Corrigé complet — Bac 2026 Asie-Pacifique Jour 2

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

Ex 1	**Jeu d'évasion** Deuxième loi de Newton · Mouvement dans un champ de pesanteur uniforme · Équation de la trajectoire · Décharge d'un condensateur · Constante de temps · Interférences lumineuses	11 pts	1 h 56	12 questions	p. 2
Ex 2	**datation** Isotopes · Lois de conservation · Radioactivité β^- · Loi de décroissance radioactive · Demi-vie et constante radioactive · Datation rubidium-strontium	4 pts	42 min	6 questions	p. 7
Ex 3	**Phytoremédiation** Titrage indirect · Équivalence · Couples oxydant-réducteur · Tableau d'avancement · Quantité de matière et masse	5 pts	53 min	7 questions	p. 9

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.

Jeu d'évasion

Bac 2026 Asie-Pacifique Jour 2 · Exercice 1 **11 points** **Durée conseillée 1 h 56**

Q1 Exprimer les coordonnées du vecteur accélération du centre de masse M du projectile en appliquant la deuxième loi de Newton.

Système : le projectile, de masse m constante. Référentiel : la pièce, supposée galiléenne.

Une fois sorti du canon, le projectile ne subit que son poids $\vec{P} = m\,\vec{g}$.

Deuxième loi de Newton : $\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m\,\vec{a}$, soit $m\,\vec{g} = m\,\vec{a}$, donc $\vec{a} = \vec{g}$.

Le vecteur $\vec{g}$ est vertical et dirigé vers le bas, à l'opposé de l'axe (Oz).

Dans le repère $(O\,;x,z)$:

$$a_x(t) = 0 \text{ et } a_z(t) = -g$$

PIÈGE

Oublier le signe « $-$ » : l'axe (Oz) pointe vers le haut, $\vec{g}$ vers le bas. Annoncer $\vec{a} = \vec{g}$ sans citer le système, le référentiel galiléen et la seule force fait aussi perdre des points.

Q2 Montrer que les équations horaires du mouvement sont $x(t) = v_0\cos(\alpha)\,t$ et $z(t) = -\dfrac{1}{2}\,g\,t^2 + v_0\sin(\alpha)\,t + H$.

Comme $\vec{a} = \dfrac{\mathrm{d}\vec{v}}{\mathrm{d}t}$, on cherche les primitives de a_x et a_z :

$$v_x(t) = C_1 \qquad v_z(t) = -g\,t + C_2$$

À $t = 0$, la vitesse est $\vec{v}_0$, de coordonnées $v_0\cos(\alpha)$ et $v_0\sin(\alpha)$: $C_1 = v_0\cos(\alpha)$ et $C_2 = v_0\sin(\alpha)$.

$$v_x(t) = v_0\cos(\alpha) \qquad v_z(t) = -g\,t + v_0\sin(\alpha)$$

Comme $\vec{v} = \dfrac{\mathrm{d}\overrightarrow{OM}}{\mathrm{d}t}$, on prend de nouveau les primitives :

$$x(t) = v_0\cos(\alpha)\,t + C_3 \qquad z(t) = -\frac{1}{2}\,g\,t^2 + v_0\sin(\alpha)\,t + C_4$$

À $t = 0$, M est à la sortie du canon : $x(0) = 0$ et $z(0) = H$, donc $C_3 = 0$ et $C_4 = H$.

$$x(t) = v_0\cos(\alpha)\,t \text{ et } z(t) = -\frac{1}{2}\,g\,t^2 + v_0\sin(\alpha)\,t + H$$

PIÈGE

Prendre $z(0) = 0$. L'origine O est au sol, sous le canon : le projectile part de la hauteur $H = H_T + H_B$.

MÉTHODE

Accélération, puis vitesse, puis position : à chaque primitive, une constante, fixée aussitôt par la condition initiale correspondante (vitesse $\vec{v}_0$, puis position de départ).

Q3 En déduire que l'équation de la trajectoire s'écrit $z(x) = -\dfrac{g}{2\,v_0^2\cos^2(\alpha)}\,x^2 + \tan(\alpha)\,x + H$.

On élimine le temps. D'après $x(t)$: $t = \dfrac{x}{v_0\cos(\alpha)}$.

