République Algérienne Démocratique et Populaire الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

اللجنة البيداغوجية الوطنية لميدان العلوم والتكنولوجيا

Comité Pédagogique National du domaine Sciences et Technologies

MASTER ACADEMIQUE HARMONISE

Programme national

Mise à jour 2025

Domaine	Filière	Spécialité
Sciences et Technologies	***Génie mécanique***	***Energétique***

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

ماستر أكاديمى
مواءمة

برنامج وطنى

تحيين 2025

الميدان	الفرع	التخصص
علوم وتكنولوجيا	هندسة ميكانيكية	طاقوية

I – Fiche d'identité du Master

Conditions d'accès

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

Filière	Master harmonisé	Licences ouvrant accès au master	Classement selon la compatibilité de la licence	Coefficient affecté à la licence
Génie mécanique	**Energétique**	Energétique	**1**	**1.00**
		Aéronautique	**2**	**0.80**
		Construction mécanique	**2**	**0.80**
		Génie des procédés	**3**	**0.70**
		Autres licences ST	**4**	**0.60**

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

Semestre 1

Unité d'enseignement	Matières	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 semaines)	Travail Complémentaire en Consultation (15 semaines)	Mode d'évaluation	
	Intitulé			**Cours**	**TD**	**TP**			**Contrôle Continu**	**Examen**
UE Fondamentale Code : UEF 1.1.1 Crédits : 8 Coefficients : 4	Mécanique des fluides approfondie	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Machines thermiques	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 1.1.2 Crédits : 10 Coefficients : 5	Transfert de chaleur et de masse approfondi	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Méthodes numériques approfondies	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 1.1 Crédits : 11 Coefficients : 7	Instrumentation et mesures	4	2	1h30		1h30	45h00	55h00	40%	60%
	TP Méthodes numériques	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP machines thermiques	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP MDF	1	1			1h30	15h00	10h00	100%	
	Programmation avancée python	2	2	1h30		1h30	45h00	55h00	40%	60%
UE Découverte Code : UED 1.1 Crédits : 1 Coefficients : 1	Matière au choix	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
Total semestre 1		**30**	**17**	**12h00**	**6h00**	**7h30**	**382h30**			

Semestre 2

Unité d'enseignement	Matières	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 semaines)	Travail Complémentaire en Consultation (15 semaines)	Mode d'évaluation	
	Intitulé			**Cours**	**TD**	**TP**			**Contrôle Continu**	**Examen**
UE Fondamentale Code : UEF 1.2.1 Crédits : 10 Coefficients : 5	Combustion	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Dynamique des gaz	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Le Séchage thermique	2	1	1h30			22h30	27h30		100%
UE Fondamentale Code : UEF 1.2.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Chauffage et climatisation	4	2	1h30	1h30		45h00		40%	60%
	Turbomachines approfondies	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 1.2 Crédits : 9 Coefficients : 5	Méthodes des volumes finis	6	3	1h30		3h00	67h30	h30	40%	60%
	Asservissement et Régulation	3	2	1h30		1h30	37h30	37h30	40%	60%
UE Transversale Code : UET 1.2 Crédits : 3 Coefficients : 3	Respect des normes et règles d'éthique et d'intégrité	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
	Eléments d'IA appliquée	2	2	1h30	1h30		45h00	05h00	40%	60%
Total semestre 2		**30**	**17**	**13h30**	**6h00**	**6h00**	**382h30**			

Semestre 3

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	Moteurs à combustion interne approfondi	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Cryogénie	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 2.1.2 Crédits : 10 Coefficients : 5	Mécanique de propulsion	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Echangeurs de chaleur	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 2.1 Crédits : 9 Coefficients : 5	CFD et logiciels	4	2			3h00	45h00	55h00	100%	
	Optimisation	3	2	1h30		1h30	37h30	37h30	40%	60%
	TP Echangeurs de chaleur	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
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	1h30			22h30	02h30		100%
Total semestre 3		**30**	**17**	**12h00**	**6h00**	**7h30**	**382h30**			

UE Découverte *(S1, S2 et S3)*

1- *Transport et stockage de l'énergie*
2- *Electronique appliquée*
3- *Electrotechnique appliquée*
4- *Audit énergétique*
5- *Energies renouvelables*
6- *Maintenance et Sécurité industrielle*
7- *Hygiène et sécurité*
8- *Aéronautique*
9- *Transport*
10- *Fiabilité*
11- *management de la qualité*
12- *La Conception collaborative*
13- *Théorie de résolution des problèmes d'innovation «Méthode TRIZ"*
14- *Systèmes et dispositifs hydrauliques et pneumatiques*

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

III - Programme détaillé par matière du semestre S1

Semestre :1
Unité d'enseignement : UEF 1.1.1
Matière : Mécanique des fluides approfondie
VHS: 45 h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits : 4
Coefficient : 2

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, Bases de mathématiques.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : **Introduction** **(1semaine)**

Principes et théorèmes fondamentaux de la statique et de la cinématique des fluides. Notion sur les écoulements potentiels.

Chapitre 2 : **Dynamique des écoulements visqueux (6 semaines)**

Fluides visqueux. Description du frottement visqueux. Tenseurs des taux de déformation et des contraintes et leur liaison. Equation de Naviers-Stokes. Applications aux écoulements laminaires (Poiseuille, Couette).

Chapitre 3 : **Applications des équations de Navier-Stokes (2 semaines)**

Cas limites de la viscosité. Ecoulement à faible nombre de Reynolds : Lubrification hydrodnamique, mouvement long d'une sphère, mouvement long d'un cylindre.

Chapitre 4 : **Couches limites Laminaires (6 semaines)**

Equations de la CLL. Paramètres caractéristiques de la CLL (Epaisseurs de déplacement et de quantité de mouvement, Facteur de forme). Solutions exactes de la CLL (cas de la plaque plane). Equation intégrale de Von-Karman. Analyse de la CLL par la méthode de Karman-Pohlhausen. Stabilité de la CLL.

Chapitre 5 : **Notions sur les écoulements turbulents (1 semaine)**

Fluctuations du vecteur vitesse. Mouvement moyen. Modélisation de la turbulence. Modèles de turbulence.

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.*

Semestre : 1
Unité d'enseignement : UEF 1.1.1
Matière : Machines thermiques
VHS : 45h (Cours : 01h30, TD : 01h30)
Crédits : 4
Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement :
Cet enseignement participe à l'acquisition de connaissances essentielles aux étudiants de master énergétique. Les étudiants obtiendront les fondamentaux pour comprendre et analyser le fonctionnement de différents types de machines thermiques.

Connaissances préalables recommandées :
Thermodynamique

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Rappel de thermodynamique technique (2 semaines)
- Notions de variables d'états, équations d'états des gaz parfaits
- Premier principe de la thermodynamique
- Deuxième principe de la thermodynamique

Chapitre 2 :Machines à cycles récepteurs (3semaines)
- Compresseurs (compresseurs alternatifs:compressionmonoétagée et multiétagée, rendements)
- Machines frigorifiques
- Pompe à chaleur

Chapitre 3 : Cycles Idéaux des Moteurs à combustion interne (2 semaines)
- Cycle à allumage commandé
- Cycle Diesel
- Cycle mixte

Chapitre 4 :Turbine à gaz et turboréacteur (3 semaines)
- Cycle de base,
- Autres cycles,
- Critères de performance et rendements

Chapitre 5 :Turbine à vapeur (3 semaines)
- Cycle de Rankine sans et avec surchauffe
- Cycle de Hirn
- Cycles à soutirage

Chapitre 6 :Autres types de moteurs (2 semaines)
- Moteurs Stirling
- Moteur Ericsson
- Moteur à air comprimé

Mode d'évaluation :
Contrôle Continu : 40%, Examen : 60%.

Références bibliographiques :

1. *Thermodynamique technique, volumes 1,2 et 3, Maurice Bailly- Bordas Paris –Montréal 1971.*
2. *Machines thermiques, EmilianKoller, collection technique et ingénierie Dunod, 2005.*
3. *Thermodynamique des systèmes fluides et des machines thermiques :Principes, modèles et applications, FOHR Jean-Paul, Lavoisier 2010.*

Semestre : 1
Unité d'enseignement : UEF1.1.2
Matière : Transfert de chaleur et de masse approfondi
VHS : 67h00 (Cours: 03h00, TD : 1h30)
Crédits : 6
Coefficient : 3

Objectifs de l'enseignement :

- Maîtriser les notions de base des trois modes de transfert thermique ;
- Savoir écrire un bilan et construire un modèle élémentaire.

Connaissances préalables recommandées :

- Formation en mathématiques et physique ou mécanique ;
- Connaissances en thermodynamique appliquée.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Conduction thermique (4 semaines)

1. Conduction de chaleur bidimensionnelle en régime stationnaire, Méthodes analytiques, Méthode de séparation des variables, Facteur de forme de conduction. Méthode graphique, Méthodes numériques (différences finies).
2. Conduction de chaleur en régime transitoire : Lumped Capacitance Model (Méthode LCM), Domaine de validité.
   Solutions en transitoire à une dimension : Utiliser l'analyse de Fourier et la transformation de Laplace.

Chapitre 2 : Convection de chaleur (5 semaines)

1. Convection naturelle :
   Convection naturelle sur une plaque plane verticale. Mécanismes physiques, équations de la couche limite au régime laminaire, Etude de similitude, Transition vers le régime turbulent. Convection naturelle dans une cavité rectangulaire.
2. Convection forcée :
   Couches limites hydrodynamique et thermique, Méthodes intégrales. Equations de la convection, Modélisation d'un problème de convection.
   Solutions de quelques problèmes de convection. Convection forcée dans un cylindre.
3. Transferts thermiques lors des changements de phases :
   Ebullition des substances pures, Principales grandeurs physiques intervenant lors de l'ébullition. Ebullition en vase et ébullition convective. Régimes d'ébullition. Evaluation du coefficient d'échange de chaleur et erreurs inhérentes.
   Types de condensation. Condensation en gouttes et condensation en film. Condensation en film sur une plaque plane verticale et sur un cylindre horizontal, Théorie de Nusselt. Régimes d'écoulement du film liquide. Utilisation pratique des corrélations.

Chapitre 3 : Transfert de chaleur par rayonnement (3 semaines)

1. Loi de Beer. Propriétés radiatives des gaz (Milieux Semi-Transparents MST). Propriétés radiatives des particules. Etablissement de l'Equation de Transfert Radiatif (ETR).
2. Quelques solutions approchées de l'ETR simplifiée.

Chapitre 4 : Transfert de masse (3 semaines)

1. Transfert de masse par diffusion : Mécanismes de diffusion massique. Composition du mélange. Loi de Fick, Diffusivité massique.

2. Transfert de masse par convection : Couche limite massique. Flux massique convectif. Nombres adimensionnels et épaisseurs de couches limites (massique, hydrodynamique, thermique). Transfert conjugué de chaleur et de masse.

