10PYOSAN1

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Session 2010

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Enseignement Obligatoire

Durée de l'épreuve : 3 heures 30 – Coefficient : 6

L'usage des calculatrices est autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Ce sujet comporte 10 pages numérotées de 1/10 à 10/10

**Les feuilles d'annexes (pages 9/10 et 10/10)
SONT À RENDRE AGRAFÉES À LA COPIE**

10PYOSAN1

EXERCICE 1 : L'EAU, ne la gaspillez pas (6,5 points)

L'eau, bien précieux qui peut se faire rare dans de nombreuses régions, est essentielle dans différents domaines comme par exemple :

- en biologie : l'eau est le principal constituant des tissus animaux et végétaux.
- dans l'industrie : l'eau se prête à des applications nombreuses et variées. (solvant, agent de lavage et de réfrigération, matière première).

1. L'eau, en tant que boisson :

Les indications portées sur une bouteille d'eau minérale sont les suivantes :

Minéralisation en mg/L	
Calcium Ca^{2+} : 555	Magnésium Mg^{2+} : 110
Sodium Na^{+} : 14	Hydrogénocarbonate HCO_3^- : 403
résidu sec à 180°C : 1850	
pH = 7,0	

Données : $pK_{A1}(CO_2,H_2O/\ HCO_3^-) = 6,4$ $\quad pK_{A2}(HCO_3^-/CO_3^{2-}) = 10,3$

masse molaire de HCO_3^- : 61 g.mol^{-1}

1.1. L'ion hydrogénocarbonate :

1.1.1. Écrire les demi-équations acido-basiques qui sont associées à l'ion hydrogénocarbonate.

1.1.2. Sur un axe gradué en pH, placer les valeurs des pK_A. Préciser les domaines de prédominance des espèces acides et basiques des couples auxquels appartient l'ion hydrogénocarbonate.

1.1.3. Justifier que l'ion hydrogénocarbonate est l'espèce prédominante dans cette eau minérale.

1.2. Teneur en ion hydrogénocarbonate :

On prélève un volume $V_1 = 20$ mL d'eau minérale auquel est additionnée progressivement une solution d'acide chlorhydrique ayant une concentration $C = 1,0 \times 10^{-2}$ mol.L^{-1}.

1.2.1. La réaction chimique qui se produit, s'écrit :

$$HCO_{3(aq)}^- + H_3O^+_{(aq)} = CO_2,H_2O_{(aq)} + H_2O \quad \textbf{(I)}$$

1.2.1.1. Exprimer le quotient de réaction Q_r associé à la transformation chimique.

1.2.1.2. Montrer que dans l'état d'équilibre, la valeur particulière du quotient de réaction est $Q_{r,eq} = K = 2,5 \times 10^6$.
Cette valeur dépend-elle de la composition initiale du système chimique ?

1.2.1.3. Préciser, sans calcul, la valeur que doit avoir le taux d'avancement à l'équilibre, si on veut utiliser la réaction chimique **(I)** pour le dosage des ions hydrogénocarbonate. Justifier la réponse.

1.2.2. Sur la figure de l'annexe 1 sont indiqués les points expérimentaux du dosage, obtenus par suivi pH-métrique.

1.2.2.1. En s'appuyant sur l'équation de réaction **(I)**, définir l'équivalence lors du dosage des ions hydrogénocarbonate.

1.2.2.2. Déterminer les coordonnées du point d'équivalence.

1.2.2.3. Calculer la concentration en ions hydrogénocarbonate dans cette eau minérale. La comparer avec l'indication portée sur l'étiquette.

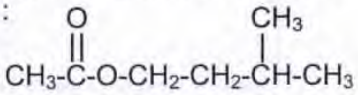
1.2.2.4. Le dosage des ions hydrogénocarbonate peut-il être réalisé par colorimétrie en utilisant un indicateur coloré ? Justifier et choisir l'indicateur le plus approprié dans la liste des indicateurs cités dans **l'annexe 1**.

2. L'eau en chimie organique :

2.1. Les esters, des molécules odorantes :

Les esters et les produits de leur hydrolyse sont des espèces chimiques très répandues dans la nature.

L'acétate d'isoamyle est l'un des esters à odeur fruitée contenus dans les bananes. Sa formule semi-développée est la suivante :



La synthèse de l'acétate d'isoamyle est réalisée dans l'industrie chimique afin de préparer certains arômes alimentaires. Sa préparation peut être faite à partir des deux réactifs : l'acide éthanoïque (ou acide acétique) et le 3-méthylbutan-1-ol (ou alcool isoamylique).

