



## L2 - CUPGE - Physique et Mathématiques



Structure de  
formation  
Faculté des  
Sciences



Langue(s)  
d'enseignement  
Français

## Présentation

## Infos pratiques

---

### Contacts

Responsable pédagogique

Benoit Rufflé

+33 4 67 14 38 68

benoit.ruffle@umontpellier.fr



# Programme

## L2S3 - CUPGE - Physique et Mathématiques

Electrostatique & Magnétostatique	4 crédits	36h
Physique experimentale S3	4 crédits	36h
Thermodynamique 2	4 crédits	36h
Algèbre III Réduction des endomorphismes	6 crédits	
Analyse III intégration et équations différentielles élément	6 crédits	
Dynamique du Solide rigide		
Anglais S3	2 crédits	
Physique des Oscillateurs	4 crédits	36h

## L2S4 - CUPGE - Physique et Mathématiques

Physique des ondes	4 crédits	36h
Anglais S4	2 crédits	
Physique Expérimentale S4	4 crédits	36h
Analyse IV Suites de fonctions, séries entières, Fourier	8 crédits	
Projet Personnel et Professionnel	2 crédits	
Electromagnétisme	6 crédits	54h
Physique sur Ordinateur	4 crédits	36h
Algèbre IV Espaces euclidiens	6 crédits	



# Electrostatique & Magnétostatique



Niveau d'étude  
BAC +2



ECTS  
4 crédits



Composante  
Faculté des  
Sciences



Volume horaire  
36h

## Présentation

### Description

Ce cours est la première étape de l'enseignement de l'électromagnétisme à l'université. L'électrostatique, les courants stationnaires et la magnétostatique y sont traités.

Voir le syllabus dans l'onglet « + d'infos »

### Objectifs

Voir le syllabus dans l'onglet « + d'infos »

### Pré-requis nécessaires

Les mathématiques du L1

La « Physique générale » du L1 (notion de force conservative et d'énergie potentielle)

Les opérateurs vectoriels

Prérequis recommandés :

Voir pré-requis nécessaires

### Contrôle des connaissances

30% CC 70% CT

## Syllabus

### Partie 1 : Électrostatique

Charges électriques et distributions de charges. Modèle de la charge ponctuelle.

Loi de Coulomb, champ électrostatique et théorème de Gauss (formes intégrale et locale).

Énergie potentielle et potentiel électrostatique. Circulation du champ électrostatique. Énergie électrostatique propre d'un système de charges.

Symétries des distributions de charges et symétries du champ.

Milieux conducteurs. Charges liées, charges libres. Vecteur courant volumique. Intensité algébrique d'un courant. Loi d'Ohm, conductivité électrique.

Conducteurs en équilibre électrostatique. Pouvoir ionisant des pointes. Conducteurs en influence électrostatique. Condensateurs.

### Partie 2 : Magnétostatique

La force de Lorentz et le champ électromagnétique.

Loi de Biot et Savart (champ créé par une charge en mouvement, champ créé par un courant stationnaire, champ créé par les circuits filiformes)



Symétries des distributions de courants et symétries du champ.

Relations entre le champ magnétique et ses sources -  
théorème d'Ampère (formes intégrale et locale).

## Infos pratiques

---

### Contacts

Responsable pédagogique

Marie Foret

☎ +33 4 67 14 41 99

✉ [marie.foret@umontpellier.fr](mailto:marie.foret@umontpellier.fr)



# Physique expérimentale S3



Niveau d'étude  
BAC +2



ECTS  
4 crédits



Composante  
Faculté des  
Sciences



Volume horaire  
36h

## Présentation

### Description

Les deux principaux objectifs de la Physique sont d'une part de mieux comprendre -ou de mieux connaître- le monde dans lequel nous sommes, et d'autre part de contribuer à l'essor des techniques et des technologies. Sa vocation est d'élaborer des théories et de les confronter à l'expérience.

Dans ce module vous réaliserez des expériences qui illustreront des notions de mécanique, d'électricité et de thermodynamique qui ont été présentées dans les modules de 1ère année de licence.

### Objectifs

L'objectif de ce module est de compléter vos connaissances théoriques en vous apportant une démarche expérimentale dans votre approche de la physique et de vous aider à mieux comprendre les concepts abordés dans les autres modules de physique.

