



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 de Boumerdes



## MASTER ACADEMIQUE HARMONISE

### Programme national

**Mise à jour 2025**

Domaine	Filière	Spécialité
<i>Sciences et Technologies</i>	<i>Télécommunications</i>	<i>Télécommunications</i>

Domaine	Filière	Spécialité
<i>Sciences et Technologies</i>	<i>Electrotechnique</i>	<i>Machines Electriques</i>

--	--	--

	<p>الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية République Algérienne Démocratique et Populaire وزارة التعليم العالي والبحث العلمي Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique</p>	<p>Université de Boumerdes</p> 
---	---	--

## ماستر أكاديمية

تحديث 2025

الميدان	الفرع	التخصص
علوم و تكنولوجيا	كهر وتقني	ماكنات كهربائية

## **I – Fiche d'identité du Master**

## Conditions d'accès

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

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

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

## Semestre 1 Master : MachinesElectriques

Unité d'enseignement	Matières	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 semaines)	Travail Complémentaire en Consultation (15 semaines)	Mode d'évaluation	
	Intitulé			Cours	TD	TP			Contrôle Continu	Examen
UE Fondamentale Code : UEF 1.1.1 Crédits : 10 Coefficients : 5	Réseaux de transport et de distribution d'énergie électrique	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Electronique de puissance avancée	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	μ-processeurs et μ-contrôleurs	2	1	1h30			22h30	27h30		100%
UE Fondamentale Code : UEF 1.1.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Machines électriques approfondies	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Méthodes numériques appliquées et optimisation	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 1.1 Crédits : 11 Coefficients : 7	TP : - μ-processeurs et μ-contrôleurs	1	1			1h30	22h30	2h30	100%	
	TP : - Réseaux de transport et de distribution d'énergie électrique	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP : - Electronique de puissance avancée	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP : Méthodes numériques appliquées et optimisation	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP : - machines électriques approfondies	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	Programmation avancée en Python	2	2	1h30		1h30	45h00	5h00	40%	60%
UE Découverte Code : UED 1.1 Crédits : 1 Coefficients : 1	Matière au choix	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
Total semestre 1		30	17	10h30	6h00	9h00	382h30	367h30		

## Semestre 2 Master : Machines Electriques

Unité d'enseignement	Matières	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 semaines)	Travail Complémentaire en Consultation (15 semaines)	Mode d'évaluation	
	Intitulé			Cours	TD	TP			Contrôle Continu	Examen
UE Fondamentale Code : UEF 1.2.1 Crédits : 8 Coefficients : 4	Modélisation des machines électriques	4	2	1h30	1h30		45h0	55h00	40%	60%
	Champ magnétique dans les machines électriques	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 1.2.2 Crédits : 10 Coefficients : 5	Asservissements échantillonnés et Régulation numérique	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Construction des machines électriques	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Matériaux en électrotechnique et technique de haute tension	2	1	1h30			22h30	27h30		100%
UE Méthodologique Code : UEM 1.2 Crédits : 9 Coefficients : 5	TP : -Modélisation des machines électriques	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Asservissements échantillonnés et Régulation numérique	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Champ magnétique dans les machines électriques	1	1			1h30	22h30	2h30	100%	
	Association machines-convertisseurs	4	2	1h30		1h30	45h00	55h00	40%	60%
UE Transversale Code : UET 1.2 Crédits : 3 Coefficients : 3	Eléments d'IA appliquée	2	2	1h30		1h30	45h00	5h00	40%	60%
	Respect des normes et des règles d'éthique et d'intégrité	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
<b>Total semestre 2</b>		<b>30</b>	<b>17</b>	<b>12h00</b>	<b>6h00</b>	<b>7h30</b>	<b>382h30</b>	<b>367h30</b>		

### Semestre 3 Master : Machines Electriques

Unité d'enseignement	Matières	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 semaines)	Travail Complémentaire en Consultation (15 semaines)	Mode d'évaluation	
	Intitulé			Cours	TD	TP			Contrôle Continu	Examen
UE Fondamentale Code : UEF 2.1.1 Crédits : 10 Coefficients : 5	Machines électriques spéciales	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Régimes transitoires des machines Electriques	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Conception assistée par ordinateur des machines électriques	2	1	1h30			22h30	27h30		100%
UE Fondamentale Code : UEF 2.1.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Identification et diagnostic des machines électriques	2	1	1h30			22h30	27h30		100%
	Echauffement et refroidissement des actionneurs électromécaniques	2	1	1h30			22h30	27h30		100%
	Commande des machines électriques	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Methodologique Code : UEM 2.1 Crédits : 9 Coefficients : 5	TP : - Machines électriques spéciales	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP : - Régimes transitoires des machines électriques	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP : - Identification et diagnostic des machines électriques	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP : Conception assistée par ordinateur des machines électriques	1	1			1h30	22h30	2h30	100%	
	TP Commande des machines électriques	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
UE Transversale Code : UET 2.1 Crédits : 3 Coefficients : 3	Reserve engineering	2	2	1h30		1h30 Atelier	45h00	5h00	40%	60%
	Recherche documentaire et conception de mémoire	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
Total semestre 3		30	17	12h00	4h30	9h00	382h30	367h30		

## **UE Découverte (S1, S2 et S3)**

- 1- Production centralisée et décentralisée de l'énergie électrique
- 2- Energies renouvelables
- 3- Qualité de l'énergie électrique
- 4- Maintenance et Sûreté de fonctionnement
- 5- Informatique industrielle
- 6- Implémentation d'une commande numérique en temps réel
- 7- Matériaux d'électrotechnique et leurs applications
- 8- Techniques de l'intelligence artificielle
- 9- Normes et législations en Electrotechnique
- 10- Sécurité industrielle et habilitation
- 11- Ecologie Industrielle et Développement Durable
- 12- Les tramways
- 13- Dessin technique
- 14- Machines électriques en régime dynamique

## **Semestre 4**

Stage en entreprise ou dans un laboratoire de recherche sanctionné par un mémoire et une soutenance.

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

**Ce tableau est donné à titre indicatif**

### **Evaluation du Projet de Fin de Cycle de Master**

- 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

### **III - Programme détaillé par matière du semestre S1**

**Semestre: 1**

**UE Fondamentale Code : UEF 1.1.1**

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

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

**Crédits: 4**

**Coefficient: 2**

### **Objectifs de l'enseignement:**

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

### **Connaissances préalables recommandées:**

Lois fondamentales d'électrotechnique (Loi d'Ohm, les lois de Kirchhoff....etc), Analyse des circuits électriques à courant alternatif, calcul complexe. Modélisation des lignes électriques (Cours réseaux électrique en Licence).

### **Contenu de la matière:**

#### **Chapitre 1. Architectures des postes électriques (2 semaines)**

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

#### **Chapitre 2. Organisation du transport de l'énergie électrique**

##### **2.1. Lignes de transport d'énergie (3 semaines)**

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

##### **2.2. Réseaux de distribution (2 semaines)**

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

#### **Chapitre 3. Exploitation des réseaux électriques MT et BT (3 semaines)**

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

#### **Chapitre 4. Régimes de neutre (2 semaines)**

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

#### **Chapitre 5. Réglage de la tension (3 semaines)**

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

### **Mode d'évaluation:**

Contrôle continu: 40 % ; Examen: 60 %.

### **Références bibliographiques:**

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

**Semestre: 1**

**UE Fondamentale Code : UEF 1.1.1**

**Matière: Electronique de puissance avancée**

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

**Crédits: 4**

**Coefficient: 2**

**Objectifs de l'enseignement:**

Pour fournir les concepts de circuit électrique derrière les différents modes de fonctionnement des onduleurs afin de permettre la compréhension profonde de leur fonctionnement

Pour doter des compétences nécessaires pour obtenir les critères pour la conception des convertisseurs de puissance pour UPS, Drives etc.,

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

Capacité à concevoir différents onduleurs monophasés et triphasés

**Connaissances préalables recommandées:**

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

**Contenu de la matière:**

**Chapitre 1 :** Méthodes de modélisation et simulation des semi-conducteurs de puissance

Caractéristique idéalisée des différents types de semi-conducteurs, équations logiques des semi-conducteurs, méthodes de simulations des convertisseurs statiques **(2 semaines)**

**Chapitre 2 :** Mécanismes de commutation dans les convertisseurs statiques Principe de commutation naturelle, principe de commutation forcée, calcul des pertes par commutation.

**(3 semaines)**

**Chapitre 3 :** Méthodes de conception des convertisseurs statiques à commutation naturelle

Règles de commutation, définition de la cellule de commutation, différents type de sources, règles d'échange de puissance, convertisseurs direct et indirect exemple : étude d'un cyclo convertisseur. **(2 semaines)**

**Chapitre 4 :** Méthodes de conception des convertisseurs statiques à commutation forcée

- Onduleur MLI

- Redresseur à absorption sinusoïdale

- Gradateur MLI

- Alimentations à découpage **(3 semaines)**

**Chapitre 5 :** Onduleur multi-niveaux

**(3 semaines)**

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

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

**Mode d'évaluation:**

Contrôle continu: 40 % ; Examen: 60 %.

**Références bibliographiques:**

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

**Semestre: 1**

**UE Fondamentale Code : UEF 1.1.1**

**Matière:  $\mu$ -processeurs et  $\mu$ -contrôleurs**

**VHS: 22h30 (Cours: 1h30)**

**Crédits: 2**

**Coefficient: 1**

### **Objectifs de l'enseignement**

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

### **Connaissances préalables recommandées**

Logiques combinatoire et séquentielle, automatismes industriels

### **Contenu de la matière :**

#### **Chapitre 1 : Architecture et fonctionnement d'un microprocesseur(2 semaines)**

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

Exemple : Le microprocesseur Intel 8086

#### **Chapitre 2: La programmation en assembleur(2 semaines)**

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

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

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

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

#### **Chapitre 4: Architecture et fonctionnement d'un microcontrôleur (3 semaines)**

Description matérielle d'un  $\mu$ -contrôleur et son fonctionnement. Programmation du  $\mu$ -contrôleur

Exemple : Le  $\mu$ -contrôleur PIC

#### **Chapitre 5: Applications des microprocesseurs et microcontrôleurs (4 semaines)**

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

### **Mode d'évaluation:**

Examen 100 %.

