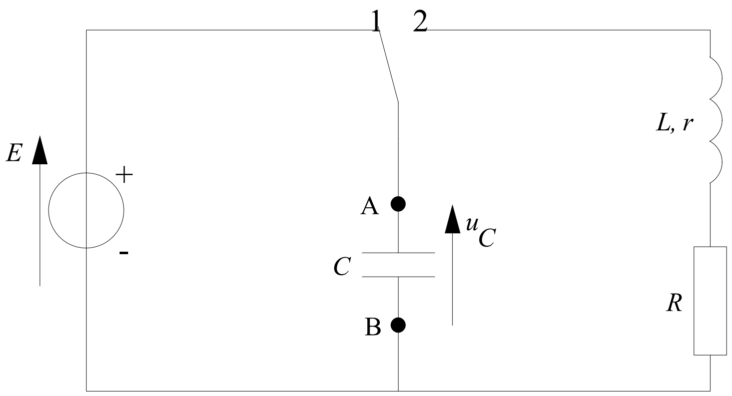
TP : Oscillations électriques libres

Le montage ci-dessous permet d'étudier la décharge d'un condensateur de capacité C dans une bobine d'inductance L et de résistance r, en série avec un conducteur ohmique de résistance R. Une interface, reliée à un ordinateur, permet de saisir les valeurs instantanées de!a tension $u_C = u_{AB}$ aux bornes du condensateur. L'acquisition commence lors de la fermeture de l'interrupteur en position 2.



$R = 20\,\Omega$, $39\,\Omega$, $150\,\Omega$, $390\,\Omega$, $1000\,\Omega$ ou $3000\,\Omega$; $L = 1\,\text{H}$ variable ; $C = 5\,\mu\text{F}$, $10\,\mu\text{F}$ ou $15\,\mu\text{F}$.
Nombre de points à acquérir : 500 ; durée totale d'acquisition : 100 ms.
$E = 9\,\text{V}$. Déclenchement pour $u_C = 8\,\text{V}$, sens descendant, sur EAD1.

1) Montage

a) Indiquer les branchements de l'entrée (EAD1+) et de la masse de l'interface.

b) Quel est l'intérêt de l'interrupteur double ?

Réaliser le montage et brancher convenablement l'interface. Faire vérifier le montage par le professeur avant d'allumer l'alimentation.

c) Dans Hermes (menu Acquisition), ouvrir la fenêtre d'acquisition. Régler les paramètres de l'acquisition comme indiqué ci-dessus.

Doit-elle être unique ou répétée ?

2) Expression de la pseudo-période

Avec $C = 15\,\mu\text{F}$, $L = 1\,\text{H}$ et $R = 20\,\Omega$, réaliser une acquisition vers un document en cliquant sur le bouton Acquérir, puis en basculant rapidement l'interrupteur de la position 1 à la position 2. Plusieurs essais peuvent être nécessaires.

a) Observer $u_C(t)$: que peut-on dire de la décharge du condensateur dans la bobine ?

b) Pourquoi parle-t-on de pseudo-période pour ces oscillations ?

c) Refaire quelques acquisitions en modifiant à chaque fois R, L ou C. Avant chaque acquisition, ouvrir un Nouveau document (menu Hermès) et le sélectionner avant d'appuyer sur Acquérir.

Comparer les documents obtenus. Quels sont les effets respectifs de R, L et C sur la pseudo-période ?

d) Soit $R' = R + r$ la résistance totale du circuit RLC. On rappelle les expressions des constantes de temps...
– du dipôle RC : $\tau_C = R'C$
– du dipôle RL : $\tau_L = \frac{L}{R'}$
Prévoir l'expression de la pseudo-période en tenant compte de la question précédente et en respectant l'homogénéité de cette expression.

e) Fixer $R = 20\,\Omega$ et $C = 15\,\mu\text{F}$.

Dans le liste Voie en haut, sélectionner la voie EAD1 et dans le champ placé en dessous, juste après la flèche surmontée d'un point rouge, taper uc et valider (ou cliquer sur OK).

Le point rouge doit devenir vert : les tensions mesurées sur EAD1 seront enregistrées dans la variable uc d'une feuille de calcul.

De même diriger le Temps (dernier élément de la liste Voie) vers la variable t de la feuille de calcul.

Faire varier la valeur de l'inductance L. Pour chaque valeur de L, réaliser une acquisition vers la feuille de calcul et mesurer la pseudo-période T par modélisation (volet Modélisation de la fenêtre de Contrôle des calculs).

L (H)	1	0,5	0,2
T (s)			
$\frac{T}{\sqrt{LC}}$			

Calculer dans chaque cas le rapport $\frac{T}{\sqrt{LC}}$ (si possible, vérifier les valeurs de L à l'inductancemètre). Conclure.

f) Fixer $R = 20\,\Omega$ et $L = 1\,\text{H}$.

Faire varier la valeur de la capacité C et mesurer la pseudo-période T.

C (μF)	15	10	5
T (s)			
$\frac{T}{\sqrt{LC}}$			

Calculer dans chaque cas le rapport $\frac{T}{\sqrt{LC}}$. Conclure.

3) Conditions d'oscillations

On appelle période propre $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$ la période de l'oscillateur LC non amorti.

Le circuit RLC met en jeu trois temps caractéristiques : $\tau_L = \frac{L}{R'}$, $\tau_C = R'C$ et $\tau_0 = \frac{T_0}{2\pi} = \sqrt{LC}$.

Leur comparaison permet une approche qualitative du comportement du circuit.

On appelle $Q = \frac{\tau_L}{\tau_0}$ le facteur de qualité du circuit (facteur sans dimension).

a) Fixer $C = 5\,\mu\text{F}$ et $L = 1\,\text{H}$. Calculer $\tau_0 = \ldots\ldots\ldots$

Faire varier R et, pour chaque valeur, mesurer la pseudo-période T des oscillations quand cela est possible. Observer à chaque fois si la courbe s'amortit plus ou moins vite que la précédente.

R (Ω)	20	39	150	390	540	1000	3000
T (s)							
Oscillations ? (oui / non)							
τ_L (s)							
τ_C (s)							
$Q = \frac{\tau_L}{\tau_0}$							
Amortissement (+ ou −)	X						

b) Peut-on dire que la pseudo-période T reste égale à la période T_0 quand R augmente ?

c) À quelle condition sur τ_L et τ_C observe-t-on un régime oscillatoire amorti ?

d) À quelle condition sur τ_L et τ_C observe-t-on un régime apériodique ? Comparer les valeurs de Q dans les deux régimes.

e) Pour quelle valeur de Q les oscillations disparaissent-elles ?

f) Comment varie le temps d'amortissement avec Q ?

Pour quelle valeur de Q l'amortissement est-il le plus rapide ?