



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

اللجنة البيداغوجية الوطنية لمبدان العلوم و التكنولوجيا

Comité Pédagogique National du domaine Sciences et Technologies



MASTER ACADEMIQUE HARMONISE

Programme national

Mise à jour 2022

| Domaine | Filière | Spécialité |
|---|-------------------------|------------------------------|
| <i>Sciences et Technologies</i> | <i>Electrotechnique</i> | <i>Commandes Electriques</i> |



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

اللجنة البيداغوجية الوطنية لمبدان العلوم و التكنولوجيا

Comité Pédagogique National du domaine Sciences et Technologies



ماستر أكاديمي مواعم

برنامج وطني

تحديث 2022

| الميدان | الفرع | التخصص |
|------------------|-----------|--------------|
| علوم و تكنولوجيا | كهربونقني | تحكم كهربائي |

I – Fiche d'identité du Master

Conditions d'accès

(Indiquer les spécialités de licence qui peuvent donner accès au Master)

| Filière | Master harmonisé | Licences ouvrant accès au master | Classement selon la compatibilité de la licence | Coefficient affecté à la licence |
|-------------------------|-----------------------|----------------------------------|---|----------------------------------|
| Electrotechnique | Commandes électriques | Electrotechnique | 1 | 1.00 |
| | | Electromécanique | 2 | 0.80 |
| | | Automatique | 3 | 0.70 |
| | | Maintenance Industrielle | 3 | 0.70 |
| | | Autres licences du domaine ST | 5 | 0.60 |

II - Fiches d'organisation semestrielles des enseignements de la spécialité

Semestre 1 Master : Commandes Electriques

| Unité d'enseignement | Matières | Crédits | Coefficient | Volume horaire hebdomadaire | | | Volume Horaire Semestriel (15 semaines) | Travail Complémentaire en Consultation (15 semaines) | Mode d'évaluation | |
|---|---|-----------|-------------|-----------------------------|-------------|-------------|---|--|-------------------|--------|
| | Intitulé | | | Cours | TD | TP | | | Contrôle Continu | Examen |
| UE Fondamentale Code : UEF 1.1.1 Crédits : 10 Coefficients : 5 | Réseaux de transport et de distribution d'énergie électrique | 4 | 2 | 1h30 | 1h30 | | 45h00 | 55h00 | 40% | 60% |
| | Electronique de puissance avancée | 4 | 2 | 1h30 | 1h30 | | 45h00 | 55h00 | 40% | 60% |
| | μ-processeurs et μ-contrôleurs | 2 | 1 | 1h30 | | | 22h30 | 27h30 | | 100% |
| UE Fondamentale Code : UEF 1.1.2 Crédits : 8 Coefficients : 4 | Machines électriques approfondies | 4 | 2 | 1h30 | 1h30 | | 45h00 | 55h00 | 40% | 60% |
| | Méthodes numériques appliquées et optimisation | 4 | 2 | 1h30 | 1h30 | | 45h00 | 55h00 | 40% | 60% |
| UE Méthodologique Code : UEM 1.1 Crédits : 9 Coefficients : 5 | TP : - μ-processeurs et μ-contrôleurs | 1 | 1 | | | 1h00 | 15h00 | 10h00 | 100% | |
| | TP : - Réseaux de transport et de distribution d'énergie électrique | 2 | 1 | | | 1h30 | 22h30 | 27h30 | 100% | |
| | TP : - Electronique de puissance avancée | 2 | 1 | | | 1h30 | 22h30 | 27h30 | 100% | |
| | TP : Méthodes numériques appliquées et optimisation | 2 | 1 | | | 1h30 | 22h30 | 27h30 | 100% | |
| | TP : - machines électriques approfondies | 2 | 1 | | | 1h30 | 22h30 | 27h30 | 100% | |
| UE Découverte Code : UED 1.1 Crédits : 2 Coefficients : 2 | Panier au choix | 1 | 1 | 1h30 | | | 22h30 | 02h30 | | 100% |
| | Panier au choix | 1 | 1 | 1h30 | | | 22h30 | 02h30 | | 100% |
| UE Transversale Code : UET 1.1 Crédits : 1 Coefficients : 1 | Anglais technique et terminologie | 1 | 1 | 1h30 | | | 22h30 | 02h30 | | 100% |
| Total semestre 1 | | 30 | 17 | 12h00 | 6h00 | 7h00 | 375h00 | 375h00 | | |

Semestre 2 Master : Commandes Electriques

| Unité d'enseignement | Matières | Crédits | Coefficient | Volume horaire hebdomadaire | | | Volume Horaire Semestriel (15 semaines) | Travail Complémentaire en Consultation (15 semaines) | Mode d'évaluation | |
|---|--|-----------|-------------|-----------------------------|-------------|-------------|---|--|-------------------|--------|
| | Intitulé | | | Cours | TD | TP | | | Contrôle Continu | Examen |
| UE Fondamentale Code : UEF 1.2.1 Crédits : 10 Coefficients : 5 | Modélisation et identification des systèmes électriques | 4 | 2 | 1h30 | 1h30 | | 45h00 | 55h00 | 40% | 60% |
| | Techniques de la commande électrique | 6 | 3 | 3h00 | 1h30 | | 67h30 | 82h30 | 40% | 60% |
| UE Fondamentale Code : UEF 1.2.2 Crédits : 8 Coefficients : 4 | Asservissements échantillonnés et régulation numérique | 4 | 2 | 1h30 | 1h30 | | 45h00 | 55h00 | 40% | 60% |
| | Diagnostic des défaillances des systèmes de commande | 4 | 2 | 1h30 | 1h30 | | 45h00 | 55h00 | 40% | 60% |
| UE Méthodologique Code : UEM 1.2 Crédits : 9 Coefficients : 5 | TP Modélisation et identification des systèmes électriques | 2 | 1 | | | 1h30 | 22h30 | 27h30 | 100% | |
| | TP Techniques de la commande électrique | 3 | 2 | | | 2h30 | 37h30 | 37h30 | 100% | |
| | TP Asservissements échantillonnés et régulation numérique | 2 | 1 | | | 1h30 | 22h30 | 27h30 | 100% | |
| | TP Diagnostic des défaillances des systèmes de commande | 2 | 1 | | | 1h30 | 22h30 | 27h30 | 100% | |
| UE Découverte Code : UED 1.2 Crédits : 2 Coefficients : 2 | Panier au choix | 1 | 1 | 1h30 | | | 22h30 | 02h30 | | 100% |
| | Panier au choix | 1 | 1 | 1h30 | | | 22h30 | 02h30 | | 100% |
| UE Transversale Code : UET 1.2 Crédits : 1 Coefficients : 1 | Respect des normes et des règles d'éthique et d'intégrité | 1 | 1 | 1h30 | | | 22h30 | 02h30 | | 100% |
| Total semestre 2 | | 30 | 17 | 12h00 | 6h00 | 7h00 | 375h00 | 375h00 | | |

Semestre 3 Master : Commandes Electriques

| Unité d'enseignement | Matières | Crédits | Coefficient | Volume horaire hebdomadaire | | | Volume Horaire Semestriel (15 semaines) | Travail Complémentaire en Consultation (15 semaines) | Mode d'évaluation | |
|---|---|-----------|-------------|-----------------------------|-------------|-------------|---|--|-------------------|--------|
| | Intitulé | | | Cours | TD | TP | | | Contrôle Continu | Examen |
| UE Fondamentale Code : UEF 2.1.1 Crédits : 8 Coefficients : 4 | Commande non linéaire et avancée | 6 | 3 | 3h00 | 1h30 | | 67h30 | 82h30 | 40% | 60% |
| | Les automates programmables | 2 | 1 | 1h30 | | | 22h30 | 27h30 | | 100% |
| UE Fondamentale Code : UEF 2.1.2 Crédits : 10 Coefficients : 5 | Techniques de l'intelligence artificielle | 4 | 2 | 1h30 | 1h30 | | 45h00 | 55h00 | 40% | 60% |
| | Commande électrique des mécanismes industriels | 6 | 3 | 3h00 | 1h30 | | 67h30 | 82h30 | 40% | 60% |
| UE Méthodologique Code : UEM 2.1 Crédits : 9 Coefficients : 5 | TP Commande non linéaire et avancée | 4 | 2 | | | 3h00 | 45h00 | 55h00 | 100% | |
| | TP Techniques d'intelligence artificielle /TP Implémentation d'une commande numérique en temps réel | 2 | 1 | | | 1h30 | 22h30 | 27h30 | 100% | |
| | TP Commande électrique des mécanismes industriels | 2 | 1 | | | 1h30 | 22h30 | 27h30 | 100% | |
| | TP Automates programmables industriels (API) | 1 | 1 | | | 1h00 | 15h00 | 10h00 | 100% | |
| UE Découverte Code : UED 2.1 Crédits : 2 Coefficients : 2 | Panier au choix | 1 | 1 | 1h30 | | | 22h30 | 02h30 | | 100% |
| | Panier au choix | 1 | 1 | 1h30 | | | 22h30 | 02h30 | | 100% |
| UE Transversale Code : UET 2.1 Crédits : 1 Coefficients : 1 | Recherche documentaire et conception de mémoire | 1 | 1 | 1h30 | | | 22h30 | 02h30 | | 100% |
| Total semestre 3 | | 30 | 17 | 13h30 | 4h30 | 7h00 | 375h00 | 375h00 | | |

Autres UE Découverte (S1, S2 et S3)

- 1- Production centralisée et décentralisée de l'énergie électrique
- 2- Energies renouvelables
- 3- Qualité de l'énergie électrique
- 4- Maintenance et sûreté de fonctionnement
- 5- Informatique industrielle
- 6- Implémentation d'une commande numérique en temps réel
- 7- Matériaux d'électrotechnique et leurs applications
- 8- Machines spéciales
- 9- Ecologie industrielle et développement durable
- 10- Régimes transitoires des systèmes électriques
- 11- Automatisme industriel
- 12- Commande des futurs systèmes énergétiques
- 13- Machines électriques en régime dynamique
- 14- Automatisme et informatique industrielle
- 15- Autres...

Semestre 4

Stage en entreprise sanctionné par un mémoire et une soutenance.

| | VHS | Coeff | Crédits |
|---------------------|-----|-------|---------|
| Travail Personnel | 550 | 09 | 18 |
| Stage en entreprise | 100 | 04 | 06 |
| Séminaires | 50 | 02 | 03 |
| Autre (Encadrement) | 50 | 02 | 03 |
| Total Semestre 4 | 750 | 17 | 30 |

Ce tableau est donné à titre indicatif

Evaluation du Projet de Fin de Cycle de Master

- Valeurscientifique (Appréciation du jury) /6
- Rédaction du Mémoire (Appréciation du jury) /4
- Présentation et réponse aux questions (Appréciation du jury) /4
- Appréciation de l'encadreur /3
- Présentation du rapport de stage (Appréciation du jury) /3

III - Programme détaillé par matière du semestres S1

Semestre: 1

UE Fondamentale Code : UEF 1.1.1

Matière: réseaux de transport et de distribution d'énergie électrique

VHS: 45h (cours: 1h30, TD: 1h30)

Crédits: 4

Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

L'objectif de ce cours peut être divisé en deux : d'une part l'élargissement des connaissances acquises durant le cours de 'Réseaux électriques' en licence, et d'autre part l'introduction des connaissances nécessaires sur la gestion et l'exploitation des réseaux électriques.

Connaissances préalables recommandées:

Les lois fondamentales de l'électrotechnique (loi d'Ohm, les lois de Kirchhoff etc.), l'analyse des circuits électriques à courant alternatif, le calcul complexe et la modélisation des lignes électriques (cours réseaux électrique en licence).

Contenu de la matière:

Chapitre 1 : Architectures des postes électriques (02 semaines)

Architecture globale du réseau électrique, équipements et architecture des postes (postes à couplage de barres, postes à couplage de disjoncteurs), topologies des réseaux de transport et de distribution d'énergie.

Chapitre 2 : Organisation du transport de l'énergie électrique

2.1. Lignes de transport d'énergie (03 semaines)

Calcul des lignes de transport : Choix de la section des conducteurs, isolation, calcul mécanique des lignes, Opération des lignes de transport en régime établi. Opération des lignes de transport en régime transitoire. Transport d'énergie en courant continu (HVDC).

2.2. Réseaux de distribution (02 semaines)

Introduction à la distribution d'énergie électrique, distribution primaire, distribution secondaire, transformateurs de distribution, compensation d'énergie réactive dans les réseaux de distribution, fiabilité de distribution.

Chapitre 3 : Exploitation des réseaux électriques MT et BT (03 semaines)

Protection des postes HT/MT contre les surintensités et les surtensions). Modèles des éléments du réseau électrique. Réglage de la tension, Dispositifs de réglage de la tension, - Contrôle de la puissance réactive sur un réseau électrique

Chapitre 4 : Régimes de neutre (02 semaines)

Les régimes de neutre (isolé, mise à la terre, impédant), neutre artificiel.

Chapitre 5 : Réglage de la tension (03 semaines)

Chute de tension dans les réseaux électrique, méthode de réglage de la tension (réglage automatique de la tension aux bornes des générateurs, AVR, compensation d'énergie réactive par les moyens classiques et modernes, réglage de la tension par autotransformateur), introduction à la stabilité de la tension.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40%; Examen: 60%.

Références bibliographiques:

1. F. Kiessling et al, 'Overhead Power Lines, Planning, design, construction'. Springer, 2003.
2. T. Gonen et al, 'Power distribution', book chapter in *Electrical Engineering Handbook*. Elsevier Academic Press, London, 2004.
3. E. Acha and V.G. Agelidis, 'Power Electronic Control in Power Systems', Newns, London 2002.
4. TuranGönen : *Electric power distribution system engineering*. McGraw-Hill, 1986
5. TuränGonen : *Electric power transmission system engineering. Analysis and Design*. John Wiley & Sons, 1988.

Semestre: 1

UE Fondamentale Code : UEF 1.1.1

Matière: Electronique de puissance avancée

VHS: 45h (Cours: 1h30, TD: 1h30)

Crédits: 4

Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

Pour fournir les concepts de circuit électrique derrière les différents modes de fonctionnement des onduleurs afin de permettre la compréhension profonde de leur fonctionnement Pour doter des compétences nécessaires pour obtenir les critères pour la conception des convertisseurs de puissance pour UPS, Drives etc.,

Capacité d'analyser et de comprendre les différents modes de fonctionnement des différentes configurations de convertisseurs de puissance.

Capacité à concevoir différents onduleurs monophasés et triphasés

Connaissances préalables recommandées:

Composants de puissance, l'électronique de puissance de base,

Contenu de la matière:

Chapitre 1 : Méthodes de modélisation et simulation des semi-conducteurs de puissance
(02 semaines)

Caractéristique idéalisée des différents types de semi-conducteurs, équations logiques des semi-conducteurs, méthodes de simulations des convertisseurs statiques

Chapitre 2 : Mécanismes de commutation dans les convertisseurs statiques **(03 semaines)**

Principe de commutation naturelle, principe de commutation forcée, calcul des pertes par commutation.

Chapitre 3 : Méthodes de conception des convertisseurs statiques à commutation naturelle
(02 semaines)

Règles de commutation, définition de la cellule de commutation, différents type de sources, règles d'échange de puissance, convertisseurs direct et indirect exemple : étude d'un cyclo convertisseur.

