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 كيميائية

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	*Génie des Procédés*	*Génie Chimique*

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***	***Chemical Engineering***

I – Fiche d'identité du Master

Conditions d'accès

(Indiquer les spécialités de licence qui peuvent donner accès au Master)

Filière	Master harmonisé	Licences ouvrant accès au master	Classement selon la compatibilité de la licence	Coefficient affecté à la licence
Génie des Procédés	Génie chimique	Génie des procédés	**1**	**1.00**
		Raffinage et pétrochimie	**2**	**0.80**
		Energétique	**3**	**0.70**
		Valorisation des ressources minérales	**3**	**0.70**
		Autres licences du domaine ST	**5**	**0.60**

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

MASTER GENIE CHIMIQUE

Semestre 1

Unité d'enseignement	Matières	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 semaines)	Travail Complémentaire en Consultation (15 semaines)	Mode d'évaluation	
	Intitulé			Cours	TD	TP			Contrôle Continu	Examen
UE Fondamentale Code : UEF 1.1.1 Crédits : 10 Coefficients : 5	Opérations unitaires I (*distillation, Extraction sol-liq- mélangeage*)	6	3	3h00	1h30		67h30	82H30	40%	60%
	Milieux poreux et dispersés	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 1.1.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Thermodynamique appliquée	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Echangeurs de chaleur	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 1.1 Crédits : 11 Coefficients : 7	TP Opérations unitaires I	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Milieux poreux et dispersés	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	05h00	40%	60%
UE Transversale Code : UET 1.1 Crédits: 1 Coeff. :1	Respect des normes et règles d'éthique et d'intégrité	1	1	1h00			15h00	10h00		100%
Total semestre 1		**30**	**17**	**11h30**	**6h00**	**7h30**	**375h30**	**375h00**		

Semestre 2

Unité d'enseignement	Matières	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 semaines)	Travail Complémentaire en Consultation (15 semaines)	Mode d'évaluation	
	Intitulé			Cours	TD	TP			Contrôle Continu	Examen
UE Fondamentale Code : UEF 1.2.1 Crédits : 10 Coefficients : 5	Opérations unitaires 2 (*Humidification-Séchage-Evaporation-Cristallisation*)	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Procédés d'Adsorption et séparation Membranaire	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 1.2.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Génie de la réaction 1 : réacteurs non idéaux et bioréacteurs	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Fours et Chaudières	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 1.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Analyse Numérique	**3**	**1**	**1h30**	**1h00**		**37h30**	**37h30**	40%	60%
	TP Opérations unitaires 2	2	1			**1h00**	**15h00**	**35h00**	100%	
	TP Génie de la réaction	2	1			**1h00**	**15h00**	**35h00**	100%	
	TP Procédés d'adsorption et séparation Membranaire	1	1			1h00	15h00	10h00	100%	
UE Transversale Code : UET 1.2 Crédits : 4 Coefficients : 4	Lean start-up	2	2	1h30	1h30		45h00	5h00	80% (20% Atl + 60% Prj)	20%
	Eléments d'IA appliquée	2	2	1h30	1h30		45h00	5h00	40%	60%
Total semestre 2		**30**	**17**	**12h00**	**8h30**	**4h30**	**375h00**	**375h00**		

Semestre 3

Unité d'enseignement	Matières	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 semaines)	Travail Complémentaire en Consultation (15 semaines)	Mode d'évaluation	
	Intitulé			Cours	TD	TP			Contrôle Continu	Examen
UE Fondamentale Code : UEF 2.1.1 Crédits : 10 Coefficients : 5	Fondements de la modélisation en génie des procédés	4	2	1h30	1h30*		45h00	55h00	40%	60%
	Procédés de Raffinage et de Pétrochimie	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Intensification des procédés	2	1	1h30			22h30	27h30		100%
UE Fondamentale Code : UEF 2.1.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Méthodes d'optimisation en génie des procédés	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Réacteurs polyphasiques	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 2.1 Crédits : 9 Coefficients : 5	Régulation et commande des procédés	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Plans d'expériences	3	2	1h30		1h30	45h00	30h00	40%	60%
	TP Raffinage et pétrochimie	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
UE Transversale Code : UET 2.1 Crédits : 3 Coefficients : 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**	**13h00**	**7h30**	**4h30**	**375h00**	**375h00**		

N.B. Pour la matière fondement de la modélisation en génie des procédés, l'enseignant peu prévoir des applications sous forme de TP.

