Chapitre C4 - Correction

Déterminer les isotopes radioactifs d'un élément à partir d'un diagramme (N,Z)

CAPEXO 1. En utilisant le diagramme (N,Z) sur ostralo.net, pour les noyaux suivants, dire s'ils sont stables ou instables. Dans le cas échéant, préciser le type de radioactivité.

Noyaux	Stable ?	Type de radioactivité	Noyaux	Stable ?	Type de radioactivité
$^{13}_{6}C$	OUI		$^{18}_{5}B$	NON	Emission de neutron
$^{17}_{6}C$	NON	β⁻	$^{167}_{78}Pt$	NON	α
$^{82}_{38}Sr$	NON	β⁺	$^{204}_{84}Po$	NON	β⁺
$^{91}_{44}Ru$	NON	β⁺	$^{123}_{51}Sb$	OUI	
$^{136}_{56}Ba$	OUI		$^{236}_{95}Am$	NON	β⁺
$^{156}_{66}Dy$	OUI		$^{152}_{64}Gd$	NON	α
$^{218}_{83}Bi$	NON	β⁻	$^{59}_{26}Fe$	NON	β⁻

Écrire une équation de réaction nucléaire en utilisant les lois de conservation

CAPEXO 2. Recopier et compléter les équations de désintégration ci-dessous :

Type de radioactivité	équation
β⁺	$^{123}_{53}I \rightarrow ^{123}_{52}Te + ^{0}_{1}e$
β⁺	$^{15}_{8}O \rightarrow ^{15}_{7}N + ^{0}_{1}e$
β⁻	$^{3}_{1}H \rightarrow ^{3}_{2}He + ^{0}_{-1}e$
γ	$^{234}_{91}Pa * \rightarrow ^{234}_{91}Pa + \gamma$
α	$^{212}_{84}Po \rightarrow ^{208}_{82}Pb + ^{4}_{2}He$
β⁻	$^{14}_{6}C \rightarrow ^{14}_{7}N + ^{0}_{-1}e$
α	$^{172}_{79}Au \rightarrow ^{168}_{77}Ir + ^{4}_{2}He$
γ	$^{20}_{9}F * \rightarrow ^{20}_{9}F + \gamma$
β⁺	$^{201}_{86}Rn \rightarrow ^{201}_{85}At + ^{0}_{1}e$

CAPEXO 3. L'iode 123 est radioactif β+.

a- Radioactivité β+ : émission d'un positron

b- Ecrire l'équation de désintégration de l'iode 123 : $^{123}_{53}I \rightarrow ^{123}_{52}Te + ^{0}_{1}e$

CAPEXO 4. L'iode 131 est radioactif β-

a- Radioactivité β- : émission d'un électron

b- Ecrire l'équation de désintégration de l'iode 131. $^{131}_{53}I \rightarrow ^{131}_{54}Xe + ^{0}_{-1}e$

CAPEXO 5. Le polonium a pour symbole $^{210}_{84}Po$ cette isotope est radioactif α

a- Radioactivité α : émission d'une particule alpha

b- $^{210}_{84}Po \rightarrow ^{206}_{82}Pb + ^{4}_{2}He.$

CAPEXO 6. Le radium Ra 226 est un noyau radioactif de type α.

a- Écrire l'équation de la réaction de désintégration $^{226}_{88}Ra \rightarrow ^{222}_{86}Rn + ^{4}_{2}He$

b- $^{222}_{86}Rn$ est aussi émetteur alpha

c- $^{222}_{86}Rn \rightarrow ^{218}_{84}Po + ^{4}_{2}He$

$^{218}_{84}Po \rightarrow ^{214}_{82}Pb + ^{4}_{2}He$

$^{214}_{82}Pb \rightarrow ^{214}_{83}Bi + ^{0}_{-1}e$

$^{214}_{83}Bi \rightarrow ^{214}_{84}Po + ^{0}_{-1}e$

$^{214}_{84}Po \rightarrow ^{210}_{82}Pb + ^{4}_{2}He$

CAPEXO 7. Même démarche que le capexo 6

$^{152}_{65}Tb \rightarrow {}^{152}_{64}Gd + {}^{0}_{+1}e$
$^{152}_{64}Gd \rightarrow {}^{148}_{62}Sm + {}^{4}_{2}He$
$^{148}_{62}Sm \rightarrow {}^{144}_{60}Nd + {}^{4}_{2}He$
$^{144}_{60}Nd \rightarrow {}^{140}_{58}Ce + {}^{4}_{2}He$

Identifier le type de radioactivité à partir d'une équation de réaction

CAPEXO 8. Compléter le tableau suivant en indiquant le type de radioactivité de chaque équation

Equation	Type de radioactivité
${}^{14}_{6}\mathrm{C} \rightarrow {}^{14}_{7}\mathrm{N} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e}^{-}$	β^-
${}^{238}_{92}\mathrm{U} \rightarrow {}^{234}_{90}\mathrm{Th} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$	α
${}^{30}_{16}\mathrm{S} \rightarrow {}^{30}_{15}\mathrm{P} + {}^{0}_{1}\mathrm{e}^{+}$	β^+
${}^{145}_{59}\mathrm{Pr} \rightarrow {}^{145}_{60}\mathrm{Nd} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e}^{-}$	β^-
${}^{A}_{Z}\mathrm{X} \rightarrow {}^{148}_{62}\mathrm{Sm} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$	α

Établir l'expression de l'évolution temporelle de la population de noyaux radioactifs.

