



TD EM3 - INDUCTION ÉLECTROMAGNÉTIQUE

D.Malka – MPSI 2016-2017 – Lycée Saint-Exupéry

EM1 – Freinage d'un aimant

Visionner la vidéo à l'adresse :

<http://www.youtube.com/watch?v=GYHJMqAY3mo>

En supposant que le tube de cuivre se comporte au voisinage de l'aimant comme une spire conductrice, interpréter qualitativement le phénomène observé.

EM2 – Principe de l'alternateur

On considère une bobine plate à section carré de côté a et constitués de N spires : le rotor. Il est plongé dans un champ magnétique uniforme et stationnaire $\vec{B} = B_0 \vec{e}_x$ et entraîné à la vitesse angulaire Ω constante autour de l'axe Oz .

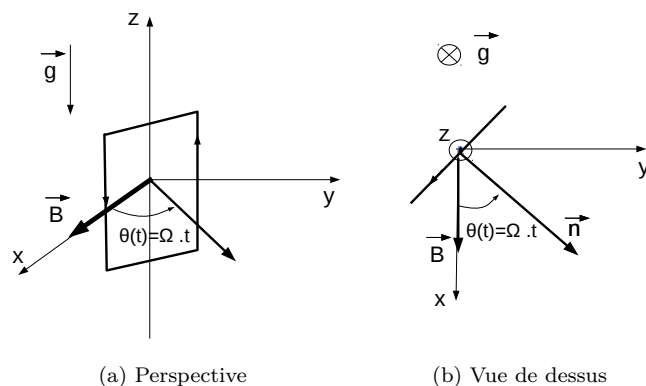


FIGURE 1 – Principe de l'alternateur

La résistance du rotor vaut R , son inductance propre L est négligeable et son moment d'inertie par rapport à Oz vaut J .

1. Exprimer le moment magnétique du rotor.
2. Analyser qualitativement le comportement du système.
3. Calculer le courant électrique $i(t)$ traversant le rotor.
4. Expliquer pourquoi les forces de Laplace exerce nécessairement un couple Γ résistant sur le rotor et calculer ce couple.
5. Calculer la puissance électrique reçue par le rotor. D'où provient-elle? Un calcul est attendu.

EM3 – Principe du haut-parleur

On modélise un haut-parleur par une barre conductrice, de longueur a et de masse m , posée sur des rails conducteurs horizontaux. Cette barre est assujettie à se déplacer en translation suivant \vec{e}_x . Elle est reliée à un bâti fixe dans le référentiel d'étude par un ressort de raideur k et de longueur à vide l_0 . Ce ressort modélise l'élasticité de la membrane du haut-parleur. Les frottements de la membrane sont traduit par la force $\vec{f} = -\mu \dot{x} \vec{e}_x$.

Le circuit constitué des rails et de la barre est alimenté par un générateur imposant une tension $E(t)$. La résistance totale du circuit, supposée constante, est notée R . Les propriétés électriques de la bobine du haut-parleur sont prises en compte sous la forme d'une inductance propre L , non négligeable.

Le tout est plongé dans un champ magnétique $\vec{B} = B_0 \vec{e}_z$ stationnaire et uniforme.

Enfin, on néglige tout frottement solide.

1. Ecrire l'équation mécanique couplant $i(t)$ et $X(t) = x(t) - l_0$ notée (M) .
2. Proposer un modèle électrique du haut-parleur puis écrire l'équation électrique couplant $i(t)$ et $x(t)$ notée (E) .

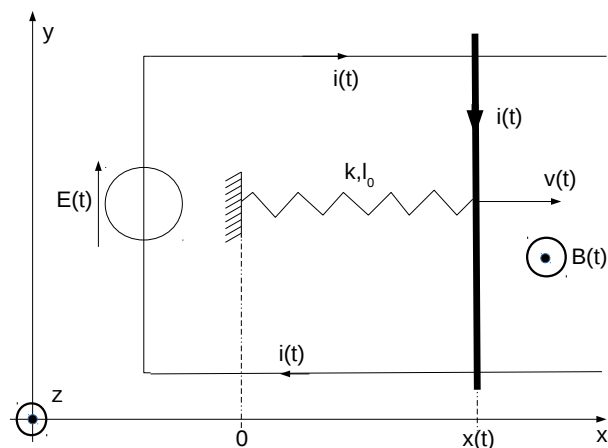


FIGURE 2 – Modélisation d'un haut-parleur

- Exprimer l'énergie totale U du système {haut-parleur} puis, à partir des équations (E) et (M) puis déterminer l'équation différentielle vérifiée par U . Commenter.
- Pour $E(t) = E_0 \cos \omega t$, proposer une expression pour $X(t)$ et $i(t)$.
- En représentation complexe, calculer alors la fonction $\underline{H} = \frac{\underline{X}}{\underline{E}}$ du haut-parleur. Commenter.

EM4 – Oscillateurs couplés par induction mutuelle

Deux circuits électriques sont couplés par induction mutuelle comme indiqué fig.3. On néglige la résistance électrique de chacun et on précise les relations suivantes : $L_1 = L_2 = L = 100 \text{ mH}$, $C_1 = C_2 = C = 1 \text{ } \mu\text{F}$. On note M l'inductance mutuelle entre les deux circuits.

- Soit q_1 et q_2 les charges des condensateurs à l'instant t , établir le système d'équations différentielles vérifié par q_1 et q_2 . On posera $k = \frac{M}{L} \leq 1$ et $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$.

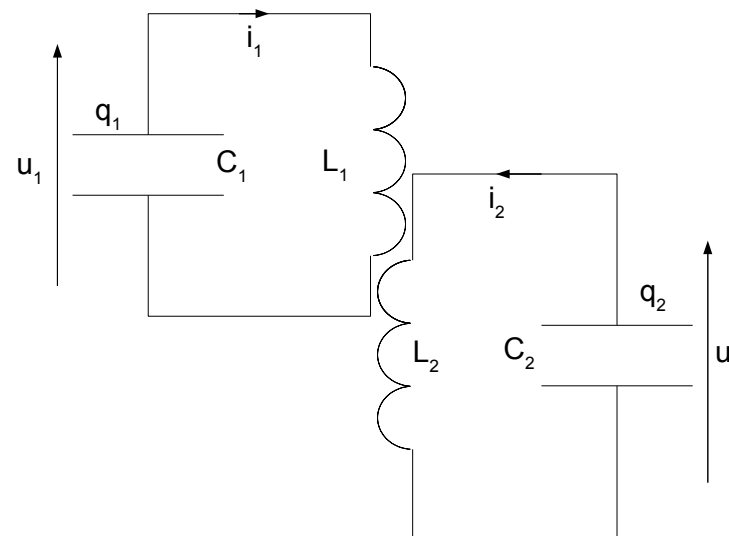


FIGURE 3 – Deux oscillateurs couplés par induction mutuelle

- En posant, $u = \frac{1}{2}(q_1 + q_2)$ et $v = \frac{1}{2}(q_1 - q_2)$, résoudre le système d'équations différentielles.
- A l'instant initial, le condensateur C_1 porte la charge Q tandis que C_2 est déchargé. La résolution numérique du système précédent, pour différentes valeurs de k , donne les graphes fig.4a et 4b. Commenter.
- En pratique, quels phénomènes vont limiter la durée des oscillations ?

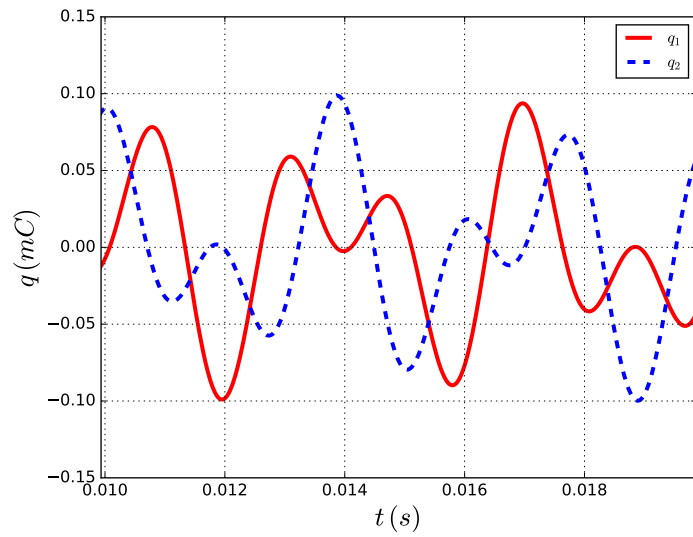
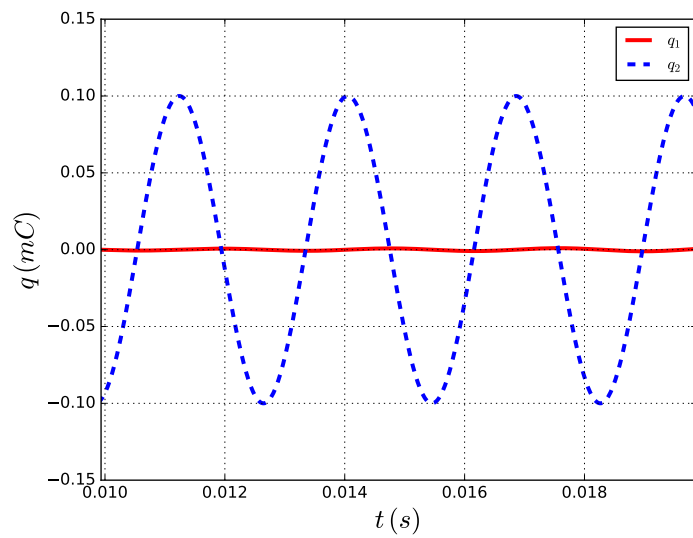
(a) $k = 0.5$ (b) $k = 5.10^{-4}$

FIGURE 4 – Evolutions des oscillateurs pour différents couplages.