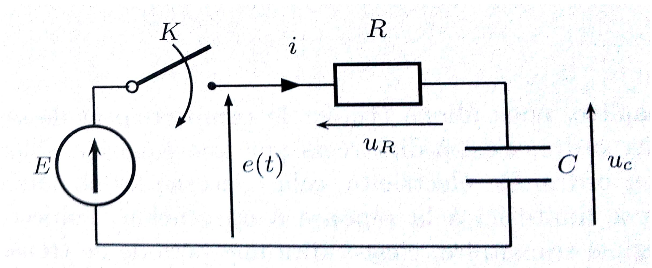
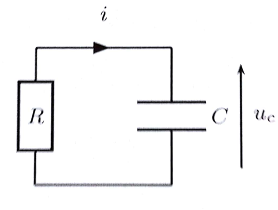
Électronique 2 - TD
Circuits linéaires du premier ordre

1 Questions de cours

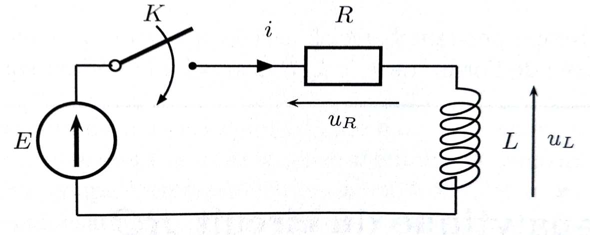
1. Quelle est la grandeur électrique continue dans une branche contenant une bobine ? Pourquoi ?
2. Quelle est la grandeur électrique continue dans une branche contenant un condensateur ? Pourquoi ?
3. Définir un échelon de tension.
4. Définir la fonction de Heaviside.
5. Définir régime transitoire et régime permanent.
6. On considère le circuit RC représenté ci-dessous. A $t = 0$, on ferme l'interrupteur, le condensateur étant initialement déchargé. Trouver l'expression de $u_c(t)$, puis de $i(t)$. On introduira un temps caractéristique τ que l'on définira.



7. Représenter le graphique $u_c = f(t)$. Comment peut-on déterminer graphiquement le temps caractéristique τ ?
8. Au bout de combien de temps pourra-t-on considérer le régime permanent atteint ? Démontrez le.
9. Écrire le bilan de puissance du circuit. Déterminer l'expression de l'énergie fournie par le générateur pendant la charge du condensateur. Même question pour l'énergie dissipée dans la résistance et stockée dans le condensateur.
10. On considère maintenant un circuit RC en régime libre, comme présenté ci-dessous, tel que $u_c(0) = E$. Définir ce qu'est un régime libre.



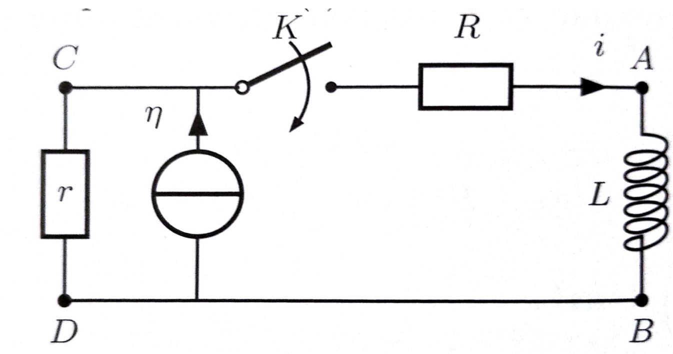
11. Trouver l'expression de $u_c(t)$ et la représenter graphiquement.
12. Effectuer un bilan de puissance. Le condensateur se comporte-t-il comme un générateur ou un récepteur ?
13. On considère maintenant un circuit RL tel que présenté ci-dessous. A $t = 0$, on ferme l'interrupteur K. Établir l'expression de l'intensité dans le circuit et de la tension aux bornes de la bobine. Effectuer un bilan de puissance.



