

## Programme court de 2e cycle en génie électrique - 0759

### RESPONSABLE :

Abderrazak El Ouafi

### CRÉDITS :

15 crédits, Deuxième cycle

### DIPLÔME :

Programme court de deuxième cycle en génie électrique

### OBJECTIFS :

Permettre un perfectionnement professionnel de courte durée à des candidats possédant un diplôme de premier cycle de compléter leur formation et d'accroître leurs compétences dans différents domaines de l'ingénierie à l'aide de cours de cycles supérieurs.

Plus spécifiquement, l'étudiant devrait, au terme de son programme d'étude:

- avoir acquis des connaissances approfondies dans une ou plusieurs spécialités liées à l'ingénierie;
- être en mesure d'appliquer les connaissances acquises à des problématiques et à des situations ou des projets variés reliés à sa spécialisation.
- avoir développé les habiletés et aptitudes nécessaires à la participation à des projets d'innovation en milieu industriel.

### INFORMATION SUR L'ADMISSION :

| Lieu d'enseignement | Régime | Trimestres d'admission |      |     | Étudiants étrangers |      |     |
|---------------------|--------|------------------------|------|-----|---------------------|------|-----|
|                     |        | Aut.                   | Hiv. | Été | Aut.                | Hiv. | Été |
| Campus de Rimouski  | TC     | ✓                      | ✓    | ✓   | ✓                   | ✓    | ✓   |
|                     | TP     | ✓                      | ✓    | ✓   |                     |      |     |

TC : Temps complet

TP : Temps partiel

### CONDITIONS D'ADMISSION :

#### Base études universitaires

Être titulaire d'un baccalauréat ou l'équivalent en sciences appliquées, dans un domaine approprié, obtenu avec une moyenne cumulative d'au moins 3.2 sur 4.3 ou l'équivalent.

Conditions particulières:

- Le candidat qui a obtenu son grade de premier cycle avec une moyenne cumulative inférieure à 3,2 mais égale ou supérieure à 2,8 ou l'équivalent peut exceptionnellement être admis après étude de son dossier.
- Le candidat qui a obtenu son grade de premier cycle avec une moyenne cumulative inférieure à 2,8, mais égale ou supérieure à 2,5 sur 4,3, pourra se faire imposer une propédeutique, selon les règles du programme, avant que son dossier puisse être considéré pour fins d'admission. Un résultat minimal sera exigé pour la propédeutique.
- Le candidat dont une composante de la formation au 1er cycle est jugée insuffisante peut se voir imposer des cours d'appoint ou une propédeutique.
- Le candidat doit démontrer une connaissance suffisante de la langue française conformément aux règles en vigueur à l'université.
- Étant donné le nombre important de manuels et de publications offerts en langue anglaise, l'étudiant qui ne peut lire facilement cette langue s'expose à des difficultés dans ses études.

#### Base expérience

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

- Le candidat dont une composante de la formation au 1er cycle est jugée insuffisante peut se voir imposer des cours d'appoint ou une propédeutique.
- Le candidat doit démontrer une connaissance suffisante de la langue française conformément aux règles en vigueur à l'université.
- Étant donné le nombre important de manuels et de publications offerts en langue anglaise, l'étudiant qui ne peut lire facilement cette langue s'expose à des difficultés dans ses études.

### PLAN DE FORMATION :

#### Projet

Pour compléter son programme, l'étudiante ou l'étudiant doit réaliser un projet d'application de 9 crédits.

ING76415 Projet d'application (9 cr.)

