



Guide pédagogique

Module « Mécanique et modélisation »

ECOMAP 8.3 (6 crédits ECTS)

Place du module et enjeux

La conception d'un produit innovant, de par sa forme ou sa composition, requiert des compétences en mécanique, en rhéologie et en modélisation. Il s'agit de concevoir sa forme en associant ses propriétés mécaniques et rhéologiques et des techniques de Conception Assistée par Ordinateur au choix de matériau au comportement adapté qui permettra de respecter le cahier des charges visé.

Teaching guide and syllabus

Module “Structural mechanics and modelling”

ECOMAP 8.3 (6 ECTS credits)

Subject matter importance and associated issues

The design of an innovative product, by its shape or composition, requires skills in mechanics, rheology and modelling. Computer Aided Design, selection of materials from the knowledge of their mechanical behaviours will be the key points of a well-designed product.

Responsable : Anne-Sophie Caro

Téléphone : 04 66 78 56 31

Courriel : anne-sophie.caro@mines-ales.fr

ENSEIGNEMENTS ACADEMIQUES	Volume horaire	Détail des coefficients	Crédits
Mécanique et modélisation	85 h		
○ CAO (Conception Assistée par Ordinateur)	18	1	6
○ Rhéologie	23	1	
○ Mécanique de la rupture	20	1	
○ TP caractérisation et modélisation	24	1	

Matière 1 :

Titre de la matière : CAO (<i>Conception Assistée par Ordinateur</i>)	
Code : ECOMAP 8.3.1	Titre du module : Mécanique et modélisation
Semestre : S8	Cursus de rattachement : Département ECOMAP

Heures présentiel	Heures total	Cours	TD	TP	Projet	Contrôles	Travail personnel	Coef /module	ECTS
18	18	0	0	16	0	2		1	

Titre	CAO (<i>Conception Assistée par Ordinateur</i>)
Résumé	L'objectif de ce cours est de former les élèves à l'utilisation de la CAO sur SOLIDWORKS

Responsable	Laetitia CAMBON – Plateforme Mécatronique – IMT Mines Alès
Equipe enseignante	Laetitia CAMBON – Plateforme Mécatronique – IMT Mines Alès Aurélie NIELS MARCHAL – POLYTECH – Université de Montpellier

Mots-clés	CAO (<i>Conception Assistée par Ordinateur</i>)
Prérequis	Aucun

<p>Contexte et objectif général : La Conception assistée par ordinateur (CAO) est le domaine des logiciels et des techniques permettant de concevoir, de tester, et de réaliser des outils et des produits manufacturables. La CAO est une technique indispensable à l'ingénieur car toutes les étapes du développement d'un produit peuvent être gérées : de la conception au design, du dessin 2D aux analyses de maquettes numériques, de la conception d'assemblage au rendu réaliste de prototypes virtuels. La CAO s'est répandue dans les principaux secteurs industriels, tels que automobile, aéronautique, naval, électronique, etc.</p>
<p>Programme et contenu : Les différentes séances de TP traitent de 3 thèmes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • La modélisation de pièces • L'assemblage de pièces • La mise en plan de pièces et d'assemblages
<p>Méthode et organisation pédagogique : Cet enseignement est décomposé en 4 séances de 4 h et une séance de 2 h d'évaluation sur logiciel.</p>
<p>Acquis d'apprentissage visés : Maîtrise du logiciel SOLIDWORKS pour la conception de produits</p>
<p>Evaluation : TP 2 h</p>
<p>Retour sur l'évaluation fait à l'élève : Délais de correction des examens : 3 semaines</p>
<p>Support pédagogique et références : Support complet écrit, exercices d'entraînement</p>

Matière 2 :

Titre de la matière : Rhéologie	
Code : ECOMAP 8.3.2	Titre du module : Mécanique et modélisation
Semestre : S8	Cursus de rattachement : Département ECOMAP

Heures présentiel	Heures total	Cours	TD	TP	Conférences	Contrôles	Travail personnel	Coef /module	ECTS
23	43	18	3	0	0	2	20	1	

