

## Diplôme d'études supérieures spécialisées en systèmes embarqués

**Téléphone :** 514 987-3312  
**Courriel :** systemes.embarques@uqam.ca  
**Site Web :** www.systemes-embarques.uqam.ca

Code	Titre	Grade	Crédits
3159	Diplôme d'études supérieures spécialisées en systèmes embarqués	Diplôme d'études supérieures spécialisées, DESS	30

<b>Trimestre(s) d'admission</b>	Automne
<b>Contingent</b>	Programme non contingenté
<b>Régime et durée des études</b>	Temps complet : 3 trimestres Temps partiel : 6 trimestres
<b>Campus</b>	Campus de Montréal
<b>Organisation des études</b>	Cours offerts le soir Cours offerts le jour

## OBJECTIFS

Le programme vise à former des spécialistes en conception, développement et utilisation de systèmes embarqués, qui seront en mesure d'intégrer les fondements des disciplines technologiques complémentaires que sont la conception de matériel, l'informatique et les télécommunications. Cette formation les prépare à jouer un rôle d'interface entre spécialistes des composants électroniques et informaticiens, au sein d'une équipe pluridisciplinaire. Le développement de compétences méthodologiques et pratiques est au cœur des activités d'enseignement.

## CONDITIONS D'ADMISSION

### Profil d'entrée informatique

Le candidat doit détenir un baccalauréat en informatique, en génie logiciel, en mathématiques option informatique ou l'équivalent, obtenu avec une moyenne cumulative égale ou supérieure à 3,2 sur 4,3 ou l'équivalent. Le candidat ayant une moyenne cumulative comprise entre 2,8 et 3,2 peut être admis exceptionnellement après étude de son dossier par le sous-comité d'admission et d'évaluation du programme. Le candidat détenteur d'un baccalauréat obtenu avec une moyenne cumulative inférieure à 2,8 sur 4,3, mais égale ou supérieure à 2,5 sur 4,3 (ou l'équivalent) peut être admis après étude de son dossier par le SCAE, à la condition de posséder une formation additionnelle et appropriée d'au moins 15 crédits universitaires (ou l'équivalent) complétés avec une moyenne cumulative d'au moins 3,2 sur 4,3 (ou l'équivalent). Une entrevue ou des cours d'appoint peuvent être exigés.

### Profil d'entrée électronique

Le candidat doit détenir un baccalauréat en microélectronique, en génie microélectronique, en systèmes informatiques et électroniques, en génie informatique, en génie électrique, ou l'équivalent, obtenu avec une moyenne cumulative égale ou supérieure à 3,2 sur 4,3 ou l'équivalent. Le candidat ayant une moyenne cumulative comprise entre 2,8 et 3,2 peut être admis exceptionnellement après étude de son dossier par le sous-comité d'admission et d'évaluation du programme. Le candidat détenteur d'un baccalauréat obtenu avec une moyenne cumulative inférieure à 2,8 sur 4,3, mais égale ou supérieure à 2,5 sur 4,3 (ou l'équivalent) peut être admis après étude de son dossier par le SCAE, à la condition de posséder une formation additionnelle et appropriée d'au moins 15 crédits universitaires (ou l'équivalent)

complétés avec une moyenne cumulative d'au moins 3,2 sur 4,3 (ou l'équivalent). Une entrevue ou des cours d'appoint peuvent être exigés.

À titre exceptionnel, les personnes possédant les connaissances équivalentes, une formation appropriée et une expérience pertinente peuvent également être admises au programme. Ces personnes doivent présenter un dossier complet relatif à leurs études et à leurs expériences professionnelles.

### Capacité d'accueil

Le programme n'est pas contingenté. Toutefois, les salles de laboratoires ont une capacité de 40 étudiants. L'offre des cours de chaque profil d'entrée est conditionnelle à la constitution d'un groupe d'au moins douze étudiants.

### Trimestre d'admission (information complémentaire)

Admission à l'automne seulement.