#### Cours optionnels en génie électrique

Choix de deux cours optionnels (6 crédits) parmi les suivants :

|          |  |
|----------|--|
| ING70415 | Analyse des systèmes dynamiques (3 cr.)  |
| ING70515 | Commande non-linéaire et adaptative (3 cr.)  |
| ING70615 | Optimisation avancée (3 cr.)   |
| ING70715 | Réseaux de neurones (3 cr.)  |
| ING70815 | Les systèmes experts en ingénierie (3 cr.)   |
| ING70915 | Planification d'expérience pour l'analyse et l'optimisation des produits et des procédés (3 cr.) |
| ING71015 | Efficacité énergétique (3 cr.)   |
| ING71115 | Énergies renouvelables (3 cr.)   |
| ING71215 | Énergie éolienne (3 cr.)   |
| ING71315 | Compléments en énergie éolienne (3 cr.)  |
| ING71415 | Compléments de mathématiques (3 cr.)   |
| ING74115 | Conception électronique avancée (3 cr.)  |
| ING74215 | Systèmes de conversion de l'énergie électrique (3 cr.)   |
| ING74315 | Prototypage rapide des systèmes numériques (3 cr.)   |
| ING74415 | Traitement de signaux avancé (3 cr.)   |
| ING74515 | Technologie des hyperfréquences (3 cr.)  |
| ING74615 | Systèmes de communication avancés (3 cr.)  |
| ING74715 | Vision numérique (3 cr.)   |
| ING74815 | Sujets spéciaux en génie électrique (3 cr.)  |

#### Règlements particuliers

Sur approbation du directeur du programme et selon la réglementation en vigueur à l'Université, un étudiant inscrit à un programme de baccalauréat en génie de l'UQAR qui a obtenu 90 crédits et plus avec une moyenne cumulative d'au moins 3.2/4.3 peut suivre jusqu'à 2 cours de 2e cycle au lieu des cours optionnels du 1er cycle. Pour ce faire, l'étudiant doit déposer une demande à la direction de son programme d'attache. S'il est ensuite admis dans un programme de 2e cycle, les cours de ce programme, réussis avec une note supérieure ou égale à B+, peuvent lui être reconnus.

Sur approbation préalable du directeur du programme, une activité optionnelle peut être remplacée par une activité pertinente d'autres programmes de 1er ou de 2e cycle offerts par l'UQAR ou par d'autres universités. Sans cette approbation, seuls les cours pertinents au programme et qui ont été réussis avec une note supérieure ou égale à B+ pourraient être crédités.

Modification du programme adopté à la Commission des études de l'UQAR, le 2 juin 2015 (CE-513-6305)

**ING70415****Analyse des systèmes dynamiques**

**Objectif** : Acquérir les bases conceptuelles et maîtriser les outils couramment utilisés pour l'analyse et la commande automatique des systèmes dynamiques.

**Contenu** : Systèmes linéaires continus et discrets. Transformée de Laplace. Équations différentielles ordinaires. Transformée en Z. Équations aux différences. Outils d'analyse classiques et structures de modèles : fonctions de transfert, modèles d'état, équations d'entrée-sortie. Modèles empiriques et modèles physiques ou phénoménologiques. Introduction au bruit et structures stochastiques (OE, ARX, ARMAX, BJ). Identification des systèmes en présence de bruit. Introduction au filtrage optimal de Kalman. Applications à la commande des systèmes dynamiques.

**ING70515****Commande non-linéaire et adaptative**

**Objectif** : Maîtriser les nouveaux outils pour l'analyse et l'utilisation de modèles non-linéaires dans le contexte de la conception d'algorithmes de commande automatique adaptatifs.

**Contenu** : Particularités des systèmes non-linéaires par rapport aux systèmes linéaires. Structures de modèles non-linéaires. Outils d'analyse locale et globale. Stabilité des systèmes. Équilibres. Notion d'optimalité : critères et intégration aux algorithmes de commande automatique. Critère de Lyapunov et conception d'algorithmes de commande non-linéaire et adaptative. Introduction au « backstepping ». Application aux systèmes linéaires et non-linéaires. Introduction à la commande extrémale pour l'optimisation en temps réel

**ING70615****Optimisation avancée**

**Objectif** : Maîtriser les notions fondamentales et les méthodes avancées en optimisation des systèmes.

**Contenu** : Optimisation des systèmes linéaires. Optimisation des systèmes non linéaires. Méthodes de recherche systématiques avec ou sans contraintes. Optimisation des systèmes séquentiels. Théorie de la décision et optimisation stochastique. Applications aux problèmes de conception et de commande des systèmes.

