Maîtrise en génie électrique (avec mémoire)

3824

Directeur(trice): Daniel Massicotte
CPCS - Génie électrique

Bureau du registraire
1 800 365-0922 ou 819 376-5045
www.uqtr.ca

Grade: Maître ès sciences appliquées (M.Sc.A.)

Crédits: 45

Présentation

En bref

Ce programme permet aux étudiants d'approfondir leurs connaissances ainsi que de développer des aptitudes et habiletés scientifiques. Le programme vise à former des spécialistes aptes à mener à bien une démarche systématique de recherche les préparant soit à la recherche industrielle soit à la poursuite des études doctorales.

Objectifs du programme

Les activités offertes dans le programme permettent de préparer les étudiants plus spécifiquement à une carrière de spécialiste de recherche et de développement dans les trois secteurs suivants du génie électrique :

- électronique industrielle;
- électrotechnique;
- micro et nanosystèmes.

L'électronique industrielle et l'électrotechnique réfèrent ici à la conception et à l'analyse des techniques et procédés de conversion, de transport et d'utilisation de l'énergie électrique, ainsi que le contrôle de l'énergie électrique par des dispositifs électroniques et par des microsystèmes.

L'efficacité énergétique, les énergies renouvelables, la production distribuée et la mécatronique sont notamment ciblées pour former des spécialistes qui pourront contribuer au développement durable.

Les micro et nanosystèmes réfèrent ici à la problématique de conception et de développement des systèmes sur puces et de traitement des données utilisant la microélectronique et la nanoélectronique.

Les activités du programme permettent de former des spécialistes qui pourront développer conjointement des algorithmes et architectures micro et nanoélectroniques pour offrir des solutions efficaces dans diverses applications en télécommunications, en mesure, en commande automatique et autres domaines.

Atouts UQTR
Le Département de génie électrique et génie informatique offre une expérience unique en enseignement et en recherche.

Les professeurs, fortement actifs dans différentes unités de recherche de l'UQTR, participent activement à la vie départementale.

Les étudiants bénéficient d'une proximité avec les professeurs-chercheurs.

Accessibles en tout temps aux étudiants, les laboratoires d'enseignement du Département abritent des équipements à la fine pointe de la technologie qui s'accordent avec les besoins de l'industrie.

Ce programme permet aux étudiants d’obtenir une bourse Universalis Causa

La recherche dans le domaine

Pour de l'information sur les ressources professorales et la recherche, veuillez consulter le site de L'école d'ingénierie.

Admission

Trimestre d'admission et rythme des études

Automne, hiver, été.

Ce programme est offert à temps complet et à temps partiel.

Conditions d'admission

Études au Québec

Base universitaire

Être titulaire d'un baccalauréat, ou l'équivalent, en génie électrique, génie informatique, génie microélectronique, génie physique, génie mécanique, informatique ou dans un domaine connexe, obtenu avec une moyenne cumulative d'au moins 3.2 (sur 4.3) ou l'équivalent.

Lorsque la moyenne cumulative est entre 2.7 et 3.1, les facteurs suivants seront pris en considération: progression dans les études; notes obtenues dans les cours d'électronique industrielle, d'électrotechnique, de micro et nanoélectronique, de micro et nanosystèmes, d'asservissement, d'électronique et de théorie du signal; nature et qualité des projets réalisés dans le cadre du programme du 1er cycle.

Les candidats possédant un baccalauréat en génie physique, en physique, en génie mécanique, en informatique, ou dans un domaine connexe au génie électrique verront leur dossier étudié par le comité de programme.

Base expérience

Posséder les connaissances requises, une formation appropriée et une expérience jugée pertinente.

Le candidat dont la préparation n'est pas jugée suffisante pourra se voir imposer des cours d'appoint ou une propédeutique.

Études hors Québec
Base études hors Québec

Etre détenteur d'un grade universitaire (baccalauréat nord-américain en génie, master 1 ou diplôme d'ingénieur selon le système d'éducation) ou avoir réussi une formation jugée équivalente en génie par le comité d'admission , obtenu avec une moyenne cumulative d'au moins 12/20 (ou l'équivalent)

Selon la formation antérieure du candidat, des cours d'appoint en génie électrique (maximum de 9 crédits) ou une propédeutique peuvent être imposés.

Base expérience

L'étudiant ne répondant pas à ces exigences, mais possédant les connaissances requises, une formation appropriée et une expérience jugée pertinente (généralement 5 ans et plus) peut être admis au programme.

Les candidats admis sur cette base peuvent se voir imposer des cours d'appoint (au maximum 9 crédits) ou un programme de propédeutique.

