الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
People's Democratic Republic of Algeria
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Ministry of Higher Education and Scientific Research
Setif 1 University - Ferhat ABBAS

عرض تكوين
ل. م . د

ماستر أكاديمية

برنامج وطني

(تحيين 2026-Bis)

المؤسسة	الكلية/ المعهد	القسم
جامعة سطيف1 فرحات عباس	التكنولوجيا	هندسة الطرائق

الميدان	الفرع	التخصص
علوم وتكنولوجيا	هندسة الطرائق	هندسة البيئة

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
People's Democratic Republic of Algeria
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Ministry of Higher Education and Scientific Research
Setif 1 University - Ferhat ABBAS

OFFRE DE FORMATION
L.M.D

MASTER ACADEMIQUE

PROGRAMME NATIONAL

(Mise à jour 2026-Bis)

Etablissement	Faculté / Institut	Département
Université Sétif 1 Ferhat ABBAS	Technologie	Génie des procédés

Domaine	Filière	Spécialité
Sciences et Technologies	*Genie des procédés*	*Génie de l'Environnement*

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
People's Democratic Republic of Algeria
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Ministry of Higher Education and Scientific Research
Setif 1 University - Ferhat ABBAS

Training Offer
L.M.D

ACADEMIC MASTER'S DEGREE

NATIONAL PROGRAMME

(2026-Bis Update)

Institution	Faculty / Institute	Department
Setif 1 University Ferhat ABBAS	**Technology**	**Process Engineering**

Domain	Field	Specialisation
Science and Technology	***Process Engineering***	***Environmental Engineering***

I – Fiche d'identité du Master

Conditions d'accès

Filière	Spécialité (Master)	Licences ouvrant accès au master	Classement selon la compatibilité de la licence	Coefficient affecté
Genie des procédés	Génie de l'Environnement	Génie des Procédés	1	1.00
		Hygiène et sécurité industrielle	1	1.00
		Energétique	1	1.00
		Génie climatique	2	0.80
		Ecologie et environnement (Domaine SNV)	2	0.80
		hydraulique	2	0.80
		Génie des matériaux	2	0.80
		Autres licences du ST	5	0.60

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

Semestre 1 Master : Génie de l'Environnement

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	Traitement des eaux Potables	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Chimie des milieux aquatiques	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 1.1.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Génie des Réacteurs Hétérogènes	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Biochimie	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 1.1 Crédits : 11 Coefficients : 7	Travaux pratiques de Génie de l'environnement 1	4	2			3h00	45h00	55h00	100%	
	Adsorption technique	3	2	1h30		1h30	45h00	30h00	40%	60%
	Ecologie Appliquée	2	1	1h30			22h30	27h30		100%
	Programmation avancée python	2	2	1h30		1h30	45h00	5h00	40%	60%
UE Transversale Code : UET 1.1 Crédits : 1 Coefficients : 1	Respect des normes et des règles d'ethique et d'intégrité	1	1	1h00			15h00	10h00	40%	60%
Total semestre 1		**30**	**17**	**13h00**	**6h00**	**6h00**	**375h00**	**375h00**		

Semestre 2 Master : Génie de l'Environnement

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	Traitement des Eaux Usées	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Procédés d'Oxydation Avancées	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 1.2.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Pollution atmosphérique	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Déchets Solides	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 1.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	TP de Génie de l'Environnement II	**1**	1			**1h00**	**15h00**	**10h00**	100%	
	Microbiologie Environnementale	**3**	**1**	**1h00**		**1h00**	**30h00**	**45h00**	40%	60%
	Optimisation des Procédés	4	2	1h30		**1h00**	**37h30**	**62h30**	40%	60%
UE Transversale Code : UET 1.2 Crédits : 4 Coefficients : 4	Lean Start-up	2	2	1h30	1h30		45h00	5h00	**80% (20% Atl + 60%Prj)**	**20%**
	Elements d'IA appliquée	2	2	1h30	1h30		45h00	5h00	40%	60%
Total semestre 2		**30**	**17**	**13h00**	**7h30**	**4h30**	**375h00**	**375h00**		

Semestre 3 Master : Génie de l'Environnement

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	Bioprocédés	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Procédés membranaires et dessalement	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 2.1.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Pollution du sol	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Procédés de traitements des effluents gazeux	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 2.1 Crédits : 9 Coefficients : 5	Régulation et commande des procédés	4	2	1h30		1h30	45h00	55h00	40%	60%
	Travaux pratiques de Génie de l'Environnement III	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	Milieux poreux et dispersés	3	2	1h30		1h00	37h30	37h30	40%	60%
UE Transversale Code : UET 2.1 Crédits : 3 Coefficients 3	Chemical Reverse engineering	2	2	1h30	1h30 Atelier		45h00	05h00	40%	60%
	Recherche documentaire et conception de mémoire	1	1	1h00			15h00	10h00		100%
Total semestre 3		**30**	**17**	**13h30**	**7h30**	**4h00**	**375h00**	**375h00**		

UE Découverte *(S1, S2 et S3)*

1- Hydrogéologie Environnementale
2- Analyse du cycle de vie (ACV)
3- Ecotoxicologie
4- Evaluation Technico-économique des Procédés
5- Developpement durable et Ecoconception
6- Gestion des entreprises
7- Hygiène et sécurité
8- Management de la qualité

Semestre 4

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

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

Ce tableau est donné à titre indicatif

Evaluation du Projet de Fin de Cycle de Master

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

III - Programme détaillé par matière du semestre S1

Semestre :1
Unité d'enseignement : UEF 1.1.1
Matière 1:traitement des eaux Potables
VHS: 67h30 (Cours: 3h00, TD: 1h30)
Crédits: 6
Coefficient: 3

Objectifs de l'enseignement:

Ce cours vise à donner aux étudiants les notions permettant de réaliser le design préliminaire des unités principales d'une usine de traitement des eaux deconsommation.

Connaissances préalables recommandées:

Cours de chimie générale et de physique L1

Contenu de la matière:

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

- Rappel sur la physico-chimie de l'eau
- Caractéristiques des eaux souterraines
- Caractéristiques des eaux superficielles
- Normes des eaux potables

Chapitre 2 : Coagulation – Floculation **(2Semaines)**
Chapitre 3 : Décantation **(2Semaines)**
Chapitre 4 : Filtration **(2Semaines)**
Chapitre 5 : Désinfection **(2Semaines)**
Chapitre 6 : Adsorption **(2Semaines)**
Chapitre 7 : Adoucissement par précipitation **(2Semaines)**
Chapitre 8 : Elimination du Fer, Manganèse **(1Semaine)**
Chapitre 9 : Elimination du fluor dans l'eau potable **(1Semaine)**

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

Références bibliographiques:

1. *Qasim, S. R., Motley, E. M. et Zhu G. (2000). Water Works Engineering : Planning, Design, and Operation. Prentice Hall.*
2. *Ministère du développement durable, de l'environnement et des parcs du Québec (2003). Guide de conception des installations de production d'eau potable.(Disponible en ligne*)

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEF 1.1.1
Matière:Chimie des milieux aquatiques
VHS: 45 h(Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

Le cours de Chimie aquatique (Chimie de l'eau) fournira aux étudiants les outils nécessaires pour comprendre les processus qui contrôlent les espèces chimiques présentes dans les eaux des deux systèmes naturels et artificiels.

Après avoir fourni des informations de base sur l'eau elle-même et la composition chimique de l'eau dans les systèmes environnementaux, le cours couvre la base théorique (la thermodynamique et la cinétique) tout en soulignant que les deux aspects :l'équilibre et les processus cinétiques sont importants dans les systèmes aquatiques.

Une attention particulière est non seulement faite sur les constituants minéraux, mais aussi sur le sort et les réactions des produits chimiques organiques.

Connaissances préalables recommandées:

Cours de chimie générale et de physique L1

Contenu de la matière:

Chapitre 1: Prologue (3Semaines)

- Introduction à la chimie aquatique
- Composition chimique inorganique des eaux naturelles:

Chapitre 2 : Théorie, Fondements et outils importants (4Semaines)

- La base thermodynamique pour la chimie de l'équilibre
- Relations activité-concentration
- Cinétique chimique
- Fondements de la chimie organique pour les systèmes environnementaux
- Résolution des problèmes d'équilibres ioniques

Chapitre 3 : Produits chimiques inorganiques Equilibres et Cinétiques (4Semaines)

- Les systèmes acide-base dans les eaux naturelles
- Réactions de complexation et la spéciation des ions métalliques
- Solubilité: réactions de phases solides avec de l'eau
- Redox : équilibre et cinétique

Chapitre 4 : Chimie des eaux naturelles et Elements d'ingénierie (4Semaines)

- L'oxygène dissous
- Chimie du chlore et d'autres désinfectants
- Chimie et processus de sorption de surface
- Géochimie aqueuse II: métaux mineurs (Al, Fe, Mn), de la silice, des minéraux et des intempéries
- Cycles et chimie de nutriments: l'azote et du phosphore

- Principes de base de la photochimie : applications dans les systèmes aquatiques
- Matière organique naturelle et des substances humiques aquatiques
- Aspect chimique des polluants organiques

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 60% ; Examen: 40 %.

Références bibliographiques:

1. *Patrick L. Brezonik and William A. Arnold,* ***An Introduction to the Chemistry of Natural and Engineered Aquatic SystemsISBN-10:****0199730725,* ***ISBN-13:****9780199730728, Oxford University Press 2011*
2. *Vernon L. Snoeyink , David Jenkins,* ***Water Chemistry*** *1st Edition,ISBN-13: 978-0471051961 Edition John Wiley and Sons*
3. *Erik R. Christensen, An Li,* ***Physical and Chemical Processes in the Aquatic Environment,***
4. *ISBN: 978-1-118-11176-5, 440 pages, September 2014, Edition Wiley*
5. *Laura Sigg, Philippe Behra, Werner Stumm,* ***Chimie des Milieux Aquatiques cours et exercices corrigés,*** *5ème Ed. Dunod,* ***ISBN-13:****978-2-10-058801-5.*

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEF 1.1.2
Matière:Génie des réacteurs hétérogènes
VHS: 45 h (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

A travers cette approche, il s'agit de sensibiliser le jeune ingénieur au rôle d'une approche physique des phénomènes mis en oeuvre afin de lui permettre d'accéder aux limites techniques d'unités simples pour lesquelles les transferts de matière et de chaleur sont associés à des mécanismes réactionnels

Connaissances préalables recommandées:

Contenu de la matière:

Chapitre 1: Introduction générale(3 semaines)

- les relations stœchiométriques
- avancement de la réaction
- conversion du réactif
- avancement généralisé
- cas des systèmes ouverts
- variation du volume de la phase réactionnelle en fonction de l'avancement généralisé
- Cinétique chimique

Chapitre 2 : **les réacteurs idéaux(3 semaines)**

- Classification
- Réacteur fermé parfaitement agité
- Réacteur piston
- Réacteur continu parfaitement agité

Chapitre 3: Bilan énergétique dans les réacteurs idéaux(3 semaines)

- Le réacteur fermé
- Le réacteur continu parfaitement agité
- Le réacteur piston

Chapitre 4 : Ecoulement dans les réacteur réels(3 semaines)

- Introduction
- Détermination expérimentale de la DTS
- Réponse à une injection échelon
- Réponse à une injection impulsion
- Relations mathématiques
- Application dans les réacteurs idéaux
- Réacteur piston

- Réacteur continu parfaitement agité
- Interprétation de la DTS

Chapitre 5: Modélisation desécoulements dans les réacteurs réels (3 semaines)

- Modèle piston dispersif
- Modèle de cascade de réacteurs parfaitement agités
- Prédiction de la conversion dans les réacteurs réels

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 60% ; Examen: 40%.