### Connaissance du français

Les candidats doivent posséder une connaissance suffisante de la langue française, parlée et écrite, car les activités du programme sont dispensées en français.

### Connaissance de l'anglais

La compréhension de l'anglais écrit est également indispensable pour avoir accès aux ouvrages de référence et à la documentation technique.

### Méthode et critères de sélection

L'évaluation des candidatures sera réalisée par le sous-comité d'admission et d'évaluation (SCAE) du programme sur la base du dossier académique ou, le cas échéant, de l'évaluation de l'expérience, des lettres de recommandation, du curriculum vitae détaillé et d'une lettre d'intention du candidat dans laquelle il doit détailler ses aptitudes et motivations à entreprendre ce programme. Le SCAE se réserve le droit de faire passer un test d'évaluation, d'inviter les candidats en entrevue et d'imposer, s'il le juge nécessaire, des cours d'appoint ou une propédeutique dans le cas où une formation préalable au programme est jugée nécessaire.

### Régime et durée des études

Temps complet : trois trimestres

Temps partiel : six trimestres

## COURS À SUIVRE

(Sauf indication contraire, les cours comportent 3 crédits. Certains cours ont des préalables. Consultez la description des cours pour les connaître.)

**Pour les étudiants du profil d'entrée informatique :**

**Les deux cours suivants (6 crédits) :**

MIC7341 Technologies des systèmes embarqués  
MIC7345 Conception de circuits intégrés numériques

**Pour les étudiants du profil d'entrée électronique:**

**Les deux cours suivants (6 crédits) :**

INF7331 Programmation procédurale et construction de systèmes  
INF7336 Algorithmes et structures de données

**Pour les étudiants des deux profils d'entrée:**

**Les six cours suivants (18 crédits) :**

EMB7000 Introduction aux systèmes embarqués  
EMB7005 Télécommunications embarquées  
EMB7010 Construction de logiciel en environnement embarqué  
EMB7015 Systèmes et langages spécialisés  
EMB7020 Codesign  
EMB7025 Sécurité et sécurité des systèmes embarqués

**L'activité suivante (6 crédits):**

EMB7100 Activité de synthèse et d'intégration en systèmes embarqués (6 cr.)

## RÈGLEMENTS PÉDAGOGIQUES PARTICULIERS

L'activité de synthèse et d'intégration en systèmes embarqués (EMB7100 Activité de synthèse et d'intégration en systèmes embarqués) ne peut être suivie qu'après la réussite d'au moins 18 crédits.

## CHAMPS DE RECHERCHE

Tous les domaines de l'informatique.

## FRAIS

Pour les frais d'inscription et de paiement des frais de scolarité, ce programme est rangé dans la classe A.

## DESCRIPTION DES COURS

### EMB7000 Introduction aux systèmes embarqués

Ce cours vise à familiariser les étudiants avec les grandes familles de solutions utilisées en systèmes embarqués. Il permettra aussi aux étudiants de maîtriser le langage et la terminologie propres au domaine des systèmes embarqués. Introduction aux systèmes embarqués; aspects matériels et logiciels; systèmes d'exploitation pour systèmes embarqués; processeurs à usage spécifique et processeurs à usage général; mémoires; périphériques et interfaces; mécanismes de communication et protocoles associés; détection et gestion des défaillances; sécurité des systèmes embarqués; systèmes de commande et régulation; environnements de conception; cycle de vie et étapes du développement d'un système embarqué; exemples de conception.

Modalité d'enseignement

Cours de 3 heures et un laboratoire de 3 heures/semaine.

### EMB7005 Télécommunications embarquées

Familiariser l'étudiant avec les systèmes de réseaux embarqués et les réseaux de senseurs, et aux notions de conception d'un réseau

embarqué. Représentation et propagation de signaux. Types de canaux, bruit, interférences. Senseurs, transducteurs et interfaces. Détection de source et identification. Communications numériques: communication synchrone et asynchrone, par événements; accès multiple; gestion de flux de données : fiabilité, intégrité, compression; synchronisation. Systèmes de réseaux embarqués : architecture, conception; bus de communication; réseautage et routage; réseaux dirigés par les événements ou par le temps; protocoles pour les systèmes embarqués; capacité d'un réseau de senseurs. Conditions particulières: mobilité; localisation; gestion et optimisation d'énergie.

