



# Stabilité d'un noyau atomique

## Stable vs. instable

- Un système est en équilibre stable si une légère perturbation n'entraîne pas de modification du système.
- Un système est en équilibre instable si une légère perturbation entraîne une modification importante du système.

## Le noyau atomique, stable ou instable ?

### 1. Critère de stabilité.

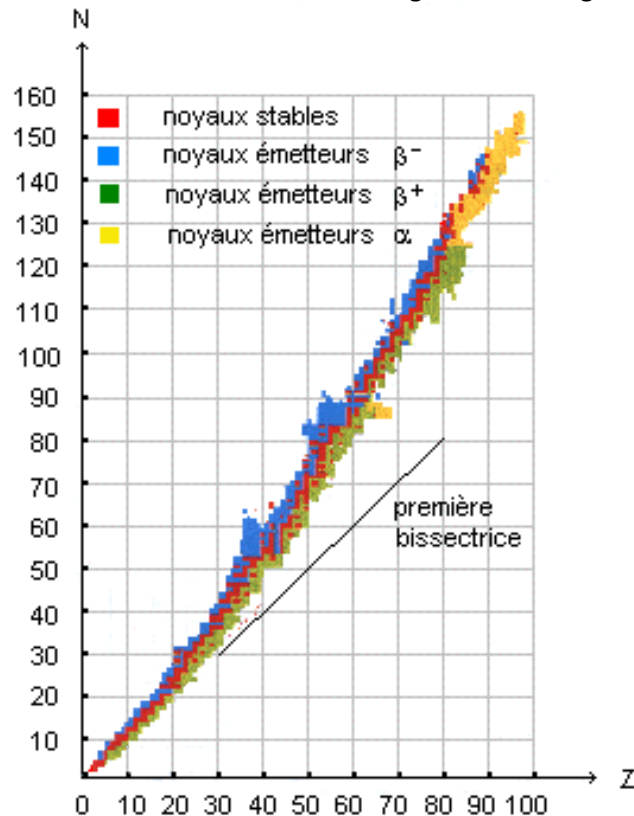
Pour qu'un noyau soit dans un état d'équilibre stable, il ne doit y avoir prédominance d'aucune des deux interactions mises en jeu.

$$I_E \approx I_F$$

Si l'interaction électrique et l'interaction forte sont sensiblement différents, le noyau est à l'équilibre, car il existe, mais instable. Une petite perturbation suffit à le sortir de cet état.

### 2. Tous les noyaux sont-ils stables ?

Sur les 1500 noyaux différents existant dans l'Univers, seuls environ 200 sont stables. Tous les autres sont dans un état d'équilibre instable. Cela est résumé dans le diagramme de Segré :





## Objectif stabilité

### 1. Deux causes, trois conséquences.

Un noyau est instable dans deux cas :

- $I_E > I_F$  :

La répulsion due aux protons est trop importante par rapport à l'attraction due à l'interaction forte.

On observe alors une diminution du nombre de protons, sans modification du nombre de nucléons, donc accompagnée d'une augmentation du nombre de neutrons.

- $I_E < I_F$  :

La répulsion due aux protons est trop faible par rapport à l'attraction due à l'interaction forte.

On observe alors une augmentation du nombre de neutrons, sans modification du nombre de nucléons, donc accompagnée d'une diminution du nombre de protons.

Rq : Dans le cas d'une trop grande importance entre  $I_F$  et  $I_E$ , on peut observer une perte de plusieurs protons (protons ET neutrons), permettant une diminution rapide de l'interaction forte.

Les transformations observées sont appelées désintégrations. Un noyau père radioactif se désintègre pour former un noyau fils.

Rq : Lors d'une désintégration radioactive, il y a variation du nombre de protons. Le noyau fils ne fait donc pas partie du même élément que le noyau père.

### 2. Caractéristiques d'une désintégration.

Une désintégration est inévitable (elle va se produire), spontanée (elle va se faire sans aide extérieure), et prévisible (on sait comment elle va se produire). Par compte, l'instant de cette désintégration est aléatoire (on ne sait pas quand elle va avoir lieu).

### 3. Nature des désintégrations observées.

Il existe trois types de désintégrations :

- désintégration  $\alpha$  : émission d'un noyau d'hélium  ${}^4_2\text{He}$
- désintégration  $\beta^-$  : émission d'un électron  ${}^0_{-1}e$
- désintégration  $\beta^+$  : émission d'un positron  ${}^0_1e$

Rq : Le positron est l'antiparticule de l'électron (même masse, mais charge opposée).

Une désintégration radioactive est généralement accompagnée de l'émission de neutrinos (particules électriquement neutres, de masse non mesurable), et d'un rayonnement électromagnétique très énergétique, appelé rayonnement  $\gamma$ .

### 4. Règles de conservation de Soddy.

Au cours d'une désintégration radioactive, il y a conservation du nombre de nucléons et du nombre de charges.

### 5. Equations résumant les désintégrations.

- désintégration  $\alpha$  :  ${}^A_ZX \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^4_2\text{He} \quad (+{}^0_0\gamma + \gamma)$
- désintégration  $\beta^-$  :  ${}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z+1}Y + {}^0_{-1}e \quad (+{}^0_0\gamma + \gamma)$
- désintégration  $\beta^+$  :  ${}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z-1}Y + {}^0_1e \quad (+{}^0_0\gamma + \gamma)$

### 6. Famille radioactive.

Un noyau radioactif va subir des désintégrations successives jusqu'à devenir stable, en formant plusieurs noyaux fils intermédiaires. Cet ensemble de noyaux est appelé famille radioactive, et il n'existe généralement qu'une seule suite de désintégrations  $\alpha$ ,  $\beta^-$  et/ou  $\beta^+$  permettant de passer du noyau père à un descendant stable.