



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
 République Algérienne Démocratique
 et Populaire
 وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
 Ministère de l'Enseignement Supérieur
 et de la Recherche Scientifique

Université

logo

Mise A Jour Mai 2025

OFFRE DE FORMATION INGENIEUR D'ETAT

Parcours ST

Établissement	Faculté / Institut	Département

Domaine	Filière	Spécialité
<i>Sciences et Technologies</i>	<i>Electrotechnique</i>	<i>Systèmes Electriques Industriels</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
لميدان العلوم و التكنولوجيا
Comité Pédagogique
National du Domaine
Sciences et Technologies



عرض تكوين مهندسدولة

القسم	الكلية/ المعهد	المؤسسة

التخصص	الفرع	الميدان
الأنظمة الكهربية الصناعية	الالكتروتقني	علوم وتكنولوجيا

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

Semestre 5 :

Unité d'enseignement	Intitulés des matières	Code	Crédits	Coefficients	Volume Horaire Hebdomadaire			VHS	Mode d'évaluation	
					Cours	TD	TP		Contrôle continu	Examen final
UE Fondamentale Code : UEF.1 Crédits : 9 Coefficients : 6	Electrotechnique fondamentale	SEI 5.1	3	2	1h30	1h30		45H	40%	60%
	Théorie de champ	SEI 5.2	3	2	1h30	1h30		45H	40%	60%
	Electronique de puissance	SEI 5.3	3	2	1h30	1h30		45H	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF.2 Crédits : 9 Coefficients : 6	Transfert thermique	SEI 5.4	3	2	1h30	1h30		45H	40%	60%
	Asservissements 1	SEI 5.5	3	2	1h30	1h30		45H	40%	60%
	Logique combinatoire et séquentielle	SEI 5.6	3	2	1h30	1h30		45H	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM Crédits : 11 Coefficients :6	Méthodes numériques appliqués-Python	SEI 5.7	3	2	1h30		1h30	45H	40%	60%
	TP Asservissement	SEI 5.8	2	1			1h30	22h30	100%	
	TP Electronique de puissance	SEI 5.9	2	1			1h30	22h30	100%	
	TP Logique combinatoire et séquentielle	SEI 5.10	2	1			1h30	22h30	100%	
	TP Electrotechnique Fondamentale	SEI 5.11	2	1			1h30	22h30	100%	
UE Transversale Code : UET Crédits :1 Coefficients : 1	Anglais technique en relation avec la spécialité	SEI 5.12	1	1		1h30	-	22h30	100%	
Volume Horaire Total			30	19	10h30	10h30	7h30	427h30		

*Intitulé : Systèmes Electriques Industriels**Etablissement:**Année universitaire*

Semestre 6 :

Unité d'enseignement	Intitulés des matières	Code	Crédits	Coefficients	Volume Horaire Hebdomadaire			VHS	Mode d'évaluation	
					Cours	TD	TP		Contrôle continu	Examen final
UE Fondamentale Code : UEF1 Crédits :10 Coefficients : 6	Machines Electriques	SEI 6.1	5	3	1h30	1h30	1h30	67h30	40% (20%TD+20%TP)	60%
	Electronique de puissance.2	SEI 6.2	5	3	1h30	1h30	1h30	67h30	40% (20%TD+20%TP)	60%
UE Fondamentale Code : UEF2 Crédits : 10 Coefficients 6	Réseaux Electriques	SEI 6.3	5	3	1h30	1h30	1h30	67h30	40% (20%TD+20%TP)	60%
	Systèmes asservis 2	SEI 6.4	5	3	1h30	1h30	1h30	67h30	40% (20%TD+20%TP)	60%
UE Méthodologique Code : UEM Crédits : 8 Coefficients : 5	Schémas et appareillages	SEI 6.5	4	2	1h30		1h30	45h00	40%	60%
	Traitement de signal	SEI 6.6	3	2	1h30		1h30	45h00	40%	60%
	Stage en entreprise 1	SEI 6.7	1	1	Volumee horaire hors quota Tutorat : 1h30 TP hebdomadaire				100%	
UE Transversale Code : UET Crédits : 1 Coefficients : 1	Entrepreneuriat et Start-up	SEI 6.8	1	1	1h30			22h30		100%
U.E Découverte Code : UED Crédits : 1 Coefficients 1	Matériaux en électrotechnique et Technique de Haute Tension	SEI 6.9	1	1	1H30			22h30		100%
Volume Horaire Total			30	19	12h00	6h00	9h00	405h00		

Semestre 7 :

Unité d'enseignement	Intitulés des matières	Code	Crédits	Coefficients	Volume Horaire Hebdomadaire			VHS	Mode d'évaluation	
					Cours	TD	TP		Contrôle continu	Examen final
UE Fondamentale Code : UEF.1 Crédits : 8 Coefficients : 4	Automatismes industriels	SEI 7.1	4	2	1H30		1h30	45h	40%	60%
	Modélisation des machines électriques	SEI 7.2	4	2	1H30		1h30	45h	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 2 Crédits : 7 Coefficients 4	Réseaux électriques 2	SEI 7.3	4	2	1H30		1H30	45h00	40%	60%
	Electronique de puissance avancée	SEI 7.4	3	2	1H30		1h30	45h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM Crédits : 13 Coefficients :9	Microcontrôleurs	SEI 7.5	3	2	1H30		1h30	45h00	40%	60%
	Technique de mesure et capteurs	SEI 7.6	3	2	1H30		1h30	45h00	40%	60%
	Actionneurs pneumatiques et hydrauliques	SEI 7.7	3	2	1H30		1h30	45h00	40%	60%
	Programmation avancée en Python	SEI.7.8	2	2	1h30		1h30	45h	40%	60%
	Projet Personnel Professionnel	SEI 7.9	2	1	Volumee horaire horaire hors quota Tutorat : 1h30 TP hebdomadaire				100%	
UE Transversale Code : UET Crédits 1 : Coefficients : 1	Normes en Electrotechnique.	SEI 7.10	1	1	1H30			22h30		100%
Découverte Code : UED Crédits 1 : Coefficients : 1	Production de l'énergie Electrique.	SEI 7.11	1	1	1h30			22h30		100%
Volume Horaire Total			30	19	15h00		12h00	405h00		

Semestre 8 :

Unité d'enseignement	Intitulés des matières	Code	Crédits	Coefficient s	Volume Horaire Hebdomadaire			VHS	Mode d'évaluation	
					Cours	TD	TP		Contrôle continu	Examen final
UE Fondamentale Code : UEF1 Crédits : 13 Coefficients :7	Commandes des machines Electriques	SEI 8.1	4	2	1h30		1h30	45h	40%	60%
	Réseaux électriques industriels	SEI 8.2	5	3	1h30	1H30	1h30	67h30	40%	60%
	Automatisme industrielle 2	SEI 8.3	4	2	1h30		1h30	45h	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 2 Crédits : 9 Coefficients 5	Modélisation et identification des systèmes électriques	SEI 8.4	5	3	1h30	1h30	1h30	67h30	40%	60%
	Qualité énergie et CEM	SEI 8.5	4	2	1h30	1h30		45h	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM Crédits : 4 Coefficients :3	Informatique industrielle	SEI 8.6	3	2	1h30		1h30	45h	40%	60%
	Stage en entreprise 2	SEI 8.7	1	1	Volumee horaire horaire hors quota Tutorat : 1h30 TP hebdomadaire				100%	
UE Transversale Code : UET Crédits 3 : Coefficients : 3	Respect des normes et règles d'éthique et d'intégrité	SEI 8.8	1	1	1h30			22h30		100%
	Eléments de l'IA appliquée	SEI.8.9	2	2	1h30	1h30		45h	40%	60%
UE Découverte Code : UED Crédits 1 : Coefficients : 1	Fiabilité et maintenance industrielle	SEI 8.10	1	1	1h30			22h30		100%
Volume Horaire Total			30	19	13h30	4h30	9h00	405h00		

Semestre 9

Unité d'enseignement	Intitulés des matières	Code	Crédits	Coefficients	Volume Horaire Hebdomadaire			VHS	Mode d'évaluation	
					Cours	TD	TP		Contrôle continu	Examen final
UE Fondamentale Code : UEF1 Crédits : 13 Coefficients 7	Conception des systèmes d'entraînements électriques	SEI 9.1	5	3	1h30	1h30	1h30	67h30	40% (20%TD+20%TP)	60%
	Techniques de l'Intelligence Artificielle Avancées	SEI 9.2	4	2	1h30		1h30	67h30	40%	60%
	Surveillance et diagnostic des systèmes électriques	SEI 9.3	4	2	1h30		1h30	67h30	40%	60%
UE Méthodologie Code : UET1 Crédits : 13 Coefficients 8	Systèmes électriques intelligents	SEI 9.4	3	2	1h30		1h30	45h	40%	60%
	Conception en électronique de puissance	SEI 9.5	5	3	1h30		3h00	67h30	40%	60%
	Conception des installations BT	SEI 9.6	5	3	1h30		3h00	45h	100%	
UE Transversale Code : UET Crédits : 3 Coefficients : 3	Recherche documentaire et Conception de mémoire	SEI 9.7	1	1	1h30			22h30		100%
	Reverse engineering	SEI 9.8	2	2	1h30		1h30 Atelier	45h	40%	60%
UE Découverte Code : UED Crédits : 1 Coefficients 1	Hygiène et sécurité industrielle	SEI 9.10	1	1	1h30			22h30		100%
Volume Horaire Total			30	19	13h30	1h30	13h30	427h30		

Semestre 10:

Le Stage **obligatoirement en relation avec le secteur industriel ou dans une entreprise, est** sanctionné par un mémoire et une soutenance

VHS	Coeff	Crédits
Travail Personnel		
Stage en entreprise		
Séminaires		
Autre (Encadrement)		
Total Semestre 10		

Ce tableau est donné à titre indicatif**Évaluation du Projet de Fin de Cycle d'Ingénieur**

- Valeur scientifique (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

Programmes détaillés des matières du 5^{ème} semestre

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S 5	Electrotechnique fondamentale		2	3	
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
45h00	1h30	1h30			

Pré-requis

Calcul complexe, lois fondamentales d'électricité (Loi d'Ohm, les lois de Kirchhoff...etc.), Analyse des circuits électriques à courant alternatif monophasés la magnétostatique.

Objectifs

Approfondir les connaissances de l'étudiant, dans le calcul des circuits triphasés équilibrés et déséquilibrés et dans le calcul et le dimensionnement des circuits magnétiques. Connaître les transformateurs électriques (Structure, mode de fonctionnement, schémas équivalents et essais).

Contenu de la matière**Chapitre.1 Rappels sur les circuits électriques monophasés (1 semaines)**

- Valeur et représentations d'une grandeur sinusoïdale
Valeur efficace, représentation vectorielle, notation complexe
- Impédances.
- Puissances apparente, active et réactive, facteur de puissance
- Méthodes usuelles d'études des circuits.

Chapitre.2. Circuits électriques triphasés équilibrés (3 Semaines)

- Définitions ; propriétés fondamentales et opérateur rotation.
- Couplage étoile et triangle des trois phases
- Schémas monophasés équivalents
- Puissances ; définitions et expressions ; mesures de la puissance en triphasés
- Etude des circuits triphasés

Chapitre 3 Circuits électriques triphasés déséquilibrés (2 semaines)

- Définition et détermination des composantes symétriques.
- Méthode de mesure des composantes symétriques.
- Relation entre les composantes des deux systèmes de courants et de tensions.
- Conduite des calculs en utilisant les composantes symétriques dans un exemple simple.

Chapitre.4. Circuits magnétiques (2 Semaines)

- Rappels sur les lois de la magnétostatique (Champ, induction, force magnétique, lois de Lenz).
- Matériaux magnétiques et aimants permanents cycle d'hystérésis
- Calcul de circuits magnétiques en régime linéaire et saturé
- Bobines à noyau de fer en alternatif.

Chapitre.5 Transformateurs Electriques monophasés (4 Semaines)

- Constitution
- Fonctionnements à vide et en charge. Rapports de des tensions et des courants.
- Schémas équivalents. Détermination des éléments du schéma équivalent.
- Caractéristiques. Chute de tension secondaire et rendement.
- Généralités sur les transformateurs spéciaux. Autotransformateurs et transformateurs de courants.

Chapitre. 6 Transformateurs triphasés(3 Semaines)

- Constitution. Circuit magnétique, couplage des enroulements
- Fonctionnement en régime équilibré. Schéma monophasé équivalent. Caractéristiques.
- Fonctionnement en régime déséquilibré
- Fonctionnement en parallèle de deux transformateurs. Courant de circulation.

Mode d'évaluation: Contrôle continu 40%, Examen 60%

Références bibliographiques

- [1]. G. Séguier, F. Notelet, *Electrotechnique industrielle*, Technique et documentation, Paris, 3ème édition, 2006.
- [2]. M. Kostenko; L. Piotrovski *Machines Electriques* (Tome 1 et 2), Edition Mir Moscou
- [3]. Max Marty, Daniel Dixneuf, Delphine Garcia Gilabert ; *Principe de l'électrotechnique* : Edition Dunod Sciences Sup
- [4]. H. Lumbroso, *Problèmes résolus sur les circuits électriques*, Dunod.
- [5]. J.P Perez, R. Carles et R. Fleekinger, *Electromagnétisme Fondements et Applications*, 3e Edition, 1997.
- [6]. A Fouillé, *Electrotechnique à l'Usage des Ingénieurs*, Dunod, 1963
- [7]. MARCEL Jufer, *Electromécanique*, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes-Lausanne, 2004.
- [8]. Edminster, *Théorie et applications des circuits électriques*, Mc. Graw Hill.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S 5	Théorie de champs		2	3	
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
45h00	1h30	1h30			

Pré-requis

Notions sur: -les sources des champs électrique et magnétique.
 - le champ et le potentiel électriques produits par une distribution de charge.
 - le champ magnétique produit par un courant électrique.

Objectifs

Cette matière permet à l'étudiant d'acquérir des notions avancées en électromagnétisme.

Contenu de la matière**Chapitre.1 Rappels mathématiques (1 Semaine)**

- Analyse vectorielle et systèmes de coordonnées.

Chapitre.2. Electrostatique (3 semaines)

- Champs électrostatique dans le vide et dans les milieux diélectriques.

Chapitre.3. Magnétostatique (3semaines)

- Champ et induction magnétique, aimantation des milieux matériels et efforts électrodynamiques.

Chapitre. 4. Phénomène d'induction électromagnétique. (3 semaines)

- Hypothèse du quasi-stationnaire; phénomène d'induction électromagnétique. Courants induits. Loi de Lenz.

Chapitre.5 .Champs électromagnétiques en régimes variables (4 Semaines)

- Equations de Maxwell (Formulation locale et intégrale); vecteur de Poyting et énergie.
- Ondes Electromagnétiques dans le vide et dans les milieux matériels.

Mode d'évaluation : (type d'évaluation et pondération) CC :

Control continu : 40%, Examen 60%

Références bibliographiques

- [1]. Joseph A. Edminister, Electromagnétisme, cours et problèmes - Série Schaum.
- [2]. Emile Durand : Electrostatique Tome 1 : les distributions; Tome2 : Problèmes généraux conducteurs.
- [3]. Emile Durand : Magnétostatique
- [4]. Paul Lorrain, Dale Corson, and François Lorrain, "Les Phénomènes électromagnétiques : Cours, exercices et problèmes résolus", 2002.
- [5]. Garing, "Ondes électromagnétiques dans le vide et les milieux conducteurs: Exercices et problèmes corrigés", 1998.
- [6]. Michel Hulin, "Nicole Hulin, and Denise Perrin, Equations de Maxwell: ondes électromagnétiques. Cours, exercices et problèmes résolus", 1998.

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
S5	Electronique de Puissance	2	3	
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
45h	01h30min	01h30min		

Pré requis

Electricité générale, Electrotechnique fondamentale, les composants semi-conducteurs de puissance.

Objectifs

Connaître les principes de base de l'électronique de puissance. Connaître le principe de fonctionnement et l'utilisation des composants semi-conducteurs de puissance. Maîtriser le fonctionnement des principaux convertisseurs statiques. Acquérir les connaissances de base pour un choix technique suivant le domaine d'applications d'un convertisseur statique de puissance.

Contenu de la matière**Chapitre 1. Introduction à l'électronique de puissance****3****semaines**

Introduction à l'électronique de puissance, son rôle dans les systèmes de conversion d'énergie électrique. Classification des convertisseurs statiques (selon le mode de commutation, selon le mode de conversion). Grandeurs périodiques non sinusoïdales (valeurs efficaces, moyennes, facteur de forme, taux d'ondulation. THD ;...). Etude des caractéristiques statiques et dynamiques des différents composants semi-conducteurs de puissance. Définition des différents modes de commutation.

Chapitre 2. Conversion AC - DC 3 semaines

Redressement monophasé commandés et non commandés, type de charge R, RL, RLE., Redresseurs-triphasé commandés et non commandés, types de charge R, RL, RLE. Analyse du phénomène de commutation (d'empiètement) dans les convertisseurs statiques de redressement non commandés et commandés.

Chapitre 3. Conversion AC - AC 3 semaines

Gradateur monophasé et triphasé avec une charge R et RL. Principe du Cyclo convertisseur monophasé.

Chapitre 4. Conversion DC - DC 3 semaines

Hacheur dévolteur et survolteur, avec charge R, RL et RLE.

Hacheur réversible deux quadrants. Hacheur réversible quatre quadrants.

Chapitre 5. Conversion DC - AC 3 semaines

Onduleur monophasé, montage en demi-point et en pont complet avec charge R et RL.

Commande pleine onde et décalée. Onduleur triphasé en commande pleine onde et décalée.

Modalités d'évaluation : Contrôle continu : 40 % ; Examen final : 60 %.

Références bibliographiques

1. L. Lasne, « Electronique de puissance : Cours, études de cas et exercices corrigés », Dunod, 2011.
2. P. Agati et al. « Aide-mémoire : Électricité-Électronique de commande et de puissance-Électro-technique », Dunod, 2006.
3. J. Laroche, « Électronique de puissance – Convertisseurs : Cours et exercices corrigés », Dunod, 2005.
4. G. Séguier et al. « Électronique de puissance : Cours et exercices corrigés », 8^e édition ; Dunod, 2004.
5. D. Jacob, « Electronique de puissance - Principe de fonctionnement, dimensionnement », Ellipses Marketing, 2008.
6. G. Séguier, « L'électronique de puissance, les fonctions de base et leurs principales applications », Tech et Doc.
7. H. Buhler, « Electronique de puissance », Dunod
8. C.W. Lander, « Electronique de puissance », McGraw-Hill, 1981
9. H. Buhler, « Electronique de Réglage et de commande ; Traité d'électricité ».
10. F. Mazda, "Power Electronics Handbook: Components, Circuits and Application", 3rd Edition, Newness, 1997.
11. R. Chauprade, « Commandes des moteurs à courant alternatif (Electronique de puissance) », 1987.
12. R. Chauprade, « Commandes des moteurs à courant continu (Electronique de puissance) », 1984.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S5	Transfert thermique		2	3	
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
45h00	1h30	1h30			

Pré requis :

- Connaissances de base en physique et en thermodynamique.
- Compréhension des équations différentielles et de l'algèbre linéaire.
- Familiarité avec les concepts de chaleur, de température et de propriétés thermiques des matériaux.

Objectifs de l'enseignement

- Comprendre les principes fondamentaux du transfert de chaleur par conduction, convection et rayonnement.
- Être capable d'appliquer les lois et les équations qui régissent le transfert thermique pour résoudre des problèmes concrets.
- Étudier les mécanismes de transfert thermique dans différents matériaux et systèmes.
- Analyser et concevoir des systèmes de chauffage, de refroidissement et d'isolation thermique.
- Comprendre les applications pratiques du transfert thermique dans divers domaines tels que l'ingénierie, la météorologie, la physique des matériaux, etc.

Contenu de la matière :**Chapitre I: Transfert de chaleur : Généralités (2 semaines)**

I.1. L'importance de l'étude de Transfert de chaleur. I.2. La thermodynamique et le Transfert de chaleur. I.3. Concepts fondamentaux (Flux de chaleur, Densité de flux, Champs de température, Gradient de température, Surface isotherme). I.4. Les différents modes de Transfert de chaleur

I.5. Formulation d'un problème de transfert de chaleur

Chapitre 2: Transfert de chaleur par conduction en régime permanent (3 semaines)

II.1. Introduction à la conduction thermique, II.2. La Loi de Fourier, II.3. La conductivité thermique II.4. Equation de la chaleur II.5. Conditions aux limites spatio-temporelles. II.6. Transfert de chaleur unidirectionnel. II.7. Transfert de chaleur multidirectionnel

Chapitre 3: Transfert de chaleur par conduction en régime variable et sans changement d'état (2 semaines)

III.1. Transfert de chaleur unidirectionnel en régime variable. (Milieu à température uniforme, Milieu semi-infini, Milieu épais de dimensions finies (ou Milieu limité)).

III.2. Conduction multidirectionnelle en régime variable

Chapitre 4 : Transfert de chaleur par convection (3 semaines)

IV.1. Introduction. IV.2. Modélisation du transfert de chaleur par convection

IV.3. Couches limites en transfert par convection.

IV.4. Écoulement laminaire et turbulent.

IV.5. Équations de conservations : Équation de conservation de la masse, de la quantité de mouvement et d'énergie. IV.6. Équations de la couche limite. IV.7. Analyse dimensionnelle.

IV.8. Convection forcée. IV.9. Convection libre (ou naturelle).

Chapitre 5 : Échangeurs de chaleur (2 semaines)

V.1. Introduction : Description, Hypothèses et conventions. V.2. Caractéristiques géométriques des échangeurs.

V.3. Principaux types d'échangeurs thermiques. V.4. Expression du flux échangé dans un échangeur tubulaire simple. V.5. Efficacité d'un échangeur. V.6. Nombre d'unités de transfert. V.7. Calcul d'un échangeur

Chapitre 6 : Transfert de chaleur par rayonnement (2 semaines)

6.1. Généralités. Définitions (Nature du rayonnement, Définitions)

6.2. Lois du rayonnement (Loi de Lambert, Lois physiques)

Mode d'évaluation : Contrôle continu : 40% TD ; Examen final : 60 %.

Références bibliographiques :

1. Transfert de chaleur, André Giovannini, Benoît Bédard, Cépaduès, 2012
2. Transferts thermiques, Ana-Maria Bianchi, Yves Fautrelle, Jacqueline Etay, PPUR presses polytechniques, 2004
3. Transfert Thermique par Alexis Clerc (2019)
4. Thermique Appliquée par Roger Ghisolfi (2016)
- V. Mécanique des Fluides et Transferts Thermiques par Yves Le Coq et Jean-Louis Legrand (2014)
6. Transferts Thermiques par Bernard Pau (2012)
7. Thermodynamique et Transferts Thermiques par Michel Rieu et Jean-Pierre Talbot (2008)
8. Techniques de l'Ingénieur: <https://www.techniques-ingenieur.fr/>
9. Refroidissement et Transferts Thermiques: <https://www.lendingm.com/the-refrigerator-transfers-heat-from-the-cold-cooling-coils-to-warm/>

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
S5	Asservissements 1 [Systèmes asservis linéaires et continus]	2	3	
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
45h	1h30min	01h30min		

Pré-requis :

Mathématiques de base (Algèbre, Calcul intégral et différentiel, Analyse, complexes, ...).
Notions fondamentales de traitement du signal, d'électronique de base (circuits linéaires).

Objectifs :

- Passer en revue les propriétés des structures de commande des systèmes linéaires continus,
- Aborder les modèles des systèmes dynamiques de base.
- Explorer les outils d'analyse temporelle et fréquentielle des systèmes de bases.

