

**Sigle : GEN1483 Gr. 01**

**Titre : Systèmes en temps réel**

**Session : Automne 2021 Horaire et local**

**Professeur : Rahmani, Mohamed Naim**

**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 5 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**

**Les qualités 1, 2, 5 et 6 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 en 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	5	2. Utiliser les outils techniques de mesure,		x	

matériel avec des caractéristiques temps réel.		modèles ou simulations appropriés.			
Adopter une approche individuelle dans le cadre d'une recherche poussée sur les composantes logicielles et matérielles existantes.	6	1. Travailler de manière autonome.		x	

### 3. Stratégies pédagogiques :

Le mode d'enseignement sera en présentiel. L'approche générale est interactive et conçue en vue d'impliquer l'étudiant(e) dans la construction et l'utilisation des savoirs. Divers modèles d'enseignement seront utilisés dont:

- L'exposé interactif
- L'analyse des cas
- L'apprentissage par problèmes
- L'apprentissage coopératif
- La discussion et les exercices pratiques
- Les travaux pratiques et un projet de conception

**Une page Web (Moodle) sera créée pour ce cours (voir ci-dessous) et servira, avec le courrier électronique, de principal moyen de communication entre l'enseignant et les étudiant(e)s. La consultation régulière de la page est de la responsabilité de l'étudiant(e).**

Lien utile : [COVID-19: Modalités de tenue des séances de travaux pratiques \(TP\) et de projets dans les laboratoires de génie A2021](#)

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

La communication privilégiée entre l'enseignant et les étudiant(e)s en dehors des heures de cours se fera par courriel (mohamed.rahmani@uqo.ca). Dans le cas où une rencontre s'avère être nécessaire, il sera alors fortement suggéré de prendre rendez-vous.

### 5. Plan détaillé du cours sur 15 semaines :

Semaine	Thèmes	Dates
1	<p><b>Présentation du plan de cours</b></p> <p><b>Ch.1 Principes de base des systèmes en temps réel (STR)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Place des systèmes temps réel dans le monde de l'ingénierie, concepts et définitions.</li> <li>• Architecture typique d'un système temps réel.</li> <li>• Classification des systèmes temps réel, prévisibilité et déterminisme.</li> <li>• Caractéristiques des systèmes temps réel.</li> <li>• Types de contraintes dans les systèmes temps réel.</li> </ul>	15 sept. 2021
2	<p><b>Ch.1 Principes de base des STR (Logiciel et Matériel)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Type d'architectures des systèmes temps réel.</li> <li>• Notion d'ordonnement.</li> <li>• Divers exemples de systèmes temps réel.</li> <li>• Introduction à la culture de la sûreté de fonctionnement.</li> <li>• Introduction de la notion de sûreté et de sécurité dans les STR.</li> </ul>	22 sept.2021

	<b><u>Choix des groupes de travail</u></b>	
3	<p><b>Ch.2 Structure des systèmes en temps réel</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rappels: les différentes couches d'un système informatique.</li> <li>• Architecture: systèmes classiques vs systèmes en temps réel.</li> <li>• Structures matérielles du système temps réel.</li> <li>• Microprocesseur versus microcontrôleur.</li> <li>• Interfaçage périphérique.</li> </ul> <p><b><u>Énoncé du projet</u></b></p> <p><b><i>*Travaux pratiques 1 (29 septembre 2021)</i></b></p>	29 sept.2021
4	<p><b>Ch.2 Structure des systèmes en temps réel (suite)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Notion de temps dans les STR.</li> <li>• Gestion du temps dans les STR.</li> </ul> <p><b><i>Projet en laboratoire (06 octobre 2021)</i></b></p>	06 oct. 2021
5	<b>Semaine d'études</b>	13 oct. 2021
6	<p><b>Ch.3 Attributs des systèmes en temps réel</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systèmes dynamiques.</li> <li>• Systèmes réactifs.</li> <li>• Systèmes à base de temps.</li> </ul> <p><b><i>*Travaux pratiques 2 (20 Octobre 2021)</i></b></p>	20 oct.2021
7	<p><b>Ch.4 Outils de spécification et de validation des systèmes en temps réel</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Outils et techniques d'analyse: définition abstraite des STR.</li> <li>• Modèles formels pour analyser et concevoir un STR.</li> <li>• Diagrammes d'états, réseaux de Petri, GRAFCET.</li> <li>• Spécification des besoins.</li> </ul> <p><b><i>Projet en laboratoire (27 octobre 2021)</i></b></p>	27 oct.2021
8	<p><b>Ch.5 Conception des systèmes en temps réel</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Méthodes formelles dans la spécification du STR.</li> <li>• Méthodes et activités de conception.</li> <li>• Implémentation, test, prototypage.</li> <li>• Conception assistée par ordinateur des systèmes temps réel.</li> <li>• Développement basé sur les modèles.</li> <li>• Langages synchrones.</li> </ul> <p><b><i>*Travaux pratiques 3 (03 novembre 2021)</i></b></p>	03 nov.2021

