



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>Génie Minier</i>	<i>Valorisation des Ressources Minérales</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
تثمين الموارد المعدنية	هندسة منجمية	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
<b>Génie minier</b>	Valorisation des ressources Minérales	Valorisation des ressources Minérales	<b>1</b>	<b>1.00</b>
		Exploitation des mines	<b>2</b>	<b>0.80</b>
		Génie des matériaux	<b>3</b>	<b>0.70</b>
		Chimie des matériaux (Domaine SM)	<b>3</b>	<b>0.70</b>
		Autres licences du domaine ST	<b>5</b>	<b>0.60</b>

## **II – Fiches d’organisation semestrielles des enseignements de la spécialité Valorisation des Ressources Minérales**

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

- ✓ **Programmation avancée en python**
- ✓ **Éléments 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	Préparation des minerais	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Mines et carrières	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 1.1.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Classification hydraulique et pneumatique	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Séparation gravimétrique	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 1.1 Crédits : 11 Coefficients : 7	TP Préparation des minerais	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Séparation gravimétrique	1	1			1h00	15h00	10h00	100%	
	Caractérisation des minerais	2	1	1h30			22h30	27h30		100%
	Minéralogie appliquée	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Programmation avancée en Python	2	2	1h30		1h30	45h00	55h00	40%	60%
UE Découverte Code : UED 1.1 Crédits : 1 Coefficients : 1	Anglais technique	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
<b>Total semestre 1</b>		<b>30</b>	<b>17</b>	<b>13h30</b>	<b>7h30</b>	<b>4h00</b>	<b>382h30</b>			

**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	Flottation des minerais	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Procédés d'égouttage	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 1.2.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Séparation radiométrique et optique	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Séparation magnétique et électrostatique	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 1.2 Crédits : 9 Coefficients : 5	TP Flottation des minerais	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Séparation M ERO (Magnétique, Electrostatique radiométrique et Optique)	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	Analyse Numérique	3	2	1h30		1h00	37h30	37h30	40%	60%
	MINI PROJET	2	1			1h30	22h30	27H30	100%	
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%
<b>Total semestre 2</b>		<b>30</b>	<b>17</b>	<b>12h00</b>	<b>6h00</b>	<b>7h00</b>	<b>382h30</b>			

**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	Traitement et gestion des rejets miniers	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Métallurgie extractive	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 2.1.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Analyse et conception des procédés de séparation	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Automatisation des usines de traitement	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 2.1 Crédits : 9 Coefficients : 5	TP Métallurgie extractive	3	2			2h30	37h30	37h30	100%	
	Réhabilitation des sites miniers	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Projet de cours	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
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%
<b>Total semestre 3</b>		<b>30</b>	<b>17</b>	<b>12h00</b>	<b>7h30</b>	<b>5h30</b>	<b>382h30</b>			

**Orientations générales sur le choix des matières de découverte :**

- 1- Terres Rares
- 2- Verre et Céramiques
- 3- Hydrogéologie
- 4- Géochimie
- 5- Mécanique des roches
- 6- Géophysique
- 7- Asservissement et Régulation
- 8- Nanotechnologie et nanomatériaux
- 9- Environnement, protection, contrôle
- 10- Valorisation et recyclage des matériaux
- 11- Hygiène & Sécurité
- 12- Microscopie électronique et spectroscopie
- 13- Management de l'environnement
- 14- Sécurité et Environnement
- 15- Sécurité industrielle
- 16- Management des Ressources technologiques

**Semestre 4**

**Domaine : Sciences et technologie**  
**Filière : Génie minier**  
**Spécialité : Valorisation des ressources minérales**

Stage en entreprise sanctionné par un mémoire et une soutenance.

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

**Ce tableau est donné à titre indicatif**

**Evaluation du Projet de Fin de Cycle de Master**

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

### **III - Programme détaillé par matière du semestre S1**

**Semestre: 1**  
**Unité d'enseignement: UEF 1.1.1**  
**Matière 1 : PREPARATION DES MINERAIS**  
**VHS: 67h30 (Cours: 3h00, TD: 1h30)**  
**Crédits: 6**  
**Coefficient: 3**

**Objectifs de l'enseignement:** L'objectif du cours vise à donner à l'étudiant des connaissances sur le concassage : sélection et simulateur. Tamisage industriel. Broyage : modélisation du procédé de broyage. Classification : Hydraulique, pneumatique. Calcul minéralurgique.

**Connaissances préalables recommandées:** L'étudiant doit avoir des connaissances en minéralogie, minéraux naturels et industriels.

### **Contenu de la matière :**

**Introduction :** Généralités sur la minéralurgie et présentation des propriétés physico-mécaniques des minerais. **(2 semaines)**

**Chapitre 1 :** Théorie de la fragmentation, distribution granulométriques, méthodes analytiques, calcul des indices technologiques. **(3 semaines)**

**Chapitre 2 :** Concassage (présentation, degré de concassage, schémas contemporains, modes de concassage, lois énergétiques, appareils de fragmentation grossière). **(3 semaines)**

**Chapitre 3 :** Broyage (présentation, régimes de fonctionnement d'un broyeur, Technologie de broyage). **(2 semaines)**

**Chapitre 4 :** Criblage (Principe, surfaces tamisantes, modes et efficacité de criblage, facteurs influant sur le procédé, technologie de criblage). **(2 semaines)**

**Chapitre 5 :** Classification (théorie et technologie de la classification) **(3 semaines)**

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

### **Références**

1. Serge Bouchard, *Traitement du minerai, édition le Criffon d'argile, 2001, Canada.*
2. Pierre Blazy. *La valorisation des minerais, Paris, Presse Universitaire de France, 1970.*
3. B A Wills. *Mineral processing, England 2005*
4. Kelly E. G. et Spottiswood D. J. *Introduction to mineral processing, New York. John wiley& sons, 1984.*

**Semestre: 1**  
**Unité d'enseignement : UEF 1.1.1**  
**Matière 2 : MINES ET CARRIERES**  
**VHS : 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)**  
**Crédits : 4**  
**Coefficient : 2**

**Objectifs de l'enseignement** : Permettre aux étudiants d'analyser, commenter et prendre les décisions nécessaires lors de la résolution des problèmes de l'exploitation des mines et carrières.

