



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>Construction mécanique</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



مواصفة

عرض تكوين
ماستر أكاديمي

2017-2016

الميدان	الفرع	التخصص
علوم و تكنولوجيا	هندسة ميكانيكية	انشاء ميكانيكي

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	Construction mécanique	Construction mécanique	1	1.00
		Energétique	2	0.80
		Génie civil	3	0.70
		Travaux publics	3	0.70
		Autres licences du domaine ST	5	0.60

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

Semestre 1 : Construction mécanique

Unité d'enseignement	Matières	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 semaines)	Travail Complémentaire en Consultation (15 semaines)	Mode d'évaluation	
	Intitulé			Cours	TD	TP			Contrôle Continu	Examen
UE Fondamentale Code : UEF 1.1.1 Crédits : 10 Coefficients : 5	Mécanique des milieux continus	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Résistance des matériaux Avancée	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 1.1.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Moteurs à combustion interne	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Mécanique des fluides appliquée	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 1.1 Crédits : 9 Coefficients : 5	TP MDF/RDM	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	Techniques de fabrication Conventionnelles et avancées	4	2	1h30		1h30	45h00	55h00	40%	60%
	Automatisation des systèmes industriels	3	2	1h30		1h00	37h30	37h30	40%	60%
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	15h00	6h00	4h00	375h00	375h00		

Semestre 2 : Construction mécanique

Unité d'enseignement	Matières	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 semaines)	Travail Complémentaire en Consultation (15 semaines)	Mode d'évaluation	
	Intitulé			Cours	TD	TP			Contrôle Continu	Examen
UE Fondamentale Code : UEF 1.2.1 Crédits : 10 Coefficients : 5	Méthode des éléments finis	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Dynamique des structures avancée	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 1.2.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Systèmes mécaniques articulés et robotique	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Conception de systèmes mécanique	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 1.2 Crédits : 9 Coefficients : 5	TP Eléments finis	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	CFAO	3	2	1h30		1h00	37h30	37h30	40%	60%
	Optimisation	4	2	1h30		1h30	45h00	55h00	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 : Construction mécanique

Unité d'enseignement	Matières	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 semaines)	Travail Complémentaire en Consultation (15 semaines)	Mode d'évaluation	
	Intitulé			Cours	TD	TP			Contrôle Continu	Examen
UE Fondamentale Code : UEF 2.1.1 Crédits : 10 Coefficients : 5	Matériaux	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Dynamique des machines tournantes	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Charpente métallique	2	1	1h30			22h30	27h30	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 2.1.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Matériaux composites	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Mécanique de la rupture et fatigue	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 2.1 Crédits : 9 Coefficients : 5	Bureau des Méthodes	4	2	1h30		1h30	45h00	55h00	40%	60%
	Turbomachines	2	2	1h30		1h00	37h30	37h30	40%	60%
	Logiciels de simulation numérique en mécanique	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	15h00	6h00	4h00	375h00	375h00		

UE Découverte (S1, S2, S3)

- 1- Tribologie (*)
- 2- Energies renouvelables (*)
- 3- Hygiène et sécurité
- 4- Aéronautique
- 5- Transport
- 6- Fiabilité
- 7- management de la qualité
- 8- La Conception collaborative (*)
- 9- Théorie de résolution des problèmes d'innovation "Méthode TRIZ" (*)
- 10- Mécanismes de transformation de mouvement et Cames (*)
- 11- Systèmes et dispositifs hydrauliques et pneumatiques(*)
- 12- Techniques de soudage(*)
- 13- Contrôle non destructif (*)
- 14- Electronique
- 15- Electrotechnique
- 16- Autres...

(*) **UED recommandées**

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 milieux continus****VHS: 67 h30 (Cours: 3h00, TD: 1h30)****Crédits : 6****Coefficient : 3****Objectifs de l'enseignement:**

L'objectif de la mécanique des milieux continus est d'analyser le mouvement d'un corps ou d'un objet matériel. La continuité du domaine est définie mathématiquement par des fonctions continues caractérisant le domaine. Nous nous intéressons aux domaines matériels subissant des transformations continues. Une attention particulière est accordée aux domaines ayant des comportements de corps solide. Les transformations continues du domaine engendrent des tenseurs de déformations et de contraintes, lesquelles sont reliées par des lois de comportement. L'ambition de ce *cours est* d'apprendre, aux *étudiants*, les fondements théoriques et préceptes *méthodologiques*, permettant de résoudre analytiquement certains problèmes d'élasticité linéaire. Pour simplifier le cours il est recommandé d'utiliser la notation indicielle.

Connaissances préalables recommandées :

Mécanique rationnelle, Sciences des matériaux, TP Résistance des matériaux, Algèbre linéaire, Calcul matriciel, Equations différentielles, Elasticité et Résistance des matériaux,

Contenu de la matière:**Chapitre I :** Introduction à la mécanique des milieux continus **(1 semaine)****Chapitre II :** Calcul tensoriel et notation indicielle **(2 semaines)**

II-1 Tenseurs

II-2 Notation indicielle : convention de somme, indice libre, indice muet, symbole de Kronecker, symbole de permutation.

II-3 Champ tensoriel et différentiation d'un champ tensoriel: différentiation d'un vecteur, gradient d'un scalaire, divergence et rotationnel d'un vecteur, Laplacien d'un scalaire, gradient d'un vecteur et divergence d'une matrice.

II-4 Théorèmes intégrales de Gauss et de Stokes

Chapitre III: Tenseur de déformations **(2 semaines)**

III-1 Le mouvement et ses représentations

III-2 Déformation d'un milieu continu: notion de déformation, Définition de l'opérateur des déformations, tenseur de déformations.

III- 3 Invariants du tenseur de déformations

III-4 Equations de compatibilité

Chapitre IV : Tenseur de contraintes **(3 semaines)**

IV-1 Tenseur de contraintes et des invariants

IV-2 Equation d'équilibre et symétrie du tenseur de contraintes

IV-3 Contrainte normale et contrainte tangentielle

IV-4 Directions principales et contraintes principales

IV-5 Tricerclles de Mohr

IV-6 Cas particuliers du tenseur de contraintes

Chapitre V : Lois de comportement en élastique linéaire **(2 semaines)**

V-1 Forme générale de la loi de comportement d'un matériau élastique homogène isotrope

V-2 Caractéristiques mécaniques de quelques matériaux isotrope

Chapitre VI - Energie de déformation et critères de résistance (1semaine)

VI-1 Energie de déformation

VI-2 Critère de résistance : Position du problème, Critère de Von Mises, Critère de Tresca

Chapitre VII - Résolution des problèmes d'élasticité linéaire (4 semaines)

VII- 1- Résolutions par la méthodes des déplacements (Equations de Navier).

VII- 2- Exemples de résolution des problèmes par la méthodes des déplacements : torsion d'un cylindre, cylindre épais soumis à une pression.

VII- 3 Résolution par la méthode des contraintes (Méthode de Beltrami).

VII - 4 Elasticité plane et fonctions d'Airy.

VII - 5 Exemples de résolution des problèmes d'élasticité par la fonction d'Airy.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu : 40% ; examen : 60%.

Références bibliographiques:

1. *Mécanique des milieux continus - Tome 1 - Concepts généraux* par Jean Salençon, Edition Ecole Polytechnique de Paris, (2005).
2. *Mécanique des milieux continus - Tome 2 - Thermoélasticité* par Jean Salençon, Edition Ecole Polytechnique de Paris, (2002).
3. *Mécanique des milieux continus - Tome 3 - Milieux curvilignes* par Jean Salençon, Edition Ecole Polytechnique de Paris, (2002).
4. *Mécanique des milieux continus*, par P. Germain, Editions Masson, Paris (1983)
5. *Théorie de l'élasticité*, par S. Timoshenko et J.M.Goodier, Librairie Polytechnique Ch. Béranger, 1961
6. *Mécanique des milieux continus - 4e édition: Cours et exercices corrigés*, par Jean Coirier et Carole Nadot-Martin, Edition Dunod, 2013
7. *Modélisation mathématique et mécanique des milieux continus*, Par Roger Temam et Alain Miranville, Edition Scopus, Springer.
8. *Mécanique des milieux continus*, par G. Duvaut, Edition Masson, 1990
9. *Introduction à la mécanique des milieux continus*, par Paul Germain et Patrick Muller, Edition Masson, 1995
10. *Mécanique des milieux continus: une introduction*, Par John Botsis et Michel Deville, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes

Semestre : 1

Unité d'enseignement : UEF 1.1.1

Matière : Résistance des matériaux avancée

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

Crédits : 4

Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement :

Aborder des notions avancées de résistance des matériaux.

Connaissances préalables recommandées :

RDM 1.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Calcul des contraintes dans le cas de flexion déviée **(2 semaine)**

Chapitre 2 : Détermination des déplacements et contraintes dans une barre par les méthodes énergétiques **(3 semaines)**

Chapitre 3 : Résolution de systèmes hyperstatiques par la méthode des forces **(3 semaines)**

Chapitre 4 : Théories des états de contraintes limites **(2 semaines)**

Chapitre 5 : Plaques minces et coques **(2 semaines)**

Chapitre 6 : Calcul des éléments en dehors de la limite d'élasticité **(2 semaines)**

Chapitre 7 : Résistance lors de contraintes cycliques **(1 semaine)**

Mode d'évaluation :

Contrôle Continu : 40%, Examen : 60%.

Références bibliographiques :

- 1- *Résistance des matériaux*, V. Feodossiev Edition MIR 1971.
- 2- *Résistance des matériaux*, William A. Nash ; McGraw-Hill 1983.
- 3- A. Giet ; L. Geminard. « *Résistance des matériaux* », Editions Dunod 1986, Paris.
- 4- S. P. Timoshenko. « *Résistance des matériaux* », Editions Dunod ; Paris.
- 5- M. Albiges ; A Coin. « *Résistance des matériaux* », Editions Eyrolles 1986 ; Paris.
- 6- Jean-Claude Doubrère. « *Résistance des matériaux* », Editions Eyrolles 2013
- 7- Youde Xiong. « *Exercices résolus de résistance des matériaux* », Editions Eyrolles, 2014.
- 8- Claude Chèze. « *Résistance des matériaux - Dimensionnement des structures, Sollicitations simples et composées, flambage, énergie interne, systèmes hyperstatiques* », Ellipses, 2012.

Semestre : 1
Unité d'enseignement : UEF1.1.2
Matière : Moteurs à combustion interne
VHS : 45h (cours: 01h30, TD : 1h30)
Crédits : 4
Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement :

Fournir une description analytique du fonctionnement des moteurs à combustion interne ainsi que les principes du calcul de leurs performances et de leur dimensionnement de base.

Développer l'aptitude à intégrer l'ensemble des disciplines de la mécanique permettant de structurer la description des moteurs à combustion interne, d'en maîtriser les aspects conceptuels et d'en modéliser le comportement.

Connaissances préalables recommandées :

Connaissances en thermodynamique appliquée et en combustion

Connaissances en cinématique et dynamique des machines

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Analyse organique, thermodynamique et mécanique générale **(2 semaines)**

Chapitre 2 : Chaînes cinématique principale et auxiliaires fonctionnels **(2 semaines)**

Chapitre 3 : Cycles thermodynamiques, effets pariétaux, flux d'énergie **(2 semaines)**

Chapitre 4 : Respirations : modes opératoires, aspiration et suralimentation **(2 semaines)**

Chapitre 5 : Frottements, architecture générale, dimensions principales **(2 semaines)**

Chapitre 6 : Propriétés de combustibilité et étude des modes de combustion **(2 semaines)**

Chapitre 7 : Etudes des anomalies et optimisation des lois de combustion **(2 semaines)**

Chapitre 8 : Technologies d'alimentation et maîtrise des émissions polluantes **(1 semaine)**

Mode d'évaluation:

Contrôle Continu : 40%, Examen : 60%.

