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

LOGO
De l'université

عرض تكوين
ل. م . د

ماستر أكاديمية

برنامج وطني

(تحيين 2026-Bis)

المؤسسة	الكلية/ المعهد	القسم

الميدان	الفرع	التخصص
علوم وتكنولوجيا	هندسة الطرائق	هندسة الطرائق 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

LOGO
De l'université

OFFRE DE FORMATION
L.M.D

MASTER ACADEMIQUE

PROGRAMME NATIONAL

(Mise à jour 2026-Bis)

Etablissement	Faculté / Institut	Département

Domaine	Filière	Spécialité
Sciences et Technologies	*Genie des procédés*	*Génie des Procédés 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

LOGO
De l'université

Training Offer
L.M.D

ACADEMIC MASTER'S DEGREE

NATIONAL PROGRAMME

(2026-Bis Update)

Institution	Faculty / Institute	Department

Domain	Field	Specialisation
Science and Technology	Process Engineering	Environmental Process Engineering

I – Fiche d'identité du Master

Conditions d'accès

Filière	Master harmonisé	Licences ouvrant accès au master	Classement selon la compatibilité de la licence	Coefficient affecté à la licence
Génie des procédés	Génie des procédés des matériaux	Génie des procédés	**1**	**1.00**
		Génie des matériaux	**2**	**0.80**
		Science de l'Environnement	**2**	**0.80**
		(Domaine SM)		
		Physique des matériaux (Domaine SM)	**3**	**0.70**
		Physique energitique	**3**	**0.70**
		Chimie inorganique (Domaine SM)	**4**	**0.60**
		Autres licences du domaine ST	**5**	**0.60**

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

Semestre 1 : Génie des procédés de l'environnement

Unité d'enseignement	Matières	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 sem.)	Travail Complémentaire en Consultation (15 sem.)	Mode d'évaluation	
	Intitulé			Cours	TD	TP			Contrôle Continu	Examen
UE Fondamentale Code : UEF 1.1.1 Crédits : 8 Coefficients : 4	Chimie des Eaux	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Pollution Atmosphérique	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 1.1.2 Crédits : 10 Coefficients : 5	Opérations Unitaires Fluide-Fluide (extraction, distillation, absorption et strippage)	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Echangeurs de chaleur	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 1.1 Crédits : 11 Coefficients : 7	TP Chimie des Eaux	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Opérations Unitaires (Fluide-Fluide)	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Echangeurs de Chaleur	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	Simulateurs en génie des procédés	3	2	1h30		1h30	45h00	30h00	40%	60%
	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 règles d'éthique et d'intégrité	1	1	1h00			15h00	10h00		100%
Total semestre1		**30**	**17**	**11h30**	**6h00**	**7h30**	**375h00**	**375h00**	**375h00**	

Semestre 2 : Génie des procédés de l'environnement

Unité d'enseignement	Matières	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 sem.)	Travail Complémentaire en Consultation (15 sem.)	Mode d'évaluation	
	Intitulé			Cours	TD	TP			Contrôle Continu	Examen
UE Fondamentale Code : UEF 1.2.1 Crédits : 10 Coefficients : 5	Production d'eau potable	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Gestion et Traitement des déchets solides	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 1.2.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Procédés d'Adsorption et séparation Membranaire	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Traitement physico-chimique des eaux usées	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 1.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Milieux Poreux et Dispersés	**3**	**1**	1h30	**1h00**		**37h30**	**37h30**	40%	60%
	TP traitement des Eaux et Procédés d'adsorption et Séparation Membranaire	1	1			**1h00**	**15h00**	**10h00**	100%	
	Traitement et Conditionnement des Eaux de process	**4**	**2**	1h30	**1h00**		37h30	62h30	40%	60%
UE Transversale Code : UET 1.2 Crédits : 4 coefficient : 4	Lean Start-up	2	2	1h30	1h30		45h00	5h00	80% (20% Atl + 60%Prj)	20%
	Eléments d'IA appliquée	2	2	1h30	1h30		45h00	5h00	40%	60%
Total semestre 2		**30**	**17**	**13h30**	**9h30**	**2h30**	**382h30**	**367h30**		

Semestre 3 : Génie des procédés de l'environnement

Unité d'enseignement	Matières	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 sem.)	Travail Complémentaire en Consultation (15 sem.)	Mode d'évaluation	
	Intitulé			Cours	TD	TP			Contrôle Continu	Examen
UE Fondamentale Code : UEF 2.1.1 Crédits : 8 Coefficients : 4	Fondement théorique et traitement biologique des eaux usées	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Traitement des Effluents Gazeux	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 2.1.2 Crédits : 10 Coefficients : 5	Thermodynamique Technique	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Réacteurs polyphasiques et bioréacteurs	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 2.1 Crédits : 9 Coefficients : 5	TP Traitement Biologique des eaux usées/bioréacteurs	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	Intensification des procédés	2	1	1h30			22h30	27h30		100%
	Traitement des Sols pollués	2	1	1h30			22h30	27h30		100%
	Plan d'expériences	3	2	1h30		1h30	45h00	30h00	40%	60%
UE Transversale Code : UET 2.1 Crédits : 3, coef. 3	Chemical reverse engineering	2	2	1h30	1h30 atelier		45h00	5h00	40%	60%
	Recherche documentaire et conception de mémoire	1	1	1h00			15h00	10h00		100%
Total semestre 3		**30**	**17**	**14h30**	**6h00**	**4h30**	**375h00**	**375h00**		

Orientations générales sur le choix des matières de découverte :

1. Evaluation technico-économique des procédés
2. Management de l'environnement
3. Audit environnemental et étude d'impact
4. Ecologie et biodiversité
5. Energies renouvelables
6. Risques industriels et Catastrophes naturelles
7. capteurs chimiques et Biochimiques
8. Changement climatique
9. Changements environnementaux et invasion biologique
10. Biopiles
11. Sonochimique
12. Processus d'activation
13. Stockage d'énergie
14. Biomasse et biocarburants
15. Normes et conventions environnementales
16. régulation et commande des procédés
17. modélisation et optimisation des procédés
18. Microbiologie et biochimie environnementale

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: Chimie des Eaux
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement :

Fournir les bases de chimie nécessaires à l'analyse et à la résolution d'un problème environnemental ; caractérisation physico-chimique des eaux en vue de l'évaluation de leur qualité et de leur traitement.

Connaissances préalables recommandées :

Chimie minérale et analytique et chimie des solutions

Contenu de la matière :

Première Partie – Chimie des eaux naturelles **10 semaines**

1- Généralités
2- Propriétés des matières en suspension

Théorie de la double couche ; Stabilité des suspensions colloïdales ; Turbidité et unités de turbidité ; Détermination des matières en suspension

3- Matières en solution
- Eléments majeurs, fondamentaux et caractéristiques
- Unités usitées en analyse des eaux
- Vérification de l'analyse de l'eau
- Salinité ou minéralisation
- Duretés et titres hydrotimétriques
- Titres alcalimétriques et composition alcaline de l'eau
- Equilibre calcocarbonique et équilibres carboniques
- Agressivité de l'eau (Indice de Langelier et graphiques, Indice de Ryznar, Détermination du pHs par le calcul, Indice d'entartrage de Puckorius, Indice de Stiff et Davis, Indice de Larson, Indice de Leroy, Indice d'agressivité)

Deuxième Partie – Chimie des eaux usées **5 semaines**

1- Généralités et définitions
2- Caractérisation des eaux résiduaires et usées
- Teneur en matière oxydable
  * Demande biochimique en oxygène (DBO_5)
  * Demande chimique en oxygène (DCO)
  * Carbone organique total (COT)
- Azote Kjeldahl (NTK)
- Teneur en matières pondérales
  * Matières en suspension (MES)
  * Matières volatiles en suspension (MVS)
- Rapport DCO/DBO_5

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

Références bibliographiques:

1. Monique Tardat-Henry, Jean-Paul Beaudry, Chimie des eaux, Editions Le Griffon d'argile, 1992.
2. Patrick Brezonik, William Arnold, Water Chemistry: An Introduction to the Chemistry of Natural and Engineered Aquatic Systems, Oxford University Press, USA, 2011.

