

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2003

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

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



L'épreuve a été conçue pour être traitée **SANS** calculatrice

L'usage des calculatrices **N'EST PAS** autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique

Ce sujet comporte trois exercices présentés sur 10 pages numérotées de 1 à 10, y compris celle-ci.

Le feuillet des annexes (pages A1, A2, A3 et A4), inséré au milieu de ce sujet, **EST À RENDRE AVEC LA COPIE.**

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

- I. Dosage de la caféine (4 points) (spécialité)
- II. Circuit RL et RLC (6,5 points)
- III. De l'influence des conditions initiales sur le comportement d'un système (5,5 points)

EXERCICE I. DOSAGE DE LA CAFÉINE (4pts)

Selon la légende, le café fut remarqué pour la première fois quelques 850 ans avant notre ère : un berger du Yémen nota que ses brebis étaient dans un état d'excitation inhabituel lorsqu'elles consommaient les baies d'un arbre des montagnes... On considère que c'est la caféine contenue dans les grains de café de ces baies qui était l'espèce responsable de cette excitation.

Plus la teneur en caféine d'une tasse de café est importante, plus l'excitation du consommateur sera grande.

Le but de l'exercice est de déterminer la concentration en caféine dans deux tasses de café de provenances différentes, (notées boisson 1 et boisson 2) pour déterminer celui qui est le plus excitant. (question 3.2)

On extrait la caféine des feuilles de thé et, avec la caféine purifiée, on prépare des solutions de caféine de différentes concentrations.

À l'aide d'un spectrophotomètre, on mesure ensuite l'absorbance A de ces solutions de caféine.

1. Extraction de la caféine

Le thé contient environ 5 % de caféine, mais il contient aussi d'autres substances comme des sucres, des pigments, des graisses,

Données :

	Dans le dichlorométhane	Dans l'eau à 25°C	Dans l'eau à 65°C
Solubilité de la caféine	importante	faible	très importante

- Le dichlorométhane a pour densité 1,30 et se trouve à l'état liquide dans les conditions de l'expérience.

- Le dichlorométhane n'est pas miscible à l'eau.

L'extraction de la caféine se fait en quatre étapes :

Étape 1 :

- dans un ballon surmonté d'un réfrigérant, on introduit des feuilles de thé et de l'eau distillée. Le chauffage et l'agitation durent 2 heures.

Étape 2 :

- la phase aqueuse précédente est refroidie et mélangée à du dichlorométhane. Seule la phase organique est recueillie.

Étape 3 :

- la phase organique est mélangée à du sulfate de magnésium anhydre puis filtrée.

Étape 4 :

- après évaporation du solvant, on obtient une poudre blanche qui contient principalement de la caféine.

1.1. Dans l'étape 1, quel est le rôle du réfrigérant ? Le schématiser surmontant le ballon sans oublier la circulation d'eau.

1.2. En utilisant les données, justifier le chauffage dans cette première étape.

1.3. Pour l'étape 2, dessiner le dispositif permettant de recueillir la phase organique et indiquer la position des phases aqueuse et organique. Dans quelle phase se trouve la quasi-totalité de la caféine extraite (justifier) ?

- 1.4. Dans l'étape 2, quelle technique est mise en œuvre ?
1.5. Quel est le rôle du sulfate de magnésium anhydre ?
1.6. Il est possible de purifier un solide tel que la caféine extraite. Nommer une technique de purification d'un solide.

2. Préparation de solutions de caféine de différentes concentrations

Avec la caféine extraite que l'on a purifiée, on fabrique une solution de caféine dans le dichlorométhane de concentration 32 mg.L^{-1} .

On désire préparer des solutions de concentrations 4 mg.L^{-1} , 8 mg.L^{-1} , 12 mg.L^{-1} et 16 mg.L^{-1}

Parmi le matériel suivant, indiquer celui utilisé pour préparer la solution de caféine de concentration 16 mg.L^{-1} . Justifier votre choix.

Matériel à disposition :

- bechers de 100 mL et 200 mL
- fioles jaugées de 5,0 mL ; 10,0 mL et 50,0 mL
- pipettes jaugées de 2,0 mL et 5,0 mL
- éprouvette graduée de 5 mL

3. Mesure d'absorbance

On a tracé ci dessous (figure n°1) le spectre d'absorption de la caféine entre 220 nm et 320 nm pour une des solutions de caféine.

