BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2003

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

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 6

ENSEIGNEMENT OBLIGATOIRE

L'USAGE DE LA CALCULATRICE EST AUTORISÉ

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 11 pages numérotées de 1/11 à 11/11, y compris celle-ci.

L'annexe page 11 est à rendre avec la copie.

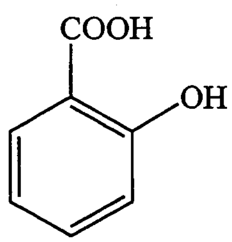
Le candidat doit traiter les trois exercices, qui sont indépendants les uns des autres :

I. Quelques propriétés de l'acide salicylique	(6,5 points)
II. Chute d'une balle de ping-pong	(5,5 points)
III. Dipôle RLC	(4 points)

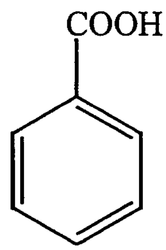
I – Quelques propriétés de l'acide salicylique (6,5 points)

Les deux parties sont indépendantes

Données : les formules développées de deux acides



Acide salicylique



Acide benzoïque

L'acide salicylique est utilisé dans la synthèse de l'aspirine.
L'acide benzoïque est un conservateur alimentaire.

Partie A – Étude de la fonction acide

On se propose de comparer à partir de mesures conductimétriques les acidités de l'acide salicylique et de l'acide benzoïque.

I – Etude théorique

1. On dispose d'un volume V d'une solution aqueuse d'un acide HA de concentration C. La transformation mettant en jeu la réaction de l'acide HA avec l'eau n'est pas totale.

   a) Ecrire l'équation de la réaction de HA avec l'eau.
   b) Dresser le tableau d'avancement du système en utilisant les variables V et C, l'avancement x et l'avancement à l'équilibre x_{eq}.
   Exprimer les concentrations des espèces chimiques présentes à l'équilibre en fonction de C et de la concentration en ions oxonium à l'équilibre $[H_3O^+]_{eq}$. En déduire l'expression du quotient de réaction $Q_{r,eq}$ en fonction de $[H_3O^+]_{eq}$ et C.

2. L'étude de la solution à l'équilibre est effectuée par conductimétrie.
   Exprimer la conductivité σ de la solution de HA à l'équilibre en fonction de $[H_3O^+]_{eq}$ et des conductivités molaires ioniques λ des ions présents.

II – Etude expérimentale

Données :

Conductivités molaires ioniques à 25°C
$\lambda_1 = \lambda$(ion oxonium) $= 35{,}0 \times 10^{-3}$ S.m^2 mol^{-1}
$\lambda_2 = \lambda$(ion salicylate) $= 3{,}62 \times 10^{-3}$ S.m^2 mol^{-1}

pK_a(acide salicylique/ion salicylate) = 3,00
pK_a(acide benzoïque/ion benzoate) = 4,20

1. Préparation d'une solution titrée

On dispose du matériel suivant :

Bechers de 50 mL, 100 mL et 250 mL
Éprouvettes graduées de 10 mL, 20 mL, 50 mL et 100 mL
Fioles jaugées de 50 mL , 100 mL et 250 mL
Pipette graduée de 10 mL à ± 0,1 mL
Pipette jaugée de 10 mL à ± 0,05 mL
Pipeteur

On veut préparer une solution S de l'acide HA de concentration $C = 1{,}00 \times 10^{-3}$ mol L^{-1} à partir d'une solution mère S_0 de concentration $C_0 = 1{,}00 \times 10^{-2}$ mol L^{-1}.
Comment procède-t-on ? Dessiner et nommer la verrerie utilisée.

2. Mesures de conductivité

On a effectué un ensemble de mesures de conductivité σ pour des solutions d'acide salicylique et d'acide benzoïque de diverses concentrations à une température de 25°C.
Le tableau (annexe page 11 **à rendre avec la copie**) donne les valeurs moyennes des résultats des mesures et une partie de leur exploitation.

