

TP d'électrocinétique n°2

Régimes transitoire et forcé du RLC

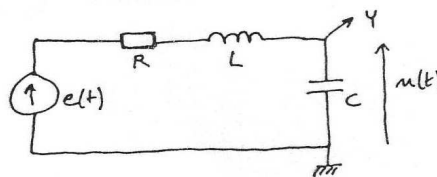
Fonctions du GBF et synchronisation de l'oscilloscope

Nous allons, lors de ce TP, voir ou revoir :

- ☛ les différents régimes du circuit RLC (transitoires et forcés) ;
- ☛ les possibilités de génération de fonction à l'aide d'un ou de deux GBF ;
- ☛ la synchronisation des signaux ainsi formés sur l'oscilloscope.

I. Circuit RLC série en régime libre

1. Étude théorique préliminaire

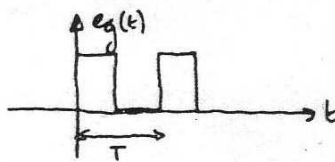


- ★ Écrire l'équation différentielle reliant $u(t)$ à $e(t)$.
- ★ Définir et exprimer les paramètres caractéristiques que sont la pulsation propre ω_0 et le facteur de qualité Q du circuit.
- ★ Dessiner un schéma équivalent faisant apparaître l'influence de la résistance interne (typiquement $R_g = 50 \Omega$), de la capacité C_c du câble coaxial de liaison entre le circuit et l'oscilloscope (typiquement 100 pF.m^{-1}) et de l'impédance d'entrée ($R_0 // C_0$) de l'oscilloscope (typiquement $R_0 = 1 \text{ M}\Omega$ et $C_0 = 30 \text{ pF}$).
- ★ Comment est modifiée l'équation différentielle vérifiée par $u(t)$?
- ★ Comment choisir R , L et C pour rendre négligeables l'influence de R_g , C_c , R_0 et C_0 i.e pour visualiser les régimes de fonctionnement du seul circuit R-L-C série ?
- ★ Donner l'expression R_c de la résistance critique du circuit R-L-C série séparant le domaine des régimes libres pseudo-périodiques et apériodiques.

On dispose d'une inductance de valeur $L = 10 \text{ mH}$.

- ★ Vérifier qu'en choisissant $C = 10 \text{ nF}$, on dispose d'un circuit tel que pour des valeurs de R voisines de R_c , les influences de R_g , du câble de liaison et de l'oscilloscope sont négligeables. Vérifier également que la période propre du circuit est assez faible pour ne pas être gêné par le phénomène de « papillotement » des signaux visualisés à l'oscilloscope en « trop » basse fréquence (phénomène moins inconfortable à l'oscilloscope numérique).

2. Observation des différents régimes libres



Le GBF délivre une tension « créneaux ».

Utiliser éventuellement la fonction « décalage » pour réaliser $e_g = 0$ pendant une demi-période.

Comment choisir T pour visualiser les régimes libres et d'établissement d'un régime permanent ?

On visualise sur les deux voies de l'oscilloscope (on utilisera uniquement des câbles coaxiaux pour la connectique du GBF et de l'oscilloscope) :

- ✓ la tension délivrée par le GBF,
- ✓ la tension aux bornes de C.

En faisant varier R , observer le passage du régime oscillatoire amorti au régime apériodique. Evaluer R_c . Observer la tension délivrée par le GBF lorsque l'on diminue « sauvagement » la résistance R . Pourquoi le créneau se déforme-t-il ? Peut-on remédier à ce problème en interposant un « suiveur » entre le GBF et le circuit ? Effectuer cette manipulation et visualiser les tensions d'entrée et de sortie du suiveur. Conclusion ? Quelle remarque peut-on faire concernant la forme de la tension de sortie du suiveur (qui est aussi la tension d'entrée du circuit RLC) ?

3. Mesure de la fréquence de résonance

Passer en régime sinusoïdal (forcé) et mettre en évidence le phénomène de résonance de charge de la capacité lorsque l'on fait varier la fréquence du signal sinusoïdal de commande. Se produit-elle pour toutes valeurs du coefficient de qualité Q du circuit ?

