

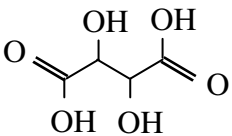
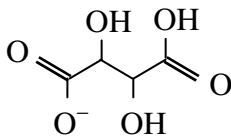
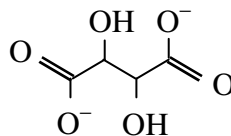
Une boisson de réhydratation

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 hydrogénéotartrate	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 :

$$pK_{A1} (H_2T (aq) / HT^- (aq)) = 3,5 \quad pK_{A2} (HT^- (aq) / T^{2-} (aq)) = 4,2 \quad pK_E (H_2O (l) / HO^- (aq)) = 14$$

couple oxydant-réducteur ion gluconate / glucose : $C_6H_{11}O_7^- (aq) / C_6H_{12}O_6 (aq)$

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 Etude 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 Ecrire 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.
- 1.2 Déterminer la forme prédominante dans la solution (B) parmi les espèces $H_2T (aq)$, $HT^- (aq)$ et $T^{2-} (aq)$.
- 1.3 En déduire l'équation de la réaction chimique modélisant la transformation ayant lieu lors de la préparation de la solution (B).

Lors du mélange des solutions (A) et (B), les ions $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ réagissent avec les ions tartrate $\text{T}^{2-}(\text{aq})$ pour former des ions de formule $\text{CuT}_2^{2-}(\text{aq})$, seuls responsables de la coloration bleue de la liqueur de Fehling.

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

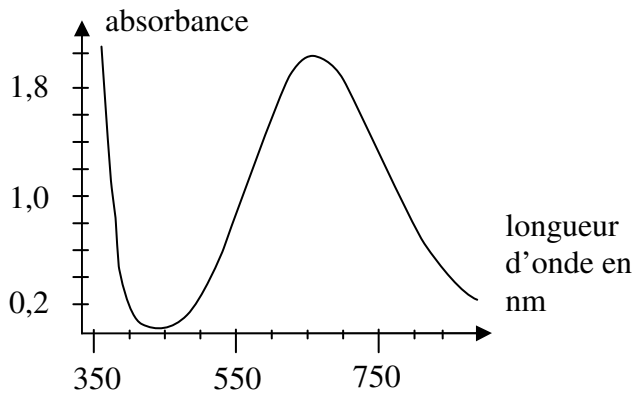


figure n°1

spectre d'absorption de la liqueur de Fehling

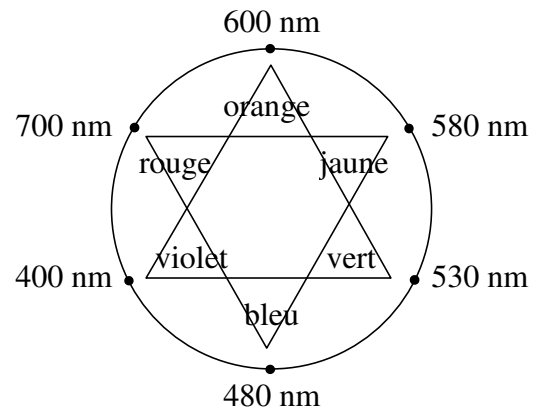


figure n°2

cercle chromatique

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

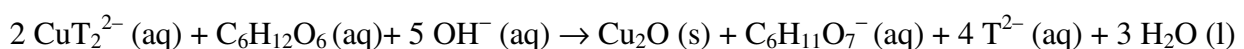
2 Dosage du glucose

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 $\text{Cu}_2\text{O}(\text{s})$, de couleur rouge-brique. L'équation de la réaction modélisant cette transformation est :



- 2.1 Justifier le caractère réducteur du glucose dans cette réaction à l'aide d'une demi-équation électronique.
- 2.2 A 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.
- 2.3 Proposer une longueur d'onde optimale pour régler le spectrophotomètre afin de réaliser les mesures.

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 :

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

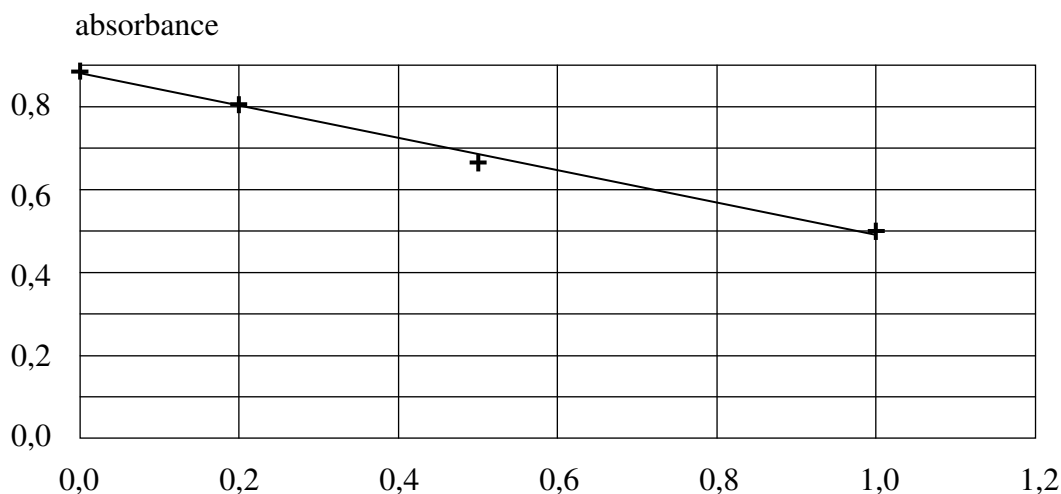


figure n°3
courbe d'étalonnage :
absorbance en fonction
de la concentration en
masse C_m de glucose