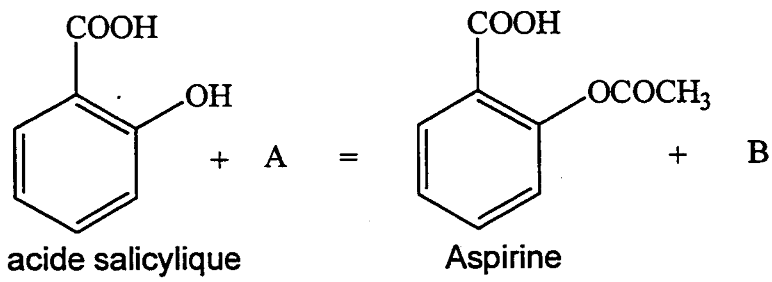
a) Compléter les valeurs manquantes du tableau. Présenter les calculs sous forme littérale avant d'effectuer les applications numériques.

b) A partir des valeurs de $[H_3O^+]_{eq}$, comparer le comportement, à concentration égale, de l'acide salicylique et de l'acide benzoïque en solution dans l'eau.

c) Donner la définition de la constante d'acidité K_A. Expliquer comment les résultats de cette étude expérimentale permettent de retrouver les valeurs respectives des pK_A des deux acides.

Partie B – Synthèse de l'aspirine

L'aspirine peut être préparée à partir de l'acide salicylique suivant la transformation modélisée par la réaction ci-dessous :



1) Reproduire sur la copie la formule semi-développée de l'aspirine. Entourer et nommer les fonctions chimiques présentes.

2) Le groupement OH de l'acide salicylique se comporte comme une fonction alcool dans la transformation étudiée.

   a) Donner les formules semi-développées et les noms des espèces chimiques A et B, sachant qu'ils ne contiennent pas d'autres éléments que C, H et O.

   b) Nommer cette réaction chimique et citer deux de ses caractéristiques.

II – Chute d'une balle de ping-pong (5,5 points)

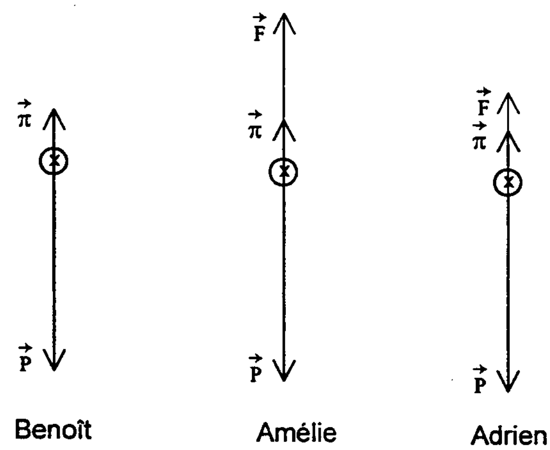
Au cours d'une séance de travaux pratiques, un professeur propose à un groupe formé d'Adrien, Benoît et Amélie d'étudier la chute d'une balle de ping-pong dans l'air. Les élèves disposent de l'enregistrement du mouvement de chute (**voir document 1 page 5**).

Données :

masse de la balle $m = 2,3$ g
rayon de la balle $r = 1,9$ cm ;
accélération de la pesanteur $g = 9,8\ m.s^{-2}$
masse volumique de l'air $\rho = 1,3\ kg.m^{-3}$
volume de la sphère : $V_s = \frac{4}{3}\pi r^3$

L'objectif de la séance est la modélisation de la chute par une méthode numérique en faisant l'hypothèse que les frottements dépendent de la vitesse.

La première étape consiste à faire le bilan des forces s'exerçant sur la balle. Chacun se met alors au travail. Au bout de quelques minutes, ils confrontent leurs résultats :



