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

LOGO
De l'université

عرض تكوين
ل. م . د

ماستر أكاديمية

برنامج وطني

(تحيين 2026-Bis)

المؤسسة	الكلية/ المعهد	القسم

الميدان	الفرع	التخصص
علوم وتكنولوجيا	هندسة ميكانيكية	إنشاء ميكانيكي

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

LOGO
De l'université

OFFRE DE FORMATION
L.M.D

MASTER ACADEMIQUE

PROGRAMME NATIONAL

(Mise à jour 2026-Bis)

Etablissement	Faculté / Institut	Département

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

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

LOGO
De l'université

Training Offer
L.M.D

ACADEMIC MASTER'S DEGREE

NATIONAL PROGRAMME

(2026-Bis Update)

Institution	Faculty / Institute	Department

Domain	Field	Specialisation
Science and Technology	***Mechanical Engineering***	***Mechanical Construction***

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 sem.)	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 : 11 Coefficient : 7	TP MDF/RDM	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	Techniques de fabri-cation convention-nelles et avancées	4	2	1h30		1h30	45h00	55h00	40%	60%
	Automatisation des systèmes industriels	3	2	1h30		1h30	45h00	30h00	40%	60%
	Programmation avancée python	2	2	1h30		1h30	45h00	05h00	40%	60%
UE Découverte Code : UED 1.1 Crédits : 1 Coef. 1	**Respect des normes et des règles d'éthique et d'intégrité**	1	1	1h00			15h00	10h00		100%
Total Semestre 1		**30**	**17**	**13h30**	**6h00**	**5h30**	**375h00**	**375h00**		

Semestre 2 : Construction mécanique

Unité d'enseignement	Matières	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 sem.)	Travail Complémentaire en Consultation (15 semaines)	Mode d'évaluation	
	Intitulé			Cours	TD	TP			Contrôle Continu	Examen
UE Fondamentale Code : UEF 1.2.1 Crédits : 9 Coefficients : 4	Méthode des éléments finis	5	2	1h30	1h30		45h00	80h00	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 Méthode des éléments finis	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	CAO/CFAO	3	2	1h30		1h00	37h30	37h30	40%	60%
	Optimisation	4	2	1h30		1h30	45h00	55h00	40%	60%
UE Transversale Code : UET 1.2 Crédits : 4 Coefficients : 4	**Lean start-up**	2	2	1h30	1h30		45h00	05h30	80% (20% Atl + 60% Proj.)	20%
	Eléments d'IA appliquée	2	2	1h30	1h30		45h00	5h00	40%	60%
Total semestre 2		**30**	**17**	**12h00**	**7h30**	**5h30**	**375h00**	**375h00**		

Semestre 3 : Construction mécanique

Unité d'enseignement	Matières	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 sem.)	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		100%
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	3	2	1h30		1h30	37h30	37h30	40%	60%
	Logiciels de simulation numérique en mécanique	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
UE Transversale Code : UET 2.1 Crédits : 3 Coefficients : 3	Reverse engineering	2	2	1h30	1h30 Atelier		45h00	05h00	40%	60%
	Recherche documentaire et conception de mémoire	1	1	**1h00**			**15h00**	**10h00**		100%
Total semestre 3		**30**	**17**	**13h00**	**6h00**	**6h00**	**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*

*(*) **UED recommandées***

Semestre 4

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

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

Ce tableau est donné à titre indicatif

Evaluation du Projet de Fin de Cycle de Master

- 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 ***coursest***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 **(2semaines)**

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 champtensoriel: 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 Tricercles 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 isotropes

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 méthode des déplacements (Equations de Navier).
VII- 2- Exemples de résolution des problèmes par la méthode 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- Elasticité plane en coordonnées polaires
VII -6- 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 Scopos, 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, RDM2, Mécanique rationnelle, science des matériaux, Mathématique.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Rappel sur le calcul des contraintes dans le cas de flexion déviée**(2 semaines)** **Chapitre 2 :** Etude de l'instabilité des poutres (Flambement des poutres) **(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% (exposé.Travail à domicile (résolution des exercices de TD).
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- *M. Albiges ; A Coin. « Résistance des matériaux », Editions Eyrolles 1986 ; Paris.*
5- *Jean-Claude Doubrère. « Résistance des matériaux », Editions Eyrolles 2013*
6- *YoudeXiong. « Exercices résolus de résistance des matériaux », Editions Eyrolles, 2014.*
7- *Claude Chèze. « Résistance des matériaux - Dimensionnement des structures, Sollicitations simples et composées, flambage, énergie interne, systèmes hyperstatiques », Ellipses, 2012.*
8- *Résistance des matériaux, P. STEPINE, Editions MIR ; Moscou, 1986.*
9- *Montagner R., Cours de résistance des matériaux, 12eme Edition 1988, Editions Eyrolles.*
10- *Timoshenko S. Résistance des matériaux – Tome 1: Théorie élémentaire et problèmes. 3ème Ed. Dunod, Paris, 1968, 420p.*
11- *Timoshenko S. Résistance des matériaux–Tome 2: Théorie développée et problèmes, Dunod, Paris, 1968. 3ème Ed. Dunod, Paris, 1968, 464p.*
12- *N. Bourahla, résistance des matériaux de base, GECOTEC, 2013*.

