

---

## **Guide pédagogique**

*Module ECOMAP 9.2 (5 crédits ECTS)*

---

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

Les procédés de fabrication de produits ont considérablement évolué ces dernières années. L'objectif de ce module est de faire le point sur les technologies existantes. On retrouve des procédés classiques (usinage, moulage...) et plus récents comme la fabrication additive.

---

## **Teaching guide and syllabus**

*Module ECOMAP 9.2 (4 ECTS credits)*

---

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

Product manufacturing processes have considerably evolved nowadays. The objective of this module is to review actual processes (machining, moulding ...) in link with the type of material and to focus on innovative processes as additive manufacturing.

Responsable : Jean-Christophe Quantin

Téléphone : 04 66 78 53 46

Courriel : [Jean-Christophe.Quantin@mines-ales.fr](mailto:Jean-Christophe.Quantin@mines-ales.fr)

## Procédés usuels et émergents

ENSEIGNEMENTS ACADEMIQUES	Volume horaire	Détail des coefficients	Crédits
<b>Procédés usuels et émergents</b>	<b>70</b>		
○ Procédés métallurgiques	16	2	5
○ Procédés plasturgiques et composites	23	2	
○ Modélisation des procédés plasturgiques	19	2	
○ TP Fabrication additive et simulation du procédé d'injection	12	1	

<b>Titre de la conférence introductive présentant les enjeux et l'ancrage du module dans les problématiques technologiques et sociétales.</b>	<b>Intervenant (nom/ statuts/ expertise)</b>

### Matière 1 :

<i>Procédés métallurgiques</i>	
<b>Code : ECOMAP 9.2.1</b>	<b>Titre du module : Procédés usuels et émergents</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
16	14	11	3	0	0	2	7	2	

<b>Titre</b>	Procédés métallurgiques
<b>Résumé</b>	Dans ce cours sont introduits les procédés industriels de mise en forme associés aux matériaux métalliques. On y traitera entre autres la fonderie, le frittage, le forgeage, l'usinage, l'emboutissage, la découpe et l'assemblage

<b>Responsable</b>	<i>Aurélie Niel MARCHAL – Polytech Montpellier</i>
<b>Équipe enseignante</b>	<i>Aurélie Niel MARCHAL - Polytech Montpellier Christian BARBERIS - Société CFO</i>

<b>Mots-clés</b>	Formage, forgeage, usinage, assemblage, outils de découpe, emboutissage, tôle
<b>Prérequis</b>	Matériaux pour l'ingénieur (S5), Diagrammes et transformations de phases (S8), Métaux et alliages (S8), TP métaux et bétons (S8)

<p><b>Contexte et objectif général :</b> Les procédés de fabrication de produits ou de matériaux ont considérablement évolué ces dernières années vers des technologies de plus en plus pointues. L'objectif de ce cours est de présenter les technologies classiques adaptées aux métaux.</p> <p><b>Programme et contenu :</b></p> <p>1. Aurélie Niel Marchal (11 h de cours)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Objectifs</b> Cette matière permet d'apporter des connaissances sur les différents procédés de fabrication (usinage, fonderie, forge...). Elle permet de sensibiliser le futur concepteur aux problèmes rencontrés en bureau des méthodes pour réaliser des pièces à partir d'un dessin de définition. Sur la base d'un cahier des charges et/ou d'un dessin de définition, les étudiants doivent être capables de choisir un procédé d'obtention ou d'assemblage en réalisant la mise en plan liée au procédé. Enfin, elle permet d'acquérir les règles de dessin classiques des pièces mécaniques en adéquation avec les modes d'obtention des bruts les plus courants.</li> <li>• <b>Programme</b> Sidérurgie Découpe Mise en forme des matériaux : <ul style="list-style-type: none"> <li>- A partir de l'état liquide : fonderie, coulée continue</li> <li>- A partir de l'état granulaire : frittage</li> </ul> </li> </ul>
--

