

# **BACCALAURÉAT GÉNÉRAL**

**Session 2009**

**PHYSIQUE-CHIMIE**

**Série S**

**Enseignement de Spécialité**

**Durée de l'épreuve : 3 heures 30 – Coefficient : 8**

**L'usage des calculatrices est autorisé.**

**Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.**

**Ce sujet comporte 15 pages numérotées de 1/15 à 15/15**

**Les feuilles d'annexes (pages 13/15, 14/15 et 15/15)  
SONT À RENDRE AGRAFÉES À LA COPIE**

**EXERCICE 1 : ÉTUDE EXPÉRIMENTALE DE DIPÔLES ÉLECTRIQUES**  
(6 points)

Les trois parties sont indépendantes.

**1. Dipôle « résistance et condensateur en série »**

Pour étudier ce dipôle, on réalise le circuit représenté sur la figure 1. Ce circuit est constitué d'un générateur idéal de tension continue de force électromotrice  $E$ , d'un interrupteur  $K$ , d'un conducteur ohmique de résistance  $R$  et d'un condensateur de capacité  $C$ .

Données :  $E = 4,0 \text{ V}$  ;  $C = 1,0 \mu\text{F}$

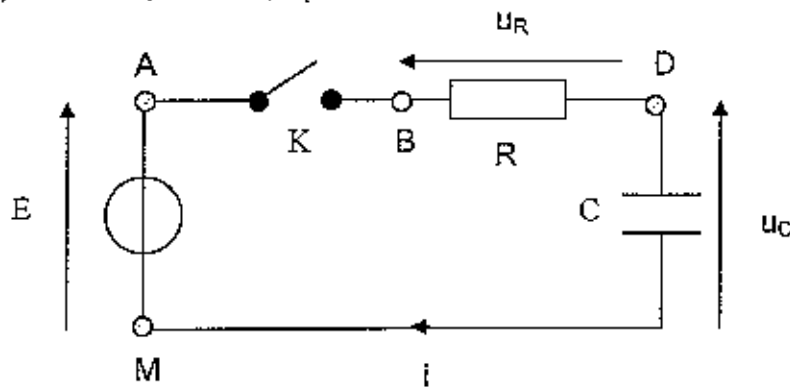


Figure 1

1.1. On utilise une interface d'acquisition reliée à un ordinateur pour observer les tensions  $u_C$  et  $E$  en fonction du temps.

1.1.1. À quels points A, B, D ou M du circuit doit-on relier les voies 1 et 2 et la masse de l'interface pour visualiser  $u_C$  sur la voie 1 et  $E$  sur la voie 2 ?

1.1.2. À  $t = 0$ , on déclenche l'acquisition en fermant l'interrupteur  $K$ . Les courbes  $u_C = f(t)$  et  $E = f(t)$  sont données en annexe 1, document 1 à rendre avec la copie.

Qualifier les deux régimes de fonctionnement du circuit en choisissant parmi les adjectifs suivants : périodique, permanent, pseudo-périodique, transitoire.

Préciser les dates limitant chacun de ces régimes.

1.1.3. Quel phénomène physique se produit pendant le premier régime ?

1.2. La constante de temps  $\tau$  est une caractéristique de ce premier régime.

1.2.1. Déterminer graphiquement la valeur de  $\tau$  en expliquant la méthode employée.

1.2.2. Donner l'expression littérale de  $\tau$  en fonction des caractéristiques des éléments du circuit. En déduire la valeur de la résistance  $R$ .

- 1.3. En appliquant la loi d'additivité des tensions, donner la relation littérale liant  $E$ ,  $u_R$  et  $u_C$ .  
 Exprimer  $u_R$  en fonction de  $i$  et en déduire une expression littérale de l'intensité du courant  $i$  en fonction de  $E$ ,  $u_C$  et  $R$ .  
 À l'aide du **document 1** de l'**annexe 1**, calculer  $i$  pour  $t_1 = 0$  ms et  $t_2 = 9$  ms.
- 1.4. Sans considération d'échelle, représenter sur la copie l'allure de la courbe  $i = f(t)$ .

## 2. Dipôle « résistance et bobine en série »

Le circuit étudié, représenté sur la figure 2, est constitué d'un générateur idéal de tension continue de force électromotrice  $E$ , d'un interrupteur  $K$ , d'une bobine de résistance  $r$  et d'inductance  $L$  et d'un conducteur ohmique de résistance  $R'$ .

