

Chapitre 2

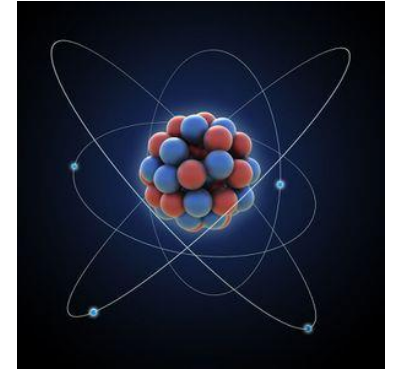
Bases biophysiques de l'utilisation des rayonnements ionisants dans les professions de santé: la radioactivité (1/3)

Dr. Jean-François ADAM

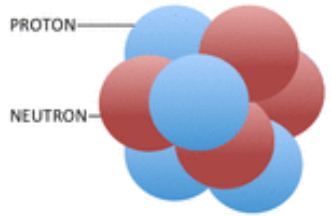
Objectifs pédagogiques du cours

- Connaître la notion d'isotopes
- Savoir définir la radioactivité
- Connaître les différents modes de désintégrations radioactives
 - Les désintégrations alpha
 - Les désintégrations bêta
 - La fission nucléaire

Rappels sur la radioactivité



- Structure du noyau



Nombre de
masse
(nb de nucléons)



Symbole chimique
(élément)

Numéro atomique
(nb de protons)

Nombre de neutrons
(souvent ignoré dans
la nomenclature)

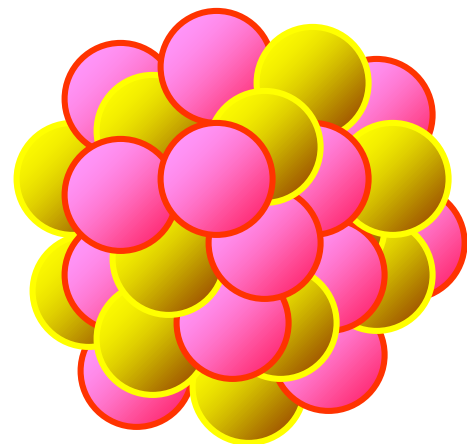
- Le nombre d'électrons est toujours égal au nombre de protons
- $A=Z+N$

Rappels sur la radioactivité: notion d'isotopes

- Le nombre de neutrons peut varier pour un même élément/noyau. On parle alors d'isotopes.
- $A=Z+N$. On nomme l'isotope avec son nombre de masse.
- Exemple: les 3 isotopes naturels du Carbone.

	${}^{11}_6\text{C}_5$	${}^{12}_6\text{C}_6$	${}^{13}_6\text{C}_7$	${}^{14}_6\text{C}_8$
Radioactivité	β^+	Stable (98,99%)	Stable (1,11%)	β^- (10^{-10} %)
période	20 min			5730 ans

