

Électromagnétisme en régime variable

Déroulement de la colle

- ▷ Une question de cours parmi la liste ci-dessous ;
- ▷ Un exercice portant sur les thèmes indiqués ci-dessous.

Au programme des questions de cours

- ▷ En partant de la loi d'Ohm locale, établir l'expression de la résistance R d'un barreau cylindrique en fonction de ses dimensions et de sa conductivité électrique.
- ▷ Établir l'équation de conservation de la charge par un bilan unidimensionnel, la généraliser sans démonstration à trois dimensions, et la retrouver à partir des équations de Maxwell.
- ▷ Énoncer sans démonstration l'équation de Poynting (bilan d'énergie local). Définir et interpréter physiquement chacun des termes.
 - ↳ *L'équation de Poynting doit normalement être rappelée par un énoncé. Néanmoins, pour cette colle, je demande aux étudiants de la mémoriser.*
- ▷ Établir l'équation de propagation des ondes électromagnétiques dans le vide ou dans un conducteur ohmique en basse fréquence, au choix de l'interrogateur. L'étudiant doit savoir simplifier les équations de Maxwell dans le conducteur ohmique.
- ▷ Démontrer la relation de structure. Sur un exemple de champ électrique donné par l'interrogateur, identifier la direction de propagation et de polarisation de l'onde puis en déduire le champ magnétique.
- ▷ En partant de l'équation de propagation rappelée par l'interrogateur, établir la relation de dispersion dans un conducteur ohmique. En déduire l'expression d'une « OPPH » et l'interpréter (effet de peau, amplitude exponentiellement décroissante au cours de la propagation).

Au programme des exercices

Chapitre 17 : Électromagnétisme en régime variable

Ce chapitre est l'occasion de faire une synthèse sur l'ensemble du cours d'électromagnétisme. Comme indiqué dans les capacités exigibles, les équations de Maxwell doivent être connues sous forme intégrales : les théorèmes de Gauss et d'Ampère peuvent être utilisés dans les exercices de cette semaine, même s'ils ne seront pas exclusivement focalisés sur leur bonne application.

Extrait du programme officiel : partie 4 « Électromagnétisme », bloc 3 « Équations de Maxwell ».

Dans le bloc 3, une vision cohérente des lois de l'électromagnétisme est présentée. Le cadre adopté est celui de l'approximation des régimes quasi-stationnaires magnétiques où les effets des distributions de courants dominent ceux des distributions de charges.

Notions et contenus	Capacités exigibles
Principe de la conservation de la charge : formulation locale.	Établir l'équation locale de la conservation de la charge dans le cas à une dimension.
Équations de Maxwell : formulations locale et intégrale.	Interpréter qualitativement le lien entre l'équation de Maxwell-Faraday et la loi de Faraday. Écrire et interpréter les équations de Maxwell sous forme intégrale.

Notions et contenus	Capacités exigibles
	Relier qualitativement le couplage spatio-temporel entre champ électrique et champ magnétique au phénomène de propagation. Dédire l'équation locale de la conservation de la charge.
Approximation des régimes quasi-stationnaires (ou quasi-permanents) magnétique.	Comparer une durée typique d'évolution des sources à une durée de propagation de l'onde électromagnétique.

En **gras**, les points devant faire l'objet d'une approche expérimentale.

Extrait du programme officiel : partie 4 « Électromagnétisme », bloc 4 « Énergie du champ électromagnétique ».

Dans le bloc 4, on s'intéresse à l'aspect énergétique de l'électromagnétisme. Aucun modèle relatif à la loi d'Ohm locale n'est exigible ; l'accent est mis sur les échanges d'énergie entre la matière et le champ électromagnétique, sur l'utilisation du flux du vecteur de Poynting pour évaluer une puissance rayonnée à travers une surface et sur les bilans d'énergie et de puissance.

Notions et contenus	Capacités exigibles
Densité volumique de force électromagnétique. Puissance volumique cédée par le champ électromagnétique aux porteurs de charge.	Établir et utiliser l'expression de la puissance volumique cédée par le champ électromagnétique aux porteurs de charge.
Loi d'Ohm locale. Densité volumique de puissance Joule.	Analyser les aspects énergétiques dans le cas particulier d'un milieu ohmique.
Densité volumique d'énergie électromagnétique et vecteur de Poynting : bilan d'énergie.	Utiliser le flux du vecteur de Poynting à travers une surface orientée pour évaluer la puissance rayonnée. Effectuer un bilan d'énergie sous forme locale et intégrale. Interpréter chaque terme de l'équation locale de Poynting, l'équation locale de Poynting étant donnée.

En **gras**, les points devant faire l'objet d'une approche expérimentale.

Révisions : induction et mécanique

Les avis étant partagés dans la classe, le programme des révisions sera double cette semaine :

- ▷ d'une part tout le programme de mécanique de PTSI ;
- ▷ d'autre part tout le programme d'induction de PTSI.

Les exercices pourront évidemment être en lien avec les chapitres d'électromagnétisme du programme de la semaine, notamment la modélisation microscopique des phénomènes de conduction électrique (modèle de Drude traité en cours bien que hors programme).

Et après ?

- ▷ Chapitre 19 : Modèle ondulatoire de la lumière ;
- ▷ Chapitre 20 : Interférences par division du front d'onde ;
- ▷ Révisions sur les ondes et l'optique géométrique.

Bon courage à tous,
Étienne Thibierge.