

II.1.2. Temps de demi-vie

a. Définition

La demi-vie est le temps qu'il faut pour que la quantité d'une substance diminue de moitié dans un milieu donné.

- **En pharmacologie**, la demi-vie désigne le temps nécessaire pour que la quantité d'une substance contenue dans un système biologique soit diminuée de la moitié de sa valeur initiale (par exemple la teneur d'un médicament dans le plasma sanguin). Ce paramètre varie légèrement d'un individu à l'autre, selon le processus d'élimination et le fonctionnement relatif chez l'individu.

En pratique, on considère qu'un médicament n'a plus d'effet pharmacologique après cinq à sept demi-vies.

Exemple: un médicament a une demi-vie de 10h et il atteint le pic de concentration plasmatique en 5h ?

Quand une demi-vie dure 10h.

En 10h on obtient 50,0% de la quantité initiale

En 20h on obtient 25,0%

En 30h on obtient 12,5%

En 40h on obtient 6,7% etc

- **Dans le domaine de la radioactivité**, le temps de demi-vie correspond à la durée nécessaire pour que la moitié des noyaux radioactifs d'une source se soient désintégrés. Les atomes d'une substance radioactive se décomposent en émettant un rayonnement radioactif. On désigne par le terme "temps de demi-vie" le temps au cours duquel la quantité de ces atomes radioactifs diminue de moitié.

- Qu'est-ce que la radioactivité ?

La radioactivité est un phénomène physique au cours duquel un noyau atomique instable se transforme spontanément en dégageant de l'énergie sous forme de rayonnements divers, pour atteindre un état plus stable, habituellement caractérisé par une masse atomique plus faible. Le noyau atomique qui émet ces rayonnements est appelé radionucléide. Le processus par lequel le noyau d'un radionucléide passe d'un état instable à un état plus stable est appelé désintégration.

- Origine des radionucléides présents dans l'environnement

L'air, l'eau et toutes les substances minérales, végétales et animales contiennent des éléments radioactifs d'origine naturelle. Près de 70 radionucléides constituent l'essentiel de la radioactivité naturelle de l'environnement. Il s'agit soit de radionucléides de période radioactive très longue, présents sur Terre depuis sa formation (par exemple, potassium-40, uranium-238, uranium-235,

thorium-232, rubidium-87 et cérium-142), soit de radionucléides créés en permanence dans la haute atmosphère sous l'effet du rayonnement cosmique, qualifiés de radionucléides cosmogéniques (par exemple, carbone-14, krypton-85, béryllium-7 et sodium-22). Ces radionucléides se désintègrent en éléments stables au cours du temps.

La radioactivité naturellement présente dans la terre peut être accentuée par plusieurs activités humaines. La présence de radionucléides artificiels dans l'environnement a trois origines principales:

- les rejets des installations nucléaires et ceux qui sont liés aux activités de médecine nucléaire et aux activités de recherche;
- les essais atmosphériques d'armes nucléaires ;
- les graves accidents nucléaires (comme celui de Tchernobyl survenu le 26 avril 1986).

b- Comment calculer la demi-vie d'une substance radioactive

La demi-vie d'une substance radioactive est le temps nécessaire à cette substance pour que la moitié de ses atomes se soit désintégrée.

- o La formule de calcul de la demi-vie est la suivante : $t_{1/2} = t \times \log(2) / \log(N_0/N_t)$
- o Dans cette formule, t = temps écoulé, N_0 = masse de substance au départ, et N_t = masse de substance après une certaine période de temps.

Exemple 1: Si vous avez au départ une masse de 1500 grammes d'une substance, et qu'à la fin, vous n'avez plus que 1000 grammes,. Supposons que le temps qui s'est écoulé entre les deux pesées (t) soit de 100 minutes. Calculer le temps de demi-vie.

Réponse :

$$N_0/N_t = 1500/1000 = 1.5$$

$$\log(1,5) = 0,176.$$

$$\log 2 = 0,30103$$

$$T \times \log 2 = 0.30103 \times 100 = 30,103$$

Calcule de $T_{1/2}$

30,103 divisé par 0,176 donne 171,04 minutes.

On peut chercher la perte de substance dès lors qu'on nous donne la demi-vie d'un élément et le nombre de jours écoulés.

Exemple 2: Si on donne 16 mg d'iode-31 à un patient, combien en reste-t-il dans son corps au bout de 32 jours ? La demi-vie de l'iode-31 est de 8 jours.

Voici comment on procède :

- Commencez par trouver combien de fois il y a de demi-vies dans 32 jours. Ici la demi-vie est de 8 jours, on a 32 jours, donc on a $32/8 = 4$. À 4 reprises, la dose a été divisée par 2.
- Cela signifie qu'au bout de 8 jours, il reste $16 \text{ mg}/2$, soit 8 mg de substance; après 16 jours, il reste $8 \text{ mg}/2$ soit 4 mg de substance; après 24 jours, $4 \text{ mg}/2$, soit 2 mg de substance, et après 32 jours, il ne reste plus que $2 \text{ mg}/2$, soit 1 mg d'iode-31.