concentration en
masse C_m de glucose
en g.L⁻¹

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

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

- une solution (S₁) de volume V₁ = 500,0 mL est préparée en dissolvant le contenu d'un sachet de médicament dans de l'eau distillée
- la solution (S₁) est ensuite diluée d'un facteur 10 pour obtenir la solution (S₂)
- 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 (S₂) 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.

Corrigé

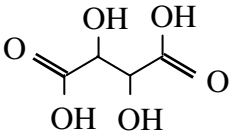
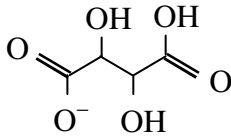
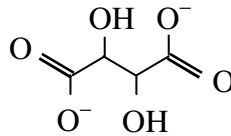
Une boisson de réhydratation

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 hydrogénéotartrate	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 :

$$pK_{A1} (H_2T(aq) / HT^-(aq)) = 3,5 \quad pK_{A2} (HT^-(aq) / T^{2-}(aq)) = 4,2 \quad pK_E (H_2O(l) / HO^-(aq)) = 14$$

couple oxydant-réducteur ion gluconate / glucose : $C_6H_{11}O_7^-(aq) / C_6H_{12}O_6(aq)$

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

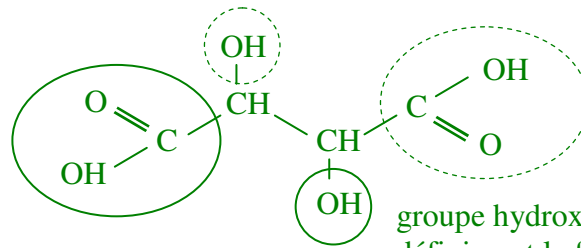
1 Etude de la liqueur de Fehling

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 Ecrire 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.

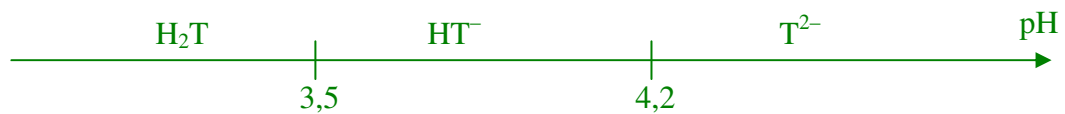
groupe carboxyle dont les propriétés définissent la famille des acides carboxyliques



groupe hydroxyle dont les propriétés définissent la famille des alcool

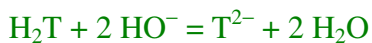
- 1.2 Déterminer la forme prédominante dans la solution (B) parmi les espèces H_2T (aq), HT^- (aq) et T^{2-} (aq).

diagramme de prédominance :



à $\text{pH} \geq 12$, la forme prédominance est T^{2-}

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



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.

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

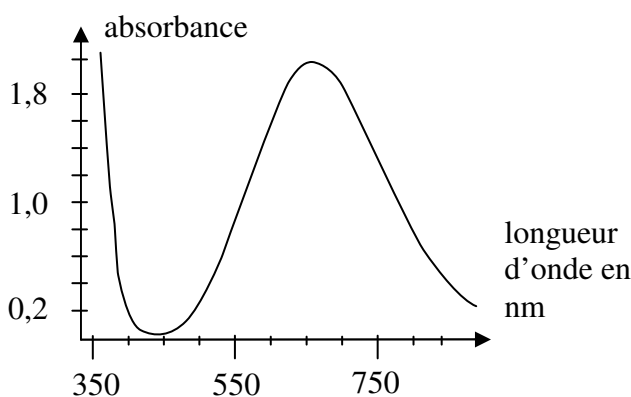
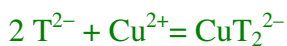


figure n°1

spectre d'absorption de la liqueur de Fehling

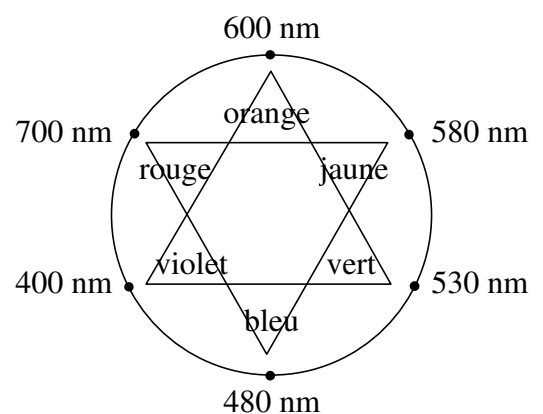


figure n°2

cercle chromatique

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

la liqueur de Fehling possède un 1er pic d'absorption en deçà de 400 nm mais cette longueur d'onde correspond à l'UV et n'influence pas la couleur de la solution de liqueur de Fehling

la liqueur de Fehling possède un 2ème pic d'absorption vers 675 nm qui correspond à la couleur rouge : la liqueur de Fehling absorbe la lumière rouge et elle apparaît de la couleur complémentaire c'est à dire cyan (mélange de bleu et de vert)