Références bibliographiques:

1. *Le génie chimique à l'usage des chimistes, J. Liéto, ed. Lavoisier Tech.&.Doc, 1998.*
2. *Génie de la réaction chimique, conception et fonctionnement des réacteurs. J. Villermaux, Ed. Lavoisier Tech.&.Doc. 1995.*
3. *Les réacteurs chimiques : de la conception à la mise en œuvre. P. Trambouze et J.P. Euzen. Ed. Technip 2002.*
4. *Génie de la réaction chimique. Traité de génie des procédés. Schweich D., coord. Ed. Lavoisier Tech.&.Doc. 2001 –*
5. *Chemical reaction engineering / O. Levenspiel. Wiley - Transfert Gaz liquide dans les procédés de traitement des eaux et effluents. gazeux / M. Roustan. Lavoisier Tec et Doc*

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

Objectifs de l'enseignement:

- Décrire les propriétés principales des molécules du vivant : hydrates de carbone, lipides, acides aminés, peptides, protéines, acides nucléiques, principaux hétérocycles (co-enzymes, vitamines, nucléosides...). /
- Donner les bases de l'enzymologie classique (cinétique, classification des enzymes, mécanismes réactionnels,...)
- Rappeler des bases de thermodynamique et les appliquer à certaines spécificités rencontrées dans le monde du vivant : les molécules " de niveau énergétique élevé ", le couplage des réactions, ...
- Décrire les voies cataboliques cellulaires aboutissant à la formation de molécules à liaisons riches en énergie et décrire en détails les voies anaboliques conduisant à la synthèse des nucléotides, des acides nucléiques, des protéines, des lipides et des glucides.

.

Connaissances préalables recommandées:

Contenu de la matière:

Chapitre 1. Introduction aux réactions chimiques se déroulant dans la cellule. (2 Semaines)

- Chimie, Energie et Métabolisme.
- Les enzymes

Chapitre 2. Structure des protéines et des membranes cellulaires. (3 Semaines)

- La structure des protéines
- Les membranes cellulaires

Chapitre 3 : Le Métabolisme. . (4 Semaines)

- Mécanismes biochimiques impliqués dans le transport, le stockage et la mobilisation des nutriments
- Principes de la libération d'énergie à partir des aliments et de la nourriture
- La glycolyse, le cycle de Krebs et la chaîne de transport des électrons : les réactions.
- L'énergie libérée à partir des lipides.
- La synthèse des acides gras et des molécules lipidiques.
- La néoglucogenèse
- Le cycle des pentoses
- Le métabolisme des acides aminés
- Le métabolisme et la synthèse des nucléotides.

Chapitre 4 : Le stockage de l'information et son utilisation. . (3 Semaines)

- Le DNA et les génomes

- La synthèse de DNA, la réparation et la recombinaison
- La transcription génique et son contrôle
- La synthèse de protéine et la protéolyse contrôlée

Chapitre 5 : Notions d'enzymologie (3 semaines)

- Définitions : Enzyme, Exemple d'enzyme : l'anhydrase carbonique , Substrat , Produit
- La réaction enzymatique , Facteurs : enzyme, Facteurs : autres facteurs indispensables, Ligand, Cofacteur, Coenzyme
- Cinétique : Effet de la concentration d'enzyme , Effet de la Concentration du substrat

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40 % ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques:

1. *F. Quentin, PF Gallet, M Guilloton, B. Quintard (2015) Biochimie . Editeur : Dunod, EAN13 : 9782100724185Biochimie générale*
2. *Jacques-Henry Weil (20009) Cours et questions de révision : licence, PCEM, PCEP, prépas. Editeur(s) : Dunod, Collection : Sciences sup. EAN13 : 9782100530106*

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEM1.1
Matière 1: Travaux pratiques de génie de l'environnement 1
VHS:45 h (TP: 3h00)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

Cours des unités fondamentales

Connaissances préalables recommandées:

Contenu de la matière:

TP 1 : Détermination de la salinité, du pHet de la turbidité et des MES etdes matières volatiles en suspension (MVS)

TP 2 : Détermination du titre alcalimétrique TA et du titre alcalimétrique complet TAC, la dureté totale DT, la dureté calcique DCet la dureté magnésienne DM

TP 3 : Détermination des chlorures, de l'oxygène dissous et de la demande biochimique en oxygène (DBO_5)

TP 4 : Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO) et du carbone organique total (COT)

TP5 : Essai de coagulation floculation

TP 6 : Décantation (essai de sediementation)

TP 7 : Filtration sur sable

TP8 : Adsorption d'un colorant sur un a dsorbant (CAP)

NB : Les TP 6 7 et 8 sont obligatoires

Mode d'évaluation:

Contrôle continu:100 %

Références bibliographiques:

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEM1.1
Matière: Adsorption technique
VHS:45h00 (Cours 1h30 ; TP: 1h30)
Crédits: 3
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

Connaissances préalables recommandées:

Contenu de la matière:

Chapitre 1 : Introduction a l'adsorption industrielle (3Semaines)

- Définitions
- Utilisations industrielles de l'adsorption
- Principaux adsorbants industriels
- Regeneration ou "stripping"
- Lois generales de l'adsorption physique

Chapitre 2 : Equilibres d'adsorption (4Semaines)

- MODES DE REPRESENTATION
- LES ISOTHERMES
- Rappel sur la théorie de l'adsorption
- Chaleurs d'adsorption
- Concentrations réduites - Facteur de séparation

Chapitre 3 :Dynamique de l'adsorption (4Semaines)

- Interpretation des phenomenes
- Diffusion externe
- Transferts à l'intérieur de la particule d'adsorbant
- Processus global

Chapitre 4. Procedes d'adsorption(4Semaines)

- Calcul des adsorbeurs
- Les procedes discontinus
- Les procedes semi-continus
- Les procedes continus

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40% ; Examen:60 %.

Références bibliographiques:

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEM 1.1
Matière 1:Ecologie appliquée
VHS: 22h30 (Cours: 1h30)
Crédits: 2
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

L'objectif de ce cours est d'initier les étudiants aux préoccupations environnementales liées aux évolutions climatiques, à la dégradation du cadre de vie local ou planétaire qu'elles soient dues à la pollution, au réchauffement climatique ou aux activités de l'homme.
Dans ce cadre l'écologie appliquée prend en compte l'action de l'homme sur son environnement afin d'en limiter les conséquences négatives et destructrices : pollution, destruction des écosystèmes, effet de serre, réchauffement de la planète, déforestation ...
L'étudiant doit a la fin de cours doit se famliariser du vocabulaire bien particuluer utilisé en Ecologie

Connaissances préalables recommandées:

Aucun préalable

Contenu de la matière:

Chapitre1 :L'ECOLOGIE ET SES APPLICATIONS (2 semaines)

1.1 Introduction
- Etat de l'environnement et des ressources naturelles
- Repères historiques
- Définitions et objectif

1.2 La conservation de la biodiversité
- Valeur de la biodiversité
- Quantification et description de la biodiversité
- Objectifs de la conservation de la diversité biologique

1.3 Principes
- Espèce comme unité de base en écologie appliquée
- Principe général du processus de la gestion
- Elaboration d'un plan d'action

1.4 La dimension humaine: l'exemple des grands carnivores
- Le retour des grands carnivores
- L'analyse des conflits

Chapitre2 : LA GESTION DES POPULATIONS (2 semaines)

2.1 Dynamique des populations et limites à la gestion
2.2 Le statut des espèces à gérer
2.3 L'état de référence: estimation des effectifs et inventaires
2.4 Mesures de gestion
2.5 Suivi des effectifs et indices d'abondance
2.6 Les deux paradigmes de la biologie de la conservation

Chapitre3 : La gestion des communautés et biotopes (2 semaines)

3.1 Délimitation, typologie et caractéristiques des communautés et biotopes

3.2 Stratégies de gestion et de conservation

3.3 Contrôle et monitoring de la biodiversité

Chapitre 4 :Impacts sur l'environnement et mesures de conservation biologique (4 semaines)

4.1 Pollution et gestion des eaux de surface

- Qualité de l'eau types de pollutions)
- Débits
- Morphologie des cours d'eau et restauration écologique

4.2 Développement urbain : problématique de la référence glissante

4.3 Agriculture et milieu forestier

- Impacts des activités agricoles et forestières
- Défis des nouvelles politiques agricoles et forestière
- La déforestation au niveau planétaire

Chapitre 5 : L'écologie globale(2 semaines)

5.1 Conservation à l'échelle du paysage

5.2 Conservation à l'échelle planétaire: les stratégies internationales

5.3 Evolution globale de l'environnement et de la biosphère

- Effets du réchauffement climatique sur la faune et la flore
- La notion de développement durable

Chapitre 6 : les facteurs de dégradation de la biosphère (3 semaines)

6.1 leur nature et leur importance.

6.2 Le problème des pollutions et ses implications écologiques. Pollution atmosphérique. Pollution des sols. Pollution des eaux. Pollution nucléaire.

6.3 La dégradation des biocoenoses et la ruine de la biosphère.

6.4 Les limites des ressources de la biosphère

Mode d'évaluation:

Examen: 100%.

