

**Doctorat en sciences et technologies de l'information - 3081**

**RESPONSABLE :**

**Gatineau**

**Kamel Adi**

**Responsable de programme d'études de cycle supérieur**

Téléphone : 819 595-3900 poste 1813  
Sans frais : 1 800 567-1283 poste 1813

**SCOLARITÉ :**

90 crédits, Troisième cycle

**GRADE :**

Philosophiae doctor

**OBJECTIFS :**

L'objectif général du programme de doctorat en sciences et technologies de l'information vise la formation de chercheurs hautement qualifiés, capables de maîtriser les aspects logiciels et matériels des diverses étapes du processus de production, de traitement et de transmission de l'information dans les systèmes informatiques et dans les réseaux de communication.

Les objectifs particuliers du programme visent l'acquisition de connaissances de pointe ainsi que le développement d'aptitudes et d'habiletés en lien avec l'objectif général.

Particulièrement, les études au programme de doctorat en sciences et technologies de l'information permettront à l'étudiant de :

maîtriser les connaissances fondamentales et technologiques relatives aux systèmes d'information et apporter une contribution à l'avancement scientifique du domaine;

développer une expertise dans un domaine de recherche de même qu'une compréhension des enjeux scientifiques dans un second domaine;

développer une méthodologie rigoureuse du travail scientifique et parvenir à un haut niveau de compétences en recherche appliquée à des problèmes théoriques et pratiques reliés aux systèmes d'information;

atteindre l'autonomie intellectuelle nécessaire à la conception et à l'utilisation d'approches novatrices en vue de solutionner des problèmes particuliers aux systèmes d'information;

développer des aptitudes créatrices favorisant l'émergence de nouveaux savoirs;

développer la capacité de fonctionner dans un environnement complexe et évolutif;

s'adapter à l'évolution rapide de la technologie et développer la capacité d'apprendre par soi-même de façon continue;

communiquer efficacement dans une perspective de diffusion des connaissances.

**INFORMATIONS SUR L'ADMISSION :**

Lieu d'enseignement	Régime	Trimestres d'admission			Contingenté
		Automne	Hiver	Été	
Gatineau	TC	✓	✓	✓	✓
	TP	✓	✓	✓	✓

TC : Temps complet  
TP : Temps partiel

**CONDITIONS D'ADMISSION :**

**Base études universitaires**

Être titulaire d'une maîtrise en informatique ou en génie informatique ou l'équivalent obtenue avec une moyenne de 3,2 sur 4,3 ou l'équivalent;

ou être titulaire d'une maîtrise dans un domaine connexe de l'informatique ou du génie informatique, tel le génie électrique, obtenue avec une moyenne de 3,2 sur 4,3 ou l'équivalent et posséder une formation jugée suffisante par le Comité d'admission du programme dans les domaines de l'informatique ou du génie informatique.

Le candidat doit aussi démontrer qu'il possède une connaissance suffisante des langues française et anglaise.

Le candidat doit se soumettre à une entrevue au besoin.

Le contingentement initial est fixé à 25 étudiants. Les admissions ont normalement lieu au trimestre d'automne; un dossier exceptionnel peut être considéré pour admission au trimestre d'hiver.

Ce programme d'étude est offert en français. Tous les candidats doivent être en mesure d'étudier en français au moment de commencer ce programme. À titre de référence, le niveau attendu pour une connaissance fonctionnelle du français correspond à un résultat de 750/990 au Test de français international (TFI) de la firme Educational Testing Service Canada Inc.

**PLAN DE FORMATION :**

Les deux (2) activités suivantes (6 crédits):

INF9073	Séminaire en sciences et technologies de l'information
INF9083	Lecture dirigée en sciences et technologies de l'information

Choisir deux (2) activités de spécialisation (6 crédits)

L'activité d'examen prédoctoral suivante (6 crédits):

INF9006	Examen de synthèse
---------	--------------------

Les deux (2) activités de recherche, de rédaction et de présentation suivantes (69 crédits):

INF9009	Projet de thèse
INF9060	Thèse
	3 crédits optionnels

**Deux activités de spécialisations parmi les suivantes :**

INF9093	Atelier en photonique et microélectronique
INF9103	Atelier en calcul distribué et télécommunications
INF9123	Atelier en algorithmique et génie logiciel
INF9143	Atelier en traitement de données et intelligence artificielle

**Cours optionnels**

Une (1) activité parmi les suivantes (3 crédits):

INF6002	Systèmes à objets répartis
INF6003	Développement des applications client-serveur
INF6043	Algorithmique répartie
INF6083	Sujets spéciaux
INF6103	Analyse et conception des protocoles de sécurité
INF6123	Structures de données avancées
INF7093	Éléments avancés d'analyse d'images
INF9063	Technologies photoniques et applications

ou Tout autre activité du répertoire de cours de cycles supérieurs de l'UQO approuvée par le responsable de programme