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 :



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

couple oxydant-réducteur ion gluconate / glucose : $C_6H_{11}O_7^- (aq) / C_6H_{12}O_6 (aq)$



le glucose est un réducteur car il cède des électrons

- 2.2 A 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.

la transformation est totale (comme la flèche le signale), il y a donc un réactif limitant
si le système est bleu, il contient toujours des ions CuT_2^{2-}
le réactif limitant est donc le glucose

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

on règle le spectrophotomètre au maximum d'absorption de la liqueur de Fehling : 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 :

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

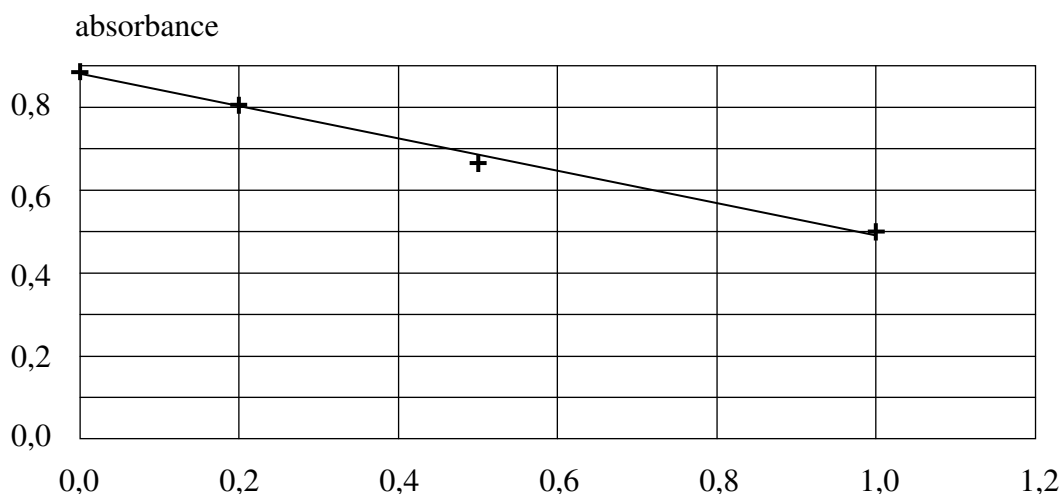


figure n°3

courbe d'étalonnage :
absorbance en fonction
de la concentration en
masse C_m de glucose

concentration en
masse C_m de glucose
en g.L⁻¹

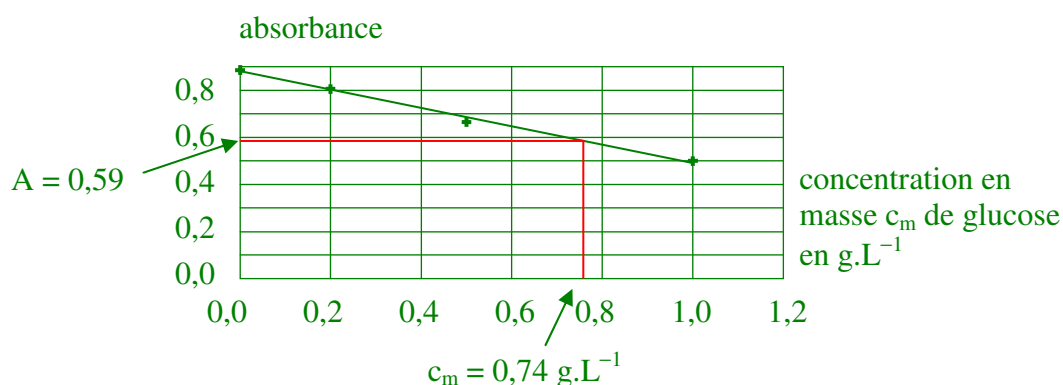
2.4 Expliquer pourquoi l'absorbance du filtrat diminue lorsque la concentration en masse de glucose augmente.

plus la concentration en masse de glucose est grande et moins il reste d'ions CuT_2^{2-} en fin de réaction, donc l'absorbance du filtrat diminue

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.



graphiquement, la concentration massique en glucose dans la solution S_1 diluée 10 fois est c_m (glucose) = $0,74 \text{ g.L}^{-1}$ donc dans la solution S_1 : c_m (glucose) = $7,4 \text{ g.L}^{-1}$

$$m(\text{glucose}) = c_m(\text{glucose}) * V = 7,4 * 0,500 = 3,7 \text{ g}$$

l'analyse moyenne pour un sachet indique une masse de glucose de 4 g, peu différente des 3,7 g déterminée