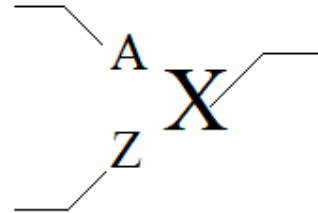


## Radioactivité

### 1) Définition et propriétés de la radioactivité

#### a) Noyaux radioactifs

Des noyaux ayant le même nombre de protons (Z) mais un nombre différent de neutrons (A-Z) sont ..... Par exemple,  ${}^{65}_{29}\text{Cu}$  et  ${}^{63}_{29}\text{Cu}$  sont isotopes. Des isotopes appartiennent au même élément chimique



Exemple : L'atome d'hydrogène  ${}^1_1\text{H}$  (appelé protium) et le deutérium  ${}^2_1\text{H}$  (atome d'hydrogène également) sont des isotopes. L'uranium 238 de symbole  ${}^{238}_{92}\text{U}$  et l'uranium 235 de symbole  ${}^{235}_{92}\text{U}$  sont également des isotopes.

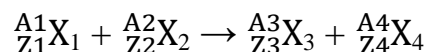
Certains noyaux d'atomes sont ..... car il possède soit trop de neutrons, soit trop de protons soit trop de protons et neutrons. Ces noyaux d'atomes sont dits ..... et peuvent subir un changement de composition appelé .....

La désintégration radioactive d'un noyau radioactif est :

- ..... : aucune intervention ne la déclenche ou ne l'influence.
- ..... : impossible de prévoir l'instant où elle se produit.
- ..... : la désintégration se produit tôt ou tard.

La désintégration d'un noyau instable (noyau père) en un autre noyau plus stable (noyau fils) s'appelle la ..... Ce phénomène ..... s'accompagne souvent d'émission de ..... et/ou d'.....

La désintégration radioactive d'un noyau est une ..... au cours de laquelle les éléments ne sont pas forcément conservés, mais où il y a conservation du nombre de charge (Z) et du nombre de masse (A). Une transformation nucléaire est modélisée par une ..... qui elle-même se décrit à l'aide d'une équation nucléaire :



Avec  $\text{X}_1$  et  $\text{X}_2$  : noyaux ou particules libres qui réagissent  
 $\text{X}_3$  et  $\text{X}_4$  : noyaux ou particules libres formé(e)s.

<u>Exemples de particules libres</u>	
${}^0_{-1}\text{e}$ électron	${}^1_0\text{n}$ neutron
${}^1_1\text{p}$ proton	${}^0_1\text{e}$ positon

Une réaction nucléaire respecte une loi de .....

- Conservation du ..... (conservation de la masse) :

$$A_1 + A_2 = A_3 + A_4$$

- Conservation de la .....

$$Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4$$

b) Différents types de radioactivité

On peut distinguer plusieurs types de radioactivité : .....

- Radioactivité  $\alpha$

Des noyaux sont dits ..... s'ils émettent des .....  
c'est à dire des ..... :  ${}^A_ZX \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^4_2He$ .

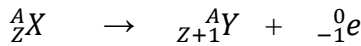
Exemple :



Remarque : Les noyaux instables (radionucléides) qui subissent une radioactivité  $\alpha$  possèdent trop de .....

- Radioactivité  $\beta^-$

Des noyaux sont dits ..... s'ils émettent des .....



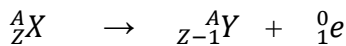
Exemple :



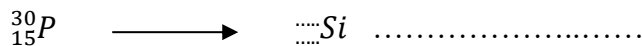
Remarque : Les noyaux instables (radionucléides) qui subissent une radioactivité  $\beta^-$  possèdent trop de ..... La réaction peut être interprétée comme la transformation d'un ..... en .....

- Radioactivité  $\beta^+$

Des noyaux sont dits ..... s'ils émettent des .....



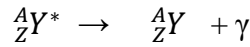
Exemple :



Remarque : Les noyaux instables (radionucléides) qui subissent une radioactivité  $\beta^+$  possèdent trop de ..... La réaction peut être interprétée comme la transformation d'un ..... en .....

- Désexcitation

Pour ces trois types de radioactivité, le noyau fils est en général obtenu dans un état excité (niveau d'énergie élevé). Il évacue cette énergie excédentaire en émettant de l'énergie sous forme de l'émission d'un ..... ou ..... (onde électromagnétique) : on parle de .....

