

---

# Guide pédagogique

## *Module ECOMAP 9.1 (6 crédits ECTS)*

---

### ***Place du module et enjeux***

Ce module est dédié aux matériaux (bio)(nano)composites, poudres et suspensions. A travers quatre cours : « Composites et renforts fibreux », « Micro et nanocomposites », « Bioplastiques et biocomposites » et « Poudres et suspensions », ce module propose une étude approfondie des principaux systèmes particulaires et fibreux à l'état solide (en tant que charges ou renforts dans les matériaux composites) ou en suspension. Les cours s'appuieront sur une description: (i) des principales matrices (bio)polymères, (ii) des principaux objets (nano)(micro)particulaires et fibreux organiques et minéraux, (iii), leur caractérisation granulaire, leur dispersion et mise en suspension ainsi que leur mode de synthèse/extraction et de transformation, , (iv) les microstructures résultantes en lien avec les procédés de mise en œuvre/forme, les problématiques de stabilisation et d'adhésion/d'adhérence entre phase dispersée et phase continue en lien avec la physico-chimie aux surfaces et interfaces, (v) et enfin les propriétés chimiques, physiques, mécaniques et fonctionnelles de ces systèmes en lien avec leurs différents champs d'applications (transport, bâtiment, emballage, électronique...). Un accent particulier sera porté sur l'utilisation des ressources naturelles et renouvelables pour le développement de matériaux polymères et composites biosourcés et/ou biodégradables à impact environnemental réduit.

---

# Teaching guide and syllabus

## *Module ECOMAP 9.1 (6 ECTS credits)*

---

### ***Subject matter importance and associated issues***

This module is dedicated to (bio) (nano) composites materials, powders and suspensions. Through four courses: "Fibre reinforced Composites", "Micro and nanocomposites", "Bioplastics and biocomposites" and "Powders and suspensions", this module proposes a detailed study of the main (nano)(micro)particulate and fibrous systems in the solid state (as fillers or reinforcements for composite materials) or in suspension. The courses will be based on a description of (i) the main organic and inorganic particulate and fibrous (nano)(micro)objects, their granular characterization, as well as (bio)polymer matrices, (ii) their synthesis / extraction, dispersion, solution and suspension, (iii) the resulting microstructures related to processing, issues related to stabilization and adhesion between dispersed and continuous phases in relation with physico-chemistry of surfaces and interfaces, (iv) and finally the chemical, physical, mechanical and functional properties of these systems in relation with their different fields of application (transport, building, packaging, electronics ...). Particular emphasis will be placed on the use of natural and renewable resources for the development of biobased and / or biodegradable polymer and composite materials with reduced environmental impact.

Responsable : Anne Bergeret

Téléphone : 04 66 78 56 53 44

Courriel : [anne.bergeret@mines-ales.fr](mailto:anne.bergeret@mines-ales.fr)

ENSEIGNEMENTS ACADEMIQUES	Volume Horaire	Détail des coefficients	Crédits
<b>Écomatériaux et composites</b>	<b>70</b>		
○ Poudres et suspensions	12	1	6
○ Composites et renforts fibreux	19	2	
○ Micro et nanocomposites	13	1	
○ Bioplastiques et biocomposites	26	3	

**Matière 1 :**

<i>Poudres et suspensions</i>	
<b>Code : ECOMAP 9.1.1</b>	<b>Titre du module : Écomatériaux et composites</b>
<b>Semestre : S9</b>	<b>Cursus de rattachement : Département ECOMAP</b>

Heures présentiel	Heures total	Cours	TD	TP	Projet	Contrôles	Travail personnel	Coef /module	ECTS
12	12	10			2		2	1	

<b>Titre</b>	<i>Poudres et suspensions</i>
<b>Résumé</b>	L'objectif de ce cours est d'acquérir des connaissances générales de base sur les poudres et les suspensions systèmes très largement présents dans la plupart des secteurs industriels dont celui des nano ou microcomposites polymères, ce en lien avec les problématiques d'analyses de cycle de vie et de recyclage des matériaux.

