الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
People's Democratic Republic of Algeria
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Ministry of Higher Education and Scientific Research

LOGO
De l'université

عرض تكوين
ل. م . د

ماستر أكاديمية

برنامج وطني

(تحيين 2026-Bis)

المؤسسة	الكلية/ المعهد	القسم

الميدان	الفرع	التخصص
علوم وتكنولوجيا	هندسة ميكانيكية	طاقات متجددة في الميكانيك

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
People's Democratic Republic of Algeria

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Ministry of Higher Education and Scientific Research

LOGO
De l'université

OFFRE DE FORMATION
L.M.D

MASTER ACADEMIQUE

PROGRAMME NATIONAL

(Mise à jour 2026-Bis)

Etablissement	Faculté / Institut	Département

Domaine	Filière	Spécialité
Sciences et Technologies	*Génie mécanique*	*Energies renouvelables en mécanique*

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
People's Democratic Republic of Algeria
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Ministry of Higher Education and Scientific Research

LOGO
De l'université

Training Offer
L.M.D

ACADEMIC MASTER'S DEGREE

NATIONAL PROGRAMME

(2026-Bis Update)

Institution	Faculty / Institute	Department

Domain	Field	Specialisation
Science and Technology	***Mechanical Engineering***	***Renewable Energy in Mechanical Engineering***

Conditions d'accès

Filière	Master harmonisé	Licences ouvrant accès au master	Classement selon la compatibilité de la licence	Coefficient affecté à la licence
Génie mécanique	Energies renouvelables en mécanique	Construction mécanique	**1**	**1.00**
		Energétique	**1**	**1.00**
		Physique énergétique (Domaine SM)	**2**	**0.80**
		Génie des matériaux	**2**	**0.80**
		Electromécanique	**2**	**0.80**
		Maintenance Industrielle	**2**	**0.80**
		Autres licences du domaine ST	**5**	**0.60**

Fiches d'organisation semestrielles des enseignements de la spécialité

Semestre 1 : Master Energies Renouvelables en Mécanique

Unité d'enseignement	Matières	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 semai.)	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	Mécanique des Fluides Approfondie	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Thermodynamique Approfondie et Phénomènes de transport	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 1.1.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Gisements Renouvelables et Météorologie	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Méthodes Numériques Appliquées	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 1.1 Crédits : 11 Coefficients : 7	Energies Renouvelables et Enjeux Energétiques	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	TP Gisements Renouvelables et Météorologie	3	2			3h00	45h00	30h00	100%	
	TP Méthodes Numériques Appliquées	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	Programmation avancée en python	2	2	1h30		1h30	45h00	05h00	40%	60%
UE Découverte Code : UED 1.1 Crédits : 1 Coefficients : 1	Respect des normes et des règles d'éthique et d'intégrité	1	1	1h00			15h00	10h00		100%
Total semestre 1		**30**	**17**	**11h30**	**7h30**	**6h00**	**375h00**	**375h00**		

Semestre 2 : Master Energies Renouvelables en Mécanique

Unité d'enseignement	Matières	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 sem.)	Travail Complément. Consultation (15 semaines)	Mode d'évaluation	
	Intitulé			**Cours**	**TD**	**TP**			Contrôle Continu	Examen
UE Fondamentale Code : UEF 1.2.1 Crédits : 10 Coefficients : 5	Rayonnement solaire	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Transfert Thermique Approfondie et Phénomène de Transport	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 1.2.2 Crédits : 7 Coefficients : 3	Solaire Thermique et applications	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Energie Hydro-électrique et Eolienne	3	1	1h30			22h30	52h30	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 1.2 Crédits : 9 Coefficients : 5	Montage et Dimensionnement des projets ER	3	2	1h30		1h00	37h30	37h30	40%	60%
	TP de Conversion	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	Métrologie thermique, Asservissement, Régulation	4	2	1h30		1h30	45h00	55h00	40%	60%
UE Transversale Code : UET 1.2 Crédits : 4 Coefficients : 4	**Lean start-up**	2	2	1h30	1h30		45h00	05h00	80% (20% Atl + 60% Prj)	20%
	Eléments d'IA appliquée	2	2	1h30	1h30		45h00	5h00	40%	60%
Total semestre 2		**30**	**17**	**13h30**	**6h00**	**5h30**	**375h00**	**375h00**		

Semestre 3 : Master Energies Renouvelables en Mécanique

Unité d'enseignement	Matières	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 semaines)	Travail Complémentaire en Consultation (15 semaines)	Mode d'évaluation	
	Intitulé			**Cours**	**TD**	**TP**			**Contrôle Continu**	**Examen**
UE Fondamentale Code : UEF 2.1.1 Crédits : 8 Coefficients : 4	Fluide de travail, Matériaux et dispositifs de Stockage	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Efficacité Energétique et Thermique du Bâtiment	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 2.1.2 Crédits : 10 Coefficients : 5	Solaire photovoltaïque et applications	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Piles à combustibles et production de l'hydrogène	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Maintenance des systèmes à énergies renouvelables	2	1	1h30			22h30	27h30		100%
UE Méthodologique Code : UEM 2.1 Crédits : 9 Coefficients : 5	Logiciels de Simulations et de dimensionnement des installations ER	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	Froid et climatisation solaire	1	1			1h30	15h00	10h00	100%	
	Echangeurs de Chaleur	2	1	1h30			22h30	27h30		100%
	Etude Technico Economique et Gestion de Projets ER	4	2	1h30		1h30	45h00	55h00	40%	60%
UE Transversale Code : UET 2.1 Crédits : 3 Coefficients : 3	Reverse engineering	2	2	1h30	1h30 atelier		45h00	05h00	40%	60%
	Recherche documentaire et conception de mémoire	1	1	1h00			15h00	15h00		100%
Total semestre 3		**30**	**17**	**13h00**	**6h00**	**6h00**	**382h30**			

Panier des UE Découverte (S1, S2 et S3)

Important :*L'équipe pédagogique de formation doit fixer le choix des 06 UED avant le début des cours, et elle doit sanctionner (officialiser) son choix par un PV visé par le chef de département. Ce PV doit être transmis aux différents instances concernées de l'établissement (VDP/VRP/service des diplômes etc…)*

1. *Techniques des transferts appliqués au séchage(*)*
2. *Energie Marine(*)*
3. *Energie Géothermique(*)*
4. *Aérodynamique et Turbomachines(*)*
5. *Méthodologie de recherche (méthodes statistiques, traitement des données, plan d'expérience)(*)*
6. *Techniques Inverses(*)*
7. *Nexus Eau-Energie-Agriculture(*)*
8. *Electronique de puissance (*)*
9. *Réglementation et Normes des ER(*)*
10. *Matériaux photovoltaïques*
11. *Les tours et cheminés solaires*
12. *Système hybride Photovoltaïque-Eolien*
13. *Système hybride CSP-gaz*
14. *Techniques d'optimisation, de contrôle de puissance et injection au réseau*
15. *Système hybride Photovoltaïque-thermique*
16. *Dessalement de l'eau par énergie solaire*
17. *Logiciel de Simulation (COMSOL Multiphysic, Fluent, ANSYSY etc…)*
18. *Ecologie Industrielle et Développement durable*
19. *Entrepreneuriat*
20. *Audit Energétique*

(*)UED recommandées

Semestre 4 :

Ce semestre est consacré à la réalisation du projet de fin de cycle de master. Il est réalisé dans une entreprise ou dans un laboratoire de recherche (université ou centre de recherche). Il est sanctionné par un mémoire et une soutenance.

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

Ce tableau est donné à titre indicatif

Evaluation du Projet de Fin de Cycle de Master

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

Programmes détaillés par matièredu semestre S1

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEF 1.1.1
Matière1: Mécanique des Fluides Approfondie
VHS: 67h30 (Cours: 3h00, TD: 1h30)
Crédits: 6
Coefficient: 3

Objectifs de l'enseignement :

Le but de la matière est de développer les connaissances de base de l'étudiant. La spécialité énergétique est étroitement liée à la phénoménologie des écoulements visqueux et turbulents observés dans les systèmes énergétiques, leur compréhension et analyse sont indispensables. L'imprégnation de l'étudiant des lois et modèles physiques et mathématiques de ces écoulements souvent complexes est un des fondamentaux de la spécialité dans l'acquisition d'un enseignement consistant nécessaire pour la recherche.

Connaissances préalables recommandées :

- Base de Mécanique des fluides
- Les mathématiques
- Les méthodes numériques

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : **Dynamique des fluides et équations de transport** **(3 semaines)**

Description du mouvement, tenseurs, dérivée particulaire, transport d'un volume infinitésimal, bilan de masse, de quantité de mouvement et d'énergie, fluides visqueux, équations de Navier-Stokes, éléments de rhéologie

Chapitre 2 : **Fluide parfait et ses applications** **(2 semaines)**

Écoulements potentiels, ondes d'interfaces

Chapitre 3 : **Dynamique des fluides réels** **(2 semaines)**

Écoulement unidirectionnels, écoulement de Stokes, écoulement à faible vitesse, à faible nombre de Reynolds, lubrification hydrodynamique…

Chapitre 4 : **Couches limites** **(2 semaines)**

Développement de la couche limite, solutions approchées, équation de Van Karman,…

Chapitre 5 : **Ecoulements turbulents** **(2 semaines)**

Champ moyen et fluctuations, équations de Reynolds, modèle de Boussinesq, modèle de la longueur de mélange de Prandtl, échelles de turbulence, modèles de turbulence K-ε, K-ω, SST

Chapitre 6 : Calcul des Ecoulements dans les Conduites **(4 semaines)**

Ecoulements des fluides incompressibles dans les conduites en charge : pertes de charges linéaires. Utilisation des diagrammes de Moody.

- Ecoulements dans les singularités : pertes de charges singulières. Théorème de Borda
- Calculs et dimensionnement des réseaux hydrauliques
- Initiation aux écoulements unidimensionnels des fluides compressibles
- Initiation aux écoulements à surface libre

Mode d'évaluation :

Contrôle Continu : 40%, Examen : 60%.

Références bibliographiques :

1- *Inge L. Ryhming, Dynamique des fluides, Presse Polytechniques et Universitaire Romandes.*
2- *P. Chassaing, Turbulence en mécanique des fluides, CEPADUES– Editions.*
3- *R. Comolet, Mécanique expérimentale des fluides, Tome II, dynamique des fluides réels, turbomachines, Editions Masson, 1982.*
4- *T. C. Papanastasiou, G. C. Georgiou and A. N. Alexandrou, Viscous fluid flow, CRC Press LLC, 2000.*
5- *Adil Ridha, Cours de Dynamique des fluides réels, M1 Mathématiques et applications : spécialité Mécanique, Université de Caen, 2009.*
6- *R. W. Fox, A. T. Mc Donald and P. J. Pritchard, Introduction to fluid mechanics, sixth edition, Wiley and Sons editor, 2003.*
7- *Hermann Schlichting, Boundary layer theory, McGraw Hill book Company.*
8- *W.P. Graebel, Advenced fluid mechanics, Academic Press 2007.*
9- *H. Tennekes and J. L. Lumeley, A first course in turbulence, The MIT Press 1972.*
10- *B. R. Munson, Fundamentals of Fluid Mechanics, 6thEdition,Wiley and Sons Editor, 2009.*

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEF 1.1.1
Matière2: Thermodynamique Approfondie
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement :

La thermodynamique actuelle est simultanément une branche de science et d'ingénierie. Le scientifique est généralement intéressé par la compréhension fondamentale des aspects chimiques et physiques des quantités fixes de la matière, et utilise les principes de la thermodynamique pour trouver les différentes relations entre les propriétés de la matière (pression, énergie interne, chaleur spécifique, etc.). L'ingénieur est plutôt intéressé par l'étude des systèmes et leurs interactions avec leurs environnements immédiats. Pour rendre compte de tout cela, la thermodynamique a donc naturellement était étendue à l'étude des systèmes à travers lesquels la matière se déplace, ce qui inclutbien sur les systèmes de conversion des énergies renouvelables. Le programme est composé de 9 chapitres, où seront traités en plus du premier et second principe de la thermodynamique, les cycles à vapeur et gaz, l'optimisation des systèmes énergétique par l'analyse exergétique ainsi que la nouvelle notion d'entransie proposée par Guo.

Connaissances préalables recommandées :

Thermodynamique et mathématiques du niveau licence dans une spécialité engineering.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 :Introduction (1 semaine)

La thermodynamique, utilisation, importance, Définition d'un système thermodynamique, Volume Spécifique et Pression, La Température.

Chapitre 2 :Energie et Première Loi de la Thermodynamique (1 semaine)

Les Concepts de l'Energie dans la Mécanique, Travail, Energie, Transfert de la Chaleur, Bilan Energétique pour un Système Fermé, Analyse Energétique des Cycles.

Chapitre 3 :Evaluation des Propriétés(2 semaines)

Etat Thermodynamique d'un Système, l*a* Relation *p–v–T, l*es Propriétés Thermodynamiques, Diagramme de Compressibilité Généralisé, Energie Interne, Enthalpie, et Chaleurs Spécifiques d'un Gaz Parfait, Processus Polytropique d'un Gaz Parfait.

Chapitre 4 :Energie et Analyse par Volume de Control (1 semaine)

Conservation de la Masse dans un Volume de Control, Conservation de l'Energie dans un Volume de Control, Analyse d'un Volume de Control en Régime Permanent, Analyse Transitoire.

Chapitre 5 :La Seconde Loi de la Thermodynamique (2 semaines)

Introduction à la Seconde Loi de la Thermodynamique, Identification des Irréversibilités Application de la Seconde Loi aux Cycles Thermodynamiques, Performance Maximale d'un Cycle Opérant entre deux Réservoir de Chaleur, Le Cycle de Carnot.

Chapitre 6 Entropie (2 semaines)

Introduire l'Entropie, Définition de la Variation d'Entropie, Utilisation des Données pour l'Entropie à partir des Tables Thermodynamiques, La Variation d'Entropie d'un Processus Interne et Réversible, Bilan d'Entropie pour les Systèmes Fermés, Bilan d'Entropie d'un Volume de Control, Processus Isentropique, Rendements Isentropiques des Turbines, Tuyères, Compresseurs et Pompes, Transfert de Chaleur et Travail d'un Processus Réversible type Ecoulement Interne en Régime Permanent.

Chapitre 7 L'Analyse Exergétique et Entransie (2 semaines)

Introduction à l'Exergie, Définition de l'Exergie, Bilan d'Exergie pour un Système Fermé, Ecoulement d'Exergie, Bilan d'Exergie d'un Volume de Control, Rendement Exergétique et Seconde Loi, Un Nouveau Concept de l4optimisation des Systèmes Energétiques : Entransie, Le Paradoxe de Bejan et Notion d'Entransie de Guo.

Chapitre 8 Les Centrales à Vapeur (2 semaines)

Modélisation des Centrales à Vapeur, Analyse des Centrales à Vapeur—Cycle de Rankine, Amélioration des Performances—Surchauffe et réchauffage, Amélioration des Performances —Cycles à Régénération de Vapeur, Autres Aspects des Cycles à Vapeur, Le Cycle de Kalina.