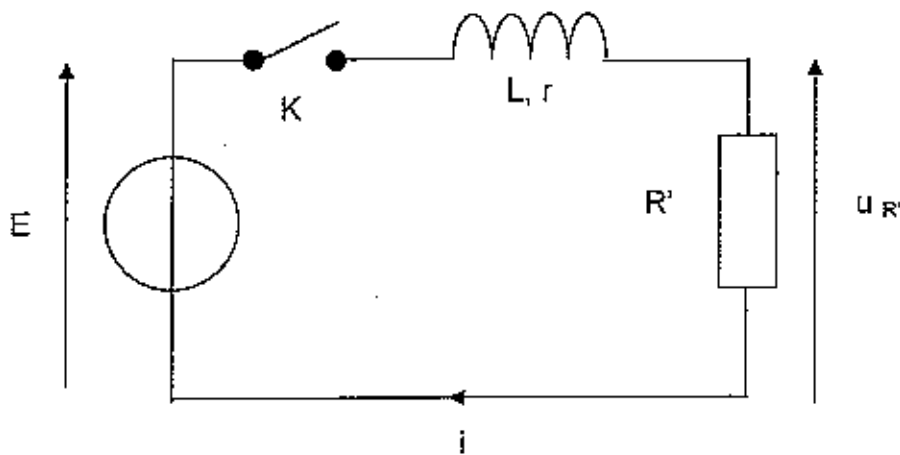


Figure 2

Données :  $E = 4,0$  V ;  $L = 11$  mH ;  $R' = 10$   $\Omega$

- 2.1. À partir de la fermeture de l'interrupteur  $K$ , on observe la tension  $u_{R'}$  à l'aide d'une interface d'acquisition reliée à un ordinateur.  
 Quel est l'intérêt de faire le relevé de cette tension  $u_{R'}$  ?
- 2.2. Le tableur du logiciel d'acquisition nous permet de calculer les valeurs de  $i$  et de tracer la courbe  $i = f(t)$  donnée en **annexe 1**, **document 2** à rendre avec la copie.  
 Quel est le phénomène physique mis en évidence dans ce cas ? Quel élément du circuit est la cause de ce phénomène ?
- 2.3. En appliquant la loi d'additivité des tensions, déterminer l'équation différentielle vérifiée par l'intensité  $i$  du courant dans le circuit en fonction du temps.
- 2.4. Lorsqu'on est en régime permanent,  $i$  vaut alors  $I_p$ . Que devient l'équation différentielle ?

2.5. En déduire l'expression littérale de la résistance  $r$  de la bobine puis déterminer sa valeur en utilisant le document 2 de l'annexe 1.

### 3. Dipôle « bobine et condensateur en série »

Le circuit étudié, représenté sur la figure 3, est constitué d'un générateur idéal de tension continue de force électromotrice  $E'$ , d'un interrupteur  $K$  à deux positions, d'un condensateur de capacité  $C$  et d'une bobine de résistance  $r$  et d'inductance  $L$ .

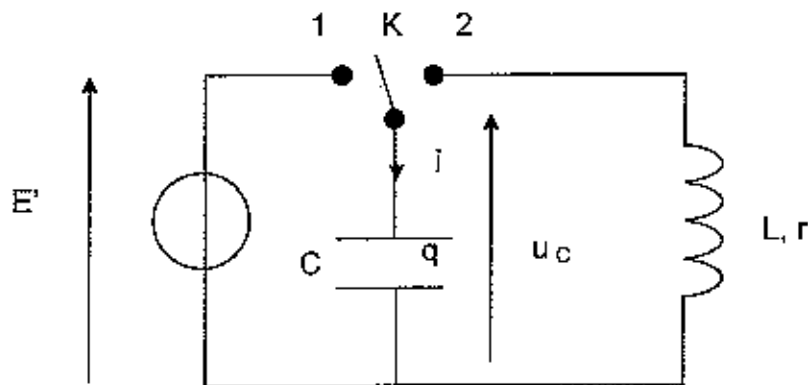
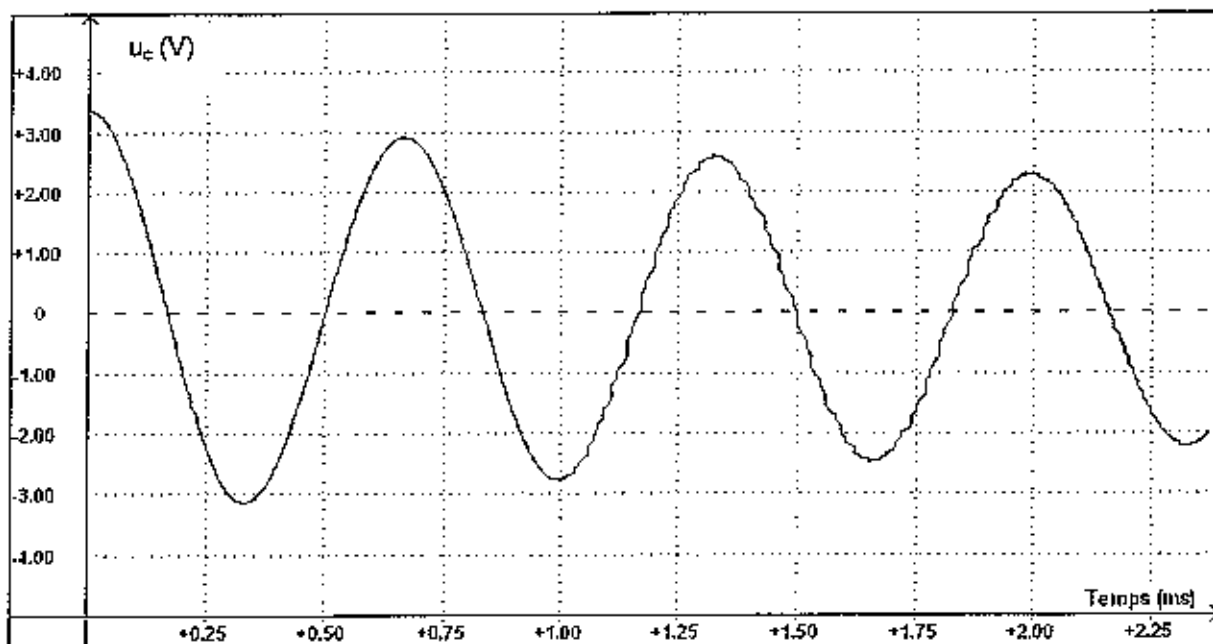


