

Sigle : GEN 1173 Gr. 01
Titre : Systèmes asservis
Session : Automne 2019 Horaire et local
Professeur : Berkane, Soulaïmane

1. Description du cours paraissant à l'annuaire :

Objectifs

Au terme de cette activité, l'étudiant(e) sera en mesure : d'appliquer la théorie des systèmes de commande linéaire pour la conception et l'analyse des systèmes de commande automatique à haute performance.

Contenu

Définition et exemples de systèmes à commande automatique. Système asservi, servomécanisme, système de régulation, perturbations. Caractéristiques des systèmes en boucle fermée : sensibilité à la variation des paramètres. Erreurs statiques. L'erreur statique et le type du système. Réponse transitoire. Mesures de réponse en fréquence : méthodes, instruments. Performances des systèmes : spécification dans le domaine du temps et dans le domaine des fréquences. Contrôlabilité, observabilité. Stabilité des systèmes asservis; stabilité et précision. Critères de stabilité de Nyquist. Lieu des racines : définition et utilisation des racines pour le réglage des paramètres et la synthèse de composantes afin de rencontrer les spécifications imposées aux systèmes. Analyse et méthode de synthèse dans le domaine des fréquences. Lieu de Nyquist, Nichols, Black. Diagrammes de Bode de fonctions de transferts simples et composées. Analyse de Bode : stabilité, les marges de gain et de phase. La réponse temporelle à partir de la réponse fréquentielle. Compensation des systèmes. Correction par action avance-retard de phase. Contrôleurs multimodes : P, PD, PI, PID, conception par des méthodes analogiques. Méthodes empiriques de synthèse de régulateurs PID. Méthode de Ziegler-Nichols. Compensation dans le plan de Bode. Compensation à partir du lieu des racines.

Descriptif – Annuaire

2. Objectifs spécifiques du cours :

Le cours couvre 4 des 12 qualités requises des diplômés 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 3 : Investigation

c. Qualité 4 : Conception

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

Les qualités 1, 3 et 4 sont mesurées dans ce cours pour fins de rétroaction.

Objectifs spécifiques	Qualité	Indicateurs	Introduit	Développé	Appliqué
Connaître différentes méthodes d'analyse de la stabilité d'un système pour la conception des systèmes de commande des éléments électriques et mécaniques.	1	4. Comprendre et appliquer les concepts de l'ingénierie propres au programme		x	
Modélisation du système physique et de détermination de la fonction de transfert (Formuler la relation entre l'entrée et la sortie). Étudier et interpréter le comportement d'une réponse de système.	3	1. Formuler et tester des hypothèses de travail.		x	
Utiliser Matlab pour créer un système de contrôle et vérifier les performances sous différentes entrées avec les simulations requises.	4	3. Créer des modèles, simulations, prototypes et faire des tests.		x	
Évaluer la performance de la conception par les méthodes Bode et Nyquist. Appliquer les différents systèmes de contrôle en laboratoire.	4	4. Évaluer la performance de la conception en fonction du cahier des charges.		x	

3. Stratégies pédagogiques :

- Leçons magistrales : 3 heures de cours par semaine.
- Travaux pratiques.
- Devoirs à la maison.

- Examen de mi-session.
- Examen final.
- Disponibilité d'une page MOODLE contenant le matériel du cours et les résultats des évaluations des travaux.

Cours magistraux :

La participation et les échanges en classe sont les bienvenus. Veuillez respecter vos collègues et vos professeurs en classe et vous serez traité avec le même respect en retour.

L'utilisation des TIC dans la salle de classe ne peut se faire qu'à des fins pédagogiques; les autres formes d'utilisation pouvant être potentiellement une source de distraction pour le professeur ou les autres étudiants.

Prière de ne pas arriver en retard au cours et de ne pas quitter avant la fin du cours. Si vous devez quitter avant la fin du cours, s'il vous plaît en informer le professeur au début du cours et minimiser la perturbation de la classe en occupant un siège près de la porte.