Chapitre 4 : Méthodes de conception des convertisseurs statiques à commutation forcée
(03 semaines)

- Onduleur MLI
- Redresseur à absorption sinusoïdale
- Gradateur MLI
- Alimentations à découpage

Chapitre 5 : Onduleur multi-niveaux **(03 semaines)**

Concept multi niveaux, topologies, Comparaison des onduleurs multi-niveaux . Techniques de commande PWM pour onduleur MLI - monophasés et triphasés de source d'impédance.

Chapitre 6 : Qualité d'énergie des convertisseurs statiques **(03semaines)**

- Pollution harmonique due aux convertisseurs statiques (Etude de cas : redresseur, gradateur).
- Etude des harmoniques dans les onduleurs de tension.
- Introduction aux techniques de dépollution

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40 % ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques:

1. *Electronique de puissance, de la cellule de commutation aux applications industrielles. Cours et exercices, A. Cunière, G. Feld, M. Lavabre, éditions Casteilla, 544 p. 2012.*
2. *-Encyclopédie technique « Les techniques de l'ingénieur », traité de Génie Electrique, vol. D4 articles D3000 à D3300.*

Semestre: 1

UE Fondamentale Code : UEF 1.1.1

Matière: μ -processeurs et μ -contrôleurs

VHS: 22h30 (Cours: 1h30)

Crédits: 2

Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement

Connaitre la structure d'un microprocesseur et son utilité. Faire la différence entre microprocesseur, microcontrôleur et un ordinateur. Connaitre l'organisation d'une mémoire. Connaitre la programmation en assembleur. Connaitre l'utilisation des interfaces d'E/S et les interruptions. Utilisation du micro contrôleur (programmation, commande de système).

Connaissances préalables recommandées

Logiques combinatoire et séquentielle, automatismes industriels

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Architecture et fonctionnement d'un microprocesseur (03 semaines)

Structure d'un ordinateur, Circulation de l'information dans un ordinateur, Description matérielle d'un microprocesseur, Fonctionnement d'un microprocesseur, les mémoires

Exemple : Le microprocesseur Intel 8086

Chapitre 2: La programmation en assembleur (02 semaines)

Généralités, Le jeu d'instructions, Méthode de programmation.

Chapitre 3: Les interruptions et les interfaces d'entrées/sorties (03 semaines)

Définition d'une interruption, Prise en charge d'une interruption par le microprocesseur, Adressages des sous programmes d'interruptions,

Adressages des ports d'E/S, Gestion des ports d'E/S

Chapitre 4: Architecture et fonctionnement d'un microcontrôleur (03 semaines)

Description matérielle d'un μ -contrôleur et son fonctionnement. Programmation du μ -contrôleur

Exemple : Le μ -contrôleur PIC

Chapitre 5: Applications des microprocesseurs et microcontrôleurs (04 semaines)

Interface LCD - Clavier Interface - Génération de signaux des ports Porte pour convertisseurs - Moteur- Contrôle - Contrôle des appareils DC / AC - mesure de la fréquence - système d'acquisition de données

Mode d'évaluation:

Examen: 100 %.

Références bibliographiques:

1. R. Zaks et A. Wolfe. *Du composant au système - Introduction aux microprocesseurs.* Sybex, Paris, 1988.
2. M. Tischer et B. Jennrich. *La bible PC - Programmation système. Micro Application,* Paris, 1997.
3. R. Tourki. *L'ordinateur PC - Architecture et programmation - Cours et exercices.* Centre de Publication Universitaire, Tunis, 2002.
4. H. Schakel. *Programmer en assembleur sur PC. Micro Application,* Paris, 1995.
5. E. Pissaloux. *Pratique de l'assembleur I80x86 - Cours et exercices.* Hermès, Paris, 1994

Semestre: 1

UE Fondamentale Code : UEF 1.1.2

Matière: Machines électriques approfondies

VHS: 45h (Cours: 1h30, TD 1h30)

Crédits: 4

Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement

A la fin de ce cours, l'étudiant sera capable d'établir les équations générales de conversion d'énergie électromécanique appliquées aux machines synchrones, asynchrones et à courant continu et saura déterminer leurs caractéristiques en régimes statiques ou variables. Ce qui permet notamment de prendre en compte l'association des machines aux convertisseurs statiques.

Connaissances préalables recommandées

Circuits électriques triphasés, à courants alternatifs, puissance. Circuits magnétiques, Transformateurs monophasés et triphasés, Machines électriques à courants continu et alternatif (fonctionnement moteur et génératrice).

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Principes généraux (03 semaines)

Principe de la conversion d'énergie électromécanique. Principe du couplage stator/rotor : la machine primitive. Bobinages des machines électriques. Calcul des forces magnétomotrices. Équation mécanique ;

Chapitre 2 : Machines synchrones (04 semaines)

Généralités et mise en équations de la machine synchrone à pôles lisses. Étude du fonctionnement de la machine synchrone. Différents systèmes d'excitation. Réactions d'induit. Éléments sur la machine synchrone à pôles saillants sans et avec amortisseurs. Diagrammes de Potier, diagramme des deux réactances et diagramme de Blondel. Éléments sur les machines à aimants permanents. Alternateurs et Couplage en parallèle. Moteurs synchrones, démarrage...

Chapitre 3 : Machines asynchrones (04 semaines)

Généralités. Mise en équation. Schémas équivalents. Couple de la machine asynchrone. Caractéristiques et diagramme de la machine asynchrone. Fonctionnement moteur/générateur, démarrage, freinage. Moteurs à encoches profondes et à double cages, Moteurs asynchrones monophasés ;

Chapitre 4 : Machines à courant continu (04 semaines)

Structure des machines à courant continu. Équations des machines à courant continu. Modes de démarrage, freinage et réglage de vitesse des moteurs à courant continu. Phénomènes de commutation. Saturation et réaction d'induit. Pôles auxiliaires de commutation. Fonctionnement moteur/générateur.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40 % ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques:

1. J.-P. Caron, J.P. Hautier : *Modélisation et commande de la machine asynchrone*, Technip, 1995.
2. G. Grellet, G. Clerc : *Actionneurs électriques, Principes, Modèles, Commandes*, Eyrolles, 1996.

3. *J. Lesenne, F. Notelet, G. Séguier : Introduction à l'électrotechnique approfondie, Technique et Documentation, 1981.*
4. *Paul C.Krause, Oleg Wasyzczuk, Scott S, Sudhoff, "Analysis of Electric Machinery and Drive Systems", John Wiley, Second Edition, 2010.*
5. *P S Bimbhra, "Generalized Theory of Electrical Machines", Khanna Publishers, 2008.*
6. *A.E, Fitzgerald, Charles Kingsley, Jr, and Stephan D, Umanx, " Electric Machinery", Tata McGraw Hill, 5th Edition, **1992***

Semestre: 1

UE Fondamentale Code : UEF 1.1.2

Matière : Méthodes numériques appliquées et optimisation

VHS: 45h (Cours: 1h30, TD 1h30)

Crédits: 4

Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

L'objectif de cet enseignement est de présenter les outils nécessaires à l'analyse numérique et à l'optimisation, avec ou sans contraintes, des systèmes physiques, dans le domaine de l'ingénierie.

Connaissances préalables recommandées:

Mathématique, programmation, maîtrise de l'environnement MATLAB.

Contenu de la matière:

Chapitre I : Rappels sur quelques méthodes numériques (3 semaines)

- Résolution des systèmes d'équations non linéaire par les méthodes itératives.
- Intégration et différentiation numérique.
- Méthodes de résolution d'équations différentielles ordinaires (EDO): Méthodes d'Euler ; Méthodes de Runge-Kutta ; Méthode d'Adams.
- Résolution des système d'EDO.

Chapitre II : Equations aux dérivées partielles (EDP) (6 semaines)

- Introduction et classifications des problèmes aux dérivées partielles et des conditions aux limites;
- Méthodes de résolution des EDP: Méthode des différences finies (MDF); Méthode des volumes finis (MVF); Méthode des éléments finis (MEF).

Chapitre III : Techniques d'optimisation (6 semaines)

- Définition et formulation d'un problèmes d'optimisation.
- Optimisation unique et multiple avec ou sans contraintes.
- Algorithmes d'optimisation sans contraintes (Méthodes déterministes, Méthodes stochastiques).
- Traitement des contraintes (Méthodes de transformation, Méthodes directes).

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40 % ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques:

1. G.Allaire, *Analyse Numérique et Optimisation, Edition de l'école polytechnique,2012*
2. S.S. Rao, '*Optimization – Theory and Applications*', Wiley-Eastern Limited, 1984
3. A. fortin, *Analyse numérique pour ingénieurs, Presses internationales polytechnique, 2011.*
4. J. Bastien, J. N. Martin, *Introduction à l'analyse numérique : Application sous Matlab, Dunod, 2003.*
5. A. Quarteroni, F. Saleri, P. Gervasio, *Calcul scientifique, Springer, 2008.*
6. T. A. Miloud, *Méthodes numériques : Méthode des différences finis, méthode des intégrales et variationnelles, Office des publications universitaires, 2013.*
7. J. P. Pelletier, *Techniques numériques appliquées au calcul scientifique, Masson, 1982.*
8. F. Jedrzejewski, *Introduction aux méthodes numériques, springer, 2001.*
9. P. Faurre, *Analyse numériques, notes d'optimisation, Ecole polytechnique, 1988.*
10. Fortin. *Analyse numérique pour ingénieurs, presses internationales polytechnique, 2011.*
11. J. Bastien, J.N Martin. *Introduction à l'analyse numérique : Application sous Matlab, Dunod, 2003.*
12. Quarteroni, F.Saleri, P. Gervasio. *Calcul scientifique, Springer, 2008.*

Semestre 1

UE Méthodologique Code : UEM 1.1

Matière: TP : - μ -processeurs et μ -contrôleurs

VHS: 15h (TP: 1h)

Crédits: 1

Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement

Connaitre la programmation en assembleur. Connaitre le principe et les étapes d'exécution de chaque instruction. Connaitre l'utilisation des interfaces d'E/S et les interruptions. Utilisation du microcontrôleur (programmation, commande de système).

Connaissances préalables recommandées

Logiques combinatoire et séquentielle, automatismes industriels, algorithmique.

Contenu de la matière

TP1 : Prise en main d'un environnement de programmation sur μ -processeur **(01 semaine)**

TP2 : Programmation des opérations arithmétiques et logiques dans un μ -processeur
(01 semaine)

TP3 : Utilisation de la mémoire vidéo dans un μ -processeur **(01 semaine)**

TP4: Gestion de la mémoire du μ -processeur. **(02 semaines)**

TP5 : Commande d'un moteur pas à pas par un μ -processeur **(02 semaines)**

TP6: Gestion de l'écran **(01 semaine)**

TP7: Programmation du μ -microcontrôleur PIC **(02 semaines)**

TP8: Commande d'un moteur pas à pas par un μ -microcontrôleur PIC **(02 semaines)**

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 100%

Références bibliographiques:

1. R. Zaks et A. Wolfe. *Du composant au système - Introduction aux microprocesseurs*. Sybex, Paris, 1988.
2. M. Tischer et B. Jennrich. *La bible PC - Programmation système*. Micro Application, Paris, 1997.
3. R. Tourki. *L'ordinateur PC - Architecture et programmation - Cours et exercices*. Centre de Publication Universitaire, Tunis, 2002.
4. H. Schakel. *Programmer en assembleur sur PC*. Micro Application, Paris, 1995.
5. E. Pissaloux. *Pratique de l'assembleur I80x86 - Cours et exercices*. Hermès, Paris, 1994
6. P. Mayeux *Apprendre la programmation des PIC Mid Range par l'expérimentation et la simulation DUNOD 2010*
7. A. Reboux. *S'initier à la programmation des PIC Basic et assembleur - DUNOD 2002*

Semestre: 1

UE Méthodologique Code : UEM 1.1

Matière: TP : Réseaux de transport et de distribution d'énergie électrique

VHS: 22h30 (TP: 1h30)

Crédits: 2

Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

Permettre à l'étudiant de disposer de tous les outils nécessaires pour gérer, concevoir et exploiter les systèmes électro-énergétiques et plus particulièrement les réseaux électriques

Connaissances préalables recommandées:

Généralités sur des réseaux électriques de transport et de distribution

Contenu de la matière:

TP N° 1 : Réglage de la tension par moteur synchrone

TP N° 2 : Répartition des puissances et calcul de chutes de tension

TP N° 3 : Réglage de tension par compensation de l'énergie réactive

TP N° 4 : Régime du neutre

TP N° 5 : Réseaux Interconnectés

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 100%

Références bibliographiques:

1. Sabonnadière, Jean Claude, *Lignes et réseaux électriques, Vol. 1, Lignes d'énergie électrique, 2007.*
2. Sabonnadière, Jean Claude, *Lignes et réseaux électriques, Vol. 2, Méthodes d'analyse des réseaux électriques, 2007.*
3. Lasne, Luc, *Exercices et problèmes d'électrotechnique : notions de bases, réseaux et machines électriques, 2011.*
4. J. Grainger, *Power system analysis, McGraw Hill, 2003*
5. W.D. Stevenson, *Elements of Power System Analysis, McGraw Hill, 1998.*

Semestre: 1

UE Méthodologique Code : UEM 1.1

Matière: TP Electronique de puissance avancée

VHS: 22h30 (TP: 1h30)

Crédits: 2

Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

Permettre à l'étudiant de comprendre les principes de fonctionnement des nouvelles structures de convertisseur d'électronique de puissance.

Connaissances préalables recommandées:

Principe de base de l'électronique de puissance

Contenu de la matière:

TP1 : Nouvelles structures de convertisseurs

TP2 : Amélioration du facteur de puissance;

TP3 : Elimination des harmoniques

TP4 : Compensateurs statiques de puissance réactive

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 100%

Références bibliographiques:

1. *Guy Séguier et Francis Labrique, «Les convertisseurs de l'électronique de puissance - tomes 1 à 4»,*
2. *Ed. Lavoisier Tec et Documentation très riche disponible en bibliothèque. - Site Internet : « Cours et Documentation »*
3. *Valérie Léger, Alain Jameau Conversion d'énergie, électrotechnique, électronique de puissance. Résumé de cours, problèmes*
4. *corrigés », , : ELLIPSES MARKETING*

Semestre: 1

UE Méthodologique Code : UEM 1.1

Matière: TP Méthodes numériques appliquées et optimisation

VHS: 22h30 (TP: 1h30)

Crédits: 2

Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

Programmer les méthodes de résolution numériques et les associées aux problèmes d'optimisation.

Connaissances préalables recommandées:

Algorithmique et programmation.

