



Les transformations radioactives

(donné par le Pr. Humbert et le Pr. Darcourt)

Mérylstrips et gomar sur le forum

La Team M&M's





Plan

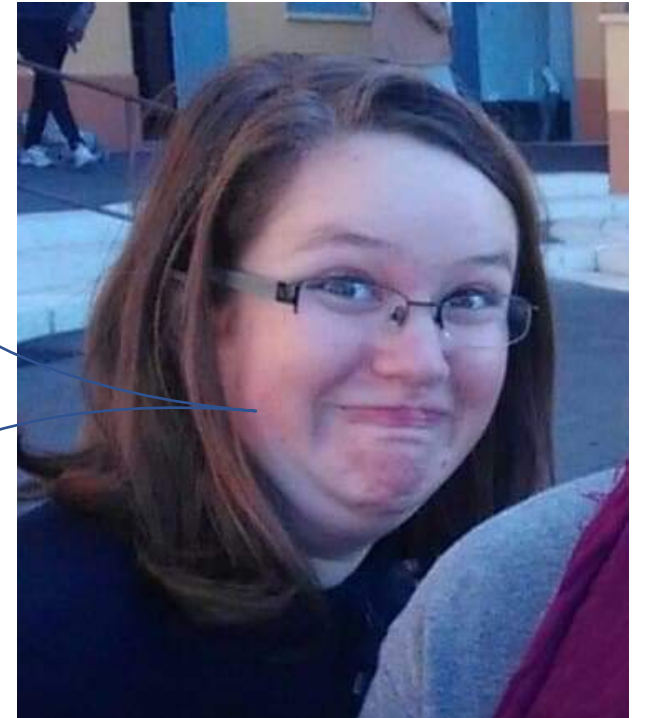
I- introduction

II- radioactivité α

III- transformations isobariques

IV- les transformations isomériques

Hihi le meilleur
cours selon moi



I- introduction

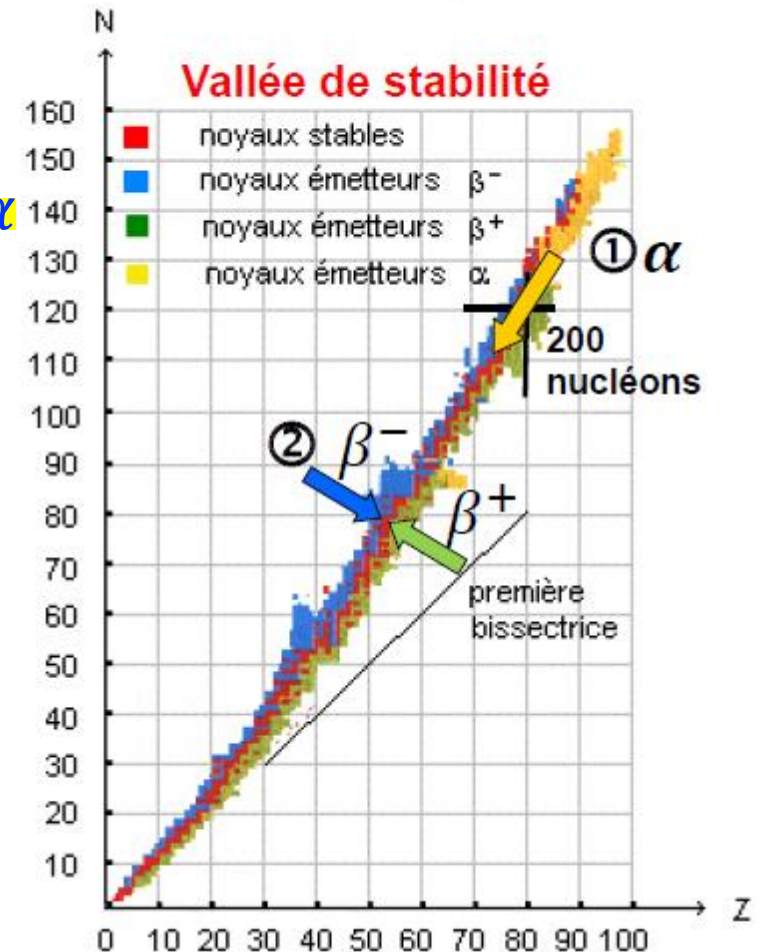
Définition: Une transformation radioactive= mutation ou désintégration spontanée d'un NOYAU.

- Augmentation de l'énergie de liaison des nucléons
- perte de masse, ce qui rend le noyau plus stable



Classification: la table des nuclides

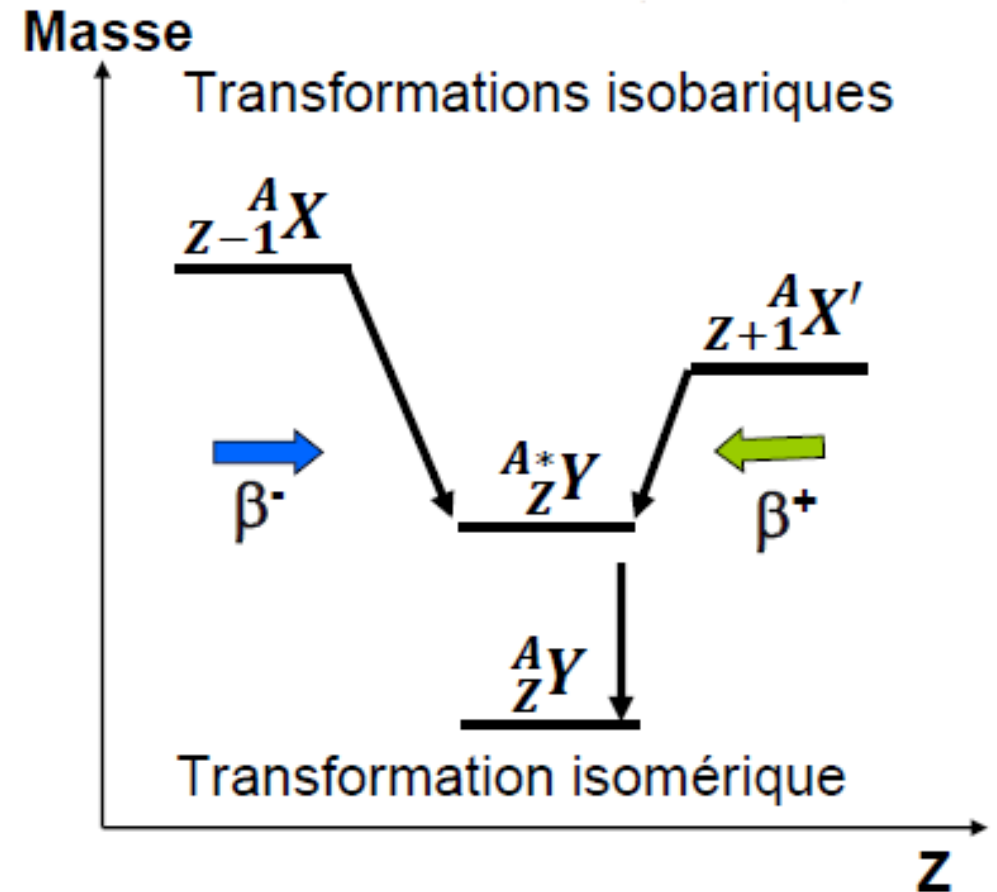
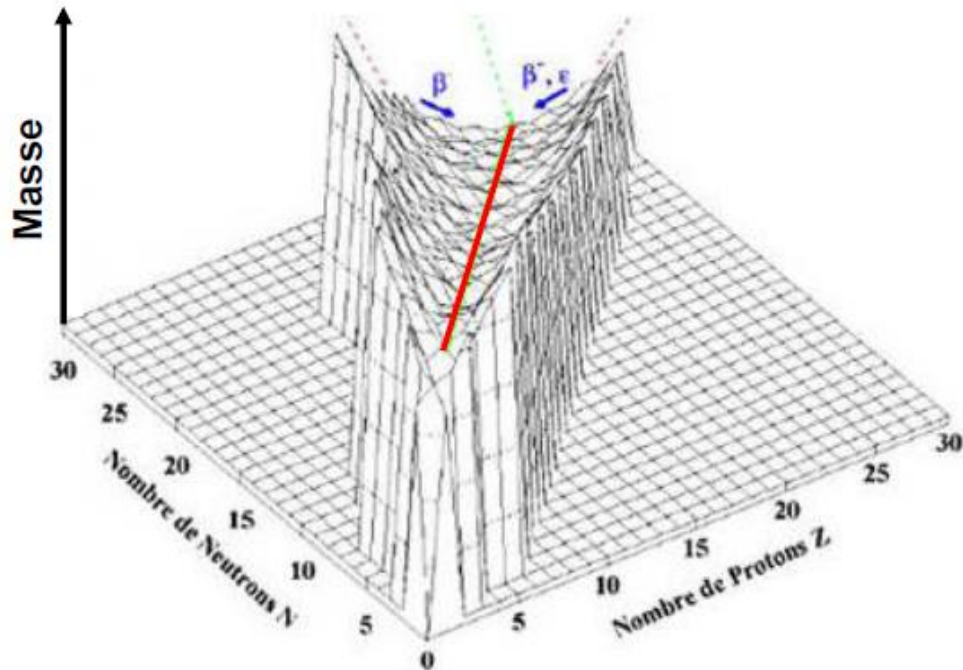
- Au-delà de 200 nucléons= noyaux lourds → radioactivité α
- De part et d'autre de la vallée de la stabilité:
 - à gauche (bleu)= excès de neutrons → émission β^-
 - à droite (vert)= excès de protons → émission β^+



