

# UM5MES10 – Endommagement (Damage Mechanics)

Kim Pham (ENSTA), Jérémy Bleyer (ENPC)

2025-08-29 10:51:06 +0200

## Informations générales

|                                                  |                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Title (EN)                                       | Damage Mechanics                                                                                                                  |
| Titre (FR)                                       | Endommagement                                                                                                                     |
| Nom du ou de la responsable de l'UE              | Kim Pham (ENSTA), Jérémy Bleyer (ENPC)                                                                                            |
| Nombre d'heures de cours / Amount of class hours | 14                                                                                                                                |
| Volume h TP / Amount of practical work hours     | 14                                                                                                                                |
| ECTS                                             | 3                                                                                                                                 |
| Semestre                                         | Automne (S3)                                                                                                                      |
| Semester                                         | Sept-Jan (S3)                                                                                                                     |
| Periode (pour les cours M2)                      | Dec-Feb                                                                                                                           |
| Quarter (for M2 classes)                         | P2                                                                                                                                |
| Langue                                           | Français/Anglais                                                                                                                  |
| Language                                         | Français/Anglais                                                                                                                  |
| Localisation                                     | campus PMC                                                                                                                        |
| Lien vers l'emploi du temps / trad en            | <a href="https://calendar.google.com/calendar/embed?src=uarpr9gmur">https://calendar.google.com/calendar/embed?src=uarpr9gmur</a> |
| Code de l'UE                                     | UM5MES10                                                                                                                          |

## Informations pédagogiques

### Contenu (FR)

**Objectives** The objectives of this course are:

- To provide the theoretical foundations of damage mechanics in quasi-brittle materials, particularly focusing on the formulation of macroscopic behavior laws that couple elasticity and damage.
- To study the initiation and evolution of damage within a numerical framework to address the ill-posed nature of local damage models and to introduce various regularization techniques and their connections to brittle fracture models.

**Content** Following a brief introduction on the microscopic origins of damage as a process that influences the macroscopic properties of materials, the course sessions will cover:

- Formulation of elastic-damage behavior laws within the framework of irreversible thermodynamic processes (generalized standard materials).
- Introduction to the concept of damage criteria (threshold surface), associated thermodynamic force (energy release rate), and damage evolution laws.
- Simple implementation of an isotropic damage model in a finite element computation code (FEniCS).
- Examination of the ill-posed nature of local damage models (mesh dependency) and presentation of different regularization techniques (non-local models).
- Numerical implementation of damage gradient models (phase-field) for simulating crack propagation in brittle materials.

## **Content (EN)**

**Objectifs** Les objectifs de cet enseignement sont :

- Fournir les bases théoriques de la mécanique de l'endommagement des matériaux quasi-fragiles, en particulier concernant la formulation de lois de comportement macroscopiques couplant élasticité et endommagement.
- Étudier la problématique de l'initiation et de l'évolution de l'endommagement dans un cadre numérique afin d'aborder le caractère mal posé des modèles d'endommagement locaux, puis proposer une ouverture vers plusieurs techniques de régularisation et les liens vers les modèles de rupture fragile.

**Contenu** Après une brève introduction sur l'origine microscopique de l'endommagement en tant que processus influençant les propriétés macroscopiques des matériaux, les séances de ce cours seront consacrées à :

- La formulation de la loi de comportement élastique-endommageable dans le cadre des processus thermodynamiques irréversibles (matériaux standards généralisés).
- L'introduction de la notion de critère d'endommagement (surface seuil), de force thermodynamique associée (taux de restitution d'énergie) et de loi d'évolution de l'endommagement.
- L'implémentation simple d'un modèle d'endommagement isotrope dans un code de calcul aux éléments finis (FEniCS).
- L'étude du caractère mal posé des modèles d'endommagement locaux (dépendance au maillage) et une présentation de différentes techniques de régularisation (modèles non locaux).
- Une mise en œuvre numérique de modèles à gradient d'endommagement (phase-field) pour la simulation de propagation de fissures dans les matériaux fragiles.

### **Mots clés (FR)**

Mécanique des milieux continus (comportement élastique), thermodynamique, calcul numérique (méthode des éléments finis)

### **Keywords (EN)**

Mechanics of continuous media (elastic behavior), Thermodynamics, Numerical computation (finite element method)

### **Prérequis (FR)**

Mécanique des milieux continus (comportement élastique), thermodynamique, calcul numérique (méthode des éléments finis)

### **Pre-requisites (EN)**

Continuum Mechanics (Elasticity), thermodynamics, numerics

### **Modalité d'évaluation**

50 % écrit + 50% Devoir Maison

### **Assessment**

50 % written exam + 50% Homework

### **Bibliographie**

1. Lemaitre, J., Chaboche, J. L., Benallal, A., & Desmorat, R. (2009). Mécanique des matériaux solides-3eme

édition. Dunod.

2. Pijaudier-Cabot G., Mazars J. (2001). Damage models for concrete. in Handbook of Materials Behavior.

Vol. II, Lemaitre J. (ed.), Academic Press

3. Marigo, J. J., Maurini, C., & Pham, K. (2016). An overview of the modelling of fracture by gradient damage

models. Meccanica, 51(12), 3107-3128.

*Version PDF*