**Connaissances préalables recommandées** : Notions de base sur les modes d'ouverture des gisements, les systèmes d'exploitation, mécanique des roches.

**Contenu de la matière :**

**Chapitre 1 : MINES**

**(7 semaines)**

- Étude des caractéristiques des principales méthodes d'abattage utilisées en souterrain.
- Méthodes d'analyse simplifiée d'un gisement quant à son exploitation en fosse ou en souterrain.
- Dimensionnement des ouvrages et sélection des équipements.
- Calculs des quantités, des équipements et des coûts liés à l'exploitation en souterrain.
- Étude des méthodes de remblayage des excavations.

**Chapitre 2 : CARRIERES**

**(8 semaines)**

- Choix d'une méthode d'exploitation minière à ciel ouvert.
- Analyse des propriétés des sols et des massifs rocheux en fonction d'une exploitation à ciel ouvert.
- Détermination de la profondeur ultime, du rapport stérile/minerai, de l'inclinaison des talus et de la hauteur des bancs dans une fosse.
- Systèmes de chargement et de transport.
- Choix des équipements. Positionnement des voies de transport.

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

**Références**

- J.A Talobre : *la mécanique des roches* DUNOD, Paris 1967, 442p
- J. Sandier : *mise en valeur des gisements métallifères*, Masson et Cie, 150p

**Semestre: 1**

**Unité d'enseignement: UEF 1.1.2**

**Matière 1 : CLASSIFICATION HYDRAULIQUE ET PNEUMATIQUE**

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

**Crédits : 4**

**Coefficient : 2**

**Objectifs de l'enseignement** L'objectif est de comprendre la classification pneumatique et hydraulique en dimensions, l'ensemble des procédés permettant de séparer les particules solides d'une suspension (ou pulpe) en milieu gazeux ou liquide en deux ou plusieurs fractions de granularités différentes par la seule action du champ d'accélération gravitaire (sédimentation).

**Connaissances préalables recommandées** : L'étudiant doit avoir des connaissances en physique et la mécanique des fluides.

**Contenu de la matière :**

**Chapitre 1 : Classification pneumatique**

**(7 semaines)**

Paramètres dépendant du matériau : Densité et forme des particules, Dimension des particules, Humidité des solides. Paramètres dépendant de l'appareil : Limite de séparation, dimension de coupure ou de partage et imperfection. Analyse dimensionnelle des séparations gaz-solides. Rendement et qualité d'une classification industrielle : Relation entre rendement et bilan massique, Détermination de la qualité et de la limite de séparation à partir de la courbe de partage. Types de sélecteurs pneumatiques : Chambres de sélection à courant gazeux horizontal ou vertical : Analyse théorique, Cas d'un écoulement laminaire ou approximativement laminaire, Cas d'un écoulement turbulent.

**Chapitre2 : Classification Hydraulique .**

**(8 semaines)**

Rappels théoriques et résultats expérimentaux : Mouvements des particules solides dans un fluide, Sédimentation libre d'une particule sphérique dans un fluide au repos, Notion d'équivalence.

Raison de sédimentation libre. Corrections à apporter à la vitesse limite des particules en sédimentation libre. Influence de la forme. Sédimentation gênée (ou entravée). Familles de classificateurs hydrauliques. Classificateurs gravitationnels. Classificateurs centrifuges. Classificateurs gravitationnels : Classificateurs mécaniques, Classificateurs à vis, Classificateurs à râteau et à coupe

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

**Références :**

1 - Serge Bouchard, *Traitement du minerai*, édition Modulo 2007

2- Blazy, P. *La valorisation des minerais*. Paris: Presses Universitaires de France; 1970. 3- Jones,

3- M. H. et Woodcock, J. T. *Principles of Mineral Flotation*. Victoria, Australia: The Australasian Institute of Mining and Metallurgy; 1984.

4- BLAZY (P.), HOUOT (R.), JOUSSEMET (R.) et TRACEZ (J.). – *Procédé d'enrichissement par flottation de minerais à gangue carbonatée et/ou silicate par des réactifs amphotères*. 1981

5- Taggart, A. F. *Handbook of mineral dressing*. New York: John Wiley & sons, Inc.; 1945

6 - V. Gilles, 'Mécanique des fluides et hydraulique : Cours et problèmes', Série Schaum, Mc Graw Hill, 1975

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

**Objectifs de l'enseignement :**

Comprendre les mécanismes qui régissent le mouvement des solides dans les fluides et les principes utilisés dans la séparation gravimétrique. Réaliser des classifications indirectes, des concentrations gravimétriques.

**Connaissances préalables recommandées :**

Sous forme de matière déjà décrites, et / ou d'un descriptif succinct des connaissances requises pour pouvoir suivre cet enseignement.

**Contenu de la matière ;**

**Chapitre 1 :** **(3 semaines)**  
 Classification par sédimentation, loi du mouvement des solides dans un fluide, valeur de la résistance du fluide.