Titre	Comportement mécanique des matériaux en écoulement
Résumé	L'étude du comportement mécanique en écoulement des matériaux entre dans le domaine de la rhéologie. « Rhéologie » est un terme provenant du grec et signifiant littéralement « étude des écoulements ». Il s'agit d'une science relativement jeune et qu'on peut définir de la manière la plus large comme suit (selon le Groupe Français de Rhéologie – GFR) : « La Rhéologie est la science de la matière en écoulement, des contraintes qu'il faut lui appliquer et des modifications de la structure qui en résultent ». Universelle, on la retrouve dans tous les domaines de l'activité humaine. Ses applications vont de la mise en forme de matériaux aux comportements de la matière vivante, en passant par la tenue des pneumatiques et la qualité des produits cosmétiques. Son impact économique est donc considérable. Interdisciplinaire, elle fait appel à la mécanique, à la physique, à la chimie, aux mathématiques, à la biologie, qui lui fournissent ses outils de base et elle se montre utile à chacune de ces disciplines.

Responsable	Aurélie TAGUET – C2MA – IMT Mines Alès
Equipe enseignante	Aurélie TAGUET – C2MA – IMT Mines Alès Anne-Sophie CARO – C2MA – IMT Mines Alès Youssef EL BITOURI – C2MA – IMT Mines Alès

Mots-clés	Loi de comportement – Rhéométrie – Modélisation – Phénoménologie
Prérequis	Mécanique des milieux continus, mécanique générale, science des matériaux, science des polymères

<p>Contexte et objectif général : Etymologiquement, la rhéologie est la science des écoulements de la matière lorsqu'elle subit des sollicitations. La diversité porte également sur les milieux, matières ou matériaux considérés ; les exemples sont innombrables et se situent dans des domaines aussi divers que la biologie (sang), la cosmétique (shampooing), l'agroalimentaire (fromage, crème glacée) ou les matériaux de structure (acier, béton, composites). On se limitera ici principalement à une approche phénoménologique des comportements.</p> <p>Les objectifs du cours sont multiples :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Appréhender l'ampleur du domaine et les nombreuses implications industrielles et économiques 2. Prendre conscience des interactions avec d'autres disciplines telles que mécanique, chimie, physique et biologie 3. Acquérir les bases du jargon afin de pouvoir dialoguer avec des spécialistes et approfondir tel ou tel secteur 4. Aborder quelques classes de comportements en écoulement parmi les plus répandues.
<p>Programme et contenu : Le cours aborde tout d'abord des notions générales et transversales puis des classes de comportement particulières. Les différentes parties abordées sont :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Introduction 2. Propriétés rhéologiques, grandeurs caractéristiques et outils de mesure 3. Comportements rhéologiques: Ecoulements visqueux (fluides newtoniens, rhéofluidifiants, à seuil et visco-élastiques, identification expérimentale) 4. Modèles viscoélastoplastiques
<p>Méthode et organisation pédagogique : Cet enseignement est décomposé en un cours magistral (environ 12 h) et des travaux dirigés (environ 9 h). Des supports sont mis à disposition : photocopié d'exercices, publications diverses en rapport avec les sujets traités en cours. L'évaluation du cours se fait à travers un contrôle écrit dont l'objectif est de révéler les capacités plus de réflexion que de mémorisation de l'étudiant.</p>
<p>Acquis d'apprentissage visés : Une aptitude à la modélisation sur des cas relativement simples (formuler des hypothèses, proposer des simplifications de géométrie, ...) Une maîtrise suffisante du langage de la mécanique des matériaux et leur comportement rhéologique pour dialoguer avec des spécialistes</p>
<p>Evaluation : CE 2 h</p>
<p>Retour sur l'évaluation fait à l'élève : Consultation des copies sur demande expresse de l'élève Délais de correction des examens : 3 semaines</p>

Support pédagogique et références :

Support complet écrit également disponible sous forme numérique (références bibliographiques, exercices d'application, copie du « Dictionnaire Français de Rhéologie », copie des diapositives du cours)
 Espace sur Campus (documents pdf, multimédia classés par chapitres) – <http://campus2.mines-ales.fr/course/view.php?id=75>

Matière 3 :

Titre de la matière : *Mécanique de la rupture*

Code : ECOMAP 8.3.3 **Titre du module :** Mécanique et modélisation

Semestre : S8 **Cursus de rattachement :** *Département ECOMAP*

Heures présentiel	Heures total	Cours	TD	TP	Projet	Contrôles	Travail personnel	Coef /module	ECTS
20	40	12	6	0	0	2	20	1	

Titre	Mécanique de la rupture
résumé	Dans ce cours, nous nous intéressons à ce qui induit des ruptures brutales, celles qui surviennent au cours du chargement ou en fin de durée de vie lorsque les fissures à croissance lente atteignent une valeur critique. Nous considérons ainsi les essais et expertises destinés à apprécier les risques de rupture différée et par fatigue.