### **Références bibliographiques:**

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

**Semestre: 1**

**UE Fondamentale Code : UEF 1.1.2**

**Matière: Machines électriques approfondies**

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

**Crédits: 4**

**Coefficient: 2**

### **Objectifs de l'enseignement**

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

### **Connaissances préalables recommandées**

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

### **Contenu de la matière :**

#### **Chapitre 1 : Principes généraux**

**(3 semaines)**

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

#### **Chapitre 2 : Machines synchrones**

**(4 semaines)** Généralités et mise en équations

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

#### **Chapitre 3 : Machines asynchrones**

**(4 semaines)** Généralités. Mise

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

#### **Chapitre 4 : Machines à courant continu**

**(4 semaines)**

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

### **Mode d'évaluation:**

Contrôle continu: 40 % ; Examen: 60 %.

### **Références bibliographiques:**

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

**Semestre: 1**

**UE Fondamentale Code : UEF 1.1.2**

**Matière: Machines électriques approfondies**

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

**Crédits: 4**

**Coefficient: 2**

### **Objectifs de l'enseignement**

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

### **Connaissances préalables recommandées**

Circuits électriques triphasés à courants alternatifs. Circuits magnétiques. Transformateurs monophasés et triphasés.

### **Contenu de la matière :**

#### **Chapitre 1 : Principes généraux**

**(3 semaines)**

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

#### **Chapitre 2 : Machines synchrones**

**(4 semaines)**

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

#### **Chapitre 3 : Machines asynchrones**

**(4 semaines)**

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

#### **Chapitre 4 : Machines à courant continu**

**(4 semaines)**

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

### **Mode d'évaluation:**

Contrôle continu: 40 % ; Examen: 60 %.

### **Références bibliographiques:**

1. J.-P. Caron, J.P. Hautier : *Modélisation et commande de la machine asynchrone*, Technip, 1995.
2. G. Grellet, G. Clerc : *Actionneurs électriques, Principes, Modèles, Commandes*, Eyrolles, 1996.
3. J. Lesenne, F. Notelet, G. Séguier : *Introduction à l'électrotechnique approfondie*, Technique et Documentation, 1981.
4. Paul C.Krause, Oleg Wasyszczuk, Scott S, Sudhoff, "Analysis of Electric Machinery and Drive Systems", John Wiley, Second Edition, 2010.  
P S Bimbhra, "Generalized Theory of Electrical Machines", Khanna Publishers, 2008
5. A.E, Fitzgerald, Charles Kingsley, Jr, and Stephan D, Umanx, " Electric Machinery", Tata McGraw Hill, 5th Edition, 1992

**Semestre: 1**

**UE Fondamentale Code : UEF 1.1.2**

**Matière: Méthodes numériques appliquées et optimisation**

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

**Crédits: 4**

**Coefficient: 2**

### **Objectifs de l'enseignement:**

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

### **Connaissances préalables recommandées:**

Mathématique, programmation, maîtrise de l'environnement MATLAB.

### **Contenu de la matière:**

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

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

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

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

#### **Chapitre III : Techniques d'optimisation (6 semaines)**

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

### **Mode d'évaluation:**

Contrôle continu: 40 % ; Examen: 60 %.

### **Références bibliographiques :**

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

## **Semestre 1**

**UE Méthodologique Code : UEM 1.1**

**Matière: TP -  $\mu$ -processeurs et  $\mu$ -contrôleurs**

**VHS: 22h30 (TP: 1h30)**

**Crédits: 1**

**Coefficient: 1**

### **Objectifs de l'enseignement**

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

### **Connaissances préalables recommandées**

Logiques combinatoire et séquentielle, automatismes industriels, algorithmique.

### **Contenu de la matière**

TP1 : Prise en main d'un environnement de programmation sur  $\mu$ -processeur (2 semaine)

TP2 : Programmation des opérations arithmétiques et logiques dans un  $\mu$ -processeur  
(2 semaines)

TP3 : Utilisation de la mémoire vidéo dans un  $\mu$ -processeur (2 semaines)

TP4: Gestion de la mémoire du  $\mu$ -processeur. (2 semaines)

TP5 : Commande d'un moteur pas à pas par un  $\mu$ -processeur (2 semaines)

TP6: Gestion de l'écran (1 semaines)

TP7: Programmation du  $\mu$ -microcontrôleur PIC (2 semaines)

TP8: Commande d'un moteur pas à pas par un  $\mu$ -microcontrôleur PIC (2 semaines)

### **Mode d'évaluation:**

Contrôle continu: 100 % .

### **Références bibliographiques:**

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

**Semestre: 1**

**UE Méthodologique Code : UEM 1.1**

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

**VHS: 22h30 (TP: 1h30)**

**Crédits: 2**

**Coefficient: 1**

**Objectifs de l'enseignement:**

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

**Connaissances préalables recommandées:**

Généralités sur des réseaux électriques de transport et de distribution

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

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

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

**TP N° 4 : Régime du neutre**

**TP N° 5 : Réseaux Interconnectés**

**Mode d'évaluation:**

Contrôle continu: 100 % .

**Références bibliographiques:**

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

**Semestre: 1**

**UE Méthodologique Code : UEM 1.1**

**Matière: TP Electronique de puissance avancée**

**VHS: 22h30 (TP: 1h30)**

**Crédits: 2**

**Coefficient: 1**

**Objectifs de l'enseignement:**

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

**Connaissances préalables recommandées:**

Principe de base de l'électronique de puissance

**Contenu de la matière:**

**TP1** : Nouvelles structures de convertisseurs

**TP2** : Amélioration du facteur de puissance;

**TP3** : Elimination des harmoniques

**TP4** : Compensateurs statiques de puissance réactive

**Mode d'évaluation:**

Contrôle continu: 100%;

**Références bibliographiques:**

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

**Semestre: 1**

**UE Méthodologique Code : UEM 1.1**

**Matière: TPMéthodes numériques appliquées et optimisation**

**VHS: 22h30 (TP: 1h30)**

**Crédits: 2**

**Coefficient: 1**

**Objectifs de l'enseignement:**

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

**Connaissances préalables recommandées:**

Algorithmique et programmation.

**Contenu de la matière:**

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

- Ecrire un programme pour :

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

**Mode d'évaluation:** Contrôle continu: 100%;

**Références bibliographiques:**

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

**Semestre: 1**

**UE Méthodologique Code : UEM 1.1**

**Matière: TPMachines électriques approfondies**

**VHS: 22h30 (TP: 1h30)**

**Crédits: 2**

**Coefficient: 1**

**Connaissances préalables recommandées:**

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

**Contenu de la matière:**

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

**Mode d'évaluation:**

Contrôle continu: 100%

**Références bibliographiques:**

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

**Semestre: S1**

**Unité d'enseignement: UEM 1.1**

**Matière : Programmation avancée en Python**

**VHS: 45h00 (Cours 1h30, TP 1h30)**

**Crédits: 2**

**Coefficient: 2**

**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 :**

**Chapitre 1 : 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 et NumPy.

- ✓ 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,...)

## 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)
  - ✓ Beautiful Soup 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 GanttProject

(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 GanttProject
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

## **Chapitre 4 : Programmation orientée objet avancée (03 semaines)**

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, métaclasses.
6. **Exercices**

## **Chapitre 5 : 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, TensorFlow, Keras, PyTorch
5. **Exercices**

### **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 Ganttproject

1. Créer un nouveau projet :
  - Nom du projet : « Réunion .....
  - 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\\_mining\\_V40\\_-\\_une\\_introduction\\_-\\_cours\\_programme\\_doctoral](https://www.researchgate.net/publication/337744581_NLP_text_mining_V40_-_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
- [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](https://docs.python.org)
- Exercices Python sur Codecademy : [codecademy.com/learn/learn-python-3](https://www.codecademy.com/learn/learn-python-3)
- W3Schools Python Tutorial : [w3schools.com/python/](https://www.w3schools.com/python/)

## **IV - Programme détaillé par matière du semestres S2**

**Semestre: 2**

**UE Fondamentale Code : UEF 1.2.1**

**Matière: Modélisation des machines électriques**

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

**Crédits: 4**

**Coefficient: 2**

### **Objectifs de l'enseignement**

L'objectif principal est d'approfondir les connaissances des étudiants sur les différents modèles mathématiques dédiés à l'étude du comportement dynamique des machines électriques

### **Connaissances préalables recommandées**

Notions de base sur les machines électriques.

### **Contenu de la matière :**

#### **I : Procédés physiques et mathématiques d'étude (02 semaines).**

- Rappels sur les circuits couplés magnétiquement
- conversion électromécanique de l'énergie
- Inductance de la machine
- Composantes symétriques et relatives

#### **II : Théorie de la machine électrique généralisée (04 semaines).**

- Machine électrique idéalisée
- Machine électrique idéalisée dans le repère naturel
- Modèle triphasé de la machine électrique généralisée
- machine électrique généralisée sous forme complexe
- Passage d'un système triphasé au système biphasé et inversement
- Equation de mouvement de la machine électrique

#### **III : Modélisation des machines électriques à courant continu (03 semaines).**

- Modèle de la machine à courant continu sur les axes  $d, q$
- Application de la théorie généralisée aux divers modes d'excitation
- Fonctionnement en génératrice
- Fonctionnement en moteur

#### **IV : Modélisation des machines asynchrones(03 semaines).**

- Modèle de la machine asynchrone triphasée linéaire
- Modèle de la machine asynchrone triphasée saturée
- Modèle des moteurs asynchrones monophasés à condensateur permanent

#### **V : Modélisation des machines synchrones (03 semaines).**

- Modélisation des moteurs synchrones sans et avec amortisseurs
- Modélisation des génératrices synchrones sans amortisseurs

**Mode d'évaluation : 40%, examen : 60%**

## Références Bibliographiques

- 1.R. Abdessemed, *"Modélisation et simulation des machines électriques"*, Ellipses, Collection ,2011.
- 2.M. Jufer, *"Les entraînements électriques: Méthodologie de conception"*, Hermès, Lavoisier, 2010.
- 3.G. Guihéneuf, *"Les moteurs électriques expliqués aux électroniciens, Réalisations : démarrage, variation de vitesse, freinage"*, Publitronic, Elektor, 2014.
- 4.P. Mayé, *"Moteurs électriques industriels, Licence, Master, écoles d'ingénieurs"*, Dunod, Collection : Sciences sup, 2011.
- 5.S. Smigel, *"Modélisation et commande des moteurs triphasés. Commande vectorielle des moteurs synchrones"*, 2000.
- 6.J. Bonal, G. Séguier, *"Entraînements électriques à vitesses variables". Vol. 2, Vol. 3.*

**Semestre: 2**

**UE Fondamentale Code : UEF 1.2.1**

**Matière: Champ magnétique dans les machines électriques**

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

**Crédits: 4**

**Coefficient: 2**

### **Objectifs de l'enseignement:**

A la fin de ce cours, l'étudiant sera capable de déterminer, via un modèle bidimensionnel, les caractéristiques des machines électriques conventionnelles en résolvant les équations du champ électromagnétique : analytiquement, par l'utilisation de la méthode des variables séparées, pour des géométries simples et numériquement, par la méthode des éléments finis, la méthode des différences finis ou la méthode des intégrales de frontières, pour des géométries complexes,

### **Connaissances préalables recommandées**

Electromagnétisme de base. Electrotechnique de base : Machines électriques à courants continu et alternatif (fonctionnement moteur et génératrice). Matériaux magnétiques. Circuits électriques et magnétiques. Mathématiques de bases : résolution des équations aux dérivées partielles, analyse et géométrie différentielle, calcul matriciel. Analyse numérique : Méthode des différences finies et éléments finis. Programmation informatique.