**Chapitre 2 :** **(3 semaines)**  
 Résistance dans la région de Stokes, résistance dans la région de Newton, Coefficient de sphéricité, modes de sédimentation.

**Chapitre 3 :** **(5 semaines)**  
 Caractéristiques d'une pulpe. Classement par dimensions, classificateurs utilisant la sédimentation simple, la sédimentation gênée et la force centrifuge, efficacité des classificateurs,

**Chapitre 4 :** **(4 semaines)**  
 Concentration gravimétrique, concentration par Jig, concentration par tables à secousses, spirales d'Humphrey. Séparation magnétique et électrostatique, classification des corps magnétiques, techniques de concentration.

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

**Références**

1. Coulson, J. M. et Richardson, J. F. *Chemical Engineering, Volume 2: Particle Technology and Separation Process*. 4ième édition ed. Oxford: Pergamon Press; 1991; p. 968.
2. Burt, R. O. *Gravity Concentration Technology*. Fuerstenau, D. W. *Developments in Mineral Processing - Volume 5*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers; 1984; p. 605.

**Semestre: 1**  
**Unité d'enseignement: UEM 1.1**  
**Matière 1 : TP PREPARATION DES MINERAIS**  
**VHS: 22h30 (TP : 1h30)**  
**Crédits: 2**  
**Coefficient: 1**

**Objectifs de l'enseignement** : L'objectif du TP vise à réaliser les connaissances et les théories obtenues pendant le cours dans la pratique c'est-à-dire dans le laboratoire afin d'avoir idées sur la matière à l'échelle industrielle.

**Connaissances préalables recommandées** : L'étudiant doit avoir déjà assimilé des connaissances théoriques sur la préparation mécanique du minerai.

**Contenu de la matière** :

**TP N°1** : Analyse granulométrique d'un échantillon de minerai par tamisage

**TP N°2** : Etude de la cinétique du concassage par un concasseur à mâchoires.

**TP N°3** : Etude de la cinétique du broyage par un broyeur à boulets.

**TP N°4** : Détermination de l'efficacité de criblage d'un crible vibrant.

**TP N°5** : Influence des paramètres physiques sur le procédé de classification.

**Mode d'évaluation** : Contrôle continu : 100%

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

**Semestre: 1**  
**Unité d'enseignement: UEM 1.1**  
**Matière 2 : TP SEPARATION GRAVIMETRIQUE**  
**VHS: 15h00 (TP : 1h00)**  
**Crédits: 1**  
**Coefficient: 1**

**Objectifs de l'enseignement** : L'objectif du TP vise à réaliser les connaissances et les théories obtenues pendant le cours dans la pratique c'est-à-dire dans le laboratoire afin d'avoir idées sur la classification gravimétrique.

**Connaissances préalables recommandées** L'étudiant doit avoir déjà assimilé des connaissances théoriques sur la préparation mécanique du minerai.

**Contenu de la matière** :

- TP1**– Procédé de classification gravimétrique :
- TP2**– Etude de la classification du minerai par bac à piston
- TP3**– Etude de la classification du minerai par Jig
- TP4**– Etude de la classification du minerai par classificateur mécanique à vis ou à râteaux, hydrocyclones
- TP5**– Etude des paramètres de l'alimentation du minerai, de la surverse et de la souverse, courbe de partage, imperfection, dimensionnement.

**Mode d'évaluation** : Contrôle continu : 100%

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

**Semestre: 1**  
**Unité d'enseignement: UEM 1.1**  
**Matière 3 : CARACTERISATION DES MINERAIS**  
**VHS: 22h30 (Cours: 1h30)**  
**Crédits: 2**  
**Coefficient: 1**

**Objectifs de l'enseignement :** Vise à donner à l'étudiant des connaissances sur la caractérisation des minerais par des méthodes chimiques (réactions chimiques en solution, séparation, méthodes de mesures) ; méthodes physiques

**Connaissances préalables recommandées :** L'étudiant doit avoir des connaissances en physique et chimie

### **Contenu de la matière**

**Chapitre 1 :** Caractérisation des ressources minérales par des méthodes chimiques (réactions chimiques en solution, séparation, méthodes de mesures) **(5 semaines)**

**Chapitre 2 :** méthodes physiques (optiques : microscopie optique, électronique, ultraviolet, DRX, FX, absorption atomique, ultra-sonde, sonde de Castaing,) ; **(5 semaines)**

**Chapitre 3 :** méthodes thermiques (thermogravimétrie, analyse, calorimétrie). **(5 semaines)**

**Mode d'évaluation :** Examen final : 100%.

### **Références :**

- Bish, D. L., Post, J. E. (1993). "Quantitative mineralogical analysis using Rietveld full-pattern fitting method." *The American mineralogist*.
- D.B. Williams and C.B. Carter, *Transmission electron microscopy*, Plenum (1996)
- S. Amelinckx et al, *Handbook of Microscopy: Applications in Material Science, Solid State Physics and Chemistry (vol. 1 and 2)*, VCH (1997)
- S. Amelinckx et al, *Handbook of Microscopy: Applications in Material Science, Solid State Physics and Chemistry (vol. 1 and 2)*, VCH (1997)

**Semestre: 1**  
**Unité d'enseignement: UEM 1.1**  
**Matière 4: MINÉRALOGIE APPLIQUÉE**  
**VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)**  
**Crédits: 4**  
**Coefficient: 2**

**Objectifs de l'enseignement** : L'objectif du cours est d'approfondir les connaissances en minéralogie et en ses applications industrielles: traitement des minerais, émergence de nouveaux matériaux, développement de nouvelles méthodes.