Panier au choix pour les matières des UED (S1, S2, S3)

1. Chimie verte -Procédés Propres
2. Méthodes physico-chimiques d'analyse
3. Corrosion et protection des installations
4. Processus d'activation
5. Stockage d'énergie
6. Energies renouvelables
7. Biomasse et biocarburants
8. Evaluation technico-économique des procédés
9. Management de l'environnement
10. Energies renouvelables
11. Risques industriels et Catastrophes naturelles
12. capteurs chimiques et Biochimiques
13. Biopiles
14. Cybernétique pétrolière

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:Opérations unitaires 1(distillation, Extraction solide-liquide -Mélangeage)
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 (distillation extraction) et les techniques et mélangeage
- Aborder les notions de dimensionnement et de la conception des équipements.
- Connaitre les principaux problèmes de fonctionnement (primage, engorgement…etc).

Connaissances préalables recommandées:

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

Contenu de la matière:

Chapitre 1.Distillation (7Semaines)

- Rappel sur les équilibres liquide-vapeur

- Distillation flash, Point de bulle, Point de rosée,

Distillation des mélanges binaires :
- Méthode de McCabe and Thiele : Hypothèses de Lewis. Droites opératoires des sections rectification et épuisement ; droites thermiques de l'alimentation, Détermination du nombre d'étages théoriqueslocalisation optimale de l'alimentation, condenseur partiel- rebouilleur partiel, Cas limites (reflux total, reflux minimum). Alimentations et soutirages multiples. Efficacité de Murphree-Efficacité globale.

- Méthode de Ponchon Savarit : Diagramme enthalpie-concentration .Bilans matière et bilans enthalpiques sur les zones d'enrichissement et d'épuisement et sur toute la colonne.Position optimale de l'alimentation. Nombre minimum d'étages théoriques.Refluxminimum.Condenseur partiel. Cas de deux alimentations

Chapitre 2.Extraction liquide-solide (Lixiviation) (5 Semaines)

Equilibre solide-liquide . Diagramme de Janecke. Détermination du nombre d'étages théoriques, cas de l'extraction à contre-courant et à courants croisés. Equipements utilisés en continu et discontinu.

Chapitre 4. Mélangeage (3Semaines)
Applications (mélangeage et dispersion). Différents types d'agitateurs. Calcul du Reynolds, nombre de puissance, nombre de Froude, dimensionnement d'un système d'agitation (diamètre de l'agitateur, nombre de chicane, puissance, positionnement de l'agitateur).

Mode d'évaluation: Contrôle continu: 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 ème édition, 1972.

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEF 1.1.1
Matière2:Milieux poreux et dispersés
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient:2

Les objectifs de ce cours : les objectifs de cette matière est de permettre de connaitre les caractéristiques d'un milieux poreux et dispersé ainsi que leur impact sur les paramètres optimisant t les opérations unitaires de contact solide-liquide, tels que la vitesse de sédimentation, les pertes de charges, vitesse de fluidisation…etc .

Connaissances préalables recommandées : notions de mathématique ; les surfaces des formes géométriques, notions de mécanique de fluide ; les écoulements, certaines opérations unitaires…

Connaissances préalables recommandées:

Opérations unitaires

Contenu de la matière:

Chapitre 1.*Opérations sur les solides*

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

Chapitre 2. Mouvements des particules dans un fluide

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

Chapitre 3.Ecoulement des fluides à travers un milieu poreux

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

Chapitre 4.Fluidisation

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

Chapitre 5.*Sédimentation*

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

Chapitre 6.*Filtration*

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

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

Références bibliographiques:

Coulson J.M., J.F Richardson, J.R Backhurst And J.H. Harker, "Chemical Engineering", volume two, Fifth edition, Pergamon Press, 2002.

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

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEF 1.1.2
Matière 1:Thermodynamique appliquée
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. Les turbomachines (07 semaines)
I.1 Pompes
I.2 Ventilateurs
I.3 Compresseurs
I.4 Turbines à gaz et vapeur
Chapitre 2. Cycles thermodynamiques (04 semaines)
II.1Cycle thermodynamique et représentation dans les diagrammes ((T,S), (P ,V)…)
II.2 Cycles moteurs (Rankine, Hirn, Carnot…) et de réfrigération (Carnot Inversé, …)
II.3 Introduction aux Systèmes de chauffage et de climatisation
II.4 Pompes à chaleur et cogénération énergétique
Chapitre 3. Thermodynamique des processus irréversibles (04 semaines)
IV.1 Conservation de l'énergie dans les systèmes ouverts
IV.2 Bilan entropique d'un système ouvert
IV.3 Exergie physique et chimique
IV.4 Application de l'analyse exégétique aux cycles thermodynamiques

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.*
7. *Smith, E.B, Basic, ChemicalThermodynamics, 2nd ed., ClarendonPress, Oxford, 1977.*
8. *Stanley I.Sandler, Chemical and Engineering Thermodynamics, Wiley, New York, 1977.*
9. *Lewis G.N., Randal M., Thermodynamics, Mac Graw Hill*
10. *Hougen O.A., Watson K.M., Chemicalprocessprinciples, Vol II: Thermodynamics, John Wiley and sons*
11. *Brodyanski V., Sorin M., Le Goff P. The efficiency of industrialprocesses, exergyanalysis and optimization, Amsterdam, Elsevier, (1994).*
12. *Wuithier, P, le pétrole, raffinage et génie chimique, édition technip 1972*
13. *Abbott M; Théorie et applications de la thermodynamique, série schum, Paris 1978*
14. *Kireev, V. Cours de chimie physique, Edition Mir, Moscou 1997*

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 des étudiants 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. 4thedition Wiley& 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 Opérations unitaires I
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 la caféine du thé.

