

Exercices du chapitre Physique 8 : Le circuit (R, L, C)

Applications directes

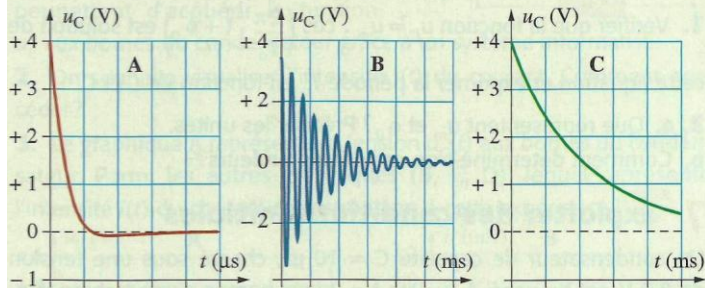
Réaliser l'étude expérimentale d'un circuit (R, L, C)

(§ 1 du cours)

3. Repérer les différents régimes d'un circuit (R, L, C)



On a représenté la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur de trois circuits (R, L, C) différents. Ces circuits possèdent des condensateurs de même capacité. Les résistances des conducteurs ohmiques sont $10\ \Omega$, $1\ 000\ \Omega$ et $10\ 000\ \Omega$.



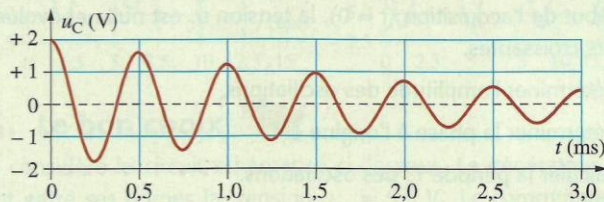
Attribuer à chaque graphique (A, B, C) la valeur de la résistance correspondante.

Réaliser l'étude analytique d'un circuit oscillant (L, C)

(§ 2 du cours)

4. Mesurer une pseudo-période

Le graphique ci-dessous représente l'évolution au cours du temps de la tension aux bornes du condensateur d'un circuit (R, L, C).



- Déterminer la pseudo-période des oscillations.
- La capacité du condensateur est $1,0\ \text{mF}$. En déduire l'inductance de la bobine. On admet que la pseudo-période T est proche de la période propre T_0 d'un dipôle (L, C).

5. Écrire une équation différentielle



On considère le circuit (L, C) ci-contre.

- Reproduire le schéma et flécher les tensions u_C et u_L en convention récepteur.

- Exprimer :

- la tension u_L en fonction de l'intensité i du courant ;
- l'intensité i du courant en fonction de la charge q de l'armature A ;
- la charge q en fonction de u_C ;
- la tension u_L en fonction de u_C .

- Écrire une relation entre les tensions u_L et u_C .

- Établir l'équation différentielle qui décrit l'évolution, au cours du temps, de la tension u_C aux bornes du condensateur.

- En déduire l'équation différentielle qui décrit l'évolution, au cours du temps, de la charge q du condensateur.

6. Vérifier la solution d'une équation différentielle

La tension u_C aux bornes du condensateur d'un circuit (L, C) obéit à l'équation différentielle $\ddot{u}_C + \frac{1}{L \cdot C} \cdot u_C = 0$.

- Vérifier que la fonction $u_C = u_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \phi_0\right)$ est solution de cette équation et exprimer la période T_0 en fonction de L et C.

- Que représentent u_m et ϕ_0 ? Préciser les unités.
- Comment détermine-t-on ces deux grandeurs ?

7. Exploiter des conditions initiales

Un condensateur de capacité $C = 10\ \mu\text{F}$, chargé sous une tension de $8,0\ \text{V}$, est branché, à la date $t = 0$, aux bornes d'une bobine d'inductance $L = 40\ \text{mH}$, de résistance négligeable.