Contenu de l'enseignement :**Chapitre 1 : Introduction aux systèmes asservis (2 semaines)**

- Historique des systèmes de régulation automatique,
- Terminologie et définition, Concept de systèmes,
- Comportement dynamique, Comportement statique, Systèmes statiques, Systèmes dynamiques,
- Systèmes linéaires, Exemples introductifs, Systèmes en boucle ouverte, Systèmes en boucle fermée,
- Principaux éléments d'une chaîne d'asservissement, Raisonnement d'un asservissement,
- Performances des systèmes asservis.

Chapitre 2 : Modélisation des systèmes : (2 semaines)

- Représentation des systèmes par leurs équations différentielles,
- Transformée de Laplace, de l'équation différentielle à la fonction de transfert,
- Blocs fonctionnels et sous-systèmes, Règles de simplification,
- Représentation des systèmes dynamiques par les graphes de fluence, Règle de Masson,
- Calcul des fonctions de transfert des systèmes bouclés.

Chapitre 3 : Réponses temporelles des systèmes linéaires : (2 semaines)

- Définition de la réponse d'un système, Régime transitoire, Régime permanent, Notions de stabilité,
- Rapidité et précision statique, Réponse impulsionnelle (1er et 2eme ordre),
- Caractéristiques temporelles,
- Réponse indicielle (1^{er} et 2^{eme} ordre) des systèmes du premier et du second ordre à partir de la réponse temporelle,
- Systèmes d'ordre supérieur, Influence des pôles et des zéros sur la réponse d'un système

Chapitre 4 : Réponses fréquentielles des systèmes linéaires (3 semaines)

- Définition, Diagramme de Bode et de Nyquist

Intitulé : Systèmes Electriques Industriels

Etablissement:

Année universitaire

- Caractéristiques fréquentielles des systèmes dynamiques de base (1^{er} et 2^{ème} ordre), Marges de phase et de gain.

Chapitre 5 : Stabilité et précision des systèmes asservis (3 semaines)

- Définition, Conditions de stabilité,
- Critère algébrique de Routh-Herwitz, Critères du revers dans les plans de Nyquist et Bode, Marges de stabilité,
- Précision des systèmes asservis, Précision statique, Calcul de l'écart statique,
- Précision dynamique, Caractérisation du régime transitoire

Chapitre 6 : Représentation d'état des systèmes asservis (3 semaines)

État d'un système et variables d'état, Résolution des équations d'état, Commandabilité d'un système, Observabilité de l'état d'un système, Relation entre la représentation d'état et la fonction de transfert d'un système, représentation d'état des systèmes, Correction des systèmes asservis dans l'espace d'état. synthèse des observateurs d'état.

Modalités d'évaluation :

Interrogations, Devoirs surveillés, Examen final

Contrôle continu : 40 % ; Examen final : 60 %.

Références bibliographiques :

1. Norman, S Nise, Control Systems Engineering ; John Wiley & Sons; 8th EMEA edition (May 17, 2019)
2. Katsuhiko Ogata, Modern Control Engineering: Fifth Edition Kindle Edition ; 2020
3. E. K. Boukas, Systèmes asservis, Editions de l'école polytechnique de Montréal, 1995.
4. P. Clerc. Automatique continue, échantillonnée : IUT Génie Electrique-Informatique Industrielle, BTS Electronique- Mécanique-Informatique, Editions Masson (198p), 1997.
5. Ph. de Larminat, Automatique, Editions Hermes 2000.
6. P. Codron et S. Leballois, Automatique : systèmes linéaires continus, Editons Dunod 1998.
7. Y. Granjon, Automatique : Systèmes linéaires, non linéaires, a temps continu, a temps discret, représentation d'etat, Editions Dunod 2001.
8. M. Rivoire et J.-L. Ferrier, Cours d'Automatique, tome 2 : asservissement, régulation, commande analogique, Editions Eyrolles 1996.
9. Y. Thomas, Signaux et systèmes linéaires : exercices corrigées, Editions Masson 1993.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S 5	Logique combinatoire et séquentielle		2	3	
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
45h00	1h30	1h30			

Pré-requis :

- Bases d'algèbre booléenne: Opérations logiques (ET, OU, NON), identités booléennes, lois de De Morgan, simplification d'expressions booléennes.
- Systèmes de numération: Bases binaires, conversion entre bases, représentation des nombres entiers et négatifs.
- Fonctions mathématiques: Définition, propriétés, représentation graphique.

Objectifs:

Connaître les circuits combinatoires usuels. Savoir représenter quelques applications des circuits combinatoires en utilisant les outils standards que sont les tables de vérité, les tables de Karnaugh. Introduire les circuits séquentiels à travers les circuits bascules et les compteurs.

Contenu de la matière :**Chapitre I : Systèmes de numération et Codage de l'information (2 semaines)**

Représentation d'un nombre par les codes (binaire, hexadécimal, DCB, binaire signé et non signé,...) changement de base ou conversion, codes non pondérés (code de Gray, codes détecteurs et correcteurs d'erreurs, code ascii,...), opérations arithmétiques dans le code binaire.

Chapitre II : Algèbre de Boole et Simplification des fonctions logiques (2 semaines)

Variables et fonctions logiques (OR, AND, NOR, NAND, XOR). Lois de l'algèbre de Boole. Théorème de De Morgan. Fonctions logiques complètes et incomplètes. Représentation des fonctions logiques : tables de vérité, tables de Karnaugh. Simplification des fonctions logiques : Méthode algébrique, méthode de Karnaugh.

Chapitre III : Technologie des circuits logiques intégrés (3 semaines)

Signaux logiques (conventions, imperfections, seuils de définition), intégration et technologies, étude d'une porte logique (généralités, sortie to tempole, sortie à collecteur ouvert, sortie trois états), caractéristiques des circuits logiques intégrés CMOS et TTL.

Chapitre IV : Circuits combinatoires (3 semaines)

Ce chapitre passe en revue les principaux circuits combinatoires avec pour chacun d'eux, une description générale, la liste des circuits intégrés existants, les modalités de mise en

cascade, les applications et leur utilisation éventuelle pour la réalisation d'une fonction combinatoire quelconque. On étudie en particulier les décodeurs, les encodeurs de priorité, les multiplexeurs, les démultiplexeurs, les générateurs et vérificateurs de parité, les comparateurs, les circuits arithmétiques.

Chapitre V : Les bascules (2 semaines)

Introduction aux circuits séquentiels. La bascule RS, La bascule RST, La bascule D, La bascule Maître-esclave, La bascule T, La bascule JK. Exemples d'applications avec les bascules : Diviseur de fréquence par n, Générateur d'un train d'impulsions, ...

Il est conseillé de présenter pour chaque bascule la table de vérité, des exemples de chronogrammes ainsi que les limites et imperfections.

Chapitre VI : Les compteurs (2 semaines)

Définition, Classification des compteurs (synchrone, réguliers, irréguliers, asynchrone, cycles complets et incomplets). Réalisation de compteurs binaires synchrones complets et incomplets, Tables d'excitation des bascules JK, D et RS, Réalisation de compteurs binaires asynchrones modulo(n) : complets, incomplets, régulier set irréguliers. Compteurs programmables (démarrage à partir d'un état quelconque).

Modalités d'évaluation : Examen: 100%

Références bibliographiques

1. Letocha ; Introduction aux circuits logiques ; Edition Mc-Graw Hill.
2. J.C. Lafont ; Cours et problèmes d'électronique numérique, 124 exercices avec solutions; Edition Ellipses.
3. R. Delsol ; Electronique numérique, Tomes 1 et 2 ; Edition Berti
4. P. Cabanis ; Electronique digitale ; Edition Dunod.
5. M. Gindre ; Logique combinatoire ; Edition Edi science.
6. H. Curry, Combinatory Logic II. North-Holland, 1972
7. J-P. Ginisti, La logique combinatoire, Paris, PUF (coll. « Que sais-je? » n°3205), 1997.
8. J-L. Krivine, Lambda-calcul, types et modèles, Masson, 1990, chap. Logique combinatoire, traduction anglaise accessible sur le site de l'auteur.
9. R. Katz Contemporary Logic Design, 2nd ed. Prentice Hall, 2005.
10. M. Gindre, Electronique numérique : logique combinatoire et technologie : cours et exercices, Mc Graw Hill, 1987
11. C. Brie, Logique combinatoire et séquentielle, Ellipses, 2002.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S5	Méthodes numériques appliquées - Python		2	3	
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
45H	1h30		1h30		

Pré-requis :

Les matières dispensées en TC-ST : Analyse numérique 1 et 2 ; Informatique 1,2,3,4

Objectifs :

Ce cours est une consolidation des connaissances acquises dans les semestres 1, 2, 3 et 4 en analyse numérique et en informatique. Après des rappels sur la programmation en langage Python et des méthodes numériques nécessaires pour la résolution de certains problèmes liés à l'électrotechnique, les étudiants auront à développer sous forme de travaux pratiques des programmes en Python pour leurs résolutions.

Le présent programme a principalement pour objectifs :

- Consolider les connaissances déjà acquises durant les semestres antérieurs en analyse numérique et en informatique par le développement de programmes en Python pour la résolution des problèmes en analyse numérique.
- Résolution des équations aux dérivées partielles
- Programmation et test de quelques méthodes d'optimisation

Contenu de la matière :**Chapitre 1. Rappels sur la programmation sous Python (une semaine)**

- I.1 Introduction à Python
- I.2 Types de données et expressions
- I.3 Instructions conditionnelles
- I.3 Instructions répétitives (boucles)
- I.4 Les fonctions et procédures- Variables Locales- Variables globales
- I.5 Les fichiers (lectures et écritures)
- I.6 Graphisme
- I.7 Bibliothèques NumPySciPymathplotlib

Chapitre 2. Méthodes de résolution des systèmes d'équations (3 semaines)

- II.1 Méthodes de résolution des équations non linéaires
- II.2 Méthodes de résolution des systèmes d'équations linéaires
- II.3 Les Méthodes de résolution des systèmes d'équations non linéaires (méthodes Jordan,Gauss Seidel Newton et méthode d'optimisation)

Chapitre 3. Méthodes de résolution des systèmes d'équations différentielles (3 semaines)

- II.4 Méthodes de résolution des équations différentielles ordinaires du 1^{er} ordre, application pour la résolution des systèmes d'équations différentielles ordinaires d'ordre supérieur à 1.

Intitulé : Systèmes Electriques Industriels

Etablissement:

Année universitaire

Chapitre 4. Résolution des équations aux dérivées partielles (4 semaines)

Différences finis, éléments finis

Chapitre 5. Méthodes d'optimisation : déterministes et stochastiques (4 semaines)

Travaux Pratiques

- TP1 Résolution des équations non-linéaires
- TP2 Résolution des systèmes linéaires : Méthodes directes ; Méthodes itératives
- TP3 Résolution des équations et systèmes d'équations différentielles ordinaires
- TP4 Résolution des équations aux dérivées partielles
- TP5 Méthodes d'optimisation
- Projet pour la résolution d'un problème lié à l'électrotechnique basé sur la programmation en Python.

Ces projets sont attribués aux étudiants au début de semestre pour qu'ils les préparent pour les présenter avant la fin du semestre

Modalités d'évaluation : Contrôle continu 40%, Examen 60%

Références bibliographiques :

- [1] Michaël Baudin, Méthodes numériques avec Python Théorie, algorithmes, implémentation et applications avec Python 3 édition Dunod 2023
- [2] Q. Kong, T. Siau, A Bayen, Python programming and numerical methods.
<https://pythonnumericalmethods.studentorg.berkeley.edu/notebooks/Index.html>
- [3] J. Kiusalaas, Numerical Methods in Engineering with Python 3, Cambridge university Press 2013
- [4] André Fortin, analyse numérique pour ingénieurs, Presses internationales Polytechnique (2011).
 Site de téléchargement : <https://www.python.org/downloads/>
 Site documentation officielle de Python : docs.python.org
- [5] G. Allaire, Analyse Numérique et Optimisation, Edition de l'école polytechnique, 2012
- [6] Computational methods in Optimization, Polak , Academic Press, 1971.
- [7] Optimization Theory with applications, Pierre D.A., Wiley Publications, 1969.
- [8] Taha, H. A., Operations Research: An Introduction, Seventh Edition, Pearson Education Edition, Asia, New Delhi , 2002.
- [9] S.S. Rao, "Optimization – Theory and Applications", Wiley-Eastern Limited, 1984.

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
S5	TP Asservissements 1 [TP Systèmes asservis linéaires et continus]	1	2	
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
22h30min			1h30min	

Pré requis

Mathématiques de base (Algèbre, Calcul intégral et différentiel, Analyse, complexes, ...).
Notions fondamentales de traitement du signal, d'électronique de base (circuits linéaires).

Objectifs :

- Passer en revue les propriétés des structures de commande des systèmes linéaires continus,
- Aborder les modèles des systèmes dynamiques de base.
- Explorer les outils d'analyse temporelle et fréquentielle des systèmes de bases.

Travaux Pratiques**TP 1 : Etude des comportements des systèmes 1^{er} ; 2^{ème} et 3^{ème} ordre**

Simulation analogique et informatique, Mesurer les paramètres qui caractérisent les différentes réponses : temps de montée ; temps de réponse ; 1er dépassement maximum, temps de pic et précision, Observer la réponse d'un système instable

TP 2 : Réponses fréquentielles et identification des systèmes

Détermination des caractéristiques fréquentielles d'un asservissement, dans le but d'identifier la fonction de transfert d'un système. Application sur un moteur.

TP 3 : Asservissement de position d'un moteur à CC, différence entre position et vitesse.

L'influence du gain sur la stabilité et sur l'erreur statique du système. L'influence de la contre-réaction de vitesse sur le comportement du système.

TP 4 : Asservissement de la vitesse d'un moteur à courant continu Le fonctionnement des éléments et du système asservi en boucle ouverte et fermée, L'influence du gain sur la stabilité du système, L'influence du gain et de la charge sur l'erreur statique du système, L'influence de la contre-réaction de courant sur le comportement dynamique du système.

Modalités d'évaluation : Contrôle continu : 100 %.

Références bibliographiques

1. Norman, S Nise, Control Systems Engineering ; John Wiley & Sons; 8th EMEA edition (May 17, 2019)
2. Katsuhiko Ogata, Modern Control Engineering: Fifth Edition Kindle Edition ; 2020
3. E. K. Boukas, Systèmes asservis, Editions de l'école polytechnique de Montreal, 1995.
4. P. Clerc. Automatique continue, échantillonnée : IUT Génie Electrique-Informatique Industrielle, BTS Electronique- Mécanique-Informatique, Editions Masson (198p), 1997.
5. Ph. de Larminat, Automatique, Editions Hermès 2000.
6. P. Codron et S. Leballois, Automatique : systèmes linéaires continus, Editons Dunod 1998.
7. Y. Granjon, Automatique : Systèmes linéaires, non linéaires, a temps continu, a temps discret, représentation d'état, Editions Dunod 2001.
8. M. Rivoire et J.-L. Ferrier, Cours d'Automatique, tome 2 : asservissement, régulation, commande analogique, Editions Eyrolles 1996.
9. Y. Thomas, Signaux et systèmes linéaires : exercices corrigées, Editions Masson 1993.

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
S5	TP Electronique de Puissance	1	2	
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
22h30min			1h30min	

Pré requis :

Electricité générale, Electrotechnique fondamentale, les composants semi-conducteurs de puissance.

Objectifs :

Connaître les principes de base de l'électronique de puissance. Connaître le principe de fonctionnement et l'utilisation des composants semi-conducteurs de puissance. Maîtriser le fonctionnement des principaux convertisseurs statiques. Acquérir les connaissances de base pour un choix technique suivant le domaine d'applications d'un convertisseur statique de puissance.

Contenu des travaux pratiques

TP 01 : Redresseur non commandé monophasé et triphasé (charge R, L).

TP 02 : Redresseur commandé monophasé et triphasé (charge R, L).

TP 03 : Hacheur série et parallèle.

TP 04 : Gradateur monophasé (Charge R, L).

TP 05 : Gradateur Triphasé.

TP 07 : Onduleur monophasé.

TP 08 : Onduleur Triphasé.

Modalités d'évaluation : Contrôle continu : 100 %.

Références bibliographiques

1. L. Lasne, « Electronique de puissance : Cours, études de cas et exercices corrigés », Dunod, 2011.
2. P. Agati et al. « Aide-mémoire : Électricité-Électronique de commande et de puissance-Électro-technique », Dunod, 2006.
3. J. Laroche, « Électronique de puissance – Convertisseurs : Cours et exercices corrigés », Dunod, 2005.
4. G. Séguier et al. « Électronique de puissance : Cours et exercices corrigés », 8^e édition ; Dunod, 2004.
5. D. Jacob, « Electronique de puissance - Principe de fonctionnement, dimensionnement », Ellipses Marketing, 2008.
6. G. Séguier, « L'électronique de puissance, les fonctions de base et leurs principales applications », Tech et Doc.
7. H. Buhler, « Electronique de puissance », Dunod
8. C.W. Lander, « Electronique de puissance », McGraw-Hill, 1981
9. H. Buhler, « Electronique de Réglage et de commande ; Traité d'électricité ».
10. F. Mazda, "Power Electronics Handbook: Components, Circuits and Application", 3rd Edition, Newness, 1997.
11. R. Chauprade, « Commandes des moteurs à courant alternatif (Electronique de puissance) », 1987.
12. R. Chauprade, « Commandes des moteurs à courant continu (Electronique de puissance) », 1984.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S 5	TP Logique combinatoire et séquentielle		1	2	
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
22h30			1h30		

Pré-requis :

- Bases d'algèbre booléenne: Opérations logiques (ET, OU, NON), identités booléennes, lois de De Morgan, simplification d'expressions booléennes.
- Systèmes de numération: Bases binaires, conversion entre bases, représentation des nombres entiers et négatifs.
- Fonctions mathématiques: Définition, propriétés, représentation graphique.

Objectifs:

Connaître les circuits combinatoires usuels. Savoir représenter quelques applications des circuits combinatoires en utilisant les outils standards que sont les tables de vérité, les tables de Karnaugh. Introduire les circuits séquentiels à travers les circuits bascules et les compteurs.

Travaux pratiques

TP N°1 : Technologie des circuits intégrés TTL et CMOS.

Appréhender et tester les différentes portes logiques

TP N°2 : Etude et réalisation de fonctions logiques combinatoires usuelles

Exemple : les circuits d'aiguillage (MUX et/ou DMUX), les circuits de codage et de décodage,

TP N°3 : Etude et réalisation d'un circuit combinatoire arithmétique

Réalisation d'un circuit additionneur et /ou soustracteur de 2 nombres binaires à 4 bits.

TP N°4 : Etude et réalisation d'un circuit combinatoire logique

Réalisation d'une fonction logique à l'aide de portes logiques. Exemple un afficheur à 7 segments et/ou un générateur du complément à 2 d'un nombre à 4 bits et/ou générateur du code de Gray à 4 bits

TP N°5 : Etude et réalisation de circuits compteurs

Circuits compteurs asynchrones incomplets à l'aide de bascules, Circuits compteurs synchrones à cycle irrégulier à l'aide de bascules

Modalités d'évaluation : Contrôle continu : 100%

Références bibliographiques:

1. Letocha ; Introduction aux circuits logiques ; Edition Mc-Graw Hill.
2. J.C. Lafont ; Cours et problèmes d'électronique numérique, 124 exercices avec solutions; Edition Ellipses.
3. R. Delsol ; Electronique numérique, Tomes 1 et 2 ; Edition Berti
4. P. Cabanis ; Electronique digitale ; Edition Dunod.
5. M. Gindre ; Logique combinatoire ; Edition Ediscience.
6. H. Curry, Combinatory Logic II. North-Holland, 1972
7. J-P. Ginisti, La logique combinatoire, Paris, PUF (coll. « Que sais-je? » n°3205), 1997.
8. J-L. Krivine, Lambda-calcul, types et modèles, Masson, 1990, chap. Logique combinatoire, traduction anglaise accessible sur le site de l'auteur.
9. R. Katz Contemporary Logic Design, 2nd ed. Prentice Hall, 2005.
10. M. Gindre, Electronique numérique : logique combinatoire et technologie : cours et exercices, Mc Graw Hill, 1987
11. C. Brie, Logique combinatoire et séquentielle, Ellipses, 2002.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S 5	TP Electrotechnique fondamentale		1	2	
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
22h30			1h30		

Pré-requis

Calcul complexe, lois fondamentales d'électricité (Loi d'Ohm, les lois de Kirchhoff...etc.), Analyse des circuits électriques à courant alternatif monophasés la magnétostatique.

Objectifs

Approfondir les connaissances de l'étudiant, dans le calcul des circuits triphasés équilibrés et déséquilibrés et dans le calcul et le dimensionnement des circuits magnétiques. Connaître les transformateurs électriques (Structure, mode de fonctionnement, schémas équivalents et essais).

Contenu de la matière**TP.1 Circuits électriques monophasés**

Mesure de puissances et amélioration de facteur de puissance

TP. 2 Bobine à noyau de fer

Détermination des cycles d'hystérésis

TP.3 Circuits électriques monophasés et triphasés

Couplage étoile triangle ; mesures des courants et puissances pour charges triphasés.

TP. 4 Transformateur monophasé

Essais à vide, en court-circuit et en charge (résistive et inductive)

TP.5 Transformateur Triphasé.

Indice horaire, essais à vide, en court-circuit et en charge, couplage de deux transformateurs

Mode d'évaluation: Contrôle continu : 100%

Références bibliographiques

- [1] G. Séguier, F. Notelet, *Electrotechnique industrielle*, Technique et documentation, Paris, 3ème édition, 2006.
- [2] M. Kostenko; L. Piotrovski *Machines Electriques (Tome 1 et 2)*, Edition Mir Moscou.
- [3] Max Marty, Daniel Dixneuf, Delphine Garcia Gilabert ; *Principe de l'électrotechnique*: Edition Dunod Sciences Sup.
- [4] H. Lumbroso, *Problèmes résolus sur les circuits électriques*, Dunod.
- [5] J.P Perez, R. Carles et R. Fleekinger, *Electromagnétisme Fondements et Applications*, 3e Edition, 1997.
- [6] A Fouillé, *Electrotechnique à l'Usage des Ingénieurs*, Dunod, 1963.
- [7] MARCEL Jufer, *Electromécanique*, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes- Lausanne, 2004.
- [8] Edminster, *Théorie et applications des circuits électriques*, Mc. Graw Hill.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S5	Anglais technique en relation avec la spécialité		1	1	
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
22h30	1h30				

Recommended prior knowledge:

- Basic English vocabulary and grammar
- Fundamental knowledge of electrical systems

Course Objectives:

The objective of this course is to strengthen fundamental knowledge of the English language and to introduce and familiarize the student with technical vocabulary, particularly in the field of electrical engineering. At the end of this course, the student will have acquired the necessary knowledge that allows him to write and present a technical or scientific report in English.

Course content:**Chapter 1: Reminder on grammar: common tenses in academic writing (4 weeks)**

- Present simple and present continuous.
- Past simple and past continuous.
- Present perfect and present perfect continuous.
- Past perfect and past perfect continuous.

Chapter 2: Remainder on English for mathematics (3 weeks)

- Equations writing and spelling

Chapter 3: Terminology of electrical engineering (3 weeks)

- Conductors/insulators/semiconductors.
- Circuits elements; Power electronics elements.
- Electric Machines elements ; Control systems Elements.

Chapter 4: Technical writing and presentation (4 weeks)

- Electric system description; Technical report writing and presentation.