Evolution vers une masse inférieure

En rajoutant une 3^e dimension: la masse → vallée

Radioactivité → évolution vers une masse inférieure =
augmentation de la stabilité (++++)



Lois de conservation (++)

- 1) Le nombre de nucléons (A) et du nombre de charge
- 2) L'énergie totale du système
- 3) La quantité de mouvement ($p = mv$)

 La masse totale ne se conserve pas!!

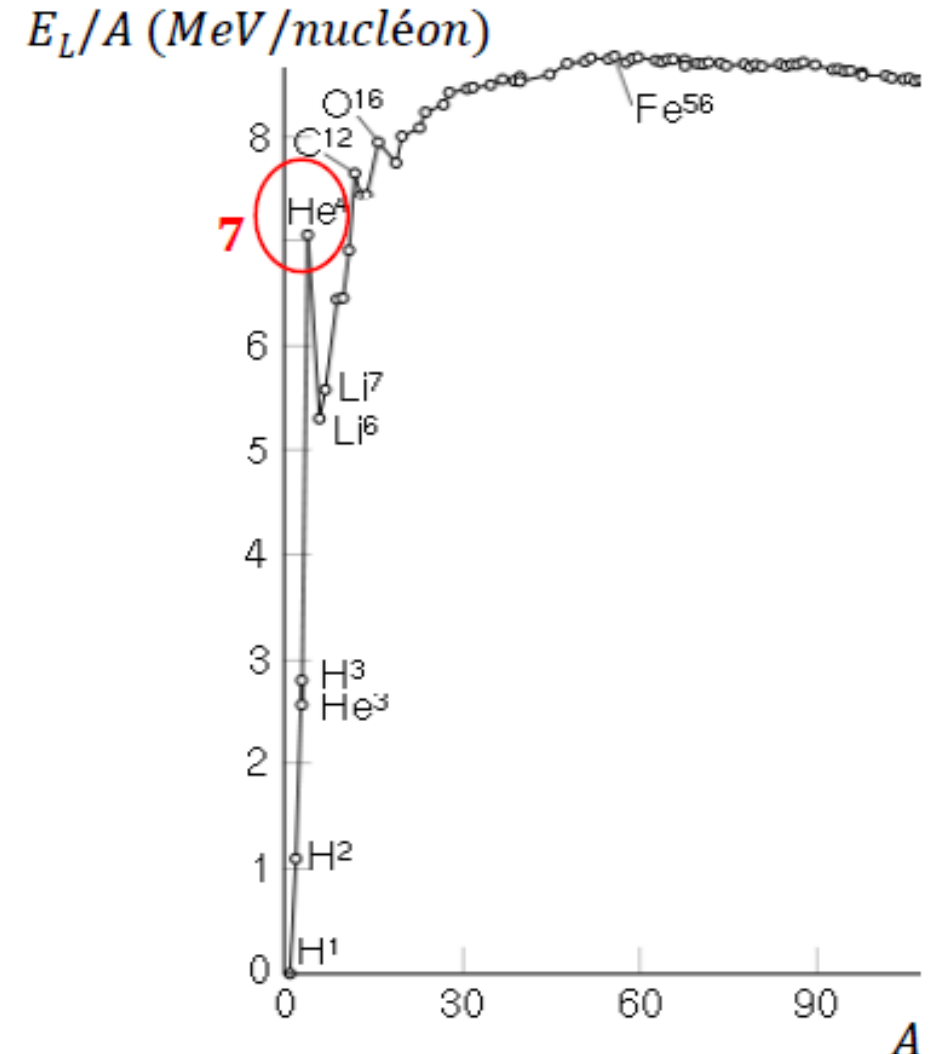
II- la radioactivité α

Concerne les noyaux lourds ($A > 200$)

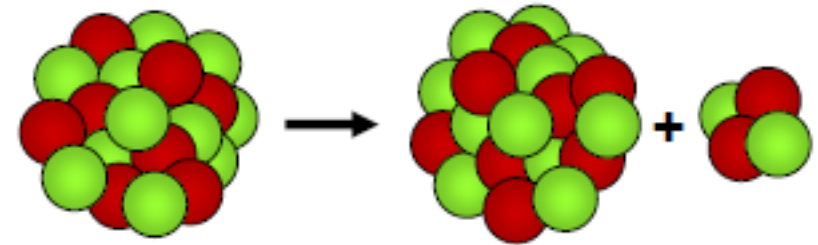
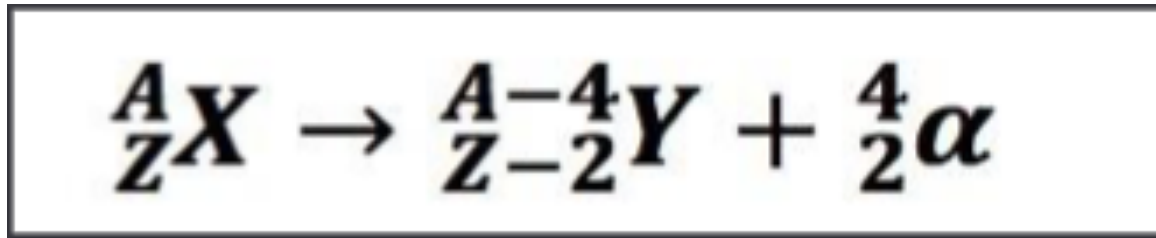
$$\alpha = {}^4_2\text{He} = \text{He}^{++} = \alpha = \alpha^{++}$$

Très grande stabilité

Les émissions alpha se font souvent en cascade



1) Réaction de désintégration



Bilan énergétique/ masse-énergie:

Défaut de masse=

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

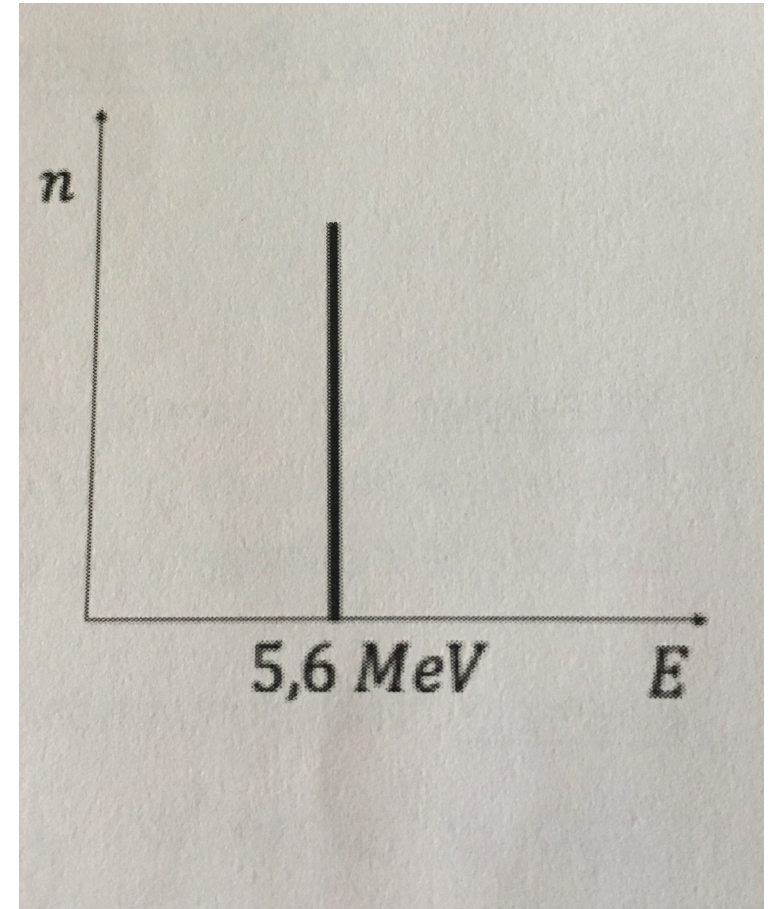
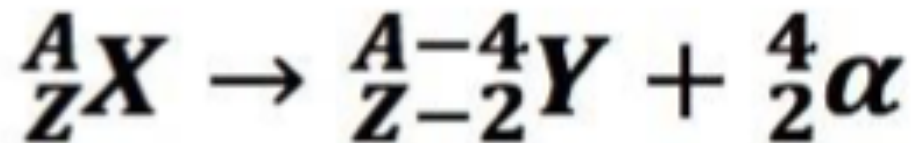
L'énergie disponible est calculée à partir du défaut de masse:

$$E_d [MeV] = \Delta M [u] \times 931,5$$

2) Spectre énergétique

Spectre de raie:

