Directeur(trice): Daniel Massicotte
CPCS - Génie électrique

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

Structure du programme et liste des cours

Doctorat en génie électrique

(Cheminement: 1)

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

Cours obligatoires (9 crédits)

Les cours obligatoires suivants (9 crédits):

GEI6028 - Séminaire de recherche

Développer chez l'étudiant le jugement critique sur les possibilités et les contraintes d'un cheminement de recherche, renforcer ses capacités de traitement et de présentation (orale et écrite) de sujets scientifiques reliés à son domaine de recherche. Permettre au candidat de confronter son expérience d'une démarche de recherche avec celle de ses confrères et s'ouvrir à d'autres champs de sa discipline par un dialogue ouvert et constructif.

Durant cette activité, l'étudiant est appelé à préciser son domaine de recherche par l'état de l'art, l'envergure de sa problématique de recherche, son originalité, ses objectifs, ses contributions envisagées, sa procédure de validation des résultats de recherche ainsi que sa planification des travaux de recherche. L'éthique en recherche et la valorisation de la recherche sont aussi abordées.

GEI6034 - Examen doctoral (6 crédits)

Cet examen vise à vérifier si le candidat progresse normalement dans le projet de recherche qu'il a choisi, à valider sa proposition des travaux à poursuivre pour atteindre les objectifs de son projet de recherche et à évaluer sa capacité de mener son projet à terme.

Le candidat doit présenter un rapport écrit sur le sujet de sa recherche de thèse doctorale, comprenant la description des travaux déjà accomplis et à poursuivre, mettant en évidence, en particulier, les objectifs visés, l'originalité du sujet et la méthodologie de recherche. Il doit ensuite faire un exposé oral, sous forme d'un séminaire public, et répondre aux questions des membres du jury. L'étudiant reçoit une opinion critique sur la structuration et l'orientation de sa recherche. Le jury d'examen doctoral est constitué d'au moins trois membres, dont le directeur de recherche de l'étudiant.

Cette activité permet à l'étudiant de faire connaître et de soumettre à la discussion les travaux qu'il mène en vue de la préparation de sa thèse et de l'aider à parfaire sa recherche et ses techniques de communication scientifique.

L'activité est évaluée à l'aide des mentions "S" (succès) et "E" (échec) et porte tout à la fois sur le texte écrit, sur l'exposé oral et sur les réponses aux questions formulées par les membres du jury. En cas d'échec, l'étudiant peut dans un délai maximal de 8 mois se présenter à nouveau pour l'examen doctoral; un second échec entraîne son exclusion du programme.

Cours optionnels (6 à 9 crédits)

Au plus neuf (9) crédits parmi les activités suivantes liées aux domaines de l'électronique industrielle, de l'électrotechnique et des micro et nanosystèmes:

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.

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.

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.

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.

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.

GEI6058 - Travaux dirigés

Réaliser une activité spécifique de recherche qui contribuera à la qualité de la thèse de recherche doctorale.

L'étudiant présente un plan avec des objectifs de réalisations clairs et mesurables qu'il complétera sous la supervision de son directeur ou codirecteur de recherche, typiquement la préparation d'une publication scientifique ou la réalisation d'une étape importante de la recherche. L'autorisation d'inscription à cette activité est conditionnelle à la présentation de ce plan et à l'avis favorable du directeur de recherche.

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 l'apprentissage automatique (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. À 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.

Cours complémentaires (0 à 3 crédits)

Au plus trois (3) crédits, avec approbation du responsable de programme, parmi les activités d'un autre programme de deuxième ou troisième cycle offert à l'UQTR ou dans un autre établissement universitaire québécois.