Corrigé complet — Bac S 2007 Polynésie rattrapage (ancien programme)

Physique-chimie, Bac S (épreuve écrite) **16 points** **3 h 30**

Ex 1	**Titrage avec une réaction lente** Oxydoréduction · Dilution · Loi de Beer-Lambert · Tableau d'avancement · Vitesse volumique et temps de demi-réaction · Réactif limitant	6,5 pts	1 h 18	16 questions	p. 2
Ex 2	**Lampe à vapeur de sodium** Niveaux d'énergie de l'atome · Photon et longueur d'onde · Dispersion et indice de réfraction · Lumière monochromatique · Diffraction par une fente	5,5 pts	1 h 05	12 questions	p. 7
Ex 3	**Le radon et ses effets néfastes** Composition d'un noyau · Radioactivité α et β^- · Lois de conservation · Caractère aléatoire d'une désintégration · Demi-vie · Activité en becquerels	4 pts	52 min	11 questions	p. 12

Comment s'en servir. Fais d'abord le sujet en temps limité, puis corrige-toi exercice par exercice. À gauche de chaque question, sur les carreaux : ce qu'il faut écrire sur ta copie. À droite : les pièges, ce qu'il faut comprendre et les méthodes.

Titrage avec une réaction lente

Bac S 2007 Polynésie rattrapage (ancien programme) · Exercice 1 **6,5 points** **Durée conseillée 1 h 18**

1.1 Écrire les demi-équations d'oxydoréduction des deux couples étudiés.

Couple $I_2\,(aq)\ /\ I^-\,(aq)$: $\quad I_2\,(aq) + 2\,e^- = 2\,I^-\,(aq)$

Couple $H_2O_2\,(aq)\ /\ H_2O\,(l)$:

$H_2O_2\,(aq) + 2\,H^+\,(aq) + 2\,e^- = 2\,H_2O\,(l)$

$I_2 + 2\,e^- = 2\,I^-$ et $H_2O_2 + 2\,H^+ + 2\,e^- = 2\,H_2O$

MÉTHODE
Équilibrer dans l'ordre : l'élément autre que O et H, puis O avec H_2O, puis H avec H^+, enfin les charges avec des électrons.

1.2 En déduire l'équation de la réaction entre le peroxyde d'hydrogène et les ions iodure.

Les réactifs sont l'oxydant H_2O_2 et le réducteur I^- :

réduction : $H_2O_2\,(aq) + 2\,H^+\,(aq) + 2\,e^- = 2\,H_2O\,(l)$

oxydation : $2\,I^-\,(aq) = I_2\,(aq) + 2\,e^-$

Chaque demi-équation échange deux électrons : on les additionne membre à membre.

$H_2O_2\,(aq) + 2\,I^-\,(aq) + 2\,H^+\,(aq) = I_2\,(aq) + 2\,H_2O\,(l)$

PIÈGE
Laisser des électrons dans l'équation finale : autant d'électrons cédés par le réducteur que d'électrons captés par l'oxydant.

1.3 Comment évolue la coloration de la solution au cours du temps ?

Le diiode, seule espèce colorée, est un produit de la réaction : sa concentration augmente progressivement puisque la réaction est lente.

La solution, incolore au départ, jaunit puis sa teinte jaune fonce jusqu'à la fin de la réaction.

1.4 Donner les principales étapes du protocole permettant de préparer la solution d'eau oxygénée diluée dix fois.

Données utiles $V_2 = 50$ mL ; $C_2 = \dfrac{C_{com}}{10}$

La quantité de soluté se conserve lors d'une dilution : $C_{com}\,V = C_2\,V_2$,

donc $V = \dfrac{V_2}{10} = \dfrac{50}{10} = 5{,}0$ mL.

- Verser un peu de solution commerciale dans un bécher et en prélever 5,0 mL avec une pipette jaugée munie d'une propipette.
- Introduire ce prélèvement dans une fiole jaugée de 50,0 mL.
- Remplir d'eau distillée jusqu'aux trois quarts, boucher, agiter.
- Ajuster au trait de jauge avec de l'eau distillée, boucher, homogénéiser.

On prélève $V = 5{,}0$ mL de solution commerciale (pipette jaugée) et on complète à 50 mL dans une fiole jaugée.

PIÈGE
Citer une éprouvette graduée ou un bécher pour mesurer les volumes : seule la verrerie jaugée donne la précision attendue. Ne jamais pipeter directement dans le flacon.

2.1 Déterminer le coefficient de proportionnalité k entre l'absorbance et la concentration en diiode.

Données utiles $C_0 = 1{,}0 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $A_0 = 0{,}60$

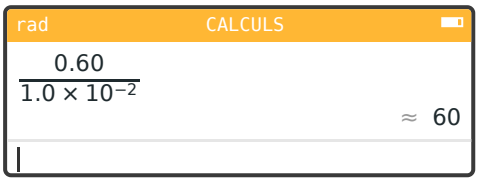
$A = k\,[\text{I}_2]$, donc pour la solution étalon $A_0 = k\,C_0$:

$$k = \frac{A_0}{C_0} = \frac{0{,}60}{1{,}0 \times 10^{-2}}$$

$$\boxed{k = 60\ \text{L} \cdot \text{mol}^{-1}}$$

COMPRENDRE
L'absorbance n'a pas d'unité, donc k s'exprime en $\text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$. Deux chiffres significatifs, comme A_0 et C_0. Cette proportionnalité est la loi de Beer-Lambert.

À LA CALCULATRICE



2.2.1 Compléter le tableau d'avancement donné en annexe.

Données utiles quantités initiales : $n_0(\text{H}_2\text{O}_2) = C_2V_2$; $n_0(\text{I}^-) = C_1V_1$; ions H^+ en large excès

Voir l'annexe complétée ci-dessous. Les quantités de réactifs diminuent de x pour H_2O_2 et de $2x$ pour I^- ; celle de diiode vaut x.

$$\boxed{n(\text{H}_2\text{O}_2) = C_2V_2 - x\ ;\ n(\text{I}^-) = C_1V_1 - 2x\ ;\ n(\text{I}_2) = x}$$

PIÈGE
Oublier le nombre stœchiométrique 2 devant I^- et écrire $C_1V_1 - x$.

COMPRENDRE
Les « ions oxonium » de l'énoncé, H_3O^+, sont les ions notés $\text{H}^+(\text{aq})$ dans l'équation. L'annexe écrit les produits dans l'ordre inverse de l'équation de la question 1.2 : bien repérer la colonne du diiode.