Modalités de sélection des candidatures
Candidat possédant un baccalauréat, ou l'équivalent, en génie électrique, en génie informatique ou en génie microélectronique

La sélection est basée essentiellement sur le dossier scolaire:

- Lorsque la moyenne cumulative est égale ou supérieure à 3.2 (12/20), le candidat est admis au programme.

Candidat possédant un baccalauréat en génie physique (ou en physique), génie mécanique, informatique ou dans un domaine connexe à ces domaines ou au génie électrique

La sélection est basée sur le dossier scolaire et sur l'orientation de la formation au 1er cycle. Si la formation est jugée insuffisante, le candidat pourra être admis en propédeutique ou se voir imposer des cours en appoint.

Candidat adulte

La sélection d'un candidat adulte est basée sur deux aspects: la formation en sciences appliquées (50%) et l'expérience pertinente (50%).

La formation est jugée pertinente si le candidat possède un ou plusieurs diplômes dans les domaines suivants:

- génie électrique;
- génie informatique;
- électrotechnique;
- électronique;
- microélectronique ou microsystèmes;
- génie physique;
- physique;
- mécatronique;
- électromécanique;
- informatique.

L'expérience est considérée pertinente dans les domaines suivants:

- électronique de commande: systèmes de mesure, asservissement (analogique ou numérique);
- électronique de puissance: convertisseurs d'énergie - commande des machines électriques;
- électrotechnique: électrothermie - réseaux de transport d'énergie;
- micro et nanoélectronique/micro et nanosystèmes: systèmes de mesure – simulation – conception numérique / analogique;
- mécanique, électromécanique ou mécatronique: systèmes de mesure, asservissement, conception de systèmes multiaxes, robotique, programmation de systèmes automatisés;
- expérience en recherche: travailler sur ou participer à un projet de recherche en électronique de puissance / électronique de commande / électrotechnique / micro et nanoélectronique / micro et nanosystèmes / électromécanique / mécatronique / informatique;
- expérience en industrie: travailler sur un projet de développement d'équipements électroniques de puissance / électronique industrielle / électrotechnique / micro et nanoélectronique / micro et nanosystèmes / électromécanique / mécatronique / informatique.

Un candidat dont la formation et l'expérience comportent des lacunes mineures peut être admis en propédeutique, ou se voir imposer des cours en appoint.

Structure du programme et liste des cours

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

Cours obligatoires (3 crédits)
GEI6021 Séminaire

Cours optionnels (12 crédits)
GEI6018 Mécatronique

GEI6030 Modélisation multiphysique et calcul à haute performance
GEI6031 Problématiques reliées à l'électrothermie
GEI6035 Systèmes de mesure
GEI6036 Technologies nouvelles et techniques émergentes
GEI6037 Électronique de commande et systèmes embarqués
GEI6039 Microsystèmes
GEI6041 Compléments d'électronique de puissance
GEI6042 Commande avancée
GEI6044 Sujets spéciaux en électronique industrielle et en électrotechnique
GEI6045 Réseaux d'énergie électrique
GEI6047 Problématiques reliées à la conception en VLSI
GEI6048 Compléments d'optoélectronique
GEI6049 Compléments de micromachining
GEI6050 Sujets spéciaux en micro et nanosystèmes
GEI6051 Techniques avancées de traitement numérique des signaux
GEI6052 Entraînements à vitesse variable
GEI6053 Ingénierie et développement durable
GEI6054 Conception de circuits mixtes
GEI6055 Matériaux en contexte pluridisciplinaire
GEI6056 Modélisation et commande de systèmes énergétiques
GEI6057 Modélisation, identification et reconstitution
GEI6062 Fondamentaux de l'IA pour la résolution de problèmes appliqués
GEI6063 Sujets avancés sur le «machine-learning»
GEI6064 Calculs nuagiques et périphériques (Cloud and edge computing)
GEI6066 Déploiement des technologies de l'hydrogène (études de cas, Code et standards)
GEI6067 Intégration des systèmes hydrogènes au sein de systèmes énergétiques
GMC6005 De la cellule électrochimique au système hydrogène (pile à combust. et électrolyseur)

Crédits de recherche (30 crédits)
Pour réussir son programme l'étudiant doit réaliser un travail de recherche comptant pour 30 crédits.

Travail de recherche

Mémoire (30 crédits)

Le mémoire doit manifester de la part de l'auteur une aptitude à mener à bien une recherche scientifique. Cette étude sera menée dans la spécialité choisie par l'étudiant.

Autres renseignements

Description des activités
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.

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.

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 classifier 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 électrochimique et en biomédical, notamment pour la réalisation de systèmes microélectromécaniques (MEMS), nanoélectromécaniques (NEMS), microélectrooptiques (MEOPS) et nanooptoélectromécaniques (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.

