

# MOOC (ASTRO)PHYSIQUE I : ÉLECTROMAGNÉTISME

J.M. Malherbe \*

Automne 2016

## PLAN DU COURS

---

\*LESIA, Observatoire de Paris, PSL Research University, CNRS, Université Pierre et Marie Curie, Université Denis Diderot, 92195 Meudon cedex, France

## SEMAINE 1

### Introduction (I)

#### I.I Présentation du cours et des enseignants

- Présentation du cours
- Plan du cours
- Présentation des enseignants

#### I.I Structure du cours et navigation

- Structure du cours
- Navigation
- Réalisation des exercices
- Vidéo
- Pages de la plateforme
- Forum - Discussion

### Analyse vectorielle A (AV-A)

#### AV-A.0 Introduction

#### AV-A.I Champs et produits scalaires et vectoriels

- Champs scalaire et vectoriel, et produit scalaire
- Produit vectoriel
- Exemple de champs scalaires
- Exemples de champs vectoriels

#### AV-A.II Dérivées, différentielle, gradient et potentiel

- Dérivées partielles et différentielle
- Gradient
- Exemple de gradient
- Potentiel

## SEMAINE 2

### Électromagnétisme A (ELM A)

#### ELM-A.0 Introduction

#### ELM-A.I Force de Lorentz

- Force de Lorentz
- Orientation de la force magnétique

### ELM-A.II Travail et puissance

Travail et puissance de la force de Lorentz  
 Loi de conservation de l'énergie mécanique  
 Application : Le canon à électrons

### ELM-A.III Mouvement dans un champ électrique uniforme et constant

Équations horaires  
 Exemple  
 Application : Oscilloscope à écran cathodique  
 Application : Expérience de Millikan

### ELM-A.IV Mouvement dans un champ magnétique uniforme et constant

Vitesse de dérive et vitesse de giration  
 Pulsation gyromagnétique et rayon de giration  
 Application : Effet de miroirs magnétiques  
 Application : Chambre à bulles  
 Application : Cyclotron et synchrotron

## SEMAINE 3

### ELM-A.V Équations horaires du mouvement dans un champ magnétique uniforme et constant

Équations horaires  
 Application : Guidage par un champ magnétique

### ELM-A.VI Oscillateur harmonique dans un champ magnétique : effet Zeeman

Introduction  
 Équations horaires du mouvement  
 Écart de pulsations et mesure du champ magnétique à distance  
 Exemple de mesure du champ magnétique à distance

### ELM-A.VII Oscillateur harmonique excité par une onde électromagnétique

Effet d'une onde  
 Section efficace d'interaction matière-rayonnement  
 Application : Profil d'amortissement d'une raie en fréquence  
 Application : Exploration du profil des raies  
 Application : Exploration en altitude

## SEMAINE 4

### Analyse vectorielle $\mathbf{B}$ (AV B)

AV-B.0 Introduction

AV B.I Opérateurs

- Opérateur divergence
- Exemples d'opérateur gradient et divergence
- Opérateur rotationnel
- Exemple de rotationnel
- Opérateur Laplacien

AV-B.II Coordonnées

- Coordonnées cartésiennes
- Coordonnées cylindriques
- Coordonnées sphériques

AV-B.III Lignes de champs et lignes et surfaces équipotentielles

- Lignes de champs
- Lignes et surfaces equipotentielles
- Exemple

AV-B.IV Circulation et flux

- Circulation
- Flux à travers une surface fermée
- Flux à travers une surface ouverte

AV-B.V Théorèmes de Stokes et d'Ostrogradski

- Théorème de Stokes
- Théorème d'Ostrogradski
- Exemple d'utilisation du théorème d'Ostrogradski

SEMAINE 5

**Électromagnétisme B (ELM B)**

ELM-B.0 Introduction

- Introduction
- Historique

ELM B.I Équations de Maxwell locales et globales

- Les équations de Maxwell locales
- Relation champs-potentiels et équation de conservation de la charge
- Milieu conducteur et charge électrique
- Équations de Maxwell globales dans un milieu conducteur
- Comparaison équations locales - équations globales

SEMAINE 6

- ELM-B.II Ondes dans le vide, dans un diélectrique et dans un plasma
  - Équations de Maxwell et ondes électromagnétiques dans le vide
    - Équations de Maxwell dans le vide
    - Composantes électrique et magnétique de l'onde
    - Spectre des ondes électromagnétiques
  - Équations de Maxwell et ondes électromagnétiques dans un diélectrique, dans un plasma
    - Milieu LHI et solution OPPH
    - Paquet d'ondes
    - Exemples
    - Application : Ondes dans la couronne solaire

SEMAINE 7

- ELM-B.III(a) Régime stationnaire : l'électrostatique
  - Équations de Maxwell en régime stationnaire
  - Électrostatique
    - Champ et potentiel électrostatiques
    - Théorème de Gauss de l'électrostatique
    - Utilisation du théorème de Gauss
  - Analogie électrostatique/gravitation
    - Analogie
    - Théorème de Gauss de la gravitation

SEMAINE 8

- ELM-B.III(b) Régime stationnaire : la magnétostatique
  - Loi de Biot et Savart
  - Exemple : Les champs potentiels
  - Dipôle magnétique
  - Théorème d'Ampère de la magnétostatique
  - Application : Champ magnétique crée par un cylindre infini

SEMAINE 9

- ELM-B.IV Force de Laplace
  - Force de Laplace
  - Application : Protubérances solaires
  - Illustration vidéo : Les protubérances
- ELM-B.V Loi d'Ohm
  - Loi d'Ohm pour un milieu conducteur

## ELM-B.VI Approximation des Régimes Quasi Stationnaires (ARQS)

ARQS et Loi des noeuds

Loi de Faraday

Exemple d'induction magnétique

Loi d'Ohm généralisée pour un circuit

Exemple : Induction dans un circuit fermé

## SEMAINE 10

### ELM-B.VII Équation de conservation de l'énergie électromagnétique

Vecteur de Poynting et conservation de l'énergie

Application : Plasma d'électrons mobiles

Application : Forme globale de l'équation de conservation de l'énergie électromagnétique

Application : Spire de courant dans un champ magnétique extérieur

Application : Transport de l'énergie par une onde en milieu LHI

Applications