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 :

Première partie : Analyse organique, thermodynamique et mécanique générale
Chapitre 1 : Chaînes cinématique principale et auxiliaires fonctionnels **(3 semaines)**
Chapitre 2 : Nouvelles techniques et amélioration du rendement des moteurs **(2 semaines)**
- 1-1 Sous-dimensionnement
- 1-2 Distribution variable
- 1-3 Taux de compression variable
- 1-4 Cycle Miller-Atkinson
- 1-5 Charge stratifiée
- 1-6 Concept HCCI
- 1-7 Concept PCCI

Chapitre 3 : Respirations : modes opératoires, aspiration et suralimentation**(2 semaines)**
Chapitre 4 : Frottements, architecture générale, dimensions principales **(2 semaines)**

Deuxième partie :Mise en œuvre des carburants
Chapitre 5 : Propriétés de combustibilité et étude des modes de combustion**(2 semaines)**
Chapitre 6 : Etudes des anomalies et optimisation des lois de combustion**(2 semaines)**
Chapitre 7 : Technologies d'alimentation et maîtrise des émissions polluantes**(2 semaines)**

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 :De la théorie à la compétition », 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. FaminGorban, 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.*
12. *Allan T. Kirkpatrick, « Internal Combustion Engines- Applied Thermosciences », Third edition, Fourth edition, Wiley, 2021.*
13. *Colin R. Ferguson, Allan T. Kirkpatrick, « Internal Combustion Engines- Applied Thermosciences », Third edition, Wiley, 2016.*
14. *A. Bechkok, « Les moteurs à combustion interne : A l'usage des étudiants en 4 ème année du Génie Mécanique », Edition Office des publications universitaires, Alger, 1995.*
15. *Willard W. Pulkrabek, « Engineering Fundamentals of the internal combustion engine », Second edition, Prentice Hall, 2003.*
16. *Willard W. Pulkrabek, «Solutions Manual for Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine», Second edition, Prentice Hall, 2003.*
17. J.-C. Guibet, « Carburants et moteurs : Technologies, Energie, Environnement », Tome 1, Technip, 1997.

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) **(1semaine)**

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

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) **(3semaines)**

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

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 particulaires.

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 materiaux et des procedes d e mise en œuvre, Vol. 20 du Traité des Matériaux, Presses polytechniques et universitairesromandes, 2001.*
3. *Eric FELDER, Mise en forme des métaux - Aspectsmécaniques et thermiques, Techniques de l'Ingénieur, Référence M3000 v2, 2015.*
4. *Éric FELDER, Lubrification en mise en forme - Principesgénéraux et choix, Techniques de l'Ingénieur, Référence M3015 v1, 2006.*
5. *SUÉRY Michel, Mise en forme des alliagesmétalliques à l'état semi-solide, Hermes, Lavoisier, 2002.*

6. *Battaglia Jean-Luc, Transfertsthermiquesdans les procédés de mise en forme des matériaux :cours et exercicescorrigés, Paris Hermes sciencepubl. 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 : 45h00 (Cours : 01h30, TP : 1h30)
Crédits : 3
Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement :

L'assimilation des connaissances fondamentales dans le domaine de l'automatique, et l'acquisition des notions nécessaire à la commande de processus industriels.En général c'est connaitre 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, ManufacturingExecution**212121**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 **(4Semaines)**

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

Chapitre 4: Structure des automates programmables **(4Semaines)**

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

Chapitre 5: Interface industrielles et dispositifs de sécurité **(2Semaines)**

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

Objectifs de la matière :

Compétences visées :

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

Objectifs :

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

Matériels nécessaires :

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

Prérequis : Programmation Python.

Contenu de la matière :

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

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

Chapitre 2 : Programmation et automatisation (04 semaines)

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

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

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

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

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

Chapitre 4 : Apprentissage de GanttProject (02 semaines)

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

Chapitre 5 : Programmation orientée objet avancée (03 semaines)

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

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

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

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

Travaux pratiques :

TP 01 : Maîtriser les bases de la programmation en Python

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

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

TP 02 :

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

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

TP 03 :

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

TP 04 :

Organiser une réunion en Ganttproject

1. Créer un nouveau projet :
    - Nom du projet : « Réunion …..
    - Date de début : Date et heure de la réunion
    - Durée estimée : durée totale de la réunion
2. Définition des tâches
    - Points à l'ordre du jour (chaque point de l'ordre du jour devient une tâche)

- Sous-taches : Si un point est composé, créer alors les sous-tâches correspondantes
- Tâches initiales et finales (par exemple : « Accueil de participants », « clôture de la réunion »)

3. Définition des ressources :
   - Participants (chaque participant est une ressource)
   - Matériel (ordinateur, datashow…)
4. Estimation des durées :
   - Durée de chaque point : temps nécessaire pour chaque point de l'ordre du jour
   - Temps de transition d'un point à l'autre
5. Création du diagramme de Gantt :
   - Visualiser l'ordre du jour
   - Identifier les points clés
6. Suivre l'avancement en temps réel (projection du Diagramme de Gantt)

TP 05 : Structures avancées et organisation du code
(Fonctions personnalisées, dictionnaires, modules et organisation modulaire

TP 06 : Programmation orientée objet avancée en Python
(Encapsulation, héritage, méthodes spéciales, design patterns simples)

TP 07 : Manipulation de fichiers et analyse de données
(Lecture/écriture de fichiers, traitement de texte, introduction à Pandas et NumPy)

TP 08 : Préparation et traitement de données pour l'intelligence artificielle
(Chargement de datasets IA, nettoyage, transformation, sélection de caractéristiques)

Projet final
Titre : Analyse et visualisation d'un jeu de données + modèle prédictif simple
Compétences mobilisées : Lecture de données, POO, structures avancées, Pandas, Scikit-learn. (Présentation orale + rapport écrit).
Mode d'évaluation :
examen 60% , CC=40%

