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

عرض تكوين

مهندس دولة - ST

برنامج وطني

(تحيين 2026-Bis)

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

الميدان	الفرع	التخصص
علوم وتكنولوجيا	*هندسة الطرائق*	*هندسة الطرائق الكيميائية*

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

OFFRE DE FORMATION

INGENIEUR D'ETAT - ST

PROGRAMME NATIONAL

(Mise à jour 2026-Bis)

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

Domaine	Filière	Spécialité
Sciences et Technologies	*Génie des Procédés*	*Génie des Procédés chimiques*

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

Training Offer

STATE ENGINEER - ST

NATIONAL PROGRAMME

(2026-Bis Update)

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

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

II – Fiches d'organisation semestrielles des enseignements

Semestre 5 : spécialité: Génie des procédés chimiques

Unité d'enseignement	Intitulés des matières	Code	Crédits	Coefficients	Volume Horaire Hebdomadaire			VHS	Mode d'évaluation	
					Cours	TD	TP		Contrôle continu	Examen final
UE Fondamentale Code : UEF 3.1.1 Crédits : 8 Coefficients : 4	Transfert de matière	**GPC5.1**	**4**	**2**	1h30	1h30		45h00	40%	60%
	Cinétique chimique et catalyse homogène	**GPC5.2**	**4**	**2**	1h30	1h30		45h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 3.1.2 Crédits : 13 Coefficients : 7	Transfert de chaleur	**GPC5.3**	**4**	**2**	1h30	1h30		45h00	40%	60%
	Thermodynamique chimique	**GPC5.4**	**4**	**2**	1h30	1h30		45h00	40%	60%
	Bases de la chimie organique industrielle	**GPC5.5**	**5**	**3**	1h30	1h30	1h30	67h30	40% (20%TD+20%TP)	60%
UE Méthodologique Code : UEM 3.1 Crédits : 7 Coefficients : 6	Bilans macroscopiques	**GPC5.6**	**3**	**2**	1h30	1h30		45h00	40%	60%
	Appareil de mesure et instrumentation	**GPC5.7**	**2**	**2**	1h30		1h30	45h00	40%	60%
	Travaux pratiques de phénomènes de transfert, cinetique et de thermodynamique	**GPC5.8**	**2**	**2**			3h00	45h00	100%	
UE Transversale Code : UET 3.1 Crédits :2 Coefficients : 2	Anglais technique en relation avec la spécialité	**GPC5.9**	**1**	**1**	-	1h30	-	22h30	100%	
	Responsabilité environnementale 1: environnement et developpement durable	**GPC5.10**	**1**	**1**	1h30			22h30		100%
Volume Horaire Total du semestre 5			**30**	**19**	**10h30**	**9h00**	**9h00**	**427h30**		

Université

Semestre 6 : spécialité: Génie des procédés chimiques

Unité d'enseignement	Intitulés des matières	Code	Crédits	Coefficients	Volume Horaire Hebdomadaire			VHS	Mode d'évaluation	
					Cours	TD	TP		Contrôle continu	Examen final
UE Fondamentale Code : UEF 3.2.1 Crédits : 13 Coefficients : 8	Opérations unitaires I (Extraction-Absorption)	**GPC6.1**	**5**	**3**	1h30	1h30	1h30	67h30	40% (20%TD+20%TP)	60%
	Génie de la réaction I (réacteurs homogènes)	**GPC6.2**	**5**	**3**	1h30	1h30	1h30	67h30	40% (20%TD+20%TP)	60%
	Chimie minérale industrielle	**GPC6.3**	**3**	**2**	1h30		1h30	45h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 3.2.2 Crédits : 8 Coefficients : 5	Electrochimie	**GPC6.4**	**5**	**3**	1h30	1h30	1h30	67h30	40% (20%TD+20%TP)	60%
	Thermodynamique des équilibres	**GPC6.5**	**3**	**2**	1h30	1h30		45h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 3.2 Crédits : 8 Coefficients : 5	Statistiques et notions De plans d'expériences	**GPC6.6**	**4**	**2**	1h30	1h30	1h30	67h30	40% (20%TD+20%TP)	60%
	Méthodes physiques d'analyse I	**GPC6.7**	**3**	**2**	1h30		1h30	45h00	40%	60%
	Stage pratique 1 en milieu Professionnel	**GPC6.8**	**1**	**1**	Volume horaire hors quota Tutorat : 1h30 TP hebdomadaire			22h30	100%	
UE Transversale Code : UET 3.2 Crédits :1 Coefficients : 1	Entreprenariat et Lean Start-up	**GPC6.9**	**1**	**1**	1h30			22h30		100%
Volume Horaire Total du semestre 6			**30**	**19**	**12h00**	**7h30**	**9h00**	**427h30**		

Université

Semestre 7 : spécialité: Génie des procédés chimiques

Unité d'enseignement		Code	Crédits	Coefficients	Volume Horaire Hebdomadaire			VHS	Mode d'évaluation	
					Cours	TD	TP		Contrôle continu	Examen final
UE Fondamentale Code : UEF 4.1.1 Crédits : 8 Coefficients : 4	Opérations unitaires II (Distillation-Rectification, mélange et agitation)	**GPC7.1**	**4**	**2**	1h30	1h30		45h00	40%	60%
	Milieux poreux et dispersés	**GPC7.2**	**4**	**2**	1h30	1h30	1h30	67h30	40% (20%TD+20%TP)	60%
UE Fondamentale Code : UEF4.1.2 Crédits : 12 Coefficients : 6	Génie de la réaction II (Réacteurs non idéaux et bioréacteurs)	**GPC7.3**	**4**	**2**	1h30	1h30		45h00	40%	60%
	Echangeurs de chaleur	**GPC7.4**	**4**	**2**	1h30	1h30		45h00	40%	60%
	Fours et chaudières	**GPC7.5**	**4**	**2**	1h30	1h30		45h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 4.1 Crédits : 9 Coefficients : 8	Programmation avancée python	**GPC7.6**	**2**	**2**	1h30		1h30	45h00	40%	60%
	Traitements des effluents et des déchets Industriels (gazeux, liquides et solides)	**GPC7.7**	**2**	**2**	1h30	1h30		45h00	40%	60%
	Méthodes physiques d'analyse II	**GPC7.8**	**2**	**2**	1h30		1h30	45h00	40%	60%
	TP- génie chimique (OU II, CR II, échangeurs,)	**GPC7.9**	**1**	**1**			1h30	22h30	100%	
	Projet Personnel Professionnel (ou stage pratique avec un min-projet personnel) obligatoire	**GPC7.10**	**2**	**1**	Volume horaire hors quota Tutorat : 1h30 TP hebdomadaire			-	100%	
UE Transversale Code : UET4.1 Crédits :1 Coeff : 1	**Respect des normes et des règles d'éthique et d'intégrité**	**GPC7.10**	**1**	**1**	**1h30**			**22h30**		**100%**
Volume Horaire Total de semestre 7			**30**	**19**	**13h30**	**9h00**	**6h00**	**427h30**		

Université

Semestre 8 : spécialité: Génie des procédés chimiques

Unité d'enseignement	Intitulés des matières	Code	Crédits	Coefficients	Volume Horaire Hebdomadaire			VHS	Mode d'évaluation	
					Cours	TD	TP		Contrôle continu	Examen final
UE Fondamentale Code : UEF4.1.1 Crédits : 8 Coefficients : 4	Opérations unitaires III (*Séchage-Evaporation-Cristallisation*)	**GPC8.1**	**4**	**2**	1h30	1h30		45h00	40%	60%
	Procédés d'adsorption et de séparation membranaire	**GPC8.2**	**4**	**2**	1h30	1h30		45h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 4.2.2 Crédits : 10 Coefficients : 4	Mécanique des fluides avancée	**GPC8.3**	**5**	**2**	1h30	1h30	1h30	67h30	40% (20%TD+20%TP)	60%
	Technologies des poudres et du solide	**GPC8.4**	**5**	**2**	1h30	1h30	1h30	67h30	40% (20%TD+20%TP)	60%
UE Méthodologique Code : UEM4.2 Crédits : 8 Coefficients : 7	Sécurité des procédés Industrielle et maitrise des risques	**GPC8.5**	**3**	**2**	1h30	1h30		45h00	40%	60%
	Simulateurs statique et dynamique des procédés	**GPC8.6**	**2**	**2**	1h30		1h30	45h00	40%	60%
	TP -génie chimique (OU, ads et Sep. Membranaire)	**GPC8.7**	**1**	**1**			1h30	22h30	100%	
	Stage pratique 2 en milieu professionnel	**GPC8.8**	**2**	**2**	Volume horaire hors quota Tutorat : 1h30 TP hebdomadaire			--	100%	
UE Transversale Code : UET 4.2 Crédits : 4 Coefficients : 4	Elements de l'IA appliquée	**GPC8.9**	**2**	**2**	1h30	1h30		45h00	40%	60%
	Lean start-up	**GPC8.10**	**2**	**2**	**1h30**	**1h30**		**45h00**	**80% (20% Atl + 60% Prj)**	**20%**
Volume Horaire Total			**30**	**19**	**12h00**	**9h00**	**7h30**	**427h30**		

Université

Semestre 9 : spécialité: Génie des procédés chimiques

Unité d'enseignement	Intitulés des matières	Code	Crédits	Coefficients	Volume Horaire Hebdomadaire			VHS	Mode d'évaluation	
					Cours	TD	TP		Contrôle continu	Examen final
UE Fondamentale Code : UEF 5.1.1 Crédits : 13 Coefficients : 7	Génie de la réaction III (Les réacteurs polyphasiques)	**GPC9.1**	**4**	**2**	1h30	1h30		45h00	40%	60%
	Procédés de raffinage et de pétrochimie	**GPC9.2**	**4**	**2**	1h30	1h30		45h00	40%	60%
	La formulation dans les industries chimiques	**GPC9.3**	**5**	**3**	1h30	1h30	1h30	67h30	40% (20%TD+20%TP)	60%
UE Fondamentale Code : UEF 5.1.2 Crédits : 6 Coefficients : 3	Génie de la polymérisation : quelques grands procédés industriels	**GPC9.4**	**4**	**2**	1h30	1h30		45h00	40%	60%
	Procédés innovants	**GPC9.5**	**2**	**1**	1h30			22h30		100%
UE Méthodologique Code : UEM 5.1 Crédits : 7 Coefficients : 5	Contrôle & commande & régulation des procédés	**GPC9.6**	**3**	**2**	1h30		1h30	45h00	40%	60%
	Introduction à la digitalisation des procédés	**GPC9.7**	**2**	**1**	1h30		1h00	37h30	40%	60%
	Evaluation technico-économique des procédés industriels	**GPC9.8**	**2**	**2**	1h30	1h30		45h00	40%	60%
UE Decouverte Code : UED 5.1 Crédits : 1 Coefficients : 1	Corrosion et protection Des installations	**GPC8.9**	**1**	**1**	1h00			15h00		100%
UE Transversale Code : UET 5.1 Crédits : 3 Coefficients : 3	Recherche documentaire et conception de mémoire	**GPC9.10**	**1**	**1**	1h00			15h00		100%
	Chemical Reverse engineering		**2**	**2**	1h30	1h30 (Atelier)		45h00	40%	60%
Volume Horaire Total de semestre 9			**30**	**19**	**15h30**	**7h30**	**5h30**	**427h30**		

Université

Semestre 10:

LeProjet de fin d'études (PFE) obligatoirement en relation avec le secteur industriel ou dans une entreprise, ou dans le cadre de l'arrêté 1265 , estsanctionné par un mémoire et une soutenance

	VHS	Coeff	Crédits
Travail Personnel	**550**	**11**	**18**
Stage en entreprise	**100**	04	06
Séminaires	**50**	02	03
Autre (Encadrement)	**50**	02	03
Total Semestre 10	**750**	19	30

Ce tableau est donné à titre indicatif

Évaluation du Projet de Fin de Cycle d'Ingénieur

- 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

Université

Programmes détaillés des matières du 5ème semestre

	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S5	Transfert de matière		2	4	GPC5.1
VHH	**Cours**	**Travaux dirigés**	**Travaux Pratiques**		
45h00	1h30	1h30			

Objectifs de l'enseignement:
Comprendre les mécanismes et le formalisme permettant de décrire le transfert de matière ; Savoir écrire un bilan matière nécessaire au calcul des équipements.

Connaissances préalables recommandées:
Thermodynamique ; Cinétique chimique ; Equations différentielles.

Contenu de la matière:

Chapitre 1 : Mécanisme de transfert de la matière (3 semaines)
Introduction ; Définition de la diffusion moléculaire ; Nomenclature : concentrations massique et molaire, totale et individuelle, densité de flux de diffusion et de transport (convection + diffusion) ; Définition des vitesses moyennes massique et molaire ; Loi de Fick et loi de Stefan Maxwell (systèmes gazeux multicomposants);
Coefficients de diffusion (phase gazeuse, phase liquide, ordre de grandeur des coefficients de diffusion dans les différents milieux (gaz, liquides, solides) ; Coefficients de diffusion dans les solides poreux ; Notion de coefficients de diffusion effectifs.

-Chapitre 2 : Diffusion unidimensionnelle stationnaire et quasi-stationnaire(3 semaines)
Bilan matière-Equation de continuité (globale et partielle) ; Rappels sur les opérateurs gradients et divergence d'un vecteur ; Bilans de la masse totale et pour un constituant i sur un élément de volume fixe ; Conditions aux limites et condition initiale ; Exemples de problèmes de diffusion à une seule variable (cas d'un gaz à travers un film gazeux stagnant, problème d'évaporation, diffusion équimolaire, applications pour différentes géométries (plan, cylindre, sphère));; Transfert diffusif avec réaction chimique homogène et hétérogène.

Chapitre 3 : Transfert diffusif transitoire : (5 semaines)
Transfert diffusif transitoire : 2ème loi de Fick; Problèmes à source instantanée (quantité de matière diffusante limitée); Problèmes à source continue (condition aux limites fixe (Apprendre à poser un problème avec son équation de adaptée et ses conditions initiales et aux limites).

-Chapitre 4 : Transfert de matière à une interface (entre phases) (4 semaines)
Rappels des équilibres entre deux phases; Théorie des 2 films, de pénétration, de renouvellement de surface ; Coefficients de transfert de matière individuels et global; Notion d'analyse dimensionnelle : Théorème de π- Buchingham ; Nombres sans dimensions relatifs au transfert de matière (Sherwood, Reynolds, Schmidt) ; Estimations des coefficients de transfert de matière (corrélations adimensionnelles)

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

Références bibliographiques:

1. Bird, Stewart, Lightfoot, "Transport phenomena », Second Edition, J Wiley, 2002.
2. Treybal,« Mass transfer operations », Mc Graw-Hill.
3. Incorpera, Dewwitt, Bergmann, Lavine, « Fundamentals of heat and mass transfer » , 6th edition Ed. Wiley (2010)
4. Welty, Wicks, Wilson, Rorer, "Fundamentals of momentum, heat and mass transfer" 5th edition, Ed; Wiley (2007)

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S5	Chimie Cinétique et catalyse homogène		2	4	**GPC5.2**
VHH	**Cours**	**Travaux dirigés**	**Travaux Pratiques**		
45h00	1h30	1h30	-		

Objectifs de la matière : l'étudiant devra être capable de définir la vitesse de toute réaction chimique et d'assimiler les paramètres de la cinétique (ordre, constante de vitesse, énergie d'activation)

Connaissances préalables recommandées

Mathématiques (dérivée, intégrale), savoir exprimer la concentration d'une solution, maitriser les systèmes d'unité, savoir tracer et exploiter les graphiques.