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

Objectifs de l'enseignement:

Acquisition des connaissances de base concernant le fonctionnement du système atmosphérique et de fournir les bases essentielles pour la compréhension des grandes questions associées à la pollution de l'air.

Connaissances préalables recommandées:

Notions de base en chimie générale, cinétique chimique, thermodynamique.

Contenu de la matière:

1- Introduction

Composition chimique de l'atmosphère terrestre, évolution des teneurs, temps de résidence des espèces chimiques, division verticale de l'atmosphère (couches, gradient de température et pression).

2- Généralités sur la pollution atmosphérique :

Les polluants de l'air, réglementés et non réglementés, unités pour l'expression de la concentration des polluants, conversion entre unités gravimétriques et volumétriques, normes d'émissions (Algériennes et OMS).

3- Sources et effets de la pollution atmosphérique :

Sources anthropique (transport, industrie, énergie) et naturelle (volcanisme, foudre, pollens…). Les effets (sur la santé, les végétaux et les matériaux.)

4- Les aérosols atmosphériques :

Généralités, composition, processus de formation, aérosols primaires et secondaires, normes liées aux aérosols, chimie atmosphérique en phase aqueuse, application aux pluies acides**,**techniques d'échantillonnage et d'analyse des aérosols atmosphérique.

5- Pollution par l'Ozone et ses précurseurs

L'ozone troposphérique, précurseurs d'ozone, mécanismes de formation de l'ozone troposphérique, effets de l'ozone troposphérique et ses précurseurs, techniques d'échantillonnage et d'analyse de l'O_3.

6- Chimie atmosphérique et troposphérique

Eléments de cinétique et photochimie, mécanismes radicalaires, temps de vie et demi vie, photolyse, chimie troposphérique.
Ozone stratosphérique : sources d'ozone, cycles catalytiques (NOx, ClO_x), mécanismes de la destruction de O_3 aux hautes latitudes (trou d'ozone).

7-. Météorologie et dispersion de la pollution

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%.

Références bibliographiques :

1- J.C. Jones, Atmospheric pollution, Book Boon, VentusPublishing, 2008.
2- Louise Schriver-Mazzuoli, La pollution de l'air intérieur, Ed. Dunod, 2009.
3- Zhongchao Tan. Air Pollution and Greenhouse Gases, Springer-Verlag, 2014.

Semestre: 1

Unité d'enseignement: UEF 1.1.2
Matière1:Opérations Unitaires Fluide-Fluide (extraction, distillation, absorption et strippage)
VHS: 67h30 (Cours: 3h00, TD: 1h30)
Crédits: 6
Coefficient:3

Objectifs de l'enseignement:

A la fin de ce cours, l'étudiant doit être capable de :

- Maîtriser les techniques séparatives du Génie des Procédés (absorption, extraction et distillation).
- Aborder les notions de dimensionnement et de la conception des équipements.
- Connaitre les principaux problèmes de fonctionnement (primage…etc).

Connaissances préalables recommandées:

Thermodynamique, Equations différentielles, Phénomènes de transfert (transfert de matière, mécanique des fluides,..).

Contenu de la matière:

Chapitre 1. Absorption et Strippage (5Semaines)

- Généralité sur l'absorption et le strippage (absorption, désorption, classification des principaux types d'absorbeurs)
- Absorption physique : analyse d'une colonne d'absorption (équilibre liquide-gaz , solubilité des gaz en fonction de pression et de température, bilans de matière, débit liquide minimum et débit opératoire, concepts d'étage théorique et réel, méthode de Mac Cabe et Thièle, théories du transfert entre phases, concept d'unités de transfert)
- Absorption avec réaction chimique (transfert de matière en présence d'une réaction chimique irréversible d'ordre 1,1).
- Strippage : analyse d'une colonne de désorption (bilans de matière, débit liquide minimum et débit opératoire, concepts d'étage théorique et réel, méthode de Mac Cabe et Thièle).

Chapitre 2. Extraction Liquide – Liquide (4Semaines)

- Coefficient de partage, selectivité, différents types de diagrammes. Equipements utilisés en continue et en discontinue. Solvant partiellement soluble : extraction multi-étages à co-courant et à contre-courant (Diagramme ternaire). Solvant insoluble : extraction multi-étages à co-courant et à contre-courant (construction Mac Cabe et Thièle), extraction avec double alimentation, extraction avec reflux. Désextraction et recyclage du solvant, choix de la phase de désextraction Et notion d'efficacité.

Chapitre 3. Distillation (6 Semaines)

- Distillation continue (méthode de Ponchon et Savarit, distillation des mélanges complexes). Distillation discontinue.
- Dimensionnement d'une colonne de distillation.

Mode d'évaluation: Contrôlecontinu : 40% ; Examen: 60%.

Références bibliographiques:

1. Daniel Defives et Alexandre Rojey, Transfert de matière , Efficacité des opérations de séparation du génie chimique, Edition TECHNIP ,1976.
2. Robert E. Treybal,«Mass Transfer Operations»,Third Edition, McGraw –Hill ,1980.
3. Warren L. Mc Cabe,Julian C. Smith, Peter Harriott«Unit Operations of Chemical Engineering », Mc Graw- Hill, Inc, Fifth Edition, 1993.
4. Jean LEYBROS, Extraction liquide-liquide - Description des appareils, Techniques de l'ingénieur Référence J2764 v1, 2004.

5. Unit Operations Handbook, Volume 1, Mass transfer, Edited by John J. Mcketta,1993.
6. Daniel Morvan, Génie Chimique : les opérations Unitaires procédés Industriels Cours et Exercices Corrigés,Editeur : ELLIPSES, Colletion :Technosup, 2009.
7. Pierre Wuithier, Le pétrole ,Raffinage et Génie chimique, 2 èmeédition, 1972.
8. Marylee Z. Southard Don W. Green «PERRYS CHEMICAL ENGINEERS HANDBOOK», 9 Edition,2019.
9. J. F. RICHARDSON, J. H. HARKER «CHEMICAL ENGINEERING: Particle Technology and Separation Processes», FIFTH EDITION, VOLUME 2, 2002.
10. Fouad M. Khoury, «Multistage Separation Processes», Third Edition, 2005.

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

Objectifs de l'enseignement:

Compléter les connaissances préalables des étudiants en matière de transfert thermique et leur apprendre de nouvelles notions telles que le transfert thermique en régime transitoire, la conduction au travers des ailettes et en présence d'une source de chaleur ainsi que les échangeurs de chaleur, et les méthodes de calcul des équipements de transfert de chaleur

Connaissances préalables recommandées :

Transfert de chaleur, Mécanique des fluides, notions de mathématique (équations différentielles du premier et second ordre, calcul des intégrales, etc.).

Contenu de la matière :

Chapitre .1. Rappels des Lois de Transfert de Chaleur (1 Semaine)

Chapitre 2 : écoulement autour d'un obstacle (04 semaines)

- Ecoulement sur plaque plane, écoulement autour d'un tube, cylindre, sphère, corrélations et estimation du coefficient de transfert de chaleur
- Ecoulement autour d'un paquet de tubes, corrélation

Chapitre 3 : Ecoulement dans les tubes (03 semaines)

- Corrélations et estimation du coefficient de transfert de chaleur

Chapitre.4 : Description des appareils d'échange de chaleur sans changement de Phase (1 Semaine)

Echangeurs double tube, Echangeurs à faisceau et calandre(calandre, faisceau et assemblage faisceau-calandre) et Echangeurs de chaleur à plaques.

Chapitre 5.Calcul des Echangeurs (3 Semaines)

Etude du transfert de chaleur(équations fondamentales,différence moyenne de température, coefficient de transfert global U), Etude des pertes de charge(Perte de charge à l'intérieur des tubes,Perte de charge à l'extérieur des tubes) ,Méthodes de calcul (Calcul d'un échangeur double-tube,Calcul d'un échangeur à faisceau et calandre (Méthode de Kern)),Considérations générales sur le calcul d'un appareil à faisceau et calandre et programmation du calcul.

