INF889C
Technologies émergentes des services de télécom

Plan de cours

Responsable(s) du cours

Coordination :

KILLIJIAN, Marc-Olivier
PK-4740
killijian.marc-olivier.2@uqam.ca
https://kirija.github.io

Enseignement :

ELBIAZE, Halima
PK-4515
elbiaze.halima@uqam.ca
https://elbiaze.uqam.ca
Groupes : 020

Description officielle

Objectifs

Ce cours vise à présenter aux étudiants des sujets de recherche de pointe ou en émergence dans le domaine de l'informatique qui ne sont pas couverts par d'autres cours.

Sommaire du contenu

Présentation de sujets de recherches d'intérêt majeur dans le domaine de l'informatique et familiarisation avec les derniers développements technologiques dans un ou plusieurs domaines de pointe ou en émergence. Le contenu de ce cours varie d'un trimestre à l'autre. Pour obtenir le descriptif du cours à contenu variable, consultez le lien suivant : `http://info.uqam.ca/INF889X`

Description du cours

Objectifs

Ce cours familiarise les étudiants avec les principes fondamentaux des technologies émergentes telles que l'infonuagique, les réseaux définis par logiciel, la virtualisation des fonctions réseau et l'Internet des objets.

Le cours présente les concepts, architectures et technologies qui sous-tendent les réseaux et infrastructures numériques modernes. Il met l'accent sur la convergence entre **réseaux, calcul distribué, virtualisation, programmabilité et intelligence artificielle**.

Une attention particulière sera accordée aux architectures émergentes dans lesquelles les ressources de **communication, de calcul et d'intelligence** doivent être gérées conjointement à travers le continuum device–edge–cloud.

À la fin du cours, l'étudiant devrait être capable de :

1. Comprendre les principales transformations des architectures de réseaux modernes.
2. Analyser les interactions entre les ressources de communication, de calcul et de stockage.
3. Comprendre les principes du cloud computing, du edge computing et des infrastructures cloud-native.
4. Expliquer les concepts de virtualisation des fonctions réseau et de réseaux programmables.
5. Comprendre les principales composantes des architectures 5G et les évolutions envisagées pour la 6G.
6. Analyser le rôle de l'intelligence artificielle dans la gestion et l'optimisation des réseaux.
7. Évaluer les performances d'une architecture ou d'un mécanisme réseau à l'aide de métriques appropriées.
8. Lire, analyser et critiquer un article scientifique dans le domaine des réseaux.
9. Formuler et étudier une problématique de recherche ou de conception dans le domaine des réseaux avancés.

Sommaire du contenu

Approvisionnement des services réseaux émergents. Présentation des principes de base de l'infonuagique. Infrastructures et centres de données. Déploiement des nouvelles applications : Internet des objets, réalité augmentée et Internet tactile. Logicielisation et virtualisation. Découpage virtuel des réseaux nouvelle génération. Placement et réplication des données. Stockage et mise en mémoire cache. Évaluation et optimisation de la qualité de service et de la qualité d'expérience.

Le cours couvre également les infrastructures cloud-native, la virtualisation des fonctions réseau, les réseaux programmables, les architectures 5G/6G, l'intelligence artificielle appliquée aux réseaux ainsi que l'Internet des objets et le edge computing.

Thèmes du cours

Partie 1 : Introduction aux réseaux modernes

- Évolution des architectures réseau

- Exigences des réseaux et applications modernes
- Convergence entre communication, calcul et intelligence
- Principales technologies des infrastructures réseau modernes
- Architectures distribuées et continuum device–edge–cloud

Partie 2 : Qualité de service et qualité d'expérience

- Qualité de service (QoS)
- Qualité d'expérience (QoE)
- Métriques de performance : délai, gigue, débit, perte, disponibilité et fiabilité
- SLA et SLO
- Contraintes de service
- QoS/QoE et conception des réseaux
- Compromis entre différents objectifs de performance

