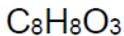


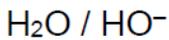
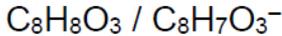
EXERCICE 01 – ARÔME DE VANILLE

1. Préparation d'une solution de référence

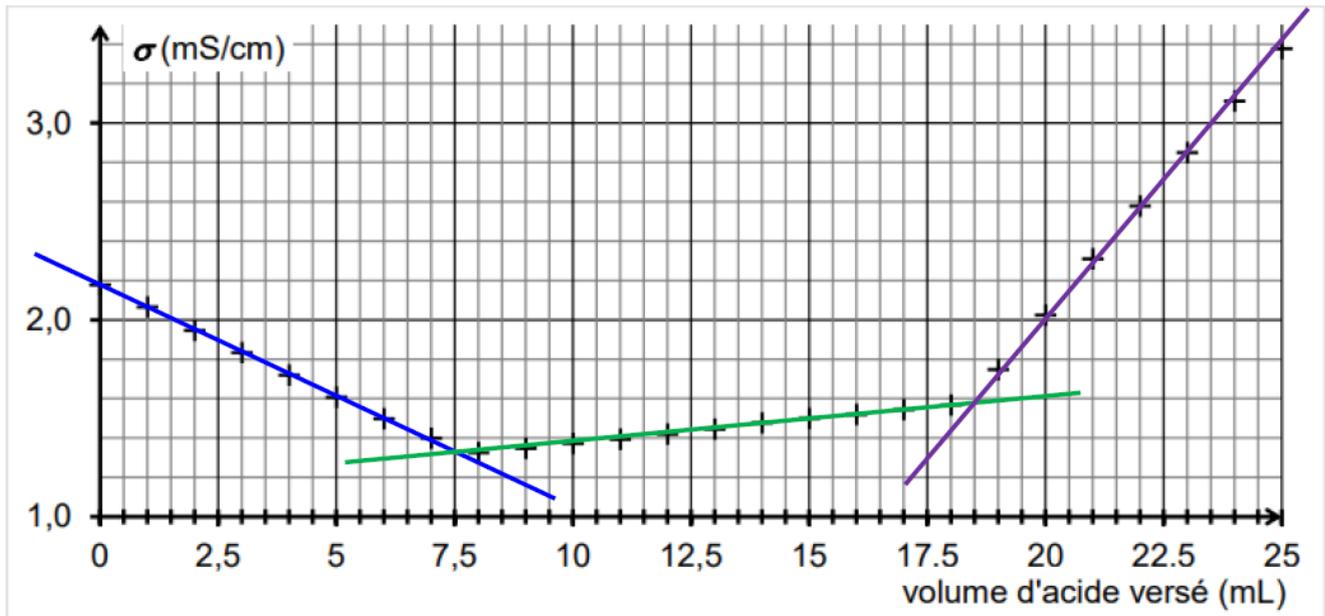
1.1. Écrire la formule brute de la vanilline.



1.2. Identifier les deux couples acide/base mis en jeu lors de cette réaction.

2. Titrage de la solution de référence S₁

On obtient la courbe de suivi du titrage suivante :

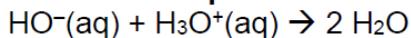


Cette courbe fait apparaître trois phases distinctes :

- première phase : titrage de l'excès des ions hydroxyde ;
- deuxième phase : titrage de la base conjuguée de la vanilline ;
- troisième phase : ajout d'acide en excès dans le milieu.

Première phase du titrage

2.1. Écrire l'équation de la réaction support du titrage qui a lieu lors de la première phase.



2.2. Déterminer graphiquement le volume d'acide nécessaire au titrage des ions hydroxyde.

On trace les segments de droite modélisant l'évolution de la conductivité.

Le volume d'acide est égal à l'abscisse du point d'intersection des deux premières demi-droites.

On lit $V_a = 7,5 \text{ mL}$.

2.3. Justifier la pente de la courbe lors de cette première phase.

La vanilline n'intervient pas.

