

---

# Guide pédagogique

*Module ECOMAP 10.3A (5 crédits ECTS)*

---

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

Ce module propose la gestion et la réalisation d'un projet d'ingénierie dans son ensemble : la fabrication d'une coque de bateau en matériaux composites thermodurcissables. Les étapes du projet s'étalent du choix des matériaux jusqu'à la caractérisation finale de la coque, en passant par les étapes de modélisation, de mise en forme ou encore de validation des propriétés.

De plus, les problématiques actuelles liées du développement durable sont prises en compte via l'analyse environnementale des matériaux développés. Ce projet se déroule au travers d'une série de travaux pratiques encadrés qui s'appuient sur les cours magistraux dispensés dans le département.

# Teaching guide and syllabus

*Module ECOMAP 10.3A (5 ECTS credits)*

---

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

This module deals with proposing students a complete project of engineering: the manufacturing of a boat hull with thermoset composite materials. The procedure to follow consists in many steps from the choice of materials to the final characterizations of the boat hull, including the modelling, the processing, and the assessment of properties.

Moreover, issues concerning the environmental impact is considered through a life cycle assessment of developed materials. The project is organized through a set of supervised practical works and use the knowledge acquired during the courses of the department.

**Responsables** : Monica Francesca PUCCI / Romain RAVEL

**Téléphone** : 0466785630 / 0466785317

**Courriel** : [monica.pucci@mines-ales.fr](mailto:monica.pucci@mines-ales.fr) / [romain.ravel@mines-ales.fr](mailto:romain.ravel@mines-ales.fr)

ENSEIGNEMENTS ACADEMIQUES	Volume horaire	Détail des Coefficients	Crédits
Projet Structure marine	106	1	5

<i>Projet Coque de bateau</i>	
<b>Code : ECOMAP 10.3A</b>	<b>Titre du module : Projet Coque de bateau</b>
<b>Semestre : S10</b>	<b>Cursus de rattachement : Département ECOMAP</b>

Heures présentiel	Heures total	Cours	TD	TP	Projet	Contrôles	Travail personnel	Coef /module	ECTS
~90	106	0	0	0	86	4	16	1	5

<b>Titre</b>	<i>Projet Coque de bateau</i>
<b>Résumé</b>	Conception, fabrication et validation d'une coque de bateau en composites thermodurcissables, en respectant un CDC, au travers d'une série de TP encadrés correspondant aux différentes étapes du projet

<b>Responsables</b>	<i>Monica Francesca PUCCI – Romain RAVEL – C2MA – IMT Mines Alès</i>
<b>Equipe enseignante</b>	<i>ECs, techniciens et doctorants du C2MA – IMT Mines Alès</i>

<b>Mots-clés</b>	Infusion sous vide, composites thermodurcissables, conception, choix des matériaux, modélisation, caractérisation mécanique, analyse environnementale
<b>Prérequis</b>	Matières plastiques, Choix des matériaux et environnement, Mécanique et modélisation, Eco-matériaux et composites, Procédés usuels et émergents, Tenue en service et fin de vie,

**Contexte et objectif général :**

Ce module s'inscrit dans le cadre de la mise en place des options du nouveau département ECOMAP à travers un projet long en fin de cursus avant le départ en PFE. Ce projet vise la conception d'une coque de bateau par infusion sous vide. Les étudiants auront à concevoir la coque en composites thermodurcissables à travers une démarche complète d'ingénierie, du choix des matériaux jusqu'à la caractérisation finale de la coque, en passant par la conception, le choix des matériaux, la fabrication, l'évaluation des propriétés et des impacts environnementaux.

**Programme et contenu :**

Le projet est basé sur une succession de travaux pratiques encadrés (8h sauf mention contraire) et de temps de travail en autonomie. L'accent sera porté sur la pratique expérimentale en lien avec les bases théoriques acquises au cours de la formation au sein du département ECOMAP. Le programme et la chronologie des travaux pratiques sont présentés ci-dessous. L'acquisition d'une autonomie dans la réflexion sur le Cahier des Charges, le choix des matériaux, les procédés et les essais de caractérisation est un point important du projet.