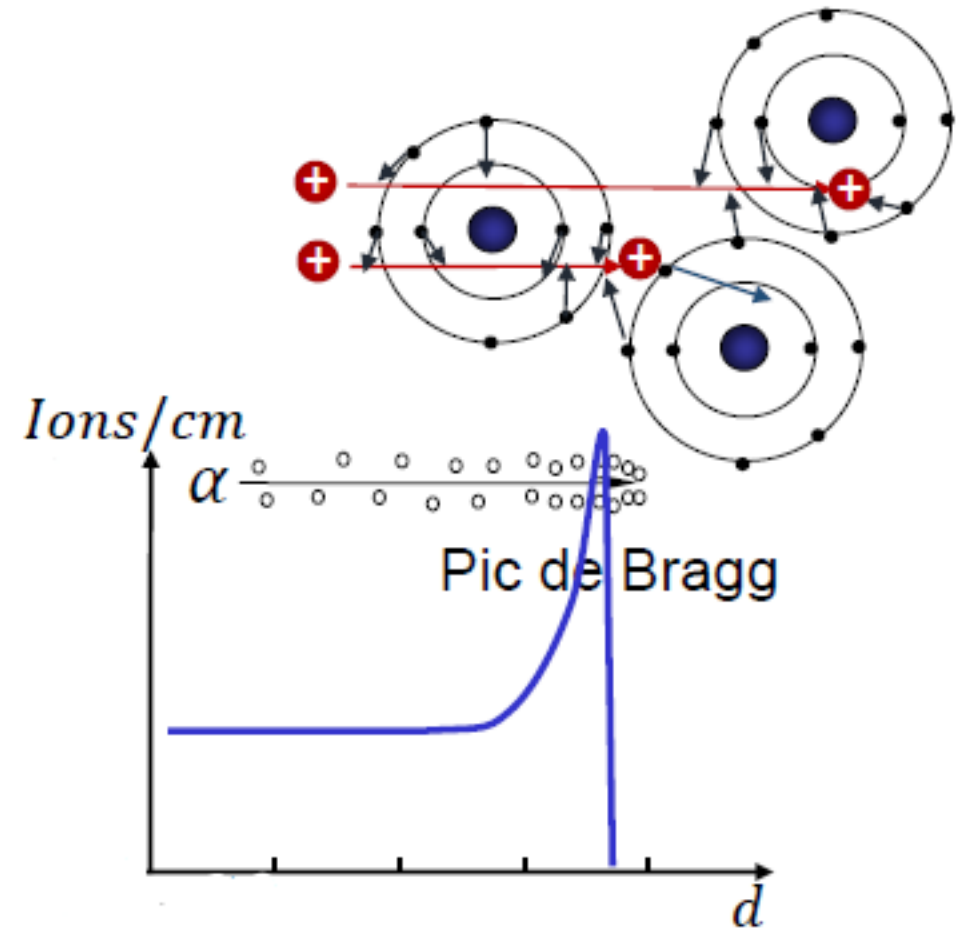
La raie= l'énergie disponible de la réaction=l'énergie de la particule alpha



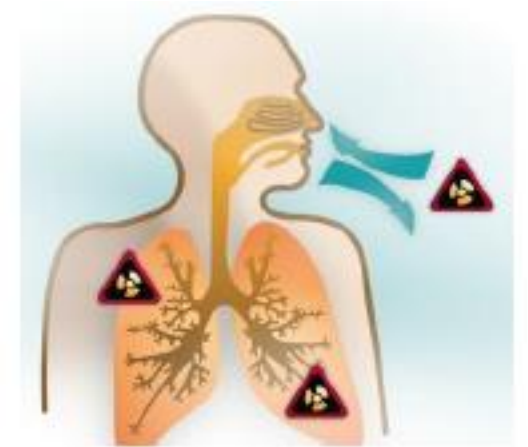
3) Parcours dans la matière

Le pic de Bragg

On peut arrêter les particules alpha avec une feuille de papier



4) Applications biomédicales

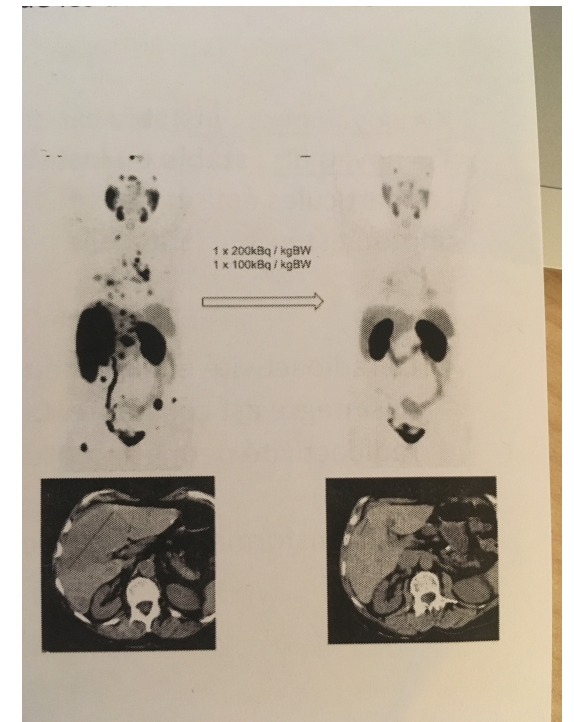


Radioprotection: → source externe= aucun danger

→ source interne= effets biologiques importants

Radiothérapie: ionisation dense+ trajet court

→ utilisation de l'Actinium-225 dans le cancer de la prostate



III-transformations isobariques

Point important: Le nombre de nucléon reste le même!

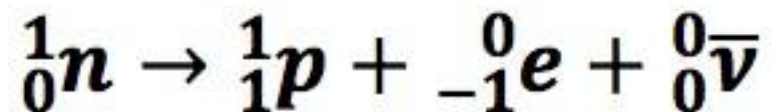
A) Transformation β^-

excès de neutrons

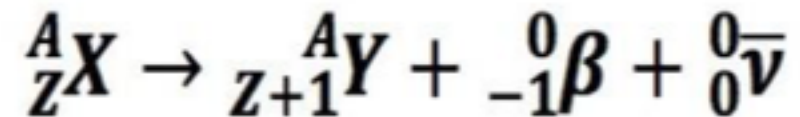
Neutron \rightarrow Proton

1) Réaction de désintégration(++):

DANS le noyau:



Au niveau du nucléide:



- La particule β^- est un électron **d'origine NUCLEAIRE**

2) Bilan énergétique

On travaille avec la masse des atomes :