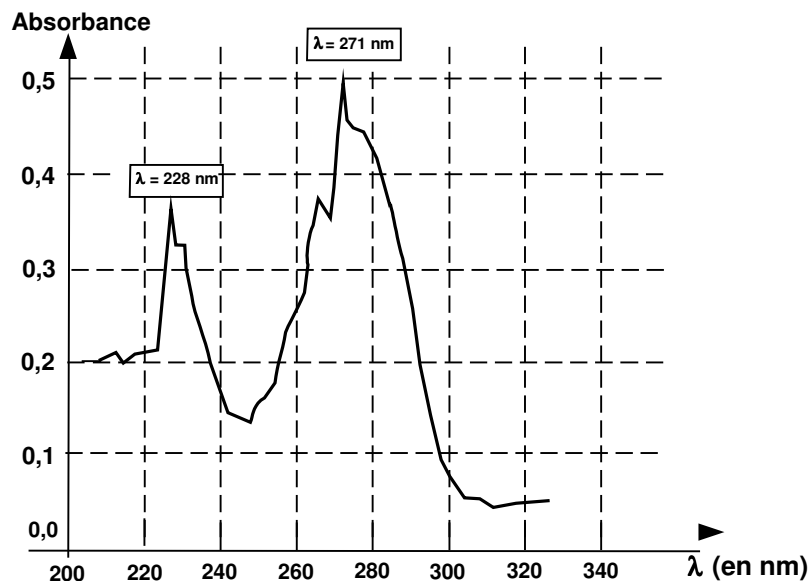


figure 1

3.1 À quel domaine appartiennent ces longueurs d'onde ?

On veut tracer la courbe d'étalonnage $A = f(c)$ de la caféine à l'aide des différentes solutions précédemment préparées .

Pour cela, il faut régler le spectrophotomètre sur une longueur d'onde correspondant à un maximum d'absorption de la caféine.

On choisit de se placer à une longueur d'onde de 271 nm et l'on mesure les absorbances des 5 solutions de caféine. À l'aide de ces mesures, on obtient la courbe $A = f(c)$ ci-dessous (figure 2).

Droite d'étalonnage : $A = f(c)$

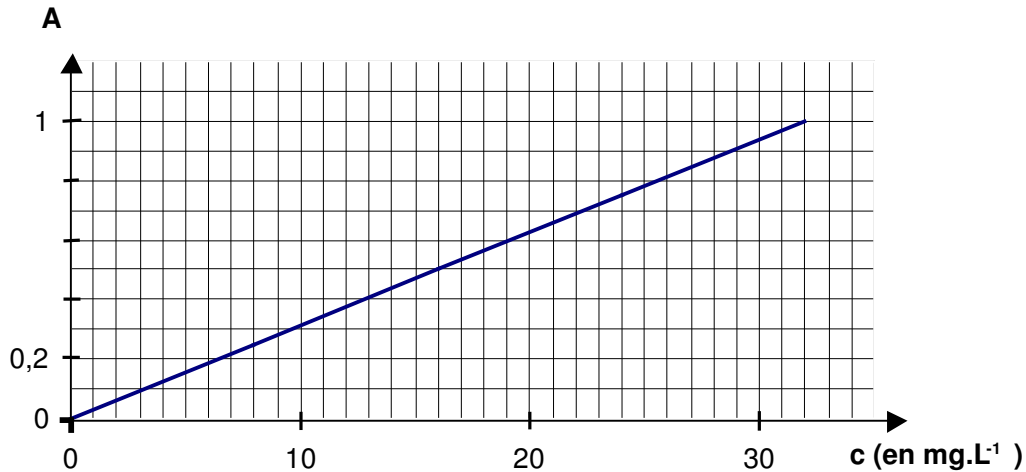


figure 2

3.2. Sans changer les réglages du spectrophotomètre, on mesure les absorbances des boissons 1 et 2. On trouve $A_1 = 0,17$ pour la boisson 1 et $A_2 = 0,53$ pour la boisson 2.

Quel est le café le plus excitant pour le consommateur?

3.3. À l'aide de la droite d'étalonnage, trouver quelle est la concentration de la solution qui a servi à faire le spectre d'absorption de la figure 1.

