Corrigé complet — Bac S 2011 Liban (ancien programme)

Physique-chimie, enseignement de spécialité **20 points** **3 h 30**

Ex 1	**Un jeu d'enfant** Oscillateur masse-ressort · Période propre · Constante de raideur · Analyse dimensionnelle · Vitesse et dérivée · Énergies cinétique et potentielle	6 pts	1 h 18	19 questions	p. 2
Ex 2	**Suivi cinétique d'une transformation par spectrophotométrie** Diffraction par une fente · Dispersion et réfraction · Loi de Beer-Lambert · Tableau d'avancement · Vitesse volumique de réaction · Temps de demi-réaction	6 pts	1 h 18	16 questions	p. 7
Ex 3	**L'acidité d'un vin** pH et concentration en ions oxonium · Groupes caractéristiques · Diagramme de prédominance · Taux d'avancement final · Constante d'équilibre · Titrage pH-métrique	4 pts	52 min	12 questions	p. 11
Ex 4	**Spécialité : un conservateur alimentaire dans un soda** Extraction liquide-liquide · Couple acide-base et diagramme de prédominance · Constante d'acidité · Solubilité · Titrage colorimétrique · Équivalence	4 pts	52 min	10 questions	p. 16

Comment s'en servir. Fais d'abord le sujet en temps limité, puis corrige-toi exercice par exercice. À gauche de chaque question, sur les carreaux : ce qu'il faut écrire sur ta copie. À droite : les pièges, ce qu'il faut comprendre et les méthodes.

Un jeu d'enfant

Bac S 2011 Liban (ancien programme) · Exercice 1 **6 points** **Durée conseillée 1 h 18**

1.1 La figurine est écartée verticalement vers le bas de sa position d'équilibre puis abandonnée. Décrire son mouvement.

Les frottements étant négligés, la figurine effectue des oscillations verticales autour de sa position d'équilibre, sans amortissement : elles sont périodiques et d'amplitude constante.

Mouvement rectiligne vertical, oscillant, périodique (oscillations libres non amorties).

COMPRENDRE
Trois mots sont attendus : la direction (verticale), la nature (oscillations de part et d'autre de l'équilibre) et le caractère périodique, qui découle de l'absence de frottements.

1.2 Définir la période du mouvement.

La période est la durée d'une oscillation complète : la plus petite durée au bout de laquelle la figurine repasse par la même position en se déplaçant dans le même sens.

PIÈGE
Oublier « dans le même sens ». Entre deux passages successifs par la position d'équilibre, il ne s'écoule qu'une demi-période.

1.3.1 Pourquoi les élèves ont-ils mesuré plusieurs périodes ?

L'incertitude du chronométrage (déclenchement et arrêt à la main) est la même pour une ou dix oscillations. En divisant la durée mesurée par 10, on divise aussi cette incertitude par 10.

Mesurer 10 périodes rend la valeur d'une période plus précise.

1.3.2 Quelle est la valeur d'une période ?

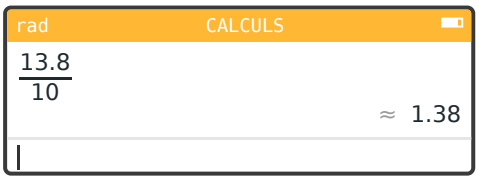
Données utiles $\Delta t = 13{,}8$ s pour 10 périodes

$\Delta t = 10\,T_0$ donc $T_0 = \dfrac{\Delta t}{10} = \dfrac{13{,}8}{10}$

$T_0 = 1{,}38$ s

COMPRENDRE
La durée mesurée a trois chiffres significatifs et 10 est un nombre exact : le résultat garde trois chiffres significatifs.

À LA CALCULATRICE



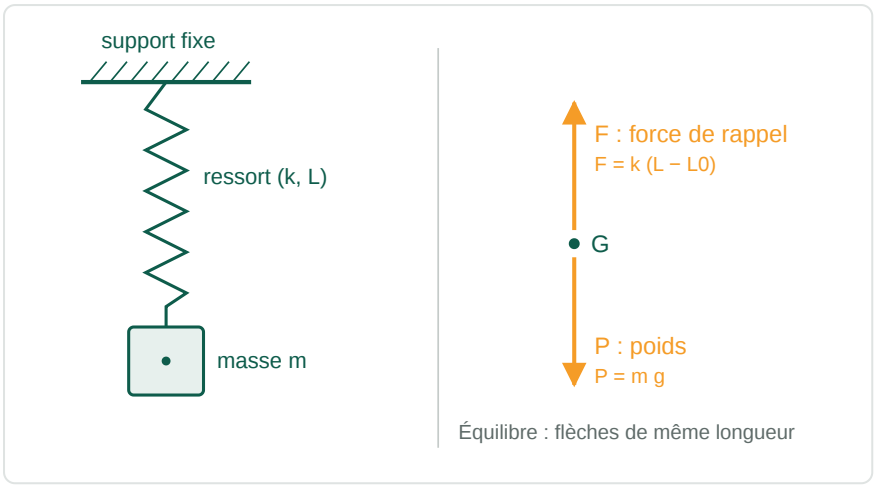
2.1 Faire le bilan des forces qui s'exercent sur la masse marquée et le représenter sur un schéma.

Système : la masse marquée, dans le référentiel terrestre.
Frottements et poussée d'Archimède sont négligés. Deux forces :

- le poids $\vec{P}$: vertical, vers le bas, de valeur $P = m\,g$;
- la force de rappel du ressort $\vec{F}$: verticale, vers le haut (le ressort est étiré), de valeur $F = k\,(L - L_0)$.

Deux forces verticales et opposées : $\vec{P}$ vers le bas, $\vec{F}$ vers le haut.

PIÈGE
Sur le schéma, la masse est à l'équilibre : les deux flèches doivent avoir la même longueur. Une flèche plus longue que l'autre contredit la question suivante.



2.1 · Schéma du dispositif et forces appliquées à la masse (représentées à partir de G)

2.2 En étudiant l'équilibre de la masse marquée, établir l'expression de k en fonction de m, g, L_0 et L.

La masse est immobile dans le référentiel terrestre supposé galiléen.
D'après la première loi de Newton (principe d'inertie) : $\vec{P} + \vec{F} = \vec{0}$.

Les deux forces ont donc la même valeur : $m\,g = k\,(L - L_0)$.

$$k = \frac{m\,g}{L - L_0}$$

MÉTHODE
Équilibre : écrire que la somme vectorielle des forces est nulle, puis passer aux valeurs. L'allongement du ressort est $L - L_0$, pas L.

2.3 À partir de la mesure donnée, calculer la valeur numérique de k.

Données utiles $m = 20{,}0$ g ; $L = 40{,}1$ cm ; $L_0 = 25{,}5$ cm ; $g = 9{,}8\ \text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$

Avec $m = 20{,}0 \times 10^{-3}$ kg et $L - L_0 = 40{,}1 - 25{,}5 = 14{,}6$ cm $= 0{,}146$ m :

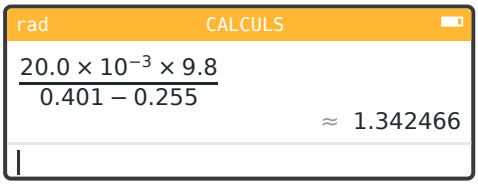
$$k = \frac{20{,}0 \times 10^{-3} \times 9{,}8}{0{,}146} = 1{,}34\ \text{N} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$k \approx 1{,}3\ \text{N} \cdot \text{m}^{-1}$$

PIÈGE
Laisser la masse en grammes ou les longueurs en centimètres : on obtient alors une valeur fausse d'un facteur 10 à 10^5.

COMPRENDRE
g n'a que deux chiffres significatifs : le résultat s'écrit $1{,}3\ \text{N} \cdot \text{m}^{-1}$. On conserve $1{,}34$ pour les calculs suivants.