On ne comptabilise pas la masse de l'antineutrino qui est négligeable

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

Masse de l'atome père

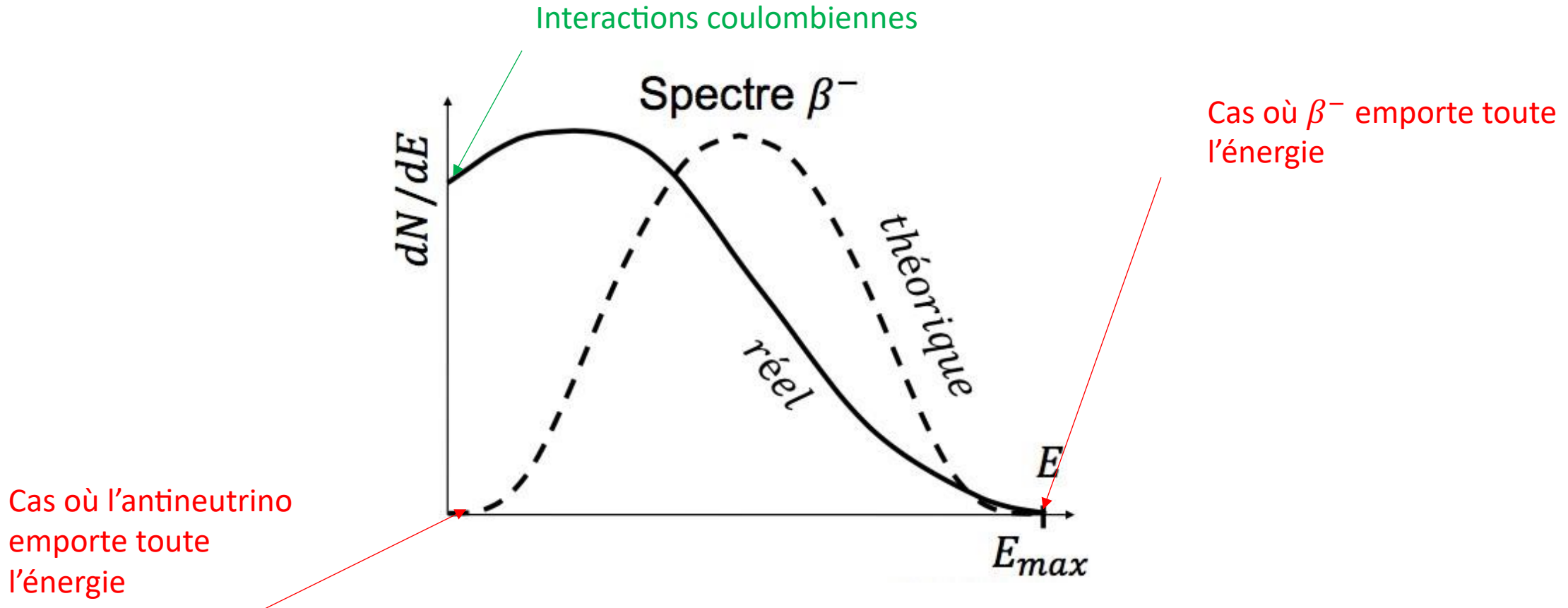
Masse de l'atome fils

$$E_d [MeV] = \Delta M [u] \times 931,5$$

$$E_d [J] = \Delta M [kg] \times c^2$$

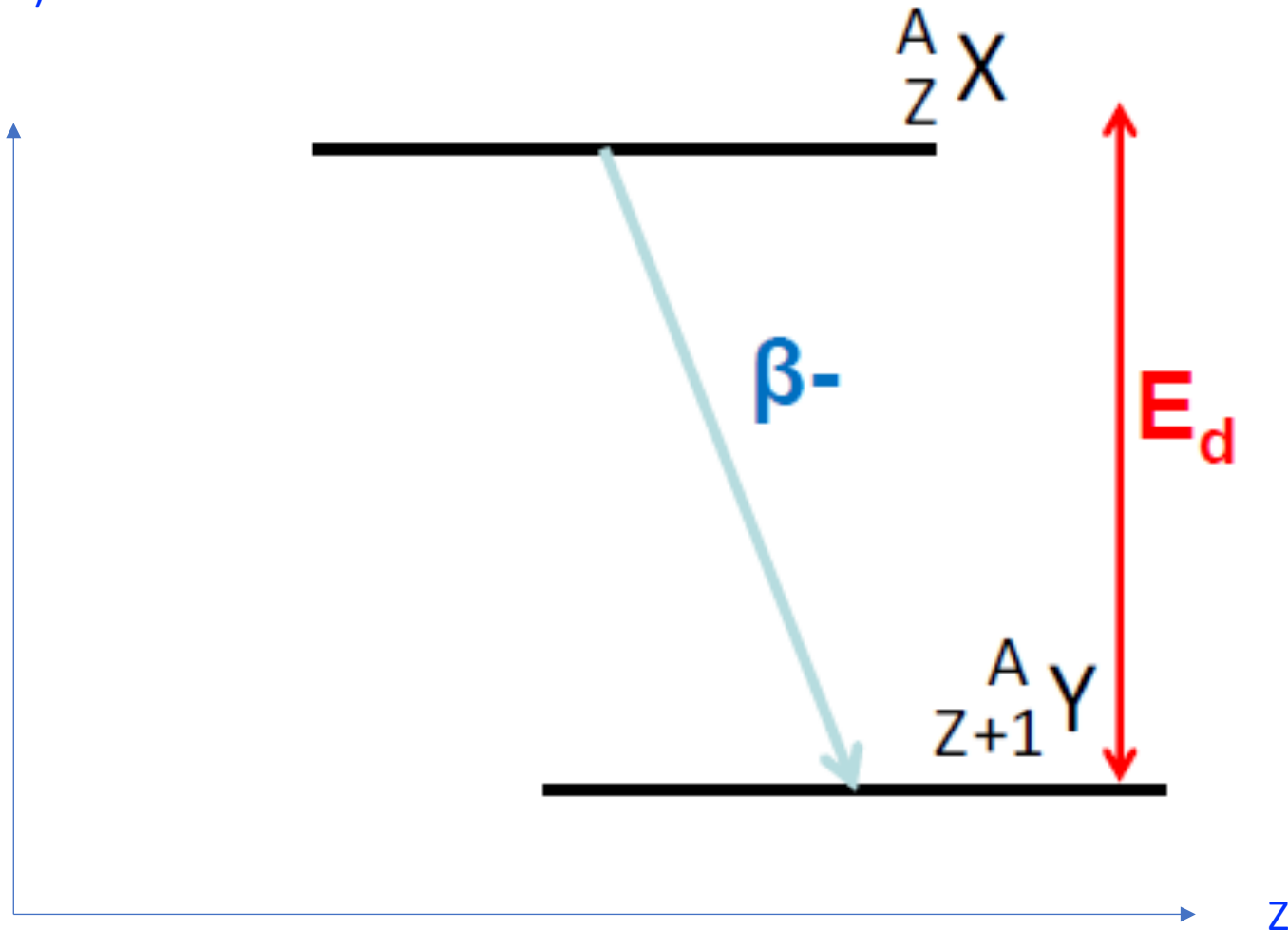
3) Spectre énergétique

Le spectre est continu car seul β^- est détectable



4) Schéma de désintégration

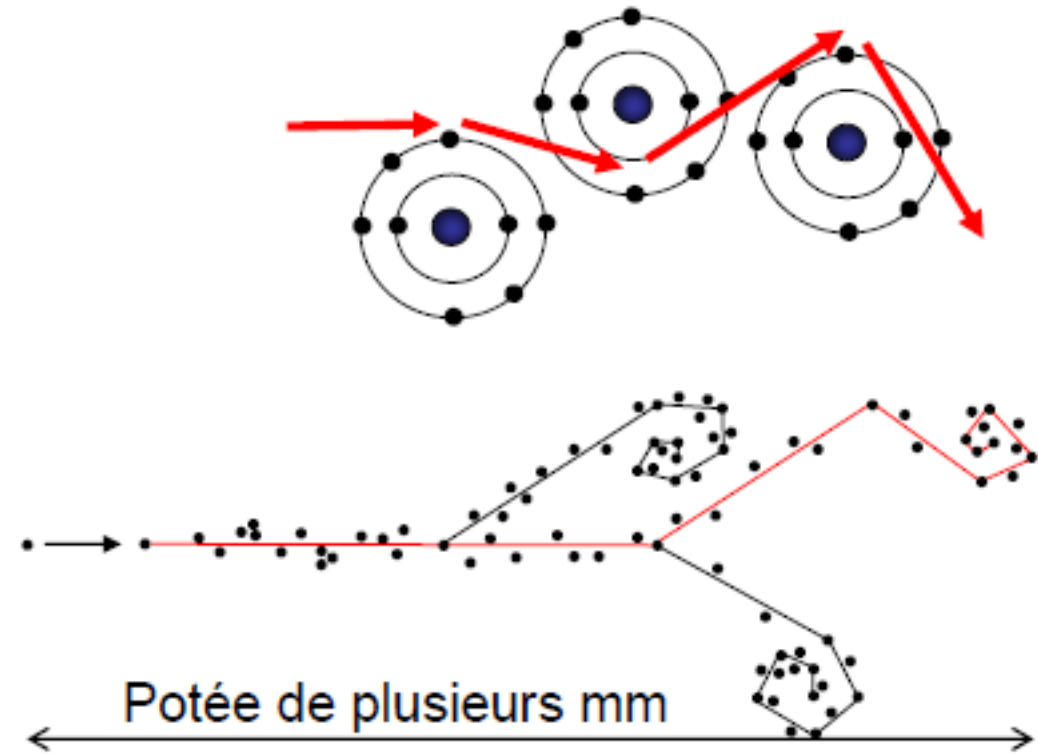
M (en u)