Références bibliographiques :

1. J. B. Heywood, "Internal Combustion Fundamentals", McGraw Hill Higher Education, 1989.
2. P. Arquès, « Conception et construction des moteurs alternatifs », Ellipse, 2000.
3. J-C. Guibet, « Carburants et moteurs », 1997.
4. P. Arquès, « Moteurs alternatifs à combustion interne (Technologie) », Masson édition, 1987.
5. U.Y. Famin Gorban, A.I., Dobrovolsky V.V, Lukin A.I. et al., « Moteurs marins à combustion interne », Leningrad: Sudostrojenij, 1989, 344p.
6. W. Diamant, « Moteurs à combustion interne », ECAM, 1984.
7. M. Desbois, R. Armao, « Le moteur diesel, Edition Foucher », Paris, 1974.
8. M. Menardon, D. Jolivet, « Les moteurs, Edition Chotard », Paris, 1986.

9. M. Desbois, « *L'automobile : T1 : les moteurs à 4 temps et à deux temps. T2 : Les organes de transmission et d'utilisation* », Edition Chotard, 1989.
10. P. Arques, « *La combustion* », Ellipses, Paris, 1987.
11. H. Memetau, « *Techniques fonctionnelles de l'automobile : Le Moteur et ses auxiliaires* », Dunod, Paris, 2002.

Semestre : 1
Unité d'enseignement : UEF 1.1.2
Matière : Mécanique des fluides appliquée
VHS : 45h (cours : 01h30, TD : 01h30)
Crédits : 4
Semestre : 2

Objectifs de l'enseignement:

Acquérir les connaissances nécessaires de la mécanique des fluides telles que les principales lois de conservation afin de les adapter aux préoccupations des expérimentateurs et des ingénieurs/concepteurs : calcul & dimensionnement de structures, organes et réseaux de distribution des systèmes des énergies renouvelables. Compléments de connaissances techniques en mécanique des fluides appliquée aux réseaux hydrauliques

Connaissances préalables recommandées:

Base de mécanique des fluides.

Développer une expertise dans le domaine des méthodes analytiques et numériques afin de comprendre et d'utiliser les concepts avancés de la mécanique des fluides.

Des travaux portant sur la résolution analytique et numérique (avec l'aide d'un logiciel commercial) permettent de mieux comprendre la matière théorique. Projet de synthèse.

Contenu de la matière:

Chapitre 1: Rappels sur la statique des Fluides (cas des réservoirs et enceintes de stockage)
(1 semaine)

Chapitre 2 : Concept de la Dynamique des fluides (rappel des équations sans démonstration)
(1 semaine)

Chapitre 3 : Les régimes d'écoulement des fluides primaires et secondaires **(2 semaines)**

Chapitre 4 : Application des lois de conservation (masse, quantité de mouvement et énergie) à ces régimes (cas de problèmes types) **(3 semaines)**

Chapitre 5 : Ecoulement dans les conduites (introduction des écoulements de FANNO et de REILEY) **(3 semaines)**

Chapitre 6 : Calcul des réseaux de distribution et point de fonctionnement d'un système thermodynamique **(3 semaines)**

Chapitre 8 : Lubrification hydrodynamique **(2 semaines)**

Mode d'évaluation:

Contrôle continu : 40 % ; Examen : 60 %.

Références bibliographiques:

1. *Thermohydraulique multiphasique, document de cours, G. BERTHOUD, ENSPG – France, 1993.*
2. *Boiling condensation and gas – liquid flow, P. B. WHALLEY, Oxford, 1987.*
3. *Multiphase Flow Dynamics, Kaviany, Maasoud, 1- Fundamentals.*
4. *Multiphase Flow Dynamics, Kaviany, M., 2- Thermal and Mechanical Interactions.*

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

Objectifs de l'enseignement :

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

Connaissances préalables recommandées :

MDF, Résistance des matériaux.

Contenu de la matière : selon les moyens existants

TP MDF

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

TP RDM

1. Poutre triangulée
2. Déplacements transversaux dans une poutre - Flexion
3. Moments fléchissant & Contraintes normales - Flexion
4. Flambement
5. Systèmes hyperstatiques
6. Autres....

Mode d'évaluation : Contrôle Continu : 100%.

Références bibliographiques :

Semestre : 1

Unité d'enseignement : UEM 1.1

Matière : Techniques de fabrication conventionnelles et avancées

VHS : 45h (cours : 01h30, TP : 01h30)

Crédits : 4

Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement :

L'objectif de cet enseignement est de faire apprendre à l'étudiant les différents procédés d'obtention des pièces.

Ouvrir à l'étudiant un autre horizon de techniques qui sont nécessaires pour le façonnage des pièces particulières.

Connaissances préalables recommandées :

Dessin industriel, mécanique générale

Contenu de la matière :

Partie I

1. Introduction
2. Fonderie
3. Mise en forme par déformation plastique
4. Formage des produits plats
5. Usinage

Partie II

1. l'électroérosion
2. Le frittage.
3. L'usinage photochimique.
4. L'usinage par Laser.
5. Formage par explosion,
6. Formage électro-hydraulique.
7. Formage électromagnétique.

Mode d'évaluation :

Contrôle Continu : 40%, Examen : 60%.

Références bibliographiques :

1. Claude Corbet, *Mémotech - Procédés de mise en forme des matériaux*, Editeur(s) : Casteilla, Collection : Mémotech, 2005.
2. M. Ashby, Y. Bréchet, L. Salvo, *selection des matériaux et des procédés de mise en œuvre*, Vol. 20 du *Traité des Matériaux*, Presses polytechniques et universitaires romandes, 2001.
3. Eric FELDER, *Mise en forme des métaux - Aspects mécaniques et thermiques*, *Techniques de l'Ingénieur*, Référence M3000 v2, 2015.
4. Éric FELDER, *Lubrification en mise en forme - Principes généraux et choix*, *Techniques de l'Ingénieur*, Référence M3015 v1, 2006.

5. *SUÉRY Michel, Mise en forme des alliages métalliques à l'état semi-solide, Hermes, Lavoisier, 2002.*
6. *Battaglia Jean-Luc, Transferts thermiques dans les procédés de mise en forme des matériaux : cours et exercices corrigés, Paris Hermes science publ. 2007 Lavoisier.*
7. *L. Rimbaud, G. Layes, J. Moulin, Guide Pratique de l'usinage, Hachette Technique, 2006.*
8. *J. SAINT-CHELY, "choix des outils et des conditions de coupe en tournage", 1993.*
9. *Pierre Bourdet. La coupe des métaux. Cours Ecole normale supérieure de Cachan, Ver 5 2004*
10. *J. Jacob, Y. Malesson, D. Ricque, Guide pratique de l'usinage 2 : Tournage, Hachette Techniques.*
11. *François BAGUR, Matériaux pour outils de coupe, Techniques de l'Ingénieur, Référence BM7080 v1, 1999.*
12. *Eric FELDER, Modélisation de la coupe des métaux, Techniques de l'Ingénieur, Référence BM7041 v1, 2006.*

Semestre : 1

Unité d'enseignement : UEM 1.1

Matière : Automatisation des systèmes industriels

VHS : 37h30 (cours : 01h30, TP : 1h00)

Crédits : 3

Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement :

L'assimilation des connaissances fondamentales dans le domaine de l'automatique, et l'acquisition des notions nécessaires à la commande de processus industriels. En général c'est connaître définir, implanter les règles de commande d'un système à partir de la connaissance du comportement dynamique du procédé à automatiser et des objectifs à atteindre.

Connaissances préalables recommandées :

Mathématique, régulation, construction mécanique, électricité.....

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Introduction, systèmes de commande, systèmes de supervision, Manufacturing Execution system (MES). **(2 Semaines)**

Chapitre 2: Systèmes automatisés

(Contrôle et commande industriels)

(3 Semaines)

- Introduction
- Objectif de l'automatisation des systèmes industriels
- Rentabilité d'un automatisme
- Cycle de vie d'un système industriel
- Conception modulaire
- Implantation

Chapitre 3: Systèmes de supervision

(4 Semaines)

- Rôle d'un système de supervision
- Conception des applications de supervision

Chapitre 4: Structure des automates programmables

(4 Semaines)

- rôle d'un automate, principes de la logique programmable,
- principe de l'automate programmable, Technologie de réalisation
- les automates programmables virtuels (Soft PLC)

Chapitre 05: Interface industrielles et dispositifs de sécurité **(2 Semaines)**

Mode d'évaluation :

Contrôle Continu : 40%, Examen : 60%.

Références bibliographiques :

- 1- Henri Bourles. « Systèmes linéaires de la modélisation à la commande ». Editions Lavoisier 2006, Paris.
- 2- Jean Marie Flans. « La régulation industrielle ». Hermès 1994 ; Paris.

- 3- *Philippe de Larminat. « Automatique commande des systèmes linéaires ». Editions Hermès 1996 ; Paris*
- 4- *Patrick Prouvost. « Automatique – Contrôle et régulation », Edition Dunod 2010.*
- 5- *Yves GRANJON. « Automatique ». Edition Dunod 2010*
- 6- *Olivier Le Gallo. « Automatique des systèmes mécaniques ». Edition Dunod, 2009.*
- 7- *Gérard Boujat, Patrick Anaya. « Automatique industrielle », Edition Dunod, 2007.*
- 8- *JANET Maurice. « Précis de calcul matriciel et de calcul opérationnel », Edition Euclide 1982.*
- 9- *Patrick Prouvost. « Automatique – Contrôle et régulation ». Edition Dunod, 2010.*

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 1: 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 : Méthode des éléments finis
VHS : 67h30 (cours : 3h00, TD : 1h30)
Crédits : 6
Coefficient : 3

Objectifs de l'enseignement :

Présenter la méthode des éléments finis et les méthodes de résolution modernes qui permettent de traiter les problèmes linéaires et non linéaires, les problèmes de champs à une et deux dimensions, les problèmes de champs non stationnaires et les problèmes de la mécanique des solides

Il est principalement destiné aux étudiants qui souhaitent développer des compétences globales dans la méthodologie des éléments finis, des concepts fondamentaux à des implémentations informatiques pratiques.

Connaissances préalables recommandées :

Notions en : Mécanique des Milieux Continus, Formulation variationnelle, Calcul matriciel, Calcul différentiel, Analyse Numérique.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Concepts de Base

(2 semaines)

- 1-Introduction sur la méthode des éléments finis
- 2- Energie de déformation.
- 3- Méthodes d'analyse matricielle
- 4- Principe des travaux virtuels
- 5-Principe Variationnel
- 6- Méthode de Galerkin (Résidus pondérés)

Chapitre 2 : Éléments linéaires de structures

(4 semaines)

- 1- Éléments ressorts linéaire et spiral.
- 2- Éléments de Barre élastique
- 3- Systèmes de treillis
- 4- Éléments de Poutre

Chapitre 3 : Éléments de structures bi -dimensionnels

(3 semaines)

- 1- Introduction
- 2- Contraintes planes, déformations planes et relations contraintes-déformations
- 3- Éléments Plans triangulaires et rectangulaires (d'ordre 1 : T3 et Q4 et d'ordre élevés : T6 et Q8)
- 4- Formulation isoparamétrique de l'élément quadrilatéral
- 5- Éléments pour la flexion des plaques (ACM, R4)

Chapitre 4 : Éléments de structures tri-dimensionnels

(3 semaines)

- 1- Introduction
- 2- Éléments Tétraédriques (4, 10 et 20 nœuds)
- 3- Éléments Solides (Briques à 8 nœuds)
- 4- Formulation isoparamétrique des éléments de volume
- 5- Analyse de structures tridimensionnelles en utilisant des éléments plans.

