

LP 25 : Régimes transitoires

Element imposé : photodiode, chute libre(possible de faire l'analogie avec le RC 1e ordre), en thermique (on peut faire remonter au temps caractéristique avec la barre de cuivre), en diff de particule, en mécanique, en électrocinétique, bilan d'énergie

http://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/Elec/Transitoire/chargeRC_TS.php

<https://www.circuitlab.com/>

Niveau : L2

Prérequis :

- Electrocinétique : dipôles linéaires R, L et C, relation courant et tension, comportement aux limites, loi de Kirschoff (L1, L2)
- Mécanique du point : PFD, forces de frottements fluides (L1)
- Coordonnées cylindrique (L1)
- Diffusion de particule (L2)
- Résolution d'équations différentielles (L1)

Biblio :

Duffait Capes et Duffait, Expériences d'électronique Agrégation de Sciences Physiques

Dico physique, Taillet

Intro pédagogique :

Notion à cheval entre deux années : L1 : régime transitoires 1e ordre, L2 : diffusion +RLC

Cours vient après cours d'élec où on a vu les dipôles linéaires et les relations courant-tension qui les liaient. On a vu le comportement de ces dipôles en régime permanent

Plusieurs domaines abordés et analogie entre les différents domaines, cours permettant de faire un parallèle entre plusieurs domaines de la physique.

Difficultés : résolution équation différentielle

TD : chute d'une bille, mise en équation d'autres circuits élect

Étude doc:amortisseur de voiture : régime transitoire lorsque l'on passe sur un dos d'âne

TP : système masse/ressort avec frottements, autres circuits (RL ...)détermination de grandeurs caractéristiques du régime transitoires, mesures.

Introduction

Modification d'un système à l'équilibre ou en régime permanent → évolution jusqu'à un nouvel état.

Dans la vie de tous les jours : lorsqu'on allume le chauffage la pièce n'est pas instantanément réchauffée, allumage d'une lampe, l'intensité lumineuse croit jusqu'à atteindre une intensité constante.

Régime transitoire : évolution temporelle d'un système entre 2 états permanents

Un régime transitoire peut être caractérisé pas différents paramètres selon sa nature : un temps de relaxation, un taux d'amortissement ou encore un facteur de qualité. Cette leçon aura donc pour objectif de mettre en avant des régimes transitoires de nature différente en insistant sur les paramètres qui permettent de les caractériser.

Objectifs :

- Comprendre la notion de régime transitoire
- Être capable d'extraire un temps caractéristique
- Mettre en équation les régimes transitoires

I. Régimes transitoires du premier ordre

A. Notion de temps de réponse

Temps de réponse (ou de relaxation) : ordre de grandeur du temps nécessaire au système pour atteindre l'état d'équilibre soit le régime permanent.

Si on prend l'exemple de la diffusion de matière que vous avez déjà vu. (On pourrait faire exp introductive KMnO_4 dans un bécher qu'on vient d'ajouter et à côté un déjà homogène)

https://www.youtube.com/watch?v=YLIgkHK_LT4 time lapse

L'équation de diffusion :
$$\frac{\delta n}{\delta t} = D \frac{\delta^2 n}{\delta x^2}$$

Si on raisonne en ordre de grandeur : $\frac{\Delta n}{\tau} = D \frac{\Delta}{L^2}$ soit $\tau = L^2/D$

Application : Diffusion de KMnO_4

$D = 7,0 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, $L \sim 5 \text{ cm}$, $\rightarrow \tau = \text{énorme}$

\rightarrow Phénomène très lent

Transition : On obtient seulement un ODG, car la résolution de l'équation n'est pas faisable

B. Etude du circuit RC

Slide Schéma circuit

Exp : Duffait électronique p142, Circuit RC avec Ecréneau ($V_p=2\text{V}$, $f=100\text{Hz}$, offset de 1V)

On regarde réponse à une perturbation : changement brutal de tension

<http://www.sciences.univ->

[nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/Elec/Transitoire/Condensateur_flash.php?typanim=Flash](http://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/Elec/Transitoire/Condensateur_flash.php?typanim=Flash) \rightarrow

visualisation du phénomène

Observation : u_c augmente de 0 à E \rightarrow régime transitoire

Explication : Comportement limite : continuité à $t=0^+$ de l'énergie dans le condensateur $\rightarrow u_c(0)=0$

