

# Baccalauréat

Sciences physiques session normale 2010

## Exercice 1

L'acide benzoïque :  $C_6H_5COOH$  est un monoacide faible peu soluble dans l'eau. C'est un solide blanc d'aspect soyeux. Conservateur alimentaire utilisé dans les boissons rafraîchissantes sans alcool.

Le benzoate de sodium :  $C_6H_5COONa$  est un solide ionique blanc.

La valeur du  $pK_a$  à  $25^\circ C$  du couple  $C_6H_5COOH / C_6H_5COO^-$  est 4,2

1.1 Ecrire l'équation bilan de la réaction entre l'acide benzoïque et l'eau.

1.2 Donner, l'expression de la constante d'acidité pour ce couple. Dans quel domaine de pH la forme acide du couple est majoritaire et dans quel domaine sa forme basique est majoritaire.

Les représenter sur une échelle de pH.

1.3 Sur l'étiquette d'une bouteille de soda, contenant le conservateur alimentaire précédent on note  $pH = 3,7$ . En déduire la valeur du rapport  $[C_6H_5COOH] / [C_6H_5COO^-]$  dans cette boisson.

2 On dispose de la verrerie suivante :

- burettes graduées de 25mL ; 50 mL et 75 mL
- béchers de 50mL ; 100mL ; 250mL
- pipettes jaugées de 5 mL ; 10 mL et 20 mL
- fioles jaugées de 50 mL ; 100 mL et 200 mL.

On se propose de préparer une solution S de benzoate de sodium de concentration  $C = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$  à partir d'une solution  $S_0$  de benzoate de sodium de concentration  $C_0 = 0,25 \text{ mol.L}^{-1}$ .

Comment procéder pour préparer cette solution diluée S? Nommer la verrerie utilisée.

3 On pèse une masse d'acide benzoïque que l'on introduit dans un bécher contenant de l'eau distillée.

Après quelques minutes d'agitation, de petits grains restent en suspension. Une filtration permet d'obtenir une solution saturée en acide benzoïque de concentration  $C_A$ . On introduit dans un becher  $V_A = 10,0 \text{ mL}$  de cette solution ; on y ajoute quelques gouttes de rouge de crésol (indicateur coloré) et on dose par une solution d'hydroxyde de sodium (soude) de concentration  $C_B = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ .

Le rouge de crésol change de couleur pour un volume de soude versé de 19,6 mL.

3.1 Ecrire l'équation-bilan de la réaction de dosage

3.2 Définir l'équivalence acido-basique et en déduire la concentration  $C_A$  de la solution d'acide benzoïque.

## Exercice 2

On étudie la cinétique de la réaction d'estérification en préparant deux mélanges  $M_1$  et  $M_2$  contenant chacun une mole d'acide méthanoïque et une mole de propan-1-ol.

Dans le mélange  $M_2$  on ajoute une faible quantité d'acide sulfurique concentré pour catalyser la réaction. Les mélanges  $M_1$  et  $M_2$  sont en suite portés à  $60^\circ C$ . Le tableau suivant indique, en fonction du temps, la quantité d'acide restante  $n_a$  que l'on a déterminé expérimentalement :

	t(min)	5	10	20	30	40	50	60
Mélange $M_1$ en l'absence de $H_2SO_4$	$n_a$	0,84	0,74	0,64	0,58	0,54	0,52	0,50
Mélanges $M_2$ en présence de $H_2SO_4$	$n_a$	0,53	0,37	0,35	0,34	0,34	0,34	0,34

1 Ecrire l'équation de cette réaction d'estérification et préciser ses caractéristiques.

2 Calculer la quantité d'ester formée  $n_e$ , dans chaque mélange et pour chaque valeur de t donné.

3 Définir la vitesse moyenne de disparition de l'acide méthanoïque et la calculer entre les dates  $t_1 = 5 \text{ min}$  et  $t_2 = 10 \text{ min}$  ; pour chaque mélange. Comparer ces deux vitesses.

4 Donner la définition du catalyseur et en déduire son influence sur la vitesse.

### Exercice 3

On dispose d'un appareil permettant de produire dans le vide les ions  $\text{A}^{2+}$

de masse  $m = 5,81 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$  et de charge  $q = -2e$  chacun.

1 Les ions qui sortent d'un trou  $O_1$  sans vitesse initiale sont d'abord accélérés par une ddp  $U_0 = V_A - V_B$  appliquée entre les plaques A et B distantes de 10cm et arrivent au trou  $O_2$  avec la vitesse  $V_0 = 2 \cdot 10^5 \text{ m/s}$ .

On néglige le poids des ions devant les autres forces.