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.

Mode d'évaluation: Contrôle continu: 100%.

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEM1.1
Matière2: TP milieux poreux et dispersés
VHS: 22h30 (TP: 1h30)
Crédits: 2
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement:

- Mettre en pratique les notions théoriques acquises dans la matière.
- Savoir mettre en marche, faire fonctionner et arrêter une installation en suivant les règles de sécurité.

Connaissances préalables recommandées:

Opérations unitaires

Contenu de la matière:

TP N° 1. Caractérisation de particules solides : masse volumique , porosité en lit, angles d'écoulement.

TP N° 2. Détermination des diamètres moyens par tamisage.

TP N° 3. Mesure de la perte de charge à travers un lit de particules ; fluidisation.
TP N° 4.Fluidisation gaz-solide ou liquide-solide : vitesse minimale de fluidisation, transfert de chaleur, expansion du lit.

TP N° 5. Filtration : filtration sur filtre presse, résistance du gâteau et de la toile
TP N° 6. Broyage.

Mode d'évaluation :
Contrôle continu : 100%

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEM1.1
Matière3: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: UEM 1.1
Matière4: Simulateurs en Génie des procédés
VHS: 45h00 (Cours : 1h30, TP: 1h30)
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, Phénomènes de transfert, Opérations unitaires

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 différents procédés chimiques 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: 1
Unité d'enseignement: UEM1.1
Matière 1:Méthodes physico-chimiques d'analyse
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits: 2
Coefficient:2

Objectifs de l'enseignement:

Donner les connaissances fondamentales sur les méthodes et techniques expérimentales qui permettent de **caractériser la matière et d'étudier sa structure**. En particulier les techniques et les outils pour lesquels des progrès technologiques sont apparus récemment.

Connaissances préalables recommandées:

Etat de la matière, thermodynamique chimique, propriétés structurales et physico-chimique de la matière, notions de physique et chimie générale.

Contenu de la matière:

Chapitre 1. Les techniques séparatives : la Chromatographie : **(2Semaines)**
Aspects généraux,Classification des techniques chromatographiques : chromatographie sur colonne et chromatographie sur plaque.

Chapitre 2. Types de chromatographie **(3Semaines)**
CPG, HPLC, CCM.

Chapitre 3. Les méthodes couplées : CG/MS. LC/MS **(2 Semaines)**
Chapitre 4. Spectrométrie d'absorption atomique :
Généralités, instrumentation et applications ; Méthode des ajouts dosée **(2 Semaines)**

Chapitre 5. Spectrophotométrie d'émission atomique **(2 Semaines)**
Généralités, instrumentation et applications ; Méthode de l'étalon interne

Chapitre 6. La spectrométrie de fluorescence X **(2 Semaines)**
Généralités, applications et avantages

Chapitre 7. Analyse thermique : instrumentation et techniques **(2 Semaines)**

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

Références bibliographiques:

1- *J. Tranchant, Manuel pratique de chromatographie en phase gazeuse, Masson, Paris 1995.*
2- *F. Rouessac et A. Rouessac, Méthodes et techniques instrumentales modernes, Dunod, Paris 2004.*
3- *P. Arnaud, Chimie organique, Dunod, 2009.*
4- *A.Skoog, F.Holler et A. Niemaw, Principes d'analyse instrumentale, Edition de Boeck, Paris 20*

Semestre : 1
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:Opérations unitaires2 (*Humidification, Séchage-Evaporisation-Cristallisation*)
VHS: 67h30 (Cours: 3h00, TD: 1h30)
Crédits: 6
Coefficient: 3

Objectifs de l'enseignement:

A la fin de ce module, l'étudiant aura acquis des connaissances nécessaires à la compréhension des phénomènes de transfert simultanés de matière et de chaleur et de dimensionner certains équipements.

Connaissances préalables recommandées:

Connaissances des phénomènes de transfert (matière, quantité de mouvement et de chaleur), thermodynamique, mathématiques et les opérations unitaires étudiées en licence.

