



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

اللجنة البيداغوجية الوطنية لميدان العلوم و التكنولوجيا

Comité Pédagogique National du domaine Sciences et Technologies



HARMONISATION OFFRE DE FORMATION MASTER ACADEMIQUE

2016 - 2017

Domaine	Filière	Spécialité
<i>Sciences et Technologies</i>	<i>Génie mécanique</i>	<i>Installations énergétiques et turbomachines</i>



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

اللجنة البيداغوجية الوطنية لميدان العلوم و التكنولوجيا

Comité Pédagogique National du domaine Sciences et Technologies



مواظمة

عرض تكوين ماستر أكاديمي

2017-2016

التخصص	الفرع	الميدان
منشآت طاقة و ماكنات توربينية	هندسة ميكانيكية	علوم و تكنولوجيا

I – Fiche d'identité du Master

Conditions d'accès

Filière	Master harmonisé	Licences ouvrant accès au master	Classement selon la compatibilité de la licence	Coefficient affecté à la licence
Génie mécanique	Installations énergétiques et turbomachines	Energétique	1	1.00
		Aéronautique	2	0.80
		Construction mécanique	2	0.80
		Génie climatique	3	0.70
		Génie des procédés	4	0.65

**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 : 10 Coefficients : 5	Mécanique des fluides approfondie	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Installations énergétiques 1	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 1.1.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Transfert de chaleur et de masse approfondi	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Méthodes numériques approfondies	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 1.1 Crédits : 9 Coefficients : 5	Instrumentation et mesures	4	2	1h30		1h30	45h00	55h00	40%	60%
	TP Méthodes numériques	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Installations énergétiques 1	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Mécanique des fluides	1	1			1h00	15h00	10h00	100%	
UE Découverte Code : UED 1.1 Crédits : 2 Coefficients : 2	Panier au choix	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
	Panier au choix	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
UE Transversale Code : UET 1.1 Crédits : 1 Coefficients : 1	Anglais technique et terminologie	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
Total semestre 1		30	17	13h30	6h00	5h30	375h00	375h00		

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 : 8 Coefficients : 4	Combustion	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Dynamique des gaz	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 1.2.2 Crédits : 10 Coefficients : 5	Installations énergétiques 2	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Turbomachines Approfondies	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 1.2 Crédits : 9 Coefficients : 5	TP Turbomachines	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	Maintenance des installations énergétiques	4	2	1h30		1h30	45h00	55h00	40%	60%
	Asservissement et Régulation	3	2	1h30		1h00	37h30	37h30	40%	60%
UE Découverte Code : UED 1.2 Crédits : 2 Coefficients : 2	Panier au choix	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
	Panier au choix	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
UE Transversale Code : UET 1.2 Crédits : 2 Coefficients : 2	Ethique, déontologie et propriété intellectuelle	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
Total semestre 2		30	17	15h00	6h00	4h00	375h00	375h00		

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 : 10 Coefficients : 5	Moteurs à combustion interne approfondi	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Rhéologie	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 2.1.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Mécanique de propulsion	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Aérodynamique	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 2.1 Crédits : 9 Coefficients : 5	TP CFD et logiciels	4	2	1h30		1h30	45h00	55h00	40%	60%
	Optimisation	3	2	1h30		1h00	37h30	37h30	40%	60%
	TP aérodynamique	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
UE Découverte Code : UED 2.1 Crédits : 2 Coefficients : 2	Panier au choix	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
	Panier au choix	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
UE Transversale Code : UET 2.1 Crédits : 1 Coefficients : 1	Recherche documentaire et conception de mémoire	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
Total semestre 3		30	17	12h00	6h00	7h00	375h00	375h00		

UE Découverte (S1, S2 et S3)

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

Semestre 4

Stage en entreprise sanctionné par un mémoire et une soutenance.

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

Ce tableau est donné à titre indicatif

Evaluation du Projet de Fin de Cycle de Master

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

III - Programme détaillé par matière du semestre S1

Semestre :1

Unité d'enseignement : UEF 1.1.1

Matière : Mécanique des fluides approfondie

VHS: 67 h30 (Cours: 3h00, TD: 1h30)

Crédits : 6

Coefficient : 3

Objectifs de l'enseignement :

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

Connaissances préalables recommandées :

Le cours de Mécanique des fluides MDF2 (L3)

Les mathématiques

Les méthodes numériques

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Dynamique des fluides et équations de transport : description du mouvement, tenseurs, dérivée particulaire, transport d'un volume infinitésimal, bilan de masse, de quantité de mouvement et d'énergie, fluides visqueux, équations de Navier-Stokes, éléments de rhéologie... **(4 semaines)**

Chapitre 2 : Modèle du fluide parfait et ses applications : écoulements potentiels, ondes d'interfaces ... **(2 semaines)**

Chapitre 3 : Dynamique des fluides réels : écoulement unidirectionnels, écoulement de Stokes, écoulement à faible nombre de Reynolds... **(3 semaines)**

Chapitre 4 : Couches limites : développement de la couche limite, couche limite sur une plaque plane,... **(2 semaines)**

Chapitre 5 : Ecoulements turbulents : champ moyen et fluctuations, équations de Reynolds, modèle de Boussinesq, modèle de la longueur de mélange de Prandtl, échelles de turbulence, modèle standard K- ϵ ... **(4 semaines)**

Mode d'évaluation :

Contrôle Continu : 40%, Examen : 60%.

