

---

# EMB7010

## Construction de logiciel en environnement embarqué

### Plan de cours

#### Responsable(s) du cours

---

**Coordination** : BÉGIN, Guy  
PK-4825  
[begin.guy@uqam.ca](mailto:begin.guy@uqam.ca)  
<http://professeurs.uqam.ca/professeur/begin.guy/>

#### Enseignement :

BROSSEAU, Yannick  
[brosseau.yannick.2@uqam.ca](mailto:brosseau.yannick.2@uqam.ca)  
Groupes : 030

#### Description du cours

---

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 déroulement) ; 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

## Objectif du cours

---

Ce cours vise à familiariser les étudiants aux différents aspects de la programmation pour l'embarqué. Il vise notamment à comprendre le fort couplage existant entre le logiciel et la plateforme matérielle sur laquelle le logiciel s'exécute afin de produire un code efficace.

Spécifiquement, l'étudiant qui complète le cours avec succès sera capable :

- De comprendre l'omniprésence des systèmes embarqués, leur utilité et leur variété
- D'utiliser les différentes composantes d'une plateforme matérielle via une application logicielle
- De connaître les caractéristiques principales d'un système temps réel
- De coder une application embarqué avec un système d'exploitation embarqué à source libre
- D'utiliser certains périphériques plus évolués pour augmenter la fonctionnalité d'un système embarqué
- De connaître quelques techniques d'optimisation du code pour une plus grande performance
- D'être familier avec le cycle de développement et de vie d'un logiciel embarqué

## Contenu du cours

---

Voici un aperçu des thèmes que seront traités dans ce cours.

### Section 1 : Introduction (1 semaine)

- Présentation du plan de cours
- Définition, historique, enjeux, domaine d'application
  - Exemples de systèmes embarqués
- Survol des langages dans l'embarqué (C/C++, assembleur, etc.)

### Section 2 : Architecture d'un système embarqué et environnement de développement (3 semaines)

- Connaître sa plateforme matérielle et la documentation associée
- Construire son programme (compiler, éditer les liens, localiser)
- Télécharger et déboguer son programme
- Apprendre à gérer certains aspect de la plateforme matérielle :
  - Mémoires et registres
  - Initialisation
  - Interruptions
  - Périphériques simples

Section 3 : Système d'exploitation embarqué (5 semaines)

- Systèmes d'exploitation (tâches, ordonnanceur, synchronisation des tâches, gestion de interruptions, etc.) et chargeur de démarrage
- Particularités des systèmes temps-réel
- Linux embarqués (Noyau, patch RT, distributions)
- Survol de divers RTOS

Section 4 : Cycle de vie d'un logiciel embarqué (1 semaine)

- Validation d'un logiciel embarqué
- Simulation
- Mise à jour du micrologiciel

Section 5 : Communiquer avec le monde et l'utilisateur (3 semaines)

- Périphériques avancés (contrôleurs USB, Ethernet et de mémoire externe)
- Protocole USB
- Protocole sans-fil Wifi, Zigbee, BLE
- Interfaces utilisateurs

Section 6 : Optimisation d'un système embarqué (1 semaine)

- Techniques d'optimisation pour un code plus rapide, réduire la consommation de puissance et/ou sauver de l'espace mémoire
- Gestion de puissance des CPUs
- Options d'optimisation des compilateurs

(Le nombre de semaine attribué à chaque section pourra varier en cours de session)

## Modalités d'évaluation

DESCRIPTION	DATE	PONDÉRATION
Présentation d'une analyse de cas	-	10 %
Travaux pratiques	Spécifiée dans les énoncés	45 %
Examen final	Fin du trimestre	45 %

## PRÉSENTATION D'UNE ANALYSE DE CAS

Chaque étudiant devra effectuer une analyse détaillée pour un produit nécessitant un système embarqué. Le cas à analyser sera présenté par le professeur. L'analyse devra présenter un choix de plateforme matériel, une architecture logiciel et les justifications requises. Cette étude conduira à une présentation en classe. La présentation sera notée en partie par les pairs.