On remplace dans $z(t)$:

$$z(x) = -\frac{1}{2}\,g\left(\frac{x}{v_0\cos(\alpha)}\right)^2 + v_0\sin(\alpha)\,\frac{x}{v_0\cos(\alpha)} + H$$

Avec $\dfrac{\sin(\alpha)}{\cos(\alpha)} = \tan(\alpha)$:

$$z(x) = -\frac{g}{2\,v_0^2\cos^2(\alpha)}\,x^2 + \tan(\alpha)\,x + H$$

COMPRENDRE

Le coefficient de x^2 est négatif : la trajectoire est une portion de parabole tournée vers le bas, dans le plan vertical qui contient $\vec{v}_0$.

Q4 Déterminer et calculer la hauteur H_T de la table à régler pour débloquer la serrure.

Données utiles $g = 9{,}81\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$; $\alpha = 43{,}0^\circ$; $v_0 = 5{,}60\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; $D = 3{,}00$ m ; $H_B = 30{,}0$ cm ; $h_C = 1{,}00$ m ; $H = H_T + H_B$

La serrure se débloque si la trajectoire passe par le point C, de coordonnées $x_C = D$ et $z_C = h_C$: il faut $z(D) = h_C$.

$$h_C = -\frac{g\,D^2}{2\,v_0^2\cos^2(\alpha)} + \tan(\alpha)\,D + H_T + H_B$$

On isole H_T :

$$H_T = h_C - H_B - \tan(\alpha)\,D + \frac{g\,D^2}{2\,v_0^2\cos^2(\alpha)}$$

Application numérique, longueurs en mètres et calculatrice en degrés :

$$H_T = 1{,}00 - 0{,}300 - \tan(43{,}0^\circ)\times 3{,}00 + \frac{9{,}81\times 3{,}00^2}{2\times 5{,}60^2\times\cos^2(43{,}0^\circ)}$$

$$H_T = 1{,}00 - 0{,}300 - 2{,}798 + 2{,}632 = 0{,}53\ \text{m}$$

Cette hauteur est bien comprise entre 40 et 80 cm : le réglage est possible.

$$\boxed{H_T = 0{,}53\ \text{m} = 53\ \text{cm}}$$

PIÈGE
Calculatrice en radians : $\cos(43)$ et $\tan(43)$ sont alors faux et le résultat sort de l'intervalle 40-80 cm. Autre oubli fréquent : convertir $H_B = 30{,}0$ cm en $0{,}300$ m.

COMPRENDRE
Chiffres significatifs : dans une somme, c'est le nombre de décimales qui compte. Les termes sont connus au centimètre près, donc H_T aussi : $0{,}53$ m. La masse m ne sert à rien, elle s'est simplifiée dès Q1.

MÉTHODE
« Le projectile atteint un point » se traduit toujours ainsi : les coordonnées du point vérifient l'équation de la trajectoire. On isole l'inconnue en littéral avant de passer aux nombres.

Q5 Montrer que l'équation différentielle vérifiée par u_C lors de la décharge s'écrit $\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} + \frac{1}{\tau}\,u_C = 0$ et exprimer τ en fonction de R et C.

Interrupteur en position 2, la maille ne contient que le condensateur et le conducteur ohmique. Loi des mailles, avec les flèches de la figure 3 :

$$u_C + u_R = 0$$

Loi d'Ohm : $u_R = R\,i$. Pour le condensateur : $i = \frac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t}$ et $q = C\,u_C$, donc $i = C\,\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$ (C constante).

On remplace : $u_C + R\,C\,\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} = 0$, puis on divise par $R\,C$:

$$\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} + \frac{1}{R\,C}\,u_C = 0$$

Par identification avec la forme demandée :

$$\boxed{\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} + \frac{1}{\tau}\,u_C = 0 \text{ avec } \tau = R\,C}$$

PIÈGE
Écrire $u_C + u_R = U_0$: en position 2, le générateur n'est plus dans la maille. Chaque loi utilisée (mailles, Ohm, relation du condensateur) doit être nommée.

Q6 Vérifier que cette équation différentielle admet une solution de la forme $u_C(t) = A\ \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$ et exprimer A en fonction des paramètres du circuit.

On dérive la fonction proposée : $\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} = -\frac{A}{\tau}\ \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$.