Chapitre 6.Les appareils d'Echange de Chaleur avec Changement de Phase (3 Semaines)

Description des appareils , condensation d'une vapeur pure(Coefficients de film à la condensation à l'extérieur des tubes,Calcul du condenseur,Condensation précédée d'une désurchauffe de la vapeur et suivie du refroidissement du condensat),Condensation d' une vapeur complexe(Calcul du coefficient de transfert propre (Méthode de Ward et Méthode de Kern), Perte de charge dans la calandre, Exemple de calcul),rebouilleurs noyésà circulation forcée(Rebouillage d'un corps pur dans la calandre,Rebouillage d'un mélange dans la calandre), Rebouilleurs à Niveau à Circulation Naturelle, Rebouilleurs noyésàCirculation Naturelle , exemple de Calcul d'un Rebouilleur

Mode d'évaluation :

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

Références bibliographiques:

1. J.F. Sacadura, Transferts thermiques – Initiation et approfondissement, Ed. Lavoisier, 2015.
2. R.B Bird, W.E. Stewart, E.N. Lightfoot, Transport phenomena, 2ème Ed., Wiley & Sons, 2007. A. Giovannini et B. Bédat, Transfert de chaleur, Ed. Cépaduès, 2012.
3. James R. Welty, Charkes E. Qicks, Robert E. Wilson; Gregory Rorrer, Fundamentals of Momentum, Heat, and Mass Transfer. 4thediti onWiley& Sons, 2001.
4. Leontiev, Théorie des échanges de chaleur et de masse – Édition Mir-Moscou
5. H.W. Mac Addams La transmission de la chaleur - Dunod - Paris
6. F. P. Incropera, D. P. Dewitt - Fundamentals of Heat and Mass Transfer - Wiley, N.Y. - 2002
7. Bontemps, A. Garrigue, C. Goubier, J. Huetz, C. Marvillet, P. Mercier Et R. Vidil – Échangeur de chaleur – Technique de l'Ingénieur, Traité Génie Énergétique
8. P. Wuithier, Le Pétrole, Raffinage et Génie Chimique tome2, Edition technip Paris

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

Objectifs de l'enseignement :
Cette matière a pour objet de fournir les bases de chimie nécessaires à l'analyse et à la résolution d'un problème environnemental. Elle concerne la caractérisation physico-chimique des eaux en vue de l'évaluation de leur qualité et de leur traitement.

Connaissances préalables recommandées :
Chimie des solutions, minérale et analytique

Contenu de la matière :

TP 1 : Détermination de la salinité, du pH, de la conductivité et de la turbidité
TP 2 : Détermination des matières en suspension et matières volatiles en suspension (MVS) [NF EN 872 (juin 2005)].
TP 3 : Détermination du titre alcalimétrique et du titre alcalimétrique complet [NF EN ISO 9963-1 (février 1996)]
TP 4 : Détermination de la dureté totale, la dureté calcique et la dureté magnésienne [NF T90-003 (août 1984), NF T90-016 (août 1984)].
TP 5 : Détermination des ortho phosphates[NF EN ISO 6878 (avril 2005)]
TP 6 : Détermination de l'oxygène dissous
TP 7 : Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO_5)
TP 8 : Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO)
TP 9 : Détermination du carbone organique total (COT)
TP 10 : Détermination de l'azote ammoniacal et l'azote Kjeldahl (NTK)
TP11 : Méthodologie d'isolement des microorganismes du sol, l'air et de l'eau, analyses microbiologique de l'eau

Mode d'évaluation :
Contrôle continu : 100 % ; Examen : 0%.

Références bibliographiques : (Si possible)

1. *Jean Rodier, Bernard Legube, Nicole Merlet, L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, édition Dunod, Septembre 2016 - 10ème édition.*

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEM1.1
Matière 2: TP Opérations unitaires (Fluide-Fluide)
VHS: 22h30 (TP: 1h30)
Crédits: 2
Coefficient:1

Objectifs de l'enseignement:

- Permettre à l'étudiant d'appliquer les connaissances théoriques acquises sur le plan pratique et de visualiser certains phénomènes.
- Savoir travailleren équipe, respecterles règles de sécurité et maîtriser les risques liés aux matériels, aux installations et aux procédés.

Connaissances préalables recommandées:

Thermodynamique, Phénomènes de transfert (transfert de matière, mécanique des fluides).

Contenu de la matière:

TP N° 1. Détermination de la solubilité mutuelle de deux liquides partiellement miscibles, eau- phénol.

TP N° 2. Extraction de molécules volatiles par hydrodistillation.

TP N° 3. Séparation de l'acide benzoïque et du 2-naphtol

TP N° 4. Etude d'un procédé d'extraction liquide-liquide en batch.

TP N° 5. Etude de quelques diagrammes de phases.

TP N° 6. Absorption du CO_2 contenu dans un flux d'air par de l'eau (absorption "physique).

TP N° 7. Absorption avec réaction chimique et régénération du solvant : absorption du CO_2 dans des acides aminés.

TP N° 8. Absorption désorption liquide-gaz.

TP N° 9. Réalisation d'un diagramme ternaire eau/huile/tensioactif.

TP N° 10. Etude du fonctionnement de la colonne en reflux total

TP N° 11. Rectification continue.

TP N° 12. Distillation en discontinu.

TP N° 13. Etude d'un procédé de distillation continue dans une colonne à garnissage ou dans une colonne à plateaux perforés.

TP N° 14.Séparation et purification par distillation fractionnée : Cas d'une estérification.

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 100%.

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEM1.1
Matière 3: TP Echangeurs de chaleur
VHS: 22h30 (TP: 1h30)
Crédits: 2
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement:
- Quantifier expérimentalement les divers modes de transfert de la chaleur.
- Mesurer les performances thermiques de différents types d'échangeurs.
- Etudier expérimentalement les équipements pour la production, le transport et l'utilisation de la vapeur.

Connaissances préalables recommandées:
Phénomènes de transfert, mécanique des fluides.

Contenu de la matière:

TP N° 1. Transmission de chaleur par conduction (unité de base).
TP N° 2. Conduction de chaleur linéaire.
TP N° 3. Conduction de chaleur radiale.
TP N° 4. Convection et de rayonnement
TP N° 5. Transmission de chaleur par convection libre et forcée.
TP N° 6. Echangeur de chaleur coaxial.
TP N° 7. Echangeur de chaleur à plaques : bilans enthalpiques, courbes d'efficacité, évaluation des coefficients de transfert.
TP N° 8. Echangeur de chaleur à faisceau tubulaire.

Mode d'évaluation:
Contrôle continu:100%.

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEM1.1
Matière 4: Simulateurs en génie des procédés
VHS: 37h30 (Cours : 1h30, TP: 1h00)
Crédits: 3
Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement:

A travers cette matière, l'étudiant apprend à concevoir, dimensionner et simuler certains procédés industriels en relation avec le génie des procédés en utilisant un code de calcul sous forme de simulateur. Le programme sera adapté selon le simulateur utilisé.

Connaissances préalables recommandées:

Thermodynamiques, cinétique de la réaction, Phénomènes de transfert, Opérations unitaireset Réacteurs.

Contenu de la matière:

Chap. I : Rappel (2 semaines)

Simulateurs en Génie des procédés, création d'une simulation, sélection de la liste des composés, choix du modèle thermodynamique, installation et spécification des courants de matière, simulation des pompes, compresseurs et séparateur flash.

Chap. II : Simulation des réactions et réacteurs chimiques/bioréacteurs (3 semaines)

Réactions de conversion simple, Réactions de conversion multiple, Réactions équilibrées, Réacteurs parfaitement agités (RPAC), Réacteurs pistons (RP), bioréacteurs, Réacteurs catalytiques et Association des réacteurs.

Chap. III : Simulation des contacteurs gaz-liquide, liquide-liquide et liquide-solide (3 semaines)

Simulation des phénomènes d'absorption/stripage sans et avec réactions chimiques dans des colonnes de différentes configurations (plateaux et garnissages), extraction liquide-liquide et liquide-solide.