Chapitre 9 Les Centrales à Gaz (2 semaines)

Modélisation des Centrales à Gaz, Le Cycle de Brayton à Air, Turbine à Gaz avec Régénération
Le Cycle Combiné Turbine à Gaz—Cycle à Vapeur, Les Cycles d'Ericsson et Stirling

Mode d'évaluation :

Contrôle Continu : 40%, Examen : 60%.

Références bibliographiques :

1. *Thermodynamics: An Engineering Approach, YunusCengel and Michael Boles, 8th Edition McGraw-Hill, 2015.*
2. *Advanced Thermodynamics for Engineers, D. E. Winterbone and A. Turan, 2nd Edition, Elsevier, 2015.*
3. *Advanced Engineering Thermodynamics, Adrian Bejan, 3rd Edition, John Wiley and Sons, 2006.*
4. *Fundamentals of Engineering Thermodynamics, M. J. Moran and H.N. Shapiro, 8th Edition, John Wiley and Sons, 2015.*
5. *Thermodynamique Appliquée, Gordon Van Wylen et Richard Sontag, Erpi Edition, 2002.*
6. *Thermodynamique Appliquée : 80 exercices et 25 problèmes résolus, Chantal Sèdes et Henri Guénoche, Edition Masson.*

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEF 1.2.1
Matière2: Transferts Thermiques Approfondis et Phénomènes de Transport
VHS: 45h (Cours: 3h00, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 3

Objectifs de l'enseignement:

La thermodynamique avec ses différents principes permet de calculer les quantités d'énergie mises en jeux au cours d'une transformation d'un état d'équilibre vers un autre. Cependant, elle ne donne aucune information sur la nature de ces transformations, ni sur les méthodes utilisées pour les quantifier. Le cours de transfert thermique approfondie en se basant sur le premier et deuxième principe de la thermodynamique répondra à toutes ces questions. Son but ultime est d'offrir un large exposé de tous les phénomènes et mécanismes des transferts de chaleur (sauf le rayonnement, qui de par son importance pour la spécialité, sera traité dans un module qui lui sera entièrement consacré). Les différents modes de transferts thermiques y sont exposés, à savoir la conduction stationnaire et instationnaire, la convection forcée et la convection naturelle, ainsi que le transfert de chaleur par changement de phase (ébullition et condensation). Le cours avec ses travaux dirigés, fournit à la fois une description des phénomènes et des mécanismes mis en jeu, ainsi que les méthodes de base permettant de les quantifier, ceci en s'appuyant sur les approches analytiques, l'analyse dimensionnelle et la similitude (l'approche numérique qui est très utilisée mais dont le contenu est vaste, est traitée séparément dans un autre module).

Connaissances préalables recommandées :

Physique théorique - Thermodynamique - Mécaniques des fluides - Calculs différentiels et intégrales

Contenu de la matière:

Chapitre 1 : Généralités Sur Les Transferts De Chaleur (1 semaine)

Introduction, Définitions - Formulation d'un problème de Transfert de chaleur: bilan d'énergie -expression du flux d'énergie

Chapitre 2 : Transfert De Chaleur Par Conduction En Régime Permanent (2 semaines)

Equation de la chaleur - Transfert unidirectionnel: mur et cylindre creux multicouches - prise en compte des transferts radiatifs - Transfert Multidirectionnel: Méthode du coefficient de forme - Méthodes numériques - Ailettes : flux extrait par une ailette – efficacité d'une ailette - choix des ailettes

Chapitre 3 : Transfert De Chaleur Par Conduction En Régime Variable (3semaines)

Conduction unidirectionnelle en régime variable : milieu à température uniforme –transfert unidirectionnel dans des milieux limités - systèmes complexes : méthode des quadripôles - Conduction unidirectionnelle en régime variable avec changement d'état –
Conduction multidirectionnelle en régime variable

Chapitre4: Transfert De Chaleur Par Convection Forcée (4 semaines)

Rappels sur l'analyse dimensionnelle - Convection sans changement d'état: Généralités et Définitions - Expression du flux de chaleur, les couches limites de convection (couche limite de vitesse,couche limite thermique), coefficients de convection local et moyen, Dérivation des équations de transfert de chaleur par convection, Nombre de Nusselt, Ecoulement Externe (la méthode empirique : plaque, cylindre et sphère, écoulement à travers un faisceau tubulaire), Ecoulement Interne (considérations hydrodynamiques,considérations thermiques, bilan énergétique, écoulement laminaire dans un tube circulaire, les corrélations pour : un écoulement turbulent dans un tube circulaire, tubes non-circulaire et annulaire).

Chapitre 5:Transfert De Chaleur Par Convection Libre (Naturelle) (3 semaines)

Considérations physiques du problème,Nombres de Grashof et Rayleigh, Convection libre laminaire sur une surfaceplane verticale, effets de la turbulence, Corrélations empiriques: écoulement externe en convection libre (plaque, Cylindre, sphère), convection libre entre deux plaques planes parallèles, Cavités (Cavités rectangulaires, cylindres et sphères concentriques), convection mixte Forcée et libre.

Chapitre 6:Transfert De Chaleur Par Ebullition Et Condensation (2 semaines)

Nombres sans dimensions dans l'ébullition et la condensation, ébullition en vase,les corrélations de l'ébullition, Condensation: ébullition laminaire en film sur une plaque verticale, condensation en film sur des tubes et des sphères,condensation en film sur des tubes horizontaux.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%.

Références bibliographiques:

1- *J.F. SACADURA, " Initiation aux Transferts Thermiques ", CAST technique et documentation, 1978.*
2- *F. KREITH, " Transmission de la Chaleur et Thermodynamique ", 'traduction', Masson, 1967.*
3- *Mc. ADAMS, "Principles of Heat Transfer ", Mc GRAW-HILL, 1989.*
4- *J. P. HOLMAN, " Heat Transfer ", McGraw-Hill 7 th Edition, 1992*
5- *FRANK P. INCROPERA, "Introduction to Heat Transfer ", John Willey & Sons; 3rd edition, 1996.*
6- *Yunus A. Cengel and F. Ghajar, Heat and Mass Transfer: Fundamentals and Applications, 5thEdition, McGraw-Hill, 2014.*
7- *Exercices sur le cours d'échanges thermique, M. F. MARINETetal., document de cours ENSHMG – Grenoble – France, 1984.*
8- *Transfert de chaleur, Tome 1 : les principes, J. CRABOL, Edition Masson, 1990.*
9- *Transfert de chaleur, Tome 2 : Applications industrielles, J. CRABOL, Edition Masson, 1990.*
10- *Transfert de chaleur, Tome 3 : Corrigés des problèmes, J. CRABOL, Edition Masson, 1992.*
11- *Cours et données de base – Transferts thermiques – Mécanique des fluides anisothermes, J.Taineet J. P. PETIT, Edition Dunod – Paris, 1995.*
12- *Holman J.P., « Heat transfer », seventh edition, Mac Graw Hill, 1990.*
13- *Özisik M. N., « Heat conduction », John Wiley & Sons, Inc., 1993.*

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEF 1.1.2
Matière3: Gisements Renouvelables Météorologie
VHS: 45h (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

Acquérir une bonne connaissance des aspects scientifiques et techniques d'évaluation du potentiel des énergies renouvelables.
Se familiariser avec les outils utilisés pour évaluer les ressources énergétiques en particulier les instruments de mesure des données climatologiques dans une station météo etc.…

Connaissances préalables recommandées:

Niveau et programme de licence dans une spécialité engineering.

Contenu de la matière:

Chapitre1:Conversion électrique solaire (2 semaines)

- Technologies des cellules et modules photovoltaïques
- Technologies des systèmes photovoltaïques
- Outils de mesure et d'évaluation des ressources solaire

Chapitre 2:Conversion thermique solaire (3semaines)

- Technologies des basses températures solaires
- Technologies de la concentration solaire
- Technologies des hautes températures solaires

Chapitre 3:Technologies des éoliennes (2 semaines)

- Evaluation des ressources éoliennes (Distribution mondiale et en Algérie)
- Météorologie du vent, Stabilité atmosphérique
- Variation de la vitesse du vent avec la hauteur
- Distribution statistique de la vitesse du vent
- Mesures de la vitesse du vent
- Technologies des systèmes éoliens

Chapitre4: **Ressources géothermales (2 semaines)**

- Ressources
- Technologies de conversion

Chapitre5:Puissance hydraulique (2 semaines)

- Ressources
- Technologies de conversion

Chapitre6:Biomasse (2 semaines)

- Ressources
- Biogaz Fermentation,
- Biocarburant (canne à sucre, céréales betteraves).
- Electricité par combustion directe,

Chapitre7:Hydrogène solaire (2 semaines)

Recommandations:

***- Séminaire:** Etats de l'art dans les technologies des énergies renouvelableset les Techniques d'évaluation des ressources solaires
***- Visite :** à une centrale solaire PV, Eolienne ou hybride solaire-gaz.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%.

Références bibliographiques:

1- *Ahmed F. Zobar, Ramesh Bansal, "Handbook of Renewable Energy Technology", World Science (2011).*
2- *Henrik Lund "Renewable Energy Systems" Academic Press (2010).*
3- *Energie solaire. Calcul et optimisation - Génie énergétique, Jacques Bernard, Edition : Ellipses, 2004.*
4- *Le gisement solaire: évaluation de la ressource énergétique, Christian Perrin de Brichambaut, Edition : Tech. & Doc. / Lavoisier, 1999.*
5- *Solar Energy Engineering: Processes and Systems, Soteris A. Kalogirou, Edition: Academic Press Inc 2009.*
6- *D. P. Kothari, K. C. Singal and RakeshRanjan "Renewable Energy Sources and Emerging Technologies", PHI Lear. Priv. Ldt (2008).*
7- *J. Duffie, and W. Beckman: Solar Engineering of Thermal Processes, John Wiley & Sons, New York, 1991.*
8- *Charles Wereko-Brobby: Biomass Conversion and Technology, John Wiley & Sons, 1996.*
9- *B. H. Khan "Non-Conventional Energy Resources McGraw Hill, 2nd Edn, 2009.*
10- *Héliothermique : Le gisement solaire, méthodes et calculs, Pierre-Henri Communay, Edition GRE, 2002.*
11- *Le rayonnement solaire dans l'environnement terrestre Alain Chiron de la Casinière, Edition : Publibook, 2003.*

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEF 1.1.2
Matière4: Méthodes numériques Appliquées
VHS: 45h (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

L'étudiant aura les compétences nécessaires pour modéliser numériquement des phénomènes de transport dans le domaine des énergies renouvelables. La modélisation est basée sur des méthodes de discrétisation numérique en vue d'une meilleure compréhension des phénomènes d'écoulements de fluide couplés à des transferts de chaleur et de masse.

Connaissances préalables recommandées:

- Connaissances en mécanique des fluides et transfert de chaleur et de masse,
- Analyse mathématique,
- Analyse numérique,
- Langages de programmation informatique.

Contenu de la matière:

Chapitre 1 : Méthodes d'étude et description mathématique desphénomènes de transport **(2 semaines)**

Chapitre 2 : Principales méthodes numériques de discrétisation **(2 semaines)**

Chapitre 3 : Problèmes de diffusion et rayonnement **(3 semaines)**

Chapitre 4 : Problèmes de convection-diffusion **(3 semaines)**

Chapitre 5 : Calcul de champ d'écoulement **(2 semaines)**

Chapitre 6 : Applications dans le domaine des énergies renouvelables **(3 semaines)**

Mode d'évaluation:

Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%.

Références bibliographiques:

1- *Patankar, Numerical heat transfer and fluid flow, McGrawHill, Hemisphere, Washington, D.C, 1980.*
2- *H.K. Versteeget W. Malalasekera, An introduction to computational fluid dynamics. The Finite volume method, Longman scientific & technical, London, 1995.*
3- *V. R. Voller, Basic Control Volume Finite Element Methods for Fluids and Solids, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore, 2009.*
4- *Joe D. Hoffmann, "Numerical Methods for Engineers and Scientists", 2nd Ed., McGraw-Hill, New York, 2001.*
5- *Chapra, S. C., and Canale, R. P., "Numerical Methods for Engineers", 3rd Ed., McGraw-Hill, New York, 1998.*
6- *AslakTveito and RagnarWinther, "Introduction to Partial Differential Equations: A Computational", Springer-Verlag, New York, 1998.*

7- *Y. Pinchover and J. Rubinstein, "An Introduction to Partial Differential Equations", Cambridge University Press, 2005.*

8- *Richard hyberman, "Elementary Applied Partial Differential Equations", 2nd. Ed., Prentice Hall, USA, 1983.*

9- *Klauss A. Hoffmann, Steve T. Chiang, "Computational Fluid Dynamics", 4th Ed., Engineering Education System, USA, 2000.*

10- *William F. Ames, "Numerical Methods for Partial Differential Equations", 2nd Ed., Academic Press, USA, 1977.*

11- *Joe D. Hoffmann, "Numerical Methods for Engineers and Scientists", 2nd Ed., McGraw-Hill, New York, 2001.*

12- *Chapra, S. C., and Canale, R. P., "Numerical Methods for Engineers", 3rd Ed., McGraw-Hill, New York, 1998.*

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEM 1.1
Matière1: Energies Renouvelables et Enjeux énergétiques
VHS: 45h (TP: 3h00)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

Les étudiants (ayant choisi cette orientation recherche) pourront par exemple devenir des spécialistes ou experts dans ce domaine, leur permettant de développer pour le pays et la région des projets concernant la conception et l'implantation de systèmes à grande efficacité énergétique, alimentés par des sources à énergies renouvelables.

Connaissances préalables recommandées:

Programme de Licence de la Mécanique des Fluides. La Thermodynamique Fondamentale. Les Transferts Thermiques. Les caractéristiques de l'Environnement. Les différents types de l'Energie. Notions de Chimie Générale

Contenu de la matière:

Chapitre 1 : Développement des énergies et matières renouvelables	**(2 semaines)**
Chapitre 2: Enjeux au niveau des énergies	**(2 semaines)**
Chapitre3: Enjeux au niveau de l'environnement	**(2 semaines)**
Chapitre 4: Enjeux au niveau des politiques	**(2 semaines)**
Chapitre 5: Enjeux au niveau de l'emploi	**(2 semaines)**

Mode d'évaluation:

Contrôle continu : 100 %

Références bibliographiques:

1. *Les énergies renouvelables: état des lieux et perspectives By Claude Acket, Jacques Vaillant. 2011*
2. *Pascale GILLON, Énergie : enjeux et perspectives, cnrs cours en ligne, Mars 2013.*
3. *Michel JEHAN, L'hydrogène au service des énergies renouvelables, exposé en ligne, McPhyEnergy S.A., 21 mars 2012.*
4. *Manuel sur les statistiques de l'énergie, agence internationale de l'énergie, OCDE/AIE,2005.*
5. *BentSørensen,RenewableEnergy, Elsevier academicpress,Third Edition (2005-) Documentations du ministre algérienne de l'énergie.*
6. *Documentations du l'Organisation des Nations unies concernant l'environnement et les changements climatiques.*

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEM 1.1
Matière2: TP Gisements renouvelables et météorologie
VHS: 45h00 (TP: 3h00)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

L'élaboration de cartes solaires ou des vents, serait d'une grande importance surtout lorsqu'elle est réalisée sur une année type. Une année type est un fichier de données climatiquesrelatives à une année, parfois réelle mais le plus souvent artificielle, constituée de mois réels, représentative du climat moyen d'un site. Ce fichier est utilisé comme entrée d'un programme de simulation pour évaluer le bilan thermique d'un système ou simplement analyser son fonctionnement et son évolution.