<ul style="list-style-type: none"> <li>- A l'état solide : formage des métaux en feuilles (laminage, emboutissage, ...), forgeage, usinage</li> </ul> <p>Assemblage</p>
<p>2. Christian Barbéris (3 h de cours + visite entreprise CFO)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Objectifs</b> : comprendre les principes de transformation d'une tôle fine par procédé de découpe, de pliage et d'emboutissage, et découvrir les principaux termes d'un cahier des charges ainsi que les méthodes de conception d'un outillage de production de grande série.</li> <li>• <b>Programme</b> : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Domaines d'application des outils de découpe et d'emboutissage en grande série</li> <li>- Les différents principes de transformation de tôle : découpe, pliage, emboutissage</li> <li>- Principes de conception d'un outillage, décomposition des différentes étapes</li> <li>- Les moyens de production, choix des matériaux, des composants du commerce, sources d'approvisionnement</li> <li>- Illustration durant la visite d'un atelier de production d'outillages</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>Méthode et organisation pédagogique</b> : Cet enseignement se présente sous la forme d'un cours magistral et d'une visite d'atelier de mécanique. Des supports sont mis à disposition des étudiants. L'évaluation du cours se fait par contrôle écrit dont l'objectif est d'évaluer les connaissances assimilées par l'étudiant ainsi que sa capacité de réflexion.</p>
<p><b>Acquis d'apprentissage visés</b> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sur la base d'un cahier des charges et/ou d'un dessin de définition, les étudiants doivent être capables de choisir un procédé d'obtention ou d'assemblage en réalisant la mise en plan de la pièce en fonction du procédé choisi.</li> </ul>
<p><b>Évaluation</b> : CE 2 h</p>
<p><b>Retour sur l'évaluation fait à l'élève</b> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Consultation des copies sur demande expresse de l'élève</li> <li>• Délais de correction des examens : 3 semaines</li> </ul>
<p><b>Support pédagogique et références</b> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Présentations PowerPoint</li> <li>• Fascicule de cours et d'exercices de TD complétant la présentation</li> </ul>

**Matière 2 :**

<i>Procédés plasturgiques et composites</i>	
<b>Code</b> : ECOMAP 9.2.2	<b>Titre du module</b> : Procédés usuels et émergents
<b>Semestre</b> : S9	<b>Cursus de rattachement</b> : Département ECOMAP

Heures présentiel	Heures total	Cours	TD	TP	Projet	Contrôles	Travail personnel	Coef /module	ECTS
21	23	21	0	0	0	2	6	2	

<b>Titre</b>	Procédés plasturgiques et composites
<b>Résumé</b>	Dans ce cours sont introduits les différents procédés plasturgiques et composites, des plus classiques aux plus innovants. On y parlera fabrication additive, extrusion, moulage par injection, infusion sous vide, ...

<b>Responsables</b>	Christian GONDARD – Société CelEment Anne BERGERET – C2MA – IMT Mines Alès Arnaud REGAZZI – C2MA – IMT Mines Alès Monica PUCCI – C2MA – IMT Mines Alès
<b>Équipe enseignante</b>	Christian GONDARD – Société CelEment Anne BERGERET – C2MA – IMT Mines Alès Arnaud REGAZZI – C2MA – IMT Mines Alès Monica PUCCI – C2MA – IMT Mines Alès

<b>Mots-clés</b>	Plasturgie, composites, fabrication additive
<b>Prérequis</b>	Matériaux pour l'ingénieur (S5), Matériaux polymères (S8), Alliages polymères (S8), TP Polymères (S8)

<b>Contexte et objectif général</b> :	Ce cours a pour objectif de présenter les principales technologies de transformation des matières plastiques (extrusion, injection, rotomoulage, thermoformage, fabrication additive, etc.) et des composites thermodurcissables (moulage, projection, thermocompression, enroulement filamentaire, pultrusion, infusion sous vide, etc) et thermoplastiques
---------------------------------------	--

(extrusion, moulage par injection, pultrusion, fabrication additive, etc) de définir les principales variables de ces procédés, et de mettre en relation matériaux polymères et composites, applications et procédés.

