



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

اللجنة البيداغوجية الوطنية لميادين العلوم و التكنولوجيا

Comité Pédagogique National du domaine Sciences et Technologies



MASTER ACADEMIQUE HARMONISE

PROGRAMME NATIONAL

Mise à jour 2025

Domaine	Filière	Spécialité
<i>Sciences et Technologies</i>	<i>Electromécanique</i>	<i>Maintenance Industrielle</i>



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

اللجنة البيداغوجية الوطنية لميدان العلوم و التكنولوجيا

Comité Pédagogique National du domaine Sciences et Technologies



مواظمة

ماستر أكاديمي

تحيين 2025

التخصص	الفرع	الميدان
صيانة صناعية	كهروميكانيك	علوم و تكنولوجيا

I – Fiche d'identité du Master

Conditions d'accès

Filière	Master harmonisé	Licences ouvrant accès au master	Classement selon la compatibilité de la licence	Coefficient affecté à la licence
Electromécanique	Maintenance industrielle	Maintenance Industrielle	1	1.00
		Electromécanique	2	0.80
		Electrotechnique	3	0.70
		Electronique	3	0.70
		Construction mécanique	3	0.70
		Energétique	3	0.70
		Autres licences du D-ST	5	0.60

**II - Fiches d'organisation semestrielles des enseignements
de la spécialité**

Semestre 1 Master : Maintenance industrielle

Unité d'enseignement	Matières	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 semaines)	Travail Complémentaire en Consultation (15 semaines)	Mode d'évaluation	
	Intitulé			Cours	TD	TP			Contrôle Continu	Examen
UE Fondamentale Code : UEF 1.1.1 Crédits : 8 Coefficients : 4	Stratégie de maintenance	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Dynamique des structures	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 1.1.2 Crédits : 10 Coefficients : 5	Mécanique des milieux continus	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Thermodynamique Appliquée	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Méthodes statistiques et échantillonnage	2	1	1h30			22h30	27h30	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 1.1 Crédits : 11 Coefficients : 7	Traitement du signal	4	2	1h30		1h30	45h00	55h00	40%	60%
	TP dynamique des structures	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	Introduction aux Matériaux	3	2	1h30		1h30	45h00	30h00	40%	60%
	Programmation avancée en Python	2	2	1h30		1h30	45h00	5h00	40%	60%
UE Découverte Code : UED 1.1 Crédits : 1 Coefficients : 1	<i>Matière au choix</i>	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
Total semestre 1		30	17	13h30	6h00	6h00	382h30	367h30		

Semestre 2 Master : Maintenance industrielle

Unité d'enseignement	Matières	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 semaines)	Travail Complémentaire en Consultation (15 semaines)	Mode d'évaluation	
	Intitulé			Cours	TD	TP			Contrôle Continu	Examen
UE Fondamentale Code : UEF 1.2.1 Crédits : 10 Coefficients : 5	Méthode des éléments finis	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Vibration des machines tournantes	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Construction mécanique	2	1	1h30			22h30	27h30		100%
UE Fondamentale Code : UEF 1.2.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Gestion de maintenance assistée par ordinateur	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Fiabilité des Systèmes	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 1.2 Crédits : 9 Coefficients : 5	TP méthode des éléments finis	1	1			1h30	22h30	2h30	100%	
	Procédés de fabrication et machines-outils	4	2	1h30		1h30	45h00	55h00	40%	60%
	Capteur intelligent	4	2	1h30		1h30	45h00	55h00	40%	60%
UE Transversale Code : UET 1.2 Crédits : 3 Coefficients : 3	Eléments d'IA appliquée	2	2	1h30	1h30		45h00	5h00	40%	60%
	Respect des normes et des règles d'éthique et d'intégrité	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
Total semestre 2		30	17	13h30	6h00	6h00	382h30	367h30		

Semestre 3 Master : Maintenance industrielle

Unité d'enseignement	Matières	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 semaines)	Travail Complémentaire en Consultation (15 semaines)	Mode d'évaluation	
	Intitulé			Cours	TD	TP			Contrôle Continu	Examen
UE Fondamentale Code : UEF 2.1.1 Crédits : 10 Coefficients : 5	Tribologie et Lubrification des systèmes mécaniques	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Mécanique de la rupture et endommagements	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 2.1.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Acoustique appliquée	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Techniques de détection des défaillances	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 2.1 Crédits : 9 Coefficients : 5	Automatismes	3	2	1h30		1h30	45h00	30h00	40%	60%
	Diagnostic vibratoire	4	2	1h30		1h30	45h00	55h00	40%	60%
	TP Techniques de détection des défaillances	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
UE Transversale Code : UET 2.1 Crédits : 3 Coefficients : 3	Reserve engineering	2	2	1h30	1h30 Atelier		45h00	5h00	40%	60%
	Recherche documentaire et Conception de mémoire	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
Total semestre 3		30	17	15h00	6h00	4h00	375h00	375h00		

Semestre 4

Stage en entreprise ou dans un laboratoire de recherche sanctionné par un mémoire et une soutenance.

	VHS	Coef	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 1:Stratégie de Maintenance
VHS:45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits:4
Coefficient:2

Objectifs de l'enseignement :

Donner aux étudiants des éléments pour analyser et opter pour une des types de maintenance et avoir des notions générales sur la maintenance.

Connaissances préalables recommandées :

Contenu de la matière :

Chapitre 1 :Analyse fonctionnelle (4 semaines)

- 1.1 Intérêt et but de l'analyse fonctionnelle
- 1.2 Principes de l'analyse fonctionnelle
- 1.3 Notion de système
- 1.4 Types d'analyses fonctionnelles
 - 1.4.1 L'analyse fonctionnelle du besoin
 - 1.4.2 L'analyse fonctionnelle du produit
- 1.5 Fonctions
 - 1.5.1 Caractéristiques des fonctions
 - 1.5.2 Les différentes fonctions
 - 1.5.2.1 Fonction principale (ou fonction d'usage)
 - 1.5.2.2 Fonction contrainte
 - 1.5.2.3 Fonction complémentaire
- 1.6 Outils d'analyse fonctionnelle
 - 1.6.1 Démarche de projet
 - 1.6.2 La Bête a corne : Recherche de la fonction globale
 - 1.6.3 La Pieuvre
 - 1.6.4 Le tableau fonctionnel
 - 1.6.5 Le F.A.S.T. : De la fonction globale a la solution
 - 1.6.6 Le S.A.D.T. : Analyse descendante et liens inter – fonctionnelle
 - 1.6.7 C.D.C.F. Cahier des charges fonctionnel
 - 1.6.8 Logigramme
 - 1.6.9 Schéma géographique
 - 1.6.10 Schéma fonctionnel
 - 1.6.11 L'outil « PERT »
 - 1.6.12 Stratification
- 1.7 Normes et réglementations

Chapitre 2 : Analyse des causes de défaillance (3 semaines)

- 2.1 Diagramme de causes et effets
- 2.2 Diagramme de Pareto

Chapitre 3 : Optimisation et sécurisation d'un procès (3semaines)

- 3.1 Méthode AMDEC
- 3.2 Diagramme de Gantt
- 3.3 Méthode Kanban
- 3.4 Autodiagnostic

Chapitre 4 : Gestion des premières étapes d'une analyse (5 semaines)

- 4.1 Diagramme KJ
- 4.2 Analyse de la variance

- 4.2 Brainstorming
- 4.3 Matrice auto-qualité
- 4.4 Analyse de la valeur

Mode d'évaluation:

Contrôle continu:40% ; Examen: 60%.

Références bibliographiques:

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

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

Objectifs de l'enseignement

Être en mesure de déterminer les fréquences propres d'un système oscillant, ainsi que les efforts internes et les déplacements de ce système. Acquisition des connaissances pratique du domaine à travers des exemples réels.

Connaissances préalables recommandées

Des connaissances sur les notions fondamentales de vibration et de d'analyse des structures sont requises

Contenu de la matière :

Chapitre I : Vibrations des systèmes continus (5 semaines)

- Vibration longitudinale des barres
- Vibration de torsion des arbres
- Vibration de flexion des poutres

Chapitre 2 : Vibrations des machines (6 semaines)

- Modélisation des machines
- Caractéristiques des machines
- Raideur et coefficient d'amortissement des fondations des machines
- Raideur et coefficient d'amortissement des paliers des arbres tournants

Chapitre 3 : Méthodes de calcul des fréquences et modes (4 semaines)

- Méthode de Rayleigh-Ritz
- Méthodes itératives

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques:

1. Chopra, A.K. (2001). *Dynamics of Structures: Theory and Application to Earthquake Engineering*. Prentice Hall
2. Clough, R.W., Penzien, J. (1993). *Dynamics of Structures*. Mc Graw Hill.
3. Datta, T. K.(2010). *Seismic analysis of structures*. John Wiley & Sons (Asia). Pte Ltd (<http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/9780470824634>)
4. Paz, M., William, L. (2004). *Structural Dynamics: Theory and computation, fifth edition, updated with Sap2000*. Kluwer Academic Publishers.

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEF 1.1.2
Matière 1: Mécanique des milieux continus
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement

Cette matière vise à initier les étudiants à l'étude du comportement des matériaux élastiques faiblement déformés.

Connaissances préalables recommandées

En mathématiques : trigonométrie, analyse, algèbre, systèmes linéaires, calcul matriciel et résolutions des équations différentielles.