Partie 3 : Infonuagique et infrastructures cloud-native

- Introduction à l'infonuagique
- Modèles IaaS, PaaS et SaaS
- Architecture des infrastructures cloud
- Virtualisation des ressources
- Gestion et allocation des ressources
- Placement des workloads
- Machines virtuelles, Conteneurs et microservices
- Kubernetes
- Orchestration cloud-native
- Autoscaling
- Architecture et conception des centres de données

Partie 4 : Évaluation des performances

- Métriques de performance
- Modélisation analytique
- Simulation, Émulation
- Expérimentation
- Charge et capacité
- Saturation
- Passage à l'échelle
- Méthodologie d'évaluation
- Analyse et interprétation des résultats

Partie 5 : Virtualisation des fonctions réseau — NFV

- Principes du NFV
- Architecture NFV
- Virtual Network Functions (VNF)

- Cloud-native Network Functions (CNF)
- Virtualisation des réseaux
- Service Function Chaining
- Placement des fonctions réseau
- Gestion du cycle de vie
- Orchestration des fonctions réseau

Partie 6 : Réseaux programmables — SDN et plans de données programmables

- Contexte et motivation
- Software-Defined Networking
- Séparation des plans de contrôle et de données
- Plan de données
- OpenFlow
- Plan de contrôle
- Plan d'application

Partie 7 : Réseaux 5G et 6G

- Contexte et évolution des réseaux mobiles
- Architecture 5G
- Network slicing
- Multi-access Edge Computing (MEC)
- Allocation des ressources
- Orchestration des ressources
- Évolution vers la 6G
- Convergence communication–calcul–intelligence

Partie 8 : Intelligence artificielle et réseaux

- Intelligence artificielle appliquée aux réseaux
- Machine learning pour la gestion des réseaux
- Prédiction
- Allocation de ressources
- Orchestration intelligente
- Apprentissage distribué
- Apprentissage fédéré
- Réseaux AI-native
- Orchestration des workloads d'IA

Partie 9 : Internet des objets et informatique de bordure

- Architectures IoT
- Composantes IoT - Contraintes des dispositifs connectés
- Consommation énergétique
- Gestion des ressources

- Communications et Routage IoT
- Edge computing-Fog computing
- Continuum device–edge–cloud
- Placement et Migration des traitements
- Architectures et implémentation IoT
- Applications distribuées temps réel

Approche pédagogique

Le cours repose sur quatre formes principales d'apprentissage.

Cours magistraux. Présentation des concepts fondamentaux, architectures, technologies et problématiques de recherche.

Lectures scientifiques. Des articles de conférence ou de revue seront proposés afin de compléter les notions vues en classe et d'exposer les étudiants aux développements récents du domaine.

Discussions et études de cas. Certaines séances incluront des discussions autour d'architectures, d'articles ou de problèmes concrets.

Projet. Les étudiants devront approfondir une problématique reliée à l'un des thèmes du cours en proposant et évaluant une solution, une architecture ou une approche.

Modalités d'évaluation

Description sommaire	Pondération	Date
Quiz 1	10 %	22 septembre
Quiz 2	10 %	13 octobre
Quiz 3	10 %	3 novembre
Quiz 4	10 %	24 novembre
Lectures et participation	10 %	Tout au long de la session
Étude et présentation d'un article de recherche	20 %	15 décembre
Projet de fin de session	30 %	20 décembre

Lectures et participation (10 %)

Pour plusieurs thèmes du cours, une lecture obligatoire sera proposée avant la séance. Les étudiants devront lire attentivement les documents assignés et venir en classe prêts à en discuter.

La participation pourra prendre différentes formes : discussion des lectures, questions, commentaires critiques, analyse d'articles ou contribution aux études de cas abordées en classe.

L'objectif de cette activité est de favoriser une participation active et de développer la capacité à analyser de façon critique des travaux scientifiques et techniques.

Quiz (40 %)

Quatre quiz seront organisés au cours de la session, chacun comptant pour **10 %** de la note finale.

Les quiz porteront sur les notions présentées dans les cours précédents et pourront comprendre des questions de compréhension, de comparaison, d'analyse d'architecture, d'interprétation de résultats ainsi que de courts exercices d'application.

Les quiz visent à vérifier la compréhension régulière des principaux concepts abordés dans le cours.