## TRAVAUX PRATIQUES EN LABORATOIRE

La mise en pratique des concepts vus en classe se fera par la réalisation de travaux pratiques en laboratoire, faisant appel à différents environnements de développement et chaînes d'outils. Ces travaux seront réalisés par équipe de deux étudiants. Le détail de chaque laboratoire sera disponible sur Moodle et présenté en classe.

*REMISE DES RAPPORTS.* Les rapports doivent être rendus électroniquement par l'intermédiaire du site Moodle du cours. Les travaux remis en retard seront pénalisés, à raison de 20 % de la note globale par jour (incluant samedi, dimanche et congés) de retard. Exceptionnellement (par ex., panne de Moodle), une copie pourra être rendue par courriel régulier.

Chaque fichier doit être nommé de façon à ce qu'on puisse identifier les membres de l'équipe (par exemple, par l'utilisation d'initiales), de même que le titre de la manipulation / simulation. Si plusieurs versions d'un même rapport sont remises, un numéro de version significatif doit être inclus dans le nom. Attention : des erreurs de titres pourraient faire que des copies ne soient pas corrigées, ou que des résultats soient confondus par mégarde.

Le format de fichier pour les documents doit absolument être PDF (Portable Document Format), ce qui assure que ce qui est rendu est conforme à la version de l'étudiant et ne risque pas d'être modifié par la suite. Un rapport doit normalement être présenté en un seul fichier, avec annexes, le cas échéant, pour les codes sources, etc. Un guide détaillé disponible sur le site du cours, donne davantage d'informations sur la présentation des rapports de laboratoire.

Les règlements concernant le plagiat seront strictement appliqués. Pour plus de renseignements, veuillez consulter le site suivant : <http://www.sciences.uqam.ca/etudiants/integriteacademique.html>

## EXAMEN FINAL

Une moyenne d'au moins 50 % à l'examen est exigée pour réussir le cours. L'utilisation de documentation personnelle (notes de cours, manuels) à l'examen sera limitée à quelques pages de notes personnelles.

## Calendrier détaillé du cours

Le calendrier détaillé du cours sera accessible sur la page Moodle du cours.

---

## Médiagraphie

---

^(V R) BARR, M. & MASSA, A. - Programming Embedded Systems with C and GNU Development Tools - 2nd edition. 2006.

^(V R) WHITE, E. - Making Embedded Systems - 2011

^(V R) LEWIS, D. W. - Fundamentals of Embedded Software with the ARM Cortex-M3 - 2013

^(V R) LABROSSE, J. J. -  $\mu$ C/OS-III, the Real-Time Kernel - 2009

^(S R) Compaq, HP, Intel, Lucent, Microsoft, NEC, Philips - Universal Serial Bus Specification, Revision 2.0 - 2000

^(V R) LABROSSE, J. J. [ET AL.] - Embedded Software : Know It All - 2008

^(V R) PECKOL, J.K. - Embedded Systems : A Contemporary Design Tool - 1st Edition. 2008

^(V C) GANSSLE, J., BARR, M. - Embedded Systems Dictionary - 2003

^(V C) LIPIANSKY, E. - Embedded Systems Hardware for Software Engineers - 2011

^(V C) GANSSLE, J. - The Art of Designing Embedded Systems - 2008

^(V C) SMITH, W.A. - C Programming for Embedded Microcontrollers - 2008

^(V C) HAMACHER, C., VRANESIC, Z., ZAKY, S., MANJIKIAN, N. - Computer Organization and Embedded Systems - 2012

### AUTRES LECTURES

D'autres documents seront soumis pour lecture durant la session. La liste sera tenue à jour sur le site web du cours.

### Politique d'absence aux examens

*Reprise d'examen.* L'autorisation de reprendre un examen en cas d'absence est de **caractère exceptionnel**. Pour obtenir un tel privilège, l'étudiant.e doit avoir des motifs sérieux et bien justifiés.

