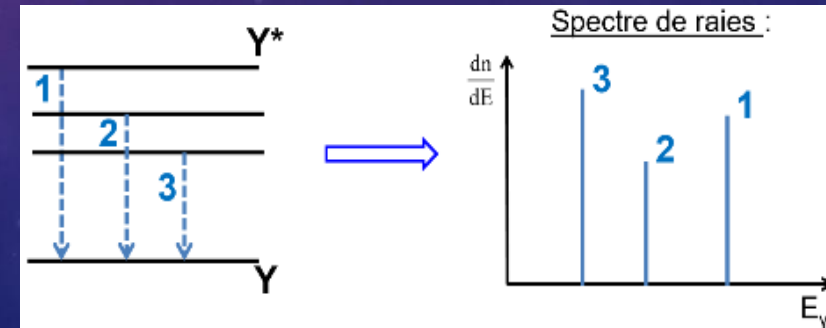
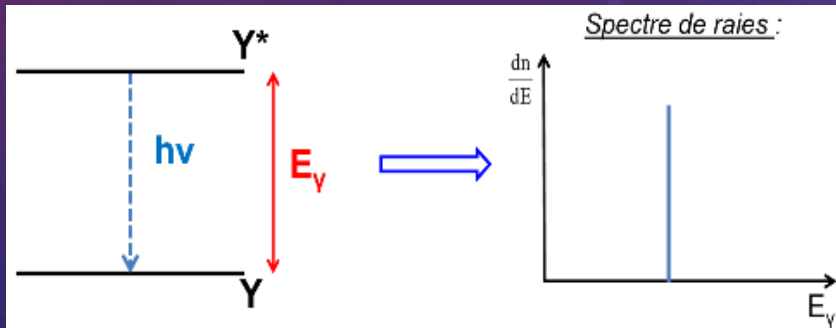
## A. TRANSFORMATION $\gamma$

### 4. Spectre énergétique

Le noyau fils trop lourd  $\rightarrow$  énergie de recul négligeable.

Toute l' $E_d$  est emportée par le rayon  $\gamma$  (d'où  $E_d = E_\gamma$ )  $\rightarrow$  spectre électromagnétique de raie(s) d'origine nucléaire.

⚠ il peut y avoir une seule raie si un seul niveau d'énergie ou plusieurs raies si situation complexe avec plusieurs niveaux d'énergie





# IV. TRANSFORMATIONS ISOMERIQUES

## A. TRANSFORMATION $\gamma$

### 5. Parcours dans la matière

Les rayons  $\gamma$  :

- =**photons** donc **non chargés** → **indirectement ionisants**
- provoquent des ionisations par collisions avec les électrons → **réarrangements électroniques** dans les atomes
- **long parcours** dans les tissus
- atténués par une épaisseur importante de **plomb/béton**

### 6. Applications biomédicales

$\gamma$ -caméra : utilisée en **scintigraphie** (ttt cancer de la thyroïde)

Technétium 99m : **traceur** radioactif (visualisation voies biologiques du corps)

# IV. TRANSFORMATIONS ISOMERIQUES

## B. CONVERSION INTERNE (CI)

### 1. Généralités

= **noyau Y père** dans un état métastable ou excité se **désexcite** en **noyau Y fils stable** par **transfert du surplus d'énergie** à un **électron périphérique**.

→ Atome **ionisé** (puisque'il lui manque un électron) → **réarrangements électroniques** (photons de fluorescence et/ou électrons Auger)

# IV. TRANSFORMATIONS ISOMERIQUES

## B. CONVERSION INTERNE (CI)

### 2. Réaction de désintégration



Z ne change pas → même élément!