On reporte dans le premier membre de l'équation :

$$\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} + \frac{1}{\tau}\,u_C = -\frac{A}{\tau}\ \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) + \frac{A}{\tau}\ \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) = 0$$

L'égalité est vraie à chaque instant : la fonction proposée est bien solution.

Condition initiale : à $t = 0$, le condensateur est chargé, $u_C(0) = U_0$. Or $u_C(0) = A\ \exp(0) = A$.

$A = U_0$, donc $u_C(t) = U_0\ \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$

MÉTHODE
« Vérifier qu'une fonction est solution » : on la dérive, on reporte dans l'équation et on constate l'égalité pour tout t. La constante vient ensuite de la condition initiale.

Q7 Déterminer laquelle des trois courbes de décharge (R_1, R_2, R_3) correspond à la durée correcte de rotation de l'aiguille, en présentant la démarche sur l'annexe.

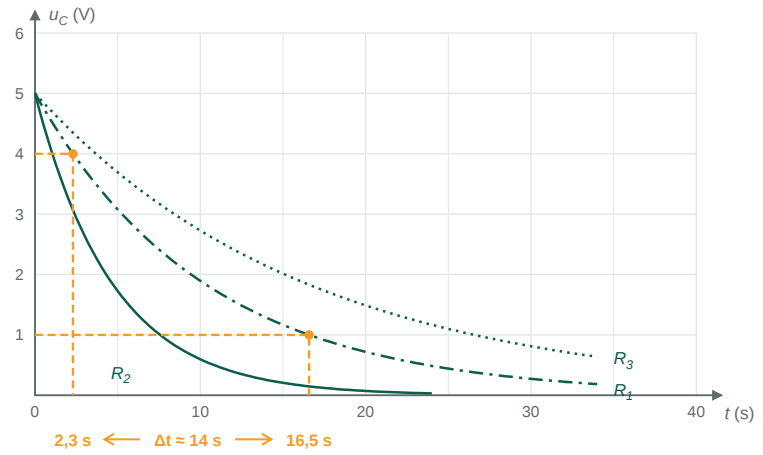
Données utiles rotation de $u_C = 4{,}0$ V à $u_C = 1{,}0$ V ; durée voulue : 14 s

L'aiguille tourne tant que u_C décroît de 4,0 V à 1,0 V. Pour chaque courbe, on lit sur l'annexe les dates t_1 (où $u_C = 4{,}0$ V) et t_2 (où $u_C = 1{,}0$ V) ; la durée de rotation est $\Delta t = t_2 - t_1$.

- Courbe R_2 : $t_1 \approx 1$ s et $t_2 \approx 7{,}5$ s, soit $\Delta t \approx 6{,}5$ s : trop court.
- Courbe R_1 : $t_1 \approx 2{,}3$ s et $t_2 \approx 16{,}5$ s, soit $\Delta t \approx 14$ s.
- Courbe R_3 : $t_1 \approx 3{,}7$ s et $t_2 \approx 26{,}5$ s, soit $\Delta t \approx 23$ s : trop long.

La courbe R_1 convient : $\Delta t \approx 14$ s.

PIÈGE
Lire seulement la date où $u_C = 1{,}0$ V. L'aiguille ne démarre pas à $t = 0$ mais quand $u_C = 4{,}0$ V : la durée cherchée est une différence de deux dates.



Q7 · Annexe complétée : sur la courbe R_1, la tension passe de 4,0 V à 1,0 V en 14 s environ

Q8 Déduire de la courbe choisie la valeur de la constante de temps de décharge τ, en présentant la démarche sur l'annexe.

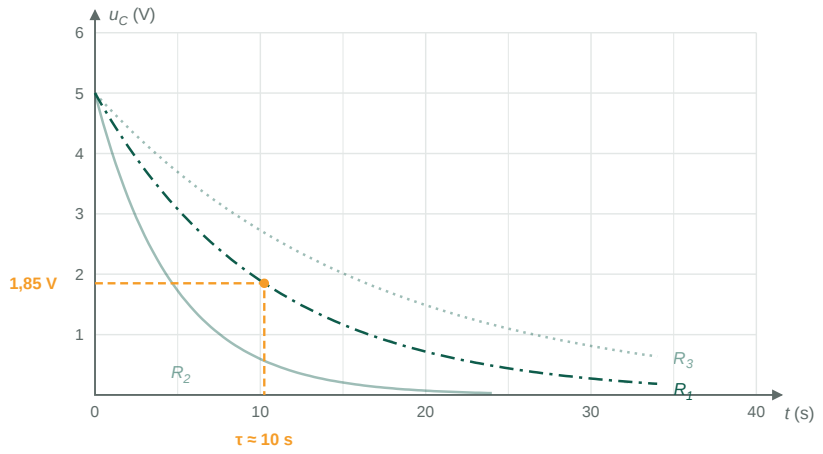
Données utiles $U_0 = 5{,}0$ V ; courbe R_1 (Q7)