Permuter R et C pour étudier la résonance d'intensité. Se produit-elle pour toutes les valeurs de Q ?

À la résonance, que vaut le déphasage entre la tension d'entrée et respectivement la tension aux bornes de C et aux bornes de R . Mettre à profit ce résultat pour effectuer une détermination précise de la fréquence de résonance. On mesurera la fréquence directement avec les outils de mesure de l'oscilloscope numérique.

II. Circuit RLC en régime sinusoïdal : étude du régime transitoire et du régime forcé

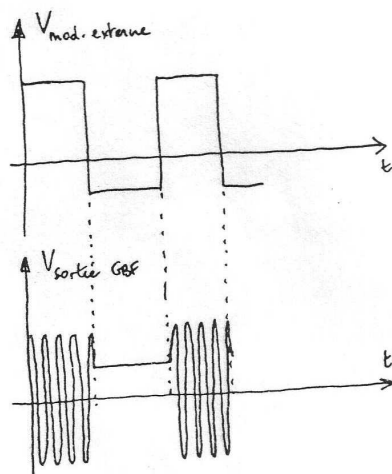
1. Production de trains de sinusoïdes

Le GBF est un convertisseur tension-fréquence. Le bouton d'indication des fréquences commande un potentiomètre qui produit une tension continue ajustable et le signal de sortie (sinusoïdal par exemple) a une fréquence qui est une fonction affine de cette tension de commande.

Cette commande peut aussi se faire de l'extérieur en attaquant le GBF par une tension donnée sur son entrée (input) « modulation » (VCO ou AM ou encore mod.). Pour produire des trains de sinusoïdes, on attaquera l'entrée modulation par un signal rectangulaire délivré par un second GBF. À la tension de commande interne s'ajoute la tension de modulation externe ce qui modifie la fréquence du signal de sortie.

Pour certains GBF (ex : HAMEG sur l'entrée VCO) lorsque la tension de modulation externe est négative, le GBF délivre une tension continue ; cet effet peut alors être mis à profit pour produire le train de

sinusoïdes. Pour d'autres GBF, ce n'est pas le cas, alors la tension modulante (crêteaux ici) doit s'annuler sur une demi-période (ce sera le cas pour moduler les GBF STANFORD) car la tension modulante est tout simplement multipliée à la tension modulée.



Visualiser ces deux tensions ($V_{\text{mod. externe}}$ et V_{sortie}).

Ajuster la fréquence de $V_{\text{mod. externe}}$ pour que chaque train d'onde comporte plusieurs arches de sinusoïde. On pourra par exemple se placer sur la gamme $\times 100$ Hz pour le BF modulateur et sur la gamme $\times 10$ kHz pour le BF modulé.

Constater, pour l'utilisation de l'entrée VCO, que l'amplitude du crêteau de modulation commande bien la fréquence de la tension de sortie du BF modulé (elle fait varier le nombre d'arches de sinusoïdes de chaque train).

Est-il possible de synchroniser à l'oscilloscope à la fois $V_{\text{mod. externe}}$ et V_{sortie} ? Choisir le mode de synchronisation optimal (interne sur CH1, interne sur CH2 ou externe ?) puis utiliser la commande Run/Stop de l'oscilloscope numérique pour bien visualiser les signaux.

2. Alimentation du circuit RLC par ces trains de sinusoïdes

Mettre en évidence, en captant la tension aux bornes de la résistance ($R = 100 \Omega$) :

- ★ le régime transitoire d'établissement d'un régime permanent pendant la demi-période du signal en crêteaux séparant deux trains consécutifs (la tension de commande du circuit RLC est alors continue).
- ★ le régime transitoire d'établissement d'un régime sinusoïdal forcé pendant la demi-période du signal en crêteaux correspondant à un train de sinusoïdes.

