

### I – Stabilité et instabilité des noyaux :

[Www.AdrarPhysic.Fr](http://Www.AdrarPhysic.Fr)

#### 1– Composition du noyau :

Le **noyau** d'un **atome** est constitué de **nucléons** ( **protons** et **neutrons**).

Le **noyau** d'un **atome** d'un **élément chimique** est représenté par le **symbole** :  $\begin{smallmatrix} A \\ Z \end{smallmatrix} X$  avec :

**A**: **nombre de masse** et représente le **nombre de nucléons** (protons et neutrons).

**Z**: **nombre de charge** et représente le **nombre de protons**.

**N**: **nombre de neutrons** se détermine par l'**expression** :  $N = A - Z$  .

#### 2– L'élément chimique :

**L'élément chimique** est constitué par l'**ensemble** des **atomes** et des **ions** ayant le **même nombre de protons**.

#### 3– Les nucléides :

Dans la **physique atomique**, un **nucléide** est l'**ensemble** des **noyaux** ayant le **même nombre de nucléons A** et le **même nombre de protons Z**.

Exemple :  $^{12}_6C$  et  $^{14}_6C$  sont **deux nucléides** de l'**élément carbone**

$^{235}_{92}U$  et  $^{238}_{92}U$  sont **deux nucléides** de l'**élément uranium**.

#### 4– Les isotopes :

On appelle **les isotopes** d'un **élément chimique**, les **nucléides** qui possèdent le **même nombre de protons** mais de **nombre de neutrons différent** (nombre de **nucléons A**).

Exemple :  $^{12}_6C$  et  $^{14}_6C$  sont **deux isotopes** du même élément de carbone .....

Remarque : **l'abondance naturelle**  $\theta_i$  des **isotopes** est le **pourcentage en masse** de chacun des **isotopes**  $m_i$  dans le **mélange naturel de masse m** avec :  $m = \sum m_i \theta_i$  .

#### 5– Dimension du noyau :

On modélise le **noyau** d'un **atome** par une **sphère** de **rayon r** varie avec le **nombre de nucléons A** selon l'**expression** suivante :  $r = r_0 A^{1/3}$  avec  $r_0 = 1,2 \cdot 10^{-15} m$  le **rayon de l'atome d'hydrogène**. La **valeur approximative** de la **masse volumique** du **noyau** est :  $\rho = \frac{A \cdot m}{V} = \frac{A \cdot m}{\frac{4}{3} \pi r^3} = \frac{A \cdot m}{\frac{4}{3} \pi (r_0 A^{1/3})^3} = \frac{3m}{4\pi r_0^3} \cdot$

On considère la **masse approximative** du **nucléon** est :  $m = 1,67 \cdot 10^{-27} kg$  , on trouve la **masse volumique**  $\rho \approx 2,3 \cdot 10^{17} kg \cdot m^{-3}$  et c'est ce qui explique que **la matière nucléaire est très dense** .

#### 6– Le diagramme (N, Z) : Diagramme de Segré :

Certains **noyaux** conservent toujours la **même structure**, on dit que **ses noyaux sont stables**. Et il y a des **noyaux** qui se **transforment spontanément** à d'autres **noyaux** après l'**émission de rayonnement**, on dit que **ses noyaux sont instables ou noyaux radioactifs**. Le **diagramme Segré** montre l'emplacement des **noyaux stables** et des **noyaux radioactifs**. De sorte que chaque **noyau** est représenté par un **petit carré** d'**abscisse Z** le **nombre de protons** et d'**ordonnée N** le **nombre de neutrons**. La **zone centrale rouge** s'appelle **la vallée de stabilité** et comprend les **noyaux stables**.

a- Rappeler la **signification** de la lettre  $A$  qui est **mentionnée** dans la **représentation**  $\text{ZX}$ , et donner la **relation** entre  $A$  et  $Z$  et  $N$ .

La lettre  $A$  indique le **nombre de masse** et  $A = Z + N$

b- Quels sont les **caractéristiques** des **noyaux stables** de  $Z < 20$  ? déduire que le **rapport**  $\frac{A}{Z} \approx 2$ .