**ING70715****Réseaux de neurones**

**Objectif** : Comprendre, concevoir et réaliser des systèmes basés sur les réseaux de neurones à des fins d'apprentissage, de mémorisation, de reconnaissance et de commande des systèmes.

**Contenu** : Cellules nerveuses physiologiques. Connectivité. Neurone formel. Topologies et paradigmes. Processus d'apprentissage : non supervisé, supervisé, compétitif.

Architectures : homogène, hétérogènes, perceptron, perceptron multicouche, réseaux d'Hopfield, cartes de Kohonen, réseaux à fonctions radiales, réseaux récurrents, réseaux adaptatifs, réseaux auto-organisés, réseaux pour le traitement temporel. Apprentissage : par rétropropagation, par RP accélérée, par RP adaptative, par calcul d'entropie, compétitif, par algorithmes évolutifs. Introduction aux systèmes flous : définitions, sous-ensembles flous, relations floues. Liens entre réseaux de neurones et logique floue. Applications à des systèmes physiques complexes en GPAO, commande de procédés, robotique, vision numérique. Démonstrations et Exercices sur plusieurs logiciels.

**ING70815****Les systèmes experts en ingénierie**

**Objectif** : Maîtriser la conception et la réalisation de systèmes experts pour l'application à des problèmes d'ingénierie.

**Contenu** : Architecture d'un système expert, représentation des connaissances, logique des prédicats, réseaux sémantiques et procéduraux, règles de production. Stratégies de recherches, chaînage avant et arrière, parcours d'arbres et de réseaux, moteurs d'inférences, planification. Applications au contrôle automatique de processus, à l'automatisation et à la conception. Applications au contrôle de qualité et au diagnostic. Réalisation d'une application dans le domaine de spécialité de l'étudiant.

**ING70915****Planification d'expérience pour l'analyse et l'optimisation des produits et des procédés**

**Objectif** : Maîtriser les principaux éléments de planification expérimentale, d'analyse des variations, de modélisation et d'optimisation des performances des produits et des procédés.

**Contenu** : Concepts fondamentaux de la planification et de l'analyse expérimentale. Plans d'expériences factorielles et fractionnaires. Introduction aux méthodes Taguchi. Analyse de la variance. Analyse de la covariance. Régression simple et multiple. Tests de normalité et estimation. Effets des interactions. Effets des variations. Effets des erreurs. Diagrammes d'effet. Modélisation et optimisation des essais. Modèles polynomiaux complets et adaptés. Autres formes de modélisation. Optimisation à partir des diagrammes d'effets. Optimisation à partir de modèles multicritères. Applications des plans d'expériences au développement et à l'optimisation des produits et des procédés. Travaux pratiques et utilisation de logiciels statistiques permettant la planification des expériences, l'analyse et l'optimisation.

**ING71015****Efficacité énergétique**

**Objectif** : Comprendre les enjeux de l'économie d'énergie. Connaître les

principes physiques applicables aux différents aspects de l'efficacité énergétique. Maîtriser les outils de planification et d'analyse technique et financière des projets d'efficacité énergétique.