Références bibliographiques :

- 1- Inge L. Ryming, *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, *Advanced fluid mechanics*, Academic Press 2007.
- 9- H. Tennekes and J. L. Lumeley, *A first course in turbulence*, The MIT Press 1972

Semestre : 1
Unité d'enseignement : UEF 1.1.1
Matière : Installations énergétiques 1
VHS : 45h (cours : 01h30, TD : 01h30)
Crédits : 4
Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement :

Le programme des « installations énergétiques » est réparti en deux parties. La première partie du programme abordée au cours du premier semestre est consacrée à l'étude des installations énergétiques conventionnelles. Tout au long du semestre l'étudiant apprendra les principes de la conception et les règles générales pour l'établissement d'un cahier technique des charges pour un projet d'étude et conception d'une installation énergétique.

Connaissances préalables recommandées :

Thermodynamique, MDF

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Introduction aux installations énergétiques. Classification.(4 semaines)

Etudes des différentes installations énergétiques:

Chapitre 2 : La conception, l'innovation et l'analyse morphologique (3 semaines)

2.1 Quelles relations entre innovation et conception?

2.2 L'analyse morphologique comme méthode de créativité en conception.

Chapitre 3 : Le cahier technique des charges (3 semaines)

- Les étapes de la conception;

- Le contenu d'un cahier technique des charges.

Chapitre 4 : Principes et philosophie de conception d'une installation énergétique à cycle combiné. (5 semaines)

4.1 La thermodynamique des installations énergétiques à cycle combiné;

4.2 Les concepts du cycle combiné ;

4.3 Les applications des cycles combinés:

-La cogénération

-Les centrales industrielles pour la production de puissance;

-Évaluation du cycle de cogénération;

-Les paramètres clés la conception;

- les centrales de chauffage; Les cycles accouplés aux unités de dessalement d'eau de mer;

- La conversion de centrales de turbine à gaz en centrales à cycle combiné(Repowering);

- Les applications spéciales;

4.4 Les composants:

-La turbine à gaz;

-Générateur de vapeur à récupération de chaleur;

-La technologie des turbines à vapeur ;

-Les centrales Multishaft et Single-Shaft ;

-Les systèmes de refroidissement.

-D'autres composants.

Mode d'évaluation :

Contrôle Continu : 40%, Examen : 60%.

Références bibliographiques :

1. Patrick Agostini, Gilles Fournier, Driss Afouf, Installation et maintenance des systèmes énergétiques et climatiques ,Scolaire / Universitaire (broché)
2. -Gilberto Francisco Martha de Souza. Thermal Power Plant Performance Analysis. Springer-Verlag London Limited, 2012.
3. Steam Turbines for Modern Fossil-Fuel Power Plants. Alexander S. Leyzerovich. Taylor & Francis, 2007.
4. Rolf Kehlhofer, Bert Rukes, Frank Hannemann, Franz Stirnimann. Combined-Cycle Gas Steam Turbine Power Plants. PennWell 2009.
5. Doug Woodyard. Pounder's Marine Diesel Engines and Gas Turbines. Ninth edition Elsevier Ltd., 2009.
6. Ronald DiPippo. Geothermal Power Plants: Principles, Applications, Case Studies and Environmental Impact. Elsevier Ltd. 2012.
7. -Konstantinos Tzanakakis. The Railway Track and Its Long Term Behaviour. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013.

Semestre : 1

Unité d'enseignement : UEF1.1.2

Matière : Transfert de chaleur et de masse approfondi

VHS : 45h (cours: 01h30, TD : 1h30)

Crédits : 4

Coefficient : 2

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

(4 semaines)

- Loi de Fourier et loi de Fourier généralisées, tenseur des conductivités thermiques, conductivités thermiques, diffusivités thermiques et effusivités.
- Equation de la conduction (EC), conditions aux limites linéaires et exemples de conditions non linéaires.
- Solutions en transitoire à une dimension : Utiliser l'analyse de Fourier et la transformation de Laplace.
- Les ailettes longitudinales et transversales, montrer l'établissement des équations dans les deux cas.
- Proposer quelques solutions
- Opportunité d'emploi et optimisation.
- Les profils les plus courants (Rectangulaires, trapézoïdales).

Chapitre 2 : Transfert de chaleur par rayonnement

(5 semaines)

- Lois et définitions en transfert radiatif. La loi de Planck, la loi de Kirchhoff, la formule de Bouguer.
- Les propriétés radiatives des surfaces. Echanges entre surfaces séparées par un milieu transparent.
- Loi de Beer. Propriétés radiatives des gaz (MST). Propriétés radiatives des particules. Etablissement de l'équation de transfert radiatif (ETR).
- Quelques solutions approchées de l'ETR simplifiée.

Chapitre 3 : Convection

(3 semaines)

- Rappels d'analyse dimensionnelle, utilité des nombres sans dimension.
- Couches limites mécanique 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. Convection naturelle sur une plaque plane verticale et dans une cavité rectangulaire.

Chapitre 4 : Transferts thermiques lors des changements de phases (2 semaines)

- Condensation sur une plaque plane verticale et sur un cylindre horizontale, théorie du film de Nusselt. Utilisation pratique des corrélations.
- Ebullition des substances pures, principaux paramètres intervenant lors de l'ébullition. Evaluation des taux de transfert dans ce mode et erreurs inhérentes.

Chapitre 5 : Transfert de masse**(1 semaine)**

- Equation de diffusion, loi de Fick
- Transfert simultané de chaleur et de masse
- Mécanisme de diffusion massique
- Diffusion convective

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, 3rd 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. Necati Ozisik, *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.