Pour les **noyaux stables** de  $Z < 20$  on a  $Z = N$  et on sait que  $A = Z + N = Z + Z = 2Z$  donc  $\frac{A}{Z} \approx 2$ .

c- Comment devenir le **rapport**  $\frac{A}{Z}$  pour les **noyaux lourds stables** c-à-d pour les **noyaux** de  $Z > 70$  ?

Pour les **noyaux** de  $Z > 70$ , on a  $N > Z$  alors  $A > Z + Z$  C-à-d  $A > 2Z$  donc  $\frac{A}{Z} > 2$

d- La **zone de couleur bleue** comprend les **noyaux de radioactivité  $\beta^-$** . Comparer  $Z$  et  $N$  pour cette **zone**.

Que concluez-vous ?

Pour cette **zone** qui se trouve **au-dessus de la vallée de stabilité**, on a  $N > Z$ , on conclut que **ces noyaux** doivent **perdre un ou plusieurs neutrons** pour se stabilisent.

e- Comparer  $Z$  et  $N$  pour la **zone de couleur jaune**. Que concluez-vous ?

Pour cette **zone** qui se trouve **au-dessous de la vallée de stabilité**, on a  $N < Z$ , on conclut que **ces noyaux** doivent **perdre un ou plusieurs protons** pour sa **stabilité**.

f- Les **noyaux lourds** ( $A > 200$ ,  $Z > 82$ ) sont-ils **stables** ? Si la **réponse** est **non**, quel est leur **type de radioactivité** ?

Ces **noyaux** sont **instables** et leur **radioactivité** est  $\alpha$  où ils doivent **perdre** des **protons** et des **neutrons** pour être **stables**.

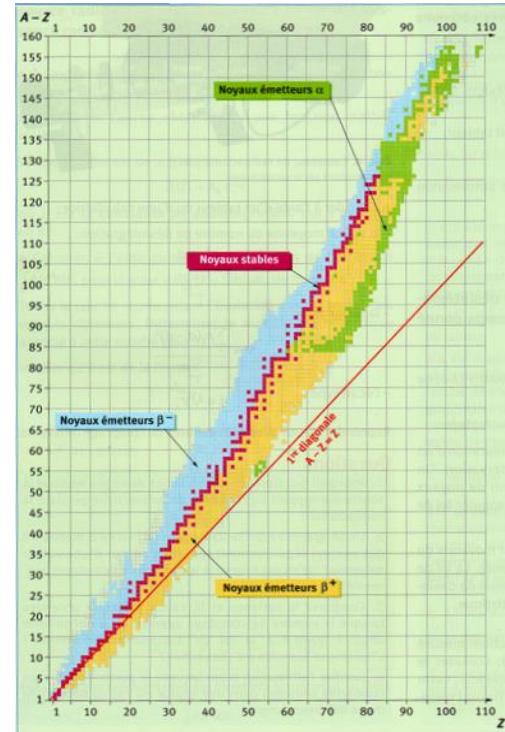
### Conclusions :

- ⊕ **Différents isotopes** de même élément chimique se trouve sur la **même droite** parallèle à l'axe des ordonnées.
- ⊕ **Pour les nucléides de  $Z \leq 20$**  : **la vallée de stabilité** se situe **au voisinage** du premier médiateur ( $Z = N$ ), c-à-d que les **nucléides légers stables** possèdent de **protons** que de **neutrons**.
- ⊕ **Pour les nucléides de  $Z > 20$**  : **la vallée de stabilité** se déplace **au-dessus** du premier médiateur quand la **valeur** de  $Z$  **augmente** C-à-d  $N > Z$ . Donc la **stabilité** du **noyau** n'est **assurée** que s'il contient **plus de neutrons** que de **protons**.