À LA CALCULATRICE



3.1 Quelle est l'influence de la masse sur la période T_0 ?

Dans le tableau, quand la masse passe de 20,0 g à 70,0 g, la période passe de 0,78 s à 1,43 s.

La période T_0 augmente quand la masse augmente.

3.2 Les deux grandeurs sont-elles proportionnelles ? Justifier.

Si elles l'étaient, doubler la masse doublerait la période. Or, de 20,0 g à 40,0 g, la période passe de 0,78 s à 1,10 s, et non à $2 \times 0{,}78 = 1{,}56$ s.

T_0 et m ne sont pas proportionnelles.

MÉTHODE
Autre justification possible : calculer le quotient T_0/m pour deux colonnes du tableau et constater qu'il n'est pas constant.

3.3 Par une analyse dimensionnelle, choisir l'expression correcte de T_0 parmi (a), (b) et (c).

D'après 2.2, $k = \dfrac{m\,g}{L - L_0}$; g est une accélération, en $\mathrm{m \cdot s^{-2}}$. Donc k s'exprime en $\dfrac{\mathrm{kg \cdot m \cdot s^{-2}}}{\mathrm{m}} = \mathrm{kg \cdot s^{-2}}$.

- (a) $\sqrt{k/m}$: $\sqrt{\mathrm{kg \cdot s^{-2}/kg}} = \mathrm{s^{-1}}$, ce n'est pas une durée.
- (b) $\sqrt{m\,k}$: $\sqrt{\mathrm{kg^2 \cdot s^{-2}}} = \mathrm{kg \cdot s^{-1}}$, ce n'est pas une durée.
- (c) $\sqrt{m/k}$: $\sqrt{\mathrm{kg/(kg \cdot s^{-2})}} = \sqrt{\mathrm{s^2}} = \mathrm{s}$, c'est une durée.

Expression (c) : $T_0 = 2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}}$

COMPRENDRE
Le facteur 2π est un nombre sans unité : il ne joue aucun rôle dans l'analyse. L'expression (c) est aussi la seule cohérente avec 3.1 : T_0 augmente avec m.

3.4 En déduire la valeur de la masse de la figurine.

Données utiles $T_0 = 1{,}38$ s (1.3.2) ; $k = 1{,}34\ \mathrm{N \cdot m^{-1}}$ (2.3)

$T_0 = 2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}}$ donne $T_0^2 = 4\pi^2\,\dfrac{m}{k}$, soit $m = \dfrac{k\,T_0^2}{4\pi^2}$.

$$m = \frac{1{,}34 \times 1{,}38^2}{4\pi^2} = 6{,}5 \times 10^{-2}\ \mathrm{kg}$$

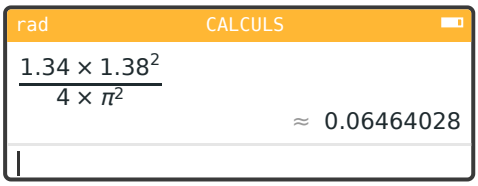
Cette valeur est cohérente avec le tableau : 1,38 s est comprise entre 1,35 s (60,0 g) et 1,43 s (70,0 g).

$m \approx 65$ g

PIÈGE
Oublier d'élever T_0 et 2π au carré en isolant m. Vérifier avec le tableau évite cette erreur : la masse doit se situer entre 60 g et 70 g.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme k. Avec k arrondi trop tôt à $1{,}3\ \mathrm{N \cdot m^{-1}}$, on trouverait 63 g.

À LA CALCULATRICE



4.1 En utilisant la figure 1 de l'annexe, déterminer la période et l'amplitude du mouvement.

Amplitude : la valeur maximale de z sur la figure 1 est $z_m = 0{,}070$ m.

Période : z est maximale à $t = 0$ puis de nouveau à $t \approx 1{,}4$ s. La durée entre ces deux maximums est une période.

$z_m = 0{,}070$ m et $T_0 \approx 1{,}4$ s, en accord avec la valeur 1,38 s du chronométrage.

COMPRENDRE
L'amplitude est l'écart maximal par rapport à la position d'équilibre ($z = 0$), soit 7,0 cm, et non la distance de 14 cm entre le point le plus haut et le point le plus bas.

4.2 À l'aide du tableau de la figure 2, déterminer par un calcul simple une valeur approchée de v_z à l'instant $t = 0{,}24$ s.

Données utiles $z(0{,}20\ \mathrm{s}) = 0{,}043$ m ; $z(0{,}28\ \mathrm{s}) = 0{,}020$ m

La vitesse à une date est voisine de la vitesse moyenne entre les deux dates qui l'encadrent :

$$v_z(0{,}24) \approx \frac{z(0{,}28) - z(0{,}20)}{0{,}28 - 0{,}20} = \frac{0{,}020 - 0{,}043}{0{,}08}$$

$v_z(0{,}24) \approx -0{,}29\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$

COMPRENDRE
Le signe négatif indique que la figurine descend (axe orienté vers le haut). La valeur s'insère bien entre ses voisines du tableau : $-0{,}25$ et $-0{,}30\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{0.020 - 0.043}{0.28 - 0.20} \approx -0.2875$$

5.1 À partir de l'expression de $z(t)$, exprimer la fonction $v_z(t)$.

La coordonnée de la vitesse est la dérivée de la position par rapport au temps : $v_z = \dfrac{\mathrm{d}z}{\mathrm{d}t}$.

La dérivée de $\cos(a\,t + b)$ est $-a\,\sin(a\,t + b)$, avec ici $a = \dfrac{2\pi}{T_0}$.

$$v_z(t) = -\frac{2\pi}{T_0}\, z_m\, \sin\left(\frac{2\pi}{T_0}\, t + \varphi_0\right)$$

PIÈGE

Oublier le facteur $\dfrac{2\pi}{T_0}$ qui sort de la dérivation, ou le signe « $-$ ».

5.2 Représenter l'allure de $v_z(t)$ sur le graphe de la figure 1 de l'annexe (aucune graduation de l'axe v_z n'est demandée).

D'après le tableau, $v_z = 0$ à $t = 0$, puis v_z devient négative. La courbe de v_z est une sinusoïde de même période que $z(t)$:

- v_z est nulle quand z est maximale ou minimale (la figurine fait demi-tour) ;
- v_z est extrémale quand $z = 0$: minimale quand la figurine descend, maximale quand elle monte.

Sinusoïde de période T_0, partant de 0 et commençant par décroître (voir l'annexe complétée).

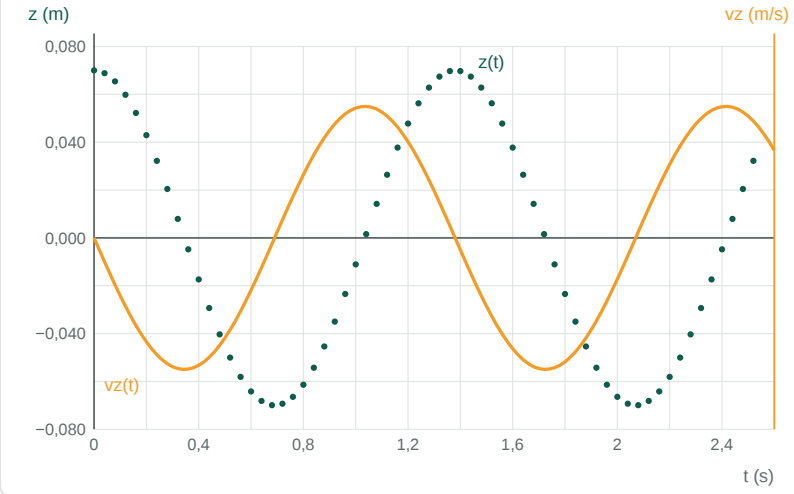
COMPRENDRE

La valeur maximale de la vitesse est $\dfrac{2\pi}{T_0}\, z_m \approx 0{,}32\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$: c'est bien la plus grande valeur du tableau, atteinte à $t = 0{,}36$ s, près du passage par $z = 0$.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{2 \times \pi \times 0.070}{1.38} \approx 0.3187123$$



5.2 · Figure 1 de l'annexe complétée : allure de vz(t) en orange (axe de droite, sans graduation)

5.3 En utilisant les conditions initiales du mouvement, déterminer la valeur de φ_0.

À $t = 0$, la figurine est à sa position la plus haute : $z(0) = z_m$.