Contenu de la matière :

- | | |
|--|---------------------|
| Chapitre 1. Généralités | (2 semaines) |
| <ul style="list-style-type: none"> -Définition de la MMC -Comportement élastique -Hypothèses de base | |
| Chapitre 2. Théorie des contraintes | (3 semaines) |
| <ul style="list-style-type: none"> -Introduction -Contraintes normales et contraintes tangentielles -Loi de réciprocité des contraintes tangentielles -Equation différentielle d'équilibre (équation de Navier) -Conditions aux limites -Contraintes sur une facette oblique -Contraintes et directions principales -Contraintes de cisaillement maximales | |
| Chapitre 3. Théorie des déformations | (3 semaines) |
| <ul style="list-style-type: none"> -Tenseur de déformations. -Déformation dans une direction quelconque -Equations de Cauchy -Déformations et directions principales -Condition de compatibilité (Equations de Saint-Venant)- -Dilatation cubique | |
| Chapitre 4. Relations entre contraintes et déformations | (2 semaines) |
| <ul style="list-style-type: none"> Loi de Hooke-Loi de Hooke sous la forme volumique -Loi de Hooke sous la forme Lamé-Loi de Hooke sous la forme générale -Résolution des équations d'élasticité en déplacement (solution de Lamé) -Résolution des équations d'élasticité en contraintes (solution de Beltrami) -Les limites élastiques (traction, compression, cisaillement)-Critères de limites élastiques (Trescan Von Mises, ...) | |
| Chapitre 5. Elasticité plane en coordonnées cartésiennes | (3 semaines) |
| <ul style="list-style-type: none"> - Introduction | |

- Déformations planes-Contraintes planes
- Méthode de contraintes (Fonction d'Airy)

Chapitre 6. Elasticité plane en coordonnées polaires**(2 semaines)**

- Tenseur de contraintes en repère polaire
- Equations différentielles d'équilibre-Fonction d'Airy exprimée en coordonnées polaires
- Composantes de contraintes
- Composantes de déformations
- Loi de Hooke-Cas de distribution symétrique de contraintes

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques:

1. Frey F. (1969), *Analyse des structures et milieux continus, Mécanique des structures, Vol. 2, Presses polytechniques et universitaires romandes, p. 452*

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEF 1.1.2
Matière 2: Thermodynamique Appliquée
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement

Cette matière vise à fournir aux étudiants à l'étude les définitions utilisées en calorimétrie et à connaître les deux premiers principes de la thermodynamique pour les systèmes fermés

Connaissances préalables recommandées

En mathématiques : analyse, algèbre, systèmes linéaires, et résolutions des équations différentielles.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Thermométrie	(1 semaine)
Chapitre 2 : Dilatation des solides, des liquides et des gaz	(2 semaines)
Chapitre 3 : Quantité de chaleur	(2 semaines)
Chapitre 4 : Notions générales sur la thermodynamique	(2 semaines)
Chapitre 5 : Le premier principe de thermodynamique	(2 semaines)
Chapitre 6 : Propriétés énergétiques de gaz parfaits	(2 semaines)
Chapitre 7 : Le second principe	(2 semaines)
Chapitre 8 : Propriétés des corps purs	(2 semaines)

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques:

1. *G. BRUHAT, Thermodynamique, Edition Masson*
2. *.J.M.SMITH et H.C. VAN HESS, Introduction to chemical engineering thermodynamics, Edition Mc Graw-Hill*
3. *.J.C. SISSI, Principes de thermodynamique, Edition Mc GrawHill*
4. *. R. VICHNIEVSKY, Thermodynamique appliquée aux machines, Edition Masson*

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEF 1.1.2
Matière 3: Méthodes statistiques et échantillonnage
VHS: 22h30 (Cours: 1h30)
Crédits: 2
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement

Cette matière vise à fournir aux étudiants les outils d'analyse de la probabilité des défaillances et le traçage des historiques et diagrammes des équipements et installations techniques. Elle permet aux étudiants de se familiariser avec les probabilités et les statistiques afin de bien mener leur fonction de master en maintenance ou comme responsable de la maintenance et la gestion de la durée de vie des équipements industriels.

Connaissances préalables recommandées

Mathématiques

Contenu de la matière :

Chapitre1. Rappel sur les éléments d'analyse combinatoire et les probabilités(3 semaines)

1 Éléments d'analyse combinatoire

- 1.1 Généralités
- 1.2 Formules classiques d'analyse

2 Définition de la probabilité

- 2.1 Notion de probabilité
- 2.2 Extension de la définition
- 2.3 Axiomes
- 2.4 Définition relative à des événements : les diagrammes de Venn

3 Axiomes du calcul des probabilités

- 3.1 Notion d'évènement
- 3.2 Mesure de la probabilité
- 3.3 Axiomes de Kolmogorov
- 3.4 Quelques propriétés
- 3.5 Théorème des probabilités totales

4 Les schémas de tirages probabilistes

- 4.1 Exposé du problème
- 4.2 Tirage exhaustif
- 4.3 Tirage de Bernoulli
- 4.4 Comparaison des 2 modes de tirage, exhaustif et avec remise
- 4.5 Généralisation du tirage exhaustif ordonné

5 Probabilité de Bayes

- 5.1 Énoncé du problème
- 5.2 Le théorème de Bayes
- 5.3 Généralisation du théorème de Bayes

6 Les variables aléatoires

- 6.1 Définition d'une variable aléatoire
- 6.2 Probabilité d'une variable aléatoire
- 6.3 Les caractéristiques de forme ou coefficients de Fisher
- 6.4 Fonctions génératrices
- 6.5 Inégalité de Bienaymé-Chebychev

Chapitre2: Lois de probabilités d'usage courant

(4semaines)

1 Les lois discrètes

- 1.1 Loi binomiale : suite d'épreuves de Bernoulli
- 1.2 Loi de Pascal
- 1.3 Loi hypergéométrique
- 1.4 Loi de Poisson
- 1.5 Loi multinomiale

2 Les lois continues

- 2.1 Loi uniforme
- 2.2 Loi normale
- 2.3 Loi exponentielle
- 2.4 Loi de Weibull
- 2.5 Loi de Pareto
- 2.6 Loi de Gumbel

3 Test d'adéquation à une loi

- 3.1 La démarche de modélisation
- 3.2 Test d'adéquation et loi du χ^2
- 3.3 Test d'adéquation de Kolmogorov-Smirnov

Chapitre3. Statistique descriptive

(4 semaines)

1. Introduction

2. Echantillonnage statistique

- 2.1. Définition
- 2.2. Echantillonnage aléatoire simple

3. Les caractères statistiques

- 3.1. Définition
 - 3.1.1. Les caractères qualitatifs
 - 3.1.2. Les caractères quantitatifs
- 3.2. Liens avec les concepts probabilistes

4. Représentation des données

- 4.1. Séries statistiques
- 4.2. Tableaux statistiques
 - 4.2.1. Fréquences absolues, relatives et cumulées
 - 4.2.2. Caractères quantitatifs discrets
 - 4.2.3. Caractères quantitatifs continus
- 4.3. Représentations graphiques

5. Indicateurs numériques

- 5.1. Indicateurs de position
 - 5.1.1. La moyenne arithmétique
 - 5.1.2. La médiane
 - 5.1.3. Le mode
- 5.2. Indicateurs de dispersion
 - 5.2.1. La variance observée
 - 5.2.2. Le coefficient de variation

Chapitre4. Théorie d'échantillonnage

(4 semaines)

1. Généralités et définitions

- 1.1. Concepts de l'échantillonnage
- 1.2. Modalités d'échantillonnage et distributions
- 1.3. Loi de la moyenne et de la variance

2. Estimation statistique

- 2.1. Estimation ponctuelle
- 2.2. Estimation par intervalle de confiance
- 2.3. Intervalle de confiance pour la moyenne
- 2.4. Intervalle de confiance pour la variance
- 2.5. Intervalle de confiance pour une proportion

3. Application des statistiques en fiabilité

- 3.1. Généralités et définitions

3.2. Applications analytiques

3.3. Applications graphiques

Mode d'évaluation:

Examen: 100 %.

Références bibliographiques:

1. J.-F. Delmas. *Introduction au calcul des probabilités et statistiques*. Polycope ENSTA, 2008.
2. Borovkov. *Mathematical statistics*. Gordon and Breach, Science Publishers, 1998.
3. Montfort. *Cours de statistique mathématique*. Economica, 1988.
4. J. Neveu. *Introduction aux probabilités*. Ecole Polytechnique, 1990.
5. B. Goldfarb, Catherine Pardoux, *Statistique et probabilités*, 7^{ème} édition, Dunod, Paris, 2013, ISBN 978-2-10-059167-1,
6. G. Saporta, , *Probabilités, Analyse des données et Statistique*, Technip, 2^{ème} édition, 2006.
7. R. Veysseyre, *Aide Mémoire. Statistique et probabilités pour l'ingénieur*, Dunod, 2^{ème} édition, 2006.
8. S. Gilbert *Probabilités, analyse des données et statistique*, deuxième édition, 656 pages, éditions Technip, Paris, 2006

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEM 1.1
Matière 1: Traitement du signal
VHS: 45h00 (Cours: 1h30 ; TD : 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement

Cette matière vise à fournir aux étudiants les outils notions de base sur l'analyse des signaux et spectres dans le but d'utilisation en maintenance et détections des défauts.

Connaissances préalables recommandées

Mathématiques, Algèbre

Contenu de la matière :

Chapitre 01: Généralités	(3 semaines)
1.1 Introduction	
1.2 Définitions	
1.3 Classification des signaux	
1.4 Signaux particuliers	
1.5 Représentation fréquentielle	
Chapitre 02. Traitement du signal analogique	(4 semaines)
2.1 Série de Fourier	
2.2 Transformée de Fourier	
2.3 Convolution	
2.4 Notion de filtrage	
2.5 Notion de modulation	
Chapitre 03. Numérisation	(4 semaines)
3.1 Echantillonnage	
3.2 Quantification	
3.3 Codage	
Chapitre 04. Traitement du signal numérique	(4 semaines)
4.1 Transformée de Fourier d'un signal discret	
4.2 Transformée de Fourier discrete	
4.3 Notion de transformée de Fourier rapide	

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques:

1. Dominique Placko, « *Mesure et instrumentation : Volume 1. De la physique du capteur au signal électrique* », Editeur : Hermès – Lavoisier, Octobre 1970.
2. Maitine Bergouniou, « *Mathématiques pour le traitement du signal - Cours et exercices corrigés* », SCIENCES SUP – Dunod, 2010.
3. M. Benidir, « *Théorie et traitement du signal : Tome 1 - représentation des signaux et des systèmes* », Collection: Sciences Sup, Dunod, 2002.

