

## Structure du programme et liste des cours

### Cheminement régulier

#### (Cheminement: 1)

À moins d'indication contraire, un cours comporte trois (3) crédits

#### Cours obligatoires (102 crédits)

L'étudiant suit les cours suivants (102 crédits) :

##### **GEI1021 - Circuits logiques et numériques**

Acquérir les notions fondamentales et les méthodes modernes d'analyse et de conception de circuits d'électronique numérique.

Systèmes de numération : décimal, binaires, hexadécimaux, décimal codé binaire (DCB), nombres signés. Portes logiques. Algèbre booléenne : opérations, théorème de De Morgan, diagramme de Karnaugh. Logiques combinatoires : portes logiques, additionneurs, comparateurs, décodeurs, multiplexeurs, vérificateurs de parité. Logique séquentielle : bascules, monostables, astables, compteurs synchrones, compteurs asynchrones, registres à décalage. Technologies de circuits intégrés; circuits CMOS; circuits TTL. Circuits logiques 3 états. Logique programmable. Systèmes logiques à bus.

##### **GEI1049 - Circuits numériques programmables**

Acquérir une connaissance de base sur les microcontrôleurs 16 bits utilisés dans le développement et la conception des systèmes programmables.

Révision des nombres binaires, hexadécimaux et signés, opérateurs logiques de base. Microcontrôleurs 16 bits : architecture Harvard, registres internes. Etude du microcontrôleur : unité arithmétique et logique, environnement de développement, de simulation et de programmation, plan de mémoire, mémoire RAM et Flash, jeux d'instruction, programmation en langage machine, modes d'adressage, pointeurs, interruptions, lecteur de table, temporisateurs, convertisseur analogique à numérique. Initiation à la programmation en langage C.

##### **GEI1072 - Résolution de problèmes d'ingénierie en C**

L'étudiant acquiert les connaissances de la programmation et du développement en langage ANSI C et les applique à la résolution de problèmes d'ingénierie par des méthodes numériques.

Introduction, historique et généralités, norme ANSI C. Opérateurs booléens, binaires et arithmétiques, types de données de base du langage C, branchements conditionnels et inconditionnels. Fonctions : déclarations, appels, variables globales et locales, fonctions avec un nombre fixe et variable d'arguments. Tableaux : définition, initialisation. Pointeurs : arithmétiques des pointeurs, pointeurs et tableaux. Structures : structures et appels de fonction, structures et pointeurs. Directives au préprocesseur, macros, Entrées/Sorties, bibliothèques standards, fichiers de compilation. Représentation des nombres réels en virgule fixe et flottante.

Résolution numérique de problèmes d'ingénierie utilisant les zéros d'une fonction, la résolution matricielle, l'intégration numérique et la résolution d'équations différentielles.

##### **GEI1085 - Outils pour la mécatronique**

Initiation aux systèmes électromécaniques possédant des composants électriques/électroniques : méthodes et outils de calcul des circuits électriques appliqués aux systèmes mécaniques. Introduction à l'analyse des modules de transfert d'énergie électrique dans les systèmes électromécaniques avec les composants semi-conducteurs. Introduction aux éléments d'interfaçage avec un automate programmable : photodiodes, phototransistors, optocoupleurs.

Analyse des besoins de systèmes de transfert d'énergie pour les systèmes électromécaniques: décodage de plaques signalétiques de batteries, moteurs électriques, actionneurs pneumatiques et hydrauliques.

### **GEI1086 - Instrumentation en mécatronique**

Acquisition de connaissances sur les constituants d'une chaîne d'instrumentation d'un système mécatronique : modules d'acquisition et de conditionnement de signaux issus de montages mécaniques (amplification, atténuation, filtrage actif et passif), modules de numérisation de signaux analogiques pour les applications d'automates programmables, modules de conversion de signaux numériques en signaux analogiques pour la commande de procédés électromécaniques, multiplexage et démultiplexage de signaux. Conception de systèmes autour de microcontrôleurs ou d'automates programmables dans les systèmes mécatroniques. Adaptation des signaux d'entrée/sortie. Choix de modules d'instrumentation.

### **GEI1087 - Automatisation des processus industriels**

Acquérir les connaissances théoriques et pratiques nécessaires à la conception et à l'implantation en industrie des systèmes automatisés.

Automates programmables; structure, programmation et lien avec le monde extérieur. Grafcet, outil de conception, de programmation et de documentation; éléments de base, étapes et transitions, actions et réceptivité, description fonctionnelle et cahier de charges. Programmation Ladder. Commande; capteurs et actionneurs électriques et pneumatiques, caractéristiques et fonctions des capteurs et détecteurs, éléments d'électropneumatique, préhenseurs et asservissement des processus. Introduction à la robotique; spécifications, morphologie et implantation.

### **GIA1047 - Analyse de rentabilité de projets I**

Situer les principaux éléments du contexte économique et financier de l'entreprise. Montrer les principales techniques de comparaison et d'analyse de rentabilité de projets d'ingénierie.

Le contexte économique et financier : le capital, le rendement du capital, les sources de financement, les éléments du coût d'un produit, l'amortissement, le profit, l'analyse du point mort. L'équivalence temps-argent : le concept, le flux monétaire d'un projet, cas de transformations de flux monétaire. Méthodes d'analyse de rentabilité de projets : estimation des paramètres, dépréciation économique et valeur résiduelle, méthodes basées sur une valeur équivalente, méthodes du taux de rendement, période de recouvrement, analyse de sensibilité, choix entre plusieurs projets, projets différés, projets de vies différentes, projets liés, projets indépendants. L'analyse de rentabilité après impôt : notions d'impôt des corporations, détermination du flux monétaire après impôt, analyse de rentabilité après impôt. Utilisation de logiciels spécialisés sur micro-ordinateur. Les études de remplacement d'équipement : facteurs à considérer, cycle de vie économique, considérations fiscales, problèmes types de remplacement.

### **GIA1058 - Sécurité et hygiène industrielles**

Les objectifs principaux de ce cours sont d'initier les étudiants:

- aux différents facteurs reliés à la sécurité et hygiène industrielles ainsi qu'aux principes et techniques de base du contrôle de l'environnement des travailleurs;
- aux notions fondamentales nécessaires à la compréhension des mécanismes intervenant dans le domaine de la pollution industrielle ainsi qu'aux concepts de protection de l'environnement.

Généralités : aspects légaux et réglementaires de la sécurité et de l'hygiène industrielles. Définitions des différents organismes. Sécurité : définitions et statistiques relatives à la sécurité; concepts d'accident. Organisation d'un programme de prévention; comité de santé, sécurité; formation-information; système de registres. Inspections, enquêtes et analyse d'accidents, analyse sécuritaire de tâches. Sécurité en atelier; équipement de protection; prévention des incendies. Hygiène : bruit industriel, contrainte thermique et contrôle. Principes de ventilation industrielle. Les contaminants chimiques : toxicologie, valeurs limites admissibles, échantillonnage et contrôle. Techniques de contrôle des émissions atmosphériques, liquides et solides.

### **GIA1154 - Procédés de fabrication industriels**

Aspects techniques et économiques des procédés industriels utilisés dans les principales industries manufacturières (métal, bois, plastique, alimentation, cimenterie, etc.) et pour différents types de matériaux (métaux, polymères, bois, matériaux composites, etc.). L'étudiant-e sera amené-e

à connaître et comprendre les procédés de transformation suivant (mais non exhaustif) : usinage (tournage, fraisage, perçage et autres procédés), soudage et brasage, formage (forgeage, pliage, emboutissage, extrusion, moulage et mise en forme, découpage (poinçonnage, découpe laser, jet d'eau et plasma), métallurgie des poudres, fabrication additive, traitements des surfaces (revêtements, dépôts), presses, machines-outils et outillage, thermoformage, commande numérique des procédés, assemblage automatisé, emballage.

Séances de travaux pratiques d'expérimentation de procédés.

### **GMC1006 - Mécanique des machines**

Acquisition des connaissances indispensables à l'analyse cinématique, statique et dynamique des systèmes mécaniques qui constituent les mécanismes industriels.

Liaisons mécaniques : degrés de liberté, analyse cinématique des mécanismes. Mécanismes. Principe du travail virtuel. Analyse dynamique des mécanismes. Forces internes et réactions; analyses statique, cinéto-statique et dynamique.

### **GMC1016 - Elasticité et plasticité**

Acquisition de la capacité d'élaborer et de résoudre des modèles mathématiques qui simulent les états de contrainte et de déformation dans le domaine élastique et au-delà du domaine élastique.

Etats de contrainte et de déformation bidimensionnels et tridimensionnels. Méthodes énergétiques. Etats de contrainte élastoplastique et plastique. Analyse limite du comportement des structures. Etats de contrainte spéciaux.

### **GMC1017 - Design des éléments de machines**

Acquisition des connaissances générales sur la conception et l'analyse des éléments de machines couramment employés dans l'industrie et sur la durée de vie des éléments de machines soumises aux sollicitations statiques et variables.

Etapes du processus de design. Facteur de sécurité et fiabilité en conception mécanique. Concentrateurs de contraintes. Théories de limitation en chargement statique et en chargement variable. Conception, chargement limite et vérification des éléments de machines. Eléments de machines couramment utilisés dans l'industrie. Conception des éléments de machines assistée par l'ordinateur.

### **GMC1025 - Robotique industrielle**

Ce cours de synthèse vise à intégrer un ensemble de notions mathématiques, d'informatique, de robotique, de design et d'automatisation dans le but de maîtriser la conception de cellules flexibles de fabrication faisant interagir robots, automates, machines à commandes numériques et convoyeurs.

Introduction à la robotique : types de robots, configurations géométriques, caractéristiques techniques. Modélisation des robots : cinématique directe, cinématique inverse, calcul des vitesses et accélérations. Aspects de sécurité. Conception des trajectoires. Analyse statique et dynamique. Contrôle PID indépendant et asservissement. Projet de mise en oeuvre et programmation d'une cellule flexible avec 2 robots, 2 automates, un convoyeur et 4 postes de fabrication.

### **GMC1031 - Asservissements et commande des systèmes mécaniques**

Acquisition de connaissances sur la conception et l'analyse de systèmes asservis pneumatiques, hydrauliques ou électriques ainsi que sur les concepts de base du calcul discret et de la commande par ordinateur.