Or $z(0) = z_m \cos(\varphi_0)$, donc $\cos(\varphi_0) = 1$.

$$\varphi_0 = 0$$

COMPRENDRE

On vérifie avec la seconde condition initiale : $v_z(0) = -\dfrac{2\pi}{T_0}\, z_m\, \sin(0) = 0$, comme dans le tableau.

6.1 Laquelle des deux courbes de la figure 3 correspond à l'énergie cinétique ? Justifier.

$E_c = \frac{1}{2} m v^2$. À $t = 0$, la vitesse est nulle, donc l'énergie cinétique est nulle. Seule la courbe 2 part de zéro à $t = 0$.

La courbe 2 représente l'énergie cinétique ; la courbe 1 représente l'énergie potentielle totale.

6.2 Comparer la période des énergies à la période de l'oscillateur.

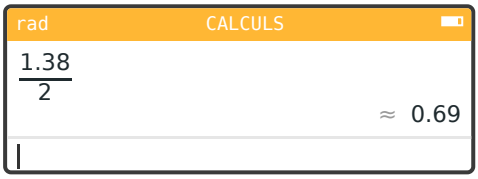
Sur la figure 3, la courbe 1 est maximale à $t = 0$ et retrouve son maximum pour la deuxième fois vers $t \approx 1{,}4$ s : deux périodes des énergies durent environ 1,4 s, soit $T_E \approx 0{,}7$ s.

$T_E \approx 0{,}7 \text{ s} = \frac{T_0}{2}$: la période des énergies est la moitié de celle de l'oscillateur.

COMPRENDRE

E_c dépend de v^2 : elle est la même que la figurine monte ou descende. Elle s'annule donc deux fois par oscillation, à chaque demi-tour.

À LA CALCULATRICE



6.3 En quoi les courbes de la figure 3 montrent-elles que les forces de frottement peuvent être négligées ?

Quand une énergie est maximale, l'autre est nulle, et les deux courbes ont le même maximum, qui ne diminue pas d'une oscillation à la suivante. La somme $E_c + E_p$ garde donc la même valeur à chaque instant.

L'énergie mécanique se conserve : aucune énergie n'est dissipée, les frottements sont négligeables.

COMPRENDRE

Avec des frottements, l'énergie mécanique diminuerait au cours du temps : les maximums des deux courbes seraient de plus en plus bas.

Suivi cinétique d'une transformation par spectrophotométrie

Bac S 2011 Liban (ancien programme) · Exercice 2 **6 points** **Durée conseillée 1 h 18**

1.1.1 Partie A. Quel phénomène observe-t-on lorsque la lumière traverse une fente de petite largeur ?

Le faisceau s'étale après la fente au lieu de continuer en ligne droite : l'écran montre une tache centrale entourée de taches secondaires.

Il s'agit du phénomène de **diffraction**.

COMPRENDRE
La diffraction est nette quand la largeur de l'ouverture est de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde, ou seulement quelques centaines de fois plus grande, comme ici.

1.1.2 Dans la relation $\theta = \dfrac{\lambda}{a}$, préciser les unités de chaque grandeur.

θ en radian (rad) ; λ et a en mètre (m).

PIÈGE
Donner θ en degré. Un rapport de deux longueurs n'a pas de dimension : l'angle obtenu est forcément en radian.

1.1.3 Avec $\tan\theta \approx \theta$, établir que $L = \dfrac{2\lambda D}{a}$.

Dans le triangle rectangle formé par la fente, le centre de l'écran et un bord de la tache centrale :

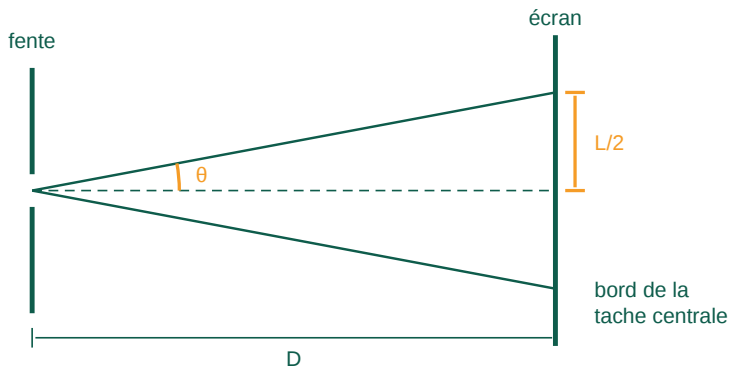
$$\tan\theta = \frac{L/2}{D} = \frac{L}{2D}$$

L'angle étant petit, $\tan\theta \approx \theta$, donc $\theta = \dfrac{L}{2D}$.

Or $\theta = \dfrac{\lambda}{a}$, d'où $\dfrac{L}{2D} = \dfrac{\lambda}{a}$.

$$L = \frac{2\lambda D}{a}$$

PIÈGE
Écrire $\tan\theta = L/D$. L'angle θ est mesuré entre l'axe et le bord de la tache : le côté opposé est la demi-largeur $L/2$.



1.1.3 · Triangle rectangle utilisé : côté opposé $L/2$, côté adjacent D

1.1.4 Déterminer la largeur de la tache centrale pour une radiation de longueur d'onde λ_1 égale à 500 nm.

Données utiles $\lambda_1 = 500$ nm ; $D = 2{,}0$ m ; $a = 100\ \mu$m

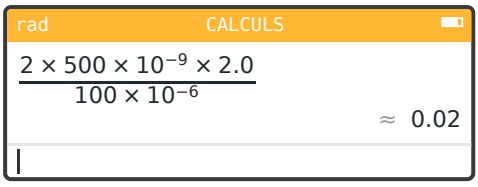
$$L_1 = \frac{2\lambda_1 D}{a} = \frac{2 \times 500 \times 10^{-9} \times 2{,}0}{100 \times 10^{-6}} = 2{,}0 \times 10^{-2}\ \text{m}$$

$L_1 = 2{,}0$ cm

PIÈGE
Laisser λ en nm ou a en µm. Les trois longueurs doivent être en mètre avant le calcul.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme D, la donnée la moins précise.

À LA CALCULATRICE



1.1.5 La fente est éclairée en lumière blanche ; la tache centrale mesure 2,8 cm pour $\lambda_2 = 700$ nm. Qu'observe-t-on sur l'écran ?

Données utiles $L_1 = 2{,}0$ cm pour 500 nm (1.1.4) ; $L_2 = 2{,}8$ cm pour 700 nm

Chaque radiation de la lumière blanche donne sa propre figure de diffraction, centrée au même point, avec une tache centrale d'autant plus large que λ est grande (2,0 cm à 500 nm, 2,8 cm à 700 nm).

Au centre, toutes les radiations sont présentes : leur superposition redonne du blanc. Sur les bords, elles ne se recouvrent plus toutes.

Tache centrale **blanche**, bordée de couleurs (irisée, rouge vers l'extérieur) ; les taches secondaires sont colorées.

COMPRENDRE
Le bord extérieur est rouge car seules les grandes longueurs d'onde s'étalent jusque-là.

1.2 Sachant que l'écart angulaire θ augmente avec la longueur d'onde, quelle sera la couleur la plus déviée par le réseau ?

La radiation la plus déviée est celle de plus grande longueur d'onde. Dans le visible, c'est l'extrémité rouge du spectre (vers 750 à 800 nm).

La couleur la plus déviée est le **rouge**.

2.1 Définir un milieu dispersif.

Un milieu est dispersif si la célérité d'une onde qui s'y propage dépend de sa fréquence.

