

TP19 : Oscillateurs en régime libre

1 Objectif du TP

L'objectif du TP est de réaliser des oscillateurs harmoniques amortis mécanique et électrique et d'étudier leur comportement en régime libre. On mettra en évidence la similitude des comportements des deux types d'oscillateurs.

Le TP se déroule en deux parties distinctes, vous changerez de paillasse au milieu du TP.

2 Partie mécanique

2.1 Étude des oscillations libres

On cherche à faire l'acquisition informatique de la position d'une masse accrochée à l'extrémité d'un ressort. Pour cela, un fil conducteur entouré d'une gaine isolante est accroché à la masse et son extrémité dénudée est plongée dans de l'eau. On applique une tension de 30 V entre le haut et le bas du récipient d'eau. Le potentiel de l'extrémité dénudée du fil varie alors linéairement avec son déplacement dans l'eau. On peut donc déterminer le déplacement de la masse en mesurant le potentiel de l'extrémité du fil.

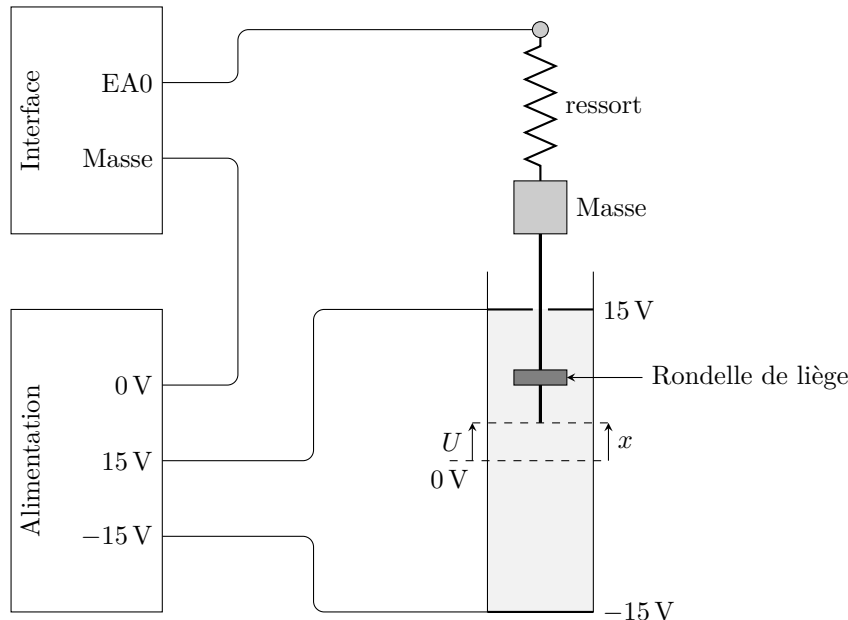


FIG. 1 : Schéma du montage pour la mesure électrique du déplacement de la masse

Pour réaliser le montage, on procédera aux étapes suivantes :

- Remplir d'eau l'éprouvette.
- Passer le fil dans la partie supérieure du dispositif, puis enfoncez la rondelle de liège dessus. Placer l'ensemble dans l'éprouvette.
- Relier les trois bornes de l'alimentation stabilisée à l'aide de fils simples : le potentiel le plus bas à la borne en bas de l'éprouvette, le potentiel le plus élevé à la borne en haut de l'éprouvette, et le 0 à la masse de la plaquette.
- Relier l'entrée EA0 de la plaquette au fil : pour ce faire, on exploitera les propriétés conductrices du métal, et on fixera le fil à une pince "croco" maintenant le ressort à la potence.
- Vérifier que le fil électrique soudé est bien vertical et que la rondelle conductrice supérieure est immergée.
- Recentrer le fil électrique soudé si nécessaire afin qu'il ne frotte pas sur le bord de la rondelle.

Il est en pratique difficile de régler le montage pour que le potentiel de l'extrémité du fil soit à 0 V lorsque la masse est immobile. On retranchera la valeur de la tension à l'équilibre aux valeurs mesurées pour déterminer le déplacement.

Une fois que le montage est prêt, procéder à un enregistrement du déplacement de la masse. Déterminer à partir des mesures les paramètres de l'oscillateur ω_0 et Q . On pourra modéliser la courbe obtenue pour vérifier qu'elle correspond bien à la forme attendue théoriquement.

