



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique
et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique

جامعة وهران للعلوم
والتكنولوجيا محمد بوضياف
Université des Sciences et
de La Technologie d'Oran
Mohamed BOUDIAF



OFFRE DE FORMATION L.M.D. MASTER ACADEMIQUE

PROGRAMME NATIONAL 2025- 2026

Etablissement	Faculté / Institut	Département
Université des Sciences et de La Technologie d'Oran - USTO « Mohamed BOUDIAF »	Faculté de Génie Mécanique	Mines et Métallurgie
Domaine	Filière	Spécialité
<i>Sciences et Technologies</i>	<i>Métallurgie</i>	<i>Génie Métallurgique</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

جامعة وهران للعلوم
والتكنولوجيا محمد بوضياف
Université des Sciences
et de La Technologie
d'Oran
Mohamed BOUDIAF



عرض تكوين ل.م.د ماستر أكاديمي

برنامج وطني 2025 - 2026

القسم	الكلية/ المعهد	المؤسسة
المناجم والتعدين	كلية الهندسة الميكانيكية	جامعة وهران للعلوم والتكنولوجيا محمد بوضياف
التخصص	الفرع	الميدان
هندسة التعدين	التعدين	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
Métallurgie	Génie Métallurgique	Métallurgie	1	1.00
		Génie des matériaux	2	0.80
		Construction mécanique	3	0.70
		Génie des procédés	4	0.65
		Physique des matériaux	4	0.65
		Chimie des matériaux	4	0.65
		Autres licences du domaine ST	5	0.60

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

Les matières suivantes sont communes à tous les masters (y compris les masters professionnalisants):

- ✓ **Programmation avancée en python**
- ✓ **Eléments d'Intelligence artificielle appliquée**
- ✓ **Respect des normes et des règles d'éthique et d'intégrité**
- ✓ **Reverse engineering**
- ✓ **Recherche documentaire et conception de mémoire**

Semestre 1

Unité d'enseignement	Matières	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 semaines)	Travail Complémentaire en Consultation (15 semaines)	Mode d'évaluation	
	Intitulé			Cours	TD	TP			Contrôle Continu	Examen
UE Fondamentale Code : UEF 1.1.1 Crédits : 10 Coefficients : 5	Théorie des processus métallurgique	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Plasticité et endommagement des métaux	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 1.1.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Physico-chimie des surfaces	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Equilibre de phase	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 1.1 Crédits : 11 Coefficients : 7	Théorie des processus métallurgique	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	Radiocristallographie	3	2	1h30		1h00	37h30	37h30	40%	60%
	Propriétés mécaniques des métaux	4	2	1h30		1h30	45h00	55h00	40%	60%
	Programmation avancée en Python	2	2	1h30		1h30	45h00	55h00	40%	60%
UE Transversale Code : UET 1.1 Crédits : 1 Coefficients : 1	Anglais technique	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
Total semestre 1		30	17	13h30	6h00	5h30	382h30			

Semestre 2

Unité d'enseignement	Matières	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 semaines)	Travail Complémentaire en Consultation (15 semaines)	Mode d'évaluation	
	Intitulé			Cours	TD	TP			Contrôle Continu	Examen
UE Fondamentale Code : UEF 1.2.1 Crédits : 10 Coefficients : 5	Matériaux métalliques	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Métallurgie des poudres	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 1.2.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Transformation de phase	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Réduction directe du minerai	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 1.2 Crédits : 9 Coefficients : 5	TP Métallurgie des poudres	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	Génie des surfaces	3	2	1h30		1h00	37h30	37h30	100%	
	Technologie de fonderie	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			

Semestre 3

Unité d'enseignement	Matières	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 semaines)	Travail Complémentaire en Consultation (15 semaines)	Mode d'évaluation	
	Intitulé			Cours	TD	TP			Contrôle Continu	Examen
UE Fondamentale Code : UEF 2.1.1 Crédits : 10 Coefficients : 5	Electrometallurgie de l'acier et ferroalliages	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Matériaux innovants	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 2.1.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Métallurgie de soudage et contrôles	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Matériaux non métalliques	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 2.1 Crédits : 9 Coefficients : 5	TP Métallurgie de soudage	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	Métaux et alliages non ferreux	3	2	1h30		1h00	37h30	37h30	40%	60%
	Mise en forme des métaux	4	2	1h30		1h30	45h00	55h00	40%	60%
UE Transversale Code : UET 2.1 Crédits : 3 Coefficients : 3	Reverse 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	13h30			382h30			

Semestre 4

1. Stage pratique

Durée : 1-2 mois

Coefficient : 2

Crédits : 6

2. Projet de diplôme

Durée : 06 mois

Coefficient : 15

Crédits : 24

III - Programme détaillé par matière du semestre S1

Semestre: 1

Unité d'enseignement: UEF 1.1.1

Matière 1 : Théorie des processus métallurgique

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

Crédits: 6

Coefficient: 3

Objectifs de l'enseignement: Cette matière permet à l'étudiant de mettre en application les connaissances acquises en chimie physique, en particulier les notions de thermodynamique. Il fera connaissance des différentes solutions existant en métallurgie telles que le métal liquide, ainsi des notions sur la structure des laitiers et des métaux.

Connaissances préalables recommandées: - Chimie physique, chimie générale, chimie minérale

Contenu de la matière:

Chapitre 1 : (3semaines)

1.1 – Les solutions idéales,

1.2 Energie de Gibbs des composants

1.3 La loi de Raoult et d'Henry. Solutions réelles, potentiel chimique des composants

1.4 Pression de vapeur des composants dans les solutions réelles, activité des composants

1.5 Etat standard de la substance pure et les solutions à 1%

Chapitre 2. (2semaines)

2.1- La réaction isotherme de Van Hoff

2.2 Dissociation thermique des composants d'un gaz,

2.3-Pression d'équilibre d'un gaz

Chapitre 3 (2semaines)

3.1- Processus de dissociation et de formation des carbonates

3.2- Processus de dissociation et de formation des oxydes

3.3- Processus de dissociation et de formation des sulfures.

Chapitre 4 (2semaines)

4.1- Thermodynamique de la combustion du carbone

4.2- Thermodynamique de la combustion des oxydes de carbone

Chapitre 5 (1 semaine)

Le diagramme d'Ellingham et ses applications.