Contenu de la matière:

- Initialisation à l'environnement MATLAB (Introduction, Aspects élémentaires, les commentaires, les vecteurs et matrices, les M-Files ou scripts, les fonctions, les boucles et contrôle, les graphismes, etc.).
(01 semaine)

- Ecrire un programme pour:

- ❖ Calculer l'intégrale par les méthodes suivantes : Trapèze, Simpson et générale ;
(01 semaine)
- ❖ Résoudre des équations et systèmes d'équations différentielles ordinaires par les différentes méthodes Euler, Runge-Kutta d'ordre 2 et 4 **(02 semaines)**
- ❖ Résoudre des systèmes d'équations linéaires et non-linéaires : Jacobi ; Gauss-Seidel ; Newton - Raphson ; **(01 semaine)**
- ❖ Résoudre des EDP par la MDF et la MEF pour les trois (03) types d'équations (Elliptique, parabolique et elliptique); **(06 semaines)**
- ❖ Minimiser une fonction à plusieurs variables sans contraintes **(02 semaines)**
- ❖ Minimiser une fonction à plusieurs variables avec contraintes (inégalités et égalités). **(02 semaines)**

Mode d'évaluation: Contrôle continu: 100%;

Références bibliographiques:

1. G.Allaire, Analyse Numérique et Optimisation, Edition de l'école polytechnique, 2012
2. Computational methods in Optimization, Polak , Academic Press, 1971.
3. Optimization Theory with applications, Pierre D.A., Wiley Publications, 1969.
4. Taha, H. A., Operations Research: An Introduction, Seventh Edition, Pearson Education Edition, Asia, New Delhi , 2002.
5. S.S. Rao, "Optimization – Theory and Applications", Wiley-Eastern Limited, **1984**.

Semestre: 1

UE Méthodologique Code : UEM 1.1

Matière: TPMachines électriques approfondies

VHS: 22h30 (TP: 1h30)

Crédits: 2

Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

Compléter, consolider et vérifier les connaissances déjà acquises dans le cours.

Connaissances préalables recommandées:

Bonne maîtrise de l'outil informatique et du logiciel MATLAB-SIMULINK.

Contenu de la matière:

1. Caractéristiques électromécanique de la machine asynchrone ;
2. Diagramme de cercle ;
3. Génératrice asynchrone fonctionnement autonome;
4. Couplage d'un alternateur au réseau et son fonctionnement au moteur synchrone ;
5. Détermination des paramètres d'une machine synchrone ;

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 100%

Références bibliographiques:

1. Th. Wildi, G. Sybille "électrotechnique ", 2005.
2. J. Lesenne, F. Noielet, G. Seguiet, "Introduction à l'électrotechnique approfondie" Univ. Lille. 1981.
3. MRetif "Command Vectorielle des machines asynchrones et synchrone" INSA, cours Pedg. 2008.
4. R. Abdessemed "Modélisation et simulation des machines électriques " ellipses,2011.

Semestre : 1

Unité d'enseignement : UED 1.1

Matière : Matière 1 au choix

VHS : 22h30 (cours : 1h30)

Crédits : 1

Coefficient : 1

Semestre : 1

Unité d'enseignement : UED 1.1

Matière : Matière 2 au choix

VHS : 22h30 (cours : 1h30)

Crédits : 1

Coefficient : 1

Remarque :

Il est possible à l'équipe de spécialités de choisir librement les deux matières découvertes proposées sur le référentiel ou encore choisir d'autres matières découvertes parmi celles proposées selon les besoins et l'intérêt de la formation.

Semestre : 1

Unité d'enseignement : UET 1.1

Matière : Anglais technique et terminologie

VHS : 22h30 (cours : 1h30)

Crédits : 1

Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement:

Initier l'étudiant au vocabulaire technique. Renforcer ses connaissances de la langue. L'aider à comprendre et à synthétiser un document technique. Lui permettre de comprendre une conversation en anglais tenue dans un cadre scientifique.

Connaissances préalables recommandées:

Vocabulaire et grammaire de base en anglais

Contenu de la matière:

- Compréhension écrite : Lecture et analyse de textes relatifs à la spécialité.
- Compréhension orale : A partir de documents vidéo authentiques de vulgarisation scientifiques, prise de notes, résumé et présentation du document.
- Expression orale : Exposé d'un sujet scientifique ou technique, élaboration et échange de messages oraux (idées et données), Communication téléphonique, Expression gestuelle.
- Expression écrite : Extraction des idées d'un document scientifique, Ecriture d'un message scientifique, Echange d'information par écrit, rédaction de CV, lettres de demandes de stages ou d'emplois.

Recommandation :

Il est vivement recommandé au responsable de la matière de présenter et expliquer à la fin de chaque séance (au plus) une dizaine de mots techniques de la spécialité dans les trois langues (si possible) : anglais, français et arabe.

Mode d'évaluation:

Examen: 100%.

Références bibliographiques :

1. P.T. Danison, *Guide pratique pour rédiger en anglais: usages et règles, conseils pratiques, Editions d'Organisation 2007*
2. A.Chamberlain, R. Steele, *Guide pratique de la communication: anglais, Didier 1992*
3. R. Ernst, *Dictionnaire des techniques et sciences appliquées: français-anglais, Dunod 2002.*
4. J. Comfort, S. Hick, and A. Savage, *Basic Technical English, Oxford University Press, 1980*
5. E. H. Glendinning and N. Glendinning, *Oxford English for Electrical and Mechanical Engineering, Oxford University Press 1995*
6. T. N. Huckin, and A. L. Olsen, *Technical writing and professional communication for nonnative speakers of English, Mc Graw-Hill 1991*
7. J. Orasanu, *Reading Comprehension from Research to Practice, Erlbaum Associates 1986*

IV - Programme détaillé par matière du semestre S2

Semestre: 2

UE Fondamentale Code : UEF 1.2.1

Matière: Modélisation et identification des systèmes électriques

VHS: 45h (Cours: 1h30, TD 1h30)

Crédits: 4

Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

Acquérir et maîtriser des notions fondamentales et les méthodes de base permettant de développer des modèles de représentation décrivant le comportement entrée-sortie à partir de mesures expérimentales et les techniques d'identification d'un processus à commander en vue de la mise au point de système de régulation de haute performance.

Connaissances préalables recommandées:

Bases mathématiques et des systèmes asservis.

Contenu de la matière:

Chapitre 1 : Systèmes et expériences (01 semaine)

Généralités, types de modèles, modèles et simulation, comment obtenir un modèle

Chapitre 2 : Modèle mathématique (02 semaines)

Schéma bloc d'un système, variables caractéristiques, représentations interne et externe d'un système

Chapitre 3 : Modélisation des systèmes électriques (02 semaines)

Modélisation d'un composant passif, d'un composant actif et des circuits électriques de base, Exemples d'applications.

Chapitre 4 : Outils de modélisation (02 semaines)

Bond graph (BG) ou Graphe informationnel causales (GIC)) (Application aux circuits électriques

Chapitre 5 : Généralités sur l'identification (02 semaines)

- Définitions, étapes, génération SBPA, choix de la structure du modèle (AR, ARMA, ARMAX..);
- Rappel des méthodes de base en Automatique : Réponse temporelle d'un système, Approche fréquentielle, Identification directe à partir des réponses temporelle et fréquentielle des systèmes 1^{er} ordre et 2^{ème} ordre, méthode de variable instrumentale ;
- Principe d'ajustement du modèle : Modèle linéaire par rapport aux paramètres, Minimisation du critère d'ajustement et calcul de la solution optimale.

Chapitre 6 : Méthodes d'identification graphiques (02 semaines)

Méthode de Strejc, méthode de Broïda...

Chapitre 7 : Méthodes d'identification numériques (02 semaines)

Méthodes récursives, méthode non récursives.

Chapitre 8 : Estimation et observation (02 Semaines)

- Estimation des systèmes électriques (exemple : Estimateur de Gopinath)
- Observation déterministe (Observateur de Luenberger)
- Observateurs Non-déterministes ou stochastiques (Filtre de Kalman)

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40%; Examen: 60%.

Références bibliographiques:

1. I.D. Landau, "Identification des systèmes", Hermès, 1998.

2. E. Duflos, Ph. Vanheeghe, "Estimation Prédiction", Technip, 2000.
3. T. Soderstrom, P. Stoica, "System Identification", Prentice Hall, 1989.
4. R. Hanus, "Identification à l'automatique", DE Boeck, 2001.
5. L. Lennart, "System Identification: Theory for the User", Second edition, Prentice Hall 1999.
6. P. Borne, Geneviève Dauphin-Tanguy, Jean-Pierre Richard, "Modélisation et identification des processus", Technip, 1992.
7. R. Ben Abdenour, P. Borne, M. Ksouri, M. Sahli, "Identification et commande numérique des procédés industriels", Technip, 2001.
8. E. Walter, L. Pronzato, "Identification of Parametric Models from Experimental Data", Springer, **1997**.

Semestre: 2

UE Fondamentale Code : UEF 1.2.1

Matière: Techniques de la commande électrique

VHS: 67h30 (Cours: 3h00, TD 1h30)

Crédits: 6

Coefficient: 3

Objectifs de l'enseignement:

- Acquérir les connaissances fondamentales permettant de concevoir une chaîne de motorisation (moteur et électronique de puissance) pour un entraînement à vitesse variable, répondant à un cahier des charges prédéfini, basée sur les machines à courant continu ou alternatif.
- Dimensionner les correcteurs PID nécessaires à la commande des machines électriques, selon un cahier des charges, par une méthode adaptée.
- Evaluer et comparer les performances des différentes stratégies de commande-contrôle.

Connaissances préalables recommandées:

Mathématiques, connaissances de base concernant les machines électriques, les convertisseurs de l'électronique de puissance et la théorie des asservissements.

Contenu de la matière:

Chapitre 1 : Entraînements électriques à vitesse variable (01 semaines)

Architecture d'un système d'entraînement, L'intérêt de la vitesse variable leurs structures, Comparaison des différents entraînements.

Chapitre 2 : Modélisation des machines asynchrones et synchrones en vue de leur commande (04 semaines)

Différents transformations triphasées-biphasées, Modèles dynamiques des machines Asynchrone et Synchrone dans le repère biphasé de Park, Schémas fonctionnels.

Chapitre 3 : Stratégies de contrôle et de commande des machines asynchrones (05 semaines)

- Rappels sur la commande scalaire,
- Commande vectorielle : Principe du contrôle vectoriel, Choix du référentiel et stratégie de commande, Commande vectorielle à flux rotorique orienté, Commande vectorielle à flux statorique orienté.
- Lois de commande directe du couple du moteur asynchrone : Stratégies de commande, Commande en couple, Commande en puissance.

Chapitre 4 : Stratégies de contrôle et de commande des machines synchrones (05 semaines)

Problème de démarrage des machines synchrones, Association machine-convertisseur, Le moteur synchrone en vitesse variable, Auto-pilotage, Commande vectorielle, Commande en couple de la machine synchrone, Commande DPC des MS.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40%; Examen: 60%.

Références bibliographiques:

1. Modélisation et commande de la machine asynchrone, J.P. Caron et J.P. Hautier, Technip, 1995
2. Control of Electrical Drives, W. Leonard, Springer-Verlag, 1996
3. Vector control of AC machines, Peter Vas, Oxford University Press, 1990
4. Méthodes de commande des machines électrique, R. Husson, Hermès.
5. Power Electronics and AC Drives, Prentice-Hall, B.K. Bose, 1986
6. Modern Power Electronics and AC Drives, B-K. Bose, Prentice-Hall International Edition, 2001.
7. Actionneurs électriques, Guy Grellet et Guy Clerc, Eyrolles, 1997
8. Commande des moteurs asynchrone, Modélisation, Contrôle vectoriel et DTC, Volume 1, C. Canudas De 9. Wit, Edition Hermès Sciences, Lavoisier, Paris 2004.

Semestre: 2

UE Fondamentale Code : UEF 1.2.2

Matière: Asservissements échantillonnés et régulation numérique

VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD 1h30)

Crédits: 4

Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

Connaître l'échantillonnage, la différence entre système continu, système échantillonné et système discret. Connaître et maîtriser l'outil mathématique " transformée en z". Connaître les modèles discrets. Faire l'analyse des systèmes échantillonnés (discrets) et la synthèse des régulateurs numériques (discrets) PID, RST et par retour d'état. Savoir implémenter les régulateurs numériques (discrets).

Connaissances préalables recommandées:

Connaître l'échantillonnage, la différence entre système continu, système échantillonné et système discret. Connaître et maîtriser l'outil mathématique " transformée en z". Connaître les modèles discrets. Faire l'analyse des systèmes échantillonnés (discrets) et la synthèse des régulateurs numériques (discrets) PID, RST et par retour d'état. Savoir implémenter les régulateurs numériques (discrets).

Contenu de la matière:

Chapitre 1 : Structure d'un système de commande numérique (01 Semaine)

Historique. Avantages et inconvénients de la commande numérique. Structure générale d'un système de commande numérique. Conversions A/N et N/A. Echantillonneurs/bloqueurs.

Chapitre 2 : Echantillonnage et reconstitution (01 semaine)

Echantillonnage. Théorème d'échantillonnage de Shannon. Considérations pratiques. Reconstruction des signaux.

Chapitre 3 : Transformée en z: propriétés et applications (02 semaines)

Définitions. Propriétés de la transformée en z. Transformée en z de quelques signaux. Transformée en z inverse. Exemples d'applications.

Chapitre 4: Systèmes échantillonnés (discrets) (02 semaines)

Définitions. Représentation par les équations aux différences. Opérateurs d'avance/retard. Représentation par la réponse impulsionnelle. Représentation par fonction de transfert discrète (Transmittance en Z). Représentation dans l'espace d'état. Algèbre des schémas fonctionnels (simplification des blocs/diagrammes).

Chapitre 5 : Analyse des systèmes échantillonnés (03 Semaines)

Introduction. Stabilité, précision, dilemme stabilité précision. Analyse temporelle (réponse impulsionnelle, réponse indicielle,..., effets des pôles et des zéros). Analyse fréquentielle. Critères de stabilité (Schur-Cohn, Jury, Routh-Hurwitz, Nyquist discret, Lieu d'Evans Discret).

Chapitre 6: Commande par régulateur PID numérique (02 semaines)

PID continu, discrétisation du PID continu. Synthèse dans le plan Z. Implémentation pratique des régulateurs PID.

Chapitre 7: Commande RST numérique (02 semaines)

Synthèse dans le cas continu. Synthèse dans le cas discret (échantillonné). Implémentation pratique des régulateurs RST.

Chapitre 8: Commande numérique par retour d'état

(02 semaines)

Synthèse dans le cas continu. Synthèse dans le cas discret (échantillonné). Implémentation pratique des régulateurs par retour d'état.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40%; Examen: 60%.

Références bibliographiques:

1. J.R. Ragazzini, G. F. Franklin, « Les systèmes asservis échantillonnés », Dunod, 1962.
2. D. Viault, Y. Quenec'hdu, « Systèmes asservis échantillonnés », ESE, 1977.
3. C. Sueur, P. Vanheeeghe, P. Borne, "Automatique des systèmes échantillonnés : éléments de cours et exercices résolus", Technip, 5 décembre 2000.
4. P. Borne. G.D.Tanguv. J. P. Richard. F. Rotella, I. Zambetalcis, "Analyse et régulation de processus industriels-régulation numérique", Tome 2-Editions Technip, 1993.
5. Emmanuel Godoy, Eric Ostertag, "Commande numérique des systèmes: Approches fréquentielle et polynomiale", Ellipses Marketing, 2004.
6. H. Buhler, "Réglages Echantillonnés", Tome 1, Edition Dunod.
7. Dorf & Bishop, "Modern Control Systems", Addison-Wesley, 1995
8. J. L. Abatut, "Systèmes et Asservissement Linéaires Echantillonnés", Edition Dunod.
9. T.J. Katsuhiko, "Modern Control Engineering", 5th Edition, Prentice Hall.
10. R. Longchamps, "Commande Numérique des systèmes dynamiques", Presse Polytechnique, 2006.