Evaluation method: Final Exam: 100%.

References

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. P.T. Danison, Guide pratique pour rédiger en anglais : usages et règles, conseils pratiques, Editions d'Organisation 2007.
5. A. Chamberlain, R. Steele, Guide pratique de la communication : anglais, Didier 1992.
6. R. Ernst, Dictionnaire des techniques et sciences appliquées : français-anglais, Dunod 2002.
7. J. Comfort, S. Hick, and A. Savage, Basic Technical English, Oxford University Press, 1980.
8. E. H. Glendinning and N. Glendinning, Oxford English for Electrical and Mechanical Engineering, Oxford University Press 1995.

9. T. N. Huckin, and A. L. Olsen, Technical writing and professional communication for nonnative speakers of English, McGraw-Hill 1991.
10. J. Orasanu, Reading Comprehension from Research to Practice, Erlbaum Associates 1986.

Programmes détaillés des matières du 6^{ème} semestre

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S 6	Machines Electriques		3	5	
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
67h30	1h30	1h30	1h30		

Pré-requis

Lois fondamentales d'électrotechnique, Lois fondamentales d'électromagnétiques, lois de la cinématique et mécanique Analyse des circuits électriques à courant alternatif et circuits magnétiques.

Objectifs

Au terme de ce cours, l'étudiant aura des connaissances approfondies sur les structures, les principes de fonctionnement et les caractéristiques des machines tournantes à courants continu et alternatif. Il sera aussi capable d'établir les équations, les diagrammes et les schémas électriques équivalents en régimes permanents.

Contenu de la matière

Chapitre 1Principes généraux (2 semaines)

- Principe de la conversion d'énergie électromécanique
- Champ tournant, forces magnétomotrices,
- bobinages et force électromotrice

Chapitre 2 Machine synchrone. (4 Semaines)

- Structure et Principe
- modes d'excitations
- diagrammes et schémas équivalents
- caractéristiques pour des fonctionnements alternateur – moteur.

Chapitre.3 Machine asynchrone (4 Semaines)

- Structures- principe-
- schémas équivalents
- caractéristiques- fonctionnements moteur et générateur
- moteur asynchrone monophasé

Chapitre.4.Machines à courant continu (2 Semaines)

- Structures et Principe
- Modes d'excitation
- fonctionnement moteur et générateur.
- Caractéristiques

Chapitre.5 Machines spéciales (3 Semaines)

- Machines universelles
- Machines à aimants
- machines linéaires...etc

Travaux Pratiques

TP.1 Machine à Courant continu Fonctionnement générateur

TP.2 Machine à courant continu fonctionnement moteur

TP.3 Machine Synchrone en fonctionnement alternateur.

Essais à vide, en court-circuit et en charge.

TP.4. Moteur asynchrone à cage/ rotor bobiné

Modes de démarrage ; essais à vide, à rotor bloqué et en charge.

TP.5. Moteur asynchrone monophasé

Démarrage, essais à vide, à rotor bloqué et en charge.

TP.6.Machine à aimants (Brushless)

Mode d'évaluation : Contrôle Continu: (20%TC+20%TP) 40%, Examen 60%

Références bibliographiques

- [1]. G. Séguier, F. Notelet, *Electrotechnique industrielle*, Technique et documentation, Paris, 2ème édition, 1996. "Machines Electriques", Tomes 1 & 2,
- [2]. M. Kostenko; L. Piotrovski , *Machines Électriques* (Tome 1 et 2) par Edition Mir Moscou
- [3]. [Jean-Louis Dalmasso](#), Cours d'électrotechnique - Tome 1 Machines tournantes à courants alternatifs - [Collection DIA - Technique supérieur](#).
- [4]. Max Marty, Daniel Dixneuf, Delphine Garcia Gilabert, *Principe de l'électrotechnique*; Dunod, 2005.
- [5]. Pierre MAYE, *Moteurs électriques industriels*, Dunod, 2021.
- [6]. MARCEL Jufer, *Electromécanique*, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes-Lausanne, 2004.
- [7]. E. Fitzgerald, Charles Kingsley Jr., Stephen D. Umans, *Electric Machinery*, Mc Graw-Hill Higher Education, 2003.

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
S6	Electronique de puissance 2	3	5	
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
67h30	1h30	01h30	01h30	

Pré-requis

La matière électronique de puissance dispensée en S5

Objectifs

Etude des caractéristiques réelles et du comportement dynamique des interrupteurs de puissance en commutation, Etude des convertisseurs statiques de manière approfondie, Etude de nouvelles structures des convertisseurs statiques ainsi que leur modélisation et leur commande.

Contenu de la matière

Chapitre 01 Composants semi-conducteurs de puissance (02 Semaine)

- Caractéristiques idéales et réelles,
- calcul des pertes de commutation,
- protection des composants semi-conducteurs.

Chapitre 02 Mécanisme de commutation et synthèse des convertisseurs (02 Semaines)

- Notion de sources et règles de connexion,
- Notion de segments,
- Modes de commutation et cellule de commutation élémentaire,
- Synthèse des convertisseurs statiques.

Chapitre 03 Onduleurs à MLI (04 Semaines)

- Onduleurs à MLI monophasés: Structure et principe de fonctionnement, techniques de commande par modulation de largeur d'impulsion (MLI), réduction d'harmoniques et filtrage de la tension de sortie. Application filtrage actif.
- Onduleurs à MLI triphasés : Structure et principe de fonctionnement, techniques de commande par MLI, MLI vectorielle.

Chapitre 04 Convertisseurs AC/DC à absorption sinusoïdale (04 Semaines)

- Correcteur du facteur de puissance (PFC): Structure, principe de fonctionnement, modélisation et commande.
- Redresseurs à MLI: Structure, principe de fonctionnement, modélisation et techniques de commande.
- Redresseurs à injection de courant: Structure, principe de fonctionnement, modélisation et commande.

Chapitre 05 Hacheur Alternatif (Gradateurs à MLI) (03 Semaines)

- Structure, principe de fonctionnement, modélisation et techniques de commande.

Travaux Pratiques

TP 01: Simulation de la commutation d'un interrupteur de puissance

TP 02: Réduction des harmoniques d'un onduleur de tension monophasé

TP 03: Etude du PFC

TP 04: Etude du redresseur à MLI triphasé

TP 05: Etude du gradateur à MLI monophasé

Modalités d'évaluation Contrôle continu : 40% (20% TD+20% TP), Examen final : 60%.

Références bibliographiques

- [1] A. Cunière, G. Feld, M. Lavabre « Electronique de puissance, de la cellule de commutation aux applications industrielles. Cours et exercices », éditions Casteilla, 544 p. 2012.
- [2] Encyclopédie technique « Les techniques de l'ingénieur », traité de Génie Electrique, vol. D4 articles D3000 à D3300.
- [3] H. Buhler, « Electronique de puissance », Edition Dunod.
- [4] Cyril W. Lander, « Electronique de puissance », Edition Mc Graw-Hill.
- [5] G. Séguier, « Les convertisseurs de l'Electronique de puissance: Tome 1: Conversion alternatif/continu », 1995, Edition Lavoisier Tec & Doc.
- [6] C. Rombaut, G. Séguier, « Les convertisseurs de l'Electronique de puissance: Tome 2 : Conversion alternatif/alternatif », Edition Lavoisier Tec & Doc.
- [7] R. Bausiere, F. Labrique, G. Séguier, «Les convertisseurs de l'Electronique de puissance: Tome 3: Conversion continu/continu », 1997, Edition Lavoisier Tec & doc.
- [8] G. Séguier, F. Labrique, « Les convertisseurs de l'Electronique de puissance : Tome 4 : Conversion continu/ alternatif », 1997, Edition Lavoisier Tec & Doc.
- [9] D.L. Dalmaso, « La commutation, Traitement de l'énergie électrique », Edition DIA TS.
- [10] V. Leger, A. Jameau, « Conversion d'énergie- Electrotechnique- Electronique de puissance », Edition Ellipses.
- [11] H. Sira-Ramires, R. Silva-Ortigoza, "Control design techniques in Power Electronics devices », Edition Springer.
- [12]- R. Bausiere, F. Labrique, G. Séguier, « Electronique de puissance, Structures, fonctions de base, principes », Edition Dunod.
- [13] J.P. Hautier, J.P. Canon, « Convertisseurs statiques », Editions Technip.
- [14] H. Buhler, « Les convertisseurs statiques », Presses Polytechniques Romandes.
- [15] M. Pinard, « Convertisseurs et Electronique de puissance », Edition Dunod.
- [16] P. Costa, V. Boitier, « Electronique de puissance et Electrotechnique », Edition Ell

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S 6	Réseaux Electriques1		3	5	
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
67h30	1h30	1h30	1h30		

Pré-requis

Cours de base d'électrotechnique fondamentale (Circuits électriques et magnétique, puissance, régime triphasé) et machines électriques (transformateur de puissance et machines tournantes).

Objectifs

Ce cours a pour objectif d'introduire les étudiants aux conceptions de bases des réseaux électriques, leurs fonctions, structures et fonctionnement, ainsi que la modélisation de ses différents composants dans le régime équilibré et déséquilibré.

Contenu de la matière**Chapitre I Généralités sur les réseaux électriques (3 semaines)**

- Structure et architecture
- Production, Transport et distribution de l'énergie électrique
- Topologie des réseaux électriques (postes sources HT/MT, réseaux MT, postes HTA/BT, réseaux BT).
- Postes électriques (transformateurs de puissance, transformateurs de mesure (courant et tension), disjoncteurs, sectionneurs, Autres appareillage d'un poste,...)
- Autres éléments du réseau (supports, câbles conducteurs, lignes aériennes, lignes souterraines, câbles de garde, jeux de barres, isolateurs) ; Centre de dispatching.

Chapitre 2 Modélisation des éléments du réseau (4 semaines)

- Modélisation des lignes électriques: caractéristiques longitudinales et transversales
- Modélisation des transformateurs de puissance à deux enroulements, trois enroulements, régulateurs et déphaseur
- Modélisation des Alternateurs
- Calcul des réseaux électriques (Equations générales de fonctionnement, Circuits équivalents, Calcul de la chute de tension, Effet FERRANTI) ;
- Puissance transmises et compensation du facteur de puissance dans les lignes.

Chapitre 3 Système unités relatives (3 semaines)

- Grandeurs de base dans un réseau électrique.
- Bases machines: Transformateurs, alternateurs, moteurs et charges
- Changement de bases et conversions.

Chapitre 4 Systèmes triphasés déséquilibré et composantes symétriques (2 semaines)

- Rappels sur les systèmes triphasés déséquilibrés
- Composantes symétriques : Transformation de Fortescue
- Systèmes monophasés équivalents: Directe inverse et homopolaire

Chapitre 5 Calcul des courants de court-circuit (3 semaines)

- Origines et types des défauts et court-circuit
- Défauts symétriques et asymétriques
- Calculs des défauts à l'aide des composantes symétriques

Travaux pratiques**TP 1** : Structure des réseaux électriques**TP 2** : Modélisation des Lignes: courtes, moyennes et longues**TP 3** : Modélisation transformateur et systèmes à unités relatives**TP 4** : Système déséquilibré et calcul des courts-circuits**Mode d'évaluation: contrôle continue (20%TD+20%TP), examen 60%****Références bibliographiques**

- [1] T. Wildi, Électrotechnique Troisième édition, Les presses de l'université de Laval, 2000.
- [2] H. Saadat, "Power System Analysis," McGraw-Hill, New York, 1999.
- [3] B. DE METZ-NOBLAT, 'Analyse des réseaux triphasés en régime perturbé (l'aide des composantes symétriques)', cahier technique Schneider N: 18, 2002 ;
- [4] W.D. Stevenson, « Elements of Power System Analysis», McGraw Hill, 1998.
- [5] V.K. Mehta, R. Mehta, « Principles of power system», édition: S.CHAND, 2000.
- [6] D. Das, « Electrical power systems », édition: NEW AGE INTERNATIONAL, 2006.
- [7] A.A.Sallam, OM.P.Malik, « Electric distribution systems», édition: WILEY, 2010.
- [8] N. Hadjsaid, J.C. Sabonnadiere, « Lignes et réseaux électriques 1: Lignes d'énergie électrique », édition Hermes, Lavoisier, 2007.
- [9] N. Hadjsaid, J.C. Sabonnadiere, « Lignes et réseaux électriques 2: Méthodes d'analyse des réseaux électriques », édition Hermès, Lavoisier, 2007.
- [10] J. Verseille, « Circulation d'énergie réactive: Effets sur un réseau », Techniques de l'Ingénieur, D 4 300.

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
S6	Asservissement 2 [Systèmes asservis discrets et régulation]	3	5	
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
45h	1h30min	01h30min	1h 30min	

Prérequis

Connaissances en asservissements linéaires continus. Notions fondamentales de traitement du signal, d'électronique de base (circuits linéaires). Mathématiques de base (Algèbre, Calcul intégral et différentiel, Analyse, complexes, ...).

Objectifs

Maîtriser le principe et la structure des boucles de régulations et choix de régulateur approprié. Etude des systèmes échantillonnés. Faire l'analyse des systèmes discrets et la synthèse des régulateurs discrets (PID, RST et par retour d'état

Contenu de la matière**Chapitre 1 : Introduction à la régulation (2 semaines)**

- Notions de régulation,
- Organes d'une boucle de régulation (procédé industriel, actionneurs, capteurs, régulateurs, conditionneur des signaux, consigne, mesure, perturbation, grandeurs
- Caractéristiques, grandeurs réglantes, grandeurs réglées, grandeurs perturbatrices),
- Schéma d'un système régulé, Eléments constitutifs d'une boucle de régulation, symboles, schémas fonctionnels et boucles, critères de performance d'une régulation

Chapitre 2 Correction des systèmes linéaires asservis (4 semaines)

- Cahier de charge d'un asservissement ;
- Nécessité de correction dans les systèmes asservis ;
- Stratégie de correction (ou compensation) des systèmes asservis
- Structures des correcteurs P, PI, PD , PID ;
- Correcteur à avance de phase et correcteur à retard de phase ;
- Critères de choix, méthodes de dimensionnement (critère méplat, critère symétrique, méthode de Ziegler Nichols,)
- Réglage des régulateurs par imposition d'un modèle de poursuite.

Chapitre 3 Analyse des systèmes échantillonnés (3 semaines)

- Définitions et concepts de base. Avantages et applications des systèmes asservis discrets.
- Différences entre systèmes continus et discrets (Notion d'échantillonnage, théorème de Shannon et convertisseurs).
- Transformée en z et analyse dans le domaine Z : propriétés et applications,
- Fonction de transfert échantillonnée, Association des systèmes en échantillonné,
- Réponses harmoniques, impulsionnelles et indicielles,

Intitulé : Systèmes Electriques Industriels

Etablissement:

Année universitaire

- Transmittance en Z et réponse fréquentielle d'un BOZ (bloqueur d'ordre zéro).
- Analyse des systèmes asservis échantillonnés, stabilité échantillonnée.

Chapitre 4 Synthèse des asservissements échantillonnés (3 semaines)

- Stabilité des systèmes asservis discrets. Critères de stabilité (cercle de Nyquist, critère de Routh-Hurwitz, etc.). Analyse de la réponse temporelle et fréquentielle.
- Régulateur Discret (PID), Régulateur RST discret , Synthèse dans le plan P ; Régulateurs numériques,
- Synthèse pseudo fréquentielle et transformation bilinéaire,
- Choix et dimensionnement des régulateurs (Méthodes classiques, modernes et empiriques).
- Performance des systèmes échantillonnés en BF (1 semaines)

Chapitre 5 Analyse et synthèse dans l'espace d'état (1 semaines)

- Définitions, stabilité, commandabilité, observabilité.

Chapitre.6 Applications en électrotechnique (2 semaines)

- Commande de vitesse et de position des moteurs électriques. Régulation de la tension et de la fréquence dans les réseaux électriques. Commande de convertisseurs statiques (onduleurs, redresseurs, etc.)

Travaux Pratiques

TP 1 : Régulations de pression et/ou de température

TP 2: Simulation des opérations d'échantillonnage et de reconstitution

TP 3: Analyse temporelle et fréquentielle des systèmes échantillonnés de base

TP 4: Commande des systèmes électrique par régulateur à avance de phase/retard de phase numérique

TP 5: Synthèse des régulateurs pour les systèmes discrets

TP 6: Commande numérique par retour d'état: Application pour les systèmes électriques

Mode d'évaluation: contrôle continue (20%TD+20%TP), examen 60%

Références bibliographiques

1. E. Dieule saint, D. Royer, Automatique appliquée, 2001.
2. P. De Larminat, Automatique : Commande des systèmes linéaires. Hermes 1993.
3. K. J. Astrom, T. Hagglund, PID Controllers: Theory, Design and Tuning, Instrument Society of America, Research Triangle Park, NC, 1995.
4. Datta, M. T. Ho, S. P. Bhattacharyya, Structure and Synthesis of PID Controllers, Springer-Verlag, London 2000.
5. Jean-Marie Flaus, La régulation industrielle, Editions Hermes 1995.
6. P. Borne, Analyse et régulation des processus industriels tome 1: Régulation continue. Editions Technip.
7. T. Hans, P. Guyenot, Régulation et asservissement Editions Eyrolles.
8. R. Longchamp, Commande numérique de systèmes dynamiques cours d'automatique, Presses Polytechniques et universitaires romandes 2006.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S6	Schémas et Appareillages électriques		2	4	
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
45h00	1h30	1h30			

Pré-requis

Électricité, et fondamentaux de l'électrotechnique.

Objectifs

Apprendre les différents types d'appareillages et de matériel électrique de protection, commande et surveillance des installations électriques BT et HT ainsi que la réalisation d'une installation électrique.

Contenu de la matière**Chapitre 1 Généralités sur l'appareillage électrique**

- Défauts et anomalies de fonctionnement
- rôle et classification des protections
- fonctions de base de l'appareillage, le sectionnement, la commande, la protection,
- classification de l'appareillage, choix de l'appareillage, caractéristiques d'un appareillage électrique, protection de l'appareillage, classes des matériels électriques,
- dispositions de protection.

Chapitre 2 Appareillage de sectionnement et de commande

- Les interrupteurs (définition, rôle et caractéristique).
- Les sectionneurs (définition, rôle et caractéristique).
- Les commutateurs (définition, rôle et caractéristique).
- Les contacteurs (définition, rôle et caractéristique).

Chapitre 3 Appareillage de protection

- Les Fusibles (rôle et fonctionnement, types).
- Les relais (définition, rôle, types et caractéristiques).
- Les disjoncteurs (définition, rôle, types et caractéristiques).

Chapitre 4 Élaboration des schémas électriques

- Symboles normalisés de l'appareillage électrique.
- Classification des schémas selon le mode de représentation.
- Règles et normes d'établissement d'un schéma électrique (exemple des schémas de commande et de puissance).
- Conventions et normalisation.

Chapitre 5 Circuits d'éclairage

- Montage simple allumage, montage double allumage, montage Va et Vient et montage avec télé rupteur et minuterie (raccordé en 03 et 04 fils).

Chapitre 6 Modes de démarrage et de freinage des moteurs asynchrones triphasés

- Choix du type de démarrage et de freinage des moteurs asynchrones triphasés.
- Démarrage direct d'un moteur asynchrone triphasé avec un seul Sens de rotation (Principe de fonctionnement, Schéma de puissance et de commande, protection et domaine d'utilisation).

Intitulé : Systèmes Electriques Industriels

Etablissement:

Année universitaire

- Démarrage directe d'un moteur asynchrone triphasé avec deux sens de marche rotation (Principe de fonctionnement, Schéma de puissance et de commande, protection et domaine d'utilisation).
- Démarrage Etoile-Triangle d'un moteur asynchrone triphasé (utilisations du démarrage étoile triangle, principe de fonctionnement, Schéma de puissance et de commande ; protection et domaines d'utilisation).
- Les différents modes de freinage des moteurs asynchrones triphasés.

Travaux Pratiques

TP1: Circuits d'éclairage (montages simple, double allumage et Va et Vient, montages avec télérupteur et avec minuterie, montage de prise de courant).

TP2: Commande manuelle d'un discontacteur par interrupteur, par un ou plusieurs boutons poussoirs.

TP 3 : Démarrage d'un moteur asynchrone triphasé à cage un seul sens de marche avec lampes de signalisation (marche et arrêt).

TP 4 : Démarrage d'un moteur asynchrone triphasé avec deux sens de marche.

TP 5 : Démarrage étoile/triangle d'un moteur asynchrone triphasé.

TP 6 : Un TP sur le mode freinage d'un moteur asynchrone triphasé.

Mode d'évaluation: Contrôle continu (20%TD+20%TP), Examen 60%

Références bibliographiques

- [1]. <http://www.yesss-fr.com/tech/symboles-electriques.php>
- [2]. <http://www.reperelec.fr/dm2sm.htm>
- [3]. Legrand, Guide de l'électricité, Legrand, 2021
- [4]. « Mémento de schémas électriques », Thierry Gallauziaux, David Fedullo Edition Eyrolles, collection : Les cahiers du bricolage ; 2009 (2e édition)
- [5]. « Le Schéma Electrique » ,Hubert Largeaud, Edition Eyrolles – 1991(-3ème Édition)
- [6]. Christophe Prévé-, "Protection des réseaux électriques", Hermès, Paris, 1998.
- [7]. S. H. Horowitz, A.G. Phadke, "Power System Relaying", second edition, John Wiley & Sons, 1995.
- [8]. Jacques Marie Broust, Appareillages et installations électriques industriels, Dunod, 2023
- [9]. Schneider, Guide de l'installation électrique, Schneider, 2017.
- [10] L. Féchant, "Appareillage électrique à BT, Appareils de distribution", Techniques de l'Ingénieur, traité Génie électrique, D 4 865.
- [11] T. Wildi, Électrotechnique Troisième édition, Les presses de l'université de Laval, 2000.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S 6	Traitement de Signal		2	3	
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
45h00	1h30		1h30		

Pré-requis

Connaissances de base en mathématiques (algèbre linéaire, analyse).

Compétences en programmation (idéalement en MATLAB, Python ou un langage similaire).

Compréhension des concepts de traitement de signal continu.

Objectifs

Comprendre les bases du traitement de signal discret et son application en génie électrique.

Apprendre les méthodes de filtrage et d'analyse des signaux discrets.

Explorer les techniques de modulation et de démodulation dans le domaine discret.

Acquérir des compétences pratiques en utilisant des outils logiciels pour le traitement de signal discret.

Contenu de la matière**Chapitre.1 Introduction au traitement de signal discret (03 semaines)**

- Définitions et concepts de base
- Différences avec le traitement de signal continu
- Applications du traitement de signal discret en génie électrique

Chapitre.2 Analyse temporelle et fréquentielle des signaux discrets (02 semaines)

- Transformée de Fourier discrète (DFT)
- Transformée de Fourier rapide (FFT)
- Analyse spectrale des signaux discrets

Chapitre.3 Filtrage numérique (04 semaines)

- Filtres passe-bas, passe-haut, passe-bande
- Conception de filtres numériques (FIR et IIR)
- Filtres numériques multi cadences
- Applications du filtrage numérique dans le domaine de l'électrotechnique

Chapitre.4 Modulation et Démodulation dans le Domaine Discret (03 semaines)

- Modulation d'amplitude (AM) et modulation de fréquence (FM) discrets
- Techniques de démodulation
- Applications des techniques de modulation dans les communications numériques.

Chapitre.5 Analyse de Signal Avancée (03 semaines)

- Transformée en ondelettes
- Applications avancées du traitement de signal discret.

Travaux pratiques

TP1 : Analyse, Synthèse (méthode des fenêtres) et implémentation d'un filtre numérique RIF

TP2 : Analyse, Synthèse par transformation bilinéaire (cas des filtres de Butterworth et Tchebychev) et implémentation d'un filtre numérique RII

TP3 : Application du filtrage numérique

TP4 : Modulation et Démodulation dans le Domaine Discret

TP5 : Débruitage d'un signal par la transformée en ondelette discrète

Mode d'évaluation: Contrôle continu (20%TD+20%TP), Examen 60%

Références bibliographiques

- [1]. J. G. Proakis and D. G. Manolakis, Digital Signal Processing: Principles, Algorithms and Applications. Third Edition, Macmillan, 1996.
- [2]. A. V. Oppenheim, R. W. Schaffer: Discrete-time signal processing, Prentice Hall, 1999, 2nd edition [3] M. Bellanger : Traitement numérique du signal : Théorie et pratique, 8e édition, Dunod, 2006.
- [3]. Messaoud Benidir : Méthodes de base pour l'analyse et le traitement du signal, Dunod, 2004.
- [4]. Y. Mori, "Filtrage numérique". Vol. IV, Hermès-Lavoisier. 2006
- [5]. Y. Mori, "Filtrage numérique en traitement du signal - Exercices et travaux pratiques". Hermès-Lavoisier.
- [6]. M. Kunt, "Traitement Numérique des Signaux", Dunod, Paris, 1981 ;
- [7]. D. Schlichthärle, "Digital Filters Basics and Design" 2e édition, Springer, 2011 ;
- [8]. F. Cottet, Traitement des signaux et acquisition de données- Cours et exercices corrigés, 4e édition, Dunod, Paris, 2015.
- [9]. Mori Yvon, "Signaux aléatoires et processus stochastiques", Lavoisier, 2014.
- [10]. N. Hermann, "Probabilités de l'ingénieur : variables aléatoires et simulations Bouleau", 2002.
- [11]. M. Kunt, "Traitement Numérique des Signaux", Dunod, Paris, 1981.
- [12]. M. Bellanger, "Traitement numérique du signal : Théorie et pratique", 8e édition, Dunod, 2006 [5]
- [13]. P-A. Paratte, Traité d'électricité, volume XVII, Systèmes de mesure, Presses polytechniques romandes.
- [14]. J. P. Bentley, Principles of measurement systems, Pearson education, 2005.
- [15]. D. Barchesi, Mesure physique et Instrumentation, Ellipses 2003.
- [16]. J.P. Holman, Experimental Methods for Engineers, McGraw-Hill 1994.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S6	Entrepreneuriat et Start-up		1	1	
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
22h30	1h30				

Pré requis :

- Une bonne compréhension des concepts de base en gestion et économie.
- Des compétences en analyse et résolution de problèmes.
- Des notions de base en finance et comptabilité.

Objectifs

- Développer un esprit entrepreneurial : Encourager les étudiants à penser de manière innovante et à identifier des opportunités d'affaires.
- Comprendre les processus entrepreneuriaux : Apprendre à transformer des idées en projets viables et à créer des plans d'affaires robustes.
- Acquérir des compétences en gestion : Enseigner les principes de base du management d'entreprise, y compris la gestion financière, la gestion des ressources humaines et la gestion de projets.
- Préparer à la création et la gestion d'une entreprise : Fournir les connaissances nécessaires pour lancer et développer une entreprise avec succès.
- Développer des compétences interpersonnelles et de leadership : Améliorer les capacités de communication, de travail en équipe et de leadership.

Contenu de la matière :**Chapitre 1 : Introduction à l'entrepreneuriat**

Définitions et concepts clés, le profil de l'entrepreneur, l'importance de l'entrepreneuriat dans l'économie.

Chapitre 2 : Processus entrepreneurial

Génération et évaluation d'idées, Analyse de l'opportunité, Étude de marché et validation de concept.

Chapitre 3 : Business Plan

Structure et composantes d'un business plan, Rédaction et présentation du business plan, Études de cas de business plans réussis.

Chapitre 4 : Stratégie et développement

Stratégies d'entrée sur le marché, Modèles économiques et stratégies de croissance, Innovation et développement de nouveaux produits/services.

Chapitre 5 : Financement de l'entreprise

Sources de financement (capital-risque, business angels, crowdfunding, etc.), Gestion financière de l'entreprise. Prévision financière et analyse des besoins en fonds de roulement.

Chapitre 6 : Aspects juridiques et fiscaux

Formes juridiques d'entreprises, Réglementation et obligations légales, Propriété intellectuelle et protection des innovations.

Chapitre 7 : Management d'équipe et leadership

Constitution et gestion d'équipes, Styles de leadership et motivation, Gestion des conflits et prise de décision.

Chapitre 8 : Marketing et vente

Concepts de base du marketing, Stratégies de commercialisation et positionnement, Techniques de vente et négociation.

Chapitre 9 : Gestion de projets

Méthodologies de gestion de projets, Outils et techniques de planification et de suivi, Gestion des risques et des ressources.

Mode d'évaluation: Contrôle continu : 100%

Références bibliographiques

- 1) Eric Ries, Le modèle Start-up : Réussir autrement.
- 2) Alexander Osterwalder et Yves Pigneur, Business Model Nouvelle Génération : Un guide pour visionnaires, révolutionnaires et challengers.
- 3) Simon Sinek, Commencer par pourquoi : Comment les grands leaders nous inspirent à passer à l'action.
- 4) Clayton Christensen, Le dilemme de l'innovateur : Quand les nouvelles technologies provoquent l'échec des grandes entreprises.
- 5) Jim Collins De la performance à l'excellence : Devenir une entreprise leader" -
- 6) Peter Thiel et Blake Masters, De zéro à un : Comment construire le futur.
- 7) Michael E. Gerber , Le mythe de l'entrepreneur revisité : Pourquoi la plupart des petites entreprises échouent et que faire pour y remédier.
- 8) W. Chan Kim et Renée Mauborgne, Stratégie Océan Bleu : Comment créer de nouveaux espaces stratégiques.
- 9) Guy Kawasaki, L'Art de se lancer 2.0 : Le guide tout-terrain pour tout entrepreneur" -
- 10) Verne Harnish, Scaling Up : Comment quelques entreprises parviennent à se développer... et pourquoi les autres échouent.

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
S6	Stage en entreprise 1	1	1	SEI 6.7
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
22h30min	-	-	1h30	

Pré-requis :

- Connaissances de base en électrotechnique

Objectifs :

Stage en entreprise1 est un **stage d'initiation en entreprise** dont l'objectif principal est de :

- Connaitre l'entreprise de l'intérieur
- Découvrir la hiérarchie, l'organisation, la communication et le reporting
- Découvrir le fonctionnement et la planification et affectation des taches
- Découvrir les procédés l'entreprise

Les stages doivent être menés dans des entreprises industrielles et non dans des unités de recherche ou des laboratoires de recherche.

Contenu de la matière**1-Organisation de l'entreprise**

- Hiérarchie,
- Organigramme global : différent service, département,... et leurs relations (fonctionnelle et organigramme)

2-Communication dans l'entreprise

- Circulation de l'information et feed-back
- Réseau de communication (différents supports et formes, intranet, internet, réseau interne)
- Reporting

3-Planification dans l'entreprise

- Préparation des actions à entreprendre
- Préparation et affectation des taches

4-Connaissances sommaires des procédés de base de l'entreprise

5- Stage en entreprise de production industrielle ou dans un centre de recherche et de développement.

Mode d'évaluation: Rapport de stage et présentation 100%.

Références bibliographiques

1. Michel VILLETTE, Guide du stage en entreprise, La découverte, 2004
2. Laurent Hermel, Pascale Hermel , Gaëlle Hermel, Réussir son stage en entreprise, La découverte 2009.
3. Michel Villette, L'art du stage en entreprise, La découverte, 1994
4. Documentation de l'entreprise

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S 6	Matériaux en électrotechnique et Technique de Haute Tension		1		
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
22h30	1h30				

Pré-requis

Structure de la matière, notions de base sur l'électromagnétisme

Objectifs

La distinction entre un conducteur et un isolant, la caractérisation de chacun d'eux (conductivité, pertes diélectriques, rigidité diélectrique, décharges partielles), des notions sur essais en Haute Tension et les phénomènes de décharges électriques.

Contenu de la matière**Chapitre 1 Introduction aux matériaux en électrotechnique (1 semaine)**

- Définitions et classification des matériaux électrotechniques.
- Propriétés électriques, magnétiques et mécaniques des matériaux.
- Facteurs influençant le choix des matériaux en électrotechnique.

Chapitre 2. Matériaux conducteurs (1 semaine)

- Notions de base,
- Classification des conducteurs
- Propriétés selon leur utilisation.
- Généralités sur les Supraconducteurs
- Applications des supraconducteurs.

Chapitre 3. Matériaux diélectriques (3 Semaines)

- Phénomènes de polarisation,
- Résistivité,
- Rigidité diélectrique et Pertes diélectriques,
- Propriétés physico-mécaniques, Matériaux électro-isolants.

Chapitre 4. Matériaux magnétiques (5 Semaines)

- Magnétisme à l'échelle microscopique et à l'échelle macroscopique,
- Classification des matériaux magnétiques, Mécanismes d'aimantation et caractéristiques techniques d'aimantation,
- Matériaux ferromagnétiques doux, Domaines d'utilisation,
- Matériaux ferromagnétiques durs, Caractéristiques et domaines d'applications des aimants permanents, Notions d'énergie dans les matériaux magnétiques, Pertes magnétiques,
- mesure des pertes en champ fixe et en champ tournant.

Chapitre 5. Introduction la haute tension (4 Semaines)

- Intérêt de la haute,
- Domaine d'utilisation de la haute tension,
- Installation HT (cage de Faraday et circuit d'essais).

- Générateur Haute Tension à fréquence industrielle
- Générateur Haute Tension continue
- Générateur d'onde de Choc.
- Générateur Haute Tension à haute fréquence

Modalités d'évaluation : Examen final: 100%

Références bibliographiques

- [1].P. Robert, "Matériaux de l'électrotechnique", Dunod.
- [2].F. Piriou, "Matériaux du génie électrique", MGE 2000, Germes.
- [3].Gérald Roosen, "Matériaux semi-conducteurs et nitrures pour l'optoélectronique", Hermès.
- [4].P. Tixador, "Matériaux supraconducteurs", Hermès.
- [5].G. LeRoy, C. Gary, B. Hutzler, J. Hamelin, J. Fontaine, "Les propriétés diélectriques de l'air et les très hautes tensions", Editions Eyrolles, 1984.
- [6].D. Kind, H. Kärner. "High voltage insulation technology: Textbook for Electrical Engineers", FriedrVieweg&Sohn, 1985.
- [7].André Faussurier, Robert Servan, "Matériaux en électrotechnique", Dunod Paris, 1971.
- [8].A. Chabloz, "Technologie des matériaux", Suisse 1980.
- [9].I.R. HARRS ET A.J. WILLIAMS, Material Science and engineering, Vol. II, Magnetic materials. Oxford: EOLSpublisher Co. L.td, 2009.
- [10]. J. M. VEGA, Dielectric Materials for Electrical Engineering, John Wiley & Sons. 2010
- [11]. Practical Handbook of Photovoltaics: Fundamentals and Applications, Luis Castaner and Tom Markvart, Edition: Elsevier Science Ltd, 2003.
- [12]. F. Michael R. H David, "Matériaux : Propriétés, application et conception", Cours et exercices 4ème édition DUNOD, Octobre 2020.

Programmes détaillés des matières du 7^{ème} semestre

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
S7	Automatismes Industriels 1	3	5	
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
67h30	1h30	01h30	01h30	

Pré-requis

- Notions fondamentales en électricité, électronique et mécanique.
- Compétences avancées en logique combinatoire et séquentielle, incluant les systèmes décodage, les équations logiques, les tables de Karnaugh, et autres concepts associés. De plus, une compréhension approfondie des microprocesseurs est essentielle

Objectifs

- Permettre à l'étudiant d'acquérir les connaissances suivantes :
- Compréhension approfondie des composants d'un Automate Programmable Industriel (API).
- Maîtrise des techniques de programmation d'un API.
- Maîtriser les outils de représentation graphiques des systèmes automatisés (Grafcet).
- Capacité à apporter des modifications au programme de l'automatisme.
- Effectuer la programmation et la configuration des automates programmables.

Contenu de la matière**Chapitre 1 Introduction aux systèmes automatisés (3 Semaines)**

- Notions de base de systèmes automatisés.
- Structure des systèmes automatisés.
- Classification des systèmes automatisés.
- Système automatisé et processus industriel.
- Structure d'un système automatisé de production (SAP)
- Spécification des niveaux du cahier des charges.
- Architecture matérielle et logicielle d'un système automatisé.
- De la logique câblée à la logique programmée.
- Exemples de systèmes automatisés.

Chapitre 2 Automates Programmables Industriels (4 Semaines)

- Description générale; Les différents types d'automates.
- Structure interne et description des éléments d'un API.
- Les éléments constitutifs des automates.
- Les interfaces d'entrées-sorties.
- Cartes d'entrées / sorties TOR ; Cartes d'entrées / sorties analogiques ; Cartes de régulation PID.
- Cartes de commande d'axe ; Cartes de comptage rapide.
- Critères de choix d'un API ; Les critères de choix d'un automate.
- Les différents types de données API.

Chapitre 3 Outil Grafcet (4 Semaines)

- Introduction.
- Analyse séquentielle d'un système.
- Règles d'établissement du grafcet.
- Les concepts de base.

- Transitions et liaisons orientées.
- Règles d'évolution.
- Sélection de séquence et séquences simultanées.
- Organisation des niveaux de représentation.
- Les structures particulières.
- Liaison entre grafquets.
- Outil Grafquet Avancé.
- Notions de points de vue.
- Structures hiérarchisées d'un grafquet.
- Structure d'un Sous-grafquet.
- Structure d'un grafquet de tâche.
- Forçages et figeages des situations.
- Mise en équation d'un grafquet.
- Matérialisation d'un grafquet.
- Équations des éléments du Grafquet ; Mise en équation.
- Exemples pratiques.

Chapitre 4 Langages de programmation des API (4 Semaines)

- Introduction.
- Objets communs.
- Les différents types de langages.
- Le langage ladder.
- Outils graphiques et textuels de programmation.
- Traduction d'un Grafquet en ladder.
- Transcription d'un cahier des charges en Grafquet.
- Synchronisation des sous-ensembles.
- Présentation des réseaux hétérogènes.
- Présentation des modules de communication et passerelles possibles entre différents types de réseaux.
- Adressage des entrées/sorties.
- Programmation des APIs (fonctions logiques, fonction mémorisation (Latching), fonction temporisation, fonction de comptage, fonction de régulation, etc.).
- Applications complètes.

Travaux Pratiques

TP 1 : Prise en main des logiciels : découvrir l'environnement et leurs outils de base

TP 2 : Automatisation de circuit d'allumage d'une lampe

TP 3 : Utilisation de la fonction OU (OR) et de la fonction ET (AND)

TP 4 : Utilisation d'une Temporisation et réalisation d'un Compteur

TP 5 : Conception et automatisation de quelques systèmes (différents types de démarrage des moteurs asynchrones, systèmes de fonctionnement des pompes, gestion de la circulation un système de feu tri couleurs, monte de charge, ...) en langage SFC, SFC, FBD, LD, IL

Modalités d'évaluation : Contrôle continu : 40% (20% TD+20% TP), Examen final : 60%.

Références bibliographiques

[1] Automatique industrielle, Gérard Boujat et al., édition DUNOD 2023.

[2] Automatismes et automatique, Jean-Yves Fabert, édition ELLIPSES 2025.

[3] Le GRAFCET, Edmond Peulot et al., édition DELAGRAVE 2009.

[4] Du GRAFCET aux réseaux de Pétri, Claude Foulard et al., édition HERMES 1992.

Intitulé : *Systèmes Electriques Industriels*

Etablissement:

Année universitaire

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
S7	Modélisation des machines Electriques	3	5	
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
67h30	1h30	01h30	01h30	

Pré-requis

Notions fondamentales sur les machines électriques. Notions de base sur le calcul matriciel et les systèmes d'équations différentielles.

Objectifs

L'objectif de ce cours est d'approfondir les connaissances des étudiants sur les différents modèles mathématiques nécessaires à l'étude du comportement en régimes dynamiques des machines électriques.

Contenu de la matière**Chapitre .1 Théorie des circuits magnétiquement couplés (2 Semaines)**

- Equations électriques des circuits magnétiques couplés
- Equations magnétiques (couplages magnétiques- Inductances et mutuelles inductances)
- Equations mécaniques d'un système électromécanique.
- Notions de travaux virtuels ; Energie et co-énergie électromagnétique
- Expressions de couples électromagnétiques.

Chapitre.2 Modélisation et Régimes transitoires des transformateurs (2 Semaines)**Chapitre 3 Transformations triphasées –Biphasées (1 semaines)**

- Introduction aux systèmes électriques polyphasés.
- Machine biphasée équivalente, transformation de Concordia et Clark
- Transformation de Park et Ku.

Chapitre.4 Modèles circuits MCC (2 Semaines)

- Modèle de la machine à courant continu en régime variable
- Schémas équivalents et équations d'états de MCC en régime variables
- Modèle de la Machine à CC à aimants permanents en régime variable.
- Identification des paramètres du modèle circuit d'une MCC

Chapitre.5 Modèles Circuits MS excité et à aimants (4 Semaines)

- Modèle circuits de la machine synchrone classique dans le repère naturel abc
- Modèles biphasés de la MS excitée
- Modèles circuits dans le repère de Park (dq) de la MS excitée
- Modèles circuits dans le repère de Park (dq) de la MS à aimants.
- Modèles en régimes permanents, diagrammes et schémas équivalents.

Chapitre.6 Modèles circuits MAS (4 Semaines)

- Modèle de la machine asynchrone dans le repère classique (abc)
- Modèle biphasé de la machine asynchrone triphasé

- Modèle de la machine dans le repère de Park
- Représentation d'état du modèle de la machine asynchrone
- Modèle de la machine asynchrone en régime permanent.
- Ecriture du modèle de la machine avec des paramètres mesurables
- Essais d'identification des paramètres mesurables
- Modèle de la génératrice asynchrone à cage auto excitée
- Fonctionnement et Modélisation de la GADA

Travaux Pratiques

TP.1 Modélisation et simulation d'une machine à courant continu à excitation séparée

TP.2 Modélisation et simulation d'un moteur asynchrone triphasé en régime dynamique

TP.3 Modélisation et simulation d'un moteur asynchrone monophasé en régime dynamique

TP.4 Modélisation et simulation d'une génératrice synchrone à aimants permanents en régime transitoire.

Mode d'évaluation : Contrôle Continu : CC : (TC+TP) 40%, Examen 60%

Références bibliographiques

[1] René Le Doeuff, Mohamed El-Hadi Zaim, Machines Electriques tournantes : de la modélisation matricielle à la mise en œuvre ; Edition Hermès Science.

[2] [Paul C. Krause](#), [Oleg Wasynczuk](#), [Scott D. Sudhoff](#), Analysis of Electric Machinery and Drive System; [IEEE Press Series on Power and Energy Systems](#)

[3] [Jean Paul Louis](#), Modélisation des machines électriques en vue de leur commande: concepts généraux; [Hermès Science Publications Génie Electrique](#) année 2004

[4] Chu Mee Ong, Dynamic simulation of electrical machinery Using Matlab/Simulink ;

[5] Jacques LESENNE, Francis NOTELET et Guy SEGUIER, Introduction à l'électrotechnique approfondie, Technique et Documentation, 1981.

[6] R. Abdessemed, "Modélisation et simulation des machines électriques", Ellipses, Collection, 2011.

[7] M. Jufer, "Les entraînements électriques: Méthodologie de conception", Hermès, Lavoisier, 2010.

[8] Ion Boldea Lucian Tutelea, ELECTRIC MACHINES Steady State, Transients, and Design with MATLAB®, Taylor & Francis Group, 2010.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S 7	Réseaux Electriques2		3	5	
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
67h30	1h30	1h30	1h30		

Pré-requis

Réseaux électriques, résolution des systèmes d'équations différentiels ordinaire, Electrotechnique fondamentale, machines électriques

Objectifs

Ce cours a pour objectif d'introduire les étudiants aux fonctionnements des réseaux électriques, aux écoulements de puissances, à la stabilité des réseaux et les systèmes de compensation.

Contenu de la matière**Chapitre 1 Fonctionnement des Réseaux Électriques (3 semaine)**

- Fonctionnement des réseaux électriques
- Architecture des réseaux électriques de transport et de distribution
- Analyse des schémas unifilaires de réseaux électriques complexes
- Étude des différents types de régulation de tension et de puissance

Chapitre 2 Comptage et Tarification d'Énergie (1 semaine)

- Comptage de l'énergie électrique active, réactive et de pointe
- Tarification de l'énergie électrique
- Systèmes de mesure et technologies de comptage
- Réglementation et normes en matière de tarification

Chapitre 3 Calcul de l'écoulement de puissance (6 semaines)

- Modélisation avancée et construction de la matrice Y bus
- Equations de l'écoulement de puissance
- Gausse-Siedel : application aux réseaux de distribution
- Newton-Raphson: application aux réseaux de transport
- Écoulement de puissance découplé rapide.
- Introduction à l'optimisation des réseaux électriques

Chapitre 4 Notion de stabilité du réseau électrique (3 semaines)

- Notion de stabilité des réseaux électriques
- Stabilité de fréquence, de tension et d'angle.
- Régulation de fréquence: primaire et secondaire dans un réseau
- Délestage de charge.

Chapitre 5 Compensation et Systèmes FACTS (2 semaines)

- Introduction aux systèmes de compensation
- Types de systèmes FACTS (SVC, STATCOM, UPFC)

Intitulé : Systèmes Electriques Industriels

Etablissement:

Année universitaire

- Fonctionnement et applications des systèmes FACTS

Travaux pratiques

TP1 : construction des matrices admittance et impédance

TP2 : Ecoulement de puissance dans un réseau de transport : découplé rapide

TP3 : Ecoulement de puissance dans un réseau de distribution : Gauss-Siedel

TP4 : Dispatching Économique

TP5 : Régulation de fréquence

Mode d'évaluation: contrôle continue (20%TD+20%TP), examen 60%

Références bibliographiques

- [1] V. Vittal, J. D. McCalley, P. M. Anderson, A. A. Fouad, Power System Control and Stability, 3rd Edition, Wiley, 2019.
- [2] P.S. Kundur, Power System Stability and Control, 2nd Edition, McGraw Hill, 2022
- [3] Peter W. Sauer, M. A. Pai, Power System Dynamics and Stability, Prentice Hall, 1998
- [4] H. Saadat, "Power System Analysis," McGraw-Hill, New York, 1999.
- [5] B. DE METZ-NOBLAT, 'Analyse des réseaux triphasés en régime perturbé { l'aide des composantes symétriques', cahier technique Schneider N°: 18, 2002 ;
- [7] Charles A. Gross; "Power system analysis", McGraw Hill international editions (Electrical et Electronic Engineering series, 1988
- [8] R. Natarajan; "Computer-Aided Power System Analysis", Marcel Dekker, 2002
- [9] John J. Grainger, WUliam D. Stevenson, Jr. (ed.) , POWER SYSTEM ANALYSIS, McGraw-Hill, Inc. 1994
- [10] J. Duncan Glove, Thomas J. Overbye, Mulukutla S. Sarma, Power System analysis & Design, USA, 2015.
- [11] D. P. Kothari and I. J. Nagrath; "Modern Power Systems Analysis", Tata-McGraw-Hill, 1989.
- [12] J. Arrillaga, and C.P. Arnold; "Computer Analysis of Power System", John Wiley & Sons, 1990.

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
S7	Electronique de puissance avancée	3	5	
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
67h30	1h30	01h30	01h30	

Pré-requis

Les matières électroniques de puissance 1 et 2 dispensées en S5 et S6

Objectifs

- Fournir les concepts de circuit électrique derrière les différents modes de fonctionnement des onduleurs afin de permettre la compréhension profonde de leur fonctionnement et de doter des compétences nécessaires dans la conception des convertisseurs de puissance pour UPS, Drives ...etc.,
- Capacités 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

Contenu de la matière

Chapitre 1 Méthodes de conception des convertisseurs statiques à commutation naturelle (2 semaines)

- Règles de commutation.
- Définition de la cellule de commutation.
- Différents types de sources.
- Règles d'échange de puissance, convertisseurs direct et indirect exemple : étude d'un cyclo convertisseur.

Chapitre 2 Méthodes de conception des convertisseurs statiques à commutation forcée (3 semaines)

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

Chapitre 3 Synthèse des Alimentations à découpage (2 semaines)

- Alimentation à découpage à conduction directe (FLYBACK)
- Alimentation à découpage à conduction directe (FORWARD)
- Alimentation à découpage symétrique, montage PUSH PULL.
- Présentation des stratégies de commandes à MLI

Chapitre 4 Convertisseurs matriciels convertisseurs modulaires multiniveaux (5 semaines)

- Concept multi niveaux, topologies
- Convertisseurs matriciels.
- Convertisseur modulaire multiniveaux.
- Onduleur multi-niveaux
- Onduleurs à résonance.

Chapitre 5 Qualité d'énergie des convertisseurs statiques (2 semaines)

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

Chapitre 6 Introduction au Filtrage Actif. (1 semaines)

- Principe de Fonctionnement
- Dimensionnement
- Applications

Travaux Pratiques

TP 1 : Etude d'une cellule de commutation

TP 2 : Onduleur de tension triphasé à commande MLI

TP 3 : Redresseur à absorption sinusoïdale

TP 4 : Gradateur MLI

TP 5 : Onduleur de tension triphasé trois niveaux à structure NPC

TP 6 : Onduleur de tension triphasé trois niveaux en pont H

Modalités d'évaluation

Contrôle continu : 40% (20% TD+20% TP), Examen final : 60%.

Références bibliographiques

- [1] A. Cunière, G. Feld, M. Lavabre « Electronique de puissance, de la cellule de commutation aux applications industrielles. Cours et exercices », éditions Casteilla, 544 p. 2012.
- [2] Encyclopédie technique « Les techniques de l'ingénieur », traité de Génie Electrique, vol. D4 articles D3000 à D3300.
- [3] H. Buhler, « Electronique de puissance », Edition Dunod.
- [4] Cyril W. Lander, « Electronique de puissance », Edition Mc Graw-Hill.
- [5] G. Séguier, « Les convertisseurs de l'Electronique de puissance: Tome 1: Conversion alternatif/continu », 1995, Edition Lavoisier Tec & Doc.
- [6] C. Rombaut, G. Séguier, « Les convertisseurs de l'Electronique de puissance: Tome 2 : Conversion alternatif/alternatif », Edition Lavoisier Tec & Doc.
- [7] R. Bausiere, F. Labrique, G. Séguier, « Les convertisseurs de l'Electronique de puissance: Tome 3: Conversion continu/continu », 1997, Edition Lavoisier Tec & doc.
- [8] G. Séguier, F. Labrique, « Les convertisseurs de l'Electronique de puissance : Tome 4 : Conversion continu/ alternatif », 1997, Edition Lavoisier Tec & Doc.
- [9] D.L. Dalmasso, « La commutation, Traitement de l'énergie électrique », Edition DIA TS.
- [10] V. Leger, A. Jameau, « Conversion d'énergie- Electrotechnique- Electronique de puissance », Edition Ellipses.
- [11] H. Sira-Ramires, R. Silva-Ortigoza, « Control design techniques in Power Electronics devices », Edition Springer.
- [12]- R. Bausiere, F. Labrique, G. Séguier, « Electronique de puissance, Structures, fonctions de base, principes », Edition Dunod.
- [13] J.P. Hautier, J.P. Canon, « Convertisseurs statiques », Editions Technip.
- [14] H. Buhler, « Les convertisseurs statiques », Presses Polytechniques Romandes.
- [15] M. Pinard, « Convertisseurs et Electronique de puissance », Edition Dunod.
- [16] P. Costa, V. Boitier, « Electronique de puissance et Electrotechnique », Edition Ell
- [17] A. Cunière, G. Feld, M. Lavabre, éditions Casteilla, 544 p. 2012. Electronique de puissance, de la cellule de commutation aux applications industrielles. Cours et exercices,

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
S7	Microcontrôleurs	3	5	
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
45h	1h30		01h30	

Pré-requis

Logiques combinatoire et séquentielle.

Objectifs

Connaitre la structure d'un microcontrôleur et son utilité. Connaitre la programmation en langage assembleur et en langage évolué. Connaitre l'utilisation des interfaces d'E/S et les interruptions. Utilisation du micro contrôleur pour la programmation en commande des systèmes.

Contenu de la matière**Chapitre 1 Architecture interne et fonctionnement d'un microcontrôleur (3 semaines)**

- Introduction au microprocesseur, Passage du microprocesseur au microcontrôleur,
- Horloge et reset, Organisation de la mémoire, Les registres de l'unité centrale, Les interruptions,
- La mémoire Programme, La mémoire EEPROM de données,
- Le timer chien de garde WDT et le mode sommeil,
- les ports d'entrées/sorties parallèles, les timers 0, 1 et 2.

Chapitre 2 Les modules de Capture et Comparaison (CCP) et Modulation de Largeur d'Impulsion (PWM) (2 semaines)

- Le mode Capture, Le mode Comparaison, le mode PWM,
- Les registres de contrôles des modules CCP.

Chapitre 3 Les convertisseurs analogique/numérique (02 semaines)

- Déroulement d'une conversion,
- Temps de conversion,
- Temps d'acquisition,
- Valeur numérique obtenue.

Chapitre 4 L'interface de communication série USART ou SCI (Serial Communication Interface) (03 semaines)

- Présentation en mode asynchrone et mode synchrone,
- Transmission (Présentation et Fonctionnement),
- La réception (Présentation et Fonctionnement),
- Les registres de la SCI.

Chapitre 5 Le module MSSP (Master Synchronous Serial Port) (02 semaines)

- Le module MSSP en mode I2C (inter integrated circuit),
- Transmission d'un octet, Réception d'un octet,
- Le module MSSP en mode SPI (Serial Peripheral Interface),
- Les registres de MSSP.

Chapitre 6 Jeu d'instructions et développement d'applications en Electrotechnique (03 semaines)

- Description détaillée des instructions,
- Programmation en langage Machines,
- Programmation en langage évolué.

Travaux pratiques

TP1 : Prise en main d'un environnement de programmation sur microcontrôleur: allumage d'une led et allumage séquentiel des 08 Leds

TP2 : Programmation d'un Timer et d'interruptions

TP3 : Commande de machines Electriques à base de PIC (exemple PIC16F877).

TP4 : Programmation pour les convertisseurs analogique/numérique (ex. PIC16F877)

TP5: Applications microcontrôleurs : Circuits à interface série synchrone, Transmission/réception, Interface LCD - Clavier Interface - système d'acquisition de données.

Mode d'évaluation : CC : 40%, Examen 60%

Références bibliographiques

- [1].C. TAVERNIER, « Microcontrôleurs PIC 10, 12, 16 : Description et mise en œuvre », Edition Dunod 2000.
- [2].BIGONOFF, « La programmation des PIC », Cours, première partie, Révision 33.
- [3].M. Tischer et B. Jennrich. La bible PC – Programmation système. Micro Application, Paris, 1997.
- [4].R. Tourki. L'ordinateur PC – Architecture et programmation – Cours et exercices. Centre de Publication Universitaire, Tunis, 2002.
- [5].H. Schakel. Programmer en assembleur sur PC. Micro Application, Paris, 1995.
- [6].E. Pissaloux. Pratique de l'assembleur I80x86 – Cours et exercices. Hermès, Paris, 1994.

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
S7	Technique de mesure et capteurs	2	3	
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
45h	1h30		01h30	

Pré-requis

Electronique analogique, Mesures électriques et électroniques, Traitement du signal.

Objectifs

Comprendre les principes fondamentaux des capteurs et de l'instrumentation.

Acquérir des connaissances technologiques étendues sur les différents capteurs rencontrés en milieu industriel et sur leurs utilisations.

Être capable de sélectionner, d'installer et de calibrer des capteurs et des instruments pour des applications spécifiques en électrotechnique.

Chapitre 1 Notions sur les Capteurs (02 semaines)

- Grandeurs mesurables, Vocabulaire, Rôles d'un capteur, Types de mesurandes,
- Caractéristiques générales d'un capteur : étendue de mesure, sensibilité, reproductibilité, Fonctionnement en linéaire, hystérésis, résolution, dérive, temps de réponse et stabilité, les erreurs de mesure, ... Les parasites.
- Type de capteurs (actifs, passifs, composites, ...), capteurs simples, intégrés et/ou intelligents.

Chapitre 2 Conditionnement des capteurs (04 semaines)

- Définition d'un circuit de conditionnement, Montage potentiométrique (Mesure des résistances,
- Mesure des impédances complexes, Les inconvénients du montage potentiométrique. Pont de Wheatstone, Mesures des impédances complexes, Kelvin, Wien, Maxwell, Owen, Hay, Anderson, ...,
- Amplificateurs d'instrumentation, Amplificateurs différentiels, amplificateurs de charge et amplificateurs d'isolement. Circuits de linéarisation et de conditionnement non-linéaire. Évaluation de la distorsion des systèmes de conditionnement : Signalisation et conditionnement de signal (filtrage et conversion de signal, Compensation des erreurs et des perturbations,
- Interfaces de communication (analogique, numérique).

Chapitre 3 : Exemples de capteurs industriels (04 semaines)

- Capteur de position et de déplacement,
- Capteurs de courant et tension,
- Capteur de température (thermistors, thermocouples, RTD),
- Capteurs de pression (jauge de contrainte, capteurs piézorésistifs).
- Capteur de couple (dynamique et statique).

Chapitre 4 : Systèmes de transmission pour capteurs (03 semaines)

- Les transmetteurs (Intérêt d'un transmetteur, Paramétrage des transmetteurs, choix d'un transmetteur, boucle de courant 4-20mA, Symboles, les transmetteurs intelligents).

- Systèmes de transmission analogiques et numériques.
- Transmission en tension et en courant (4-20 mA).
- Techniques de modulation/démodulation.
- Transmission numérique série synchrone ou asynchrone. Principes, caractéristiques et protocoles (RS232C, RS422, RS485, ...).

Chapitre 5 Introduction aux capteurs intelligents (02 semaines)

- Intérêt et principes, architecture générale (module de captage, unité de traitement, interface de communication, module d'alimentation), avantages et inconvénients,
- Réseaux de capteurs intelligents,
- exemples de protocoles de communication.

Travaux pratiques

TP1 : Evaluation d'une mesure et étude d'un circuit de conditionnement à base d'un diviseur de tension et d'un pont de Wheatstone.

TP2 : Etude d'un amplificateur d'instrumentation et évaluation du mode commun.

TP3 : Conditionnement d'un capteur passif.

TP4 : Conditionnement d'un capteur actif.

TP6 : Etude des capteurs à effet hall de courant et tension.

TP5 : Etude d'un capteur de position et de vitesse.

TP6 : Etude d'un capteur de couple.

Mode d'évaluation : CC : (TC+TP) 40%, Examen 60%

Références bibliographiques

- [1] Georges Asch et Collaborateurs. Les capteurs en instrumentation industrielle, Dunod 2006.
- [2] Ian R. Sinclair. Sensors and transducers, Newnes, 2001.
- [3] J. G. Webster. Measurement, Instrumentation and Sensors Handbook, Taylor & Francis Ltd.
- [4] M. Grout. Instrumentation industrielle: Spécification et installation des capteurs et des vannes de régulation, Dunod, 2002.
- [5] R. Palas-Areny, J. G. Webster. Sensors and signal conditioning, Wiley and Sons, 1991.
- [6] R. Sinclair, Sensors and Transducers, Newness, Oxford, 2001.
- [7] M. Cerr, Instrumentation industrielle : T.1 et T.2, Edition Tec et Doc.
- [8] N. Ichinose, Guide pratique des capteurs, Masson
- [9] P. Dassonville, Les capteurs, Dunod 2013.
- [10] Ciame, Réseaux de terrain : Description et critères de choix, Hermes, 2001.
- [11] <https://www.sciencedirect.com/book/9780081006139/instrumentation-and-controlsystems>
- [12] <https://library.books24x7.com/toc.aspx?%5EB=&bookid=11997>
- [13] <https://app.knovel.com/kn/resources/kpMITA0001/toc>
- [14] <https://www.taylorfrancis.com/books/9781315217451>
- [15] <https://www.taylorfrancis.com/books/e/9781315217444>.
- [16] <https://archive.org/details/pratiquedesresea0000mont/page/n9/mode/2up>

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
S7	Actionneurs pneumatiques et hydrauliques	2	3	
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
45h	1h30		01h30	

Pré-requis

Connaissance de base sur la mécanique des fluides.

Objectifs

Permet aux étudiants de pouvoir dimensionner et commander des circuits hydrauliques ou pneumatiques de base

Contenu de la matière**Chapitre 1 Rappels sur la mécanique des fluides (2 semaines)**

- Présentation d'un fluide (compressibilité, types, rôle, choix, caractéristiques, ...);
- Viscosité, régime d'écoulement, Nombre de Reynold,...
- Rappel sur le théorème de Bernoulli (fluide parfait, fluide réel, associant une source d'énergie hydraulique), calcul des pertes de charge (singulières, régulières).
- Filtration, dispositifs de filtration en pneumatique et en hydraulique.

Chapitre 2 Introduction aux systèmes hydrauliques et pneumatiques (2 semaines)

- Généralités sur les systèmes hydrauliques et pneumatiques, et leurs applications dans l'industrie.
- Constituants des systèmes hydrauliques et pneumatiques: centrale hydraulique ou pneumatique, système de filtration, ...
- Comparaison des systèmes hydrauliques et pneumatiques en terme de: densité d'énergie, de fréquence, de coût et d'encombrement par rapport aux autres systèmes (électromagnétiques, électrostatique et thermique)

Chapitre 3 Les actionneurs hydrauliques et pneumatiques (4semaines)

- Les vérins : types de vérins (simple effet, double effet, rotatifs, à tige télescopique,...); Symboles ; Dimensionnement.
- Les moteurs rotatifs : types de moteurs hydrauliques et pneumatiques, et leurs symboles ; calculs élémentaires et dimensionnements, caractéristiques...

Chapitre 4 Les pré-actionneurs et les dispositifs de protection (4 semaines)

- Dispositifs de contrôle et de protection : maîtrise de la pression (limiteur de pression, réducteur-régulateur de pression, valve de séquence, valve conjoncteur-disjoncteur), maîtrise du débit (clapet anti-retour, réducteur-régulateur de débit).
- Les distributeurs : distributeurs classiques, distributeurs proportionnels, servovalves (caractéristique et intérêt), types de distributeurs (bistable, monostable, 3/2, 5/2,...), différentes configurations de montage (en série, en parallèle).
- Particularités des organes de commandes hydrauliques.
- Symbolisation des dispositifs hydrauliques et pneumatiques.

Chapitre 5 Commandes de systèmes hydrauliques et récepteurs finaux (3semaines)

Intitulé : Systèmes Electriques Industriels

Etablissement:

Année universitaire

- Variation de la vitesse d'un vérin par action sur un réducteur de débit.
- Variation de la vitesse d'un moteur par tarage d'un limiteur de pression.
- Commande électrique et hydraulique des actionneurs hydrauliques (commande directe, indirecte, synchronisation, ...).

Travaux Pratiques

3 à 4 TP à réaliser selon la disponibilité du matériel adéquat au laboratoire.

Mode d'évaluation : CC : (TC+TP) 40%, Examen 60%

Références bibliographiques

- [1] L. MARTIN, « Transmissions hydrostatiques – Assemblage et conception de circuits », Techniques de l'Ingénieur, article b6060, 2000.
- [2] ABDENBI Amine. Étude de la commande pneumatique et électrique du bras manipulateur RB-3/EV et remise en marche du banc de commande. Mémoire de Master, 2002.
- [3] Pompes et moteurs par Louis MARTIN Ingénieur de l'École nationale supérieure d'hydraulique de Grenoble.
- [4] R. BEN HAMOUDA, « Notions de mécanique des fluides », Centre de Publication Universitaire, Tunisie, 2008.
- [5] EMI-AFPA, « Fluides hydrauliques », Centre de formation de Foulayronnes, 47-JPM-08/2013. Version AFPA Bègles, Bordeaux.
- [6] S. BOUJILA, « Cours : Transmission de puissances hydrauliques et pneumatiques », Institut Supérieur des Etudes Technologiques de Nabeul, Département de Maintenance Industrielle, 2006, Tunisie.
- [7] LGT Galilée, « Filtration de l'air », Cours de Climatisation, BTS FEE 1ère Année, 2006, académie de Versailles, France.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S 7	Programmation Avancée en Python		2	2	
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
45h00	1h30		1h30		

Objectifs de la matière

Compétences visées :

- Utilisation des outils informatiques pour l'acquisition, le traitement, la production et la diffusion de l'information
- Compétences en Python et gestion de projets,
- Compétences en automatisation et visualisation de données.

Objectifs :

- Approfondir la maîtrise du langage Python et initier les étudiants aux bases de l'analyse de données et de l'intelligence artificielle.
- Acquérir les bases de solides en informatique.
- Apprendre à programmer en Python, Excel
- Maîtriser l'automatisation de tâches
- Maîtriser un logiciel de gestion de projets

Matériels nécessaires :

- Un ordinateur avec Python installé,
- Bibliothèques Python : NumPy, Pandas, Scikit-learn, Matplotlib, os.listdir, os.path.exists, os.mkdir, os.rmdir, Matplotlib, Seaborn, Plitly , Request, Beautiful Soup, Tkinter, PyQt, ...
- Tensorflow, PyTorch, ...

Prérequis : Programmation Python,

Contenu de la matière :

Chapitre1 : Rappels sur la programmation en Python (02 Semaines)

1. Introduction : Concepts de base en informatique et outils numériques, installation de Python.
2. Présentation de la notion de système d'exploitation : Roles, types (Linux, Woindows, ..) Gestions des priorités,
3. Présentations des réseaux informatiques (Principe, Adresse IP, DNS, internet, ...)
4. Programmation de base : Mode interactif et mode script, Variables, types de données, opérateurs. Structures conditionnelles et boucles (if, for, while).
5. Fonctions et éléments essentiels :Fonctions prédéfinies et création de fonctions. Modules standards (math, random). Chaînes de caractères, listes, manipulation de base des données.
6. Les Fichiers, Listes Tuples, dictionnaires,
7. Exercices :
 - Exercices d'apprentissage de Python
 - Exercices d'utilisation des bibliothèques vues au cours (Math, Random, NumPy, Pandas,...)

Chapitre 2 : Programmation et automatisation (04 semaines)

1. Principes d'Automatisation de tâches
 - Bibliothèques Python pour l'automatisation :
 - ✓ Pandas etNumPy.
 - ✓ Os, shutil : manipulation de fichiers et dossiers
 - ✓ Openpyxl ou pandas : travail avec des fichiers Excel ou CSV
 - Définitions et exemples d'automatisation (envoi de mails,...)

Intitulé : *Systèmes Electriques Industriels*

Etablissement:

Année universitaire

2. Manipulation de fichiers avec Python :

- Utiliser les bibliothèques pour :
 - ✓ Parcourir un dossier (os.listdir)
 - ✓ Vérifier l'existence d'un fichier ou dossier (os.path.exists)
 - ✓ Créer ou supprimer des dossiers (os.mkdir, os.rmdir)
 - ✓ Visualiser des données : Matplotlib, Seaborn, Plitly
 - ✓ Request pour réagir avec des Interface de Programmation d'Application (API)
 - ✓ BeautifulSoup pour le Scraping de données
 - ✓ Tkinter, PyQt pour visualiser des données graphiques
- Copier ou déplacer des fichiers avec shutil...
- Recherche, tri et génération de rapports simples.
- Sérialisation et Désérialisation (Utilisation du module pickle).
- Sérialisation d'objets et traitement de fichiers volumineux (streaming).

3. Exercices

- Utilisation de openpyxl et pandas pour lire, modifier et écrire des fichiers Excel ou CSV pour :
 - ✓ Créer des rapports automatiques
 - ✓ Extraire automatiquement des données
- Ecriture de scripts pour :
 - ✓ traiter des fichiers textes (recherche, tri)
 - ✓ automatiser des calculs techniques
 - ✓ gérer des rapports simples (PDF, Excel)
- Algorithmes de tri, de recherche et de tri par insertion
- Implémenter une fonction de recherche dans une liste.
- Opération sur les fichiers
- Navigation sécurisée (configuration de réseaux simples, gestion des mots de passe)

Chapitre 3 : Apprentissage avancé d'Excel (02 semaines)

1. Principes des macros et création d'une macro simple,
2. Tableaux croisés dynamiques,
3. Histogrammes,
4. Diagrammes en barres,
5. Araignée,
6. Etc.
7. Exercices Excel

Chapitre 4 : Apprentissage de Gantt Project (02 semaines)

1. Introduction à la gestion de projets :
 - Qu'est-ce qu'un projet ?
 - Quels sont les enjeux de gestion d'un projet ?
 - Interface de Gantt Project
2. Les tâches (création, modification, organisation)
3. Gestion du temps (dates de début ou de fin de projet)
4. Gestion des ressources
5. Exercices sur Gantt Project

Chapitre4 : Programmation orientée objet avancée (03 semaines)

Intitulé : Systèmes Electriques Industriels

Etablissement:

Année universitaire

1. Organisation du code :
 - Fonctions personnalisées, paramètres, valeur de retour.
 - Modules, importations et packages.
2. Structures de données complexes :
 - Listes, tuples et dictionnaires : création, modification, suppression, parcours.
3. Concepts fondamentaux de la Programmation orientée objet (POO) :
 - Classes, objets, attributs et méthodes.
 - Attributs publics, privés et protégés.
4. Méthodes spéciales :
 - **init, str, repr, len.**
5. Concepts avancés :
 - Encapsulation, abstraction, héritage, polymorphisme.
 - Héritage avancé, décorateurs, design patterns, méta classes.
6. Exercices

Chapitre5: Introduction aux données pour l'IA(02 semaines)

1. Introduction aux Datasets courants en IA :
 - Iris, MNIST, CIFAR-10, Boston Housing, ImageNet.
2. Prétraitement des données pour le Machine Learning:
 - Nettoyage, normalisation, encodage, séparation des données.
 - Validation croisée (cross-validation).
3. Techniques de Feature Engineering :
 - Sélection, création de caractéristiques, réduction de dimension.
4. Bibliothèques essentielles pour le développement des modèles IA:
 - scikit-learn, Tensor Flow, Keras, PyTorch

Travaux pratiques :

TP 01 : Maîtriser les bases de la programmation en Python

(Structures de contrôle, types, boucles, fonctions simples)

1. Initiation
2. Lire et traiter des fichiers textes
3. Gérer des rapports simples (PDF, Excel)

TP 02 :

- Elaborer un cahier de charges d'un mini projet d'automatisation de tâches avec Python consistant à identifier et à envoyer automatiquement des rapports par email avec Python :

1. Charger les données depuis un fichier (ex : mesures expérimentales),
2. Effectuer des statistiques simples sur les données (moyenne, écart-type avec interprétation),
3. Générer un graphique,
4. Envoi du résultat avec Python.

TP 03 :

1. Programmation ex Excel du tableau de bord vu en TD
2. Création de tableaux Excel automatisés
3. Macros simples,
4. Formules conditionnelles,
5. Recherche V.

TP 04 :

Organiser une réunion en Gantt project

1. Créer un nouveau projet :
 - Nom du projet : Réunion

Intitulé : Systèmes Electriques Industriels

Etablissement:

Année universitaire

- Date de début : Date et heure de la réunion
 - Durée estimée : durée totale de la réunion
2. Définition des tâches
 - Points à l'ordre du jour (chaque point de l'ordre du jour devient une tâche)
 - Sous-tâches : Si un point est composé, créer alors les sous-tâches correspondantes
 - Tâches initiales et finales (par exemple : « Accueil de participants », « clôture de la réunion »)
 3. Définition des ressources :
 - Participants (chaque participant est une ressource)
 - Matériel (ordinateur, datashow...)
 4. Estimation des durées :
 - Durée de chaque point : temps nécessaire pour chaque point de l'ordre du jour
 - Temps de transition d'un point à l'autre
 5. Création du diagramme de Gantt :
 - Visualiser l'ordre du jour
 - Identifier les points clés
 6. Suivre l'avancement en temps réel (projection du Diagramme de Gantt)

TP 05 : Structures avancées et organisation du code

(Fonctions personnalisées, dictionnaires, modules et organisation modulaire)

TP 06 : Programmation orientée objet avancée en Python

(Encapsulation, héritage, méthodes spéciales, design patterns simples)

TP 07 : Manipulation de fichiers et analyse de données

(Lecture/écriture de fichiers, traitement de texte, introduction à Pandas et NumPy)

TP 08 : Préparation et traitement de données pour l'intelligence artificielle

(Chargement de datasets IA, nettoyage, transformation, sélection de caractéristiques)

Projet final

Titre : Analyse et visualisation d'un jeu de données + modèle prédictif simple

Compétences mobilisées : Lecture de données, POO, structures avancées, Pandas, Scikit-learn.
(Présentation orale + rapport écrit).

Mode d'évaluation : examen 60% , CC=40%

Bibliographie

- [1] .E.Schultz et M.Bussonnier (2020) : Python pour les SHS. Introduction à la programmation de données. Presses Universitaires de Rennes.
- [2] .C.Paroissin, (2021) : Pratique de la data science avec R : arranger, visualiser, analyser et présenter des données. Paris : Ellipses, DL 2021.
- [3] .S.Balech et C.Benavent: NLP texte minig V4.0, (Paris Dauphine-12/2019): lien: https://www.researchgate.net/publication/337744581_NLP_text_miningV40-une_introduction_-_cours_programme_doctoral
- [4] .Allen B. Downey Think Python: How to Think Like a Computer Scientist, O'Reilly Media, 2015;
- [5] .Ramalho, L.. Fluent Python. " O'Reilly Media, Inc.", 2022;
- [6] .Swinnen, G. Apprendre à programmer avec Python 3. Editions Eyrolles, 2012;
- [7] .Matthes, E. Python crash course: A hands-on, project-based introduction to programming. no starch press, 2019
- [8] .Cyrille, H. (2018). Apprendre à programmer avec Python 3. Eyrolles, 6ème édition. ISBN: 978-2212675214
- [9] .Daniel, I. (2024). Apprendre à coder en Python, J'ai lu

Intitulé : *Systèmes Electriques Industriels*

Etablissement:

Année universitaire

- [10]. Nicolas, B. (2024). Python, du grand débutant à la programmation objet Cours et exercices corrigés, 3eme édition, Ellipses
- [11]. Ludivine, C. (2024). Selenium Maîtrisez vos tests fonctionnels avec Python, Eni

Ressources en ligne

- Documentation officielle Python : docs.python.org
- Exercices Python sur Codecademy : codecademy.com/learn/learn-python-3
- W3Schools Python Tutorial : w3schools.com/python/

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S7	Projet personnel professionnel		1	2	/
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
22h30	Volume horaire horaire hors quota Tutorat : 1h30 TP hebdomadaire				

Pré-requis

Aucun

Objectifs

Ce programme d'étude vise à fournir une structure complète pour guider les étudiants dans la réalisation d'un Projet Personnel Professionnel (PPP) significatif et efficace.

Contenu de la matière**Chapitre 1: Exploration des Métiers et des Aptitudes Personnelles**

- **Introduction au PPP**
 - Objectifs et importance du Projet Personnel Professionnel.
 - Présentation des métiers de la filière et spécialité choisies.
- **Auto-évaluation des Aptitudes Personnelles**
 - Techniques d'auto-évaluation des compétences techniques, sociales et personnelles.
 - Identification des forces et des faiblesses.

Chapitre 2: Recherche et Documentation

- **Recherche Documentaire**
 - Utilisation de ressources en ligne et physiques pour recueillir des informations sur les métiers choisis.
 - Compilation de données sur les perspectives de carrière, les compétences requises, les formations nécessaires, etc.
- **Entrevues et Échanges**
 - Entrevues avec des professionnels du secteur pour comprendre leur parcours, leurs défis et leurs conseils.
 - Participation à des événements de réseautage pour élargir les connaissances sur les tendances et les opportunités.

Chapitre 3: Définition des Objectifs Professionnels

- **Identification des Objectifs à Court et Long Terme**
 - Définition des objectifs de carrière à court, moyen et long terme.
 - Alignement des aspirations personnelles avec les exigences du métier choisi.
- **Élaboration d'un Plan de Formation**
 - Choix des parcours qui soutiennent les objectifs identifiés.
 - Planification des formations complémentaires, stages et expériences professionnelles.

Chapitre 4: Conception et Réalisation du PPP

- **Structuration du Projet**
 - Planification détaillée des sections du PPP (Introduction, Analyse des Aptitudes, Objectifs Professionnels, etc.).
 - Choix des outils de présentation (rapport écrit, présentation orale, etc.).
- **Accompagnement Individuel**
 - Séances de tutorat individuelles pour discuter de la progression du PPP, résoudre les difficultés et affiner les objectifs.

Chapitre 5: Évaluation et Présentation Finale

- **Évaluation du Projet**
 - Auto-évaluation et rétroaction du tutorat sur la qualité et la pertinence du PPP.
 - Révision finale basée sur les commentaires reçus.
- **Présentation du PPP**
 - Présentation orale du projet devant un comité ou des pairs.
 - Discussions et échanges sur les conclusions et les recommandations du PPP.

Mode d'évaluation : Contrôle continu 100%

References bibliographiques

- Robert C. Reardon, Janet G. Lenz, James P. Sampson Jr., Gary W. Peterson, "**Career Development and Planning: A Comprehensive Approach**"
Ce livre offre une approche complète du développement de carrière, y compris la planification personnelle et professionnelle.
- Bill Burnett, Dave Evans, "**Designing Your Life: How to Build a Well-Lived, Joyful Life**", Ce livre propose des outils pratiques pour concevoir sa vie professionnelle et personnelle de manière intentionnelle et satisfaisante.
- Nicholas Lore, "**The Pathfinder: How to Choose or Change Your Career for a Lifetime of Satisfaction and Success**", Ce livre guide les lecteurs à travers un processus structuré pour choisir une carrière alignée sur leurs passions, compétences et valeurs.
- Richard N. Bolles, "**What Color Is Your Parachute? 2024: A Practical Manual for Job-Hunters and Career-Changers**", Ce guide classique offre des conseils détaillés sur la recherche d'emploi, l'exploration de carrière et la gestion de carrière à long terme.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S8	Stage en entreprise 2		1	1	SEI8.7
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
1h30 hebdo	-	-	1h30		

Pré requis

Stage d'initiation en entreprise

Objectifs

Stage en entreprise2 est un **stage d'immersion en entreprise** ou l'étudiant est mis en situation réelle dans l'entreprise ou dans un service de production pour occuper différents poste technique en effectuant des rotations sur plusieurs postes de travail.

L'objectif est de se familiariser avec différentes activités et de faire face à la réalité quotidienne d'un ouvrier, technicien, ingénieur et du manager.

Contenu de la matière

Stage en entreprise de production industrielle ou dans un centre de recherche et de développement.

Mode d'évaluation : Contrôle continu 100 %

Références bibliographiques : Documentation de l'entreprise

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S7	Normes en Electrotechnique		1	1	
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
22h30	1h30				

Pré-requis :

-Electrotechnique fondamentale.

Objectifs :

1. Familiariser l'étudiant avec les relations des différents niveaux de normalisation électrique.
2. Permettre à l'étudiant de comprendre le mécanisme d'élaboration des normes.
3. Synthèse des principales normes en électrotechnique

Contenu de la matière :**Chapitre 1 : Organisations internationales de la normalisation (3 semaines)**

1. Commission électrotechnique internationale (CEI).
2. IEEE Standardisation Association (IEEE SA).
3. National Electrical Manufacturers Association (NEMA).
4. American National Standard Institute (ANSI).
5. Organisation internationale de normalisation (ISO).
6. International Society for Measurement and Control (ISA).
7. American Society of Mechanical Engineers (ASME).

Chapitre 2 : Elaboration d'une norme internationale (2 semaines)**Chapitre 3 : Normes ELT de la CEI (4 semaines)****Chapitre 4 : Normes ELT de la IEEE SA (3 semaines)****Chapitre 5 : Normes ELT de NEMA (3 semaines)**

Modalités d'évaluation : Examen final : 100 %.

Références bibliographiques:

1. M.-C. RADONDE-PAYEN 'Organisations internationales de normalisation électrique et leur fonctionnement'. Techniques de l'ingénieur 2022.
2. 'Normes et brevets - Normes États-Unis - International'. Université du Québec à Chicoutimi, Service de la bibliothèque.
3. D.Fedullo, T.Gallauziaux,'Les évolutions de la norme électrique', 4^{ème} édition. Ed. Eyrolles 2017.

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
S7	Production de l'énergie Electrique	1	1	
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
22h30	1h30			

Pré-requis

Physique

Objectifs

Comprendre les principes et les technologies de production d'énergie électrique à partir de sources renouvelables et conventionnelles.

Acquérir des connaissances sur les différentes méthodes de production d'énergie et leurs implications techniques, économiques et environnementales.

Être capable d'évaluer, de concevoir et de gérer des systèmes de production d'énergie diversifiés.

Contenu de la matière**Chapitre.1 Introduction aux sources d'énergie (2 semaines)**

- Présentation des différentes sources d'énergie (renouvelables et conventionnelles)
- Rôles et enjeux de la production d'énergie électrique

Chapitre 2 Énergies conventionnelles (5 semaines)

- Énergie thermique (centrales thermiques à combustibles fossiles, nucléaire)
- Énergie hydroélectrique
- Centrales à gaz et à vapeur

Chapitre 3 Énergies renouvelables (5 semaines)

- Énergie solaire photovoltaïque
- Énergie éolienne
- Énergie hydraulique
- Géothermie
- Biomasse et biogaz
- Énergies marines (énergie houlomotrice, énergie marémotrice).

Chapitre 4 Analyse économique et environnementale (3 semaines)

- Coûts de production et de maintenance des différentes sources d'énergie
- Impact environnemental (émissions de CO₂, consommation de ressources, etc.)
- Étude de cas sur la tarification de l'électricité et les politiques énergétiques

Mode d'évaluation : Examen 100%**Références bibliographiques**

[1] Ismail H. Altas and Adel M. Sharaf, Solar Energy and PV Systems, Hindawi Publishing Corporation, 2014.

[2]J. Vernier, [Les Énergies renouvelables](#), Collectionn [Que Sais-Je, numéro 3240](#), Tome 8, ISBN 2130799698.

[3] Léon Freris, [David Infield, Les énergies renouvelables pour la production d'électricité](#), 2ème édition, Edition Dunod, 2021

Intitulé : Systèmes Electriques Industriels*Etablissement:**Année universitaire*

- [4] [Michel Paillard](#), [Denis Lacroix](#), [Véronique Lamblin](#), Energies renouvelables marines, Edition Quae, 2009.
- [5] Énergie, électricité et nucléaire, Gilbert NAUDET et Paul REUSS, Institut National Des Sciences Et Techniques Nucléaires, EDP Sciences 2008, 17, avenue du Hoggar Parc d'activités de Courta boeuf, BP 112, 91944 Les Ulis Cedex A, France.
- [6] Electrotechnique, Théodore Wildi Avec la collaboration de Gilbert Sybille, 3^{ème} édition, Editions de Boeck Université, Rue des Minimes 39, B-1000 Bruxelles.
- [7] Turbomoteurs à Combustion Interne, Gicquel Renaud, Extrait de "Systèmes Energétiques, tome 2", Presses de l'Ecole des Mines de Paris.
- [8] Les piles électriques et l'électricité dynamique, PIERRE LANGLOIS. Éditions Multi-Mondes 2006 930, rue Pouliot Québec (Québec) G1V 3N9 Canada.
- [9] Anne Labouret, Michel Viloz, Energie solaire photovoltaïque, édition Dunod, 2005.

Programmes détaillés des matières du 8^{ème} semestre

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S 8	Commandes des machines Electriques.		3	5	
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
67h30	1h30	1h30	1h30		

Pré-requis

Modélisation des machines électriques ; Convertisseurs statiques ; Systèmes asservis.

Objectifs

Comprendre, analyser et modéliser l'ensemble machines-convertisseurs ; Réaliser le câblage des circuits de commande et de puissance des machines électriques.

Contenu de la matière

Chapitre 1 Généralités sur les entraînements Electriques (1 semaine)

- Entraînement Électrique à vitesse variable (définition, intérêt de la variation de vitesse, caractéristiques, exemples d'application).
- Structure générale d'un entraînement électrique (Machine-Convertisseur Statique-Unité de réglage et de commande-Charge entraînée).
- Équation du mouvement et caractéristiques mécaniques (Équation fondamentale de la dynamique, Caractéristiques mécaniques des machines Électriques et des charges entraînées, Quadrants de fonctionnement; Stabilité d'un point de fonctionnement).

Chapitre 2 Réglage de la vitesse des machines à courant continu (2 semaines)

- Rappels sur les machines à courant continu (Principe de fonctionnement, Schéma électrique équivalent, les différents types de machines à courant continu).
- Caractéristiques électromécanique et mécanique des machines à courant continu.
- Caractéristiques mécaniques des charges entraînées.
- Point de fonctionnement d'un groupe moteur-charge entraînée (Stabilité, Démarrage, Freinage électrique).
- Méthodes de réglage de la vitesse d'un moteur shunt (réglage rhéostatique, Réglage par le flux, Réglage par la tension).

Chapitre 3 Réglage de la vitesse des machines asynchrones (5 semaines)

- Rappels sur les machines asynchrones, Rappels sur les convertisseurs d'électronique de puissance.
- Association machines asynchrones-convertisseurs, Réglage de vitesse des moteurs asynchrones (réglage par action sur la tension d'alimentation, réglage par action sur la résistance rotorique, réglage par cascade hypo-synchrone, réglage par variation de la fréquence d'alimentation).
- Association Onduleur / machine asynchrone (technique à MLI, variation de fréquence et de tension).
- Introduction au découplage entre contrôle du flux et du couple (V/f, commande scalaire).

Chapitre 4 Réglage de la vitesse et autopilotage des machines synchrones (5 semaines)

- Rappels sur les machines synchrones, Association machines synchrones-convertisseurs.

- Réglage de vitesse des moteurs synchrones (principe de l'autopilotage, réglage de vitesse de la machine synchrone autopilotée alimentée par un commutateur de courant, réglage de vitesse de la machine synchrone autopilotée alimentée par un onduleur de tension MLI).

Chapitre 5 : Introduction aux Commandes avancées des Machines AC (2 semaines)

- Introduction à la commande vectorielle, directe et indirecte, des machines asynchrone et synchrone à pôles lisses.

Travaux Pratiques

TP1 : Réglage de vitesse d'un moteur à courant continu par un hacheur ;

TP2 : Réglage de vitesse d'un moteur à courant continu par un redresseur ;

TP 3 : Association onduleur machine à courant alternatif ;

TP4 : Autopilotage de la Machine synchrone ;

TP5 : Commande Scalaire d'une Machine asynchrone ;

TP6 : Réglage de Vitesse de la Machine Synchrone Autopilotée Alimentée par un Onduleur de Tension MLI

Modalités d'évaluation : Contrôle continu : 40% (20% TD+20% TP), Examen final : 60%

Références bibliographiques

[1] Chauprade, R. "Électronique de puissance .1, Commande des moteurs à courant continu", 4e éd, Paris : Eyrolles, 1984

[2] Chauprade, Robert Milsant, Francis "Electronique de puissance.2, Commande des moteurs à courant alternatif" Paris : Eyrolles, 1988.

[3] Gaude, Daniel "electronique de puissance, conversion électromécanique, régulation et asservissement" Paris : Eyrolles, 2014

[4] Séguier, Guy "Electronique de puissance : les fonctions de base et leurs principales applications: cours et exercices résolus" 1999.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S 8	Réseaux Electriques Industriels.		3	5	
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
67h30	1h30	1h30	1h30		

Pré-requis

Notions de bases en électrotechnique, structure, fonctionnement et modélisation des réseaux électriques, machines, appareillages.

Objectifs:

Familiariser les étudiants avec les installations électriques industrielles HT et BT, leurs architectures, conception, dimensionnement et protection.

Contenu de la matière**Chapitre 1 Introduction à la conception d'une installation électrique (1 semaine)**

- Généralités sur les installations électriques industrielles.
- Règles et textes normatifs et réglementaires.
- Éléments d'une installation électrique industrielle : sources, équipements, postes et récepteurs.

Chapitre 2 Architectures des installations électriques industrielles (2 semaines)

- Architecture de la distribution de l'énergie électrique.
- Schéma de distribution de puissance dans les installations HTA et BT.
- Structures et caractéristiques.
- Raccordement au réseau de distribution publique HTA et BT.
- Conception des installations industrielles.

Chapitre 3 Mise à la terre des neutres et calcul des défauts (3 semaines)

- Mise à la terre dans les installations électriques.
- Schémas de mise à la terre des neutres, avantages et inconvénients
- Calculs des courants de défaut et des tensions de contact.
- Calcul des courants de court-circuit : CEI 60909.

Chapitre 4 Dimensionnement des installations industrielles (5 semaines)

- Méthodologie de dimensionnement d'une installation électrique
- Bilans de puissance et dimensionnement des transformateurs.
- Dimensionnement des canalisations HTA.
- Dimensionnement des jeux de bars et des postes.
- Compensation de l'énergie réactive.

Chapitre 5 Protection des installations électriques industrielles (4 semaines)

- Rappels sur la protection des réseaux électriques.
- Plans de protection dans les installations industrielles: transfo, générateurs, moteurs et postes.
- Étude de sélectivité.

Travaux Pratiques

TP 1 : Calcul bilan de puissance d'une installation industrielle.

TP 2 : Mise à la terre des neutres, courants de défauts et tensions de contact

Intitulé : Systèmes Electriques Industriels

Etablissement:

Année universitaire

TP 3 : Dimensionnement des canalisations d'une installation industrielle.

TP 4 : Etude de protections du réseau industriel.

TP 5 : Compensation de la puissance réactive.

Mode d'évaluation: contrôle continue (20%TD+20%TP), examen 60%

Références bibliographiques

[1]. Christophe Prévé et Robert Jeannot, Guide de conception des installations électriques industrielles, Schneider Electric, 1997.

[2] Jacques Marie Broust, Appareillages et installations électriques industriels, Dunod, 2023

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S 8	Automatisme industrielle 2		3	5	
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
67h30	1h30	1h30	1h30		

Pré-requis

Notions de base en électricité, électronique, mécanique, pneumatique et hydraulique Industrielle. Compétences en logique combinatoire et séquentiel et μ -Processeurs. Maîtrise de la matière "Automatismes Industriels 1". Compétences dans le domaine de la Pneumatique et Hydraulique Industrielle

Objectifs

Maîtriser les technologies et les éléments constitutifs des systèmes automatisés. Développer une compréhension approfondie des composants d'un API. Renforcer la capacité à analyser et à concevoir des systèmes automatisés. Identifier les problèmes de fonctionnement d'un automate complexe commandé par un API. Maîtriser les techniques avancées de programmation d'un API. Savoir effectuer le raccordement d'un automate et accéder à ses fonctionnalités. Capacité à apporter des modifications au programme de l'automatisme. Développer la compétence pour effectuer des essais et des tests sur l'automatisme modifié. Compétence pour identifier et résoudre les problèmes de fonctionnement.

Contenu de la matière

Chapitre 1 Système technique et notions d'automatismes (2 semaines)

- Qu'est-ce qu'un système ? Caractéristique d'un système.
- Fonction globale d'un système; Valeur ajoutée.
- Matière d'œuvre entrante / sortante.
- Données contrôles; Sorties secondaires.
- Structure matérielle d'un système automatisé; Structure fonctionnelle d'un système automatisé.

Chapitre 2 Modélisation d'un système technique (2 semaines)

- Outil de modélisation.
- Exemples d'application.

Chapitre 3 Analyse fonctionnelle d'un système (2 semaines)

- Démarche de l'analyse fonctionnelle. Outils et méthodes.
- Méthode d'analyse fonctionnelle descendante SADT; Méthode d'analyse fonctionnelle FAST.
- Aperçu sur d'autres méthodes (MERISE, UML, BPMN).

Chapitre 4 Programmation des API (3 semaines)

- Langages de programmation des API.
- Transcription d'un cahier des charges.
- Automatisation des Processus.

Chapitre 5 Contrôle et Supervision d'un système automatisé (3 semaines)

- Contrôle d'un système automatisé. Supervision d'un système automatisé.
- Interface Homme-Machine (IHM). Intégration Contrôle-Supervision.
- Système d'acquisition et de traitement de données SCADA.
- Tâches de supervision. Communication Système.

Intitulé : Systèmes Electriques Industriels

Etablissement:

Année universitaire

- Authentification et Autorisation. Sécurité du Système Automatisé.
- Gestion des Failles. Outils de diagnostic. Surveillance des Performance. Intervention Humaine.

Chapitre 6 : Outil d'analyse graphique GEMMA (Guide d'Etude des Modes de Marche et d'Arrêt) (3 semaines)

- Fonctionnement et utilisation du GEMMA.
- Avantages du GEMMA, Concepts de base du GEMMA, Structuration du GEMMA.
- Méthode d'utilisation du GEMMA.
- Représentation graphique. Notions de points de vue.
- Structures hiérarchisées d'un grafcet ; Structure d'un Sous-grafcet, Structure d'un grafcet de tâche.
-

Travaux Pratiques

TP1 : Prise en main des logiciels utilisés et découvrir l'environnement de chaque logiciel et se familiariser avec leurs outils de base

TP2 : Configuration matériel (HW hardware configuration) et création du projet, connexion et injection (Comment charger un programme), simulation et exécution du programme

TP3 : Conception et automatisation de quelques systèmes industriels

TP4 : Introduction et configuration des vues via un environnement de supervision

TP5 : Intégration d'une interface de supervision dans un projet d'automatisation (commande en mode marche/ arrêt d'un moteur, inversion de sens de rotation d'un moteur).

TP6 : Conception d'un GEMMA d'un système industriel.

Modalités d'évaluation : Contrôle continu : 40%, Examen final: 60%.

Références bibliographiques

[1] Automates Programmable Industriels, Willam Bolton, édition DUNOD 2019.

[2] Automates Programmable Industriels, Gilles Michel, édition DUNOD 1993.

[3] Le GRAFCET: conception-implémentation dans les API, Simon Moreno et al, édition Casteilla 2000.

[4] Automates Programmable Industriels, Jean-Claude Humblo, édition Hérmes 1993.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S 8	Modélisation et identification des systèmes électriques		3	5	
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
67h30	1h30	1h30	1h30		

Pré-requis

Connaissances de base sur les circuits électriques et de certains outils mathématiques.

Objectifs

L'objectif de cet enseignement est de donner aux futurs ingénieurs en électrotechnique en particulier les outils et les modèles utilisés dans la modélisation des systèmes électriques. Dans le second volet de cette matière, les méthodes d'identification seront traitées telles que les méthodes graphiques et les méthodes numériques.

Contenu de la matière**Chapitre 1** Systèmes et expériences (2 semaines)

- Généralités.
- Types de modèles,
- Modèles et simulation.
- Comment obtenir un modèle

Chapitre 2 Modèle mathématique (2 semaines)

- Schéma bloc d'un système.
- Variables caractéristiques.
- Représentations interne et externe d'un système

Chapitre 3 Modélisation des systèmes électriques (3 semaines)

- Modélisation d'un composant passif.
- Modélisation d'un composant actif.
- Modélisation des circuits électriques de base.

Chapitre 4 Outils de modélisation (2 semaines)

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

Chapitre 5 Généralités sur l'identification (2 semaines)

- Définitions; Etapes; Génération SBPA.
- Choix de la structure du modèle

Chapitre 6 Méthodes d'identification graphiques (2 semaines)

- Méthode de Strejc.
- Méthode de Broïda...

Chapitre 7 Méthodes d'identification numériques (2 semaines)

- Méthodes récursives.
- Méthodes non récursives

Travaux Pratiques

TP 1 : Modélisation et simulation des circuits électriques passif et actif par équations d'états et fonctions de transferts.

TP 2 : Modélisation et simulation des convertisseurs électromécaniques

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

Intitulé : Systèmes Electriques Industriels

Etablissement:

Année universitaire

TP 4 : Mesure directe de la réponse d'un système électrique et par génération.

TP 5 : Identification paramétrique d'un système électrique par les Méthodes de Strejc et Broïda.

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

TP 7 : Identification numérique (en ligne) d'une Machine AC par la Méthode des moindres carrés récursives MCR.

Modalités d'évaluation : Contrôle continu : 40% (20% TD+20% TP), Examen final: 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	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S 8	Qualité d'Énergie et CEM		2	4	
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
45h	1h30	1h30			

Pré-requis

Physique, Théorie de champs, Electronique de puissance

Objectifs

Comprendre les concepts de base de la qualité de l'énergie électrique et des perturbations électromagnétiques. Savoir identifier, mesurer et analyser les différents paramètres de qualité de l'énergie. Maîtriser les techniques de protection des équipements électriques contre les perturbations électromagnétiques.

Contenu de la matière**Chapitre.1. Introduction à la Qualité d'Énergie (2 Semaines)**

- Définitions et concepts fondamentaux.
- Importance de la qualité de l'énergie dans les systèmes électriques.
- Normes et réglementations.

Chapitre.2. Perturbations de l'Énergie (3 Semaines)

- Types de perturbations (harmoniques, flicker, déséquilibres, transitoires, etc.).
- Origine et effets des perturbations.
- Méthodes de mesure et d'analyse.

Chapitre.3. Solutions de Correction de la Qualité d'Énergie (3 Semaines)

- Filtres actifs et passifs.
- Compensateurs statiques.
- Techniques de réduction des harmoniques.
- Régulation de la tension.

Chapitre.4. Compatibilité Électromagnétique (CEM) (3 Semaines)

- Introduction à la CEM.
- Normes et directives CEM.
- Émission et immunité aux perturbations électromagnétiques.

Chapitre.5. Protection contre les Perturbations Électromagnétiques (4 Semaines)

- Parafoudres et dispositifs de protection contre les surtensions.
- Blindage électromagnétique.
- Conception de circuits pour la CEM.

Mode d'évaluation : CC 40%, Examen 60%

Références bibliographiques

- [1]. P. Degauque, A. Zeddou, « Compatibilité électromagnétique : Des concepts de base aux applications », Volume 1 et 2, Editeur Hermès - Lavoisier, 2007.
- [2]. Alain CHAROY, « CEM – Parasites et perturbations des électroniques », Tome 1 : sources, couplages, effets (2006), Tome 2 : Terres, masses, câblages (2006), Tome 3 : Blindages, filtres, câbles blindés (2007), Tome 4 : Alimentation, foudre, remèdes (2007), 2^{ème} édition DUNOD

- [3]. A. KOUYOUMDJIAN, « Les harmoniques et les installations électriques », Édition Groupe Schneider, 1998
- [4]. Jean-Louis COCQUERELLE, « C.E.M. et électronique de puissance », Édition TECHNIP, 1999.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S 8	Informatique industrielle		2	3	
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
45h	1h30		1h30		

Pré-requis

Logique combinatoire et séquentielle ; Microcontrôleurs et microprocesseurs

Objectifs

Acquérir les connaissances de base sur l'informatique industrielle

Contenu de la matière**Chapitre 1 Introduction à l'Informatique Industrielle (3 semaines)**

- Rappel sur les différents circuits programmés.
- Perçu sur les outils de développement et de programmation (μ C, μ P, programmation en assembleur, en C, Arduino, AVR, PIC ...).

Chapitre 2 Périphériques et Interfaces (4 semaines)

- Branchement matériel des périphériques au μ -Processeur (Interfaçage des calculateurs PC, ...).
- Description des fonctions élémentaires des périphériques.
- Les PORTS d'Entrée/Sortie T.O.R.
- La gestion de temps ou les Timers (programmation, initialisation, utilisation,...).
- Les Interruptions (programmation, utilisation).

Chapitre 3 Bus de Communication (4 semaines)

- Communication et transfert de données numériques.
- Sérialisation et dé-sérialisation.
- Caractéristiques d'une liaison série.
- Communication série, port série RS232, RS422, RS485.
- Bus I2C.
- Le MODBUS.
- Le DHCP.
- Bus CAN.

Chapitre 4 Acquisition de données (4 semaines)

- Les convertisseurs analogique/ numérique et numérique/analogique
- Principes.
- Différentes réalisations.

Travaux Pratiques

L'équipe pédagogique chargée de cette matière a la charge de concevoir 5 TP selon la disponibilité du matériel

Modalités d'évaluation : Contrôle continu : 40% (TP), Examen final: 60%.

Références bibliographiques

Intitulé : Systèmes Electriques Industriels

Etablissement:

Année universitaire

- [1] Dumas, Patrick, Informatique industrielle [texte imprimé] : 28 problèmes pratiques avec rappel de cours, Sciences Sup., 16362217, Paris 2004.
- [2] Tavernier, Christian, Applications des Microcontrôleurs PIC, Dunod 2011.
- [3] Sindjui, Cédric, Le grand guide des systèmes de contrôle-commande industriels [texte imprimé]: automatisme, instrumentation, réseaux locaux, régulation automatique, Paris : Lexitis, 2014.
- [4] J Perrin et F Binet, Automatique et informatique industrielle : Bases théoriques, méthodologiques et techniques, édition Nathan septembre 2004.
- [5] Fernand Boéri et Frédéric Mallet, Informatique industrielle et Java : Cours et exercices corrigés, édition Dunod septembre 2003.
- [6] Jean-Louis Boulanger, Sécurisation des architectures informatiques industrielles, édition Hermès avril 2011.
- [7] Henri Ney, Automatique & informatique industrielle : industriel, sciences et technologies industrielles, édition Nathan février 2000.

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
----------	------------------------	-------------	---------	------

Intitulé : Systèmes Electriques Industriels

Etablissement:

Année universitaire

S 8	Eléments d'IA Appliquée		2	2	
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
45h00	1h30	1h30			

Compétences visées :

- Identifier les opportunités de l'intelligence artificielle en sciences de l'ingénieur
- Comprendre les implications éthiques de l'IA et les bonnes pratiques de son utilisation.
- Capacité à utiliser les techniques de l'IA dans la résolution de problèmes

Objectifs :

- Maîtrise des algorithmes IA
- Initiation aux concepts, outils et applications fondamentales de l'intelligence artificielle moderne, en mettant l'accent sur la pratique avec Python et ses bibliothèques.
- Approfondir le langage Python,
- Comprendre les approches de l'IA dans la résolution de problèmes,

Prérequis : Programmation avancée Python**Matériels nécessaires :**

- Un ordinateur avec Python installé,
- Bibliothèques Python : NumPy, Pandas, Scikit-learn, Matplotlib, os.listdir, os.path.exists, os.mkdir, os.rmdir, Matplotlib, Seaborn, Plitly ,Request, BeautifulSoup, Tkinter, PyQt, ...
- Tensorflow, PyTorch, ...

Contenu de la matière :**Chapitre1 : Introduction à l'intelligence artificielle l'IA (01 semaine)**

1. Définitions et champs d'application de l'IA.
2. Évolution historique de l'IA.
3. Introduction aux grands domaines :
 - **Apprentissage automatique (Machine Learning)**
 - **Apprentissage profond (Deep Learning)**

Chapitre2 : Mathématiques de base pour l'IA (01 semaine)

1. **Algèbre linéaire** : vecteurs, matrices, produits, normes.
2. **Probabilités&statistiques** :
 - **Variables**, espérance, variance.
 - Lois usuelles : normale, binomiale, uniforme.
3. **Régression linéaire simple** :
 - Formulation, coût, optimisation.
 - Mise en œuvre avec **Scikit-learn**.
4. **Exercices** :
 - Manipulation de matrices avec la bibliothèque NumPy (Python)
 - Exercice sur la régression linéaire (utiliser une bibliothèque Python comme Scikit-learn par exemple)
 - Expliquer la bibliothèque Matplotlib (Python)

Chapitre3 : Apprentissage automatique (Machine Learning) (03 semaines)

1. Concepts clés : Données, Modèles, features, étiquettes, généralisation.
2. Phases d'un pipeline d'apprentissage : entraînement, validation, test.
3. Types d'apprentissage :

- Supervisé
 - **Non** supervisé
 - **Par** renforcement (*aperçu*)
4. **Exercices :**
- Approfondir les notions vues au cours

Chapitre4 : Classification supervisée (3 semaines)

1. Principe d'entraînement de modèle de classification simple :
2. Les modèles et algorithmes :
 - SVM (Support Vector Machine)
 - Arbres de décisions
3. Évaluation de performance :
 - Matrice de confusion, précision, rappel, F1-score.
5. **Exercices :**
 - Expliquer comment utiliser Scikit-learn ?
 - Comparaison de plusieurs modèles sur un dataset

Chapitre5 : Apprentissage non supervisé

1. Notion de clustering.
2. Algorithmes :
 - **K-means**
 - DBSCAN(Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise)
3. Visualisation 2D et interprétation des résultats.
4. **Exercices :**
 - Expliquer comment utiliser un algorithme de clustering sur un Dataset
 - Expliquer comment visualiser les clusters.

Chapitre6 : Les réseaux de neurones

1. Architecture d'un réseau de neurones :
 - Perception,
 - Couches et couches caches, poids, biais.
 - Fonction d'activation :ReLU, Sigmoid, Softmax,
 - Exercices d'applications
2. Introduction au **Deep Learning**
 - Notion de couches profondes.
 - Introduction aux réseaux convolutifs (CNN)
3. **Exercices :**
 - Expliquer Tensorflow et PyTorch
 - Analyser un Datas et de texte et prédire des sentiments

Chapitre6 : Introduction aux réseaux de neurones

Chapitre7 : Mini projet (travail personnel encadré en dehors des cours) :

Création d'un modèle complet de classification ou clustering, avec prétraitement, entraînement et visualisation ; choisir et traiter un projet du début jusque la fin parmi (à distribuer au début du semestre) :

- Reconnaissance des caractères manuscrits
- Prédiction des catastrophes naturelles
- Développer un Chatbot capable de répondre aux questions fréquentes d'une entreprise, de manière naturelle.

- Développer un système capable de distinguer les sons normaux d'une machine de ceux indiquant une anomalie (roulement défectueux, vibration excessive, etc.)
- Développer un système (mini IA) capable d'analyser les sentiments exprimés dans les publications sur réseaux sociaux à propos d'un produit, une marque ou un évènement.

Travaux pratiques :

TP 01 : Initialisation

TP 02 :

- Implanter une régression simple avec Scikit-learn **visualisation avec Matplotlib**(par exemple)
- Visualiser les résultats avec Matplotlib

TP 03 :

- **Pipeline de machine learning et séparation des données**
- Approfondir les notions vues au cours

TP 04 :

- Utilisation Scikit-learn pour entraîner un modèle de classification simple

TP 05 :

- Implanter un algorithme de clustering sur un Dataset
- Visualiser les clusters: **Clustering non supervisé (K-means, DBSCAN).**

TP 06 :

- Construire un réseau de neurones simple avec TensorFlow ou PyTorch ou Keras
- Construire un CNN simple pour classifier des images (exemple : Dataset MNIST)

Mode d'évaluation : Examen 60% , CC40%

Bibliographie :

- Ganascia, J.Gabriel (2024) : l'IA expliquée aux humains. Paris France- Edition le Seuil.
- Anglais, Lise, Dilhac, Antione, Dratwa, Jim et al. (2023) : L'éthique au coeur de l'IA. Quebec Obvia.
- J.Robert (2024) : Natural Language Processing (NLP) : définition et principes – Datasciences. Lien : <https://datascientest.com/introduction-au-nlp-natural-language-processing>
- Qu'est-ce que le traitement du langage naturel. Lien : <https://aws.amazon.com/fr/what-is/nlp/>
- M.Journe : Eléments de Mathématiques discrètes – Ellipses
- F.Challet : L'apprentissage profond avec Python – Eyrolles
- H.Bersini (2024) : L'intelligence artificielle en pratique avec Python – Eyrolles
- B.Prieur (2024) : Traitement automatique du langage naturel avec Python – Eyrolles
- V.Mathivet(2024) : Implémentation en Python avec Scikit-learn – Eyrolles
- G.Dubertret (2023) : Initiation à la cryptographie avec Python – Eyrolles
- S.Chazallet (2023) : Python 3 – Les fondamentaux du langage - Eyrolles
- H.Belhadeff, I.Djermal : Méthode TALN – Cours de l'université de Msila - Algérie

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S 8	Fiabilité et maintenance industrielle		1	1	
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
22h30	1h30				

Pré-requis

Statistiques et probabilités, appareillages, mesures et instrumentation.

Objectifs

À l'issue de ce cours l'étudiant sera en mesure d'assimiler les principes fondamentaux de la maintenance industrielle, son application à divers contextes de service, à toutes les technologies de matériel et à tous les types de structures industrielles.

Contenu de la matière**Chapitre 1 Introduction à la maintenance (1 semaine)**

- Historique et évolution de la maintenance ; Définitions et types de maintenance.
- Niveaux de maintenance.

Chapitre 2 Le service maintenance dans l'entreprise (3semaines)

- Organigramme du service maintenance.
- La relation production/maintenance.
- Les fonctions maintenance (méthodes, ordonnancement et réalisation).
- Gestion des Interventions.
- Le circuit de communication (DT, OT, BT, etc.)

Chapitre 3 Gestion du matériel et de la documentation technique (3semaines)

- Nature et classification du matériel.
- Inventaire du parc matériel (découpage fonctionnel, analyse structurelle, fiche technique, codification, etc.).
- Documentation technique ; Les garanties.

Chapitre 4 Introduction à la GMAO (4 semaines)

- Historique de l'informatisation de la maintenance.
- *Smart*-maintenance.
- Les modules de base de la GMAO; Apports de la GMAO.

Chapitre 5 Généralités sur la sûreté de fonctionnement (4semaines)

- Concepts et définitions.
- Fiabilité, maintenabilité, disponibilité et sécurité.
- Enjeux de la sûreté de fonctionnement.
- Apport de la maintenance à la sûreté de fonctionnement.

Modalités d'évaluation : Examen final : 100 %

Références bibliographiques:

- [1] Monchy, François, and Claude Kojchen. Maintenance-5e éd.: Outils, méthodes et organisations efficaces. Dunod, 2019.
- [2] Heng, Jean. Pratique de la maintenance préventive-4e éd. Dunod, 2023.
- [3] Procaccia, Henri, Eric Fertou, and Marc Procaccia. Fiabilité et maintenance des matériels industriels réparables et non réparables. Lavoisier, 2011.
- [4] Lasnier, Gilles. Sûreté de fonctionnement des équipements et calculs de fiabilité. Lavoisier, 2011.
- [5] Lyonnet, Patrick. Maintenance planning: Methods and mathematics. Springer Science & Business Media, 2013.

Intitulé : *Systèmes Electriques Industriels*

Etablissement:

Année universitaire

Programmes détaillés des matières du 9^{ème} semestre

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S 9	Conception des systèmes d'entraînements électriques		3	5	
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
67h30	1h30	1h30	1h30		

Pré-requis

Connaissances préalables en matière de réseaux électriques, d'électronique de puissance, des moteurs électriques, de modes de démarrage, ainsi que sur les divers types de charges, les schémas et les appareillages et enfin des notions en mécanique.

Objectifs

Acquérir les principes de dimensionnement approprié d'un système d'entraînement électrique.

Cela implique la prise en considération d'une multitude de facteurs et la compréhension approfondie de tous les composants du système, tels que le réseau électrique, la machine entraînée, les contraintes environnementales, les moteurs et les variateurs de vitesse, les organes de transmission mécanique de puissance. Investir du temps dans un dimensionnement précis peut se traduire par des avantages significatifs sur le plan technico-économique.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Entraînements électriques et mécanismes de transmission (4 semaines)

- Constitution des entraînements électriques.
- Caractéristiques mécaniques des moteurs électriques.
- Caractéristiques mécaniques des machines entraînées.
- Calcul des paramètres de la charge ramenée sur l'arbre moteur (C1, N1 et J1).
- Effectuer un premier choix de moteur pour le régime établi (choix préliminaire).
- Transmission mécanique.
- Transmettre sans modification de la vitesse (Accouplements).
- Transmettre avec modification de la vitesse.
 - Réducteurs à engrenages
 - Système roue et vis sans fin
 - Transmission par un train d'engrenages
 - Transformation de mouvement giratoire en rectiligne
 - Système roue et crémaillère
 - Système poulies courroies

Chapitre 2 : Vérification du choix de la motorisation (4 semaines)

- Corriger le choix du moteur adapté aux conditions d'utilisation.
- Types de service des moteurs électriques.
- Vérification du moteur.
- Coût du cycle de vie d'un moteur électrique.

Chapitre 3 : Dimensionnement des variateurs de vitesse (4 semaines)

- Critères de choix d'un moto-variateur
- Démarrage des moteurs électriques

- Démarrage par technologie câblé (direct, étoile/triangle)
- Démarrage par technologie programmée par API
- Démarrage par variateur de vitesse
- Calcul de la puissance d'un variateur de vitesse pour un entraînement électrique

Chapitre 4 : Applications industrielles (3semaines)

- Dimensionnement industriel d'un système d'entraînement : moteur électrique réducteur mécanique et variateur de vitesse.
- Dimensionnement d'une armoire électrique destinée à un entraînement électrique.

Travaux Pratiques

TP1 : Simulation d'un réducteur de vitesse par Simulink/Multibody

TP 2 : Simulation de la Commande d'une Pompe centrifuge

TP3 : Simulation de la Commande d'un Ascenseurs par Simulink/Flowchart

TP4 : Simulation d'un Véhicule Electrique Simulink/Vehicle Dynamics Blockets

Modalités d'évaluation :

Contrôle continu : 40 % (TD : 20% et TP : 20%); Examen final : 60 %.

Références bibliographiques

[1] Denis MARQUET, Didier Mignardot, Jacques SCHONEK, "Guide de l'installation électrique 2010- Normes internationales CEI et nationales françaises NF", Schneider Electric, 2010.

[2] Dominique SERRE, "Installations électriques BT - Protections électriques", Technique. De l'ingénieur, D5045, 2006.

[3] Catherine Le Trionnaire Vade-mecum électrotechnique réseaux production machines systèmes industriels génie électrique niv.A. Sortie : 25 septembre 2010.

[4] Philippe LE BRUN " Machine asynchrone ", Technologie, choix et alimentation des machines asynchrones Lycée Louis ARMAND.

[5] Electric Motors Gear Reducers Gear Motors Variable Speed Drives, A Publication Of Marathon Motors, 2013.

[6] Joseph Beretta, Automotive Electricity, John Wiley & Sons, Inc. 2010.

[7] E. Francis, "Construction mécanique: transmission de puissance", Tomes 1, 2 et 3

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S 9	Techniques de l'intelligence artificielle Avancée		3	5	
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
45h	1h30	1h30	1h30		

Pré-requis :

Les systèmes dynamiques, les systèmes automatisés, l'optimisation, logique, probabilité, algèbre linéaire, logiciels de simulation et programmation (Matlab, python, ...).

Objectifs :

Connaitre le principe, les bases, le déploiement, la réalisation, la programmation et des algorithmes de l'intelligence artificielle dans la modélisation et la commande des systèmes automatisés par la logique floue et les réseaux de neurones artificiels en plus de la combinaison des deux (neuro-flou). Maîtriser l'optimisation en utilisant les méthodes méta-heuristiques inspirées de la nature pour la conception et l'identification des processus et des systèmes industriels qui donnent plus d'options et de choix. Aider à une meilleure prise de décision dans la planification et la conduite des processus et le diagnostic des défauts améliorés par l'utilisation des systèmes experts et les réseaux bayésiens. Savoir comment assurer la sécurité, la supervision, la bonne documentation et la surveillance basées sur l'intelligence artificielle par le biais des techniques de Clustering, de classement, de régression et du « Machine Learning » en général.

Contenu de la matière**Chapitre 1 Généralités sur les automatismes industriels (1 semaines)**

- Systèmes multi-agents, recherche de solutions (CSP : contraintes satisfaction problèmes),
- planification, raisonnement, présentation des connaissances.

Chapitre 2 Modélisation et commande (4 semaines)

- Logique floue : principe, Mandani, Sugeno, Takagi-Sugeno, Wang, exemples d'applications industrielles.
- Réseaux de neurones artificiels : feed-forward, RBF, recurrent, de convolution, exemples d'applications industrielles.
- Réseaux neuro-flous : différentes méthodes de combinaison, anfis, exemples d'applications industrielles.

Chapitre 3 Optimisation, identification, méta-heuristique, inspiré de la nature (4 semaines)

- Méthodes méta-heuristiques inspirées de la nature : principes et présentation.
- Quelques méthodes : AG, EV, PSO, ACO, ABC, recuit simulé, ...,
- exemples d'applications industrielles.

Chapitre 4 Raisonnement, diagnostic, prise de décisions, présentation des connaissances (3 semaines)

- Réseaux bayésiens, application au diagnostic et présentation des connaissances, exemples d'applications industrielles.
- Systèmes experts, application au diagnostic et présentation des connaissances, exemples d'applications industrielles.

Chapitre 5 Surveillance, conduite, supervision, contrôle et sécurité (3 semaines)

- Clustering: KNN, C-mean, K-mean, ..., exemples d'applications industrielles
- Regression: linéaire, non linéaire, sigmoïde, ..., exemples d'applications industrielles.
- Classement, SVM, RNA, RNConv, exemples d'applications industrielles.

Travaux Pratiques

TP 1 : Logique floue.

TP 2 : Réseaux de neurones artificiels.

TP 3 : Réseaux neuro-flous.

TP 4 : Méthodes méta-heuristiques inspirées de la nature.

TP 5 : Réseaux Bayésien.

TP 6 : Systèmes experts.

TP 7 : Clustering, régression et classement.

Mode d'évaluation : Contrôle continu: 40 % (TD 20% et TP20%); Examen final : 60%.

Références bibliographiques

- [1] L. Poole, A. K. Mackworth, « Artificial intelligence : Foundations of Computational agents », Cambridge university.
- [2] S. Russel, P. Norvig, Artificial intelligence: a modern approach, Prentice-Hall.
- [3] Cornelius T. Leondes, « Fuzzy Logic and Expert Systems Applications, Academic Press.
- [4] L.Foulloy, S. Galichet, A. Titli, « Commande par logique floue 1 : de la stabilisation à la supervision », Hermès science.
- [5] L.Foulloy, S. Galichet, A. Titli, « Commande par logique floue 2: de l'approximation à l'apprentissage », Hermès science.
- [6] B. Bouchon-Meunier, C. Marsala, « Logique floue, principes, aide à la décision », Hermès science.
- [7] B. Bouchon-Meunier, C. Marsala, « traitement de données complexes et commande en logique floue », Hermès science.
- [8] S. N. Sivanandam, S. N. Deepa, S. Sumathi, Introduction to fuzzylogicusing Matlab, Springer.
- [9] P. Borne, M. Benrejeb, J. Haggège, Les réseaux de neurones: présentation et applications », Editions Technip.
- [10] K. Gurney, « An introduction to neural networks », Taylor and Francis.
- [11] D. Kriesel, A brief introduction to neural networks. www.dkriesel.com.
- [12] I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville, Deep learningl.
- [13] H. Koivo, soft computing in dynamical systemsl
- [14]. Brownlee, Clever Algorithms- Nature-Inspired Programming Recipes.
- [15] K. M. Passino, Biomimicry for Optimization, Control, and Automation, Springer.
- [16] Ke-Lin Du, Search and optimization meta heuristics, Techniques and algorithms inspired bynature, Birkhäuser.
- [17] J. Dreo, A. Petrowski, P. Siarry, E. Taillard, Meta heuristics for hard optimization, Springer.
- [1] F. T. S. Chan, M. K. Tiwari, Swarm Intelligence. Focus on Ant and Particle Swarm Optimization, I-Tech Education and Publishing.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S 9	Surveillance et diagnostic des systèmes électriques		3	5	
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
67h30h	1h30	1h30	1h30		

Pré-requis

Machines électriques modélisation des systèmes électriques, traitement de signal

Objectifs

Approfondir les connaissances dans la surveillance et du diagnostic des systèmes électriques. Maîtriser les différentes techniques et outils utilisés pour la surveillance et le diagnostic. Apprendre à utiliser des équipements et des logiciels de surveillance. Analyser et interpréter les données pour diagnostiquer les pannes et proposer des solutions

Contenu de la matière**Chapitre.1 Introduction à la surveillance des systèmes électriques (2 semaine)**

- Concepts de base; Importance de la surveillance
- Types de systèmes électriques surveillés (générateurs, transformateurs, réseaux de distribution, etc.)

Chapitre.2. Techniques de surveillance (2 semaines)

- Surveillance en ligne vs hors ligne
- Méthodes de mesure (courant, tension, température, vibrations)
- Utilisation des capteurs et des transducteurs

Chapitre.3. Diagnostic des systèmes électriques (4 semaines)

- Techniques de diagnostic (analyse de signal, analyse spectrale, analyse temporelle)
- Modèles de défaillance et symptômes
- Méthodes de localisation des pannes

Chapitre.4. Outils et équipements de surveillance (2 semaines)

- Multimètres; Oscilloscopes, centrales de mesure ; Analyseurs de réseau et de puissance
- Logiciels de surveillance et de diagnostic

Chapitre.5. Analyse des données et interprétation (2 semaines)

- Collecte et traitement des données
- Méthodes d'analyse des données (statistiques, intelligence artificielle)

Chapitre.6. Maintenance prédictive et proactive (3 semaines)

- Concepts de maintenance prédictive
- Algorithmes et modèles de prédiction
- Implémentation de la maintenance proactive

Travaux Pratiques

TP.1 Surveillance et diagnostic des transformateurs

TP. 2 Surveillance et diagnostic des machines électriques tournantes

Analyse des courants de stator et de rotor- Surveillance des vibrations

Intitulé : Systèmes Electriques Industriels

Etablissement:

Année universitaire

TP.3 Surveillance des réseaux de distribution

Surveillance des lignes de transmission ; Détection des défauts de câbles

Surveillance des équipements de protection

Modalités d'évaluation :

Contrôle continu : 40 % (TD : 20% et TP : 20%); Examen final : 60 %.

Références bibliographiques

[1] J.D. Glover, M.S. Sama, T.J. Overbye, "Power Systems Analysis and Design", 4th Edition, Thompson- Engineering.

[2] Robert Radvanovsky et Jacob Brodsky, Handbook of SCADA/Control Systems Security, Second Edition, CRC Press; 2016

[3] D. Brown, D. Harrold, R. Hope, Control System Power and Grounding Better Practice, Elsevier, 2004.

[4] P. Tavner, L. Ran, J. Penman, and H. Sedding, Condition Monitoring of Rotating Electrical Machines, 2 ed. London, United Kingdom: Institution of Engineering and Technology, 2008.

[5] Jean-Claude Trigeassou, Diagnostic des machines électriquesHermes Science Publications, 2011

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S 9	Systèmes électriques intelligents		2	3	
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
45h	1h30		1h30		

Pré-requis

Réseaux électriques 1, 2, modélisation des systèmes électriques.

Objectifs

L'objectif de ce cours est d'introduire le développement du réseau électrique intelligent de demain, qui sera communicatif, interactif et multidirectionnel grâce à l'utilisation des nouvelles technologies de l'information et de la communication.

Contenu de la matière**Chapitre 1 Introduction aux Smartgrids (2 semaines)**

- Rappels sur les réseaux électriques
- La technologie des systèmes électriques intelligents,
- Initiation à la Transition énergétique et intégration des sources renouvelables.

Chapitre 2 Architecture des systèmes électriques intelligents (2 semaines)

- Architecture des microgrids et des smartgrids
- Communication dans les réseaux intelligents, standards et protocoles
- Systèmes embarqué et réseaux de capteurs, stockage et sécurité des données.

Chapitre 3 Automatisation, contrôle et protection des réseaux (3 semaines)

- Systèmes SCADA
- Wide-area monitoring & control
- Wide-area protection.

Chapitre 4 Gestion et pilotage des réseaux électriques (5 semaines)

- Gestion optimale des Microgrids
- Gestion de l'énergie (EMS, VPP ...)
- Demande-side management, pricing

Chapitre 5 Développements et service liés aux systèmes intelligents (3 semaines)

- Intelligence artificiel dans la gestion des réseaux
- prévision de charge
- mesure, comptage et pricing en temps réel.
- Bâtiments intelligents

Travaux Pratiques

Travaux pratiques qui peuvent être sous forme de mini-projets qui permettent aux étudiants de mieux assimiler les smart grids et leurs diverses applications. Il s'agit notamment de la conception et de la simulation de réseaux intelligents en utilisant différents outils de simulation. Ces travaux pratiques peuvent être adaptés en fonction des ressources disponibles

TP.1 Implémentation des systèmes de gestion de l'énergie en utilisant des microcontrôleurs
TP.2 capteurs et de compteurs intelligents pour collecter des données en temps réel.

TP.3 Utilisation des techniques de data mining et de machine learning pour l'analyse des données des smart grids.

TP.4 Mise en place d'un réseau de communication pour un microgrid.

TP.5 Conception d'un microgrid intelligent pour un système tertiaire.

Mode d'évaluation : CC : (TC+TP) 40%, Examen 60%

Références bibliographiques

- [1]. N. Simoni, « Des réseaux intelligents à la nouvelle génération de services », Hermès, 2007
- [2]. Stuart Borlase, Smart Grids: Infrastructure, Technology, and Solutions, CRC press, 2017
- [3]. Stephen F. Bush, Smart Grid: Communication-Enabled Intelligence for the Electric Power Grid, Wiley, 2014.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S 9	Conception en Electronique de puissance		3	5	
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
67h30	1h30		3h		

Pré-requis

Electronique de Puissance 1, 2 et avancée, Electronique fondamentale, transfert thermique

Objectifs

Maitriser concept de la conception des circuits puissance, dimensionnement des composants, dimensionnement et choix des circuits de refroidissement et l'utilisation des logiciel de CAO et les logiciel de fabrication des PCB.

Contenu de la matière

Chapitre.1. introduction à la CAO en Electronique de puissance (1 Semaine)

Chapitre.2. Dimensionnement et choix des composants d'électronique de puissance (3 Semaines)

Chapitre.3. Dimensionnement et choix des dissipateurs thermiques (3 Semaines)

Chapitre.4. Méthodologie de conception des convertisseurs de puissance (2 Semaines)

Chapitre.5. Conception des Circuit de puissance pour Redresseurs, Hacheurs et Onduleurs (3 Semaines)

Chapitre.6. Conception des Circuit de commande pour Redresseurs, Hacheurs et Onduleurs (3 Semaines)

Travaux Pratique

TP1: Conception d'un Redresseur Double Alternance commandé (Circuit de Puissance et de Commande).

TP 2: Conception d'un Hacheur Buck Boost (Circuit de Puissance et de Commande).

TP3: Conception d'un Onduleur Triphasée à base de MOSFT (Circuit de Puissance et de Commande).

TP4: Conception d'un Onduleur Triphasée à base d'IGBT (Circuit de Puissance et de Commande).

Mode d'évaluation : CC 40%, Examen 60%

Références bibliographiques

- [1]. MicroSim Corporation, PSpice Manual, Irvine, CA, 1992.
- [2]. W. Blume, Computer circuit simulation, Byte, 11(7), 1986, 165.
- [3]. Cadence Design Systems, PSpice 9.1 Student Version, San Jose, CA, 2001.
<http://www.cadencepcb.com/products/downloads/PSpicestudent/default.asp>.
- [4]. Cadence Design Systems, Orcad 9.2 Demo, San Jose, CA, 2001.
<http://www.cadencepcb.com/products/downloads/orcaddemo/default.asp>.
- [5]. Cadence Design Systems, PSpice Design Community, San Jose, CA, 2001.
<http://www.PSpice.com>

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S 9	Conception des installations BT		3	5	
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
67h30	1h30		3h		

Pré-requis

Electrotechnique fondamentale, Schémas et appareillage BT, automatisme industriel, Réseaux électriques industriels.

Objectifs

Ce module a pour objectif de former les étudiants dans le domaine de la conception, calcul et dimensionnement des installations électriques tertiaires basse tension (courant fort), l'élaboration de plans d'exécutions, les notes de calculs et les bilan de puissance de n'importe quelle installation électrique BT avec la maîtrise des outils numériques nécessaires.

Contenu de la matière

Chapitre 1 Installations électriques Basse Tension (1 semaines)

- Architecture de la distribution de puissance en BT.
- Les récepteurs et leurs caractéristiques.
- Les branchements, équipements et appareillages BT.

Chapitre 2 Les règles et textes normatifs (1 semaine)

- Normes de références dans le domaine de la BT.
- Guides de conceptions des installations électriques BT.

Chapitre 3 Conception des installations BT (5 semaines)

- Les dangers de l'électricité
- Les schémas de liaison à la terre
- protection contre les contacts directs et indirectes
- Protection contre les surtensions et foudre.

Chapitre 4 Dimensionnement des installations BT (3 semaines)

- Les bilans de puissance et dimensionnement des transformateurs.
- Dimensionnement des circuits et de leur protection.
- Dimensionnement des canalisations et détermination des chutes de tensions admissibles.

Chapitre 5 Dimensionnement des tableaux électriques BT (3 semaines)

- Choix des dispositifs de protection.
- Coordination disjoncteur.
- Dimensionnement des armoires électriques.

Chapitre 6 Qualité de l'énergie électrique (2 semaines)

- Compensation de l'énergie réactive.

Intitulé : Systèmes Electriques Industriels

Etablissement:

Année universitaire

- Les Harmoniques : origines et conséquences.
- Analyse de la qualité d'énergie électrique (EN 50160).
- Filtrage d'harmonique, passif et actif.

Travaux pratiques

TP1 : Les bilans de puissance

TP2 : Dimensionnement des circuits : éclairage, prises et force motrice.

TP3 : Calcul des sections de câble et des protections.

TP4 : Tableaux électrique basses tensions.

TP5 : Compensation de l'énergie réactive et filtrage harmonique.

Mini-Projet

Il a pour objectif de permettre aux étudiants de se familiariser avec les outils de calculs, de dimensionnements et de conceptions des installations électriques BT (Logiciels de dessin de plans, logiciels de calcul des éclairages et insertion de luminaires dans les plans d'architecture selon les normes d'éclairages, logiciels de dimensionnement de l'éclairage en 3D; logiciels de dimensionnement et de calculs des installations BT, logiciels de dimensionnements et élaboration des plans d'armoires électrique et liste d'appareillage et enveloppe de coffrets et armoires 3D, logiciels de calcul de puissance...etc.).

A cet effet, des projets pratiques d'installations électriques tertiaires pratiques seront proposés Exemple : les projets d'hôpitaux, hôtel, usine, administration, stade ...etc.

Mode d'évaluation: contrôle continue (20%TP+20%Mini-Projet), examen 60%

Références bibliographiques

[1]. Christophe Prévé et Robert Jeannot, Guide de conception des installations électriques industrielles, Schneider Electric, 1997.

[2] Jacques Marie Broust, Appareillages et installations électriques industriels, Dunod, 2023.

[3]. Schneider Electric, Guide des installations électriques Basse Tension, Edition 2017.

[4]. Farid Mnif, Conception des installations industrielles électriques en basse tension BT, Eyrolles, 2020.

[5]. Legrand Electric, Guide de puissance, Edition 2011.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S 9	Reverse Engineering		2	2	
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
45h00	1h30	1h30 -Atelier			

Objectifs de l'enseignement

- Comprendre les principes et les objectifs du Reverse Engineering (RE) dans le domaine des sciences et de technologie (ST),
- S'initier aux outils et aux méthodes du RE dans la spécialité concernée.
- Appréhender la valeur et l'éthique des principes du RE dans le design, la fabrication et l'assurance qualité de produits,
- Encourager la pensée critique, la curiosité technique, l'ingénierie inverse raisonnée et l'innovation,
- Apprendre à analyser, documenter et modéliser un système existant sans documentation initiale.

Compétences visées

- Décomposer et analyser un système existant,
- Reproduire fidèlement un schéma technique ou un modèle 3D à partir d'un produit existant,
- Appliquer des outils de diagnostic et de simulation,
- Travailler en groupe sur un projet exploratoire,
- Identifier les limites juridiques de la rétroconception

Pré requis – Connaissances fondamentales dans la spécialité.

Contenu de la matière

1. Introduction à la Réverse Engineering

- Historique, enjeux légaux et éthiques du RE,
- Définitions et champs d'application : Approches (matériels, logiciels, procédés...)
- Domaines : maintenance, re-fabrication, cyber sécurité, veille concurrentielle

2. Méthodologie générale

- Analyse d'un système "boîte noire" (black box)
- Décomposition fonctionnelle
- Diagrammes de blocs, entrées/sorties, flux d'énergie ou d'information

3. Reverse engineering matériel

- Dispositif Electrique – Carte Electronique : inspection visuelle, repérage de composants
- Utilisation d'outils : multimètre, oscilloscope, analyseur logique
- Reconnaissance de schémas électriques
- Reconstitution de schémas sous KiCad / Fritzing / Proteus / EPLAN Electric P8 / QElectroTech

4. Reverse engineering logiciel

- Analyse statique de binaires (ex : .exe, .hex)

Intitulé : Systèmes Electriques Industriels

Etablissement:

Année universitaire

- Décompilation, désassemblage (introduction à Ghidra, IDA Free, ou Hopper)
- Observation de comportements : sniffing, monitoring (ex : Wireshark)
- Cas des microcontrôleurs : lecture mémoire flash, extraction firmware

5. Reverse engineering mécanique

- Numérisation 3D : scanner, mesures manuelles
- Reproduction de modèles CAO à partir de pièces existantes
- Logiciels utilisés : SolidWorks, Fusion360

6. Sécurité et détection d'intrusion

- Reverse engineering dans la cybersécurité : détection de malware, vulnérabilités
- Signature de logiciels, protections contre le RE (obfuscation, chiffrement)

7. Cas d'études réels

- Analyse d'un produit obsolète ou inconnu (souris, alimentation, module Bluetooth, etc.)
- Exemple de rétroconception de pièce mécanique ou système simple (ventilateur, boîtier)

Exemples de TP (base les 4 Génies)

- **Génie Electrique**
 - Rétro-ingénierie d'un dispositif électrique sans schéma
 - Exemple: Relais temporisé, Armoire Electrique, Variateur de vitesse, Machine Electrique, Système d'automatisation.
 - Objectifs : identifier le fonctionnement, dessiner le schéma, proposer une variante améliorée.
 - Identification de composants (IC, transistors, résistances, condensateurs, etc.).
 - Utilisation d'outils : multimètre, oscilloscope, analyseur logique.
 - Lecture et extraction de firmware depuis un microcontrôleur.
 - Introduction à la détection de contrefaçons électroniques.
- **Génie Mécanique :**
 - Rétro-ingénierie d'un mécanisme simple
 - Exemples : pompe manuelle, clé dynamométrique, mini-presse.
 - Démontage mécanique d'un système (pompe, engrenage, vérin...).
 - Mesures et reconstruction de plans ou modèles 3D avec logiciel CAO (SolidWorks, Fusion360).
 - Identification de matériaux et modes de fabrication.
 - Simulation fonctionnelle à partir du modèle recréé.
- **Génie Civil :**
 - Analyse d'ouvrages existants sans plans (murs, dalles, structures...).
 - Exemples : escalier métallique, appui de fenêtre, coffrage)
 - Étude et rétroconception d'un élément de structure existant
 - Identification des matériaux, des assemblages et des contraintes.
 - Modélisation de l'ouvrage via Revit, AutoCAD ou SketchUp.
 - Étude de réhabilitation ou reproduction d'éléments structurels anciens.
- **Génie des Procédés**
 - Rétroconception d'un module de laboratoire
 - Exemples : instruments, distillation, filtration, échangeur, réacteur simples...

- Analyse de systèmes industriels existants (colonne de distillation, échangeur, réacteur...).
- Reconstitution des schémas PFD et PID à partir de l'observation d'une installation.
- Identification des capteurs, actionneurs, organes de commande.
- Étude de flux de matière/énergie dans un procédé.

Mode d'évaluation :

- TP techniques
- Mini-projet de rétro-ingénierie (rapport + soutenance)
- Examen final (QCM + étude de cas)
- Examen : 60% et CC TP : 40%

Références bibliographiques :

- Reverse Engineering for Beginners – Dennis Yurichev (gratuity en ligne)
- The IDA Pro Book – Chris Eagle (logiciels)
- Practical Reverse Engineering – Bruce Dang
- Documentation :
 - <https://ghidra-sre.org>
 - <https://www.kicad.org>
 - <https://www.autodesk.com/products/fusion-360>

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S 9	Recherche documentaire et conception de mémoire		1	1	
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
22h30	1h30	/	/		

Pré requis

Méthodologie de la rédaction, Méthodologie de la présentation.

Objectifs

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.

Contenu de la matière

Partie I : Recherche documentaire :

Chapitre 1 : Définition du sujet

- 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 2 : Sélectionner les sources d'information

- 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 3 : Localiser les documents

- Les techniques de recherche
- Les opérateurs de recherche

Chapitre 4 : Traiter l'information

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

Chapitre 5 : Présentation de la bibliographie

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

Intitulé : Systèmes Electriques Industriels

Etablissement:

Année universitaire

- Citation des sources

Partie II : Conception de mémoire

Chapitre 1 : Plan et étapes du mémoire

- 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 2 : Techniques et normes de rédaction

- 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 3 : Atelier : Etude critique d'un manuscrit

Chapitre 4 : Exposés oraux et soutenances

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

Chapitre 5 Comment éviter le plagiat ?(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.

Intitulé : Systèmes Electriques Industriels

Etablissement:

Année universitaire

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S 9	Hygiène et sécurité industrielle		1	1	
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
22h30	1h30				

Pré-requis

Notions d'électricité.

Objectifs

L'objectif de ce cours est d'informer les futurs ingénieurs sur les accidents électriques, les techniques de secours pour les victimes d'accidents électriques, ainsi que de leur fournir les connaissances nécessaires pour bien dimensionner les dispositifs de protection des équipements et du personnel intervenant dans l'industrie et d'autres domaines d'utilisation de ces équipements.

Chapitre 1 Historique et statistique des accidents électriques (1 Semaine)

- Histoire de l'électricité
- Légende et histoire du risque électrique
- Statistiques des accidents du travail
- Statistiques des accidents électriques

Chapitre 2 Danger et facteurs influents sur les effets du courant électrique (2 Semaines)

- Pourquoi le courant électrique est dangereux ?
- Seuils de danger du courant électrique
- Effet de l'action du courant électrique sur l'homme
- Facteurs influents sur les effets du courant électrique
- Domaines de tension
- Effets du champ électromagnétique et ondes hertziennes
- Effets des incendies et des explosions d'origines électriques
- Conduite à tenir face à un incendie d'origine électrique

Chapitre 3 Règlementation Normes et Habilitation (3 Semaines)

- Définitions et but de la sécurité électrique
- Prévention et Education
- Règlementation – Textes officiels
- Normalisation et Aspect juridique
- Habilitation
- Organisation du travail
- Procédures de travail électrique

Chapitre 4 Le matériel de protection (3 Semaines)

- Equipements de Protection Individuelle (EPI)
- Equipements Individuels de Sécurité (EIS)
- Equipements Collectifs de Sécurité (ECS)

Chapitre 5 protections et Distances de sécurité (4 Semaines)

- Contacts électriques
- Protection contre le contact direct
- Protection contre le contact indirect

Intitulé : Systèmes Electriques Industriels

Etablissement:

Année universitaire

- Classes d'isolation des appareils électriques
- Indices de Protection
- Locaux Réservés aux Electriciens (LRE)
- Zone d'environnement
- La Distance minimale d'approche (DMA)
- Distances limites de voisinage
- Zone de travail
- Travaux près des lignes électriques
- Distances à respecter autour d'une ligne de transport et de distribution

Chapitre 6 Secourisme de base (2 Semaines)

- Quoi faire suite à une électrisation ?
- Secourir
- Surveillance
- Exemple d'intervention de secourisme de base face à un accident électrique domestique

Mode d'évaluation : Examen 100%

Références bibliographiques

- [1].C. ATLANI et S. DOMINIQUE, "Prévention des accidents électriques Exploitation", Les Techniques de l'ingénieur, Génie électrique D 5103, 2014
- [2].D. HILAIRE et J. POYARD, "Sécurité électrique Protection des personnes", Les Techniques de l'ingénieur, Génie électrique SL6181, 17p, 2009
- [3].L.G. Hewitson, Guide de la protection des équipements électriques, Dunod, 2007
- [4].S. DOMINIQUE, "Installations électriques BT - Protection contre les contacts directs", Les Techniques de l'ingénieur, Génie électrique, Référence D5043, 2006
- [5].Opérations sur les ouvrages et installations électriques et dans un environnement électrique Prévention du risque électrique, NF C 18-510 Janvier 2012