Contenu de la matière:

Chapitre 1. Humidification (6 Semaines)

Principe. Applications. Grandeurs humides. Equipements utilisés (tour de refroidissement, aéroréfrigérant). Diagrammes de l'air humide. Thermomètre humide. Mélange d'air humide (calcul des grandeurs humide du mélange, diagramme de mollier (enthalpie, humidité absolue). Dimensionnement d'une tour de refroidissement.

Chapitre 2.Séchage (3 Semaines)

Généralités. .Différents types de sécheurs. Choix de sécheurs. Mode de séchage (continu, discontinu, contre-courant, co-courant, par convection, conduction etc…). Mécanismes de séchage. Bilan matière et enthalpique au niveau d'un sécheur. Calcul de la vitesse et la durée de séchage.

Chapitre 3. Evaporation (3Semaines)

Introduction. Facteurs principaux influençant l'évaporation. Bilan thermique et matière au niveau de l'évaporateur (simplifié). Différents types d'évaporateurs et différentes circulations. Calcul de la surface d'échange (évaporateur simplifié ou à multiples effets). Comparaison entre évaporation à multiples effets à contre-courant et à co-courant). Différents types de procédés d'évaporation (système à compression, éjecto-compression, pompe à chaleur, à absorption). Dispositifs annexes (condenseurs, séparateur gaz-liquide).

Chapitre 4. Cristallisation (3Semaines)

Quelques aspects fondamentaux. Les différentes étapes de la cristallisation. Effet des impuretés sur la formation des cristaux. Les réacteurs de cristallisation (Batch et continue). Adsorption d'un soluté en phase liquide dans une tour à lit fixe (percolation).

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

Références bibliographiques:

1. *Daniel Morvan, Génie Chimique : les opérations Unitaires procédés Industriels Cours et Exercices Corrigés, Editeur : ELLIPSES, Colletion :Technosup, 2009.*
2. *Warren L. MCCabe,Julian C. Smith,, Peter Harriott « Unit Operations of Chemical engineering », Seventh Edition MC Graw Hill,2005.*
3. *Unit Operations Handbook, Volume 1, Mass transfer, Edited by John J. Mcketta, 1993.*
4. *Robert E. Treybal,«Mass Transfer Operations»,Third Edition, McGraw –Hill ,1980.*
5. *Georges Arditti, Technologie chimique industrielle, Tome 3, Production de la chaleur Transfert de matière utilisant l'énergie, Editions EYROLLES, 1972.*

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEF 1.2.1
Matière2: 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 (6 Semaines)

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

Deuxième partie: Procédés de séparation par membrane

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

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

Références bibliographiques:

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

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEF 1.2.2
Matière 1: Génie de la réaction I : réacteurs non idéaux et bioréacteurs
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4Coefficient:2

Objectifs de l'enseignement:L'étudiant aura acquis des connaissances concernant l'hydrodynamique dans les réacteurs réels ou non-idéaux, les principaux modèles de réacteurs homogènes et des notions sur le fonctionnement des bioréacteurs.

Connaissances préalables recommandées:
Connaissances des notions de base en cinétique chimique, en thermodynamique en phénomènes de transfert et en réacteurs homogènes idéaux.

Contenu de la matière:

Chapitre 1 : Réacteurs non- idéaux (7semaines)

- notions fondamentales (introduction et définitions)
- Modélisation des réacteurs : notion des distributions des temps de séjour (DTS) ,
- identification des réacteurs, réacteurs non isothermes, réacteurs adiabatiques, modèles simples : réacteur piston à dispersion axiale, modèles à plusieurs paramètres, états d'agrégation (micro et macro mélange).

Chapitre 2 Bioréacteurs (8semaines)

- Classification et caractéristiques des bioréacteurs
- Transfert de matière dans les bioréacteurs : couplage transfert- réaction,
- mécanisme et cinétique des réactions enzymatiques homogènes et hétérogènes
- Mode de fonctionnement des bioréacteurs (réacteurs continus parfaitement agités, réacteurs à lit fixe, réacteurs à lit fluidisé, réacteurs membranaires).

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

Références bibliographiques:

1. *Levinspiel O : chemicalreaction engineering, 3ème édition, John Wiley and Sons, New York (1998) ISBN : 0471225424X*
2. *Villermaux J : Génie de la réaction chimique, conception et fonctionnement des réacteurs, 2ème édition, Tec § Doc Lavoisier , Paris (1993) ISBN : 2-85206-132-5*
3. *Schweich D : génie de la réaction chimique, Tec ! Doc lavoisier (2001) ISBN : 2-7430-0459-2*
4. *Froment G and BischoffKB : Chemical reactor, analysis and design : John Wiley and Sons, New York (1979) ISBN : 978-0471510-444*
5. *P.trambouze : les réacteurs chimiques : conception / calcul/mise en œuvre, Editions Technip(Paris) 1984*
6. *R.W.Missen : chemicalreaction engineering and kinetics, Edition John Wiley and Sons, Inc, New York, 1999*

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

Objectif de l'enseignement:

- ✓ Expliquer le fonctionnement des fours et des chaudières industriels.
- ✓ établir un bilan d'énergie d'un four ou d'une chaudière et de déterminer le rendement thermique de l'équipement.
- ✓ Indiquer les postes de perte d'énergie dans ces équipements et les méthodes d'optimiser le bilan thermique.
- ✓ Décrire les principales opérations d'exploitation des équipements de chauffe.