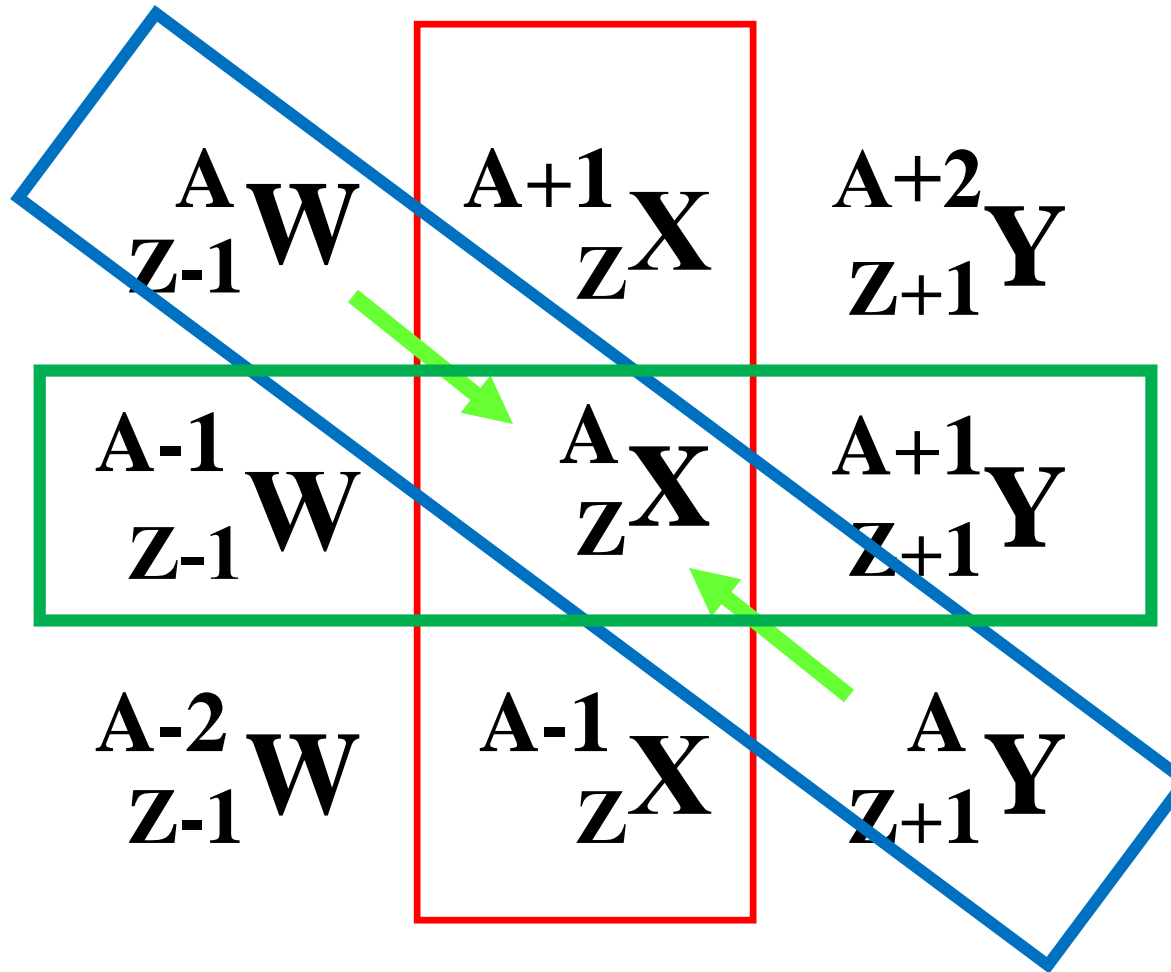
Isotopes, Isobares, Isotones, Isomères



A et Z identiques :
isomères

A identique : isobares

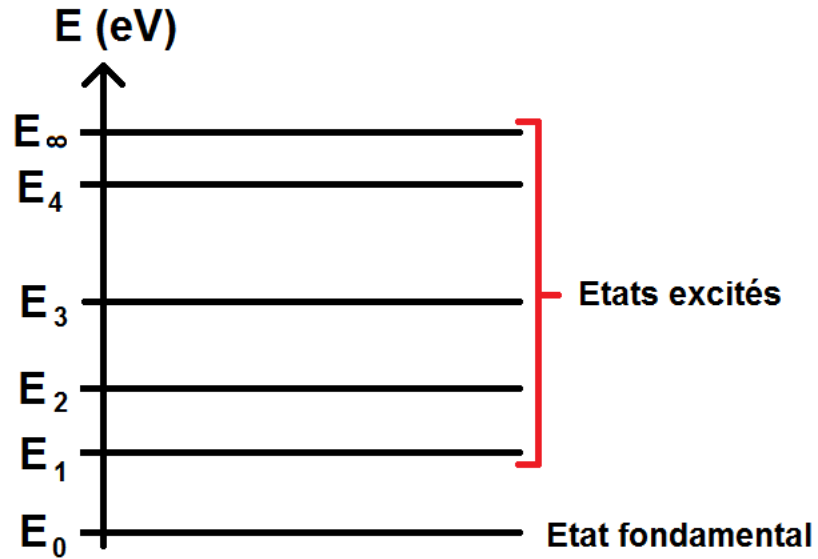
Z identique : isotopes



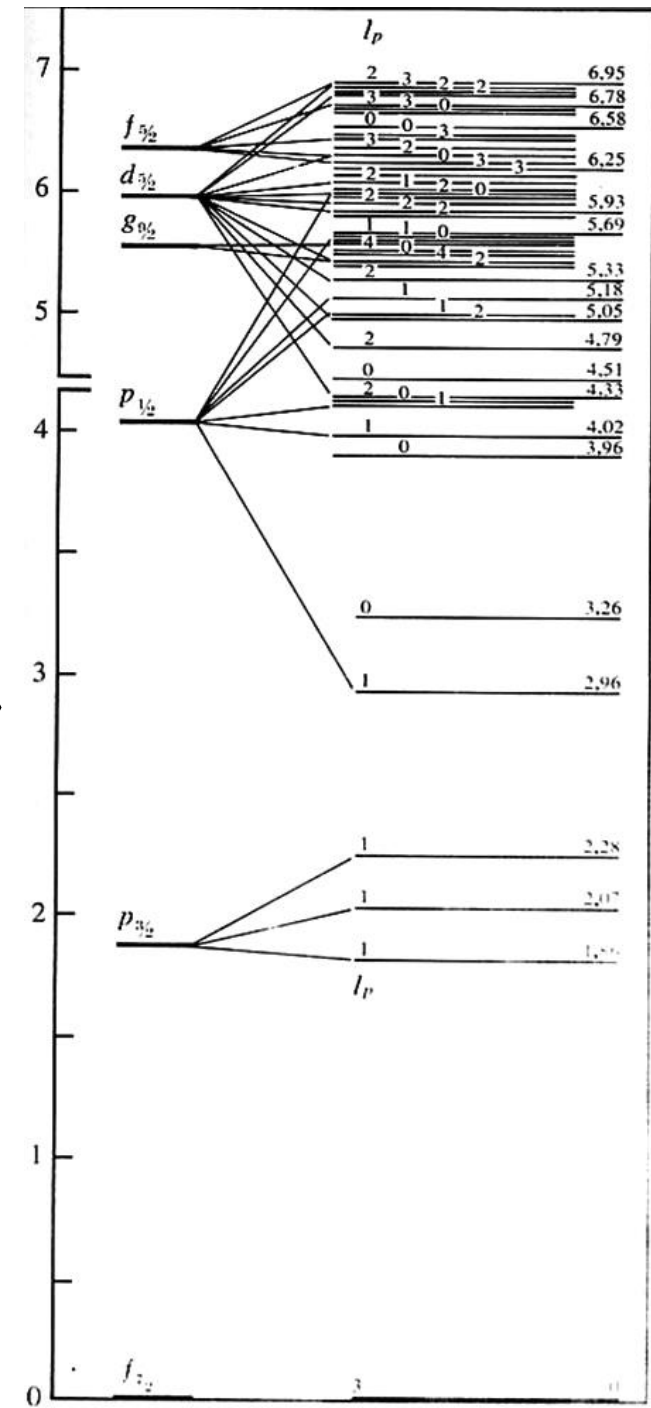
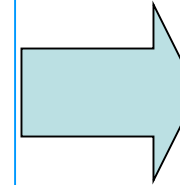
*N = A-Z identique :
isotones*

Isomères nucléaires

Un noyau peut-être dans plusieurs états énergétiques



Niveaux d'énergie du
noyau du ^{41}Sc
(en Mev)



Définition de la radioactivité

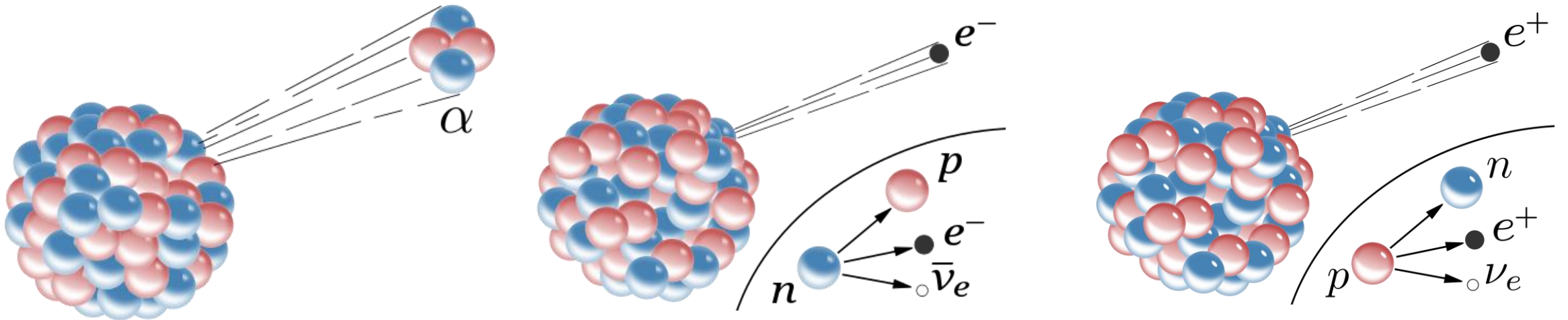
Définition :

« La radioactivité est la **transformation d'un noyau** accompagnée d'une **émission de rayonnements** »

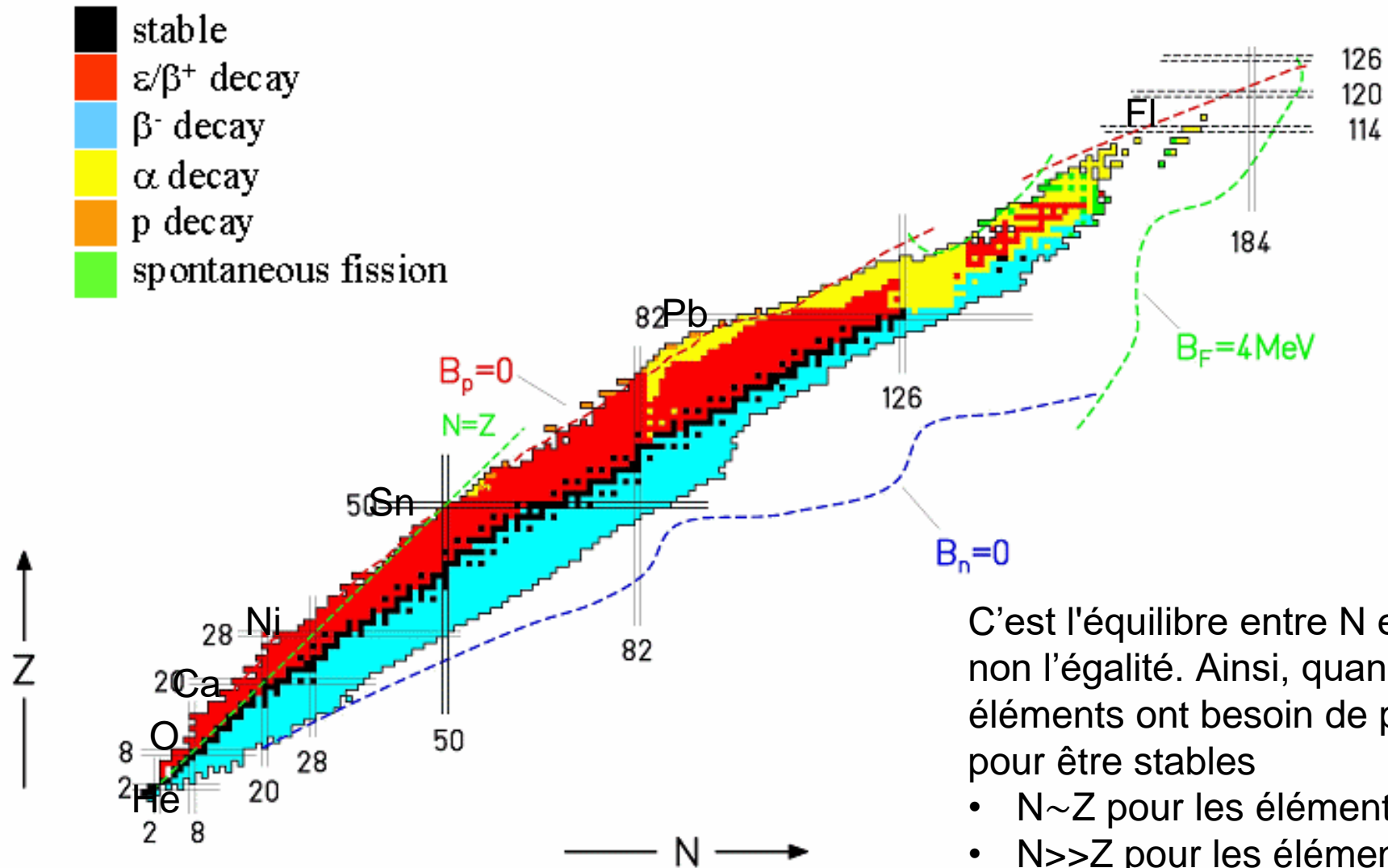
- La radioactivité : résulte de *l'instabilité du noyau* de certains atomes : trop de neutrons, trop de protons, trop de nucléons ou alors état excité.
- La stabilité nucléaire : équilibre (et non pas égalité) entre nombre de protons et nombre de neutrons

