

C19(5) RADIOACTIVITE

4,5

Ecriture conventionnelle du noyau (ou d'atome)

Nombre de masse A
= nombre de nucléons

Nombre de charge Z
= nombre de protons

Symbole de l'élément X

Numéro atomique

Isotopes

Ce sont des atomes ou des ions qui possèdent le même nombre de protons, mais un nombre de neutrons différents, donc:

Même Z mais des A différents

Exemple: ${}^1_1\text{H}$ ${}^2_1\text{H}$ ${}^3_1\text{H}$

Seuls certains isotopes d'un élément sont stables

C19V1

9

Fusion

Deux noyaux légers s'assemblent pour former un noyau plus lourd.

Hydrogène 2 + Hydrogène 3 → Hélium 4 + Neutron

${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$

$m_{\text{initiale}} > m_{\text{finale}}$

Fission

Un noyau lourd se fragmente pour former des noyaux plus légers.

Neutron + Plutonium 239 → Molybdène 102 + Tellure 135 + 3 neutrons

${}^{239}_{94}\text{Pu} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{102}_{52}\text{Te} + {}^{135}_{42}\text{Mo} + 3 {}^1_0\text{n}$

$m_{\text{initiale}} > m_{\text{finale}}$

Perte de masse

↓

Libération d'énergie

↓

Transformations exothermiques

C19V2

5

Transformation nucléaire

- Éléments chimiques différents
- Conservation du nombre de masse et du nombre de charge

Exemple :

${}^{238}_{94}\text{Pu} \rightarrow {}^{234}_{92}\text{U} + {}^4_2\text{He}$

$238 = 234 + 4$
 $94 = 92 + 2$

C19V3

6,5

Conservation

du nombre de masse :

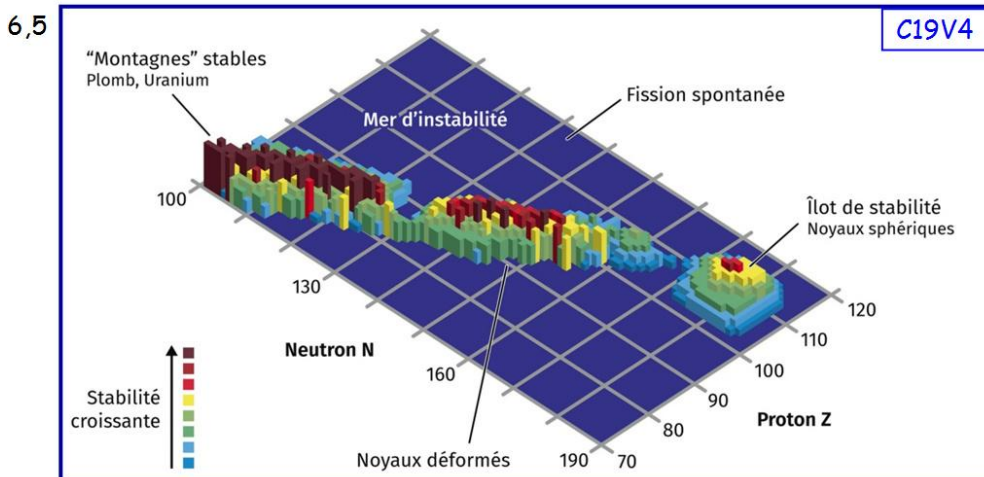
$A_1 + A_2 = A_3 + A_4$

${}^{A_1}_{Z_1}\text{X}_1 + {}^{A_2}_{Z_2}\text{X}_2 \rightarrow {}^{A_3}_{Z_3}\text{X}_3 + {}^{A_4}_{Z_4}\text{X}_4$

Conservation du nombre de charge :

$Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4$

C19V5

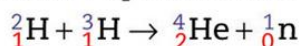


6

Exemple

C19V6

La réaction de fusion envisagée dans le projet de réacteur expérimental ITER (*International Thermonuclear Experimental Reactor*, **doc. 3**) peut s'écrire :

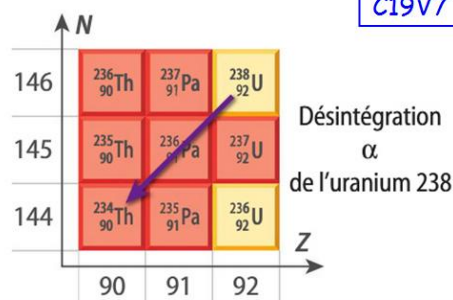


	Réactifs	Produits	
Nombre de charge total	$1 + 1 = 2$	$2 + 0 = 2$	► Conservation
Nombre de masse total	$2 + 3 = 5$	$4 + 1 = 5$	► Conservation