Schémas des élèves

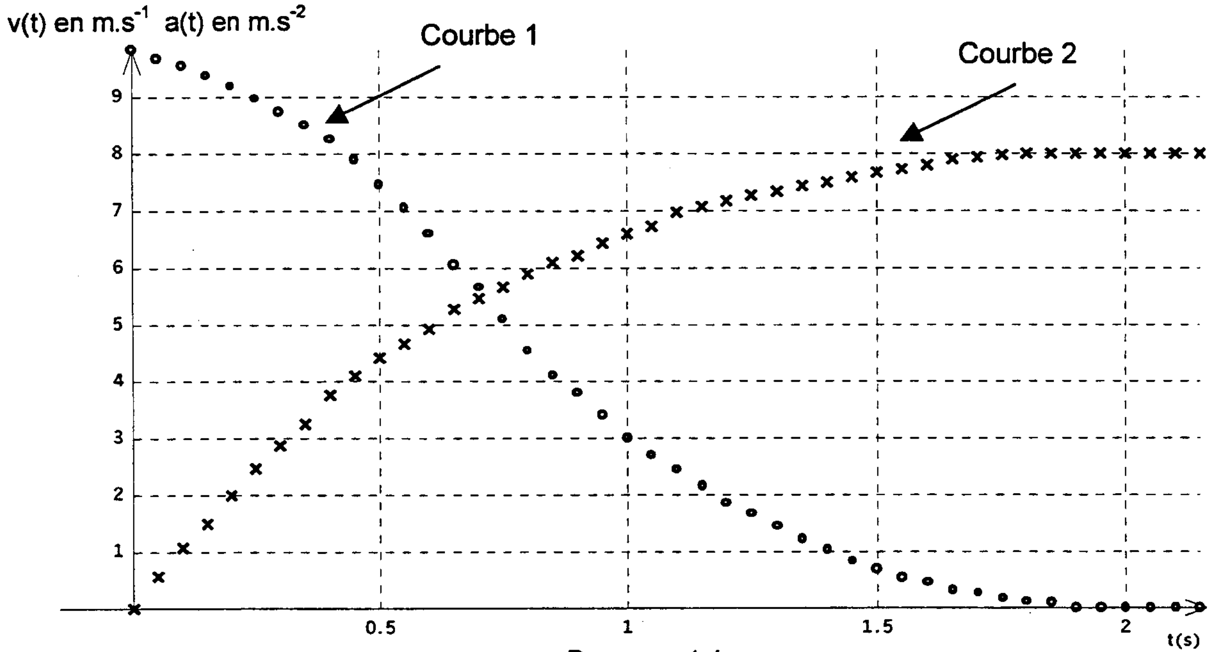
Leur surprise est grande ; les trois schémas sont différents ! Ils appellent leur professeur.
Le professeur : Chacun d'entre vous a à la fois raison et tort, car chaque schéma correspond à une situation particulière. Réfléchissez !
Adrien : Moi je pense qu'il y a trois forces : le poids de la balle $\vec{P}$, la poussée d'Archimède $\vec{\Pi}$ et une force de frottement $\vec{F}$.
Amélie : Je crois que j'ai compris. Un des schémas correspond à l'instant initial, juste quand la balle est lâchée ; un autre représente les forces à une date t quelconque et un autre la situation au bout d'un temps de chute plus grand.
Benoît : Ne peut-on pas négliger la poussée d'Archimède devant le poids ?
Amélie : Bonne idée, fais le calcul !
Benoît trouve effectivement que la poussée est 62 fois plus petite que le poids.

Adrien : Du coup, cela devient plus simple ! Maintenant on va appliquer la deuxième loi de Newton au centre d'inertie au système.

Il obtient l'équation suivante (notée **équation 1) :** $m\dfrac{dv}{dt} = m.g - F$

Suite à cette première partie du dialogue, vous pouvez répondre aux questions 1, 2 et 3 (page 6).

Amélie : C'est bien beau, mais on ne connaît pas F !
Le professeur : Plusieurs modèles sont envisageables. Je vous propose de faire l'hypothèse que la valeur de la force de frottement $\vec{F}$ est proportionnelle au carré de la vitesse : $F = k.\ v^2$. Vous pouvez déterminer la valeur de k à partir des valeurs expérimentales du document 1 que voici :



Document 1

Amélie : L'une des courbes représente l'accélération en fonction du temps a(t) et l'autre la vitesse v(t).
Benoît : Bon, on sait qu'à t = 0, on doit avoir $v_0 = 0$ puisque la balle a été lâchée sans vitesse initiale.
Adrien : Tu as raison. On voit que la vitesse tend vers une limite v_{lim}. Je crois que j'ai trouvé comment calculer la valeur de k d'après l'enregistrement.
Adrien se livre alors à quelques calculs et obtient l'équation suivante :

$$\frac{dv}{dt} = 9{,}8 - 0{,}15.v^2 \quad \textbf{(équation 2)}$$

A la suite de cette deuxième partie, vous pouvez répondre aux questions 4, 5 et 6 (page 6).

Ces résultats étant validés, le professeur propose de résoudre l'équation (2) par la méthode numérique d'Euler à l'aide d'un tableur.
Benoît : Ça me revient ! il faut connaître les conditions initiales. On a dit qu'à t = 0 on avait $v_0 = 0$ donc on connaît $(dv/dt)_{t=0}$.