Bibliographie

[1] . E.Schultz et M.Bussonnier (2020) : Python pour les SHS. Introduction à la programmation de données. Presses Universitaires de Rennes.
[2] . C.Paroissin, (2021) : Pratique de la data science avec R : arranger, visualiser, analyser et présenter des données. Paris : Ellipses, DL 2021.
[3] . S.Balech et C.Benavent : NLP texte minig V4.0, (Paris Dauphine – 12/2019) : lien : https://www.researchgate.net/publication/337744581_NLP_text_mining_V40_-_une_introduction_-_cours_programme_doctoral
[4] . Allen B. Downey Think Python: How to Think Like a Computer Scientist, O'Reilly Media, 2015;
[5] . Ramalho, L.. Fluent Python. " O'Reilly Media, Inc.", 2022;
[6] . Swinnen, G.. Apprendre à programmer avec Python 3. Editions Eyrolles, 2012;
[7] . Matthes, E. Python crash course: A hands-on, project-based introduction to programming. no starch press, 2019
[8] . Cyrille, H. (2018). Apprendre à programmer avec Python 3. Eyrolles, 6ème édition. ISBN: 978-2212675214
[9] . Daniel, I. (2024). Apprendre à coder en Python, J'ai lu
[10] . Nicolas, B. (2024). Python, du grand débutant à la programmation objet Cours et exercices corrigés, 3eme édition, Ellipses
[11] . Ludivine, C. (2024). Selenium Maîtrisez vos tests fonctionnels avec Python, Eni

Ressources en ligne :

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

Semestre : 1
Unité d'enseignement : UET 1.2
Matière : Respect des normes et des règles d'éthique et d'intégrité.
VHS : 15h00 (Cours : 1h00)
Crédit : 1
Coefficient : 1

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

Connaissances préalables recommandées :
Ethique et déontologie (les fondements)

Contenu de la matière :

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

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

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

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

B- Propriété intellectuelle

I- Fondamentaux de la propriété intellectuelle

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

II- Droit d'auteur

1. Droit d'auteur dans l'environnement numérique
Introduction. Droit d'auteur des bases de données, droit d'auteur des logiciels. Cas spécifique des logiciels libres.

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

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

3. Brevet

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

III- Protection et valorisation de la propriété intellectuelle

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

C. Ethique, développement durable et nouvelles technologies

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

Mode d'évaluation : Examen : 100 %

Références bibliographiques:

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

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 : Eléments linéaires de structures (4 semaines)

1- Eléments ressorts linéaire et spiral.
2- Eléments de Barre élastique
3- Systèmes detreillis
4- Eléments de Poutre

Chapitre 3 : Eléments de structures bi -dimensionnels (3 semaines)

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

Chapitre 4 : Eléments de structures tri-dimensionnels (3 semaines)

1- Introduction
2- Eléments Tétraédriques (4, 10 et 20 nœuds)
3- Eléments 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)

1. Techniques éléments finis
   - Conception de maillage
   - Distorsion
   - Comment choisir un maillage
   - Convergence
2. Non linéarité matérielle
   - Elastoplasticité
   - Comportement élastoplastique
   - Techniques de résolution
3. 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, 2ème ed. OPU, 1994.*
8. *Paul Louis George, "Generation Automatique De Maillages: Applications Aux Methodes d'elements Finis", Dunod, 1990.*
9. *C. ZienkiewiczAnd R. L. Taylor, "The Finite Element Method For Solid And Structural Mechanics", Sixth Edition By O. Butterworth-Heinemann 2005.*
10. *AlaaChateauneuf, "Comprendre Les Elements Finis : Structures. Principes, Formulations Et Exercices Corriges", 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 objectifla détermination et la résolution de l'équation du mouvement des structures (libres, forcées, amorties non amorties…). La connaissance des différentes réponses dues aux différents chargementsnous 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. Timoshnko.*
2. *Théorie Des Vibrations, Application à la dynamique des structures, M. Géradin.*
3. *Dynamique des structures Patrick PaultreHermès - Lavoisier.*
4. *Dynamique des structures : Analyse modale numérique deThomas 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 : UEF1.2.2
Matière : Systèmes mécaniques articulés et robotique
VHS : 22h30h (Cours : 01h30)
Crédits : 3
Coefficient : 1

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 chaine 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 : Modélisationd'un robot pour une tâche précise, détermination de l'espace de travailet placement optimal d'un robot. **(Travail à domicile 21 jours)**

Ou

TP : Programmation d'un robot (tâches par points, tâches continus, 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 ; Herrmes Lavoisier 1999.*
2. *Théorie des mécanismesparfaits : outils de conception auteur(s) : leroyLavoisier 1998.*
3. *Théorie simplifiée des mécanismes élémentaires auteur :loche l.-e. Dunod 2001.*
4. *J. P. Lellmendet SaidZeghloul " Robotique aspects fondamentaux Masson1991.*
5. *Théorie des mécanismes parfaits : outils de conception auteur(s) : leroyLavoisier 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 Dunod1989.*
9. *Jack Guittet La robotique médicale. Hermes1998.*
10. *Saeed Benjamin Niku, « Introductionto robotics - analysis, control, applications», second edition, Wiley, 2011.*
11. *John J. Craig,« Introduction to Robotics – Mechanics and control », Pearson, 2005.*
12. *Reza N. lazar,« Theory of AppliedRobotics - Kinematics, Dynamics, and Control »,Library of Congress, 2007.*

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. La démarche qualité (1 Semaine)
Définition, certification et organismes, les normes.

Chapitre 2. Le cahier des charges fonctionnel (2 Semaines)
(Définition, expression du besoin, critère, rédaction).

Chapitre 3. Démarche de l'analyse fonctionnelle (3 Semaines)
Définition, formulation des fonctions (principale, complémentaire et technique), contraintes, démarche de l'analyse de la valeur.