COMPRENDRE
Pour la lumière, $n = c/v$: dans le verre, l'indice dépend donc de la radiation. C'est ce qui permet au prisme de séparer les couleurs.

2.2 Les radiations rouge et bleue arrivent avec le même angle d'incidence i_1. Pour laquelle l'angle de réfraction dans le prisme est-il le plus grand ?

Données utiles $n_R = 1{,}6$; $n_B = 1{,}7$; n_{air} identique pour les deux radiations

Loi de Descartes : $\sin i_2 = \dfrac{n_{air}\ \sin i_1}{n}$.

Le numérateur est le même pour les deux radiations et $n_R < n_B$, donc $\sin i_{2R} > \sin i_{2B}$.

Entre 0° et 90° le sinus est une fonction croissante, donc $i_{2R} > i_{2B}$.

L'angle de réfraction est le plus grand pour la radiation **rouge**.

COMPRENDRE
i_2 plus grand signifie un rayon plus proche de la direction incidente : le rouge est le moins dévié par le prisme, alors qu'il est le plus dévié par le réseau.

1.1 Partie B. L'ion iodure étant le réactif limitant et la réaction totale, déterminer la concentration du diiode dans le mélange à l'état final.

Données utiles $C_0 = 2{,}0 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $V_0 = V_1 = 1{,}0\ \text{mL}$

L'ion iodure est limitant : $n_0 - 2x_{max} = 0$, soit $x_{max} = \dfrac{C_0 V_0}{2}$.

D'après le tableau, $n(\text{I}_2)_f = x_{max}$, dans un volume $V_0 + V_1$:

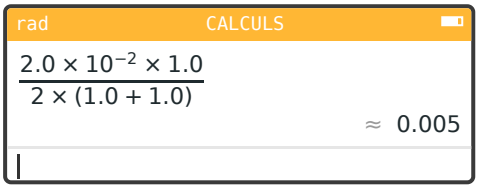
$$[\text{I}_2]_f = \frac{C_0 V_0}{2\,(V_0 + V_1)} = \frac{2{,}0 \times 10^{-2} \times 1{,}0}{2 \times (1{,}0 + 1{,}0)}$$

$\boxed{[\text{I}_2]_f = 5{,}0 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}}$

PIÈGE
Diviser par V_0 seul. Le diiode se trouve dans le mélange, de volume $V_0 + V_1 = 2{,}0$ mL.

MÉTHODE
Les volumes peuvent rester en mL ici : ils figurent au numérateur et au dénominateur, l'unité se simplifie.

À LA CALCULATRICE



1.2 Montrer que la valeur de la constante k est $2{,}0 \times 10^2$. Préciser son unité.

Données utiles $[\text{I}_2]_f = 5{,}0 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (1.1) ; courbe $A(t)$

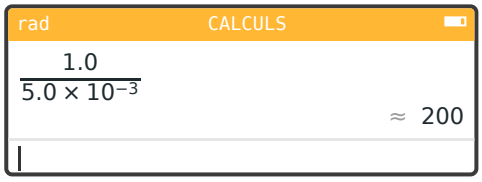
Aux grandes dates, la courbe $A(t)$ atteint un palier : $A_f = 1{,}0$. La réaction est alors terminée, donc $A_f = k\,[\text{I}_2]_f$.

$$k = \frac{A_f}{[\text{I}_2]_f} = \frac{1{,}0}{5{,}0 \times 10^{-3}} = 2{,}0 \times 10^2\ \text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$$

L'absorbance est sans unité : k a l'unité inverse d'une concentration.

$\boxed{k = 2{,}0 \times 10^2\ \text{L} \cdot \text{mol}^{-1}\text{, valeur attendue.}}$

À LA CALCULATRICE



2.1 Montrer que $x(t) = \dfrac{V_0 + V_1}{k}\,A(t)$.

D'après le tableau d'avancement, $n(\text{I}_2) = x(t)$, donc $[\text{I}_2](t) = \dfrac{x(t)}{V_0 + V_1}$.

La loi donnée s'écrit alors $A(t) = k\,\dfrac{x(t)}{V_0 + V_1}$.

$\boxed{x(t) = \dfrac{V_0 + V_1}{k}\,A(t)}$

COMPRENDRE
L'avancement est proportionnel à l'absorbance : les courbes $A(t)$ et $x(t)$ ont la même allure, seule l'échelle verticale change.

2.2 Calculer le coefficient $\dfrac{V_0 + V_1}{k}$. Quelle est l'unité des valeurs portées sur l'axe des ordonnées du graphe $x(t)$?

Données utiles $V_0 + V_1 = 2{,}0 \times 10^{-3}\ \text{L}$; $k = 2{,}0 \times 10^2\ \text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$ (1.2) ; $A_f = 1{,}0$

$$\frac{V_0 + V_1}{k} = \frac{2{,}0 \times 10^{-3}}{2{,}0 \times 10^2} = 1{,}0 \times 10^{-5}\ \text{mol}$$

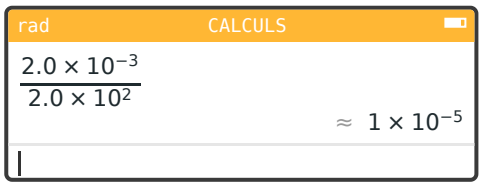
À l'état final : $x_f = 1{,}0 \times 10^{-5} \times 1{,}0 = 1{,}0 \times 10^{-5}\ \text{mol} = 0{,}010$ mmol.

Sur le graphe, le palier se lit à 0,01.

Coefficient : $1{,}0 \times 10^{-5}$ mol ; l'axe des ordonnées est gradué en **millimole** (mmol).

PIÈGE
Laisser le volume en mL : k est en $\text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$, il faut $V_0 + V_1$ en litre pour obtenir des moles.

À LA CALCULATRICE



3.1 Définir la vitesse volumique de réaction v_R.

$v_R = \dfrac{1}{V}\dfrac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}$, avec V le volume du mélange réactionnel (ici $V_0 + V_1$, constant) et x l'avancement en mol ; v_R s'exprime en $\mathrm{mol \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}}$.

COMPRENDRE
Le programme actuel définit plutôt la vitesse volumique d'apparition d'un produit. Ici $[\mathrm{I_2}] = x/V$, donc $v_R = \dfrac{\mathrm{d}[\mathrm{I_2}]}{\mathrm{d}t}$: c'est la même grandeur.

3.2 En précisant la méthode utilisée, décrire l'évolution de la vitesse volumique de réaction au cours du temps.

V étant constant, v_R est proportionnelle à $\dfrac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}$, c'est-à-dire au coefficient directeur de la tangente à la courbe $x(t)$ à la date considérée.

On trace des tangentes à plusieurs dates : elles sont de moins en moins inclinées, puis horizontales sur le palier.

La vitesse volumique de réaction **diminue** au cours du temps et finit par s'annuler.

3.3 Quel facteur explique cette évolution ?

Le facteur cinétique en jeu est la **concentration des réactifs** : elle diminue au fil de la réaction, donc la vitesse diminue.

COMPRENDRE
La température, autre facteur cinétique, ne varie pas dans la cuve. Moins d'ions réactifs par unité de volume, c'est moins de rencontres efficaces par seconde.

