Acidité totale d'un vin

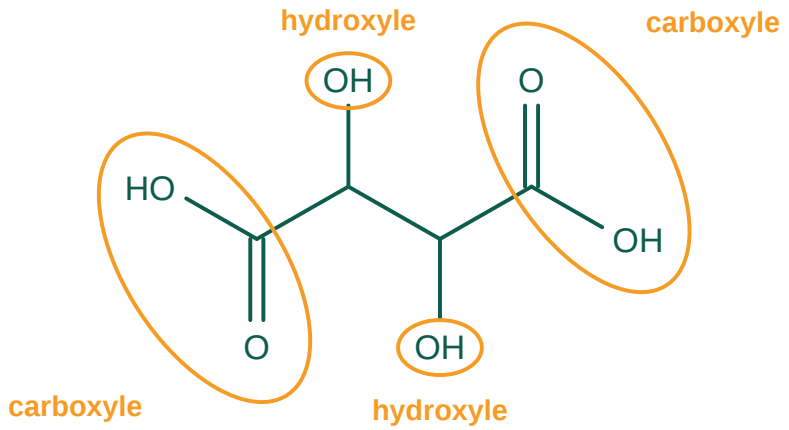
Bac 2024 Amérique du Nord Jour 2 · Exercice 3 **4 points** **Durée conseillée 38 min**

Q.1 Reproduire la formule topologique de l'acide tartrique et entourer les groupes caractéristiques.

La molécule porte quatre groupes caractéristiques, entourés sur la formule ci-dessous.

Deux groupes **carboxyle** $-\mathrm{COOH}$ (aux extrémités de la chaîne) et deux groupes **hydroxyle** $-\mathrm{OH}$ (sur les deux carbones centraux).

PIÈGE
Entourer séparément le $\mathrm{C{=}O}$ et le $-\mathrm{OH}$ d'une extrémité : portés par le même carbone, ils forment un seul groupe, le carboxyle.



Q.1 · Acide tartrique : deux groupes carboxyle et deux groupes hydroxyle entourés

Q.2 Nommer les familles fonctionnelles correspondantes.

Groupe carboxyle : famille des **acides carboxyliques**.

Groupe hydroxyle : famille des **alcools**.

L'acide tartrique appartient aux familles des acides carboxyliques et des alcools.

COMPRENDRE
Le groupe se lit sur la formule, la famille désigne les molécules qui le portent. « Hydroxyle » répond à Q.1, « alcool » à Q.2.

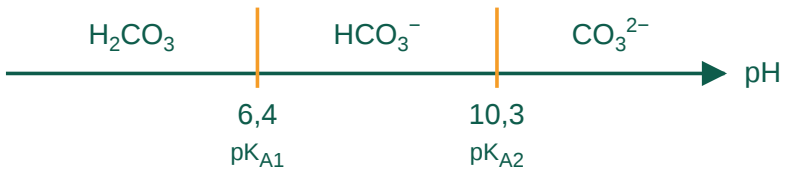
Q.3 Représenter le diagramme de prédominance des couples $\mathrm{H_2CO_3}$ / $\mathrm{HCO_3^-}$ et $\mathrm{HCO_3^-}$ / $\mathrm{CO_3^{2-}}$.

Données utiles $\mathrm{p}K_{A1}(\mathrm{H_2CO_3}\ /\ \mathrm{HCO_3^-}) = 6{,}4$; $\mathrm{p}K_{A2}(\mathrm{HCO_3^-}\ /\ \mathrm{CO_3^{2-}}) = 10{,}3$

Pour un couple acide/base, l'acide prédomine si $\mathrm{pH} < \mathrm{p}K_A$ et la base si $\mathrm{pH} > \mathrm{p}K_A$.

$\mathrm{H_2CO_3}$ prédomine pour $\mathrm{pH} < 6{,}4$; $\mathrm{HCO_3^-}$ pour $6{,}4 < \mathrm{pH} < 10{,}3$; $\mathrm{CO_3^{2-}}$ pour $\mathrm{pH} > 10{,}3$.

MÉTHODE
Axe horizontal gradué en pH, une frontière par $\mathrm{p}K_A$, puis les espèces de la plus acide (à gauche) à la plus basique (à droite).



Q.3 · Diagramme de prédominance de l'acide carbonique et de ses bases

Q.4 En déduire pourquoi il faut d'abord éliminer l'acide carbonique du vin.

Données utiles pH d'un vin compris entre 2,70 et 3,70

Le pH du vin est inférieur à $\mathrm{p}K_{A1} = 6{,}4$: le dioxyde de carbone dissous s'y trouve sous la forme acide $\mathrm{H_2CO_3}$, qui prédomine.

