



IDENTIFICATION	
Intitulé de l'Unité d'Enseignement : REGULATION	Niveau d'études : C
Intitulé du cours :	Nombre de crédits ECTS :
Nombre de périodes : 60	Code : N°UE 949-1

DESCRIPTION
<p>Prérequis : Mathématique : les limites, l'intégrale, la dérivée, les fonctions périodiques, nombres complexes Instrumentation : les capteurs analogiques et les solutions de mesures des grandeurs physiques</p>
<p>Documents de référence pour une préparation préalable au cours :</p>
<p>Objectifs :</p> <p>L'étudiant sera capable :</p> <p><i>en recourant aux principes de base de l'électricité et de l'électronique, dans le respect du RGIE,</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ d'établir l'architecture générale d'une boucle ; ➤ de décrire différents types de régulateurs: le P, PI, PID, régulateur numérique, en cascade, logique floue ; ➤ de déterminer les paramètres d'un régulateur ; ➤ de décrire des méthodes d'identification de processus ; ➤ d'établir des fonctions de transfert d'un processus ; ➤ de définir des paramètres de fonctions de transfert ; ➤ de tracer des diagrammes de Bode, Nyquist, Black, ... ; ➤ de déterminer les conditions de stabilité, et de commenter la précision d'un système en B.O. et B.F. ; ➤ de simplifier un schéma-bloc ; ➤ d'analyser la réponse des systèmes régulés ; ➤ de décrire une méthode de réglage ; ➤ d'identifier et caractériser des systèmes du 1er et 2ième ordre ; ➤ d'identifier et caractériser des processus utilisant des capteurs de niveau, de température, de vitesse, de position, ... ; ➤ d'expliciter la commande de moteurs à courant continu par l'induit et par l'inducteur ; ➤ d'expliciter la commande de moteurs à courant alternatif par fréquence-tension ; <p>de décrire le redressement contrôlé dans différentes configurations ;</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ d'identifier les éléments d'un asservissement numérique ; ➤ d'échantillonner et de quantifier un système continu ;

- de rechercher un algorithme absolu et/ou un algorithme incrémental pour réaliser :
 - un correcteur numérique proportionnel, intégral, dérivé,
 - un filtre numérique,
 - une simulation d'un système ;
- d'analyser le schéma d'une installation industrielle :
 - en expliquant les fonctions de sous-ensembles constitutifs,
 - en déterminant les caractéristiques d'un sous-ensemble,
 - en recherchant les protections.

Contenu du cours :

1. Introduction
2. Les boucles de régulation
 - 2.1. Dénominations
 - 2.2. La régulation en boucle ouverte
 - 2.2.1. Fonctionnement ou essai en boucle ouverte
 - 2.2.2. Inconvénients des systèmes en boucle ouverte
 - 2.2.3. Intérêts de la boucle ouverte
 - 2.3. Exemples de boucles fermées de régulation
 - 2.3.1. Régulation de niveau dans une cuve.
 - 2.3.2. Régulation de débit
 - 2.3.3. Régulation de vitesse (fréquence de la tension d'un alternateur)
 - 2.3.4. Régulation de température d'un circuit d'eau chaude
 - 2.3.5. Régulation de température d'une habitation.
3. Modélisation mathématique des systèmes linéaires
 - 3.1. Equations différentielles
 - 3.2. Non linéarité
 - 3.2.1. Point de fonctionnement
 - 3.3. Exemples de modélisation mathématique
 - 3.3.1. Exemple 1 : Circuit RC
 - 3.3.2. Exemple 2 : Hauteur d'eau dans une cuve
 - 3.3.3. Exemple 3 : Température de sortie d'un liquide
 - 3.3.4. Exercices
 - 3.4. Transformée de Laplace
 - 3.4.1. Définition
 - 3.4.2. Transformées de Laplace de fonctions usuelles
 - 3.4.3. Transformée d'une dérivée, d'une intégrale
 - 3.4.4. Propriétés de la valeur finale et initiale
 - 3.4.5. Table de transformées

- 3.5. Fonctions de transfert
 - 3.5.1. Détermination des fonctions de transfert à partir des équations différentielles.
- 4. Etude des systèmes du premier ordre
 - 4.1. Introduction
 - 4.2. Exemples de systèmes du 1er ordre :
 - 4.2.1. Hauteur d'une cuve à écoulement par gravité.
 - 4.2.2. Circuit RC série
 - 4.2.3. Température de sortie d'un liquide
 - 4.3. Généralisation
- 5. Etude des systèmes du 2^{ème} ordre
 - 5.1. 2^{ème} ordre à 2 racines réelles distinctes $\varepsilon > 1$
 - 5.1.1. Propriétés
 - 5.1.2. Exercice sur les systèmes du 2^{ème} ordre à racines réelles distinctes
 - 5.2. 2^{ème} ordre à 2 racines doubles $\varepsilon = 1$
 - 5.3. 2^{ème} ordre à 2 racines complexes conjuguées $\varepsilon < 1$
- 6. Etude des systèmes avec retard
- 7. Etude en fréquence des systèmes linéaires continues
 - 7.1. Diagramme de Bode
 - 7.1.1. Diagramme de Bode d'un 1^{er} ordre
 - 7.1.2. Exemple :
 - 7.1.3. Influence du gain
 - 7.1.4. Exercice – approximation asymptotique
 - 7.1.5. Influence d'un terme en p
 - 7.1.6. Diagramme de Bode 2^{ème} ordre 2 racines distinctes
 - 7.1.2. Approximation asymptotique du diagramme
 - 7.2. Diagramme de Nyquist
 - 7.2.1. Introduction
 - 7.2.2. Diagramme de Nyquist d'un 1^{er} ordre
 - 7.2.3. Diagramme de Nyquist d'un 2^{ème} ordre
- 8. Performances des systèmes régulés
 - 8.1. Temps de montée
 - 8.2. Temps réponse
 - 8.3. Dépassement
 - 8.4. Précision
- 9. Systèmes avec retard

