Corrigé complet — Bac 2025 Amérique du Nord Jour 2

Physique-chimie, enseignement de spécialité **20 points** **3 h 30**

Ex 1	**Le schweppes ® : un bon antipaludique sans risque pour la santé ?** Groupes caractéristiques · Diagramme de prédominance · Dilution · Dosage par étalonnage · Titrage pH-métrique	9 pts	1 h 35	14 questions	p. 2
Ex 2	**Combustible MOX pour limiter les déchets radioactifs** Composition du noyau et isotopes · Demi-vie · Fission et réaction en chaîne · Radioactivité α et β^- · Loi de décroissance radioactive · Activité d'un échantillon	5 pts	53 min	8 questions	p. 7
Ex 3	**Mostiglass®, le vitrage moustiquaire rafraichissant** Diffraction par une fente · Incertitude-type et écart normalisé · Conservation du débit volumique · Relation de Bernoulli · Effet Venturi	6 pts	53 min	9 questions	p. 11

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.

Le schweppes ® : un bon antipaludique sans risque pour la santé ?

Bac 2025 Amérique du Nord Jour 2 · Exercice 1 **9 points** **Durée conseillée 1 h 35**

Q.1 Justifier le suffixe « -ol » dans le nom officiel de la quinine.

La molécule de quinine porte un groupe hydroxyle $-\mathrm{OH}$ lié à un atome de carbone tétraédrique : elle possède la fonction alcool.

Le suffixe « -ol » signale la famille des **alcools** (groupe hydroxyle $-\mathrm{OH}$).

PIÈGE
Citer seulement « OH » ne suffit pas : il faut nommer le groupe (hydroxyle) et la famille (alcool).

Q.2 Justifier, à l'aide du spectre d'émission, la couleur de la lumière émise par fluorescence par une solution acidifiée de quinine.

Le spectre d'émission présente un maximum d'intensité pour une longueur d'onde $\lambda_{\max} \approx 450\ \mathrm{nm}$. Cette radiation appartient au domaine visible et correspond au bleu.

La lumière émise est **bleue** ($\lambda_{\max} \approx 450\ \mathrm{nm}$), comme annoncé pour la forme $\mathrm{QH_2}^{2+}$ présente en milieu acide.

COMPRENDRE
Il s'agit d'un spectre d'émission : la couleur perçue est celle de la radiation la plus émise, et non la couleur complémentaire comme pour un spectre d'absorption.

Q.3 Représenter le diagramme de prédominance des formes acido-basiques de la quinine. En déduire les couleurs de fluorescence attendues selon le pH.

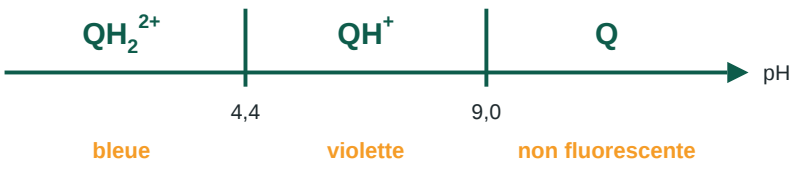
Données utiles $\mathrm{p}K_{A1} = 4{,}4$ (couple $\mathrm{QH_2}^{2+}/\mathrm{QH}^{+}$) ; $\mathrm{p}K_{A2} = 9{,}0$ (couple $\mathrm{QH}^{+}/\mathrm{Q}$)

L'acide d'un couple prédomine pour $\mathrm{pH} < \mathrm{p}K_A$, la base pour $\mathrm{pH} > \mathrm{p}K_A$.

- $\mathrm{pH} < 4{,}4$: $\mathrm{QH_2}^{2+}$ prédomine, fluorescence bleue ;
- $4{,}4 < \mathrm{pH} < 9{,}0$: QH^{+} prédomine, fluorescence violette ;
- $\mathrm{pH} > 9{,}0$: Q prédomine, aucune fluorescence.

Bleu si $\mathrm{pH} < 4{,}4$; violet si $4{,}4 < \mathrm{pH} < 9{,}0$; pas de fluorescence si $\mathrm{pH} > 9{,}0$.

PIÈGE
La forme la plus protonée, $\mathrm{QH_2}^{2+}$, se place à gauche (milieu le plus acide). Inverser l'ordre des espèces fausse toutes les couleurs.



Q.3 · Diagramme de prédominance de la quinine et couleurs de fluorescence

Q.4 Calculer la valeur du volume de solution mère S0 à prélever pour préparer la solution S4.

Données utiles $C_0 = 1{,}30 \times 10^{-5}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$; $C_4 = 1{,}30 \times 10^{-6}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$; $V_f = 10{,}0\ \mathrm{mL}$

La dilution conserve la quantité de quinine prélevée : $C_0\,V_0 = C_4\,V_f$.

$$V_0 = \frac{C_4\,V_f}{C_0} = \frac{1{,}30 \times 10^{-6} \times 10{,}0}{1{,}30 \times 10^{-5}}$$

$V_0 = 1{,}00\ \mathrm{mL}$

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme toutes les données. Le rapport des concentrations rend les unités indifférentes : V_0 sort dans l'unité de V_f, ici le millilitre.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{1.30 \times 10^{-6} \times 10.0}{1.30 \times 10^{-5}} \approx 1$$

MÉTHODE
Vérification rapide : S4 est dix fois moins concentrée que S0 (facteur de dilution 10), donc le volume prélevé est le dixième du volume final.