### **Contenu de la matière :**

#### **CHAPITRE I : Compléments d'Electromagnétisme de base. ( 02 Semaines)**

- I.1. Rappels d'électrostatique et de magnétostatique
- I.2. Rappels d'induction Electromagnétique.
- I.3. Equations de Maxwell : formes différentielles et intégrales (théorèmes de Gauss, théorème d'ampère et loi de Faraday).
- I.4. Relations d'interfaces, conditions aux limites, et conditions de jauges.
- I.5. Lois constitutives de milieux (électrique, magnétique et diélectrique).

#### **CHAPITRE II : Principes de la Conversion électromécanique de l'énergie. (02 semaines)**

- II.1. Les bases de la conversion électromécanique de l'énergie.
- II.2. Vecteur de Poynting, énergie électrostatique, énergie/co-énergie magnétique, pertes électriques.
- II.3. Méthodes de calcul de la force magnétique et du couple électromagnétiques :  
Approches basée sur les énergies/co-énergie et sur le tenseur de Maxwell

#### **CHAPITRE III : Formulations potentielles des modèles électromagnétiques. (04 semaines)**

- III.1. Formulations électrostatiques en potentiel scalaire ou vecteur électrique.
- III.2. Formulations magnétostatiques en potentiels magnétiques, vecteur et scalaires
- III.3. Formulation électrocinétique.
- III.4. Formulations magnétodynamiques en potentiel vecteur magnétique A, potentiel scalaire électrique V, potentiel vecteur électrique T, potentiel scalaire magnétique  $\Omega$ .

#### **CHAPITRE IV: Méthodes de résolution des équations aux dérivées partielles (EDP) (04 semaines)**

- IV.1. Approches de résolution des (EDP) de l'Electrotechnique.
- IV.2. Formulation Eléments Finis (EF) des modèles de champs statiques :
- IV.3. Formulation EF des modèles dynamiques à courants induits en potentiel vecteur magnétique

## **CHAPITRE V : Application aux machines électriques (03 semaines)**

**Mode d'évaluation :** Contrôle continu 40%, examen : 60%

### **Références bibliographiques :**

1. E. Durand : « Magnétostatique. », Masson, Paris, 1968.
2. G. Fournet : « Electromagnétisme à partir des équations locales », Masson, Paris, 1985.
3. FORSYTHE and WASOW: "Finite difference methods for partial differential equations", John Wiley and Sons.
4. Peter P. Silvester, M. V. K. Chari: "*Finite Elements in Electrical and Magnetic Field Problems.*" John Wiley & Sons Inc, 1980
5. Peter P. Silvester, Ronald L. Ferrari: "*Finite Elements for Electrical Engineer.*", 3ed, Cambridge University Press, 1996.
6. Nicola Bianchi : "*Electrical Machine Analysis using Finite Elements.*", Taylor & Francis Group, CRC Press 2005.
7. Sheppard J. Salon : "*Finite Element Analysis of Electrical Machines.*", Springer Science+Business Media New York, 1996.

**Semestre: 2**

**UE Fondamentale Code : UEF 1.2.2**

**Matière: Construction des machines électriques**

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

**Crédits: 4**

**Coefficient: 2**

### **Objectifs de l'enseignement :**

L'étudiant sera capable de calculer et dimensionner une machine électrique en fonction des exigences d'un cahier des charges précis.

### **Connaissances préalables recommandées :**

Machines électriques et logiciel de programmation.

### **Contenu de la matière :**

#### **Chapitre I : Matériaux utilisés dans les machines électriques (01 Semaine)**

- Matériaux magnétiques ;
- Matériaux conducteurs ;
- Matériaux isolants ;
- Fils de bobinage ;
- Matériaux de construction.

#### **Chapitre II : Circuit magnétique. Différents paramètres. Pertes (02 Semaines)**

- Calcul de circuit magnétique ;
- Calcul des différents paramètres des machines électriques ;
- Calcul des pertes et rendement.

#### **Chapitre III : Bobinages des induits (03 Semaines)**

Types de bobinage des machines à courant alternatif ; Isolation des bobines ; Coefficient d'utilisation ; Coefficient de remplissage d'encoches ; Coefficient de bobinage ; bobinages à simple couche et à double couches ; Types de bobinage des machines à courant continu.

#### **Chapitre IV : Calcul des machines électriques**

##### **IV.1 - Machines asynchrones (03 Semaines)**

Calcul d'une machine à cage et à rotor bobiné, choix du bobinage, détermination des paramètres et des pertes, caractéristiques

##### **IV.2 - Machines synchrones : (03 Semaines)**

Calcul d'une machine à pôles lisses et à pôles saillants avec amortisseurs, choix du bobinage, détermination des paramètres et des pertes et caractéristiques.

##### **IV.3 - Machines à courant continu (03 Semaines)**

Calcul, Choix du matériau, choix de bobinage, détermination des pertes et des paramètres et caractéristiques

**Mode d'évaluation :** Contrôle continu 40%, examen : 60 %

### **Références bibliographiques :**

1. M. Kostenko, L. Piotrovski, Machines électriques, Tomes I et II, Editions Mir, Moscou, 1979.
2. J. Pyrhönen, T. Jokinen et V. Hrabovcovà « Design of rotating electrical Machines », Wiley, 2008.
3. I. P. Kopilov "Calcul des machines électriques", Edition Energie, Moscou, 1980.

**Semestre: 2**

**UE Fondamentale Code : UEF 1.2.2**

**Matière: Matériaux en électrotechnique et technique de haute tension**

**VHS: 22h 30 (Cours: 1h30)**

**Crédits: 2**

**Coefficient: 1**

### **Objectifs de l'enseignement**

L'objectif de ce module est l'introduction des propriétés électriques et magnétiques principales des matériaux. L'étudiant devra pouvoir formuler les différents paramètres relatifs aux propriétés électriques et magnétiques des matériaux et comprendre les phénomènes et les mécanismes y afférents.

L'enseignement ainsi dispensé permettra à l'étudiant de cerner son domaine de spécialité et de traiter les matériaux qui sont le siège et le support des phénomènes électromagnétiques avec un formalisme relativement développé.

### **Connaissances préalables recommandées**

Notions de bases sur l'électricité, le magnétisme et la structure de la matière.

### **Contenu de la matière :**

#### **Chapitre I : Matériaux diélectriques(03 semaines).**

- I.1. Définitions : Dipôle électrique, Moment dipolaire, Vecteur polarisation.
- I.2. Représentation d'un état de polarisation
- I.3. Induction Electrique (généralisation de loi de Gauss)
- I.4. Permittivité diélectrique
- I.5. Conditions aux limites dans un diélectrique
- I.6. Champ local
- I.7. Facteur de Polarisation
- I.8. Types de Polarisation : La polarisation électronique ; La polarisation ionique ; La polarisation dipolaire (orientationnelle) et la polarisation interfaciale.
- I.9. Relation de Clausius-mossotti
- I.10. Permittivité d'un mélange homogène
- I.11. Polarisation électronique en régime variable : Modèle simplifié; Modèle amélioré;
- I.12. Polarisation dipolaire en régime variable.
- I.13. Etude des courants de conduction et les courants de déplacement dans un diélectrique
- I.14. Schéma équivalent d'un diélectrique en régime statique
- I.15. Courants transitoires dans les isolants : Courant d'absorption ; Courant de résorption.
- I.16. Indice de Polarisation
- I.17. Schéma équivalent d'un diélectrique en régime variable
- I.18. Pertes diélectriques
- I.19. Facteur de dissipation diélectrique
- I.20. Effet de la fréquence sur les pertes diélectriques
- I.21. Rigidité diélectriques et mécanismes de claquage
- I.22. Dégradation de la rigidité diélectrique
- I.23. Contraintes rencontrées par la fonction d'isolation
  - Contraintes mécaniques, électriques, climatiques et radiatives...
- I.24. Méthode de choix d'un isolant

#### **Chapitre II : Matériaux Magnétiques(04 semaines).**

- II.1. Définitions : Moment magnétique, dipôle magnétique, les courants ampériens ;
- II.2. Vecteur aimantation ;
- II.3. Potentiel vecteur magnétique ;
- II.4. Représentation d'un état d'aimantation ;
- II.5. Généralisation de la loi d'Ampère ;
- II.6. Perméabilité et susceptibilité magnétique ;

II.7. Nature des Matériaux : Moment magnétique orbital, moment magnétique de spin ;

II.8. Classification des matériaux magnétiques :

- Les matériaux diamagnétiques ;
- Les matériaux paramagnétiques ;
- Les matériaux ferromagnétiques ;
- Les matériaux anti-ferromagnétiques ;
- Les matériaux ferrimagnétiques.

II.9. Domaines magnétiques :

- L'origine de la structure en domaine

II.10. Courbe d'aimantation ;

II.11. Cycle d'hystérésis et son dépendance de la fréquence et de la température ;

II.12. Matériaux magnétiques doux :

- Exemples et caractéristiques ;
- Pertes par hystérésis et par courants de Foucault.

