

Thème I. Ondes et signaux (Électricité)

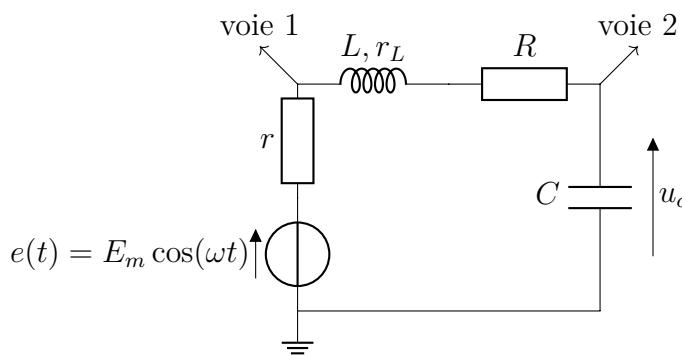
TP n°7 Études des résonances du circuit RLC série – Corrigé

Vendredis 14 & 21 novembre 2025

I Étude de la résonance en tension aux bornes du condensateur

I.1 Circuit

Q1. Circuit :



Q2. $r_L = \Omega$; $C = \text{F}$

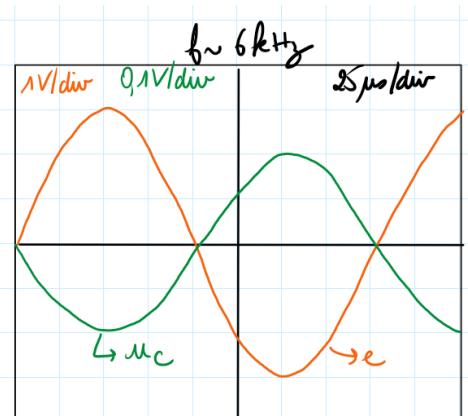
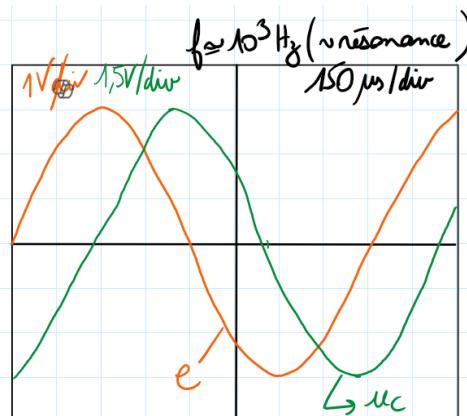
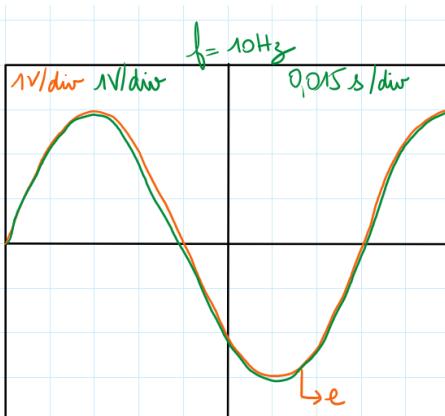
I.2 Premières observations

Q3. — Pour $R = 50 \Omega$

- À basse fréquence, pour $f \approx 50 \text{ Hz}$, u_c et e sont confondues.
- Quand on augmente la fréquence, l'amplitude U_{cm} augmente, passe par un maximum aux alentours de 1000 Hz, puis diminue.
- À haute fréquence, pour $f > 8 \text{ kHz}$, l'amplitude U_{Cm} est très faible devant E_m .
- Le déphasage entre u_c et e augmente, u_c est toujours en retard sur e , et à haute fréquence u_c est en opposition de phase sur e .

— Pour $R = 2 \text{ k}\Omega$

Les comportements à basse et haute fréquence sont inchangés. Mais on n'observe pas de résonance : l'amplitude U_{Cm} diminue toujours quand on augmente la fréquence.



II Courbes de U_{Cm} et φ en fonction de la fréquence

On souhaite maintenant tracer les courbes de U_{Cm} et φ en fonction de la fréquence.

II.1 Choix de la résistance

Q4. On choisit $R = 1 \text{ k}\Omega$.

II.2 Réalisation des mesures

Mesures à effectuer. Pour des fréquences comprises entre 10 Hz et environ 8000 Hz, mesurer :

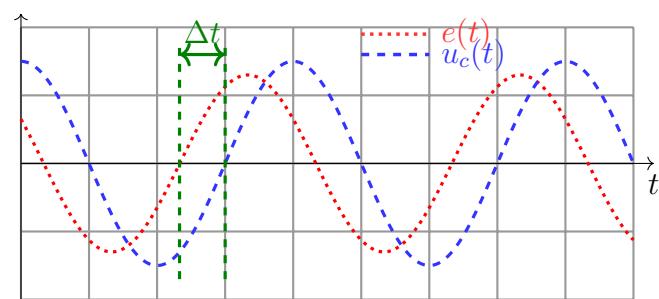
- les amplitudes crêtes-à-crêtes de la tension aux bornes du générateur $2E_m$ et aux bornes du condensateur $2U_{cm}$, à l'aide des curseurs de tension.

 à la voie indiquée sur laquelle vous faites les mesures. Vérifier l'indication $\Delta Y(1)$ ou $\Delta Y(2)$ selon la voie de mesures.

Les signaux doivent prendre toute la place verticalement pour effectuer une mesure de qualité.

- les retards temporels Δt , pour déterminer les déphasages.

 Il faut choisir un calibre de temps le plus petit possible pour que l'écart entre les deux passages par 0 soit le plus grand possible.



Δt est la plus petite durée séparant deux passages consécutifs les plus proches par 0 des deux tensions.

$$\Delta\varphi = \pm 2\pi f \Delta t$$

Ici, quelque soit la fréquence, la tension u_c est en retard sur la tension e du GBF, par conséquent, $\Delta\varphi < 0$, alors

$$\boxed{\Delta\varphi = -2\pi f \Delta t}$$

Répartition des mesures :

- Commencer par faire un balayage en fréquence de l'intervalle qui paraît pertinent suite aux observations qualitatives : 10 Hz à 8 kHz (ou 10 kHz).
 - Pour cela, dans l'idée (en anticipation d'une échelle logarithmique) : 10 Hz, 20 Hz, 30 Hz, 50 Hz, 100 Hz, 200 Hz, 300 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 3 kHz, 5 kHz, 10 kHz.
 - Tracer la courbe.
 - Ajouter des points autour de la résonance (dont vous avez déjà évalué la fréquence dans l'étude qualitative).
 - Affiner en ajoutant des points où cela vous semble pertinent.

```

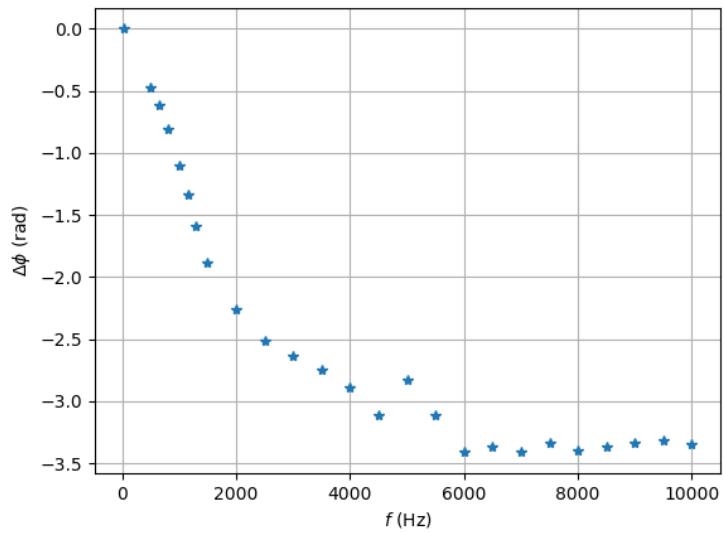
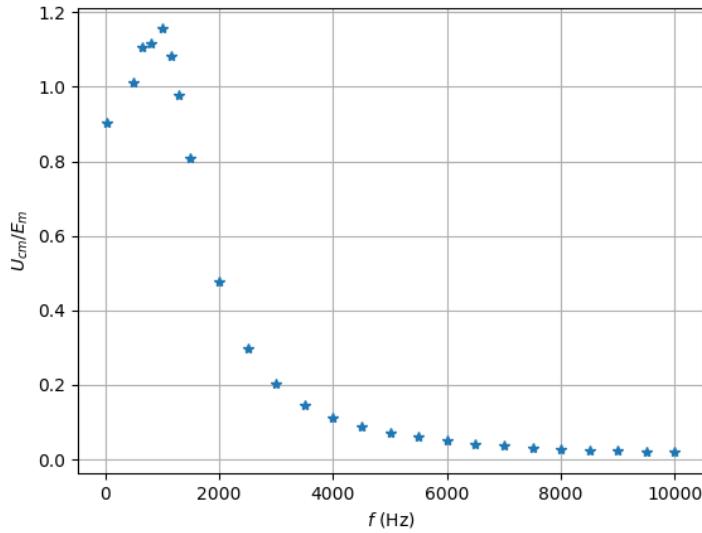
f = np.array
([20,500,650,800,1000,1150,1300,1500,2000,2500,3000,3500,4000,4500,
5000,5500,6000,6500,7000,7500,8000,8500,9000,9500,10000]) # fréquences/Hz
Em = np.array ([ 3.94,4.05,3.975,3.94,3.903,3.89,3.93,3.91,3.93,3.96,3.96,
4.01,4.02,4.03,4.03,4.02,4.02,4.03,4.03,4.03,4.03,4.03,4.03,4.03,4.03,4.03 ])
# amplitude aux bornes du GBF V
Ucm = np.array ([ 3.56,4.1,4.4,4.4,4.51,4.21,3.84,3.16,1.87,1.18,0.81,0.59,
0.45,0.35,0.29,0.245,0.2,0.17,0.15,0.13,0.115,0.1,0.093,0.085,0.077 ]) # amplitude aux bornes du condensateur en V

```

```

4 Delta_t = np.array ([ 0,1.5E-4,1.5E-4,1.6E-4,1.75E-4,1.85E-4,1.95E-4,2.0E
-4,1.8E-4,1.6E-4,1.4E-4,1.25E-4,1.15E-4,1.1E-4,0.9E-4,0.9E-4,0.905E
-4,0.825E-4,0.775E-4,0.707E-4,0.676E-4,0.63E-4,0.59E-4,0.556E-4,0.532E-4])
# retard temporel entre u_c et e, en s
5 G = Ucm/Em # (expression à compléter) rapport des deux amplitudes
6 dephasage =-2*f*np.pi*Delta_t # (expression à compléter)
7
8 plt.plot(f,G,'*') # graphe de Ucm/Em en fonction de f
9 plt.grid()
10 plt.xlabel('$f$ (Hz)')
11 plt.ylabel('$U_{cm}/E_m$')
12 plt.show()
13
14 plt.plot(f,dephasage,'*') # graphe du déphasage en fonction de f
15 plt.grid()
16 plt.xlabel('$f$ (Hz)')
17 plt.ylabel('$\Delta\phi$ (rad)')
18 plt.show()

```



II.3 Exploitation

Q5. Pour les lectures graphiques, sur python, s'affiche les coordonnées de la position du pointeur. De plus, on peut zoomer sur la zone utile pour repérer les points précisément.

Sur le graphe de phase, en f_0 : $\varphi(f_0) = -\frac{\pi}{2} = -1,57$ rad, soit $f_0 = 1290$ Hz

Sur le graphe d'amplitude, on lit la fréquence de résonance (antécédent du maximum) : $f_r = 980$ Hz

On en déduire $Q = \frac{1}{\sqrt{2\left(1 - \left(\frac{f_r}{f_0}\right)^2\right)}} \approx 1,1$

Q6. À l'aide des valeurs des composants :

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC}} = 1299 \text{ Hz}$$

$$Q = \frac{1}{R_{\text{tot}}} \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{R + r_G + r_L} \sqrt{\frac{L}{C}}, \text{ avec } r_G = 50 \Omega; R = 1 \text{ k}\Omega \text{ et } r_L = \Omega \text{ (valeur mesurée au début)}$$

Sans étude des incertitudes il n'est pas possible de les comparer précisément et conclure leurs compatibilités ou non, mais cela semble plutôt proche.

III Étude de la résonance en intensité

Bilan du TP

- Dans un circuit RLC série, il se produit une résonance en tension aux bornes du condensateur pour les résistances « faibles », c'est-à-dire pour un facteur de qualité supérieur à $1/\sqrt{2}$. La résonance en intensité a lieu quelque soit la valeur du facteur de qualité, à la pulsation de résonance égale à la pulsation propre.
- Un oscilloscope permet d'observer uniquement des tensions. Pour observer une intensité, on peut placer une voie de l'oscilloscope aux bornes d'une résistance, qui est proportionnelle, à un facteur R positif à i .
- Pour effectuer une série de mesures sur une large gamme de fréquences (plusieurs ordres de grandeur), il peut être pertinent, pour chaque 10^n Hz d'effectuer les mesures pour 1×10^n Hz ; 2×10^n Hz ; 3×10^n Hz ; 5×10^n Hz.
On peut ensuite ajouter des points au voisinage de la résonance.
Il est pertinent d'utiliser une échelle logarithmique pour les fréquences en abscisse pour représenter un graphe sur plusieurs ordres de grandeur de fréquences.
- Pour mesurer le déphasage entre deux signaux sinusoïdaux de même fréquence :
 - mesurer le retard Δt séparant deux annulations successives les plus proches des deux signaux ;
 - identifier le signe du déphasage selon que u_2 est en avance ou en retard :
 - si u_2 est en avance sur u_1 : $\Delta\varphi_{2/1} > 0$;
 - si u_2 est en retard sur u_1 : $\Delta\varphi_{2/1} < 0$
 - en déduire le déphasage qui vaut alors $\Delta\varphi = \pm 2\pi f \Delta t$
- Le mode XY permet de repérer très précisément deux signaux en phase (respectivement en opposition de phase), car alors on observe une droite croissante (respectivement décroissante).