Semestre: 2

UE Fondamentale Code : UEF 1.2.2

Matière: Diagnostic des défaillances des systèmes de commande

VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD 1h30)

Crédits: 4

Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

Le diagnostic des défaillances industrielles se base sur la connaissance du (des) symptôme(s) pour déterminer la (les) cause(s). Cette matière permet à l'étudiant d'acquérir des connaissances indispensables à l'évitement de pannes dans un souci de fiabilité et de continuité du service dans un système de commande électrique.

Connaissances préalables recommandées:

Machines électriques, Circuits électriques, Théorie du signal, Analyse numérique

Contenu de la matière:

Chapitre 1 : Introduction aux techniques de diagnostic de panne (03 Semaines)

Définitions: A quoi ça sert un diagnostic, Fonctionnement normal, Panne et défaut, Défaillance, Perturbation, Résidu, Détection, Localisation de défauts, Identification des défauts, Signature, Surveillance, Supervision.

Méthodologie de diagnostic: comment faire un diagnostic ? Étapes logiques d'une recherche de panne, localisation de l'élément défectueux hors tension et sous tension, diagnostic et recherche de la cause.

Méthodologie d'intervention: surveillance permanente, inspection, remplacement de l'élément défectueux et vérifications, Compte rendu d'intervention, Classification de défaut: emplacement, modélisation, caractéristiques temporelles, surveillance utilisant les modèles: redondance physique (matérielle), redondance analytique, détection et isolation des défauts (**FDI**), principe du diagnostic: architecture de diagnostic, Génération de résidus à base modèles: Obtention des tables de signatures, Méthodes de diagnostic à base de modèles, Approches à base d'observateurs d'états.

Chapitre 2 : Outils du diagnostic de défaillances (02 Semaines)

Capteurs, Visualisation des signaux, traitement du signal, analyse spectrale: Outils et techniques.

Chapitre 3 : Les inspections, les directives, les interventions (03 Semaines)

Spécificité des installations industrielles en termes d'inspections, Diagnostic des équipements de commande et de puissance, Exploitation des données du constructeur et valeurs de références, Maîtrise de la courbe de dégradation et situation des seuils d'exploitation.

Chapitre 4 : Maintenance préventive des équipements (02 Semaines)

Lecture de schémas électriques composés de circuits de puissance, commande et/ou télécommande. Vérification périodique des serrages des connecteurs, de l'état des conducteurs, des échauffements. Contrôle des courants de fuite, de l'intensité nominale, de la tension.

Chapitre 5 : Etudes de cas pratiques diversifiés (03 Semaines)

Moteur, convoyeur, système de commande.

Chapitre 6 : Introduction au diagnostic par emploi des méthodes intelligentes (02 Semaines)

Systèmes experts, Graphes des états, Logique floue, Réseaux de neurones, Arbres génétiques, ...

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40%; Examen: 60%.

Références bibliographiques:

1. J. Montmain, J. Ragot, D. Sauter, *Supervision des procédés complexes*, Lavoisier, 2007.
2. L. Ljung, *Systems Identification: theory for the User*. Prentice-Hall, 2nd edition, 1999.
3. P.S.R. Murty, *Power System Analysis*, BS Publications, 2007.
4. D. Brown, D. Harrold, R. Hope, *Control System Power and Grounding Better Practice*, Elsevier, 2004.
5. G. Cullman, *Eléments de calcul informationnel*, Bibliothèque de l'ingénieur électricien-mécanicien. Ed. Albin Michel.
6. J.D. Glover, M.S. Sama, T.J. Overbye, "Power Systems Analysis and Design", 4th Edition, Thompson-Engineering.

Semestre: 2

UE Méthodologique Code : UEM 1.2

Matière: TP Modélisation et identification des systèmes électriques

VHS: 22h30 (TP 1h30)

Crédits: 2

Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

Mettre en œuvre les différentes techniques d'identification étudiées pour modéliser ou identifier les paramètres internes des systèmes électriques.

Connaissances préalables recommandées:

Bases en mathématique et automatique, maîtrise de l'outil informatique, en particulier de l'environnement du logiciel MATLAB et la simulation par son outil de simulation Simulink.

Contenu de la matière:

TP n° 1 : modélisation et simulation des circuits électriques passif et actif par équations d'états et fonctions de transferts. **(02 Semaines)**

TP n° 2 : Modélisation et simulation des convertisseurs électromécaniques. **(02 Semaines)**

TP n° 3 : identification des systèmes électriques par observations entrées/sorties et validation d'une structure (applications : machine électrique, four électrique). **(02 Semaines)**

TP n° 4 : Mesure directe de la réponse d'un système électrique et par génération SBPA **(02 Semaines)**

TP n° 5 : Identification paramétrique d'un système électrique par les Méthodes de Strejc et Broïda. **(02 Semaines)**

TP n° 6 : Identification numérique (en ligne) d'une Machine DC par la Méthode des moindres carrés récursives MCR. **(02 Semaines)**

TP n° 7 : Identification numérique (en ligne) d'un Machine AC par la Méthode des moindres carrés récursives MCR **(02 Semaines)**

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 100%

Références bibliographiques:

1. I.D. Landau, "Identification des systèmes", Hermès, 1998.
2. E. Duflos, Ph. Vanheeghe, "Estimation Prédiction", Technip, 2000.
3. T. Soderstrom, P. Stoica, "System Identification", Prentice Hall, 1989.
4. R. Hanus, "Identification à l'automatique", DE Boeck, 2001.
5. L. Lennart, "System Identification: Theory for the User", Second edition, Prentice Hall 1999.
6. P. Borne, Geneviève Dauphin-Tanguy, Jean-Pierre Richard, "Modélisation et identification des processus", Technip, 1992.
7. R. Ben Abdenour, P. Borne, M. Ksouri, M. Sahli, "Identification et commande numérique des procédés industriels", Technip, 2001.
8. E. Walter, L. Pronzato, "Identification of Parametric Models from Experimental Data", Springer, 1997.
9. P.Y-C. Hwang, R.G. Brown, "Introduction to Random Signals and Applied Kalman Filtering", John Wiley and sons, 1992.

Semestre: 2

UE Méthodologique Code : UEM 1.2

Matière: TP Techniques de commande électrique

VHS: 37h30 (TP: 2h30)

Crédits: 3

Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

- Construire les modèles de simulations schémas (blocs des systèmes) des commandes des machines à courant continu et alternatifs asynchrones et synchrones dans l'environnement logiciel Matlab/Simulink.
- Dimensionner, en respectant un cahier des charges, les différents régulateurs à l'aide des méthodes appropriées.
- Simuler les systèmes de commandes pour machines électriques, visualiser les différentes grandeurs et évaluer les performances en termes de poursuite, de régulation et de robustesse paramétriques.

Connaissances préalables recommandées:

Théorie de la commande des machines électriques, Logiciel Matlab/Simulink/SimPower-System, Convertisseurs statiques, Asservissement et Synthèse des régulateurs, Machines électriques.

Contenu de la matière:

TP N°1: Commande en boucle ouverte de l'association Moteur Asynchrone-Onduleur avec pilotage MLI. **(02 semaines)**

TP N°2: Commande scalaire en tension avec convertisseur et pilotage MLI d'un moteur asynchrone (Régulation avec boucle de vitesse). **(02 semaines)**

TP N°3: Commande vectorielle d'une machine asynchrone **(03 semaines)**

TP N°4: Commande en boucle ouverte de l'association Moteur Synchron-Onduleur avec pilotage MLI. **(02 semaines)**

TP N°5: Commande vectorielle d'une machine synchrone **(03 semaines)**

TP N°6: Commande directe du couple (DTC) d'un moteur asynchrone/Synchrone. **(03 semaines)**

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 100%

Références bibliographiques:

1. Modélisation et commande de la machine asynchrone, J.P. Caron et J.P. Hautier, Technip, 1995.
2. Control of Electrical Drives, W. Leonard, Springer-Verlag, 1996.
3. Vector control of AC machines, Peter Vas, Oxford University Press, 1990.
4. Méthodes de commande des machines électriques, R. Husson, Hermès.
5. Power Electronics and AC Drives, Prentice-Hall, B.K. Bose, 1986.
6. Modern Power Electronics and AC Drives, B-K. Bose, Prentice-Hall International Edition, 2001.
7. Actionneurs électriques, Guy Grellet et Guy Clerc, Eyrolles, 1997.
8. Commande des moteurs asynchrone, Modélisation, Contrôle vectoriel et DTC, Volume 1, C. Canudas De Wit, Edition Hermès Sciences, Lavoisier, Paris **2004**.

Semestre: 2

UE Méthodologique Code : UEM 1.2

Matière: TP Asservissements échantillonnés et régulation numérique

VHS: 22h30 (TP: 1h30)

Crédits: 2

Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

- Modéliser et simuler les systèmes échantillonnés (discrets);
- Comprendre l'échantillonnage et la reconstitution;
- Vérifier le comportement dynamique des systèmes échantillonnés (discrets);
- Simuler et implémenter les régulateurs numériques types PID, RST et par retour d'état numérique.

Connaissances préalables recommandées:

Savoir utiliser les logiciels de simulation et de programmation. Traitement de signal, commande des systèmes linéaires continus.

Contenu de la matière:

TP N°1: Simulation des opérations d'échantillonnage et de reconstitution **(02 semaines)**

TP N°2: Analyse temporelle et fréquentielle des systèmes échantillonnés de base **(02 semaines)**

TP N°3: Commande des systèmes électrique par régulateur PI/PID numérique **(02 semaines)**

TP N°4: Commande des systèmes électrique par régulateur à avance de phase/retard de phase numérique **(02 semaines)**

TP N°5: Commande numérique de type RST: Etude de cas **(03 semaines)**

TP N°6: Commande numérique par retour d'état: Application pour les systèmes électriques **(02 semaines)**

TP N°7: Implémentation d'une commande numérique d'un système électrique **(02 semaines)**

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 100%

Références bibliographiques:

1. J.R. Ragazzini, G. F. Franklin, Les systèmes asservis échantillonnés , Dunod, 1962.
2. Daniel Viault, Y. Quenec'hdu, Systèmes asservis échantillonnés , ESE, 1977.
3. E. Godoy, E. Ostertag, Commande numérique des systèmes : Approches fréquentielle et polynomiale, Ellipses Marketing ,2004.
4. H. Buhler, Réglages échantillonnés (T1 et T2), PPR.
5. E. Godoy, Régulation industrielle, Dunod.
6. K. J. Astrom et B. Wittenmark, Computer controlled systems, Prentice Hall

Semestre: 2

UE Méthodologique Code : UEM 1.2

Matière: TP Diagnostic des défaillances des systèmes de commande

VHS: 22h30 (TP: 1h30)

Crédits: 2

Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

Mettre en œuvre les différentes connaissances étudiées en cours pour le diagnostic des défaillances des systèmes de commande électrique afin éviter les défaillances dans l'objectif d'améliorer la fiabilité et la continuité du service.

Connaissances préalables recommandées:

Circuits électriques, machines électriques à courants continu et alternatif, théorie du signal, analyse numérique.

Contenu de la matière:

TP N°1:Outils de diagnostic de défaillances dans le cas de surveillance permanente d'un système de commande électrique **(03 semaines)**

TP N°2:Diagnostic des équipements de commande et de puissance **(03 semaines)**

TP N°3:Analyse vibratoire des machines tournantes avec établissement de fiche technique à exploiter en maintenance **(03 semaines)**

TP N°4:Analyse des lubrifiants des machines tournantes avec établissement de fiche technique à exploiter en maintenance **(03 semaines)**

TP N°5:Application des techniques intelligentes du diagnostic de pannes dans les cas de multi-symptômes et multi-causes **(03 semaines)**

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 100%

Références bibliographiques:

1. J. Montmain, J. Ragot, D. Sauter, Supervision des procédés complexes, Lavoisier, 2007.
2. L. Ljung, Systems Identification: theory for the User. Prentice-Hall, 2nd edition, 1999.
3. P.S.R. Murty, Power System Analysis, BS Publications, 2007.
4. D. Brown, D. Harrold, R. Hope, Control System Power and Grounding Better Practice, Elsevier, 2004.
5. G. Cullman, Eléments de calcul informationnel, Bibliothèque de l'ingénieur électricien-mécanicien. Ed. Albin Michel.
6. J.D. Glover, M.S. Sama, T.J. Overbye, "Power Systems Analysis and Design", 4th Edition, Thompson-Engineering.

Semestre : 2
Unité d'enseignement : UED 1.2
Matière : Matière 3 au choix
VHS : 22h30 (cours : 1h30)
Crédits : 1
Coefficient : 1

Semestre : 2
Unité d'enseignement : UED 1.2
Matière : Matière 4 au choix
VHS : 22h30 (cours : 1h30)
Crédits : 1
Coefficient : 1

Remarque :

Il est possible à l'équipe de spécialités de choisir librement les deux matières découvertes proposées sur le référentiel ou encore choisir d'autres matières découvertes parmi celles proposées selon les besoins et l'intérêt de la formation.

Semestre : 2

Unité d'enseignement : UET 1.2

Matière : Respect des normes et des règles d'éthique et d'intégrité.

VHS : 22h30 (Cours : 1h30)

Crédit : 1

Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement:

Développer la sensibilisation des étudiants au respect des principes éthiques et des règles qui régissent la vie à l'université et dans le monde du travail. Les sensibiliser au respect et à la valorisation de la propriété intellectuelle. Leur expliquer les risques des maux moraux telle que la corruption et à la manière de les combattre, les alerter sur les enjeux éthiques que soulèvent les nouvelles technologies et le développement durable.

Connaissances préalables recommandées :

Ethique et déontologie (les fondements)

Contenu de la matière :

A. Respect des règles d'éthique et d'intégrité,

1. Rappel sur la Charte de l'éthique et de la déontologie du MESRS : Intégrité et honnêteté.

Liberté académique. Respect mutuel. Exigence de vérité scientifique, Objectivité et esprit critique. Equité. Droits et obligations de l'étudiant, de l'enseignant, du personnel administratif et technique,

2. Recherche intègre et responsable

- Respect des principes de l'éthique dans l'enseignement et la recherche
- Responsabilités dans le travail d'équipe : Egalité professionnelle de traitement. Conduite contre les discriminations. La recherche de l'intérêt général. Conduites inappropriées dans le cadre du travail collectif
- Adopter une conduite responsable et combattre les dérives : Adopter une conduite responsable dans la recherche. Fraude scientifique. Conduite contre la fraude. Le plagiat (définition du plagiat, différentes formes de plagiat, procédures pour éviter le plagiat involontaire, détection du plagiat, sanctions contre les plagiaires, ...). Falsification et fabrication de données.

3. Ethique et déontologie dans le monde du travail :

Confidentialité juridique en entreprise. Fidélité à l'entreprise. Responsabilité au sein de l'entreprise, Conflits d'intérêt. Intégrité (corruption dans le travail, ses formes, ses conséquences, modes de lutte et sanctions contre la corruption)

B- Propriété intellectuelle

I- Fondamentaux de la propriété intellectuelle

- 1- Propriété industrielle. Propriété littéraire et artistique.
- 2- Règles de citation des références (ouvrages, articles scientifiques, communications dans un congrès, thèses, mémoires, ...)