Conséquences de la radioactivité

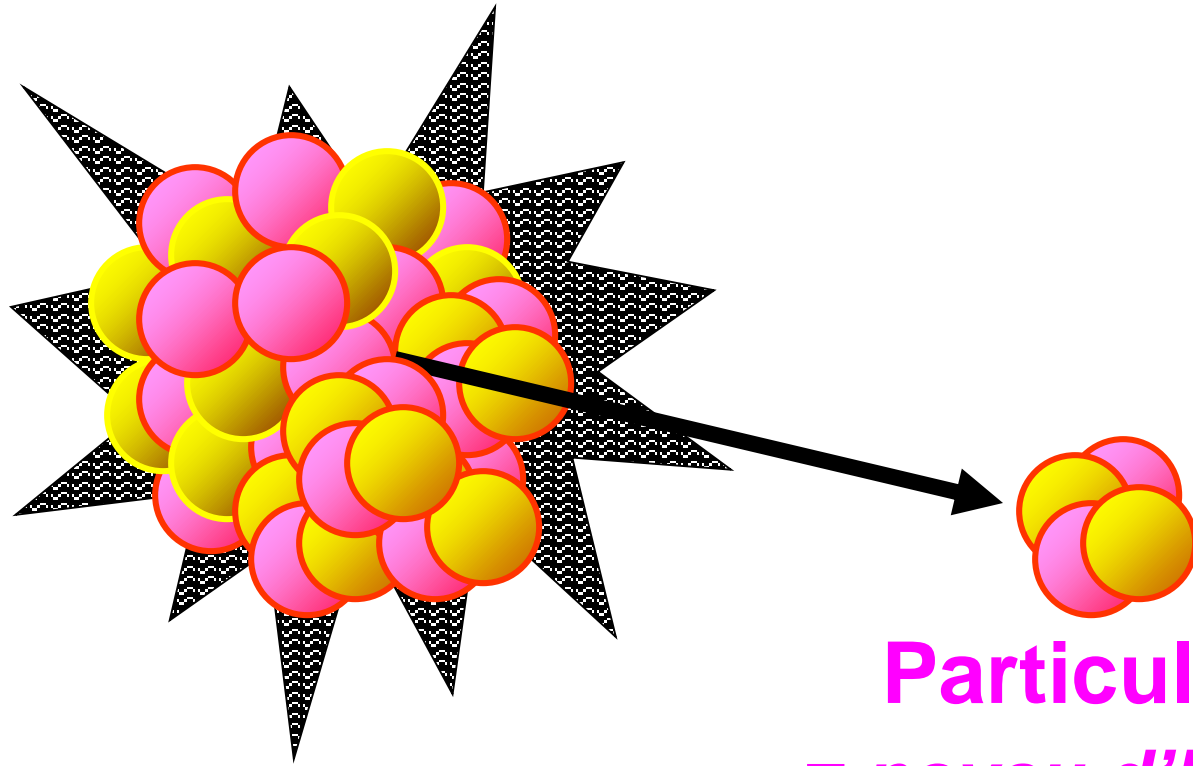
Les noyaux instables se transforment en émettant du rayonnement sous forme de particules : électrons, positons, neutrinos, photons, particules alpha



La stabilité nucléaire



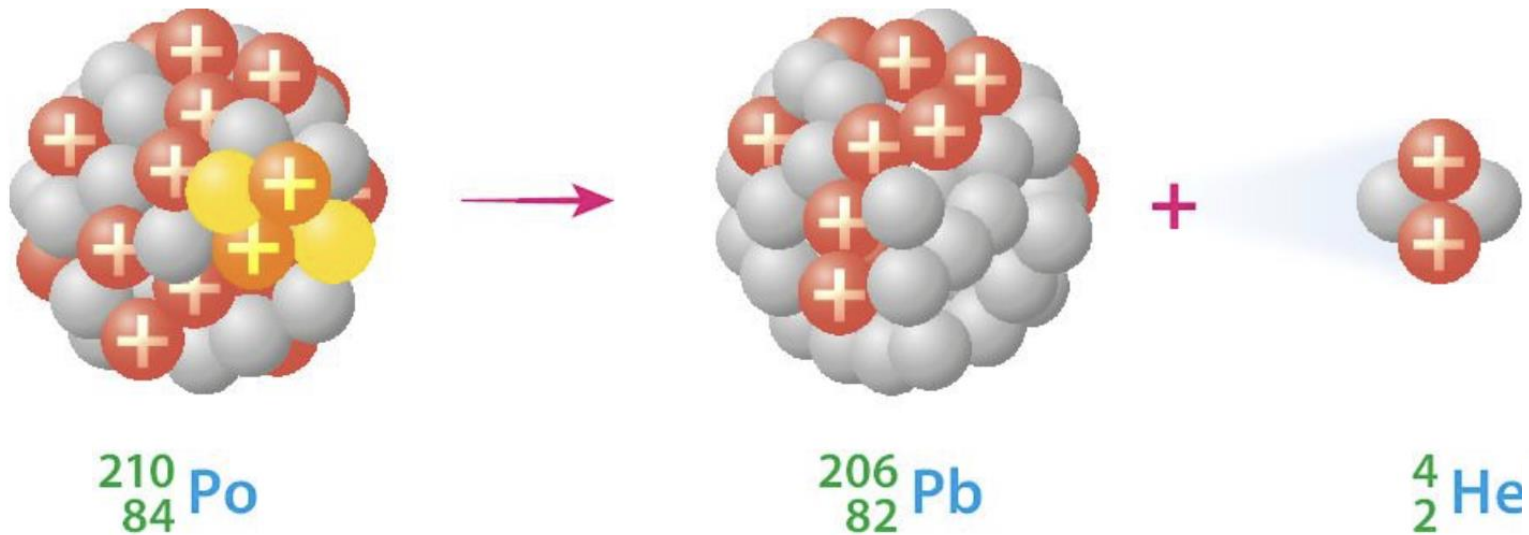
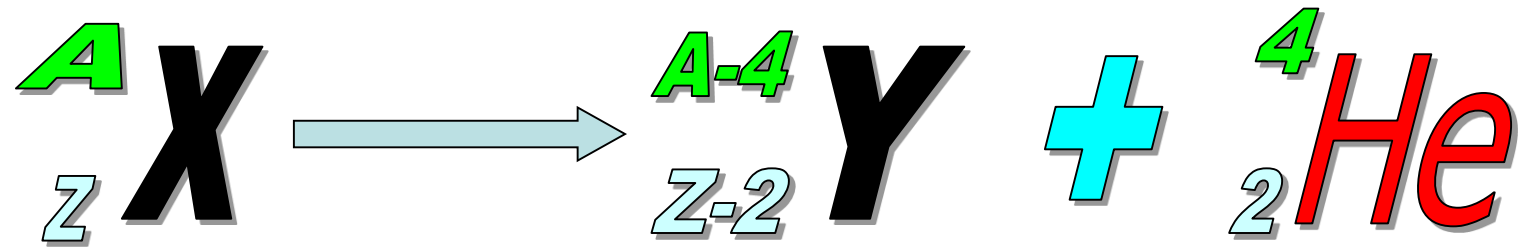
Excès de nucléons: radioactivité alpha (α)



Particule α
= *noyau d'hélium*

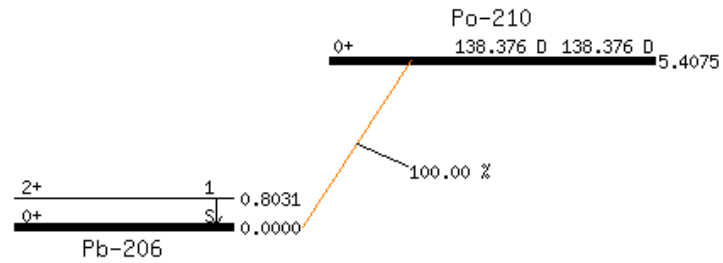
($E \cong 4 \text{ à } 8 \text{ MeV}$)

Radioactivité α



210PO A DECAY

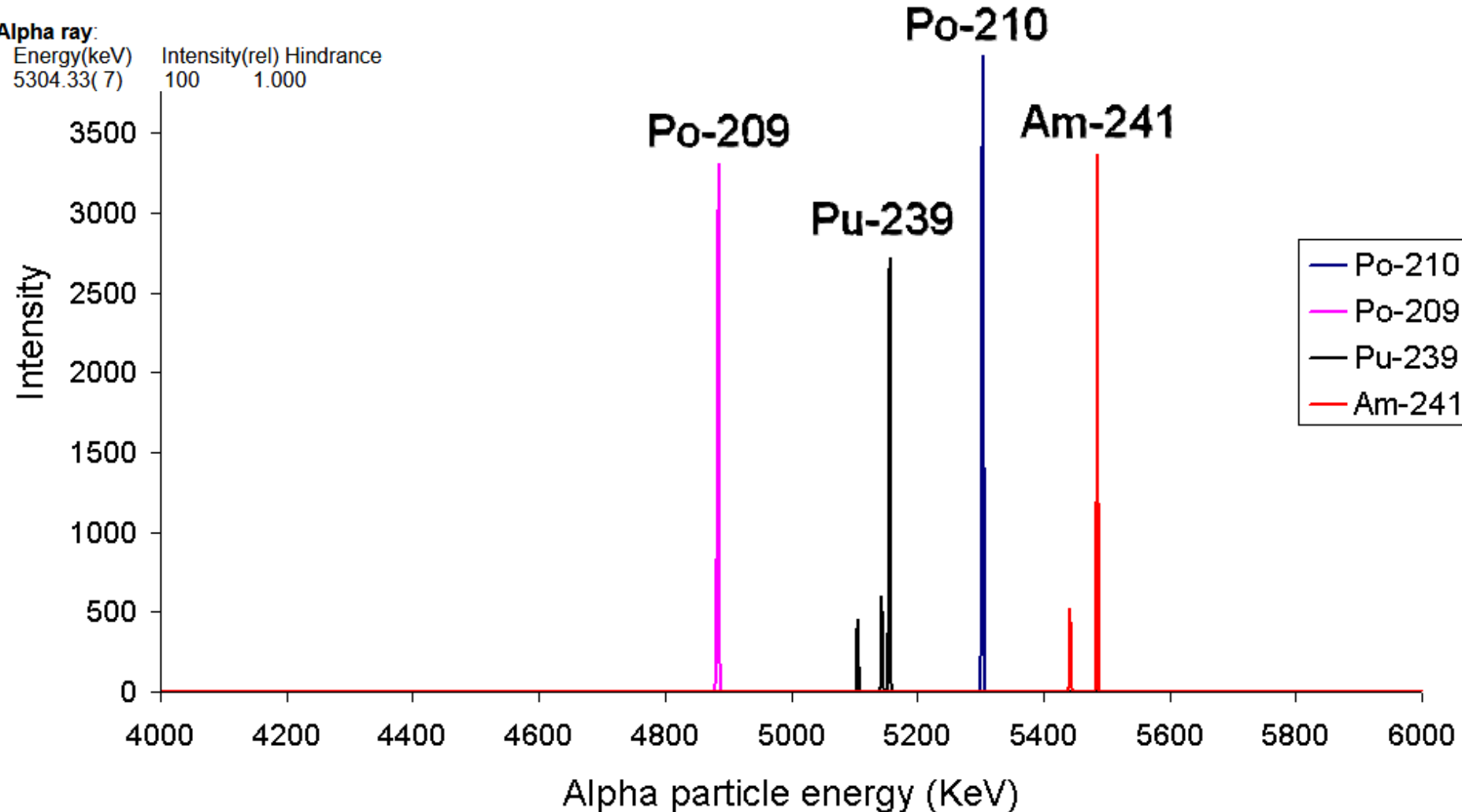
Parent state: G.S.
Half life: 138.376 D(2)
Q(gs): 5407.45(7) keV
Branch ratio: 1.0



