

# Oscillateurs amortis en électricité et mécanique

## I Objectifs

- Étudier plus précisément le régime pseudo-périodique d'un circuit RLC peu amorti.
- Étudier le comportement d'un oscillateur mécanique vertical amorti avec amortissement faible.
- Tracer une allure de trajectoire de phase correspondant au régime pseudo-périodique.
- Vérifier la décroissance exponentielle des amplitudes dans les deux domaines.
- Établir un tableau des analogies entre la mécanique et l'électricité.

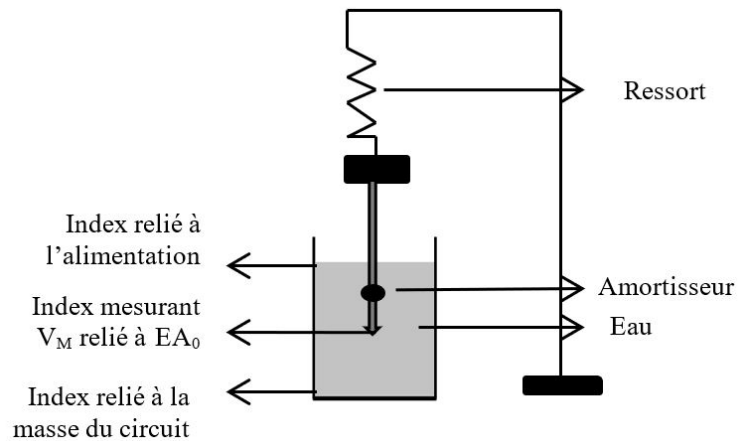
## II S'appropriier

### A Rappel concernant l'oscillateur mécanique vertical

Soit un oscillateur mécanique vertical (cf. figure ci-contre), constitué d'un ressort de raideur  $k = 10 \text{ N m}^{-1}$  et d'une masse  $m = 200 \text{ g}$ . Il est légèrement amorti par frottement fluide dans l'air, caractérisé par une force de la forme :  $\vec{f} = -\lambda \vec{v}$ .

Dans ce cas, l'équation différentielle (obtenue par projection selon la direction verticale  $z$  du PFD) de l'oscillateur harmonique amorti peut se mettre sous la forme :

$$\ddot{z} + \frac{\lambda}{m} \dot{z} + \frac{k}{m} z = 0$$



Remarque :  $z$  est une variable bien choisie pour qu'on ait à l'équilibre  $z = 0$ . C'est la raison pour laquelle le poids ainsi que la longueur à vide du ressort n'apparaissent pas explicitement dans l'expression.

## III Analyser : régime pseudo-périodique du RLC série

- 1) Faire le schéma d'un circuit RLC série alimenté par une tension  $e(t)$ . On veut visualiser à l'oscilloscope simultanément  $e(t)$  sur la voie 1 et  $u_C(t)$  sur la voie 2. Indiquer les connexions de l'oscilloscope à réaliser et positionner la masse sur le circuit.
- 2)  $e(t)$  est une tension crête à crête de fréquence 100 Hz,  $C$  une boîte de capacités. On prendra  $C = 0,01 \mu\text{F}$ .  $L$  est une bobine d'inductance  $L = 0,1 \text{ H}$ . Écrire l'équation différentielle en  $u_C(t)$ , puis celle en  $q(t) = Cu_C(t)$  et calculer la valeur  $R_c$  à donner à  $R$  pour visualiser le régime critique.

## IV Réaliser et valider

### A Étude expérimentale du régime pseudo-périodique du circuit RLC

Réaliser le montage vu précédemment dans l'analyse en prenant les mêmes valeurs de  $e(t)$ ,  $C$  et  $L$  que ci-dessus.

**a – Visualisation du régime pseudo-périodique et mesure de la pseudo-période :**

- 1) Faire varier  $R$  de façon à observer un régime pseudo-périodique très peu amorti : Il faut observer au moins une dizaine de maxima successifs sur l'oscillogramme.
- 2) Dans le cas d'un amortissement très faible, on peut assimiler la pseudo-période des oscillations  $T$  à la période propre  $T_0$  du circuit. Mesurer expérimentalement la pseudo-période  $T$  en prenant plusieurs périodes pour gagner en précision et la comparer à la période propre théorique en calculant l'écart relatif entre les deux grandeurs.
- 3) Imprimer la courbe obtenue en tenant compte des consignes indiquées sur les fiches plastifiées.