Références bibliographiques:

1. *François Ramade, **Éléments d'écologie - Écologie appliquée**, Collection: Sciences Sup, Dunod, 2012 - 7ème édition - 824 pages - 175x250 mm, EAN13 : 9782100579815*

Semestre: S1
Unité d'enseignement: UET 1.1
Matière : Programmation avancée en Python
VHS: 45h00 (Cours 1h30, TP 1h30)
Crédits: 2
Coefficient: 2

Objectifs de la matière :

Compétences visées :

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

Objectifs :

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

Matériels nécessaires :

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

Prérequis : Programmation Python.

Contenu de la matière :

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

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

Chapitre 2 : Programmation et automatisation (04 semaines)

1. Principes d'Automatisation de tâches
    - Bibliothèques Python pour l'automatisation :
        - ✓ Pandas et NumPy.

- ✓ Os, shutil : manipulation de fichiers et dossiers
- ✓ Openpyxl ou pandas : travail avec des fichiers Excel ou CSV

- Définitions et exemples d'automatisation (envoi de mails,…)

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

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

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

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

Chapitre 4 : Apprentissage de GanttProject (02 semaines)

1. Introduction à la gestion de projets :

- Qu'est-ce qu'un projet ?
- Quels sont les enjeux de gestion d'un projet ?
- Interface de GanttProject

2. Les tâches (création, modification ,organisation)
3. Gestion du temps (dates de début ou de fin de projet)
4. Gestion des ressources
5. **Exercices** sur Gantt Project

Chapitre 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, métaclasses.
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 cours
2. Création de tableaux Excel automatisés
3. Macros simples,
4. Formules conditionnelles,
5. Recherche V.

TP 04 :

Organiser une réunion en Ganttproject

1. Créer un nouveau projet :
    - Nom du projet : « Réunion …..
    - Date de début : Date et heure de la réunion
    - Durée estimée : durée totale de la réunion
2. Définition des tâches
    - Points à l'ordre du jour (chaque point de l'ordre du jour devient une tâche)
    - Sous-taches : Si un point est composé, créer alors les sous-tâches correspondantes
    - Tâches initiales et finales (par exemple : « Accueil de participants », « clôture de la réunion »)
3. Définition des ressources :
    - Participants (chaque participant est une ressource)
    - Matériel (ordinateur, datashow…)
4. Estimation des durées :
    - Durée de chaque point : temps nécessaire pour chaque point de l'ordre du jour
    - Temps de transition d'un point à l'autre
5. Création du diagramme de Gantt :
    - Visualiser l'ordre du jour
    - Identifier les points clés
6. Suivre l'avancement en temps réel (projection du Diagramme de Gantt)

TP 05 : Structures avancées et organisation du code

(Fonctions personnalisées, dictionnaires, modules et organisation modulaire

TP 06 : Programmation orientée objet avancée en Python

(Encapsulation, héritage, méthodes spéciales, design patterns simples)

TP 07 : Manipulation de fichiers et analyse de données

(Lecture/écriture de fichiers, traitement de texte, introduction à Pandas et NumPy)

TP 08 : Préparation et traitement de données pour l'intelligence artificielle

(Chargement de datasets IA, nettoyage, transformation, sélection de caractéristiques)

Projet final

Titre : Analyse et visualisation d'un jeu de données + modèle prédictif simple
Compétences mobilisées : Lecture de données, POO, structures avancées, Pandas, Scikit-learn. (Présentation orale + rapport écrit).

Mode d'évaluation :

examen 60% , CC=40%

Bibliographie

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

Ressources en ligne :

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

Semestre : 1
Unité d'enseignement : UET 1.1
Matière : Respect des normes et des règles d'éthique et d'intégrité.
VHS : 22h30 (Cours : 1h30)
Crédit : 1
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement:

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

Connaissances préalables recommandées :

Ethique et déontologie (les fondements)

Contenu de la matière :

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

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

2. Recherche intègre et responsable

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

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

B- Propriété intellectuelle

I- Fondamentaux de la propriété intellectuelle

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

II- Droit d'auteur

1. **Droit d'auteur dans l'environnement numérique**

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

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

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

3. **Brevet**

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

III- Protection et valorisation de la propriété intellectuelle

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

C. Ethique, développement durable et nouvelles technologies

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

Mode d'évaluation :

Examen : 100 %

Références :

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

Programme détaillé par matière du semestre S2

Semestre: 2
Unité d'Enseignement:UEF 1.2.1
Matière:Traitement des Eaux Usées
VHS:67h30 (Cours: 3h00 TD h30)
Crédits: 6
Coefficient: 3

Objectifs de l'enseignement:

Ce cours vise à donner aux étudiants les notions permettant de réaliser le design préliminaire des unités principales d'une station d'épuration des eaux usées.

Connaissances préalables recommandées:

Bases en chimie, biologie, mecanique des fluides,

Contenu de la matière:

I Introduction (2 Semaines)

Rappels sur la biologie de l'eau
Caractéristiques des eaux usées urbaines
Caractéristiques des eaux usées industrielles
Normes de rejets

II. Prétraitements (2Semaines)

Dégrillage
Dessablage
Déshuilage
Tamisage

III. Biodégradabilité et Epuration Biologique (3Semaines)

Rappel sur les micro-organismes.
Généralités sur la biodégradation.
Principes de l'épuration biologique.

IV. Traitements Biologiques. (5Semaines)

Boues activées
Lits bactériens.
Oxygénation artificielle des eaux usées,
Etangs de stabilisation
Lagunage aéré

V. Traitement des boues (3Semaines)

Stabilisation
Séchage
Différents procédés de valorisation

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

Références bibliographiques:

- **Raymond Desjardins,** Le Traitement des eaux 2e éd., 1997, Éditeur : ECOLE DE POLYTECHNIQUE DE MTL, ISBN : 9782553006432 (2553006438)
- **Claude Cardot**Procédés physico-chimiques et biologiques - Cours et problèmes résolus - Génie de l'environnement, Editeur(s) : Ellipses, Collection : Technosup ; Nombre de pages : 256 pages ; Date de parution : 01/09/1999, EAN13 : 9782729859817
- **Xavier Lauzin**Guide pratique des stations de traitement des eaux, Editeur(s) : Eyrolles, Collection : Blanche BTP, Nombre de pages : 266 pages, Date de parution : 29/10/2009 , EAN13 : 9782212125665
- **François Berné, Jean Cordonnier ;** Traitement des eaux : Epuration des eaux résiduaires de raffinage - Conditionnement des eaux de réfrigération ; Editeur(s) : Technip, Collection : Collection des Cours de l'ENSPM ;Nombre de pages : 306 pages, Date de parution : 26/10/1991 ;EAN13 : 9782710806134
- **Claude Cardot**Techniques appliquées au traitement de l'eau. Hydraulique, électrotechnique, procédés de traitement - Génie de l'environnement, Editeur(s) : Ellipses Collection : Technosup. Nombre de pages : 248 pages, Date de parution : 01/06/2001 , EAN13 : 9782729804947
- **Jean Rodier, Bernard Legube**L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, Contrôle et interprétation, Editeur(s) : Dunod, Collection : Technique et Ingénierie, Nombre de pages : 1824 pages, Date de parution : 07/09/2016 (10e édition), EAN13 : 9782100754120
- **Degrémont SA** Mémento technique de l'eau - Tomes 1 et 2, Editeur(s) : Degrémont, Nombre de pages : 1718 pages, Date de parution : 17/05/2005 (10e édition), EAN13 : 9782743007171
- **Cheremisinoff, Nicholas P.**Wastewater and Biosolids Treatment Technologies: The Comprehensive Reference for Plant Managers and Operators , Publisher: Rockville,MD. ABS Consulting Government Insitutes 2003; Description: xxiv,344p. ill. 27cm., ISBN: 086587946X.

Semestre : 2
Unité d'Enseignement: UEF 1.2.1
Matière:Procédés d'Oxydation Avancées
VHS:45 h (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits:4
Coefficient:2

Objectifs de l'enseignement:

Ces méthodes reposent sur la formation d'entités chimiques très réactives qui vont décomposer les molécules les plus récalcitrantes en molécules biologiquement dégradables ou en composés minéraux, tels que CO_2 et H_2O: ce sont les Procédés d'Oxydations Avancées (POA). Ces procédés reposent sur la formation in situ des radicaux hydroxyles *HO qui possèdent un pouvoir oxydant supérieure à celui des oxydants traditionnels, tels que Cl_2, ClO_2 ou O_3. Ces radicaux sont capables de minéraliser partiellement ou en totalité la plupart des composés organiques. La souplesse d'utilisation des POA est liée à la possibilité de produire OH * par différentes techniques.

Connaissances préalables recommandées:

Connaisances en chimie de base notamment en chimie organique, les modules de cinétique d'electrochimie doivent etre maitrisées

Contenu de la matière:

- **Chapitre 1 :** Introduction; **(1 semaine)**
- **Chapitre 2 :** Photolyse directe; Processus UV/H_2O_2 **(1 semaine)**
- **Chapitre 3**Application de l'ozone dans le traitement de l'eau et des eaux usées; ProcessusOzone / H2O2 et Ozone / UV; **(1 semaine)**
- **Chapitre 4 :**Procédés sous vide à rayonnement UV; **(1 semaine)**
- **Chapitre 5 :** Les POAs basés sur les rayons gamma et les faisceaux d'électrons; **(1 semaine)**
- **Chapitre 6 :**Les procédés de type Fenton; **(1 semaine)**
- **Chapitre 7 :**La photocatalyse; **(1 semaine)**
- **Chapitre 8 :** Processus UV / Chlore; **(1 semaine)**
- **Chapitre 9 :**POAs à base d 'ions radicaux à base de sulfate; **(1 semaine)**
- **Chapitre 10 :**Ultrasons à base d 'ondes AOP; Plasma de décharge électrique pour le traitement de l'eau; **(1 semaine)**
- **Chapitre 11 :**Le rôle de la photochimie dans la transformation des polluants dans les eaux de surface; Traitement avancé pour la réutilisation de l'eau potable**; (1 semaine)**
- **Chapitre 12 :**Traitement avancé de la production d'eau potable; **(1 semaine)**
- **Chapitre 13 :**Les POAs pour le traitement des eaux usées municipales et industrielles; **(1 semaine)**
- **Chapitre 14 :** Technologies vertes à base de fer pour la remise en état des eaux **(1 semaine)**

Mode d'évaluation:

Contrôle continu:60% ; Examen: 40 %.

