Colles de Physique
Régimes transitoires du premier et second ordre

Jeremy Luccioni

Programme

— **P7 :** Circuits du premier ordre

— **P8 :** Oscillateurs amortis (électriques ET mécaniques)

Liste des questions de cours

Question 1 : Donner la relation entre l'intensité et la tension pour un condensateur ou une bobine. Citer des ordres de grandeur pour C ou L.

Question 2 : Indiquer les dipôles équivalents à un condensateur ou une bobine en régime stationnaire.

Question 3 : Donner l'expression de l'énergie stockée dans un condensateur ou une bobine. Justifier à l'aide de la puissance reçue.

Question 4 : Interpréter la continuité de la tension aux bornes d'un condensateur ou de l'intensité du courant traversant une bobine.

Question 5 : Établir l'équation différentielle gouvernant la charge ou la décharge d'un condensateur à travers une résistance. La résoudre en identifiant la constante de temps et tracer le graphe associé.

Question 6 : Réaliser le bilan énergétique de la charge du condensateur.

Question 7 : Décrire l'analogie entre le système masse-ressort amorti et le circuit RLC série.

Question 8 : Écrire l'équation différentielle d'un oscillateur amorti sous forme canonique.

Question 9 : Décrire la nature de la réponse d'un oscillateur amorti en fonction de la valeur du facteur de qualité.

Planche 1

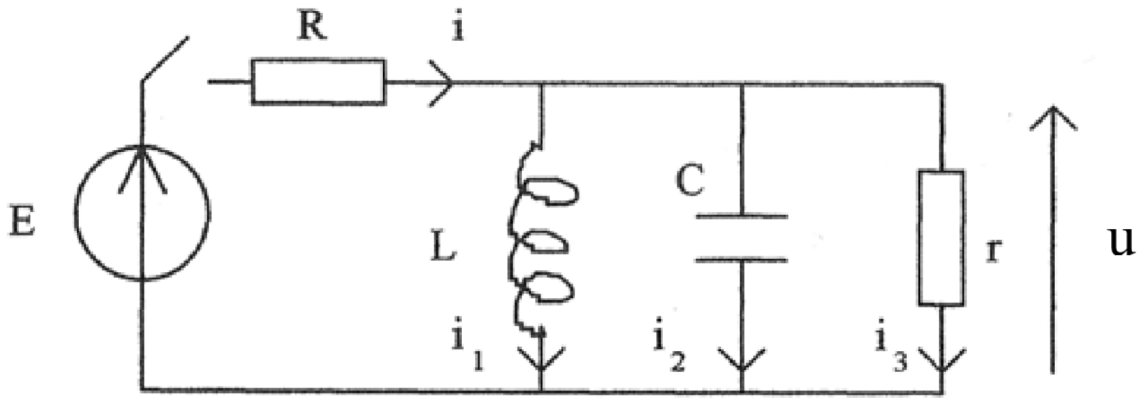
Questions de cours

Question 1 : Donner la relation entre l'intensité et la tension pour un condensateur ou une bobine. Citer des ordres de grandeur pour C ou L.

Question 2 : Écrire l'équation différentielle d'un oscillateur amorti sous forme canonique.

Exercice : Circuit RLC parallèle

Au départ, le condensateur, de capacité C, est déchargé et tous les courants sont nuls. On ferme l'interrupteur en $t = 0$.



1. Déterminer u, i_1, i_2, i_3 juste après la fermeture de l'interrupteur et au bout d'un temps très grand. On présentera les résultats sous forme d'un tableau.

2.a. Établir l'équation différentielle vérifiée par $i_3(t)$.

b. L'écrire sous forme canonique et calculer la pulsation propre ω_0 et le facteur de qualité Q.

Données : $R = 2{,}5$ kΩ ; $r = 1{,}25$ kΩ ; $C = 1{,}0$ μF ; $L = 20$ mH ; $E = 6$ V.

c. Montrer que la solution de l'équation différentielle correspond à un régime pseudopériodique.

3.a. Calculer la pseudo-pulsation Ω et le temps caractéristique d'amortissement τ.

b. Déterminer l'expression de $u(t)$.

4. Calculer le temps t_0 au bout duquel u atteint son premier maximum. En déduire la valeur maximale de u.

Planche 2

Questions de cours

Question 1 : Donner l'expression de l'énergie stockée dans un condensateur ou une bobine. Justifier à l'aide de la puissance reçue.

Question 2 : Décrire la nature de la réponse d'un oscillateur amorti en fonction de la valeur du facteur de qualité.

Exercice (RP) : Exploitation d'une courbe

Le graphe ci-contre représente l'évolution au cours du temps de la tension aux bornes d'un condensateur d'un circuit RLC série comportant une résistance $R = 20\ \Omega$. Déterminer les valeurs de L et C.