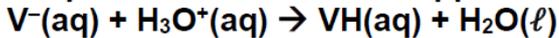
L'acide chlorhydrique a pour formule $(\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq}))$.

Les ions H_3O^+ apportés sont immédiatement consommés et ils consomment les ions hydroxyde HO^- .

L'apport d'ions chlorure Cl^- de conductivité molaire ionique λ bien inférieure à celle des ions HO^- ne compensent pas la baisse de conductivité σ du milieu réactionnel.

Deuxième phase du titrage

L'équation de la réaction support du deuxième titrage peut s'écrire :



2.4. D'après l'allure de la courbe dans cette deuxième phase du titrage, indiquer si la conductivité ionique molaire de l'ion vanillinate (V^-) est inférieure, supérieure ou égale à celle des ions chlorure. Justifier.

À chaque fois qu'un ion V^- est consommé, il apparaît un ion chlorure Cl^- apporté par l'acide chlorhydrique.

Or la conductivité σ augmente légèrement. Donc la conductivité molaire ionique de V^- est inférieure à celle de Cl^- .

2.5. Déterminer le volume d'acide nécessaire au seul titrage de l'ion vanillinate, en explicitant votre démarche.

On a déjà versé 7,5 mL d'acide pour consommer les ions HO^- .

La conductivité σ du milieu subit une rupture forte pour $V = 18,5$ mL.

Il a fallu verser $V_a = 18,5 - 7,5 = 11,0$ mL d'acide pour titrer les ions V^- .

2.6. En déduire la valeur de la concentration C_V en ions vanillinate dans la solution S_1 .

À l'équivalence $n_a = n_{V^-}$

$$C_a \cdot V_a = C_V \cdot V_1$$

remarque : ne pas tenir compte des 150 mL d'eau distillée

$$C_V = \frac{C_a \cdot V_a}{V_1}$$

$$C_V = \frac{1,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1} \times 11,0 \text{ mL}}{20,0 \text{ mL}} = 5,5 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

3. Dosage de la vanilline dans l'arôme alimentaire de vanille Bourbon

3.1. Les solutions S_2 et S_3 sont-elles colorées ? Justifier.

Les solutions S_2 et S_3 n'absorbent pas de lumière visible (400 nm à 800 nm), ainsi elles sont incolores.

3.2. Estimer la masse de vanilline présente dans 1 litre d'arôme alimentaire, en supposant la loi de Beer-Lambert vérifiée par les solutions dans les conditions de l'expérience.

Pour la solution S_3 , on lit $A_3 = 1,27$.

Pour la solution S_2 , on lit $A_2 = 0,60$.

D'après la loi de Beer-Lambert, $A = k \cdot C$.

$$\frac{A_3}{A_2} = \frac{C_{val}}{C_2} \text{ donc } C_2 = C_{val} \cdot \frac{A_2}{A_3}$$

$$C_2 = 5,3 \times 10^{-5} \times \frac{0,60}{1,27} = 2,5 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$$

Remarque : on vérifie approximativement la valeur du 2.6 car $C_{val} = C_V / 1000$

La solution S_2 contient $n_2 = C_2 \cdot V_2$ mole de vanilline avec $V_2 = 250,0$ mL.

Soit une masse $m_2 = C_2 \cdot V_2 \cdot M$

$$m_2 = 2,5 \times 10^{-5} \times 0,2500 \times 152 = 9,5 \times 10^{-4} \text{ g.}$$

Cette solution S_2 a été préparée à partir de 1,0 mL d'arôme alimentaire, donc dans 1,0 L = $1,0 \times 10^3$ mL, on aura une masse 1000 fois plus grande d'arôme.

$$m = 10^3 \times m_2$$

$$m = 10^3 \times 9,5 \times 10^{-4} = 0,95 \text{ g de vanilline}$$

EXERCICE 2 : DU CHLORE DANS LE RÉSEAU D'EAU POTABLE

Questions préalables.

