

DS 3

Lycée Saint Rémi

Vendredi 14 novembre 2025

PHYSIQUE-CHIMIE MPSI

DUREE DE L'EPREUVE : 4h00

L'usage de la calculatrice graphique est AUTORISE.

Ce sujet comporte 4 exercices présentés sur 6 pages

Exercice 1 : Etude d'un signal	p2
Exercice 2 : Régime transitoire d'un circuit RC	p3
Exercice 3 : Etincelle de rupture	p5
Exercice 4 : Détermination des caractéristiques d'un circuit	p7

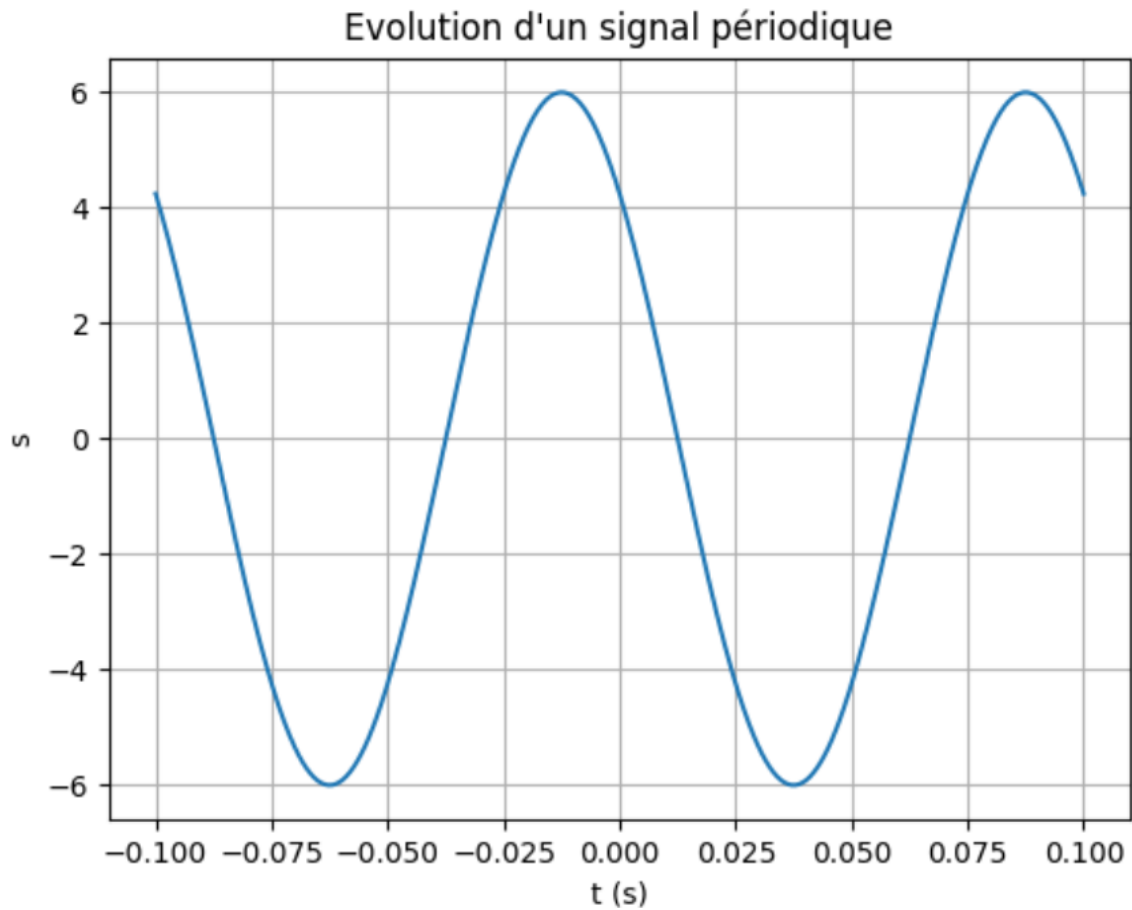
Barème	Exercice 1	Exercice 2	Exercice 3	Exercice 4
/ 100	/ 15	/ 30	/ 20	/ 35

EXERCICE I. Etude d'un signal

Soit le signal que l'on peut écrire sous la forme :

$$s(t) = s_m \cos(\omega t + \varphi)$$

En étudiant le graphe, déterminer les valeurs numériques de s_m , ω et φ



EXERCICE II. Régime transitoire d'un circuit RC

On considère le circuit ci-contre.

A l'instant $t = 0$, on place l'interrupteur K en position (1), le condensateur étant initialement déchargé.