Amélie : Et après, il y a le pas d'itération Δt, il doit être petit.
Benoît : On pourrait essayer Δt = 0,05 s.
Amélie : Voyons si je peux calculer les premières valeurs. On part de a_0 = 9,8 $m.s^{-2}$ et v_0 = 0. On admet que dv/dt est proche de $\Delta v/\Delta t$, donc $\Delta v = (9{,}8 - 0{,}15.v^2).\Delta t$, soit Δv = 0,49 $m.s^{-1}$ au départ.
Benoît : C'est bien cela ! On dit que pendant le petit intervalle de temps Δt, la valeur de la dérivée de la vitesse est constante. On peut en déduire Δv et la nouvelle valeur de v.
Amélie : Si j'ai bien compris, entre t = 0 s et t_1 = 0,05 s, la vitesse est passée de v_0 = 0 à v_1 = 0,49 $m.s^{-1}$.
Benoît : Mais oui ! Et maintenant on calcule la nouvelle valeur de l'accélération, je trouve : $(dv/dt)_{t1}$ = 9,76 $m.s^{-2}$. Ainsi de suite, on procède par itérations successives.
Amélie et Benoît continuent leurs calculs à la main pendant qu'Adrien effectue les calculs avec le tableur d'un ordinateur.
Adrien : Ça y est ! j'ai fini ! Tenez, je vous imprime le début de ma page de calculs.......mais j'ai effacé trois cases , je vous avertis ! (Voir les premières lignes du tableau en annexe page 11 **à rendre avec la copie**).
Amélie : On a les mêmes résultats que toi , et sans tableur ! Mais tous ces chiffres après la virgule, ça me fait bien rire !

A la suite de cette dernière partie, vous pouvez répondre aux questions 7 et 8.

Questions

1) Faire correspondre chaque schéma d'élève à une des propositions d'Amélie. Justifier.

2) Calculer le rapport des forces entre le poids et la poussée d'Archimède. Conclure.

3) Retrouver alors **l'équation (1)** trouvée par Adrien. Indiquer l'axe de projection qui a été utilisé.

4) Identifier sur le document 1 (page 5) les deux courbes représentées. Justifier.

5) Déterminer, à partir du document 1, la vitesse limite v_{lim} de la balle. En déduire la valeur expérimentale de k. Retrouver **l'équation (2).**

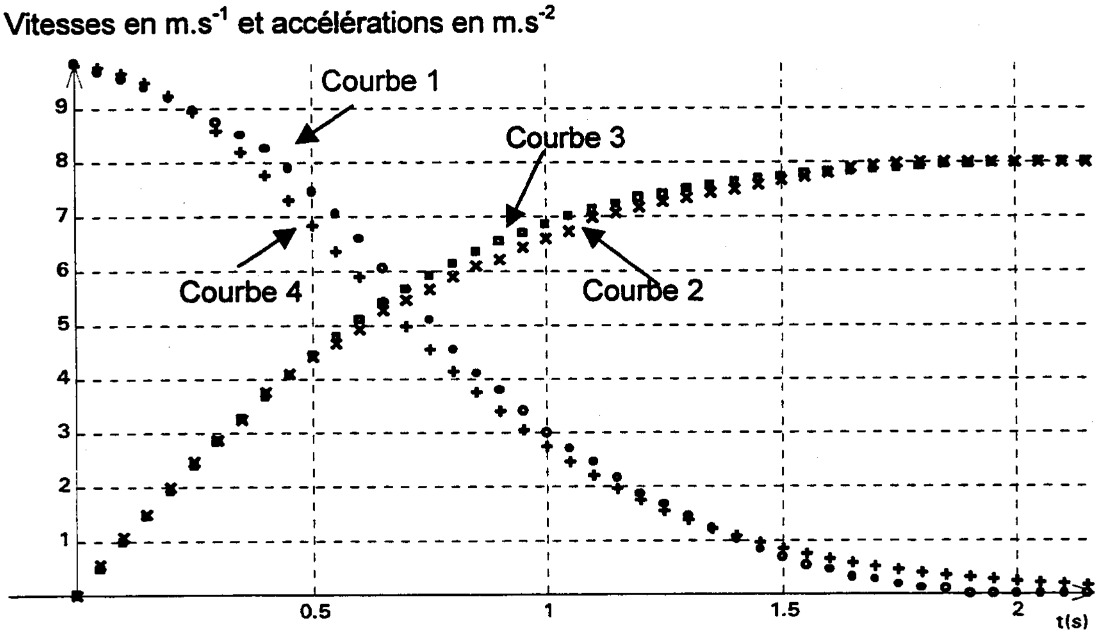
6) Dans le cas d'une sphère de rayon r se déplaçant dans un fluide de masse volumique ρ, la valeur théorique de k (notée k_t) a pour expression :
$$k_t = 0{,}22.\ \pi.\rho.\ r^2$$
Calculer la valeur théorique k_t.
Comparer k et k_t et conclure.