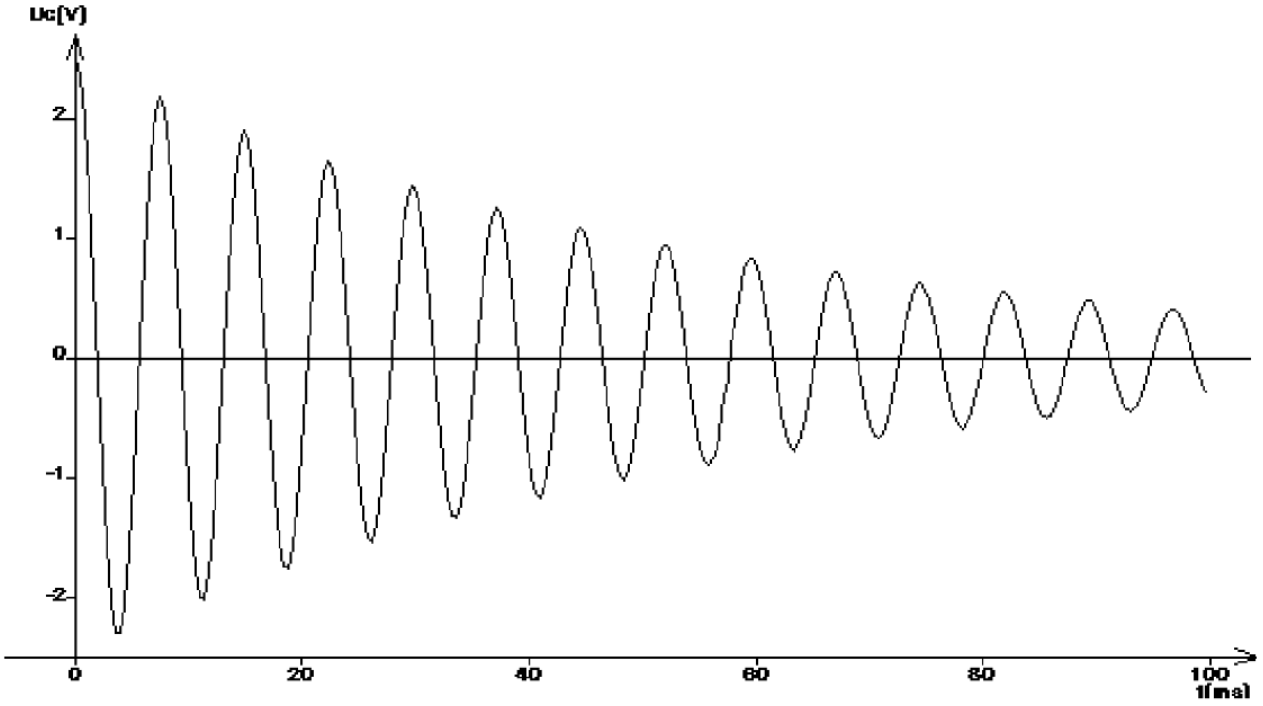


Planche 3

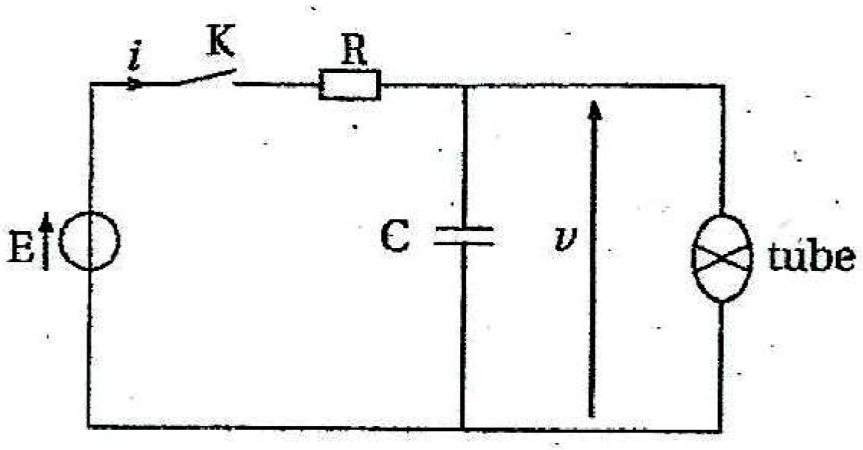
Questions de cours

Question 1 : Établir l'équation différentielle gouvernant la charge ou la décharge d'un condensateur à travers une résistance. La résoudre en identifiant la constante de temps et tracer le graphe associé.

Question 2 : Interpréter la continuité de la tension aux bornes d'un condensateur ou de l'intensité du courant traversant une bobine.

