

# Thème I. Ondes et signaux (Électricité)

## TP n°6 Régimes transitoires du circuit RLC série

Vendredi 8 novembre 2024

### Compétences exigibles du programme :

- ✓ Réaliser pour un circuit l'acquisition d'un régime transitoire du deuxième ordre et analyser ses caractéristiques. Confronter les résultats expérimentaux aux expressions théoriques.
- ✓ Obtenir un signal de valeur moyenne, de forme, d'amplitude et de fréquence données à l'aide d'un GBF.
- ✓ Mesurer une tension à l'oscilloscope numérique : Définir la nature de la mesure effectuée.

### Matériel :

- GBF de résistance interne  $50 \Omega$  ;
- 1 oscilloscope numérique ;
- 1 multimètre ;
- Boîte à décades de résistances / de bobines / de condensateurs.
- Polycopiés sur le matériel d'électricité.

### Introduction

- Étudier les régimes transitoires du RLC série.
- Étudier le régime pseudo-périodique : détermination expérimentale de  $\omega_0$  et  $Q$ .

Lire l'ensemble de l'énoncé AVANT la séance de TP, et traiter les questions précédées d'une \* AVANT la séance de TP.

### Méthode : réalisation d'un circuit électrique

AVANT de réaliser le circuit :

1. Représenter le schéma du circuit électrique étudié.
2. Placer les masses du GBF et de l'oscilloscope sur le schéma.
3. Puis placer sur le schéma les appareils de mesure nécessaires (oscilloscope).

PUIS le réaliser :

4. Réaliser le circuit étudié (SANS les appareils de mesure) avec une disposition spatiale des composants identique à celle sur le schéma.

Utiliser les fils noirs toujours et uniquement pour ce qui arrive à la masse (qui ne doit correspondre qu'à un seul point du circuit, donc tous les fils noirs doivent arriver au même point) et utiliser toujours et uniquement les autres couleurs pour tout le reste.

5. Placer les appareils de mesure.

APRÈS, faire quelques vérifications :

6. Vérifier que le circuit est fermé.
7. Vérifier que les fils noirs (liés aux masses des appareils) arrivent tous au même point.

## I Circuit et premières observations

### Montage et réglages à réaliser

On souhaite observer la tension aux bornes du GBF et aux bornes du condensateur.

- Q1. \* Représenter le schéma du circuit avec le GBF, la résistance, la bobine et le condensateur en série.

Placer les voies de l'oscilloscope afin de visualiser la tension délivrée par le GBF et la tension aux bornes du condensateur.




**On fera attention aux problèmes de masse : il ne doit y avoir qu'une seule masse dans le circuit. On rappelle que la masse d'un appareil (oscilloscope et GBF) est reliée à la prise de Terre.**



 **Expérience : Observations qualitatives**

- ☞ Choisir une bobine d’inductance  $L = 90$  mH et un condensateur de capacité  $C = 28$  nF.
  - ☞ Mesurer la résistance  $r_L$  interne de la bobine à l’aide d’un ohmmètre, et la capacité du condensateur à l’aide du condensateur.
- ATTENTION : la mesure à l’ohmmètre d’une résistance (ou d’une capacité avec un capacimètre) doit toujours se faire sur un composant déconnecté du circuit.**

.....  
 .....  
 .....

- ☞ Réaliser le circuit précédent.
  - ☞ Régler le GBF pour qu’il délivre un signal créneau entre 0 V et 5 V.
  - ☞ Étudier l’influence de la résistance  $R$  sur la nature et la durée du régime transitoire.
-  ***On veillera à toujours visualiser la totalité du régime transitoire et le début du régime permanent sur une demie-période du créneau.*** Pour cela, il sera souvent nécessaire d’ajuster la fréquence du GBF.  
*Pour étudier l’influence de  $R$ , choisir une résistance  $R$  faible, de l’ordre de  $10 \Omega$ , noter la nature du régime transitoire, puis augmenter la résistance et noter l’évolution de la durée du régime transitoire.*
- ☞ Noter la résistance (environ) pour laquelle la nature du régime transitoire change, puis continuer à augmenter la résistance et noter l’évolution de la durée du régime transitoire.