Contenu de la matière :

Chap. 1 Généralités et définitions

a- Evolution dans le temps des réactions chimiques

b- Définition de la vitesse de réaction (moyenne, instantanée, généralisation)

c- Avancement de la réaction, la conversion

Chap.2 Lois simples des vitesses de réactions chimiques

a- Facteurs de la cinétique

b- Influence de la concentration Ordre de réaction

1- Notion d'ordre

2- Constante de vitesse

3- Molécularité

4- Réaction élémentaire et mécanisme réactionnel

c- Influence de la température-Energie d'activation

1- Loi d'Arrhenius

2- Signification de l'énergie d'activation

Chap.3 Cinétique formelle des réactions irréversibles

a- Réactions d'ordre n=1 ; n= 2 ; n

b- Dégénérescence de l'ordre

c- Méthodes de recherche de l'ordre (quelques méthodes essentielles)

Chap.4 Etude expérimentale des vitesses de réaction

Il s'agit de décrire les différentes techniques de mesure de la vitesse, c'est-à-dire comment suivre la variation de la concentration en fonction du temps. On montre qu'il y'a la méthode chimique (analyse ex situ : **prélèvement-trempe chimique-dosage**) et la méthode physique (analyse in situ : **sans prélèvement** ; donc on mesure une grandeur physique : absorbance, volume, conductivité, etc… reliée à la concentration)

Chap. 5 Cinétique formelle des réactions composées

1-Réactions opposées réversible

2-Réaction parelles

3-Réaction successives

Référence:

1-ClaudeMoreau,Jean-PaulPayen,Cinétiquechimique,EditionBelin1999

2-MichelDestriau,GérardDorthe,RogerBen-Aïm,Cinétiqueetdynamiquechimique

EditionTechnip1981.
3-P.Morlaes,Cinétique chimique:Structure de la matière1978
4-B.Frémaux,Eléments de cinétique et de catalyse,EditeurTecet1998
5. M. Robson Wright, An Introduction to Chemical Kinetics, Editions John Wiley & Sons Ltd, Chichester, 2004
6. P. William Atkins, Eléments de Chimie Physique, Editions DeBoek Université, Bruxelles, 1997
7. E. James House, Principles of Chemical Kinetics, 2ème édition, Editions Elsevier Inc., London, 2007
8. A. Azzouz, Cinétique Chimique, Editions Berti, Tipaza, 1991
9. A. Derdour, Cours de Cinétique Chimique, Editions OPU, Alger, 1988
10. G. Scacchi, M. Bouchy, J. F. Foucaut et O. Zahraa, Cinétique et Catalyse, Editions Technique & Documentation, Paris, 1996
11. Thermodynamique chimique, M. A. OTiuran et M. Robert., Presses Universitaires de Grenoble, 1997, 245 pages.
12. Chimie générale, R Ouahès, B Devallez, PUBLISUD 4 ème Ed, 1997, 504 pages.
13. Chimie générale, S. S. ZUMDAHL., De Boeck Université 2ème Ed, 1999, 514 pages.
14. Eléments de chimie physique, P.W. ATKINS., De Boeck Université 2ème Ed, 1996, 512pages.
15.. Chimie générale, Élisabeth Bardez, Dunod Paris, 2009, 258 pages.
16. Les cours de Paul Arnaud, Exercices résolus de chimie physique.,Dunod Paris 3 ème Ed, 2008, 386 pages.
17. La chimie générale au PCEM, tome 1, C. Bellec, G. Lhommet., Vuibert, 1996, 307 pages.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S6	**Transfert de Chaleur**		3	5	GPC5.3
VHH	**Cours**	**Travaux dirigés**	**Travaux Pratiques**		
67h30	1h30	1h30	1h30		

Objectifs de l'enseignement:
-Etude des différents modes de transfert : conduction, convection et rayonnement.
-Applications des lois régissant ces différents types de transfert.

Connaissances préalables recommandées:
Thermodynamique, Equations différentielles.

Contenu de la matière:

Chapitre 1 :

Introduction générale aux différents modes de transfert de chaleur,**(1 semaines)**

Chapitre 2 :

(6semaines)

Transfert de chaleur par conduction : Loi de Fourier Cas : mur simple, murs composites, couche cylindrique, couches cylindriques composites (analogie électrique, résistance globale) ; Calorifugeage des couches cylindriques (épaisseur critique d'isolant) ; Calorifugeage des couches sphériques. équation générale de la conduction, problèmes des ailettes,

Chapitre 3 :

(5semaines)

Transfert de chaleur par convection : Définitions ; Expression du flux de chaleur (loi de Newton) ; coefficient de transfert de chaleur par convection, , analyse dimensionnelle, corrélations empiriques (convection naturelle et forcée), Calcul du flux de chaleur en convection naturelle ; Calcul du flux de chaleur en convection forcée.

Chapitre 4 :

(3semaines)

Transfert de chaleur par rayonnement : Lois du rayonnement ;Loi de Lambert ;Loi de Kirchhoff ; Rayonnement des corps noirs ; Rayonnement des corps non noirs ; Rayonnement réciproque de plusieurs surfaces (échange de chaleur par rayonnement entre surfaces noires et grises).

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

Références bibliographiques:

1. J. Krabol, « Transfert de chaleur », Masson, 1990.
2. Martin Becker, "Heat transfer: a modern approach". Plenum, 1986.
3. J.F. Sacadura, « Initiation au transfert thermique », TEC-DOC, 1980.
4. Pierre Wuithier, « Le pétrole, raffinage et génie chimique ».
5. Y. Jannot, cours de transfert thermique, 2ème édition, école des mines Nancy.
6. Incorpera, Dewwitt, Bergmann, Lavine, « Fundamentals of heat and mass transfer » , 6th edition Ed. Wiley (2010)

THERMODYNAMIQUE CHIMIQUE

Intitulé specialité : Génie des Procédés Chimiques *Etablissement :* *annee universitaire:*

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S5	THERMODYNAMIQUE CHIMIQUE		2	4	**GPC5.4**
VHH	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
45h00	1h30	1h30	-		

Objectifs de l'enseignement :
Connaissances préalables recommandées : Equations différentielles, Thermodynamique chimique de base.
Contenu de la matière :
Rappels
1- Systèmes thermodynamiques et transformations
2- Les différents principes de la thermodynamique (zéro, 1er, 2nd et 3ème)
3- Fonctions d'état et grandeurs thermodynamiques
4- Potentiel chimique

Chapitre 1 : Thermodynamique des substances pures
1- Gaz réels
2- Ecarts aux gaz parfait et à l'état standard
3- Forces intermoléculaires et équation d'état : équation de Van Der Waals
4- Exemples d'autres équations des gaz réels
5- Fugacité (Calcul, Variation en fonction de T et P,…)
6- Loi des états correspondants
7- Equilibres des phases d'une substance pure
- Equilibre stable et instable
- Règle et transition des phases
- Equation de Clausius-Clapeyron
- Diagramme généralisé et tablettes d'état

Chapitre 3 : Thermodynamique des mélanges
1- Comportement d'un constituant dans un mélange (Idéal et réel)
2- Variables de composition des mélanges (grandeurs molaires partielles, Activités et coefficients d'activité,…)

Chapitre 4 : Equilibre liquide – vapeur
- Pression de vapeur des solutions à température constante
Etude des solutions binaires idéales
Etudes de solutions quelconques à constituants :Miscibles et Non miscibles
- Diagramme liquide – vapeur à pression constante à partir des activités (courbe de Mac Cche et Thiel)
- Application : Distillation fractionnée, entraînement à la vapeur
- Extension au système ternaire
Chapitre 5 : Equilibre liquide – liquide et liquide – solide
- Mélanges binaire liquide – liquide : description du phénomène et allure des activités.
Détermination des activités par mesure de solubilité à partir des exemples d'expressions des grandeurs d'excès (développement de Margules, Vanlaar, ….)
- Application **:**
Extraction liquide – liquide
Mélange binaire liquide – solide

Diagrammes des activités
Diagrammes des solubilités
- Cas des mélanges ternaires

References

Smith, E.B, Basic Chemical Thermodynamics, second ed., Clarendon Press, Oxford, 1977.
Rossini, F. D., Chemical Thermodynamics, Wiley, New York, 1950. Florence,
Stanley I.Sandler,Chemical and Engineering Thermodynamics, Wiley, New York, 1977.
Elliot,J, Lira C.T, Introductory chemical engineering Thermodynamics , Prentice –Hall (1999)
Lewis G.N., Randal M., Thermodynamics, Mac Graw Hill
Hougen O.A., Watson K.M., Chemical process principles, Vol II: thermodynamics John Wiley and sons

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S5	Base de la Chimie Organique industrielle		2	4	**GPC5.5**
VHH	**Cours**	**Travaux dirigés**	**Travaux Pratiques**		
67h30	1h30	1h30	1h30		

Objectifs de l'enseignement
-Introduire les notions de base de la chimie organique et présenter les principaux dérivés fonctionnels en vue de comprendre les procédés de la chimie industrielle.
- Description des mécanismes d'obtention de différentes fonctions et les principales réactions rencontrées en chimie organique.

Connaissances préalables **:** Connaissances de base sur le carbone, des notions sur la liaison chimique ;
Contenu de la matière :
Chapitre 0 : Introduction à la chimie organique Valences et hybridations du carbone
Chapitre I : NOMENCLATURE DES COMPOSES ORGANIQUES :Définition de la nomenclature : Nomenclature ordinaire, triviale, usuelle et systématique de l'IUPAC
Chapitre II : CLASSIFICATION DES FONCTIONS ORGANIQUES
II-1- Les hydrocarbures aliphatiques saturés (linéaires, ramifiés)
II-2- Les alcènes (préparation, réactivité)
II- 3- Les composés aromatiques (préparation, réactivité)
II-4- Les alcools, les thiols, lés aldéhydes (préparation, réactivité)
II-5- Cétones, acides carboxyliques (préparation, réactivité)
Chapitre III : ISOMERIE PLANE
I- Définition
II- Isomérie plane : définition
III- Isomérie de fonction
IV- Isomérie de position
V- Tautomérie
Chapitre IV : STERIOCHIMIE
I-Isomérie stérique : définition
II- Représentation des molécules dans l'espace
- Projective de Cram
- Projective de Newmann
- Projective de Fischer
III- Isomérie de conformation
- Diagramme énergie potentielle en fonction d'angles de rotation
- Exemple de cyclohexane
IV- Isomérie de configuration
- Isomérie optique (carbone asymétrique, chiralité, inverses optiques, énantiomères et activité optique)
- Configuration absolue
- Diastéréoisomères (forme méso)
- Isomérie géométrique et cyclanique
Chapitre V : EFFETS ELECTRONIQUES
I- Définition
II. Liaison chimiques : covalente pure, covalente polarisée et ionique.

III- Effet inductif : définition,
- Classification des effets inductifs.
- Influence de l'effet inductif sur l'acidité d'un composé chimique
- Influence de l'effet inductif sur la basicité d'un composé chimique

IV- Effet mésomère : définition, systèmes conjugués et délocalisation des électrons.
- Classification des effets mésomères
- Influence de l'effet mésomère sur l'acidité d'un composé chimique
- influence de l'effet mésomère sur la basicité d'un composé organique

Chapitre VI : LES GRANDES REACTIONS EN CHIMIE ORGANIQUE
Classification des réactions : Addition ; Substitution ; Elimination ; Réarrangement

Référence:

1-Paul Arnaud, Chimie organique, DUNOD;2004.
2-Jean pierre Mercier ,Pierre Gaudard
Chimieorganique:uneinitiation;PressespolytechniquesRomandes2001.
3-MelaniaKielChimieorganiquecoursetexercicescorrigés;;estem;2004.
4-JonathanClayden,NickGreeves,StuartWarren,AndrésPousse,Chimieorganique;
deBoeck2eédition;2013.
5-John McMurry, Eric Simanek,Chimie organique les grands principes;DUNOD2eédition;
2007.

TP : selon les moyens de l'établissement

Semestre : *5*
Unité d'enseignement : UEM 3.1
Matière 3 : Bilans macroscopiques
VHS: 37h30 (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits : 3
Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement:

Les différentes opérations du Génie des Procédés nécessitent l'écriture de bilans de matière et d'énergie pour maitriser le fonctionnement etle dimensionnement des équipements. Les objectifs de cette matière sont de fournir tous les concepts fondamentaux pour effectuer les bilans de matière et d'énergie d'un procédé afin de modéliser les processus.

Connaissances préalables recommandées:

Chimie physique, phénomènes de transfert, bases en maths et informatique.

Contenu de la matière:

- Concepts fondamentaux – analyse boîte noire
- Procédés avec ou sans réaction chimique
- Détermination des degrés de liberté
- Schéma avec recyclage
- Schéma avec recyclage et purge
- Exemples d'illustration (Réacteur continu ; Colonne de séparation ; Echangeur de chaleur ; Tour de réfrigération ; Chaudière, …, etc.)

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40%, Examen: 60%.

Références bibliographiques:

1. P. C. Wankat, « Separation Process Engineering Includes Mass Transfer Analysis », Third edition, Prentice Hall publisher, 2011.
2. R. K. Sinnott, Coulson & Richardson'sChemical Engineering, Vol 6, Fourth edition, Elsevier publisher, 2005.
3. D. Ronze, » Introduction au génie des procédés », Editions Tec & Doc Lavoisier, 2008.
4. Joseph Lieto, « Le génie chimique à l'usage des chimistes », Tec & Doc (Editions), 2004.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S5	Appareils de mesure et Instrumentation		2	2	**GPC5.7**
VHH	**Cours**	**Travaux dirigés**	**Travaux Pratiques**		
45h00	1h30	-	45h00		

Contenu de la matière

CHAPITRE 1 : INTRODUCTION A LA METROLOGIE
NOTIONS DE BASE
Quelques définitions
Le système d'unités internationales (SI) et ses symboles
Les multiples et les sous-multiples des unités
Liens entre les unités SI et les unités anglo-saxonnes
CLASSIFICATION DES CAPTEURS
Les capteurs actifs
Les capteurs passifs
Les grandeurs d'influence
LA CHAINE DE MESURE
CHAPITRE 2 : LES CARACTERISTIQUES METROLOGIQUES
LES ERREURS DE MESURE
Les erreurs illégitimes (Illegitimate errors)
Les erreurs systématiques (Systematic errors)
Les erreurs accidentelles ou aléatoires (Random errors)
TRAITEMENT STATISTIQUE DES MESURES
Caractérisation statistique d'une distribution
Mesures de la dispersion d'une distribution
ERREURS TOTALES D'UN SYSTEME DE MESURE
Erreur d'un produit
Erreur d'un quotient
Erreur d'une somme
Erreur d'une différence
REGRESSION LINEAIRE
FIDELITE, JUSTESSE ET PRECISION
CHAPITRE 3 : PERFORMANCES DES SYSTEMES DE MESURE
LE SYSTEME DE MESURE IDEAL
LES CARACTERISTIQUES STATIQUES D'UN CAPTEUR
Gamme de mesure – Etendue de mesure
La courbe d'étalonnage ou l'étalonnage statique (Static calibration)
La précision (Accuracy)
Le décalage du zéro (Bias, Zero-drift)
La linéarité
La sensibilité (sensitivity)
Le décalage de la sensibilité (sensitivity drift)
La résolution
La répétabilité (Precision)
La reproductibilité
LES CARACTERISTIQUES DYNAMIQUES D'UN CAPTEUR
Le système d'ordre zéro

Le système du premier ordre
Le système du deuxième ordre

DEUXIEME PARTIE :LES CAPTEURS DE TEMPERATURE

CHAPITRE 4 : LES THERMOMETRES A DILATATION

INTRODUCTION
LE THERMOMETRE A DILATATION DE LIQUIDE
Description
Loi de variation
Liquides thermométriques
Nature de l'enveloppe
Colonne émergente
LE THERMOMETRE A DILATATION DE GAZ
Principe
Description
LE THERMOMETRE A TENSION DE VAPEUR
Principe
Liquides de remplissage et domaines d'utilisation
LE THERMOMETRE A DILATATION DE SOLIDE
Principe
Le bilame (bi-metallic-strip thermometer)

CHAPITRE 5 : LES THERMOMETRES ELECTRIQUES

INTRODUCTION
LES THERMOMETRES A RESISTANCE
Principe
Critères de choix du métal
LES THERMISTANCES
Principe
Relation résistance-température

CHAPITRE 6 : LES THERMOCOUPLES

PRINCIPE
LES EFFETS THERMOELECTRIQUES
L'effet Peltier
L'effet Thomson
L'effet Seebeck
PRINCIPES PRATIQUES D' UTILISATION DES THERMOCOUPLES
SENSIBILITE THERMIQUE D' UN THERMOCOUPLE

Références bibliographiques :

G. ASCH et coll. (1998). LES CAPTEURS EN INSTRUMENTATION INDUSTRIELLE. (DUNOD, Collection EEA, Paris), 864 pages, 5ème édition. ISBN : 2100047582
Chiheb BOUDEN, Textbook for Instrumentation Lectures, ENIT, 1996
L. BERGOUGNOUX, Conditionnement Electronique des Capteurs, Polytechnique Marseille.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S5	Travaux Pratique génie Chimique 1(phénomènes de transfert, cinétique et thermodynamique		2	2	**GPC5.8**
VHH	**Cours**	**Travaux dirigés**	**Travaux Pratiques**		
45h00	-	-	3h00		

Objectifs de l'enseignement:
Observation des phénomènes physiques étudiés lors des cours magistraux ; Valider et présenter correctement les résultats obtenus ; Formuler et communiquer des conclusions.
Connaissances préalables recommandées:
Etre informé des consignes de sécurité dans un laboratoire et être disposé à travailler en groupe.
en Génie chimique.
Contenu de la matière:

Selon les moyens de chaque etablissement

TP. de transfert de chaleur et de matière
TP de cinetique
TP de thermodynamique

Mode d'évaluation:
Contrôle continu: 100%.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S5	Anglais Technique en relation avec la Specialité		1	1	**GPC5.9**
VHH	**Cours**	**Travaux dirigée**	**Travaux Pratiques**		
22h30	-	1h30	-		

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*

Semestre : 5
Unité d'enseignement : UET
Matière 1 : Responsabilité environnementale 1 : environnement et développement durable
VHS : 22h30 (Cours : 1h30)
Crédits : 1
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement

Cet enseignement a pour objectif de sensibiliser les étudiants aux enjeux, contenus et actions du développement durable. Il s"agit de leur faire prendre conscience qu'il est possible d'agir pour la préservation de l'environnement, à travers leur formation, ainsi qu'à leur échelle, sur leur consommation, leurs activités quotidiennes et leur société. Lors de sa formation universitaire, quelle qu'elle soit sa spécialité et son ambition pour ses futures orientations professionnelles, l'étudiant aura l'occasion d'apprendre et d'expérimenter sa connaissance sur le développement durable. Le Développement durable est actuellement une des réponses qui émerge dans le monde entier, pour faire face à la conjonction actuelle des grands enjeux écologiques, économiques et sociétaux du monde.

