

Radioactivité

Corrigé des exercices - niveau Terminale

Voici le corrigé détaillé des exercices de radioactivité. Vérifie toujours la conservation de A et de Z dans les équations, et compare ta méthode à la nôtre pour les calculs avec des exponentielles.

Ce corrigé est à **télécharger en PDF et à imprimer gratuitement** : le bouton se trouve en bas de la page, sans inscription.

La correction détaillée : corrigé radioactivité

Correction de l'exercice 1 : Questions de cours

1. Deux noyaux sont **isotopes** s'ils ont le même nombre de protons Z et un nombre de nucléons A différent.
2. α : un noyau d'hélium ${}^4_2\text{He}$; β^- : un électron ; β^+ : un positon.
3. λ est la **constante radioactive** : le nombre de désintégrations par seconde est λN .
Unité : s^{-1} .
4. $t_{1/2} = \ln 2 \div \lambda$.
5. L'activité est le **nombre de désintégrations par seconde** ; unité : le becquerel (Bq).

Correction de l'exercice 2 : Vrai ou faux ?

- a. **Faux** : la désintégration est aléatoire pour un noyau seul.
- b. **Faux** : après $2 t_{1/2}$, il reste **le quart** des noyaux.
- c. **Vrai** : $A = \lambda N$.
- d. **Faux** : le photon γ n'a ni masse ni charge, Z et A restent inchangés.
- e. **Vrai** : c'est la définition du becquerel.
- f. **Vrai** : $\tau = t_{1/2} \div \ln 2 \approx 1,44 t_{1/2}$.

Correction de l'exercice 3 : Composition de noyaux

- ${}^{14}_6\text{C}$: **6 protons, 8 neutrons, 14 nucléons.**
 ${}^{238}_{92}\text{U}$: **92 protons, 146 neutrons** ($238 - 92$), 238 nucléons.
 ${}^{60}_{27}\text{Co}$: **27 protons, 33 neutrons**, 60 nucléons.
 Seul le **carbone 14** est isotope du carbone 12 (même Z = 6).

Correction de l'exercice 4 : Équations de désintégrations α

- a. $A : 226 - 4 = 222$; $Z : 88 - 2 = 86$: $X = {}^{222}_{86}\text{Rn}$, soit ${}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{222}_{86}\text{Rn} + {}^4_2\text{He}$.
- b. Le noyau fils est déjà donné ; Y est la particule : $A = 210 - 206 = 4$; $Z = 84 - 82 = 2$: $Y = {}^4_2\text{He}$.
- c. $A : 241 - 4 = 237$; $Z : 95 - 2 = 93$: $Z = {}^{237}_{93}\text{Np}$.

Correction de l'exercice 5 : Équations de désintégrations β^-

- a. ${}^{60}_{27}\text{Co} \rightarrow {}^{60}_{28}\text{Ni} + {}^0_{-1}\text{e}$ (+ antineutrino) : $A : 60 = 60 + 0$; $Z : 27 = 28 - 1$.
- b. ${}^{131}_{53}\text{I} \rightarrow {}^{131}_{54}\text{Xe} + {}^0_{-1}\text{e}$.
- c. ${}^{14}_6\text{C} \rightarrow {}^{14}_7\text{N} + {}^0_{-1}\text{e}$.
- La particule émise est un **électron** dans les trois cas.

Correction de l'exercice 6 : Équations de désintégrations β^+

- a. ${}^{18}_9\text{F} \rightarrow {}^{18}_8\text{O} + {}^0_{+1}\text{e}$: $Z : 9 = 8 + 1$.
- b. ${}^{22}_{11}\text{Na} \rightarrow {}^{22}_{10}\text{Ne} + {}^0_{+1}\text{e}$.
- c. ${}^{11}_6\text{C} \rightarrow {}^{11}_5\text{B} + {}^0_{+1}\text{e}$.

Ces noyaux ont un **excès de protons** par rapport à la vallée de stabilité : un proton se transforme en neutron, ce qui rapproche le noyau de la stabilité.

Correction de l'exercice 7 : Une chaîne de désintégrations

- Désintégration α : $Z = 92 - 2 = 90$; $A = 238 - 4 = 234$. Le noyau X est le **thorium 234** (${}^{234}_{90}\text{Th}$).
- ${}^{234}_{90}\text{Th} \rightarrow {}^{234}_{91}\text{Pa} + {}^0_{-1}\text{e}$ (β^- : $Z = 90 = 91 - 1$).
- ${}^{234}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{230}_{90}\text{Th} + {}^4_2\text{He}$: le dernier noyau a **Z = 90** (thorium 230).
- $238 - 230 = 8$ **nucléons** perdus (deux particules α). Les β^- ne changent pas A.

