

INTITULE DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT : Biopolymères et polymères biodégradables		OPTIONNEL
		CREDITS ECTS 1
		S7

OBJECTIFS GENERAUX DE L'ELEMENT CONSTITUTIF

L'option « Biopolymères et polymères biodégradables » s'attache à :

- Décrire les polymères d'origine naturelle (biopolymères) les plus importants dans le domaine des matériaux ainsi que leurs principales applications
- Présenter les principaux polymères biodégradables développés dans l'industrie issus de ressources pétrochimiques ou, plus récemment, de ressources renouvelables
- Illustrer une démarche exemplaire de développement de polymères techniques biosourcés

OBJECTIFS SPECIFIQUES

A l'issue de ce module, l'étudiant(e) sera capable de :

- Identifier les biopolymères et polymères biodégradables les importants dans l'industrie
- Savoir tirer parti de leurs avantages et limites spécifiques pour une application donnée
- Définir les enjeux et les défis pour le développement de nouveaux biopolymères et polymères biodégradables dans l'industrie
- Contribuer au développement de nouveaux matériaux polymères dans le cadre du développement durable

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

Les polymères d'origine naturelle (biopolymères) seront tout d'abord présentés en se limitant au domaine des matériaux où ils représentent généralement des enjeux importants. Les polymères biodégradables d'origine synthétique connaissent également un développement sans précédent, qui devrait s'intensifier dans les années futures. En particulier, certains d'entre eux peuvent être obtenus à partir de ressources renouvelables et pourraient représenter à terme des alternatives intéressantes aux polymères issus de la pétrochimie. Les grandes classes de polymères biodégradables synthétiques récemment développées par les industriels seront présentées ainsi que leurs principales applications dans des secteurs clés. Les perspectives et les enjeux industriels des nouveaux matériaux plastiques biosourcés et/ou biodégradables de moindre impact sur l'environnement seront finalement discutés dans l'optique du développement durable.

Cet enseignement associera la présentation/discussion de diapositives de cours, à celle de plusieurs contenus disponibles en ligne et sélectionnés notamment sur les sites internet des industriels leaders dans le domaine des biopolymères et/ou polymères biodégradables. Une conférence industrielle permettra également de présenter les développements industriels exemplaires réalisés par la société Arkema dans le domaine des polymères techniques biosourcés.

TYPE D'EVALUATION

Etude de cas industriels avec documents autorisés en 1h.

INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS : Connaissances de base sur les polymères et la chimie de polymérisation

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : français

TELEPHONES PORTABLES: Utilisation non autorisée

REFERENCES DISPONIBLES A LA MEDIATHEQUE DE L'ENSIC :

- Scott G., Polymers and the environment, RSC Paperbacks, The Royal Society of Chemistry, Cambridge, 1999, 132.

- Stevens, E. S., Green Plastics: An Introduction to the New Science of Biodegradable Plastics, Princeton University Press, Princeton, 2001.
- Rinaudo M., Les polymères naturels : structure, modification, applications, Initiation à la Science des Polymères Vol 13 du Groupe Français d'Etudes et d'application des Polymères, 2000.

CONTRIBUTION DE L'OPTION A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Les enseignements de cette option contribuent directement à l'acquisition des compétences n°4, 10

INTITULE DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : Intelligence Artificielle (IA) pour le génie des procédés – Premier contact		OPTIONNEL
	CREDITS ECTS 1	S7

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

L'option « IA pour le génie des procédés – Premier contact » vise à :

- Expliquer la conception des différentes techniques de modélisation (ex., basées sur les données, phénoménologiques, ...) qui peuvent s'appliquer selon le problème traité et illustrer leurs principaux avantages et inconvénients.
- Donner un panorama de ce qui est fait actuellement en milieu industriel dans le cadre de « l'industrie du futur ».
- Présenter une vue d'ensemble des méthodes de traitement de données et d'apprentissage automatique (« Intelligence Artificielle », « Machine Learning », « Deep Learning »), supervisé ou non-supervisé.
- Décrire quelques méthodes emblématiques de régression et de classification.
- Mettre en œuvre ces méthodes sur des cas concrets de Génie des Procédés, en utilisant l'environnement Matlab.