Chap. IV : Simulation des colonnes de distillation (3 semaines)

Distillation des mélanges binaires et complexes dans des colonnes de différentes configurations (Colonne à plateaux et à garnissages avec reflux total et partiel et condenseur total et partiel).

Chap. V : Simulation de procédés réels (4 semaines)

Applications aux procédés réels.

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

Références bibliographiques:

1. Mariano Martín Martín, Introduction to Software for ChemicalEngineers, 2014.
2. Xavier Julia, Simulateurs de procédés, techniques de l'ingénieur, J1022 V2.
3. User guide du simulateur utilisé.

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

Objectifs de la matière :

Compétences visées :

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

Objectifs :

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

Matériels nécessaires :

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

Prérequis : Programmation Python.

Contenu de la matière :

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

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

Chapitre 2 : Programmation et automatisation (04 semaines)

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

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

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

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

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

Chapitre 4 : Apprentissage de GanttProject (02 semaines)

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

Chapitre 5 : Programmation orientée objet avancée (03 semaines)

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

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

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

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

Travaux pratiques :

TP 01 : Maîtriser les bases de la programmation en Python

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

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

TP 02 :

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

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

TP 03 :

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

TP 04 :

Organiser une réunion en Ganttproject

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

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

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

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

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

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

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

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

Bibliographie

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

Ressources en ligne :

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

Semestre : 2
Unité d'enseignement : UET 1.2
Matière : Respect des normes et des règles d'éthique et d'intégrité.
VHS : 15h00 (Cours : 1h00)
Crédit : 1
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement:

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

Connaissances préalables recommandées :

Ethique et déontologie (les fondements)

Contenu de la matière :

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

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

2. Recherche intègre et responsable

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

3. Ethique et déontologie dans le monde du travail :

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

B- Propriété intellectuelle

I- Fondamentaux de la propriété intellectuelle

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

II- Droit d'auteur

1. Droit d'auteur dans l'environnement numérique

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

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

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

3. Brevet

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

III- Protection et valorisation de la propriété intellectuelle

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

C. Ethique, développement durable et nouvelles technologie

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

Mode d'évaluation :

Examen : 100 %

Références bibliographiques :

1. Charte d'éthique et de déontologie universitaires, https://www.mesrs.dz/documents/12221/26200/Charte+fran ais+d f.pdf/50d6de61-aabd-4829-84b3-8302b790bdce
2. Arrêtés N°933 du 28 Juillet 2016 fixant les règles relatives à la prévention et la lutte contre le plagiat
3. E. Prairat, De la déontologie enseignante. Paris, PUF, 2009.
4. Racine L., Legault G. A., Bégin, L., Éthique et ingénierie, Montréal, McGraw Hill, 1991.
5. Siroux, D., Déontologie : Dictionnaire d'éthique et de philosophie morale, Paris, Quadrige, 2004, p. 474-477.
6. Medina Y., La déontologie, ce qui va changer dans l'entreprise, éditions d'Organisation, 2003.
7. Didier Ch., Penser l'éthique des ingénieurs, Presses Universitaires de France, 2008.
8. Gavarini L. et Ottavi D., Éditorial. de l'éthique professionnelle en formation et en recherche, Recherche et formation, 52 | 2006, 5-11.
9. Caré C., Morale, éthique, déontologie. Administration et éducation, 2e trimestre 2002, n°94.
10. Jacquet-Francillon, François. Notion : déontologie professionnelle. Letélémaque, mai 2000, n° 17
11. Carr, D. Professionalism and Ethics in Teaching. New York, NY Routledge. 2000.
12. Galloux, J.C., Droit de la propriété industrielle. Dalloz 2003.
13. Wagret F. et J-M., Brevet d'invention, marques et propriété industrielle. PUF 2001
14. Dekermadec, Y., Innover grâce au brevet : une révolution avec internet. Insep 1999
15. AEUTBM. L'ingénieur au cœur de l'innovation. Université de technologie Belfort-Montbéliard
16. http://www.app.asso.fr/
17. http://ressources.univ-rennes2.fr/propriete-intellectuelle/cours-2-54.html
18. Fanny Rinck **et** léda Mansour "littératie à l'ère du numérique : le copier-coller chez les étudiants" Université Grenoble 3 et Université paris ouest Nanterre la défense Nanterre, france
19. L'abc du droit d'auteur, organisation des nations unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO)
20. Alain bensoussan livre blanc – une science ouverte dans une république numérique direction de l'information scientifique et technique CNRS
21. Copyright in the cultural industries. - Cheltenham: E. Elgar, 2002. - XXII-263 p.
22. 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

23. EmanuelaChiriac, Monique Filiatrault et André Régimbald. "guide de l'étudiant : l'intégrité intellectuelle plagiat, tricherie et fraude… les éviter et, surtout, comment bien citer ses sources" 2014
24. Publication de l'université de montréal. « Stratégies de prévention du plagiat », Intégrité, fraude et plagiat, 2010
25. Pierrick Malissard "La propriété intellectuelle "origine et évolution" 2010.
26. Le site de l'Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle www.wipo.int.

III - Programme détaillé par matière du semestre S2

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEF 1.2.1
Matière1: Production d'eau potable
VHS: 67h30 (Cours: 3h00, TD : 1h30)
Crédits: 6
Coefficient:3

Objectifs de l'enseignement :

Le but de ce cours est de donner aux étudiants les outils qui leur seront nécessaires à la gestion des procédés de production des eaux potables.

Connaissances préalables recommandées:

Chimie de l'eau, la chimie des solutions, l'électrochimie, le transfert de matière.

Contenu de la matière:

Chapitre 1 GENERALITES ET NORMES (2 semaines)

Qualités générales des eaux issues de diverses sources d'approvisionnement ; Normes de qualité ; lignes directrices pour le traitement des eaux ; filières de traitement

Chapitre2. PROCEDES DE PRODUCTION DES EAUX POTABLES (5 semaines)

- **Micro-tamisage (**Aspects théoriques ; Durée d'utilisation et Critères de choix d'un microtamis)
- **Coagulation et floculation** (Particules en suspension ; Coagulation ; Théorie de la floculation)
- **Décantation** (Types de décantation, Décantation de particules discrètes et floculantes ; Décantation à tube et lamelles)
- **Flottation** (flottateurs, quelques performances)
- **Filtration (**Généralités, Caractéristiques des matériaux filtrants, Ecoulement de l'eau dans un filtre à sable, filtre bicouche)
- **Désinfection** (Principes généraux ; Désinfection par : chlore, dioxyde de chlore, ozone, UV, UV/eau oxygénée, etc…)

Chapitre 3 PROCEDES SPECIFIQUES DE PRODUCTION DES EAUX POTABLES (8 semaines)

- **Adoucissement par précipitation**
- **Adsorption et échange d'ions**
- **Elimination du fer et du manganèse**(Equilibre du fer et du manganèse ; Procédés de déferrisation et de démanganisation)
- **Stabilisation de l'eau**
- **Fluoruration et défluoruration des eaux**
- **Dessalement des eaux de mer et saumâtres**
  (Méthodes de dessalement par : distillation, congélation, électrodialyse, osmose inverse, etc…)
- **Procédés d'oxydation avancés**(Fenton, Electrofenton, Photofenton, UV/Ozone, UV/ozone/eau oxygénée, sonochimie, photocatalyse, procédés plasmas, canon à électrons, etc…)
- **Traitement des eaux de piscines**(Finalité et Techniques du traitement)

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

Références bibliographiques:

B. Legube « Production d'eau potable », Edition Dunod, Paris
J.B. BEAUDRY « Traitement des eaux » Edition le Griffon d'argile, Sainte-Foy, (Canada)
DEGREMONT « Mémento technique de l'eau » T1 et T2, Edition Technique et Documentation, Paris
Processus unitaires de traitement de l'eau ; W. J. Masschelein
Microbiologie des eaux d'alimentation ; C. Hasley, H. Leclerc
Les traitements de l'eau pour l'ingénieur - Procédés physico-chimiques et biologiques - Cours et problèmes résolus ; C. Cardot

Le traitement des eaux ; R. Desjardins
Traitement et épuration des eaux industrielles polluées : procédés membranaires, bioadsorption et oxydation chimique ; G. Crini, P. M. Badot

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEF 1.2.1
Matière2: Gestion et traitement des déchets solides
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient:2

Objectifs de l'enseignement:

Le but est d'initier les étudiants à la problématique des déchets solides dont l'impact sur l'environnement et sur la santé publique n'est plus à démontrer. Il est question d'étudier les différentes possibilités de traitement des déchets en fonction de leur nature.