**Programme et contenu :**

1. **Procédés de transformation des polymères** (Christian Gondard - 13 h de cours)
  - Extrusion (principe et technologies, physico-chimie de l'extrusion, défauts d'extrusion, technologies apparentées, cas des caoutchoucs – TPE)
  - Thermoformage (principe et technologies, applications, défauts de thermoformage)
  - Injection (principe et technologies, physico-chimie de l'injection, technologies apparentées, cas des caoutchoucs – TPE, défauts d'injection, technologies concurrentes et/ou complémentaires : rotomoulage et moulage par compression)
  - Principes de base de la conception de pièces plastiques/procédés
  - Finitions
  - Mise en œuvre, toxicité et environnement
  - Quelle technologie choisir : choix économique, technique et environnemental
2. **Procédés de transformation des composites** (Anne Bergeret - 3 h de cours)
  - Composites thermodurcissables : moulage au contact et sous vide, projection simultanée, thermocompression SMC et BMC, enroulement filamentaire, pultrusion, injection/infusion de résine (RFI, LRI, RTM, BMC, RIM), dépose automatisée (ATL, AFP)
  - Composites thermoplastiques : procédés fibres courtes, fibres longues discontinues et continues
  - Principes, caractéristiques, avantages, inconvénients
3. **Fabrication additive** (Arnaud Regazzi, Monica Pucci - 5 h de cours)
  - Définition et historique
  - Marché et applications
  - Étapes, chaîne numérique
  - Technologies
  - Prototypage, outillage et fabrication rapides
  - Forces/faiblesses
  - Problématiques et enjeux scientifiques
  - Développement des procédés et matériaux
  - Avenir de la FA

**Méthode et organisation pédagogique :** Cet enseignement se présente sous la forme d'un cours magistral impliquant différents intervenants. Des supports sont mis à disposition des étudiants. L'évaluation du cours se fait par contrôle écrit dont l'objectif est d'évaluer les connaissances assimilées par l'étudiant ainsi que sa capacité de réflexion.

**Acquis d'apprentissage visés :**

- Être capable de choisir de manière pertinente un procédé de mise en œuvre ou en forme adapté de matériaux polymères ou composites à matrice polymère

**Évaluation :** CE 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 :**

- Présentations PowerPoint
- Fascicule de cours et d'exercices de TD complétant la présentation

**Matière 3 :**

*Modélisation des procédés plasturgiques*

**Code :** ECOMAP 9.2.3

**Titre du module :** Procédés usuels et émergents

**Semestre :** S9

**Cursus de rattachement :** Département ECOMAP

Heures présentiel	Heures total	Cours	TD	TP	Projet	Contrôles	Travail personnel	Coef /module	ECTS
18	19	13	5	0		1	12	2	

<b>Titre</b>	Modélisation des procédés plasturgiques
<b>Résumé</b>	Ce cours aborde la modélisation et la simulation des procédés de mise en œuvre des polymères thermoplastiques à l'état fondu ou thermodurcissables. Les illustrations et applications porteront

## Procédés usuels et émergents

	essentiellement sur trois procédés : l'extrusion monovis, le moulage par injection et l'infusion sous vide. Le logiciel Moldflow sera utilisé pour les applications au moulage par injection de thermoplastiques.
--	---

<b>Responsable</b>	Jean-Christophe QUANTIN – C2MA – IMT Mines Alès
<b>Équipe enseignante</b>	Jean-Christophe QUANTIN – C2MA – IMT Mines Alès

<b>Mots-clés</b>	Modélisation, extrusion monovis, moulage par injection, infusion sous vide, simulation numérique
<b>Prérequis</b>	Matériaux pour l'ingénieur (S5), Matériaux polymères (S8), Alliages polymères (S8), TP Polymères (S8), Rhéologie (S8), Mécanique des milieux continus (S6)

<p><b>Contexte et objectif général :</b>          Les objectifs du cours sont multiples :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Appréhender la logique des principaux procédés plasturgiques (extrusion, moulage par injection)</li> <li>• Prendre conscience des principes de modélisation</li> <li>• Acquérir une première idée des possibilités de la simulation numérique dans ce domaine</li> <li>• Se donner la possibilité de dialoguer avec des spécialistes du domaine</li> </ul>	
<p><b>Programme et contenu :</b>          Le cours aborde tout d'abord des notions générales et transversales puis des applications à l'extrusion monovis, au moulage par injection et à l'infusion sous vide. L'aspect simulation numérique sera supporté par le logiciel Autodesk Moldflow.          Les différentes parties abordées sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Généralités sur la mise en forme des polymères TP à l'état fondu</li> <li>• Aspects thermiques des écoulements de polymères fondus</li> <li>• Simulation des procédés</li> <li>• Procédé d'infusion sous vide</li> <li>• Simulation numérique du moulage par injection (Moldflow)</li> </ul>	
<p><b>Méthode et organisation pédagogique :</b> Cet enseignement se présente sous la forme de cours, TD, TP sur logiciel.</p>	
<p><b>Acquis d'apprentissage visés :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Développer des aptitudes à la modélisation sur des cas relativement simples (formuler des hypothèses, proposer des simplifications de géométrie, ...)</li> <li>• Connaître l'architecture générale de logiciels de simulation du moulage par injection</li> </ul>	
<p><b>Évaluation :</b> CE 1 h</p>	
<p><b>Retour sur l'évaluation fait à l'élève :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Consultation des copies sur demande expresse de l'élève</li> <li>• Délais de correction des examens : 3 semaines</li> </ul>	
<p><b>Support pédagogique et références :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Présentation PowerPoint</li> <li>• Documents multimédias</li> <li>• Fascicule de cours et d'exercices complétant la présentation</li> </ul>	