À la date $t = \tau$: $u_C(\tau) = U_0 \exp(-1) = 0{,}37 \times U_0$.

$$u_C(\tau) = 0{,}37 \times 5{,}0 = 1{,}85 \text{ V}$$

Sur la courbe R_1, le point d'ordonnée $1{,}85$ V a pour abscisse :

$\tau \approx 10$ s



Q8 · Annexe complétée : lecture de τ sur la courbe R_1 à $0{,}37\,U_0$

COMPRENDRE
Vérification par le calcul : u_C passe de $4{,}0$ V à $1{,}0$ V en $\Delta t = \tau \ln(4)$. Avec $\Delta t = 14$ s, on obtient $\tau = 10{,}1$ s : les deux lectures sont cohérentes.

MÉTHODE
Autre construction acceptée : la tangente à l'origine coupe l'axe des abscisses à $t = \tau$. Elle est moins précise sur une courbe en pointillés.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS
0.37×5.0 ≈ 1.85
$\frac{14}{\ln(4)}$ ≈ 10.09887

Q9 Calculer la valeur de la résistance R du conducteur ohmique que les joueurs doivent choisir pour ouvrir le coffre.

Données utiles $C = 47\ \mu$F ; $\tau \approx 10$ s (Q8)

D'après Q5, $\tau = RC$, donc $R = \dfrac{\tau}{C}$.

$$R = \frac{10}{47 \times 10^{-6}} = 2{,}1 \times 10^5\ \Omega$$

$R = 2{,}1 \times 10^5\ \Omega$, soit environ $0{,}21$ MΩ

PIÈGE
Laisser la capacité en microfarads : $47\ \mu\text{F} = 47 \times 10^{-6}$ F. Sans cette conversion, on annonce $0{,}21\ \Omega$, valeur absurde pour une décharge de plusieurs secondes.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS
$\frac{10}{47 \times 10^{-6}}$ ≈ 212766

Q10 Nommer le phénomène physique responsable de l'alternance des zones sombres et lumineuses sur le fond de la boîte.

Les deux fentes se comportent comme deux sources de lumière cohérentes. Les ondes qui en sortent se superposent sur le fond de la boîte.

Il s'agit du phénomène d'**interférences** lumineuses.

PIÈGE
Répondre « diffraction ». Chaque fente diffracte la lumière, ce qui permet aux deux faisceaux de se recouvrir, mais l'alternance régulière des franges vient des interférences.

COMPRENDRE
Zone lumineuse : les deux ondes arrivent en phase, interférences constructives. Zone sombre : elles arrivent en opposition de phase, interférences destructives.

Q11 Définir une interfrange i.

L'interfrange i est la distance qui sépare les centres de deux franges brillantes consécutives (ou de deux franges sombres consécutives).

Q12 Déterminer la valeur de l'écartement b des fentes à régler pour délivrer la clé.

Données utiles $\lambda = 650$ nm ; $D = 30$ cm ; $\ell = 2{,}0$ cm ; $i = \dfrac{\lambda D}{b}$

La clé est délivrée si le centre de chaque cellule se trouve au centre d'une frange brillante. D'après la figure 6, les cinq cellules occupent cinq franges brillantes consécutives : entre la première et la cinquième, on compte 4 interfranges.

$$\ell = 4\,i \quad \text{donc} \quad i = \frac{\ell}{4} = \frac{2{,}0}{4} = 0{,}50 \text{ cm}$$

Or $i = \dfrac{\lambda D}{b}$, donc $b = \dfrac{\lambda D}{i} = \dfrac{4\,\lambda D}{\ell}$.

