

Les trois parties sont indépendantes. Elles comptent pour environ, dans l'ordre, 40%, 30% et 30% du barème.

Comme d'habitude : soigner les justifications, ne pas oublier d'hypothèses lors de l'application des théorèmes, penser aux unités des A.N.

I Surtension inductive et protection

Lorsque l'on ouvre un circuit inductif il apparaît, aux bornes de l'interrupteur, une surtension importante. Il peut s'en suivre une décharge électrique entre les contacts de l'interrupteur, ce qui crée une étincelle dite "étincelle de rupture".

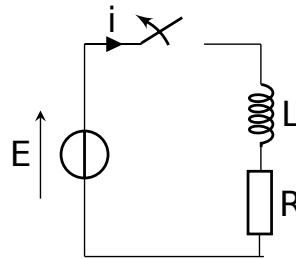
Ce phénomène est par exemple utilisé pour amorcer l'éclairage des néons que vous avez l'habitude de voir tous les jours au plafond du lycée et ailleurs.

C'est également un phénomène qui peut endommager les circuits électroniques lorsque ceux-ci comportent des interrupteurs commandés et des inductances (une bobine, un moteur, ...) en série avec ces interrupteurs.

Cette partie propose d'en étudier certains aspects.

On considère le circuit ci-contre.

On prendra $E = 10.0 \text{ V}$, $L = 1.0 \text{ H}$ et $R = 0.50 \text{ k}\Omega$.



I.1 Justification du modèle pour la source de tension

La source de tension utilisée est un générateur de tension non idéal, qui possède une certaine résistance interne r_s .

1.a – Quel est l'ordre de grandeur de r_s pour un GBF de TP par exemple ?

1.b – Sous quelle condition peut-on négliger cette résistance de sortie ?

I.2 Le phénomène de surtension

L'interrupteur est d'abord fermé, depuis assez longtemps pour que le régime permanent soit atteint. Puis à l'instant initial $t = 0$ on ouvre l'interrupteur.

2.a – Donner en justifiant l'expression puis la valeur numérique du courant $i(0^-)$ juste avant l'ouverture de l'interrupteur.

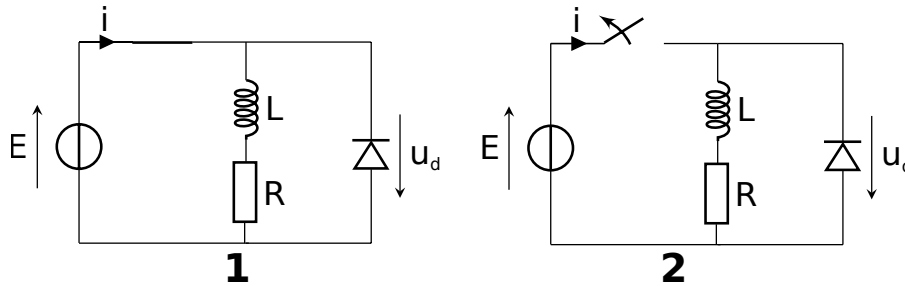
2.b – En prenant en compte le fait que à $t = 0^+$ l'interrupteur est ouvert, que vaut le courant $i(0^+)$?

2.c – D'autre part, que sait-on du courant parcourant une bobine ? Comment ceci justifie-t-il l'observation d'une "étincelle de rupture" ?

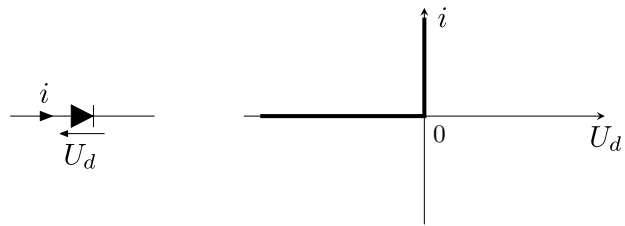
I.3 Protection par une diode de roue libre

Une façon de protéger un circuit inductif des surtensions lors de la coupure du courant est d'utiliser une diode de roue libre. C'est ce qui est proposé ci-dessous. Notons que la bobine peut représenter le bobinage d'un moteur, et que ce dispositif s'applique pour la protection des moteurs électriques.

On considère donc le circuit ci-dessous, où la tension continue E est positive.



On rappelle que dans le modèle idéal, la diode est passante (équivalente à un fil) si $u_d \geq 0$, et qu'elle est bloquée (équivalente à un interrupteur ouvert) si $u_d < 0$.



3 – Justifier que dans la situation 1, la diode est bloquée.

On ouvre ensuite brutalement l'interrupteur pour se placer dans la situation 2.

4.a – Justifier que la diode est passante et donc équivalente à un fil.

4.b – Établir l'équation différentielle suivie par le courant i .

4.c – La résoudre. On notera $i_0 = i(0^+)$, dont on donnera l'expression.

Quel est le temps caractéristique au bout duquel le courant sera quasi-nul ? Faire l'application numérique.

4.d – Rappeler l'expression de l'énergie stockée dans une bobine.

En l'absence de diode de roue libre, comment cette énergie est-elle dissipée ?

Et en présence de la diode de roue libre ?

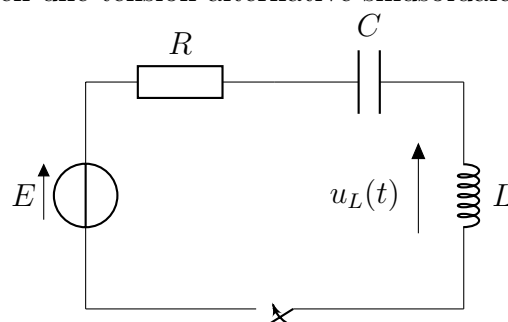
Conclure sur l'utilité de la diode de roue libre.

II Production d'une tension sinusoïdale à partir d'une tension continue

Un appareil photographique est alimenté par une pile de tension $E = 1.5 \text{ V}$. Pour fonctionner, son flash a besoin d'une tension bien plus importante, de l'ordre de 300 V . Celle-ci est obtenue à l'aide d'un transformateur. Ce dernier a besoin pour fonctionner d'une tension alternative. Il faut donc transformer la tension continue E en une tension alternative sinusoïdale.

Pour produire une telle tension, on utilise le montage ci-contre. Le condensateur est initialement déchargé.

On a $C = 25 \text{ nF}$, $L = 36 \text{ mH}$, $E = 1.5 \text{ V}$, et R est la résistance interne de la pile.



On ferme l'interrupteur à l'instant $t = 0$.

5.a – Donner en justifiant la valeur à l'instant $t = 0^+$ du courant i , de la tension aux bornes de la résistance, de la tension u_C aux bornes du condensateur, et de la tension u_L aux bornes de la bobine.

5.b – Montrer que la tension aux bornes de la bobine suit l'équation suivante :

$$\frac{d^2 u_L}{dt^2} + \frac{\omega_0}{Q} \frac{du_L}{dt} + \omega_0^2 u_L = 0, \quad (1)$$

et donner l'expression de ω_0 et de Q en fonction de R , L et C .

5.c – Montrer qu'il va y avoir production d'oscillations seulement si $R < 2\sqrt{\frac{L}{C}}$.

Faire l'application numérique.

On supposera la résistance suffisamment petite pour vérifier ce critère par la suite.

5.d – Tracer l'allure de la tension $u_L(t)$ entre l'instant où l'on ferme l'interrupteur et un instant suffisamment long.

Quel est le paramètre qui donne l'ordre de grandeur du nombre d'oscillations ?

Les solutions de l'équation 1 sont du type $u_L(t) = [A \cos(\omega t) + B \sin(\omega t)]e^{-\beta t}$, avec $\omega = \omega_0 \sqrt{1 - \frac{1}{4Q^2}}$ et $\beta = \frac{\omega_0}{2Q}$. Il y a deux constantes d'intégration A et B , et il faut donc deux conditions initiales pour les déterminer : par exemple une sur $u_L(0^+)$ et une sur $\frac{du_L}{dt}(0^+)$. On a déjà donné la valeur de $u_L(0^+)$.

6 – Montrer que $\frac{du_L}{dt}(0^+) = -\frac{RE}{L}$.

On pourrait ensuite déterminer A et B .

III Filtre ADSL

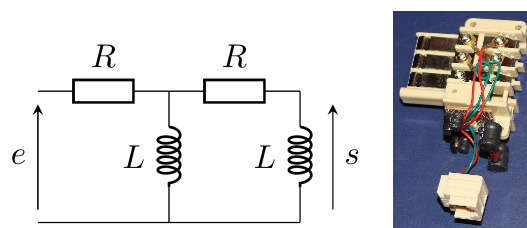
Les lignes téléphoniques transportent à la fois les signaux téléphoniques vocaux (fréquences de 0 à 4 kHz), et les signaux informatiques pour l'ADSL par exemple (fréquences de 25 kHz à 2 MHz).

7 – Quel type de filtre faut-il utiliser pour récupérer seulement les signaux téléphoniques ? Les signaux informatiques ?

Proposer un bon choix de fréquence de coupure f_0 .

Un filtre ADSL sert à répartir les signaux entre le téléphone et la box ADSL. Il peut se décrire par le circuit ci-contre.

L'entrée e est délivrée par la prise téléphonique murale.



8 – Indiquer, en justifiant, de quel type de filtre il s'agit.

La sortie s doit-elle correspondre au signal fourni à la box internet ou au téléphone ?

Afin de trouver l'expression de la fonction de transfert $\underline{H} = \frac{\underline{s}}{\underline{e}}$ on procède en plusieurs étapes. Notons \underline{u} la tension aux bornes de la bobine de gauche. On travaille avec les impédances complexes.

9.a – Donner l'expression de \underline{s} en fonction de \underline{u} , L , R et ω .

9.b – D'autre part, donner l'expression de \underline{u} en fonction de \underline{e} , R , et d'une impédance équivalente \underline{Z} bien choisie.

On donnera l'expression de \underline{Z} , mais on n'injectera pas cette expression dans celle de \underline{u} .

On peut alors montrer en utilisant les deux questions précédentes (mais on ne le fera pas) que la fonction de transfert a l'expression suivante :

$$\underline{H} = \frac{-x^2}{1 + 3jx - x^2}, \quad \text{avec} \quad x = \frac{\omega}{\omega_0} = \frac{L\omega}{R}. \quad (2)$$

10.a – Donner un équivalent de \underline{H} à hautes et basses fréquences.

10.b – Donner l'équation des asymptotes pour le gain en décibel et pour la phase.

10.c – Tracer l'allure du diagramme de Bode en gain et en phase.

11 – Donner l'expression du module de \underline{H} en fonction de ω . Même question pour l'argument de \underline{H} .