OBJECTIFS SPECIFIQUES

A la fin de l'option, les étudiants devront être capables de :

- Avoir une vision globale des approches d'apprentissage automatique.
- Comprendre quels sont les caractéristiques et les étapes principales de traitement d'un jeu de données.
 - Comprendre pour quelles raisons on développe un modèle d'apprentissage et quelles sont les étapes à suivre.
 - Distinguer et comprendre le principe, l'utilité et l'applicabilité des différentes approches de modélisation (ex. empirique/mécanistique, déterministe/stochastique, etc.).
 - Connaître ce qu'est un Réseau de Neurones et quelles sont leurs caractéristiques principales.
- Appliquer les principales méthodes dans un environnement logiciel adapté.

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

Les séances sont exclusivement réalisées sur ordinateur en salle informatique, en utilisant les fonctions et toolbox dédiées à l'apprentissage machine dans l'environnement Matlab.

TYPE D'EVALUATION

Contrôle individuel sur machine ou QCM (1h)

INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS : UE Informatique, méthodes numériques et statistiques (S5, EC Méthodes statistiques, EC Informatique pour l'ingénieur des industries chimiques I) et UE Systèmes réactifs et Informatique (S6, EC Informatique pour l'ingénieur des industries chimiques II).

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : français ou anglais

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

1. Chloé-Agathe Azencott, « Introduction au machine learning », Ed. Dunod, 2018.
2. Stéphane Tufféry, « Big Data, Machine Learning et apprentissage profond », Ed. Technip, 2019.
3. Ian Goodfellow, « L'apprentissage profond », Massot Editions, 2018.
4. Charu C. Aggarwal, « Data mining – the textbook », Ed. Springer, 2015.

Nécessaires : Documents photocopiés ou diapos distribués, fichiers de données distribués via ARCHE.

Conseillées : Voir références bibliographiques.

CONTRIBUTION DE L'OPTION A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Les enseignements de cette option contribuent directement à l'acquisition de la compétence n°3

Les enseignements de cette option contribuent indirectement (en tant que ressources) à la compétence n°4

INTITULE DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : Procédés hydrométallurgiques		OPTIONNEL
	CREDITS ECTS 1	S7

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

Présenter aux étudiants les procédés hydrométallurgiques, en pleine expansion, afin de répondre aux besoins initiés par la 3ème révolution industrielle – la révolution minérale actuellement amorcée, afin de répondre aux besoins de demain. Plusieurs techniques et éléments seront traités :

- La 3ème révolution industrielle – enjeux industriels, économiques, géopolitiques, écologiques, sociétaux,
- Procédés de précipitation, appliqués à l'hydrométallurgie,
- Extraction Liquide/liquide appliqués à l'hydrométallurgie,
- Procédés électrochimiques appliqués à l'hydrométallurgie,
- Procédés de séparation par résines échangeuses d'ions.

Les intervenants sont des membres du Groupement de Recherche PROMETHEE – gdr-promethee.cnrs.fr

OBJECTIFS SPECIFIQUES

A la fin de l'étude de chacun des thèmes traités les étudiants devront être capables de :

- Avoir une vision globale du contexte, des enjeux industriels, économiques et géopolitiques soulevés par la révolution minérale,
- Comprendre les différentes opérations unitaires relevant de l'hydrométallurgie : lixiviation, précipitation, électrodéposition, électrodéionisation, extractions liquide/liquide et liquide/solide

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

Cours et Travaux Dirigés

La 3ème révolution industrielle – enjeux industriels, économiques, géopolitiques, écologiques, sociétaux
2 h cours ; 1h examen écrit.

Procédés de précipitation appliqués à l'hydrométallurgie

1 séance de cours (30 min) ; 1 séance de TD (1h) : condition d'équilibre entre phases liquides et solides, dimensionnement des réacteurs de cristallisation par refroidissement et par évaporation ; 1h examen écrit.

Extraction Liquide/liquide appliqués à l'hydrométallurgie

1 séance de cours (1h) ; 1 séance de TD (2h) : séparation de métaux par procédé d'extraction liquide-liquide ; choix des extractants ; 1h examen écrit.

Procédés électrochimiques appliqués à l'hydrométallurgie,

1 séance de cours (1h) ; 1 séance de TD (2h) : procédés d'électrodéposition, séparations de métaux par procédés électrochimiques ; 1h examen écrit.

Procédés de séparation par résines échangeuses d'ions.

1 séance de cours (30 min) ; 1 séance de TD (1h) : condition d'équilibre entre phases liquides et solides ; extraction liquide – solide ; exemples de procédés innovants ; 1h examen écrit.