### Contrôle des connaissances

TP 100%

## Infos pratiques

### Contacts

Catherine Turc

+33 4 67 14 39 92

catherine.turc@umontpellier.fr

Olivier Richard

+33 4 67 14 47 36

olivier.richard@umontpellier.fr



# Thermodynamique 2



Niveau d'étude  
BAC +2



ECTS  
4 crédits



Composante  
Faculté des  
Sciences



Volume horaire  
36h

## Présentation

### Description

Ce module complète et formalise les notions de thermodynamique introduites par l'UE de Thermodynamique 1, en approfondissant plusieurs aspects : potentiels thermodynamiques définis à partir de transformations de Legendre, thermodynamique des systèmes ouverts, transitions de phase du corps pur et des processus irréversibles, avec des incursions au niveau microscopique afin de donner un aperçu des fondements physiques de la théorie.

### Objectifs

- \* Utiliser les formes différentielles et leur propriétés dans le cadre de la thermodynamique.
- \* Effectuer le bilan énergétique et le bilan entropique d'un système thermodynamique composé.
- \* Prédire les propriétés macroscopiques de modèles physiques simples (ex. gaz parfait, gaz réels, solide harmonique).
- \* Appliquer des méthodes de solution d'équations différentielles ordinaires à des problèmes de thermodynamique (ex. pression dans un fluide compressible).
- \* Effectuer un bilan d'énergie et d'entropie pour un système ouvert
- \* Intégrer une équation de diffusion dans des cas simples.

- \* Établir le lien entre la description macroscopique et microscopique d'un système

### Pré-requis nécessaires

- \* UE thermodynamique 1:
  - \* Notions de dynamique newtonienne
    - \* Forces conservatives
    - \* Énergie cinétique et potentielle
    - \* Oscillateurs harmoniques
  - \* Maths
    - \* Dérivés, intégrales, développements limités
    - \* Formes différentielles

### Contrôle des connaissances

Contrôle Terminal

### Syllabus

- \* **Thermodynamique à l'équilibre**
  - \* Rappels: Systèmes thermodynamiques. Variables et fonctions d'état: équations d'état, intensivité, extensivité, additivité. Notion d'équilibre et d'équilibre local. Transformations thermodynamiques: quasi-statiques vs. réversibles. Travail et chaleur et leur expressions élémentaires. Énergie interne.
  - \* Présentation axiomatique: Premier principe: énoncé et conséquences, lien avec la calorimétrie. Loi de Dulong



- et Petit. Deuxième principe: énoncé et conséquences. Équation fondamentale et équations d'état. Équilibre thermique. Troisième principe.
- \* Potentiels thermodynamiques: potentiel de Helmholtz (énergie libre) et potentiel de Gibbs (enthalpie libre) et applications. Enthalpie. Notions sur les transformations de Legendre. Rappels sur les diagrammes de phase. Équation de Clausius-Clapeyron et applications.
  - \* Thermodynamique des systèmes ouverts : Expression du premier et second principe pour les systèmes ouverts. Potentiel chimique. Application aux transformations chimiques
  - \* Transitions de phase: concavité et convexité des potentiels thermodynamiques. Fonctions de réponse. Applications. Transitions de phase: transitions du premier ordre et transitions continues.
  - \* Phénomènes de transports : Forces thermodynamiques. Bilan énergétique et entropique local. Equation de diffusion . Couplage de phénomènes irréversibles : application aux effets thermoélectriques.
- \* **Aspects microscopiques**
- \* Énergie interne: conservation et équipartition de l'énergie
  - \* Pression et température: éléments de théorie cinétique des gaz
  - \* Entropie: interprétation microscopique, micro-états et macro-état

## Infos pratiques

---

### Contacts

Responsable pédagogique

Christian Ligoure

✉ [christian.ligoure@umontpellier.fr](mailto:christian.ligoure@umontpellier.fr)



# Algèbre III Réduction des endomorphismes



## Présentation

### Description

Ce cours abordera les notions de groupe symétrique, déterminants et traitera de la réduction des endomorphismes en dimension finie (jusqu'à la forme de Jordan) et de ses applications. C'est un premier pas vers l'analyse spectrale.

### Objectifs

#### Groupe symétrique

Notion de groupe, groupe des bijections de  $X$ , groupe  $S_n$ . Décomposition en produit de cycles à supports disjoints. Ordre d'une permutation. Transpositions et morphisme de signature.

