

Sigle : GEN1743 Gr. 01**Titre : Commande numérique****Session : Hiver 2023 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 les différents blocs fonctionnels d'une chaîne d'acquisition de données, de connaître l'utilisation des capteurs et de l'instrumentation industrielle, de concevoir les éléments d'un système de contrôle numérique et d'en analyser les performances.

Contenu

Spécificités et exemples de systèmes numériques. Architecture d'un système d'acquisition de données : échantillonneurs/bloqueurs, convertisseurs A/N et N/A, multiplexeurs, interfaces séries et parallèles, bus industriels, mise en mémoire, filtrage, linéarité. Isolation des circuits de puissance. Cartes et logiciels d'acquisition de données. Méthodes et algorithmes de traitement de données numériques. Cartes DSP. Représentation et interprétation des signaux. Filtrage du bruit. Contrôle numérique. Correcteurs numériques. Performances des systèmes numériques de commande automatique. Commande moderne (multivariable, adaptative, prédictive). Projet de conception d'un système d'acquisition et de contrôle numérique.

Descriptif – Annuaire

2. Objectifs spécifiques du cours :

Généraux : Le cours vise à :

1. Fournir des outils d'analyse d'une chaîne d'acquisition de données et de commande numérique;
2. Permettre aux étudiant(e)s de résoudre des problèmes ayant un lien avec la commande numérique telle que fréquemment rencontrée dans la conception et l'exploitation de ces systèmes dans l'industrie;
3. Développer la capacité d'analyse et de résolution de problèmes dans le domaine de l'acquisition, du contrôle et de la commande numérique dans le cadre d'un projet;
4. Développer des habiletés à la recherche et à la communication des connaissances et des résultats de leurs travaux.

Spécifiques :

1. Étudier le mécanisme d'échantillonnage en temps réel en s'appuyant sur les concepts fondamentaux ainsi que sur les principes électroniques de la conversion des signaux.
2. Modélisation et commande d'un système électronique depuis le capteur, les techniques de limitation des perturbations, la numérisation du signal, puis les techniques et méthodes de commande numérique, et la transmission vers un actionneur.
3. Introduction à la commande numérique des systèmes et analyse de performances et des techniques d'amélioration d'un système de contrôle numérique.
4. Présentation des langages et outils informatiques les plus répandus dans l'industrie du contrôle et leur adaptation au contrôle en temps réel.
5. Introduction à la commande moderne et introduction à la sûreté de fonctionnement des systèmes de commandes modernes.
6. Préparation de l'étudiant(e) à l'application de méthodes étudiées et à la synthèse des systèmes de contrôle numérique.

Ce 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. **Cependant, seulement les qualités 3, 4 et 5 sont mesurées pour fins de rétroaction** (<http://www.engineerscanada.ca/fr/ressources-en-matiere-dagrément>) :

1. Qualité 1 : Connaissance en génie
2. Qualité 2 : Analyse de problème
3. **Qualité 3 : Investigation**
4. **Qualité 4 : Conception**
5. **Qualité 5 : Utilisation d'outils d'ingénierie**

Objectifs spécifiques	Qualité	Indicateurs	Introduit	Développé	Appliqué
Capacité à trouver l'information nécessaire à la conception et à la réalisation de projets. Capacité à évaluer le degré de succès du projet et à identifier les possibles améliorations si nécessaire.	3	2. Mettre en œuvre des investigations documentaires, des expériences et/ou des prototypes.			X
		3. Faire une analyse critique des résultats pour parvenir à des conclusions et en évaluer la validité.			X
Capacité à générer de multiples solutions basées sur des approches conceptuelles différentes. Identifier le concept le plus approprié qui répond aux critères de conception préétablis.	4	2. Produire et comparer différentes solutions possibles afin de sélectionner le meilleur concept.			X
Être capable de mettre en exergue les limites des outils utilisés et surtout de les prendre en compte dans l'analyse des résultats obtenus.	5	3. Analyser les limites liées aux outils, techniques de mesure, modèles ou simulations en regard des résultats obtenus.			X