Spectre énergétique des particules α

Alpha ray:

Energy(keV) 5304.33(7)
Intensity(rel) 100
Hindrance 1.000



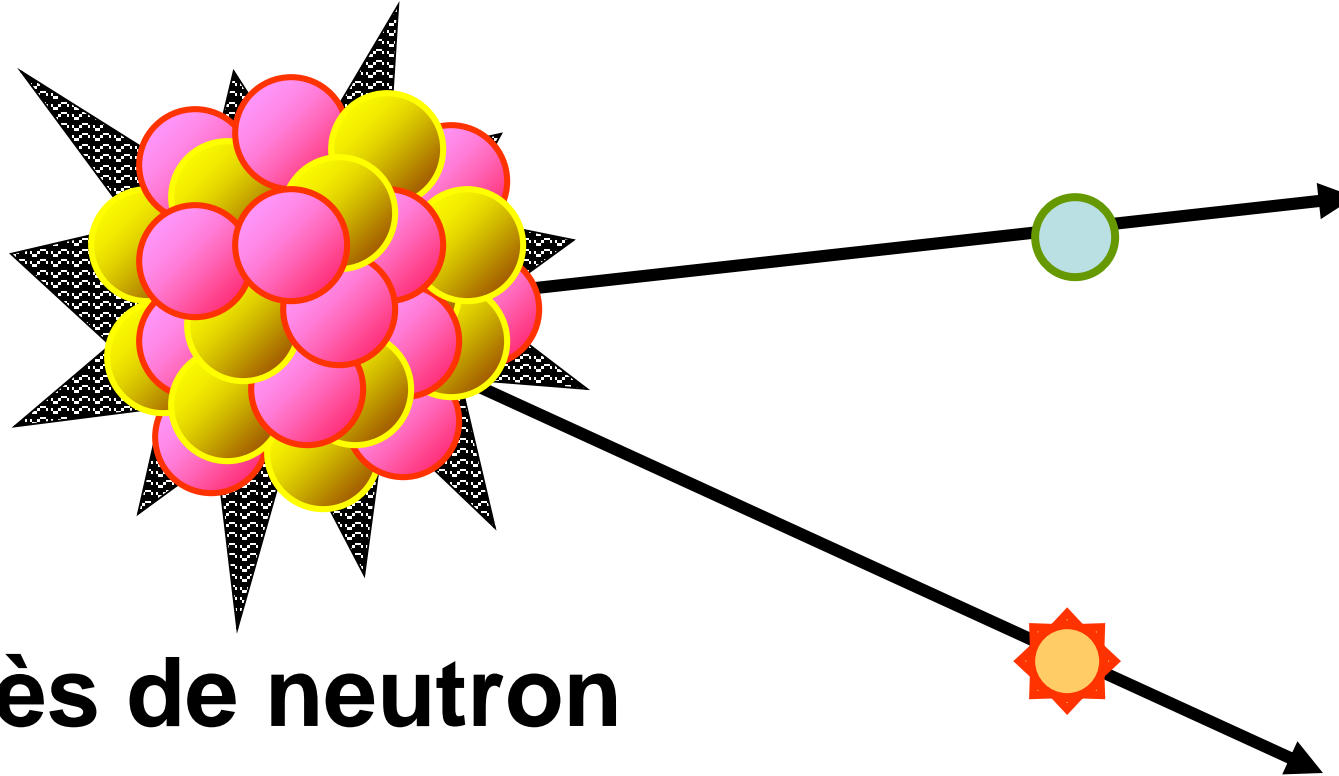
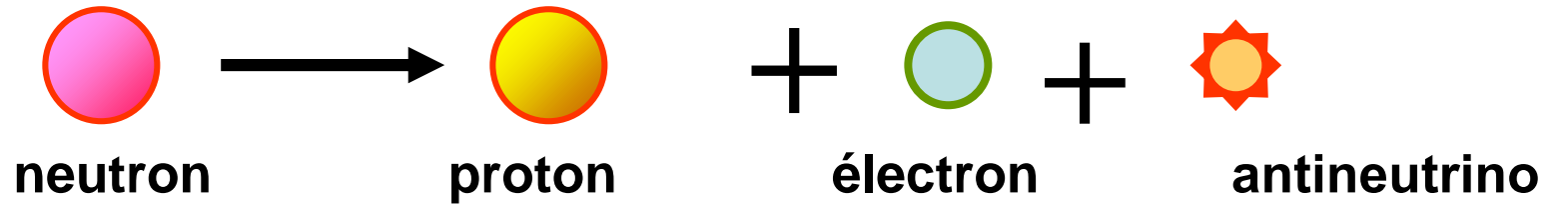
Excès de neutron(s)

- Un neutron se « transforme » en proton



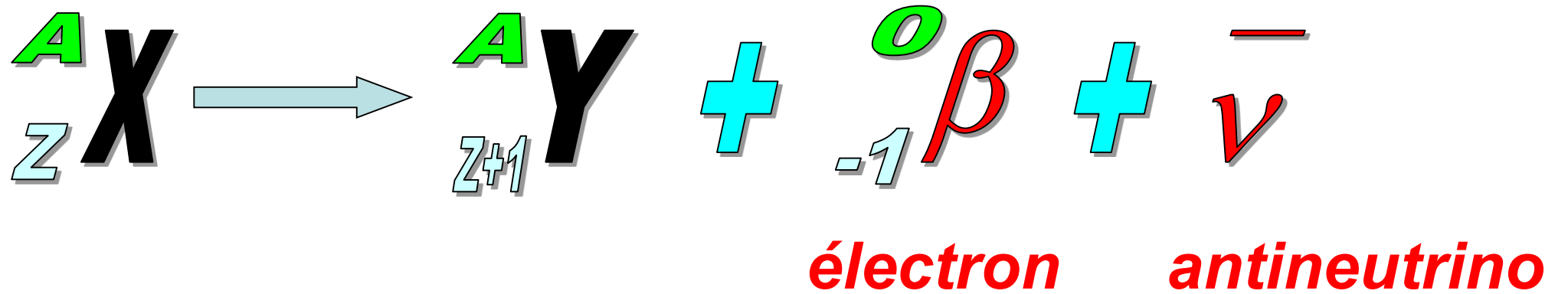
- Il y a émission d'un **électron** et d'une autre particule appelée **antineutrino**
- **Désintégration β^{-}**