INF6093	Lectures dirigées
INF6133	Algorithmes géométriques
INF6273	Technologie avancée en télécommunication
INF6143	Bases de données avancées
INF6153	Systèmes de contrôle d'accès aux données
INF6163	Introduction à la cryptographie
INF6173	Conception de syst. temps-réel répartis embarqués
INF6263	Ingénierie des protocoles de communication
INF6183	Éléments avancés d'intelligence artificielle
INF6193	Intelligence d'affaires

INF6203	Méthodes formelles pour le développement de logiciels
INF6223	Systèmes de communications multimédias
INF6233	Sécurité informatique et méthodes formelles
INF6243	Techniques d'apprentissage
INF6253	Web sémantique
GEN6063	Conception avancée des systèmes numériques programmables
GEN6093	Conception avancée des microsystemes intégrés
GEN6073	Conception avancée des systèmes radio fréquences intégrés
GEN6083	Technologie des systèmes radio fréquences
GEN6103	Robotique

**NOTES :**

Contingenté à 25 étudiants.

**GEN6063****Conception avancée des systèmes numériques programmables**

**Objectifs :** Permettre aux étudiants de maîtriser les connaissances nécessaires pour concevoir et développer des systèmes numériques. Leur permettre de maîtriser les connaissances sur les techniques de pointe de conception et de prototypage rapide sur circuits programmables.

**Contenu :** Compléments de la méthodologie et outils de conception d'un circuit intégrés à large échelle (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. Tendances en développement.

**GEN6073****Conception avancée des systèmes radio fréquences intégrés**

**Objectifs :** Permettre aux étudiants de maîtriser les connaissances nécessaires pour concevoir et développer des systèmes Radio Fréquences complets, et approfondir leurs connaissances sur les techniques de pointe d'implémentation et de fabrication dans les technologies appropriées.

**Contenu :** Problématique de design des systèmes Radiofréquences (RF) intégrés. Méthodologie. Outils de conception des systèmes RF-SiP (Radio-Frequency System-in-Package) et flow de design RF IC. Simulation et estimation des performances du système conçu. Études des cas des systèmes contenant des circuits intégrés (IC), SMD (Surface Mount Devices), composantes actives, passives et électromécaniques. Problématique d'intégration et processus de vérification des systèmes réalisés. Technologie d'assemblage. Extraction des circuits parasites. Approche de design et implémentation. Simulation électrique en haut niveau. Design et modélisation des composantes passives. Approche basée sur la connectivité et l'implémentation physique. Analyse de l'intégrité du signal.

**GEN6083****Technologie des systèmes radio fréquences**

**Objectifs :** Permettre aux étudiants de maîtriser les connaissances nécessaires pour analyser la performance d'une liaison radiofréquence pour les communications sans fil. Étude et conception des blocs fonctionnels des émetteurs/récepteurs. Maîtriser la conception assistée par ordinateur de circuits radiofréquences passifs et actifs.

**Contenu :** Propagation des ondes électromagnétiques. Milieux de propagation. Lignes de transmission. Méthodes d'adaptation d'impédances.

Paramètres Z, Y, ABCD et S. Éléments localisés et distribués. Dispositifs RF passifs : filtres, coupleurs, déphaseurs, antennes, etc. Dispositifs RF actifs : amplificateurs, mélangeurs de fréquences et oscillateurs. Méthodes de conception. Étude paramétrique et l'optimisation. Réalisation de projets avec les outils de conception assistée par ordinateur (CAO) et présentation de logiciels de design.

**GEN6093****Conception avancée des microsystemes intégrés**

**Objectifs :** Permettre aux étudiants de maîtriser les connaissances nécessaires pour concevoir et développer des microsystemes intégrés, ainsi que d'approfondir leurs connaissances sur les techniques de pointe de conception et de prototypage rapide.

**Contenu :** Conception des microsystemes intégrés à très grande échelle et maîtrise de toutes les étapes de conception. Transistor MOS: construction, fonctionnement, analyse simplifiée, modèle physique détaillé, phénomènes secondaires et modèles SPICE. Logique, technologie et procédé CMOS. Réduction de l'échelle et évolution technologique. Circuit VLSI, LAIC, WSI et SoC. Méthodes de conception. Conception de circuits intégrés: circuits logiques et analogiques, analyse mathématique et simulations. Convertisseurs A/N et N/A. Considérations pratiques d'intégration et de réalisation de circuits mixtes (numérique/analogique). Intégration des microsystemes de capteurs intelligents. ASIC. Approche Top Down. Conception, simulation et synthèse de circuits et modules logiques à l'aide du langage de description matérielle. Prototypage rapide. Réalisations de projets d'intégration avec les outils de conception assistée par ordinateur du plus haut niveau (ex. Matlab/Simulink) jusqu'au plus bas niveau (ex. Cadence).

