

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2002

ÉPREUVE : **PHYSIQUE-CHIMIE – Série S**

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 8

ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

L'USAGE DE LA CALCULATRICE EST AUTORISÉ

Une feuille de papier millimétré est nécessaire pour l'exercice I

Ce sujet comporte deux exercices de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 12 pages numérotées de 1/12 à 12/12, y compris celle-ci.

Les annexes, pages 11/12 et 12/12, sont à rendre avec la copie.

Le candidat doit traiter les quatre exercices, qui sont indépendants les uns des autres :

- | | |
|--|------------|
| I. Étude d'un ressort | (6 points) |
| II. Phénomènes physiques et circuits électriques | (5 points) |
| III. Synthèse d'un arôme | (4 points) |
| IV. Date limite de consommation d'un lait frais | (5 points) |

I – Étude d'un ressort (6 points)

On étudie ici par deux méthodes différentes, statique et dynamique, la raideur d'un ressort. La constante de raideur est notée k dans toute la suite de l'exercice.

Le ressort est à spires non jointives et est utilisé dans le domaine d'élasticité. On rappelle que la force exercée par un ressort sur un corps accroché à son extrémité de position E (cf. figure 1) par rapport à sa position à vide O est donnée par : $\vec{F} = -k \cdot \vec{OE}$

Les parties A et B sont indépendantes

A – ÉTUDE STATIQUE

Le ressort à étudier est accroché à une potence. A l'extrémité libre appelée E , on suspend successivement des masses de différentes valeurs. (cf. figure 1)

Le zéro de la règle correspond à la position de E à vide.

Pour chaque masse m on mesure l'allongement Δl du ressort.

On obtient le tableau ci-dessous :

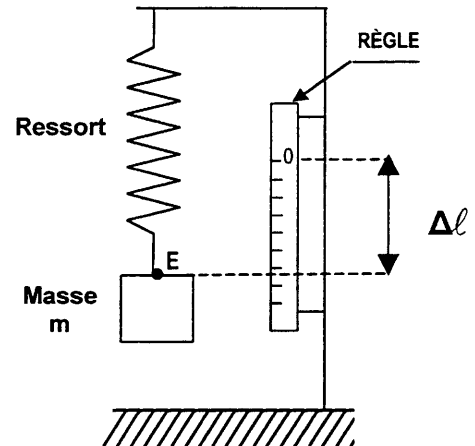


Figure 1

m (kg)	0	0,2	0,4	0,5	0,7	1
Δl (cm)	0	5	10	12,5	17,5	24,9

1. Tracer le graphe de l'allongement Δl en fonction de la masse m . En déduire la relation numérique entre Δl et m .
2. Sur un schéma, représenter les forces s'exerçant sur la masse m . Exprimer leur somme à l'équilibre.
3. En déduire l'expression littérale de la constante de raideur k . Après avoir rappelé l'unité de cette constante dans le Système International, vérifier l'homogénéité de l'expression par l'analyse dimensionnelle et calculer k .

On prendra la valeur $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$.



II – Phénomènes physiques et circuits électriques (5 points)