**Connaissances préalables recommandées** : L'étudiant doit avoir des connaissances en physique et chimie minérale.

**Contenu de la matière** :

**Chapitre 1 : Cristallographie et chimie des cristaux (5 semaines)**

Introduction à la symétrie des cristaux, aux systèmes cristallins, aux opérateurs de symétrie, aux groupes ponctuels, indices de Miller, cristallisation, macles, inter croissances, chimie cristallines des principaux groupes des minéraux.

**Chapitre 2 : Minéralogie déterminative (5 semaines)**

Notion de minéral, aspects et propriétés des minéraux, physiques, chimiques et optiques, la classification des minéraux, les minéraux silicatés et les minéraux non silicatés, description minéralogique des minéraux de base, les minéraux dans leur environnement.

**Chapitre 3 : Caractérisation minéralogique appliquée (5 semaines)**

Les différentes méthodes de caractérisation minéralogiques appliquées à l'étude des divers types de minéraux, caractérisation physiques et chimiques, analyse au microscope optique et électronique, application aux opérations minières d'extraction et de traitement de minéraux.

**Mode d'évaluation** :

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

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

- A. Baronnet : *minéralogie, collection géosciences, édition dunod, 1988.*
- J.Deferne, N. Angel : *au cœur des minéraux, juin, 2010.*
- M. Albin : *dictionnaire des roches et minéraux, pétrologie et minéralogie, paris, 2001.*
- J.F.Beaux, P. Agard, V. Boutin, J.F.Fogelgesang : *Atlas de géologie et pétrologie, dunod, paris, 2011.*

**Semestre: S1**

**Unité d'enseignement: UEM 1.1.1**

**Matière 5 : 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 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)
  - ✓ 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](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](https://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:**

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

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

**Mode d'évaluation:**

Examen: 100%.

**Références bibliographiques :**

1. P.T. Danison, Guide pratique pour rédiger en anglais: usages et règles, conseils pratiques, Editions d'Organisation 2007
2. A. Chamberlain, R. Steele, Guide pratique de la communication: anglais, Didier 1992
3. R. Ernst, Dictionnaire des techniques et sciences appliquées: français-anglais, Dunod 2002.
4. J. Comfort, S. Hick, and A. Savage, Basic Technical English, Oxford University Press, 1980

## **IV - Programme détaillé par matière du semestre S2**

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

**Objectifs de l'enseignement :** Comprendre les phénomènes physicochimiques qui permettent la flottation sélective de minerais complexes. Connaître les réactifs utilisés et leur mode d'action. Comprendre les conditions d'application pratique de la flottation comme procédé : machines de flottation et circuits. Contrôler le procédé de flottation.

**Connaissances préalables recommandées :** L'étudiant doit avoir des connaissances en minéralogie, chimie physique, électrochimie et chimie organique.

**Contenu de la matière :**

**Introduction :** Principes et avantages du procédé de flottation :

**Chapitre 1 :** Théorie (Interface liquide-gaz ; interface solide-liquide ; interface solide-liquide-gaz ; la mouillabilité ; thermodynamique du mouillage ; phénomènes électrostatiques).

**(5 semaines)**

**Chapitre 2 :** Réactifs de flottation (collecteurs, déprimants, activants, moussants et régulateurs du milieu) : Caractéristiques, rôles, classifications et mécanismes de fonctionnement.

**(5 semaines)**

**Chapitre 3 :** Technologie de flottation : Régimes de flottation (flottation des sulfures, des oxydes, des sels...). Circuits de flottation. Machines de flottation (classification, principe de fonctionnement et performances...)

**(5 semaines)**

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

**Références :**

- Serge Bouchard, Traitement du minerai, édition le Criffon d'argile, 2001, Canada.
- Pierre Blazy. La valorisation des minerais, Paris, Presse Universitaire de France, 1970.
- B A Wills. Mineral processing, England 2005
- Kelly E. G. et Spottiswood D. J. Introduction to mineral processing, New York. John Wiley & sons, 1984.

**Semestre: 2**  
**Unité d'enseignement: UEF 1.2.1**  
**Matière2: Procédés d'égouttage**  
**VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD : 1h30)**  
**Crédits: 4**  
**Coefficient: 2**

**Objectifs de l'enseignement :** Connaître les procédés d'égouttage (type d'appareils, leurs application, contrôle des produits d'enrichissement,

**Connaissances préalables recommandées :** Mécanique des fluides et procédés minéralurgiques.

**Contenu de la matière :**

1. Notion de base (définition ; raison d'égouttage ; dénominations industrielles et applications) **(1 semaine)**
2. Théorie de décantation (paramètres physiques intervenants dans le phénomène de décantation) **(3 semaines)**
- Opérations d'égouttage : drainage des eaux : (définition, technique et technologies....) ; Epaissement : (définition, technique, classification de différents épaisseurs) **(3 semaines)**
- Filtration : (définition, types de filtration, classification et principe de travail des appareils de filtration) **(2 semaines)**
- Séchage : (définition, classification et principe de travail de différents types de fours) **(2 semaines)**
- Contrôle des procédés d'enrichissement : Représentation graphique des procédés d'enrichissement ; Indices technologiques de traitement ; Calculs des schémas d'enrichissement ; Représentation des résultats de traitement ; Traitement statique des résultats (teneurs moyennes, pondérales....) **(4 semaines)**

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

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

- Techniques de l'ingénieur, ISTR A 2010, Strasbourg, France
- Principles of mineral processing by manice c, Fuersteneur and Keneth N. Societe of mining, metallurgy and exploration. 2003. Pp. 307-357.
- Solid-liquid separation. Ladislav Svavorsky. Butter worth Heinemann. 2000

**Semestre: 2**  
**Unité d'enseignement: UEF 1.2.2**  
**Matière 1: séparation radiométrique et optique**  
**VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD : 1h30)**  
**Crédits: 4**  
**Coefficient: 2**

**Objectifs de l'enseignement :** Comprendre les mécanismes qui régissent le mouvement des solides dans un espace radiométrique, optique, et les principes utilisés dans la séparation radiométrique et optique. Réaliser des séparations radiométrique et optique.

