EXERCICE : OSCILLATEUR ELECTRIQUE

Les parties A et B sont indépendantes.

A – Étude d'un condensateur

1. Un générateur idéal de tension constante notée E alimente un condensateur de capacité C en série avec un conducteur ohmique de résistance R.

Le condensateur étant initialement déchargé, on souhaite visualiser, à l'aide d'un oscilloscope numérique, la tension aux bornes du générateur sur la voie A et la tension aux bornes du condensateur sur la voie B, lors de la fermeture du circuit.

Compléter le schéma du montage **(figure 1 de l'annexe à rendre avec la copie)** en représentant les symboles des deux dipôles (condensateur et conducteur ohmique) et les flèches des tensions visualisées sur chacune des voies.

2. L'écran de l'oscilloscope est représenté sur la **figure 2 de l'annexe**. Les réglages de l'oscilloscope sont les suivants :

sensibilité verticale : 2 V/div ;
base de temps : 0,5 ms/div.

a) A quelle voie de l'oscilloscope correspond chacune des deux courbes ? Justifier .

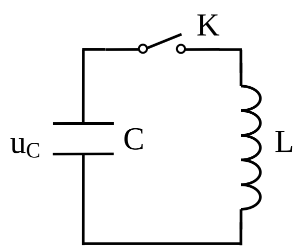
b) Déterminer, à l'aide de l'oscillogramme, la valeur de la tension E délivrée par le générateur .

c) Donner l'expression de la constante de temps τ du dipôle (R, C). Montrer que τ a la dimension d'un temps.

d) Déterminer à l'aide de l'oscillogramme de la figure 2 la valeur de τ en expliquant la méthode utilisée.

B – Étude de l'association d'un condensateur et d'une bobine

On réalise maintenant le montage schématisé ci-contre .
Le condensateur de capacité C est initialement chargé.
La tension à ses bornes est égale à 5,0 V.
La bobine d'inductance L a une résistance négligeable.
Ainsi on considère que la résistance totale du circuit est négligeable.



1. Établir l'équation différentielle que vérifie la tension u_C aux bornes du condensateur après la fermeture de l'interrupteur K.
2. On rappelle que la période propre d'un dipôle (L, C) est $T_o = 2\pi\sqrt{LC}$.
   Pour le dipôle étudié, la valeur calculée est $T_o = 4,0 \times 10^{-3}$ s.

Un ordinateur muni d'une carte d'acquisition permet de visualiser l'évolution de la tension aux bornes du condensateur u_C. Le début de l'enregistrement est synchronisé avec la fermeture de l'interrupteur (t = 0).

a) Représenter, sur **la figure 3 de l'annexe à rendre avec la copie**, l'allure de la tension observée sur l'écran.

b) On remplace le condensateur par un autre de capacité C' = 4 C, en conservant la même bobine.

Exprimer la nouvelle période propre T_o' en fonction uniquement de T_o.

c) Donner les expressions des énergies emmagasinées par le condensateur et par la bobine.
Laquelle de ces deux énergies est nulle à t = 0 ? Justifier.
A quelle date, l'autre énergie sera-t-elle nulle pour la première fois ?

3. En réalité, la résistance totale du circuit est faible mais pas négligeable.

a) Quelle conséquence cela a-t-il d'un point de vue énergétique ? Justifier.
b) Comment qualifie-t-on ce régime ?

ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE

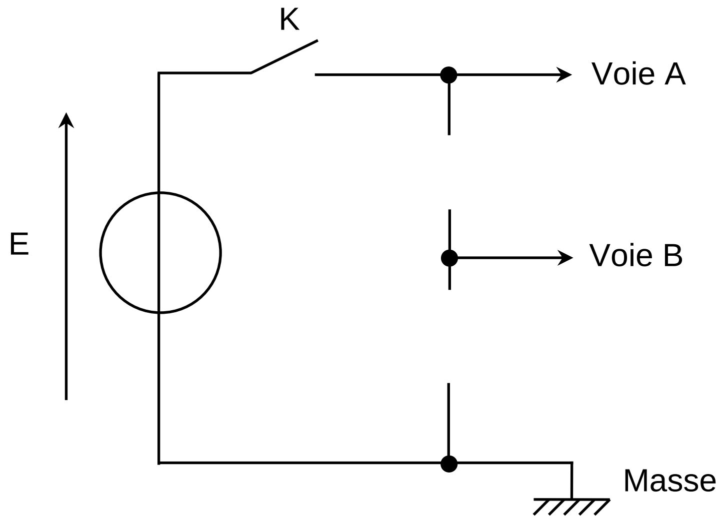


Figure 1

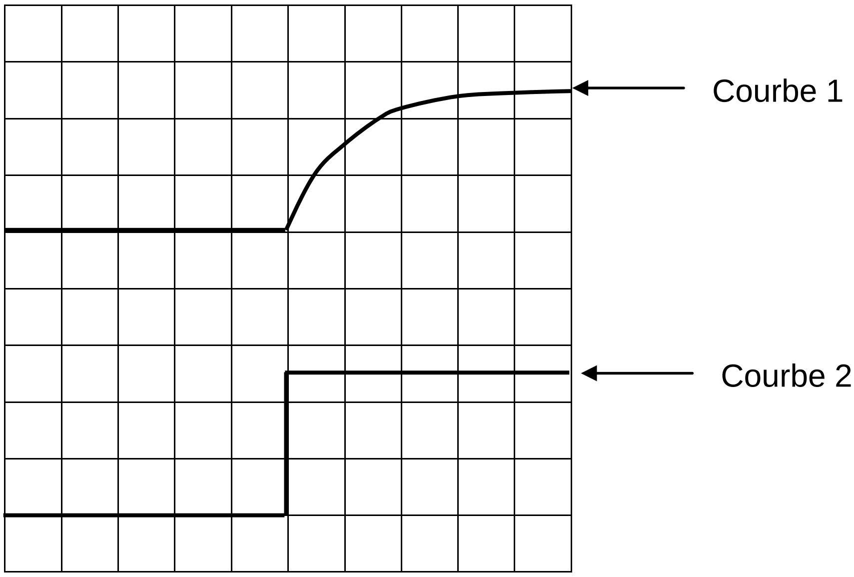


Figure 2

ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE

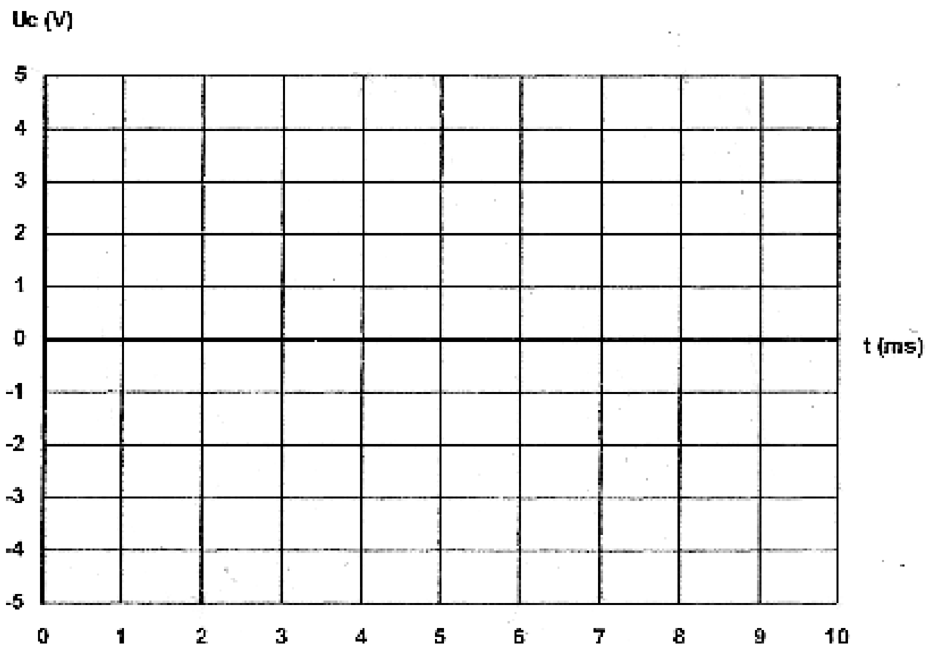
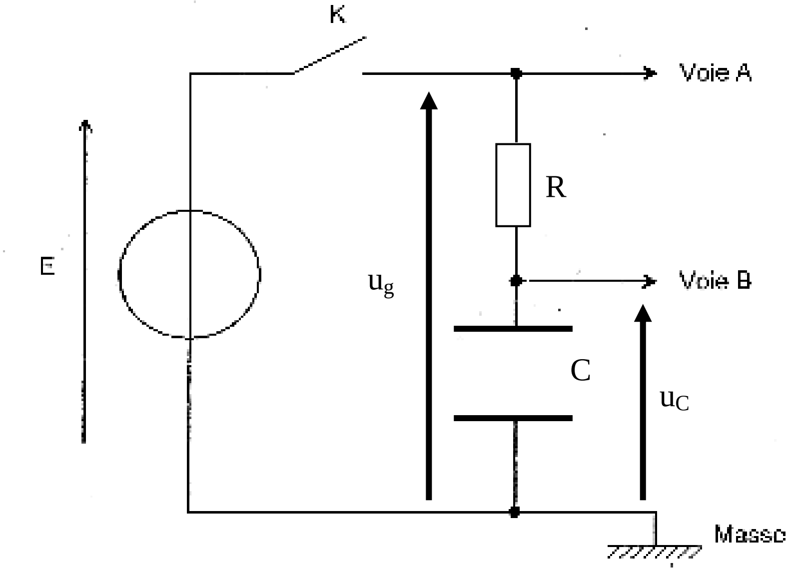