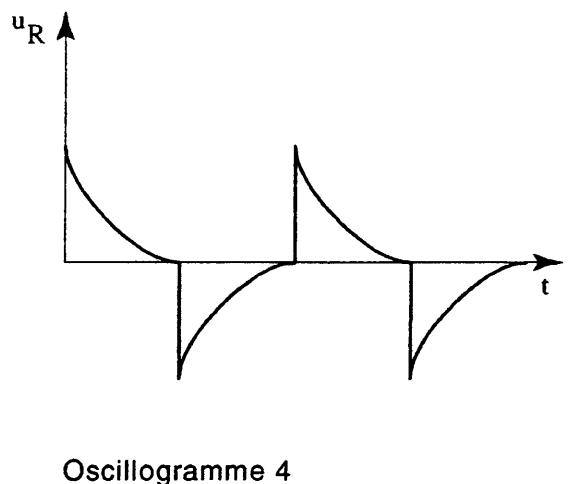
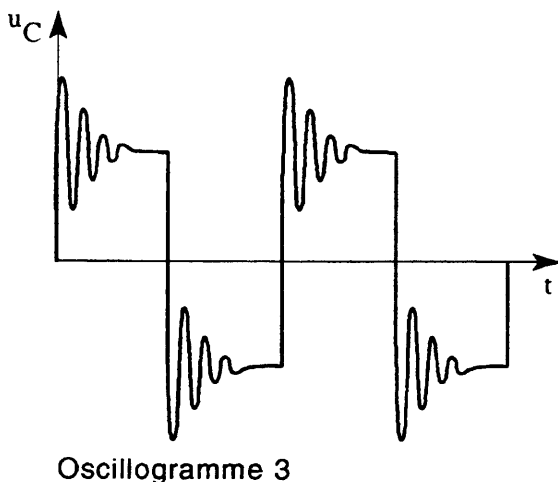
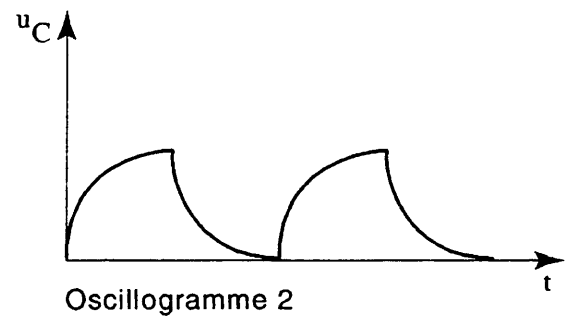
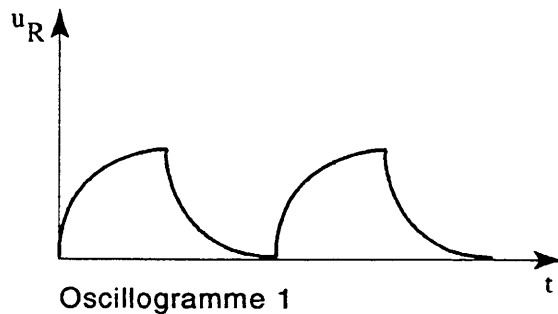
Les questions 1 et 2 sont indépendantes.

1 – Un résistor de résistance R , un condensateur de capacité C , une bobine d'inductance L et de résistance négligeable appartiennent à différents circuits \mathcal{C}_1 , \mathcal{C}_2 , \mathcal{C}_3 alimentés par un générateur délivrant une tension "en créneaux". Les circuits \mathcal{C}_1 , \mathcal{C}_2 , \mathcal{C}_3 sont représentés dans l'annexe page 11 (à rendre avec la copie).

a) Tracer, sur chacun des circuits, les flèches représentant les tensions $u_R = R.i$ et

$$u_C = \frac{q}{C}.$$

b) Avec l'oscilloscope, pour chacun de ces circuits, on visualise u_R ou u_C . On obtient les oscillogrammes 1, 2, 3 et 4.



Compléter le tableau de l'annexe page 11 en indiquant pour chacun des oscillogrammes :

- le circuit utilisé (\mathcal{C}_1 , \mathcal{C}_2 ou \mathcal{C}_3) ;
- le numéro du phénomène physique étudié parmi les propositions suivantes :

B – ÉTUDE DYNAMIQUE

Dans cette partie, le ressort précédent est utilisé pour réaliser un oscillateur élastique horizontal. Tous les frottements sont négligés.

On utilise un axe Ox horizontal, orienté par le vecteur unitaire \vec{i} et on repère la position du centre d'inertie du solide G de masse M, de valeur inconnue, par son abscisse x sur cet axe. (cf. figure 2).

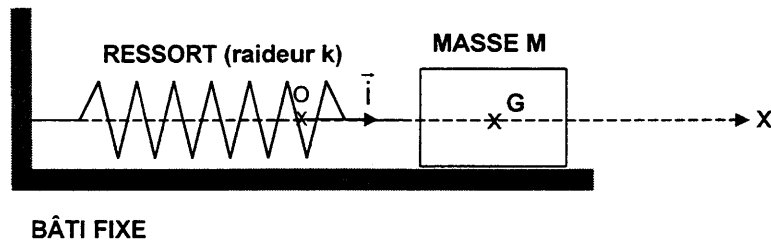


Figure 2

A l'équilibre (ressort ni allongé, ni comprimé), l'abscisse x est nulle (le point G est confondu avec le point O).