Responsable	Patrick IENNY – C2MA – IMT Mines Alès
Equipe enseignante	Patrick IENNY – C2MA – IMT Mines Alès

Mots-clés	Ténacité, propagation de fissure, rupture par fatigue
Prérequis	Mécanique des milieux continus, Rhéologie

Contexte et objectif général :

La mécanique de la rupture a pour objet l'étude des fissures macroscopiques, la détermination des champs des contraintes et de déformations correspondants. D'un point de vue expérimentation, elle permet l'établissement de la cinétique de propagation des défauts et l'évaluation de leur taille critique au-delà de laquelle, pour une sollicitation donnée, la rupture instable se produit.

Lorsqu'un matériau est sollicité jusqu'à rupture, les essais montrent que la contrainte de rupture est une grandeur présentant de fortes fluctuations pouvant même dépasser la décade pour certains matériaux et que le mode de ruine dépend de la nature du matériau. Ainsi la rupture peut intervenir brutalement quasi sans déformation préalable pour les matériaux qualifiés aujourd'hui de fragiles, tandis qu'elle n'intervient qu'après une étape de grande déformation permanente pour les matériaux qualifiés aujourd'hui de ductiles.

Ce cours a pour objet l'étude théorique des champs de contraintes et de déformations en pointe de fissure et des mécanismes de propagation correspondants. On analysera les données expérimentales permettant de porter un jugement sur la cinétique de propagation des défauts et, pour une sollicitation donnée, d'identifier le risque de rupture. On se bornera à l'étude de défauts bidimensionnels et aux méthodes d'évaluation relatives à la mécanique linéaire de la rupture. Cette approche vise l'acquisition des bases nécessaires à l'analyse critique de la tenue en service des structures industrielles.

Programme et contenu :

1. Résistance à la rupture, rupture fragile, correction plastique et ténacité
2. Approche énergétique et ténacité effective
3. Longueur de Griffith, méthodes expérimentales (superposition des modes et extension aux problèmes 3D)
4. Propagation des fissures (taux de restitution d'énergie et stabilité de fissuration)
5. Approche statistique de la rupture (modèle de Weibull, extension aux essais de structures)
6. Rupture en fatigue, critères d'amorçage, loi de Paris, courbes de Wöhler, diagramme de Haig, Critères multiaxiaux

Méthode et organisation pédagogique :

11 h de cours, 7heures de TD et 2 h de contrôle écrit.

Acquis d'apprentissage visés :

Rechercher et/ou analyser des données standards relatives aux propriétés à rupture des matériaux solides.
 Dimensionner des structures en service, valider une décision d'intervention sur des structures déjà endommagées.

Evaluation : *Contrôle écrit de 2 h*

Retour sur l'évaluation fait à l'élève :

Consultation des copies sur demande expresse de l'élève
Délais de correction des examens : 3 semaines

Support pédagogique et références :

Support complet écrit également disponible sous forme numérique (références bibliographiques, exercices d'application, copie des diapositives du cours)

Matière 4 :

Titre de la matière : *TP caractérisation et modélisation*

Code : ECOMAP 8.3.4

Titre du module : Mécanique et modélisation

Semestre : S8

Cursus de rattachement : *Département ECOMAP*

Heures présentiel	Heures total	Cours	TD	TP	Conférenc es	Contrôles	Travail personnel	Coef /module	ECTS
24	32	0	0	24	0	0	8	1	

Titre *TP caractérisation et modélisation*

résumé

Cet ensemble de TP permet d'utiliser les connaissances acquises en mécanique des matériaux. Divers matériaux sont testés à travers des essais caractéristiques (fluage, traction, rupture, choc, rhéologie) ; leurs comportements seront modélisés en utilisant les lois adéquates, en apportant une analyse critique des hypothèses associées