Exemple

4,5

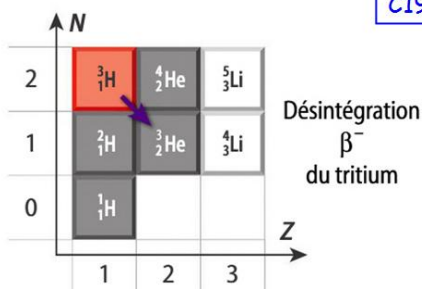
C19V7



Exemple

4,5

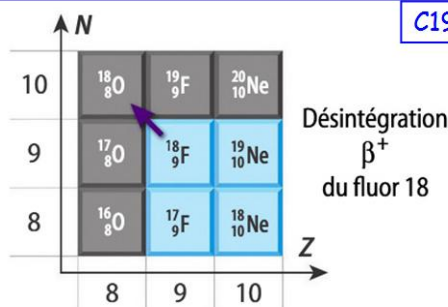
C19V8



Exemple

4,5

C19V9



8

C19V10

Substance	Activité massique (en Bq·kg ⁻¹)
Eau douce	10 ⁻¹
Eau de mer	10
Corps humain	10 ²
Matériaux de construction	10 ³
Minerais d'uranium	10 ⁷
Déchets nucléaires à faible activité	10 ⁸
Plutonium 239	10 ¹²

Ordres de grandeurs d'activités massiques de différentes substances.

6

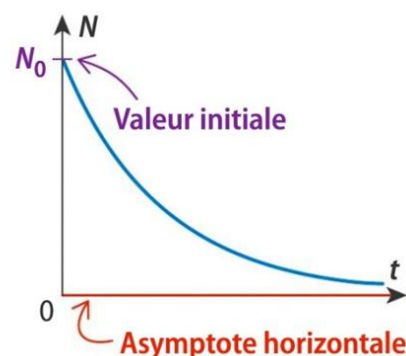
C19V11

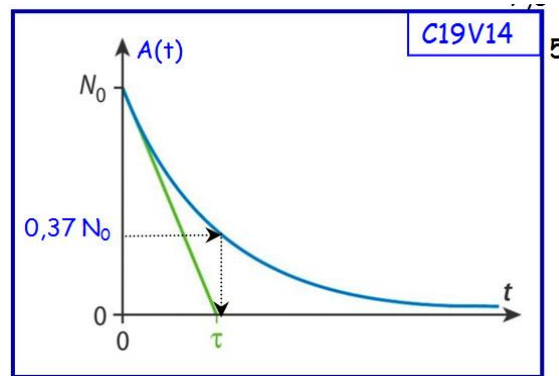
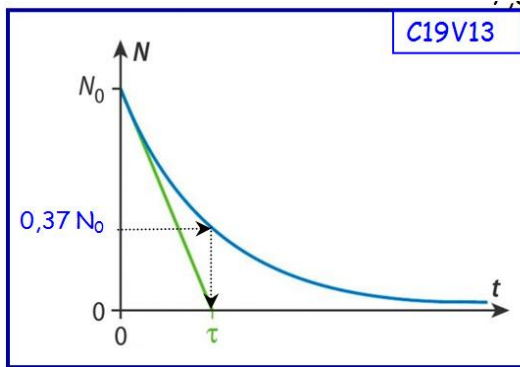
Noyau	Constante radioactive λ (en s ⁻¹)
${}^{218}_{86}\text{Rn}$	19,5
${}^{220}_{86}\text{Rn}$	$1,25 \times 10^{-2}$
${}^{222}_{86}\text{Rn}$	$2,10 \times 10^{-6}$
${}^{222}_{90}\text{Th}$	310
${}^{232}_{90}\text{Th}$	$1,56 \times 10^{-18}$

Constantes radioactives de quelques isotopes du radon et du thorium.

- valeur N_0 en $t = 0$ s ;
- tend vers zéro quand t tend vers l'infini : $\lim_{t \rightarrow +\infty} N_0 e^{-\lambda t} = 0$.

C19V12 7,5





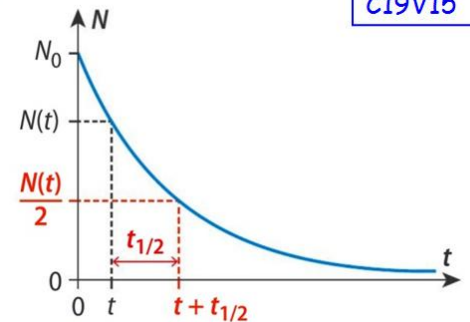
5,5 Par définition, pour tout t , $N(t + t_{1/2}) = \frac{1}{2} N(t)$.

En explicitant l'expression de $N(t)$, il vient :

$$N_0 e^{-\lambda(t+t_{1/2})} = \frac{1}{2} N_0 e^{-\lambda t} \text{ qui s'écrit aussi } N_0 e^{-\lambda t} e^{-\lambda t_{1/2}} = \frac{1}{2} N_0 e^{-\lambda t}.$$

Puisque $N_0 e^{-\lambda t}$ n'est pas nul, on obtient $e^{-\lambda t_{1/2}} = \frac{1}{2}$.