**GEN6103****Robotique**

**Objectifs :** Permettre aux étudiants de maîtriser les connaissances nécessaires pour analyser les concepts avancés des systèmes autonomes. Lui permettre d'approfondir et de perfectionner les connaissances liées à la technologie des systèmes de robots et de la robotique mobile.

**Contenu :** Fondements conceptuels et théoriques de systèmes autonomes. Apprentissage automatique: supervisé et non supervisé. Architectures fonctionnelles et informatiques de systèmes adaptatifs. Robotique: le lien intelligent entre la perception et l'action. Analyse cinématique et dynamique avancée du robot. Acquisition de l'information sur l'environnement de travail d'un système de robot. Algorithmes pour la localisation et la navigation des robots mobiles: SLAM, filtre de particules. Méthodes d'intelligence artificielle pour le traitement de données en provenance de capteurs extéroceptifs. Directions de recherche en robotique.

**INF6002****Systèmes à objets répartis**

**Objectifs :** Permettre à l'étudiant de maîtriser les connaissances nécessaires pour concevoir une infrastructure de systèmes répartis en considérant les nouvelles technologies et les normes associées, dont celles spécifiques à l'interopérationalité.

**Contenu :** Étude des architectures distribuées et essentiellement celles basées sur le modèle client/serveur et l'approche orientée objet. Développement de composants logiciels réutilisables, distribuables et interopérationalnels indépendamment de la plate-forme matérielle et du langage de programmation respectifs du client et du serveur. Étude du standard CORBA (Common Object Request Broker Architecture) de l'OMG : bus, services, langage de définition d'interface (IDL), outils communs.

**INF6003****Développement des applications client-serveur**

**Objectifs :** Permettre à l'étudiant de maîtriser l'approche client-serveur et le familiariser avec la programmation des réseaux.

**Contenu :** Rappel sur les protocoles de transport pour la programmation: TCP/IP, UDP. Modèle Client-Serveur. Programmation des sockets. Appels de procédures à distance: modèle RPC. Présentation de données. Interfaces applicatives. Client-Serveur dans les bases de données SQL. Le transactionnel: protocoles 2PL, transactions réparties, standards de traitements de transactions. Interopérationalité. Autres types de serveur : serveurs de noms, serveurs d'informations (NIS).

**INF6043****Algorithmique répartie**

**Objectifs :** Permettre à l'étudiant d'analyser les différents algorithmes spécifiques au traitement réparti. Lui permettre d'évaluer leur efficacité et leur complexité. Lui permettre d'acquérir une compréhension des méthodes générales qui sous-tendent l'algorithmique répartie.

**Contenu :** Concept d'algorithmes répartis. Mesures de complexité. Analyse de performance. Méthodes de validation. Algorithmes : de routage, d'élection, de synchronisation, de consensus (communication défaillante, processus défaillant, stabilisation), pour l'exclusion mutuelle, pour l'allocation des ressources, spécifiques aux réseaux asynchrones, pour snapshots. Applications aux réseaux de communication, bases de données réparties, etc.

**INF6083****Sujets spéciaux**

**Objectifs :** Permettre à l'étudiant d'acquérir des connaissances sur un (ou des) sujet(s) spécifique(s) pertinent(s) à son programme.

**Contenu :** Présentation d'une activité portant sur un (ou des) sujet(s) non couvert(s) dans les autres cours du programme. Activité offerte par un professeur ou une équipe de professeurs. Cette activité traite d'un ou de sujets d'intérêt et apporte une contribution particulière à la formation de l'étudiant. Le contenu de ce cours doit faire l'objet d'une approbation préalable par le Comité de programme.

**INF6093****Lectures dirigées**

**Objectifs :** Permettre à l'étudiant de réaliser une analyse critique d'articles ou d'ouvrages portant sur un sujet spécifique et pertinent au projet de mémoire.

**Contenu :** Lectures d'ouvrages et d'articles touchant un sujet qui l'intéresse et dont l'analyse contribue à l'approfondissement de ses connaissances et (ou) à l'avancement de son projet de Mémoire. L'étudiant soumet son plan de lecture au professeur et détermine avec lui les objectifs visés, le contenu du programme de lectures et les activités. Note: Pour suivre ce cours, l'étudiant doit obtenir une autorisation spéciale du responsable de programme.