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEM 1.1
Matière 2: TP dynamique des structures
VHS: 22h30 (TP : 1h30)
Crédits: 2
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement

Cette matière vise à fournir aux étudiants les illustrations du cours de Dynamique des Structures dans le comportement des systèmes continus

Connaissances préalables recommandées

Des connaissances sur les notions fondamentales de vibration et de d'analyse des structures sont requises

Contenu de la matière :

TP1 : Poutre encastrée à une de ses extrémités et libre de l'autre.

TP2 : Poutre encastrée aux deux extrémités.

Mise en évidence expérimentale des phénomènes de résonance par vibrations forcées: détermination des deux 2 premières fréquences de résonance, mise en évidence expérimentale des modes de résonance, détermination de l'amortissement structural à chaque mode.

Au niveau théorique : application des équations de Lagrange pour la mise en équation, calcul des fréquences propres, calcul des vecteurs modaux, comparaison expérience/théorie.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 100%

Références bibliographiques:

5. Chopra, A.K. (2001). *Dynamics of Structures: Theory and Application to Earthquake Engineering*. Prentice Hall
6. Clough, R.W., Penzien, J. (1993). *Dynamics of Structures*. Mc Graw Hill.
7. Datta, T. K.(2010). *Seismic analysis of structures*. John Wiley & Sons (Asia). Pte Ltd (<http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/9780470824634>)
8. Paz, M., William, L. (2004). *Structural Dynamics: Theory and computation, fifth edition, updated with Sap2000*. Kluwer Academic Publishers.

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEM 1.1
Matière 3: Introduction aux Matériaux
VHS: 45h00 (Cours : 1h30 ; TD : 1h30)
Crédits: 3
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement

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

Connaissances préalables recommandées

Sciences des matériaux et Chimie générale et minérale

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Rappel Structures cristallines parfaites et imparfaites (3 semaines)

Chapitre 2 : Matériaux métalliques (4 semaines)

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

Chapitre 3 : Matériaux non métalliques (4 semaines)

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

Chapitre 4 : Critères de sélection des matériaux (4 semaines)

- Réalisation d'un cahier des charges matériau, Analyse fonctionnelle d'une pièce (qualités requises, caractéristiques et indices de performance correspondants, niveaux exigibles, établissement du cahier des charges, Caractéristiques mécaniques, Sources de données

sur les matériaux (bibliographie, base de données), Critères de choix en fonction des coûts, disponibilités, conditions d'utilisation et de fabrication, élection des matériaux. , Sensibilisation à l'existence d'outils d'aide à la sélection de matériaux, étude de cas.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques

1. *Wilfried Kurz, Jean Pierre Mercier, Gérald Zambelli, "Introduction à la science des matériaux (TM vol 1) », Traité des Matériaux, 2002.*
2. *Suzanne Degallaix et Bernhard Ilschner, « Caractérisation expérimentale des matériaux I (TM vol 2) Propriétés physiques, thermiques et mécaniques », Traité des Matériaux, 2007.*
3. *Michel Dupeux et Jacques Gerbaud, « Exercices et problèmes de sciences des matériaux : Licence, master, écoles d'ingénieurs », Editeur : Dunod, Septembre 2010.*
Michel Colombié et Coll. Dunod, « Matériaux métalliques », Dunod, l'Usine Nouvelle, 2008.

Semestre: S1

Unité d'enseignement: UEM 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
- Maîtriser l'automatisation de tâches
- Maîtriser 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 bibliothèques 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 4 : 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, métaclases.
6. **Exercices**

Chapitre 5 : 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 TD
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-tâches : 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](https://www.codecademy.com/learn/learn-python-3)
- W3Schools Python Tutorial : [w3schools.com/python/](https://www.w3schools.com/python/)

IV - Programme détaillé par matière du semestre S2

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEF 1.2.1
Matière 1: Méthode des éléments finis
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement :

Une étape primordiale dans la conception des structures complexes est l'établissement d'un modèle numérique. Cette phase de modélisation, essentielle pour une compréhension du comportement du système sous différentes sollicitations, suppose le recours à un outil d'analyse numérique performant et maîtrisable, s'appuyant généralement sur la méthode des éléments finis. Ce module a pour objectif d'exposer les fondements de la méthode des éléments finis qui constitue à l'heure actuelle la technique la plus répandue de discrétisation. Les parties traitées dans ce module sont : outils mathématiques, formulation intégrale, fonctions paramètres et fonctions de forme, et éléments isoparamétriques.

Connaissances préalables recommandées :

Calcul différentiel et intégral, algèbre linéaire, mécanique des solides.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Outils mathématiques (4 semaines)

- 1.1. Intégration par parties
- 1.2. Différentiel d'une fonction
- 1.3. Variation d'une fonction
- 1.4. Propriétés de commutativité
- 1.5. Lois de calcul variationnel
- 1.6. Equation unidimensionnelle d'Euler-Lagrange
- 1.7. Dérivée et intégrale d'une matrice par rapport à un scalaire
- 1.8. Dérivée d'une fonction scalaire par rapport à un vecteur
- 1.9. Somme d'intégrales
- 1.10. Stockage d'une matrice symétrique bandée
- 1.11. Théorème de Green-Gauss
- 1.12. Equation bidimensionnelle d'Euler-Lagrange

Chapitre 2 : Formulation intégrale (3 semaines)

- 2.1. Introduction
- 2.2. Méthode de Ritz
- 2.3. Méthode variationnelle
- 2.4. Méthode des résidus pondérés

Chapitre 3 : Fonctions paramètres et fonctions de forme (4 semaines)

- 3.1. Fonctions paramètres
- 3.2. Élément unidimensionnel à deux nœuds
- 3.3. Éléments bidimensionnel
- 3.4. Formules simples d'intégration
- 3.5. Propriétés des fonctions de forme C0 continues

Chapitre 4 : Éléments isoparamétriques (4 semaines)

- 4.1. Introduction
- 4.2. Éléments unidimensionnels
- 4.3. Éléments bidimensionnels

4.4. Éléments isoparamétriques

4.5. Intégration numérique

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- François Frey, "Analyse Des Structures Et Milieux Continus. Mecanique Des Solides", Presses Polytechniques Et Universitaires Romandes Ppur, 1998.
- 3- Jean-Louis Batoz, Gouri Dhatt, "Modelisation Des Structures Par Elements Finis, Volume 1 : Solides Elastiques", Hermès Sciences Publication 1990.
- 4- Jean-Louis Batoz, Gouri Dhatt, "Modelisation Des Structures Par Elements Finis, Volume 2 : Poutres & Plaques", Hermès Sciences Publication 1990.
- 5- Jean-Louis Batoz, "Modelisation Des Structures Par Elements Finis, Tome 3 : Coques", Hermès Sciences Publication 1992.
- 6- O.C.Zienkiewicz, "La Methode Des Elements Finis", Mc Graw Hill, 1979.
- 7- Paul Louis George, "Generation Automatique De Maillages: Applications Aux Methodes D'elements Finis", Dunod, 1990.
- 8- C. Zienkiewicz And R. L. Taylor, "The Finite Element Method For Solid And Structural Mechanics", Sixth Edition By O. Butterworth-Heinemann 2005.
- 9- AlaaChateauneuf, "Comprendre Les Elements Finis : Structures. Principes, Formulations Et Exercices Corriges", Ellipses Marketing, Juillet 2005.

Semestre:2
Unité d'enseignement: U.E.F.1.2.1
Matière2:Vibration des machines tournantes
VHS: 45h00 (Cours 1h30, TD 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

- Comprendre les principes physiques de la dynamique vibratoire
- 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 : turboalternateurs, groupes de pompage, moteurs, centrifugeuses, ...
- Appliquer ces méthodes à des cas pratiques industriels.

Connaissances préalables recommandées:

Notions sur : les Oscillateurs à un degré de liberté ; Dynamique du solide rigide ; Equations différentielles du second ordre linéaire à coefficients constants ; Bases d'algèbre linéaire.

Contenu de la matière:

Chapitre I : Introduction à la dynamique des rotors	(2 semaines)
1.1. Composants d'un rotor	
<ul style="list-style-type: none"> • Le disque • L'arbre • Les paliers • Le balourd 	
Chapitre II : Principe de Hamilton	(2 semaines)
Chapitre III : Formulation énergétique	(3 semaines)
3.1. Energie cinétique du disque	
3.2. Energie cinétique du rotor	
3.3. Energie de déformation du disque	
3.4. Energie de déformation du rotor	
3.3 .Travail des forces extérieures, du balourd, des paliers	
Chapitre IV : Modélisation du rotor et équations du mouvement	(2 semaines)
4.1 Modèle analytique	
4.1 Modèle Éléments Finis	
Chapitre V : Vitesses critiques – Diagrammes de Campbell	(2 semaines)
Chapitre VI : Instabilité	(2 semaines)
Chapitre VII : Techniques d'équilibrage des machines tournantes	(2 semaines)

Mode d'évaluation:

Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%

Références bibliographiques :

- 1- Ezzeddine Ftoutou, Mnaouar Chouchane, *Etude Dynamique des Rotors en Flexion par Eléments Finis*, Éditions Universitaires Européennes, 2013.
- 2- Alain Boulenger, Christian Pachaud, *Aide mémoire : Surveillance Des Machines Par Analyse Des Vibrations*, L'usine Nouvelle/Dunod, 2009.
- 3- De-Langre Chaigne, *Dynamique et vibrations*, **Editeur** : ECOLE POLYTECHNIQUE, 2008.

- 4- *Christian Soize, Dynamique Des Structures Elements De Base Et Concepts Fondamentaux, **Editeur** : ELLIPSES MARKETING, 2001.*
- 5- *Patrick Le-Tallec, Introduction A La Dynamique Des Structures, **Editeur** : ELLIPSES MARKETING, 2000.*

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEF 1.2.1
Matière 3: Construction Mécaniques
VHS:22h30 (Cours: 1h30)
Crédits:2
Coefficient:1

Objectifs de l'enseignement :

Amener les étudiants à pouvoir dimensionner tous les éléments de machine sous différents types de chargement (statique, dynamique,...). Développer l'aptitude des étudiants à la synthèse et à la recherche de modèles relatifs au calcul des éléments de machine.

