

---

# TEL5025

## Systemes de telecommunications embarqués

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 :

BENMIMOUNE, Mouncef  
PK-4115  
[benmimoune.mouncef@uqam.ca](mailto:benmimoune.mouncef@uqam.ca)  
Groupes : 030

## Description officielle

---

### Objectifs

Familiariser l'étudiant avec les systèmes de réseaux embarqués et les réseaux de senseurs et apprendre les notions de conception d'un réseau embarqué.

À la fin de ce cours, l'étudiant devra être en mesure de :

- expliquer les principes à la base de plusieurs applications importantes en télécommunications embarquées ;
- expliquer le fonctionnement de protocoles de communications caractéristiques des systèmes embarqués ;
- utiliser principes et normes appropriées pour la conception et l'évaluation d'équipements de communication allant d'un capteur à un routeur ;
- mettre en œuvre des solutions matérielles, logicielles et système pour les communications en environnements embarqués, avec ou sans fil.

### Sommaire du contenu

Senseurs, transducteurs et interfaces. Communications numériques : communication synchrone et asynchrone, par événements ; accès multiple ; gestion de flux de données : fiabilité, intégrité, compression ; synchronisation. Types de canaux, fiabilité, codage, synchronisation, notion de protocole. Systèmes de réseaux embarqués : architecture, conception. Protocoles de communication locale : SPI, I2C, CAN. Réseaux : connectivité réseau, réseaux dirigés par les événements ou par le temps, topologies, échelle, modèle en couches. Réseaux sans fil : réseaux ad hoc, réseaux de capteurs. Protocoles adaptés aux systèmes embarqués : accès au support, accès multiple, routage, transport. Fonctions et services : identification, acquisition de données, synchronisation, surveillance, contrôle, mobilité, localisation. Gestion et optimisation d'énergie. Intégration avec les réseaux classiques. Introduction à l'internet des objets. Études de cas. Tendances et évolution.

### Modalité d'enseignement

Cours de 3 heures et un laboratoire de 2 heures / semaine.

### Préalables académiques

[TEL3175](#)

Les étudiants doivent consulter régulièrement leur courriel UQAM ainsi que le site *Moodle* du cours, moyens de communication du professeur avec le groupe-cours.

## Place du cours dans le programme

---

Ce cours de troisième année s'appuie sur les notions préalables en programmation, en télécommunications et en électronique. Il permet d'approfondir et de mettre en œuvre de façon pratique les plus importants mécanismes de communication utilisés dans les systèmes embarqués.

## Compétences supplémentaires du cours

---

- spécifier, concevoir, programmer et vérifier des systèmes allant d'un routeur à un capteur en utilisant les principes et normes appropriées (ex., CAN, IEEE 802.15.4, Zigbee) ;

- préciser les étapes et conditions d'une communication numérique en environnement embarqué ;
- reconnaître et repérer les problèmes inhérents au développement des télécommunications embarquées ;
- concevoir un programme dans un contexte de ressources limitées (systèmes embarqués temps réel, éco-énergétique) ;
- démontrer une méthodologie d'analyse et de simulation de performance des systèmes de communication en environnement embarqué avec ou sans fil.

## Contenu détaillé du cours

Voici les principaux thèmes que seront traités dans ce cours :

- Introduction : rappels de notions en télécommunications, systèmes embarqués communicants.
- Théorie des communications et technologie : représentation et propagation de signaux, types de canaux, fiabilité, codage, synchronisation, notion de protocole.
- Systèmes de réseaux embarqués : architecture, conception. Protocoles de communication locale : SPI, I2C, CAN. Réseaux : connectivité réseau, réseaux dirigés par les événements ou par le temps, topologies, échelle, modèle en couches.
- Réseaux sans fil : réseaux ad hoc, réseaux de capteurs. Protocoles adaptés aux systèmes embarqués : accès au support, accès multiple, routage, transport.
- Fonctions et services : identification, acquisition de données, synchronisation, surveillance, contrôle, mobilité, localisation. Gestion et optimisation d'énergie. Intégration avec les réseaux classiques.
- Introduction à l'internet des objets. Études de cas. Tendances et évolution.