#### Déterminants:

Forme  $n$ -linéaire alternée (lien avec le volume des parallélogrammes/parallélépipèdes). Déterminant d'une famille de vecteurs, d'une matrice, d'un endomorphisme. Annulation du déterminant. Multiplicativité. Déterminant et matrice transposée. Développement par rapport à ligne ou colonne. Co-matrice et formule de Cramer. Déterminant de matrices par blocs.

Ré-interprétation de l'algorithme du pivot de Gauss: les matrices  $(I+E_{ij})$  et les permutations engendrent  $GL(E)$ . Calcul du déterminant par pivot de Gauss.

#### Réduction des endomorphismes:

Rappels: changement de bases et matrice de passage, sommes directes de sous-espaces vectoriels, sous-espaces stables et matrices diagonales par blocs.

Vocabulaire propre: valeurs, vecteurs, sous-espaces. Spectre. Polynôme caractéristique.

Endomorphisme-matrice diagonalisable-trigonalisable. Caractérisations par le polynôme caractéristique.

Espaces caractéristiques, lemme des noyaux emboîtés, endomorphismes nilpotents.

#### Polynômes d'endomorphismes:

Morphisme d'évaluation. Polynôme minimal d'un endomorphisme. Théorème de Cayley-Hamilton (par exemple via les matrices compagnons).

Lemme des noyaux. Caractérisation de diagonalisable-trigonalisable par le polynôme minimal.

Décomposition de Dunford. Réduction de Jordan.

Applications: calcul des puissances d'une matrice, suite récurrentes linéaires, systèmes d'équations différentielles linéaires homogènes.

## Pré-requis nécessaires

algèbre linéaire de L1 (HAX102X et HAX202X) et HAX104X – Géométrie dans le plan et le plan complexe



Pré-requis recommandés : L1 maths

---

## Informations complémentaires

Volumes horaires :

CM : 30

TD : 30

TP :

Terrain :

## Infos pratiques

---

### Contacts

Responsable pédagogique

Vanessa LLERAS

✉ [Vanessa.Lleras@univ-montp2.fr](mailto:Vanessa.Lleras@univ-montp2.fr)



# Analyse III intégration et équations différentielles élément



## Présentation

### Description

Ce cours abordera, dans la continuité du cours d'analyse du S2, la notions de séries à termes de signe quelconque. L'intégrale de Riemann sera définie et mise en application pour traiter les équations différentielles notamment linéaires. La partie intégration sera élargie aux intégrales généralisées.

### Objectifs

*Séries à termes de signe quelconque*

- \* critère de Cauchy, absolue convergence
- \* autres critères de convergence: règles de Leibniz (des séries alternées) et d'Abel
- utilisation des DL pour prouver la convergence.
- étude des restes, vitesse de convergence.

*Intégration*

- Intégrale d'une fonction en escalier
- Fonctions Riemann Intégrables
- Primitive et Intégrales
- Quelques méthodes de calculs (IPP, changement de variables, formules de la moyenne)

- Sommes de Riemann

*Equations différentielles*

- Equations à variables séparables
- Linéaires D'ordre 1
- Linéaires D'ordre 2 (à coefficients constants).
- Equations non linéaires (Ricatti, Bernoulli)

*Intégrales généralisées*

- Définitions : intégrales généralisées convergentes, absolument convergentes, semi-convergentes, divergentes.
- Le critère de Cauchy.
- Comparaisons des intégrales généralisées à termes positifs.
- Critères de convergence absolue.
- Intégrales semi convergentes.

### Pré-requis nécessaires

HAX201X – Analyse II Suites, séries, développements limités

Pré-requis recommandés : L1 maths



---

## Informations complémentaires

Volumes horaires :

CM : 30

TD : 30

TP :

Terrain :

## Infos pratiques

---

### Contacts

Responsable pédagogique

Vanessa LLERAS

✉ [Vanessa.Lleras@univ-montp2.fr](mailto:Vanessa.Lleras@univ-montp2.fr)