Contenu de la matière:

Introduction

Définition d'un déchet, classification des déchets, caractérisation, déchet ultime, législation.

Chapitre 1 :Déchets ménagers

- **Collecte des déchets :** Type de collecte, équipements de collecte, trajet de collecte, stations de transfert.
- **Mise en décharge :** Problématique des décharges sauvages, centre d'enfouissement technique, déchets admissibles en CET de classe I, II et III, caractéristiques techniques du CET (sécurité passive, sécurité active et couverture), traitements des lixiviats et valorisation du biogaz, dimensionnement du CET.
- **Bioconversion des déchets organiques**
- **Compostage :** Avantages du compostage, déchets compostables, paramètres de compostage, phases de compostage, méthodes de compostage, détermination de la maturité du compost, lombricompostage.
- **Méthanisation :** Déchets méthanisables, importance du méthane dans les procédés industriels, phases de méthanisation, paramètres de méthanisation, fermentation sèche et humide, traitement du biogaz, types de digesteurs.
- **Incinération :** But, produits issus de l'incinération des déchets ménagers, paramètres d'incinération, post traitements (des gaz, cendres volantes et mâchefers), types de fours.
- **Recyclage :** Importance du recyclage, les logos du recyclage, les déchets recyclables et non recyclables, importance du tri sélectif dans le recyclage.

Chapitre 2 : Déchets industriels spéciaux (DIS)

Définition, types, sources de production, critère de dangerosité, nomenclature, stockage.

- **Traitements :**

- Physico-chimiques : neutralisation, précipitation chimique, oxydation/réduction, sorption, stabilisation/solidification, injection en puits.

- Traitements thermiques : incinération, pyrolyse, oxydation hydrothermale, vitrification.

Chapitre3 Déchets de soins à risque infectieux (DASRI)

Types de déchets médicaux, législation, tri, emballage et marquage, stockage, transport.

Traitements : par incinération, stérilisation en autoclave, désinfection chimique, irradiation aux micro-ondes.

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

Références

1- George Tchobanoglous, Frank Kreith, Handbook of Solid Waste Management, McGraw-Hill, 2002.
2- Daniel A. Vallero, J. Jeffrey Peirce, Engineering the Risks of Hazardous Wastes, Ed. B.H. 2003.
3- Lawrence K. Wang, Nazih K. Shammas Yung-Tse Hung, Advances in Hazardous Industrial Waste Treatment, CRC Press, 2009.

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEF 1.2.2
Matière1: Procédés d'adsorption et séparation Membranaire
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 (7 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'adsorption physique).
Chapitre 3 : Les procédés discontinus / procédés continu (courbe de percés)
Chapitre 4 : Les procédés de séparation par adsorption
- Modulée en pression.
-Modulée en température.

Chapitre 5 : La cinétique d'adsorption et calcule de la vitesse d'adsorption (modèle de pseudo premier et second ordre en plus modèle de diffusion intra particulaire et extra particulaire.

Deuxième partie : Procédés de séparation par membrane (8 Semaines)

Chapitre 1. Généralités et définitions
Chapitre 2. Les membranes
Structure, caractérisation et modules membranaires des installations industrielles.
Chapitre 3. Technique de séparation membranaire
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: 2
Unité d'enseignement: UEF 1.2.2
Matière 2: Traitement physico-chimique des eaux usées
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient:2

Objectifs de l'enseignement :

Comprendre l'utilité dutraitement physico –chimique des eaux usées dans la chaine de traitement comme un prétraitement et un traitement complémentaire pour pouvoir dimensionner et gérer les stations d'épuration

Connaissances préalables recommandées :

Les notions fondamentales de chimie et du génie des procédés

Contenu de la matière :

1- Introduction au traitement des eaux usées

2- Caractérisation et Quantification des eaux usées

- Caractérisation de la qualité des eaux usées (DBO, DCO, MES, Azote, Phosphore, huiles et graisse, hydrocarbure, éléments toxiques, métaux lourd, Température, pH…)
- Quantification des eaux usées (dotation, débit moyen, coefficient de pointe, débit max par temps sec, débit max par temps de pluie), technique de quantification des débits
- Evaluation des techniques de réduction des eaux usées à la source
- Régulation et atténuation des variations des débits (dimensionnement des bassins d'égalisation)

3- Collecte et pompage des eaux usées

- La conception des systèmes d'égouts pour l'évacuation des différentes sources d'eaux usées (en fonction de la population,débit,charge) (types des réseaux d'assainissement)
- La conception des stations de pompages pour la transmission des eaux usées aux stations d'épuration et l'évacuationdes effluents traités vers le milieus récepteurs

4- Proposition des chaines de traitement des eaux usées

Sélectionner et concevoir les différentes étapes de traitement selon la composition des eaux usées et la destination des effluents traités : Protection des milieux récepteurs (oued, barrage, nappes souterraines, mer), protection de la santé publique, réutilisation des eaux usées traitées (l'agriculture, l'industrie, etc..), recharge des nappes….

5- Les traitements physico-chimiques

- Canal d'entrée des eaux usées (dimensionnement et technique de réglage)
- Le dégrillage(objectif, différents types de grilles, calcul des pertes de charge et des surfaces mouillée pour une grille propre et colmatée, détermination de la vitesse d'approche et de la vitesse de passage, quantité de rebus retenus))
- Le dessablage (dessableur à canal, aéré ettangentiel,objectif, fonctionnement, calcul des dimensions, calcul des besoins d'air, calcul de la quantité de sable retenue)
- Le déshuilage /dégraissage (Dégraissage statique, Dégraissage aéré, objectif, fonctionnement, calcul des dimensions)
- Traitement chimique (Bassin tampon et dé phosphatation, objectif, fonctionnement, dimensionnement et optimisation des doses)
- Sédimentation et décantation **(**objectifs, sédimentation discrète, sédimentation floculante, sédimentation lamellaire, sédimentation de zone et sédimentation compressive),

dimensionnement des bassins de décantation primaire et secondaire (forme, entrée, déversoir de sortie, fond, système d'extraction des boues etc.…)

- Aération et agitation (technique d'aération et d'agitation, mise en œuvre et paramètres de contrôle)
- Les dysfonctionnementset les techniques de remédiation au niveau des traitements physico-chimiques (technique de diagnostic et mise en œuvre des procédures de remédiation)

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%.

Références bibliographiques :

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEM 1.2
Matière 1: Milieux Poreux et Dispersés
VHS: 37h30 (Cours : 1h30, TD: 1h00)
Crédits: 3
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 :

Opérations unitaires

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Introduction auMilieux Poreux et Dispersés

- Milieux Poreux naturels
- Milieux poreux artificiels
- Opérations sur les solides *:* Broyage ; Criblage, Tamisage.
- Milieux dispersés

Chapitre 2 : Caractérisation des milieux poreux

- Morphologie des grains
- Morphologie d'une population de grain
- Distribution des tailles des particules solides
- Classification des particules solides
- Caractérisation d'un lit de grain

Chapitre 3 : Mouvements des particules dans les fluides

- Mouvement verticaux de particules
- Calcul de la vitesse de chute d'une particule (vitesse terminale).
- Sédimentation d'une Suspension de particules
- Mouvement des colloïdes
- Mouvement de gouttes et de bulles

Chapitre 4 : Ecoulement des fluides à travers un milieu poreux

- Rappel :Equation de continuité de Bernoulli
- Loi de Darcy
- Relation entre l'équation de continuité de Bernoulli et loi de Darcy
- Perméabilité d'un milieu poreux
- Modèle de Kozney-Carmen
- Cohérence entre Loi de Darcy et l'équation de Kozney-Carmen
- Modèle de Burke-Plummer

Chapitre 5 : Filtration

- Théorie de la filtration.
- Théorie de la filtration sur support
- Filtration à débit constant
- Filtration à pression constante.
-

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 2
Unité d'enseignement: UEM 1.2
Matière 2: TP Traitement des eaux et Procédés d'adsorption et Séparation Membranaire
VHS: 15h00 (TP: 1h00)
Crédits: 1 Coefficient:1

Objectifs de l'enseignement :

L'objectif est de présenter les procédés de traitement et des procédés d'adsorption et de séparation membranaire auxquels recourent le plus souvent les ingénieurs pour produire de l'eau potable.

