Composition d'un vin

Bac S 2013 Polynésie (ancien programme) · Exercice 1 **9 points** **Durée conseillée 1 h 30**

1.1 Préciser, en justifiant, le changement de couleur qui permet de repérer l'équivalence.

Avant l'équivalence, le diiode versé est le réactif limitant : il est entièrement consommé par SO_2. Les produits formés (I^-, ${SO_4}^{2-}$) sont incolores, le mélange garde la teinte vert pâle du vin.

Dès l'équivalence, il n'y a plus de SO_2 : la première goutte de diiode en excès reste en solution et, avec l'empois d'amidon, donne une teinte violet foncé.

L'équivalence est repérée par le passage du vert pâle au violet foncé, persistant.

PIÈGE
Annoncer seulement la couleur finale. Il faut la teinte avant, la teinte après, et dire quelle espèce colorée apparaît ou disparaît.

1.2 Déterminer la concentration molaire C_1 en dioxyde de soufre du vin, puis montrer que sa concentration massique $C_{m\,exp}$ vaut $0{,}201\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$.

Données utiles $V_1 = 20{,}00\ \text{mL}$; $C_2 = 1{,}00\times10^{-2}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$; $V_E = 6{,}28\ \text{mL}$; $M(\text{S}) = 32{,}1\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M(\text{O}) = 16{,}0\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$

À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques. L'équation indique une mole de I_2 pour une mole de SO_2 :

$n(SO_2)_{\text{initial}} = n(I_2)_{\text{versé}}$, soit $C_1V_1 = C_2V_E$.

$$C_1 = \frac{C_2\,V_E}{V_1} = \frac{1{,}00\times10^{-2}\times6{,}28}{20{,}00} = 3{,}14\times10^{-3}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

Masse molaire : $M(SO_2) = 32{,}1 + 2\times16{,}0 = 64{,}1\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

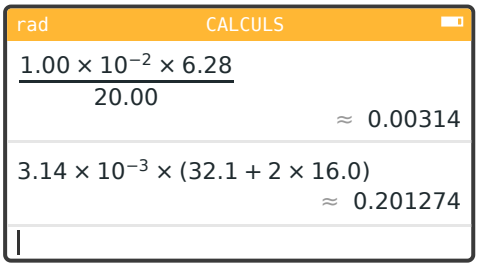
$$C_{m\,exp} = C_1\times M(SO_2) = 3{,}14\times10^{-3}\times64{,}1 = 0{,}201\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$$

$C_1 = 3{,}14\times10^{-3}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ et $C_{m\,exp} = 0{,}201\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, valeur attendue.

PIÈGE
Diviser par le volume total de l'erlenmeyer (25 mL). L'acide et l'empois d'amidon ne changent pas la quantité de SO_2 : seul V_1 compte.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme C_2 et V_E, les données les moins précises. Les deux volumes peuvent rester en mL : leur rapport est sans unité.

À LA CALCULATRICE



1.3 Déterminer l'incertitude relative $\frac{\Delta C_{m\,exp}}{C_{m\,exp}}$ à l'aide de la relation admise, puis en déduire un encadrement de $C_{m\,exp}$.

Données utiles $V_E = (6{,}28 \pm 0{,}05)$ mL ; $C_2 = (1{,}00 \pm 0{,}01) \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $C_{m\,exp} = 0{,}201\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ (1.2)

$$\frac{\Delta C_{m\,exp}}{C_{m\,exp}} = \sqrt{\left(\frac{\Delta V_E}{V_E}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C_2}{C_2}\right)^2}$$

$$\frac{\Delta C_{m\,exp}}{C_{m\,exp}} = \sqrt{\left(\frac{0{,}05}{6{,}28}\right)^2 + \left(\frac{0{,}01}{1{,}00}\right)^2} = 1{,}28 \times 10^{-2}$$

L'incertitude relative est d'environ 1,3 %.

$\Delta C_{m\,exp} = 1{,}28 \times 10^{-2} \times 0{,}201 = 2{,}6 \times 10^{-3}\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$, arrondie par excès à $0{,}003\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$.

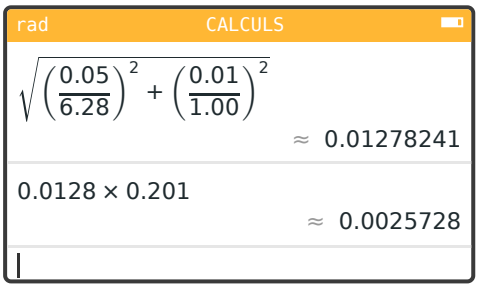
$C_{m\,exp} = (0{,}201 \pm 0{,}003)\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$

$$0{,}198\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1} \leqslant C_{m\,exp} \leqslant 0{,}204\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$$

PIÈGE
Les puissances de dix de C_2 et de ΔC_2 se simplifient dans le rapport : $\frac{\Delta C_2}{C_2} = \frac{0{,}01}{1{,}00}$, et non $\frac{0{,}01}{1{,}00 \times 10^{-2}}$.