**Contenu** : ? L'efficacité énergétique - approche transversale et globale de la maîtrise de l'énergie. Les bases de l'efficacité énergétique : principes physiques transfert d'énergie, gains et pertes de chaleur, énergie électrique, chauffage et climatisation. Intégration des énergies renouvelables dans un processus d'efficacité énergétique : énergies renouvelables au service de l'efficacité énergétique (éolien, solaire PV et thermique, géothermie), efficacité énergétique préalable à l'utilisation des énergies renouvelables, intégration de l'énergie solaire, éolienne et autres sources renouvelables aux bâtiments. Nouvelles techniques d'amélioration de l'efficacité énergétique et potentiel de réduction de consommation. Nouvelles technologies au service de l'efficacité énergétique (chauffage, climatisation, éclairage, cuisine, etc.). Isolation thermique et nouvelles techniques d'isolation (isolation extérieure, fenêtres, toiture, etc.). Mesures "passives" vs les mesures "actives". Réseaux intelligents. Conduite de projet en efficacité énergétique : analyse de rentabilité, étapes de conception et planification globale d'un bâtiment "efficient", gestion des besoins énergétiques, approche en fonction des besoins et non de l'offre, production d'énergie intégrée au bâtiment, introduction à l'utilisation du logiciel RetScreen®.

**ING71115****Énergies renouvelables**

**Objectif** : Comprendre les enjeux sociétaux en termes d'énergie, d'environnement et de développement durable. Identifier les principales sources d'énergie renouvelable et leurs modes d'exploitation. Réaliser des bilans énergétiques et établir des cahiers des charges, des études de préféabilité et de faisabilité de projets en énergies renouvelables. Démontrer la pertinence technique et financière des filières et des applications d'énergies renouvelables

**Contenu** : Panorama des différentes filières technologiques des énergies renouvelables (éolien, solaire, géothermie, hydrolien, biomasse) tant en termes énergétiques qu'économiques et sociétales. Utilisation d'un logiciel d'analyse d'énergies propres permettant d'identifier et d'évaluer la pertinence d'implantation de projets en énergies renouvelables. Caractéristiques et paramètres techniques et économiques de chacune des énergies renouvelables : géothermie, éolien, solaire, biomasse, hydrolien etc.. Identification des différentes sources d'information et description des différentes phases d'un projet pour la rédaction d'un cahier des charges. Identification des données et des informations pertinentes pour la réalisation des études de faisabilité propres à chaque source énergétique. Méthodologie du logiciel RetScreen appliquée pour différents types de projets. Exemples d'étude de cas pour

chaque source énergétique dans l'utilisation du logiciel.

**ING71215****Énergie éolienne**

**Objectif** : Comprendre l'ensemble les aspects techniques, économiques et environnementaux du développement et de l'exploitation de la filière éolienne. Maîtriser les principaux concepts scientifiques et technologiques nécessaires pour sélectionner, implanter, adapter ou gérer des systèmes éoliens.

**Contenu** : Historique de la filière, caractéristiques technologiques et topologies des turbines éoliennes et leurs performances. Les principaux acteurs de la filière éolienne et tendances de développement. L'estimation du potentiel éolien d'un site, la mesure du vent, le traitement des données, la limite de Betz. Estimation de la production d'une éolienne installée sur un site donné. Modèle saérodynamiques des rotors et des pales. Composantes mécaniques d'une éolienne, avantages et inconvénients des différentes alternatives. Composantes électriques d'une éolienne, avantages et inconvénients des différentes alternatives. Éléments de la conception des éoliennes, normes applicables. Problématique de l'exploitation des éoliennes en climat nordique, les effets des basses températures et du givrage, solutions envisagées. Types de projets éoliens : turbines éoliennes couplées au réseau ou hors réseau, couplage éolien-diesel ou éolien-solaire. Implantation des éoliennes dans un parc éolien. Étude technico-économique des parcs éoliens. Aspects environnementaux de l'exploitation de l'énergie éolienne. Sécurité au travail. Exploitation et entretien des parcs éoliens.

**ING71315****Compléments en énergie éolienne**

**Objectif** : Développer une réflexion multidisciplinaire du développement de la filière éolienne par l'introduction des impacts environnementaux et socio-économiques dans le développement des projets éoliens. Intégrer les aspects techniques, environnementaux et socio-économiques au développement des projets éoliens de petite puissance. Contribuer à une meilleure intégration des problématiques de recherche rattachées aux différents champs de l'énergie éolienne.