3.4 Déterminer le temps de demi-réaction.

Données utiles $x_f = 0{,}010$ mmol (2.2) ; courbe $x(t)$

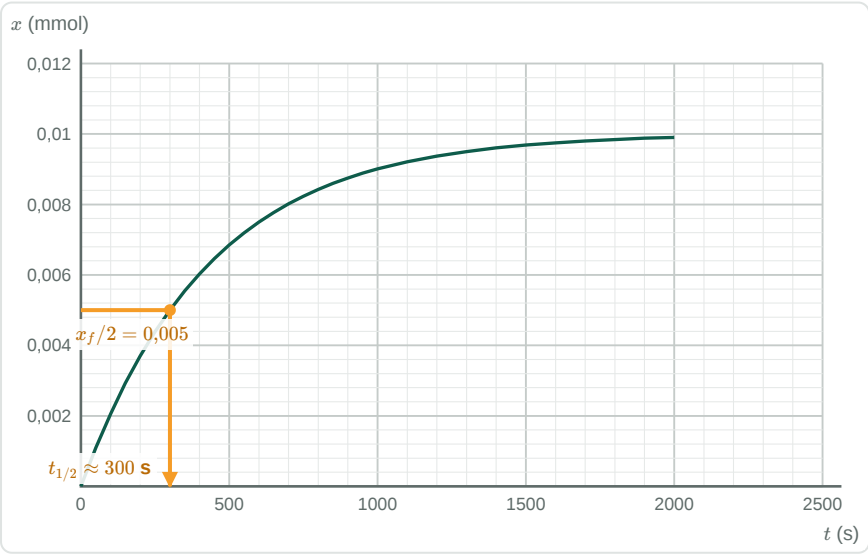
Le temps de demi-réaction est la durée au bout de laquelle l'avancement vaut la moitié de sa valeur finale :

$$x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2} = \frac{0{,}010}{2} = 0{,}005 \text{ mmol}$$

On reporte cette valeur sur la courbe $x(t)$ et on lit l'abscisse du point correspondant.

$t_{1/2} \approx 3{,}0 \times 10^2$ s

PIÈGE
Prendre la moitié de la durée totale de l'expérience (1000 s). On divise l'avancement final par deux, pas le temps.



3.4 · Courbe $x(t)$ du sujet, avec la lecture du temps de demi-réaction

L'acidité d'un vin

Bac S 2011 Liban (ancien programme) · Exercice 3 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Déterminer la concentration molaire en ions oxonium H_3O^+ d'un vin de pH égal à 3,0.

Données utiles $\text{pH} = 3{,}0$

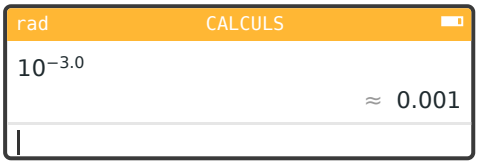
Par définition du pH : $[H_3O^+] = c^\circ \times 10^{-\text{pH}}$ avec $c^\circ = 1\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

$[H_3O^+] = 10^{-3{,}0}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

$[H_3O^+] = 1{,}0 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

COMPRENDRE
Un pH donné avec un chiffre après la virgule conduit à une concentration à deux chiffres significatifs : on écrit $1{,}0 \times 10^{-3}$ et non 10^{-3}.

À LA CALCULATRICE



1.2 Calculer la concentration molaire de l'acide éthanoïque à partir de laquelle le goût aigre est perçu.

Données utiles seuil de perception : $t = 0{,}6\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$; $M = 60\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Le texte donne une concentration en masse t. La concentration molaire s'en déduit par $c = \dfrac{t}{M}$.

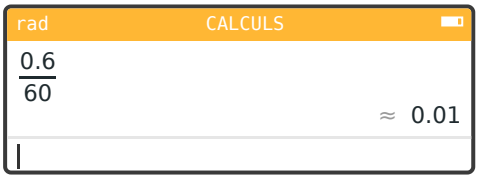
$c = \dfrac{0{,}6}{60} = 0{,}01\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

Le goût aigre est perçu si $c > 1 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

PIÈGE
Multiplier par M au lieu de diviser. Le contrôle par les unités tranche : $\dfrac{\text{g} \cdot \text{L}^{-1}}{\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}} = \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

COMPRENDRE
La valeur $0{,}6\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ n'a qu'un chiffre significatif : le résultat n'en garde qu'un.

À LA CALCULATRICE



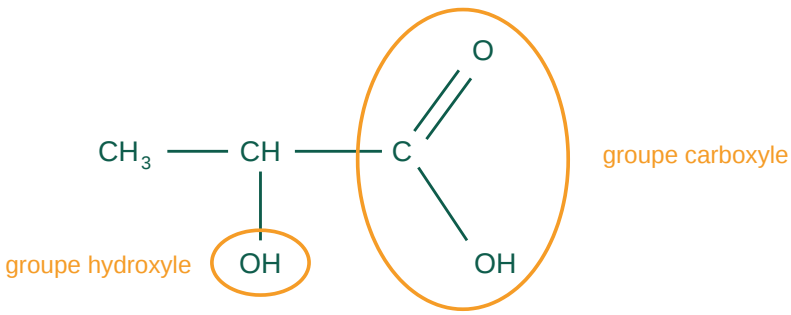
1.3 Recopier la formule semi-développée de l'acide lactique en entourant et en nommant les groupes caractéristiques.

La molécule porte deux groupes caractéristiques (voir la formule recopiée) :

- le groupe $-\text{OH}$ lié au carbone central : groupe **hydroxyle** (famille des alcools) ;
- le groupe $-\text{COOH}$ en bout de chaîne : groupe **carboxyle** (famille des acides carboxyliques).

Acide lactique : un groupe hydroxyle et un groupe carboxyle.

PIÈGE
Entourer séparément $\text{C}{=}\text{O}$ et $-\text{OH}$ en bout de chaîne et annoncer « carbonyle » et « hydroxyle » : liés au même carbone, ils forment un seul groupe, le carboxyle.



1.3 · Acide lactique : groupes caractéristiques entourés

2.1 Écrire l'équation de la réaction de l'acide éthanoïque avec l'eau, tracer le diagramme de prédominance du couple et en déduire l'espèce prédominante dans la solution S.

Données utiles $\mathrm{p}K_A(\mathrm{CH_3COOH/CH_3COO^-}) = 4{,}8$; solution S : $\mathrm{pH} = 3{,}4$

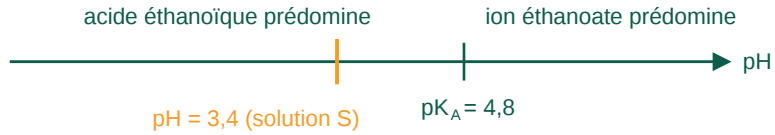
$$\mathrm{CH_3COOH\,(aq) + H_2O\,(l) \rightleftharpoons CH_3COO^-\,(aq) + H_3O^+\,(aq)}$$

Diagramme de prédominance : pour $\mathrm{pH} < \mathrm{p}K_A$ l'acide prédomine, pour $\mathrm{pH} > \mathrm{p}K_A$ c'est la base conjuguée.

Dans la solution S, $\mathrm{pH} = 3{,}4 < \mathrm{p}K_A = 4{,}8$.

L'espèce prédominante dans S est l'acide éthanoïque $\mathrm{CH_3COOH}$.

COMPRENDRE
Le diagramme vient de $\mathrm{pH} = \mathrm{p}K_A + \log\dfrac{[\mathrm{CH_3COO^-}]}{[\mathrm{CH_3COOH}]}$: si $\mathrm{pH} < \mathrm{p}K_A$, le logarithme est négatif, donc $[\mathrm{CH_3COO^-}] < [\mathrm{CH_3COOH}]$.



2.1 · Diagramme de prédominance du couple acide éthanoïque / ion éthanoate

2.2 Calculer la concentration molaire en ions oxonium de la solution S, puis l'avancement final de la réaction.

Données utiles $\mathrm{pH} = 3{,}4$; $V = 50\ \mathrm{mL}$

$[\mathrm{H_3O^+}]_f = 10^{-\mathrm{pH}} = 10^{-3{,}4} = 4{,}0 \times 10^{-4}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$

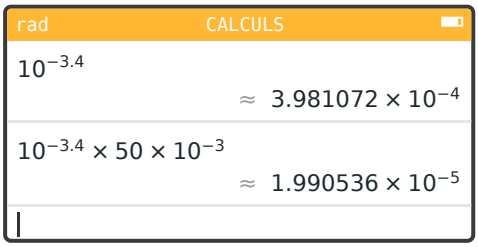
D'après l'équation, il se forme une mole d'ions $\mathrm{H_3O^+}$ par mole d'acide qui réagit, et la quantité initiale d'ions oxonium est négligeable : $n_f(\mathrm{H_3O^+}) = x_f$.