Figure 3

EXERCICE : OSCILLATEUR ELECTRIQUE (Correction)

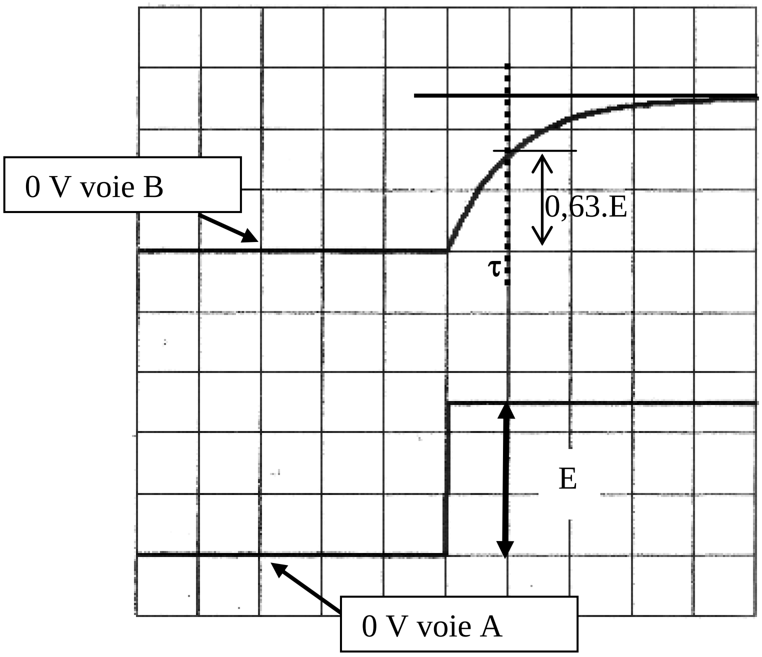
A – Étude d'un condensateur

A.1.



A.2.a) Quand on ferme l'interrupteur la tension u_g passe instantanément de 0 à E volts, elle est donc représentée par la courbe 2. La courbe 2 correspond à la voie A.
Le condensateur ne se charge pas instantanément: u_C augmente exponentiellement puis tend vers une tension constante lorsque la charge est terminée. La courbe 1 correspond à la voie B.

A.2.b) E correspond à 2,5 divisions sur l'écran,
soit E = 2,5×2 = 5V

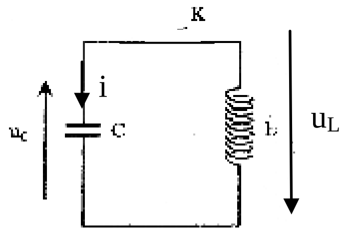


A.3.c) $\tau = R\times C$
$[\tau] = [R]\times[C]$
Or $U = R\times I$ (loi d'Ohm) et $U = \dfrac{Q}{C}$
D'autre part $I = \dfrac{Q}{\Delta t}$
Il vient : $[\tau] = \dfrac{[U]}{[I]}\times\dfrac{[Q]}{[U]} = \dfrac{[Q]}{[I]} = [T]$
τ est bien homogène à un temps.

