

---

# PROGRAMME INGÉNIEUR, SPÉCIALITÉ MÉCANIQUE

---

2025-2026  
3e année

---

RESPONSABLE DU PROGRAMME  
Pascal COSSON



**PROGRAMME INGÉNIEUR, SPÉCIALITÉ MÉCANIQUE - 3e année**

# 3e année

UE	Crédits UE	Type de cours	Acronyme	Libellé cours
UE300	20	Tronc commun	MECA3_ENTRE	Compétences en entreprise
UE301	3	Tronc commun	MECA3_SSAT	Sciences sociales appliquées au travail
UE302	5	Tronc commun	MECA3_GI	Génie industriel
UE303	4	Tronc commun	MECA3_MEF	Méthodes des éléments finis
UE304	3	Tronc commun	MECA3_MECAF	Mécanique des fluides
UE305	3	Tronc commun	MECA3_ANVAL	Analyse de la valeur
UE306	6	Tronc commun	MECA3_AUTOM	Automatismes industriels
		Tronc commun	MECA3_CONTRL	Contrôle
UE307	6	Option Conception, Simulation et Dimensionnement	MECA3_CAO	CAO & Réalité virtuelle
		Option Conception, Simulation et Dimensionnement	MECA3_NUM3D	Numérisation 3D
		Option Conception, Simulation et Dimensionnement	MECA3_OPTIM	Optimisation
UE308	5	Option Conception, Simulation et Dimensionnement	MECA3_DYNRAP	Dynamique rapide
		Option Conception, Simulation et Dimensionnement	MECA3_MATCOM PSIMU	Matériaux Composites - Simulation
UE309	7	Option Usine du Futur	MECA3_CAMAT	Contrôle et Analyse des Matériaux
		Option Usine du Futur	MECA3_MATCOM PPROC	Matériaux Composites - Procédés
		Option Usine du Futur	MECA3_MATMET AL	Matériaux Métalliques
		Option Usine du Futur	MECA3_MATMET ALPROC	Matériaux Métalliques - Procédés
UE310	4	Option Usine du Futur	MECA3_COBROB	Cobotique et Robotique
		Option Usine du Futur	MECA3_LOWTEC H	LowTech
UE311	3	Tronc commun	MECA3_MATCOM PCSD	Matériaux Composites
		Tronc commun	MECA3_MATERP ROJ	Projet Matériau

UE	Crédits UE	Type de cours	Acronyme	Libellé cours
UE312	2	Tronc commun	MECA3_SI	Séjour à l'international

# INGÉNIEUR, SPÉCIALITÉ MÉCANIQUE

3e année - UE300

## Compétences en entreprise [MECA3\_ENTRE]

Responsable(s) du cours : Pascal COSSON / Sylvie BABIN

### Objectifs

L'UV Entreprise de troisième année, dans la continuité de celles des deux premières années, n'est pas un enseignement académique. Elle est dédiée au parcours de l'apprenant(e) en entreprise durant sa formation par apprentissage et à l'analyse qu'il ou elle fait de ce parcours. Elle porte sur l'évolution de l'apprenant(e) durant ses périodes en entreprise, sur les compétences acquises et sur sa capacité à se projeter en tant qu'Ingénieur. La première année était plus particulièrement consacrée à la découverte de l'entreprise, à l'intégration dans le monde du travail, aux premières missions confiées. La deuxième année devait lui permettre de monter en responsabilité. La troisième année est celle du Projet de Fin d'Etudes qui lui permet d'apporter la preuve qu'il ou elle est en capacité d'occuper un poste d'Ingénieur dans toutes ses dimensions : organisationnelle, scientifique et technique, humaine et économique.

Formellement, l'évaluation est faite au moyen des éléments suivants :

- la tenue du Carnet de Suivi Electronique ;
- la grille d'évaluation remplie par le Tuteur Industriel à la fin de la troisième année ;
- la rédaction du mémoire du Projet de Fin d'Etudes et sa soutenance.

### Plan de l'enseignement

Comme durant les deux premières années, les grilles de compétences sont remplies par le tuteur Industriel à la fin de chaque semestre et s'attachent aux compétences acquises en entreprise durant cette troisième année. Les compétences visées sont celles de la fiche RNCP de la formation Ingénieur Spécialité Mécanique. Chaque compétence est évaluée aux travers d'activités pour lesquelles trois niveaux sont définis :

niveau 1 : sait faire sous contrôle ;

niveau 2 : sait faire en autonomie ;

niveau 3 : sait faire et peut former.

Le Projet de Fin d'Etudes (PFE), qui se déroule au sein de l'entreprise durant la troisième année de formation, est l'occasion pour l'apprenant(e) de faire la démonstration qu'il ou elle est en capacité d'occuper un poste d'Ingénieur dans les quatre dimensions énumérées précédemment : organisationnelle, scientifique et technique, humaine et économique. Le mémoire rédigé par l'apprenant(e) en fin de troisième année présente le travail qu'il ou elle a réalisé dans le cadre de son Projet de Fin d'Etudes. C'est un document où il ou elle démontre sa capacité à mener un projet en prenant en compte les dimensions précisées précédemment. Formellement, ce document, de 80 pages environ, doit contenir les éléments suivants.

- la présentation de l'entreprise ;
- les raisons du projet ;
- les dimensions organisationnelle et humaine du projet ;
- le développement technique et scientifique ;
- le bilan économique ;

Dans ce mémoire, l'apprenant(e) ne doit pas se contenter de décrire les actions réalisées au cours de son PFE. Il ou elle doit aussi démontrer sa capacité à analyser une solution, proposer et mettre en œuvre des solutions, mesurer et analyser les effets de ce qu'il ou elle a réalisé, proposer des voies d'amélioration. Ce mémoire donne lieu à une soutenance.

## Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

---

Éducation de qualité  
Industrie, innovation et infrastructures

## Évaluation

---

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	-	0 hrs	0 hrs	6 hrs	0 hrs	0 hrs

# INGÉNIEUR, SPÉCIALITÉ MÉCANIQUE

3e année - UE301

## Sciences sociales appliquées au travail [MECA3\_SSAT]

Responsable(s) du cours : Fabien THOMAS / Pascal COSSON

### Objectifs

L'enseignement de sciences sociales appliquées au travail a pour objectifs :

- acquérir une démarche rationnelle de questionnement dans le cadre d'une pratique liée au travail humain
- acquérir une méthodologie de recueil de données adaptée à ce questionnement
- s'approprier les savoirs relatifs à une pratique liée au travail humain
- faire se rejoindre "pratiques" et "théories" à partir de l'expérience professionnelle des élèves ingénieurs en apprentissage (en liaison avec les séances d'analyse de la pratique)
- transformer ces savoirs en savoirs-faire professionnels

A cette fin, le module SSAT comporte :

- des interventions liées à divers domaines du travail humain
- une recherche menée pendant trois ans, à partir d'une situation professionnelle issue de l'entreprise d'accueil de l'apprenti (concrétisée par la rédaction d'un mémoire)
- un suivi individualisé avec un intervenant du module SSAT (dans le questionnement, la structuration de la recherche, et la correction des livrables et du mémoire).

L'enseignement dispensé s'appuie sur une pédagogie de l'alternance, spécifique à l'apprentissage. Dans cette pédagogie, les élèves ingénieurs en apprentissage doivent porter leur attention à des situations réelles, issues de leur vie en entreprise. Pour autant, ils ne doivent ni faire la promotion, ni dénigrer cette dernière, ni non plus faire étalage de leurs opinions ou sentiments personnels. Méthode rigoureuse, prise de recul, dossier de recherche, culture économique, sociale, juridique sont exigées.

### Plan de l'enseignement

Pratique de l'écrit A3  
Management interculturel  
Mener un entretien  
Système d'Information (SI) et travail  
Vision macro-économique  
Bientraitance et travail  
Soutenir un projet  
Soutenances de micro-mémoire en Sciences Sociales Appliquées au Travail

### Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Bonne santé et bien-être  
Consommation et production responsables  
Éducation de qualité  
Égalité entre les sexes  
Inégalités réduites  
Paix et justice  
Travail décent et croissance économique

## Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	-	0 hrs	0 hrs	56 hrs	0 hrs	0 hrs

# INGÉNIEUR, SPÉCIALITÉ MÉCANIQUE

3e année - UE302

## Génie industriel [MECA3\_GI]

Responsable(s) du cours : Pascal COSSON

### Objectifs

Objectifs globaux

- Savoir modéliser et résoudre un problème
- Comprendre les attentes des clients

### Plan de l'enseignement

I Management opérationnel

RSE

Connaissances

- Changement climatique
- Comptabilité carbone

II Client

- démarche orientée client
- Communication Managériale

III Transversal - Flux

- Démarche processus

Point PFE

Compétences:

- Capacité à mettre en évidence les enjeux de son PFE, dans le cadre de la stratégie de son entreprise,
- Capacités à identifier les critères de performance économique de son projet,

IV Economie

- Contrôle de gestion

financement/investissement

Connaissances

- Différentes politiques de financement
- Fonctionnement d'un marché financier

Compétences

- Capacité à mettre au coeur de son raisonnement les flux de trésorerie actualisés,
- Capacités à identifier les financements possibles en fonction des contraintes financières,
- Capacité à intégrer la dimension financière dans la présentation d'une demande d'investissement

## Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

---

Consommation et production responsables  
Éducation de qualité  
Industrie, innovation et infrastructures

## Évaluation

---

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	-	88 hrs	0 hrs	12 hrs	0 hrs	0 hrs

# INGÉNIEUR, SPÉCIALITÉ MÉCANIQUE

3e année - UE303

## Méthodes des éléments finis [MECA3\_MEF]

Responsable(s) du cours : Patrice CARTRAUD

### Pré-requis

Mécanique des milieux continus, mécanique des structures

### Objectifs

Méthodes d'approximation.  
Calcul pratique les structures constituées de barres et poutres.  
Modélisation numérique éléments finis des structures treillis et portiques.  
Généralisation aux problèmes 2D et 3D.  
Application de la méthode des éléments finis au calcul des structures.  
Notion d'erreurs de discrétisation et de modélisation.

### Plan de l'enseignement

Formulation faible. Écriture matricielle des équations.  
Modèle élément fini barre et application aux treillis.  
Modèle élément fini poutre et application aux portiques.  
Méthodes numériques appliquées aux éléments finis.  
Utilisation d'un code éléments finis (Abaqus).  
Application à des problèmes de l'ingénieur.  
Analyse des résultats d'un modèle éléments finis.

### Bibliographie sur laquelle s'appuie le cours

Bathe, K. J. (2006). Finite element procedures. Prentice Hall  
Batoz, J. L., & Dhatt, G. (1990). Modélisation des structures par éléments finis: Solides élastiques. Presses Université Laval.

### Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Éducation de qualité  
Industrie, innovation et infrastructures

### Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

La méthode des éléments finis est une méthode de simulation qui joue un rôle important dans la conception des structures. Elle permet une conception optimale, qui assure la résistance structurale tout en réduisant la quantité de matière utilisée.

### Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 0.4)

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 0.6)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	-	16 hrs	12 hrs	30 hrs	0 hrs	2 hrs

# INGÉNIEUR, SPÉCIALITÉ MÉCANIQUE

3e année - UE304

## Mécanique des fluides [MECA3\_MECAF]

Responsable(s) du cours : Sandrine AUBRUN

### Pré-requis

Mécanique des milieux continus  
Equations différentielles partielles et opérateurs différentiels

### Objectifs

Le programme en mécanique des fluides contient les éléments indispensables à tout ingénieur en mécanique, lui permettant d'appréhender à un niveau confirmé un problème mettant en présence des milieux fluides et de le transférer ensuite à des spécialistes, si nécessaire.

