

**Structure du programme et liste des cours****Maîtrise en génie électrique****(Cheminement: 1)**

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

**Cours obligatoires (3 crédits)****GEI6021 - Séminaire**

Améliorer les capacités d'analyse et de synthèse de l'étudiant ainsi que ses capacités de traitement et de présentation (orale et écrite) de sujets scientifiques et techniques reliés à son domaine de recherche. S'ouvrir à d'autres domaines de sa discipline par un dialogue ouvert.

Durant cette activité, l'étudiant est appelé à réaliser des travaux sur des sujets reliés à ses préoccupations de recherche, à savoir : recherche bibliographique assurant une bonne compréhension du domaine de recherche, description de l'état de la technique, sa problématique de recherche, et ses résultats de recherche. Règles de rédaction de rapports techniques, d'articles scientifiques et de brevets. Processus de soumission d'articles de conférences, de journaux et de brevets d'inventions. Éthique en recherche.

**Cours optionnels (12 crédits)****GEI6018 - Mécatronique**

Acquérir des connaissances approfondies dans la conception de mécanismes et machines informatisées, notamment pour faire la synthèse de systèmes issus de l'association de la mécanique, de l'électronique et de l'informatique. Permettre aux étudiants de développer une base solide en matière d'automatisation industrielle.

Introduction à la mécatronique, à la robotique et à l'automatisation industrielle. Étude des mécanismes : réducteurs, accouplements, actionneurs. Modélisation des mécanismes : modélisation cinématique, modélisation dynamique par les approches de Lagrange et de Newton-Euler. Représentation des systèmes électromécaniques. Génération de trajectoires. Commande des machines multi-axes : réalisation d'automatismes et asservissement. Réalisation ou simulation et commande numérique d'un système mécatronique.

**GEI6030 - Modélisation multiphysique et calcul à haute performance**

Approfondir la connaissance des techniques de la conception assistée par ordinateur des systèmes multiphysiques (systèmes électromagnétiques, électromécaniques, électrothermiques, etc.) ainsi que des techniques de résolution par le calcul à haute performance. Se familiariser avec les derniers développements des outils pertinents.

Techniques de DAO (design assisté par ordinateur), CAO (conception assistée par ordinateur) et FAO (fabrication assistée par ordinateur). Modélisation et simulation des systèmes multiphysiques. Équations fondamentales. Application des méthodes numériques. Calculs avec des outils basés sur la méthode éléments finis (FEM), méthode des différences finies dans le domaine du temps (FDTD), etc. Modélisation comportementale. Calcul haute performance. Systèmes experts, méthodes d'optimisation, logique floue et leurs applications. Études de cas.

**GEI6031 - Problématiques reliées à l'électrothermie**

Acquérir des connaissances approfondies dans les matières jugées fondamentales en électrothermie et se familiariser avec les récents développements

---

majeurs survenus dans le domaine de l'électrothermie.

Génération électromagnétique et modes de transfert de chaleur aux échelles macro-, micro- et nanoscopiques. Caractéristiques des sources. Propriétés des matériaux. Variation de paramètres. Équations des champs. Modélisation et simulations numériques. Méthodes de mesure de grandeurs thermiques. Systèmes de mesures. Contrôle de température. Procédés de chauffage électromagnétique: conduction, résistances, induction, micro-ondes, infrarouge, ultraviolet, arc électrique, laser, plasma, faisceau d'électrons. Applications industrielles : alumineries, fonderies, pâtes et papiers, bois et foresterie, traitement des eaux, dégivrage des lignes électriques et autres. Applications biomédicales: hyperthermie, biochamps et autres. Contraintes électrothermiques en électrotechnique, électronique de puissance, microélectronique et nanoélectronique. Méthodes d'optimisation et l'intégration à la conception assistée par ordinateur. Techniques de refroidissement. Encapsulation (Packaging). Études de cas.

### **GEI6035 - Systèmes de mesure**

Approfondir les connaissances nécessaires à la résolution des problèmes de mesures complexes. Connaître les principes physiques des capteurs et actionneurs utilisés couramment. Développer l'aptitude à choisir les éléments appropriés à diverses situations pratiques et appliquer ces éléments à divers systèmes électroniques de mesure.

Approche systémique. Transformations élémentaires de signaux de mesure. Conversion et reconstitution des signaux de mesure. Capteurs actifs et capteurs passifs. Caractéristiques métrologiques. Conditionneurs de capteurs et de signaux. Application de méthodes de traitement des signaux pour la reconstitution. Initiation aux structures de mesure intégrées. Amplificateur d'instrumentation. Amplificateur d'isolement. Le bruit électrique et sa réduction. Études des cas de systèmes de mesure pour des applications spécifiques.

### **GEI6036 - Technologies nouvelles et techniques émergentes**

S'ouvrir sur les développements récents, les nouvelles technologies et les techniques émergentes en génie électrique.

