LP24 : Oscillations

Lucie Marpaux

Element imposé

Oscillations amorties

Introduction pédagogique

Niveau L1

Prérequis :
- Outils mathématiques (fonctions trigonométriques, équations différentielles du 1er et 2nd ordre, exponentielle, nombres complexes)
- Electrocinétique (convention récepteur, loi des mailles, dipoles R,L,C)
- Pendule simple (équation différentielle et résolution (petits angles))

Difficultés :
- Résolution des équations différentielles
- Formalisme en nombres complexes
- Sens physique des équations

Biblio :
- Salamito PCSI
- Dictionnaire de physique
- HPrépa Electronique 1ère année Brebec

Activités liées
- TD : Exercices sur d'autres circuits du 2nd ordre
- TP : Tracé d'un diagramme de Bode

Objectif Savoir étudier un système oscillant et expliquer les comportements observés Savoir utiliser l'analogie

Blabla peda : Difficulté sur résolution equa diff pas totalement résolue en cours mais en TD oui Choix : moins de temps sur les calculs et insister sur sens physique

Introduction

Oscillations : balancier du pendule, pendule (fait à la main), electrocinétique, un pont peut osciller (video).

Pourquoi ça arrive, comment on l'évite ?

Oscillation : variation périodique d'une quantité physique.

1 Oscillations libres

1.1 Oscillations libres amorties

Schema du circuit electrique avec E, Uc... Loi des mailles : E = L$\frac{di}{dt} + Ri + u_c$

Convention récepteur : $i = C\frac{du_c}{dt}$

D'où : $\frac{d^2u_c}{dt^2} + \frac{R}{L}\frac{du_c}{dt} + \frac{1}{LC}U_c = \frac{E}{LC}$

Pulsation propre : $W_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

Coefficient d'amortissement : $2\sigma w_O = \frac{R}{L}$ σ sans dimension

$\frac{d^2u_c}{dt^2} + 2\sigma w_O\frac{du_c}{dt} + w_o^2U_c = w_o^2E$

Facteur de qualité $Q = \frac{1}{2\sigma} = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$

$\frac{d^2u_c}{dt^2} + 2\frac{w_O}{Q}\frac{du_c}{dt} + w_o^2U_c = w_o^2E$

Projection tableau analogie electrique/mécanique et pendule avec forces

1.2 Réponse du système

Projection résolution équation différentielle, les possibilités selon Q, nom du type de régime, racine de l'équation caractéristique, allure de la réponse via géogebra

Pseudo pulsation : Ω : pulsation en régime pseudo périodique.

Analogie meca : amortisseur de voiture.

1.3 Caractéristiques des réponses

geogebra avec oscillation 2 phases :

- Régime transitoire durée finie τ_R temps caractéristique (temps de relaxation). Important de le connaitre pour savoir combien de temps la voiture va osciller. Comment on l'estime ? Schema au tableau (tangente à l'origine, 3 τ pour régime transitoire)
- Régime stationnaire : le système est à l'équilibre

Pour la voiture on veux le régime le plus rapide : régime critique. On diminue petit à petit mais si on fait tendre R vers 0 au final on arrive à oscillations harmoniques : $\frac{d^2u_c}{dt^2} + w_o^2U_c = 0$

C'est pas ce qui se passe pour le pont il ne s'amortie pas :

2 Oscillations forcées

2.1 Equation différentielle et résolution

Manip : Le signal de sortie à la même fréquence que le signal d'entrée, le rapport des amplitudes dépend de f, pareil pour le déphasage

$u(t) = Ucos(wt + \phi)$

Partie réelle de u(t)=U$exp^{j(wt+\phi)}$

Projection schema du montage avec e=Ecos(wt) (RLC)

2.2 Phénomène de résonance

Etude du module de U $Q < \frac{1}{\sqrt{2}}$: U décroissante lorsque w augmente

$Q > \frac{1}{\sqrt{2}}$: U(w) présente un maximum

en $\frac{w_R}{w_O} = \sqrt{A - \frac{1}{2Q^2}}$ $U_R = \frac{QE}{1-\frac{1}{4Q^2}} > 1$ si $Q > \frac{1}{\sqrt{2}}$