On peut chercher la demi-vie d'un élément sachant la quantité de substance au départ, celle à l'arrivée et le nombre de jours écoulés.

Exemple 3: Un laboratoire reçoit une livraison de 200 g de technétium-99 et au bout de 24 h, il ne reste plus que 12,5 de cet isotope, quelle est la demi-vie du technétium-99 ?

Voici comment on procède :

- On travaille "à l'envers" cette fois ! Il reste donc au final 12,5 g de substance, donc une demi-vie plus tôt, on avait 25 g ($12,5 \times 2$); encore une demi-vie plus tôt, on avait 50 g de substance; et encore une demi-vie plus tôt, on avait 100 g, et encore une demi-vie plus tôt, on avait 200 g.
- Pour passer de 200 g à 12,5, il a fallu 4 demi-vies. La dégradation s'est faite en 24 h, donc la demi-vie est de : $24 \text{ heures}/4$, soit 6 heures.

On peut, aussi, chercher combien de demi-vies il faut pour qu'une certaine masse de matière disparaisse.

Exemple 4: Si la demi-vie de l'uranium-232 est 70 ans, combien faut-il de demi-vies pour passer de 20 g à 1,25 g ?

Solution : On commence avec 20 g et on réduit progressivement. $20 \text{ g}/2 = 10 \text{ g}$ (1 demi-vie), $10 \text{ g}/2 = 5$ (2 demi-vies), $5 \text{ g}/2 = 2,5$ (3 demi-vies), and $2,5 \text{ g}/2 = 1,25 \text{ g}$ (4 demi-vies). La réponse est : 4 demi-vies.

Demi-vie de certains radioisotopes :

Isotope:	$^{60}_{27}\text{Co}$	$^{32}_{15}\text{P}$	$^{14}_6\text{C}$	$^{131}_{53}\text{I}$	$^{238}_{92}\text{U}$
Demi-vie	5 ans	14 jours	5730 ans	8 jours	4.5 billions d'années
Utilisation	chimiothérapie	Détections des tumeurs	Datation archéologique	hyperthyroïdisme	Datation géologique

Exemple 5:

Le baryum 122 a une demi-vie de 2 minutes. Un échantillon frais de 80 g a été obtenu. S'il faut 10 minutes pour mettre en place une expérience avec du baryum-122, combien de baryum-122 restera-t-il lorsque l'expérience commencera ?

Réponse :

En chaque demi-vie, 2 minutes, la moitié de la quantité originale subira une désintégration nucléaire :

Temps:	Départ	2 min	4 min	6 min	8 min	10 min
Masse:	80 g	40 g	20 g	10 g	5 g	2.5 g

Au bout de 10 minutes (5 demi-vies), il ne reste que 2,5 g de baryum-122, le reste s'est décomposé.

Exemple 6:

Si 10 mg d'iode 131 sont administrés à un patient, quelle quantité reste-t-il après 24 jours ? La demi-vie de l'iode 131 est de 8 jours.

Réponse:

Puisque la demi-vie est de 8 jours, 24 jours correspondent à 3 demi-vies. Après une demi-vie, il reste 5 mg ; après deux demi-vies, 2,5 mg ; et après trois demi-vies, il reste 1,25 mg.

C- Principe de datation au carbone 14

Le carbone 14, de notation symbolique ^{14}C , est produit dans la haute atmosphère lors de réactions nucléaires induites par des protons rapides d'origine galactique. Sa proportion dans les environnements terrestres, où l'on trouve du carbone en contact avec l'atmosphère, est à peu près constante et connue : elle est de $1,3 \times 10^{-12}$ noyaux de carbone 14 pour 1 noyau de carbone 12. Lorsqu'un être vivant (individu, plante...) cesse de vivre, son métabolisme cesse et le carbone qu'il contient n'est plus renouvelé. Le carbone 14 se désintègre alors, avec

une demi-vie de 5730 ans. À partir des mesures du ^{14}C encore présent dans les restes (os, cheveux, bois), on peut déterminer le moment où la vie s'est arrêtée. On peut ainsi dater des événements qui se sont déroulés il y a des milliers d'années.

Exemple 7:

Un charbon de bois frais fabriqué à partir d'un arbre contient du carbone 14, ce qui donne un taux radioactif de 13,60 désintégrations par minute par gramme de carbone. Des tableaux de peintures préhistoriques rupestres ont été trouvés en Espagne. Un morceau de charbon de bois trouvé dans l'ancienne grotte d'Altamira, en Espagne, donnait 1,70 désintégration par minute par gramme de carbone. À partir de ces informations, déterminez l'âge des peintures rupestres.

Réponse :

Après une demi-vie, le nombre de désintégrations passera de 13,60 à 6,80 ; après deux demi-vies, il sera de 3,40 et après trois demi-vies de 1,70. Donc 3 demi-vies se sont écoulées depuis que les peintures ont été faites. Puisque la demi-vie du carbone 14 est de 5730 ans, les peintures ont environ $5730 \times 3 = 17\,190$ ans.

