



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
اللجنة البيداغوجية الوطنية لميدان العلوم و التكنولوجيا
Comité Pédagogique National du domaine Sciences et Technologies



MASTER ACADEMIQUE **HARMONISE**

Mise à jour 2025



Domaine	Filière	Spécialité
<i>Sciences et Technologies</i>	<i>Electrotechnique</i>	<i>Energies Renouvelables en Electrotechnique</i>



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
اللجنة البيداغوجية الوطنية لميدان العلوم و التكنولوجيا
Comité Pédagogique National du domaine Sciences et Technologies



ماستر أكاديمي مواعم

تحتدي 2025

الميدان	الفرع	التخصص
علوم و تكنولوجيا	كهروتقني	طاقات متجددة في الكهرو تقني

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

Semestre 1 Master : Energies Renouvelables en Electrotechnique

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	45h00	40%	60%
	Electronique de puissance avancée	4	2	1h30	1h30		45h00	45h00	40%	60%
	μ-processeurs et μ-contrôleurs	2	1	1h30			22h30	22h30		100%
UE Fondamentale Code : UEF 1.1.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Machines électriques approfondies	4	2	1h30	1h30		45h00	45h00	40%	60%
	Méthodes numériques appliquées et optimisation	4	2	1h30	1h30		45h00	45h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 1.1 Crédits : 11 Coefficients : 7	TP : - μ-processeurs et μ-contrôleurs	1	1			1h30	22h30	22h30	100%	
	TP : - Réseaux de transport et de distribution d'énergie électrique	2	1			1h30	22h30	22h30	100%	
	TP : - Electronique de puissance avancée	2	1			1h30	22h30	22h30	100%	
	TP : Méthodes numériques appliquées et optimisation	2	1			1h30	22h30	22h30	100%	
	TP : - machines électriques approfondies	2	1			1h30	22h30	22h30	100%	
	Programmation Avancée en Pytnon	2	2	1h30		1h30	45h00	30h00	40%	60%
UE Découverte Code : UED 1.1 Crédits : Coeff. : 1	Matière au choix	1	1	1h30			22h30	22h30		100%
Total semestre 1		30	17	10h30	6h	9h	382h30	367h30		

Semestre 2 Master : Energies Renouvelables en Electrotechnique

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	Systèmes de conversion de l'énergie Photovoltaïque	4	2	1h30	1h30		45h00	45h00	40%	60%
	Systèmes de conversion de l'énergie éolienne	4	2	1h30	1h30		45h00	45h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 1.2.2 Crédits : 10 Coefficients : 5	Qualité de l'énergie électrique	4	2	1h30	1h30		45h00	45h00	40%	60%
	Gisements énergétiques solaire et éoliens	6	3	3h00	1h30		67h30	67h30	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 1.2 Crédits : 9 Coefficients : 5	TP Systèmes de conversion de l'énergie éolienne	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Gisements énergétiques renouvelables	1	1			1h30	22h30	2h30	100%	
	TP Systèmes de conversion de l'énergie photovoltaïque	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	Energie solaire thermique	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	2h30		100%
Total semestre 2		30	17	12h	7h30	6h00	382h30	367h30		

Semestre 3 Master : Energies Renouvelables en Electrotechnique

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	Applications et dimensionnement des systèmes à énergies renouvelables	4	2	1h30	1h30		45h00	45h00	40%	60%
	Stockage de l'énergie et pile à combustible	2	1	1h30			22h30	22h30		100%
	Commande des systèmes à énergies renouvelables	4	2	1h30	1h30		45h00	45h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 2.1.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Systèmes multi sources à énergies renouvelables	4	2	1h30	1h30		45h00	45h00	40%	60%
	Intégration des énergies renouvelables aux réseaux	4	2	1h30	1h30		45h00	45h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 2.1 Crédits : 9 Coefficients : 5	TP Applications et dimensionnement des systèmes à ER	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Stockage de l'énergie	1	1			1h30	22h30	2h30	100%	
	TP Commande des systèmes à énergies renouvelables	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	Maintenance et fiabilité des systèmes à énergies renouvelables	4	2	1h30		1h30	45h00	55h00	40%	60%
UE Transversale Code : UET 2.1 Crédits : 3, Coeff: 3	Reverse 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	12h	6h00	7h30	382h30	367h30		

Paniers au choix des matières des UE Découverte (S1, S2 et S3) :

1. Energies Renouvelables
2. Audit Energétique
3. Matériaux photovoltaïques
4. Aspects politiques, économiques et sociaux des énergies renouvelables
5. Gestion et Management des projets d'ER
6. Réglementation et Normes des ER
7. Techniques d'optimisation et de contrôle de puissance
8. Ecologie Industrielle et Développement durable
9. Entrepreneuriat et Gestion des entreprises,
10. Thermique et efficacité énergétique
11. Capteurs et mesures dédiés aux systèmes à ER

Semestre 4

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

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. *TuränGonen : Electric power transmission system engineering. Analysis and Design. John Wiley & Sons, 1988*

Semestre: 1

UE Fondamentale Code : UEF 1.1.1

Matière: Electronique de puissance avancée

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

Crédits: 4

Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

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

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

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

Capacité à concevoir différents onduleurs monophasés et triphasés

Connaissances préalables recommandées

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

Contenu de la matière :

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

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

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

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

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

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

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

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

Chapitre 5 : Onduleur multi-niveaux (03 semaines)

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

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

- Pollution harmonique due aux convertisseurs statiques (Etude de cas : redresseur, gradateur).

- Etude des harmoniques dans les onduleurs de tension.
- Introduction aux techniques de dépollution

Références bibliographiques

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

Semestre: 1

UE Fondamentale Code : UEF 1.1.1

Matière: μ -processeurs et μ -contrôleurs

VHS: 22h30 (Cours: 1h30)

Crédits: 2

Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement

Connaitre la structure d'un microprocesseur et son utilité. Faire la différence entre microprocesseur, microcontrôleur et un calculateur. 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 (3 semaines)

Structure d'un calculateur, Circulation de l'information dans un calculateur, 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 μ -contrôleur et son fonctionnement.
Programmation du μ -contrôleur
Exemple : Le μ -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 final : 100 %.

Références bibliographiques

1. R. Zaks et A. Wolfe. *Du composant au système – Introduction aux microprocesseurs.*
2. Sybex, Paris, 1988.
3. M. Tischer et B. Jennrich. *La bible PC – Programmation système. Micro Application,*
4. Paris, 1997.
5. R. Tourki. *L'ordinateur PC – Architecture et programmation – Cours et exercices.*
6. Centre de Publication Universitaire, Tunis, 2002.
7. H. Schakel. *Programmer en assembleur sur PC. Micro Application, Paris, 1995.*
8. E. Pissaloux. *Pratique de l'assembleur I80x86 – Cours et exercices. Hermès, Paris,*
9. 1994

Semestre: 1

UE Fondamentale Code : UEF 1.1.2

Matière: Machines électriques approfondies

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

Crédits: 4

Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement

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

Connaissances préalables recommandées

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

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Principes généraux (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 Wasyzczyk, Scott S, Sudhoff, "Analysis of Electric Machinery and Drive Systems", John Wiley, Second Edition, 2010.
5. P S Bimbhra, "Generalized Theory of Electrical Machines", Khanna Publishers, 2008.
6. A.E, Fitzgerald, Charles Kingsley, Jr, and Stephan D, Umanx, "Electric Machinery", Tata McGraw Hill, 5th Edition, 1992

Semestre: 1

UE Fondamentale Code : UEF 1.1.2

Matière : Méthodes numériques appliquées et optimisation

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

Crédits: 4

Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

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

Connaissances préalables recommandées:

Mathématique, programmation, maîtrise de l'environnement MATLAB.