Connaissances préalables recommandées:

Chimie des eaux, méthodes physico-chimiques d'analyse

Contenu de la matière :

Traitement des eaux

- Coagulation-floculation
- Décarbonatation à la chaux
- Echange d'ions
- Décantation
- Clarification
- Filtration
- Stérilisation par chloration (break point) ou ozonation
- Aération (détermination du coefficient de transfert)
- Agitation (optimisation des gradients de vitesse dans les systèmes de traitement)
- Procédés membranaires

Procédés d'adsorption et Séparation Membranaire

- Séparation d'un colorant en phase aqueuse par adsorption.
- Séparation d'un pesticide en phase aqueuse par adsorption.
- Equilibre dans le système hétérogène : détermination expérimentale de l'isotherme d'adsorption du CH_3COOH, dissous dans l'eau, par une substance solide (charbon actif).
- Extraction par membrane liquide émulsionnée.
- Préparation et stabilisation d'une émulsion

Mode d'évaluation: Contrôle continu: 100%

Références bibliographiques:

- J.B. BEAUDRY « Traitement des eaux » Edition le Griffon d'argile, Sainte-Foy, (Canada)
- DEGREMONT « Mémento technique de l'eau » Edition Technique et Documentation, Paris
- W.W. ECKENFELDER « Gestion des eaux usées urbaines et industrielles » Edition Technique et Documentation ; Paris
- M.J. HAMMER « Water and waste-water technology » Edition John Wiley & sons, New York
- Warren L. Mc Cabe, Julian C. Smith, Peter Harriott «Unit Operations of Chemical Engineering », McGraw- Hill, Inc, Fifth Edition, 1993.
- J. P. Brun, Procédés de séparation par membranes, Transport Techniques membranaires Applications, Masson, Paris, 1988

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEM 1.2
Matière3:Traitement et Conditionnement des Eaux de process
VHS: 45h00 (Cours : 1h30 ; TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient:2

Objectifs de l'enseignement:

Le but est d'acquérir des connaissances théoriques et pratiques sur les traitements nécessaires pour utiliser l'eau comme fluide énergétique et thermique afin d'éliminer les problèmes d'encrassement, entartrage, corrosion, développements biologiques, qualité de l'eau, qui découlent directement de l'emploi de ce fluide.

Connaissances préalables recommandées:

Chimie des eaux

Contenu de la matière:

Chapitre I : Eau destinée au différents process : Qualité et caractéristiques

I.1. Eaux pour l'industrie agro-alimentaire
I.2. Eau pour l'industrie pharmaceutique
I.3. Eau pour l'industrie des produits chimiques
I.4. Eau pour l'industrie du papier
I.5. Problèmes causés par l'eau d'alimentation
I.6. Traitements adéquats des eaux

Chapitre II : Traitement des eaux de chaudières

II.2. Spécifications des eaux de chaudières (caractéristiques, propriétés)
II2.1. Problèmes des eaux d'appoint
II.3. Traitement des eaux de chaudières
II.3.1. Adoucissement par échange d'ions
II.3.2. Déminéralisation
II.3.3. Dégazage
II.3.4. Inhibiteurs de corrosion
II.3.4. Conditionnement anti-primage
II.4. Filières de traitement

Chapitre III : Traitement des eaux de refroidissement

III.1. Les circuits de refroidissement (Circuits ouverts, Circuits totalement fermés et Circuits semi-fermés)
III.2. Le refroidissement à l'eau

III.3. Les problèmes causés par l'utilisation de l'eau dans les circuits de refroidissements

Entartrage, Salissures, Corrosion et croissance microbienne.
III.4. Traitement des eaux de refroidissement
III.4.1. Traitement de l'appoint
III.4.1.1. Adoucissement par précipitation
III.4.1.2. Agent dispersant et récalcitrant
III.4.2. Traitement de la purge

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

Référencesbibliographiques:

1. Boiler water, problems and solutions, PDH course M165
2. Systèmes de refroidissement industriels, Décembre 2001, COMMISSION EUROPÉENNE
3. A. Bhatia, Cooling Water Problems and Solutions: Quick Book, 2015
4. Cooling Water Treatment, Essential Expertise for Water, Energy and Air, 2010, ANNUAL REPORT

Boiler Water Treatment, Principles and Practice, Vol. 1 and 2

Semestre 2
Unité d'enseignement : UET 1.1
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: S2
Unité d'enseignement: 1.2.1
Matière : Eléments d'intelligence artificielle appliquée
VHS: 45h00 (Cours 1h30, TP 1h30)
Crédits: 2
Coefficient: 2

Compétences visées :

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

Objectifs :

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

Prérequis :

Programmation avancée Python

Matériels nécessaires :

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

Contenu de la matière :

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

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

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

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

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

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

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

Chapitre 4 : Classification supervisée (3 semaines)

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

Chapitre 5 : Apprentissage non supervisé

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

Chapitre 6 : Les réseaux de neurones

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

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

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

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

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

Travaux pratiques :

TP 01 : Initialisation

TP 02 :

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

TP 03 :

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

TP 04 :

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

TP 05 :

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

TP 06 :

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

Mode d'évaluation :

examen 60% , CC=40%

Bibliographie :

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

V- Programme détaillé par matière du semestre S3

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UEF 2.1.1
Matière 1: Fondement théorique et traitement biologique des eaux usées
VHS: 45h00 **(Cours:1h30, TD: 1h30)**
Crédits: 4
Coefficient:2

Objectifs de l'enseignement :

Comprendre les fondamentaux du traitement biologiquedes eaux usées et modélisation et dimensionnementdes différents réacteursbiologiques à conception variée

Connaissances préalables recommandées:

Les notions fondamentales de biochimie, de microbiologie et du génie des procédés

Contenu de la matière :

1. **Introduction :** Objectifs et nécessité du traitement biologique
2. **Composition et classification des microorganismes**

- Introduction au métabolisme microbien et réaction biologique (sources de carbone et sources d'énergie, besoins nutritionnels des microorganismes)

3- Métabolisme des décomposeurs

- Conversion et Conditions de croissance
- Croissance microbienne et cinétique de Monod (modèle de Monod et constantes bio-cinétiques ; taux de croissance spécifique, taux d'utilisation du substrat, taux de consommation d'oxygène)
- Détermination des constantes bio-cinétiques de Monod(technique en batch, technique en réacteur en continue)
- Les différentes voies de la dégradation biologique de la pollution dans une eau usée (voie aérobie, voie anoxie et anaérobie)
- La modélisation de l'épuration biologique (modèle de compétition, modèle d'inhibition, ASM1…)

4- Les techniques de l'épuration biologiques

- Les procédés à biomasse libre
- Les procédés à biomasse fixée

5- **Exemple des techniques de l'épuration biologique :** les boues activées,Les filtres biologiques, Les réacteurs membranaires, Les systèmes de lagunage

6- Les boues activées

- Type de boues activées (forte charge, moyenne charge et aération prolongée) notion d'âge des boues et charge massique ;
- Développement du bilan du système de boues activées avec retour (âge des boues, charge massique, détermination des concentrations du substrat et de la biomasse à la sortie, volume du bassin d'aération, quantité de boues en excès, besoin d'oxygène et d'air)
- Dimensionnement d'un système de boue activée
- Utilisation des boues activées pour l'élimination de la charge carbonée et de l'azote
- Utilisation des boues activées pour l'élimination de la charge carbonée, de l'azote et du phosphore.
- Différentes configurations des réacteurs à boues activées (bassin biologique, chenal, séquentiel, piston...)

