5. Électromagnétisme

EM3 Magnétostatique

Champ magnétostatique	
Équations locales de la magnétostatique et formes intégrales : flux conservatif et théorème d'Ampère.	Choisir un contour fermé et une surface les orienter pour appliquer le théorème théorème d'Ampère.
Linéarité des équations.	Utiliser une méthode de superposition.
Propriétés de symétrie.	Exploiter les propriétés de symétrie des sources (rotation, symétrie plane) pour prévoir des propriétés du champ créé.
Propriétés topographiques.	Justifier qu'une carte de lignes de champ puisse ou non être celle d'un champ magnétostatique. Repérer, sur une carte de champ magnétostatique, d'éventuelles sources du champ et leur sens. Associer l'évolution de la norme d'un champ magnétique à l'évasement des tubes de champ.
Exemples de champs magnétostatiques	
Modèle du câble rectiligne infini.	Déterminer le champ créé par un câble rectiligne infini.
Solénoïde long sans effets de bords.	Établir et citer l'expression du champ à l'intérieur d'un solénoïde long, la nullité du champ extérieur étant admise.
Inductance propre. Densité volumique d'énergie magnétique.	Établir les expressions de l'inductance propre et de l'énergie d'une bobine modélisée par un solénoïde long. Associer l'énergie d'une bobine à une densité volumique d'énergie magnétique.

EM3bis Dipôles magnétostatiques

Moment magnétique d'une boucle de courant plane.	Relier le moment magnétique d'un atome d'hydrogène à son moment cinétique.
Rapport gyromagnétique de l'électron. Magnéton de Bohr.	Construire en ordre de grandeur le magnéton de Bohr par analyse dimensionnelle. Évaluer l'ordre de grandeur maximal du moment magnétique volumique d'un aimant permanent.
Actions subies par un dipôle magnétique placé dans un champ magnétostatique d'origine extérieure : résultante et moment.	Utiliser les expressions fournies de la résultante et du moment des actions subies par un dipôle magnétique placé dans un champ magnétostatique d'origine extérieure. Décrire l'expérience de Stern et Gerlach et expliquer ses enjeux.
Énergie potentielle d'un dipôle magnétique rigide placé dans un champ magnétostatique d'origine extérieure.	Utiliser l'expression fournie de l'énergie potentielle d'un dipôle rigide dans un champ magnétostatique d'origine extérieure. Prévoir qualitativement l'évolution d'un dipôle rigide dans un champ magnétostatique d'origine extérieure.

EM4 Équations de Maxwell

Postulats de l'électromagnétisme	
Force de Lorentz. Équations locales de Maxwell. Formes intégrales.	Utiliser les équations de Maxwell sous forme locale ou intégrale. Relier l'équation de Maxwell-Faraday et la loi de Faraday. Établir l'équation locale de la conservation de la charge à partir des équations de Maxwell. Utiliser une méthode de superposition.
Aspects énergétiques	
Vecteur de Poynting. Densité volumique d'énergie électromagnétique. Équation locale de Poynting.	Établir les équations de propagation des champs électrique et magnétique dans le vide. Expliquer le caractère non instantané des interactions électromagnétiques.
ARQS magnétique.	Discuter l'approximation des régimes quasi-stationnaires. Simplifier et utiliser les équations de Maxwell et l'équation de conservation de la charge dans l'approximation du régime quasi-stationnaire. Étendre le domaine de validité des expressions des champs magnétiques obtenues en régime stationnaire.

2. Mécanique

M01 Changements de référentiels

Référentiel en translation rectiligne uniforme par rapport à un autre : transformation de Galilée, composition des vitesses.	Relier la transformation de Galilée et la formule de composition des vitesses à la relation de Chasles et au caractère supposé absolu du temps.
Composition des vitesses et des accélérations dans le cas d'un référentiel en translation par rapport à un autre : point coïncident, vitesse d'entraînement, accélération d'entraînement.	Exprimer la vitesse d'entraînement et l'accélération d'entraînement.
Composition des vitesses et des accélérations dans le cas d'un référentiel en rotation uniforme autour d'un axe fixe : point coïncident, vitesse d'entraînement, accélération d'entraînement, accélération de Coriolis.	Exprimer la vitesse d'entraînement et l'accélération d'entraînement. Citer et utiliser l'expression de l'accélération de Coriolis.

- Référentiel, solide indéformable, horloge, temps absolu ;
- $\mathcal{R}_a$ référentiel "absolu" muni du repère cartésien $(O, \overrightarrow{u_x}, \overrightarrow{u_y}, \overrightarrow{u_z})$ et $\mathcal{R}_r$ référentiel "relatif" muni du repère cartésien $(O', \overrightarrow{u_x}', \overrightarrow{u_y}', \overrightarrow{u_z}')$, relation de Chasles :

$$\overrightarrow{OM} = \overrightarrow{OO'} + \overrightarrow{O'M}$$

- Cas de la translation :

$$\vec{v}(M/\mathcal{R}_a) = \vec{v}(M/\mathcal{R}_r) + \vec{v}(O'/\mathcal{R}_a)$$

$$\vec{a}(M/\mathcal{R}_a) = \vec{a}(M/\mathcal{R}_r) + \vec{a}(O'/\mathcal{R}_a)$$

avec $\vec{v}(O'/\mathcal{R}_a) = \vec{v}(P/\mathcal{R}_a) = \vec{v}_{\text{ent}}$, $\vec{v}_{\text{ent}}$ est la vitesse d'entraînement et P est le point coincident.
Et $\vec{a}(O'/\mathcal{R}_a) = \vec{a}(P/\mathcal{R}_a) = \vec{a}_{\text{ent}}$, $\vec{a}_{\text{ent}}$ est l'accélération d'entraînement.

- Cas de la rotation uniforme autour d'un axe fixe $\Delta = (O, \vec{u_z})$:

$$\vec{v}(M/\mathcal{R}_a) = \vec{v}(M/\mathcal{R}_r) + \vec{v}_{\text{ent}}$$

$$\vec{a}(M/\mathcal{R}_a) = \vec{a}(M/\mathcal{R}_r) + \vec{a}_{\text{ent}} + \vec{a}_{\text{Cor}}$$

avec $\vec{v}_{\text{ent}} = \vec{\Omega} \wedge \overrightarrow{OM} = \vec{v}(P/\mathcal{R}_a)$, vitesse d'entraînement ;
$\vec{a}_{\text{ent}} = \vec{a}(P/\mathcal{R}_a) = -\Omega^2\ \overrightarrow{HM}$ accélération d'entraînement ;
$\vec{a}_{\text{Cor}} = 2\vec{\Omega} \wedge \vec{v}(M/\mathcal{R}_r)$ accélération de Coriolis.