Mode d'évaluation :

Contrôle Continu : 40%, Examen : 60%.

Références bibliographiques :

1. *H. S. Carslaw, Introduction to the mathematical theory of the conduction of heat in solids, Mc Millan and Co ed., 1921, , 2nd edition.*
2. *H. S. Carslaw and J. C. Jaeger, Conduction of heat in solids, 2nd edition, Clarendon press ed.,1959.*
3. *Latif Jiji, Heat Conduction, Jaico Publishing House, 2003.*
4. *Ozisik, M. N., 1980, Conduction Heat Transfer, John Wiley and Sons, New York.*
5. *Gebhart, Heat transfer, Mc Graw Hill editor, 1971*

A. *B. De Vriendt, La transmission de la chaleur, Tome 2, Introduction au rayonnement thermique, Gaetan Morin, 1983.*

6. *Bejan, A. D. Kraus, Heat transfer handbook, John Wiley Editor, 2003.*
7. *Vedat S. Arpaci, Conduction Heat transfer, 1966 by Addison-Wesley publishing.*
8. *R. Ghez, A Primer of Diffusion, John Wiley and Sons Editor, 1988, 2nd edition.*
9. *Chandrasekhar, radiative transfer, Dover publication, 1960.*
10. *M. F. Modest, Radiative heat transfer, Academic Press, 3nd edition, 2012*
11. *M. Quinn Brewster, Thermal radiative transfer and properties, Wiley Inter-science Publication, 1992*
12. *Hottel, H. C, and A. F. Sarofim, Radiative Transfer, McGraw-Hill, New York, 1967*
13. *R. Siegel and J. R. Howell, Thermal Radiation Heat Transfer, 5th Edition, Ed. Taylor and Francis, 2010.*
14. *M. NecatiOsizik, Radiative transfer and interactions with conduction and convection, Ed. J. Wiley and Sons*
15. *R. B. Bird, W. E. Stewart, E. N. Lightfoot,Transport phenomena, Wiley editor, 1960.*
16. *Rjucsh K. Kundu, I. M. Cohen, Fluid Mechanics, 2nd Edition, Academic Press, 2002.*
17. *D. P. Kesseler and R. A. Greenkorn, Momentum, Heat, and Mass transfer: Fundamentals, M. Dekker, 1999.*
18. *Kreith, F.; Boehm, R.F. et al., Heat and Mass Transfer, Mechanical Engineering Handbook Ed. Frank Kreith, CRC Press LLC, 1999.*
19. *H. D. Baehr and K. Stephan, Heat and Mass transfer, 2nd revised edition, Springer Verlag editor, 2006.*
20. Yunus A. Çengel, Afshin J. Ghajar:*Heat and Mass Transfer, Fundamentals and Applications,* McGraw-Hill, 2015.
21. Frank P. Incropera, David P. Dewitt, Theodore L. Bergman, Adrienne S. Lavine: *fundamentals of heat and mass transfer*, John Wiley and Sons, 2006.

Semestre : 1
Unité d'enseignement : UEF 1.1.2
Matière : Méthodes numériques approfondies
VHS : 45h (Cours : 01h30, TD : 01h30)
Crédits : 4
Semestre : 2

Objectifs de l'enseignement :
Apprendre des techniques numériques nouvelles permettant de résoudre les différentes équations apparaissant en énergétique (mécanique des fluides, thermique, …). L'accent sera mis sur la résolution des équations différentielles et aux dérivées partielles

Connaissances préalables recommandées :
Il est recommandé de maîtriser l'analyse numérique, mathématique (EDP).

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : **Notions sur les équations aux dérivées partielles (1 semaines)**
Notions de modélisation. Classification des EDP. EDP linéaires et non linéaires. Différents types de conditions aux limites.

Chapitre 2 : **Méthodes analytiques (2 semaines)**
Principe de superposition. Méthode de séparation de variables. Application à l'équation de diffusion avec condition de Dirichlet, à l'équation de Laplace en coordonnées cartésiennes et à l'équation d'onde.

Chapitre 3 : **Méthodes des différences finies (6 semaines)**
Introduction aux méthodes numériques. Principe de la MDF. Schémas de discrétisation. Stabilité, consistance et convergence. Méthodes de discrétisation (explicite, implicite, Crank-Nicholson). Application à l'équation de diffusion. Formulation matricielle. Conditions aux limites de 2ème type. Equations non linéaires. Problèmes multidimensionnels.

Chapitre 4 : **Equation de Laplace (5 semaines)**
Formulation à 5 points. Conditions de Dirichlet variables. Méthodes de résolution. Condition de Neumann. Equation de Poisson. Formation à 9 points. Domaine non rectangulaire. Equations non linéaires et problèmestridimensionnels.

Chapitre 5 : **Equation d'onde (1 semaines)**
Discrétisation et stabilité. Différents schémas de discrétisation (Euler, Upwind, Lax, Leapfrog). Méthodes de résolution.

Mode d'évaluation :
Contrôle Continu : 40%, Examen : 60%.

Références bibliographiques :

1. *F. Jedrzejewski, Introduction aux méthodes numériques, Deuxième édition, Springer- Verlag, France, Paris 2005.*
2. *W. H. Press, S. Teukolsky, W. T. Vetterling, B. P. Flannery, Numerical recipes in FORTRAN, Cambridge University press, 1995.*
3. *B. Carnahan, H. A. Luther and J. O. Wilkes, Applied numerical methods, R. Kriegerpublisher, 1990.*
4. *F. S. Acton, Numerical methods that work, the mathematical association of America, 1990.*
5. *Joe D. Hoffman, Numerical Methods for Engineers and Scientists 2nd Edition, Marcel Dekker, editor, 2001.*

6. *N. Boumahrat et Gourdin, Méthodes numériques, OPU, 1980.*
7. *J. D. Faires and R. L. Burden, Numerical methods, Brooks Cole 3rd edition, 2002*
8. *Oliver Aberth, Introduction to Precise Numerical Methods, Elsevier editor, 2007.*
9. *Rao V. Dukkipati, Numerical methods, Publishing for one world, 2010*
10. *M. N. Ozisik, "Finite Difference Methods in Heat Transfer"; Mechanical and Aerospace Engineering Department North Carolina State University*
11. *H.K. Versteeget W. Malalasekera, An introduction to computational fluid dynamics. The Finite volume method, Longman scientific & technical, London, 1995.*
12. *Zienkiewic, Numerical methods in heat transfer, Mc Graw Hill editor, 1988.*
13. *J. C. Tannehill, D. A. Anderson and R. H. Plercher, Computational Fluid Mechanics and Heat Transfert, second edition, Taylor and Francis editor, 1997.*
14. *H. Lomax,T. H. Pulliam and David W. Zingg, Fundamentals of Computational FluidDynamics, 1999*
15. *S.V. Patankar, Numerical heat transfer and fluid flow, McGrawHill, Hemisphere, Washington, D.C, 1980.*
16. *H.K. Versteeget W. Malalasekera, An introduction to computational fluid dynamics. The Finite volume method, Longman scientific & technical, London, 1995.*

Semestre : 1
Unité d'enseignement : UEM 1.1
Matière : Instrumentation et mesures
VHS : 45h (Cours : 01h30, TP : 01h30)
Crédits : 4
Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement :
L'étudiant va apprendre les principes d'Instrumentation et Régulation (Métrologie Contrôle des procédés, Grandeurs physiques, capteur passif, actif, intégré, Caractéristiques, Transmetteur et les normes et Schéma fonctionnel.
Travaux pratiques (suivant les capacités techniques de l'établissement)

Connaissances préalables recommandées :
Mécanique générale, électricité, Eléments de base de l'électronique.

Contenu de la matière :

Chapitre1 : Introduction **(1 semaine)**

Chapitre 2 : Méthodes et techniques de mesure en thermique **(4 semaines)**
- Mesure de température
- Mesure de pression
- Mesure de débit

Chapitre 3 : Etalonnage **(3 semaines)**
- Etalonnage d'un thermocouple
- Etalonnage d'un capteur de pression
- Etalonnage d'un débitmètre

Chapitre 4 : Traitement de données **(3 semaines)**
- Notion de variable aléatoire
- Système d'acquisition de donnés
- Calcul d'erreurs et incertitudes
- Statistiques descriptives

Chapitre 5 : Initiation aux plans d'expérience **(4 semaines)**
- Terminologie
- Etude d'un cas (Plan Factoriel Complet)

Mode d'évaluation :
Contrôle Continu : 40%, Examen : 60%.

Références bibliographiques :

1. *"Mesures physiques et instrumentation : Analyse statistique et spectrale des mesures, capteurs », Barchiesi, Dominique, Paris, Ellipse, 2003.*
2. *« Les capteurs en instrumentation industrielle », Asch, Georges, Paris, Dunod, 1999.*
3. R.J. Goldstein, "Fluid Mechanics Measurements", 1983.

Semestre : 1
Unité d'enseignement : UEM 1.1
Matière : TPMéthodes numérique
VHS : 22h30 (TP : 01h30)
Crédits : 2
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement :
L'étudiant aura les compétences nécessaires pour modéliser numériquement des phénomènes physiques dans le domaine de l'énergétique. 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 :
Cours méthode numérique, analyse numérique, la programmation.

Contenu de la matière :

1. **Résolution analytique (3semaines)**
   - Equation de la chaleur 1D
   - Equation de Laplace 2D
2. **Résolution numérique de l'équation de Poisson (4semaines)**
   - Schéma explicite
   - Schéma implicite
   - Schéma de Crank-Nicholson
3. **Résolution numérique de l'équation Laplace (4semaines)**
   - Conditions de Dirichlet
   - Conditions de Neumann
4. **Résolution numérique de l'équation de propagation d'onde (4semaines)**

Mode d'évaluation :
Contrôle Continu : 100%.

Références bibliographiques :

1. *John D. Anderson, JR. Computational Fluid Dynamics the Basics With Applications, (1995).*
2. *T.CebeciJ.RShao F. Kafyeke E. Laurendeau. Computational Fluid Dynamics for Engineers. (2000).*
3. *Suhas V Patankar. Numerical Heat Transfer and Fluid Flow. (1980).*
4. *Ferziger&Peric .Computational Methods for Fluid Dynamics.*
5. *Randall J. Leveque. Finite Volume Methods for Hyperbolic Problems,*
6. *E. Toro. Riemann solvers and numerical methods for fluid dynamics, Springer, Berlin (1999).*
7. *https://www-n.oca.eu/pichon/IDRIS_Fortran_cours.pdf*
8. *http://www.idris.fr/formations/mpi/*
9. *Fluent 5.4.8 Copyright 1999 Fluent Inc.*

Semestre : 1
Unité d'enseignement : UEM 1.1
Matière : TPMachines thermiques
VHS : 22h30 (TP : 01h30)
Crédits : 2
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement :
Les étudiants obtiendront les fondamentaux pour comprendre et analyser pratiquement le fonctionnement de différents types de machines thermiques.