Modalité d'enseignement

Cours de 3 heures et un laboratoire de 3 heures/semaine. Études de cas.

### EMB7010 Construction de logiciel en environnement embarqué

Ce cours vise à permettre aux étudiants d'acquérir les connaissances et les compétences qui permettent de faire le développement et l'intégration d'applications dans des environnements embarqués. Processeurs (entrée/sortie, mode superviseur et déroutement); plateformes de traitement embarquées (bus processeur, mémoire, périphériques d'entrée/sortie, interfaces); structures et services des systèmes d'exploitation; construction de programme ( patrons de conception, test); compilation; processus et multi-tâches, changement de contexte; politiques d'ordonnancement temps-réel; services d'un système d'exploitation temps-réel; mécanismes de communication entre processus; réseaux pour systèmes embarqués; études de cas dans un environnement de développement.

Modalité d'enseignement

Cours de 3 heures et un laboratoire de 3 heures/semaine.

Préalables académiques

Pour les étudiants du profil électronique du DESS en systèmes embarqués : INF7331 Programmation procédurale et construction de systèmes; INF7336 Algorithmes et structures de données Pour les étudiants du baccalauréat en systèmes informatiques et électroniques : MIC5111 Systèmes embarqués

### EMB7015 Systèmes et langages spécialisés

Pouvoir concevoir, réaliser et mettre en oeuvre des applications ou des services pour les systèmes embarqués. Programmation réactive, programmation temps-réel, programmation synchrone, intergiciels, validation. Langages généralistes et spécifiques.

Modalité d'enseignement

Cours de 3 heures et un laboratoire de 3 heures/semaine.

Préalables académiques

Pour les étudiants du profil électronique du DESS en systèmes embarqués: INF7331 Programmation procédurale et construction de systèmes; INF7336 Algorithmes et structures de données Pour les étudiants du baccalauréat en systèmes informatiques et électroniques : MIC5111 Systèmes embarqués

### EMB7020 Codesign

Maîtriser les méthodologies de conception et développement de systèmes mixtes matériel et logiciel. Base théorique sur la conception de systèmes constitués de sections matérielles et logicielles : spécifications, modélisation, partitionnement matériel et logiciel, analyse de performance et techniques d'estimation. Spécification, modélisation et vérification pour le co-design; langage et outils. Mappage, allocation des ressources et partitionnement des applications vers les architectures matérielles et logicielles : algorithmes et outils. Interfaces et mécanismes de communication des blocs matériels et logiciels : description et synthèse. Optimisation multi-critères. Exploration de l'espace de design. Estimation et analyse des performances. Analyse temporelle de l'exécution. Simulation système. Synthèse matérielle et génération de logiciel. Outils intégrés de conception de systèmes matériels et logiciels.

Modalité d'enseignement

Cours de 3 heures et un laboratoire de 3 heures/semaine. Études de cas

#### Préalables académiques

Pour les étudiants du profil électronique du DESS en systèmes embarqués : EMB7000 Introduction aux systèmes embarqués Pour les étudiants du profil informatique du DESS en systèmes embarqués : MIC7341 Technologies des systèmes embarqués; MIC7345 Conception de circuits intégrés numériques; EMB7000 Introduction aux systèmes embarqués Pour les étudiants du baccalauréat en systèmes informatiques et électroniques : MIC5111 Systèmes embarqués; MIC6130 Circuits intégrés programmables