3.4. Parmi les 3 droites d'étalonnage de la figure n°3, l'une correspond à l'étalonnage effectué à 228nm. Sachant que la droite n°2 correspond à un étalonnage à 271 nm, en déduire celle qui correspond à l'étalonnage à 228 nm.

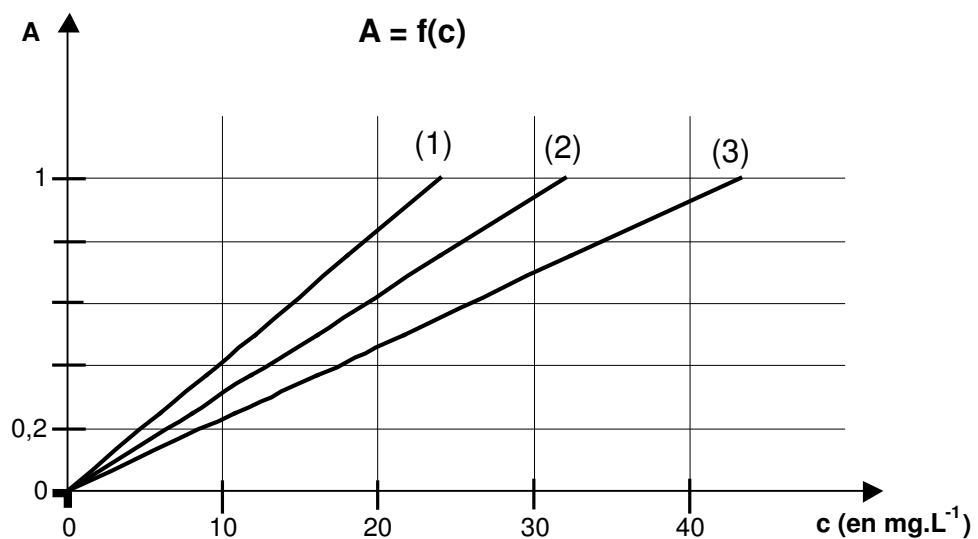


figure 3

EXERCICE II. CIRCUITS RL ET RLC (6,5 pts)

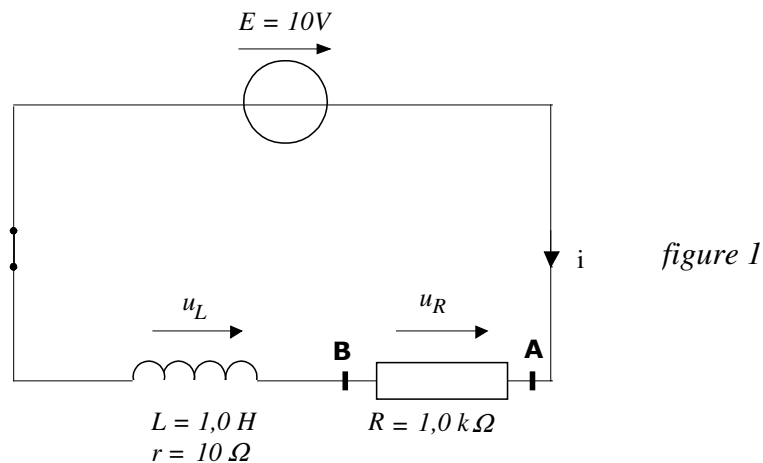
L'objectif de cette étude est de retrouver expérimentalement la capacité d'un condensateur et l'inductance d'une bobine pour les comparer à celles données par le fabricant.

Le matériel disponible pour l'ensemble de cet exercice est le suivant :

- Une bobine d'inductance dont les indications du fabricant sont $L = 1,0 \text{ H}$ et $r = 10 \ \Omega$
- Un condensateur dont l'indication du fabricant est $C = 10 \ \mu\text{F}$
- Un générateur de tension constante $E = 10 \text{ V}$
- Un conducteur ohmique de résistance $R = 1,0 \text{ k}\Omega$
- Un interrupteur simple et un commutateur bipolaire
- Des fils de connexion
- Un système d'acquisition informatisé

1. Étude expérimentale d'un circuit RL

Le schéma du montage réalisé est représenté sur la figure 1 (le système d'acquisition est connecté mais non représenté sur la figure) :



Une fois le paramétrage du système d'acquisition effectué, on ferme l'interrupteur à l'instant de date $t_0 = 0 \text{ s}$ et on enregistre l'évolution de la tension aux bornes du conducteur ohmique de résistance R en fonction du temps. On obtient l'enregistrement représenté sur la figure 2.