Références bibliographiques:

- **Thomas Oppenländer "**Photochemical Purification of Water and Air: Advanced Oxidation Processes (AOPs): Principles, Published Online: 5 APR 2007, DOI: 10.1002/9783527610884.
- **Arcadio P. Sincero , Gregoria A. Sincero,** Chemical Treatment of Water and Wastewater , ISBN 1-58716-124-9 (alk. paper), Co-published by IWA Publishing, Alliance House, 12 Caxton Street, London, SW1H 0QS, UK

Semestre:2
Unité d'Enseignement: UEF 1.2.2
Matière: Pollution atmosphérique
VHS: 45 h (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement :

Le cours vise la compréhension du système atmosphérique et des principales notions régissant la pollution de l'atmosphère, la connaissance des sources et de l'évolution des polluants dans l'air jusqu'à leur sédimentation. Les méthodes de prélèvement et d'échantillonnage et d'analyse des polluants gazeux son présentés. Le cours aborde aussi la méthode de gestion de la qualité de l'air ambiant, ainsi que la pollution de l'air générée par les transports ainsi que la problématique des changements climatiques.

Connaissances préalables recommandées :

Chimie générale, notions de physique, équation différentielle, statistiques,

Contenu de la matière :

1. **Introduction générale**
   - 1.1. Généralités sur l'air, l'atmosphère, et l'environnement
   - 1.2. Historique de la pollution de l'air
2. **Notions fondamentales de l'atmosphère**
   - 2.1. Structure de l'atmosphère
   - 2.2. Variation de la pression avec l'altitude
   - 2.3. Mouvement atmosphériques
     - 2.3.1. circulation générale
     - 2.3.2. transport troposphère-stratosphère
   - 2.4. Température et vapeur
   - 2.5. Unités des substances dans l'atmosphère
   - 2.6. Composition de l'atmosphère
   - 2.7. Radiations
     - 2.7.1. Solaires
     - 2.7.2. terrestres
     - 2.7.3. absorption des gaz
   - 2.8. Bilan énergétique de la terre et de l'atmosphère
   - 2.9. Echelles spatiale et temporelle des processus atmosphériques
3. **Cycle de la pollution atmosphérique**
   - 3.1. Typologies des sources d'émission de polluants
     - 3.1.1. Source naturelle
     - 3.1.2. Source anthropique
     - 3.1.3. Types de polluants (gaz, particules, organiques, inorganiques
       - Polluants primaires
       - polluants secondaires (ozone troposphérique et stratosphérique)
       - polluants tertiaires

3.2. Météorologie de la pollution de l'air
3.1.1. Turbulence thermique
- Température des basses couches
- Stabilité atmosphérique
  - Température potentielle
  - Inversion température
  - Gradient température

3.1.2. Turbulence mécanique

4. Mécanisme d'élimination des polluants par retombées

4.1. Sèches (processus, modèle)
4.1.1. vitesse (gaz, particules)
4.1.2. mesure (directe, indirecte)
4.1.3. interaction entre processus en équilibre et dépôt sec
4.2. Humides (Processus, modèle, paramètres)
4.2.1. lavage des gaz
4.2.2. lavage des particules
4.2.3. Wash-in
4.2.4. Wash-out
4.3. Dépôt acide

5. Techniques de mesure et évaluation de la qualité de l'air

5.1. Mesure des polluants à l'émission
5.2. Mesure des polluants dans l'air
5.1.1. Polluants particulaires
5.1.2. Polluants gazeux
5.1.3. COV (Odeurs)
5.3. Réseaux d'échantillonnage
5.4. Télédétection de la pollution atmosphérique
5.5. Diffusion et transport des polluants
5.5.1. Influences des conditions météorologiques sur la qualité de l'air
5.5.2. Influences topographiques sur la dispersion des polluants de l'air
5.6. Modèles de diffusion atmosphérique
5.5.1. Approche Eulérienne
5.5.2. Approche Lagrangienne
5.5.3. Equation de Gauss (dispersion des polluants)

6. Gestion de la qualité de l'air

6.1. Normes de qualité de l'air
6.2. Réseau de mesure
6.3. Estimation des dépassements

7. Pollution par les transports

7.1. Routier, aérien, maritime, autres terrestres
7.2. Emissions unitaires, émissions unitaires réelles, émissions unitaires réglementaires (cycle),
7.3. Normes des émissions de véhicules

8. Changement climatique

8.1. Définition de l'effet de serre

8.2. Notion de climat et de changement climatique
8.3. Forcing radiatif
8.4. Effets des changements climatiques
8.5. Notions d'atténuation et d'adaptation aux changements climatiques
8.6. Actions internationales de lutte contre les changements climatiques

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

Références bibliographiques :
SEINFELD, John H., PANDIS, Spyros N., et NOONE, Kevin. Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change. 1998.
WARK, Kenneth et WARNER, Cecil Francis. Air pollution: its origin and control. 1981.
MARTIN, Jean et MAYSTRE, Lucien Yves. Santé et pollution de l'air. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 1988.
KIRCHNER, Séverine, BUCHMANN, Andrée, COCHET, Christian, et al. Qualité d'air intérieur, qualité de vie. 10 ans de recherche pour mieux respirer. Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), 2011.
RONNEAU, Claude. Énergie, pollution de l'air et développement durable. Presses univ. de Louvain, 2013.
BLIEFERT, Claus et PERRAUD, Robert. Chimie de l'environnement: air, eau, sols, déchets. De BoeckSuperieur, 2007.
ShahryarJafarinejad, Petroleum Waste Treatment and Pollution Control, Butterworth-Heinemann, 2017
M.A. Kamrin, Encyclopedia of Toxicology (Third Edition), edited by Philip Wexler, Academic Press, Oxford, 2014
S. Wang and Y. Zhao, Encyclopedia of Environmental Health, edited by J.O. Nriagu,, Elsevier, Burlington, 2011
M.P. Walsh, Mobile Source Related Air Pollution: Effects on Health and the Environment, edited by J.O. Nriagu,, Elsevier, Burlington, 2011,

Semestre: 2
Unité d'Enseignement:UEF 1.2.2
Matière:Déchets Solides
VHS:45h00 (Cours: 1h30, TD h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

Le cours a pour objectifs de donner les methodes de caraterisaion des dechets, leur composition, typologie des dechets, les principes de collecte des dechets ,modalites de gestion des dechets, des differentssystemes de traitement et de valorisation des dechets avant leur elimination ou recyclage.

Connaissances préalables recommandées:

Notions d'ecologie, methodes d'analyse physicochimiques, microbiologie, chimie de l'environnement.

Contenu de la matière:

Chapitre 1 : Introduction à la gestion des déchets solides municipaux (1 semaine)

1.1 Classification des dechets solides
1.2 Gestion des déchets solides

Chapitre 2 : Aspects de la génération des décherts (2 semaines)

2.1 Évaluation des flux de déchets
- 2.1.1 Justification de l'analyse
- 2.1.2 Enquête sur le terrain

2.2 Génération et composition des déchets
- 2.2.1 Production des déchets
- 2.2.2 Composition des déchets
- 2.2.3 Facteurs de variation

2.3 Caractéristiques des déchets
- 2.3.1 Caractéristiques physiques
- 2.3.2 Caractéristiques chimiques

2.4 Effets sur la santé et l'environnement
- 2.4.1 Effet sur la santé publique
- 2.4.2 Effet environnemental

Chapitre 3 :Collecte, Stockage et Transport des Déchets (1 semaine)

3.1 Composants de la collecte
3.2 Stockage: Récipients / Véhicules de collecte
3.3 Système de collecte
3.4 Station de transfert (Types ,Capacité , Viabilité)
3.5 Conception des systèmes de collecte des déchets
3.6 Enregistrement, contrôle, inventaire et surveillance
3.7 Mise en œuvre du système de collecte et de transfert

Chapitre 4 :Traitement des Déchets (1 semaine)

4.1 Principaux enjeux de l'élimination des déchets
4.2 Options d'élimination et critères de sélection
4.3 Décharge sanitaire 4.3.1 Principe 4.3.2 Processus d'enfouissement
4.4 Émissions de gaz d'enfouissement
4.5 Formation des lixiviats
4.6 Effets environnementaux de la mise en décharge
4.7 Enjeux liés à l'enfouissement (Conception et construction , Fonctionnement surveillance)

Chapitre 5 : Techniques de Traitement des Déchets **(1 semaine)**
5.1 Objet de la transformation
5.2 Réduction du volume et de la taille mécanique
5.3 Séparation des composants
5.4 Séchage et Déshydratation

Chapitre 6:Réduction de la source, Récupération et Recyclage desproduits **(2 semaines)**
6.1 Réduction de la source: Notions de base
6.2 Importance du recyclage
6.3 Planification d'un programme de recyclage
6.4 Eléments du programme de recyclage
6.5 Matériaux et procédés généralement recyclés
a) Papier et carton ;b) Verre ;c) Métaux ;d) Plastique ;e) Piles et pneus

Chapitre 7 :Récupération de Produits de Conversion Biologique: Compost et Biogaz **(2 semaines)**
7.1 Compostage
- Avantages
- Procédés
- Etapes
- Technologies

7.2 Biogasification
- Traitement anaérobie
- Types de digesteurs
- Compostage et biogazification: effets environnementaux

Chapitre 8- Incinération et Récupération d'Energie **(2semaines)**
8.1 Incinération: Introduction
- Combustion de déchets
- Objectifs d'incinération

8.2 Planification d'une installation d'incinération
8.3 Technologies d'incinération
- Système de combustion de masse
- Système de combustible dérivé des déchets
- Incinération Modulaire
- Incinération par lit fluidisé

8.4 Récupération d'énergie
8.5 Emission d'air et son contrôle
- Polluants gazeux
- Équipement de nettoyage du gaz

8.6 Préoccupations environnementales

Chapitre 9 : Déchets dangereux : Gestion et traitement (1 semaine)

9.1 Déchets dangereux: Identification et classification
9.2 Gestion des déchets dangereux
Génération / Stockage et collecte/Transfert et transport /Traitement / Elimination
9.3 Déchets dangereux : Traitement
Traitement physique et chimique /Traitement thermique /Traitement biologique
9.4 Prévention de la pollution et réduction des déchets
9.5 Gestion des déchets dangereux en Inde

Chapitre 10 : Gestion Intégrée des Déchets (GID) (2 semaines)

10.1 Principes de la GID
Caractéristiques
Planification
Mise en œuvre
Avantages de la GTI pour les économies en développement
Modélisation de la gestion des déchets
10.2 Évaluation du cycle de vie (ACV)
Prestations
Phases / étapes
10.3 Éducation et participation du public
Planification d'un programme d'éducation publique
Planification de la participation du public
Gestion en Inde

Mode d'évaluation:

Contrôle continu:40 % ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques:

- *Solid wastes. O. TCHOBANOUGLOS*
- *Industrial Waste Treatment Handbook, FRANK WOODARD, ISBN 0-7506-7317-6*
- *Biosolids Treatment Processes, LAWRENCE K. WANG, NAZIH K. SHAMMAS, YUNG-TSE HUNG,*
- *Guide du Traitement des déchets, A .DAMIEN, Dunod,*
- *Traitement des déchets industriels solides. M. MAES:*
- *Valorisation des déchets et des sous-produits industriels. M. MURAT*

Semestre: 2
Unité d'Enseignement:UEM 1.2
Matière:TP de Génie de l'Environnement II
VHS: 15h00 (TP 1h00)
Crédits: 1
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

Ces travaux pratiques de laboratoire permettent de réaliser et interpréter les tests et analyses de base nécessaires au suivi du fonctionnement d'unités de taritement des pollutions liquide, gazeuse et solide. Il s'agit de s'initier au laboratoire ou a l'echelle pilote aux techniques d'analyse des formes polluantes dans l'environnement, des procedes de traitement des fluides pollués.