# Dynamique du Solide rigide



Niveau d'étude  
BAC +2



Composante  
Faculté des  
Sciences

## Présentation

### Description

Cette ue concerne l'étude de la mécanique des solides rigides. C'est la suite naturelle de l'ue consacrée à la cinématique et à la statique des solides rigides en L1. Nous allons dans cette ue nous placer dans un cadre dynamique et appliquer le Principe Fondamental de la Dynamique. L'écriture de ce principe nécessite la connaissance du torseur des actions extérieures, étudié en L1 mais aussi la connaissance du torseur dynamique. Celui ci peut être calculé à l'aide du torseur cinétique qui fait intervenir, pour un solide rigide la notion de moment d'inertie. Les application principales étudiées dans le cadre de cette ue concerne le solide rigide ou des cas simples de systèmes articulés de solides rigides. Par ailleurs nous étudierons le cas particulier des actions de contact et de frottement (frottement de Coulomb) et nous aborderons le Théorème de l'énergie cinétique.

### Objectifs

- Isoler un système mécanique et faire un bilan des efforts appliqués
- Paramétrer (modéliser) un système, appliquer les PFD
- Déterminer le mouvement quand les efforts sont connus

d. Déterminer les efforts de liaison quand le mouvement est connu

e. Linéariser les équations du mouvement autour d'un équilibre

### Pré-requis nécessaires

Cinématique des solides rigides. Notion de torseur. Torseur des efforts extérieurs. Principe fondamental de la statique. Cours de mathématique (algèbre et analyse) de L1.

### Contrôle des connaissances

CC

### Syllabus

- Rappels succincts de cinématique des solides rigides :  
notion de rotation, torseur cinématique, composition des mouvements, roulement sans glissement
- Rappels succincts du Principe Fondamental de la Statique et applications
- Géométrie de masses
- Cinétique : torseur cinétique, énergie cinétique, torseur dynamique
- Principe Fondamental de la dynamique : PFD, actions solide - solide et lois de frottements, applications.



2. Théorème de l'énergie cinétique

## Infos pratiques

---

### Contacts

Responsable pédagogique

Francoise KRASUCKI

✉ [francoise.krasucki@umontpellier.fr](mailto:francoise.krasucki@umontpellier.fr)



# Anglais S3

 ECTS  
2 crédits

 Composante  
Faculté des  
Sciences



# Physique des Oscillateurs



Niveau d'étude  
BAC +2



ECTS  
4 crédits



Composante  
Faculté des  
Sciences



Volume horaire  
36h

## Présentation

### Description

L'oscillateur est un concept essentiel en physique : la matière est modélisée souvent par une collection d'oscillateurs (harmoniques ou non) en interaction entre eux et avec le milieu extérieur. Celui-ci agit sur la matière par l'intermédiaire d'une onde, comme une onde acoustique, ou électromagnétique. Cela permet de poser les bases théoriques des problèmes d'interaction rayonnement-matière et ainsi de construire un des outils fondamentaux pour l'étude de la matière (au sens large) : la spectroscopie.

La spectroscopie est en effet l'outil de base pour l'étude des propriétés physiques des objets qui nous entourent, comme une molécule, un cristal, une étoile, une galaxie. Ces propriétés sont déduites soit de leur émission spontanée, soit de leur réponse à une excitation externe. Par exemple on mesure les propriétés d'absorption, de réflexion, de transmission d'un rayonnement électromagnétique appliqué (visible, infra-rouge, X, neutrons, ...). La réponse à ce rayonnement est alors un moyen de découvrir quels sont les divers types d'oscillateurs constituant le milieu étudié.

En somme, l'étude des milieux physiques qui nous entourent passe par l'utilisation de deux outils théoriques fondamentaux : les oscillateurs et les ondes, qui constituent justement le sujet de ce cours.

Le principe adopté ici est une progression pas à pas à partir de l'oscillateur harmonique, puis d'oscillateurs couplés, jusqu'aux ondes traitées dans le cadre de systèmes

*discrets : oscillateurs couplés infinis puis finis avec différentes conditions aux bords.*

### Objectifs

Acquérir les connaissances de base nécessaires à l'interprétation de certaines expériences de spectroscopie. Savoir conduire des calculs de modes et construire des solutions générales par superpositions modales. Connaissances de base sur les ondes et les relations de dispersion.

### Pré-requis nécessaires

Dynamique Newtonienne de base : mécanique du point : oscillateurs élémentaires.

Maîtrise des mathématiques de base (L1) : analyse et algèbre.

Pré-requis recommandés\* : Toute connaissance approfondie en mécanique du point.