MÉTHODE
Une incertitude se garde avec un seul chiffre significatif, arrondie par excès. Le résultat s'écrit ensuite avec le même nombre de décimales que son incertitude.

À LA CALCULATRICE



1.4 Cette concentration est-elle conforme à la réglementation européenne ? Justifier.

Données utiles document 1 : au plus $210\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ dans un vin blanc ; encadrement de $C_{m\,exp}$ (1.3)

D'après la question 1.3, $198\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1} \leqslant C_{m\,exp} \leqslant 204\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

La borne supérieure de l'encadrement, $204\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, reste inférieure à la limite de $210\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

Même en tenant compte de l'incertitude, la teneur en SO_2 est conforme à la réglementation.

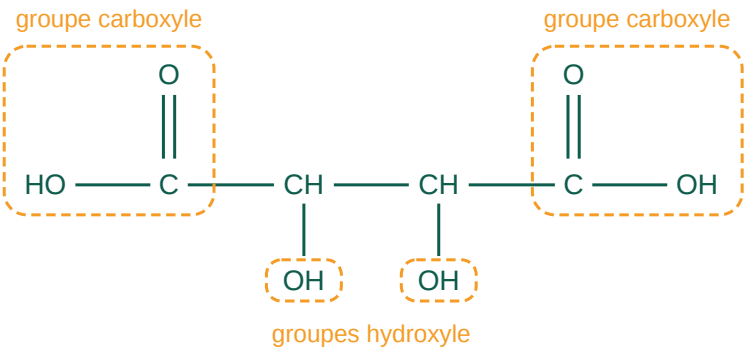
MÉTHODE
Pour comparer une mesure à un seuil, on compare la borne la plus défavorable de l'encadrement au seuil, pas seulement la valeur mesurée, et dans la même unité.

2.1.1 Écrire la formule semi-développée de la molécule d'acide tartrique, puis y identifier les groupes fonctionnels présents.

D'après la représentation du document 2 : $\text{HOOC}-\text{CH(OH)}-\text{CH(OH)}-\text{COOH}$ (formule détaillée sur la figure).

La molécule porte deux groupes carboxyle $-\text{COOH}$ (aux extrémités) et deux groupes hydroxyle $-\text{OH}$ (sur les deux carbones centraux).

PIÈGE
Le $-\text{OH}$ d'un groupe carboxyle n'est pas un groupe hydroxyle : il fait partie du groupe $-\text{COOH}$ et ne se compte pas une seconde fois.



2.1.1 · Formule semi-développée de l'acide tartrique et groupes caractéristiques

2.1.2 Recopier la représentation de Cram de l'acide tartrique naturel puis, en justifiant, repérer le ou les atomes de carbone asymétriques s'ils existent.

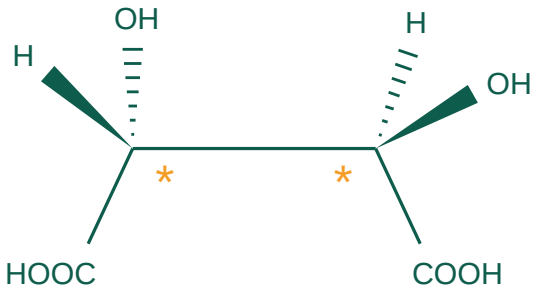
Un atome de carbone asymétrique est un carbone tétraédrique dont les quatre substituants (atomes ou groupes d'atomes) sont deux à deux différents.

Chacun des deux carbones centraux est lié à : $-\mathrm{H}$, $-\mathrm{OH}$, $-\mathrm{COOH}$ et $-\mathrm{CH(OH)-COOH}$, quatre substituants différents.

Les carbones des groupes carboxyle ne portent que trois voisins : ils ne sont pas asymétriques.

La molécule possède deux atomes de carbone asymétriques, marqués d'un astérisque sur la figure.

COMPRENDRE
La représentation de Cram, la chiralité et le carbone asymétrique étaient au programme de Terminale S. Ces notions ne figurent plus au programme actuel de la spécialité.



