BLAISE PASCAL
PT 2018-2019

Programme des colles semaine 20 : du 25 février au 1er mars

Magnétostatique et ARQS

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

- ▷ Déterminer par application du théorème d'Ampère le champ magnétostatique créé par un cylindre parcouru par une densité de courant uniforme d'intensité totale I. On commencera par exprimer la densité de courant $\vec{j}$ en fonction de I.
- ▷ En admettant que le champ extérieur est nul, déterminer par application du théorème d'Ampère le champ magnétostatique intérieur créé par un solénoïde infini.
- ▷ 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.*

- ▷ On considère un système de deux électrodes planes parallèles (type condensateur) soumises à une tension U. Calculer la vitesse atteinte par une particule de charge q lâchée sans vitesse de la première électrode lorsqu'elle atteint la deuxième. Il est attendu une discussion sur le signe de U pour qu'un tel mouvement soit possible.

  > *Une particule de charge positive se dirige vers les potentiels décroissants (cf. force de Lorentz et sens de $\vec{E}$), c'est le contraire pour une particule de charge négative. La vitesse finale s'obtient par la conservation de l'énergie mécanique,*
  >
  > $$E_m = 0 + qV_0 = \frac{1}{2} m {v_f}^2 + qV_f \,.$$

- ▷ Déterminer le rayon et/ou la vitesse angulaire de la trajectoire d'une particule chargée dans un champ magnétostatique uniforme (paramètres cyclotron) dans le cas où le vecteur vitesse initiale est perpendiculaire au champ magnétique en admettant qu'elle est circulaire. Pour simplifier les calculs, on pourra supposer que la charge de la particule est positive.

  > *Les expressions s'obtiennent par application du PFD en coordonnées polaires.*
  >
  > $$\omega_c = \frac{|q|\,B}{m} \qquad \text{et} \qquad R_c = \frac{m v_0}{|q|\,B} \,.$$

Au programme des exercices

Chapitre 16 : Magnétostatique

Extrait du programme officiel : partie 4 « Électromagnétisme », bloc 2 « Magnétostatique ».

L'étude de la magnétostatique menée dans le bloc 2 s'appuie le plus possible sur les différents aspects qualitatifs et quantitatifs vus en première année de PTSI, les étudiants sont donc déjà familiarisés avec le concept de champ magnétostatique. La loi de Biot et Savart n'est pas introduite ; l'utilisation de celle-ci pour calculer un champ magnétostatique est donc exclue. Les distributions de courants surfaciques ne sont pas introduites à ce niveau du programme, elles le sont uniquement à l'occasion de la réflexion d'une onde électromagnétique sur un métal parfait.

On aborde les propriétés intégrales du champ et on utilise le théorème d'Ampère pour des calculs dans des cas présentant un haut degré de symétrie.

Notions et contenus	**Capacités exigibles**
Courant électrique. Vecteur densité de courant volumique. Distributions de courant électrique filiformes.	Calculer l'intensité du courant électrique traversant une surface orientée. Justifier la modélisation d'une distribution de courant par une distribution filiforme.
Champ magnétostatique. Principe de superposition.	Citer quelques ordres de grandeur de champs magnétostatiques. Décomposer une distribution en des distributions plus simples dans le but de calculer un champ magnétostatique par superposition.
Symétries et invariances du champ magnétostatique.	Identifier les plans de symétrie et d'antisymétrie d'une distribution de courants. Identifier les invariances d'une distribution de courants. Exploiter les symétries et les invariances d'une distribution de courants pour caractériser le champ magnétostatique créé.
Propriétés de flux et de circulation. Théorème d'Ampère.	Reconnaître les situations pour lesquelles le champ magnétostatique peut être calculé à l'aide du théorème d'Ampère.
Applications au fil rectiligne infini de section non nulle et au solénoide infini.	Justifier le choix d'une modélisation d'une distribution de courants par une distribution infinie. Établir les expressions des champs magnétostatiques créés en tout point de l'espace par un fil rectiligne infini de section non nulle, parcouru par des courants uniformément répartis en volume et par un solénoide infini en admettant que le champ est nul à l'extérieur. Utiliser le théorème d'Ampère pour déterminer le champ magnétostatique créé par une distribution présentant un haut degré de symétrie.
Lignes de champ, tubes de champ.	Orienter les lignes de champ du champ magnétostatique créé par une distribution de courants. Associer les variations de l'intensité du champ magnétostatique à l'évolution de la position relative des lignes de champ. Vérifier qu'une carte de ligne de champ est compatible avec les symétries et les invariances d'une distribution. **Approche numérique** : représenter des cartes de lignes de champ magnétostatique.

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

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

Les équations locales des champs statiques sont introduites comme des cas particuliers des équations de Maxwell. Les lois locales de l'électrostatique relatives au potentiel constituent un support pertinent pour procéder à une approche numérique de la résolution d'une équation différentielle.

Notions et contenus	**Capacités exigibles**
Équations de Maxwell : formulation locale et intégrale.	Écrire et interpréter les équations de Maxwell sous forme intégrale.
Cas des champs statiques : équations locales.	Établir les lois locales des champs statiques à partir des équations de Maxwell.

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

Chapitre 17 : Électromagnétisme en régime variable

> **Attention !** *Aucun exercice « spécifique » n'a été fait sur ce chapitre pour le moment. On se limitera donc cette semaine à des exercices suffisamment guidés reposant sur l'utilisation des équations de Maxwell et/ou la modélisation microscopique des conducteurs et des courants que les étudiants peuvent traiter « sans rien savoir » ou presque.* ***Aucun exercice ne portera sur l'énergie cette semaine.***

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. Relier qualitativement le couplage spatio-temporel entre champ électrique et champ magnétique au phénomène de propagation. Déduire 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.

Et après ?

- ▷ Chapitre 18 : Ondes électromagnétiques ;
- ▷ Chapitre 19 : Modèle ondulatoire de la lumière ;
- ▷ Révisions d'optique géométrique.

Bon courage à tous,
Étienne Thibierge.