

Sigle : GEN1483 Gr. 01

Titre : Systèmes en temps réel

Session : Automne 2025 Horaire et local

Professeur : Bennai, Mustapha

1. Description du cours paraissant à l'annuaire :

Objectifs

Au terme de cette activité, l'étudiant(e) sera en mesure d'analyser et de concevoir des systèmes informatiques en temps réel.

Contenu

Caractéristiques des systèmes en temps réel. Contraintes temporelles : temps réel dur, souple, ferme. Gestion des événements. Interruptions. Schémas d'architecture et d'interface. Analyse de la performance temporelle. Fiabilité et tolérance aux fautes. Modélisation. Réseaux de Petri. Langages de spécifications temporelles. Modèles temporels. Systèmes d'exploitation temps réel. Exécution concurrente, synchronisation. Méthodes de conception. Conception à base de modèles. Applications de systèmes temps réel : systèmes de contrôle de procédé, pilotage embarqué (avions, satellites), systèmes bancaires, traitement et acheminement de l'information (vidéo, réalité virtuelle, etc.).

Descriptif – Annuaire

2. Objectifs spécifiques du cours :

Le cours couvre 4 des 12 qualités requises des diplômé(e)s telles que définies dans les normes d'agrément des programmes de génie au Canada (<http://www.engineerscanada.ca/fr/ressources-en-matiere-dagrément>) :

a. Qualité 1 : Connaissances en génie

b. Qualité 2 : Analyse de problèmes

c. Qualité 4 : Conception

d. Qualité 5 : Utilisation d'outils d'ingénierie

e. Qualité 6 : Travail individuel et en équipe

Toutes les qualités énumérées ci-dessus sont mesurées dans ce cours pour fins de rétroaction.

Objectifs spécifiques	Qualité	Indicateurs	Introduit	Développé	Appliqué
Apprendre à identifier ce que c'est qu'un système à temps réel et comprendre les défis de conception et les domaines d'applications.	1	4. Comprendre et appliquer les concepts de l'ingénierie propres au programme.		X	
Analyser et concevoir des systèmes en temps réel en se basant sur des choix logiciels et matériels disponibles selon l'application.	2	3. Choisir un modèle et appliquer l'analyse appropriée pour résoudre un problème.		X	
Apprendre à utiliser les outils logiciels adaptés temps réel et les appliquer à un matériel avec des caractéristiques temps réel.	5	2. Utiliser les outils techniques de mesure, modèles ou simulations appropriés.		X	
Adopter une approche individuelle dans le cadre d'une recherche poussée sur les	6	1. Travailler de manière autonome.		X	

composantes logicielles et matérielles existantes.

3. Stratégies pédagogiques :

Cette section constitue un **engagement réciproque** : elle précise les attentes et les moyens mis en place afin de garantir un apprentissage efficace, respectueux et stimulant pour tous.

1. Respect Mutuel

Nous nous engageons à maintenir un climat d'écoute, de courtoisie et d'entraide. Chaque interaction — entre étudiant·e·s et avec l'équipe enseignante — contribue à la qualité du cours ; vos questions et vos idées sont vivement encouragées.

2. Utilisation des Outils Informatiques

La prise de notes manuscrite est privilégiée pour favoriser la concentration. Les appareils personnels (ordinateur, tablette, téléphone) peuvent être utilisés **uniquement** lorsqu'une activité l'exige (quiz interactif, recherche ciblée). Pour toute adaptation particulière, contacter l'enseignant·e dès que possible.

3. Intégrité académique

La créativité et l'honnêteté intellectuelle sont essentielles :

- Citer clairement toute source externe (texte, image, code, données).
- Les politiques institutionnelles (section 7 du guide départemental) s'appliquent intégralement.
- En cas de doute, demander conseil ; nous sommes là pour vous accompagner.

4. Approche pédagogique interactive et hybride

Axe	Mise en pratique
Capsules interactives	Micro-exposés suivis de débats éclair
Études de cas	Analyse d'incidents industriels pour ancrer la théorie
Apprentissage par problèmes/projets	Défis progressifs favorisant l'autonomie
Travail coopératif	Résolutions en petits groupes
Exercices pratiques	Applications immédiates en classe ou en laboratoire

5. Déroulement des séances de cours

- 3 h par semaine en mode **hybride**.
- Séances à distance par vidéo-conférence : **17 septembre, 8 octobre, 12 novembre** (liens fournis sur Moodle).
- Schéma type : introduction → exposé → exercice appliqué → discussion/FAQ → ressources complémentaires.23

6. Travaux pratiques :

- Binôme fixe (2 étudiant·e·s) pour les TP et le projet.
- TP obligatoires de 3 heures en présentiel : **16 sept., 07 oct., 11 nov., 25 nov., 02 déc.**
- Matériel et logiciels sont fournis au laboratoire.
- Rapport TP à remettre 7 jours après la séance → Retard : -20 %/jour.
- Absence non justifiée : note 0.
- Retard > 15 min : équivaut à une absence non justifiée (instructions de sécurité manquées).