#### EMB7025 Sûreté et sécurité des systèmes embarqués

Ce cours vise à sensibiliser les étudiants aux différents aspects de la sûreté de fonctionnement et de la sécurité des systèmes, et à développer chez eux les compétences nécessaires à la prise en charge de ces objectifs essentiels dans le contexte des systèmes embarqués. Problématique d'ensemble de la sécurité et de la sûreté de fonctionnement d'un système embarqué. Causes: fautes, défaillances, erreurs, attaques, ergonomie. Fiabilité de système, de matériel, de logiciel: MTTF, MTTR, MTBF. Critères de sûreté de fonctionnement: fiabilité, disponibilité, innocuité, maintenabilité, testabilité. Mécanismes de contrôle: tolérance aux fautes, suppression des fautes, conception pour la sûreté. Menaces, vulnérabilités, attaques, préjudice, contrôles. Objectifs de sécurité: confidentialité, authenticité, intégrité, disponibilité. Mécanismes sécuritaires: chiffrement symétrique et asymétrique, hachage, fonctions à sens unique. Protocoles sécuritaires: authentification, échange de clés, signature. Notion de confiance. Contrôle d'accès, inviolabilité. Matériel spécialisé: cartes à puces, boutons, attaques invasives. Cadres de normatifs en sécurité et en sûreté (frameworks). Responsabilité professionnelle: éthique et impacts. Vérification et tests.

#### Modalité d'enseignement

Cours de 3 heures et un laboratoire de 3 heures/semaine.

#### Préalables académiques

Pour les étudiants du baccalauréat en systèmes informatiques et électroniques : MIC5111 Systèmes embarqués

#### EMB7100 Activité de synthèse et d'intégration en systèmes embarqués

Cette activité, suivie vers la fin du programme, est un projet d'application, individuel ou de groupe, dans lequel les compétences et connaissances acquises en systèmes embarqués seront appliquées. La nature du projet ainsi que la composition de l'équipe doivent être approuvées par la direction du DESS. La durée typique de l'activité devrait être entre deux et trois mois, au terme desquels les étudiants devront faire une présentation publique portant sur le projet et élaborer un rapport écrit. L'étudiant doit être en mesure d'utiliser les outils et compétences acquises lors des activités de formation du programme. Le projet en question doit regrouper un ensemble d'activités assez variées (pour rejoindre la majorité des objectifs spécifiques du programme), tout en permettant l'approfondissement d'un aspect particulier des systèmes embarqués. Le cas échéant, le projet peut prendre la forme d'un mini-stage en milieu de pratique. L'étudiant occupera alors un poste de stagiaire au sein d'une entreprise, d'un laboratoire ou d'un organisme gouvernemental. Le stage devra solliciter les compétences développées lors de la formation spécifique en systèmes embarqués, c'est-à-dire des tâches pour lesquelles la formation disciplinaire de base de l'étudiant n'était pas suffisante.

#### Modalité d'enseignement

Cette activité sera supervisée par un professeur, sous forme de tutorat. Dans le cas d'un mini-stage, une co-supervision par un responsable du milieu d'accueil est possible.

#### Conditions d'accès

ce cours ne peut être suivi qu'après la réussite d'au moins 18 crédits.

#### INF7331 Programmation procédurale et construction de systèmes

#### Objectifs

Ce cours vise à approfondir la programmation procédurale, la construction des logiciels et leur intégration au sein des systèmes embarqués, tant au niveau théorique que pratique, en relation avec la conception et le développement des systèmes embarqués. En plus de former les étudiants à la programmation à l'aide d'un langage de programmation système impératif et procédural, les techniques, outils modernes et bonne pratiques pour la construction et la maintenance de logiciels sont utilisés.

