

CLASSE : Terminale

VOIE : ☒ Générale

DURÉE DE L'EXERCICE : 1h35

EXERCICE 1 : 9 points

ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ : PHYSIQUE-CHIMIE

CALCULATRICE AUTORISÉE : ☒ Oui « type collège »

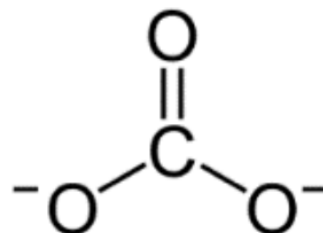
EXERCICE 1 : Les 200 ans de la pastille de Vichy

1. Composition en ions hydrogénocarbonate de la pastille de Vichy

Q1.

La base conjuguée de l'ion hydrogénocarbonate HCO_3^- est CO_3^{2-} .

La formule semi-développée de la base conjuguée de l'ion hydrogénocarbonate est :



Q2.

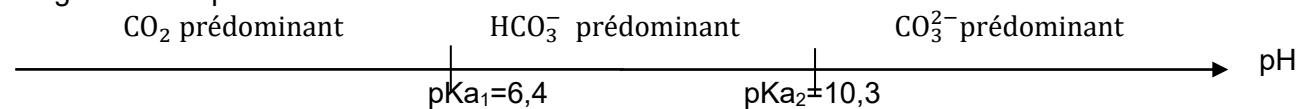
L'ion hydrogénocarbonate HCO_3^- est la base du couple : $\text{CO}_2(\text{aq})/\text{HCO}_3^-(\text{aq})$

L'ion hydrogénocarbonate HCO_3^- est l'acide du couple : $\text{HCO}_3^-(\text{aq})/\text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$

Ainsi, l'ion hydrogénocarbonate HCO_3^- est amphotère.

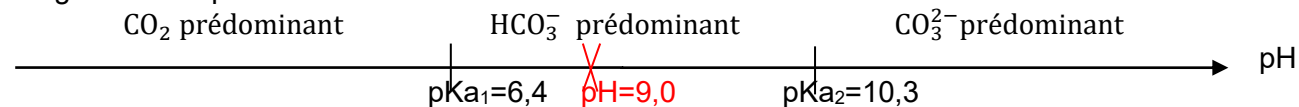
Q3.

Diagramme de prédominance



Q4.

Diagramme de prédominance



Pour $\text{pH}=9,0$ l'ion hydrogénocarbonate HCO_3^- est la forme majoritaire contenue dans la solution S_1 .

Q5.

D'après le sujet :

- La pastille de Vichy contient 0,22 % en masse d'ions hydrogénocarbonate de formule HCO_3^- .
- Masse d'une pastille de Vichy : $m_{\text{pastille}} = 2,64 \text{ g}$;

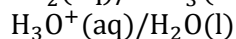
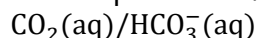
$$m_f = \frac{0,22}{100} \times m_{\text{pastille}}$$

$$m_f = \frac{0,22}{100} \times 2,64$$

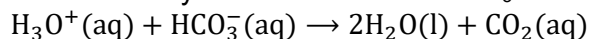
$$m_f = 5,8 \times 10^{-3} \text{ g}$$

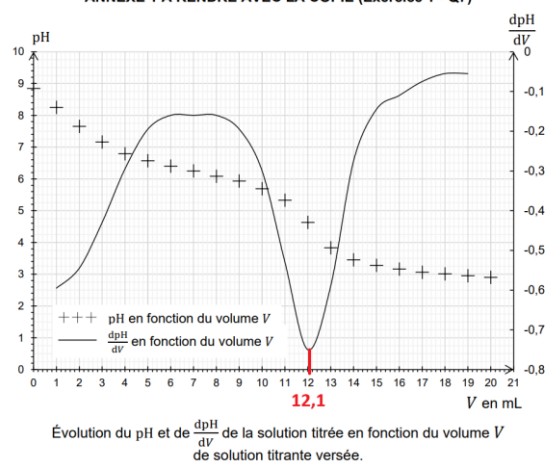
Q6.

Les couples acide / base sont :

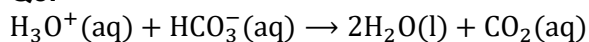


La réaction ayant lieu entre les ions H_3O^+ et les ions hydrogénocarbonate HCO_3^- est :



**Q7.**

Graphiquement, on repère au pic de la dérivée, $V_E = 12,1$ mL

Q8.

A l'équivalence :

$$\frac{n_{HCO_3^-}^i}{1} = \frac{n_{H_3O^+}^{eq}}{1}$$

$$n_1 = c_A \times V_E$$

$$n_1 = 0,50 \times 10^{-2} \times 12,0 \times 10^{-3}$$

$$n_1 = 6,0 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

Q9.

$$n_1 = \frac{m_1}{M_{HCO_3^-}}$$

$$\frac{m_1}{M_{HCO_3^-}} = n_1$$

$$m_1 = n_1 \times M_{HCO_3^-}$$

$$m_1 = 6,0 \times 10^{-5} \times 61,0$$

$$m_1 = 3,66 \times 10^{-3} \text{ g}$$

Cette masse m_1 est la masse d'ions hydrogénocarbonate titrés dans le volume V_1 .