Connaissances préalables recommandées :

Connaissances en statique, cinématique et dynamique, élasticité et résistance des matériaux.
 Technologie de construction mécanique

Contenu de la matière :

Chapitre 1 :Généralités sur la Construction Mécanique (3 semaines)

- 1.1 : Introduction
- 1.2 : Rappels des critères de dimensionnement
 - 1.2.1 Critères de Résistance Mécanique
 - 1.2.2 Critères de Résistance à la fatigue
 - 1.2.3 Concentration de Contraintes et Coefficient de Sécurité.

Chapitre 2 : Calcul des éléments d'assemblage (3 semaines)

- 2.1 : Assemblages démontables
 - 2.1.1 : Assemblage par adhérence
 - 2.1.2 : Assemblage par obstacle
 - 2.1.2 : Assemblage par éléments filetés
- 2.2 : Assemblages non démontables
 - 2.2.1 : Assemblage par rivetage
 - 2.2.2 : Assemblage par soudure
 - 2.2.3 : Assemblage par collage

Chapitre 3 : Calcul des éléments de transmission (3 semaines)

- 3.1 : Transmission par engrenages
- 3.2 : Transmission par courroies
- 3.3 : Transmission par chaînes
- 3.4 : Transmission par éléments à friction.

Chapitre 4 : Calcul des Paliers lisses et roulements (3 semaines)

- 4.1 : Coussinets
- 4.2 : Buttées
- 4.3 : Roulements

Chapitre 5 :Construction et éléments Auxiliaires (3 semaines)

- 5.1 : Les ressort
- 5.2 : Les Joints d'étanchéité
- 5.3 : Les Embrayages, Coupleurs et Freins
- 5.4 : Supports

Mode d'évaluation :

Examen:100 %.

Références bibliographiques :

1. Nicolet G. : *Conception de machines. Chapitre 8 : Mécanismes à roues dentées et engrenages.* EIF Fribourg 1992.

2. *Henriot G. : Traité théorique et pratique des engrenages. Tome I : Théorie et technologie. Tome II : Etude complète du matériel. Dunod Paris 1972.*
3. *Gaston Nicolet : Conception et calcul des éléments de machine Tome I, Tome II, Tome III ; Ecole d'ingénieurs de fribourg (EIF).*

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEF 1.2.2
Matière 1: G.M.A.O
VHS:45h00 (Cours: 1h30, T.D : 1h30)
Crédits:4
Coefficient:2

Objectifs de l'enseignement :

Comprendre les objectifs de la gestion technique et économique nécessaire à la maintenance.
 Intégration de la GMAO dans une entreprise. De structurer le parc à maintenir : sites, ouvrages, équipements, capteur...etc.
 De disposer d'informations sur les équipements et de déclencher les interventions préventives.
 D'interfacer la GMAO avec la supervision. D'assurer le suivi des entretiens systématiques, visites de contrôles, étalonnages et nettoyages

Connaissances préalables recommandées :

Notions sur la maintenance industrielle.

Contenu de la matière :

Partie I : Cours

Chapitre 1 :Introduction (4 semaines)

- 1.1. Les objectifs de la GMAO
- 1.2. Domaines à gérer
 - Gestion des activités de la maintenance
 - Gestion des matériels
 - Gestion des stocks et des approvisionnements
 - Gestion économique
 - Gestion des investissements
 - Gestion des moyens humains

Chapitre 2 :Les modules de base de la GMAO (4 semaines)

- 2.1 Module équipements ou parc
- 2.2. Module Stock
- 2.3. Module gestion des travaux
- 2.4. Module analyse-indicateur
- 2.5. Module budget et le suivi des dépenses
- 2.6. Module gestion des ressources humaines

Chapitre 3 :La conduite d'un projet GMAO (4 semaines)

- 3.1. Importance de l'aspect humain
- 3.2. Etapes du projet
- 3.3. Etude de faisabilité
- 3.4. Choix de l'outil GMAO et des modules nécessaires
- 3.5. Les causes d'échec

Partie II : Travaux dirigés

Utilisation d'un logiciel de GMAO (3 semaines)

- Collecte des informations de maintenance du bien
- Saisie des comptes rendus d'intervention, des fiches de suivi, des fiches d'expertise
- Elaboration de documents de suivi de machines permettant de constituer le dossier historique

Mode d'évaluation :

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques :

- 1- *GMAO : état de l'existant*, JY. SagboCoovi, P. Calme, E. Gentil, Projet SPIBH, UTC, 1997.
- 2- *Maintenance Assistée par Ordinateur*, M. Gabriel et Y. Pimor, Ed. Masson, 1987.
- 3- *Maîtrise et gestion de la maintenance tome 1 et 2*, Etude CXP. 2002.
- 4- *Gestion de la maintenance, qualité et supervision*, Catalogue CXP. 2003.
- 5- *Maintenance assistée par ordinateur*, M.Gabriel et Y.Pimo, Ed Masson,1985.
- 6- *Maintenance Assistée par Ordinateur*, M. Gabriel et Y. Pimor, Ed. Masson, 1987
- 7- *Le management de la maintenance*, F. Boucly et A. Ogus, Ed. AFNOR Gestion, 1988

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEF 1.2.2
Matière 2:Fiabilité des systèmes
VHS:45h00 (Cours: 1h30, T.D : 1h30)
Crédits:4
Coefficient:2

Objectifs de l'enseignement :

Ce module permettra aux étudiants de déterminer le processus de dégradation des organes, d'analyser leur mode de dégradation et de définir le type de la maintenance à appliquer pour éviter les arrêts soudains qui sont onéreux

Connaissances préalables recommandées :

Mathématiques, Méthodes statistiques

Contenu de la matière :

Chapitre1.

- *Rappel mathématique et les méthodes de fiabilité*

- Méthode Ishikawa
- Méthode opérationnelle et prévisionnelle
- Modèle mathématique de la fiabilité
- Méthode statistique probabiliste

- *Etude détaillée du modèle exponentiel*

- Développement du modèle
- Etude analytique du modèle
- Etude numérique du modèle
- Détermination des indices de fiabilité
- Etude et interprétation
- Etude de cas

(5 semaines)

Chapitre2.

- *Approche de la fiabilité des équipements et des organes par des modèles spécifiques*

- Approche de la fiabilité par le modèle de Weibull
- Description du modèle
- Formulation mathématique du modèle
- Détermination des paramètres de fiabilité
- Etude analytique et numérique du modèle
- Etude et interprétation
- Etude de cas

(4 semaines)

Chapitre3.

- *Utilisation des modèles de fiabilité pour l'optimisation de la maintenance*

- Impact de la fiabilité sur la durée de vie des organes et sur la productivité
- Optimisation de la production industrielle (énergétique et mécanique)
- Optimisation de l'exploitation des équipements (énergétique et mécanique)
- Optimisation de la gestion des stocks

- *Utilisation des modèles de fiabilité pour gérer des équipements complexes*

- Populations simples
- Populations complexes
- Populations linéaires et non linéaires

(3 semaines)**Chapitre4.**

- Modélisation et simulation numérique de la fiabilité.
- Etude des cas pratiques et industriels
- Etude de cas réelle sur un équipement sensible
- Validation par des logiciels de fiabilité
- Perspectives sur le couplage mécano-fiabilité

(3 semaines)**Mode d'évaluation :**

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques :

1. *Guide de la maintenance, Daniel Boitel et Claude Hazard, Edition Nathan 1990 Vers le zéro panne avec*
2. *la maintenance conditionnelle, Alain Boulenger, Collection "Guides de l'utilisateur" Edition AFNOR*
3. *1989*
4. *Maintenance conditionnelle, mesures et analyses des vibrations, Jean Lois Feron- Edition de l'IUT de Saint Nazaire 1993*
5. *G. ZWINGELSTEIN, "Diagnostic des défaillances : théorie et pratique pour les systèmes industriels", Traité des Nouvelles Technologies, Édition Hermès 1995.*
6. *J. Brunet & al. "Détection et Diagnostic de panne : approche par la modélisation", Édition Hermès, 1990.*
7. *Ligeron, J.C. et Lyonnet, P. (1992) La fiabilité en exploitation, Lavoisier, Paris.*
8. *Bradt, D. (1997) Use reliability, availability and maintainability techniques to optimize system operation. HydrocarbonProcessing, 63-65.*
9. *Lyonnet, P. (1992) La maintenance mathématiques & méthodes. Technique & documentation, Lavoisier, Paris.*

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEM1.2
Matière 1:TP Méthode des éléments finis
VHS:22h30 (TP: 1h30)
Crédits:1
Coefficient:1

Objectifs de l'enseignement :

Connaitre les principes théoriques, mathématiques et techniques, accompagnés d'exemples et de TP sur les logiciels et les codes de calcul par éléments finis. Le travail est réalisé par l'étudiant sous forme de mini-projet.

Connaissances préalables recommandées :

Calcul matriciel, méthodes numériques, méthode des éléments finis.

Contenu de la matière :

- | | |
|--|-------------------------|
| TP1 : Maitrise du logiciel : | (7 semaines) |
| ✓ Définir le problème | |
| ✓ Modélisation des éléments ressorts barres et poutres sur code de calcul Ansys, Abaqus, etc.. | |
| ✓ Modélisation des éléments plaques et coques sur code de calcul Ansys, Abaqus, etc.. | |
| ✓ Modélisation des éléments 3 D sur code de calcul Ansys, Abaqus, etc.. | |
| ✓ Maillage et choix des éléments | |
| ✓ Introduction des conditions aux limites | |
|
TP2 : Analyse statique d'un portique |
(2 semaines) |
| TP3 : Analyse statique d'une plaque | (2 semaines) |
| TP4 : Analyse des vibrations libres d'une structure poutre | (2 semaines) |
| TP5 : Analyse des vibrations forcées d'une structure poutre | (2 semaines) |

Mode d'évaluation:

Contrôle continu:100%.

