

LP 25 - Regimes transitoires

Niveau : Licence 1

Prerequis

- Dipôles classiq: bobine, resistance, condensateurs
- Lois de Kirchhoff
- Resolution d'equation differentielles
- Conduction, convection
- Semi-conducteurs N-P?

Bibliographie

- Dictionnaire physiq - Taillat
- Physiq PCSE - Grecias
- BCPST 1-2 : Bressan
- Frochart

Experience : temps reponse photodiode

Circuits RLC avec resistance variable

Introduction Pédagogique



- * Le cours se place au niveau L1 dans une partie sur l'étude des circuits électriques
- * il vient après un cours sur l'étude des dipôles linéaires
- * l'élève est donc familiarisé avec les caractéristiques des dipôles ainsi que les lois de Kirchhoff, on va se servir de ses connaissances pour établir des équations différentielles
- * On aura besoin que les élèves maîtrisent la résolution des équations différentielles pour pouvoir aller plus loin dans l'étude des circuits que l'on abordera
- * L'objectif de ce cours est de faire comprendre aux élèves ce qu'est un régime transitoire et qu'il en existe de toutes sortes.
- * Dans ce cours on a fait le choix de ne parler de régime transitoires que dans le cadre de l'électrocircuit, les autres cas seront abordés plus tard
- * La notion de régime transitoire peut être difficile à appréhender pour l'élève, on prendra des exemples dans d'autres domaines afin d'aider à la compréhension
- * Comme on va aborder des régimes transitoires de très courte durée, on ne peut pas les voir à l'œil nu, on s'efforcera de faire des expériences pour montrer leur existence
- * Les difficultés de ce cours sont avant tout mathématiques, on s'efforcera de faire les calculs pas à pas et de mettre en avant les carbones obtenus pour que l'élève comprenne bien la finalité du calcul
- * La différence entre régime transitoire et régime permanent peut aussi poser des problèmes $\Rightarrow$ on s'appuiera sur des exemples
- * TD: étude du circuit RLC, construction de l'analogie mécanique
- * TP: observation des différents régimes, mise en évidence de l'analogie mécanique
- * Etude de doc:

Introduction

- * Dans ce cours nous allons parler de régimes transitoires.
 - ↳ Mais déjà c'est quoi un régime transitoire ?
- * Def: Evolution temporelle d'un système entre 2 régimes permanents suite à une perturbation
- * En quoi c'est important ?
 - ↳ il y en a partout dans la vie de tous les jours
 - Quand vous chauffez une pièce
 - Les amortisseurs de votre voiture
- * Ou même dans cette expérience où je met quelques goutte de KNO_3 dans de l'eau expérience 
- * Régime permanent 1: eau seul
- * Perturbation: ajout KNO_3
- * Régime permanent 2: eau rosâtre homogène

Objectif: Être capable de reconnaître et d'étudier des régimes transitoires

Transition: Ce qui peut nous intéresser c'est de savoir combien de temps va durer le régime transitoire

I - Régime transitoire du premier ordre

A - Analyse dimensionnelle

* Le phénomène ici est régi par une équation différentielle qu'on ne peut pas résoudre:

$$D \frac{\partial^2 n}{\partial x^2} - \frac{\partial n}{\partial t} = 0$$

* Mais on peut regarder des ordres de grandeur

$$D \cdot \frac{\Delta n}{L^2} = \frac{\Delta n}{\Delta t} \Leftrightarrow \Delta t = L^2 / D$$

* pour avoir le permanganate partout il faut

$$\Delta t = \frac{(1,0 \cdot 10^{-2})^2}{7,0 \cdot 10^{-10}} = 40 \text{ h.}$$

$\Rightarrow$ c'est très long, c'est par là qu'on ne voit pas l'eau rosir très vite.