Etapes du projet :

- 1) Présentation du projet, point bibliographie, introduction ACV.
- 2) Etude du matériau existant et proposition de substitution (Modélisation EF & analytique et choix des matériaux).
- 3) Cinétique de réticulation d'un système thermodurcissable.
- 4) Mise en forme du composite et suivi cinématique du procédé.
- 5) Caractérisation du comportement mécanique des composites.
- 6) Mise en forme de la coque.
- 7) Caractérisation mécanique de la coque et validation numérique (CAO/Eléments finis).
- 8) Evaluation environnementale (ACV).
- 9) Evaluation (soutenance finale et comptes rendus TP).

**Méthode et organisation pédagogique :**

Les étudiants travailleront en équipe projet de deux à cinq personnes. Ils seront encadrés au cours de séances de travaux pratiques de 8h (sauf mention contraire) par les personnels EC, techniciens et doctorants du laboratoire C2MA. Le projet inclura également des séances en autonomie pour la réflexion sur le cahier des charges, le choix des matériaux, l'ACV ainsi que pour traiter les résultats obtenus au cours des séances de mise en œuvre et de caractérisation. Ils auront à disposition au cours des séances les outils de mise en œuvre/forme et de caractérisation des matériaux du C2MA. Les outils de recherche bibliographique, de CAO et de modélisation par éléments finis seront également mis à disposition tout au long du projet. Un polycopié qui détaillera l'ensemble des travaux pratiques et les attendus sera remis aux étudiants en début de projet. L'évaluation du projet se fait à travers la rédaction de comptes-rendus de TP (selon les TP) et d'une présentation générale du projet en groupe (soutenance finale).

**Acquis d'apprentissage visés :**

- Mise en place d'une démarche complète de R&D pour la conception d'un objet.
- Démarche incluant la prise de décisions (choix des matériaux / procédés / tests), leurs justifications et l'analyse critique des résultats.
- Découverte et/ou mise en pratique des procédés de mise en œuvre/forme associés à la fabrication de composites thermosensibles.
- Etablissement des relations procédés / structure / propriétés.
- Réflexion sur l'éco-conception en termes de procédés et de matériaux.

**Evaluation :** *Comptes rendus de TP + soutenance orale du projet en groupe (4 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 :**

- Document recensant et expliquant l'ensemble des travaux pratiques (Polycopié).
- Eventuellement, selon l'équipe enseignante, documents supplémentaires remis aux étudiants au démarrage des TP (bibliographie, norme...).

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

L'enchaînement des TP doit être respecté et réalisé dans l'ordre donné par le polycopié.

**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
Projet global	Soutenance orale	5	Groupe de projet	1,2,3
Chaque TP	Forme dépendant de l'équipe enseignante (compte rendu)	0.5/TP	Groupe de projet	1,2

## 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) : La présence des étudiants est obligatoire durant les séances de TP. Durant les périodes de travail personnel allouées au projet, les élèves doivent être présents dans la salle prévue à cet effet. Les étudiants souhaitant travailler dans une autre salle (bibliothèque par exemple) devront avertir préalablement l'équipe pédagogique.

**Nombre d'heures estimées de travail personnel** (à évaluer selon le type de pédagogie utilisée): 106 heures (incluant une composante de travail personnel) sont allouées à ce projet. Nous estimons qu'il s'agit du minimum nécessaire pour fournir un travail acceptable. Une dizaine d'heures supplémentaires pourront permettre d'approfondir et améliorer significativement le rendu final.

**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).

La date de soutenance est fixée à l'avance. Les étudiants doivent s'y préparer. Une date limite sera fixée pour le rendu des rapports, au-delà de cette date une pénalité d'un point par jour de retard sera appliquée.

## Équipe enseignante *(présenter ici l'équipe enseignante, son expertise, ses coordonnées)*

Nom	Domaine d'expertise	Courriel/Téléphone
Monica Francesca Pucci	Propriétés mécaniques, mise en forme	<a href="mailto:monica.pucci@mines-ales.fr">monica.pucci@mines-ales.fr</a> / 0466785630
Romain Ravel	Mise en forme	<a href="mailto:Romain.Ravel@mines-ales.fr">Romain.Ravel@mines-ales.fr</a> / 0466785317
Joana Beigbeder	Analyse environnementale	<a href="mailto:Joana.Beigbeder@mines-ales.fr">Joana.Beigbeder@mines-ales.fr</a> / 0466785632
Belkacem Otazaghine	Polymères, synthèse chimique, réticulation,	<a href="mailto:Belkacem.Otazaghine@mines-ales.fr">Belkacem.Otazaghine@mines-ales.fr</a> / 0466785669
Anne-Sophie Caro	Propriétés mécaniques, modélisation	<a href="mailto:Anne-Sophie.Caro@mines-ales.fr">Anne-Sophie.Caro@mines-ales.fr</a> / 0466785631
Stéphane Corn	Propriétés mécaniques, modélisation	<a href="mailto:Stéphane.Corn@mines-ales.fr">Stéphane.Corn@mines-ales.fr</a> / 0466785629
Patrick Lenny	Propriétés mécaniques	<a href="mailto:Patrick.Lenny@mines-ales.fr">Patrick.Lenny@mines-ales.fr</a> / 0466785632
Jean-Christophe Quantin	Propriétés mécaniques, mise en forme	<a href="mailto:Jean-Christophe.Quantin@mines-ales.fr">Jean-Christophe.Quantin@mines-ales.fr</a> / 0466785346
Romain Léger	Propriétés mécaniques, mise en forme	<a href="mailto:Romain.Leger@mines-ales.fr">Romain.Leger@mines-ales.fr</a> / 0456785688
Didier Perrin	Choix des matériaux, polymères	<a href="mailto:Didier.Perrin@mines-ales.fr">Didier.Perrin@mines-ales.fr</a> / 0466785369
Anne Bergeret	Polymères, mise en forme	<a href="mailto:Anne.Bergeret@mines-ales.fr">Anne.Bergeret@mines-ales.fr</a> / 0466785344

## Équipe Technique *(présenter ici l'équipe technique, son expertise, ses coordonnées)*

Nom	Domaine d'expertise	Courriel/Téléphone
Romain Ravel	Mise en forme	<a href="mailto:Romain.Ravel@mines-ales.fr">Romain.Ravel@mines-ales.fr</a> / 0466785317
Loïc Dumazert	Propriétés thermiques	<a href="mailto:Loic.Dumazert@mines-ales.fr">Loic.Dumazert@mines-ales.fr</a> / 0466785662
Alexandre Chéron	Propriétés mécaniques	<a href="mailto:Alexandre.Cheron@mines-ales.fr">Alexandre.Cheron@mines-ales.fr</a> / 0466785336
François Spinelli	Découpe jet d'eau	<a href="mailto:Francois.Spinelli@mines-ales.fr">Francois.Spinelli@mines-ales.fr</a> / 0466785613
Florian Stratta	Propriétés mécaniques, jauges de déformation	<a href="mailto:Florian.Stratta@mines-ales.fr">Florian.Stratta@mines-ales.fr</a> / 0466785675

## Project Marine structure

ACADEMIC TEACHING	Teaching hours	Coefficients	Credits
<b>Project Boat hull</b>	<b>106</b>	<b>1</b>	<b>5</b>

<i>Project Boat hull</i>	
<b>Code: ECOMAP 10.3A</b>	<b>Module title: Boat hull</b>
<b>Semester: S10</b>	<b>Classification: ECOMAP department</b>

Hours of presence	Total hours	Lectures	Works hop	Labs	Project	Testing	Personal work	Coef /module	ECTS
~90	106	0	0	0	86	4	16	1	5

<b>Title</b>	<i>Project Marine structure</i>
<b>Summary</b>	Conception, manufacturing and validation of a thermoset composite boat hull respecting the specifications, through a set of supervised practical work sessions connected to courses taught in ECOMAP department

<b>Head</b>	<i>Monica Francesca PUCCI – Romain RAVEL – C2MA – IMT Mines Alès</i>
<b>Teaching team</b>	<i>Lecturers, technicians and PhD students from C2MA – IMT Mines Alès</i>

<b>Keywords</b>	Vacuum infusion, thermoset composites, conception, choice of materials, modelling, mechanical properties, environmental impact
<b>Prerequisites</b>	Plastic materials, materials selection and environment, structural mechanics and modelling, ecomaterials and composites, innovative and usual processes, usual properties and materials end-of-life,

### Context and general objective:

This module is part of the implementation of specific options in the new ECOMAP department through two long projects before the departure in PFE. This project aims to design a boat hull by vacuum infusion. Students will have to design this thermoset composite hull through a complete engineering process, from the choice of materials to the final characterization, including design, choice of materials, manufacturing, properties assessment and environmental assessment.

### Program and contents:

The project will be based on successive supervised Practical Works (8h unless otherwise stated) and free working time. Emphasis will be placed on experimental practice in relation to the theoretical bases acquired during the training within the ECOMAP department. The practical work program is presented below. Autonomy in terms of brainstorming around specifications, choices of materials, processes and characterization tests will indeed be one of the keypoints of the project.

#### Project steps:

- 1) Presentation and specifications, bibliography, introduction environmental assessment.
- 2) Modelling and choice of materials.
- 3) Crosslinking of thermosets.
- 4) Composite processing.
- 5) Mechanical properties of composite.
- 6) Boat hull manufacturing.
- 7) Mechanical properties of boat hull and Finite elements analysis.
- 8) Environmental assessment.
- 9) Ratings (defence and reports of practical works).

<p><b>Method and pedagogic organisation:</b>                  Students will work in team of two to five people. They will be supervised during practical work sessions (8h unless otherwise stated), by lecturers, technicians and PhD students from C2MA laboratory. The project will include also experimental independent works. During the sessions, students will use C2MA tools for processing / shaping and characterization of materials. Bibliographic, CAD and finite element modelling tools will be made available throughout the project. A handout that details all the practical works and their expectations will be given to students at the beginning of the project. The evaluation of the project is done through PW reports (different formats depending on the PW) and a general presentation of the project of team.</p>
<p><b>Targeted skills or knowledge:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementation of a complete R &amp; D process for the design of an object.</li> <li>• Approach based on the choice of materials / processes / tests, the justification of these choices and the critical analysis of results.</li> <li>• Discovery and / or implementation of processes for manufacturing of thermoset composites.</li> <li>• Establishment of process / structure / properties relationships.</li> <li>• Implementation of an ecodesign approach as regard processes and materials.</li> </ul>
<p><b>Evaluation:</b> <i>PW reports (or multiple choice) + individual assessment on one PW + team oral defense of the project (4 h)</i></p>
<p><b>Feedback made to the student:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Consultation of papers upon the express request of the student.</li> <li>• Exam correction times : 3 weeks.</li> </ul>
<p><b>Teaching material and references:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Practical work handout.</li> <li>• Additional document given to students for the practical works (standard, bibliography).</li> </ul>

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

The sequence of practical works sessions must follow a logical order.

**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	Analyse, interpret, model, hypothesize and solve problems

*Grading scheme: for example, « Mechanics of deformable solids »*

Class	Exam	Coefficients	Administration mode	Evaluated Indicators
<i>Full project</i>	Oral defence	5	Group	1,2,3
<i>Each session</i>	Depending on the teaching team	0.5/TP	Group	1,2
<i>Individual question (during oral defence)</i>	Oral	3	Single	1,2,3

## 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:

The presence of students is mandatory during the practical work sessions. During periods allocated for personal work, the presence is mandatory in the room provided for this purpose. Students wishing to work in another room (library for example) will have to inform the teaching team in advance.

***Estimated hours of personal study*** (evaluate in function of the type of teaching method used):

106 hours including personal works are allocated to this project. We believe this is the minimum necessary to provide acceptable work. A dozen additional hours can deepen and significantly improve the final rendering.

