

3PN1540 - Méthodes Numériques

Responsables : **Damien RONTANI**

Langues d'enseignement : **ANGLAIS , FRANCAIS**

Campus où le cours est proposé : **CAMPUS DE METZ**

Nombre d'heures d'études élèves (HEE) : **30**

Nombre d'heures présentielles d'enseignement (HPE) : **18**

Année académique : **2024-2025**

Niveau avancé : **non**

Présentation, objectifs généraux du cours :

Les méthodes numériques sont des compléments indispensables pour tout ingénieur travaillant à la modélisation et simulation de systèmes complexes. La physique est un des domaines où ces méthodes sont le plus utilisées, parce que regroupant la plus grande complexité de modèles (équations intégro-différentielles, aux dérivées partielles, bruit, nonlinéarité...).

Ce cours permettra aux étudiants d'acquérir les notions fondamentales pour l'application de ces méthodes numériques. Les méthodes étudiées seront ensuite appliquées à des systèmes physiques complexes en particulier des systèmes photoniques.

Période(s) du cours (n° de séquence ou hors séquence) :

SD9

Prérequis :

Notions sur la modélisation de systèmes (équations différentielles, équations aux dérivée partielles)

Cours d'optimisation (ST7)

Maîtrise d'un environnement de programmation : Matlab, Python ou C/C++

Plan détaillé du cours (contenu) :

Résolution numérique d'équations différentielles ordinaires et stochastiques (1.5h)

- Intégration d'équation différentielles ordinaires (ODE): Méthodes de Runge-Kutta, et prédicteur-correcteur. Intégration des équations différentielles stochastiques par la méthode d'Euler-Maruyama, Milstein, et Heun stochastique.
- DM : Simulation d'un système laser avec prise en compte du bruit spontané d'émission.

Résolution numérique d'équations et de systèmes d'équations aux dérivées partielles (EDP) non-linéaires (9h)

- Généralités sur les EDPs et leurs applications. Rappels sur la méthode des différences finies en temps (FDTD) - algorithmes implicites et explicites
- TD + DM : Etude d'un système photoréfractif.
- Présentation des méthodes spectrales pour la résolution des EDP. Compléments sur les EDPs (couplage)
- TD: Mise en oeuvre de la méthode BPM (Beam Propagation Method)

Méthodes stochastiques (3h)

- Rappels sur la génération de nombre aléatoires. Principes de la méthodes de Monte-Carlo, Monte-Carlo avec chaîne de Markov. Algorithme de Métropolis-Hasting
- TD + DM : Mise en oeuvre des Méthodes de Monte-Carlo.

Méthodes des éléments Finis (4.5h)

- Rappels sur la méthodes des éléments finis. Approche de Galerkin. techniques de maillage.
- TD + DM : Mise en oeuvre de la méthode des éléments finis sur un problème multi-physique avec utilisation de Logiciel commercial / académique.

Déroulement, organisation du cours :

Cours orienté sur la pratique avec emphase sur les aspects algorithmiques et leur mise en oeuvre. Chaque notion abordée fait l'objet de travaux dirigés (TD) et/ou devoir à la maison (DM) sur ordinateur.

Organisation de l'évaluation :

La méthode d'évaluation se bases sur l'évaluation de quatre livrables associés à chaque section du cours (i.e. les TD et DM associés à chaque section), qui feront l'objet de rapports synthétiques présentant et interprétant au besoin les résultats numériques obtenus et les codes de simulation associés en annexe. Chaque livrable sera noté sur 20 points et se vera attribué une échéance spécifique. Tout rapport non rendu se vera attribué la note de zéro.

Note finale = moyenne pondérée des quatre livrables.

Moyens :

Equipe Enseignante : Damien Rontani, Delphine Wolfersberger
Licence Matlab ou autre logiciel commercial / académique de simulation numérique .
Ordinateurs personnels des étudiants.

Acquis d'apprentissage visés dans le cours :

A l'issue de ce cours, les étudiants seront capables de mettre en oeuvre des schémas numériques classiquement rencontrés en physique appliquée et en photonique dans un langage de programmation (ex. Python, Matlab ou C/C++). Sur des modèles de simulation multiphysiques plus avancées, ils seront en mesure d'utiliser les fonctions de bases d'un logiciel commercial ou académique

Description des compétences acquises à l'issue du cours :

C6.4: Solve problems through mastery of computational thinking skills

C7.1: Persuade at core value level; to be clear about objectives and expected results. To apply rigour

when it comes to assumptions and structured undertakings, and in doing so structure and problematise the ideas themselves. Highlight the added value

Bibliographie :

Supports de cours: Transparents CentraleSupélec (français et anglais)

Bibliographie:

- W. H. Press, S. A. Teukolsky, W. T. Vetterling, B. P. Flannery, "Numerical Recipes : The Art of Scientific Computing", 3ème édition, Cambridge University Press (2007)
- Joe D. Hoffman, "Numerical Methods for Engineers and Scientists", 2ème édition, Taylor & Francis (2001)
- J. Kiusalaas, "Numerical Methods in Engineering with Python 3", 3ème édition, Cambridge University Press (2013)