Connaissances préalables recommandées:

Programme de Licence de la Mécanique des Fluides. La Thermodynamique Fondamentale. Les Transferts Thermiques. Les caractéristiques de l'Environnement. Les différents types de l'Energie. Notions de Chimie Générale

Contenu de la matière

Chapitre 1 Généralités (3 semaines)

- le rayonnement solaire(globale, diffus, direct)
- La conversion de l'énergie renouvelable

Chapitre 2 Gisements énergétiques solaires (4 semaines)

- réalisation expérimentale
- préparation de thermocouples
- préparation du pyranomètre
- description du prototype
- rayonnement solaire global calcule
- évolution du rayonnement solaire global

Chapitre 3 Gisements énergétiques éoliens (4 semaines)

- conditions atmosphériques
- modèles de distribution de la vitesse du vent
- données climatologiques et bâtiment

Chapitre 4 Gisements énergétiques de géothermie (4 semaines)

- principe de fonctionnement et usage de la géothermie
- géothermie basse et moyenne température
- capteurs horizontaux
- sondes géothermales verticales
- autres usages de la géothermie
- géothermie haute énergie

Chapitre 5 Méthodesutilisées pour la sélection de l'année type d'un gisement énergétique (2 semaines)

Mode d'évaluation:

Contrôle continu : 100 % ;

Références bibliographiques:

1. *Évaluation Des Gisements Énergétiques Renouvelables. Rachid Chriqi.2011.*
2. *Systèmes énergétiques: offre et demande d'énergie : méthodes d'analyse, pierre Verstraete, Gérard Sarlos, Pierre-André Haldi.*
3. *Les énergies renouvelables, Jacques Vernier.*
4. *Les Energies renouvelables: idées reçues sur les énergies renouvelables, Francis Meunier.*
5. *Les énergies renouvelables : Etats des lieux et perspectives, Jacques Vaillant.*

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEM 1.1
Matière3: TP Méthode numériques appliquées
VHS: 22h30 (TP: 1h30)
Crédits: 3
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:
L'étudiant aura les compétences nécessaires pour modéliser numériquement des phénomènes de transport dans le domaine des énergies renouvelables. La modélisation est basée sur des méthodes de discrétisation numérique en vue d'une meilleure compréhension des phénomènes d'écoulements de fluide couplés à des transferts de chaleur et de masse.

Connaissances préalables recommandées:
- Connaissances en mécanique des fluides et transfert de chaleur et de masse,
- Analyse mathématique,
- Analyse numérique,
- Langages de programmation informatique.

Contenu de la matière:
- TP1 : Problèmes de diffusion et rayonnement **(3 semaines)**
- TP2 : Problèmes de convection-diffusion **(3 semaines)**
- TP3 : Calcul de champ d'écoulement **(3 semaines)**
- TP4 : Applications dans le domaine des ER **(3 semaines)**
- **Autres*(selon les moyens disponibles)*** **(3 semaines).**

Mode d'évaluation:
Contrôle continu : 100%.

Références bibliographiques:

1- *1 S.V. Patankar, Numerical heat transfer and fluid flow, McGrawHill, Hemisphere, Washington, D.C, 1980.*
2- *H.K. Versteeget W. Malalasekera, An introduction to computational fluid dynamics. The Finite volume method, Longman scientific & technical, London, 1995.*
3- *V. R. Voller, Basic Control Volume Finite Element Methods for Fluids and Solids, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore, 2009.*
4- *Joe D. Hoffmann, "Numerical Methods for Engineers and Scientists", 2nd Ed., McGraw-Hill, New York, 2001.*
5- *Chapra, S. C., and Canale, R. P., "Numerical Methods for Engineers", 3rd Ed., McGraw-Hill, New York, 1998.*
6- *AslakTveito and RagnarWinther, "Introduction to Partial Differential Equations: A Computational", Springer-Verlag, New York, 1998.*
7- *Y. Pinchover and J. Rubinstein, "An Introduction to Partial Differential Equations", Cambridge University Press, 2005.*
8- *Richard hyberman, "Elementary Applied Partial Differential Equations", 2nd. Ed., Prentice Hall, USA, 1983.*
9- *Klauss A. Hoffmann, Steve T. Chiang, "Computational Fluid Dynamics", 4th Ed., Engineering Education System, USA, 2000.*
10- *William F. Ames, "Numerical Methods for Partial Differential Equations", 2nd Ed., Academic Press, USA, 1977.*

Semestre: S1
Unité d'enseignement: UET 1.1.1
Matière : Programmation avancée en Python
VHS: 45h00 (Cours 1h30, TP 1h30)
Crédits: 2
Coefficient: 2

Objectifs de la matière :

Compétences visées :

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

Objectifs :

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

Matériels nécessaires :

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

Prérequis : Programmation Python.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Rappels sur la programmation en Python (02 Semaines)

1. Introduction : Concepts de base en informatique et outils numériques, installation de Python.
2. Présentation de la notion de système d'exploitation : Roles, types (Linux, Woindows , ..) Gestions des priorités,
3. Présentations des réseaux informatiques (Principe, Adresse IP, DNS, internet, …)
4. Programmation de base : Mode interactif et mode script, Variables, types de données, opérateurs. Structures conditionnelles et boucles (if, for, while).
5. Fonctions et éléments essentiels : Fonctions prédéfinies et création de fonctions. Modules standards (math, random). Chaînes de caractères, listes, manipulation de base des données.
6. Les Fichiers , Listes, Tuples, Dictionnaires,
7. Exercices :
    - Exercices d'apprentissage de Python
    - Exercices d'utilisation des bibliothèques 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 et NumPy.
        - ✓ Os, shutil : manipulation de fichiers et dossiers
        - ✓ Openpyxl ou pandas : travail avec des fichiers Excel ou CSV
    - Définitions et exemples d'automatisation (envoi de mails,…)
2. Manipulation de fichiers avec Python :

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

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

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

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

Chapitre 4 : Apprentissage de GanttProject (02 semaines)

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

Chapitre 5 : Programmation orientée objet avancée (03 semaines)

1. Organisation du code :
   - Fonctions personnalisées, paramètres, valeur de retour.
   - Modules, importations et packages.

2. Structures de données complexes :
    - Listes, tuples et dictionnaires : création, modification, suppression, parcours.
3. Concepts fondamentaux de la Programmation orientée objet (POO) :
    - Classes, objets, attributs et méthodes.
    - Attributs publics, privés et protégés.
4. Méthodes spéciales :
    - **init**, **str**, **repr**, **len**.
5. Concepts avancés :
    - Encapsulation, abstraction, héritage, polymorphisme.
    - Héritage avancé, décorateurs, design patterns, métaclasses.
6. **Exercices**

Chapitre 6 : Introduction aux données pour l'IA (02 semaines)

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

Travaux pratiques :

TP 01 : Maîtriser les bases de la programmation en Python

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

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

TP 02 :

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

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

TP 03 :

1. Programmation ex Excel du tableau de bord vu en cours
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-taches : 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'ai lu
[10] . Nicolas, B. (2024). Python, du grand débutant à la programmation objet Cours et exercices corrigés, 3eme édition, Ellipses
[11] . Ludivine, C. (2024). Selenium Maîtrisez vos tests fonctionnels avec Python, Eni

Ressources en ligne :

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

Semestre : 1
Unité d'enseignement : UET 1.2
Matière : Respect des normes et des règles d'éthique et d'intégrité.
VHS : 15h00 (Cours : 1h00)
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 nouvelle 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 etléda 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. EmanuelaChiriac, 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/

Programmes détaillés par matièredu semestre S2

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEF 1.2.1
Matière 1: Rayonnement Solaire
VHS:45h00(Cours:1h30, TD : 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

Rappels et applications du premier et second principe de la thermodynamique dans le domaine de la génération de puissance et de froid. Analyse des divers cycles moteurs et frigorifiques.
Le rayonnement thermique est l'énergie émise par la matière portée à une température finie. L'émission de l'énergie radiative peut exister aussi bien dans les solides, les liquides ou les gaz. L'équation du champ radiatif est transportée par ondes électromagnétiques (ou photons). Par contraste avec le transfert conductif ou convectif qui requiert un milieu matériel, le rayonnement thermique ne l'utilise pas. En fait, le transfert est plus efficace dans le vide. L'émission d'ondes électromagnétiques par le Soleil est convenablement modélisée par un corps noir à 5 800 kelvins, et peut donc être décrit par la loi de Planck. Ce cours ***permettra à l'étudiant*** de pouvoir modéliser les échanges radiatifs existants par exemple dans une serre agricole, dans un capteur solaire thermodynamique ou photovoltaïque, dans les habitations, et dont plusieurs autres domaines technologiques qu'il est difficile de les citer tous dans une liste exhaustive.

Connaissances préalables recommandées:

Connaitre les fondements principaux de la thermodynamique technique : premier et second principe de la thermodynamique ainsi que les principes de transfert de chaleur.

Contenu de la matière:

Chapitre 1: Généralités sur le rayonnement (2 semaines)

- Modes de transmission de la chaleur : conduction convection et rayonnement
- Structure et origine du rayonnement
- Loi de Planck, Condition de rayonnement d'un corps,Vitesse de propagation les ondes électromagnétiques et longueur d'onde
- Principe du chauffage par classification des corps soumis à un rayonnement et loi de conservation de l'énergie

Chapitre 2: Grandeurs énergétiques (1 semaine)

- Classification, Définition des grandeurs énergétiques et Loi de Lambert

Chapitre 3:Mesure géométrique des faisceaux (2 semaines)

- Etendue d'un faisceau, Angle solide, Angle plan etc…
- Loi de Lambert pour une source hémisphérique
- Calcul du flux hémisphérique isotrope
- Eclairement du récepteur en fonction de la luminance de l'émetteur.

Chapitre 4: Les corps noirs (3 semaines)

- Réalisation d'un corps noir : la cavité absorbante
- Emission et absorption du rayonnement du corps noir et loi de Lambert
- Emittance énergétique totale etmonochromatique: Loi de Stephan,loi de

- Plancket lois de Wien (1er et 2em lois)
- Intégration de la formule de Planck : formule de Stephan
- Fraction de l'emittance totale contenue dans un intervalle spectral
- Application des lois du rayonnement à l'énergie solaire
- Flux radiatif entre deux corps noirs en influence totale

Chapitre 5:Le rayonnement des corps réels (3semaines)

- Facteurs d'émission des corps réels, différentes émissivités
- Emissivité et Absorption des corps usuels et loi de Kirchhoff
- Exemple de calcul d'échanges radiatifs dans une enceinte noire

Chapitre 6:Corps en influence partielle (3semaines)

- Flux échange entre deux surfaces noires isothermes, séparées par un milieu transparent
- Facteurs de forme
- Calcul des facteurs de forme pour quelques configurations

Mode d'évaluation:

Control continu : 40%, Examen : 60%.

Références bibliographiques :

1. *Olivier PERROT. Cours de rayonnement 2010/2011 I.U.T. de Saint-Omer Dunkerque 2. G. BRUHAT, Thermodynamique, Edition Masson*
2. *J.P. BARDON, Températures de surface, Notions fondamentales (R2730) Edition Techniques de l'ingénieur*
3. *C. CHAUSSIN, C. HILLY et J. BARRALS Chaleur et thermodynamique, Edition Lavoisier.*
4. *Yunus A. Cengel and F. Ghajar, Heat and Mass Transfer: Fundamentals and Applications, 5thEdition, McGraw-Hill, 2014.*
5. *John R. Howell, M. Pinar Menguc and Robert Siegel, Thermal Radiation Heat Transfer, 5th Edition, CRC Press, 2011.*

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEF 1.2.2
Matière 2: Energie Hydro-électrique et éolienne
VHS: 45h00 (Cours: 3h00, TD 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

Les éoliennes (aérogénérateurs) sont des turbines qui utilisent levent. Les turbines (hydro générateurs) sont des turbines qui utilisent l'énergie des barrages et les chutes d'eau. Cette unité d'enseignement permettra aux étudiants d'acquérir des connaissances théoriques et pratiques approfondies sur éléments constitutifs des éoliennes et des turbine hydrauliques utilisées dans la de production d'électricité.

Connaissances préalables recommandées:

Connaitre les fondements principaux de la thermodynamique technique : premier et second principe de la thermodynamique ainsi que les principes des principales unités d'opération telles que les pompes, les compresseurs, les turbines, tuyères et diffuseurs.

Contenu de la matière:

Chapitre 1 : Rappel Hydraulique générale et turbines (2semaines)

- Rappel Hydraulique générale et Caractéristiques des écoulements
- Rappels sur les turbomachines (Pompes et turbines hydrauliques)
- Dimensionnement et calcul des turbines (Bilan d'énergie, exemples...)

Chapitre 2:Effets des forces d'inertie - Problématique de l'équilibrage(3semaines)

- Cinétique des masses et inertie (Centre d'inertie, moment cinétiques,
- Tenseur d'inertie d'un solide indéformable et théorème de Huygens
- Lois fondamentales de la dynamique - Bilans d'efforts
- Equilibrage d'un rotor

Chapitre 3 : Principe de production d'énergie électrique à partir de l'énergie hydraulique (2semaines)

- Réalisation et impact sur l'environnement
- Etude d'un barrage

Chapitre 4 : Centrales Hydro-électriques (2semaines)

- Centrale hydro-électrique de basse chute
- Centrale hydro-électrique de haute chute

Chapitre 5: Notions théoriques sur les éoliennes (4semaines)

- Le vent (Variation de la vitesse du vent dans le temps et dans l'espace
- Etude statistique du vent
- Notions d'aérodynamique
- Actions de l'air sur l'aile
- Paramètres influant sur les Cz et Cx
- Calcul aérodynamique d'une éolienne à axe horizontal (Théorie de Betz, 3.3.2 Effets de la rotation et, Corrections de Prandtl et de Glauert etc…)
- Dimensionnement optimal des pales pour une puissance maximale

Chapitre 6:Les systèmes de conversion éolienne (SCE) (2semaines)

- Différents composants, systèmes éoliens autonomes et systèmes éoliens raccordés au réseau (machines et convertisseurs etc…)

Mode d'évaluation:

Control continu : 40%, Examen: 60 %.