Connaissances préalables recommandées:

Chimie de base

Contenu de la matière:

TP : Coagulation, Floculation, Décantation –flottation, Filtration
TP : Désinfections
TP : Adsorption, Elimination du Fer, Manganèse
TP. Elimination des nitrates
TP. Elimination du fluor dans l'eau potable
TP. Précipitations chimiques
-Déminéralisation
-Décarbonatation
TP. Echanges d'ions
TP : Logiciel Prosim(ouequivalent) : Dimensionnement, modélisation et simulation d'une station d'épuration

Mode d'évaluation:

Examen: 100%.

Références bibliographiques:

1. Joël TERRIEU, Marina PRÉAULT-GRÉGOIRE, Travaux pratiques d'écologie: Du terrain au laboratoire, expérimenter pour l'écologie scientifique, Ed Educagri, 2015...
2. Stéphane BICOCCHI, Les polluants et les techniques d'épuration des fumées, Lavoisier, 2012
3. Daniel Morvan, Les opérations unitaires : procédés industriels : cours et exercices corrigés, Paris, Ellipses, 2009.

Semestre: 2
Unité d'enseignement:UEM 1.2
Matière:Microbiologie environmentale
VHS:30h00 (Cours: 1h00 ; TP1h00)
Crédits: 2
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

Les objectifs de cours consistent essentiellement à la mise en évidence des rôles des microorganismes dans les trois phases et dans l'ingénierie d'une manière générale. Aussi il permettra l'acquisition des connaissances de base sur: La diversité, le métabolisme et la croissance microbienne, L'environnement physico-chimique du sol, L'intervention des microorganismes dans les cycles de carbone, azote et soufre, les conséquences environnementales de leurs activités et l'influence des activités anthropiques ainsi que L'exploitation des activités microbiennes dans le traitement biologique des sols

En outre, ce cours permettra le transfert des connaissances de base à des situations réelles:

- Compréhension et utilisation de la terminologie spécifique à la microbiologie de l'environnement
- Compréhension de l'influence des propriétés physico-chimiques de sol sur la disponibilité en eau, en nutriments, la présence et l'activité des microorganismes
- Compréhension de l'utilisation des activités microbiennes dans des processus de bioremédiation et appréciation des différents critères conditionnant tour processus de décontamination par voie biologique

Connaissances préalables recommandées:

Aucune

Contenu de la matière:

Chapitre I : Introduction à la Microbiologie Générale (2 semaines)

Protistes eucaryotes (algues, champignos et protozoaires) – Protistes procaryotes (cyanobactéries et bactéries) – Systématique et écologie bactérienne.

Chapitre II : Activités Biochimiques des Microorganismes (2 semaines)

Cycle de l'azote, cycle du carbone, cycle du soufre, cycle du fer et cycle du phosphore - La dégradation des hydrocarbures : biorémediation

Chapitre III: Microbiologie de l'Eau (4 semaines)

- Eau douce (eau de surface, eau souterraine, eau de distribution) aspect microbiologique
- Eaux usées (autoépuration, dépollution, aspect microbiologique de la désinfection chlore ozone UV, boues activées écologie microbienne).

Chapitre IV : Microbiologie des Milieux Extrêmes (2 semaines)

Les microorganismes halophiles – Les microorganismes thermophiles – Les microorganismes acidophiles.

Chapitre V : Microbiologie de l'Air (2semaines)
Les microorganismes aérogènes - Les infections aérogènes - Moyens d'étude - Le contrôle de la pollution microbienne de l'air.

Chapitre VI : Exemple de Procédés Biologiques Appliqués à l'Environnement (3 semaines)
Bioconversion – Biotraitement – Biorémediation - Biotransformation

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

Références bibliographiques:

- *Dellaras C., Microbiologie de l'environnement avec législation, Ed. Gaetan Morin, 2000.*
- *Pelmont J., Bactéries et environnement: adaptation physiologique, Ed. OPU, 1995.*
- *Sterrit Robert N. et Lester,John N., Microbiology for Environmental and Public Health Engineers, Ed. E. and F.N. Spon, 1988.*
- *Champiat D. et Larpent J.P., Biologie des Eaux: Méthodes et Techniques, Ed. Masson, 1994.*

Travaux pratiques :
TP N°1 : Techniques et manipulations microbiologiques
TP N°2 : Isolement, purification et conservation des microorganismes
TP N°3 : Etude macro et micromorphologique des bactéries
TP N°4 : Coloration de Gram et de spores
TP N°5 : Galerie biochimique classique et API
TP N°6 : Etude des facteurs environnementaux
TP N°7 : Cinétique de croissance microbienne

Semestre: 2
Unité d'Enseignement:UEM 1.2
Matière:Optimisation des Procédés
VHS:37h30 (Cours: 1h30 , TD 1h00)
Crédits: 3
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:A travers ce module l'étudiant apprendra à concevoir, dimensionner et simuler certains procédés industriels en relation avec le génie chimique en utilisant un code de calcul sous forme de simulateur.

Connaissances préalables recommandées:
Une connaissance des notions de base en phénomènes de transfert, de thermodynamique et de programmation.

Contenu de la matière:

Partie I : Optimisation (4 semaines)

- Généralités : variables, fonctions de réponse, objectifs d'un procédé (rendement, pureté, qualité).
- Méthodes classiques de recherches d'optimums.
- Méthodes directes pour les fonctions univariables : recherches dichotomiques, nombre d'or, Fibonacci.
- Application à l'optimisation des rendements des procédés de séparation.
- Méthodes directes pour les fonctions multivariables : méthode Simplex, méthodes dérivées : Nelder et Mead - Hendrix - WCM - Méthode Uniplex.
- Optimisation d'une unité de production

- Calcul des propriétés physico-chimiques des fluides et des équilibres entre phases

- Equations d'état
- Modèles de coefficients d'activité
- Banques de données

Partie II : Simulation des procédés

Chapitre 1 Introduction générale (2 semaines)

I.1 Conception des procédés
I.2 De l'analyse à la conduite des procédés
I.3 Simulateurs de procédés
I.3.1 Simulateurs orientés modules et orientés équations
I.3.2 Environnement progiciel des simulateurs
I.3.2 .a. Serveur des propriétés
1.3.2.b. Méthodes numériques pour la résolution des systèmes d'équations
1.3.2. c. Bibliothèque d'opérations unitaires
1.4 Conclusion

Chapitre II. Simulation des procédés sans contraintes (2 semaines)

II.1. Vue générale
II.2 .Définition d'un courant
II.3. Choix des variables caractérisant un courant matière

II.3.1. Équations des modèles d'unités
II.3.2. Équations de connexion
II.3.3. Équations de spécification
II.4. Stratégies de résolution du problème de simulation
II.4..1 Approche globale
II.4.2. Approche modulaire séquentielle
II.4.2.1.Ensemble de données standard
II.4.2.1.a. Approche modulaire
II.4.2.1.b. Définition des modules
II.5. Diagramme de simulation
II.6. Résolution séquentielle
II.6.1. Séquence de calcul
II.6.2. Convergence des boucles de recyclage
II.7. Avantages et inconvénients de l'approche modulaire séquentielle

Chapitre III. Simulation des procédés avec contraintes : la CPAO (4 semaines)

III.1. Problématique de la simulation des procédés sous contrainte
III.2 .Définition de la CPAO – Un exemple détaillé
III.3.Différentes approches
III.3.1. Approche modulaire simultanée
III.3.2. Formulation
III.4. Implantation dans le simulateur ProSimPlus
III.4.1. Choix de l'opérateur
III.4.2. Convergence
III.4.3. Facteur de relaxation

Chapitre IV. Modélisation et simulation des opérations unitaires utilisées dans l'environnement. (3 semaines)

- Modélisation et simulation statique des procédés de séparation diphasique, multi constituants et multi étagés.
- Simulation dynamique

Mode d'évaluation:

Examen: 60%., contrôle continu : 40%

Références bibliographiques:

1. *FEIDT Michel, Thermodynamique et optimisation énergétique des systèmes et procédés, Lavoisier, 2016*
2. *Fabrice MUTELET, Thermodynamique en génie des procédés, Ed. Univ Européenne, 2011*
3. *Antonin Ponsich, Stratégies d'optimisation mixte en génie des procédés, Ed. Univ Européenne, 2010*

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

Compétences visées :

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

Objectifs :

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

Prérequis :

Programmation avancée Python

Matériels nécessaires :

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

Contenu de la matière :

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

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

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

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

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

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

3. Types d'apprentissage :
    - Supervisé
    - Non supervisé
    - Par renforcement *(aperçu)*
4. **Exercices :**
    - Approfondir les notions vues au cours
    - ….

Chapitre 4 : Classification supervisée (3 semaines)

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

Chapitre 5 : Apprentissage non supervisé

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

Chapitre 6 : Les réseaux de neurones

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

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

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

- Reconnaissance des caractères manuscrits
- Prédiction des catastrophes naturelles
- Développer un Chatbot capable de répondre aux questions fréquentes d'une entreprise, de manière naturelle.