1.1 Sous quelle tension  $U_0$  l'ion a-t-il été accéléré entre les plaques A et B pour atteindre la vitesse  $V_0$ ?

1.2 Vérifier que le poids de l'ion est négligeable devant la force électrique.

1.3 Déterminer la nature du mouvement de l'ion entre les plaques A et B en calculant son accélération.

2 Les ions pénètrent en suite avec la vitesse  $\vec{V}_0$  faisant un angle  $\alpha = 45^\circ$  avec l'horizontale par un point O équidistant des armatures C et D d'un condensateur entre les quelles existe un champ électrique d'intensité  $E = 84 \cdot 10^3 \text{ V/m}$ . Le condensateur dont les armatures ont pour longueur 10 cm chacune et sont distantes de 5 cm, se trouve dans le vide (voir figure).

2.1 Quelles doivent être les signes des armatures C et D pour que l'ion subisse une déviation vers le bas? Justifier votre réponse. Précisez le sens du champ électrique.

2.2 Etudier le mouvement dans le condensateur et établir l'équation de sa trajectoire dans le repère (O ; x ; y).

2.3 Déterminez les coordonnées du point de sortie du condensateur.

2.4 Quel sera le mouvement de l'ion après sa sortie du condensateur?

2.5 Vérifiez par le calcul que l'ion n'atteindra pas la plaque supérieure

On donne  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  ;  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

### Exercice 4

1 L'extrémité O d'une lame vibrante décrit un mouvement rectiligne sinusoïdal vertical de fréquence  $N = 50 \text{ Hz}$  et d'amplitude  $a = 0,5 \text{ cm}$ .

1.1 Donner son équation horaire sachant que l'on prend  $t = 0$  quand la lame passe par la position d'élongation maximale positive.

1.2 On éclaire la lame à l'aide d'éclairs très brefs, jaillissant à intervalles de temps égaux. Calculer les fréquences des éclairs pour lesquelles la lame paraît unique et immobile, sachant que les fréquences des éclairs  $N_e$  sont telles que :  $10 \text{ Hz} < N_e \leq 50 \text{ Hz}$ .

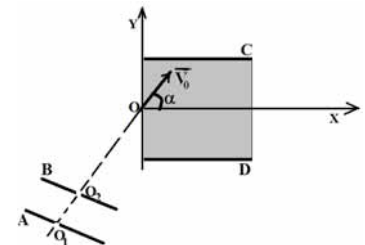
2 La lame vibrante est maintenant reliée à un fil où les vibrations se propagent à la célérité  $C = 5 \text{ m/s}$ . On suppose qu'il n'y a pas de réflexion ni amortissement des ondes.

2.1 Calculer la longueur d'onde  $\lambda$ .

2.2 Etablir l'équation de la vibration d'un point M de la corde situé à la distance 22,5cm du point O.

2.3 Quelle est l'état vibratoire du point M par rapport au point O ?

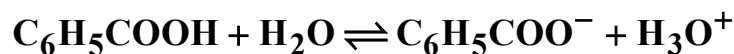
2.4 Représenter l'aspect du fil pour  $t = 0,05 \text{ s}$ .



## Solution

### Exercice 1

#### 1.1



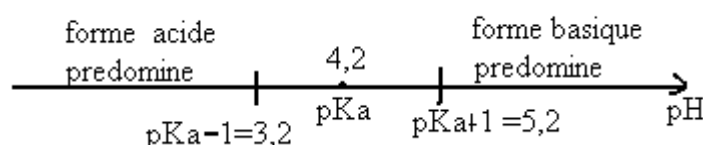
#### 1.2

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

$$\text{on a : } \text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{[\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-]}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}]}$$

$$\frac{[\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-]}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}]} = 10^{\text{pH} - \text{pK}_a} \quad \text{si } \text{pH} > \text{pK}_a + 1, [\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-] \text{ est majoritaire}$$

si  $\text{pH} < \text{pK}_a - 1$ , alors  $[\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}]$  est majoritaire



#### 1.3

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{[A^-]}{[AH]} \Rightarrow \frac{[A^-]}{[AH]} = 10^{\text{pH} - \text{pK}_a}$$

$$\Rightarrow \frac{[AH]}{[A^-]} = 10^{\text{pK}_a - \text{pH}} = 10^{0,5} = 3,16$$

2. soit  $V_0$  le volume prélevé de  $S_0$  et  $V$  le volume de  $S$  on a :  $C_0 V_0 = CV$

$$\Rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{C_0}{C} = \frac{0,25}{0,1} \Rightarrow V = 2,5 V_0$$

si  $V = 50 \text{ mL}$  on a  $V_0 = 20 \text{ mL}$

A l'aide d'une pipette de 20 mL on prélève  $V_0 = 20 \text{ mL}$  de  $S$  puis on verse  $V_0$  dans la fiole jaugée de 50 mL. On complète avec l'eau pure jusqu'au trait de jauge. on agite pour homogénéiser.