II.12. Matériaux magnétiques durs :

- Exemples et caractéristiques.

II.13. Mesure des caractéristiques magnétiques

II.14. Circuits magnétiques

**Chapitre III : - Matériaux Conducteurs(03 semaines).**

III.1. Définitions et Propriétés physiques

III.2. Présentation des différents types de conducteurs

III.3. Modification des caractéristiques par rapport à des phénomènes extérieurs (température, etc.).

**- Matériaux semi-conducteurs**

III.4. Introduction des semi-conducteurs.

III.5. Définition des semi-conducteurs, types de semi-conducteurs, la jonction p-n et les applications.

III.6. Modification des caractéristiques par rapport à des phénomènes extérieurs (température, etc.).

**Chapitre IV : Supraconductivité et matériaux supraconducteurs(02 semaines).**

IV.1. Définition de l'état supraconducteur.

IV.2. Théorie du BCS.

IV.3. Applications et intégration des supraconducteurs dans le génie électrique.

**Chapitre V : Techniques de Haute Tension(03 semaines).**

V.1. Source de la haute tension : ( Généralités ; Source de la H.T. en continue, en alternative, et en impulsionnelle )

V.2. Métrologie en H.T. : ( Mesure de la H.T. alternative et continue de choc ; Mesures des pertes diélectrique)

V.3. Elément de compatibilité électromagnétique : ( Généralités sur les systèmes perturbés ; Règles pratiques de protection contre les champs électriques et magnétiques )

V.4. Décharges électriques : ( Décharges dans les gaz , dans les liquides, dans les solides ; Protection contre la foudre ; Effet couronne )

V.5. Impact de la HT sur l'environnement

**Mode d'évaluation :** contrôle continu 40%, examen : 60%

**Références bibliographiques :**

1. P. Brissonneau : " Magnétisme et Matériaux Magnétiques pour l'électrotechnique.", Hermes, Paris, 1997.
2. R. BOITE, J. Neiryck " Matériaux de l'Electrotechnique ", Traité d'Electricité, vol. II, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 1989.

**Semestre: 2**

**UE Fondamentale Code : UEF 1.2.2**

**Matière: Asservissements échantillonnés et régulation numérique**

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

**Crédits: 4**

**Coefficient: 2**

### **Objectifs de l'enseignement**

L'objectif principal est d'approfondir les connaissances des étudiants sur l'asservissement et les techniques de régulation numérique.

### **Connaissances préalables recommandées**

Notions de base sur l'asservissement.

### **Contenu de la matière :**

#### **Chapitre 1 : Modélisation des signaux et des systèmes échantillonnés (03 semaines).**

- 1.1 Introduction ;
- 1.2 Principes fondamentaux de l'échantillonnage des signaux ;
- 1.3 Exemples de signaux échantillonnés simples ;
- 1.4 Transformée en  $z$  des signaux échantillonnés ;
- 1.5 Fonction de transfert en  $z$  ;
- 1.6 Transformée de Fourier à temps discret ;
- 1.7 Comportement fréquentiel des systèmes échantillonnés ;
- 1.8 Relations entre les modèles à temps continu et à temps discret.

#### **Chapitre 2: Stabilité et performances des systèmes échantillonnés asservis (05 semaines).**

- 2.1 Mise en équation des asservissements échantillonnés ;
- 2.2 Stabilité des asservissements échantillonnés ;
- 2.3 Asservissements continus commandés ou corrigés en temps discret ;
- 2.4 Précision des asservissements échantillonnés ;
- 2.5 Performances dynamiques d'un système échantillonné.

#### **Chapitre 3 : Correction des systèmes échantillonnés asservis (04 semaines).**

- 3.1 Principes généraux ;
- 3.2 Tentatives d'actions correctives simples ;
- 3.3 Synthèse d'un correcteur numérique par discrétisation d'un correcteur continu ;
- 3.4 Synthèse d'un correcteur numérique par méthode polynomiale.

#### **Chapitre 4 : Représentation d'état des systèmes à temps discret (03 semaines).**

- 4.1 Principe général ;
- 4.2 Résolution des équations d'état ;
- 4.3 Commandabilité d'un système à temps discret ;
- 4.4 Observabilité de l'état d'un système ;
- 4.5 Relation entre la représentation d'état et la fonction de transfert d'un système ;
- 4.6 Commande échantillonnée d'un système à temps continu ;

**Mode d'évaluation :** Contrôle continu 40%, examen : 60%

### **Références bibliographiques :**

1. P. Clerc. Automatique continue, échantillonnée : IUT Génie Electrique-Informatique Industrielle, BTS, Electronique- Mécanique-Informatique, Editions Masson (198p), 1997.
2. Ph. de Larminat, Automatique, Editions Hermes 2000.
3. P. Codron et S. Leballois, Automatique : systèmes linéaires continus, Editions Dunod 1998.

- 4.Y. Granjon, Automatique : Systèmes linéaires, non linéaires, à temps continu, à temps discret, représentation d'état, Editions Dunod, 2001.
- 5.K. Ogata, Modern control engineering, Fourth edition, Prentice Hall International Editions 2001.
- 6.B. Pradin, Cours d'Automatique. INSA de Toulouse, 3ème année spécialité GII.
- 7.M. Rivoire et J.-L. Ferrier, Cours d'Automatique, tome 2 : asservissement, régulation, commande analogique, Editions Eyrolles 1996.
- 8.Y. Thomas, « Signaux et systèmes linéaires : exercices corrigées », Editions Masson 1993.
9. Y. Thomas. « Signaux et systèmes linéaires », Editions Masson 1994.

## **Semestre 2**

**UE Méthodologique Code : UEM 1.2**

**Matière: TP Modélisation des machines électriques**

**VHS: 22h30 (TD: 1h30)**

**Crédits: 2**

**Coefficient: 1**

### **Objectifs de l'enseignement**

L'objectif principal est de mettre en œuvre des modèles mathématiques de machines électriques en vue de simulation numérique de leur comportement.

### **Connaissances préalables recommandées**

Machines électriques. Programmation informatique.

### **Contenu de la matière :**

- Modélisation et simulation d'un moteur à courant continu à excitation séparée ;
- Modélisation et simulation d'un moteur asynchrone triphasé ;
- Modélisation et simulation d'une génératrice synchrone à aimants permanents.

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

### **Références bibliographiques :**

Brochure de TP; Notes de cours ; Documentation de Labo.

**Semestre: 2**

**UE Méthodologique Code : UEM 1.2**

**Matière: TP Asservissements échantillonnés et régulation numérique**

**VHS: 22h30 (TP: 1h30)**

**Crédits: 2**

**Coefficient: 1**

**Objectifs de l'enseignement :**

Savoir modéliser et simuler les systèmes discrets. Comprendre l'échantillonnage et la reconstitution. Vérifier le comportement dynamique des systèmes discrets. Simuler et implémenter les régulateurs numériques PID, RST et par retour d'état.

**Connaissances préalables recommandées :**

Savoir utiliser les logiciels de simulation et de programmation. Commande des systèmes linéaires continus.

**Contenu de la matière :**

TP 1: Echantillonnage et reconstitution (01 semaine)

TP 2: Systèmes échantillonnés: analyse temporelle et analyse fréquentielle (02 semaines)

TP3: Commande par régulateur PID numérique (04 semaines)

TP4: Commande RST numérique (04 semaines)

TP5: Commande numérique par retour d'état (04 semaines)

**Mode d'évaluation :**

Contrôle continu : 100%

**Références bibliographiques :**

1. Réglages échantillonnés (T1 et T2), H. Buhler, PPR
2. Régulation industrielle, E. Godoy, Dunod
3. Computer controlled systems, K. J. Astrom et B. Wittenmark, Prentice Hall
4. Automatique des systèmes échantillonnés, J. M. Retif, INSA

**Semestre: 2**

**UE Méthodologique Code : UEM 1.2**

**Matière: TP Champ magnétique dans les machines électriques**

**VHS: 22h30 (TP: 1h30)**

**Crédits: 1**

**Coefficient: 1**

### **Objectifs de l'enseignement**

Permettre à l'étudiant de se familiariser avec la résolution des équations du champ électromagnétique. Pouvoir mettre en œuvre des programmes de calcul pour des cas analytiques ou encore utiliser des codes dans le cas de résolutions numériques.

### **Connaissances préalables recommandées**

Mathématique. Machines électriques. Théorie du champ électromagnétique. Analyse numérique. Programmation informatique.

### **Contenu de la matière :**

- Ecriture d'un programme informatique pour la résolution analytique de cas simples d'équations aux dérivées partielles 1D et 2D. (03 semaines)
- Ecriture d'un programme pour calculer le champ dans une machine électrique linéaire (MSAP linéaire, MAS Linéaire, Machine à réductance Linéaire etc.) ; (04 semaines)
- Utilisation d'un logiciel de calcul par éléments finis pour déterminer les grandeurs globales d'une machine électrique donnée à partir des grandeurs électromagnétiques locales. MSAP, MAS, MRV : régimes statiques linéaires/non linéaires. (08 semaines)

**Mode d'évaluation :** Contrôle continu 100%

### **Référence :**

1. E. Durand : « *Magnétostatique* », Masson, Paris, 1968.
2. G. Fournet : « *Electromagnétisme à partir des équations locales* », Masson, Paris, 1985.
3. Forsythe and Wasow: "*Finite difference methods for partial differential equations*", John Wiley and Sons.
4. Peter P. Silvester, M. V. K. Chari: "*Finite Elements in Electrical and Magnetic Field Problems*." John Wiley & Sons Inc, 1980
5. Peter P. Silvester, Ronald L. Ferrari: "*Finite Elements for Electrical Engineer*." , 3ed, Cambridge University Press, 1996.
6. J.P. Louis " Modélisation des machines électriques en vue leur commande", Hermes - Sciences, Lavoisier, Paris 2004.

**Semestre: 2**

**UE Méthodologique Code : UEM 1.2**

**Matière:: Association machines-convertisseurs**

**VHS: 45h (Cours 1h30, TP: 1h30)**

**Crédits: 4**

**Coefficient: 2**

### **Objectifs de l'enseignement :**

La maîtrise des différentes possibilités d'association entre machines électriques et convertisseurs statiques.

### **Connaissances préalables recommandées :**

Machines électriques, modélisation des machines, électronique de puissance, notions de mécanique, asservissement et régulation.