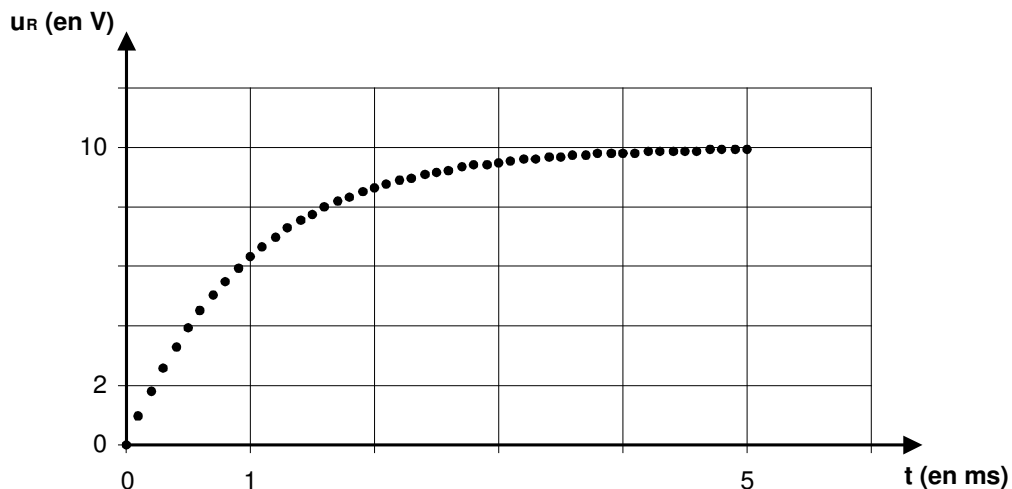
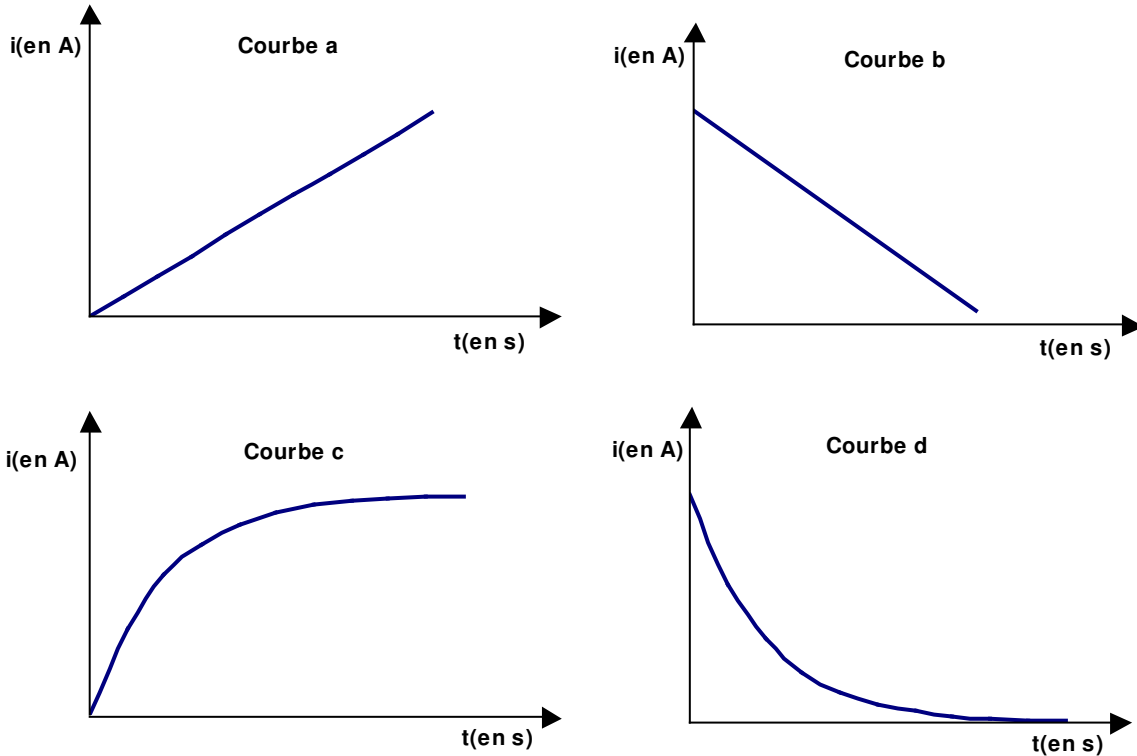


figure 2

1.1 L'adaptateur du système d'acquisition s'utilise comme un voltmètre. Il possède deux bornes : COM et V. Préciser à quels points du circuit il faut relier ces bornes pour obtenir la courbe de la figure 2.

1.2 On donne différentes courbes susceptibles de représenter l'intensité du courant en fonction du temps. Choisir celle qui correspond à l'évolution de l'intensité du courant en fonction du temps dans le circuit de la figure 1, après la fermeture de l'interrupteur. Justifier à partir de la courbe expérimentale donnée sur la figure 2.



1.3 Quelle est l'influence de la bobine sur l'établissement du courant lors de la fermeture du circuit ?

2. Modélisation et équation différentielle.

2.1 Si l'on considère que la résistance r de la bobine est négligeable devant R , montrer que l'équation différentielle de ce circuit, interrupteur fermé, peut s'écrire sous la forme :

$$E = u_R(t) + \left(\frac{L}{R}\right) \frac{du_R(t)}{dt}.$$

2.2 Le terme $\left(\frac{L}{R}\right)$ correspond à la constante de temps τ de ce circuit (dans lequel on a négligé r par rapport à R). Par une analyse dimensionnelle montrer que cette constante a la dimension d'un temps (ou durée).

2.3 On note $u_R(\tau)$ la valeur prise par u_R à l'instant de date $t = \tau$. Sachant que $u_R(\tau) = 0,63(u_R)_{max}$, avec $(u_R)_{max}$, valeur maximale atteinte par la tension u_R , déterminer à partir du graphe de la figure 2 la valeur de la constante de temps τ de ce circuit.

2.4 En déduire la valeur de L et la comparer avec l'indication du fabricant.

3. Résolution numérique de l'équation différentielle par la méthode d'Euler

La méthode de résolution numérique d'Euler permet de trouver des couples de valeurs (t, u_R) qui vérifient l'équation différentielle du 2.1. On rappelle que les couples de valeurs sont liés par la relation :

$$(u_R)_{t_{n+1}} = (u_R)_{t_n} + (\Delta u_R)_{t_n} \text{ avec } (\Delta u_R)_{t_n} = \left(\frac{du_R}{dt} \right)_{t_n} \cdot \Delta t$$

et $t_{n+1} = t_n + \Delta t$ où Δt est le pas de la méthode numérique

3.1 À partir de l'expression du 2.1, exprimer $\frac{du_R}{dt}$ en fonction de u_R et des données.

3.2 La tension u_R est initialement nulle. Pour compléter progressivement le tableau de la page A3 de l'annexe, en utilisant un pas de valeur $\Delta t = 1,0 \times 10^{-4}$ s, calculer, littéralement puis numériquement, $\frac{du_R}{dt}$ à la date $t = 0$ s puis $(u_R)_{\Delta t}$ à la date $t = \Delta t$, puis $\frac{du_R}{dt}$ à la date

Δt puis $(u_R)_{2\Delta t}$ à la date $2\Delta t$. Présenter tous les résultats numériques dans le tableau de la page A3 de l'annexe **À RENDRE AVEC LA COPIE.**

À l'aide d'un tableur grapheur on continue les calculs pas à pas jusqu'à $t = 5$ ms. Les valeurs calculées de $(u_R)_t$ sont portées sur le graphique de la figure 3 et sont représentées par le symbole +.