Connaissances préalables recommandées:

Phénomènes de transfert de matière, de chaleur et de quantité de mouvement, et thermodynamique.

Contenu de la matière:

Chapitre 1. INTRODUCTION **(1 Semaines)**

Chapitre 2. COMBUSTIBLES ET ENERGIE DE COMBUSTION **(4 Semaines)**

Les combustibles ; La combustion. ; Réaction de combustion ; Qualité de la combustion. ; Les équipements de combustion ; Aspects environnementaux liés à la combustion.

Chapitre 3. LES FOURS INDUSTRIELS **(6 Semaines)**

- Classification et description des fours industriels.

Fours continus, fours discontinus, chauffage direct et chauffage indirect, Fours à haute et à basse température, dimensionnement d'un four.

- Bilan énergétique d'un four.
- Rendement d'un four.
- Exploitation des fours industriels (principales opérations) :

Séchage, Mise en service et contrôle de fonctionnement et arrêts d'un four, Décokage des tubes de four.

Chapitre 4. LES CHAUDIERES INDUSTRIELLES **(4 Semaines)**

4.1. Rôle des chaudières industrielles.
4.2. Aspect thermodynamique des chaudières.
4.3. Différents types de chaudières
Chaudières à tubes d'eau, Chaudières à tubes de fumées, Chaudières de récupération.
4.4. Circulation de l'eau dans les chaudières.
4.5. Calcul thermique d'une chaudière.
4.6. Principaux paramètres à surveiller lors de l'exploitation d'une chaudière.

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

Références bibliographiques:

1. *R.Borghi, M.Destriau, , Gérard de Soete, Combustion and Flames, Chemical and physicalprinciples, Edition TECHNIP, 1998.*
2. *R.Borghi, M.Destriau, Gérard de Soete, La combustion et les flammes, Edition TECHNIP, 1995.*
3. *http://www.ultimheat.com/Museum/section3/1932%20ca%20Galopin%20chaudi%C3%A8res%2020111015.pdf*
4. *Irvin Glassman, Combustion, Second edition , ACADEMIC PRESS, INC, 1987.*
5. *Georges Monnot, La Combustion dans les fours et les chaudières, Technip, Publications de l'Institut français du pétrole, 1978.*

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEM 1.2
Matière 3: Analyse Numérique
VHS: 37h30 (Cours: 1h30, TD: 1h00)
Crédits: 3
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement:

Faire l'étude des méthodes de base de l'analyse numérique.

Connaissances préalables recommandées:

Cours d'Analyse, Equations différentielles….

Contenu de la matière:

Chapitre 1 : Introduction

- Modélisation Mathématique du Phénomène de Transport

Principe de conservation, Equation de continuité, Equation de l'énergie, Equation de conservation d'espèce chimique.

Chapitre 2 : Classification des Equations Différentielles aux Dérivées Partielles

- Classification aux sens mathématique.
- Classification aux sens physique.

Chapitre 3 : Méthodes de Discrétisation

- Méthode des différences finies (détaillée).
- Méthode des volumes finis (détaillée).
- Méthode des éléments finis.

Chapitre 4: Equations Elliptiques

- Conduction 1D en régime stationnaire

Maillage, Conductivité aux interfaces, Linéarisation du terme source, Conditions aux limites et Résolution des équations algébriques linéaires (Méthode TDMA).

- Conduction 2D et 3D

Résolution des équations algébriques (Méthode de Gauss Seidel, Méthode de Relaxation) .

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 100%.

Références

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEM 1.2
Matière1:TP Opérations unitaires 2,
VHS: 15h00 (TP: 1h00)
Crédits: 2
Coefficient:1

Objectifs de l'enseignement:

- Mettre en application des notions relatives aux opérations unitaires du Génie des Procédés, au niveau des équilibres entre phases, des bilans et des transferts de matière.

Connaissances préalables recommandées:

Thermodynamique, Phénomènes de transfert, Chimie des surfaces et catalyse hétérogène et extraction liquide-liquide.