- Développer un système capable de distinguer les sons normaux d'une machine de ceux indiquant une anomalie (roulement défectueux, vibration excessive, etc.)
- Développer un système (mini IA) capable d'analyser les sentiments exprimés dans les publications sur réseaux sociaux à propos d'un produit, une marque ou un évènement.
- …

Travaux pratiques :

TP 01 : Initialisation

TP 02 :

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

TP 03 :

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

TP 04 :

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

TP 05 :

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

TP 06 :

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

Mode d'évaluation :

examen 60% , CC=40%

Bibliographie :

Semestre 2
Unité d'enseignement : UET 1.2
Matière : Lean Start-Up 2
VHS : 45h00 (Cours : 1h30, Atelier : 1h30)
Crédits : 2
Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement:

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

Connaissances préalables recommandées:

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

Contenu de la matière:

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

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

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

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

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

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

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

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

X. Financement, croissance et expansion (2 semaines)

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

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

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

Mode d'évaluation:

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

Références bibliographiques

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

Annexe - Glossaire des concepts clés

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

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

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

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

Semestre : 3
Unité d'Enseignement : UEF 2.1.1
Matière : Bioprocédés
VHS : 67h30 (Cours : 3h00, TD h30)
Crédits : 6
Coefficient : 3

Objectifs de l'enseignement :

Ce cours vise à donner aux étudiants inscrits en master de génie de l'environnement les connaissances fondamentales liées au déroulement d'un bioprocédé en se basant sur l'aspect biochimique et microbiologique, notamment la maitrise de la cinétique microbienne. En outre, l'obtention d'un produit intermédiaire ou fini qui répondra aux exigences environnementales est fortement recommandée dans ce type de procédé.

Connaissances préalables recommandées :

Biochimie structurale en S1 du M1 du master de GE

Microbiologie environnementale en S2 du master GE

Contenu de la matière :

Chapitre I : Les grandes voies métaboliques de biomolécules

I.1. Catabolisme glucidique
I.2. Catabolisme protéique
I.3. Catabolisme lipidique

Chapitre II : Les bioprocédés appliqués à la dépollution des sites contaminés

II.1. Biorémediation
II.2. Biotraitement
II.3. Biosorption
II.4. Biofiltration

Chapitre III : Les bioprocédés appliqués à la production de l'énergie renouvelable

II.1. Production de la biomasse.
III.2. Production de biogaz
III.3. Production de biocarburant

Chapitre IV : Les bioprocédés appliqués à l'industrie agroalimentaire

IV.1. Bioconversion
IV.2. Biotransformation

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 40 % ; Examen : 60 %.

Références bibliographiques:

1. *F. Quentin, PF Gallet, M Guilloton, B. Quintard (2015). Biochimie. Editeur : Dunod, EAN13 : 9782100724185Biochimie générale.*
2. *C. Aubert. 1974 Introduction à la biochimie. Ediscience- Mc Graw Hill, Paris*
3. *Atlas, R.M. 1991. Basic and Practical Microbiology. Macmillan.*
4. *A. Arnaud., C. Berset., 1982. Biotechnologie. New York (4ème edition).*

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UEF 2.1.1.2
Matière 3:Procédés Membranaires et Dessalement
VHS: 45h00 (Cours :1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement:

L'objectif est de donner :

- Les bases théoriques nécessaires pour mettre en œuvre un adsorbant et le dimensionnement d'adsorbeurs de divers types : discontinu, semi-continu et continu.
- Des connaissances théoriques et pratiques approfondies dans le domaine des techniques membranaires et les familiariser avec les dernières avancées technologiques des membranes.

Connaissances préalables recommandées:

Phénomènes de transfert (transfert de matière, mécanique des fluides,..), Chimie des surfaces et catalyse hétérogène.

Contenu de la matière:

Première partie : Procédés d'adsorption (6 Semaines)

Chapitre1. Principaux adsorbants industriels, critères de sélection, méthodes de régénération, principales applications industrielles.
Chapitre2. Dynamique de l'adsorption (précédé d'un rappel sur les lois générales de l'adsorptionphysique).
Chapitre 3. Les procédés discontinus.
Chapitre 4. Les procédés de séparation par adsorption
- Modulée en pression.
-Modulée en température.

Deuxième partie: Procédés de séparation par membrane

Chapitre 1. Généralités et définitions **(1 Semaines)**
Chapitre 2. Les membranes **(3 Semaines)**
Structure, caractérisation et modules membranaires des installations industrielles.
Chapitre 3. Technique de séparation membranaire **(5 Semaines)**
Microfiltration, Ultrafiltration, Nanofiltration,Osmose inverse et électrodialyse.

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

Références bibliographiques:

1. *Unit Operations Handbook, Volume 1, Mass transfer, Edited by John J. Mcketta, 1993.*
2. *Warren L. Mc Cabe,Julian C. Smith, Peter Harriott«Unit Operations of Chemical Engineering », Mc Graw- Hill, Inc, Fifth Edition, 1993.*
3. *J. P. Brun, Procédés deséparation par membranes, Transport Techniques membranaires Applications, Masson, Paris, 1988.*
4. *Robert E. Treybal,«Mass Transfer Operations»,Third Edition, McGraw –Hill ,1980.*

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UEF 2.1.2.1
Matière 3:Pollution du Sol
VHS: 45h00 (Cours :1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement:

L'ensemble de ces enseignements doit permettre une bonne connaissance des opérations du Génie des Procédés pour le traitement des liquides et des gaz.

Connaissances préalables recommandées:

Opérations unitaires

Contenu de la matière:

1- Introduction

2- Sol

Définitions, Description, Formation des sols, Texture du sol, profil du sol, fonctions (sol et cycle de l'eau, biodiversité, …), types de sols, …

3- Pollution des sols

Origine de la contamination des sols. Mouvements des agents polluants dans le sol. analyse des sols pollués, propriétés des contaminants organiques et inorganiques, réglementations, pollution en zone non saturée et saturée, traitements in situ, on site et hors site.Etude des phénomènes physico-chimiques et des facteurs physiques agissant sur l'adsorption et la désorption des agents polluants. Transport des polluants dans le sol et sa modélisation mathématique.

Cas des pesticides dans le sol *(Temps de rémanence moyen des pesticides. Relations entre biodégradabilité des pesticides et leur structure chimique., Dégradation des pesticides dans le sol : voies métaboliques principales, exemples de dégradation des pesticides, rôle desconstituants du sol.*

4- Méthodes de traitement

4.1- Méthodes physico-chimiques

Venting, Lavage des sols (lessivage), Stripping, Stabilisation/solidification, Oxydation chimique, Réduction chimique, Extraction double phase, Confinement par couverture et étanchéification, Confinement vertical, Piège (confinement) hydraulique.

4.2- Méthodes thermiques

Désorption thermique, Incinération, Vitrification, Pyrolyse.

4.3- Méthodes biologiques

Phytoremédiation, Biodégradation dynamisée, Atténuation naturelle contrôlée, Bioventing, Biotertre, Compostage.

Mode d'évaluation :

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

Références

1- John Pichtel,Fundamentals of Site Remediation: For Metal and Hydrocarbon-Contaminated Soils, 2007.
2- Helmut Meuser, Soil Remediation and Rehabilitation, Treatment of Contaminated and Disturbed Land, 2013.
3- Rainer Stegmann, Gerd Brunner, Wolfgang Calmano, Gerhard Matz, Soil Treatment of Contaminated Soil, Springer, 2001.
4- Alain Froment & Martin Tanghe « Répercussion des formes anciennes d'agriculture sur les sols et la composition floristique » *Bulletin de la Société Royale Botanique de Belgique* 1967;100:335-352.
5- Sabine Houot, Philippe Cambier, Marjolaine Deschamps, Pierre Benoit, Guillaume Bodineau, Bernard Nicolardot, Christian Morel, Monique Lineres, Yves Le Bissonnais, Christian Steinberg, Corinne Leyval, Thierry Beguiristain, Yvan Capowiez, MaelennPoitrenaud, Claire Lhoutellier, Cédric Francou, Violaine Brochier, Mohamed Annabi & Thierry Lebeau « Compostage et valorisation par l'agriculture des déchets urbains » *Innovations Agronomiques* 2009;5:69-81. 13 p.
6-Jean-Michel Gobat, Michel Aragno& Willy Matthey, *Le sol vivant. Bases de pédologie. Biologie des sols. Troisième édition*, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 15 octobre 2013 (ISBN 9782880747183).
7- Jean-François Ponge (2011) dossier *Biodiversité animale du sol et gestion forestière*[PDF] 8 p.

Semestre: 3

Unité d'enseignement: UEF 2.1.2.2
Matière 3: Procédés de traitement des effluents gazeux
VHS: 45h00 (Cours :1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement:

L'ensemble de ces enseignements doit permettre une bonne connaissance des opérations du Génie des Procédés pour le traitement des liquides et des gaz.

Connaissances préalables recommandées:

Contenu de la matière:

Chapitre 1. Rappels

Lois des gaz parfaits, unités et dimensions, conversions, calculs des concentrations.

Chapitre 2. Procédés de traitements de la pollution issue des sources fixes

A- Traitements des effluents gazeux

Absorption, Adsorption, Oxydation thermique, Oxydation catalytique, Condensation,Biofiltration, Torchage.

B- Traitements des poussières

Filtres à manche, Cyclone, Venturi, Electrofiltre.

Chapitre 3.Traitement de la pollution issue des sources mobiles

Véhicules à essence et diesel: polluants émis, normes d'émissions, pots catalytiques, catalyseurs deux voies, trois voies, etc.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

Références bibliographiques:.

1- Kenneth C. Schifftner, Air Pollution Control Equipment Selection Guide, Lewis publishers, 2002.
2- Nicholas P. Cheremisinoff, Handbook of Air Pollution Prevention and Control, B.H. Ed. 2002.
3- Lawrence K. Wang, Yung-Tse Hung, Nazih K. Shammas, Advanced Physicochemical Treatment Processes, Handbook of Environmental Engineering, Vol. 4, Ed. HumanaPress, 2006.

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UEM 2.1.1.
Matière 3:Régulation et Commande des Procédés
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TP: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement:

- Donner un aperçu sur les problèmes liés à la bonne marche d'un procédé industriel
- Introduire la notion de modèle mathématique lié au système de production ou de mesure
- Notion de boucle de régulation par rétroaction **exemple de calcul**
- Etude de la stabilité d'une boucle de régulation

Connaissances préalables recommandées:

- Instrumentation
- Notions mathématiques équation différentielle, transformées de Laplace

Contenu de la matière:

Chapitre I : Principes généraux (03 semaines)
Introduction, notion de système, notion de boucle ouverte, boucle fermée, notion de modèle, notion de fonction de transfert, schéma bloc et algèbre de diagramme.

Chapitre II : étude dynamique des systèmes (04 semaines)
Système de premier ordre, système de second ordre, système à retard pur
.