7. Travail personnel :

Prévoir au minimum 10 à 12 h par semaine pour : révision, exercices, lectures complémentaires et préparation du projet.

8. Projet de conception:

- Chaque **groupe** remet **son propre dossier** comprenant :
- Plan de travail détaillé.
- Cahier des charges et exigences.
- Démarche de conception (notions du cours).
- Analyse de performances et validation.
- Vérification de conformité.
- Rapport final **INDIVIDUEL** et **présentation orale en groupe** en classe.

- Retard rapport : -20 %/jour.

9. Examen de mi-session et examen final en mode présentiel

10. Ressources et communication

- **Moodle** : supports de cours, dépôts de travaux, annonces, forums d'entraide, clavardage rapide avec l'enseignant-e.
- Consulter la plateforme **au moins deux fois par semaine** pour rester informé-e

11. Préalable académique

- **INF3723** – Doit-être réussi ou suivi simultanément

Lien : [Modalités de tenue des séances de TP et de projets de session en laboratoire](#)

4. Heures de disponibilité ou modalités pour rendez-vous :

- **Pour toute question individuelle, publiez d'abord votre message sur le forum Moodle ; si un suivi personnalisé est nécessaire, un rdv (présentiel ou virtuel) pourra ensuite être fixé en accord avec l'enseignant-e.**
- Assistant à l'enseignement :
- Responsable des laboratoires : Abdallah Guire Ali (alixab01@uqo.ca)
- Technicien de laboratoire : Abdelkrim Chebihi (abdelkrim.chebihi@uqo.ca)

5. Plan détaillé du cours sur 15 semaines :

Semaine	Thèmes	Dates
1	<p>Présentation du plan de cours Ch. 1 Principes de base des systèmes en temps réel (STR)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Place des systèmes temps réel dans le monde de l'ingénierie, concepts et définitions. • Architecture typique d'un système temps réel. • Classification des systèmes temps réel, prévisibilité et déterminisme. • Caractéristiques des systèmes temps réel. • Types de contraintes dans les systèmes temps réel. <p>Formation de binômes pour les travaux pratiques et Projet et publication de l'énoncé pour le travail de session</p>	03 sept. 2025
2	<p>Ch. 1 Principes de base des STR</p> <ul style="list-style-type: none"> • Type d'architectures des systèmes temps réel. • Notion d'ordonnancement. • Divers exemples de systèmes temps réel. • Introduction à la culture de la sûreté de fonctionnement et de sécurité. 	10 sept. 2025
3	<p>Ch. 2 Matériel pour les STR</p> <ul style="list-style-type: none"> • Architecture des processeurs de base • Interruptions • Technologie de mémoires • Avancées architecturales <p>Travaux pratiques 1 (16 sept. 2025) Partie a : OS en assembleur – Traitement de texte dans le langage assembleur Partie b: OS Les tâches</p>	17 sept. 2025
4	<p>Ch. 2 Matériel pour les STR</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interfaçage périphérique 	24 sept. 2025

	<ul style="list-style-type: none"> • Microprocesseur versus microcontrôleur • Architectures distribuées en temps réel 	
5	Ch. 3 Les systèmes d'exploitation en temps réel <ul style="list-style-type: none"> • Définition et évolution • Les fondements théoriques de l'ordonnancement (Boucle d'interrogation, code cyclique, état phase et coroutines, à interruption uniquement, hybrides, avant-plan et arrière-plan, BCT, à priorité fixe, à priorité dynamique). • Les services du système pour les programmes d'application 	01 oct. 2025
6	Ch. 3 Les systèmes d'exploitation en temps réel <ul style="list-style-type: none"> • Mécanismes de synchronisation et problèmes d'impasse et de famine • Problèmes de gestion de mémoire <p>Travaux pratiques 2 (07 oct. 2025) OS : Les MUTEX</p>	8 oct. 2025
7	Semaine d'études	13 oct. 2025 17 oct. 2025
8	Examen mi-session	22 oct. 2025
9	Ch. 4 Langages de programmation pour les STR <ul style="list-style-type: none"> • Aptitude des langages de programmation pour les applications en temps réel • Normes de codage pour logiciels en temps réel • Langage orienté objet versus langage procédural dans les STR 	29 oct. 2025
10	Ch. 4 Langages de programmation pour les STR <ul style="list-style-type: none"> • Langages en temps réel spéciaux • Génération automatique de code • Techniques d'optimisation du compilateur de code pour les STR 	05 nov. 2025
11	Ch. 5 Outils de spécification et de validation des systèmes en temps réel <ul style="list-style-type: none"> • Outils et techniques d'analyse: définition abstraite des STR. • Modèles formels pour analyser et concevoir un STR. <p>*Travaux pratiques 3 (11 nov. 2025)</p>	12 nov. 2025
12	Ch. 5 Outils de spécification et de validation des systèmes en temps réel <ul style="list-style-type: none"> • Diagrammes d'états, réseaux de Petri, GRAFCET. 	19 nov. 2025
13	Ch. 6 Communication, synchronisation et Techniques d'analyse de performance <ul style="list-style-type: none"> • Services et mécanismes de synchronisation • Analyse de performance en temps réel • Applications de la théorie des files d'attente • Performance Input/Output • Analyse des besoins en mémoire <p>*Travaux pratiques 4 (25 nov. 2025)</p>	26 nov. 2025