Étude et présentation d'un article de recherche (20 %)

Un article scientifique récent, publié dans une conférence ou une revue reconnue du domaine, sera assigné ou sélectionné pour chaque étudiant en fonction, dans la mesure du possible, de ses intérêts de recherche.

L'étudiant disposera de quelques semaines pour étudier l'article en profondeur et devra démontrer sa compréhension du problème étudié, de l'approche proposée, de la méthodologie d'évaluation et des principaux résultats.

Une attention particulière devra être accordée à l'**analyse critique** de l'article. L'étudiant devra notamment identifier ses forces, ses limites, les hypothèses retenues et les améliorations ou pistes de recherche possibles.

Une présentation orale d'environ **20 à 25 minutes** sera réalisée à la fin de la session, suivie d'une période de questions.

Projet de fin de session (30 %)

Le projet de fin de session permettra à l'étudiant d'approfondir une problématique liée aux réseaux avancés et aux technologies émergentes abordées dans le cours.

Le projet devra comporter une problématique clairement définie, un état de l'art ciblé, une méthodologie appropriée et une analyse des résultats obtenus.

Un rapport final devra permettre à l'étudiant de démontrer sa capacité à mobiliser les notions étudiées durant la session, à analyser une problématique et à présenter de manière rigoureuse les résultats de son travail.

Les projets présentant une contribution originale et des résultats suffisamment développés pourront éventuellement servir de base à une soumission scientifique.

Évaluation du projet

Critère	Pondération indicative
Définition et motivation du problème	15 %
État de l'art	15 %
Qualité de l'approche proposée	25 %
Méthodologie d'évaluation	20 %
Analyse et discussion des résultats	15 %
Qualité du rapport	10 %

Médiagraphie

- William Stallings, *Foundations of Modern Networking : SDN, NFV, QoE, IoT, and Cloud*, Addison-Wesley Professional, 2016.
- Thomas Erl, Ricardo Puttini et Zaigham Mahmood, *Cloud Computing : Concepts, Technology & Architecture*, Prentice Hall, 2013.
- Dan C. Marinescu, *Cloud Computing : Theory and Practice*, 2e édition, Morgan Kaufmann, 2017.
- Articles de recherche et documents cités dans les notes de cours.

Logiciels et plateformes

- Mininet
- Kubernetes
- P4
- Microsoft Azure
- Amazon Web Services

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.
Ensemble des services offerts
Gagner du temps et réaliser de meilleurs travaux
Politiques associées à votre réussites

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

Aide financière. Bureau de **l'aide financière** : pour prendre rendez-vous, écrivez à 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 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.

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/.

Règlement no 18 sur les infractions de nature académique. (extraits)

Lien vers la page originale de ce contenu

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), ce qui inclut l'utilisation d'outils d'intelligence artificielle ;
- 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 reliées 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 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

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
https://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 reconnait, 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
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
- En ligne : https://vie-etudiante.uqam.ca/

Politique no 42 sur le harcelement

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 ethnicisées, 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

Monitorat de programme

Le département d'informatique offre un service gratuit d'aide à la réussite s'adressant plus particulièrement aux étudiant.e.s du baccalauréat et du certificat en informatique. Il concerne principalement les cours de base comme INF1070, INF1120, INF1132, INF2120 et INF2171, mais, selon la connaissance du moniteur ou de la monitrice, un support dans d'autres cours peut également être offert.

Objectifs. Permettre aux étudiant.e.s de :

- Bénéficier d'un encadrement par les pairs ;
- Recevoir un suivi personnalisé en cas de difficulté ;
- Profiter d'un soutien supplémentaire à la matière vue en classe ;
- Obtenir un support technique sur les technologies, les outils, les bibliothèques et les cadriciels utilisés dans les cours (installation, configuration, utilisation)

Informations.

- Voir `https://info.uqam.ca/aide/` pour la grille horaire et tous les détails
- Le service est généralement disponible à partir de la deuxième semaine
- D'autres plages horaires pourraient être ajoutées en cours de session selon les besoins
- Clavardage en direct : ~aide (Mattermost)