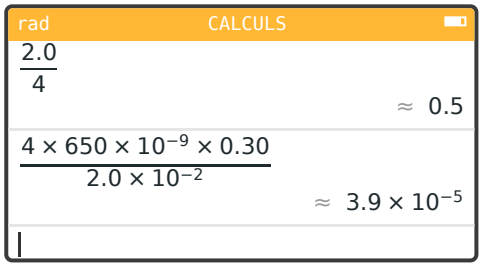
$$b = \frac{4 \times 650 \times 10^{-9} \times 0{,}30}{2{,}0 \times 10^{-2}} = 3{,}9 \times 10^{-5} \text{ m}$$

$b = 3{,}9 \times 10^{-5}$ m $= 39$ μm

PIÈGE
Écrire $\ell = 5\,i$: cinq franges brillantes ne délimitent que quatre intervalles. Penser aussi aux conversions : 650 nm, 30 cm et $2{,}0$ cm en mètres.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme D et ℓ. L'écartement trouvé, quelques dizaines de micromètres, est très petit : c'est l'ordre de grandeur habituel pour des fentes de Young.

À LA CALCULATRICE



datation

Bac 2026 Asie-Pacifique Jour 2 · Exercice 2 **4 points** **Durée conseillée 42 min**

Q1 Choisir, en justifiant, la paire de noyaux isotopes parmi $(^{86}_{37}\text{Rb}\ ;\ ^{86}_{38}\text{Sr})$ et $(^{86}_{38}\text{Sr}\ ;\ ^{87}_{38}\text{Sr})$.

Deux noyaux isotopes ont le même numéro atomique Z (même nombre de protons) mais des nombres de masse A différents (nombres de neutrons différents).

Dans la première paire, $Z = 37$ pour le rubidium et $Z = 38$ pour le strontium : ce ne sont pas des isotopes.

Dans la seconde paire, $Z = 38$ pour les deux noyaux, avec $A = 86$ et $A = 87$.

Les noyaux isotopes sont $^{86}_{38}\text{Sr}$ et $^{87}_{38}\text{Sr}$.

PIÈGE
Choisir la première paire parce que les deux noyaux ont le même $A = 86$. Le nombre du haut compte les nucléons ; c'est le nombre du bas, Z, qui identifie l'élément.

Q2 Écrire l'équation de la réaction de désintégration du rubidium 87 en strontium 87.

On note $^{A}_{Z}\text{X}$ la particule émise : $^{87}_{37}\text{Rb} \longrightarrow {}^{87}_{38}\text{Sr} + {}^{A}_{Z}\text{X}$.

Conservation du nombre de masse : $87 = 87 + A$, donc $A = 0$.

Conservation du nombre de charge : $37 = 38 + Z$, donc $Z = -1$.

$^{87}_{37}\text{Rb} \longrightarrow {}^{87}_{38}\text{Sr} + {}^{0}_{-1}\text{e}$

MÉTHODE
Pour toute désintégration : écrire la particule inconnue $^{A}_{Z}\text{X}$, puis appliquer les deux lois de conservation (nombre de masse en haut, nombre de charge en bas). Le couple $(A\ ;\ Z)$ obtenu désigne la particule.

Q3 En déduire le nom de la particule émise et le type de radioactivité mis en jeu.

La particule $^{0}_{-1}\text{e}$ ne contient aucun nucléon et porte une charge $-e$: c'est un électron.

La particule émise est un électron : il s'agit d'une radioactivité β^-.

COMPRENDRE
Z passe de 37 à 38 : dans le noyau, un neutron s'est transformé en proton. Un positon $^{0}_{1}\text{e}$ signalerait une radioactivité β^+.

Q4 Donner une définition du temps de demi-vie $t_{1/2}$ d'un isotope radioactif.

Le temps de demi-vie est la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux radioactifs présents initialement dans un échantillon s'est désintégrée.

$$N(t_{1/2}) = \frac{N_0}{2}$$

PIÈGE
Croire qu'après deux demi-vies il ne reste rien : la population est divisée par 2 à chaque demi-vie, il en reste le quart.

Q5 Montrer, à partir de la relation 1, que $\lambda = \dfrac{\ln(2)}{t_{1/2}}$.

