

CASCAD : Conception Avancée, Simulation, Calcul numérique avec une Approche Durable

Formation d'experts capables de piloter un projet de conception, d'intégrer celui-ci dans une démarche globale : innovation produit, design, éco-conception, ingénierie système, mécatronique ; de le valider par simulation numérique multiphysique, prototypage et essais ainsi que préparer son industrialisation avec des procédés avancés.

Compétences visées

- Piloter le processus de conception d'un produit dans un cadre pluridisciplinaire et collaboratif, avec une approche globale, du design à l'industrialisation.
- Optimiser les produits en maîtrisant les outils de CAO avancée, de simulation numérique multiphysique et d'impact environnemental.
- Mettre en œuvre des moyens de prototypage, d'essais afin de valider et d'optimiser les performances des produits.
- Concevoir et dimensionner en optimisant les choix des matériaux, dont composites, et des procédés.
-

Modules du parcours

Modules	Semestre	Volume Horaire
Innovation et design produit (CdCF, Ing Système, Créativité)	1	20 h
Matériaux, Procédés, Industrialisation 1 : Choix, dim, composites	1	20 h
Modélisation 3D – architecture & ingénierie système	1	20 h
Systèmes mécatroniques et chaîne énergétique	2	20 h
Simulation numérique 1 : non-linéaire, multiphysique	2	20 h
Workshop : amélioration des performances (optimisation, essais)	2	20 h
Simulation numérique 2 : MMC, maillage	3	20 h
Modélisation 3D 2 : formes complexes, modélisation directe	3	20 h
Matériaux, Procédés, Industrialisation 2 : fabrication additive	4	20 h
Simulation numérique 3 : jumeaux numériques, process robotisé	4	20 h

Innovation et design produit (CdCF, Ingénierie Système, Créativité)

Objectifs : Ce module introduit les méthodes d'innovation et de conception produit. Il enseigne l'élaboration du cahier des charges fonctionnel (CdCF), la modélisation système, et les techniques de créativité. L'objectif est de structurer une démarche de conception orientée utilisateur et fonction, intégrant contraintes industrielles et environnementales.

Compétences visées :

- Rédiger un CdCF structuré et pertinent
- Appliquer les principes d'ingénierie système
- Mobiliser des outils de créativité pour l'innovation
- Analyser les besoins et fonctions d'un produit
- Structurer une démarche de conception fonctionnelle

Contenus :

- Méthodologie de conception fonctionnelle
- Élaboration du CdCF et analyse fonctionnelle
- Outils de créativité (TRIZ, brainstorming, cartes mentales)
- Ingénierie système et architecture fonctionnelle
- Analyse des parties prenantes et exigences
- Exemples de conception orientée usage

Mots clés : innovation, CdCF, créativité, ingénierie système, besoins

Matériaux, Procédés, Industrialisation 1 : choix, dimensionnement, composites

Objectifs : Ce module traite du choix des matériaux et des procédés associés pour le développement produit. Il met l'accent sur les matériaux composites et les critères de dimensionnement. L'objectif est de relier propriétés, contraintes d'usage et processus de fabrication dès la phase de conception.

Compétences visées :

- Sélectionner un matériau adapté à un usage
- Associer un procédé de fabrication au matériau choisi
- Appliquer des critères de dimensionnement mécaniques
- Comprendre les contraintes liées aux composites
- Intégrer l'industrialisation dès la conception

Contenus :

- Panorama des matériaux et propriétés

- Critères de choix matériau/procédé
- Introduction aux matériaux composites
- Dimensionnement mécanique simplifié
- Contraintes de mise en œuvre industrielle
- Cas d'étude multi-critères (techno-éco)

Mots clés : matériaux, composites, industrialisation, dimensionnement

Modélisation 3D – architecture & ingénierie système

Objectifs : Ce module initie à la modélisation 3D dans une approche système. Il développe la capacité à structurer une architecture produit et à utiliser des logiciels de CAO avancée pour représenter la logique d'assemblage, d'interface et de fonctionnement.

Compétences visées :

- Construire une architecture fonctionnelle et physique
- Maîtriser un outil de CAO paramétrique
- Gérer les contraintes d'assemblage et interfaces
- Traduire une logique système en géométrie 3D
- Préparer un modèle pour simulation ou fabrication

Contenus :

- Principes d'architecture produit
- CAO : esquisse, assemblage, paramétrage
- Contraintes d'interface et tolérancement
- Intégration de composants normalisés
- Préparation d'un modèle pour export
- Conception multi-domaines (mécatronique)

Mots clés : CAO, architecture produit, modélisation, ingénierie système

Systèmes mécatroniques et chaîne énergétique

Objectifs : Ce module explore la conception de systèmes mécatroniques intégrant actionneurs, capteurs, transmissions et gestion de l'énergie. Il aborde les architectures de commande, la chaîne énergétique et les problématiques d'intégration électromécanique. L'objectif est de savoir structurer un système cohérent, performant et fiable.

Compétences visées :

- Définir une architecture mécatronique adaptée
- Dimensionner actionneurs et transmissions
- Intégrer capteurs et électronique de puissance
- Maîtriser la chaîne d'énergie et ses pertes
- Optimiser la compatibilité électromécanique

Contenus :

- Composants d'un système mécatronique
- Transmissions : engrenages, vis, courroies
- Actionneurs : moteurs, vérins, technologies avancées
- Capteurs : position, force, inertiels
- Chaîne énergétique et conversion de puissance
- Intégration électromécanique et thermique

Mots clés : mécatronique, chaîne énergétique, capteurs, transmissions

Simulation numérique 1 : non-linéaire, multiphysique

Objectifs : Ce module initie à la simulation numérique de phénomènes non-linéaires et couplés multiphysiques. Il enseigne la résolution de cas industriels complexes en sollicitant plusieurs physiques simultanément (mécanique, thermique, fluide, etc.). L'objectif est de comprendre les interactions entre phénomènes pour fiabiliser les simulations.

Compétences visées :

- Modéliser des comportements non-linéaires
- Utiliser un logiciel de simulation multiphysique
- Définir des couplages entre domaines physiques
- Interpréter les résultats et les contraintes critiques
- Valider un modèle par confrontation à l'expérience

Contenus :

- Introduction à la non-linéarité (géométrie, matériau)
- Résolution couplée multiphysique (thermo-mécanique, fluide-structure)
- Conditions aux limites complexes
- Maillage adapté aux zones critiques
- Logiciels de simulation avancée (ex : Ansys, Comsol)
- Post-traitement et visualisation des résultats

Mots clés : simulation, non-linéaire, multiphysique, couplage, MEF

Workshop : amélioration des performances (optimisation, essais)

Objectifs : Ce module applicatif permet de mettre en œuvre une démarche d'amélioration de performance sur un produit ou système. Il articule essais expérimentaux, mesures, analyse de données et optimisation numérique. L'objectif est de combiner mesures réelles et ajustement de modèle pour améliorer une fonction cible.

Compétences visées :

- Mettre en œuvre un protocole de test ou d'essai
- Acquérir et analyser des données de performance
- Identifier les axes d'amélioration d'un système
- Appliquer une méthode d'optimisation paramétrique
- Réconcilier données expérimentales et simulations

Contenus :

- Essais physiques et mesures (forces, déplacement, température)
- Analyse de données expérimentales
- Techniques d'optimisation (Design of Experiments, algorithmes)
- Ajustement de modèles et corrélation
- Amélioration de performance par itération
- Restitution des résultats et documentation

Mots clés : optimisation, essais, mesures, performance, ajustement

Simulation numérique 2 : MMC, maillage

Objectifs : Ce module approfondit la simulation numérique avec des matériaux multiphases ou composites (MMC) et les problématiques de maillage complexes. Il permet de mieux représenter les hétérogénéités et anisotropies des matériaux et de construire des modèles fiables.

Compétences visées :

- Modéliser les matériaux MMC et composites
- Adapter le maillage à des géométries complexes
- Utiliser des éléments spécifiques (coques, volumes)
- Préparer des simulations avec matériaux hétérogènes
- Analyser les contraintes internes et localisées

Contenus :

- Types de MMC et matériaux complexes

- Techniques de maillage avancées
- Représentation des interfaces matériau
- Éléments finis pour matériaux hétérogènes
- Validation par comparaison multi-échelle
- Études de cas industriels

Mots clés : MMC, maillage, simulation, matériaux hétérogènes

Modélisation 3D 2 : formes complexes, modélisation directe

Objectifs : Ce module aborde la modélisation de formes complexes (structures lattices, topologies optimisées) et les outils de modélisation directe. Il prépare à la conception pour fabrication additive et à la gestion de fichiers polygonaux et hybrides.

Compétences visées :

- Concevoir des formes lattices et topologies optimisées
- Utiliser des logiciels de modélisation directe
- Gérer des fichiers STL, OBJ et hybrides
- Préparer un modèle pour fabrication additive
- Analyser la faisabilité de formes complexes

Contenus :

- Formes lattices et structures génératives
- Optimisation topologique
- Modélisation directe vs paramétrique
- Logiciels avancés : Rhino, Blender, Fusion
- Gestion des fichiers polygonaux
- Export et validation géométrique

Mots clés : modélisation complexe, lattice, optimisation topo, STL

Matériaux, Procédés, Industrialisation 2 : fabrication additive

Objectifs : Ce module traite des procédés de fabrication additive pour polymères et métaux. Il met l'accent sur la mise en œuvre, la caractérisation et l'industrialisation de ces procédés. L'objectif est de relier conception, matériau, procédé et propriétés finales.

Compétences visées :

- Comprendre les procédés de fabrication additive
- Maîtriser les paramètres de fabrication
- Identifier les défauts et leur origine
- Intégrer les post-traitements nécessaires
- Industrialiser une pièce imprimée

Contenus :

- Technologies additive métal et polymère (FDM, SLS, LPBF...)
- Paramètres de fabrication et impacts
- Défauts typiques et détection
- Post-traitements mécaniques/thermiques
- Normalisation et certification
- Stratégies d'industrialisation

Mots clés : fabrication additive, post-traitement, défauts, LPBF

Simulation numérique 3 : jumeaux numériques, process robotisé

Objectifs : Ce module finalise la chaîne numérique en introduisant les jumeaux numériques couplés à la fabrication robotisée. Il enseigne la mise à jour des modèles en boucle fermée à partir de mesures réelles, et la simulation temps réel des procédés robotisés.

Compétences visées :

- Développer un jumeau numérique complet
- Connecter un procédé robotisé à un modèle
- Utiliser OPC-UA et capteurs pour synchronisation
- Mettre à jour un modèle avec mesures réelles
- Optimiser un procédé à l'aide du jumeau

Contenus :

- Jumeaux numériques appliqués à la fabrication
- Connexions physiques/numériques : OPC-UA
- Acquisition de données en temps réel
- Mise à jour modèle-réalité
- Process robotisé : calibration et validation
- Boucle de décision numérique

Mots clés : jumeau numérique, OPC-UA, fabrication robotisée, données