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 :

Le cours de Mécanique des fluides MDF2 (L3)

Les mathématiques

Les méthodes numériques (licence)

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Equations du 1^{er} ordre, développement en série de Taylor, Méthode d'Euler et propagation de l'erreur, Méthodes de Runge-Kutta et appréciation des erreurs, systèmes d'EDO, méthodes à pas multiples, méthode de prédiction-corrrection. Application aux équations de couches limites écoulement et convection forcées et naturelle sur plaques planes
(3 semaines)

Chapitre 2 : Méthodes des différences finies : Exposé de la méthode. Résolution d'un problème de conduction en 2D, stationnaire, représentant une équation elliptique. Solution directe et solution itérative du système obtenu. Méthodes à pas multiples et techniques de stationnarisation de Douglas-Rachford, optimisation de la convergence
(3 semaines)

Chapitre 3 : Equations paraboliques : Cas de la conduction instationnaire (ou diffusion de masse) 1D : Schémas explicites purs, schémas implicites purs et schémas de Crank-Nicholson. Cas 2D : Méthodes à deux niveaux de temps, ADE, ADI de Peaceman-Rachford
(2 semaines)

Chapitre 4 : Equations hyperboliques : Méthode des caractéristiques. Equation de Burger, ondes sonores dans un fluide
(2 semaines)

Chapitre 5 : Etude des erreurs conséquentes à ces types de schémas : Consistance, stabilité, convergence, dissipation et dispersion
(2 semaines)

Chapitre 6 : Méthode des volumes finis : Avantages et inconvénients vis-à-vis des différences finies. Application à la MDF (Algorithmes SIMPLE, SIMPLER, SIMPLEQ, QUICK, TEAMKE pour le turbulent). Comment choisir ?
(3 semaines)

Mode d'évaluation :

Contrôle Continu : 40%, Examen : 60%.

Références bibliographiques :

1. F. Jędrzejewski, *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. Krieger publisher, 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. Versteeg et W. Malalasekera, An introduction to computational fluid dynamics. The Finite volume method, Longman scientific & technical, London, 1995.*
12. *Zienkiewicz, Numerical methods in heat transfer, Mc Graw Hill editor, 1988.*
13. *J. C. Tannehill, D. A. Anderson and R. H. Pletcher, Computational Fluid Mechanics and Heat Transfer, second edition, Taylor and Francis editor, 1997.*
14. *H. Lomax, T. H. Pulliam and David W. Zingg, Fundamentals of Computational Fluid Dynamics, 1999*
15. *S.V. Patankar, Numerical heat transfer and fluid flow, McGrawHill, Hemisphere, Washington, D.C, 1980.*
16. *H.K. Versteeg et 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 semaines)
Chapitre2 : Différents types de mesures	(3 semaines)
2.1 Mesures des grandeurs acoustiques et vibratoires	
2.2 Mesures des grandeurs hydrauliques et pneumatiques	
2.3 Mesures des grandeurs mécaniques	
2.4 Mesure des grandeurs thermiques	
2.5 Mesure des grandeurs dimensionnelles	
2.6 Mesure des grandeurs électriques	
2.7 Mesure des grandeurs optiques	
2.8 Mesure des volume, masse, temps	
Chapitre3 : Contrôle non destructif	(1 semaines)
Chapitre4 : Organisation, méthodes et techniques de mesure	(2 semaines)
Chapitre5 : Etalonnage	(1 semaines)
Chapitre6 : Traitement du signal	(3 semaines)
Chapitre7 : Traitement des Données	(2 semaines)
Chapitre8 : Initiation aux plans d'expérience	(2 semaines)

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 : TP Méthodes 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 :

MDF, thermodynamique et méthodes numériques.

Contenu de la matière :

Programmation des méthodes de résolution des EDP en utilisant MATLAB ou Fortran

- Problèmes de diffusion et rayonnement
- Problèmes de convection-diffusion
- Calcul de champ d'écoulement
- Autres Applications dans le domaine des systèmes énergétiques

Mode d'évaluation :

Contrôle Continu : 100%.

Références bibliographiques :

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

Objectifs de l'enseignement :

Connaitre les procédés, les installations, les technologies énergétiques industrielles et leurs caractéristique

Connaissances préalables recommandées :

MDF, thermodynamique, construction mécanique.

Contenu de la matière : selon le matériel existant ou logiciels de simulations.

1. Installation de chauffage
2. Installation d'eau chaude sanitaire
3. Installation d'éclairage
4. Installation de climatisation (chauffage, refroidissement, ventilation)
5. Installation d'un grand système de production d'eau chaude solaire
6. Autres installations énergétiques.....

Mode d'évaluation :

Contrôle Continu : 100%.

Références bibliographiques :

Semestre : 1
Unité d'enseignement : UEM 1.1
Matière : TP MDF
VHS : 22h30 (TP : 01h00)
Crédits : 1
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement :

Étude des pertes de charge en régime laminaire et turbulent, identification du nombre de Reynolds de transition, Mise en évidence d'une perte singulière. Comparaison des lois de pertes obtenues avec celles de la bibliographie. Descriptions des principaux organes hydrauliques: vannes, débitmètres, pompes. Sensibilisation à la régulation. Bilan globaux d'énergie et calcul de rendement d'un réseau.

Connaissances préalables recommandées :

MDF, thermodynamique méthodes numériques.

Contenu de la matière : selon le matériel existant

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

1. Mesure de débit
2. viscosité
3. Etude Du Centre De Poussée
4. Statique Des Fluides
5. écoulement autour d'un obstacle
6. Impulsion d'un jet
7. Pertes de charge et profils de vitesse
8. Etude de l'influence du champ de pression sur un palier hydrodynamique
9. Effet de l'inclinaison d'un patin plan sur la distribution de la pression

Mode d'évaluation :

Contrôle Continu : 100%.

Références bibliographiques :

Semestre : 1

Unité d'enseignement : UED 1.1

Matière : Matière 1 au choix

VHS : 22h30 (cours : 1h30)

Crédits : 1

Coefficient : 1

Semestre : 1

Unité d'enseignement : UED 1.1

Matière : Matière 2 au choix

VHS : 22h30 (cours : 1h30)

Crédits : 1

Coefficient : 1

Semestre : 1
Unité d'enseignement : UET 1.1
Matière : Anglais technique et terminologie
VHS : 22h30 (cours : 1h30)
Crédits : 1
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement:

Initier l'étudiant au vocabulaire technique. Renforcer ses connaissances de la langue. L'aider à comprendre et à synthétiser un document technique. Lui permettre de comprendre une conversation en anglais tenue dans un cadre scientifique.