10. Asservissements Mise en équations des systèmes linéaires

10.1. Boucle ouverte

10.2. Boucle fermée

11. Stabilité des systèmes asservis

11.1. Point critique et stabilité

11.2. Critère du revers – Stabilité d’après le diagramme de Nyquist

11.3. Marge de gain – marge de phase

11.4. Stabilité sur le diagramme de Bode

12. Identification

12.1. Méthodes générales et choix du modèle

12.2. Identification en BO

12.3. Identification en BF

13. Le régulateur industriel à action PID

13.1. Actions proportionnelle, intégrale et dérivée

13.2. Fonction de transfert

13.3. Action élémentaire proportionnelle – régulateur P

13.4. Action élémentaire intégrale

13.5. Action élémentaire dérivée

14. Méthodes de réglage

Bibliographie :

- Yves Granjon , Automatique : Systèmes linéaires, non linéaires, à temps continu, à temps discret, représentation d’état, événements discrets. 3^{ème} édition, Dunod
- Patrick Prouvost, Automatique, contrôle et régulation 2^{ème} édition, Dunod
- Eric Osterag, Automatique Systèmes et asservissements continus, Ellipse

PERSONNEL ENSEIGNANT

Mr Leblond

METHODOLOGIE

La méthodologie utilisée s’inscrit dans une approche programme de l’enseignement. La partie théorique et mathématique de la régulation est au service de l’élaboration, le réglage de systèmes régulés industriels auxquels sont confrontés les étudiants dès les premières séances de cours. En début d’unité, les étudiants sont amenés dans le laboratoire de régulation du site Technocampus. Ils y sont confrontés à des situations réelles de régulation par le biais des différents bancs de régulation. Ils doivent identifier le matériel constituant la boucle de régulation, pratiquer des essais en boucle ouverte et fermée, tester l’influence des paramètres PID de régulation par la méthode empirique du règleur. Les différents régulateurs, notions de performances et stabilité y sont abordés. Les limites de la méthode utilisée légitiment l’approche théorique et mathématique nécessaire à la compréhension du comportement des systèmes régulés, au respect d’un cahier de charges strict et à une analyse prédictive, rigoureuse d’une solution de régulation.

Un support de cours au format pdf est mis à disposition des étudiants. Il comprend la structure du cours, les graphiques, schémas principaux, les énoncés d'exercices. Il est complété lors des séances de cours.

L'utilisation d'un tableur et d'un logiciel de calcul/simulation (Scilab) permettent d'étudier les différentes solutions de régulateur (stabilité, rapidité, précision) et d'identifier les fonctions de transfert des procédés par le biais de relevés de mesure effectuées sur les boucles de régulation du site Technocampus.

En fin d'unité, les étudiants retournent sur le site de Technocampus et sont confrontés à des situations réelles de systèmes à réguler. Cette fois la démarche peut être complète et rigoureuse, elle reprendra la détermination des ensembles constituant la boucle de régulation, l'identification du procédé par des essais en BO ou BF, l'exploitation des relevés de mesures, l'étude d'un type de régulateur, la simulation sur logiciel, l'essai en situation réelle, la vérification des performances, de la stabilité, du comportement dynamique et statique.

MODES D'EVALUATION

L'évaluation de l'unité régulation (Laboratoire et Théorie) se déroule en situation réelle dans la mini-usine du site Technocampus.

L'évaluation porte sur les capacités de l'étudiant à

- Identifier le matériel et repérer la boucle de régulation toute documentation à l'appui.
- Utiliser un régulateur, réaliser un essai en boucle ouverte et enregistrer les données mesurées.
- Choisir le modèle d'identification et identifier la fonction de transfert du procédé.
- Etudier la réponse indicielle ou de vitesse de la FTBO.
- Etudier la réponse en fréquence de la FTBO.
- Etudier le choix d'un régulateur, ajuster les paramètres et simuler le comportement du système sur un logiciel de calcul (Scilab, Matlab) en respectant un cahier de charges donné
- Tester les paramètres choisis et évaluer la performance du système en exploitant l'outil de visualisation des courbes.
- Travailler en sécurité.

Le degré de maîtrise tient compte du temps nécessaire à la réalisation complète de l'épreuve, l'autonomie de l'étudiant.