Par définition de la demi-vie (Q4), $N(t_{1/2}) = \dfrac{N_0}{2}$. La relation 1 écrite à la date $t = t_{1/2}$ donne :

$$N_0 \times \exp(-\lambda\, t_{1/2}) = \frac{N_0}{2} \quad \text{soit} \quad \exp(-\lambda\, t_{1/2}) = \frac{1}{2}$$

On applique le logarithme népérien : $-\lambda\, t_{1/2} = \ln\left(\dfrac{1}{2}\right) = -\ln(2)$, donc $\lambda\, t_{1/2} = \ln(2)$.

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

PIÈGE
Partir de la formule à démontrer, ou poser $N(t_{1/2}) = N_0/2$ sans dire que c'est la définition de la demi-vie.

MÉTHODE
Inconnue dans une exponentielle : isoler l'exponentielle, puis appliquer $\ln$ aux deux membres.

Q6 Déterminer l'âge t_R de la roche prélevée sur la Lune en exploitant l'ensemble des données. Commenter.

Données utiles modélisation : $y = 0{,}0650 \times x + 0{,}6990$; $t_{1/2} = 4{,}88 \times 10^{10}$ ans ; $\lambda = \dfrac{\ln(2)}{t_{1/2}}$ (Q5)

Avec les notations de la figure 1, la relation théorique s'écrit $y = (\exp(\lambda\, t_R) - 1) \times x + \dfrac{N_0(^{87}_{38}\mathrm{Sr})}{N_0(^{86}_{38}\mathrm{Sr})}$: c'est l'équation d'une droite, comme la modélisation. (Dans la légende de la figure, l'indice « 380 » du strontium 86 est une coquille : il faut lire 38.)

Par identification des coefficients directeurs : $\exp(\lambda\, t_R) - 1 = 0{,}0650$, soit $\exp(\lambda\, t_R) = 1{,}0650$.

Donc $\lambda\, t_R = \ln(1{,}0650)$ et, avec $\lambda = \dfrac{\ln(2)}{t_{1/2}}$:

$$t_R = \frac{\ln(1{,}0650)}{\lambda} = \frac{\ln(1{,}0650) \times t_{1/2}}{\ln(2)}$$

$$t_R = \frac{\ln(1{,}0650) \times 4{,}88 \times 10^{10}}{\ln(2)} = 4{,}43 \times 10^{9} \text{ ans}$$

Commentaire : la roche a environ 4,4 milliards d'années. Elle est presque aussi ancienne que la Lune et que la Terre, formées il y a environ 4,5 milliards d'années : elle date donc des débuts de la Lune et ne provient pas d'une activité volcanique récente.

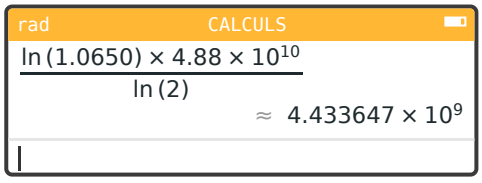
$$\boxed{t_R = 4{,}43 \times 10^{9} \text{ ans, soit environ 4,4 milliards d'années.}}$$

PIÈGE
Identifier $\exp(\lambda\, t_R)$ à $0{,}0650$ en oubliant le « -1 », ou s'arrêter au calcul : « Commenter » rapporte des points et demande de comparer l'âge trouvé à un âge connu.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme $t_{1/2}$ et la pente $0{,}0650$. L'âge reste en années puisque $t_{1/2}$ est en années : aucune conversion en secondes n'est nécessaire.

MÉTHODE
Deux droites identiques ont même pente et même ordonnée à l'origine. La pente donne l'âge ; l'ordonnée à l'origine $0{,}6990$ est le rapport initial $N_0(^{87}_{38}\mathrm{Sr})/N_0(^{86}_{38}\mathrm{Sr})$, inutile ici.

À LA CALCULATRICE



Phytoremédiation

Bac 2026 Asie-Pacifique Jour 2 · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

Q1 Définir l'équivalence d'un titrage.

L'équivalence est l'état du titrage où le réactif titré et le réactif titrant ont été introduits dans les proportions stœchiométriques de la réaction support du titrage.

À l'équivalence, les deux réactifs sont entièrement consommés : on change de réactif limitant.

