

four



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
 République Algérienne Démocratique et Populaire  
 وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
 Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
 اللجنة البيداغوجية الوطنية لميدان العلوم و التكنولوجيا  
 Comité Pédagogique National du domaine Sciences et Technologies



# MASTER ACADEMIQUE HARMONISE

## Programme National

**Mise à jour 2022**

Domaine	Filière	Spécialité
<i>Sciences et Technologies</i>	<i>Génie des Procédés</i>	<i>Génie Chimique</i>



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
اللجنة البيداغوجية الوطنية لميدان العلوم و التكنولوجيا  
Comité Pédagogique National du domaine Sciences et Technologies



مواومة

ماسر أكاديمي

**Mise à jour 2022**

الميدان	الفرع	التخصص
علوم و تكنولوجيا	هندسة الطرائق	هندسة كيميائية

## **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
<b>Génie des Procédés</b>	Génie chimique	Génie des procédés	<b>1</b>	<b>1.00</b>
		Raffinage et pétrochimie	<b>2</b>	<b>0.80</b>
		Energétique	<b>3</b>	<b>0.70</b>
		Valorisation des ressources minérales	<b>3</b>	<b>0.70</b>
		Autres licences du domaine ST	<b>5</b>	<b>0.60</b>

## **II - Fiches d'organisation semestrielles des enseignements de la spécialité**

**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
<b>UE Fondamentale</b> Code : UEF 1.1.1 Crédits : 10 Coefficients : 5	Opérations unitaires I ( <i>distillation, Extraction sol-liq- mélangeage</i> )	6	3	3h00	1h30		67h30	82H30	40%	60%
	Milieus poreux et dispersés	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
<b>UE Fondamentale</b> 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%
<b>UE Méthodologique</b> Code : UEM 1.1 Crédits : 9 Coefficients : 5	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		1h00	37h30	37h30	40%	60%
<b>UE Découverte</b> Code : UED 1.1 Crédits : 2 Coefficients : 2	Matière au choix	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
	Matière au choix	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
<b>UE Transversale</b> Code : UET 1.1	Anglais technique et terminologie	1	1	1h30			22h30	02h30		100%

<b>Crédits : 1</b> <b>Coefficients : 1</b>										
<b>Total semestre 1</b>		<b>30</b>	<b>17</b>	<b>13h30</b>	<b>6h00</b>	<b>5h30</b>	<b>375h00</b>	<b>375h00</b>		

**Semestre 2**

Unité d'enseignement	Matières	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 semaines)	Travail Complémentaire en Consultation (15 semaines)	Mode d'évaluation	
	Intitulé			Cours	TD	TP			Contrôle Continu	Examen
<b>UE Fondamentale</b> <b>Code : UEF 1.2.1</b> <b>Crédits : 10</b> <b>Coefficients : 5</b>	Opérations unitaires 2 ( <i>Humidification-Séchage-Evaporation-Cristallisation</i> )	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Procédés d'Adsorption et séparation Membranaire	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
<b>UE Fondamentale</b> <b>Code : UEF 1.2.2</b> <b>Crédits : 8</b> <b>Coefficients : 4</b>	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%
	Analyse Numérique	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%

<b>UE Méthodologique Code : UEM 1.2 Crédits : 9 Coefficients : 5</b>	TP Opérations unitaires 2	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Génie de la réaction	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Procédés d'adsorption et séparation Membranaire	1	1			1h00	15h00	15h00	100%	
<b>UE Découverte Code : UED 1.2 Crédits : 2 Coefficients : 2</b>	Matière au choix	1	1	1h30			22h30	2h30		100%
	Matière au choix	1	1	1h30			22h30	2h30		100%
<b>UE Transversale Code : UET 1.2 Crédits : 1 Coefficients : 1</b>	Respect des normes et des règles d'éthique et d'intégrité.	1	1	1h30			22h30	2h30		100%
<b>Total semestre 2</b>		<b>30</b>	<b>17</b>	<b>13h30</b>	<b>7h30</b>	<b>4h00</b>	<b>375h00</b>	<b>375h00</b>		

