


Terminale Spécialité Physique-Chimie	Thème : Constitution et transformations de la matière	M.KUNST-MEDICA MAJ 07/2024	
<b>Chapitre 16 : Évolution temporelle d'une transformation nucléaire</b>		Cours livre p 115 à 118	

## Objectifs et trame du chapitre (6 séances)

### I. Noyaux radioactifs

### II. Types de radioactivité

#### Activité documentaire n°16.1 : La vallée de la stabilité (2 séances)

##### Capacités visées :

- Déterminer, à partir d'un diagramme (N, Z), les isotopes radioactifs d'un élément.
- Utiliser des données et les lois de conservation pour écrire l'équation d'une réaction nucléaire et identifier le type de radioactivité.
- Citer quelques applications de la radioactivité dans le domaine médical.

### III. Loi de décroissance radioactive

#### Activité de modélisation n°16.2 : Tchernobyl (2 séances)

##### Capacités visées :

- Établir l'expression de l'évolution temporelle de la population de noyaux radioactifs.
- Exploiter la loi et une courbe de décroissance radioactive.
- Capacité mathématique : Résoudre une équation différentielle linéaire du premier ordre à coefficients constants.

### IV. La radioactivité au quotidien

#### Activité documentaire n°16.3 : Dater un évènement à l'aide de noyaux radioactifs (1 séance)

##### Capacités visées :

- Expliquer le principe de la datation à l'aide de noyaux radioactifs et dater l'évènement.

#### Activité documentaire n°16.4 : La protection contre les rayonnements ionisants (1 séance)

##### Capacités visées :

- Citer quelques applications de la radioactivité dans le domaine médical.
- Citer des méthodes de protection contre les rayonnements ionisants et des facteurs d'influence de ces protections.

### Synthèse des activités :

#### Vidéo : Bilan de cours l'évolution temporelle d'une transformation nucléaire (Stella)

<https://www.youtube.com/watch?v=Xe1qHFb49wk>



## I. Noyaux radioactifs

### 1 – Isotopes

Des isotopes (il faut au moins deux noyaux pour parler d'isotopes...) sont des noyaux ayant le même numéro atomique Z mais un nombre de neutrons N différents. Tous les éléments du tableau périodiques possèdent des isotopes.

### 2 – Noyau radioactif

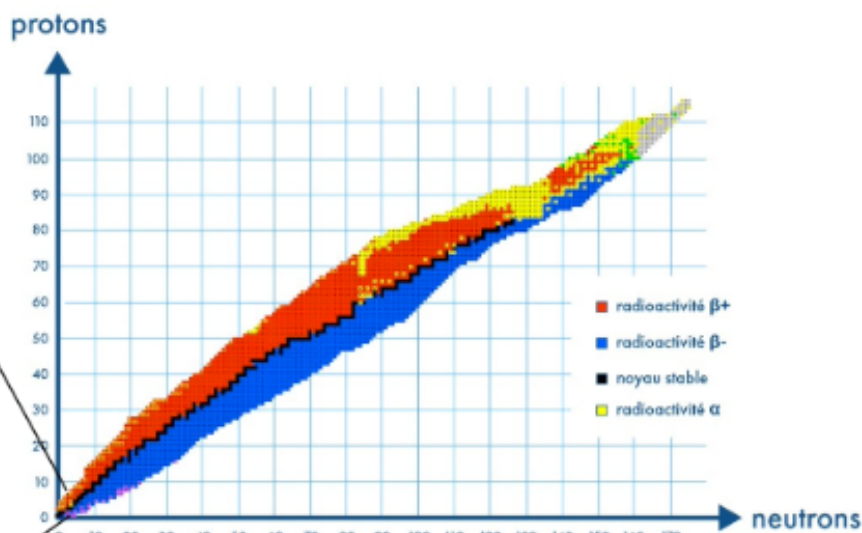
Un noyau est qualifié de radioactif lorsqu'il a la capacité d'émettre une particule en changeant de composition. On dit alors qu'il subit une **désintégration radioactive**. Ce processus est **spontané, aléatoire et inéluctable**.

### 3 – Diagramme (Z ; N)

Le diagramme (Z ; N) regroupe tous les noyaux existants selon leur nombre de protons Z (en ordonné) et leur nombre de neutrons N = A – Z en abscisse.