 **Observations**

- Q2. Reproduire l’allure de la tension aux bornes du condensateur. Indiquer dessus : « réponse à un échelon de tension », « régime libre », « régime transitoire », « régime permanent ».
- (a) Pour un régime pseudo-périodique, pour  $R = \dots\dots\dots$


Comment évolue la durée du régime transitoire quand vous augmentez la résistance ?

.....  
.....  
.....

(b) Pour un régime apériodique, pour  $R = \dots\dots\dots$


Comment évolue la durée du régime transitoire quand vous augmentez la résistance ?

.....  
.....  
.....

Q3. Pour quelle valeur approximative, le régime passe de « pseudo-périodique » à « apériodique » ? Comparer à la valeur théorique  $R_c = 2\sqrt{\frac{L}{C}} - r_G - r_L$ .

.....  
.....  
.....  
.....

## II Étude du régime pseudo-périodique (≈ 1 heure)

### Protocole

Q4. \* Détailler les mesures à réaliser permettant de mesurer la pseudo-période  $T$  et le décrément logarithmique  $\delta$ . S'aider de l'annexe page 5.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Q5. \* Expliquer comment déduire, des valeurs de  $T$  et  $\delta$  mesurées, les valeurs de  $Q$  et de  $\omega_0$ .

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

### **Expérience : Mesures quantitatives**

- Choisir  $R = 200 \Omega$ .
- Mettre en œuvre le protocole précédent.

### **Exploitation des mesures**

Q6. Noter les mesures brutes effectuées.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Q7. En déduire la valeur du facteur de qualité, puis la valeur de la pulsation propre  $\omega_0$ .

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Q8. Les comparer avec les valeurs attendues compte tenu de leurs expressions en fonction des valeurs des composants.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## Annexes

### Document 1. Circuit *RLC* série

- Le facteur de qualité du circuit *RLC* série vaut  $Q = \frac{1}{R_{\text{tot}}} \sqrt{\frac{L}{C}}$ , avec  $R_{\text{tot}} = R + r_G + r_L$  la résistance totale du circuit, où  $r_L$  est la résistance interne de la bobine et  $r_G = 50 \Omega$  la résistance interne du GBF.
- La pulsation propre du circuit *RLC* série vaut  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ .
- La pseudo-période s'écrit  $T = \frac{2\pi}{\Omega} = \frac{2\pi}{\omega_0 \sqrt{1 - \frac{1}{4Q^2}}}$ , avec la pseudo-pulsation  $\Omega = \omega_0 \sqrt{1 - \frac{1}{4Q^2}}$ .

### Document 2. Décrément logarithmique

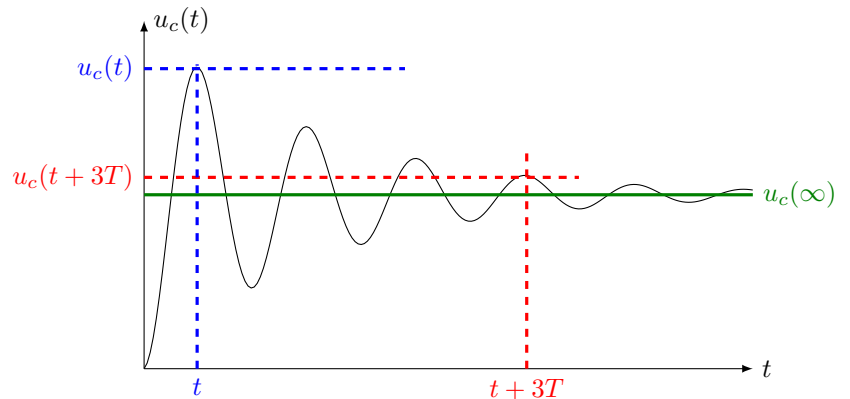
- Définition :**  
Le décrément logarithmique est défini par

$$\delta = \frac{1}{n} \ln \left( \frac{u_c(t) - u_c(\infty)}{u_c(t + nT) - u_c(\infty)} \right)$$

avec  $n \in \mathbb{N}^*$  et  $T$  la pseudo-période.

- Expression en fonction de  $Q$**

$$\delta = \frac{\omega_0 T}{2Q} = \frac{2\pi}{\sqrt{4Q^2 - 1}}$$



- Démonstration :**

En régime pseudo périodique :  $u_c(t) = \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) (A \cos(\Omega t) + B \sin(\Omega t)) + u_c(\infty)$

Exprimons :  $u_c(t + nT) = \exp\left(-\frac{t + nT}{\tau}\right) (A \cos(\Omega(t + nT)) + B \sin(\Omega(t + nT))) + u_c(\infty)$ ,

or  $T = \frac{2\pi}{\Omega}$ , donc  $\Omega nT = 2n\pi$ , donc  $\cos(\Omega t + n\Omega T) = \cos(\Omega t)$

Ainsi  $u_c(t + nT) = e^{-nT/\tau} \times \underbrace{e^{-\frac{t}{\tau}} (A \cos(\Omega t) + B \sin(\Omega t))}_{=u_c(t) - u_c(\infty)} + u_c(\infty)$

Ainsi  $\delta = \frac{1}{n} \ln \left( \frac{u_c(t) - u_c(\infty)}{u_c(t + nT) - u_c(\infty)} \right) = \frac{1}{n} \ln \left( \frac{1}{e^{-nT/\tau}} \right)$ , ainsi  $\delta = \frac{T}{\tau} = \frac{\omega_0 T}{2Q} = \frac{2\pi}{\sqrt{4Q^2 - 1}}$ ,

avec  $T = \frac{2\pi}{\Omega} = \frac{2\pi}{\omega_0 \sqrt{1 - \frac{1}{4Q^2}}}$

## ♥ Bilan du TP

- Pour étudier un régime transitoire du deuxième ordre, on peut visualiser la tension aux bornes du condensateur en utilisant un \_\_\_\_\_. Pour cela, il faut que le condensateur ait une \_\_\_\_\_ avec la \_\_\_\_\_ du GBF.
- Pour étudier le régime transitoire du deuxième ordre du circuit RLC (réponse à un échelon de tension et régime libre), le circuit est alimenté par un signal \_\_\_\_\_, compris entre \_\_\_\_\_ et une \_\_\_\_\_.
- Pour des résistances « élevées », le régime transitoire observé est un régime \_\_\_\_\_, pour lequel le circuit atteint le régime permanent \_\_\_\_\_.  
Dans ce cas, plus la résistance est élevée, plus la durée du régime transitoire est \_\_\_\_\_.
- Pour des résistances « faibles », le régime transitoire observé est un régime \_\_\_\_\_, pour lequel le circuit atteint le régime permanent \_\_\_\_\_.  
Dans ce cas, plus la résistance est faible, plus la durée du régime transitoire est \_\_\_\_\_.  
Le critère résistance « faible/élevée » est liée à la valeur du \_\_\_\_\_ du circuit RLC série.
- L'étude quantitative du régime pseudo-périodique s'effectue par :
  - la mesure de la \_\_\_\_\_, à l'aide des \_\_\_\_\_ ;
  - et la mesure du \_\_\_\_\_, qui quantifie la diminution de l'écart entre l'\_\_\_\_\_ d'une pseudo-oscillation et la \_\_\_\_\_ au cours des oscillations. Le \_\_\_\_\_ se mesure à l'aide des \_\_\_\_\_.
- Pour effectuer une mesure à l'aide des curseurs, il est nécessaire d'afficher la zone de mesure sur la \_\_\_\_\_ de l'écran. En effet, les positions des curseurs sont \_\_\_\_\_, ainsi plus l'échelle est petite, plus les positions quantifiées sont séparées d'une valeur \_\_\_\_\_, ce qui permet de diminuer l'\_\_\_\_\_.