Chapitre 6 (2semaines)

6.1 – Théorie de réduction des oxydes de fer – Réactions essentielles.

Chapitre 7 (3 semaines)

7.1- Cinétique des processus homogènes et hétérogènes:-Applications

7.2- Théorie des laitiers:-Structure,-Diagrammes, -Analyse et propriétés.

7.3- Equilibre dans le système métal-laitier.

Mode d'évaluation :

- Contrôle continu sous forme de micro interrogations et examen semestriels écrit

- Projets personnels et exposés

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

Références

1- « Théorie des processus métallurgiques » S.I Filipov. Edition Mir. 1975

2. « Metallurgical process engineering » Authors: Yin, Ruiyu, 2011

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

Objectifs de l'enseignement : Cet enseignement vise à initier les étudiants à la connaissance du comportement mécanique d'un métal. Plus particulièrement, il aide à la compréhension de l'origine physique des lois de comportement et des paramètres les régissant.

Sont présentées: l'élasticité et la limite élastique, la déformation plastique, la rupture. A l'issue de cet enseignement, l'étudiant doit être capable de mettre en oeuvre ces connaissances pour analyser par exemple un cas de rupture.

Connaissances préalables recommandées : Résistances des matériaux, mathématiques, sciences physiques, cristallographie

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Imperfection des cristaux	(2 semaines)
Chapitre 2. Dislocations parfaites	(1 semaine)
Chapitre 3. Dislocation dans les réseaux C.F.C	(2 semaines)
Chapitre 4. Déformation plastique des monocristaux purs	(1 semaine)
Chapitre 5. Déformation plastique des monocristaux purs	(1 semaine)
Chapitre 6. Déformation plastique des polycristaux	(2 semaines)
Chapitre 7. Déformation des solutions solides	(2 semaines)
Chapitre 8. Déformation des alliages contenant deux phases	(1 semaines)
Chapitre 9. Déformation des polycristaux contenant une deuxième phase	(1 semaine)
Chapitre 10. Fluage et rupture des métaux	(2 semaines)

Mode d'évaluation :

- Contrôle continu sous forme de micro interrogations et examen semestriels écrit
 - Projets personnels et exposés
- Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

Références

- 1- « Plasticité, fatigue et rupture des matériaux métalliques » Cardou Alain. Edition Longueil, Quebec, 2006
- 2- Physique et mécanique de l'endommagement. F Montheillet. 2012. EDP Ssciences.

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEF 1.1.2
Matière 1 : Physico-chimie des surfaces
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits : 4
Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement : Faire connaître l'existence de la tension superficielle comme paramètre essentiel intervenant dans les interactions interfaciales. Description du phénomène d'adsorption des gaz à la surface des métaux solides et liquides à travers les lois de la thermodynamique. Application à la détermination de la surface et du volume poreux des solides.

Connaissances préalables recommandées : Mathématiques, Cinétique chimique, bases de la thermodynamique.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 (4 semaines)

Phénomènes de surface

1.1 Tension de surface et énergie libre de surface

1.1.1 Tension superficielle et fonctions thermodynamiques

1.1.2 Tension superficielle vs température

1.2.1 Équation de Laplace

1.2.2 Équation de Kelvin

1.3 Méthodes de mesure de la tension superficielle

Chapitre 2- (3 semaines)

Tension de surface et tension interfaciale

2.1 Isotherme de Gibbs - concentration superficielle.

2.2. Pression de surface

Chapitre 3 (3 semaines)

Étude physico-chimique de la tensio-activité

3.1 Travail d'adhésion - travail de cohésion.

3.2 Angle de contact - équation de Young

3.3 Le mouillage

Chapitre 4 (3 semaines)

Phénomène d'adsorption

4.1 Définition

4.1.1 Forces de Van der Waals

4.2 Méthode de mesures

4.3 Isothermes d'adsorption

4.3.1 Isotherme de Langmuir

4.3.2 Isotherme de Freundlich

4.3.4 Évaluation de la surface spécifique

Chapitre 5 (2 semaines)

Adsorption compétitive et cinétique hétérogène

5.1 Adsorption compétitive

5.2 Chaleur d'adsorption

5.3 Modèle de Langmuir-Hinshelwood

5.4 Modèle de Eley-Rideal

Mode d'évaluation :

- Contrôle continu sous forme de micro interrogations et examen semestriels écrit
- Projets personnels et exposés

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

Références bibliographiques:

1. C. E. CHITOUR, Physico-chimie des surfaces, OPU.
2. J.M. Coulson, J.F. Richardson, Backhurst, Harker, Chemical engineering, Pergamon Press.
3. J. Fripiat, J. Chaussidon, A. Jelli, Chimie-physique des phénomènes de surface, Masson.

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

Objectifs de l'enseignement : Les objectifs de cette matière sont de comprendre la construction des diagrammes de phase binaires et de retenir les différents types de diagrammes de phases possibles. À partir de ces connaissances, il devient possible d'expliquer l'intérêt des alliages et les variations de leurs propriétés mécaniques en fonction des variations de composition.

Connaissances préalables recommandées : Chimie minérale, Chimie générale, métallurgie physique

Contenu de la matière :

Introduction et définitions

I Construction d'un diagramme de phases **(2 semaines)**

II Diagrammes de phases avec miscibilité totale à l'état solide **(5 semaines)**

II.1 Détermination de la composition des phases

II.2 Détermination de la proportion (en masse) de chacune des phases

III.1 Diagrammes avec point eutectique **(5 semaines)**

III.2 Aspect micrographique de la phase **a** ou de la phase **b**

III 2.1 Aspect micrographique de l'alliage eutectique

III.2 .2 Aspect micrographique d'un alliage hypoeutectique ou d'un alliage hypereutectique.

IV Cas particuliers **(3 semaines)**

IV 1 Diagrammes avec point eutectoïde

IV 2 Diagrammes avec point péritectique

IV 3 Diagrammes avec point péritectoïde

Mode d'évaluation :

- Contrôle continu sous forme de micro interrogations et examen semestriels écrit

- Projets personnels et exposés

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

Références bibliographiques:

1- Thermodynamique appliquée - Diagrammes de phases - Équilibres chimiques.

