

Semaine du 17 novembre 2025

D2 - Électrocinétique

Questions de cours:

- Densité volumique de porteurs de charges $n(M)$, densité volumique de charges électriques $\rho(M)$, vecteur densité de courant électrique $\vec{j}_{\text{elec}}(M)$, intensité du courant électrique I . Unités de chaque grandeur. Relations entre ces grandeurs. Cas où plusieurs types de porteurs de charges sont présents.
Bilan de charges : citer l'équation locale dans le cas tridimensionnel et en interpréter chacun des termes à l'aide de schémas.
Régime stationnaire : ligne de courant, tube de courant, conservation du flux de $\vec{j}_{\text{elec}}$ (théorème de Green-Ostrogradski), loi des noeuds
- Conducteur ohmique : modèle de Drude, démonstration de la loi d'Ohm locale, ordre de grandeur de la conductivité électrique du cuivre.
Démonstration de la résistance électrique d'un conducteur filiforme en régime stationnaire : expression de la résistance d'un câble cylindrique parcouru uniformément par un courant parallèle à son axe.
- Démonstration de la puissance volumique cédée aux porteurs de charges par la force électrique et expression de la puissance.
Cas d'un conducteur ohmique : puissance dissipée par effet Joule

Savoir faire:

- Savoir passer d'une description microscopique (porteurs de charges, vitesse des porteurs) aux grandeurs mésoscopiques ρ et $\vec{j}_{\text{elec}}$ dans le cas d'un seul type de porteur de charges ou dans le cas de plusieurs porteurs de charges (solution ionique, semi-conducteur).
- Savoir distinguer les charges mobiles et les charges fixes.
- Savoir écrire l'intensité comme le flux du vecteur densité de courant électrique à travers une surface orientée.
- Savoir réaliser un bilan de charges sur un volume infinitésimal, ou un volume fini.
- Savoir déterminer l'expression de la résistance d'un conducteur ohmique à partir de la définition ou à partir de la puissance.
- Savoir déterminer la puissance cédée aux porteurs de charges à partir de la puissance volumique.

D3 - Magnétostatique

Questions de cours:

- Équation de Maxwell pour le champ magnétique (cas général, et cas particulier en régime stationnaire), Relation de Stokes-Ampère, démonstration du théorème d'Ampère.
Plans de symétrie et d'anti-symétrie de la distribution de courant, conséquence pour le champ magnétique. Densité volumique d'énergie magnétique et énergie magnétique.
- Démonstration de l'expression du champ magnétique et inductance propre d'un solénoïde (cas du modèle d'un solénoïde infini).
- Démonstration de l'expression du champ magnétique et inductance propre d'un tore bobiné.
- Démonstration de l'expression du champ magnétique créé par un conducteur rectiligne infini.
- Démonstration de l'expression du champ magnétique créé par un conducteur cylindrique de longueur infini parcouru par un courant uniforme.
- Force de Lorentz, force de Laplace s'exerçant sur un conducteur filiforme, force volumique de Laplace (expliquer le passage d'une force à l'autre)

D4 - Équations de Maxwell

Questions de cours:

- Équations de Maxwell : formulation locale et intégrale.
- A.R.Q.S. magnétique : domaine de validité, simplification des équations de Maxwell, comparaison des densités d'énergie magnétique et électrique.
- Démonstration du bilan d'énergie électromagnétique. Identité de Poynting. Vecteur de Poynting. Préciser l'unité de chaque terme et sa signification physique.

Savoir faire:

- Utiliser le formulaire pour exploiter $\vec{\text{div}}$, $\vec{\text{rot}}$, $\vec{\text{grad}}$ et Δ .
- Savoir comparer deux grandeurs pour en négliger une devant l'autre (faire un rapport en ordre de grandeur); par exemple pour déterminer si la densité de courant de conduction $\vec{j}_{\text{elec}}$ est prédominante sur la densité de courant de déplacement $\vec{j}_d$ afin de simplifier l'équation de Maxwell-Ampere.
- Savoir déterminer la puissance électromagnétique rayonnée à travers une surface à partir du vecteur de Poynting.
- Savoir déterminer l'énergie électromagnétique présente dans un milieu à partir de la densité volumique d'énergie.
- Savoir déterminer la puissance transmise par le champ électromagnétique aux porteurs de charge.

F4 - Phénomènes de propagation linéaires : Dispersion - Absorption

Questions de cours:

- **Pseudo-OPH** : expression avec $\underline{k}$ complexe, interprétation de sa partie réelle k' et de sa partie imaginaire k'' (présentation des différents cas). Vitesse de phase et vitesse de groupe, définition des termes suivants : milieu dispersif, atténuation, amplification, absorption d'une onde
- **Superposition de deux ondes de fréquences proches dans un milieu non absorbant et dispersif** : position du problème, hypothèses, expression de l'onde résultante, représentation de l'onde, vitesse de phase v_φ , vitesse de groupe v_g .
- **Paquet d'ondes centré sur une fréquence centrale f_0** : définition, étendue du domaine spectral pour un paquet d'onde de durée finie, relation en ordre de grandeur entre la durée temporelle du paquet d'onde et la largeur fréquentielle de son spectre.

Savoir faire:

- Savoir déterminer une relation/équation de dispersion $\underline{k} = f(\omega)$.
- Savoir déterminer à partir d'une relation de dispersion les vitesses de phase et de groupe et savoir préciser si le milieu est dispersif.
- Lorsque des raisons physiques le justifient, savoir déterminer une expression simplifiée de $\underline{k}$ à l'aide d'un DL
- Pour des relations de dispersion de type $k^2 = \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{c^2}$ savoir retrouver la relation $v_g \cdot v_\varphi = c^2$.
- Savoir résoudre une équation de diffusion ou une équation de propagation en régime temporel, comme par exemple avec une excitation sinusoïdale et donc une solution du type $T(x, t) = f(x) \cdot \exp(j \cdot \omega \cdot t)$.