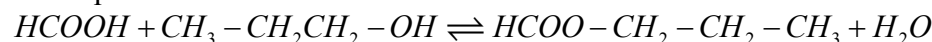


3.2 L'équivalence acido-basique est atteinte lorsque :  $n_A = n_B \Leftrightarrow C_A V_A = C_B V_{B_E}$

$$C_A = \frac{C_B V_{B_E}}{V_A} = \frac{10^{-2} \cdot 19,6 \cdot 10^{-3}}{10^{-3}} = 19,6 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$$

### Exercice 2

1. L'équation-bilan de la réaction



Les caractéristiques de cette réaction sont :

-athermique-lente-limité (réversible)

2-

	T(min)	5	10	20	30	40	50	60
Mélange M1 en absence de H2SO4	na	0,84	0,74	0,64	0,58	0,54	0,52	0,50
Mélange M2 en présence de H2SO4	nb	0,53	0,37	0,35	0,34	0,34	0,34	0,34
Quantité d'ester formée en M1	nest	0,16	0,26	0,36	0,42	0,46	0,48	0,50
Quantité d'ester formée en M1	nest	0,47	0,63	0,65	0,66	0,66	0,66	0,66

**3-Définition de  $V_m$**  : C'est la valeur absolue du coefficient directeur de la droite qui passe par les points d'abscisses  $t_1 = 5 \text{ min}$  et  $t_2 = 10 \text{ min}$

-Calcul de  $V_m$  :

Pour le mélange M1 :  $V_{m1} = -\left(\frac{C_2 - C_1}{t_2 - t_1}\right) = -\left(\frac{0,74 - 0,84}{10 - 5}\right) = 2 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$

Pour le mélange M2 :  $V_{m2} = -\left(\frac{C_2 - C_1}{t_2 - t_1}\right) = -\left(\frac{0,37 - 0,53}{10 - 5}\right) = 3,2 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$

La comparaison montre que :  $V_{m2} > V_{m1}$

**4-Définition du catalyseur** : Un catalyseur est une substance qui accélère une réaction chimique spontanée en se retrouvant inaltérée, du point de vue chimique, à la fin de la réaction.

-Le catalyseur augmente la vitesse de la réaction

### Exercice 3

**1.1** Calcul de  $U_0$  :

$$\Delta EC = W \vec{F}_e \Rightarrow \frac{1}{2} m V^2 - 0 = q U_0 \text{ soit } U_0 = \frac{m V^2}{2q}$$

$$A.N : U_0 = \frac{5,81 \cdot 10^{-26} \cdot (2 \cdot 10^5)^2}{2 \cdot 2 \cdot (-1,6 \cdot 10^{-19})} = -3,63 \cdot 10^3 \text{ V}$$

1.2 Le poids des ions est :  $P = mg = 5,81 \cdot 10^{-26} \cdot 10 = 5,81 \cdot 10^{-25} \text{ N}$

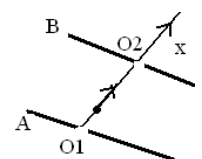
La force électrique :  $F_e = |qE| = \left| q \cdot \frac{U_0}{d} \right|$  A.N :  $F_e = \left| 2 \cdot (-1,6 \cdot 10^{-19}) \cdot \frac{-3,63 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^{-2}} \right| = 11,62 \cdot 10^{-15} \text{ N}$

La comparaison entre  $P$  et  $F_e$  montre que le poids est négligeable devant la force électrique

1.3

$$\sum \vec{F} = \vec{F}_e = m \vec{a}$$

Pr ojection suivant  $O1X$  donne :  $|F_e| = ma \Rightarrow a = \frac{|F_e|}{m} = \frac{11,62 \cdot 10^{-15}}{5,81 \cdot 10^{-26}} = 2 \cdot 10^{11} \text{ ms}^{-2}$

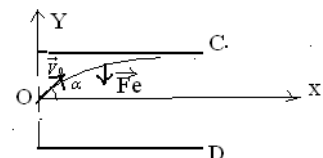


2-Pour que les ions subissent une déviation vers le bas il faut que l'armature C soit négative(-), le champ est dirigé de l'armature D vers l'armature C

2.2

$$\sum \vec{F} = \vec{F}_e = m \vec{a}$$

-Proj/  $OX$  :  $0 = ma_x \Rightarrow a_x = \frac{0}{m} = 0$  le mvt est r.u



-  $V_{0x} = V_0 \cos \alpha$  ,  $x_0 = 0$  les équation du mvt sur l'axe Ox sont :

$$\begin{cases} a_x = 0 \\ V_{0x} = V_0 \cos \alpha \text{ A.N} \\ x = V_0 \cos \alpha t \end{cases} \begin{cases} a_x = 0 \\ V_{0x} = 1,4 \cdot 10^5 \text{ ms}^{-1} \\ x = 1,4 \cdot 10^5 t \end{cases}$$