$$n \rightarrow p + e^{-} + \bar{\nu}$$



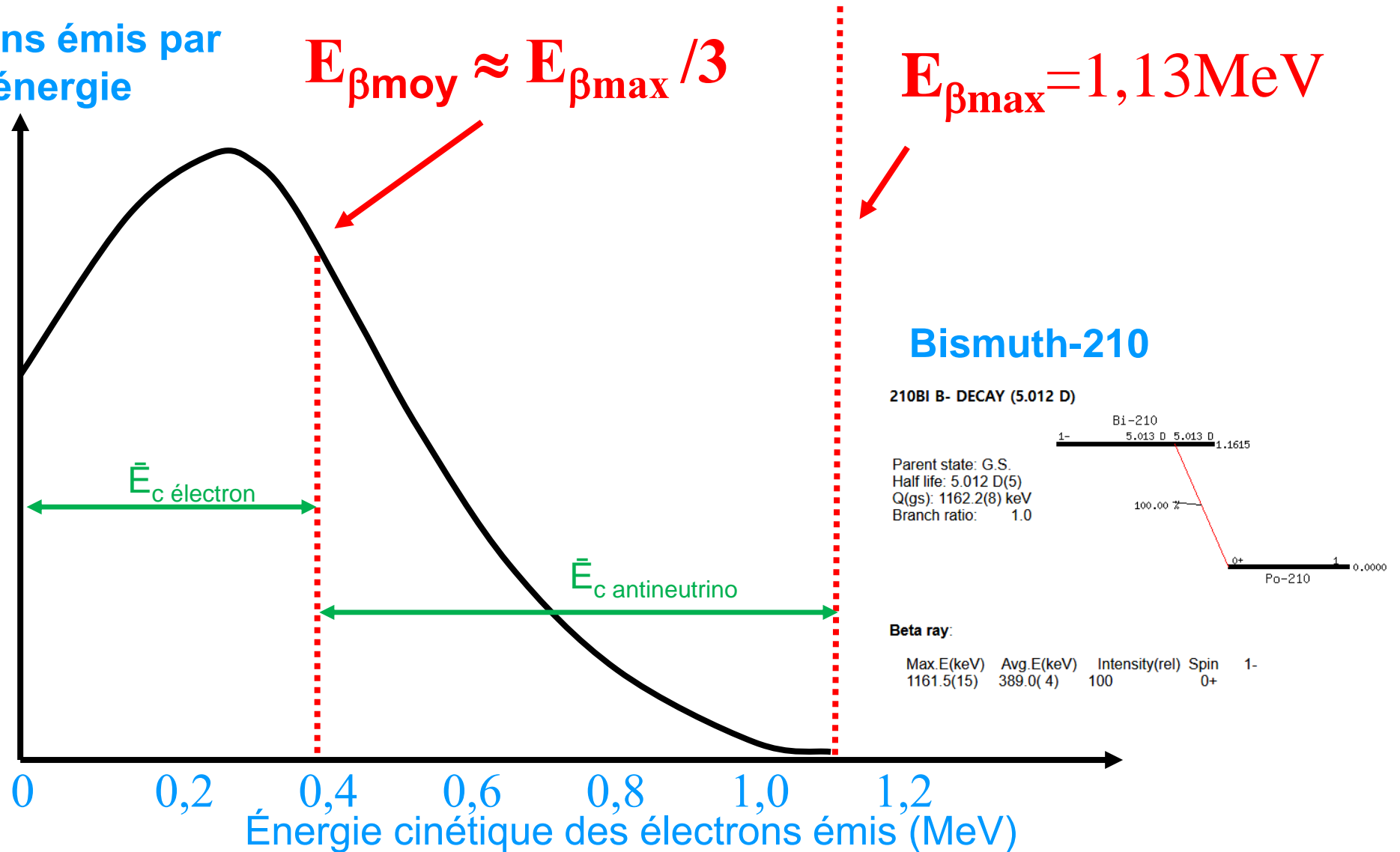
**Excès de neutron
→ Désintégration β^{-}**

Radioactivité β^-



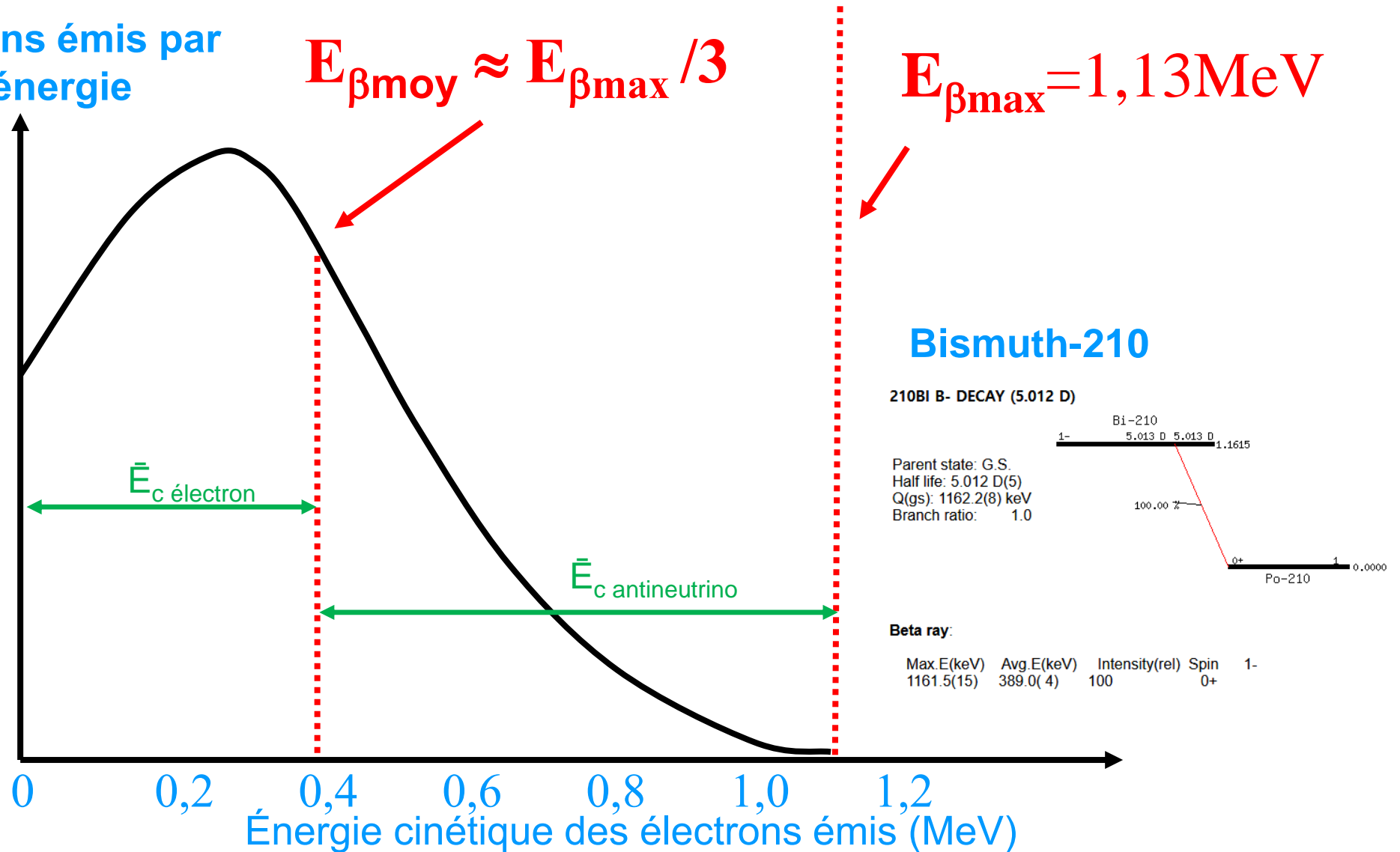
Hypothèse de l'antineutrino ($\bar{\nu}$): Wolfgang Pauli

Nb d'électrons émis par
intervalle d'énergie



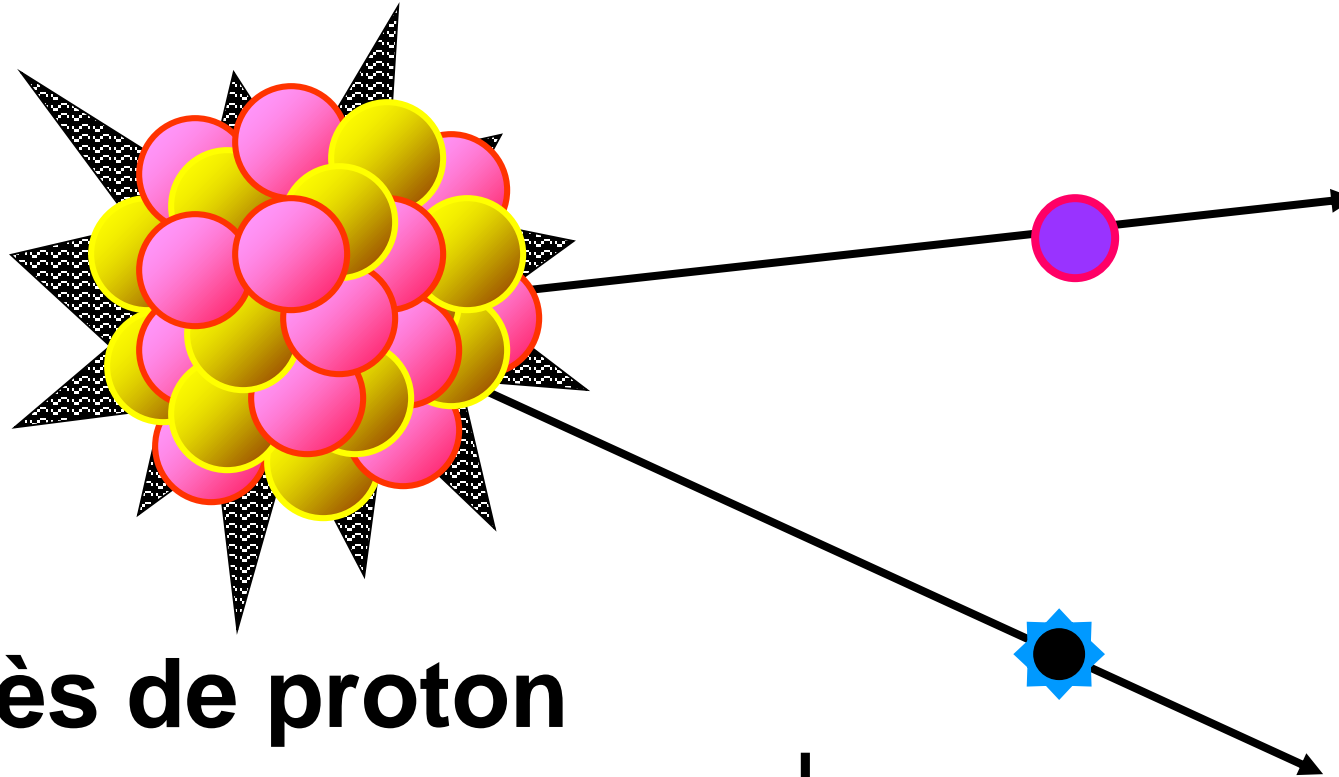
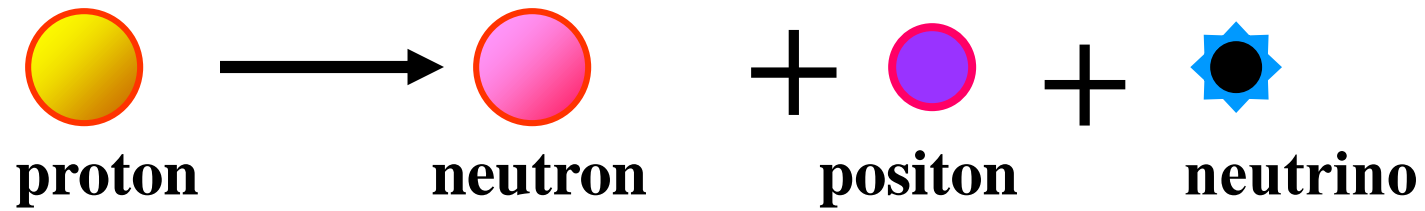
Hypothèse de l'antineutrino ($\bar{\nu}$): Wolfgang Pauli

