Une boisson de réhydratation

Bac 2021 Métropole Mars Sujet 1 · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 55 min**

1.1 Écrire la formule semi-développée de l'acide tartrique, entourer les groupes caractéristiques et nommer la famille fonctionnelle associée à chacun.

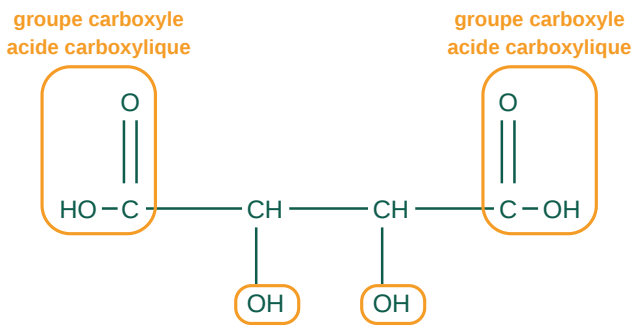
Formule semi-développée : $\mathrm{HOOC-CH(OH)-CH(OH)-COOH}$ (voir le schéma).

- deux groupes carboxyle $-\mathrm{COOH}$: famille des **acides carboxyliques** ;
- deux groupes hydroxyle $-\mathrm{OH}$: famille des **alcools**.

Acide tartrique : 2 groupes carboxyle (acide carboxylique) et 2 groupes hydroxyle (alcool).

PIÈGE
Oublier un des quatre groupes, ou donner seulement le nom du groupe (carboxyle, hydroxyle) alors que la question demande la famille (acide carboxylique, alcool).

MÉTHODE
Passer de la formule topologique à la semi-développée : chaque sommet ou extrémité de segment est un carbone, complété par des H jusqu'à quatre liaisons. On vérifie avec la formule brute $\mathrm{C_4H_6O_6}$.



1.1 · Acide tartrique : formule semi-développée et groupes caractéristiques entourés

1.2 Déterminer la forme prédominante dans la solution (B) parmi $\mathrm{H_2T}$, $\mathrm{HT^-}$ et $\mathrm{T^{2-}}$.

Données utiles $\mathrm{p}K_{A1} = 3{,}5$; $\mathrm{p}K_{A2} = 4{,}2$; $\mathrm{pH} > 12$

Diagramme de prédominance : $\mathrm{H_2T}$ prédomine pour $\mathrm{pH} < 3{,}5$, $\mathrm{HT^-}$ entre $3{,}5$ et $4{,}2$, $\mathrm{T^{2-}}$ pour $\mathrm{pH} > 4{,}2$.

Dans la solution (B), $\mathrm{pH} > 12 > \mathrm{p}K_{A2}$.

L'ion tartrate $\mathrm{T^{2-}}$ prédomine dans la solution (B).

MÉTHODE
Pour un diacide, on place les deux $\mathrm{p}K_A$ sur un axe de pH : la forme la plus acide à gauche, la plus basique à droite. On situe ensuite le pH de la solution.



1.2 · Diagramme de prédominance des formes de l'acide tartrique

1.3 En déduire l'équation de la réaction modélisant la transformation ayant lieu lors de la préparation de la solution (B).

L'acide $\mathrm{H_2T}$ réagit avec la base $\mathrm{HO^-}$ de la solution d'hydroxyde de sodium. L'espèce obtenue étant $\mathrm{T^{2-}}$ (1.2), chaque molécule $\mathrm{H_2T}$ cède deux ions $\mathrm{H^+}$ à deux ions $\mathrm{HO^-}$.

$$\mathrm{H_2T\,(aq) + 2\,HO^-\,(aq) \longrightarrow T^{2-}\,(aq) + 2\,H_2O\,(l)}$$

PIÈGE
S'arrêter à $\mathrm{HT^-}$ en n'écrivant qu'un seul transfert d'ion $\mathrm{H^+}$. Vérifier aussi les charges : $2-$ de chaque côté.

COMPRENDRE
L'ion Na^+ est spectateur : il ne figure pas dans l'équation.

1.4 Écrire l'équation de la réaction modélisant la transformation ayant lieu lors du mélange des solutions (A) et (B).

L'ion formé CuT_2^{2-} contient un ion cuivre et deux ions tartrate.

$$Cu^{2+}(aq) + 2\,T^{2-}(aq) \longrightarrow CuT_2^{2-}(aq)$$

COMPRENDRE
Conservation de la charge : $(+2) + 2 \times (-2) = -2$, ce qui est bien la charge de l'ion CuT_2^{2-}.