2.2 Détermination statique de la constante de raideur

Déterminer la constante de raideur du ressort en y accrochant différentes masses et en mesurant l'allongement du ressort pour ces masses. On représentera graphiquement l'allongement en fonction de la masse accrochée et on en déduira une valeur de k .

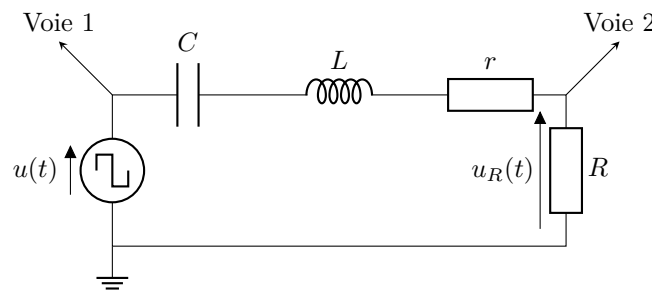
2.3 Détermination de la période propre

Accrocher une masse de valeur connue au ressort et mesurer la durée de plusieurs périodes. En déduire la valeur de la période propre T_0 de l'oscillateur et la comparer à la valeur attendue en utilisant la raideur trouvée dans la partie 2.2

3 Oscillateur électrique

3.1 Montage

On alimente un circuit RLC série avec un signal carré d'amplitude 4 V et de fréquence $f = 120$ Hz. On prendra $C = 3,3$ nF ; $L = 40$ mH, $r = 4$ Ω (résistance interne de la bobine) et $R = 270$ Ω . On n'oubliera pas de mesurer la valeur réelle de chacun des composants.



3.2 Étude théorique

La tension $u_R(t)$ vérifie l'équation différentielle

$$\frac{d^2 u_R}{dt^2} + 2\lambda \frac{du_R}{dt} + \omega_0^2 u_R = 0 \quad \text{avec} \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad \text{et} \quad \lambda = \frac{R}{2L} \quad (1)$$

Avec les valeurs proposées, le discriminant de l'équation caractéristique est négatif; de sorte que $u_R(t)$ est pseudo-périodique de pseudo-pulsation

$$\omega = \omega_0 \sqrt{1 - \frac{\lambda^2}{\omega_0^2}} \quad (2)$$

proche de la pulsation propre ω_0 . On a donc

$$u_R(t) = \frac{ER}{L\omega} e^{-\lambda t} \sin(\omega t) \quad (3)$$

Les extrema (max et min) U_n successifs de $u_R(t)$ sont atteints près des extrema du sinus (l'amortissement est faible) et donc on a

$$U_n = \frac{ER}{L\omega} \exp\left(-\lambda \frac{(2n+1)\pi}{2\omega}\right) = U_0 \exp\left(-\lambda \frac{n\pi}{\omega}\right) \quad (4)$$

On exprime habituellement ce résultat en fonction du **décroissement logarithmique** δ :

$$\delta = \ln\left(\frac{u_R(t)}{u_R(t+T)}\right) = \lambda \frac{2\pi}{\omega} \quad (5)$$

On a alors

$$U_n = U_0 \exp(-n\delta) \quad \text{ou} \quad \ln(U_n) = \ln(U_0) - \delta n \quad (6)$$

Les points représentant $\ln(U_n)$ en fonction de n sont alignés suivant une droite de pente $-\delta$.

3.3 Manipulations

Réaliser le montage et visualiser les différentes tensions.

- Relever dans un tableau les maxima successifs U_n en utilisant l'oscilloscope numérique.
- Construire le graphique représentant $\ln(U_n)$ en fonction de n . Et en déduire la valeur du coefficient d'amortissement λ , ainsi que le facteur de qualité $Q = \frac{\omega_0}{2\lambda}$. Pour cela, on remarquera que

$$\delta = \frac{\pi}{\sqrt{Q^2 - \frac{1}{4}}} \quad (7)$$

- Comparer avec les valeurs numériques obtenues à partir des expressions théoriques.
- Vérifier que la valeur de Q correspond à celle estimée en comptant le nombre d'oscillations.

3.4 Circuit RLC très amorti

- Déterminer une valeur de R pour se placer en régime aperiodique.
- Visualiser l'allure de la tension aux bornes de C et le portrait de phase en régime aperiodique.
- Déterminer expérimentalement la valeur de R correspondant au régime critique et comparer à la valeur attendue.

4 Conclusion

Établir une correspondance entre les grandeurs électriques et mécaniques pour ces deux oscillateurs.