Exercice 1

EXERCICE 1 : LE SCHWEPPES® : UN BON ANTIPALUDIQUE SANS RISQUE POUR LA SANTÉ ?
(9 POINTS)

La quinine a été extraite pour la première fois des écorces du quinquina jaune le 26 juin 1820 par Pelletier et Caventou.
Elle reste un médicament majeur pour le traitement du paludisme qui touche 249 millions de personnes dans le monde en 2022.

Source : d'après *Médiachimie* et *who.int*

Sur le site du Collège National de Pharmacologie Médicale, on peut lire :
« La quinine s'utilise par voie orale pour le traitement du paludisme à raison de 3 prises de 8 mg/kg de masse corporelle, espacées de 8 heures, pendant 7 jours ».

Source : *pharmacomedicale.org*

Sur l'étiquette d'une canette de Schweppes, on peut lire que cette boisson contient de la quinine :

Composition du Schweppes®
Ingrédients : eau gazéifiée avec du dioxyde de carbone, sucre, acidifiants (E330, E331), arôme, quinine, conservateur (E211).



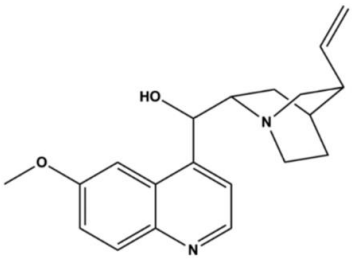
Dans la première partie de cet exercice, pour savoir si cette boisson peut être utilisée comme antipaludique, on dose par étalonnage la quantité de quinine contenue dans le Schweppes® par fluorescence.

Dans la seconde partie, on titre l'acide citrique contenu dans le Schweppes®.

Données :

- La quinine est une molécule organique dont le nom officiel est :

6-méthoxyquinolin-4-yl(5-vinylquinuclidin-2-yl)-méthanol



Représentation de la molécule de quinine

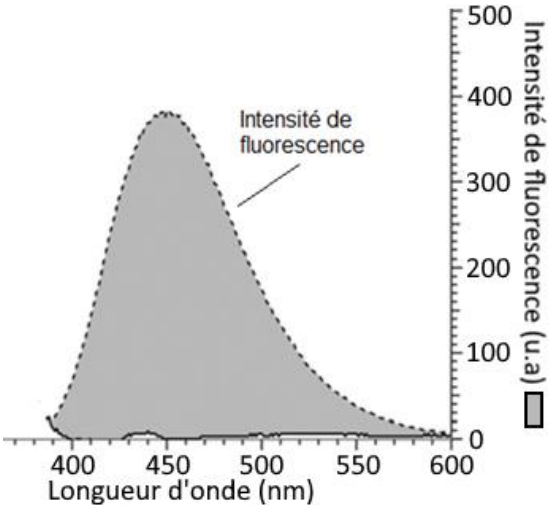
- Sa masse molaire est : M(quinine) = 324 g·mol^{-1}.
- Cette molécule est une dibase notée Q dont les pK_A valent 4,4 et 9,0 à 25°C. Les formes acides de la quinine peuvent être symbolisées par QH_2^{2+} et QH^+.

Exercice 1

- La fluorescence est l'émission lumineuse provoquée par l'excitation des électrons d'une molécule (ou d'un atome), généralement par absorption d'un photon, immédiatement suivie d'une émission spontanée de lumière.

Source : d'après *Wikipédia*

- Spectre d'émission de fluorescence d'une solution acidifiée de quinine :



Source : d'après *BUP n°944*

- Sous irradiation UV, les formes QH_2^{2+} et QH^+ émettent respectivement une fluorescence bleue et violette alors que la forme Q n'est pas fluorescente.

Partie A : Étude de la molécule de quinine et dosage de la quinine contenue dans le Schweppes®

1. Étude de la molécule de quinine

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

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

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

2. Dosage par étalonnage de la quinine contenue dans le Schweppes®

Pour déterminer la teneur en quinine du Schweppes®, il est possible de réaliser un dosage par spectrophotométrie de fluorescence.