Références bibliographiques :

1- *Michel Lavabre " Exercices et problèmes de conversion d'énergie : Tome 5, Energies renouvelables (1) : aérogénérateurs, gestion et stockage d'énergie. Ed. Casteilla, 2010*
2- *Marc Rapin and Jean-Marc Noël " Énergie éolienne Principes Études de cas", Editeur: Dunod 2010.*
3- *R.V. Giles "Mécanique des fluides et hydraulique, cours et problèmes", Série Schaum1991.*
4- *Arne Kjølle, Hydropower in Norway: Mechanical Equipment, a survey, Trondheim, December 2001.*
5- *PACER, Petites centrales hydrauliques, programme d'action PACER- énergies renouvelables, 1992. ISBN 3-905232-20-0*
6- *PACER, Petites centrales hydrauliques : turbines hydrauliques, programme d'action PACER- énergies renouvelables, 1995. ISBN 3-905232-54-5*
7- *Mathieu Jenny.:*
8- *Turbomachines - énergies hydraulique et éolienne 2015/2016. http://energie.mines-nancy.univ-lorraine.fr/2A/turbo2a.pdf.*
9- *Caballina, O. 2011–2012 Notions théoriques sur les éoliennes. Cours ENSEM 3A - Filière énergie.*
10- *Gourieres, D. L. 2008 Les éoliennes : Théorie, conception et calcul pratique. Editions du Moulin Cadiou.*
11- *Geradin, M. &Rixen, D. 1996 Théorie des vibrations : application à la dynamique des structures. Masson.*
12- *Hansen, M. O. 2008 Aerodynamics of Wind Turbines – Second Edition. Earthscan Edition.*
13- *Mahri, Z., Rouabah, M. &Zid, S. 2007 Calcul des efforts aérodynamiques agissant sur les pales d'une petite éolienne. Revue des Energies Renouvelables 10 (2), 241–256.*
14- *Multon et al., Aérogénérateurs électriques », Techniques de l'Ingénieur, Traités de Génie Electrique, 2004.*
15- *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*
16- *. Hau, Wind-Turbines, Springer, 2000.*
17- *J.F. Manwell, J,G. McGowan and A,L. Rogers " Wind energy explained theory ,design and application University of Massachusetts, Amherst, USA*
18- *Gary L.Johnson "Wind energy systems" October 10, 2006*
19- *Hills, R. L. (1994) Power from Wind. Cambridge UniversityPress, Cambridge, UK*
20- *Nelson, V. (1996) Wind Energy and Wind Turbines. Alternative Energy Institute, Canyon, TX.*
21- *Freris, L. L. (1990) Wind Energy Conversion Systems, Prentice Hall, London.*
22- *Jamil, M. (1994) Wind Power Statistics and Evaluation of Wind Energy Density. Wind Engineering*
23- *PACER, Petites centrales hydrauliques : régulation et sécurité d'exploitation, programme d'action PACER- énergies renouvelables, 1995. ISBN 3-905232-56-1*
24- *Introduction to Wind Energy Systems, Hermann-Josef Wagner and JyotirmayMathur, Editeur : Springer 2013.*
25- *Wind and Solar power System, Mukund R. Patel, editor of Solar Energy Journal published 2005.*

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEF 1.2.2
Matière 1: Solaire thermique et applications
VHS: 67h30 (Cours: 3h00, TD 1h30)
Crédits: 6
Coefficient: 3

Objectifs de l'enseignement:
Différence entre les capteurs à basse température et à haute température de point de vue utilisation et conception, composantes détaillées de chaque type, calcul et dimensionnement.

Connaissances préalables recommandées:
Généralités sur le rayonnement solaire, échanges radiatifs et différents modes de transfert de chaleur, lois thermodynamiques, notions de base sur l'optique.

Contenu de la matière:

Chapitre 1: Rappels sur le Rayonnement Solaire (1 semaine)

Chapitre 2: Conversion Thermique de L'énergie Solaire (3 semaines)

Chapitre 3:Les Capteurs A Basse Température (3 semaines)

Chapitre 4:La Concentration Solaire (4 semaines)
- Nécessité de la concentration, Principe et composants
- Les collecteurs
- Le fluide de Travail, le fluide caloporteur

Chapitre 5:Les Systèmes Thermiques Solaires A Haute Température A Concentration (4 semaines)
- la filière cylindre-parabolique
- la filière Fresnel
- la filière tour solaire
- la filière parabolique-moteur sterling

Mode d'évaluation:
Examen:60 %., Control continu :40%

Références bibliographiques :
1- *Manuel Romero-Alvarez and Eduardo Zarza. Concentrating Solar Thermal Power. Energy conversion. D. Yogi Goswami, Frank Kreith:. Taylor & Francis Group, LLC. CRP Press 2008.*
2- *Keith Lovegrove, Andreas Luzzi. Solar Thermal Power Systems, Encyclopedia of Physical Science and Technology, 3rd edition volume 15.*
3- *T. Cabirol, A. Pelisson et D. Roux. Le chauffage eau solaire. Edisud, Aix-en Provence, 1976.*

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEM 1.2
Matière 1: Montage et dimensionnement des projets en Energies renouvelables
VHS: 45h300 (Cours: 1h30, TP: 1h30)
Crédits: 3
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:
Acquérir et maîtrise des connaissances scientifiques et techniques nécessaires à la conception et au dimensionnement et fonctionnement des systèmes et installations énergétiques de façon générale et ceux des ER en particulier.
Prendre conscience de la nécessité de prendre en compte la question de l'environnement à toutes les étapes de la conception et de la réalisation d'un projet.

Connaissances préalables recommandées:

Programme de Licence de la Mécanique des Fluides. La Thermodynamique Fondamentale. Les Transferts Thermiques. Les différents types de l'Energie et Systèmes de Conversion.

Contenu de la matière:

Partie I : Connaissances scientifiques et techniques nécessaires à la conception et au dimensionnement (8semaines)

- Capteurs Thermiques Basse Température
- Technologie des Systèmes PV.
- Technologie des Systèmes Eoliens.
- Technologie des CSP.
- Pile à combustible,
- Pompe à chaleur et Technologie des échangeurs.
- Valorisation Energétique des déchets.
- Cogénération et Tri génération.

Partie II : Méthodologie et outils de montage de projets ER (7 semaines)

- Aspects techniques (hydrologie, génie civil, turbomachines, générateurs et installations électriques, régulation et sécurité d'exploitation).
- Méthodologie de montage de projets de centrales ECS ; PV ; Eolien & CSP.
- Aspects Economique
- Logiciels de dimensionnement des installations renouvelables: PVsys etc…

Mode d'évaluation:
Control continu : 40%, Examen: 60 %.

Références bibliographiques :

1- *La Gestion de Projet, Girard-ECONOMICA.*
2- *Manuel de l'ingénieur d'affaires, Fraysse-GARNIER ENTREPRISE.*
3- *Techniques d'analyse de projets, Vallet/DUNOD.*

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEM 1.2
Matière 2: TP Conversion
VHS: 22h30 (TP : 1h30)
Crédits: 2
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:
Acquérir des connaissances sur l'origine et l'utilisation actuelle des filières des énergies solaires et éoliennes.Comprendre et mettre à l'épreuve le fonctionnement d'une installation solaire et/ou éolienne, à travers l'observation de leur comportement et la quantification de leurs performances.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 préalables recommandées:

Contenu de la matière:

Partie I: Energie SOLAIRE PV *(2 TP au mini. selon les moyens disponibles)* **(8semaines)**

- **Rappels: ELECTRONIQUE DE PUISSANCE :**Définitions des différents types de commutations dans les convertisseurs statiques,Méthodes de conceptions et d'analyse des convertisseurs statiques à commutation à commutation naturelle,Méthodes de conceptions et d'analyses des convertisseurs à commutation forcée,Qualité d'énergie des convertisseurs statiques,
  Simulation numériques de convertisseurs statiques

- **Travaux Pratiques:**
  - **TP1:** Caractérisation électrique de modules Photovoltaïques sous conditions climatiques normales (module totalement éclairé) (simulation et/ou expérimental).
  - **TP2:** Caractérisation électrique de modules Photovoltaïques) sous l'effet de l'ombrage et Compréhension du rôle des diodes By-Pass (simulation et/ou expérimental).
  - **TP3:** Etude d'un système Photovoltaïque avec stockage et sans stockage (simulation et/ou expérimental).
  - **TP4:** Etude d'un système de pompage photovoltaïque (au fil du soleil, et/ou avec stockage. (Simulation et/ou expérimental.

Partie II: Energie EOLIENNE *(2 TP au mini. selon les moyens disponibles)* **(7semaines)**

- **Rappels:**Présentation Générale d'un Système Eolien,Notions de Puissance et méthodes de Quantification.

- **Travaux Pratiques:**

  - **TP1:**Modélisation et simulation du vent.
  - **TP2:**Modélisation et simulation d'une turbine éolienne.

- **TP3**: Modélisationet simulation des convertisseurs de puissance utilisés dans l' éolien (onduleur, redresseur).
- **TP4** :Modélisationet simulation d'une chaîne de conversion éolienne.

Recommandation : *organisation d'une visite d'une centrale PV, une éolienne et/ou un parc éolien etc…).*

Mode d'évaluation:
Control continu :100%

Références bibliographiques :

1. *A. Laugier, J. A. Roger, Les photopiles solaires, Techniques et documentation, 1981.*
2. *R. Patel Mukund, Wind and solar power systems, Taylor & Francis, 2006.*
3. *W. Palz et P. Chartier. Energy from biomass in Europe. Applied science Publishers, Ltd, Londres, 1980.*

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEM 1.2
Matière: Métrologie thermique, asservissement et régulation
VHS: 37h30 (Cours: 1h00, TP : 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

L'objectif de cette unité est de permettre aux apprenants de connaitre :

- les méthodes pratiques utilisées dans les différents dispositifs de caractérisation thermique et la méthodologie globale retenue pour l'étude des différentes méthodes dans le domaine thermique.
- la maitrise du processus de n'importe quel procédé : mécanique, électrique, thermodynamique, chimique…etc.
- Les différents propriétés physiques des transducteurs (capteurs): photovoltaïque,thermoélectrique,piézoélectrique…etc.
- Acquérir les connaissances de base pour la régulation des systèmes et le contrôle / commande.
- Les principes des systèmes régulés ou asservis linéaires (régulation de températures, climatisation, chaines de production …etc.)
- Les Caractéristiques dynamiques d'un système, Régulation en boucle ouverte, en boucle fermée.
- Les Systèmes basiques e régulation (PID,…) et Systèmes adaptatifs par apprentissage.

Contenu de la matière:

Chapitre 1:Mesure de la température (1 semaine)

-Thermomètre,résistance de platine, détecteur IR et camera IRetc.
-Choix d'une méthode de mesure et étude de sensibilité.
-Méthode d'estimation,d'évaluation des paramètres et de la précision.

Chapitre 2:Méthodes de la plaque chaude gardée et du fil chaud dutri couche (2semaines)

-Principeset modélisations, estimation des paramètres et-réalisation.
- Pratique de la mesure et limites.
-Principe, modélisationet estimation de la diffusivité thermique.
- Réalisation pratique de la mesure et limites de la méthode.

Chapitre 3:Autres méthodes (2 semaines)

- Plan chaud semi-infini et fini.
- Méthode du plan chaud fini avec tarière constante etasymétrique fini avec face tarièreisolée.
- Méthode ruban chaud, du hot disc et de la mini-plaque chaude.

Chapitre 4: Modélisation d'un système de commande (2 semaines)

- Fonction de transfert.
- Réponse indicielle.
- Réponse à une entrée impulsionnelle.
- Effets des zéros sur le système

Chapitre 5: Performances, Stabilité et correction d'un système de commande
(4 semaines)

- Performances temporelles du système.
- Régime permanent (régulation).
- Performances fréquentielles du système.
- Stabilité absolue, stabilité relative.
- Actions proportionnelle, intégrale et dérivée.

Chapitre6. Traitement du signal analogique numérique (4 semaines)

- Transformée de Fourrier d'un signal discret.
- Transformée de Fourrier discrète.
- Notion de transformée de Fourrier rapide.
- Convolution.
- Notion de filtrage.
- Notion de modulation.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques:

1. *Dominique Placko, « Mesure et instrumentation : Volume 1. De la physique du capteur au signal électrique », Editeur : Hermès – Lavoisier, Octobre 1970.*
2. *MaïtineBergouniou, « Mathématiques pour le traitement du signal - Cours et exercices corrigés », SCIENCES SUP – Dunod, 2010.*
3. *M. Benidir, « Théorie et traitement du signal : Tome 1 - représentation des signaux et des systèmes », Collection: Sciences Sup, Dunod, 2002.*
4. *Mesures physiques et instrumentation: Analyse statistique et spectrale des mesures, capteurs », Barchiesi, Dominique, Paris, Ellipse, 2003.*
5. *« Les capteurs en instrumentation industrielle », Asch, Georges, Paris, Dunod, 1999.*
6. *Propriétés physiques de certains corpsa.2 : propriétés physiques de l'air et de l'eau*
7. *Théorie et pratique de la métrologie thermique – Yves Jannot- 2011*
8. *Transformations intégrales : Laplace, Fourier, Hankel : transformation de Laplace inverse.*

Semestre: S2
Unité d'enseignement: 1.2.1
Matière : Eléments d'intelligence artificielle appliquée
VHS: 45h00 (Cours 1h30, TP 1h30)
Crédits: 2
Coefficient: 2

Compétences visées :

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

Objectifs :

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

Prérequis :

Programmation avancée Python

Matériels nécessaires :

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

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Introduction à l'intelligence artificielle l'IA (01 semaine)

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

Chapitre 2 : Mathématiques de base pour l'IA (01 semaine)

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

Chapitre 3 : Apprentissage automatqiue (Machine Learning) (03 semaines)

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

- Supervisé
- Non supervisé
- Par renforcement *(aperçu)*

4. **Exercices :**
   - Approfondir les notions vues au cours
   - ….

Chapitre 4 : Classification supervisée (3 semaines)

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

Chapitre 5 : Apprentissage non supervisé

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

Chapitre 6 : Les réseaux de neurones

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

Chapitre 7 : Mini projet (travail personnel encadré en dehors des cours) :

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

- Reconnaissance des caractères manuscrits
- Prédiction des catastrophes naturelles
- Développer un Chatbot capable de répondre aux questions fréquentes d'une entreprise, de manière naturelle.
- Développer un système capable de distinguer les sons normaux d'une machine de ceux indiquant une anomalie (roulement défectueux, vibration excessive, etc.)

- Développer un système (mini IA) capable d'analyser les sentiments exprimés dans les publications sur réseaux sociaux à propos d'un produit, une marque ou un évènement.
- …

Travaux pratiques :

TP 01 : Initialisation

TP 02 :

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

TP 03 :

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

TP 04 :

- Utilisation Scikit-learn pour entrainer un modèle de classification simple
- …….

