

---

# TEL5025

## Systèmes de télécommunications 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 :

BÉGIN, Guy

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.

#### Objectifs du cours

---

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 les 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.

## 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.	Date (période cours)	Sujets	Activités	Travaux pratiques
1	9 sept. 2020	Plan de cours Zoom	Quiz révision	

Sem.	Date (période cours)	Sujets	Activités	Travaux pratiques
2	16 sept. 2020	1. Introduction et rappel de théorie des communications		
3	23 sept. 2020	2. Protocoles de communication locale		CAN
4	30 sept. 2020	2. Protocoles de communication locale 3. Accès au support	Quiz 1	
5	7 oct. 2020	4. Réseaux : sans fil, structurés, spontanés		BLE
6	14 oct. 2020	5. Bluetooth Low Energy	Quiz 2	
7	21 oct. 2020	Examen intra		Zigbee
8	28 oct. 2020	6. Capteurs, accès au support		
9	4 nov. 2020	7. Routage	Quiz 3	
10	11 nov. 2020	8. Zigbee		
11	18 nov. 2020	9. Transport	Quiz 4	
12	25 nov. 2020	10. La question de l'énergie		
13	2.déc. 2020	11. Services et applications	Quiz 5	
14	9 déc. 2020	12. Internet et systèmes embarqués : 6LoWPAN		
15	16 déc. 2020	Examen final		

## Formules pédagogiques

Dans le contexte de la pandémie de COVID-19 sévissant actuellement et en conformité avec les consignes des autorités gouvernementales, toutes les activités du cours qui peuvent l'être seront offertes en ligne. La présence des étudiants sur le campus ne sera requise que pour la prise de possession (en début de trimestre) et la remise (en fin de trimestre) des kits de matériel qui seront utilisés pour les travaux pratiques (voir Travaux pratiques).

Les exposés magistraux se dérouleront en mode asynchrone au moyen de capsules vidéo et d'activités formatives disponibles via *Moodle*. De plus, des périodes de questions en mode synchrone via *Zoom* permettront de revenir sur les contenus et d'apporter des explications supplémentaires. Ces périodes de questions seront programmées conformément à l'horaire du cours magistral.

De façon périodique, des quiz seront soumis via *Moodle* afin de mettre à l'épreuve et de valider l'acquisition des concepts. 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.

## Modalités d'évaluation

### Pondération

Description sommaire	Date	Pondération
Quiz	Périodiques	8%
Examen intra	Semaine 7	27%

Description sommaire	Date	Pondération
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 à distance, via *Moodle* et *Zoom*, et seront réalisés en trois parties :

- Une première partie à faire en direct dans *Moodle*, selon la même formule qu'un quiz, mais avec une durée limitée. Ces parties, synchrones, se dérouleront conformément à l'horaire du cours magistral.

- Une deuxième partie à faire à la maison (formule *take-home*). Vous disposerez de 24 heures pour compléter cette partie. **Attention : il faudra absolument soumettre vos réponses avant la fin du délai. Vos réponses seront remises via un fichier pdf (préparé à l'ordinateur, à la main et scanné, ou une combinaison des deux) identifié à votre nom.**
- La troisième partie sera un examen oral via *Zoom*, où chaque étudiant sera questionné individuellement, notamment sur les réponses fournies lors des premières parties d'examen.

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.

### Participation à un cours ou à une activité d'enseignement en ligne

- Lors d'un cours ou d'une activité d'enseignement en ligne, le personnel enseignant peut décider, selon le cas, de procéder à l'enregistrement audio ou audiovisuel du cours ou de l'activité d'enseignement. Le personnel enseignant peut partager l'enregistrement uniquement à son groupe-cours.
- En cas d'enregistrement, l'étudiante, l'étudiant sera informé au début de la séance.
- Il est de la responsabilité de l'étudiante, de l'étudiant de désactiver son microphone et/ou sa caméra s'il ne souhaite pas être enregistré.
- À défaut de désactiver son microphone et/ou sa caméra, l'étudiante, l'étudiant consent à l'enregistrement audio ou audiovisuel, à la conservation, à la rediffusion et à l'utilisation de l'enregistrement de son nom, de sa voix et de son image dans le cadre du cours ou de l'activité en ligne. L'étudiante, l'étudiant reconnaît ne détenir aucun droit dans l'enregistrement.
- Sauf avec l'autorisation expresse écrite du personnel enseignant, il est interdit de reproduire, d'enregistrer, de publier, de diffuser, de communiquer ou de partager, par quelque moyen que ce soit, tout ou partie de l'enregistrement d'un cours ou d'une activité d'enseignement en ligne de même que tout matériel pédagogique s'y rattachant.
- Une étudiante, un étudiant qui contrevient à ce qui précède s'expose aux sanctions prévues dans les règlements et politiques de l'UQAM ou à tout recours légal, notamment en vertu de la Loi sur le droit d'auteur.

### 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/politiques>.

L'étudiant.e doit déposer le formulaire dûment complété au secrétariat de la direction de son programme d'études :

- PK-3150 pour les programmes de premier cycle
- PK-4150 pour les programmes de cycles supérieurs

*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/>