2- Systèmes unaires, binaires, ternaires - Cours et applications Broché - 2017. Kolsi Abdel-Waheb

3- Thermodynamique des équilibres entre les phases. Mounir Bennajah et autres. Technip. 2015

4- Diagrammes d'équilibre. Alliages binaires. Jean Hertz. 1999

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

Objectifs de l'enseignement : Cet enseignement permettra à l'étudiant de mettre en œuvre les connaissances théoriques acquises de la matière « Théorie des processus métallurgiques » entre autres les processus de dissociation des carbonates, d'oxydation....

Connaissances préalables recommandées : Théorie des processus métallurgiques, Chimie physique.

Contenu de la matière :

- | | |
|---|---------------------|
| Travail pratique n°1 | (2 Semaines) |
| Etude de la dissociation des carbonates de type MeCO_3 | |
| Travail pratique n°2 | (3 Semaines) |
| Etude de la cinétique de l'oxydation isothermique des métaux | |
| Travail pratique n° 3 | (2 Semaines) |
| Détermination de l'équilibre des réactions chimiques dans les systèmes métallurgiques | |
| Travail pratique n° 4 | (3 Semaines) |
| Détermination expérimentale des caractéristiques des réactions métallurgiques et des réactifs | |
| Travail pratique n° 5 | (2 Semaines) |
| Etude des processus hétérogènes en utilisant la méthode de thermogravimétrie | |
| Travail pratique n° 6 | (3 Semaines) |
| Méthodes de détermination des paramètres d'interaction dans le bain métalliques | |

Mode d'évaluation : Contrôle continu : 100%

- Contrôle continu sous forme de soutenance de travaux pratiques.

Références bibliographiques:

- 1- « Théorie des processus métallurgiques » S.I Filipov. Edition Mir. 1975
- 2- « Metallurgical process engineering » Authors: Yin, Ruiyu, 2011

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEM 1.1
Matière 2 : Radiocristallographie
VHS: 37h30 (Cours : 1h30; TP : 1h00)
Crédits: 3
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement : Appréhender les principales notions de radiocristallographie (physico-chimie de l'état solide, diffraction des rayons X)

Connaissances préalables recommandées : Sciences physiques, cristallographie, chimie générale et minérale

Contenu de la matière :

Chapitre 1 Notions de base sur les rayonnements et la matière **(3 semaines)**

- 1-Généralités sur les rayonnements et la matière
- 2-Propriétés du rayonnement X.
- 3 -Interaction des rayons X et de la matière
- 4-Propriétés des électrons et des neutrons

Chapitre 2- Diffraction des rayons X par un cristal parfait **(3 semaines)**

- 1-Fonction d'onde et diffusion
- 2-Théorie géométrique de la diffraction
- 3 -Théorie cinématique de la diffraction

Chapitre 3- La méthode des poudres **(5 semaines)**

- 1-Principes de base de la mesure
- 2-Géométrie de la diffraction-sphère d'Ewald
- 3-Le cercle de focalisation
- 4- Cristallites diffractants
- 5-Recherche et sélection des phases
- 6 -Dosage des phases- surface des pics
- 7-Orientation préférentielle-mesure de texture
- 8-Mesure des contraintes propres résiduelles

Chapitre 4- Analyse des monocristaux **(2 semaines)**

1. La Méthode de Laue

Chapitre 5- Analyse élémentaire par fluorescence X **(2 semaines)**

Mode d'évaluation : Contrôle continu : 100%

- Contrôle continu sous forme de micro interrogations et d'examen semestriel écrit.
- Soutenance de TP

Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%

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

- 1- AZAROFF L. V. BUERGER M. J. – The powder method in x-ray crystallography, Mc Graw-Hill, New-York (1958).
- 2- BACON G. E. – Neutron Diffraction. Oxford University Press, New-York (1975).
- 3- BORCHARDT – OTT W. – Crystallography. Springer-Verlag, Berlin (1993).

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEM 1.1
Matière 3 : Propriétés mécaniques des métaux
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TP : 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement : Comprendre comment se mesurent les diverses propriétés mécaniques et ce que celles-ci représentent pour un métal. Une connaissance précise de la nature des dislocations et du rôle qui leur est imparti dans le processus de la déformation plastique permet de comprendre les mécanismes sous-jacents des techniques utilisées pour rendre plus résistants et plus dur les métaux et leurs alliages. Il devient alors possible de définir les propriétés mécaniques que devra posséder un matériau, comme le fait de conférer résistance ou ténacité à un composite à matrice métallique

Connaissances préalables recommandées :

Métallurgie physique, résistance des matériaux , cristallographie

Contenu de la matière

Chapitre 1 Généralités sur les propriétés mécaniques des métaux	(2 semaines)
Chapitre 2 Influence des défauts sur les propriétés des métaux	(2 semaines)
Chapitre 3 Défauts des réseaux cristallins et mécanismes de déformation	(2 semaines)
Chapitre 4 Mécanismes de durcissement des métaux	(2 semaines)
Chapitre 5 La restauration	(1 semaine)
Chapitre 6 La recristallisation	(1 semaine)
Chapitre 7 Activation thermique (déformation)	(1 semaine)
Chapitre 8 Le fluage	(1 semaine)
Chapitre 9 La fatigue des métaux	(1 semaine)
Chapitre 10 La rupture des métaux	(1 semaine)
Chapitre 11 Les essais mécaniques sur les métaux	(1 semaine)

Mode d'évaluation :

- Contrôle continu sous forme de micro interrogations et d'examen semestriel écrit.
- Soutenance de TP

Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%

Références bibliographiques:

1. J. Philibert et J. Talbot, J. Benard , A. Michel, Métallurgie Générale, Masson, 1991
2. Jean Philibert, Yves Bréchet, Alain Vignes, Pierre Combrade, Métallurgie du minerai au matériau, Masson, Paris 1998
3. Yves Quéré, Physique des matériaux, Edition Marketing (ellipses) 1988
4. Wiliam D. Callister, Jr, Science et Génie des Matériaux, 5^e Edition, Dunod, Modulo Editeur 2001

Semestre: 1

Unité d'enseignement: UEM 1.1

Matière 4 : 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, BeautifulSoup, 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 vues 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)
 - ✓ BeautifulSoup 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 Gantt Project

(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 Gantt Project
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 ThinkPython: 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. nostarchpress, 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/)