Équation chimique		H_2O_2(aq) + 2 I^-(aq) + 2 H^+(aq) = 2 H_2O(l) + I_2(aq)				
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)				
État initial	0	C_2V_2	C_1V_1	excès	solvant	0
En cours	x	$C_2V_2 - x$	$C_1V_1 - 2x$	excès	solvant	x
État final	x_{max}	$C_2V_2 - x_{max}$	$C_1V_1 - 2x_{max}$	excès	solvant	x_{max}

2.2.1 · Annexe complétée : tableau d'avancement (en orange, ce que l'élève écrit)

2.2.2 Quelle relation littérale lie l'avancement x et la concentration en diiode dans le mélange réactionnel ?

D'après le tableau, $n(\text{I}_2) = x$, et le volume du mélange est $V_1 + V_2$.

$$\boxed{[\text{I}_2] = \frac{x}{V_1 + V_2}}$$

PIÈGE
Diviser par V_2 seul ou par le volume de la cuve : la concentration est celle du mélange, de volume total $V_1 + V_2$.

2.2.3 En déduire la relation littérale entre l'absorbance A et l'avancement x.

$A = k\,[\text{I}_2]$ avec $[\text{I}_2] = \dfrac{x}{V_1 + V_2}$.

$$\boxed{A = \frac{k\,x}{V_1 + V_2}}$$

COMPRENDRE
A est proportionnelle à x : suivre l'absorbance au cours du temps revient à suivre l'avancement de la réaction.

2.2.4 En supposant que l'iodure de potassium est le réactif en défaut, calculer l'avancement dans l'état final, puis la valeur finale de l'absorbance.

Données utiles $V_1 = 25$ mL ; $C_1 = 5{,}0 \times 10^{-2}$ mol · L^{-1} ; $V_2 = 50$ mL ; $k = 60$ L · mol^{-1} (2.1)

Si I^- est limitant, il est entièrement consommé (réaction totale) : $C_1 V_1 - 2x_{max} = 0$.

$$x_{max} = \frac{C_1 V_1}{2} = \frac{5{,}0 \times 10^{-2} \times 25 \times 10^{-3}}{2} = 6{,}3 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

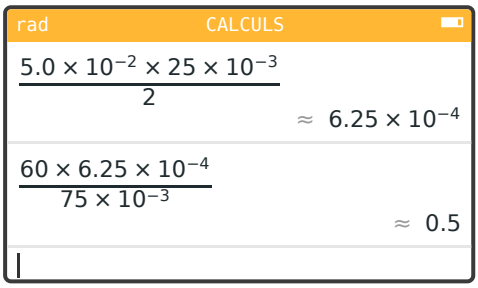
$$A_{max} = \frac{k\, x_{max}}{V_1 + V_2} = \frac{60 \times 6{,}25 \times 10^{-4}}{(25+50) \times 10^{-3}} = 0{,}50$$

$x_{max} = 6{,}3 \times 10^{-4}$ mol et $A_{max} = 0{,}50$

PIÈGE
Écrire $x_{max} = C_1 V_1$ en oubliant la division par 2, ou laisser les volumes en mL.

MÉTHODE
Garder la valeur non arrondie ($6{,}25 \times 10^{-4}$ mol) dans le calcul suivant et n'arrondir que le résultat annoncé.

À LA CALCULATRICE



3.1 Donner l'expression de la vitesse volumique de réaction v en fonction de V_1, V_2 et x, puis montrer que $v = \frac{1}{k}\frac{dA}{dt}$.

Par définition, pour un mélange de volume $V_1 + V_2$:

$$v = \frac{1}{V_1 + V_2}\frac{dx}{dt}$$

D'après la question 2.2.3, $x = \frac{A(V_1 + V_2)}{k}$. Comme k, V_1 et V_2 sont constants :

$$\frac{dx}{dt} = \frac{V_1 + V_2}{k}\frac{dA}{dt}$$

donc $v = \frac{1}{V_1 + V_2} \times \frac{V_1 + V_2}{k}\frac{dA}{dt}$.

$v = \frac{1}{V_1 + V_2}\frac{dx}{dt} = \frac{1}{k}\frac{dA}{dt}$

COMPRENDRE
Le programme actuel parle de vitesse volumique d'apparition d'un produit : ici $\frac{d[I_2]}{dt}$, qui est égale à v puisque $[I_2] = \frac{x}{V_1 + V_2}$.

3.2 À partir de la courbe, dire comment évolue v au cours du temps et interpréter cette évolution.

$\frac{dA}{dt}$ est le coefficient directeur de la tangente à la courbe $A = f(t)$, et v lui est proportionnelle. Les tangentes sont de moins en moins inclinées quand t augmente.

Interprétation : les réactifs sont consommés, leur concentration diminue ; or la concentration des réactifs est un facteur cinétique.

La vitesse v est maximale à $t = 0$, puis diminue jusqu'à s'annuler, car la concentration des réactifs diminue.

PIÈGE
Répondre « la courbe monte donc la vitesse augmente » : la vitesse se lit sur la pente de la courbe, pas sur la valeur de A.

3.3 Expliquer pourquoi on peut considérer qu'au bout de 15 minutes le système a atteint son état final.

À partir de $t = 15$ min, la courbe présente un palier horizontal : A reste égale à 0,37. La tangente est horizontale, donc $\frac{\mathrm{d}A}{\mathrm{d}t} = 0$ et $v = 0$.

L'absorbance, donc l'avancement, ne varie plus après 15 min : le système n'évolue plus, l'état final est atteint.

3.4 Définir puis déterminer le temps de demi-réaction $t_{1/2}$.

Données utiles absorbance finale lue sur la courbe : $A_f = 0{,}37$

Le temps de demi-réaction est la durée au bout de laquelle l'avancement atteint la moitié de sa valeur finale : $x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2}$.

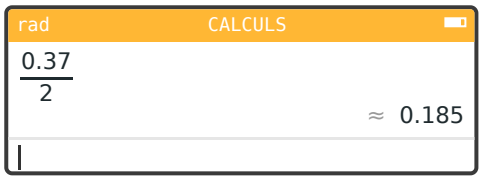
A étant proportionnelle à x : $A(t_{1/2}) = \frac{A_f}{2} = \frac{0{,}37}{2} = 0{,}185$.

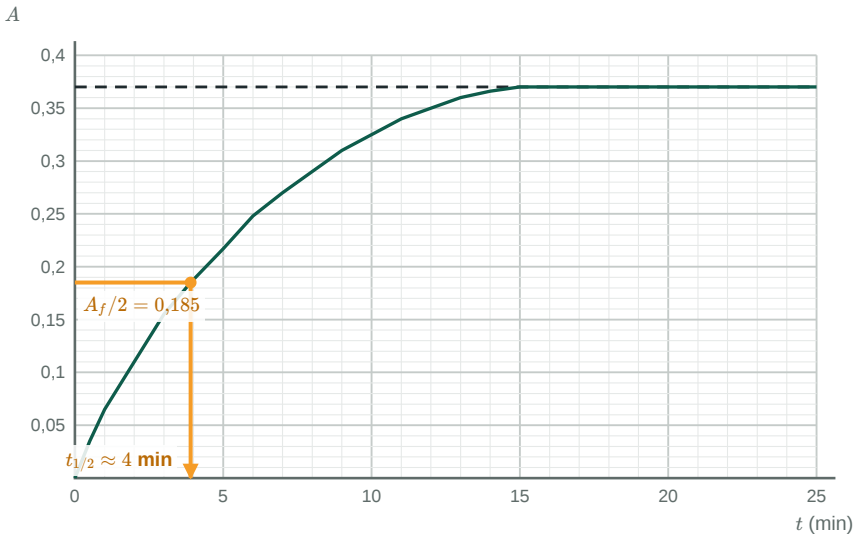
On lit l'abscisse du point de la courbe d'ordonnée 0,185.

$t_{1/2} \approx 4$ min

PIÈGE
Prendre la moitié de la durée totale (7,5 min) ou la moitié de l'absorbance prévue en 2.2.4 : c'est la moitié de la valeur finale réellement atteinte, lue sur le palier.

À LA CALCULATRICE





3.4 · Courbe du sujet : lecture de $t_{1/2}$ à l'ordonnée $A_f/2$

3.5.1 À partir de l'absorbance dans l'état final, montrer que $x_{\max} = 4{,}6 \times 10^{-4}$ mol. L'hypothèse faite en 2.2.4 est-elle correcte ?

Données utiles $A_f = 0{,}37$ (courbe) ; $k = 60\ \mathrm{L \cdot mol^{-1}}$ (2.1) ; $V_1 + V_2 = 75$ mL ; $C_1V_1 = 1{,}25 \times 10^{-3}$ mol

D'après la relation de la question 2.2.3 :

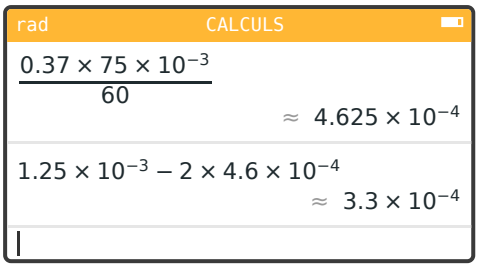
$$x_{\max} = \frac{A_f\,(V_1 + V_2)}{k} = \frac{0{,}37 \times 75 \times 10^{-3}}{60} = 4{,}6 \times 10^{-4}\ \mathrm{mol}$$

Cette valeur est inférieure à $6{,}3 \times 10^{-4}$ mol : la réaction, totale, s'arrête avant que les ions iodure soient épuisés. Il en reste $C_1V_1 - 2x_{\max} = 1{,}25 \times 10^{-3} - 2 \times 4{,}6 \times 10^{-4} = 3{,}3 \times 10^{-4}$ mol.

$x_{\max} = 4{,}6 \times 10^{-4}$ mol, valeur attendue ; l'hypothèse est fausse : le réactif limitant est H_2O_2.

COMPRENDRE
La réaction étant totale, elle ne s'arrête que lorsqu'un réactif est épuisé. Ce n'est ni I^- ni H^+ (en excès) : c'est donc le peroxyde d'hydrogène.

À LA CALCULATRICE



3.5.2 Déterminer la valeur de C_2 et en déduire celle de C_{com}.

Données utiles $x_{max} = 4{,}6 \times 10^{-4}$ mol (3.5.1) ; $V_2 = 50$ mL ; dilution au dixième (1.4)

H_2O_2 est limitant : $C_2 V_2 - x_{max} = 0$.

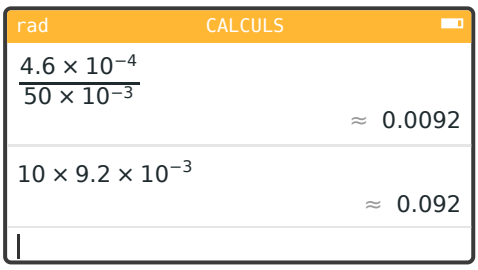
$$C_2 = \frac{x_{max}}{V_2} = \frac{4{,}6 \times 10^{-4}}{50 \times 10^{-3}} = 9{,}2 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

La solution commerciale est dix fois plus concentrée : $C_{com} = 10\,C_2$.

$C_2 = 9{,}2 \times 10^{-3}$ mol · L^{-1} et $C_{com} = 9{,}2 \times 10^{-2}$ mol · L^{-1}

PIÈGE
Diviser par le volume du mélange (75 mL) : C_2 est la concentration de la solution d'eau oxygénée avant mélange, de volume V_2. Ne pas oublier ensuite le facteur de dilution.

À LA CALCULATRICE



3.5.3 La réaction étudiée a-t-elle toutes les caractéristiques d'une réaction de titrage ? Conclure.

Une réaction support de titrage doit être totale, rapide et unique. La réaction étudiée est totale, mais elle est lente : il faut environ 15 min pour atteindre l'état final.

Non : la réaction est totale mais pas rapide. Elle ne convient pas à un titrage direct ; elle a permis de doser H_2O_2 uniquement parce qu'on a attendu l'état final.

COMPRENDRE
Lors d'un titrage, on repère l'équivalence au fil des ajouts de réactif titrant : chaque ajout doit réagir quasi instantanément, sinon l'équivalence est dépassée sans être détectée.

Lampe à vapeur de sodium

Bac S 2007 Polynésie rattrapage (ancien programme) · Exercice 2 **5,5 points** **Durée conseillée 1 h 05**

1.1 Donner la composition de l'atome de sodium $^{23}_{11}\mathrm{Na}$.

$Z = 11$: le noyau contient 11 protons.

$A - Z = 23 - 11 = 12$: il contient 12 neutrons.

L'atome est électriquement neutre : il possède autant d'électrons que de protons.

Noyau : 11 protons et 12 neutrons ; autour du noyau : 11 électrons.

PIÈGE
Oublier les électrons : la question porte sur l'atome, pas seulement sur son noyau.

1.2 L'énergie de l'atome ne peut prendre que certaines valeurs. Comment la qualifie-t-on ? La mécanique de Newton permet-elle d'expliquer ces niveaux ?

L'énergie de l'atome est dite **quantifiée** : seules quelques valeurs discrètes sont possibles.

En mécanique de Newton, l'énergie d'un système peut varier de manière continue et prendre n'importe quelle valeur : elle ne prévoit pas de niveaux séparés.

Énergie quantifiée ; la mécanique de Newton ne l'explique pas.

1.3 Représenter par une flèche la transition entre les niveaux $n = 1$ et $n = 2$ dans le cas d'une émission, puis calculer la longueur d'onde λ de la radiation émise.

Données utiles $E_1 = -5{,}14$ eV ; $E_2 = -3{,}03$ eV ; $1\ \text{eV} = 1{,}60 \times 10^{-19}$ J ; $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J · s ; $c = 3{,}00 \times 10^{8}$ m · s^{-1}

En émission, l'atome perd de l'énergie : il descend du niveau $n = 2$ au niveau $n = 1$ (flèche vers le bas) et émet un photon d'énergie

$$E_2 - E_1 = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \quad \text{donc} \quad \lambda = \frac{hc}{E_2 - E_1}$$

$E_2 - E_1 = -3{,}03 - (-5{,}14) = 2{,}11$ eV, à convertir en joules :

$$\lambda = \frac{6{,}63 \times 10^{-34} \times 3{,}00 \times 10^{8}}{2{,}11 \times 1{,}60 \times 10^{-19}} = 5{,}89 \times 10^{-7}\ \text{m}$$

$\lambda = 5{,}89 \times 10^{-7}\ \text{m} = 589\ \text{nm}$

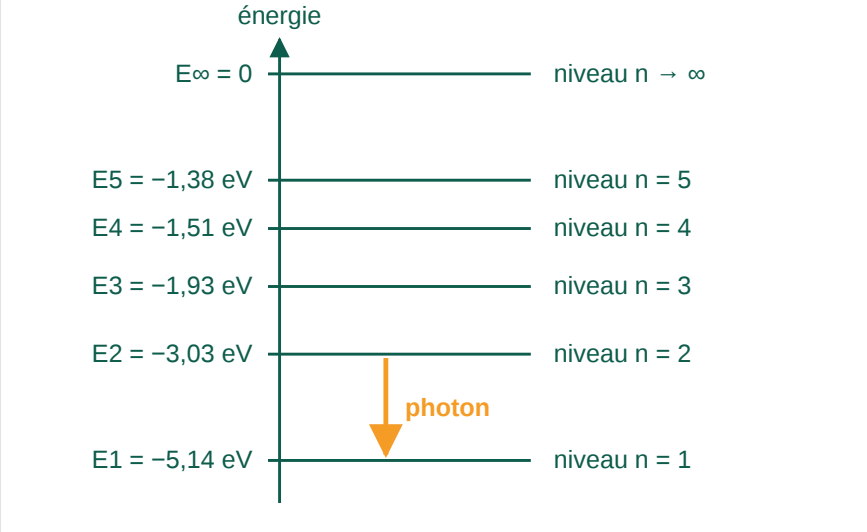
PIÈGE
Laisser l'écart d'énergie en électronvolts. La relation $\Delta E = \frac{hc}{\lambda}$ exige des joules : on multiplie par $1{,}60 \times 10^{-19}$.

COMPRENDRE
Les données ont trois chiffres significatifs : le résultat en garde trois. La valeur de 589 nm se situe bien dans le jaune-orangé du spectre visible.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3.00 \times 10^{8}}{(5.14 - 3.03) \times 1.60 \times 10^{-19}} \approx 5.891588 \times 10^{-7}$$



1.3 · Annexe complétée : émission, l'atome descend du niveau 2 au niveau 1

1.4 Déterminer, d'après le diagramme, la plus courte longueur d'onde que peut émettre l'atome de sodium. Préciser, en le justifiant, son domaine spectral.

Données utiles $E_\infty = 0$ eV ; $E_1 = -5{,}14$ eV ; h, c et conversion de l'électronvolt comme en 1.3

Comme $\lambda = \dfrac{h\,c}{\Delta E}$, la longueur d'onde la plus courte correspond au plus grand écart d'énergie du diagramme : du niveau $n \to \infty$ au niveau $n = 1$, soit $\Delta E = 0 - (-5{,}14) = 5{,}14$ eV.

$$\lambda_{\min} = \frac{6{,}63 \times 10^{-34} \times 3{,}00 \times 10^{8}}{5{,}14 \times 1{,}60 \times 10^{-19}} = 2{,}42 \times 10^{-7}\ \text{m}$$

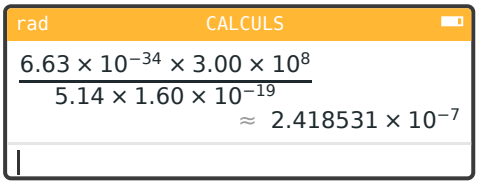
Cette longueur d'onde est inférieure à 400 nm, limite du visible du côté du violet.

$\lambda_{\min} = 242$ nm : radiation ultraviolette.

COMPRENDRE
En se limitant aux niveaux numérotés, la plus grande transition va de $n = 5$ à $n = 1$ (3,76 eV) et donne 331 nm. La conclusion ne change pas : la radiation est ultraviolette.

MÉTHODE
Plus courte longueur d'onde : chercher le plus grand écart d'énergie. Plus grande longueur d'onde : chercher le plus petit.

À LA CALCULATRICE



2.1 Le verre est un milieu dispersif : expliquer ce terme.

Dans un milieu dispersif, la célérité d'une onde dépend de sa fréquence.

Dans le verre, les radiations de fréquences différentes ne se propagent donc pas à la même célérité : l'indice du verre dépend de la fréquence et le prisme dévie chaque radiation différemment.

Milieu dispersif : la célérité de l'onde y dépend de sa fréquence.

2.2 La fréquence de la radiation jaune-orangé est-elle différente dans le verre et dans l'air ?

La fréquence d'une radiation est fixée par la source ; elle ne dépend pas du milieu traversé.

Non : la fréquence est la même dans l'air et dans le verre.

COMPRENDRE
Ce sont la célérité et la longueur d'onde qui changent d'un milieu à l'autre. La couleur, liée à la fréquence, reste jaune-orangé dans le verre.

2.3 Définir l'indice d'un milieu transparent, puis calculer la longueur d'onde λ_{verre} de la radiation jaune-orangé dans le verre.

Données utiles $n = 1{,}52$; $\lambda = 589$ nm (1.3)

L'indice d'un milieu transparent est le rapport de la célérité c de la lumière dans le vide à sa célérité v dans ce milieu : $n = \dfrac{c}{v}$.

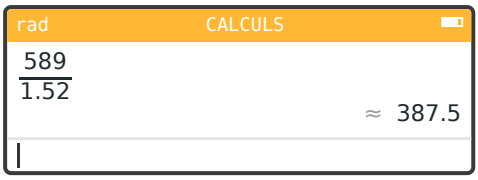
Pour la fréquence ν, identique dans les deux milieux : $c = \lambda\,\nu$ dans le vide (ou l'air) et $v = \lambda_{\text{verre}}\,\nu$ dans le verre. Donc

$$n = \frac{c}{v} = \frac{\lambda}{\lambda_{\text{verre}}} \quad \text{soit} \quad \lambda_{\text{verre}} = \frac{\lambda}{n} = \frac{589}{1{,}52}$$

$\lambda_{\text{verre}} = 388$ nm

PIÈGE
Conclure que la lumière devient violette ou ultraviolette dans le verre. La valeur de 388 nm n'est pas une longueur d'onde dans le vide : la couleur se lit sur la fréquence, inchangée.

À LA CALCULATRICE



2.4 À la sortie du prisme, on sélectionne la radiation jaune-orangé de longueur d'onde λ. Comment qualifie-t-on une telle lumière ?

Cette lumière ne contient qu'une seule radiation, donc une seule fréquence.

C'est une lumière monochromatique.

3.1 Parmi trois fentes de largeurs a différentes, laquelle choisir pour que le phénomène de diffraction soit le plus marqué possible ?

L'écart angulaire entre le centre de la tache centrale et la première extinction vaut $\theta = \dfrac{\lambda}{a}$.

À λ fixée, θ est d'autant plus grand que a est petite.

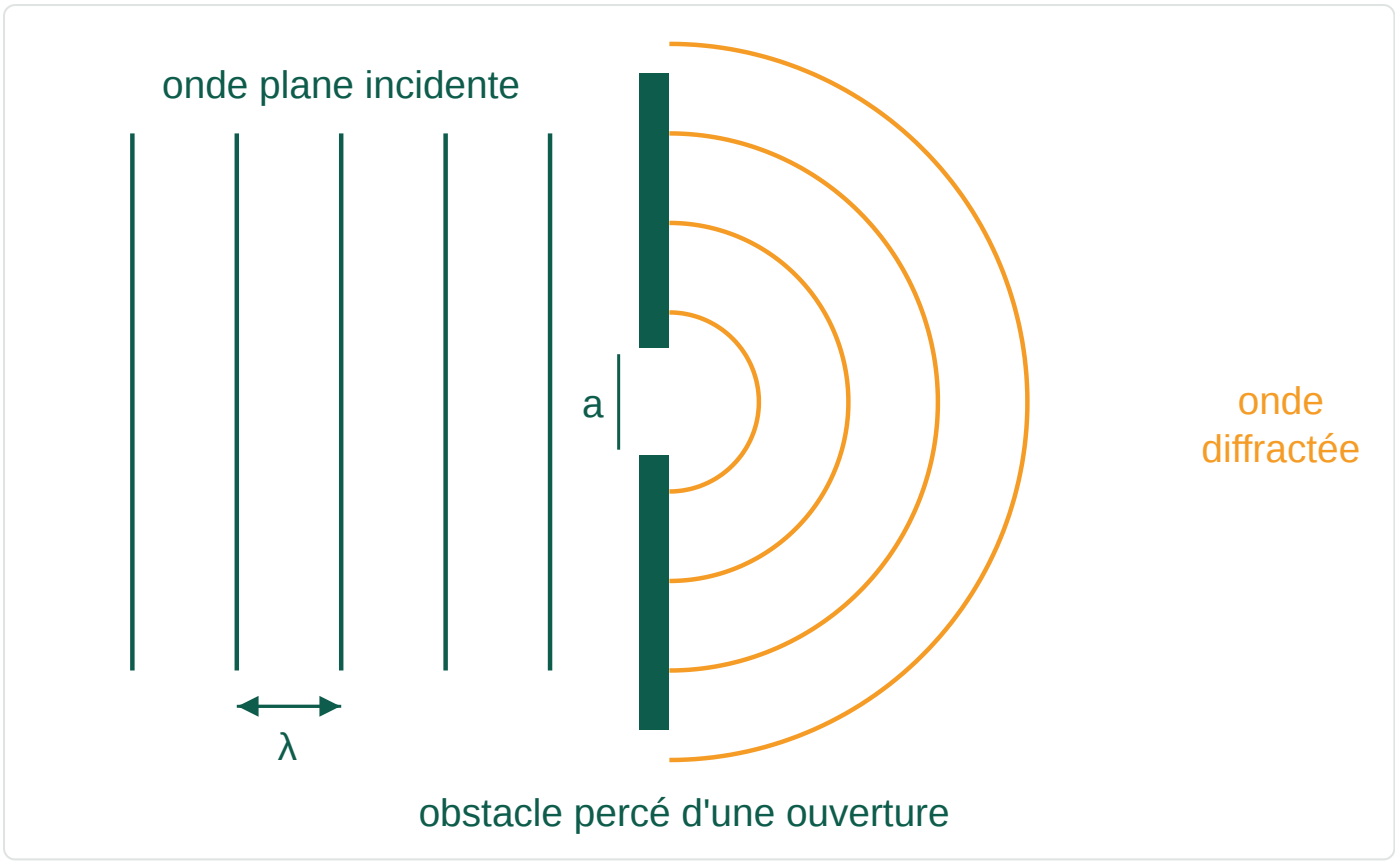
Il faut choisir la fente la plus fine.

3.2 Le phénomène de diffraction existe-t-il dans d'autres domaines que celui de la lumière ? Si oui, donner un exemple avec un schéma explicatif.

Oui : la diffraction concerne toutes les ondes, par exemple les ondes mécaniques à la surface de l'eau ou les ondes sonores.

Exemple : dans une cuve à ondes, une onde plane rencontre une ouverture dont la largeur a est de l'ordre de la longueur d'onde λ. Derrière l'ouverture, l'onde devient circulaire et s'étale dans toutes les directions.

Oui, par exemple les vagues qui franchissent une ouverture étroite (schéma).



3.2 · Cuve à ondes : après l'ouverture, l'onde s'étale, avec la même longueur d'onde

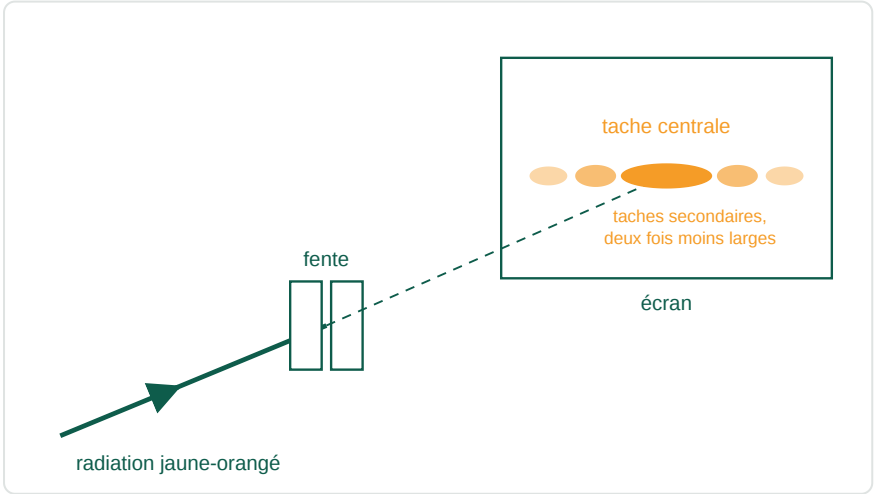
3.3 Un écran est placé à la distance $D = 85$ cm derrière la fente. Dessiner sur l'annexe l'allure de ce qu'on observe sur l'écran.

La fente est verticale : la figure de diffraction s'étale horizontalement, perpendiculairement à la fente.

On observe une tache centrale très lumineuse, encadrée de taches secondaires deux fois moins larges et de moins en moins lumineuses, séparées par des extinctions.

Taches alignées horizontalement, tache centrale deux fois plus large que les autres (annexe).

PIÈGE
Dessiner les taches alignées verticalement, dans le sens de la fente. La lumière s'étale dans la direction où l'ouverture est étroite.



3.3 · Annexe complétée : figure de diffraction horizontale, perpendiculaire à la fente

3.4 Montrer que $\lambda = \dfrac{a\,L}{2D}$, où L est la distance entre les deux extinctions qui encadrent la tache centrale. Faire l'application numérique et conclure.

Données utiles $L = 2{,}0$ cm ; $D = 85$ cm ; $a = 50\ \mu$m ; $\lambda = 5{,}89 \times 10^{-7}$ m (1.3)

La première extinction est à la distance $\dfrac{L}{2}$ du centre de l'écran :

$\tan\theta = \dfrac{L/2}{D} = \dfrac{L}{2D}$.

L'angle est petit : $\tan\theta \approx \theta$ (en radians). Avec $\theta = \dfrac{\lambda}{a}$:

$$\frac{\lambda}{a} = \frac{L}{2D} \quad \text{donc} \quad \lambda = \frac{a\,L}{2D}$$

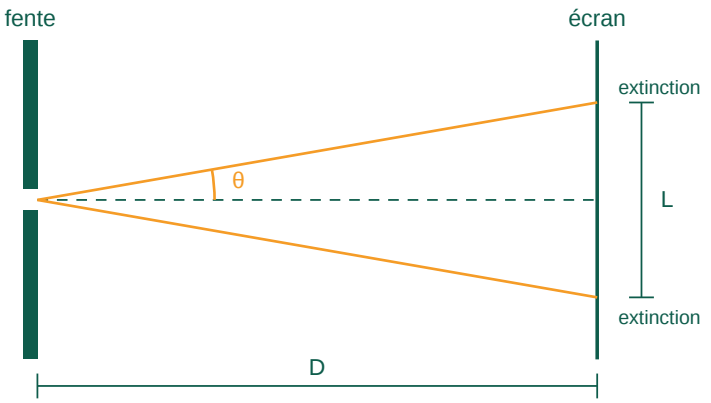
$$\lambda = \frac{50 \times 10^{-6} \times 2{,}0 \times 10^{-2}}{2 \times 85 \times 10^{-2}} = 5{,}9 \times 10^{-7}\ \text{m}$$

La mesure, donnée avec deux chiffres significatifs, est en accord avec la valeur calculée en 1.3.

$\lambda = 5{,}9 \times 10^{-7}$ m, compatible avec $5{,}89 \times 10^{-7}$ m : la valeur est vérifiée.

PIÈGE
Prendre L pour la distance du centre à la première extinction : L est la largeur entière de la tache centrale, d'où le facteur 2. Convertir aussi a, L et D en mètres.

COMPRENDRE
L, a et D n'ont que deux chiffres significatifs : la diffraction confirme l'ordre de grandeur et les deux premiers chiffres, pas la précision du calcul par les niveaux d'énergie.



3.4 · Vue de dessus : θ repère la première extinction, à L/2 du centre

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{50 \times 10^{-6} \times 2.0 \times 10^{-2}}{2 \times 85 \times 10^{-2}} \approx 5.882353 \times 10^{-7}$$

Le radon et ses effets néfastes

Bac S 2007 Polynésie rattrapage (ancien programme) · Exercice 3 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Écrire le symbole du noyau d'uranium 238 et donner sa composition.

Données utiles uranium : $Z = 92$

Symbole : ${}^{238}_{92}\mathrm{U}$.

Le numéro atomique $Z = 92$ donne le nombre de protons ; le nombre de masse $A = 238$ donne le nombre de nucléons. Nombre de neutrons : $A - Z = 238 - 92 = 146$.

${}^{238}_{92}\mathrm{U}$: 92 protons et 146 neutrons.

PIÈGE
Compter des électrons. La question porte sur le noyau : il ne contient que des protons et des neutrons.

1.2 Écrire l'équation de la désintégration de l'uranium 238 et montrer qu'il s'agit d'une radioactivité α.

Données utiles thorium : $Z = 90$; le thorium formé est le thorium 234 (question 1.3)

D'après le texte, l'uranium 238 donne du thorium ($Z = 90$). On note ${}^{\mathrm{A}}_{\mathrm{Z}}\mathrm{X}$ la particule émise :

$$ {}^{238}_{92}\mathrm{U} \longrightarrow {}^{234}_{90}\mathrm{Th} + {}^{\mathrm{A}}_{\mathrm{Z}}\mathrm{X} $$

Conservation du nombre de charge : $92 = 90 + Z$, donc $Z = 2$.

Conservation du nombre de nucléons : $238 = 234 + A$, donc $A = 4$.

La particule émise est un noyau d'hélium 4, ${}^{4}_{2}\mathrm{He}$, c'est-à-dire une particule α.

${}^{238}_{92}\mathrm{U} \longrightarrow {}^{234}_{90}\mathrm{Th} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$: radioactivité α.

COMPRENDRE
Le texte ne dit pas quel isotope du thorium se forme. C'est la question 1.3 qui indique le thorium 234 ; la valeur $Z = 2$ suffit déjà à reconnaître l'hélium.

MÉTHODE
Pour toute équation nucléaire, écrire deux bilans séparés : celui des nombres de charge (en bas) et celui des nombres de nucléons (en haut). Le numéro atomique trouvé identifie l'élément grâce au tableau.

1.3.1 Le thorium 234 est radioactif β⁻. Écrire l'équation de cette désintégration.

Données utiles thorium : $Z = 90$; protactinium : $Z = 91$

Une désintégration β⁻ émet un électron ${}^{0}_{-1}\mathrm{e}$:

$$ {}^{234}_{90}\mathrm{Th} \longrightarrow {}^{\mathrm{A}}_{\mathrm{Z}}\mathrm{Y} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e} $$

Nombre de nucléons : $234 = A + 0$, donc $A = 234$.

Nombre de charge : $90 = Z - 1$, donc $Z = 91$: le noyau fils est un noyau de protactinium.

${}^{234}_{90}\mathrm{Th} \longrightarrow {}^{234}_{91}\mathrm{Pa} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e}$

PIÈGE
Écrire $Z = 89$. L'électron porte le nombre de charge -1 : le numéro atomique du noyau fils augmente d'une unité, tandis que le nombre de nucléons ne change pas.

1.3.2 Le noyau fils, émetteur β^-, forme de l'uranium 234. Montrer qu'une série de désintégrations α de l'uranium 234 conduit bien au radon 222.

Données utiles uranium : $Z = 92$; radon : $Z = 86$

On suppose que x désintégrations α se succèdent :

$$^{234}_{92}\mathrm{U} \longrightarrow {}^{222}_{86}\mathrm{Rn} + x\,{}^{4}_{2}\mathrm{He}$$

Nombre de nucléons : $234 = 222 + 4x$, donc $x = \dfrac{234 - 222}{4} = 3$.

Nombre de charge : $92 = 86 + 2x$, donc $x = \dfrac{92 - 86}{2} = 3$.

Les deux bilans donnent le même entier : la série est possible.

Trois désintégrations α mènent de l'uranium 234 au radon 222, en passant par $^{230}_{90}\mathrm{Th}$ puis $^{226}_{88}\mathrm{Ra}$.

COMPRENDRE
Chaque émission α retire 4 nucléons et 2 charges. Si les deux bilans avaient donné des valeurs de x différentes, des désintégrations α seules n'auraient pas suffi.

1.3.3 Commenter la phrase « Quelques notions de chimie : l'uranium 238 se transforme en thorium, puis en radium et enfin en radon ».

Deux critiques.

- Le mot « chimie » est mal choisi : ce sont les noyaux qui changent, donc des transformations nucléaires. Une transformation chimique conserve les éléments et ne touche qu'aux électrons.
- La filiation est incomplète. La chaîne réelle est : $^{238}_{92}\mathrm{U} \to {}^{234}_{90}\mathrm{Th} \to {}^{234}_{91}\mathrm{Pa} \to {}^{234}_{92}\mathrm{U} \to {}^{230}_{90}\mathrm{Th} \to {}^{226}_{88}\mathrm{Ra} \to {}^{222}_{86}\mathrm{Rn}$.

Il s'agit de physique nucléaire, et l'article omet le protactinium 234, l'uranium 234 et le second passage par le thorium.

2.1 Deux comptages successifs donnent 68 puis 78 désintégrations. Quel caractère de la désintégration radioactive explique cet écart ?

La désintégration d'un noyau est un phénomène aléatoire : on ne peut pas prévoir l'instant où un noyau donné se désintègre. Le nombre de désintégrations comptées pendant une même durée fluctue donc d'une mesure à l'autre.

L'écart est dû au caractère aléatoire de la désintégration radioactive.

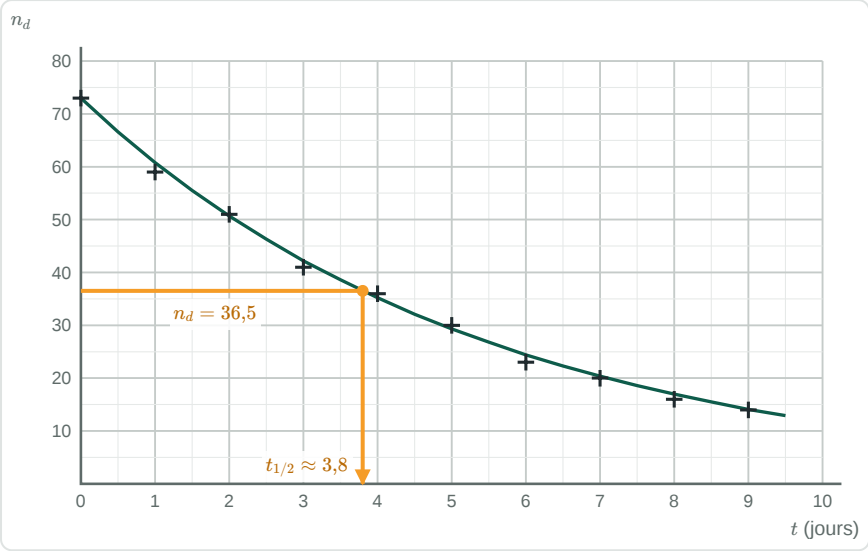
COMPRENDRE
Seul le comportement moyen d'un grand nombre de noyaux est prévisible. Ici les comptages sont faibles (environ 70), donc les fluctuations relatives sont importantes.

2.2 Tracer la courbe donnant $n_d = f(t)$ (échelles : 1 cm pour 0,5 jour et 1 cm pour 5 désintégrations).

On place les dix points du tableau, puis on trace à main levée une courbe régulière décroissante qui passe au plus près de l'ensemble des points, sans les relier par des segments.

Courbe décroissante, de 73 désintégrations à $t = 0$ jusqu'à 14 désintégrations à $t = 9$ jours (figure).

PIÈGE
Relier les points à la règle. Les mesures fluctuent : on attend une courbe lissée, de plus en plus aplatie, qui laisse des points de part et d'autre.



2.2 · Nombre de désintégrations comptées en 500 s en fonction de la date, et lecture de la demi-vie (question 2.3)

2.3 Déterminer à l'aide du graphique la demi-vie $t_{1/2}$ du radon 222.

Données utiles $n_d(0) = 73$

La demi-vie est la durée au bout de laquelle l'activité de l'échantillon, donc le nombre de désintégrations comptées en 500 s, est divisée par deux.

$$\frac{n_d(0)}{2} = \frac{73}{2} = 36{,}5$$

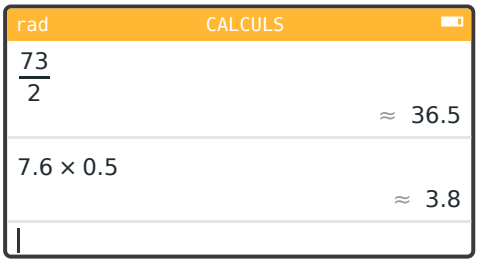
On trace l'horizontale d'ordonnée 36,5 (soit 7,3 cm sur le papier) : elle coupe la courbe à l'abscisse 7,6 cm, soit $7{,}6 \times 0{,}5 = 3{,}8$ jours.

$t_{1/2} \approx 3{,}8$ jours

COMPRENDRE
Une lecture graphique donne deux chiffres significatifs au mieux. Selon le tracé de la courbe, toute valeur comprise entre 3,7 et 3,9 jours est recevable.

MÉTHODE
Vérification : au bout de deux demi-vies, n_d doit être divisé par quatre. À $t = 7{,}6$ jours la courbe passe près de 18, proche de $73/4$.

À LA CALCULATRICE



2.4 La durée de comptage Δt est-elle adaptée à l'étude du radon 222 ?

Données utiles $\Delta t = 500$ s ; $t_{1/2} = 3{,}8$ jours (2.3)

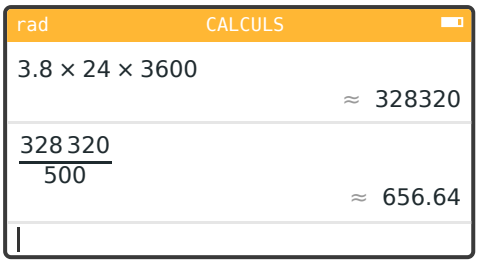
$t_{1/2} = 3{,}8 \times 24 \times 3600 = 3{,}3 \times 10^5$ s, soit plus de 600 fois la durée d'un comptage.

Pendant les 500 s d'une mesure, l'activité de l'échantillon ne varie donc pratiquement pas : chaque comptage correspond bien à l'activité à la date de la mesure.

Oui : $\Delta t = 500$ s $\ll t_{1/2} \approx 3{,}3 \times 10^5$ s, la durée de comptage est adaptée.

PIÈGE
Comparer 500 et 3,8 sans convertir. Les deux durées doivent être dans la même unité avant de conclure.

À LA CALCULATRICE



2.5 Déterminer l'activité de l'échantillon à la date $t = 0$, c'est-à-dire lors du prélèvement.

Données utiles $n_d(0) = 73$; $\Delta t = 500$ s

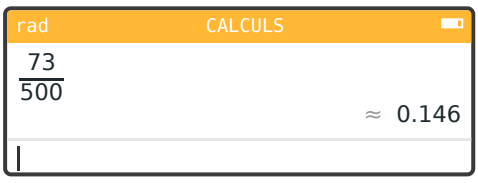
L'activité est le nombre de désintégrations par seconde. Comme elle reste quasi constante pendant le comptage (2.4) :

$$A_0 = \frac{n_d(0)}{\Delta t} = \frac{73}{500} = 0{,}15 \text{ Bq}$$

$A_0 = 0{,}15$ Bq

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme $n_d = 73$. Un becquerel correspond à une désintégration par seconde : ici, une désintégration toutes les sept secondes environ.

À LA CALCULATRICE



2.6 La concentration en radon 222 dans la pièce où l'on a effectué le prélèvement est-elle dangereuse ?

Données utiles $A_0 = 0{,}146$ Bq (2.5) ; $V = 120$ mL ; seuil de précaution : 400 Bq/m³ ; seuil d'alerte : 1000 Bq/m³

Volume d'air prélevé : $V = 120 \text{ mL} = 120 \times 10^{-6} \text{ m}^3 = 1{,}20 \times 10^{-4} \text{ m}^3$.

Activité par mètre cube d'air :

$$\frac{A_0}{V} = \frac{0{,}146}{1{,}20 \times 10^{-4}} = 1{,}2 \times 10^3 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$$

Cette valeur dépasse le seuil d'alerte de $1000 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$.

$\frac{A_0}{V} = 1{,}2 \times 10^3 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3} > 1000 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$: la concentration en radon est dangereuse.

PIÈGE
Conversion du volume : $1 \text{ mL} = 10^{-6} \text{ m}^3$, et non 10^{-3} m^3. Avec des litres, on trouverait une valeur mille fois trop petite et une conclusion fausse.

COMPRENDRE
Les trois comptages initiaux (68, 73, 78) donnent entre $1{,}1 \times 10^3$ et $1{,}3 \times 10^3 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$: malgré les fluctuations, le seuil d'alerte est toujours dépassé.

À LA CALCULATRICE