PIÈGE
Écrire « les quantités de matière sont égales ». C'est faux dès que les nombres stœchiométriques diffèrent, comme ici (1 pour I_2, 2 pour $S_2O_3^{2-}$).

Q2 Déterminer, en justifiant, l'oxydant et le réducteur intervenant lors du titrage du diiode I_2 par les ions thiosulfate $S_2O_3^{2-}$.

On décompose l'équation du titrage en deux demi-équations électroniques :

$I_2\,(aq) + 2\,e^- = 2\,I^-\,(aq)$: le diiode capte des électrons.

$2\,S_2O_3^{2-}\,(aq) = S_4O_6^{2-}\,(aq) + 2\,e^-$: les ions thiosulfate cèdent des électrons.

I_2 est l'oxydant (couple I_2 / I^-) et $S_2O_3^{2-}$ est le réducteur (couple $S_4O_6^{2-}$ / $S_2O_3^{2-}$).

COMPRENDRE
Un oxydant capte des électrons, un réducteur en cède. Les réactifs d'une réaction d'oxydoréduction sont toujours l'oxydant d'un couple et le réducteur d'un autre couple.

MÉTHODE
Vérifier chaque demi-équation : conservation des éléments (2 I, 4 S, 6 O), puis des charges ($0 - 2 = -2$ pour l'iode ; $-4 = -2 - 2$ pour le soufre).

Q3 Donner, à l'équivalence, la relation entre la quantité de matière de diiode $n_1(I_2)$ et la quantité de matière des ions thiosulfate $n_E(S_2O_3^{2-})$.

D'après l'équation $I_2 + 2\,S_2O_3^{2-} \longrightarrow 2\,I^- + S_4O_6^{2-}$, une mole de diiode réagit avec deux moles d'ions thiosulfate.

$$\frac{n_1(I_2)}{1} = \frac{n_E(S_2O_3^{2-})}{2}$$

PIÈGE
Placer le 2 du mauvais côté. Il faut deux fois plus d'ions thiosulfate que de diiode : $n_E(S_2O_3^{2-}) = 2\,n_1(I_2)$.

MÉTHODE
À l'équivalence, on divise chaque quantité de matière par son nombre stœchiométrique et on écrit l'égalité des quotients.

Q4 Écrire la relation entre la quantité de matière de diiode formée $n_1(I_2)$ et celle des ions cuivre $n_0(Cu^{2+})$ présents dans le volume V_1.

Tableau d'avancement de la réaction de formation du diiode (quantités en mol) :

	$2\,Cu^{2+}$	$4\,I^-$	$2\,CuI$	I_2
État initial	n_0	excès	0	0
État final	$n_0 - 2x_{max}$	excès	$2x_{max}$	x_{max}

Les ions iodure sont en excès : Cu^{2+} est le réactif limitant, donc $n_0 - 2x_{max} = 0$, soit $x_{max} = \frac{n_0}{2}$. Or $n_1(I_2) = x_{max}$.

$$n_1(I_2) = \frac{n_0(Cu^{2+})}{2}$$

COMPRENDRE
C'est un titrage indirect : on ne titre pas les ions Cu^{2+}, mais le diiode qu'ils ont formé. L'excès d'ions iodure garantit que tout le cuivre a réagi.

Q5 En déduire que la quantité de matière d'ions cuivre contenue dans le volume V_1 est $n_0(\mathrm{Cu}^{2+}) = 3{,}0 \times 10^{-4}$ mol.

Données utiles $c_2 = 2{,}0 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$; $V_E = 15{,}0$ mL

D'après Q4 : $n_0(\mathrm{Cu}^{2+}) = 2\,n_1(\mathrm{I_2})$. D'après Q3 : $n_1(\mathrm{I_2}) = \dfrac{n_E(\mathrm{S_2O_3^{2-}})}{2}$.

Donc $n_0(\mathrm{Cu}^{2+}) = n_E(\mathrm{S_2O_3^{2-}}) = c_2 \times V_E$.

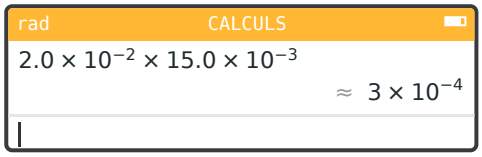
$$n_0(\mathrm{Cu}^{2+}) = 2{,}0 \times 10^{-2} \times 15{,}0 \times 10^{-3}$$

$n_0(\mathrm{Cu}^{2+}) = 3{,}0 \times 10^{-4}$ mol : c'est la valeur attendue.