A un instant choisi comme origine des temps, la masse est écartée de sa position d'équilibre, et lâchée sans vitesse initiale. Le système oscille.

1. Faire un schéma des forces qui s'exercent sur la masse M à l'instant t correspondant à la figure 2.
2. En appliquant le théorème du centre d'inertie, appelé aussi deuxième loi de Newton, montrer que l'équation différentielle du mouvement de la masse M peut s'écrire sous la forme : $\ddot{x} + \omega_0^2 \cdot x = 0$.
3. En déduire l'expression de la pulsation propre ω_0 , puis de la période propre T_0 en fonction de k et de M.
4. On mesure la durée de 10 oscillations et on obtient 10,6 s. Calculer T_0 .
5. La masse précédente est surchargée d'une masse m fixée sur M. Ce nouveau système est mis en oscillation comme le précédent. La nouvelle durée de 10 oscillations est alors de 10,7 s. La surcharge m est de 20 g.
 - a. Exprimer la nouvelle période T_1 en fonction de M, m et k.
 - b. En déduire l'expression de k en fonction de T_0 , T_1 et m.
 - c. Calculer la valeur de k. Est-elle en accord avec celle trouvée par la méthode statique ?

Phénomène 1 : charge et décharge d'un condensateur à travers un résistor.

Phénomène 2 : charge et décharge oscillantes d'un condensateur à travers un résistor.

Phénomène 3 : autoinduction.

2 – On considère le circuit \mathcal{C}_1 dont le générateur délivre maintenant une tension sinusoïdale. Le circuit est alors le siège d'oscillations forcées.

a) Pourquoi dit-on que ces oscillations sont forcées ?

b) On veut visualiser la tension u_R .

Reprendre ce circuit sur votre copie en plaçant correctement le résistor et en indiquant le branchement de l'oscilloscope pour visualiser u_R .

Placer un ampèremètre permettant de mesurer l'intensité du courant dans le circuit.

c) L'amplitude de la tension d'alimentation étant maintenue constante, on fait varier sa fréquence f .

L'amplitude u_R prend une valeur maximale pour une valeur particulière de f notée f_0 .

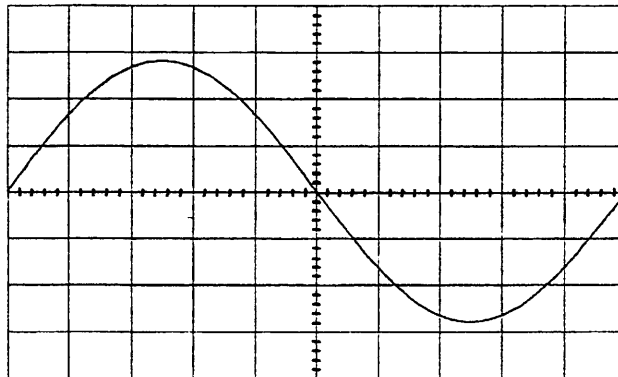
Comment appelle-t-on cette situation ?

d) Les réglages de l'oscilloscope sont les suivants :

- balayage : $1 \text{ ms} \cdot \text{div}^{-1}$;

- sensibilité verticale : $1 \text{ V} \cdot \text{div}^{-1}$.

Pour la fréquence f_0 , l'oscillogramme correspondant à u_R est le suivant :



Déterminer la fréquence f_0 .

e) L'ampèremètre indique 2 mA pour cette fréquence f_0 .

Cette valeur correspond-elle à l'intensité maximale ? à l'intensité instantanée ? ou à l'intensité efficace ?

f) Calculer, pour cette fréquence f_0 , l'impédance du dipôle R, L, C série.

III – Synthèse d'un arôme (4 points)

Diverses espèces chimiques sont responsables de la saveur et de l'odeur des aliments : ce sont des arômes.

On peut préparer artificiellement le propanoate de 2-méthylpropyle, un arôme dont l'odeur rappelle celle du rhum, par action de l'acide propanoïque sur le 2-méthylpropan-1-ol.