Dans cette activité participative, les étudiants sont amenés, par des recherches personnelles et les interventions de l'encadrant, à s'ouvrir sur les développements récents dans le domaine du génie électrique, ainsi que sur les capacités et les limites des nouvelles technologies et techniques. Les sujets traités peuvent inclure : la modélisation, l'informatique, différentes applications du génie électrique, l'analyse numérique des systèmes complexes, les nouvelles technologies de miniaturisation et autres. Études de cas.

### **GEI6037 - Électronique de commande et systèmes embarqués**

Acquérir des connaissances approfondies dans la conception et la mise en oeuvre de systèmes électroniques de commande. Permettre aux étudiants de développer leurs aptitudes dans la mise en oeuvre de systèmes de commande en temps réel.

Analyse et conception des systèmes de commande numérique : étude et réalisation d'automatismes et de systèmes asservis. Commande en temps réel et systèmes embarqués. Étude des techniques et moyens de réalisation. Contraintes d'implantation. Conception et réalisation de circuits de commande pour des applications en électronique industrielle. Études de cas.

### **GEI6039 - Microsystèmes**

Approfondir les connaissances dans la conception, la réalisation et les applications des microsystèmes. Permettre aux étudiants de développer les connaissances nécessaires à l'utilisation des microsystèmes dans la résolution de problèmes techniques et/ou scientifiques.

Microsystèmes : les éléments microélectroniques, micromachinés et microoptiques. Possibilités et limites des technologies correspondantes. Problèmes d'interfaçage. Combinaisons des éléments de différentes natures : systèmes microélectromachinés (MEMS) et microélectrooptiques (MEOPS). Réalisations intégrées de différents blocs fonctionnels des systèmes : A/A, A/N, N/N, N/A. Études de cas de conception, de réalisation et d'application de microsystèmes, en particulier en télécommunication, systèmes de mesures et systèmes biomédicaux. Tendances en développement.

### **GEI6041 - Compléments d'électronique de puissance**

Approfondir la compréhension de la problématique des convertisseurs de puissance tels que les redresseurs, les onduleurs et les hacheurs. Permettre à l'étudiant d'analyser, de simuler et de concevoir des convertisseurs de puissance pour différentes applications dans le domaine de l'électronique industrielle.

Étude approfondie de cas de redresseurs de puissance monophasés et polyphasés simples et complexes incluant les montages mixtes et antiparallèles. Étude d'onduleurs et de hacheurs. Méthodes et outils du design des dispositifs de puissance, en particulier des onduleurs autonomes polyphasés à fréquence variable. Optimisation du rendement énergétique et problématique de la compatibilité électromagnétique de dispositifs en électronique de puissance. Aperçus des nouveaux composants et des nouveaux montages en électronique de puissance.

#### **GEI6042 - Commande avancée**

Approfondir différents aspects de l'analyse et de la conception des systèmes de commande. Permettre aux étudiants de comprendre et de classer les méthodes modernes de commande par l'étude de leurs caractéristiques et de leurs domaines d'application.

Analyse et conception des systèmes de commande par une sélection d'approches pouvant comprendre la commande optimale, la commande adaptative, la commande robuste, la commande multivariable et autres développements récents dans le domaine de la commande des systèmes. Étude de cas de conception de systèmes de commande pour des applications en commande des procédés, en commande des systèmes électroniques de puissance et en mécatronique.

#### **GEI6044 - Sujets spéciaux en électronique industrielle et en électrotechnique**

Approfondir les connaissances relatives à la problématique de l'électronique de puissance et de l'électrotechnique. Sensibiliser l'étudiant aux développements les plus récents dans la conception des systèmes de l'électronique industrielle et de l'électrotechnique.

Faire ressortir les techniques nouvelles ainsi que les développements récents dans les applications en électrotechnique de machines, réseaux électriques et en électronique de puissance. Caractériser les tendances de développement en tenant compte du développement de domaines connexes comme la microélectronique, le traitement des signaux, la commande automatique, etc.

#### **GEI6045 - Réseaux d'énergie électrique**

Approfondir les connaissances dans le domaine de l'insertion de la production décentralisée dans les réseaux électriques. Développer les connaissances nécessaires à l'étude et à la résolution des problèmes de sources, de distribution et de transport d'énergie.

Composants des réseaux électriques : architecture d'un réseau électrique, lignes et transformateurs, charges, réglages et protections. Analyse des défauts, écoulement de puissance et stabilité d'un réseau. Production décentralisée et sources d'énergie renouvelables : hydraulique, éolienne, microturbine, pile photovoltaïque, pile à combustible, géothermique et autres. Problématique de la production dispersée et de son taux de pénétration sur les réseaux de distribution. Qualité de l'alimentation électrique : problèmes associés aux harmoniques de tension et de courant, minimisation des problèmes dus aux harmoniques, fluctuations de tension.