Cet acide réagirait avec les ions $\mathrm{HO^-}$ versés pendant le titrage, alors qu'il ne fait pas partie de l'acidité du vin.

Sans cette étape, le volume versé à l'équivalence serait trop grand et l'acidité totale serait surestimée.

COMPRENDRE
Un titrage ne trie pas les acides : tout ce qui réagit avec $\mathrm{HO^-}$ avant l'équivalence est compté. D'où l'élimination préalable de l'espèce que la définition exclut.

Q.5 Indiquer, en justifiant, l'indicateur coloré à utiliser dans l'étape 2 du protocole.

Données utiles équivalence supposée atteinte à $\mathrm{pH} = 7{,}0$; zones de virage : jaune d'alizarine R 1,9 – 3,3 ; bleu de bromothymol 6,0 – 7,6 ; phénolphtaléine 8,2 – 10,0

Un indicateur coloré convient si sa zone de virage contient le pH à l'équivalence.

Ici $\mathrm{pH}_E = 7{,}0$, et seul l'intervalle 6,0 – 7,6 contient cette valeur.

Il faut utiliser le **bleu de bromothymol** : la solution passe du jaune au bleu à l'équivalence.

PIÈGE
Citer l'indicateur sans le critère. La justification attendue est la comparaison entre pH_E et la zone de virage.

Q.6 Déterminer la valeur de l'acidité totale AT du vin analysé.

Données utiles $C_B = 0{,}100\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$; $V_A = 5{,}0$ mL ; $V_B = 3{,}5$ mL ; $M(\mathrm{H_2SO_4}) = 98{,}1\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$

À l'équivalence, les réactifs ont été mélangés dans les proportions stœchiométriques de $\mathrm{H_2SO_4 + 2\,HO^- \longrightarrow {SO_4}^{2-} + 2\,H_2O}$:

$$n(\mathrm{H_2SO_4}) = \frac{n(\mathrm{HO^-})}{2} \quad \text{soit} \quad C_A V_A = \frac{C_B V_B}{2}$$

$$C_A = \frac{C_B V_B}{2\,V_A} = \frac{0{,}100 \times 3{,}5}{2 \times 5{,}0} = 3{,}5 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$$

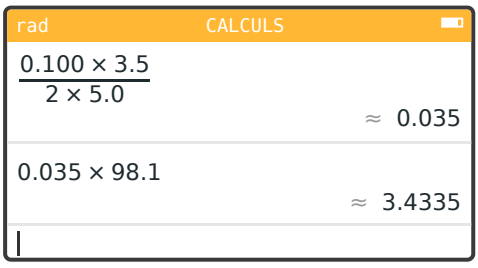
L'acidité totale est la concentration en masse équivalente : $AT = C_A \times M(\mathrm{H_2SO_4}) = 3{,}5 \times 10^{-2} \times 98{,}1$

$AT = 3{,}4\ \mathrm{g \cdot L^{-1}}$

PIÈGE
Oublier le facteur 2 : une mole d'acide consomme deux moles de $\mathrm{HO^-}$. Sans lui, on trouve $6{,}9\ \mathrm{g \cdot L^{-1}}$, le double.

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

À LA CALCULATRICE



Q.7 Calculer la valeur moyenne $\overline{AT}$ de l'acidité totale et l'incertitude-type $u(\overline{AT})$, puis écrire le résultat de la mesure, $u(\overline{AT})$ étant donnée avec un seul chiffre significatif.

Données utiles dix valeurs en $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$: 3,41 ; 3,38 ; 3,52 ; 3,45 ; 3,43 ; 3,45 ; 3,44 ; 3,41 ; 3,42 ; 3,40

Avec le mode statistique de la calculatrice : $\overline{AT} = 3{,}431\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ et écart-type expérimental $s(AT) = 3{,}84 \times 10^{-2}\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$.

$$u(\overline{AT}) = \frac{s(AT)}{\sqrt{n}} = \frac{3{,}84 \times 10^{-2}}{\sqrt{10}} = 1{,}2 \times 10^{-2}\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$$

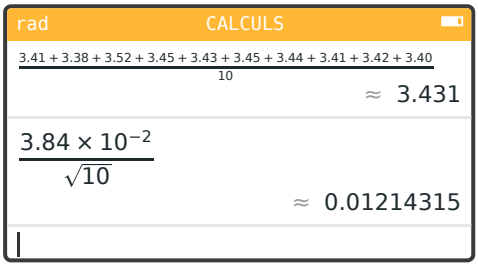
Avec un seul chiffre significatif, arrondi par excès : $u(\overline{AT}) = 0{,}02\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$. L'incertitude porte sur les centièmes, la moyenne s'arrête donc aux centièmes.