2 Applications directes du cours

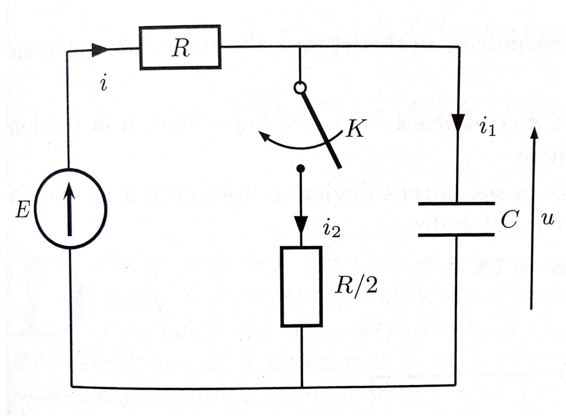
2.1 Bobine et source de courant

On considère le circuit ci-dessous. À $t = 0$, on ferme l'interrupteur. Établir l'équation différentielle satisfaite par $i(t)$, intensité du courant circulant dans la bobine. La résoudre pour déterminer l'expression de $i(t)$.



2.2 Étude d'un circuit en régime transitoire

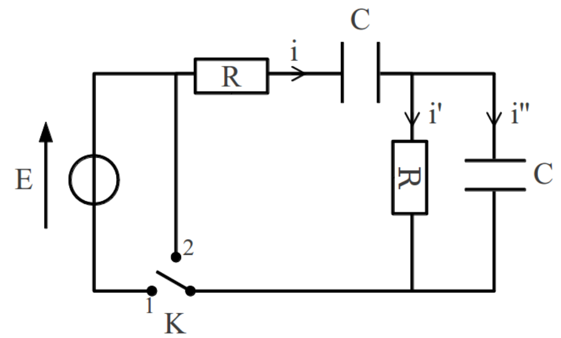
On considère le circuit ci-après. L'interrupteur est ouvert depuis très longtemps. À l'instant $t = 0$, on ferme l'interrupteur.



1. Préciser les valeurs de i, i_1, i_2 et u à l'instant $t = 0^-$, juste avant la fermeture de l'interrupteur.
2. Répondre à la même question à $t = 0^+$, juste après la fermeture de l'interrupteur.
3. Répondre à la même question quand t tend vers l'infini.
4. Montrer, en transformant le réseau, que le circuit est équivalent à un simple circuit RC en charge dont on précisera les caractéristiques.
5. En déduire l'équation différentielle satisfaite par $u(t)$, la résoudre et tracer l'allure de $u(t)$.
6. Donner l'expression de $i_1(t)$, $i_2(t)$ et $i(t)$.

2.3 Conditions initiales

On considère le circuit suivant. Pour $t < 0$, K est en position 2 et les deux condensateurs sont déchargés. A $t = 0$, on bascule K de la position 2 à la position 1.

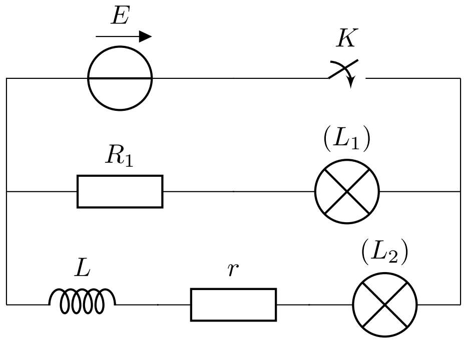


1. Déterminer les intensités des courants i, i', i'' à $t = 0^+$ ainsi que les tensions aux bornes de chaque dipôle. On pourra faire le schéma équivalent du circuit à $t = 0^+$
2. Déterminer les intensités des courants i, i', i'' et les tensions aux bornes de chaque dipôle lorsque le régime permanent est établi. On pourra faire le schéma équivalent du circuit en régime permanent.
3. On bascule de nouveau K en position 2 à $t = T$, où T est un temps suffisamment long pour considérer le régime permanent atteint. Déterminer i, i', i'' et les différentes tensions à $t = T^+$.