Contenu de la matière:

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

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

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

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

Chapitre III : Techniques d'optimisation (6 semaines)

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

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40 % ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques :

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

VHS: 22h30 (Cours: 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 μ -processeur (1 semaine)

TP2 : Programmation des opérations arithmétiques et logiques dans un μ -processeur (1 semaines)

TP3 : Utilisation de la mémoire vidéo dans un μ -processeur (1 semaines)

TP4: Gestion de la mémoire du μ -processeur. (2 semaines)

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

TP6: Gestion de l'écran (1 semaines)

TP7: Programmation du μ -microcontrôleur PIC (2 semaines)

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

Mode d'évaluation :

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

Références bibliographiques

- 1 R. Zaks et A. Wolfe. *Du composant au système – Introduction aux microprocesseurs.*
- 2 Sybex, Paris, 1988.
- 3 M. Tischer et B. Jennrich. *La bible PC – Programmation système. Micro Application,*
- 4 Paris, 1997.
- 5 R. Tourki. *L'ordinateur PC – Architecture et programmation – Cours et exercices.*
- 6 Centre de Publication Universitaire, Tunis, 2002.
- 7 H. Schakel. *Programmer en assembleur sur PC. Micro Application, Paris, 1995.*
- 8 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*
- 4 *corrigés », , : ELLIPSES MARKETING*

Semestre: 1

UE Méthodologique Code : UEM 1.1

Matière: TP Méthodes numériques appliquées et optimisation

VHS: 22h30 (TP: 1h30)

Crédits: 2

Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

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

Connaissances préalables recommandées:

Algorithmique et programmation.

Contenu de la matière:

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

- Ecrire un programme pour :

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

Mode d'évaluation: Contrôle continu: 100%;

Références bibliographiques:

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

Semestre: 1

UE Méthodologique Code : UEM 1.1

Matière: TP Machines électriques approfondies

VHS: 22h30 (TP: 1h30)

Crédits: 2

Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement

.

Connaissances préalables recommandées:

Contenu de la matière

- Caractéristiques électromécanique de la machine asynchrone ;
- Diagramme de cercle ;
- Génératrice asynchrone fonctionnement autonome;
- Couplage d'un alternateur au réseau et son fonctionnement au moteur synchrone ;
- 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. Segulier, "Introduction à l'électrotechnique approfondie" Univ. Lille. 1981.

3.MRetif "Command Vectorielle des machines asynchrones et synchrone" INSA, cours Pedg. 2008.

4R. Abdessemed "Modélisation et simulation des machines électriques " ellipses,2011.

Semestre: S1

Unité d'enseignement: UEM 1.1.1

Matière : Programmation avancée

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, BeautifulSoup, Tkinter, PyQt, ...
- Tensorflow, PyTorch, ...

Prérequis :Programmation Python,

Contenu de la matière :

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

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

Chapitre 2 : Programmation et automatisation (04 semaines)

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

2. Manipulation de fichiers avec Python :

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

3. Exercices :

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

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

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

Chapitre 4 : Apprentissage de 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

Chapitre4 : 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, méta classes.
6. Exercices

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

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

Travaux pratiques :

TP 01 : Maîtriser les bases de la programmation en Python

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

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

TP 02 :

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

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

TP 03 :

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

TP 04 :

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

Ressources en ligne :

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

III - Programme détaillé par matière du semestre 2

Semestre 2 :**UE Fondamentale Code : UEF 1.2.1****Matière: Systèmes de conversion de l'énergie Photovoltaïque****VHS: 67.30h (Cours: 3h00, TD 1h30)****Crédits: 6****Coefficient: 3****Objectifs de l'enseignement :**

Le but de cet enseignement est de présenter les principes de la conversion photovoltaïque de l'énergie solaire, sa mise en œuvre et le mode de production de l'électricité en utilisant les cellules solaires photovoltaïques.

Connaissances préalables recommandées :

Notions de base sur : Circuit électrique, physique des semi-conducteurs.

Chapitre 1 Conversion photovoltaïque (PV)

- 1.1 Historique
- 1.2 Notion de la conversion PV
- 1.3 Principe d'une cellule solaire et réduction de pertes de réflexions
- 1.4 Technologies des cellules solaires
- 1.5 Schéma équivalent de la cellule PV
- 1.6 Caractéristiques I-V et P-V
- 1.7 Architecture classique de différentes chaînes de conversion photovoltaïque
 - Systèmes autonomes
 - 1- Connexion directe entre le panneau photovoltaïque et la charge
 - 2-Connexion entre le panneau photovoltaïque et la charge via un étage d'adaptation
 - Systèmes de conversion raccordés au réseau.

Chapitre 2 Systèmes photovoltaïques

- 2.1 Définition des systèmes PV
- 2.2 Classification des systèmes PV
 - 2.2.1 Systèmes Autonomes
 - 2.2.1.1 Systèmes au fil du soleil
 - 2.2.1.2 Systèmes avec stockage
 - 2.2.2 Systèmes à Injection aux réseaux
 - 2.2.2.1 Systèmes décentralisés
 - 2.2.2.2 Systèmes centralisés
- 2.3 Constitution des champs PV
 - 2.3.1 Modules, Panneaux et champs PV
 - 2.3.2 Caractéristiques I-V et PV
 - 2.3.3 Effets de l'éclairement, la température, les résistances série et résistance shunt.
 - 2.3.4 Connexion des modules
 - 2.3.5 Emplacements des champs PV
- 2.4 Modélisation des systèmes photovoltaïques

Chapitre 3 Les convertisseurs statiques utilisés

- 3.1 Définition et types des convertisseurs
- 3.2 Convertisseurs DC/DC (hacheurs)
 - 3.2.1 Définition et types
 - 3.2.2 Principe d'un adaptateur d'impédance
 - 3.2.3 Algorithme de Poursuite du point de puissance maximale d'un système MPPT
- 3.4 Convertisseurs DC/AC (onduleurs)
 - 3.4.1 Classification des Onduleurs
 - 3.4.2 Onduleurs autonomes
 - 3.4.3 Onduleurs connectés aux réseaux

3.4.4 Topologies des onduleurs couplés au réseau

Chapitre 4 Systèmes de stockage

4.1 Nécessité et définition

4.2 Type de stockage

4.3 Batteries au plomb

4.4 Caractéristique de charge et de décharge

4.5 Couplage d'une batterie au générateur PV

Chapitre 5: Les régulateurs de charge

5.1 Fonctions du régulateur de charge

5.2 Déconnexion à basse tension

5.3 Régulateurs de charge et protection anti-surcharge

5.4 Régulateurs de charge et connexions

5.5 Autres fonctions des régulateurs de charge et dispositifs de gestion des charges

5.6 Choix du régulateur de charge

5.7 Gestion d'installation ne comportant pas de régulateur de charge

Chapitre 6 Dimensionnement des systèmes PV

6.1 Systèmes sans stockage

6.2 Systèmes avec stockage

Chapitre 7 : Applications

Pompage, froid, dessalement

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 40%, Examen : 60%.

Références :

- Anne Labouret, Michel Villos, Energie solaire photovoltaïque, édition Dunod, 2005.
- Rekioua, D., Matagne, E., Optimization of photovoltaic power systems: Modelization, Simulation and Control 2012 Series: Green Energy and Technology. Ed Springer <http://www.springer.com/gp/book/9781447123484>.
- T. Markvart et L. Caslaner. Practical hand book of photovoltaics : fundamentals and applications. Elsevier, UK, 2003.
- Luis Castaner and Tom Markvart, Practical Handbook of Photovoltaics: Fundamentals and Applications, , Edition: Elsevier Science Ltd, 2003.
- M. Tissot, "Le guide de l'énergie solaire et photovoltaïque", Eyrolles, 2008.
- L. Protin, S. Astier, "Convertisseurs photovoltaïques", Technique de l'Ingénieur, Traité Génie Electrique, 1997.
- Alain Ricaud, Convertisseurs photovoltaïques, 2007.
- LeonFreris, David Infield, Les énergies renouvelables pour la production d'électricité, édition Dunod, 2009.
- Pierre Odru, Le stockage de l'énergie, édition Dunod, 2010.
- G. N. Tiwari and SwapnilDubey, Fundamentals of Photovoltaic Modules and Their Applications, RSC Publishing, New Delhi, India, 2010.
- Antonio Luque and Steven Hegedus, Handbook of Photovoltaic Science and Engineering, John Wiley & Sons Ltd, 2003.
- W. Palz et P. Chartier. Energy from biomass in Europe. Applied science Publishers, Ltd, Londres, 1980.
- I.T. Cabirol, A. Pelisson et D. Roux. Le chauffage eau solaire. Edisud, Aix-en Provence, 1976.
- A. Laugier, J. A. Roger, Les photopiles solaires, Techniques et documentation, 1981.
- R. Patel Mukund, Wind and solar power systems, Taylor & Francis, 2006.
- BentSorensen. Renewable Energy. Elsevier, UK, 2004.
- J. Royer et al. Le pompage photovoltaïque. Canada, 1998.