Chapitre III : notion de performance (03 semaines)
Stabilité, notion de rapidité et précision dynamique

Chapitre VI : méthode de correction et identification (02 semaines)
Différents types de correcteurs, stratégies de régulations, limitations et faiblesses des correcteurs PID, identification.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 60% ; Examen: 40%.

Références bibliographiques:.

Références:

- Introduction aux principes de systèmes de commande, M. ZELMAT , office des publication universitaire 05-1995

- Process systems analysis and control, Donald R. Conghanowr; Lowell B. Koppel; McGraw-Hill chemical engineering series .ISBN 07-013210-0

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UEM2.1.2
Matière 3:Travaux Pratiques de Génie de l'Environnement III
VHS: 22h30 (TP: 1h30)
Crédits: 2
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement:

L'ensemble de ces enseignements doit permettre une bonne connaissance des opérations du Génie des Procédés pour le traitement des liquides et des gaz.

Connaissances préalables recommandées:

Les deux TP de génie de l'environnement I et II

Contenu de la matière:

1) Un TP de recherche sur les méthodes de traitement physicochimiques des eaux potables.
2) Un TP de recherche sur la culture microbienne pour la production des biomolécules.
3) Un TP de recherche sur les méthodes de séparation membranaire.
4) Un TP de recherche sur les méthodes d'extraction des molécules bioactives.

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UEM 2.1.3
Matière 3:Milieux poreux et dispersés
VHS: 45h00 (Cours :1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement:

L'ensemble de ces enseignements doit permettre une bonne connaissance des opérations du Génie des Procédés pour le traitement des liquides et des gaz.

Connaissances préalables recommandées:

Opérations unitaires

Contenu de la matière:

Chapitre 1.*Opérations sur les solides*

Définitions. Morphologie des grains et empilement. Propriétés des solides. Broyage. Criblage. Tamisage.

Chapitre 2. Mouvements des particules dans un fluide

Ecoulement des fluides autours des grains. Mouvement verticaux de particules ou globules dans le champ de la pesanteur. Equation de mouvement (vitesse terminale). Chute collective des particules dans un fluide.

Chapitre 3.Ecoulement des fluides à travers un milieu poreux

Ecoulement d'un seul fluide à travers un lit. Dispersion. Transfert de chaleur dans un lit fixe. Colonnes garnies. Ecoulement d'une suspension. Filtration à débit constant. Filtration à pression constante. Loi de Ruth. Cas des gâteaux compressibles.

Chapitre 4.Fluidisation

Caractéristiques des systèmes fluidisés. Systèmes liquide-solide. Systèmes gaz-solide. Lits fluidisés (gaz-solide). Transfert de chaleur et de matière entre le fluide et les particules.

Chapitre 5.*Sédimentation*

Sédimentation des particules fines. Sédimentation des grosses particules. Théorie de Kynch. Dimensionnement d'un décanteur.

Chapitre 6.*Filtration*

Théorie de la filtration. Filtration à débit constant, à pression constante.Loi de Ruth. Cas des gâteaux compressibles.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

Références bibliographiques:

1. Coulson J.M., J.F Richardson, J.R Backhurst And J.H. Harker, "Chemical Engineering", volume two, Fifth edition, Pergamon Press, 2002.
2. Rhodes, M., Introduction to ParticleTechnology, 2nd Ed., Wiley (2008).
3. Gibilaro, L. G., Fluidization - Dynamics, Butterworth - Heinemann (2001).
4. Perry R. H., D. W. Green And J. O. Maloney, "Perry's Chemical Engineers' Handbook " seventh edition, , McGraw Hill, 1999
5. Kunii D. And O. Levenspiel, "Fluidization Engineering", second ed. Butterworth—Heinemann, 1991.
6. Darton R.C., "Fluidization", ed. by J.F. Davidson, R. Clift and D. Harrison, Academic Press, 1985.
7. McCabe W.L., J.C. Smith and P. Harriott, "Unit Operations of Chemical Engineering", seventh edition, ed. McGraw-Hill, 2004.

Semestre : 3
Unité d'enseignement : UET 2.1
Matière 2 : Chemical reverse engineering
VHS : 67 h30 (Cours : 1h30, TD et ou TP : 1h30)
Crédits : 2
Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement :

Former l'étudiant en :

- Intelligence concurrentielle
- Démarche qualité (contrôle qualité d'un produit auprès d'un fournisseur permettant une traçabilité, une analyse de conformité par exemple)
- Compréhension/anticipation de divers phénomènes (vieillissement prématuré, réactivité du produit, relation structure-propriété...).
- Substitution de matières premières (pénurie ou changement stratégique)
- Optimisation des produits
- Obtention de données pour la conformité réglementaire
- Protection de la propriété intellectuelle (vérification de la contrefaçon de brevets, de la concurrence déloyale, etc.)

Connaissances préalables recommandées :

Méthodes physicochimiques d'analyse (spectroscopie, microscopie, analyse thermique, etc….)

Contenu de la matière :

Chapitre1 Introduction à la rétro-ingénierie chimique

1.1 Historique, enjeux légaux et éthiques du RE,

- Définitions et champs d'application : Approches (matériels, logiciels, procédés…)
- Objectifs de conception du produit, contraintes qui ont pu influencer le produit, Pour quel marché le produit a-t-il été créé ? Comment le produit fonctionne-t-il ?
- Comment pensons-nous qu'il fonctionne ? Comment répond-il à l'objectif global de la conception ? Pourquoi a-t-il été conçu de cette manière ?

1.2 Méthodes et utilisation

- Chromatographie : séparer et identifier les différents composants d'un mélange
- Spectroscopie : identifier et quantifier les liaisons chimiques et les éléments présents dans un échantillon
- Microscopie : examiner la microstructure d'un échantillon
- Analyse thermique : étudier les propriétés thermiques d'un échantillon
- Rhéologie : étudier les propriétés mécaniques d'un échantillon en fonction du temps et de la température

1.3 Domaines d'utilisation

- Industries des polymères, peintures, encres, poudres, céramiques, composites, emballage
- Industries pharmaceutiques et médicaments
- Industries alimentaires
- Industries cosmétiques
- Industries pétrochimiques

1.4 Cas où la rétro-ingénierie n'est pas possible

- Formulations complexes
- Manque d'équipement
- Restrictions légales
- Problèmes de sécurité
- Dégradation

Chapitre2 Méthodologie générale

2.1 Pyramide inversée

2.1.1 Analyse globale du produit : Evaluation documentaire du mélange à déformuler,

2.1.2 Analyse superficielle du mélange : solubilité, réactivité chimique, présence de charge, nombre de composés formant le mélange, taille des molécules

2.1.3 Analyse spécifique de chacun des composés à déformuler : isoler les différentes espèces puis les identifier et les qualifier par des techniques de chromatographie, RMN, analyse élémentaire (MEB, EDX…)

2.1.4 Quantification des espèces isolées (chromatographies, RMN, Techniques gravimétriques)

2.1.5 Exemples d'applications : Ingénierie inverse de résines époxy, résines formo-phénoliques, peintures, shampooings, dispositifs médicaux, etc.

Chapitre 3 Processus de rétroingénierie

3.1 Hypothèse sur le procédé de fabrication

Reconstitution des étapes de fabrication à partir de la composition chimique :

- Température, pression, catalyseurs utilisés.
- Ordre d'ajout des réactifs.
- Conditions de réaction et purification.

3.2 Modélisation et simulation

- Utilisation de logiciels de simulation chimique (Aspen Plus, ChemCAD, etc.) pour valider les hypothèses.
- Évaluation des équilibres thermodynamiques et cinétiques.

3.3 Reproduction expérimentale

- Réalisation de tests en laboratoire pour vérifier les hypothèses de formulation ou de procédé.
- Ajustement des paramètres en fonction des résultats obtenus.

3.4 Optimisation

- Amélioration du procédé (rendement, coût, impact environnemental).
- Recherche de formulations équivalentes ou meilleures (génériques, alternatives brevetables, etc.).

Chapitre 4 Techniques de développement de formes pharmaceutiques génériques

4.1. Recherche et formulation :

4.2. Essais de bioéquivalence :

Bioéquivalence des médicaments génériques avec le médicament de référence,

4.3. Études toxicologiques, pharmacologiques et cliniques :

4.4. Demande d'autorisation de mise sur le marché (AMM) :

4.5. Contrôle de la qualité :

Chapitre 5 Techniques de développement de polymères

5.1 Acquisition et préparation de l'échantillon

- Acquisition : matière première ou prototype

Préparation: nettoyage, séchage, préparation de l'échantillon pour analyse selon la technique d'analyse utilisée

5.2. Analyses et Caractérisation (physiques et chimiques)

(microscopie, spectroscopie (e.g., FTIR, NMR), analyse thermique, et autres méthodes de détermination la structure la composition et propriétés des polymères.

5.3. Formulation et Reconstruction:

- Appréhender la composition :
- Reproduire le processus :

5.4. Validation et optimisation :

- Essais et validation :
- Optimisation :
- Production : (produit original, ou développer un nouveau)

5.5. Avantages de l'ingénierie inverse dans le développement des polymères :

- Reproduction de produits :
- Amélioration des produits existants :
- Développement de nouveaux produits :
- Réduction des coûts :
- Compréhension des produits concurrents :

Chapitre 6 Rétro ingénierie d'un détergent liquide commercial

Étape 1 : Produit existant (Échantillonnage**) : Prélèvement du produit détergent liquide à analyser**

Étape 2 : Analyse physico-chimique :

- Identification des tensioactifs
- Identification des polymères ou additifs.

Étape 3 : Composants identifiés :

- Dosage des composants

Étape 4 : Hypothèse sur la formulation

Étape 5 : Reconstitution du procédé

Reconstitution du processus probable :

1. Mélange à froid
2. Solubilisation
3. Ajustement du pH
4. Ajout de conservateurs et parfum

Étape 6 : Essais en labo

Reproduire le mélange avec les proportions estimées. Ajuster selon viscosité, mousse, pH, stabilité.

Étape 7 : Ajustements et tests

Évaluer les performances : pouvoir nettoyant, stabilité, coût.

Étape 8 : Formulation finale

Optimisation Ajouter des améliorations : agents biodégradables, meilleur parfum, réduction des coûts.

Remarques :

- Dans le cas d'un produit formulé (comme un détergent), la **séparation et l'identification des composants** est essentielle.
- Certaines substances comme les parfums ou les agents conservateurs peuvent être présents à **très faible concentration**, mais jouer un **rôle clé** dans la performance ou la perception du produit.