## Calendrier

Sem.	Sujets	Activités	Travaux pratiques
1	Présentation du plan de cours et principes de base des systèmes embarqués	Quiz révision	
2	1. Introduction et rappel de théorie des communications		
3	2. Protocoles de communication locale		CAN
4	3. Accès au support	Quiz 1	
5	4. Réseaux : sans fil, structurés, spontanés		
6	5. Bluetooth Low Energy	Quiz 2	BLE
7	Examen intra		
8	6. Capteurs, accès au support		
9	7. Routage	Quiz 3	
10	8. Zigbee		Zigbee

Sem.	Sujets	Activités	Travaux pratiques
11	9. Transport	Quiz 4	
12	10. La question de l'énergie		
13	11. Services et applications	Quiz 5	
14	12. Internet et systèmes embarqués : 6LoWPAN		
15	Examen final		

## Formules pédagogiques

Pour favoriser l'intégration des nombreux concepts au menu, nous suivons essentiellement le modèle suivant :

- Exposés magistraux en classe, où les étudiant(e)s sont fortement encouragés à contribuer par leurs questions et commentaires.
- Mini-tests hebdomadaires (quiz) à teneur formative, qui permettront aux étudiant(e)s de mesurer concrètement leur compréhension des concepts explorés, et qui seront autocorrigés à l'aide d'une grille de vérification. Ces quiz seront notés mais sont surtout importants comme moyens d'évaluation formative, afin de bien suivre et maintenir le rythme d'acquisition des connaissances et compétences.
- Des questions de réflexion sur une base quasi hebdomadaire permettront de revenir sur les contenus et d'apporter les explications nécessaires.

## Modalités d'évaluation

### Pondération

Description sommaire	Date	Pondération
Quiz et participation	Périodiques	10%
Examen intra	Semaine 7	25%
Travaux pratiques	Spécifié dans les énoncés	30%
Examen final	Semaine 15	35%

### Outils d'évaluation

*Quiz.* De façon périodique au cours du trimestre, les étudiants devront répondre de façon individuelle à un mini-test (quiz) en ligne via *Moodle*. Un quiz est accessible pendant une période déterminée (normalement de quelques jours). Pour les premiers quiz, les étudiants auront droit à deux tentatives, sans rétroaction ; pour les derniers quiz, une seule tentative sera permise. Une fois un quiz fermé, les réponses sont publiquement accessibles. Avec  $n$  quiz soumis, les résultats des  $n - 1$  meilleurs quiz seront comptés.

*Travaux pratiques.* La mise en pratique des concepts vus en classe se fera par la réalisation de travaux pratiques, faisant appel à différents environnements de développement et de simulation. Ces travaux seront réalisés par équipes de quelques étudiants. La matériel nécessaire aux travaux pratiques (kits individuels) devra être emprunté par chaque étudiant au début du trimestre et rendu à la fin du trimestre.

L'auxiliaire d'enseignement sera en mesure de fournir de l'assistance (à distance) pour la réalisation des expérimentations. Ses disponibilités seront conformes à l'horaire établi pour la séance de laboratoire du cours. Un forum *Moodle* permettra de poser des questions spécifiques aux manipulations à l'auxiliaire ou au professeur.

*Remise des rapports.* Les travaux et 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 DU TRAVAIL, 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 corrigé 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'information sur la présentation des rapports de laboratoire.

Les règlements concernant le plagiat seront strictement appliqués.

*Examens.* Les examens seront réalisés pendant les séances de cours. L'utilisation de documentation personnelle (notes de cours, manuel) n'est pas permise pendant l'examen. Seul un résumé personnel de 20 pages sera autorisé.

Une moyenne d'au moins 50 % aux examens est exigée pour réussir le cours.

*Modalités en cas de reconfinement.* Dans l'éventualité où les autorités sanitaires imposerait un reconfinement en cours de trimestre, il serait possible de poursuivre toutes les activités pédagogiques prévues. Seule la remise (en fin de trimestre) des kits de matériel empruntés devra être organisée différemment. Les informations à cet effet seront transmises par les canaux habituels, le cas échéant.

## Médiagraphie

---

Site web du cours via Moodle <http://www.moodle.uqam.ca>

- VC KUROSE, J. & ROSS, K. – Analyse structurée des réseaux. – 2003.

