BURHAN

# Oscillations forcées dans un circuit RLC série : exercices, entraînement

2ème Année Baccalauréat · Sciences Mathématiques · Physique-Chimie

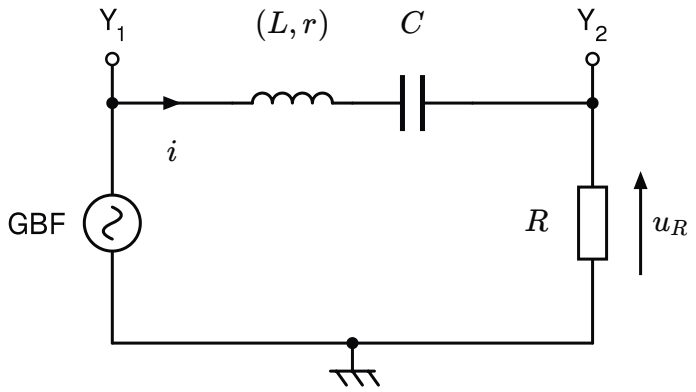
Corrigé détaillé en ligne : burhan.ma/2bac/sciences-mathematiques/physique-chimie/oscillations-forcees-circuit-rlc-serie/exercices/entrainement

| Chapitre | Palier | Exercices |
| --- | --- | --- |
| Oscillations forcées dans un circuit RLC série | Entraînement | 7 |

### Exercice 1

## Montage de visualisation, impédance et déphasage

Pour étudier un circuit RLC série alimenté par un GBF, un groupe d'élèves réalise le montage du schéma. Le résistor a pour résistance $R = 100\,\Omega$.




**Montage de visualisation d'un circuit RLC série**

**1.**

Quelle tension chaque voie de l'oscilloscope affiche-t-elle ? Pourquoi le résistor est-il placé du côté de la masse ?

INDICE

**Outil :** une voie affiche la tension entre son entrée et la masse, commune au GBF et à l'oscilloscope.

**2.**

Un élève permute le résistor et le condensateur sans déplacer les voies ni la masse. Que montre alors la voie $Y_2$ ? Pourquoi ce montage ne convient-il plus ?

INDICE

**Début :** cherche le composant situé entre l'entrée $Y_2$ et la masse après la permutation.

**3.**

Avec le bon montage, on lit $U_m = 5{,}0\,\text{V}$ et $U_{Rm} = 1{,}6\,\text{V}$. Calculer l'amplitude $I_m$ de l'intensité et l'impédance $Z$ du circuit.

INDICE

**Outil :** la loi d'Ohm pour le résistor, puis la définition de l'impédance.

**4.**

La période vaut $T = 1{,}6\,\text{ms}$ ; la tension $u$ atteint chaque maximum $\tau = 0{,}31\,\text{ms}$ avant le maximum voisin de $u_R$. Calculer le déphasage $\varphi$ et dire si le circuit est inductif ou capacitif.

INDICE

**Outil :** la relation entre décalage horaire et déphasage ; le signe vient de la courbe en avance.

**5.**

En déduire la résistance totale $R_t$ du circuit, puis la résistance $r$ de la bobine. Commenter la précision de $r$.

INDICE

**Outil :** l'expression de $\cos\varphi$ d'un circuit RLC série. **Point délicat :** garde les valeurs non arrondies de $Z$ et $\varphi$.

### Exercice 2

## Inductance et résistance d'une bobine sans étiquette

On cherche les caractéristiques d'une bobine sans étiquette. On la branche seule aux bornes d'un GBF, avec un ampèremètre en série et un voltmètre à ses bornes, tous deux en mode alternatif. La tension efficace est maintenue à $U = 3{,}00\ \text{V}$.

**Mesures.**

| $N$ (Hz) | $I$ (mA) |
|---|---|
| $50{,}0$ | $51{,}5$ |
| $100$ | $26{,}3$ |

**1.**

Calculer l'impédance $Z_1$ de la bobine à $50{,}0\ \text{Hz}$ et son impédance $Z_2$ à $100\ \text{Hz}$.

INDICE

**Outil :** la définition de l'impédance par les valeurs efficaces.

**2.**

Montrer que l'impédance de la bobine seule vérifie

$$Z_b^2 = r^2 + (L\omega)^2$$

INDICE

**Outil :** la loi d'additivité des tensions pour la bobine seule, et l'expression de $i(t)$.

**3.**

En écrivant cette relation aux deux fréquences, calculer l'inductance $L$.