II- Droit d'auteur

1. Droit d'auteur dans l'environnement numérique

Introduction. Droit d'auteur des bases de données, droit d'auteur des logiciels. Cas spécifique des logiciels libres.

2. Droit d'auteur dans l'internet et le commerce électronique

Droit des noms de domaine. Propriété intellectuelle sur internet. Droit du site de commerce électronique. Propriété intellectuelle et réseaux sociaux.

3. Brevet

Définition. Droits dans un brevet. Utilité d'un brevet. La brevetabilité. Demande de brevet en Algérie et dans le monde.

III- Protection et valorisation de la propriété intellectuelle

Comment protéger la propriété intellectuelle. Violation des droits et outil juridique. Valorisation de la propriété intellectuelle. Protection de la propriété intellectuelle en Algérie.

C. Ethique, développement durable et nouvelles technologies

Lien entre éthique et développement durable, économie d'énergie, bioéthique et nouvelles technologies (intelligence artificielle, progrès scientifique, Humanoïdes, Robots, drones,

Mode d'évaluation :

Examen : 100 %

Références bibliographiques:

1. Charte d'éthique et de déontologie universitaires, https://www.mesrs.dz/documents/12221/26200/Charte+fran_ais+d_f.pdf/50d6de61-aabd-4829-84b3-8302b790bdce
2. Arrêtés N°933 du 28 Juillet 2016 fixant les règles relatives à la prévention et la lutte contre le plagiat
3. L'abc du droit d'auteur, organisation des nations unies pour l'éducation, la science et la culture(UNESCO)
4. E. Prairat, De la déontologie enseignante. Paris, PUF, 2009.
5. Racine L., Legault G. A., Bégin, L., Éthique et ingénierie, Montréal, McGraw Hill, 1991.
6. Siroux, D., Déontologie : Dictionnaire d'éthique et de philosophie morale, Paris, Quadrige, 2004, p. 474-477.
7. Medina Y., La déontologie, ce qui va changer dans l'entreprise, éditions d'Organisation, 2003.
8. Didier Ch., Penser l'éthique des ingénieurs, Presses Universitaires de France, 2008.
9. Gavarini L. et Ottavi D., Éditorial. de l'éthique professionnelle en formation et en recherche, Recherche et formation, 52 | 2006, 5-11.
10. Caré C., Morale, éthique, déontologie. Administration et éducation, 2e trimestre 2002, n°94.
11. Jacquet-Francillon, François. Notion : déontologie professionnelle. Le télémaque, mai 2000, n° 17
12. Carr, D. Professionalism and Ethics in Teaching. New York, NY Routledge. 2000.
13. Galloux, J.C., Droit de la propriété industrielle. Dalloz 2003.
14. Wagret F. et J-M., Brevet d'invention, marques et propriété industrielle. PUF 2001
15. Dekermadec, Y., Innover grâce au brevet: une révolution avec internet. Insep 1999
16. AEUTBM. L'ingénieur au cœur de l'innovation. Université de technologie Belfort-Montbéliard
17. Fanny Rinck et Léda Mansour, littératie à l'ère du numérique : le copier-coller chez les étudiants, Université grenoble 3 et Université paris-Ouest Nanterre la défense Nanterre, France
18. Didier DUGUEST IEMN, Citer ses sources, IAE Nantes 2008
19. Les logiciels de détection de similitudes : une solution au plagiat électronique? Rapport du Groupe de travail sur le plagiat électronique présenté au Sous-comité sur la pédagogie et les TIC de la CREPUQ
20. Emanuela Chiriac, Monique Filiatrault et André Régimbald, Guide de l'étudiant: l'intégrité intellectuelle plagiat, tricherie et fraude... les éviter et, surtout, comment bien citer ses sources, 2014.
21. Publication de l'université de Montréal, Stratégies de prévention du plagiat, Intégrité, fraude et plagiat, 2010.
22. Pierrick Malissard, La propriété intellectuelle : origine et évolution, 2010.
23. Le site de l'Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle www.wipo.int
24. <http://www.app.asso.fr/>

V - Programme détaillé par matière du semestres S3

Semestre : 3

UE Fondamentale Code : UEF 2.1.1

Matière: Commande non linéaire et avancée

VHS: 67h30h (Cours: 3h,TD :1h30)

Crédits:6

Coefficient:3

Objectifs de l'enseignement:

Connaître les différentes approches pour la modélisation et la régulation des systèmes non linéaires. Connaître le principe des commandes optimales, adaptatives, par mode de glissement et les différencier des autres commandes. Synthèse des commandes optimales, adaptatives, par mode de glissement. Connaître les conditions de leur application. Application de ces commandes à des processus industriels exigeants ces types de commandes.

Connaissances préalables recommandées:

- ✓ Commande des systèmes linéaires continus ;
- ✓ Modélisation et commande dans l'espace d'état ;
- ✓ Outils mathématiques (équations différentielles ordinaires, dérivée et crochet de Lie) ;
- ✓ Asservissement des systèmes et optimisation.

Contenu de la matière:

Chapitre 1. Notions de base sur les systèmes non linéaire

(03 semaines)

- 1.1. Généralités sur les systèmes non linéaires, non linéarités usuelles et modélisation dans l'espace d'état des systèmes non linéaires
- 1.2. Systèmes non linéaires complexes interconnectés, perturbations singulières.
- 1.3. Systèmes linéaires par morceau (piece-wiselinearsystems) et multi-modèles

Chapitre 2. Stabilité et commande des systèmes non linéaires

(03 semaines)

- 2.1. Stabilité, Stabilité au sens de Lyapunov.
- 2.2. Régulation par retour d'état linéarisant. Linéarisation entrée/état.
- 2.3. Régulation par retour d'état linéarisant. Linéarisation entrée/sortie.

Chapitre 3. Commande optimale

(03 semaines)

- 3.1. Formulation du problème de commande
- 3.2. Commande optimale des systèmes en absence des contraintes d'inégalité
 - 3.2.1) Commande optimale d'un système non linéaire et non stationnaire
 - 3.2.2) Commande optimale d'un système linéaire et non stationnaire avec critère quadratique
 - 3.2.3) Commande optimale d'un système linéaire stationnaire avec critère quadratique (LQ)
 - 3.2.3) Commande optimale d'un système linéaire stationnaire avec critère quadratique (LQG)

Chapitre 4. Commande adaptative

(03 semaines)

- 4.1. Principe de la commande adaptative
- 4.2. Les différentes techniques de commande adaptative
- 4.3. Synthèse des lois de commande adaptative
 - 4.3.1. Calcul de la commande adaptative directe avec modèle de référence
 - 4.3.2. Calcul de la commande adaptative indirecte auto-ajustable
 - 4.3.3. Calcul de la commande adaptative auto-ajustable avec reparamétrisation du prédicteur

Chapitre 5. Techniques de commande avancées

(03 semaines)

- 5.1. Commande par mode de glissement
- 5.2. Commande par Backstepping.
- 5.3. Commande basée sur la passivité.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40 % ; Examen:60 %.

Références bibliographiques:

1. M. Vidyasagar, *Nonlinear system analysis*, Prentice Hall
2. A. Isidori, *Nonlinear control systems (I et II)*, Springer-Verlag
3. H. K. Khalil, *Nonlinear Systems*, Prentice Hall
4. H. Nijmeijer, *Nonlinear dynamical control systems*
5. D. Alazar, « Robustesse et commande optimale ». Masson 1990
6. R. Boudarel et al., « Commande optimale des processus ». Masson 1989
7. J-P. Babary et W. Pelczewski, « Commande optimale des systèmes continus déterministes ». Masson 1985
8. S. N. Desineni, « Optimal control system ». CRC Press 2003
9. R. Lozano et D. Taoutaou, « Commande adaptative et applications ». Paris : Hermès Science Publications, 2001
10. P. Naslin, *Théorie de la commande et conduite optimale*, Dunod 1969
11. J-P. Babary et W. Pelczewski, « Commande optimale des systèmes continus déterministes ». Masson 1985.
11. K. Astrom, B.Wittenmak, 'Adaptive Control' Lund Instituite of Technology, Addison Wisly Publishing Company 1989
12. Grellet, 'Actionneurs électriques' Eyrolles, 1999
13. J. Levine, 'Introduction à la commande non linéaire' Centre Automatique et Systèmes. Ecole des mines de paris
14. J. Levine, 'Analyse et commande des Systèmes non Linéaires', Centre Automatique et Systèmes. Ecole des mines de paris
15. NadjibBennis, 'Représentation d'état des systèmes linéaires continus, commande par placement des poles',
16. www.specialautom.net

Semestre: 3

UE Fondamentale Code : 2.1.1

Matière: Les automates programmables

VHS: 22h30(Cours: 1h30)

Crédits: 2

Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement

Il s'agit d'abord d'acquérir les compétences nécessaires pour concevoir (Hardware et software) une solution d'automatisme à base d'un API, puis s'approfondir jusqu'à concevoir et implanter un asservissement numérique (pour la régulation de vitesse d'un moteur par exemple). Traiter quelques applications industrielles et considérer les formes plus ou moins complexes du GRAFCET, et s'introduire aux réseaux industriels.

Connaissances préalables recommandées

Logique combinatoire et séquentielle, programmation, microprocesseur.

Contenu de la matière

Chapitre 1: Architecture générale d'un API, Description matérielle du Simatic S7- ? (tel que le S7-200/ CPU216) (E/S, Notion de cycle, types de données et modes d'adressage, ...),

Chapitre 2: Jeu d'instruction, de base(langage step 7) (Pile logique, Instructions booléennes, instructions de transfert, instructions arithmétiques et logiques),

Chapitre 3: Temporisateurs (Timers) (identification et programmation),

Chapitre 4: Les Interruptions (Organisation d'un programme/step-7, évènements du S7- ? (le S7-200 par exemple), prise en charge d'un événement d'interruption, programmation),

Chapitre 5: E/S analogiques (identification et programmation)

Chapitre 6: Boucle de régulation PID (identification et programmation)

Chapitre 7: Réseaux Industriels (Architecture générale, protocoles de communication, Application)

Mode d'évaluation

Examen:100%.

Références bibliographiques

1. Micro System SIMATIC S7-200 One Hour Primer, Siemens AG 1999
2. Micro System SIMATIC S7-200 Two Hour Primer, Siemens AG 2000
3. SIMATIC S7-200 Programmable Controller System Manual, Siemens AG 1998
4. E. Godoy, Régulation industrielle: Outils de modélisation, méthodes et architectures de commande, 2e édition. Paris: Dunod, 2014.
5. K. Kamel and E. Kamel, Programmable Logic Controllers: Industrial Control. New York: McGraw-Hill Professional, 2013.
6. W. Bolton, Les automates programmables industriels. Paris: Dunod, 2010.
7. J. Stenerson, Programmable Logic Controllers with Controllogix, International Edition. Clifton Park, N.Y: Broadman & Holman Publishers, 2009.
8. S. Moreno and E. Peulot, Le Grafcet : Conception-Implantation dans les automates programmablesindustriels. Saint-Quentin-en-Yvelines: Casteilla, 2009.
9. F. P. Miller, A. F. Vandome, and J. McBrewster, Automate Programmable Industriel: Programmation informatique, Automatique, Industrie, Programme (informatique), Interrupteur, Automaticien. AlphascriptPublishing, 2010.

Semestre: 3

UE Fondamentale Code : UEF2.1.2

Matière: Techniques de l'intelligence artificielle

VHS: 45h (Cours: 1h30,TD :1h30)

Crédits: 4

Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

Permettre à l'étudiant de se familiariser avec les techniques de l'intelligence artificielle appliquées au domaine de la commande et de l'optimisation des systèmes

Connaissances préalables recommandées :

Systèmes dynamiques, notions de l'analyse mathématiques, notions d'optimisation, notions de probabilités.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Logique floue (02 semaines)

Bases générales. Ensembles flous. Variables linguistiques. Fonction d'appartenance. Opérateurs de la logique floue. Structure générale d'une commande floue. Fuzzification. Moteur d'inférence ou bloc de décision. Méthodes d'inférence. Défuzzification.

Chapitre 2 : Réseaux de neurones (03 semaines)

Topologie des réseaux de neurones. Réseaux à couches. Réseaux statiques. Réseaux de neurones dynamiques. Apprentissage des réseaux de neurones. Apprentissage supervisé et non supervisé.

Chapitre 3 : Réseaux neuro-flous (02 semaines)

Chapitre 4: Algorithmes génétiques (02 semaines)

Chapitre 5: Technique d'optimisation par essais de particules (02 semaines)

Chapitre 6: Systèmes experts (02 semaines)

Chapitre 7: Probabilité et raisonnement probabiliste (02 semaines)

Mode d'évaluation :

Contrôle continu: 40%; Examen: 60%.

Références bibliographiques:

1. P. A. Bisgambiglia, La logique floue et ses applications, Hermès-science
2. H. Buhler, Commande par logique floue, PPR
3. HeikkiKoivo, Soft computing
4. D. R. Hush & B.G. Horne, "Progress in Supervised Learning Neural Networks," IEEE signal proc. magazine, Vol.10, No.1, pp.8-39, Jan. 1993.
5. B. Kosko, "Neural Networks and Fuzzy Systems: A Dynamical Systems Approach to Machine Intelligence," Englewood Cliffs, Nj: Prentice-Hall, 1992.
6. L.X.Wang, "Adaptive Fuzzy Systems & Control: Design & Stability Analysis": Prentice-Hall, 1994.
7. David E. Goldberg, Algorithmes Génétiques, Edit. Addison Wesley, 1994.
8. HansruedBühler, « Réglage par logique floue »
9. Pierre-yvesGloennec, « Algorithmes d'apprentissage pour systèmes d'inférence floue »
10. P. Borne, J. Rozinoer, J.-Y. Dieulot, L. Dubois, « Introduction à la commande floue »

11. Bernadette Bouchon-Meunier, Laurent FOULLOY, MOHAMMED RAMDANI, « Logique floue. Exercices corrigés et exemples d'applications »
12. BERNADETTE BOUCHON-MEUNIER, « La logique floue et ses applications »
13. Hung T. NGUYENNADIPURAM R. PRASAD, CAROL L. WALKER • ELBERT A. WALKER, « A First Course in Fuzzy and Neural Control »
14. FAKHREDDINE O. KARRAY, CLARENCE DE SILVA, « Soft computing and intelligent systems design. Theory, tools and applications »
15. PIERRE. BORNE, MOHAMED BENREJEB, JOSEPH HAGGÈGE, « Les réseaux de neurones. Présentation et applications »
16. BEGHDADI HADJ ALI, SENOUCI MOHAMED, « Réseaux de neurones : Théorie et pratique »
17. G. DREYFUS, J. -M. MARTINEZ, M. SAMUELIDES, M. B. GORDON, F. BADRAN, S. THIRIA, L. HERAULT, « Réseaux de neurones. Méthodologie et applications »
18. LÉON PERSONNAZ, ISABELLE RIVALS, « Réseaux de neurones formels pour la modélisation, la commande et la classification »
19. CHRISTINE SOLNON, « Optimisation par colonies de fourmis »
20. NICOLAS MONMARCHÉ, FRÉDÉRIC GUINAND, PATRICK SIARRY « Fourmis artificielles 1. Des bases de l'optimisation aux applications industrielles »
21. STUART RUSSELL, PETER NORVIG, « Intelligence artificielle, avec plus de 500 exercices »
22. JOHANN DRÉO, ALAIN PÉTROWSKI, PATRICK SIARRY, ÉRIC TAILLARD, « Métaheuristiques pour l'optimisation difficile : Recuit simulé, recherche avec tabous, algorithmes évolutionnaires et algorithmes génétiques, colonies de fourmis ... »
23. PATRICK SIARRY ET ALL, « Métaheuristiques : Recuit simulé, recherche avec tabous, recherche à voisinages variables, méthodes GRASP, algorithmes évolutionnaires, fourmis artificielles, essais particuliers et autres méthodes d'optimisation »

Semestre: 3

UE Fondamentale Code : UEF2.1.2

Matière : Commande électrique des mécanismes industriels

VHS:67h30 (Cours: 3h00, TD 1H30)

Crédits: 6

Coefficient: 3

Objectifs de l'enseignement:

Préparer l'étudiant à une meilleure intégration dans l'industrie par la présentation des différents mécanismes industriels ainsi que les techniques de commandes appropriées.