TP 05 :

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

TP 06 :

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

Mode d'évaluation :

examen 60% , CC=40%

Bibliographie :

- Ganascia, J.Gabriel (2024) : l'IA expliquée aux humains. Paris France- Edition le Seuil.
- Anglais, Lise, Dilhac, Antione, Dratwa, Jim et al. (2023) : L'éthique au coeur de l'IA. Quebec Obvia.
- J.Robert (2024) : Natural Language Processing (NLP) : définition et principes – Datasciences. Lien : https://datascientest.com/introduction-au-nlp-natural-language-processing
- Qu'est-ce que le traitement du langage naturel. Lien : https://aws.amazon.com/fr/what-is/nlp/
- M.Journe : Eléments de Mathématiques discrètes – Ellipses
- F.Challet : L'apprentisage 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.Belhadef, I.Djemal : Méthode TALN – Cours de l'unievrsité de Msila - Algérie

Semestre : 2
Unité d'enseignement : UET 3.2
Matière : Lean Start-Up 2
VHS : 45h00 (Cours : 1h30, TD : 1h30)
Crédits : 2
Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement :

Ce cours prolonge le module Entrepreneuriat et Lean Start-Up 1. L'étudiant y apprend à transformer les hypothèses validées en produit minimum viable (MVP) et à mobiliser l'intelligence artificielle et la méthode TRIZ pour résoudre les contradictions techniques propres à l'innovation. Il se familiarise avec les indicateurs de performance d'une startup, en particulier le modèle AARRR, et apprend à décider, sur la base de ces indicateurs, s'il faut changer de cap (Pivot) ou poursuivre dans la même direction (Persevere). Le cours aborde enfin les sources de financement d'une startup et les stratégies de croissance, avant de se conclure par un projet intégrateur, le Startup Lab, mené en équipe tout au long du semestre et soutenu devant un jury sous la forme d'un pitch final.

Connaissances préalables recommandées:

Avoir suivi le module Entrepreneuriat et Lean Start-Up 1, notamment les notions de démarche Lean Startup, de Customer Discovery et de Business Model Canvas.

Contenu de la matière:

VI. Le produit minimum viable (MVP) (3 semaines)

- Définition et rôle du MVP dans la démarche Lean Startup
- Types de MVP : numérique, expérimental, service simulé
- Test des hypothèses critiques
- Prototypage rapide et outils de création de prototypes (Figma, Glide, Bubble, Canvas)
- Mesurer l'échec dans le délai le plus court possible

VII. Intelligence artificielle et méthode TRIZ au service de l'innovation (3 semaines)

- L'intelligence artificielle dans l'entrepreneuriat : génération d'idées, analyse de marché, développement du MVP, marketing
- Présentation de la méthodologie TRIZ
- Les contradictions techniques et la solution idéale finale
- Combinaison de l'intelligence artificielle et de TRIZ
- Les startups Deep Tech

VIII. Mesure de la performance et gestion de l'échec (3 semaines)

- Les indicateurs clés de performance (KPIs) et le management d'une startup
- Le modèle AARRR : Acquisition, Activation, Rétention, Revenu, Recommandation
- L'adéquation produit-marché (Product-Market Fit) et l'adéquation problème-solution (Problem-Solution Fit)
- Taux de rétention, taux d'attrition (Churn) et rythme de consommation de trésorerie (Burn Rate)
- Les indicateurs d'apprentissage (Learning Metrics)
- La gestion précoce de l'échec et les critères d'arrêt d'un projet (Kill Criteria)

IX. Pivoter ou persévérer : Pivot vs Persevere (2 semaines)

- Le changement de cap partiel ou total (Pivot) et la persévérance (Persevere)
- Les signaux qui motivent un changement de direction
- Les différents types de pivot
- Les indicateurs qui appuient la décision

X. Financement, croissance et expansion (2 semaines)

- Les sources de financement : autofinancement, investisseurs providentiels (business angels), capital-risque, financement participatif
- Les étapes successives du financement d'une startup
- Les stratégies de croissance rapide à faible coût (Growth Hacking)
- Les moteurs de croissance (Engines of Growth) : viral, payant, organique
- L'entonnoir marketing (Funnel Growth) et les boucles de croissance (Growth Loops)
- Les stratégies d'expansion internationale

XI. Projet intégrateur : Startup Lab et soutenance finale (2 semaines)

- Synthèse du projet mené en équipe, du choix du problème à la stratégie de financement et de croissance
- Préparation et présentation du pitch final devant un jury d'évaluation

Mode d'évaluation:

Examen final : 20 %. Travaux pratiques et ateliers : 20 %. Projet collectif (Startup Lab) : 60 %.

Références bibliographiques

1. Maurya, A. (2012). Running Lean.
2. Croll, A., Yoskovitz, B. (2013). Lean Analytics.
3. Doerr, J. (2017). Measure What Matters.
4. Weinberg, G., Mares, J. (2015). Traction: How Any Startup Can Achieve Explosive Customer Growth.
5. Eyal, N. (2014). Hooked: How to Build Habit-Forming Products.
6. Grove, A. S. (1983). High Output Management.
7. Horowitz, B. (2014). The Hard Thing About Hard Things.
8. Agrawal, A., Gans, J., Goldfarb, A. (2018). Prediction Machines.
9. Iansiti, M., Lakhani, K. R. (2020). Competing in the Age of AI.
10. Altshuller, G. (1999). The Innovation Algorithm: TRIZ, Systematic Innovation and Technical Creativity.
11. Ikovenko, S. (2003). TRIZ: The Theory of Inventive Problem Solving.
12. Graham, P. (2013). Do Things That Don't Scale.
13. McKinsey Global Institute (2023). The State of AI in Business.
14. Stanford University (2024). Artificial Intelligence Index Report.

Annexe - Glossaire des concepts clés

Cette liste reprend, en français, les notions avancées mobilisées dans le cours, en continuité directe avec le glossaire du module Entrepreneuriat et Lean Start-Up 1.

Terme	Définition
MVP (produit minimum viable)	Version la plus simple d'un produit, permettant de tester les hypothèses avec un minimum d'effort.

Terme	Définition
Market Fit	Concordance entre le produit proposé et les attentes du marché.
Product-Market Fit	Situation dans laquelle le produit répond réellement à un besoin du marché.
TRIZ	Méthodologie scientifique et structurée de résolution de problèmes innovants.
Technological Contradiction (contradiction technique)	Situation où l'amélioration d'une caractéristique d'un produit en dégrade une autre.
Deep Tech Startup	Entreprise fondée sur des sciences et des technologies de pointe.
Data-Driven Decision (décision fondée sur les données)	Décision appuyée sur des données mesurées plutôt que sur l'intuition.
KPIs (indicateurs clés de performance)	Indicateurs essentiels au suivi de la performance d'une startup.
AARRR	Modèle de mesure de la croissance en cinq étapes : acquisition, activation, rétention, revenu, recommandation.
Acquisition	Étape consistant à attirer des utilisateurs vers le produit ou le service.
Activation	Moment où l'utilisateur retire une première valeur réelle du produit.
Retention Rate (taux de rétention)	Proportion d'utilisateurs qui continuent d'utiliser le produit dans le temps.
Churn Rate (taux d'attrition)	Proportion d'utilisateurs qui abandonnent le produit.
Burn Rate	Rythme mensuel de consommation du capital disponible.
Runway	Durée pendant laquelle la startup peut fonctionner avant épuisement de ses fonds.
Kill Criteria (critères d'arrêt)	Conditions justifiant l'arrêt d'un projet jugé non viable.
Learning Metrics (indicateurs d'apprentissage)	Indicateurs centrés sur ce que l'équipe a appris, plutôt que sur le profit.
Pivot	Changement radical ou partiel de la stratégie du projet, décidé sur la base des indicateurs.
Persevere (persévérance)	Décision de poursuivre le projet dans la même direction stratégique.
Traction	Preuve tangible et mesurable de croissance sur le marché.
Growth Hacking	Ensemble de stratégies de croissance rapide et peu coûteuses.
Engines of Growth (moteurs de croissance)	Mécanismes de croissance d'une startup : viral, payant ou organique.

Terme	Définition
Viral Coefficient (coefficient viral)	Mesure du taux auquel les utilisateurs en attirent de nouveaux.
Funnel Growth (entonnoir de croissance)	Représentation du parcours de conversion d'un utilisateur.
Growth Loops (boucles de croissance)	Mécanismes de croissance autoalimentée générant continuellement de nouveaux utilisateurs.
LTV (valeur vie client)	Valeur totale qu'un client est susceptible de générer durant toute sa relation avec l'entreprise.
CAC (coût d'acquisition client)	Coût moyen nécessaire pour obtenir un nouveau client.
Network Effects (effets de réseau)	Phénomène par lequel la valeur d'un produit augmente avec le nombre de ses utilisateurs.
Investment Readiness (maturité pour l'investissement)	Degré de préparation d'un projet à lever des fonds auprès d'investisseurs.

Programmes détaillés par matièredu semestre S3

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UEF2.1.1
Matière 2: Efficacité énergétique et thermodynamique du bâtiment
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

L'étudiant saurait évaluer la consommation d'énergie d'un bâtiment neuf ou existant et proposer des mesures d'économie d'énergie. Déterminer les charges d'une habitation, maitriser les différent systèmes solaire liés à l'habitat, dimensionner un système de chauffage pour l'habitat, maitriser les techniques bioclimatiques.

Ce cours permet également aux étudiants d'apprendre les principes de base de l'efficacité énergétique. Il leur donne des informations concernant de nombreux termes utilisés dans le domaine de l'énergie, sur les différentes sources énergétiques, sur la façon dont l'électricité est produite et dont elle est utilisée dans le secteur industriel. L'un des principaux objectifs de ce cours est de montrer comment nous pouvons mieux utiliser l'énergie, la rendre plus propre, la produire à partir de sources renouvelables et comment nous pouvons mieux la gérer pour notamment réduire les déchets qui en résultent.

Connaissances préalables recommandées:

Cours de transfert de chaleur & thermodynamique, mécaniques des fluides, notions sur la réglementation et les normes sur les énergies classiques et ER.

Contenu de la matière:

Chapitre 1 : Sources d'énergies (2 semaines)

- Tarifs utilisés
- Analyse de la facturation.
- Rappel sur les systèmes électromécaniques dans les bâtiments : systèmes CVCA (chauffage, ventilation et conditionnement d'air)

Chapitre2 :Rôle d'un système de contrôle centralisé d'un bâtiment (1 semaine)

Chapitre 3:Audit énergétique d'un bâtiment (2 semaines)

- Evaluationde la consommation énergétique annuelle dans un bâtiment
- méthodes détailléesde calculs de consommation d'énergie

Chapitre 4: Economie d'énergie dans les refroidisseurs et les chaudières (1 semaine)

Chapitre 5 : Système CVCA et récupération de chaleur (2 semaines)

Chapitre 6: Modélisation et simulations énergétique des bâtiments (3 semaines)

- Efficacité énergétique des procédés thermiques utilisant la vapeur comme le caloporteur. Techniques de mesures utilisées dans les systèmes à vapeur à haute pression et à haute température.
- Méthodes de détection de fuites de vapeur.

Chapitre 7: Thermique du bâtiment (4 semaines)

- Classification des différents systèmes de chauffage solaire.
- Besoins calorifiques d'une maison
- Chauffage par gain direct.
- Système à mur stockeur.
- Système à isolation variable.
- Thermosiphon.
- Systèmes actifs.
- Systèmes avec appoint.
- Maisons bioclimatiques.
- Les étangs solaires.

Mode d'évaluation:

Control continu :40%, Examen : 60 %.

Références bibliographiques :

1- *Rob Aldrich and Jon Parello; 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- *Lois et décrets du Droit algérien pour l'énergie*
3- *SmilVaclay, Energy, Miths and Realities, AEI Press, 2010*
4- *E.Félice, P.Révilla, "Qualité des réseaux électriques et efficacité énergétique", Dunod, 2009*
5- *McKane, et al, 2007, publication de l'ONUDI, Policies for PromotingIndustrialEnergyEfficiency 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).
6- *ISO/TC 242 Management de l'énergie,*
http://www.iso.org/iso/fr/iso_technical_committee?commid=558632 (retrievedin 27 may 2016).
7- *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.*
8- *Thermodynamics [An_Engineering_Approach] by YUNUS A.Cengelet MICHAEL A BOLES 5th_Edition 2006.*
9- *Thermodynamics-and-heat-powered-cycles--a-cognitive-engineering-approach by: ChihWu . Nova Science Publishers; 2007; ISBN-10 / ASIN: 1600210341.*
10- *Fundamentals of Engineering Thermodynamics: By Michael J. Moran, Howard N. Shapiro. Wiley; 2007; ISBN-10 / ASIN: 0471787353.*
11- *Introduction to Thermal Systems Engineering: Thermodynamics, Fluid Mechanics, and Heat Transfer by Michael J. Moran / Howard N. Shapiro / Bruce R. Munson / David P. DeWitt; Wiley;ISBN: 0471204900.*

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UEF 2.1.1
Matière 1: Fluide de travail, Matériaux et dispositif de stockage
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD 1h30)
Crédits: 6
Coefficient: 3

Objectifs de l'enseignement:

Acquérir une culture générale sur différentes types d'énergie : réserve, production, consommation, utilisation, renouvelable ou non, pollution, avenir.
Les connaissances, à acquérir, dépendent du parcours, on peut citer parmi celles-ci on peut citer les techniques et procédés liés au stockage de l'énergie et les nouveaux concepts de production de l'énergie.
Lorsque l'on est amené à choisir un fluide de travail(fluide caloriporteur).qui sert à véhiculer la chaleur, les calories, entre deux pointspour une application, on souhaite généralement qu'il conduise à de hautes performances énergétiques, qu'il soit adapté aux conditions de fonctionnement du cycle, qu'il soit viable économiquement et satisfasse les réglementations en vigueur. Les critères de choix des fluides pour les cycles frigorifiques peuvent bien évidemment être différents de ceux pour les cycles de Rankine.
Les problèmes se posent aussi différemment selon qu'il s'agit de concevoir une nouvelle installation ou de changer le fluide d'une existante. Dans ce dernier cas, il est nécessaire que les caractéristiques thermodynamiques du fluide de remplacement soient proches de celles de l'original, alors que dans le premier cas le changement peut quelquefois permettre une amélioration des performances de l'installation. Les valeurs de la température et la pression critiques sont très importantes. Ces données déterminent la limite de la haute pression du cycle. Près de la pression critique, une variation très faible de la température peut entraîner un changement de pression important, ce qui peut influencer le comportement du système.

Connaissances préalables recommandées:

Programme de Licence de la Mécanique des Fluides. La Thermodynamique Fondamentale. Les Transferts Thermiques. Les caractéristiques de l'Environnement. Les différents types de l'Energie. Notions de Chimie Générale.

