

Électrostatique et magnétostatique

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

- ▷ Sur un exemple donné par l'interrogateur, construire le spectre d'un signal échantillonné connaissant le spectre du signal analogique et la fréquence d'échantillonnage.
- ▷ Établir l'expression de la capacité d'un condensateur plan infini. On partira de l'expression du champ créé par un plan infini, que l'étudiant rappellera sans démonstration.
- ▷ 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.
- ▷ 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,

$$E_m = 0 + qV_0 = \frac{1}{2}mv_f^2 + qV_f.$$

- ▷ 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.

$$\omega_c = \frac{|q|B}{m} \quad \text{et} \quad R_c = \frac{mv_0}{|q|B}.$$

Au programme des exercices

Chapitre 13 : Électronique numérique

Extrait du programme officiel : partie 2 « Électronique », bloc 4 « Électronique numérique ».

Le bloc 4 est exclusivement étudié de manière expérimentale et aborde la question du traitement numérique du signal dans le prolongement du programme de première année. Le professeur introduira les thèmes proposés au fur et à mesure des besoins et en relation avec les autres sujets d'étude. Le phénomène de repliement de spectre est expliqué qualitativement à l'aide d'une analogie stroboscopique, l'objectif étant de mettre en place la condition de Nyquist-Shannon et de réaliser convenablement une acquisition numérique en vue d'une analyse spectrale. Afin de mettre en évidence d'autres effets associés à l'échantillonnage, on réalise de manière comparative un filtre analogique passe-bas et un filtre numérique remplissant la même fonction, ce dernier étant réalisé à l'aide d'une feuille de calcul traitant l'acquisition numérique d'une entrée analogique, un CNA restituant ensuite une sortie analogique. On étudie expérimentalement l'influence de la fréquence d'échantillonnage.

Notions et contenus	Capacités exigibles
Échantillonnage.	Décrire le mouvement apparent d'un segment tournant observé avec un stroboscope. Expliquer l'influence de la fréquence d'échantillonnage.
Condition de Nyquist-Shannon.	Mettre en évidence le phénomène de repliement de spectre dû à l'échantillonnage lors de l'utilisation d'un oscilloscope numérique ou d'une carte d'acquisition.
Analyse spectrale numérique.	Choisir les paramètres (durée, nombre d'échantillons, fréquence d'échantillonnage) d'une acquisition numérique afin de respecter la condition de Nyquist-Shannon.
Filtrage numérique.	Réaliser un filtrage numérique passe-bas d'une acquisition, et mettre en évidence la limitation introduite par l'échantillonnage.

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

Extrait du programme officiel de PTSI : partie « Formation expérimentale ».

Notions et contenus	Capacités exigibles
Numérisation d'un signal.	Déterminer le nombre de bits d'une conversion A/N et N/A.
Analyse spectrale.	Effectuer l'analyse spectrale d'un signal périodique à l'aide d'un oscilloscope numérique ou d'une carte d'acquisition. Choisir de façon cohérente la fréquence d'échantillonnage et la durée totale d'acquisition.

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

Chapitre 14 : Champ électrostatique

Extrait du programme officiel : partie 4 « Électromagnétisme », bloc 1 « Électrostatique ».

La notion de champ électrostatique a été introduite en classe de première S. Les notions abordées sont donc centrées sur les distributions de charges, le champ et le potentiel. L'accent est mis sur les propriétés intégrales du champ et sur le théorème de Gauss pour des situations présentant un haut degré de symétrie. Les analogies avec la gravitation sont centrées sur l'application du théorème de Gauss.

Notions et contenus	Capacités exigibles
Loi de Coulomb. Champ électrostatique. Champ électrostatique créé par un ensemble de charges ponctuelles. Principe de superposition.	Exprimer le champ électrostatique créé par une distribution discrète de charges. Citer quelques ordres de grandeur de champs électrostatiques.
Distributions continues de charges : volumique, surfacique, linéique.	Décomposer une distribution en des distributions plus simples dans le but de calculer un champ électrostatique par superposition. Choisir un type de distribution continue adaptée à la situation modélisée. Justifier le choix d'une modélisation d'une distribution de charges par une distribution « infinie ». Évaluer la charge totale d'une distribution continue dans des situations à géométries simples.
Symétries et invariances du champ électrostatique.	Identifier les plans de symétrie et d'antisymétrie d'une distribution de charges.