### 3. Bilan masse-énergie

$$\Delta M = \mathcal{M}(Am, Z) - \mathcal{M}(A, Z)$$

$$\text{Energie disponible : } E_d [\text{MeV}] = 931,5 \Delta M$$

$$\text{Energie cinétique de l'électron éjecté : } E_c = E_d - E_L$$



# IV. TRANSFORMATIONS ISOMERIQUES

## B. CONVERSION INTERNE (CI)

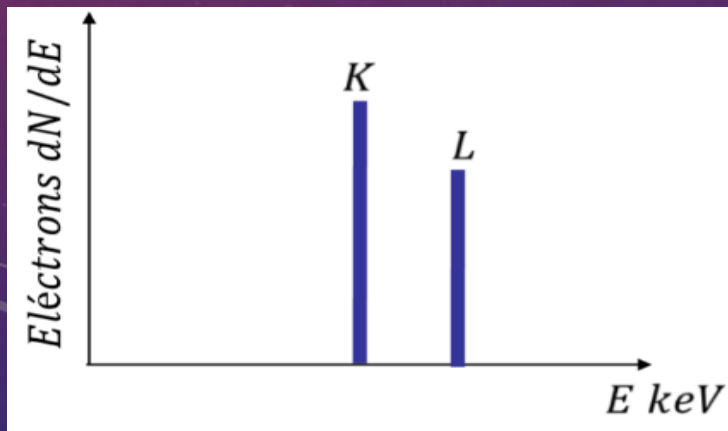
### 4. Spectre énergétique

Le noyau fils trop lourd  $\rightarrow$  énergie de recul négligeable.

Toute l' $E_d$  est emportée par l'électron sous forme d' $E_c \rightarrow$  pas de spectre d'origine nucléaire.

Mais 2 spectres électromagnétiques de raie(s) d'origine atomique :

- 1 pour l'électron éjecté
- 1 dû aux réarrangements électroniques de l'atome après l'expulsion de l'électron



# IV. TRANSFORMATIONS ISOMERIQUES

## B. CONVERSION INTERNE (CI)

### 5. Parcours dans la matière

L'électron :

- particule **chargée** → **ionisations** par collisions avec d'autres électrons
- **parcours court** (qqs mms) et **non rectiligne**
- arrêt par une **feuille métallique**

Remarque : Idem  $\beta^-$  (sauf que l'électron vient de l'atome et pas du noyau) !

# PLAN

- I. GENERALITES
- II. RADIOACTIVITE  $\alpha$  OU PAR PARTITION
- III. TRANSFORMATIONS ISOBARIQUES
- IV. TRANSFORMATIONS ISOMERIQUES
- V. APPLICATION : SPECTRE ELECTRONIQUE REEL COMPLET
- VI. NOTION DE SCHEMA DE DESINTEGRATION
- VII. NOTION DE FAMILLE RADIOACTIVE