14	Présentation PowerPoint et démonstration pratique du projet *Travaux pratiques 5 (02 déc. 2025)	03 déc. 2025
15	Examen final *Remise (sur Moodle) du rapport final du projet (15 déc. 2025 à 23h59)	10 déc. 2025

6. Évaluation du cours :

L'attribution de la note finale se fera selon la répartition suivante :

Outils d'évaluation	Pondération	Indicateurs mesurés
Travaux pratiques (5 séances)	20 %	5.2
Projet de conception avec réalisation pratique	15 %	1.4, 2.3
Examen de mi-session	15 %	6.1
Examen final	50 %	6.1, 1.4

Par **indicateur mesuré**, on entend qu'à la fin du cours, un niveau de performance (0, 1, 2, 3) est donné pour chaque indicateur et pour chaque étudiant(e) selon la grille ci-dessous.

Indicateurs	Niveau 0	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
1.4 – Comprendre et appliquer les concepts de l'ingénierie propres au programme.	Moins de 52 %	Entre 52 % et 63 %	Entre 64 % et 83 %	Plus de 84 %
2.3 – Choisir un modèle et appliquer l'analyse appropriée pour résoudre un problème.	Choix du modèle et analyse inacceptables.	Choix du modèle acceptable, mais analyse partielle.	Choix du modèle acceptable et analyse adéquate.	Choix du modèle et analyse remarquables.
5.2 – Utiliser les outils, techniques de mesure, modèles ou simulations appropriés.	Utilisation inadéquate ou inexistante.	Utilisation partielle.	Utilisation adéquate.	Utilisation remarquable.
6.1 – Travailler de façon autonome.	Incapable d'effectuer le travail individuel sans assistance.	Effectue le travail individuel avec peu d'assistance.	Effectue le travail individuel sans assistance.	Effectue le travail individuel de façon remarquable sans assistance.

7. Politiques départementales et institutionnelles :

- Politiques relatives à la tenue des examens
- Note sur le plagiat et les fraudes
- Politique relative à la qualité de l'expression française écrite chez les étudiants et les étudiantes de premier cycle à l'UQQ
- Absence aux examens : cadre de gestion, demande de reprise d'examen (formulaire)

Tolérance **ZÉRO** en matière de violence à caractère sexuel.

Le Bureau d'intervention et de prévention en matière de harcèlement (BIPH) a pour mission d'accueillir, soutenir et guider toute personne vivant une situation de harcèlement, de discrimination ou de violence à caractère sexuel. Le BIPH oriente ses actions afin de prévenir les violences à caractère sexuel pour que nous puissions étudier, travailler et s'épanouir dans un milieu sain et sécuritaire.

Vous vivez ou êtes une personne témoin d'une situation de violence à caractère sexuel ? Vous êtes une personne membre de la communauté étudiante ou une personne membre du personnel, autant à Gatineau qu'à Ripon et St-Jérôme, l'équipe du BIPH est là pour vous, sans jugement et en toute confidentialité.

Ensemble, participons à une culture de respect.

Pour de plus amples renseignements consultez [UQO.ca/biph](https://uqo.ca/biph) ou écrivez-nous au Biph@uqo.ca

8. Principales références :

1. Notes de cours
2. Alan Burns and Andy Wellings. *Real-Time Systems and Programming Languages*, Addison-Wesley, 4th edition, 2009
3. Philip A. Laplante, *Real-Time Systems Design and Analysis, An Engineer's Handbook*, 3rd edition, IEEE Press, 2004.
4. Alan C. Shaw, *Real-Time Systems and Software*, John Willey & Sons, Inc., 2001.
5. Chowdary Venkateswara Penumuchu, *Simple Real-time Operating System: A Kernel Inside View for a Beginner*, Trafford Publishing, 2007.
6. Jane W.S. Liu, *Real-Time Systems*, Prentice Hall, 2000.

9. Page Web du cours :

<https://moodle.uqo.ca>