$\hookrightarrow$ projection

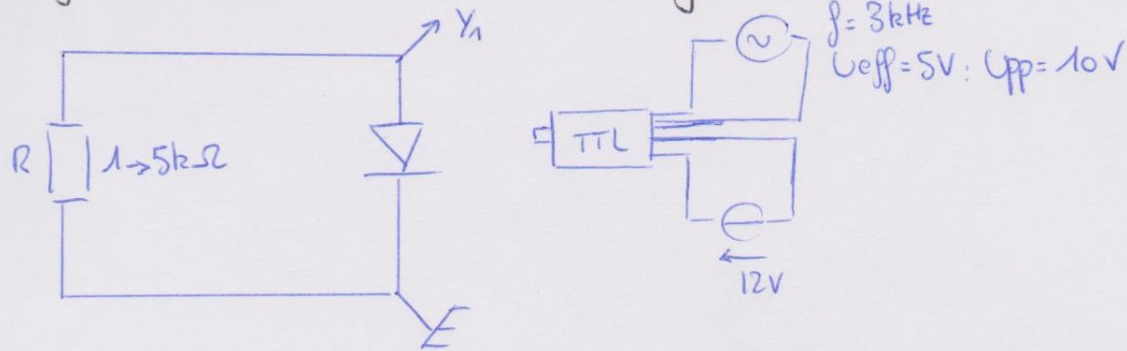
Transition: Là le régime transitoire est très long, mais dans certains cas il est très court, on ne le voit même pas.

B. Temps de réponse d'une photodiode

* Là j'ai une photodiode. quand je l'éclaire, il y a une tension qui apparaît à ses bornes. (Exp) 

↳ Si je passe ma main devant il n'y a plus rien
⇒ c'est instantané on dirait : il n'y a pas de régime transitoire ?

* Si je fais un zoom sur le moment où j'allume la lumière: 



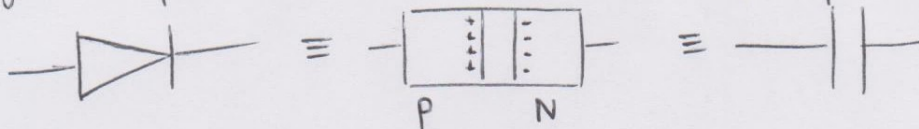
* On voit qu'en fait la tension monte progressivement et qu'il lui faut un certain temps pour atteindre le régime permanent 

↳ c'est le temps de réponse de la photodiode ici il vaut $T \approx$ 

* Si maintenant j'augmente la résistance R , le temps du régime transitoire est plus long 

↳ Comment peut-on expliquer ça ?

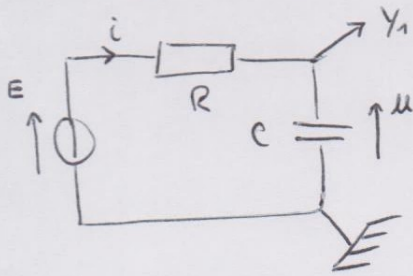
* En fait une photodiode c'est 2 semis conducteurs: dopés P et N:



Transition : la photodiode se comporte comme un condensateur. Est-ce qu'on peut retrouver le comportement qu'on observe avec un circuit RC ?

C - Le circuit RC

* Cette fois on étudie un circuit RC :



$$R = 5000 \text{ k}\Omega$$

$$C = 1,0 \text{ nF}$$

$$f = 3 \text{ kHz}$$

* Loi des mailles $E = u_R + u$

$$= Ri + u$$

$$= RC \frac{du}{dt} + u$$

$\Leftrightarrow$

$$\dot{u} + \frac{1}{\tau} u = \frac{E}{\tau}$$

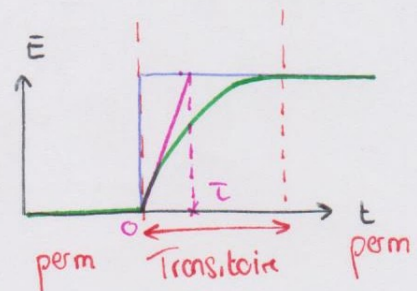
on pose $\tau = RC$

* Si on résout, on trouve :

$$u = A e^{-t/\tau} + E$$

* Or $u(t=0) = 0 \Rightarrow u = E(1 - e^{-t/\tau})$

* On atteint le régime permanent après quelques τ .



