

# Conseils de Réussite

## Chapitre 4 : Décroissance radioactive



### Introduction

Ce chapitre sur la décroissance radioactive est fondamental pour comprendre la physique nucléaire. Il combine des concepts de structure atomique avec des mathématiques (exponentielles, équations différentielles). Voici une stratégie pour maîtriser ces notions complexes.

### Stratégies d'Apprentissage

#### Maîtrisez le Vocabulaire et les Symboles

La notation et le vocabulaire sont cruciaux pour ne pas se perdre.

- **Apprenez par cœur la notation** :  ${}^A_ZX$  où  $A$  est le nombre de masse (nucléons = protons + neutrons) et  $Z$  est le numéro atomique (protons).
- **Distinguer les concepts** :
  - **Élément chimique** : Défini par  $Z$  (même nombre de protons).
  - **Isotopes** : Atomes d'un même élément ( $Z$  identique) mais avec un nombre de neutrons  $N$  différent ( $A$  différent). Ex:  ${}^{12}\text{C}$  et  ${}^{14}\text{C}$ .
  - **Numéride** : Un noyau spécifique caractérisé par son  $Z$  et son  $A$ .

#### Comprenez le Diagramme de Segrè (N-Z)

Ce diagramme est une carte de la stabilité nucléaire.

- **La "Vallée de stabilité"** représente les noyaux stables.
- **Pour les noyaux légers** ( $Z < 20$ ) : Les noyaux stables ont  $N \approx Z$  (autant de protons que de neutrons).
- **Pour les noyaux lourds** ( $Z > 20$ ) : Les noyaux stables ont  $N > Z$  (plus de neutrons que de protons pour stabiliser le noyau).
- **Localisez les types de désintégration** :
  - **Au-dessus de la vallée** ( $N > Z$  excédentaire) : Désintégration  $\beta^-$  (un neutron se transforme en proton).
  - **En-dessous de la vallée** ( $N < Z$  excédentaire) : Désintégration  $\beta^+$  (un proton se transforme en neutron).
  - **Très lourds** ( $Z > 82, A > 200$ ) : Désintégration  $\alpha$  (émission d'un noyau d'hélium pour perdre en taille).

## Appropriiez-vous les Lois de Conservation et les Équations

Toute transformation nucléaire obéit à des lois strictes.

- **Lois de Soddy** : Conservation du nombre de nucléons  $A$  et conservation de la charge  $Z$ . Ces deux lois permettent d'équilibrer TOUTES les équations de désintégration.
- **Équations types** :
  - $\alpha : {}^A_Z X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2} Y + {}^4_2 He$
  - $\beta^- : {}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z+1} Y + {}^0_{-1} e$
  - $\beta^+ : {}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z-1} Y + {}^0_{+1} e$
  - $\gamma : {}^A_Z X^* \rightarrow {}^A_Z X + \gamma$  (désexcitation sans changement de  $A$  ou  $Z$ )
- **Entraînez-vous** : Prenez des noyaux au hasard et écrivez leur mode de désintégration probable en vous aidant du diagramme de Segrè, puis équilibrez l'équation.

## Maîtrisez la Loi de Décroissance Radioactive

C'est le cœur mathématique du chapitre.

- **Loi fondamentale** :  $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$
- **Constante radioactive  $\lambda$**  : Caractéristique du noyau. Plus  $\lambda$  est grande, plus le noyau se désintègre rapidement.
- **Demi-vie  $t_{1/2}$**  : Durée au bout de laquelle la moitié des noyaux initiaux se sont désintégrés.  
**Relation cruciale** :  $\lambda = \frac{\ln(2)}{t_{1/2}}$  ou  $t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\lambda}$
- **Constante de temps  $\tau$**  :  $\tau = \frac{1}{\lambda}$ . À  $t = \tau$ , il reste  $N_0/e \approx 37\%$  des noyaux.
- **Activité  $a(t)$**  : Nombre de désintégrations par seconde (Bq).  $a(t) = \lambda \cdot N(t) = a_0 \cdot e^{-\lambda t}$ .  
L'activité suit la même décroissance exponentielle que le nombre de noyaux.

## Appliquez la Méthode de Datation

La datation est une application directe de la loi de décroissance.

- **Principe** : Tant que l'organisme est vivant, il échange avec son milieu et maintient constante la proportion de noyaux radioactifs (ex:  $^{14}C$ ). À sa mort, cet échange cesse et la quantité décroît.
- **Méthode** : On mesure l'activité  $a(t)$  restante dans l'échantillon ancien et on la compare à l'activité  $a_0$  d'un échantillon moderne de même nature.
- **Formule** :  $a(t) = a_0 \cdot e^{-\lambda t}$  donc  $t = \frac{1}{\lambda} \cdot \ln\left(\frac{a_0}{a(t)}\right)$

- **Choisir le bon "chronomètre"** : La demi-vie de l'élément utilisé doit être du même ordre de grandeur que l'âge à dater ( $^{14}\text{C}$  : 5700 ans pour archéologie ;  $^{40}\text{K}$  : 1,25 milliard d'années pour géologie).

## Méthode de Travail et Pièges à Éviter

### Pour Réussir les Exercices

- **Équations de désintégration** : Vérifiez systématiquement la conservation de  $A$  et  $Z$  après avoir écrit une équation.
- **Calculs de demi-vie** : Identifiez toujours si on vous donne  $N(t)$ ,  $a(t)$ , ou un rapport. Utilisez la forme la plus adaptée de la loi exponentielle.
- **Conversions d'unités** : Les temps peuvent être en secondes, années, millions d'années... Convertissez toujours en secondes pour utiliser  $\lambda$  en  $\text{s}^{-1}$ , ou utilisez des années partout. Soyez cohérents ! Les activités sont en Bq (désintégrations par seconde).
- **Utilisez la notation scientifique** : Les nombres en physique nucléaire sont souvent très grands ou très petits.

### Les Pièges Courants

- **Confondre  $N(t)$  et  $a(t)$**  :  $N(t)$  est le nombre de noyaux **restants**.  $a(t)$  est le nombre de noyaux qui **se désintègrent** par seconde. Ils sont liés par  $a(t) = \lambda \cdot N(t)$ .
- **Oublier que  $\lambda$  et  $t_{1/2}$  sont inversement liés** : Un noyau avec une grande constante radioactive  $\lambda$  a une courte demi-vie  $t_{1/2}$ .
- **Se tromper dans le type de désintégration** : Utilisez le diagramme de Segrè. Un noyau avec trop de neutrons se désintègre par  $\beta^-$ , pas par  $\beta^+$ .
- **Ne pas simplifier les calculs avec  $\ln(2)$**  :  $\ln(2) \approx 0,693$ . Apprenez à manipuler les exponentielles et les logarithmes.

## Conclusion

**En résumé** : Ce chapitre est une belle synthèse entre la compréhension conceptuelle (stabilité des noyaux, types de désintégration) et la modélisation mathématique (loi exponentielle).

**La clé du succès réside dans :**

- La maîtrise du vocabulaire et de la notation.
- La compréhension visuelle du diagramme de Segrè pour prédire les désintégrations.
- La maîtrise absolue de la loi de décroissance  $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$  et de ses déclinaisons ( $a(t)$ ,  $t_{1/2}$ ).
- Une pratique régulière d'exercices variés (équilibre, calcul de temps, datation).

En appliquant ces conseils méthodiquement, vous aborderez sereinement ce chapitre passionnant.