**Connaissances préalables recommandées :** L'étudiant doit avoir des connaissances en physique des rayonnements et optique.

### **Contenu de la matière**

Séparation radiométrique : **(7 semaines)**

- caractéristique générale des processus de séparation radiométrique, méthodes de séparation par émission et absorption radiométriques.

Séparation optique : **(8 semaines)**

Notions de base sur la couleur, propriétés optiques des minéraux, caractéristiques optiques des minéraux isotropes : forme, couleur, clivage, inclusions et altération, sources artificielles de lumière, Principe de fonctionnement de la séparation optique. Technologie de la séparation optique.

### **Mode d'évaluation :**

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

### **Références**

1. B A Wills. Mineral processing, England 2005
2. Pierre Blazy. Valorisation des minerais, Paris, Presse Universitaire de France, 1970.
3. Serge Bouchard, Traitement du minerai, édition le Criffon d'argile, 2001, Canada.
4. Kelly E. G. et Spottiswood D. J. Introduction to mineral processing, New York. John wiley& sons, 1984.

**Semestre: 2**  
**Unité d'enseignement: UEF 1.2.2**  
**Matière2 : Séparation magnétique et électrostatique**  
**VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD : 1h30)**  
**Crédits: 4**  
**Coefficient: 2**

**Objectifs de l'enseignement :** Comprendre les mécanismes qui régissent le mouvement des solides dans les champs magnétiques, électrostatiques et les principes utilisés dans la séparation magnétique et électrostatique. Réaliser des séparations magnétiques et électrostatiques

**Connaissances préalables recommandées :** L'étudiant doit avoir des connaissances en physique.

### **Contenu de la matière**

Introduction : but d'une séparation, définitions, principe. Libération et mixtes. Le rendement d'une séparation : rendement poids, rendement métal, teneur, bilans métallurgiques. Les types de séparation. **(5 semaines)**

Méthodes magnétiques : principes, théorie, propriétés des minéraux, forces en jeu, séparateurs en milieu humide, à sec, à basse et à haute intensité, conditions d'application et variables des appareils, performances, rendement, entretien et coûts, exemples d'application. **(5 semaines)**

Méthodes électrostatiques : principe, théorie, appareils, conditions d'application, variables, performance, rendement. **(5 semaines)**

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

### **Références :**

1. B A Wills. Mineral processing, England 2005
2. Pierre Blazy. Valorisation des minerais, Paris, Presse Universitaire de France, 1970.
3. Serge Bouchard, Traitement du minerai, édition le Criffon d'argile, 2001, Canada.
4. Kelly E. G. et Spottiswood D. J. Introduction to mineral processing, New York. John wiley& sons, 1984.

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

**Objectifs de l'enseignement :**

Comprendre les phénomènes physicochimiques ou interfaciales (gaz-liquide-solide) qui permettent la flottation sélective de minerais complexes. Connaître les réactifs utilisés et leur mode d'action. Comprendre les conditions d'application pratique de la flottation comme procédé : machines de flottation et circuits.

**Connaissances préalables recommandées :**

Cours de valorisation des ressources minérales.

**Contenu de la matière**

TP 1 : Flottation d'un minerai sulfuré de Plomb

TP 2 : Flottation d'un minerai sulfuré de Zinc

TP 3 : Flottation d'un minerai de phosphate

TP 4 : choix des réactifs de flottation (moussant, collecteur, régulateur du milieu, activant, déprimant),

**Mode d'évaluation :** Contrôle continu : 100%

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

- Serge Bouchard, Traitement du minerai, édition le Griffon d'argile, 2001, Canada.
- Pierre Blazy. La valorisation des minerais, Paris, Presse Universitaire de France, 1970.
- B A Wills. Mineral processing, England 2005
- Kelly E. G. et Spottiswood D. J. Introduction to mineral processing, New York. John Wiley & sons, 1984.

**Semestre: 2**

**Unité d'enseignement: UEM 1.2**

**Matière2:TP séparation magnétique et électrostatique radiométrique et optique)**

**VHS: 22h30 (TP : 1h30)**

**Crédits: 2**

**Coefficient: 1**

**Objectifs de l'enseignement :**

Comprendre les phénomènes physiques de la séparation magnétique et radiométrique des minerais. Connaître les paramètres de séparation. Comprendre les conditions d'application de la séparation magnétique et radiométrique.

**Connaissances préalables recommandées :**

Cours de valorisation des ressources minérales.

**Contenu de la matière**

**TP N°1 :** Influence des paramètres sur la séparation magnétique (granulométrie, intensité du champ magnétique...)

**TP N°1 :** Application de la séparation magnétique à basse intensité pour un minerai de magnétite.

**TP N°2 :** Application de la séparation magnétique à haute intensité pour un minerai d'hématite.

**TP N°3 :** Influence des propriétés radiométriques.

**TP N°4 :** Application de la séparation radiométrique des minerais de fer

**Mode d'évaluation :** Examen final : 100%

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

1. B A Wills. Mineral processing, England 2005
2. Pierre Blazy. Valorisation des minerais, Paris, Presse Universitaire de France, 1970.
3. Serge Bouchard, Traitement du minerai, édition le Criffon d'argile, 2001, Canada.