Cela donne $-\lambda t_{1/2} = \ln\left(\frac{1}{2}\right)$, ou encore $-\lambda t_{1/2} = -\ln(2)$, donc $t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\lambda}$.



Il existe une soixantaine de radio-isotopes naturels, les plus abondants étant le potassium 40, l'uranium 238 et le thorium 232.

Certains d'entre eux, de grande demi-vie, ont été formés par nucléosynthèse stellaire. D'autres radioéléments naturels sont formés par désintégration des radio-isotopes issus de la nucléosynthèse stellaire ou par bombardements cosmiques (doc. 13).

Exemple

- Le carbone 14 est formé dans la haute atmosphère par réaction entre des neutrons cosmiques et l'azote de l'air : ${}^{14}_7\text{N} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{14}_6\text{C} + {}^1_1\text{H}$.

Application : datation au potassium 40 d'une roche

Lors de sa formation, une roche contient initialement $7,22 \times 10^{18}$ noyaux de potassium 40 et n'en possède plus que $7,60 \times 10^{17}$.

Pour le potassium 40, $t_{1/2} = 1,25 \cdot 10^9$ a

Dater la formation de cette roche à l'aide de la démonstration ci-contre.

$N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda \cdot t)$ Démonstration

$\ln(N(t)) = \ln(N_0) - \lambda \cdot t$

$\lambda \cdot t = \ln(N_0) - \ln(N(t))$

$t = \frac{1}{\lambda} \cdot \ln\left(\frac{N_0}{N(t)}\right) = \frac{t_{1/2}}{\ln(2)} \cdot \ln\left(\frac{N_0}{N(t)}\right)$

Corrigé :

$$t = \frac{t_{1/2}}{\ln(2)} \cdot \ln\left(\frac{N_0}{N(t)}\right)$$

$$\text{AN : } t = \frac{1,25 \times 10^9}{\ln(2)} \times \ln\left(\frac{7,22 \times 10^{18}}{7,60 \times 10^{17}}\right) = 4,06 \times 10^9 \text{ a}$$

Toute radioactivité α , β^+ et β^- peut s'accompagner d'émission de photons γ , très pénétrants dans la matière : 15

- lors de la désexcitation des noyaux produits par radioactivité ;
- lors de la rencontre des positrons émis par désintégration β^+ avec des électrons dans la matière : ${}^0_1e + {}^0_{-1}e \rightarrow 2\gamma$.

Les particules α , β^+ et β^- elles-mêmes sont très énergétiques et électriquement chargées. Ainsi, ces particules et les rayonnements γ peuvent pénétrer dans la matière et l'ioniser

La **protection** des êtres vivants contre les rayonnements ionisants nécessite avant tout l'**éloignement** de la source de radioactivité. Il faut donc éviter d'ingérer, inhaler ou toucher les sources radioactives. Les personnes travaillant au contact de sources radioactives utilisent des **écrans protecteurs** d'épaisseur et de matériaux adaptés

Il faut également minimiser la **durée d'exposition** aux rayonnements. Dans le cas des déchets, on peut réduire leur activité en attendant qu'elle soit assez faible ou en les diluant dans de la matière stable.

	Air	Béton	Plomb
α	10^{-2} m	10^{-3} m	10^{-4} m
β	10^1 m	10^{-1} m	10^{-2} m
γ	10^3 m	1 m	10^{-1} m



C19R7 pénétration des rayons

Doc. 17 D e pénétration
des rayonnements.

C19V18

En **imagerie médicale**, on peut injecter à un patient une substance contenant un radio-isotope nommé **traceur radioactif**. La substance se fixe chimiquement sur certaines cellules. Une caméra sensible aux rayonnements émis permet de détecter les cellules cibles.

En **radiothérapie**, les rayonnements détruisent les cellules cibles.

Exemple

La thyroïde est une glande du corps humain qui fixe l'élément iode pour produire des hormones. L'iode 131 radioactif est utilisé pour diagnostiquer et traiter des cancers de la thyroïde. Il peut être ingéré sous forme d'iodure de sodium. À faible dose, il sert en imagerie : une caméra sensible aux rayons γ issus des désintégrations de l'iode détecte les cellules de thyroïde où il s'est fixé. À plus forte dose, il tue les cellules où il s'est fixé.

C19V19

6,5

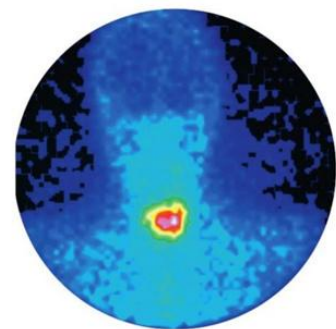


Image d'une thyroïde cancéreuse obtenue par scintigraphie à l'iode 131 radioactif.