

# Fiche descriptive UE : MEMA1b 2024/2025

## Identité

Intitulé :	<b>Mécanique et Matériaux 1b</b>	Acronyme :	<b>MEMA1b</b>		
Responsable :	Yann Gueguen	Volume horaire pour l'élève :	<b>60</b>		
Email du responsable :	<a href="mailto:yann.gueguen@univ-rennes.fr">yann.gueguen@univ-rennes.fr</a>	Volume non-encadré pour l'élève :	0		
Mention des licences :	<b>L3 EEEA et L3 SPM, Parcours Ingénierie des Systèmes Complexes (ISC)</b>	Semestre :	S6		
Equipe pédagogique :	Y. Gueguen (yann.gueguen@univ-rennes.fr), É. Robin (eric.robin@univ-rennes.fr)				
Crédits ECTS :	<b>5</b>	Coefficient :	5	Nombre de modules de l'UE :	2

## Horaires et formats des enseignements :

TMEM3a	Intitulé	Contenu	Heures devant élève	CM	TD	TP	Intervenants
Module 1	Mécanique des Milieux Continus		36	12	12	12	Yann Gueguen
Module 2	Mécanique des Matériaux		24	8	8	8	Éric Robin, Yann Gueguen
					<b>60</b>		

## Description des enseignements

### Objectifs :

Cette UE a pour objectif d'apprendre à exploiter les classes de matériaux et leurs comportements mécaniques, ainsi qu'à évaluer et dimensionner des structures en thermo-élasticité et mécanique des fluides, en utilisant des outils d'analyse et de simulation appropriés.

### Compétences acquises :

A l'issue de l'UE, les étudiants devront être capables de :

- Connaître les grandes classes de matériaux et les liens entre ces classes et leurs comportements mécaniques (élasticité, plasticité, dureté).
- Savoir identifier les propriétés mécaniques d'un matériau à partir d'une courbe de traction (élasticité, plasticité, rupture).
- Savoir exploiter les outils de la Mécanique des Milieux Continus (MMC) pour évaluer, pour une structure, en thermo-élasticité linéaire, homogène isotrope, de manière analytique ou par un logiciel d'éléments finis, les contraintes et déformations qu'elle subit.
- Savoir dimensionner cette structure à partir d'un critère de plasticité ou de facteur d'intensité de contrainte.
- Savoir utiliser les outils de la MMC pour calculer ou simuler les champs de pression et de vitesse d'un fluide newtonien incompressible autour d'une structure.
- Savoir utiliser les outils de la mécanique des fluides pour déterminer l'action d'un fluide sur une structure.

### Module 1 : Mécanique des Milieux Continus

#### Compétences acquises :

- Mobiliser les outils mathématiques nécessaires à la modélisation (RNCP24538)
- Valider un modèle par comparaison de ses prévisions aux résultats expérimentaux et apprécier ses limites de validités (RNCP24538)
- Estimer les ordres de grandeur et manipuler correctement les unités (RNCP24538)
- Intégrer une vision correcte de l'espace et de ses représentations (RNCP24538)
- Isoler un système (RNCP24538)
- Dimensionner une structure
- Modéliser l'écoulement d'un fluide newtonien incompressible

#### Contenu :

- Généralités et hypothèses: notions de milieux continus, tenseurs, notation indicielle
- Cinématique des milieux continus : Tenseur des déformations en hypothèse des petites perturbations (hpp), Tenseur des taux de déformations
- Tenseur des contraintes en hpp, vecteur contrainte et force de cohésion
- Loi de comportement en élasticité linéaire, pour des solides homogènes
- Équation de Navier-Lamé
- Généralités sur les fluides : description lagrangienne, eulérienne, fluide newtonien, compressibilité (équation de continuité)
- Dynamique des fluides réels : équation de Navier-Stokes pour des fluides newtoniens incompressibles (application à des problèmes simples : vase tournant, viscosimètre de Couette), écoulement de Poiseuille, équation de Bernoulli généralisée
- Théorème d'Euler-Rateau : déterminée les forces résultantes de l'écoulement d'un fluide autour d'une structure, dans une conduite.
- Utilisation d'un logiciel d'éléments finis pour traiter des problèmes de dimensionnement de structure en élasticité linéaire, de fluide en écoulement stationnaire ou temporel.

