Partie I : Électronique
TD/TP 1

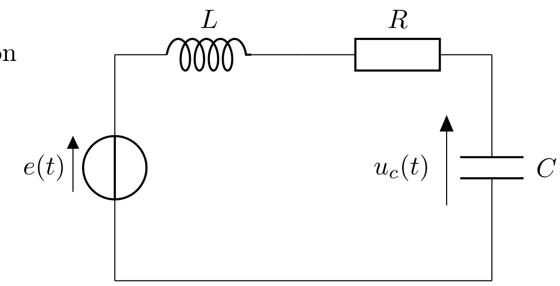
TD/TP 1 : Révisions de 1re année autour du circuit RLC

I Étude du régime transitoire

I.1 Étude théorique – TD

On considère le circuit RLC série suivant, et on s'intéresse à la tension aux bornes du condensateur.
La tension $E(t)$ en entrée est un échelon de tension :

$$\begin{cases} E(t) = 0 \text{ pour } t \leq 0 \\ E(t) = E_0 \text{ pour } t > 0 \end{cases}$$



1 – Écrire l'équation différentielle liant $u_c(t)$ à $E(t)$.

2 – L'écrire sous la forme canonique suivante : $\dfrac{\mathrm{d}^2u_c}{\mathrm{d}t^2} + \dfrac{\omega_0}{Q}\dfrac{\mathrm{d}u_c}{\mathrm{d}t} + \omega_0^2 u_c = \omega_0^2 E(t)$, et donner l'expression de Q et de ω_0 en fonction de R, L et C.

3 – Écrire le polynôme caractéristique de cette équation différentielle. Puis discuter des régimes possibles en fonction de la valeur de Q (voir le poly de rappels sur les systèmes linéaires si besoin).

Tracer l'allure des solutions.

I.2 Étude expérimentale – TP

Nous allons étudier le régime transitoire du circuit RLC ci-dessus.

> La tension d'alimentation $E(t)$ est fournie par le signal carré d'un GBF, oscillant entre 0 et 2 V, à une fréquence assez faible pour que toute la durée du régime transitoire soit étudiée. Les signaux sont observés à l'aide d'un oscilloscope.
> On prendra $C = 100\,\mathrm{nF}$, $L = 100\,\mathrm{mH}$, et pour R une résistance variable (boîte).

4 –
- Faire le montage. On prendra une résistance variable. Régler le GBF, observer les signaux d'entrée et de sortie à l'oscilloscope. (**CR** : question du type présentation du montage.)
- Varier la valeur de R pour observer les 3 régimes prédits dans la partie précédente. (**CR** : question du type description d'une observation, en particulier reproduire l'allure des signaux et la valeur de R faisant passer de l'un à l'autre.)
- Quelle est, expérimentalement, la valeur de la résistance critique R_c qui correspond au régime critique ? Comparer ceci à la prévision théorique et commenter. (**CR** : question du type faire une mesure. Pour l'incertitude voir le documents sur les incertitudes, partie II.2, paragraphe "incertitude liée à l'appréciation de l'expérimentateur".)

II Étude du régime sinusoïdal forcé

II.1 Étude théorique – TD

On considère toujours le même circuit RLC série. Cette fois, la tension d'entrée est un signal sinusoïdal : $E(t) = E_0\cos(\omega t)$. On étudie encore la tension u_c aux bornes du condensateur, et on voit donc ce montage comme un filtre dont l'entrée est $E(t)$ et la sortie $u_c(t)$.

On va d'abord prévoir le comportement asymptotique du filtre

5.a – À basse fréquence, rappeler le comportement d'une bobine et d'un condensateur. En déduire le schéma équivalent du circuit à basse fréquence, ainsi que la valeur de $u_c(t)$.

5.b – Faire de même à haute fréquence.

5.c – En conclusion, de quel type de filtre s'agit-il ?

On passe maintenant à une étude plus détaillée. On étudie le circuit en régime permanent : $u_c(t)$ est donc de la forme $u_c(t) = u_0 \cos(\omega t + \varphi)$. On utilise le formalisme complexe, donc $E(t) = E_0 \cos(\omega t)$ est représenté comme $\underline{E}(t) = E_0 \exp(\mathrm{j}\omega t)$.

6 – En notation complexe, comment est représentée la tension $u_c(t)$?

7.a – Calculer la fonction de transfert $\underline{H}(\mathrm{j}\omega) = \dfrac{\underline{u_c}}{\underline{E}}$. On utilisera les impédances complexes pour bobine et condensateur.

7.b – Écrire la fonction de transfert sous la forme canonique $\underline{H} = \dfrac{H_0}{1 + \dfrac{1}{Q}\dfrac{\mathrm{j}\omega}{\omega_0} + \left(\dfrac{\mathrm{j}\omega}{\omega_0}\right)^2}$, et donner les valeurs de H_0, Q et ω_0 en fonction de R, L et C.

7.c – Faites une étude qualitative de la fonction de transfert :

- 1^{er} ou 2^{e} ordre ?
- Comportement lorsque $\omega \to 0$. En déduire l'asymptote basse fréquence pour $G_{\mathrm{dB}} = 20 \log |\underline{H}|$.
- Comportement lorsque $\omega \to +\infty$. En déduire l'asymptote haute fréquence pour G_{dB}.
- Tracer l'allure du diagramme de Bode en amplitude.

7.d – Quel est le phénomène qui peut se produire pour un système du 2^{e} ordre ? Pour des valeurs de Q grandes ou petites ?

II.2 Étude expérimentale – TP

On fait l'étude pour $Q = 2$ pour qu'il y ait résonance. On prendra donc la valeur de R correspondante (**CR** : il faut donc calculer la valeur de R).
On souhaite construire le diagramme de Bode de ce filtre.

8 –
- Envoyer le signal adéquat à l'aide du GBF et visualisez les signaux pertinents sur l'oscilloscope. On fera d'abord rapidement varier la fréquence pour voir à l'œil la résonance.
  (**CR** : question du type présentation du montage et description des observations (décrire ce que l'on observe lorsque l'on fait varier la fréquence.)
- On effectue maintenant une étude plus précise. Sur le logiciel Régressi, tracer le diagramme de Bode en amplitude (et en phase, mais seulement si vous avez le temps).
  (**CR** : question du type mesure, mais sans s'occuper des incertitudes ici.
- Sur ce diagramme, mesurer la fréquence de résonance, les pulsations de coupure, et repérer la bande passante.
  (**CR** : question du type mesure, mais sans s'occuper des incertitudes ici.)

III Étude du forçage par un signal périodique : filtrage – TD et TP

Partie à aborder si le temps le permet.

On considère encore le même montage, avec la même résistance R telle que $Q = 2$.
On envoie en entrée un signal carré. On voudrait filtrer ce signal pour ne garder que la première harmonique et ainsi produire un signal sinusoïdal.

9 – Quelle doit être l'ordre de grandeur de la fréquence du signal carré pour que ceci fonctionne ?

10 – Essayer avec votre montage.

CR : comme précédemment, toutes les étapes.

IV Étude du régime sinusoïdal forcé pour u_R – TD

Partie à aborder si le temps le permet.
On considère toujours le même circuit. Cette fois, la grandeur à laquelle on s'intéresse n'est plus la tension u_c aux bornes du condensateur, mais la tension u_R aux bornes de la résistance (soit donc, à un facteur R près, l'intensité parcourant le circuit).

11.a – Montrer que l'on a cette fois $\underline{H}_R = \dfrac{\underline{u_R}}{\underline{e}} = \dfrac{H_0' \dfrac{\mathrm{j}\omega}{\omega_0}}{1 + \dfrac{1}{Q}\dfrac{\mathrm{j}\omega}{\omega_0} + \left(\dfrac{\mathrm{j}\omega}{\omega_0}\right)^2}$, avec $H_0' = \dfrac{1}{Q}$.

11.b – Quel est le type de filtre associé ?