Semestre 2

UE Fondamentale Code : UEF 1.2.1

Matière: Systèmes de conversion de l'énergie éolienne

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

Crédits: 4

Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement :

Permettre aux étudiants d'acquérir des connaissances théoriques et pratiques approfondies sur éléments constitutifs des machines éoliennes de production d'électricité (aérogénérateurs).

Connaissances préalables recommandées :

Cours du M1 (UEF1 : Energies Renouvelables)

Contenu de la matière :

Chapitre 1 Caractéristiques du vent

Météorologie du vent, distribution, variation de la vitesse du vent

Chapitre 2 Les systèmes de conversion éolienne (CCE)

Définition, principe de fonctionnement, types d'éoliennes (Autonomes, connectés aux réseaux), Architectures, la partie mécanique de la turbine

Chapitre 3 Conversion de l'énergie du vent

Transformation de l'énergie cinétique en énergie mécanique, coefficient de puissance, limite de Betz, vitesse spécifique (TSR), ...

Chapitre 4 Modélisation et simulation du système mécanique de l'éolien

Conversion électrodynamique, modèle de la turbine, caractéristique de puissance, techniques d'extraction de maximum de puissance avec et sans asservissement de la vitesse, limitation de puissance dans la zone de survitesse (Pitch contrôle).

Chapitre 5 Topologies des systèmes éoliens

Etat de l'art des systèmes éoliens, les différentes machines utilisées dans les systèmes de conversion éolienne (modélisation et simulation) : MAS, MSAP, MADA, GRV,, les convertisseurs utilisés dans les systèmes de conversion éolienne (modélisation et simulation) : Convertisseur AC/DC, Convertisseur DC/AC, Convertisseurs DC/DC pour l'adaptation d'impédance, principe de raccordement de la chaîne éolienne au réseau électrique.

Chapitre 6 Applications

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 40%, Examen : 60%.

Références :

- Multon et al., Aérogénérateurs électriques », Techniques de l'Ingénieur, Traités de Génie Electrique, 2004.
- **Rekioua, Djamila**, Wind Power Electric Systems: Modeling, Simulation and Control 2014 Series: Green Energy and Technology, EdSpringer, <http://www.springer.com/energy/renewable+and+green+energy/book/978-1-4471-6424-1>
- . Hau, Wind-Turbines, Springer, 2000.
- J.F. Manwell, J.G. McGowan and A.L. Rogers , Wind energy explained theory ,design and application, University of Massachusetts, Amherst, USA
- Gary L.Johnson, Wind energy systems, 2006
- Hills, R. L. (1994) Power from Wind. Cambridge University Press, Cambridge, UK
- Nelson, V. (1996) Wind Energy and Wind Turbines. Alternative Energy Institute, Canyon, TX.
- Freris, L. L. (1990) Wind Energy Conversion Systems, Prentice Hall, London.

- Jamil, M. (1994) Wind Power Statistics and Evaluation of Wind Energy Density. Wind Engineering
- R. Patel Mukund, Wind and solar power systems, Taylor & Francis, 2006.
- Pierre Le Chapellier. Le vent, les éoliennes et l'habitat. Ed Eyrolles, 1981.
- P Gipe. Wind energy comes of age. Wiley& sons Inc. New York, 1995.
- Tony Burton et al. Wind Energy, Handbook, JOHN WILEY & SONS, LTD, 2001.
- Leon Freris, David Infield, Renewable Energy in Power Systems, 2008, John Wiley & Sons, Ltd.
- Bent Sørensen, Renewable Energy Its physics, engineering, use, environmental impacts, economy and planning aspects, 2004, Elsevier Inc.

Semestre 2 :**UE Fondamentale Code : UEF 1.2.2****Matière:** Gisements énergétiques renouvelables**VHS: 45h (Cours: 1h30, TD 1h30)****Crédits: 4****Coefficient: 2****Objectifs de l'enseignement :**

Permettre à l'étudiant d'apprendre à évaluer les différentes énergies et mesures afin de caractériser les sites exploitables en E.R.

Connaissances préalables recommandées :**Contenu de la matière :****Chapitre 1 Introduction aux gisements énergétiques renouvelables**

- 1.1 Importance et historique de l'énergie (Consommation mondiale de l'énergie, Répartition de la consommation d'énergie, Historique de l'énergie).
- 1.2 Production de l'électricité
- 1.3 Sources des gisements énergétiques renouvelables
- 1.4 Mesure Radio-thermique

Chapitre 2 Gisement solaire

- 2.1 Source
 - Position géométrique du soleil, -Paramètres géographiques, Paramètres astronomiques, - Émission du soleil.
- 2.2 Rayonnement solaire
 - Le rayonnement solaire hors atmosphère, Structure et composition de l'atmosphère, -Effet de l'atmosphère sur le rayonnement solaire, Incidence des différents paramètres atmosphériques sur le rayonnement, etc.
- 2.3 Appareils de mesure
- 2.4 Modèles de calcul du rayonnement solaire
- 2.5 Gisement solaire en Algérie

Chapitre 3 Gisement éolien

- 3.1 Généralités sur le potentiel éolien
 - Définitions, - Origine du vent, - Types du vent, - Para métrisation du vent, - Energie cinétique et énergie éolienne, - Conversion aérodynamique, etc.
- 3.2 Modélisation du vent et caractérisation d'un site
 - Courbes des moyennes de la vitesse du vent, - caractéristique vitesse-altitude, - caractéristique de la répartition de la vitesse du vent, identification des sites éoliens par la distribution de Weibull, etc...
- 3.3 Méthode de prédiction de la vitesse du vent
 - Méthodes statistiques, - Méthodes intelligentes.
- 3.4 Appareils de mesure
- 3.5 Gisement éolien en Algérie

Chapitre 4 Applications

Logiciels

Références :

- 1. Pierre-Henri Communay, Héliothermique.: Le gisement solaire, méthodes et calculs, Edition GRE, 2002.

2. Jacques Bernard, Energie solaire. Calcul et optimisation - Génie énergétique, Edition : Ellipses, 2004.
3. Christian Perrin de Brichambaut, Le gisement solaire: évaluation de la ressource énergétique, Edition : Tech. & Doc. / Lavoisier, 1999.
4. Alain Chiron de la Casinière, Le rayonnement solaire dans l'environnement terrestre, Edition : Publibook, 2003.
5. Soteris A. Kalogirou, Solar Energy Engineering: Processes and Systems, , Edition: Academic Press Inc 2009.
6. T. Markvart et L. Caslaner. Practical hand book of photovoltaics : fundamentals and applications. Elsevier, UK, 2003.
7. G. N. Tiwari and SwapnilDubey, Fundamentals of Photovoltaic Modules and Their Applications, RSC Publishing, New Delhi, India, 2010.
8. John A. Duffie, William A. Beckman, Solar Engineering of thermal processes, John Wiley & sons, INC., 1980.
9. Bent Sørensen, Renewable Energy Its physics, engineering, use, environmental impacts, economy and planning aspects, 2004, Elsevier Inc.

10. Paltridge G.W, and C.M.R. Platt, 1976: Radiative Processes in Meteorology and Climatology, Elsevier Scientific Publishing Company, 1976.
11. Mokhtaria MERAD MESRI, 'Introduction au gisement solaire algérien, Théorie et applications, ISBN, : 978-9947-957-84-4, DL: 2011-4960.