Connaissances préalables recommandées:

Vocabulaire et grammaire de base en anglais

Contenu de la matière:

- Compréhension écrite : Lecture et analyse de textes relatifs à la spécialité.
- Compréhension orale : A partir de documents vidéo authentiques de vulgarisation scientifiques, prise de notes, résumé et présentation du document.
- Expression orale : Exposé d'un sujet scientifique ou technique, élaboration et échange de messages oraux (idées et données), Communication téléphonique, Expression gestuelle.
- Expression écrite : Extraction des idées d'un document scientifique, Ecriture d'un message scientifique, Echange d'information par écrit, rédaction de CV, lettres de demandes de stages ou d'emplois.

Recommandation : Il est vivement recommandé au responsable de la matière de présenter et expliquer à la fin de chaque séance (au plus) une dizaine de mots techniques de la spécialité dans les trois langues (si possible) anglais, français et arabe.

Mode d'évaluation:

Examen: 100%.

Références bibliographiques :

1. P.T. Danison, *Guide pratique pour rédiger en anglais: usages et règles, conseils pratiques, Editions d'Organisation 2007*
2. A. Chamberlain, R. Steele, *Guide pratique de la communication: anglais, Didier 1992*
3. R. Ernst, *Dictionnaire des techniques et sciences appliquées: français-anglais, Dunod 2002.*
4. J. Comfort, S. Hick, and A. Savage, *Basic Technical English, Oxford University Press, 1980*
5. E. H. Glendinning and N. Glendinning, *Oxford English for Electrical and Mechanical Engineering, Oxford University Press 1995*
6. T. N. Huckin, and A. L. Olsen, *Technical writing and professional communication for nonnative speakers of English, Mc Graw-Hill 1991*
7. J. Orasanu, *Reading Comprehension from Research to Practice, Erlbaum Associates 1986*

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 : Effets de la combustion sur l'environnement (2 semaines)

- 5.1 Rôle des sources de combustion dans la pollution atmosphérique
- 5.2 Oxydes d'azote : types, formation, NO thermique, NO précoce, NO provenant du carburant, calcul du taux de production
- 5.3 Oxydes de carbone : CO, CO₂

- 5.4 Hydrocarbures imbrulés et suies
- 5.5 Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
- 5.6 Quelques méthodes de contrôle et de réduction des polluants

Chapitre 6 : Flammes turbulentes

(2 semaines)

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

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

Ecoulement isotherme avec frottement

Mode d'évaluation:

Contrôle Continu : 40%, Examen : 60%.

Références bibliographiques :

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

Semestre : 2
Unité d'enseignement : UEF 1.2.2
Matière : Installations énergétiques 2
VHS : 67h30 (cours : 03h00, TD : 1h30)
Crédits : 6
Coefficient : 3

Objectifs de l'enseignement :

Permettre aux étudiants une parfaite maîtrise des installations classiques de production d'électricité (centrales à flamme) en y mettant en œuvre simultanément, sur des cycles complexes, l'analyse énergétique basée sur les pertes thermiques et l'analyse exergétique basée sur les pertes thermodynamiques (irréversibilités). D'autres installations, non moins importantes, telles que les stations de pompage, le froid industriel et les installations de conditionnement d'air sont aussi abordés dans le but de préparer l'étudiant à une meilleure insertion professionnelle. Enfin en prévision des mutations énergétiques, le volet des énergies renouvelables et des nouvelles énergies est largement pris en charge.

Connaissances préalables recommandées :

Thermodynamique, transfert thermique, mécanique des fluides, Turbomachines

Contenu de la matière :

Chapitre 1 – Analyse Énergétique et Exergétique des cycles complexes à gaz et à vapeur :
Etude d'une centrale thermique à vapeur comprenant une turbine HP, une turbine MP et des turbines BP et utilisant une surchauffe, une resurchauffe et des régénérateurs à mélange et à surface.
Analyse énergétique : Tracé du cycle réel- Détermination des caractéristiques de l'eau et de sa vapeur par interpolation sur des tables thermodynamiques puis à l'aide d'une table numérique, comparaison – Evaluation de la perte thermique à la source froide, calcul du rendement thermique.
Analyse exergétique : Détermination de l'exergie du fluide à chaque sommet du cycle, calcul des pertes exergétiques et du rendement exergétique de chaque composant – Détermination de la perte exergétique globale et du rendement exergétique de la centrale. Comparaison entre l'analyse énergétique et l'analyse exergétique. Cycle hypercritique à vapeur d'eau – Cycle binaire à deux fluides. **Cycle complexe à gaz :** Présentation d'une centrale à gaz comprenant une compression multistagée avec refroidissement intermédiaire, un régénérateur placé sur les gaz d'échappement, une détente multistagée avec réchauffe intermédiaire - Etude en fonctionnement réel – Evaluation des pertes thermiques, calcul du rendement thermique – Evaluation des pertes exergétiques, calcul du rendement exergétique. Etude comparative des deux analyses – Cycle avec injection d'eau et de vapeur – Turbine à gaz à cycle fermé, cycle à Hélium. **(3 semaines)**