Notions et contenus	Capacités exigibles
	<p>Identifier les invariances d'une distribution de charges.</p> <p>Exploiter les symétries et les invariances d'une distribution de charges pour caractériser le champ électrostatique créé.</p>
Flux du champ électrostatique. Théorème de Gauss.	<p>Reconnaître les situations pour lesquelles le champ électrostatique peut être calculé à l'aide du théorème de Gauss</p> <p>Utiliser le théorème de Gauss pour déterminer le champ électrostatique créé par une distribution présentant un haut degré de symétrie.</p>
Cas de la sphère, du cylindre infini et du plan infini.	<p>Établir les expressions des champs électrostatiques créés en tout point de l'espace par une sphère uniformément chargée en volume, par un cylindre infini uniformément chargé en volume et par un plan infini uniformément chargé en surface.</p> <p>Établir et exploiter le fait qu'à l'extérieur d'une distribution à symétrie sphérique, le champ électrostatique créé est le même que celui d'une charge ponctuelle concentrant la charge totale et placée au centre de la distribution.</p>
Analogies avec la gravitation.	Utiliser le théorème de Gauss dans le cas de la gravitation.

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

Chapitre 15 : Potentiel électrostatique

Extrait du programme officiel : partie 4 « Électromagnétisme », bloc 1 « Électrostatique ».

Les notions abordées sont centrées sur les distributions de charges, le champ et le potentiel. Pour le champ électrique et le potentiel, on se limite aux expressions explicites dans le cas de charges ponctuelles et sous forme intégrale dans le cas de distributions continues. Des capacités sur la lecture des lignes de champ et des surfaces équipotentielles sont développées. Le condensateur plan est introduit mais l'étude des conducteurs en équilibre électrostatique ne relève pas du programme. Une approche énergétique est conduite dans un cas simple : une charge ponctuelle placée dans un champ électrique extérieur.

Notions et contenus	Capacités exigibles
Circulation du champ électrostatique. Notion de potentiel électrostatique.	<p>Relier le champ électrostatique au potentiel.</p> <p>Exprimer le potentiel créé par une distribution discrète de charges.</p> <p>Calculer un champ électrostatique à partir du potentiel, l'expression de l'opérateur gradient étant fournie dans le cas des coordonnées sphériques et cylindriques.</p> <p>Calculer une différence de potentiel par circulation du champ électrostatique dans les cas simples.</p>
Étude du condensateur plan comme la superposition de deux distributions surfaciques, de charges opposées.	Établir l'expression de la capacité d'un condensateur plan dans le vide.
Lignes de champ, tubes de champ, surfaces équipotentielles.	<p>Orienter les lignes de champ du champ électrostatique créé par une distribution de charges.</p> <p>Représenter les surfaces équipotentielles connaissant les lignes de champ et inversement.</p> <p>Associer les variations de l'intensité du champ électrostatique à la position relative des lignes de champ.</p> <p>Vérifier qu'une carte de lignes de champ est compatible avec les symétries et les invariances d'une distribution.</p> <p>Approche numérique : représenter des cartes de lignes de champ et d'équipotentielles.</p>

Notions et contenus	Capacités exigibles
Énergie potentielle électrostatique d'une charge placée dans un champ électrostatique extérieur.	Établir et exploiter l'expression de l'énergie potentielle d'une charge ponctuelle placée dans un champ électrostatique extérieur.

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.
Équation de Poisson et de Laplace de l'électrostatique.	Établir les équations de Poisson et de Laplace de l'électrostatique. Approche numérique : mettre en œuvre une méthode de résolution numérique pour déterminer une solution à l'équation de Laplace, les conditions aux limites étant données.

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

Chapitre 16 : Magnétostatique

Le cours a été fait cette semaine, le TD ne sera fini que lundi. Les colleurs seront donc relativement indulgents ... mais ce chapitre est au programme du concours blanc.

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.

Notions et contenus	Capacités exigibles
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 solénoïde 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 solénoïde 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.

Révisions : mouvements des particules chargées et forces centrales

Tout le programme de PTSI, évidemment en lien avec les chapitres d'électromagnétisme.

Et après ?

- ▷ Chapitre 17 : Électromagnétisme en régime variable ;
- ▷ Chapitre 18 : Ondes électromagnétiques ;
- ▷ Les révisions reprendront un des thèmes déjà abordés, que je discuterai avec les étudiants.
- ▷ Le concours blanc sera organisé entre le 4 et le 8 février, il n'y aura donc pas de colles.

Bon courage à tous,
Étienne Thibierge.