TYPE D'EVALUATION

Examen écrit

INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS : Chimie Minérale, Procédés d'extraction liquide/liquide, Chimie en solution (équilibres thermodynamiques), Bilan matière & masse, Transfert de matière.

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : français

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Nécessaires :

Documents photocopiés distribués

Conseillées :

CONTRIBUTION DE L'OPTION A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Les enseignements de cette option contribuent directement à l'acquisition des compétences n°4, 10

INTITULE DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : La transition énergétique et industrielle		OPTIONNEL
	CREDITS ECTS 1	S7

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

Comprendre les causes et conséquences du réchauffement climatique, et plus particulièrement les liens entre climat, énergie, industrie & économie.

Appréhender la transition énergétique, industrielle et économique nécessaire à la mitigation du réchauffement climatique.

Préciser le rôle de l'ingénieur et des entreprises pour décarboner l'industrie de Procédés

OBJECTIFS SPECIFIQUES

Les étudiants devront être capables :

- De développer une vision scientifique, systémique et critique :
 - o des enjeux liés au réchauffement climatique,
 - o de la transition énergétique & industrielle,
 - o des moyens techniques permettant de décarboner l'industrie : Sobriété énergétique et matière, Efficacité énergétique, Cogénération/Trigénération, Recyclage/Valorisation des déchets, Alternative aux ressources fossiles pour l'approvisionnement en matière et en énergie (bio-économie, H₂ bas carbone, électrification).
- D'exposer un de ces sujets de manière synthétique, convaincante et ouverte au débat contradictoire

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

Ateliers et présentations :

Atelier La Fresque du Climat (basé sur les travaux scientifiques du GIEC, La Fresque du Climat est l'atelier collaboratif de référence pour comprendre collectivement les enjeux du changement climatique).

3 h d'atelier participatif avec des enseignants de l'ENSIC.

Atelier En-Roads du MIT (outil informatique qui permet de simuler les conséquences sur le climat de nos choix politiques, économiques & techniques)

3h d'atelier participatif avec un intervenant de l'Université de Lorraine.

Présentation orale en groupe :

Deux séances de 3h sont organisées avec le schéma suivant : Exposé d'un sujet particulier par un groupe de 3 à 4 étudiants durant 30 min, puis débat de 30 min entre les étudiants, plusieurs enseignants et des invités extérieurs. Les différents sujets de ces exposés seront définis au préalable (au moins 6 semaines à l'avance). A l'issue de chaque séance, les groupes d'étudiants concernés sont évalués.

TYPE D'EVALUATION

Soutenance orale : L'évaluation porte sur différentes compétences : qualité de la revue bibliographique, approche scientifique et systémique du sujet, esprit de synthèse, esprit critique, rhétorique, capacité à organiser le débat et à répondre aux questions.

INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS : THERMODYNAMIQUE, BILANS, PROCÉDES.

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : français

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Nécessaires :

Conseillées :

CONTRIBUTION DE L'OPTION A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Les enseignements de cette option contribuent directement à l'acquisition de la compétence n°9

INTITULE DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT : Conférences Industrie, Environnement & Société II		OBLIGATOIRE
	CREDITS ECTS 1	S7

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT

- Découvrir avec des professionnels externes (académiques ou industriels) :
 - o Certains enjeux socio-environnementaux
 - o Différents domaines industriels liés à l'ENSIC.
- Illustrer l'utilisation des compétences de l'ingénieur en génie chimique dans le monde industriel
- Introduire les parcours du semestre 8 (procédés, produits, biotechnologie) par des conférences d'industriels travaillant dans ces 3 secteurs

OBJECTIFS SPECIFIQUES

A la fin du module, l'étudiant devrait être capable de :

- Identifier certains sujets socio-environnementaux
- Appréhender la diversité du monde industriel et de ses pratiques professionnelles
- Déterminer le rôle de l'ingénieur dans le monde socio-économique
- Orienter son parcours académique en conséquence, ainsi que ses choix de stage, voire de poursuite d'études

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

La formation s'appuie sur :

- 8h de conférences obligatoires de professionnels sur les sujets socio-environnementaux. Par exemple :
 - o Sols, Ressources alimentaires, Agrochimie
 - o Ressources minérales et métallurgiques
 - o Biodiversité & Services écosystémiques
 - o Règlementation environnementale
- 8h de conférences industrielles à choisir parmi différents secteurs (par exemple : Energie, Santé, Chimie, Sécurité, Cosmétique, Traitement des déchets...).