Chapitre 2 - Station de pompage. Eléments constituant une installation de pompage : pompes, prise d'eau, tuyauterie, système de régulation, de mesures et de sécurité, moteurs d'entraînement – **Applications particulières :** distribution d'eau propre, réseaux d'incendie, circulateurs d'eau chaude, circuits de refroidissement de centrales électriques par eau de mer, pompes pour extraction de condensât, transport de solides, irrigation, Application marine, pompes pour dessalement et géothermie, pompes pour hydrocarbures, industries chimiques, industries alimentaires et parapharmaceutique- **Etude de cas :** modèle de fluide transporté, calcul des réseaux, point de fonctionnement, adaptation aux différents régimes de fonctionnement (application des lois de similitude), sécurité de fonctionnement (vérification à la cavitation). **(2 semaines)**

Chapitre 3 - Installation de froid industriel. Machines frigorifique et pompes à chaleur, généralités -- Fluides frigorigènes - **Machine frigorifique à un seul étage** de compression mécanique, cycle thermodynamique, coefficient de performance - **Cycle biétagé** à injection totale - Cycle biétagé à injection partielle - Choix de la pression intermédiaire - Dimensionnement d'une installation de production d'eau glacée, étude du circuit, choix du compresseur, de l'évaporateur et du condenseur - Dimensionnement d'une installation frigorifique pour un tunnel de congélation industriel - **Bilan frigorifique d'une chambre froide**, Apports internes, refroidissement des denrées, métabolisme des denrées, Eclairage, apports par les machines, apports par les personnes- Apports externes, apports par les parois, apports par renouvellement d'air et infiltration - Détermination de la puissance frigorifique. **(2 semaines)**

Chapitre 4 - Installation de chauffage et de climatisation à air - Propriétés thermodynamiques de l'air humide - Diagrammes psychrométriques - Opérations élémentaires de traitement d'air - Centrales de traitement d'air, caisson de mélange, caisson de filtration, batterie froide, batterie chaude, humidificateur, ventilateurs - Réseau de distribution, gaines, bouche de soufflage, système de diffusion - Régulation - Cycle de fonctionnement hiver, cycle de fonctionnement été, représentation sur le diagramme de Carrier. **(3 semaines)**

Chapitre 5 - Energies renouvelables : Perspectives énergétiques mondiales, perspectives de demande d'énergie, perspectives d'offre d'énergie, réserves et ressources fossiles, réserves fissiles et potentiel renouvelable, orientations technologiques - **Gisement solaire** - **Solaire thermodynamique**, Concentration ponctuelle (centrales à tour, concentrateur parabolique et moteur de Stirling), Concentration linéaire (collecteurs cylindro-paraboliques, collecteurs Fresnel linéaires), Centrale combinée (gaz-vapeur) et hybride (solaire-gaz) - Stockage de l'énergie solaire dans les matériaux à changement de phase - **Solaire thermique**, chauffe eau solaire, chauffage solaire, séchage solaire, fours solaires, solaire passif - **Solaire photovoltaïque**, Principe de la conversion photovoltaïque, Différents composants d'une centrale photovoltaïque, Composition d'une cellule PV, Silicium cristallin, Silicium amorphe, autres technologies - Caractéristique tension/courant - Méthodologie de dimensionnement - **Centrales éoliennes**. Gisement éolien, étude aérodynamique de la pâle, rendement local et rendement global de la pâle, dimensionnement du rotor, matériaux et fabrication des pâles, **Energie géothermique** - **Centrales hydrauliques**. **(3 semaines)**

Chapitre 6 - Nouvelles énergies : Hydrogène - Techniques de production de l'hydrogène, à partir de combustibles fossiles, vaporeformage, oxydation partielle, électrolyse de l'eau couplée aux énergies renouvelables, à partir de la biomasse ou du nucléaire - Conversion énergétique de l'hydrogène, moteurs thermiques à hydrogène, application aéronautiques et spatiales, piles à combustible - Dangers de l'hydrogène et sécurité, inflammabilité, explosivité, sécurité du stockage et du transport - **Les piles à combustibles**, différents types de piles à combustible- Classification selon la température de fonctionnement - Différentes applications, stationnaire, automobile, portable - Etude sommaire d'une pile à combustible à membrane PEMFC (Proton Exchange Membrane Fuel Cell) - **Energie nucléaire** - Différents types de réacteurs, principe de fonctionnement du réacteur à eau pressurisée. **(2 semaines)**

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

Références bibliographiques :

1. Lucien BOREL, Daniel FAVRAT « Thermodynamique et Energétique » Presses Polytechniques 2005

2. *Michel PLUVIOSE « Ingénierie des turbomachines », Ellipses 2012*
3. *Jacques LAUNAY et Gabriel PERROTIN, « Stations de pompage », Techniques de l'Ingénieur, volume B4 340*
4. *Maxime DUMINIL « Théorie des machines frigorifiques », Techniques de l'Ingénieur volume B9 730*
5. *Farida DARKRIM-LAMARI et Pierre MALBRUNOT « Combustible hydrogène – Production, utilisation », Techniques de l'Ingénieur, volumes BE 8 565 & BE 8566*
6. *Jean-Marie MARTIN-AMOUROUX « Perspectives énergétiques mondiales », Techniques de l'Ingénieur, volume B8 515*

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. Rappel sur les turbomachines, classification, notion de similarité, nombres sans dimensions et triangles de vitesses, équation d'Euler des turbomachines

(3 semaines)

Chapitre2. Aérodynamique des grilles d'aubes

(3 semaines)

2.1 Efforts aérodynamiques (portance et traînée)

2.2 Corrélations pour la conception des grilles d'aubes (solidité, déviation, déflexion,...

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. Ecoulement 3D 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. Dixon *Fluid 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., Pearson Education, London, 2008.*
4. *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 : 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 : Maintenance des installations énergétiques
VHS : 45h00 (cours : 1h30, TP : 1h30)
Crédits : 4
Coefficient : 2

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

Mode d'évaluation: Contrôle Continu : 100%

Références :