5) Parcours dans la matière

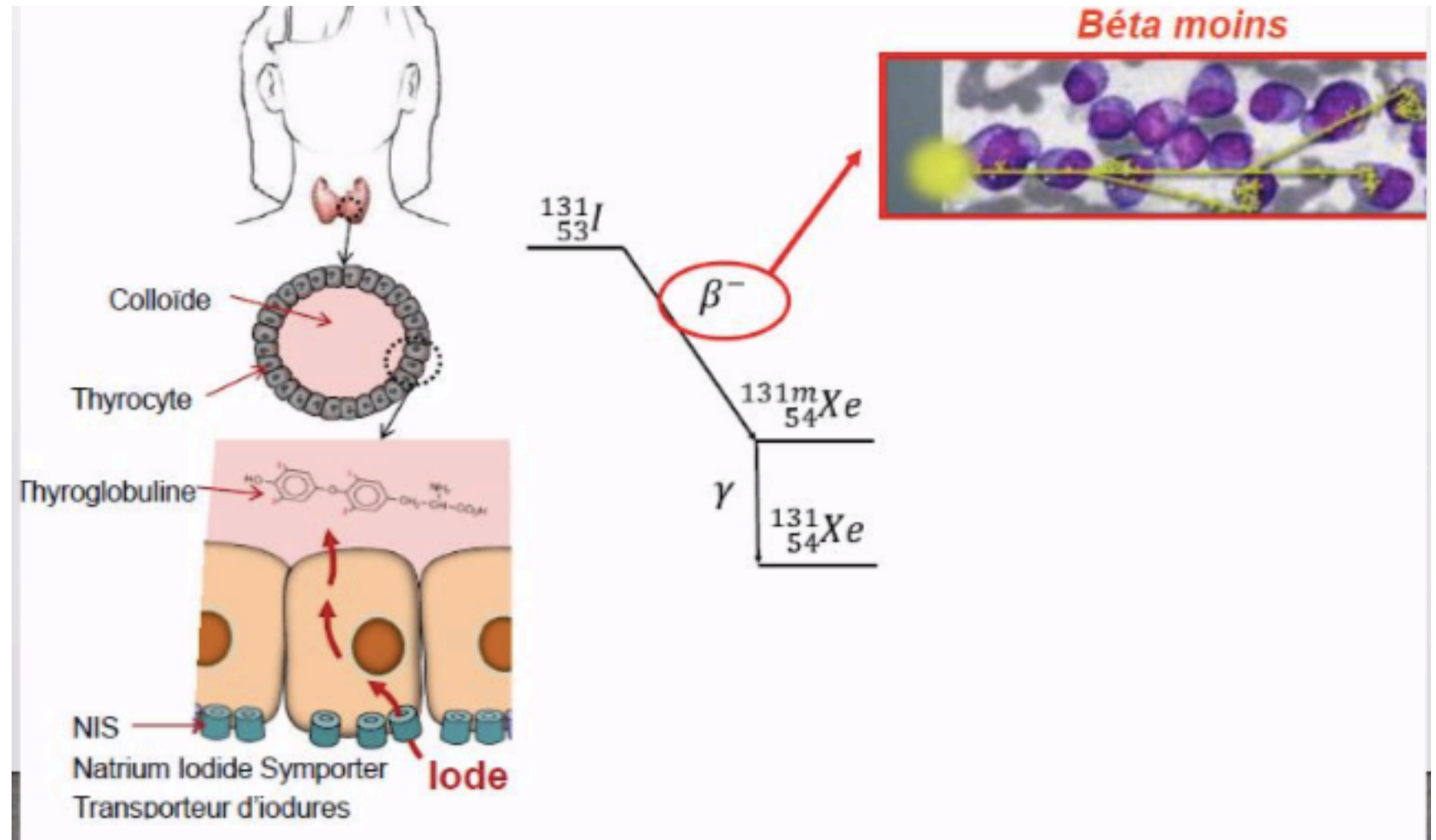
- β^- est une particule chargée \rightarrow interactions nombreuses avec les électrons
- Parcours court et irrégulier
- Transfert d'énergie très rapide

On peut les arrêter avec une feuille de métal



5) application biomédicale

Iode-131 utilisée dans les cancer de la **thyroïde**, en radiothérapie **métabolique/vectorisée**



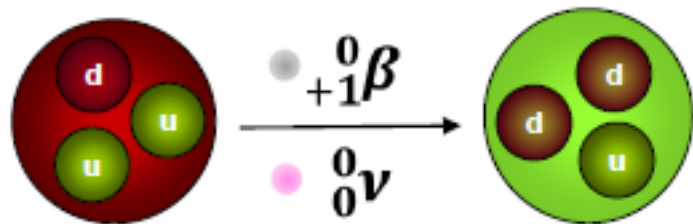
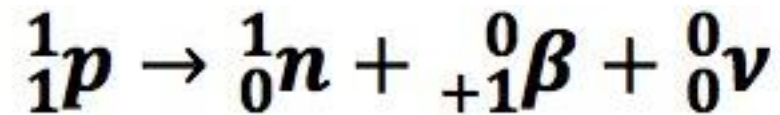
B) Transformation β^+

excès de protons

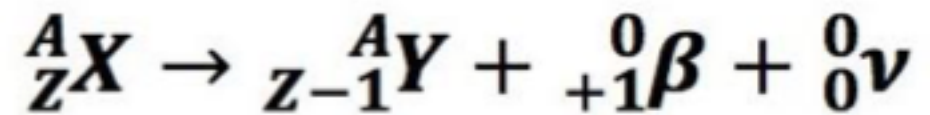
Proton \rightarrow neutron

1) Réaction de désintégration:

DANS le noyau:



Au niveau du nucléide:



- Le positon β^+ est un électron positif qui naît de la transformation radioactive

2) Bilan énergétique

Défaut de masse avec la masse des atomes: $\Delta M = \mathcal{M}(A, Z) - \mathcal{M}(A, Z - 1) - 2m_e$

Calcul de l'énergie disponible: L'énergie n'est plus directement proportionnelle au défaut de masse, il faut que $E_d > 0$ donc $E_d > 1,022 \text{ MeV}$