<b>Responsable</b>	Nathalie AZEMA – C2MA - IMT Mines Alès
<b>Equipe enseignante</b>	Nathalie AZEMA – C2MA - IMT Mines Alès

<b>Mots-clés</b>	Poudre, suspension
<b>Prérequis</b>	Matériaux pour l'ingénieur

**Contexte et objectif général :**

Cet enseignement permettra aux futurs ingénieurs d'acquérir des connaissances générales sur les poudres et les suspensions, systèmes très largement présents dans la plupart des secteurs industriels (intermédiaires de production, produits finis, sous-produits ou rejets) et ce en lien avec les problématiques d'analyses de cycle de vie et de recyclage des matériaux. Après une large introduction reprenant les concepts généraux, définitions, domaines d'applications, ainsi que des notions sur la matière molle, un premier volet sur la caractérisation, les propriétés et comportements des poudres, est traité : classification, caractéristiques et méthodes d'analyses granulaires (taille, forme, surface), phénomènes inter-particulaires, capillarité, problématique de mélange/ségrégation, d'échantillonnage, seuil de percolation... Un second volet aborde les problématiques plus spécifiques des suspensions : mélange de composants incompatibles, transport et localisation d'ingrédients actifs vers un substrat, propriétés thermodynamiques, rhéologiques, optiques très spécifiques, et ce en lien avec la physicochimie des interfaces solide/liquide et les problématiques de dispersion, stabilisation /déstabilisation.

**Programme et contenu :**

Module 1 : introduction aux états divisés  
 Module 2 : les poudres : caractéristiques granulaires et comportements  
 Modules 3 : Poudres et phénomènes interparticulaires  
 Module 4 : Mélange, ségrégation et coulabilité  
 Module 5 : suspensions et physicochimie de la dispersion

**Méthode et organisation pédagogique :**

Cours et projet (réalisation et présentation d'une « fiche matériaux ») -

**Acquis d'apprentissage visés :** Application des notions théoriques vues en cours

**Evaluation :**

La note globale sera la moyenne entre celle de l'évaluation de la présentation orale et celle de la fiche écrite.  
 A ces modalités d'évaluation principales pourront être rajoutés d'autres exercices qui seront précisés au début du cours par l'enseignant.  
 En cas de dysfonctionnement avéré, la note du groupe peut être individualisée.

**Retour sur l'évaluation fait à l'élève :**

En séance au cours de la réalisation et de la présentation de la fiche.

**Support pédagogique et références :**

### Matière 2 :

*Composites et renforts fibreux*

**Code : ECOMAP 9.1.2**      **Titre du module : Écomatériaux et composites**

**Semestre : S9**      **Cursus de rattachement : Département ECOMAP**

Heures présentiel	Heures total	Cours	TD	TP	Projet	Contrôles	Travail personnel	Coef /module	ECTS
19	19	18	0	0	0	1	8	2	

<b>Titre</b>	<i>Composites et renforts fibreux</i>
<b>Résumé</b>	L'objectif de ce cours est d'approfondir les connaissances dans le domaine des composites à matrice polymères en présentant les différentes fibres de renforcement, de leur production, à leur transformation et leur usage

<b>Responsable</b>	Anne BERGERET – C2MA - IMT Mines Alès
<b>Equipe enseignante</b>	Anne BERGERET – C2MA - IMT Mines Alès

<b>Mots-clés</b>	Composites, fibres de renforcement, architecture, interface fibre/matrice, propriétés
<b>Prérequis</b>	Matériaux polymères

#### Contexte et objectif général :

L'objectif de ce cours est d'approfondir les connaissances dans le domaine des composites à matrice polymères en présentant les différentes fibres de renforcement, de leur production, à leur transformation et leur usage

#### Programme et contenu :

Ce cours s'articule autour de 5 parties principales :