Contenu de la matière:

Chapitre 1: Matériaux thermoélectriques (3semaines)

- Théorie de la thermoélectricité,
- matériaux thermoélectriques
- matériaux nanométriques : nouvelles tendances et techniques d'élaboration

Chapitre 2 : Matériaux bioénergétique et biomasse (3semaines)

- méthodes de caractérisationBioénergétique et biomasse
- Systèmes de conversion et transduction d'Energie dans les organismes vivants – Biomasse, biocarburant et biopiles
- Stockage électrochimique de l'énergie

Chapitre 3 : Technologies classiques de stockage d'énergie (5 semaines)

- accumulateur au plomb, piles alcalines Accumulateurs au plomb (Procédés de fabrication des électrodes.
- Montage d'une batterie. Batteries ouverte et à recombinaison de gaz. Plomb compressé) Technologie Ni hydrure Batterie Ni-Cd et Ni-MH (Couples alcalins. Ni-Cd. Ni-MH :

technologies et matériaux. Autodécharge et effet mémoire) Technologies Li métal et Li ion Batteries au lithium (Electrochimie du solide.

- Accumulateurs aux ions lithium, li-métal. Micro-accumulateurs) Autres accumulateurs (Batterie alcaline Ni-Zn, générateurs métal-air, accumulateurs haute température,…) Super capacité (graphite meso et microporeux, stockage capacitif dans la double couche électrochimique, liquides ioniques)
- Assemblage en boite à gant d'une batterie lithium métal et tests par impédance électrochimique et courbe de décharge/charge UE4.3. Economies d'énergie Isolation, technologies d'éclairage, combustion,…

Chapitre 4: Fluide de travail en ER (4 semaines)

- Sélection d'un Fluide : Problématique Thermodynamique et critères de choix,
- Simulation de Systèmes à Energie Solaire
- Analyse qualitative des cycles ; Comparaisons avec Carnot.
- Analyses Exergétiques
- Indicateurs de qualité environnementale

Mode d'évaluation:

Control continu : 40%, Examen : 60 %.

Références bibliographiques :

01- Adrien lomonaco " stockage d'énergie thermique par matériaux à changements de phase adapté aux centrales solaires thermodynamiques membres du jury, universite de pau et des pays de l'adour (thèse de doctorat pdf)

02- Practical Handbook of Photovoltaics: Fundamentals and Applications, Luis Castaner and Tom Markvart, Edition: Elsevier Science Ltd, 2003.

03- LAGHZAOUI , (Amine) PEERHOSSAINI (Donia) " STOCKAGE DE CHALEUR : ENERGIE SOLAIRE ET AUTRES APPLICATIONS (cours pdf) ECOLE DES MINES DE DOUAI 2010.

04- X. Py, N. Calvet, R. Olivès, P. Echegut, C. Bessada, F. Jay; "Low cost recycled material for thermal storage applied to solar power plants", SOLARPACES, Concentrating solar power and chemical energy systems, September 15-18, 2009, Berlin, Germany.

05- X. Py, N. Calvet, R. Olivès, P. Echegut, C. Bessada, F. Jay; "Low cost material for sensible heat based thermal storage to be used in thermodynamic solar power plants". ASME, 3rd International conference on energy sustainability, july 19-23, 2009, San Fransisco, California, USA.

06- Ashby Jones : Matériaux : 1- Propriétés et applications Dunod (1998).

07- Ashby Jones : Matériaux : I1- Microstructure et mise en œuvre, Dunod (1991).

08- X. Py, N. Calvet, R. Olivès, P. Echegut, C. Bessada, F. Jay; "Thermal storage for solar power plants based on low cost recycled material". EFFSTOCK, the 11th International Conference on Thermal Energy Storage, June 14-17, 2009, Stockholm, Sweden

09- N.Calvet, R.Olivès, J.P.Bédécarrats, X.Py, J.P.Dumas, F.Jay; "Latent heat storage enhancement by thermal conductivity intensification". EFFSTOCK, the 11th International Conference on Thermal Energy Storage, June 14-17, 2009, Stockholm, Sweden.

10- 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 Springerhttp://www.springer.com/gp/book/9781447123484

11- C. Kittel : Physique de l'état solide, Dunod Université Bordas (1983).

12- W.KURZ, J.P. MERCIER et G. ZAMBELLI: Introduction à la science des matériaux, presses polytechniques romandes, (1987)

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UEF 2.1.2
Matière 2: Solaire photovoltaïque et applications
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:
Acquisition des bases scientifiques et techniques nécessaires à la maitrise professionnelle des applications de l'énergie **solaire photovoltaïque.**
Acquérir les connaissances nécessaires pour travailler au sein d'entreprises de développement de projets PV, d'exploitation de centrales PV et de conception de systèmes de production énergétique PV.

Connaissances préalables recommandées:
Matériaux &Semi-conducteurs – Rayonnement et conversion – Notions d'Electronique.

Contenu de la matière:

Chapitre 1: Electricité photovoltaïque et convertisseurs photovoltaïques (3 semaines)
(Effet photovoltaïque, - Fondement de la conversion photovoltaïque, Propriétés des semi-conducteurs, Physique des cellules solaires, etc.. Circuit équivalent et paramètres d'une cellule solaire, Diagramme courant tension (I-V),- Influence des paramètres climatiques, influence des paramètres électriques, etc.)

Chapitre 2: Les systèmes photovoltaïques (3 semaines)
(Architecture classique de différentes chaînes de conversion photovoltaïque, Systèmes autonomes
Connexion directe entre le panneau photovoltaïque et la charge, Systèmes de conversion raccordés au réseau. Et techniques d'optimisation des Systèmes PV (*poursuite solaire, cellules à concentration etc…*)

Chapitre 3 Les convertisseurs statiques utilisés et régulateurs de charge (2 semaines)
(Définition et types des convertisseurs (DC/DC : Hacheurs et DC/AC : onduleurs et onduleurs couplés au réseau etc…)

Chapitre 4 : Les régulateurs de charge et Systèmes de stockage (2 semaines)
(Type de stockage, Batteries au plomb et caractéristique de charge et de décharge)

Chapitre 5 : Dimensionnement et conduite d'un projet PV (5 semaines)
(Eclairage bâtiment, Éclairage public, pompage, poursuite solaire etc…);

Mode d'évaluation:
Control continu : 40%, Examen : 60 %.

Références bibliographiques :

01- Anne Labouret et Michel VillEnergie solaire photovoltaïque, oz, Edition : Duno, 2005.
02- Rekioua, D., Matagne, E., Optimization of photovoltaic power systems: Modelization, Simulation and Control 2012 Series: Green Energy and Technology. Ed Springerhttp://www.springer.com/gp/book/9781447123484

03- T. Markvart, L. Castafier, "Practical Handbook of Photovoltaics: fundamentals and Applications". Ed. Elsevier.

04- Practical Handbook of Photovoltaics: Fundamentals and Applications, Luis Castaner and Tom Markvart, Edition: Elsevier Science Ltd, 2003.

05- M. Tissot, "Le guide de l'énergie solaire et photovoltaïque", Eyrolles, 2008.

06- L. Protin, S. Astier, "Convertisseurs photovoltaïques", Technique d'Ingénieur, Traité Génie Electrique, 1997.

07- Convertisseurs photovoltaïques, Alain Ricaud, Nov 2007

08- Alain, Bardet Luc. "Panneaux solaires photovoltaïques-Maison écologique, construction et habitat durable-Luc A. Bardet." (2016).

09- Green, Martin A. "Solar cells: operating principles, technology, and system applications." (1982).

10- Bube, Richard. *Fundamentals of solar cells: photovoltaic solar energy conversion*. Elsevier, 2012.

11- Haberlin, Heinrich. *Photovoltaics: system design and practice*. Wiley, 2012.

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UEF 2.1.2
Matière 2: Pile à combustibles et production de l'hydrogène
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

Comprendre le principe de fonctionnement de la pile à combustible, identifier et caractériser les constituants, mesurer les caractéristiques nominales et l'efficacité énergétique réelle et identifier les applications principales

Comment peut-on produire dans un lieu isolé l'énergie électrique (éolienne, photovoltaïque, hydrogène) ? Comment utiliser les connaissances de base de l'électrochimie (réaction d'oxydo-réduction) pour transformer l'énergie Comment calculer le pouvoir calorifique de l'hydrogène et une puissance électrique continue. Comment mettre en sécurité l'installation de transformation

Connaissances préalables recommandées:

Notions de tension, courant, puissances électriques, rendement. Connaissance des grandeurs énergétiques. Danger du courant électrique et de l'hydrogène. Connaissances de base de l'électrochimie (réaction d'oxydo-réduction) pour transformer l'énergie

Contenu de la matière:

Chapitre 1: Introduction sur les piles à combustible (2 semaines)

- Historique
- Principe de fonctionnement

Chapitre 2: Différents types de piles à combustibles (2 semaine)

- Les différents types de piles à combustibles et leur fonctionnement
- Les Piles à combustibles à basses températures
- Les Piles à combustibles à haute température

Chapitre 3: Applications des Piles à combustible (2 semaine)

- Les avantages des piles à combustible
- Les inconvénients des piles à combustible
- Piles à combustible pour véhicule électrique

Chapitre 4: Production d'hydrogène (4 semaines)

- Le vapeur formage
- L'électrolyse de l'eau
- Production à partir des énergies renouvelables
  - *Solaire thermique (haute température)*
  - *Photovoltaïque (Photo-électrolyse)*
  - *Production à partir de la biomasse*

Chapitre 5: Modélisation des piles à combustible (3 semaines)

- Grandeurs standard de réaction
- Force électromotrice
- Tension
- Puissance

- Débit des réactifs
- Rendement
- Dimensionnement d'une installation à pilesà combustible

Chapitre 6: Risques liés à la production et le stockage de l'hydrogène (2 semaines)

- Risque : inflammation ou explosion
- Risque mécanique : grande température et haute pression
- Caractère toxique et corrosif
- Techniques de transport et de stockage d'hydrogène

Mode d'évaluation:

Control continu : 40%, Examen : 60 %.

Références bibliographiques :

a- Ouvrages

01- Pierre Mayé : Générateurs électrochimiques : Piles, accumulateurs et piles à combustibles, Edition Dunod 2010

02- Yves Bréelle, Odile Bloch, Paul D&gobert, Michel Prigent : Principes, technologie, applications des piles à combustibles.EditionsTchnip 1972

03- Les techniques de production de l'hydrogène et les risques associés : rapport d'étude, INERIS 2008

04- E. Marty, La filière hydrogène : L'hydrogène, vecteur énergétique du futur ?, UCL (2002)

05- SAHLI M. "Etude de la production de l'hydrogène et piles à combustible" - Thesepdf - U constantine Algérie 2010

06- Gérald POURCELLY " Stockage de l'hydrogène, Piles à combustible" Institut européen des membranes, Institut de chimie du CNRS Directeur du GDR Piles à combustible et systèmes (PACS) 2013

07- D. R. Cohn, L. Bromberg, A. Rabinovich, N. Alexeev, Hydrogen manufacturing using low current, non-thermal plasma boosted fuel converters, PSFC/RR-01-1 (2001)

b- Sources on line

01- « Quelle place pour l'hydrogène dans le système énergétique ? ». Groupe de Réflexion sur l'Énergie et l'Environnement au 21ème siècle 2015http://www.sfen.org/sites/default/files/public/atoms/files/quelle_place_pour_l27hydrogene.pdf

02- PILES À COMBUSTIBLE : TECHNOLOGIES ET APPLICATIONS Prof. Affolter Jean-François Univ. of Applied Sc. of West. Switzerland Institute of ElectricalEnergySystems CH-1401 Yverdon

03- Julien Rodriguez. Production d'hydrog`ene par photocatalyse et conversion ´electrochimique dans une pile `a combustible..Autre. Universit´e Grenoble Alpes, 2013. Francais. . HAL Id: tel-00978688 (2014) .https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00978688

04- Stevens, Philippe, et al. "Piles à combustible." Techniques de l'ingénieur. Génie électrique 5.D3340 (2000): D3340-1.

05- Roger CadierguesMémoCad nB42.a "LES PILES A COMBUSTIBLE,http://media.xpair.com/auxidev/nB42a_PilesComb.pdf.

06- ENERIS: RAPPORT D'ÉTUDE 10/06/2008 N° DRA-08-95313-07833B Les techniques de production de l'hydrogène et les risques associés, http://www.ineris.fr/centredoc/Techniques_prod_H2_web.pdf

07- Association Française pour l'Hydrogène et les Piles à Combustible "L'hydrogène en France" 2015

08- Jean Marie Tarascon: Filière hydrogène: de la production au stockage collège de France2011 (présentation pdf: https://www.college-de-france.fr/media/jean-marie-tarascon/UPL58650_hydrogenecollege.pdf.

09- tout ce que vous vouliez savoir sur la pile a combustible https://www.college-de-france.fr/media/jean-marie-tarascon/UPL58650_hydrogenecollege.pdf

10- M. Belatel, F.Z. Aissous et F. Ferhat: " Contribution à l'étude d'une pile à combustible de type PEMFC utilisée pour la production d'énergie électrique verte http://www.cder.dz/vlib/revue/pdf/v015_n1_texte_2.pdf

11- Source : http://www-dsv.cea.fr/themes-de-recherche/biotechnologies/ bio hydrogène-nouvelles-technologies-de-l-énergie /production-d-hydrogène-parles-organismes-photosynthétiques.

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UEF 2.1.2
Matière 2: Maintenance des systèmes à ER
VHS: 22h30 (Cours: 1h30)
Crédits: 2
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:
Pour un maître d'ouvrage, la garantie d'avoir fait un investissement judicieux, techniquement et financièrement, est primordiale. Lui assurer des systèmes performants est une chose, lui assurer des performances durables en est une autre.Une connaissance précise des conditions de fonctionnement de l'installation solaire est fondamentale pour qu'elle puisse atteindre un niveau d'efficacité énergétique optimale et conforme à ce qui a été vendu. Il faut donc réussir un bon commissionnement. Ceci est assuré entre autre par une maintenance et une exploitation intelligente.

Connaissances préalables recommandées:
Des connaissances de base sur les installations à énergies renouvelables ; en particuliers le chauffe-eau solaire, l'éclairage solaire photovoltaïque et une installation éolienne simple etc...

Contenu de la matière:

Chapitre 1 :Principe et Fonctionnement des Systèmes (2 semaines)
Chapitre 2 :Installations, schémas de raccordement, de connexion et consignes générales (5semaines)
Chapitre 3: Nettoyages des capteurs, entretien des batteries (3 semaines)

Chapitre 4: Niveaux de maintenance, contrôle et dépannage (3 semaines)
Chapitre 5: Fiches d'installation, de contrôle et de maintenance (2 semaines)

Mode d'évaluation:
Examen : 100 %.

Références bibliographiques :

1. *Jean-Claude Francastel, La fonction maintenance : De l'expression à la satisfaction du besoin, Editeur AFNOR, 2007.*
2. *Pascal Denis , Pierre Boye , André Bianciotto, Guide de la maintenance industrielle, Eds DELAGRAVE, 2008.*
3. *Dunod, Pratique de la maintenance industrielle en 5 volumes - Méthodes, Outils, Applications : CDROM, EdsDunod, 2006.*

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UEM 2.1
Matière 1: Logiciels de simulation et de dimensionnement des installations ER
VHS: 22h30 (TP 1h30)
Crédits: 2
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:
A l'issue de ce cours, l'étudiant pourra utiliser des codes spécialisés comme outils de simulation et d'expertise afin de modéliser et analyser des systèmes d'énergies renouvelables, établir des bases de données énergétiques, optimiser les performances, évaluer l'aspect économique.