6- Solide de révolution (Axisymétrique)

Chapitre 6- Formulations complémentaires**(3 semaines)**

- Techniques éléments finis
 - Conception de maillage
 - Distorsion
 - Comment choisir un maillage
 - Convergence
- Non linéarité matérielle
 - Elastoplasticité
 - Comportement élastoplastique
 - Techniques de résolution
- Problèmes thermiques

Mode d'évaluation:

Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%.

Références bibliographiques:

1. J.F. Imbert, "Analyse Des Structures Par Elements Finis", Cepadues, 3ème Éd., 1991.
2. Jean-Louis Batoz, Gouri Dhatt, "Modelisation Des Structures Par Elements Finis, Volume 1 : Solides Elastiques", Hermès Sciences Publication 1990.
3. Jean-Louis Batoz, Gouri Dhatt, "Modelisation Des Structures Par Elements Finis, Volume 2 : Poutres & Plaques", Hermès Sciences Publication 1990.
4. Jean-Louis Batoz, "Modelisation Des Structures Par Elements Finis, Tome 3 : Coques", Hermès Sciences Publication 1992.
5. O.C.Zienkiewicz, "La Methode Des Elements Finis", Mc Graw Hill, 1979.
6. Comprendre les éléments finis (Principes, formulation et exercices corrigés)
7. Rahmani O et Kebdani S., Introduction à la méthode des éléments finis pour les ingénieurs, 2^{ème} ed. OPU, 1994.
8. Paul Louis George, "Generation Automatique De Maillages: Applications Aux Methodes d'elements Finis", Dunod, 1990.
9. C. Zienkiewicz And R. L. Taylor, "The Finite Element Method For Solid And Structural Mechanics", Sixth Edition By O. Butterworth-Heinemann 2005.
10. Alaa Chateaufneuf, "Comprendre Les Elements Finis : Structures. Principes, Formulations Et Exercices Corrigees", Ellipses Marketing, Juillet 2005.

Semestre : 2

Unité d'enseignement : UEF 1.2.1

Matière : Dynamique des structures avancées

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

Crédits : 4

Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement :

Ce cours a pour objectif la détermination et la résolution de l'équation du mouvement des structures (libres, forcées, amorties non amorties...). La connaissance des différentes réponses dues aux différents chargements nous renseigne sur les modes de vibrations et les possibilités de leurs amortissements.

Connaissances préalables recommandées :

Des connaissances sont nécessaires en Dynamique du solide, en Mécanique analytique, en vibration et ondes et en Résistance des matériaux.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 Rappels de cinétique, dynamique

(2 semaines)

Moment et Tenseur d'inertie d'un ensemble matériel et des géométries courantes. Théorème de Huygens-Koenigs. Torseur cinématique- cinétique- dynamique- Energie cinétique. Principe Fondamental de la Dynamique, Théorèmes de la quantité de mouvement, du moment cinétique et de l'énergie cinétique. Principe des travaux virtuels, Equation de Lagrange de 1ère et 2ème espèce, Principe de Hamilton.

Chapitre II : Systèmes à un degré de liberté

(2 semaines)

- II.1 Oscillations libres non amorties
- II.2 Le coefficient de rigidité de quelques systèmes
- II.3 Oscillations libres amorties
- II.4 Applications

Chapitre III : Oscillations forcées des systèmes à 1DDL

(2 semaines)

- III.1 Généralités
- III.2 Oscillations forcées dues à un chargement harmonique
- III.3 Oscillations forcées dues à un chargement impulsif semi-sinus
- III.4 Oscillations forcées dues à un chargement Spectral - intégrale de DUHAMEL
- III.5 Oscillations forcées dues à un chargement aléatoire

Chapitre IV : Vibrations des systèmes continus

(3 semaines)

- IV.1 Rappels sur les systèmes à plusieurs degrés de liberté.
- IV.2 Vibrations des cordes.
- IV.3 Vibrations des poutres.
- IV.4 Vibrations des membranes.

Chapitre V : Méthodes variationnelles de caractérisation des valeurs propres.

(3 semaines)

- V.1 Le quotient de Rayleigh
- V.2 Recherche itérative des modes et valeurs propres
- V.3 Applications - Approximation des systèmes continus (pendules - poutres en flexion pure)

Chapitre VI Méthodes numériques appliquées à la dynamique des structures (3 semaines)

VI.1 La méthode des éléments finis en dynamique des poutres

VI.2 Formulation variationnelle des vibrations libres en flexion

VI.3 Calculs des vibrations libres par éléments finis

Mode d'évaluation:

Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%.

Références bibliographiques:

1. *Théorie Des Vibrations, S. Timoshenko*
2. *Théorie Des Vibrations, Application à la dynamique des structures , M. Géradin*
3. *Dynamique des structures Patrick Paultre Hermès - Lavoisier*
4. *Dynamique des structures : Analyse modale numérique de Thomas Gmür Editeur : Presses Polytechniques et Universitaires Romandes*
5. *Dynamique des structures, Tome 1, Principes et fondamentaux, R.W.CLOUGH et J. PENZIEN*
6. *Dynamique des structures : Analyse modale numérique, Thomas Gmür , Editeur : Presses Polytechniques et Universitaires Romandes*

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

Objectifs de l'enseignement :

Etre capable de modéliser un mécanisme simple en système de corps solides rigides indéformables, être capable de résoudre les problèmes de statique, de cinématique et de dynamique associés.

Connaissances préalables recommandées :

Connaissances de base en mécanique du solide, cinétique et dynamique des corps rigides, théorie des mécanismes et torseurs.

Contenu de la matière:

- Chapitre I :** Introduction à la robotique **(1 semaines)**
 (Définitions, Terminologie, Types d'architectures: Robots sériels, Robots parallèles, Robots mobiles, robots flexibles, robots marcheurs Etc..)
- Chapitre II :** Paramétrage d'un solide et une chaîne de solides dans l'espace **(2 semaines)**
- Chapitre III :** Modèles géométriques direct et inverse **(3 semaines)**
- Chapitre IV :** Modèles cinématiques direct et inverse **(2 semaines)**
- Chapitre V :** Modélisation dynamique (Formalisme de Lagrange, Formalisme de Newton-Euler) **(3 semaines)**
- Chapitre VI :** Génération de mouvement **(2 semaines)**
- Chapitre VII :** Initiation à la robotique médicale et d'assistance aux personnes à mobilité réduite **(2 semaines)**
- Mini-projet :** Modélisation d'un robot pour une tâche précise, détermination de l'espace de travail et placement optimal d'un robot.
(Travail à domicile 21 jours)

Ou

TP : Programmation d'un robot (tâches par points, tâches continues, pick and place)

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

Références bibliographiques :

1. *Modélisation, identification et commande des robots*, Wisama Khalil et Etienne Dombre ; Hermès Lavoisier 1999.
2. *Théorie des mécanismes parfaits : outils de conception* auteur(s) : leroy Lavoisier 1998
3. *Théorie simplifiée des mécanismes élémentaires* auteur : loche l.-e. Dunod 2001
4. *J. P. Lellmend et Said Zeghloul " Robotique aspects fondamentaux* Masson 1991.
5. *Théorie des mécanismes parfaits : outils de conception* auteur(s) : leroy Lavoisier 1998
6. *A. Pruski Robotique générale*. Ellipses 1988

7. *P. André Traité de robotique T4 : Constituants technologiques. Hermes 1986*
8. *M. Cazin et J. Metje Mécanique de la robotique Dunod 1989*
9. *Jack Guittet La robotique médicale. Hermes 1998*

Semestre : 2
Unité d'enseignement : UEF 1.2.2
Matière : Conception des systèmes mécaniques
VHS : 45h (cours : 01h30, TD: 01h30)
Crédits : 4
Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement :

Connaître la démarche générale de conception d'un nouveau produit ou l'amélioration d'un produit existant. Appliquer les outils de créativité pour un travail de conception en groupe. Dimensionner des mécanismes. Approfondir les connaissances technologiques de certains systèmes mécaniques.

Connaissances préalables recommandées :

RDM, Mécanismes, éléments de machines.

Contenu de la matière :

Chapitre 1. Généralités sur l'analyse fonctionnelle : (1 Semaine)

(Définition, produit, système, utilisateur, environnement d'un produit, processus de développement de produits, cycle de vie, situation de vie, champ d'application, analyse fonctionnelle externe, analyse fonctionnelle interne, exemples).

Chapitre 2. Fonctions : (1 Semaine)

(Définition, formulation des fonctions, fonction principale de service, fonction complémentaire, fonction contrainte, fonction technique, exemples).

Chapitre 4. Démarche de l'analyse fonctionnelle : (1 Semaine)

(Expression du besoin, Recensement, ordonnancement, caractérisation, hiérarchisation, diagramme "Pieuvre", applications).

Chapitre 5. Le cahier des charges fonctionnel : (1 Semaine)

(Définition, critère, niveau, flexibilité, démarche de l'analyse de la valeur, rédaction).

Chapitre 7. Application à la chaîne cinématique d'un véhicule : (3 Semaines)

Chapitre 8. Application à la chaîne cinématique d'une machine-outil : (3 Semaines)

Chapitre 9. Application à la chaîne cinématique d'un engin de levage : (2 Semaines)

Chapitre 10. Application à la conception complète d'un organe de machine : (3 Semaines)

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

Références bibliographiques :

1. Alain Pouget , Thierry Berthomieu , Yves Boutron, Emmanuel Cuenot, « Structures et mécanismes - Activités de construction mécanique », Ed. Hachette Technique.
2. YOUSEF HAIK, TAMER SHAHIN, "Engineering Design Process", Ed. Engage Learning, 2011.
3. KEN HURST, "Engineering Design Principles", Ed. Elsevier Science And Technology Books, 1999.
4. JAMES ARMSTRONG, "Design Matter -The Organisation and Principles of Engineering Design-", Ed. Springer -Verlag London Limited, 2008.
5. DELAFOLLIE G., "Analyse de la valeur", Ed. Hachette, Paris, 1991.
6. DUCHAMP F., "La conception de produits nouveaux", Ed. Hermès, Paris, 1998.
7. ROBERT C. JUVINALL, KURT M. MARSHEK, "Fundamentals of Machine Component Design", Ed. John Wiley & Sons, 2012.
8. GEORGES SPINNLER, "Conception des machines -Principes et applications-", T1, T2 et T3, Ed. Presses polytechniques et universitaires romandes, 2002.