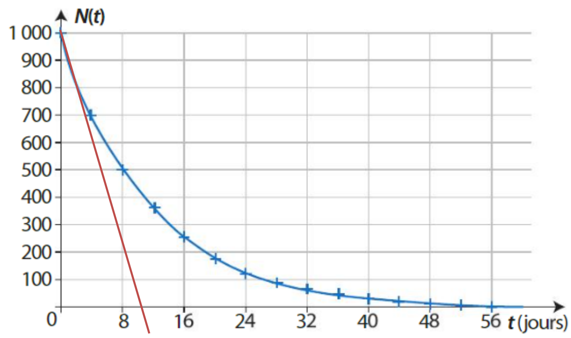
CAPEXO 9. Répondre aux questions de l'activité 3

CAPEXO 10. (Autre méthode) Rappeler les deux liens mathématiques entre A(t) et N(t). En déduire l'équation différentielle sur N(t).

A=$-\frac{dN}{dt}$ et A = λN

Exploiter la loi et une courbe de décroissance radioactive, par exemple pour déterminer la constante radioactive.

CAPEXO 11. La courbe de décroissance radioactive d'un échantillon radioactif est donnée ci-dessous



a- Temps de demi vie : 8 jours.

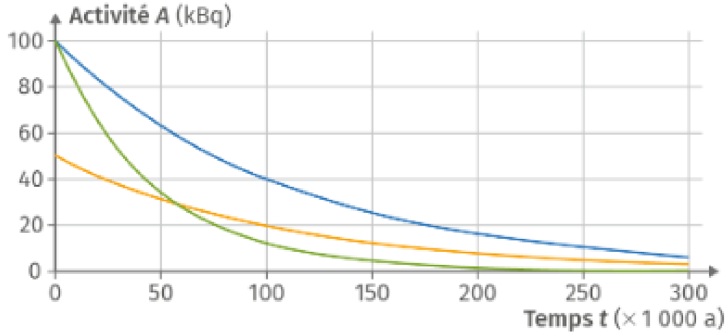
b- Par le calcul : $\tau = \frac{t_{1/2}}{ln2} = 9{,}97.10^5 s = 11{,}5\ jours$
Graphiquement, on trace la tangente à l'origine. Elle croise l'axe des abscisses pour t= 12 jours environ.

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

d- Il faut donc N/N_0 = 0,40 (il reste 40%) donc $e^{-\lambda t}$=0,40. On trouve t = -$\frac{\ln 0{,}40}{\lambda}$ =10,5 jours, ce qui peut être vérifier approximativement sur la courbe. par le calcul on peut trouver la constante radioactive : $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$ = 0,087 jours^{-1}

e- Au bout de 16 jours il reste un quart des noyaux soit 250.

CAPEXO 12. Pour les 3 courbes du graphique ci-contre, déterminer les constantes et proposer des équations à chacune des courbes.



N(t) = A₀$e^{-\lambda t}$

Les valeurs de A_0 et λ changent d'une courbe à l'autre et peuvent être trouver par une des méthodes vues dans le capexo 11.

Courbe bleue :

$A_0 = 1{,}00 \times 10^3$
$t_{1/2} = 7{,}5 \times 10^3 années$
$\lambda = 2{,}93.\times s^{-1}$
$A_0 = 1{,}00 \times 10^3 \times \exp\,(-2{,}93 \times 10^{-12} t)$

Courbe verte :

$A_0 = 1{,}00 \times 10^3$
$t_{1/2} = 3{,}0 \times 10^3 années$
$\lambda = 7{,}33 \times 10^{-12} s^{-1}$
$A_0 = 1{,}00 \times 10^3 \times \exp\,(-7{,}33 \times 10^{-12} t)$

Courbe jaune :

$A_0 = 5{,}0 \times 10^2$
$t_{1/2} = 7{,}5 \times 10^3 années$
$\lambda = 2{,}93 \times 10^{-12} s^{-1}$
$A_0 = 5{,}0 \times 10^2 \times \exp\,(-2{,}93 \times 10^{-12} t)$

CAPEXO 13. Un échantillon de noyaux radioactifs peut être modélisé par la loi de décroissance ci-dessous avec t en seconde

$$N_U(t) = 1{,}0 \times 10^8 \times e^{-2{,}0\times10^{-6}\times t}$$

a- à t=0s, $N_U(t) = 1{,}0 \times 10^8$
b- à t=5,0× 10^4 s $N_U(t) = 9{,}0 \times 10^7$
c- Le temps de demi-vie est t tel que $N_U(t) = 0{,}50 \times 10^8$. On trouve $3{,}5 \times 10^5 s$ soit environ 4 jours.