Responsable

Anne-Sophie CARO – C2MA – IMT Mines Alès

Equipe enseignante

Anne-Sophie CARO – C2MA – IMT Mines Alès
Aurélié TAGUET – C2MA – IMT Mines Alès
Sarah IAQUINTA - C2MA – IMT Mines Alès
Stéphane CORN – C2MA – IMT Mines Alès
Patrick IENNY– C2MA – IMT Mines Alès
Nicolas LE MOIGNE – C2MA – IMT Mines Alès
Romain LEGER – C2MA – IMT Mines Alès

Mots-clés

Caractérisation mécanique, modélisation mécanique, fluage, choc, rupture, rhéologie des matériaux polymères

Prérequis

Mécanique linéaire des matériaux (module d'approfondissement), rhéologie, éléments finis

Contexte et objectif général :

L'objectif de ces TP est de permettre aux étudiants d'utiliser les différents modèles de comportement et de les appliquer dans des cas pratiques (soit analytiquement, soit par l'utilisation de logiciels) en y apportant un regard critique.

Programme et contenu :

Ce cours comporte 6 TP de 4 h chacun :

- **TP1** Fluage dans le cas d'un matériau homogène : confrontation essais / modélisation
- **TP2** Essai de pliage sur matériau métallique - comparaison modèles / expérience
- **TP3** Essai de flexion et de traction dans le cas de matériaux composites : application de la théorie de Weibull, confrontation essais / modélisation
- **TP4** Essais au choc dans le cas de matériaux homogènes, confrontation essais / modélisation
- **TP5** Simulation Eléments Finis de la réponse non-linéaire d'un matériau lors d'un essai de dureté
- **TP6** Caractérisation rhéologique des polymères. L'objectif de ce TP est de caractériser par rhéométrie en rotation et capillaire le comportement rhéologique de polymères thermoplastiques à l'état fondu. On utilisera et comparera pour ce faire plusieurs techniques différentes : écoulement avec balayage en vitesse de déformation, essais oscillatoires avec balayages en déformation ou en fréquence et écoulement dans un capillaire.

Méthode et organisation pédagogique : ce cours est décomposé en 6 TP de 4 h. L'énoncé de TP est accessible pour les étudiants sur CAMPUS. Pour la notation, un compte rendu par TP est demandé.

Acquis d'apprentissage visés :

Être capable d'utiliser un modèle de comportement
Avoir un esprit critique

Evaluation : CR à la fin de chaque TP

Retour sur l'évaluation fait à l'élève :

Consultation des copies sur demande expresse de l'élève

Délais de correction des CR : 3 semaines

Support pédagogique et références :

Enoncés de TP accessibles sur CAMPUS

Méthode et organisation pédagogique

Modalité d'évaluation

Le niveau d'acquisition des compétences sera évalué selon les exigences suivantes :

N° indicateur	Indicateur
1	Connaitre les savoirs formels et pratiques du socle des fondamentaux
2	Exploiter les savoirs théoriques et pratiques
3	Analyser, interpréter, modéliser, émettre des hypothèses, et résoudre

Répartition

Matière	Contrôle	Coefficients	Type de notation	Indicateurs évalués	Chapitres
CAO	TP	1	Individuelle	2, 3	Tous
Rhéologie	Contrôle	1	Individuelle	1, 2, 3	Tous
Mécanique de la rupture	Contrôle	1	Individuelle	1, 2, 3	Tous
TP caractérisation et modélisation	Compte rendu	1	Individuelle	1,2,3	Tous

Engagement de l'étudiant, éthique et professionnalisme

La démarche éthique est définie dans le règlement intérieur de l'établissement. Chaque étudiant s'engage à en prendre connaissance et à la respecter.

Obligation des cours (Selon l'article 5.3 du Règlement Intérieur, l'on peut définir la présence obligatoire ou non à certains exercices pédagogiques) :

Nombre d'heures estimées de travail personnel (à évaluer selon le type de pédagogie utilisée) :
 Pour acquérir les compétences demandées, il est nécessaire que l'étudiant consacre minimum 45 min de travail personnel de compréhension et d'approfondissement par séance de cours.

