

Sigle : GEN1483Gr. 01
Titre : Systèmes en temps réel
Session : Automne 2022 Horaire et local
Professeur : Mustapha Bennai

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

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 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	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 :

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 :

- Mode d'enseignement en présentiel
- L'exposé interactif
- La méthode des cas
- L'apprentissage par problèmes
- L'apprentissage coopératif
- La discussion et les exercices pratiques
- Les travaux pratiques et un projet de conception

A. Les formules pédagogiques suivantes seront utilisées :

1. Séances de cours

Elles seront dispensées en mode présentiel, de 3 h/semaine comprenant une ou plusieurs stratégies pédagogiques :

- Cours magistral en mode synchrone, par vidéoconférence.
Pour chaque sujet du programme, le professeur présentera la problématique, la partie théorique ainsi que les objectifs spécifiques. A la fin de chaque sujet, quelques problèmes seront proposés aux étudiant(e)s sous forme d'exercices.
- Forums de discussion disponibles sur Moodle.
- Interactions prof-étudiant (en classe ou par courriel)

2. Travaux Pratiques :

- Séances de laboratoire en mode présentiel: (**Durée/TP** : 3 h, **nombre de TP** : 5, **dates** : 21 septembre, 05 octobre, 26 octobre, 9 novembre et 23 novembre 2022)
- Les logiciels et matériels requis seront disponibles au laboratoire pour la partie pratique.
- Les séances de laboratoires compléteront les exposés magistraux et permettront aux étudiant(e)s de mettre en pratique les concepts étudiés dans le cours didactique et rehausser ainsi la compréhension du comportement d'un système en temps réel.
 - Un rapport final est à remettre une semaine après la séance de travaux pratiques.

NB : Le responsable de laboratoire fournira de l'aide uniquement pour l'utilisation des outils. La présence à l'heure indiquée au laboratoire est obligatoire.

N° TP	Description
1	1-a : OS en assembleur – Traitement de texte dans le langage assembleur 1-b : Lab OS tâches
2	OS MUTEX
3	Canne intelligente pour malvoyants
4	Surveillance à distance et en temps réel de la température
5	Simulation d'un système en temps réel sur Matlab-Simulink

3. Travail personnel :

Des travaux (10 à 12 h/semaine) non notés permettront de comprendre les différents concepts; ils exigeront la connaissance des notions théoriques, une certaine capacité de travail et d'analyse critique.

4. Un projet de simulation autour de la conception en ingénierie portant :

Un projet de conception d'une application en temps réel sera proposé aux étudiant(e)s. Chaque étudiant devra remettre une étude qui comprendra :

i.	Élaboration d'un plan de travail
ii.	Production d'un cahier de charge et d'un document des exigences
iii.	Implémentation de la solution
iv.	Rédaction d'un rapport final
v.	Test et présentation du projet en mode non présentiel

5. Examen de mi-session

6. Examen final

7. À noter que l'avant-dernière séance de cours, avant l'examen final, sera consacrée à la présentation.

B. Préalable(s) : INF3723

C. Communications : Une page Moodle sera créée pour ce cours et comportera toute la documentation nécessaire (acétates, articles sélectionnés, exercices proposés, étude de projet, etc.) 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 : [Modalités de tenue des séances de TP et de projets de session en laboratoire](#)

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 (mustapha.bennai@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>Présentation du plan de cours</p> <p>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><i>Choix des groupes de travail</i></p>	06 sept. 2022
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. <p>Introduction de la notion de sûreté et de sécurité dans les STR.</p> <p><i>Énoncé du projet</i></p>	13 sept. 2022
3	<p>Ch. 2 Matériel pour les STR</p> <ul style="list-style-type: none"> Architecture des processeurs de base Interruptions Technologie de mémoires 	20 sept. 2022

	<ul style="list-style-type: none"> • Avancées architecturales <p>*Travaux pratiques 1 (21 sept. 2022)</p>	
4	<p>Ch. 2 Matériel pour les STR</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interfaçage périphérique • Microprocesseur versus microcontrôleur • Architectures distribuées en temps réel 	27 sept. 2022
5	<p>Ch. 3 Les systèmes d'exploitation en temps réel</p> <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 <p>*Travaux pratiques 2 (05 oct. 2022)</p>	04 oct. 2022
6	Semaine d'études	10 oct. 2022
7	<p>Ch. 3 Les systèmes d'exploitation en temps réel</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mécanismes de synchronisation et problèmes d'impasse et de famine • Problèmes de gestion de mémoire • Sélection des systèmes d'exploitation en temps réel : Achat versus implémentation 	18 oct. 2022
8	<p>Ch. Langages de programmation pour les STR</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aptitude d'un langage de programmation pour les applications en temps réel : Critères de Cardelli • Normes de codage pour « software » en temps réel • Langage orienté objet versus procédural dans les STR • Quelques langages en temps réel spéciaux • Génération automatique de code • Techniques d'optimisation du compilateur de code pour les STR <p>*Travaux pratiques 3 (26 oct. 2022)</p>	25 oct. 2022
9	Examen mi-session	01 nov. 2022
10	<p>Ch. 5 Outils de spécification et de validation des systèmes en temps réel</p> <ul style="list-style-type: none"> • Outils et techniques d'analyse: définition abstraite des STR. • Modèles formels pour analyser et concevoir un STR. • Diagrammes d'états, réseaux de Petri, GRAFCET. • Spécification des besoins <p>*Travaux pratiques 4 (09 nov. 2022)</p>	08 nov. 2022
11	<p>Ch. 6 Conception des systèmes en temps réel</p> <ul style="list-style-type: none"> • Méthodes formelles dans la spécification du STR. 	15 nov. 2022

	<ul style="list-style-type: none"> • Méthodes et activités de conception. • Implémentation, test, prototypage. • Conception assistée par ordinateur des systèmes temps réel. • Développement basé sur les modèles. <ul style="list-style-type: none"> • Langages synchrones. 	
12	<p>Ch. 7 Vivacité, sécurité, fiabilité et tolérance aux fautes dans les systèmes en temps réel</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fiabilité et tolérance aux fautes : modes de pannes. fiabilité, pannes et fautes. • Prévention de pannes et tolérance aux fautes. • Tolérance logicielle aux fautes dans les STR. • Mesurer et prédire la fiabilité d'un logiciel. • Sureté de fonctionnement. • Gestion des exceptions dans les STR. <p>*Travaux pratiques 5 (23 nov. 2022)</p>	22 nov. 2022
13	<p>Ch. 6 Communication, synchronisation et Techniques d'analyse de performance</p> <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 	29 nov.2022
14	Présentation PowerPoint et démonstration pratique du projet	06 dec. 2022
15	<p>Examen final</p> <p><u>*Remise (sur Moodle) du rapport final du projet</u></p>	13 dec. 2022

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.
- 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 :

- 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'UQO
- Absence aux examens : cadre de gestion, demande de reprise d'examen (formulaire)

La communauté universitaire s'engage à lutter contre les inconduites, le harcèlement et les violences à caractère sexuel. Dénonçons toute forme de violence.

Ensemble, accomplissons un pas de plus en complétant la formation obligatoire en ligne : "La banalisation des violences à caractère sexuel".

uqo.ca/bimi/formation-obligatoire

Pour de plus amples renseignements consultez :

bimi@uqo.ca



8. Principales références :

1. Notes de cours
2. Alan Burns and Andy Wellings. *Real-Time Systems and Programming Languages*, Addison-Wesley, 4rd 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>