### Contrôle des connaissances

CT 100%

### Syllabus

**1 - Oscillateurs :**



L'oscillateur harmonique (*définition, solution, espace des phases, énergie*).

La méthode du potentiel (*rappels, potentiel, oscillations non linéaires, limite linéaire*).

Oscillateur forcé et amorti (*équation du mouvement, solution, puissance absorbée*)

.

## 2 - Oscillateurs couplés :

Deux oscillateurs (*équations, fréquences propres, modes propres*).

Particules couplées (*molécule diatomique, modes propres du CO<sub>2</sub>*).

## 3 - Ondes dans les chaînes moléculaires

: Système de particules couplées (*énergie potentielle, équations du mouvement, modes, relation de dispersion, ondes progressives transverses et longitudinales, onde de bord de bande, onde évanescence*).

Système fini de particules couplées (*conditions aux bords, ondes stationnaires, extrémités fixes, libres et périodiques*).

Extrémité forcée (*forçage monochromatique, propagation d'un signal, filtre passe-bas, forçage résonant, puissance transmise, atténuation*)

. Chaîne diatomique (*relation de dispersion, ouverture d'un gap, branche acoustique et branche optique*)

. Chaîne d'oscillateurs couplés, bande interdite (*relation de dispersion, ondes progressives et stationnaires, onde évanescence, paquet d'onde, vitesses de phase et de groupe, largeur de bande, équation de Schrödinger, étalement du paquet d'ondes*)

.

# Infos pratiques

---

## Contacts

Brahim Guizal

✉ brahim.guizal@umontpellier.fr



# Physique des ondes



Niveau d'étude  
BAC +2



ECTS  
4 crédits



Composante  
Faculté des  
Sciences



Volume horaire  
36h

## Présentation

### Description

Il s'agit de revoir dans un premier temps différentes notions de la physique des ondes (équation de D'Alembert, ondes progressives, ondes stationnaires, réflexion, transmission) à travers l'étude de différents systèmes physique mécanique (ressort, corde, acoustique...), électrique (ligne télégraphique, co-axial...) ou électromagnétique et d'aboutir à un formalisme général pour l'étude des phénomènes ondulatoires linéaires.

Puis, dans un second temps, après avoir étudié les ondes stationnaires il s'agira d'étudier les interférences (cuve à ondes et autres dispositifs) et les notions physiques qui leur sont liées : déphasage, différence de marche, condition d'interférence constructive, interférences destructives

### Objectifs

- \* **Savoir décrire l'évolution d'un système mécanique soumis à une perturbation en appliquant des lois locales (principe fondamental, lois de Kirchhoff, équations de Maxwell).**
- \* **Résoudre une équation de propagation en exploitant les familles de solutions particulières (ondes progressives, planes, harmoniques, solutions stationnaires)**
- \* **Savoir décrire quantitativement les phénomènes de superposition d'ondes (interférences, phénomènes de battements, ondes stationnaires)**

- \* **Reconnaître les analogies des phénomènes de propagation entre les différents thèmes de la physique**
- \* **Savoir établir les équations de propagation et leur solution dans l'approximation des milieux continus**
- \* **Savoir établir la relation de dispersion dans un milieu dispersif et non-dispersif et être capables de résoudre les équations de propagation dans des milieux avec absorption.**

### Pré-requis nécessaires

**Ce cours est destiné à des étudiants ayant déjà suivi la première année d'enseignement universitaire. Les étudiants qui abordent cet enseignement doivent maîtriser correctement les outils mathématiques suivants : fonctions trigonométriques, nombres complexes (partie réelle, partie imaginaire, module et argument) produits scalaire et vectoriel, fonctions de plusieurs variables, dérivée, dérivée partielle, primitive, développement limité à l'ordre 1 et équations différentielles. Ils doivent également maîtriser les concepts liés à l'électrocinétique (lois de Kirchhoff), la mécanique du point newtonienne.**

Pré-requis recommandés\* : Avoir étudié les oscillateurs, être à l'aise avec les notions sur les ondes vu au lycée.