7- Traitement de boues : quantification des boues générées dans un système de traitement biologique, déshydratation et traitement des boues (Epaississement, Digesteurs aérobie, Digesteurs anaérobie, Lit de séchage, Filtre presse)

8- **Les dysfonctionnements et les techniques de remédiation** au niveau du traitement biologique : défloculation des boues, foisonnement et moussage biologique (technique de diagnostic et mise en œuvre des procédures de remédiation)

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40% ; Examen : 60%.

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UEF 2.1.1
Matière 2:Traitement des Effluents Gazeux
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient:2

Objectifs de l'enseignement :

Porter à la connaissance des étudiants les différents procédés de traitements des gaz et des poussières produites par les unités fixes et mobiles.

Connaissances préalables recommandées :

Toutes connaissances de base liée aux procédés de traitement (absorption, adsorption, filtration….)

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Généralités sur la pollution d'air et les effluents gazeux

- Sources de la pollution
- Les principaux polluants de l'air
- Principaux méthodes de traitements de ces polluants

Chapitre 2 : Procédés de traitements des effluents gazeux issus des sources fixes

- Absorption, Contacteurs gaz- liquide, Dimensionnement de colonne a garnissage avec et sans réaction chimique, Dimensionnement de colonne a plateaux
- Adsorption
- Oxydation thermique, Oxydation catalytique
- Condensation,Biofiltration, Torchage.

Chapitre 3 : Procédés de traitements des poussières issus des sources fixes

- Filtres à manche, Cyclone, Venturi, Electrofiltre.

Chapitre 4. 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.

Chapitre 5 : Mesure des gaz et des particules
(Echantillonnages et analyse)

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.
4- Technique de l'ingénieur : Ti452 génie des procédés et protection de l'environnement, ref internet 42327, 5 eme édition
5- J. L. Coulson, J. F. Richardson, and R. K. Sinnott, chemical engineering, 3rd 99., vol. 6. Butterworth Heinemann, 1999.

6- M. Roustan, Transferts gaz-liquide dans les procédés de traitement des eaux et des effluents gazeux, TEC & DOC. paris: Tec & Doc, 2003.

6- M. Roustan, “Absorption en traitement d ’ air,” Tech. l’Ingénieur, vol. 33, no. base documentaire Traitement de l’air, p. 18, 2004.
7- P. Trambouze, H. Van Landeghem, and J.-P. Wauquier, Les réacteurs chimiques: conception, calcul, mise en oeuvre, Technip. paris: Technip Paris, 1984.
8- C. Roizard and G. Wild, “Absorption avec réaction chimique,” Tech. l’Ingénieur, vol. 1, no. x, pp. 79–6, 1997, [Online]. Available: https://www.techniques-ingenieur.fr/res/pdf/encyclopedia/42326210-j1079.pdf.
9- P. V. Danckwerts, “Gas-liquid reactions,” 1970.

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

Objectifs de l'enseignement :

Etudier les cycles thermodynamiques et maîtriser les principes de fonctionnement de certaines technologies énergétiques à savoir : machines thermiques, compresseurs, pompes…etc.

Connaissances préalables recommandées:

Thermodynamique chimique, mécaniques des fluides.

Contenu de la matière:

Chapitre 1. (8Semaines)

Cycle de Carnot des machines thermiques, rendement thermique. Moteur à combustion interne. Turbine à gaz. Machine à vapeur (cycle de Rankine, cycle de HIRN, cycle à resurchauffe, cycle à soutirage, avec représentation dans les divers diagrammes ((T,S), (P ,V) et (H,S)).

Chapitre 2. (4Semaines)

Compresseurs et pompes (cycle du compresseur, travail, rendement et calcul du nombre d'étage. Installation des pompes (courbe caractéristiques, hauteur manométrique, NPSH disponible, NPSH requis, rendement).

Chapitre 3. (3 Semaines)

Le froid : Etude thermodynamique (cycle de Carnot inversé). Cycles frigorifiques réels. Pompes à chaleur.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

Références bibliographiques:

1. Gordon Van Wylen, Richard Sonntag, Thermodynamique appliquée, Editeur Erpi, Collection : Diffusion Pearson Education, 2002.
2. https://hal.inria.fr/file/index/docid/556977/filename/CycleThermoMachines_1011.pdf
3. http://www.emse.fr/~bonnefoy/Public/Machines_Thermiques-EMSE.pdf
4. Olivier Cleynen, Thermodynamique de l'ingénieur, Collection Frama book, 2015.
5. Paul Chambadal, la turbine à gaz, Collection de la direction des études et recherches d'électricité de France, EYROLLES, 1976.
6. Jean Lemale, Les pompes à chaleur, 2éme Edition DUNOD, Paris, 2012, 2014.

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UEF 2.1.2
Matière 2: Réacteurs polyphasiques et bioréacteurs
VHS: 67h30 **(Cours: 3h00, TD: 1h30)**
Crédits: 6
Coefficient : 3

Objectifs de l'enseignement :

- L'étudiant aura acquis des connaissances concernant le fonctionnement des réacteurs poly-phasiques hétérogènes tels que les absorbeurs, les réacteurs catalytiques
- L'étudiant aura acquis des concepts de base nécessaires à la mise en œuvre du design et de l'analyse des bioréacteurs à l'échelle industrielle

Connaissances préalables recommandées:

Des connaissances de notions de base en réacteurs homogènes, en cinétique chimique, en phénomènes de transfert et en microbiologiquesont recommandées.

Contenu de la matière :

Partie 01 : Réacteurs poly phasiques

Chapitre 1. Réacteurs à deux phases fluide- fluide

Effet de la réaction chimique sur le transfert de matière(Théorie des deux films ; Réaction de pseudo premier ordre-Nombre de Hatta (Ha) ; Régime de réaction rapide-Facteur d'accélération E ; Régime de réaction instantanée-Diagramme E en fonction de Ha.) ; Calculs des réacteurs biphasiques (réacteurs batch, réacteurs piston, réacteurs continus parfaitement agités).

Chapitre 2. Réacteurs fluide-solide catalytique

Diffusion intra particulaire (Nombre de Thièle ; Efficacité), Efficacité et transfert de matière externe (Effet du diamètre du grain de catalyseur ; Transfert de matière externe), Influence de la diffusion interne sur la réaction (Critère de Weisz- Prater) ; Influence du transfert de matière externe sur la réaction (Critère de Mears) , Réacteurs à lit fixe. ; Réacteurs à lit fluidisé.

Partie 02 :Bioréacteurs

I- Introduction

Rappels des connaissances de base de la microbiologie, la biochimie et la biologie moléculaire nécessaires au calcul des bioréacteurs

II- Modélisation des vitesses de réaction dans les systèmes biologiques

Cinétique microbienne : modèle de Monod, Cinétique des enzymes, Inhibition des réactions enzymatiques

III- Design et analyse des bioréacteurs

Types de bioréacteurs, Concepts de base, Bioréacteurs batch, Cuves agitées continues, Bioréacteurs piston, Comparaison bioréacteurs batch et bioréacteurs continus

IV- Transfert de matière dans les bioréacteurs

Aération : transfert de matière gaz-liquide, Agitation : transfert de matière par convection forcée

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

Références bibliographiques:

1. Roustan M : Transfert gaz/liquide dans les procédés de traitement des eaux et des effluents gazeux, Tec § Doc Lavoisier, Paris (2003) ISBN : 2-7430-0605-6
2. Schweich D : génie de la réaction chimique, Tec ! Doc lavoisier(2001) ISBN : 2-7430-0459-2
3. R.Missen, C.Mims and B .Saville : Chemical reactions engineering and kinetics, John Wiley and Sons, new York (1999)
4. Levinspiel O : chemicalreaction engineering,3ème édition, John Wiley and Sons, New York (1998) ISBN : 0471225424X
5. Villermaux J : Génie de la réaction chimique , conception et fonctionnement des réacteurs, 2ème édition, Tec § Doc Lavoisier , Paris (1993) ISBN : 2-85206-132-5
6. AtkinsonB and MayitunaF : Biochemical engineering and biotechnology hand book, Ed Mac Millan(1991) ISBN : 978-033342-4032
7. Froment G and Bischoff KB : Chemical reactor, analysis and design : John Wiley and Sons, New York (1979)

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UEM 2.1
Matière 1:TP Traitements Biologique des eaux usées/bioréacteurs
VHS: 22h30 (TP: 1h30)
Crédits: 2
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement:

Mettre en pratique les notions théoriques acquises en cours

Connaissances préalables recommandées:

Notions de base de biochimie,microbiologie et de génie des procédés

Contenu de la matière :

1. Caractérisation des eaux usées : DCO, DBO_5, COT, les éléments biogènes, les éléments toxiques
2. Dégradation dans un Bioréacteur à cascade
3. Suivie d'un réacteur à boues activées (détermination des conditions de fonctionnement)
4. Suivie de l'efficacité du traitement biologique :

   - Caractérisation de la décantabilité des boues : courbe de décantation et indice de boue

   - Visualisation microscopique et macroscopique des boues activées etdiagnostic du dysfonctionnement

NB : Il est recommandé de faire au moins six TP, choisis dans les différents groupes, en fonction des moyens disponibles.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 100 %.

Références bibliographiques :

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UEM 2.1
Matière 2 : Intensification des procédés
VHS: 22h30 (Cours : 1h30)
Crédits: 2
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement :

1-Comprendre le principe de l'intensification des procédés 2-Appliquer les techniques d'intensification pour des procédés divers

Connaissances préalables recommandées :

Transfert de matière et de chaleur, catalyse, Réacteurs, opérations unitaires.

Contenu de la matière :

Chapitre 1. Bases de l'intensification des procédés

Définitions. Principes et applications de l'IP. Mise en œuvre de l'intensification des procédés : approche basée sur les équipements ou les méthodes.

Chapitre 2. Les équipements pourl'Intensification des procédés

Microréacteurs : Réacteurs à baffles oscillantes, Réacteurs à disque tournant

- Absorbeur centrifuge
- Colonnes garnies rotatives
- Exemples d'application de ces équipements dans différents procédés

Chapitre 3. Les méthodes de l'Intensification des procédés

Réacteurs multifonctionnels (Distillation réactive, Réacteurs à membrane). Séparations hybrides (Membrane- absorption, Membrane- distillation). Exemples d'applications de ces différentes méthodes.

Chapitre 4. Sources d'énergies alternatives

Energie solaire. Ultrasons. Micro-ondes.

Chapitre 5.Autres méthodes d'intensification des procédés :

Nouveaux solvants(Fluides supercritiques,Liquides ioniques). Exemples d'application de ces solvants.

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

Références bibliographiques :

1. Stanckiewicz, A., and Moulijn. Marcel Dekker, Re- engineering the Chemical Processing Plant- Process Intensification. Inc. N.Y 2003.

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UEM 2.1
Matière 3:Traitement des Sols pollués
VHS: 22h30 (Cours : 1h30)
Crédits: 2
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement:

Les sites pollués par les infiltrations de substances polluantes liées à l'exploitation des installations industrielles constituent un risque pour les eaux de surface et souterraines et pour l'usage des sols comme habitat, cultures ou implantation d'activités. Le but de ce cours est de porter à la connaissance des étudiants les différentes techniques existantes de décontamination des sites pollués par différents composés organiques et minéraux.

Connaissances préalables recommandées :

Contenu de la matière :

Introduction

Chapitre I : Le sol : formation, propriétés et réhabilitation

- Formation des sols, types de sols, propriétés (physiques- chimiques- biologiques), analyse chimiques, physiques et bactériologique des sols pollués
- Contaminants et polluants du sol : organiques et inorganiques (caractéristiques et propriétés)
- Techniques de mises en œuvre et règlementation

Chapitre II : Méthodes physico-chimiques

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

Chapitre III : Méthodes thermiques

Désorption thermique (Pyrolyse)- Incinération - Vitrification,

Chapitre IV : Méthodes biologiques

Phytoremédiation - Biodégradation dynamisée - Atténuation naturelle contrôlée – Biotertre - Compostage.

Mode d'évaluation :

100% Examen

Références

1- *Jeff Kuo, Practical Design Calculations for Groundwater and Soil Remediation, 2014.*
2- *Khan Towhid Osman, Soil Degradation, Conservation and Remediation, 2014.*
3- *Marc Pansu, Jacques Gautheyrou, Handbook of Soil Analysis Mineralogical, Organic and Inorganic Methods; Springer- 2006.*
4- *John Pichtel,Fundamentals of Site Remediation: For Metal and Hydrocarbon-Contaminated Soils, 2007.*
5- *Helmut Meuser, Soil Remediation and Rehabilitation, Treatment of Contaminated and Disturbed Land, 2013.*
6- *Rainer Stegmann, Gerd Brunner, Wolfgang Calmano, Gerhard Matz, Soil Treatment of Contaminated Soil, Springer, 2001.*

Semestre: 3
Unité d'enseignement : UEM 2.1
Matière 4: Plans d'expériences
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TP: 1h30)
Crédits: 3
Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement:

Permettre une bonne maîtrise des manipulations expérimentales et rendre les résultats plus significatifs.

Connaissances préalables recommandées:

Les notions de base en mathématiques

Contenu de la matière:

Chapitre1 : Introduction générale et plans factoriels

1. Introduction
2. Qu'est-ce qu'un plan d'expérience
3. Domaine d'étude et surface de réponse
4. Les facteurs
5. Notion d'interaction
6. Notion de modèle et de régression linéaire multiple
7. Plan factoriel 2^k complet
   7.1. Exemple de calcul des effets
   7.2. La représentation graphique des effets
   7.3. Forme matricielle- Régression multilinéaire
8. Exemple d'application

Chapitre2 : Tests de signification et validation du modèle

1. Introduction
2. Erreurs expérimentales
3. Tests de Signification des effets
4. Intervalle de confiance des effets du modèle
5. Analyse de la variance. Validation du modèle linéaire
   5.1. Le tableau « ANOVA »
   5.2. Coefficient de détermination-Coefficient de corrélation
6. Exemple d'application

Chapitre3 : Les plans fractionnaires

1. Introduction
2. Conception d'un plan fractionnaire
3. Analyse du plan fractionnaire
4. Exemple d'application
5. Autres plans : Plans Plackett-Burman et Plan Taguchi

Chapitre4 : Les plans de surface de réponses

1. Introduction
2. Notion de surface de réponse et courbes isoréponses
3. Plans pour l'étude des modèles du second degré
   3.1. Plan Box- Behnken
   3.2. Plan composite centrés
4. Critères de qualité et d'optimalité d'un plan expérimental
   4.1. Calcul des plans optimaux
5. Exemple d'application des plans de surface de réponses

Chapitre5 : Les plans de mélange

1. Introduction
2. Représentation géométrique des mélanges
3. Domaine d'étude dans les plans de mélange
4. Modèles mathématiques des mélanges
5.Analyse d'un plan de mélange
6.Exemple d'application
7.Plans de mélange et plan d'expériences : plans mixtes

Applications

- Initiation au logiciel Minitab + Obtention des coefficients d'un plan complet ainsi que les graphiques des effets principaux et des interactions+ANOVA.

- Les plans fractionnaires sous Minitab

- Optimisation par des plans de surface de réponses (Box Benkhen+Central composite)

- Utilisation des plans de mélange

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

Références bibliographiques:

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
Matière 1 : Recherche documentaire et conception du mémoire
VHS : 15h00 (Cours: 1h00)
Crédits : 1
Coefficient : 1

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

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

Contenu de la matière:

Partie I- : Recherche documentaire :

Chapitre I-1 : Définition du sujet (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 du 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.*