Sur la même figure, on porte aussi les valeurs expérimentales de $(u_R)_t$ que l'on représente par le symbole •

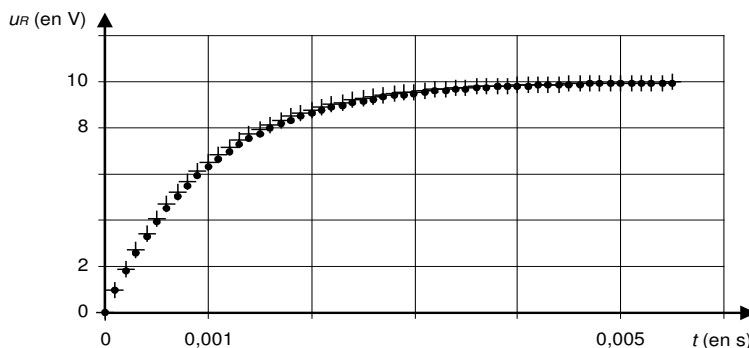


Figure 3

Chaque • représente une valeur expérimentale.

Chaque + représente une valeur calculée par la méthode numérique d'Euler avec $\Delta t = 1,0 \cdot 10^{-4}$ s.

3.3 Quelle serait qualitativement l'influence d'une augmentation du pas de calcul Δt sur l'écart entre le nuage de points ainsi obtenu par la méthode d'Euler et la courbe expérimentale ?

4. Étude du circuit oscillant

On réalise ensuite le montage correspondant au schéma de la figure 4.

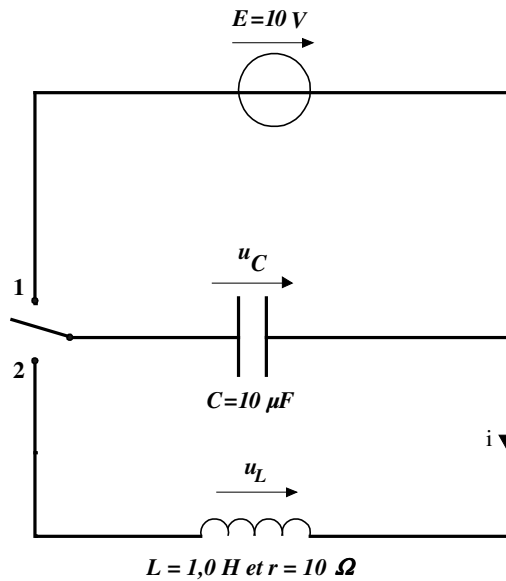


Figure 4

On bascule le commutateur en position 1 pour charger le condensateur puis on le bascule en position 2. Avec le même système d'acquisition et de traitement qu'au 1, en adaptant le paramétrage, on enregistre la tension $u_C(t)$ dont le graphe est représenté sur la figure 5. L'enregistrement débute à l'instant de date $t_0 = 0 \text{ s}$ qui correspond au basculement du commutateur en position 2.

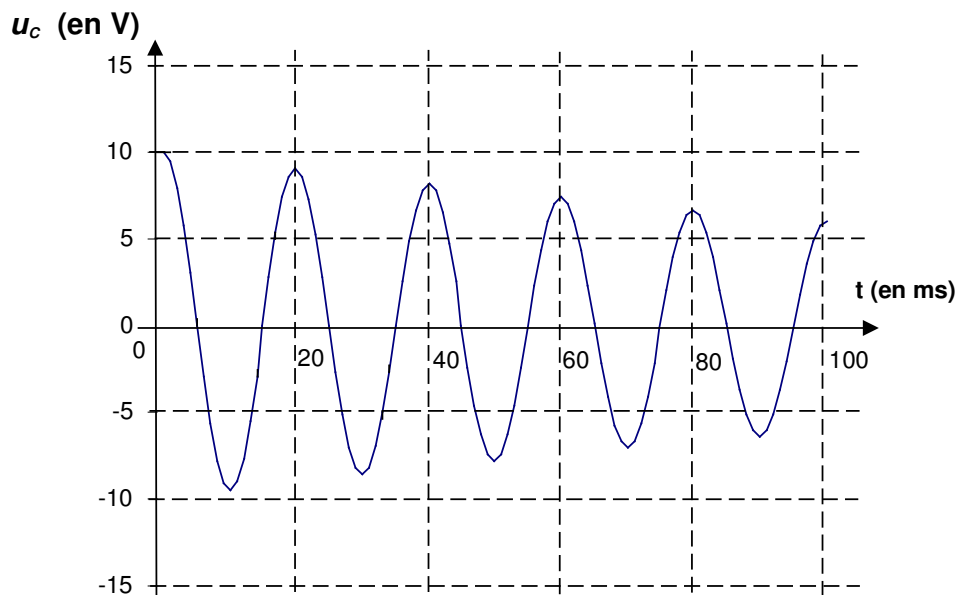


figure 5

- 4.1 Comment peut-on expliquer la diminution d'amplitude des oscillations au cours du temps ?
- 4.2 Déterminer la valeur de la pseudo-période du signal.
- 4.3 Ici on peut considérer que la période propre et la pseudo-période ont la même expression. En déduire la valeur de la capacité C du condensateur et comparer avec l'indication du fabricant.