#### Déroulé

Le module introduira la mécanique des milieux continus tout d'abord par la mécanique des solides déformables. Après avoir introduit les outils mathématiques (gradient, divergent, rotationnel...) et la cinématique des milieux continus, le tenseur des contraintes et les lois de Cauchy seront montrés en insistant sur le fait que ces concepts ne sont en rien limités aux solides. La loi de comportement d'élasticité linéaire homogène isotrope sera ensuite présentée, ainsi que l'équation de Navier-Lamé par introduction de cette loi dans le PFD. On montrera ensuite qu'on peut reproduire ce schéma avec une loi de comportement de fluide newtonien incompressible pour obtenir l'équation de Navier-Stokes. Le point de vue d'Euler sera introduit pour montrer comment exprimer l'accélération d'un fluide et le théorème des quantités de mouvements. L'équation de Navier-Stokes sera ensuite simplifiée pour montrer qu'on retrouve les équations de Bernoulli et Bernoulli généralisée.

Les travaux pratiques mettront en œuvre la méthode des éléments finis :

- calcul de structure : analyse de convergence, simplification du problème par les symétries, problème de concentration de contrainte
- fluide : comparaison entre simulation numérique (fluide newtonien incompressible) d'écoulements autour d'un cylindre. Domaine de validité des simulations.

## Module 2 : Mécaniques des Matériaux

### Compétences acquises :

- Identifier les principales familles de matériaux et leurs propriétés (RNCP24538)
- Mobiliser les outils mathématiques nécessaires à la modélisation (RNCP24538)
- Estimer les ordres de grandeur et manipuler correctement les unités (RNCP24538)
- Mettre en œuvre des techniques d'algorithmique et de programmation (RNCP24538)
- Identifier les propriétés mécaniques d'un matériau à partir d'une courbe de traction
- Dimensionner une structure à partir d'un critère de plasticité et de ténacité lors d'un chargement thermo-mécanique.

### Contenu :

- Base d'atomistique : liaisons covalentes, métalliques, Van der Waals, hydrogène ; base de cristallographie : existence des mailles cristallines. Description des classes de matériaux : polymères, métaux, céramiques, verres, composites.
- Essai de traction : courbe (élasticité, plasticité, rupture), machines, capteurs.
- Dilatation : origine physique, mesures, machines ; contraintes thermiques.
- Plasticité : origine physique, limite d'élasticité, critère de plasticité (Tresca, Von Mises), écrouissage, rupture, dureté
- Fissuration : rupture des matériaux fragiles, concentration de contrainte, ténacité, critère de rupture fragile par facteur d'intensité de contrainte en mode I.
- Fatigue : courbe de Wöhler, diagramme de Haigh, causes de rupture, loi de Paris.
- Fluage : origine physique, dimensionnement (courbe de Larson-Miller)
- Construction et entraînement d'un réseau de neurones sur un simple ANN de type encoder.
- Etude des architectures CNN et LSTM
- Prédiction des paramètres mécaniques à l'aide d'un réseau de neurones à partir d'une base de données matériau (Python + Tensorflow + Sciglass).

### Déroulé :

Ce module introduit tout d'abord les notions de classes de matériaux et le fait qu'un matériau ne peut pas se résumer à sa simple composition chimique. Il décrit ensuite les comportements mécaniques simples : élasticité (linéaire), thermo-élasticité, plasticité et permet d'appréhender les limites de l'élasticité. Les principaux phénomènes non-élastiques produisant l'endommagement puis la rupture d'une structure sont présentés, ainsi que les principales méthodes permettant de se prémunir de ces phénomènes.

Les travaux pratiques montreront des méthodes numériques d'analyse de courbes/données d'essais mécaniques permettant la réalisation d'un outil de prédiction.

### Les Travaux Pratiques de l'UE :

Les travaux pratiques ont lieu en demi classe en salle informatique.

## Pré-requis de l'UE

**Module 1 :** MEMA1a, Mécanique des fluides : statique des fluides, équation de Bernoulli et Bernoulli généralisée (pertes de charges), mathématiques : dérivation, équations différentielles aux dérivées partielles, intégrales multiples, produits scalaire, vectoriels.

**Module 2 :** MEMA1a, notions d'atomistique niveau bac+2 scientifique, programmation scientifique

## Bibliographie conseillée

François, D., Pineau, A., & Zaoui, A. (1991). Comportement mécanique des matériaux: élasticité et plasticité. Hermès, Paris.

## Évaluations par contrôle continu

Le module 1 est associé à 2 évaluations (CC1, CC2) en contrôle continu et une note de TP (TP1).

Le module 2 est associé à 1 évaluation en contrôle continu (CC3) et une note de TP (TP2).

La note globale de l'UE =  $0,6 \times ((CC1 + CC2) \times 3/8 + TP1 / 4) + 0,4 \times (CC3 + TP) / 2$