Thème 1 : Constitution et transformation de la matière

Partie 2B. Evolution temporelle d'un système - transformation nucléaire

CHAP 6B ACT-COURS Décroissance radioactive

1. DESINTEGRATION DES NOYAUX RADIOACTIFS

La désintégration radioactive est :

- **Aléatoire** (impossible de prévoir)
- **Spontanée** (se déclenche sans intervention extérieure)
- **inéluctable** (Le noyau se désintègre tôt ou tard)
- Indépendant de la combinaison chimique (atome, molécules, ions …)
- Indépendant de la composition physique (s, L, g)
- Indépendant de la pression et de la température

2. LOI DE DECROISSANCE RADIOACTIVE D'UNE POPULATION

- Soit N_0, le nombre de noyaux radioactifs initialement présent dans l'échantillon.

- Au bout d'un temps t, la population de noyaux a diminué.

- Soit N(t), le nombre de noyaux radioactifs présent dans l'échantillon à la date t.

- Pendant une durée Δt le nombre de noyaux radioactifs diminue d'une valeur ΔN égale au nombre de désintégration qui se sont produites pendant cette durée.

- Le nombre moyen de désintégration (variation de population, noté $\Delta N(t)$) est proportionnel à la population existante N(t) et à la durée de mesure (notée Δt).

On a donc la relation : $\boxed{\Delta N(t) = -\lambda . N(t) . \Delta t}$ ou $\boxed{\frac{\Delta N(t)}{\Delta t} = -\lambda . N(t).}$

(avec λ (lamda) coefficient de proportionnalité appelé **constante radioactive, en s^{-1} ou h^{-1}, j^{-1} …)**

Rq : $\Delta N < 0$ car le nombre de noyaux diminue d'où le signe -

2.1. Equation différentielle

Si la durée Δt tend vers 0, $\lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta N(t)}{\Delta t} = \frac{dN(t)}{dt}$

on obtient une **équation différentielle,** notée :

$$\boxed{\frac{dN(t)}{dt} = -\lambda . N(t)}$$

en math : $\boxed{y'_{(x)} = -a . y_{(x)}}$

2.2. Loi de décroissance radioactive

La solution de cette équation différentielle donne la loi de décroissance radioactive :

2.2.1. Physique vs Math

Equa diff version math

$$y'_{(x)} = -a.y_{(x)}$$

Equa diff version physique

$$\frac{dN(t)}{dt} = -\lambda.N(t)$$

Solution générale équa diff version math

$$y_{(x)} = K.e^{-ax}$$

avec K constante réelle d'intégration

Solution générale équa diff version phy

$$N(t) = K.e^{-\lambda.t}$$

avec K constante qu'on trouve à l'aide des conditions initiales

2.2.2. Conditions initiales et solution version physique

A t = 0 le nombre de noyaux est égale aux nombre de noyaux au départ noté N_0.
On remplace dans l'équa diff pour trouver K,

$N(t) = K.e^{-\lambda.t}$

$N(t=0) = K.e^{-\lambda.0}$

$N_0 = K.e^0$

$N_0 = K.1$

Donc K = N_0

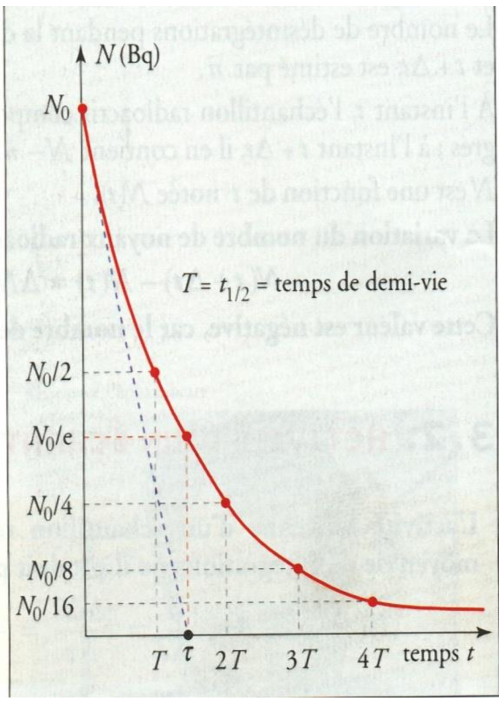
Donc la solution est :

$$N(t) = N_0.e^{-\lambda.t}$$

2.2.3. Loi de décroissance radioactive

$$N(t) = N_0.e^{-\lambda.t}$$

N(t) : Nombre de noyaux présent à la date t
N_0 : Nombre de noyaux présent au départ
λ : constante radioactive (s^{-1} ou h^{-1}, j^{-1} …)