- VC PECKOL, J.K. – Embedded Systems : A Contemporary Design Tool – 1st Edition. 2008.
- VC PARET, D., & RIESCO, R. – Multiplexed Networks for Embedded Systems – 2007.
- VC ELAHI, A. – ZigBee Wireless Sensor and Control Network – 2010.
- VC EADY, F. – Hands-On ZigBee : Implementing 802.15.4 with Microcontrollers – 2007.
- VC KRIEF, F. ed. – Communicating Embedded Systems – 2010.
- VC SOHRABY, K., MINOLI, D., & ZNATI, T. – Wireless sensor networks : technology, protocols and applications – 2007.
- VC DARGIE, W., & POELLABAUER, C. – Fundamentals of wireless sensor networks : theory and practice – 2010.
- VC SHELBY, Z., & BORMANN, C. – 6LoWPAN : The wireless Embedded Internet – 2007.
- VC RAM MURTHY, C. SIVA, MANOJ, B.S. – Ad Hoc Wireless Networks : Architectures and Protocols – 2004.

VC : Volume Conseillé

### **Autres lectures**

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

### Information sur les Services à la vie étudiante

*Services.* Les services à la vie étudiante accompagnent les étudiantes et les étudiants dans la réussite de leur parcours universitaire.

*Bureau.* Bureau des services-conseils (**soutien psychologique, bien-être aux études, information scolaire et insertion professionnelle, orientation, emploi**) : pour prendre rendez-vous, communiquez au 514 987-3185 ou par courriel à [services-conseil@uqam.ca](mailto:services-conseil@uqam.ca).

*Aide financière.* Bureau de l'**aide financière** : pour prendre rendez-vous, écrivez à [aidefinanciere@uqam.ca](mailto:aidefinanciere@uqam.ca).

*Bourses d'études.* Concernant les **bourses**, pensez à consulter Le Répertoire institutionnel des bourses d'études (RIBÉ) et écrivez à [bourse@uqam.ca](mailto:bourse@uqam.ca) pour toute question.

*Informations générales.* Consultez les informations et l'ensemble des coordonnées et services offerts par les Services à la vie étudiante à l'adresse suivante : [vie-etudiante@uqam.ca](mailto:vie-etudiante@uqam.ca).

### 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 <https://info.uqam.ca/repriseexamen/>.

*Pièces justificatives.* Dans le cas d'une absence de moins de cinq (5) jours pour raison médicale, l'étudiant.e doit joindre une déclaration sur l'honneur. Lors d'une absence de cinq (5) jours et plus, un billet médical est exigé. Les dates d'invalidité doivent être clairement indiquées sur le billet original. L'authenticité du billet pourrait être vérifiée.

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 <https://info.uqam.ca/repriseexamen/>.

**PLAGIAT Règlement no 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.**

(R18, art. 2.1, définition d'une infraction)

Liste non limitative des infractions mentionnées dans le R18 :

- la substitution de personnes ou l'usurpation d'identité (art. 2.2 a) ;
- le plagiat : l'utilisation totale ou partielle du texte d'autrui ou de la production d'autrui en le faisant passer pour sien ou sans indication de référence (art. 2.2 b) ;
- le recyclage/la réutilisation de travaux : le dépôt d'un travail aux fins d'évaluation alors que ce travail constitue en tout ou en partie un travail qui a déjà été soumis par la personne étudiante, aux fins d'évaluation académique à l'UQAM ou dans une autre institution d'enseignement, sauf avec l'accord préalable de la personne enseignante à qui ce travail est soumis (art. 2.2 c) ;
- la possession ou l'obtention par vol, manœuvre ou corruption de questions ou de réponses d'examen (art. 2.2 d) ;
- la possession ou l'utilisation de tout document ou matériel non autorisé préalablement, pendant un examen ou lors de la réalisation de travaux, incluant le recours aux outils informatiques ou moyens technologiques (art. 2.2 e) ;
- l'utilisation pendant un examen de la copie d'examen ou de tout autre matériel provenant d'une autre personne (art. 2.2 f) ;
- l'obtention de toute aide non autorisée, qu'elle soit collective ou individuelle (art. 2.2 g) ;
- l'obtention d'une évaluation non méritée notamment par corruption, chantage, intimidation ou toute forme de harcèlement ou la tentative d'obtenir une telle évaluation (art. 2.2 h) ;
- la falsification d'un document ou la création d'un faux document, notamment d'un document transmis à l'Université ou d'un document de l'Université transmis ou non à une tierce personne, quelles que soient les circonstances (art. 2.2 i) ;
- la falsification de données de recherche dans un travail, notamment une thèse, un mémoire, un mémoire- création, un rapport de stage ou un rapport de recherche (art. 2.2 j).