Laboratoires :

- Une assistance technique sera assurée par un technicien du département (Abdelkrim Chebihi). Le technicien ne sera disponible que lors de la séance de laboratoire prévue à l'horaire.
- Les règlements spécifiques au fonctionnement des laboratoires seront abordés lors de la première séance de travaux pratiques.
- La présence aux séances de travaux pratiques est obligatoire.

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

Heures de consultation : chaque lundi entre 14-16 h, bureau : B-2073.
Sinon, rendez-vous par courriel : soulaimane.berkane@uqo.ca

5. Plan détaillé du cours sur 15 semaines :

Semaine	Thèmes	Dates
1	Chapitre 1 : Introduction aux systèmes à commande automatique Définition et classification des systèmes de commande. Schéma fonctionnel d'un système en boucle ouverte (BO), d'un système en boucle fermée (BF). Système asservi, servomécanisme. Système de régulation. Modèles mathématiques des systèmes de commande. Caractéristiques des systèmes asservis : réponse transitoire, perturbations, erreurs statiques et le type du système. Sensibilité à la variation des paramètres des systèmes asservis.	09 sept. 2019
2	Chapitre 2 : Performance des systèmes asservis Réponses à des entrées typiques : impulsionnelle, indicielle et à la rampe, réponse harmonique. Précision en régime permanent. L'erreur statique et le type du système. Performance de systèmes du premier ordre et du second ordre. Relations entre les pôles et la réponse transitoire, les spécifications dans le domaine temporel. Réjection de la perturbation. Précision dynamique. Systèmes d'ordre supérieur, réduction de systèmes d'ordre supérieur. Notions d'identification de systèmes. Méthode de Strejc.	16 sept. 2019
3	Chapitre 2 : Performance des systèmes asservis (suite) Travaux pratiques I : Introduction au système SRV02/QUARC de Quanser. (Le mardi 24 septembre 2019)	23 sept. 2019
4	Chapitre 3 : Contrôleurs multimodes Paramètres caractéristiques de la réponse du système dans le domaine du temps et dans le domaine des fréquences. Contrôleurs multimodes. Méthodes empiriques de synthèse de régulateurs PID. Méthode de Ziegler-Nichols.	30 sept. 2019
5	Chapitre 4 : Analyse dans le plan complexe Méthode des lieux géométriques des racines, lieu d'Evens. Règles pour tracer le lieu des racines. L'utilisation des racines pour le réglage des paramètres et la synthèse de composantes afin de rencontrer les spécifications imposées aux systèmes. Travaux pratiques II : Identification du système de mouvement rotatif du SRV02. (Le mardi 08 octobre 2019)	07 oct. 2019
6	Semaine d'études	14 oct. 2019
7	Chapitre 4 : Analyse dans le plan complexe (suite)	21 oct. 2019
8	Examen de mi-session	28 oct. 2019

9	Chapitre 5 : Conception de systèmes à commande automatique dans le plan complexe Cahier des charges d'un asservissement. Actions correctives élémentaires. Modes de correction. Correction par action PID. Compensation à partir du lieu des racines. Travaux pratiques III : Commande automatique de la position avec SRV02. (Le mardi 05 novembre 2019)	04 nov. 2019
10	Chapitre 6 : Analyse fréquentielle Stabilité dans le domaine des fréquences. Tracé du lieu de Nyquist. Abaque de Nichols. Critère de Nyquist. Diagrammes de Bode de fonctions de transferts simples et composées. Analyse de Bode: stabilité, les marges de gain et de phase. La réponse temporelle à partir de la réponse fréquentielle. Définition générale de la bande passante.	11 nov. 2019
11	Chapitre 7 : Conception de systèmes à commande automatique dans le domaine de fréquences Spécifications dans le domaine de fréquences. Correction par action avance-retard de phase. Régulation en cascade. Compensation dans le plan de Bode. Travaux pratiques IV : Commande automatique de la vitesse avec SRV02. (Le mardi 19 novembre 2019)	18 nov. 2019
12	Chapitre 7 : Conception de systèmes à commande automatique dans le domaine de fréquences (suite)	25 nov. 2019
13	Chapitre 8 : Analyse et conception avec les variables d'état Représentation d'état. Stabilité. Erreur statique. Contrôlabilité. Contrôle dans l'espace d'état. Contrôle intégral. Observabilité. Observateurs d'état (Observateurs de Luenberger). Travaux pratiques V : Commande automatique du pendule inversé à la verticale. (Le mardi 03 décembre 2019)	02 déc. 2019
14	Chapitre 9 : Analyse et conception avec les variables d'état (suite)	09 déc. 2019
15	Examen final	16 déc. 2019