9. ROBERT L. NORTON, "Machine Design -An Integrated Approach-", Ed. PEARSON Prentice Hall, 2006.
10. R. Quatremer, J-P Trotignon, M. Dejans, H. Lehu, « Précis de Construction Mécanique », Tome 1, Projets-études, composants, normalisation, Afnor, Nathan 2001.
11. R. Quatremer, J-P Trotignon, M. Dejans, H. Lehu. « Précis de Construction Mécanique », Tome 3, Projets-calculs, dimensionnement, normalisation, Afnor, Nathan 1997.
12. Francis Esnault, « Construction mécanique, Transmission de puissance », Tome 1, Principes et Ecoconception, Dunod, 2009.
13. Francis Esnault, « Construction mécanique, Transmission de puissance », Tome 2, Applications, Dunod, 2001.
14. Francis Esnault, « Construction mécanique, Transmission de puissance », Tome 3, Transmission de puissance par liens flexibles, Dunod, 1999.
15. M. Szwarcman, « Eléments de machines », édition Lavoisier 1983 W. L. Cleghorn, "Mechanics of machines", Oxford University Press, 2008.

Semestre : 2
Unité d'enseignement : UEM 1.2
Matière : TP Eléments finis
VHS : 22h30 (TP : 01h30)
Crédits : 2
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement :

Connaitre la manière de modéliser et simuler sur un Logiciel ou code de calcul par éléments finis.

Connaissances préalables recommandées :

Formulation et Calcul par éléments finis

Contenu de la matière :

- 1- TP sur les ressorts ; barres, poutre
- 2- TP sur les éléments plans
 - Formulation analytique des éléments Q4, T3, par logiciel mathématique Scientifique et détermination de la matrice de rigidité élémentaire ainsi que l'assemblage de ces matrices.
 - Modélisation des poutres en 2 D par des éléments Plans Q4 et T3 sur Logiciel (Abaqus, Ansys, RDM6,.....) et comparaison avec les solutions analytiques existantes .
- 3- TP avec Logiciel (Abaqus , Ansys,) sur les éléments axisymétriques (cylindre sous pression interne)
- 4- TP avec Logiciel (Abaqus , Ansys,) sur Vibration des poutres modélisées par des éléments de membrane (Exemple CPS4 et CPS3 du code Abaqus) et des plaques modélisées par des éléments plaques (Exemple S4R du code Abaqus).
- 5- TP de transfert thermique sur code de calcul (Abaqus, Ansys....).
- 6- TP avec Logiciel (Abaqus , Ansys,) sur Calcul plastique des structures bi et tri-dimensionnelle.
- 7- Programmation par Fortran ou Matlab des éléments Q4, T3, Barre et Poutre.

Mode d'évaluation : Contrôle Continu : 100%

Références bibliographiques :

1. J.F. Imbert, "Analyse Des Structures Par Elements Finis", Cepadues, 3ème Éd., 1991.
2. Jean-Louis Batoz, Gouri Dhatt, "Modelisation Des Structures Par Elements Finis, Volume 1 : Solides Elastiques", Hermès Sciences Publication 1990.
3. Jean-Louis Batoz, Gouri Dhatt, "Modelisation Des Structures Par Elements Finis, Volume 2 : Poutres & Plaques", Hermès Sciences Publication 1990.
4. Jean-Louis Batoz, "Modelisation Des Structures Par Elements Finis, Tome 3 : Coques", Hermès Sciences Publication 1992.
5. O.C.Zienkiewicz, "La Methode Des Elements Finis", Mc Graw Hill, 1979.
6. Comprendre les éléments finis (Principes, formulation et exercices corrigés)
7. Rahmani O et Kebdani S., Introduction à la méthode des éléments finis pour les ingénieurs, 2^{ème} ed. OPU, 1994.

8. *D. Ouinas « Application de la méthode des éléments finis à l'usage des ingénieurs, cours et exercices corrigés ». Tome 1-OPU 2012.*
9. *Paul Louis George, "Generation Automatique De Maillages: Applications Aux Methodes d'elements Finis", Dunod, 1990.*
10. *C. Zienkiewicz And R. L. Taylor, "The Finite Element Method For Solid And Structural Mechanics", Sixth Edition By O. Butterworth-Heinemann 2005.*
11. *Alaa Chateaufneuf, "Comprendre Les Elements Finis : Structures. Principes, Formulations Et Exercices Corrigees", Ellipses Marketing, Juillet 2005.*

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

Objectifs de l'enseignement :

Il s'agit de perfectionner les connaissances des étudiants dans le domaine de la CFAO. A la fin du semestre, l'étudiant devra acquérir les compétences suivantes :

- Modélisation des pièces de formes complexes (moules, matrices, ...).
- Simulation du processus d'usinage.
- Interprétation et vérification du programme d'usinage généré automatiquement.

Durant les séances de TP, l'étudiant devra maîtriser un logiciel de CFAO pour concevoir des pièces et des assemblages complexes ainsi que pour simuler l'usinage des pièces conçues. Si les moyens existants le permettent, l'étudiant doit passer à l'atelier pour exécuter le programme généré sur une machine outil à commande numérique (MOCN).

Connaissances préalables recommandées :

Mathématiques, dessin industriel, construction mécanique, fabrication mécanique.

Contenu de la matière :

Chapitre 1. Généralités :

(1 Semaine)

(Définition de la CFAO, processus de développement des produits, éléments d'un système de CAO, éléments d'un système de FAO, logiciels de CFAO).

Chapitre 2. Modélisation des courbes :

(3 Semaines)

(Introduction, lissage et interpolation, continuités mathématiques et géométriques, courbes de Bézier, courbes B-spline, courbes NURBS, exemples).

Chapitre 3. Modélisation des surfaces :

(3 Semaines)

(Introduction, carreaux de Bézier, continuité, carreaux B-spline, carreaux NURBS, exemples).

Chapitre 4. Modélisation des solides :

(1 Semaine)

(Introduction, modélisation par décomposition, opérations booléennes, modélisation par frontières "B-Rep", modélisation par arbre de construction "CSG", formats d'échange).

Chapitre 5. Les MOCN :

(1 Semaine)

(Introduction, principaux organes, domaines d'utilisation, axes normalisés, origines, asservissement d'un axe, différentes architectures des MOCN).

Chapitre 6. Programmation ISO :

(4 Semaines)

(Introduction, structure d'un programme CN, principales fonctions préparatoires, principales fonctions auxiliaires, paramètres de coupe, cycles prédéfinis, exemples).

Chapitre 7. Génération des trajectoires d'usinage :

(2 Semaines)

(Introduction, stratégies d'usinage, pas longitudinal et pas transversal, tolérances, discontinuités et interférences).

Les séances de TP : devront avoir lieu dans une salle équipée de micro-ordinateurs sur lesquels est installé soit un logiciel de CFAO, soit un logiciel de CAO et un autre de FAO. Les TP doivent être divisées en deux parties :

Partie CAO : (7 semaines)

- Réalisation de pièces de formes complexes (utilisation des splines et des outils surfaciques). Sauvegarde sous un format neutre.
- Réalisation d'un assemblage.
- Détermination des caractéristiques de masse des pièces et des assemblages.
- Réalisation d'empreintes de moules et de matrices.
- Simulation statique (calcul rapide des contraintes et des déformations).
- Mise en plan des pièces et des assemblages (cartouche, nomenclature, annotations).
- Simulation cinématique et dynamique (Position, vitesse, accélération, trajectoire, force, couple, puissance).

Partie FAO : (8 semaines)

Simulation de l'usinage des pièces en suivant les étapes suivantes :

- Modélisation de la pièce finie (ou ouverture de celle-ci, si elle est déjà conçue).
- Modélisation du brut (ou ouverture de celui-ci, s'il est déjà conçu).
- Choix du type d'usinage (tournage, usinage prismatique, usinage surfacique, ...).
- Choix de la machine (tour horizontal, tour vertical, fraiseuse 3 axes, fraiseuse 5 axes, ...).
- Sélection du référentiel.
- Sélection de la pièce finie et du brut.
- Choix d'un plan de sécurité.
- Choix du type d'usinage (ébauche, usinage de poche, surfacage, contournage, suivi de courbes, balayage, perçage, dressage, chariotage, ...).
- Choix des surfaces à usiner (dans le cas du tournage, ça sera des génératrices).
- Choix de l'outil.
- Détermination des conditions de coupes (vitesses de coupe et d'avance).
- Choix de la stratégie d'usinage (Zig-zag, aller-retour, aller simple, ...).
- Choix des passes axiale et radiale (éventuellement).
- Réglages des macros d'approche et de retraite.
- Exécution de la simulation (génération des trajectoires d'outil).
- Visualisation de la vidéo générée.
- Détermination des temps d'usinage.
- Choix du post-processeur.
- Génération du programme d'usinage en G-code.
- Lecture et vérification du programme généré.

Pour la partie FAO, il faut commencer par des pièces de formes simples (prismatique et cylindrique) afin d'expérimenter l'effet de la variation des différents paramètres choisis (variation des conditions de coupe, des stratégies d'usinage, des outils de coupe, des passes radiale et axiale, des macros d'approche et de retraite, ...) ; la vérification du programme d'usinage généré sera aussi plus facile. Par la suite, des pièces de formes complexes peuvent alors être traitées sans difficultés. Si les moyens disponibles le permettent, il serait très bénéfique d'exécuter le programme généré sur une MOCN.

Le temps alloué étant très limité, une grande partie du travail devra être réalisé par les étudiants en dehors des heures de TP.

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

Références bibliographiques :

1. JEAN-CLAUDE LEON, "Modélisation et construction de surfaces pour la CFAO",
2. Ed. Hermès, Paris, 1991.

3. GERALD FARIN, "Curves and Surfaces for CAGD", Ed. Academic Press, 2002.
4. M. HOSAKA, "Modelling of Curves and Surfaces in CAD/CAM", Ed. Springer Verlag, 1992.
5. DAVID F. ROGERS, "An Introduction to NURBS with Historical Perspective", Ed. Academic Press, 2001.
6. KUNWOO LEE, "Principles of CAD/CAM/CAE systems", Ed. Addison Wesley, 1999.
7. IBRAHIM ZEID, "Mastering CAD/CAM", Ed. McGraw-Hill, 2004.
8. [7] MILTIADIS A. BOBOULOS, "CAD-CAM & Rapid Prototyping Application Evaluation", Ed. Ventus Publishing Aps, 2010.
9. ALAIN BERNARD, "Fabrication assistée par ordinateur", Ed. Lavoisier Hermès-science, Paris, 2003.
10. PETER SMID, "CNC Programming Handbook", Ed. Industrial Press Inc., 2007.
11. [10] JEAN VERGNAS, "Exploitation des machines-outils à commande numérique", Ed. Pyc, 1985.
12. CLAUDE HAZARD, "La commande numérique des machines-outils", Ed. Foucher, 1984.
13. CLAUDE MARTY, CLAUDE CASSAGNES, PHILIPPE MARIN, "La pratique de la commande numérique des machines-outils", Ed. Tec & Doc, 1993.
14. A. CORNAND, F. KOLB, "Usinage et commande numérique", Ed. Foucher, 1987.
15. P. GONZALEZ, "La commande numérique par ordinateur : tournage, fraisage, centre d'usinage", Ed. Casteilla, Paris, 1993.
16. Documentation du logiciel CATIA, "Catia Lathe Machining", "Catia Prismatic Machining", "Catia Advanced Machining".

Semestre : 2
Unité d'enseignement : UEM 1.2
Matière : Optimisation
VHS : 45h00 (cours: 1h30, TP:1h30)
Crédits : 4
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'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 : 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 : UET 1.2
Matière : Éthique, déontologie et propriété intellectuelle
VHS : 22h30 (Cours : 1h30)
Crédit : 1
Coefficient : 1

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. Définitions : Morale, éthique, déontologie
 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. 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.