### Matière 4 :

<i>TP Fabrication additive et simulation du procédé d'injection</i>	
<b>Code : ECOMAP 9.2.4</b>	<b>Titre du module :</b> Procédés usuels et émergents
<b>Semestre : S9</b>	<b>Cursus de rattachement :</b> Département ECOMAP

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

<b>Titre</b>	TP Fabrication additive et simulation du procédé d'injection
<b>Résumé</b>	L'objectif de ce cours est de mettre en application certains notions vues dans les matières 2 et 3 : fabrication additive et modélisation des procédés plasturgiques

<b>Responsable</b>	Jean-Christophe QUANTIN – C2MA – IMT Mines Alès
--------------------	---

	Arnaud REGAZZI – C2MA – IMT Mines Alès Marcos BATISTELLA – C2MA – IMT Mines Alès
Équipe enseignante	Jean-Christophe QUANTIN – C2MA – IMT Mines Alès Arnaud REGAZZI – C2MA – IMT Mines Alès Marcos BATISTELLA – C2MA – IMT Mines Alès

Mots-clés	Impression 3D, fabrication par filament fondu (FFF), fusion sélective par laser (SLS), modélisation, simulation du moulage par injection
Prérequis	Matériaux pour l'ingénieur (S5), Rhéologie (S8), Transferts thermiques (S9), Procédés plasturgiques et composites (S9), Modélisation des procédés plasturgiques (S9)

<p><b>Contexte et objectif général :</b> Pratique : appréhender le triptyque matériau/procédé/propriétés pour une application en fabrication additive, modéliser le procédé d'injection</p>
<p><b>Programme et contenu :</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li><b>TP fabrication additive :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mise en application par la prise en main de machines et la réalisation de pièces par dépôt de fil fondu (FFF) et frittage laser de poudres (SLS)</li> <li>Observation des pièces réalisées et analyse quantitative par mesure de densité apparente, absolue et essais de traction</li> </ul> </li> <li><b>TP simulation du procédé d'injection :</b> ce TP comporte une partie expérimentale (moulage de pièces et acquisition de signaux sur une presse à injecter) et une partie simulation à l'aide du logiciel Moldflow. L'objectif est de confronter l'expérimentation et la simulation et d'en faire une analyse critique</li> </ol>
<p><b>Méthode et organisation pédagogique :</b> Cet enseignement se présente sous la forme de TP</p>
<p><b>Acquis d'apprentissage visés :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Autonomie sur des machines de fabrication additive de type FFF et SLS et maîtrise de l'influence des principaux paramètres sur la microstructure et les propriétés mécanique des pièces ainsi réalisées.</li> <li>Autonomie sur l'utilisation d'un logiciel de simulation du moulage par injection tel que Moldflow.</li> </ul>
<p><b>Évaluation :</b> Compte rendus</p>
<p><b>Retour sur l'évaluation fait à l'élève :</b></p>
<p><b>Support pédagogique et références :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Guides de TP + tutoriels vidéos.</li> <li>Utilisation du logiciel Moldflow v2021</li> </ul>

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

## 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
Procédés métallurgiques	Contrôle	1	Individuelle	1, 2, 3	Tous
Procédés plasturgiques et composites	Contrôle	1	Individuelle	1, 2, 3	Tous
Modélisation des procédés plasturgiques	Contrôle	1	Individuelle	1, 2, 3	Tous
TP Fabrication additive et procédé d'injection	Compte rendus	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 (présenter ici l'équipe enseignante, son expertise, ses coordonnées)

Nom	Domaine d'expertise	Courriel/Téléphone
Jean-Christophe Quantin	Mécanique des matériaux	<a href="mailto:Jean-Christophe.Quantin@mines-ales.fr">Jean-Christophe.Quantin@mines-ales.fr</a> / 04 66 78 53 46
Arnaud Regazzi	Transferts thermiques	<a href="mailto:Arnaud.Regazzi@mines-ales.fr">Arnaud.Regazzi@mines-ales.fr</a> / 04 66 78 56 00
Monica Pucci	Fabrication additive	<a href="mailto:Monica.Pucci@mines-ales.fr">Monica.Pucci@mines-ales.fr</a> / 04 66 78 56 30