Figure 3

- 3.1. Quel est le phénomène physique se produisant lorsque l'interrupteur est placé en position 1 ? Est-il lent ou instantané ? Justifier.
- 3.2. On bascule alors l'interrupteur en position 2 et, à partir de cet instant choisi comme origine des dates, on relève la tension  $u_C$  en fonction du temps à l'aide d'une interface d'acquisition reliée à un ordinateur. On obtient le graphique ci-dessous.



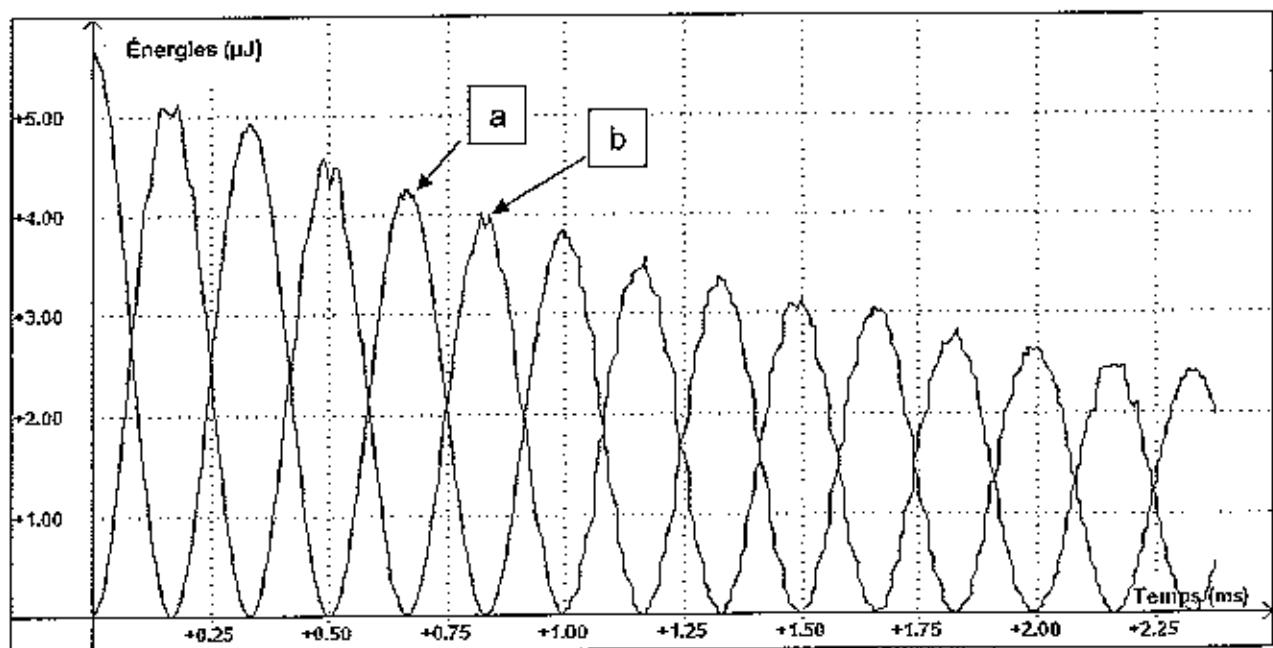
En puisant dans le vocabulaire suivant, décrire le phénomène physique qui se produit dans le circuit : apériodique, annulation, électrique, forcée, mécanique, libre, non amortie, installation, amortie, oscillation.

3.3. On souhaite suivre l'évolution énergétique du circuit rLC en fonction du temps. Pour cela il faut calculer, à l'aide d'un tableur, l'énergie électrique  $E_e$  accumulée dans le condensateur et l'énergie magnétique  $E_m$  accumulée dans la bobine.

3.3.1. Donner les expressions littérales de  $E_e$  et  $E_m$ .

3.3.2. En respectant les conventions du schéma, exprimer  $i$  en fonction de la dérivée de  $u_C$  par rapport au temps.

3.4. Les courbes  $E_e(t)$  et  $E_m(t)$  sont données ci-dessous.



3.4.1. En justifiant chaque réponse, attribuer les grandeurs  $E_e$  ou  $E_m$  aux courbes a et b.

3.4.2. En utilisant ces courbes, donner les valeurs des deux énergies  $E_e$  et  $E_m$  aux instants de dates  $t_1 = 0,5$  ms et  $t_2 = 2,0$  ms.

Comparer les variations simultanées des énergies emmagasinées par le condensateur et la bobine entre ces deux dates.

3.4.3. Comment évolue l'énergie totale du circuit entre les instants de dates  $t_1$  et  $t_2$  ? À quoi cette évolution est-elle due ?