GEI6062 Fondamentaux de l'IA pour la résolution de problèmes appliqués

Le cours amène les étudiants à acquérir les connaissances fondamentales en algèbre linéaire, probabilité et théorie de l'information et en optimisation afin de les préparer à aborder des sujets sur l'apprentissage automatique («machine-learning») et l'apprentissage profond («deep-learning») ainsi que l'optimisation avancée. Le contenue du cours sera divisé en 3 parties et les concepts présentés seront appliqués à des problèmes d'ingénierie concrets. Ainsi, dans la 1ère partie du cours sur l'algèbre linéaire, l'étudiant révisera en profondeur les éléments liés aux sous-espaces, aux valeurs propres et aux vecteurs propres, aux matrices symétriques définies, aux composantes principales et aux matrices de bas rang, aux quotients de Rayleigh et aux valeurs propres généralisées ainsi qu'aux normes et à la factorisation des matrices. Cette partie couvrira également les calculs avec de grandes matrices et la détection compressée. Dans la 2ième partie du cours, les probabilités et les statistiques ainsi que les bases de l'apprentissage automatique sont abordées. Cette partie mettra l'accent sur les distributions de probabilité, les moments, les cumulants et les inégalités statistiques, les matrices de covariance et les probabilités conjointes, l'algorithme des moindres carrés gaussiens multivariés et pondérés et enfin les chaînes de Markov. Cette partie couvrira également les estimateurs, le biais et la variance, l'estimation par maximum de vraisemblance, les statistiques bayésiennes, les algorithmes d'apprentissage supervisé, les algorithmes d'apprentissage non supervisé et l'approche du de gradient stochastique. Enfin, la 3ième partie sera consacrée à l'optimisation : traitement des problèmes de minimum (convexité et méthode de Newton), les multiplicateurs de Lagrange (dérivées du coût), la programmation linéaire, la théorie des jeux et la dualité et l'algorithme des directions alternées.

GEI6063 Sujets avancés sur le «machine-learning»

Le cours couvrira la matières nécessaires pour apprendre à construire et à interpréter des modèles d'apprentissage automatique («machine-learning») et l'apprentissage profond («deep-learning») fiables avec des applications concrètes en ingénierie. En trois parties, il renforcera les connaissances et la pratique de l'étudiant dans la conception et le déploiement de techniques d'apprentissage automatique.

La 1ère partie couvre des sujets tels que la création d'un bon ensemble de données d'entraînement et le prétraitement des données, la compression des données via la réduction de la dimensionnalité, l'augmentation des données, les techniques d'apprentissage automatique telles que la régression logistique, la machine à vecteur de support (SVM), l'arbre de décision, les K plus proches voisins (KNN), les meilleures pratiques d'apprentissage pour l'évaluation des modèles et le réglage des hyperparamètres, la prédiction d'une variable cible continue avec l'analyse de régression ainsi que l'apprentissage avec des données non équilibrées.

La 2ième partie commence par l'implémentation d'un réseau neuronal multicouche et sa parallélisation avec TensorFlow. Cette partie se concentrera ensuite sur les problèmes de classification à l'aide de réseaux de neurones convolutifs (CNN), la modélisation de données séquentielles à l'aide de réseaux de neurones récurrents (RNN), les réseaux adverses génératifs (GAN) pour synthétiser de nouvelles données et l'apprentissage par renforcement (RL) pour la prise de décision dans des environnements complexes.

Dans la 3ième partie du cours, des sujets plus avancés sur :

- l'apprentissage par transfert ;
- le méta-apprentissage (réseaux prototypiques, réseaux de relation et de machine, réseaux neuronaux à mémoire augmentée (MANN), méta-apprentissage agnostique de modèle (MAML) et méta-apprentissage agnostique de tâche (TAML)) et
- l'interprétabilité des modèles d'IA. Après avoir exploré les concepts d'interprétabilité, les modèles interprétables simples tels que l'arbre de décision, les règles de décision et la régression linéaire, l'étudiant se concentrera sur les méthodes générales agnostiques des modèles pour interpréter les modèles de la boîte noire comme l'importance des caractéristiques et les effets locaux accumulés et pour expliquer les prédictions individuelles avec les valeurs de Shapley et le LIME. Les exemples de ce cours seront orientés vers des cas d'utilisation concrets tels que la télécommunication, le domaine biomédical et de la santé, les villes intelligentes, le manufacturier intelligent et l'efficacité énergétique.