#### **GEI6047 - Problématiques reliées à la conception en VLSI**

Approfondir les connaissances relatives à la conception de circuits VLSI ainsi qu'aux possibilités et limites de leur utilisation. Préparer l'étudiant à la conception de circuits VLSI dans le contexte de leurs applications dans les systèmes électroniques.

Compléments de la méthodologie et outils informatiques de conception d'un circuit VLSI (circuits dédiés, FPGA). Simulation et estimation des performances du circuit conçu. Problématique de la testabilité et processus de vérification du circuit réalisé. Implantation des algorithmes de traitement de signaux en technologie VLSI. Adaptation des algorithmes aux exigences de la technologie VLSI. Études de cas de conception et de réalisation de circuits VLSI.

#### **GEI6048 - Compléments d'optoélectronique**

Approfondir les connaissances reliées à l'optoélectronique et aux technologies microoptiques et nanooptiques nécessaires au développement de systèmes microélectrooptiques (MEOPS) et nanooptoélectromécaniques (NOEMS). Préparer l'étudiant à l'application de ces technologies dans la conception de microsystèmes et nanosystèmes pour des applications techniques et/ou scientifiques.

Éléments optoélectroniques; fibre optique et fibre optique intégrée, sources de lumière, guide d'ondes, éléments diffractifs, photodétecteurs. Caractéristiques optiques et/ou métrologiques d'éléments optoélectroniques. Interfaçage des processeurs optiques avec les processeurs électriques. Méthodologie et outils du design et de réalisation dans un système microélectrooptique. Problématique de la testabilité. Études de cas de conception, de réalisation et d'application des éléments microoptiques dans les systèmes microélectrooptiques (MEOPS).

### **GEI6049 - Compléments de micromachining**

Approfondir les connaissances reliées à la conception et microfabrication des éléments micromachinés pour les systèmes micro-électro-machinés (MEMS). Maîtriser les possibilités d'application de cette technologie dans la conception de microsystèmes pour les applications techniques et/ou scientifiques.

Éléments micromachinés. possibilités et limites de réalisation. Caractéristiques mécaniques et/ou métrologiques d'éléments micromécaniques. Méthodologie et outils du design des dispositifs microfabriqués. interfaçage des éléments micromécaniques avec le processeur électrique dans des systèmes micro-électro-mécaniques (MEMS). Problématique de la testabilité. Études de cas de conception, de réalisation et d'application des éléments micromachinés dans les systèmes micro-électro-machinés (MEMS).

### **GEI6050 - Sujets spéciaux en micro et nanosystèmes**

Sensibiliser l'étudiant aux développements les plus récents dans le domaine des micro et nanosystèmes, notamment en microélectronique, dans le domaine de systèmes microélectromachinés (MEMS), microélectrooptiques (MEOPS) et nanooptoélectromécaniques (NOEMS), ainsi que de leurs applications techniques et scientifiques.

Techniques nouvelles, développements récents dans la conception, dans la réalisation et dans des applications de micro et nanosystèmes. Systèmes sur puce (SoC). Problématiques d'intégration en utilisant les technologies standards et spécifiques. Tendances de développement en tenant compte du développement des domaines connexes.

### **GEI6051 - Techniques avancées de traitement numérique des signaux**

Acquérir des connaissances sur les possibilités des techniques modernes de traitement numérique des signaux dans les applications scientifiques et techniques en général et en particulier celles afférentes à la problématique des systèmes de mesure, de télécommunication et de commande.

Méthodes et moyens de traitement numériques des signaux : transformée de Fourier rapide et ses variantes, filtre à réponse impulsionnelle finie et infinie. Filtrage linéaire optimal : Wiener, Kalman. Filtrage adaptatif : méthode du gradient, déterministe et stochastique (LMS), méthodes des moindres carrés non récursive (LS) et récursive (RLS), variantes du filtrage adaptatif (SRKF, QR-RLS). Techniques modernes en traitement du signal : réseaux de neurones artificiels; transformée en ondelettes (wavelet), logique floue, algorithmes génétiques et autres. Développement des algorithmes en vue d'une implantation en technologie VLSI (DSP, FPGA et ASIC) : architectures et problématique du calcul en arithmétique entière. Nouvelles tendances en traitement numérique des signaux.

### **GEI6052 - Entraînements à vitesse variable**

Acquérir une connaissance approfondie des caractéristiques et des principes de fonctionnement des entraînements à vitesse variable à courant continu et à courant alternatif.