1. Lors du dosage du chlore libre, sous quelle forme majoritaire se trouve le chlore libre dans la solution aqueuse ?
A pH=6,5, inférieur au pK_a du couple $\text{HClO} / \text{ClO}^-$ mais supérieur à 2,2, le chlore libre se trouve majoritairement sous forme HClO .
2. Déterminer la concentration molaire en chlore libre dans la solution S_3 avant réaction avec la DPD.

Facteur de dilution : $10,0 / 1,50 \sim 6,67$.

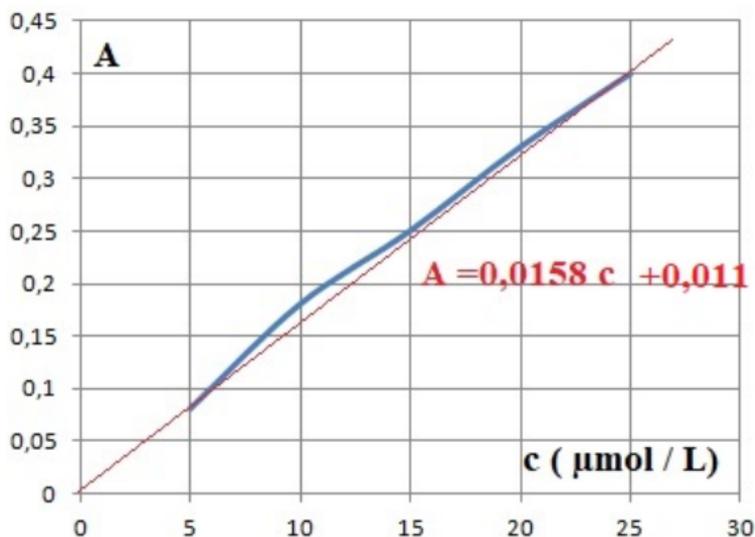
Concentration molaire en chlore libre dans la solution S_3 avant réaction avec la DPD.

$$c_0 / 6,67 = 1,0 \cdot 10^{-4} / 6,67 = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ mol / L.}$$

Problème.

Afin de vérifier la teneur en chlore libre d'un échantillon d'eau prélevé à la sortie d'une usine de traitement, un laboratoire mesure une absorbance égale à 0,15 à l'aide du protocole ci-dessus. La teneur en chlore libre est-elle conforme à la législation ? (teneur minimale en chlore libre 0,3 mg / L).

	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
Concentration ($\mu\text{mol} / \text{L}$)	$100 \cdot 0,50 / 10$ = 5,0	$10 \cdot 1 / 10$ = 10	15	$100 \cdot 2 / 10$ = 20	$100 \cdot 2,50 / 10$ = 25
A	0,08	0,18	0,25	0,33	0,40



Concentration en chlore libre de cette eau : $0,14 / 0,0158 \sim 9,0 \mu\text{mol} / \text{L}$.

Masse de chlore libre : $M(\text{Cl}) \cdot 9 \cdot 10^{-6} = 35,5 \cdot 9 \cdot 10^{-6} \sim 3,2 \cdot 10^{-4} \text{ g} / \text{L} = 0,32 \text{ mg} / \text{L}$.

Cette valeur étant supérieure à 0,3 mg / L, cette eau est conforme.

Exercice 3 – DÉTERMINATION DE LA VALEUR DU CHAMP DE PESANTEUR SUR LA LUNE

Q.1. En appliquant la 2^{ème} loi de Newton ($\sum \vec{F}_{ext} = m \times \vec{a}$) au système {balle} dans le référentiel lunaire considéré galiléen : $\vec{P} = m \times \vec{g}_L = m \times \vec{a}$ donc $\vec{a} = \vec{g}_L$

Donc $\vec{a} \begin{cases} a_x = g_{Lx} = 0 \\ a_y = g_{Ly} = -g_L \end{cases}$

Q.2. Par définition, $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$, on primitive les coordonnées de \vec{a} pour obtenir les coordonnées de \vec{v} en tenant compte des conditions initiales (C.I.) :

$$\vec{a} \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g_L \end{cases} \xrightarrow[\text{C.I. : } \vec{v}_0 \begin{cases} v_{0x} = (v_0 \times \cos \theta) \\ v_{0y} = (v_0 \times \sin \theta) \end{cases}]{\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} : \text{on primitive}} \vec{v} \begin{cases} v_x = (v_0 \times \cos \theta) \\ v_y = -g_L \times t + (v_0 \times \sin \theta) \end{cases}$$