A.3.d) *La méthode de la tangente est peu précise.*
Pour $t = \tau$ alors $u_C(\tau) = 0,63.E$ soit $u_C(\tau) = 0,63\times5,0 = 3,15$ V, à l'écran environ 1,6 div.
D'autre part, pour t = 5 τ, on peut considérer que la tension aux bornes du condensateur est égale à celle aux bornes du générateur.
5τ représentées par 5 div, donc τ correspond à une division.
τ = 0,5 ms

B – Étude de l'association d'un condensateur et d'une bobine

B.1) D'après la loi d'additivité des tensions, on a : $u_C + u_L = 0$



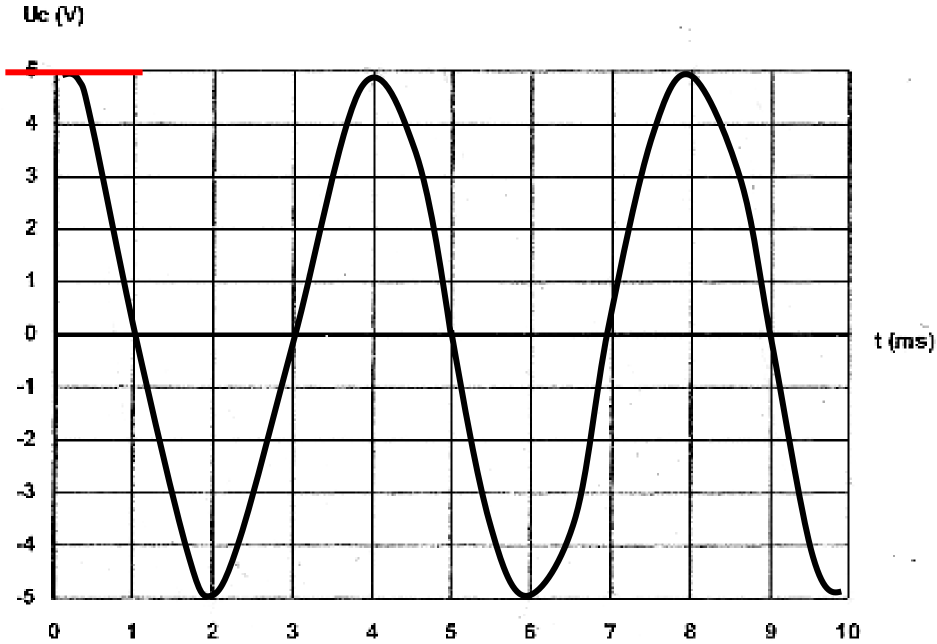
$$u_C + L\frac{di}{dt} = 0$$

$$\text{Or } i = \frac{dq}{dt} = C\frac{du_C}{dt}$$

$$u_C + L.C.\ \frac{d^2u_C}{dt^2} = 0$$

Soit l'équation différentielle : $$\frac{d^2u_C}{dt^2} + \frac{1}{LC}u_C = 0$$

B.2.a) Les oscillations sont sinusoïdales et non amorties (résistance totale du circuit négligeable)



B.2.b) $T'_0 = 2\pi\ \sqrt{LC'} = 2\pi\sqrt{4LC} = 2\times 2\pi\sqrt{LC} .= 2\times T_0$

B.2.c) Énergie emmagasinée dans le condensateur : $E_c = ½\ C\times u_C^2$
Énergie emmagasinée dans la bobine : $E_L = ½\ L\times i^2$

À la date t = 0s, le condensateur est chargé, donc i = 0, l'énergie emmagasinée dans la bobine est nulle.

OU $i = \frac{dq}{dt} = C\frac{du_C}{dt}$, et $\frac{du_C}{dt}$ est égale au coefficient directeur de la tangente à la courbe représentative de $u_C = f(t)$. Or à t = 0 s, cette tangente est horizontale (voir schéma ci-dessus:—).

La tension aux bornes du condensateur s'annule au bout d'une durée égale à $T_0/4$ = 1 ms, ce qui correspond à une énergie emmagasinée dans le condensateur nulle.

B.3.a) La résistance totale du circuit n'étant pas négligeable, il y a **dissipation d'énergie** sous forme de chaleur en raison de l'**effet Joule**.

B.3.b) C'est le **régime pseudo-périodique**. On observe un amortissement des oscillations électriques, l'amplitude de la tension aux bornes du condensateur (et aux bornes de la bobine) diminue au cours du temps.