Correction de l'exercice 8 : Lecture d'une courbe d'activité

- $A_0 = 800 \text{ kBq}$** .
- $A = A_0/2 = 400 \text{ kBq}$ pour $t = 6 \text{ h}$: **$t_{1/2} = 6 \text{ h}$** .
- $\lambda = \ln 2 \div 6,0 = \mathbf{0,116 \text{ h}^{-1}}$; en s^{-1} : $0,1155 \div 3\,600 \approx \mathbf{3,2 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}}$.
- $A(9 \text{ h}) = 800 \times e^{-0,1155 \times 9} = 800 \times 0,354 \approx \mathbf{283 \text{ kBq}}$ (soit $800 \div 2^{1,5}$) : cohérent avec la courbe, entre 400 kBq (6 h) et 200 kBq (12 h).

Correction de l'exercice 9 : Constante radioactive de l'iode 131

- $\lambda = 0,693 \div 8,0 = \mathbf{8,7 \times 10^{-2} \text{ j}^{-1}}$; en secondes : $8,0 \text{ j} = 6,91 \times 10^5 \text{ s}$, donc $\lambda = 0,693 \div 6,91 \times 10^5 \approx \mathbf{1,0 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}}$.
- $\tau = 1/\lambda = 8,0 \div 0,693 \approx \mathbf{11,5 \text{ j}}$.

3. $20 \text{ j} = 2,5 \text{ } t_{1/2}$: $N/N_0 = 2^{-2,5} = \mathbf{0,177}$, soit environ 18 %.

Correction de l'exercice 10 : Compter les demi-vies

1. $N = 1,0 \times 10^6 \div 2^3 = \mathbf{1,25 \times 10^5}$.

2. $N = 1,0 \times 10^6 \div 2^{10} = 1,0 \times 10^6 \div 1\,024 \approx \mathbf{9,8 \times 10^2}$.

3. Il faut $2^n \geq 10^6$: $2^{19} = 524\,288$ est insuffisant, $2^{20} = 1\,048\,576$ convient : **20 demi-vies** au minimum.

Correction de l'exercice 11 : Activité d'une source d'iode

1. $A = \lambda N = 1,0 \times 10^{-6} \times 2,5 \times 10^{10} = \mathbf{2,5 \times 10^4 \text{ Bq}}$.

2. $16 \text{ j} = 2$ demi-vies : $A = 2,5 \times 10^4 \div 4 = \mathbf{6,3 \times 10^3 \text{ Bq}}$.

3. $2,5 \times 10^4$ désintégrations par seconde $\times 60 \text{ s} = \mathbf{1,5 \times 10^6}$ désintégrations par minute.

Correction de l'exercice 12 : Courbe du carbone 14

1. $N/N_0 = 0,50$ est atteint pour environ 5 700 ans : $t_{1/2} \approx \mathbf{5,7 \times 10^3 \text{ ans}}$.

2. Lecture : **environ 10 000 ans**. Calcul : $t = -\ln(0,30) \div 1,21 \times 10^{-4} = 1,204 \div 1,21 \times 10^{-4} \approx \mathbf{9,95 \times 10^3 \text{ ans}}$, soit $1,0 \times 10^4$ ans.

3. Après 50 000 ans (près de 9 demi-vies), $N/N_0 \approx 0,002$: la courbe est presque confondue avec l'axe et la mesure devient très imprécise devant le bruit de fond.

Correction de l'exercice 13 : Datation d'un échantillon

1. $A/A_0 = e^{-\lambda t}$ donc $\ln(A/A_0) = -\lambda t$, soit $t = \mathbf{-\ln(A/A_0) \div \lambda}$.

2. $t = -\ln(0,40) \div 1,21 \times 10^{-4} = 0,916 \div 1,21 \times 10^{-4} \approx \mathbf{7,6 \times 10^3 \text{ ans}}$.

3. $7\,570 \div 5\,730 \approx \mathbf{1,3 \text{ demi-vie}}$ (cohérent : entre 1 et 2 demi-vies, on est entre 50 % et 25 %).

Correction de l'exercice 14 : Une droite en coordonnées logarithmiques

1. Si $A = A_0 e^{-\lambda t}$, alors $\ln A = \ln A_0 - \lambda t$: c'est l'équation d'une **droite** de coefficient directeur $-\lambda$. L'alignement valide donc la loi exponentielle.

2. Coefficient directeur : $(5,0 - 8,0) \div (12 - 0) = -0,25 \text{ min}^{-1}$: $\lambda = \mathbf{0,25 \text{ min}^{-1}}$.

3. $t_{1/2} = 0,693 \div 0,25 \approx \mathbf{2,8 \text{ min}}$; $\tau = 1 \div 0,25 = \mathbf{4,0 \text{ min}}$.

4. $\ln A_0 = 8,0$ (ordonnée à l'origine) : $A_0 = e^{8,0} \approx \mathbf{3,0 \times 10^3 \text{ Bq}}$.

Correction de l'exercice 15 : Une scintigraphie au technétium

1. $24 \text{ h} = 4$ demi-vies : $A = 600 \div 2^4 = 600 \div 16 = \mathbf{37,5 \text{ MBq}}$.