## EXERCICE 2 : ET VOGUE MON BATEAU ! (6 points)

Les cinq parties sont indépendantes.

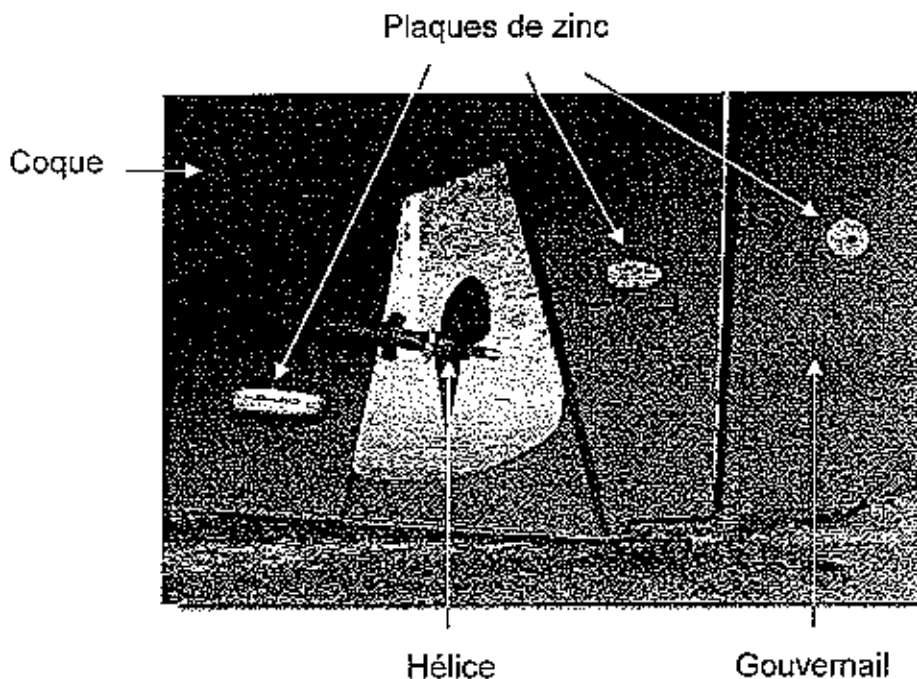
### 1. Corrosion humide du fer.

Les coques de nombreux bateaux sont fabriquées en acier (constitué essentiellement de fer). Au contact de l'eau de mer, le fer peut être oxydé par le dioxygène dissous à l'interface air-eau salée. Les deux couples oxydant/réducteur qui interviennent sont alors :  $\text{Fe}^{2+}_{(aq)} / \text{Fe}_{(s)}$  et  $\text{O}_{2(aq)} / \text{H}_2\text{O}_{(l)}$ .

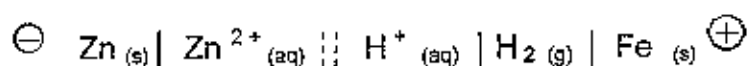
1.1. Écrire les deux demi-équations d'oxydoréduction dans le sens où elles se produisent, en supposant que le milieu est acide. Pour chaque demi-équation, préciser si elle traduit une oxydation ou une réduction.

1.2. Écrire l'équation de la réaction de corrosion.

### 2. Protection par anode « sacrificielle ».



Afin de protéger la coque du bateau (voir photo ci-dessus), un métal plus réducteur que le fer, ici le zinc, est fixé en différents endroits de la coque ou sur le gouvernail. Entre l'eau de mer supposée acide, le fer et le zinc, il se forme une pile de schéma conventionnel :



2.1. La pile peut être schématisée comme sur le document 1 de l'annexe 2 à rendre avec la copie.

2.1.1. Sur ce schéma, indiquer la polarité des électrodes puis le sens de circulation du courant  $I$  ainsi que celui de circulation des électrons.

2.1.2. L'eau de mer contient en grande quantité du chlorure de sodium sous forme d'ions sodium  $\text{Na}^+_{(\text{aq})}$  et d'ions chlorure  $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$ . Préciser vers quelle électrode se dirige chacun de ces ions.

2.2. Le fer n'intervient pas dans la réaction à l'électrode de fer.

En utilisant le schéma conventionnel de la pile donné à la question 2, montrer que l'équation de la réaction est :  $\text{Zn}_{(\text{s})} + 2\text{H}^+_{(\text{aq})} = \text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{H}_{2(\text{g})}$

2.3. On suppose que le courant électrique d'intensité  $I$  circulant dans le circuit extérieur est constant.

2.3.1. Exprimer la quantité d'électricité  $Q$  échangée pendant la durée  $\Delta t$ .

2.3.2. Cette quantité d'électricité a été transportée par  $n_e$  moles d'électrons. Sachant que la quantité d'électricité transportée par une mole d'électrons est le Faraday de symbole  $F$ , exprimer  $Q$  en fonction de ces deux grandeurs.

En déduire une expression de la quantité de matière d'électrons  $n_e$  en fonction de  $I$ ,  $\Delta t$  et  $F$ .

2.3.3. Donner la relation entre la quantité de matière de zinc  $n_{\text{Zn}}$  disparue et la quantité de matière d'électrons qui circulent dans la pile.