La pastille de Vichy a été dissoute dans $V_0 = 100$ mL de l'eau distillée.

Calculons Montrer que la masse m_{exp} d'ions hydrogénocarbonate contenus dans une pastille de Vichy.

$m_1 = 3,66 \times 10^{-3} \text{ g}$	$V_1 = 50,0 \text{ mL}$
m_{exp}	$V_0 = 100,0 \text{ mL}$

$$m_{\text{exp}} = \frac{3,7 \times 10^{-3} \times 100,0}{50,0}$$

$$m_{\text{exp}} = 7,3 \times 10^{-3} \text{ g}$$

Q10.

Calculons l'incertitude-type $u(m_{\text{exp}})$

$$u(m_{\text{exp}}) = m_{\text{exp}} \times \sqrt{\left(\frac{u(c_A)}{c_A}\right)^2 + \left(\frac{u(V_E)}{V_E}\right)^2}$$

$$u(m_{\text{exp}}) = 7,3 \times 10^{-3} \times \sqrt{\left(\frac{0,01 \times 10^{-2}}{0,50 \times 10^{-2}}\right)^2 + \left(\frac{0,2 \times 10^{-3}}{12,0 \times 10^{-3}}\right)^2}$$

$$u(m_{\text{exp}}) = 2 \times 10^{-4} \text{ g}$$

Pour discuter de l'accord du résultat d'une mesure avec une valeur de référence, on peut utiliser le quotient $z =$

$$\left| \frac{A_{\text{mes}} - A_{\text{ref}}}{u(A)} \right|$$

$$z = \left| \frac{m_{\text{exp}} - m_{\text{ref}}}{u(m_{\text{exp}})} \right|$$

$$z = \left| \frac{m_{\text{exp}} - m_f}{u(m_{\text{exp}})} \right|$$

$$z = \left| \frac{7,3 \times 10^{-3} - 5,8 \times 10^{-3}}{2 \times 10^{-4}} \right|$$

$$z = 7,5$$

$z > 2$: la masse m_{exp} d'ions hydrogénocarbonate obtenue expérimentalement n'est pas compatible avec la valeur de référence m_f calculée à partir des données du fabricant.

Q11.

Les agents d'enrobage contiennent des ions carboxylate. Or un ion carboxylate est une base qui réagit également avec les ions H_3O^+ de la solution titrante.

Ainsi, lors du titrage, on n'a pas uniquement dosé les ions hydrogénocarbonate HCO_3^- , mais aussi des ions carboxylate présents dans l'enrobage.

Ainsi, le volume à l'équivalence est plus grand que celui qui correspondrait au dosage des ions hydrogénocarbonate seulement.

C'est pourquoi le dosage nous a amené à surestimer donc la quantité d'ions hydrogénocarbonate présente dans la pastille en ne prenant pas en compte les agents d'enrobage.

Q12.

Le pH à l'équivalence du titrage vaut 4,3.

Pour choisir un indicateur coloré, il faut que le pH à l'équivalence soit compris dans sa zone de virage.

Indicateur coloré	Couleur		Zone de virage
	Forme acide	Forme basique	
Vert de bromocrésol	Jaune	Bleu	3,8 – 5,4
Bleu de bromothymol	Jaune	Bleu	6,0 – 7,6
Rouge de méthyle	Rouge	Jaune	4,8 – 6,0
Phénolphthaléine	Incolore	Rose	8,2 – 10,0

Figure 4. Indicateurs colorés et zones de virage

Nous choisissons le Vert de bromocrésol comme indicateur coloré.

On dose une base, le changement de couleur est donc le passage de la forme basique à la forme acide. Le changement de couleur est du bleu au jaune.

Q13.

$$c_{\text{me}} = \frac{m_f}{V_{\text{Vichy}}}$$

$$c_{\text{me}} \times V_{\text{Vichy}} = m_f$$

$$V_{\text{Vichy}} = \frac{m_f}{c_{\text{me}}}$$

$$V_{\text{Vichy}} = \frac{5,8 \times 10^{-3}}{4,37 \times 10^3 \times 10^{-3}}$$

$$V_{\text{Vichy}} = 1,3 \times 10^{-3} \text{ L}$$

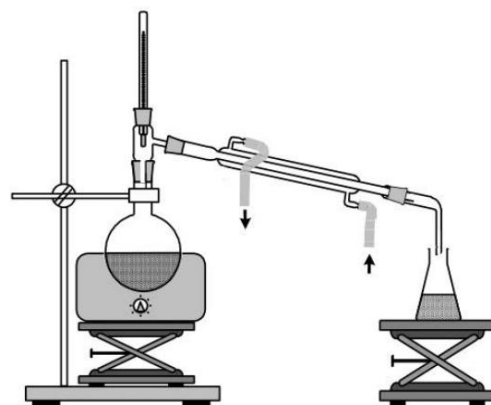
$$V_{\text{Vichy}} = 1,3 \text{ mL}$$

Ce volume est très faible. Une seule pastille contient donc autant d'ions hydrogénocarbonate que 1,3 mL d'eau minérale de Vichy.