7) a) Évaluer le temps caractéristique de l'évolution du système. Le choix du pas d'itération vous semble-t-il satisfaisant ? Justifier.

   b) Compléter les trois cases vides du tableau donné en **annexe page 11 (à rendre avec la copie)**. Justifier.

   c) Justifier très brièvement l'exclamation d'Amélie à propos de la précision des résultats des calculs d'Adrien.

8) a) Comparer les valeurs expérimentales (courbes 1 et 2) et les valeurs calculées avec la méthode d'Euler (courbes 3 et 4) qui sont rassemblées dans le graphe ci-dessous :



b) Avant de conclure sur la validité du modèle utilisé pour la force de frottement, que faut-il modifier dans le calcul numérique ?

c) Quel autre modèle pourrait-on proposer pour la force de frottement ? Expliquer brièvement ce qui serait modifié dans l'équation (2) qui sert de base à la méthode d'Euler.

III – Dipôle RLC (4 points)

On considère le circuit électrique comportant un générateur de tension continue de f.é.m $E = 6$ V , un condensateur de capacité C, une bobine d'inductance L et de résistance négligeable, deux conducteurs ohmiques de résistance R et deux interrupteurs K et K' (voir figure 1).
On utilise un dispositif informatisé d'acquisition de données qui permet de visualiser sur la voie 1 la tension u_1 aux bornes du condensateur en fonction du temps.

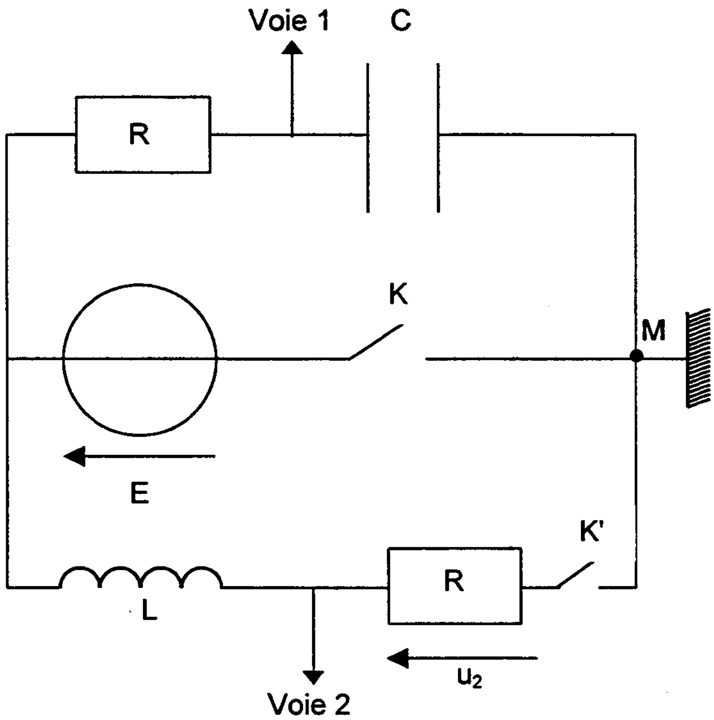


Figure 1

A – Première expérience

Dans cette expérience, on ferme K (en maintenant K' ouvert). Le dipôle (R,C) est alors soumis à un échelon de tension de valeur E.

1. Quel est le nom du phénomène observé sur la voie 1 à la fermeture de K ?

2. Reproduire sur la copie la partie de circuit concernée et indiquer sur ce schéma, juste après la fermeture de l'interrupteur K, le sens du courant, le signe des charges de chacune des armatures du condensateur.
   Indiquer la flèche-tension u_1 aux bornes du condensateur.