**INF6103****Analyse et conception des protocoles de sécurité**

**Objectifs :** Permettre à l'étudiant d'avoir une bonne maîtrise des concepts, des langages, des méthodes modernes et des outils utilisés dans l'analyse et la spécification des protocoles de sécurité.

**Contenu :** Cryptographie. Protocoles de sécurité. Rôle des protocoles de sécurité dans les systèmes de communication et les systèmes distribués. Présentation de quelques protocoles existants. Propriétés de sécurité : confidentialité, authentification, anonymat, atomicité, non-répudiation, etc. Taxonomie des failles de sécurité. Langages formels pour la spécification des protocoles de sécurité CCS/CSP, SPI, BAN, SPC, etc. Techniques formelles de vérification et preuves de correction des protocoles de sécurité.

**INF6123****Structures de données avancées**

**Objectifs :** Permettre à l'étudiant de se familiariser avec les structures de données avancées et leur application pour la construction d'algorithmes efficaces. Approfondir ses connaissances en algorithmique à travers des problèmes à solutions complexes.

**Contenu :** Éléments de la théorie des graphes. Graphes planaires, leurs propriétés et applications. Approfondissement des dictionnaires et arbres équilibrés. Types de tas. Files de priorité. Médiants. Approfondissement de la technique de programmation dynamique. Congruences et algorithmes de la théorie des nombres. Algorithmes de filtrage. Algorithmes avancés sur les graphes. Algorithmes géométriques.

**INF6133****Algorithmes géométriques**

**Objectifs :** Permettre aux étudiants de perfectionner leurs connaissances sur les algorithmes traitant les données géométriques et leurs applications.

**Contenu :** Types de données géométriques. Graphes géométriques. Graphes de disques unitaires. Arrangements. Grilles. Arbres quaternaires. Recherche géométrique et localisation de points. Intersections. Triangulations et trapezoidations. Enveloppes convexes. Diagrammes de Voronoi et triangulations Delaunay. Algorithmes d'explorations et planification de trajectoires.

**INF6143****Bases de données avancées**

**Objectifs :** Permettre aux étudiants de maîtriser les connaissances sur les fondements, concepts et problèmes reliés aux bases de données allant des bases de données conventionnelles (incluant les bases de données réparties) aux bases de données plus avancées comme les entrepôts de données et les bases multimédia (incluant les systèmes d'information géographique et les bases documentaires).

**Contenu :** Rappels sur les bases de données (BD). Contrôle et optimisation des performances dans un environnement centralisé. Bases de données réparties : principes, stratégies de conception, traitement des requêtes réparties, et gestion des transactions réparties. Veille économique (business intelligence) : fouille et entreposage de données. BD multimédia (particularités et exigences, stockage et exploitation, systèmes d'information géographique. BD documentaires). BD et Web (connexion à une BD via le Web, langage XML).

**INF6153****Systèmes de contrôle d'accès aux données**

**Objectifs :** Permettre aux étudiants de maîtriser les aspects informatiques de la conception et implémentation de méthodes de protection et contrôle d'accès aux données dans les entreprises, du point de vue des exigences d'entreprise, de la structure des logiciels, de la validation des exigences et de la conception de systèmes.

**Contenu :** Exigences de sécurité des données et de protection de la vie privée. Politiques de protection et contrôle d'accès d'entreprise. Méthodes de contrôle d'accès discrétionnaires et non-discrétionnaires, caractéristiques logiques et implémentation. Rôles d'entreprise. Conception de rôles. Contrôle d'accès basé sur les rôles (RBAC) et ses variantes. Contrôle d'accès basé sur les attributs. Méthodes Bell-LaPadula, Biba et muraille de Chine. Modèles hybrides. Langages pour la spécification d'exigences et de politiques de contrôle d'accès. Analyse de cohérence et complétude de

politiques de contrôle d'accès. Principes et méthodes pour l'analyse du risque dans le contrôle d'accès. Étude de la littérature et d'outils courants.

**INF6163****Introduction à la cryptographie**

**Objectifs :** Permettre aux étudiants de maîtriser les concepts de la cryptographie et de son application dans le domaine de la sécurité des données. Lui permettre d'analyser les différents algorithmes spécifiques à la cryptographie. Lui permettre d'évaluer leur efficacité et leur complexité, ainsi que d'acquérir une compréhension des méthodes générales de la cryptanalyse.