2. Arôme contenu dans la pastille de Vichy

Q14.

Le schéma du montage qui a été utilisé pour réaliser l'hydrodistillation de la solution est le schéma B.



Montage B

Q15.

Le dichlorométhane est choisi comme solvant d'extraction car

- L'arôme (phase huileuse odorante) y est très soluble
- Il est non miscible avec l'eau salée (Etape 1 où on met une solution aqueuse saturée de chlorure de sodium = eau salée).

	Phase huileuse odorante	Dichlorométhane
Pictogramme de sécurité		
Solubilité dans l'eau	Faible	Quasi nulle
Solubilité dans l'eau salée	Très faible	Quasi nulle
Solubilité dans le dichlorométhane	Très forte	

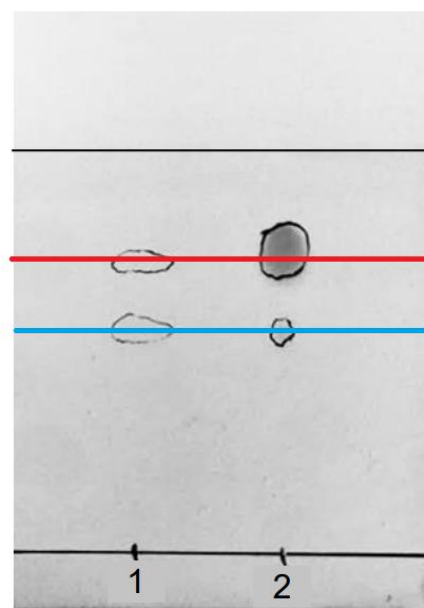
Figure 6. Données physico-chimiques

Q16.

Sur le chromatogramme, le dépôt 1 correspond à la phase organique extraite de la pastille, et le dépôt 2 correspond à l'huile essentielle commerciale de menthe verte.

On observe que les taches des deux dépôts sont à la même hauteur, donc les espèces chimiques présentes sont les mêmes.

Ainsi, l'arôme contenu dans la pastille de Vichy est probablement un arôme de menthe verte.



3. Composition en sucre d'une boisson à base de pastilles de Vichy

Q17.

La molécule de saccharose possède 8 groupes hydroxyle (Groupe OH).

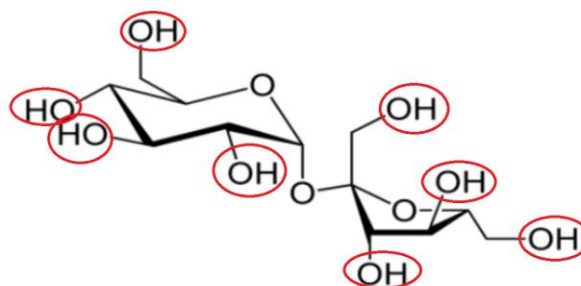


Figure 9. Représentation de la molécule de saccharose

Q18.

Calculons la masse volumique de la boisson :

$$\rho = \frac{m_{\text{boisson}}}{V_{\text{boisson}}}$$

$$\rho = \frac{276,8}{268,0}$$

$$\rho = 1,033 \text{ g. mL}^{-1}$$

D'après la courbe d'étalonnage pour

$$\rho = 1,033 \text{ g. mL}^{-1}, c = 97 \text{ g. L}^{-1}$$

Calculons la concentration massique annoncée par le fabricant :

$$c = \frac{m}{V}$$

$$c = \frac{9,5}{100 \times 10^{-3}}$$

$$c = 95 \text{ g. L}^{-1}$$

$$c = 95 \text{ g. L}^{-1}$$

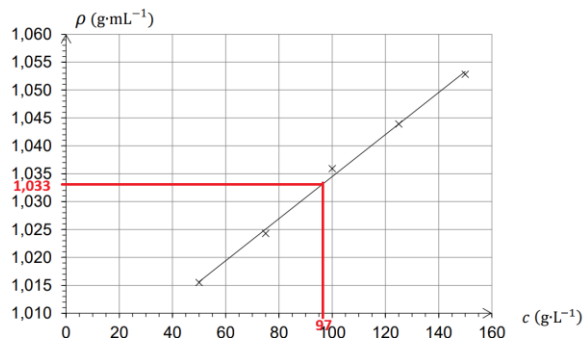


Figure 10. Évolution de la masse volumique de solutions étalon en saccharose en fonction de leur concentration en masse de saccharose.

Les deux valeurs sont très proches.

Ainsi, la valeur obtenue expérimentalement est conforme à celle annoncée par le fabricant.