1.1. Etablir l'équation différentielle donnant accès à la tension U_C . On pourra poser pour la suite $\tau = RC$.

1.2. Exprimer la solution $U_C(t)$ en fonction de E , R , C et t en explicitant la démarche suivie.

1.3. Donner l'allure de la courbe donnant $U_C(t)$.

1.4. Quelle sera la valeur initiale de l'intensité du courant traversant le condensateur ? En déduire la valeur de la pente à l'origine de la courbe,

$$\left(\frac{dU_C}{dt}\right)_{t=0^+}$$

Le condensateur est maintenant chargé : $U_C = E$. A l'instant $t = 0$, on place l'interrupteur en position (2).

2.1. Exprimer la tension $U_C(t)$ aux bornes du condensateur en fonction de E , R , C et t . Montrer que la courbe représentant

$$\ln\left(\frac{U_C}{E}\right) = f(t)$$

est une droite dont on exprimera le coefficient directeur en fonction de R et C .

2.2. Données : $R = 10 \text{ M}\Omega$; $C = 10 \text{ }\mu\text{F}$; $E = 10 \text{ V}$. On suit l'évolution $U_C(t)$ lors de la décharge du condensateur à l'aide d'un voltmètre numérique, et l'on relève les valeurs de $U_C(t)$ à différents instants :

t(s)	5	10	15	20	30	45	60	90	120	150
$U_C(\text{V})$	9,05	8,19	7,41	6,70	5,49	4,07	3,01	1,65	0,91	0,50

Tracer la courbe

$$\ln\left(\frac{U_C}{E}\right) = f(t)$$

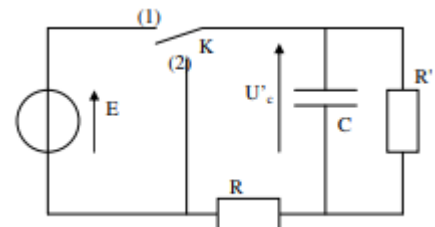
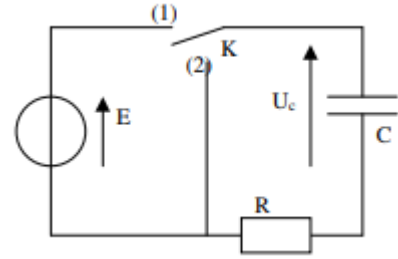
Montrer que les résultats sont en accord avec la théorie à condition de considérer que le condensateur se décharge aussi à travers le voltmètre modélisé par une résistance R' que l'on calculera.

On considère le circuit ci-contre, correspondant au circuit du (1.), où l'on prend en compte la présence du voltmètre, modélisé par sa résistance R' .

A l'instant $t = 0$, on place l'interrupteur K en position (1), le condensateur étant initialement déchargé.

3.1. Montrer que l'équation donnant accès à $U_C'(t)$ tenant compte du voltmètre s'obtient à partir des lois de Kirchhoff selon la forme :

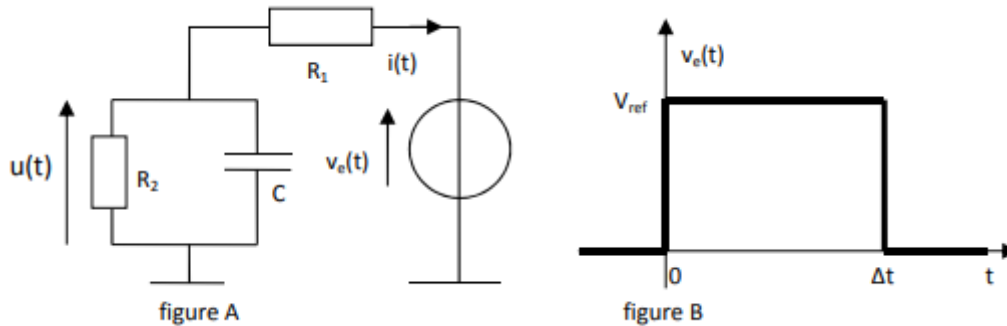
$$\frac{dU_C'}{dt} + \frac{R + R'}{RR'} U_C' = \frac{1}{RC} E$$



3.2. Expliciter $U_C'(t)$ en fonction de E , R , R' , C et t . Donner un ordre de grandeur pour la résistance R' du voltmètre. Conclusion ?

Nous considérons maintenant le circuit de la figure A constitué du condensateur de capacité C , initialement déchargé, de deux résistances R_1 et R_2 , alimenté par un générateur délivrant un signal variable dans le temps $v_e(t)$.

Nous allons appliquer à ce circuit une excitation d'amplitude $\Delta V = V_{ref} > 0$ et de durée Δt ayant l'allure donnée figure B



4.1. Exprimer $i(t = 0^+)$ en fonction de V_{ref} et R_1 .

4.2. Exprimer $i(t = \Delta t^-)$ en fonction de V_{ref} , R_1 et R_2 . On supposera Δt suffisamment grand pour que le circuit ait atteint un régime permanent à l'instant Δt^- .

4.3.a. Etablir l'équation différentielle vérifiée par $u(t)$ en fonction de R_1 , R_2 , C et V_{ref} . Préciser la constante de temps τ .

4.3.b. Etablir l'expression de $u(t)$ sur l'intervalle de temps $[0, \Delta t]$. En supposant $\tau \ll \Delta t$, préciser la valeur $u(\Delta t)$.

4.4. En déduire $i(t)$ sur l'intervalle $[0, \Delta t]$.

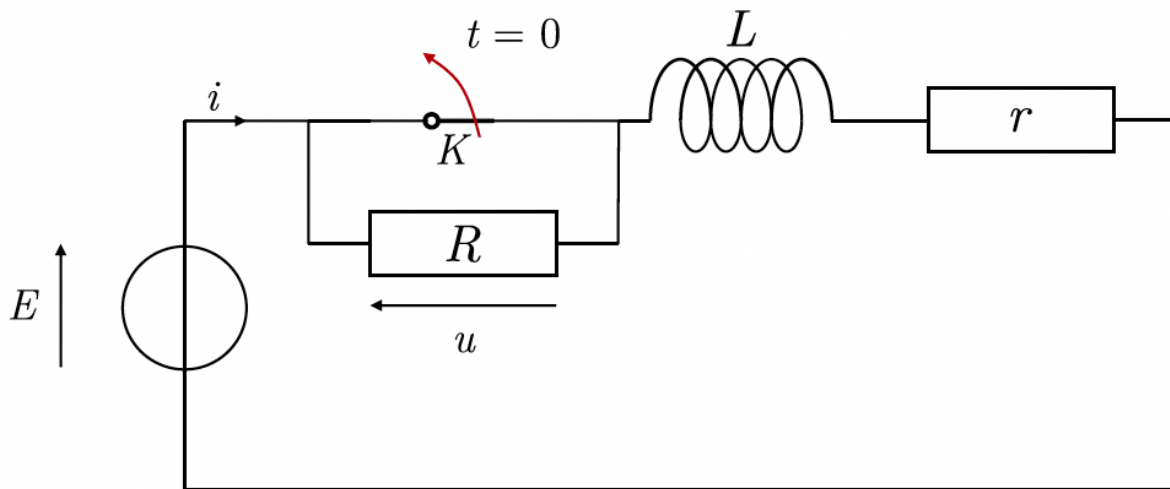
4.5.a. Etablir l'expression de $u(t)$ dans l'intervalle $[\Delta t^+, +\infty[$.

4.5.b. En déduire $i(t)$ dans l'intervalle $[\Delta t^+, +\infty[$.

4.6. Donner l'allure du graphe $i(t)$ pour t allant de 0 à l'infini.

EXERCICE III. Etincelle de rupture

Une bobine d'inductance $L = 40 \text{ mH}$ et de résistance $r = 10 \Omega$ est alimentée par un générateur idéal de tension continue $E = 15 \text{ V}$. un interrupteur K fermé depuis très longtemps est placé en série.

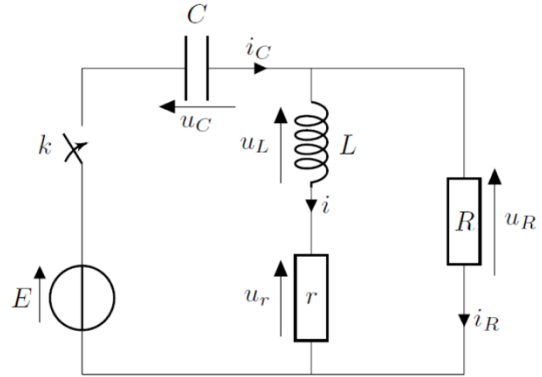


Le conducteur ohmique R placé en parallèle aux bornes de l'interrupteur modélise la résistance de l'air, qui est très grande, et n'intervient que lorsque l'interrupteur est ouvert. On appelle $u(t)$ la tension aux bornes de l'interrupteur.