**Semestre 3**

Unité d'enseignement	Matières	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 semaines)	Travail Complémentaire en Consultation (15 semaines)	Mode d'évaluation	
	Intitulé			Cours	TD	TP			Contrôle Continu	Examen
<b>UE Fondamentale Code : UEF 2.1.1 Crédits : 10 Coefficients : 5</b>	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%
<b>UE Fondamentale Code : UEF 2.1.2 Crédits : 8 Coefficients : 4</b>	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%
<b>UE Méthodologique Code : UEM 2.1 Crédits : 9 Coefficients : 5</b>	Régulation et commande des procédés	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Plans d'expériences	3	2	1h30		1h00	37h30	37h30	40%	60%
	TP Raffinage et pétrochimie	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
<b>UE Découverte Code : UED 2.1 Crédits : 2 Coefficients : 2</b>	Matière au choix	1	1	1h30			22h30	2h30		100%
	Matière au choix	1	1	1h30			22h30	2h30		100%
<b>UE Transversale Code : UET 2.1 Crédits : 1 Coefficients : 1</b>	Recherche documentaire et conception de mémoire	1	1	1h30			22h30	2h30		100%
<b>Total semestre 3</b>		<b>30</b>	<b>17</b>	<b>15h00</b>	<b>7h30</b>	<b>2h30</b>	<b>375h00</b>	<b>375h00</b>		

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 (7 Semaines)**

- 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 théoriques localisation 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. Reflux minimum. 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 (3 Semaines)**

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. McCabe, 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<sup>ème</sup> 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 connaître les caractéristiques d'un milieu poreux et dispersé ainsi que leur impact sur les paramètres optimisant 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**

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

**Chapitre 3. Écoulement des fluides à travers un milieu poreux**

Écoulement d'un seul fluide à travers un lit. Dispersion. Transfert de chaleur dans un lit fixe. Colonnes garnies. Écoulement 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 Particle Technology, 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.1 Cycle 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 exégetique 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](https://hal.inria.fr/file/index/docid/556977/filename/CycleThermoMachines_1011.pdf)
3. [http://www.emse.fr/~bonnefoy/Public/Machines\\_Thermiques-EMSE.pdf](http://www.emse.fr/~bonnefoy/Public/Machines_Thermiques-EMSE.pdf)
4. Olivier Cleynen, *Thermodynamique de l'ingénieur*, Collection Framabook, 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*, 2<sup>ème</sup> Edition DUNOD, Paris, 2012, 2014.
7. Smith, E.B, *Basic, Chemical Thermodynamics*, 2nd ed., Clarendon Press, 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., *Chemical process principles, Vol II: Thermodynamics*, John Wiley and sons
11. Brodyanski V., Sorin M., Le Goff P. *The efficiency of industrial processes, exergy analysis 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, 2<sup>ème</sup> Ed., Wiley & Sons, 2007.*  
*A. Giovannini et B. Bédard, Transfert de chaleur, Ed. Cépaduès, 2012.*
3. *James R. Welty, Charles E. Wicks, Robert E. Wilson; Gregory Rorrer, Fundamentals of Momentum, Heat, and Mass Transfer. 4<sup>th</sup> edition 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 travailler en équipe, respecter les 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<sub>2</sub> 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<sub>2</sub> 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: 1h00)**  
**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: 37h30 (Cours : 1h30, TP: 1h00)**  
**Crédits: 3**  
**Coefficient : 2**

**Objectifs de l'enseignement :**

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

**Connaissances préalables recommandées :**

Thermodynamiques, 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 Chemical Engineers, 2014.
- 2- Xavier Julia, Simulateurs de procédés, techniques de l'ingénieur, J1022 V2.
- 3- User guide du simulateur utilisé.

**Semestre: 1**  
**Unité d'enseignement: UED1.1**  
**Matière 1: Chimie Verte-Procédés Propres**  
**VHS: 22h30 (Cours: 1h30)**  
**Crédits: 1**  
**Coefficient: 1**

**Objectifs de l'enseignement :**

Développer des méthodes de gestion de l'information dans le but de structurer et de capitaliser les données afin d'accéder rapidement et fidèlement à des solutions permettant l'évolution du procédé de production vers un procédé propre utilisant le moins de matière et d'énergie tout en tenant compte de la protection de l'environnement.

**Connaissances préalables recommandées :** Notions de base de génie des procédés

**Contenu de la matière :**

**Chapitre 1 : Chimie verte (2semaines)**

- Les 12 principes de la chimie verte

**Chapitre 2 : Outils pour le génie des procédés propres (5semaines)**

- Méthodologie de conception de procédés durables : une approche multicritère. Concept de développement durable en Génie des Procédés. Frontières du système. Conception de procédés durables.
- Stratégies d'optimisation du procédé. Exemples d'études et types d'optimisation résultants. Méthodes d'optimisation.
- Représentation et modélisation des procédés. Aspect informatique. Représentation des phénomènes par les graphes de liaison ou « Bond Graph ». Application des graphes de liaison au génie des procédés : cas des systèmes de dimension finie. Application des graphes de liaison au génie des procédés : cas des systèmes de dimension infinie.