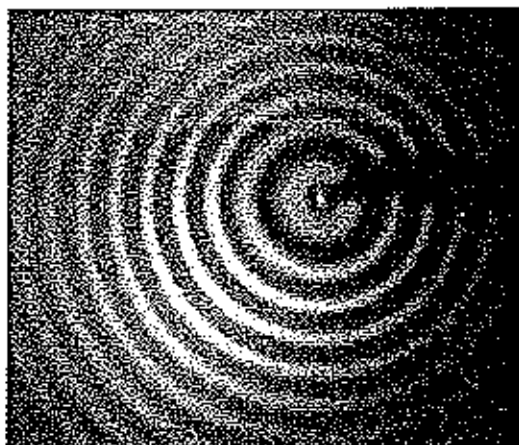
En déduire alors l'expression de la quantité de matière de zinc  $n_{\text{Zn}}$  qui disparaît en une durée  $\Delta t$ .

2.3.4. Après avoir établi l'expression de la masse  $m_{\text{Zn}}$  de zinc disparue en une durée  $\Delta t$ , calculer sa valeur.

Données :  $I = 0,25 \text{ A}$  ;  $F = 9,65 \cdot 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$  ;  $M_{\text{Zn}} = 65,4 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  et  $\Delta t = 60 \text{ jours}$ .

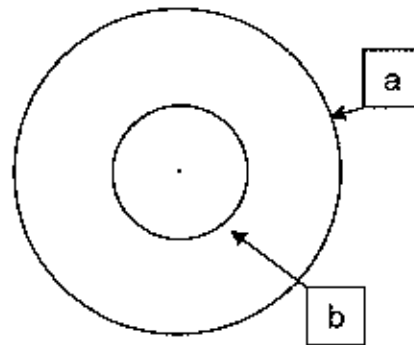
### 3. On jette l'ancre.

Arrivant dans un port, le bateau jette l'ancre. Cela entraîne la formation d'ondes quasi-circulaires semblables aux ondes formées sur une cuve à ondes (voir photo ci-dessous).



3.1. L'onde ainsi formée peut-elle être qualifiée de longitudinale ou de transversale ? Justifier la réponse.

3.2. Le schéma ci-dessous, à l'échelle 1/100, représente la position du front de l'onde (début de la déformation de l'eau) à deux instants  $t_1$  et  $t_2$  tels que :  
 $t_2 - t_1 = 3,0$  s.



- 3.2.1. Associer à chaque position du front de l'onde a et b l'instant  $t_1$  ou  $t_2$  correspondant. Justifier.  
3.2.2. Déterminer la célérité  $v$  de l'onde.

#### 4. On lève l'ancre.

On remonte l'ancre et on la laisse s'égoutter au dessus de l'eau avant de la monter sur le bateau. Au bout de quelques instants, les gouttes tombent périodiquement uniquement de la pointe de l'ancre. Pendant une durée  $\Delta t = 30$  s, il tombe environ  $n = 60$  gouttes. Elles créent ainsi une onde progressive périodique circulaire autour du point de chute (voir photo ci-dessous).



- 4.1. Déterminer la période  $T$  de l'onde progressive périodique obtenue. En déduire sa fréquence  $f$ .  
4.2. Sur le document 2 de l'annexe 2 à rendre avec la copie, sont schématisées les crêtes de l'onde générée à l'échelle 1/8.  
4.2.1. Déterminer la longueur d'onde  $\lambda$  de l'onde formée avec la plus grande précision possible.  
4.2.2. En déduire la célérité  $v'$  de l'onde.



4.3. L'onde atteint le ponton dans lequel existent différentes fentes. Représenter sur le document 2 de l'annexe 2 à rendre avec la copie, la forme de plusieurs crêtes de l'onde après son passage par les fentes 1 et 2. Justifier précisément chaque réponse.

## 5. D'autres ondes rôdent autour du bateau.

Port de plaisance rime avec bruits de câbles sur les mâts et Soleil. Répondre par VRAI ou FAUX sans justification à toutes les propositions suivantes dans le tableau du document 3 de l'annexe 2 à rendre avec la copie.

*Attention : toute mauvaise réponse retire des points.*

5.1. Le son est une onde :

a – mécanique      b – transversale      c – longitudinale

5.2. La lumière du Soleil est une onde :

a – mécanique      b – monochromatique

c – qui se propage moins vite dans l'eau que dans l'air (indice moyen de réfraction de l'eau :  $n = 1,3$ )

5.3. Un faisceau de lumière visible se diffracte quand il arrive sur :

a – une fente de largeur 1 cm      b – un fil de diamètre 1  $\mu\text{m}$

c – un dioptre air/eau (plan séparant l'air et l'eau)

**EXERCICE 3 : À PROPOS DE CONSERVATEURS (4 points)**

*L'acide benzoïque (E 210), les benzoates de sodium (E211), de potassium (E212) et de calcium (E213) sont des conservateurs alimentaires utilisés pour leurs propriétés fongicides. Pour leur usage alimentaire, ils sont obtenus par synthèse.*