**Semestre: 2**  
**Unité d'enseignement: UEM1.2**  
**Matière3:Analyse numérique**  
**VHS: 37h30 (Cours: 1h30, TP : 1h00)**  
**Crédits: 3**  
**Coefficient: 2**

### **Objectifs de l'enseignement :**

*Acquérir les connaissances de base en analyse numérique pour la modélisation d'un projet environnementale dans le domaine de l'exploitation des mines et carrières à ciel ouvert.*

### **Connaissances préalables recommandées**

### **Contenu de la matière :**

#### **Chapitre1: résolution numérique des équations algébriques et transcendantes.**

- 1.1. INTRODUCTION
- 1.2. SEPARATION DES RACINES
- 1.3 .METHODE DE DICHOTOMIE (BISSECTION)
- 1.4. METHODE DE NEWTON-RAPHSON (DE LA TANGENTE)
- 1.5. METHODE DE LA SECANTE
- 1.6. METHODE DES APPROXIMATIONS SUCCESSIVES (DU POINT FIXE)

#### **Chapitre 2: Résolution des Systèmes d'Equations Linéaires.**

- 2.1. INTRODUCTION
- 2.2. LES METHODES DIRECTES :
  - METHODE DE GAUSS
  - METHODE DE JORDAN
  - METHODE PAR FACTORISATION L.U
  - METHODE DE CHOLESKY
- 2.3 METHODES ITERATIVES :
  - METHODE DE JACOBI (APPROXIMATIONS SUCCESSIVES)
  - METHODE DE GAUSS-SEIDEL
  - METHODE DE RELAXATION (SSOR)

#### **Chapitre 3: Intégration Numérique**

- 3.1 Introduction
- 3.2 Formule de Quadrature de Newton-Cotes
- 3.3 Méthode des Trapèzes
- 3.4 Méthode de Simpson
- 3.5 Formule de Quadrature de Gauss

#### **Chapitre 4: Interpolation Polynômiale**

- 4.1 Introduction
- 4.2 En utilisant la matrice de Vandormonde
- 4.3 Polynôme de Lagrange
- 4.4 Polynôme de Newton

**Mode d'évaluation : Examen** écrit et oral; le travail personnel pendant le semestre.

**Références** Livres et photocopiés, sites internet, etc Analyse numérique, algorithmes et étude mathématique Cours et exercices corrigés - Llicence 3, master 1, écoles d'ingénieurs

Auteur(s) : Francis Filb et Editeur(s) : Dunod Date de parution : 11/09/2013

4. Méthodes mathématiques et numériques pour les équations aux dérivées partielles  
 Applications aux sciences de l'ingénieur Auteur(s) : Joël Chaskalovic Editeur(s) : Tec  
 et Doc - Lavoisier

**Semestre: 2**  
**Unité d'enseignement: UEM 1.2**  
**Matière 4 : Mini Projet (TP : 1h30)**  
**VHS: 22h30**  
**Crédits: 2**  
**Coefficient: 1**

**Objectifs de l'enseignement**

Opérer une synthèse des facettes variées de la valorisation des ressources minérales.  
Approfondir un aspect particulier de la valorisation des ressources minérales.

**Connaissances préalables recommandées :**

Avoir assimilé les cours reçus.

**Contenu de la matière :**

Thème portant sur l'une des unités fondamentales

**Semestre: S2**

**Unité d'enseignement : 1.2.2**

**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, 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 au 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 LanguageProcessing (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.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](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, Littérature 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.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 : Traitement et gestion des rejets miniers**  
**VHS : 67h30 (Cours : 3h00, TD : 1h30)**  
**Crédit : 6**  
**Coefficient : 3**

**Objectifs de l'enseignement :** acquérir les connaissances concernant les aspects théoriques, techniques et pratiques des méthodes de traitement des rejets ; identifier un problème environnemental potentiel ou existant et concevoir un moyen de le régler.

**Connaissances préalables recommandées :** L'étudiant doit avoir des connaissances sur les procédés de traitement des matières minérales ; caractérisation des minerais ; environnement minier.

**Contenu de la matière :**

Caractérisation des rejets d'usine : échantillonnage, vérification des propriétés. Contrôle des boues d'usine : boues acides ou basiques, vie chimique des rejets éventuels, séparation solide-liquide, destruction, neutralisation, extraction des métaux en solution, traitement des ultrafines et des colloïdes pour leur extraction, destruction ou neutralisation des réactifs chimiques contenus, emploi des méthodes chimiques, physiques et biologiques. **(5 semaines)**

Entreposage des rejets : construction, aménagement, stabilisation physique, mécanique, chimique et végétative du parc à résidu ; disposition des rejets secs, telles les poussières du dépoussiérage ; stabilité chimiques des produits entreposés. **(4 semaines)**

Valorisation des rejets : valorisation des boues rouges provenant du procédé Bayer, synthèse de produits pour lesquels il existe un marché de vente, extraction de substances utiles à partir d'ancien rejets, recirculation de rejets à l'usine. **(3 semaines)**

Surveillance et gestion des rejets : installation d'équipement de "monitoring", entretien et réparation des systèmes de contrôle, d'entreposage, de traitement et de valorisation des rejets. **(3 semaines)**

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

**Références :**

- SAMSON, R., DESCHÊNES, L. (2002). Analyse environnementale du cycle de vie des produits et des procédés. Notes du cours ACV, Projet VRQ, CIRAIQ, École Polytechnique de Montréal, Décembre 2002. 128p.
- SIROIS, S. (1999). Caractérisation et schématisation d'un procédé potentiel de valorisation de boues rouges provenant d'une aluminerie. Mémoire de maîtrise, Université du Québec à Montréal.
- MEF (1984a). Guide d'Échantillonnage à des Fins d'Analyses Environnementales, Cahier 1: Généralités, Ministère de l'Environnement et de la Faune. Les Éditions le Griffon d'Argile, Sainte-Foy, Québec.

