Bac Mars 2021 Métropole Correction © http://labolycee.org
EXERCICE B - UNE BOISSON DE RÉHYDRATATION (5 points)

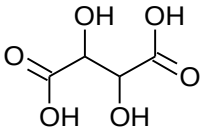
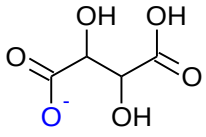
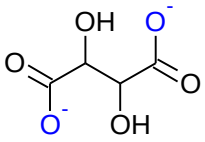
Mots-clés : réactions acide-base ; réactions d'oxydoréduction ; dosage par étalonnage

Une boisson de réhydratation, obtenue par dissolution dans l'eau d'un médicament commercialisé sous forme de poudre, est composée principalement d'eau, de glucose (sucre) et de chlorure de sodium (sel). Elle peut être utilisée pour réhydrater rapidement un enfant souffrant de diarrhée.

L'objectif de cet exercice est de vérifier la teneur en glucose d'une de ces boissons par la spectrophotométrie UV-visible.

Données :

- différentes formes de l'acide tartrique :

Nom	Acide tartrique	Ion hydrogénotartrate	Ion tartrate
Notation	H_2T	HT^-	T^{2-}
Formule brute	$C_4H_6O_6$	$C_4H_5O_6^-$	$C_4H_4O_6^{2-}$
Formule topologique			

- pK_A de couples acide-base à 25°C :
  - $H_2T(aq)$ / $HT^-(aq)$: $pK_{A1} = 3,5$;
  - $HT^-(aq)$ / $T^{2-}(aq)$: $pK_{A2} = 4,2$;
  - $H_2O(\ell)$ / $HO^-(aq)$: $pK_E = 14$;
- couple oxydant-réducteur ion gluconate / glucose : $C_5H_{11}O_5 - CO_2^-(aq)$ / $C_5H_{11}O_5 - CHO(aq)$;
- composition d'un médicament permettant la réhydratation commercialisée en pharmacie :

Espèces chimiques	Analyse moyenne pour un sachet
Glucose ($C_6H_{12}O_6$)	4 g
Saccharose ($C_{12}H_{22}O_{11}$)	4 g
Sodium (Na^+)	0,226 g
Potassium (K^+)	0,199 g
Chlorure (Cl^-)	0,181 g
Bicarbonate (HCO_3^-)	0,289 g
Gluconate ($C_6H_{11}O_7^-$)	0,995 g

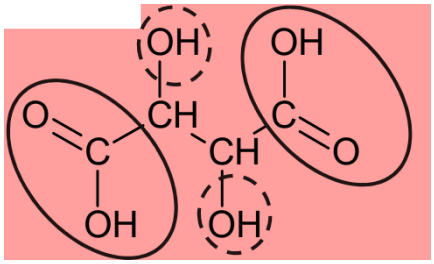
1. Étude de la liqueur de Fehling

Pour doser le glucose présent dans un médicament permettant la réhydratation, on prépare au préalable une solution de liqueur de Fehling en mélangeant :

- une solution aqueuse (A) contenant des ions cuivre $Cu^{2+}(aq)$;
- une solution aqueuse (B) obtenue lors du mélange d'une solution d'acide tartrique $H_2T(aq)$ et d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium. La solution (B) ainsi obtenue est très basique, son pH est supérieur à 12.

1.1. Écrire la formule semi-développée de la molécule d'acide tartrique. Entourer les groupes caractéristiques de la molécule, en précisant pour chacun d'eux la famille fonctionnelle correspondante.

(0,5 pt)



COOH Famille des acides carboxyliques
OH Famille des alcools

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

(0,5 pt) On mélange une solution d'acide tartrique $H_2T(aq)$ et une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium $Na^+(aq) + HO^-(aq)$.

$$H_2T(aq) + HO^-(aq) \rightarrow HT^-(aq) + H_2O(\ell)$$
$$HT^-(aq) + HO^-(aq) \rightarrow T^{2-}(aq) + H_2O(\ell)$$

En additionnant ces deux équations, on obtient :

$$H_2T(aq) + 2HO^-(aq) \rightarrow T^{2-}(aq) + 2\,H_2O(\ell)$$

Lors du mélange des solutions (A) et (B), les ions $Cu^{2+}(aq)$ réagissent avec les ions tartrate $T^{2-}(aq)$ pour former des ions de formule $CuT_2^{2-}(aq)$, seuls responsables de la coloration bleue de la liqueur de Fehling.