**Contenu :** Introduction à la cryptographie: terminologie, fonctions cryptographiques ; exemples historiques de protocoles de cryptographie : la cryptographie classique, le chiffrement de Vigenère, le chiffrement de Hill; la cryptanalyse des crypto-systèmes classiques. La cryptographie moderne, protocoles de confidentialité : protocoles à clé secrète et à clé publique. Introduction aux fonctions booléennes; opérateurs logiques et polynômes. Cryptographie à clé secrète; diagrammes de Feistel ; D.E.S., la version simplifiée S-DES ; I.D.E.A.; S-IDEA. Le protocole A.E.S., S-AES: modes d'opération des chiffrements par blocs. Cryptanalyse des protocoles à clé secrète : confusion et diffusion ; cryptanalyse linéaire. Introduction à la théorie des nombres; les nombres premiers appliqués aux crypto-systèmes asymétriques. Concept de cryptographie à clé publique; algorithme RSA, gestion des clés, algorithme Diffie-Hellman; fonctions de hachage, algorithmes SHA-1 et MD5; authentification des messages. Signatures numériques, standard DSS, authentification des protocoles.

**INF6173****Conception de syst. temps-réel répartis embarqués**

**Objectifs :** Permettre aux étudiants de maîtriser les particularités des phases de développement des systèmes en temps réel répartis et particulièrement des systèmes embarqués. Lui permettre de tester ces systèmes et évaluer leur performance. Lui permettre également d'approfondir les connaissances relatives aux techniques d'ordonnement et aux comportements des systèmes réactifs et leurs applications

**Contenu :** Rappel sur les concepts des systèmes temps réel. Introduction des systèmes temps réel distribués embarqués (STRDE). Analyse et conception des systèmes temps réel répartis, concept de Co-Design. Processeurs embarqués. Optimisation de la conception et du développement de systèmes temps réel répartis. Apport de l'approche orientée objet à la conception des systèmes temps réel répartis. Performance statique et dynamique. Multitraitement temps réel distribué, techniques d'ordonnement, puissance dans les systèmes embarqués, accélérateurs de matériel,

systèmes d'exploitation (QNX, ITRON, etc.). Langages de spécification, outils de simulation pour réseaux de capteurs (TOSSIM, etc.). Applications (roulage, transport des données, etc.).

**INF6183****Éléments avancés d'intelligence artificielle**

**Objectifs :** Permettre aux étudiants de maîtriser les aspects avancés d'intelligence artificielle (IA), tels que la représentation et l'extraction des connaissances, et les techniques de prédiction à partir de ces dernières. Lui permettre d'approfondir les techniques de base pour le raisonnement logique et l'apprentissage machine.

**Contenu :** Modèles de représentation des connaissances (réseaux sémantiques, graphes conceptuels et règles de production). Techniques d'acquisition de la connaissance pour la construction des systèmes experts. Techniques de planification et applications. Techniques de raisonnement probabilistes, réseaux Bayésiens, modèles de Markov cachés. Algorithmes d'apprentissage supervisé et non-supervisé, apprentissage par renforcement, réseaux de neurones. Études d'applications dans les domaines de la vision artificielle, la robotique et le forage de données.

**INF6193****Intelligence d'affaires**

**Objectifs :** Permettre aux étudiants de maîtriser les fondements, concepts et problèmes reliés à l'intelligence d'affaires (veille économique ou Business intelligence) qui inclut trois facettes : la visualisation de l'information et de la connaissance, la fouille de données et l'entreposage de données.

**Contenu :** Fouille de données : étapes de découverte de connaissances (prétraitement, fouille de données et interprétation des résultats), techniques de classification (arbres de décision, etc.), techniques de regroupement (treillis de concepts, classification hiérarchique), règles d'association, motifs séquentiels, cas aberrants et fouille de données complexes (Web, texte, graphe). Entreposage de données : étapes de construction d'un entrepôt de données (acquisition, stockage, traitement et accès), modélisation multidimensionnelle des données, techniques OLAP, types d'architectures des entrepôts de données, optimisation des performances et matérialisation de cubes de données. Visualisation de l'information et de la connaissance. Intégration des deux technologies de fouille de données et entreposage de données. Applications et outils de la veille économique.

**INF6203****Méthodes formelles pour le développement de logiciels**

**Objectifs :** Permettre aux étudiants de maîtriser le processus de développement rigoureux et formel du logiciel. Lui permettre d'approfondir les

techniques de spécification, validation et test formels du logiciel.

**Contenu :** Spécification et validation de besoins. Spécification de programmes séquentiels. Spécification de modules. Conception interne de modules et fonction d'abstraction. Étude et application de quelques langages formels. Spécification de programmes concurrents. Documentation produite à chaque étape du développement du logiciel. Étude et utilisation d'outils logiciels pour le développement formel du logiciel. Méthodes formelles de test. Méthodes formelles et méthodes informelles de validation de logiciels.

