# Transitoires du premier ordre

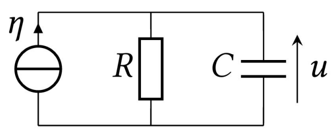
**Conseils - Méthode**

La résolution des exercices classiques nécessite toujours la même méthode, à appliquer avec rigueur (ne pas se précipiter !) :
① Établir l'équation différentielle ( théorèmes d'électrocinétique : loi des mailles, diviseurs, etc...)
② Trouver la condition initiale, souvent plus facile en refaisant un schéma avec les dipôles équivalents à l'instant initial.
③ Résoudre l'équation différentielle (4 étapes, dans l'ordre !)
Et, en plus, même si ce n'est pas demandé, on peut vérifier ses résultats (très apprécié de l'examinateur ! !) :
④ Tracer la solution obtenue
⑤ Trouver sur le schéma équivalent (dipôles en régime permanent) ce que doit être la solution à $t \to +\infty$, vérifier que cela correspond avec la solution tracée

## 1 Circuit RC soumis à un échelon de courant

La source idéale de courant du circuit ci-contre impose un échelon,

$$\eta(t) = \begin{cases} 0 & \text{si } t < 0 \\ I_0 & \text{si } t > 0 \end{cases}$$

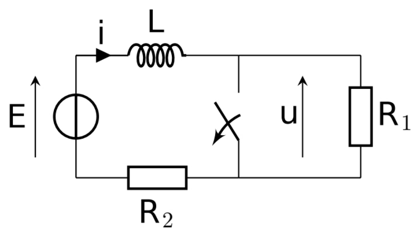



Établir et résoudre l'équation différentielle vérifiée par la tension $u$ pour $t > 0$.

**Rép :** $\frac{du}{dt} + \frac{u}{RC} = \frac{I_0}{C}; u = RI_0(1 - e^{-t/RC})$

## 2 Surtension à l'ouverture d'un circuit inductif

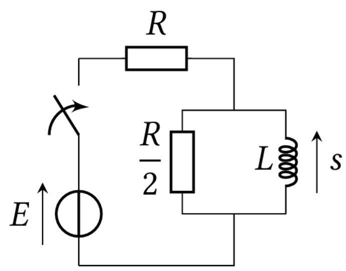
L'objectif de cet exercice est d'étudier la surtension qui apparaît aux bornes de l'interrupteur lorsqu'on ouvre un circuit inductif. Ce phénomène est par exemple utilisé pour amorcer l'éclairage des néons au plafond du lycée.
On considère donc le circuit ci-contre, qui comporte une bobine. L'interrupteur sera d'abord considéré fermé, puis brusquement ouvert.
On prendra $R_2 = 50R_1$.
Dans un premier temps, on considère que l'interrupteur est fermé depuis longtemps, si bien que le régime permanent est atteint.




1 - Que vaut l'intensité du courant dans la bobine ? Et la tension $u$ ?
Dans un second temps on ouvre l'interrupteur. On définit l'instant $t = 0$ comme celui où l'interrupteur est brusquement ouvert.
2 - Déterminer, sans résoudre d'équation différentielle, la valeur de l'intensité qui traverse la bobine une fois le régime permanent atteint. On notera $i_\infty$ cette valeur. En déduire la valeur $u_\infty$ de $u$ au bout d'un temps long.
3 - Que vaut la valeur de $i$ à $t = 0^+$, juste après l'ouverture de l'interrupteur ? On la notera $i(0^+)$.
En déduire la valeur $u(0^+)$de la tension aux bornes de l'interrupteur juste après l'ouverture de l'interrupteur. Commentaires ?
4 - Vers quoi tend cette valeur si la résistance $R_1$ est absente ? Justifier alors que l'on observe une étincelle à l'ouverture du circuit.
On étudie maintenant le régime transitoire qui suit l'ouverture de l'interrupteur.
5 - Montrer que $i(t) = \frac{E}{R_1+R_2}\left(1 + \frac{R_1}{R_2}\mathrm{e}^{-t/\tau}\right)$ avec $\tau = \frac{L}{R_1+R_2}$. En déduire l'expression de $u(t)$, et tracer l'allure de $u(t)$ sur un graphique.

**Rép :** $i = \frac{E}{R_2}, u = 0; i_\infty = \frac{E}{R_1+R_2}; u_\infty = \frac{R_1E}{R_1+R_2}; i(0^+) = \frac{E}{R_2}, u(0^+) = \frac{R_1E}{R_2}; \frac{di}{dt} + \frac{L}{R_1+R_2}i = \frac{E}{L}; u(t) = \frac{R_1E}{R_1+R_2}\left(1 + \frac{R_1}{R_2}e^{-t/\tau}\right)$

## 3 Circuit RL à deux mailles - Oral Mines Telecom

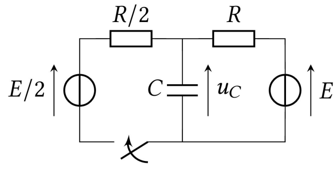



L'interrupteur est fermé à l'instant $t = 0$. Étudier l'évolution de $s(t)$ et tracer sa courbe.