$x_f = [\mathrm{H_3O^+}]_f \times V = 10^{-3{,}4} \times 50 \times 10^{-3}$

$[\mathrm{H_3O^+}]_f = 4{,}0 \times 10^{-4}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$ et $x_f = 2{,}0 \times 10^{-5}\ \mathrm{mol}$

PIÈGE
Laisser V en millilitres : le résultat serait mille fois trop grand. Convertir $50\ \mathrm{mL} = 50 \times 10^{-3}\ \mathrm{L}$.

À LA CALCULATRICE



2.3 Montrer que la transformation n'est pas totale en calculant son taux d'avancement final.

Données utiles $C = 1{,}0 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $V = 50\ \text{mL}$; $x_f = 2{,}0 \times 10^{-5}\ \text{mol}$ (2.2)

L'eau est le solvant, en large excès : l'acide éthanoïque est le réactif limitant. Si la transformation était totale, il serait entièrement consommé : $C\,V - x_{max} = 0$.

$$x_{max} = C\,V = 1{,}0 \times 10^{-2} \times 50 \times 10^{-3} = 5{,}0 \times 10^{-4}\ \text{mol}$$

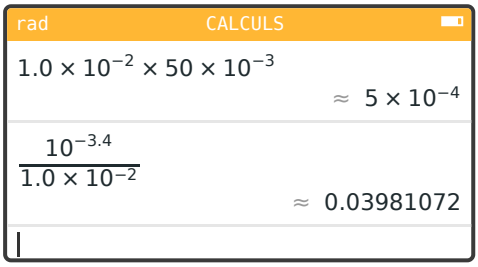
$$\tau = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{2{,}0 \times 10^{-5}}{5{,}0 \times 10^{-4}} = 4{,}0 \times 10^{-2}$$

$\tau = 4{,}0\ \% < 100\ \%$: la transformation n'est pas totale.

COMPRENDRE
Seules 4 molécules d'acide sur 100 ont réagi avec l'eau : l'acide éthanoïque est un acide faible. Ce résultat confirme le diagramme de la question 2.1.

MÉTHODE
Le volume se simplifie : $\tau = \dfrac{[\text{H}_3\text{O}^+]_f}{C} = \dfrac{10^{-\text{pH}}}{C}$.
Pour un acide seul dans l'eau, le pH et la concentration apportée suffisent.

À LA CALCULATRICE



3.1.1 Écrire l'équation de la réaction entre la solution d'acide éthanoïque et la solution d'hydroxyde de sodium.

L'acide CH_3COOH cède un ion H^+ à la base HO^-. Les ions sodium Na^+ sont spectateurs.

$$\text{CH}_3\text{COOH}\,(\text{aq}) + \text{HO}^-\,(\text{aq}) \longrightarrow \text{CH}_3\text{COO}^-\,(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}\,(\text{l})$$

COMPRENDRE
Le sujet de 2011 écrit toutes les équations avec le signe « = ». La flèche simple annonce ici une réaction support de titrage, donc totale : les questions 3.1.2 et 3.2 le justifient.

3.1.2 Exprimer la constante d'équilibre associée à cette équation, puis la calculer.

Données utiles $\text{p}K_A = 4{,}8$; $K_e = 1{,}0 \times 10^{-14}$

L'eau est le solvant, elle n'apparaît pas dans l'expression (concentrations en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$) :

$$K = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]_{éq}}{[\text{CH}_3\text{COOH}]_{éq} \times [\text{HO}^-]_{éq}}$$

On multiplie le numérateur et le dénominateur par $[\text{H}_3\text{O}^+]_{éq}$:

$$K = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]_{éq} \times [\text{H}_3\text{O}^+]_{éq}}{[\text{CH}_3\text{COOH}]_{éq}} \times \frac{1}{[\text{HO}^-]_{éq} \times [\text{H}_3\text{O}^+]_{éq}} = \frac{K_A}{K_e}$$

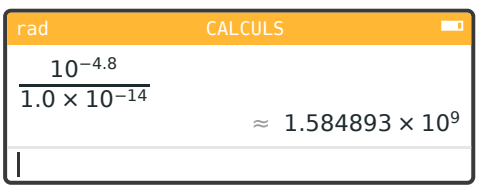
$$K = \frac{10^{-\text{p}K_A}}{K_e} = \frac{10^{-4{,}8}}{1{,}0 \times 10^{-14}} = 10^{9{,}2}$$

$$K = \frac{K_A}{K_e} = 1{,}6 \times 10^9$$

COMPRENDRE
K est très supérieure à 10^4 : la réaction est très en faveur des produits, ce qui laisse prévoir une transformation quasi totale, condition nécessaire pour un titrage.

MÉTHODE
Pour une réaction acide-base entre deux couples : $K = 10^{\text{p}K_A(\text{base}) - \text{p}K_A(\text{acide})}$. Ici $K = 10^{14-4{,}8} = 10^{9{,}2}$.

À LA CALCULATRICE



3.1.3 Déterminer graphiquement les coordonnées du point d'équivalence en indiquant la méthode utilisée, puis en déduire la concentration molaire c_a de la solution d'acide éthanoïque.

Données utiles $V_a = 20{,}0\ \text{mL}$; $c_b = 1{,}0 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

Méthode des tangentes parallèles : on trace deux tangentes à la courbe, parallèles entre elles, de part et d'autre du saut de pH, puis la droite parallèle et équidistante de ces deux tangentes. Elle coupe la courbe au point d'équivalence E.

Lecture : $V_{bE} = 20{,}0\ \text{mL}$ et $\text{pH}_E \approx 8{,}4$.

À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques de l'équation (une mole pour une mole) :
$n_i(\text{CH}_3\text{COOH}) = n_E(\text{HO}^-)$, soit $c_a\,V_a = c_b\,V_{bE}$.

$$c_a = \frac{c_b\,V_{bE}}{V_a} = \frac{1{,}0 \times 10^{-2} \times 20{,}0}{20{,}0}$$

$\text{E}(20{,}0\ \text{mL}\ ;\ 8{,}4)$ et $c_a = 1{,}0 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

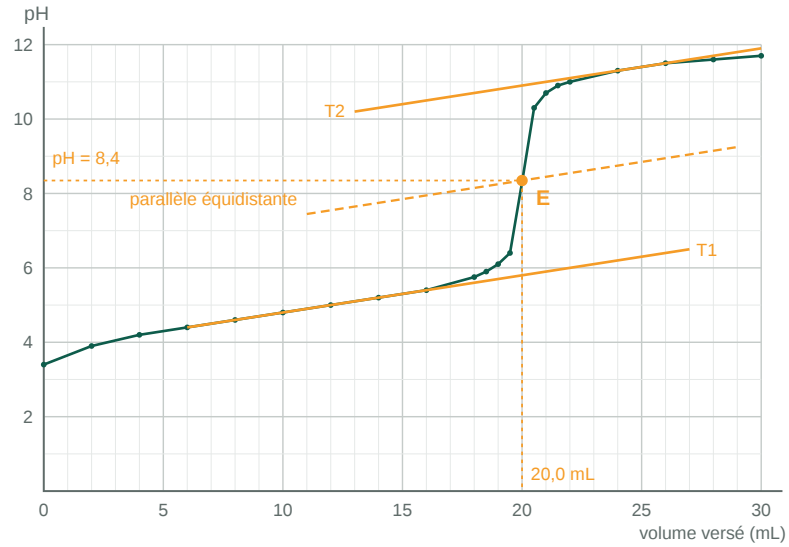
PIÈGE
Lire l'équivalence à $\text{pH} = 7$. Ce n'est vrai que pour un acide fort titré par une base forte ; ici seule la construction donne E.