Nombre d'heures estimées de préparation aux travaux dirigés (TD) : 0

Pénalité pour retard (Conformément à l'article 3.3 du Règlement de scolarité, les enseignants peuvent appliquer des pénalités en cas de remise tardive de rapport sans motif valable (la validité du motif est laissée à l'appréciation de l'enseignant)).

Tout travail remis en retard sans motif valable peut être pénalisé de 1 point par jour de retard.

Équipe enseignante

Nom	Domaine d'expertise	Courriel/Téléphone
Aurélie NIEL MARCHAL	Conception mécanique	aurelie.marchal@umontpellier.fr / 04 66 78 56 13
Laetitia CAMBON	Conception mécanique	laetitia.cambon@mines-ales.fr / 04 66 78 56 91
Patrick IENNY	Mécanique des matériaux	patrick.ienny@mines-ales.fr / 04 66 78 56 32
Aurélie TAGUET	Rhéologie des polymères	aurelie.taguet@mines-ales.fr / 04 66 78 53 46
Youssef EL BITOURI	Rhéologie des suspensions	youssef.elbitouri@mines-ales.fr / 04 66 78 53 67
Anne-Sophie CARO	Mécanique des matériaux	anne-sophie.caro@mines-ales.fr / 04 66 78 56 31
Stéphane CORN	Mécanique des structures	stephane.corn@mines-ales.fr / 04 66 78 56 29
Sarah IAQUINTA	Mécanique des structures	Sarah.iaquinta@mines-ales.fr / 04 66 78 53 84
Romain LEGER	Mécanique des matériaux	romain.leger@mines-ales.fr / 04 66 78 56 88
Nicolas LE MOIGNE	Processing et physico – chimie des polymères et composites biosourcés	nicolas.le-moigne@mines-ales.fr / 04 66 78 53 02

Structural mechanics and modelling

ACADEMIC TEACHING	Teaching hours	Coefficients	Credits
Structural mechanics and modelling	85		
○ CAD (computer aided design)	18	1	6
○ Rheology	23	1	
○ Fracture Mechanics	20	1	
○ TP of characterization and modelling	24	1	

Class 1

Class title: <i>CAD (computer aided design)</i>	
Code: ECOMAP 8.3.1	Module title: Structural mechanics and modelling
Semester: S8	Classification: ECOMAP department

Hours of presence	Total hours	Lectures	Works hop	Labs	Project	Testing	Personal work	Coef /module	ECTS
18	18	0	0	16	0	2	0	1	

Title	<i>CAD (computer aided design)</i>
Summary	Computer Aided Design (CAD) is the field of software and techniques for designing, testing for producing tools and manufacturable products. CAD is an essential technique for the engineer because it is useful for all stages of product development: from conception to design, from 2D drawing to digital mock-up, from assembly design to realistic view of virtual prototypes. CAD has spread to major industrial sectors such as automotive, aerospace, naval, electronics, etc.

Head	Laetitia CAMBON – Plateforme Mécatronique – IMT Mines Alès
Teaching team	Laetitia CAMBON – Plateforme Mécatronique – IMT Mines Alès Aurélien NIELS MARCHAL – POLYTECH – Montpellier University

Key words	Computer Aided Design (CAD)
Prerequisites	None

<p>Context and general objective: Computer Aided Design (CAD) is the field of software and techniques for designing, testing for producing tools and manufacturable products. CAD is an essential technique for the engineer because it is useful for all stages of product development: from conception to design, from 2D drawing to digital mock-up, from assembly design to realistic view of virtual prototypes. CAD has spread to major industrial sectors such as automotive, aerospace, naval, electronics, etc.</p>
<p>Program and contents: The different sessions of TP deal with 3 themes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Parts modelling • Assembly of parts • Drawing
<p>Method and pedagogic organization: This teaching is splitted into 4 sessions of 4 hours (by half teams) and a session of 2 hours of evaluation on software. Supports are available: handout combining the course and exercises. The evaluation of the teaching is done through a TP.</p>
<p>Targeted skills or knowledge: To be able to use SOLIDWORKS software for product conception</p>
<p>Evaluation: <i>PW 2 h</i></p>
<p>Feedback made to the student: Deadlines for giving correction of exams: <i>3 weeks</i></p>
<p>Teaching material and references: A booklet with descriptions of the various practical exercises is available on the CAMPUS website.</p>