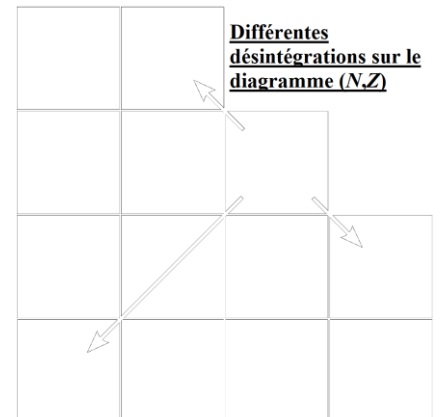
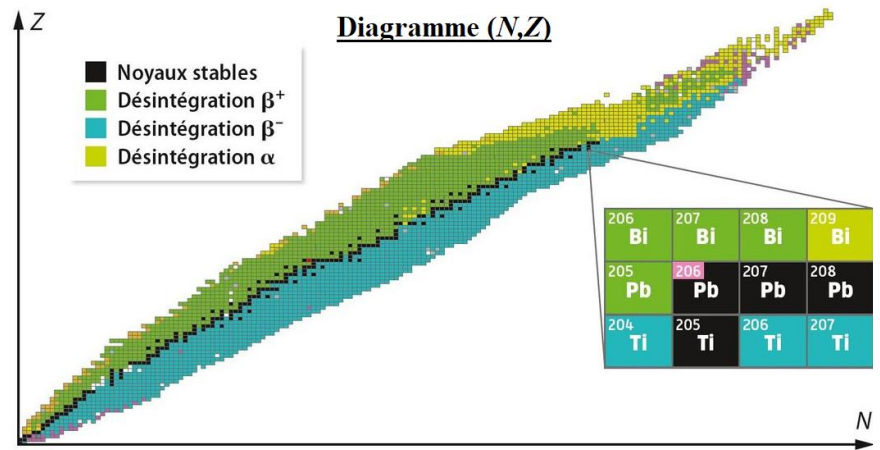


Le symbole « \* » signifie que le noyau se trouve dans un état excité.

c) Diagramme (N,Z)

La représentation de l'ensemble des noyaux existants selon le nombre de protons (Z) en abscisse et du nombre de neutrons (N ou A-Z) en ordonnée s'appelle le ..... Tous les isotopes d'un même élément se situent sur une même .....

Les noyaux stables se situent au milieu du diagramme (vallée de stabilité). Les noyaux ayant un excès de protons et subissant une radioactivité  $\beta^+$ , se situent en général au-dessus de cette vallée de stabilité et ceux ayant un excès de neutrons et subissant une radioactivité  $\beta^-$ , se situent en général au-dessous. Les noyaux ayant un excès de protons et de neutrons et subissant une radioactivité  $\alpha$ , se situent en général en haut à droite du diagramme (N,Z).



Exercice : On considère la désintégration  $\alpha$  de l'uranium 238. Écrire l'équation nucléaire correspondante puis représenter cette désintégration par une flèche sur l'extrait du diagramme (N,Z) ci-contre.

236 U 92	237 U 92	238 U 92
235 Pa 91	236 Pa 91	237 Pa 91
234 Th 90	235 Th 90	236 Th 90

2) Évolution temporelle d'une population de noyaux radioactifs

Si la désintégration d'un noyau radioactif isolé est un phénomène aléatoire, en revanche, il est possible d'anticiper l'évolution des désintégrations d'un échantillon contenant un grand nombre  $N(t)$  de noyaux radioactifs et pour lequel on note  $N_0$ , le nombre de noyaux radioactifs à l'instant  $t = 0$  s.

Si on note  $\Delta N(t)$  la variation sur une durée  $\Delta t$  d'un nombre  $N(t)$  de noyaux radioactifs, alors on peut écrire que ..... Or on constate que pendant une durée  $\Delta t$ , la variation  $\Delta N(t)$  du nombre  $N(t)$  de noyaux radioactifs est proportionnelle au nombre  $N(t)$  de noyaux radioactifs mais aussi à la durée  $\Delta t$  d'où la relation : .....

.....