**Rép :** $s(t) = \frac{E}{3}e^{-t/\tau}; \tau = \frac{3L}{R}$

## 4 Condensateur alimenté par deux générateurs - Oral CCP

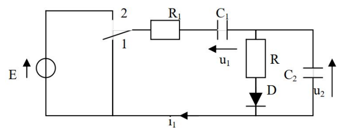
Dans le montage ci-contre, l'interrupteur est fermé à l'instant $t = 0$.
1 - Établir l'équation différentielle vérifiée par $u_C$.
2 - Résoudre cette équation et représenter la courbe de la solution.
3 - Déterminer le temps $t_1$ nécessaire pour que la valeur finale soit atteinte à 1% près.
4 - Exprimer la puissance dissipée. Interpréter sa valeur finale.




**Rép :** $\frac{du_C}{dt} + 3\frac{u_C}{RC} = \frac{2E}{RC}; \tau = \frac{RC}{3}; u_C = \frac{E}{3}(e^{-t/\tau} + 2); t_1 = 3,9\tau; P_{tot} = \frac{E^2}{9R}(3e^{-2t/\tau} - 4e^{-t/\tau} + \frac{3}{2})$

# 5 Conditions initiales - Etat d'équilibre

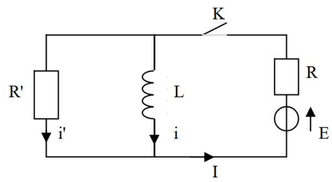
(exo dur, et pas fondamental... pour les meilleurs)
La diode D est parfaite, et, initialement, les condensateurs sont déchargés, et tous les courants sont nuls.
1 - A l'instant t = 0, le commutateur bascule de la position 1 à la position 2. Calculer la valeur initiale du courant $i_1$, aussitôt après le basculement. Déterminer les tensions $u_1$ et $u_2$ aux bornes des condensateurs lorsque le régime permanent est atteint.
2 - Le régime permanent étant atteint, l'inverseur revient en position 1. Répondre aux mêmes questions.




**Rép :** 1 : $i_1(0^+) = \frac{E}{R_1}; u_{1\infty} = E; u_{2\infty} = 0$; 2 : $i_1(0^+) = -\frac{E}{R_1}; u_{1\infty} = u_{2\infty} = \frac{C_1 E}{C_1+C_2}$

# 6 Etablissement du courant dans une bobine

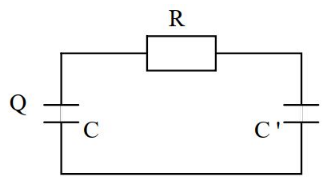
A l'instant t = 0, on ferme K
1 - Donner l'équation différentielle satisfaite par i(t)
2 - Préciser, sans calculs, les valeurs initiales (à t = 0 ) et finales (à t = $\infty$ ) de $i, i', I$. (Représenter pour cela les schémas équivalents à t = 0 et à t = $\infty$ ).
3 - Exprimer i(t), i'(t) et I(t).




**Rép :** $\frac{di}{dt} + \frac{RR'}{(R+R')L} = \frac{ER'}{L(R+R')}; \tau = L\frac{R+R'}{RR'}; i(t) = \frac{E}{R+R'}e^{-t/\tau}; I(t) = \frac{E}{R}(1 - \frac{R'}{R+R'}e^{-t/\tau}); i'(t) = \frac{E}{R+R'}e^{-t/\tau}$

# 7 Bilan d'énergie

On relie à $t = 0$ deux condensateurs par une résistance R de capacités C et C$'$ ; leurs charges initiales , portées par les armatures supérieures, sont respectivement $q(t=0) = Q$ et $q'(t=0) = 0$ :
1 - Compléter le schéma à un instant $t$ avec les flèches de tensions correpondantes
2 - Justifier que $q(t) + q'(t) = Q, \forall t$
3 - Déterminer alors l'expression de $q(t)$
4 - Préciser l'état d'équilibre du système. Était-cece prévisible ?
5 - Faire un bilan énergétique : on comparera les énergies stockées dans les condensateurs au début et à la fin, et l'énergie dissipée par effet joule dans la résistance.




**Rép :** $q(t) = \frac{Q}{C+C'}(C'e^{-t\tau} + C); \mathcal{E}_R = \frac{Q^2C'}{2C(C+C')}$