## Procédés usuels et émergents

<i>Marcos Bastistella</i>	Fabrication additive	<a href="mailto:Marcos.Bastistella@mines-ales.fr">Marcos.Bastistella@mines-ales.fr</a> / 04 66 78 53 42
<i>Christian Gondard</i>	Procédés plasturgiques	<a href="mailto:c.gondard@celement.fr">c.gondard@celement.fr</a> / 06 77 55 23 28
<i>Aurélie Niel Marchal</i>	Procédés métallurgiques	<a href="mailto:Aurelie.marchal@polytech.univ-montp2.fr">Aurelie.marchal@polytech.univ-montp2.fr</a> / 04 67 14 31 78
<i>Christian Barberis</i>	Moules et plasturgie	<a href="mailto:barberis.chris@gmail.com">barberis.chris@gmail.com</a>
<i>Anne Bergeret</i>	Mise en œuvre et en forme des composites	<a href="mailto:Anne.Bergeret@mines-ales.fr">Anne.Bergeret@mines-ales.fr</a> / 06 55 78 53 44



## Innovative and current processes

ACADEMIC TEACHING	Teaching hours	Coefficients	Credits
<b>Innovative and current processes</b>	<b>70</b>		5
○ Metallurgical processes	16	2	
○ Polymer and composites processing	23	2	
○ Modelling of polymer processing	19	2	
○ Practical works on additive manufacturing and simulation of injection moulding process	12	1	

Title of conference presenting subject matter importance and associated issues.	Speaker (name/ expertise)

### Class 1

<i>Class title: Metallurgical processes</i>	
<b>Code: ECOMAP 9.2.1</b>	<b>Module title: Innovative and current processes</b>
<b>Semester: S9</b>	<b>Classification: ECOMAP department</b>

Hours of presence	Total hours	Lectures	Works hop	Labs	Project	Testing	Personal work	Coef /module	ECTS
16	14	11	3	0	0	2	7	2	

<b>Title</b>	Metallurgical processes
<b>Summary</b>	This course introduces the industrial forming processes associated with metallic materials. Foundry, sintering, forging, machining, stamping, cutting and assembling will be covered

<b>Head</b>	<i>Aurélie Niel Marchal – Polytech Montpellier</i>
<b>Teaching team</b>	<i>Aurélie Niel MARCHAL - Polytech Montpellier Christian BARBERIS - Company CFO</i>

<b>Keywords</b>	<i>Forming, forging, machining, assembly, cutting tools, stamping, sheet metal</i>
<b>Prerequisites</b>	<i>CMI (S5), Materials for engineering (S5), Diagrams and phase transformations (S8), Metals and alloys (S8), Practical works metals and concretes (S8)</i>

<p><b>Context and general objective:</b> The manufacturing processes of products or materials have evolved considerably in recent years towards more and more advanced technologies. The objective of this course is to present the classical technologies adapted to metals.</p>
<p><b>Program and contents:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Aurélie Niel Marchal (11 h of lectures) <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Objectives</b> This subject provides knowledge of the various manufacturing processes (machining, foundry, forging, etc.). It allows the future designer to be aware of the problems encountered in the methods department to produce parts from a definition drawing. On the basis of a specification and/or a definition drawing, the students must be able to choose a production or assembly process by carrying out the layout related to the process. Finally, it allows students to acquire the classical drawing rules for mechanical parts in accordance with the most common methods of obtaining raw materials.</li> <li><b>Program</b> Steel industry Cutting Materials forming: <ul style="list-style-type: none"> <li>- From the liquid state: foundry, continuous casting</li> <li>- From the granular state: sintering</li> <li>- From the solid state: sheet metal forming (rolling, stamping, ...), forging, machining</li> </ul> Assembly</li> </ul> </li> <li>Christian Barbéris (3 h of lectures + CFO company visit) <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Objectives:</b> Understand the principles of transformation of a thin sheet by cutting, bending and stamping process, and discover the main terms of a specification as well as the design methods of a mass production tooling.</li> </ul> </li> </ol>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Program:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fields of application of cutting and stamping tools in large series</li> <li>- The different principles of sheet metal transformation: cutting, bending, stamping</li> <li>- Principles of tooling design, breakdown of the different steps</li> <li>- The means of production, choice of materials, trade components, sources of supply</li> <li>- Illustration during the visit of a tooling production workshop</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>Method and pedagogic organisation:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• This course is presented in the form of a lecture and a visit to a mechanical workshop. The students are provided with aids.</li> <li>• The evaluation of the course is done by written test whose objective is to evaluate the knowledge assimilated by the student as well as his capacity of reflection.</li> </ul>
<p><b>Targeted skills or knowledge:</b> On the basis of a specification and/or a definition drawing, students must be able to choose a production or assembly process by drawing up the part according to the chosen process</p>
<p><b>Evaluation:</b> <i>written exam (2 h)</i></p>
<p><b>Feedback made to the student:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Possibility to consult the copy on request of the student.</li> <li>• Deadlines for giving correction of exams: 3 weeks</li> </ul>
<p><b>Teaching material and references:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• PowerPoint presentations</li> <li>• Course booklet and exercises to complement the presentation</li> </ul>