COMPRENDRE
$\text{pH}_E > 7$: à l'équivalence la solution contient la base CH_3COO^-. On retrouve aussi la solution S de la partie 2 : même concentration, même pH initial de 3,4.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{1.0 \times 10^{-2} \times 20.0}{20.0} \approx 0.01$$



3.1.3 · Annexe complétée : méthode des tangentes parallèles

3.2.1 Pour un volume versé de 10,0 mL, calculer la quantité $n_V(\text{HO}^-)$ d'ions hydroxyde versés depuis le début du titrage.

Données utiles $c_b = 1{,}0 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $V_b = 10{,}0\ \text{mL}$

$$n_V(\text{HO}^-) = c_b\,V_b = 1{,}0 \times 10^{-2} \times 10{,}0 \times 10^{-3}$$

$n_V(\text{HO}^-) = 1{,}0 \times 10^{-4}\ \text{mol}$

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$1.0 \times 10^{-2} \times 10.0 \times 10^{-3} \approx 1 \times 10^{-4}$$

3.2.2 À partir de la valeur du pH, calculer la quantité $n_R(\mathrm{HO^-})$ d'ions hydroxyde restants dans la solution.

Données utiles $\mathrm{pH} = 4{,}8$; $K_e = 1{,}0 \times 10^{-14}$; $V_a = 20{,}0\ \mathrm{mL}$; $V_b = 10{,}0\ \mathrm{mL}$

Produit ionique de l'eau : $K_e = [\mathrm{H_3O^+}] \times [\mathrm{HO^-}]$, donc

$$[\mathrm{HO^-}] = \frac{K_e}{10^{-\mathrm{pH}}} = \frac{1{,}0 \times 10^{-14}}{10^{-4{,}8}} = 6{,}3 \times 10^{-10}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$$

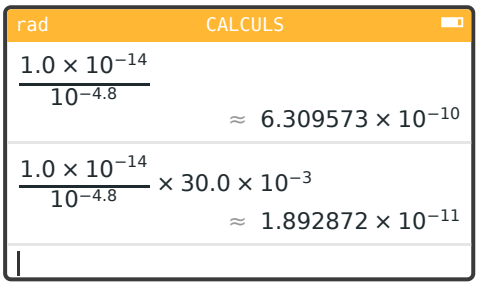
Le volume de la solution est $V_a + V_b = 30{,}0\ \mathrm{mL}$:

$$n_R(\mathrm{HO^-}) = [\mathrm{HO^-}] \times (V_a + V_b) = \frac{1{,}0 \times 10^{-14}}{10^{-4{,}8}} \times 30{,}0 \times 10^{-3}$$

$$\boxed{n_R(\mathrm{HO^-}) = 1{,}9 \times 10^{-11}\ \mathrm{mol}}$$

PIÈGE
Multiplier la concentration par V_b seul. Les ions restants sont dispersés dans tout le mélange : le volume à prendre est $V_a + V_b$.

À LA CALCULATRICE



3.2.3 Comparer $n_V(\mathrm{HO^-})$ et $n_R(\mathrm{HO^-})$. Comment peut-on alors qualifier la transformation associée à ce titrage acido-basique ?

Données utiles $n_V(\mathrm{HO^-}) = 1{,}0 \times 10^{-4}\ \mathrm{mol}$ (3.2.1) ; $n_R(\mathrm{HO^-}) = 1{,}9 \times 10^{-11}\ \mathrm{mol}$ (3.2.2)

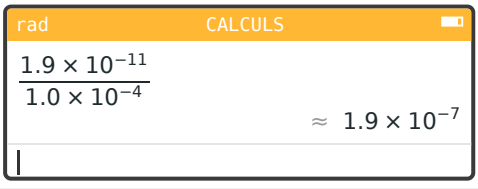
$$\frac{n_R(\mathrm{HO^-})}{n_V(\mathrm{HO^-})} = \frac{1{,}9 \times 10^{-11}}{1{,}0 \times 10^{-4}} = 1{,}9 \times 10^{-7}$$

La quantité restante est environ cinq millions de fois plus petite que la quantité versée : $n_R(\mathrm{HO^-}) \ll n_V(\mathrm{HO^-})$. Les ions hydroxyde versés, réactif limitant avant l'équivalence, sont pratiquement tous consommés.

$\boxed{n_R(\mathrm{HO^-}) \ll n_V(\mathrm{HO^-}) \text{ : la transformation peut être considérée comme totale.}}$

COMPRENDRE
Le taux d'avancement vaut $\tau = \frac{n_V - n_R}{n_V} \approx 1$.
C'est cohérent avec $K = 1{,}6 \times 10^9$ (3.1.2) et indispensable pour exploiter l'équivalence.

À LA CALCULATRICE



Spécialité : un conservateur alimentaire dans un soda

Bac S 2011 Liban (ancien programme) · Exercice 4 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Représenter l'ampoule à décanter après agitation, en précisant et en justifiant la position et la composition de chaque phase.

Données utiles $\rho(\text{toluène}) = 0{,}867\ \text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$; $\rho(\text{eau}) = 1{,}000\ \text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$; solubilité de l'acide benzoïque : $3{,}4\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ dans l'eau, $110\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ dans le toluène

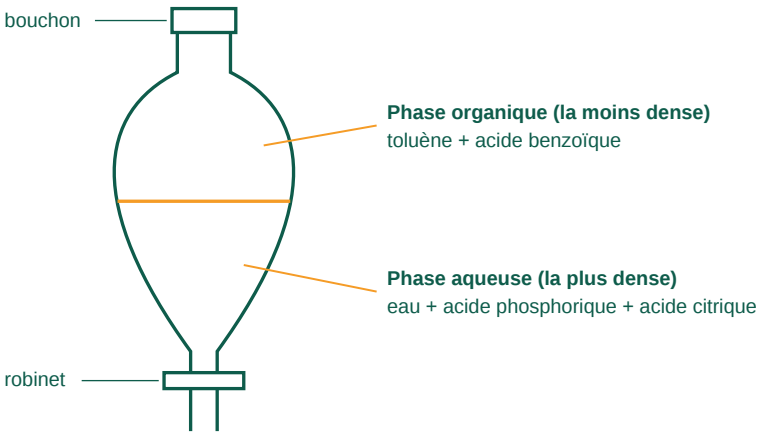
Position : l'eau et le toluène ne sont pas miscibles, il y a donc deux phases. Le toluène est moins dense que l'eau ($0{,}867 < 1{,}000$) : la phase organique surnage, la phase aqueuse est en bas.

Composition : l'acide benzoïque est environ 30 fois plus soluble dans le toluène que dans l'eau, il passe donc dans la phase organique. Les acides phosphorique et citrique, insolubles dans le toluène, restent dans l'eau.

En haut : phase organique (toluène + acide benzoïque). En bas : phase aqueuse (eau, acide phosphorique, acide citrique).

PIÈGE
Placer la phase organique en bas par habitude. La position se justifie toujours par les densités, et la composition par les solubilités : les deux arguments sont attendus.

COMPRENDRE
C'est une extraction liquide-liquide : l'espèce à isoler migre vers le solvant où elle est la plus soluble. Une faible part d'acide benzoïque reste malgré tout dans l'eau.



1.1 · Ampoule à décanter après agitation et décantation

1.2 Écrire l'équation de la réaction entre l'acide benzoïque et les ions hydroxyde HO^-.

L'acide benzoïque cède un ion H^+ à la base HO^- ; les ions sodium Na^+ sont spectateurs.

$$\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH} + \text{HO}^- \,(\text{aq}) \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^- \,(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}\,(\text{l})$$

COMPRENDRE
L'ion benzoate formé est insoluble dans le toluène et très soluble dans l'eau ($400\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) : il quitte la phase organique pour la phase aqueuse. C'est le but de cette étape.