Semestre 2 :**UE Fondamentale Code : UEF 1.2.2****Matière: Qualité de l'énergie électrique****VHS: 45h (Cours: 1h30,1h30)****Crédits: 4****Coefficient: 2****Objectifs de l'enseignement**

L'objectif de la matière est d'étudier la qualité de l'énergie électrique d'un réseau électrique à travers la dégradation de la tension et/ou du courant, les perturbations sur les réseaux électriques. Il s'agit aussi de comprendre en quoi les charges non linéaires peuvent-elles en être incriminées. Etudier les solutions pour améliorer la qualité de l'énergie électrique en remédiant aux perturbations en évitant qu'elles se produisent lorsque c'est possible ou bien en les atténuant lorsqu'elles sont inévitables.

Connaissances préalables recommandées:

Electrotechnique fondamentale. Electronique de Puissance

Contenu de la matière

Chapitre 1 : Introduction : Définition, Classification, Les perturbations électriques, Mesure et normes relatives de la qualité de l'énergie électrique, Risques liés aux perturbations électriques

Chapitre 2 : Source des perturbations électriques : Les charges causant les problèmes de qualité de l'énergie électrique, Problèmes de qualité de l'énergie électrique liés aux systèmes PV, Problèmes de qualité de l'énergie électrique liés aux systèmes hybrides

Chapitre 3 : Identification de la qualité d'énergie : Méthodes d'analyse des perturbations électriques, Analyse des formes d'onde, Décomposition harmonique

Chapitre 4 : Amélioration de la qualité de l'énergie : Filtrage passif, Compensation des harmoniques, Filtrage actif, Compensateurs de puissance réactive statiques (SVC), STATCOM, Méthodes et algorithmes avancés pour l'amélioration de la qualité de l'énergie.

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

Références (*Livres et photocopiés, sites internet, etc*).

1. G. J. WAKILEH, 'Power system harmonics-Fundamental Analysis and Filter Design', Springer-Verlag, 2001.
2. Roger C. Dugan, Mark F. Granaghan, 'Electrical Power system Quality', McGraw Hill, 2001
3. Delphine RIU, Cours sur la Qualité de l'énergie — INP Grenoble
4. W. D. J. Stevenson, "Element of power system analysis", Singapore, 1985
5. G. T. Stagg et A. H. El-Abiad, "Computer method in power system analysis", MC Graw-Hill, New York, 1968
6. P. M. Anderson et A. A. Fouad, "Power system control and stability", IEEE Press, New York, 1994
7. Olle I. Elgerd, "Electric energy systems theory"
8. Yao-nan Yu, "Electric power system dynamics", Academic press, New York, 1983
9. Prévé C, 'Les réseaux électriques industriels', Tomes 1 et 2, Ed. Hermès
10. Roger C. Dugan, "Electrical Power Systems Quality", McGraw Hill, 2012
11. E. Félice, P. Révilla, "Qualité des réseaux électriques et efficacité énergétique", Dunod, 2009.
12. Techniques de l'ingénieur dédiées à la qualité de tension.

Semestre 2 :
UE Méthodologique Code : UEM 1.2
Matière: Energie solaire thermique
VHS: 60h (cours: 1h30, TD 1h, TP 1h30)
Crédits: 5
Coefficient: 3

Objectifs de l'enseignement :

Connaissances préalables recommandées :

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Généralités : Modes de transferts thermiques (conduction, convection, rayonnement), bilan énergétique d'un système, Expression des flux d'énergie dans un système (conduction, convection, rayonnement, Flux de chaleur lié à un débit massique, Stockage d'énergie, Génération d'énergie).

Chapitre 2 : Calcule des Déperditions thermiques : déperditions thermiques à travers les parois, déperditions thermiques des enceintes close.

Chapitre 3: Appareils à rayonnement et capteurs solaires

Chapitre 4 : Les Capteurs Solaires : généralités sur les capteur solaires, Description du capteur plan, Différents types capteurs solaires (Les capteurs solaires plans, Le capteur à tube sous vide, Les capteurs solaires à concentrations)

Chapitre 5 : Calcule des capteurs solaires : Bilan thermique global du capteur plan, Méthode par tranches (Méthode pas à pas, Méthode globale.

Mode d'évaluation :

Contrôle continu: 40%; Examen (60%)

Références:

- 1- Beckman, W.A., Klein, S.A., Duffie, J.A., 1977, Solar Heating Design by the f-Chart Method, Wiley Interscience, N.Y
- 2- Duffie, J.A Beckman, W.A., 2006, Solar Engineering and Thermal Process, John Wiley & Sons, third Ed., N.Y
- 3- John A. Duffie and William A. Beckman, 2013. Solar Engineering of Thermal Processes, 5th edition. John Wiley& Sons, Inc., Hoboken, New Jersey

Semestre 2 :**UE Méthodologique Code : UEM 1.2****Matière: TP Systèmes de conversion de l'énergie photovoltaïque****VHS: 22h 30 (TP 1h30)****Crédits: 2****Coefficient:1****Objectifs de l'enseignement :**

Cette matière a pour objectifs de permettre à l'étudiant de simuler moyennant des logiciels (tels que Matlab, Dspace, LabVIEW, SILVACO ...etc), ou expérimenter la caractérisation électrique PV et le comportement d'une cellule solaire en fonction des paramètres physiques et dimensionnelles et d'autre part cette matière a également pour objectifs de permettre à l'étudiant de pouvoir mesurer les caractéristiques des composants d'un système photovoltaïques sous différentes conditions climatiques et dans différentes situations pratiques.

Connaissances préalable recommandées :

Conversion photovoltaïque, Cellule solaire, Module PV

TP1 : Détermination de la réponse spectrale d'une cellule solaire mono-jonction.

TP2: Caractérisation électrique de modules Photovoltaïques sous conditions climatiques normales (module totalement éclairé) (simulation et/ou expérimental)

TP3: Caractérisation électrique de modules Photovoltaïques) sous l'effet de l'ombrage et Compréhension du rôle des diodes By-Pass (simulation et/ou expérimental)

TP4 : Etude d'un système Photovoltaïque avec stockage et sans stockage (simulation et/ou expérimental)

TP5 : Etude d'un système de pompage photovoltaïque (au fil du soleil, et/ou avec stockage. (Simulation et/ou expérimental)

TP6 : Connexion du panneau photovoltaïque à une charge avec adaptation

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 100%

Références bibliographiques:

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

Semestre 2 :**UE Méthodologique Code : UEM 1.2****Matière: TP Systèmes de conversion de l'énergie éolienne****VHS: 22h30 (TP 1h30)****Crédits: 2****Coefficient: 1****Objectifs de l'enseignement :**

Cette matière a pour objectifs de permettre à l'étudiant de modéliser et simuler moyennant des logiciels (tels que : Matlab/Simulink, PSpice, PSIM, ...etc), les éléments constituant la chaîne de conversion éolienne (aérogénérateur)

Connaissances préalables recommandées :**Contenu de la matière :**

Choisir parmi ces 6TPs suivants :

TP1:Modélisation et simulation du vent

TP2:Modélisation et simulation d'une turbine éolienne

TP3 : Modélisation et simulation des convertisseurs de puissance utilisés dans l'éolien (onduleur, redresseur).

TP4 :Modélisation et simulation d'une chaîne de conversion éolienne

TP5 : Contrôle des puissances et qualité d'énergie

TP 6 : Optimisation du rendement aérodynamique d'un aérogénérateur (Coefficient de puissance : C_p) en fonction de la vitesse spécifique et l'angle de calage.

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 100%.

Références :

1. Notes de cours sur systèmes de conversion de l'énergie éolienne, électronique de puissance et la commande.
2. Logiciel Matlab
3. Brochure de TP, Notes de cours, Documentation de Labo.

Semestre: S2

Unité d'enseignement transversale UET 1.1

Matière : Eléments d'intelligence artificielle appliquée

VHS: 45h00 (Cours1h30, 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, BeautifulSoup, Tkinter, PyQt, ...
- Tensorflow, PyTorch, ...