Chapitre 7 Analyse d'une huile moteur multigrade 5W-30

Objectif : *Comprendre la* composition chimique *et les* propriétés techniques *d'une huile moteur 5W-30 d'un concurrent (ex. : Total, Mobil, Shell), afin de :*

- ***Reproduire un lubrifiant équivalent,***

- ***Identifier les additifs utilisés,***
- ***Développer un produit de performance comparable ou améliorée***.

7.1 Caractéristiques d'une huile moteur à analyser

- **Grade SAE** : 5W-30 (bonne fluidité à froid + protection à chaud)
- **Spécifications** : API SP, ACEA C3
- **Utilisation** : moteurs essence et diesel récents, avec FAP ou catalyseur

7.2 Étapes de rétroingénierie

1. Préparation de l'échantillon

- Échantillon frais (neuf) prélevé dans un bidon scellé.
- Analyse également possible sur huile usagée pour étudier les performances en conditions réelles.

2. Analyses physico-chimiques

Analyse Viscosité cinématique
Indice de viscosité (VI)
Point d'éclair / Point de congélation
Analyses Spectrométriques (ICP-AES, **FTIR / GC-MS** …)

3. Composition typique identifiée

Composant
Base API Groupe III ou IV
ZDDP (zinc dialkyldithiophosphate)
Calcium / Magnésium
Phosphore
Polymères modificateurs de viscosité
Dispersants (borés, succinimides)
Inhibiteurs de corrosion

4. Reconstitution en formulation

5. Tests de validation

- Essais tribologiques (test 4 billes, ASTM D4172)
- Simulation moteur (sequence IVA, VG, etc.)
- Tests sur banc moteur (durabilité, consommation)
- Compatibilité avec catalyseurs, filtres à particules

Résultat final

- Formulation d'une huile moteur 5W-30 respectant les normes API/ACEA.
- Possibilité de formuler une **alternative low SAPS** pour moteurs récents.
- Réduction des cendres sulfatées et adaptation aux véhicules Euro 6/7.

Remarques

- La rétroingénierie d'une huile moteur nécessite une **connaissance poussée en tribologie, chimie organique et normes techniques**.
- L'utilisation de **packages d'additifs industriels** permet de simplifier la formulation, mais leur nature exacte est souvent **confidentielle**.
- Les **brevets** et **exigences réglementaires** (REACH, normes constructeurs) doivent être respectés.

Mode d'évaluation :

- TP techniques 30 %
- Mini-projet de rétro-ingénierie (rapport + soutenance) 40 %,
- Examen final (QCM + étude de cas) 30 examen 60% et CC TP : 40%

Références bibliographiques :

- **Jacques Villermaux**, *Génie de la réaction chimique : conception et fonctionnement des réacteurs*, Éditions Tec & Doc, 1993.

- **Daniel Schweich**, *Génie de la réaction chimique*, Éditions Tec & Doc, 2001.
- **Gilbert F. Froment & Kenneth B. Bischoff**, *Chemical Reactor Analysis and Design*, Wiley, 2010.
- **Searson, D. P., Willis, M. J., & Wright, A.**, *Reverse Engineering Chemical Reaction Networks from Time Series Data*, 2014.
- **Marote, P., Martin, M., Bonhomme, A., Lantéri, P., & Clément, Y.**, *Artificial Intelligence for Reverse Engineering: Application to Detergents Using Raman Spectroscopy*, 2023.
- T**echniques de l'Ingénieur**, *Procédés chimiques : Dossier complet*.

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UET 2.1.1
Matière 3:Recherche Documentaire et Conception de Mémoire
VHS: 15h00 (Cours :1h00)
Crédits: 1
Coefficient : 1

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

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

Contenu de la matière:

Partie I- : Recherche documentaire :

Chapitre I-1 : Définition du sujet (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.*

Proposition de quelques matières de découverte

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UED 1.1
Matière 1: Hydrogéologie environnementale
VHS: 22h30 (Cours:: 1h30)
Crédits: 1
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

Ce cours d'hydrogéologie environnementale a pour objectif d'inculquer aux étudiants des notions sur la science des eaux souterraines et leurs intercations avec l'environnement . Cette science étudie les interactions entre les structures géologiques du sous-sol (nature et structures des roches, des sols) et les eaux souterraines ainsi que les eaux de surface.
L'hydrogéologie permet à l'étuduiant donc de connaître et de comprendre comment les structures géologiques du sol et du sous-sol affectent les caractéristiques physico-chimiques de l'eau, sa distribution, son écoulement et sa résurgence.

Connaissances préalables recommandées:

Contenu de la matière:

Chapitre 1 : Hydrogélogie générale ; Cycles de l'eau 3 semaines)

1. Introduction
2. Les différents types d'eaux
3. Les origines des eaux souterraines
4. Les réservoirs à la surface du globe
5. Systèmes et temps de résidence
6. Constituants des eaux souterraines (Particules solides, ions majeurs, ions mineurs, Eléments traces, gaz dissous)
7. Différentes composition d'eaux
8. Le cycle hydrologique (Le Moteur/Le cycle à l'échelle d'un bassin versant)
9. L'equation de conservation hydraulique
10. Bassin hydrologique

Chapitre 2 : Nappes et eaux souterraines (3 semaines)

1. Notion d'aquifere
2. Ouvrages de captages et périmetres de protection
3. Différents exemples d'aquifères
4. Hydroisohypses et surface piezzométrique
5. Cartes hydrobiologiques : symboles importants
6. Axes d'écoulements
7. Construction de cartes hydroisohypes

Chapitre 3 : Propriétés petrophysiques des roches (2 semaines)

1. Les différents types de roches
2. Prorosité _Perméabilité

Chapitre 4 : Transport d'un fluide en milieux poreux (4 semaines)

1. Experience de Darcy
2. Mesures du gradient hydraulique
3. Diffusion du gradient hydraulique
4. Application de la loi de Darcy

Chapitre 5 : Détérioration de la qualité de l'eau (3 semaines)

1. Vulnérabilité des nappes à la pollution
2. Principaux et origine des pollutions
3. Défenses naturelles contre les pollutions

Mode d'évaluation:

Examen: 100%.

Références bibliographiques:

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UED 1.1
Matière:Analyse du cycle de vie (ACV)
VHS: 22h30 (Cours: 1h30)
Crédits: 1
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

Assurer une formation dans le domaine de l'Analyse du cycle de vie - ou écobilan - en quantifiant les impacts d'un «produit » (qu'il s'agisse d'un bien, d'un service voire d'un procédé), depuis l'extraction des matières premières qui le composent jusqu'à son élimination en fin de vie, en passant par les phases de distribution et d'utilisation. Ce cours permet de connaitre quel est l'enjeu majeur de l'utilisation de l'ACV est d'identifier les principales sources d'impacts environnementaux et d'éviter ou, le cas échéant, d'arbitrer les déplacements de pollutions liés aux différentes alternatives envisagées.

Connaissances préalables recommandées:

Contenu de la matière:

Chapitre 1 : Analyse du cycle de vie – Introduction (2 semaines)

1. Généralités
2. Historique et genèse
3. Démarche de l'ACV
4. Limites, potentialités et applications de l'ACV
5. Du management environnemental et du développement durable à l'Analyse du Cycle de Vie
6. Enjeux de l'ACV
7. Motivation, besoins et parties prenantes
8. Avantages et inconvénients

Chapitre2 : Méthodologie de réalisation de l'Analyse du Cycle de Vie(3 semaines)

1. Cadre normatif (cycle de normes ISO 14000)
2. Objectifs et champ de l'étude
3. Inventaire des flux, collecte et analyse des données
4. L'évaluation de l'impact du cycle de vie
5. Interprétation, analyse de sensibilité, incertitudes
6. Revue critique

Chapitre 3 : Inventaire des flux, collecte et analyse des données (2 semaines)

1. Inventaire des flux (énergétiques, matériaux) : définition et principe
2 La collecte des données
3. Analyse de l'inventaire
4. Notions complémentaires – affectation

Chapitre 4 : L'évaluation de l'impact du cycle de vie (2 semaines)

1. Éléments obligatoires d'évaluation des impacts

2. Éléments facultatifs de l'évaluation des impacts
3. Analyse de la qualité des données d'évaluation des impacts du cycle de vie supplémentaires

Chapitre 5 : Interprétation, analyse de sensibilité, incertitudes (2 semaines)

1.Enjeux significatifs : identification
2. Vérification
3. Conclusions, limitations et recommandations

Chapitre 6 : Les outils d'Analyse du Cycle de Vie (2 semaines)

1. Introduction aux outils ACV
2. Bases de données
3. Caractéristiques et choix des données
4. Base de données ecoinvent
5. Introduction aux logiciels d'ACV : problématique relative à la modélisation
6. Fonctionnalités et spécificités des logiciels d'ACV

Chapitre 7 : Les méthodes de calcul des impacts (2 semaines)

1.Catégories d'impacts et méthodes existantes
2. Méthodes orientées problèmes et la quantification des impacts intermédiaires
3. Méthodes orientées dommages et la quantification des impacts finaux

Chapitre 8- Étude de cas ACV en Épuration des eaux usées urbaines (2semaines)

1 Définition des objectifs et du champ d'étude
2 Inventaire
3.3 Analyse des impacts
3.4 Interprétation des résultats

Mode d'évaluation:

Examen: 100%.

Références bibliographiques:

1. *Olivier Jolliet, Myriam Saadé, Pierre Crettaz ,Analyse du cycle de vie: comprendre et réaliser un écobilan, PPUR presses polytechniques, 2005 - 242 page, ISBN :2880748860, 9782880748869*
2. *GriselL., OssetP.L'analyse du cycle de vie d'un produit ou d'un service - Applications et mise en pratique ; Nombre de pages : 376 p. ISBN: 978-2-12-465151-1. Date de parution : octobre 2008. Editions AFNOR*
3. *Dhillon B.S.*Life cycle costing *for engineers ; Ed. 2010 by Taylor and Francis Group, LLC, CRC Press . ISBN: 978-1-4398-1688-2 ;JRC, E., 2011.*
4. *ILCD Handbook: Recommendations for Life Cycle Impact Assessment - based on existing environmental impact assessment models and factors. Publications Office of the European Union.Ed. 2011*
5. *JRC Reference Report ILCD Handbook - Towards more sustainable production and consumption for a resource-efficient Europe. Publications Office of the European Union.Ed. 2012*
6. *Weidema, B. P.LCA masterclass (Discussion about the use of general equilibrium modelin consequential life cycle assessment ed.). MontrealEd. 2010 .*