TYPE D'EVALUATION

Présence obligatoire. Projet sur table en cas de rattrapage.

INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS : aucun

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : français

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES : aucune

CONTRIBUTION DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Les enseignements de cette UE contribuent directement à l'acquisition des compétences n°9, 14

Les enseignements de cette UE contribuent indirectement (en tant que ressources) à la compétence n°10

BILAN DU SEMESTRE 7

[illegible]

Pour les options, la contribution à l'acquisition de compétences dépend du choix (le tableau rassemble les contributions de toutes les options). Les contributions spécifiques à chaque option sont indiquées dans les fiches (voir plus haut).

ENSEIGNEMENTS DU SEMESTRE 8

Correspondant pédagogique : Rainier HREIZ

ORGANISATION GENERALE

<i>Intitulé de l'unité d'enseignement et de ses éléments constitutifs</i>	<i>Responsable</i>	<i>H</i>	<i>CM</i>	<i>TD</i>	<i>TP</i>	<i>P</i>	<i>C</i>	<i>Ex</i>	<i>ECTS</i>
Management et économie IV	Vera IVANAJ	40	16	16	8				2
Langues IV	E. KASMAREK/M. ADRIAN	44		44					2
<i>Anglais</i>	E. KASMAREK/M. ADRIAN			24					
<i>LV B</i>	E. KASMAREK/M. ADRIAN			20					
Projet industriel	Sabine RODE / Jean-François PORTHA	35,5	4,5	12		18		1	6
<i>Projet industriel</i>	Sabine RODE					18			
<i>Evaluation technico-économique des procédés</i>	Laurent FALK		2	9				1	
<i>Analyse du pincement</i>	Romain PRIVAT/Jean-François PORTHA		2,5	3					
Stage ouvrier	Laurent PERRIN								4
Projet d'ouverture	Valérie Henry	26				6	20		3
Options		18							1
Parcours de spécialisation		156							12
TOTAL		319							30

OPTIONS

<i>Intitulé de l'option</i>	<i>Responsable</i>	<i>H</i>	<i>CM</i>	<i>TD</i>	<i>TP</i>	<i>P</i>	<i>C</i>	<i>Ex</i>	<i>ECTS</i>
Fonctionnalisation de surface et applications	Halima ALEM MARCHAND	18	7	8		2		1	1
Aérosols et sécurité	Olivier DUFAUD	18	7	8		2		1	1
Matériaux organiques intelligents: concepts et applications industrielles	Guillaume PICKAERT	18	7	8		2		1	1
Thermodynamique des solutions avancées	Jean-Noël JAUBERT	18	7	8		2		1	1
Méthodologie de traitement des déchets industriels	Alexandra GIGANTE	18	7	8		2		1	1
Produits pour la santé	Cécile NOUVEL	18	7	8		2		1	1
Procédés industriels de polymérisation et développement durable	Alain DURAND	18	7	8		2		1	1
Les nano-objets polymères : synthèses, caractérisations et applications	Khalid FERJI	18	7	8		2		1	1
IA pour le génie des procédés – Initiation	Jean-Marc COMMENGE	18	7	8		2		1	1
Stratégie : développement durable pour l'Industrie	Christian BOUIGEON	18	7	8		2		1	1
Outils de simulation et de décision pour les énergies et matériaux de la transition	Jérémy UNTERBERGER	18	7	8		2		1	1

PARCOURS DE SPECIALISATION : Procédés pour l'énergie et l'environnement

Responsable : Sabine RODE

Intitulé de l'Unité d'Enseignement et de ses éléments constitutifs	Responsable	H	CM	TD	TP	P	C	Ex	ECTS
Réacteurs et séparations polyphasiques	Eric SCHAER	60	26	29,5				4,5	4
<i>Génie catalytique</i>	Eric SCHAER		6	4,5				1,5	
<i>Opérations unitaires polyphasiques</i>	Sabine RODE		8	14,5				1,5	
<i>Cristallisation</i>	Marie LE PAGE MOSTEFA		6	4,5				1,5	
<i>Procédés chromatographiques</i>	Eric FAVRE		6	6					
Procédés Durables	Laurent PERRIN	36	15,5	4		7,5	6	3	4
<i>Analyse du cycle de vie</i>	Jean-François PORTHA		3,5	4				1,5	
<i>Sécurité des procédés et environnement</i>	Laurent PERRIN		12				6	1,5	
<i>Projet Sécurité</i>	Laurent PERRIN					7,5			
Conception et simulation de procédés	Romain PRIVAT	58,5	20	34				4,5	4
<i>Thermodynamique énergétique avancée</i>	Jean-Noël JAUBERT		6,5	17				1,5	
<i>Distillation avancée</i>	Sabine RODE		8,5	11				2	
<i>Simulation dynamique des procédés</i>	Abderrazak LATIFI		5	6				1	
TOTAL		154							12