PIÈGE
Laisser V_E en millilitres : c_2 est en $\mathrm{mol \cdot L^{-1}}$, il faut $V_E = 15{,}0 \times 10^{-3}$ L.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme c_2, la donnée la moins précise. Les deux facteurs 2 se compensent : il y a autant d'ions cuivre dans le prélèvement que d'ions thiosulfate versés à l'équivalence.

À LA CALCULATRICE



Q6 Calculer la valeur de la masse $m(\mathrm{Cu}^{2+})$ de cuivre présent dans 1 kg de terre viticole analysée.

Données utiles $n_0(\mathrm{Cu}^{2+}) = 3{,}0 \times 10^{-4}$ mol (Q5) ; $M(\mathrm{Cu}) = 63{,}5\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$; $V_1 = 50{,}0$ mL ; $V_0 = 1$ L

Tout le cuivre du kilogramme de terre se retrouve dans le litre de solution S_0. Le prélèvement V_1 n'en est qu'une fraction : $\dfrac{V_0}{V_1} = \dfrac{1000}{50{,}0} = 20$.

Quantité d'ions cuivre dans S_0 : $n(\mathrm{Cu}^{2+}) = 20 \times n_0(\mathrm{Cu}^{2+})$.

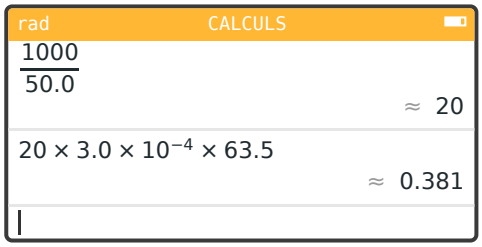
Masse : $m(\mathrm{Cu}^{2+}) = 20 \times n_0(\mathrm{Cu}^{2+}) \times M(\mathrm{Cu})$

$$m(\mathrm{Cu}^{2+}) = 20 \times 3{,}0 \times 10^{-4} \times 63{,}5 = 0{,}381\ \mathrm{g}$$

$m(\mathrm{Cu}^{2+}) = 0{,}38$ g, soit environ $3{,}8 \times 10^2$ mg de cuivre par kg de terre.

PIÈGE
S'arrêter à la masse contenue dans les 50,0 mL prélevés (0,019 g). La question porte sur le kilogramme de terre, donc sur le litre entier de S_0.

À LA CALCULATRICE



Q7 Déterminer la valeur du nombre minimum N_{min} de cycles de culture à réaliser pour atteindre la teneur limite en cuivre pour l'agriculture biologique.

Données utiles $m(\mathrm{Cu}^{2+}) = 381$ mg par kg de terre (Q6, valeur non arrondie) ; $m_t = 150$ mg par kg ; $m_e = 90$ mg par kg et par cycle

Après N cycles, la masse de cuivre restante par kg de terre est $m(\mathrm{Cu}^{2+}) - N \times m_e$. Elle doit être inférieure ou égale à la teneur limite :

$$m(\mathrm{Cu}^{2+}) - N \times m_e \leqslant m_t \quad \text{soit} \quad N \geqslant \frac{m(\mathrm{Cu}^{2+}) - m_t}{m_e}$$

$$N \geqslant \frac{381 - 150}{90} \approx 2{,}6$$

N est un nombre entier : on prend l'entier immédiatement supérieur.

Vérification : après 2 cycles il reste $381 - 2 \times 90 = 201$ mg par kg (trop) ; après 3 cycles, $381 - 3 \times 90 = 111$ mg par kg (conforme).

$N_{min} = 3$ cycles de culture.

PIÈGE
Arrondir 2,6 à 2 ou laisser un nombre décimal de cycles. Calculer $\dfrac{381}{90}$ est aussi une erreur : on ne cherche pas à retirer tout le cuivre, seulement à descendre sous 150 mg par kg.

MÉTHODE
Question à prise d'initiative : annoncer la démarche, poser l'inégalité, calculer, puis conclure par une phrase. Vérifier le résultat sur les deux entiers voisins sécurise la réponse.

À LA CALCULATRICE