Connaissances préalables recommandées :
MDF, thermodynamique, machines thermiques.

Contenu de la matière : selon le matériel existant.

1. Turbines et pompes hydrauliques ;
2. Turbine à vapeur et centrale thermique à flamme ;
3. Turbine à gaz et turbomoteurs ;
4. Moteurs à combustion externe : moteur de Stirling ;
5. Moteurs à combustion interne ;
6. Pompe à chaleur ;
7. Machines frigorifiques ;
8. Echangeurs de chaleur monophasiques ;
9. Générateurs de vapeur ;
10. l'analyse exergétique.

Mode d'évaluation :
Contrôle Continu : 100%.

Références bibliographiques :

Semestre : 1
Unité d'enseignement : UEM 1.1
Matière : TP MDF
VHS : 15h00 (TP : 01h00)
Crédits : 1
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement :
Le Module TP mécanique des fluides joue un rôle fondamental et actif en permettant aux étudiants d'acquérir une compréhension cognitive et des informations empiriques dans le domaine de la mécanique des fluides. Ce module est réalisé sous forme d'une série d'expériences qui servent à aider nos étudiants à mieux comprendre la mécanique des fluides qu'ils ont fait théoriquement pendant le semestre écoulé et consolider les connaissances théoriques acquises dans le cours de mécanique des fluides.

Connaissances préalables recommandées :

Cours mécanique des fluides, thermodynamique.

Contenu de la matière : selon le matériel existant

Illustrer pratiquement les connaissances acquises dans le cours de Mécanique des fluides.

T.P. N°1 : Les débitmètres dans les écoulements en charge (Le venturi & le diaphragme) ;
T.P. N°2 : L'écoulement à travers un orifice ;
T.P. N°3 : Expérience de l'impact d'un jet d'eau sur des obstacles différents ;
T.P. N°4 : Expérience de Reynolds : écoulements laminaires et turbulent ;
T.P. N°5 : Écoulement autour d'un obstacle ;
T.P. N°6 : Mesures de pertes de chargesingulières dans une conduite et profils de vitesse.
Autres TP à proposer selon le matériel disponible.

Mode d'évaluation :
Contrôle Continu : 100%.

Références bibliographiques :

1. *Livres et polycopiés existants au niveau des laboratoires pédagogiques et recherches (Laboratoire **Thermique**, Laboratoire **MDF**, Laboratoire **Aérodynamique**, Laboratoire de recherche du département) et des bibliothèques du département.*
2. *http://www.tecquipment.com/Thermodynamics/Heat_Transfer.aspx?page=1*
3. *http://www.deltalab-smt.com/teaching-energetics/heat-exchanges*
4. *Sites Internet.*

Semestre : 1
Unité d'enseignement : UED 1.1
Matière : Matière 1 au choix
VHS : 22h30 (Cours : 1h30)
Crédits : 1
Coefficient : 1

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/

IV - Programme détaillé par matière du semestre S2

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

Objectifs de l'enseignement :

Introduire les étudiants au domaine de la combustion, l'étudiant apprendra à calculer les propriétés des mélanges gazeux, les pouvoirs calorifiques des hydrocarbures ainsi que la température adiabatique des flammes. Aussi, des notions sur l'équilibre chimique, la cinétique chimique et les différents types de flammes seront enseignées.

.

Connaissances préalables recommandées :

Thermodynamique (premier principe et enthalpie, deuxième principe et entropie).

Contenu de la matière:

Chapitre 1 : Rappels et notions fondamentales de la combustion (3 semaines)

1.1 Types de carburants et combustibles : solides, liquides et gazeux, propriétés physiques et chimiques, indice d'octane, indice de cétane.
1.2 Enthalpie de réaction et enthalpies sensibles.
1.3 Mélanges gazeux, Stœchiométrie, richesse et coefficient d'excès d'air.
1.4 Réactions de combustion.
1.5 Pouvoir calorifique : Calcul du PCI et PCS.

Chapitre 2 : Thermochimie (3 semaines)

2.1 Température adiabatique de la flamme à volume constant et à pression constante.
2.3 Calcul de la température d'une chambre de combustion.
2.4 Constantes d'équilibre et vitesses des réactions.
2.5 Cinétique de la combustion.

Chapitre 3 : Equations des écoulements réactifs(2 semaines)

3.1 Conservation de la masse, de la quantité de mouvement, de l'énergie et des espèces chimiques.
3.3 Termes de production chimique et thermique.

Chapitre 4 : Flammes laminaires de prémélange et de diffusion (3 semaines)

4.1 Définition des flammes de prémélange et exemples d'application.
4.2 Structure et vitesse des flammes de prémélange.
4.3 Théorie et cinétique des flammes laminaires de prémélange.
4.5 Définition des flammes de diffusion et exemples d'application.
4.6 Structure des flammes de diffusion.
4.7 Formulation mathématique pour les flammes laminaires.

Chapitre 5 : Flammes turbulentes (4semaines)

6.1 Auto-inflammation et propagation.
6.2 Flammes turbulentes de prémélange.
6.3 Quelques modèles de combustion prémélangée.
6.4 Flammes turbulentes de diffusion.
6.5 Quelques modèles de combustion non-pré mélangée.

6.6 Régimes de combustion et diagrammes de la combustion turbulente.

Mode d'évaluation:

Contrôle Continu : 40%, Examen : 60%.

Références bibliographiques :

1. *Stephen Turns, An Introduction to Combustion: Concepts and Applications 3rd Edition ISBN-13: 978-0073380193.*
2. *Kenneth Kuan-yunKuo, Principles of Combustion 2nd Edition ISBN-13: 978-0471046899.*
3. *Warnatz J, Maas U, Dibble RW. Combustion. 3rd ed. Springer Berlin Heidelberg New York; 2006.*
4. *El Mahallawi F, El Din Habik S, Fundamentals and Technology of combustion, Elsevier 2002, ISBN- 0-08-044 108-8.*

Semestre : 2
Unité d'enseignement : UEF 1.2.1
Matière : Dynamique des gaz
VHS : 45h00 (cours : 1h30, TD : 1h30)
Crédits : 4
Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement :

La dynamique des gaz est un domaine très vaste qui a pour objectif théorique, l'étude des écoulements compressibles à grandes vitesses. Ces types d'écoulements sont le plus souvent rencontrés dans le domaine pratique de l'industrie aéronautique et spatiale. Le présent module traite seulement l'approche monodimensionnelle des écoulements compressibles des gaz parfait.

Connaissances préalables recommandées :

Thermodynamique et mécanique des fluides.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Introduction à la Gazodynamique (1 semaine)

1. Concepts et relations thermodynamiques.
2. Relations isentropiques d'un gaz parfait.
3. Compressibilité et propagation des ondes sonores.
4. Expression générale de la vitesse du son.
5. Nombre de Mach et ondes de Mach.
6. Ecoulements subsonique, transsonique, supersonique et hypersonique.

Chapitre 2 : Ecoulement Isentropique 1D en Conduit à Section Variable (5 semaines)

1. Équations de base (continuité, quantité du mouvement, énergie).
2. Lois générales de l'écoulement isentropique : état générateur et état critique.
3. Ecoulement 1D dans une conduite de section variable et théorème d'Hugoniot.
4. Étude d'un écoulement dans une tuyère : convergente et convergente-divergente.
5. Aperçu sur les diffuseurs subsoniques et supersoniques.

Chapitre 3 : Ondes de Choc (4 semaines)

I- Ondes de Choc Normales

1. Équations de base (continuité, quantité du mouvement, énergie) et relation de Prandtl.
2. Relations de l'onde de choc normale en fonction du nombre de mach.
3. Cas limites : ondes de choc faibles, ondes de choc fortes.
4. L'onde de choc normale mobile.
5. Tube de Pitot en supersonique.

II. Ondes de Choc Obliques

1. Notion sur les ondes de choc obliques.
2. Equations de base et relation de Prandtl.
3. Réflexion des ondes obliques.

Chapitre 4 : détente Prandtl –Meyer (2 semaines)

Chapitre 5: Ecoulement Non Isentropique 1D en Conduit à Section Constante (3semaines)

I. **Ecoulementadiabatique avec frottement : *Ecoulement de Fanno***
   1. Analyse de l'écoulement de Fanno et équations de base.
   2. Variation des caractéristiques d'écoulement en fonction du nombre de Mach.
   3. Coefficient du frottement et variation d'entropie.
   4. Onde de choc dans l'écoulement de Fanno.

II. **Ecoulement sans frottement et avec échange de chaleur : *Ecoulement de Rayleigh***
   1. Analyse de l'écoulement de Rayleigh et équations de base.
   2. Variation des caractéristiques d'écoulement en fonction du nombre de Mach.
   3. Variation d'entropie.

III. **Ecoulement avec frottement et avec échange de chaleur**

Mode d'évaluation:

Contrôle Continu : 40%, **Examen :** 60%.

Références bibliographiques :

1- *Patrick Chassaing. Mécanique des Fluides, 3 ème édition, Cépaduès, Toulouse, 2010. André Lallemand. Ecoulement monodimensionnel des fluides Compressibles,Techniques de l'ingénieur Génie énergétique, B- 8- 165.*
2- *F. M. White. Fluid Mechanics, 5th edition, McGraw-Hill, New York, 2003.*
3- *R. W. Fox and A. T. McDonald. Introduction to Fluid Mechanics, 5th edition, New York: Wiley, 1999.*
4- *J. D. Anderson. Modern Compressible Flow with Historical Perspective, 3rd edition, New York: McGraw-Hill, 2003.*
5- *H. Liepmann and A. Roshko. Elements of Gas Dynamics,Dover Publications, Mineola, NY, 2001.*
6- *Genick Bar–Meir, Fundamentals of Compressible Fluid Mechanics, Minneapolis, MN 55414-2411, 2009.*
7- *Robert d. Zucker, Oscar Biblarz, Fundamentals Of Gas Dynamics,JOHN WILEY & SONS, 2002.*
8- *Patrick Oosthuizen, William Carrascallen, Compressible Fluid Flow, McGraw-Hill, 1997.*
9- *Klaus Hoffmann, Computational Fluid Dynamics, Volume II, EES, 4th edition, 2000.*

Semestre : 2
Unité d'enseignement : UEF 1.2.1
Matière : Le séchage thermique
VHS : 22h30 (cours : 01h30)
Crédits : 2
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement :
Le but de la matière est de présenter les principes théoriques du séchage thermique, comprenant mécanismes, équations de transfert de masse et de chaleur, courbes de séchage et diagrammes de l'air humide. Les techniques du séchage thermique sont liés aux lois thermodynamiques et aux principes de transferts de masse et de chaleur ce qui permet à l'étudiant d'appliquer ses connaissances prérequis pour résoudre des problèmes de séchage dans les différents secteurs: Agro-alimentaire, textile, papier, matériaux de construction,…

Connaissances préalables recommandées :
Thermodynamique, Transfert de masse et de chaleur

Contenu de la matière :

Chapitre 1 :**Rappels sur l'air humide** **(2 semaines)**
Humidité absolue, humidité relative, température sèche, température humide, point de rosée, enthalpie, mélange d'airs humides, diagramme d'air humide.