### **Contenu de la matière :**

#### **Chapitre1 : Convertisseur-Moteur à courant continu (03 semaines)**

- 1.1. MCC – Redresseur triphasé (Mode de fonctionnement et équations électromécaniques, Détermination de l'inductance de lissage, Insertion de la tension d'induit, convertisseur bidirectionnel avec et sans courant de circulation, inversion du champ d'excitation).
- 1.2. MCC- Hacheur (Réglage de la vitesse de rotation, Régime de fonctionnement avec moteur indépendant, Régime de fonctionnement avec moteur série, Technique de freinage par récupération, Technique de freinage rhéostatique, Fonctionnement dans les 4 quadrants, Association hacheur – moteur série de traction).

#### **Chapitre 2 : Machine asynchrone – Convertisseurs statiques (05 semaines)**

- 2.1. Intérêt de la vitesse variable ;
- 2.2. Procédés de variation de vitesse (par action sur la tension, variation de la résistance rotorique par hacheur, cascade hyposynchrone, les modes de freinage, Fonctionnement dans les 4 quadrants) ;
- 2.3. MAS – Gradateur triphasé (Démarrage progressif et variation de vitesse, Inversion du sens de rotation, Application industrielle).
- 2.4. Variation de vitesse des MAS par onduleur (Alimentation en courant, alimentation en tension, introduction aux structures multi-niveaux)
- 2.5 Variateurs de fréquence industriels (association convertisseur AC/DC/AC –MAS)

#### **Chapitre 3 : Machine synchrone - convertisseurs statiques (03 semaines)**

- 3.1. Démarrage du moteur synchrone (Onduleur de courant – MS, Onduleur de tension – MS  
Différents types de commandes, Fonctionnement à faibles vitesses et circuits d'aide au démarrage)
- 3.2. Autopilotage du Moteur Synchrone

#### **Chapitre 4 : Machines spéciales– Convertisseurs statiques (02 semaines)**

- 4.1. Onduleur de tension – Moteur brushless ;
- 4.2. Capteur résolveur ;
- 4.3. Alimentation de puissance pour moteurs pas à pas.

#### **Chapitre 5 : Interactions convertisseur-machine (02 semaines)**

Etudier les effets des harmoniques générés par les CS sur la machine (Pertes supplémentaires, pulsations du couple, etc.).

**Programme des TP :**

- Simulation de la machine à courant continu associée à un hacheur ;
- Simulation de l'association : onduleur de tension à MLI sinus triangle et vectorielle- machine synchrone ;
- Simulation de l'association onduleur- machine asynchrone.

**Mode d'évaluation :**

Contrôle continu 40% ; Examen : 60%.

**Semestre: S2**

**Unité d'enseignement: UET 1.2.1**

**Matière : Eléments d'intelligence artificielle appliquée**

**VHS: 45h00 (Cours 1h30, TP 1h30)**

**Crédits: 2**

**Coefficient: 2**

**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, Beautiful Soup, Tkinter, PyQt, ...
- Tensorflow, PyTorch, ...

**Contenu de la matière :**

**Chapitre 1 : 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)

**Chapitre 2 : 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)

- ...

### Chapitre 3 : 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
  - ....

### Chapitre 4 : 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
  - ....

### Chapitre 5 : 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.
  - ....

### Chapitre 6 : 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 au réseaux convolutifs (CNN)

### 3. Exercices :

- Expliquer Tensorflow et PyTorch
- Analyser un Dataset de texte et prédire des sentiments
- ....

### Chapitre 6 : Introduction Les réseaux de neurones

### Chapitre 7 : 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 es notions vues au cours

#### TP 04 :

- Utilisation Scikit-learn pour entrainer 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 MINIST)
- ...

### Mode d'évaluation :

**examen 60% , CC=40%**

---

**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.Belhadeh, I.Djemal : Méthode TALN – Cours de l'université de Msila - Algérie

**Semestre : 2**

**Unité d'enseignement : UET 1.2**

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

**VHS : 22h30 (Cours : 1h30)**

**Crédit : 1**

**Coefficient : 1**

### **Objectifs de l'enseignement:**

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

### **Connaissances préalables recommandées :**

Ethique et déontologie (les fondements)

### **Contenu de la matière :**

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

**1. Rappel sur la Charte de l'éthique et de la déontologie du MESRS :** Intégrité et honnêteté. Liberté académique. Respect mutuel. Exigence de vérité scientifique, Objectivité et esprit critique. Équité. Droits et obligations de l'étudiant, de l'enseignant, du personnel administratif et technique,

#### **2. Recherche intègre et responsable**

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

#### **3. Ethique et déontologie dans le monde du travail :**

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

### **B- Propriété intellectuelle**

#### **I- Fondamentaux de la propriété intellectuelle**

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

#### **II- Droit d'auteur**

##### **1. Droit d'auteur dans l'environnement numérique**

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

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

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

## **3. Brevet**

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

### **III- Protection et valorisation de la propriété intellectuelle**

Comment protéger la propriété intellectuelle. Violation des droits et outil juridique.

Valorisation de la propriété intellectuelle. Protection de la propriété intellectuelle en Algérie.

### **C. Ethique, développement durable et nouvelles technologies**

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

**V - Programme détaillé par matière du semestre S3**

**Semestre: 3**

**UE Fondamentale Code : UEF 2.1.1**

**Matière: Machines électriques spéciales**

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

**Crédits: 4**

**Coefficient: 2**

**Objectifs de l'enseignement :**

Se familiariser avec les divers autres types de machines après avoir étudié les machines classiques (M.C.C. et M.C.A. symétriques tournantes). Etre capable de comprendre leur principe de fonctionnement, les caractériser et aussi les classer selon les grandes catégories déjà vues.

**Connaissances préalables recommandées :**

Machines électriques. Modélisation des machines.

**Contenu de la matière :**

- Introduction aux machines spéciales **(01 semaines)**;
- Machines asynchrones : Moteurs monophasés (à cage d'écureuil, à collecteur ; avec la bague frigger, etc.); Moteur linéaire ; machines multiphasées (>3) et multi-étoiles **(03 semaines)** ;
- Machines synchrones : Synchromachines ; Machines à réluctance variable ; Machines à aimants permanents; Moteurs pas à pas; Machines supraconductrices **(04 semaines)** ;
- Machines Vernier (basse vitesse et fort couple en fonctionnement moteur et générateur) **(03 semaines)**
- Machines à courant continu sans balais **(1 semaine)**
- Micromachines : Synchromachines (selsynes) ; Moteurs synchrones à hystérésis ; Génératrices tachymétriques à C.C ; Resolvers **(03 semaines)**..

**Mode d'évaluation :**

- Contrôle continu 40% ; Examen : 60%.

**Bibliographie :**

**Semestre: 3**

**UE Fondamentale Code : UEF 2.1.1**

**Matière: Régimes transitoires des machines électriques**

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

**Crédits: 4**

**Coefficient: 2**

**Objectifs de l'enseignement :**

Pouvoir étudier les régimes transitoires dans les machines électriques que se soit les régimes qui font partie du fonctionnement des machines tel que le démarrage ou les accidents brusques. L'intérêt étant évidemment dans le dimensionnement des dispositifs d'alimentation et de protections de ses machines mais aussi en amont leur conception.

**Connaissances préalables recommandées :**

Circuits électriques, machines électriques, Modélisation des machines. Analyse numérique

**Contenu de la matière :**

I/ Régimes transitoires dans le circuit électriques linéaires. Circuits à courant continu. Circuits à courant alternatif(**02 semaines**)..

II/ Régimes transitoires dans les transformateurs. Mise sous tension d'un transformateur. Court-circuit brusque d'un transformateur. Surtension dans les transformateurs. Efforts électrodynamiques en court-circuit(**03 semaines**)..

III/ Régimes transitoires dans les machines à courant continu. Démarrage d'un moteur shunt. Régimes transitoire d'une génératrice shunt(**03 semaines**)..

IV/ Régimes transitoires dans les machines synchrones. Court-circuit brusque aux bornes d'un alternateur. Stabilité dynamique d'un moteur asynchrone(**04 semaines**)..

V/ Régimes transitoires dans les machines asynchrones. Démarrage d'un moteur asynchrone. Déclenchement d'un moteur asynchrone. Court-circuit brusque aux bornes d'un moteur asynchrone(**03 semaines**)..

**Mode d'évaluation :**

- Contrôle continu 40% ; Examen : 60%.

**Bibliographie :**

**Semestre: 3**

**UE Fondamentale Code : UEF 2.1.1**

**Matière: Conception assistée par ordinateur des machines électriques**

**VHS: 22h30 (Cours: 1h30)**

**Crédits: 2**

**Coefficient: 1**

### **Objectifs de l'enseignement**

Le but de ce cours est de fournir aux étudiants une vue d'ensemble sur les étapes de la conception assistée par ordinateur avec des objectifs et contraintes dûment consignés dans le cahier de charges. L'optimisation des machines électriques est souvent consubstantielle à la conception.

### **Connaissances préalables recommandées**

Machines électriques (Fonctionnement, Topologies et constructions). Modélisations électromagnétiques de bases des machines électriques. Méthode des éléments finis. Méthodes d'optimisation.

### **Contenu de la matière :**

1. Principe et étapes de la conception d'une machine électrique **(02 semaines)**..
2. Méthodes et outils de conception **(02 semaines)**..
3. Cahier des charges (spécification des performances, contraintes et limites de fonctionnement) **(03 semaines)**..
4. Caractérisation d'une machine électrique (principales relations, calcul électrique, calcul mécanique et calcul thermique) **(04 semaines)**.
5. Exemple paramétrique de conception de machines électriques (MS, MAS, ...etc.)
  - Détermination du champ électromagnétique à l'aide d'un logiciel basé sur la M.E.F.
  - Amélioration des performances par l'application d'une méthode d'optimisation)**(04 semaines)**.

### **Mode d'évaluation :**

- Examen : 100%.

### **Bibliographie :**

**Semestre: 3**

**UE Fondamentale Code : UEF 2.1.2**

**Matière: Identification et diagnostic des machines électriques**

**VHS: 22h30 (Cours: 1h30)**

**Crédits: 2**

**Coefficient: 1**

### **Objectifs de l'enseignement :**

L'objectif de ce cours est la détermination par l'identification des paramètres des machines électriques en vue de leur simulation et leur commande. Il s'agira aussi de permettre à l'étudiant d'acquérir des connaissances indispensables à l'évitement de pannes dans un souci de continuité de service. Les méthodes de diagnostic des défauts responsables de pannes sont de deux types : celles basées sur un modèle et celles qui s'en affranchissent.