1. Présentation du marché des composites et des différents secteurs industriels des composites
2. Présentation des principales matrices polymères utilisées pour les applications composites
3. Présentation des différentes architectures textiles (tissage, tricotage, tressage, non tissé...) et armures (taffetas, sergé, satin...) à travers les différents procédés textiles et en lien avec les caractéristiques textiles
4. Élaboration, transformation, propriétés et traitement de surface de différentes fibres de renforcement : fibres de verre, fibres de carbone, fibres aramides, fibres de basalte, fibres naturelles
5. Caractérisations physiques, mécaniques, thermomécaniques des composites et méthodes de caractérisation de l'interface fibre/matrice dans les composites

#### Méthode et organisation pédagogique :

Module de cours + démonstration de textiles et de composites, vidéos

#### Acquis d'apprentissage visés :

Maîtrise scientifique et technique des différentes architectures textiles, des différents renforcements dans l'industrie des composites, des principales techniques de caractérisation des textiles et des composites

**Evaluation :** *contrôle écrit avec fiches de synthèse de cours notées*

#### Retour sur l'évaluation fait à l'élève :

Note de contrôle

#### Support pédagogique et références :

Présentation PowerPoint accessible sur Campus

### Matière 3 :

*Micro et nanocomposites*

**Code : ECOMAP 9.1.3**      **Titre du module : Écomatériaux et composites**

**Semestre : S9**      **Cursus de rattachement : Département ECOMAP**

Heures présentiel	Heures total	Cours	TD	TP	Projet	Contrôles	Travail personnel	Coef /module	ECTS
13	13	12	0	0	0	1	5	1	

<b>Titre</b>	<i>Micro et nanocomposites</i>
<b>Résumé</b>	L'objectif de ce cours est de présenter les caractéristiques et propriétés des charges et renforts particuliers, des micro- et nanocomposites .

<b>Responsable</b>	Marcos BATISTELLA – C2MA – IMT Mines Alès
<b>Equipe enseignante</b>	Marcos BATISTELLA – C2MA – IMT Mines Alès

<b>Mots-clés</b>	Composites particuliers, nanoparticules, nanocomposites
<b>Prérequis</b>	Matériaux polymères

<p><b>Contexte et objectif général :</b>                  Ce cours vise à connaître les différents types de charges microniques et nanométriques incorporées dans les polymères et comprendre les propriétés qu'elles induisent. Un chapitre est consacré à la diversité des charges minérales naturelles et à la compréhension de la relation entre leur structure et leurs potentielles fonctionnalités. Les différents traitements de surface et mode de fonctionnalisation en vue d'améliorer les interfaces charges/matrice polymères sont également abordés. Les charges synthétiques et en particulier les nanoparticules sont également présentées en abordant les caractéristiques spécifiques de leur mise en oeuvre. Les propriétés des nanoparticules sont mises en rapport avec différentes propriétés fonctionnelles des nanocomposites et à leur durabilité. Une attention particulière est portée à la réalisation de nanocomposites ternaires constitués d'alliages de polymères et nanoparticules.                  Les risques associés à l'utilisation des nanoparticules sont également abordés, notamment dans le cas de la dégradation thermique des nanocomposites.</p>
<p><b>Programme et contenu :</b>                  Partie 1 :                  Concept de filler et caractéristiques                  Description des principales charges naturelles et synthétiques                  Influence des charges microniques sur la structure des polymères et leurs propriétés                  Traitements de surface des charges microniques                  Propriétés fonctionnelles des micro-composites et aspects environnementaux                  Partie 2 :                  Caractéristiques générales des nanoparticules                  Différents types de nanoparticules : argiles organo-modifiées, nanotubes de carbone et graphène, LDH, POSS et ZrP                  Propriétés conférées aux nanocomposites                  Risques et aspects environnementaux des nanoparticules</p>
<p><b>Méthode et organisation pédagogique :</b>                  Module de cours + exercices</p>
<p><b>Acquis d'apprentissage visés :</b> maîtrise scientifique et technique des différentes architectures, des différents types de charges et renforts nano et microniques utilisés dans les plastiques ; présentation des propriétés conférées ; éléments relatifs aux aspects environnementaux de l'utilisation de nanoparticules et nanocomposites.</p>
<p><b>Evaluation :</b> <i>Questions et exercices basés sur l'analyse de publications scientifiques et fiches techniques de composites commerciaux</i></p>
<p><b>Retour sur l'évaluation fait à l'élève :</b> note de contrôle et consultation des copies</p>
<p><b>Support pédagogique et références :</b> Support pédagogique et références : présentation PowerPoint (en anglais) sur Campus, documents bibliographiques annexes</p>

