

Circuit oscillant LC

Étudier le comportement de résonance d'un circuit oscillant série LC

- Enregistrer les courbes de résonance d'amplitude d'un circuit oscillant série LC pour différentes atténuations.
- Déterminer la fréquence de résonance du circuit oscillant série LC.

UE3050400

05/18 UD

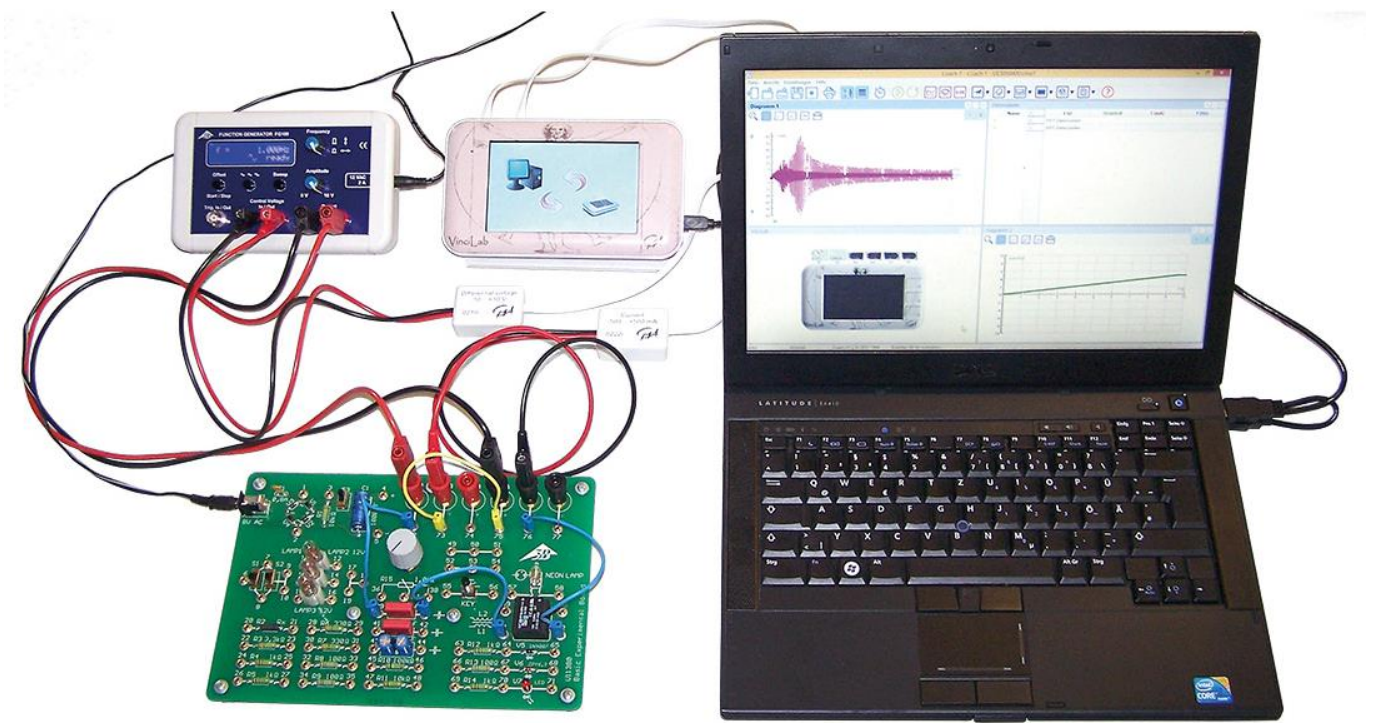


Fig. 1: Disposition pour mesure

NOTIONS DE BASE GÉNÉRALES

Un circuit oscillant électrique est un circuit présentant la faculté de résonance et constitué d'une bobine d'inductance L et d'un condensateur de capacité C . Par l'échange périodique d'énergie entre le champ magnétique de la bobine et le champ électrique du condensateur, le circuit oscillant produit des oscillations électriques. L'échange entraîne en alternance une intensité de courant maximum sur la bobine ou une tension maximum sur le condensateur.

Si le circuit oscillant n'oscille pas librement, mais est excité de l'extérieur par un signal sinusoïdal, il oscille à la même fréquence que l'excitation et les amplitudes du courant et des tensions sur les différents composants dépendent de la fréquence. Le courant I résulte de la loi d'Ohm :

$$(1) \quad I = \frac{U}{Z} = \frac{U_0 \cdot e^{j\omega t}}{Z}$$

U : tension d'entrée sinusoïdale

U_0 : amplitude, ω : fréquence angulaire

Z : impédance totale

Dans un circuit série, l'impédance totale est égale à la somme des impédances des différentes composantes. À cela s'ajoute une résistance ohmique R qui tient compte des pertes apparaissant dans un circuit oscillant réel, en les complétant éventuellement par une résistance externe R_{ext} . Par conséquent

$$(2) Z = R + i\omega L + \frac{1}{i\omega C}$$

Pour le courant, il résulte de (1) et (2)

$$(3) I(\omega) = \frac{U_0 \cdot e^{i\omega t}}{R + i\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)}$$

La valeur du courant correspond à son amplitude qui dépend de la fréquence :

$$(4) I_0(\omega) = \frac{U_0}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$$

Avec la fréquence de résonance, il est au maximum

$$(5) f_r = \frac{\omega_r}{2\pi} = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

et atteint la valeur

$$(6) I_0(\omega_r) = \frac{U_0}{R}$$

En cas de résonance, le circuit oscillant série se comporte donc comme s'il n'était composé que d'une résistance ohmique. En cas de résonance, une capacité et une inductance montées en série représentent notamment un court-circuit.