# PLAN

I. GENERALITES

II. RADIOACTIVITE  $\alpha$  OU PAR PARTITION

III. TRANSFORMATIONS ISOBARIQUES

IV. TRANSFORMATIONS ISOMERIQUES

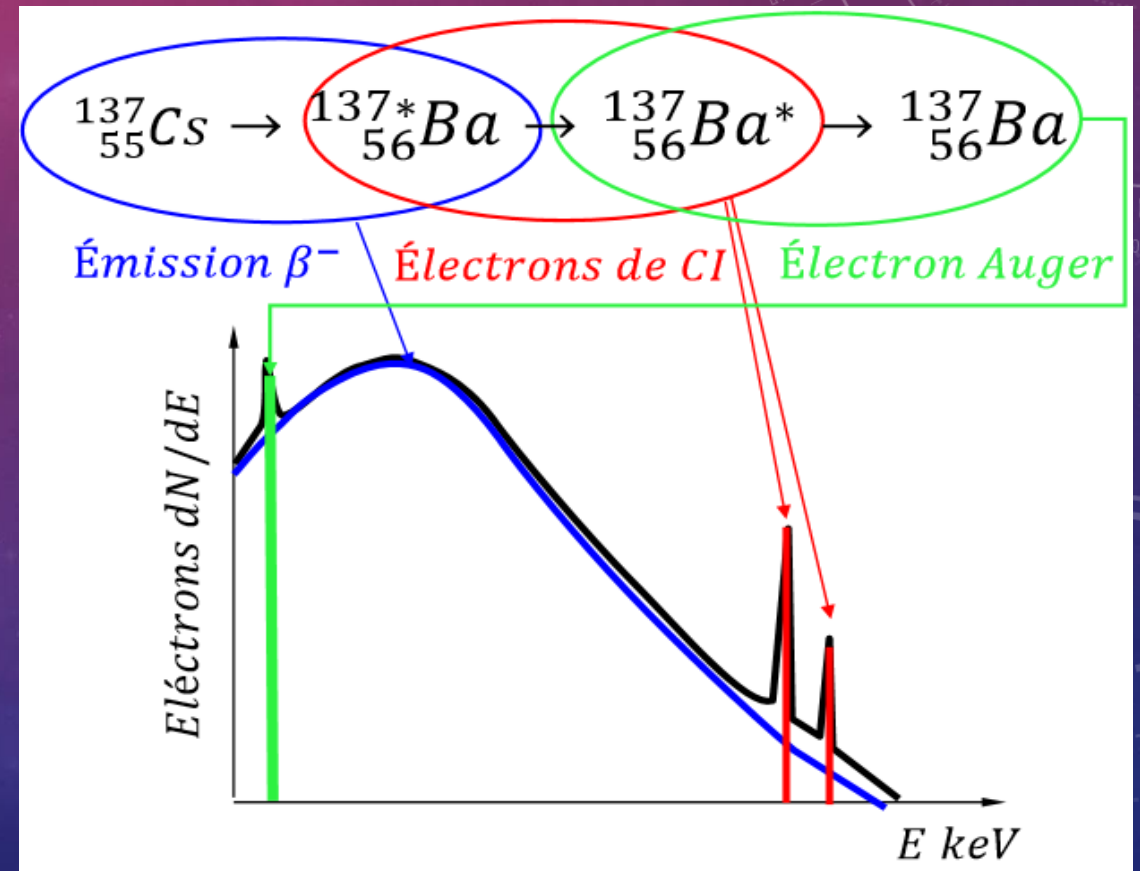
**V. APPLICATION : SPECTRE ELECTRONIQUE REEL COMPLET**

VI. NOTION DE SCHEMA DE DESINTEGRATION

VII. NOTION DE FAMILLE RADIOACTIVE

# V. APPLICATION : SPECTRE ELEC. RÉEL COMPLET

Souvent en réalité, **plusieurs réactions radioactives s'enchaînent** pour que l'élément père retrouve sa **stabilité maximale**, avec passage par des **intermédiaires**. Le **spectre énergétique global** qui en résulte est une **superposition** des spectres de chaque réaction



# PLAN

- I. GENERALITES
- II. RADIOACTIVITE  $\alpha$  OU PAR PARTITION
- III. TRANSFORMATIONS ISOBARIQUES
- IV. TRANSFORMATIONS ISOMERIQUES
- V. APPLICATION : SPECTRE ELECTRONIQUE REEL COMPLET
- VI. NOTION DE SCHEMA DE DESINTEGRATION
- VII. NOTION DE FAMILLE RADIOACTIVE