**Matière 4 :**

<i>Bioplastiques et biocomposites</i>	
<b>Code : ECOMAP 9.1.4</b>	<b>Titre du module : Écomatériaux et composites</b>
<b>Semestre : S9</b>	<b>Cursus de rattachement : Département ECOMAP</b>

Heures présentiel	Heures total	Cours	TD	TP	Projet	Contrôles	Travail personnel	Coef /module	ECTS
26	26	22	0	0	0	4	6	3	

<b>Titre</b>	<i>Bioplastiques et biocomposites</i>
<b>Résumé</b>	L'objectif de ce cours est de fournir aux étudiants le bagage technique et scientifique indispensable pour comprendre et répondre aux enjeux actuels relatifs aux développements technologiques et industriels autour des polymères et composites biosourcés et/ou biodégradables.

<b>Responsable</b>	Nicolas LE MOIGNE – C2MA - IMT Mines Alès
<b>Equipe enseignante</b>	Nicolas LE MOIGNE – C2MA - IMT Mines Alès Clément LACOSTE – C2MA - IMT Mines Alès

<b>Mots-clés</b>	Bioplastique, biocomposite, bois, processing, microstructure, propriétés
<b>Prérequis</b>	Polymères, composites, procédés plasturgiques, Composites et renforts fibreux, Biodégradation

<p><b>Contexte et objectif général :</b> Ce cours s'articulera en trois parties. Une première partie sera dédiée aux biopolymères et bioplastiques et à une description de leur mode de (bio)synthèse, structure chimique et de leurs principales propriétés et domaines d'applications. La seconde partie sera centrée sur le matériau bois, composite naturel présentant des propriétés tout à fait intéressantes. Ses principales étapes de transformation, sa structure hiérarchique complexe, ses propriétés spécifiques et ses principaux domaines d'application, notamment structuraux seront détaillés. Les matériaux dérivés du bois massif, participant à la valorisation en cascade des co-produits de transformation, seront également présentés. Enfin, la troisième partie du cours s'intéressera au développement des matériaux biocomposites, en particulier les composites à matrices (bio)polymères et à renforts végétaux. Une description des différents renforts végétaux, des procédés de mise en œuvre/forme des renforts et biocomposites, des problématiques de dispersion, d'imprégnation et d'adhésion interfaciale sera proposée. Les propriétés et champs d'applications de ces matériaux seront discutés ainsi qu'une ouverture vers les nouvelles approches de structuration biomimétique et bioinspirée.</p>
<p><b>Programme et contenu :</b> Partie 1 : Matériaux polymères biosourcés / biodégradables</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contexte, définitions, enjeux</li> <li>• Les agropolymères</li> <li>• Les biopolymères de synthèse</li> </ul> <p>Partie 2 : Le bois, un composite naturel pour l'ingénierie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contexte et filière forêt-bois</li> <li>• Fonctionnement de l'arbre et anatomie du bois</li> <li>• Circularité, transformations matières et produits bois</li> <li>• Relation structures-propriétés</li> </ul> <p>Partie 3 : les biocomposites, propriétés et applications</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Structure et propriétés des fibres naturelles</li> <li>• Procédés de transformations des fibres et des biocomposites</li> <li>• Propriétés et applications des biocomposites</li> </ul>
<p><b>Méthode et organisation pédagogique :</b> Module de cours + démonstration d'objets, vidéos</p>
<p><b>Acquis d'apprentissage visés :</b> Maîtrise scientifique et technique sur les voies de synthèses et de fabrication, les propriétés et les domaines d'applications des bioplastiques et des biocomposites</p>
<p><b>Evaluation :</b> <i>exposés scientifiques et techniques à préparer en groupe</i></p>
<p><b>Retour sur l'évaluation fait à l'élève :</b> Avis du jury lors des exposés</p>
<p><b>Support pédagogique et références :</b> Supports de cours (ppt), vidéos, objets</p>