Dans l'expérience, le générateur de fonctions produit une tension alternative qui excite le circuit oscillant. Le courant I est mesuré en fonction de la fréquence f à amplitude de tension constante. Le courant est mesuré avec une interface de mesure et saisi puis représenté graphiquement avec un logiciel de mesure et d'évaluation. La courbe de résonance d'amplitude du courant, c'est-à-dire la dépendance de l'amplitude du courant vis-à-vis de la fréquence, est enregistrée automatiquement.

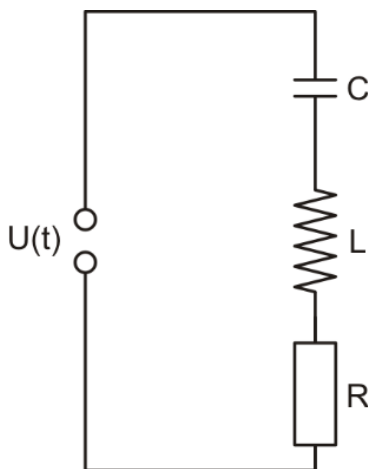


Fig. 2: Schéma de commutation pour le circuit oscillant série LC.

LISTE DES APPAREILS

1	Unité d'expérimentation électrique @230V	1000573 (U11380-230)
ou	@115V	1000572 (U11380-115)
1	Générateur de fonctions FG 100 @230V	1009957 (U8533600-230)
ou	@115V	1009956 (U8533600-115)
1	Jeu de 15 cordons à reprise arrière, 1 mm ² , 75 cm	1002840 (U13800)
1	VinciLab	1021477 (UCMA-001)
1	Coach 7, licence collège/lycée 5 ans	1021522 (UCMA-18500)
ou	Coach 7, licence université 5 ans	1021524 (UCMA-185U)
2	Capteur de tension 10 V, différentiel	1021680 (UCMA-0210i)
1	Capteur de courant 500 mA	1021679 (UCMA-0222i)

MONTAGE ET REGLAGES

Câblage

- Relier entre eux les branchements suivants :
 - FG 100 Control Voltage OUT → Capteur de tension → VinciLab A1
 - FG 100 Output → Plaque X2, X5
 - Plaque X3, X6 → Capteur de tension → VinciLab A2
 - Plaque 72 ↔ 39
 - Plaque 40 ↔ 61
 - Plaque 62 ↔ 76
 - Plaque 75 ↔ 73


Générateur de fonctions FG 100

- Sélectionner la forme de signal Sinus.
 - Tourner le régulateur d'amplitude à droite jusqu'en butée, c.-à-d. $U_0 = 10 V$.
 - Presser la touche « Sweep », puis sélectionner les réglages suivants :
 - Start: 1 Hz
 - Stop: 1000 Hz
 - Mode : int. single
 - Time: 10.00 s
- L'écran affiche « ready ».

FG 100 est configuré pour la mesure.

VinciLab et Coach 7

- Installer le logiciel Coach 7 sur l'ordinateur de mesure.
- Avec le câble USB, branchez VinciLab à l'ordinateur.
- Démarrer VinciLab et Coach 7. Cliquer sur la . Dans la fenêtre « Connexion » qui s'ouvre alors, sélectionner « Niveau d'utilisateur : Auteur » dans le menu déroulant, taper le mot de passe d'auteur « Clé de l'auteur : » et confirmer avec OK.

- Cliquer sur la touche . Dans la fenêtre « Options d'activité » qui s'ouvre alors, confirmer les présélections « Type d'activité : Mesures » et « Panneau : VinciLab » en cliquant sur OK.

Le logiciel établit la liaison avec VinciLab. Une image de VinciLab avec les pictogrammes des capteurs connectés s'affiche dans la fenêtre en bas à gauche.


- Cliquer sur la touche , taper les paramètres suivants, puis confirmer avec OK :

Paramètres

Type : Fonction du temps
 Durée d'acquisition : 10 secondes
 Fréquence : 200 par seconde
 Nombre de points : 2000

Synchronisation

Entrée de synchro : A2 : Capteur de courant
 Niveau synchro : 0,4 mA
 Sens : haut
 Pré-synchronisation : 0 seconde

- Cliquer sur la touche .

Le tableau de données s'ouvre dans la fenêtre en haut à droite. Il contient des colonnes (encore vierges) pour la durée t , la tension U et le courant I .