## II – La radioactivité :

### 1- Activité :

**Henri Becquerel** s'intéresse a étudié le phénomène de la fluorescence des sels d'uranium qui émet des **rayons visibles** après une **exposition** par les **rayons solaires** pendant une **durée suffisante**. **Henri Becquerel** fait une **observation inattendue** « au hasard », en fait à un **contretemps**. Le mercredi 26 et le jeudi 27 février 1896, **Becquerel** prépare ses **plaques photographiques** et ses **lamelles** **recouvertes** de **sels d'uranium**. Le **soleil** nécessaire, pense-t-il, pour **exciter** les **sels d'uranium** **phosphorescents** étant **absent**, il remet au lendemain ses



expériences en rangeant dans un **tiroir** voisin les **lamelles** et les **plaques photographiques** bien **enveloppées** et **protégées**. Le **vendredi** et le **samedi**, le temps restant **couvert**, l'**expérimentation** est encore **retardée**. Le **dimanche 1<sup>er</sup> mars**, **Becquerel** décide de **développer** les **plaques photographiques**. Il constate alors **avec surprise**, que les **plaques** (pourtant dûment **protégées**) sont **impressionnées**. Il s'empresse de **refaire** l'**expérience** en vérifiant **avec soin** toutes les **étapes** du **protocole opératoire**, afin d'**éliminer** toute **cause** due à une **éventuelle erreur** de **manipulation**. Il ne peut que constater l'**absence** de **causalité** entre l'**émission** d'un **rayonnement** par les **sels d'uranium** et leur **préalable insolation**. Il venait de **découvrir la radioactivité**.

Le **sel d'uranium** émet **spontanément**, même en l'**absence d'excitation** par la **lumière**, un **rayonnement** pénétrant qui **impressionne** les **plaques photographiques**. **Henri Becquerel** montre par la suite que cette **faculté d'émettre** des **rayons** est une **propriété intrinsèque** de l'**élément uranium**. Il appelle ces **rayons** « **rayons uraniques** ».

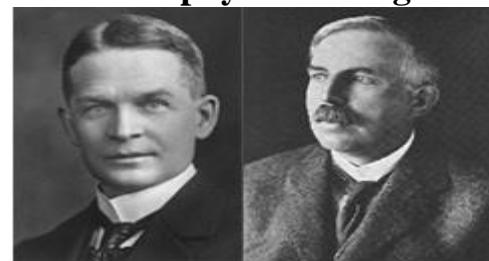
Au **début de 1898**, **Marie Curie**, physicienne française d'origine polonaise, commence dans un **hangar** de l'**école de Physique et Chimie** un travail de **thèse de doctorat** sur les **rayons de Becquerel** : elle examine **systématiquement** un grand nombre de **composés chimiques** et de **minéraux**, et découvre que les **minéraux d'uranium** comme la **pechblende**, émettent plus de **rayonnement** que l'**uranium** lui-même. Elle déduit de ce **fait remarquable** que **ces substances** contiennent, en **très petite quantité**, un **élément** beaucoup **plus actif** que l'**uranium**. C'est alors que **Pierre Curie**, son **mari**, joint ses efforts à ceux de **Marie**. Tous les deux parviennent à isoler l'**élément inconnu**, le **Thorium**, et à en déterminer leurs **propriétés**.



A cette occasion, **Marie Curie** invente le mot « **radioactivité** ».

Un certain **nombre d'études** ont suivi, menant à l'**identification** et à la **classification** des **rayonnements** émis par des **matières radioactives**, où les **deux physiciens anglais Ernest Rutherford et Frederick Soddy** ont **identifié**

les **rayonnements** émis par l'**uranium 238**, et ont montrés qui sont un **noyau d'hélium ionisé**, appelé **rayonnement alpha  $\alpha$** . Cette **émission** est exprimée par l'**équation** :  $^{238}_{92}U \rightarrow ^{234}_{90}Th + ^4_2He$  .



En 1900, **Becquerel** a identifié un autre type de **rayonnement nucléaire** c'est le **rayonnement  $\beta^-$** . C'est l'**émission d'électrons** de **noyau de Thorium Th** selon l'**équation** :  $^{234}_{90}Th \rightarrow ^{234}_{91}Pa + ^{-1}_0e$  .