## Méthode et organisation pédagogique *(pour apporter des précisions si nécessaire selon les méthodes pédagogiques utilisées):*

Cours 4 : l'évaluation se fera par la mise en pratique des connaissances et concepts fondamentaux de cet enseignement dans un contexte appliqué comme par exemple la proposition d'une formulation de peinture. Ce travail devrait permettre aux élèves de s'approprier et comprendre les notions développées dans le cours qui serviront ensuite de pré-requis au TP « peinture » du projet « Structure Marine » et au TP « Ecoulement des poudres » du projet « Dispositif médical ».

## Modalité d'évaluation

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

N° indicateur	Indicateur
1	connaître 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 pour exemple le module de Mécaniques des milieux déformables*

Matière	Contrôle	Coefficients	Type de notation	Indicateurs évalués	Chapitres
Poudres et suspensions	Contrôle	1	Individuelle	1, 2, 3	Tous
Composites et renforts fibreux	Contrôle	2	Individuelle	1, 2, 3	Tous
Micro et nanocomposites	Contrôle	1	Individuelle	1,2, 3	Tous
Bioplastiques et biocomposites	Exposé	2	groupe	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** (présenter ici l'équipe enseignante, son expertise, ses coordonnées)

Nom	Domaine d'expertise	Courriel/Téléphone
Anne Bergeret	Matériaux composites, fibres de renforcement, chimie/physicochimie des surfaces et interfaces	<a href="mailto:anne.bergeret@mines-ales.fr">anne.bergeret@mines-ales.fr</a> / 04 66 78 53 44
Nathalie AZEMA	Science des matériaux	<a href="mailto:nathalie.azema@mines-ales.fr">nathalie.azema@mines-ales.fr</a> tel : 04 66 78 53 56
Clément Lacoste	Science du bois	<a href="mailto:clement.lacoste@mines-ales.fr">clement.lacoste@mines-ales.fr</a> / 04 66 78 56 55
Nicolas Le Moigne	Processing et physico-chimie des polymères et composites biosourcés	<a href="mailto:nicolas.le-moigne@mines-ales.fr">nicolas.le-moigne@mines-ales.fr</a> / 04 66 78 53 02
Marcos BATISTELLA	Composite à matrice polymère, fabrication additive	<a href="mailto:marcos.batistella@mines-ales.fr">marcos.batistella@mines-ales.fr</a> / 04 66 78 53 42



## Ecomaterials and composites

ACADEMIC TEACHING	Teaching hours	Coefficients	Credits
<b>Ecomaterials and composites</b>	<b>70</b>		
○ Powders and suspensions	12	1	6
○ Fibre reinforced composites	19	2	
○ Micro and nanocomposites	13	1	
○ Bioplastics and biocomposites	26	3	

### Class 1

<b>Class title:</b> <i>Powder and suspensions</i>	
<b>Code:</b> ECOMAP 9.1.1	<b>Module title:</b> <i>Ecomaterials and composites</i>
<b>Semester:</b> S9	<b>Classification:</b> <i>ECOMAP department</i>

Hours of presence	Total hours	Lectures	Works hop	Labs	Project	Testing	Personal work	Coef /module	ECTS
12	12	10			2		2	1	

<b>Title</b>	Powder and suspensions
<b>Summary</b>	

<b>Head</b>	Nathalie AZEMA – C2MA – IMT Mines Alès
<b>Teaching team</b>	Nathalie AZEMA – C2MA – IMT Mines Alès