*Conflits d'horaire.* Il est de la responsabilité de l'étudiant.e de ne pas s'inscrire à des cours qui sont en conflit d'horaire, tant en ce qui concerne les séances de cours ou d'exercices que les examens. **De tels conflits d'horaire ne constituent pas un motif justifiant une demande d'examen de reprise.**

*Procédure.* L'étudiant.e absent.e lors d'un examen doit, dans les cinq (5) jours ouvrables suivant la date de l'examen, présenter une demande de reprise en utilisant le formulaire prévu, disponible sur <http://info.uqam.ca/repriseexamen/>.

*Pièces justificatives.* Dans le cas d'une absence pour raison médicale, l'étudiant.e doit joindre un certificat médical original et signé par le médecin décrivant la raison de l'absence à l'examen. Les dates d'invalidité doivent être clairement indiquées sur le certificat. Une vérification de la validité du certificat pourrait être faite. Dans le cas d'une absence pour une raison non médicale, l'étudiant.e doit fournir les documents originaux expliquant et justifiant l'absence à l'examen ; par exemple, lettre de la Cour en cas de participation à un jury, copie du certificat de décès en cas de décès d'un proche, etc. Toute demande incomplète sera refusée. Si la direction du programme d'études de l'étudiant.e constate qu'un.e étudiant.e a un comportement récurrent d'absence aux examens, l'étudiant.e peut se voir refuser une reprise d'examen.

*Pour plus d'informations.* Consulter la page <http://info.uqam.ca/politiques>.

### Règlement numéro 18 sur les infractions de nature académique (extraits)

Tout acte de plagiat, fraude, copiage, tricherie ou falsification de document commis par une étudiante, un étudiant, de même que toute participation à ces actes ou tentative de les commettre, à l'occasion d'un examen ou d'un travail faisant l'objet d'une évaluation ou dans toute autre circonstance, constituent une infraction au sens de ce règlement.

La liste non limitative des infractions est définie comme suit :

- la substitution de personnes ;
- l'utilisation totale ou partielle du texte d'autrui en la faisant passer pour sien ou sans indication de référence ;
- la transmission d'un travail pour fins d'évaluation alors qu'il constitue essentiellement un travail qui a déjà été transmis pour fins d'évaluation académique à l'Université ou dans une autre institution d'enseignement, sauf avec l'accord préalable de l'enseignante, l'enseignant ;
- l'obtention par vol, manoeuvre ou corruption de questions ou de réponses d'examen ou de tout autre document ou matériel non autorisés, ou encore d'une évaluation non méritée ;
- la possession ou l'utilisation, avant ou pendant un examen, de tout document non autorisé ;
- l'utilisation pendant un examen de la copie d'examen d'une autre personne ;
- l'obtention de toute aide non autorisée, qu'elle soit collective ou individuelle ;
- la falsification d'un document, notamment d'un document transmis par l'Université ou d'un document de l'Université transmis ou non à une tierce personne, quelles que soient les circonstances ;
- la falsification de données de recherche dans un travail, notamment une thèse, un mémoire, un mémoire-crédation, un rapport de stage ou un rapport de recherche ;
- Les sanctions reliées à ces infractions sont précisées à l'article 3 du Règlement no 18.

Les règlements concernant le plagiat seront strictement appliqués. Pour plus de renseignements :

- <http://www.infosphere.uqam.ca/rediger-un-travail/eviter-plagiat>
- <http://r18.uqam.ca/>

### **Politique no 16 visant à prévenir et combattre le sexisme et les violences à caractère sexuel**

Les violences à caractère sexuel se définissent comme étant des comportements, propos et attitudes à caractère sexuel non consentis ou non désirés, avec ou sans contact physique, incluant ceux exercés ou exprimés par un moyen technologique, tels les médias sociaux ou autres médias numériques. Les violences à caractère sexuel peuvent se manifester par un geste unique ou s'inscrire dans un continuum de manifestations et peuvent comprendre la manipulation, l'intimidation, le chantage, la menace implicite ou explicite, la contrainte ou l'usage de force.