Connaissances préalables recommandées:
Identifications des logiciels de simulation : PV SYST ; METEONORM ; TRN SYS ; SAM ; etc.

Contenu de la matière:
- Présentation des codes de simulation et d'expertise en énergies renouvelables **(2 semaines)**
- Modélisation des installations d'énergies renouvelables **(3 semaines)**
- Implantation des outils pour le dimensionnement et la Simulation des systèmes énergétiques **(3 semaines)**
- Evaluation des ressources, processus de conversion, Performance des systèmes **(3 semaines)**
- Optimisation des composants d'une installation énergétique **(2 semaines)**
- Expertise technico-économique des systèmes énergétiques **(2 semaines)**

Recommandation :

Mode d'évaluation:
Control continu : 100%

Références bibliographiques :

01- *Software guides for SAM, TRNSYS, RETScreen and Polysun..*
02- *Fay, J. A., and Golomb, D. S., "Energy and Environment," Oxford University Press, 2002.*
03- *Kutz, M., "Environmentally Conscious Alternative Energy Production," John Wiley & Sons, 2007.*
04- *Hodge, B. K., "Alternative Energy Systems and Applications," John Wiley & Sons, 2010.*

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UEM2.1
Matière 2: Froid et climatisation solaire
VHS: 15h00 (TP 1h00)
Crédits: 1
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:
L'expression « climatisation solaire » désigne l'ensemble des moyens de climatiser en utilisant comme ressource énergétique primaire la chaleur du soleil. Ce mode de climatisation qui peut se substituer à l'utilisation de ressources fossiles présente comme principal intérêt de pouvoir fournir le plus de froid quand il fait le plus chaud, ce qui correspond généralement aux périodes où le soleil est le plus disponible. Il faut savoir qu'il existe trois types de climatisation solaire, la machine à absorption, la machine à adsorption et la machine à dessiccation.

Connaissances préalables recommandées:
Programme de Licence de la Mécanique des Fluides. La Thermodynamique Fondamentale. Les Transferts Thermiques. Les caractéristiques de l'Environnement. Les différents types de l'Energie. Notions de Chimie Générale.

Contenu de la matière:

Chapitre 1: principes généraux de la réfrigération, rappels (1semaine)

Chapitre 2: réfrigération solaire : principes généraux, capteurs solaires (2semaines)

Chapitre 3: cycles et machines à sorption (2semaines)
- deux équilibres liquide-vapeur
- cycle à absorption liquide
- performances et intégration au bâtiment : calcul, dépendances

Chapitre 4: phénomènes endothermiques (2semaines)
- principaux phénomènes endothermiques
- les changements de phase
- la détente d'un gaz

Chapitre 5: rappel sur la réfrigération par compression (2semaines)
- cycle thermodynamique a compression
- réfrigération solaire

Chapitre 6: climatisation solaire (4 semaines)
- climatisation par "effet thermique et vortex"
- climatisation par "dessiccation/évaporation"
- les systèmes de « climatisation par absorption »
- les systèmes de « climatisation par adsorption »
- exemples d'installation (principe, avantages, inconvénients etc….)

Mode d'évaluation:
Control continu : 100%

Références bibliographiques :

1. *Initiation aux transferts thermiques, J. F. SACADURA, Paris, 1978.*
2. *Exercices sur le cours d'échanges thermique, M. F. MARINET et al. document de cours ENSHMG – Grenoble – France, 1984.*
3. *Transfert de chaleur, Tome 1 : les principes, J. CRABOL, Edition Masson, 1990.*
4. *Transfert de chaleur, Tome 2 : Applications industrielles, J. CRABOL, Edition Masson, 1990.*
5. *Transfert de chaleur, Tome 3 : Corrigés des problèmes, J. CRABOL, Edition Masson, 1992.*
6. *Thermal Separation Processes , Principles and Design par :Klaus Sattler & Hans Jacob Feindt; VCH edition; ISBN 3-527-28622-5 (Weinheim ...)*
7. *Refrigeration and air conditioning from IITKharagpur, India; 2008.*

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UEM 2.1
Matière: Echangeurs de chaleur
VHS : 1h30 (Cours 22h30)
Crédits: 2
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement de la matière

De manière générale, on s'accorde à dire que plus de 90% de l'énergie thermique utilisée dans les procédés industriels transite au moins une fois par un échangeur de chaleur. L'objectif de ce cours est le calcul et le dimensionnement d'un échangeur de chaleur mono et bi phasique.
Le dimensionnement d'un échangeur consiste à calculer la surface d'échange nécessaire pour obtenir les performances désirées (puissance, température de sortie). Il faudra par la suite déterminer les pertes de charge (pertes de pression) que va engendrer la circulation des fluides (par la friction contre les parois du fait de la viscosité) afin de vérifier la concordance avec le cahier des charges qui impose souvent une limite haute en terme de valeur d'une perte de charge.
Malgré le fait qu'il existe une grande variété d'échangeur de chaleur, cependant, quatre types d'échangeurs (les échangeurs à tube et calandre,les échangeurs tubulaires,les échangeurs à ailettes, et les échangeurs à plaques) seront traités en détails car ils constituent la majorité des échangeurs de chaleur utilisés dans les différentes applications des domaines des énergies renouvelables.

Connaissances préalables recommandées

Cours de mécanique des fluides approfondie et Transfert Thermique Approfondie- Phénomène de Transport.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 Généralités (1 semaine)

- Définition
- Classification des échangeurs, Les technologies usuelles, Critères de choix,
- Marché et applications des échangeurs

Chapitre 2 Grandeurs caractéristiques (4 semaines)

- Coefficients locaux et coefficient global de transfert de chaleur
- Encrassements dans les échangeurs
- Ordres de grandeurs de coefficients d'échange et d'encrassement
- Grandeurs principales (températures, rapports de débits de capacité thermique
- DTLM, efficacité, NUT,
- Sens de circulation des fluides : co-courants, contre courants, courants croisés
- Intensification de l'échange : surface ailetée (dissymétrie des coefficients locaux, section constante, efficacité, rendement, corrélations des surfaces ailetées.

Chapitre 3 Etude des échangeurs de chaleur (5 semaines)

- l'évolution des températures, la puissance échangée,
- Le facteur correctif du ΔTML, changement de phase,…
- Principaux types d'échangeurs (échangeur contre courants, Echangeur co-courants, échangeurs à boucles, échangeurs à courants croisés
- Les échangeurs à changement de phase :
- Condenseurs (utilisation, différents types de condenseurs, paramètres, coefficients d'échange)

- Evaporateurs (coefficients d'échange, types d'évaporateurs, assemblage)

Chapitre 4: Dimensionnement des échangeurs de chaleur (logiciel SSP) (5 semaines)

- Prise en main du logiciel SSP
- les échangeurs tubulaires
- les échangeurs à tube et calandre
- les échangeurs à ailettes
- les échangeurs à plaques

Mode d'évaluation:

Examen : 100 %.

Références bibliographiques:

1- *A. LEONTIEV, Théorie des Echanges de Chaleur et de Masse – Édition Mir-Moscou.*
2- *J.F. SACADURA Initiation aux Transferts Thermiques - Technique etDocumentation – Paris.*
3- *H.W. Mac Addams, La Transmission de la Chaleur - Dunod– Paris.*
4- *F. P. INCROPERA, D. P. DEWITT - Fundamentals of Heat and Mass Transfer - Wiley, N.Y. – 2002.*
5- *A. Bontemps, A. Garrigue, C. Goubier, J. Huetz, C. Marvillet, P. Mercier et R. Vidil – Échangeur de Chaleur – Technique de l'Ingénieur, Traité Génie Énergétique.*
6- *E. Rouland, Cours Echangeur Thermiques, Département de Génie Mécanique, Université de Rouen, 2012,France.*
7- *KuppanThulukkanam, Heat Exchanger Design Handbook, Second Edition, CRC Press Taylor and Francis Group, 2013.*
8- *R. K. Shah and D. P. Sekulic, Fundamentals of Heat Exchanger Design, Wiley, N.Y. – 2003.*
9- *M. Bennajah et N. Chaouni, Technologie et Design des Echangeurs de Chaleur, Edition Technip, 2014.*

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UEM 2.1
Matière 4: Etude technico-économique gestion de projet ER
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TP 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:
Acquérir des connaissances et compétences technico-économiques en management de projets « énergies renouvelables et efficacité énergétique, Décrire l'état de l'art des technologies renouvelables, Analyser les aspects économiques associés à ces technologies, Utiliser des outils méthodologiques pour mettre en œuvre des projets.Analyse du contexte actuel et utilisation rationnelle de l'énergie. Notions des paramètres globaux de la maitrise de l'énergie. Solutions à mettre en œuvre.

Connaissances préalables recommandées:
Des connaissances sur les énergies renouvelables, l'efficacité énergétique, ainsi que des notions mathématiques en optimisation (linéaire et non linéaires avec contraintes).

Contenu de la matière:

Chapitre 1: maitrise de l'énergie **(2semaines)**
- problématique de la consommation énergétique
- politique énergétique
- lois et réglementation

Chapitre 2: étude de pré faisabilité **(3 semaines)**
- méthodologie suivis
- courbes de charge et facturation

Chapitre 3: étude de pré dimensionnement **(3semaines)**

Chapitre 4: management de projets en ER- concepts de bases **(3semaines)**

Chapitre 5: conduite de projets et analyse technico économique **(4semaines)**
- principe de fonctionnement et analyse des couts
- montage et financement-approche économique
- étude de cas et efficacité énergétique

Mode d'évaluation:
Control continu : 40%, Examen : 60 %.

Références bibliographiques :

1- *Aidan Duffy, Martin Rogers and LacourAyompe, Renewable Energy and Energy Efficiency: Assessment of Projects and Policies, Wiley-Blackwell, 2015.*
2- *D. Yogi Goswami, Frank Kreith, Handbook of Energy Efficiency and Renewable Energy, CRC Press, 2007.*
3- *Albert Thumann, Terry Niehus and William J. Younger.Handbook of Energy Audits, Taylor & Francis, 2013.*
4- *Finnerty, J. D. (ed), Analysis and Financing of Renewable Energy Projects, in Project Financing: Asset-Based Financial Engineering, Third Edition, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA, 2012.*

Semestre : 3
Unité d'enseignement: UET 2.1
Matière 1 :Recherche documentaire et conception de mémoire
VHS : 15h00 (Cours: 1h00)
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

Adaptabilité aux spécialités du domaine Sciences et Technologie :

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

Prérequis :

- Connaissances fondamentales dans la spécialité.

Contenu de la matière:

1. Introduction à la Réverse Engineering

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

2. Méthodologie générale

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

3. Reverse engineering matériel

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

4. Reverse engineering logiciel

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

5. Reverse engineering mécanique

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

6. Sécurité et détection d'intrusion

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

7. Cas d'études réels

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

Exemples de TP (base les 4 Génies)

- **Génie Electrique :**

- Rétro-ingénierie d'un module électronique sans schéma
- Exemple : module Bluetooth, relais temporisé
- Objectifs : identifier le fonctionnement, dessiner le schéma, proposer une variante améliorée.
- Identification de composants (IC, transistors, résistances, etc.).
- Utilisation d'outils : multimètre, oscilloscope, analyseur logique.
- Lecture et extraction de firmware depuis un microcontrôleur.
- Introduction à la détection de contrefaçons électroniques.

- **Génie Mécanique :**

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

- **Génie Civil :**

- Analyse d'ouvrages existants sans plans (murs, dalles, structures…).

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

- **Génie des Procédés :**

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

Mode d'évaluation :

- TP techniques
- Mini-projet de rétro-ingénierie (rapport + soutenance)
- Examen final (QCM + étude de cas)

- Examen : 60% 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: X
Unité d'enseignement: UED X.X
Matière: Techniques des transferts appliqués au séchage
VHS: 1h30 (Cours 22h30)
Crédits:1
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:
Connaissance des caractéristiques des corps humide, diagramme de Mollier, les diverses méthodes de séchage et les bilans y affairant, ainsi que quelques schémas de procédés industriels et leur description.

Connaissances préalables recommandées:
Des notions de thermodynamique, mécanique des fluides et transfert thermique.

Contenu de la matière

- Concepts, procédés et exemples **(1 semaine)**
- Caractéristiques des produits humides, déplacement de l'humidité **(2 semaines)**
- Propriétés des gaz humides : le diagramme h-X **(2 semaines)**
- Transfert de masse et d'énergie dans le séchage par convection **(1 semaine)**
- Cinétique du séchage, parcours du séchage, temps de séchage **(1semaine)**
- Le séchage par convection : gaz de séchage et chaleur nécessaire, étapes dans l'économie de l'énergie, diverses méthodes dans le séchage par convection **(1 semaine)**
- Le séchage par contact **(1 semaine)**
- Le séchage par radiation **(1 semaine)**
- Le séchage diélectrique **(1 semaine)**
- Le séchage par congélation ou sublimation **(1 semaine)**
- La conception des séchoirs : vue d'ensemble des séchoirs, choix et design **(3semaines)**

Mode d'évaluation:
Examen : 100 %.

Références bibliographiques:

1- *Thermal Separation Processes , Principles and Design par :Klaus Sattler & Hans Jacob Feindt; VCH edition; ISBN 3-527-28622-5 (Weinheim ...)*
2- *Baert J-P., 1999. Agroalimentaire. Techniques de l'ingenieur. F100: Vol. Génie desProcédés.*
3- *Bimbenet J.J., 1998. Bases conceptuelles du génie des procédés agroalimentaires.Techniques de l'ingenieur, F1000, 19 p.*
4- *Bonazzi C. et Bimbenet J.J., 2008. Séchage des produits alimentaires-matériels etapplications. Techniques de l'Ingenieur, Paris, France, F3002.*
5- *Brennan J. G., 2006. Food processing handbook. Ed by: WILEY-VCH VerlagGmbH& Co- KGaA, Weinheim, Germany, 602p.*
6- *Cakmak G. et Yildiz C., 2010. The drying kinetics of seeded grape in solar dryerwith PCM-based solar integrated collector. Food and bioproducts processing.*
7- *Cengel Y.A., 2002. Heat transfer: A practical approach. Second édition. Ed:McGraw-Hill Science/Engineering/Math, 896p.*
8- *Charreau A. et Cavaillé R., 2003. Séchage- Théorie et Calculs. Techniques del'ingenieur, J2480 : Vol. Génie des Procédés.*
9- *Fellows P., 2000. Food processing technology principles and practice. CRC press,New York, 571p*

10- Gautier M., 1987. La Culture fruitière. Volume1. Ed : Tec et Doc., Paris, 492p.