Après cela, le **Français Paul Villar** a souligné la **présence** de **rayonnement  $\gamma$** , qui sont des **ondes électromagnétiques invisibles**. Toutes ces **découvertes** et leurs **applications** ont enrichi les **connaissances** de la **nature** du **noyau de l'atome**.

a- Que signifie le mot "radiation" ?

La **radiation** est un **phénomène** dans lequel un **élément chimique** émet des **rayons visibles** après une **exposition à des rayons lumineux**.

b- Comment **Becquerel** a-t-il déduit que les **sels d'uranium** émettaient un **rayonnement invisible** ?

Il observe que les **plaques photographiques** sont **affectées** bien qu'elles ne soient pas **exposées aux rayons solaires**.

c- Le phénomène de la radioactivité a-t-il été découvert au hasard ou existe-t-il une prédition théorique de sa découverte ?

La radioactivité a été découverte par hasard (involontairement).

d- Qu'est-ce que la radioactivité ? Comment détecter les matières radioactives ?

La radioactivité est une désintégration naturelle et imprévisible d'un noyau instable. Elles sont détectées par des plaques photographiques placées devant la matière.

e- Citer les noms des deux noyaux radioactifs identifiés à la limite de 1898.

Noyau d'uranium  $^{238}_{92}U$  et noyau de Thorium  $^{234}_{90}Th$ .

f- Citer les types de radiations nucléaires dans le texte et déterminer leur nature.

$\alpha$  C'est un noyau d'hélium ionisé  $^4_2He$  et  $\beta^-$  Ce sont des électrons  $^-_1e$

$\gamma$  Ce sont des ondes électromagnétiques invisibles.

g- Vérifier que le nombre de masse A et le nombre de charge Z sont conservés dans les deux équations de transformation citées dans texte.

On remarque que le nombre de masse A ( $238 = 234 + 4$  et  $234 = 234 + 0$ ) et le nombre de charge Z ( $92 = 90 + 2$  et  $90 = 91 - 1$ ) sont conservés .

### 2- Définitions :

↳ Un noyau radioactif est un noyau instable qui se désintègre spontanément en émettant une particule.

↳ La radioactivité est une désintégration naturelle d'un noyau radioactif à un noyau fils plus stable avec émission d'une particule. Elle s'exprime par l'équation suivante :

$$^{A_1}_{Z_1}X \rightarrow ^{A_2}_{Z_2}Y + ^{A_3}_{Z_3}P$$
 . Où X est le symbole du noyau père,

Y celui du noyau fils et P celui de la particule émise.

### 3- Propriétés de la radioactivité :

La radioactivité est :

- ↳ Aléatoire : on ne peut pas prédire l'instant exact où un noyau va se désintégrer.
- ↳ Spontanée : la désintégration se fait sans intervention extérieure.
- ↳ Inévitable : le noyau radioactif sera désintégrer tôt ou tard, rien ne peut l'empêcher.
- ↳ Ne dépend pas des facteurs extérieurs comme la pression, la chaleur, ...
- ↳ Ne dépend pas de liaisons chimiques formées par l'atome qui contient le noyau radioactif.

### 4- Lois de conservation :

Les transformations nucléaires obéissent à des lois de conservation, appelées lois de conservation de Soddy : *Lors des transformations nucléaires, il y a conservation du nombre de charge Z et du nombre de nucléons A.*

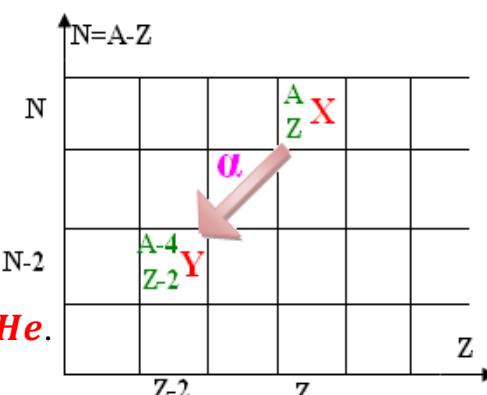
Exemple :  $^{238}_{92}U \rightarrow ^{234}_{90}Th + ^4_2He$  et  $^{234}_{90}Th \rightarrow ^{234}_{91}Pa + ^{-1}_0e$ .