Chapitre 2 :**Théorie de séchage** **(3 semaines)**
Terminologie du séchage, Mécanismes intervenant au cours du séchage.

Chapitre 3: **Principes de calcul des sécheurs** **(5 semaines)**
Mode de détermination des paramètres de calcul, Calcul et dimensionnement d'un sécheur à bande transporteuse, Calcul et dimensionnement d'un sécheur pneumatique, Calcul d'un sécheur rotatif, Calcul d'un sécheur à lit fluidisé.

Chapitre 4: **Appareillages et Procédés de séchage** **(5 semaines)**
Séchage des produits solides, Séchage des produits pâteux, Séchage des produits liquides, Définition d'un sécheur, Dispositifs annexes nécessaires au fonctionnement d'un sécheur.

Mode d'évaluation :
Examen : 100%.

Références bibliographiques :

1. *Mujumdar A. S., Handbook of industrial drying, Marcel Dekker, New-York, 1987.*
2. *Nadeau J.-P., Puiggali J.-R., Séchage: des processus physiques aux procédés industriels, 307p., Tec et Doc, Paris, 1995.*
3. *Catherine BONAZZI, Jean-Jacques BIMBENET, Séchage des produits alimentaires-Principes, Techniques de l'ingénieur, f3000, 2003.*
4. *Catherine BONAZZI, Jean-Jacques BIMBENET, Séchage des produits alimentaires-Appareils et applications, Techniques de l'ingénieur, f3002, 2008.*
5. *Jean VASSEUR, Séchage industriel: principes et calcul d'appareils- Autres modes de séchage que l'air chaud, partie 1, Techniques de l'ingénieur, Techniques de l'ingénieur, j2453, 2011.*
6. *Jean VASSEUR, Séchage industriel : principes et calcul d'appareils- Séchage convectif par air chaud (partie 2), Techniques de l'ingénieur, j2452, 2010.*

7. *André CHARREAU, Roland CAVAILLÉ, Séchage. Théorie et calculs, Techniques de l'ingénieur, j2480, 1995.*

Semestre : 2
Unité d'enseignement : UEF 1.2.2
Matière : Chauffage et climatisation
VHS : 45h (cours : 01h30, TD: 1h30)
Crédits : 4
Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement :
Le contenu de cette matière permet de donner aux étudiants les notions et les outils nécessaires pour le dimensionnement des installations de chauffage et de climatisation.

Connaissances préalables recommandées :
Thermodynamique, transfert thermique, mécanique des fluides.

Contenu de la matière :

Chapitre 1. Rappel de thermodynamique et transfert thermique (1 semaine)
- Notions générales de thermodynamique
- Modes de transfert thermiques

Chapitre 2 : Thermique du bâtiment (2 semaines)
- Réglementation thermique Algérienne (documents DTR)
- Besoins thermiques
- Isolation thermique

Chapitre 3 : Principes généraux du chauffage (5 semaines)
- Calcul des déperditions thermiques
- Production de chaleur
- Distribution et émission

Chapitre 4 : Principe généraux en climatisation (5 semaines)
- Calcul des apports thermiques
- Systèmes de climatisation et réseaux de distribution
- Air humide et diagramme h-x
- Production du froid

Chapitre 5 : Régulation des systèmes (1 semaine)

Chapitre 6 : Equipement à énergie renouvelables (1 semaine)

Mode d'évaluation :
Contrôle Continu : 40%, Examen : 60%.

Références bibliographiques :
1. Traité de chauffage et de climatisation, H. Rietschel et W. Raiss, Dunod 1993.
2. Pratique du chauffage, J. Bossard et J. Hrabovsky, Dunod 2014.

Semestre : 2
Unité d'enseignement : UEF 1.2.2
Matière : Turbomachines approfondies
VHS : 45h00 (cours : 1h30, Td : 1h30)
Crédits : 4
Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement :
Décrire, à partir des notions de base (de turbomachines et de mécanique des fluides) les méthodes de conception, d'analyse et de construction des turbomachines pour permettre aux étudiants la compréhension des écoulements qui s'établissent dans les turbomachines et pour développer des éléments de base pour la conception et la sélection de ces machines.

Connaissances préalables recommandées :
Thermodynamique, transfert thermique, mécanique des fluides, Turbomachines.

Contenu de la matière :

Chapitre1. **(3 semaines)**
Rappel sur les turbomachines, classification, notion de similarité, nombres sans dimensions et triangles de vitesses, équation d'Eulerdes turbomachines

Chapitre2. **Aérodynamique des grilles d'aubes** **(3 semaines)**
2.1 Efforts aérodynamiques (portance et traînée)
2.2Corrélations pour la conception des grilles d'aubes (solidité, déviation, déflection,…)

Chapitre3. **Ecoulement 2D dans les turbomachines** **(4 semaines)**
3.1 Équation de l'équilibre radial simplifié
3.2 Théorie des disques actuateurs
3.3 Écoulement aube à aube
3.4 Couches limites et notion de transition

Chapitre4. Ecoulement3D dans les turbomachines **(3 semaines)**
4.1 Équations gouvernantes
4.2 CFD pour les turbomachines (applications et limites)
4.3 Écoulement in-stationnaire et interaction Stator-Rotor
4.4 Refroidissement des turbomachines
4.5 Pertes dans les turbomachines (de profils, du aux écoulements secondaires, de jeu,….
4.6 Techniques de mesure en turbomachines

Chapitre 5. Construction des turbomachines **(2semaines)**
5.1 Organes des turbomachines : paliers, accouplements, réducteurs, systèmes de lubrification et d'étanchéité
5.2 Construction des turbines à vapeur : tuyères, ailettes, efficacité d'un étage, corps et diaphragme, rotor, matériau, équilibrage, soupapes et vannes d'admission de vapeur, régulation de vitesse
5.3 Turbines à gaz : compresseur, chambre de combustion, turbine, carburants
5.4 Compresseurs : centrifuges, axiaux, alternatifs, utilisation.

Mode d'évaluation :
Contrôle Continu : 40%, Examen : 60%.

Références bibliographiques :

1. *S. L.DixonFluid Mechanics, Thermodynamics of Turbomachinery, 5th ed., Elsevier Butterworth.*
2. *Heineman, 2005.*
3. *H.I.H. Saravanamuttoo, G.F.C.Rogers, H. Cohen, and P.V. Straznicky, Gas Turbine Theory, 6th ed.*
4. *Pearson Education, London, 2008.*
5. *B. Lakshminarayana, Fluid Dynamics and Heat Transfer of Turbomachinery, Wiley, New York, 1996.*
6. *J.C Han, S. Dutta, S. Ekkad, Gas Turbine Heat Transfer And Cooling Technology, Taylor & Francis 2000.*

Semestre : 2
Unité d'enseignement : UEM 1.2
Matière : Méthode des volumes finis
VHS: 45h00 (Cours: 01h30, TP: 3h00)
Crédits :6
Coefficient : 3

Objectifs de l'enseignement:
Apprendre des techniques numériques permettant de résoudre les différentes équations gouvernantes de la mécanique de fluides et le transfert de chaleur. L'accent sera mis sur la résolution des équations de conservation. Cette matière permets aussi à l'étudiant d'avoir développé l'aptitude à comprendre et à programmer la méthode des volumes finis pour les phénomènes d'écoulements de fluide couplés à des transferts de chaleur et de masse et être capable d'utiliser judicieusement les logiciels de CFD qui sont incontournables pour le calcul de problèmes industriels.

Connaissances préalables recommandées :
Il est recommandé de maîtriser l'analyse numérique, mathématique (EDP).

Contenu de la matière :
Chapitre 1 : Généralités sur la mécanique des fluides numérique(CFD) **(1semaine)**

Chapitre 2 : Principe de conservation **(2semaines)**
- Equation de conservation masse.
- Equation de conservation quantité de mouvement.

Chapitre 3 : Méthode des volumes finis pour les problèmes de diffusion **(6semaines)**
1- Problème de diffusion unidimensionnel
   - Equation de diffusion 1D.
   - Equation de diffusion 1D avec terme source.
2- Problème de diffusion bidimensionnel
   - Equation de diffusion stationnaire 2D sans terme source.
   - Equation de diffusion stationnaire 2D avec terme source.
3- Problème de diffusion tidimensionnel.

Chapitre 4 : Méthode des volumes finis pour les problèmes de convection-diffusion **(6semaines)**
1- Equation de convection-diffusion 1D stationnaire
   - Schéma centré
   - Schéma décentré (Upwind)
   - Schéma exponentiel
   - Schéma Hybride
   - Schéma Power Law
2- Equation de diffusion 1D instationnaire
   - Schéma explicite
   - Schéma implicite
   - Schéma de Crank-Nicholson

Organisation des TP :
1- **Résolution numérique par la MVF les problèmes de diffusion**.
   - Problème de diffusion unidimensionnel.

- Problème de diffusion bidimensionnel.

2- **Résolution numérique par la MVF les problèmes de convection-diffusion.**
   - Equation de convection-diffusion 1D stationnaire : Schéma centré, Schéma décentré (Upwind), Schéma exponentiel, Schéma Hybride, Schéma Power Law.
   - Equation de diffusion 1D instationnaire : Schéma explicite, Schéma implicite,schéma de Crank-Nicholson.

Mode d'évaluation:

Contrôle Continu : 40%, Examen : 60%.

Références bibliographiques:

1. *H.K. Versteeg, W. Malasasekera, "Introduction to ComputationalFluid Dynamics: The finite volume method (2nd Edition)", Pearson, Prentice Hall, 2007.*
2. *S.V.Patankar, "Numerical Heat Transfer and Fluid Flow", Hemisphere, Washington, DC, 1980*.

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

Objectifs de l'enseignement :
Mettre en pratique les notions de bases (de turbomachines et de mécanique des fluides) les méthodes de conception, d'analyse et de construction des turbomachines pour permettre aux étudiants la compréhension des écoulements qui s'établissent dans les turbomachines et pour développer des éléments de base pour la conception et la sélection de ces machines.

Connaissances préalables recommandées :
Cours de turbomachines

Contenu de la matière :
Faire quelques TP de turbomachines selon le matériel disponible, utilisation de logiciels de simulation.

Mode d'évaluation :
Contrôle Continu : 100%.

Références bibliographiques :

Semestre : 2
Unité d'enseignement : UEM 1.2
Matière : Asservissement et régulation
VHS : 37h30 (Cours : 01h30, TP : 1h30)
Crédits : 3
Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement:
Le but et d'apprendreaux étudiants les principes de base d'un asservissement est de mesurer, en permanence, l'écart entre la valeur réelle de la grandeur à asservir et la valeur de consigne que l'on désire atteindre, et de calculer la commande appropriée à appliquer à un (ou des) actionneur(s) de façon à réduire cet écart le plus rapidement possible.

