



UNIVERSITÉ DE
SHERBROOKE

Faculté des sciences
Département de physique

PLAN DE COURS

Trimestre d'hiver

ÉLECTRICITÉ ET MAGNÉTISME

PHQ-220

COURS	PROFESSEUR
Titre : Électricité et Magnétisme	Nom : Yves Grosdidier
Web : Consultez votre page Moodle	Bureau : D2-2052-1
Sigle : PHQ-220	Téléphone : (819) 821-8000 poste 62056
Crédits : 3 (3 1 5)	Horaire de disponibilité : habituellement de 9h30 à 15h30
Travaux dirigés : 1 heure/sem	Courriel : yves.grosdidier@usherbrooke.ca
Travail personnel : 5 heures/sem	(en tout temps)
Session : 2	
Programmes concernés : <i>Baccalauréat de Physique et Baccalauréat en Enseignement au Secondaire (B.E.S.)</i>	

PLACE DU COURS DANS LE PROGRAMME

Type de cours : Obligatoire

Cours concomitant : MAT 194

MISE EN CONTEXTE DU COURS

Ce cours concerne les phénomènes physiques fondamentaux reliés aux charges électriques et moments magnétiques, principalement dans le vide et aussi dans la matière. Ce cours est fondamental dans la formation scientifique des physiciennes et des 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 programme de physique. Celui-ci s'adresse aussi aux étudiantes et étudiants inscrits au baccalauréat en enseignement au secondaire du cheminement Math-Physique.

Ce cours est mathématiquement assez exigeant.

À partir de l'observation expérimentale seront élaborées dans ce cours, les lois de l'électrostatique, de l'électrocinétique et du magnétisme qui se rejoindront par la suite dans la théorie électromagnétique de Maxwell.

COMPÉTENCES OFFICIELLES DU M.E.Q DÉVELOPPÉES DANS CE COURS

Pour les élèves du B.E.S., il est à noter que ce cours ne se substitue en aucun cas à un cours de pédagogie ou de sciences de l'éducation : il s'agit avant tout d'un cours de sciences physiques dont le contenu est axé sur l'électromagnétisme classique. Néanmoins, deux compétences officielles du M.E.Q. sont susceptibles d'être développées dans le cadre du cours PHQ-220 :

Compétence n°1 : « *Agir en tant que professionnelle ou professionnel héritier, critique et interprète d'objets de savoirs ou de culture dans l'exercice de ses fonctions.* » Il est clair que le contenu de ce cours (voir ci-dessous), faisant de fréquentes références à l'histoire et développant plusieurs thèmes de la géophysique ou de l'astrophysique (i.e. favorisant une approche multidisciplinaire de la physique classique), est à même d'aider les étudiant(e)s du B.E.S. à i) Prendre une distance critique à l'égard de la discipline enseignée et, ii) Situer les points de repère fondamentaux et les axes d'intelligibilité (concepts, postulats, méthodes) des savoirs de cette discipline afin de rendre possibles des apprentissages significatifs et approfondis chez les élèves.

Compétence n°2 : « *Communiquer clairement et correctement dans la langue d'enseignement, à l'oral et à l'écrit, dans les divers contextes liés à la profession enseignante.* » Voir plus loin la section Évaluation, pour les exigences en matière de français écrit.

OBJECTIFS

Le cours PHQ 220 tend à familiariser les étudiantes et les étudiants avec les notions de base associées aux phénomènes électromagnétiques tant sur le plan du formalisme mathématique que celui du concept physique. Il développe son aptitude à l'observation, l'analyse et à la mise en équations des lois régissant

les interactions à caractère électromagnétique. Plus précisément, à la fin du cours PHQ 220 l'étudiant devrait être capable :

- d'expliquer la notion de champs découlant de l'électromagnétisme;
- d'appliquer les théorèmes mathématiques sous forme intégrale permettant d'évaluer ces champs;
- d'appliquer les lois locales de l'électromagnétisme;
- de comprendre et décrire proprement les phénomènes régis par les lois de l'électromagnétisme;
- d'identifier les étapes historiques essentielles qui ont mené à leur compréhension;
- de comprendre les propriétés des matériaux diélectriques, et celles des substances magnétiques (paramagnétiques, ferromagnétiques, diamagnétiques).

PLAN DE LA MATIÈRE

I. Introduction historique

But du cours (Équations de Maxwell), forces dans la nature

II. Les forces électrostatiques dans le vide (*environ 4 et 5 semaines*)

- 2.1 Caractéristiques de la charge
- 2.2 Force de Coulomb
- 2.3 Le champ électrostatique
- 2.4 Les lignes de champ
- 2.5 Introduction mathématique au gradient, laplacien,... (compléments de maths)
- 2.6 Le flux électrostatique; théorème de Gauss; équation de Maxwell numéro 1
- 2.7 Exemples (sphère, distribution linéaire de charges, plaque)
- 2.8 Principe de superposition
- 2.9 Théorèmes de Stokes et de la divergence
- 2.10 Le potentiel (exemples, le potentiel d'un dipôle)
- 2.11 Le condensateur
- 2.12 Les équations de Laplace (cas simple à une dimension et deux dimensions); introductions aux solutions faisant intervenir les polynômes de Legendre
- 2.13 La méthode des images
- 2.14 Notion de fonction de Green

III. Le courant électrique dans les conducteurs (6^e semaine)

- 3.1 Densité de courant
- 3.2 La loi d'Ohm, conductivité
- 3.3 Dissipation d'énergie au passage d'un courant
- 3.4 La force électromotrice
- 3.5 Les courants variables