Contenu de la matière:

TP N° 1.Evaluation de l'efficacité de la tour de refroidissement.
TP N° 2. Procédure de calcul de la masse d'eau perdue par le solide.
TP N° 3. Séchage d'une phase organique.
TP N° 4. Séchage par atomisation (sulfate de sodium) : bilans matière et bilans enthalpiques, température humide
TP N° 5. Evaporation d'un solvant organique.
TP N° 6. Purification par recristallisation.
TP N° 7. Séchage des solides.

Mode d'évaluation:
Contrôle continu: 100%.

NB : *Au moins quatre TP en opérations unitaires sont assurés selon les moyens disponibles, d'autres TP peuvent être adoptés avec l'accord des instances scientifique et pédagogiqu*

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEM 1.2
Matière 3:TP génie de la réaction
VHS : 15h00 (TP : 1h00)
Crédits: 2
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement:

Mesurer la capacité d'un étudiant à réaliser un travail pratique ayant pour but l'étude du fonctionnement d'un réacteur en utilisant les connaissances acquises en cours ou en début de TP et d'apprécier sa capacité à rédiger un document scientifique mettant en évidence les résultats majeurs obtenus.

Connaissances préalables recommandées:

Réacteur homogène, phénomènes de transfert.

Contenu de la matière:

TP N° 1. TP Réacteur continu agité.

TP N° 2. TP Réacteur à écoulement piston.

TP N° 3. TP Réacteurs en série.

TP N° 4.Bioproduction : fabrication d'éthanol par fermentation.

TP N° 5. Photosynthèse : Mise en évidence des échanges gazeux avec des plantes aquatiques

Mode d'évaluation: Contrôle continu:100%.

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEM 1.2
Matière 3:TP procédés d'adsorption et séparation membranaires
VHS : 15h00 (TP : 1h00)
Crédits: 1
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement:

Apprendre à faire des mesures fiables en adsorption et séparations membranaires, développer l'esprit critique, apprendre à interpréter et à présenter ses résultats.

Connaissances préalables recommandées:

Thermodynamique, Phénomènes de transfert, Chimie des surfaces

Contenu de la matière:

TP N° 1. Séparation d'un colorant en phase aqueuse par adsorption.
TP N° 2. Séparation d'un pesticide en phase aqueuse par adsorption.
TP N°03. 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).
TP N° 04.Extraction par membrane liquide émulsionnée.
TP N° 05. Préparation et stabilisation d'une émulsion.

Mode d'évaluation:
Contrôle continu: 100%.

NB : *Au moins quatre TP en procédés d'adsorption et séparation membranaire sont assurés selon les moyens disponibles, d'autres TP peuvent être adoptés avec l'accord des instances scientifique et pédagogiques*

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

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 : 2
Unité d'enseignement : UET 1.2
Matière : Respect des normes et des règles d'éthique et d'intégrité.
VHS : 22h30 (Cours : 1h30)
Crédit : 1
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement:

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

Connaissances préalables recommandées :

Ethique et déontologie (les fondements)

Contenu de la matière :

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

2. 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.

4. 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

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

II- Droit d'auteur

4. 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.

5. 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.

6. Brevet

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

III- Protection et valorisation de la propriété intellectuelle

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

C. Ethique, développement durable et nouvelles technologies

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

Mode d'évaluation :

Examen : 100 %

Références :

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

V- Programme détaillé par matière du semestre S3

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UEF 2.1.1
Matière1:fondements de la modélisation en génie des procédés
VHS: 45h00 (Cours : 1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement:

Connaissances préalables recommandées:

Thermodynamique, cinétique, Réacteurs hétérogènes, transfert de chaleur et matière, Dynamique des fluides, analyse numeriques

Contenu de la matière :

1. **Introduction**
2. **Définition de la modélisation**
3. **Modélisation en génie des procédés**
4. **Les étapes de la modélisation**

5. **Les lois fondamentales de modélisation en génie des procédés**

5.1 Les équations de continuité

5.1.1 Equation de continuité globale

- Applications: réacteur à agitation continue ; réacteur piston

5.1.2 Equations de continuité individuelle

- Applications: réacteur à agitation continue ; réacteur piston

5.2 Equation d'énergie

- Applications: réacteur à agitation continue avec dispositif de transfert de chaleur; réacteur piston avec jackette de transfert de chaleur;

5.3 Equation de quantité de mouvement

- Applications: écoulement laminaire dans des conduites verticales et horizontales

6. Modélisation d'un équilibre de phases thermodynamiques

6.1 Critères d'équilibre de phases

6.1a Equations d'état

61b Modèles d'activité

- Equilibre liquide-liquide ;
- Equilibre liquide-vapeur;
- Equilibre solide-liquide

7. Exemples de modélisation

- Colonne d'extraction à garnissage opérant à contre courant ;
- Colonne de distillation à plateaux ;
- Colonne d'absorption à ruissellement ;
- Transfert de chaleur dans une sphère et un cylindre métalliques;
- Modélisation d'équilibres liquide-liquide ; liquide-vapeur (basse et haute pression); solide-liquide