### 5- Les différents types d'émissions radioactives :

#### A- Radioactivité $\alpha$ :

La radioactivité  $\alpha$  est une désintégration nucléaire naturelle spontanée correspond aux noyaux lourds ( $A > 200$ ), dans laquelle un noyau père  $^A_ZX$  se transforme en un noyau fils  $^{A-4}_{Z-2}Y$  accompagnée de l'émission d'un noyau d'Hélium  $^4_2He$  appelé particule  $\alpha$ , selon l'équation suivante :  $^A_ZX \rightarrow ^{A-4}_{Z-2}Y + ^4_2He$ .

Exemple :  $^{226}_{88}Ra \rightarrow ^{222}_{86}Rn + ^4_2He$ .



### B- Radioactivité $\beta^-$ :

La **radioactivité  $\beta^-$**  est une **désintégration nucléaire naturelle spontanée**, dans laquelle un **noyau père  ${}^A_Z X$**  se transforme en un **noyau fils  ${}_{Z+1}^A Y$**  accompagnée de l'émission d'un **électron  ${}^0_{-1} e^-$**  appelé **particule  $\beta^-$** , selon l'équation suivante :  ${}^A_Z X \rightarrow {}_{Z+1}^A Y + {}^0_{-1} e^-$ .

Exemple :  ${}^{60}_{27} Co \rightarrow {}^{60}_{28} Ni + {}^0_{-1} e^-$ .

Remarque : lors de cette **radioactivité  $\beta^-$**  un **neutron** se transforme en un **proton** selon l'équation suivante :  ${}^1 n \rightarrow {}^1 p + {}^0_{-1} e^-$ .

### C- Radioactivité $\beta^+$ :

La **radioactivité  $\beta^+$**  est une **désintégration nucléaire naturelle spontanée**, Il apparaît généralement pour les éléments radioactifs artificiels, dans laquelle un **noyau père  ${}^A_Z X$**  se transforme en un **noyau fils  ${}_{Z-1}^A Y$**  accompagnée de l'émission d'un **positron  ${}^0_{+1} e^+$**  appelé **particule  $\beta^+$** , selon l'équation suivante :  ${}^A_Z X \rightarrow {}_{Z-1}^A Y + {}^0_{+1} e^+$ .

Le **positron** a une **masse égale** à celle de l'**électron** et une **charge opposée**.

Exemple :  ${}^{30}_{15} P \rightarrow {}^{30}_{14} Si + {}^0_{+1} e^+$ .

Remarque : lors de cette **radioactivité  $\beta^+$**  un **proton** se transforme en un **neutron** selon l'équation suivante :  ${}^1 p \rightarrow {}^1 n + {}^0_{+1} e^+$ .

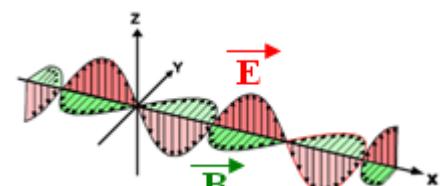
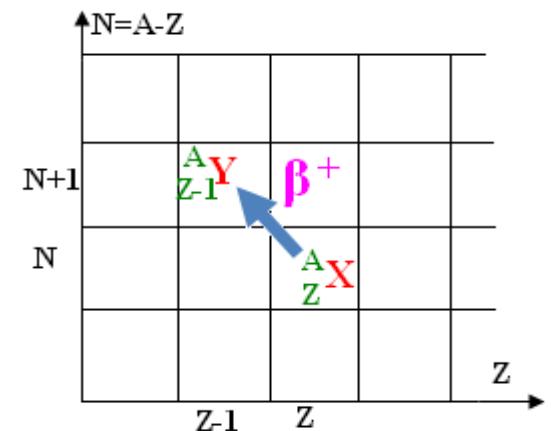
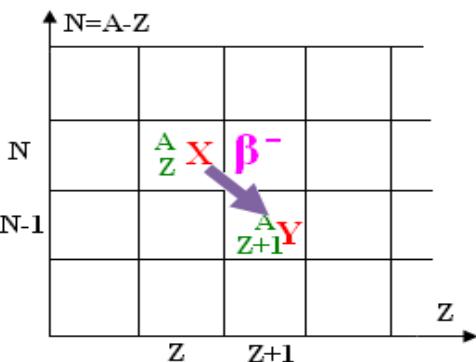
### D- Le rayonnement $\gamma$ :