Par définition, $\vec{v} = \frac{d\vec{OG}}{dt}$, on primitive les coordonnées de \vec{v} pour obtenir les coordonnées de \vec{OG} en tenant compte des conditions initiales (C.I.) :

$$\vec{v} \begin{cases} v_x = (v_0 \times \cos \theta) \\ v_z = -g_L \times t + (v_0 \times \sin \theta) \end{cases} \xrightarrow[\text{C.I. : } \vec{OG}_0 \begin{cases} x_0 = 0 \\ y_0 = 0 \end{cases}]{\vec{v} = \frac{d\vec{OG}}{dt} : \text{on primitive}} \vec{OG} \begin{cases} x(t) = (v_0 \times \cos \theta) \times t + 0 \\ y(t) = -\frac{1}{2} g_L \times t^2 + (v_0 \times \sin \theta) \times t + 0 \end{cases}$$

Q.3. Le vol se termine à la date $t = t_{vol}$ quand la balle touche le sol donc $y(t_{vol}) = 0$.

Ainsi $y(t_{vol}) = -\frac{1}{2} g_L \times t_{vol}^2 + (v_0 \times \sin \theta) \times t_{vol} = 0$

La durée du vol n'étant pas nulle, on peut diviser par t_{vol} :

$$-\frac{1}{2} g_L \times t_{vol} + (v_0 \times \sin \theta) = 0 \Leftrightarrow \frac{1}{2} g_L \times t_{vol} = v_0 \times \sin \theta \Leftrightarrow t_{vol} = \frac{2 \times v_0 \times \sin \theta}{g_L} \quad \text{CQFD}$$

Q.4. On a établi que $x(t) = (v_0 \times \cos \theta) \times t$ donc $x(t_{vol}) = (v_0 \times \cos \theta) \times t_{vol}$

Ainsi $t_{vol} = \frac{x(t_{vol})}{v_0 \times \cos \theta} = \frac{x_p}{v_0 \times \cos \theta}$ avec les notations de l'énoncé.

Q.5. En égalant les deux expressions de t_{vol} : $\frac{2 \times v_0 \times \sin \theta}{g_L} = \frac{x_p}{v_0 \times \cos \theta}$

$$\Leftrightarrow \frac{g_L}{2 \times v_0 \times \sin \alpha} = \frac{v_0 \times \cos \theta}{x_p} \Leftrightarrow g_L = \frac{2 \times v_0 \times \sin \theta \times v_0 \times \cos \theta}{x_p} \text{ donc } g_L = \frac{2 \times v_0^2 \times \cos \theta \times \sin \theta}{x_p} \quad \text{CQFD}$$

Q.6. $g_L = \frac{2 \times \left(\frac{30}{3,6}\right)^2 \times \cos 25^\circ \times \sin 25^\circ}{36} = 1,5 \text{ m.s}^{-2}$

$$\frac{2 * \left(\frac{30}{3,6}\right)^2 * \cos(25) * \sin(25)}{36} = 1.477709188E0$$

Q.7. $g_{L0} = \frac{G.M_L}{R_L^2}$

$$g_{L0} = \frac{6,67 \times 10^{-11} \times 7,34 \times 10^{22}}{(1740 \times 10^3)^2} = 1,62 \text{ m.s}^{-2}$$

$$\frac{6.67E-11 * 7.34E22}{1740E3^2} = 1.617049808E0$$

Q.8. Les 2 valeurs trouvées sont très proches (1,5 et 1,62) et donc cohérentes.

On peut toutefois critiquer la 1^{ère} valeur au vu de la précision des données.

Rq : en absence d'incertitude, on ne peut pas calculer d'écart normalisé (« z-score »).