Connaissance générale des systèmes de commande incluant les actionneurs mécaniques ainsi que des connaissances de base en électronique linéaire. Composants de base en pneumatique et hydraulique. Modélisation de systèmes mécaniques. Régulateurs PID et ajustement par la méthode de Zeigler-Nichols. Stabilité des systèmes asservis : fonction de transfert, système en boucle fermée et lieux des racines. Commande numérique de procédés : modèles discrets, algorithme discret de commande de procédés, filtrage numérique et applications pratiques.

### **GMC1035 - Méthodes numériques appliquées à l'ingénierie**

Apprendre à formuler et résoudre des problèmes courants d'ingénierie au moyen des techniques numériques les plus utilisées.

Applications des différentes méthodes directes de systèmes linéaires, telles la méthode Gauss, la méthode LU, la méthode Gauss-Jordan et itératives, à

la solution de problèmes rencontrés en ingénierie, comme celui des vibrations. Traitement des problèmes de régression simple ou multiple avec test de confiance sur les paramètres, appliqué à l'équilibrage des réseaux électriques ainsi qu'à la solution des problèmes de bilan-matière. L'étude des procédures automatiques de recherche de modèles. Les méthodes de différentiation et d'intégration numériques; les problèmes de valeurs initiales et la solution des systèmes d'équations différentielles applicables à des problèmes pratiques, comme celui de la conception d'un système de suspension.

### **GMC1044 - Projet de conception (6 crédits)**

Ce cours a pour objectif de mettre une équipe d'étudiants en situation réelle de conception ou d'amélioration de la conception d'un système mécanique ou mécatronique. Il vise principalement l'application et l'intégration de connaissances, d'aptitudes et de méthodologies de travail acquises au cours du programme. Les étudiants devront en particulier appliquer une démarche de conception intégrée, typique du champ de la mécanique et ou de la mécatronique pour idéalement aboutir à la réalisation d'un prototype.

Sous la supervision d'un professeur, l'équipe d'étudiants élabore un projet dont la problématique est proposée par une entreprise. Ce projet est développé durant deux sessions successives.

Règlement pédagogique particulier : Pour s'inscrire à ce cours, l'étudiant doit avoir réussi soixante-quinze (75) crédits de cours obligatoires et optionnels de son programme.

### **GMC1051 - Modélisation des systèmes mécatroniques (6 crédits)**

Initiation aux méthodes de modélisation et de commande de systèmes multiphysiques en mécatronique : systèmes composés de modules électriques, mécaniques, thermiques, hydrauliques, etc. Modélisation dynamique des systèmes mécatroniques. Initiation à la modélisation de systèmes complets par les graphes de liaison (formalisme Bond Graph) et par la Représentation Énergétique Macroscopique. Analyse et caractérisation de la réponse dynamique des systèmes mécatroniques par simulation (pour les systèmes linéaires). Mise en évidence des aspects unidimensionnels et multidimensionnels des systèmes mécaniques, thermiques, hydrauliques.

### **GMC1052 - Mécatronique avancée (6 crédits)**

Conception détaillée des systèmes mécatroniques basée sur les représentations Bond Graph ou REM (Représentation Énergétique Macroscopique). Choix et dimensionnement de composants (Capteurs, actionneurs et systèmes de commande). Intégration de diverses technologies, adaptation et commande des actionneurs hydrauliques, pneumatiques et électriques (électrohydraulique, électropneumatique, servomoteurs, etc.). Initiation à la commande non linéaire et au contrôle intelligent. Contrôle et monitoring décentralisés des systèmes mécaniques basés sur l'Internet des Objets (IOT) et les objets connectés pour l'industrie 4.0. Notions de réseautique pour la commande. Initiation aux applications web, serveur web, formats de données et bases de données.

### **GMC1053 - Choix de projet de conception (0 crédits)**

Ce cours a pour objectif de trouver un projet et de former une équipe en vue du cours Projet de conception (GMC1044).

NOTE : Ce cours utilise la notation succès (S) ou échec (E).

Préalable : Pour s'inscrire à ce cours, l'étudiant doit avoir réussi tous les cours des deux premières années du programme.

### **GMC6014 - Introduction à la méthode des éléments finis (0 crédits)**

Construire les bases théoriques nécessaires à la résolution numérique des problèmes physiques rencontrés par l'ingénieur en conception mécanique : fondements mathématiques (éléments finis, différences finies, éléments de frontières), techniques d'analyse numérique, champs de solution recherchés. Introduction aux techniques modernes de conception et d'optimisation par l'apprentissage d'un système commercial.

Éléments de calcul tensoriel. Résolution numérique des systèmes d'équations aux dérivées partielles. Méthode des différences finies. Méthode des éléments finis : fondements mathématiques, formes intégrales, formulations faibles, obtention de systèmes linéaires, application des techniques d'analyse numérique. Visualisation des champs de solutions. Résolution de problèmes d'élasticité linéaire. Écoulement de fluides. Transferts thermiques. Introduction aux éléments de frontières. Pratique d'un système commercial. Maillage, raffinement adaptatif, optimisation de forme. Nouveaux développements.

### **ING1039 - Statique et dynamique I (0 crédits)**

Initiation aux lois régissant l'équilibre statique des corps dans le plan et dans l'espace et la dynamique des particules en mouvement curviligne dans le plan.

L'étude de la statique comprend l'analyse des forces externes, de l'équilibre multidimensionnel, le frottement et les assemblages plans. Celle de la dynamique comprend la cinématique et la cinétique rectiligne et curviligne. Les propriétés des surfaces planes telles que centre de gravité et moments d'inertie sont aussi étudiées dans le cadre de ce cours.

### **ING1040 - Statique et dynamique II (0 crédits)**

Ce cours vise la valorisation des connaissances acquises dans les cours de mathématiques, physique et statique et dynamique I. Il a pour principal objectif la maîtrise dans l'élaboration de modèles mathématiques qui simulent le comportement cinématique et dynamique des corps rigides. La solution de ces modèles par des outils informatiques, tant sous forme symbolique que numérique, fait également partie des objectifs de ce cours.

Cinématique et cinétique des corps rigides; méthodes énergétiques; vibrations; projets sur Matlab.

### **ING1042 - Dessin technique et DAO (0 crédits)**

Développer, chez l'étudiant en ingénierie, une dextérité manuelle et intellectuelle, des éléments indispensables à un langage et une expression graphique propres à ses fonctions futures; l'atteinte de ces objectifs est réalisée par le développement de l'esprit d'observation, du sens de la précision et de la capacité de s'exprimer graphiquement. Le cours vise également l'acquisition d'une connaissance générale des éléments indispensables à l'élaboration, au développement et à la mise en oeuvre d'un projet en ingénierie.

Acquérir les connaissances et les habiletés requises pour pouvoir utiliser le dessin technique comme moyen de communication dans les principaux champs d'activités en ingénierie. Assimiler les notions et techniques de base requises à la conception de dessins techniques assistée par ordinateur.

### **ING1043 - Matériaux de l'ingénieur (0 crédits)**

Acquérir la connaissance des caractéristiques générales physiques et des propriétés des principaux matériaux, indispensable à toute activité technique en ingénierie. L'atteinte de cet objectif est assurée par l'élaboration et le développement de la compréhension de la nature des matériaux et de leurs propriétés, dans la perspective de leur utilisation en fonction des conditions de la pratique industrielle courante.

Le cours a un caractère transdisciplinaire et, dans cette optique, sont étudiés les aspects suivants : classes des matériaux; structures des solides; métaux ferreux, non-ferreux et alliages, polymères, céramiques et composites; propriétés mécaniques; propriétés électriques; semi-conducteurs et conducteurs; diagrammes de phase; corrosion et lutte contre la corrosion; modification des propriétés des matériaux; utilisations industrielles des matériaux.

### **ING1045 - Tolérancement et CAO (0 crédits)**

Comprendre l'importance pratique et l'importance économique du tolérancement lors de la conception en ingénierie simultanée, du choix judicieux lors du processus de conception, des valeurs des intervalles de tolérances à apposer sur les pièces selon leur fonction et faire le lien entre les tolérances sur le dessin de fabrication et les instruments de métrologie permettant le contrôle dimensionnel et géométrique. Connaître les concepts des logiciels de CAO les plus récents.

Tolérances dimensionnelles et ajustements : normes ISO et ANSI. Critères d'états de surface. Tolérances géométriques : tolérances de forme, tolérances associées. Cotation fonctionnelles et au maximum de matière et leur utilisation en conception. Impacts des choix de conception sur les coûts de fabrication en ingénierie simultanée. Métrologie : principes du contrôle dimensionnel et géométrique. Instruments de mesure traditionnels. Machine à mesurer les coordonnées. Modélisation solide des assemblages. Simulation cinématique d'assemblage. Développement de fonctions supplémentaires dans un logiciel de CAO.

### **ING1056 - Résistance des matériaux (0 crédits)**

L'objectif de ce cours est d'initier les étudiants au comportement des éléments mécaniques et structuraux; nous y verrons le calcul des efforts internes et des déformations ainsi que le dimensionnement.

Le chargement axial. La torsion des barres cylindriques. La flexion des poutres (le calcul des efforts internes, de la flèche ainsi que le dimensionnement). Les poteaux. Les chargements complexes (le calcul des efforts internes, le dimensionnement, le cercle de Mohr). Les effets de la température. Les cylindres sous pression. (Laboratoires).

### **ING1057 - Thermodynamique appliquée I (0 crédits)**

Comprendre les transformations de l'énergie dans des systèmes en équilibre. Énoncer, expliquer et appliquer les quatre principes de la thermodynamique aux substances, aux machines et aux systèmes en général.

Température. Pression. Énergie. Travail. Concept d'énergie interne. Procédés sans écoulement et avec écoulement. Première loi de la thermodynamique. Concept du procédé réversible. Le procédé irréversible. Propriétés thermiques des gaz. Concept d'enthalpie. Chaleur spécifique. Deuxième principe de la thermodynamique. Cycle de Carnot. Entropie. Fonctions thermodynamiques des substances pures. Applications de la thermodynamique à divers systèmes. Détente Joule-Thompson. Compresseurs. Machines thermiques. Réfrigération.

### **ING1058 - Phénomènes d'échanges (0 crédits)**

Comprendre les principes qui gouvernent les phénomènes de transferts. Développer les habiletés pour établir une approche mathématique rigoureuse des systèmes d'échanges et de solutions des problématiques concrètes à partir d'hypothèses imposées par les contraintes industrielles.