#### b – Vérification de la décroissance exponentielle de l'amplitude des oscillations :

- 1) Grâce au curseur horizontal de l'oscilloscope, relever les valeurs des amplitudes successives  $U_{C,\max}$  en fonction du nombre de périodes  $nT$ .
- 2) Ouvrir **latispro** (programmes → discipline → physique-chimie → eurosmart → latispro), puis générer le tableau de valeurs ( $nT$  ;  $U_{C,\max}$ ) correspondant. Créer ensuite la variable nécessaire de façon à vérifier que l'amplitude des oscillations décroît de façon exponentielle. On cherchera à faire une modélisation par une droite. Relever alors le coefficient directeur  $a_{\text{exp}}$  de la droite obtenue. Le comparer (en calculant l'écart relatif par exemple) à la valeur théorique  $a_{\text{theo}}$  attendue (en fonction de  $R$ ,  $C$  et  $L$ ) que vous explicitez. Imprimer la courbe obtenue ainsi que sa modélisation. Quel est le lien entre le coefficient directeur  $a$  et le décrément logarithmique introduit dans le TD ?

### **B** Étude expérimentale d'oscillations mécaniques amorties


#### a – Montage expérimental :

Le montage est schématisé dans la partie S'approprier et est déjà réalisé. La masse  $m$  ne doit pas toucher à l'eau de l'éprouvette.

#### b – Réglages de l'ordinateur :

Avant tout réglage : brancher l'interface SYSAM et l'alimentation stabilisée sur 7 V.

Ouvrir **latispro** (programmes → discipline → physique-chimie → eurosmart → latispro).

Pour faire une acquisition : bouton 

Pour activer la voie  $EA0$  :


- Dans le cadre *entrées analogiques*, cliquer sur les boutons des entrées à activer.
- Cliquer droit et choisir *trait*.

Pour paramétrer l'acquisition :

- Dans le cadre acquisition, onglet temporel, mode normal, entrer le nombre de points de mesure et la durée totale de l'acquisition.
- Acquisition temporelle ; durée : 30 s ; nombre de points : 2000.

Fin des réglages ! Vous êtes prêts à faire vos enregistrements : on mesure une tension sur la voie  $EA0$  qui est proportionnelle à l'abscisse  $z$  du point matériel de masse  $m$ .

#### c - Mesures :

- Lorsque la position est à sa position d'équilibre, le bout du fil doit être au milieu du bécher. Si ce n'est pas le cas, modifier la hauteur du point d'attache du ressort.
- Étirer légèrement le ressort sans qu'il ne touche au fond du bécher.
- Lorsque les oscillations paraissent régulières, lancer l'acquisition en cliquant sur .

**d – Exploitation des résultats :**Mesure de la pseudo-période des oscillations :

Dans le cas d'un amortissement très faible, on peut assimiler la pseudo-période des oscillations  $T$  à la période propre  $T_0$  du circuit. Grâce au réticule (cliquer droit et choisir), mesurer expérimentalement la pseudo-période  $T$  en prenant plusieurs périodes pour gagner en précision et la comparer à la période propre théorique en calculant l'écart relatif entre les deux grandeurs.

Vérification de la décroissance exponentielle de l'amplitude des oscillations :

- Grâce au réticule (lié à la courbe pour plus de facilité), relever les valeurs des amplitudes successives  $U_{\max}$  en fonction du nombre de périodes  $nT$  (environ 15 mesures) ; cliquer droit, puis calibrage pour modifier l'échelle.
- Puis créer le tableau de valeurs  $(nT ; U_{\max})$  correspondant, et créer la variable nécessaire de façon à vérifier que les amplitudes des oscillations décroît de façon exponentielle. On cherchera à faire une modélisation par une droite. Relever alors le coefficient directeur  $a_{\exp}$  de la droite obtenue. Grâce aux relations vues en cours, en déduire un ordre de grandeur du coefficient d'amortissement  $\lambda$ . Imprimer la courbe obtenue ainsi que sa modélisation.

**V Conclure**

Quelles similitudes de comportements entre les deux types d'oscillateurs ont été observées ? En utilisant les études théoriques demandées (équations différentielles), ainsi que les résultats expérimentaux trouvés, recopier et compléter le tableau suivant :

Electricité	Charge q	Intensité i	Inductance L	Résistance R	Capacité C	Pulsation propre : $\omega_0 =$
Mécanique	Position z proportionnelle à $EA_0$					