SEUIL ENERGETIQUE: 1022 keV



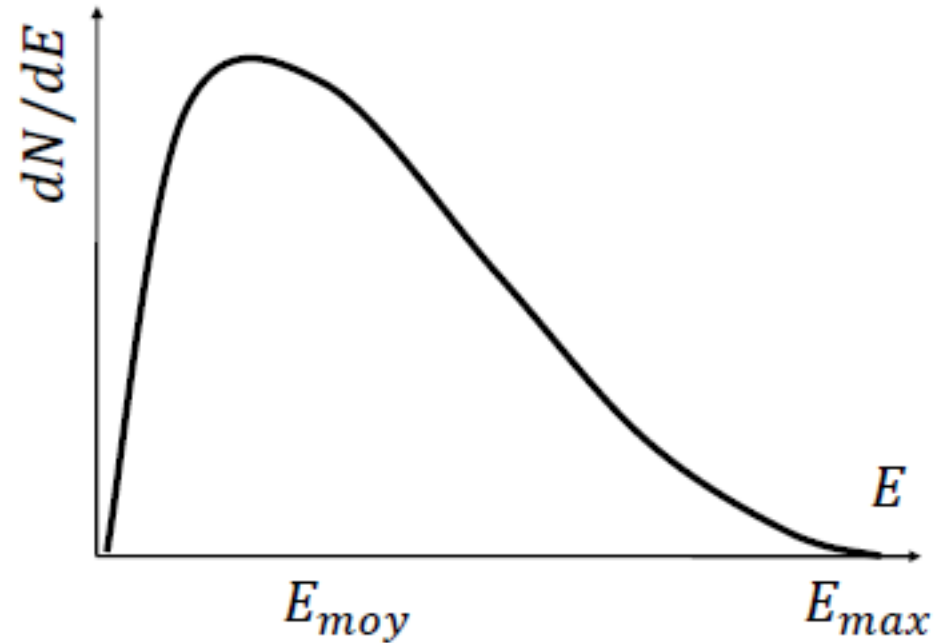
$$2m_e = 2 \times 0,00055 = 0,0011u$$

3) Spectre énergétique

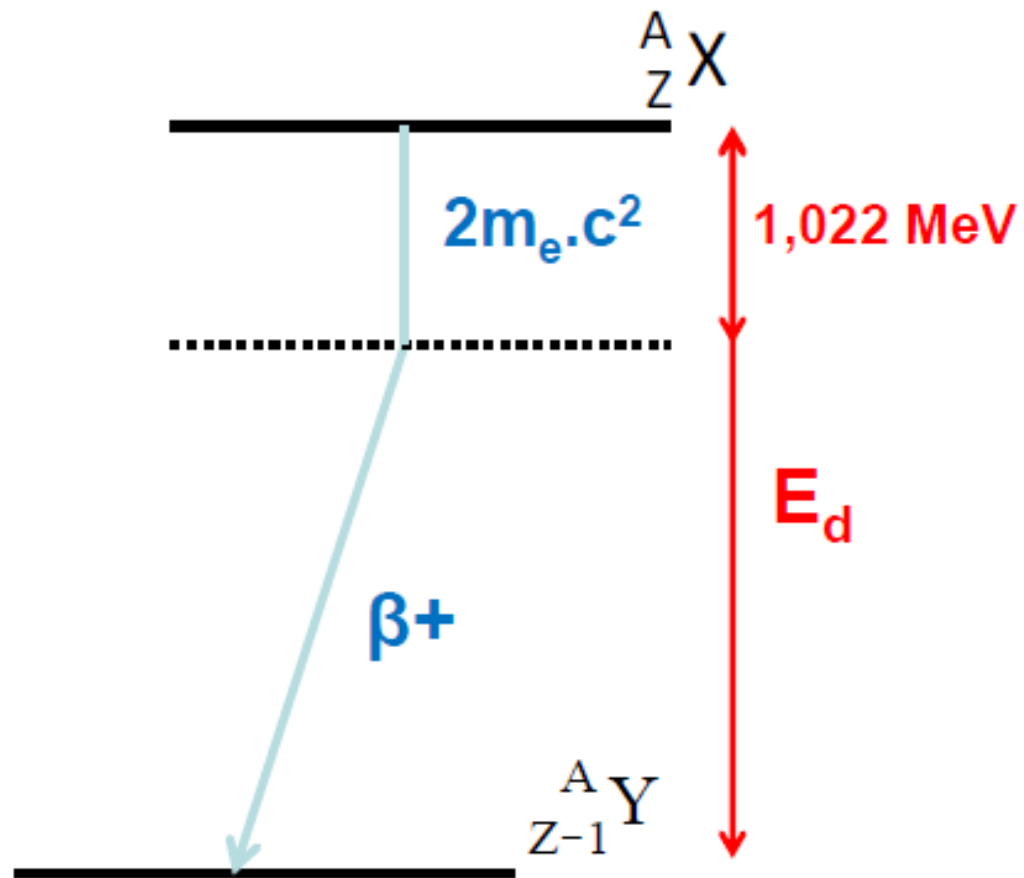
Seul β^+ est détectable

$$E_{max} = E_d$$

ATTENTION le spectre n'est pas décalé vers la gauche cette fois-ci



4) schéma de la désintégration



5) Parcours dans la matière

- nombreuses interactions coulombiennes, nombreuses ionisations
- Parcours court et sinueux
- A l'arrêt réaction d'annihilation \rightarrow positon+ électron négatif \rightarrow 2 photons γ d'énergie 511keV émis à 180°

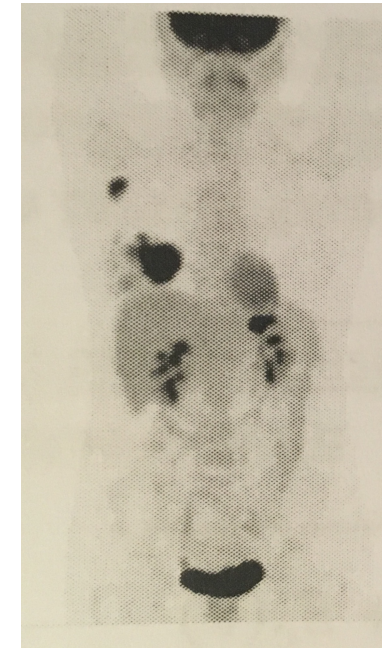
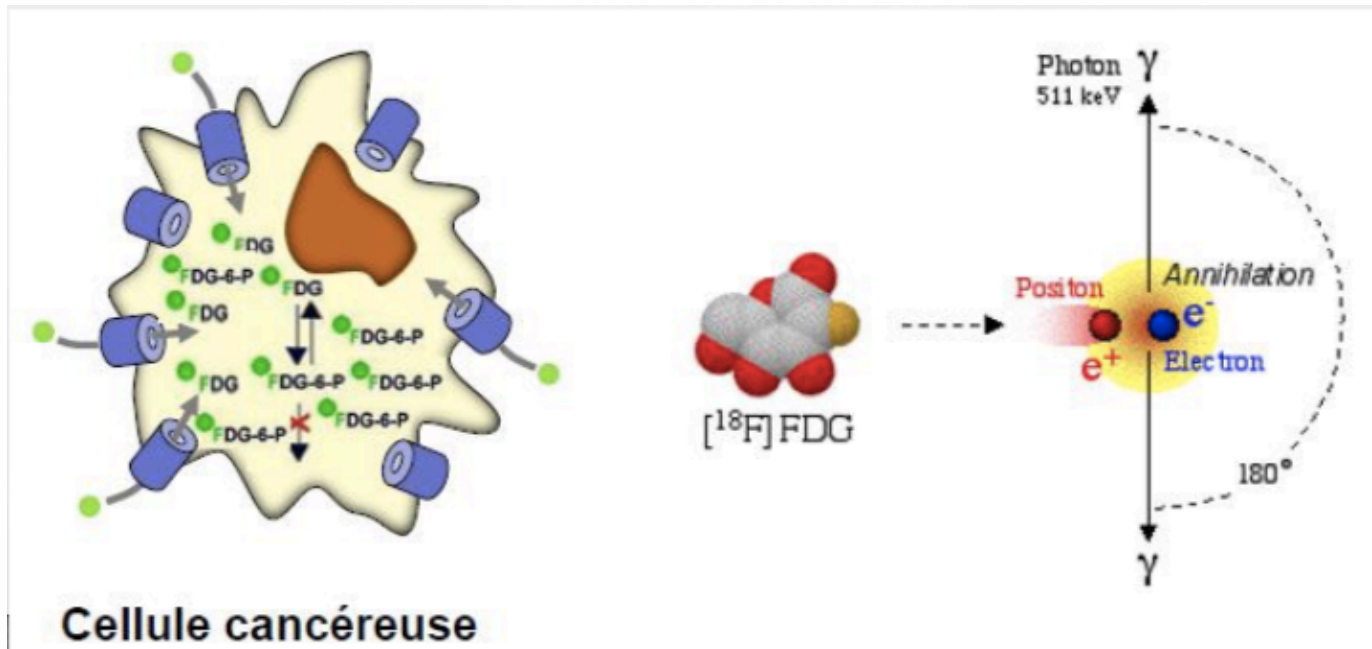
Le neutrino: - très pénétrant
- interagit peu

Les photons gamma:

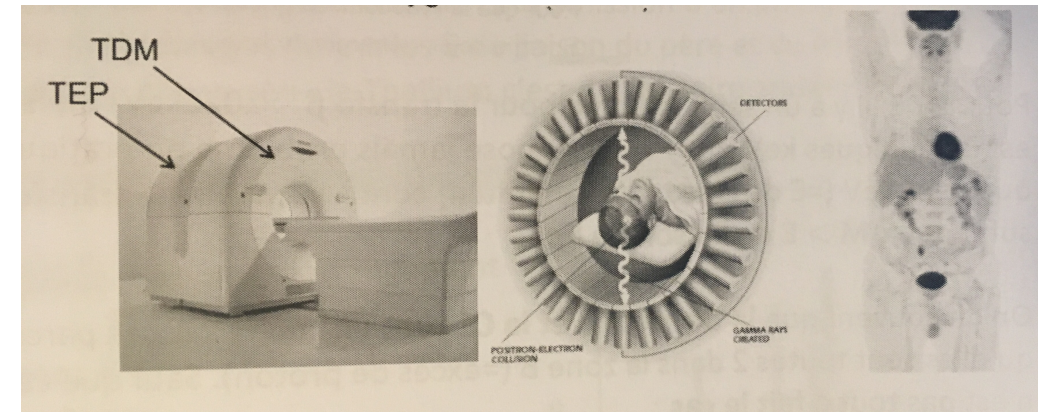
- sont d'origine non directement nucléaire
- Très pénétrants
- Il est plus difficile de se protéger des photons que des électrons