**Contenu** : Impacts environnementaux, socio-économiques et risques associés à l'exploitation des projets éoliens et les moyens de mitigation : impacts visuels, sonores, sur la faune, la flore et l'activité humaine. Impacts socio-économiques du développement de la filière éolienne : acceptabilité sociale, avantages et inconvénients des stratégies de développement, réglementation. Étapes d'implantation et établissement de la pertinence économique d'un projet éolien. Étude des différents aspects du développement d'un projet éolien de petite puissance : technologie et

équipements nécessaires aux installations. Évaluation du potentiel éolien et de la viabilité d'un site. Évaluation de la production éolienne. Types d'application des systèmes éoliens hors réseau et formes de stockage. Types de branchement au réseau et leurs modalités. Calcul de la rentabilité d'un projet. Règlements et démarches administratives liés au domaine de l'éolien.

### ING71415

#### Compléments de mathématiques

**Objectif :** Maîtriser les notions de mathématiques avancées et les méthodes numériques souvent rencontrées dans les publications scientifiques et couramment utilisées pour la modélisation mathématiques des systèmes.

**Contenu :** Modélisation mathématique. Méthodes numériques. Algèbre linéaire. Équations différentielles. Variables complexes. Séries et transformées diverses. Variables aléatoires. Probabilités et statistiques. Relations entre domaines de représentations. Exemples d'applications physiques. Méthodes de solution : séries de Fourier, fonction de Green, variable complexe.

### ING74115

#### Conception électronique avancée

**Objectif :** Familiariser l'étudiant avec les outils CAO pour la conception avancée en génie électrique.

**Contenu :** Étapes du processus de conception en génie électrique (ingénierie, conception et fabrication assistée par ordinateur). Schémas électriques avancés et schémas de câblage. Conception de plaquettes avancées de circuit imprimé (PCB). Approfondissement d'un langage de conception matérielle (HDL). Démarche de conception numérique de circuits séquentiels avancés par l'utilisation de puces FPGA. Expérimentation et développement sur cartes prototypes.

### ING74215

#### Systèmes de conversion de l'énergie électrique

**Objectif :** Approfondir et appliquer les connaissances liées à l'étude, à l'analyse et au contrôle des systèmes de conversion de l'énergie électrique.

**Contenu :** Généralités sur les systèmes de conversion de l'énergie électrique : production, transport, stockage et utilisation de l'énergie. Conversion électrique-électrique, conversion électromécanique. Transformateurs monophasés et triphasés : structure, constitution, modélisation et fabrication. Alternateurs et moteurs électriques : principe, constitution, modèles de régime permanent et de régime transitoire, applications. Convertisseurs statiques : redresseurs, onduleurs, hacheurs. Commande et contrôle des dispositifs de conversion de l'énergie électrique. Contrôle de la tension et de la fréquence. Commande et contrôle des ensembles convertisseurs-machines : principe de variation de vitesse des machines à courant continu et à courant

alternatif, autopilotage, commande scalaire, commande vectorielle, réglage du couple et de la vitesse, alimentation électronique des machines. Applications : alternateurs hydrauliques, système de génération distribuée, systèmes d'énergies renouvelables, liaison HVDC, variateurs de vitesse industriels, système de traction et de propulsion électrique.

### ING74315

#### Prototypage rapide des systèmes numériques

**Objectif :** Familiariser l'étudiant avec les méthodologies de conception de systèmes numériques sur des plateformes à base de circuits programmables.

**Contenu :** Prototypage rapide des systèmes numériques à base de circuits programmables de type FPGA (Field Programmable Gate Array). Flot de la conception à base d'un langage de description de matériel (VHDL). Synthèse par des langages de haut, système mixte (matériel-logiciel), utilisation des modules préconçus (IP-Cores), système complet sur une puce SoC (system on a chip). Utilisation des outils de simulation logicielle/matérielle.