1.5 Justifier la couleur de la solution de liqueur de Fehling.

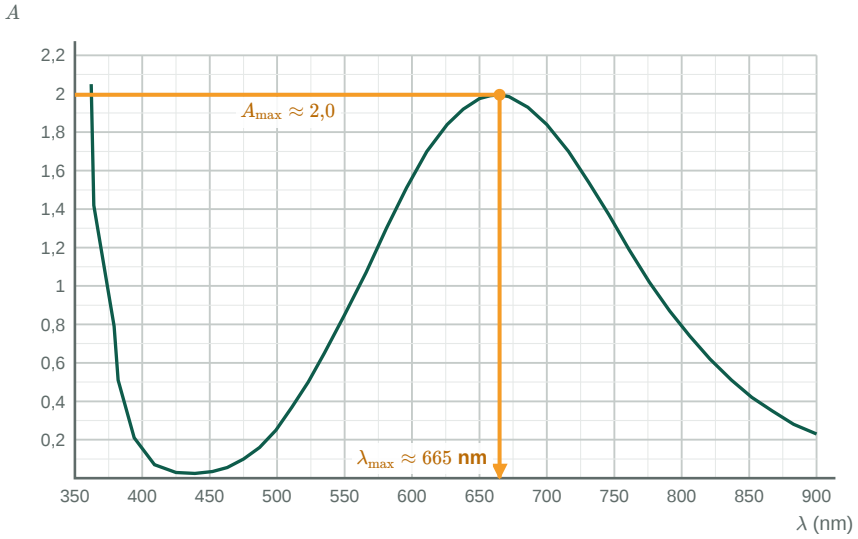
Le spectre (figure 1) présente un maximum d'absorbance vers $\lambda_{max} \approx 665$ nm : la solution absorbe surtout les radiations rouge-orangé (entre 600 nm et 700 nm sur le cercle chromatique).

La couleur perçue est la couleur complémentaire de la couleur absorbée, diamétralement opposée sur le cercle : elle se situe entre le bleu et le vert.

La solution absorbe dans le rouge-orangé : elle apparaît bleue (bleu-vert).

PIÈGE
Répondre que la solution « absorbe le bleu ». Une solution a la couleur des radiations qu'elle transmet, pas de celles qu'elle absorbe.

COMPRENDRE
Autre lecture du spectre : l'absorbance est presque nulle vers 440 nm. Les radiations bleues traversent la solution sans être absorbées, c'est donc cette couleur que l'on voit.



1.5 · Allure de la figure 1 du sujet, avec le repérage du maximum d'absorbance

2.1 Justifier le caractère réducteur du glucose dans cette réaction à l'aide d'une demi-équation électronique.

Données utiles couple ion gluconate / glucose : $C_5H_{11}O_5-CO_2^-$ / $C_5H_{11}O_5-CHO$

Demi-équation du couple ion gluconate / glucose :

$$C_5H_{11}O_5-CHO + H_2O = C_5H_{11}O_5-CO_2^- + 3\,H^+ + 2\,e^-$$

Le glucose cède des électrons : il subit une oxydation.

Le glucose cède deux électrons et s'oxyde en ion gluconate : c'est un réducteur.

COMPRENDRE
En milieu basique, on ajoute $3\,HO^-$ de chaque côté. En notant R le groupe $C_5H_{11}O_5$: $R-CHO + 3\,HO^- = R-CO_2^- + 2\,H_2O + 2\,e^-$. Les deux écritures sont acceptées.

MÉTHODE
Équilibrer dans l'ordre : les atomes autres que O et H, puis O avec H_2O, puis H avec H^+, enfin les charges avec des électrons. Ici : $0 = (-1) + 3 - 2$.

2.2 Le filtrat obtenu après réaction entre une solution étalon de glucose et la liqueur de Fehling est bleu. Identifier le réactif limitant.

Seuls les ions CuT_2^{2-} colorent la solution en bleu. Le filtrat étant bleu, il reste des ions CuT_2^{2-} à la fin de la transformation : ils sont en excès.

La transformation est totale, donc le réactif limitant a entièrement disparu.

Le glucose est le réactif limitant.

COMPRENDRE
C'est la condition pour que le dosage fonctionne : tout le glucose doit réagir pour que la quantité d'ions CuT_2^{2-} restante renseigne sur la quantité de glucose apportée.

2.3 Proposer une longueur d'onde optimale pour régler le spectrophotomètre afin de réaliser les mesures.

On règle le spectrophotomètre sur la longueur d'onde du maximum d'absorbance de l'ion CuT_2^{2-} (figure 1) : les mesures sont alors les plus précises.

$\lambda \approx 665$ nm (toute valeur lue entre 650 nm et 680 nm convient).