Données :

Nom	Masse molaire (g.mol ⁻¹)	Température d'ébullition (°C)	Densité	Solubilité dans l'eau
Acide propanoïque	74	140	1,013	Bonne
2-méthylpropan-1-ol	74	110	0,808	Moyenne à froid
Propanoate de 2-méthylpropyle	130	132	0,892	Très faible

A – Étude de la réaction

1. Écrire l'équation-bilan de cette réaction de synthèse en utilisant les formules semi-développées.
2. Quelles sont les propriétés de cette réaction ?
3. A quelle famille chimique appartient l'arôme synthétisé ?

B – Étude du protocole opératoire

On utilise pour préparer cet arôme un montage à reflux.

On introduit dans un ballon 44,0 mL de l'acide, puis 18,3 mL de l'alcool et enfin, avec précaution, environ 1 mL d'acide sulfurique concentré. On ajoute quelques grains de pierre ponce. On chauffe à reflux pendant environ une heure.

On refroidit ensuite le ballon sous le robinet d'eau froide, puis on verse son contenu dans un récipient contenant de l'eau glacée. On observe deux phases liquides que l'on sépare à l'aide d'une ampoule à décanter.

La phase organique est ensuite lavée puis séchée. On isole l'arôme synthétisé. On le pèse et on obtient une masse $m = 19,5$ g.

1. Quel est l'intérêt du montage à reflux ?
2. Quel est le rôle de l'acide sulfurique ?
3. Dans l'ampoule à décanter, où est situé l'arôme ? Justifier la réponse.

C – Étude du rendement

1. Montrer que l'un des réactifs est introduit en excès. Quel en est l'intérêt ?
2. Définir et calculer le rendement de la réaction.
3. Aurait-on pu améliorer ce rendement :
 - en élevant la température ? (Justifier).
 - en utilisant une plus grande quantité d'acide sulfurique ?

IV – Date limite de consommation d'un lait frais (5 points)

Un groupe d'élèves a choisi, comme sujet de TPE (Travaux Personnels Encadrés), de s'intéresser à la validité de la date limite de consommation inscrite sur une bouteille de lait du commerce de la catégorie "lait frais".

Une recherche documentaire leur apprend que :

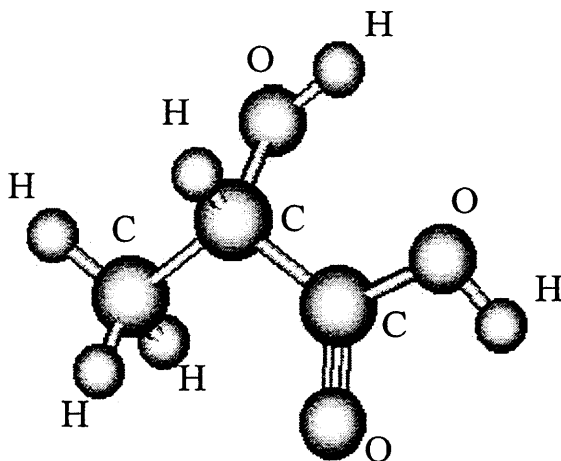
- le lait est un mélange complexe d'eau, de glucides dont le lactose, de lipides, de protides, de sels minéraux, de vitamines ... ;
- lorsqu'on ouvre une bouteille de lait, les bactéries présentes dans l'air dégradent lentement le lactose en acide lactique, de masse molaire $90,0 \text{ g.mol}^{-1}$ et de pKa égal à 3,8 ;
- la teneur en acide lactique est un critère de fraîcheur et de qualité du lait ;

Le degré Dornic ($^{\circ}\text{D}$) exprime la teneur en acide lactique : 1°D correspond à 0,1 g d'acide lactique par litre de lait.

Pour être considéré comme frais, un lait doit avoir une teneur en acide inférieure ou égale à 18°D .

I - La molécule d'acide lactique

La structure de l'acide lactique en modèle éclaté est la suivante :



1. Écrire la formule brute puis la formule semi-développée plane de l'acide lactique.

Entourer et nommer les groupes fonctionnels présents dans cette molécule.

2. La molécule d'acide lactique est chirale.

- Qu'appelle-t-on molécule chirale ?
- Quelle est la cause de la chiralité de cette molécule ?
- Donner une représentation spatiale de chacun des énantiomères de la molécule d'acide lactique.