9	<b>Examen mi-session</b>	10 nov. 2021
10	<p><b>Ch.6 Vivacité, sécurité, fiabilité et tolérance aux fautes dans les systèmes en temps réel</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fiabilité et tolérance aux fautes : modes de pannes. fiabilité, pannes et fautes.</li> <li>• Prévention de pannes et tolérance aux fautes.</li> <li>• Tolérance logicielle aux fautes dans les STR.</li> <li>• Mesurer et prédire la fiabilité d'un logiciel.</li> <li>• Sureté de fonctionnement.</li> </ul> <p><b>*Travaux pratiques 4 (17 novembre 2021)</b></p>	17 nov. 2021
11	<p><b>Ch.7 Gestion des exceptions et des blocages dans les systèmes en temps réel</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Définition.</li> <li>• La gestion des exceptions.</li> <li>• Algorithme de décision.</li> <li>• Exigences générales pour la gestion des exceptions.</li> <li>• Exemples.</li> </ul> <p><b>Projet en laboratoire (24 novembre 2021)</b></p>	24 nov. 2021
12	<p><b>Ch.8 Communication et synchronisation dans les systèmes temps réel</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systèmes d'exploitation temps réel : services et mécanismes du système d'exploitation pour les STR.</li> <li>• Architecture ouverte.</li> <li>• Exemples.</li> </ul> <p><b>*Travaux pratiques 5 (1<sup>er</sup> décembre 2021)</b></p>	01 déc.2021
13	<p><b>Ch.9 Modèles de cycle de vie et techniques d'analyse de performance</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Assurance de qualité et principes du génie logiciel en temps réel.</li> <li>• Modèles de cycle de vie.</li> <li>• Analyse de performance en temps réel.</li> <li>• Analyse des besoins en mémoire.</li> </ul> <p><b>Présentation PowerPoint et démonstration pratique du projet</b></p>	08 déc.2021
14	<p><b>Examen final</b></p> <p><b>*Remise (sur Moodle) du rapport final du projet (15 décembre 2021)</b></p>	15 déc.2021

## 6. Évaluation du cours :

- Les travaux pratiques (laboratoires) mettront en exergue les concepts vus dans le cours. Ils exigeront la connaissance des notions théoriques, une certaine capacité de travail et d'analyse critique, ainsi qu'une connaissance dans la manipulation des équipements de laboratoire.
- Des contrôles de connaissance volontaires seront proposés aux étudiants avant chaque évaluation formelle.
- Projet de conception d'un système en temps réel avec réalisation pratique portant sur une application en temps réel

sera proposé aux étudiant(e)s. Chaque groupe (2 ou 3 étudiant(e)s) devra remettre une étude qui comprendra :

- Une proposition préliminaire de conception du projet
- Une rédaction d'un rapport d'avancement du projet
- Une rédaction d'un rapport final
- Une présentation PowerPoint du projet en classe
- Une démonstration pratique de la réalisation

- Examen de mi-session
- Examen final

Outils d'évaluation	Pondération	Indicateurs mesurés
Travaux pratiques (5 séances)	20 %	5.2
Projet de conception avec réalisation pratique	30 %	1.4 et 2.3
Examen de mi-session	20 %	6.1
Examen final	30 %	6.1

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 de faire le travail individuel sans assistance.	Fait le travail individuel avec peu d'assistance.	Fait le travail individuel sans assistance.	Fait le travail individuel de façon remarquable sans assistance.

## 7. Politiques départementales et institutionnelles :

- [Politique du département d'informatique et d'ingénierie relative à la tenue des examens](#)
- [Note sur le plagiat et sur la fraude](#)
- [Politique relative à la qualité de l'expression française écrite chez les étudiants et les étudiantes de premier cycle à l'UQO](#)

- Absence aux examens : [cadre de gestion](#), [demande de reprise d'examen \(formulaire\)](#)

À l'UQO, **les violences à caractère sexuel, c'est tolérance zéro!**

La communauté universitaire s'engage à lutter contre les inconduites, le harcèlement et les violences à caractère sexuel : parce que **le respect, c'est l'affaire de tout le monde!**

N'oubliez pas de faire la formation obligatoire :

[uqo.ca/bimi/formation-obligatoire](https://uqo.ca/bimi/formation-obligatoire)

Pour de plus amples renseignements :

[bimi@uqo.ca](mailto:bimi@uqo.ca)



## 8. Principales références :

[1] Notes du cours.

[2] Alan Burns and Andy Wellings. *Real-Time Systems and Programming Languages*, Addison-Wesley, 4rd edition, 2009.

[3] Alan C. Shaw, *Real-Time Systems and Software*, John Willey & Sons, Inc., 2001.

[4] J. Liu, *Real-Time Systems*, Prentice-Hall, 2000.

[5] Philip A. Laplante, *Real-Time Systems Design and Analysis, An Engineer's Handbook*, 3<sup>rd</sup> edition, IEEE Press, 2004.

[6] Chowdary VenkateswaraPenumuchu, *Simple Real-time Operating System: A Kernel Inside View for a Beginner*, Trafford Publishing, 2007.

## 9. Page Web du cours :

<https://moodle.uqo.ca>