

Méthodes numériques pour la mécanique

Niveau M1 - Semestre S2 - Crédits 3 ECTS - Code MU4MEM02– Mention Master de Mécanique

Présentation pédagogique.

L'objectif de cette unité d'enseignement est de compléter la formation en méthodes numériques de l'étudiant dans le domaine d'expertise de son parcours type de master. L'unité comporte une partie applicative sous forme de travaux pratiques guidés et une partie de mise en situation avec un projet réalisé en binôme et en autonomie.

A titre d'exemple, dans le parcours Mécanique des Solides : matériaux et structures, l'accent est mis sur les schémas itératifs de discrétisation temporelle pour des problèmes évolutifs du premier et second ordre en temps et le couplage avec une discrétisation par éléments finis.

Contenu de l'Unité d'Enseignement.

- Introduction : Position du problème d'intégration temporelle pour des problèmes paraboliques (équation de la chaleur) et hyperboliques (dynamiques des structures).
- Cas parabolique: systèmes du premier ordre.
 - Introduction d'un schéma aux différences finies. Exemple à 1 ddl, Euler avant.
 - Stabilité d'un schéma: définitions et exemple d'Euler avant scalaire.
 - Méthode du trapèze généralisée (θ -méthode): cas scalaire. Propriétés et conditions de convergence (exercice). Crank-Nicolson.
 - Méthode du trapèze généralisée: cas vectoriel. Implémentation. Méthodes implicites et explicites. Réduction au cas scalaire par projection sur base modale.
- Cas hyperbolique: systèmes du second ordre.
 - Méthodes de la famille de Newmark. Présentation et implémentation.
 - Conditions de stabilité
 - Erreurs d'amplitude et de périodicité
 - Résumé: Méthode de l'accélération moyenne, accélération linéaire et différence finies centrée.
 - Cas de la barre en traction discrétisée aux éléments finis. Condition de Courant.
- Projet disciplinaire

Pré-requis. Cours d'analyse des structures par éléments finis (MU4MES01), méthodes numériques et calcul scientifique de 3^e et 4^e année (LU3ME005, MU4MEN01).

Références bibliographiques.

Pour le parcours Mécanique des Solides : matériaux et structures

- M. Bonnet et A. Frangi, Analyse des solides déformables par la méthode des éléments finis, Ellipses, 2007.
- T. Hughes, The finite element method: linear static and dynamic finite element analysis, Dover, 1987.
- M. Géradin, D. J. Rixen, Théorie des vibrations: application à la dynamique des structures, Masson, 1996.

Ressources mises à disposition des étudiants. Logiciels en salles de TP et en salle libre service. Documentations des logiciels.

Connaissances scientifiques développées dans l'unité.

- Méthodes numériques relatives à la spécialité disciplinaire.

Compétences développées dans l'unité.

- Développer l'autonomie face à la simulation numérique d'un problème de mécanique.
- Savoir implémenter des méthodes numériques et les apprécier en termes de stabilité, précision, convergence, ...
- Savoir présenter des méthodes et résultats numériques.

Volumes horaires présentiel et hors présentiel.

Heures présentielles totales : 28 h réparties en 8 h de cours et 20 h de TD/TP sur machine.

Travail personnel attendu : 50 h – 60 h

Évaluation. L'évaluation se fait sur la base d'un examen écrit sur machine de 1 heure (/25) et d'un projet (/75) réalisé en binôme évalué sur le rapport (par exemple sous forme lpython notebook) et la restitution orale (5- 10 minutes par binôme).