II - Dosage de l'acide lactique dans le lait

Une bouteille de lait a été ouverte un jour, noté J, une semaine avant sa date limite de consommation inscrite sur la bouteille. Son contenu est réparti dans trois récipients ouverts à l'air.

Le premier échantillon (E_1) est placé en haut du réfrigérateur à une température de $5\text{ }^\circ\text{C}$, le second (E_2) est en bas du réfrigérateur à une température de $4\text{ }^\circ\text{C}$ et le troisième (E_3) est à l'extérieur du réfrigérateur à une température ambiante de $20\text{ }^\circ\text{C}$.

Chaque échantillon est dosé trois fois avec une solution d'hydroxyde de sodium (soude) de concentration molaire $C_B = 0,1\text{ mol.L}^{-1}$, en présence d'un indicateur coloré :

- le jour d'ouverture de la bouteille, (jour J) ;
- sept jours après, (jour J + 7), jour correspondant à la date limite de consommation ;
- huit jours après, (jour J + 8).

Pour chacun de ces dosages, on prélève 20 mL de chaque lait, additionné de 150 mL d'eau distillée.

Les volumes de soude V_B versés pour obtenir l'équivalence sont les suivants :

Date du prélèvement (j)	J	J + 7	J + 8
V_B (mL) pour E_1	2,6	3,4	5,4
V_B (mL) pour E_2	2,6	2,8	4,1
V_B (mL) pour E_3	2,6	7,2	9,7

Dans tout l'exercice, on suppose que l'acidité du lait est due uniquement à l'acide lactique.

1. Compléter le schéma du dispositif utilisé (*annexe page 12 à rendre avec la copie*).

Le bécher (4) est un bécher témoin. Que contient-il ? Quel est son rôle ?

Quels instruments de verrerie utilise-t-on pour prélever le lait et l'eau distillée ?

2. Écrire l'équation-bilan de la réaction entre l'acide lactique et la soude.
Exprimer puis calculer sa constante. Conclure.

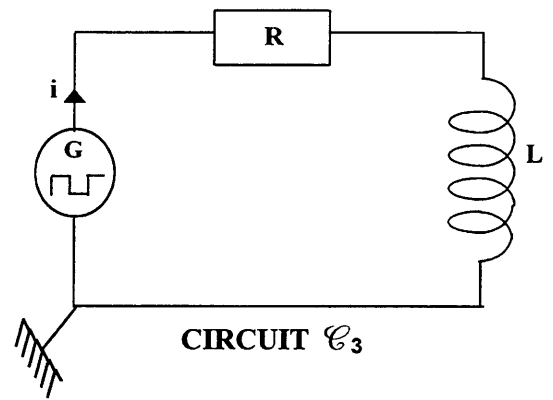
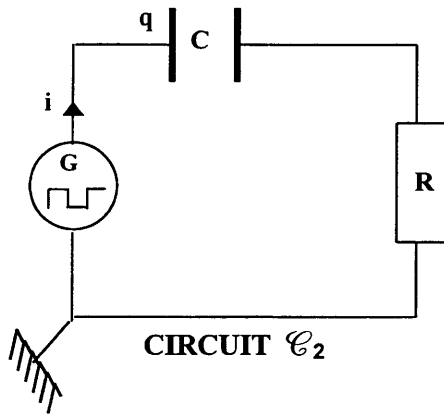
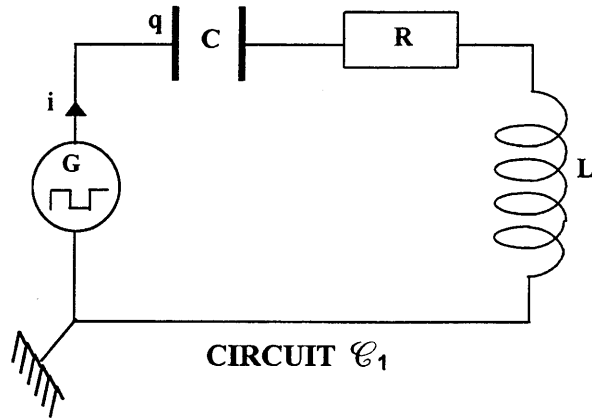
Données : $pK_a (H_3O^+/H_2O) = 0$; $pK_a (H_2O/HO^-) = 14$.

