

**FACULTÉ DES ARTS ET DES SCIENCES  
DÉPARTEMENT DE PHYSIQUE  
HIVER 2007**

**PLAN DE COURS**

---

**Sigle du cours:** PHY 1441

**Titre du cours:** Électromagnétisme

**Nombre de crédits:** 3

**Professeur:** Paul Charbonneau (B-418; 343-2300; paulchar@astro.umontreal.ca)

---

**Description et buts du cours**

Ce cours est offert aux étudiant(e)s inscrits au premier cycle en physique (incluant les programmes bidisciplinaires mathématique+physique, et physique+informatique). Le cours vise à introduire les bases de l'électromagnétisme classique, tel qu'exprimé par les équations de Maxwell. Le cours compte trois grandes sections, soit (1) Électrostatique; (2) Magnétostatique; et (3) Électromagnétisme. Au terme du cours, l'étudiant(e) aura compris les origines expérimentales et la signification physique des équations de Maxwell, et saura les appliquer à diverses situations pratiques en utilisant des techniques mathématiques développées dans le cadre du cours.

**Horaire des cours, Hiver 2007**

- Lundi 10:30-11:30, Z-260, Pavillon C-McNicoll [alias R-Gaudry/Principal]
- Mardi 10:30-12:30, Z-260, Pavillon C-McNicoll
- Jeudi 11:30-13:30, Z-260, Pavillon C-McNicoll [TP]
- Examen final: Mardi 17 avril, 9:00-12:00, Z-317, Pavillon C-McNicoll [alias R-Gaudry/Principal]

**Manuel de cours et Notes**

D.J. Griffiths, *Introduction to Electrodynamics (3rd ed.)*, Prentice Hall (1999).

Nous couvrirons essentiellement les chapitres 1, 2, 3 (partiellement), 5, 7 et 12 (partiellement). Ce livre est cher... mais il est également utilisé en PHY 2441 et PHY 3441! Des notes supplémentaires seront distribuées pour certains sujets qui ne sont pas couverts dans le manuel, et des lectures supplémentaires seront mises en réserve à la bibliothèque de physique. Si l'anglais écrit vous pose un sérieux problème au niveau de la compréhension, je vous recommande l'ouvrage suivant:

P. Taras, *Électricité et Magnétisme*, Notes de cours disponibles à son bureau (2006);

La page Web suivante inclut un horaire détaillé de chaque cour, et donne accès à des copies du matériel didactique supplémentaire distribué en classe;

<http://www.astro.umontreal.ca/~paulchar/phy1441/phy1441.html>

**Évaluation**

- Cinq devoirs, les quatre meilleurs comptabilisés à 5%, pour 20% de la note finale;
- Examen partiel, couvrant la matière à date, pour 30% de la note finale;

- Examen final, couvrant l'ensemble de la matière, pour 50% de la note finale.
- 

## MATIÈRE COUVERTE

Note: (\*) indique un sujet qui n'est pas couvert dans le manuel de cours; un (\*\*) indique que des notes supplémentaires seront fournies. Un (+) indique que ce sujet ne sera couvert que si le temps le permet, et/ou en séance de TP.

### INTRODUCTION

#### 1. Survol et notions fondamentales

- 1.1 Aperçu de l'électromagnétisme
- 1.2 Force électromagnétique versus gravité et forces nucléaires
- 1.3 Quantisation des charges
- 1.4 Le problème fondamental en électromagnétisme
- 1.5 Les équations de Maxwell
- 1.6 Électrostatique et magnétostatique

### PREMIÈRE PARTIE: ÉLECTROSTATIQUE

#### 2. La loi de Coulomb

- 2.1 Loi de Coulomb pour des charges ponctuelles
- 2.2 Principe de superposition
- 2.3 Similarités et différences avec la gravité
- 2.4 Loi de Coulomb pour des distributions de charges

#### 3. Le champ électrique

- 3.1 Notion de champ
- 3.2 Lignes de champ
- 3.3 Notion de flux
- 3.4 Loi de Gauss sous forme intégrale
- 3.5 Calcul du champ électrique via la Loi de Gauss
- 3.6 Le théorème de la divergence
- 3.7 Loi de Gauss sous forme différentielle
- 3.8 Circulation et rotationnel
- 3.9 Le rotationnel du champ électrique
- 3.10 Le théorème de Stokes
- 3.11 Les équations de Maxwell: post-Coulomb/Gauss