Écrire les formules semi-développées des deux réactifs cités.

2.2. Hydrolyse des esters :

Dans un montage à reflux, on introduit 6,5 g d'acétate d'isoamyle et 0,90 g d'eau.

Le mélange réactionnel est chauffé pendant une heure à 75°C environ.

2.2.1. Écrire l'équation de la réaction produite.

2.2.2. Calculer les quantités initiales d'ester et d'eau introduites dans le mélange réactionnel.

2.2.3. Le quotient de réaction à l'équilibre pour cette réaction est $Q_{r,eq} = 0,25$.
Calculer le quotient de réaction initial et déduire le sens d'évolution du système chimique.

2.2.4. Compléter le tableau d'avancement sur **l'annexe 1 à rendre avec la copie** et déterminer l'avancement quand la transformation a atteint son état d'équilibre.

2.3. Influence des conditions initiales :

L'hydrolyse d'un ester est une réaction limitée.

Lorsque l'état d'équilibre est atteint à 75°C, la quantité de matière d'ester non hydrolysée est égale à $3,3 \times 10^{-2}$ mol. Préciser s'il reste la même quantité de matière d'ester à l'équilibre dans les conditions suivantes :

2.3.1. les quantités initiales d'ester et d'eau sont identiques à celles de la question 2.2. , la température est égale à 95°C ;

2.3.2. la quantité initiale d'ester est identique, on introduit dans le mélange initial 100 mL d'eau, la température est égale à 75°C.
Justifier les réponses.

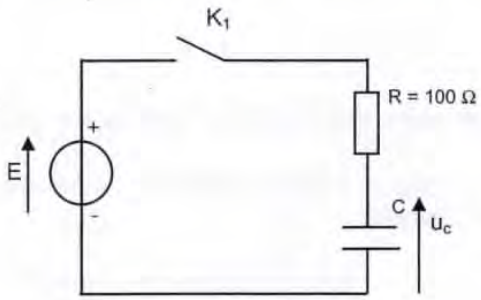
Données : masse molaire atomique ($g.mol^{-1}$) : M(H) = 1 M(C) = 12 M(O) = 16

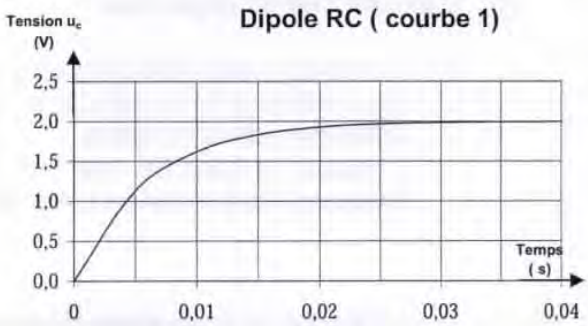
10PYOSAN1

EXERCICE 2 : LES SYSTÈMES ÉLECTRIQUES (5,5 points)

1. LE DIPÔLE RC :

On réalise le circuit correspondant au schéma ci-après. Un dispositif d'acquisition de données relié à un ordinateur permet de suivre l'évolution de la tension aux bornes du condensateur en fonction du temps t.
On déclenche les acquisitions à la fermeture de l'interrupteur K_1, le condensateur étant préalablement déchargé. L'ordinateur nous donne alors $u_c = f(t)$, **courbe 1** ci-après.





L'étude théorique conduit à une expression de la forme : $u_c = E.(1- e^{-t/\tau})$ où τ est la constante de temps du circuit.

1.1. Reproduire le schéma du montage sur la copie et indiquer où doivent être branchées la masse M et la voie d'entrée de la carte d'acquisition pour étudier les variations de la tension u_c aux bornes du condensateur. Quel est le phénomène physique mis en évidence sur l'enregistrement ?

1.2. À partir de la courbe, indiquer la valeur E de la tension aux bornes du générateur. Justifier.

1.3. La constante de temps τ de ce circuit a pour expression $\tau = RC$.

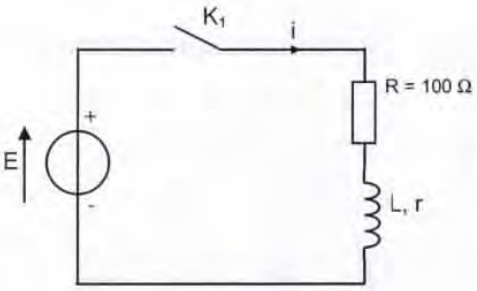
1.3.1. Montrer que la tension u_c atteint 63% de sa valeur maximale au bout du temps caractéristique égal à τ.

