

Électromagnétisme

EM1 : Introduction à l'électromagnétisme - COURS et EXERCICES

Charges et courants

- ✓ Charges et courants volumiques : approximation des milieux continus, échelle mésoscopique, charge élémentaire, densité volumique de charge. Vecteur densité de courant volumique, ligne de courant, tube de courant, Flux de \vec{j} , élément de courant $dI\vec{dl} = \vec{j}d\tau$.
- ✓ Distributions surfaciques : Charge élémentaire, densité surfacique de charge. Vecteur densité de courant surfacique, élément de courant $dI\vec{dl} = \vec{j}_s dS$ (Non exigible).
- ✓ Distributions linéiques : Charge élémentaire, densité linéique de charge. Circuits filiformes, élément de courant ($I\vec{dl} = \vec{j}d\tau$).
- ✓ Lois de conservation de la charge : Bilan à 1D, bilan à 3D (équation intégrale et locale).

Interaction électromagnétique

- ✓ Force de Lorentz : Cas d'une charge ponctuelle, cas d'un élément de courant dans un conducteur.
- ✓ Aspect énergétique : Puissance volumique reçue par un conducteur.
- ✓ Effet Hall.
- ✓ Origine de la force de Laplace.

EM2 : Régimes stationnaires - COURS et EXERCICES

Loi de conservation de la charge en régime stationnaire

- ✓ Loi des nœuds : \vec{j} est à flux conservatif (conservation du flux de \vec{j} dans un tube de courant), loi des nœuds.
- ✓ Courants dans les conducteurs ohmiques : Loi d'Ohm, résistance.

Champ électrique stationnaire

- ✓ Champ créé par une distribution de charge : Expressions de \vec{E} , Invariances et symétrie de \vec{E} , \vec{E} est un vecteur polaire, Relations de passage, Topographie de \vec{E} .
- ✓ Propriétés intégrales de \vec{E} : Théorème de Gauss, Circulation de E sur un contour fermé.
- ✓ Propriétés locales de \vec{E} : divergence de \vec{E} , Rotationnel de \vec{E} , conséquence : \vec{E} dérive d'un potentiel scalaire ($\vec{E} = -\text{grad}V \Leftrightarrow dV = -\vec{E} \cdot \vec{dr}$); circulation de \vec{E} sur un contour ouvert.
- ✓ Équation de poisson, Expressions du potentiel V créé par des charges.
- ✓ Applications :
 - distributions plane, application au condensateur, **densité d'énergie électromagnétique, énergie électrostatique d'une distribution de charges (admis)**.
 - distributions à symétrie sphérique.
 - distributions à symétrie cylindrique.
- ✓ Analogie avec la gravitation.

Champ magnétique stationnaire

- √ Champ magnétique créée par une distribution de courant : invariances et symétries, \vec{B} est un vecteur axial, topographie de \vec{B} .
- √ Champ magnétique créée par une spire, par une bobine plate. Face nord et face sud. Tracé de lignes de champ, Profil du champ créée en un point de l'axe.
- √ Propriétés intégrales de \vec{B} : Flux de \vec{B} à travers une surface fermée (\vec{B} est à flux conservatif), circulation de \vec{B} sur un contour fermé (Théorème d'Ampère).
- √ Propriétés locales de \vec{B} : Rotationnel de \vec{B} , divergence de \vec{B} .
- √ Applications : Distributions de courant à symétrie cylindrique, distributions de courant planes, bobinages (Solénoïde ; bobinage torique).

EM3 : Dipôles électrostatique et magnétique COURS et EXERCICES simples

Dipôle électrostatique

- √ Définition, moment dipolaire.
- √ Potentiel et champ créés en un point M éloigné, approximation dipolaire.
- √ lignes de champ, équipotentielles.
- √ Énergie interne du dipôle.
- √ Actions mécaniques exercées sur un dipôle placé dans un champ \vec{E} extérieur :
 - Cas d'un extérieur uniforme : Résultante, couple, énergie potentielle.
 - Cas d'un champ non uniforme : Idem, pour la résultante, la formule $\vec{F} = (\vec{p} \cdot \text{grad}) \vec{E}$ a été donnée.

Dipôle magnétique

- √ Définition, moment magnétique.
- √ Champ magnétique créée par un dipôle magnétique, lignes de champ, face nord et face sud.
- √ Actions mécaniques exercées sur un dipôle placé dans un champ \vec{E} extérieur
 - Cas d'un extérieur uniforme : Résultante, couple, énergie potentielle.
 - Cas d'un champ non uniforme : Idem, pour la résultante, la formule $\vec{F} = (\vec{m} \cdot \text{grad}) \vec{B}$ a été donnée.