2.3. Constante de temps : τ

2.3.1. Définition

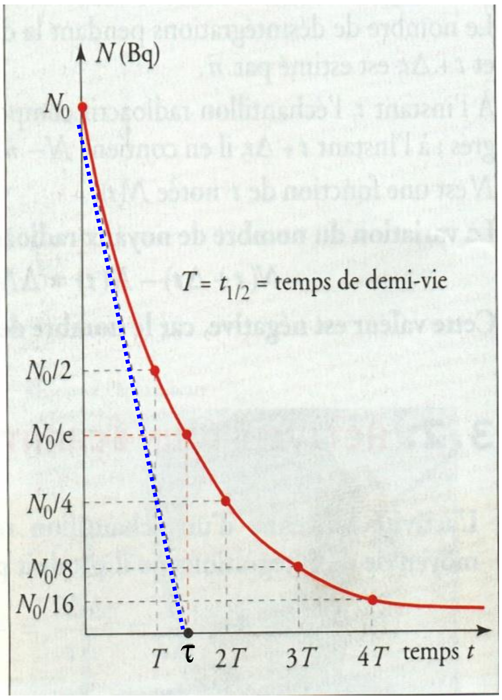
- La constante de temps est notée τ, (TAU) et s'exprime en s ou h, j…

$\tau = \frac{1}{\lambda}$

λ : constante radioactive (s^{-1} ou h^{-1}, j^{-1} …)

$N(t) = N_0 . e^{-t/\tau}$

2.3.2. Comment trouver τ par la méthode graphique



La tangente à la courbe à t = 0, coupe l'axe des abscisses à t = τ

2.4. Demi-vie $t_{1/2}$ d'un échantillon radioactif

2.4.1 Définition

- La demi-vie (ou période radioactive) correspond à la durée au bout de laquelle, la **moitié** des noyaux d'un échantillon de matière radioactive se sont **désintégrés**.
- Elle est notée $t_{1/2}$ et s'exprime en s ou h, j…
- C'est donc la durée au bout de laquelle, la population de noyaux radioactifs d'un échantillon (le nombre de noyaux, la masse, ou l'activité) a été divisée par **2**

Rq:

- On estime qu'au bout de **5 x $t_{1/2}$**, l'ensemble des noyaux radioactifs de l'échantillon est entièrement désintégré. C'est la **durée de vie de l'échantillon.**

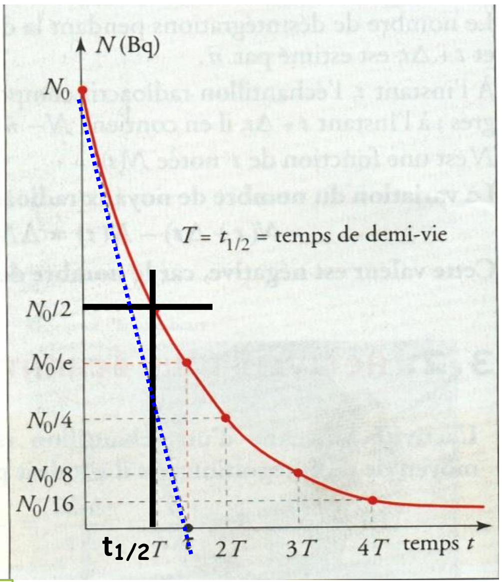
- ATTENTION : $t_{1/2}$ ne correspond pas à la moitié de la durée de vie de l'échantillon.

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

2.4.2. Comment trouver $t_{1/2}$ par le calcul

- Il faut savoir établir que $t_{1/2} = \frac{ln(2)}{\lambda}$

2.4.3. Comment trouver $t_{1/2}$ par la méthode graphique



- Calculer, $\frac{N_0}{2}$
- Reporter $\frac{N_0}{2}$ en ordonnée sur la courbe,
- Projeter sur la courbe et lire $t_{1/2}$ en abscisse

3. ACTIVITE D'UN ECHANTILLON

- C'est le nombre de noyaux qui se désintègrent par seconde
- Elle est notée A(t)
- Son unité est le Becquerels (Bq)

$$A(t) = -\frac{dN(t)}{dt}$$

$A(t)$: Activité (Bq)
$N(t)$: Nombre de noyaux

$\frac{dN(t)}{dt}$ c'est la dérivée, notée en math $N'(t)$

Comme : $N(t) = N_0.e^{(-\lambda.t)}$ et $A(t) = -\frac{dN(t)}{dt}$

- Il faut savoir établir que : $A(t) = N_0.\lambda.e^{(-\lambda.t)}$

Conditions initiales :

- Il faut savoir établir que : $A_0 = N_0.\lambda$

D'où: $A(t) = A_0.e^{(-\lambda.t)}$

Rq :

1 Bq = 1 désintégration/sec

L'activité renseigne sur la dangerosité d'un échantillon : plus A est grand plus l'échantillon est dangereux.