TP : Résolution de modèles sur Excel, comsol, Matlab, ect

Mode d'évaluation :

Examen : 60%, contrôle continu : 40%

Bibliographie:

- Transport Phenomena, by R. Byron Bird Warren E. *Stewart* Edwin N. *Lightfoot,* Second Edition;
- The Principles of Chemical Equilibrium , Kenneth Denbigh;
- Thermodynamics by Jean Vidal, Editions TECHNIP, 1997

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UEF 2.1.2
Matière 2:Procédés de Raffinage et de Pétrochimie
VHS: 45h00 (Cours:1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement:

Maitrise des procédés physiques, thermiques et catalytiques de transformations et de conversion des coupes pétrolières en produits soit finis, soit en tant que source pour la pétrochimie.

Connaissances préalables recommandées:

Thermodynamique, cinétique, Réacteurs hétérogènes, transfert de chaleur et matière, Dynamique des fluides,transfertdechaleur et de matière,

Contenu de la matière:

Chapitre 1. Procédés de Raffinage

- Schéma d'une raffinerie classique
- Evolution du raffinage: contraintes environnementales et économiques
- Généralités sur les procédés de raffinage,
- Composition des pétroles bruts et produits pétroliers
- Fractionnement (distillation TBP) et caractérisation des pétroles bruts et des coupes pétrolières,
- Procédé de distillation fractionnée des pétroles bruts (atmosphérique et sous vide).
- Unités de mélange (carburants, lubrifiants, …).
- méthodes de calcul des propriétés physiques des hydrocarbures
- normes et spécifications,
- Additifs

Chapitre 2.Procédés de pétrochimie

- Principes de base régissant la transformation chimique,
- Catalyseurs industriels
- Procédés d'amélioration des propriétés : reformage catalytique, isomérisation, …
- Procédés de conversion : vapocraquage, craquage catalytique, …
- Procédés de finition : hydrogénation, adoucissements, …
- Procédés de protection de l'environnement : traitement des fumées, traitement des eaux de rejet, …
- production d'hydrogène (hydrogène dans la raffinerie, production par reformage à la vapeur, par oxydation partielle, coproduction hydrogène-énergie, …)
- Les différents schémas de fabrication en pétrochimie
- Les produits de la pétrochimie

Application : PROCEDES DE RAFFINAGE -Pétrochimie : Mini projet**.**

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

Références bibliographiques:

[1]. Le pétrole : Raffinage et Génie Chimique. Tome 1 de J. P Wuithier. Publication de l'Institut Français du Pétrole. Edition Technip ; 01-1972
[2]. Pierre Leprince, Alain Chauvel, Jean-Pierre Catry et Lorraine Castex « Procédés de pétrochimie, caractéristiques techniques et économiques »,EditionsTechnip, 1971.
[3]. Robert A. Meyers: Handbook of Petroleum RefiningProcesses, Third Edition. © 2012 The McGraw-Hill Companies.
[4]. Handbook of Petroleum Processing - ISBN-13 978-1-4020-2820-5 (e-book). © 2008 Springer Science + Business Media B.V
[5]. J.-P. Wauquier , Collectif Technip – « Le raffinage du pétrole - Tome 1 - Pétrole brut - Produits pétroliers - Schémas de fabrication », Editeur : Technip, 1998
[6]. J.-P. Wauquier , Collectif Technip – « Le raffinage du pétrole -Tome 2 - Procédés de séparation, Editeur : Technip , 1998
[7]. P. Leprince, Collectif Technip – « Le raffinage du pétrole -Tome 3 - Procédés de transformation, Editeur : Technip, 1998
[8]. Jean-Pierre Favennec, Collectif Technip – « Le raffinage du pétrole -Tome 5 - Exploitation et gestion de la raffinerie, Editeur : Technip, 1998

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UEF 2.1.3
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: Examen: 100%.

Références bibliographiques:

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

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UEF 2.1.1
Matière 1:Méthodes d'optimisation en génie des procédés.
VHS: 45h00 (Cours:1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient : 2

1. Introduction

1.1 Définition
1.2 Exemples d'optimisation en génie des procédés
1.3 Utilité de l'optimisation en engineering

2. Définition d'un problème d'optimisation

2.1 Rappel et définitions :
- Fonction objective-critère de performance ;
- Extremum local et global ;
- Gradients ;
- Matrice Hessienne (Hessien) ;
- Contraintes d'optimisation.