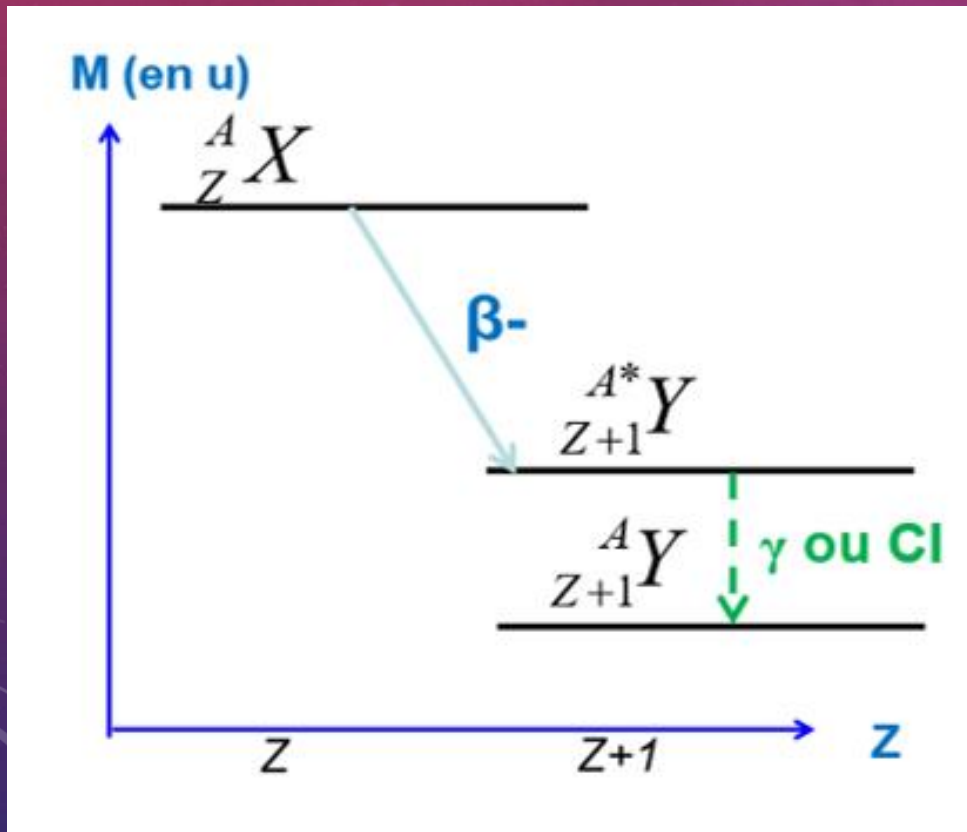


# PLAN

- I. GENERALITES
- II. RADIOACTIVITE  $\alpha$  OU PAR PARTITION
- III. TRANSFORMATIONS ISOBARIQUES
- IV. TRANSFORMATIONS ISOMERIQUES
- V. APPLICATION : SPECTRE ELECTRONIQUE REEL COMPLET
- VI. **NOTION DE SCHEMA DE DESINTEGRATION**
- VII. NOTION DE FAMILLE RADIOACTIVE

# VI. NOTION DE SCHEMA DE DESINTEGRATION

Le schéma/diagramme de désintégration est une **représentation graphique regroupant les principales caractéristiques d'une transformation radioactive.**



Ordonnée = **masse** des éléments (u)

Abscisse = numéro atomique **Z** des éléments

Segments horizontaux = **niveaux d'énergie**

Flèches = **réactions** radioactives qui surviennent

# PLAN

- I. GENERALITES
- II. RADIOACTIVITE  $\alpha$  OU PAR PARTITION
- III. TRANSFORMATIONS ISOBARIQUES
- IV. TRANSFORMATIONS ISOMERIQUES
- V. APPLICATION : SPECTRE ELECTRONIQUE REEL COMPLET
- VI. NOTION DE SCHEMA DE DESINTEGRATION
- VII. NOTION DE FAMILLE RADIOACTIVE



# PLAN

I. GENERALITES

II. RADIOACTIVITE  $\alpha$  OU PAR PARTITION

III. TRANSFORMATIONS ISOBARIQUES

IV. TRANSFORMATIONS ISOMERIQUES

V. APPLICATION : SPECTRE ELECTRONIQUE REEL COMPLET

VI. NOTION DE SCHEMA DE DESINTEGRATION

VII. **NOTION DE FAMILLE RADIOACTIVE**

# VII. NOTION DE FAMILLE RADIOACTIVE

- /!\ pour les éléments radioactifs naturels (noyaux lourds) seulement!
- = suite de nucléides descendant d'un même noyau père, avec une succession de désintégrations  $\alpha$  et  $\beta^- \pm \gamma$  seulement, jusqu'à atteindre un noyau stable (souvent le plomb).
- 3 familles définies par 3 noyaux pères :  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ .
- Puisque les désintégrations sont les émissions  $\alpha$  et  $\beta^- \pm \gamma$  uniquement, au sein d'une même famille :
  - **A baisse de 4 en 4** (cas émission  $\alpha$ ) ou **ne change pas** (cas émission  $\beta^-$ )
  - **Z varie de 2** (cas émission  $\alpha$ ) ou **de 1** (cas émission  $\beta^-$ )
- Pour retrouver les éléments d'une même famille on se base sur A : ils ont donc  **$A \pm 4$**