**Chapitre 3 : Technologies et méthodes innovantes pour l'intensification (4semaines)**

- Miniaturisation des procédés. Principes de l'intensification par miniaturisation. Mélangeurs, contacteurs et échangeurs miniaturisés. Quelques exemples d'applications industrielles.
- Les réacteurs multifonctionnels.
- Les ultrasons en génie des procédés (génie sonochimique)
- Les micro-ondes en génie des procédés
- Intensification par la formulation.

**Chapitre 4 : Nouvelle génération de procédés (4semaines)**

Les fluides supercritiques. Les liquides ioniques. L'eau comme solvant et réactions sans solvant. Procédés électrochimiques pour un développement durable. Génie photocatalytique. Biocatalyse et Bioprocédés. Apports de la catalyse à une chimie durable.

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

**Références bibliographiques :**

1. S. Suresh, S. Sundaramoorthy, *Green Chemical Engineering. An Introduction to Catalysis, Kinetics, and Chemical Processes*, CRC Press, 2015.

2. *Paul T. Anastas, Handbook of Green Chemistry. Green Processes, Volume Editors: Robert Boethling, Adelina Voutchkova, Volume 9: Designing Safer Chemicals, Wiley-VCH, 2012.*
3. *Martine Poux, Patrick Cognet, Christophe Gourdon, Green Process Engineering from Concepts to Industrial Applications, CRC Press, 2010.*

**Semestre: 1**  
**Unité d'enseignement: UET1.1**  
**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-chimie de la matière, notions de physique et chimie générale.

**Contenu de la matière:**

<b>Chapitre 1.</b> Les techniques séparatives : la Chromatographie : Aspects généraux, Classification des techniques chromatographiques : chromatographie sur colonne et chromatographie sur plaque.	<b>(2 Semaines)</b>
<b>Chapitre 2.</b> Types de chromatographie CPG, HPLC, CCM.	<b>(3 Semaines)</b>
<b>Chapitre 3.</b> Les méthodes couplées : CG/MS. LC/MS	<b>(2 Semaines)</b>
<b>Chapitre 4.</b> Spectrométrie d'absorption atomique : Généralités, instrumentation et applications ; Méthode des ajouts dosée	<b>(2 Semaines)</b>
<b>Chapitre 5.</b> Spectrophotométrie d'émission atomique Généralités, instrumentation et applications ; Méthode de l'étalon interne	<b>(2 Semaines)</b>
<b>Chapitre 6.</b> La spectrométrie de fluorescence X Généralités, applications et avantages	<b>(2 Semaines)</b>
<b>Chapitre 7.</b> Analyse thermique : instrumentation et techniques	<b>(2 Semaines)</b>

**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. Niemann, *Principes d'analyse instrumentale*, Edition de Boeck, Paris 20

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

**Objectifs de l'enseignement:**

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

**Connaissances préalables recommandées:**

Vocabulaire et grammaire de base en anglais

**Contenu de la matière:**

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

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

**Mode d'évaluation:Examen: 100%.**

**Références bibliographiques :**

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

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

**Semestre: 2**  
**Unité d'enseignement: UEF 1.2.1**  
**Matière1:Opérations unitaires2 (Humidification, Séchage-Evaporation-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, aérorefrigérant). 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 sècheurs. Choix de sècheurs. Mode de séchage (continu, discontinu, contre-courant, co-courant, par convection, conduction etc...). Mécanismes de séchage. Bilan matière et enthalpique au niveau d'un sècheur. 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'adsorbants 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'adsorption physique).

**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. McCabe, Julian C. Smith, Peter Harriott «Unit Operations of Chemical Engineering », Mc Graw-Hill, Inc, Fifth Edition, 1993.*
3. *J. P. Brun, Procédés de séparation 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: 4 Coefficient: 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. *Levenspiel O : chemical reaction engineering, 3<sup>ème</sup> édition, John Wiley and Sons, New York ( 1998) ISBN : 0471225424X*
2. *Villermaux J : Génie de la réaction chimique, conception et fonctionnement des réacteurs, 2<sup>ème</sup> 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 Bischoff KB : 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 : chemical reaction 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: 4 Coefficient: 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.Borghì, M.Destriau, , Gérard de Soete, *Combustion and Flames, Chemical and physical principles, Edition TECHNIP, 1998.*
2. R.Borghì, 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: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)**  
**Crédits: 4**  
**Coefficient : 2**

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

**Semestre: 2**  
**Unité d'enseignement: UEM 1.2**  
**Matière 3:TP génie de la réaction**  
**VHS : 22h30 (TP : 1h30)**  
**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  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , 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: 1**  
**Unité d'enseignement: UE D1.2**  
**Matière 1: panier au choix**  
**VHS: 22h30 (Cours: 1h30)**  
**Crédits: 1**  
**Coefficient:1**