Références bibliographiques:

- 1- Amar Khernane, "Introduction to Finite Element Analysis Using MATLAB and Abaqus", Taylor & Francis Group, LLC, 2013
- 2- <http://moodle.insa-toulouse.fr/course/view.php?id=159>, dernier accès Juin 2016.
- 3- Michel Cazenave, *Méthode des éléments finis - 2e éd. - Approche pratique en mécanique des structures*, Edition(s) : Dunod, 2013.
- 4- Michel Cazenave, *Méthode des éléments finis - Approche pratique en mécanique des structures*, Editeur(s) : Dunod, L'Usine Nouvelle, Collection : Technique et ingénierie - Mécanique et matériaux, 2010.
- 5- Jean-Charles Craveur, *Modélisation par éléments finis - Cours et exercices corrigés*, Edition(s) : Dunod, 2008.
- 6- Alexandre Ern, *Aide-mémoire des éléments finis*, Edition(s) : Dunod, 2013.
- 7- Gouri Dhatt, Gilbert Touzot, Emmanuel Lefrançois, , *Méthode des éléments finis*, Hermes-Lavoisier, 2015.

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEM 1.2
Matière 2: Procédés de Fabrication et Machines Outils
VHS:45h00 (Cours: 1h30, TP : 1h30)
Crédits:4
Coefficient:2

Objectifs de l'enseignement :

Donner aux étudiants des éléments qui le guident pour le choix d'un procédé de fabrication en fonction du modèle de la pièce à obtenir.

Connaissances préalables recommandées :

Résistance des Matériaux, Construction Mécanique.

Contenu de la matière :

- Chapitre 1 : Généralités sur les procédés de fabrication (2 semaines)**
- 1.1 : Introduction
 - 1.2 : Procédés de Fabrication sans enlèvement de matière
 - 1.3 : Procédés de Fabrication par enlèvement de matière
 - 1.3.1 Les machines
 - 1.3.2 L'outillage
 - 1.4: Les procédés de contrôle (Dimensionnel et Caractéristiques mécaniques).
- Chapitre 2 : Procédés d'usinage (5 semaines)**
- 2.1 Le Perçage
 - 1.3.1 Les machines de perçage - types - outillage - montage.
 - 2.2 Le Fraisage
 - 1.3.1 La Fraiseuse
 - 1.3.2 Les mouvements de la pièce et de l'outil..
 - 2.3 Le Tournage
 - 1.3.2 Le Tour
 - 1.3.3 Les opérations de tournage
 - 1.3.4 Le montage
 - 2.4 Les matériaux des outils
 - 2.4.1 Matériaux
 - 2.4.2 Choix du matériaux des plaquettes
 - 2.5 Contrôle de la position de la pièce par rapport à l'outil
 - 2.5.1. Les moyens de contrôle
- Chapitre 3 : Conditions de coupe (2 semaines)**
- 3.1 Les paramètres de coupe
 - 3.2 Choix des paramètres de coupe
 - 3.3 Influence des conditions de coupe sur la rugosité
 - 3.4 Optimisation des conditions de coupe
- Chapitre 4 : Procédés d'obtention de pièces par déformation plastique (3 semaines)**
- 4.1 Les Procédés de déformation à froid.
 - 4.2 Les Procédés de déformation à chaud.
 - 4.3 Les procédés d'obtention de pièces par fusion.
- Chapitre 5 : Les Machines à commande numérique (3 semaines)**
- 5.1 Soudure et Découpage au plasma et/ou Laser
 - 5.2 Machine CNC fabrication de ressorts.
 - 5.3 Les machines de prototypage.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques:

- 1- J. SAINT-CHELY, "CHOIX DES OUTILS ET DES CONDITIONS DE COUPE EN TOURNAGE", 1993.
- 2- André Chevalier, *Technologie de fabrication mécanique*, numéro 10, 1999.
- 3- 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 universitaires romandes, 2001.
- 4- Claude Corbet, *Mémotech - Procédés de mise en forme des matériaux*, Editeur(s) : Casteilla, Collection : Mémotech, 2005.
- 5- René Pazot, *Formulaire du technicien en fabrications mécaniques*, Editions : Casteila, 2006.
- 6- Jean-Pierre Cordebois, Michel Colombié, *Fabrication par usinage (Mécanique et matériaux)*, Dunod, 2008.
- 7- Eric FELDER, *Mise en forme des métaux - Aspects mécaniques et thermiques*, *Techniques de l'Ingénieur*, Référence M3000 v2, 2015.

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEM 1.2
Matière 3: Capteur intelligent
VHS: 45h00 (Cours: 1h30; TP: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement :

Maîtriser le principe de base de fonctionnement d'un capteur, les caractéristiques métrologiques dont il faut tenir compte lors de l'utilisation et le choix d'un capteur ainsi que les différents éléments constitutifs d'une chaîne de mesure.

Connaissances préalables recommandées :

Electricité générale, mesures électriques et électroniques, Capteur et conditionneur et traitement de signal

Contenu de la matière :

Chapitre 1. Généralités et Caractéristiques métrologiques des capteurs (2 semaines)

Rappels sur l'analyse dimensionnelle et calcul d'incertitudes, principes et classification des capteurs, capteurs passifs, capteurs actifs, Etalonnage, sensibilité, linéarité, précision...

Chapitre 2. Introduction aux systèmes intelligents et communicants (2 semaines)

Evolution technologique et besoins industriels, définitions des capteurs intelligents et leurs fonctions, cycle de vie, applications.

Chapitre 3. Les capteurs intelligents dans l'industrie 4.0 (4 semaines)

Industrie 4.0, intégration des smart sensors, rôle des capteurs intelligents

Chapitre 4. Mini-projets sur les capteurs intelligents (ateliers) (4 semaines)

Dans ce chapitre les étudiants réaliseront des mini-projets sur les capteurs intelligents ; capteurs de pollution, position, pression.

Mode d'évaluation:

-Contrôle continu 50 %

-Travail personnel (ateliers) 50 % - Mini-projets sur les capteurs intelligents ; dans cette partie l'étudiant a le choix de choisir un mini projet sur les différents types des capteurs intelligents et de le réaliser suivant les moyens disponibles.

Références bibliographiques:

1. J.Niard, "Mesures électriques", Nathan 1981.
2. J. P. Bentley, "Principles of measurement systems", Pearson education 2005.
3. P. Dassonville, "Les capteurs", Dunod 2013.
4. J. M. Broust, "Appareillages et installations électriques industriels : conception, coordination, mise en oeuvre et maintenance", Dunod, Paris 2008.
5. M.BAYART, Capteurs et actionneurs intelligents, technique de l'ingénieur N°S 7 5202005.
6. George Ash et coll, Les capteurs en instrumentation industrielle, Dunod 2010.
7. Karim Bourouni, Exercices de mesures et instrumentation avec quelques corrigés, l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis, 2011.
8. P. Dassonville, Les capteurs -70 exercices et problèmes corrigés, Dunod 2019.

Semestre: S2

Unité d'enseignement: UET 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 :

- Maîtrise 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 automatique (Machine Learning)
 - Apprentissage profond (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 automatique (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'entraînement 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 cachées, poids, biais.
 - Fonction d'activation : ReLU, Sigmoid, Softmax,
 - Exercices d'applications
2. Introduction au **Deep Learning** :
 - Notion de couches profondes.

- Introduction aux réseaux convolutifs (CNN)

3. Exercices :

- Expliquer TensorFlow et PyTorch
- Analyser un Dataset de texte et prédire des sentiments
-

Chapitre 6 : Introduction Les réseaux de neurones

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 événement.
- ...

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 les notions vues au cours

TP 04 :

- Utilisation Scikit-learn pour entraîner 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 MNIST)
- ...

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'apprentissage 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.Belhadeh, I.Djemal : Méthode TALN – Cours de l'université de Msila - Algérie

Semestre : 2

Unité d'enseignement : UET 1.2

Matière : Respect des normes et des règles d'éthique et d'intégrité.

VHS : 22h30 (Cours : 1h30)

Crédit : 1

Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement:

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

Connaissances préalables recommandées : Ethique et déontologie (les fondements)

Contenu de la matière :

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

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

2. Recherche intègre et responsable

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

3. Ethique et déontologie dans le monde du travail :

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

B- Propriété intellectuelle

I- Fondamentaux de la propriété intellectuelle

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

II- Droit d'auteur

1. Droit d'auteur dans l'environnement numérique

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

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

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

3. Brevet

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

III- Protection et valorisation de la propriété intellectuelle

Comment protéger la propriété intellectuelle. Violation des droits et outil juridique.

Valorisation de la propriété intellectuelle. Protection de la propriété intellectuelle en Algérie.

C. Ethique, développement durable et nouvelles technologies

- Lien entre éthique et développement durable, économie d'énergie, bioéthique et nouvelles 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. Le télémaque, mai 2000, n° 17
12. Carr, D. Professionalism and Ethics in Teaching. New York, NY Routledge. 2000.
13. Galloux, J.C., Droit de la propriété industrielle. Dalloz 2003.
14. Wagret F. et J-M., Brevet d'invention, marques et propriété industrielle. PUF 2001
15. Dekermadec, Y., Innover grâce au brevet: une révolution avec internet. Insep 1999
16. AEUTBM. L'ingénieur au cœur de l'innovation. Université de technologie Belfort-Montbéliard
17. Fanny Rinck et Léda Mansour, littératie à l'ère du numérique : le copier-coller chez les étudiants, Université grenoble 3 et Université paris-Ouest Nanterre la défense Nanterre, France
18. Didier DUGUEST IEMN, Citer ses sources, IAE Nantes 2008
19. Les logiciels de détection de similitudes : une solution au plagiat électronique? Rapport du Groupe de travail sur le plagiat électronique présenté au Sous-comité sur la pédagogie et les TIC de la CREPUQ
20. Emanuela Chiriac, Monique Filiatrault et André Régimbald, Guide de l'étudiant: l'intégrité intellectuelle plagiat, tricherie et fraude... les éviter et, surtout, comment bien citer ses sources, 2014.
21. Publication de l'université de Montréal, Stratégies de prévention du plagiat, Intégrité, fraude et plagiat, 2010.
22. Pierrick Malissard, La propriété intellectuelle : origine et évolution, 2010.
23. Le site de l'Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle www.wipo.int
24. <http://www.app.asso.fr/>

V - Programme détaillé par matière du semestre S3

Semestre: 3

Unité d'enseignement: UEF 2.1.1

Matière 1: Tribologie et Lubrification des systèmes mécaniques

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

Crédits: 6

Coefficient: 3

Objectifs de l'enseignement :

Maitriser les notions de base de la tribologie. Etude du frottement, de l'usure et de la lubrification. Modélisation et résolution des problèmes tribologiques.

