

1. Toute l'électrostatique (théorème de Gauss, équations locales et gravitation) en cours et exercices selon programme de colles précédent.
2. Révision MPSI : mouvement d'une particule dans  $\vec{E}$  et  $\vec{B}$ .
3. Ajouter en **question de cours uniquement** :

## DISTRIBUTIONS DE COURANT ET MAGNÉTOSTATIQUE

### I. Vecteur densité de courant

- Matériaux conducteurs et isolants. Porteurs de charges mobiles (P.C.M.)
- Vitesse de dérive  $\vec{v}_\alpha(M, t)$  pour des PCM d'un type donné (numéroté par un entier  $\alpha$ ). Vecteur densité de courant volumique  $\vec{j}(M, t)$ .
- Intensité électrique  $i_S(t)$  traversant une surface  $S$  orientée :

$$i_S(t) = \Phi(\vec{j}/S) = \iint_S \vec{j}(M, t) \cdot \overrightarrow{dS_M} \quad (\text{relation admise})$$

- Relation entre le signe de  $i_S$  et le sens de déplacement des P.C.M.

### II. Équation de conservation de la charge électrique

- Conservation de la charge électrique. Formulation par une équation intégrale et par une équation locale :

$$\frac{dQ_{\text{int}}}{dt} = - \iint_{S_F} \vec{j}(M, t) \cdot \overrightarrow{dS_M} \quad \text{et} \quad \text{div} \vec{j} + \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$$

- Cas particulier du régime stationnaire (permanent) :  $\text{div} \vec{j} = 0$ .  $\vec{j}$  est un champ vectoriel à flux conservatif.

- Conséquences : intensité à travers une courbe fermée orientée, conservation de l'intensité le long d'un tube de courant, cas particulier d'un fil électrique sans bifurcation, loi des nœuds.
- Modélisation usuelle de  $\vec{j}(P)$  dans un fil en régime stationnaire.

### III. L'interaction magnétique

- Origine. Action d'un courant sur un aimant. Action d'un aimant sur un courant.
- Hypothèse d'Ampère. Définition du champ magnétique par la force de Lorentz. Ordres de grandeur.
- Principe de superposition. Linéarité

### QUESTIONS DE COURS :

1. Théorème de Gauss et calcul de  $\vec{E}$  pour une boule uniformément chargée en volume. Calcul de  $V$ .
2. Théorème de Gauss et calcul de  $\vec{E}$  pour un cylindre uniformément chargé en volume. Calcul du potentiel.
3. Théorème de Gauss et calcul de  $\vec{E}$  pour un plan uniformément chargé. Discontinuité de  $\vec{E}$  à la traversée du plan chargé.
4. Expressions de  $\text{div} \vec{a}$ , de  $\text{rot} \vec{a}$ ,  $\Delta f$  et  $\Delta \vec{a}$  en coordonnées cartésiennes. Énoncer les théorèmes d'Ostrogradski et de Stokes.
5. Dédire du théorème de Gauss l'équation locale de Maxwell-Gauss. Dédire des propriétés d'un champ électrostatique l'équation locale de Maxwell-Faraday. En déduire l'équation de Poisson pour  $V$  ou de Laplace dans le vide.
6. Donner les analogies entre l'électrostatique et la gravitation. Énoncer le théorème de Gauss gravitationnel.
7. Modèle du condensateur plan idéal. Expression du champ électrostatique  $\vec{E}$  entre les deux armatures, calcul de la différence de potentiel puis de la capacité  $C$ .

8. Expression du vecteur densité de courant  $\vec{j}$  en fonction de la vitesse de dérive des PCM. Lien avec l'intensité électrique  $i_S$ .
9. Démontrer l'équation de conservation de la charge : intégrale puis locale.
10. Montrer qu'en régime stationnaire,  $\vec{j}$  est à flux conservatif. En montrer les conséquences suivantes : intensité électrique conservée le long d'un tube de courant, loi des nœuds.