Q.5 Indiquer le protocole à suivre pour préparer cette solution, en précisant la verrerie utilisée.

Données utiles $V_0 = 1{,}00\ \text{mL}$ (Q.4) ; $V_f = 10{,}0\ \text{mL}$

- Verser un peu de solution mère S0 dans un bécher.
- Prélever $1{,}00\ \text{mL}$ de S0 avec une pipette jaugée de $1{,}00\ \text{mL}$ munie d'un dispositif d'aspiration.
- Introduire ce prélèvement dans une fiole jaugée de $10{,}0\ \text{mL}$.
- Compléter aux trois quarts avec de l'eau distillée, boucher, agiter.
- Ajuster au trait de jauge avec de l'eau distillée, boucher et homogénéiser.

Pipette jaugée de $1{,}00\ \text{mL}$ et fiole jaugée de $10{,}0\ \text{mL}$.

PIÈGE
Une éprouvette graduée ou un bécher ne conviennent pas : seule la verrerie jaugée garantit la précision d'une solution étalon.

Q.6 Justifier l'allure de la courbe obtenue lorsque l'on trace $I_f = f(C_f)$.

D'après l'énoncé, $I_f = K \times I_0 \times C_f$. Pour une même source, K et I_0 sont constantes : I_f est proportionnelle à C_f.

Le graphe d'une relation de proportionnalité est une droite passant par l'origine, ce que l'on observe : les points expérimentaux sont alignés avec l'origine du repère.

Droite passant par l'origine, car I_f est proportionnelle à C_f (coefficient $K \times I_0$).

COMPRENDRE
Cette relation joue le même rôle que la loi de Beer-Lambert en spectrophotométrie d'absorption : une grandeur mesurée proportionnelle à la concentration permet un dosage par étalonnage.

Q.7 Déterminer la valeur de la concentration en quantité de matière en quinine dans le Schweppes®.

Données utiles $I_f = 319\ \text{u.a}$ pour le Schweppes® dilué 100 fois

Sur la droite d'étalonnage, le point d'ordonnée $I_f = 319\ \text{u.a}$ a pour abscisse $C_{\text{dil}} \approx 2{,}2 \times 10^{-6}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

La boisson a été diluée 100 fois : $C = 100 \times C_{\text{dil}} = 100 \times 2{,}2 \times 10^{-6}$

$C = 2{,}2 \times 10^{-4}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

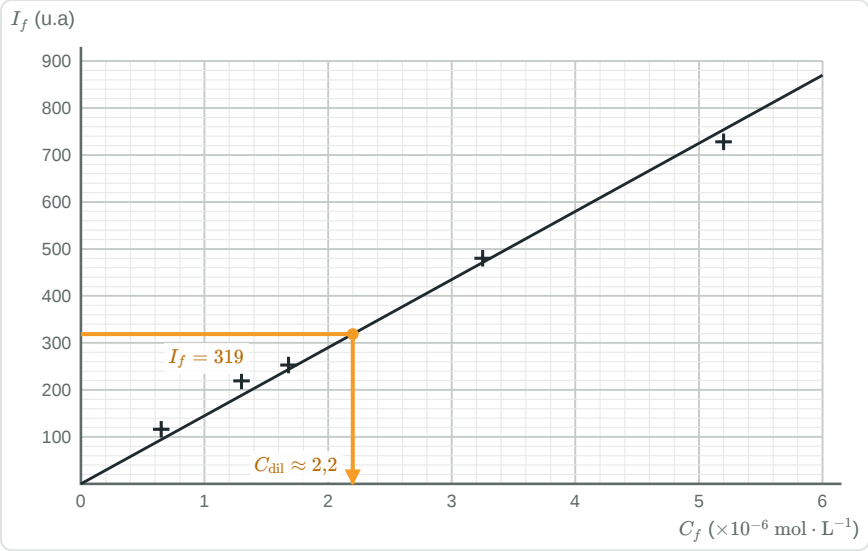
PIÈGE
Oublier le facteur 100 : la lecture graphique donne la concentration de la solution diluée, pas celle de la boisson.

COMPRENDRE
Une lecture graphique ne donne ici que deux chiffres significatifs. La dilution amène l'intensité mesurée dans la gamme des solutions étalons.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$100 \times 2.2 \times 10^{-6} \approx 2.2 \times 10^{-4}$$



Q.7 · Droite d'étalonnage du sujet, avec la lecture pour le Schweppes® dilué

Q.8 Indiquer si le Schweppes® respecte le critère des boissons « tonic » (au plus $100\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ de quinine).

Données utiles $C = 2{,}2 \times 10^{-4}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (Q.7) ; $M(\text{quinine}) = 324\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

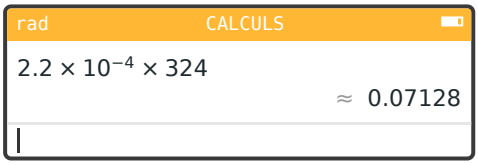
Concentration en masse : $C_m = C \times M$

$C_m = 2{,}2 \times 10^{-4} \times 324 = 7{,}1 \times 10^{-2}\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1} = 71\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

$C_m = 71\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1} < 100\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$: le Schweppes® respecte le critère.

PIÈGE
Comparer sans convertir : le calcul donne des $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$, le critère est en $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

À LA CALCULATRICE



Q.9 Expliquer si une personne de 50 kg peut utiliser le Schweppes® pour le traitement du paludisme.

