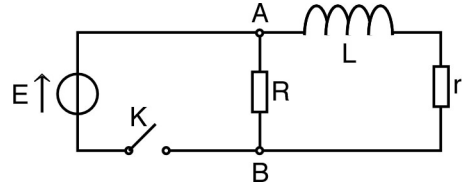


## RÉGIMES TRANSITOIRES - CIRCUITS RL ET RC - exercices

### A. EXERCICES DE BASE

#### I. Établissement et rupture d'un courant

- 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  $r$ .



- 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  $E$ .

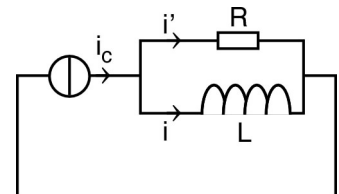
#### II. Associations d'inductances ou de capacités

- Justifier que les inductances s'ajoutent en série.
- Justifier que les capacités s'ajoutent en parallèle.

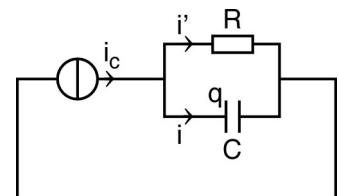
#### III. Réponse à un échelon de courant

- 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).

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



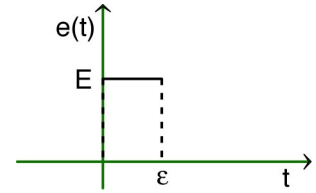
- On branche ce générateur en série avec un montage "RC" parallèle.
  - Quelle est la relation entre  $i$ ,  $i'$  et  $i_c$  ? Quelle est la relation entre  $q$ ,  $C$ ,  $R$  et  $i'$  ? Quelle est la relation entre  $i$  et  $q$  ?
  - Écrire l'équation différentielle régissant l'évolution de  $q(t)$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



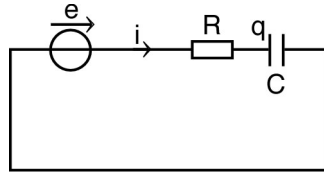
#### IV. Réponse à une “impulsion” de tension

• 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  $\varepsilon$  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 :

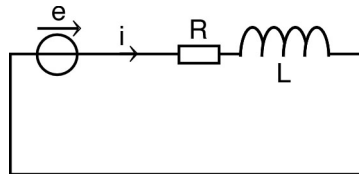


a) Quelle est la condition sur  $\varepsilon$ ,  $R$  et  $C$  pour qu'on puisse considérer le signal  $e(t)$  comme une impulsion de tension ?

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  $\varepsilon$ ,  $R$  et  $L$  pour qu'on puisse considérer le signal  $e(t)$  comme une impulsion de tension ?

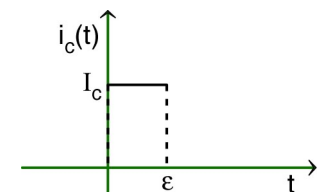
b) Exprimer  $i(t)$  pour  $t < 0$ ,  $0 \leq t \leq \varepsilon$  et  $t > \varepsilon$ . Tracer l'allure du graphe correspondant.

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

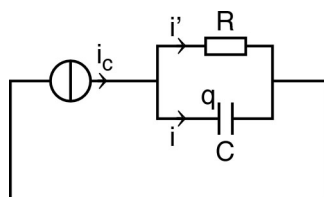
#### V. Réponse à une “impulsion” de courant

• 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  $\varepsilon$  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 :

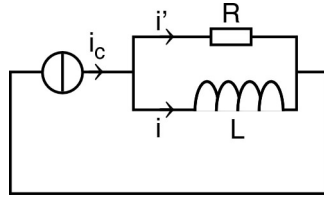


a) Quelle est la condition sur  $\varepsilon$ ,  $R$  et  $C$  pour qu'on puisse considérer le signal  $i_c(t)$  comme une impulsion de courant ?

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  $\varepsilon$ ,  $R$  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.

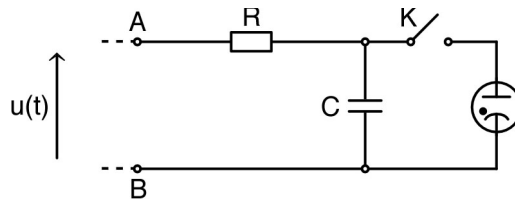
c) Montrer que, si  $i_c(t)$  peut être considéré comme une impulsion de courant, alors  $i(t)$  et  $i'(t)$  ne dépendent que du produit  $I_c \varepsilon$ .

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 :  $\tau = RC$ ).

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  $e_2 > e_1$  :
  - a) en opérant très lentement (quasi-réversible) ;
  - b) 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.