3. Choisir dans la liste suivante, en expliquant les raisons de votre choix, l'indicateur coloré le plus approprié à la détermination de l'équivalence des dosages précédents :

Indicateur	Hélianthine	Rouge de méthyle	Phénolphtaléine
Zone de virage	3,1 – 4,4	4,2 – 6,2	8,2 – 10,0

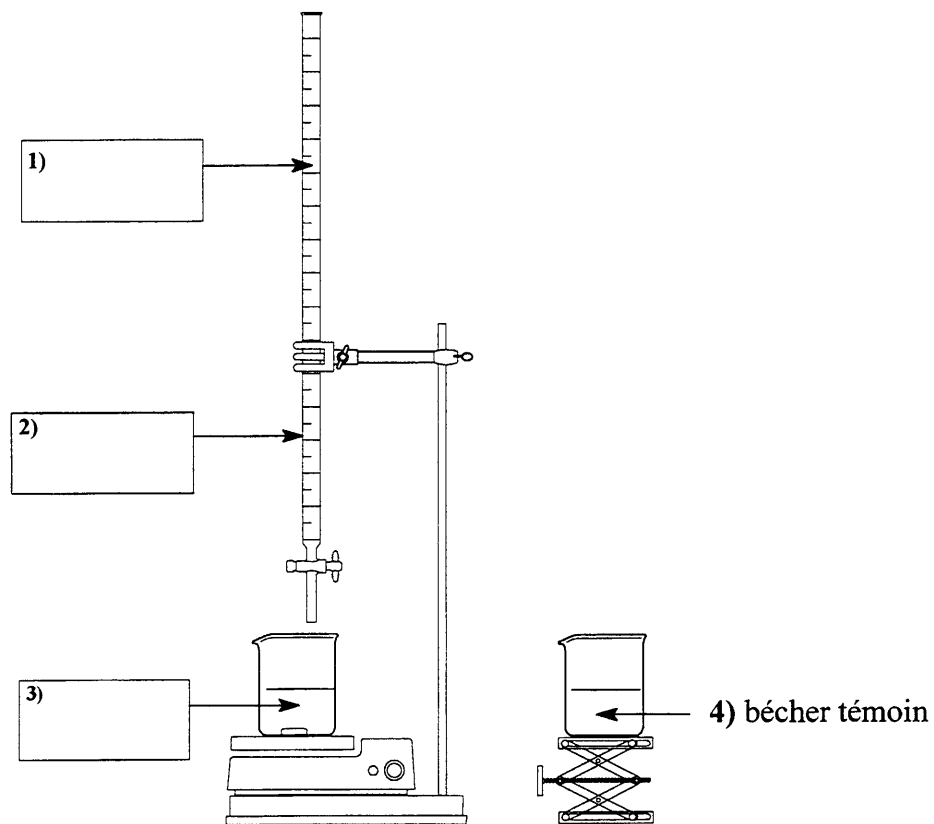
4. Définir l'équivalence et déterminer la concentration molaire C en acide lactique du lait étudié en fonction du volume V_B de soude à l'équivalence.
5. En déduire sa concentration massique C' et compléter le tableau de *l'annexe page 12 (à rendre avec la copie)*.
6. Conclure sur l'état de fraîcheur des laits dosés.
Quel est l'endroit le mieux adapté à la conservation du lait ? Donner une interprétation cinétique de l'évolution différente des trois échantillons.

Exercice II : ANNEXE (A rendre avec la copie)



Numéro de l'oscillogramme	Circuit électrique	Phénomène physique étudié
1		
2		
3		
4		

Exercice IV : ANNEXE (A rendre avec la copie)



Concentration massique C' en acide lactique en g.L^{-1}

Date du prélèvement (j)	J	J + 7	J + 8
C' (g.L^{-1}) pour E_1	1,2	1,5	
C' (g.L^{-1}) pour E_2	1,2		1,8
C' (g.L^{-1}) pour E_3	1,2	3,2	