Données utiles 3 prises par jour de 8 mg de quinine par kg de masse corporelle, pendant 7 jours ; $C_m = 71\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (Q.8)

Masse de quinine par prise : $m = 8 \times 50 = 400\ \text{mg}$.

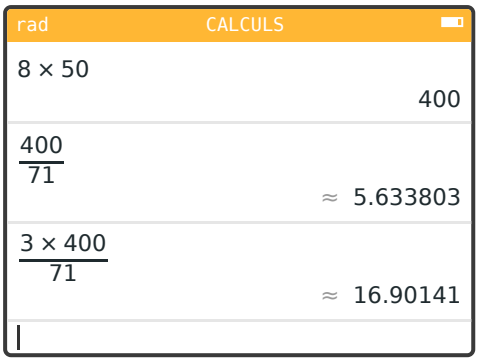
Volume de boisson apportant cette masse : $V = \dfrac{m}{C_m} = \dfrac{400}{71} = 5{,}6\ \text{L}$ par prise.

Avec trois prises par jour : $3 \times 5{,}6 \approx 17\ \text{L}$ de boisson par jour, pendant 7 jours.

Il faudrait boire environ $5{,}6\ \text{L}$ toutes les 8 heures : c'est irréalisable, le Schweppes® ne peut pas servir de traitement antipaludique.

MÉTHODE
Question ouverte : 1) dose nécessaire d'après le texte ; 2) volume de boisson correspondant ; 3) conclusion argumentée par un ordre de grandeur réaliste.

À LA CALCULATRICE



Q.10 Sélectionner, parmi lente, rapide, unique, multiple, totale, non-totale, la ou les qualités que doit posséder la réaction support du titrage.

La réaction support d'un titrage doit être **rapide**, **unique** et **totale**.

COMPRENDRE
Totale, pour que tout l'acide soit consommé à l'équivalence ; unique, pour que le réactif titrant ne réagisse qu'avec l'espèce titrée ; rapide, pour que la mesure soit stable après chaque ajout.

Q.11 Justifier la nécessité de dégazer par agitation la boisson avant de réaliser le titrage de l'acide citrique.

La boisson contient du dioxyde de carbone dissous, acide du couple CO_2, H_2O / HCO_3^-. Il réagirait lui aussi avec les ions HO^- versés : la réaction de titrage ne serait plus unique.

Le volume versé à l'équivalence serait trop grand et la concentration en acide citrique surestimée.

Le dégazage élimine le CO_2 dissous, acide qui consommerait des ions HO^- et fausserait le titrage.

Q.12 Déterminer, en détaillant la démarche suivie, la valeur de la concentration C_A en acide citrique dans la boisson.

Données utiles $V_A = 20{,}0\ \text{mL}$; $C_B = 0{,}100\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$; $AH_3 + 3\,HO^- \longrightarrow A^{3-} + 3\,H_2O$

Le volume à l'équivalence est l'abscisse du maximum de la courbe dérivée : $V_E = 13{,}2\ \text{mL}$.

À l'équivalence, les quantités de réactifs mises en présence respectent les proportions stœchiométriques de l'équation :

$$n(AH_3)_{\text{initial}} = \frac{n(HO^-)_{\text{versé}}}{3} \quad \text{soit} \quad C_A\,V_A = \frac{C_B\,V_E}{3}$$

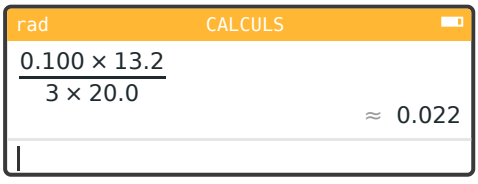
$$C_A = \frac{C_B\,V_E}{3\,V_A} = \frac{0{,}100 \times 13{,}2}{3 \times 20{,}0}$$

$C_A = 2{,}20 \times 10^{-2}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$

PIÈGE
Oublier le coefficient 3 : l'acide citrique est un triacide, une mole d'acide consomme trois moles d'ions HO^-. Sans lui, C_A est triplée.

MÉTHODE
Le maximum de la dérivée $\frac{\text{d pH}}{\text{d}V}$ repère l'équivalence plus précisément que la méthode des tangentes. Les deux volumes restent en mL : leur rapport est sans unité.

À LA CALCULATRICE



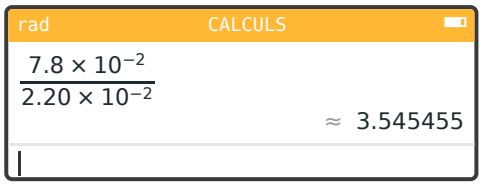
Q.13 Comparer cette valeur à la concentration maximale admissible en acide citrique, fixée à $7{,}8 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Données utiles $C_A = 2{,}20 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (Q.12)

$$\frac{C_{\text{max}}}{C_A} = \frac{7{,}8 \times 10^{-2}}{2{,}20 \times 10^{-2}} \approx 3{,}5$$

$C_A < C_{\text{max}}$: la concentration en acide citrique est environ 3,5 fois plus faible que la valeur maximale admissible, la boisson est conforme.

À LA CALCULATRICE



Q.14 Indiquer, en justifiant, si la quinine contenue dans le Schweppes® peut servir d'indicateur coloré pour le dosage colorimétrique sous UV de l'acide citrique.