### Contrôle des connaissances

2 CC 25% CT 75%

### Syllabus



- rappel sur les oscillateurs au travers l'analogie mécanique - électricité
- la notion d'onde, milieu de propagation, inertie, cohésion du milieu et célérité d'une onde, aspect énergétique
- l'équation du télégraphiste et équation de D'Alembert
- formalisme généralisé des ondes : équation du mouvement, loi du comportement, équation de D'Alembert, célérité et notion d'impédance, aspect énergétique
- la corde de Melde : revisite du formalisme avec le cas de la corde
- réflexion et transmission d'une onde
- les ondes acoustiques : équation des ondes acoustiques, impédances, effet Doppler, onde de choc - cône de Mach.
- les ondes stationnaires : 1 condition limite, 2 conditions limites dans un milieu à 1 dimension.
- ondes et interférences (cuve à ondes et autres dispositifs): déphasage, différence de marche, condition d'interférence constructive, interférences destructives...

## Infos pratiques

---

### Contacts

Boris Chenaud

+33 4 67 14 46 08

boris.chenaud@umontpellier.fr



# Anglais S4

 ECTS  
2 crédits

 Composante  
Faculté des  
Sciences



# Physique Expérimentale S4



Niveau d'étude  
BAC +2



ECTS  
4 crédits



Composante  
Faculté des  
Sciences



Volume horaire  
36h

## Présentation

### Description

Les deux principaux objectifs de la Physique sont d'une part de mieux comprendre -ou de mieux connaître- le monde dans lequel nous sommes, et d'autre part de contribuer à l'essor des techniques et des technologies. Sa vocation est d'élaborer des théories et de les confronter à l'expérience.

Dans ce module vous réaliserez des expériences qui illustreront des notions d'optique géométrique, d'électromagnétisme et d'ondes qui ont été présentées dans les modules de 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> année de licence.

### Objectifs

L'objectif de ce module est de compléter vos connaissances théoriques en vous apportant une démarche expérimentale dans votre approche de la physique et de vous aider à mieux comprendre les concepts abordés dans les autres modules de physique.

### Contrôle des connaissances

TP 100%

## Infos pratiques

### Contacts

Catherine Turc

+33 4 67 14 39 92

catherine.turc@umontpellier.fr

Olivier Richard

+33 4 67 14 47 36

olivier.richard@umontpellier.fr



# Analyse IV Suites de fonctions, séries entières, Fourier



## Présentation

### Description

**Ce cours abordera les notions de suites et séries de fonctions et les diverses convergences. Les séries entières et de Fourier seront également développées.**

### Objectifs

*Suite de fonctions Convergence simple et convergence uniforme d'une suite de fonction*

- Définitions et lien entre convergences simple et uniforme d'une suite de fonctions
- Critère de Cauchy uniforme
- Théorèmes de Dini
- Théorème de Stone Weierstrass par les polynômes de Bernstein
- Stabilité de la continuité (resp. dérivabilité, intégration) par convergence uniforme

*Série de fonctions*

- Convergences simple et uniforme
- Convergence normale

\* Continuité, dérivabilité, intégrabilité d'une série de fonctions  
*Séries entières.*

Définitions, rayon de convergence, formule de Hadamard, règle de d'Alembert.

Propriétés de la somme de la série entière : continuité, dérivabilité, intégrabilité.

Fonctions développables en série entière.

Applications a la résolution des équations différentielles : résolution par série entière et exponentielle de matrices.

*Séries de Fourier .*

- \* Pourquoi les séries de Fourier (problématique et définitions) ?
- \* Convergences (en moyenne quadratique, simple, normale) des séries de Fourier
- \* Applications aux calculs de certaines séries et aux équations différentielles

### Pré-requis nécessaires

HAX201X – Analyse II Suites, séries, développements limités

HAX302X: Analyse III intégration et équations différentielles élémentaires

Pré-requis recommandés : L1 maths



---

## Informations complémentaires

Volumes horaires :

CM : 39h

TD : 39h

TP :

Terrain :

## Infos pratiques

---

### Contacts

Responsable pédagogique

Vanessa LLERAS

✉ [vanessa.lleras@umontpellier.fr](mailto:vanessa.lleras@umontpellier.fr)