Ce coefficient de proportionnalité noté ..... s'appelle la ..... ; elle s'exprime en ..... et sa valeur dépend de la ..... du noyau.

On peut alors établir l'expression de l'évolution temporelle d'une population de noyaux radioactifs :

Noyaux	Constante radioactive $\lambda$ en $s^{-1}$
$R_{n_{86}}^{220}$	$1,25 \times 10^{-2}$
$T_{h_{90}}^{222}$	310
$T_{h_{90}}^{232}$	$1,56 \times 10^{-18}$

On en déduit la ..... :

Avec :

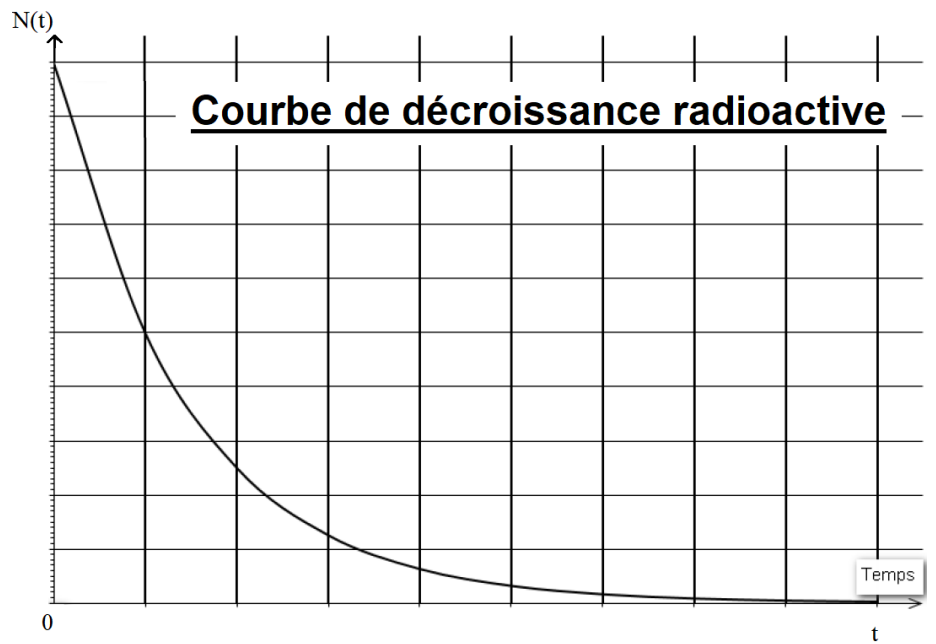
$N_0$  : .....

$t$  : temps en .....

$\lambda$  : ..... en .....

À partir du tracé de la courbe de décroissance radioactive (voir schéma ci-dessous), il est possible de déterminer la durée au bout de laquelle la moitié du nombre des noyaux radioactifs présents initialement, ont été divisés par deux, et que l'on appelle la ....., notée .....; la demi-vie s'exprime en .....

Il existe une relation entre la demi-vie  $t_{1/2}$  et la constante radioactive  $\lambda$  :



On constate que le temps de demi-vie ne dépend pas du nombre de noyaux radioactifs initiaux  $N_0$  mais uniquement de ..... puisqu'il dépend de la constante radioactive  $\lambda$ .

### 3) Applications de la radioactivité

#### a) Notion d'activité

Pour un échantillon radioactif, on appelle ..... notée ....., le nombre de désintégrations radioactives par seconde de cet échantillon. L'activité  $A$  se mesure en ..... notée ....., à l'aide d'un appareil appelé compteur Geiger-Muller.

$$1 \text{ Bq} = 1 \text{ désintégration.s}^{-1}$$

Si on note  $N(t)$  le nombre de noyaux radioactifs à un instant «  $t$  » d'un échantillon radioactif, l'activité  $A(t)$  de cet échantillon pendant une durée «  $\Delta t$  » s'écrit :

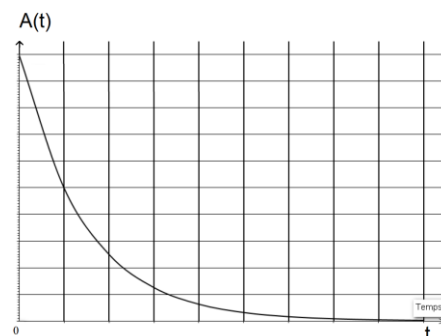
=>

Pour une durée infiniment courte,  $\Delta t$  tend vers 0 et l'expression de l'activité  $A(t)$  s'identifie alors à .....

Or

De cette expression, on en déduit que .....; l'activité  $A(t)$  d'un échantillon est donc proportionnelle au nombre de noyaux radioactifs  $N(t)$  de cet échantillon par la constante radioactive  $\lambda$ .

De plus, on peut écrire que : ..... avec



L'activité  $A(t)$  peut donc être modélisée par une loi de décroissance radioactive.

### b) Application à la datation

Cette loi de décroissance radioactive peut être mise à profit pour ..... différents échantillons de matière.

Il faut pour cela choisir l'isotope radioactif à étudier de telle manière à ce que son temps de demi-vie  $t_{1/2}$  corresponde à l'ordre de grandeur de l'âge probable de l'échantillon à analyser.



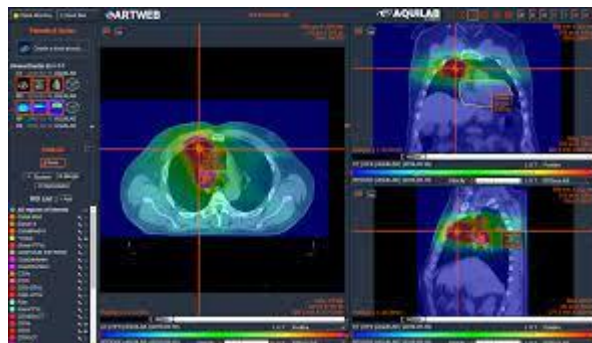
Par exemple, la datation au ..... est utilisée en archéologie pour évaluer l'âge d'échantillon composé de matière organique comme les peintures rupestres.

Exercice : Le plomb 210 est en concentration constante dans l'atmosphère. Il est possible de mesurer expérimentalement son activité notée  $A_0$ . Sous l'action de la pluie, ce plomb 210 est ramené au sol et peut s'y infiltrer. Ce plomb 210 étant radioactif, sa quantité dans le sol diminue au cours du temps. On récupère alors un échantillon de terre enfoui dans le sol et on mesure son activité  $A(t)$ . On trouve que  $A(t) = 0,27.A_0$ . Sachant que le plomb 210 suit une loi de décroissance radioactive, déterminer le temps « t » qui s'est écoulé entre la dernière pluie et la récupération de cet échantillon de terre.

Donnée : Temps de demi-vie du plomb 210 : 22,2 ans

c) Application dans le domaine médical

Dans le domaine médical, la radioactivité est utilisée en ..... : on injecte à un patient des espèces radioactives, appelées ....., ayant une demi-vie assez faible. Ces traceurs radioactifs vont se fixer sur l'organe cible à étudier et émettre un rayonnement  $\gamma$  issu de la désintégration des noyaux radioactifs. Ce rayonnement va être détecté par des caméras spécifiques ce qui permettra de suivre le fonctionnement de l'organe étudié (cellules cancéreuses par exemple). Cette méthode d'analyse médicale s'appelle la .....



En augmentant la dose de substances radioactives, le rayonnement  $\gamma$  émis peut alors détruire les cellules et empêcher ainsi leur multiplication ; il ne s'agit plus alors d'une technique d'investigation mais bien de traitement : on parle alors de .....

Pour le personnel utilisant ces techniques, il est nécessaire de se protéger de ces radiations encore appelées ..... Pour minimiser les risques, il faut :

- maintenir un éloignement maximal à la source radioactive
- avoir une durée d'exposition la plus courte possible
- utiliser un .....

Le choix de ces écrans protecteurs dépend du type de radioactivité ( $\alpha$ ,  $\beta$  ou  $\gamma$ ) dont on doit se protéger ; l'épaisseur de l'écran et le matériau dont il est constitué, sont aussi des facteurs d'influence à prendre en compte pour ces choix de protection.

	<b>Air</b>	<b>Béton</b>	<b>Plomb</b>
<b><math>\alpha</math></b>	1 cm	1 mm	0,1 mm
<b><math>\beta</math></b>	10 m	10 cm	1 cm
<b><math>\gamma</math></b>	1 km	1 m	10 cm

**Distance de pénétration des rayonnements**