Ce diagramme permet de savoir à quel type de radioactivité sera soumis un noyau.

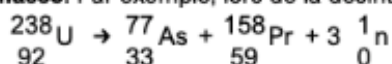
			12,011	12,0108	19,926	
5	B			B 8	B 9	
				770ms	~85-136	
4	Be		Be 6	Be 7	Be 8	
			~65-21s	53,29d	~12-16s	
	Li		Li 5	Li 6	Li 7	
			~1027s	7,5%	92,5%	
	He	He 3	He 4	He 5	He 6	
		0,0014%	99,999%	~5-20s	805ms	
	H	H 1	H 2	H 3	3	4
		1,007%	99,985%	0,015%	12,33y	



## II. Types de radioactivité

### 1 – Équation de désintégration

Une désintégration est une réaction nucléaire, il y donc **conservation du nombre de charge et du nombre de masse**. Par exemple, lors de la désintégration de l'uranium en astate et en proactinium, on a :



### 2 – Les différents types de radioactivité

On distingue trois grands types de radioactivité qui sont définis par la particule qui est émise lors de la désintégration :

Type de radioactivité	Particule émise	Equation type
$\beta^-$ (bêta moins)	Électron : ${}_{-1}^0\text{e}$	${}_{Z}^A\text{X} \rightarrow {}_{Z+1}^A\text{X} + {}_{-1}^0\text{e}$
$\beta^+$ (bêta plus)	Positon : ${}_{1}^0\text{e}$	${}_{Z}^A\text{X} \rightarrow {}_{Z-1}^A\text{X} + {}_{1}^0\text{e}$
$\alpha$ (alpha)	Hélium 4 : ${}_{2}^4\text{He}$	${}_{Z}^A\text{X} \rightarrow {}_{Z-2}^{A-4}\text{X} + {}_{2}^4\text{He}$

### 3 – Désexcitation $\gamma$

La plupart des noyaux issus d'une désintégration radioactive sont dans un état excité (noté par le symbole \*). Le retour à l'état fondamental s'accompagne de l'émission d'un photon  $\gamma$  très énergétiques. Les nombres Z et A restent inchangés lors de cette désexcitation.

### III. Loi de décroissance radioactive

#### 1 – Activité d'un échantillon

On appelle  $N(t)$  le nombre de noyaux radioactifs d'un échantillon à un instant  $t$ . Ce nombre de noyaux diminue au cours du temps.

L'activité d'un échantillon radioactif correspond au nombre de désintégrations ayant par seconde dans cet échantillon. Elle se note  $A$  et se mesure en becquerel (Bq). Elle est liée au nombre  $d$  noyaux radioactifs par la relation :

$$A(t) = -\frac{dN(t)}{dt} \text{ avec } A \text{ en becquerel (Bq)}$$

#### 2 – Constante radioactive

L'activité d'un échantillon est proportionnelle au nombre de noyaux qu'il contient. La constante de proportionnalité est appelée constante radioactive et est notée  $\lambda$ . On a donc :

$$A(t) = \lambda \cdot N(t) \text{ avec } \begin{cases} A \text{ en becquerel (Bq)} \\ \lambda \text{ en } s^{-1} \end{cases}$$

#### 3 – Loi de décroissance

Nous avons donc deux relations liant l'activité  $A$  et le nombre de noyaux  $N$  :  $A(t) = -\frac{dN(t)}{dt}$  et  $A(t) = \lambda \cdot N(t)$ .

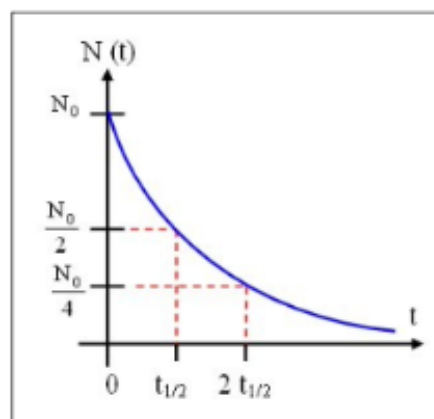
On peut donc écrire :  $A(t) = \lambda \cdot N(t) = -\frac{dN(t)}{dt}$

On reconnaît une équation différentielle qui peut facilement être résolue en posant  $N_0$  le nombre initial de noyaux radioactifs. On obtient alors la loi de décroissance radioactive :  $N(t) = N_0 \times e^{(-\lambda t)}$