Class 2

Class title: <i>Rheology</i>	
Code: ECOMAP 8.3.2	Module title: Structural mechanics and modelling
Semester: S8	Classification: ECOMAP department

Hours of presence	Total hours	Lectures	Works hop	Labs	Project	Testing	Personal work	Coef /module	ECTS
23	43	12	9	0	0	2	20	1	
Title	<i>Mechanical flow behaviour of materials</i>								
Summary	<p>The study of the mechanical flow behaviour of materials enters the field of rheology. "Rheology" is a Greek term meaning literally "flow study". It is a relatively young science and can be broadly defined as follows (according to the "Groupe Français de Rhéologie" – GFR): "Rheology is the science of matter in flow, stresses that it must be applied and changes in the structure that result.</p> <p>Universal, it is found in all areas of human activity. Its applications range from the forming of materials to the behaviour of living matter, including tire performance and the quality of cosmetic products. Its economic impact is therefore considerable. Interdisciplinary, it uses mechanics, physics, chemistry, mathematics, biology, which provide it with its basic tools and it is useful for each of these disciplines.</p>								

Head	Aurélie TAGUET – C2MA – IMT Mines Alès
Teaching team	Aurélie TAGUET – C2MA – IMT Mines Alès Anne–Sophie CARO – C2MA – IMT Mines Alès Youssef EL BITOURI – C2MA – IMT Mines Alès

Keywords	Constitutive law – Flow – Modelling – Phenomenology
Prerequisites	Continuum mechanics, General mechanics, Materials science, Polymer science

<p>Context and general objective :</p> <p>Etymologically, rheology is the science of the flows of matter when subjected to solicitations. This definition must be understood in its broadest sense: for example, we will speak of the plastic flow of a press–formed or rolled steel sheet. Diversity also covers the media, substances or materials considered; the examples are countless and are in fields as diverse as biology (blood), cosmetics (shampoo), food–processing industry (cheese, ice cream) or structural materials (steel, concrete, composites). We will limit ourselves here mainly to a phenomenological approach of the behaviors.</p> <p>The objectives of the course are multiple:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Understand the scope of the field and the many industrial and economic implications 2. Become aware of interactions with other disciplines such as mechanics, chemistry, physics and biology 3. Acquire the basics of jargon in order to be able to dialogue with specialists and deepen this or that sector 4. Address some of the most common classes of flow material behavior
<p>Program and contents :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. The course begins with general and transversal notions and then focuses on specific behavioural classes. The different parts covered are: 2. Introduction 3. Notions about constitutive laws – rheological models – rheological criteria 4. Viscous flows (Newtonian, shear–thinning, yield stress and viscoelastic fluids, experimental identification) 5. Plastic flows (plasticity, elastoplasticity, viscoplasticity, experimental identification)
<p>Method and pedagogic organization:</p> <p>This teaching is broken down into a lecture (12 hours) and practical applications (9 hours). Supports are made available: handout of exercises, various publications related to the subjects dealt with in class. The evaluation of the course is done through a written exam whose objective is to reveal the abilities more reflection than memory of the student.</p>
<p>Targeted skills or knowledge:</p> <p>An aptitude for modelling on relatively simple cases (formulating hypotheses, proposing simplifications of geometry, ...)</p> <p>A sufficient knowledge of the language of materials mechanics to interact with specialists</p>
<p>Evaluation : <i>Written exam 2 h duration</i></p>
<p>Feedback made to the student:</p> <p>Consultation of papers upon the express request of the student</p> <p>Exam correction times: 3 weeks</p>
<p>Teaching material and references:</p>

Full written material also available in digital form (bibliographic references, application exercises, copy of "Dictionnaire français de rhéologie", copy of the slides of the course)
 Campus (pdf documents, multimedia classified by chapters) – <http://campus2.mines-ales.fr/course/view.php?id=75>

Class 3

Class title: <i>Fracture Mechanics</i>	
Code: ECOMAP 8.3.3	Module title: Structural mechanics and modelling
Semester: S8	Classification: ECOMAP department

Hours of presence	Total hours	Lectures	Works hop	Labs	Project	Testing	Personal work	Coef /module	ECTS
20	40	12	6	0	0	2	20	1	

Title	Fracture Mechanics
Summary	In this course, we are interested in what causes drastic breaks, those that occur during loading or at the end of life when slow-growing cracks reach a critical value. We thus consider the tests and expertise designed to assess the risks of delayed and fatigue failure.