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UET1.1
Matière 1:Anglais technique
VHS: 22h30 (Cours: 1h30)
Crédits: 1
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

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

Connaissances préalables recommandées:

Vocabulaire et grammaire de base en anglais

Contenu de la matière:

- 1 - Compréhension écrite : Lecture et analyse de textes relatifs à la spécialité. **(4 semaines)**
- 2 - Compréhension orale : A partir de documents vidéo authentiques de vulgarisation scientifiques, prise de notes, résumé et présentation du document. **(3 semaines)**
- 3 - Expression orale : Exposé d'un sujet scientifique ou technique, élaboration et échange de messages oraux (idées et données), Communication téléphonique, Expression gestuelle. **(3 semaines)**
- 4 - Expression écrite : Extraction des idées d'un document scientifique, Ecriture d'un message scientifique, Echange d'information par écrit, rédaction de CV, lettres de demandes de stages ou d'emplois. **(5 semaines)**

Mode d'évaluation:

Examen: 100%.

Références bibliographiques :

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

IV - Programme détaillé par matière du semestre S2

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEF 1.2.1
Matière 1: Matériaux métalliques
VHS: 67h30 (Cours: 3h00, TD : 1h30)
Crédits: 6
Coefficient: 3

Objectifs de l'enseignement : Apprendre à connaître les matériaux de type métalliques tels que les aciers, les fontes, les alliages de métaux lourds et légers

Connaissances préalables recommandées : Chimie générale, cristallographie, métallurgie physique

Contenu de la matière

I- Le fer et ses alliages:

- | | |
|--|---------------------|
| 1-Fontes blanches, fontes grises, fontes trempées, fontes malléables | (2 semaines) |
| 2_ Aciers : classification des aciers, normes | (2 semaines) |

II- Les métaux et alliages non ferreux

- | | |
|--------------------------------------|---------------------|
| 1-Les alliages légers et ultralégers | (2 semaines) |
| 2- Les alliages blancs, | (1 semaine) |
| 3- les alliages lourds; | (2 semaines) |
| 4- Les alliages spéciaux ; | (2 semaines) |
| 5- Les superalliages | (2 semaines) |
| 6- Les alliages à mémoire de forme | (1 semaine) |
| 7- Critère de choix d'un matériau. | (1 semaine) |

Mode d'évaluation :

- Contrôle continu sous forme de micro interrogations et d'examen semestriel écrit.
- Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%

Références bibliographiques:

- 1- Matériaux métalliques. 2^{ème} édition. M. Colombié. 2017
- 2- Matériaux industriels- matériaux métalliques. . M. Colombié. 2003. Dunod

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEF 1.2.1
Matière2 : Métallurgie des poudres
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD : 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement : L'étudiant fera connaissance avec une technologie d'obtention de pièces par des techniques autres que la mise en forme par déformation ou par la fonderie

Connaissances préalables recommandées : Thermodynamique chimique, métallurgie physique, traitements thermiques, métallurgie extractive

Contenu de la matière

- | | |
|--|---------------------|
| 1 -Généralités | (1 Semaine) |
| 2 -Théorie et technique de préparation des poudres. | (1 Semaine) |
| 3 -Caractéristiques des poudres, tests et essais | (2 Semaines) |
| 4-Mise en forme des poudres à froid : agglomération, compactage. | (1 Semaine) |
| 5-Théorie de frittage, mécanisme et aspects physico-chimiques de frittage en phase solide. | (3 Semaines) |
| 6-Autres types de frittage. Matériaux frittés. | (2 Semaines) |
| 7-Fours, installations de frittage et finitions des pièces. | (3 Semaines) |
| 8-Applications. | (1 Semaine) |
| 9-Produits poreux. | (2 Semaine) |

Mode d'évaluation :

- Contrôle continu sous forme de micro interrogations et d'examen semestriel écrit.
 Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%

Références bibliographiques:

- 1- Métallurgie des poudres. Didier Bouvard. Hermes. 2002.
2. Powder metallurgy . Institute of metals. 1991. London. Ivor Jenkins

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEF 1.2.2
Matière 1: Transformation de phases
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD : 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement : Cet enseignement permettra à l'étudiant d'apprendre les mécanismes qui se déroulent dans un métal, les différentes transformations éventuelles qui s'y passent. D'autre part, ces informations lui permettront de choisir par exemple le traitement thermique adéquat.

Connaissances préalables recommandées : Bases de la thermodynamique, métallurgie physique

Contenu de la matière :

Chapitre 1 Germination d'une nouvelle phase	(2 semaines)
Chapitre 2 Croissance	(1 semaine)
Chapitre 3. Coalescence	(1 semaine)
Chapitre 4. Cinétique globale de transformation	(2 semaines)
Chapitre 5 Décomposition spinodale	(1 semaine)
Chapitre 6 Phases de transition	(1 semaine)
Chapitre 7 Précipitation discontinue	(1 semaine)
Chapitre 8 Transformation eutectoïde	(2 semaines)
Chapitre 9 Transformation massive	(1 semaine)
Chapitre 10 Transformations ordre – désordre	(1 semaine)
Chapitre 11 Transformation martensitique	(2 semaines)

Mode d'évaluation :

- Contrôle continu sous forme de micro interrogations et d'examen semestriel écrit.
 - Projet personnels et exposés
- Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%

Références bibliographiques:

- 1- D.A. PORTER, K.E. EASTERLING, *Phase Transformation in Metals and Alloys*, 2nd ed., Chapman & Hall, London., 1992
- 2- Phase transformations in solids. R. Smoluchowski. Acta crystallographica. 2002

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEF 1.2.2
Matière2: Réduction directe du minerai
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD : 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement : L'objectif de cette matière est d'étudier la métallurgie du fer selon le mode direct avant le haut fourneau, en d'autres mots apprendre aux étudiants un mode d'obtention de pré réduit ferreux différents des produits classiques.

