

PROGRAMME DE COLLE DE PHYSIQUE

Semaine du 10/03 au 15/03

EM4b - Champ magnétostatique créé par des distributions (cours + exercices)

– Équations de Maxwell de la magnétostatique :

- équation de Maxwell-Ampère de la statique : $\vec{\text{rot}} \vec{B} = \mu_0 \vec{j}$ et sa forme intégrée \rightarrow théorème d'Ampère.
- équation de Maxwell- flux : $\text{div} \vec{B} = 0$ et sa forme intégrée $\rightarrow \vec{B}$ est à flux conservatif.

– Champ magnétique créé par des distributions à géométrie cylindrique :

- Fil infini
- Coaxial
- Tore

– Champ magnétique créé par une nappe de courant plane infinie parcourue par une densité surfacique de courant uniforme.

– Champ magnétique créé par un solénoïde infini (en admettant $\vec{B}^{\text{ext}} = \vec{0}$).

– Relation de passage du champ magnétique

Magnétostatique du vide	
Équation de Maxwell-Ampère de la statique, théorème d'Ampère et équation de Maxwell relative au flux du champ magnétique	Énoncer le théorème d'Ampère et le relier à l'équation de Maxwell-Ampère de la statique. Énoncer l'équation de Maxwell relative au flux du champ magnétique. Utiliser le théorème d'Ampère pour déterminer le champ magnétostatique créé par une distribution présentant un haut degré de symétrie (fil infini, câble coaxial, nappe de courant supposée « infinie », tore, solénoïde « infini » en admettant que le champ magnétique est nul à l'extérieur). Énoncer les relations de passage du champ magnétostatique.

EM5 - Induction électromagnétique (cours + exercices simples)

– Observation de courants induits dans une bobine par le déplacement relatif d'un aimant : en l'absence de mouvement relatif, l'intensité des courants induits est nulle. Lorsqu'on approche d'une bobine le pôle nord d'un aimant, les courants induits sont tels que la bobine présente un pôle nord à l'aimant. Lorsqu'on éloigne d'une bobine le pôle nord d'un aimant, les courants induits sont tels que la bobine présente un pôle sud à l'aimant.

– Flux du champ magnétique à travers une surface s'appuyant sur un contour fermé orienté :

- savoir déduire l'orientation de la surface de l'orientation du circuit par la règle de la main droite
- savoir calculer le flux d'un champ magnétique *uniforme* à travers une surface s'appuyant sur un *contour plan*

$$\phi = \iint_{\Sigma} \vec{B} \cdot \vec{S} = \vec{B} \cdot \vec{S} = \vec{B} \cdot S \vec{n}$$

– **Loi de Faraday** : La force électromotrice e , dite *force électromotrice induite* (ou *tension induite*) vérifie la loi de Faraday :

$$e = - \frac{d\phi}{dt}$$

Le sens d'orientation pour la fem e coïncide avec le sens d'orientation choisi pour le circuit. Il détermine le signe de ϕ .

– **Loi de Lenz** : les courants induits (ou la fem induite) s'opposent, par leurs effets, à la cause qui leur a donné naissance.

Lois de l'induction	
Flux d'un champ magnétique à travers une surface s'appuyant sur un contour fermé orienté	Évaluer le flux d'un champ magnétique uniforme à travers une surface s'appuyant sur un contour fermé orienté plan.
Loi de Faraday Courant induit par le déplacement relatif d'une boucle conductrice par rapport à un aimant ou un circuit inducteur. Sens du courant induit	Décrire, mettre en œuvre et interpréter des expériences illustrant les lois de Lenz et de Faraday.
Loi de modération de Lenz	Utiliser la loi de Lenz pour prédire ou interpréter les phénomènes physiques observés.
Force électromotrice induite, loi de Faraday	Utiliser la loi de Faraday en précisant les conventions d'alébrisation.

