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 : $C = 100 \times C_{\text{dil}} = 100 \times 2{,}2 \times 10^{-6}$

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

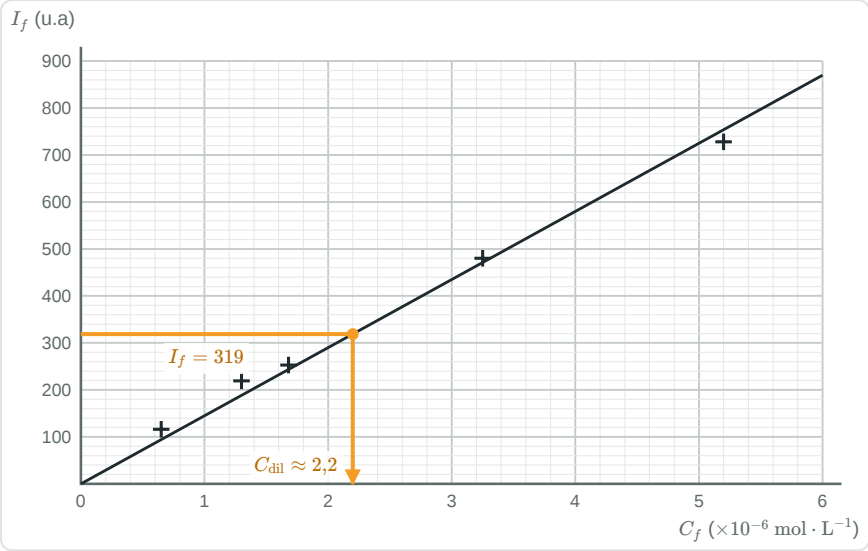
PIÈGE
Oublier le facteur 100 : la lecture graphique donne la concentration de la solution diluée, pas celle de la boisson.

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) ; $M(\text{quinine}) = 324\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

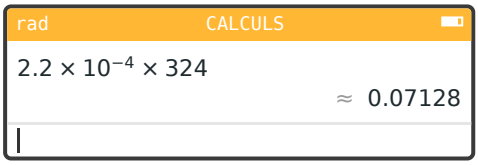
Concentration en masse : $C_m = C \times M$

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

$C_m = 71\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1} < 100\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$: 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 : $m = 8 \times 50 = 400\ \text{mg}$.

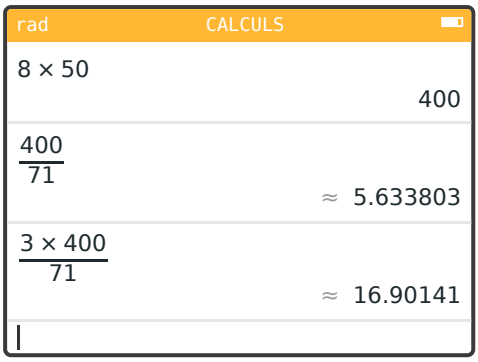
Volume de boisson apportant cette masse : $V = \dfrac{m}{C_m} = \dfrac{400}{71} = 5{,}6\ \text{L}$ par prise.

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 :

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

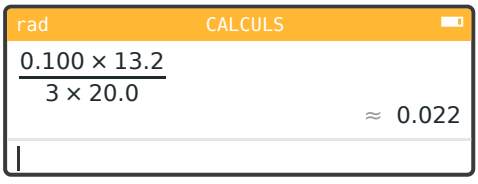
$$C_A = \frac{C_B\,V_E}{3\,V_A} = \frac{0{,}100 \times 13{,}2}{3 \times 20{,}0}$$

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

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



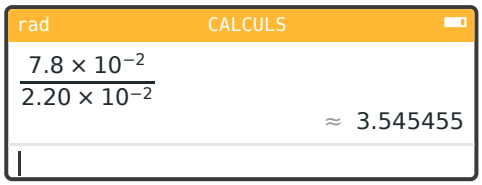
Q.13 Comparer cette valeur à la concentration maximale admissible en acide citrique, fixée à $7{,}8 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

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.