Connaissances préalables recommandées :
Méthodes numériques, informatique, électricité…

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Introduction aux asservissements (2 semaines)
Notions sur les asservissements analogiques. Schéma de structure.
Représentation d'un système de commande. Schéma fonctionnel d'un système asservi. commande en BO et en BF. Fonction de transfert. fonction de transfert des systèmes élémentaires. exercices

Chapitre 2 : Performances d'un système asservi linéaire (2 semaines)
Notion de régime, Evaluation des performances d'un système asservie, précision statique et dynamique, étude de quelques systèmes élémentaires, Performances, Exercices**.**

Chapitre 3 : Analyse des asservissements linéaires (2 semaines)
Réponses en fréquences et courbes de Bode,Représentation de Nyquist : Réponse en fréquence d'un système en BF,Diagramme de Black (Black Nichols), Exercices

Chapitre 4 : Stabilité des asservissements Linéaires (3 semaines)
Méthodes d'étude de la stabilité, Méthode de Routh-Hurwitz (critère algébrique),Les critères géométriques de stabilité, Exercices

Chapitre 5 : Correction des systèmes asservis linéaire (3 semaines)
Notions de correction des systemes asservis linéaires, les principaux correcteurs, P, PI, PID,Réglage du correcteur P.I.D, Exercices

Chapitre 6 : Systèmes adaptatifs par apprentissage (3 semaines)
Notions sur les systèmes adaptatifs, différents mécanismes d'apprentissage, Exercices

Mode d'évaluation:
Contrôle Continu : 40%, Examen : 60%.

Références bibliographiques:

1. *Cours d'automatique Tome 2,* Asservissement régulation *commande analogique, Jean-Louis Ferrier, Maurice Rivoire, Eyrolles.*
2. *Automatique : régulations et asservissements***,** *de Thierry Hans et Pierre Guyénot, 20 juin 2014.*

3. *Exercices d'automatique, tome 2 : Asservissement, régulation, commande analogique.*
4. *de Maurice Rivoire et Jean-Louis Ferrier, Eyrolles.*
5. *Asservissements et régulations continus. Volume 2, Analyse et synthèse, problèmes avec résolutions, de Collectif etElisabeth Boillot,1 janvier 2002.*
6. *Régulation industrielle, Outils de modélisation, méthodes et architectures de commande, Ouvrage dirigé par : Emmanuel Godoy, Collection: Technique et Ingénierie, Dunod/L'Usine Nouvelle, 2014 - 2ème édition - 552 pages, EAN13 : 9782100717941.*
7. *Le Gallo, O. Automatique des Systèmes mécaniques. Dunod. (2009).*
8. "Cour Automatique Linéaire 1A ISMIN".
9. "Electronique Tome 2 : Systèmes bouclés linéaires, de communication et de filtrage : Cours et exercices", François Manneville, Jacques Esquieu, Ed. Dunod.
10. "Automatique : Commande des systèmes linéaires", Philippe de Larminat, Ed. Hermes.

Semestre : 2
Unité d'enseignement : UET 1.2
Matière : Respect des normes et des règles d'éthique et d'intégrité.
VHS : 22h30 (Cours : 1h30)
Crédit : 1
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement:

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

Connaissances préalables recommandées :

Ethique et déontologie (les fondements)

Contenu de la matière :

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

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

2. Recherche intègre et responsable

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

3. Ethique et déontologie dans le monde du travail :

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

B- Propriété intellectuelle

I- Fondamentaux de la propriété intellectuelle

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

II- Droit d'auteur

1. Droit d'auteur dans l'environnement numérique

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

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

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

3. Brevet

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

III- Protection et valorisation de la propriété intellectuelle

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

C. Ethique, développement durable et nouvelles technologie

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. E. Prairat, De la déontologie enseignante. Paris, PUF, 2009.
4. Racine L., Legault G. A., Bégin, L., Éthique et ingénierie, Montréal, McGraw Hill, 1991.
5. Siroux, D., Déontologie : Dictionnaire d'éthique et de philosophie morale, Paris, Quadrige, 2004, p. 474-477.
6. Medina Y., La déontologie, ce qui va changer dans l'entreprise, éditions d'Organisation, 2003.
7. Didier Ch., Penser l'éthique des ingénieurs, Presses Universitaires de France, 2008.
8. Gavarini L. et Ottavi D., Éditorial. de l'éthique professionnelle en formation et en recherche, Recherche et formation, 52 | 2006, 5-11.
9. Caré C., Morale, éthique, déontologie. Administration et éducation, 2e trimestre 2002, n°94.
10. Jacquet-Francillon, François. Notion : déontologie professionnelle. Letélémaque, mai 2000, n° 17
11. Carr, D. Professionalism and Ethics in Teaching. New York, NY Routledge. 2000.
12. Galloux, J.C., Droit de la propriété industrielle. Dalloz 2003.
13. Wagret F. et J-M., Brevet d'invention, marques et propriété industrielle. PUF 2001
14. Dekermadec, Y., Innover grâce au brevet : une révolution avec internet. Insep 1999
15. AEUTBM. L'ingénieur au cœur de l'innovation. Université de technologie Belfort-Montbéliard
16. http://www.app.asso.fr/
17. http://ressources.univ-rennes2.fr/propriete-intellectuelle/cours-2-54.html
18. Fanny Rinck **et** léda Mansour "littératie à l'ère du numérique : le copier-coller chez les étudiants" Université Grenoble 3 et Université paris ouest Nanterre la défense Nanterre, france
19. L'abc du droit d'auteur, organisation des nations unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO)
20. Alain bensoussan livre blanc – une science ouverte dans une république numérique direction de l'information scientifique et technique CNRS
21. Copyright in the cultural industries. - Cheltenham: E. Elgar, 2002. - XXII-263 p.
22. 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

23. 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
24. Publication de l'université de montréal. « Stratégies de prévention du plagiat », Intégrité, fraude et plagiat, 2010
25. Pierrick Malissard "La propriété intellectuelle "origine et évolution" 2010.
26. Le site de l'Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle www.wipo.int.

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

V - Programme détaillé par matière du semestre S3

Semestre : 3
Unité d'enseignement : UEF 2.1.1
Matière : Moteur à combustion interne approfondie
VHS : 45h00 (Cours : 1h30, TD: 1h30)
Crédits : 4
Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement :

- Comprendre les processus physiques et chimiques se déroulant lors de la combustion et du transvasement dans les moteurs à combustion interne. Comprendre la réaction d'un moteur donné lors du changement de l'un de ses paramètres à l'aide de la modélisation.

- Bâtir un modèle de moteur à combustion interne. Optimiser le dimensionnement et les réglages d'un moteur sous contrainte de rendement, puissance, émissions polluantes à l'aide d'un modèle de moteur**.**

Connaissances préalables recommandées :
Thermodynamique et mathématique de L1 et L2.

Contenu de la matière:

Chapitre 01 : Nouvelles techniques et amélioration du rendement des moteurs **(2 semaines)**
1-1 Sous-dimentionnement.
1-2 Distribution variable.
1-3 Taux de compression variable.
1-4 Cycle Miller-Atkinson.
1-5 Charge stratifiée.
1-6 Concept HCCI.
1-7 Concept PCCI.

Chapitre 02 : Techniques d'injection d'essence **(2 semaines)**
2-1 Gestion électronique et diagnostique moteur.
2-2 Système K-jetronic.
2-3 Système D-jetronic.
2-4 Système L-jetronic.

Chapitre03 : Modélisation de la combustion dans les moteurs **(4 semaines)**
3-1 Modèle une zone.
3-2 Modèle deux zones.
3-3 Modèle multi zones.

Chapitre 04 : Formation de polluants **(2 semaines)**
4-1 Monoxyde de Carbone.
4-2 Hydrocarbures imbrulés.
4-3 Formation des aromatiques.
4-4 Formation des suies.
4-5 Formation des NOx.

Chapitre 05 : Suralimentation des MCI par turbocompresseur **(2 semaines)**
5-1 Cartographies (turbine, compresseur, moteur) et caractéristiques fonctionnelles.
5-2 Adaptation moteur – turbocompresseur.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%.

Références bibliographiques:

1. Heywood, J.B. Internal Combustion Engine Fundamentals. New York, NY, McGraw-Hill.Inc. 1983.
2. Ramos, J.I. Internal Combustion Engine Modeling. Hemisphere Publishing Corporation. 1989. P. 326-332.
3. Merker, G.P. et al Simulating of Combustion and pollutant formation for engine-development. Springer, 2004.
4. Lakshminarayanan P. A, Aghav, Y.V. Modelling diesel combustion.Springer 2010.
5. Gestion moteur Essence et diesel "Diagnostique et réparation T1, T2 et T3. Editions ETAI 2007.
6. Parois A. Suralimentation des moteurs de véhicules par turbocompresseur.
7. Delanette M. Technique de l'automobile. editions techniques et normalisation. 1996.

Semestre : 3
Unité d'enseignement : UEF 2.1.1
Matière : Cryogénie
VHS : 45h (cours : 01h30, TD : 1h30)
Crédits : 4
Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement :

- Comprendre le fonctionnement des procédés de liquéfaction des gaz ;
- Savoir faire le calcul des bilans énergétiques et des performances des différents procédés utilisés en liquéfaction ;
- Savoir déterminer les paramètres de travail des fluides cryogéniques.

Connaissances préalables recommandées :

Thermodynamique ; Conversion d'énergie ; Mécanique des fluides.

Contenu de la matière :

CHAPITRE 1 : RAPPEL SUR LES PRINCIPAUX PROCESSUS D'OBTENTION DES BASSES TEMPERATURES

(2 semaines)

1.1 Détente Joule-Thomson, détente isentropique, processus échappement...
1.2 Notion de température d'inversion d'un gaz.
1.3 Courbe d'inversion d'un gaz (diagramme (T, P)).
1.4 Coefficient isenthalpique d'étranglement.
1.5 Coefficient isentropique d'étranglement.

CHAPITRE 2 : PROCEDES DE LIQUEFACTION DES GAZ (4 semaines)

2. 1 Généralités sur la liquéfaction des gaz
2.1.1 Importance et utilisation des gaz liquéfiés.
2.1.2 Historique des expériences sur les gaz.

2.2 Liquéfaction par détente Joule-Thomson
2.2.1 Procédé de Linde.
2.2.2 Procédé de Linde avec refroidissement préalable du gaz de travail.
2.2.3 Procédé de Linde à étranglement double.

CHAPITRE 3 CYCLES CRYOGENIQUES A DETENTE DES GAZ DANS LES DETENDEURS

(2 semaines)

3.1 Détente des gaz dans les détendeurs au niveau initial de température (à la sortie du compresseur).
3.2 Branchement du détendeur au niveau intermédiaire de température.
3.3 Branchement du détendeur au niveau inférieur de température (sortie évaporateur).