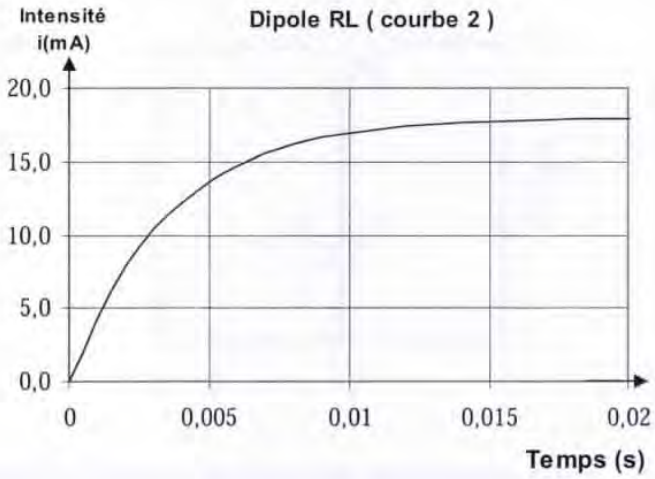
1.3.2. Déterminer la valeur de τ et déduire la valeur de la capacité C du condensateur.

2. LE DIPÔLE RL :

On remplace le condensateur par une bobine d'inductance L et de résistance r selon le schéma ci-après. L'ordinateur nous permet de suivre l'évolution de l'intensité i du courant en fonction du temps, **courbe 2** ci-après.

10PYOSAN1





La loi d'additivité des tensions appliquée à ce circuit série conduit à l'équation différentielle suivante : $E = (R + r)i + L\frac{di}{dt}$ **(1)**

2.1. Quel est le phénomène physique mis en évidence sur l'enregistrement et quel est l'élément du circuit responsable de ce phénomène ?

2.2. Soit I l'intensité du courant électrique qui traverse le circuit, en régime permanent. Établir son expression littérale à partir de l'équation **(1)** en fonction des grandeurs caractéristiques du circuit. Donner sa valeur numérique et déduire la résistance de la bobine.

2.3. Quelle est la valeur du courant à la date t = 0 s ? Comment s'écrit alors l'équation différentielle **(1)** donnée précédemment ?

Montrer qu'à t = 0 s, on a $\frac{di}{dt} = \frac{I}{\tau'}$ avec $\tau' = \frac{L}{R+r}$ constante de temps du dipôle RL.

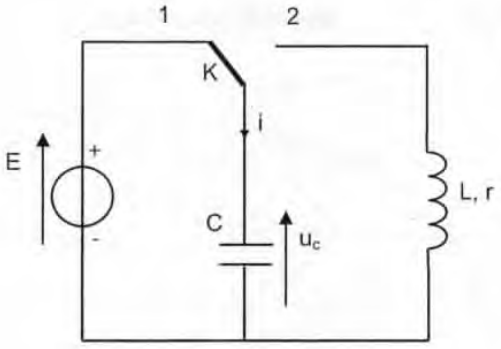
2.4. Vérifier que $\frac{L}{R+r}$ est homogène à un temps.

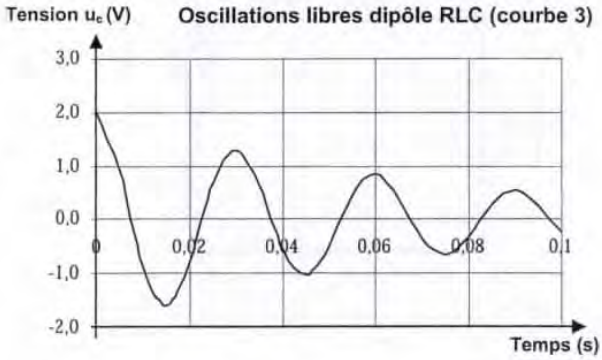
Déterminer graphiquement la valeur numérique de τ' et déduire la valeur de l'inductance L de la bobine.

3. LE DIPÔLE RLC EN OSCILLATIONS LIBRES :

On associe un condensateur de capacité C = 60 µF avec la bobine précédente, comme le montre le schéma ci-dessous.
Le condensateur est préalablement chargé (interrupteur en position 1). L'enregistrement des variations de la tension aux bornes du condensateur en fonction du temps commence quand on bascule K en position 2, **courbe 3** ci-après.