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

(0,25 pt) $Cu^{2+}(aq) + 2\,T^{2-}(aq) \rightarrow CuT_2^{2-}(aq)$

Le spectre d'absorption de la liqueur de Fehling (figure 1) est donné ci-après ainsi qu'un cercle chromatique (figure 2) :

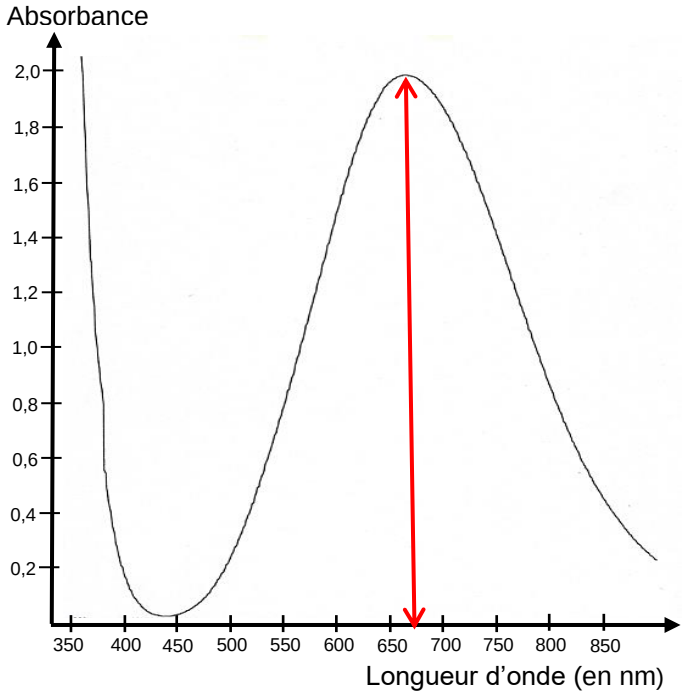


Figure 1. Spectre d'absorption de la liqueur de Fehling

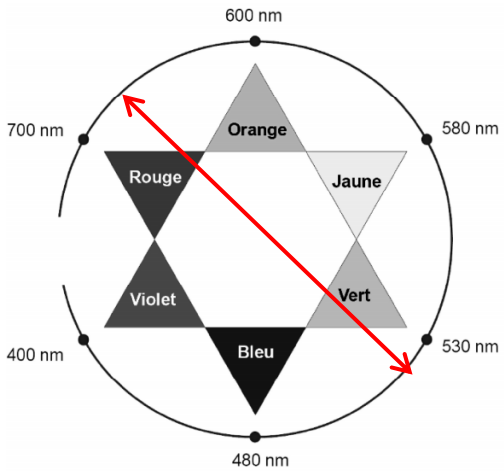


Figure 2. Cercle chromatique

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

(0,5 pt) La solution absorbe plus fortement la lumière de longueur d'onde λ_{max} = 675 nm (rouge-orange). La couleur perçue est la couleur complémentaire, diamétralement opposée sur le cercle chromatique, c'est-à-dire vert-bleu.

2. Dosage du glucose

Le médicament permettant la réhydratation contient, entre autres, du glucose qui possède des propriétés réductrices. On souhaite utiliser ces propriétés pour réaliser un dosage par étalonnage utilisant la spectrophotométrie.

On réalise une courbe d'étalonnage selon le protocole expérimental suivant :

- préparer une gamme de solutions aqueuses étalons de concentrations en masse C_m de glucose connues ; ces solutions étalons sont incolores ;
- faire réagir, une à une, 10,0 mL de ces solutions étalons avec 5,0 mL de liqueur de Fehling dans un bain-marie bouillant pendant 15 min ; il se forme le précipité rouge-brique Cu_2O ;
- éliminer le précipité du mélange par filtration. Le filtrat obtenu est de couleur bleue ;
- introduire ce filtrat dans une fiole jaugée de 25,0 mL et ajuster le trait de jauge avec de l'eau distillée ;
- mesurer avec un spectrophotomètre l'absorbance de la solution obtenue de couleur bleue.

Le glucose contenu dans le médicament permettant la réhydratation réagit avec les ions CuT_2^{2-} contenus dans la liqueur de Fehling. Cette transformation chimique est totale et produit l'ion gluconate et l'oxyde de cuivre $Cu_2O(s)$, de couleur rouge-brique. L'équation de la réaction modélisant cette transformation est :

$$\underset{\text{glucose}}{2\ CuT_2^{2-}(aq) + C_5H_{11}O_5 - CHO(aq) + 5\ HO^-(aq)} \rightarrow \underset{\text{ion gluconate}}{Cu_2O(s) + C_5H_{11}O_5 - CO_2^-(aq) + 4\ T^{2-}(aq) + 3\ H_2O(\ell)}$$

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

(0,5 pt) $C_5H_{11}O_5–CHO(aq) + H_2O(\ell) = C_5H_{11}O_5–CO_2^-(aq) + 3H^+ + 2\ e^-$

Le glucose $C_5H_{11}O_5–CHO(aq)$ libère des électrons, il s'agit bien d'un réducteur.

