Étude des systèmes linéaires
Chapitre 1

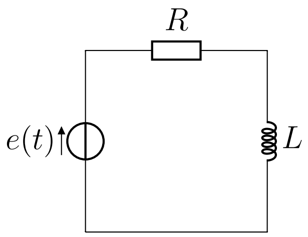
TD – Régime transitoire des systèmes du 1er ordre

Remarque : exercice avec $\star$: exercice particulièrement important, à maîtriser en priorité (de même que les exemples de questions de cours des "ce qu'il faut savoir faire")| [● ○ ○] : difficulté des exercices

I Vrai-faux/questions courtes ★ | [● ○ ○]

1 - En utilisant des lois électriques connues, donner l'unité dans le S.I. des grandeurs RC et L/R.

II Charge du circuit RL série ★ | [● ○ ○]



On considère le circuit ci-contre. La tension d'alimentation $e(t)$ est nulle pour $t < 0$ et égale à $E > 0$ pour $t > 0$. La bobine est initialement déchargée.

1 - Donner la valeur de la tension aux bornes de la bobine, et de l'intensité, lorsque $t < 0$.

2 - Faire de même lorsque $t > 0$ au bout d'un temps très long (donc une fois le régime permanent atteint).

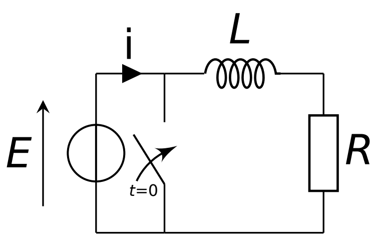
3 - Établir l'équation différentielle portant sur l'intensité traversant la bobine.

4 - Résoudre cette équation. Tracer l'allure de la réponse.

5 - Quel est l'ordre de grandeur de la durée du régime transitoire ? On prendra $L = 0{,}1\,\mathrm{H}$ et $R = 1\,\mathrm{k\Omega}$.

6 - Faire un bilan de puissance : pour cela, écrire la loi des mailles et la multiplier par i ; interpréter alors chacun des termes comme puissance reçue par la bobine, fournie par le générateur, ou dissipée par la résistance.

III Décharge d'une bobine ★ | [● ○ ○]



On considère le circuit ci-contre. Pour $t < 0$ l'interrupteur est ouvert depuis un temps très long. À $t = 0$ on ferme l'interrupteur.

1 - Donner la valeur de la tension aux bornes de la bobine, et de l'intensité, lorsque $t < 0$.

2 - Faire de même lorsque $t > 0$ au bout d'un temps très long (donc une fois le régime permanent atteint).

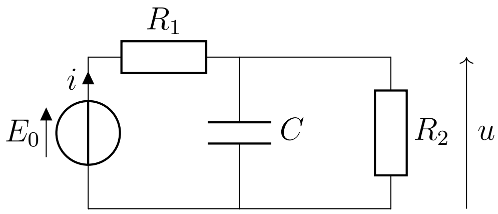
3 - Établir l'équation différentielle portant sur l'intensité traversant la bobine.

4 - Résoudre cette équation. Tracer l'allure de la réponse.

5 - Quel est l'ordre de grandeur de la durée du régime transitoire ? On prendra $L = 0{,}1\,\mathrm{H}$ et $R = 1\,\mathrm{k\Omega}$.

6 - Faire un bilan de puissance pour $t > 0$: pour cela, écrire la loi des mailles et la multiplier par i ; interpréter alors chacun des termes comme puissance reçue ou cédée.

IV Circuits à deux mailles [• • ○]



Établir l'équation différentielle satisfaite par u.

V Bateau à supercondensateur [• • ○]

Résolution de problème

D'après un article déposé sur http://www.supercondensateur.com

"Le premier bateau électrique au monde alimenté à 100% par des supercondensateurs vient d'être baptisé ce mercredi 18 septembre 2013 à Lorient. Ce transbordeur électrique fera la navette entre Lorient et Pen-Mané (Locmiquélic). La capacité des supercondensateurs est suffisante pour un alimenter les deux moteurs de 100 chevaux sur un aller-retour. La recharge des supercondensateurs se fait pendant le chargement et le déchargement des passagers à terre en seulement 4 minutes. Elle se fait à l'aide d'un connecteur à deux broches à une tension de 400 V. Le bateau est équipé de 100 supercondensateurs en parallèle de grande capacité (modules) pour un poids total de 6 tonnes réparti dans les deux coques du catamaran. Celui-ci va pouvoir effectuer chaque jour 28 aller-retours, à raison d'un par demi-heure, pour un trajet de 7 minutes entre Lorient et Locmiquélic, de l'autre côté de la rade."

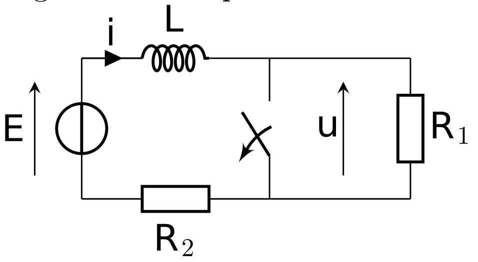
1 - Pour que le bateau puisse assurer son service de transport correctement, comment les ingénieurs ont-ils dû dimensionner les super-condensateurs et la résistance du circuit de charge ?

Données :
– Un cheval vapeur correspond à une puissance de 735 W.
– Les N condensateurs de capacité C montés en parallèle sont équivalents à un seul condensateur de capacité $C_{\text{tot}} = N \times C$.

Remarque : L'intérêt d'un supercondensateur par rapport à une batterie est un temps de recharge beaucoup plus rapide. Il existe maintenant des bus ou des tramway qui fonctionnent ainsi. Voir http://www.supercondensateur.com.

VI Surtension à la fermeture 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 que vous avez l'habitude de voir tous les jours au plafond du lycée et ailleurs.



On considère donc le circuit ci-contre, qui comporte une bobine. L'interrupteur sera d'abord considéré fermé, puis brusquement ouvert. On s'intéressera à la tension u pour voir si notre modélisation prédit quelque chose de remarquable.
On prendra $E = 10\,\mathrm{V}$, $L = 1.0\,\mathrm{H}$, $R_1 = 50\,\mathrm{k\Omega}$, $R_2 = 1.0\,\mathrm{k\Omega}$.

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_∞ cette valeur. En déduire la valeur u_∞ 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 ?

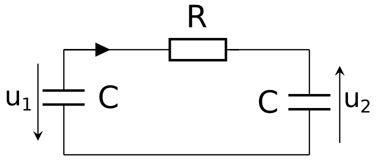
4 - Vers quoi tend cette valeur si la résistance R_1 est absente ? Justifier alors que l'on observe une étincelle à l'ouverture du circuit.

On étudie maintenant le régime transitoire qui suit l'ouverture de l'interrupteur.

5 - Montrer que $i(t) = \dfrac{E}{R_1 + R_2}\left(1 + \dfrac{R_1}{R_2}\mathrm{e}^{-t/\tau}\right)$ avec $\tau = \dfrac{L}{R_1 + R_2}$.

En déduire l'expression de $u(t)$, et tracer l'allure de $u(t)$ sur un graphique.

VII Charge d'un condensateur à partir d'un autre [• • ○]



Pour $t < 0$, le condensateur 1 est chargé (tension U_0) et le condensateur 2 ne l'est pas (tension nulle). À $t = 0$ on ferme le circuit.

1 - Montrer que $\forall\ t$, $u_2(t) = u_1(t) - U_0$.

2 - Établir que l'équation différentielle portant sur u_1 est $\dfrac{\mathrm{d}u_1}{\mathrm{d}t} + \dfrac{u_1}{\tau} = \dfrac{U_0}{2\tau}$ avec τ une constante dont on donnera l'expression.

3 - Vers quelle expression tend $u_1(t)$ aux temps longs ? Et $u_2(t)$?

4 - Faire un bilan d'énergie : que vaut l'énergie initiale stockée dans les condensateurs ? Et l'énergie finale ? Où est partie la différence ? Ce processus de transfert de charge est-il efficace ?