Le dosage par fluorescence exploite le fait que l'intensité lumineuse provoquée par fluorescence I_f est proportionnelle à la concentration de l'espèce chimique fluorescente selon l'expression simplifiée suivante : $I_f = K \times I_0 \times C$, avec I_f l'intensité de fluorescence (en unité arbitraire notée u.a), K une constante (en $L \cdot mol^{-1}$), I_0 l'intensité de la source lumineuse incidente (en u.a), et C la concentration en quantité de matière de l'espèce chimique fluorescente (en $mol \cdot L^{-1}$).

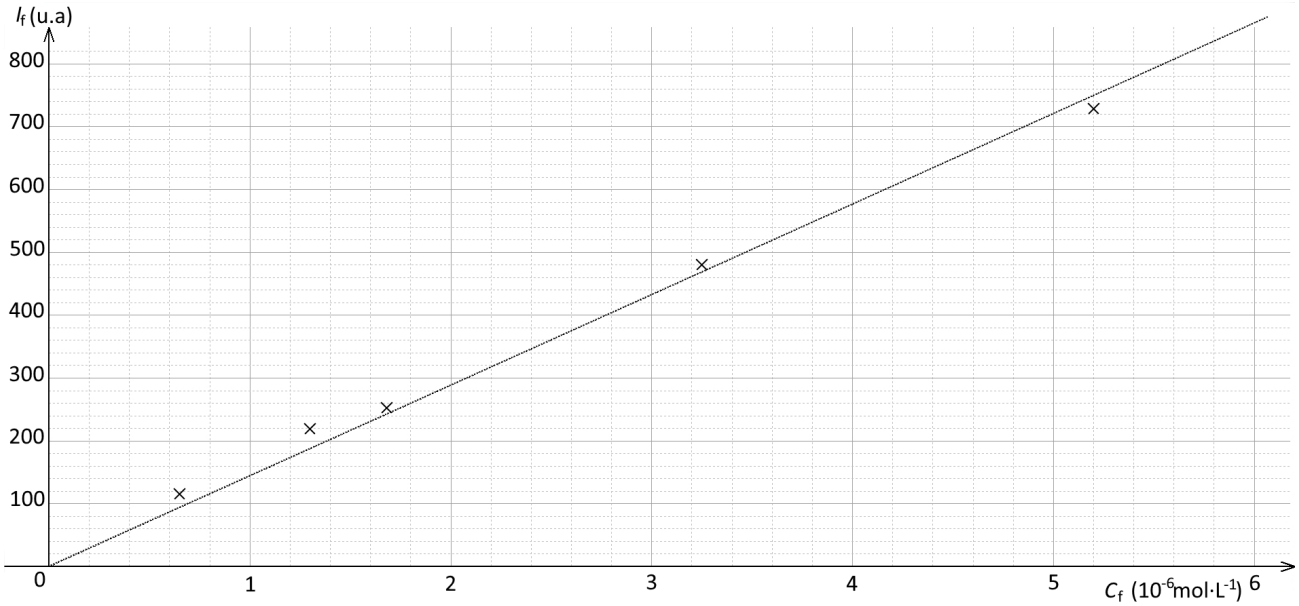
Exercice 1

Protocole expérimental :

Étape 1 : À partir d'une solution mère acidifiée de quinine S_0 de concentration $C_0 = 1{,}30 \times 10^{-5}$ mol·L^{-1}, on prépare un volume $V_f = 10{,}0$ mL de solutions étalons de différentes concentrations C_f :

	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
C_f (en mol·L^{-1})	$5{,}20 \times 10^{-6}$	$3{,}25 \times 10^{-6}$	$1{,}68 \times 10^{-6}$	$1{,}30 \times 10^{-6}$	$0{,}65 \times 10^{-6}$
I_f (unité arbitraire, u.a)	728	480	253	219	116

Étape 2 : On mesure l'intensité de fluorescence à 450 nm de chaque solution étalon et on trace la courbe donnant l'intensité de fluorescence en fonction de la concentration. La courbe obtenue est la suivante :



Étape 3 : L'intensité de fluorescence mesurée pour une solution de Schweppes® diluée 100 fois est égale à 319 u.a.

Q.4. Calculer la valeur du volume de solution mère S_0 à prélever pour préparer la solution S_4.

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

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

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

Les boissons « tonic » peuvent contenir jusqu'à 100 mg·L^{-1} de quinine sans inconvénient pour la santé.

Q.8. Indiquer si le Schweppes® respecte ce critère.

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

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter sa démarche. Toute démarche pertinente, même non aboutie, sera valorisée.