10PYOSAN1





3.1. Caractériser du point de vue énergétique l'enregistrement obtenu. Les oscillations observées sont-elles périodiques ? Pourquoi les qualifie-t-on d'oscillations libres ?

3.2. Mesurer la pseudo période T des oscillations électriques.
En assimilant la pseudo période à la période propre, déterminer la valeur de l'inductance de la bobine. La comparer à celle trouvée précédemment.
On rappelle l'expression de la période propre $T_o = 2\pi.\sqrt{LC}$

3.3. L'association bobine-condensateur est à la base de la constitution d'oscillateurs qui génèrent une tension sinusoïdale constante en fréquence et en amplitude. Ces oscillateurs sont présents dans de nombreux appareils électriques utilisés dans le domaine des télécommunications.
Comment maintient-on constante l'énergie totale d'un oscillateur électrique ?

10PYOSAN1

EXERCICE 3 : LA LUMIÈRE, UNE ONDE ÉLECTROMAGNÉTIQUE (4 points)

1. L'onde lumineuse et ses caractéristiques :

On rappelle que dans le vide, toutes les ondes électromagnétiques ont la même célérité $c = 3{,}00 \times 10^8$ m.s^{-1}.

1.1. Pour une radiation de fréquence ν, donc de période T et de longueur d'onde λ, se propageant dans le vide à la célérité c, on propose les relations suivantes :

(a) $\lambda = \frac{c}{\nu}$ (b) $T = \frac{c}{\lambda}$ (c) $\lambda = c.T$

1.1.1. Donner la définition de la longueur d'onde.

1.1.2. Préciser l'unité de λ. Choisir dans les relations précédentes la (ou les) relation(s) correcte(s).

1.2. Une lampe à vapeur de lithium émet dans le vide une radiation intense de longueur d'onde λ égale à 571 nm.
Déterminer la fréquence de cette radiation dans le vide.

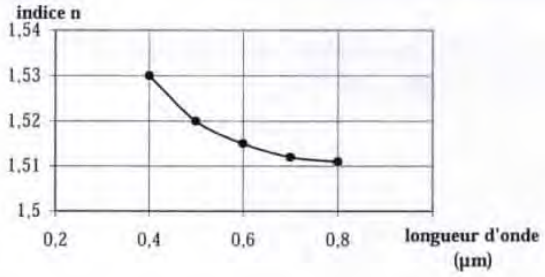
1.3. La radiation émise par la lampe à vapeur de lithium traverse un milieu transparent d'indice n = 1,5.
Un élève curieux s'interroge sur les caractéristiques de cette radiation dans ce milieu transparent puis il affirme : « la fréquence est inchangée et la longueur d'onde maintenant égale à 380 nm ».
Ces affirmations sont-elles justes ou erronées ? Justifier.

Données : n : indice de réfraction d'un milieu transparent

$n = \frac{c}{v}$ avec v célérité de la lumière dans le milieu envisagé.

2. Analyse d'une lumière complexe ; le spectromètre à prisme.

2.1. Ce spectromètre utilise les propriétés dispersives d'un prisme en verre. Lorsqu'une lumière polychromatique est dirigée vers l'une des faces d'un prisme, chaque radiation est déviée d'un angle qui dépend de l'indice et donc de la longueur d'onde dans le vide λ.
Ci-dessous est représentée la variation de l'indice d'un verre en fonction de la longueur d'onde λ.



2.1.1. Qu'appelle-t-on une lumière polychromatique ?

2.1.2. À quelles couleurs sont associées les longueurs d'onde correspondant aux limites du domaine visible ?

2.1.3. À l'aide du graphique, déterminer les indices du prisme en verre pour ces longueurs d'onde limites.

2.2. Une lumière émise par une lampe à vapeur de mercure contient trois radiations intenses de longueur d'onde : 440 nm, 550 nm et 580 nm.

2.2.1. On place sur le trajet de la lumière un filtre qui ne laisse passer que la radiation de longueur d'onde 440 nm et on l'envoie vers le prisme réalisé avec le verre précédent sous une incidence $i_1 = 45°$ (voir la **figure 1** donnée en **annexe 2**).