Le **rayonnement  $\gamma$**  est des **ondes électromagnétiques** de très grande énergie, lors des **désintégrations  $\alpha$  et  $\beta^-$  et  $\beta^+$** , le **noyau fils** est généralement produit dans un **état excité** (il possède un **excédent d'énergie** par rapport à son **état fondamental**). Ce noyau libère un **rayonnement  $\gamma$**  selon l'équation suivante :  ${}^A_Z Y^* \rightarrow {}^A_Z Y + \gamma$ .

${}^A_Z Y^*$ : **noyau fils** dans l'**état excité**       ${}^A_Z Y$ : **noyau fils** dans l'**état fondamental** .

Exemple :  ${}^{16}_{7} N \rightarrow {}^{16}_{8} O^* + {}^0_{-1} e^-$  radioactivité  $\beta^-$ .

${}^{16}_{8} O^* \rightarrow {}^{16}_{8} O + \gamma$  émission de rayonnement  $\gamma$ .



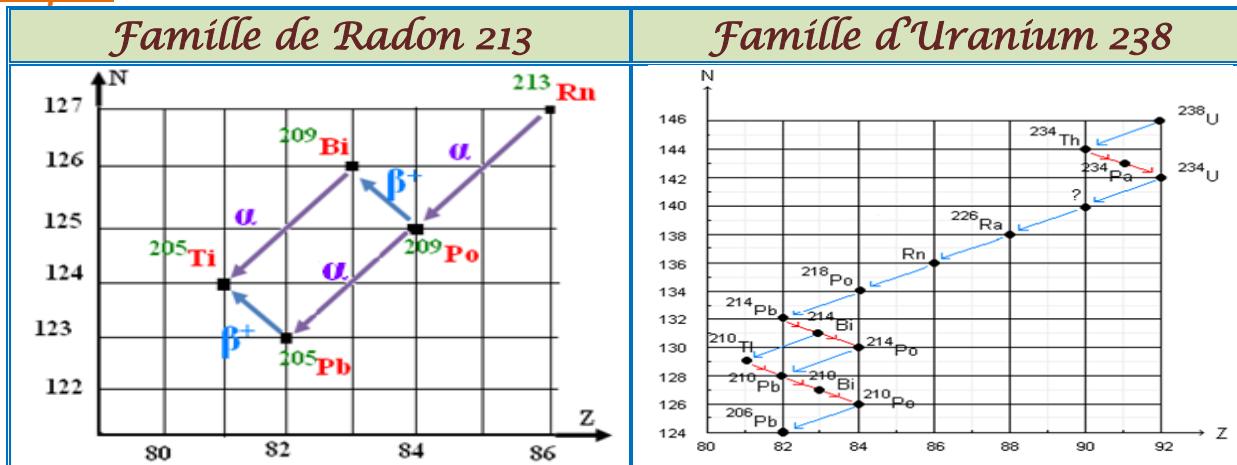
Application : En utilisant le tableau périodique des éléments chimiques, complétez les équations suivantes avec la détermination de la nature du rayonnement.