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

**Objectifs de l'enseignement :** acquérir les connaissances théoriques et techniques de traitements des minerais et des opérations mises en œuvres pour l'élaboration des métaux ferreux et non ferreux par Pyrométallurgie, Hydrométallurgie et Electrométallurgie

**Connaissances préalables recommandées :** L'étudiant doit avoir des connaissances préalables sur les opérations de la minéralurgie, les notions de bases de l'extraction par voie humide et voie sèche, la thermodynamique.

**Contenu de la matière :**

**Rappel des opérations unitaires et les transformations chimiques mises en jeu.**

Opérations de séparation « solide/solide » et « solide/fluide » ; Les opérations unitaires chimiques et les réacteurs en pyrométallurgie ; Les opérations unitaires chimiques et les réacteurs en hydrométallurgie. **(3 semaines)**

**Pyrométallurgie**

Transformation de Particules solides : Données thermodynamiques sur les réactions de formation des oxydes, sulfures, chlorures ; Réduction des oxydes ; Grillage des sulfures ; Chloruration des oxydes. Transformation en phase liquide : Réactions de réduction d'oxyde à l'état liquide et d'affinage ; Thermodynamique des solutions liquides métalliques. **(3 semaines)**

**Hydrométallurgie**

Les réactions de l'hydrométallurgie ; Bases thermodynamiques **(2 semaines)**

**Cinétique des transformations**

Cinétique des transformations de particules solides ; Cinétique des opérations de précipitation ; Cinétique des réactions d'oxydation directe ; Cinétique des réactions métal-laitier. **(3 semaines)**

**Électrométallurgie**

Introduction ; Bases fondamentales des procédés électrométallurgiques ; Électrolyse en solution aqueuse ; L'électro raffinage. **(2 semaines)**

**Etude decas**

Élaboration des métaux ferreux et non ferreux **(2 semaines)**

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

**Références**

1. J. Bénard, A. Michel, J. Philibert & J. Talbot, métallurgie générale, masson, Paris, 2e éd. 1983
2. Société Française de Métallurgie, métallurgie de la zone fondue, conférences, publ. de la soudure autogène, paris, 1981
3. W. Hopkins, aspects physico-chimiques de l'élaboration des métaux, trad. c. cousin, dunod, 1958
4. Biswas AK et Davenport W.G., 1992. Extractive Metallurgy of copper. Pergamon Press. • Bodsworth, C. 1994. The extraction and refining of metals. CRC Press. • Boldt, J.R. Queneau, P., 1967. The Winning of Nickel. Longmans Canada Ltd. • David R. Gaskell : Introduction to the thermodynamics of materials.1995, Taylor and Francis

**Semestre : 3**

**Unité d'enseignement : UEF2.1.2**

**Matière 1 : Analyse et conception des procédés de séparation**

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

**Crédit : 4**

**Coefficient : 2**

**Objectifs de l'enseignement :** Le cours vise à donner à l'étudiant une formation qui lui permet d'analyser tous les circuits de traitement des minerais à savoir : un circuit de broyage, simulation d'un cyclone, modélisation d'un procédé de flottation.

**Connaissances préalables recommandées :** Préparation mécanique, flottation, séparation gravimétrique, magnétique

**Contenu de la matière :**

Concassage: sélection et simulateurs. Tamisage industriel ; - Broyage: design de broyeurs et modélisation du procédé de broyage ; - Analyse d'un circuit de broyage industriel ; Hydrocyclones : caractérisation du fonctionnement d'un cyclone, simulation et sélection de cyclones

**(5 semaines)**

- Analyse des procédés de séparation. Flottation: modélisation de flottation en cellules, de colonnes de flottation. Simulation et dimensionnement de colonnes. **(5 semaines)**

- Analyse d'un circuit de flottation industriel. Filtration: écoulement dans un milieu poreux, essorage et lavage de gâteaux. Calcul de filtres. Évaluation économique. **(5 semaines)**

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

**Références :**

1. Bloise R., Reinhart C., Batina J. Etablissement de bilan matières statistiquement cohérents sur des unités complexes. Présentation d'un algorithme de calcul général. Industrie minière, les techniques, n° 3/81. 1981
2. Broussaud A., Bloise R., Brachet C. Contribution de l'outil informatique à l'amélioration et à la conception des installations de traitement des minerais. Industrie minière, les techniques, n° 9/84. 1984.
3. Ragot J., Merckel J., Darouach M. Application de l'analyse des réseaux à l'équilibrage des bilans-matière des systèmes complexes. 4th congrès IFIP on system modelling and optimization. Copenhague 1983

**Semestre: 3**

**Unité d'enseignement : UEF 2.1.2**

**Matière 2 : Automatisation des usines de traitement**

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

**Crédit : 4**

**Coefficient : 2**

**Objectifs de l'enseignement :** Le cours vise à donner à l'étudiant une formation qui lui permet de connaître le fonctionnement automatique des installations d'enrichissement des différents minerais, afin de permettre un bon fonctionnement et augmenter l'efficacité des appareils.

**Connaissances préalables recommandées :** préparation mécanique, séparation gravimétrique, flottation ainsi que tous les procédés de traitement.