INDICE

**Début :** soustrais les deux égalités pour éliminer $r$. **Ensuite :** isole $L^2$.

**4.**

Calculer la résistance $r$ de la bobine. Pourquoi cette valeur est-elle peu précise ?

INDICE

**Outil :** la relation de la question 2 à $50{,}0\ \text{Hz}$, avec $L$ non arrondie.

### Exercice 3

## Protocole et exploitation d'une courbe de résonance

En séance de travaux pratiques, on étudie un circuit RLC série. Il est formé d'un résistor de résistance $R = 82\,\Omega$, d'une bobine de résistance $r = 8{,}0\,\Omega$ et d'inductance $L$ inconnue, et d'un condensateur de capacité $C$ inconnue. Le GBF délivre une tension efficace $U = 3{,}2\,\mathrm{V}$.

**Document.** Intensité efficace mesurée selon la fréquence.

| $N$ (Hz) | $I$ (mA) |
|---|---|
| $200$ | $11{,}9$ |
| $230$ | $18{,}9$ |
| $250$ | $26{,}7$ |
| $260$ | $31{,}3$ |
| $270$ | $34{,}7$ |
| $280$ | $35{,}4$ |
| $290$ | $33{,}1$ |
| $300$ | $29{,}4$ |
| $320$ | $22{,}4$ |
| $350$ | $15{,}9$ |

**1.**

Proposer un montage et un protocole pour obtenir ce tableau de mesures.

INDICE

**Outil :** les appareils qui mesurent une tension efficace et une intensité efficace. **Point délicat :** la grandeur à garder fixe d'un réglage à l'autre.

**2.**

Repérer dans le tableau la fréquence de résonance $N_0$ et l'intensité $I_0$. Vérifier que $I_0$ est compatible avec la résistance totale du circuit.

INDICE

**Outil :** l'impédance d'un circuit RLC série à la résonance, avec $R_t = R + r$.

**3.**

La courbe lissée tracée à partir du tableau culmine à $I_0 \approx 35{,}6\,\mathrm{mA}$ pour $N_0 \approx 277\,\mathrm{Hz}$ ; elle donne $N_1 \approx 246\,\mathrm{Hz}$ et $N_2 \approx 312\,\mathrm{Hz}$. Vérifier sur le tableau la position de $N_1$ et $N_2$, puis calculer $\Delta N$ et le facteur de qualité $Q$.

INDICE

**Outil :** la définition de la bande passante à $-3\,\mathrm{dB}$, puis celle du facteur de qualité.

### 4.

En déduire l'inductance $L$ de la bobine.

INDICE

**Outil :** la largeur de la bande passante d'un circuit RLC série.

### 5.

En déduire la capacité $C$ du condensateur.