PIÈGE
Proposer 450 nm « parce que la solution est bleue » : à cette longueur d'onde l'absorbance est quasi nulle et aucune mesure n'est possible.

2.4 Expliquer pourquoi l'absorbance du filtrat diminue lorsque la concentration en masse de glucose augmente.

D'après la loi de Beer-Lambert, l'absorbance du filtrat est proportionnelle à la concentration des ions CuT_2^{2-} restants, seule espèce colorée.

Le glucose, réactif limitant, consomme des ions CuT_2^{2-}. Le volume de liqueur de Fehling étant toujours le même, plus la solution étalon est concentrée en glucose, plus la quantité d'ions CuT_2^{2-} consommée est grande.

Plus C_m est grande, moins il reste d'ions CuT_2^{2-} dans le filtrat : l'absorbance diminue.

COMPRENDRE
Ce dosage est indirect : on ne mesure pas l'absorbance du glucose (incolore) mais celle du réactif coloré qui reste. L'ordonnée à l'origine, $0{,}88$, est l'absorbance sans glucose.

2.5 Déterminer la masse de glucose contenue dans le sachet de médicament et commenter le résultat obtenu.

Données utiles $A = -0{,}39 \times C_m + 0{,}88$ (C_m en $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$) ; $A = 0{,}59$ pour (S_2) ; dilution au dixième ; $V_1 = 500{,}0\ \text{mL}$; étiquette : 4 g de glucose par sachet

Concentration en masse de glucose dans (S_2), d'après la droite d'étalonnage :

$$C_{m2} = \frac{0{,}88 - A}{0{,}39} = \frac{0{,}88 - 0{,}59}{0{,}39} = 0{,}74\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$$

(S_1) est dix fois plus concentrée : $C_{m1} = 10 \times C_{m2} = 7{,}4\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$.

Masse de glucose dissoute dans V_1 : $m = C_{m1} \times V_1 = 7{,}4 \times 0{,}5000 = 3{,}7\ \text{g}$.

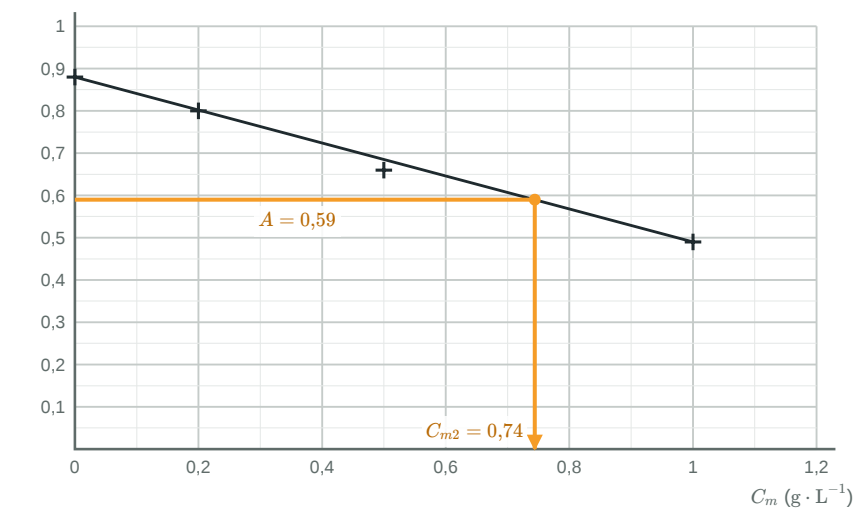
Écart relatif avec l'étiquette : $\frac{4 - 3{,}7}{4} = 7{,}5\ \%$. L'écart est faible, et l'étiquette donne une valeur moyenne avec un seul chiffre significatif.

$m = 3{,}7\ \text{g}$ de glucose par sachet, résultat cohérent avec les 4 g annoncés.

PIÈGE
Oublier la dilution au dixième : $0{,}74\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ est la concentration de (S_2), pas celle de (S_1). Convertir aussi V_1 en litres.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme A et les coefficients de la droite. Sans arrondi intermédiaire, on trouve $3{,}72\ \text{g}$: le résultat est le même.

MÉTHODE
Le passage de 10,0 mL à la fiole de 25,0 mL n'intervient pas : il est identique pour les étalons et pour (S_2). C'est tout l'intérêt d'un dosage par étalonnage.



2.5 · Figure 3 du sujet, avec la lecture pour la solution (S_2)

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{0.88 - 0.59}{0.39} \approx 0.7435897$

$0.74 \times 10 \times 0.5000 \approx 3.7$

$\frac{4 - 3.7}{4} \approx 0.075$