A $t = \text{infini}$, condensateur = interrupteur ouvert $\rightarrow i=0 \rightarrow u_r=0 \rightarrow u_c=E$

Mise en équation :

Loi des mailles :
$$\frac{duc}{dt} + \frac{1}{RC} uc = \frac{E}{RC}$$

Solution : $u_c = E(1 - e^{-t/\tau})$ avec $\tau = RC$ le temps caractéristique du régime transitoire

Exp : On mesure u_c sur Latispro, $R=10\text{k}\Omega$ et $C=0,1\mu\text{F}$ (mesurée au RLC-mètre)

$\rightarrow u_c(\tau) = 0,63E \rightarrow$ mesure de τ comparaison avec τ théorique

<https://www.geogebra.org/m/wHGUDPPS>

Transition : On aurait le même type de régime avec une bobine et si on met bobine + condensateur ?

II. Régime transitoire du second ordre

A. Étude électrocinétique

Slide Schéma RLC

<https://www.geogebra.org/m/fPbFPH6z>

<https://www.circuitlab.com/editor/#wt3nym>

exp : Ecréneau (même condition), on va faire varier R

On mesure u_c à l'oscilloscope

$R=0 \text{ à } 5000\Omega$, $C=100\text{nF}$ et $L=0,1\text{mH}$

On observe plusieurs comportements, plusieurs régimes

L'amortissement est d'autant plus important que la résistance est forte. Pour quantifier cet amortissement, on utilise le facteur de qualité.

Mise en équation :

Loi des mailles : $0 = \frac{d^2 uc}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{duc}{dt} + \frac{1}{LC} uc$ faire sur décharge est plus simple expérimentalement d'après les anciennes leçons

Résolution :

On détaille seulement les cas pseudo périodique , les autres sur slide.

Forme canonique : $0 = \ddot{u} + \frac{w_0}{Q} \dot{u} + w_0^2 u$

Equation caractéristique : $0 = r^2 + \frac{w_0}{Q} r + w_0^2 \rightarrow \Delta = 4 w_0^2 \left(\frac{1}{4Q^2} - 1 \right)$

3 types de régime :

- $\Delta > 0$: apériodique : $r = -\lambda \pm \sqrt{(\lambda^2 - w_0^2)}$, $\lambda = w_0/2Q$
- $\Delta = 0$: critique : $rc = -\lambda$
- $\Delta < 0$: pseudo-périodique : $Q > 1/2$, $r = -\lambda \pm j \Omega$; $\Omega = \sqrt{(w_0^2 - \lambda^2)}$ Pour un régime pseudo-

périodique, la pseudo-période des oscillations est différente de la période propre du système

pseudo-période : $T = \frac{T_0}{\sqrt{1 - \frac{1}{4Q^2}}} > T_0$

Mesure de la pseudo période

C'est le facteur de qualité qui permet de caractériser l'amortissement. On peut simplement l'estimer en comptant le nombre d'oscillations avant qu'elles ne disparaissent. En modélisant avec Latis Pro, retrouver le facteur de qualité.

Transition : En mécanique, il existe également des régimes transitoires oscillants. Peut-on raisonner par analogie pour comprendre ces systèmes oscillants ?

B. Analogie électromécanique

Cas du pendule simple avec frottement fluide

Slide Schéma

<http://scphysiques.free.fr/> dans pendule2 → On ajoute frottements

exp : On ajoute une feuille de papier cartonnée → retour à l'équilibre plus rapide

Plus on augmente les forces de frottement plus le temps de décroissance des oscillations est court.

Mise en équation :

Force de frottements fluides : $\vec{f} = -\lambda \vec{v}$

PFD : $\ddot{\theta} + \frac{\lambda}{m} \dot{\theta} + \frac{g}{l} \sin \theta = 0$; Petits angles : $\ddot{\theta} + \frac{\lambda}{m} \dot{\theta} + \frac{g}{l} \theta = 0$

Facteur de qualité $Q = m w_0 / \lambda$. La aussi on peut le déterminer en comptant le nombre d'oscillation.

Plus il y a de frottements : plus λ grand plus Q petit, retour à l'eq plus rapide.

Analogie : $R \leftrightarrow \lambda$, $L \leftrightarrow m$ et $1/C \leftrightarrow mg/l$

Conclusion

Différents types de régimes transitoires

Ouverture : régimes forcés