Connaissances préalables recommandées : Chimie minérale, Chimie générale, métallurgie physique

Contenu de la matière :

- | | |
|---|---------------------|
| 1. Principe de la réduction directe | (5 semaines) |
| 1.1 Aspects stoechiométriques | |
| 1.2 Aspects thermochimiques | |
| 1.3 Aspects thermodynamiques | |
| 1.4 Cinétique de la réduction des oxydes de fer | |
| 1.4.1 Réduction par le gaz | |
| 1.4.2 Réduction par le carbone | |
| 2. Développement mondial de la réduction directe | (2 semaines) |
| 2.1 Alimentation de la sidérurgie en métaux primaires | |
| 2.2 Motivations de l'essor de la réduction directe | |
| 3. Localisation mondiale des unités | (2 semaines) |
| 4. Transports et commerce mondial des minerais réduits | (1 semaine) |
| 5. Évolution des procédés | (4 semaines) |
| 5.1 Procédés classiques | |
| 5.2 Mise au point de nouveaux procédés | |
| 5.2.1 Emploi de fines de minerais de fer | |
| 5.2.2 Emploi de charbon | |
| 5.2.3 Production de carbure de fer ou de minerais réduits carburés | |
| 5.2.4 Combinaison réduction-fusion et réduction directe | |
| 6. Avenir de la réduction directe : ses avantages et ses difficultés | (1 semaine) |

Mode d'évaluation :

- Contrôle continu sous forme de micro interrogations et d'examen semestriel écrit.
- Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%

Références bibliographiques:

1. Traitement des minerais. Bouchard Serge. Modulo. 2007
2. Techniques de l'ingénieur. M7580 v4. 2005

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

Objectifs de l'enseignement :

Il s'agit de consolider les connaissances théoriques acquises par des travaux pratiques.

Connaissances préalables recommandées : Cours Métallurgie des poudres

Contenu de la matière

TP 1 - Détermination des propriétés technologiques des poudres	(3 semaines)
TP 2- Détermination de la composition granulométrique par criblage	(2 semaines)
TP 3- Détermination de la composition granulométrique au microscope	(2 semaines)
TP 4- Détermination de la répartition volumique de la densité dans l'aggloméré	(2 semaines)
TP 5- Frittage des poudres métalliques	(3 semaines)
TP 6- Caractérisation des poudres métalliques frittées	(3 semaines)

Mode d'évaluation :

- Contrôle continu sous forme de soutenance de travaux pratiques.
Contrôle continu : 100%

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEM 1.2
Matière2:Génie des surfaces
VHS: 37h30 (Cours : 1h30 ; TP : 1h00)
Crédits: 3
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement :

Les étudiants apprendront à faire connaissance avec les procédés de traitements des surfaces de métaux .aciers qui améliorent les propriétés de surfaces ; les revêtements de surface des métaux ferreux.....

Connaissances préalables recommandées :

Traitements thermiques des métaux ferreux, métallurgie physique.

Contenu de la matière

1. Traitements thermiques superficiels des alliages ferreux : (8 Semaines)

- Traitements sans changement de composition chimique (trempe après un chauffage local)
- Traitements par induction,
- Traitements par effet de joule,
- Traitements par une torche à plasma
- Traitements par bombardement électronique,
- Traitements par faisceau laser,
- Traitements par rayonnement solaire
- Traitements avec changement de composition,
- Traitements thermochimiques classiques et ioniques (Cémentation, carbonituration, nitro carburation, boruration)

II. Traitements mécaniques:- (3semaines)

- Grenaillage de précontraintes,
- Martelage,
- Galetage

III. Revêtements: (5 semaines)

- Dépôts de particules (Projection thermique),
- Dépôts massifs (Rechargement par soudure, immersion en métal fondu, Chromage dur),
- Dépôts atomiques (PVD,CVD)

Travaux pratiques

- Traitements sans changement de composition chimique (trempe après un chauffage local)
- Traitements par induction,
- Traitements par effet de joule,
- Traitements thermochimiques classiques et ioniques (Cémentation, carbonituration, nitro carburation, boruration)
- Dépôts massifs (Rechargement par soudure, immersion en métal fondu, Chromage dur),

Mode d'évaluation :

- Contrôle continu sous forme de soutenance de travaux pratiques et d'examen semestriel écrit.
Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%

Références bibliographiques:

- 1- Procédés industriels de traitement de surfaces par voie plasma: Génie des procédés plasmas et traitement de surfaces . Broché 2016. A. Mamadou Talla. Paf
- 2- Traitements de surfaces des aciers. A Queruel. Dunod. 2007
- 3- Traitements et revêtements des surfaces des métaux. Dunod. Technique et ingénierie.2013

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEM1.2
Matière3:Technologie de fonderie
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TP : 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement : Faire connaissance avec les procédés de transformation des métaux liquides en pièces ; connaître le type de matières utilisées en fonderie.....

Connaissances préalables recommandées : Chimie générale et minérale, géométrie descriptive, élaboration des métaux

Contenu de la matière :

Historique	(1 Semaine)
I. Rôle et possibilités de la fonderie:	(1 Semaine)
- Composition des alliages, Pièces	
II. Méthodes de fabrication et processus industriel:	(2 Semaines)
-Processus industriel, Schéma de principe de la fabrication de pièces de fonderie	
III. Matériaux de moulage:	(1 Semaine)
-Sables de base, Liants, Matériaux pour moules permanents, Produits spéciaux	
IV. Moulage aux sables restant plastiques:-	(2 Semaines)
Sables de moulage, Procédés de moulage	
V. Moulage à modèles perdus:-Moulage avec modèles en polystyrène expansé,	(2 Semaines)
- Moulage à la cire perdue	
VI. Moulage en moules métalliques:-Généralités- Caractéristiques générales	(1 Semaine)
VII. Noyautage: -Généralités-Différents procédés de noyautage	(1 Semaine)
VIII. Alliages métalliques utilisés en fonderie :	(4 semaines)
-Alliages ferreux-Alliages non ferreux	

Travaux pratiques

- Caractérisation d'un sable de moulage
- Préparation d'un moule en sable
- Coulée d'une pièce dans un moule en sable
- Moulage à la cire perdue
- Moulage en moules métalliques

Mode d'évaluation :

- Contrôle continu sous forme de : micro interrogations, exposés, soutenance de travaux pratiques et d'examen semestriel écrit.
 Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%

Références bibliographiques:

- 1- Moulage et fonderie d'art. Daniel Lambert. Edition Val. 2003
- 2- La fonderie, ses techniques, ses possibilités. A Reynaud. Editions techniques. 2004

Semestre: 2

Unité d'enseignement : 1.2

Matière 1 : 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, BeautifulSoup, 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 caches, 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 évènement.
- ...