Exercice 1

Partie B : Dosage par titrage de l'acide citrique contenu dans le Schweppes®

Déjà critiquées pour leur teneur en sucres, en caféine et autres substances pas toujours identifiées, les sodas et les jus de fruits sont des boissons particulièrement acides. Consommées régulièrement dans la journée, elles attaquent les dents qui perdent de l'émail et deviennent plus sensibles.

Source : d'après *Doctissimo*

La teneur en acide citrique du Schweppes®, peut être mesurée par titrage pH-métrique.

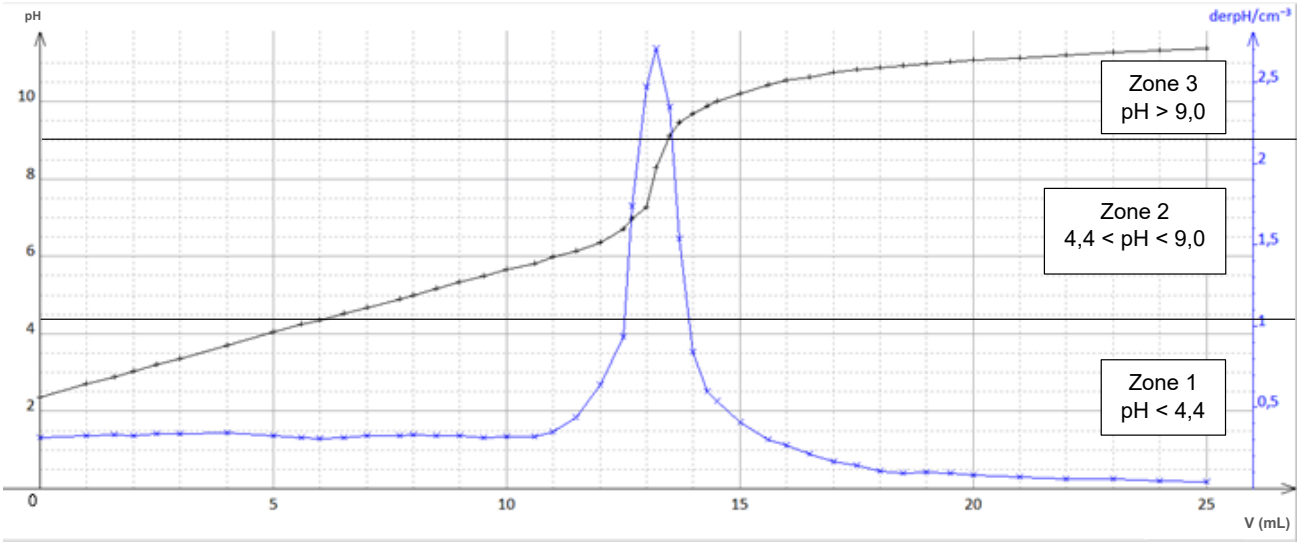
Protocole expérimental :

20,0 mL de Schweppes® sont placés sous agitation pendant quelques heures dans un bécher pour dégazer la boisson. La boisson est alors titrée par une solution d'hydroxyde de sodium ($Na^+(aq)$, $HO^-(aq)$) de concentration C_B = 0,100 mol·L^{-1}.

L'acide citrique est un triacide qui réagit avec l'hydroxyde de sodium selon la réaction support du titrage dont l'équation est :

$$AH_3(aq) + 3\ HO^-(aq) \rightarrow A^{3-}(aq) + 3\ H_2O(\ell)$$

La courbe du titrage est donnée ci-dessous :



Données :

- les couples acide/base des espèces carbonatées sont :
  - CO_2, $H_2O(aq)$ / $HCO_3^-(aq)$;
  - $HCO_3^-(aq)$ / $CO_3^{2-}(aq)$.

Q.10. Sélectionner parmi les termes suivants, la ou les qualité(s) que doit posséder la réaction support du titrage : lente, rapide, unique, multiple, totale, non-totale.

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

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

Q.13. Comparer cette valeur à la concentration maximale admissible en acide citrique qui est fixée à 7,8 × 10^{-2} mol·L^{-1}.

Q.14. Indiquer, en justifiant la réponse, si on peut utiliser la quinine contenue dans le Schweppes® comme indicateur coloré dans le cas du dosage colorimétrique sous UV de l'acide citrique.