Généralités sur les entraînements électriques. Entraînement à courant continu : fonction de transfert, fonctionnement à couple constant, à puissance constante, affaiblissement du champ. Entraînement à courant alternatif. Modélisation de la machine asynchrone. Commande scalaire : variation de tension, variation de tension et de fréquence, variation de la résistance rotorique. Commande vectorielle : modèle dq, transformation de Park, orientation des flux statorique et rotorique, sensibilité aux variations de paramètres, estimation du couple et du flux. Commande directe du couple. Structures de convertisseurs de puissance, association convertisseur statique-machine électrique. Conception et simulation d'entraînements sur logiciels spécialisés. Expérimentation sur des maquettes en laboratoire.

### **GEI6053 - Ingénierie et développement durable**

Acquérir des connaissances approfondies dans les matières d'ingénierie qui ont le potentiel d'apporter une contribution significative au développement durable.

Secteurs énergétiques et développement durable : sources énergétiques, situation canadienne et mondiale, politiques, actions. Principales sources d'énergie renouvelable et leurs modes d'exploitation. Techniques modernes à la base de l'amélioration de l'efficacité énergétique dans les applications industrielles ou commerciales. Instrumentation et contrôle : opération des équipements à rendement ou efficacité maximum. Exemples pratiques de systèmes d'ingénierie dans le cadre d'un développement durable. Réglementations et programmes d'efficacité énergétique dans le contexte de développement durable.

### **GEI6054 - Conception de circuits mixtes**

Approfondir les connaissances dans la mise en œuvre des circuits analogiques et mixtes à l'échelle micro et nanoélectronique. Préparer l'étudiant à concevoir des circuits microélectroniques et nanoélectroniques dans le contexte de leurs applications techniques et/ou scientifiques.

Modélisation des circuits intégrés. Dessins de masques et règles de dessins. Établir le lien entre la technologie et la conception. Conception de circuits pour implémentation sur puce : référence de tension et de courant, miroirs de courant, amplificateurs opérationnels, comparateurs, condensateurs commutés, convertisseurs A/N et N/A, mémoires, filtres et PLL. Modélisation et analyse des bruits. Contraintes et conception de circuits à grande vitesse, à basse tension et à faible puissance. Utilisation d'outils logiciels haut niveau pour la modélisation, simulation et synthèse des circuits mixtes.

### **GEI6055 - Matériaux en contexte pluridisciplinaire**

Acquérir les notions essentielles relatives au choix des matériaux dans la conception d'un produit dans un contexte interdisciplinaire (électro-mécanique, thermo-mécanique, électro-chimique...).

Groupes de matériaux : métaux, céramiques, plastiques, composites et nanocomposites. Propriétés des matériaux : électrique, mécanique, thermique et physique. Effet de l'environnement sur le matériau et impact du matériau sur l'environnement. Mise en forme, machinage, micromachinage et assemblage. Conception d'éléments simples en contexte d'applications interdisciplinaires : compromis et contraintes dus à l'association des matériaux et aux applications. Applications interdisciplinaires en électromécanique, en thermomécanique, en électrochimie et en biomédical, notamment pour la réalisation de systèmes microélectromécaniques (MEMS), nanoélectromécaniques (NEMS), microélectrooptiques (MEOPS) et nanooptélectromécaniques (NOEMS).

### **GEI6056 - Modélisation et commande de systèmes énergétiques**

Approfondir les connaissances dans la modélisation et la commande centralisée et décentralisée des systèmes couplés, linéaires et non-linéaires. Acquérir des connaissances sur les systèmes multimachines-multiconvertisseurs.

Méthodes génériques de modélisation et représentation des systèmes : modèle d'états, graphe informationnel causal, représentation énergétique macroscopique, diagrammes de liens. Analyse et commande des systèmes non-linéaires de commande : linéarisation, critères de stabilité de Lyapunov, analyse des cycles limites. Commande inverse : structure maximale de commande et commandes dérivées. Commande à modèle interne. Commandes multivariables centralisées, décentralisées et semi-centralisées. Développement et syntonisation de correcteurs centralisés et décentralisés pour des systèmes multimachines-multiconvertisseurs couplés électriques, mécaniques et/ou autres : éolien, véhicules électriques, systèmes multi-moteurs.

### **GEI6057 - Modélisation, identification et reconstitution**

Approfondir les connaissances en modélisation mathématique, identification et estimation des paramètres et variables dans des applications scientifiques et techniques; en particulier, celles afférentes à la commande, télécommunications et systèmes de mesure.

Espace vectoriel et algèbre linéaire (factorisation des matrices, décomposition en valeurs singulières). Représentation espace d'états. Variables et processus aléatoires. Modèles de Markov. Modélisation des systèmes linéaires et non linéaires. Modèle stochastique de moyennes mobiles (MA) et/ou autorégressif (AR). Estimations et détection basées sur le maximum de vraisemblance et applications. Qualité d'estimation et de détection. Théorie d'estimation et de détection de Bayes. Estimations récursives et itératives.