CAPEXO 14. Après la découverte d'une petite nappe phréatique, une contamination au radium 226 est mise en évidence. Les analyses montrent une population de noyaux radioactifs de $8{,}01\times10^{13}$ noyaux par m^3, l'activité volumique maximale autorisée étant de 1 000 $Bq\cdot m^{-3}$. Déterminer la durée nécessaire afin que l'eau ne soit plus contaminée. (on donne $t_{1/2} = 1600\ ans$ pour le radon).

A = λN. $\lambda = 4{,}3\text{x}10^{-4}\ an^{-1} = 1{,}4\text{x}10^{-11}\ s^{-1}$

Donc l'activité initiale vaut A_0=1121 Bq par m^3. Le temps nécessaire pour que la valeur soit descendue à 1000 est t = $\frac{\ln\frac{A_0}{A}}{\lambda}$. On trouve : 266 ans environ.

CAPEXO 15. Le fluor 18 est un isotope radioactif du fluor utilisé comme marqueur en imagerie médicale (scintigraphie). On mesure l'activité d'un échantillon de fluor 18 à l'aide d'un compteur Geiger, on trouve $A = 2{,}7\times10^{18}$ Bq. On refait la mesure au bout de t = 10 h, et on obtient $A' = 6{,}1\times10^{16}$ Bq.

Calculer la constante radioactive et le temps de demi-vie du fluor 18.

A(t) = A₀$e^{-\lambda t}$ A'(t) = A₀$e^{-\lambda(t+10h)}$

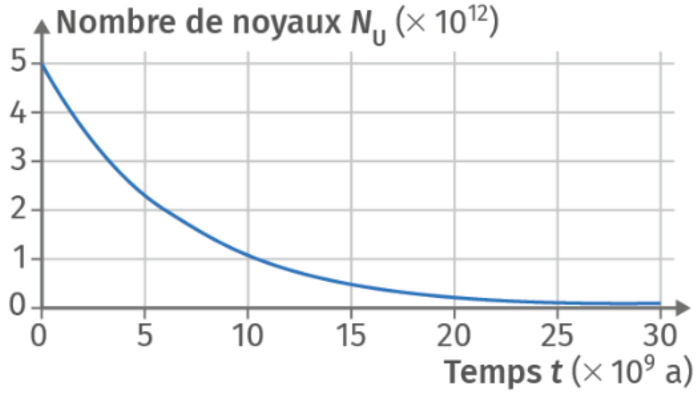
On fait le rapport A'/A et on trouve A'/A = $\frac{e^{-\lambda(t+10h)}}{e^{-\lambda t}}$=$e^{-\lambda\times10h}$. On en déduit que l = $\frac{\ln\frac{A}{A'}}{10h}$=0,38 h-1, ce qui donne un temps de demi-vie de 1,8 h.

CAPEXO 16. Le prométhium 144 est un noyau radioactif de type β+ dont le temps de demi-vie est égal à $t_{1/2} = 1{,}0\ an$. On a un échantillon contenant 4,0 × 10^{10} noyaux. Calculer le nombre de noyaux non désintégrés au bout de 0,5 a, 1,0 a, 2,0 a, 3,0 a et 4,0 a.

0,5 a : 2,82 × 10^{10} noyaux (il faut faire le calcul)
1,0 a : 2,0 × 10^{10} noyaux (division par 2 car temps de demi-vie)
2,0 a : 1,0 × 10^{10} noyaux (idem)
3,0 a : 0,5 × 10^{10} noyaux (idem)
3,0 a : 0,25 × 10^{10} noyaux (idem)

Expliquer le principe de la datation à l'aide de noyaux radioactifs et dater un événement.

CAPEXO 17. La datation à l'uranium-plomb permet de déterminer assez précisément l'âge de la Terre, le plomb étant le produit final stable de la désintégration de l'uranium 238. Si l'on mesure la quantité de plomb 206 dans un échantillon de roche, en considérant qu'il n'y en avait pas initialement, on peut déterminer l'âge du minéral. On s'intéresse à un échantillon de roche dont l'âge correspond à celui de la Terre. La courbe de décroissance radioactive théorique de cette roche est fournie dans le document ci-contre. Le nombre de noyaux de plomb mesuré dans la roche à la date t_{Terre}, noté $N_{\text{Pb}}(t_{\text{Terre}})$, est égal à $2{,}5\times10^{12}$. Déterminer l'âge de la Terre.



On trouve un peu moins de 5 milliards d'années.