***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).

The defense date is fixed in advance. Students must prepare for it. A deadline will be fixed for the return of the reports, beyond this date a penalty of one point per day of delay will be applied.



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

Name	Field of expertise	Email/phone
Monica Francesca Pucci	Mechanical properties, manufacturing	<a href="mailto:monica.pucci@mines-ales.fr">monica.pucci@mines-ales.fr</a> / 0466785630
Romain Ravel	Manufacturing	<a href="mailto:Romain.Ravel@mines-ales.fr">Romain.Ravel@mines-ales.fr</a> / 0466785317
Joana Beigbeder	Environmental analysis	<a href="mailto:Joana.Beigbeder@mines-ales.fr">Joana.Beigbeder@mines-ales.fr</a> / 0466785632
Belkacem Otazaghine	Polymers, polymer chemistry	<a href="mailto:Belkacem.Otazaghine@mines-ales.fr">Belkacem.Otazaghine@mines-ales.fr</a> / 0466785669
Anne-Sophie Caro	Mechanical properties, modelling	<a href="mailto:Anne-Sophie.Caro@mines-ales.fr">Anne-Sophie.Caro@mines-ales.fr</a> / 0466785631
Stéphane Corn	Mechanical properties, modelling	<a href="mailto:Stéphane.Corn@mines-ales.fr">Stéphane.Corn@mines-ales.fr</a> / 0466785629
Patrick Lenny	Mechanical properties, modelling	<a href="mailto:Patrick.lenny@mines-ales.fr">Patrick.lenny@mines-ales.fr</a> / 0466785632
Jean-Christophe Quantin	Mechanical properties, manufacturing	<a href="mailto:Jean-Christophe.Quantin@mines-ales.fr">Jean-Christophe.Quantin@mines-ales.fr</a> / 0466785346
Romain Léger	Mechanical properties, manufacturing	<a href="mailto:Romain.Leger@mines-ales.fr">Romain.Leger@mines-ales.fr</a> / 0456785688
Didier Perrin	Choice of materials, manufacturing	<a href="mailto:Didier.Perrin@mines-ales.fr">Didier.Perrin@mines-ales.fr</a> / 0466785369
Anne Bergeret	Polymers, manufacturing	<a href="mailto:Anne.Bergeret@mines-ales.fr">Anne.Bergeret@mines-ales.fr</a> / 0466785344

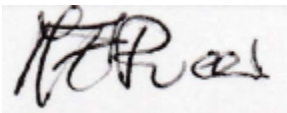


**Technical team** (présenter ici l'équipe technique, son expertise, ses coordonnées)

Name	Field of expertise	Email/phone
Romain Ravel	Manufacturing	<a href="mailto:Romain.Ravel@mines-ales.fr">Romain.Ravel@mines-ales.fr</a> / 0466785317
Loic Dumazert	Thermal properties	<a href="mailto:Loic.Dumazert@mines-ales.fr">Loic.Dumazert@mines-ales.fr</a> / 0466785662
Alexandre Chéron	Mechanical properties	<a href="mailto:Alexandre.Cheron@mines-ales.fr">Alexandre.Cheron@mines-ales.fr</a> / 0466785336
François Spinelli	Cutting	<a href="mailto:Francois.Spinelli@mines-ales.fr">Francois.Spinelli@mines-ales.fr</a> / 0466785613
Florian Stratta	Mechanical properties	<a href="mailto:Florian.Stratta@mines-ales.fr">Florian.Stratta@mines-ales.fr</a> / 0466785675

## Approbation

Ce guide pédagogique entre en vigueur à compter du 01/12/2022

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

Rédaction	Vérification	Validation
<p>L'enseignants responsables du module :</p> <p>Monica Francesca Pucci</p>  <p>Romain Ravel</p> 	<p>Le responsable d'UE / de département :</p> <p>Anne Sophie Caro</p> 	<p>Le directeur de l'école, Pour le directeur et par déléation, Le directeur de la DFA / de la DE :</p>