* : atome de carbone asymétrique

2.1.2 · Représentation de Cram de l'acide tartrique naturel

2.2.1 Justifier qu'à pH = 7, l'espèce prédominante dans le mélange est la forme A^{2-}.

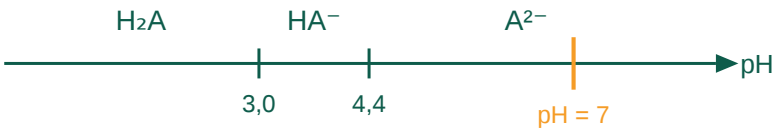
Données utiles $\mathrm{p}K_a(\mathrm{H_2A/HA^-}) = 3{,}0$; $\mathrm{p}K_a(\mathrm{HA^-/A^{2-}}) = 4{,}4$

Pour un couple acide/base, la base prédomine lorsque $\mathrm{pH} > \mathrm{p}K_a$.

Ici $\mathrm{pH} = 7 > 4{,}4$: pour le couple $\mathrm{HA^-/A^{2-}}$, la base $\mathrm{A^{2-}}$ prédomine sur $\mathrm{HA^-}$. De plus $7 > 3{,}0$: $\mathrm{HA^-}$ prédomine elle-même sur $\mathrm{H_2A}$.

À pH = 7, situé au-delà des deux $\mathrm{p}K_a$, l'espèce prédominante est $\mathrm{A^{2-}}$.

MÉTHODE
Pour un diacide, tracer un axe de pH, y placer les deux $\mathrm{p}K_a$ et remplir les trois domaines de la forme la plus acide à la plus basique. Il reste à situer le pH étudié.



2.2.1 · Diagramme de prédominance de l'acide tartrique

2.2.2 Choisir, en justifiant, l'équation de la réaction qui se produit dans ces conditions entre l'acide tartrique et les ions HO^- : (1) ou (2).

À pH = 7, l'acide tartrique se trouve très majoritairement sous la forme A^{2-} (2.2.1) : chaque molécule H_2A a cédé ses deux protons aux ions hydroxyde.

L'équation à retenir est la (2) : $H_2A + 2\,HO^- \longrightarrow A^{2-} + 2\,H_2O$

COMPRENDRE
L'équation (1) s'arrête à HA^-, espèce prédominante seulement entre pH 3,0 et pH 4,4. Elle ne décrit donc pas un mélange amené à pH = 7.

2.3.1 Quel est l'intérêt du dégazage du vin ?

Le dioxyde de carbone dissous est un acide ($CO_2, H_2O/HCO_3^-$, $pK_a = 6{,}4$) : il réagirait lui aussi avec les ions HO^- avant que le pH atteigne 7, ce qui augmenterait le volume de soude versé.

Le dégazage élimine le CO_2 dissous, pour que sa contribution ne soit pas comptée dans l'acidité totale, comme l'exige le document 3.

2.3.2 Calculer la quantité de matière n_{HO^-} d'ions hydroxyde versée, puis la masse d'acide tartrique pouvant réagir avec elle. En déduire l'acidité totale du vin étudié.

Données utiles $V = 15{,}5$ mL ; $C = 0{,}100$ mol · L^{-1} ; $V_{vin} = 20{,}0$ mL ; $M(H_2A) = 150$ g · mol^{-1} ; équation (2) (2.2.2)

Quantité d'ions hydroxyde : $n_{HO^-} = C \times V = 0{,}100 \times 15{,}5 \times 10^{-3} = 1{,}55 \times 10^{-3}$ mol.

D'après l'équation (2), une mole de H_2A réagit avec deux moles de HO^- : $n_{H_2A} = \dfrac{n_{HO^-}}{2}$.

$$m_{H_2A} = \frac{n_{HO^-}}{2} \times M(H_2A) = \frac{1{,}55 \times 10^{-3}}{2} \times 150 = 0{,}116 \text{ g}$$

Cette masse correspond à 20,0 mL de vin. Rapportée à un litre :

$$\frac{m_{H_2A}}{V_{vin}} = \frac{0{,}11625}{20{,}0 \times 10^{-3}} = 5{,}81 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

$n_{HO^-} = 1{,}55 \times 10^{-3}$ mol ; $m_{H_2A} = 0{,}116$ g ; acidité totale : $5{,}81$ g · L^{-1} équivalent d'acide tartrique.

PIÈGE
Oublier le facteur 2 de l'équation (2) double le résultat (11,6 g/L). Diviser par le volume de soude au lieu des 20,0 mL de vin est l'autre erreur fréquente.

COMPRENDRE
Le dernier calcul reprend la valeur non arrondie de la masse (0,11625 g) : avec 0,116 g on trouverait 5,80. L'acidité totale est une convention, tous les acides du vin étant comptés comme de l'acide tartrique.

À LA CALCULATRICE