Travaux pratiques :

TP 01 : Initialisation

TP 02 :

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

TP 03 :

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

TP 04 :

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

TP 05 :

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

TP 06 :

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

Mode d'évaluation :

Examen 60%, CC=40%

Bibliographie :

- Ganascia, J.Gabriel (2024) : l'IA expliquée aux humains. Paris France- Edition le Seuil.
- Anglais, Lise, Dilhac, Antione, Dratwa, Jim et al. (2023) : L'éthique au coeur de l'IA. Quebec Obvia.
- J. Robert (2024) : Natural Language Processing (NLP) : définition et principes – Data sciences. 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. Belhadef, I. Djemal : Méthode TALN – Cours de l'université de Msila - Algérie

Semestre : 2

Unité d'enseignement : UET 1.2

Matière 2 : 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 aux principes éthiques. Les initier aux règles qui régissent la vie à l'université (leurs droits et obligations vis-à-vis de la communauté universitaire) et dans le monde du travail. Les sensibiliser au respect et à la valorisation de la propriété intellectuelle. Leur expliquer les risques des maux moraux telle que la corruption et à la manière de les combattre.

Connaissances préalables recommandées : Aucune

Contenu de la matière :

A- Ethique et déontologie

I. Notions d'Éthique et de Déontologie

(3 semaines)

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

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

II. Recherche intègre et responsable

(3 semaines)

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

B- Propriété intellectuelle

I- Fondamentaux de la propriété intellectuelle

(1 semaine)

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

II- Droit d'auteur**(5 semaines)****1. Droit d'auteur dans l'environnement numérique**

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

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

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

3. Brevet

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

4. Marques, dessins et modèles

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

5. Droit des Indications géographiques

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

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

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

Mode d'évaluation :

Examen : 100 %

Références bibliographiques:

1. Charte d'éthique et de déontologie universitaires, https://www.mesrs.dz/documents/12221/26200/Charte+fran_ais+d_f.pdf/50d6de61-aabd-4829-84b3-8302b790bdce
2. Arrêtés N°933 du 28 Juillet 2016 fixant les règles relatives à la prévention et la lutte contre le plagiat
3. L'abc du droit d'auteur, organisation des nations unies pour l'éducation, la science et la culture(UNESCO)
4. E. Prairat, De la déontologie enseignante. Paris, PUF, 2009.
5. Racine L., Legault G. A., Bégin, L., Éthique et ingénierie, Montréal, Mc Graw 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
<http://www.app.asso.fr/>

V - Programme détaillé par matière du semestre S3

Semestre : 3

Unité d'enseignement : UEF 2.1.1

Matière 1 : Electrometallurgie de l'acier et ferroalliages

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

Crédit : 6

Coefficient : 3

Objectifs de l'enseignement : Apprendre en profondeur la constitution du fer liquide, l'influence de certains éléments sur ses propriétés. Faire connaissance de la théorie et pratique d'élaboration des aciers.

Connaissances préalables recommandées : Chimie, chimie physique , métallurgie générale.

Contenu de la matière :

Introduction

I- Constitution et propriétés physiques des solutions diluées à base de fer liquide (2 semaines)

- 1 – Influence des éléments d'addition sur les propriétés des métaux liquides et solides
- 2 – Variation des propriétés physiques des métaux liquides et solides sous l'influence des éléments d'addition
- 3 – Influence de l'oxygène sur la structure et les propriétés du fer liquide
- 4 – Les alliages de Fer – C
- 5 – Les alliages Fe – Ni
- 6 – Les alliages Fe – Co
- 7 – Les alliages Fe -Cr

II- Bases physico-chimiques d'élaboration de l'acier

1- Les réactions d'oxydation et de réduction

(3 semaines)

- 2.1- Oxydation du carbone
- 2.2- Oxydation et réduction du silicium
- 2.3- Oxydation et réduction du manganèse
- 2.4- Oxydation et réduction du chrome
- 2.5- Oxydation du tungstène
- 2.6- Oxydation du phosphore

2- Désulfuration de l'acier

(2 semaines)

- 2.2 – Le soufre dans l'acier
- 2.3 – La répartition du soufre entre le métal et le laitier
- 2.4 – Influence de la composition chimique du métal sur la désulfuration

3- Les gaz dans l'acier

(2 semaine)

- 3.1 – L'hydrogène dans l'acier
- 3.2 – L'azote dans l'acier

4- Désoxydation de l'acier

(2 semaines)

- 4.1 – Les méthodes de désoxydation
- 4.2 – Interaction entre les éléments désoxydants et l'oxygène
- 4.3 – Formation et élimination des produits de désoxydation

III Traitement de l'acier liquide en poche

(4 semaines)

1. Traitement de l'acier sous vide

- 1.1 – Désoxydation de l'acier sous vide
- 1.2 – Elimination des inclusions non métalliques sous vide
- 1.3 – Elimination des gaz sous vide

2. Désulfuration de l'acier en poche

- 2.1 Traitement de l'acier liquide par le laitier synthétique
- 2.2 Traitement de l'acier liquide par les poudres des éléments alcalino-terreux

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

Références bibliographiques :

- 1- Electrometallurgie de l'acier et ferroalliages. Polycopiés.
- 2- Théorie des processus métallurgiques électriques. Grigorian et autres. Moscou 1988.
- 3- Polycopiés
- 4- Les fours d'électrometallurgie. Jean Bistesi. 2008. Edition Desforges

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

Objectifs de l'enseignement : Faire connaissance à part les métaux de certains matériaux modernes tels que les biomatériaux et les nanomatériaux.