PARCOURS DE SPECIALISATION : Produits innovants : de la chimie aux procédés

Responsable : Cécile NOUVEL

Intitulé de l'unité d'enseignement et de ses éléments constitutifs	Responsable	H	CM	TD	TP	P	C	Ex	ECTS
Produits micro- et nanostructurés	Véronique SADTLER	60	51	5,5			2	1,5	4
<i>Physico-chimie et formulation des systèmes polyphasiques fluides</i>	Véronique SADTLER		21	3,5			2	1,5	
<i>Procédés pour les systèmes fluides dispersés</i>	Huai-Zhi LI		17	2					
<i>Micro et nanoparticules</i>	Laurent MARCHAL- HEUSSLER		13						
Introduction au génie des produits	Alain DURAND	36	17	8,5		7,5		3	4
<i>Analyse du cycle de vie</i>	Jean-François PORTHA		3,5	4				1,5	
<i>Procédés discontinus</i>	Eric SCHAER		6	4,5				1,5	
<i>Du génie des procédés au génie des produits</i>	Alain DURAND		7,5			7,5			
Des molécules aux produits	Cécile NOUVEL	60	18	15,5	24			2,5	4
<i>TP produits formulés</i>	Véronique SADTLER				24				
<i>Rhéologie</i>	Cécile LEMAITRE		7,5	3,5				1	
<i>Structure des molécules et propriétés d'usage</i>	Cécile NOUVEL		10,5	12				1,5	
TOTAL		156							12

PARCOURS DE SPECIALISATION : Procédés pour les biotechnologies

Responsable : Nouceiba ADOUANI

Intitulé de l'unité d'enseignement et de ses éléments constitutifs	Responsable	H	CM	TD	TP	P	C	Ex	ECTS
Introduction aux sciences biologiques	Marie-Christine AVERLANT PETIT	60	39	18				3	4
<i>Biomolécules : Introduction aux sciences biologiques</i>	Marie-Christine AVERLANT PETIT		24	3				1,5	
<i>Méthodes analytiques à l'échelle du laboratoire</i>	Cécile NOUVEL		15	15				1,5	
Biocatalyseurs et bioréacteurs	Nouceiba ADOUANI	36	18	9		6		3	4

<i>Biocatalyseurs et bioréacteurs</i>	Nouceiba ADOUANI		6	6				1,5	
<i>Réacteurs multiphasiques et rhéologie</i>	Eric OLMOS		12	3				1,5	
<i>Projet bioréacteurs</i>	Nouceiba ADOUANI					6			
Bioséparations	Eric FAVRE	60	18	18	20			4	4
<i>TP Biotechnologie</i>	Cécile NOUVEL//Carole ARNAL-HERAULT				20				
<i>Procédés membranaires</i>	Eric FAVRE		6	6				1	
<i>Procédés chromatographiques</i>	Christophe CASTEL/Laurence MUHR		9	7,5				1,5	
<i>Cristallisation</i>	Eric SCHAEER		3	4,5				1,5	
TOTAL		156							12

INTITULE DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : Management et économie IV		OBLIGATOIRE
	CREDITS ECTS 2	S8 TRONC COMMUN

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

- Décrire et comprendre le processus d'innovation technologique en milieu industriel
- Identifier les facteurs favorables et défavorables à la réussite d'une innovation technologique d'un point de vue stratégique, organisationnel, culturel et scientifique
- Concevoir et développer un produit ou un procédé innovant en mobilisant les outils et les principes du management de projet
- Construire un plan d'affaire en développant les différents aspects liés au projet : la concurrence, les fournisseurs, les clients, le budget prévisionnel, la technologie, les aspects juridiques, etc.

OBJECTIFS SPECIFIQUES

- Maîtriser le processus de création d'un produit ou d'un service nouveau à partir de l'émergence de l'idée jusqu'à sa réalisation
- Construire un plan d'affaires, estimer et mesurer les principaux paramètres internes (humains, matériels et financiers, etc.) et externes (marché, partenaires, réglementations, etc.)
- Mettre en œuvre une stratégie de développement de l'activité à court, moyen et long terme

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

- Management des projets innovants
Le projet : définition, objectifs, acteurs
Plan de financement / Stratégie de projet
Construction du projet
Communication / Financement de projet
Evaluation des projets
Présentation des projets
- Simulation d'une situation de management d'un projet de création d'entreprise durant une semaine en combinant conception et réalisation

Les divers métiers de l'ingénieur : Journée métiers - carrière

Cette journée est organisée conjointement par la direction des études, l'association amicale des Anciens élèves et des représentants étudiants (voir fiche module « Management et économie II »).

Des tables rondes et des entretiens individualisés avec de nombreux partenaires industriels permettent aux étudiants de deuxième année de mieux connaître et ainsi de définir plus précisément les carrières et métiers qui leur sont accessibles après l'obtention du diplôme.

TYPE D'EVALUATION

Evaluation du projet préparé et présenté oralement

INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS : Connaissance de l'entreprise

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : français

CONTRIBUTION DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Les enseignements de cette UE contribuent directement à l'acquisition de la compétence n°11

INTITULE DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : Langues IV		OBLIGATOIRE
	CREDITS ECTS 2	S8 TRONC COMMUN

LVA : anglais

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

- Développer les compétences langagières pour atteindre/maintenir le niveau B1/B2/C1/C2 (cfr : Descriptif CTI 2010, ou CECRL)
- Développer des compétences professionnelles pour travailler en entreprise ou en laboratoire de recherche dans un contexte international (en France ou à l'étranger).
- Développer les compétences du 21^e siècle : Compétences en apprentissage et innovation, compétences en information, média et technologie, compétences sociales et professionnelles.
- Présentations orales de procédés industriels incluant et insistant sur le contexte environnemental.

OBJECTIFS SPECIFIQUES

A l'issue de ce module, les élèves devront être capables de :

- Comprendre tout document écrit relatif au domaine scientifique, savoir rédiger un « résumé étendu »
- Présenter oralement, en temps limité, un poster scientifique, dans leur futur domaine professionnel,
- Présenter un sujet avec power point de manière claire et méthodique et répondre aux questions difficiles

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

- Articles, publications scientifiques (génie chimique, génie de procédés, génie des produits, autres sciences) décrivant des procédés, présentant des « résumés étendus », des abstracts, des méthodes, des résultats, des graphiques : le style, les temps, les marqueurs séquentiels, les mots de liaison, le vocabulaire etc.... Exercices d'application.
- Utilisation de documents audio et vidéo en général issus de l'industrie présentant des systèmes/ procédés. Analyse de posters utilisés lors de colloques scientifiques.
- Etude de la structure d'une présentation, utilisation de la voix, apprendre à faire des transitions entre les différentes parties de sa présentation, utilisation de supports visuels : parler de chiffres ; tendances; prévisions ; résultats ; décrire un graphique, expressions pour une bonne conclusion. Maîtriser la réponse aux questions.
- Faire une présentation : filmer et visionner permettront de s'auto évaluer et de prendre conscience de ses faiblesses afin de les travailler : langage, posture gestuelle, élocution.
- Ecrire un résumé d'un procédé lors de présentations de posters.

TYPE D'EVALUATION

- Validation (note entre 3-5) :1) présentation powerpoint, 2) présentation d'un poster scientifique, 3)résumés écrits d'un procédé.
- Rattrapage : Présentation poster ou powerpoint ou résumés écrits d'un procédé.

INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS : Niveau B2 minimum.

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : anglais

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Nécessaires :

LVB

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT

- Développer les compétences langagières pour atteindre/maintenir le niveau B1/B2/C1/C2 (cfr : Descriptif CTI 2010, ou CECRL)
- Développer les compétences professionnelles.

OBJECTIFS SPECIFIQUES

A l'issue de ce module, les élèves devront être capables de :

- Maîtriser les champs lexicaux, sémantiques et grammaticaux,
- Comprendre et restituer des documents écrits, audio/vidéo portant sur divers domaines : vie culturelle, sociale, économique, savoir rédiger des résumés, des notes succinctes,
- Interagir oralement en groupe, sous-groupe, ou binôme (restitution, échanges, débats, opinions, analyse), expression sur des sujets complexes de façon claire et bien structurée et contrôle des outils d'organisation, d'articulation et de cohésion du discours,
- Comprendre tout document écrit relatif au domaine scientifique, savoir en rédiger des parties (introduction, conclusion ou abstract par exemple), avec un choix sémantique approprié et un bon contrôle grammatical, lexical et sémantique,
- Présenter un sujet avec power point de manière claire et méthodique
- Rédiger un C.V., une lettre de motivation, un e-mail.
- Décrire les différentes phases d'un processus ou un système.
- Se préparer pour un entretien d'embauche

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

- Utilisation de divers documents - écrits, vidéos, audios, sites internet avec entraînement à l'oral par le biais de « pair work », discussions, jeux-de rôles, simulations, portant sur divers domaines : vie sociale, culturelle, économique, scientifique.
- Présenter un sujet avec power point
- Simuler un entretien d'embauche
- Langage fonctionnel pour rédaction de CV, lettres de motivation, e-mails formels, informels. Vocabulaire et termes propres à l'ENSIC
- Langage fonctionnel pour décrire les différentes phases d'un processus ou un système
- Divers exercices de préparation et d'entraînement aux diplômes internationaux (ex : Instituto Cervantes) dans toutes les aptitudes,
- Préparation à la prise de parole en public, exploitation de documents (écrit et audio) afin de travailler la structure, les expressions nécessaires, la description d'un graphique, le contenu et l'utilisation des slides sur powerpoint, la gestion du non-verbal.

TYPE D'EVALUATION

- Validation : validation des compétences acquises : divers tests de contrôle continu (oral et écrit)
- Tests de niveau : compréhension orale et écrite
- Rattrapage : Test oral et écrit

INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS : niveau B2 minimum (cfr : Descriptif CTI 2010, ou CECRL)

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : allemand, espagnol, italien, français, portugais.

Références bibliographiques :

Nécessaires :

CONTRIBUTION DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Les enseignements de cette UE contribuent directement à l'acquisition de la compétence n°13

Les enseignements de cette UE contribuent indirectement (en tant que ressources) à la compétence n°10

INTITULE DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : Projet industriel		OBLIGATOIRE
	CREDITS ECTS 6	S8 TRONC COMMUN

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

Le projet vise à :

- Concevoir un procédé de production industriel dans un cadre de travail collectif et en autonomie
- Interagir avec des experts académiques et avec des ingénieurs travaillant dans l'industrie
- Apprendre à rédiger un document scientifique en langue anglaise

OBJECTIFS SPECIFIQUES

A la fin du projet l'étudiant devrait être capable de :

- Avoir une vue synthétique des enseignements de tronc commun
- Savoir chercher des informations scientifiques nécessaires à la résolution d'un problème
- Choisir une méthodologie permettant de concevoir un procédé
- Echanger des données et des résultats scientifiques avec des pairs
- S'organiser avec des pairs dans un contexte de travail collectif
- Rédiger un document scientifique en langue anglaise

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

Le projet de conception met en œuvre une méthodologie d'apprentissage intégrée, proposant un problème ouvert. Il s'agit de la conception d'un procédé de production industriel comportant les étapes suivantes : choix du procédé, choix des conditions opératoires, recherche de données (techniques, physico-chimiques), bilans globaux, dimensionnement détaillé d'équipements sélectionnés, analyse technico-économique. Plusieurs sujets sont proposés chaque année en collaboration avec des partenaires industriels. Les élèves travaillent par groupe de cinq.

Le travail est encadré en grande partie par des ingénieurs travaillant dans l'industrie.

Le projet est évalué par un rapport rédigé en anglais et une soutenance.

La qualité linguistique est évaluée par des enseignants de langues

Un sujet dédié est proposé aux élèves suivant la filière Pharma plus.

TYPE D'EVALUATION

Evaluation sur les rapports écrits et sur les exposés oraux.

INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS : connaissances en génie chimique

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : français, anglais

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Nécessaires : Documents distribués aux élèves ; bases de données scientifiques

CONTRIBUTION DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Les enseignements de cette UE contribuent directement à l'acquisition des compétences n°3, 4, 7

Les enseignements de cette UE contribuent indirectement (en tant que ressources) aux compétences n°6, 10, 13

INTITULE DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT : Stage ouvrier		OBLIGATOIRE
	CREDITS ECTS 4	S8 TRONC COMMUN

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT

Ce stage revêt la forme d'un stage opérateur, il a pour objectif principal de permettre à l'élève-ingénieur de prendre contact avec la vie professionnelle et de jauger ses propres facultés d'adaptation. Ce stage a surtout pour but de mettre l'élève-ingénieur dans une position d'observateur privilégié de la vie de l'entreprise sous tous ses aspects, mais ceci dans une situation participante.