## Projet Personnel et Professionnel

 ECTS  
2 crédits

 Composante  
Faculté des  
Sciences



# Electromagnétisme



Niveau d'étude  
BAC +2



ECTS  
6 crédits



Composante  
Faculté des  
Sciences



Volume horaire  
54h

## Présentation

### Description

La première partie de cet enseignement a pour but de consolider les notions de magnétostatique et d'établir les relations de passage du champ électromagnétique à l'interface d'un plan de charges ou de courant. Nous introduisons également l'expression des efforts de Laplace (force et moment) agissant sur des circuits volumiques ou filiformes. La seconde partie est consacrée aux *propriétés des champs et des potentiels en régime variable*. Après avoir introduit la loi de Faraday décrivant les phénomènes d'induction, nous établissons les équations de Maxwell dépendantes du temps. Un traitement énergétique nous permet de définir les énergies électrique, magnétique, ainsi que le vecteur de Poynting. Nous appliquons ces concepts à différents exemples comme par exemple la conversion électromécanique ou le chauffage par induction *via* les courants de Foucault. Un dernier chapitre est consacré aux *équations de propagations des champs et des potentiels*, et à leur application dans des systèmes assimilés au vide, ainsi que dans les conducteurs et les isolants parfaits. La notion de profondeur de peau est également introduite.

### Objectifs

Savoir calculer la force de Laplace dans des cas très variés. Maîtriser la signification de la loi de Faraday et savoir orienter sans calcul des champs et des courants induits. Maîtriser les équations de Maxwell en régime variable et savoir utiliser

leur forme locale pour calculer des champs et des courants induits. Maîtriser la notion « d'onde plane progressive monochromatique » (OPPM). Savoir superposer des champs et calculer l'expression d' champ électromagnétique se propageant dans les conducteurs parfaits. Savoir calculer l'énergie et la puissance électromagnétique associée.

### Pré-requis nécessaires

Electromagnétisme des régimes stationnaires : électrostatique et magnétostatique.

Propriétés élémentaires des ondes planes monochromatiques : fréquence, longueur d'onde, phase, direction de polarisation et de propagation.

Pré-requis recommandés\* :

Notions de mathématiques : calcul intégral sur des contours, surfaces et volumes dans les systèmes de coordonnées cartésiennes, cylindriques, et sphériques. Opérateurs gradient, divergence, et rotationnel.

### Contrôle des connaissances

CT 100%

### Infos pratiques



---

## Contacts

Bernard Hehlen

☎ +33 4 67 14 34 64

✉ [bernard.hehlen@umontpellier.fr](mailto:bernard.hehlen@umontpellier.fr)



# Physique sur Ordinateur



Niveau d'étude  
BAC +2



ECTS  
4 crédits



Composante  
Faculté des  
Sciences



Volume horaire  
36h

## Présentation

### Description

Ce module constitue une introduction à la démarche de se servir des outils informatiques en Physique : il s'agit d'analyser un phénomène, de l'idéaliser/modéliser, puis de l'étudier sur ordinateur. L'interprétation critique des résultats en fait également partie. Les exemples abordés sont choisis en rapport avec les autres matières d'actualité dans la formation.

### Objectifs

**A acquérir** : Physique de la marche aléatoire et de la diffusion ; description et résolution de systèmes dynamiques non-linéaires (exemples issus de la théorie des populations et de la mécanique analytique); mise en place d'algorithmes simples pour résoudre un problème en Physique; programmation Python simple et vérification du code ; production de résultats scientifiques en formes des graphiques synthétiques afin de confronter les résultats numériques aux prédictions théoriques ; discussion critique de résultats numériques en connaissance des potentielles sources d'erreurs

### Pré-requis nécessaires

notions de programmation (un langage impératif, idéalement Python) ; calculs vectoriel et matriciel ; notions d'analyse

mathématique (limites, différentiation, intégrales, équations différentielles).

Pré-requis recommandés\* : Python (programmation impérative) ; familiarité avec un système Linux

### Contrôle des connaissances

CCI

### Syllabus

Idéalisation d'un phénomène physique, soit en forme d'équations soit d'un processus à représenter sur ordinateur.

Résolution numérique d'un système d'équations différentielles par des algorithmes simples (Euler vs. Euler amélioré, Runge-Kutta); implémentation sur ordinateur et vérification grâce à l'intuition physique (ex: lois de conservation); notion d'erreur numérique; formulation de la théorie en termes de systèmes dynamiques; analyse de la stabilité linéaire des points fixes et classification; lien avec la diagonalisation de matrices (valeurs propres, vecteurs propres); exemples issus de la dynamique de population, de la physique des oscillations, etc

Représentation d'un processus diffusif sur ordinateur : marche aléatoire (microscopique) vs. équation de diffusion (macroscopique); étude statistique de la marche aléatoire sur ordinateur et confrontation avec la théorie : constante de diffusion, distribution des positions et son évolution dans le temps, etc.; acquisition et interprétation d'un histogramme; confrontation à des modèles plus complexes sans prédictions



analytiques simples (ex: marche aléatoire avec persistance, processus de croissance fractale limitée par diffusion, etc)

Un but central est d'apprendre les différentes techniques à disposition et de confronter de manière critique les résultats obtenus par les approches numériques et théoriques, afin de : 1) mieux comprendre les lois qui ont motivé le modèle théorique et 2) valider les deux approches mutuellement, où de découvrir d'éventuelles limitations et faiblesses (approximations, manque de statistiques suffisantes, erreurs de programmation, erreurs numériques, etc).

## Infos pratiques

---

### Contacts

Norbert Kern

✉ [norbert.kern@umontpellier.fr](mailto:norbert.kern@umontpellier.fr)



# Algèbre IV Espaces euclidiens



## Présentation

### Description

**Ce cours est une introduction à l'algèbre bilinéaire et abordera les espaces euclidiens, hermitiens. Il traitera tout ce qui est isométries, dualité, formes quadratiques et endomorphismes.**

### Objectifs

*Espaces euclidiens:*

produit scalaire, Cauchy-Schwarz, norme et distance euclidienne, inégalité triangulaire, égalité du parallélogramme, théorème de Pythagore. Base orthonormale.

Algorithme d'orthonormalisation de Gram-Schmidt. Angles de vecteurs, angles de droites, théorème de l'angle au centre et cocyclicité. Sous-espaces orthogonaux.

Déterminant dans une base orthonormale et volume. Orientation.

Projections orthogonales (application à la méthode des moindres carrés).

Isométries linéaires, matrices orthogonales, groupe orthogonal et spécial orthogonal. Exemples d'isométries: rotations, symétries. Classification des isométries en dimension 2 et 3.

Isométries préservant un polygone régulier du plan

*Dualité.*

Définition du dual et du bidual. Orthogonal d'un sous-espace (au sens de la dualité), base duale, base antéduale. Correspondance hyperplans/formes linéaires, dualité entre description paramétrique et description cartésienne d'un sous-espace. Adjoint d'un endomorphisme. Ecriture matricielle, lien avec la transposée.

*Formes bilinéaires symétriques sur un  $R$ -e.v.*

Matrice d'une forme bilinéaire. Forme bilinéaire comme applications linéaire entre l'espace et son dual. Noyau et rang d'une forme bilinéaire. Vecteurs isotropes. Forme quadratique. Existence de bases orthogonales. Algorithme de réduction de Gauss. Théorie d'inertie de Sylvester, signature d'une forme quadratique. Classification des formes quadratiques réelles.

Interprétation de la dualité dans un espace euclidien. Endomorphismes symétriques et orthogonaux dans un espace euclidien. Lien avec l'adjoint. Forme quadratique associée. Diagonalisation des matrices symétriques dans une base orthonormale. Diagonalisation simultanée de deux formes symétriques dont l'une est définie positive.

*Formes sesquilinéaires hermitiennes et espaces hermitiens.*

Reprise des notions vues dans le cas réel: définition, matrice, forme quadratique hermitienne, signature et théorème d'inertie de Sylvester dans ce cadre. Espaces hermitiens, définitions, similarités et différences avec les espaces euclidiens, groupe unitaire, endomorphismes autoadjoints. Notion de complexification et de formes réelles.



*Endomorphismes normaux:*

réduction, avec applications aux matrices symétriques, antisymétriques, orthogonales, unitaires, autoadjointes.

---

## Pré-requis nécessaires

L'algèbre linéaire de L1 (HAX102X et HAX202X)

et HAX301X: Algèbre III Réduction des endomorphismes

Pré-requis recommandés : L1 maths

---

## Informations complémentaires

Volumes horaires :

CM : 30

TD : 30

TP :

Terrain :

---

## Infos pratiques

---

### Contacts

Responsable pédagogique

Vanessa LLERAS

✉ [vanessa.lleras@umontpellier.fr](mailto:vanessa.lleras@umontpellier.fr)