Connaissances préalables recommandées : Cristallographie, métallurgie générale, métallurgie des poudres

Contenu de la matière :

A- Biomatériaux

- | | |
|--|---------------------|
| I. Généralités:-Introduction – définition- classification | (3 semaines) |
| II. Perspectives d'utilisation: -Fonctions -Bio activité | |
| III. Eléments de physiologie et d'anatomie:- La cellule –Les tissus vivants. | |
| IV. Caractérisation des biomatériaux: -Masse-Surface. | (1 semaine) |
| V. Interactions tissus matériaux: -Biocompatibilité-Hémocompatibilité | (1 semaine) |
| VI. Matériaux pour l'orthopédie: | (2 semaines) |
| - Structure et propriétés mécaniques de l'os-Métaux et alliages | |
| -Céramiques, verres et ciments minéraux-Polymères et ciments organiques. | |
| VI. Biocompatibilité, biosécurité, bio fonctionnalité. | (1 semaine) |

B- nanomatériaux

- | | |
|---|---------------------|
| I. Introduction sur les nanomatériaux | (1 semaine) |
| II. Atomes, clusters et nanomatériaux | (2 semaines) |
| III. Préparation, synthèse:-voie chimique-voie physique– biomimétique. | (2 semaines) |
| IV Propriétés des nanomatériaux:-mécaniques– chimiques– magnétiques optiques– électroniques | (1 semaine) |
| V. Applications futures | (1 semaine) |

Mode d'évaluation :

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques :

- 1- Les biomatériaux. Lavoisier. Collection Biofutur.2012
- 2- La révolution orthopédique des Biomatériaux. Lavoisier. 2005
- 3- Biomatériaux de substitution de l'os et du cartilage.1996. Expansion scientifique.
- 4- Nanomatériaux. Eric Gaffet. Techtendances 1998.
- 5- Les nanosciences. Tome 2. Phylpe Houdy. Nanomatériaux et nanochimie. 2006

Semestre : 3

Unité d'enseignement : UEF2.1.2

Matière 1 : Métallurgie du soudage et contrôle

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

Crédit : 4

Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement : Apprendre la structure et la constitution d'une soudure et les différentes techniques de soudage

Connaissances préalables recommandées : Métallurgie physique, électrotechnique, chimie

Contenu de la matière :

1. Structure d'une soudure. Aspects thermique, mécanique et physicochimique des soudures. **(2 semaines)**
2. Traitements thermiques des soudures: préchauffage, post-chauffage, relaxation thermique etc. **(2 semaines)**
3. Soudage des aciers à l'état recuit, trempé et revenu **(1 semaine)**
4. Métallurgie et soudabilité des métaux et alliages non ferreux **(4semaines)**
 - 4.1. Métallurgie et soudabilité de l'aluminium et des alliages
 - 4.2. Métallurgie et soudabilité du nickel et de ses alliages
 - 4.3. Métallurgie et soudabilité du titane et de ses alliages
 - 4.4. Métallurgie et soudabilité des aciers inoxydables
5. Soudabilité des aciers **(4 semaines)**
 - 5.1- Aciers doux
 - 5.2 -Aciers faiblement alliés
 - 5.3 -Aciers résistant à la corrosion au chrome- nickel
 - 5.4 -Aciers réfractaires, aciers plaqués.
6. Traitements thermiques et essais mécaniques sur assemblages soudés **(2 semaines)**

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

Références bibliographiques :

- 1- Les bases métallurgiques du soudage. H.Granjon. 2000. Institut de soudage
- 2- Métallurgie et mécaniques du soudage. Lavoisier Hermes. 2001
- 3- Métallurgie du soudage des aciers inoxydables. R. Castro. Dunod.1968

Semestre: 3

Unité d'enseignement : UEF 2.1.2

Matière 2 : Matériaux non métalliques

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

Crédit : 4

Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement : Apprendre qu'à part les métaux, il existe d'autres matériaux tels que les céramiques, les verres ou les matériaux réfractaires qui peuvent remplacer l'acier ou les autres métaux.

Connaissances préalables recommandées : Cristallographie, métallurgie physique, chimie minérale

Contenu de la matière :

A- Céramiques, verres et réfractaires

1. Les céramiques traditionnelles:-Historique, argile et poterie-Fabrication de la porcelaine
-Cas particulier des ciments et bétons **(1 semaine)**
- 2 .L'élaboration des céramiques et techniques :-Technologie des poudres-Procédés de mise en forme- Physique de la densification par frittage-Techniques de frittage- Contrôle de la microstructure **(2 semaines)**
- 3- Les propriétés et applications des céramiques techniques : - Propriétés mécaniques – Physiques et chimiques-Oxydes, nitrures, carbures, composites-Autres cas caractéristiques**(2 semaines)**
4. Les verres minéraux:-Définitions et propriétés –Principes d'élaboration- Méthodes de mise en forme- Innovations techniques récentes **(1 semaine)**
5. Les vitrocéramiques: - Systèmes LAS et MAS – Cristallisation - Comparaison vitrocéramiques /verres/céramiques– Applications. **(1 semaine)**
6. Les réfractaires **(2 semaines)**

B-Matériaux polymères et composites

- I. Les Polymères **(3 semaines)**
Introduction
 1. Structures chimiques des chaînes moléculaires et des réseaux
 2. Structure physique des chaînes et distributions des masses molaires
 3. Structure des polymères:- solides– amorphes- semi-cristallins
 4. Comportement mécanique des matériaux polymères solides:- Viscoélasticité.- Élasticité caoutchoutique.- Transition vitreuse en fonction de la structure moléculaire
 5. Propriétés en traction et au choc
 6. Propriétés thermiques
- II- Les composites **(3 semaines)**
 1. Les composites thermodurcissables
 2. Les composites thermoplastiques
 3. Les semi-produits
 4. Les silicones
 5. Les composites thermostructuraux:-Les composites carbone-carbone-Les composites à matrices métalliques-Les composites à matrices céramiques
 6. Les composites naturels
 7. Les nanocomposites

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 40% ; Examen final : 60%.

Références bibliographiques :

- 1- Matériaux composites. Gay Daniel. 2015. Lavoisier Hermes.
- 2- Céramiques et verres. Traités des matériaux Vol 16. J.M Haussonne. 2002
- 3- Chimie et physico-chimie des polymères. M Fontanille. 2014. Dunod

Semestre : 3
Unité d'enseignement : UEM 2.1
Matière : TP Métallurgie du soudage
VHS : 22h30 (TP : 1h30)
Crédit : 2
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement : L'étudiant apprendra certaines techniques de contrôle et de soudage, un moyen d'assemblage permanent.

Connaissances préalables recommandées : Cristallographie, métallurgie physique, méthodes d'analyse et de contrôle

Contenu de la matière :

TP1 **Le soudage autogène** : **(3 semaines)**
 Assemblage de deux pièces de métal de même nature par fusion de ces pièces et en ajoutant un métal d'apport de même nature ou de qualité supérieure.