EM6 - Circuit fixe dans un champ magnétique variable (cours)

– Autoinduction : champ magnétique propre, champ magnétique extérieur. Flux propre, flux extérieur. Inductance propre L d'un circuit ($\phi_p = Li$). Calcul de l'inductance propre dans le cas d'un solénoïde assimilable à un solénoïde infini :

$$L = \mu_0 \frac{N^2}{\ell} S$$

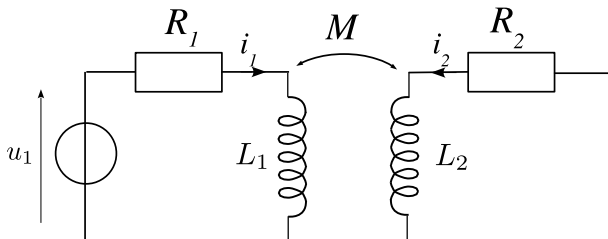
On remarque à l'aide de cet exemple que l'on peut définir une densité volumique d'énergie magnétique :

$$e_m = \frac{1}{2\mu_0} B^2$$

– Établissement du courant dans un circuit R, L. Bilan énergétique (révisions d'électrocinétique de SI).
 – Inductance mutuelle entre deux circuits : coefficient d'inductance mutuelle ; calcul dans le cas de deux solénoïdes coaxiaux de sections respectives S_1 et S_2 ($S_1 < S_2$) assimilables à des solénoïdes infinis : $M_{12} = M_{21} = M = \mu_0 \frac{N_1 N_2}{\ell} S_1$. On admet la généralisation $M_{12} = M_{21} = M$ pour tout circuit. On retient :

$$\phi_{1 \rightarrow 2} = M i_1 \quad \text{et} \quad \phi_{2 \rightarrow 1} = M i_2$$

– Schéma électrique équivalent de deux circuits couplés. Établissement des équations électriques :

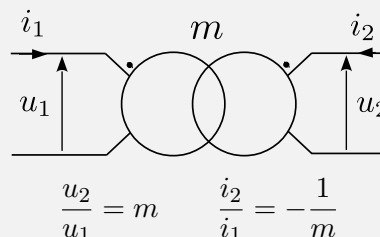


$$\begin{cases} u_1 = L_1 \frac{di_1}{dt} + M \frac{di_2}{dt} + R_1 i_1 \\ 0 = L_2 \frac{di_2}{dt} + M \frac{di_1}{dt} + R_2 i_2 \end{cases}$$

Étude énergétique : énergie magnétique $E_m = \frac{1}{2} L_1 i_1^2 + M i_1 i_2 + \frac{1}{2} L_2 i_2^2$. La condition $E_m \geq 0$ impose $|M| \leq \sqrt{L_1 L_2}$.

– Transformateur de tension :

Pour un transformateur idéal (couplage parfait entre les circuits primaire et secondaire, résistance des enroulements nulle), on a, en posant $m = \frac{N_2}{N_1}$, le rapport du nombre de spires du circuit secondaire sur celui du circuit primaire :



Applications : intérêt des lignes haute tension, transformateur d'isolement.

– Circuits couplés en régime sinusoïdal permanent : dans le cas où le circuit secondaire est en court-circuit ($u_2 = 0$), calcul de l'impédance équivalente vue de l'entrée :

$$\underline{Z}_e = \left[\underbrace{\left(R_1 + \frac{M^2 \omega^2 R_2}{R_2^2 + L_2^2 \omega^2} \right)}_{R_{\text{app}}} + j\omega \underbrace{\left(L_1 - \frac{M^2 \omega^2 L_2}{R_2^2 + L_2^2 \omega^2} \right)}_{L_{\text{app}}} \right]$$

Circuit fixe dans un champ magnétique qui dépend du temps	
Auto-induction Flux propre et inductance propre Utiliser la loi de modulation de Lenz. Étude énergétique	<p>Différencier le flux propre des flux extérieurs. Utiliser la loi de modulation de Lenz. Évaluer l'ordre de grandeur de l'inductance propre d'une bobine de grande longueur, le champ magnétique créé par la bobine est admis comme étant équivalent à celui déterminé en régime stationnaire. Conduire un bilan de puissance et d'énergie dans un système siège d'un phénomène d'auto-induction en s'appuyant sur un schéma électrique équivalent. Définir la notion de densité volumique d'énergie magnétique à l'aide de l'exemple du solénoïde infini.</p>
Induction mutuelle entre deux bobines	<p>Définir les flux mutuels. Indiquer l'égalité des inductances mutuelles. Conduire un bilan de puissance et d'énergie dans un système siège d'un phénomène d'auto-induction et d'induction mutuelle en s'appuyant sur un schéma électrique équivalent. Définir le couplage parfait de deux circuits.</p>