CHAPITRE 4 CYCLES CRYOGENIQUES COMBINES (2 semaines)

4.1 Combinaison de la détente isenthalpique et de la détente isentropique sur un même procédé.
4.2 Avantages du cycle combiné.

CHAPITRE 5 : ETUDE DES INSTALLATIONS DE LIQUEFACTION DES GAZ INDUSTRIELS (4 semaines)

5.1 Installations de liquéfaction de l'azote et de l'oxygène.
5.2 Procédés de liquéfaction du gaz naturel (G.N.L).
5.3 Liquéfaction de l'Hydrogène.
5.4 Liquéfaction de l'Hélium.

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

Références bibliographiques:

1. Pierre Petit : Séparation et liquéfaction des gaz. Technique de l'ingénieur. J3600 ;
2. Olivier Perrot : Cours des machines frogorifiques. I.U.T. de Saint Omer Dunkerque. Département Génie thermique et énergie. 2010 – 2011.
3. CRYOGENIC ENGINEERING Second Edition Revised and Expanded Thomas M. Flynn CRYOCO, Inc. Louisville, Colorado, U.S.A.2005.

Semestre : 3
Unité d'enseignement : UEF 2.1.2
Matière : Mécanique de propulsion
VHS :67h30 (Cours : 3h00, TD : 1h30)
Crédits : 6
Coefficient : 3

Objectifs de l'enseignement :
Le cours a essentiellement pour but de familiariser l'étudiant avec les éléments constructifs, le fonctionnement et le calcul énergétique des turbomachines thermiques propulsives (Turbine à gaz, turboréacteur, moteur fusée).

Connaissances préalables recommandées
Les notions de base de thermodynamique et de dynamique des gaz.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Principe de propulsion.

1. Les avions.
2. Les principes.
   1.1. Principe de portance (Comment vole un avion ?)
   1.2. Principe de propulsion (Comment se déplace un avion ?)

Chapitre 2 : Principes et performances des moteurs à réaction.

1. La poussée.
2. Les formes d'énergies dans un moteur à réaction.
3. Les puissances.
4. Les Rendements.

Chapitre 3 : Turbine à gaz.

1.Eléments constructifs d'une turbine à gaz.
2.Principe de fonctionnement.
3.Calcul énergétique d'une turbine à gaz.

Chapitre 4 : Moteur d'aviation (Turboréacteurs).

1. Principe de fonctionnement du turboréacteur.
2. Les éléments constructifs du turboréacteur.
3. Les déférents types du turboréacteur.
4. Analyse et calcul d'un turboréacteur simple flux.

Chapitre 5 : Moteur fusée.

1. Poussée et principe de fonctionnement.
2. Lanceurs et Moteurs.
3. Les paramètres descriptifs d'un moteur.
4. Les relations fondamentales.

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

Références bibliographiques:

1. Klaus Hünecke, *Jet engines: fundamentals of theory, design, and operation,* Zenith Imprint, 1997, 241 p.
2. Jean-Claude Thevenin, *Le turboréacteur, moteur des avions à réaction*, AssociationAéronautique et Astronautique. France, 2004, 46 p.
3. Albin Bolcs. Turbomachines thermiques (volume 1et 2), Lausanne 1993.
4. S.Candel. *Mécanique des Fluides Tom 3 (Exercices*), Dunod 1995.
5. George p. Sutton, 0scar Biblarz**,** *Rocket Propulsion Elements*,JOHN WILEY & SONS, 2001.

Semestre : 3
Unité d'enseignement : UEF 2.1.2
Matière : Echangeurs de chaleur
VHS : 45h (cours : 01h30, TD : 1h30)
Crédits : 4
Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement :
Maitriser le calcul des échangeurs de chaleur en régimes permanent et variable.

Connaissances préalables recommandées :
Transferts de chaleur, thermodynamique, construction mécanique.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 :
1. Généralités sur les échangeurs de chaleur.
2. Types constructifs et configuration d'écoulement des fluides.

Chapitre 2 : Elément de calcul thermique
1. Coefficient global de transfert de chaleur dans un échangeur thermique.
2. Facteur d'encrassement.
3. Analyse d'un échangeur de chaleur.

Chapitre 3 : Méthodes de calcul thermique des échangeurs
1. Méthode DTLM.
2. Méthode ε-NUT.

Chapitre : 4 Calcul thermique des échangeurs de chaleuren régime de fonctionnement non stationnaire
1. Echangeur de type accumulation.
2. Echangeur de type régénérateur.

Mode d'évaluation :
Contrôle Continu : 40%, Examen : 60%.

Références bibliographiques:

1. C. Bougriou, Calculs et technologie des échangeurs, Office des Publications Universitaires, 2010.
2. D.Q. Kern,Process heat transfer. McGraw-Hill: New York, 1984.
3. A.P. Frass, etM.N. Ozisik, Heat exchangers design, John Wiley, 1965.
4. V. Afgan, et E.U. Shlunder, Heat exchangers; Design and theory, McGraw-Hill: New York, 1974.
5. J.G. Vollier, Collier, Convective boiling and condensation heat transfer. McGraw-Hill: New York, 1981.
6. J.Padet, Echangeurs de chaleurs thermiques. . Méthodesglobales de calcul avec 11 problèmesrésolus. Elsevier, 1994.
7. A. Bejan, Heat transfer, New York.Wiley, 2003.
8. F. Incropera, Fundamentals of heat and mass transfer,7th edition New York.Wiley,2011.

Semestre : 3
Unité d'enseignement : UEM 2.1
Matière : CFD et logiciels
VHS: 45h (TP: 03h00)
Crédits : 4
Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement :

Cette matière apporté les bases nécessaires au développement et à l'utilisation de codes de mécanique des fluides numérique MFN (on utilise aussi fréquemment le vocable anglais CFD, comme **ComputationalFluid Dynamics**). Ces bases sont aujourd'hui hyper indispensables aux étudiants de master mécanique (option énergétique) pour comprendre et optimiser les installations industrielles, où les écoulements couplés à la thermique et aux transferts de matière jouent un rôle essentiel. En effet, l'enseignement doit être conçu afin que l'étudiant puisse comprendre les principales caractéristiques des méthodes numériques, utiliser un code commercial, dépouiller et exploiter les résultats. Par ailleurs, l'accent doit être mis sur la modélisation des différents régimes d'écoulement laminaire et turbulent. Le logiciel ANSYS/Fluent, qui a été choisi dans le programme pour l'ensemble des exercices numériques, est aujourd'hui le plus répandu commercialement à travers le monde.

Connaissances préalables recommandées :
MDF, Thermodynamique.

Contenu de la matière :

1. Présentation en salle de calcul le logiciel ANSYS/Fluent et le mode arborescence de résolution ainsi que les commandes usuelles.

TP : Prise en main du logiciel par un exemple de simulation des instabilités de Rayleigh-Taylor.

2. Représentation des écoulements turbulents. Notion de fermeture Tenseur de Reynolds Simulation de la turbulence – Modèles RANS (k/epsilon).

TP : Ecoulement autour d'un obstacle (cylindre ou sphère) de type Von Carman.

3. Résolution des équations de Navier-Stokes et Algorithmes SIMPLE – Transfert purement convectif.

TP : convection naturelle dans une cavité confinée différentiellement chauffée.

4. Résolution des équations de Navier-Stokes et Algorithmes SIMPLE - Transferts conducto-convectif.

TP : Simulation numérique d'un échangeur de chaleur à double tubes à contre courants.

5. Résolution des équations de Navier-Stokes et Algorithmes SIMPLE - Transferts convecto-diffusifs couplés.

TP : Simulation de la diffusion d'une espèce chimique en régime laminaire.

6. Maillages structurés et non-structurés et Bases de la méthode des volumes finis.

TP : Simulation numérique du changement de phase (solidification ou fusion) en 2D d'une substance pure.

Mode d'évaluation :
Contrôle Continu : 100%,

Références bibliographiques:

1. Guide utilisateur de : Gambit, Mesh, Fluent, CFX, Origin et Tecplot.
2. Pour les TP : voir ANSYS (Fluent ou CFX).

Exemple:
https://confluence.cornell.edu/display/SIMULATION/FLUENT+Learning+Modules

Semestre : 3
Unité d'enseignement : UEM 2.1
Matière : Optimisation
VHS : 37h30 (cours : 1h30, TP : 1h00)
Crédits : 3
Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement:
Se familiariser avec les modèles de recherche opérationnelle. Apprendre à formuler et à résoudre les problèmes d'optimisation et maitriser les techniques et les algorithmes appropriés.

Connaissances préalables recommandées :
Notions de bases de mathématiques. Algèbre linéaire. Algèbre matricielle.

Contenu de la matière :

Chapitre I : Optimisation linéaire **(3 semaines)**
- Formulation générale d'un programme linéaire
- Exemples de programmes linéaires (Problème de production, Problème de Mélange, Problème de découpage, Problème de transport)
- Résolution du problème par la méthode Simplexe :
  - Bases etsolutions de base des programmeslinéaires.
  - L'algorithme du simplexe.
  - Initialisation de l'algorithme du simplexe (la méthode à deux phases).

Chapitre II : Optimisation non- linéaire sans contraintes **(5 semaines)**
- Positivité, Convexité, Minimum.
- Gradient et Hessien.
- Conditions nécessaires pour un minimum.
- Conditions suffisantes pour un minimum.
- Méthodes locales.
- Méthodes de recherche unidimensionnelle.
- Méthodes du gradient.
- Méthodes des directions conjuguées.
- Méthode de Newton.
- Méthodes quasi-Newton.

Chapitre III : Optimisation non-linéaires avec contraintes **(4 semaines)**
- Multiplicateurs de Lagrange.
- Conditions de Karush-Kuhn-Tucker.
- Méthode des pénalités.
- Programmation quadratique séquentielle.

Chapitre IV : Méthodes d'optimisation stochastiques **(3 semaines)**
- L'algorithme génétique.
- La méthode d'essaim particulaire.

Organisation des TP : il est préférable que les TP soient des applications directes dans le domaine de la construction mécanique.

TP 1 : présentation des fonctions références d'optimisation en Matlab.
TP 2 : Présentation de l'outil d'optimisation optimtool dans matlab.
TP 3 : Définition et traçage des courbes de quelques fonctions test en optimisation.
TP 4 : Résolution d'un problème d'optimisation linéaire sans contraintes.
TP 5 : Résolution d'un problème d'optimisation linéaire avec contraintes.
TP 6 : Minimisation non linéaire sans contraintes.
TP 7 : Minimisation non linéaire sans contraintes avec gradient et Hessien.
TP 8 : Minimisation non linéaire avec contraintes d'égalité.
TP 9 : Minimisation non linéaire avec contraintes d'inégalité.
TP 10 : Minimisation avec contraintes d'égalité et d'inégalité.
TP 11 : Utilisation de l'outil optimtool ou autre pour la résolution d'un problème d'optimisation non linéaire avec contraintes.
TP 12 : Minimisation avec contraintes en utilisant la fonction GA.