1. Quelle est l'intensité i_0 dans le circuit, sachant que le courant est établi depuis longtemps ?
Application numérique
2. A l'instant $t = 0$, on ouvre l'interrupteur. Déterminer la loi de variation de l'intensité $i(t)$ dans le circuit. Examiner le cas où $R \gg r$
3. Déterminer la loi $u(t)$. Calculer $u(0^+)$ et $u(\infty)$, où $u(\infty)$ est la limite de $u(t)$ lorsque t tend vers l'infini. Déterminer le comportement limite de ces tensions lorsque R tend vers l'infini, et comparer à E . Application numérique pour $R = 30 \text{ k}\Omega$.
Que risque-t-on d'observer au niveau de l'interrupteur ?

EXERCICE IV. Détermination des caractéristiques d'un circuit

On considère le circuit ci-dessous. Pour $t < 0$, l'interrupteur k est ouvert, le condensateur C est déchargé, et le circuit est en régime stationnaire. À $t = 0$, on ferme l'interrupteur k .



1. Déterminer l'intensité i du courant traversant la bobine juste avant la fermeture de l'interrupteur (instant $t = 0^-$), juste après la fermeture de l'interrupteur (instant $t = 0^+$), puis lorsque le régime permanent stationnaire est atteint ($t \rightarrow +\infty$)

2. Établir l'équation différentielle qui régit l'évolution du courant $i(t)$ après la fermeture de k ($t > 0$), sans passer par la représentation complexe en régime sinusoïdal forcé. Montrer que cette équation différentielle peut se mettre sous la forme canonique suivante :

$$\frac{d^2 i}{dt^2} + \frac{\omega_0}{Q} \frac{di}{dt} + \omega_0^2 i = 0$$

et donner les expressions de la pulsation propre ω_0 et du facteur de qualité Q .

3. À quelle condition sur r , R , L et C a-t-on un régime pseudo-périodique ? On supposera dans toute la suite que cette condition est vérifiée

4. Quelle est alors la forme de la solution $i(t)$? Montrer que l

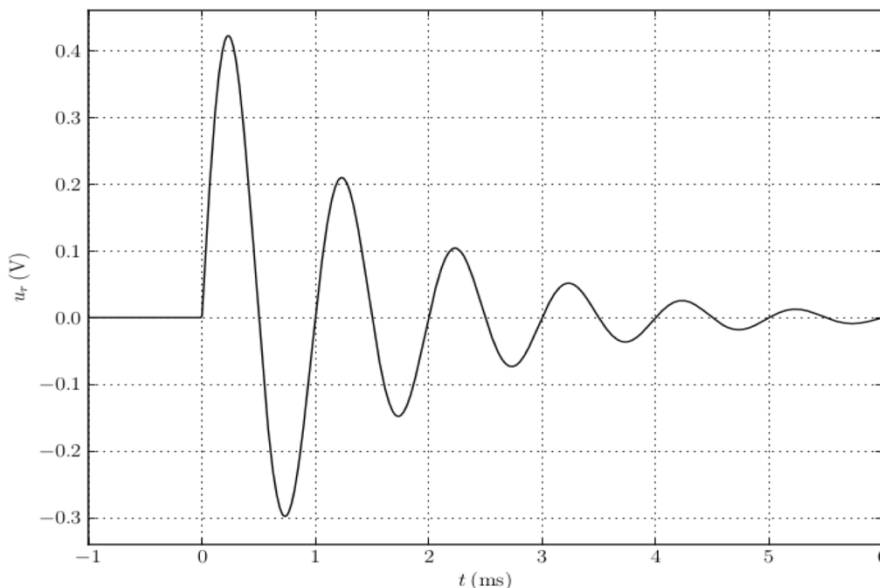
$$\frac{di(t = 0^+)}{dt} = \frac{E}{L}$$

puis en déduire l'expression complète explicite de $i(t)$ en fonction des paramètres du problème. Préciser l'expression du temps caractéristique τ du régime transitoire.

Étude expérimentale

Grâce à un oscilloscope, on observe l'évolution de la tension $u_r(t)$ ci-dessous.

5. Mesurer graphiquement la pseudo-période T du phénomène sur cet oscillogramme.



6. Le décrément logarithmique de u_r , noté δ , est défini comme

$$\delta = \frac{u_r(t)}{u_r(t + T)}$$

le mesurer graphiquement.

7. Établir l'expression théorique de δ en fonction de T et τ , puis en fonction du facteur de qualité Q uniquement. En déduire la valeur du facteur de qualité.

8. Calculer la pulsation propre ω_0 du circuit.

Trajectoire de phase

9. Parmi les 4 trajectoires de phase suivantes, indiquer si l'une d'entre elles pourrait convenir pour le système étudié ici, vu l'allure de $u_r(t)$ observée précédemment. Justifier brièvement pour chaque trajectoire de phase.