#### Sommaire du contenu

Notions de base de la programmation procédurale et impérative en environnement embarqué: définition et déclaration, portée et durée de vie, fichier d'interface, structures de contrôle, unités de programme et passage des paramètres, macros, compilation conditionnelle. Décomposition en modules, composants et caractéristiques facilitant les modifications: cohésion et couplage, encapsulation et dissimulation de l'information, décomposition fonctionnelle. Assertions et conception par contrats. Programmation concurrente: processus et fil d'exécution (thread), communication et synchronisation. Style de programmation et bonne pratiques: conventions, documentation interne, gabarits. Tests (tests unitaires, d'intégration, d'acceptation, systèmes; boîte noire vs. boîte blanche, cadres pour l'exécution des tests; couverture). Outils d'exécution automatique des tests. Débogage de programmes (erreurs typiques, traces, outils). Évaluation et amélioration des performances: profils d'exécution, améliorations asymptotiques vs. optimisations, outils. Maintenance de logiciels (types de maintenance, techniques de base, remodelage, automatisation des tests de régression). Techniques et outils pour la gestion de la configuration et l'assemblage de logiciels. Commandes, utilitaires et scriptage. Recherche et manipulation de texte; variables, structures de contrôle, fonctions, expressions régulières et filtrage par motif. Compilation, code exécutable, compilation croisée, déploiement. Environnements de développement et chaînes de compilation (toolchains). Utilisation de bibliothèques publiques et normalisées.

#### Modalité d'enseignement

Cours de 3 heures et un laboratoire de 3 heures / semaine.

#### INF7336 Algorithmes et structures de données

#### Objectifs

Ce cours vise à approfondir les connaissances des structures de données et des algorithmes et les appliquer à la résolution de problèmes. À la fin de ce cours l'étudiant devra être en mesure de: mettre en oeuvre des structures de données avancées et les algorithmes associés au moyen d'un langage de programmation système orienté objet; choisir des structures de données et des algorithmes adéquats selon les applications; comparer l'efficacité de différentes structures de données et de différents algorithmes; utiliser des bibliothèques publiques ou normalisées.

#### Sommaire du contenu

Rappels sur les types abstraits de données. Abstraction. Encapsulation. Principes de génie logiciels: qualités d'un logiciel, modularité et généralité. Introduction à un langage de programmation système orienté objet. Fichiers d'entête et sources. Fondements du langage. Mots réservés. Types de base. Variables et portée. Énoncés, expressions, opérateurs. Contrôle d'exécution. Entrées et sorties. Tableaux. Pointeurs et références. Fonctions et passage de paramètres. Gestion de la mémoire. Mécanisme de classe. Mécanisme de gabarits. Gestion d'erreurs et exceptions. Bibliothèques normalisées. Algorithmes: complexité temporelle et spatiale; notation grand O; analyse empirique et asymptotique. Études de cas: algorithmes de tri et algorithmes numériques. Structures de données linéaires: tableaux génériques, piles, files; listes chaînées. Itérateurs de liste. Structures de données avancées. Arbres: binaires de recherche, équilibrés, AVL, rouge-noir, arbres-B. Arbres spécialisés: arbre d'expressions, arbres d'intervalles et codes de Huffman. Itérateurs. Monceaux. Files prioritaires. Graphes: définitions, représentations. Parcours de graphes: recherche en profondeur ou en largeur; plus courts chemins; arbre de recouvrement minimal. Applications. Adressages dispersé et tables de hachage. Fonctions de hachage. Collisions. Gestion des collisions.

Applications. Maintenance de logiciels (types de maintenance, techniques de base, remodelage, automatisation des tests de régression). Techniques et outils pour la gestion de la configuration et l'assemblage de logiciels. Commandes, utilitaires et scriptage. Recherche et manipulation de texte; variables, structures de contrôle, fonctions, expressions régulières et filtrage par motif. Compilation, code exécutable, compilation croisée, déploiement. Environnements de développement et chaînes de compilation (toolchains). Utilisation de bibliothèques publiques et normalisées.

Modalité d'enseignement

Cours de 3 heures et un laboratoire de 3 heures / semaine.

### **MIC7341 Technologies des systèmes embarqués**

Objectifs

Ce cours vise à approfondir les différentes technologies qui peuvent être mises en œuvre dans la réalisation de systèmes embarqués.

