DS1 du 14/9 : Physique-chimie (2h)

Il sera accordé la plus grande importance au soin apporté à la copie ainsi qu'aux consignes suivantes :

- Chaque exercice sera traité sur une copie double séparée.
- Vous laisserez un espace au début de votre devoir pour la correction.
- Chaque réponse devra être formulée à l'aide d'une phrase verbale (sujet - verbe - complément).
- Les formules littérales doivent être $\boxed{\textbf{encadrés}}$ et les applications numériques **soulignées**.
- La calculatrice est **autorisée**, le téléphone interdit.
- Vous veillerez à ne pas mélanger valeur numérique et expression littérale.

Exercice 1 : Alimentation d'une locomotive

Une locomotive électrique est alimentée en courant continu. L'alimentation est réalisée par une station placée en début de ligne. Elle est représentée par un générateur idéal de tension de force électromotrice positive E, qui est reliée aux rails (portés au potentiel nul) et au caténaire (ligne au dessus du train).

La motrice M est branchée entre les rails et la caténaire. On suppose que son moteur est alimenté par un courant constant I, ce qui permet de le représenter par un générateur idéal de courant I.

La caténaire présente une résistance par unité de longueur de valeur ρ, c'est-à-dire qu'une portion de caténaire de longueur L a une résistance de valeur $R = \rho L$. On néglige la résistance des rails.

Données : $\rho = 5 \times 10^{-5}\,\Omega \cdot \mathrm{m}^{-1}$; $E = 1{,}5\,\mathrm{kV}$; $I = 1 \times 10^{3}\,\mathrm{A}$.

1 Système à une seule station

On considère une section de ligne de longueur totale D alimentée par une seule station S_1, représentée par les schémas électrique de la **figure ??**. On note la distance x séparant la motrice de la station.

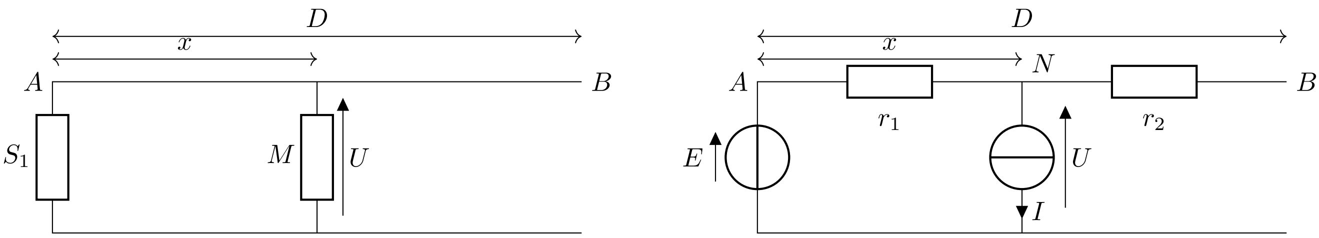


Schéma électrique, le circuit est ouvert en B — Schéma électrique équivalent

Figure 1 - Schémas du système à une seule station.

Q.1 Exprimer la résistance r_1 de la caténaire en fonction de ρ, x.

Q.2 Exprimer la tension U aux bornes de la motrice en fonction de E, des résistances des différentes parties et de I, puis en fonction de E, ρ, x et I.

Q.3 En déduire la chute de tension $\Delta U = E - U$. Déterminer la longueur x_{m} pour laquelle ΔU est maximale ainsi que l'expression de $\Delta U_{\max}$.

Q.4 **Application numérique :** pour assurer le bon fonctionnement de la locomotive, il est nécessaire que la chute de tension ΔU soit toujours inférieure à $\Delta U_1 = 50\,\mathrm{V}$. En déduire la distance maximale $D_{\max 1}$ de la ligne. Commenter.

2 Système à deux stations

Comme au début, la caténaire est constituée d'une seule voie de longueur D, mais elle est maintenant alimentée par deux stations S_1 et S_2 de même force électromotrice E placées à ses extrémités. On note la distance x séparant la motrice de la sous-station S_1.

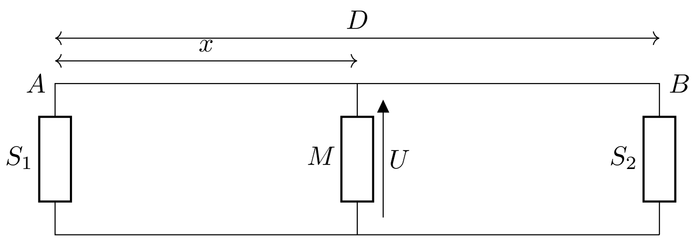


Figure 2 - Schémas électrique à deux stations.

Q.5 Représenter le schéma électrique équivalent (générateurs de courant, générateurs de tension, résistances) et exprimer les résistances r_1 et r_2 en fonction de ρ, x et D.

Q.6 Exprimer le courant i_1 traversant la résistance r_1 en fonction de r_1 et r_2 puis en fonction de D, x et I. Pour cela, on remarquera que les générateurs de tensions sont idéaux, donc sans résistance, et on utilisera un pont diviseur.

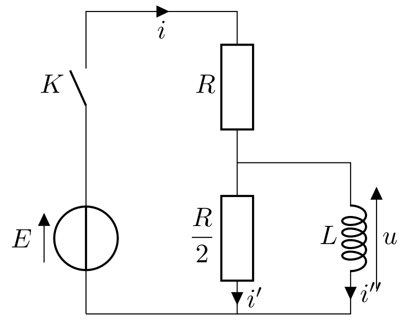
Q.7 En déduire la tension U aux bornes de la motrice en fonction de E, r_1, r_2 et I puis en fonction de E, ρ, x, D et I.

Q.8 En déduire la chute de tension $\Delta U = E - U$. Déterminer longueur x_{m} pour laquelle ΔU est maximale ainsi que l'expression de $\Delta U_{\max}$.

Q.9 **Application numérique :** En déduire la distance maximale $D_{\max 1}$ de la ligne. Comparer au cas précédent.

Exercice 2 : Charge d'une bobine

Dans le circuit représenté ci-dessous le générateur de tension a une force électromotrice constante E. À l'intant $t = 0$, on ferme l'interrupteur K qui était ouvert depuis très longtemps.



Q.1 Donner les valeurs des intensités i, i' et i'' et de la tension u à $t = 0^+$.

Q.2 Que vaut $u(t)$ quand t tend vers l'infini ?

Q.3 Établir l'équation différentielle vérifiée par $u(t)$.

Q.4 En déduire l'expression de $u(t)$ et tracer l'allure de $u(t)$.

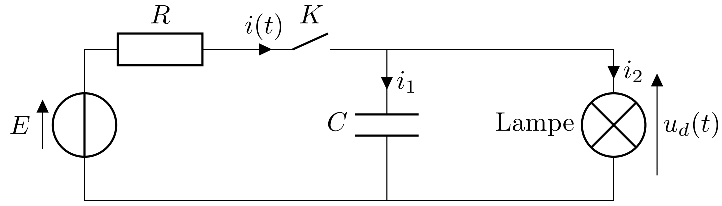
Q.5 Exprimer en fonction de L et R le temps t_0 au bout duquel $u(t)$ a été divisée par 10.

Q.6 On mesure $t_0 = 30\,\mu\mathrm{s}$ pour $R = 1000\,\Omega$. En déduire la valeur de L.

Exercice 3 : Lampe témoin

Une lampe à décharge, dont la tension entre ses bornes est notée $U_d(t)$, possède les caractéristiques suivantes :

- si la lampe est éteinte, elle se comporte comme une résistance infinie (interrupteur ouvert) et reste éteinte tant que $|u_d(t)| < U_{\mathrm{a}}$. La tension U_{a} est la tension d'allumage;
- si la lampe est allumée, elle se comporte comme une résistance de valeur R_d et reste allumée tant que $|u_d(t)| > U_{\mathrm{e}}$. La tension U_{e} est la tension d'extinction et $U_{\mathrm{e}} < U_{\mathrm{a}}$.



Q.1 Tracer la caractéristique $i = f(u)$ de la lampe à décharge lors d'une phase de charge allant de $u_d = 0$ à $u_d = U_{\max}$ avec $U_{\max} > U_{\mathrm{a}}$. Tracer ensuite la même caractéristique pour une phase de décharge allant de $u_d = U_{\max}$ à $u_d = 0$.

Q.2 Pour $t < 0$ le condensateur est déchargé et l'interrupteur est ouvert. À $t = 0$ on ferme ce dernier. Dessiner le schéma pour $t > T_{\mathrm{a}}$ puis établir l'équation différentielle vérifiée par $u_d(t)$.

Q.3 Donner les expressions en régime permanent de $u_{d\infty}$, $i_{1\infty}$ et $i_{2\infty}$. En déduire une condition sur la f.e.m. E pour que la lampe s'allume. Si cette condition est vérifiée, exprimer l'instant d'allumage T_{a}.

Q.4 Donner l'expression de $u_d(T_{\mathrm{a}}^+)$, $i_1(T_{\mathrm{a}}^+)$ et $i_1(T_{\mathrm{a}}^+)$.

Q.5 Dessiner le schéma pour $t > T_{\mathrm{a}}$. Quelle équation différentielle vérifie $u_d(t)$ pour $t > T_{\mathrm{a}}$? La résoudre.

Q.6 Donner les nouvelles valeurs en régime permanent de $u'_{d\infty}$, $i'_{1\infty}$ et $i'_{2\infty}$. En déduire une condition pour que la lampe s'éteigne spontanément ? Dans ce cas, donner l'instant d'extinction T_{e}. Que se passe-t-il ensuite ?

Q.7 En déduire la période ΔT du processus périodique.

$\cdots$ **FIN** $\cdots$