LOIS CINETIQUES

I. LOI DE DECROISSANCE D'UNE POPULATION DE NOYAUX RADIOACTIFS

La radioactivité est l'émission d'une particule, parfois accompagné d'un rayonnement faisant suite à la désintégration d'un noyau instable.

Un noyau instable va se désintégrer de manière :

- aléatoire (=imprévisible), le noyau n'a pas mémoire de ces désintégration passés. On ne peut pas connaître l'instant t où le noyau se désintègre,
- et stationnaire dans le temps, sa probabilité est invariable et constante (ne dépend pas de la durée d'observation).

A. LA CONSTANTE RADIOACTIVE λ

P, la probabilité qu'un nucléide se désintègre pendant un intervalle de temps dt, est :

$$P\,(dt) = \lambda * dt$$

λ, la constante radioactive à pour dimension, l'inverse d'un temps, soit : $secondes^{-1}, minutes^{-1}, heures^{-1}, années^{-1}$.

Elle dépend :

- De la nature du nucléide,
- Du niveau d'énergie du noyau.

Cependant, elle ne dépend pas des conditions physico-chimiques de l'environnement (température, pH, environnement moléculaire, …).

B. EVOLUTION DU NOMBRE DE NOYAUX AU COURS DU TEMPS

Pour étudier la population des noyaux radioactifs, on utilise :

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

Ici :

- N_0 = l'effectif initial,
- $N(t)$ = le nombre de noyaux à l'instant t,
- λ = la constante radioactive associée,
- dt = l'intervalle de temps de notre observation.

La décroissance par désintégration se fait de manière exponentielle, entre les temps t et $t + dt$ la population de noyaux va diminuer de dN (nombre de noyaux disparu).

II. PERIODE RADIOACTIVE

A. DEFINITION

Nous pouvons utiliser la constante de temps = $\frac{1}{\lambda}$ (exprimée en unité de temps) pour simplifier les calculs.

$$N\left(\frac{1}{\lambda}\right) = N_0 * e^{-\lambda * \frac{1}{\lambda}}$$

On remplace t, le temps, par la 1/λ, la constante de temps.

Donc : $N\left(\frac{1}{\lambda}\right) = N_0 * e^{-1}$

On simplifie les 2 λ dans l'équation.

Ainsi : $N\left(\frac{1}{\lambda}\right) = N_0 * 0{,}37$

A $t = \frac{1}{\lambda}$, les nucléides restant seront égal à 37 % de l'effectif initial.

La période radioactive T :

- s'exprime en unité de temps,
- définit le temps au bout du quel, il nous reste 50 % de l'effectif initial.

On a : $N(T) = \frac{N_0}{2}$ et $N(T) = N_0 * e^{-\lambda T}$

On en déduit : $T = \frac{ln2}{\lambda} = \frac{0{,}693}{\lambda}$

Le nombre de période radioactive détermine le pourcentage restant de noyaux :

- $1\,T = 25\,\%$ de noyaux restant,
- $2\,T = 50\,\%$,
- $10\,T = 0{,}1\,\%$, on considère le radionucléide disparu.

B. PERIODE EFFECTIVE EN PHYSIOLOGIE

Il existe deux manières pour l'organisme d'éliminer une population d'atomes radioactifs :

- Élimination physique par désintégration radioactive, elle suit une loi exponentielle, caractérisée par la période radioactive T,
- Élimination biologique par les émonctoires de l'organisme (urines ou selles), elle suit une loi exponentielle, caractérisée par la période biologique T_{bio}.

T_{bio} = temps au bout duquel 50 % des noyaux ont été éliminés de manière biologique.

L'élimination réelle des radionucléides tient compte des phénomènes biologique et physique, soit : $\frac{1}{T_{eff}} = \frac{1}{T_{physique}} + \frac{1}{T_{bio}}$

III. ACTIVITE D'UN RADIOELEMENT

A. DEFINITION

L'activité correspond au nombre moyen de désintégrations radioactives par unité de temps.

L'activité, est :

- proportionnelle au radionucléides restants, à un instant t :

$$A(t) = \lambda * N(t)$$

- correspond au nombre de photons ou de particules émises par unité de temps,
- proportionnelle à ce que l'on détecte,
- plus utile pour exprimer une quantité de radionucléides .

B. UNITES D'ACTIVITES

Le système international définit l'activité avec le Becquerel (1 Bq = une désintégration par seconde).

Étant une unité très petite, on utilise préférentiellement le MBq (1 $million\ de\ becquerel$) ou le GBq (1 $milliards\ de\ becquerel$).

Anciennement l'unité de l'activité est le Curie (Ci) : $1\ Ci = 3{,}7 * 10^{10}\ Bq = 37\ GBq$.

C. EVOLUTION DANS LE TEMPS

On a : $N(t) = N_0 * e^{-\lambda t}$

L'évolution de la population radioactive au cours du temps, à partir de la population initiale.

Or : $A(t) = \lambda * N(t)$ soit $A(t) = \lambda * N_0 * e^{-\lambda t}$

On a : $A_0 = \lambda * N_0$ soit $A(t) = A_0 * e^{-\lambda t}$

Donc : $A(t) = A_0 * e^{-\lambda t}$

L'évolution de l'activité d'une population radioactive au cours du temps, à partir de l'activité initiale.

On sait que : $T = \frac{\ln 2}{\lambda}$ donc $\lambda = \frac{\ln 2}{T}$

$$A(t) = A_0 * e^{\frac{-\ln 2 * t}{T}}$$

L'activité suit, elle aussi, une décroissance exponentielle.

D. CALCUL DE LA MASSE DE RADIOELEMENT A PARTIR DE SON ACTIVITE

A partir de l'activité mesurée, il est possible de calculer la masse d'un radioélément. Pour cela nous devons calculer la masse d'un atome unique, en utilisant la masse molaire de l'élément :

$$Masse\ d'un\ atome\ (en\ g) = \frac{M}{N_A}$$

Masse responsable d'une activité A, au temps t :

$$m(t) = N(t) * \frac{M}{N_A} = \frac{A(t)}{\lambda} * \frac{M}{N_A} = \frac{A(t)\ * \ T}{\ln 2} * \frac{M}{N_A}$$

N_A = nombre d'avogadro ; M = masse molaire ; T = en seconde