Chapitre 1 : Définitions : définition de l'environnement (définition générale, définition juridique) ; bref historique ; l'homme et l'environnement ; composantes d'un environnement ; notions de développement durable (définition du DD, bref historique, principes fondamentaux du DD, objectifs du DD, enjeux environnementaux du DD, législation sur le DD en Algérie).

Chapitre 2 : Signification du développement

2.1. Les principales dimensions de la crise environnementale : la démographie humaine, Le réchauffement climatique, Les énergies fossiles (non renouvelables), L'épuisement des ressources naturelles, L'eau potable, La biodiversité et l'agriculture

2.2. Objectifs du développement durable (les 17 objectifs de l'ONU)

2.3. Le Concept du Développement Durable

2.4. Les domaines du développement durable

2.5. Les principes de DD et leurs origines : précaution, prévention, responsabilité, solidarité, équité, pollueur-payeur

2.6. Quelques indicateurs du développement durable: empreinte écologique et bio capacité, impact sur l'environnement, indice de performance environnementale, indice de développement humain, PIB : produit intérieur brut (économique) et Taux de scolarisation garçons/filles (sociétal), accessibilité aux soins (sociétal).

2.7. Education environnementale, Sensibilisation et animation nature, communication environnement,

Programmes détaillés des matières du 6ème semestre

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S6	**Opérations unitaires absorption et extraction**		3	5	GPC 6.1
VHH	**Cours**	**Travaux dirigés**	**Travaux Pratiques**		
67h30	1h30	1h30	1h30		

Objectifs de l'enseignement:
Connaître les principales opérations unitaires et comprendre les schémas des procédés des différentes industries du génie des procédés (chimiques, électrochimiques, agroalimentaires, pharmaceutiques, …, etc.) ; Ecrire et contrôler les bilans matières de ces processus.

Connaissances préalables recommandées:
Thermodynamique ; Equations différentielles ; Phénomènes de transfert.

Contenu de la matière:

Chapitre 1 : Généralités sur les opérations unitaires **(1 semaine)**
Absorption ; Extraction ; Adsorption ; Distillation, etc…

Chapitre 2 : Absorption, désorption, stripping : (4semaines)
Equilibre liquide-gaz ; Absorption isotherme, Bilans de matière; Concept d'étage théorique ; Méthode de Mac Cabe et Thièle, notions de contacteurs (colonnes garnies et à plateaux), hydrodynamique des écoulements

Chapitre 3 : Extraction Liquide – Liquide : (4semaines)
Introduction ; définition (solvant, soluté, diluant), Diagramme d'équilibre ; Extraction à un seul étage; extractions multiétages : Méthode graphique de Mac Cabe et Thièle, nombre de plateaux théoriques

Chapitre 4 : Extraction solide-liquide, lavage et lixiviation Lixiviation) **(4semaines)**
Equilibre solide-liquide ; Diagramme de Janeck : Détermination du nombre d'étages théoriques, cas de l'extraction à contre-courant et à courants croisés.

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

Références bibliographiques:

1. Robert E. Treybal,«Mass transfer operations», MC Graw Hill.
2. MC Cabe et Smith,« Chemical engineering operations», MC Graw Hill.
3. COULSON J.M., J.F RICHARDSON, J.R BACKHURST and J.H. HARKER, "Chemical Engineering", volume two, Fifth edition, 2002.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S6	Génie de la réaction 1		3	5	GPC 6.2
VHH	**Cours**	**Travaux dirigés**	**Travaux Pratiques**		
45h00	1h30	1h30	1h30		

Objectifs de l'enseignement:

Mettre en évidence l'influence du choix des réacteurs chimiques et de leurs conditions de fonctionnement sur les produits de réaction obtenus.Dimensionnement des réacteurs idéaux.

Connaissances préalables recommandées:

Thermodynamique, bases de mathématiques ; phénomènes de transfert.

Contenu de la matière:

Chapitre 1 : (1 semaine)

Stœchiométrie : Notion de taux de conversion ; Notion d'avancement ;Cas d'une réaction unique ; Cas de plusieurs réactions.

Chapitre 2 : Classification des réacteurs chimiques (1 semaine)

Classification des réacteurs chimiques : Réacteur discontinu parfaitement agité (R.D.P.A) ;Réacteur continu stationnaire parfaitement agité (R.C.P.A) ; Réacteur continu tubulaire stationnaire à écoulement piston (R.C.P).

Chapitre 3 : Bilans matière dans les réacteurs idéaux (2 semaines)

Réaction unique : Réacteur fermé parfaitement agité ; Réacteur parfaitement agité continu en régime permanent ; Réacteur piston en régime permanent.

Chapitre 4 : Etude des réacteurs chimiques homogènes isothermes à une réaction:(4semaines)

1-R.D.P.A ; R.C.P.A ; R.C.P ; 2- Association de réacteurs chimiques : Association de réacteurs continus stationnaires en écoulement piston (série / parallèle) ; Association de réacteurs continus stationnaires parfaitement agités (série/ parallèle) ; 3- Performances comparées des réacteurs idéaux.

Chapitre 5: Etude des réacteurs chimiques homogènes isothermes à plusieurs réactions (4 semaines)Réactions irréversibles consécutives ; Réactions compétitives. Sélectivité et rendement ;

Chapitre 6 : Réacteurs idéaux non isothermes (3 semaines)

Notions de Bilans thermiques dans les réacteurs idéaux non isothermes.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40%, Examen: 60%.

Références bibliographiques:

1. O. Levespiel,«Chemical reaction engineering », Wiley,1972.
2. G.Antonini,Benaim,« Génie des réacteurs et des réactions ». Nancy 1991.
3. Trambouze,« Les réacteurs chimiques, Conception ».
4. J. Villermaux,« Génie de la réaction chimique, Conception et fonctionnement des réacteurs », Edition Technique et Documentation. 1982.
5. Froment GF Chemical reactor analysis and design 2nd edition (1990) J. Wiley
6. Schweich D. Génie de la réaction chimique. Tec&Doc Lavoisier, (2001) Paris

Semestre :6
Unité d'enseignement : UEF
Matière: Chimie minérale industrielle
VHS: 45h00 (Cours: 1h30 ; TP : 1h30)
Crédits : 3
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement :

Connaître les principaux procédés industriels d'élaboration en chimie minérale, notamment la fabrication des ciments, du verre et céramiques, de l'acide sulfurique et l'acide phosphorique, synthèse de l'ammoniac et les grandes métallurgies. Ce module permettra aux étudiants de calculer des bilans de matière et d'énergie, de dresser des schémas de procédés.

Contenu de la matière

Introduction (1 semaine)

Les matières premières : Quelques matières premières - Critères de base de choix des matières premières : Aspect économique, technique, disponibilité, hygiène et sécurité, coûts de reviens.

Chapitre I : CIMENTS (2 semaines)

- Introduction - La chaux et sa fabrication - Plâtre de gypse - Ciment - Types de ciment - Composition chimique - Fabrication du ciment Portland - Composition chimique du ciment Portland - Prise et durcissement du ciment Portland - Chaleur d'Hydratation du Ciment - Ciment Spécial.

Chapitre II : VERRE ET CÉRAMIQUE (2semaines)

- Introduction - Fabrication du Verre - Variétés de Verres. 2.2 Plasticité de l'Argile - Pâte blanche - Emaillage - Applications - Faïences et Grès - Fibres Optiques.

Chapitre III : FABRICATION INDUSTRIELLE DE L'ACIDE SULFURIQUE (3semaines)

- Production de l'anhydride sulfureux - Conversion du SO_2 en SO_3 (thermodynamique, cinétique et calculs des convertisseurs) - Absorption du SO_3 - Fabrication et aspects environnemental - flow-sheets.

Chapitre IV : FABRICATION INDUSTRIELLE DE L'ACIDE PHOSPHORIQUE (3semaines)

Voie sèche - Voie humide - Matériaux de construction - Phosphates.

Chapitre V : PRODUCTION DE L'AMMONIAC (3semaines)

- Préparation de gaz de synthèse - Equilibre - Cinétique - Catalyseurs - Technologie des réacteurs - Schémas d'unités.

Chapitre VI : Les grandes métallurgies (Fe, Al, Cu, Ti, Mg,…) **(1semaine)**

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

Références bibliographiques

- H. FAUDUET : Principes fondamentaux du génie des procédés et de la technologie chimique : aspects théoriques et pratiques (Lavoisier, Paris, 1997)
- B. LEFRANCOIS : Chimie industrielle, tome 1. Cours et problèmes résolus (Lavoisier, Paris, 1995)
- B. LEFRANCOIS : Chimie industrielle, tome 2. Problèmes résolus (Lavoisier, Paris, 1996)
- R. PERRIN et J.P. SCHARFF : Chimie industrielle, 2e édition (Masson, Paris, 1999)

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S6	Electrochimie		3	5	GPC 6.4
VHH	**Cours**	**Travaux dirigés**	**Travaux Pratiques**		
67h30	1h30	1h30	1h30		

Objectifs de l'enseignement:
Acquérir les notions de base de l'électrochimie, de la thermodynamique et de la cinétique électrochimiques nécessaires à la compréhension des phénomènes électrochimiques.

Connaissances préalables recommandées:
Chimie des solutions. Thermodynamique chimique etnotions de cinétique.

Contenu de la matière:

Chapitre 1 : (1 semaine)
Rappels sur les solutions électrolytiques : Conductivité, mobilité des ions, loi de dilution d'Oswald, relation de Kohlrausch).

Chapitre 2 : (3semaines)
Propriétés et grandeurs physiques des électrolytes : Théorie de Debye-Huckel : applications aux calculs des coefficients d'activité ; Solvatation et hydratation des ions ; Lois de Faraday (Ecarts et rendements).

Chapitre 3 : (5semaines)
Thermodynamique des réactions électrochimiques : Définition et rappels préliminaires ; Notions de potentiel chimique ; Tension d'électrode et potentiel d'équilibre ; Notions de double couche électrochimique et modèle de Stern ; Relation de Nernst et ses applications ; Prévisions des réactions RedOx ; Différents types d'électrodes ; Piles électrochimiques et notions de tension de jonction (loi d'Henderson).

Chapitre 4 : (4semaines)
Cinétique des réactions électrochimiques : Définitions ; Vitesse d'une réaction électrochimique ; Montages électrochimiques, Loi de Butler-Vollmer ; Approximation de Tafel.

Chapitre 5 : (2semaines)
Méthodes et techniques électrochimiques : Voltampérométrie ; Chronopotentiométrie, ...

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

Références bibliographiques:

1. Genévrière ML Dumas, Roger Benaîm, l'indispensable en électrochimie, Breal, 2001.
2. G. Milazo, « Electrochimie », Dunod,1969.
3. Brenet, « Introduction à l'électrochimie de l'équilibre et du non équilibre », Masson,1980.
4. Allen J. Bard, « Electrochimie : principes, méthodes et applications », Masson, 1983.

Fabien Miomandre, SaïdSadki, PierreAudebert, « Electrochimie des concepts aux applications », Dunod, 2005.F.Cœuret, A. Stock,« Eléments de génie électrochimique », Lavoisier Tech. &.Doc, 1993.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S6	Thermodynamique des équilibres		2	4	GPC 6.5
VHH	**Cours**	**Travaux dirigés**	**Travaux Pratiques**		
45h00	1h30	1h30			

Objectifs de l'enseignement:
Maîtriser l'application des trois principes de la thermodynamique ; Distinguer les différents états d'un gaz ; Prévoir le sens de l'évolution d'une réaction chimique.

Connaissances préalables recommandées:
Thermodynamique chimique ; Equations différentielles.

Contenu de la matière:

Chapitre 1 : Thermodynamiques des solutions(2 semaines)
I.1 Comportement d'un constituant dans un mélange ; I.2 Grandeurs molaires partielles ; I.3 Grandeurs d'excès et activité ; I.4 Modèles des solutions liquides non électrolytiques ; I.5 Mélanges gazeux réels et propriétés pseudo-critiques

Chapitre 2 : Equilibre liquide-vapeur (5 semaines)
II.1 Equilibre d'un mélange binaire idéale ; II.2 Equilibre de solutions quelconques à constituant miscible et non miscible ; II.3 Diagramme liquide-vapeur à pression et température constante ; II.4 Application à la distillation fractionnée et à entrainement de vapeur ; II.5 Extension au système ternaire

Chapitre 3 : Thermodynamique des Equilibres liquide-liquide et liquide-solide(5 semaines)
III.1 Mélange binaire liquide-liquide ; III.2 Application à l'extraction liquide-liquide ; III.3 Mélange liquide-solide ; III.4 Diagramme des activités et solubilités ; III.5 Application aux mélanges ternaires ; III.6 Surfaces et Interfaces

Chapitre 4 : Thermodynamique des équilibres chimiques(3 semaines)
IV.1 Equilibre d'un système en réaction chimique ; IV.2 Réactions chimiques homogènes et hétérogènes ; IV.3 Equilibres de phase associé à une réaction chimique

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

Références bibliographiques:

1. Smith, E.B, Basic, Chemical Thermodynamics, 2nd ed., Clarendon Press, Oxford, 1977.
2. Stanley I.Sandler, Chemical and Engineering Thermodynamics, Wiley, New York, 1977.
3. Lewis G.N., Randal M., Thermodynamics, Mac Graw Hill
4. Hougen O.A., Watson K.M., Chemical process principles, Vol II: Thermodynamics, John Wiley and sons
5. Brodyanski V., Sorin M., Le Goff P. The efficiency of industrial processes, exergy analysis and optimization, Amsterdam, Elsevier, (1994).
6. Wuithier, P, le pétrole, raffinage et génie chimique, édition technip 1972
7. Abbott M; Théorie et applications de la thermodynamique, série schum, Paris 1978
8. Kireev, V. Cours de chimie physique, Edition Mir, Moscou 1975.

Semestre :6
Unité d'enseignement : UEM
Matière 1: Statistiques et notions de plans d'expériences
VHS: 45h00 (Cours: 1h30 ; TD : 1h30 TP : 1h30)
Crédits : 4
Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement

Permettre aux étudiants de pratiquer de façon autonome et avec assurance la méthodologie des plans d'expériences.

Connaissances préalables recommandées

Statistiques, programmation informatique.

Contenu de la matière :

Chapitre 1: Définitions de base (1 semaine)

Notions de population, d'échantillon, variables, modalités
Différents types de variables statistiques : qualitatives, quantitatives, discrètes, continues.