Chapitre 4. Applications (4 Semaines)
Application à la chaîne cinématique d'un mécanisme (d'un véhicule, d'une machine-outil, d'un engin de levage)

Chapitre 5. Conception mécanique assistée par ordinateur (CMAO) (5 Semaines)
Calculs appliqués aux éléments de transmission de puissance (engrenages, courroies et chaines). Paliers lisses et paliers à roulements, butées.,

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 EngineeringDesign-", 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 ComponentDesign", 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 1983W. 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 etCalcul 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, "Modélisation Des Structures Par Eléments Finis, Volume 1 : Solides Elastiques", Hermès Sciences Publication 1990.*
3. *Jean-Louis Batoz, Gouri Dhatt, "Modélisation Des Structures Par Eléments Finis, Volume 2 : Poutres & Plaques", Hermès Sciences Publication 1990.*
4. *Jean-Louis Batoz, "Modélisation Des Structures Par Eléments Finis, Tome 3 : Coques", Hermès Sciences Publication 1992.*
5. *O.C.Zienkiewicz, "La Méthode Des Eléments 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, 2ème 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, "Génération Automatique De Maillages: Applications Aux Méthodesd'éléments Finis", Dunod, 1990.*
10. *C. Zienkiewiczand R. L. Taylor, "The Finite Element Method for Solid and Structural Mechanics", Sixth Edition by O. Butterworth-Heinemann 2005.*
11. *AlaaChateauneuf, "Comprendre Les Eléments Finis : Structures. Principes, Formulations Et Exercices Corriges", Ellipses Marketing, Juillet 2005.*

Semestre : 2
Unité d'enseignement : UEM 1.2
Matière : CAO/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, DAO, Notions de CAO et fabrication mécanique (usinage conventionnel).

Contenu de la matière :

Chapitre 1. Généralités : (3 Semaines)

Système de CAO et modélisation des courbes, des surfaces et des solides.

Chapitre 2. Les (MOCN) (1 Semaine)

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

Chapitre 3. Programmation des MOCN : (5 Semaines)

Description des différentes méthodes de programmation : Programmation manuelle, assistée et automatique.

Programmation ISO : Introduction, structure d'un programme CN, principales fonctions préparatoires, principales fonctions auxiliaires, paramètres de coupe, cycles prédéfinis, exemples.

Chapitre 4. Logiciel de FAO : (4 Semaines)

Utilisation du logiciel FAO (exemple CamWorks, Mastercam ou autres), génération et simulation de la trajectoire de l'outil, génération du fichier en langages G code et transmission à la machine**.**

Chapitre 5. Notions sur le prototypage rapide et l'impression 3d (2 Semaines)

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 : (3 semaines)

- Réalisation de pièces de formes complexes (utilisation des fonctions et des outils surfaciques).
- Réalisation d'un assemblageet mise en plan (cartouche, nomenclature, annotations, caractéristiques, masse des pièces).
- Simulation statique (calcul rapide des contraintes et des déformationset coefficient de sécurité).

Partie FAO : **(9 semaines)**

Simulation de l'usinage des pièces ~~en suivant les étapes suivantes~~ (suivant les étapes du logiciel de FAO choisi) dans la majorité des cas :

- Planifier un projet d'une pièce déjà conçue sous le système CAO.
- Choix de la machine (suivant la forme de la pièce du projet).
- Sélection du référentiel.
- Sélection du brut.
- Choix d'un plan de sécurité et de retrait de l'outil.
- Sélection des surfaces et des formes à usiner (exemple : perçage, surfaçage, contournage, poche, etc.).
- Choix des outils et des conditions de coupes à partir de la base des données du logiciel de FAO.
- Exécution de la simulation (génération des trajectoires d'outil).
- Intervention sur l'ordre des opérations générées par la simulation,
- Paramétrage et réglage de chaque opération (s'il y a nécessité).
- Choix du post-processeur.
- Génération du programme d'usinage en G-code.
- Lecture et vérification du programme généré.
- Transmission du programme vers la machine et usinage.

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.
Proposer un mini projet d'usinage pour des groupes d'étudiants à réaliser à domicile et les inciter à installer des logiciels de CFAO sur leurs micros ordinateurs personnels.

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. 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. IndustrialPress Inc., 2007.

11. 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 calculateur : tournage, fraisage, centred'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 maitriser les techniques et les algorithmes appropriés.

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

Contenu de la matière :

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

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

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

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

Organisation des TP : il est préférable que les TP soientdesapplications directesdans 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 : UET 3.2
Matière : Lean Start-Up 2
VHS : 45h00 (Cours : 1h30, TD : 1h30)
Crédits : 2
Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement :

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

Connaissances préalables recommandées:

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

Contenu de la matière:

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

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

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

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

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

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

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

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

X. Financement, croissance et expansion (2 semaines)

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

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

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

Mode d'évaluation:

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

Références bibliographiques

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

Annexe - Glossaire des concepts clés

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

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

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

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

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

Compétences visées :

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

Objectifs :

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

Prérequis :

Programmation avancée Python

Matériels nécessaires :

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

Contenu de la matière :

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

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

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

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

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

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

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

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

Chapitre 4 : Classification supervisée (3 semaines)

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

Chapitre 5 : Apprentissage non supervisé

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

Chapitre 6 : Les réseaux de neurones

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

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

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

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

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

Travaux pratiques :

TP 01 : Initialisation

TP 02 :

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

TP 03 :

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

TP 04 :

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

TP 05 :

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

TP 06 :

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

Mode d'évaluation :

examen 60% , CC=40%

Bibliographie :

- Ganascia, J.Gabriel (2024) : l'IA expliquée aux humains. Paris France- Edition le Seuil.
- Anglais, Lise, Dilhac, Antione, Dratwa, Jim et al. (2023) : L'éthique au coeur de l'IA. Quebec Obvia.
- J.Robert (2024) : Natural Language Processing (NLP) : définition et principes – Datasciences. Lien : https://datascientest.com/introduction-au-nlp-natural-language-processing
- Qu'est-ce que le traitement du langage naturel. Lien : https://aws.amazon.com/fr/what-is/nlp/
- M.Journe : Eléments de Mathématiques discrètes – Ellipses
- F.Challet : L'apprentisage profond avec Python – Eyrolles
- H.Bersini (2024) : L'intelligence artificielle en pratique avec Python – Eyrolles
- B.Prieur (2024) : Traitement automatique du langage naturel avec Python – Eyrolles
- V.Mathivet (2024) : Implémentation en Python avec Scikit-learn – Eyrolles
- G.Dubertret (2023) : Initiation à la cryptographie avec Python – Eyrolles
- S.Chazallet (2023) : Python 3 – Les fondamentaux du langage - Eyrolles
- H.Belhadef, I.Djemal : Méthode TALN – Cours de l'unievrsité de Msila - Algérie

V - Programme détaillé par matière du semestre S3

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UEF 2.1.1
Matière: 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 sur les 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 etsolide – liquide, Applications aux alliages ferreux et alliages légers / Transformations à l'étatsolide avec et sans diffusion / Adaptation des matériaux métalliques à leur utilisation.
- **Traitementsthermiques** : 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, grenaillage). / Protection contre la corrosion, mécanismesélémentaires 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.

