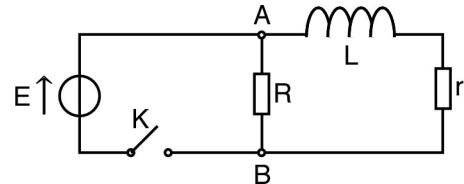


RÉGIMES TRANSITOIRES - CIRCUITS RL ET RC - exercices

A. EXERCICES DE BASE

I. Établissement et rupture d'un courant

1. • On considère le circuit ci-contre.
• À l'instant $t = 0$ on ferme l'interrupteur K ; déterminer les courants i_1 dans la résistance R , et i_2 dans la bobine d'inductance L et de résistance r .



2. • Au bout d'un temps très long, on ouvre l'interrupteur K . Calculer le courant circulant dans la bobine, ainsi que la tension u_{AB} ; montrer que pendant un intervalle de temps assez bref, u_{AB} peut dans certaines conditions être très supérieure à E .

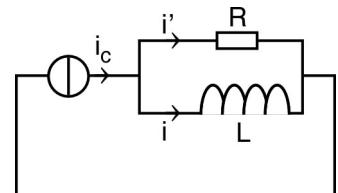
II. Associations d'inductances ou de capacités

1. • Justifier que les inductances s'ajoutent en série.
2. • Justifier que les capacités s'ajoutent en parallèle.

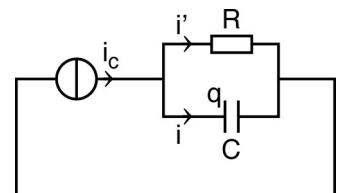
III. Réponse à un échelon de courant

- On considère un générateur de courant parfait, de courant "de court-circuit" : $i_c(t) = 0$ pour $t < 0$ puis $i_c(t) = I$ pour $t \geq 0$ (échelon de courant).

1. • On branche le générateur en série avec un montage "RL" parallèle (la résistance de la bobine est supposée négligeable : inductance parfaite).
a) Quelle est la relation entre i , i' et i_c ?
b) Écrire l'équation différentielle régissant l'évolution de $i(t)$. Sans aucun calcul, indiquer quelle est "normalement" la valeur de i pour $t = 0$?
c) Exprimer $i(t)$ et $i'(t)$ pour $t < 0$ et pour $t \geq 0$. Quelle est la constante de temps τ qui apparaît ?
d) Tracer l'allure des graphes représentant $i(t)$ et $i'(t)$.



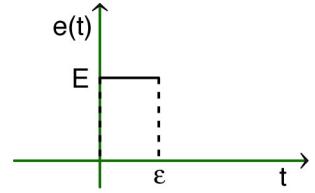
2. • On branche ce générateur en série avec un montage "RC" parallèle.
a) Quelle est la relation entre i , i' et i_c ? Quelle est la relation entre q , C , R et i' ? Quelle est la relation entre i et q ?
b) Écrire l'équation différentielle régissant l'évolution de $q(t)$. Sans aucun calcul, indiquer quelle est "normalement" la valeur de q pour $t = 0$?
c) Exprimer $q(t)$, $i(t)$ et $i'(t)$ pour $t < 0$ et pour $t \geq 0$. Quelle est la constante de temps τ qui apparaît ?
d) Tracer l'allure des graphes représentant $q(t)$, $i(t)$ et $i'(t)$.



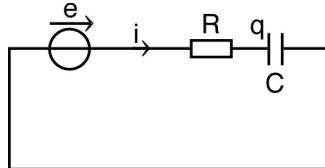
IV. Réponse à une “impulsion” de tension

• Une “impulsion” de tension correspond au signal généré par une source de tension parfaite de f.e.m. : $e(t) = 0$ pour $t < 0$; puis $e(t) = E$ (constant) pour $0 \leq t \leq \varepsilon$; puis $e(t) = 0$ pour $t > \varepsilon$.

• La durée ε est très inférieure aux constantes de temps des circuits étudiés, mais nettement supérieure aux durées caractéristiques de l'ARQS.



1. • On branche un générateur d'impulsion de tension en série avec un montage “RC” série :

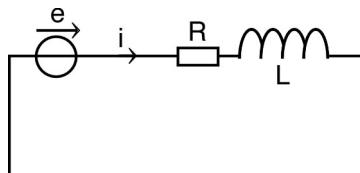


a) Quelle est la condition sur ε , R et C pour qu'on puisse considérer le signal $e(t)$ comme une impulsion de tension ?

b) Exprimer $i(t)$ et $q(t)$ pour $t < 0$, $0 \leq t \leq \varepsilon$ et $t > \varepsilon$. Tracer l'allure des graphes correspondants.

c) Montrer que, si $e(t)$ peut être considéré comme une impulsion de tension, alors $i(t)$ et $q(t)$ ne dépendent que du produit $E \varepsilon$.

2. • On branche le générateur en série avec un montage “RL” série (la résistance de la bobine est supposée négligeable : inductance parfaite) :



a) Quelle est la condition sur ε , R et L pour qu'on puisse considérer le signal $e(t)$ comme une impulsion de tension ?

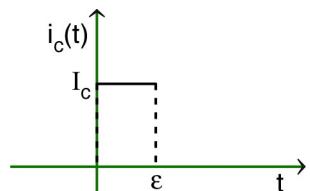
b) Exprimer $i(t)$ pour $t < 0$, $0 \leq t \leq \varepsilon$ et $t > \varepsilon$. Tracer l'allure du graphe correspondant.

c) Montrer que, si $e(t)$ peut être considéré comme une impulsion de tension, alors $i(t)$ ne dépend que du produit $E \varepsilon$.