3. Stratégies pédagogiques :

A. Les formules pédagogiques suivantes seront utilisées :

1. Le contenu du programme sera principalement présenté sous forme d'exposés magistraux (45 h) :
Pour chaque sujet du programme, le professeur présentera la problématique, la partie théorique ainsi que les objectifs spécifiques. À la fin de chaque sujet, quelques problèmes seront résolus pendant la séance et d'autres proposés aux étudiant(e)s sous forme d'exercices.
2. Travail personnel (10 à 12 h/semaine) :
Des travaux non notés permettront de comprendre les différents concepts; ils exigeront la connaissance des notions théoriques, une certaine capacité de travail et d'analyse critique.
3. Les séances de laboratoire (15 h) :
Précédées d'un travail théorique individuel (pré-laboratoire), ces séances 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'une chaîne complète d'acquisition, de traitement de données et de commande numérique.
 - Des travaux de pré-laboratoire, notés, doivent être préparés par l'étudiant(e) et remis juste avant le début de la séance.
 - Concevoir et simuler des systèmes d'asservissement numériques appliqués à l'aide du logiciel MATLAB-SIMULINK et valider les résultats sur le module SRV2 de QUANSER.
 - Les rapports préliminaires doivent comporter les résultats et seront, obligatoirement, remis à la fin de la séance.
 - Un rapport final est à remettre une semaine après la séance de laboratoire.

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. Une pénalité de 20% par jour sera retenue pour tout travail non remis dans les délais prescrits.

N° TP	Description
1	Conversion AN, NA et Théorème d'échantillonnage – Filtrage et Modélisation des tests « <i>Bump</i> »
2	Contrôle proportionnel – Dérivé (PD) Introduction au contrôle numérique
3	Discretisation utilisant la méthode appariée Pôle-Zéro
4	Conception dans le domaine discret
5	Quantification et débordement de tampon (buffer)

4. Un projet de conception en ingénierie avec réalisation pratique portant sur une étude de commande numérique sera présenté aux étudiant(e)s qui devront y travailler en équipe. Un rapport final sera remis par les étudiant(e)s à la fin de la session.

Cette étude comprendra :

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

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 et à la démonstration du projet.

B. Préalable(s) : GEN1173 et GEN1223

C. Communications : Une page Web 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 utile : Modalités de tenue des séances de travaux pratiques (TP) et de projets dans les laboratoires de génie

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

Disponibilité en tout temps par courriel. Prendre rendez-vous si une rencontre en personne est souhaitée.

5. Plan détaillé du cours sur 15 semaines :

Semaine	Thèmes	Dates
1	<p>Chapitre 1 : Introduction</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction aux systèmes de commande • Aperçu d'une chaîne d'acquisition et de traitement numérique • Structure des systèmes automatisés • Petits rappels sur les signaux et systèmes • Contrôle analogique versus contrôle numérique • Systèmes linéaires continus et invariants • Approche moderne des systèmes : Variables d'état • Observabilité et commandabilité <p>Choix de groupes</p>	13 janv. 2023

	Description du projet	
2	Chapitre 1 : Introduction (suite)	20 janv. 2023
3	<p>Chapitre 2 : Architecture de systèmes d'acquisition de données</p> <ul style="list-style-type: none"> • Système d'acquisition de données • Le théorème de l'échantillonnage • CAN-CNA • Capteurs, transmetteurs et actionneurs • Communication avec le monde de la puissance • Les échanges d'entrée-sortie dans les systèmes à base de microprocesseurs et microcontrôleurs <p>Travaux pratiques 1 (30 janvier 2023)</p>	27 janv. 2023
4	Chapitre 2 : Architecture de systèmes d'acquisition de données (suite)	03 févr. 2023
5	<p>Chapitre 3 : Commande numérique</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stabilité et performance des systèmes échantillonnés <p>Travaux pratiques 2 (13 février 2023)</p>	10 févr. 2023
6	<p>Chapitre 4 : Commande numérique (suite)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les correcteurs dans les systèmes échantillonnés • Construction du lieu d'Evans pour systèmes numériques • Exemples de conceptions pratiques • Autre critère de stabilité de systèmes numériques 	17 févr. 2023
7	<p>Chapitre 5 : Conception à base de modèle dans les systèmes de contrôle modernes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Applications synchrones : Langages et programmation • Modélisation • Conception à base de modèle MBD (<i>Model Based Development</i>) <p>Travaux pratiques 3 (27 février 2023)</p>	24 févr. 2023
8	Examen de mi-session en mode présentiel	03 mars 2023
9	Semaine d'études	06 mars 2023
10	<p>Chapitre 6 : Conception de systèmes de commande numérique en temps réel – Vivacité, sécurité, fiabilité et tolérance aux fautes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction à la conception des systèmes en temps réel • Introduction à la dynamique des systèmes • Introduction générale aux notions de sécurité et de vivacité • Fiabilité et tolérance aux fautes • Étude de cas, Pompe à insuline pour personnes diabétiques • Travail personnel <p>Travaux pratiques 4 (20 mars 2023)</p>	17 mars 2023