2.2.1.1. La radiation subit une première réfraction en I sur la face AB du prisme.
On rappelle la loi de la réfraction :

$$n_1.\sin(i_1) = n_2.\sin(i_2)$$

Milieu (1) : air d'indice : $n_1 = 1$ quel que soit λ. Milieu (2) : verre.
Déterminer l'angle de réfraction dans le prisme pour cette radiation.
Tracer approximativement le rayon réfracté à l'intérieur du prisme sur la **figure 1 de l'annexe 2 à rendre avec la copie**.

2.2.1.2. À la traversée de la face AC, une nouvelle réfraction se produit en I' et un rayon sort du prisme en présentant un angle de déviation D par rapport au rayon incident en I.
Compléter la marche du rayon lumineux sur la **figure 1 de l'annexe 2 à rendre avec la copie** et noter l'angle de déviation D.

2.3. On enlève le filtre et un écran est placé après le prisme.

Que visualise-t-on sur l'écran lorsque le prisme reçoit l'ensemble de la lumière émise par la lampe à vapeur de mercure ? Justifier.

3. Émission de la lumière.

3.1. La radiation la plus intense émise par la lampe à vapeur de mercure est de couleur violette et correspond à $\lambda = 440$ nm.

3.1.1. Exprimer le quantum d'énergie associé à cette émission.

3.1.2. Calculer en joule, puis en eV, l'énergie des photons associés.

3.2. Comment interprète-t-on l'émission de photons par les atomes ?

Données : constante de Planck : $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J.s
$1 \text{ eV} = 1{,}60 \times 10^{-19}$ J

10PYOSAN1

ANNEXE 1 À RENDRE AVEC LA COPIE

Dosage pH-métrique de l'eau minérale :

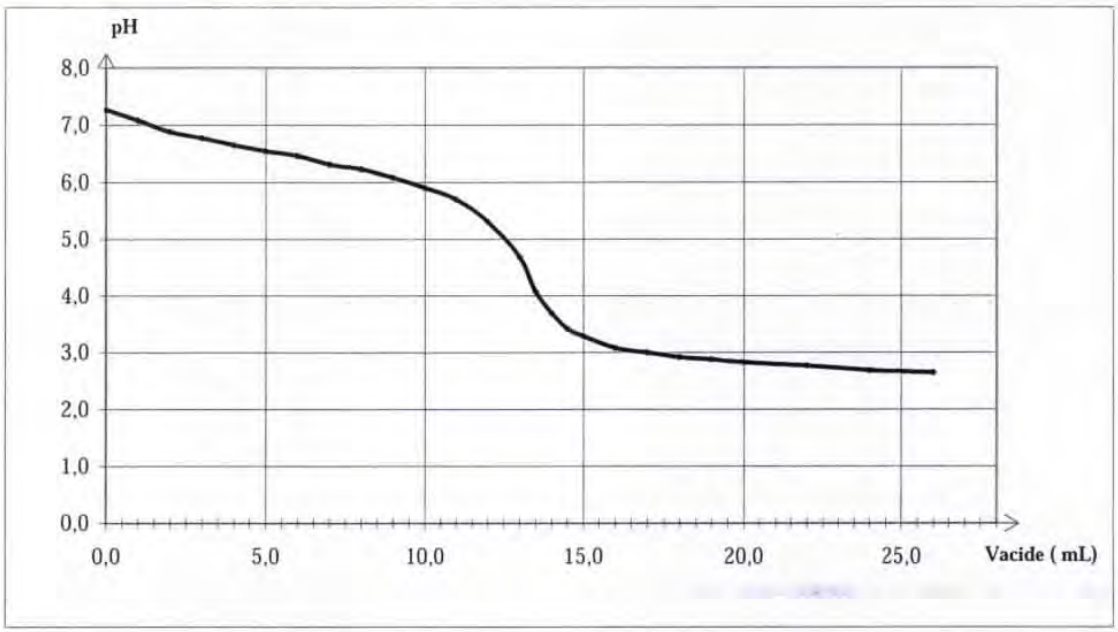


Tableau des indicateurs colorés :

Indicateur coloré	Zone de virage
Vert de bromocrésol	Jaune 3,8 - 5,4 bleu
Bleu de bromothymol	Jaune 6,0 - 7,6 bleu
Phénolphtaléïne	Incolore 8,2 - 10,0 rose

Tableau d'avancement :

Équation chimique		**Ester + eau = acide carboxylique + alcool**			
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
État initial	0				
État au cours de la transformation	x				
État final si la transformation est totale	x_{max}				
État final réel	x_f				

10PYOSAN1

ANNEXE 2 À RENDRE AVEC LA COPIE

Figure 1 :