Chapitre 2: Séries statistiques à une variable (3 semaines)

Effectif, Fréquence, Pourcentage.
Représentations graphiques : diagramme à bande, diagramme circulaire, diagramme en bâton. Polygone des effectifs (et des fréquences). Histogramme. Courbes cumulatives.
Caractéristiques de position, de dispersion : étendue, variance et écart-type, coefficient de variation.
Caractéristiques de forme.

Chapitre 3: Séries statistiques à deux variables (3 semaines)

Tableaux de données (tableau de contingence). Nuage de points.
Distributions marginales et conditionnelles. Covariance.
Coefficient de corrélation linéaire. Droite de régression et droite de Mayer.
Courbes de régression, couloir de régression et rapport de corrélation.
Ajustement fonctionnel.

Chapitre 4 : Analyse des plans d'expériences (3 semaines)

Définitions sur les modèles linéaires à effets fixes de Gauss-Markov.
Analyse dans le cas où la matrice du plan est de plein rang colonne.
Estimation et propriétés des paramètres, par la méthode des moindres carrées : équations normales, intervalles des confiances.
Analyse de la variance et tests d'hypothèse.
Notion des paramètres de nuisance, et méthode d'élimination de ces paramètres par orthogonalisation.
Analyse dans le cas où la matrice du plan (n) est pas de plein rang colonne.
Contraintes (d'identifiabilité du modèle) sur les paramètres.
Estimabilité d'une fonction linéaire des paramètres.

Chapitre 5 : Quelques dispositifs expérimentaux de base - cas où les facteurs sont qualitatifs. (3 semaines)

Plan à un facteur : Analyse simple de la variance.
Plans à deux facteurs : Analyse double de la variance.
Plans factoriels complets à plusieurs facteurs : exemples.
Notions sur l'optimalité des plans d'expériences.

Chapitre 6 : Méthodologie de l'exploration de la surface de réponses : facteurs quantitatifs (à une réponse). (3 semaines)

Introduction et terminologie.
Analyse : Recherche d'un modèle adéquat (estimation des paramètres d'un modèle polynomial, analyse de la variance, tests d'hypothèses pour confirmer ou non l'adéquation du modèle).
Détermination des conditions optimales : détermination des niveaux des facteurs qu'on estime produire une réponse optimale (maximale, minimale ou proche d'une cible fixée par l'expérimentateur).
Méthode de la recherche du chemin optimal.
Quelques dispositifs optimaux utilisés dans le cas où les facteurs sont quantitatifs.

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

Références bibliographiques:

1. Montfort. Cours de statistique mathématique. Economica, 1988.
2. A. Montfort. Introduction à la statistique. Ecole Polytechnique, 1991
3. GOUPY J., Pratiquer les plans d'expériences, Dunod, 2005.
4. MONTGOMERY D., Design and analysis of experiments, Wiley, 2004.
5. CORNELL J, Experiments with mixtures, Wiley, 2002.

Semestre :6
Unité d'enseignement : UEM 1.5
Matière2: Méthodes physico-chimiques d'analyse I
VHS: 45h00 (Cours: 1h30 ; TP : 1h30)
Crédits : 3
Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement :
Connaître les principes et les intérêts des principales méthodes physiques d'analyse ainsi que leurs applications dans le domaine de l'ingénierie des procédés chimiques.

Connaissances préalables recommandées :
Notions élémentaires sur la dualité onde-corpuscule ; Liaisons chimiques ; Transitions électroniques ; notions de la chimie analytique et la chimie des solutions.

Contenu de la matière :

Chapitre I : Méthodes Chromatographiques (3semaines)
- Généralités sur les méthodes chromatographiques ; Principe général de la séparation chromatographique
- Différents types de chromatographie : phase gazeuse, HPLC
- Grandeur de rétention et polarité chromatographique
- Introduction au colonne capillaire
- Comparaison entre phase gazeuse et phase liquide

Chapitre II : Spectroscopie moléculaire UV – Visible (3 semaines)
- Principe
- Notions théoriques ; Appareillage
- Interprétation d'un spectre d'absorption UV-Visible.
- Spectres électroniques et absorption des composés moléculaires

Chapitre III : Spectroscopie Infrarouge (IR) (3 semaines)
- Principe
- Notions théoriques ; Appareillage
- Présentation du spectre et origine de l'absorption dans le moyen IR
- Bandes caractéristiques des composés organiques
- Interprétation d'un spectre d'absorption IR

Chapitre IV : Spectroscopie de masse (3 semaines)
- Principe
- Notions théoriques ; Appareillage
- Présentation du spectre et interpretation

Chapitre V : Spectroscopie de résonnance magnétique nucléaire (RMN) (3 semaines)
- Principe
- Notions théoriques ; Appareillage
- Présentation du spectre et interprétation d'un spectre RMN

Travaux pratiques (Applications) :
- Identifications et quantifications par HPLC et CPG
- Vérification de la loi de Beer-Lambert
- Interprétation d'un spectre d'absorption IR : Identification des fonctions organiques par IR.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%.

Références bibliographiques :

1. Francis Rouessac , Annick Rouessac , Daniel Cruché,«Analyse chimique : Méthodes et techniques instrumentales », 7ème Edition Dunod, 2009.
2. Gwenola Burgot, Jean-Louis Burgot,« Méthodes instrumentales d'analyse chimique et applications : méthodes chromatographiques, électrophorèses, méthodes spectrales et méthodes thermiques », 3ème Edition, Tech & Doc, 2011.
3. R.Rosset,« Chromatographie en phase liquide », Masson, 1995, M. Dalibart, L. Servant, « Spectroscopie dans l'infrarouge, Techniques de l'Ingénieur, traité Analyse et Caractérisation », P2845, 2000.
4. instrumentales », 7ème Edition Dunod, 2009.
5. Gwenola Burgot, Jean-Louis Burgot,« Méthodes instrumentales d'analyse chimique et applications : méthodes chromatographiques, électrophorèses, méthodes spectrales et méthodes thermiques », 3ème Edition, Tech & Doc, 2011.
6. R.Rosset,« Chromatographie en phase liquide », Masson, 1995
7. M. Dalibart, L. Servant, « Spectroscopie dans l'infrarouge, Techniques de l'Ingénieur, traité Analyse et Caractérisation », P2845, 2000.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S6	Stage pratique 1 en entreprise		1	1	GPC 6.8
VHH	**Cours**	**Travaux dirigés**	**Travaux Pratiques**		
Volume horaire horaire hors quota **Tutorat : 1h30 hebdomadaire**					

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	crédits	Code
S6	Entrepreneuriat et Lean Start-Up		1	1	GPC 6.9
VHH	**Cours**	Travaux dirigés	**Travaux Pratiques**		
22h30	1h30	-	-		

Objectifs de l'enseignement:

Ce cours situe l'étudiant dans son futur rôle d'acteur économique et l'introduit aux fondements de la démarche entrepreneuriale moderne. Il présente le concept d'université de quatrième génération (University 4.0) et le rôle de l'université dans la valorisation de la recherche scientifique et la création de startups. L'étudiant découvre ensuite l'écosystème national de soutien à l'innovation en Algérie : incubateurs, accélérateurs, fonds d'investissement et cadre réglementaire applicable aux startups et aux micro-entreprises. La seconde partie du cours pose les bases de la méthodologie Lean Startup, à travers la compréhension du marché et des besoins réels du client (Customer Discovery) et la construction d'un modèle d'affaires (Business Model Canvas). À l'issue du cours, l'étudiant sait analyser un écosystème entrepreneurial, formuler des hypothèses entrepreneuriales et concevoir un modèle d'affaires préliminaire, compétences qu'il approfondira dans le module Lean Start-Up 2.

Connaissances préalables recommandées:

Aucune connaissance technique préalable n'est requise. Une aisance avec le travail en équipe et les outils numériques de base (traitement de texte, présentation, recherche documentaire) facilite le suivi du cours.

Contenu de la matière:

I. L'université entrepreneuriale et l'université 4.0 (3 semaines)

- Évolution des générations d'université, de l'université 1.0 à l'université 4.0
- Caractéristiques de l'université 4.0
- Intelligence artificielle et transformation numérique dans l'enseignement supérieur
- Rôle de l'université dans l'économie de la connaissance
- Valorisation des résultats de la recherche scientifique
- Transformation de la recherche scientifique en startups
- Exemples d'universités entrepreneuriales à l'international (MIT, Stanford, Cambridge, Tsinghua, NUS, TUM, PSL/Polytechnique)

II. L'écosystème entrepreneurial et l'innovation en Algérie et à l'université (3 semaines)

- Concept d'écosystème entrepreneurial
- Acteurs de l'écosystème : incubateurs, accélérateurs, investisseurs, institutions publiques
- Politique algérienne de soutien à l'innovation
- Décision ministérielle n° 1275 relative aux statuts de startup, d'entreprise innovante et de détenteur de brevet
- Incubateurs universitaires et centres de soutien technologique et à l'innovation
- Rôle de l'intelligence artificielle dans l'écosystème entrepreneurial
- Articulation entre l'université et son environnement économique

III. Introduction aux startups et à la méthodologie Lean Startup (3 semaines)

- Différence entre entreprise traditionnelle et startup

- Notion d'innovation et d'incertitude dans le projet entrepreneurial
- Origines et principes de la démarche Lean Startup (Eric Ries)
- Apprentissage validé (Validated Learning) et réduction du gaspillage
- Le cycle Construire – Mesurer – Apprendre (Build – Measure – Learn)
- La comptabilité de l'innovation (Innovation Accounting)

IV. Compréhension du marché et du client : Customer Discovery (3 semaines)

- Les étapes de création d'une startup : idée, équipe, prototype, investissement
- Méthodologie de Steve Blank et Customer Development
- Identification du problème et analyse des besoins du client
- Conduite d'entretiens entrepreneuriaux
- Construction et test des hypothèses
- Adéquation problème-solution (Problem-Solution Fit)

V. Le modèle d'affaires : Business Model Canvas (3 semaines)

- Présentation du Business Model Canvas
- La proposition de valeur
- Les segments de clientèle et les canaux de distribution
- Les sources de revenus
- La structure des coûts

Mode d'évaluation:

Examen : 100 %.

Références bibliographiques

1. Ries, E. (2011). The Lean Startup.
2. Blank, S., Dorf, B. (2012). The Startup Owner's Manual.
3. Osterwalder, A., Pigneur, Y. (2010). Business Model Generation.
4. Osterwalder, A., Pigneur, Y., Bernarda, G., Smith, A. (2014). Value Proposition Design.
5. Blank, S. (2013). Why the Lean Start-Up Changes Everything. Harvard Business Review.
6. Y Combinator (2018). Startup Playbook.
7. OECD (2022). Entrepreneurship and Innovation Policy Frameworks.

Annexe - Glossaire des concepts clés

Cette liste reprend, en français, les notions fondamentales introduites dans le cours et nécessaires à la compréhension du module Lean Start-Up 2.

Terme	Définition
University 4.0	Université qui relie étroitement l'enseignement, la recherche et l'innovation numérique.
Startup	Entreprise opérant dans un contexte d'incertitude, à la recherche d'un modèle d'affaires reproductible.
Uncertainty (incertitude)	État d'incertitude propre aux marchés émergents, dans lequel évolue toute startup.
Lean Startup	Méthodologie de création d'entreprises fondée sur l'apprentissage rapide et l'expérimentation.

Terme	Définition
Lean Thinking	Approche visant à réduire le gaspillage et à maximiser la valeur créée.
Build – Measure – Learn	Cycle de base de la démarche Lean Startup : construire, mesurer, apprendre.
Validated Learning (apprentissage validé)	Apprentissage fondé sur des expérimentations réelles plutôt que sur des suppositions.
Innovation Accounting (comptabilité de l'innovation)	Mesure du progrès par l'apprentissage plutôt que par le profit immédiat.
Entrepreneurial Hypothesis (hypothèse entrepreneuriale)	Hypothèse testable sur laquelle repose le projet.
Customer Discovery	Démarche de compréhension approfondie des problèmes réels rencontrés par les clients.
Customer Development	Méthodologie de Steve Blank pour la construction progressive de la clientèle.
Customer Validation	Vérification, sur le marché réel, de la viabilité de la solution proposée.
Problem-Solution Fit	Adéquation entre le problème identifié et la solution envisagée.
Business Model Canvas	Représentation visuelle synthétique du modèle d'affaires d'un projet.
Lean Canvas	Variante simplifiée du Business Model Canvas, centrée sur le problème et la solution.
Value Proposition (proposition de valeur)	Valeur concrète que le produit ou le service apporte au client.
Idea Validation (validation de l'idée)	Vérification préalable de la pertinence d'une idée avant son développement.
Hypothesis Testing (test d'hypothèses)	Vérification méthodique des hypothèses formulées par l'équipe.
Design Thinking	Démarche de résolution de problèmes centrée sur les besoins de l'utilisateur.
Waste (gaspillage)	Toute activité qui consomme des ressources sans créer de valeur pour le client.

Programmes détaillés des matières du 7ème semestre

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	crédits	Code
S7	Opération unitaire II (Distillation-Rectification, melange et agitation)		2	4	**GPC 7.1**
VHH	**Cours**	**Travaux dirigés**	**Travaux Pratiques**		
67h30	1h30	1h30	-		

Objectifs de l'enseignement:

Connaître les principales opérations de distillation et de rectification, les techniques de melange et d'agitation.

Connaissances préalables recommandées:

Thermodynamique ; Equations différentielles ; Phénomènes de transfert.

Contenu de la matière:

Chapitre 1 : Généralités **(2 semaines)**

1. Généralités sur les opérations unitaires : Absorption ; Extraction ; Adsorption ; Distillation, etc…
2. Description d'une installation de distillation purification
3. Processus continus et discontinus

Chapitre 2 : Equilibre liquide vapeur **(2 semaines)**

1. Liquides complètement miscibles-mélanges idéaux, mélanges non idéaux
2. Loi de Raoult Henry
3. Courbes d'équilibres (T-x,y , H-x,y)
4. Mélanges partiellement miscibles
5. Mélanges renfermant plus de deux constituants

Chapitre 3 : Distillation simple **(3 semaines)**

1. Distillation simple en alambic
2. Distillation simple continue
3. Distillation flash
4. Distillation moléculaire
5. Distillation à la vapeur

Chapitre 4 : Rectification des mélanges binaires **(3 semaines)**

1. Notions gles
2. Méthodes de Mc Cabe et Thiele
3. Méthodes de calcul du nombre de plateaux théoriques
4. Méthodes de PNCHON et SAVARIT
5. Problèmes économiques
6. Alimentations soutirages multiples
7. Rectification discontinue
8. Colonne à garnissages
9. Méthodes de ChiltonColburn
10. Dimensionnement d'une colonne de rectification

Chapitre 5 : Distillation et rectification **(3 semaines)**

1. Distillation extractive et azeotropique
2. Mélanges complexes
3. Méthodes de Gilliland(à la base de distillation du petrole)

Chapitre 6: melange et agitation **(2 semaines)**

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40%, Examen: 60%.

Références bibliographiques:

4. Robert E. Treybal,«Mass transfer operations», MC Graw Hill.
5. MC Cabe et Smith,« Chemical engineering operations», MC Graw Hill.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	crédits	Code
S6	Milieux poreux et dispersés		3	5	**GPC 7.2**
VHH	**Cours**	**Travaux dirigés**	**Travaux Pratiques**		
45h00	1h30	1h30	-		

Objectifs de l'enseignement:

Comprendre des phénomènes d'écoulement biphasique

Connaissances préalables recommandées:

Mathématiques ; phénomènes de transfert.

Contenu de la matière:

Chapitre I : Morphologie des milieux poreux et dispersés **(1 semaine)**

1. Définitions
2. Morphologie d'un grain unique ; texture des empilements de grains.

Chapitre II : Mécanique des solides granulés **(1 semaine)**

1. Criblage, tamisage, broyage
2. Analyse granulométrique.

Chapitre III : Ecoulements des fluides à travers un milieu poreux ; Filtration **(3 semaine)**

1. Ecoulement d'un seul fluide
2. Ecoulement d'une suspension ; filtration.

Chapitre IV : Mouvement des grains dans les fluides **(4 semaine)**

1. Ecoulement des fluides autour d'un objet immergé
2. Mouvement verticaux de particules ou globule dans le champ de pesanteur
3. Equation de mouvement, vitesse terminale de chute libre, application pratique, mouvement de gouttes et de bulles.
4. Chute collective de particules dans un fluide (fluide continu équivalent, vitesse terminale, relation de Richardson et Zaki)
5. Sédimentation.

Chapitre V : Fluidisation **(4 semaine)**

1. Introduction
2. Fluidisation homogène et hétérogène
3. Transfert thermique et fluidisation
4. Transfert de matière et fluidisation
5. Applications

Chapitre VI : Transport pneumatique et hydraulique **(2 semaine)**

1. Transport pneumatique
2. Vitesse, perte de charge, transfert hydraulique, différence entre pneumatique et hydraulique
3. Applications.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40%, Examen: 60%.

Références bibliographiques:

1. Robert E. Treybal,«Mass transfer operations», MC Graw Hill.
2. MC Cabe et Smith,« Chemical engineering operations», MC Graw Hill.
3. COULSON J.M., J.F RICHARDSON, J.R BACKHURST and J.H. HARKER, "Chemical ngineering", volume two, Fifth edition, 2002.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	crédits	Code
S7	Génie des réacteurs II (réacteurs non idéaux et Bioréacteurs)		2	4	**GPC 7.3**
VHH	**Cours**	**Travaux dirigés**	**Travaux Pratiques**		
45h00	1h30	1h30	-		

Objectifs de l'enseignement:
L'étudiant aura acquis des connaissances concernant l'hydrodynamique dans les réacteurs réels ou non-idéaux.
Introduction des concepts de base nécessaires à la mise en œuvre du design et de l'analyse des bioréacteurs à l'échelle industrielle.

Connaissances préalables recommandées:
Notions de base en cinétique chimique, en réacteurs homogènes idéaux, en phénomènes de transfert, en mathématique (Intégrales et équations différentielles).

Contenu de la matière:

Partie 1 : Réacteurs non idéaux

Chapitre I : Ecoulements dans les réacteurs réels (4 semaines)

2.1. Introduction ;

2.2. Détermination expérimentale de la DTS ;

2.3. Réponse à une injection échelon ; Réponse à une injection impulsion ;

2.4. Relations mathématiques ;

2.5. Application dans les réacteurs idéaux ;

2.6. Réacteur piston ; Réacteur continu parfaitement agité ;

2.7. Interprétation de la DTS et diagnostique des défauts;

2.8. Travail personnel des étudiants (devoirs de maison, exposés,…etc) ;

2.9. Le travail personnel de l'étudiant (devoirs de maison, exposés, mini projets,…etc).

Chapitre II: Modélisation des écoulements dans les réacteurs réels (2 semaines)

3.1. Modèle piston dispersif ;

3.2. Modèle de cascade de réacteurs parfaitement agités ;

3.3. Prédiction de la conversion dans les réacteurs réels;

3.4. Le travail personnel de l'étudiant (devoirs de maison, exposés, mini projets,…etc).

Partie 2 : Bioréacteurs

Chapitre I: Modélisation des vitesses de réaction dans les systèmes biologiques (2 semaines)

- Cinétique enzymatique : Modèle Michaelis-Menten, Détermination des constantes K_M et v_{max}, Inhibition des réactions enzymatiques (Inhibition compétitive, Inhibition incompétitive et Inhibition non-compétitive (mixte) ;

- Cinétique microbienne : Cinétique de croissance microbienne (Expression mathématique de la croissance microbienne et courbe de croissance) ; Modèle de Monod ; Notions de substrat limitant et substrat non-limitant ; Inhibition par excès de substrat;

- Le travail personnel de l'étudiant (devoirs de maison, exposés, mini projets,…etc).

Chapitre II: Modélisation, design et analyse des bioréacteurs (4 semaines)
- Classification et caractéristiques des bioréacteurs et Concepts de base ;

- Modélisation des bioréacteurs : Réacteurs enzymatiques (Batch, Parfaitement agité continu et Piston), Fermenteurs (Batch, Parfaitement agité continu et Piston) ;
- Comparaison bioréacteurs batch et bioréacteurs continus ;
-Le travail personnel de l'étudiant (devoirs de maison, exposés, mini projets…etc).

Chapitre III: Transfert de matière et thermique dans les bioréacteurs (2 semaines)

- Couplage transfert- réaction ;
- Aération : transfert de matière gaz-liquide ;
- Agitation : transfert de matière par convection forcée ;
- Transfert thermique dans les bioréacteurs ;

Chapitre IV: Bioraffineries (1 semaine)

VI.1. Définition et frontières de la bioraffinerie.
VI.2 . Technologies de la bioraffinerie.
VI.3. Intégration et couplage avec les activités en amont et aval de la bioraffinerie.
VI.4. Bioraffineries environnementales.

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

Références bibliographiques:

1. *Levinspiel O :chemical reaction engineering, 3ème édition, John Wiley and Sons, New York (1998) ISBN : 0471225424X*
2. *Villermaux J : Génie de la réaction chimique, conception et fonctionnement des réacteurs, 2ème édition, Tec § Doc Lavoisier , Paris (1993) ISBN : 2-85206-132-5*
3. *Schweich D : génie de la réaction chimique, Tec ! Doc lavoisier (2001) ISBN : 2-7430-0459-2*
4. *Froment G and BischoffKB : Chemical reactor, analysis and design : John Wiley and Sons, New York (1979) ISBN : 978-0471510-444*
5. *P.trambouze : les réacteurs chimiques : conception / calcul/mise en œuvre, Editions Technip(Paris) 1984*
6. *R.W.Missen : chemicalreaction engineering and kinetics, Edition John Wiley and Sons, Inc, New York, 1999*
7. *3. H.S. Fogler, Elements of Chemical Reaction Engineering, Prentice-Hall, 4rd Edition, 2006.*
8. William L. Hochfeld, *Producing Biomolecular Substances with Fermenters, Bioreactors, and Biomolecular Synthesizers*, Boca Raton, FL, Taylor & Francis, 2005.
9. Biotechnologies, Fabien C_ezard, Collection : Express Sup, Dunod, 2013
10. J. Morchain, Modélisation des bioréacteurs, ISTE Editions, 2018.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	crédits	Code
S7	Echangeurs de chaleurs		2	4	**GPC 7.4**
VHH	**Cours**	**Travaux dirigés**	**Travaux Pratiques**		
45h00	1h30	1h30	-		

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. Généralités (1 Semaines)

Rappels des Lois de Transfert de Chaleur, Intervention simultanée des différents modes de transfert de chaleur, isolation d'une conduite, conductance globale, déperdition thermique, problème des ailettes à section constante et variable Efficacité des ailettes, échange d'énergie sur une paroi d'un four.

Chapitre 2. Les échangeurs de chaleur (3 Semaines)

Classification des différents types d'échangeurs, classification selon les écoulements, distribution des températures dans un échangeur, étude d'un échangeur, évaluation des performances thermiques, efficacité d'un échangeur, méthode du nombre NUT, comparaison des méthodes DTLM et NUT.

Chapitre 3. Calcul des Echangeurs (4 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 4 : Description des appareils d'échange de chaleur sans changement de Pha (1 Semaine)

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

Chapitre 5. Les appareils d'Echange de Chaleur avec Changement de Phase (4 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 noyés à circulation forcée (Rebouillage d'un corps pur dans la calandre, Rebouillage d'un mélange dans la calandre), Rebouilleurs à Niveau à Circulation Naturelle, Rebouilleurs noyés à Circulation Naturelle , exemple de Calcul d'un Rebouilleur.

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

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	crédits	Code
S7	Fours et chaudières		2	4	**GPC 7.5**
VHH	**Cours**	**Travaux dirigés**	**Travaux Pratiques**		
45h00	1h30	1h30	-		

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, Décockage des tubes de four.

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

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

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

Références bibliographiques:

1. *R.Borghi, M.Destriau, , Gérard de Soete, Combustion and Flames, Chemical and physicalprinciples, Edition TECHNIP, 1998.*
2. *R.Borghi, M.Destriau, Gérard de Soete, La combustion et les flammes, Edition TECHNIP, 1995.*
3. *http://www.ultimheat.com/Museum/section3/1932%20ca%20Galopin%20chaudi%C3%A8res%2020111015.pdf*

Irvin Glassman, Combustion, Second edition , ACADEMIC PRESS, INC, 1987.

Semestre: 7
Unité d'enseignement: UEM4.1
Matière 2: Programmation avancée en Python
VHS: 45h00 (TD 1h30, TP 1h30)
Crédits: 2
Coefficient: 2

Objectifs de la matière :

Compétences visées :

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

Objectifs :

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

Matériels nécessaires :

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

Prérequis : Programmation Python.

Contenu de la matière :

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

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

Chapitre 2 : Programmation et automatisation (04 semaines)

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

2. Manipulation de fichiers avec Python :
    - Utiliser les librairies pour :
        - ✓ Parcourir un dossier (os.listdir)
        - ✓ Vérifier l'existence d'un fichier ou dossier (os.path.exists)
        - ✓ Créer ou supprimer des dossiers (os.mkdir, os.rmdir)
        - ✓ Visualiser des données : Matplotlib, Seaborn, Plitly
        - ✓ Request pour réagir avec des Interface de Programmation d'Application (API)
        - ✓ Beautiful Soup pour le Scraping de données
        - ✓ Tkinter, PyQT pour visualiser des données graphiques
    - Copier ou déplacer des fichiers avec shutil…
    - Recherche, tri et génération de rapports simples.
    - Sérialisation et Désérialisation (Utilisation du module pickle).
    - Sérialisation d'objets et traitement de fichiers volumineux (streaming).
    - ….
3. **Exercices** :
    - Utilisation de openpyxl et pandas pour lire, modifier et écrire des fichiers Excel ou CSV pour :
        - ✓ Créer des rapports automatiques
        - ✓ Extraire automatiquement des données
        - ✓ ….
    - Ecriture de scripts pour :
        - ✓ traiter des fichiers textes (recherche, tri)
        - ✓ automatiser des calculs techniques
        - ✓ gérer des rapports simples (PDF, Excel)
        - ✓ ….
    - Algorithmes de tri, de recherche et de tri par insertion
    - Implémenter une fonction de recherche dans une liste.
    - Opération sur les fichiers
    - Navigation sécurisée (configuration de réseaux simples, gestion des mots de passe)
    - ….

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

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

Chapitre 4 : Apprentissage de GanttProject (02 semaines)

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

Chapitre 5 : Programmation orientée objet avancée (03 semaines)

1. Organisation du code :
    - Fonctions personnalisées, paramètres, valeur de retour.

- Modules, importations et packages.

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

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

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

Travaux pratiques :

TP 01 : Maîtriser les bases de la programmation en Python

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

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

TP 02 :

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

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

TP 03 :

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

TP 04 :

Organiser une réunion en Ganttproject

1. Créer un nouveau projet :
   - Nom du projet : « Réunion …..
   - Date de début : Date et heure de la réunion
   - Durée estimée : durée totale de la réunion
2. Définition des tâches

- Points à l'ordre du jour (chaque point de l'ordre du jour devient une tâche)
- Sous-taches : Si un point est composé, créer alors les sous-tâches correspondantes
- Tâches initiales et finales (par exemple : « Accueil de participants », « clôture de la réunion »)

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

TP 05 : Structures avancées et organisation du code
(Fonctions personnalisées, dictionnaires, modules et organisation modulaire
TP 06 : Programmation orientée objet avancée en Python
(Encapsulation, héritage, méthodes spéciales, design patterns simples)
TP 07 : Manipulation de fichiers et analyse de données
(Lecture/écriture de fichiers, traitement de texte, introduction à Pandas et NumPy)
TP 08 : Préparation et traitement de données pour l'intelligence artificielle
(Chargement de datasets IA, nettoyage, transformation, sélection de caractéristiques)

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

Bibliographie

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

Ressources en ligne :

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

Objectifs de la matière :

- Acquérir les bases pratiques de la programmation avec Python
- Développer une logique algorithmique pour résoudre des problèmes simples
- Apprendre à manipuler les structures de données fondamentales
- Savoir écrire, tester et déboguer des programmes Python élémentaires
- Appliquer les concepts de programmation à des cas pratiques

Connaissances préalables recommandées :

- Aucune expérience préalable en programmation n'est requise
- Connaissances de base en mathématiques (niveau lycée)
- Savoir utiliser un ordinateur (navigation dans les fichiers, éditeur de texte)

Contenu de la matière :

Chapitre 1. Installer et utiliser Python

Chapitre 2. Notions de base

2-A. Mode interactif et mode script ,
- 2-A-1. Calculatrice Python,
- 2-A-2. L'utilisation des opérateurs: +, -, *, /, //, %, et **,
- 2-A-3.c Priorité

2-B. Variable et type de donnée :
- 2-B-1. Initialisation de variable, Modification de variable, Affectation composée
- 2-B-2. Type de donnée:(. Nombre, Caractère, Chaîne de caractères)
- 2-B-3. Conversion (fonction str)

2-C. Fonction prédéfinie
- 2-C-1. Utiliser les fonctions du module math (abs, max, min, pow, round, sin, sqrt, log, exp, acos, etc)
- 2-C-2. Fonction print
- 2-C-3. Sortie formatée (utiliser la fonction format)
- 2-C-4. Fonction input
- 2-C-5. Importation de fonction

2-D. Code source
- 2-D-1. Règle de nommage des variables
- 2-D-2. Commentaire

Chapitre 3. Les structures conditionnelles
- 3-1. (Forme minimale en if, forme if-else, forme complète if- elif- else)
- 3-2. Les limites de la condition simple en if
- 3-3. Les opérateurs de comparaison
- 3-4. Prédicats et booléens
- 3-5. Les mots-clés and, or et not

Chapitre 4. Les boucles
- 4-1. La boucle while
- 4-1. La boucle for
- 4-1. Les boucles imbriquées

4-1. Les mots-clés break et continue

Chapitre 5. Les fonctions

5-1. La création de fonctions
5-2. Valeurs par défaut des paramètres
5-3. Signature d'une fonction
5-4. L'instruction return
5-5. Les modules,
5-6. La méthode import
5-7. La méthode d'importation : from … import …
5-8. Les packages
5-9. Importer des packages
5-10. Créer ses propres packages

Chapitre 6: Les listes et tuples

6-1. Création et éditons de listes
6-2. Définition d'une liste, Création de listes
6-3. Insérer des objets dans une liste
6-4. Ajouter un élément à la fin de la liste
6-5. Insérer un élément dans la liste
6-7 Concaténation de listes
6-8. Suppression d'éléments d'une liste
6-9. Le mot-clé del
6-10. La méthode remove
6-11. Le parcours de listes
6-12. La fonction enumerate
6-13. Création de tuples

Chapitre 7 : Les dictionnaires

7-1. Création et édition de dictionnaires
7-2. Créer un dictionnaire
7-3. Supprimer des clés d'un dictionnaire
7-4. Les méthodes de parcours
7-5. Parcours des clés
7-6. Parcours des valeurs
7-7. Parcours des clés et valeurs simultanément
7-8. Les dictionnaires et paramètres de fonction

Chapitre 8: Objets et classes

8-1. Décrire des objets et des classes, et utiliser des classes pour modéliser des objets
8-2. Définir des classes avec des champs de données et des méthodes.
8-3. Construire un objet à l'aide d'un constructeur qui invoque l'initialiseur pour créer et initialiser les champs de données.

Chapitre 9 : Les fichiers

9-1 . Chemins relatifs et absolus
9-2 . Lecture et écriture dans un fichier
9-3 . Ouverture du fichier
9-4 . Fermer le fichier
9-5 . Lire l'intégralité du fichier
9-5 . Écriture dans un fichier
9-6 . Écrire d'autres types de données

9-7 . Le mot-clé with
9-10 . Enregistrer des objets dans des fichiers
9-11 . Enregistrer un objet dans un fichier

Travaux pratique :

TP 1 : Prise en main de l'environnement Python (1 Semaine)

1. Installation de Python et d'un éditeur de code (VS Code, PyCharm)
2. Premiers pas avec l'interpréteur Python
    - Exécution de commandes simples en mode interactif
    - Utilisation de Python comme calculatrice
3. Création et exécution d'un premier script Python

TP 2 : Variables, types de données et opérations (1 Semaine)

1. Manipulation des types de données fondamentaux
    - Entiers, flottants, chaînes de caractères, booléens
    - Conversion entre types de données
2. Opérations arithmétiques et priorités

TP 3 : Structures conditionnelles et répétitives (1 Semaine)

1. Instructions conditionnelles (if, elif, else)
2. Boucles (for, while)

TP 4 : Fonctions et modularité (1 Semaine)

1. Définition et appel de fonctions
2. Paramètres et valeurs de retour

TP 5 : Structures de données (1 Semaine)

1. Manipulation des listes
2. Dictionnaires et tuples
3. Parcours et manipulation des structures de données

TP 6: Manipulation de fichiers et projet final (1 Semaine)

1. Lecture et écriture de fichiers texte
2. Projet final au choix :
    - ✓ Gestionnaire de tâches en ligne de commande
    - ✓ Jeu du pendu
    - ✓ Analyse de données à partir d'un fichier CSV
    - ✓ Quiz interactif avec sauvegarde des scores

Mode d'évaluation :

Contrôle continu =40% , Examen final = 60%

Références bibliographiques :

[12] . Allen B. Downey Think Python: How to Think Like a Computer Scientist, O'Reilly Media, 2015;
[13] . Ramalho, L.. Fluent Python. " O'Reilly Media, Inc.", 2022;
[14] . Swinnen, G.. Apprendre à programmer avec Python 3. Editions Eyrolles, 2012;
[15] . Matthes, E. Python crash course: A hands-on, project-based introduction to programming. no starch press, 2019
[16] . Cyrille, H. (2018). Apprendre à programmer avec Python 3. Eyrolles, 6ème édition. ISBN: 978-2212675214
[17] . Daniel, I. (2024). Apprendre à coder en Python, J'ai lu

[18] . Nicolas, B. (2024). Python, du grand débutant à la programmation objet Cours et exercices corrigés, 3eme édition, Ellipses
[19] . Ludivine, C. (2024). Selenium Maîtrisez vos tests fonctionnels avec Python, Eni

Ressources en ligne :

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

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	crédits	Code
S7	Traitements des effluents et des déchets industriels (gazeux, liquides et solides)		2	2	**GPC 7.7**
VHH	**Cours**	**Travaux dirigés**	**Travaux Pratiques**		
45h00	1h30	1h30	-		

Objectifs de l'enseignement

Le but de ce cours est de donner aux étudiants les outils qui leur seront nécessaires à la gestion des procédés physico-chimiques de traitement des eaux et à la compréhension du fonctionnement d'une station d'épuration.

Connaissances préalables recommandées

L'étudiant doit avoir un pré requis dans le domaine de l'électrochimie, le transfert de masse, mécanique des fluides, la chimie des solutions.

Contenu de lamatière:

Première partie : Effluents liquides industriels

Chapitre I: Généralités sur les eaux résiduaires industrielles,

Chapitre II: Prétraitement des eaux usées (Dégrillage, Dessablage, Dégraissage–déshuilage)

Chapitre III: Traitements physico-chimiques des aux usées (Décantation, Coagulation/Floculation, Flottation, Précipitation chimique)

Chapitre IV : Traitements tertiaires (Filtration, adsorption, Oxydation et Désinfection, Echanges d'ions, Séparation membranaire)

Deuxième partie: Effluents gazeux industriels

Chapitre I: Généralités sur la pollution atmosphérique et les effluents gazeux industriels,

Chapitre II: Généralités sur les traitements des gaz polluants (traitement de destruction, traitement de récupération, traitement de transformation) étude de cas: élimination du CO_2, H_2S, NOx, COV et odeur

Chapitre III: Traitements des poussières (les Dépoussiéreurs mécaniques, les dépoussiéreurs par voie humide, les dépoussiéreurs à couche filtrante, les dépoussiéreurs électriques) avantages et inconvénients

Troisièmes partie: Déchets solides

Mode d'évaluation: Contrôle continu: 100%

Références bibliographiques:

J.B. BEAUDRY «Traitement des eaux » Edition le Griffon d'argile, Sainte-Foy, (Canada) DEGREMONT «Mémento technique de l'eau» Edition Technique et Documentation, Paris

W.W. ECKENFELDER « Gestion des eaux usées urbaines et industrielles » Edition Technique et Documentation; Paris

M.J. HAMMER «Water and waste-water technology» Edition John Wiley &sons, New York

R. TOMAZEAU « Station d'épuration, Eaux potables – Eaux usées » Edition Technique et Documentation, Paris

Bruno Sportisse « Pollution atmosphérique, des processus à la modélisation » 2008 Springer, Paris, NewYork,Technique del'ingénieur.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	crédits	Code
S7	Méthodes physiques d'analyse II		2	2	GPC 7.8
VHH	**Cours**	**Travaux dirigés**	**Travaux Pratiques**		
45h00	1h30	-	1h30		

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:

1. Spectrométrie d'absorption atomique : Généralités, instrumentation et applications ; Méthode des ajouts dosée **(1 Semaine)**

2. Spectrophotométrie d'émission atomique : Généralités, instrumentation et applications ; Méthode de l'étalon interne **(1 Semaine)**

3. La spectrométrie de fluorescence X : Généralités, applications et avantages **(1 Semaine)**

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

5. Diffraction des rayons X **(3 semaines)**

- 5.1. Principe
- 5.2. Appareillage
- 5.3. Cristallographie
- 5.4. Spectre DRX

6. Microscope électronique à balayage **(3 semaines)**

- 6.1. Principe
- 6.2. Appareillage
- 6.3. Traitement des images de MEB
- 6.4. Déroulement de la mesure

7. Spectrométrie en photoélectronique X **(2 semaines)**

- 7.1. Principe
- 7.2. Spectre XPS

8. Microscope à force électronique **(2 semaines)**

- 7.1. Principe
- 7.2. Méthode d'interprétation des données

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

Références bibliographiques:

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

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	crédits	Code
S7	TP Génie chimique (OU, CR, TC)		1	1	GPC 7.9
VHH	**Cours**	**Travaux dirigés**	**Travaux Pratiques**		
22h30	-	-	1h30		

Contenu de la matière:

TP Operations unitaires I :

distillation, rectification, mélange et agitation

TP: Génie des réacteurs II

TPN°1. Réacteur continu agité.
TP N° 2. Réacteur à écoulement continu piston.
TPN° 3.Réacteurs en série.
TPN°04 : détermination de la DTS,
TPN°5. Bioproduction: fabrication d'éthanol par fermentation.
TPN°6. Photosynthèse: Mise en évidence des échanges gazeux avec des plantes aquatiques

TP-Echangeurs de chaleur

TP N° 1. Transmission de chaleur par conduction (unité de base).
TPN° 2. Conduction de chaleur linéaire.
TPN°3. Conduction de chaleur radiale.
TPN° 4. Convection et rayonnement

Mode d'évaluation: Contrôle continu: 100%

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	crédits	Code
S7	Projet Personnel Professionnel		1	2	**GPC 7.10**
VHH	**Cours**	**Travaux dirigés**	**Travaux Pratiques**		
Volume horaire hors quota Tutorat : 1h30 TP hebdomadaire	-	-	-		

Objectifs de l'enseignement:

Ce module vise à construire un projet personnel à vocation professionnelle. Ce module est destiné à permettre aux étudiants d'établir un premier contact avec le monde professionnel dans le but de s'interroger, sinon de commencer à bâtir, progressivement, leur projet professionnel avec cette idée que les études (qu'elles soient de droit, d'éco ou d'AES) doivent mener à l'emploi.

Ce travail de réflexion et d'expérimentation est effectué en petits groupes animés par un encadrant.

Le dispositif du projet personnel professionnel doit permettre à l'étudiant un travail de fond dans l'objectif de se faire une idée précise des nombreux métiers de la spécialité et de ce qu'ils nécessitent comme connaissances et compétences. Il doit amener l'étudiant à questionner l'adéquation entre ses souhaits professionnels immédiats et futurs, ses aspirations personnelles, ses atouts et ses faiblesses dans l'objectif de concevoir un parcours de formation cohérent avec le ou les métiers envisagés.

Enfin, le PPP vise à acquérir des méthodologies d'orientation réutilisables tout au long de la vie.

L'étudiant doit être le principal acteur de la démarche. Il doit réaliser son projet à partir d'expériences construites, vécues, capitalisées et confrontées avec d'autres. Les techniques d'insertion et toute forme pédagogique visant la professionnalisation des étudiants, peuvent être mobilisées à cette occasion.

Mode d'évaluation: Contrôle continu: 100%

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S7	Respect des normes et règles d'éthique et d'intégrité		1	1	GPC 7.11
VHH	**Cours**	**Travaux dirigés**	**Travaux Pratiques**		
22h30	1h30	-	-		

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 : Égalité 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. 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)

B- Propriété intellectuelle

I- Fondamentaux de la propriété intellectuelle

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

II- Droit d'auteur

1. Droit d'auteur dans l'environnement numérique

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

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

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

3. Brevet

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

III- Protection et valorisation de la propriété intellectuelle

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

C. Ethique, développement durable et nouvelles technologies

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

Programmes détaillés des matières du 8ème semestre

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	crédits	Code
S8	Opération unitaire III (Séchage-evaporation -Cristallisation)		2	4	**GPC 8.1**
VHH	**Cours**	**Travaux dirigés**	**Travaux Pratiques**		
45h00	1h30	1h30	-		

Objectifs de l'enseignement:

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

Connaissances préalables recommandées:

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

Contenu de la matière:

Chapitre 1. Humidification (6 Semaines)

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

Chapitre 2. Séchage (3 Semaines)

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

Chapitre 3. Evaporation (3Semaines)

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

Chapitre 4. Cristallisation (3Semaines)

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

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

Références bibliographiques:

1. *Daniel Morvan, Génie Chimique : les opérations Unitaires procédés Industriels Cours et Exercices Corrigés, Editeur : ELLIPSES, Colletion :Technosup, 2009.*
2. *Warren L. MCCabe,Julian C. Smith,, Peter Harriott « Unit Operations of Chemical engineering », Seventh Edition MC Graw Hill,2005.*
3. *Unit Operations Handbook, Volume 1, Mass transfer, Edited by John J. Mcketta, 1993.*
4. *Robert E. Treybal,«Mass Transfer Operations»,Third Edition, McGraw –Hill ,1980.*
5. *Georges Arditti, Technologie chimique industrielle, Tome 3, Production de la chaleur Transfert de matière utilisant l'énergie, Editions EYROLLES, 19*

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	crédits	Code
S8	Procédés d'adsorption et de séparation membranaire		2	4	**GPC 8.2**
VHH	**Cours**	**Travaux dirigés**	**Travaux Pratiques**		
45h00	1h30	1h30	-		

Objectifs de l'enseignement:

L'objectif est de donner :

- Des connaissances théoriques et pratiques approfondies dans le domaine des techniques membranaires et les familiariser avec les dernières avancées technologiques des membranes.
- Connaitre les principales techniques membranaires de séparation et leurs applications dans les divers domaines tels que pour la production et le traitement de l'eau, pour la séparation des acides aminés dans l'industrie agroalimentaire, pour la production de nanocrystaux, le dessalement….

Connaissances préalables recommandées:

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

Contenu de la matière :

Partie 1 :

Chapitre1: Introduction a l'adsorption industrielle

- **Définitions**
- Utilisations industrielles de l'adsorption
- Principaux adsorbants industriels
- Régénération ou "stripping"
- Lois générales de l'adsorption physique

Chapitre2: Equilibres d'adsorption

- Modes de représentation
- Les isothermes
- Rappel sur la théorie de l'adsorption
- Chaleurs d'adsorption
- Concentrations réduites-Facteur de séparation

Chapitre3: Dynamique de l'adsorption

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

Chapitre4 : Procédés d'adsorption

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

Partie 2 :

Chapitre I: Les Membranes

Définition, structure et caractérisation
Classification des membranes: Matériaux Membranaires
Principes de mise en œuvre des modules membranaires
Les modules membranaires des installations industrielles.

Chapitre II : Principes et mécanismes de transfert de matière des différents Procédés membranaires.

Dialyse et Electrodialyse
Osmose inverse
Filtration
Nanofiltration
Ultrafiltration
Microfiltration
Notions de scaling, Colmatage (organique) et biofouling, Nettoyage des membranes et Autopsie.

Chapitre III: Configuration des modules et mise en forme des membranes

Module plan
Module spiral
Module tubulaire
Module fibres creuses

Chapitre IV: Applications des Modules Membranaires

Dessalement des eaux de mer et saumâtres
Industrie agroalimentaire
Industrie pharmaceutique

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 deséparation par membranes, Transport Techniques membranaires Applications, Masson, Paris, 1988.*
4. *Robert E. Treybal,«Mass Transfer Operations»,Third Edition, McGraw –Hill ,1980.*

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	crédits	Code
S8	Mécanique des fluides avancées		2	5	GPC 8.3
VHH	**Cours**	**Travaux dirigés**	**Travaux Pratiques**		
67h30	1h30	1h30	1h30		

Pré requis : connaissances préalables
Base de Mécanique des fluides
Les mathématiques
Les méthodes numériques

Objectifs :

Le but de la matière est de développer les connaissances de base de l'étudiant. La spécialité énergétique est étroitement liée à la phénoménologie des écoulements visqueux et turbulents observés dans les systèmes énergétiques, leur compréhension et analyse sont indispensables.

Contenu de la matière:

Chapitre I : **Dynamique des fluides et équations de transport** : description du mouvement, tenseurs, dérivée particulaire, transport d'un volume infinitésimal, bilan de masse, de quantité de mouvement et d'énergie, fluides visqueux, équations de Navier-Stokes, éléments de rhéologie… **(4 semaines)**

Chapitre II : **Fluide parfait et ses applications** : écoulements potentiels, ondes d'interfaces **(2 semaines)**

Chapitre III : **Dynamique des fluides réels** : écoulement unidirectionnels, écoulement de Stokes, écoulement à faible vitesse, à faible nombre de Reynolds, lubrification hydrodynamique… **(3 semaines)**

Chapitre IV : **Couches limites** : développement de la couche limite, solutions approchées, équation de Van Karman,… **(2 semaines)**

Chapitre V : **Ecoulements turbulents** : champ moyen et fluctuations, équations de Reynolds, modèle de Boussinesq, modèle de la longueur de mélange de Prandtl, échelles de turbulence, modèles de turbulence K-ε, K-ω, SST… **(4 semaines)**

Mode d'évaluation:

Contrôle continu : 40% ; examen : 60%.

Références bibliographiques (Livres et polycopiés, sites internet, etc.)

1. Inge L. Ryhming, Dynamique des fluides, Presse Polytechniques et Universitaire Romandes.
2. P. Chassaing, Turbulence en mécanique des fluides, CEPADUES– Editions R. Comolet, Mécanique expérimentale des fluides, Tome II, dynamique des fluides réels, turbomachines, Editions Masson, 1982.
3. T. C. Papanastasiou, G. C. Georgiou and A. N. Alexandrou, Viscous fluid flow, CRC Press LLC, 2000.
4. Adil Ridha, Cours de Dynamique des fluides réels, M1 Mathématiques et applications : spécialité Mécanique, Université de Caen, 2009.

5. R. W. Fox, A. T. Mc Donald and P. J. Pritchard, Introduction to fluid mechanics, sixth edition, Wiley and sons editor, 2003
6. Hermann Schlichting, Boundary layer theory, McGraw Hill book Company.
7. W.P. Graebel, Advenced fluid mechanics, Academic Press 2007.
8. H. Tennekes and J. L. Lumeley, A first course in turbulence, The MIT Press 1972
9. Ronald L. Panton - Incompressible Flow-Wiley (2013)
10. B.R. Munson, D.F. Young, T.H. Okiishi « Fundamentals of fluid mechanics» 5th ed, Wiley 2006, ISBN 0471675822, 9780471675822

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	crédits	Code
S8	Technologie des poudres et des solides		2	5	GPC 8.4
VHH	**Cours**	**Travaux dirigés**	**Travaux Pratiques**		
67h30	1h30	1h30	1h30		

OBJECTIFS

Présenter les phénomènes physico chimiques intervenants au niveau des solides divisés, les bases théoriques indispensables pour comprendre les opérations de mise en œuvre & mise en forme des poudres.
Expliquer les principaux mécanismes et les technologies rencontrés dans le domaine des poudres.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Séchage des poudres
Cinétique de séchage et isotherme de sorption
Principales technologies de séchage
Chapitre 2 : Caractérisation & coulabilité des poudres
Granulométrie des poudres – porosité – surface spécifique – densité – dureté & abrasivité …
Coulabilité : importance, cause, impact et moyens de mesure, structure des lits de grains, lits de poudres relles,
Ségrégation et mottage
Chapitre 3 : Mise en œuvre des poudres
Stockage & dispositifs pour aider à l'écoulement
Transfert & convoyage (mécanique et pneumatique)
Fluidisation des poudres (intérêt et principes)
Principales techniques pour doser, introduire des poudres dans un réacteur
Chapitre 4 : Mélange des poudres
Points clés à prendre en compte pour sélectionner une technologie
Panorama des équipements et importance de la coulabilité dans cette opération
Chapitre 5 : Broyage et classification
Principes de base, l'importance de la caractérisation du matériau
Mécanismes principaux et panorama des broyeurs.
Technologies de séparation et fonction de séparation
Chapitre 6 : Granulation
Principaux mécanismes de granulation
Classification des technologies de granulation
Principales technologies (granulation humide, granulation par dispersion, par effet thermique et par pression)
Cas de l'imprégnation et de l'enrobage
Chapitre 7 : Principes de base pour l'HSE
Toxicité et taille des particules
Explosion de poussières : mesures et moyens de prévention

Travaux pratiques:

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	crédits	Code
S8	Sécurité des procédés Industrielle et maîtrise des risques		2	3	GPC 8.5
VHH	**Cours**	**Travaux dirigés**	**Travaux Pratiques**		
45h00	1h30	1h30			

Objectifs de l'enseignement:

Cette matière doit permettre d'une part l'étudiant de permettre de connaitre les normes de sécurité nécessaire, des conditions données de fabrication et d'autre part de prévoir les installations additionnelles nécessaires, l'épuration des effluents industriels en vue de protéger l'environnement.

Connaissances préalables recommandées:

Contenu de la matière:

Chapitre I: Règles de sécurité industrielle

Chapitre II: Sécurité des procédés (4semaines)

Typologie des risques industriels, La réglementation européenne ICPE (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement),
Méthodologie Générale d'Analyse de Risques C.1 APR (Analyse Préliminaire des Risques)
C.2 La méthode HAZOP

424. Phénoménologie des risques industriels

Les feux et incendies
Les explosions de gaz, vapeur et poussières
La dispersion atmosphérique de produits toxiques
Les emballements thermiques

Chapitre III : Lutte contre la pollution des eaux résiduaires industrielles

1. Analyse des procédés, origines de la pollution des eaux
2. Méthodes de contrôle
3. Méthodes de traitements utilisées dans les différents secteurs industriels : chimie, textile, etc.

Chapitre III : Etude des caractéristiques des gaz résiduaires

1. Procédés d'épuration

Chapitre IV: Réglementation et législation

Mode d'évaluation:

Examen:100%.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	crédits	Code
S8	Simulateurs statiques et dynamiques des procédés		2	2	**GPC 8.6**
VHH	**Cours**	**Travaux dirigés**	**Travaux Pratiques**		
45h00	1h30	-	1h30		

Objectifs de l'enseignement :

Ce cours vise à former les étudiants à la conception, au dimensionnement et à la simulation de divers procédés industriels relevant du génie des procédés, en utilisant des simulateurs spécialisés. À travers cette formation, les étudiants apprendront à modéliser ces procédés à l'aide de codes de calcul adaptés, selon le simulateur utilisé. Ce programme s'inscrit dans la continuité de la première partie enseignée en 3ème année, offrant ainsi un approfondissement des compétences acquises précédemment dans le domaine de la simulation des procédés industriels

Connaissances préalables recommandées :

Thermodynamique, Cinétique chimique, Phénomènes de transfert, Opérations unitaires, Réacteurs chimiques homogènes et hétérogènes.

Contenu de la matière :

CHAPITRE 1 : Rappels (1 semaines)

- Implémentation des réactions chimiques (Réactions de conversion, Réactions réversibles, Réactions complexes)
- Détermination des propriétés enthalpiques des réactions chimiques
-

CHAPITRE 2: Simulation des réacteurs chimiques (4 semaines)

Réactions simples et multiples, réactions équilibrées, réacteurs parfaitement agités (CSTR), réacteurs à piston (PFR) et associations de réacteurs (en série et en parallèle)

CHAPITRE 3: Simulation des appareils thermiques (2 semaines)

Echangeurs de chaeur à double tubes ; Echangeurs de chaeur faisceau et calendre ; Echangeurs de chaeur à plaque.

CHAPITRE 3 : Simulation des contacteurs gaz-liquide, liquide-liquide et liquide-solide (3 semaines)

Simulation des processus d'absorption/stripage et d'extraction, avec ou sans réaction chimique, dans des colonnes à plateaux ou garnies.

CHAPITRE 4 : Simulation des colonnes de distillation (3 semaines)

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

CHAPITRE 5 : Simulation de procédés réels (2 semaines)

Applications de la simulation à des procédés chimiques industriels réels.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	crédits	Code
S8	TP-génie chimique (OU, Sep. Membranaire)		1	1	**GPC 8.7**
VHH	**Cours**		**Travaux Pratiques**		
22h30	-	-	1h30		

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:

TPN°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.
TPN°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.
TPN° 6. Purification par recristallisation.
TPN° 7. Séchage des solides.
TP N° 8. Séparation d'un colorant en phase aqueuse par adsorption.
TPN°9.Séparation d'un pesticide en phase aqueuse par adsorption.
TPN°10.Equilibre dans le système hétérogène: détermination expérimentale de l'isotherme d'adsorption du CH_3COOH, dissous dans l'eau, par une substance solide (charbon actif).
TP N° 11.Extraction par membrane liquide émulsionnée.
TPN°12. Préparation et stabilisation d'une émulsion.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 100%.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	crédits	Code
S8	Stage dans un milieu industriel		2	2	**GPC 8.8**
VHH	**Cours**	**Travaux dirigés**	**Travaux Pratiques**		
Volume horaire hors quota Tutorat : 1h30 TP hebdomadaire	-	-	1h30		

Objectifs de l'enseignement:

Assimiler de manière globale et complémentaire les connaissances des différentes matières. Mettre en pratique de manière concrète les concepts inculqués pendant la formation. Encourager le sens de l'autonomie et l'esprit de l'initiative chez l'étudiant. Lui apprendre à travailler dans un cadre collaboratif en suscitant chez lui la curiosité intellectuelle.

Connaissances préalables recommandées:

Aucun

Contenu de la matière:

Le stage dans un milieu industriel doit provenir d'un choix concerté entre l'enseignant tuteur et un étudiant (ou un groupe d'étudiants). Le fond du sujet doit obligatoirement cadrer avec les objectifs de la formation et les aptitudes réelles de l'étudiant. Il est par ailleurs préférable que ce thème tienne en compte l'environnement social et économique de l'établissement. Lorsque la nature du projet le nécessite, il peut être subdivisé en plusieurs parties.

A l'issue de cette étude, l'étudiant doit rendre un rapport écrit dans lequel il doit exposer de la manière la plus explicite possible :

- Présentation détaillée du stage d'étude en insistant sur son intérêt dans son environnement socio-économique.
- Moyens mis en œuvre : outils méthodologiques, références bibliographiques, contacts avec des professionnels, etc.
- Analyse des résultats obtenus et leur comparaison avec les objectifs initiaux.
- Critique des écarts constatés et présentation éventuelle d'autres détails additionnels.
- Identification des difficultés rencontrées en soulignant les limites du travail effectué et les suites à donner au travail réalisé.

L'étudiant ou le groupe d'étudiants présentent enfin leur travail (sous la forme d'un exposé oral succinct ou sur un poster) devant leur enseignant tuteur et un enseignant examinateur qui peuvent poser des questions et évaluer ainsi le travail accompli sur le plan technique et sur celui de l'exposé.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 100%

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	crédits	Code
S8	Eléments d'intelligence artificielle appliquée		2	2	GPC 8.9
VHH	**Cours**	**Travaux dirigés**	**Travaux Pratiques**		
45h00	-	-	1h30		

Compétences visées :

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

Objectifs :

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

Prérequis :

Programmation avancée Python

Matériels nécessaires :

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

Contenu de la matière :

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

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

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

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

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

1. Concepts clés : Données, Modèles, features, étiquettes, généralisation.
2. Phases d'un pipeline d'apprentissage : entraînement, validation, test.
3. Types d'apprentissage :
    - Supervisé
    - **Non** supervisé
    - **Par** renforcement *(aperçu)*
4. **Exercices :**
    - Approfondir les notions vues au cours
    - ….

Chapitre 4 : Classification supervisée (3 semaines)

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

Chapitre 5 : Apprentissage non supervisé

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

Chapitre 6 : Les réseaux de neurones

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

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

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

- Reconnaissance des caractères manuscrits
- Prédiction des catastrophes naturelles

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

Travaux pratiques :

TP 01 : Initialisation

TP 02 :

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

TP 03 :

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

TP 04 :

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

TP 05 :

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

TP 06 :

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

Mode d'évaluation :

examen 60% , CC=40%

Bibliographie :

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

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	crédits	Code
S8	Lean Start-Up		2	2	GPC 8.10
VHH	**Cours**	**Travaux dirigés**	**Travaux Pratiques**		
45h00	1h30	-	1h30		

Objectifs de l'enseignement:

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

Connaissances préalables recommandées:

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

Contenu de la matière:

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

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

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

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

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

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

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

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

X. Financement, croissance et expansion (2 semaines)

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

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

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

Mode d'évaluation:

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

Références bibliographiques

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

Annexe - Glossaire des concepts clés

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

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

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

Programmes détaillés des matières du 9ème semestre

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	crédits	Code
S9	Génie des réacteurs III (réacteurs polyphasiques)		2	4	**GPC 9.1**
VHH	**Cours**	**Travaux dirigés**	**Travaux Pratiques**		
45h00	1h30	1h30	-		

Objectifs de l'enseignement:

Initiation des étudiants aux réacteurs polyphasiques hétérogènes notamment les absorbeurs, les réacteurs catalytiques, les réacteurs à combustion et autres réacteurs à deux phases hétérogènes.

Connaître le principe de fonctionnement des réacteurs polyphasiques.

Connaissances préalables recommandées:

Notions de base en cinétique chimique homogène et hétérogène, réacteurs homogènes, transfert de matière entre phases (Fluide-Fluide et Fluide-Solide), transfert de chaleur, transfert de quantité de mouvement et génie de la réaction chimique.

Contenu de la matière:

Chapitre I : Réacteurs à deux phases fluide- fluide

Introduction ; Théorie des deux films ; Effet de la réaction chimique sur le transfert de matière ; Réaction de pseudo premier ordre et 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 diphasiques (réacteurs batch, réacteurs piston, réacteurs continus parfaitement agités; Le travail personnel de l'étudiant (devoirs de maison, exposés, mini projets,…etc).

Chapitre II : Réacteurs fluide-solide catalytique

Diffusion intra particulaire (Nombre de Thièle, Efficacité) ; Efficacité et transfert de matière externe (Effet du diamètre du grain de catalyseur, Transfert de matière externe) ; Influence de la diffusion interne sur la réaction (Critère de Weisz-Prater) ; Influence du transfert de matière externe sur la réaction (Critère de Mears) ; Réacteurs à lit fixe ; Réacteurs à lit fluidisé; Le travail personnel de l'étudiant (devoirs de maison, exposés, mini projets,…etc)

Chapitre III : Réacteurs fluide-solide non catalytique

Modèle de la sphère à cœur rétrécissant (shrinking core model) ; Le travail personnel de l'étudiant (devoirs de maison, exposés, mini projets,…etc).

Chapitre IV : Les réacteurs à trois phases gaz, liquide et solide catalytique.

Introduction ; Réaction au niveau d'un grain isolé de catalyseur ; Caractéristiques des divers types de réacteurs triphasiques ; Le travail personnel de l'étudiant (devoirs de maison, exposés, mini projets,...etc).

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%

Références bibliographiques:

1. J. Villermaux, Génie de la réaction chimique, conception et fonctionnement des réacteurs, Ed. Lavoisier Tech.&.Doc. 1995.

2. O. Levenspiel, Chemical Reaction Engineering, 2nd Edition, Wiley (1972). 3rd Edition

(1999).

3. H.S. Fogler, Elements of Chemical Reaction Engineering, Prentice-Hall, 4rd Edition,

2006.

4. P. Trambouze et J.P. Euzen, Les réacteurs chimiques : de la conception à la mise en œuvre, Ed. Technip 2002.

5. J. Liéto, Le génie chimique à l'usage des chimistes, ed. Lavoisier Tech.&.Doc, 1998.

6. J.M. Smith, Chemical Engineering Kinetics, McGraw-Hill (1981), 3rd Edition.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	crédits	Code
S9	Procédés de raffinage et de pétrochimie		2	4	GPC 9.2
VHH	**Cours**	**Travaux dirigés**	**Travaux Pratiques**		
45h00	1h30	1h30	-		

Objectifs de l'enseignement:

Le but de cet enseignement est de faire acquérir aux étudiants les principaux procédés pétrochimiques. Ces derniers sont en général, basés sur des réactions chimiques appropriées en présence ou non d'un catalyseur. Dans matière, sont traités les procédés majeurs de la pétrochimie tels que le reformage catalytique.

Connaissances préalables recommandées:

Connaissances acquises dans les semestres 2, 3 et 4 telles que les phénomènes de transfert (chaleur, matière et quantité de mouvement) et Raffinage et pétrochimie (S4).

Contenu de lamatière:

1) Principes de base régissant la transformation chimique,
2) Catalyseurs industriels
2) Procédés d'amélioration des propriétés: reformage catalytique, isomérisation,…
3) Procédés de conversion: vapocraquage, craquage catalytique,…
4) Procédés de finition: hydrogénation, adoucissements,…
4) Procédés de protection de l'environnement: traitement des fumées, traitement des eaux de rejet,…
5) Production d'hydrogène (hydrogène dans la raffinerie, production par reformage {la vapeur, par oxydation partielle, coproduction hydrogène-énergie, …)

Mode d'évaluation:

Contrôle Continu: 40%, Examen:60%.

Références bibliographiques:

1. J.P. Wuithier, Le pétrole: Raffinage et génie chimique. Edition Technip.
2. J.P.Leprince, Le Raffinage du pétrole–Tome3 Procédés de transformation. EditionTechnip.
3. Le raffinage du pétrole en 5 tomes, Technip, 1998.
4. A. Fahim,Taher A. Al-Sahhaf, A Elkilani, Fundamentals of Petroleum Refining,Elsevier,2010.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	crédits	Code
S9	La formulation dans les industries chimiques		3	5	GPC 9.3
VHH	**Cours**	**Travaux dirigés**	**Travaux Pratiques**		
67h30	1h30	1h30	1h30		

Objectifs :
L'objectif de ce cours est de donner une vue d'ensemble des différentes formulations possibles, des Principaux ingrédients de la formulation, des propriétés physico-chimique ainsi que l'élaboration des formulations sous forme d'émulsion, de systèmes dispersé et de mousse.

Chapitre I : Principe de la formulation (4 semaines)
- I.1- Présentation générale
- I.2- Planification d'expérience en formulation : le criblage
- I.3- Planification d'expérience en formulation : Optimisation
- I.4- Mouillage et Imprégnation
- I.5- Polymorphisme et de transition de phase en solution
- I.6- Rhéologie des fluides complexe

Chapitre II : Élaboration des formulations d'émulsions (4 semaines)
- II.1- Nature et type des surfactants
- II.2. Propriétés physico-chimique des surfactants
- II.3. Micelles, Emulsions et micro émulsion W/O, O/W
- II.4. Formulation des dispersions

Chapitre III : Systèmes colloïdaux (4 semaines)
- III.1- État colloïdale
- III.2- Classification des colloïdes
- III.3- Préparation des Colloïdes
- III.4- Propriétés des colloïdes en solution

Chapitre IV : Les Mousses (3 semaines)
- IV.1- Formation et Propriétés des mousses
- IV.2- Stabilisation des mousses
- IV.3- Agent moussant
- IV.4-Agent stabilisant des moussant
- IV.5- Agent anti-moussant

Travaux pratiques:

T.P N°1 : Formulation d'un détergent sous forme liquide

T.P N°2 : Formulation d'un détergent sous forme gel

T.P N°3 : Contrôle de qualité du détergent sous forme liquide formulé

T.P N°4 : Contrôle de qualité du détergent sous forme gel formulé.

T.P N°5 : Formulation et étude de la stabilité d'un détergent liquide

T.P N°6 : Propriétés physico –chimiques des émulsions.

T.PN°7 : détermination du potentiel électrocinétique par Electrophorèse

T.P N°8 : Préparation des émulsions à HLB différentes et étude de stabilité (Tracé du diagramme ternaire) faire une simulation avec le logiciel prosim.

T.P N°0 08 : Détermination de la viscosité de différentes formulations (lubrifiants, carburants, détergents liquides) à l'aide d'un viscosimètre rotatif à différentes température.

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

Références bibliographiques:

1- Grubenmann, A., &Mollet, H. (2008). *Formulation technology: emulsions, suspensions, solid forms*. John Wiley & Sons.
2- Agarwal, S. (2019). *Engineering chemistry: Fundamentals and applications*. Cambridge UniversityPress.
3- Tadros, T. F. (2014). *Formulation of disperse systems: Science and Technology*. John Wiley& Sons

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	crédits	Code
S9	Génie de la polymérisation : quelques grands procédés industriels		3	5	**GPC 9.4**
VHH	**Cours**	**Travaux dirigés**	**Travaux Pratiques**		
67h30	3h00	1h30	-		

Contenu de la matière :

Partie 1: Techniques de Polymérisation

1. *Polyaddition radicalaire*
   - **a)** Polymérisation homogène
     -polymérisation en masse
     -polymérisation en solution
   - **b)** Polymérisation hétérogène
     - polymérisation en suspension
     - polymérisation en émulsion
     - polymérisation par précipitation
2. *Polycondensation*
   - **a)** Polycondensation par fusion
   - **b)** Polycondensation en solution
   - **c)** Polycondensation interfaciale

Partie 2: Réactivité et Réactions des Polymères

Fonctionnarisation et modification chimique des polymères(Rôle des additifs dans la formulation des produits polymères)

Partie 3: Propriétés et classements Classement des polymères

I. Solubilité des polymères
II. Morphologie et propriétés thermiques des polymères
III. Polymères à l'état fondu et en solution **(4 semaines)**

Partie 4 : Place des polymères en industrie

- Application des polymères en cosmétique
- Application des polymères en pharmaceutique
- Application des polymères en industrie alimentaire
- Application des polymères en construction et bâtiments

- Application des polymères en industries automobile et aéronautique

-Mark & Herman, Les Matières plastiques, Time Inc., USA, 1973
-Ehrenstein, Gottfried W., Matériaux polymères : structure, propriétés et applications Nouv. éd. Hermès science publications, Paris, 2000.
-Polymères : de la polymérisation aux propriétés premier colloque franco-mexicain, Grenoble, 1995, Polytechnica, Paris, 1996
www.techniquedelingenieur.com

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	crédits	Code
S9	Procedes innovants		1	2	**GPC 9.5**
VHH	**Cours**	**Travaux dirigés**	**Travaux Pratiques**		
22h30	1h30	-	-		

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. Microondes.

Chapitre 5. Outres 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.Y2003

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	crédits	Code
S9	Introduction à la digitalisation des procédés		2	3	GPC 9.7
VHH	**Cours**	**Travaux dirigés**	**Travaux Pratiques**		
45h00	1h30	-	1h30		

Objectifs de l'enseignement:

Introduction au concept d'Industrie 4.0. Composantes technologiques de la 4ème révolution industrielle et lien avec la stratégie d'affaires, l'organisation et la gestion des procédés des secteurs chimiques industriels. Cas concrets de transformation et enjeux spécifiques du secteur des procédés chimiques, de la pétrochimie, de la pharmaceutique, des usines de traitement, etc. Centralité de la capture des données en temps réel. Introduction à l'intelligence artificielle en génie des procédés. Prise de décisions. Exemples d'outils applicables en milieu des procédés chimiques industriels pour mettre en marche la transformation numérique.

Contenu de la matière:

Outils de la chaîne digitale

2.1 – Instrumentation : pour piloter le procédé, contrôler la réaction/cristallisation/extrusion

Retour ou introduction à :

- Types de capteurs : débit / comptage masse – volume, température, pression, niveau, pH, vitesse, agitation ;
- Type d'analyseurs : techniques séparatives, techniques spectrales, traitements de données associés ;
- Architecture : analogique/numérique, différents bus de terrain, protocoles de communication (OPC UA…) ;
- Description des paramètres physico-chimique mesurés pour suivre les propriétés du produit et les paramètres du procédé en temps réel ; définition des types de capteurs, puis du traitement et l'analyse de la donnée.

2.2 – Acquisition de données, contrôle commande, automatisation

Introduction au logiciel OIAnalytics qui permet le suivi en ligne et en temps réel des indicateurs et mesures d'un procédé.

2.3 – Usage et analyse de la donnée

Définition des outils de traitement et analyse statistique de la donnée.

3– Suivi et mise en place des indicateurs de production et performance environnementale et énergétique pour l'optimisation

Digitalisation des procédés

- Constats & intérêts ;

- Démarche de digitalisation :
  - état des lieux de l'unité : compréhension du procédé, analyse des besoins et problématiques, identification des données disponibles et leurs remontées…
  - analyse sur les données disponibles : identification des dysfonctionnements récurrents, optimisation des conditions opératoires…
  - enrichissement des données : ajout de capteurs de mesures ou virtuels,
  - utilisation des outils de modélisation : jumeau numérique et modèles prédictifs,
  - mise en place des actions d'améliorations.

  Cas du TP de cristallisation
- Présentation du dispositif : schéma, équipements, données disponibles, …
- Jumeaux numériques déployés & indicateurs de suivi (taille des cristaux, consommation énergétique…) : fonctionnement et visuels/utilisation

  Échange avec les participants sur leurs propres problématiques
- Quels sont vos problématiques ?
- Quels sont les indicateurs à mettre en place (performance, sécurité, environnement) ?
- Quels sont les informations manquantes ?
- Avez-vous réalisé des projets de digitalisation ?
- Si oui, quels sont les difficultés rencontrées et les résultats obtenus ?
- Si non, quelles ont été les éléments bloquants.

  4 – TP sur les pilotes sur des cas d'usage / démonstration dans la salle connectée en temps réel à distance aux pilotes

  4.1 – Observation des données acquises en temps réel sur chaque pilote.

  4.2 – Exercices sur les données.

  4.3 – Réalisation des changements de consigne et observation de l'évolution du système.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	crédits	Code
S9	Contrôle & commande et régulation des procédés		2	3	GPC 9.7
VHH	**Cours**	**Travaux dirigés**	**Travaux Pratiques**		
45h00	1h30	-	1h30		

Objectifs de l'enseignement:

Cette matière vise à étudier l'ensemble des moyens matériels et techniques mis en œuvre pour maintenir une grandeur physique à régler, égale à une valeur désirée, appelé *consigne*. A l'issue de cet enseignement, l'étudiant doit être capable d'analyser et modéliser un procédé industriel.

Connaissances préalables recommandées:

Instrumentation, Mathématiques, Thermodynamique, Mécanique des fluides, opérations unitaires

Contenu de lamatière:

Chapitre I. Notions de base

I.1. Calcul opérationnel ; I.2. Fonction de transfert; I.3. Systèmes asservis; I.4. Définition et importance de la régulation; I.5 Constitution d'une boucle de régulation.

Chapitre II. Eléments de technologie

II.1Transmetteurs analogiques de mesure ; II.2 Régulateurs pneumatiques ; II.3 Régulateurs électroniques ; II.4. Vannes automatiques ; II.5. Capteurs combinés ; II.6 Contrôle-qualité de la mesure. Exploitation de l'instrumentation.

Chapitre III. Analyse des systèmes mono-variables

III.1 Classification des systèmes mono-variables; III.2 Identification des systèmes en boucle ouverte;

III.3. Identification des systèmes en boucle fermée; III.4. Notions sur les systèmes multi-variables.

Chapitre IV. Régulation analogique mono-variable

IV.1 Equation générale d'une boucle de régulation ; IV.2 Choix du régulateur ; IV.3. Régulation à actions proportionnelle et intégrale (P.I.) ; IV.4. Régulation à actions proportionnelle, intégrale et différentielle (P.I.D.); IV.5 Régulation mixte; IV.6 Régulation en cascade.

Mode d'évaluation:

Contrôle Continu: 40%, Examen:60%.

Références bibliographiques:

1. Dindeleux D.,"*Technique de la régulation industrielle*". Eyrolles, Paris, 176p.1983.
2. Asch G.,"*Les capteurs en instrumentation industrielle*". Dunod, Paris,8 34p.1998.
3. Boudrant J., Corrieu G. et Coulet P.,"*Capteurs et mesures en biotechnologie*". Technique et Documentation Lavoisier, Paris, 496 p. 1994.
4. Flaus J. M., "*La régulation industrielle. Régulateurs PID, prédictifs et flous*". Hermès , Paris, 349p. 1994.

5. Fabert J.-Y., "*Automatisme et automatique*". Ellipses, Paris, 284p. 2005.
6. Borne P. et al."*Analyse et régulation des processus industriels. Tom1: Régulation continue*". Technip, Paris, 504p. 1993.
7.Borne P. et al."*Analyse et régulation des processus industriels. Tom 2 : Régulation numérique*". Technip, Paris, 320p. 1993.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	crédits	Code
S9	**Evaluation technico-économique des procédés**		2	2	**GPC 9.9**
VHH	**Cours**	**Travaux dirigés**	**Travaux Pratiques**		
45h00	1h30	1h30	-		

Objectifs de l'enseignement :

Fournir au futur ingénieur et/ou chercheur en génie des procédés les connaissances et les méthodes pour fair l'évaluation technico économique de projets dans le domaine des procédés de transformation de la matière et de conversion de l'énergie.

Contenu de la matière :

1. L'ANALYSE DES MARCHES
    a. La dualité matières premières-produits et les relations quantités-prix
    b. Les méthodes de prévision
    c. Spécificités d'application des méthodes de prévision dans les domaines des prix et des quantités
2. LES ELEMENTS DU CALCUL ECONOMIQUE
    a. Etude de la rentabilité des projets
    b. Coût opératoire et prix de revient (operating cost and cost of price)
    c. Les charges d'investissements
3. LA DETERMINATION DES INVESTISSEMENTS EN LIMITES DES UNITES DE FABRICATION
    a. Les modalités de mise en œuvre d'une procédure d'estimation
    b. Les méthodes de détermination des investissements

Mode d'évaluation:

Controle continu: 40% , Examen:60%

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	crédits	Code
S9	Corrosion et protection Des installations		1	1	GPC 9.9
VHH	**Cours**	**Travaux dirigés**	**Travaux Pratiques**		
22h30	1h30				

Objectifs de l'enseignement :

Acquérir les notions de base de la corrosion et la compréhension des phénomènes de dégradation des métaux.

Connaissances préalables recommandées :

Chimie minérale, électrochimie, thermodynamique chimique et cinétique chimique.

Chapitre 1 : (3 semaines)

1.1. Notions de corrosion

1.2. Différents types de corrosion (Corrosion électrochimique : Corrosion chimique ; Corrosion bactérienne).

1.3. Différentes formes de corrosion : corrosion généralisée et corrosion localisée (corrosion galvanique, corrosion sous contrainte ; corrosion intergranulaire, etc).

Chapitre 2 : (6 semaines)

2.1. Diagramme potentiel-pH (Pourbaix) et applications.

2.2. Cinétique des processus de corrosion : processus anodique et cathodique, tension mixte, courant de corrosion

2.3. Monitoring de la corrosion : Techniques de suivi de la corrosion des équipements (ultrason, radiographie, etc).

2.4. Techniques de mesure de la vitesse de corrosion (gravimétrie, courbes de Tafel, spectroscopie d'impédance électrochimique…).

2.5. Caractérisation de surface : MEB, FEM, DRX…

Chapitre 3: (6 semaines)

3.1. Stratégies et méthodes de prévention et de protection : Mesures à prendre lors de la conception, choix de matériaux, protection par revêtements, injection d'inhibiteurs de corrosion,

3.2. Protection cathodique….

Mode d'évaluation :

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

Références bibliographiques:

1. B.Baroux, « La corrosion des métaux; passivité et corrosion localisée », Dunod, 2014.
2. G.Béranger, H.Mazille, « Corrosion des métaux et alliages: mécanismes et phénomènes »; Traité MIM, série Alliage métalliques, Lavoisier, 2002.
3. F.Ropital, « Corrosion et dégradation des matériaux métalliques », Ed. Technip, 2009.
4. . Bensaada, Cours de corrosion, édition OPU, Alger, 2015.
5. Marcel Pourbaix, Atlas d'équilibres électrochimiques, Paris, éd. Gauthier-Villars et Cie, 1963.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	crédits	Code
S9	Recherche documentaire et conception du mémoire		1	1	**GPC 9.10**
VHH	**Cours**	**Travaux dirigés**	**Travaux Pratiques**		
22h30	1h30	-	-		

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.*
***M. Kalika, Le mémoire de Master, Dunod, 2005*:**

Semestre : 9
Unité d'enseignement : UET 5.1
Matière 2 : Chemical reverse engineering
VHS : 67 h30 (Cours : 1h30, souis forme d'atelier : 1h30)
Crédits : 2
Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement :
Former l'étudiant en :

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

Connaissances préalables recommandées :
Méthodes physicochimiques d'analyse (spectroscopie, microscopie, analyse thermique, etc….)

Contenu de la matière :
Chapitre1 Introduction à la rétro-ingénierie chimique

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

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

1.3 Domaines d'utilisation

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

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

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

Chapitre2 Méthodologie générale

2.1 Pyramide inversée

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

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

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

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

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

Chapitre 3 Processus de rétroingénierie

3.1 Hypothèse sur le procédé de fabrication

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

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

3.2 Modélisation et simulation

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

3.3 Reproduction expérimentale

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

3.4 Optimisation

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

Chapitre 4 Techniques de développement de formes pharmaceutiques génériques

4.1. Recherche et formulation :

4.2. Essais de bioéquivalence :

Bioéquivalence des médicaments génériques avec le médicament de référence,

4.3. Études toxicologiques, pharmacologiques et cliniques :
4.4. Demande d'autorisation de mise sur le marché (AMM) :
4.5. Contrôle de la qualité :

Chapitre 5 Techniques de développement de polymères
5.1 Acquisition et préparation de l'échantillon

- Acquisition : matière première ou prototype

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

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

5.3. Formulation et Reconstruction:

- Appréhender la composition :
- Reproduire le processus :

5.4. Validation et optimisation :

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

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

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

Chapitre 6 Rétro ingénierie d'un détergent liquide commercial

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

Étape 2 : Analyse physico-chimique :

- Identification des tensioactifs
- Identification des polymères ou additifs.

Étape 3 : Composants identifiés :

- Dosage des composants

Étape 4 : Hypothèse sur la formulation

Étape 5 : Reconstitution du procédé

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

Étape 6 : Essais en labo

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

Étape 7 : Ajustements et tests

Évaluer les performances : pouvoir nettoyant, stabilité, coût.

Étape 8 : Formulation finale

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

Remarques :

- Dans le cas d'un produit formulé (comme un détergent), la **séparation et l'identification des composants** est essentielle.

- Certaines substances comme les parfums ou les agents conservateurs peuvent être présents à **très faible concentration**, mais jouer un **rôle clé** dans la performance ou la perception du produit.

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

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

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

7.1 Caractéristiques d'une huile moteur à analyser

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

7.2 Étapes de rétroingénierie

1. Préparation de l'échantillon

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

2. Analyses physico-chimiques

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

3. Composition typique identifiée

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

4. Reconstitution en formulation

5. Tests de validation

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

Résultat final

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

Remarques

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

Mode d'évaluation :

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

Références bibliographiques :

- **Jacques Villermaux**, *Génie de la réaction chimique : conception et fonctionnement des réacteurs*, Éditions Tec & Doc, 1993.
- **Daniel Schweich**, *Génie de la réaction chimique*, Éditions Tec & Doc, 2001.
- **Gilbert F. Froment & Kenneth B. Bischoff**, *Chemical Reactor Analysis and Design*, Wiley, 2010.
- **Searson, D. P., Willis, M. J., & Wright, A.**, *Reverse Engineering Chemical Reaction Networks from Time Series Data*, 2014.
- **Marote, P., Martin, M., Bonhomme, A., Lantéri, P., & Clément, Y.**, *Artificial Intelligence for Reverse Engineering: Application to Detergents Using Raman Spectroscopy*, 2023.
- T**echniques de l'Ingénieur**, *Procédés chimiques : Dossier complet*.