Nb d'électrons émis par
intervalle d'énergie



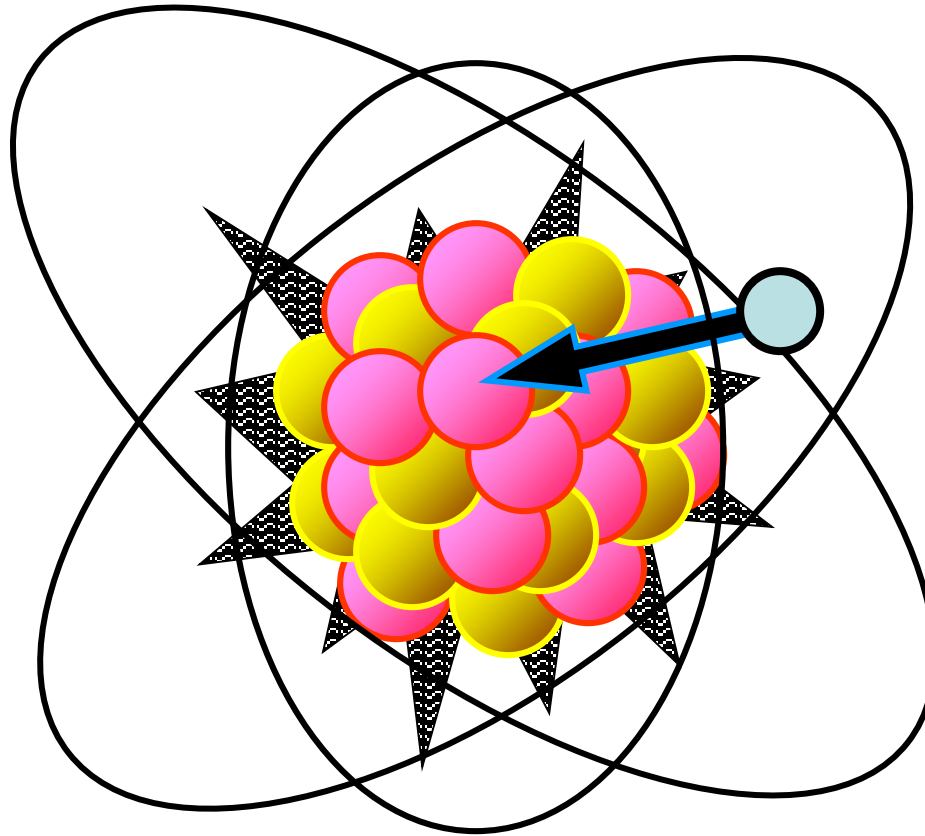
Excès de proton(s) : 2 possibilités

- Un proton se « transforme » en neutron
 - Il y a émission d'un **positon** (et d'un *neutrino*)
 - Désintégration β^+ $p \rightarrow n + e^+ + \nu$
- Un proton se combine avec un électron pour donner un neutron
 - Pas de particule chargée émise (*mais émission d'un neutrino*)
 - Capture électronique $p + e^- \rightarrow n + \nu$