Head	Patrick IENNY – C2MA – IMT Mines Alès
Teaching team	Patrick IENNY – C2MA – IMT Mines Alès

Keywords	Fracture toughness, crack propagation, fatigue fracture
Prerequisites	Continuum mechanics, rheology

<p>Context and general objective :</p> <p>The purpose of fracture mechanics is to study macroscopic cracks, to determine stress fields and corresponding deformations. From an experimental point of view, this courses allows the establishment of the kinetics of propagation of the defects and the evaluation of their critical size beyond which, for a given request, the unstable fracture occurs.</p> <p>When a material is stressed until failure, the tests show that the ultimate strength exhibits high variability that can even exceed the decade depending of material and the failure mode. Thus brittle failure may occur drastically without prior deformation for materials described as brittle, while failure may occur after a plastic deformation stage for materials described as ductile.</p> <p>The purpose of this course is to study the stress and deformation fields at the crack tip and corresponding propagation mechanisms. Experimental data will be analyzed to assess the kinetics of propagation of defects and, for a given solicitation, to identify the risk of breaking. The study will be limited to two-dimensional defects and to the methods based on the theory of linear elastic fracture mechanics (LEFM). This approach aims to acquire the basic requirements to perform critical analysis of the service life of industrial structures.</p>
<p>Program and contents :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Breaking strength, brittle fracture, plastic correction and toughness 2. Energy approach and effective fracture toughness 3. Griffith's theory, experimental methods (mixed modes and extension to 3D problems) 4. Crack propagation (energy release rate and steady crack propagation) 5. Statistical approach to fracture (Weibull model, extension to structural tests) 6. Fatigue fracture, crack initiation criteria, Paris law, Wöhler curves, Haig diagram, Multiaxial criteria
<p>Method and pedagogic organization:</p> <p>11 h of lessons, 7 h of tutorial and 2 h of written exam.</p>
<p>Targeted skills or knowledge:</p> <p>Research and / or analyze data relating to the breaking properties of solid materials Designing a structure under mechanical loads applied during service</p>
<p>Evaluation : Written exam 2h duration</p>
<p>Feedback made to the student:</p> <p>Consultation of papers upon the express request of the student Exam correction times: 3 weeks</p>
<p>Teaching material and references:</p> <p>Full written support also available in digital form</p>

Class 4

Class title: Practical work on characterization and modelling	
Code: ECOMAP 8.3.4	Module title: Structural mechanics and modelling
Semester: S8	Classification: ECOMAP department

Hours of presence	Total hours	Lectures	Works hop	Labs	Project	Testing	Personal work	Coef /module	ECTS
24	32	0	0	24	0	0	8	1	
Title	Practical work on characterization and modelling								
Summary	This set of labs enable application of the knowledge acquired in material mechanics. Various materials are tested through characteristic tests (creep, tensile, rupture, impact, rheology); their behaviours will be modelled using the appropriate laws, providing a critical analysis of the associated hypotheses.								

Head	Anne–Sophie CARO – C2MA – IMT Mines Alès
Teaching team	Anne–Sophie CARO – C2MA – IMT Mines Alès Aurélie TAGUET – C2MA – IMT Mines Alès Sarah IAQUINTA - C2MA – IMT Mines Alès Stéphane CORN – C2MA – IMT Mines Alès Patrick IENNY– C2MA – IMT Mines Alès Nicolas LE MOIGNE – C2MA – IMT Mines Alès Romain LEGER – C2MA – IMT Mines Alès

Keywords	Mechanical characterization, mechanical modelling, creep, impact, rupture, rheology of polymers
Prerequisites	Linear mechanics of materials (in–depth module), <i>Mechanical flow behaviour of materials</i> , finite elements