Données :  $pK_A(C_6H_5CO_2H_{(aq)} / C_6H_5CO_2^-_{(aq)}) = 4,2$

Espèce chimique	Alcool benzylique	Permanganate de potassium	Benzoate de sodium	Acide benzoïque	Cyclohexane
Formule	$C_6H_5CH_2OH$	$KMnO_4$	$C_6H_5CO_2Na$	$C_6H_5CO_2H$	-
État physique à 20°C	liquide	solide	solide	solide	liquide
Masse molaire M (g.mol <sup>-1</sup> )	108	158	144	122	-
Masse volumique ρ (g.mL <sup>-1</sup> )	1,05	-	-	-	0,78
Solubilité dans l'eau	faible	grande	grande	1,5 g.L <sup>-1</sup> à 10°C 2,4 g.L <sup>-1</sup> à 25°C 68 g.L <sup>-1</sup> à 95°C	insoluble
Solubilité dans le cyclohexane	grande	insoluble	insoluble	très faible	-

**1. Étude du couple acide / base :**

**acide benzoïque / ion benzoate ( $C_6H_5CO_2H_{(aq)} / C_6H_5CO_2^-_{(aq)}$ ).**

1.1. Donner la définition d'un acide au sens de Brønsted.

1.2. Écrire la réaction de l'acide benzoïque avec l'eau.

1.3. Déterminer le domaine de prédominance de chaque espèce du couple.

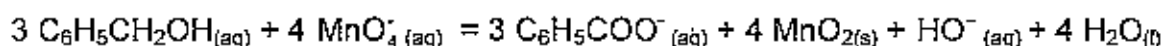
2. Synthèse du benzoate de sodium : oxydation de l'alcool benzylique  $C_6H_5CH_2OH$  par le permanganate de potassium  $KMnO_4$  en milieu basique.

Mettre dans un ballon :

- 100 mL de solution aqueuse de soude à  $0,40 \text{ mol.L}^{-1}$  ;
- 2,5 mL d'alcool benzylique ;
- 4,5 g de permanganate de potassium ;
- quelques grains de pierre ponce

Réaliser un montage à reflux et chauffer à ébullition douce pendant 20 min. Il apparaît un précipité marron de dioxyde de manganèse  $MnO_2$ .

L'équation de la réaction notée (1) s'écrit :



Après refroidissement, filtrer le mélange à l'aide d'un filtre büchner : le filtrat obtenu est incolore.

Verser le filtrat dans une ampoule à décanter, y ajouter environ 40 mL de cyclohexane, agiter et dégazer plusieurs fois, laisser reposer : on recueille la phase contenant le benzoate de sodium en solution.

2.1. Annoter le schéma du montage à reflux sur le document 1 de l'annexe 3 à rendre avec la copie.

Quel est l'intérêt d'un chauffage à reflux ?

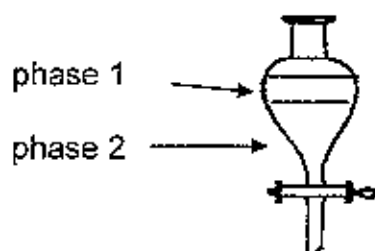
2.2. Quel composé recueille-t-on dans le filtre du büchner ? Justifier.

2.3. Déterminer la quantité de matière initiale des deux réactifs, l'alcool et l'ion permanganate.

2.4. Compléter (numériquement quand c'est possible) le tableau d'avancement sur le document 2 de l'annexe 3 à rendre avec la copie.

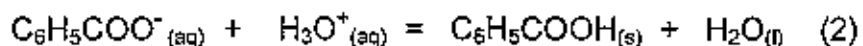
Montrer que le réactif en excès est l'alcool.

2.5. Sur la copie, donner le nom des phases 1 et 2 notées sur le schéma ci-dessous et leur composition. Justifier.



### 3. Obtention de l'acide benzoïque.

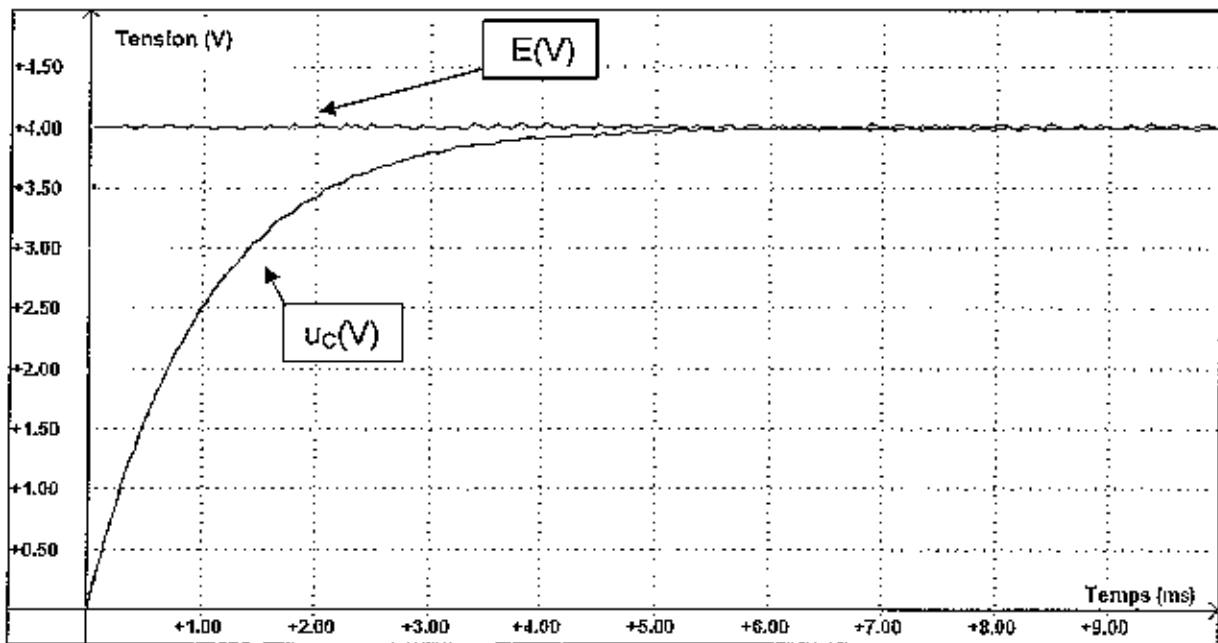
*On récupère la phase contenant le benzoate de sodium dans un erlenmeyer que l'on dépose dans de la glace pilée. On verse alors prudemment de l'acide chlorhydrique concentré ( $H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$ ) jusqu'à cristallisation totale de l'acide benzoïque selon la réaction d'équation :*