Connaissances préalables recommandées :

Matériaux, Mécanique des solides, MMC, Elasticité et RDM, éléments de machines.

Contenu de la matière :

Chapitre 1. : Introduction. (1 semaine)

Historique - tribologie dans l'industrie - Considérations économiques.

Chapitre 2. : Surfaces et interfaces.

(2 Semaines)

Définitions, concepts et critères - Analyses et caractérisation des surfaces - Propriétés fonctionnelles des surfaces - Frottement et déformation des surfaces - Usure : définition et modes d'usure.

Chapitre 3. : Friction. (1 Semaine)

Introduction - Causes possibles de la friction - Théorie de l'adhésion - Présentation des théories sur la friction - Influence des propriétés intrinsèques des matériaux sur la friction - Méthodes d'essais - Choix des matériaux.

Chapitre 4. : L'abrasion. (1 Semaine)

Définition et principe - Abrasion à deux corps - Abrasion à trois corps - Influence des paramètres opératoires sur l'usure abrasive - Influence des paramètres liés aux particules abrasives - Influence de la charge - Influence de la vitesse - Influence de l'environnement - Influence de la nature des matériaux - Méthodes d'essais - Choix de matériaux.

Chapitre 5 : Revêtements de surface. (2 Semaines)

Généralités - Procédés de revêtements de surface - Préparation des surfaces - Procédés spéciaux - Applications industrielles.

Chapitre 6 : Lubrification. (2 Semaines)

Régimes de lubrification - Lubrification Hydrostatique - Lubrification Hydrodynamique - Lubrification limite (mixte) . Etudes des paramètres dans le contact - Pression dans le film - Charge supportée par le contact. Débit - Force ou couple de frottement - Equation de Reynolds. Interprétation - Etudes de cas élémentaires de portance. Effet d'étirement - Effet d'écrasement - Coin d'huile. .

Chapitre 7: Types et propriétés des lubrifiants

(1 semaine)

7.1 Différents types de lubrification: Lubrifiants gazeux, liquides, semi-solides, solides,

7.2 Constituants des lubrifiants

7.3 Caractéristiques et propriétés des lubrifiants :

- Propriétés de masse, densité, compressibilité
- Propriétés optiques (couleurs, indice de réfraction)
- Propriétés superficielles: Tension superficielle et interfaciale, Absorption,
- Propriétés rhéologiques
- Propriétés électriques
- Propriétés solvants et chimiques

7.4 Additifs pour lubrifiants :

- Additifs d'indice de viscosité, Additifs de point d'écoulement, Additifs détergents et dispersants
- Additifs anti-usure et extrême de pression, Additifs de lubrification, agent d'onctuosité, extrême pression (EP), Additifs antioxydants et anticorrosifs, Additifs anti-mousse

Chapitre 8 : Classification industrielle des lubrifiants (2 Semaines)

- 8.1 Classification par viscosité ; ISO, SAE, Par symbole et application et différentes Classifications.
- 8.2 Critères de choix des lubrifiants,
- 8.3 Procèdes de lubrification,
- 8.4 Contrôle de qualité des huiles en service : Dégradations, Contamination des lubrifiants, fréquence de remplacement, Echantillonnages, Contrôle qualitatif, Essai de laboratoire, Méthodes d'analyse,

Chapitre 9: Lubrification des machines**(3 Semaines)**

- 9.1 Moteurs thermiques,
- 9.2 Turbine,
- 9.3 Transmissions mécaniques,
- 9.4 Compresseurs.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques:

1. Georges, Frottement, usure et lubrification : La Tribologie ou science des surfaces, Eyrolles, 2000.
2. Hamid Zaidi, J. Rivière, Lubrification et tribologie des revêtements minces, Presses Polytechniques Romandes, 2010.
3. Jean-Marie Georges Frottement, usure et lubrification : La Tribologie ou science des surfaces, Editeur : CNRS Editions, 2000
4. Yannick Desplanques , Gérard Degallaix, Tribologie et couplages multi physiques, 2006, Editeur : Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.

Semestre: 3
Unité d'enseignement: U.E.F.2.1.1
Matière 2: Mécanique de la rupture et endommagements
VHS: 45h00 (Cours 1h30, TD 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

Acquisition de connaissances fondamentales sur les mécanismes d'endommagement sous contrainte qui sont à l'origine de la détérioration des pièces mécaniques au cours de leur utilisation. A la fin du cours l'étudiant serait en mesure de contrôler et optimiser la résistance des matériaux à la fatigue.

Connaissances préalables recommandées:

Notions de : Mécanique du solide déformable, élasticité et plasticité, SDM, Méthode des éléments-finis

Contenu de la matière:

Chapitre 1 : Introduction à la Mécanique de la rupture et fatigue (2 semaines)

- 1.1 Définition et généralité
- 1.2 Effets de contraintes
- 1.3 Failure de la fatigue
- 1.4 Facteurs affectant la durée de vie de la fatigue
- 1.5 Fatigue de cycle élevé
- 1.6 Termes de contraintes
- 1.7 Termes de la force
- 1.8 Termes de la déformation
- 1.9 Relations contrainte-déformation
- 1.10 Analogie des fissures
- 1.11 Modes de rupture

Chapitre 2 : Mécanique de la Rupture Linéaire et Elastique (LEFM) (4 semaines)

- 2.1 Théorie énergétique Griffith (G)
- 2.2 Modification d'Irwin
- 2.3 Étalonnage de la conformité
- 2.4 Facteur d'Intensité de Contrainte (FIC)
- 2.5 Ténacité de la rupture (Kc)
- 2.6 Relation entre (G) et (K)
- 2.7 Plasticité au front de la fissure (Rp)
- 2.8 Contrainte pour différents modes de fracture

Chapitre 3 : Les courbes et les lois de la fatigue (3 semaines)

- 3.1 Courbe de S-N (Wöhler)
- 3.2 Diagramme de Goodman
- 3.3 Loi de Miner (endommagement cumulatifs)
- 3.4 Loi de Paris
- 3.5 Fatigue de faible cycle

Chapitre 4 : Différents types de fatigue (2 semaines)

- 4.1 Géométrie et fatigue
- 4.2 Facteur de sécurité
- 4.3 Fatigue des matériaux composites
- 4.4 La fatigue par corrosion
- 4.5 Endommagement (D)

- 4.6 Fatigue thermomécanique (TMF)
- 4.7 Analyse expérimentale de la fatigue

Chapitre 5 : Mécanique de la Rupture Elastique Plastique (2 semaines)

- 5.1 J-intégrale (J)
- 5.2 Déplacement d'ouverture du front de la fissure (CTOD)

Chapitre 6 : Nouveaux outils et concepts pour la prévision de la fissuration tridimensionnelle ductile ou fragile (2 semaines)

- 1.1 Approche locale et effets de la taille des éléments pour la simulation de la rupture ductile et par fatigue.
- 1.2 Level-sets et X-FEM.
- 1.3 Zones cohésives.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%

Références bibliographiques :

- 1- S Suresh (1998), *Fatigue of Materials 2nd edition*, Cambridge University Press, Cambridge, England.
- 2- D. Roylance, "Introduction to Fracture Mechanics", 2001, Cambridge, MA 02139.
- 3- D. Roylance, "Fatigue", 2001, Cambridge, MA 02139.
- 4- ASTM, E 399, *Standard test method for plane-strain fracture toughness of metallic materials*.
- 5- H. Sehitoglu, "Thermo-Mechanical Fatigue Life Prediction Methods," *Advances in Fatigue Lifetime Predictive Techniques*, ASTM STP 1122 (1992), pp. 47-76.
- 6- Larsson LH ed, *Elastic-Plastic Fracture Mechanics*, Kluwer Academic Press 1985
- 7- C. P. Buckley, "Material Failure", *Lecture Notes (2005)*, University of Oxford.

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

Objectifs de l'enseignement :

Ce cours vise à rendre l'étudiant apte à mesurer et réduire le bruit en s'appuyant sur les bases théoriques de l'acoustique appliquée et les techniques expérimentales associées.

Connaissances préalables recommandées :

Physique des milieux continus, Méthodes Numériques pour l'Acoustique, traitement du signal, vibration et ondes, Mécanique des Solides - Eléments Finis.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Bases de l'acoustique

(3 semaines)

- 1.1 Vitesse du son
- 1.2 Pression acoustique et vitesse des particules
- 1.3 Intensité acoustique et densité d'énergie acoustique
- 1.4 Ondes sphériques
- 1.5 Facteur de directivité et indice de directivité
- 1.6 Niveaux et le Décibel
- 1.7 Combinaison de sources sonores

Chapitre 2 : Caractérisation mécanique

(3 semaines)

- 2.1 Onde de compression (longitudinale)
- 2.2 Onde de cisaillement (transversale)
- 2.3 Propagation
- 2.4 Réflexion
- 2.5 Caractérisation d'un acier
- 2.6 Caractérisation d'un aluminium

Chapitre 3 : Transmission du son

(3 semaines)

- 3.1 Equation d'une onde
- 3.2 Notation en nombres complexes
- 3.3 Solution de l'équation d'une onde
- 3.4 Solution pour les ondes sphériques
- 3.5 Changements de milieu, incidence normale
- 3.6 Changements de milieu, incidence oblique
- 3.7 Transmission sonore à travers une paroi
- 3.8 Perte de transmission

Chapitre 4 : Sources de bruit

(3 semaines)

- 1.1 Transmission sonore interne et externe
- 1.2 Diagnostic des sources de bruit : identification, hiérarchisation et caractérisation des sources de bruit; chemins de transmission.
- 1.3 Bruit du ventilateur
- 1.4 Bruit du moteur électrique
- 1.5 Bruit d'une pompe
- 1.6 Bruit d'un compresseur de gaz
- 1.7 Bruit d'un transformateur

1.8 Bruit de soupape

Chapitre 5 : Vibro-acoustique**(3 semaines)**

- 5.1 Transmission par voie solide;
- 5.2 Isolation antivibratoire;
- 5.3 Rayonnement acoustique d'une surface vibrante;
- 5.4 Bruit aérodynamique.