Réponse :  ${}^{80}_{35} Br \xrightarrow{\beta^+} {}^{80}_{34} Se + {}^0_{+1} e^+$  et  ${}^{87}_{38} Sr^* \xrightarrow{\gamma} {}^{87}_{38} Sr + \gamma$   
 ${}^{214}_{82} Pb \xrightarrow{\beta^-} {}^{214}_{83} Bi + {}^0_{-1} e^-$  et  ${}^{226}_{88} Ra \xrightarrow{\alpha} {}^{222}_{86} Rn + {}^4_2 He$

### 6- La famille radioactive :

Le **noyau fils** obtenu après **désintégration** d'un **noyau père** peut parfois, à **son tour**, se **désintégrer** en un **nouveau noyau fils**, et **ainsi de suite**, jusqu'à ce qu'on obtient un **noyau stable**. L'**ensemble** de ces **noyaux** forme ce qu'on appelle **une famille radioactive** du **noyau de départ**. Il existe **quatre familles radioactives naturelles** provenant des **noyaux suivants** :  ${}^{232}_{90} Th$  ;  ${}^{237}_{93} Np$  ;  ${}^{235}_{92} U$  ;  ${}^{238}_{92} U$ .

Exemple :



### III – Loi de décroissance radioactive :

La radioactivité est un **phénomène aléatoire spontané**, il n'est pas possible de prévoir à l'avance la **date de désintégration** d'un **noyau** et de **changer** les caractéristiques de ce **phénomène**. Cependant, l'**évolution** dans le **temps** d'un **échantillon radioactif** est soumise à une **loi statistique** appelée **loi de décroissance radioactive** (découvert par **Rutherford** et **Soddy** en **1902**).

#### 1– La loi de décroissance radioactive :

Soit  $N_0$  le **nombre de noyaux radioactifs** à l'instant  $t = 0$ , et soit  $N(t)$  le **nombre de noyaux radioactifs restants** (non désintégrés) à l'instant  $t$ . Soit  $N(t) + dN(t)$  le **nombre de radioactifs** encore **présents** à l'instant  $t + dt$  avec  $dN(t) < 0$ .

Le **nombre de noyaux** qui se sont **désintégrés** pendant la **durée**  $dt$  est :

$$N(t) - (N(t) + dN(t)) = -dN(t).$$

Les **expériences** ont **confirmé** que  $-dN(t)$  est **proportionnelle** à  $N(t)$  et  $dt$ .

$$\text{C-à-d } -dN(t) = \lambda \cdot N(t) \cdot dt. \text{ Alors } \frac{dN(t)}{N(t)} = -\lambda \cdot dt \text{ donc } \ln N(t) = -\lambda \cdot t + c$$

$$\text{donc } N(t) = e^{-\lambda \cdot t + c} = e^{-\lambda \cdot t} \cdot e^c \text{ on pose } e^c = \alpha \text{ donc } N(t) = \alpha \cdot e^{-\lambda \cdot t}.$$

$$\text{A l'instant } t = 0 \text{ on a } N(0) = N_0 \text{ et on a } N(0) = \alpha \cdot e^0 = \alpha \text{ donc } \alpha = N_0.$$

Par conséquent, nous exprimons la **loi de décroissance radioactive** d'un

**échantillon radioactif** comme suit :  $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ .

Le **nombre de nucléides non désintégrés**  $N(t)$  d'un **échantillon radioactif** soumis à la **loi de décroissance radioactive** avec  $\lambda$  est la **constante de désintégration**, ne dépend pas des **conditions initiales** et exprimée en  $s^{-1}$ .

#### 2– Constante de temps d'un échantillon radioactif :

On définit la **constante de temps**  $\tau$  par la **relation suivante** :  $\tau = \frac{1}{\lambda}$ . son **unité**

dans (S.I) est : **seconde s**. On a  $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} = N_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$ .

à l'instant  $t = \tau$  on trouve :  $N(\tau) = N_0 \cdot e^{-\frac{\tau}{\tau}} = N_0 \cdot e^{-1} = 0,37 N_0$ . Alors  $\tau$  est la **durée nécessaire pour la désintégration de 37% du nombre initiale  $N_0$  de nucléides**.

Remarque : La tangente de la courbe  $N = f(t)$  à l'instant  $t = 0$  coupe l'axe des abscisses au point de l'abscisse  $t = \tau$ .

#### 3– Demi-vie radioactive :

La **demi-vie** d'un **nucléide radioactif**  $t_{1/2}$  est la **durée** au bout de laquelle la **moitié** des **nucléides radioactifs initialement présent** dans l'**échantillon** se sont **désintégrés**.

A  $t = t_{1/2}$  on a  $N(t_{1/2}) = \frac{N_0}{2}$  donc

$N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t_{1/2}} = \frac{N_0}{2}$  c-à-d  $e^{-\lambda \cdot t_{1/2}} = \frac{1}{2}$  donc

$$-\lambda \cdot t_{1/2} = \ln \frac{1}{2} = -\ln 2$$

$$\text{Alors } t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \tau \ln 2$$

On a  $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$  et  $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$

$$\text{Donc } N(t) = N_0 \cdot e^{-\ln 2 \cdot \frac{t}{t_{1/2}}} = N_0 \cdot e^{\ln 2 \cdot \frac{-t}{t_{1/2}}}$$

$$\text{Donc } N(t) = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{t_{1/2}}}.$$

### 4- Activité d'un échantillon radioactif :

L'activité  $a(t)$  d'un échantillon radioactif contient le nombre  $N(t)$  de noyaux radioactifs est le **nombre de désintégration** par **seconde**. Son **expression** est :

$$a(t) = -\frac{dN(t)}{dt} \text{ son unité dans (S.I) est : Becquerel Bq}$$

(1 Bq correspond à une désintégration par seconde) et on utilise aussi **Curie Ci** tel que :  $1 Ci = 3,7 \cdot 10^{10} Bq$ .

On a  $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$  c-à-d  $\frac{dN(t)}{dt} = -\lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$

$$\text{Donc } a(t) = -\frac{dN(t)}{dt} = \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} = \lambda \cdot N(t).$$

A l'instant  $t = 0$ , l'activité d'un échantillon radioactif est :  $a_0 = \lambda \cdot N_0$

Donc  $a(t) = a_0 \cdot e^{-\lambda t}$ . L'activité d'une **source radioactive** peut être mesurée avec : ↗ Le compteur Geiger ↗ Le compteur Geiger-Muller .....

### 5- La datation par la radioactivité :

↗ Les géologues et les archéologues utilisent **différentes techniques** pour déterminer l'âge des **fossiles** et des **roches** ... Parmi ces **techniques**, on compte celles qui reposent sur la **radioactivité**. Ainsi, un échantillon peut être **daté** en comparant s'activité à celle d'autre échantillon **témoin**.

↗ Plus l'échantillon à dater est ancien, plus la demi-vie de nucléide utilisé est élevée.

↗ Le **carbone 14** est produit en permanence par le **rayonnement cosmique** à partir de l'azote dans la **haute atmosphère**. Les **échanges** qui se produisent entre l'**atmosphère** et le **monde vivant** maintiennent **quasiment constant** le **rapport** entre la **quantité de carbone 14** et celle de **carbone 12**. Mais, dès qu'un **organisme meurt**, le **carbone 14** qu'il contient n'est plus **renouvelé** puisque les **échanges** avec le **monde extérieur** cessent, sa **proportion** se met à **décroître** car il est **radioactif**

selon l'équation  $^{14}_6 C \xrightarrow{\beta^-} {}^{14}_7 N + {}^0_1 e$ . On applique la **loi de décroissance radioactive** :  $a(t) = a_0 \cdot e^{-\lambda t}$  On sait que :  $t_{1/2} = 5600 \text{ ans}$  et  $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$  alors

$$a(t) = a_0 \cdot e^{-\lambda t} \Leftrightarrow \frac{a}{a_0} = e^{-\lambda t} \Leftrightarrow \ln\left(\frac{a}{a_0}\right) = -\lambda t \Leftrightarrow \ln\left(\frac{a_0}{a}\right) = \lambda t$$

On mesure l'activité  $a(t)$  d'une masse d'échantillon connue, et connaître  $a_0$  l'activité de la même masse d'un échantillon **témoin** existant. Alors, on peut

$$\text{déterminer son âge } t \text{ par la relation suivante : } t = \frac{\ln\left(\frac{a_0}{a}\right)}{\lambda} = \frac{t_{1/2}}{\ln 2} \cdot \ln\left(\frac{a_0}{a}\right).$$