Contenu de la matière :

Chapitre1 : Introduction à l'intelligence artificielle l'IA

(01 semaine)

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

Chapitre2 : Mathématiques de base pour l'IA

(01 semaine)

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

Chapitre3 : Apprentissage automatique(Machine Learning)

(03 semaines)

1. Concepts clés : Données, Modèles, features, étiquettes, généralisation.
2. Phases d'un pipeline d'apprentissage : entraînement, validation, test.
3. Types d'apprentissage :
 - Supervisé
 - **Non** supervisé
 - **Par** renforcement (*aperçu*)
4. Exercices :
 - Approfondir les notions vues au cours

Chapitre4 : Classification supervisée

(3 semaines)

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

Chapitre5 : Apprentissage non supervisé

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

Chapitre6 : Les réseaux de neurones

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

Chapitre6 : Introduction aux réseaux de neurones

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

Création d'un modèle complet de classification ou clustering, avec prétraitement, entraînement et visualisation ; choisir et traiter un projet du début jusqu'à 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 événement.

Travaux pratiques :

TP 01 : Initialisation

TP 02 :

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

TP 03 :

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

TP 04 :

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

TP 05 :

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

TP 06 :

- Construire un réseau de neurones simple avec TensorFlow ou PyTorch ou Keras
- Construire un CNN simple pour classifier des images (exemple : Dataset 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. Equité. Droits et obligations de l'étudiant, de l'enseignant, du personnel administratif et technique,

2. Recherche intègre et responsable

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

3. Ethique et déontologie dans le monde du travail :

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

B- Propriété intellectuelle

I- Fondamentaux de la propriété intellectuelle

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

II- Droit d'auteur

1. Droit d'auteur dans l'environnement numérique

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

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

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

3. Brevet

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

III- Protection et valorisation de la propriété intellectuelle

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

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

C. Ethique, développement durable et nouvelles technologies

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

Mode d'évaluation : Examen : 100 %

Références bibliographiques:

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

III - Programme détaillé par matière du semestre S3

Semestre: 3

UE Fondamentale Code : UEF2.1.1

Matière: Applications et dimensionnement des systèmes à énergies renouvelables

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

Crédits: 4

Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement :

A l'issue de ce cours, l'étudiant devra pouvoir concevoir et dimensionner un système ER.

Connaissances préalables recommandées :

Conversion photovoltaïque & conversion éolienne.

Contenu de la matière :

Chapitre 1. Estimation des besoins énergétique et paramètres climatiques

- Estimation des besoins en électricité, Estimation du rayonnement solaire, Estimation du potentiel énergétique éolien.

Chapitre 2 : Méthodes de dimensionnement et Méthodologie à suivre

Chapitre 3 : Application aux Systèmes de conversion d'énergie électrique photovoltaïque

Chapitre 4 : Application aux Systèmes de pompage photovoltaïque

Chapitre 5 : Application aux Systèmes de conversion d'énergie électrique éolienne

Chapitre 6 : Application aux Systèmes hybrides photovoltaïque/éolien

Chapitre 7 : Aspects économiques.

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 40%, Examen : 60%.

Références bibliographiques:

- [1] Rekioua, D., Matagne, E., Optimization of photovoltaic power systems: Modelization, Simulation and Control 2012 Series: Green Energy and Technology. Ed Springer <http://www.springer.com/gp/book/9781447123484>.
- [2] T. Markvart et L. Caslaner. Practical hand book of photovoltaics : fundamentals and applications. Elsevier, UK, 2003.
- [3] Luis Castaner and Tom Markvart, Practical Handbook of Photovoltaics: Fundamentals and Applications, , Edition: Elsevier Science Ltd, 2003.
- [4] Rekioua, Djamil, Wind Power Electric Systems: Modeling, Simulation and Control 2014 Series: Green Energy and Technology, Ed Springer, <http://www.springer.com/energy/renewable+and+green+energy/book/978-1-4471-6424-1>
- [5] Hau, Wind-Turbines, Springer, 2000.
- [6] J.F. Manwell, J.G. McGowan and A.L. Rogers , Wind energy explained theory ,design and application, University of Massachusetts, Amherst, USA
- [7] Gary L.Johnson, Wind energy systems, 2006
- [8] Hills, R. L. (1994) Power from Wind. Cambridge University Press, Cambridge, UK
- [9] Nelson, V. (1996) Wind Energy and Wind Turbines. Alternative Energy Institute, Canyon, TX.
- [10] Freris, L. L. (1990) Wind Energy Conversion Systems, Prentice Hall, London.
- [11] Falk Antony, Christian Dürschner & Karl-Heinz Remmers, Le photovoltaïque pour tous, editon : Observer'ER, Solarpraxis et Le moniteur, 2010.
- [12] Terry Galloway, Solar house : A guide for the solar designer, Architectural Press, 2004.
- [13] R. Mosdale, Piles a Combustible appliquées aux véhicules, Techniques de l'Ingénieur

Semestre: 3

UE Fondamentale Code : UEF2.1.1

Matière : Stockage de l'énergie et pile à combustible

VHS:22h30 (Cours: 1h30)

Crédits: 2

Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement :

Acquérir les principes de fonctionnement de la conversion d'H₂ en électricité par le biais des piles à combustible (PAC) et les différents types de stockage de l'énergie électrique.

Connaissances préalables recommandées :

Introduction aux ER

Contenu de la matière :

Chapitre 1. Les systèmes de stockage d'énergie

- Les différents modes de stockage d'énergie
- Energie mécanique (potentielle ou cinétique) : stockage gravitaire par pompage (STEP), stockage par air comprimé (CAES), volants d'inertie
- Le stockage électrochimique
- Batterie d'accumulateurs au Plomb acide, Cadmium Nickel
- Les super condensateurs

Chapitre 2. Stockage électrochimique

- Batterie à usage solaire : Technologie de la batterie, caractéristiques d'un accumulateur au Plomb acide, paramètres indicateurs de l'état de charge d'une batterie, modes de charge d'une batterie, circuit électrique équivalent, modélisation de la batterie, ...etc.).
- Supra condensateurs : Rappel sur les condensateurs, présentation d'un supra condensateur, applications des supra condensateurs, différentes familles, caractérisation et modélisation, vieillissement, utilisation des supra condensateurs, ...etc.

Chapitre 3. Piles à Combustible (P.A.C.)

- Historique
- Principe de fonctionnement: principe, cinétique et rendement, structure des PAC
- Les différents types de piles : AFC, PEMFC, DMFC, SOFC, MCFC, PAFC...
- Production et stockage de l'hydrogène
- Systèmes à ER utilisant les piles à combustibles
- Applications dans le domaine de l'automobile.

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 40%, Examen : 60%.

Références bibliographiques:

- [1] Méziane Boudellal, La pile à combustible - 2e éd.
- L'hydrogène et ses applications Broché- 11 janvier 2012, Edition Dunod.
- [2] Achaïbou Nadia, Optimisation Du Stockage Des Energies Renouvelables, édition Academiques, 2014.
- [3] Antonio Luque and Steven Hegedus, Hand book of photovoltaic science and Engineering, John Wiley and Sons Ltd, 2003.
- [4] Krishnan Rajeshwar, Robert McConnell and Stuart Licht, Solar Hydrogen generation toward a renewable energy future, Springer Science, 2008.

Semestre: 3

UE Fondamentale Code : UEF2.1.1

Matière : Commande des systèmes à énergies renouvelables

VHS:45h00 (Cours: 1h30, TD 1H30)

Crédits: 4

Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement :

- Connaître les différents systèmes électriques d'actionneurs électriques (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 chaînes de production d'énergie

Connaissances préalables recommandées :

- Electronique de puissance
- Modélisation des machines synchrones et asynchrones

Contenu de la matière :

- **Chapitre1** : Rappels sur la modélisation des machines à courant alternatif (asynchrones et synchrones) dans les repères de Clark, Concordia et Park.
- **Chapitre2** : Variateurs de vitesse basés sur des machines asynchrones et synchrones.
- **Chapitre 3**: Commande vectorielle des machines synchrones à aimants permanents
- **Chapitre 4** : Contrôle direct du couple des moteurs asynchrones (DTC)
- **Chapitre 5** : Applications aux systèmes à ER (commande vectorielle et DTC d'une éolienne basée sur une machine asynchrone, ...)