Chapitre 4 : Matériaux composites
Association de matériaux-anisotropie-procédé de mise en forme –problèmes d'assemblage et d'usinage, Spécificités du comportement mécanique.

Chapitre 5 : Critères de sélection des matériaux
- Réalisation d'un cahier des charges matériau. / Analyse fonctionnelle d'une pièce (qualitésrequises, caractéristiques et indices de performance correspondants, niveaux

exigibles). /Etablissement du cahier des charges. / Caractéristiques mécaniques. / Sources de données surles 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 bibliographiques : *(Livres et polycopiés, sites internet, etc).*

1. Lee C.W., Vibration Analysis of Rotors.Dordrecht, Kluwer AcademicPublishers, 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 Rotorsand Foundations, Springer-Verlag, New York , 1993.
6. Childs D., TurbomachineryRotordynamics: 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 :
Examen : 100%.

Références bibliographiques :

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 :

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

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

II. 1. Obtentions des fibres (verre, carbones, 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 pré imprégné.

Chapitre 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.

Chapitre 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.

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

Chapitre VI comportement en flexion des stratifiés composites (03 semaines)

- Flexion des plaques minces (Hypothèse de Kirchoff).
- Flexion des plaques épaisses avec cisaillement transverse (Hypothèse de Mindlin).
- Flexion des plaques Sandwich.

Chapitre VII Ruptures et endommagement des composites (02 semaines)

- Endommagement des composites et moyen de contrôle.
- Critères de rupture des compositesunidirectionnels UD (critères classiques et interactifs : critère de rupture de Hill, Tsai-Hill, Tsai-Wu, Hoffman, Fisher, Norris, Ashkenazi,…).

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

Références bibliographiques :

1. Matériaux composites, Comportement mécanique et analyse des structures, Jean-Marie BerthelotHermès - Lavoisier.
2. Matériaux et surfaces en tribologie, de Jamal Takadoum ,editionhermes 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 primordial du cours est d'initier les apprenants au calcul des structures soumises à des chargements cycliques. Les connaissances prodiguées par le cours permettent, lors de la conception des structures, de prendre en considération la tenue à la fatigue et la ténacité des matériaux. Le cours est scindé en deux parties. La première consiste en une initiation à la fatigue laquelle constitue l'une des principales causes de rupture. Une attention particulière est accordée à la fatigue à grand nombre de cycles. La seconde partie du cours s'intéresse à la mécanique de la rupture laquelle met en évidence l'interaction entre une discontinuité géométrique (fissure) et le milieu continu avoisinant. On s'intéresse notamment au champ de contraintes au voisinage d'une fissure ainsi qu'à la forme de la zone plastique qui se développe en pointe de fissures. Sous sollicitations cycliques, l'amorçage et la propagation de fissures sont également étudiés.

Connaissances préalables recommandées:

Elasticité, Mécanique des milieux continus, Matériaux, Calcul différentiel et intégral, Nombres complexes et trigonométrie.

Contenu de la matière:

Chapitre I : Caractérisation mécanique des matériaux (1 semaine)

Chapitre II : Fatigue des matériaux (5 semaines)

II-1 Notions sur les chargements cycliques.
II-2 Nature et caractéristique du signal d'un chargement cyclique.
II-3 Courbe d'endurance et ses trois domaines : oligocyclique -Endurances limitée et illimitée.
II-4 Expressions mathématiques de la courbe d'endurance.
II-5 Paramètres d'influence sur la fatigue.
II-6 Loi de comportement dans le domaine de fatigue oligocyclique.
II-7 Fatigue à grand nombre de cycles - Critères de fatigue multiaxiaux : empiriques, globaux et à approche plan critique.

Chapitre III : Mécanique linéaire de la rupture (4 semaines)

III-1 Concepts fondamentaux de la mécanique de la rupture.
III-2 Les trois modes de fissuration.
III-3 Méthodes d'analyses des champs de contraintes au voisinage d'une fissure.
III-3-1 Approches directes : résolution de Wastergaad, résolution par l'expansion dewilliams, résolution par l'analyse de Mushkilishvili.
III-3-2 Approche énergétique.
III-4 Ténacité des matériaux.

Chapitre IV : Comportement du matériau au voisinage d'une fissure (3 semaines)

IV-1 Introduction.
IV-2 Approche d'Irwin.
IV-3 Modèle de Dugdale-Barenblatt.

IV-4 Formes de la zone plastique en fond de fissure.

Chapitre V : Amorçage et propagation des fissures par fatigue (2 semaines)

V-1 Amorçage et étude des différents stades de propagation de fissures.

V-1 Lois de propagation de fissures : loi de Paris.