La tension u_C aux bornes du condensateur d'un circuit (L, C) obéit à l'équation différentielle :

$$\ddot{u}_C + \frac{1}{L \cdot C} \cdot u_C = 0$$

de solution générale :

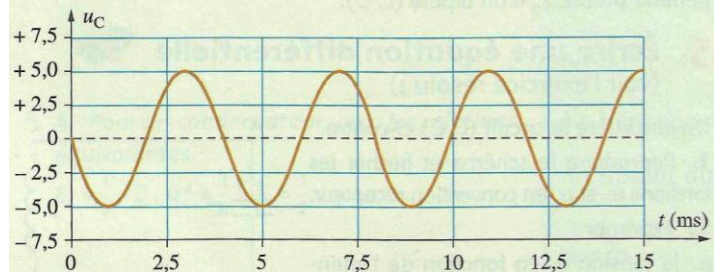
$$u_C = u_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \phi_0\right).$$

Un dispositif d'acquisition transmet les valeurs de u_C à un ordinateur qui en donne la représentation graphique.

Au début de l'acquisition ($t = 0$), la tension u_C est nulle et évolue en valeurs croissantes.

- Déterminer l'amplitude des oscillations.
- Déterminer la phase à l'origine ϕ_0 .
- Calculer la période T_0 des oscillations.
- Donner l'allure de la courbe obtenue sur l'écran de l'ordinateur.

8. Exprimer la tension u_C en fonction du temps



Le graphique ci-dessus présente l'évolution de la tension u_C aux bornes du condensateur d'un circuit (L, C) et telle que :

$$u_C = u_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \phi_0\right).$$

Déterminer les valeurs numériques des constantes T_0 , u_m et ϕ_0 .

Calculer l'énergie d'un circuit oscillant

(§ 3 du cours)

10. Calculer des énergies

(voir l'exercice résolu 2)

Un condensateur de capacité $C = 330\ \text{nF}$ initialement chargé sous une tension $u_C = 6,0\ \text{V}$, est branché aux bornes d'une bobine d'inductance L et de résistance r.

- Quelle est l'énergie initiale du circuit ?
- À l'issue d'une durée d'oscillations $t = 3T$ (T est la pseudo-période du dipôle (R, L, C)), le circuit a perdu le quart de son énergie initiale et toute l'énergie est emmagasinée dans le condensateur.
 - Comment expliquer la perte d'énergie ?
 - Quelle est la tension aux bornes du condensateur ?

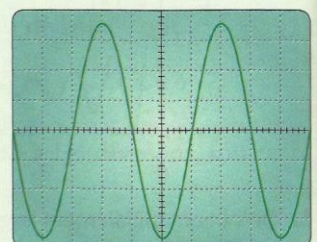
Étudier les oscillations entretenues

(§ 4 du cours)

12. Calculer une période propre

- Comment réaliser un circuit oscillant, non amorti, à partir d'un dipôle (R, L, C) ? Schématiser le circuit.

- L'oscillogramme ci-contre montre l'évolution au cours du temps de la tension aux bornes du condensateur.



- Quelle est la valeur de la période propre T_0 des oscillations ?
- En déduire la valeur de l'inductance de la bobine.

Données : $C = 220\ \text{nF}$.

Sensibilité verticale : $1\ \text{V/DIV}$. Sensibilité horizontale : $0,1\ \text{ms/DIV}$.

Utilisation des acquis

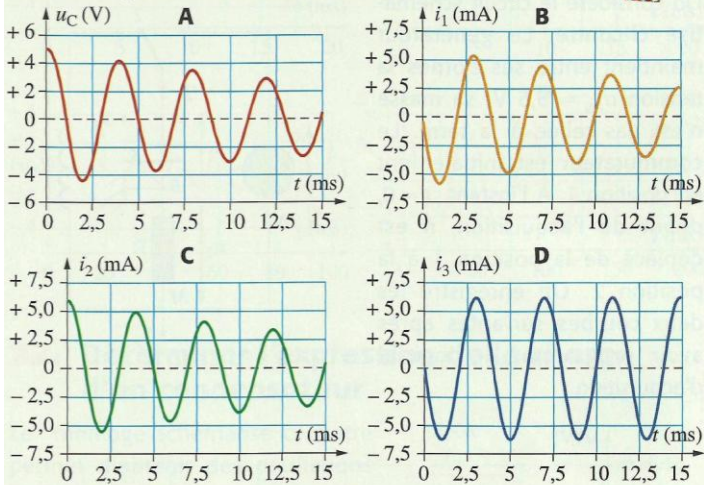
14. Quel graphique choisir?

On réalise le montage schématisé ci-contre dans lequel le condensateur est initialement chargé ($u_C > 0$).

1. Représenter les branchements permettant d'acquérir la tension u_C aux bornes du condensateur grâce à un système informatisé.

2. On souhaite visualiser l'intensité $i(t)$ du courant. Comment procéder?

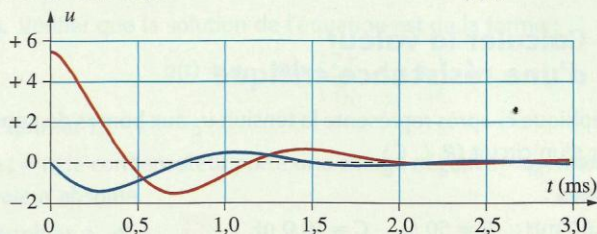
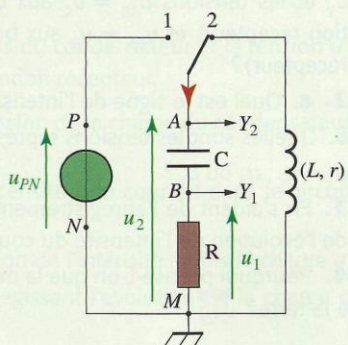
3. Le graphique A représente la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur. Parmi les autres graphiques (B, C, D), lequel représente l'intensité $i(t)$ du courant correspondant à cette expérience? **SOS**



15. Le bon choix

On considère le circuit schématisé ci-dessous. Le générateur maintient entre ses bornes la tension $u_{PN} = 5,5$ V. Le commutateur est initialement en position 1. À l'instant $t = 0$, début de l'acquisition, le commutateur est déplacé de la position 1 à la position 2. On enregistre les tensions u_1 et u_2 sur les voies Y_1 et Y_2 .

À partir des tensions enregistrées, on trace le graphique donnant l'évolution en fonction du temps de la tension u_R aux bornes de la résistance (convention récepteur), puis, après calculs, le graphique donnant l'évolution en fonction du temps de la tension u_C aux bornes du condensateur (convention récepteur) (voir les courbes ci-dessous).



- Comment nomme-t-on ce type de décharge du condensateur?
- a. Comment, à partir des tensions enregistrées, u_1 et u_2 , obtient-on la tension u_C ?
- b. Lequel, des graphiques ci-dessus, représente u_C ? Justifier.
- a. Laquelle des tensions représentées indique le mode d'évolution de l'intensité i du courant?
- b. Durant les premières 200 μ s, quel est le signe de l'intensité i du courant? Quel est le sens du courant?
- a. Donner une valeur approchée de la pseudo-période.
- b. La résistance de ce circuit est-elle négligeable? Justifier la réponse.

17. Calculer la valeur d'une résistance critique

Le graphique ci-après représente la tension u_C aux bornes du condensateur d'un circuit (R, L, C).

Données :

$L = 6,80$ mH ; $R = 50$ Ω ; $C = 10,0$ nF.

1. L'augmentation de la résistance du circuit a-t-elle une influence sur l'amortissement des oscillations?

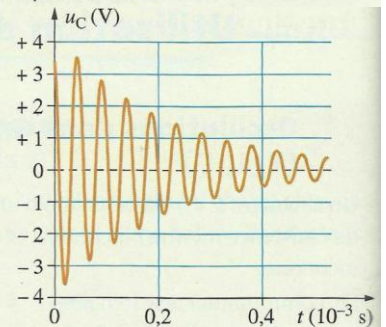
2. Définir un régime apériodique.

3. Lorsque la résistance est égale à $R_C = 2 \cdot \sqrt{\frac{L}{C}}$, le régime est critique.

a. Par une analyse dimensionnelle, vérifier que l'expression $2 \cdot \sqrt{\frac{L}{C}}$ s'exprime en ohm.

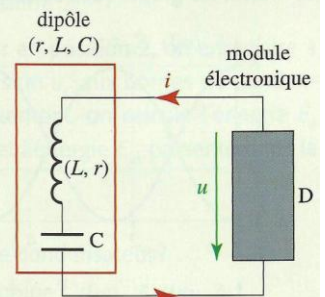
b. Calculer la valeur de R_C .

c. Donner l'allure du graphique montrant les variations de la tension u_C en fonction du temps, dans le cas du régime critique.



22. Déterminer l'expression de la charge d'un condensateur

Le montage schématisé ci-contre permet d'obtenir des oscillations non amorties aux bornes du condensateur d'un circuit (r, L, C). La tension aux bornes du module électronique D est $u = -r \cdot i$.



1. a. Le circuit représenté ci-contre peut être schématisé très simplement. Le représenter. On considérera ce schéma par la suite.

b. Flécher la tension u_C aux bornes du condensateur et la tension u_L aux bornes de la bobine en convention récepteur.

2. On se propose d'établir l'expression de la charge du condensateur $q = C \cdot u_C$ en fonction du temps.

a. Quelle est la relation entre l'intensité i du courant dans le circuit et la charge q ?

b. Exprimer la tension u_L en fonction de l'intensité i , puis la charge q .

c. Écrire l'équation différentielle régissant l'évolution de la charge q au cours du temps.

3. a. Vérifier que la solution de l'équation est de la forme :

$$q(t) = q_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \phi_0\right).$$

b. Exprimer T_0 .

c. À $t = 0$, le condensateur porte une charge négative $-q_0$, maximale en valeur absolue.

Déterminer q_m et ϕ_0 . **SOS**

23. Étudier les énergies lors d'oscillations entretenues

On réalise le montage schématisé ci-contre. Le dipôle D permet d'éviter l'amortissement des oscillations.

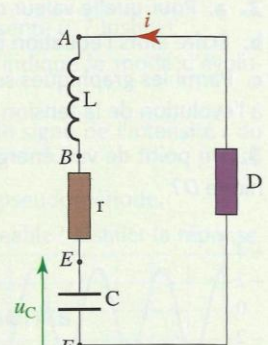
1. Quelle est la cause de l'amortissement des oscillations dans un circuit (L, r, C) ?

2. Un ordinateur relié au montage par l'intermédiaire d'un système d'acquisition a permis de visualiser les variations :

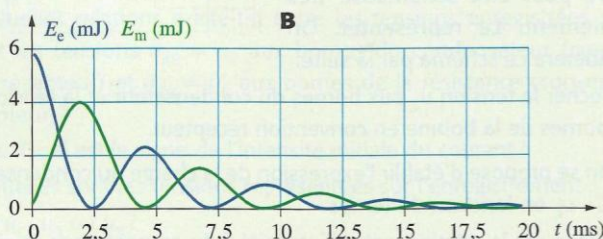
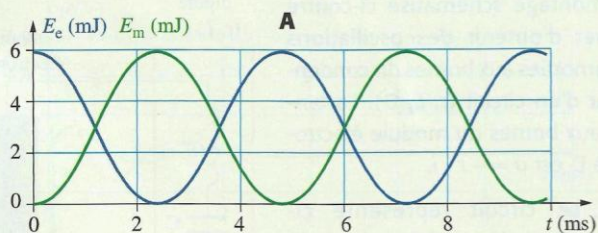
– de la tension u_C aux bornes du condensateur de capacité $C = 330$ μ F ;

– de l'intensité $i(t)$ du courant dans le circuit.

On a pour cela programmé le début de l'acquisition lorsque la tension u_C est maximale, égale à 6 V.

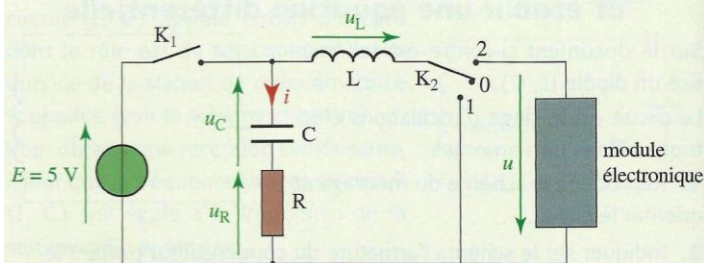


- a. Représenter les branchements permettant d'enregistrer la tension u_C .
- b. Le système d'acquisition ne permet d'enregistrer que des tensions; il est donc impossible d'obtenir directement l'intensité i du courant. Indiquer comment procéder (branchements et calculs).
3. On visualise les énergies E_e emmagasinée dans le condensateur et E_m localisée dans la bobine.
- a. Quelles sont les expressions de ces deux énergies E_e et E_m ?
- b. Parmi les graphiques suivants (A, B), lequel est possible?