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

Semestre : 2
Unité d'enseignement : UEM 1.2
Matière : Asservissement et régulation
VHS : 37h30 (cours: 01h30, TP:1h00)
Crédits : 3
Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement:

Le but et d'apprendre aux 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 :

Chapitre1 : Etudes des principes des systèmes régulés ou asservis linéaires (régulation de températures, climatisation, chaînes de production, etc.) **(2 semaines)**
Chapitre2 : Analyse des systèmes : **(2 semaines)**
Chapitre3 : Caractéristiques dynamiques d'un système **(2 semaines)**
Chapitre4 : Régulation en boucle ouverte et en boucle fermée **(3 semaines)**
Chapitre5 : Systèmes basiques de régulation (PID,...) **(3 semaines)**
Chapitre6 : Systèmes adaptatifs par apprentissage **(3 semaines)**

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 et Elisabeth 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*

Semestre : 2

Unité d'enseignement : UED 1.2

Matière : Matière 1 au choix

VHS : 22h30 (cours : 1h30)

Crédits : 1

Coefficient : 1

Semestre : 2

Unité d'enseignement : UED 1.2

Matière : Matière 2 au choix

VHS : 22h30 (cours : 1h30)

Crédits : 1

Coefficient : 1

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UET2.1
Matière 1: Éthique, déontologie et propriété intellectuelle
VHS: 22h30 (Cours: 01h30)
Crédits: 01
Coefficient: 01

Objectifs de l'enseignement:

Développer la sensibilisation des étudiants aux principes éthiques. Les initier aux règles qui régissent la vie à l'université (leurs droits et obligations vis-à-vis de la communauté universitaire) 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.

Connaissances préalables recommandées:

Aucune

Contenu de la matière :

A- Ethique et déontologie

I. Notions d'Éthique et de Déontologie

(3 semaines)

1. Introduction
 - 1.1. Définitions : Morale, éthique, déontologie
 - 1.2. Distinction entre éthique et déontologie
2. Charte de l'éthique et de la déontologie du MESRS : Intégrité et honnêteté. Liberté académique. Respect mutuel. Exigence de vérité scientifique, Objectivité et esprit critique. Équité. Droits et obligations de l'étudiant, de l'enseignant, du personnel administratif et technique.
3. Éthique 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)

II. Recherche intègre et responsable

(3 semaines)

1. Respect des principes de l'éthique dans l'enseignement et la recherche
2. Responsabilités dans le travail d'équipe : Égalité professionnelle de traitement. Conduite contre les discriminations. La recherche de l'intérêt général. Conduites inappropriées dans le cadre du travail collectif
3. 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.

B- Propriété intellectuelle

I- Fondamentaux de la propriété intellectuelle (1 semaine)

- 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 (5 semaines)

1. Droit d'auteur dans l'environnement numérique

Introduction. Protection des créations des logiciels. Protection des créations des Bases de données. Protection des données personnelles. 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. Utilité d'un brevet. Conditions de brevetabilité. Dépôt d'une demande de brevet en Algérie et dans le monde. Droits et revendications dans un brevet.

4. Marques, dessins et modèles

Définition. Droit des Marques. Droit des dessins et modèles. Appellation d'origine. Le secret. La contrefaçon.

5. Droit des Indications géographiques

Définitions. Protection des Indications Géographique en Algérie. Traités internationaux sur les indications géographiques.

III- Protection et valorisation de la propriété intellectuelle (3 semaines)

Modes de protection de la propriété intellectuelle. Violation des droits et outil juridique. Valorisation de la propriété intellectuelle. Protection de la propriété intellectuelle en Algérie.

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. Le télémaque, 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 "littérature 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. Emanuela Chiriac, Monique Filiatrault et André Régimbald. "guide de l'étudiant: l'intégrité intellectuelle plagiat, tricherie et fraude... les éviter et, surtout, comment bien citer ses sources" 2014
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

V - Programme détaillé par matière du semestre S3

Semestre : 3

Unité d'enseignement : UEF 2.1.1

Matière : Moteur à combustion interne approfondie

VHS : 67h30 (Cours : 3h00, TD: 1h30)

Crédits : 6

Coefficient : 3

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-dimensionnement
- 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 : Modelisation de la combustion dans les moteurs (4 semaines)

- 3-1 Modele une zone
- 3-2 Modele deux zones
- 3-3 Modele 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 : Rhéologie
VHS : 45h (cours : 01h30, TD : 1h30)
Crédits : 4
Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement :

- Approfondissement des connaissances en mécanique des fluides non-conventionnels.

Contenu de la matière :

I.	Introduction	(01 semaine)
II.	Définitions et lois générales	(02 semaines)
III.	Typologie des différents modes d'écoulement et applications	(04 semaines)
	Fluides visqueux	
	Fluides newtoniens	
	Fluides non newtoniens	
	Fluides à seuil	
IV.	Viscoélasticité	(03 semaines)
V.	Principes et description des différents rhéomètres	(02 semaines)
	Rhéomètre cône/plan	
	Rhéomètre de couette	
	Rhéomètre capillaire	
VI.	Applications : Ecoulements des fluides réels dans les conduites	(02 semaines)
VII.	Rhéologie des polymères et suspensions	(01 semaine)

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%

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

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 (Turbo-réacteurs)

- 1 Principe de fonctionnement du turboréacteur
- 2 Les éléments constructifs du turboréacteur
- 3 Les différents 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*, Association Aéronautique 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, Oscar Biblarz, *Rocket Propulsion Elements*, JOHN WILEY & SONS, 2001

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

Objectifs de l'enseignement :

Cette matière est un approfondissement de la matière de Mécanique des Fluides dans sa branche de la dynamique des gaz. Elle concerne l'aérodynamique non visqueuse des profils et des ailes dans toute la gamme des nombres de Mach. les étudiants auront la capacité d'évaluer les caractéristiques aérodynamiques (force et moment) auxquels l'obstacle est soumis du fait de l'écoulement, comme ils apprendront la modélisation mathématique de la théorie des phénomènes aérodynamique engendrés par les écoulements autour d'obstacles.