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- Ralph I Stephens, Ali Fatemi, Robert R Stephens, Henry O Fuchs, *Metal fatigue in engineering*, John Wiley & Sons, 2000.
4- JaapSchijve, *Fatigue of Structures and Materials*, Kluwer Academic Publishers, 2004.
5- C. Bathias, J.P. Baillon, *Fatigue des matériaux et structure*, Hermesedition, 1997.
6- D. François, A. Pineau, A. Zaoui, *Comportement mécanique des matériaux*, Hermès 1992.
7- André Pineau, Claude Bathias, *Fatigue of Materials and Structures Fundamentals*. John. Wiley & Sons, 2010.
8- Prashant Kumar, *Elements of Fracture Mechanics*, Tata McGraw-Hill Education, 2000.
9- Bannantine J, Comer J, *Fundamentals of metal fatigue analysis,* Prentice Hall, 1990.
10- Richard HA, Sander M, *Fatigue crack growth*, Springer, 2016.

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 avecles 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 :

I- Introduction **(2 semaines)**
- I-1 La fonction production.
  - I.1.1. Organisation de la fonction de production
  - I.1.1.1. Rôle opérationnel
  - I.1.1.2. Rôle fonctionnel
- I-2 Rôle et mission d'un bureau des méthodes.
  - I.2.1. Fonction méthodes et la taille d'entreprise
  - I.2.2. Missions clefs d'un bureau de méthode
- I-3 Analyse du dessin de définition.
- I-4 Notions de tolérances de forme et de position.
  - I.4.1. Indication d'un élément de référence
  - I.4.2. Inscription de la valeur des tolérances
  - I.4.3. Inscription des références
  - I.4.4. Tolérances de forme
  - I.4.5. Tolérances d'orientation
  - I.4.6. Tolérances de position
  - I.4.7. Tolérances de battement

II- Isostatisme **(3 semaines)**
- II.1. Définition de l'isostatisme
  - II.1.1. Règles d'isostatisme
- II-2 Prise de pièce.
  - II.2.1. Règles pour choisir la mise en position

II-3 Symbolisation technologiques et géométrique.
- II.3.1. Symbolisation technologique
- II.3.2. Type de technologie
- II.3.3. Nature de la surface repérée
- II.3.4. Fonction de l'élément technologique
- II.3.5. Nature de la surface de contact
- II.3.6. Notion de normale
- II.3.7. Représentation Normalisée
- II.3.8. Liaisons élémentaires

II-4 Choix des surfaces de mise en position.
- II.4.1. Principe fondamental
- II.4.2. Règles de choix
  - II.4.2.1. Règle 1
  - II.4.2.1. Règle 2
  - II.4.2.1. Règle 3

II-5 Exemples d'application.

III- Cotation de fabrication **(3 semaines)**

III-1 Cote de fabrication : cote-outil, cote-machine et cote-appareillage
- III.1.1. Définition d'une cote fabriquée
- III.1.2. Recherche d'une cotation d'usinage logique
- III.1.3. Règles de base à respecter
- III.1.4. Différentes cotes de fabrication
  - III.1.4.1. Cotes-machines (Cm)
  - III.1.4.2. Cotes-appareillages (Ca)
  - III.1.4.3. Cotes-outils (Co)
  - III.1.4.4. Notion de référentiel auxiliaire de réglage
  - III.1.4.5. Conseils

III-2 Transfert de cote
- III.2.1. Définitions
  - III.2.1.1. Cote directe
  - III.2.1.2. Cote transférée
  - III.2.1.3. Cotes-méthodes
  - III.2.1.4. Cotes-conditions CC
  - III.2.1.5. Tolérances économiques
- III.2.2. Exemple de transfert de cotes
- III.2.3. Conventions adoptées pour tracer le graphe de transfert
- III.2.4. Méthodes de calcul d'un transfert de cote
  - III.2.4.1. Méthode des cotes limites
  - III.2.4.2. Méthode des cotes moyennes
  - III.2.4.3. Calcul du transfert total

III.3. Transfert de tolérances d'orientation
- III.3.1. Réalisation directe
- III.3.2. Transfert d'une tolérance de parallélisme
- III.3.3. Transfert d'une tolérance de perpendicularité

IV- Opérations élémentaires et antériorités dues aux contraintes d'usinage**(2 semaines)**

IV -1 Opérations élémentaires d'usinage : tournage, fraisage, perçage, alésage, taillage d'engrenage et rectification.
- IV.1.1 Opérations de tournage
- IV.1.2 Opérations de fraisage

IV.1.3 Opérations de perçage
IV.1.4 Opération d'alésage
IV.1.5 Opérations de taillage des pignons
IV.1.6 Opérations de rectification

IV -2 Les antériorités dues aux contraintes ***d'usinage*** : dimensionnelles, géométriques et technologiques.
IV.2.1 Contraintes de spécifications dimensionnelles (de cotation)
IV.2.1.1 De la liaison entre une surface brute et une surface usinée
IV.2.1.2 De la liaison entre surfaces usinées
IV.2.1.3 Des surfaces usinées associées
IV.2.2 Contraintes de spécifications géométriques (d'ordre)
IV.2.2.1 Tolérances de forme
IV.2.2.2 Tolérances d'orientation
IV.2.2.3 Tolérances de position
IV.2.2.4 Exemple d'ordre des opérations
IV.2.3 Exemples d'ordres des opérations dans la phase imposés par les spécifications

IV.2.4 Contraintes technologiques (de séquence)
IV.2.4.1 Opérations élémentaires
IV.2.4.2 Rainure de la clavette
IV.2.4.2 Alésages sécants
IV.2.4.3 Trou lamé et taraudé
IV.2.4.4 Gorges de dégagement

V- Etablissement d'un processus complet de fabrication d'un produit et conception des gammes d'usinage **(5 semaines)**
V.1 Introduction
V.2 Dessin et réalisation de la pièce brute
V.2.1 Hypothèses relatives à la pièce
V.2.2 Hypothèses relatives à la fabrication
V.2.3 Hypothèses relatives à l'équipement des ateliers

V-3 Détermination du nombre des opérations d'usinage selon la qualité et l'état de la surface usinée.
V-4 Détermination des antériorités des opérations d'usinage.
V-5 Méthode matricielle d'établissement de l'ordre d'usinage.
V-6 Regroupement des opérations d'usinage en phase et sous phase.
V-7 Projet de gamme d'usinage.
V-8 Contrat des différentes phases d'usinage et choix du régime de coupe.
V-9 Exemples de gamme d'usinage pour roue dentée.