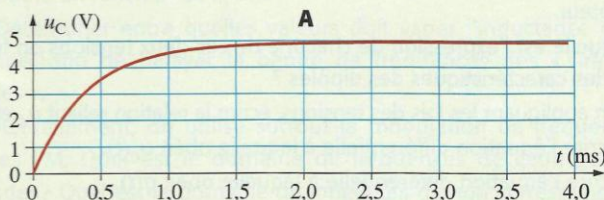


25. Utiliser un dispositif permettant d'entretenir les oscillations

On réalise le montage schématisé ci-dessous.



1. Le commutateur K_2 est en position 0. On ferme l'interrupteur K_1 . Le graphique A représente la tension aux bornes du condensateur en fonction du temps.

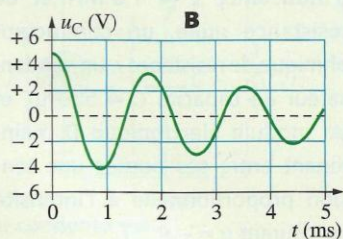


- a. Déterminer graphiquement la constante de temps du dipôle (R, C) .
- b. Sachant que la résistance du conducteur ohmique est $R = 200 \, \Omega$, en déduire la capacité du condensateur.

2. L'interrupteur K_1 est maintenant ouvert.

Le commutateur K_2 est en position 1.

- a. Le graphique B représente l'évolution de la tension u_C aux bornes du condensateur.



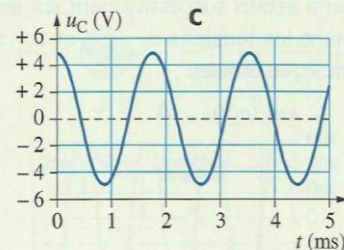
La tension initiale $u_C(0)$ figurant sur le graphique B est-elle en accord avec les informations données par le graphique A?

- b. Quel est le composant responsable de l'amortissement des oscillations, la résistance de la bobine étant négligeable?
- c. Déterminer graphiquement la pseudo-période T .
- d. La valeur de T est pratiquement égale à la période propre d'un circuit (L, C) . Déterminer la valeur de l'inductance de la bobine.

3. On place le commutateur K_2 en position 2.

On ferme l'interrupteur K_1 pour charger de nouveau le condensateur.

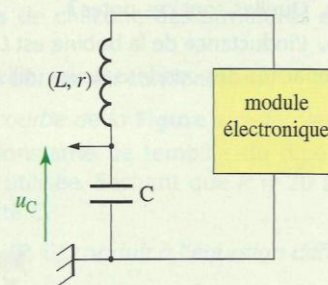
Le condensateur chargé, l'interrupteur K_1 est ouvert et le commutateur K_2 est placé en position 2 à un instant choisi comme nouvelle origine des dates.



- a. Écrire une relation entre les tensions u_C , u_L , u_R et u . On souhaite que les oscillations de la tension u_C soient non amorties. En déduire la valeur de la tension u imposée par le module électronique pour qu'il en soit ainsi.
- b. Le graphique C correspondant à l'évolution de la tension u_C est-il correct? Justifier la réponse.

26. Établir l'expression d'une tension en fonction du temps

On se propose de réaliser l'acquisition de la tension u_C aux bornes du condensateur d'un dipôle (L, C) relié à un module électronique permettant d'éviter l'amortissement des oscillations (voir le schéma ci-contre).



A. Première partie

Un élève réalise l'acquisition suivante.

1. Déterminer graphiquement :

- a. la période T_0 de cette tension;
- b. l'amplitude u_m de cette tension.

2. Quelle est la valeur de la tension u_C à la date $t = 0$?

3. L'expression de la tension u_C en fonction du temps est :

$$u_C = u_m \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \phi_0\right).$$

- a. En utilisant les valeurs numériques déterminées précédemment, calculer ϕ_0 .

- b. Écrire l'expression de la tension u_C .

B. Seconde partie

Un deuxième élève réalise l'acquisition suivante à partir du même montage.

1. La période et l'amplitude ont-elles été modifiées?

2. Quelle est la valeur de la tension u_C à la date $t = 0$?

3. En utilisant les valeurs numériques déterminées précédemment, calculer ϕ_0 .

4. Conclure en écrivant l'expression de la tension u_C .

