



## PHQ-224 : Électricité et Magnétisme

### Professeur

Nom :	Ion Garate
Bureau :	D2-1070
Courriel :	ion.garate@usherbrooke.ca
Tél. :	821-8000 (poste 66486)

### Chargé de cours

Nom :	Lucas St-Jean
Bureau :	D2-030
Courriel :	lucas.st-jean@usherbrooke.ca
Tél. :	821-8000 (poste 66137)

## 1 Objectifs

---

Ce cours a pour but la compréhension des phénomènes physiques fondamentaux reliés aux charges électriques, courants électriques et moments magnétiques, dans le vide et dans la matière. Il est fondamental dans la formation scientifique des physiciennes et physiciens, et occupe une place importante dans les concepts et notions de base traitées en physique et en génie. Ce cours obligatoire constitue le premier de deux cours consacrés à l'électromagnétisme dans le program de physique. Il s'adresse aussi aux étudiantes et étudiants inscrits au baccalauréat en enseignement au secondaire.

## 2 Plan de cours

---

### 0.- Introduction et mise-en-oeuvre

- 0.a) Champs électriques et magnétiques.
- 0.b) Le flux et la circulation d'un champ des vecteurs.
- 0.c) Les équations de Maxwell : la première rencontre.

### 1.- Outils mathématiques pour l'électromagnétisme

*N.B. : ce chapitre sera couvert rapidement. Les étudiants sont supposés d'avoir suivi un cours de calcul vectoriel dans une session précédente.*

- 1.a) Analyse vectorielle. Coordonnées cartésiennes, cylindriques, sphériques.
- 1.b) Calcul différentiel des champs des vecteurs.
- 1.c) Calcul intégral des champs des vecteurs.

### 2.- Électrostatique dans le vide et dans les conducteurs

- 2.a) Loi de Coulomb et principe de superposition. Distribution continue des charges.
- 2.b) Le flux du champ électrique. La loi de Gauss.
- 2.c) Le potentiel électrostatique. Les équations de Poisson et Laplace.
- 2.d) Applications du théorème de Gauss. Conducteurs à l'équilibre.
- 2.e) Conditions de frontière pour le champ et le potentiel électrostatiques.
- 2.f) Le dipôle électrique. Approximation dipolaire pour une distribution de charge arbitraire.
- 2.g) Condensateurs.
- 2.h) Méthodes mathématiques pour le calcul du champ électrostatique.
- 2.i) Énergie électrostatique.

### 3.- Électrostatique dans les isolants

- 3.a) Polarisation des milieux diélectriques.
- 3.b) Champ électrique créé par un objet polarisé. Charges liés.
- 3.c) Équations électrostatiques en présence de diélectriques. Déplacement électrique.

- 3.d) Diélectriques linéaires. Susceptibilité et permittivité électrique.
- 3.e) Énergie électrostatique en présence des diélectriques.
- 3.f) Forces en présence des diélectriques.

#### 4.- Magnétostatique dans le vide

- 4.a) Force de Lorentz. Champ magnétique. Mouvement des électrons dans des champs magnétiques.
- 4.b) Le courant électrique et l'équation de conservation de la charge.
- 4.c) Force magnétique agissant sur un courant.
- 4.d) Champ magnétique créé par un courant : loi de Biot et Savart.
- 4.e) La divergence et le rotationnel du champ magnétique. Loi d'Ampère.
- 4.f) Applications de la loi d'Ampère.
- 4.g) Le potentiel vecteur magnétique. Calcul du potentiel vecteur pour des courants connus.
- 4.h) Le dipôle magnétique. L'énergie d'un dipôle magnétique. Approximation dipolaire pour une distribution arbitraire des courants.
- 4.i) Conditions de frontière pour le champ magnétique et le potentiel vecteur.

#### 5.- Magnétostatique dans les milieux

- 5.a) Aimantation des milieux magnétiques. Mécanismes de magnétisation : paramagnétisme, diamagnétisme et ferromagnétisme.
- 5.b) Champ magnétique créé par un objet aimanté. Courants liés.
- 5.c) La loi d'Ampère dans les milieux magnétisés. Champ auxiliaire  $\mathbf{H}$ .
- 5.d) Milieux magnétiques linéaires. Susceptibilité et perméabilité magnétique.