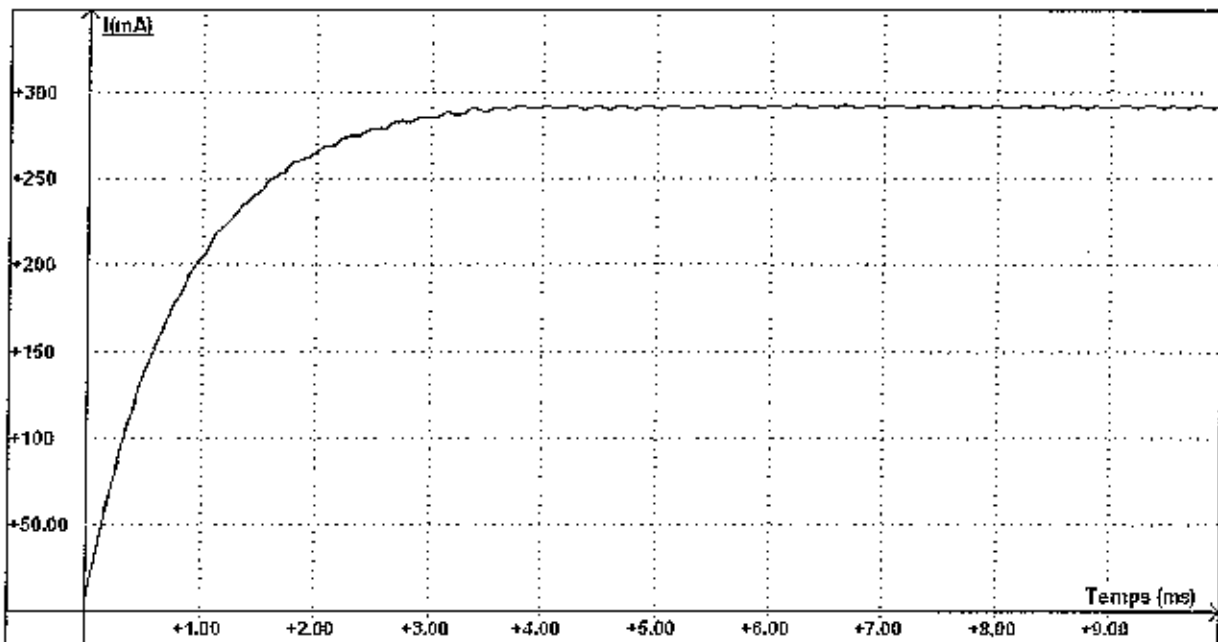
- 3.1. Pourquoi est-il intéressant de laisser l'erlenmeyer dans la glace ?
- 3.2. Déterminer la quantité de matière maximale d'acide benzoïque que l'on peut obtenir.
- 3.3. On filtre et on rince à l'eau froide les cristaux obtenus. Après séchage, la masse pesée est  $m = 1,2 \text{ g}$ .
  - 3.3.1. Citer une méthode permettant d'identifier et de vérifier la pureté de l'acide formé.
  - 3.3.2. Le solide obtenu étant pur, déterminer le rendement  $\eta$  de la synthèse réalisée.