Connaissances préalables recommandées :

Principes de base de la commande, systèmes électromécaniques

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Critères de choix d'un moteur électrique dans un environnement industriel (02 semaines)

1.1 -Moteurs électriques

Moteurs pour les ponts, Moteurs de construction spécifique, Utilisation des machines électriques de construction normale

1.2- Choix des moteurs :

D'après la puissance, le régime de fonctionnement

Chapitre 2 :Commande électrique et automatisation des pompes, des ventilateurs et des compresseurs

(03

semaines)

Principes généraux, Puissance en bout d'arbre, Démarrage des mécanismes à couple de ventilateurs, Commande électrique des ventilateurs, Recommandation générale pour le choix de la commande électrique des pompes, des ventilateurs et des compresseurs.

Chapitre 3 :Alimentation et automatisation des ascenseurs et des extracteurs(02 semaines)

Principes généraux, Précision du stationnement des systèmes de levage, Exigences dans les systèmes de commande des ascenseurs, Schémas types des commandes pour les ascenseurs, Automatisation des commandes de vitesse des ascenseurs.

Chapitre 4 : Automatisation des ponts roulants

(02 semaines)

Principes généraux, Charges des moteurs des mécanismes des ponts roulants, Systèmes de levage électromagnétique, Les systèmes de commande électriques des ponts roulants, Exigences des caractéristiques mécaniques des commandes électriques des ponts roulants, Automatisation des ponts roulants au moyen des convertisseurs à thyristors, Equipement des grands ponts roulants, Commande à distance des ponts roulants, Alimentation des ponts roulants.

Chapitre 5 : Alimentation et automatisation des mécanismes de transport continu (03 semaines)

Principes généraux, Choix de la commande du convoyeur, Concordance de la rotation de plusieurs moteurs à convoyeur, Commande électrique des systèmes de transport
5-5-Alimentation et automatisation d'un téléphérique, Machines de transport pour le déplacement des passagers (traction) : Escaliers mécanique, Ascenseurs à plusieurs cabines, Excavateur rotorique ;

Chapitre 6 : Mini-projets : (03 semaines)

Etude de cas (les excavatrices, les laminoirs, les fours électriques, les équipements de soudure, électrolyse et revêtement des métaux, les usines métallurgique, l'industrie chimique, station de forage

du pétrole, industrie du papier et de la cellulose, industrie du ciment, industrie du verre et industrie métalliqueetc.).

Mode d'évaluation :

Contrôle continu: 40%; Examen: 60%.

Semestre: 3

UE Méthodologique Code : UEM 2.1

Matière : TP commande non linéaire et avancée

VHS:22h30 (TP: 3H00)

Crédits:4

Coefficient:2

Objectifs de l'enseignement:

Permettre à l'étudiant de disposer de tous les outils nécessaires pour programmer, simuler, valider et implémenter les différentes approches pour la modélisation et la régulation des systèmes non linéaires ainsi la validation des commandes optimales, adaptatives, et d'autres techniques avancées a savoir Mode glissant, Backstepping ou Passivité par simulation. Puis, implémentation sur un banc d'essais équipé d'une carte de commande DsPace et des cartes d'acquisitions

Connaissances préalables recommandées :

Asservissement des systèmes et optimisation. Programmation ainsi que savoir utiliser les logiciels de programmation et de simulation des systèmes dynamiques (Matlab).

Contenu de la matière :

TP 1: Systèmes non linéaires usuels, complexes interconnectés, perturbations singulières. **(02 semaines)**

TP 2: Régulation par retour d'état linéarisant. Linéarisation entrée/sortie. **(02 semaines)**

TP 3: Validation par simulation avec Matlab d'une commande optimale sans contrainte d'un moteur à courant continu puis Validation sur un banc d'essais équipé de DsPACE. **(02 semaine)**

TP 4: Validation par simulation avec Matlab d'une commande adaptative directe avec modèle de référence d'un moteur à courant continu, ainsi la validation sur un banc d'essais équipé de DsPACE. **(02 semaine)**

TP 5: Validation par simulation avec Matlab d'une commande par mode de glissement d'un moteur à courant continu ainsi la validation sur un banc d'essais équipé de DsPACE. **(02 semaine)**

TP 6: Validation par simulation avec Matlab d'une commande par Backstepping. **(02 semaine)**

TP 7: Validation par simulation avec Matlab d'une commande basée sur la passivité. **(02 semaine)**

Mode d'évaluation :

Contrôle continu: 100%

Références bibliographiques:

1. R. Lozano et D. Taoutaou, « Commande adaptative et applications ». Paris : Hermès Science Publications, 2001.
2. D. Alazar, « Robustesse et commande optimale ». Masson 1990.
3. R. Boudarel et al., « Commande optimale des processus ». Masson 1989.
4. J-P. Babary et W. Pelczewski, « Commande optimale des systèmes continus déterministes ». Masson 1985.
5. S. N. Desineni, « Optimal control system ». CRC Press 2003.
6. V.I. Utkin, « Sliding mode and their application in variable structure system ». Mir, Moscou 1978.
7. H. Buhler, « Réglage par mode de glissement ». Presse polytechnique romandes, Lausanne, 1983.
8. M. Vidyasagar, Nonlinear system analysis, Prentice Hall
9. A. Isidori, Nonlinear control systems (I et II), Springer-Verlag
10. H. K. Khalil, Nonlinear Systems, Prentice Hall
11. H. Nijmeijer, Nonlinear dynamical control systems
12. J. Levin, Analysis and control of nonlinear systems

Semestre: 3

UE Méthodologique Code : UEM 2.1

Matière: TP Techniques d'intelligence artificielle/ TP Implémentation d'une commande numérique en temps réel

VHS:22h30 (TP : 1H30)

Crédits: 2

Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

Programmer et simuler des lois de commande basées sur les techniques de l'intelligence artificielle. Savoir comment réaliser une implémentation d'une commande numérique en temps réel.

Connaissances préalables recommandées :

Logiciel de simulation et de programmation. Les systèmes dynamiques. L'optimisation. La logique. Les probabilités.

Contenu de la matière :

TP Techniques d'intelligence artificielle

TP 1:Introduction à la logique floue. **(01 semaines)**

TP 2: Réseaux de neurones artificiels. **(01 semaines)**

TP 3: Réseaux adaptatifs et réseaux neuro-flous.**(01 semaines)**

TP 4: Algorithmes génétiques.**(02 semaines)**

TP 5: PSO.**(01 semaines)**

TP 6: Systèmes experts et raisonnement probabiliste. **(02 semaines)**

TP Implémentation d'une commande numérique en temps réel

TP 1: Modélisation et Implémentation d'un Convertisseur Analogique Numérique CAN « sous Matlab »
(01 semaines)

TP 2: Modélisation et Implémentation d'un Convertisseur Numérique Analogique CNA « sous Matlab »
(01 semaines)

TP 3: Régulation de vitesse d'un moteur à courant continu par PID numérique**(01 semaines)**

TP 4: Implémentation des techniques MLI sur un processeur numérique**(02 semaines)**

TP 5: Commande d'un moteur électrique par ordinateur**(02 semaines)**

Mode d'évaluation :

Contrôle continu: 100%

Références bibliographiques:

1. P. A. Bisgambiglia, La logique floue et ses applications, Hermès-science
2. H. Buhler, Commande par logique floue, PPR
3. HeikkiKoivo, Soft computing
4. D. R. Hush & B.G. Horne, "Progress in Supervised Learning Neural Networks," IEEE signal proc. magazine, Vol.10, No.1, pp.8-39, Jan. 1993.
5. B. Kosko, "Neural Networks and Fuzzy Systems: A Dynamical Systems Approach to Machine Intelligence," Englewood Cliffs, Nj: Prentice-Hall, 1992.
6. L.X.Wang, "Adaptive Fuzzy Systems & Control: Design & Stability Analysis": Prentice-Hall, 1994.
7. David E. Goldberg, *Algorithmes Génétiques*, Edit. Addison Wesley, **1994**.

Semestre: 3

UE Méthodologique Code : UEM 2.1

Matière TP: Commande électrique des mécanismes industriels

VHS:22h30 (TP : 1H30)

Crédits: 2

Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

S'approprier des exemples réels de commande

Connaissances préalables recommandées :

Techniques de commande, systèmes électromécaniques.

Contenu de la matière :

TP 1 : Barrière automatique(02 semaines)

TP 2 :Perçage(02 semaines)

TP 3 : Marquage de savon(02 semaines)

TP 4 : Système de porte(03 semaines)

TP 5 :Monte-charge (03 semaines)

TP 6 : Trie de briques(03 semaines)

Mode d'évaluation :

Contrôle continu: 100%

Références bibliographiques:

Brochures des TPs

Semestre: 3

UE Méthodologique Code : UEM 2.1

Matière : TP Automates programmables industriels (API)

VHS:15h (TP : 1H00)

Crédits: 1

Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement

Apprendre à l'étudiant comment installer, programmer et utiliser un API. L'initier à maîtriser les tâches d'édition et de débogage des programmes ainsi que la correction des erreurs détectées. Synthèse, simulation et implémentation de systèmes à base d'un API (automatismes logiques, asservissements et réseaux industriels)

Connaissances préalables recommandées

Logique combinatoire et séquentielle, API, GRAFCET, step7, Simatic S7.

Contenu de la matière

TP 1: Un automatisme logique: système à vérins pneumatiques,

TP 2: Un automatisme logique: système à procédés logiques divers: moteurs, vérins, ... ; à actions directes ou temporisées ; avec événements d'urgence (prise en charge des interruptions),

TP 3: Asservissement: implémentation et simulation et/ou réalisation d'une commande pour un moteur électrique,

TP 4: Réseau Industriel: implémentation et exploitation d'un réseau industriel,

Remarque :

Les TPs ci-dessus sont réalisables sur la plateforme logicielle (TIA Portal) ; ou expérimentale (un banc d'essai à base d'un Simatic S7-? tel que le S7-200) avec des procédés à échelle réduite (petits moteurs, petits vérins), afficheurs, tachymètres, boutons, ...

Mode d'évaluation

Contrôle Continu:100%

Références bibliographiques

1. Micro System SIMATIC S7-200 One Hour Primer, Siemens AG 1999
2. Micro System SIMATIC S7-200 Two Hour Primer, Siemens AG 2000
3. SIMATIC S7-200 Programmable Controller System Manual, Siemens AG 1998
4. J. A. Rehg and G. J. Sartori, *Programmable Logic Controllers*, 2nd ed. Upper Saddle River, N.J: Prentice Hall, 2008.
5. E. P. Adrover, *Introduction to PLCs: A beginner's guide to Programmable Logic Controllers*. San Bernardino, CA: Elvin Perez Adrover, 2012.
6. J. R. Hackworth and F. D. H. Jr, *Programmable Logic Controllers: Programming Methods and Applications*, 1st ed. Upper Saddle River, N.J: Prentice Hall, 2003.
7. G. Barton, *programmable logic controller 139 Success Secrets - 139 Most Asked Questions On programmable logic controller - What You Need To Know*. Emereo Publishing, 2014.
8. R. J. Tocci, N. Widmer, and G. Moss, *Digital Systems: Principles and Applications: International Edition*, 11th ed. Boston, Mass.: Pearson, **2010**.

Semestre : 3

Unité d'enseignement : UED 2.1

Matière : Matière 5 au choix

VHS : 22h30 (cours : 1h30)

Crédits : 1

Coefficient : 1

Semestre : 2

Unité d'enseignement : UED 2.1

Matière : Matière 6 au choix

VHS : 22h30 (cours : 1h30)

Crédits : 1

Coefficient : 1

Remarque :

Il est possible à l'équipe de spécialités de choisir librement les deux matières découvertes proposées sur le référentiel ou encore choisir d'autres matières découvertes parmi celles proposées selon les besoins et l'intérêt de la formation.

Semestre : 3

Unité d'enseignement: UET 2.1

Matière 1 :Recherche documentaire et conception de mémoire

VHS : 22h30 (Cours: 1h30)

Crédits : 1

Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement :

Donner à l'étudiant les outils nécessaires afin de rechercher l'information utile pour mieux l'exploiter dans son projet de fin d'études. L'aider à franchir les différentes étapes menant à la rédaction d'un document scientifique. Lui signifier l'importance de la communication et lui apprendre à présenter de manière rigoureuse et pédagogique le travail effectué.

Connaissances préalables recommandées :

Méthodologie de la rédaction et méthodologie de la présentation.

Contenu de la matière:

Partie I- : Recherche documentaire :

Chapitre I-1 : Définition du sujet

(02 Semaines)

- Intitulé du sujet
- Liste des mots clés concernant le sujet
- Rassembler l'information de base (acquisition du vocabulaire spécialisé, signification des termes, définition linguistique)
- Les informations recherchées
- Faire le point sur ses connaissances dans le domaine

Chapitre I-2 : Sélectionner les sources d'information

(02 Semaines)

- Type de documents (Livres, Thèses, Mémoires, Articles de périodiques, Actes de colloques, Documents audiovisuels...)
- Type de ressources (Bibliothèques, Internet...)
- Evaluer la qualité et la pertinence des sources d'information

Chapitre I-3 : Localiser les documents

(01 Semaine)

- Les techniques de recherche
- Les opérateurs de recherche

Chapitre I-4 : Traiter l'information

(02 Semaines)

- Organisation du travail
- Les questions de départ
- Synthèse des documents retenus
- Liens entre différentes parties
- Plan final de la recherche documentaire

Chapitre I-5 : Présentation de la bibliographie

(01 Semaine)

- Les systèmes de présentation d'une bibliographie (Le système Harvard, Le système Vancouver, Le système mixte...)
- Présentation des documents.
- Citation des sources

Partie II : Conception de mémoire

Chapitre II-1 : Plan et étapes du mémoire

(02 Semaines)

- Cerner et délimiter le sujet (Résumé)
- Problématique et objectifs du mémoire
- Les autres sections utiles (Les remerciements, La table des abréviations...)
- L'introduction (*La rédaction de l'introduction en dernier lieu*)
- État de la littérature spécialisée
- Formulation des hypothèses
- Méthodologie
- Résultats
- Discussion
- Recommandations
- Conclusion et perspectives
- La table des matières
- La bibliographie
- Les annexes

Chapitre II- 2 : Techniques et normes de rédaction

(02 Semaines)

- La mise en forme. Numérotation des chapitres, des figures et des tableaux.
- La page de garde
- La typographie et la ponctuation
- La rédaction. La langue scientifique : style, grammaire, syntaxe.
- L'orthographe. Amélioration de la compétence linguistique générale sur le plan de la compréhension et de l'expression.
- Sauvegarder, sécuriser, archiver ses données.

Chapitre II-3 : Atelier : Etude critique d'un manuscrit

(01 Semaine)

Chapitre II-4 : Exposés oraux et soutenances

(01 Semaine)

- Comment présenter un Poster
- Comment présenter une communication orale.
- Soutenance d'un mémoire

Chapitre II-5 : Comment éviter le plagiat ?

(01 Semaine)

(Formules, phrases, illustrations, graphiques, données, statistiques,...)

- La citation
- La paraphrase
- Indiquer la référence bibliographique complète

Mode d'évaluation :

Examen : 100%

Références bibliographiques :

1. M. Griselin et al., *Guide de la communication écrite, 2e édition, Dunod, 1999.*
2. J.L. Lebrun, *Guide pratique de rédaction scientifique : comment écrire pour le lecteur scientifique international, Les Ulis, EDP Sciences, 2007.*
3. A.Mallender Tanner, *ABC de la rédaction technique : modes d'emploi, notices d'utilisation, aides en ligne, Dunod, 2002.*
4. M. Greuter, *Bien rédiger son mémoire ou son rapport de stage, L'Etudiant, 2007.*
5. M. Boeglin, *lire et rédiger à la fac. Du chaos des idées au texte structuré. L'Etudiant, 2005.*
6. M. Beaud, *l'art de la thèse, Editions Casbah, 1999.*
7. M. Beaud, *l'art de la thèse, La découverte, 2003.*
8. M. Kalika, *Le mémoire de Master, Dunod, 2005.*

Proposition de quelques matières de découverte

Semestre: ..

UE Découverte Code : UED ..

Matière:Qualité de l'énergie électrique

VHS: 22h30 (Cours: 1h30)

Crédits: 1

Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

- Etudier les phénomènes principaux qui détériorent la qualité de l'énergie électrique (QEE), leurs origines et les conséquences sur les équipements à travers la dégradation de la tension et/ou du courant et les perturbations sur les réseaux.
- Comprendre l'implication des charges non linéaires dans la détérioration de la qualité de l'énergie et prendre connaissance des principales solutions pour l'améliorer en remédiant aux perturbations en les éliminant ou en les atténuant lorsqu'elles sont inévitables.

Connaissances préalables recommandées:

Réseaux électriques, harmoniques, filtres, électrotechnique fondamentale, électronique de Puissance.

Contenu de la matière:

Chapitre 1: Introduction à la qualité de l'énergie (QEE) (03 semaines)

Contexte, définition et terminologie de la qualité de l'énergie, Objectifs de la mesure de la QEE.

Chapitre 2: Dégradation de la qualité de l'énergie (05 semaines)

Problèmes de qualité d'énergie les plus fréquents et effets sur les charges et procédés

- Creux de tension et coupures: Origines des creux de tension et surtensions, Conséquences sur les récepteurs, Notions de Flicker.
- Harmoniques et interharmoniques: Origines des harmoniques. Les charges non linéaires, Impacts des harmoniques sur le réseau et les récepteurs.
- Variations et fluctuations de tension: Origines internes/externes des coupures, Conséquences sur la production et les équipements.
- Phénomènes transitoires: Notions de CEM, Les impacts de foudre, Equipotentialité, Conducteur de protection PE.
- Déséquilibres.

Chapitre 3: Niveau de qualité de l'énergie - Normes (03 semaines)

Caractéristiques de la tension. Terminologie, Stratégie de mesure des paramètres de la tension, normes, Analyseurs de réseaux.

Chapitre 4: Solutions pour améliorer la qualité de l'énergie (04 semaines)

Réduction du nombre de creux de tensions et de coupures, Réduction de la durée et de la profondeur des creux de tension, Insensibilisation des installations, Emploi d'alimentation statique sans interruption (ASI), ...

Réduction des courants harmoniques générés: Modification de l'installation, Filtrage passif, Filtrage actif, Filtrage hybride, ...

Remèdes pour la protection contre les surtensions temporaires, les surtensions de manœuvre (self de choc, compensateur automatique statique) , les surtensions atmosphériques (foudre), ...

Fluctuations de tension: Changer de mode d'éclairage, changement du mode de démarrage de moteurs, modification du réseau, ...

Déséquilibres: Equilibrer les charges monophasées sur les trois phases, Augmenter les puissances des transformateurs et la section des câbles en amont des générateurs de déséquilibre, Protection des machines, Emploi de charges LC (montage de Steinmetz),..

Mode d'évaluation:

Examen : 100%

Références bibliographiques:

1. Guide to Quality of Electrical Supply for Industrial Installations Part 2 : Voltage Dips and Short Interruptions Working Group UIE Power Quality 1996.
2. G.J. Wakileh, Power system harmonics-Fundamental Analysis and Filter Design, Springer-Verlag, 2001.
3. A. Kusko, M-T. Thompson, Power Quality in Electrical Systems, Mc Graw Hill, 2007.
4. F. Ewald Fuchs, M.A.S. Masoum, Power Quality in Power Systems and Electrical Machines, Elsevier Academic Press, 2008.
5. R.C. Dugan, Mark F. Granaghan, Electrical Power System Quality, McGraw Hill, 2001.
6. Cahiers techniques Scheider N° CT199, CT152, CT159, CT160 et CT1.
7. A. Robert, Supply Quality Issues at the Interphase between Power System and Industrial Consumers, PQA 1998.
8. Qualité de l'énergie, Cours de Delphine RIU, INP Grenoble.

Semestre: ..

UE Découverte Code : UED ..

Matière: Informatique Industrielle

VHS: 22h30 (Cours: 1h30)

Crédits: 1

Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

Cette matière permet aux étudiants de ce master de se familiariser avec le domaine de l'informatique industrielle. Ils acquerront les notions des protocoles de communication.

Connaissances préalables recommandées:

Logique combinatoire et séquentielle, μ -processeurs et μ -contrôleurs, informatique.

Contenu de la matière:

Chapitre 1 : Introduction à l'informatique industrielle ; **(02 semaines)**

Chapitre 2 : Branchement du matériel à un μ P ; **(02 semaines)**

Chapitre 3 : Périphériques et interfaces (Ports, Timers, ...etc) ; **(04 semaines)**

Chapitre 4 : Bus de communication série (RS-232, DHCP, MODBUS, I2C) ; **(05 semaines)**

Chapitre 5 : Acquisition de données : les périphériques CAN et CNA ; **(02 semaines)**

Mode d'évaluation:

Examen : 100%

Références bibliographiques:

1. Baudoin, Geneviève & Virolleau, Ferial, « Les DSP famille, TMS 320C54X [texte imprimé] : développement d'applications », Paris : Francis Lefebvre, 2000, ISBN : 2100046462.
2. Pinard, Michel, « Les DSP, famille ADSP218x [texte imprimé] : principes et applications », Paris : Francis Lefebvre, 2000, ISBN : 2100043439 ;
3. Tavernier, Ch., « Les microcontrôleurs PIC : applications », Paris : Francis Lefebvre, 2000, ISBN : 2100059572 ;
4. Tavernier, Ch., « Les microcontrôleurs PIC : description et mise en œuvre », Paris : Francis Lefebvre, 2004, ISBN : 2100067222 ;
5. Cazaubon ,christian, « Les microcontrôleurs HC11 et leur programmation », Paris : Masson, [s.d], ISBN : 2225855277 ;
6. Tavernier, Christian, « Les microcontrôleurs AVR : description et mise en œuvre », Paris : Francis Lefebvre, 2001, ISBN : 2100055798 ;
7. Dumas, Patrick, « Informatique industrielle : 28 problèmes pratiques avec rappel de cours », Paris : Francis Lefebvre, **2004**.

Semestre ..:

UE Découverte Code : UED ...

Matière: Ecologie Industrielle et Développement Durable

VHS:22h30(Cours: 1h30)

Crédits: 1

Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement

Sensibiliser au développement durable, à l'écologie industrielle et au recyclage.

Connaissances préalables recommandées:

Aucune

Contenu de la matière :

Chapitre 1 :Naissance et évolution du concept d'écologie industrielle(02 semaines)

Chapitre 2 :Définition et principes de l'écologie industrielle(02 semaines)

Chapitre 3 :Expériences d'écologie industrielle en Algérie et dans le monde(02 semaines)

Chapitre 4 :Symbiose industrielle (parcs/réseaux éco-industries)(03 semaines)

Chapitre 5 :Déchets gazeux, liquides et solides(03 semaines)

Chapitre 6 :Recyclage(03 semaines)

Mode d'évaluation:

Examen: 100%.

Références bibliographiques :

1 *Écologie industrielle et territoriale, COLEIT 2012, de Junqua Guillaume , Brulot Sabrina*

1 *Vers une écologie industrielle,comment mettre en pratique le développement durable dans une société hyper-industrielle, SurenErkman 2004*

2 *L'énergie et sa maîtrise. Montpellier Cedex 2 : CRDP de Languedoc-Roussillon, 2004. . ISBN 2-86626-190-9,*

3 *Appropriations du développement durable: émergences, diffusions, traductions B Villalba - 2009*

Semestre ..:
UE Découverte Code : UED ...
Matière: EnergiesRenouvelables
VHS: 22h30 (Cours: 1h30)
Crédits: 1
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement

Doter les étudiants des bases scientifiques leur permettant d'intégrer la communauté de la recherche scientifique dans le domaine des énergies renouvelables, des batteries et des capteurs associés à des applications d'ingénierie.

Connaissances préalables recommandées:

Dispositifs et technologies de conversion de l'énergie -

Contenu de la matière

- Chapitre1** : Introduction aux énergies renouvelables (Sources d'énergies renouvelables : gisements et matériaux) **(04 semaines)**
- Chapitre 2** : Energie solaire (photovoltaïque et thermique) **(04 semaines)**
- Chapitre 3** : Energie éolienne **(03 semaines)**
- Chapitre 4** : Autres sources renouvelables : hydraulique, géothermique, biomasse ... **(02 semaines)**
- Chapitre 5** : Stockage, pile à combustibles et hydrogène **(02 semaines)**

Mode d'évaluation :

Examen: 100%.

Références bibliographiques :

1. Sabonnadière Jean Claude. *Nouvelles technologies de l'énergie 1: Les énergies renouvelables*, Ed. Hermès.
2. Gide Paul. *Le grand livre de l'éolien*, Ed. Moniteur.
3. A. Labouret. *Énergie Solaire photo voltaïque*, Ed. Dunod.
4. Viollet Pierre Louis. *Histoire de l'énergie hydraulique*, Ed. Press ENP Chaussée.
5. Peser Felix A. *Installations solaires thermiques: conception et mise en œuvre*, Ed. Moniteur.

Semestre: ..

UE Découverte Code : UED ..

Matière: Matériaux en électrotechnique

VHS: 22h30 (Cours: 1h30)

Crédits: 1

Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

L'objectif de ce cours est de donner les connaissances de base nécessaires à la compréhension des phénomènes physiques intervenant dans les matériaux et à un choix adéquat en vue de la conception des composants et systèmes électriques. Les caractéristiques fondamentales des différents types de matériaux ainsi que leur comportement en présence de champs électrique et magnétique sont traités.

Connaissances préalables recommandées:

Physique fondamentale et mathématiques appliquées.

Contenu de la matière

Chapitre 1 : Connaître et comprendre le fonctionnement, la constitution, la technologie et la spécification du matériel électrique utilisé dans les réseaux électriques. **(03 semaines)**

Chapitre 2 : Matériaux magnétiques: propriétés, pertes, types, propriétés thermiques et mécaniques, caractérisation, aimants. **(04 semaines)**

Chapitre 3 : Matériaux conducteurs: propriétés, pertes, isolation, essais et applications. **(04 semaines)**

Chapitre 4 : Matériaux diélectriques: propriétés, pertes, claquage et performances, contraintes, essais. **(04 semaines)**

Mode d'évaluation :

Examen: 100%.

Références bibliographiques :

1. A.C. Rose-Innes and E.H. Rhoderick, Introduction to Superconductivity, Pergamon Press.
2. P. Tixador, Les supraconducteurs, Editions Hermès, Collection matériaux, 1995.
3. P. Brissonneau, Magnétisme et Matériaux Magnétiques Editions Hermès.
4. P. Robert, Matériaux de l'Electrotechnique, Volume II, Traité d'Electricité, d'Electronique et d'Electrotechnique de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Edition Dunod.
5. Techniques de l'Ingénieur.
6. R. Coelho et B. Aladenize, Les diélectriques, Traité des nouvelles Technologies, série Matériaux, Editions Hermès, 1993.
7. M. Aguet et M. Ianoz, Haute Tension, Volume XXII, Traité d'Electricité, d'Electronique et d'Electrotechnique de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Edition Dunod.
8. C. Gary et al, Les propriétés diélectriques de l'air et les très hautes tensions, Collection de la Direction des Etudes et Recherches d'Electricité de France, Edition Eyrolles, 1984.
9. Matériaux Diélectriques pour le Génie Electrique, Tome 1 & 2, HERMES LAVOISIER, 2007.

Semestre: ..

UE Découverte Code : UED ..

Matière: Maintenance et sûreté de fonctionnement

VHS: 22h30 (Cours: 1h30)

Crédits: 1

Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

Connaissances préalables recommandées:

Contenu de la matière

Chapitre 1 : Historique, contexte et définitions de la SdF (02 semaines)

Chapitre 2 : Analyse des systèmes à composants indépendants (02 semaines)

Modélisation de la logique de disfonctionnement par arbres de défaillance, exploitation qualitative et quantitative booléenne, limites de la méthode.

Chapitre 3 : Analyse des systèmes avec prise en compte de certaines dépendances (03 semaines)

Modélisation des systèmes, Markovienne par graphes des états, Exploitation quantitative du modèle, Limite de la méthode

Chapitre 4 : Analyse des systèmes avec prise en compte généralisé des dépendances (03 semaines)

Modélisation par les réseaux de pétrie (RdP), Exploitation quantitative du modèle : RdP : stochastique

Chapitre 5 : Application des méthodologies de sûreté de fonctionnement (03 semaines)

Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité, Sécurité.

Chapitre 6 : Méthodologie de prévision de fiabilité (02 semaines)

Calcul prévisionnels la fiabilité, Analyse des modes de défaillance, Techniques de diagnostic de panne et de maintenance.

Mode d'évaluation :

Examen: 100%.

Références bibliographiques :

1. Patrick Lyonnet, "Ingénierie de la fiabilité, Edition TEC & DOC, Lavoisier, 2006.
2. Roger Serra, "Fiabilité et maintenance industrielle", Cours, Ecole de technologie supérieure ETS, Université de Québec, 2013.
3. David Smith, Fiabilité, maintenance et risque, DUNOD, Paris 2006

Semestre: ..

UE Découverte Code : UED...

Matière: Implémentation d'une commande numérique en temps réel

VHS: 22h30 (Cours: 1h30)

Crédits: 1

Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

Cette unité d'enseignement traite la commande numérique des ensembles convertisseurs machines par composants programmables (μ Contrôleurs, DSP, ARM, FPGA).

Connaissances préalables recommandées :

μ -processeurs et μ -contrôleurs, informatique, Commande, Machines électriques, Convertisseurs de puissance.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Description des systèmes temps réel ; **(03 semaines)**

Chapitre 2 : La commande numérique des systèmes ; **(04 semaines)**

Chapitre 3 : Etude de l'implémentation des techniques MLI sur un processeur numérique ; **(04 semaines)**

Chapitre 4 : Exemples d'implémentation de commandes des machines : Machine à Courant Continu, Machine Asynchrone, Machine Synchrones. **(04 semaines)**

Mode d'évaluation :

Examen : 100%.

Références bibliographiques:

1. B. Bouchez « Applications audionumériques des DSP : Théorie et pratique du traitement numérique », Elektor, 2003.
2. Baudoin, Geneviève & Virolleau, Ferial, « Les DSP famille, TMS 320C54X [texte imprimé] : développement d'applications », Paris : Francis Lefebvre, 2000, ISBN : 2100046462.
3. Pinard, Michel, « Les DSP, famille ADSP218x [texte imprimé] : principes et applications », Paris : Francis Lefebvre, 2000, ISBN : 2100043439 ;
4. Tavernier, Ch., « Les microcontrôleurs PIC : applications », Paris : Francis Lefebvre, 2000.

Semestre: ..
UE Découverte Code : UED...
Matière: Machines spéciales
VHS: 22h30 (Cours: 1h30)
Crédits: 1
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

A l'issue de cette formation l'étudiant va accroître sa formation par l'acquisition de compétences nouvelles en raison de l'évolution du domaine dans lequel possède déjà une formation, enrichir sa culture et ses connaissances sur les différents types des machines électriques.

Connaissances préalables recommandées :

Machines électriques, construction des machines électriques, conversion électromagnétique.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Introduction aux machines spéciales (01 semaines)

Chapitre 2 : Machines asynchrones(04 semaines)

- ✓ Moteur monophasé
- ✓ Moteur linéaire

Chapitre 3 : Machines Synchrones(05 semaines)

- ✓ Synchromachines
- ✓ Machine à réluctance variable
- ✓ Moteurs à aimants permanents
- ✓ Moteurs pas à pas
- ✓ Machines supraconductrices

Chapitre 4 : Micromachines(05 semaines)

- ✓ Synchromachines (Selsynes)
- ✓ Moteurs synchrones à hystérésis
- ✓ Génératrices tachymétriques à C.C.
- ✓ Resolvers

Mode d'évaluation :

Examen : 100%.

Références bibliographiques:

1. M. Kostenko et L. Piotrovski, Machines électriques
2. Réal-Paul BOUCHARD et Guy OLIVIER, Conception de moteurs asynchrones
3. B.Saint -Jean, Electrotechnique et machines électriques

Semestre: ..

Master : Commande Electrique

UE Découverte Code : UED

Matière: Régime transitoire des systèmes électriques

VHS: 22h30 (Cours: 1h30)

Crédits: 1

Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

Pour dimensionner les dispositifs de protection des systèmes électriques, l'étude des régimes transitoires s'impose. Ce cours porte donc sur l'étude des régimes transitoires des machines électriques. Les comportements dynamiques des machines électriques sont traités aussi bien en régime linéaire qu'en régime non linéaire (où est introduite la notion d'extension des modèles linéaires au régime saturé).

Connaissances préalables recommandées:

Circuits électriques, machines électriques, Modélisation des machines. Electronique de puissance.

Contenu de la matière:

I. Modèle dynamique de la machine asynchrone (6 semaines)

- Rappels sur les composantes relatives et symétriques
- Analyse des régimes transitoires des machines asynchrones
- Fonctionnement en moteur
- Fonctionnement en génératrice
- Performances dynamiques durant le défaut triphasé de la machine asynchrone

II. Modèle dynamique de la machine synchrone (5 semaines)

- Analyse des régimes transitoires des machines synchrones
- Fonctionnement en alternateur
- Fonctionnement moteur
- Performances dynamiques durant le défaut triphasé de la machine asynchrone

III. Modèle dynamique de la machine à courant continu (4 semaines)

- Analyse des régimes transitoires de la machine
- Fonctionnement en générateur
- Fonctionnement en moteur

Mode d'évaluation :

Examen : 100%.

Semestre : ..

Master : Commande Electrique

UE Découverte Code : UED

Matière:Automatisme industriel

VHS: 22h30 (Cours: 1h30)

Crédits: 1

Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

- Appréhender, en termes de contrôle-commande, les systèmes industriels automatisés ;
- Apprendre la méthodologie d'étude des systèmes automatisés ;
- Elaboration des cahiers des charges ;
- Effectuer la programmation et la configuration des automates programmables ;
- Être capable de mettre en œuvre des systèmes industriels conçus autour d'automates programmables industriels.

Connaissances préalables recommandées:

Logiques combinatoire et séquentielle, schémas électriques et appareillages, technologies industrielles

Contenu de la matière:

Chapitre I : Les automates programmables industriels (4 semaines)

Notions de base, Fonction globale d'un système automatisé, Système de production, Automatisation, Structure d'un système automatisé de production (SAP), Architecture matérielle des API, Critères de choix d'un API, Synthèse des systèmes séquentiels, Méthodes d'analyses de fonctionnement des systèmes automatisés

Chapitre II : Outil Grafset (6 semaines)

Notions fondamentales, Les concepts de base, Principe de base, Règles d'évolution, Les structures de base, Notion de Séquence, Les structures particulières, Les notions avancées, Structure hiérarchisées d'un grafset, Forçages et figeages des situations, mise en équation d'un grafset

Chapitre III : Langages et programmation des API (5 semaines)

Objets communs, Les différents types de langages, Langage SFC, Langage LD, Langage IL, Langage FBD, Langage ST, Le langage LADDER (LD), Symbolique LADDER, Mise en œuvre d'automatismes à base d'API

Mode d'évaluation :

Examen : 100%.

Semestre : ..
Master : Commande Electrique
UE Découverte Code : UED
Matière:Automatisme et Informatique Industrielle
VHS: 22h30 (Cours: 1h30)
Crédits: 1
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

Comprendre le fonctionnement et l'architecture des systèmes automatisés et l'apport de l'informatique industriel pour ces derniers.

Connaissances préalables recommandées:

Algorithmique, programmation, circuits et systèmes électriques.

Contenu de la matière:

Partie 1

1. Structure d'un système automatisé : partie relations ; partie commande ; partie opérative
2. Exemples des systèmes automatisés : Boîte chauffage ; Boîte luminosité ; Maquette domotique...etc.
3. Protocole de communication Modbus : Transfert par Ethernet ; Les trames Modbus, Exemple d'échange entre un maître et un esclave
4. Langages de programmation d'applications d'automatisme :
 - 4.1. Langage textuel : IL « instruction list », ou liste d'instructions (Exemple ASSEMBLEUR) ; ST «structuredtext » ou texte structuré (Exemple Matlab) ;
 - 4.2. Langage graphique : FBD « fonction block diagram », ou schéma par blocs (Exemple: Crouzet Millenium 3) ; LD « ladderdiagram», ou schéma à relais: programmation d'équations booléennes (true/false); SFC « sequentialfunction chart »: Exemple GRAFCET, et tous les procédés séquentiels.

Partie 2

- 1.Présentation de l'informatique industrielle et des systèmes micro-programmés
- 2.Architecture des micro-contrôleurs
- 3.Présentation des différents éléments d'un micro-contrôleur, éléments de choix
- 4.Rappels sur les nombres binaires et les différents codages
- 5.Les instructions
- 6.Rappels sur la logique combinatoire et séquentielle
- 7.Étude du fonctionnement d'un micro-contrôleur : le PIC 18F4520
- 8.Programmation en Assembleur -- Rappel sur les algorigrammes
- 9.Présentation des interruptions
10. Étude d'un programme en Assembleur avec gestion des interruptions
11. Présentation de fonctions intégrées au microcontrôleur (timer, PWM, etc.)
12. Présentation du langage C pour le microcontrôleur / spécificité pour le PIC 18F4520

Mode d'évaluation :

Examen : 100%.

Références bibliographiques :

1. Michel Lauzier, Gérard Colombari « Automatique et informatique industrielle. Tome 1, Outils de description », 96p, Foucher, 1994.
 2. Michel Lauzier, Gérard Colombari « Automatique et informatique industrielle. Tome 2, Conception des systèmes », 128p, Foucher, 1995.
 - 3 Jean Perrin, Francis Binet, J. J. Dumery, Christian Merlaud, J. P. Trichard « Automatique et informatique industrielle bases theoriquesthethodologiques et techniques », 336p, NATHAN (12 novembre 2004).
 4. Jean-Louis Fanchon, J.M. Bleux « Automatismes industriels », 128p, NATHAN 2001
- D Blin, J Danic, R Le Garrec, F Trolez, Jc Seite « Automatismes et informatique industrielle », Educalivre 1 Août 1999.

Semestre : ..

Master : Commande Electrique

UE Découverte Code : UED

Matière:Commande des futurs systèmes énergétiques

VHS: 22h30 (Cours: 1h30)

Crédits: 1

Coefficient: 1

Programme de la matière

- 1- Rappels sur les systèmes d'Énergies Nouvelles et Renouvelables : Notions générales, L'énergie électrique non renouvelable, L'énergie électrique renouvelable, Les micro-réseaux, Contrôle et suivi des systèmes d'énergies électriques, Nécessité des systèmes électriques intelligents : Smart House, Smart City, Smart Grid, Compteur intelligent électrique, Technologie de communication de réseau intelligent (ZigBee, Winmax, autres types de communications) ;
- 2- L'Intelligence Artificielle dans les futurs systèmes énergétiques : IA pour réseaux domestiques (Smart Home) ; IA pour l'équilibre micro-grids (Smart City) ; IA pour l'équilibre global Offre – Demande (Smart Grids) ; IA pour Marketplaces et plateformes collaboratives ; IA pour maintenances prédictives et opérations ; IA pour effectifs numériques (Workforces Digitales)
- 3- Comment l'AI redéfinit-elle les enjeux autour de l'énergie : Au près des fournisseurs (producteurs), des clients (Consommateurs) et des intermédiaires ou des facilitateurs ? Que va-t-elle fondamentalement transformer dans cet écosystème.
- 4- L'intelligence Artificielle outil d'optimisation robuste de la production et la consommation d'énergie.
- 5- Notions sur les plateformes Big Data (grands nombres) et IoT (internet des objets) pour agrégation en temps réel des données hétérogènes.

Mode d'évaluation :

Examen : 100%.

Références bibliographiques :

1. C. SABONNADIÈRE et N. HADJSAID – *Smart-grids : les réseaux électriques intelligents*, HERMES, 2012.
2. N. HADJSAID – *Les réseaux électriques de distribution : de la production décentralisée aux smart-grids*, HERMES, 2010.
3. BOUCKAERT Stéphanie « Contribution des Smart Grids à la transition énergétique : évaluation dans des scénarios long terme ». Thèse PhD, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris. 2013. <https://pastel.archives-ouvertes.fr/pastel-00959266/document>
4. L. Freris et D. Infield, " Les énergie renouvelable pour la production d'électricité ", DUNOD, Paris 2009.
5. BURTON T. SHARPE D. JENKINS N. BOSSANYI E. HASSAN G. «Wind energy Handbook», England, 2001.
6. Riolet E., *L'Énergie solaire et photovoltaïque pour le particulier*, Eyrolles, 2010.
7. Bryans L., Flynn D., Fox B. et al, *Énergie électrique éolienne*, Dunod, 2015.
8. Damien A., *La Biomasse énergie*, Dunod, 2013.
9. Ginocchio R., Viollet P.-L., *L'Énergie hydraulique*, Lavoisier, 2012.
- 10.« La chaîne de valeur du marché des smart grids », www.items.fr. 2012.
11. Smart Grids-cre, Dossier « les compteurs évolués », <http://www.smartgridscre.fr/index.php>.
12. Page d'accueil de ZigBee. sur <http://www.zigbee.org>
13. SmartGrids – CRE, "Smart Grid City : une gestion locale des sources d'approvisionnement et de consommation", 2011, disponible sur : <http://www.smartgrids-cre.fr/index.php?p=smartcities-smart-grid-city>
14. Chambolle.T, Meaux.F, ' Rapport sur les nouvelles technologies de l'énergie ', Paris 2004.
15. Frédéric Scibetta, Yvon Moysan ,Eric Dosquet, Frédéric Dosquet « L'Internet des objets et la data : L'intelligence artificielle comme rupture stratégique », DUNOD, 2018.

Semestre: ..

UE Découverte Code : UED ..

Matière : Machines électriques en régime dynamique

VHS: 22H30 (Cours: 1h30)

Crédits: 1

Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement :

Permettre à l'étudiant d'acquérir des connaissances concernant la modélisation des machines synchrones et asynchrones en régime dynamique

Connaissances préalables recommandées :

Mathématiques, fonctionnement des machines électriques en régime permanent.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Modèle de la machine synchrone en régime dynamique

- Constitution de la machine synchrone et phénomènes intervenant dans son fonctionnement – hypothèses simplificatrices
- Equations aux tensions statoriques et rotoriques dans l'axe réel (machine à pôles saillants)
- Equation des flux - Calcul des inductances – cas de la machine à pôles lisses – Equation mécanique et calcul du couple électromagnétique - problème lié à la résolution du système
- Transformation d'axe – Concordia – Park
- Modèle de la machine dans le repère de Park – expression du couple électromagnétique – avantage du modèle de Park – modèle d'état
- Limites du modèle obtenu

Chapitre 2 : Modèle de la machine asynchrone en régime dynamique

- Constitution de la machine asynchrone et phénomènes intervenant dans son fonctionnement – hypothèses simplificatrices
- Equations aux tensions statoriques et rotoriques dans l'axe réel - (machine à rotor bobiné)
- Equation des flux - Calcul des inductances – cas de la machine rotor à cage – Equation mécanique et expression du couple électromagnétique
- Modèle de la machine dans le repère de Park - Différents types de position du repère – expression du couple électromagnétique – modèle d'état
- Limites du modèle obtenu

Mode d'évaluation :

Examen : 100%.

Références bibliographiques:

1. Modélisation et commande de la machine asynchrone, J.P. Caron et J.P. Hautier, Technip, 1995
2. Control of Electrical Drives, W. Leonard, Springer-Verlag, 1996
3. Vector control of AC machines, Peter Vas, Oxford University Press, 1990
4. Méthodes de commande des machines électriques, R. Husson, Hermès.
5. Power Electronics and AC Drives, Prentice-Hall, B.K. Bose, 1986
6. Modern Power Electronics and AC Drives, B-K. Bose, Prentice-Hall International Edition, 2001.
7. Actionneurs électriques, Guy Grellet et Guy Clerc, Eyrolles, 1997
8. Commande des moteurs asynchrones, Modélisation, Contrôle vectoriel et DTC, Volume 1, C. Canudas De Wit, Edition Hermès Sciences, Lavoisier, Paris 2004.