**INF6223****Systèmes de communications multimédias**

**Objectifs :** Permettre aux étudiants de maîtriser les systèmes de communications multimédias et les traitements associés. Lui permettre d'acquérir les connaissances de base pour le développement d'applications multimédias

**Contenu :** Introduction au multimédia, outils et interfaces. Représentation des données multimédias, audio, image et vidéo. Compression des données multimédias, algorithmes de base. Normes de codage JPEG et MPEG. Sécurité multimédia, watermarking, gestion numérique des droits (DRM), authentification, vidéosurveillance. Bases de données multimédias, recherche par le contenu. Applications : Multimédia et réseaux, protocoles de transfert, internet, réseaux sans-fil, transport en temps réel, synchronisation, qualité de service.

**INF6233****Sécurité informatique et méthodes formelles**

**Objectifs :** Permettre aux étudiants de maîtriser les techniques formelles utilisées pour la sécurisation des systèmes et réseaux informatiques

**Contenu :** Problèmes de la sécurité dans les logiciels et intergiciel. Formalismes algébriques et logiques pour la description des systèmes et des politiques de sécurité. Automates d'édition. Techniques formelles de renforcement de politiques de sécurité dans les systèmes. Renforcement par Monitoring. Renforcement par réécriture de programmes. Classes de propriétés de sécurités : sûreté, vivacité, « renewal », etc.

**INF6243****Techniques d'apprentissage**

**Objectifs :** Permettre aux étudiants de maîtriser les concepts fondamentaux de l'apprentissage automatique et d'appliquer ces notions à des problèmes concrets. Leur faire acquérir des connaissances sur les techniques d'apprentissage supervisé et non supervisé, les techniques d'apprentissage pour les données textuelles, les algorithmes de classement des pages Web.

**Contenu** : Concepts d'apprentissage supervisé : classification et régression, frontières de décision et fonctions discriminantes; Arbres de décision et techniques de traitement du sur-apprentissage (overfitting); Apprentissage par ensemble : (bagging), (boosting) et forêt d'arbres; Machine à noyaux : dimension VC et machines à supports vectorielles; Apprentissage non supervisé : (clustering), les mélanges de loi de distribution statistique, carte de Kohonen et algorithme SOFM; Apprentissage de données multidimensionnelles : techniques de réduction de la dimension, classification non supervisée dans les sous-espaces de dimension (subspace clustering); Fouille de données textuelles : modèle TF-IDF et analyse sémantique latente; Prospection du Web : algorithmes HITS et PageRank.

### INF6253

#### Web sémantique

**Objectifs** : Permettre aux étudiants de maîtriser les principes qui sont à la base du Web sémantique. Lui fournir les connaissances nécessaires à la compréhension des technologies utilisées pour la réalisation du Web sémantique. Présenter l'état actuel du développement du Web sémantique et les perspectives de recherche dans ce domaine.

**Contenu** : Introduction au Web sémantique et son contenu. Techniques de représentation de connaissances mises en œuvre dans le cadre du Web sémantique. Frameworks de métadonnées. Ontologies et schéma. RDF. Logiques de description et OWL. Alignements et gestion des ontologies. Aspects computationnels du Web sémantique et introduction aux services Web. Sélection, composition et médiation des services sémantiques. Exemples pratiques. Au terme de ce cours, l'étudiant sera en mesure de : comprendre les enjeux liés à la réalisation du Web sémantique; construire une ontologie dans le but d'une intégration au Web sémantique; construire une application simple pour le Web sémantique; comprendre les défis techniques liés à la réalisation du Web sémantique; comprendre aisément les travaux de recherche et développement qui portent sur le Web sémantique.

### INF6263

#### Ingénierie des protocoles de communication

**Objectifs** : Permettre aux étudiants de maîtriser le processus d'ingénierie, de conception formelle, de validation et test des protocoles de communication.

**Contenu** : Fonctions des protocoles de communication. Modèles à couches : protocoles et services. Contrôle d'erreur. Contrôle de flux. Gestion des connexions. Spécification formelle des protocoles de communication. Validation des protocoles de communication. Techniques à états finis et algébriques : analyse d'accessibilité, équivalence par test, équivalence observationnelle, etc. Évaluation de modèles. Méthodes de test. Étude de quelques langages

formels ou semi-formels tel que : CCS. Pi-Calculus, LOTOS, PROMELA, SDL, UML. Application avec outils, comme SPIN, CADP, ALLOY, etc.

### INF6273

#### Technologie avancée en télécommunication

**Objectifs** : Permettre aux étudiants de comprendre le fonctionnement et les protocoles récents des systèmes modernes de télécommunication, particulièrement des réseaux à très haut débit et les familiariser avec les récents développements et applications dans ce domaine.

