Electricité et magnétisme - TD n°9
Induction

1. **Force électromotrice** Une tige métallique le longueur $l = 1,5$m se trouve dans un champ magnétique uniforme, constant $B = 0,5$T. La tige est perpendiculaire à $\overrightarrow{\mathbf{B}}$. Elle bouge avec une vitesse constante $v = 4$m/s dans une direction perpendiculaire à $\overrightarrow{\mathbf{B}}$ et à la tige. Calculer la différence du potentiel électrique entre les extrémités de la tige.
2. **Force électromotrice** Le plan d'un cadre conducteur carrée de coté a contient un fil de courant constant I rectiligne infini qui ne touche pas le cadre. Le cadre s'éloigne du fil avec une vitesse constante, v , orthogonale au courant et dans le plan du cadre.
   (a) Calculer le potentiel électrique induit (force électromotrice) dans le cadre par le champ magnétique du courant en fonction de la distance b entre le fil et le cadre (voir dessein).
   (b) La spire carrée possède une résistance R. Calculer le courant $i(t)$ induite dans la spire carrée.
   (c) Calculer la puissance dissipé par l'effet joule.
   (d) Calculer la force de Laplace sur la spire carrée.

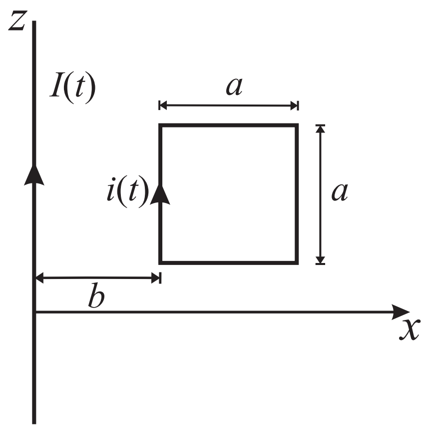

Fig. 1 – *Induction dans un cadre carré*

3. **Force électromotrice** On prend la même situation que dans le problème 2 mais on fixe la distance b constante et on prend le fil conducteur rectiligne de longueur infinie d'être parcouru par un courant alternatif $I(t) = I_0 \cos(\omega t)$ La spire carrée possède une résistance R.
   (a) Calculer le potentiel électrique induit (force électromotrice) dans le cadre.
   (b) Calculer le courant $i(t)$ induite dans la spire carrée.
   (c) Calculer la puissance dissipé par l'effet joule.
   (d) Calculer la force de Laplace sur la spire carrée.

4. **Disque de Faraday**

   Parmi les nombreuses expériences effectuées par Faraday pour étudier le phénomène d'induction, une fut dédiée à montrer qu'un courant apparaît dans un conducteur en mouvement dans un champ magnétique. Pour cela, il considéra un disque conducteur mobile autour de son axe et placé dans un champ magnétique uniforme colinéaire à l'axe du disque. Un circuit contenant un galvanomètre reliait le centre du disque au bord du disque par un contact glissant (figure 2). Faraday observa que quand le disque tournait, l'aiguille du galvanomètre subissait une déflexion.

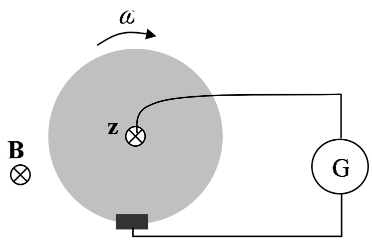

FIG. 2 – *Disque de Faraday*

   On considère un disque d'axe (Oz), de rayon R et d'épaisseur a, en rotation à la vitesse ω et placé dans un champ magnétique $\overrightarrow{\mathbf{B}} = B\widehat{\mathbf{z}}$ uniforme.

   (a) Expliquez l'origine du courant induit. Calculez la force électromotrice. Application numérique : $B = 0,2\,\mathrm{T}$, $R = 0,1\,\mathrm{m}$, $\omega = 50\,\mathrm{s}^{-1}$.

5. **Auto-inductance d'un solénoïde**

   On considère un solénoïde toroïdal de section carrée et parcouru par un courant I (côté $a = 4\,\mathrm{mm}$, grand rayon $R = 8\,\mathrm{cm}$, $N = 1000$ spires).

   (a) Calculer, à l'aide du théorème d'Ampère, le champ magnétique et son flux.

   (b) A partir de l'expression du flux magnétique, déduire l'inductance propre du tore L.

   (c) Estimer sa valeur numérique.

   (d) Trouver la tension $U(t)$, entre les bornes du solénoïde quand le courant a la forme : $I(t) = I_0 \cos(\omega t)$. A.N. $\omega = 2\pi 50$ et $I_0 = 0.5$ A.

6. Soit $U(t) = U_0 \sin(\omega t)$. Pour quelles valeurs de I_0 et ϕ, $I(t) = I_0 \sin(\omega t + \phi)$ est-il solution de l'équation $L\frac{d^2I}{dt^2} + R\frac{dI}{dt} + \frac{I}{C} = \frac{dU}{dt}$?

7. En $t = 0$, un condensateur de capacité C portant une charge Q_0 est connecte a une bobine de self L. Calculer, pour tout temps, la charge du condensateur, l'énergie de son champ électrique et l'énergie du champ magnétique dans la bobine.

8. Un circuit RLC avec $R = 2\Omega$, $L = 10^{-3}$H, $C = 10^{-3}$ F (en série) est branché sur une tension alternante avec valeur maximale $U_0 = 100$V. Trouver sans calculette le courant maximal pour les fréquences angulaires (pulsation : ω) de la tension : 0 Hz, 10 Hz, 10^2 Hz, 10^3 Hz 10^4 Hz, 10^5 Hz. Faire un plot du courant maximal versus le logarithme de la fréquence.