Les sanctions liées à ces infractions sont précisées aux articles 3 et 5 du [Règlement no 18 sur les infractions de nature académique](#).

Pour éviter de vous exposer à des sanctions :

1. Consultez le site [r18.uqam.ca](http://r18.uqam.ca) pour plus d'information sur l'intégrité académique et le R18 ;
2. Développez les bonnes pratiques en matière de recherche documentaire et de rédaction des travaux via l'outil [Infosphère](#) et les [formations offertes par le Service des bibliothèques](#)



### Politique no 2

Le droit à la liberté académique universitaire est le droit de toute personne d'exercer librement et sans contrainte doctrinale, idéologique ou morale, telle la censure institutionnelle, une activité par laquelle elle contribue à l'accomplissement de la mission de l'Université.

Ce droit comprend la liberté :

- (a) d'enseignement et de discussion ;
- (b) de recherche, de création et de publication ;
- (c) d'exprimer son opinion sur la société et sur une institution, y compris l'établissement duquel la personne relève, ainsi que sur toute doctrine, tout dogme ou toute opinion ;
- (d) de participer librement aux activités d'organisations professionnelles ou d'organisations académiques.

Il doit s'exercer en conformité avec les normes d'éthique et de rigueur scientifique généralement reconnues par le milieu universitaire et en tenant compte des droits des autres membres de la communauté universitaire.

En reconnaissant, en promouvant et en protégeant la liberté académique universitaire, cette politique soutient la mission de l'Université, laquelle comprend la production et la transmission de connaissances par des activités de recherche, de création et d'enseignement et par des services à la collectivité.

Pour plus d'information, vous pouvez consulter la section [Liberté académique universitaire](#).

### **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/47/2019/04/Politique\\_no\\_16\\_2.pdf](https://instances.uqam.ca/wp-content/uploads/sites/47/2019/04/Politique_no_16_2.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://services.uqam.ca/services-offerts/soutien-aux-etudiants-en-de-situation-handicap/> 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/>

**Politique no 42 sur le harcèlement**

L'Université du Québec à Montréal (ci-après, l'« Université ») reconnaît à toutes les personnes membres de la communauté universitaire le droit d'être traitées avec dignité, équité et respect mutuel.

Toutes, tous sont susceptibles de subir du harcèlement. L'Université reconnaît que le harcèlement est majoritairement dirigé à l'endroit de certains groupes. Il s'agit notamment des femmes, plus particulièrement lorsque leur vécu se situe à l'entrecroisement de plusieurs formes de discrimination, des personnes issues des minorités sexuelles ou de genre, des communautés racisées ou ethniciées, des communautés autochtones, des étudiantes, étudiants internationaux, ainsi que des personnes en situation de handicap. L'Université s'engage donc à tenir compte de leurs besoins spécifiques.

L'Université considère le respect mutuel, l'égalité, l'écoute et l'entraide comme des valeurs importantes qui favorisent l'épanouissement personnel ainsi que l'établissement de rapports harmonieux entre les personnes et entre les groupes, et qui permettent la mise en place d'un milieu sain et propice à la réalisation individuelle ou collective de sa mission universitaire.

L'Université croit que la collaboration de chaque personne et de chaque groupe de la communauté universitaire est essentielle pour favoriser la création d'un tel milieu et, en ce sens, elle compte sur la contribution de chaque personne.

L'Université juge que toute forme de harcèlement porte atteinte à la dignité et à l'intégrité physique ou psychologique d'une personne.

L'Université reconnaît sa responsabilité d'assurer un milieu de travail et d'études exempt de toute forme de harcèlement et veille à ce qu'aucune forme de harcèlement ne soit tolérée, quelle qu'en soit la source.

Pour plus de détails, consultez la politique complète : [https://instances.uqam.ca/wp-content/uploads/sites/47/2018/05/Politique\\_no\\_42.pdf](https://instances.uqam.ca/wp-content/uploads/sites/47/2018/05/Politique_no_42.pdf)