2. $\lambda = 0,693 \div 6,0 = \mathbf{0,116 \text{ h}^{-1}}$.

3. $e^{-\lambda t} < 0,01$ donne $t > \ln(100) \div \lambda = 4,605 \div 0,1155 \approx \mathbf{40 \text{ h}}$.

4. Une demi-vie courte limite l'**irradiation du patient** : la source s'éteint rapidement, tout en laissant le temps de faire l'image.

Correction de l'exercice 16 : Analyse de mesures de comptage

1. $296 \div 400 = 0,740$; $220 \div 296 = 0,743$; $163 \div 220 = 0,741$; $120 \div 163 = 0,736$; $89 \div 120 = 0,742$. Les rapports sont **quasi constants (0,74)** : la décroissance est **exponentielle**.

2. $e^{-\lambda \times 1 \text{ min}} = 0,74$ donc $\lambda = -\ln(0,74) \approx \mathbf{0,30 \text{ min}^{-1}}$; $t_{1/2} = 0,693 \div 0,30 \approx \mathbf{2,3 \text{ min}}$.

3. $A(7) = 400 \times e^{-0,30 \times 7} = 400 \times e^{-2,1} = 400 \times 0,1225 \approx \mathbf{49 \text{ Bq}}$.

4. $e^{-0,30 t} < 10 \div 400 = 0,025$: $t > \ln(40) \div 0,30 = 3,689 \div 0,30 \approx \mathbf{12 \text{ min}}$.

Correction de l'exercice 17 : Le radon d'une cave

1. $10 \div 3,8 = 2,63$ demi-vies : fraction = $2^{-2,63} \approx \mathbf{0,16}$, soit 16 %.

2. $2^{-n} = 0,1$ donne $n = \ln 10 \div \ln 2 = 3,32$ demi-vies : $t = 3,32 \times 3,8 \approx \mathbf{12,6 \text{ jours}}$.

3. Dans la réalité, le radon est **constamment renouvelé** par la désintégration de l'uranium présent dans le sol : l'aération évacue le gaz qui s'accumule.

Correction de l'exercice 18 : Énergie libérée par une désintégration α

1. $\Delta m = m(\text{Ra}) - [m(\text{Rn}) + m(\text{He})] = 226,0254 - (222,0176 + 4,0026) = 226,0254 - 226,0202 = \mathbf{5,2 \times 10^{-3} \text{ u}}$.

2. $E = \Delta m \times c^2 = 0,0052 \times 931,5 \approx \mathbf{4,8 \text{ MeV}}$ (2 chiffres significatifs, limités par Δm).

3. Cette énergie apparaît surtout comme **énergie cinétique** de la particule α (environ 98 %) et du noyau de radon qui recule, parfois aussi sous forme de photon γ .

Correction de l'exercice 19 : Bois de charpente et fossile

1. $t = -\ln(0,92) \div 1,21 \times 10^{-4} = 0,0834 \div 1,21 \times 10^{-4} \approx \mathbf{6,9 \times 10^2 \text{ ans}}$.

2. $100 \times 10^6 \div 5\,730 \approx \mathbf{1,7 \times 10^4 \text{ demi-vies}}$: il restera $2^{-17\,000}$ de la quantité initiale, soit rien de mesurable. **Le carbone 14 ne convient pas** ; il faut un noyau de demi-vie beaucoup plus longue (par exemple uranium 238, 4,5 milliards d'années).

Correction de l'exercice 20 : Choisir un noyau pour un examen médical

1. A : $24 \text{ h} = 4 t_{1/2} \rightarrow 2^{-4} = \mathbf{6,3 \%}$. B : $24 \text{ h} = 1 \text{ jour} = 0,125 t_{1/2} \rightarrow 2^{-0,125} = \mathbf{91,7 \%}$. C : $1 \text{ jour} \div (30 \times 365 \text{ jours}) \approx 9 \times 10^{-5} \rightarrow \text{fraction} \approx \mathbf{99,99 \%}$.

2. On choisit **A** : l'activité diminue vite, donc le patient est peu irradié après l'examen, l'examen reste possible pendant quelques heures, et les déchets sont presque inactifs après quelques jours. B irradierait le patient plusieurs semaines ; C serait quasi permanent.

3. Les particules α sont **arrêtées** par la peau ou quelques centimètres d'air : elles ne sortiraient pas du corps pour former l'image. En revanche, très ionisantes, elles seraient très nocives à l'intérieur de l'organisme.

Comment progresser après ce corrigé

Retiens la méthode : pour une équation de désintégration, écris les sommes de A et de Z de chaque côté. Pour les durées, repère d'abord si le résultat est un nombre entier de demi-vies (calcul mental avec $1/2^n$) ou non (usage de $\ln$). Refais les exercices 13, 15 et 16 sans regarder la correction.

Retour aux énoncés des exercices