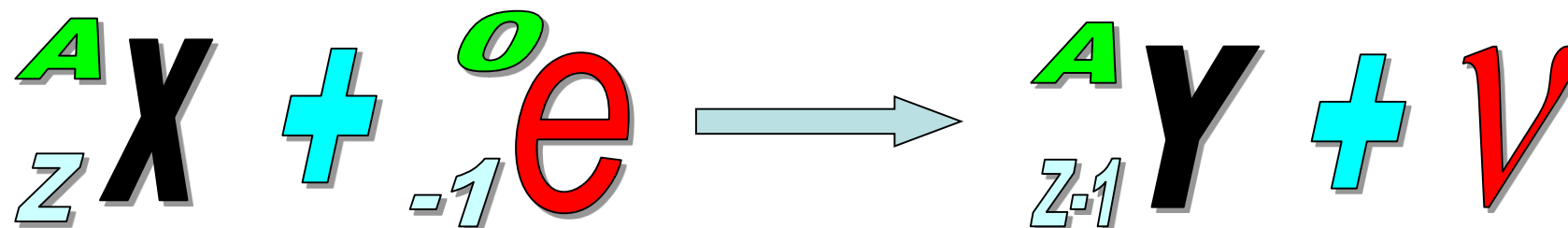
Excès de proton

\rightarrow Désintégration β^+

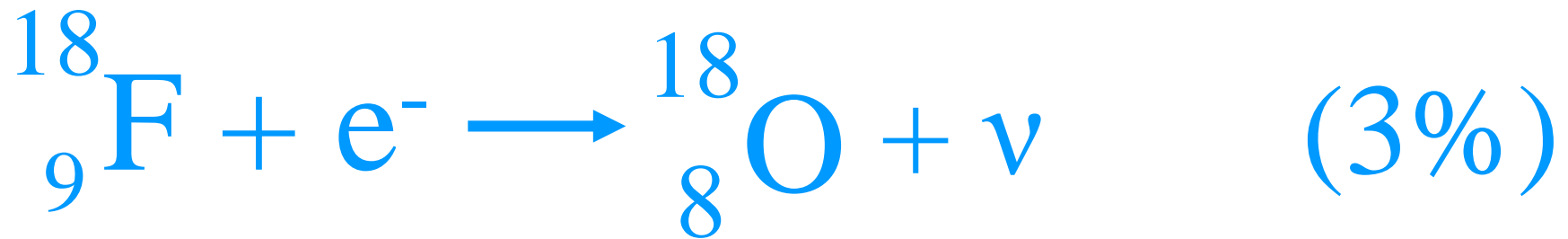


Excès de proton → Capture électronique

Radioactivité β^+ / Capture électronique

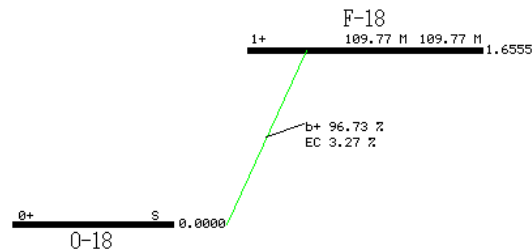


Exemple : le fluor 18



18F B+ DECAY

Parent state: G.S.
Half life: 109.77 M(5)
Q(gs): 1655.50(63) keV
Branch ratio: 1



Beta+ ray: total intensity = 96.7

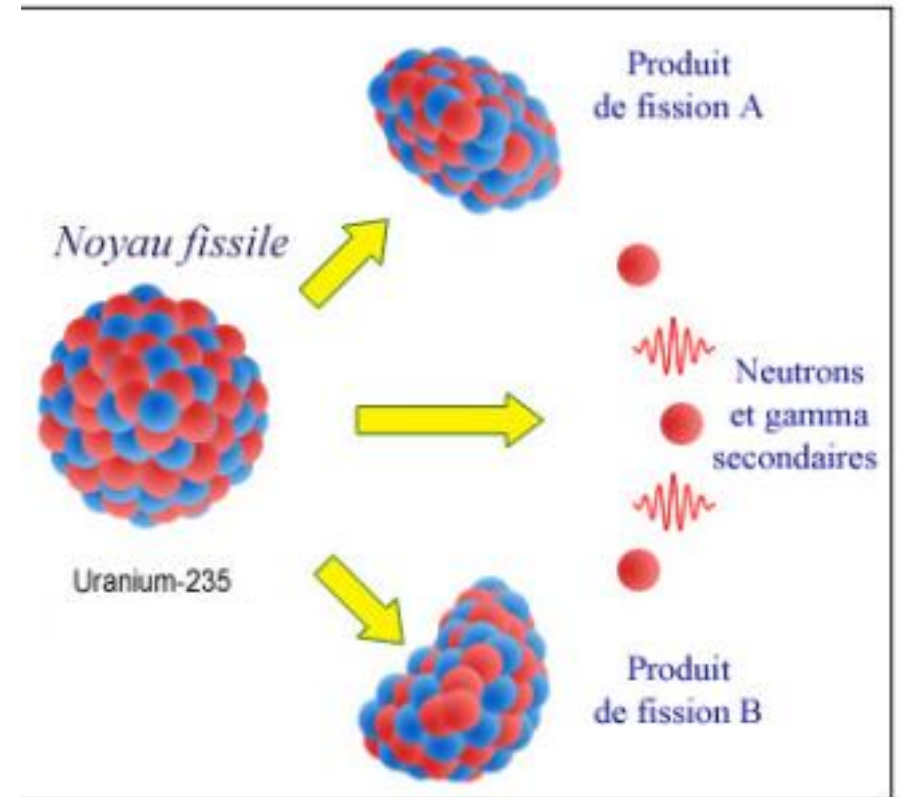
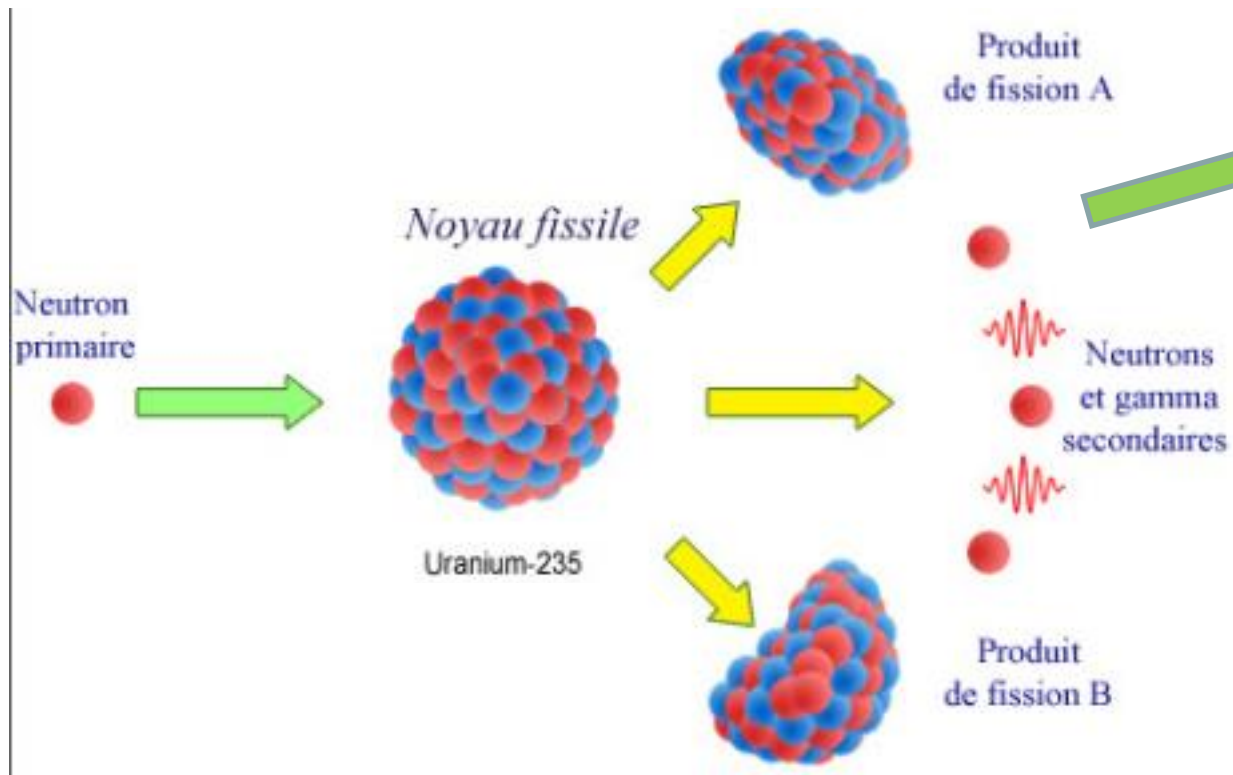
Max.E(keV)	Avg.E(keV)	Intensity(rel)	Spin
633.5(-)	249.8(3)	96.73(4)	1+ 0+

EC: total intensity = 3.3

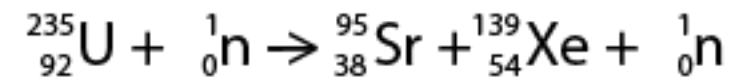
$$E_{\beta^{+} \text{ moy}} \approx 250 \text{ keV}$$

$$E_{\beta^{+} \text{ max}} \approx 633 \text{ keV}$$

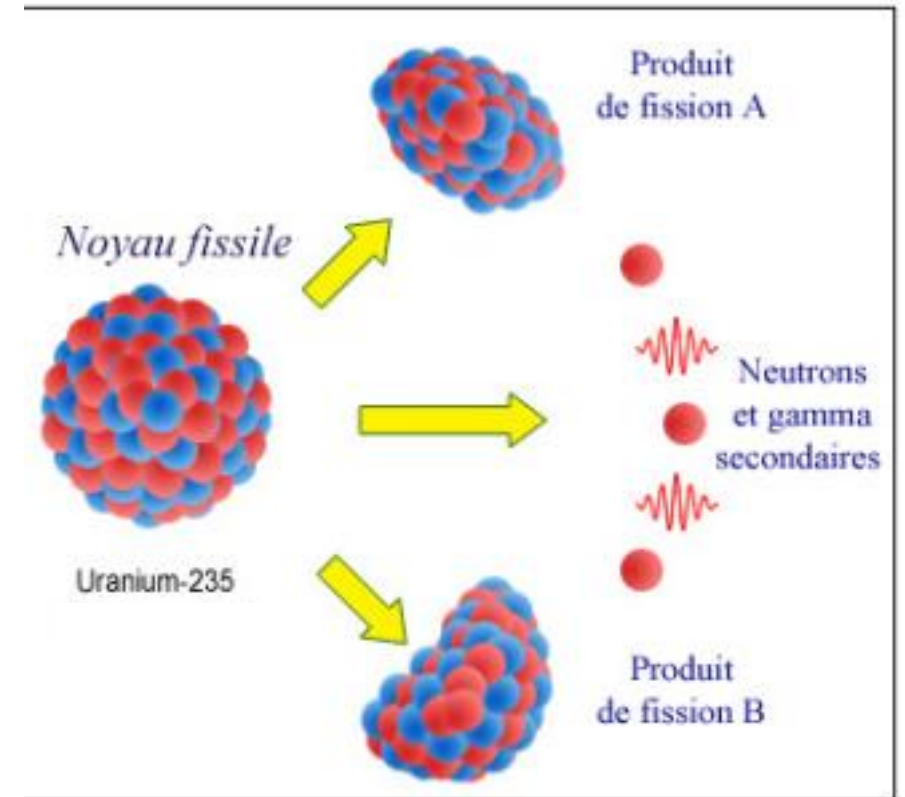
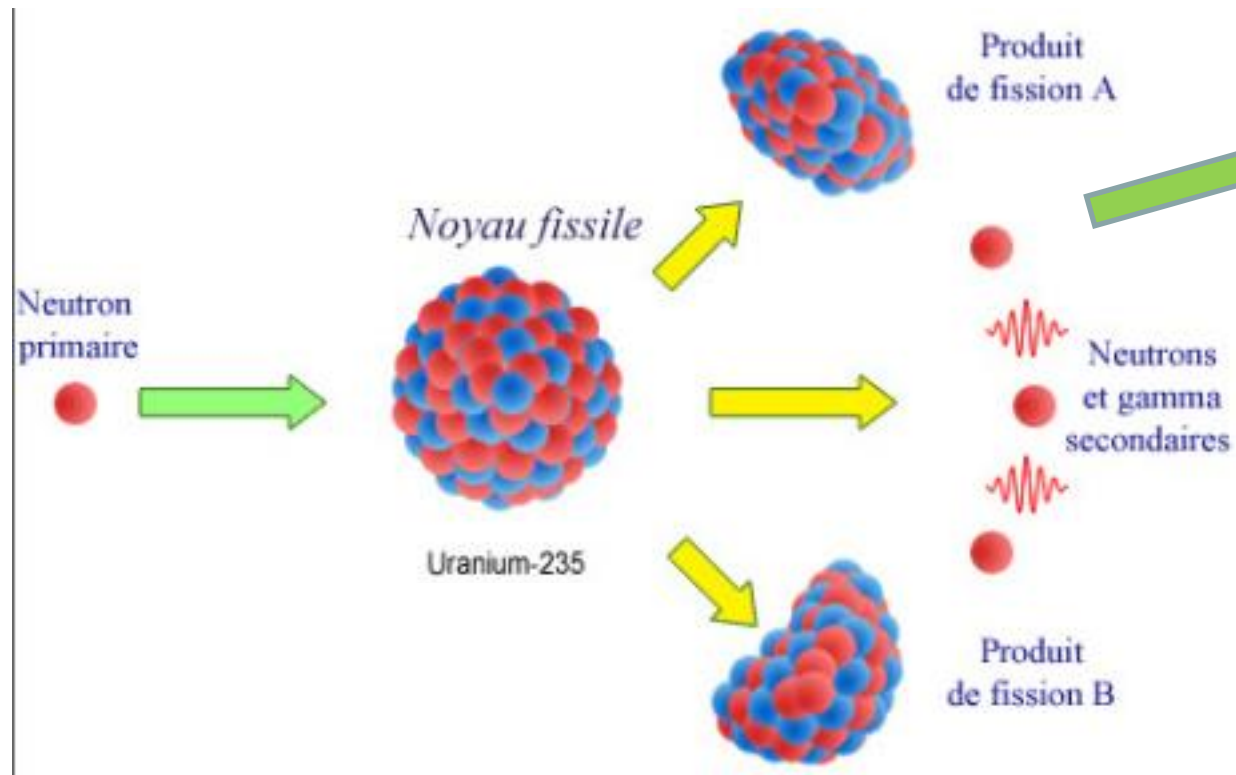
Fission