11	Chapitre 7 : Programmation des systèmes de contrôle numérique tolérants aux fautes <ul style="list-style-type: none"> • Notion de programmation défensive • Comment assurer la sûreté de fonctionnement? • Les étapes de la tolérance aux fautes • La redondance • Traitement des erreurs • Techniques logicielles statiques de tolérance aux fautes • Exemples réels 	24 mars 2023
12	Chapitre 7 : Programmation des systèmes de contrôle numérique tolérants aux fautes (suite) Travaux pratiques 5 (03 avril 2023)	31 mars 2023
13	VENDREDI SAINT	07 avril 2023
14	Présentation du projet final	14 avril 2023
15	Examen final en mode présentiel Remise du Rapport de projet final sur Moodle	21 avril 2023

6. Évaluation du cours :

Une note (minimale) de 50 % aux examens est REQUISE pour réussir le cours.

Outils d'évaluation	Pondération	Indicateurs évalués
Travaux pratiques	25 %	5.3 et 3.3
Projet de conception en ingénierie	25 %	3.2 et 4.2
Examen de mi-session	20 %	
Examen final	30 %	

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
3.2 – Mettre en œuvre des investigations documentaires, des expériences et/ou des prototypes.	Moins de 52 %	Entre 52 % et 63 %	Entre 64 % et 83 %	Plus de 84 %

3.3 – Faire une analyse critique des résultats pour parvenir à des conclusions et en évaluer la validité.	Choix du modèle et analyse inacceptables.	Choix du modèle acceptable, mais analyse partielle.	Choix du modèle et analyse adéquats.	Choix du modèle et analyse remarquables.
4.2 – Produire et comparer différentes solutions possibles afin de sélectionner le meilleur concept.	Utilisation inadéquate ou inexistante.	Utilisation partielle.	Utilisation adéquate.	Utilisation remarquable.
5.3 – Analyser les limites liées aux outils, techniques de mesure, modèles ou simulations en regard des résultats obtenus.	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)

La communauté universitaire s'engage à lutter contre les inconduites, le harcèlement et les violences à caractère sexuel. Dénouons 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. Arthur G.O. Mutambara, *Design and Analysis of Control Systems*, Kindle éd. 2017 (first published in 1999).
2. Richard C. Dorf, Robert H. Bishop, *Modern Control Systems, 12th Edition*, Prentice Hall, 2011.
3. Katshuhiko Ogata, *Modern Control Engineering, EE*, Prentice Hall, 2010.
4. B. C. Kuo, *Digital Control Systems*, Oxford University Press, 2012.
5. F. Cottet, *Traitement des signaux et acquisition de données*, Dunod, 4^e éd. 2015.
6. G. Asch et collaborateurs, *Les capteurs en instrumentation industrielle, 8^e éd.*, Dunod, 2017.
7. Georges Asch, Patrick Renard, Pierre Desgoutte, Zoubir Mammeri, Éric Chambérod et al., *Acquisition de données – Du capteur à l'ordinateur, 3^e éd.*, Dunod, 2011.

9. Page Web du cours :

<https://moodle.uqo.ca>