3. Sur la voie 1, on obtient la courbe de la figure 2 ci-dessous :

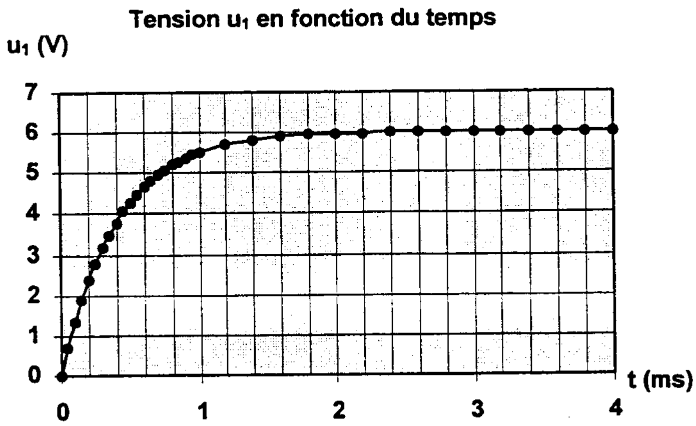


Figure 2

Déterminer graphiquement la constante de temps τ du dipôle (R,C) en expliquant la méthode utilisée. Sachant que R = 20 Ω, en déduire la valeur de la capacité C.

4. L'étude théorique du dipôle (R,C) conduit à l'équation différentielle $\tau \dfrac{du_1}{dt} + u_1 = E$.

   a) Retrouver cette équation différentielle en appliquant la loi d'additivité des tensions.

   b) Compte tenu des conditions initiales, la solution de cette équation est de la forme $u_1 = E\left[\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)\right]$. Calculer la valeur de u_1 pour t = 5τ. Conclure.

B – Deuxième expérience

Une fois la première expérience réalisée, on ouvre K puis on ferme K'. Le circuit est alors le siège d'oscillations électriques. On utilise le même dispositif informatisé d'acquisition de données pour visualiser, sur la voie 1, la tension u_1 aux bornes du condensateur et sur la voie 2, la tension u_2 aux bornes du conducteur ohmique R. L'acquisition est synchronisée avec la fermeture de l'interrupteur. On obtient les courbes de la figure 3 :

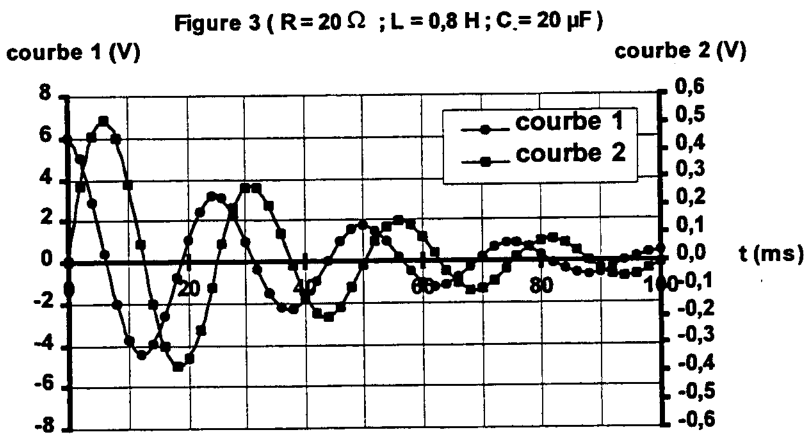


Figure 3

1. Attribuer à chaque courbe de la figure 3 la tension correspondante en justifiant brièvement pour une courbe seulement.

2. Mesurer la pseudo-période T des oscillations. Calculer la période propre correspondant au cas où les résistances R sont négligeables. Conclure.

3. Influence des paramètres : on réalise à présent la deuxième expérience en modifiant un seul des paramètres L ou C. Deux cas sont proposés. Dans l'un, on a diminué la valeur de L, dans l'autre, on a augmenté la valeur de C. On obtient les figures 4 et 5.

   Attribuer à chaque cas proposé la figure qui lui correspond. Justifier.