#### 6.- Électrodynamique

- 6.a) Loi d'Ohm. Effet Joule.
- 6.b) Moteurs, générateurs, transformateurs.
- 6.c) Induction électromagnétique. Loi de Faraday.
- 6.d) Courants de Foucault.
- 6.e) Générateur du courant alternatif.
- 6.f) Auto-inductance et inductance mutuelle.
- 6.g) Énergie dans les champs magnétiques.
- 6.c) Le courant de déplacement. Les équations de Maxwell : une nouvelle rencontre.

### 3 Méthode pédagogique

---

1. Exposés magistraux et questions par les étudiants. Ces exposés auront lieu les **lundis de 8h30 à 10h30** au **D3-2034** et les **jeudis de 8h30 à 9h20**, au **D3-2034**.
2. Exercices (5 devoirs prévus). Les devoirs seront remis en équipes de deux étudiants et corrigés seulement en partie. La collaboration avec d'autres équipes est admise, mais elle doit être intelligente et non aveugle. Une présentation de qualité est requise.
3. Travaux dirigés. Le chargé d'exercices solutionnera des problèmes, dont ceux tirés des exercices qui sembleront avoir présenté des difficultés particulières. Ces sessions auront lieu les **jeudis de 9h30 à 10h20**, au **D3-2034**.
4. Les devoirs et leurs solutions seront affichés sur Moodle.

### 4 Évaluation

---

1. Un examen périodique (entre le 24 février et le 3 mars), comptant pour 40% de la note finale.
2. Un examen final (entre le 17 avril et le 27 avril), comptant pour 40% de la note finale.
3. Les exercices, comptant pour 20% de la note finale.

## 5 Bibliographie

---

1. Livre recommandé (obligatoire pour PHQ-421) : D. J. Griffiths, *Introduction to Electrodynamics*, 4th edition, Pearson, 2014 [la 3ème édition est tout à fait valide aussi].
2. Livre de référence : R. P. Feynman, R. B. Leighton and M. Sands, *The Feynman Lectures on Physics, vol. II : Mainly Electromagnetism and Matter*, <http://www.feynmanlectures.caltech.edu>
3. Notes de cours disponibles sur la page Moodle.

---

## L'intégrité intellectuelle passe, notamment, par la reconnaissance des sources utilisées. À l'Université de Sherbrooke, on y veille!

---

### Extrait du Règlement des études

#### 8.1.2 Relativement aux activités pédagogiques

L'expression délit désigne d'abord tout acte ou toute manœuvre visant à tromper quant au rendement scolaire ou quant à la réussite d'une exigence relative à une activité pédagogique.

Sans restreindre la portée générale de ce qui précède, est considéré comme un délit :

- a) la substitution de personnes ou l'usurpation d'identité lors d'une activité évaluée ou obligatoire;
- b) le plagiat, soit le fait, dans une activité évaluée, de faire passer indûment pour siens des passages ou des idées tirés de l'œuvre d'autrui;
- c) l'obtention par vol ou par toute autre manœuvre frauduleuse de document ou de matériel, la possession ou l'utilisation de tout matériel non autorisé avant ou pendant un examen ou un travail faisant l'objet d'une évaluation;
- d) le fait de fournir ou d'obtenir toute aide non autorisée, qu'elle soit collective ou individuelle, pour un examen ou un travail faisant l'objet d'une évaluation;
- e) le fait de soumettre, sans autorisation préalable, une même production comme travail à une deuxième activité pédagogique;
- f) la falsification d'un document aux fins d'obtenir une évaluation supérieure dans une activité ou pour l'admission à un programme.

### Par plagiat, on entend notamment :

- Copier intégralement une phrase ou un passage d'un livre, d'un article de journal ou de revue, d'une page Web ou de tout autre document en omettant d'en mentionner la source ou de le mettre entre guillemets
- Reproduire des présentations, des dessins, des photographies, des graphiques, des données... sans en préciser la provenance et, dans certains cas, sans en avoir obtenu la permission de reproduire
- Utiliser, en tout ou en partie, du matériel sonore, graphique ou visuel, des pages Internet, du code de programme informatique ou des éléments de logiciel, des données ou résultats d'expérimentation ou toute autre information en provenance d'autrui en le faisant passer pour sien ou sans en citer les sources
- Résumer ou paraphraser l'idée d'un auteur sans en indiquer la source
- Traduire en partie ou en totalité un texte en omettant d'en mentionner la source ou de le mettre entre guillemets
- Utiliser le travail d'un autre et le présenter comme sien (et ce, même si cette personne a donné son accord)
- Acheter un travail sur le Web ou ailleurs et le faire passer pour sien
- Utiliser sans autorisation le même travail pour deux activités différentes (autoplagiat)

---

## Autrement dit : mentionnez vos sources.

---