Connaissances préalables recommandées :

Contenu de la matière :

CHAP. I NOTIONS ET DEFINITIONS DES PROPRIETES DE L'AIR (01 semaine)

- 1- Température : statique, dynamique, totale (d'arrêt)
Variation de la température avec l'altitude
- 2- Pression : statique, dynamique, totale
Variation de la pression avec l'altitude
- 3- Masse volumique, rapport des masses volumiques et variation avec l'altitude
- 4- Viscosité : cinématique et dynamique

CHAP. II CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES D'UNE AILE (02 semaines)

- 1- Profil d'aile et ses différents types
- 2- Bord d'attaque
- 3- Bord de fuite
- 4- Bout d'aile
- 5- Envergure
- 6- Corde
- 7- Epaisseur
- 8- Surfaces générale et nette
- 9- Allongement (rapport d'aspect)
- 10- Flèche
- 11- Angle de dièdre
- 12- Angle d'attaque, angle d'incidence géométrique

CHAP. III DISTRIBUTION DE PRESSION, FORCES ET MOMENTS AERODYNAMIQUES (02 semaines)

- 1- Champ (distribution) de pression autour d'un profile d'aile
- 2- Coefficient de pression
- 3- Forces aérodynamiques :
 - Résultante aérodynamique
 - Force de portance
 - Force de trainée
- 4- Représentation des forces aérodynamiques pour différentes conditions de vol
- 5- Moments aérodynamiques :

- Moment de tangage
 - Moment de roulis
 - Moment de lacet
- 6- Coefficients aérodynamiques
- Coefficient de portance
 - Coefficient de trainée
 - Coefficient de tangage
 - Coefficient de roulis
 - Coefficient de lacet

CHAP. IV TYPES D'ÉCOULEMENT ET DE TUYÈRE

(02 semaines)

- 1- Vitesse d'écoulement : libre, relative
- 2- Vitesse du son
- 3- Nombre de Mach :
 - Général
 - Local
 - Critique
 - Limite
- 4- Expressions du nombre de Mach
- 5- Types d'écoulement :
 - Subsonique
 - Transsonique
 - Supersonique
 - Hypersonique
- 6- Théorème de Barré St Venant
- 7- Types de tuyère :
 - Convergente
 - Divergente
 - Mixte (Laval)
- 8- Théorème d'Hugoniot :
 - Débit d'air : massique, volumique
 - Equation de continuité
 - Relation entre surface et nombre de Mach de l'écoulement

CHAP. V ÉCOULEMENT AUTOUR D'UN PROFIL D'AILE

(03 semaines)

- 1- Couche limite
- 2- Régime d'écoulement : Nombre de Reynolds, Ecoulement laminaire, Ecoulement transitoire, Ecoulement turbulent
- 3- Ecoulement autour d'un profil d'aile :
 - Lignes de courant
 - Fonction des Lignes de courant
 - Potentiel de vitesse
 - Influence de l'incidence
 - Influence de la géométrie
 - Influence du nombre de Reynolds
 - Influence de la cambrure
 - Influence de l'allongement

CHAP. VI DIFFÉRENTES CONDITIONS DE VOL (02 semaines)

- 1- Sustentation, Hypersustentation, Décollement, Décrochage
- 2- Vol en palier, en montée, en descente, en virage

CHAP. VII DIFFERENTS DISPOSITIFS D'HYPERSENSTATION

(02 semaines)

- 1- Fente
- 2- Volets
- 3- Bec
- 4- Soufflage
- 5- Aspiration, Bord d'attaque basculant

Mode d'évaluation:

Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%.

Références bibliographiques:

Semestre : 3
Unité d'enseignement : UEM 2.1
Matière : CFD et logiciels
VHS : 45h (cours : 01h30, TD : 1h30)
Crédits : 4
Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement :

Le but de cette matière est de familiariser l'étudiant avec les techniques et les logiciels de calcul et de post traitement. Dans un premier chapitre une description générale du problème est faite en se basant sur les notions déjà acquises. A partir du deuxième chapitre chaque séance débutera par un cours de 1h ou 1h30 qui introduira les notions qui vont être cernées. Le deuxième chapitre introduit les logiciels de post traitement qui sont primordial dans la visualisations des résultats de calculs, dans ce chapitre des résultats calculés au préalable peuvent servir pour l'apprentissage. Le troisième chapitre introduit les logiciels Gambit et Mesh de Ansys. L'étudiant doit apprendre les techniques du traçage des différentes géométries ainsi que la génération des différents types de maillages. Les chapitres restant introduisent les différents types d'écoulements rencontrés dans la pratique à savoir : externes, internes et réactifs, d'autre type d'écoulements peuvent être abordés.

Connaissances préalables recommandées :

MDF, Thermodynamique

Contenu de la matière :

Chapitre I : Rappels sur les méthodes des différences finies et volumes finis **(1 semaine)**

1. Forme discrétisée de l'équation de transport de la variable généralisée.
2. Schémas numériques et algorithmes de traitement de la pression (Implicite, SIMPLE, PISO,...).
3. Traitement des termes source.
4. Résolution par balayage.
5. Organigramme général d'un programme de résolution des équations de transport.

Chapitre 2 : Logiciels de post traitement (intégré dans le code ou non)

(2 semaines)

1. Les logiciels traceurs de courbes et de champs : Origin, Tecplot,...
2. Applications sur les traceurs de courbes.
3. Applications sur les traceurs de champs.