#### 4. Le potentiel électrostatique

- 4.1 Champ vectoriel défini en terme d'un potentiel scalaire
- 4.2 Gradient et différence de potentiel
- 4.3 Exemples de potentiels dus à des distributions de charges
- 4.4 Analogie avec la gravité
- 4.5 Équations de Laplace et de Poisson
- 4.6 Solution des équations de Laplace et de Poisson (+)

#### 4.7 Développements multipolaires

### 5. L'énergie électrostatique (\*\*)

- 5.1 Potentiel et énergie
- 5.2 Énergie électrostatique d'un réseau cristallin: NaCl (\*)
- 5.3 Énergie d'un champ électrique
- 5.4 Stabilité d'une distribution de charges (\*)
- 5.5 Le théorème d'Earnshaw (\*)
- 5.6 Solution numérique de l'équation de Laplace (\*, +)
- 5.7 Unicité des solutions à l'équation de Laplace (\*)

### 6. Les conducteurs

- 6.1 Conducteurs et isolants
- 6.2 Champs électriques dans un conducteur
- 6.3 Conducteur soumis à un champ électrique
- 6.4 Champ électrique et charges à la surface d'un conducteur
- 6.5 Blindage électrostatique
- 6.6 Force électrostatique sur un conducteur
- 6.7 Condensateur et capacitance

### 7. Courants électriques

- 7.1 Charges en mouvement et courants électriques (\*\*)
- 7.2 La loi d'Ohm (\*\*)
- 7.3 Conductivité et résistivité (\*, \*\*)
- 7.4 Courants et conservation de la charge électrique (\*\*)
- 7.5 La force électromotrice
- 7.6 La foudre et le circuit électrique atmosphérique (\*, \*\*)
- 7.7 Circuit RC
- 7.8 Propriétés électriques des neurone (\*, +, \*\*)

## DEUXIÈME PARTIE: MAGNÉTOSTATIQUE

### 8. Le champ magnétique

- 8.1 Magnétisme naturel
- 8.2 Les expériences de Mr Oersted
- 8.3 Les expériences de Mr Ampère
- 8.4 La force de Lorentz
- 8.5 Force magnétique et travail
- 8.6 Le mouvement cyclotron
- 8.7 L'aurore boréale (\*)
- 8.8 Lévitacion magnétique

### 9. Courants électriques et champ magnétique

- 9.1 La loi de Biot-Savart
- 9.2 Calcul du champ magnétique dû à un courant rectiligne
- 9.3 Calcul du champ magnétique dû à une boucle de courant

- 9.4 La divergence du champ magnétique
- 9.5 Le rotationnel du champ magnétique
- 9.6 La Loi d'Ampère
- 9.7 Applications de la Loi d'Ampère: fil, boucle, solénoïde
- 9.8 Les équations de Maxwell: post-Ampère

## 10. Le potentiel vecteur

- 10.1 Définition du champ magnétique en termes d'un potentiel vecteur
- 10.2 Calcul du potentiel vecteur
- 10.3 Applications: champ poloidal, champ toroidal (+, \*)
- 10.4 Développement multipolaire du champ magnétique
- 10.5 Le dipôle magnétique
- 10.6 Imagerie par résonance magnétique (+, \*)

## TROISIÈME PARTIE: ÉLECTROMAGNÉTISME

### 11. L'induction

- 11.1 Les expériences de Faraday
- 11.2 La Loi de Faraday
- 11.3 La Loi de Lenz
- 11.4 Applications: générateurs et dynamos (\*)
- 11.5 Inductance mutuelle et self-inductance
- 11.6 Circuits RL (+)
- 11.7 L'énergie magnétique
- 11.8 Dynamo auto-excitée (+, \*)
- 11.9 Les orages géomagnétiques (+, \*)
- 11.10 Les équations de Maxwell: post-Faraday

### 12. Le courant de déplacement

- 12.1 Le paradoxe du condensateur en circuit
- 12.2 Modification de Maxwell à la Loi d'Ampère
- 12.3 Les équations de Maxwell: forme finale!

### 13. Électromagnétisme et relativité

- 13.1 Le paradoxe de la force magnétique
- 13.2 Invariance de la charge
- 13.3 Transformation des champs électriques et magnétiques

### 14. La Magnétohydrodynamique (\*, \*\*)

- 14.1 Les fluides magnétisés
- 14.2 Équation d'induction dans le régime MHD
- 14.3 Diffusion du champ magnétique
- 14.4 Les champs magnétiques terrestres, planétaires et solaires

### 15. Et la lumière fut... (+)

- 15.1 Les équations de Maxwell dans le vide
- 15.2 Les ondes électromagnétiques
- 15.3 Le spectre électromagnétique