Mettre soigneusement en évidence ces phénomènes pour différentes formes du régime transitoire (apériodique, pseudo-périodique). Bien voir que seul subsiste le régime sinusoïdal au bout d'un temps suffisamment long. On mettra également en évidence la résonance (augmentation de l'amplitude du régime sinusoïdal forcé en agissant sur la fréquence du signal sinusoïdal de commande. Vérifier l'influence de R sur la durée du régime transitoire.

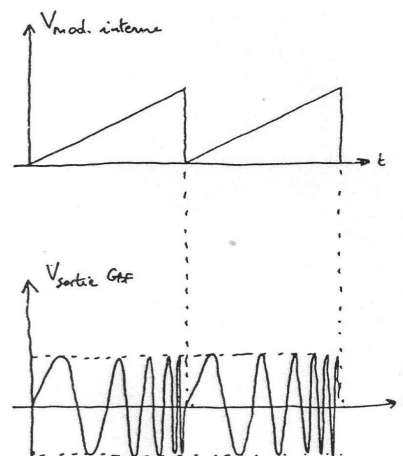
III. Modulation interne et courbe de résonance

La modulation peut être interne et est alors réalisée par une tension en dent de scie (délivrée par le générateur interne). La fréquence du signal de sortie variant de manière affine en fonction de la tension de modulation appliquée, on obtient ainsi un signal dit « wobulé », de fréquence de récurrence égale à celle de la dent de scie.

1. Mise en évidence de la tension wobulée

Observer cette tension à l'oscilloscope (on utilisera le GBF Stanford pour la wobulation).

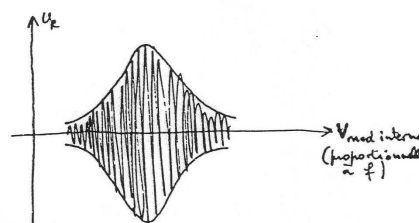
- ★ le bouton « SWEEP ON/OFF » commande la modulation interne en fréquence (il faut vérifier que celui-ci est allumé).
- ★ Les flèches de la partie SWEEP/MODULATE vous permettent de choisir un balayage linéaire (LIN SWP) ou logarithmique (LOG SWP) entre f_{min} et f_{max} . Il faudra choisir la rampe comme type de signal wobulant.
- ★ Le bouton « START FREQ » commande f_{min} et le bouton « STOP F » (utiliser le bouton SHIFT) commande f_{max} . Parfois on ne peut régler que l'excursion, ie $f_{max} - f_{min}$.
- ★ Le bouton « RATE » commande la durée de la dent de scie, ie la vitesse à laquelle est effectué le balayage en fréquence.
- ★ Sur la sortie SWEEP situé à l'arrière de l'appareil, on dispose de la rampe de tension à l'origine de la wobulation du signal sinusoïdal. On pourra se servir de ce signal pour synchroniser l'oscilloscope et aussi comme abscisse en mode XY pour visualiser le diagramme de Bode du filtre.



2. Alimentation du circuit RLC par cette tension

On peut décrire l'alimentation du circuit comme un signal sinusoïdal à tout instant, mais dont la fréquence varie dans le temps (on parle de « modulation de fréquence »).

Alimenter le circuit RLC par cette tension (R de l'ordre de quelques centaines d'ohms). La tension observée (aux bornes de R) a une enveloppe qui reproduit la courbe de résonance en fonction de la fréquence (on préférera un balayage logarithmique pour une étendue fréquentielle plus grande).



Intervertir ensuite C et R , et observer à nouveau l'enveloppe. Est-ce le résultat attendu ? Faites varier R (et donc Q) pour vérifier que la résonance n'apparaît que sous certaines conditions.

Matériel

Paillasses élèves (5)

- * Oscilloscopes numériques type tektronix 2000
- * GBF Hameg
- * GBF Stanford
- * Multimètre numérique MX52
- * Boîtes AOIP $\times 10\ \Omega$, $\times 100\ \Omega$, $\times 1\ \text{k}\Omega$, $\times 10\ \text{k}\Omega$
- * Capacité 10 nF
- * Bobine 10 mH
- * Câbles coaxiaux/BNC et « té » coaxiaux