Mode d'évaluation :

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques :

- 1- Beranek, L. L. & Ver, I. L. « *Noise and Vibration Control Engineering: Principles and Applications* », Wiley. (1992 ou 2005).
- 2- Kinsler, L., Frey, A., Coppens, A. B., Sanders, J. V.. « *Fundamentals of acoustics* », Wiley, (2000)

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UEF 2.1.2
Matière 2:Techniques de détection des défaillances
VHS:45h00 (Cours: 1h30, T.D : 1h30)
Crédits:4
Coefficient:2

Objectifs de l'enseignement :

Dans ce module, l'étudiant connaîtra les différents types de diagnostic, saura classer les types de défaillances et choisir le (ou les) meilleur(s) outil(s) de détection

Connaissances préalables recommandées :

Notions sur la construction mécanique

Contenu de la matière:

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

Chapitre 2 : Analyse Vibratoire, Domaines d'application, Principe de l'analyse vibratoire, Les principaux défauts.

(3 semaines)

Chapitre 3 : Analyse par thermographie infrarouge, Domaines d'application, Principe de l'analyse thermographique, Température et chaleur, Rayonnement infrarouge, Moyens de mesure, Structure d'un imageur, Méthodologie, Démarche, Création d'une signature.

(3 semaines)

Chapitre 4 : Contrôles non-destructifs, Les méthodes du CND, Le Ressuage, La Magnétoscopie, La Radiographie, Courants de Foucault, Domaines d'application.

(2 semaines)

Chapitre 5 : Analyse acoustique ultrasonore, Théorie des sons et des ultrasons, Présentation de la détection des ultrasons, L'inspection ultrasonore intégrée dans un programme de maintenance conditionnelle.

(3 semaines)

Chapitre 6 : Analyse des huiles, Types d'analyse d'huiles, Principaux moyens d'analyse d'huiles, Par Centrifugation, Par Filtrage, Par Ferrographie, Par Spectrométrie, Par Mesure du point éclair, Par Dosage d'eau, Par Comptage.

(3 semaines)

Mode d'évaluation :

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques :

1. Gilles Zwingelstein ,*Diagnostic des défaillances , Hermes Science Publications , 2002.*
2. Philippe Arquès, *Diagnostic prédictif et défaillances des machines : Théorie, traitement, analyse, reconnaissance, prédiction, TECHNIP, 2009.*
3. G. Zwingelstein, "*Diagnostic des défaillances : théorie et pratique pour les systèmes industriels*", *Traité des Nouvelles Technologies, Édition Hermès 1995.*
4. Flandrin, « *Analyse temps-fréquence* », *Editions Hermes, 1994.*
5. Chiollaz M, Favre B, " *caractérisation fine de bruit moteur par analyse temps- fréquence*", *Revue traitement du signal, vol 8(5), 1990.*

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UEM 2.1
Matière 1:Automatismes
VHS:45h00 (Cours: 1h30, T.P : 1h30)
Crédits:3
Coefficient:2

Objectifs de l'enseignement :

Savoir étudier et réaliser un automatisme aussi bien combinatoire que séquentiel.

Connaissances préalables recommandées:

Logique combinatoire et séquentielle, Langages de programmation

Contenu de la matière:

Chapitre 1. : Généralités sur les systèmes automatisés et l'informatique industrielle

Automatisation et structure des systèmes automatisés, classification des systèmes automatisés, méthodes d'analyse de fonctionnement des systèmes automatisés, le rôle déterminant de l'informatique en industrie, spécification des niveaux du cahier des charges, performances et enjeux.

(3 Semaines)

Chapitre 2. : Réalisation du schéma d'un circuit. Organes électriques - Contacts : les différents états (électriques, technologiques, physiques) - Organes récepteurs : lampes, moteurs relais, bobines - Techniques pneumatiques - vérins - distributeurs.

(3 Semaines)

Chapitre 3. : Logique séquentielle. Synthèse directe d'un automatisme - Processus d'étude d'un automatisme - Choix d'une technologie de commande : logique câblée – logique programmée.

(3 Semaines)

Chapitre 4. : Modes de marches arrêts .Marches automatiques-Marche d'intervention - Exemple : commande bi-manuelle-les arrêts –Applications diverses.

(3 Semaines)

Chapitre 5. : Automates Programmables Industriels (API).Introduction à l'étude des calculateurs, étude architecturale des microprocesseurs, étude architecturale des microcontrôleurs, structure interne et description des éléments d'un A.P.I, choix d'un automate programmable industriel, les interfaces d'entrées-sorties, outils graphiques et textuels de programmation, mise en œuvre d'un automate programmable industriel, introduction aux Bus de communication et principes des réseaux d'automates, applications industrielles.

(3 Semaines)

TP Automatismes :

TP1 :Simplification des fonctions logiques

TP2 : Simulation des systèmes combinatoires

TP3 : Automatisation d'un moteur à deux sens de rotation (système séquentiel)

TP4 : Techniques pneumatiques (applications)

TP5 : Commande API (application : système de tri, ascenseur, chariot).

Mode d'évaluation :

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques :

1. Ronald J. Tocci, ReynaldGoulet. *Circuits Numériques: Théorie et Applications*. Edition 1996.
2. Mouloud Sbai. *Logique combinatoire et composants numériques, Cours et Exercices Corrigés*, Edition Ellipses, 2013.
3. Jean-Yves Fabert. *Automatismes et Automatique: Cours et Exercices Corrigés*. Edition Ellipses, 2003.

4. René David, Hassan Alla. *Du Grafset aux Réseaux de Pétri*. Edition Hermès, 1992.
5. Simon Moreno, Edmond Peulot. *Le Grafset: Conception-Implantation dans les automates programmables industriels*. Edition Casteilla, 2009.
6. G. Michel. *Les API: Architecture et applications des automates programmables industriels*. Edition Dunod 1988.
7. William Bolton. *Les Automates Programmables Industriels*. Edition Dunod 2010.
8. Frederic P.Miller, Agnes F.Vandome, John McBrewster. *Automates Programmables Industriels: Programmation informatique*. Edition Alphascript Publishing 2010.
9. Khushdeep Goyal and Deepak Bhandari. *Industrial Automation and Robotics*. Katson Books. 2008.
10. *Notes des cours: électronique, logique combinatoire et séquentielle, machines électriques, aperçus méthodique du laboratoire.*

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UEM2.1
Matière 2: Diagnostic vibratoire
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, T.P : 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement :

Ce cours vise à développer des aptitudes chez l'étudiant en techniques de mesure des vibrations de machines et en analyse modale. A la fin du cours, l'étudiant devrait pouvoir maîtriser les techniques d'acquisition de données, les techniques de diagnostic des défauts de machines par surveillance vibratoire.

Connaissances préalables recommandées :

Maintenance, vibration et dynamique de structure, machines tournantes.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Intérêt du diagnostic par l'analyse vibratoire. **(3 Semaines)**

Chapitre 2 : Rappel des notions de base en vibrations, vocabulaire et grandeurs physiques ; le système à un et plusieurs degrés de liberté (masse, raideur, amortissement, résonance, etc.). **(3 Semaines)**

Chapitre 3 : Capteurs et chaînes de mesure : technologies de mesures, choix des points de mesure, fixation des capteurs, précautions d'instrumentation.

(3 Semaines)

Chapitre 4 : Diagnostic des machines, les défauts : étude des principales sources de vibrations, des instabilités et de leurs effets ; l'analyse spectrale et l'analyseur de spectre ; les techniques complémentaires de traitement du signal (analyse d'enveloppe, cepstre, analyses temps-fréquences, etc. Analyse des défaillances de base et actions correctives correspondantes, Méthodologie de suivi vibratoire : procédures, essais, seuils, normes.

(3 Semaines)

Chapitre 5 : Caractérisation dynamique des structures, phénomènes de résonance ; mesures de fonctions de transfert ; analyse modale expérimentale.

(3 Semaines)

TP Diagnostic vibratoire:

TP1 : analyse vibratoire d'une machine tournante

TP2 : Équilibrage : principe et démonstration en salle

TP3 : recherche de résonance ;

TP4 : détermination des fréquences propres d'une machine tournante

TP5 : analyse modale expérimentale par excitation au choc

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques:

1. Alain Boulenger, Christian Pachaud, *Analyse vibratoire en maintenance Surveillance et diagnostic des machines*, 3ème édition Collection, Technique et Ingénierie, Dunod, 2013.
2. Alain Boulenger, *Diagnostic vibratoire en maintenance préventive*, Dunod, 1999.
3. Philippe Arquès, *Diagnostic prédictif et défaillances des machines*, éditions TECHNIP, 2009.
4. Jean Lois Feron, *Maintenance conditionnelle, mesures et analyses des vibrations - Edition de l'IUT de Saint Nazaire*, 1993.

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UEM 2.1
Matière 3:TP Techniques de détection des défaillances
VHS:22h30 (TP : 1h30)
Crédits:2
Coefficient:1

Objectifs de l'enseignement :

CE TP permettra à l'étudiant d'appliquer les différents types de diagnostic, saura choisir le (ou les) meilleur(s) outil(s) de détection en fonction de la défaillance du système.

Connaissances préalables recommandées :

Maintenance, vibration et dynamique de structure, machines tournantes.

Contenu de la matière:

TP 1 :Analyse des défaillances par la méthode ABC
TP 2 :Etude des défaillances des moteurs électriques
TP 3 :détection des défaillances des systèmes automatisés
TP 4 :défaillance dans les systèmes électroniques
TP 5 :Méthode AMDEC et analyses dysfonctionnelles

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 100 %.