A la fin du module, l'élève-ingénieur est capable de :

- De calculer les efforts de pression dus aux fluides
- De comprendre et d'interpréter les phénomènes liés à l'écoulement des fluides
- De comprendre et d'interpréter les phénomènes liés à l'action des fluides sur des objets
- De dimensionner une installation hydraulique en charge
- De choisir des machines hydrauliques adaptées pour quelques configurations industrielles

### Plan de l'enseignement

1. Propriétés des fluides et outils mathématiques indispensables (2HCTD)
2. Statiques des fluides. Lois de l'hydrostatique et efforts hydrostatiques associés (4HCTD)
3. Cinématique des fluides (1HCTD)
4. Dynamique des fluides parfaits incompressibles. Equation de Bernoulli et applications (3HCTD)
5. Dynamique des fluides visqueux. Equations de Navier-Stokes. Similitudes. Régime laminaire et turbulent. Notion de couche limite (5HCTD)
6. Applications du théorème des quantités de mouvement (5HCTD)
7. Ecoulements en charge. Ecoulements en conduites. Bernoulli généralisé, Pertes de charges. Réseaux (6HCTD)
8. Applications industrielles. Machines hydrauliques (6HCTD,)
9. Travaux pratiques (2x3HTP)

### Bibliographie sur laquelle s'appuie le cours

- Livres en anglais:
  - o F. White, Fluid Mechanics, Ed. McGraw-Hill
  - o B. R. Munson, D. F. Young, T. H. Okiishi, Fundamentals of fluid mechanics, Ed. Wiley
  - o Y. A. Çengel, J. M. Cimbala, Fluid mechanics: fundamentals and applications, Ed. McGraw-Hill
- Livres en français:
  - o S. Candel, Problèmes résolus de mécanique des fluides, Ed. Dunod
  - o D. Desjardins, M. Combarous, N. Bonneton, Problèmes résolus avec rappels de cours, Ed. Dunod
  - o S. Amiroudine, J.-L. Battaglia, Mécanique des fluides – Cours et exercices corrigés, Ed. Dunod
  - o B. Comolet, J. Bonnin, Mécanique expérimentale des fluides – Recueil d'exercices, Ed. Masson

## Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

---

Consommation et production responsables  
 Eau propre et assainissement  
 Énergie propre et d'un coût abordable  
 Industrie, innovation et infrastructures

## Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

---

Le cours aborde des notions de mécanique des fluides appliquées au dimensionnement de systèmes hydrauliques utilisés, entre autres, dans la production d'énergie hydro-électrique ou dans l'approvisionnement en eau.

## Évaluation

---

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 0.25)

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 0.75)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	-	20 hrs	11 hrs	6 hrs	0 hrs	3 hrs

# INGÉNIEUR, SPÉCIALITÉ MÉCANIQUE

3e année - UE305

## Analyse de la valeur [MECA3\_ANVAL]

Responsable(s) du cours : Florent LAROCHE

### Objectifs

Objectifs du module

- Analyser un problème industriel
- Prendre du recul sur ses pratiques de conception classique
- Savoir innover et définir la valeur d'un produit

Ce module se fera en pédagogie active. L'ensemble des connaissances sera acquis par la pratique d'un cas d'étude propre à chaque apprenant. Ces études seront fait en équipe projet.

### Plan de l'enseignement

Plan de cours

- Analyse de la valeur (AFI/AFE) Florent Laroche
- TRIZ Florent Laroche
- Travail en mode projet Florent Laroche

Projet = L'objet est de convaincre votre direction (représentée par les autres étudiants) de mettre en œuvre la solution que vous proposer.

- Présentation du problème
- Des fonctions principales
- Des solutions envisagées
- Des critères de choix
- Le choix final

### Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Consommation et production responsables  
Industrie, innovation et infrastructures

### Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

L'enjeu de ce cours est de questionner le besoin. Apprendre à problématiser pour répondre réellement à une demande d'un futur usager, d'un citoyen est nécessaire pour que la préservation de notre planète.

### Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	-	40 hrs	0 hrs	0 hrs	0 hrs	0 hrs

# INGÉNIEUR, SPÉCIALITÉ MÉCANIQUE

3e année - UE306

## Automatismes industriels [MECA3\_AUTOM]

Responsable(s) du cours : Jean-Claude BARDIAUX

### Objectifs

Objectifs :

A l'issue de l'enseignement le futur ingénieur doit pouvoir :

analyser, étudier et comprendre des automatismes industriels,  
procéder à la mise en oeuvre et à l'installation des automatismes,  
mettre au point ou modifier ou faire modifier certains automatismes,  
documenter les automatismes industriels et former le personnel exploitant le matériel,  
assister techniquement le personnel de maintenance.

### Plan de l'enseignement

Programme du module :

1. Systèmes logiques et automatismes industriels - Jean-Claude BARDIAUX (cours et TP)  
Structure d'un système de production automatisé.  
Objectifs de l'automatisation.

Rappels :

Analyse et synthèse des systèmes logiques combinatoires.  
Analyse et synthèse des systèmes logiques séquentiels.

Représentation graphique du cahier des charges d'un automate séquentiel par le Grafset (symbolisme, règles d'évolution, structures élémentaires, macroétapes, macroactions, structures de coordination de tâches).

Etude et représentation des modes de marche et d'arrêt par Gemma et Grafset (hiérarchisation des Grafset).

Réalisation programmée de la partie commande sur automate programmable industriel (structure, fonctionnement et programmation d'un A.P.I., traitement numérique, communication).

Technologie de l'interface Homme-Machine.  
Technologie de l'interface partie commande-partie opérative (commande de puissance, acquisition de données).  
Travaux pratiques sur processus pilotes (manipulateur, traitement de surface).

1 devoir écrit + TP.

## Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

---

### Évaluation

---

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 0.3)

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 0.7)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	-	26 hrs	0 hrs	12 hrs	0 hrs	2 hrs

# INGÉNIEUR, SPÉCIALITÉ MÉCANIQUE

3e année - UE306

## Contrôle [MECA3\_CONTRL]

Responsable(s) du cours : Jean-Claude BARDIAUX

### Objectifs

A l'issue de l'enseignement le futur ingénieur doit pouvoir : analyser, étudier et comprendre des automatismes industriels, procéder à la mise en oeuvre et à l'installation des automatismes, mettre au point ou modifier ou faire modifier certains automatismes, documenter les automatismes industriels et former le personnel exploitant le matériel, assister techniquement le personnel de maintenance.

### Plan de l'enseignement

Systèmes asservis et régulation industrielle - Jean-Claude BARDIAUX (cours) et Guy LEBRET (TP)

Buts de l'automatique, analyse fonctionnelle.

Modélisation des systèmes, fonction de transfert et réponses temporelles, stabilité.

Analyse des systèmes asservis, performances en précision, stabilité et rapidité.

Asservissements de position et de vitesse.

Synthèse des systèmes asservis, réglage et correction.

Technologie des régulateurs industriels PID, constitution et réglage.

Travaux pratiques sur processus pilotes (asservissements de vitesse et de position, régulation de température).

Contrôle des connaissances 1 devoir écrit + TP.

### Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

### Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 0.7)  
EVI 2 (coefficient 0.3)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	-	26 hrs	0 hrs	12 hrs	0 hrs	2 hrs

# INGÉNIEUR, SPÉCIALITÉ MÉCANIQUE

3e année - UE307

## CAO & Réalité virtuelle [MECA3\_CAO]

Responsable(s) du cours : Damien CHABLAT

### Objectifs

Objectif du cours avec CATIA V5

- Mécanismes
- Modélisation cinématique, simulation
- Famille de pièces
- Modélisation de surface
- Rendu réaliste
- Transition vers les éléments finis
- Création de chemins de montage/démontage
- Intérêt des interfaces haptiques
- Modélisation des humains et prise en compte des différences
- Génération de mouvements et d'activités pour les mannequins virtuels.

### Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

### Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	-	12 hrs	16 hrs	0 hrs	0 hrs	0 hrs

# INGÉNIEUR, SPÉCIALITÉ MÉCANIQUE

3e année - UE307

## Numérisation 3D [MECA3\_NUM3D]

Responsable(s) du cours : Florent LAROCHE

### Objectifs

L'objectif de ce cours est de

1. connaître les différentes technologies de scan 3D
2. comprendre leur fonctionnement
3. comprendre les processus de Rétro-conception associés.

### Plan de l'enseignement

3 volets seront abordés en cours : méthodes, outils et applications.

Le module photogrammetrie sera abordé en détail avec:

1. [méthodes] découverte des enjeux et du process
2. [outils] fonctionnement basique du logiciel metashape
3. [méthodes] algorithmie
4. [outils] utilisation avancée de metashape :
  - métrie: referenciels, précision, incertitude, true orthophoto
  - 3D: alignements, multi-chantier, décimation, normal map,
  - process: optimisations, masques,
5. [applications] exercice de mesure en autonomie

D'autres technologies de scan seront abordées avec un angle opérationel: laser et lumière structurée.

Un cas d'application sera déroulé afin de comparer plusieurs technologies :

1. numérisation 3D par laser et photogrammétrie
2. Traitement de nuages de points
3. Modélisation CAO sous Catia V5
4. Comparaison topologique

### Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Consommation et production responsables  
Industrie, innovation et infrastructures

### Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

L'enjeu de se cours est de pouvoir utiliser les toutes dernières innovations en matière de digitalisation numérique afin de ne pas être dans l'ultra consumérisme technologique. C'est aussi promouvoir la capacité de pouvoir réparer et réutiliser des objets de notre quotidien pour une seconde vie.

### Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	-	12 hrs	8 hrs	0 hrs	0 hrs	0 hrs

# INGÉNIEUR, SPÉCIALITÉ MÉCANIQUE

3e année - UE307

## Optimisation [MECA3\_OPTIM]

Responsable(s) du cours : Stéphane CARO

### Objectifs

L'objectif du cours est de faire connaître les principales méthodes d'optimisation utilisées en conception mécanique et calcul de structure, afin de permettre un choix adapté aux problèmes posés. On mettra en particulier l'accent sur l'optimisation envisagée comme outil d'aide à la conception de produit. Outre les méthodes classiques déterministes, on présentera quelques méthodes globales s'appuyant sur des approches stochastiques ainsi que des approches récemment introduites dans l'industrie comme l'optimisation topologique structurale. Les travaux pratiques et en autonomie porteront sur le dimensionnement optimal d'un système mécanique.

### Plan de l'enseignement

- Première partie : Formulation de problème d'optimisation : Plusieurs cas d'étude sont présentés et formulés en classe. Les étudiants apprennent à clairement identifier les variables de décision, le critère ou objectifs ainsi que les contraintes pertinentes. Le cas de problème d'optimisation est également présenté, la frontière de Pareto et sa reformulation en problème mono objectif. Chaque cas d'étude aborde une catégorie particulière de problèmes.
- Deuxième partie : méthodes d'optimisation: Cette partie est consacrée à la présentation des principes des méthodes Optimisation mono et multi-variables, continue, sans et avec contraintes, méthodes déterministes et stochastiques (recuit simulé et génétiques)
- Troisième partie implémentation de problème d'optimisation : Il s'agit de travaux pratiques de mise en oeuvre sur Matlab et Excel d'un cas d'étude.
- Quatrième partie : prise de décision et choix de solution.

### Bibliographie sur laquelle s'appuie le cours

- M. MINOUX "Programmation mathématique - Théorie et algorithmes", Tome 1, Dunod éditeur
- P. BROUSSE "Optimization in mechanics : problems and methods". Series in Applied Mathematics and Mechanics, North Holland Editor
- R. Fletche, Foundation of structural optimization. A unified Approach, John Wiley & Sons, 1987.
- Mitchell Melanie : An Introduction to Genetic Algorithms

### Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Consommation et production responsables  
Industrie, innovation et infrastructures  
Travail décent et croissance économique

### Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

Travail décent et croissance économique Industrie, innovation et infrastructure Consommation et production responsables

### Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	-	12 hrs	8 hrs	0 hrs	0 hrs	0 hrs

# INGÉNIEUR, SPÉCIALITÉ MÉCANIQUE

3e année - UE308

## Dynamique rapide [MECA3\_DYNRAP]

Responsable(s) du cours : Patrick ROZYCKI

### Pré-requis

Méthode des Eléments Finis, Loi de comportement, Plasticité

### Objectifs

Les enjeux industriels liés à la sécurité, en particulier dans le domaine des transports, exigent une maîtrise toujours plus fine du comportement des matériaux et des structures soumis à des sollicitations dynamiques rapides. Ces défis, à la fois techniques et scientifiques, nécessitent une approche intégrée, combinant expertise mécanique, outils numériques et protocoles expérimentaux.

Ce cours se propose d'explorer les méthodes actuelles et les perspectives d'évolution dans ce domaine, en abordant trois axes complémentaires : la mécanique des matériaux, la simulation numérique et l'expérimentation. Les thématiques centrales incluent :

- la modélisation du comportement des matériaux sous sollicitations dynamiques (lois de comportement, influence de la vitesse de déformation, méthodes de caractérisation expérimentale),
- les règles de conception et de dimensionnement pour la résistance au crash,
- la simulation numérique (outils et codes de calcul pour la construction et la validation de modèles),
- et les moyens expérimentaux permettant de caractériser le comportement des structures en conditions réelles.

A l'issue de ce module, l'élève ingénieur.e sera en mesure d'articuler la construction d'un modèle numérique avec les contraintes et les résultats issus de l'expérimentation. Cette approche transversale lui permettra de développer un regard critique sur les limites et les complémentarités des outils disponibles et d'optimiser la corrélation entre données expérimentales et simulations numériques, compétence essentielle pour répondre aux exigences industrielles en matière de sécurité et d'innovation.

Afin d'ancrer les connaissances théoriques dans une démarche pratique, deux projets successifs seront menés par chaque élève ingénieur.e.

- Le premier projet portera sur l'étude d'un essai expérimental d'écrasement sur puits de chute vertical, mené sur des structures simples (tubes métalliques de section carrée et circulaire). Pour des raisons évidentes de sécurité, l'essai sera réalisé par un personnel habilité de l'Ecole, en présence des élèves ingénieur.e.s. Ceux-ci pourront ainsi :
  - o observer l'intégralité du protocole expérimental,
  - o échanger librement avec la personne habilitée pour approfondir leur compréhension des choix techniques et des contraintes de mise en œuvre,
  - o développer à partir des données recueillies le modèle numérique correspondant,
  - o analyser de manière critique les résultats en identifiant les limites et les défis propres à chaque étape (expérimentation, modélisation, corrélation des données).
- Le second projet s'appuiera sur une étude issue d'une problématique industrielle réelle, permettant aux élèves ingénieur.e.s de mobiliser l'ensemble des compétences acquises dans un contexte professionnel.

### Plan de l'enseignement

1. Généralités sur les chocs
  - Nature, type et classification des chocs
2. Crash dans le domaine des transports
  - Généralités, Sécurité, approches...
3. Simulation numérique
  - Lois de comportement, différentes méthodes de résolution, prise en compte des non linéarités...

4. Moyens expérimentaux
  - Description, différents types d'essais (chocs frontaux, latéraux)...
5. Etude d'un modèle analytique pour des tubes à sections circulaires ou carrés
6. Etude du cas simple
  - Réalisation d'un essai expérimental de crash d'une structure simple, simulation numérique de l'essai et confrontations expérimental/numérique

### Bibliographie sur laquelle s'appuie le cours

---

N. Jones, Structural Crashworthiness, Cambridge University Press, 1997

Jorge A.C. Ambrósio, Manuel F.O. Seabra Pereira, F. Pina da Silva, Crashworthiness of Transportation Systems: Structural Impact and Occupant, Springer Netherlands, 1997

### Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

---

Industrie, innovation et infrastructures

### Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

---

Ce cours s'inscrit dans une démarche de développement durable et de responsabilité sociétale en plaçant la sécurité des personnes au cœur des problématiques abordées. L'étude du comportement des matériaux et des structures soumis à des sollicitations dynamiques rapides contribue directement à une conception de systèmes plus sûrs notamment dans le domaine des transports et participe ainsi à la prévention des risques et à la protection des usagers. L'approche intégrée combinant modélisation, simulation numérique et expérimentation permet de développer des solutions industrielles innovantes tout en favorisant une utilisation raisonnée des ressources. La corrélation entre essais expérimentaux et calculs numériques contribue à limiter le recours à des campagnes d'essais lourdes et coûteuses et à optimiser les choix de conception en cohérence avec les principes de production responsable. A travers les projets proposés, fondés sur des essais réels et des problématiques industrielles concrètes, le cours sensibilise les élèves ingénieur.e.s à leur responsabilité professionnelle en les amenant à évaluer les impacts techniques, humains et sociétaux de leurs décisions de conception dans un contexte industriel exigeant.

### Évaluation

---

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	-	12 hrs	6 hrs	22 hrs	0 hrs	0 hrs

# INGÉNIEUR, SPÉCIALITÉ MÉCANIQUE

3e année - UE308

## Matériaux Composites - Simulation [MECA3\_MATCOMPSIMU]

Responsable(s) du cours : Laurent GORNET

### Objectifs

Savoir utiliser et mener de simulations sur des matériaux et structures composites

### Plan de l'enseignement

Micromécanique sur Excel / Laminator  
Homogénéisation périodique sur Cast3M  
Plaques stratifiées sur ABAQUS  
Mécanique de l'endommagement

### Bibliographie sur laquelle s'appuie le cours

Matériaux composites, Daniel Gay, Hermes  
Matériaux composites, JM Berthelot, Masson

Généralités sur les matériaux composites, Laurent Gornet  
<https://hal.science/cel-00470296/>

### Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Consommation et production responsables  
Éducation de qualité  
Industrie, innovation et infrastructures

### Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

L'enseignement des matériaux et structures composites s'inscrit pleinement dans les enjeux de développement durable et de responsabilité sociétale en formant les étudiants à des outils avancés de modélisation prédictive, permettant de dimensionner et d'anticiper la dégradation et la fin de vie des structures tout en garantissant leur sécurité et leur durabilité.

### Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	-	12 hrs	8 hrs	0 hrs	0 hrs	0 hrs

# INGÉNIEUR, SPÉCIALITÉ MÉCANIQUE

3e année - UE309

## Contrôle et Analyse des Matériaux [MECA3\_CAMAT]

Responsable(s) du cours : Christian BURTIN

### Objectifs

L'élaboration de produits industriels nécessite l'utilisation de moyens de contrôle non destructifs afin de détecter d'éventuels défauts. Ces techniques sont également utilisées pour la surveillance de structures en service (ponts, plateformes offshore, avions...) afin de prévenir une éventuelle rupture. L'enseignement de ces techniques, avec les capacités et les limites de chacune, a pour but de permettre à un ingénieur de choisir la plus appropriée et de savoir l'exploiter de façon optimale. Parmi les autres techniques d'analyse utilisées dans l'industrie, la technique de la diffraction des rayons X, qui permet par exemple de calculer des contraintes résiduelles, sera détaillée.

Enfin, les techniques de microscopie optique et électronique (techniques destructives contrairement aux CND) utilisées à la fois pour caractériser la microstructure des matériaux et analyser des faciès de rupture seront présentées et illustrées.

La tomographie à rayons X constitue également une nouvelle technique de contrôle non destructif employée pour analyser les matériaux.

Il sera question d'optimiser ces techniques en maîtrisant la physique et les techniques mathématiques de reconstruction. Des démonstrations et applications seront également proposées sur des matériaux composites.

### Plan de l'enseignement

Cours de Bertrand Huneau (8h / 16h)

#### 1) Contrôles non destructifs

- Ressuage
- Magnétoscopie
- Radiographie (X, gamma)
- Ultrasons
- Courants de Foucault

#### 2) Techniques de microscopie et d'analyse structurale et chimique en science des matériaux

- Microscope optique
- Microscopie électronique à balayage
- Diffraction des rayons X
- Spectroscopie par sélection d'énergie des photons X

cours - Christian Burtin (8heures)

- 1) physique de la tomographie à rayons X
- 2) mathématiques de la reconstruction de la tomographie à rayons X
- 3) application à des matériaux composites

## Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

---

### Évaluation

---

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	-	16 hrs	0 hrs	0 hrs	0 hrs	0 hrs

# INGÉNIEUR, SPÉCIALITÉ MÉCANIQUE

3e année - UE309

## Matériaux Composites - Procédés [MECA3\_MATCOMPPROC]

Responsable(s) du cours : Sébastien COMAS-CARDONA

### Objectifs

A l'issue de ce module, les étudiants seront capables de :

- Mettre en oeuvre des composites par consolidation et infusion
- Modéliser les mécanismes mis en jeu pendant la fabrication
- Simuler le drapage et l'imprégnation avec des logiciels

### Plan de l'enseignement

Ce module s'attache à présenter les procédés de transformation des matériaux composites.

Le programme s'articule selon le plan suivant :

- TP expérimentaux : Caractérisation des constituants et des composites, Procédés de thermoformage et d'infusion de résine.
- Classification des procédés basée sur les physiques mises en jeu
- Equations gouvernantes et constitutives pour les matériaux composites poreux
- TP numériques : Simulation des procédés de formage et d'injection

### Bibliographie sur laquelle s'appuie le cours

1. Traité des matériaux (Editions Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne)
2. P. Boisse, Composite Reinforcements for optimum performance , 2011
3. Friedrich Klaus, Fakirov Stoyko, & Zhang Zhong. (2005). Polymer Composites: From Nano- to Macro-Scale. Boston, MA: Springer Science+Business Media, Inc
4. Campbell Flake C. Manufacturing Processes for Advanced Composites. New York: Elsevier, 2004
5. Process Modeling in Composites Manufacturing, Second Edition, 2010 by CRC Press, 630 Pages, Suresh G. Advani, E. Murat Sozer
6. Mechanics of fibrous composites, C.T. Herakovich, Wiley 1998

### Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Consommation et production responsables  
Industrie, innovation et infrastructures  
Lutte contre les changements climatiques

### Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

Ce cours aborde les procédés de fabrication des composites structuraux comme un levier essentiel pour répondre aux enjeux industriels et environnementaux contemporains. Il explore les liens entre les méthodes de mise en œuvre (thermoformage, infusion, liquid composite molding, etc.), les propriétés microstructurales induites, et les performances mécaniques des matériaux composites. Les étudiants y acquièrent une maîtrise des techniques de fabrication innovantes, des critères de choix des procédés, et des outils d'optimisation pour concevoir des structures légères (ODD 13), performantes et économes en

ressources (ODD 9), tout en intégrant les principes de durabilité (ODD 12). En articulant théorie, études de cas et analyse critique des procédés, ce cours forme les futurs ingénieurs à relever les défis de la fabrication des composites, non seulement sous l'angle technologique, mais aussi en intégrant les enjeux d'économie circulaire, d'éthique industrielle et de réduction de l'empreinte environnementale des structures.

## Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	-	8 hrs	4 hrs	12 hrs	0 hrs	0 hrs

# INGÉNIEUR, SPÉCIALITÉ MÉCANIQUE

3e année - UE309

## Matériaux Métalliques [MECA3\_MATMETAL]

Responsable(s) du cours : Aude CAILLAUD / Pascal COSSON

### Objectifs

La maîtrise des procédés de fabrication tels que la fonderie et l'emboutissage nécessite des connaissances accrues dans le domaine des matériaux. L'objectif de cette séquence est de mettre à profit les connaissances acquises durant le cursus pour comprendre les phénomènes physiques ayant lieu durant la mise en forme de ces matériaux métalliques.

### Plan de l'enseignement

1. Elaboration d'alliages en fonderie : fonte à graphite sphéroïdal
  - 1h20 : méthode d'élaboration des alliages
  - 1h20 : calcul de charges
  - 1h20 : gestion de l'oxydation des matériaux durant la fusion
  - 8h00 : Elaboration d'une fonte à graphite sphéroïdal
    - o Détermination de la nature de la matrice à élaborer en fonction d'un cahier des charges (propriétés mécaniques) ;
    - o Calcul de charges pour la préparation d'un bain de fusion ;
    - o Elaboration d'une FGS (traitement du bain liquide, problématique d'oxydation...);
    - o Contrôle de la composition chimique par spectrométrie à étincelles ;
    - o Maîtrise des opérations d'élaboration en temps réel par analyse thermique ;
    - o Contrôle des microstructures vis-à-vis du cahier des charges initial.
  
2. Interaction matériaux/procédé en emboutissage
  - 2h00 : Enjeux de la maîtrise des matériaux en emboutissage  
Exemple Acier automobile haute performance
  - 2h00 : Prise en main d'outils de simulation métier
  - 8h00 : Techniques Expérimentales d'emboutissage et recalage de simulation  
Essais de comportement : Ductilité - Ecouissage – Anisotropie  
Optimisation sur pièce réelle.
    - o Mener à bien des essais de caractérisation en vue d'une opération d'emboutissage
    - o Traiter et analyser les résultats d'essais
    - o Implémenter le comportement d'un matériau dans des logiciels métiers de simulation des procédés
    - o Mener des essais sur une pièce réelle
    - o Etudier l'impact du procédé sur la pièce obtenue (notamment la microstructure)
    - o Simuler les essais avec une base de données matériaux issus des essais
    - o Confronter et recalibrer expérience et simulation

### Contrôle de Connaissances

- 2 tests de 0h30 réalisés respectivement à la fin de chacune des séquences

### Bibliographie sur laquelle s'appuie le cours

- [AtI] CTIF, « Atlas métallographique des fontes », Editions techniques des industries de la fonderie
- [Bar91] Barralis J, Maeder G, « Précis de métallurgie : élaboration, structure propriétés et normalisation », AFNOR, 6ème édition, p 51, 1991.
- [Bre73] Brewer L., Chang SG., "Metallography, Structures and Phase Diagrams", Metals Handbook, 8th Ed, American Society

for Metals, Metals Park, OH, 1973.

[Eco05] Ecob CM., ELKEM society, "A Review of Common Metallurgical Defects in Ductile Cast Iron", Materials Science, 2005.

[Elk97] ELKEM society, "Effects of Minor and Trace Elements in Cast Iron", Technical information N° 12, 1997.

[Fon76] "Fonderie", Editions techniques des industries de la fonderie, n° 356, p197, Mai 1976.

[Gon17] González HM., Pérez Espitia P., Aristizábal Sierra R., "Fading and graphite nucleation sites in grey iron inoculated using silicon carbide ", Revista Materia, Vol 22, n° 2, ISSN 1517-7076,

[Gri02] Grisvard C., "Prétraitement de la fonte liquide », Techniques de l'ingénieur, M7620, Mars 2022.

[Han92] ASM International, « ASM Handbook Alloy Phase Diagrams", Vol 3, 1992.

[Mae83] Maeder G, Barralis J, Métallurgie tome 2 « Alliages ferreux », ENSAM, 1983.

[Mar89] Margerie JC, Propriétés des fontes grises ordinaires, Techniques de l'ingénieur, Dossier M 380, 1989.

[Mar95] Margerie JC, Elaboration des fontes (hormis les fontes malléables), Techniques de l'ingénieur, Dossier M 760, 1995.

[Neu66] Neumann F., Patterson W., Albrecht D., « Gleichgewichtsuntersuchungen über den gemeinsamen Einfluß von Mangan und Schwefel auf das physikalisch-chemische Verhalten des im flüssigen Eisen gelösten Kohlenstoffs im Bereich der Kohlenstoffsättigung », Westdeutscher Verlag, Köln und Opladen, n° 1629, 1966.

[Per03] PerrotP., FOCT J., « Gaz autres que l'hydrogène dans le fer et les aciers », Techniques de l'ingénieur, M4275 v1, mars 2003.

[Rem14] Rémy A, « Fontes à graphite lamellaire – Caractéristiques métallurgiques et mécaniques », Techniques de l'ingénieur, Dossier M 3614, 2014.

[Rem21] Rémy A, « Elaboration des fontes », Techniques de l'ingénieur, Dossier M 3615 V1, 2021.

[Ris74] Rist A., Ancey-Moret MF., Gatellier C., Riboud PV., « Équilibres Thermodynamiques en Sidérurgie », Nol. 33, 1974.

[Ser22] Sertucha J., Lacaze, J., "Casting Defects in Sand-Mold Cast Irons—An Illustrated Review with Emphasis on Spheroidal Graphite Cast Irons", Metals, 12, 504, 2022.

[Col10] L'emboutissage des aciers, Dunod, 2010

[Du58] René Dupas, Découpage Cambrage Emboutissage, Dunod, 1958

[Gi47] L. Girardot – Foucher, Technologie Professionnelle pour l'outilleur, 1947

[Pre79] R. Martin, Presses, Technique de l'ingénieur (TI), 1979

[For77] R. Martin, Formage à la presse, Technique de l'ingénieur (TI), 1977

[Gam95] F. Rondé-Oustau, Conception et mise au point d'une gamme d'emboutissage, Technique de l'ingénieur (TI), 1995

[MeF06]- D. François , Essais d'aptitude à la mise en forme, Technique de l'ingénieur (TI), 2006

[Mec11] A. Coll, Emboutissage des tôles - Aspect Mécanique, Technique de l'ingénieur (TI), 2011

[Def11] A. Coll, - Emboutissage des tôles - Mode de déformation, Technique de l'ingénieur (TI), 2011

## Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Bonne santé et bien-être

Consommation et production responsables

Éducation de qualité

Égalité entre les sexes

Industrie, innovation et infrastructures

Inégalités réduites

Paix et justice

Travail décent et croissance économique

## Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	-	8 hrs	0 hrs	16 hrs	0 hrs	0 hrs

# INGÉNIEUR, SPÉCIALITÉ MÉCANIQUE

3e année - UE309

## Matériaux Métalliques - Procédés [MECA3\_MATMETALPROC]

Responsable(s) du cours : *Matthieu RAUCH*

### Objectifs

A l'issue de cet enseignement, les étudiants doivent être capables de:

- comprendre les méthodes et outils mis en oeuvre pour la Fabrication Assistée par Ordinateur et la réalisation sur machines à commande numériques
- comprendre les challenges associés aux procédés de fabrication additive et usinage grande vitesse à commande numérique
- mettre en oeuvre des approches de Design For Manufacturing pour l'usinage et la Fabrication Additive

### Plan de l'enseignement

- introduction à Usinage et à la fabrication sur moyens à commande numérique
- introduction aux procédés de fabrication additive
- approches DFAM

cours/TD/TP et micro projet

### Bibliographie sur laquelle s'appuie le cours

- CADAM Theory and Practice, I. Zeid, Mc Graw-Hill
- Surface Modeling for CadCam, BK. Choi, Elsevier
- Fundamentals of Computer Integrated Manufacturing, A.L. Foston, CL Smith, T. Au, Prentice Hall
- NC Machine Programming and Software Design, CH Chang, MA Melkanoff, Prentice Hall
- Notes de cours et de TD

### Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Industrie, innovation et infrastructures

### Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

Industrie, innovation et infrastructures

### Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	-	4 hrs	8 hrs	12 hrs	0 hrs	0 hrs

# INGÉNIEUR, SPÉCIALITÉ MÉCANIQUE

3e année - UE310

## Cobotique et Robotique [MECA3\_COBROB]

Responsable(s) du cours : Damien CHABLAT

### Objectifs

L'objectif de ce cours est de découvrir les robots industriels et la cobotique. Dans un premier temps, nous présentons les différentes architectures de robots et leurs principales caractéristiques. Nous ferons après modélisation cinématique pour découvrir les propriétés des robots, des espaces de travail et des singularités. Nous discuterons après la génération de trajectoires dans l'espace articulaire et cartésien. Nous présenterons les différents types de trajectoires des robots et le lien avec les processus industriels. Le concept de placement optimal sera discuté ainsi que les méthodes simples qui peuvent être utilisées dans les logiciels de CAO robotisés. Avec ce cours, les étudiants auront des outils pour choisir un robot pour une application industrielle.

Les différentes étapes du cours seront illustrées à l'aide du logiciel DELMIA pour créer

- un robot
- un outil
- une cellule robotisée avec opérations de prélèvement et de placement
- une cellule robotisée avec opérations de soudage

La deuxième partie sera liée à des applications industrielles avec l'utilisation de cobots et de robots mobiles.

### Plan de l'enseignement

- Introduction des robots industriels
- Modélisation de robots
- Espace de travail et singularités
- Planification de trajectoire
- Application industriel pour la cobotique
- Application industriel pour les robots mobiles
- TP de programmation de robot hors ligne et sur UR5

### Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

### Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	-	16 hrs	0 hrs	8 hrs	0 hrs	0 hrs

# INGÉNIEUR, SPÉCIALITÉ MÉCANIQUE

3e année - UE310

## LowTech [MECA3\_LOWTECH]

*Responsable(s) du cours : Pascal COSSON*

### Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

#### Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	-	16 hrs	8 hrs	0 hrs	0 hrs	0 hrs

# INGÉNIEUR, SPÉCIALITÉ MÉCANIQUE

3e année - UE311

## Matériaux Composites [MECA3\_MATCOMPCSD]

Responsable(s) du cours : Laurent GORNET

### Objectifs

Composites et Constituants

### Plan de l'enseignement

Partie 1 : Composites et Constituants (S. Comas)

- Introduction Fichier
- Fibres et Renforts Fibreux Fichier
- Matrices Thermoplastiques Fichier
- Matrices Thermodurcissables

Partie 2 : Composites Procédés (C. Binetruy)

- Introduction
- Procédés manuels
- Procédés industriels
- procédés :
  - Porous media manufacturing process-laws
  - Constitutive laws
  - Forming , Squeeze flow

Partie 3 : Composites Mécanique (L. Gornet)

- Anisotropie
- Identification des propriétés mécanique des matériaux composites
- Critères de rupture

### Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Consommation et production responsables  
Éducation de qualité  
Énergie propre et d'un coût abordable  
Industrie, innovation et infrastructures  
Lutte contre les changements climatiques

### Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

Cet enseignement contribue fortement à : Éducation de qualité : acquisition de savoirs fondamentaux et pratiques. Industrie, innovation et infrastructure : développement de matériaux et procédés innovants. Consommation et production responsables : utilisation efficiente et durable des ressources. Et indirectement aux ODD (Consommation et production responsables) et (Lutte contre le changement climatique) si l'application des composites vise la réduction de l'empreinte carbone ou des structures plus durables.

### Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	-	20 hrs	0 hrs	0 hrs	0 hrs	0 hrs

# INGÉNIEUR, SPÉCIALITÉ MÉCANIQUE

3e année - UE311

## Projet Matériau [MECA3\_MATERPROJ]

*Responsable(s) du cours : Christian BURTIN*

### Objectifs

mise en application des connaissances acquises en science des matériaux par un projet portant sur la thématique des matériaux. Ce projet est élaboré en entreprise

### Plan de l'enseignement

présentation du projet  
préparation  
remise du rapport écrit  
soutenance

### Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

### Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	-	0 hrs	0 hrs	0 hrs	24 hrs	0 hrs

# INGÉNIEUR, SPÉCIALITÉ MÉCANIQUE

3e année - UE312

## Séjour à l'international [MECA3\_SI]

*Responsable(s) du cours : Anais COUTE / Pascal COSSON*

### Objectifs

- Evaluation du séjour à l'International

### Plan de l'enseignement

- Se familiariser avec les modalités d'évaluation académique du Séjour à l'International : le rapport de stage.
- Atelier de travail : savoir réaliser un compte-rendu et une enquête d'investigation en forme de vidéo.

### Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Éducation de qualité

Travail décent et croissance économique

### Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	-	4 hrs	0 hrs	8 hrs	0 hrs	0 hrs