**Class 2**

<i>Class title: Polymer and composites processing</i>	
<b>Code:</b> ECOMAP 9.2.2	<b>Module title:</b> Innovative and current processes
<b>Semester:</b> S9	<b>Classification:</b> ECOMAP department

Hours of presence	Total hours	Lectures	Works hop	Labs	Project	Testing	Personal work	Coef /module	ECTS
21	23	21	0	0	0	2	6	2	

<b>Title</b>	Polymer and composites processing
<b>Summary</b>	This course introduces the various plastics and composite processes, from the most classical to the most innovative. We will talk about additive manufacturing, single-screw extrusion, injection moulding, vacuum infusion, ...

<b>Head</b>	Christian GONDARD – Company Celement Anne BERGERET – C2MA – IMT Mines Alès Arnaud REGAZZI – C2MA – IMT Mines Alès Monica PUCCI – C2MA – IMT Mines Alès
<b>Teaching team</b>	Christian GONDARD – Company Celement Anne BERGERET – C2MA – IMT Mines Alès Arnaud REGAZZI – C2MA – IMT Mines Alès Monica PUCCI – C2MA – IMT Mines Alès

<b>Keywords</b>	<i>Plastics processing, composites, additive manufacturing</i>
<b>Prerequisites</b>	Engineering materials (S5), Polymeric materials (S8), Polymeric alloys (S8), Polymers practical works (S8)

<p><b>Context and general objective:</b> The objective of this course is to present the main processing technologies for plastics (extrusion, injection, rotational moulding, thermoforming, additive manufacturing, etc.), thermoset composites (moulding, spraying, thermocompression, filament winding, pultrusion, vacuum infusion, etc.) and thermoplastics composites (extrusion, injection moulding, pultrusion, additive manufacturing, etc.), to define the main variables of these processes, and to relate polymeric materials and composites, applications and processes.</p>
---

<b>Program and contents:</b>									
1. <b>Polymer processing</b> (Christian Gondard - 13 h of lectures)									
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Extrusion (principle and technologies, physical chemistry of extrusion, extrusion defects, related technologies, case of rubbers - TPE)</li> <li>• Thermoforming (principle and technologies, applications, thermoforming defects)</li> <li>• Injection moulding (principle and technologies, physico-chemistry of injection, related technologies, case of rubber - TPE, injection defects, competing and/or complementary technologies: rotomoulding and compression moulding)</li> <li>• Basic principles of plastic part/process design</li> <li>• Finishing stages</li> <li>• Processing, toxicity and environment</li> <li>• Which technology to choose: economic, technical and environmental choice</li> </ul>									
2. <b>Composite processing</b> (Anne Bergeret - 3 h of lectures)									
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Thermoset composites: contact and vacuum mouldings, simultaneous projection, SMC, and BMC thermocompression, filament winding, pultrusion, resin injection/infusion (RFI, LRI, RTM, BMC, RIM), automated deposition (ATL, AFP)</li> <li>• Thermoplastic composites: short fibres, long discontinuous and continuous fibres processes</li> <li>• Principles, characteristics, advantages, disadvantages</li> </ul>									
3. <b>Additive manufacturing</b> (Arnaud Regazzi, Monica Pucci - 5 h of lectures)									
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definition and history</li> <li>• Market and applications</li> <li>• Stages, digital chain</li> <li>• Technologies</li> <li>• Rapid prototyping, tooling and manufacturing</li> <li>• Strengths/weaknesses</li> <li>• Scientific issues and challenges</li> <li>• Process and material development</li> <li>• Future of AM</li> </ul>									
<b>Method and pedagogic organisation:</b>									
This teaching is presented in the form of a lecture involving various speakers. Supporting material is made available to the students. The evaluation of the course is done by written test whose objective is to evaluate the knowledge assimilated by the student as well as his capacity of reflection.									
<b>Targeted skills or knowledge:</b>									
<ul style="list-style-type: none"> <li>• To be able to choose in a relevant forming process for polymeric materials or polymer matrix composites</li> </ul>									
<b>Evaluation:</b> <i>written exam (2 h)</i>									
<b>Feedback made to the student:</b>									
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Possibility to consult the copy on request of the student.</li> <li>• Deadlines for giving correction of exams: 3 weeks</li> </ul>									
<b>Teaching material and references:</b>									
<ul style="list-style-type: none"> <li>• PowerPoint presentations</li> <li>• Course booklet and exercises to complement the presentation</li> </ul>									