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 40%, Examen : 60%.

Références bibliographiques:

- [1] I. Boladea, S.A. Nasar. Vector control of AC drives , book, CRC Press, Boca Raton, Florida, 1992.
- [2] I. Boladea, S.A. Nasar. Electric drives , book, CRC Press, Boca Raton, Florida, 199
- [3] G. Grellet, G. Clerc. Actionnaires électriques. Ed. Eyrolles, France , 1996
- [4] J. Chatelain. Machines électriques. . Ed. Presses Polytechniques Romandes, Lausanne, 1983.
- [5] www.iai.heig-vd.ch/files/activities_IAI_V_2.pdf
- [6] www.casidy.com/x331.html
- [7] Michel Pinard. ' Commande électronique des moteurs électriques, 2004
- [8] Paul Gipe, le grand livre de l'éolien, édition ER et Le Moniteur, 2007

Semestre: 3

UE Fondamentale Code : UEF2.1.2

Matière: Systèmes multi sources à énergies renouvelables

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

Crédits: 4

Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement :

Se familiariser avec les différents systèmes multi sources à énergies renouvelables avec ou sans stockage

Connaissances préalables recommandées :

Principes des sources à Energies renouvelables

Contenu de la matière :

Chapitre 1. Préambule sur les systèmes multi-sources

- Systèmes à sources conventionnelles et non conventionnelles (à énergies renouvelables)
- Etat de l'art des systèmes hybrides, les avantages et les inconvénients.
- Les différentes configurations et architectures de systèmes hybrides à énergies renouvelables (DC, AC, mixte)

Chapitre 2. Exemples de systèmes hybrides à énergies renouvelables

Chapitre 3. Système multi sources avec stockage hybride (batteries/supra condensateurs)

Chapitre 4. Dimensionnement et supervision des systèmes multi sources intégrant des ressources renouvelables.

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 40%, Examen : 60%.

Références bibliographiques:

Ben Ammar Mohsen , Gestion Optimale Des Systèmes Multisources D Energies Renouvelables, édition académiques, 2014.

P. Poggi les énergies renouvelables, édition OMNISCRIP, 2011.

Semestre: 3

UE Fondamentale Code : UEF2.1.2

Matière : Intégration des ressources renouvelables aux réseaux électriques

VHS:45h00 (Cours: 1h30, TD 1H30)

Crédits: 4

Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement :

Les ressources renouvelables ont des apports potentiels très intéressants en termes d'énergie et d'économie. Cependant, en fonction de leur taux de pénétration, ces nouvelles sources d'énergie pourraient avoir des conséquences importantes sur l'exploitation et la sécurité des réseaux électriques. Pour une insertion massive des ressources renouvelables au système, ces impacts se trouveront non seulement au niveau du réseau de distribution, où la plupart des ressources renouvelables sont raccordées, mais ils affecteront le système entier. Il est donc nécessaire de chercher, d'une part, comment faire évoluer les plans de défense et de reconstitution du système dans le nouveau contexte, et d'autre part, comment se servir efficacement du potentiel des ressources renouvelables pour soutenir le système dans les situations critiques.

L'objectif est de connaître les critères d'intégration des systèmes ER aux réseaux électriques conventionnels et le rôle des dispositifs d'interfaçage d'électronique de puissance utilisés.

Connaissances préalables recommandées :

Energies renouvelables

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Introduction à l'intégration au réseau électrique

Pourquoi le raccordement aux réseaux électrique ?, fonctionnalités attendues du raccordement d'une source sur le réseau, critères d'insertion technique des ENR dans le système électrique, système ER à injection dans le réseau, système ER interchangeant de l'énergie avec le réseau, choix du ou des convertisseurs d'interfaçage, dispositifs de protection, gestion énergétique assurée par MPPT ... etc.

Chapitre 2 : Intégration de l'énergie solaire photovoltaïque au réseau électrique

Système PV de faible puissance raccordé au réseau distribué, système PV intégré au bâtiment (BIPV : Building Integrated Photovoltaic), Centrale PV à injection dans le réseau, .

Chapitre 3 : Intégration de l'énergie éolienne au réseau électrique

Chapitre 4 : Intégration de piles à combustible au réseau électrique

Constitution du stack, dimensionnement de la source de puissance, choix du ou des convertisseurs d'interfaçage, contrôle-commande du système Pile à Combustible.

Chapitre 5 : Smart grid (réseaux intelligents)

Mode d'évaluation :

Examen terminal : 100%.

Références bibliographiques:

1. B. Multon, "Production d'Énergie Électrique par Sources Renouvelables", Techniques de l'Ingénieur, traité Génie Electrique, D 4, 2003.
2. D. Das, 'Electrical Power Systems', New Age International Publishers, 2006.
3. M. Crappe, S. Dupuis, ' stabilité et sauvegarde des réseaux électriques', Hermès, 2003.
4. A. Maczulak, 'Renewable Energy: Sources and Methods', Green technology, 2010.

Semestre: 3

UE Fondamentale Code : UEM2.1

Matière: TP Applications et dimensionnement des systèmes à énergies renouvelables

VHS: 22h30 (TP : 1h30)

Crédits: 2

Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement :

Faire des applications des systèmes à énergies renouvelables en apprenant de choisir la méthode de dimensionnement optimale à choisir. Des séances de travaux pratiques sont nécessaires pour consolider les connaissances théoriques acquises.

Connaissances préalables recommandées :

Energies renouvelables

Contenu de la matière :

TP 1 : Familiarisation avec les logiciels de dimensionnement (PVsyst, Homer, RETscreen, Psim...)

TP 2: Dimensionnement et simulation *d'un système photovoltaïque (maison, village,...) avec stockage.*

TP 3 : Dimensionnement et simulation *d'un système éolien avec stockage.*

TP 4 : Dimensionnement et simulation *d'un système de pompe photovoltaïque*

TP 5 : Dimensionnement et simulation *d'un système hybride photovoltaïque/éolien avec stockage.*

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 100%.

Références bibliographiques:

Guides de prise en main des logiciels : PVsyst, PV-sol, RETscreen, Homer, Meteonorm
Notes de cours.

Semestre: 3

UE Fondamentale Code : UEM2.1

Matière : TP Stockage de l'énergie

VHS:22h30 (TP : 1h30)

Crédits: 1

Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement :

Le but de cette matière est de faire comprendre la modélisation et la simulation softwares (i.e. émulation) des différents éléments de stockage de l'énergie au niveau d'un système E.R. (PV/Eolien/PAC) à l'aide des logiciels tels que : Matlab / Simulink, PSIM, PSpice...etc. Des séances de travaux pratiques sont nécessaires pour consolider les connaissances théoriques acquises.

Connaissances préalable recommandées :

Contenu de la matière :

TP1 Identification d'une batterie solaire

TP2 Simulation des modèles de batterie

TP3 Simulation des modèles de super condensateur

TP4 Simulation du stockage inertiel

TP5 Simulation d'une PAC

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 100%.

Références bibliographiques:

Semestre: 3

UE Fondamentale Code : UEM2.1

Matière : TP Commande des systèmes à énergies renouvelables

VHS:22h30 (TP : 1h30)

Crédits: 2

Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement :

- Electronique de puissance
- Modélisation des machines électriques

Connaissances préalables recommandées :

Contenu de la matière :

TP1 Autopilotage d'une machine synchrone à aimants permanents alimentée par onduleurs MLI

TP2 commande vectorielle d'une machine synchrone à aimants permanents

TP3 commande DTC d'une machine asynchrone

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 100%.

Références bibliographiques:

Semestre: 3

UE Fondamentale Code : UEM2.1

Matière : Maintenance et fiabilité des systèmes à énergies renouvelables

VHS:45h00(Cours 1H30 TP : 1H30)

Crédits: 4

Coefficient: 2

Objectifs :

L'étudiant doit être capable d'établir un état des lieux d'opération d'un système ER, en maîtrisant les différentes méthodes et algorithmes de diagnostic, industrialisées ou non, pour détecter et/ou localiser des défauts dans un système ER, en prenant le moins de mesures possibles pour respecter les contraintes économiques.