### **Connaissances préalables recommandées**

Machines électriques à courants continu et alternatif (Constitution, modélisation et fonctionnement moteur et génératrice), les essais des machines électriques, mise en équations des circuits électriques, théorie du signal et calcul opérationnel, analyse numérique.

### **Contenu de la matière**

#### **Partie 1 (07 semaines)**

**Chapitre I.** Méthodologies d'identification des paramètres des machines électriques.

I.1. Généralités sur l'identification. (04 semaines)

I.2. Méthode d'essais classiques : mesure de résistance, d'inductance propre/mutuelle au stator et au rotor, d'inductance mutuelle stator-rotor, de paramètres mécaniques.

I.3. Méthode d'essais spéciaux : (essais indicels d'attaque en tension, essai de mise en court-circuit symétrique, Essais fréquentiels à l'arrêt : méthode SSFR)

**Chapitre II.** Identification paramétrique des machines électriques : (02 semaines)

II.1. Identifications paramétrique de la machine à courant continu.

II.2. Identifications paramétrique de la machine asynchrone bobinée et à cage.

II.3. Identifications paramétrique de la machine synchrone.

II.4. Identifications paramétrique des machines électriques spéciales : MSAP, MRV.

#### **Partie 2 (08 semaines)**

**Chapitre I.** Généralités sur les défauts dans les machines électriques et leur diagnostic.

(01 semaines)

I.1. Les défaillances des machines électriques. Défaillances mécaniques. Défaillances électriques.

I.2. Présentation des méthodes de diagnostic.

**Chapitre II.** Modélisation des défauts électriques dans les bobinages (04 semaines)

II.1. Modélisations d'état des défauts de court-circuit inter-spires

II.2. Modélisations d'état des défauts de court-circuit inter-bobines et inter-phases.

II.3. Modélisation du fonctionnement en régime déséquilibré.

II.3 Applications, à travers des projets, aux machines électriques : MSAP, MAS bobinée/cage, MS, transformateurs, MRV.

**Chapitre III. Modélisation des défauts mécaniques.**(01 semaines)

**Chapitre IV. Méthodes de diagnostic sans modèle :** Approche par traitement de signal. Identification paramétrique et observation d'état. Méthodes d'intelligence artificielles (réseaux de neurones, logique floue,...). (02 semaines)

**Mode d'évaluation :**

- Examen : 100%.

**Bibliographie :**

## **Semestre 3 Master : Machines Electriques**

**Semestre: 3**

**UE Fondamentale Code : UEF 2.1.2**

**Matière: Echauffement et refroidissement des actionneurs électromécaniques**

**VHS: 22h30 (Cours: 1h30)**

**Crédits: 2**

**Coefficient: 1**

### **Objectifs de l'enseignement**

L'objectif principal du cours est de fournir aux étudiants les bases et les principes nécessaires à la compréhension des différents aspects thermiques dont les actionneurs électromécaniques sont le siège. Le cours permet aussi d'initier les étudiants à la modélisation thermique des machines électriques.

### **Connaissances préalables recommandées**

- Bases de construction mécanique des machines électriques
- Bases de mécanique des fluides
- Bases de méthodes numériques

### **Contenu de la matière :**

#### **1. Généralités sur le transfert de chaleur(02 semaines)**

- 1.1 Définitions: Champ de température, Gradient de température, Flux de chaleur
- 1.2 Formulation d'un problème de transfert de chaleur: Bilan d'énergie

#### **2. Modes de transfert de chaleur(06 semaines)**

##### **2.1 Transmission de chaleur par conduction**

- Loi de Fourier ,Equation de la chaleur, Transfert unidirectionnel , Transfert multidirectionnel , Les ailettes, Analogie électrique,

-

##### **2.2 Transmission de chaleur par convection**

- Coefficient d'échange par convection ,Convection naturelle, Convection forcée

##### **2.2 Transmission de chaleur par rayonnement**

- Lois du rayonnement ,Rayonnement réciproque de plusieurs surfaces , Analogie électrique

#### **3. Modélisation thermique des machines électriques(07 semaines)**

##### **3.1 Equation de la chaleur**

- Conditions aux limites spatio-temporelles
- Méthode analogique: Réseaux thermiques
- Méthodes numériques: Différences finis, volumes finis, éléments finis

##### **3.2 Evaluation des paramètres de l'équation de la chaleur**

- Sources de la chaleur
- Evaluation de la conductivité thermique
- Contact thermique et isolation

##### **3.3 Techniques de modélisation des contacts thermiques**

- Modélisation par utilisation de domaines élargis
- Modélisation dans le cas de l'utilisation de matériaux équivalents

##### **4.3 Modélisation des différents modes d'écoulements relatifs aux machines électriques**

- Entrefer
- Convection en canal rotorique et statorique axial
- Refroidissement externes: ailettes

### **Mode d'évaluation :**

- Examen : 100%.

### **Bibliographie :**

**Semestre: 3**

**UE Fondamentale Code : UEF 2.1.2**

**Matière: Commande des machines électriques**

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

**Crédits: 4**

**Coefficient: 2**

## **Objectifs**

- Connaître les différents systèmes électriques d'actionneurs électrique (moteur + charges mécanique et convertisseurs statiques)
- Être capable d'établir un modèle de simulation d'un système électrique comprenant moteur, électronique de puissance et commande
- Être capable de simuler un modèle dans l'environnement Matlab/Simulink
- Être capable de dimensionner les correcteurs présents dans les asservissements des moteurs par une méthode adaptée

## **Contenu de la matière :**

1. Rappels sur le fonctionnement des moteurs associés aux charges mécaniques **(02 semaines)**.
2. Variateurs de vitesse basée sur des machines asynchrones et synchrones **(03 semaines)**.
3. Commande vectorielles des machines synchrones à aimants permanents **(04 semaines)**
4. Control direct du couple des moteurs asynchrones (DTC) **(03 semaines)**.
5. Commande des moteurs pas à pas **(03 semaines)**

## **Mode d'évaluation :**

- Contrôle continu : 40%, Examen : 60%.

## **Bibliographie :**

### **Références bibliographiques :**

1. *Electrotechnique industrielle*, Guy Séguier et Francis Notelet, Tech et Doc, 1994
2. *L'Electronique de puissance*, Guy Séguier, Dunod, 1990
3. *Modélisation et commande de la machine asynchrone*, J.P. Caron et J.P. Hautier, Technip, 1995
4. *Control of Electrical Drives*, W. Leonard, Springer-Verlag, 1996
5. *Vector control of AC machines*, Peter Vas, Oxford university press, 1990
6. *Commande des machines à vitesse variable*, Techniques de l'ingénieur, vol D3.III, n°3611, 1996
7. *Actionneurs électriques*, Guy Grellet et Guy Clerc, Eyrolles, 1997
8. *Modélisation contrôle vectoriel et DTC*, sous la direction de C. Canudas de Wit, Hermes, 2000

**Semestre: 3**

**UE Méthodologique Code : UEM 2.1**

**Matière: TP - Machines électriques spéciales**

**VHS: 22h30 (TP: 1h30)**

**Crédits: 2**

**Coefficient: 1**

### **Objectifs de l'enseignement**

L'objectif principal est d'approfondir les connaissances des étudiants sur la constitution et les principes de fonctionnement des machines spéciales.

### **Connaissances préalables recommandées**

Notions de base sur les machines électrique traditionnelles.

### **Contenu de la matière :**

- 1- Moteur Universel (comparaison entre le moteur monophasé à collecteur à excitation série et le moteur à courant continu à excitation série) ;
- 2- Moteur asynchrone monophasé (étude des caractéristiques et des différentes modes de démarrage) ;
- 3- Génératrice asynchrone isolée et liée au réseau électrique ;
- 4- Machine synchrone à aimants permanents ;
- 5- Machine synchrone à réluctance variable.
- 6- Machine à courant continu sans balais

**Mode d'évaluation :** Examen : 100%

### **Références bibliographiques :**

Brochure de TP, Notes de cours, Documentation de Labo.

**Semestre: 3**

**UE Méthodologique Code : UEM 2.1**

**Matière: TP - Régimes transitoires des machines électriques**

**VHS: 22h30 (TP: 1h30)**

**Crédits: 2**

**Coefficient: 1**

### **Objectifs de l'enseignement**

L'objectif principal est d'étudier les différents régimes transitoires dans les machines électriques par la simulation.

### **Connaissances préalables recommandées**

Machines électriques ; Modélisation des machines électriques ; Programmation et simulation.

### **Contenu de la matière :**

1. Régimes transitoires dans les transformateurs ;
2. Régimes transitoires dans une machine à courant continu ;
3. Régimes transitoires dans une machine asynchrone ;
4. Régimes transitoires dans une machine synchrone.

**Mode d'évaluation :** Examen : 100%.

### **Références bibliographiques:**

1. J. Chatelain « *Machines électriques* », Edition DUNOD, 1982.
2. P. Barret « *Régimes transitoires des machines électriques tournantes* », Edition EYROLLES, 1982.
3. Brochure de TP, Notes de cours, Documentation de Labo.

**Semestre: 3**

**UE Méthodologique Code : UEM 2.1**

**Matière: TP - Commande des machines électriques**

**VHS: 22h30 (TP: 1h30)**

**Crédits: 2**

**Coefficient: 1**

### **Objectifs de l'enseignement**

L'objectif principal est d'approfondir les connaissances des étudiants sur les différentes stratégies de commande des machines électriques.

### **Connaissances préalables recommandées :**

Notions de base sur les machines électrique, l'asservissement et la simulation.

### **Contenu de la matière :**

- 1- Simulation d'une commande vectorielle d'une machine asynchrone à cage d'écureuil ;
- 2- Simulation d'une cascade hypo-synchrone ;
- 3- Simulation d'une commande vectorielle d'une machine synchrone à aimants permanents

**Mode d'évaluation :** Examen : 100%

### **Références bibliographiques:**

Brochure de TP, Notes de cours.

**Semestre: 3**

**UE Méthodologique Code : UEM 2.1**

**Matière: TP : Identification et diagnostic des machines électriques**

**VHS: 22h30 (TP: 1h30)**

**Crédits: 2**

**Coefficient: 1**

### **Objectifs de l'enseignement :**

Permettre à l'étudiant de se familiariser d'une part avec les méthodes d'identification des paramètres électriques et mécaniques des machines électriques, et d'autre part de s'imprégner des techniques de diagnostic des machines électriques à travers la connaissance des signatures de différents défauts.

### **Connaissances préalables recommandées**

Machines électriques (fonctionnement, modélisation, expérimentations classiques) ; Mesure électrique ; Théorie/traitement du signal sous environnement informatique.

### **Contenu de la matière :**

#### **Partie 1 : Identification par l'expérimentation et/ou outil informatique**

- Identification des paramètres électriques par des essais classiques ;
- Identification des paramètres électriques des machines par des essais indiciels ;
- Identification des paramètres mécaniques des machines électriques ;

#### **Partie 2 : Diagnostic et surveillance (outils informatique)**

- Diagnostic des défauts dans la machine synchrone à aimants permanents
- Diagnostic des défauts dans la machine asynchrone bobinée ;
- Diagnostic des défauts dans la machine synchrone.
- Diagnostic des défauts de cassures de barres/anncaux dans la machine asynchrone à cage ;

### **Mode d'évaluation :**

Contrôle continu: 100%

### **Références bibliographiques:**

1. Brochure de TP.
2. R. Abdessemed, "Modélisation des machines électriques", Presses de l'Université de Batna, Algérie, 1997.
3. R. Abdessemed, "Modélisation et simulation des machines électriques", Ellipses, Collection, 2011

**Semestre: 3**

**UE Méthodologique Code : UEM 2.1**

**Matière: TP - Conception des machines électriques**

**VHS: 22h30 (TP: 1h30)**

**Crédits: 1**

**Coefficient: 1**

**Objectifs :**

L'objectif principal de ces travaux pratiques est d'approfondir les connaissances des étudiants sur la conception et la modélisation électromagnétique statique/dynamique des différentes machines électriques à travers l'utilisation des logiciels de CAO basés sur le calcul numérique (Méthode des éléments finis).

**Connaissances préalables recommandées :**

Machines électriques ; Logiciel de simulation.

**Contenu des travaux pratiques (Minimum 4 TP):**

TP N°1: Introduction au logiciel utilisé pour la CAO des machines électriques;

TP N°2 : CAO : Actionneur, Transformateur, version simplifiée de machines électriques ;

TP N°3 : CAO de machine synchrone à aimants permanents

TP N°4 : CAO d'une machine synchrone (avec bobine d'excitation);

TP N°5 : CAO de machine asynchrone bobinée/cage ;

TP N°6 : CAO d'une machine à CC (classique, à aimants, Brushless) ;

**Mode d'évaluation :**

Contrôle continu : 100 %

**Références bibliographiques:**

Brochure de TP, Notes de cours.

**Semestre: 3**

**Unité d'enseignement : UET 2.1**

**Matière 1 : Reverse Engineering**

**VHS : 45h00 (Cours : 1h30 et Atelier : 1h30)**

**Crédits: 2**

**Coefficient: 2**

### **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

### **Adaptabilité aux spécialités du domaine Sciences et Technologie : é**

- Toutes les spécialités du domaine ST sont concernées suivant
- Exemples de tâches : Documentation technique numérique, résultats de veille technologique, Gestion de projets techniques, Collaboration autour de plans, Analyses de rapports, Compréhension de procédés industriels, Suivi de données de production, Techniques de reporting, Prototypage, Essais)

### **Prérequis :**

- 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, cybersécurité, 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

- Cartes électroniques : inspection visuelle, repérage de composants
- Utilisation d'outils : multimètre, oscilloscope, analyseur logique
- Reconnaissance de schémas électroniques
- Reconstitution de schémas sous KiCad / Proteus

### 4. Reverse engineering logiciel

- Analyse statique de binaires (ex : .exe, .hex)
- 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 module électronique sans schéma
- Exemple : module Bluetooth, relais temporisé
- Objectifs : identifier le fonctionnement, dessiner le schéma, proposer une variante améliorée.
- Identification de composants (IC, transistors, résistances, 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 (gratuit 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 : 3**

**Unité d'enseignement: UET 2.1**

**Matière 1 :Recherche documentaire et conception de mémoire**

**VHS : 22h30 (Cours: 1h30)**

**Crédits : 1**

**Coefficient : 1**

**Objectifs de l'enseignement :**

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

**Connaissances préalables recommandées :**

Méthodologie de la rédaction, Méthodologie de la présentation.

**Contenu de la matière:**

**Partie I- : Recherche documentaire :**

**Chapitre I-1 : Définition du sujet**

**(02 Semaines)**

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

**Chapitre I-2 : Sélectionner les sources d'information**

**(02 Semaines)**

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

**Chapitre I-3 : Localiser les documents**

**(01 Semaine)**

- Les techniques de recherche
- Les opérateurs de recherche

**Chapitre I-4 : Traiter l'information**

**(02 Semaines)**

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

**Chapitre I-5 : Présentation de la bibliographie**

**(01 Semaine)**

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

## **Partie II : Conception de mémoire**

### **Chapitre II-1 : Plan et étapes du mémoire**

**(02 Semaines)**

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

### **Chapitre II- 2 : Techniques et normes de rédaction**

**(02 Semaines)**

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

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

**(01 Semaine)**

### **Chapitre II-4 : Exposés oraux et soutenances**

**(01 Semaine)**

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

### **Chapitre II-5 : Comment éviter le plagiat ?**

**(01 Semaine)**

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

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

### **Mode d'évaluation :**

Examen : 100%

### **Références bibliographiques :**

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

Proposition de quelques matières de découverte

**Semestre: ..**

**UE Découverte Code : UED ..**

**Matière: Maintenance et sûreté de fonctionnement**

**VHS: 22h30(Cours: 1h30)**

**Crédits: 1**

**Coefficient: 1**

### **Contenu de la matière :**

**I-Historique**, contexte et définitions de la SdF

**II-Analyse** des systèmes à composants indépendants (-Modélisation de la logique de disfonctionnement par arbres de défaillance, -Exploitation qualitative et quantitative booléen, - Limites de la méthode)

**III- Analyse des systèmes avec prise en compte de certaines dépendances** (-Modélisation des systèmes, -Markovienne par graphes des états, - Exploitation quantitative du modèle, - Limite de la méthode)

**IV- Analyse des systèmes avec prise en compte généralisé des dépendances** (-Modélisation par les réseaux de pétrie (RdP), - Exploitation quantitative du modèle : RdP : stochastique)

**V- Application des méthodologies de sûreté de fonctionnement** (- fiabilité, -maintenabilité, - Disponibilité,- sécurité)

**VI- Méthodologie de prévision de fiabilité** (-Calcul prévisionnels la fiabilité, -Analyse des modes de défaillance, -techniques de diagnostic de panne et de maintenance)

### **Mode d'évaluation :**

Examen : 100%

### **Références bibliographiques:**

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

**Semestre: ..**

**UE Transversale Code : UED ..**

**Matière:Sécurité industrielle et habilitation**

**VHS: 22h30(Cours: 1h30)**

**Crédits: 1**

**Coefficient: 1**

**Objectifs de l'enseignement :**

La matière a pour objectif d'informer le futur Master en Technique de haute tension sur la nature des accidents électriques, les méthodes de secours des accidentés électriques et de lui donner les connaissances suffisantes pour lui permettre de dimensionner au mieux les dispositifs de protection du matériel et du personnel intervenant dans l'industrie et autres domaines d'utilisation de ces équipements.

**Connaissances préalables recommandées :**

Réseaux de transport et de distribution d'énergie électrique.

**Contenu de la matière :**

- 1) Risques électriques (historique, normes, statistiques sur les accidents électriques) ;
- 2) Nature des accidents électrique et dangers du courant électrique ;
- 3) Mesures de protection (protection des personnes et matériels) ;
- 4) Mesure de sécurité contre les effets indirects du courant électrique (matières nuisibles, incendie, explosions, etc.) ;
- 5) Mesure de secours et soins.

**Mode d'évaluation : Examen : 100%**

**Semestre: ..**

**UE Transversale Code : UED ..**

**Matière: Normes et législations en Electrotechnique**

**VHS: 22h30(Cours: 1h30)**

**Crédits: 1**

**Coefficient: 1**

## **Contenu de la matière :**

### **Partie I: Gestion**

- I. Types d'entreprises à gérer  
Entreprise traditionnelles, orientées vers le profit ;  
Organisations à but non lucratif : Administrations, Hôpitaux, Organisations internationales
- II. Outils de la gestion d'entreprise  
Méthodes d'analyse et de compréhension des phénomènes socio-économiques ;  
Prise de décision dans un environnement économique changeant et complexe
- III. Exemples de politiques et de concepts de gestion  
Le lean-management ;  
Le Benchmarking

### **Partie II : Norme en électrotechnique**

- Différents organismes de normalisation
- Norme Française NFC
- Norme européenne EN
- Norme internationale CEI
- Normes et symboles

### **Partie III : Certification**

- I. Mise en place d'un système management qualité (SMQ)  
Comment faire ?  
Pourquoi faire ?
- II. La qualité un moyen de faire prospérer l'entreprise  
2-1 Politique qualité (PQ) ;  
2-2 Démarche qualité (DM) ;  
2-3 Responsable management qualité (RMQ) ;  
2-4 Outil PCDA (Plan, Do, Check, Act)
- III. Processus de certification  
Certification de la norme ISO9001,  
Étapes à suivre,  
Sensibilisation, diagnostic, Actions,  
Audit et dossier technique de certification

### **Mode d'évaluation :**

Examen : 100%.

**Semestre: ..**

**UE Découverte Code : UED ..**

**Matière: Informatique Industrielle**

**VHS: 22h30 (Cours: 1h30)**

**Crédits: 1**

**Coefficient: 1**

### **Objectifs de l'enseignement:**

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

### **Connaissances préalables recommandées:**

Logique combinatoire et séquentielle,  $\mu$ -processeurs et  $\mu$ -contrôleurs, informatique.

### **Contenu de la matière:**

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

**Chapitre 2 :** Branchement du matériel à un  $\mu$ P ; **(02 semaines)**

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

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

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

### **Mode d'évaluation:**

Examen : 100%

### **Références bibliographiques:**

1. Baudoin, Geneviève & Virolleau, Ferial, « Les DSP famille, TMS 320C54X [texte imprimé] : développement d'applications », Paris : Francis Lefebvre, 2000, ISBN : 2100046462.
2. Pinard, Michel, « Les DSP, famille ADSP218x [texte imprimé] : principes et applications », Paris : Francis Lefebvre, 2000, ISBN : 2100043439 ;
3. Tavernier, Ch., « Les microcontrôleurs PIC : applications », Paris : Francis Lefebvre, 2000, ISBN : 2100059572 ;
4. Tavernier, Ch., « Les microcontrôleurs PIC : description et mise en œuvre », Paris : Francis Lefebvre, 2004, ISBN : 2100067222 ;
5. Cazaubon, christian, « Les microcontrôleurs HC11 et leur programmation », Paris : Masson, [s.d], ISBN : 2225855277 ;
6. Tavernier, Christian, « Les microcontrôleurs AVR : description et mise en œuvre », Paris : Francis Lefebvre, 2001, ISBN : 2100055798 ;
7. Dumas, Patrick, « Informatique industrielle : 28 problèmes pratiques avec rappel de cours », Paris : Francis Lefebvre, 2004, ISBN : 2100077074.

**Semestre ..:**

**UE Découverte Code : UED ...**

**Matière: Ecologie Industrielle et Développement Durable**

**VHS: 22h30(Cours: 1h30)**

**Crédits: 1**

**Coefficient: 1**

### **Objectifs de l'enseignement**

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

### **Connaissances préalables recommandées:**

### **Contenu de la matière :**

- Naissance et évolution du concept d'écologie industrielle
- Définition et principes de l'écologie industrielle
- Expériences d'écologie industrielle en Algérie et dans le monde
- Symbiose industrielle (parcs/réseaux éco-industries)
- Déchets gazeux, liquides et solides
- Recyclage

### **Mode d'évaluation:**

Examen: 100%.

### **Références bibliographiques :**

- 1 *Écologie industrielle et territoriale, COLEIT 2012, de Junqua Guillaume , Brullot Sabrina*
- 1 *Vers une écologie industrielle, comment mettre en pratique le développement durable dans une société hyper-industrielle, SurenErkman 2004*
- 2 *L'énergie et sa maîtrise. Montpellier Cedex 2 : CRDP de Languedoc-Roussillon, 2004. . ISBN 2-86626-190-9,*
- 3 *Appropriations du développement durable: émergences, diffusions, traductions B Villalba - 2009*

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

### **Objectifs de l'enseignement**

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

### **Connaissances préalables recommandées:**

Dispositifs et technologies de conversion de l'énergie -

### **Contenu de la matière**

- Chapitre 1 :** Introduction aux énergies renouvelables (Sources d'énergies renouvelables : gisements et matériaux) **(4 semaines)**
- Chapitre 2 :** Energie solaire (photovoltaïque et thermique) **(4 semaines)**
- Chapitre 3 :** Energie éolienne **(3 semaines)**
- Chapitre 4 :** Autres sources renouvelables : hydraulique, géothermique, biomasse ... **(2 semaines)**
- Chapitre 5 :** Stockage, pile à combustibles et hydrogène **(2 semaines)**

### **Mode d'évaluation :**

Examen: 100 %.

### **Références bibliographiques :**

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

**Semestre: ..**

**UE Découverte Code : UED ..**

**Matière: Matériaux en électrotechnique**

**VHS: 22h30 (Cours: 1h30)**

**Crédits: 1**

**Coefficient: 1**

### **Objectifs de l'enseignement:**

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

### **Connaissances préalables recommandées:**

Physique fondamentales et mathématiques appliquées.

### **Contenu de la matière**

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

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

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

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

### **Mode d'évaluation :**

Examen: 100%.

### **Références bibliographiques :**

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

**Semestre: ..**

**UE Découverte Code : UED...**

**Matière: Implémentation d'une commande numérique en temps réel**

**VHS: 22h30 (Cours: 1h30)**

**Crédits: 1**

**Coefficient: 1**

### **Objectifs de l'enseignement:**

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

### **Connaissances préalables recommandées :**

$\mu$ -processeurs et  $\mu$ -contrôleurs, informatique, Commande, Machines électriques, Convertisseurs de puissance.

### **Contenu de la matière :**

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

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

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

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

### **Mode d'évaluation :**

Examen : 100%.

### **Références bibliographiques:**

1. B. Bouchez « Applications audio-numériques des DSP : Théorie et pratique du traitement numérique », Elektor, 2003.
2. Baudoin, Geneviève & Virolleau, Ferial, « Les DSP famille, TMS 320C54X [texte imprimé] : développement d'applications », Paris : Francis Lefebvre, 2000, ISBN : 2100046462.
3. Pinard, Michel, « Les DSP, famille ADSP218x [texte imprimé] : principes et applications », Paris : Francis Lefebvre, 2000, ISBN : 2100043439 ;
4. Tavernier, Ch., « Les microcontrôleurs PIC : applications », Paris : Francis Lefebvre, 2000, ISBN : 2100059572.

**Semestre: ..**

**UE Découverte Code : UED ..**

**Matière: Qualité de l'énergie électrique**

**VHS: 22h30 (Cours: 1h30)**

**Crédits: 1**

**Coefficient: 1**

**Objectifs de l'enseignement:**

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

**Connaissances préalables recommandées:**

Réseaux électriques, harmoniques, filtres, Electrotechnique fondamentale, Electronique de Puissance.

**Contenu de la matière:**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Mode d'évaluation:**

Examen : 100%

**Références bibliographiques:**

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

**Semestre: ..**  
**UE Découverte Code : UED...**  
**Matière: Techniques de l'intelligence artificielle**  
**VHS: 22h30 (Cours: 1h30)**  
**Crédits: 1**  
**Coefficient: 1**

### **Objectifs de l'enseignement :**

La motivation principale de cette matière est la mise en œuvre d'une introduction des capacités offertes par les Techniques de l'Intelligence Artificielle "TIA" en tant que techniques nouvelles et améliorées, en vue de développer des approches pour l'étude des machines électriques. À la fin du module les étudiants doivent maîtriser les notions relatives au TIA, de savoir les manipuler avec la théorie des machines électriques, et utiliser les boîtes à outils logiciels pour des but de modélisation, identification, optimisation de la conception, diagnostic et synthèse des lois de commande simples, efficaces et robustes). Les résultats parus dans des travaux de recherches sont exploités pour tirer quelques exemples pratiques.

### **Connaissances préalables recommandées :**

Mathématiques, électrotechnique et théorie des systèmes. (Présentation des systèmes électrotechniques, transformations de Fourier, de Laplace et en Z, Machines électriques -types et théories).

### **Contenu de la matière :**

Optimisation par réseaux de neurones (RN);

Optimisation par logique floue (LF) ;

Optimisation par algorithmes génétiques (AG) ;

Optimisation par essaim particulaire (PSO).

APPROCHES HYBRIDES : Introduction - Réseau neuro-flou (ANFIS, SANFIS) - Réseau à base radiale-flou  
- Optimisation des systèmes flous par algorithmes génétiques - Domaines d'application - Exemples.

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

**Objectifs de l'enseignement :**

Dans l'objectif de représenter par des dessins et de concevoir des structures telles que les machines électriques, les transformateurs ou autres, ce cours permettra aux étudiants d'acquérir les principes de base pour la représentation des pièces en dessin industriel, de dessiner des machines électriques en respectant les conventions normalisées pour assurer la construction représentées soit telle qu'imaginée par le concepteur.

**Connaissances préalables recommandées :**

Machines électriques.

**Contenu de la matière :**

**CHAPITRE I: GENERALITES SUR LE DESSIN TECHNIQUE**

1. principaux types de dessins industriels
2. formats
3. éléments permanents
4. l'échelle
5. le cartouche
6. nomenclature
7. écriture
8. les traits

**CHAPITRE II: REPRESENTATION GEOMETRIQUE DES PIECES**

1. perspective cavalière
2. projections et vues
3. coupes simples – hachures
4. section

**CHAPITRE III: REPRESENTATION VOLUMIQUE**

1. modeler volumique
2. création des volumes élémentaires
3. création d'une pièce simple
4. création d'un assemblage simple
5. création d'un assemblage de machines électrique tournantes

**Mode d'évaluation :**

Examen : 100%.

**Références bibliographiques:**

1. Guide du dessinateur industriel Chevalier A. Edition Hachette Technique;
2. Le dessin technique 1er partie géométrie descriptive Felliachi d. et Bensaada s. Edition OPU Alger;
3. Le dessin technique 2er partie le dessin industriel Felliachi d. et bensaada s. Edition OPU Alger;
4. Premières notions de dessin technique Andre Ricordeau Edition AndreCasteilla

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

**Objectifs de l'enseignement :**

Comprendre l'environnement des tramways et ces spécificités.

**Connaissances préalables recommandées :**

Electromécanique générale, circuits électriques.

**Contenu de la matière :**

**Chapitre 1: Généralité sur les tramways**

- Tramways de première génération
- Nouveaux systèmes de tramway
- Présentation des équipements
- Tramways dans le monde

**Chapitre 2 : Installions Électrique des tramways**

- Structures des réseaux d'alimentation
- Stockage énergétique et production embarquée
- Techniques modernes pour le stockage énergétique

**Chapitre 3 : Modélisation et commande du système**

- Modélisation du système
- Technique de commande utilisées

**Chapitre 4 : signalisation**

- Notions de signalisation

**Mode d'évaluation :**

Examen : 100%.

**Semestre: ..**

**UE Découverte Code : UED ..**

**Matière : Machines électriques en régime dynamique**

**VHS: 22H30 (Cours: 1h30)**

**Crédits: 1**

**Coefficient: 1**

**Objectifs de l'enseignement :**

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

**Connaissances préalables recommandées :**

Mathématiques, fonctionnement des machines électriques en régime permanent.

**Contenu de la matière :**

**Chapitre 1 : Modèle de la machine synchrone en régime dynamique**

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

**Chapitre 2 : Modèle de la machine asynchrone en régime dynamique**

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

**Mode d'évaluation :**

Examen : 100%.

**Références bibliographiques:**

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