### ING74415

#### Traitement de signaux avancé

**Objectif :** Familiariser l'étudiant aux concepts avancés de l'analyse du signal et des méthodes de filtrage numérique.

**Contenu :** Transformée de Fourier rapide, convolution et corrélation. Conception de filtres numérique à réponse impulsionnelle finie et infinie. Filtrage adaptatif, identification, prédiction. Analyse temps-fréquence, spectrogramme, transformée en ondelettes. Techniques d'extraction des caractéristiques d'un signal : modélisation autorégressive, analyse spectrale, etc.

### ING74515

#### Technologie des hyperfréquences

**Objectif :** Maîtriser les techniques et les dispositifs propres au domaine des hyperfréquences.

**Contenu :** Introduction aux phénomènes propres aux hyperfréquences. Étude de la propagation dans les lignes de transmission. Étude de la réflectométrie dans les lignes de transmission. Présentation et utilisation de l'abaque de Smith. Étude des paramètres [S]. Principes de conception des amplificateurs hyperfréquences : adaptation, polarisation et stabilité. Conception, fabrication et mesure d'un diviseur de puissance, atténuateur et déphaseur, et filtre.

### ING74615

#### Systèmes de communication avancés

**Objectif :** S'initier aux notions de base de la technologie des hyperfréquences, reconnaître les composantes principales dans les systèmes de télécommunications et maîtriser les

méthodes de conception de ces composantes.

**Contenu :** Analyse des performances d'un lien de communications radiofréquences pour les communications sans fil et par satellite. Étude des architectures des émetteurs/récepteurs et des différents types d'éléments actifs (diodes et transistors) utilisés pour concevoir les différents blocs fonctionnels de ces émetteurs/récepteurs. Conception de circuits radiofréquences d'amplification linéaire. Conception, réalisation et test d'un circuit/sous-système d'amplification ou de mélange de fréquences. Différentes techniques pour améliorer la qualité des liaisons radio-mobiles telles que la diversité (spatiale, temporelle et fréquentielle). Revue des modulations pour les systèmes cellulaires actuelles ainsi que leurs performances en présence du brouillage cofréquence, des canaux adjacents et des interférences inter-symboles sur canaux à évanouissements sélectifs.

### ING74715

#### Vision numérique

**Objectif :** Maîtriser les notions de base de la vision numérique 2D et 3D par ordinateur.

**Contenu :** Fondements de la vision artificielle. Formation et acquisition des images 2D et 3D. Prétraitement des images : filtration linéaire et non linéaire, égalisation d'histogramme, rehaussement des images. Extraction du contenu des images : détecteurs d'arêtes, analyse multi-résolution, détection des lignes, des courbes et des contours. Segmentation : séparation, union, croissance de régions, fermeture de contours. Applications pour la classification et la reconnaissance de formes.

### ING74815

#### Sujets spéciaux en génie électrique

**Objectif :** Fournir à l'étudiant un complément de formation en relation avec son sujet de mémoire ou de thèse.

**Contenu :** Le contenu du cours est variable selon les besoins de formation de l'étudiant et des sujets de recherche offerts à la maîtrise et au doctorat en ingénierie. Un plan de cours est préparé par le professeur responsable d'un sujet spécifique.

### ING76415

#### Projet d'application

**Objectif :** Intégrer les connaissances acquises dans les cours du programme et les utiliser concrètement dans le cadre d'un projet d'innovation, de développement, de transfert technologique ou d'intervention en entreprise.

**Contenu :** Le projet comprend un ensemble d'activités effectuées sous la supervision d'un professeur : recherche bibliographique, définition d'une problématique, élaboration de la méthodologie, développement, réalisation et rédaction d'un rapport. La réalisation du projet et la rédaction du

rapport requièrent au moins 405 heures de travail pouvant être réparties sur un ou deux trimestres.