<u>Programme des Travaux Dirigés (ou des Travaux Pratiques)</u> **(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., '*ProductionMécanique',* 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 WorkingSeminar on Computer-Aided Tolerancing,The Pennsylvania State University, 1991.
10. Hassin S., *'Qualification multi-crit`eres des gammes d'usinage : application aux piéces de structure aéronautique en alliage Airware'*, Thèse de doctorat, Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II, 2015.
11. André Chevalier, «Guide du dessinateur industriel», Hachette technique, 2004.
12. Saber A, « L'analyse de fabrication le préparateur le bureau des méthodes», Alger : Technologie, p. 328.
13. JP Trotignon et al., «Précis de construction mécanique», Tome 2, Projet-Méthodes, Production, Normalisation», Nathan, 2006.
14. Georges Paquet, « Guide de l'usinage», Delagrave, 2000.
15. R Quatremer et al., « Précis de construction mécanique », Tome 1, Projets-Etudes, Composants, Normalisation, Pierre de Coubertin, Paris: Nathan, 2006.
16. Bruce Anglade – Hélène Horsin Molinaro, «Taillage des engrenages par génération, outil fraise-mère», Polycopié de cours, Ecole normale supérieure Paris-Saclay, 2017.
17. Bruce Anglade – Hélène Horsin Molinaro, «Taillage des engrenages sans génération», Polycopié de cours, Ecole normale supérieure Paris-Saclay, 2017.

18. JP Trotignon et al., «Précis de construction mécanique», Vol. 2, Pierre de Coubertin, Paris : Nathan, 2002.
19. Philippe DEPEYRE, «Fabrication mécanique», Polycopié de cours, Université de la Réunion, 2004-2005.
20. EugideLalé MBUNDA, «Essai de modélisation de la fonction de production dans une entreprise industrielle. Cas du complexe théicole de Butuhe "CTB SPRL" de 2003 à 2008», Université du CEPROMAD, 2008.
21. Xavier BLOUËT, «La fonction Méthodes industrielles : Pivot de la compétitivité industrielle», Elite Organisation, 17/12/2015. [Consulté le 18/01/2020]. Disponible sur :http://www.elite-organisation.fr/a-propos/references/parole-d-expert/291-la-fonction-methodes-industrielles-pivot-de-la-competitivite-industrielle.html.
22. Cristian Hohmann, «Lean trasformation model», Depuis 1988. [Consulté le 18/01/2020]. Disponible sur : http://christian.hohmann.free.fr/index.php/lean-entreprise/lean-management/346-lean-transformation-model.
23. Vieille B, «Méthodes et fabrication», Conservatoire National des Arts et Métiers-production automatisée, 2017.
24. Philippe Berger, «Isostatisme-Symbolisation des éléments technologiques», 2017. [Consulté le 18/01/2020]. Disponible sur : http://philippe.berger2.free.fr/ productique/ ressources/ isostatisme/isostatisme.htm
25. «Fabrication mécanique-cours gratuit de génie mécanique, l'isostatisme et symbolisation technologique», 2013. [Consulté le 18/01/2020]. Disponible sur: https://fabrication1.blogspot.com/2013/09/lisostatisme.html
26. JF Debongnie, «Complément de fabrication mécanique et FAO (MECA2453)», Polycopié de cours, Université de Liège, 2010. Disponible sur : http://hdl.handle.net/2268/26025.
27. Ion-Cosmin GRUESCU, «Le transfert de cotes (TC)», 2015. [Consulté le 18/01/2020]. Disponible sur : http://analyse-fabrication.univ-lille1.fr/co/ch4_1_2.html.

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 familiariserl'étudiant avec le fonctionnement et le calcul énergétique d'une turbomachine. A cet effet,les notions dethermodynamique sont appliquées aux turbomachines pour le calcul desdifférents rendements et performances.

Connaissances préalables recommandées :
Les notions de base de thermodynamiqueet 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%.

Référencesbibliographiques :

1. Dixon (1998), Fluid mechanics and thermodynamics of turbomachinery, 4thed 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 :
Contrôle Continu : 100%.

Références bibliographiques :

Semestre : 3
Unité d'enseignement: UET 1.3
Matière 1 :Recherche documentaire et conception du mémoire
VHS : 15h00 (Cours: 1h00)
Crédits : 1
Coefficient : 1

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

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

Contenu de la matière:

Partie I- : Recherche documentaire :

Chapitre I-1 : Définition du sujet (2 Semaines)
- Intitulé du sujet
- Liste des mots clés concernant le sujet
- Rassembler l'information de base (acquisition du vocabulaire spécialisé, signification des termes, définition linguistique)
- Les informations recherchées
- Faire le point sur ses connaissances dans le domaine

Chapitre I-2 : Sélectionner les sources d'information (2 Semaines)
- Type de documents (Livres, Thèses, Mémoires, Articles de périodiques, Actes de colloques, Documents audiovisuels…)
- Type de ressources (Bibliothèques, Internet…)
- Evaluer la qualité et la pertinence des sources d'information

Chapitre I-3 : Localiser les documents (1 Semaine)
- Les techniques de recherche
- Les opérateurs de recherche

Chapitre I-4 : Traiter l'information (2 Semaines)
- Organisation du travail
- Les questions de départ
- Synthèse des documents retenus
- Liens entre différentes parties
- Plan final de la recherche documentaire

Chapitre I-5 : Présentation de la bibliographie (1 Semaine)
- Les systèmes de présentation d'une bibliographie (Le système Harvard, Le système Vancouver, Le système mixte…)
- Présentation des documents.
- Citation des sources