<b>Keywords</b>	Powder, suspension
<b>Prerequisites</b>	Engineering materials

<p><b>Context and general objective:</b>          This course will allow engineering students to obtain general knowledges on powders and suspensions, systems widely present for most industrial sectors (intermediate products, end or by-products and rejects) and links to life-cycle-analysis and recycling of materials. After a significant introduction part, resuming general concepts, definitions, application areas, soft matter notions, a first part deals with classification, granular characteristics and measurements (size, shape, surface), interparticular phenomena, capillarity, mixing and segregation, sampling, percolation threshold... A second part, adds specific issues of suspensions: mixing of incompatible components, transport and localization of active ingredients to a substrate, thermodynamic, rheological and optical very specific properties, link with interfacial physicochemical knowledge and dispersion, stabilization phenomena.</p>
<p><b>Program and contents:</b>          Module 1: introduction to divided states          Module 2: Powders - granular characterization and behaviors          Modules 3 : Powders and interparticle phenomena          Module 4: Mixing, segregation and coulability          Module 5: Suspensions and physico-chemistry of dispersion</p>
<p><b>Method and pedagogic organization:</b>          Courses and project</p>
<p><b>Targeted skills or knowledge:</b></p>
<p><b>Evaluation:</b>          The overall grade will be the average of the oral and written grades.          Other exercises may be added to these main evaluation methods, as indicated by the teacher at the beginning of the course.          In the event of proven dysfunction, the group grade may be individualized.</p>
<p><b>Feedback made to the student:</b>          During project implementation</p>
<p><b>Teaching material and references:</b></p>

## Ecomaterials and composites

### Class 2

<b>Class title:</b> <i>Fiber reinforced composites</i>	
<b>Code:</b> ECOMAP 9.1.2	<b>Module title:</b> <i>Ecomaterials and composites</i>
<b>Semester:</b> S9	<b>Classification:</b> <i>ECOMAP department</i>

Hours of presence	Total hours	Lectures	Works hop	Labs	Project	Testing	Personal work	Coef /module	ECTS
19	19	18				1	8	2	

<b>Title</b>	<i>Fiber reinforced composites</i>
<b>Summary</b>	The objective of this course is to deepen the knowledge in polymer based composites by presenting different reinforcing fibres, from their production to their transformation and use

<b>Head</b>	Anne BERGERET – C2MA – IMT Mines Alès
<b>Teaching team</b>	Anne BERGERET – C2MA – IMT Mines Alès

<b>Keywords</b>	Composites, fibre reinforcement, textile design, fibre/matrix interface, properties
<b>Prerequisites</b>	Polymer materials

<p><b>Context and general objective:</b> This course will be divided into five parts:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Presentation of composite materials market and industrial sectors</li> <li>• Presentation of the mean polymer matrices used for composite applications</li> <li>• Presentation of different textile structures (weaving, braiding, knitting, non-woven...) through corresponding textile processes and in relationships with textile characteristics</li> <li>• Processing, transformation, properties and surface treatments of different fiber reinforcements: glass fibres, carbon fibers, aramid fibers, basalt fibers, natural fibers</li> <li>• Physical, mechanical, thermomechanical characterizations of composite materials and characterization methods for fiber/matrix interface</li> </ul>
<p><b>Program and contents:</b></p>
<p><b>Method and pedagogic organization:</b> Course module + textile and composites exhibition, videos</p>
<p><b>Targeted skills or knowledge:</b> Scientific and technical mastery of the different textile architecture, the different reinforcements in the composite industry, the main techniques for the characterization of textiles and composites</p>
<p><b>Evaluation:</b> Written test with marked summary sheets</p>
<p><b>Feedback made to the student:</b> Exam grade</p>
<p><b>Teaching material and references:</b> PowerPoint presentation on Campus website</p>

### Class 3

<b>Class title:</b> <i>Micro and nano composites</i>	
<b>Code:</b> ECOMAP 9.1.3	<b>Module title:</b> <i>Ecomaterials and composites</i>
<b>Semester:</b> S9	<b>Classification:</b> <i>ECOMAP department</i>

Hours of presence	Total hours	Lectures	Works hop	Labs	Project	Testing	Personal work	Coef /module	ECTS
13	13	12				1		1	

<b>Title</b>	Micro and nanocomposites
<b>Summary</b>	The objective of this course is to present the characteristics and properties of particulate fillers and reinforcements, as well as micro- and nanocomposites.

## Ecomaterials and composites

<b>Head</b>	Marcos BATISTELLA – C2MA – IMT Mines Alès
<b>Teaching team</b>	Marcos BATISTELLA – C2MA – IMT Mines Alès

<b>Keywords</b>	Particulate composites, nanoparticles, nanocomposites.
<b>Prerequisites</b>	Polymer materials

### Context and general objective:

This course aims to identify the different types of micron and nanometric fillers incorporated in polymers and to understand the imparted properties. A chapter is devoted to the diversity of natural mineral fillers and to the understanding of the relation between their structure and their potential functionalities. The different surface treatments and functionalization modes aiming to improve the filler/matrix interfaces are also tackled. Synthetic fillers and in particular the nanoparticles are also presented while considering the specific features of their processing. The properties of nanoparticles are related with different functional properties of nanocomposites and their durability. A particular attention is focused on the production of ternary nanocomposites made of polymer alloys and nanoparticles. The risks associated to the use of nanoparticles are also tackled, particularly in the case of the thermal degradation of the nanocomposites.

### Program and contents:

#### Part 1:

- Concept of filler and its characteristics
- Description of the main natural and synthetic fillers
- Influence of micron-sized fillers on the structure of polymers and their properties
- Surface treatments of micron-sized fillers
- Functional properties of micro-composites and environmental aspects

#### Part 2:

- General characteristics of nanoparticles
- Different types of nanoparticles: organo-modified clays, carbon nanotubes and graphene, LDH, POSS and ZrP
- Properties conferred to nanocomposites
- Risks and environmental aspects of nanoparticles.

### Method and pedagogic organization:

Course module + exercises.

**Targeted skills or knowledge:** Scientific and technical mastery of various textile architectures, different types of nano and micron-sized fillers and reinforcements used in plastics; presentation of conferred properties; elements related to environmental aspects of the use of nanoparticles and nanocomposites.

**Evaluation:** *Questions and exercises based on the analysis of scientific publications and technical datasheets of commercial composites.*

### Feedback made to the student:

Control mark, consultation of copies.

**Teaching material and references:** Educational support and references: PowerPoint presentation (in English) on Campus, additional bibliographic documents.

## Class 4

<b>Class title:</b> <i>Bioplastics and biocomposites</i>	
<b>Code:</b> ECOMAP 9.1.4	<b>Module title:</b> <i>Ecomaterials and composites</i>
<b>Semester:</b> S9	<b>Classification:</b> <i>ECOMAP department</i>

Hours of presence	Total hours	Lectures	Works hop	Labs	Project	Testing	Personal work	Coef /module	ECTS
26	26	22	0	0	0	4	6	2	

<b>Title</b>	Bioplastics and biocomposites
<b>Summary</b>	The objective of this course is to provide students with the technical and scientific background necessary to understand and respond to current issues related to technological and industrial developments around biobased and/or biodegradable polymers and composites.

<b>Head</b>	Nicolas LE MOIGNE – C2MA – IMT Mines Alès
<b>Teaching team</b>	Nicolas LE MOIGNE – C2MA – IMT Mines Alès Clément LACOSTE – C2MA – IMT Mines Alès

<b>Keywords</b>	Bioplastic, biocomposite, wood, processing, microstructure, property
-----------------	--

<b>Prerequisites</b>	Polymers, composites, and their processing, Fiber reinforced composites, Biodegradation (J-C BENEZET)
<b>Context and general objective:</b> This course will be divided into three parts. The first part is dedicated to biopolymers and bioplastics and to the description of their (bio)synthesis, chemical structure and their main properties and fields of applications. The second part is focused on wood material, a natural composite with very interesting properties. Its main processing steps, its complex hierarchical structure, specific properties and its main fields of application, including structural ones, will be detailed. Wood material derivatives, allowing multivalORIZATION of the by-products, will also be presented. Finally, the third part of the course is focused on the development of biocomposite materials, in particular composites with (bio)polymer matrices and plant-based reinforcements. A description of the different reinforcements, the processing of fibres and composites, issues related to dispersion and interfacial adhesion will be proposed. The main properties and fields of application of these materials will be discussed as well as an opening towards the new biomimetic and bioinspired structuring approaches.	
<b>Program and contents:</b> Part 1: Biosourced / biodegradable polymeric materials <ul style="list-style-type: none"> <li>• Context, definitions, issues</li> <li>• Natural biopolymers</li> <li>• Biopolymers from chemical and biotechnological synthesis</li> </ul> Part 2: Wood, a natural composite for engineering <ul style="list-style-type: none"> <li>• Context, forest and wood industries</li> <li>• Tree functionalities and wood anatomy</li> <li>• Circularity and wood products processing</li> <li>• Structure-properties relationship</li> </ul> Part 3: Biocomposites, properties and applications <ul style="list-style-type: none"> <li>• Structure and properties of natural fibers</li> <li>• Processing of fibers and biocomposites</li> <li>• Properties and applications of biocomposites</li> </ul>	
<b>Method and pedagogic organization:</b> Course module + object demonstration, videos	
<b>Targeted skills or knowledge:</b> Scientific and technical knowledge and expertise on the synthesis and manufacturing processes, properties and applications of bioplastics and biocomposites	
<b>Evaluation:</b> Scientific and technical presentations to be prepared in groups	
<b>Feedback made to the student:</b> Feedback of the jury during the presentations	
<b>Teaching material and references:</b> Course material (ppt), videos, objects	

### **Method and teaching organization** *(to be used for providing more detail concerning the teaching methods used):*

The evaluation will be based on practical application of knowledge and concept. The link will be made with projects “Marin structure” and “Medical device”.

### **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: for example, « Mechanics of deformable solids »*

Class	Exam	Coefficients	Administration mode	Evaluated Indicators	Chapters
Powders and suspensions	Exam	1	Individual	1, 2, 3	All
Fibre reinforced composites	Exam	2	Individual	1, 2, 3	All
Micro and nanocomposites	Study of a scientific document	2	Individual	1, 2, 3	All
Bioplastics and biocomposites	Case study (1h) / scientific presentation	1/2	Group	1, 2 et 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 by day (to be completed by the teacher(s)).


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

<b>Name</b>	<b>Field of expertise</b>	<b>Email/phone</b>
Nathalie AZEMA	Material science	<a href="mailto:nathalie.azema@mines-ales.fr">nathalie.azema@mines-ales.fr</a> / 04 66 78 53 56
Clément LACOSTE	Wood science	<a href="mailto:clement.lacoste@mines-ales.fr">clement.lacoste@mines-ales.fr</a> / 04 66 78 56 55
Nicolas LE-MOIGNE	Processing and physico-chemistry of biobased polymers et composites	<a href="mailto:nicolas.le-moigne@mines-ales.fr">nicolas.le-moigne@mines-ales.fr</a> / 04 66 78 53 02
Anne BERGERET	Composite materials, Fibre reinforcement, (physico)chemistry of surface and interface	<a href="mailto:anne.bergeret@mines-ales.fr">anne.bergeret@mines-ales.fr</a> / 04 66 78 53 44
Marcos BATISTELLA	Polymer composite materials, additive manufacturing	<a href="mailto:marcos.batistella@mines-ales.fr">marcos.batistella@mines-ales.fr</a> / 04 66 78 53 42

## 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 BERGERET 	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 :