GEI6064 Calculs nuagiques et périphériques (Cloud and edge computing)

Le cloud computing et le edge computing jouent un rôle crucial dans différents secteurs industriels en raison de leur agilité et rentabilité. L'avancement dans la logicielisation (softwarisation) du réseau, la mise en réseau définie par logiciel (SDN: Software Defined Networrking) et la virtualisation des fonctions réseau (NFV: Network Function Virtualization) améliorent encore la qualité de service, la flexibilité et la rentabilité pour la gestion des services au-dessus de cloud et edge computing. La programmabilité du réseau offerte via NFV et SDN permet au cloud et au edge computing d'adopter un modèle de paiement à l'utilisation, dans lequel un utilisateur ne payez que pour les ressources consommées, y compris le GPU, le CPU, la mémoire et le stockage. Ce nouveau paradigme conduit au réseau transformation en proposant différents paradigmes cloud et edge allant du logiciel en tant que service (SaaS: Software as a Service) à la plateforme en tant que service (PaaS: Platform as a Service) et l'infrastructure en tant que service (IaaS: Infrastructure as a Service).

Ce cours se concentre principalement sur l'orchestration et la gestion du cycle de vie de micro-services et cloud computing et de

edge computing. Ce cours fournira un aperçu sure la gestion du système Linux pour l'hébergement IaaS et PaaS, tels que Linux namespaces, cgroups, Linux bridges, et OVSs. Il donnera également une initiation aux systèmes d'orchestration et de gestion PaaS (i.e., Kubernetes). En effet, l'objectif principal de ce cours est de fournir une explication approfondie dans l'orchestration, la gestion, et l'automatisation des IaaS, plus précisément Openstack. Á la fin de ce cours, l'étudiant aura une connaissance detaillée de la virtualisation de réseau et des composants d'OpenStack (ex., Keystone, Nova et Neutron).

GEI6066 Déploiement des technologies de l'hydrogène (études de cas, Code et standards)

Ce cours présente plusieurs projets réels de déploiement des technologies de l'hydrogène (boucle hydrogène pour les mines, flottes d'autobus hydrogène, électrolyseurs de forte puissance connectés au réseau, etc) dans les contextes québécois, canadiens et internationaux. Ceux-ci sont abordés d'un point de vue technique mais également économique (microéconomie, analyse de rentabilité, contexte macroéconomique, etc). Le cours abordera le développement de projet mais également les spécificités des technologies de l'hydrogène tout au long du cycle de vie du projet (gestion des actifs, maintenance, formation des opérateurs, etc). Les chaines de valeurs des technologies de l'hydrogène seront présentées. La prise en compte des aspects sécurités tout au long de la mise en oeuvre du projet sera détaillée. Une attention particulière sera accordée aux codes et standards encadrant les technologies de l'hydrogène (Canadian Hydrogen Installation Code par exemple).

GEI6067 Intégration des systèmes hydrogènes au sein de systèmes énergétiques

Ce cours se concentre sur les applications des systèmes hydrogènes. Une première partie traitera des véhicules à hydrogène (véhicule routier léger et lourd, applications ferroviaires, aéronautiques et maritimes). Les grandes contraintes de conception seront abordées (volume, masse, coût, durée de vie, etc) de même que les différentes architectures envisageables (hybridation avec un pack batterie par exemple). Une attention particulière sera accordée au dimensionnement du système pile à combustible vis-à-vis des profils de puissance appelés par la partie traction. Enfin, les problématiques du contrôle et de la gestion d'énergie seront détaillées. Une seconde partie traitera de l'intégration des technologies de l'hydrogène dans les systèmes stationnaires (groupe électrogène de secours, micro réseau électrique autonome et/ou iloté, réseau électrique de forte puissance, etc). La mise en oeuvre d'une boucle hydrogène (électrolyseur, stockage, pile à combustible) au sein des systèmes d'énergie renouvelable (photovoltaïque et/ou éolien) sera détaillée (dimensionnement des différents éléments). Le contrôle et la gestion intelligente de l'énergie seront également traités (correcteurs, optimisations, IA, etc).

GMC6005 De la cellule électrochimique au système hydrogène (pile à combust. et électrolyseur)

Ce cours se concentre sur le développement des systèmes hydrogènes, piles à combustible et électrolyseurs en particulier. Une première partie du cours traitera de la cellule électrochimique. Les principes électrochimiques et thermodynamiques de la conversion seront détaillés ainsi que les différents facteurs influant sur les performances de cette conversion (température, pression, humidité, etc). Une seconde partie abordera la constitution du stack. Seront traitées les questions de la conception (canaux d'alimentation en gaz par exemple) et du dimensionnement (nombre de cellules, surfaces actives, etc). La troisième partie se concentrera sur l'intégration du stack au sein d'un système hydrogène. Les différentes architectures seront détaillées (cathode ouverte, recirculation d'hydrogène, mode bouché, etc) ainsi que les différents auxiliaires (balance of plant) nécessaires au bon fonctionnement du système (compresseur, système de gestion thermique, humidificateur, etc). L'impact des auxiliaires sur les performances sera étudié ainsi que leur contrôle et leur gestion. Les notions de durée de vie, diagnostic et pronostic seront ainsi abordées.