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 Géographiques en Algérie. Traités internationaux sur les indications géographiques.

III- Protection et valorisation de la propriété intellectuelle

(3 semaines)

Comment protéger 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. L'abc du droit d'auteur, organisation des nations unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO)
4. E. Prairat, De la déontologie enseignante. Paris, PUF, 2009.
5. Racine L., Legault G. A., Bégin, L., Éthique et ingénierie, Montréal, McGraw Hill, 1991.
6. Siroux, D., Déontologie : Dictionnaire d'éthique et de philosophie morale, Paris, Quadrige, 2004, p. 474-477.
7. Medina Y., La déontologie, ce qui va changer dans l'entreprise, éditions d'Organisation, 2003.
8. Didier Ch., Penser l'éthique des ingénieurs, Presses Universitaires de France, 2008.

9. Gavarini L. et Ottavi D., Éditorial. de l'éthique professionnelle en formation et en recherche, Recherche et formation, 52 | 2006, 5-11.
10. Caré C., Morale, éthique, déontologie. Administration et éducation, 2e trimestre 2002, n°94.
11. Jacquet-Francillon, François. Notion : déontologie professionnelle. Le télémaque, mai 2000, n° 17
12. Carr, D. Professionalism and Ethics in Teaching. New York, NY Routledge. 2000.
13. Galloux, J.C., Droit de la propriété industrielle. Dalloz 2003.
14. Wagret F. et J-M., Brevet d'invention, marques et propriété industrielle. PUF 2001
15. Dekermadec, Y., Innover grâce au brevet: une révolution avec internet. Insep 1999
16. AEUTBM. L'ingénieur au cœur de l'innovation. Université de technologie Belfort-Montbéliard
17. Fanny Rinck et Léda Mansour, littératie à l'ère du numérique : le copier-coller chez les étudiants, Université Grenoble 3 et Université Paris-Ouest Nanterre la Défense Nanterre, France
18. Didier DUGUEST IEMN, Citer ses sources, IAE Nantes 2008
19. Les logiciels de détection de similitudes : une solution au plagiat électronique? Rapport du Groupe de travail sur le plagiat électronique présenté au Sous-comité sur la pédagogie et les TIC de la CREPUQ
20. Emanuela Chiriac, Monique Filiatrault et André Régimbald, Guide de l'étudiant: l'intégrité intellectuelle plagiat, tricherie et fraude... les éviter et, surtout, comment bien citer ses sources, 2014.
21. Publication de l'université de Montréal, Stratégies de prévention du plagiat, Intégrité, fraude et plagiat, 2010.
22. Pierrick Malissard, La propriété intellectuelle : origine et évolution, 2010.
23. Le site de l'Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle www.wipo.int
24. <http://www.app.asso.fr/>

V - Programme détaillé par matière du semestre S3

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

Objectifs de l'enseignement:

Cette matière vise à fournir aux étudiants les éléments nécessaires pour comprendre comment un composant ou une pièce de structure est réalisé, avec quels matériaux et pourquoi, ainsi que le choix et la maîtrise des matériaux employés. Cet objectif vise la familiarisation des étudiants avec les différents types de matériaux (métalliques, polymères, céramiques, composites...) et les concepts associés (élaboration, propriétés, conditions de mise en forme, cycles de vie, limitations...), les problèmes de choix, de disponibilité...

Connaissances préalables recommandées :

Sciences des matériaux et Chimie générale et minérale

Contenu de la matière

Chapitre 1 : Rappel Structures cristallines parfaites et imparfaites (réelles)

Chapitre 2 : Matériaux métalliques

- **Transformations de phase** : Définitions et concepts fondamentaux, phénomènes de la Solidification / Solidification d'un métal pur par germination et croissance / Solidification des alliages (croissance dendritique / Diagrammes d'alliages binaires, transformation liquide – solide et solide – liquide, Applications aux alliages ferreux et alliages légers / Transformations à l'état solide avec et sans diffusion / Adaptation des matériaux métalliques à leur utilisation / **Traitements thermiques** : trempe (courbes TTT et TRC, vitesse critique de trempe), revenu, vieillissement, recuit (applications aux aciers et aux alliages légers) / Traitements thermochimiques (cémentation, nitruration) et mécaniques (galetage, grenailage). / Protection contre la corrosion, mécanismes élémentaires de corrosion, revêtements.

Chapitre 3 : Matériaux non métalliques

- **Matériaux polymères (organiques)** : Caractères spécifiques aux matières plastiques en relation avec leur structure – distinction entre familles de polymères (thermodurcissables, thermoplastiques et élastomères), Comportement mécanique : (importance du rôle de la température et du temps) – mise en forme –dégradation, vieillissement, sensibilité aux solvants
 - **Matériaux céramiques** : Caractères spécifiques aux céramiques en relation avec leur nature, Comportements mécaniques – mise en forme
 - **Matériaux composites** : Association de matériaux-anisotropie-procédé de mise en forme – problèmes d'assemblage et d'usinage, Spécificités du comportement mécanique

Chapitre 4 : Critères de sélection des matériaux

- Réalisation d'un cahier des charges matériau. / Analyse fonctionnelle d'une pièce (qualités

requis, caractéristiques et indices de performance correspondants, niveaux exigibles). / Etablissement du cahier des charges. / Caractéristiques mécaniques. / Sources de données sur les matériaux (bibliographie, base de données). / Critères de choix en fonction des coûts, disponibilités, conditions d'utilisation et de fabrication. / Sélection des matériaux. / Sensibilisation à l'existence d'outils d'aide à la sélection de matériaux. / Etude de cas.

Mode d'évaluation : Contrôle continue 40% + Examen Final 60%

Références bibliographiques :

1. Traité des matériaux, Introduction à la science des matériaux, J.P.Mercier, G.Zambelli, W.Kurz, Presses polytechniques et universitaire romande .
2. Science et génie des matériaux, W.D.Callister,jr, MODULO.
3. Choix des matériaux en conception mécanique NP, par Michael F. Ashby, Collection: Technique et Ingénierie, Dunod/L'Usine Nouvelle, 2012,
4. Science et génie des matériaux, par William-D et Jr Callister, Editions Modulo, 2001
5. Sélection des matériaux et des procédés de mise en œuvre, par Michael Ashby, Yves Bréchet, Luc Salvo, PPUR (Presses Polytechniques Universitaires Romandes), 2001.
6. Traité des matériaux volume 20 : sélection des matériaux et des procédés de mise en œuvre, par ASHBY Michael, Edition LAVOISIER, 2001.
7. Caractérisation expérimentale des matériaux I (TM volume 2) : Propriétés physiques, thermiques et mécaniques, par Suzanne Degallaix et Bernhard Ilschner, Collection PPUR (Presses Polytechniques Universitaires Romandes), 2007.

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

Objectifs de l'enseignement :

- Mettre le point sur les techniques de modélisation des vibrations pour les machines tournantes
- Maîtriser les méthodes de résolution numérique et choisir la modélisation adaptée
- Permettre une meilleure maîtrise de l'installation et de l'utilisation des machines tournantes
- Appréhender des applications sur des machines industrielles particulièrement sensibles à des altérations vibratoires de leurs composants

Connaissances préalables recommandées

(Calcul mathématique, pré requis éléments finis, résistance des matériaux et dynamique des structures).

Contenu de la matière :

- 1- Introduction à la dynamique des rotors : Historique, modèles de rotors, caractéristiques des éléments de rotor, Systèmes de coordonnées.
- 2- Modèle simple de rotors : Diagramme de Campbell, Vitesses critiques, Précessions directe et inverse, Rotor symétrique et asymétrique, instabilité, rotors amortis.
- 3- Modélisation des rotors par éléments finis
- 4- Vibrations de torsion des rotors
- 5- Influence des paliers sur les vibrations des rotors
- 6- Equilibrage des rotors

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

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

[1] Lee C.W., Vibration Analysis of Rotors. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1993

[2] G. Genta, , Dynamics of Rotating Systems, Springer, New York, 2005

[3] Friswell M.I., Penny J.E.T., Garvey S.D., Lees A.W., Dynamics of Rotating Machines, Cambridge University Press, 2010.

[4] Lalanne M., Ferraris G., Rotordynamics Prediction in Engineering, 2nd edition, Chichester, John Wiley, 1998.

[5] Krämer E. Dynamics of Rotors and Foundations, Springer-Verlag, New York , 1993

[6] Childs D., Turbomachinery Rotordynamics: Phenomena, Modeling and Analysis, John Wiley & Sons, New York, NY, USA, 1993.

Semestre : 3
Unité d'enseignement : UEF 2.1.1
Matière : Charpente métallique
VHS : 22h30 (cours : 1h30)
Crédits : 2
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement :

Comprendre les bases de conception d'une charpente métallique.

Connaissances préalables recommandées :

RDM, Construction mécanique

Contenu de la matière :

Chapitre 1

Critères généraux de conception d'une charpente métallique **(3 semaines)**

Chapitre 2

Conception et calcul des halls industriels métalliques **(4 semaines)**

Chapitre 3

Conception des ossatures de bâtiments à étages **(3 semaines)**

Chapitre 4

Platines de base et ancrage des pieds de poteaux **(3 semaines)**

Chapitre 5

Dispositions constructives et détails d'exécution **(2 semaines)**

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

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

1- Picard, Beaulieu, Tromblay, *Calcul des charpentes d'acier tome I* PBTGM.

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

Objectifs de l'enseignement :

Connaître les nouveaux matériaux composites et hétérogènes et leurs applications.

Connaissances préalables recommandées :

Connaissances en sciences des matériaux, en M.M.C. et techniques d'élaborations.

Contenu de la matière :

Chap I Généralités sur les matériaux composites et leurs applications (02 semaines).

Chap II Procédés d'obtention des constituants et de fabrication des composites (02 semaines).

II. 1. obtentions des fibres (verre, carbonés, aramides, bore etc...)

II.2. Matrices organiques et polymères.

II. 3. Fabrication des composites.

- Moulage "au contact"
- Moulage par projection
- Enroulement filamentaire
- La pultrusion
- La compression
- L'injection
- Drapage de préimprégné

Chap III Propriétés mécaniques des composites (03 semaines).

-Homogénéisation micromécanique - **Loi des mélanges** -Détermination des propriétés Elastiques d'un pli orthotrope.

- Module d'élasticité longitudinal
- Module d'élasticité transversal
- Module de cisaillement
- Coefficient de poisson

Chap IV comportement élastique d'un composite unidirectionnel (04 semaines).

» Loi de comportement dans le plan d'un pli unidirectionnel

- Comportement en souplesse
- Comportement en rigidité
- Loi de comportement en dehors des axes d'orthotropie
- Loi de comportement d'un stratifié multicouches

Chap V comportement thermomécanique d'un composite unidirectionnel (01 semaines).

Chap VI comportement en flexion des stratifiés composites (03 semaines).

» Flexion des plaques minces (Hypothèse de Kirchhoff)

» Flexion des plaques épaisses avec cisaillement transverse (Hypothèse de Mindlin)

» Flexion des plaques Sandwich

Chap VII Ruptures et endommagement des composites (02 semaines).

- Endommagement des composites et moyen de contrôle.
- Critères de rupture des composites (critères classiques et interactifs)

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

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

1. Matériaux composites, Comportement mécanique et analyse des structures, Jean-Marie Berthelot Hermès - Lavoisier
2. Matériaux et surfaces en tribologie, de Jamal Takadoum , edition hermes 2001.
3. Matériaux composites, Auteur Claude Bathias , dunod 2005
4. Matériaux composites a matrices organiques v15 - Constituants, Procédés, Propriété. Traite Des Matériaux, Auteur(s) : J. Manson, P.-E. Bourban, L. Carlsson, J.-p. Mercier , Éditeur : Presses polytechniques et universitaires romandes

Semestre : 3
Unité d'enseignement : UEF 2.1.2
Matière : Mécanique de la rupture et fatigue
VHS : 45h (cours : 01h30, TD : 1h30)
Crédits : 4
Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement:

L'objectif du cours de mécanique de la rupture procure des méthodes de calcul et d'analyse permettant l'optimisation de la conception et le design des structures en prenant en considération les concepts : suivi, fiabilité et économique. Elle offre également un contrôle rigoureux des structures sensible aux agressions imprévisibles des fissures.

Connaissances préalables recommandées:

Matériaux et méthodes numériques.

Contenu de la matière:

Chapitre I : Structure, matériaux et propriétés	(1 semaines)
Chapitre II : La fatigue des matériaux	(3 semaines)
Chapitre III : Mécanique linéaire de la rupture	(4 semaines)
Chapitre VI : Etude de comportement du matériau au voisinage d'une fissure	(4 semaines)
ChapitreV: Les lois de fissuration par fatigue	(3 semaines)

Mode d'évaluation:

Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%

Références bibliographiques:

- 1- RECHO Naman, *Mécanique de la rupture par fissuration - Aspects théorique, conceptuel et numérique*, Editeur : Lavoisier, 2012.
- 2- Alain Cardou, *Plasticité, fatigue et rupture des matériaux métalliques : modèles mécaniques*, Editeur : Loze-Dion éditeur, 2006.
- 3- Dominique François, André Pineau, André Zaoui, *Viscoplasticité, endommagement, mécanique de la rupture et mécanique du contact*, Hermes – Lavoisier, 2009.
- 4- Claude Bouhelier, *Mécanique de la rupture seuil de propagation, propagation des fissures par fatigue*, Éditeur : CETIM – Centre Technique des Industries Mécaniques, 1989.
- 5- RECHO Naman, *Mécanique de propagation et de bifurcation des fissures*, HERMES SCIENCE PUBLICATIONS / LAVOISIER, 2012.
- 6- Clément Lemaignan, *La rupture des matériaux*, Editeur : Edp Sciences, 2003.
- 7- Dominique François, *Endommagement et rupture de matériaux*, Editeur : Edp Sciences, 2004.

Semestre : 3
Unité d'enseignement : UEM 2.1
Matière : Bureau des méthodes
VHS : 45h00 (Cours : 1h30, TP : 01h30)
Crédits : 4
Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement:

Le bureau des méthodes constitue l'interface entre les ateliers de fabrication ou de production et les bureaux d'études. En effet, les rôles et les missions d'un bureau des méthodes admettent particulièrement la vérification, avec le bureau d'étude, de la faisabilité et de la fabricabilité d'un produit. L'enseignement prodigué a pour objectif principal d'initier les étudiants à élaborer un processus de fabrication en prenant en considération le dessin de définition du produit, le type de production ainsi que les moyens et des outils indispensables à la réalisation. La finalité réside dans l'acquisition, par l'apprenant, des connaissances requises pour l'établissement d'un processus complet de fabrication d'un produit, particulièrement la conception des projets de gamme d'usinage et l'élaboration des contrats de phase. Il est fondamental que ces projets intègrent, en adéquation avec les coûts de production, l'ordonnancement des différentes opérations d'usinage et leur regroupement en sous-phases et phases, le choix judicieux des machines-outils et des outillages et le calcul des temps d'usinage.

Connaissances préalables recommandées :

Dessin industriel, Technologie de base, Fabrications mécaniques, Sciences des matériaux, TP Fabrications mécaniques, Techniques de Fabrication Conventionnelles et Avancées.

Contenu de la matière :

Programme de cours

(1h30/ semaine)

I- Introduction

(2 semaines)

- I-1 La fonction production.
- I-1 Rôle et mission d'un bureau des méthodes.
- I-2 Analyse du dessin de définition.
- I-3 Notions de tolérances de forme et de position.
- I-1 Rôle et mission d'un bureau des méthodes.

II- Isostatisme

(3 semaines)

- II-1 Prise de pièce.
- II-2 Symbolisation géométrique.
- II-3 Choix des surfaces de mise en position.
- II-4 Symbolisation technologique.
- II-5 Exemples d'application.

III- Cotation de fabrication

(3 semaines)

- III-1 Cote de fabrication : cote-outil, cote-machine et cote-appareillage
- III-2 Transfert de cote et d'orientation.
- III-2 Exemples de transfert de cote.

IV- Opérations élémentaires et antériorités dues aux contraintes d'usinage

(2 semaines)

- IV -1 Les opérations élémentaires d'usinage : tournage, fraisage, perçage, alésage, taillage d'engrenage et rectification.
- IV -2 Les antériorités dues aux contraintes **d'usinage** : dimensionnelles, géométriques et technologiques.

V- Etablissement d'un processus complet de fabrication d'un produit et conception des gammes d'usinage **(5 semaines)**

- V-1 Détermination du nombre des opérations d'usinage selon la qualité et l'état de la surface usinée.
- V-2 Détermination des antériorités des opérations d'usinage.
- V-3 Méthode matricielle d'établissement de l'ordre d'usinage.
- V-4 Regroupement des opérations d'usinage en phase et sous phase.
- V-5 Projet de gamme d'usinage.
- V-6 Contrat des différentes phases d'usinage et choix du régime de coupe.
- V-7 Dessin et réalisation de la pièce brute.
- V-8 Exemples de gamme d'usinage.

Programme des Travaux Dirigés (ou des Travaux Pratiques)

(1h30/ semaine)

- TD (TP) n°1: Analyse d'un dessin de définition d'une pièce donnée.
- TD (TP) n°2: Analyse de mise en position d'une pièce avec utilisation des symbolisations géométrique et technologique.
- TD (TP) n°3: Analyse d'une cotation de fabrication (dimensionnelle).
- TD (TP) n°4: Analyse d'une cotation de fabrication (géométrique).
- TD (TP) n°5: Réalisation d'un transfert de cote à partir d'un dessin de définition pour une opération d'usinage donnée.
- TD (TP) n°6: Etude des opérations élémentaires de tournage avec détermination du régime de coupe.
- TD (TP) n°7: Etude des opérations élémentaires de fraisage avec détermination du régime de coupe
- TD (TP) n°8: Etude des opérations élémentaires de perçage/alésage avec détermination du régime de coupe
- TD (TP) n°9: Etude des antériorités d'usinage pour une pièce donnée.
- TD (TP) n°10: Analyse et détermination du nombre d'opérations d'usinage, pour une pièce donnée, selon la qualité et l'état de surface.
- TD (TP) n°11: Méthode matricielle d'établissement de l'ordre d'usinage pour une pièce de révolution.
- TD (TP) n°12: Méthode matricielle d'établissement de l'ordre d'usinage pour une pièce de forme quelconque.
- TD (TP) n°13: Projet de gamme d'usinage pour une pièce de révolution.
- TD (TP) n°14: Projet de gamme d'usinage pour une pièce de forme quelconque.
- TD (TP) n°15: Analyse des contrats de phase pour une pièce de révolution.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu : 40%

Examen :60 %

Références bibliographiques:

- [1] Anselmetti B., '*Manuel de tolérancement (Volume 4): Cotation de fabrication avec les normes ISO*', Hermes Science Publications, 2010.
- [2] Gara S., '*Productique - Procédés d'usinage :Tournage, fraisage, perçage, rectification*', Editions Ellipses Marketing, 2014

- [3] Pimbaud L., Layes G., Moulin J., '*Guide pratique de l'usinage (tome 1)*', Edition Hachette, 2003.
- [4] Barlier C., Poulet B., '*Productique mécanique*', Collection Mémotech, Editions Casteilla, 1999
- [5] Chevalier A, Bohan J., Molina A., '*Guide pratique de productique*', Editions Hachette, 2000.
- [6] Padilla P. et Thely A., '*Guide des Fabrications Mécaniques*', Dunod, 1978.
- [7] Padilla P., Anselmetti B., Mathieu L. et Raboyeau M., '*Production Mécanique*', Editions Dunod, 1986.
- [8] Weill R. , '*Conception des gammes d'usinage*', Techniques de l'ingénieur Doc B2 025, 1993
- [9] Matthieu L. et Weill R., '*A Model for Machine Tool Setting as a Function of Positioning Errors*' CIRP International Working Seminar on Computer-Aided Tolerancing, The Pennsylvania State University, 1991.
- [10] Hassin S., '*Qualification multi-critères des gammes d'usinage : application aux pièces de structure aéronautique en alliage Airware*', Thèse de doctorat, Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II, 2015.

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

Objectifs de l'enseignement :

Le cours a essentiellement pour but de familiariser l'étudiant avec le fonctionnement et le calcul énergétique d'une turbomachine. A cet effet, les notions de thermodynamique sont appliquées aux turbomachines pour le calcul des différents rendements et performances.

Connaissances préalables recommandées :

les notions de base de thermodynamique et mécanique de fluides sont requises.

Contenu de la matière :

- I. Définitions générales des turbomachines (01 semaine)**
- II. Similitudes dans les turbomachines (02 semaines)**
- III. Les pompes (03 semaines)**
 - Pompes centrifuges
 - Pompes axiales
 - Triangles de vitesses
 - Puissances et rendements
- IV. Cavitation dans les pompes (02 semaines)**
- V. Couplages des pompes centrifuges (01 semaine)**
- VI. Dimensionnement des pompes centrifuges (02 semaines)**
- VII. Les turbines hydrauliques (03 semaines)**
 - Turbine Pelton, Turbine Francis, Turbine Kaplan

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

Références :

- 1) Dixon (1998), Fluid mechanics and thermodynamics of turbomachinery, 4th ed Butterworth-Heinemann
- 2) Albin BOLCS (1990), Turbomachines thermiques, EPFL Lausanne, VOL 1 & 2
- 3) R. Comolet, *Mécanique expérimentale des fluides, Tome II, dynamique des fluides réels, turbomachines*, Editions Masson, 1982.
- 4) B. Lakshminarayana, *Fluid Dynamics and Heat Transfer of Turbomachinery*, Wiley, New York, 1996.

Semestre : 3
Unité d'enseignement : UEM 2.1
Matière : Logiciels de simulation numérique en mécanique
VHS : 22h30 (TP : 1h30)
Crédits : 2
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement :

Avoir une idée sur les logiciels de simulation numérique en mécanique et apprendre aux étudiants la résolution pratique de quelques problèmes.

Connaissances préalables recommandées :

Notions de mécanique générale et d'informatique

Contenu de la matière :

Choix d'un logiciel (ou plus) de simulation numérique en mécanique et donner quelques exemples de problèmes :

- **TP N°1 : Problème de statique linéaire 1D (Barre, poutre). (1 semaine)**
- **TP N°2 : Problème de statique linéaire 2D (Contraintes planes, déformations planes). (1 semaine)**
- **TP N°3 : Problème de statique linéaire 3D (Eléments tétraédrique, éléments cubiques). (1 semaine)**
- **TP N°4 : Non linéarité géométrique (Grandes déformation, flambage). (2 semaines)**
- **TP N°5 : Non linéarité du matériau (Déformation plastique, fluage, viscoélasticité). (2 semaines)**
- **TP N°6 : Problème de contact. (1 semaine)**
- **TP N°7 : Problème thermomécanique. (1 semaine)**
- **TP N°8 : Matériau anisotrope (Matériaux composites). (2 semaines)**
- **TP N°9 : Calcul des fréquences propres d'une structure. (1 semaine)**
- **TP N°10 : Analyse harmonique d'une structure. (1 semaine)**
- **TP N°11 : Analyse dynamique rigide. (1 semaine)**
- **TP N°12 : Transfert de chaleur en régime transitoire. (1 semaine)**

Mode d'évaluation : Examen : 100%.