Données utiles fluorescence bleue si $\text{pH} < 4{,}4$, violette si $4{,}4 < \text{pH} < 9{,}0$, absente si $\text{pH} > 9{,}0$ (Q.3) ; $V_E = 13{,}2\ \text{mL}$ (Q.12)

Un indicateur convient si son changement d'aspect se produit dans le saut de pH, donc pour un volume très proche de V_E.

Sur la courbe, le saut de pH s'étend d'environ 7 à 9,5 autour de V_E, avec $\text{pH}_E \approx 8$.

- Le passage du bleu au violet ($\text{pH} = 4{,}4$) a lieu vers $6\ \text{mL}$, bien avant l'équivalence : il est inutilisable.
- La disparition de la fluorescence violette ($\text{pH} = 9{,}0$) se situe dans le saut de pH, pour un volume supérieur à V_E de quelques dixièmes de millilitre seulement.

Oui : l'extinction de la fluorescence violette, à $\text{pH} = 9{,}0$, se produit dans le saut de pH et repère l'équivalence, avec une légère surestimation de V_E.

PIÈGE

Deux changements ont lieu au cours du titrage. Seul celui situé dans le saut de pH repère l'équivalence ; s'arrêter au premier, vers 6 mL, donnerait un résultat faux.

COMPRENDRE

La limite $\text{pH} = 9{,}0$ est au-dessus de pH_E : la fluorescence s'éteint un peu après l'équivalence. L'écart reste faible car le pH varie très vite dans le saut.

Combustible MOX pour limiter les déchets radioactifs

Bac 2025 Amérique du Nord Jour 2 · Exercice 2 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

Q.1 Donner la composition du noyau d'uranium 235.

Le noyau s'écrit $^{235}_{92}\mathrm{U}$: $Z = 92$ protons et $A = 235$ nucléons.

Nombre de neutrons : $N = A - Z = 235 - 92 = 143$.

Le noyau d'uranium 235 contient **92 protons** et **143 neutrons**.

PIÈGE
Annoncer 235 neutrons : 235 est le nombre de nucléons (protons et neutrons ensemble). Les électrons n'appartiennent pas au noyau, inutile de les citer.

Q.2 Indiquer, en justifiant, le ou les noyaux radioactifs isotopes de l'uranium 235 parmi ceux du tableau 1.

Deux noyaux isotopes ont le même numéro atomique Z (même élément) mais des nombres de nucléons A différents.

Dans le tableau 1, un seul autre noyau a $Z = 92$: l'uranium 238, $^{238}_{92}\mathrm{U}$.

Le seul isotope de l'uranium 235 dans le tableau est l'**uranium 238**.

PIÈGE
Citer le neptunium 235 ou le plutonium 235 : ils ont le même A que l'uranium 235, mais $Z = 93$ et $Z = 94$. Ce sont d'autres éléments.

Q.3 Expliquer pourquoi l'uranium 238 est toujours présent à l'état naturel depuis l'origine de la Terre, contrairement au plutonium 239.

Données utiles âge de la Terre : $4{,}5 \times 10^9$ ans ; $t_{1/2}(^{238}\mathrm{U}) = 4{,}5 \times 10^9$ ans ; $t_{1/2}(^{239}\mathrm{Pu}) = 24\,110$ ans

Au bout d'une durée $t_{1/2}$, la moitié des noyaux radioactifs initialement présents s'est désintégrée.

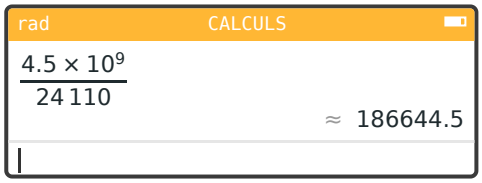
Uranium 238 : sa demi-vie est égale à l'âge de la Terre. Une seule demi-vie s'est écoulée : il reste encore environ la moitié des noyaux présents à l'origine.

Plutonium 239 : l'âge de la Terre représente $\dfrac{4{,}5 \times 10^9}{24\,110} \approx 1{,}9 \times 10^5$ demi-vies. Le nombre de noyaux a été divisé par 2 près de $190\,000$ fois de suite : il n'en reste plus.

La demi-vie de l'uranium 238 est de l'ordre de l'âge de la Terre, celle du plutonium 239 est environ $190\,000$ fois plus courte : le plutonium 239 d'origine a entièrement disparu.

MÉTHODE
Pour juger si un noyau radioactif subsiste, comparer la durée écoulée à sa demi-vie. Au-delà d'une vingtaine de demi-vies, il reste moins d'un millionième de la population initiale.

À LA CALCULATRICE



Q.4 Expliquer en quoi la fission de l'uranium 235 peut être qualifiée de réaction en chaîne.

La fission d'un noyau d'uranium 235 est provoquée par **un** neutron et en libère **trois**.

Chacun de ces neutrons peut à son tour percuter un autre noyau d'uranium 235 et provoquer une nouvelle fission, qui libère encore trois neutrons, et ainsi de suite.

La réaction produit elle-même les neutrons qui la déclenchent : elle s'entretient et se propage d'un noyau à l'autre, c'est une réaction en chaîne.

COMPRENDRE
Le neutron figure des deux côtés de l'équation, mais on ne le simplifie pas : celui de gauche déclenche la fission, les trois de droite sont produits et disponibles pour d'autres noyaux.

Q.5 Écrire, à l'aide du diagramme N/Z, les trois équations des réactions successives menant de l'uranium 238 au plutonium 239, puis nommer la particule émise lors d'une désintégration β^-.

Chaque équation respecte la conservation du nombre de nucléons A et du nombre de charge Z.

Capture d'un neutron par l'uranium 238 :

$$^{238}_{92}\mathrm{U} + ^{1}_{0}\mathrm{n} \longrightarrow ^{239}_{92}\mathrm{U}$$

D'après le document 1, l'uranium 239 est radioactif β^- :

$$^{239}_{92}\mathrm{U} \longrightarrow ^{239}_{93}\mathrm{Np} + ^{0}_{-1}\mathrm{e}$$

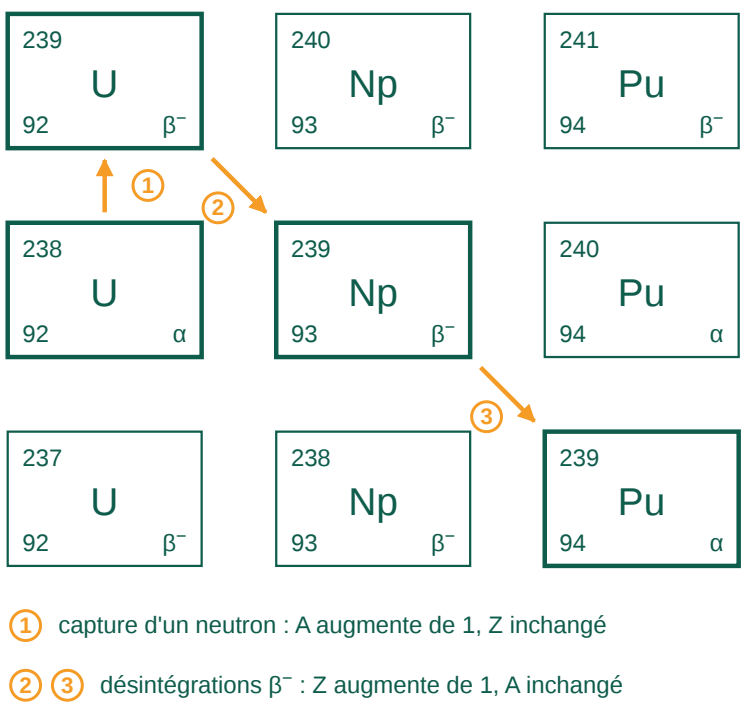
Le neptunium 239 est lui aussi radioactif β^- :

$$^{239}_{93}\mathrm{Np} \longrightarrow ^{239}_{94}\mathrm{Pu} + ^{0}_{-1}\mathrm{e}$$

La particule émise lors d'une désintégration β^- est un **électron**, noté $^{0}_{-1}\mathrm{e}$.

PIÈGE
Écrire $^{0}_{1}\mathrm{e}$: c'est un positon, émis en radioactivité β^+. On obtiendrait alors $Z = 91$ au lieu de $Z = 93$ pour le noyau fils.

MÉTHODE
Écrire d'abord la particule émise, puis en déduire le noyau fils par conservation : en β^-, A ne change pas et Z augmente de 1. Le nom de l'élément se lit ensuite dans le diagramme.



① capture d'un neutron : A augmente de 1, Z inchangé

② ③ désintégrations β^- : Z augmente de 1, A inchangé

Q.5 · Document 1 du sujet, avec le chemin de l'uranium 238 au plutonium 239

Q.6 Indiquer à quel type de radioactivité correspond la désintégration du plutonium 239.

La particule émise est un noyau d'hélium 4, $^{4}_{2}\mathrm{He}$, appelé particule α.

La désintégration du plutonium 239 est une **radioactivité α**.

COMPRENDRE
Le document 1 le confirme : la case du plutonium 239 porte la mention α. Le noyau perd 4 nucléons dont 2 protons, d'où l'uranium 235.

Q.7 Établir l'expression de la constante radioactive λ en fonction de $t_{1/2}$. En déduire que, pour le plutonium 239, $\lambda = 9{,}1 \times 10^{-13}\ \text{s}^{-1}$.

Données utiles $N(t) = N_0\, e^{-\lambda t}$; $t_{1/2}(^{239}\text{Pu}) = 24\,110$ ans

Par définition de la demi-vie : $N(t_{1/2}) = \dfrac{N_0}{2}$.

Avec la loi de décroissance : $N_0\, e^{-\lambda t_{1/2}} = \dfrac{N_0}{2}$, soit $e^{-\lambda t_{1/2}} = \dfrac{1}{2}$.

On prend le logarithme népérien : $-\lambda\, t_{1/2} = \ln\dfrac{1}{2} = -\ln 2$, d'où

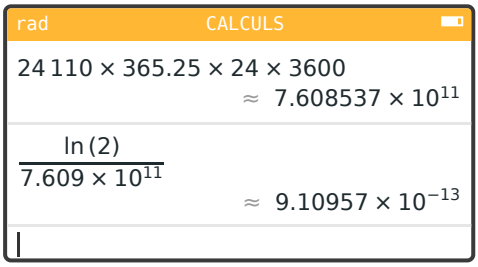
$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$$

Conversion : $t_{1/2} = 24\,110 \times 365{,}25 \times 24 \times 3600 = 7{,}609 \times 10^{11}$ s.

$$\lambda = \frac{\ln 2}{7{,}609 \times 10^{11}} = 9{,}1 \times 10^{-13}\ \text{s}^{-1}$$

$\lambda = \dfrac{\ln 2}{t_{1/2}} = 9{,}1 \times 10^{-13}\ \text{s}^{-1}$: c'est la valeur attendue.

À LA CALCULATRICE



PIÈGE

Laisser la demi-vie en années : on obtient $2{,}9 \times 10^{-5}$, qui est en an^{-1}. L'énoncé attend des s^{-1}, il faut convertir $t_{1/2}$ en secondes.

COMPRENDRE

Le résultat est donné avec deux chiffres significatifs, comme la valeur annoncée par l'énoncé. Prendre 365 jours par an au lieu de 365,25 ne change pas ces deux chiffres.

Q.8 Montrer, à l'aide du tableau 2, l'intérêt du MOX, en analysant comment sont gérés actuellement les déchets de la catégorie à laquelle appartient le plutonium 239.

Données utiles $A = \lambda N$; $\lambda = 9{,}1 \times 10^{-13}\ \text{s}^{-1}$ (Q.7) ; $M = 239\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $N_A = 6{,}02 \times 10^{23}\ \text{mol}^{-1}$; $t_{1/2} = 24\,110$ ans

Pour classer le plutonium 239 dans le tableau 2, il faut sa demi-vie et son activité massique, c'est-à-dire l'activité d'un échantillon de masse $m = 1$ g.

Demi-vie : $24\,110\ \text{ans} > 31\ \text{ans}$, donc **vie longue**.

Nombre de noyaux dans 1 g : $N = \dfrac{m}{M} N_A = \dfrac{1}{239} \times 6{,}02 \times 10^{23} = 2{,}52 \times 10^{21}$ noyaux.

Activité : $A = \lambda N = 9{,}1 \times 10^{-13} \times 2{,}52 \times 10^{21} = 2{,}3 \times 10^{9}\ \text{Bq}$.

L'activité massique vaut $2{,}3 \times 10^{9}\ \text{Bq} \cdot \text{g}^{-1} > 10^{6}\ \text{Bq} \cdot \text{g}^{-1}$: **haute activité** (HA).

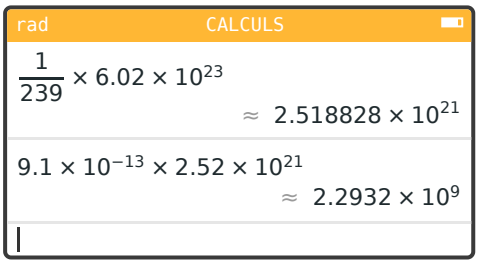
D'après le tableau 2, il n'existe pas encore de filière opérationnelle pour les déchets de haute activité à vie longue : le stockage profond est seulement à l'étude.

Le plutonium 239 ($2{,}3 \times 10^{9}\ \text{Bq} \cdot \text{g}^{-1}$, vie longue) est un déchet sans solution de stockage actuelle. Le réutiliser comme combustible dans le MOX évite d'avoir à le stocker.

PIÈGE
S'arrêter au nombre de noyaux ou à l'activité sans revenir au MOX. La conclusion attendue relie la case du tableau à l'intérêt du recyclage.

MÉTHODE
Question ouverte : annoncer d'abord les deux critères du tableau (demi-vie, activité massique), les évaluer l'un après l'autre, puis lire la case et conclure sur la question posée.

À LA CALCULATRICE



Mostiglass®, le vitrage moustiquaire rafraichissant

Bac 2025 Amérique du Nord Jour 2 · Exercice 3 **6 points** **Durée conseillée 53 min**

Q.1 Donner une condition nécessaire à l'observation du phénomène de diffraction d'une onde lumineuse.

L'onde lumineuse doit rencontrer une ouverture ou un obstacle de petite dimension : la diffraction s'observe nettement lorsque la taille a de l'ouverture est du même ordre de grandeur que la longueur d'onde λ, ou seulement un peu plus grande.

Condition : ouverture (ou obstacle) de taille a pas trop grande devant λ.

COMPRENDRE
Pour la lumière, la diffraction reste visible avec une ouverture jusqu'à cent fois, voire mille fois plus large que λ : plus la fente est fine, plus la tache centrale est large.

Q.2 Donner la relation entre l'angle de diffraction θ, la longueur d'onde λ et la largeur ℓ de la fente.

$\theta = \dfrac{\lambda}{\ell}$, avec θ en radian, λ et ℓ en mètre.

PIÈGE
Dans cette relation, θ est en radian et c'est le demi-angle : il sépare le centre de la tache centrale de la première extinction, pas les deux bords de la tache.

Q.3 Avec l'approximation des petits angles, établir la relation entre θ, D et d, puis en déduire $\dfrac{\lambda}{\ell} = \dfrac{d}{2D}$.

Sur la figure 2, le triangle formé par la fente, le centre de la tache et le bord de la tache centrale est rectangle. Le côté opposé à θ mesure $\dfrac{d}{2}$ et le côté adjacent mesure D :

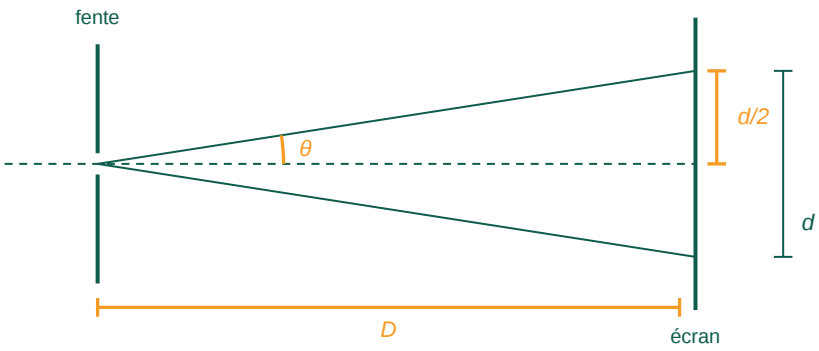
$$\tan\theta = \frac{d/2}{D} = \frac{d}{2D}$$

L'angle est petit, donc $\tan\theta \approx \theta$ et $\theta = \dfrac{d}{2D}$.

Or $\theta = \dfrac{\lambda}{\ell}$ (Q.2). En égalant les deux expressions de θ :

$$\frac{\lambda}{\ell} = \frac{d}{2D}$$

PIÈGE
Le côté opposé à θ est la demi-largeur $d/2$ de la tache centrale. Écrire $\tan\theta = d/D$ fait perdre le facteur 2 et fausse la largeur de fente calculée ensuite.



Q.3 · Figure 2 du sujet : le triangle rectangle utilisé

Q.4 En déduire la valeur de la largeur ℓ de la fente.

Données utiles $\lambda = 650$ nm ; $D = 3{,}00$ m ; $d = 6{,}0$ mm

De $\dfrac{\lambda}{\ell} = \dfrac{d}{2D}$ on tire :

$$\ell = \frac{2\,\lambda\,D}{d} = \frac{2 \times 650 \times 10^{-9} \times 3{,}00}{6{,}0 \times 10^{-3}} = 6{,}5 \times 10^{-4}\ \text{m}$$

$$\ell = 6{,}5 \times 10^{-4}\ \text{m} = 0{,}65\ \text{mm}$$

PIÈGE
Les longueurs doivent être dans la même unité : λ en mètre (650×10^{-9} m) et d en mètre ($6{,}0 \times 10^{-3}$ m), puisque D est en mètre.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs : $d = 6{,}0$ mm est la donnée la moins précise et fixe la précision du résultat.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{2 \times 650 \times 10^{-9} \times 3.00}{6.0 \times 10^{-3}} \approx 6.5 \times 10^{-4}$$

Q.5 Calculer l'incertitude-type $u(\ell)$, puis vérifier que le résultat de la mesure est compatible avec la valeur de référence $\ell_{\text{ref}} = 0{,}55$ mm.

Données utiles $\ell = 0{,}65$ mm (Q.4) ; $u(d) = 0{,}5$ mm ; $d = 6{,}0$ mm ; $u(D) = 0{,}01$ m ; $D = 3{,}00$ m

$$u(\ell) = \ell \times \sqrt{\left(\frac{u(d)}{d}\right)^2 + \left(\frac{u(D)}{D}\right)^2}$$

$$u(\ell) = 0{,}65 \times \sqrt{\left(\frac{0{,}5}{6{,}0}\right)^2 + \left(\frac{0{,}01}{3{,}00}\right)^2} = 0{,}054\ \text{mm}$$

L'incertitude-type s'écrit avec un seul chiffre significatif, arrondie par excès : $u(\ell) = 0{,}06$ mm, donc $\ell = (0{,}65 \pm 0{,}06)$ mm.

Quotient de comparaison :

$$\frac{|\ell - \ell_{\text{ref}}|}{u(\ell)} = \frac{|0{,}65 - 0{,}55|}{0{,}06} \approx 1{,}7$$

Ce quotient est inférieur à 2.

$u(\ell) = 0{,}06$ mm ; quotient $\approx 1{,}7 < 2$: la mesure est compatible avec la valeur de référence.

COMPRENDRE
Le critère usuel n'est pas rappelé dans le sujet : il faut le connaître. La mesure est jugée compatible si l'écart à la référence ne dépasse pas deux incertitudes-types.

MÉTHODE
Dans chaque rapport $u(x)/x$, il suffit que les deux grandeurs aient la même unité (mm avec mm, m avec m). L'incertitude $u(\ell)$ sort alors dans l'unité de ℓ.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$0.65 \times \sqrt{\left(\frac{0.5}{6.0}\right)^2 + \left(\frac{0.01}{3.00}\right)^2} \approx 0.05420998$$

$$\frac{0.65 - 0.55}{0.06} \approx 1.666667$$

Q.6 Évaluer la différence de température en régime permanent dans les deux études et confirmer l'intérêt de la Mostiglass®.

Données utiles figures 5a (sans Mostiglass®) et 5b (avec Mostiglass®)

En régime permanent (après 300 s environ), les températures ne varient presque plus.

Sans Mostiglass® (figure 5a) : $T_1 \approx 31{,}3\ ^\circ\text{C}$ et $T_2 \approx 31{,}1\ ^\circ\text{C}$, soit $T_1 - T_2 \approx 0{,}2\ ^\circ\text{C}$: l'écart est quasi nul.

Avec Mostiglass® (figure 5b) : $T_1 \approx 32\ ^\circ\text{C}$ et $T_2 \approx 27\ ^\circ\text{C}$, soit $T_1 - T_2 \approx 5\ ^\circ\text{C}$.

Écart d'environ $0\ ^\circ\text{C}$ sans Mostiglass® et d'environ $5\ ^\circ\text{C}$ avec : l'air qui a traversé la plaque est nettement plus frais, la Mostiglass® rafraichit bien l'air entrant.

MÉTHODE
Le régime permanent se lit sur le palier des courbes, pas pendant la montée. On relève T_1 et T_2 au même instant, puis on compare les écarts des deux expériences.

Q.7 Justifier, à l'aide de la conservation du débit volumique, que la vitesse v_1 de l'air à l'entrée du tunnel a la même valeur que v_2, à la sortie.

L'air est considéré comme incompressible et l'écoulement est permanent : le débit volumique se conserve entre l'entrée et la sortie du tunnel.

$$D_v = v_1 \times S_0 = v_2 \times S_0$$

Le tunnel a la même section S_0 à l'entrée et à la sortie, donc en simplifiant par S_0 :

$v_1 = v_2$

Q.8 Calculer, à l'aide de la conservation du débit volumique, les vitesses v_A et v_B de l'air à l'entrée A et à la sortie B de la Mostiglass®.

Données utiles $v_1 = 2{,}0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; $S_0 = 4{,}0 \times 10^{-2}\ \text{m}^2$; $S_A = 1{,}8 \times 10^{-3}\ \text{m}^2$; $S_B = 0{,}95 \times 10^{-3}\ \text{m}^2$

Conservation du débit volumique : $v_1 \times S_0 = v_A \times S_A = v_B \times S_B$.

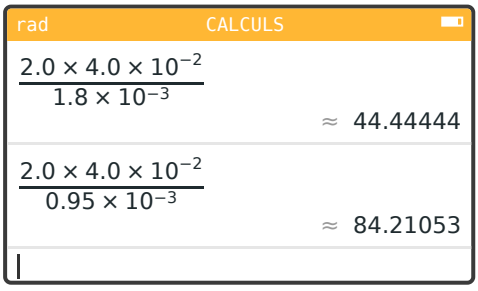
$$v_A = \frac{v_1 \times S_0}{S_A} = \frac{2{,}0 \times 4{,}0 \times 10^{-2}}{1{,}8 \times 10^{-3}} = 44\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$v_B = \frac{v_1 \times S_0}{S_B} = \frac{2{,}0 \times 4{,}0 \times 10^{-2}}{0{,}95 \times 10^{-3}} = 84\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$v_A = 44\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ et $v_B = 84\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

COMPRENDRE
À débit constant, la vitesse est inversement proportionnelle à la section : l'air accélère fortement dans les fentes, et encore davantage à la sortie B, plus étroite que l'entrée A.

À LA CALCULATRICE



Q.9 Montrer, avec la relation de Bernoulli, que la Mostiglass® provoque un effet Venturi, puis évaluer l'ordre de grandeur de la baisse de température, la comparer à celle de l'expérience et commenter.

Données utiles $\rho = 1{,}2\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$; v_A et v_B (Q.8) ; $p_A = 1{,}01\times10^5$ Pa ; $T_1 = 32\ ^\circ\text{C}$ (Q.6) ; $\dfrac{\Delta T}{T} = \dfrac{\Delta P}{P}$

Chute de pression. Relation de Bernoulli entre A et B :

$$\frac{1}{2}\rho v_A^2 + p_A = \frac{1}{2}\rho v_B^2 + p_B \quad \text{d'où} \quad \Delta P = p_B - p_A = \frac{1}{2}\rho\left(v_A^2 - v_B^2\right)$$

$$\Delta P = \frac{1}{2}\times 1{,}2 \times \left(44{,}4^2 - 84{,}2^2\right) = -3{,}07\times10^3\ \text{Pa}$$

Comme $v_B > v_A$, on a $\Delta P < 0$: la pression diminue quand la section se rétrécit, c'est bien un effet Venturi.

Baisse de température. La référence est la température d'entrée, en kelvin : $T = 273 + 32 = 305$ K, et la pression p_A.

$$\Delta T = T \times \frac{\Delta P}{p_A} = 305 \times \frac{-3{,}07\times10^3}{1{,}01\times10^5} = -9{,}3\ \text{K}$$

Comparaison. Le modèle prévoit une baisse d'une dizaine de kelvins (ou de degrés Celsius), l'expérience donne environ $5\ ^\circ\text{C}$ (Q.6) : même ordre de grandeur, mais le modèle prévoit une baisse à peu près deux fois trop forte.

Commentaire. Le modèle explique le rafraichissement mais reste trop simple : l'air n'est ni parfait (frottements dans les fentes) ni incompressible, et il échange de l'énergie thermique avec la plaque et les parois du tunnel.

$\Delta P \approx -3{,}1\times10^3$ Pa (effet Venturi) ; $\Delta T \approx -9$ K prévu contre $-5\ ^\circ\text{C}$ mesuré : même ordre de grandeur, modèle trop simple.

PIÈGE
La température de référence se met en kelvin : avec 32 au lieu de 305, la baisse calculée serait dix fois trop faible. Un écart de température, lui, a la même valeur en K et en °C.

MÉTHODE
On garde les valeurs non arrondies de v_A et v_B dans le calcul : une différence de carrés amplifie les erreurs d'arrondi. On n'arrondit que le résultat final.

À LA CALCULATRICE