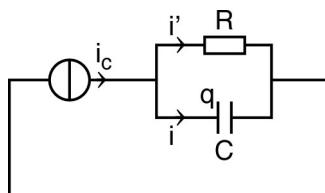
V. Réponse à une “impulsion” de courant

• Une “impulsion” de courant est le signal généré par une source de courant parfaite dont le courant “de court-circuit” est : $i_c(t) = 0$ pour $t < 0$; puis $i_c(t) = I_c$ (constant) pour $0 \leq t \leq \varepsilon$; puis $i_c(t) = 0$ pour $t > \varepsilon$.

• La durée ε est très inférieure aux constantes de temps des circuits étudiés, mais nettement supérieure aux durées caractéristiques de l'ARQS.



1. • On branche un générateur d'impulsion de courant en série avec un montage “RC” parallèle :

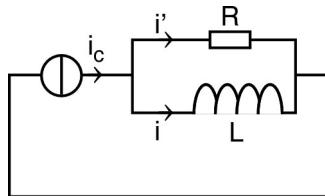


a) Quelle est la condition sur ε , R et C pour qu'on puisse considérer le signal $i_c(t)$ comme une impulsion de courant ?

b) Exprimer $i(t)$ et $q(t)$ pour $t < 0$, $0 \leq t \leq \varepsilon$ et $t > \varepsilon$. Tracer l'allure des graphes correspondants.

c) Montrer que, si $i_c(t)$ peut être considéré comme une impulsion de courant, alors $i(t)$ et $q(t)$ ne dépendent que du produit $I_c \varepsilon$. Quelle est l'interprétation physique de ce produit ?

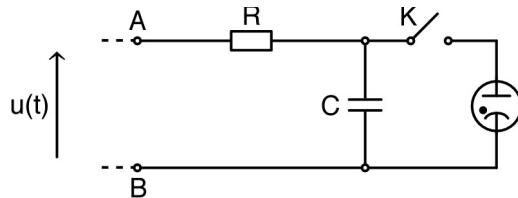
2. • On branche le générateur en série avec un montage "RL" parallèle (la résistance de la bobine est supposée négligeable : inductance parfaite) :



- a) Quelle est la condition sur ε , R et L pour qu'on puisse considérer le signal $i_c(t)$ comme une impulsion de courant ?
b) Exprimer $i(t)$ et $i'(t)$ pour $t < 0$, $0 \leq t \leq \varepsilon$ et $t > \varepsilon$. Tracer l'allure des graphes correspondants.
c) Montrer que, si $i_c(t)$ peut être considéré comme une impulsion de courant, alors $i(t)$ et $i'(t)$ ne dépendent que du produit $I_c \varepsilon$.
d) Reprendre les calculs en attribuant à la bobine une résistance r (en série avec L)
e) Que deviennent les résultats dans la limite $R \rightarrow \infty$ (si on débranche R) ?

VI. Oscillations de relaxation d'un tube à gaz

• On applique entre les bornes A et B du montage suivant une tension échelon, $u(t) = 0$ pour $t < 0$ et $u(t) = E$ pour $t \geq 0$:



• Un interrupteur K permet de brancher un tube à gaz (par exemple une lampe au néon) en dérivation aux bornes du condensateur. Ce tube se comporte comme une résistance infinie tant que la tension entre ses bornes est inférieure à une valeur V_0 (telle que $V_0 < E$) ; il se comporte comme une résistance nulle dès que la tension atteint V_0 . Ceci a pour effet de décharger "instantanément" le condensateur en produisant dans le tube un éclair très bref.

1. • L'interrupteur K est ouvert ; déterminer pour $t \geq 0$ la tension $v(t)$ entre les bornes du condensateur (on pose : $\tau = R C$).

2. • L'interrupteur K est fermé ; montrer que la tension $v(t)$ subit des oscillations. Décrire l'allure de la variation de $v(t)$ et calculer la fréquence f des oscillations.

Données : $R = 1000 \Omega$; $C = 1,0 \mu\text{F}$; $E = 24 \text{ V}$; $V_0 = 5,0 \text{ V}$.

B. EXERCICE D'APPROFONDISSEMENT

VII. Bilan énergétique d'un régime transitoire

• On considère un condensateur plan, de capacité C , dont chaque armature a une surface S ; la distance e entre les armatures est réglable, elle est initialement $e = e_1$. Ce condensateur est placé en série dans un circuit avec un générateur de f.e.m. E (et de résistance interne négligeable) et une résistance R .

1. • Montrer que la capacité d'un condensateur plan peut s'écrire : $C = \frac{\varepsilon_0 S}{e}$.

2. • Calculer les travaux mécaniques respectifs (W_{ma} et W_{mb}) fournis par un opérateur qui fait passer la distance e de la valeur e_1 à $e_2 > e_1$:
- en opérant très lentement (quasi-réversible) ;
 - en opérant très rapidement.
3. • Calculer la charge qui traverse le circuit entre l'état d'équilibre initial et l'état d'équilibre final. En déduire le travail W_G fourni par le générateur.
4. • Montrer que, pour la transformation très lente, la quantité de chaleur dissipée par effet Joule est arbitrairement très petite. Pour la transformation rapide, calculer $i(t)$ et déterminer l'énergie W_J dissipée par effet Joule.
5. • Faire un bilan énergétique pour chacune des deux transformations.