Références bibliographiques :

Semestre : 3

Unité d'enseignement: UET 1.3

Matière 1 : Recherche documentaire et conception du 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 du 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: U.E.D X.X
Matière: Tribologie
VHS: 22h30 (cours 1h30)
Crédits: 1
Coefficient: 1

Connaissances préalables recommandées :

Mécanique rationnelle, Résistance des matériaux, Technologie de base, Sciences des matériaux et Elasticité.

Objectifs de l'enseignement:

L'objectif de la matière est d'initier les étudiants à la tribologie et en particulier à la description et l'interprétation des phénomènes susceptibles de se produire entre deux systèmes matériels en contact, immobiles ou animés de mouvements relatifs. Il recouvre, entre autres, tous les domaines de frottement, de l'usure, du contact élastique entre deux corps solides et de la lubrification.

Contenu de la matière :

I- Introduction à la tribologie

(2 semaines)

- Définition de la tribologie
- Système tribologique
- Connaissance d'une surface
- Le concept du troisième corps
- Mécanismes de dégradation des surfaces

II- Etude du frottement

(4 semaines)

- Origine de la force de frottement
- Les différents types de frottement (glissement, roulement et pivotement)
- Phénomènes d'adhérence et de frottement - Coefficient de frottement statique et cinétique
- Les différentes modèles de frottement : Coulombien et non-Coulombien

III- Formes d'usure

(3 semaines)

- Définition
- Classification empirique de l'usure
- Classification technologique de l'usure
- Classification scientifique de l'usure
- Principaux modes d'usure
- Etude et quantification de l'usure

IV- Contact élastique entre deux corps solides

(4 semaines)

- Géométrie des surfaces de contact
- Mouvement relatif des surfaces
- Forces transmises au point de contact
- Mécanique du contact

- Théorie de Hertz du contact normal
- Cas du contact sphère-sphère et sphère-plan
- Cas du contact cylindre-cylindre et cylindre- plan

V- Introduction à la lubrification hydrodynamique et hydrostatique

(2 semaines)

Mode d'évaluation:

Examen : 100%

Références bibliographiques:

- [1] Stolarski T., *Tribology in Machine Design*, Butterworth-Heinemann Publisher, 1999.
- [2] Frêne J., Nicolas D., Degueurce B., Berthe D. et Godet M., *Lubrification hydrodynamique : paliers et butées*, Editons Eyrolles, 1990.
- [3] Georges J. M., *Frottement, usure et lubrification*, CNRS Editions, Editons Eyrolles, 2000.
- [4] Johnson K.L., *Contact Mechanics*, Cambridge University Press, 1985.
- [5] Williams J.A., *Engineering Tribology*, Ed.by Oxford University Press Inc., 1994.
- [6] Kapsa P., *La Tribologie: Fondamentaux Et Applications Complexes*, Presse de l'école des mines, 2014.
- [7] Takadoun J., *Matériaux et surfaces en tribologie*, Editeur : Hermès / Lavoisier, 2007.
- [8] Hutchings I. M., *Tribology: Friction and Wear of Engineering Materials*, Publisher: CRC Press, 1992.
- [9] Stachowiak G., Batchelor A.W., *Engineering Tribology, Fourth Edition*, Publisher: Butterworth-Heinemann, 2013.

Semestre :x
Unité d'enseignement : UED xx
Matière : Les contrôles non destructifs (CND)
VHS : 22h30 (cours : 1h30)
Crédits : 1
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement :

L'objectif est de faire apprendre à l'étudiant un ensemble de méthodes permettant de caractériser l'état d'intégrité de structures ou de matériaux, sans les dégrader, soit au cours de la production, soit en cours d'utilisation, soit dans le cadre de maintenances. On parle d'essais non destructifs (END) ou d'examen non destructifs¹.

Connaissances préalables recommandées :

Procédés d'obtention de pièces, soudage

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Introduction

1. Présentation : définition ; CND et maintenance ; les défauts rencontrés (défauts d'élaboration ; défauts de fabrication ou d'assemblage ; défauts de fonctionnement)
2. Les méthodes communes : l'inspection visuelle ; le ressuage ; la magnétoscopie ; radiographie ; les courants de Foucault ; les ultrasons.
3. Domaines d'application : centrales nucléaire ; câbles d'acier ; réservoirs.

Chapitre 2 : Principes de base

1. L'examen visuel
2. Généralisation du principe aux différentes techniques.

Chapitre 3 : Le ressuage

1. Principes de la méthode
2. Propriétés physico-chimiques mises en jeu : définition des paramètres ; lois physiques mises en jeu ; le mécanisme de ressuage.
3. Différents types de produits utilisés : les pénétrants ; les émulsifiants ; les révélateurs.
4. Technique opératoire adaptée aux différents produits.
5. Choix des produits en fonction des exigences.
6. Moyens de contrôle. Documents de contrôle d'une pièce
7. Les normes. Avantages et inconvénients

Chapitre 4 - la magnétoscopie

1. Principe général : introduction ; principe.
2. Notions élémentaires de magnétisme et d'électromagnétisme.
3. Principe de la méthode : l'excitation ; la perturbation ; la révélation ; ... ; défauts décelables.
4. Mise en œuvre de la méthode : préparation des pièces ; choix de la forme de courant ; ...
5. Interprétation des résultats : spectres représentatifs ; conservation des résultats ; exemples ; ...
6. Avantages et inconvénients. Normes.

Chapitre 5 - les courants de Foucault

1. Introduction
2. Principes physiques : l'induction électromagnétique ; loi de Faraday ; inductance d'un solénoïde ; notion d'impédance ; association série d'une résistance et d'une inductance ; génération des courants.
3. Détection de défauts : principe simplifié de l'instrumentation ; principe de la détection ; ...
4. Équipements.

5. Les différents examens : examens externes de tubes ; examens internes de tubes ; ...
6. Avantages, inconvénients, limites de la méthode : défauts mis en évidence ; contrôles des matériaux ferromagnétiques ; avantages et inconvénients ; autres applications ; normes.

Chapitre 6 - les contrôles par ultrasons

1. Introduction
2. Principes physiques : la matière ; les défauts des solides ; les vibrations ; sons et ultrasons ; ...
3. La production des ultrasons : le phénomène piézo-électrique ; l'intensité acoustique ;
4. Les techniques de contrôle par ultrasons.
5. Performances : détection de défauts ; localisation et caractérisation de défauts ;
6. Les équipements.
7. Avantages, inconvénients, limites de la méthode : avantages et inconvénients ; normalisation.

Chapitre 7- l'émission acoustique

1. Principe.
2. Avantages, inconvénients, limites de la méthode : domaine d'application ; principaux secteurs d'applications ; avantages et inconvénients.

Chapitre 8- la radiographie

1. Principe.
2. Principes physiques : les sources de rayonnement ; spectre électromagnétique de la lumière ; ...
3. Performances, limites de la méthode

Semestre : x
Unité d'enseignement : UED xx
Matière : La gestion de la production
VHS : 22h30 (cours : 1h30)
Crédits : 1
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement :

L'objectif est de faire apprendre à l'étudiant l'ensemble des activités qui participent à la conception, la planification des ressources (matérielles, financières, ou humaines), leur ordonnancement, l'enregistrement et la traçabilité des activités de production, le contrôle des activités de production de l'entreprise.

Connaissances préalables recommandées :

Maintenance industrielle

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Évolution de la gestion de la production

1. La production préindustrielle
2. La production mécanique
3. Les nouvelles formes de gestion de la production

Chapitre 2 : L'approche systématique de la gestion de la production

1. Aperçue de la théorie des systèmes
2. Les moyens et outils
3. Le système entreprise
4. Le système production

Chapitre 3 : Les outils au service de la gestion de la production

1. L'outil statistique
2. La programmation linéaire
3. L'informatique

Chapitre 4 : Organisation technique de la gestion de la production

1. Stratégie d'entreprise et planification de la production
2. La production et la fonction étude
3. Le produit et l'analyse de la valeur
4. La fonction méthodes
5. La prévision et la gestion des stocks
6. La fonction ordonnancement
7. La fonction contrôle de qualité

Chapitre 5 : La logistique de soutien

1. La fonction achat et approvisionnements
2. La sous-traitance
3. Les implantations et les manutentions
4. La maintenance industrielle
5. L'automatisation

Chapitre 6 : évaluation et contrôle du système de la production

1. Le diagnostic de la production
2. L'audit de la production

Mode d'évaluation : Contrôle continu : 100%

Références bibliographiques :

- (1) : L. Boyer, M. Poirée E. Salin, Précis d'organisation de la gestion de la production, Les éditions d'organisation, Paris (1986)

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

Objectifs de l'enseignement :

Connaître les différents dangers et leurs sources afin d'en établir des règles de conduite. Minimiser les risques lors de la conception en introduisant des contraintes qui tiennent compte des différents dangers.

Connaissances préalables recommandées :

Chimie, physique, vibrations, électricité appliquée.

Contenu de la matière :

Chapitre 1. Généralités :

(2 Semaines)

(Introduction, analyse des accidents de travail et des maladies professionnelles, processus d'apparition d'un dommage, principaux facteurs de risque, statistiques, signalisations de sécurité, instructions générales de sécurité au poste de travail).

Chapitre 2. Eclairage :

(2 Semaines)

(Introduction, grandeurs photométriques, caractéristiques, niveaux d'éclairement recommandés, conduite d'un projet d'éclairage).

Chapitre 3. Bruit :

(2 Semaines)

(Génération des ondes sonores, intensité sonore, puissance acoustique, addition des niveaux de bruit, sensibilité de l'oreille, limites admissibles, mesures de protection).

Chapitre 4. Vibrations :

(2 Semaines)

(Rappels sur les vibrations, vibrations de l'ensemble main-bras, vibrations du corps entier, calcul des doses, limites acceptables, mesures de protection).

Chapitre 5. Risque électrique :

(2 Semaines)

(Effets physiologiques du courant électrique, facteurs influençant les dommages corporels, classes de matériel, protection contre les surintensités et surtensions, secours en cas d'accident).

Chapitre 6. Risque chimique :

(3 Semaines)

(Substances, préparations, risque d'intoxication, voies de pénétration, degré de toxicité, concentrations limites, pictogrammes, phrases de risque, fiches de données toxicologiques, risque d'incendie-explosion, mesures de protection).

Chapitre 7. Rayonnements ionisants :

(2 Semaines)

(Rappels sur la structure de la matière (atomes, molécules, isotopes), radioactivité et unités de mesure, loi de la décroissance radioactive, radiations ionisantes (α , β , γ , X, neutrons), radioactivité naturelle et artificielle, effets du rayonnement ionisant, doses limites).

Mode d'évaluation : Contrôle continu : 100%

Références bibliographiques :

1. N. MARGOSSIAN, "Risques professionnels", Ed. Dunod, 2006.
2. N. MARGOSSIAN, "Guide pratique des risques professionnels", Ed. Dunod, 2003.