**Contenu de la matière :**

1. Automatisation des systèmes. **(2semaines)**
2. Schéma générale et différents éléments d'une installation automatisée. **(3 semaines)**
3. Capteurs. Généralités sur les capteurs, différents types de capteurs. **(3 semaines)**
4. Actionneurs et pré-actionneurs pneumatiques et hydrauliques. **(2semaines)**
5. Actionneurs et pré-actionneurs électriques, convertisseurs électromécaniques, moteurs pas à pas. **(3 semaines)**
6. Notion de base sur les automates programmables industriels. **(2semaines)**

**Mode d'évaluation :**

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

**Références :**

1. Pierre Blazy. Valorisation des minerais, Paris, Presse Universitaire de France, 1970.
2. Serge Bouchard, Traitement du minerai, édition le Criffon d'argile, 2001, Canada

**Semestre : 3**

**Unité d'enseignement : UEM 2.1**

**Matière : TP Métallurgie extractive**

**VHS : 37h30 (TP : 2h30)**

**Crédit : 3**

**Coefficient : 2**

**Objectifs de l'enseignement :**

Le TP vise à mettre en pratique, les notions théoriques et les connaissances obtenues pendant le cours.

**Connaissances préalables recommandées :**

Théories de l'extraction par voie sèche et voie humide.

**Contenu de la matière :**

TP N° 1 : Grillage de la roche calcaire

TP N° 2 : Grillage du minerai de fer

TP N° 3 : Affinage du plomb

TP N°4 : Hydrométallurgie du Zinc

**Mode d'évaluation :** Examen final : 100%.

**Références :**

1. J. Bénard, A. Michel, J. Philibert & J. Talbot, métallurgie générale, masson, Paris, 2e éd. 1983
2. A. Vignes, Métallurgie extractive. Volume 1,2 & 3, Lavoisier.

**Semestre : 3**

**Unité d'enseignement : UEM 2.1**

**Matière 2 : Réhabilitation des sites miniers**

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

**Crédit : 4**

**Coefficient : 2**

**Objectifs de l'enseignement :** Le cours vise à faire connaître aux étudiants les techniques de réhabilitation des sites miniers : restauration, décontamination, traitement, confinement, extraction et traitement de l'eau contaminée.

**Connaissances préalables recommandées :** l'étudiant doit au préalable avoir suivi les cours des mines et carrières, les méthodes de valorisation des minerais (flottation, séparation magnétique et gravimétriques).

**Contenu de la matière :**

**Chapitre 1 :** Connaissance exhaustive de la législation et des lignes directrices internationales en matière de fermeture et de réhabilitation des mines **(3 semaines)**

**Chapitre 2 :** Planification, mise en œuvre et supervision des travaux de réhabilitation progressive, Optimisation de la mise en place des matériaux, du drainage et de la revégétalisation du site **(4 semaines)**

**Chapitre 3 :** Conception d'aménagement du terrain intégrant les résidus et les stériles miniers, Conception et établissement des coûts pour la fabrication de couvertures de sol en terre et membranes géotextiles afin de limiter la percolation des eaux de pluie ou l'apport en oxygène (ou les deux) favorisant des réactions chimiques au sein des matières entreposées. **(4 semaines)**

**Chapitre 4 :** Caractérisation détaillée des sols, des morts-terrains et des résidus de transformation des minéraux afin de déterminer leur capacité à soutenir une croissance végétale et la possibilité d'impact futur sur la qualité de l'eau, Établissement de plans de surveillance environnementale et hydrogéologique à long terme suivant la fermeture de la mine. **(4 semaines)**

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

**Références :**

- JAFFRÉ T., PELLETIER B., 1992 - « Plantes de Nouvelle-Calédonie permettant de revégétaliser des sites miniers » - ORSTOM/SLN - 115p.
- BROOKS R. R., CHIARUCCI A., JAFFRE T., 1998 - « Revegetation and stabilisation of mine dumps and other degraded terrain » - 20p.
- LE ROUX C., 2002 - « La réhabilitation des mines et carrières à ciel ouvert » - art. Bois et Forêt des Tropiques n° 272 - 14p.
- BONNETON G., 2003 - « Cartographie des grandes formations végétales et proposition de plans de gestion de trois réserves spéciales botaniques : Forêt Nord et Pic du Grand Kaori » - 81 p.

**Semestre : 3**  
**Unité d'enseignement : UEM 2.1**  
**Matière : Projet de cours (TP : 1h30)**  
**VHS : 22h30**  
**Crédit : 2**  
**Coefficient : 1**

**Objectifs de l'enseignement :**

Opérer une synthèse des facettes variées de la minéralurgie. Approfondir ou éprouver ses connaissances d'une facette particulière de la question.

**Connaissances préalables recommandées :**

L'étudiant doit au préalable avoir suivi les cours: préparation mécanique, séparation gravimétrique, flottation ainsi que tous les procédés de traitement.

**Contenu de la matière :**

Thème portant sur l'une des unités fondamentales

Si l'étudiant a déjà obtenu l'intitulé de son Projet de Fin de Cycle de Master, il serait préférable qu'il fasse un mini-projet sur ce thème.

**Mode d'évaluation :** Contrôle continu : 100%

**Références :**

- Serge Bouchard, Traitement du minerai, édition le Criffon d'argile, 2001, Canada.
- Pierre Blazy. La valorisation des minerais, Paris, Presse Universitaire de France, 1970.
- B A Wills. Mineral processing, England 2005

**Semestre: 3**

**Unité d'enseignement : UET 2.1**

**Matière 1 : Reverse Engineering**

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

**Crédits: 2**

**Coefficient: 2**

### **Objectifs de l'enseignement**

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

### **Compétences visées**

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