On peut aussi écrire la loi de décroissance suivie par l'activité :  $A(t) = \lambda \cdot N(t) = \lambda N_0 \times e^{(-\lambda t)} = A_0 \times e^{(-\lambda t)}$

#### 4 – Demie-vie

La demie-vie, notée  $t_{1/2}$  est la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux radioactifs de l'échantillon se sont désintégrés. Elle est liée à la constante radioactive :  $t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\lambda}$



### IV. La radioactivité au quotidien

#### 1 – Radioactivité naturelle

Une soixantaine d'isotopes sont présents naturellement sur Terre (les plus courants sont le potassium 40, le thorium 232 et l'uranium 238). Ces isotopes sont soit des isotopes issus des étoiles avec des temps de demi-vie extrêmement long soit des isotopes formés dans la haute atmosphère.

#### 2 – Datation d'un objet

En mesurant l'activité d'un isotope particulier, on peut arriver à dater des objets. Pour cela :

- la constante radioactive  $\lambda$  de l'isotope doit être connue ;
- la loi de décroissance radioactive doit débuter en même temps que l'âge de l'objet.

#### 3 – Applications médicales

En imagerie médicale, on peut injecter à un patient une substance contenant un radio-isotope nommé traceur radioactif. La substance se fixe chimiquement sur certaines cellules. Une caméra sensible aux rayonnements émis permet de détecter les cellules cibles. Le radio-isotope utilisé doit avoir une courte durée de vie.

#### 4 – Radioprotection

Afin de se protéger des effets de la radioactivité, des protections adaptées ont été développées. Il faut aussi minimiser les temps d'exposition.

Sources : <https://couleur-science.eu/> , <https://www.pierron.fr/>

# L'essentiel

## La désintégration radioactive

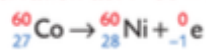
### Radioactivité

Un noyau instable (noyau père) se désintègre spontanément en se transformant en un noyau d'un autre élément chimique (noyau fils), en émettant une **particule** et un rayonnement gamma.

### Équation de désintégration radioactive

Exemple :

Conservation de A :  $60 = 60 + 0$



Conservation de Z :  $27 = 28 - 1$

### Particules

- Noyau d'hélium  ${}_{2}^4\text{He}$  : radioactivité  $\alpha$
- Électron  ${}_{-1}^0\text{e}$  : radioactivité  $\beta^-$
- Positron  ${}_{+1}^0\text{e}$  : radioactivité  $\beta^+$

### Diagramme (N, Z)

pour identifier le type de radioactivité et le noyau fils.

## La loi de décroissance radioactive

### Loi de décroissance radioactive

Nombre de noyaux radioactifs encore présents

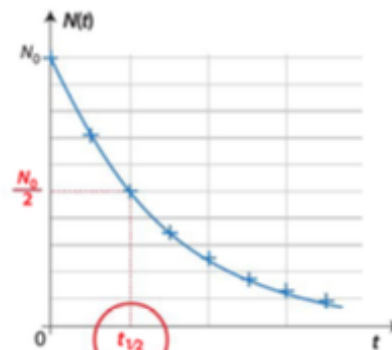
Nombre initial de noyaux radioactifs

Constante radioactive ( $s^{-1}$ ) si t en s

$$N(t) = N_0 \times \exp(-\lambda \times t)$$

ou 
$$t = \frac{-1}{\lambda} \times \ln\left(\frac{N}{N_0}\right)$$

### Courbe de décroissance radioactive



### Demi-vie

La demi-vie d'un noyau radioactif est égale à la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux initialement présents se sont désintégrés :

$$t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\lambda}$$

## Applications et radioprotection

### Activité d'un échantillon

L'activité d'un échantillon de noyaux radioactifs est égale au nombre de désintégrations radioactives par unité de temps dans l'échantillon :

$$A(t) = A_0 \times \exp(-\lambda \times t) \text{ avec } A_0 = \lambda \times N_0$$

(1 Bq = 1 désintégration par seconde)

### Se protéger de la radioactivité

Du matériel dit de radioprotection permet de se protéger des rayonnements ionisants.



### Applications de la radioactivité

- Pour la datation d'objets très anciens (par exemple à l'aide du carbone 14).
- En médecine : imagerie médicale et traitement des cancers.