11- Mafard P., 1996. Génie industriel alimentaire. deuxième édition, Tec et Doc., Tome1, Paris, 335p.

12- Mujumdar S., 2006. Handbook of industrial drying. Ed by Taylor & Francis Group,LLC. Singapore: 631p.

13- Ann Charlotte de Déshydrateur.org 2009 : http://deshydrateur.org/tout-savoir-sur-la-conservation-des-aliments/

Semestre: X
Unité d'enseignement: UED X.X
Matière: Techniques Inverses
VHS: 1h30 (Cours 22h30)
Crédits:1
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

Acquérir les compétences permettant à partir de l'observation judicieuse d'un phénomène d'identifier les paramètres clés du procédé étudié.

Connaissances préalables recommandées:
Des connaissances de base en mathématiques (optimisation, transformées de Laplace, Fourier, etc…)

Contenu de la matière:

- Théorie de l'estimation **(5 semaines)**
  Stratégies d'observations pour l'acquisition d'un signal optimal
  - Planification d'expériences
  - Conception optimale d'expériences
  - Analyse de sensibilité
  - Filtrage de données

- Identification de modèles paramétriques **(3 semaines)**
  - Optimiseurs
  - Algorithmes généraux de minimisation

- Résolution de problème inverse en thermique **(7 semaines)**
  - Modélisation et problèmes inverses
  - Problèmes mal posés
  - Réduction de modèle
  - Méthodes flash et estimation de paramètres

Mode d'évaluation:
Examen : 100 %.

Références bibliographiques:

1. *Helcio R.B. Orlande, Olivier Fudym, Denis Maillet and Renato M. Cotta, Thermal Measurements and Inverse Techniques, CRC Press, 2011.*
2. *S.P. Venkateshan, Computational Methods in Engineering, Ane Books Pvt. Ltd., 2016.*
3. *G.R. Liu and X. Han, Computational Inverse Techniques in Nondestructive Evaluation, CRC Press, 2003.*
4. *Moura Neto, Francisco Duarte, Silva Neto and Antônio José, An Introduction to Inverse Problems with Applications, Springer Edition, 2013.*

Semestre: X
Unité d'enseignement: UED X.X
Matière: Energie Marine
VHS: 1h30 (Cours 22h30)
Crédits:1
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:
Connaitre les sources des énergies renouvelables *hydro-électriques et marines, et savoir leur technologie et équipement mis en œuvre.*

Connaissances préalables recommandées:
Hydraulique générale, turbomachines

Contenu de la matière:

- Présentation des enjeux **(1 semaine)**
- Techniques, conditions nécessaires et potentiels **(8 semaines)**
- Evaluation des impacts **(6 semaines)**

Mode d'évaluation:
Examen : 100%.

Références bibliographiques:
E.S. Cassedy and P.Z. Grossman, Introduction to Energy: Resources, Technology and Society, Cambridge University Press, U.K. 1998.

Semestre: X
Unité d'enseignement: UED X.X
Matière: Notions d'Aérodynamique et Turbomachines
VHS:1h30 (Cours 22h30)
Crédits:1
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:
La première partie du cours permet d'initier les étudiants aux phénomènes physiques qui facilitent la compréhension de l'aérodynamique. L'attention porte principalement sur les concepts physiques et théoriques fondamentaux ainsi que sur les méthodologies classiques utilisées pour la prédiction de la trainée et portance sur les profiles subsoniques des ailes portantes ou des turbomachines.
La deuxième partie du cours permet de familiariser les étudiants aux principaux types de turbomachines et leurs caractéristiques. Donner aux étudiants les bases théoriques du transfert d'énergie dans les turbomachines et un aperçu sur les méthodes de design de ces machines utilisées dans divers secteurs.

Connaissances préalables recommandées:
Thermodynamique appliquée - mécanique des fluides - dynamique des gaz

Contenu de la matière:
PARTIE 1 : AERODYNAMIQUE (8 semaines)

-Corps en mouvement ou fluide en mouvement
-Origines des forces de résistance
-Coefficient sans dimensions
-Efforts et moments exercés sur le profil
-Profils minces, méthode de Glauert
-Aérodynamique des Eoliennes
-Profil d'envergure finie, tourbillons marginaux
-Théorie de la ligne portante

PARTIE 2 : TURBOMACHINES (7 semaines)

- GENERALITES SUR LES TURBOMACHINES **:** introduction - classification des turbomachines -présentation de l'écoulement et équations de mouvements **–**triangles des vitesses, mécanismes des échanges énergétiques : échange entre les aubages mobiles et le fluide, travail échangé à la traversée du rotor - travail indiqué.
- SIMILITUDE DES TURBOMACHINES : analyse dimensionnelle - machines en fonctionnement semblable - représentation des caractéristiques des machines - limitations des lois de similitude - influence du nombre de Reynolds - effet d'échelle
- SOUFFLANTES ET VENTILATEURS : description - particularités de l'écoulement - diagramme des pressions - caractéristiques réelles: courbe caractéristique, décollement tournant - types de ventilateurs
- POMPES CENTRIFUGES : description - installation sur un circuit - organes constitutifs: distributeur, roue, diffuseur et volute - structure de l'écoulement dans la roue: pompes radiales, triangles des vitesses - caractéristiques de fonctionnement: fonctionnement réel : conditions de fonctionnement.- pertes d'énergie, caractéristiques réelles.
- NOTIONS THEORIQUES SUR LES EOLIENNES : Le vent - Théorie de Betz - Effets de la rotation - Prise en compte de l'élément de la pale d'hélice - Corrections de Prandtl et de Glauert - Dimensionnement optimal des pales pour une puissance maximale

Mode d'évaluation:
Examen : 100%.

Références bibliographiques:

1- *FAURE, Th. Dynamique des fluides appliquée. Applications à l'aérodynamique. 2008, Dunod, Paris.*
2- *J. COUSTEIX Aérodynamique, turbulence et couche limite, 1989, Cépadues éditions*
3- *J. COUSTEIX Aérodynamique, couche limite laminaire, Cépadues éditions,1989)*
4- *PARASCHIVOIU "Aérodynamique Subsonique", 1998, Éditions de l'École Polytechnique de Montréal.*
5- *ANDERSON, Jr, J.D, Fundamentals of aerodynamics. 3rd edition. 2001. McGraw Hill, Columbus.*
6- *BERTIN & CUMMINGS Aerodynamics for engineers. 2008, 5th edition. Prentice Hall.*
7- *TECHNIQUE DE L'INGENIEUR, Tome B4, Machine Hydraulique Et Thermique*
8- *R. OUZIAUX, Mécanique des fluides appliquée, tome II, Dunod, Paris*
9- *KRYSINSKI, JAN, Turbomachines : théorie générale / Jan Krysinski. - Alger : Office Des Publications Universitaires, 1986. -*
10- *PLUVIOSE, MICHEL, Ingénierie des turbomachines : circuits, aubages, vibrations, effets instationnaires... et des exercices résolus - Paris : Ellipses, 2003.*
11- *SEDILLE, MARCEL, Turbomachines hydrauliques et thermiques 2, pompes centrifuges et axiales, turbines hydrauliques - Paris : Masson, 1967.*
12- *SEDILLE, MARCEL, Turbomachines hydrauliques et thermiques 3, thermodynamique technique - Paris : Masson, 1969.*
13- *HANSEN, M. O. Aerodynamics of Wind Turbines, 2008, Second Edition. Earthscan Edition.*

Semestre: X
Unité d'enseignement: UED X.X
Matière: Les Tours et Cheminées solaire
VHS: 22,5H (Cours:1h30)
Crédits: 1
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement :
Ce cours a pour objectif d'initier les étudiants aux différentes configurations de cheminée solaire et l'étude du comportement thermique et de leur principe de fonctionnement.

Connaissances préalables recommandées :
Transfert thermique, Mécanique de fluides, Méthodes numériques, Gisement solaire.

Contenu de la matière :

1. Définition La cheminée solaire **(1 semaines)**
2. Les différentes configurations de cheminée solaire **(1 semaines)**
3. La cheminée solaire et l'architecture durable **(2 semaines)**
4. Les centrales solaires à effet de cheminée **(2 semaines)**
5. Gisement solaire et la cheminée solaire **(2 semaines)**
6. Principe de fonctionnement d'une centrale solaire à effet de cheminée **(2 semaines)**
7. Etude du comportement thermique de la cheminée solaire **(2 semaines)**
8. Avantages et inconvénients **(1semaines)**
9. Réalisations industrielles, projets et prototypes **(2semaines)**

Mode d'évaluation:
Examen : 100 %.

Références bibliographiques:

01- Performance énergétique : chauffage, ECS, électricité, ventilation, Auteur(s) : Collectif CSTB, Editeur(s) : CSTB 2016.
02- Génie énergétique et climatique, Chauffage, froid, climatisation Auteur(s) : Horst Herr Editeur(s) : Dunod 2013.
03- L'efficacité énergétique du bâtiment, Auteur(s) : Richard Franck, Guy Jover, Frank Hovorka Editeur(s) : Eyrolles 2014.
04- Les capteurs solaires à air, Auteur(s) : Guy Isabel Editeur(s) : Eyrolles 2014.
05- Intégrer l'énergie dans les projets d'aménagement, Auteur(s) : HESPUL Editeur(s) : Le Moniteur 2015.

Semestre: X
Unité d'enseignement: UED X.X
Matière: Réglementation et Normes
VHS: 1h30 (Cours 22h30)
Crédits:1
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

Un contrôle d'efficacité énergétique (contrôle de conformité aux normes), s'appliquant aux bâtiments neufs, aux appareils et aux véhicules à moteurs, est institué par la loi.
La mise en œuvre de la loi relative à la maîtrise de l'énergie repose principalement sur le programme national de maîtrise de l'énergie(PNME), un programme à moyen terme. Les actions et les projets inscrits dans le cadre du PNME sont réalisés grâce à l'apport du fonds national pour la maîtrise de l'énergie, dont le rôle essentiel sera d'impulser le marché de la maîtrise de l'énergie. Les projets porteurs d'efficacité énergétiques pourraient bénéficier d'avantages financiers, fiscaux et de droits de douanes.

Connaissances préalables recommandées:

Un bon niveau en langue française

Contenu de la matière

- Cadre de réglementations spécifique, **(1 semaine)**
- Les normes et exigences d'efficacité énergétique et d'économie d'énergie, régissent les constructions et bâtiments neufs ainsi que les appareils fonctionnant à l'électricité, aux gaz et aux produits pétroliers **(3 semaines)**
- La Réglementation Thermique dans le Bâtiment **(2 semaines)**
- Les normes et exigences d'efficacité énergétique et d'économie d'énergie **(2 semaines)**
- Le Rendement énergétique, le système d'étiquetage, le certificat d'homologation.
- Le contrôle d'Efficacité Energétique **(2 semaines)**
- L'Audit Energétique **(2 semaines)**
- Sensibilisation et financement de la maitrise de l'énergie **(1 semaine)**
- Les mesures d'incitation **(1 semaine)**
- La Coordination des Actions, Contrôle et Sanctions **(1 semaine)**

Mode d'évaluation:

Examen : 100 %.

Références bibliographiques:

1. *Krarti Moncef et Marchio Dominique, Guide Technique d'Audit Energétique, Presse des Mines, 2016.*
2. *P. A. Bernard, L'audit Energétique, Editions Eyrolles, 1995.*

Semestre: X
Unité d'enseignement: UED X.X
Matière: Audit Energétique
VHS: 1h30 (Cours 22h30)
Crédits:1
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement de la matière

Permettre aux étudiants de se familiariser avec la méthodologie de choix et prise de décisiondans le domaine énergétique afin de réaliser un audit énergétique de qualité.
Pour réaliser un audit énergétique, il est nécessaire de distinguer :

- Les outils pour réaliser les diagnostics
- Les personnes qui vont faire le diagnostic, interpréter les résultats et proposer des solutions d'amélioration
- Les démarches globales (diagnostic, analyse, amélioration, rénovation …) certifiant une qualité après travaux et qui intègrent parfois des critères autres que l'énergie.

Connaissances préalables recommandées:

Contenu de la matière :

Chapitre 1: Introduction aux audits (2 semaines)

Généralités, Définitions et terminologie

Chapitre 2 : Méthodologie d'audit énergétique (2 semaines)

- Définition d'un audit énergétique
- Principaux objectifs d'un audit énergétique
- Etapes de l'audit énergétique

Chapitre 3 : Diagnostics (5 semaines)

- *Les outils de diagnostic*
  - Diagnostic de performance énergétique (DPE)
  - Infiltrométrie (mesure du niveau d'étanchéité à l'air d'un logement)
  - Caméra thermique (thermographie)
- *Les méthodes de calcul thermique*
  - Méthode de calcul TH-C-E ex
  - Simulation thermique dynamique
  - Autres méthodes de calcul
- *Réalisation des diagnostics et des audits*
  - Conseiller info énergie
  - Expert en rénovation énergétique ERE
  - Pro de la performance énergétique (entreprise)
  - Eco artisan : Evaluation thermique globale d'un logement, conseil en rénovation, travauxet contrôle de qualité
  - Démarches de rénovation énergétique

Chapitre 4 : Plan type du rapport de l'Audit Energétique (4 semaines)

- Données essentielles à la réalisation d'un audit de qualité
- Différents points importants de l'étude :
  - Objectifs de l'audit.
  - Présentation des caractéristiques du bâtiment.

- Analyse des consommations énergétiques
- Présentation des préconisations et des scénarii.
- Différentes analyses et conclusions de l'étude.

o *Fiche de synthèse*

- Nom du bâtiment,
- Son activité,
- Ses caractéristiques (volume, surface, …),
- Son emplacement,
- Energies utilisées dans le bâtiment et les consommations,
- Etiquette énergétique du bâtiment,
- Evaluation du bâtiment,
- Améliorations préconisées.

Chapitre 5 : Etude de cas **(2 semaines)**

Mini projets présentés sous forme orale par les étudiants

Mode d'évaluation:

Examen : 100 %.

Références bibliographiques:

01- Zariffa (Sohel), Guide méthodologique du diagnostic énergétique dans les bâtiments, Institut de l'énergie des pays ayant en commun l'usage du français, mars 1993, Cahier des Charges Audit Energétique Bâtiments, ADEME, juillet 2007

02- Joffre, Energie solaire thermique dans le bâtiment – Chauffe-eau solaires, Techniques del'Ingénieur, BE 9-164, octobre 2004

03- Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), Méthode mensuelle d'évaluation desperformances thermiques des systèmes solaires de production d'eau chaude sanitaire, Cahier du CSTB, N°2847, novembre 1995

04- K. Pennycook, A BSRIA Guide – Rules of thumb – Guidelines for building services, UK 4th edition, The Chameleon Press Ltd, ISBN: 0-86022-626-3, August 2003.

05- Journal Officiel de La République Algérienne N° 84 29, Décret exécutif n° 05-495 du 24 Dhou El Kaada 1426 correspondant au 26 décembre 2005 relatif à l'audit énergétique des établissements grands consommateurs d'énergie.