Context and general objective : The objective of this course is to use different behaviour models in practical situations (either analytically or using software) with a critical eye.
Program and contents : This course includes 5 sessions of labs (4 hours each). <ul style="list-style-type: none"> ▪ Practical work 1 Creep in the case of a homogeneous material: confrontation tests / modelling ▪ Practical work 2 Bend test on a metallic material – comparison between experiments and modelling ▪ Practical work 3 Bending and tensile test in the case of composite materials: application of Weibull theory, test / modelling confrontation ▪ Practical work 4 Impact tests in the case of homogeneous materials, test / modelling confrontation ▪ Practical work 5 Finite element simulation of the non-linear response of a material during a hardness test ▪ Practical work 6: Rheology of polymers. The objective is to characterize, by means of rotational and capillary rheometry, the rheological behavior of various systems in the molten state, in particular thermoplastic polymers or thermoplastic composites. Several rheological experiments will be used and compared: shear flow and oscillatory shear tests as well as capillary shear flow.
Method and pedagogic organization: 6 different labs of 4 h. This course is evaluated from labs reports
Targeted skills or knowledge: To be able to use a behavior law To have a critical mind with respect to the hypothesis
Evaluation : <i>labs reports</i>
Feedback made to the student: Consultation of papers upon the express request of the student Exam correction times: 3 weeks
Teaching material and references: Full written support also available in digital form

Method and teaching organization

Testing procedures

The student's level of knowledge acquisition will be evaluated according to the following points:

N° Indicator	Indicator
1	To know the formal and practical knowledge constituting the foundation of a given field
2	Exploit theoretical and practical knowledge
3	Analyze, interpret, model, hypothesize and solve problems

Grading scheme:

Class	Exam	Coefficients	Administration mode	Evaluated Indicators	Chapters
CAD	Practical work	1	Individual	2, 3	All
Rheology	Exam	1	Individual	1, 2, 3	All
Fracture mechanics	Exam	1	Individual	1, 2, 3	All
Labs on characterization and modelling	Report	1	Individual	1,2,3	All

Student commitments, ethics and professionalism

Expectations concerning ethics are defined in the establishment's code of conduct. Each student is expected to know and respect the code of conduct.

Obligatory presence in classes (According to article 5.3 of the Code of conduct, physical presence at certain teaching exercises can be deemed obligatory:

Estimated hours of personal study (evaluate in function of the type of teaching method used): in order to acquire the required learning level, the student is expected (must) to spend a minimum of 45min of personal study time per hour spent in class.

Estimated hours of preparation required for labs/Work Shop: 0

Late penalties (According to article 3.3 of the Teaching Code, teachers can administer penalties for reports/homework that are late without a valid justification (validity is left to the teacher's best judgement)).

All late work is subject to penalties as follows 1 point

Teaching team (list the names of the teachers and what they teach, with contact information (phone and email))

Name	Field of expertise	Email/phone
Aurélie NIEL MARCHAL	Mechanical design	aurelie.marchal@umontpellier.fr / 04 66 78 56 13
Laetitia CAMBON	Mechanical design	laetitia.cambon@mines-ales.fr / 04 66 78 56 91
Patrick IENNY	Materials mechanics	patrick.ienny@mines-ales.fr / 04 66 78 56 32
Aurélie TAGUET	Rheology of polymers	aurelie.taguet@mines-ales.fr / 04 66 78 53 46
Youssef EL BITOURI	Rheology of suspensions	youssef.elbitouri@mines-ales.fr / 04 66 78 53 67
Anne-Sophie Caro	Material mechanics	anne-sophie.caro@mines-ales.fr / 04 66 78 56 31
Stéphane Corn	Structural mechanics	stephane.corn@mines-ales.fr / 04 66 78 56 29
Sarah IAQUINTA	Material mechanics	Sarah.iaquinta@mines-ales.fr / 04 66 78 53 84
Romain Léger	Materials mechanics	romain.leger@mines-ales.fr / 04 66 78 56 88
Nicolas Le Moigne	Processing and physico-chemistry of biobased polymers and composites	nicolas.le-moigne@mines-ales.fr / 04 66 78 53 02

Approbation

Ce guide pédagogique entre en vigueur à compter du 01/09/2024

Il est porté à la connaissance des élèves par une publication sur Campus

Rédaction	Vérification	Validation
L'enseignant responsable du module : Anne-Sophie Caro 	Le responsable d'UE / de département : Belkacem OTAZAGHINE 	Le directeur de l'école, Pour le directeur et par délégation, Le directeur de la DFA / de la DE :