**Semestre: 1**  
**Unité d'enseignement: UE D1.2**  
**Matière 2: panier au choix**  
**VHS: 22h30 (Cours: 1h30)**  
**Crédits: 1**  
**Coefficient:1**

**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 :**

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

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

#### **2. Recherche intègre et responsable**

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

#### **3. Ethique et déontologie dans le monde du travail :**

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

#### **B- Propriété intellectuelle**

##### **I- Fondamentaux de la propriété intellectuelle**

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

##### **II- Droit d'auteur**

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

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

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

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

### 3. Brevet

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

### III- Protection et valorisation de la propriété intellectuelle

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

### C. Ethique, développement durable et nouvelles technologies

Lien entre éthique et développement durable, économie d'énergie, bioéthique et nouvelles 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](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, littérature à l'ère du numérique : le copier-coller chez les étudiants, Université grenoble 3 et Université paris-Ouest Nanterre la défense Nanterre, France
18. Didier DUGUEST IEMN, Citer ses sources, IAE Nantes 2008
19. Les logiciels de détection de similitudes : une solution au plagiat électronique? Rapport du Groupe de travail sur le plagiat électronique présenté au Sous-comité sur la pédagogie et les TIC de la CREPUQ
20. Emanuela Chiriac, Monique Filiatrault et André Régimbald, Guide de l'étudiant: l'intégrité intellectuelle plagiat, tricherie et fraude... les éviter et, surtout, comment bien citer ses sources, 2014.
21. Publication de l'université de Montréal, Stratégies de prévention du plagiat, Intégrité, fraude et plagiat, 2010.
22. Pierrick Malissard, La propriété intellectuelle : origine et évolution, 2010.
23. Le site de l'Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle [www.wipo.int](http://www.wipo.int)
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 numériques*

**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
    - 6.1b 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

**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, transfert de chaleur 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** : PROCÉDES 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 pour l'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., and Moulijn. 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: 4 Coefficient: 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 : *chemical reaction engineering, 3<sup>ème</sup> édition, John Wiley and Sons, New York ( 1998) ISBN : 0471225424X*
5. Villermaux J : *Génie de la réaction chimique , conception et fonctionnement des réacteurs, 2<sup>ème</sup> édition, Tec & Doc Lavoisier , Paris ( 1993) ISBN : 2-85206-132-5*
6. Atkinson B and Mayituna F : *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).
- Performance 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 procédés*, 3<sup>ème</sup> édition Lavoisier, 2012.
2. Jean Pierre Corriou, *Commande des procédés*, 2<sup>ème</sup> édition Lavoisier, 2003.
3. George Stephanopoulos, *Chemical Process ConytolAn Introduction to theory and Ppractice*, Prentice/ Hall International, Inc, 1984.

**Semestre: 3**  
**Unité d'enseignement: UEM 2.1**  
**Matière 2: Plan d'expériences**  
**VHS : 37h30 (Cours : 1h30, TP : 1h00)**  
**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, transfert de chaleur et de matière,*

**Contenu de la matière:**

**Raffinage et pétrochimie**

TP N° 1. Détermination du point éclair et la température d'inflammabilité 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: UED 2.1**  
**Matière 1: Matière au choix**  
**VHS: 22h30 (Cours : 1h30)**  
**Crédits: 1**  
**Coefficient : 1**

**Semestre: 3**  
**Unité d'enseignement: UED 2.1**  
**Matière 2: Matière au choix**  
**VHS: 22h30 (Cours : 1h30)**  
**Crédits: 1**  
**Coefficient : 1**

**Semestre : 3**

**Unité d'enseignement: UET 2.1**

**Matière 1 :Recherche documentaire et conception du mémoire**

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

**Crédits : 1**

**Coefficient : 1**

**Objectifs de l'enseignement :**

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

**Connaissances préalables recommandées :**

Méthodologie de la rédaction, Méthodologie de la présentation.

**Contenu de la matière:**

**Partie I- : Recherche documentaire :**

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

**(02 Semaines)**

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

**Chapitre I-2 : Sélectionner les sources d'information**

**(02 Semaines)**

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

**Chapitre I-3 : Localiser les documents**

**(01 Semaine)**

- Les techniques de recherche
- Les opérateurs de recherche

**Chapitre I-4 : Traiter l'information**

**(02 Semaines)**

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

**Chapitre I-5 : Présentation de la bibliographie**

**(01 Semaine)**

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

## Partie II : Conception 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.