Partie II : Conception du mémoire

Chapitre II-1 : Plan et étapes du mémoire (2 Semaines)
- Cerner et délimiter le sujet (Résumé)

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

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

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

Chapitre II-3 : Atelier : Etude critique d'un manuscrit **(1 Semaine)**

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

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

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

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

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

Mode d'évaluation :

Examen : 100%

Références bibliographiques :

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

Semestre: 3
Unité d'enseignement : UET 2.1
Matière 1 : Reverse Engineering
VHS : 45h00 (Cours : 1h30 et Atelier : 1h30)
Crédits: 2
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement :

- Comprendre les principes et les objectifs du Reverse Engineering (RE) dans le domaine des sciences et de technologie (ST),
- S'initier aux outils et aux méthodes du RE dans la spécialité concernée.
- Appréhender la valeur et l'éthique des principes du RE dans le design, la fabrication et l'assurance qualité de produits,
- Encourager la pensée critique, la curiosité technique, l'ingénierie inverse raisonnée et l'innovation,
- Apprendre à analyser, documenter et modéliser un système existant sans documentation initiale.

Compétences visées

- Décomposer et analyser un système existant,
- Reproduire fidèlement un schéma technique ou un modèle 3D à partir d'un produit existant,
- Appliquer des outils de diagnostic et de simulation,
- Travailler en groupe sur un projet exploratoire,
- Identifier les limites juridiques de la rétroconception

Adaptabilité aux spécialités du domaine Sciences et Technologie :

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

Prérequis :

- Connaissances fondamentales dans la spécialité.

Contenu de la matière:

1. Introduction à la Réverse Engineering

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

2. Méthodologie générale

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

3. Reverse engineering matériel

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

4. Reverse engineering logiciel

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

5. Reverse engineering mécanique

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

6. Sécurité et détection d'intrusion

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

7. Cas d'études réels

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

Exemples de TP (base les 4 Génies)

- **Génie Electrique :**

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

- **Génie Mécanique :**

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

- **Génie Civil :**

- Analyse d'ouvrages existants sans plans (murs, dalles, structures…).
- Exemples : escalier métallique, appui de fenêtre, coffrage)
- Étude et rétroconception d'un élément de structure existant
- Identification des matériaux, des assemblages et des contraintes.

- Modélisation de l'ouvrage via Revit, AutoCAD ou SketchUp.
- Étude de réhabilitation ou reproduction d'éléments structurels anciens.

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

Mode d'évaluation :

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

- Examen : 60% TP : 40%

Références bibliographiques :

- Reverse Engineering for Beginners – Dennis Yurichev (gratuit en ligne)
- The IDA Pro Book – Chris Eagle (logiciels)
- Practical Reverse Engineering – Bruce Dang
- Documentation :
  - https://ghidra-sre.org
  - https://www.kicad.org
  - https://www.autodesk.com/products/fusion-360

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 d'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, usureetlubrification*, CNRS Editions, EditonsEyrolles, 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. Takadoum 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'examens 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 utilises : 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

Mode d'évaluation:
Examen : 100%

Références bibliographiques:

Semestre : x
Unité d'enseignement : UEDxx
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 d'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 : Examen : 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 : UEDxx
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 :

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

Chapitre 3 : Autres organes utilisés dans les
Circuits hydrauliques et pneumatiques **(3 semaines)**
- Les distributeurs : Types, construction, choix et commande. (directe, indirecte).
- Les limiteurs de pression : Types, construction, choix et commande. (directe, indirecte).
- Les limiteurs de débit: Types, construction, choix et commande. (directe, indirecte).
- Les accumulateurs et les réservoirs: Types, calcul et choix.
- Les canalisations : Matériaux, dimensions.
- Les capteurs : de force, de vitesse, de position, de température,…

Chapitre 4 : Exemples Pratiques : **(4 semaines)**
- Etablissement des schémas hydrauliques et pneumatiques.
- Calcul des circuits hydrauliques et pneumatiques.

Mode d'évaluation:
Examen : 100%

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

Semestre: x
Unité d'enseignement: UED xx
Matière: 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 devérifier 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 palpage
- 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:
Examen : 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 connaissancesdans 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 maitrise, de la conception et de la synthèse de ces mécanismes.

Connaissances préalables recommandées :

Dessin industriel, Mécanique rationnelle, Théorie des mécanismes, Construction mécanique etRésistance 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 desMécanismes 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
- Détermination du profil d'une came
- Méthodes analytiques d'analyses
- Fabrication des cames

Chapitre 4 : Indexeurs (3 semaines)

- Définitions des différents types d'indexeurs
- Indexeurs à cames
- Mécanismes à croix de Malte

Mode d'évaluation

Examen : 100%

Références bibliographiques

1. MARTIN J., Mécanismes de transformation de mouvement à contact local – Mécanismes à came, Techniques de l'ingénieur, 2004.
2. Vinogradov O. Fundamentals of kinematics and dynamic of machines and mechanisms, CRS Press, 2000.
3. DAVID H. MYSZKA., Machines and Mechanisms- Applied Kinematic Analysis, Prentice Hall, 2012.
4. Techniques de l'ingénieur, B 5 910 Construction mécanique, Esnaut Tome 1.

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

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

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

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

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

Chapitre 6 : Coûts de la maintenance (3 semaines)
-Composition des coûts -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.

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 : UEDxx
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 LacourAyompe, 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 :

1. Le Gisement Solaire **(2 semaines)**
2. Conversion Thermique : Applications à Basse Température (**3 semaines)**
3. La Conversion Photovoltaïque **(2 semaines)**
4. La Géothermie **(2 semaines)**
5. L'énergie Eolienne **(2 semaines)**
6. L'énergie hydro-electrique **(1 semaine)**
7. L'énergie de la Biomasse **(1 semaine)**
8. L'énergie marine (ou océanique) **(1 semaine)**
9. 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: