



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



# HARMONISATION OFFRE DE FORMATION MASTER ACADEMIQUE

## 2016 - 2017

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

### عرض تكوين ماسر أكاديمي

2017-2016

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>Absorption-Strippage_</i> <i>Extraction- mélangeage</i> )	6	3	3h00	1h30		67h30	82H30	40%	60%
	Génie de la réaction I : réacteurs non-idéaux et bioréacteurs	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%
	Transfert thermique et Echangeurs de chaleur	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
<b>UE</b> <b>Méthodologique</b> Code : UEM 1.1 Crédits : 9 Coefficients : 5	TP Opérations unitaires I	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Génie de la réaction I	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Transfert thermique et 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 Crédits : 1 Coefficients : 1	Anglais technique et terminologie	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
<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> 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%
<b>UE Fondamentale</b> Code : UEF 1.2.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Génie de la réaction II : réacteurs poly-phasiques	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Fours et Chaudières	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
<b>UE Méthodologique</b> Code : UEM 1.2 Crédits : 9 Coefficients : 5	TP Opérations unitaires 2, Procédés d'adsorption et séparation Membranaire	1	1			1h00	15h00	10h00	100%	
	Régulation et commande des procédés	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Analyse Numérique	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
<b>UE Découverte</b> Code : UED 1.2 Crédits : 2 Coefficients : 2	Matière au choix	1	1	1h30			22h30	2h30		100%
	Matière au choix	1	1	1h30			22h30	2h30		100%
<b>UE Transversale</b> Code : UET 1.2 Crédits : 1 Coefficients : 1	Ethique, déontologie et propriété intellectuelle	1	1	1h30			22h30	2h30		100%
<b>Total semestre 2</b>		<b>30</b>	<b>17</b>	<b>15h00</b>	<b>08h30</b>	<b>1h30</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</b> Code : UEF 2.1.1 Crédits : 12 Coefficients : 6	Distillation	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Raffinage et pétrochimie	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Milieus poreux et dispersés	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
<b>UE Fondamentale</b> Code : UEF 2.1.2 Crédits : 6 Coefficients : 3	Optimisation et Modélisation des procédés	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Intensification des procédés	2	1	1h30			22h30	27h30	40%	60%
<b>UE Méthodologique</b> Code : UEM 2.1 Crédits : 9 Coefficients : 5	TP Distillation	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Raffinage et pétrochimie	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Milieux poreux et dispersés	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	Plan d'expériences	3	2	1h30		1h00	37h30	37h30	40%	60%
<b>UE Découverte</b> Code : UED 2.1 Crédits : 2 Coefficients : 2	Matière au choix	1	1	1h30			2h30	2h30		100%
	Matière au choix	1	1	1h30			2h30	2h30		100%
<b>UE Transversale</b> Code : UET 2.1 Crédits : 1 Coefficients : 1	Recherche documentaire et conception de mémoire	1	1	1h30			2h30	2h30		100%
<b>Total semestre 3</b>		<b>30</b>	<b>17</b>	<b>13h30</b>	<b>6h00</b>	<b>5h30</b>	<b>375h00</b>	<b>375h00</b>		



**Listes de matières en découverte**

- Chimie verte et Sonochimie
- Processus d'activation
- Stockage d'énergie
- Energies renouvelables
- Biomasse et biocarburants
- Evaluation technico-économique des procédés
- Management de l'environnement
- Energies renouvelables
- Risques industriels et Catastrophes naturelles
- capteurs chimiques et Biochimiques
- Biopiles

**Semestre 4**

**Domaine** : Sciences et Technologies

**Filière** : Génie des Procédés

**Spécialité** : Génie chimique

Stage en entreprise sanctionné par un mémoire et une soutenance.

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

**Ce tableau est donné à titre indicatif**

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

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

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

**Semestre: 1**

**Unité d'enseignement: UEF 1.1.1**

**Matière 1: Opérations unitaires 1 (Absorption-Strippage, Extraction-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 (absorption, extraction et mélangeage).
- Aborder les notions de dimensionnement et de la conception des équipements.
- Connaître 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. Absorption et Strippage**

**(5Semaines)**

Equilibre liquide-gaz, Solubilité des gaz en fonction de pression et de température. Bilans de matière et enthalpique. Equipements utilisés en continue. Concepts d'étage théorique et réel, Méthode de Mac Cabe et Thièle, concept d'unités de transfert, dimensionnement des colonnes garnies, perte de charge, vitesse d'engorgement. Dimensionnement complet d'une colonne à plateaux. Absorption avec réaction chimique. Strippage (régénération du solvant).

#### **Chapitre 2. Extraction Liquide - Liquide**

**(4Semaines)**

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

#### **Chapitre 3. Extraction liquide-solide (Lixiviation)**

**(3Semaines)**

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<sup>ème</sup>édition, 1972.

**Semestre: 1**

**Unité d'enseignement: UEF 1.1.1**

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

### Objectifs de l'enseignement:

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

### Connaissances préalables recommandées:

Thermodynamique chimique, mécanique des fluides.

### Contenu de la matière:

#### **Chapitre 1. (8 Semaines)**

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

#### **Chapitre 2. (4 Semaines)**

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

#### **Chapitre 3. (3 Semaines)**

Le froid : Etude thermodynamique (cycle de Carnot inversé). Cycles frigorifiques réels. Pompes à chaleur. La liquéfaction des gaz (procédés LINDE et CLAUDE).

### 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 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*, 2<sup>ème</sup> Edition DUNOD, Paris, 2012, 2014.

**Semestre: 1**  
**Unité d'enseignement: UEF 1.1.2**  
**Matière 2: Transfert thermique et 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:**

<b>Chap. 1.Rappels des Lois de Transfert de Chaleur</b>	<b>(1 Semaine)</b>
<b>Chap. 2. Conduction Thermique</b>	<b>(1 Semaine)</b>
<b>Chap. 3.Convection Thermique</b>	<b>(2 Semaines)</b>
<b>Chap.4Description des appareils d'échange de chaleur sans changement de Phase</b>	<b>(2 Semaines)</b>

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 noyésà Circulation Naturelle , exemple de Calcul d'un Rebouilleur.

### **Chapitre 7.Tubes à ailettes (3 Semaines)**

1/Ailettes basses intégrales :Description, Efficacité, Coefficient de transfert global des échangeurs, Coefficient de film à la condensation sur des tubes à ailettes horizontaux et Perte de charge.  
 2/Ailettes hautes : Description et Etude des réfrigérants de l'air.

**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. Sicks, 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**  
**Matière 2: TP Génie de la réaction I**  
**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: 1**  
**Unité d'enseignement: UEM1.1**  
**Matière 3:TP Transfert thermique et 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: UEM1.1**  
**Matière 4: Simulateurs en Génie des procédés**  
**VHS: 37h30 (Cours : 1h30, TP: 1h30)**  
**Crédits: 3**  
**Coefficient : 2**

**Objectifs de l'enseignement:**

Atravers ce module l'étudiant apprend à concevoir, dimensionner et simuler certains procédés industriels en relation avec le génie chimique en utilisant un code de calcul sous forme de simulateur.

**Connaissances préalables recommandées:**

Une connaissance des notions de base en phénomènes de transfert, de thermodynamique et de programmation

**Contenu de la matière:**

**Chapitre 1 Introduction générale (4 semaines)**

La conception des procédés ; De l'analyse à la conduite des procédés ; Les simulateurs de procédés (Simulateurs orientés modules et orientés équations, L'environnement progiciel des simulateurs : Serveur des propriétés, Méthodes numériques pour la résolution des systèmes d'équations, Bibliothèque d'opérations unitaires) ;

**Chapitre II Simulation des procédés sans contraintes (5 semaines)**

Vue générale ; Définition d'un courant ; Choix des variables caractérisant un courant matière : Équations des modèles d'unités, Équations de connexion, Équations de spécification) ; Stratégies de résolution du problème de simulation (Approche globale, Approche modulaire séquentielle, Ensemble de données standard) ; Diagramme de simulation ; Résolution séquentielle : Avantages et inconvénients de l'approche modulaire séquentielle

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

Problématique de la simulation des procédés sous contrainte ; Définition de la CPAO – Un exemple détaillé : Les différentes approches (Approche modulaire simultanée, Formulation) ; Implantation dans le logiciel de simulation (Choix de l'opérateur, Convergence) ; Facteur de relaxation.

**Applications adaptées à des problèmes de génie chimique. (2 semaines)**

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

**Références bibliographiques:**

- ŽIVORAD R. Lazic, "Design of Experiments in Chemical Engineering", WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2004. ISBN: 3-527-31142-4

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

### **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: UED1.1**  
**Matière 1: Méthodes physico-chimiques d'analyse**  
**VHS: 22h30 (Cours: 1h30)**  
**Crédits: 1**  
**Coefficient:1**

### **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:**

<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: UET 1.1**  
**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, 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 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 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'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 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 Thiele ; 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 (shrinking core 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. Villiermaux 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: 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.Borghi, M.Destriau, , Gérard de Soete, *Combustion and Flames, Chemical and physical principles, 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**

**Matière1: TP Opérations unitaires 2, Procédés d'Adsorption et séparation Membranaire**

**VHS: 15h00 (TP: 1h00)**

**Crédits: 1**

**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.
- 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 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.

TP N° 8. Séparation d'un colorant en phase aqueuse par adsorption.

TP N° 9. Séparation d'un pesticide en phase aqueuse par adsorption.

TP N° 10. 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° 11. Extraction par membrane liquide émulsionnée.

TP N° 12. Préparation et stabilisation d'une émulsion.

**Mode d'évaluation:**

Contrôle continu: 100%.

**NB :** *Au moins quatre TP en opérations unitaires et 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 pédagogique*

**Semestre: 2**  
**Unité d'enseignement: UEM 1.2**  
**Matière 2: Régulation et commande des procédés**  
**VHS: 45h00 (Cours : 1h30, TD: 1h30)**  
**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 compliqués (retard phase non minimale ....)
- Etude de la stabilité d'un système de commande, critère de Routh 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 linéaire 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 Control An Introduction to theory and Practice*, Prentice/ Hall International, Inc, 1984.



**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 : UET 1.2**  
**Matière : Éthique, déontologie et propriété intellectuelle**  
**VHS : 22h30 (Cours : 1h30)**  
**Crédit : 1**  
**Coefficient : 1**

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

Développer la sensibilisation des étudiants aux principes éthiques. Les initier aux règles qui régissent la vie à l'université (leurs droits et obligations vis-à-vis de la communauté universitaire) et dans le monde du travail. Les sensibiliser au respect et à la valorisation de la propriété intellectuelle. Leur expliquer les risques des maux moraux telle que la corruption et à la manière de les combattre.

### **Connaissances préalables recommandées :**

Aucune

### **Contenu de la matière :**

#### **A- Ethique et déontologie**

##### **I. Notions d'Éthique et de Déontologie**

**(3 semaines)**

1. Introduction
  1. Définitions : Morale, éthique, déontologie
  2. Distinction entre éthique et déontologie
2. Charte de l'éthique et de la déontologie du MESRS: Intégrité et honnêteté. Liberté académique. Respect mutuel. Exigence de vérité scientifique, Objectivité et esprit critique. Équité. Droits et obligations de l'étudiant, de l'enseignant, du personnel administratif et technique.
3. Éthique et déontologie dans le monde du travail  
Confidentialité juridique en entreprise. Fidélité à l'entreprise. Responsabilité au sein de l'entreprise, Conflits d'intérêt. Intégrité (corruption dans le travail, ses formes, ses conséquences, modes de lutte et sanctions contre la corruption)

##### **II. Recherche intègre et responsable**

**(3 semaines)**

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

## B- Propriété intellectuelle

### I- Fondamentaux de la propriété intellectuelle

(1 semaine)

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

### II- Droit d'auteur

(5 semaines)

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

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

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

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

#### 3. Brevet

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

#### 4. Marques, dessins et modèles

Définition. Droit des Marques. Droit des dessins et modèles. Appellation d'origine. Le secret. La contrefaçon.

#### 5. Droit des Indications géographiques

Définitions. Protection des Indications Géographiques en Algérie. Traités internationaux sur les indications géographiques.

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

(3 semaines)

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

#### Mode d'évaluation :

Examen : 100 %

#### Références bibliographiques:

1. Charte d'éthique et de déontologie universitaires, [https://www.mesrs.dz/documents/12221/26200/Charte+fran\\_ais+d\\_f.pdf/50d6de61-aabd-4829-84b3-8302b790bdce](https://www.mesrs.dz/documents/12221/26200/Charte+fran_ais+d_f.pdf/50d6de61-aabd-4829-84b3-8302b790bdce)
2. Arrêtés N°933 du 28 Juillet 2016 fixant les règles relatives à la prévention et la lutte contre le plagiat
3. L'abc du droit d'auteur, organisation des nations unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO)
4. E. Prairat, De la déontologie enseignante. Paris, PUF, 2009.
5. Racine L., Legault G. A., Bégin, L., Éthique et ingénierie, Montréal, McGraw Hill, 1991.
6. Siroux, D., Déontologie : Dictionnaire d'éthique et de philosophie morale, Paris, Quadrige, 2004, p. 474-477.
7. Medina Y., La déontologie, ce qui va changer dans l'entreprise, éditions d'Organisation, 2003.
8. Didier Ch., Penser l'éthique des ingénieurs, Presses Universitaires de France, 2008.

9. Gavarini L. et Ottavi D., Éditorial. de l'éthique professionnelle en formation et en recherche, Recherche et formation, 52 | 2006, 5-11.
10. Caré C., Morale, éthique, déontologie. Administration et éducation, 2e trimestre 2002, n°94.
11. Jacquet-Francillon, François. Notion : déontologie professionnelle. Le télémaque, mai 2000, n° 17
12. Carr, D. Professionalism and Ethics in Teaching. New York, NY Routledge. 2000.
13. Galloux, J.C., Droit de la propriété industrielle. Dalloz 2003.
14. Wagret F. et J-M., Brevet d'invention, marques et propriété industrielle. PUF 2001
15. Dekermadec, Y., Innover grâce au brevet: une révolution avec internet. Insep 1999
16. AEUTBM. L'ingénieur au cœur de l'innovation. Université de technologie Belfort-Montbéliard
17. Fanny Rinck et Léda Mansour, 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](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:Distillation**  
**VHS: 45h00 (Cours :1h30, TD: 1h30)**  
**Crédits: 4**  
**Coefficient : 2**

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

Ce module a pour objectif de compléter les connaissances d'opérations unitaires acquises en L3. A la fin l'étudiant devra être capable de :

- Déterminer les conditions de fonctionnement limites d'une colonne de distillation binaire (taux de reflux minimal, nombre minimal de plateaux) et choisir des conditions de fonctionnement optimales de la colonne.
- Choisir et dimensionner des colonnes de distillation.

### **Connaissances préalables recommandées:**

Connaissances de base en mécanique des fluides, en transfert de matière et de chaleur et en séparations thermiques isothermes.

### **Contenu de la matière:**

**Chapitre 1.**Rappel sur les équilibres liquide-vapeur **(1 semaines)**

**Chapitre 2.** Distillation flash **(1 semaines)**  
 Point de bulle, Point de rosée.

**Chapitre 3**Distillation des mélanges binaires **(8 semaines)**

**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 .4.** Distillation discontinue **(2 semaines)**  
 (Reflux constant, Composition constante)

**Chapitre .5.** **(3 semaines)**  
 Distillation de mélanges multicomposants

Méthode abrégée de résolution (shortcut).

### **Mode d'évaluation:**

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

### **Références bibliographiques:**

1. COULSON, J.M., J.F RICHARDSON, J.R BACKHURST and J.H. HARKER, "Chemical Engineering", volume two, fifth edition, Pergamon Press, 2002.

**Semestre: 3**  
**Unité d'enseignement: UEF 2.1.1**  
**Matière 2: Raffinage et 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. Rappels et actualités**

#### **Chapitre 2. Procédés de Raffinage**

- Schéma d'une raffinerie classique
- Evolution du raffinage: contraintes environnementales et économiques
- Procédés de séparation
- Procédés d'amélioration
- Procédés de transformations

#### **Chapitre 3. Procédés de pétrochimie**

- Les différents schémas de fabrication en pétrochimie
- Les différents complexes pétrochimiques
- 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 », Editions Technip, 1971.
- [3]. Robert A. Meyers: Handbook of Petroleum Refining Processes, 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]. [I.-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 2.1.1**  
**Matière 3: Milieux poreux et dispersés**  
**VHS: 45h00 (Cours :1h30, TD: 1h30)**  
**Crédits: 4**  
**Coefficient : 2**

**Objectifs de l'enseignement:**

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

**Connaissances préalables recommandées:**

Opérations unitaires

**Contenu de la matière:**

**Chapitre 1. Opérations sur les solides**

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

**Chapitre 2. Mouvements des particules dans un fluide**

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

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

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

**Chapitre 4. Fluidisation**

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

**Chapitre 5. Sédimentation**

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

**Chapitre 6. Filtration**

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

**Mode d'évaluation:**

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

**Références bibliographiques:**

1. Coulson J.M., J.F Richardson, J.R Backhurst And J.H. Harker, "Chemical Engineering", volume two, Fifth edition, Pergamon Press, 2002.
2. Rhodes, M., Introduction to Particle Technology, 2nd Ed., Wiley (2008).

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

**Semestre: 3**  
**Unité d'enseignement: UEF 2.1.2**  
**Matière 1: Optimisation et Modélisation des procédés**  
**VHS: 45h00 (Cours:1h30, TD: 1h30)**  
**Crédits: 4**  
**Coefficient : 2**

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

L'objectif de ce cours est de permettre aux étudiants de maîtriser les connaissances essentielles à l'optimisation, la modélisation et la simulation des procédés continus et de se familiariser avec l'utilisation de logiciels de simulation.

### **Connaissances préalables recommandées:**

*Equations régissant les Phénomènes de Transfert en Génie des Procédés en mode stationnaire, les bases de thermodynamique et cinétique.*

### **Contenu de la matière:**

#### ***Chapitre I : Modélisation et simulation***

- I.1. Introduction à la modélisation des phénomènes physiques
- I.2. Méthodes de résolution des systèmes d'équations algébriques.
  - Résolution des équations d'état RK et RKS en utilisant Excel et un autre logiciel pour un gaz pur et un mélange de gaz
    - Calcul d'équilibre L-V et séparation flash isotherme en utilisant Excel ou autres logiciels.
    - Calcul des compositions à l'équilibre d'une réaction en utilisant Excel ou autres logiciels.
- I.3. Méthodes de résolution des systèmes d'équations différentielles.
  - Calcul des réacteurs continus parfaitement agités en utilisant Excel ou autres logiciels.
  - Calcul d'un réacteur tubulaire isotherme avec logiciel.

#### ***Chapitre II : Optimisation***

- II.1. Problèmes d'optimisation en génie des procédés
- II.2. Recherche directe monodimensionnelle et multidimensionnelle
- II.3. Approche mathématique de l'optimisation sans contrainte
- I.4. Problèmes avec contraintes égalités et avec contraintes inégalités
- I.6. Résolution des problèmes d'optimisation avec contraintes en utilisant Excel®
- I.7. Programmation linéaire
  - Méthode graphique
  - Méthodes simplexe (avec et sans solution de base)

### **Mode d'évaluation:**

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

### **Références bibliographiques:**

1. Yadolah Dodge « Optimisation appliquée » Springer -Verlag France 2005, ISBN : 2-287-21335-X

2. Lorenz T. Biegler. « Nonlinear programming : concepts, algorithms, and applications to chemical processes”, 2010 by the Society for Industrial and Applied Mathematics and the Mathematical,Optimization Society
3. Bruce a. Finlayson, “Introduction to chemical engineering computing”, 2006 by John Wiley & Sons, Inc

**Semestre: 3**  
**Unité d'enseignement: UEF 2.1.2**  
**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:**

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

### **Références bibliographiques:**

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

**Semestre: 3**  
**Unité d'enseignement: UEM 2.1**  
**Matière 1:TP Distillation**  
**VHS : 22h30 (TP : 1h30)**  
**Crédits: 2**  
**Coefficient : 1**

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

- Permettre à l'étudiant de mener expérimentalement une opération de distillation d'un mélange binaire en discontinu et en continu à l'échelle pilote.
- 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:**

#### **Distillation**

TP N° 1. Courbes de rosée et d'ébullition d'un mélange binaire.

TP N° 2. Rectification continue.

TP N° 3. Distillation en discontinu.

TP N° 4. Etude d'un procédé de distillation continue dans une colonne à garnissage ou dans une colonne à plateaux perforés.

TP N° 5. Séparation et purification par distillation fractionnée : Cas d'une estérification.

TP N° 6. Etude du fonctionnement de la colonne en reflux total.

TP N° 7. Extraction de molécules volatiles par hydrodistillation.

#### **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: UEM 2.1**  
**Matière 2:TP Raffinage et pétrochimie**  
**VHS : 22h30 (TP : 1h30)**  
**Crédits: 2**  
**Coefficient : 1**

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

- Permettre à l'étudiant de mener expérimentalement une opération de distillation d'un mélange binaire en discontinu et en continu à l'échelle pilote.
- 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: UEM 2.1**  
**Matière 3: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: 3**  
**Unité d'enseignement: UEM 2.1**  
**Matière 4: 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:**

**CHAPITRE1 : INTRODUCTION GENERALE 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 REPONSES**

- 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 MELANGE**

- 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: 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 de mémoire**

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

**Crédits : 1**

**Coefficient : 1**

**Objectifs de l'enseignement :**

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

**Connaissances préalables recommandées :**

Méthodologie de la rédaction, Méthodologie de la présentation.

**Contenu de la matière:**

**Partie I- : Recherche documentaire :**

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

**(02 Semaines)**

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

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

**(02 Semaines)**

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

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

**(01 Semaine)**

- Les techniques de recherche
- Les opérateurs de recherche

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

**(02 Semaines)**

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

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

**(01 Semaine)**

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

## Partie II : Conception de mémoire

### Chapitre II-1 : Plan et étapes du mémoire (02 Semaines)

- Cerner et délimiter le sujet (Résumé)
- Problématique et objectifs du mémoire
- Les autres sections utiles (Les remerciements, La table des abréviations...)
- L'introduction (*La rédaction de l'introduction en dernier lieu*)
- État de la littérature spécialisée
- Formulation des hypothèses
- Méthodologie
- Résultats
- Discussion
- Recommandations
- Conclusion et perspectives
- La table des matières
- La bibliographie
- Les annexes

### Chapitre II- 2 : Techniques et normes de rédaction (02 Semaines)

- La mise en forme. Numérotation des chapitres, des figures et des tableaux.
- La page de garde
- La typographie et la ponctuation
- La rédaction. La langue scientifique : style, grammaire, syntaxe.
- L'orthographe. Amélioration de la compétence linguistique générale sur le plan de la compréhension et de l'expression.
- Sauvegarder, sécuriser, archiver ses données.

### Chapitre II-3 : Atelier : Etude critique d'un manuscrit (01 Semaine)

### Chapitre II-4 : Exposés oraux et soutenances (01 Semaine)

- Comment présenter un Poster
- Comment présenter une communication orale.
- Soutenance d'un mémoire

### Chapitre II-5 : Comment éviter le plagiat ? (01 Semaine)

(Formules, phrases, illustrations, graphiques, données, statistiques,...)

- La citation
- La paraphrase
- Indiquer la référence bibliographique complète

### Mode d'évaluation :

Examen : 100%

### Références bibliographiques :

1. M. Griselin et al., *Guide de la communication écrite, 2e édition*, Dunod, 1999.
2. J.L. Lebrun, *Guide pratique de rédaction scientifique : comment écrire pour le lecteur scientifique international*, Les Ulis, EDP Sciences, 2007.
3. A. Mallender Tanner, *ABC de la rédaction technique : modes d'emploi, notices d'utilisation, aides en ligne*, Dunod, 2002.
4. M. Greuter, *Bien rédiger son mémoire ou son rapport de stage*, L'Etudiant, 2007.
5. M. Boeglin, *lire et rédiger à la fac. Du chaos des idées au texte structuré. L'Etudiant*, 2005.
6. M. Beaud, *l'art de la thèse*, Editions Casbah, 1999.
7. M. Beaud, *l'art de la thèse, La découverte*, 2003.
8. M. Kalika, *Le mémoire de Master*, Dunod, 2005.