2.2. À l'issue de la réaction entre une solution étalon de glucose et la solution de liqueur de Fehling, le filtrat est de couleur bleue. Identifier le réactif limitant.

(0,5 pt) Si le filtrat est de couleur bleue c'est qu'il contient encore des ions $CuT_2^{2-}(aq)$, ces ions sont en excès. Alors le glucose est le réactif limitant.

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

(0.25) Il faut choisir une longueur d'onde pour laquelle l'absorbance de la solution est grande. On peut choisir λ = 675 nm.

La courbe d'étalonnage est obtenue à partir des mesures de l'absorbance des filtrats des différents mélanges. Elle est modélisée par une droite d'équation :

$$A = -0{,}39 \times C_m + 0{,}88 \qquad \text{avec } C_m \text{ en g·L}^{-1}.$$

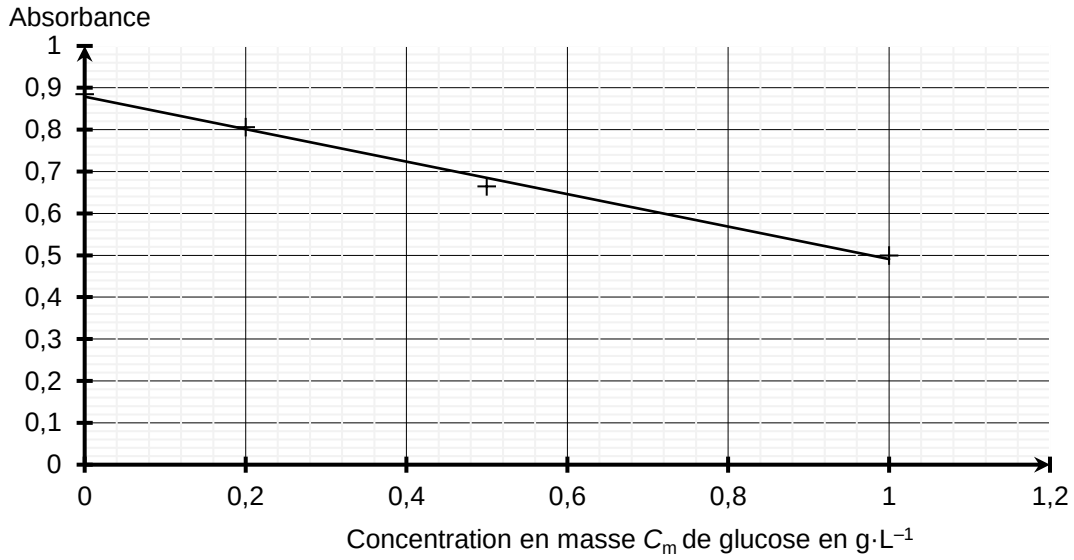


Figure 3. Courbe d'étalonnage : absorbance en fonction de la concentration en masse C_m de glucose

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

(0,5 pt) L'absorbance est proportionnelle à la concentration en ions CuT_2^{2-}. Or plus la solution contient de glucose et plus les ions CuT_2^{2-} sont consommés, moins ils sont présents en solution.

Afin de déterminer la masse de glucose contenue dans un sachet de médicament permettant la réhydratation, on réalise l'expérience suivante :

- une solution (S_1) de volume V_1 = 500,0 mL est préparée en dissolvant le contenu d'un sachet de médicament dans de l'eau distillée ;
- la solution (S_1) est ensuite diluée d'un facteur 10 pour obtenir la solution (S_2) ;
- en réalisant le même protocole expérimental que pour les solutions étalons, on mesure une absorbance A = 0,59 lorsqu'on utilise 10,0 mL de solution (S_2) à la place de 10,0 mL de solution étalon.

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

(1pt)

$A = -0,39 \times C_m + 0,88$

$-0,39\ C_m = A - 0,88$

$$c_m = \frac{0,88 - A}{0,39}$$

Comme A = 0,59, alors $c_m = \frac{0,88 - 0,59}{0,39}$ **= 0,74 g.L^{-1} dans la solution S_2.**

La solution S_1 est dix fois plus concentrée, alors C_{mS1} = 7,4 g.L^{-1}.

$C_{mS_1} = \frac{m}{V_1}$ **donc $m = C_{mS1}.V_1$**

m = 7,4× 0,5000 = 3,7 g de glucose dans un sachet.

La composition du sachet indiquait en moyenne 4 g de glucose.

$\frac{4 - 3,7}{4}$ **= 7,5 % d'écart relatif.**

Les deux valeurs sont cohérentes car elles sont assez proches et l'étiquette précisait qu'il s'agit d'une valeur moyenne.