IV. Étude historique du magnétisme (7^e semaine)

- 4.1 Expérience d'Oersted (1820), la loi de Lorentz
- 4.2 Les pôles "nord" et "sud"
- 4.3 Lignes du champ d'induction magnétique

4.4 Mouvement d'une particule dans un champ magnétique, le cyclotron

4.5 Effet Hall

V. Le champ magnétique (8^e et 9^e semaines)

5.1 Loi de Biot et Savart et évaluation dans les cas simples (fil infiniment long, spire, boucle carrée)

5.2 La divergence du champ magnétique et ses conséquences (2^e loi de Maxwell)

5.3 Rotationnel du champ magnétique et théorème d'Ampère

VI. Induction électromagnétique et équations de Maxwell (10^e et 11^e semaines)

6.1 Règle de flux via des exemples

6.2 Loi de Faraday

6.3 Équations de Maxwell, et courant de déplacement

6.4 Définition de l'inductance; formules de Neumann

6.5 Énergie magnétique

6.6 Circuits RLC

6.7 Équations d'onde; notions sur les ondes; méthode de D'Alembert

6.8 Résolution de l'équation des ondes électromagnétiques planes

VII. Champs électrique et magnétique dans la matière (12^e et 13^e semaines)

En pratique cette partie sera incluse naturellement dans II et VI.

7.1 Diélectriques

7.2 Moment dipolaire induit: la polarisation

7.3 Champ d'un dipôle

7.4 Charges liées de surface et de volume

7.5 Équations de Maxwell dans un milieu pondéré: vecteur déplacement

7.6 Énergie électrique dans la matière

7.7 De même, dipôle magnétique

7.8 Diamagnétisme, paramagnétisme, ferromagnétisme

7.9 Équations de Maxwell; formulation covariante de l'électrodynamique classique

7.10 Tenseur de Maxwell

MÉTHODE PÉDAGOGIQUE

- Exposés magistraux et questions par les étudiants.
- Travaux dirigés. Le professeur répondra aux questions et solutionnera des problèmes.
- Devoirs.

Les devoirs et tests seront corrigés par Jean-Philippe Reid (local D2-042; jpreid@physique.usherbrooke.ca)

ÉVALUATION

L'évaluation consistera en :

- Plusieurs tests : 30%;

- Un examen final : 40%;
- Les devoirs compteront pour 30%. Bien entendu, la collaboration avec d'autres étudiants est admise, mais elle doit être intelligente et non aveugle. La qualité de la présentation et de la langue écrite compteront.

Le calendrier des tests et devoirs sera discuté et établi avec les étudiantes et les étudiants en début de session et sera rapidement disponible sur la page Internet du cours. La date de l'examen final sera fixée par la faculté des sciences et la faculté d'éducation.

L'enseignant de cette activité pédagogique attache une grande importance à la qualité du français employé dans les travaux écrits des étudiantes et étudiants. Pour tout un chacun, il ne fait généralement aucun doute que tout futur enseignant se doit de maîtriser la langue française ou, à tout le moins, de soigner et parfaire en toute occasion son niveau dans ce domaine. A cette fin environ 10% de la note de chaque évaluation sera consacrée à la qualité de la langue. Ainsi les fautes d'orthographe, de lexique ou de syntaxe donneront lieu à des pénalités (ce qui est parfaitement en phase avec la politique de promotion de qualité du français de la faculté d'éducation). Cela étant, il ne faut pas que les étudiantes et étudiants du B.E.S. soient les seuls concernés par cette politique : l'enseignant du cours PHQ-220 est fortement convaincu qu'une bonne maîtrise du français est essentielle, que l'on envisage ou pas une carrière d'enseignant au secondaire ! En d'autres termes, les étudiantes et étudiants du baccalauréat en sciences physiques devront également se soumettre à des pénalités en cas de faiblesses dans leur français écrit.

Les travaux écrits doivent être présentés sous une forme agréable à lire : soignez votre écriture s'il vous plaît, ou bien utilisez un logiciel de traitement de texte. Tout correcteur de devoirs ou examens est naturellement impatient, irritable ou moins indulgent à la lecture d'un document difficilement lisible ou sale (ce qui arrive hélas trop fréquemment).

Les dates de remises des travaux doivent être impérativement respectées. Dans le cas contraire des pénalités (5% du maximum des points pouvant être attribués à un travail, par journée de retard) seront appliquées, sauf, bien évidemment, en cas de maladie ou de force majeure. La note finale (sous la forme d'une lettre éventuellement suivie du signe + ou du signe -) sera exprimée en conformité avec les règlements de la Faculté des Sciences et de la Faculté d'Éducation.

BIBLIOGRAPHIE

Ce cours ne requiert pas l'achat d'un manuel. Un polycopié des notes de cours du professeur sera disponible au comptoir de la photocopie. Les ouvrages suivants peuvent compléter les notes :

- W. K. H. Panofsky et M. Phillips, *Classical electricity and magnetism*, 2nd edition, Dover Publications, New York, 2005. Il s'agit de la réédition d'un ouvrage classique des années 1960. Ce livre est particulièrement complet et clair (et peu onéreux, comme la plupart des livres de chez Dover).
- D. J. Griffiths, *Introduction to electrodynamics*, 3rd edition, Prentice Hall, 2005. Excellent bouquin du point de vue pédagogique. Je conseille l'achat de cet ouvrage car il sera de toute manière obligatoire dans le cadre du deuxième cours d'électromagnétisme (PHQ 421).
- E. M. Purcell, *Électricité et magnétisme* (Berkeley cours de physique : 2), Dunod, Paris, 1998. Traduction française récente d'une excellente référence en langue anglaise.