TP2 **Le soudage hétérogène** : **(6 semaines)**
 Le métal utilisé pour la soudure est différent de celui des pièces à assembler. Au cours de ce TP, il faut aborder 4 types de soudure différents.

- 1- Le poste oxy-acétylénique
- 2- Soudure à l'arc électrique et à l'électrode enrobée
- 3- Soudage à l'arc électrique : procédé MAG
- 4- Soudage électrique par résistance par point

TP3 **(6 semaines)**

Contrôle des soudures

Contrôle des soudures essais non destructifs

- Etude du cordon de soudure
- Contrôle par ressuage :
- Contrôle par radiographie ou gammagraphie principe
- Contrôle par ultrasons :

Contrôle des soudures par essais destructifs

Mode d'évaluation : Contrôle continu : 100%.

Semestre : 3

Unité d'enseignement : UEM 2.1

Matière 2 : Métaux et alliages non ferreux

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

Crédit : 3

Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement : Apprendre et connaître les différents métaux à part le fer et le domaine de leur application

Connaissances préalables recommandées : Métallurgie physique, métallurgie extractive

Contenu de la matière :

1-Classification des métaux et alliages non ferreux	(1 semaine)
2-Cuivre et ses alliages.	(2 semaines)
3-Nickel et alliages à base de nickel	(2 semaines)
4-Alliages de nickel et de fer	(1 semaine)
5-Alliages à base de Ni-Cr et de Ni-Cr-Fe.	(2 semaines)
6-Cobalt et alliages de cobalt	(1 semaine)
7-Aluminium et ses alliages.	(2 semaines)
8-Titane et ses alliages.	(2 semaines)
9-Alliages antifriction.	(1 semaine)
10- Alliages des métaux difficilement fusibles.	(1 semaine)

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

Références bibliographique :

- 1- Métaux et alliages non ferreux. Said Bensaada. 2010. Broché
- 2- Alliages non ferreux. Rameau. 2015

Semestre : 3

Unité d'enseignement : UEM 2.1

Matière 3 : Mise en forme des métaux

VHS : 45h00 (Cours : 1h30 ; TP : 1h30)

Crédit : 4

Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement : Dans cette matière, sont données les notions et les différentes méthodes de mise en forme des métaux. L'enseignement de cette matière permettra à l'étudiant de choisir dans l'avenir un mode adéquat de mise en forme pour n'importe quel métal.

Connaissances préalables recommandées : Mathématiques, chimie, mécanique des milieux continus.

Contenu de la matière :

I- Mise en forme des métaux à l'état liquide

(4 semaines)

- fusion
- Solidification
- Techniques spéciales de fonderie (infiltration, imprégnation, solidification orientée)
- Mise en forme des alliages spéciaux

II- Mise en forme des métaux à l'état dense

(5 semaines)

- Mise en forme à froid-déformation plastique à froid
- Techniques de mise en forme à froid , laminage, laminage des strates, estampage...
- Mise en forme à chaud- déformation plastique à chaud, laminage à chaud, forgeage, extrusion, placage....

III- Mise en forme des métaux pulvérisés

(3 semaines)

- Spécificités de la mise en forme des poudres
- Mise en forme à froid en matrice fermée, compression isostatique à froid, extrusion des poudres....
- Mise en forme à chaud, frittage- compression, extrusion...
- Projection des poudres- Techniques spéciales: explosion- compression isostatique...

IV- Techniques complexes de mise en forme

(3 semaines)

- Associations: Frittage – laminage, frittage- soudage, frittage – forgeage, Frittage –moulage (projection de phase liquide)...

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

Références bibliographiques :

- 1- Mise en forme des métaux. Eric Felder. 2017. Ellipse
- 2- Mise en forme des alliages métalliques à l'état semi-solide. Suery Michel. Lavoisier.

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 rétro conception

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, cyber sécurité, 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

- Dispositif Electrique –Carte Electronique : inspection visuelle, repérage de composants
- Utilisation d'outils : multimètre, oscilloscope, analyseur logique
- Reconnaissance de schémas électriques
- Reconstitution de schémas sous KiCad / Fritzing /Proteus/EPLAN Electric P8/QElectroTech

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 cyber sécurité : 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 rétro conception de pièce mécanique ou système simple (ventilateur, boîtier)

Exemples de TP (base les 4 Génies)

• Génie Electrique

- Rétro-ingénierie d'un dispositif électrique sans schéma
- Exemple : Relais temporisé, Armoire Electrique, Variateur de vitesse, Machine Electrique, Système d'automatisation..
- Objectifs : identifier le fonctionnement, dessiner le schéma, proposer une variante améliorée.
- Identification de composants (IC, transistors, résistances, condensateurs, 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 rétro conception 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

- Rétro conception 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: UET 2.1

Matière 1 : Recherche documentaire et conception de mémoire

VHS : 22h30 (Cours: 1h30)

Crédits : 1

Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement :

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

Connaissances préalables recommandées :

Méthodologie de la rédaction, Méthodologie de la présentation.

Contenu de la matière:

Partie I- : Recherche documentaire :

Chapitre I-1 : Définition du sujet

(02 Semaines)

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

Chapitre I-2 : Sélectionner les sources d'information

(02 Semaines)

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

Chapitre I-3 : Localiser les documents

(01 Semaine)

- Les techniques de recherche
- Les opérateurs de recherche

Chapitre I-4 : Traiter l'information

(02 Semaines)

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

Chapitre I-5 : Présentation de la bibliographie

(01 Semaine)

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

Partie II : Conception de mémoire

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Mode d'évaluation :

Examen : 100%

Références bibliographiques :

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

Semestre: 4

Matière : Projet de synthèse des connaissances

VHS: 150h00

Crédits: 24

Coefficient: 15

Objectifs de l'enseignement :

-Projet théorique ou pratique d'initiation à la recherche pour préparer les étudiants au doctorat.

Connaissances préalables recommandées :

-Tous le cursus

Contenu de la matière:

- Etude bibliographique
- Expérimentation

Mode d'évaluation:

- Soutenance publique

Références bibliographiques :

- Livres
- Revues scientifiques et techniques
- Internet
- Mémoires et thèses