Connaissances préalables recommandées :

Systèmes embarqués, système photovoltaïque et caractérisation, Capteurs et mesures

Contenu de la matière :

1- **Chapitre1** : Les grandeurs pour l'évaluation des énergies renouvelables

2- **Chapitre 2** : Etude et analyse des performances des systèmes ER

Données recommandées selon les normes internationales (CEI 61724, ...) pour l'étude des performances des SER et indicateurs des performances des SER.

3- **Chapitre3**: Dysfonctionnement des systèmes à ER (défauts,..)

4- **Chapitre4** : Maintenance dans les systèmes à ER

7- **Chapitre 5** : Supervision du fonctionnement des Systèmes à ER

Recommandations pour la mesure, le transfert et l'analyse des données.

5- **Chapitre 6** : Techniques de télégestion et télémaintenance.

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 40%, Examen : 60%.

Références bibliographiques:

- Rabeh FELLOUAH, « Contributions au diagnostic des pannes pour les systèmes différentiellement plats », thèse de doctorat, université de Toulouse, 2007.
- Long BUN, « Détection et localisation de défauts pour un système photovoltaïque », thèse de doctorat, université de Grenoble, 2011.
- IEC, "photovoltaic system performance monitoring- guidelines for measurement, data exchange and analysis", international standard IEC 61724, ed 1998.
- R. Isermann, "Fault-Diagnosis Applications Model-based condition monitoring: Actuators, drives, machinery, plants, sensors, and fault-tolerant systems", Springer, 2011

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.

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

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

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

4. Reverse engineering logiciel

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

5. Reverse engineering mécanique

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

6. Sécurité et détection d'intrusion

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

7. Cas d'études réels

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

Exemples de TP (base les 4 Génies)

• **Génie Electrique**

- Rétro-ingénierie d'un dispositif électrique sans schéma
- Exemple : Relais temporisé, Armoire Electrique, Variateur de vitesse, Machine Electrique, Système d'automatisation..
- Objectifs : identifier le fonctionnement, dessiner le schéma, proposer une variante améliorée.
- Identification de composants (IC, transistors, résistances, condensateurs, etc.).
- Utilisation d'outils : multimètre, oscilloscope, analyseur logique.
- Lecture et extraction de firmware depuis un microcontrôleur.
- Introduction à la détection de contrefaçons électroniques.

• **Génie Mécanique :**

- Rétro-ingénierie d'un mécanisme simple
- Exemples : pompe manuelle, clé dynamométrique, mini-presse..
- Démontage mécanique d'un système (pompe, engrenage, vérin...).
- Mesures et reconstruction de plans ou modèles 3D avec logiciel CAO (SolidWorks, Fusion360).
- Identification de matériaux et modes de fabrication.
- Simulation fonctionnelle à partir du modèle recréé.

• **Génie Civil :**

- Analyse d'ouvrages existants sans plans (murs, dalles, structures...).
- Exemples : escalier métallique, appui de fenêtre, coffrage)
- Étude et rétroconception d'un élément de structure existant
- Identification des matériaux, des assemblages et des contraintes.
- Modélisation de l'ouvrage via Revit, AutoCAD ou SketchUp.
- Étude de réhabilitation ou reproduction d'éléments structurels anciens.

• **Génie des Procédés**

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

Mode d'évaluation :

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

Références bibliographiques :

- Reverse Engineering for Beginners – Dennis Yurichev (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>

IV- Programmes détaillés par matière
De Quelques UE Découvertes (S1, S2, S3)

Semestre ...

UE Découverte Code : UED ...

Matière: Matériaux photovoltaïques

VHS: 22h30 (Cours: 1h30)

Crédits: 1

Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement :

Acquérir des connaissances théoriques approfondies sur la filière des cellules solaires à matériaux cristallins et non cristallins.

Connaissances préalables recommandées :

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Les technologies photovoltaïques

- a- Silicium monocristallin
- b- Silicium moulé multi cristallin (polycristallin)

Chapitre 2 : Les technologies de rubans et de feuilles

Chapitre 3 : Technologie de film mince de silicium amorphe

Chapitre 4 : Technologies sans silicium

- a- Tellurure de cadmium
- b- Diséléniure de cuivre et d'Indium
- c- Arséniure de gallium
- d- Dioxyde de Titane
- e- Cellules à concentration

Chapitre 5 : Introduction à la technologie photovoltaïque organique

Mode d'évaluation :

Examen : 100%.

Références bibliographiques:

- Rekioua, D., Matagne, E., Chapter 1:Photovoltaic Applications Overview in Optimization of photovoltaic power systems: Modelization, Simulation and Control 2012 Series: Green Energy and Technology. Ed Springer<http://www.springer.com/gp/book/9781447123484>
- C. Kittel : Physique de l'état solide, Dunod Université Bordas (1983).
- W.KURZ, J.P. MERCIER et G. ZAMBELLI: Introduction à la science des matériaux, presses polytechniques romandes, (1987)
- Ashby Jones : Matériaux : 1- Propriétés et applications Dunod (1998).
- Ashby Jones : Matériaux : I1- Microstructure et mise en œuvre, Dunod (1991).
- Practical Handbook of Photovoltaics: Fundamentals and Applications, Luis Castaner and Tom Markvart, Edition: Elsevier Science Ltd, 2003.

Semestre...

UE Découverte Code : UED ...

Matière: Thermique et efficacité énergétique

VHS: 22h30 (Cours: 1h30)

Crédits:1

Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement

Connaissances préalables recommandées

Contenu de la matière :

1. Chapitre 1 : Rappels

1.1. Conduction, convection et rayonnement thermique

2. Chapitre2 : Systèmes CVCA (chauffage, ventilation et conditionnement d'air), systèmes de conversion d'énergie, éclairage,équipements.

3. Chapitre3 : Efficacité énergétique des procédés thermiques

3.1. Efficacité énergétique des procédés thermiques dans le bâtiment

3.1.1. Principaux paramètres énergétiques des bâtiments

3.1.2. Méthodes simplifiées de calculs de consommation d'énergie : degrés jour, tranches de température

3.1.3. Méthodes détaillées de calculs de consommation d'énergie.

3.2. Efficacité énergétique dans les systèmes énergétiques (systèmes frigorifiques, moteurs et chambres de combustion, systèmes solaires, ...)

4. Chapitre4 : Stockage solaire

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 40%, Examen: 60%.

Références bibliographiques:

- E.Félice, P.Révilla, "Qualité des réseaux électriques et efficacité énergétique", Dunod, 2009
- Techniques de l'ingénieur dédiées à la thermique

Semestre ...

UE Découverte Code : UED ...

Matière: Aspects politiques, économiques et sociaux des énergies renouvelables

VHS: 22h30 (Cours: 1h30)

Crédits: 1

Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement

L'objectif de la matière est d'initier les futures diplômées à la création et à la gestion des entreprises en énergies renouvelables. Dans ce module il sera donné l'essentiel des aspects politique, économique et sociaux des énergies renouvelables

Connaissances préalables recommandées:

Electrotechnique fondamentale, Electronique de Puissance, Notions de gestion et d'économie.

Contenu de la matière

Chapitre 1 : Productions et consommations mondiales d'énergies, réserves et prévisions..

Chapitre 2 : Les sources d'énergie en Algérie

Chapitre 3 : Géopolitique de l'énergie

Chapitre 4 : Les différents acteurs dans le domaine des énergies

Chapitre 5 : Lois régissant les énergies

Chapitre 6 : Impacts socioéconomiques des énergies renouvelables

Chapitre 7 : L'énergie renouvelable dans l'économie

Mode d'évaluation :

Examen : 100%.

