

## PROGRAMME DE COLLE DE PHYSIQUE

Semaine du 15/02 au 20/02

### EM1 b - Champ électrostatique crée par une distribution de charge

Tout exercice sur le sujet.

### EM2 - Potentiel électrostatique. Conducteur à l'équilibre électrostatique.

Tout exercice sur le sujet.

### EM3 - Conduction électrique (cours + exercices)

- Notion de conducteur. Intensité d'un courant électrique.
- Vecteur densité de courant. Savoir calculer le flux du vecteur densité de courant dans le cas de géométries simples.
- Savoir établir l'équation de conservation de la charge à une dimension :

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial j}{\partial x} = 0$$

- Connaître sa généralisation (admise) à 3 dimensions :

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \operatorname{div} \vec{j} = 0$$

- Cas particulier du régime stationnaire : en régime stationnaire  $\vec{j}$  est à flux conservatif :

$$\operatorname{div} \vec{j} = 0$$

Conséquence : l'intensité du courant est la même en tout point d'un même fil. Lois des nœuds.

- ARQS (Approximation des Régimes Quasi-Stationnaires)
- Loi d'Ohm locale

$$\vec{j} = \gamma \vec{E}$$

- Justification à partir du modèle de Drude
- Résistance électrique d'un tronçon de conducteur de section  $S$ , de longueur  $L$  et de résistivité  $\rho = 1/\gamma$ .
- Analogie avec la conduction thermique
- Aspect énergétique. Connaître l'expression de la densité volumique de puissance cédée par le champ électrique  $\vec{E}$  au conducteur :

$$\mathcal{P}_v = \vec{j} \cdot \vec{E} = \gamma E^2 = \frac{j^2}{\gamma}$$

Notions et contenus	Capacités exigibles
Courant dans un conducteur	Définir le vecteur densité de courant. Établir l'équation de conservation de la charge à une dimension en régime variable. Énoncer sa généralisation à trois dimensions puis expliquer que le vecteur densité de courant est à flux conservatif en régime stationnaire. Énoncer la loi d'Ohm locale. Expliquer l'effet Joule, définir la résistance électrique dans un conducteur et présenter le lien avec la conduction thermique en régime stationnaire. Exprimer la condition d'application de l'ARQS en fonction de la taille du circuit et de la fréquence des signaux.

### EM4a - Effets magnétiques d'un courant de charges (cours)

- Sources de champ magnétiques : aimants, boussoles, champ magnétique terrestre.
- Expérience d'Ørsted : lien entre électricité et magnétisme.
- Quelques ordres de grandeurs de champs magnétiques

- Force de Laplace
- Propriétés de symétrie :

Le champ magnétique vérifie les mêmes propriétés d'invariance par translation et par rotation que la distribution de courant qui le crée.

Si  $\Pi$  est un plan de symétrie pour les courants alors il est plan d'antisymétrie pour le champ magnétique.

Si  $\Pi^*$  est un plan d'antisymétrie pour les courants alors il est plan de symétrie pour le champ magnétique.

Conséquences :

Si  $M$  appartient à un plan de symétrie  $\Pi$  pour les courants alors  $\vec{B}(M)$  est perpendiculaire à ce plan.

$$\vec{B}(M) \perp \Pi$$

Si  $M$  appartient à un plan d'antisymétrie  $\Pi^*$  pour les courants alors  $\vec{B}(M)$  appartient à ce plan.

$$\vec{B}(M) \in \Pi^*$$

- Observation de champs créés par quelques distributions : fil infini, spire, bobines de Helmholtz, solénoïde

<b>Magnétostatique du vide</b>	
Effets magnétiques d'un courant de charges	<p>Décrire un dispositif permettant de réaliser un champ magnétique quasi uniforme.</p> <p>Citer des ordres de grandeur de champs magnétiques : au voisinage d'aimants, dans une machine électrique, dans un appareil d'IRM, dans le cas du champ magnétique terrestre.</p> <p>Définir la notion de ligne de champ magnétostatique. Énoncer la relation donnant la force de Laplace s'exerçant sur un élément de circuit filiforme parcouru par un courant et placé dans un champ magnétostatique.</p> <p>Identifier les propriétés de symétrie et d'invariance d'une distribution de courant.</p> <p>Tracer l'allure des cartes de champs magnétiques pour un aimant droit, un fil rectiligne, une spire circulaire, une bobine longue et un tore.</p>

### EM4b - Champ magnétostatique créé par des distribution (cours + exercices simples)

- 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 cylindriques :
  - 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

<b>Magnétostatique du vide</b>	
Équation de Maxwell-Ampère de la statique, théorème d'Ampère et équation de Maxwell relative au flux du champ magnétique	<p>Énoncer le théorème d'Ampère et le relier à l'équation de Maxwell-Ampère de la statique.</p> <p>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).</p> <p>Énoncer les relations de passage du champ magnétostatique.</p>

### EM5 - Induction électromagnétique (cours)

– 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* 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  $\phi$ .

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

<b>Lois de l'induction</b>	
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'algébrisation.