Proj/  $Oy$  :

$$-F_e = ma_y \Rightarrow a_y = \frac{-F_e}{m} = \frac{-|q|.E}{m} \quad \text{mvt r.u.v}$$

$$A.N \quad a_y = \frac{-2.1,6.10^{-19}.84.10^3}{5,81.10^{-26}} = -46.10^{10} \text{ ms}^{-2}$$

$$V_{0y} = V_0 \sin \alpha \quad y_0 = 0 \quad A.N : V_{0y} = 2.10^5 \cdot \sin 45 = 1,4.10^5 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{Les équations horaires sur l'axe Oy : } \begin{cases} a_y = -46.10^{10} \text{ ms}^{-2} \\ V_y = -46.10^{10} t + 1,4.10^5 \\ y = -23.10^{10} t^2 + 1,4.10^5 t \end{cases}$$

L'équation de la trajectoire :

$$\begin{cases} x = 1,4.10^5 t & (1) \end{cases}$$

$$\begin{cases} y = -23.10^{10} t^2 + 1,4.10^5 t & (2) \end{cases}$$

$$\text{de (1) } t = \frac{x}{1,4} \quad \text{on remplace dans (2)}$$

$$y = -23.10^{10} \left( \frac{x}{1,4.10^5} \right)^2 + 1,4.10^5 \left( \frac{x}{1,4.10^5} \right)$$

$$y = -11,7x^2 + x$$

Au point de sortie  $x_s = \ell = 10 \text{ Cm}$ , l'ordonnée du point de sortie

$$y_s = -11,7(10^{-1})^2 + 0,1$$

$$y_s = -0,117 + 0,1 = -0,017 \text{ m}$$

2.4 Après la sortie du condensateur le mvt devient r.u

2.5 Calcul de  $y_{\max}$ .

Au sommet de la trajectoire

$$0 - V_{0y}^2 = 2a_y y_{\max} \Rightarrow y_{\max} = \frac{-V_{0y}^2}{2a_y} \quad \text{soit } y_{\max} = \frac{-(1,4.10^5)^2}{2 \cdot -46.10^{10}} = 0,02 \text{ m}$$

$$\text{Comme } y_{\max} < \frac{d}{2}$$

L'ion n'atteint pas la plaque supérieure

#### Exercice 4

$$x = X_m \cos(\omega t + \varphi)$$

$$V = -\omega X_m \sin(\omega t + \varphi)$$

$$\text{à } t=0 \begin{cases} x_0 = X_m \cos \varphi = X_m \\ V_0 = -\omega X_m \sin \varphi = 0 \end{cases} \Rightarrow \cos \varphi = 1 \text{ donc } \varphi = 0$$

$$\text{et } x = X_m \cos \omega t = 5.10^{-3} \cos 100\pi t$$

1.1

$$1.2 \text{ La lame paraît immobile si } N = KNe \Rightarrow Ne = \frac{N}{K}$$

$$10 < \frac{N}{K} \Leftrightarrow 1 \leq K < 5\pi$$

$$K \in \{1; 2; 3; 4\}$$

K	1	2	3	4
Ne(Hz)	50	25	16,7	12,5

$$\lambda = CT = \frac{C}{N} \quad A.N : \lambda = \frac{5}{50} = 0,1m$$

$$y_M(t) = y(t - \theta)$$

$$\begin{aligned} 2.1 \ y_M(t) &= 5.10^{-3} \cos(100\pi t - \frac{2\pi x}{\lambda}) \\ &= 5.10^{-3} \cos(100\pi t - \frac{\pi}{2}) \end{aligned}$$

$$2.3 \Delta\varphi = \varphi_o - \varphi_M = \frac{\pi}{2} \quad M \text{ et } O \text{ sont en quadrature .}$$

2.4

$$y = 5.10^{-3} \cos(100\pi t - \frac{2\pi x}{\lambda})$$

$$\text{si } t = 0,05s \quad y = 5.10^{-3} \cos(\pi - \frac{2\pi x}{\lambda})$$

La distance parcourue par l'onde à  $t=0,05s$  :  $d=5.0,005=0,25m \Rightarrow d=2,5\lambda$

Tableau de valeurs

x	0	$\frac{\lambda}{4}$	$\frac{\lambda}{2}$	$\frac{3\lambda}{4}$	$\lambda$
y	$-5.10^{-3}$	0	$5.10^{-3}$	0	$-5.10^{-3}$