# VII. NOTION DE FAMILLE RADIOACTIVE

Exemples :

Descendance de l' $^{238}\text{U}$  :

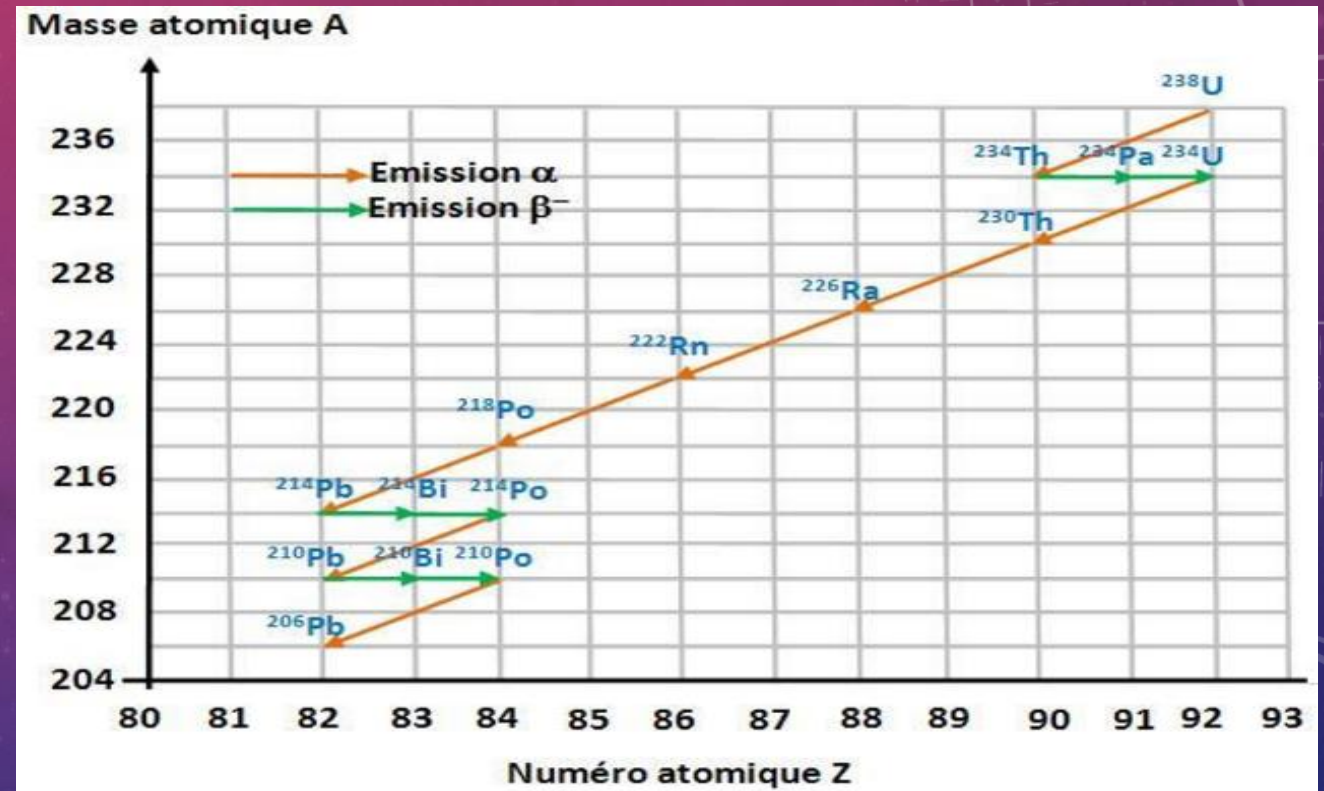
On a 8 émissions  $\alpha$  et 6 émissions  $\beta^-$  pour donner le fils stable  $^{206}\text{Pb}$ .

On a bien A qui varie de 4 en 4.

Fils  $^{223}\text{Ra}$  :

Pour trouver à quelle famille il appartient, on remonte de 4 en 4 à partir de 223 :

$223 \rightarrow 227 \rightarrow 231 \rightarrow 235$ . Donc il descend du père  $^{235}\text{U}$ .