Références bibliographiques:

1-McKane, et al, 2007, publication de l'ONUDI, Policies for Promoting Industrial Energy Efficiency in Developing Countries and Transitional Economies (Politiques de promotion de l'efficacité énergétique dans les pays en développement et les économies en transition)v. 08-52434- avril 2008. www.iso.org/iso/fr/focus_1105_sr_pinero.pdf (retrieved in 27 may 2016)

2-ISO/TC 242 Management de l'énergie, http://www.iso.org/iso/fr/iso_technical_committee?commid=558632 (retrieved in 27 may 2016)

3-Douglas F.Barnes ; Kerry KruLilla and Wiliam F. Hyde; The urbain household energy transition : social and environment impacts; An AFF press book, published by resources of the future, USA 2004, ISBN:1-933115-07-6.

1- Rob Aldrich and Jon Parelo; IP-Enabled energy management : a proven strategy for administering energy as a service, Wiley Publishing Inc,USA 2010; ISBN: 978-0-470-60725-1.

2- www.mem-algeria.org

3- Lois et décrets du Droit algérien pour l'énergie

4- SmilVaclay, *Energy, Miths and Realities*, AEI Press, 2010

Semestre ...
UE Fondamentale Code : UED...
Matière: Audit énergétique
VHS: 22h30 (Cours: 1h300)
Crédits: 1
Coefficient: 1

Chapitre I : Généralités :

Développement durable, Efficacité énergétique, Audit énergétique

Chapitre II : Audit énergétique

- I.Principe de l'audit énergétique
- II.Types d'audits énergétiques
- III.Principaux Objectifs de l'audit énergétique
- IV.Méthodologie de l'audit

Chapitre III : Compagne de mesure

- I.Notions du génie électrique
- II.Outils et instruments de mesures
- III.Méthodes et points indispensables de mesures

Chapitre IV : Analyse tarifaire

- I.Etudes des différents Systèmes tarifaires
- II.Comparaison et choix du meilleur tarif
- III.Estimations des gains économiques

Chapitre V : Actions et solutions

- I.Formuler les conseils et les recommandations
- II.Présentation d'un rapport d'audit énergétique

Mode d'évaluation :

Examen : 100%.

Références bibliographiques:

Semestre ...

Unité d'enseignement: UED ...

Matière: Communication et gestion de projet

VHS: 22h30 (Cours: 1h30)

Crédits: 1

Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

Ce cours a pour objectif d'offrir aux étudiants les différents concepts et notions utiles pour étudier, réaliser et gérer un projet industriel.

Connaissances préalables recommandées:

Économie des entreprises, systèmes industriels.

Contenu de la matière:

- ❑ Généralités
- ❑ Les préalables à la gestion de projet
 - ❑ Comprendre le cahier des charges fonctionnel
 - ❑ Compléter et finaliser le cahier des charges fonctionnel
- ❑ Le management de projet
 - ❑ Définir une ou des solutions techniques répondant au problème posé
 - ❑ Mettre en pratique une des solutions possibles
 - ❑ Démontrer la satisfaction de la solution proposée aux exigences du cahier des charges
 - ❑ Préparer et suivre un planning de réalisation du projet
 - ❑ Évaluer et optimiser les coûts des composants
- ❑ L'établissement du référentiel (prototype)
- ❑ La maîtrise des délais (planification opérationnelle)
- ❑ La maîtrise des coûts
- ❑ La maîtrise de la qualité
- ❑ La gestion des risques

Exemple sur la gestion des projets

Mode d'évaluation:

Examen: 100 %.

Références bibliographiques:

- « La Gestion de Projet », Girard-ECONOMICA
- « Manuel de l'ingénieur d'affaires », Fraysse-GARNIER ENTREPRISE
- « Techniques d'analyse de projets », Vallet/DUNOD

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

Objectifs de l'enseignement

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

Connaissances préalables recommandées:

Dispositifs et technologies de conversion de l'énergie -

Contenu de la matière

Chapitre1 : Introduction aux énergies renouvelables (Sources d'énergies renouvelables : gisements et matériaux	(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 :

Contrôle continu: 40%; Examen: 60%.

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: 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: Techniques d'optimisation et de contrôle de puissance

VHS: 22h30(Cours: 1h30)

Crédits: 1

Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement :

Permettre aux étudiants d'acquérir des connaissances sur les éléments (dispositifs électroniques) constituant un conditionneur de puissance électrique issue d'un système E.R et en particulier PV/Eolien/PAC ainsi que leurs techniques de commande.

Connaissances préalables recommandées :

Contenu de la matière :

- 1- Chapitre1 : Commande de la puissance générée via les techniques MPPT.
- 2- Chapitre 2 : Les techniques MPPT dans les systèmes PV :
 - Algorithmes directs
 - ✓ la méthode Perturb&Observ (P&O),
 - ✓ algorithme basé sur le mode glissant,
 - ✓ algorithme basé sur la logique floue, adaptative
 - ✓ algorithme basé sur les réseaux de neurones, neuro-flou
 - Algorithmes indirects.-
 - ✓ la méthode d'ajustement de courbe,
 - ✓ la méthode (" look-up table"),
 - ✓ la méthode de la tension de circuit ouvert,
 - ✓ la méthode de court circuit.
- 3- Chapitre3 :les techniques d'optimisation dans les systèmes éoliens
 - méthodes P&O, TSR, PSF, HCS, gradient, LF, adaptatives, prédictives
- 4- Chapitre4 : Applications

Mode d'évaluation :

Examen : 100%.

Références bibliographiques:

- [1] H. Buhler. Réglage par logique floue. Ed. Presses Polytechniques Romandes, Lausanne, 1994.
- [2] H. Buhler. Electronique de réglage et de commande. Ed. Presses Polytechniques Romandes, Lausanne, 1983.
- [3] H. Buhler. Réglage par mode glissement. Ed. Presses Polytechniques Romandes, Lausanne, 1986.
- [4] G. Grellet, G. Clerc. Actionnaires électriques. Ed. Eyrolles, France , 1996
- [5] J. Chatelain. Machines électriques. . Ed. Presses Polytechniques Romandes, Lausanne, 1983.
- [6] D. Diankov, H. Hellendoorn, M. Reinfrank. An introduction to fuzzy control. Ed. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1993.
- [7] P. Born, J.R. Dieulot, J. Rozeinor, L. Dubois. Introduction à la commande floue. Ed. Technip, 1996.

Semestre ...

UE Découverte Code : UED ...

Matière: Capteurs et mesures dédiés aux systèmes à ER

VHS: 22h30(Cours: 1h30)

Crédits: 1

Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement :

Le but est de permettre aux étudiants d'acquérir des notions générales concernant la métrologie, les différents types de paramètres (grandeurs physiques) inhérents aux systèmes à ER et plus précisément les systèmes PV, éolien et PAC. A titre d'exemple: les paramètres météorologiques, les paramètres électriques, les paramètres énergétiques, ainsi que les types de capteurs et procédés de mesures et caractérisation susceptibles d'être employés par les spécialistes dans la matière.

Connaissances préalables recommandées :

Capteurs et mesures électriques

Contenu de la matière :

Chapitre 1: Introduction à la métrologie.

Chapitre 2: Grandeurs physiques à mesurer au niveau du système PV, éolien

Et PAC.

- Rayonnement solaire (globale, directe, diffuse, albédo)
- Températures (ambiante et de la cellule)
- Vitesse et direction du vent
- Humidité
- Courant, tension, puissance, énergie, facteur de puissance
- Débit d'hydrogène, pression d'hydrogène, etc.

Chapitre 3: Capteurs, dispositifs et procédés de mesure des paramètres.

Chapitre 4: Méthodes de calibration et d'étalonnage.

Mode d'évaluation :

Examen : 100%.

Références bibliographiques:

- Muhammad Iqbal, Introduction to Solar Radiation. New York: Academic Press
- Pierre-André Paratte, Philippe Robert, Systèmes de mesure
- National Renewable Energy Laboratory, <http://www.nrel.gov>

Semestre ...

UE Découverte Code : UED ...

Matière: Implémentation d'une commande numérique en temps réel

VHS: 22h30 (Cours: 1h30)

Crédits: 1

Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

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

Connaissances préalables recommandées :

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

Contenu de la matière :

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

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

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

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

Mode d'évaluation :

Examen : 100%.

Références bibliographiques:

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