**Contenu** : Revue des architectures des réseaux de télécommunication. Réseaux locaux (LAN), métropolitains (MAN), étendus (WAN). Technologie Mode de transfert asynchrone (ATM).

Communication par fibres optiques et standard SONET (Synchronous Optical Network). Réseaux tout optiques. Communications et réseaux sans fil. Réseaux ad-hoc. Méthodes de contrôle d'accès multiples. Gestion de la performance des réseaux modernes. Contrôle de congestion dans les réseaux à très haut débit. Réseaux cognitifs. Applications.

### INF7093

#### Éléments avancés d'analyse d'images

**Objectifs** : Permettre à l'étudiant de : Connaître le processus de formation d'images. Maîtriser les outils fondamentaux d'analyses et de traitement des images. Maîtriser différents algorithmes pour l'extraction de caractéristiques et la représentation des images. Réaliser des projets basés sur le traitement d'images, tels que la reconnaissance d'objets, la segmentation, la classification d'images, le codage et la compression.

**Contenu** : Aspects avancés des systèmes d'acquisition, du processus d'échantillonnage, de quantification et de filtrage des images. Techniques d'extraction de différentes caractéristiques (ex. les contours, les régions et les formes). Opérations de base pour l'amélioration de la qualité des images (la restauration et le rehaussement). Algorithmes de recalage et d'estimation du mouvement dans les séquences d'images. Aspects de haut niveau, tels que la représentation et la classification d'images.

### INF9006

#### Examen de synthèse

**Objectifs** : Amener l'étudiant à démontrer sa connaissance approfondie du domaine principal de sa recherche et une bonne connaissance d'un domaine secondaire; il doit également faire la preuve de ses capacités de communication à l'écrit comme à l'oral.

**Contenu** : L'étudiant se voit attribuer un programme de lecture pertinent à son domaine principal de recherche et à son domaine secondaire; ces domaines sont choisis parmi les quatre concentrations du programme. Cette activité individuelle comprend une partie écrite et une présentation orale devant un jury.

### INF9009

#### Projet de thèse

**Objectifs** : Amener l'étudiant à présenter de façon claire et cohérente sa problématique de recherche, ses hypothèses de travail de même que son approche méthodologique.

**Contenu** : Règles et principes de l'élaboration et de la présentation d'un projet de thèse. Établissement d'une problématique de recherche. Choix d'hypothèses et d'une méthodologie appropriée. Cette activité individuelle donne lieu à l'établissement d'une entente d'encadrement entre l'étudiant et son directeur de recherche; elle fait aussi l'objet d'une présentation formelle devant un jury.

### INF9060

#### Thèse

**Objectifs** : Amener l'étudiant à faire la preuve de sa maîtrise d'un sujet de recherche et de sa capacité à mener à terme un travail de recherche de façon autonome. Il s'agit d'un travail écrit d'envergure qui constitue l'activité majeure de formation du programme de doctorat. Les résultats de ce travail doivent apporter une contribution originale et significative à l'avancement des connaissances dans le domaine de recherche choisi.

**Contenu** : Exposé écrit de l'ensemble de la démarche de recherche et des résultats obtenus. Défense de la thèse à l'oral devant un jury.

### INF9063

#### Technologies photoniques et applications

**Objectifs** : Acquérir une connaissance des principes de fonctionnement et de fabrication, ainsi que des applications, des composantes et des systèmes optoélectroniques modernes. Se familiariser à l'apport de l'informatique dans les domaines de la photonique et de l'électronique.

**Contenu** : Matériaux optoélectroniques: modèles simplifiés de confinement optique et électronique; guidage de la lumière dans les structures planaires et cylindriques, principes de l'interférométrie; génération et détection de la lumière par les dispositifs à semi-conducteurs et organiques; amplificateurs optiques; technologie de couches minces en électronique et en optique intégrée; nanostructures et nanotechnologies optoélectroniques; exemples de dispositifs, de systèmes et d'applications - télécommunications, biophotonique, systèmes MEMS, senseurs photoniques, cristaux liquides et systèmes d'affichage, systèmes photovoltaïques solaires, etc.

### INF9073

#### Séminaire en sciences et technologies de l'information

**Objectifs** : Permettre aux étudiants d'acquérir une vision d'ensemble de l'état de l'art des connaissances et des défis actuels dans le domaine des sciences et des technologies de

l'information (STI). Les amener à réaliser une analyse critique d'articles ou d'ouvrages portant sur un sujet particulier qui soit pertinent à leur projet de recherche et à partager leurs points de vue sur ces sujets.