- Dans la fenêtre affichant le tableau de données, cliquer sur la clé à molette dans la barre de titre. Dans le menu « Ajouter une nouvelle variable » qui s'ouvre alors, sélectionner « Dans la série de données » et « Formule ». Dans la fenêtre « Propriétés », entrer les paramètres suivants :

Quantité : f
 Unité : Hz
 Formule : $V/0,005$

Lorsque « Control Voltage » est sous tension, le FG 100 génère comme sortie (« Out ») une rampe de tension 0 – 5 V, selon une tension de 0,005 V/Hz pour la plage de fréquence à traverser de 1 – 1000 Hz.

Le tableau de données affiche une quatrième colonne pour la fréquence f .

- Cliquer sur la touche . Dans le menu « Ajouter un nouveau » qui s'ouvre alors, déplacer le pointeur de la souris dans la fenêtre en haut à gauche et cliquer dans la fenêtre.


La fenêtre affiche un diagramme (encore vierge).

- Dans le tableau de données, cliquer sur le symbole de tension dans le titre de la deuxième colonne, déplacer le symbole dans la touche de diagramme de gauche puis, lorsqu'un cadre bleu apparaît, cliquer dans le cadre. Cliquer sur le symbole de fréquence dans le titre de la quatrième colonne, déplacer le symbole dans la touche de diagramme du bas puis, lorsqu'un cadre bleu apparaît, cliquer dans le cadre.

L'axe x du diagramme représente la fréquence, l'axe y le courant.

À présent, VinciLab et Coach 7 sont configurés pour la mesure.

REALISATION


- Démarrer la mesure dans Coach 7 en cliquant sur la touche . La fenêtre « En attente d'un événement déclencheur » s'affiche.
- Presser la touche « Start » (Démarrer) sur le FG 100. Dès que le seuil de déclenchement est dépassé, le balayage de fréquence démarre automatiquement. Les valeurs de mesure enregistrées s'affichent dans le diagramme sous Coach 7.

Comme la mesure porte sur du courant continu, les valeurs des deux polarités sont affichées. La courbe de résonance correspond aux enveloppes dans le quadrant positif.

- Effectuer la mesure avec la bobine L2 (connexions 59 et 60 au lieu de 61 et 62 sur l'unité d'expérimentation de base).

EXEMPLE DE MESURE ET EVALUATION

La Fig. 3 présente les courbes de résonance d'amplitude du courant pour les bobines L1 et L2 sur l'unité d'expérimentation de base et $R_{ext} = 0$. Comme prévu, l'amplitude maximale du courant I_0 s'applique à la fréquence de résonance f_r .

- Dans Coach 7, cliquer sur la touche  et, dans le menu qui s'ouvre, sélectionner « Sélectionner/Supprimer les données ». Dans la fenêtre qui s'ouvre alors, sélectionner « Méthode de sélection: Point par point ». Un réticule rouge apparaît.
- Placer le réticule sur le maximum, puis noter les valeurs pour la fréquence de résonance et le courant :

$$(7) \quad \begin{aligned} f_r &= \begin{cases} 178 \text{ Hz} & (\text{Bobine L1}) \\ 88 \text{ Hz} & (\text{Bobine L2}) \end{cases} \\ I_0(f_r) &= \begin{cases} 59 \text{ mA} & (\text{Bobine L1}) \\ 24 \text{ mA} & (\text{Bobine L2}) \end{cases} \end{aligned}$$

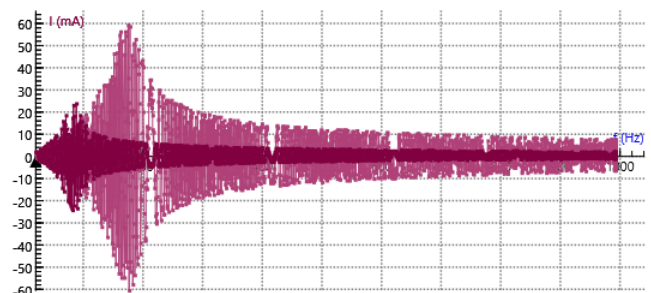


Fig. 3: Courbes de résonance d'amplitude du courant pour les bobines L1 et L2 et $R_{ext} = 0$. Copie d'écran de Coach 7.

Calculer les inductances inconnues L à partir de la capacité connue $C = 2,2 \mu\text{F}$ en utilisant l'équation (5) :

$$(8) \quad L = \frac{1}{4\pi^2 \cdot f_r^2 \cdot C} = \begin{cases} 363 \text{ mH} & (\text{Bobine L1}) \\ 1487 \text{ mH} & (\text{Bobine L2}) \end{cases}$$

Calculer les résistances ohmiques R à partir des amplitudes maximales de la courbe de résonance en utilisant l'équation (6) ($U_0 = 10 \text{ V}$) :

$$(9) \quad R = \frac{U_0}{I_0(f_r)} = \begin{cases} 169 \Omega & (\text{Bobine L1}) \\ 417 \Omega & (\text{Bobine L2}) \end{cases}$$

Comme aucune résistance externe R_{ext} n'est connectée, R correspond aux pertes ohmiques dans le circuit oscillant réel.