Les violences à caractère sexuel incluent, notamment :

- la production ou la diffusion d'images ou de vidéos sexuelles explicites et dégradantes, sans motif pédagogique, de recherche, de création ou d'autres fins publiques légitimes ;
- les avances verbales ou propositions insistantes à caractère sexuel non désirées ;
- la manifestation abusive et non désirée d'intérêt amoureux ou sexuel ;
- les commentaires, les allusions, les plaisanteries, les interpellations ou les insultes à caractère sexuel, devant ou en l'absence de la personne visée ;
- les actes de voyeurisme ou d'exhibitionnisme ;
- le (cyber) harcèlement sexuel ;
- la production, la possession ou la diffusion d'images ou de vidéos sexuelles d'une personne sans son consentement ;
- les avances non verbales, telles que les avances physiques, les attouchements, les frôlements, les pincements, les baisers non désirés ;
- l'agression sexuelle ou la menace d'agression sexuelle ;
- l'imposition d'une intimité sexuelle non voulue ;
- les promesses de récompense ou les menaces de représailles, implicites ou explicites, liées à la satisfaction ou à la non-satisfaction d'une demande à caractère sexuel.

*Pour consulter la politique no 16*

[https://instances.uqam.ca/wp-content/uploads/sites/47/2018/05/Politique\\_no\\_16.pdf](https://instances.uqam.ca/wp-content/uploads/sites/47/2018/05/Politique_no_16.pdf)

*Pour obtenir de l'aide, faire une divulgation ou une plainte*

Bureau d'intervention et de prévention en matière de harcèlement  
514-987-3000, poste 0886

*Pour obtenir la liste des services offerts à l'UQAM et à l'extérieur de l'UQAM*

<https://harcelement.uqam.ca>

*Soutien psychologique (Services à la vie étudiante)*

514-987-3185  
Local DS-2110

*CALACS Trêve pour Elles – point de services UQAM*

514 987-0348  
[calacs@uqam.ca](mailto:calacs@uqam.ca)  
<http://trevepourelles.org>

*Service de la prévention et de la sécurité*

514-987-3131

### **Politique no 44 d'accueil et de soutien des étudiant.e.s en situation de handicap**

*Politique.* Par sa politique, l'Université reconnaît, en toute égalité des chances, sans discrimination ni privilège, aux étudiant.e.s en situation de handicap, le droit de bénéficier de l'ensemble des ressources du campus et de la communauté universitaire, afin d'assurer la réussite de leurs projets d'études, et ce, dans les meilleures conditions possibles. L'exercice de ce droit est, par ailleurs, tributaire du cadre réglementaire régissant l'ensemble des activités de l'Université.

*Responsabilité de l'étudiant.e.* Il incombe aux étudiant.e.s en situation de handicap de rencontrer les intervenant.e.s (conseiller.ère.s à l'accueil et à l'intégration du Service d'accueil et de soutien des étudiant.e.s en situation de handicap, professeur.e.s, chargé.e.s de cours, direction de programmes, associations étudiantes concernées, etc.) qui pourront faciliter leur intégration à la communauté universitaire ou les assister et les soutenir dans la résolution de problèmes particuliers en lien avec les limitations entraînées par leur déficience.

*Service d'accueil et de soutien aux étudiant.e.s en situation de handicap.* Le Service d'accueil et de soutien aux étudiant.e.s en situation de handicap (SASESH) offre des mesures d'aménagement dont peuvent bénéficier certains étudiant.e.s. Il est fortement recommandé aux de se prévaloir de ces services afin de réussir ses études, sans discrimination. Pour plus d'information, visiter le site de ce service : <https://vie-etudiante.uqam.ca/etudiant-situation-handicap/nouvelles-ressources.html> et celui de la politique institutionnelle d'accueil et de soutien aux étudiant.e.s en situation de handicap : [https://instances.uqam.ca/wp-content/uploads/sites/47/2018/05/Politique\\_no\\_44.pdf](https://instances.uqam.ca/wp-content/uploads/sites/47/2018/05/Politique_no_44.pdf)

Il est important d'informer le SASESH de votre situation le plus tôt possible :

- En personne : 1290, rue Saint-Denis, Pavillon Saint-Denis, local AB-2300
- Par téléphone : 514 987-3148
- Par courriel : [situation.handicap@uqam.ca](mailto:situation.handicap@uqam.ca)
- En ligne : <https://vie-etudiante.uqam.ca/>