Figure 4

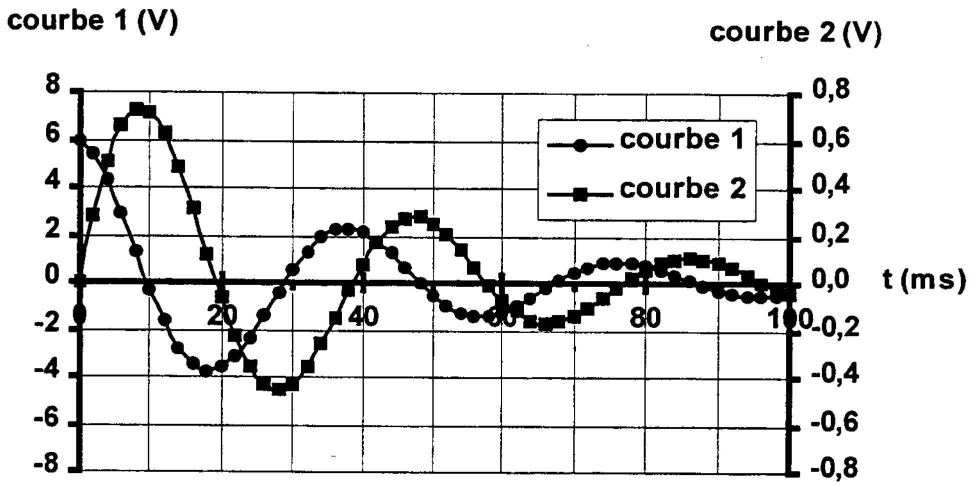
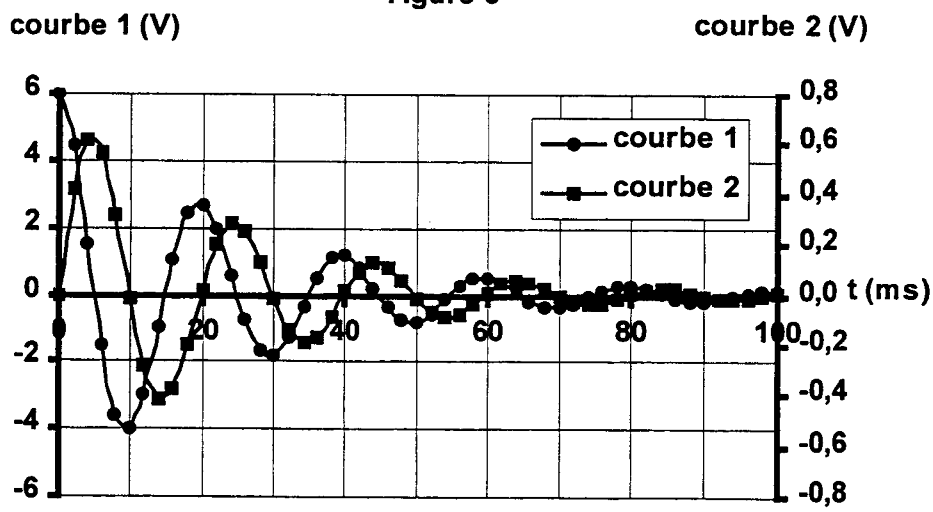


Figure 5



EXERCICE I : ANNEXE à rendre avec la copie

	C (mol.L^{-1})	σ (S.m^{-1})	$[H_3O^+]_{eq}$ (mol.L^{-1})	Qr,eq	- lg (Qr,eq)
Ac. salicylique	$1,00 \times 10^{-3}$	$2,36 \times 10^{-2}$	$6,11 \times 10^{-4}$	$9,60 \times 10^{-4}$	3,01
Ac. salicylique	$5,00 \times 10^{-3}$	$7,18 \times 10^{-2}$			
Ac. salicylique	$10,0 \times 10^{-3}$	$10,12 \times 10^{-2}$	$2,62 \times 10^{-3}$	$9,30 \times 10^{-4}$	3,03
Ac. benzoïque	$1,00 \times 10^{-3}$	$0,86 \times 10^{-2}$	$2,25 \times 10^{-4}$	$6,53 \times 10^{-5}$	4,19
Ac. benzoïque	$5,00 \times 10^{-3}$	$2,03 \times 10^{-2}$	$5,31 \times 10^{-4}$	$6,31 \times 10^{-5}$	4,20
Ac. benzoïque	$10,0 \times 10^{-3}$	$2,86 \times 10^{-2}$	$7,47 \times 10^{-4}$	$6,03 \times 10^{-5}$	4,22

EXERCICE II : ANNEXE à rendre avec la copie

Tableau des calculs utilisant la méthode d'Euler :

Temps	**Vitesse**	**Accélération**
t(s)	v (m/s)	dv/dt (m/s²)
0	0	9,8
0,05	0,49	
0,1		9,65646893
0,15	1,4610227	
0,2	1,93501329	9,23835853
0,25	2,39693122	8,93820811