Mode d'évaluation :
Contrôle Continu : 40%, Examen : 60%.

Références bibliographiques:

1. *E. Aarts& J. Korst, Simulated annealing and Boltzmann machines: A stochastic approach to combinatorial optimization and neural computing. John Wiley & Sons, New York, 1997.*
2. *D. Bertsekas, Nonlinear programming. Athena Scientific, Belmont, MA, 1999.*
3. *M. Bierlaire, Introduction à l'optimisation différentiable. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 2006.*
4. *F. Bonnans, Optimisation continue : cours et problèmes corrigés. Dunod, Paris, 2006.*
5. *F. Bonnans, J. C. Gilbert, C. Lemaréchal et C. Sagastizàbal, Optimisation numérique : aspects théoriques et pratiques. Springer, Berlin, 1997.*
6. *P. G. Ciarlet, Introduction à l'analyse numérique matricielle et à l'optimisation. Masson, Paris, 1994.*
7. *E. Chong et S. Zak, An introduction to optimisation. John Wiley & Sons, New York, 1995.*
8. *Y. Colette et P. Siarry, Optimisation multiobjectif. Eyrolles, Paris, 2002.*
9. *J. C. Culioli, Introduction à l'optimisation. Ellipses, Paris, 1994.*
10. *J. Dennis & R. Schnabel, Numerical methods for unconstrained optimization and nonlinear equations. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1983.*
11. *R. Fletcher, Practical methods of optimization. John Wiley & Sons, New York, 1987.*
12. *P. Gill, W. Murray, & M. Wright, Practical optimization. Academic Press, New York, 1987.*

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

Objectifs de l'enseignement :
Appliquer les connaissances acquises pendant le cour et TD de la matière Echangeurs de chaleur sur quelques types d'échangeurs. Vérification des résultats du calcul manuel et celui du banc d'essai.

Connaissances préalables recommandées :
Maitrise des connaissances acquises au cours, maitrise de l'outil informatique.

Contenu de la matière :

Prise en main du matériel disponible dans le laboratoire.

TP 1. Echangeurs bitubes.
TP 2. Echangeur tubulaire.
TP 3. Echangeur à plaque.
TP 4. Initiation à un logiciel commercial.

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

Références bibliographiques :
Brochures disponibles au niveau du laboratoire.

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

Semestre : 3
Unité d'enseignement: UET 2.1
Matière 1 :Recherche documentaire et conception de mémoire
VHS : 22h30 (Cours: 1h30)
Crédits : 1
Coefficient : 1

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

Connaissances préalables recommandées :
Méthodologie de la rédaction, Méthodologie de la présentation.

Contenu de la matière:

Partie I- : Recherche documentaire :

Chapitre I-1 : Définition du sujet (2 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 (2 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 (1 Semaine)
- Les techniques de recherche.
- Les opérateurs de recherche.

Chapitre I-4 : Traiter l'information (2 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 (1 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 (2 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 (2 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 **(1 Semaine)**

Chapitre II-4 : Exposés oraux et soutenances (1 Semaine)

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

Chapitre II-5 : Comment éviter le plagiat ? **(1 Semaine)**

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

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

Mode d'évaluation :

Examen : 100%

Références bibliographiques :

1. *M. Griselin et al., Guide de la communication écrite, 2e édition, Dunod, 1999.*
2. *J.L. Lebrun, Guide pratique de rédaction scientifique : comment écrire pour le lecteur scientifique international, Les Ulis, EDP Sciences, 2007.*
3. *A.Mallender Tanner, ABC de la rédaction technique : modes d'emploi, notices d'utilisation, aides en ligne, Dunod, 2002.*
4. *M. Greuter, Bien rédiger son mémoire ou son rapport de stage, L'Etudiant, 2007.*

5. *M. Boeglin, lire et rédiger à la fac. Du chaos des idées au texte structuré. L'Etudiant, 2005.*
6. *M. Beaud, l'art de la thèse, Editions Casbah, 1999.*
7. *M. Beaud, l'art de la thèse, La découverte, 2003.*
8. *M. Kalika, Le mémoire de Master, Dunod, 2005.*

Proposition de quelques matières de découverte

Semestre : x
Unité d'enseignement : UED xx
Matière : Transport et stockage de l'énergie
VHS : 22h30 (Cours : 01h30)
Crédits : 1
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement :

Connaissances préalables recommandées :

Contenu de la matière :

Chapitre1. Différents formes d'énergie.

Chapitre2. Gestion de l'énergie : production, transformation, transport et stockage.

Chapitre3. Transport de l'énergie.
3.1 Transport des combustibles.
3.2 Transport de l'énergie électrique.
3.3 Transport de l'énergie hydraulique.
3.4 Transport de l'énergie thermique.

Chapitre4. Stockage de l'énergie.
4.1 Intérêt.
4.2 Efficacité énergétique d'un stockage d'énergie.
4.3 Formes de stockage de l'énergie.
4.3.1 Stockage mécanique : potentielle et cinétique (pompage, air comprimé, volants d'inertie, etc.).
4.3.2 Stockage électrochimique et électrostatiques : piles et accumulateurs.
4.3.3 Stockage chimique : hydrogène et méthane
4.3.4 Stockage thermique et thermochimique : chaleur sensible, chaleur latente, énergie par sorption.
4.3.5 Nouvelles technologies de stockage.
4.4 Coût de stockage d'énergie.

Mode d'évaluation :
Examen **:**100%.

Références bibliographiques :

Semestre : x
Unité d'enseignement : UED xx
Matière : Audit Energétique
VHS : 22h30 (cours : 1h30)
Crédits : 1
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement :

Présenter les outils pour réaliser un audit énergétique et permettre aux étudiants d'acquérir lesconnaissances nécessaires pour réaliser des audits énergétiques dans différents secteurs d'activité.

Connaissances préalables recommandées :

Thermodynamique, transfert thermique, Machines thermiques.

Contenu de la matière :

Chapitre 1. Généralité sur l'énergie (2 semaine)

- Types et sources d'énergie
- Transport de l'énergie
- Système Algérien de Tarification de l'énergie (électrique et thermique)
- Législation Algérienne et obligation d'audit énergétique

Chapitre 2 : Audit énergétique (4 semaines)

- Secteur industriel
- Secteur tertiaire
- Secteur du bâtiment

Chapitre 3 : Méthodologie de l'audit énergétique (4 semaines)

- Audit préliminaire
- Audit détaillé
- Préconisation des solutions d'économie d'énergie
- Chiffrage des solutions et temps de retour
- Rédaction du rapport d'audit

Chapitre 4 : Implantation d'un système de management de l'énergie (2 semaines)

- La norme ISO 50001

Chapitre 5 : Etude de cas (3 semaines)

Mode d'évaluation :

Examen **:**100%.

Références bibliographiques :

1. L'audit énergétique, P-A Bernard, 1995.
2. Guide technique d'audit énergétique, K. Moncef et M. Dominique, 2016.
3. Bilans matières et énergétiques, G. Henda, 2012.
4. www.aprue.org.dz

Semestre : x
Unité d'enseignement : UED xx
Matière : Energie renouvelable
VHS : 22h30 (cours : 1h30)
Crédits : 1
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement :
Avoir des connaissances générales sur les énergies renouvelable.

Connaissances préalables recommandées :
Transfert de chaleur, MDF, thermodynamique.

Contenu de la matière :

Chapitre 1.GENERALITES (01 semaine)
Définitions et vocabulaire : énergies renouvelables, développement durable, les énergies renouvelables en Algérie.

Chapitre 2. L'ENERGIE EOLIENNE (02 semaines)
II.1. Le vent et ses caractéristiques.
II.2.Les différents types d'éoliennes.
II.3. Principaux constituants.
II.4. Géométriques des Profils.
II.5. Les paramètre de fonctionnement, Limite de Betz.
II.6. Utilisations.

Chapitre 3. ENERGIE SOLAIRE (Projet solaire) (06 semaines)
Définitions : Le gisement solaire
III.1. Système énergétique solaire.
III.2. Données relatives au soleil et au rayonnement solaire, calculs des coordonnées solaires.
III.3. Notions du temps, TSV, TSM, TU, TL.
III.5. Composantes et modèles de calcul du rayonnement solaire.
III.6. Conversion thermique de l'énergie solaire.
III.7. Conversion photovoltaïque de l'énergie solaire.

Chapitre 4. ENERGIE HYDRAULIQUE (01 semaine)
IV.1. Définitions, cycle de l'eau dans la nature.
IV.2. Principe de fonctionnement.
IV.3. Types de barrages, types de turbines utilisées, types de centrales.

Chapitre 5.ENERGIE GEOTHERMIQUE (02 semaines)
V.1. Définitions, principe de la technologie.
V.2. Différents types de gisements géothermiques.
V.3. Utilisations.

Chapitre 6. ENERGIE DE LA BIOMASSE (02 semaines)
VI.1. Définitions et origines.
VI.2. Constituants de la biomasse.
VI.3.Valorisationthermochimique.
VI.4. Valorisationchimique.
VI.5. Valorisation biologique.

Mode d'évaluation:
Examen: 100%.