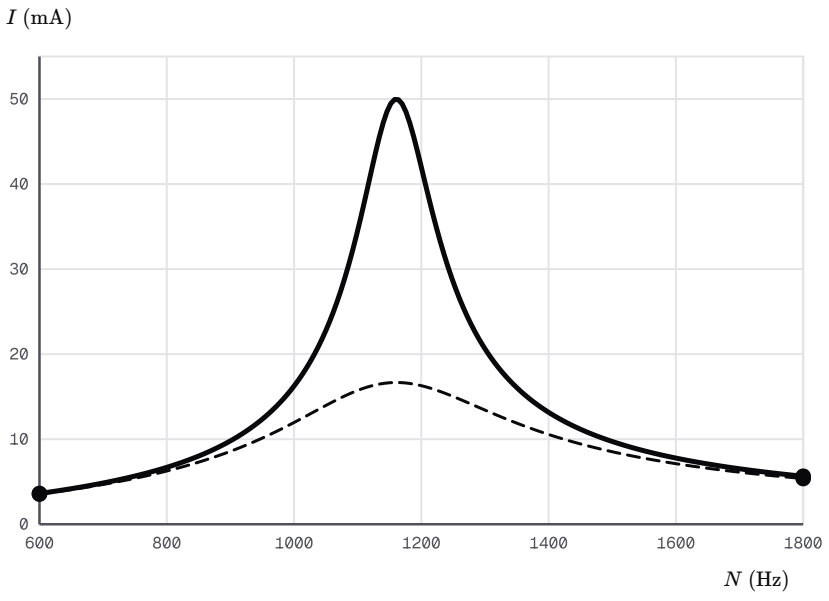
INDICE

**Outil :** l'expression de la fréquence de résonance. **Point délicat :** garde $L$ non arrondie.

### Exercice 4

## Influence de la résistance sur l'acuité de la résonance

Une bobine d'inductance $L = 40\,\text{mH}$ et un condensateur de capacité $C = 0{,}47\,\mu\text{F}$ sont montés en série avec un résistor, sous une tension efficace constante $U = 1{,}5\,\text{V}$. On relève la courbe de résonance pour deux résistors différents : courbes (1) et (2) du document.




**Courbes de résonance du même circuit pour deux résistances totales**

**1.**

Lire la fréquence de résonance et l'intensité maximale de chaque courbe. Pourquoi les deux courbes culminent-elles à la même fréquence ?

INDICE

**Outil :** l'expression de la fréquence de résonance d'un circuit RLC série.

**2.**

Calculer la résistance totale $R_{t1}$ et $R_{t2}$ de chaque circuit.

INDICE

**Outil :** l'intensité efficace à la résonance.

**3.**

Calculer la largeur de la bande passante et le facteur de qualité de chaque circuit.

INDICE

**Début :** la largeur de bande dépend de $R_t$ et de $L$. **Ensuite :** divise $N_0$ par chaque largeur.

**4.**

Lequel des deux circuits distingue le mieux deux fréquences voisines ? Résumer l'effet d'une augmentation de la résistance.

INDICE

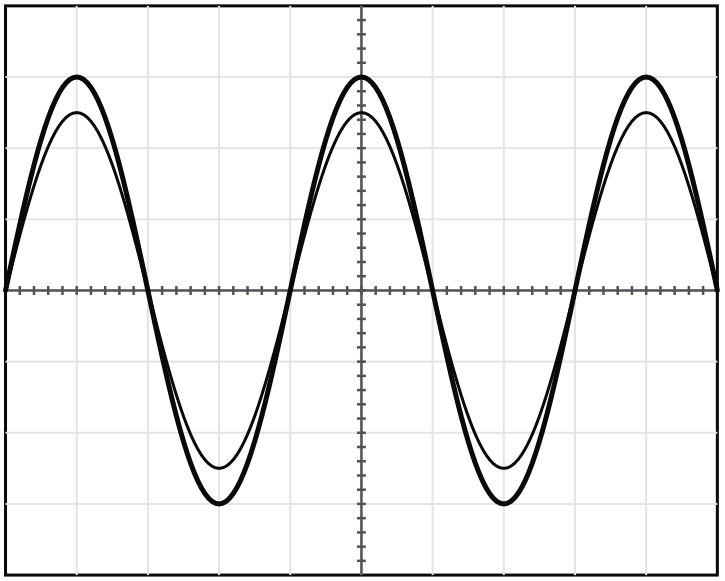
**Outil :** une résonance aiguë a une bande passante étroite devant $N_0$.

### Exercice 5

## Résonance reconnue à l'oscilloscope

Un GBF alimente un circuit RLC série : résistor $R = 75\,\Omega$, bobine d'inductance $L = 25\,\text{mH}$ et de résistance $r$ inconnue, condensateur de capacité $C$ inconnue. On règle la fréquence du GBF jusqu'à obtenir l'oscillogramme du document : voie $Y_1$ pour $u(t)$, voie $Y_2$ pour $u_R(t)$.

**Document.** Sensibilités : $1\,\text{V/div}$ pour chaque voie ; balayage $0{,}1\,\text{ms/div}$.



Voie $Y_1$ : 1 V/div  Voie $Y_2$ : 1 V/div  Balayage : 0,1 ms/div

**Voies Y1 et Y2 : 1 V/div ; balayage : 0,1 ms/div**

**1.**

Montrer que le circuit est à la résonance d'intensité.

INDICE

**Outil :** la valeur du déphasage à la résonance d'un circuit RLC série.

**2.**

Lire la période $T$, puis calculer la fréquence de résonance $N_0$ et la capacité $C$.