**Class 3**

<i>Class title: Modelling of polymer processing</i>	
<b>Code:</b> ECOMAP 9.2.3	<b>Module title:</b> Innovative and current processes
<b>Semester:</b> S9	<b>Classification:</b> ECOMAP department

Hours of presence	Total hours	Lectures	Works hop	Labs	Project	Testing	Personal work	Coef /module	ECTS
18	19	13	5	0		1	12	2	

<b>Title</b>	Modelling of polymer processing
<b>Summary</b>	This course deals with the modelling and simulation of melt thermoplastic or thermosetting polymers processing. The illustrations and applications will focus on three processes: single-screw extrusion, injection moulding and vacuum infusion. Moldflow software will be used for applications concerning injection moulding of thermoplastic polymers.

## Innovative and current processes

<b>Head</b>	<i>Jean-Christophe QUANTIN – C2MA – IMT Mines Alès</i>
<b>Teaching team</b>	<i>Jean-Christophe QUANTIN – C2MA – IMT Mines Alès</i>

<b>Keywords</b>	<i>Modelling, single-screw extrusion, injection moulding, vacuum infusion, digital simulation</i>
<b>Prerequisites</b>	<i>Engineering Materials (S5), Polymeric Materials (S8), Polymer Alloys (S8), Polymer practical works (S8), Rheology (S8), Continuous Media Mechanics (S6)</i>

<p><b>Context and general objective:</b> The objectives of the course are multiple:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Understand the logic of the main thermoplastic polymers processes (extrusion, injection moulding)</li> <li>• Become aware of modelling principles</li> <li>• Acquire a first idea of the possibilities of digital simulation in this domain</li> <li>• Offer the students the opportunity to interact with specialists in the field</li> </ul>	
<p><b>Program and contents:</b> The course begins with general and transversal notions and then with single-screw extrusion, injection moulding and vacuum infusion applications. The digital simulation aspect will be supported by Autodesk Moldflow software. The different parts are:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• General information on shaping TP polymers in the molten state</li> <li>• Thermal aspects of molten polymer flows</li> <li>• Process simulation</li> <li>• Vacuum infusion process</li> <li>• Numerical simulation of injection moulding (Moldflow)</li> </ul>	
<p><b>Method and pedagogic organisation:</b> This teaching is presented in the form of courses, TD, TP on software.</p>	
<p><b>Targeted skills or knowledge:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Develop modelling skills on relatively simple cases (formulate hypotheses, propose geometric simplifications, etc.)</li> <li>• Know the general architecture of injection moulding simulation softwares</li> </ul>	
<p><b>Evaluation:</b> <i>written exam (1 h)</i></p>	
<p><b>Feedback made to the student:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Possibility to consult the copy on request of the student.</li> <li>• Deadlines for giving correction of exams: 3 weeks</li> </ul>	
<p><b>Teaching material and references:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• PowerPoint presentations</li> <li>• Multimedia documents</li> <li>• Course booklet and exercises to complement the presentation</li> </ul>	

### Class 4

<i>Class title: Practical works on additive manufacturing and simulation of the injection moulding process</i>	
<b>Code:</b> ECOMAP 9.2.4	<b>Module title:</b> Innovative and current processes
<b>Semester:</b> S9	<b>Classification:</b> ECOMAP department