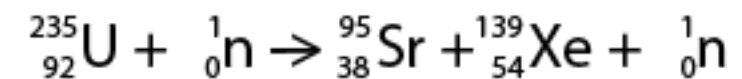
Réaction en chaîne



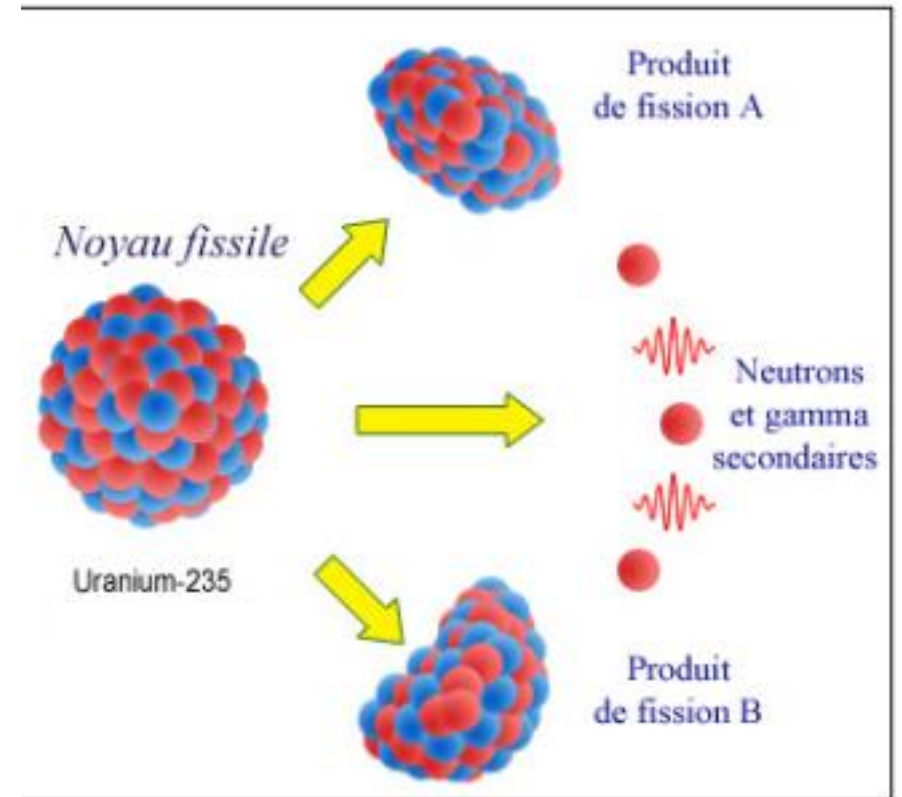
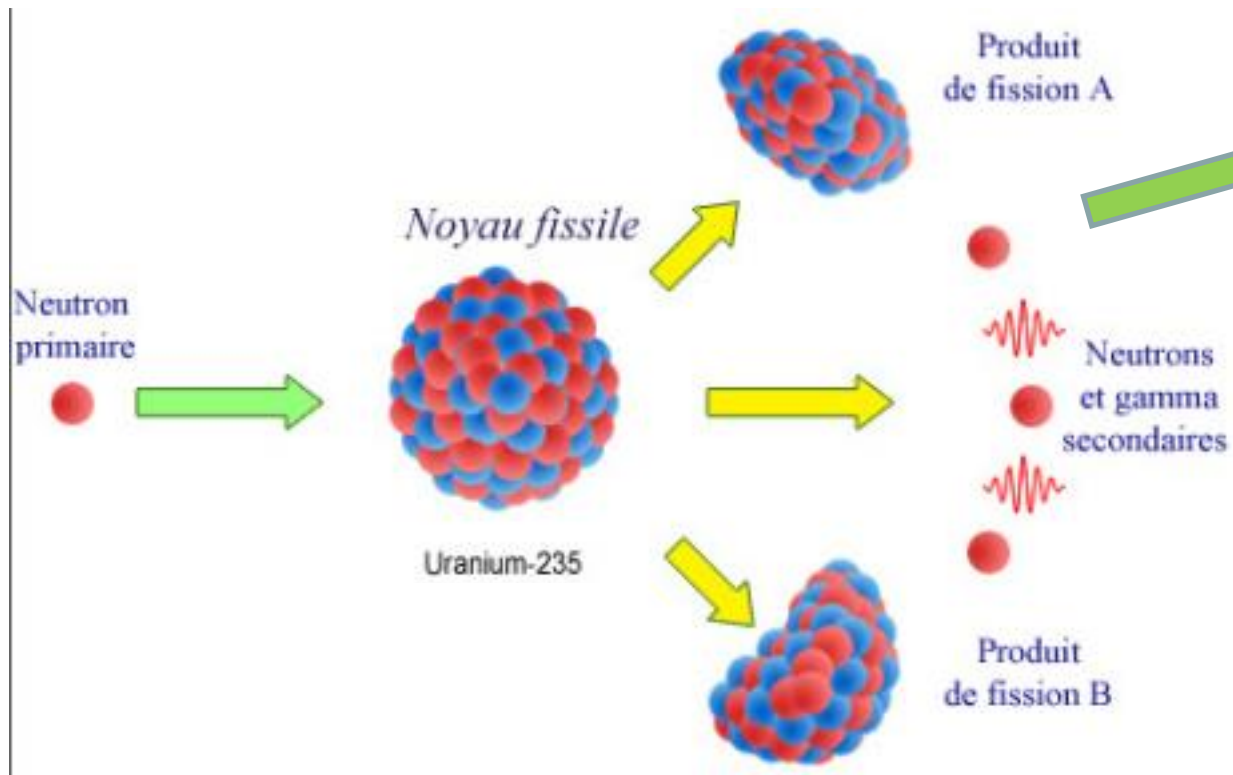
Fission



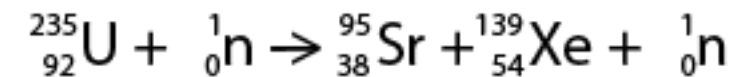
Réaction en chaîne



Réactions en chaîne



Réaction en chaîne



Messages essentiels du cours

- Définition : isotopes, isobares, isotones et isomères.
- La radioactivité α : trop de nucléons, éjection d'un noyau d'hélium
= particule alpha
- La radioactivité bêta:
 - β^- trop de neutrons, dans le noyau : $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}$
 - β^+ , CE trop de protons : $p \rightarrow n + e^+ + \nu$ (β^+), ou $p + e^- \rightarrow n + \nu$ (CE)
- La fission et les réactions en chaîne

Et au prochain cours ...

- La radioactivité – partie 2
 - Après la désintégration radioactive:
 - Désexcitation gamma
 - Conversion interne
 - Réorganisation du cortège électronique

Mentions légales

L'ensemble de ce document relève des législations française et internationale sur le droit d'auteur et la propriété intellectuelle. Tous les droits de reproduction de tout ou partie sont réservés pour les textes ainsi que pour l'ensemble des documents iconographiques, photographiques, vidéos et sonores.

Ce document est interdit à la vente ou à la location. Sa diffusion, duplication, mise à disposition du public (sous quelque forme ou support que ce soit), mise en réseau, partielles ou totales, sont strictement réservées à l'Université Grenoble Alpes (UGA).

L'utilisation de ce document est strictement réservée à l'usage privé des étudiants inscrits à l'Université Grenoble Alpes (UGA), et non destinée à une utilisation collective, gratuite ou payante.