* Expérience mesure avec GBF de τ

* On trouve aussi $\tau_{th} =$

$$\tau_{exp} =$$

* Le comportement semble bien proche de celui de la photodiode, on peut tracer

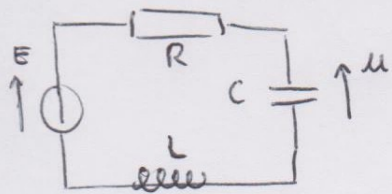
$$\tau = f(R), \text{ on a en pente qui vaut } C_{photo} = \text{ } \text{ nF (proje)}$$

Transition : On a bien un régime transitoire ici, qu'on appelle d'ordre 1 car on a une équation différentielle d'ordre 1, mais doit bien vouloir dire qu'on a des régimes transitoires d'ordre 2.

II. Régime transitoire du Second ordre

A. Description du dispositif

* Cette fois on a un circuit RLC Série



$$L = 10,0 \text{ mH}$$

$$C = 1,0 \text{ nF}$$

$$R = \text{variable } 1 - 10 \text{ k}\Omega$$



* Si on regarde l'oscilloscope, on voit quelque chose de similaire à précédemment, mais si je diminue la résistance

* Passage aperiodique à Critique : $R \quad 1 \text{ k}\Omega \rightarrow 10 \text{ k}\Omega$

* On n'obtient plus le même régime transitoire !

Transition Est-ce qu'on peut comprendre ce qu'il s'est passé ?

B. Mise en equation

* Loi des mailles

$$E = u_R + u_L + u_C$$

$$= Ri + L \frac{di}{dt} + u_C = RC \frac{du}{dt} + LC \frac{d^2u}{dt^2} + u$$

$$\Leftrightarrow \ddot{u} + \frac{\omega_0}{Q} \dot{u} + \omega_0^2 u = \frac{E}{\omega_0} \quad \text{avec } \omega_0 = 1/\sqrt{LC} \quad Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

* On peut résoudre cette equation différentielle, mais la résolution dépend de la valeur de Q

↳ On fera le calcul en TD

* On va recevoir les résultats qu'on obtient en fonction de la valeur du facteur de qualité Q

↳ Projection + explication des 3 régimes

* C'est bien ce qu'on retrouve à l'oscilloscope

Transition Est-ce qu'on retrouve bien les bonnes valeurs ?

C. Détermination des grandeurs

* On va regarder le régime pseudo périodique

* On peut mesurer la pseudo période et le temps caractéristique de décroissance

↳ Exp
 $T_e = (\quad \pm \quad) s$

$$T_e = (\quad \pm \quad)$$

$$T_{th} = \frac{2Q}{\omega_0} = \frac{2L}{R} = (\quad \pm \quad) s$$

$$T_{th} = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi \sqrt{LC}}{\sqrt{1 - \frac{1}{4} R^2 \sqrt{\frac{C}{L}}}} = (\quad \pm \quad) s$$

⇒ On retrouve bien quelque chose de similaire

Conclusion : On a vu ce qui était en régime transitoire en électrocinétique et

comment l'étudier

Il faut savoir qu'il y en a plein de domaine, les prochains qu'on verra seront en mécanique

↳ il sont très utiles : si on veut des oscillations on va chercher $Q \gg 1$

↳ par un amortisseur de voiture on cherche le régime critique.