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

<b>Title</b>	<i>Practical works on additive manufacturing and simulating of injection process</i>
<b>Summary</b>	The objective of this course is to apply some of the notions seen in classes 2 and 3: Additive manufacturing and Modelling of polymer processing

<b>Head</b>	<i>Jean-Christophe QUANTIN – C2MA – IMT Mines Alès Arnaud REGAZZI – C2MA – IMT Mines Alès Marcos BATISTELLA – C2MA – IMT Mines Alès</i>
<b>Teaching team</b>	<i>Jean-Christophe QUANTIN – C2MA – IMT Mines Alès Arnaud REGAZZI – C2MA – IMT Mines Alès</i>

	Marcos BATISTELLA – C2MA – IMT Mines Alès
--	---

<b>Keywords</b>	3D printing, fused filament fabrication (FFF), selective laser sintering (SLS), modelling, injection moulding simulation
<b>Prerequisites</b>	Engineering Materials (S5), Rheology (S8), Heat Transfer (S9), Plastics and Composites Processes (S9), Modelling of polymer processing (S9)

<b>Context and general objective:</b> Practical: understanding the triptych material/process/properties for an application in additive manufacturing, model the injection moulding process	
<b>Program and contents:</b>  1. <b>Practical work in additive manufacturing:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Application through the use of machines and the production of parts by fused filament fabrication (FFF) and selective laser sintering (SLS)</li> <li>Observation of the parts produced and quantitative analysis by measuring apparent and absolute density and tensile tests</li> </ul> 2. <b>Practical work in simulation of injection moulding process:</b> this practical work includes an experimental part (moulding of parts and acquisition of signals on an injection moulding machine) and a simulation part using the Moldflow v2021 software. The objective is to compare experimentation and simulation and to make a critical analysis.	
<b>Method and pedagogic organisation:</b> This course is presented in the form of practical work.	
<b>Targeted skills or knowledge:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Autonomy on FFF and SLS type additive manufacturing machines and mastery of the influence of the main parameters on the microstructure and mechanical properties of the parts thus produced.</li> <li>Autonomy in the use of injection moulding simulation software such as Moldflow</li> </ul>	
<b>Evaluation:</b> Practical work reports	
<b>Feedback made to the student:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Possibility to consult the copy on request of the students.</li> </ul>	
<b>Teaching material and references:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Practical works documents</li> </ul>	

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

**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	Chapters
Metallurgical processes	Exam	1	Individual	1,2, 3	All
Polymers and composites processing	Exam	1	Individual	1, 2, 3	All
Modelling of polymer processing	Exam	1	Individual	1, 2, 3	All
Practical works on additive manufacturing and simulation of injection process	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 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))

(Title) Name	Field of expertise	Email/phone
<i>Jean-Christophe Quantin</i>	Mechanics of materials	<a href="mailto:Jean-Christophe.Quantin@mines-ales.fr">Jean-Christophe.Quantin@mines-ales.fr</a> / 04 66 78 53 46
<i>Arnaud Regazzi</i>	Heat transfer	<a href="mailto:Arnaud.Regazzi@mines-ales.fr">Arnaud.Regazzi@mines-ales.fr</a> / 04 66 78 56 00
<i>Monica Pucci</i>	Additive manufacturing	<a href="mailto:Monica.Pucci@mines-ales.fr">Monica.Pucci@mines-ales.fr</a> / 04 66 78 56 30
<i>Marcos Bastistella</i>	Additive manufacturing	<a href="mailto:Marcos.Bastistella@mines-ales.fr">Marcos.Bastistella@mines-ales.fr</a> / 04 66 78 53 42
<i>Christian Gondard</i>	Plastics processing	<a href="mailto:c.gondard@celement.fr">c.gondard@celement.fr</a> / 06 77 55 23 28
<i>Aurélie Niel Marchal</i>	Metals processing	<a href="mailto:Aurelie.marchal@polytech.univ-montp2.fr">Aurelie.marchal@polytech.univ-montp2.fr</a> / 04 67 14 31 78
<i>Anne Bergeret</i>	Composites processing	<a href="mailto:Anne.Bergeret@mines-ales.fr">Anne.Bergeret@mines-ales.fr</a> / 06 55 78 53 44
<i>Christian Barbéris</i>	Plastics processing	<a href="mailto:barberis.chris@gmail.com">barberis.chris@gmail.com</a>

## Approbation

Ce guide pédagogique entre en vigueur à compter du 01/09/2020

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

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