

**Structure du programme et liste des cours****PIM - Profil modélis. & simulation numé. avancées****(Cheminement: 8)**

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

**Cours obligatoires (102 crédits)**

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

**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.

**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.

### **GIA1077 - Conception de systèmes de fiabilité et de maintenance**

Théorie de la fiabilité des équipements de production et application en milieu industriel; théorie et techniques de gestion de la maintenance en entreprise manufacturière et implantation d'un système de gestion de maintenance dans le contexte de l'industrie intelligente. Gestion des actifs.

Familiarisation avec les principes de base de fiabilité, de disponibilité et de logistique de maintenance. Modélisation de fiabilité de systèmes complexes et développements de systèmes de maintenance préventive. Conception de système intégré de fiabilité ou d'un programme de maintenance dans une entreprise.

### **GIA1082 - Production industrielle**

Introduire l'étudiant à certaines techniques de base de génie industriel.

La fonction production dans l'entreprise. Approches systémiques et typologiques. Etapes de conception d'un système de production. Cycle de vie d'un produit, procédés de fabrication. Etudes de temps et de mouvement. Localisation et aménagement d'usine, manutention. Techniques prévisionnelles, gestion des stocks, gestion des systèmes de production, ERP. Contrôle et gestion de la qualité. Le facteur humain, ergonomie. Optimisation de systèmes : programmation linéaire, méthode simplexe, gestion de projets : méthode PERT/CPM. Notions de PVA, JAT, Kaizen, SMED, Pokayoke, etc.

### **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.

### **GMC1024 - Automatismes industriels**

Ce cours vise l'acquisition des connaissances et techniques nécessaires à la conception et à l'implantation en industrie des systèmes automatisés,

quel que soit le secteur d'activité technique. Un accent particulier est mis sur la pratique de la programmation d'automates programmables industriels.

Techniques et concepts de l'automatique séquentielle. Rappels et compléments en algèbre de Boole. Représentation et minimisation des fonctions booléennes. Introduction à la logique floue. Analyse et conception des automatismes combinatoires et séquentiels. Synthèse des systèmes séquentiels par la méthode d'Huffman et la méthode GRAFCET. Les automatismes à relais, la logique TTL, les automatismes fluidiques, les cycles véris, les séquenceurs. Instrumentation des systèmes automatisés : capteurs et actionneurs. Les automates programmables industriels : technologie, caractéristiques et programmation. Simulation des systèmes automatisés. Aspects économiques et de sécurité des systèmes automatisés.

### **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.

### **GMC1028 - Procédés de mise en forme et de soudage**

Compréhension des procédés de mise en forme primaire (métallurgie des poudres, fonderie, moulage par injection) et de la pertinence d'utilisation de l'un ou l'autre de ces procédés pour l'obtention de pièces brutes.

Métallurgie des poudres : fabrication des poudres, propriétés, compactage, frittage, conception des outillages, conception des pièces et applications, aspects économiques. Moulage : mécanismes impliqués dans la solidification, courbes de solidification, loi de Chvorinov, système de coulée et masselottes, procédés de moulage en moule permanent et non-permanent, conception des moules, considérations de conception des pièces à mouler. Soudage. Types de procédés, types de joints et positions de soudage, symboles de soudage, zone affectée thermiquement, soudabilité des métaux ferreux et non-ferreux. Normes ACNOR. Joints pré-qualifiés et qualification. Modèles de coûts de soudage. Laboratoires de soudage de divers types de joints avec divers procédés; laboratoires d'essais mécaniques sur les joints soudés.

### **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.

### **GMC1032 - Conception et modélisation en ingénierie I**

Poser et solutionner un problème d'ingénierie au moyen d'outils de calcul informatisé. Comprendre, analyser et interpréter les résultats dans les contextes spécifiques des problèmes d'ingénierie. Analyser les problèmes de précision inhérents au choix de l'outil.

Principe et fonctionnement des différents outils informatisés. Choisir l'outil le plus approprié en fonction de la spécificité du problème à résoudre. Elaboration et développement de la solution. Techniques de représentation optimale des données. Applications techniques aux problèmes d'électricité, de mécanique du solide et des fluides, de gestion manufacturière.

### **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.

### **GMC1036 - Procédés de coupe et de déformation**

Ce cours présente à l'étudiant l'éventail des techniques utilisées dans les procédés de fabrication par déformation plastique et par enlèvement de matière. Il lui fournit une expertise primaire lui permettant de faire un choix raisonné des matériaux, machines, outils et autres paramètres conduisant au succès des opérations de ces procédés.

Usinage : matériaux et géométrie des outils de coupe. Procédés de tournage, fraisage, perçage. Isostatisme et transferts de cotes. Gamme d'usinage. Machines outils à commande numérique et fabrication assistée par ordinateur. Fabrication de pièces métalliques en laboratoire (machines manuelles et à commande numérique).

Formage : notions fondamentales en formage. Conception de presses. Procédés de refoulement, emboutissage et extrusion à froid. Étude d'un outillage progressif en laboratoire.

Projet de conception et fabrication d'un assemblage avec pièces usinées et formées.

### **GMC1037 - Systèmes hydrauliques et pneumatiques**

Initiation aux principes de base qui régissent l'écoulement des fluides visqueux incompressibles et compressibles. Application des principes de base à des cas pratiques comme la lubrification, la pneumatique et l'hydraulique.

Les principes de base couvrent les équations de la dynamique des fluides, les concepts de la thermodynamique, les ondes dans les fluides compressibles, les écoulements isentropiques et les écoulements avec friction. Les applications pratiques touchent la lubrification, les circuits pneumatiques, les pompes et compresseurs et les circuits hydrauliques.

### **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.

### **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**

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**

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**

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**

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**

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**

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. Cotations 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**

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**

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**

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**

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**

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**

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**

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**

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**

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 les deux cours suivants :

#### **GMC6008 - Modélisation numérique avancée en ingénierie**

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**

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.

L'étudiant suit un cours parmi les suivants :

## **GMC1019 - Chauffage, ventilation et climatisation**

Chauffage : pertes de chaleur, corps de chauffe, fournaise, systèmes de chauffage : à vapeur, à eau chaude, à air chaud; disposition et calcul de la tuyauterie, système à eau chaude à haute température, panneaux rayonnants, commandes automatiques.

Plomberie : eau froide et chaude domestique, étude et application des règlements de plomberie, systèmes de gicleurs automatiques.

Climatisation : réactions physiologiques des humains aux différentes ambiances, charge de climatisation, propriétés physiques de l'air, psychrométrie, procédés fondamentaux de conditionnement : chauffage, refroidissement, humidification, assèchement; distribution de l'air, canalisation de l'air à haute et basse vitesse, ventilateurs, filtration, régulateurs pour systèmes de climatisation, étude des différents systèmes installés dans les bâtiments. Travaux pratiques qui consistent à calculer un système de climatisation pour un bâtiment.

Réfrigération : réfrigération par compression de vapeur, cycle idéal, cycle théorique; charge de réfrigération; compresseurs, évaporateurs, condensateurs à air et à eau, tour de refroidissement, réfrigérants, soupapes de détente, tuyauterie, saumures, méthodes de dégivrage automatique.

## **GMC6006 - Systèmes cyber-physiques**

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**

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.

## **GMC6010 - Introduction au génie des procédés**



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**

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.

### **GMC6012 - Modélisation avancée du comportement des matériaux et assemblages**

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**

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 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 :