

1. Distributions de courants et magnétostatique selon programme de colles précédent. Action d'un champ magnétique sur un courant : forces de Laplace.
2. Ajouter en **cours et en exercices** :

DIPÔLES ÉLECTROSTATIQUE ET MAGNÉTOSTATIQUES

I. Dipôles électrostatiques

- Doublet de charges électriques (P, q) et $(N, -q)$. Vecteur moment dipolaire électrique \vec{p} du doublet. Calcul du potentiel et du champ électrique à grande distance, dans l'approximation dipolaire (pas de développement multipolaire : HP).
- Généralisation : définition et propriétés du moment dipolaire \vec{p} d'une distribution de charges ponctuelles de charge totale nulle.
- Définition d'un dipôle électrostatique.
- Exemple en physique atomique et moléculaire. Dipôles électriques permanents et induits. Unité Debye.
- Action d'un champ électrostatique extérieur \vec{E}_{ext} sur un dipôle : énergie potentielle, force résultante et moment des force.

$$\vec{F}_{\text{él}} = \overrightarrow{\text{grad}} (\vec{p} \cdot \vec{E}_{\text{ext}})(G) \quad \text{et} \quad \vec{\Gamma}_G = \vec{p} \wedge \vec{E}_{\text{ext}}(G)$$

le moment de la force étant celui relatif au point G , centre d'inertie du dipôle.

$$E_P^{(\text{él})} = -\vec{p} \cdot \vec{E}_{\text{ext}}(G) \quad \text{et} \quad \vec{F}_{\text{él}} = -\overrightarrow{\text{grad}} E_P^{(\text{él})}(G)$$

Dans le cas particulier où \vec{E}_{ext} est uniforme, les actions électriques forment un couple.

$$\vec{F}_{\text{él}} = \vec{0} \quad \text{et} \quad \vec{\Gamma} = \vec{p} \wedge \vec{E}_{\text{ext}}$$

- Positions d'équilibre en orientation du dipôle et stabilité.

II. Dipôles magnétostatiques

- Définition d'un dipôle magnétique. Champ magnétique créé. Exemples : petite spire, atome, aimant, champ magnétique terrestre.
- Expression du champ magnétostatique créé par un dipôle magnétique admise avec analogie avec celui du dipôle électrostatique.
- Action d'un champ magnétique extérieur \vec{B}_{ext} sur un dipôle magnétique. Relation admises par analogie avec le dipôle électrostatique :

$$\vec{F}_{\text{magn}} = \overrightarrow{\text{grad}} (\vec{m} \cdot \vec{B}_{\text{ext}})(G) \quad \text{et} \quad \vec{\Gamma}_{m,G} = \vec{m} \wedge \vec{B}_{\text{ext}}(G)$$

le moment de la force étant celui relatif au point G , centre d'inertie du dipôle.

$$E_P^{(\text{magn})} = -\vec{m} \cdot \vec{B}_{\text{ext}}(G) \quad \text{et} \quad \vec{F}_{\text{magn}} = -\overrightarrow{\text{grad}} E_P^{(\text{magn})}(G)$$

Dans le cas particulier où \vec{B}_{ext} est uniforme, les actions magnétiques forment un couple :

$$\vec{F}_{\text{magn}} = \vec{0} \quad \text{et} \quad \vec{\Gamma}_m = \vec{m} \wedge \vec{B}_{\text{ext}}$$

QUESTIONS DE COURS :

1. Énoncé du théorème d'Ampère. Application au calcul de \vec{B} pour un cylindre infini parcouru par \vec{j} axial et uniforme.
2. Énoncé du théorème d'Ampère. Application au calcul de \vec{B} pour un solénoïde infini en admettant que $\vec{B} = \vec{0}$ à l'extérieur.
3. Énoncé du théorème d'Ampère. Application au calcul de \vec{B} pour une nappe de courant délimitée par deux plans infinis et parcourue par \vec{j} uniforme.

4. Définition du moment magnétique d'une spire parcourue par un courant constant I . Expression du moment des forces de Laplace dans un champ magnétique uniforme. Position d'équilibre et stabilité.
5. Modèle du doublet de charges $-q$ et $+q$. Expression du potentiel $V(M)$ à grande distance (on fera tout le développement limité). En déduire le champ électrostatique $\vec{E}(M)$.
6. Expression générale du moment dipolaire électrique \vec{p} pour N charges ponctuelles de charge totale nulle. Montrer que si la charge totale nulle alors $\vec{p}_\Omega = \vec{p}$ est indépendant du point Ω par rapport auquel on le calcule. Définition des barycentres N et P des charges négatives et positives. Relation avec \vec{p} .
7. Définition d'un dipôle électrostatique.
8. Énergie potentielle $E_p^{(\text{él})}$, résultante des forces $\vec{F}_{(\text{él})}$ et moment des forces $\vec{\Gamma}$ exercés sur un dipôle électrostatique plongé dans un champ extérieur \vec{E}_{ext} **uniforme** (on donnera les expressions avec démonstrations).