6. Évaluation du cours :

Outils d'évaluation	Pondération	Indicateurs mesurés
Travaux pratiques (5 séances)	20 %	4.3 et 4.4
Devoirs à la maison	10 %	3.1
Examen de mi-session	20 %	1.4
Examen final	50 %	1.4

Tout appareil électronique personnel (cellulaires et autres outils de communication, lecteurs MP3...) est interdit pendant les examens et l'utilisation non autorisée d'un tel dispositif électronique sera considérée comme une fraude selon le terme de la procédure concernant les infractions relatives aux études et sanctions.

Il faut obtenir une moyenne minimale de 50 % aux travaux pratiques pour que les notes des travaux comptent.

Il faut obtenir une note supérieure à 50 % à l'examen final pour pouvoir réussir le cours.

Cinq devoirs de poids égal seront donnés durant le cours. Les étudiants devront soumettre leur travail avant la date limite. Chaque devoir comprendra trois questions obligatoires, dont deux seront notées. Un devoir soumis moins de 24 heures en retard recevra une déduction de 50 %. Un devoir soumis avec plus de 24 heures de retard ne recevra aucun crédit sauf si un arrangement spécial a été approuvé au préalable par le professeur.

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 %

3.1 - Formuler et tester des hypothèses de travail.	Formulation inacceptable et tests inadéquats	Formulation et tests partiels	Formulation et tests adéquats	Formulation et tests remarquables
4.3 - Créer des modèles, simulations, prototypes, et faire des tests.	Création de modèles, simulations, prototypes et/ou exécution des tests inadéquats ou inexistantes.	Création acceptable de modèles, simulations, prototypes, mais exécution de tests insuffisante.	Création de modèles, simulations, prototypes et exécution de tests adéquats.	Création de modèles, simulations, prototypes et exécution de tests remarquables.
4.4 - Évaluer la performance de la conception en fonction du cahier des charges.	Vérification inadéquate ou inexistante	Vérification partielle	Vérification acceptable	Vérification exhaustive

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)

• **SANS OUI
C'EST NON!**

Travaillons ensemble pour développer une culture du respect ! La communauté universitaire de l'UQO se mobilise et lance un message haut et fort de **tolérance zéro en matière de violence à caractère sexuel** (pour de plus amples renseignements, veuillez consulter la page Web : uqo.ca/sansouicestnon).

8. Principales références :

Références principales :

- Control Systems Engineering (7th edition), Norman S. Nise, John Wiley & Sons, 2015 (ISBN 978-1-118-17051-9).
- Modern Control Systems, Richard C. Dorf, Robert H. Bishop, Addison Wesley, 2001.

Références additionnelles :

- Modern Control Engineering (5th edition), K. Ogata, Prentice Hall, 2010.
- Systèmes asservis, El-Kébir Boukas, Éditions de l'École Polytechnique de Montréal, 1995.
- Systèmes asservis : commande et régulation, M. Zelazny, F. Giri, T. Bennani, Éditions Eyrolles, 1994.

9. Page Web du cours :

<https://moodle.uqo.ca>