$\overline{AT} = 3{,}43\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ avec $u(\overline{AT}) = 0{,}02\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$

PIÈGE
Lire le mauvais écart-type : il faut l'écart-type expérimental (noté s_x ou σ_{n-1}), $0{,}0384$, et non $\sigma_x = 0{,}0365$.

COMPRENDRE
Une incertitude se majore : $0{,}012$ devient $0{,}02$, pour ne pas annoncer une mesure plus précise qu'elle ne l'est. Avec l'arrondi au plus proche, $0{,}01$, la conclusion de Q.8 reste la même.

À LA CALCULATRICE



Q.8 Comparer cette acidité totale moyenne à la valeur souhaitée par le viticulteur. Conclure.

Données utiles $AT_{\text{ref}} = 3{,}45\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$; $\overline{AT} = 3{,}43\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ et $u(\overline{AT}) = 0{,}02\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ (Q.7)

On calcule le quotient donné par l'énoncé :

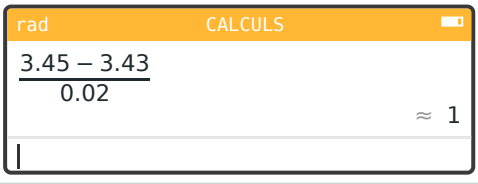
$$\frac{|\overline{AT} - AT_{\text{ref}}|}{u(\overline{AT})} = \frac{|3{,}43 - 3{,}45|}{0{,}02} = 1$$

L'écart entre la mesure et la valeur souhaitée vaut une seule incertitude-type : il est inférieur à 2 incertitudes-types.

Quotient égal à 1 : la mesure est compatible avec $3{,}45\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$, l'acidité totale du vin est restée stable.

MÉTHODE
Quotient inférieur ou égal à 2 : mesure et référence sont compatibles. Au-delà, l'écart ne s'explique plus par la seule dispersion des mesures.

À LA CALCULATRICE



Q.9 Choisir, en justifiant, la proposition exacte sur l'intervalle réglementaire de l'acidité totale exprimée en Alsace en équivalent d'acide tartrique.

Données utiles $M(\mathrm{H_2SO_4}) = 98{,}1\ \mathrm{g\cdot mol^{-1}}$; $M(\mathrm{H_2A}) = 150{,}0\ \mathrm{g\cdot mol^{-1}}$; intervalle réglementaire en équivalent $\mathrm{H_2SO_4}$: 3,0 à 6,0 $\mathrm{g\cdot L^{-1}}$

Les deux acides sont des diacides : une mole de $\mathrm{H_2A}$ réagit avec deux moles de $\mathrm{HO^-}$, comme une mole de $\mathrm{H_2SO_4}$. Pour un même titrage, la concentration en quantité de matière C_A est donc la même ; seule la masse molaire change.

Comme $AT_{\text{Alsace}} = C_A \times M(\mathrm{H_2A})$ et $AT = C_A \times M(\mathrm{H_2SO_4})$:

$$AT_{\text{Alsace}} = AT \times \frac{M(\mathrm{H_2A})}{M(\mathrm{H_2SO_4})} = AT \times \frac{150{,}0}{98{,}1}$$

Borne basse : $3{,}0 \times \dfrac{150{,}0}{98{,}1} = 4{,}6\ \mathrm{g\cdot L^{-1}}$; borne haute : $6{,}0 \times \dfrac{150{,}0}{98{,}1} = 9{,}2\ \mathrm{g\cdot L^{-1}}$.

L'équation donnée par le sujet doit se lire avec $2\,\mathrm{H_2O}$ parmi les produits ; cela ne change rien au raisonnement.

Proposition **b** : entre $4{,}6\ \mathrm{g\cdot L^{-1}}$ et $9{,}2\ \mathrm{g\cdot L^{-1}}$.

COMPRENDRE

L'équation de l'énoncé, $\mathrm{H_2A + 2\,HO^- \longrightarrow A^{2-} + H_2O}$, n'est pas équilibrée : deux $\mathrm{H^+}$ cédés forment deux molécules d'eau. Seul le rapport 1 pour 2 entre l'acide et $\mathrm{HO^-}$ sert ici.

MÉTHODE

Sans calcul : la masse molaire de l'acide tartrique est la plus grande, donc les bornes augmentent. La proposition c (bornes plus petites) et la a (inchangées) sont écartées.

À LA CALCULATRICE

