

## **Intitulé de l'Unité d'Enseignement :**

### **Introduction aux calculs non linéaires de structures par éléments finis**

#### **Descriptif de l'UE**

Volumes horaires globaux	CM ; 32 h - TP : 32 h
Nombre de crédits de l'UE	6 ECTS
Spécialité où l'UE est proposée	Master Sciences de l'Ingénieur (SDI) –Spécialité MSGC M2 parcours MS2
Semestre où l'enseignement est proposé	Semestre S3

#### **a) Objectifs de l'Unité d'Enseignement**

- Introduire les détails techniques de la méthode des éléments finis (EF).
- Introduire aux méthodes de résolution des systèmes non-linéaires et les problématiques liées.
- Apprendre à développer un code EF en python/C++ sur la base d'une librairie open-source pour la résolution de problèmes linéaires et non-linéaire à partir de la formulation variationnelle du problème.
- Introduire aux outils de High Performance Computing et développement de codes.

#### **b) Contenu de l'Unité d'Enseignement**

- **Cours :**
  - Rappels d'élasticité linéaire et des concepts fondamentaux des méthodes EF (8h)
  - Méthodes de résolution des équations non-linéaires : Newton-Raphson et ses variantes, méthodes de continuation, etc.
  - Elasticité non-linéaire. Solides en grandes transformations : équilibre, lois de comportement hyperélastiques isotropes, formulation variationnelle.
- **TP :** Les TP sont basés sur l'utilisation de la librairie open-source FEniCs pour le développement de codes EF en python. Chaque TP prévoit la réalisation d'un programme par l'étudiant.
  - Introduction à FEniCs : L'équation de Poisson
  - Conditions aux limites et taux de convergence des éléments avec fonction de formes linéaires et quadratiques.
  - Elasticité linéaire
  - Le flambement et post-flambement d'une poutre sous son propres poids (modèle 1D)
  - Le flambement et post-flambement d'une poutre hyperélastique (modèle 3D)

#### **c) Pré-requis**

- Mécanique des milieux continus, élasticité linéaire, résistance des matériaux.
- Un cours de base sur la méthode des éléments finis.
- Eléments de programmation, connaissance d'au moins un langage de programmation, Linux.

#### **d) Modalités de contrôle des Connaissances**

- Projets (compte rendus des TP) et examen final (oral).

#### **e) Références bibliographiques**

- M. Bonnet, A. Frangi, Analyse des solides déformables par la méthode des éléments finis, Les Editions de L'Ecole Polytechnique, ISBN 2-7302-1349-X, 2006
- A. Logg, K.-A. Mardal, G. Wells (Ed.), Automated Solution of Differential Equations by the Finite Element Method, Lecture Notes in Computational Science and Engineering 84 (2012)
- D. Bigoni, Nonlinear Solid Mechanics, Cambridge University Press, ISBN:9781107025417 (2012).
- FEniCs website, <http://fenicsproject.org>