Introduction aux phénomènes, viscosité et transfert de quantité de mouvement. Distribution de vitesse en écoulement laminaire. Principes d'échanges pour des systèmes isothermes. Transfert interphase : équation de Bernoulli, appareils de mesure, friction. Conductivité thermique et mécanisme de transfert de l'énergie. Distribution de température dans les solides et les liquides en écoulement laminaire. Transfert de chaleur par convection. Équations empiriques pour le calcul du coefficient de transfert de chaleur. Échangeurs de chaleur. Introduction aux phénomènes de transfert de masse.

### **ING1100 - Communication et méthodes de travail en ingénierie (0 crédits)**

Ce cours vise à développer les compétences nécessaires pour communiquer efficacement dans un contexte d'ingénierie, travailler efficacement en équipe multidisciplinaire en ingénierie et utiliser adéquatement les outils de communication.

Communication par oral, par écrit et par méthodes audiovisuelles des différents concepts et raisonnements associés à la pratique du génie. Théories et règles de communication. Caractère humain de la communication. Méthodes de travail en groupe.

Outils et logiciels liés à la communication en ingénierie et au travail collaboratif. Méthodes de recherche documentaire et bibliographique. Rédaction de rapports techniques et présentation de l'information.

### **ING1200 - Pratique de la profession d'ingénieur (0 crédits)**

Offert à l'ensemble des baccalauréats en génie, ce cours vise à développer des compétences complémentaires aux savoirs disciplinaires étroitement liées à l'exercice de la profession d'ingénieur.

L'évolution des compétences de l'ingénieur(e) : processus d'accès au titre professionnel d'ingénieur(e), responsabilités de l'ingénieur(e) et formation continue. Les fondements théoriques et applications pratiques du professionnalisme, de l'éthique et de la déontologie en lien avec le travail de l'ingénieur(e).

L'environnement légal de l'ingénieur(e) : lois, règlements et normes qui encadrent les travaux d'ingénierie et le développement de produits. L'ingénieur(e) et la mondialisation. L'environnement professionnel de l'ingénieur(e) : ouverture, savoir être et normes de comportement.

Rôle de l'ingénieur(e) dans le développement de produits, les projets de conception et de construction ainsi que dans la recherche et développement. Les décisions de l'ingénieur(e) et leurs impacts sur la société et la population : l'utilisation des énergies renouvelables, le développement durable, le cycle de vie des produits, l'empreinte écologique et la gestion de risques technologiques.

### **MAP1006 - Mathématiques appliquées I (0 crédits)**

Transmettre à l'étudiant les bases de l'algèbre matricielle, l'introduire aux méthodes numériques, lui donner les outils nécessaires à la résolution des équations différentielles ordinaires et lui montrer certaines applications des équations différentielles. Algèbre matricielle : matrices, définitions et opérations, matrice triangulaire, diagonale, transposée d'une matrice, matrice régulière et rang, déterminants, inverse d'une matrice,

solution d'équations linéaires, valeurs et vecteurs propres. Nombres complexes. Équations différentielles : classification, solution d'une équation différentielle avec interprétation géométrique; équations différentielles du premier ordre, équations exactes et facteur intégrant, équations à variables séparables, homogènes, linéaires, de Bernoulli; applications (trajectoires orthogonales, problèmes de taux, etc.). Équations différentielles d'ordre supérieur : système fondamental de solutions, équations linéaires, homogènes à coefficients constants, réduction d'ordre, équations linéaires non-homogènes, équations d'Euler-Cauchy; résolution en séries de puissances; applications. Systèmes d'équations différentielles homogènes et non homogènes.

### **MAP1007 - Mathématiques appliquées II (0 crédits)**

Acquisition de notions fondamentales sur les fonctions à plusieurs variables, les courbes et les surfaces dans le plan et l'espace. Applications du calcul différentiel et intégral à plusieurs variables ainsi que le calcul vectoriel.

Éléments de géométrie analytique. Courbes planes, tangentes et longueur d'arc, coordonnées polaires, intégrales en coordonnées polaires, équations polaires des coniques. Vecteurs de dimension deux et trois, produit scalaire, produit vectoriel, droites et plans, surfaces. Fonctions vectorielles et courbes dans l'espace, limites, dérivées et intégrales, cinématique, courbure, composantes tangentielle et normale de l'accélération, lois de Kepler. Fonctions de plusieurs variables, limites et continuité, dérivées partielles, accroissement et différentielle, dérivation de fonctions composées, dérivées directionnelles, normales et plans tangents, valeurs extrêmes de fonctions à plusieurs variables, multiplicateurs de Lagrange. Intégrales doubles, aire et volume, intégrales doubles en coordonnées polaires, aires de surfaces, intégrales triples, moment d'inertie et centre de masse, coordonnées cylindriques, coordonnées sphériques, changement de variables et jacobiens. Champs vectoriels, intégrales curvilignes, indépendance du chemin, théorème de Green-Riemann, intégrales de surface, théorème de flux-divergence, théorème de Stokes.

### **MAP1008 - Mathématiques appliquées III (0 crédits)**

Application du calcul des transformées, des nombres complexes et des variables complexes.

Séries de Fourier : applications aux problèmes, aux limites des équations aux dérivées partielles. Fonction d'une variable complexe : théorèmes de Cauchy. Calcul des résidus. Transformation de Laplace : calcul des transformées de Laplace. Applications aux équations différentielles ordinaires.

### **STT1001 - Probabilités et statistiques (0 crédits)**

Statistiques de base en vue des applications.

Séries statistiques : histogramme et polygone. Mesures de tendance centrale. Mesures de dispersion. Moments. Éléments de probabilités : variables aléatoires, distributions binomiales, hypergéométriques, normales. Poisson. Introduction à l'échantillonnage. Tests d'hypothèses simples.

### **Cours optionnels (9 crédits)**

L'étudiant suit de 0 à 9 crédits parmi les cours suivants :

#### **GEI1042 - Circuits analogiques (0 crédits)**

Acquérir les bases théoriques et pratiques en électronique pour concevoir des systèmes électroniques modernes. Développer la capacité d'analyse, de synthèse et de choix de composants électroniques.

Diode PN : relation  $v-i$ , résistance dynamique, circuit équivalent. Diode Zener : relation  $v-i$ , tension de coude, impédance zener. Transistor bipolaire : modèle de Eber-Mol, polarisation, circuits équivalents en T et H, montages : base commune, émetteur commun et collecteur commun. Conception des amplificateurs : circuit équivalent ac, gain de tension, résistance d'entrée, résistance de sortie. Transistor JFET : amplificateurs source commune, grille commune et drain commun. Réponse en fréquence : effet Miller, courbe de réponse. Régime transitoire. Compensation haute fréquence. Notions de bruit. Conception d'amplificateurs BF, HF.

#### **GEI1057 - Microsystèmes de mesure (0 crédits)**

Acquérir une méthodologie propre à la résolution des problèmes de mesures complexes rencontrés dans la pratique professionnelle d'un ingénieur, incluant les notions de miniaturisation en technologie microsystèmes.

Comprendre les systèmes de mesure en technologie microsystemes : modèle général de la mesure, mesures électriques, conversion du mesurande, capteurs et actionneurs, estimation du mesurande, reconstitution du mesurande, méthodologie de son design, blocs fonctionnels matériels et logiciels et traitement des signaux de mesures. Comprendre les microsystemes : étude des éléments microélectroniques, micromachinés, microoptiques, possibilités et limites de ces technologies, problèmes d'interfaçage, combinaisons des éléments de différentes natures appelés systèmes microélectromachinés (MEMS) et microélectrooptiques (MEOPS).

### **GEI1058 - Traitement numérique du signal (0 crédits)**

Acquérir les notions utiles en traitement numérique du signal et plus particulièrement les méthodes de filtrage adaptatif essentielles aux systèmes de mesures, de télécommunication et de commande.

Concepts de base : signaux et systèmes numériques, produit de convolution, transformée en Z, transformation de Fourier discrète. Transformée rapide de Fourier (FFT) : principe, structure papillon, entrelacement temporel et fréquentiel, autres algorithmes de calcul rapide FFT. Convolution rapide. Filtrage numérique : filtres à réponse impulsionnelle finie (RIF) et infinie (RII), utilisation de fenêtres. Filtrage adaptatif, méthodes du gradient (LMS), méthodes de moindres carrées (RLS). Filtrage optimal : Wiener (MMSE), Kalman. Introduction aux techniques modernes : réseaux de neurones, ondelettes, algorithmes génétiques.

### **GEI1076 - Programmation objet pour systèmes embarqués (0 crédits)**

Acquérir les connaissances de base de la programmation et du développement en langage de programmation objet C#, appliqué aux systèmes embarqués.

Introduction aux outils graphiques de développement, classes et héritages dans le but de faire des applications interface entre l'ordinateur et des systèmes embarqués. Élaboration de contrôle par programmation de haut niveau, paramétrage et protocole d'échange. Permettre à l'étudiant de faire un choix algorithmique en fonction de critères matériels. Évaluation de performance algorithmique dans le but d'optimiser le code de haut niveau. Permettre à l'étudiant de faire une approche technique élémentaire de tests. Revoir les concepts de fichiers entrées/sorties.

### **GEI1077 - Instrumentation et contrôle des procédés (0 crédits)**

Ce cours constitue une initiation à l'automatisation des procédés en usine de production et aux systèmes SCADA. Il donne une vue d'ensemble sur les différents éléments d'un système industriel de contrôle.

On y étudie l'aspect logiciel et matériel d'un système de production industriel ainsi que la définition et la documentation du procédé. On voit ensuite l'architecture ainsi que les éléments matériels du système de contrôle : instrumentation, actionneurs, automates, réseaux d'usine, stations d'opération et d'ingénierie.

Les aspects sûreté des systèmes et environnement ainsi que la gestion de projet d'instrumentation et contrôle sont introduits.

### **GEI1083 - Conception de systèmes embarqués (0 crédits)**

L'étudiant sera apte à comprendre les notions théoriques et pratiques reliées à la conception et à la réalisation d'un système embarqué. L'étudiant développera une plateforme matérielle et logicielle basée sur une technologie de processeurs embarqués d'un système sur puce (System on Chip- SoC). Il abordera les modules associés à la conception de circuits numériques avancés notamment, les périphériques d'entrées – sorties : temporisateurs, UART, SPI, I2C, ADC, capture de signaux et les technologies de transmission : WiFi, Bluetooth, Zigbee, LoRa, NB-IOT, 5G. Introduction aux applications dans le domaine de l'internet des objets (IdO).