Problème : Étude d'une balise de phare

La passe des ports est signalée la nuit par une balise lumineuse de schéma électrique :



La source de lumière est constituée d'un tube à décharge. La décharge électrique qui se produit entre les électrodes du tube est caractérisée par une tension d'allumage U_a et une tension d'extinction U_{ex}. Lorsque le tube fonctionne c'est-à-dire quand la tension à ses bornes prend une valeur qui devient supérieure à U_a il se comporte comme un résistor de résistance $r \ll R$. Lorsqu'il est éteint c'est-à-dire quand la tension à ses bornes prend une valeur qui devient inférieure à U_{ex} il se comporte comme un résistor de résistance infinie. On suppose que $E > U_a > U_{ex}$ et on pose $\tau = RC$ ainsi que $\tau' = rC$.

À l'instant initial $t = 0$, le condensateur n'est pas chargé et on ferme l'interrupteur K.

a) Déterminer le comportement du tube à l'instant initial. En déduire le schéma équivalent du circuit et la loi donnant $v(t)$.

b) Déterminer l'instant t_a où s'amorce la décharge.

c) Établir l'équation différentielle à laquelle satisfait $v(t)$ à partir de cet instant. On utilisera la condition $R \gg r$ pour la simplifier. En déduire l'expression de $v(t)$.

d) Déterminer l'instant t_{ex} où se produit l'extinction du tube.

e) En déduire la durée T_1 de l'éclair produit dans le tube.

f) Déterminer l'expression du temps T_2 qui s'écoule entre l'extinction et l'allumage suivant en fonction de r, E, U_{ex} et U_a.

g) En déduire la période T des éclairs produits par ce dispositif.

h) Donner les valeurs numériques de T_1, T_2 et T sachant que $C = 1{,}0$ pF, $r = 1{,}0\ \Omega$, $R = 2{,}0$ MΩ, $E = 120$ V, $U_a = 90$ V et $U_{ex} = 70$ V. Que peut-on en conclure ?

Planche Bonus

Exercice 1 : Bus sur un dos d'âne

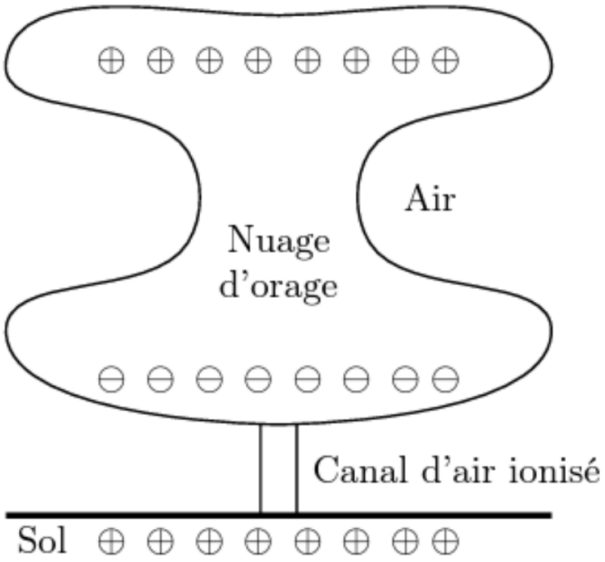
Un bus vide de masse M égale à 5,0 tonnes passe au-dessus d'un dos d'âne. Il oscille alors verticalement à la fréquence $f_0 = 1{,}0$ Hz. Au retour, le bus est rempli d'une cinquantaine de passagers de masse moyenne $m = 60$ kg.

Quelle sera la fréquence f_1 des oscillations après le dos d'âne ?

Exercice 2 (RP) : La foudre

Les nuages d'orage sont des cumulonimbus aussi appelés familièrement gros nuages, ils présentent une forme d'enclume ou de haute tour. Ils sont composés à la fois d'eau et de glace. Lors des orages, le cumulonimbus est fortement chargé électriquement. Globalement, le sommet du nuage est chargé positivement alors que sa base possède une charge négative. La partie du nuage qui se trouve en regard de la Terre étant chargée négativement, le sol se charge positivement par influence. Par temps d'orage, on peut comparer le système {base du nuage-sol} à un gigantesque condensateur constitué par de l'air placé entre le bas du nuage et le sol.

L'isolant entre les deux armatures est l'air ; dans certaines conditions, il devient localement conducteur. Il s'établit alors un canal ionisé entre le sol et le nuage dans lequel une ou plusieurs décharges se produisent. Ces décharges constituent la foudre proprement dite. L'éclair est le phénomène lumineux qui accompagne la foudre lors de la décharge. Les gaz, sur le trajet de la décharge électrique sont surchauffés et ionisés, ils émettent alors de la lumière. Le tonnerre est un son produit par l'expansion brutale de la fine colonne d'air qui a été chauffée très rapidement par la foudre au cours d'un orage.



Estimer la durée d'un éclair.

Données :

La foudre se déplace à une vitesse considérable et correspond à une tension maximale de l'ordre de 100 millions de volts et à une intensité maximale d'environ 30 kiloampères. La décharge est considérée comme complète lorsque la tension a diminué de 99 %. L'énergie électrique mise en jeu lors de la décharge vaut 50 MJ.