6) Application biomédicale

Fluoro-déoxy-glucose FDG → glycolyse → TEP



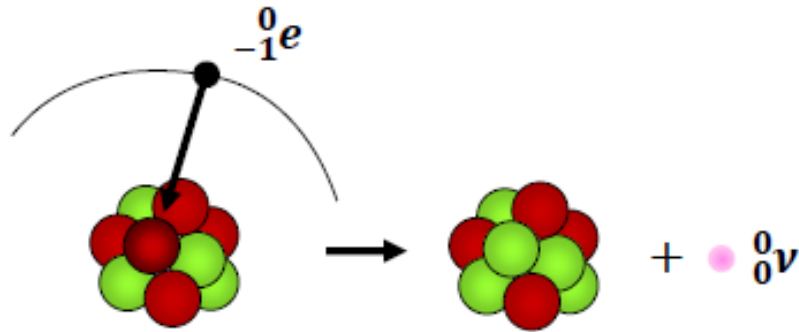
adénopathie



C) La capture électronique CE

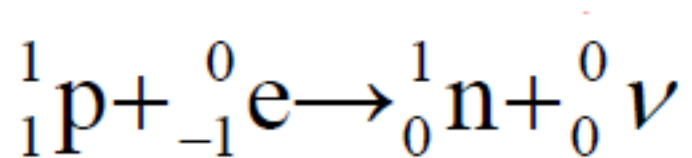
excès de protons.

capture d'un électron d'une couche profonde qui va se combiner avec un proton du noyau pour donner un neutron avec émission d'un neutrino.

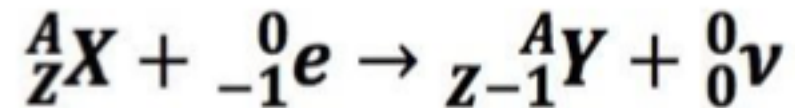


1) Réaction de désintégration:

DANS le noyau:



Au niveau du nucléide:



2) Bilan énergétique

Défaut de masse avec les masses atomiques: $\Delta M = \mathcal{M}(A, Z) - \mathcal{M}(A, Z - 1)$

Énergie disponible: $E_d[MeV] = \Delta M[u] \times 931,5 - E_L$

⚠ Ne pas oublier de soustraire l'énergie de liaison qui a permis d'arracher l'électron!

Seuil énergétique de la CE = énergie de liaison de la couche k \approx keV → seuil très faible, quasiment toujours atteint

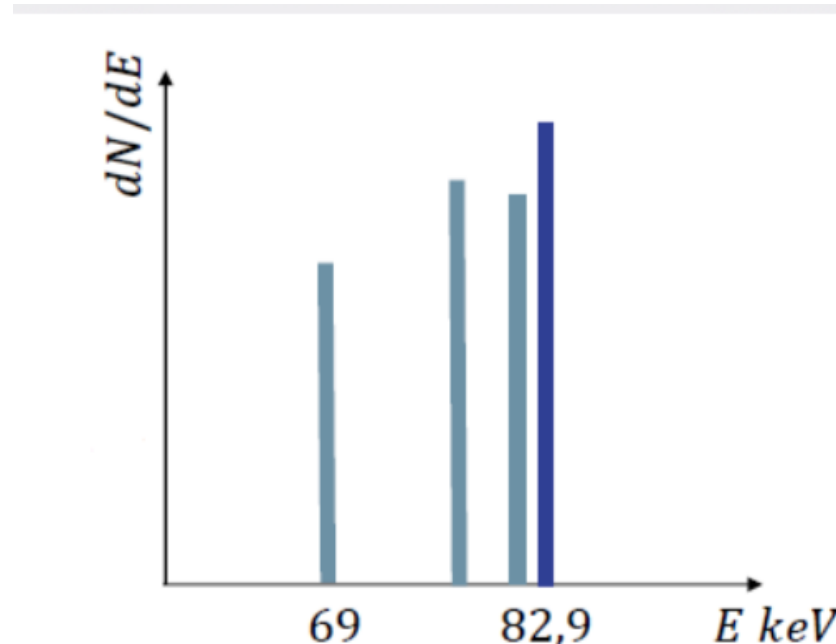
La CE et la transformation β^+ sont en concurrence

3) Spectre énergétique

AUCUN spectre nucléaire.

Il y a cependant un spectre électronique/ atomique

C'est un spectre de raie

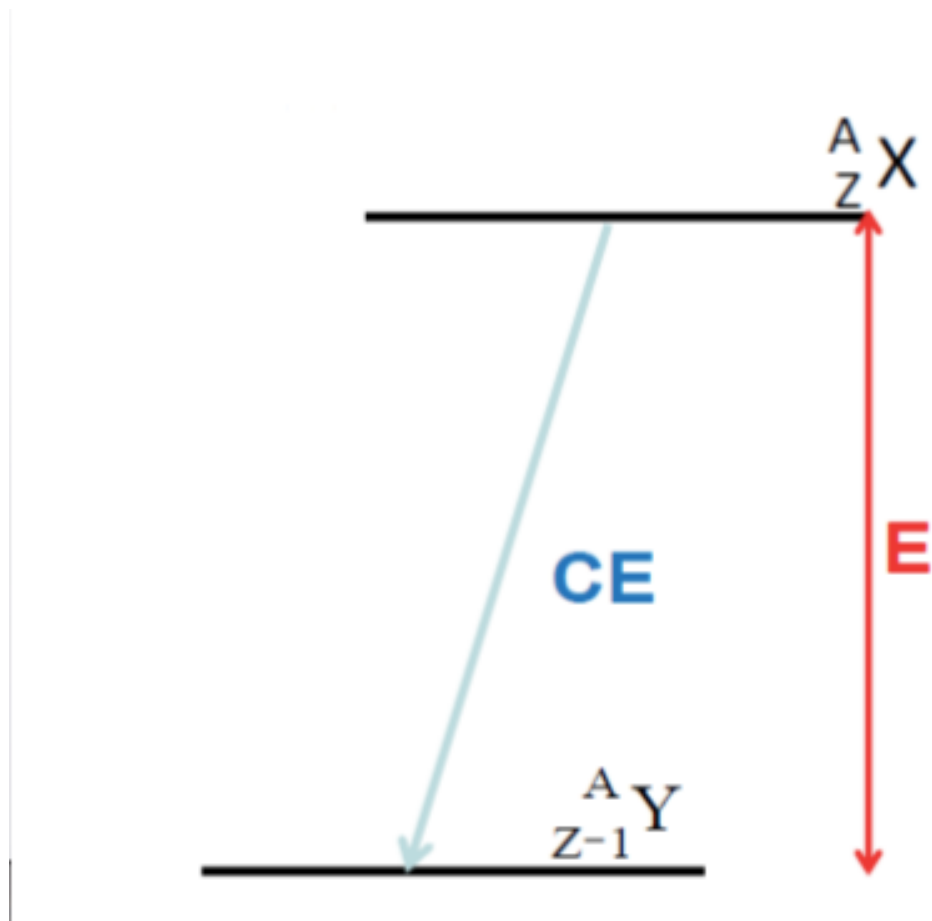


Spectre de raie électromagnétique → photon X

Spectre de raie électronique → Auger

La hauteur du pic dépend de la fréquence du réarrangement

4) Schéma de désintégration



5) Application médicale de la CE

Scintigraphie cardiaque au Thallium 201

Pathologie: l'athérome des coronaires



QCM

QCM1: le Radon ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ se désintègre en Polonium ${}^{218}_{84}\text{Po}$

Les masses atomiques : $M(222,86)= 222,0176\text{u}$; $M(218, 84)= 218,009\text{u}$; $M(4,2)= 4,0026\text{u}$

- A) Il s'agit d'une transformation isobarique
- B) Il s'agit d'une émission α
- C) La particule α a une énergie cinétique de 5,589 MeV
- D) L'énergie disponible est de 5589,0 keV
- E) Les items A,B,C,D sont faux

CORRECTION

QCM 1: Correction

- A) Il s'agit d'une transformation isobarique
- B) Il s'agit d'une émission α
- C) La particule α a une énergie cinétique de 5,589 MeV
- D) L'énergie disponible est de 5589,0 keV
- E) Les items A,B,C,D sont faux

ATTENTION aux unités !