3 Exercices

3.1 Retard à l'allumage

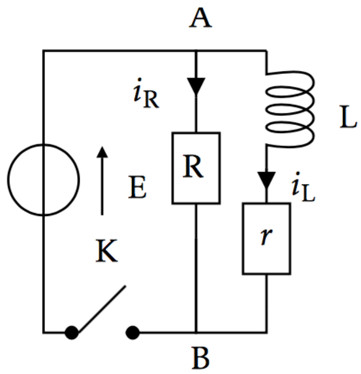
On considère le circuit représenté sur la figure ci-dessous. On considère que la bobine a une résistance $r = 10\ \Omega$ en série avec l'inductance et on modélise les lampes par des résistances de $100\ \Omega$.



1. On note i, i_L et i_R les intensités des courants dans la branche du générateur, dans la branche de la bobine et dans la branche de R_l respectivement. Que vaut i_R ?
2. Lorsqu'on allume le générateur, que peut-on dire sur $i_L(t)$?
3. Déterminer l'équation différentielle satisfaite par $i_L(t)$.
4. Résoudre cette équation et en déduire le courant i_L ainsi que les courants i et i_R en fonction du temps.
5. Pourquoi parle-t-on de « retard à l'allumage » ?

3.2 Étincelle de rupture

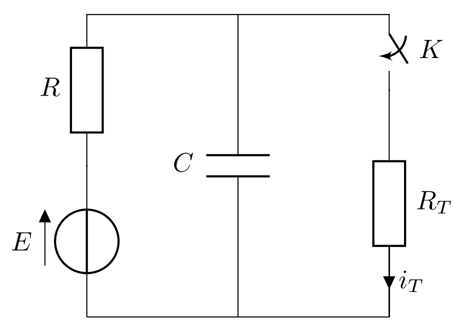
On réalise le circuit de la figure ci-contre dans lequel le générateur a une résistance interne négligeable. Initialement l'interrupteur K est ouvert et aucun courant ne circule dans la bobine.



1. A l'instant $t = 0$, on ferme l'interrupteur K. Déterminer les courants dans la résistance R (noté i_R) et dans la bobine (i_L).
2. Au bout d'un temps très long, on ouvre l'interrupteur K.
   (a) Que signifie ici "long" ?
   (b) Déterminer les évolutions temporelles de l'intensité i_L et de la tension u_{AB}.
   (c) Montrer que pendant un laps de temps assez court cette dernière peut être supérieur à E si les paramètres sont bien choisis.
   (d) Que peut-il se passer alors ?

3.3 Étude d'un flash d'appareil photo

Le fonctionnement d'un flash électronique repose sur la génération d'un éclair dans un tube à décharge. Il s'agit d'un tube de quartz dans lequel on a placé un gaz raréfié, le xénon, entre deux électrodes. Ces deux électrodes sont reliés à un condensateur. On s'intéresse dans cet exercice à la génération de l'éclair du flash. Le gaz du tube à décharge n'est à priori pas conducteur. Cependant, lorsqu'on applique une très haute tension entre les deux électrodes, les atomes de xénon s'ionisent et rendent le tube équivalent à un conducteur de résistance R_T dans lequel le condensateur peut se décharger. On peut alors modéliser le circuit électronique par le circuit équivalent pour expliquer la formation d'un éclair dans le tube. La tension E est une tension continue de 0,30 kV.



1. Le régime permanent étant atteint pour $t < 0$, on ferme l'interrupteur K à l'instant $t = 0$. Déterminer les expressions de $i_T(0+)$ et $i_T(\infty)$ en utilisant la continuité de la tension $u_C(t)$ au borne du condensateur.
2. Déterminer l'équation différentielle vérifiée par $i_T(t)$ pour $t > 0$. On introduira la constante de temps $\tau = \frac{RR_TC}{R+R_T}$.
3. En déduire l'expression complète de $i_T(t)$ pour $t > 0$ en fonction de E, R, R_T t et τ.
4. Tracer l'allure de $i_T(t)$ pour $t < 0$ et $t > 0$ et expliquer la génération d'un éclair lors de la fermeture de l'interrupteur K.
5. Donner l'expression de l'énergie accumulée par le condensateur avant la fermeture de l'interrupteur.
6. On souhaite générer un flash de puissance égale à 4,0 W et d'une durée de 0,10 s. Calculer l'énergie moyenne stockée dans le condensateur.
7. Déterminer un ordre de grandeur de la valeur de la capacité C nécessaire. Commenter.

3.4 Étude d'un tube à décharge

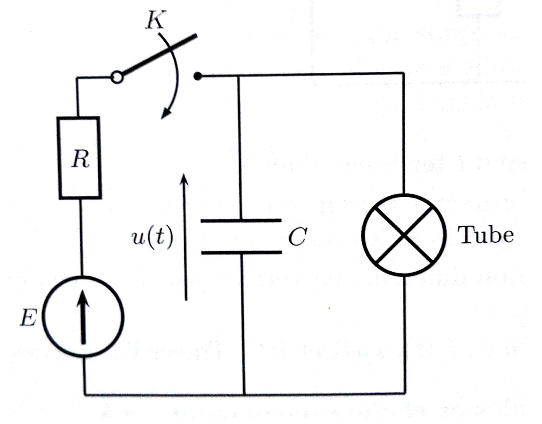
Un tube à décharge (improprement appelé « tube au néon » en français, alors qu'il ne contient pas de néon) est un dipôle dont la résistance varie suivant qu'il est allumé ou éteint. Il est équivalent à :

- Une résistance infinie s'il est éteint ;
- une résistance $r = 500$ kΩ s'il est allumé.

De plus, le passage d'un état à l'autre dépend de l'état antérieur du tube.

- Si le tube est éteint, il faut que la tension à ses bornes devienne supérieure à la tension d'allumage $U_a = 80$ V pour qu'il s'allume ;
- s'il est allumé, il faut que la tension à ses bornes devienne inférieure à la tension d'extinction $U_e = 70$ V pour qu'il puisse s'éteindre.

On représente ci-après le dispositif étudié.



1. Tracer la caractéristique $i = f(u)$ du tube. Pour cela, représenter par deux types de flèches le parcours suivi par la caractéristique lorsqu'on augmente la tension aux bornes du tube de 0 à une valeur supérieure à U_a, puis qu'on la rediminue jusqu'à 0.
2. Pour $t < 0$, le condensateur est déchargé et le tube est éteint. À l'instant $t = 0$, on ferme l'interrupteur. Établir l'équation différentielle satisfaite par la tension $u(t)$ et la résoudre.
3. Donner une condition sur E nécessaire à l'allumage.
4. On suppose la condition précédente vérifiée, déterminer l'instant t_0 pour lequel le tube s'allume.
5. Établir l'équation différentielle vérifiée par u après l'allumage et la résoudre pour $t > t_0$.
6. Déterminer deux conditions sur E, r, R, U_a et U_e nécessaires pour que la lampe puisse s'éteindre.
7. On suppose les conditions précédentes satisfaites, déterminer l'instant t_1 où le tube s'éteint.
8. Montrer que la tension $u(t)$ devient périodique et donner l'expression de la période T en fonction de E, U_a, U_e, R, r et C.
9. Tracer l'allure de la courbe représentative de $u(t)$.
10. Calculer T pour $E = 150$ V, $U_a = 80$ V, $U_e = 70$ V, $R = 1,0$ MΩ, $r = 0,50$ MΩ et $C = 1,0$ μF.