# QCM TIME

Le Fluor  $^{18}_9F$  se transforme en  $^{18}_8O$  pour 98% par émission  $\beta^+$  et pour 2% par CE.

On donne :  $M(^{18}_9F) = 18,0009u$  ;  $M(^{18}_8O) = 17,9991u$  ;  $m_e = 0,00055u$  ;  
 $E_K(^{18}_8O) = 0,532 \text{ keV}$  ;  $E_L(^{18}_8O) = 0,028 \text{ keV}$ .

- A) La CE est moins probable car la différence des masses atomiques est inférieure à 1,022 MeV
- B) L'énergie maximum du  $\beta^+$  est de 1,65 MeV
- C) L'énergie des photons issus de l'annihilation du  $\beta^+$  est de 624 keV
- D) L'énergie du photon issu du réarrangement électronique après une CE d'un électron de la couche K est de 504 eV
- E) Toutes les réponses sont fausses.

# QCM TIME

Le Fluor  $^{18}_9F$  se transforme en  $^{18}_8O$  pour 98% par émission  $\beta^+$  et pour 2% par CE.

On donne :  $M(^{18}_9F) = 18,0009u$  ;  $M(^{18}_8O) = 17,9991u$  ;  $m_e = 0,00055u$  ;  
 $E_K(^{18}_8O) = 0,532 \text{ keV}$  ;  $E_L(^{18}_8O) = 0,028 \text{ keV}$ .

- A) La CE est moins probable car la différence des masses atomiques est inférieure à 1,022 MeV
- B) L'énergie maximum du  $\beta^+$  est de 1,65 MeV
- C) L'énergie des photons issus de l'annihilation du  $\beta^+$  est de 624 keV
- D) L'énergie du photon issu du réarrangement électronique après une CE d'un électron de la couche K est de 504 eV
- E) Toutes les réponses sont fausses.

# QCM TIME

A quelle famille le Radium-225 (radioélément naturel) appartient-il?

- A) A la famille de l'Uranium-235
- B) A la famille de l'Uranium-238
- C) A la famille du Neptunium-237
- D) A la famille du Thorium-232
- E) Les réponses A, B, C et D sont fausses



# QCM TIME

A quelle famille le Radium-225 (radioélément naturel) appartient-il?

- A) A la famille de l'Uranium-235
- B) A la famille de l'Uranium-238
- C) A la famille du Neptunium-237
- D) A la famille du Thorium-232
- E) Les réponses A, B, C et D sont fausses

# QCM TIME

Soit les transformations suivantes de l'Iode-123 :

${}^{123}_{53}\text{I} + {}^0_{-1}\text{e} \rightarrow {}^{123*}_{52}\text{Te} + \nu \rightarrow {}^{123}_{52}\text{Te} + \gamma$ . Le gamma émis a une énergie de 159 keV.

Le spectre électromagnétique de ces réactions présente :

- A) Une composante continue
- B) Une raie à 159keV
- C) Une raie correspondant à un photon de fluorescence lié au réarrangement de l'atome  ${}^{123}_{53}\text{I}$
- D) Une raie correspondant à un photon de fluorescence lié au réarrangement de l'atome  ${}^{123}_{52}\text{Te}$
- E) Les propositions A, B, C et D sont fausses

# QCM TIME

Soit les transformations suivantes de l'Iode-123 :

${}^{123}_{53}\text{I} + {}^0_{-1}\text{e} \rightarrow {}^{123*}_{52}\text{Te} + \nu \rightarrow {}^{123}_{52}\text{Te} + \gamma$ . Le gamma émis a une énergie de 159 keV.

Le spectre électromagnétique de ces réactions présente :

A) Une composante continue

B) Une raie à 159keV

C) Une raie correspondant à un photon de fluorescence lié au réarrangement de l'atome  ${}^{123}_{53}\text{I}$

D) Une raie correspondant à un photon de fluorescence lié au réarrangement de l'atome  ${}^{123}_{52}\text{Te}$

E) Les propositions A, B, C et D sont fausses



Merci à tous  
On vous souhaite plein de courage  
On est avec vous! 😊