**Contenu** : Lecture d'ouvrages et d'articles généraux sur l'état de l'art et les principaux défis technologiques de l'heure en STI. Lecture d'ouvrages et d'articles plus spécifiques pertinents à leur sujet de recherche et dont l'analyse contribuera à l'approfondissement de leurs connaissances ainsi qu'à l'avancement de leur projet de thèse. Au début du trimestre, chacun des étudiants devra établir un plan de lecture avec l'approbation du professeur.

### INF9083

#### Lecture dirigée en sciences et technologies de l'information

**Objectifs** : L'étudiant devra réaliser une analyse critique d'articles ou d'ouvrages portant sur un sujet spécifique en sciences et technologies de l'information pertinent à son projet de thèse.

**Contenu** : Lectures d'ouvrages et d'articles touchant le domaine de recherche de l'étudiant et dont l'analyse contribue à l'approfondissement de ses connaissances et à l'avancement de son projet de thèse. Le professeur soumet un plan de lecture à l'étudiant et détermine avec lui les objectifs visés, le contenu du programme de lectures et les activités.

### INF9093

#### Atelier en photonique et microélectronique

**Objectifs** : Amener l'étudiant à approfondir sa connaissance de l'état actuel des développements et des principaux défis dans le domaine de la photonique et de la microélectronique en lien avec le secteur des technologies de l'information. L'amener à développer sa connaissance des approches méthodologiques utilisées dans les travaux de recherche du domaine.

**Contenu** : Sujets actuels et méthodologies de la recherche en photonique et microélectronique. Étude de la littérature récente, discussion des principales tendances de recherche. Étude par sous-thématiques particulières par le recours à l'enseignement en équipe, chaque thématique étant couverte par un professeur spécialiste. Développement des aptitudes écrites et orales de l'étudiant : recherche personnelle et documentaire, lectures imposées, préparation de rapports de même que présentation, discussion et critique d'articles. Évaluation des travaux écrits notamment un rapport de trimestre, des rapports de lecture et des présentations orales.

### INF9103

#### Atelier en calcul distribué et télécommunications

**Objectifs** : Amener l'étudiant à approfondir sa connaissance de l'état actuel des développements et des principaux défis dans le domaine du calcul distribué et des

télécommunications. L'amener à développer sa connaissance des approches méthodologiques utilisées dans les travaux de recherche du domaine.

**Contenu :** Sujets actuels et méthodologies de la recherche en calcul distribué et en télécommunications. Étude de la littérature récente, discussion des principales tendances de recherche. Étude par sous-thématiques particulières par le recours à l'enseignement en équipe, chaque thématique étant couverte par un professeur spécialiste. Développement des aptitudes écrites et orales de l'étudiant : recherche personnelle et documentaire, lectures imposées, préparation de rapports de même que présentation, discussion et critique d'articles. Évaluation des travaux écrits notamment un rapport de trimestre, des rapports de lecture et des présentations orales.

### INF9123

#### Atelier en algorithmique et génie logiciel

**Objectifs :** Amener l'étudiant à approfondir sa connaissance de l'état actuel des développements et des principaux défis dans le domaine de l'algorithmique et du génie logiciel en lien avec le secteur des technologies de l'information. L'amener à développer sa connaissance des approches méthodologiques utilisées dans les travaux de recherche du domaine.

**Contenu :** Sujets actuels et méthodologies de la recherche en algorithmique et génie logiciel. Étude de la littérature récente, discussion des principales tendances de recherche. Étude par sous-thématiques particulières par le recours à l'enseignement en équipe, chaque thématique étant couverte par un professeur spécialiste. Développement des aptitudes écrites et orales de l'étudiant : recherche personnelle et documentaire, lectures imposées, préparation de rapports de même que présentation, discussion et critique d'articles. Évaluation des travaux écrits notamment un rapport de trimestre, des rapports de lecture et des présentations orales.

### INF9143

#### Atelier en traitement de données et intelligence artificielle

**Objectifs :** Amener l'étudiant à approfondir sa connaissance de l'état actuel des développements et des principaux défis dans le domaine du traitement de données et de l'intelligence artificielle en lien avec le secteur des technologies de l'information. L'amener à développer sa connaissance des approches méthodologiques utilisées dans les travaux de recherche du domaine.

**Contenu :** Sujets actuels et méthodologies de la recherche en traitement de données et intelligence artificielle. Étude de la littérature récente, discussion des principales tendances de recherche. Étude par sous-thématiques particulières par le recours à l'enseignement en équipe, chaque

thématique étant couverte par un spécialiste. Développement des aptitudes écrites et orales de l'étudiant : recherche personnelle et documentaire, lectures imposées, préparation de rapports de même que présentation, discussion et critique d'articles. Évaluation des travaux écrits notamment un rapport de trimestre, des rapports de lecture et des présentations orales.