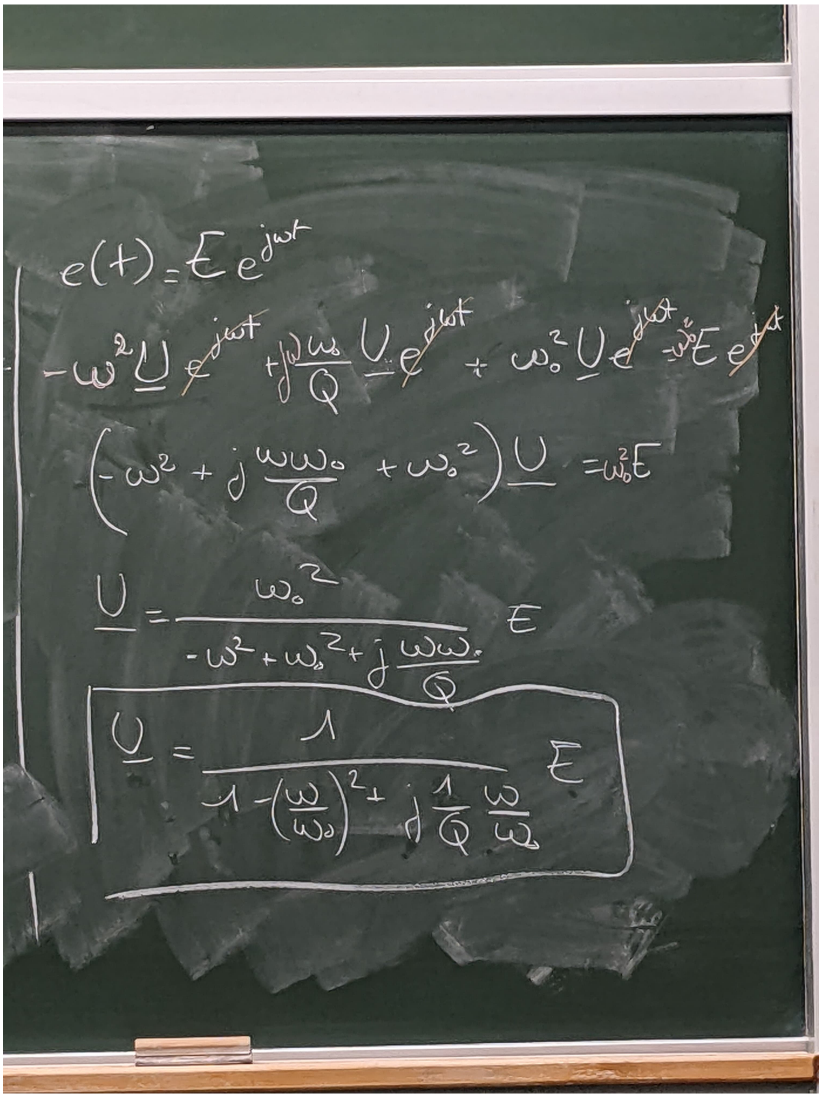

Figure 1

On trace amplitude du signal de sortie en fonction de la fréquence : on voit qu'il y a un maximum donc le facteur de qualité est supérieur à $\frac{1}{\sqrt{2}}$

$f_R = 1,9kHz$

Retour sur l'analogie : On peut choisir les fréquence pour éviter la résonance.

3 Conclusion

Prochaine séance : faire les calculs soit même pour se l'approprier.

4 Question

- Quel type de force ? Quel type d'excitation forcée ?
- Pourquoi on s'interesse à la réponse impulsionnelle ?
- Pourquoi utiliser la notation complexe ?
- Hypothèse qui justifie qu'on puisse utiliser cos ou sin ? Invariant par translation.
- Autre système méca avec mode propre ? Corde de Melde.

5 Retour

Bien donner les valeurs de résistance, bobines... Détailler le tracé des courbes avec l'enveloppe exponentielle Regarder les temps caractéristiques dans les 2 régimes Préciser une réponse à quoi