Chapitre 3 : Générateurs de maillage

(2 semaines)

1. Le logiciel Gambit : Traçage de la géométrie, maillage et conditions aux limites.
2. Le logiciel de Ansys : Traçage de la géométrie, maillage et conditions aux limites.
3. Traitement du maillage près des parois : Cas des écoulements laminaires et turbulents.

Chapitre 4 : Ecoulements externes (Résolution par Code de calcul: Fluent, CFX...)

(3 semaines)

1. Définitions et cas d'applications.
2. Ecoulement sur une plaque plane (couche limite).
3. Ecoulement autour d'une aube.
4. Ecoulement autour d'un cylindre (stationnaire et instationnaire).

Chapitre 5 : Ecoulements internes (Résolution par code de calcul) (3 semaines)

1. Définitions et cas d'applications.
2. Ecoulement dans une conduite.
3. Convection dans une conduite : Laminaire (problème de Nusselt) et turbulente.
4. Ecoulement compressible dans une tuyère convergente-divergente.

Chapitre 6 : Ecoulements réactifs (Résolution par Fluent, CFX...) (4 semaines)

1. Définitions et cas d'application dans le domaine de la combustion.
2. Flammes turbulentes de diffusion en jet libre (Méthane-air, hydrogène-air,...).
3. Flammes turbulentes de diffusion en co-flow dans une chambre de combustion (Méthane-air, hydrogène-air,...).
4. Flammes de prémélanges.

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

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 : 45h00 (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 maîtriser 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 et solutions de base des programmes linéaires
 - 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'essai particulière

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.

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

Objectifs de l'enseignement :

Appliquer les connaissances acquises pendant le cour et TD de la matière aérodynamique sur quelques types de profils simple. 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 :

Faire quelques manipes, selon les moyens existants

Mode d'évaluation : Examen : 100%.

Références bibliographiques :

Brochures disponibles au niveau du laboratoire

Semestre: 3

Unité d'enseignement : UED 2.1

Matière : Matière 1 au choix

VHS : 22h30 (cours : 1h30)

Crédits : 1

Coefficient : 1

Semestre: 3

Unité d'enseignement : UED 2.1

Matière : Matière 2 au choix

VHS : 22h30 (cours : 1h30)

Crédits : 1

Coefficient : 1

Semestre : 3

Unité d'enseignement: UET 2.1

Matière 1 : Recherche documentaire et conception de mémoire

VHS : 22h30 (Cours: 1h30)

Crédits : 1

Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement :

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

Connaissances préalables recommandées :

Méthodologie de la rédaction, Méthodologie de la présentation.

Contenu de la matière:

Partie I- : Recherche documentaire :

Chapitre I-1 : Définition du sujet

(02 Semaines)

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

Chapitre I-2 : Sélectionner les sources d'information

(02 Semaines)

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

Chapitre I-3 : Localiser les documents

(01 Semaine)

- Les techniques de recherche
- Les opérateurs de recherche

Chapitre I-4 : Traiter l'information

(02 Semaines)

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

Chapitre I-5 : Présentation de la bibliographie

(01 Semaine)

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

Partie II : Conception de mémoire

Chapitre II-1 : Plan et étapes du mémoire (02 Semaines)

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

Chapitre II- 2 : Techniques et normes de rédaction (02 Semaines)

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

Chapitre II-3 : Atelier : Etude critique d'un manuscrit (01 Semaine)

Chapitre II-4 : Exposés oraux et soutenances (01 Semaine)

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

Chapitre II-5 : Comment éviter le plagiat ? (01 Semaine)

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

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

Mode d'évaluation :

Examen : 100%

Références bibliographiques :

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

Proposition de quelques matières de découverte

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

Objectifs de l'enseignement :

Connaissance du domaine des basses températures (cycles, procédés, applications).

Connaissances préalables recommandées :

Notions de thermodynamiques

Contenu de la matière :

1. RAPPELS THERMODYNAMIQUES
2. CRYOGENIE ; DEFINITIONS ET DOMAINES D'APPLICATION
3. CYCLES ET PROCEDES CRYOGENIQUES
(Procédés à détente isenthalpique de Joule Thomson ; Cycles inverses de Brayton à détente isentropique ; Les procédés mixtes associant une détente isenthalpique et une détente isentropique (cycle de Claude) ; Les cascades classiques ou intégrées
4. EXEMPLES DE CYCLES DE LIQUEFACTION (Cycle de liquéfaction d'Azote, Cycle de liquéfaction d'hélium)
5. PROCEDES DE SEPARATION DES GAZ (Procédés de séparation de l'hydrogène par perméation).

Mode d'évaluation:

Examen: 100%.

Références bibliographiques :

1. Pierre Petit : Séparation et liquéfaction des gaz. Technique de l'ingénieur. J3600 ;
2. Olivier Perrot : Cours des machines frigorifiques. I.U.T. de Saint Omer Dunkerque. Département Génie thermique et énergie. 2010 – 2011.
3. A. Herbreteau : La séparation des gaz et de vapeur par le procédé de perméation gazeuse. La houille blanche n°7/8 1986.

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 :

1. Le Gisement Solaire
2. Conversion Thermique : Applications à Basse Température
3. Stockage de L'énergie Solaire
4. La Conversion Photovoltaïque
5. La Géothermie
6. L'énergie Eolienne
7. L'énergie Hydraulique
8. L'énergie de la Biomasse
9. L'énergie des Mers

Mode d'évaluation:

Examen: 100%.

Références bibliographiques :

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

Semestre : 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
Chapitre 4. 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 pistons axiaux, 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:

Contrôle continu : 100%

Références bibliographiques:

1. Jacques Faisandier, *Mécanismes hydrauliques et pneumatiques, Collection: Technique et Ingénierie, Dunod/L'Usine Nouvelle, 2013.*
2. José Roldan Vilorio, *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.*