Exemples importants

- √ Approximation dipolaire : potentiel et champ créés par un ion et par une molécule polaire.
- √ Modèle de l'électron élastiquement lié (modèles de Mosotti et de Thomson), pulsation propre, polarisabilité
- √ Mouvement orbital de l'électron, moment cinétique et magnétique associés, rapport gyromagnétique
- √ Mouvement intrinsèque de l'électron, moment cinétique et magnétique associés (calcul classique)

EM4 : Équations de Maxwell - ARQS - Induction électromagnétique (COURS et EXERCICES simples)

Équations de Maxwell

- √ Insuffisance des équations vues en régime stationnaire, exemples.
- √ Les 4 équations de Maxwell : Formes locales ; formes intégrales ; significations physiques
- √ Linéarité, compatibilité avec l'équation de conservation de la charge ; compatibilité avec les régimes stationnaires.

Champs et potentiels en régime variable

- √ Étude des symétries lorsque \vec{B} variable est source de champ \vec{E} , Étude des symétries lorsque \vec{E} variable est source de champ \vec{B} , exemples.
- √ Retour sur les potentiels : la relation $\vec{E} = -\text{grad}V$ n'est plus valable. Le potentiel vecteur \vec{A} a été introduit, mais aucune connaissance n'est exigible le concernant.
- √ Retour sur le modèle des distributions surfaciques, introduction aux relations de passage. Rappel : ces relations ne sont pas exigibles.

Énergie électromagnétique

- √ Bilan d'énergie électromagnétique : Puissance cédée par le champ électromagnétique à la matière; densité d'énergie électromagnétique u_{em} , vecteur de Poynting $\vec{\Pi}$.
- √ Jauge de Poynting, expressions de $\vec{\Pi}$ et de u_{em} .

ARQS

- √ Approche qualitative
- √ Équations de Maxwell dans l'ARQS
- √ Équations de Maxwell dans l'ARQS des conducteurs, électricité
- √ Équation de diffusion
- √ Effet de Peau dans les conducteurs

Induction électromagnétique

Révisions SUP sur l'induction en autonomie
Connaitre des exemples de mise en évidence expérimentale (Neumann et Lorentz)
Force électromotrice induite

- √ Définition de la force électromotrice induite
- √ Expression dans le cas de l'induction de Neumann et de Lorentz
- √ Loi d'Ohm généralisée

Induction de Neumann

- √ Auto-induction : Flux propre, auto-inductance, fem d'auto-induction, approche énergétique.
- √ Induction mutuelle : Inductance mutuelle, formule de Neumann, théorème de Neumann, approche énergétique.

Induction de Lorentz

- √ Approche mécanique (rappels) : lois de la mécanique du solide (TRC, TMC, TEC, TEM) dans le cas d'un solide en mouvement de translation dans le référentiel d'étude ou en mouvement de rotation autour d'un axe fixe dans le référentiel d'étude. Actions des forces de Laplace (résultante, moment, puissance).
- √ Approche électrique : circuit équivalent, calcul de la fem induite en utilisant le loi de Faraday ou en utilisant la relation de conversion électromécanique $P_l + P_e = 0$ (La relation $e = \oint_C \vec{V}_e \wedge \vec{B} \cdot \vec{dl}$ a été vue à partir de la transformation des champs, mais elle est non exigible).
- √ Haut - parleur : description du fonctionnement en HP ou en micro, équation mécanique, équation électrique (fem déterminée à partir de la relation de conversion), impédance du HP, impédance motionnelle, efficacité du HP, bilan énergétique (Vu lundi).

Électronique (Cours et exercices)

EL5 : Modulation d'amplitude - Détection synchrone

1. Multiplication d'un signal sinusoïdal par lui-même, principe de la détection quadratique.
2. Multiplication de deux signaux sinusoïdaux, principe de la détection synchrone.
3. Modulation d'amplitude :
 - √ Principe, signal modulant, signal porteur.
 - √ Obtention d'un signal modulé à l'aide d'un multiplieur, nécessité d'ajouter un signal continu au signal modulant.
 - √ Taux de modulation. Cas de la surmodulation.
 - √ Mesure du taux de modulation.
 - √ Détection d'un signal modulé par détection synchrone ou à l'aide d'un détecteur de crête.
4. Mesure d'impédance par détection synchrone

EL6 : Conversion analogique-numérique

1. Complément mathématique sur l'espace de Fourier, pic de Dirac, peigne de Dirac.
2. Echantillonnage d'un signal, principe, critère de Shannon, phénomène de repliement, effet de la largeur des pics du peigne.
3. Quantification, principe, quantum de résolution, erreur de quantification,
4. Carte SYSAM-SP5 : fonctionnement, relation entre F_e , N et Δt , filtre anti-repliement.
5. Phénomène de fenêtrage.