Références bibliographiques:

Notes du cours et aperçus méthodiques du laboratoire.

Semestre: 3

Unité d'enseignement : UET 2.1

Matière 1 : Reverse Engineering

VHS: 45h00 (Cours : 1h30 et Atelier : 1h30)

Crédits: 2

Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement :

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

Compétences visées

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

Adaptabilité aux spécialités du domaine Sciences et Technologie : é

- Toutes les spécialités du domaine ST sont concernées suivant
- Exemples de tâches : 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 électroniques
- Reconstitution de schémas sous KiCad / Proteus

4. Reverse engineering logiciel

- Analyse statique de binaires (ex : .exe, .hex)
- 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% et CC TP : 40%

Références bibliographiques :

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

Semestre : 3

Unité d'enseignement : UET2.1

Matière : Recherche documentaire et conception de mémoire

VHS : 22h30 (Cours : 1h30)

Crédit : 1

Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement :

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

Connaissances préalables recommandées :

Méthodologie de la rédaction, Méthodologie de la présentation.

Contenu de la matière:

Partie I- : Recherche documentaire :

Chapitre I-1 : Définition du sujet (02 Semaines)

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

Chapitre I-2 : Sélectionner les sources d'information (02 Semaines)

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

Chapitre I-3 : Localiser les documents (01 Semaine)

- Les techniques de recherche
- Les opérateurs de recherche

Chapitre I-4 : Traiter l'information (02 Semaines)

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

Chapitre I-5 : Présentation de la bibliographie (01 Semaine)

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

Partie II : Conception de mémoire

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Mode d'évaluation :

Examen : 100%

Références bibliographiques :

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

VI- Programmes détaillés par matière
De Quelques UE Découvertes (S1, S2, S3)

Semestre : X**Unité d'enseignement: UED****Intitulé de la matière : Procédés de Soudage****VHS: 22h30 (cours: 1h30)****Crédits : 1****Coefficients : 1****Objectifs de l'enseignement**

Cette matière vise à familiariser les étudiants aux différents types de soudage et de leur fournir les principes de prévention lors des opérations de soudage.

Connaissances préalables recommandées

Sciences des matériaux

Contenu de la matière

Chapitre 1 : Introduction	(2 semaines)
1.1 Historique du soudage	
1.2 Terminologie	
Chapitre 2 : Soudage au gaz	(2 semaines)
2.1 Introduction	
2.2 Matériel	
2.3 Flammes de gaz	
2.4 Techniques de soudage	
2.5 Applications	
Chapitre 3 : Soudage à l'arc	(3 semaines)
3.1 Introduction	
3.2 Éléments de physique	
3.3 Transfert du métal fondu	
3.4 Soufflage d'arc	
3.5 Gaz de protection	
3.6 Normalisation des gaz de protection	
3.7 Normes applicables aux fis-électrodes et métaux d'apport	
Chapitre 4 : Alimentation du soudage à l'arc	(2 semaines)
4.1 Introduction 63	
4.2 Caractéristiques électriques et contrôle-commande 63	
4.3 Différents types de sources d'alimentation de soudage 67	
4.4 Contrôle-commande des sources d'alimentation 71	
4.5 Caractéristiques des sources d'alimentation 74	
4.6 Exigences de sécurité	
Chapitre 5 : Soudage TIG	(1 semaine)
5.1 Introduction	
5.2 Matériel	
5.3 Consommables	
5.4 Problèmes de qualité	
Chapitre 6 : Soudage plasma	(1 semaine)
6.1 Introduction	
6.2 Classification des procédés de soudage plasma	
6.3 Matériel	
6.4 Gaz utilisés pour le soudage plasma	
Chapitre 7 : Soudage MIG/MAG	(1semaine)

7.1 Introduction

7.2 Matériel

7.3 Consommables

7.4 Variantes du procédé MIG/MAG

7.5 Qualité du soudage MIG/MAG

Chapitre 8 : Autres procédés de soudage

(1 semaine)

8.1 Soudage à l'arc avec électrodes enrobées

8.2 Soudage à l'arc submergé

8.3 Procédés de soudage par pression

Chapitre 9 : Hygiène et sécurité du soudage

(2 semaines)

9.1 Introduction

9.2 Fumées et gaz de soudage

9.3 Risques électriques

Mode d'évaluation:

Examen: 100 %.

Références bibliographiques

1. K. Weman et D Gouadec, « Aide-mémoire des procédés de soudage », Dunod, 2005
2. C. Paquet, L. Lévesque, M. Bramat, W. Bowditch, K. Bowditch, M. Bowditch, A. Althouse et C. Turnquist, « Procédés de soudage à l'arc », De Boeck, Reynald Goulet, 2007.

Semestre : X

Unité d'enseignement: UED

Intitulé de la matière : Risques Industriels et Techniques de Sécurité

VHS: 22h30 (cours: 1h30)

Crédits : 1

Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement

Cette matière vise à fournir aux étudiants les connaissances pour :

- Evaluer et prévenir les risques professionnels et environnementaux
- Assurer une veille réglementaire efficace et évaluer la conformité de l'entreprise par rapport aux normes et réglementations en vigueur
- Sensibiliser et faire adhérer chacun aux politiques de gestion du risque.

Connaissances préalables recommandées

Notion en HSI

Contenu de la matière

Chapitre 1 : Management de la sécurité (3 semaines)

- 1.1 Sécurité et gestion des risques
- 1.2 Importance de la sécurité dans les entreprises
- 1.3 Gestion des risques professionnels

Chapitre 2 : Méthodes d'analyse des risques (4 semaines)

- 2.1 Méthode d'analyse des risques - Principe
- 2.2 Méthode d'analyse des risques – Mise en œuvre
- 2.3 AMDE
- 2.4 Arbres de défaillance des causes et des événements

Chapitre 3 : Gestion des risques professionnels (4 semaines)

- 1.1 Gestion des risques professionnels
- 1.2 Démarche de maîtrise des conformités en santé, sécurité et environnement.
- 1.3 Indicateurs et tableaux de bord prospectifs en santé sécurité environnement
- 1.4 Risques mécaniques en laboratoire

Chapitre 4 : Sûreté de fonctionnement : méthodes pour maîtriser les risques (4 semaines)

- 4.1 Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels - Principaux concepts
- 4.2 Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels complexes – Analyse prévisionnelle et bases de données de fiabilité.
- 4.3 Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels complexes
– Exemples d'application

Mode d'évaluation:

Examen: 100%.

Références bibliographiques

1. Lannoy. *Maîtrise des risques et sûreté de fonctionnement*. Editeurs : Tec et Doc
2. *Détection, extinction et plans de consignes*, Editions CNPP-France, 15^{ème} édition, 2014, 224 pages.
3. *Notice de sécurité incendie : mode d'emploi*. Editions CSTB-France, 2013, 218 pages.
4. Nichan Margossian, *Risques et accidents industriels majeurs, L'usine nouvelle*, 2006, Dunod
5. CHOQUET. R. *La sécurité électrique. Techniques de prévention*. DUNOD.
6. FOLLIOU. D. *Les accidents d'origine électrique et leur prévention*. MASSON.
7. INRS. *Termes principaux de l'électrotechnique relatifs à la sécurité*. ED.
2. VILLEMEUR A., « Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels », *Collection de la Direction des Études et Recherches d'Électricité de France N° 67*, Eyrolles, 1988.
3. AUPIED J., « Retour d'expérience appliqué à la sûreté de fonctionnement des matériels industriels », *Collection de la Direction des Études et Recherches d'Électricité de France N° 87*, Eyrolles, 1994.

Semestre : X

Unité d'enseignement: UED

Intitulé de la matière : Métrologie et Qualité

VHS: 22h30 (cours: 1h30)

Crédits : 1

Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement

- Maitriser le système de management de la qualité et connaître les exigences métrologiques dans un organisme du secteur industriel.
- Savoir mettre en œuvre les outils fondamentaux de la démarche qualité et de la fonction métrologie.
- Savoir s'inscrire dans une démarche de progrès.

Connaissances préalables recommandées

Mathématiques

Contenu de la matière

Chapitre 1 : Introduction au management de la qualité (3 semaines)

- 1.1 Contexte, enjeux et principe
- 1.2 La place de la métrologie
- 1.3 Découverte des référentiels principaux

Chapitre 2 : Introduction à la métrologie (3 semaines)

- 2.1 Mise en perspectives, objectifs et contraintes
- 2.2 Traçabilité et organisation de la métrologie
- 2.3 Métrologie légale

Chapitre 3 : Les principes fondamentaux de la métrologie (4 semaines)

- 3.1 Processus de mesure, d'essais et d'analyse
- 3.2 Approche statistique de la mesure, résultats
- 3.3 Performance des instruments de mesure, vocabulaire, fiche de vie

Chapitre 4 : Caractérisation des résultats (3 semaines)

- 4.1 Evaluation et suivi des performances (respectabilité et reproductibilité)
- 4.2 Validation de méthodes

Chapitre 5 : Parc d'instruments de mesure (2 semaines)

- 5.1 Traçabilité (vérification, étalonnage, matériau de référence)
- 5.2 Parc d'instrument de mesure et suivi, fiabilité et sûreté de fonctionnement

Mode d'évaluation: Examen: 100%.

Références bibliographiques

1. Jean-Claude Engrand, *De la métrologie fondamentale à son application industrielle* – Éditeur Librairie scientifique Albert Blanchart, 1976.
2. Jean Perdijon – *La mesure science et philosophie* – Collection Domino, Éditeur Flammarion 1998 (ISBN 02-08-035580-5)
3. A. Defix – *Éléments de métrologie générale et de métrologie légale* – École nationale supérieure du pétrole et des moteurs – Édition Technip -1985 (2^e édition) (ISBN 2-7108-0496-4)
4. C. Joffin, F. Lafont, E. Mathieu « *Mesures et Instrumentation – Sciences et Technologies de laboratoire* » -- collection Caroline Bonnefoy chez Casteilla (2012)