### Systèmes mécatroniques intelligents

### **GMC6006 - Systèmes cyber-physiques (0 crédits)**

Ce cours permet aux étudiants de se familiariser avec la conception et la commande de réseaux distribués de machines physiques (capteurs, actionneurs), l'intégration physique-machine, la communication machine-machine et homme-machine ainsi que les capacités qui permettent à des objets hétérogènes d'interagir. Plusieurs notions seront abordées dans ce cours dont : la commande de systèmes sur réseaux, le partage des ressources de communication et de calcul, les systèmes de commande embarqués et distribués, la commande décentralisée, l'interconnexion, le développement et l'utilisation des plateformes infonuagiques, l'internet des objets (IOT) et l'internet industriel des objets (IIOT), les outils de programmation haut-niveau pour le traitement de flux de données en temps-réel sur serveurs, la sécurité des systèmes cyber-physiques, la gestion et la



confidentialité des données : techniques de chiffrement pour la protection et le traitement de signaux temps-réel, ainsi que la détection des fautes et des attaques.

### **GMC6007 - Commande avancée des systèmes intelligents multivariables (0 crédits)**

Ce cours permet aux étudiants d'acquérir les habiletés de modélisation, d'optimisation et de commande de systèmes multivariables. Les outils d'intelligence artificielle seront appliqués pour la modélisation et la prédiction ainsi qu'aux problèmes d'optimisation. De plus, le cours abordera entre autres les notions suivantes : commande avancée (commande linéaire quadratique, RST, H infini, commande prédictive), les observateurs d'état (Luenberger, filtre de Kalman), les méthodes d'optimisation non linéaire avec et sans contraintes, les algorithmes génétiques et la fusion de données multi-capteurs.

#### Modélisation et simulation numériques avancées

### **GMC6008 - Modélisation numérique avancée en ingénierie (0 crédits)**

Simulations numériques des phénomènes mécaniques dans un environnement de conception et fabrication assistées par ordinateur (CFAO).

Comprendre les modèles curvilignes, surfaciques et solides (BREP et arbre des caractéristiques) utilisés pour modéliser géométriquement des pièces et assemblages. Propriétés des courbes, surfaces et solides et opérateurs

entre modèles.

Développement d'un système de données optimal pour représenter les différents types de modèles en utilisant des concepts avancés de programmation orientée objet (héritage, polymorphisme, etc.). Application au calcul des

propriétés et au développement des opérateurs des modèles.

### **GMC6009 - Maillages et analyses par éléments finis avancées (0 crédits)**

Ce cours a pour objectif d'aborder des notions avancées de modélisation et calcul par éléments finis.

Types de maillages et méthodes automatiques de génération de maillages. Mesure de la qualité des maillages, estimateurs d'erreur et adaptation de maillages.

Éléments finis en mécanique non linéaire. Types de non-linéarités, formalismes et tenseurs fondamentaux utilisés en mécanique non-linéaire. Méthodes numériques utilisées pour la résolution des systèmes non-linéaires. Méthodes incrémentales.

Éléments finis en dynamique structurelle. Modélisation dynamique des systèmes discrets. Analyse modale, fréquences et modes propres de vibration. Orthogonalité des modes et découplage des équations. Modèles continus pour l'analyse vibratoire de pièces et structures. Discrétisation spatiale, matrices de masse et de rigidité. Application à des éléments de barres et de poutres. Méthodes de résolution numérique des systèmes dynamiques en régime forcé : discrétisation temporelle et méthodes de superposition modale.

#### Procédés

### **GMC6010 - Introduction au génie des procédés (0 crédits)**

Développer une approche systématique à la solution de problèmes complexes de procédés industriels typiques au moyen de bilans de masse et d'énergie. Calculs d'ingénierie : unités et dimensions, conversion d'unités, etc. Variables de procédés et notions d'instrumentation: masse et volume, débit, pression, température, composition chimique, etc. Déplacement de fluides par pompage, compression, etc. Diagramme d'écoulement, bilans à une ou plusieurs unités, avec ou sans réaction. Systèmes à une phase : gaz idéaux et gaz réels. Systèmes à plusieurs phases : systèmes gaz-liquide et solide-liquide miscibles ou partiellement miscibles. Introduction aux bilans molaires.

### **GMC6011 - Opérations unitaires (0 crédits)**

Analyse et réalisation de la conception d'unités de base en génie des procédés intégrant des concepts de thermodynamique, de mécanique des fluides et de transfert thermique. Applications et exemples dans le domaine

de l'environnement, de la production d'énergie et l'industrie manufacturière. Évaporateurs simples et à multiples effets. Filtration classique et

membranaire. Séchage, humidification et tour de refroidissement. Séparation mécanique-physique telle que le tamisage, la sédimentation et la centrifugation. Combustion, génération de vapeur et gazéification. Opération d'électrolyseur, de pile à combustible et d'échangeur ionique. Absorption gaz-liquide. Distillation.

#### Mécanique des matériaux et des structures

##### **GMC6012 - Modélisation avancée du comportement des matériaux et assemblages (0 crédits)**

Ce cours vise à acquérir des connaissances et des compétences approfondies dans le domaine de la modélisation, de la prédiction et de l'optimisation des comportements des matériaux. Il a pour objectif de fournir des bases théoriques solides dans le but de guider une sélection éco-responsable des matériaux en conception mécanique. Il met l'accent sur le développement et l'optimisation des nouveaux matériaux dans un contexte de développement durable. Le cours couvre divers aspects tels que les lois de comportement, les modèles numériques, les modèles micromécaniques pour prédire les propriétés des composites, les phénomènes de fluage et de relaxation des plastiques et des composites, la fatigue, la mécanique de la rupture et de l'endommagement, ainsi que les méthodes de contrôle non destructif des matériaux. De plus, l'accent est également mis sur le comportement des assemblages et les critères et les indices de performance qui guident la sélection des matériaux en conception mécanique.

##### **GMC6013 - Conception et fabrication de pièces en matériaux plastiques et composites (0 crédits)**

Acquérir les connaissances spécifiques à la fabrication et la conception de pièces avec les matériaux plastiques et composites.

Caractériser les divers types de polymères thermoplastiques et thermodurcissables. Établir les propriétés de base des éléments constitutifs et celles du pli élémentaire d'un composite multicouche. Établir et utiliser la théorie des laminés pour la conception d'une pièce composite multicouche. Acquérir les notions essentielles au moulage de pièces. Passer en revue les différents procédés de moulage des pièces plastiques et composites et des paramètres à prendre en compte lors du moulage d'une pièce.

#### **Cours optionnels (9 crédits)**

##### Systèmes mécatroniques intelligents

L'étudiant suit de 0 à 9 crédits parmi les cours suivants :

##### **GEI1042 - Circuits analogiques (0 crédits)**

Acquérir les bases théoriques et pratiques en électronique pour concevoir des systèmes électroniques modernes. Développer la capacité d'analyse, de synthèse et de choix de composants électroniques.

Diode PN : relation  $v-i$ , résistance dynamique, circuit équivalent. Diode Zener : relation  $v-i$ , tension de coude, impédance zener. Transistor bipolaire : modèle de Eber-Mol, polarisation, circuits équivalents en T et H, montages : base commune, émetteur commun et collecteur commun. Conception des amplificateurs : circuit équivalent ac, gain de tension, résistance d'entrée, résistance de sortie. Transistor JFET : amplificateurs source commune, grille commune et drain commun. Réponse en fréquence : effet Miller, courbe de réponse. Régime transitoire. Compensation haute fréquence. Notions de bruit. Conception d'amplificateurs BF, HF.

##### **GEI1057 - Microsystèmes de mesure (0 crédits)**

Acquérir une méthodologie propre à la résolution des problèmes de mesures complexes rencontrés dans la pratique professionnelle d'un ingénieur, incluant les notions de miniaturisation en technologie microsystèmes.

Comprendre les systèmes de mesure en technologie microsystèmes : modèle général de la mesure, mesures électriques, conversion du mesurande, capteurs et actionneurs, estimation du mesurande, reconstitution du mesurande, méthodologie de son design, blocs fonctionnels matériels et logiciels et traitement des signaux de mesures. Comprendre les microsystèmes : étude des éléments microélectroniques, micromachinés, microoptiques, possibilités et limites de ces technologies, problèmes d'interfaçage, combinaisons des éléments de différentes natures appelés systèmes microélectromachinés (MEMS) et microélectrooptiques (MEOPS).

### **GEI1058 - Traitement numérique du signal (0 crédits)**

Acquérir les notions utiles en traitement numérique du signal et plus particulièrement les méthodes de filtrage adaptatif essentielles aux systèmes de mesures, de télécommunication et de commande.

Concepts de base : signaux et systèmes numériques, produit de convolution, transformée en Z, transformation de Fourier discrète. Transformée rapide de Fourier (FFT) : principe, structure papillon, entrelacement temporel et fréquentiel, autres algorithmes de calcul rapide FFT. Convolution rapide. Filtrage numérique : filtres à réponse impulsionnelle finie (RIF) et infinie (RII), utilisation de fenêtres. Filtrage adaptatif, méthodes du gradient (LMS), méthodes de moindres carrées (RLS). Filtrage optimal : Wiener (MMSE), Kalman. Introduction aux techniques modernes : réseaux de neurones, ondelettes, algorithmes génétiques.

### **GEI1076 - Programmation objet pour systèmes embarqués (0 crédits)**

Acquérir les connaissances de base de la programmation et du développement en langage de programmation objet C#, appliqué aux systèmes embarqués.

Introduction aux outils graphiques de développement, classes et héritages dans le but de faire des applications interface entre l'ordinateur et des systèmes embarqués. Élaboration de contrôle par programmation de haut niveau, paramétrage et protocole d'échange. Permettre à l'étudiant de faire un choix algorithmique en fonction de critères matériels. Évaluation de performance algorithmique dans le but d'optimiser le code de haut niveau. Permettre à l'étudiant de faire une approche technique élémentaire de tests. Revoir les concepts de fichiers entrées/sorties.

### **GEI1077 - Instrumentation et contrôle des procédés (0 crédits)**

Ce cours constitue une initiation à l'automatisation des procédés en usine de production et aux systèmes SCADA. Il donne une vue d'ensemble sur les différents éléments d'un système industriel de contrôle.

On y étudie l'aspect logiciel et matériel d'un système de production industriel ainsi que la définition et la documentation du procédé. On voit ensuite l'architecture ainsi que les éléments matériels du système de contrôle : instrumentation, actionneurs, automates, réseaux d'usine, stations d'opération et d'ingénierie.

Les aspects sûreté des systèmes et environnement ainsi que la gestion de projet d'instrumentation et contrôle sont introduits.

### **GEI1083 - Conception de systèmes embarqués (0 crédits)**

L'étudiant sera apte à comprendre les notions théoriques et pratiques reliées à la conception et à la réalisation d'un système embarqué. L'étudiant développera une plateforme matérielle et logicielle basée sur une technologie de processeurs embarqués d'un système sur puce (System on Chip- SoC). Il abordera les modules associés à la conception de circuits numériques avancés notamment, les périphériques d'entrées – sorties : temporisateurs, UART, SPI, I2C, ADC, capture de signaux et les technologies de transmission : WiFi, Bluetooth, Zigbee, LoRa, NB-IOT, 5G. Introduction aux applications dans le domaine de l'internet des objets (IdO).

### Systèmes mécatroniques intelligents

#### **GMC6006 - Systèmes cyber-physiques (0 crédits)**

Ce cours permet aux étudiants de se familiariser avec la conception et la commande de réseaux distribués de machines physiques (capteurs, actionneurs), l'intégration physique-machine, la communication machine-machine et homme-machine ainsi que les capacités qui permettent à des objets hétérogènes d'interagir. Plusieurs notions seront abordées dans ce cours dont : la commande de systèmes sur réseaux, le partage des ressources de communication et de calcul, les systèmes de commande embarqués et distribués, la commande décentralisée, l'interconnexion, le développement et l'utilisation des plateformes fonduagiques, l'internet des objets (IOT) et l'internet industriel des objets (IIOT), les outils de programmation haut-niveau pour le traitement de flux de données en temps-réel sur serveurs, la sécurité des systèmes cyber-physiques, la gestion et la confidentialité des données : techniques de chiffrement pour la protection et le traitement de signaux temps-réel, ainsi que la détection des fautes et des attaques.

#### **GMC6007 - Commande avancée des systèmes intelligents multivariables (0 crédits)**

Ce cours permet aux étudiants d'acquérir les habiletés de modélisation, d'optimisation et de commande de systèmes multivariables. Les outils d'intelligence artificielle seront appliqués pour la modélisation et la prédiction ainsi qu'aux problèmes d'optimisation. De plus, le cours abordera

entre autres les notions suivantes : commande avancée (commande linéaire quadratique, RST, H infini, commande prédictive), les observateurs d'état (Luenberger, filtre de Kalman), les méthodes d'optimisation non linéaire avec et sans contraintes, les algorithmes génétiques et la fusion de données multi-capteurs.

#### Modélisation et simulation numériques avancées

##### **GMC6008 - Modélisation numérique avancée en ingénierie (0 crédits)**

Simulations numériques des phénomènes mécaniques dans un environnement de conception et fabrication assistées par ordinateur (CFAO).

Comprendre les modèles curvilignes, surfaciques et solides (BREP et arbre des caractéristiques) utilisés pour modéliser géométriquement des pièces et assemblages. Propriétés des courbes, surfaces et solides et opérateurs

entre modèles.

Développement d'un système de données optimal pour représenter les différents types de modèles en utilisant des concepts avancés de programmation orientée objet (héritage, polymorphisme, etc.). Application au calcul des

propriétés et au développement des opérateurs des modèles.

##### **GMC6009 - Maillages et analyses par éléments finis avancées (0 crédits)**

Ce cours a pour objectif d'aborder des notions avancées de modélisation et calcul par éléments finis.

Types de maillages et méthodes automatiques de génération de maillages. Mesure de la qualité des maillages, estimateurs d'erreur et adaptation de maillages.

Éléments finis en mécanique non linéaire. Types de non-linéarités, formalismes et tenseurs fondamentaux utilisés en mécanique non-linéaire. Méthodes numériques utilisées pour la résolution des systèmes non-linéaires. Méthodes incrémentales.

Éléments finis en dynamique structurelle. Modélisation dynamique des systèmes discrets. Analyse modale, fréquences et modes propres de vibration. Orthogonalité des modes et découplage des équations. Modèles continus pour l'analyse vibratoire de pièces et structures. Discrétisation spatiale, matrices de masse et de rigidité. Application à des éléments de barres et de poutres. Méthodes de résolution numérique des systèmes dynamiques en régime forcé : discrétisation temporelle et méthodes de superposition modale.

#### Procédés

##### **GMC6010 - Introduction au génie des procédés (0 crédits)**

Développer une approche systématique à la solution de problèmes complexes de procédés industriels typiques au moyen de bilans de masse et d'énergie. Calculs d'ingénierie : unités et dimensions, conversion d'unités, etc. Variables de procédés et notions d'instrumentation: masse et volume, débit, pression, température, composition chimique, etc. Déplacement de fluides par pompage, compression, etc. Diagramme d'écoulement, bilans à une ou plusieurs unités, avec ou sans réaction. Systèmes à une phase : gaz idéaux et gaz réels. Systèmes à plusieurs phases : systèmes gaz-liquide et solide-liquide miscibles ou partiellement miscibles. Introduction aux bilans molaires.

##### **GMC6011 - Opérations unitaires (0 crédits)**

Analyse et réalisation de la conception d'unités de base en génie des procédés intégrant des concepts de thermodynamique, de mécanique des fluides et de transfert thermique. Applications et exemples dans le domaine

de l'environnement, de la production d'énergie et l'industrie manufacturière. Évaporateurs simples et à multiples effets. Filtration classique et membranaire. Séchage, humidification et tour de refroidissement. Séparation mécanique-physique telle que le tamisage, la sédimentation et la centrifugation. Combustion, génération de vapeur et gazéification. Opération d'électrolyseur, de pile à combustible et d'échangeur ionique. Absorption gaz-liquide. Distillation.

#### Mécanique des matériaux et des structures

### **GMC6012 - Modélisation avancée du comportement des matériaux et assemblages (0 crédits)**

Ce cours vise à acquérir des connaissances et des compétences approfondies dans le domaine de la modélisation, de la prédiction et de l'optimisation des comportements des matériaux. Il a pour objectif de fournir des bases théoriques solides dans le but de guider une sélection éco-responsable des matériaux en conception mécanique. Il met l'accent sur le développement et l'optimisation des nouveaux matériaux dans un contexte de développement durable. Le cours couvre divers aspects tels que les lois de comportement, les modèles numériques, les modèles micromécaniques pour prédire les propriétés des composites, les phénomènes de fluage et de relaxation des plastiques et des composites, la fatigue, la mécanique de la rupture et de l'endommagement, ainsi que les méthodes de contrôle non destructif des matériaux. De plus, l'accent est également mis sur le comportement des assemblages et les critères et les indices de performance qui guident la sélection des matériaux en conception mécanique.

### **GMC6013 - Conception et fabrication de pièces en matériaux plastiques et composites (0 crédits)**

Acquérir les connaissances spécifiques à la fabrication et la conception de pièces avec les matériaux plastiques et composites.

Caractériser les divers types de polymères thermoplastiques et thermodurcissables. Établir les propriétés de base des éléments constitutifs et celles du pli élémentaire d'un composite multicouche. Établir et utiliser la théorie des laminés pour la conception d'une pièce composite multicouches. Acquérir les notions essentielles au moulage de pièces. Passer en revue les différents procédés de moulage des pièces plastiques et composites et des paramètres à prendre en compte lors du moulage d'une pièce.

### **Cours optionnels (9 crédits)**

Modélisation et simulation numériques avancées

L'étudiant suit de 0 à 9 crédits parmi les cours suivants :

#### **GEI1042 - Circuits analogiques (0 crédits)**

Acquérir les bases théoriques et pratiques en électronique pour concevoir des systèmes électroniques modernes. Développer la capacité d'analyse, de synthèse et de choix de composants électroniques.

Diode PN : relation  $v-i$ , résistance dynamique, circuit équivalent. Diode Zener : relation  $v-i$ , tension de coude, impédance zener. Transistor bipolaire : modèle de Eber-Mol, polarisation, circuits équivalents en T et H, montages : base commune, émetteur commun et collecteur commun. Conception des amplificateurs : circuit équivalent ac, gain de tension, résistance d'entrée, résistance de sortie. Transistor JFET : amplificateurs source commune, grille commune et drain commun. Réponse en fréquence : effet Miller, courbe de réponse. Régime transitoire. Compensation haute fréquence. Notions de bruit. Conception d'amplificateurs BF, HF.

#### **GEI1057 - Microsystèmes de mesure (0 crédits)**

Acquérir une méthodologie propre à la résolution des problèmes de mesures complexes rencontrés dans la pratique professionnelle d'un ingénieur, incluant les notions de miniaturisation en technologie microsystèmes.

Comprendre les systèmes de mesure en technologie microsystèmes : modèle général de la mesure, mesures électriques, conversion du mesurande, capteurs et actionneurs, estimation du mesurande, reconstitution du mesurande, méthodologie de son design, blocs fonctionnels matériels et logiciels et traitement des signaux de mesures. Comprendre les microsystèmes : étude des éléments microélectroniques, micromachinés, microoptiques, possibilités et limites de ces technologies, problèmes d'interfaçage, combinaisons des éléments de différentes natures appelés systèmes microélectromachinés (MEMS) et microélectrooptiques (MEOPS).

#### **GEI1058 - Traitement numérique du signal (0 crédits)**

Acquérir les notions utiles en traitement numérique du signal et plus particulièrement les méthodes de filtrage adaptatif essentielles aux systèmes de mesures, de télécommunication et de commande.

Concepts de base : signaux et systèmes numériques, produit de convolution, transformée en Z, transformation de Fourier discrète. Transformée rapide de Fourier (FFT) : principe, structure papillon, entrelacement temporel et fréquentiel, autres algorithmes de calcul rapide FFT. Convolution rapide. Filtrage numérique : filtres à réponse impulsionnelle finie (RIF) et infinie (RII), utilisation de fenêtres. Filtrage adaptatif, méthodes du gradient

(LMS), méthodes de moindres carrées (RLS). Filtrage optimal : Wiener (MMSE), Kalman. Introduction aux techniques modernes : réseaux de neurones, ondelettes, algorithmes génétiques.

### **GEI1076 - Programmation objet pour systèmes embarqués (0 crédits)**

Acquérir les connaissances de base de la programmation et du développement en langage de programmation objet C#, appliqué aux systèmes embarqués.

Introduction aux outils graphiques de développement, classes et héritages dans le but de faire des applications interface entre l'ordinateur et des systèmes embarqués. Élaboration de contrôle par programmation de haut niveau, paramétrage et protocole d'échange. Permettre à l'étudiant de faire un choix algorithmique en fonction de critères matériels. Évaluation de performance algorithmique dans le but d'optimiser le code de haut niveau. Permettre à l'étudiant de faire une approche technique élémentaire de tests. Revoir les concepts de fichiers entrées/sorties.

### **GEI1077 - Instrumentation et contrôle des procédés (0 crédits)**

Ce cours constitue une initiation à l'automatisation des procédés en usine de production et aux systèmes SCADA. Il donne une vue d'ensemble sur les différents éléments d'un système industriel de contrôle.

On y étudie l'aspect logiciel et matériel d'un système de production industriel ainsi que la définition et la documentation du procédé. On voit ensuite l'architecture ainsi que les éléments matériels du système de contrôle : instrumentation, actionneurs, automates, réseaux d'usine, stations d'opération et d'ingénierie.

Les aspects sûreté des systèmes et environnement ainsi que la gestion de projet d'instrumentation et contrôle sont introduits.

### **GEI1083 - Conception de systèmes embarqués (0 crédits)**

L'étudiant sera apte à comprendre les notions théoriques et pratiques reliées à la conception et à la réalisation d'un système embarqué. L'étudiant développera une plateforme matérielle et logicielle basée sur une technologie de processeurs embarqués d'un système sur puce (System on Chip- SoC). Il abordera les modules associés à la conception de circuits numériques avancés notamment, les périphériques d'entrées – sorties : temporisateurs, UART, SPI, I2C, ADC, capture de signaux et les technologies de transmission : WiFi, Bluetooth, Zigbee, LoRa, NB-IOT, 5G. Introduction aux applications dans le domaine de l'internet des objets (IdO).

#### Systèmes mécatroniques intelligents

### **GMC6006 - Systèmes cyber-physiques (0 crédits)**

Ce cours permet aux étudiants de se familiariser avec la conception et la commande de réseaux distribués de machines physiques (capteurs, actionneurs), l'intégration physique-machine, la communication machine-machine et homme-machine ainsi que les capacités qui permettent à des objets hétérogènes d'interagir. Plusieurs notions seront abordées dans ce cours dont : la commande de systèmes sur réseaux, le partage des ressources de communication et de calcul, les systèmes de commande embarqués et distribués, la commande décentralisée, l'interconnexion, le développement et l'utilisation des plateformes infonuagiques, l'internet des objets (IOT) et l'internet industriel des objets (IIOT), les outils de programmation haut-niveau pour le traitement de flux de données en temps-réel sur serveurs, la sécurité des systèmes cyber-physiques, la gestion et la confidentialité des données : techniques de chiffrement pour la protection et le traitement de signaux temps-réel, ainsi que la détection des fautes et des attaques.

### **GMC6007 - Commande avancée des systèmes intelligents multivariables (0 crédits)**

Ce cours permet aux étudiants d'acquérir les habiletés de modélisation, d'optimisation et de commande de systèmes multivariables. Les outils d'intelligence artificielle seront appliqués pour la modélisation et la prédiction ainsi qu'aux problèmes d'optimisation. De plus, le cours abordera entre autres les notions suivantes : commande avancée (commande linéaire quadratique, RST, H infini, commande prédictive), les observateurs d'état (Luenberger, filtre de Kalman), les méthodes d'optimisation non linéaire avec et sans contraintes, les algorithmes génétiques et la fusion de données multi-capteurs.

#### Modélisation et simulation numériques avancées

### **GMC6008 - Modélisation numérique avancée en ingénierie (0 crédits)**

Simulations numériques des phénomènes mécaniques dans un environnement de conception et fabrication assistées par ordinateur (CFAO).

Comprendre les modèles curvilignes, surfaciques et solides (BREP et arbre des caractéristiques) utilisés pour modéliser géométriquement des pièces et assemblages. Propriétés des courbes, surfaces et solides et opérateurs

entre modèles.

Développement d'un système de données optimal pour représenter les différents types de modèles en utilisant des concepts avancés de programmation orientée objet (héritage, polymorphisme, etc.). Application au calcul des

propriétés et au développement des opérateurs des modèles.

### **GMC6009 - Maillages et analyses par éléments finis avancées (0 crédits)**

Ce cours a pour objectif d'aborder des notions avancées de modélisation et calcul par éléments finis.

Types de maillages et méthodes automatiques de génération de maillages. Mesure de la qualité des maillages, estimateurs d'erreur et adaptation de maillages.

Éléments finis en mécanique non linéaire. Types de non-linéarités, formalismes et tenseurs fondamentaux utilisés en mécanique non-linéaire. Méthodes numériques utilisées pour la résolution des systèmes non-linéaires. Méthodes incrémentales.

Éléments finis en dynamique structurelle. Modélisation dynamique des systèmes discrets. Analyse modale, fréquences et modes propres de vibration. Orthogonalité des modes et découplage des équations. Modèles continus pour l'analyse vibratoire de pièces et structures. Discrétisation spatiale, matrices de masse et de rigidité. Application à des éléments de barres et de poutres. Méthodes de résolution numérique des systèmes dynamiques en régime forcé : discrétisation temporelle et méthodes de superposition modale.

### Procédés

#### **GMC6010 - Introduction au génie des procédés (0 crédits)**

Développer une approche systématique à la solution de problèmes complexes de procédés industriels typiques au moyen de bilans de masse et d'énergie.

Calculs d'ingénierie : unités et dimensions, conversion d'unités, etc. Variables de procédés et notions d'instrumentation: masse et volume, débit, pression, température, composition chimique, etc. Déplacement de fluides par pompage, compression, etc. Diagramme d'écoulement, bilans à une ou plusieurs unités, avec ou sans réaction. Systèmes à une phase : gaz idéaux et gaz réels. Systèmes à plusieurs phases : systèmes gaz-liquide et solide-liquide miscibles ou partiellement miscibles. Introduction aux bilans molaires.

#### **GMC6011 - Opérations unitaires (0 crédits)**

Analyse et réalisation de la conception d'unités de base en génie des procédés intégrant des concepts de thermodynamique, de mécanique des fluides et de transfert thermique. Applications et exemples dans le domaine

de l'environnement, de la production d'énergie et l'industrie manufacturière. Évaporateurs simples et à multiples effets. Filtration classique et membranaire. Séchage, humidification et tour de refroidissement. Séparation mécanique-physique telle que le tamisage, la sédimentation et la centrifugation. Combustion, génération de vapeur et gazéification. Opération d'électrolyseur, de pile à combustible et d'échangeur ionique. Absorption gaz-liquide. Distillation.

### Mécanique des matériaux et des structures

#### **GMC6012 - Modélisation avancée du comportement des matériaux et assemblages (0 crédits)**

Ce cours vise à acquérir des connaissances et des compétences approfondies dans le domaine de la modélisation, de la prédiction et de l'optimisation des comportements des matériaux. Il a pour objectif de fournir des bases théoriques solides dans le but de guider une sélection éco-responsable des matériaux en conception mécanique. Il met l'accent sur le développement et l'optimisation des nouveaux matériaux dans un contexte de développement durable. Le cours couvre divers aspects tels que les lois de comportement, les modèles numériques, les modèles micromécaniques pour prédire les propriétés des composites, les phénomènes de fluage et de relaxation des plastiques et des composites, la fatigue, la mécanique de la rupture et de

l'endommagement, ainsi que les méthodes de contrôle non destructif des matériaux. De plus, l'accent est également mis sur le comportement des assemblages et les critères et les indices de performance qui guident la sélection des matériaux en conception mécanique.

### **GMC6013 - Conception et fabrication de pièces en matériaux plastiques et composites (0 crédits)**

Acquérir les connaissances spécifiques à la fabrication et la conception de pièces avec les matériaux plastiques et composites.

Caractériser les divers types de polymères thermoplastiques et thermodurcissables. Établir les propriétés de base des éléments constitutifs et celles du pli élémentaire d'un composite multicouche. Établir et utiliser la théorie des laminés pour la conception d'une pièce composite multicouche. Acquérir les notions essentielles au moulage de pièces. Passer en revue les différents procédés de moulage des pièces plastiques et composites et des paramètres à prendre en compte lors du moulage d'une pièce.

### **Cours optionnels (9 crédits)**

#### Procédés

L'étudiant suit de 0 à 9 crédits parmi les cours suivants :

#### **GEI1042 - Circuits analogiques (0 crédits)**

Acquérir les bases théoriques et pratiques en électronique pour concevoir des systèmes électroniques modernes. Développer la capacité d'analyse, de synthèse et de choix de composants électroniques.

Diode PN : relation  $v-i$ , résistance dynamique, circuit équivalent. Diode Zener : relation  $v-i$ , tension de coude, impédance zener. Transistor bipolaire : modèle de Eber-Mol, polarisation, circuits équivalents en T et H, montages : base commune, émetteur commun et collecteur commun. Conception des amplificateurs : circuit équivalent ac, gain de tension, résistance d'entrée, résistance de sortie. Transistor JFET : amplificateurs source commune, grille commune et drain commun. Réponse en fréquence : effet Miller, courbe de réponse. Régime transitoire. Compensation haute fréquence. Notions de bruit. Conception d'amplificateurs BF, HF.

#### **GEI1057 - Microsystèmes de mesure (0 crédits)**

Acquérir une méthodologie propre à la résolution des problèmes de mesures complexes rencontrés dans la pratique professionnelle d'un ingénieur, incluant les notions de miniaturisation en technologie microsystèmes.

Comprendre les systèmes de mesure en technologie microsystèmes : modèle général de la mesure, mesures électriques, conversion du mesurande, capteurs et actionneurs, estimation du mesurande, reconstitution du mesurande, méthodologie de son design, blocs fonctionnels matériels et logiciels et traitement des signaux de mesures. Comprendre les microsystèmes : étude des éléments microélectroniques, micromachinés, microoptiques, possibilités et limites de ces technologies, problèmes d'interfaçage, combinaisons des éléments de différentes natures appelés systèmes microélectromachinés (MEMS) et microélectrooptiques (MEOPS).

#### **GEI1058 - Traitement numérique du signal (0 crédits)**

Acquérir les notions utiles en traitement numérique du signal et plus particulièrement les méthodes de filtrage adaptatif essentielles aux systèmes de mesures, de télécommunication et de commande.

Concepts de base : signaux et systèmes numériques, produit de convolution, transformée en Z, transformation de Fourier discrète. Transformée rapide de Fourier (FFT) : principe, structure papillon, entrelacement temporel et fréquentiel, autres algorithmes de calcul rapide FFT. Convolution rapide. Filtrage numérique : filtres à réponse impulsionnelle finie (RIF) et infinie (RII), utilisation de fenêtres. Filtrage adaptatif, méthodes du gradient (LMS), méthodes de moindres carrées (RLS). Filtrage optimal : Wiener (MMSE), Kalman. Introduction aux techniques modernes : réseaux de neurones, ondelettes, algorithmes génétiques.

#### **GEI1076 - Programmation objet pour systèmes embarqués (0 crédits)**

Acquérir les connaissances de base de la programmation et du développement en langage de programmation objet C#, appliqué aux systèmes embarqués.



Introduction aux outils graphiques de développement, classes et héritages dans le but de faire des applications interface entre l'ordinateur et des systèmes embarqués. Élaboration de contrôle par programmation de haut niveau, paramétrage et protocole d'échange. Permettre à l'étudiant de faire un choix algorithmique en fonction de critères matériels. Évaluation de performance algorithmique dans le but d'optimiser le code de haut niveau. Permettre à l'étudiant de faire une approche technique élémentaire de tests. Revoir les concepts de fichiers entrées/sorties.

### **GEI1077 - Instrumentation et contrôle des procédés (0 crédits)**

Ce cours constitue une initiation à l'automatisation des procédés en usine de production et aux systèmes SCADA. Il donne une vue d'ensemble sur les différents éléments d'un système industriel de contrôle.

On y étudie l'aspect logiciel et matériel d'un système de production industriel ainsi que la définition et la documentation du procédé. On voit ensuite l'architecture ainsi que les éléments matériels du système de contrôle : instrumentation, actionneurs, automates, réseaux d'usine, stations d'opération et d'ingénierie.

Les aspects sûreté des systèmes et environnement ainsi que la gestion de projet d'instrumentation et contrôle sont introduits.

### **GEI1083 - Conception de systèmes embarqués (0 crédits)**

L'étudiant sera apte à comprendre les notions théoriques et pratiques reliées à la conception et à la réalisation d'un système embarqué. L'étudiant développera une plateforme matérielle et logicielle basée sur une technologie de processeurs embarqués d'un système sur puce (System on Chip- SoC). Il abordera les modules associés à la conception de circuits numériques avancés notamment, les périphériques d'entrées – sorties : temporisateurs, UART, SPI, I2C, ADC, capture de signaux et les technologies de transmission : WiFi, Bluetooth, Zigbee, LoRa, NB-IOT, 5G. Introduction aux applications dans le domaine de l'internet des objets (IdO).

#### Systèmes mécatroniques intelligents

### **GMC6006 - Systèmes cyber-physiques (0 crédits)**

Ce cours permet aux étudiants de se familiariser avec la conception et la commande de réseaux distribués de machines physiques (capteurs, actionneurs), l'intégration physique-machine, la communication machine-machine et homme-machine ainsi que les capacités qui permettent à des objets hétérogènes d'interagir. Plusieurs notions seront abordées dans ce cours dont : la commande de systèmes sur réseaux, le partage des ressources de communication et de calcul, les systèmes de commande embarqués et distribués, la commande décentralisée, l'interconnexion, le développement et l'utilisation des plateformes infonuagiques, l'internet des objets (IOT) et l'internet industriel des objets (IIOT), les outils de programmation haut-niveau pour le traitement de flux de données en temps-réel sur serveurs, la sécurité des systèmes cyber-physiques, la gestion et la confidentialité des données : techniques de chiffrement pour la protection et le traitement de signaux temps-réel, ainsi que la détection des fautes et des attaques.

### **GMC6007 - Commande avancée des systèmes intelligents multivariables (0 crédits)**

Ce cours permet aux étudiants d'acquérir les habiletés de modélisation, d'optimisation et de commande de systèmes multivariables. Les outils d'intelligence artificielle seront appliqués pour la modélisation et la prédiction ainsi qu'aux problèmes d'optimisation. De plus, le cours abordera entre autres les notions suivantes : commande avancée (commande linéaire quadratique, RST, H infini, commande prédictive), les observateurs d'état (Luenberger, filtre de Kalman), les méthodes d'optimisation non linéaire avec et sans contraintes, les algorithmes génétiques et la fusion de données multi-capteurs.

#### Modélisation et simulation numériques avancées

### **GMC6008 - Modélisation numérique avancée en ingénierie (0 crédits)**

Simulations numériques des phénomènes mécaniques dans un environnement de conception et fabrication assistées par ordinateur (CFAO).

Comprendre les modèles curvilignes, surfaciques et solides (BREP et arbre des caractéristiques) utilisés pour modéliser géométriquement des pièces et assemblages. Propriétés des courbes, surfaces et solides et opérateurs

entre modèles.

Développement d'un système de données optimal pour représenter les différents types de modèles en utilisant des concepts avancés de programmation orientée objet (héritage, polymorphisme, etc.). Application au calcul des

propriétés et au développement des opérateurs des modèles.

### **GMC6009 - Maillages et analyses par éléments finis avancées (0 crédits)**

Ce cours a pour objectif d'aborder des notions avancées de modélisation et calcul par éléments finis.

Types de maillages et méthodes automatiques de génération de maillages. Mesure de la qualité des maillages, estimateurs d'erreur et adaptation de maillages.

Éléments finis en mécanique non linéaire. Types de non-linéarités, formalismes et tenseurs fondamentaux utilisés en mécanique non-linéaire. Méthodes numériques utilisées pour la résolution des systèmes non-linéaires. Méthodes incrémentales.

Éléments finis en dynamique structurelle. Modélisation dynamique des systèmes discrets. Analyse modale, fréquences et modes propres de vibration. Orthogonalité des modes et découplage des équations. Modèles continus pour l'analyse vibratoire de pièces et structures. Discrétisation spatiale, matrices de masse et de rigidité. Application à des éléments de barres et de poutres. Méthodes de résolution numérique des systèmes dynamiques en régime forcé : discrétisation temporelle et méthodes de superposition modale.

#### Procédés

### **GMC6010 - Introduction au génie des procédés (0 crédits)**

Développer une approche systématique à la solution de problèmes complexes de procédés industriels typiques au moyen de bilans de masse et d'énergie. Calculs d'ingénierie : unités et dimensions, conversion d'unités, etc. Variables de procédés et notions d'instrumentation: masse et volume, débit, pression, température, composition chimique, etc. Déplacement de fluides par pompage, compression, etc. Diagramme d'écoulement, bilans à une ou plusieurs unités, avec ou sans réaction. Systèmes à une phase : gaz idéaux et gaz réels. Systèmes à plusieurs phases : systèmes gaz-liquide et solide-liquide miscibles ou partiellement miscibles. Introduction aux bilans molaires.

### **GMC6011 - Opérations unitaires (0 crédits)**

Analyse et réalisation de la conception d'unités de base en génie des procédés intégrant des concepts de thermodynamique, de mécanique des fluides et de transfert thermique. Applications et exemples dans le domaine

de l'environnement, de la production d'énergie et l'industrie manufacturière. Évaporateurs simples et à multiples effets. Filtration classique et membranaire. Séchage, humidification et tour de refroidissement. Séparation mécanique-physique telle que le tamisage, la sédimentation et la centrifugation. Combustion, génération de vapeur et gazéification. Opération d'électrolyseur, de pile à combustible et d'échangeur ionique. Absorption gaz-liquide. Distillation.

#### Mécanique des matériaux et des structures

### **GMC6012 - Modélisation avancée du comportement des matériaux et assemblages (0 crédits)**

Ce cours vise à acquérir des connaissances et des compétences approfondies dans le domaine de la modélisation, de la prédiction et de l'optimisation des comportements des matériaux. Il a pour objectif de fournir des bases théoriques solides dans le but de guider une sélection éco-responsable des matériaux en conception mécanique. Il met l'accent sur le développement et l'optimisation des nouveaux matériaux dans un contexte de développement durable. Le cours couvre divers aspects tels que les lois de comportement, les modèles numériques, les modèles micromécaniques pour prédire les propriétés des composites, les phénomènes de fluage et de relaxation des plastiques et des composites, la fatigue, la mécanique de la rupture et de l'endommagement, ainsi que les méthodes de contrôle non destructif des matériaux. De plus, l'accent est également mis sur le comportement des assemblages et les critères et les indices de performance qui guident la sélection des matériaux en conception mécanique.

### **GMC6013 - Conception et fabrication de pièces en matériaux plastiques et composites (0 crédits)**

Acquérir les connaissances spécifiques à la fabrication et la conception de pièces avec les matériaux plastiques et composites.

Caractériser les divers types de polymères thermoplastiques et thermodurcissables. Établir les propriétés de base des éléments constitutifs et celles

du pli élémentaire d'un composite multicouche. Établir et utiliser la théorie des laminés pour la conception d'une pièce composite multicouche. Acquérir les notions essentielles au moulage de pièces. Passer en revue les différents procédés de moulage des pièces plastiques et composites et des paramètres à prendre en compte lors du moulage d'une pièce.

### **Cours optionnels (9 crédits)**

#### Mécanique des matériaux et des structures

L'étudiant suit de 0 à 9 crédits parmi les cours suivants :

#### **GEI1042 - Circuits analogiques (0 crédits)**

Acquérir les bases théoriques et pratiques en électronique pour concevoir des systèmes électroniques modernes. Développer la capacité d'analyse, de synthèse et de choix de composants électroniques.

Diode PN : relation v-i, résistance dynamique, circuit équivalent. Diode Zener : relation v-i, tension de coude, impédance zener. Transistor bipolaire : modèle de Eber-Mol, polarisation, circuits équivalents en T et H, montages : base commune, émetteur commun et collecteur commun. Conception des amplificateurs : circuit équivalent ac, gain de tension, résistance d'entrée, résistance de sortie. Transistor JFET : amplificateurs source commune, grille commune et drain commun. Réponse en fréquence : effet Miller, courbe de réponse. Régime transitoire. Compensation haute fréquence. Notions de bruit. Conception d'amplificateurs BF, HF.

#### **GEI1057 - Microsystèmes de mesure (0 crédits)**

Acquérir une méthodologie propre à la résolution des problèmes de mesures complexes rencontrés dans la pratique professionnelle d'un ingénieur, incluant les notions de miniaturisation en technologie microsystèmes.

Comprendre les systèmes de mesure en technologie microsystèmes : modèle général de la mesure, mesures électriques, conversion du mesurande, capteurs et actionneurs, estimation du mesurande, reconstitution du mesurande, méthodologie de son design, blocs fonctionnels matériels et logiciels et traitement des signaux de mesures. Comprendre les microsystèmes : étude des éléments microélectroniques, micromachinés, microoptiques, possibilités et limites de ces technologies, problèmes d'interfaçage, combinaisons des éléments de différentes natures appelés systèmes microélectromachinés (MEMS) et microélectrooptiques (MEOPS).

#### **GEI1058 - Traitement numérique du signal (0 crédits)**

Acquérir les notions utiles en traitement numérique du signal et plus particulièrement les méthodes de filtrage adaptatif essentielles aux systèmes de mesures, de télécommunication et de commande.

Concepts de base : signaux et systèmes numériques, produit de convolution, transformée en Z, transformation de Fourier discrète. Transformée rapide de Fourier (FFT) : principe, structure papillon, entrelacement temporel et fréquentiel, autres algorithmes de calcul rapide FFT. Convolution rapide. Filtrage numérique : filtres à réponse impulsionnelle finie (RIF) et infinie (RII), utilisation de fenêtres. Filtrage adaptatif, méthodes du gradient (LMS), méthodes de moindres carrées (RLS). Filtrage optimal : Wiener (MMSE), Kalman. Introduction aux techniques modernes : réseaux de neurones, ondelettes, algorithmes génétiques.

#### **GEI1076 - Programmation objet pour systèmes embarqués (0 crédits)**

Acquérir les connaissances de base de la programmation et du développement en langage de programmation objet C#, appliqué aux systèmes embarqués.

Introduction aux outils graphiques de développement, classes et héritages dans le but de faire des applications interface entre l'ordinateur et des systèmes embarqués. Élaboration de contrôle par programmation de haut niveau, paramétrage et protocole d'échange. Permettre à l'étudiant de faire un choix algorithmique en fonction de critères matériels. Évaluation de performance algorithmique dans le but d'optimiser le code de haut niveau. Permettre à l'étudiant de faire une approche technique élémentaire de tests. Revoir les concepts de fichiers entrées/sorties.

#### **GEI1077 - Instrumentation et contrôle des procédés (0 crédits)**

Ce cours constitue une initiation à l'automatisation des procédés en usine de production et aux systèmes SCADA. Il donne une vue d'ensemble sur les différents éléments d'un système industriel de contrôle.

On y étudie l'aspect logiciel et matériel d'un système de production industriel ainsi que la définition et la documentation du procédé. On voit ensuite l'architecture ainsi que les éléments matériels du système de contrôle : instrumentation, actionneurs, automates, réseaux d'usine, stations d'opération et d'ingénierie.

Les aspects sûreté des systèmes et environnement ainsi que la gestion de projet d'instrumentation et contrôle sont introduits.

### **GEI1083 - Conception de systèmes embarqués (0 crédits)**

L'étudiant sera apte à comprendre les notions théoriques et pratiques reliées à la conception et à la réalisation d'un système embarqué. L'étudiant développera une plateforme matérielle et logicielle basée sur une technologie de processeurs embarqués d'un système sur puce (System on Chip- SoC). Il abordera les modules associés à la conception de circuits numériques avancés notamment, les périphériques d'entrées – sorties : temporisateurs, UART, SPI, I2C, ADC, capture de signaux et les technologies de transmission : WiFi, Bluetooth, Zigbee, LoRa, NB-IOT, 5G. Introduction aux applications dans le domaine de l'internet des objets (IdO).

#### Systèmes mécatroniques intelligents

### **GMC6006 - Systèmes cyber-physiques (0 crédits)**

Ce cours permet aux étudiants de se familiariser avec la conception et la commande de réseaux distribués de machines physiques (capteurs, actionneurs), l'intégration physique-machine, la communication machine-machine et homme-machine ainsi que les capacités qui permettent à des objets hétérogènes d'interagir. Plusieurs notions seront abordées dans ce cours dont : la commande de systèmes sur réseaux, le partage des ressources de communication et de calcul, les systèmes de commande embarqués et distribués, la commande décentralisée, l'interconnexion, le développement et l'utilisation des plateformes infonuagiques, l'internet des objets (IOT) et l'internet industriel des objets (IIOT), les outils de programmation haut-niveau pour le traitement de flux de données en temps-réel sur serveurs, la sécurité des systèmes cyber-physiques, la gestion et la confidentialité des données : techniques de chiffrement pour la protection et le traitement de signaux temps-réel, ainsi que la détection des fautes et des attaques.

### **GMC6007 - Commande avancée des systèmes intelligents multivariables (0 crédits)**

Ce cours permet aux étudiants d'acquérir les habiletés de modélisation, d'optimisation et de commande de systèmes multivariables. Les outils d'intelligence artificielle seront appliqués pour la modélisation et la prédiction ainsi qu'aux problèmes d'optimisation. De plus, le cours abordera entre autres les notions suivantes : commande avancée (commande linéaire quadratique, RST, H infini, commande prédictive), les observateurs d'état (Luenberger, filtre de Kalman), les méthodes d'optimisation non linéaire avec et sans contraintes, les algorithmes génétiques et la fusion de données multi-capteurs.

#### Modélisation et simulation numériques avancées

### **GMC6008 - Modélisation numérique avancée en ingénierie (0 crédits)**

Simulations numériques des phénomènes mécaniques dans un environnement de conception et fabrication assistées par ordinateur (CFAO).

Comprendre les modèles curvilignes, surfaciques et solides (BREP et arbre des caractéristiques) utilisés pour modéliser géométriquement des pièces et assemblages. Propriétés des courbes, surfaces et solides et opérateurs

entre modèles.

Développement d'un système de données optimal pour représenter les différents types de modèles en utilisant des concepts avancés de programmation orientée objet (héritage, polymorphisme, etc.). Application au calcul des

propriétés et au développement des opérateurs des modèles.

### **GMC6009 - Maillages et analyses par éléments finis avancées (0 crédits)**

Ce cours a pour objectif d'aborder des notions avancées de modélisation et calcul par éléments finis.

Types de maillages et méthodes automatiques de génération de maillages. Mesure de la qualité des maillages, estimateurs d'erreur et adaptation de maillages.

Éléments finis en mécanique non linéaire. Types de non-linéarités, formalismes et tenseurs fondamentaux utilisés en mécanique non-linéaire. Méthodes numériques utilisées pour la résolution des systèmes non-linéaires. Méthodes incrémentales.

Éléments finis en dynamique structurelle. Modélisation dynamique des systèmes discrets. Analyse modale, fréquences et modes propres de vibration. Orthogonalité des modes et découplage des équations. Modèles continus pour l'analyse vibratoire de pièces et structures. Discrétisation spatiale, matrices de masse et de rigidité. Application à des éléments de barres et de poutres. Méthodes de résolution numérique des systèmes dynamiques en régime forcé : discrétisation temporelle et méthodes de superposition modale.

### Procédés

#### **GMC6010 - Introduction au génie des procédés (0 crédits)**

Développer une approche systématique à la solution de problèmes complexes de procédés industriels typiques au moyen de bilans de masse et d'énergie. Calculs d'ingénierie : unités et dimensions, conversion d'unités, etc. Variables de procédés et notions d'instrumentation: masse et volume, débit, pression, température, composition chimique, etc. Déplacement de fluides par pompage, compression, etc. Diagramme d'écoulement, bilans à une ou plusieurs unités, avec ou sans réaction. Systèmes à une phase : gaz idéaux et gaz réels. Systèmes à plusieurs phases : systèmes gaz-liquide et solide-liquide miscibles ou partiellement miscibles. Introduction aux bilans molaires.

#### **GMC6011 - Opérations unitaires (0 crédits)**

Analyse et réalisation de la conception d'unités de base en génie des procédés intégrant des concepts de thermodynamique, de mécanique des fluides et de transfert thermique. Applications et exemples dans le domaine

de l'environnement, de la production d'énergie et l'industrie manufacturière. Évaporateurs simples et à multiples effets. Filtration classique et membranaire. Séchage, humidification et tour de refroidissement. Séparation mécanique-physique telle que le tamisage, la sédimentation et la centrifugation. Combustion, génération de vapeur et gazéification. Opération d'électrolyseur, de pile à combustible et d'échangeur ionique. Absorption gaz-liquide. Distillation.

### Mécanique des matériaux et des structures

#### **GMC6012 - Modélisation avancée du comportement des matériaux et assemblages (0 crédits)**

Ce cours vise à acquérir des connaissances et des compétences approfondies dans le domaine de la modélisation, de la prédiction et de l'optimisation des comportements des matériaux. Il a pour objectif de fournir des bases théoriques solides dans le but de guider une sélection éco-responsable des matériaux en conception mécanique. Il met l'accent sur le développement et l'optimisation des nouveaux matériaux dans un contexte de développement durable. Le cours couvre divers aspects tels que les lois de comportement, les modèles numériques, les modèles micromécaniques pour prédire les propriétés des composites, les phénomènes de fluage et de relaxation des plastiques et des composites, la fatigue, la mécanique de la rupture et de l'endommagement, ainsi que les méthodes de contrôle non destructif des matériaux. De plus, l'accent est également mis sur le comportement des assemblages et les critères et les indices de performance qui guident la sélection des matériaux en conception mécanique.

#### **GMC6013 - Conception et fabrication de pièces en matériaux plastiques et composites (0 crédits)**

Acquérir les connaissances spécifiques à la fabrication et la conception de pièces avec les matériaux plastiques et composites.

Caractériser les divers types de polymères thermoplastiques et thermodurcissables. Établir les propriétés de base des éléments constitutifs et celles du pli élémentaire d'un composite multicouche. Établir et utiliser la théorie des laminés pour la conception d'une pièce composite multicouche. Acquérir les notions essentielles au moulage de pièces. Passer en revue les différents procédés de moulage des pièces plastiques et composites et des paramètres à prendre en compte lors du moulage d'une pièce.

### **Cours complémentaires (9 crédits)**

L'étudiant choisit 3 cours (9 crédits) parmi la liste suivante. L'étudiant qui souhaite suivre un cours qui ne figure pas sur cette liste doit obtenir au préalable l'approbation du directeur de programme :