ANNEXE 1 À RENDRE AVEC LA COPIE

Exercice 1 :



Document 1

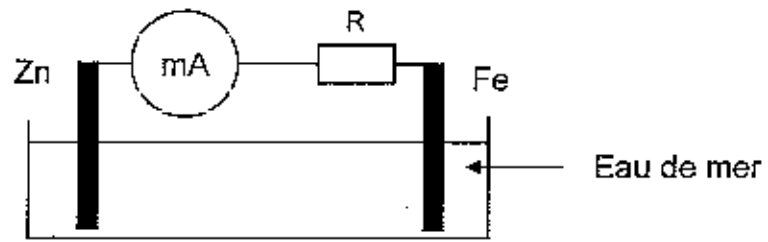


Document 2

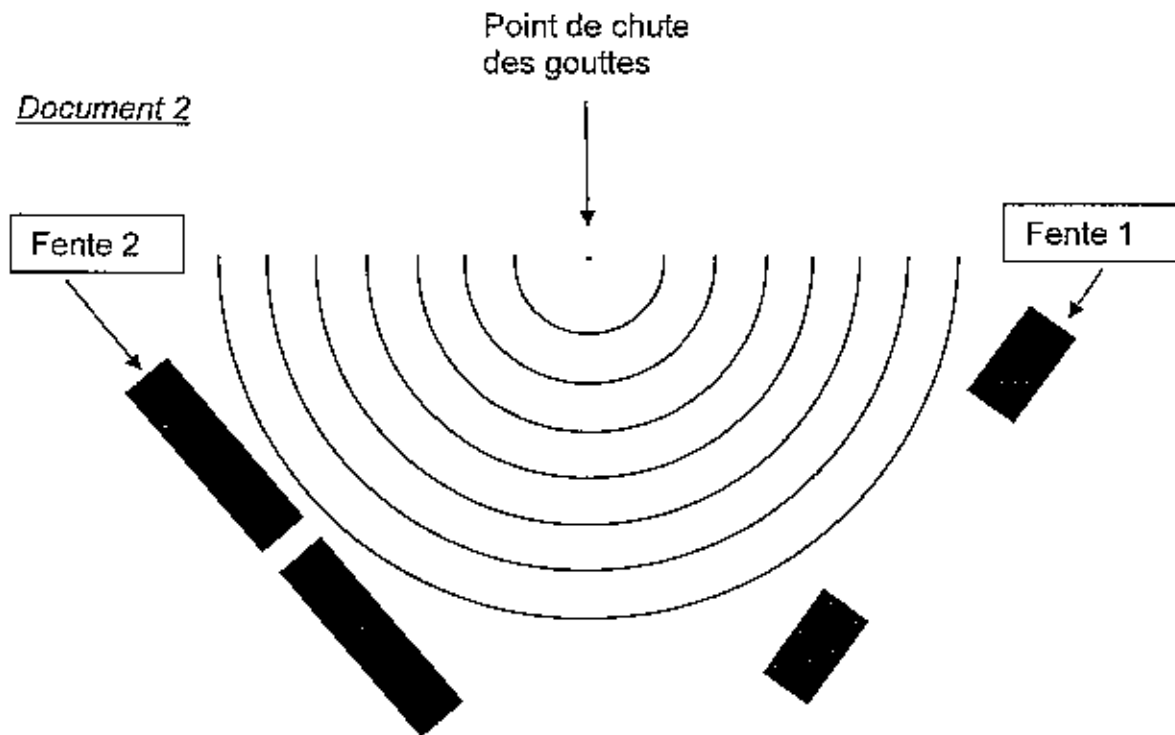
ANNEXE 2 À RENDRE AVEC LA COPIE

Exercice 2 :

Document 1



Document 2

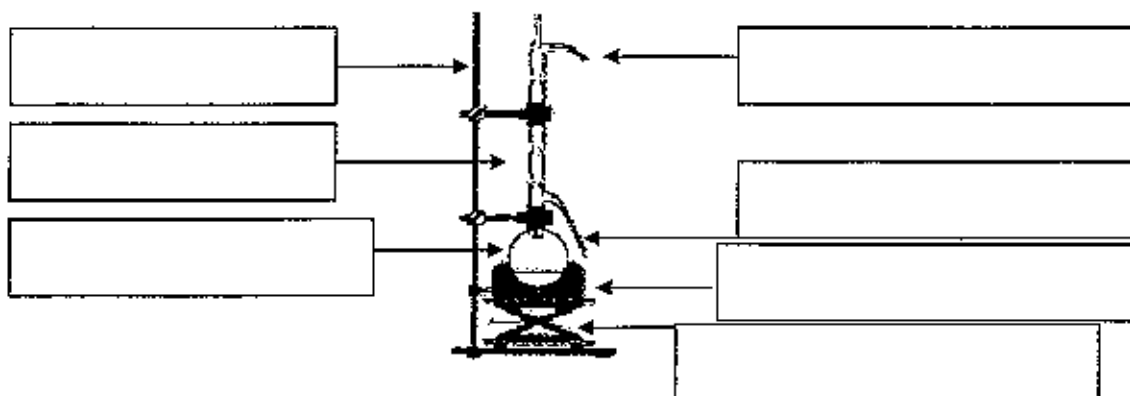


Document 3

	a	b	c
5.1			
5.2			
5.3			

ANNEXE 3 À RENDRE AVEC LA COPIE

Exercice 3 :



Document 1

Équation chimique		$3\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH} + 4\text{MnO}_4^- = 3\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2^- + 4\text{MnO}_2 + \text{OH}^- + 4\text{H}_2\text{O}$					
		(aq)	(aq)	(aq)	(s)	(aq)	(l)
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)					
État initial	0					excès	solvant
État intermédiaire	x					excès	solvant
État final si la réaction est totale	$x_{\text{max}}$					excès	solvant

Document 2