QCM

QCM 2: Le cuivre-64 ${}_{29}^{64}\text{Cu}$ se transforme en Nickel-64 ${}_{28}^{64}\text{Ni}$

Les masses atomiques correspondantes sont : $M(64,28) = 28,9765 \text{ u}$; $M(64,29) = 28,9818$; $m_e = 0,00055 \text{ u}$

- A) Il s'agit d'une transformation Béta +
- B) Il s'agit d'une transformation Beta -
- C) L'énergie disponible est de 3,9123 MeV
- D) Il peut s'agir d'une capture électronique (CE)
- E) Les items A,B,C,D sont faux

Correction

QCM 2 : Correction

- A) Il s'agit d'une transformation Béta +
- B) Il s'agit d'une transformation Beta -
- C) L'énergie disponible est de 3,9123 MeV
- D) Il peut s'agir d'une capture électronique (CE)
- E) Les items A,B,C,D sont faux

IV- les transformations isomériques

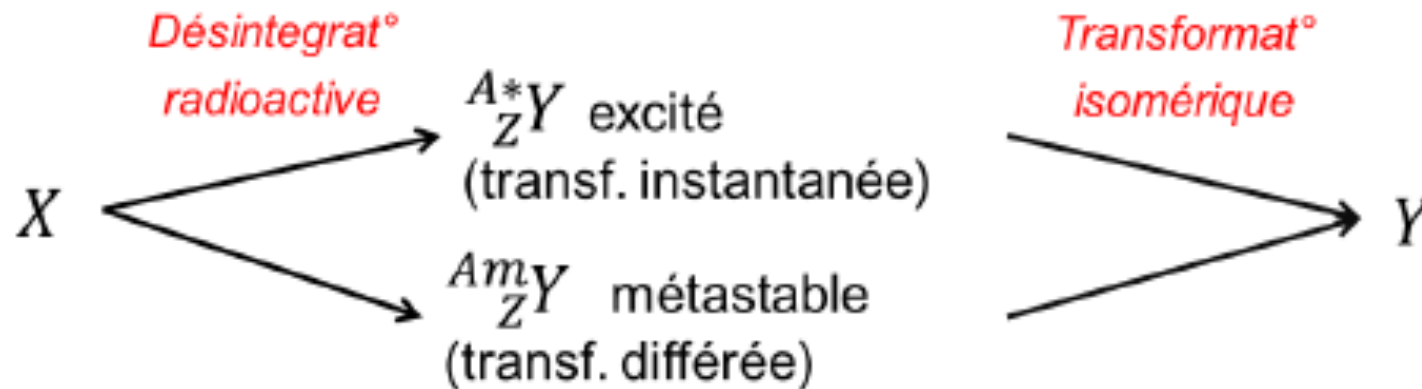
Petit point vocabulaire:

Isomère

Etat fondamental= noté ${}^A X$ stabilité maximale

Etat excité= noté ${}^{A*} X$ période radioactive très courte $\approx 10^{-12}$ s

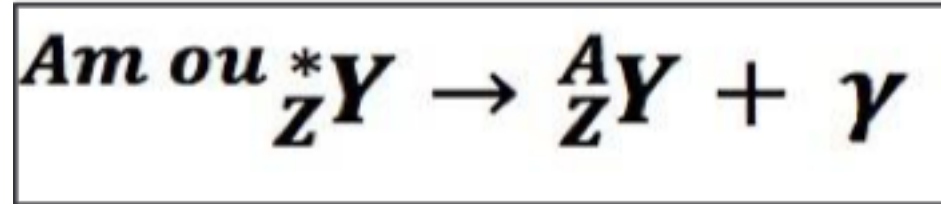
Etat métastable= ${}^{Am} X$, période radioactive plus lente



1) La radioactivité γ

On part d'un noyau père excité ou métastable

Réaction de désintégration

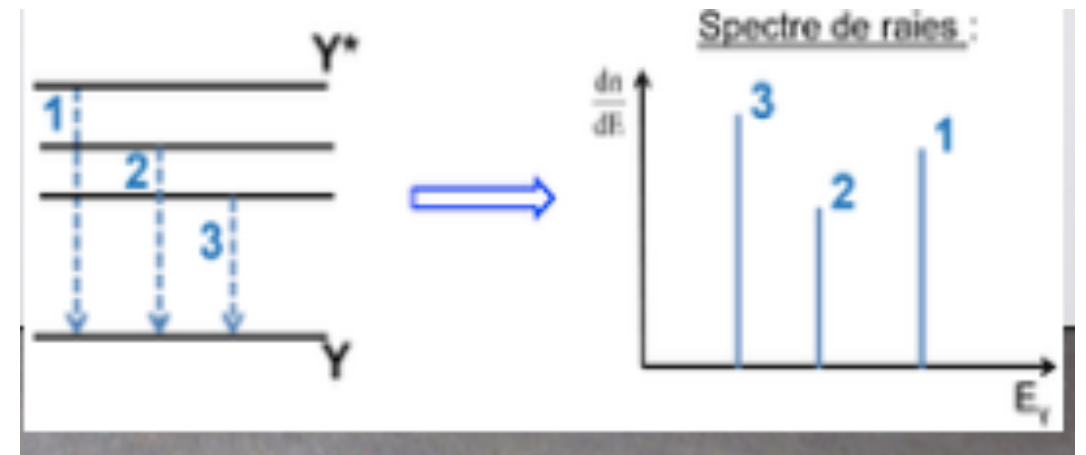
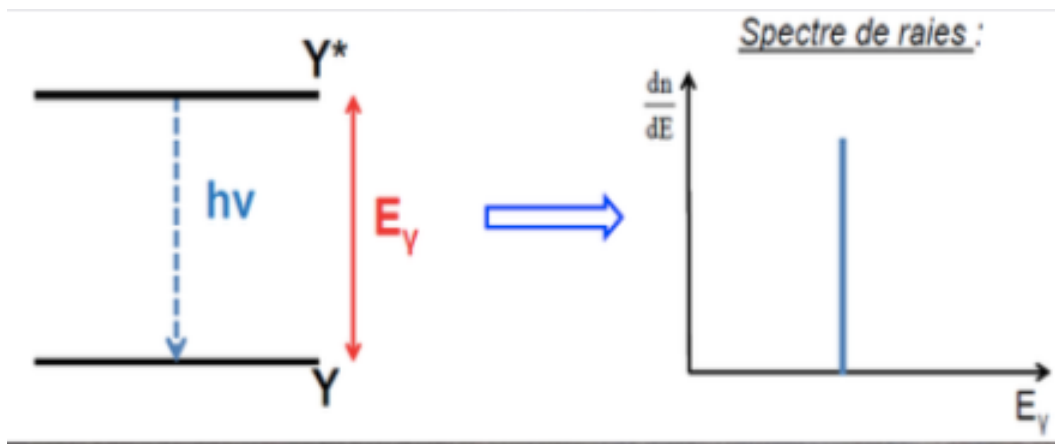


Bilan masse-énergie:

$$\Delta M = \mathcal{M}(Am, Z) - \mathcal{M}(A, Z) \quad E_d [MeV] = \Delta M [u] \times 931,5 = E_\gamma$$

Spectre énergétique

→ Spectre électromagnétique de raies d'origine nucléaire



2) La conversion interne CI

Transfert de l'énergie du noyau à un électron du cortège électronique
→ expulsion

Réaction de désintégration:



Bilan masse-énergie: $\Delta M = \mathcal{M}(Am, Z) - \mathcal{M}(A, Z)$

$$E_C = E_d - E_L$$

$$E_d [MeV] = \Delta M [u] \times 931,5$$



Spectre énergétique

ALORS là je demande
TOUTE VOTRE
ATTENTION SVP!!



On ne détecte rien d'origine nucléaire puisque **rien n'est émis**
Spectre d'origine ATOMIQUE (= provenant du cortège électronique)

Direct:

Si on détecte l'électron expulsé:
spectre électronique de raie
⚠️ selon la couche d'où est expulsé
l'électron, on a **plusieurs raies**
possibles

Indirect:

Au moment des
réarrangements électroniques

Émission photon de
fluorescence:
Spectre électromagnétique
de raies

Emission électron de Auger:
Spectre électronique de raies



Parcours dans la matière

- Parcours non rectiligne car provoque des ionisations
- Parcours court



Bon c'est bon tas fini ?

Fin

MERCI pour votre attention

Pour ceux qui ont suivi jusqu'à la fin vous êtes vraiment les BEST!!!

Bravo à vous 😊



Et à très viiiiite.....

La team M&M's

A la prochaine!!