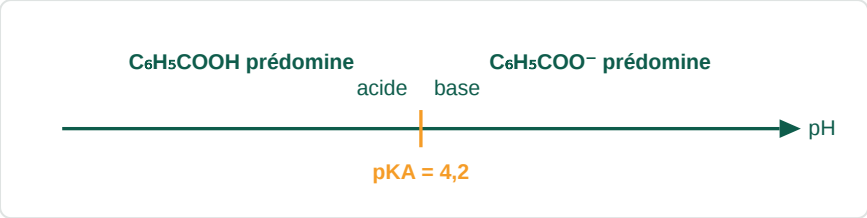
1.3.1 Construire le diagramme de prédominance de l'acide benzoïque et de sa base conjuguée.

Données utiles $\text{p}K_A(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}/\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-) = 4{,}2$

Sur un axe gradué en pH, la frontière est placée à $\text{pH} = \text{p}K_A = 4{,}2$.

Pour $\text{pH} < 4{,}2$, l'acide $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ prédomine ; pour $\text{pH} > 4{,}2$, l'ion benzoate $\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-$ prédomine.

MÉTHODE
L'acide est toujours du côté des pH faibles, la base du côté des pH élevés. À $\text{pH} = \text{p}K_A$, les deux formes ont la même concentration.



1.3.1 · Diagramme de prédominance du couple acide benzoïque / ion benzoate

1.3.2 Justifier l'apparition des cristaux blancs lorsque le pH est abaissé à environ 3.

Données utiles diagramme de prédominance (1.3.1) ; solubilité de l'acide benzoïque dans l'eau : $3{,}4\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$; l'acide benzoïque est un solide blanc

À $\text{pH} \approx 3 < \text{p}K_A$, c'est la forme acide qui prédomine : les ions benzoate réagissent avec les ions H_3O^+ apportés et redonnent l'acide benzoïque.

$$\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-\,(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+\,(\text{aq}) \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{COOH} + \text{H}_2\text{O}\,(\text{l})$$

Or l'acide benzoïque est peu soluble dans l'eau ($3{,}4\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ contre $400\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ pour l'ion benzoate) : la solution est saturée et l'excès précipite.

Les cristaux blancs sont de l'acide benzoïque solide, forme prédominante à $\text{pH} = 3$ et peu soluble dans l'eau.

PIÈGE
S'arrêter à « l'acide prédomine ». Cela n'explique pas un solide : il faut ajouter l'argument de solubilité, qui est dans le tableau de données.

1.3.3 Citer un dispositif efficace utilisé au laboratoire pour récupérer les cristaux.

Une filtration sous pression réduite (filtration sur Büchner) : entonnoir Büchner et papier-filtre sur une fiole à vide reliée à une trompe à eau.

COMPRENDRE
L'aspiration rend la filtration plus rapide qu'une filtration simple et donne un solide mieux essoré, donc plus vite sec avant la pesée.

2.1 Écrire l'équation de la réaction chimique entre l'acide benzoïque et l'eau.

L'acide benzoïque cède un ion H^+ à l'eau, qui joue ici le rôle de base (couple $\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2\text{O}$). La transformation est limitée.

$$\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}\,(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}\,(\text{l}) \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-\,(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+\,(\text{aq})$$

PIÈGE
Écrire une flèche simple. L'acide benzoïque est un acide faible : sa réaction avec l'eau n'est pas totale, d'où la double flèche et l'existence d'une constante d'équilibre.

2.2 Écrire l'expression littérale de la constante d'équilibre K associée à cette équation et calculer sa valeur.

Données utiles $\text{p}K_A = 4{,}2$

$$K = \frac{[\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-]_{\text{éq}} \times [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}}}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}]_{\text{éq}}}$$

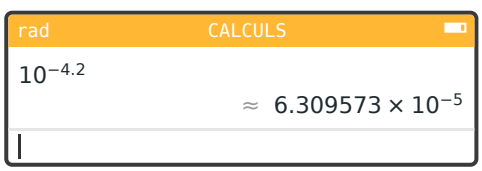
L'eau, solvant, n'apparaît pas dans l'expression. Cette constante est celle de la réaction de l'acide avec l'eau : c'est la constante d'acidité du couple, $K = K_A = 10^{-\text{p}K_A}$.

$K = 10^{-4{,}2}$

$K = K_A = 6{,}3 \times 10^{-5}$

COMPRENDRE
K est sans unité. Le $\text{p}K_A$ a un seul chiffre après la virgule : on garde deux chiffres significatifs. $K \ll 1$ confirme que l'acide est faible.

À LA CALCULATRICE



3.1 Déterminer la concentration C_0 de la solution S_0 préparée.

Données utiles $V_1 = 20{,}0\ \text{mL}$; $C_B = 1{,}0 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $V_E = 17{,}2\ \text{mL}$

Réaction support du titrage :
$\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}\,(\text{aq}) + \text{HO}^-\,(\text{aq}) \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-\,(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}\,(\text{l})$.

À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques, ici une mole pour une mole :

$$n(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH})_{\text{initial}} = n(\text{HO}^-)_{\text{versé}} \quad \text{soit} \quad C_0\,V_1 = C_B\,V_E$$

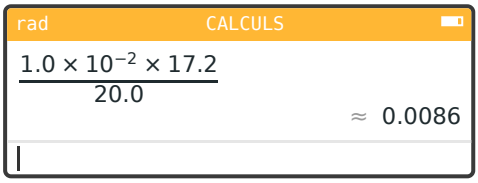
$$C_0 = \frac{C_B\,V_E}{V_1} = \frac{1{,}0 \times 10^{-2} \times 17{,}2}{20{,}0}$$

$C_0 = 8{,}6 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

COMPRENDRE
Les deux volumes peuvent rester en mL, car seul leur rapport intervient. Deux chiffres significatifs, comme C_B, la donnée la moins précise.

MÉTHODE
Titrage : 1) équation de la réaction support ; 2) relation entre quantités de matière à l'équivalence, avec les nombres stœchiométriques ; 3) expression littérale de la concentration cherchée, puis calcul.

À LA CALCULATRICE



3.2 En déduire la masse m_0 d'acide pur correspondant.

Données utiles $C_0 = 8{,}6 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (3.1) ; $V_0 = 250{,}0\ \text{mL}$; $M = 122\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Tous les cristaux ont été dissous dans la solution S_0, de volume V_0. La quantité d'acide benzoïque qu'elle contient est $n_0 = C_0\,V_0$, d'où :

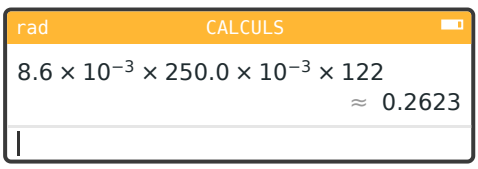
$$m_0 = n_0\,M = C_0\,V_0\,M$$

$m_0 = 8{,}6 \times 10^{-3} \times 250{,}0 \times 10^{-3} \times 122 = 0{,}262\ \text{g}$

$m_0 = 0{,}26\ \text{g}$

PIÈGE
Utiliser $V_1 = 20{,}0\ \text{mL}$: on obtiendrait la masse d'acide dans la prise d'essai, pas dans les cristaux. Penser aussi à convertir V_0 en litres.

À LA CALCULATRICE



3.3 Déterminer le pourcentage d'acide benzoïque pur contenu dans les cristaux extraits de la boisson au cola.

Données utiles $m_0 = 0{,}262\ \text{g}$ (3.2) ; masse des cristaux $m = 0{,}38\ \text{g}$

Le pourcentage massique d'acide pur est le rapport de la masse d'acide benzoïque à la masse des cristaux pesés :

$$p = \frac{m_0}{m} = \frac{0{,}262}{0{,}38} = 0{,}69$$

Les cristaux contiennent environ $69\ \%$ d'acide benzoïque pur.

COMPRENDRE
Le calcul utilise la valeur non arrondie de m_0 ; avec $0{,}26\ \text{g}$ on trouverait $68\ \%$. Les cristaux ne sont donc pas purs : ils contiennent d'autres espèces ou sont encore humides.

À LA CALCULATRICE