2.2 Propriétés des fonctions objectives
- Fonctions unimodales, multimodales ;
- Fonction convexe, concave.

3. Optimisation pour fonctions à une seule variable sans contraintes
- Méthodes indirectes: Newton, Quasi Newton, Sécante ;
- Méthodes directes: Intervalles égaux, Dichotomie, Fibonacci, Section d'or ;
-Méthodes d'approximation polynomiale: Approximations quadratique et cubiques ;
- Méthodes de Davies-Swan-Campey (Evaluations successives)

4.Optimisation pour fonctions multivariables sans contraintes
- Optimisation le long d'une direction
- Méthodes directes : Méthodes à directions orthogonales, méthode du Simplex ;
- Méthodes indirectes : Méthode du gradient

5. Optimisation avec contraintes : Programmation linéaire
- Définition;
- Contraintes et région de faisabilité
- Résolution graphique;
- Résolution analytique

5.1 Exemples

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

Bibliographie: Optimization of Chemical Processes, by Thomas F. *Edgar*, David M. *Himmelblau*.McGraw-Hill Chemical Engineering Series

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UEF 2.1.2.
Matière 1:Génie de la réaction II : réacteurs poly-phasiques
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4Coefficient:2

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, les réacteurs à combustion et autres réacteurs à deux phases hétérogènes.

Connaissances préalables recommandées:

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

Contenu de la matière:

Chapitre 1.Réacteurs à deux phases fluide- fluide **(6 Semaines)**

- Introduction ; -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 **(6 Semaines)**

- 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.

Chapitre 3. Réacteurs fluide- solide non catalytique **(3 Semaines)**

Modèle de la sphère à cœur rétrécissant (shrinkingcore model).

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: 2
Unité d'enseignement: UEM 2.1
Matière 1: Régulation et commande des procédés
VHS: 45h00 (Cours : 1h30, TD: 1h00)
Crédits: 4
Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement:
A la fin de ce cours, l'étudiant devrait être en mesure de maîtriser la commande d'un procédé et sa mise en œuvre à l'échelle des procédés.

Connaissances préalables recommandées:
Mathématique (Equation différentielle, calcul symbolique .....), Electricité , Instrumentation.

Contenu de la matière:

Chapitre 1.Analyse de la commande linéaire des systèmes continus (10 Semaines)

- Introduction aux systèmes de commande.
- Rappels mathématiques (équations différentielles Linéaires ordinaires, transformées de laplace).
- Modélisation mathématique d'exemples du processus Chimique.
- Analyse du comportement dynamique du système du premier ordre, deuxième ordre et ceux de dynamique plus compliqué (retard phase non minimale ....)
- Etude de la stabilité d'un système de commande, critère de Ruth hurwitz).
- Performation d'un système de commande (régime transitoire et permanent).
- Analyses graphique de la dynamique d'un système (diagramme de Bode, Nyquist et Black)
- Analyse graphique de la stabilité (critère de gain et phase).
- Techniques d'analyse de la commande par le lieu Des racines).

Chapitre 2. Synthèse de la commande linaire des Systèmes continus. (3 Semaines)

Introduction à la commande par P et PI , avance de phase et retard de phase.

Chapitre 3.Notion sur la commande adaptative et prédictive. (2 Semaines)

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

Références bibliographiques:

1. *Jean Pierre Corriou, Commande des procécédés, 3 éme édition Lavoisier, 2012.*
2. *Jean Pierre Corriou, Commande des procécédés, 2 éme édition Lavoisier, 2003.*
3. *George Stephanopoulos, Chemical Process ConytolAn Introduction to theory and Ptractice, Prentice/ Hall International, Inc, 1984.*

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UEM 2.1
Matière 2: Plan 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:

Chapitre 1 : 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

Chapitre 5 : 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: UEM 2.1
Matière3:TP procédés de Raffinage et de pétrochimie
VHS : 22h30 (TP : 1h30)
Crédits: 2
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement:

- Permettre à l'étudiant de caractériser expérimentalement un échantillon de pétrole.
- Connaître le principe de fonctionnement et les caractéristiques importantes des appareils utilisés.

Connaissances préalables recommandées:

Thermodynamique, cinétique, Réacteurs hétérogènes, transfert de chaleur et matière, Dynamique des fluides,transfertdechaleur et de matière,

Contenu de la matière:

Raffinage et pétrochimie

TP N° 1. **Dé**termination du point éclair et la température d'inflammabilite du gaz-oil.

TP N° 2. Distillation ASTM.

TP N° 3. Caractérisation d'un échantillon pétrolier par réfractométrie.

TP N° 4.Analyse des produits lourds du pétrole par spectroscopie infrarouge.

TP N° 5.Détermination de l'indice de cétane et de diesel index d'un produit pétrolier.

TP N° 6. Détermination de point d'aniline d'un produit pétrolier.

TP N° 7. Mesure de la viscosité des produits pétroliers.

Mode d'évaluation :
Contrôle continu : 100%

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.*