Régime transitoire : RLC - Série

Equation:

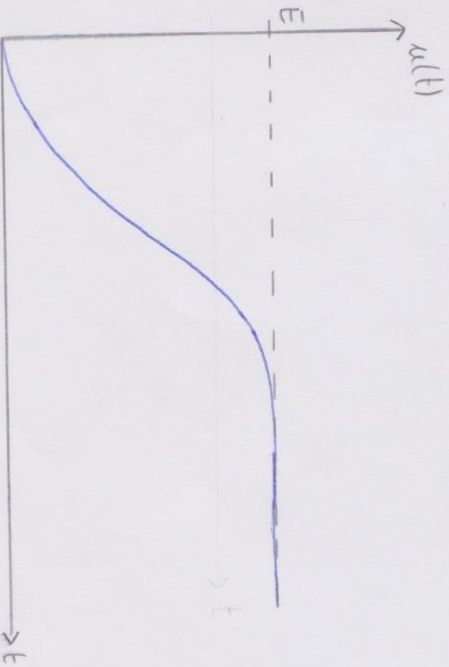
$$\ddot{u} + \frac{\omega_0}{Q} \dot{u} + \omega_0^2 u = \frac{E}{L\omega_0} \Rightarrow \Delta = \frac{\omega_0^2}{Q^2} - 4\omega_0^2 = \frac{\omega_0^2}{Q^2} (1 - 4Q^2)$$

$$\Delta > 0 : Q < 1/2$$

$$r_{1,2} = -\frac{\omega_0}{2Q} \pm \omega_0 \sqrt{\frac{1}{4Q^2} - 1} = -\frac{1}{\tau_{1,2}}$$

$$u(t) = A e^{-t/\tau_1} + B e^{-t/\tau_2}$$

Régime Aperiodique:

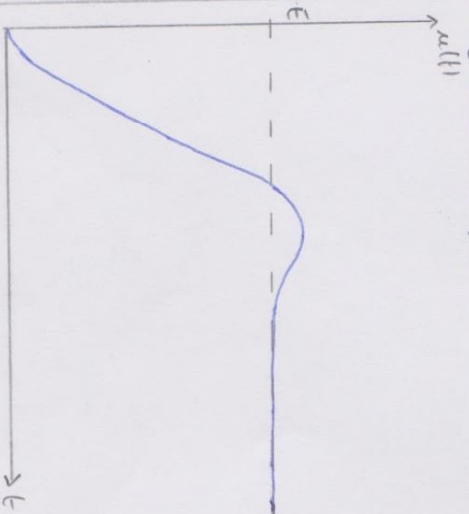


$$\Delta = 0 : Q = 1/2$$

$$r = -\frac{\omega_0}{2Q} = -\omega_0$$

$$u(t) = (At + B) e^{-\omega_0 t}$$

Régime Critique:

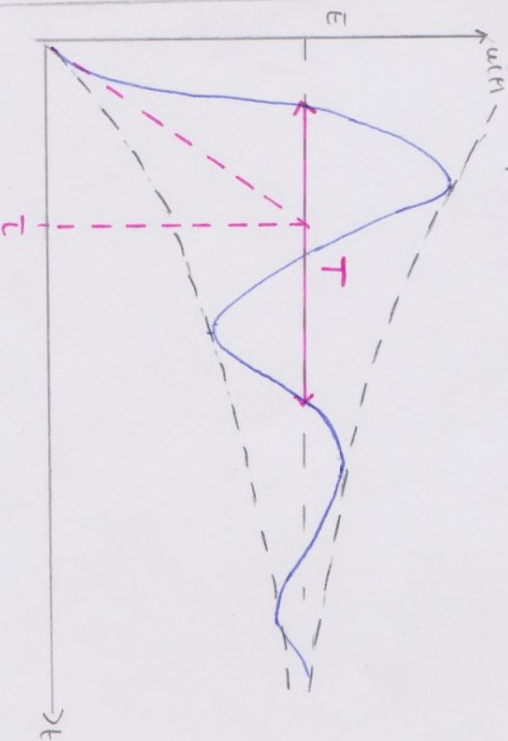


$$\Delta < 0 : Q > 1/2$$

$$r_{1,2} = -\frac{\omega_0}{2Q} \pm j\omega_0 \sqrt{1 - \frac{1}{4Q^2}} = -\frac{1}{\tau} \pm j\omega$$

$$u(t) = e^{-t/\tau} (A \cos(\omega t) + B \sin(\omega t))$$

Régime pseudo-périodique:



T = pseudo période
 τ = temps caractéristique