Sommaire du contenu

Rappels sur les circuits et les dispositifs électriques et électroniques. Concepts élémentaires: loi d'Ohm, puissance, énergie, circuits résistifs, inductifs et capacitifs, circuits RL et RC, impédance, amplification. Saisie et le traitement de signaux : notion de signal, interfaces, échantillonnage et quantification, convertisseurs analogique/numérique et numérique/analogique, filtrage, modulation. Circuits logiques : logique combinatoire (décodeurs, multiplexeurs, unités arithmétiques); logique séquentielle (bascules, compteurs, machines à états), considérations temporelles, de puissance et de surface. Architecture des systèmes. Microcontrôleurs : circuits d'entrées et de sorties binaires et analogiques. Concepts fondamentaux des systèmes d'exploitation: structure générale, gestion des ressources. Systèmes sur puce.

Modalité d'enseignement

Cours de 3 heures et un laboratoire de 3 heures / semaine.

### **MIC7345 Conception de circuits intégrés numériques**

Ce cours vise à permettre de faire l'étude des différents circuits intégrés (circuits logiques standards, circuits intégrés programmables, circuits intégrés pour application spécifiques, mémoires), et de leurs applications dans la conception des systèmes embarqués; de maîtriser les outils CAO et la méthodologie de conception pour la synthèse des circuits intégrés. Rappels sur les circuits logiques : logique combinatoire (décodeurs, multiplexeurs, unités arithmétiques) et séquentielle (bascules, compteurs, machines à états), considérations temporelles, de puissance et de surface. Technologies de circuits intégrés : circuits logiques standards, circuits intégrés programmables (FPGA, CPLD), circuits intégrés pour application spécifiques (ASIC), mémoires : SRAM, DRAM, FLASH EPROM. Méthodologie de conception des circuits intégrés. Langages de description de circuits intégrés numériques. Méthodes et outils pour la synthèse des circuits intégrés. Études de cas avec des composants programmables.

Modalité d'enseignement

cours de 3 heures et un laboratoire de 3 heures/semaine.

Conditions d'accès

ce cours s'adresse aux étudiants du profil d'entrée en informatique.

**CHEMINEMENT TYPE DE L'ÉTUDIANT À TEMPS COMPLET, PROFIL D'ENTRÉE INFORMATIQUE****Trimestre**

<b>1 Automne</b>	MIC7341	MIC7345	EMB7000	EMB7005
<b>2 Hiver</b>	EMB7010	EMB7015	EMB7020	EMB7025
<b>3 Été</b>	EMB7100			

**CHEMINEMENT TYPE DE L'ÉTUDIANT À TEMPS COMPLET, PROFIL D'ENTRÉE MICROÉLECTRONIQUE****Trimestre**

<b>1 Automne</b>	INF7331	INF7336	EMB7000	EMB7005
<b>2 Hiver</b>	EMB7010	EMB7015	EMB7020	EMB7025
<b>3 Été</b>	EMB7100			

**CHEMINEMENT TYPE DE L'ÉTUDIANT À TEMPS PARTIEL, PROFIL D'ENTRÉE INFORMATIQUE****Trimestre**

<b>1 Automne</b>	MIC7341	EMB7000
<b>2 Hiver</b>	EMB7010 ou EMB7015	EMB7025
<b>3 Automne</b>	MIC7345	EMB7005
<b>4 Hiver</b>	EMB7020	EMB7010 ou EMB7015
<b>5 Été</b>	EMB7100	

**CHEMINEMENT TYPE DE L'ÉTUDIANT À TEMPS PARTIEL, PROFIL D'ENTRÉE MICROÉLECTRONIQUE****Trimestre**

<b>1 Automne</b>	INF7331	EMB7000
<b>2 Hiver</b>	EMB7020	EMB7025
<b>3 Automne</b>	INF7336	EMB7005
<b>4 Hiver</b>	EMB7010	EMB7015
<b>5 Été</b>	EMB7100	

N.B. : Le masculin désigne à la fois les hommes et les femmes sans aucune discrimination et dans le seul but d'alléger le texte.  
Cet imprimé est publié par le Registrariat. Basé sur les renseignements disponibles le 23/03/23, son contenu est sujet à changement sans préavis.  
Version Automne 2023