Références bibliographiques :

1. M. Capderou : Atlas Solaire De l'Algérie, Office De Publication Universitaire, Alger 1988.
2. J-M. Chasseriaux : Conversion Thermique Du Rayonnement Solaire AFME 1984.
3. Y. Jannot: « Thermique Solaire », Cours Et Exercices. Octobre 2003.
4. R. Bernard, G. Menguy, M. Schwartz : Le Rayonnement Solaire, Conversion Thermique Et Application. Technique Et Documentation 1998.
5. P.DE BRICHAMBAUT : Rayonnement Solaire Et Echanges Radiatifs Naturels, Gauthier-Villars 1983.
6. J. Dsssautel : Les Capteurs Héliothermiques, EDISUD 1979.
7. J. Taine, J.P.Petit : Transferts Thermiques, Mécanique Des Fluides Anisothèrmes, Bodas 1989.
8. Guide Des Energies Renouvelable En Algérie, (MEM, DER, 2002).
9. S. Bragard : Le Chauffe-Eau Solaire, De L'étude A La Réalisation De Projets En Développement Durable. Energie 2030 Agence S.A.
10. Daguenet Michel, « Les Séchoirs Solaires : Théorie Et Pratique » Unesco-1985.
11. CharreauA,Cavaille R. «Séchage : Théorie Et Calculs », Technique De L'ingénieur J2480.
12. A. A. Sfeir Et G. Guarracino, « Ingénierie Des Systèmes Solaire : Application A L'habitat», Technique & Documentation-1981.
13. M. Villoz, A. Labouret, 'Energie Solaire Photovoltaïque' Le Manuel Du Professionnel.
14. J.A.DuffieAnd W.A. Beckman: « Solar Energy Thermal Processes », Wiley-Interscience, New York (1974).
15. P. Chouard, H. Michel Et M.F. Simon, « Bilan Thermique D'une Maison Solaire», Collection De La Direction Des Études Et Recherche E.D.F, Édition Eyrolles-1977.
16. J.F. Sacadura: « Initiation Aux Transferts Thermiques », Technique Et Documentation, Paris 1978.
17. W.A. Beckman, S.A. Klein et J.A. Duffie, « Solar Heating Desing By The F-Cart Methode»ÉditionJhon Willey – New York 1977.
18. DuffieJa, Beckman WA, «Solar Engineeringof Thermal Processes», John Wiley &Sons Inc, New York, -1980.
19. A.Labouret, G.Cumunel, J.P.Braun, B.Faraggi : Cellules Solaires, Edition Technique Et Scientifiques Française, Dunod Paris 2001.
20. R. ESPIC, « Une Formule Simple Pour Estimer Les Economies D'énergie Apportées Par Un Chauffe-Eau Solaire. » Promoclim Energie, Études Thermiques Et… Tome 10 E, N° 4 - Octobre 1979.
21. M. Dagaev, V. Demine, I. Klimichine Et V. Tcharouguine, «Astronomie»,Édition MIR Moscou. -1986, Traduction De Valentin. Polonski).
22. McadamsW. H, « Transmission De La Chaleur. », ÉditionDunod, -2e Edition, -1961Kays W. M & Crawford M. E, « Convective Heat and Mass Transfer», Mc Graw Hill Series in Mechanical Engineering.
23. Abdelkrim Haddad, « TransfertsThermiques », Dar-El-Djazairia -2001.
24. M. Carlier, «Hydraulique Générale Et Appliquée », Collection De La Direction Des Etudes et Recherches D'électricité De France – Tome 14, Edition Eyrolles.
25. Jean Lemale."La Géothermie". Le Moniteur. © Dunod, Paris 2009. ISBN 978-2-10-052879-0.
26. Document Technique Règlementaire, ''Règlement Thermique Des Bâtiments d'Habitation - Règles De Calcul Des Déperditions Calorifiques'', DTR C3-2', Fascicule 1. CNERIB, Alger, 1998.

Semestre : x
Unité d'enseignement : UED xx
Matière : Maintenance des installations énergétiques
VHS : 22h30 (cours : 1h30)
Crédits : 1
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement :
Connaitre les bases de la maintenance industrielle, ainsi que les défaillances des installations énergétiques et leurs solutions.

Connaissances préalables recommandées :
Connaissance des installations énergétiques ;
Connaitre les lois statistiques (normale, exponentielle).

Contenu de la matière :

1. Introduction à la maintenance.
2. Définition des principaux concepts de la maintenance.
3. Méthodes et outils mathématiques pour la mise en œuvre des actions de la maintenance.
4. Outils méthodologiques pour l'analyse des comportements.
5. Outils logiciels pour la maintenance (gestion de maintenance assistée par ordinateur).
6. La TPM (total productive maintenance).
7. Maintenance de quelques installations énergétiques (compresseur, pompe a chaleur, condenseur,..).

Mode d'évaluation:
Examen: 100%.

Références bibliographiques :
1. Frédéric Tomala. Cours de maintenance. Département management des systèmes. Haute Etudes d'Ingénieurs ;
2. François Manchy, Jean Pierre Vernier : Maintenance : méthodes et organisations. 3ème édition DUNOD ;
3. F.Castellazi, D.Cogniel, Y.Gangloff : Memotech maintenance industrielle. Edition ELeducalivre.

Semestre : x
Unité d'enseignement : UED xx
Matière : Electronique
VHS : 22h30 (cours : 1h30)
Crédits : 1
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement :

Connaissances préalables recommandées :

Contenu de la matière :

Chapitre1. Notions préliminaires - Rappels

Chapitre2. Régime permanent sinusoïdal

Chapitre3. La diode et ses applications

Chapitre4. Le transistor bipolaire et ses applications

Chapitre5. Le circuit intégré linéaire et ses applications

Mode d'évaluation:
Examen: 100%.

Semestre : x
Unité d'enseignement : UED xx
Matière : Electrotechnique
VHS : 22h30 (cours : 1h30)
Crédits : 1
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement :

Connaissances préalables recommandées :

Contenu de la matière :

Chapitre 1. Les systèmes triphasés.

Chapitre 2. Le transformateur.

Chapitre 3. Les machines à courant continu.

Chapitre4. Les machines synchrones.

Chapitre 5. Les machines asynchrones.

Mode d'évaluation:
Examen: 100%.

Semestre : x
Unité d'enseignement : UED xx
Matière :Systèmes Hydrauliques et Pneumatiques
VHS :22h30 (cours 1h30)
Crédits : 1
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement:

L'objectif du programme est de faire apprendre aux étudiants un ensemble de connaissances indispensables et nécessaires pour la compréhension physique des systèmes hydrauliques et pneumatiques. Ceci débute par la description des différents organes (vérins, distributeurs, clapets,…), jusqu'à l'établissement des schémas hydrauliques ou pneumatiques

Connaissances préalables recommandées :

Connaissances en mécanique des fluides, en organes de machines et sur lois de la physique.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Introduction et rappels **(2 semaines)**

- Les fluides hydrauliques : Les huiles minérales, les huiles de synthèse et leurs caractéristiques.
- Calcul de pertes de charge.
- Filtration de air et à l'huile.
- Les filtres à air et à l'huile : Types et choix.

Chapitre 2 : Pompes, compresseurs et moteurs hydrauliques **(6 semaines)**

- Les pompes : Types, construction et choix des pompes à pistonsaxiaux, pompes à pistons radiaux, pompes à palettes, pompes à engrenages, pompes à vis.
- Eléments de calcul des pompes.
- Les compresseurs : Types, construction et choix des compresseurs.
- Eléments de calcul des compresseurs.
- Les moteurs hydrauliques : Moteurs à pistons axiaux, moteurs à pistons radiaux,moteurs à engrenages, moteurs à palettes, moteurs lents à came et galets.
- Eléments de calcul des moteurs hydrauliques.
- Les vérins à simple effet, vérin à double effet, vérin à double effet double tige, vérin télescopique, vérin rotatif.
- Calcul des vérins.

Chapitre 3 : Autres organes utilisés dans les
Circuits hydrauliques et pneumatiques **(3 semaines)**

- Les distributeurs : Types, construction, choix et commande. (directe, indirecte).
- Les limiteurs de pression : Types, construction, choix et commande. (directe, indirecte).
- Les limiteurs de débit: Types, construction, choix et commande. (directe, indirecte).
- Les accumulateurs et les réservoirs: Types, calcul et choix.
- Les canalisations : Matériaux, dimensions.
- Les capteurs : de force, de vitesse, de position, de température,…

Chapitre 4 : Exemples Pratiques : **(4 semaines)**

- Etablissement des schémas hydrauliques et pneumatiques.
- Calcul des circuits hydrauliques et pneumatiques.

Mode d'évaluation:
Examen **:**100%.

Références bibliographiques:

1. *Jacques Faisandier, Mécanismes hydrauliques et pneumatiques, Collection :Technique et Ingénierie, Dunod/L'Usine Nouvelle, 2013.*
2. *José RoldanViloria, Aide-mémoire : Hydraulique Industrielle, L'Usine Nouvelle - Dunod.*
3. *R.-C. Weber, Sécurité des systèmes pneumatiques, Édition Festo, 2012.*
4. *Simon Moreno, Edmond Peulot, Pneumatique dans les systèmes automatisés de production, Editeur(s) : Casteilla, 2001.*

Semestre :x
Unité d'enseignement UED xx
Matière : Maintenance industrielle
VHS : 22h30 (Cours : 1h30)
Crédits : 1
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement :

- Planifier, estimer, diriger ou réaliser l'installation, la mise en marche, le dépannage, la modification et la réparation d'appareils, d'outils et de machines;
- Concevoir, implanter et gérer les méthodes et les procédés d'entretien préventif;
- Organiser et réaliser la modification ou l'amélioration des machines et des systèmes de production;

Connaissances préalables recommandées :
Notions de base en maintenance industrielle.

Contenu de la matière :

Chapitre 1: **Généralités et Définitions sur la maintenance industrielle (2 semaines)**
Introduction -Importance de la maintenance dans l'entreprise - Objectifs de la maintenance dans l'entreprise-Politiques de la maintenance dans l'entreprise.

Chapitre 2 : Organisation de la maintenance (1 semaine)
Place de la maintenancedans la structure générale -Organisation interne de la maintenance -Moyens humains -Moyens matériels

Chapitre 3 : Méthodes et techniques de la maintenance (2 semaines)
Généralités – Les méthodes de maintenance (corrective ; préventiveSystématique et préventive conditionnelle) -Les opérationsde maintenance-Les activités connexes de la maintenance.

Chapitre 4 : La disponibilité et les concepts F.M.D (4 semaines)
La fiabilité – la maintenabilité -La disponibilité -Notions de F.M.D -Coûts et analyse d'une politique F.M.D- L'Analysedes modes de défaillance, de leurs effets etde leur criticité (AMDEC)

Chapitre 5 : Dossier machine et documentation technique (1 semaines)
But de la documentation -Dossier machine.

Chapitre 6 : Coûts de la maintenance (3 semaines)
Composition des coûts-Analysent des coûts et méthode ABC - Entretien préventif optimal-Exemple de calcul de la MTBF- Optimisation du remplacementpar l'utilisation du modèle des probabilités- Choix entre le maintien et le remplacement -Durée devie économique - Déclassement de matériel.

Chapitre 7 : GMAO (2 semaines)

Mode d'évaluation:
Examen : 100%.

Références bibliographiques:

1- *Jean-Claude Francastel, Ingénierie de la maintenance : De la conception à l'exploitation d'un bien, Editeur(s) : Dunod, L'Usine Nouvelle, Collection : Technique et ingénierie - Gestion industrielle, 2009.*
2- *François Castellazzi, Yves Gangloff, Denis Cogniel, Maintenance industrielle : Maintenance des équipements industriels, Editions : Cateilla, 2006.*
3- *Pascal Denis, Pierre Boyé, André Bianciotto, Guide de la maintenance industrielle, Editions : Delagrave, 2008.*
4- *Serge Tourneur, La maintenance corrective dans les équipements et installations électriques : Dépannage et mesurage, Editions : Cateilla, 2007.*
5- *Jean-Marie Auberville, Maintenance Industrielle De L'Entretien De Base A L'Optimisation De La Surete, Editions : Ellipse.*
6- *Sylvie Gaudeau, Hassan Houraji, Jean-Claude Morin, Julien Rey, Maintenance des équipements industriels. Tome 1 : Du composant au système. Editions : Hachette.*