3. J. RIDLEY and J. CHANNING, *"Safety at Work"*, Ed. Butterworth-Heinemann, 2003.
4. C. D. REESE, J. V. EIDSON, *"Handbook of OSHA Construction, Safety and Health"*, Ed. CRC Press, 2006.
5. D. MACDONALD, *"Practical Machinery Safety"*, Ed. Elsevier, 2004.
6. T. KLETZ, *"Learning from Accidents"*, Ed. Butterworth-Heinemann, 2001.
7. L. R. COLLINS, T. D. SCHNEID, *"Physical Hazards of the Workplace"*, Ed. CRC Press, 2001.
8. S. LAGRA, *"Prévention technique des risques professionnels"*, Ed. OPU, 1990.
9. P. VANDEPLANGUE, *"L'éclairage"*, Ed. Techniques et Documentations Lavoisier, 1993.
10. M. LATOISON, *"Introduction à l'éclairagisme"*, Ed. Eyrolles, 1982.
11. H. NEY, *"3. Installations électriques"*, Ed. Nathan, 1986.
12. J. TOURET, *"Les bruits industriels"*, Ed. Cetim, 1978.
13. T. SOUTH, *"Managing Noise and Vibration at Work"*, Ed. Elsevier, 2004.
14. C. AZAIS, J. P. GUILHOT, P. JOSSERAND, M. WILD, *"Acoustique industrielle"*, Techniques de l'ingénieur, R3120.

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.*

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

Objectifs de l'enseignement:

A la fin de ce cours l'étudiant doit être capable de vérifier le produit fini par rapport au cahier des charges ; il vérifie et atteste de la conformité des pièces fabriquées (et/ou assemblées) par rapport à la documentation technique.

Connaissances préalables recommandées :

- Connaissance des matériaux et des techniques (usinage, fabrication, assemblage)
- Connaissance des processus de fabrication et des points de contrôle
- Connaissance des normes et des techniques de contrôle-qualité : métrologie, essais
- Application de processus stricts
- Analyse statistique

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Numérisation

(5 semaines)

- Numérisation 3D Automatiques
- Choix des systèmes
- Classification des systèmes
- Systèmes de déplacement
- Systèmes d'acquisition pour l'inspection 3D
- Différents types d'inspection
- Acquisition automatique
 - CAIP (Computer -Aided Inspection Planning)
 - CAPP (Computer-Aided Process Planning)

Chapitre 2 : Machine à Mesurer Tridimensionnelle (MMT)

(5 semaines)

- Description d'une Machine à mesurer tridimensionnelle
- Principe de la machine à mesurer tridimensionnelle
- Structures des machines à mesurer tridimensionnelles
- Constitution des machines à mesurer
- La structure de déplacement
- Le système de palpation
- Le système électronique
- Le système informatique et le pupitre de commande
- Les différentes architectures
- Différents types de commandes
 - Machines Manuelles
 - Machines Motorisées
 - Machines à Commande Numérique
- Systèmes de Fixation
- Technologie des têtes de mesure
- Les palpeurs
 - Palpeur à contact à bille

- Palpeur dynamique
- Palpeur statique
- Palpeur sans contact
- Caméra CCD
- Capteur Laser

Chapitre 3 : Logiciels associés à la MMT**(5 semaines)****Mode d'évaluation:**

Contrôle continu : 100%

Références bibliographiques:

1. *Métrologie tridimensionnelle "cours machine à mesurer tridimensionnelle". INSTITUT UNIVERSITAIRE DE TECHNOLOGIE DE MULHOUSE. 26/04/2005.*
2. *SPRUYT.G. Métrologie tridimensionnelle "Technologie des Machines à Mesurer tridimensionnelle". I.S.I.P.S.*
3. *SPRUYT.G. Métrologie tridimensionnelle "Technologie des Machines à Mesurer .*
4. *Alain April, Claude Laporte : Assurance Qualité Logicielle 1 -concepts de base, Hermes-Lavoisier; 2011, ISBN 9782746231474.*
5. *GROUS Ammar, Contrôle de qualité appliquée - Études de cas et nouvelle organisation du travail, Hermes – Lavoisier, 2013.*
6. *Pierre CUÉNIN, Contrôle. Qualité, Techniques de l'Ingénieur, Référence M3530 v1, 1997.*

Semestre: X

Unité d'enseignement: U.E.D X.X.

Matière: Mécanismes de transformation de mouvement et cames

VHS: 22h30 (cours 1h30)

Crédits: 1

Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

Ce cours constitue un complément des deux matières 'Construction mécanique' et 'Théorie des mécanismes' enseignées en troisième année licence 'Construction Mécanique'. Ce cours s'intéresse aux mécanismes de transformation de mouvement, en général, et aux mécanismes à cames, en particulier, en plus des indexeurs et des mécanismes à coulisses. Compte tenu de leur l'importance et de leur rôle dans plusieurs machines industrielles, une attention particulière est accordée aux mécanismes à cames. L'objectif du cours est l'approfondissement des connaissances dans le domaine des éléments de machines, ainsi qu'à l'initiation aux calculs cinématiques et dynamiques, permettant aux apprenants d'acquérir une base en vue de la maîtrise, de la conception et de la synthèse de ces mécanismes.

Connaissances préalables recommandées :

Dessin industriel, Mécanique rationnelle, Théorie des mécanismes, Construction mécanique et Résistance des matériaux.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Rappels sur la théorie des mécanismes (3 semaines)

- Les différents types de liaisons mécaniques entre solides.
- Chaines cinématiques.
- Analyse statique des mécanismes
- Analyse cinématique des mécanismes

Chapitre 2 : Technologie des Mécanismes à coulisses (3 semaines)

- Principaux mécanismes à coulisses
- Définitions des éléments d'un mécanisme à coulisse

Chapitre 3 : Analyse cinématique et synthèse des Mécanismes à cames (6 semaines)

- Classification des cames
- Classification des suiveurs
- Les différentes lois de mouvement du suiveur
- Analyse cinématique d'un mécanisme à came
- Détermination du rayon minimum d'une came
- Caractéristiques géométriques des cames
- Construction des cames et des suiveurs

Semestre :x
Unité d'enseignement UED xx
Matière : Hygiène et Sécurité Industrielles (HSI)
VHS : 22h30 (Cours : 1h30)
Crédits : 1
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement :

- Ça consiste à conseiller et assister la direction de l'entreprise en ce qui concerne l'évaluation des risques et la définition de la politique de sécurité des hommes, des installations industrielles, des stockages de matières premières, intermédiaires et des produits finis.
- Ça consiste aussi à mettre en place les moyens correspondants aux mesures de prévention qui découlent de cette politique.
- Ça consiste à l'organisation les actions de sensibilisation et de formation du personnel dans le domaine (HSI).
- Ça consiste à établir les analyses et les diagnostics à la suite d'accidents et d'incidents.

Connaissances préalables recommandées :

Connaissances de base en hygiène et sécurité industrielle.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Analyse de la fonction de travail (3 Semaines)

Évaluations des risques d'hygiène industrielle et classement des risques par priorité
 Réglementations en matière d'hygiène, de santé et de sécurité et audits de la conformité
 Surveillance de l'exposition aux agents chimiques, physiques, et biologiques

Chapitre 2 : Gestion des matériaux dangereux et support de correction (3 Semaines)

Programmes de lutte contre l'amiante, le plomb et autres éléments nuisibles
 Cartographie du bruit, dosimétrie du bruit et alternatives de contrôle
 Alternatives de contrôle de l'exposition et recommandations

Chapitre 3 : Analyse de la sécurité au travail et évaluation des risques (3 Semaines)

Gestion des dangers dans un espace confiné
 Évaluation de la qualité de l'air intérieur et des moisissures
 Évaluation et conception de ventilation locale par aspiration

Chapitre 4 : Préparation de fiches techniques de sécurité des matériaux (3 Semaines)

Classification des produits chimiques, et services de conseil
 Informations et vulgarisation des risques de dangers
 Développement et dispense de programme de formation

Chapitre 5 : Assistance en cas de contentieux et témoignage d'experts (3 Semaines)

Mode d'évaluation:

Examen : 100%.

Références bibliographiques:

- 1- Isabelle Correard, Patrick Anaya, *Sécurité, hygiène et risques professionnels*, Edition(s) : Dunod, 2011.
- 2- Nathalie Diaz, *Le grand guide des responsables QHSE : Qualit, Hygiène, Sécurité, Environnement*, Lexitis Editions, 2014.

- 3- *Benoît Périère, Le guide de la sécurité au travail : Les outils du responsable, AFNOR Editions, 2013.*
- 4- *Michel Lesbats, Précis de gestion des risques - L'essentiel du cours, fiches-outils et exercices corrigés, Edition(s) : Dunod, 2012.*
- 5- *Ryan Dupont, Louis Theodore, Joseph Reynolds, Sécurité industrielle: De la prévention des accidents à l'organisation des secours, problèmes résolus, études de cas, Editeur : Polytechnica, 1999.*
- 6- *Georges-G Paraf, Vve C. Dunod, Hygiène et sécurité du travail industriel, Hachette Livre, 2015.*
- 7- *Jean-Pierre Mouton, La sécurité en entreprise - 3e édition: Sensibilisation des personnels et mise en oeuvre d'un plan d'action, Edition(s) : Dunod, 2010.*

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 :-Introduction - Importance de la maintenance dans L'entreprise - Objectifs de la maintenance dans l'entreprise -Politiques de la maintenance dans l'entreprise. **(2 semaines)**

Chapitre 2 : Organisation de la maintenance : -Place de la maintenance dans la structure générale -Organisation interne de la maintenance -Moyens humains -Moyens matériels **(1 semaines)**

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

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

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

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

Chapitre 7 : GMAO **(2semaines)**

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.*

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 les connaissances 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
5. Aidan Duffy, Martin Rogers and Lacour Ayompe, *Renewable Energy and Energy Efficiency: Assessment of Projects and Policies*, Wiley-Blackwell, 2015.
6. D. Yogi Goswami, Frank Kreith, *Handbook of Energy Efficiency and Renewable Energy*, CRC Press, 2007.
7. *Journal Officiel de La République Algérienne N° 84 29, Décret exécutif n° 05-495 du 24 Dhou El Kaada 1426 correspondant au 26 décembre 2005 relatif à l'audit énergétique des établissements grands consommateurs d'énergie.*

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

Objectifs de l'enseignement :

Avoir des connaissances générales sur les énergies renouvelables

Connaissances préalables recommandées :

Transfert de chaleur, MDF, thermodynamique

Contenu de la matière :

Le Gisement Solaire	(2 semaines)
Conversion Thermique : Applications à Basse Température	(3 semaines)
La Conversion Photovoltaïque	(2 semaines)
La Géothermie	(2 semaines)
L'énergie Eolienne	(2 semaines)
L'énergie hydro-electrique	(1 semaine)
L'énergie de la Biomasse	(1 semaine)
L'énergie marine (ou océanique)	(1 semaine)
Stockage de L'énergie Solaire	(1 semaine)

Mode d'évaluation:

Examen : 100%.

Références bibliographiques:

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

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

Objectifs de l'enseignement :

Apprendre aux étudiants des notions d'électronique

Connaissances préalables recommandées :

Electricité générale

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%.

Références bibliographiques:

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

Objectifs de l'enseignement :

Apprendre aux étudiants des notions d'électrotechnique

Connaissances préalables recommandées :

Electricité générale

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%.

Références bibliographiques: