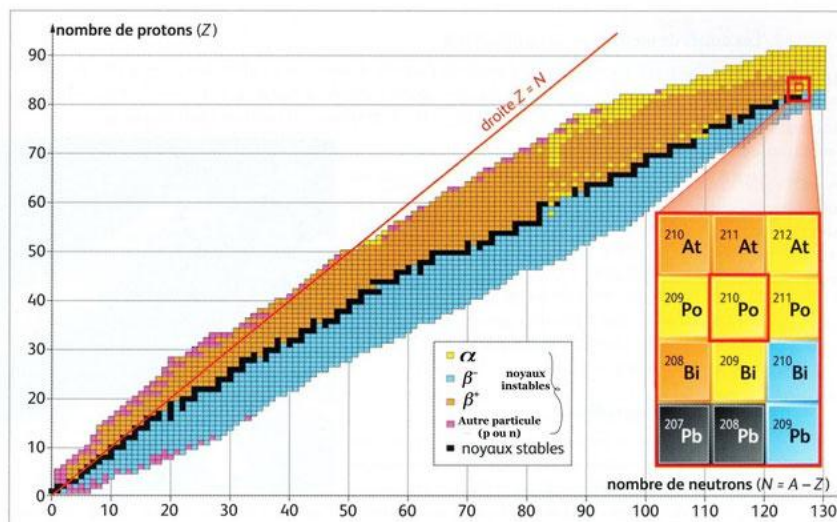


Travaux Pratiques de Physique Nucléaire (SMP₅, PF)

Manipulation 2 :

« Etudes Systématiques des Noyaux Atomiques :
Logiciel *Nucleus-Win* »

(2014-2018)



Pr. M. Massaq & Pr. : A. Elanique

Manip 2 : ETUDE SYSTEMATIQUE DES NOYAUX ATOMIQUES et LOGICIEL NUCLEUS-WIN

I- Généralités

En 1869, le chimiste Russe Mendeleev donna une classification des éléments chimiques (tableau périodique de Mendeleev). Cette classification a facilité la compréhension des diverses caractéristiques des éléments chimiques.

En Physique nucléaire, l'étude de la structure nucléaire a permis de dresser la table des isotopes (charte des isotopes). La disposition des noyaux sur la table est faite de telle sorte de déduire les principales propriétés de chaque noyau ainsi que son mode de désintégration radioactive.

Noyau : ${}^A_Z X_N$ Z : nombre de protons ; N : nombre de neutrons
 $A = Z + N$: nombre de masse donnant le nombre de nucléons.

Isotopes : Noyaux ayant le même nombre de protons Z .

Isotones : Noyaux ayant le même nombre de neutrons N .

Isobares : Noyaux ayant le même nombre de nucléons A .

- Le déplacement sur une même ligne (Z fixe) donne les isotopes du noyau considéré. Si on se déplace de gauche à droite, le nombre de neutrons augmente.

- Le déplacement sur une même colonne (N fixe) donne les isotones du noyau considéré. Si on se déplace de bas en haut, le nombre de protons augmente.

- Le déplacement sur la diagonale donne les isobares du noyau considéré.

Un noyau est représenté sur la table par une case d'une couleur donnée selon la nature et le mode de désintégration de ce noyau.

La figure 1 montre le chemin de désintégration dans le plan (N, Z), d'un noyau radioactif selon son mode de décroissance, par émission α , β^- ou β^+ /CE.

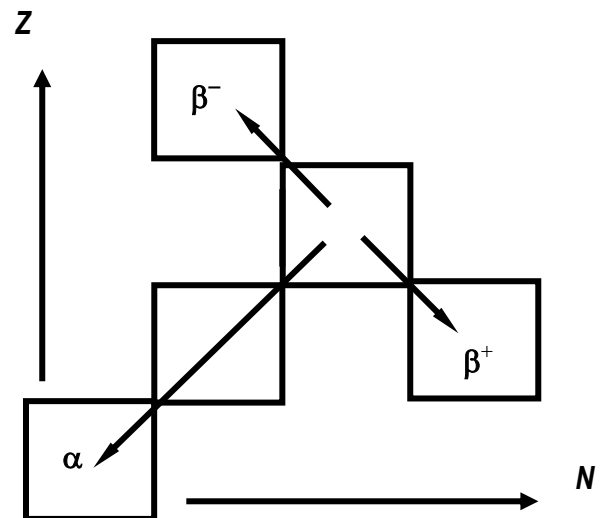


Figure 1

Au cours de cette manipulation, on essayera de vérifier certaines propriétés caractéristiques des noyaux en se basant sur des études systématiques. On suivra aussi la décroissance radioactive de certains isotopes de la table.

II- Manipulation

Il est conseillé aux étudiants d'effectuer auparavant les questions exigeant un calcul théorique.

1) Configuration du logiciel *Nucleus-Win*

- Lancer le logiciel *Nucleus-Win*, puis configurer les icônes suivantes :
- **Option** : choisir **Langue** puis **Français**
- **Affichage** : activer toute les cases sauf les cases **Dripline** et **3D**.
- **Carte** : cliquer sur **Carte Globale** pour afficher la carte des isotopes globale.
- **Données** : choisir **Décroissance**
- **Base** : choisir **Nubase**
- **Parité** : choisir **Tout afficher**

2) Tracer sur un papier la courbe Z en fonction de N pour les noyaux stables. Interpréter sa divergence par rapport à la droite $Z=N$.

3) Appuyer sur l'icône **parité** pour dénombrer les noyaux stables pair-pair, pair-impair, impair-pair et impair-impair. Conclusion ?

4) *Evolution de l'énergie de désintégration Q_α en fonction de A* : Reporter dans un tableau les énergies de désintégration de la série isotopique de l'uranium ($A = 228$ à 238). Pour afficher les caractéristiques d'un isotope, positionner le curseur sur l'isotope demandé puis cliquer droit sur la souris.

Représenter Q_α en fonction de A . Interpréter la courbe dans le cadre du modèle de la goutte liquide.

5) *Propriétés des noyaux émetteurs β : parabole de stabilité*

L'énergie de liaison d'un noyau atomique assimilé à une goutte liquide peut être déterminée à partir de la

formule semi-empirique :
$$B(A, Z) = a_v A - a_s A^{2/3} - a_c \frac{Z(Z-1)}{A^{1/3}} - a_a \frac{(A-2Z)^2}{A} \pm E_{app}$$

En utilisant la relation suivante entre l'énergie de liaison $B(A, Z)$ et l'excès de masse $\delta(A, Z)$ (MeV) :

$$B(A, Z) = Z\delta(H) + (A-Z) \delta_n - \delta(A, Z)$$

avec $\delta(H) = 7.289$ MeV et $\delta_n = 8.071$ MeV les excès de masses de l'atome d'hydrogène et du neutron, montrer que, pour une série isobarique (A constante), la formule semi-empirique peut se mettre, sous la forme parabolique $\delta(A, Z)$ (MeV) = $C_1 Z^2 + C_2 Z + C_3$.

- Pour $A = 126$, calculer C_1 et C_2 . On adoptera les valeurs : $a_v = 15.56$ MeV ; $a_s = 17.23$ MeV ; $a_c = 0.7$ MeV ; $a_a = 23.6$ MeV.

- A l'aide de la table des excès de masse, Reporter dans un tableau les valeurs expérimentales des excès de masse δ (MeV) pour l'ensemble des isobares $A = 126$. Représenter les graphiquement en fonction de Z .

- Préciser le(s) mode(s) de transition de chaque isobare instable en déterminant l'énergie de désintégration.

- Déduire de la courbe les noyaux les plus stables de cette chaîne isobarique. Comparer ce résultat à celui trouvé théoriquement à partir de la formule semi-empirique.

6) Famille radioactive (4n+2) : Représenter dans le plan (A, Z) les noyaux de la filiation ^{238}U en précisant par une flèche le chemin reliant le noyau père au noyau fils.

7) Décroissance radioactive : Calculer les constantes de désintégration λ_{235} de l'uranium 235, et λ_{238} de l'uranium 238. En supposant que les deux isotopes 235 et 238 de l'uranium ont été primitivement formés en quantités égales, calculer la durée nécessaire pour qu'il ne reste plus que 0,7202% d'uranium 235 par rapport à l'uranium 238. Comparer cette durée avec l'âge de la Terre, qui est de $4,7 \cdot 10^9$ ans. Conclure.

.....*****.....