On donne $\pi^2 \approx 10$.

**EXERCICE III. DE L'INFLUENCE DES CONDITIONS INITIALES SUR LE
COMPORTEMENT D'UN SYSTÈME (5,5 pts)**

Partie 1 : Un système physique

Pendant son entraînement, un golfeur cherche à envoyer directement la balle dans le trou se trouvant sur le green. Pour cela, il doit faire passer la balle au dessus d'un petit plan d'eau se trouvant entre lui et le green (voir figure 1). On néglige tout mouvement de rotation de la balle sur elle-même.

Il fait varier séparément des caractéristiques du vecteur vitesse initiale de la balle.

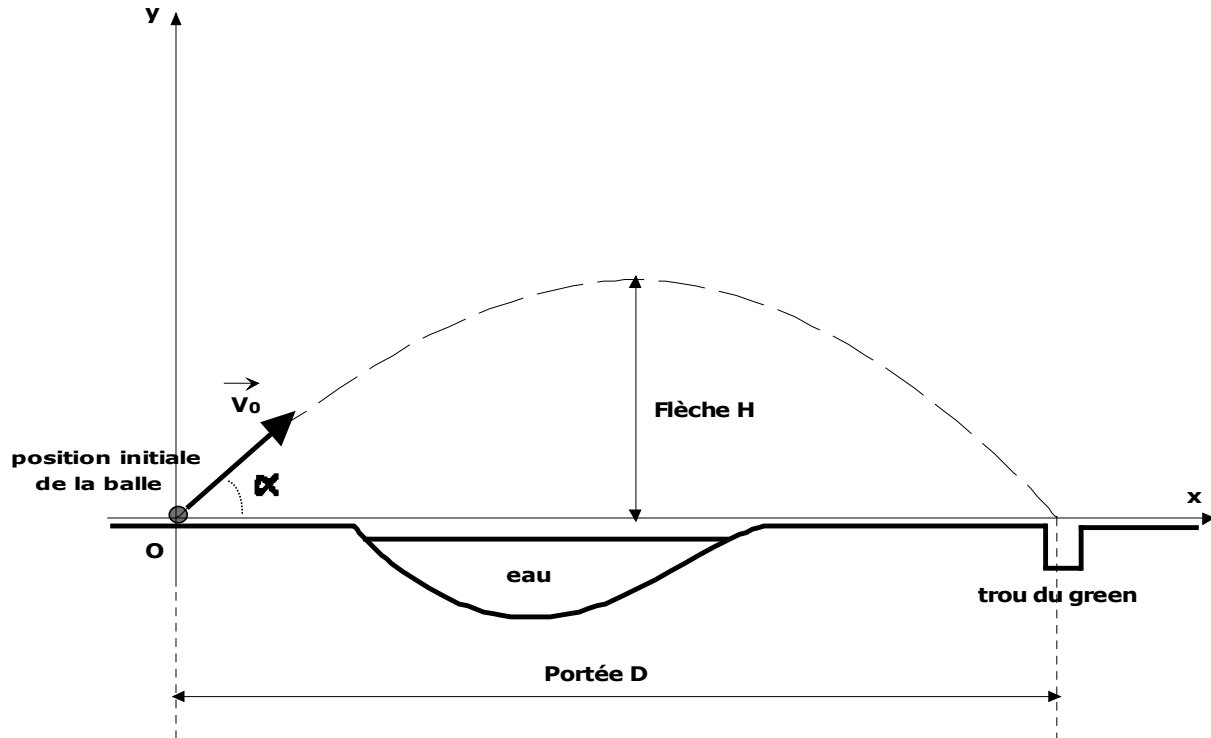


figure 1

Dans cette étude la vitesse atteinte par la balle étant faible, on considère comme négligeables les frottements de l'air dans tout l'exercice. À l'aide de la deuxième loi de Newton, dans le référentiel terrestre supposé galiléen, on peut établir les équations horaires du mouvement de la balle ainsi que l'équation de sa trajectoire dans le repère (O, x, y) .

On appelle portée du lancer la distance D atteinte par la balle lorsqu'elle retombe sur le sol (sur le même plan horizontal que le point de départ) et flèche du lancer la hauteur maximale H atteinte par la balle pour une abscisse égale à $D/2$ (voir figure 1).

On montre que leurs expressions respectives sont :

$$D = \frac{2 V_0^2 \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha}{g} \quad \text{et} \quad H = \frac{V_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2 g}$$

1. Exprimer les coordonnées V_{0x} et V_{0y} du vecteur vitesse initiale \vec{V}_0 dans le repère (O, x, y) .
2. Exprimer la portée D et la flèche H en fonction de l'une ou des coordonnées du vecteur vitesse initiale \vec{V}_0 .

3. Le golfeur réussit son coup pour un vecteur vitesse initiale \vec{V}_0 . Il rejoue maladroitement le coup avec une vitesse initiale égale à \vec{V}_1 (voir figure 2 de l'annexe page A4). Exprimer les nouvelles valeurs D_1 et H_1 de la portée et de la flèche en fonction de D et H .

Dessiner l'allure de la nouvelle trajectoire sur la figure 2 de l'annexe page A4 **A RENDRE AVEC LA COPIE.**

4. Il rejoue le coup avec une vitesse initiale égale à \vec{V}_2 (voir figure 3 de l'annexe page A4). Exprimer les nouvelles valeurs D_2 et H_2 de la portée et de la flèche en fonction de D et H .

Dessiner l'allure de la nouvelle trajectoire sur la figure 3 de l'annexe page A4 **A RENDRE AVEC LA COPIE.**

5. Il envoie la balle en conservant le même angle de tir α mais en frappant plus fort. Prévoir qualitativement (sans calcul) les conséquences sur la portée et la flèche de ce nouveau tir.

Partie 2 : Un système chimique

On réalise une pile avec les couples Ag^+/Ag et Fe^{3+}/Fe^{2+} .

La constante d'équilibre associée à la réaction $Ag^+_{(aq)} + Fe^{2+}_{(aq)} = Ag_{(s)} + Fe^{3+}_{(aq)}$ a pour valeur $K = 3,2$. On simplifiera les notations en écrivant $X^{n+}_{(aq)}$ sous la forme X^{n+} .

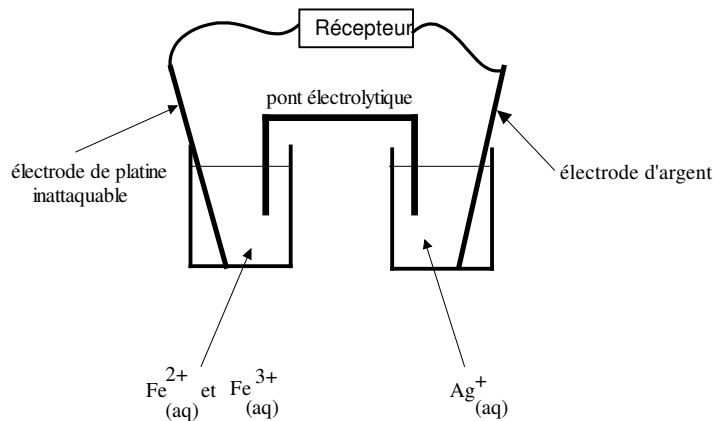


Schéma de la pile

1. Donner l'expression du quotient de réaction.

2. Dans la pile, les concentrations molaires initiales des ions dans les solutions aqueuses sont $[Ag^+]_i = [Fe^{2+}]_i = [Fe^{3+}]_i = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$.

Calculer le quotient de réaction à l'état initial.

3. En déduire le sens d'évolution spontané de la réaction quand la pile fonctionne.

4. Quelle est la polarité de chaque électrode ? Justifier à partir des demi-équations.

5. On réalise une deuxième pile en modifiant les conditions initiales du système. Les concentrations initiales sont désormais $[Ag^+]'_i = [Fe^{2+}]'_i = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ et $[Fe^{3+}]'_i = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

La polarité de chaque électrode reste-t-elle la même ? Justifier.