INDICE

**Début :** lis le nombre de divisions d'une période et multiplie par le balayage. **Ensuite :** relie $N_0$ à $L$ et $C$.

**3.**

Lire les amplitudes $U_m$ et $U_{Rm}$. En déduire l'amplitude $I_m$ de l'intensité, la résistance totale $R_t$ et la résistance $r$ de la bobine.

INDICE

**Outil :** à la résonance, l'impédance du circuit se réduit à sa résistance totale.

**4.**

Calculer la puissance moyenne reçue par le circuit, puis la contrôler par l'effet Joule.

INDICE

**Outil :** la puissance moyenne en régime sinusoïdal ; à la résonance, $\cos\varphi = 1$.

### Exercice 6

## Facteur de puissance d'une station de pompage

La pompe d'irrigation d'une ferme est alimentée par le réseau, de tension efficace $U = 230\,\mathrm{V}$ et de fréquence $50\,\mathrm{Hz}$, à travers une ligne de résistance $R_\ell = 0{,}60\,\Omega$. On améliore le facteur de puissance de l'installation sans changer la puissance moyenne qu'elle reçoit.

**Document.**

| Situation | $P$ | $\cos\varphi$ |
|---|---|---|
| avant | $1{,}5\,\mathrm{kW}$ | $0{,}70$ |
| après | $1{,}5\,\mathrm{kW}$ | $0{,}95$ |

**1.**

Calculer l'intensité efficace $I_1$ appelée avant l'amélioration, et la puissance apparente correspondante.

INDICE

**Outil :** l'expression de la puissance moyenne en régime sinusoïdal, à isoler pour $I$.

**2.**

Calculer l'intensité efficace $I_2$ appelée après l'amélioration.

INDICE

**Outil :** la même relation, avec le nouveau facteur de puissance.

**3.**

Calculer la puissance perdue par effet Joule dans la ligne, avant puis après l'amélioration.

INDICE

**Outil :** la puissance dissipée par effet Joule dans une résistance. **Point délicat :** utilise les intensités non arrondies.

**4.**

Expliquer l'intérêt d'un facteur de puissance proche de $1$ pour le fournisseur d'électricité.

INDICE

**Début :** compare les intensités pour une même puissance moyenne. **Ensuite :** relie l'intensité aux pertes.

Exercice 7

## Choix des composants d'un circuit sélectif

On veut un circuit RLC série qui résonne vers $5{,}0\,\mathrm{kHz}$, avec une bande passante de largeur comprise entre $300\,\mathrm{Hz}$ et $600\,\mathrm{Hz}$. On dispose d'une bobine d'inductance $L = 10\,\mathrm{mH}$ et de résistance $r = 6{,}0\,\Omega$, et des composants du document. Le GBF délivre $U = 1{,}2\,\mathrm{V}$.

**Document.** Composants disponibles. Chaque condensateur a une tension de service de $25\,\mathrm{V}$ : c'est la tension maximale qu'il supporte, et l'amplitude de sa tension ne doit pas la dépasser.

| Composant | Valeurs |
|---|---|
| condensateurs | $47\,\mathrm{nF}$ ; $100\,\mathrm{nF}$ ; $220\,\mathrm{nF}$ |
| résistors | $10\,\Omega$ ; $22\,\Omega$ ; $47\,\Omega$ |

### 1.

Quel condensateur faut-il choisir ? Calculer la fréquence de résonance obtenue.

INDICE

**Outil :** l'expression de la fréquence de résonance, à isoler pour $C$.

### 2.

Montrer que la résistance totale doit vérifier $2\pi L \times 300 \leq R_t \leq 2\pi L \times 600$, en unités SI. Quel résistor faut-il choisir ?

INDICE

**Outil :** la largeur de la bande passante d'un circuit RLC série. **Point délicat :** $R_t$ comprend la résistance de la bobine.

### 3.

Calculer la largeur $\Delta N$ de la bande passante et le facteur de qualité $Q$ du circuit choisi.

INDICE

**Outil :** la largeur de la bande passante, puis la définition du facteur de qualité.

### 4.

Calculer la tension efficace aux bornes du condensateur à la résonance. Sa tension de service est-elle respectée ?

INDICE

**Outil :** la surtension à la résonance ; relis la définition de la tension de service.