OBJECTIFS SPECIFIQUES

Le thème principal du stage porte sur la santé et la sécurité au travail.

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

Les enseignements préparant au stage ouvrier font partie des UE Management et économie I et II.

Ce stage correspond à 120 heures de travail personnel encadré par tuteur industriel.

TYPE D'EVALUATION

Rapport de stage

INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS : UE Management et économie I - S5 et Management et économie II - S6

CONTRIBUTION DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Cette UE contribue directement à l'acquisition des compétences n°2, 6, 7, 8, 11, 13, 14

INTITULE DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : Projet d'ouverture sociétale		OBLIGATOIRE
	CREDITS ECTS 3	S8 TRONC COMMUN

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

Le module vise à :

- Permettre aux étudiants de sortir du cadre scolaire pour gérer un projet qui leur tient à cœur. Ce projet comportera une dimension sociétale en prenant en compte les besoins de la société et comportera des aspects environnementaux et/ou sociaux et/ou éthiques.
- Appliquer sur un cas pratique les outils de gestion de projet vus en cours
- Devenir chef de projet : encadrer un groupe, gérer un budget, un planning, contrôler et ajuster
- Tester ses propres limites et mieux se connaître
- Mettre en avant ses capacités d'innovation et d'inventivité
- Enrichir et différencier son CV par une expérience originale

OBJECTIFS SPECIFIQUES :

A la fin du projet l'étudiant devrait être capable de :

- Définir de manière synthétique un projet
- Concevoir un projet dans son ensemble, en définir les acteurs, la planification, la budgétisation et les objectifs attendus, les risques, leur priorisation et leur prévention
- Mettre en œuvre l'action en tant que chef de projet
- Auto-évaluer les actions entreprises et les résultats livrés, développer son esprit critique, synthétiser son retour d'expérience
- Valoriser le travail réalisé à l'écrit (rapport) comme à l'oral (soutenance)

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT :

Conférence sur la gestion de projet :

- Une conférence introductive pour présenter les attentes vis-à-vis du module et les outils de gestion de projet
- Chaque étudiant définit ensuite, seul ou en groupe, le projet sur lequel il souhaite travailler. Le responsable pédagogique valide la définition du projet et attribue à chaque projet un tuteur.
- Durant l'année, plusieurs conférences sur des thématiques variées permettent aux étudiants d'élargir le spectre de leurs connaissances et de nourrir leur réflexion par rapport à leur projet.
- Régulièrement, chaque étudiant ou groupe d'étudiants est amené à rencontrer le tuteur-projet pour faire le point quant à l'avancement du projet, les résultats obtenus et les questions éventuelles.

Simulations d'entretien :

- Apprendre à se présenter, à identifier et valoriser ses compétences au travers de deux ateliers « Pitch » et « Compétences »
- Entretiens d'embauche : à partir d'un dossier de candidature à une offre d'emploi sélectionnée par les étudiants, deux entretiens d'embauche sont simulés auprès de professionnel de l'industrie. Ces entretiens sont suivis d'un retour comprenant une synthèse et des conseils.

TYPE D'EVALUATION :

Rapport écrit et soutenance orale devant jury

INFORMATIONS UTILES :

PREREQUIS : aucun

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : français

CONTRIBUTION DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Cette UE contribue directement à l'acquisition des compétences n°10, 12, 14

INTITULE DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : Fonctionnalisation de surface et applications		OPTIONNEL
		S8
	CREDITS ECTS 1	

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

Dans tous les domaines d'applications des matériaux, les propriétés de surface et de volume jouent un rôle primordial dans la fonctionnalité d'un dispositif. Par exemple dans le cas d'un matériau à visée biomédicale, ses propriétés mécaniques sont non seulement importantes mais sa biocompatibilité est également indispensable, et cela passe par sa fonctionnalité de surface. De nombreux matériaux peuvent en effet présenter d'excellentes propriétés mécaniques, électriques ou physico-chimiques mais leurs propriétés de surface restent inadéquates. Ce cours a pour but de sensibiliser les étudiants aux notions de propriété de surface, de décrire les procédés de fonctionnalisation de surface et les méthodes de diagnostic de ces surfaces, c'est-à-dire leur caractérisation complète par des techniques expérimentales.

OBJECTIFS SPECIFIQUES

A l'issue de ce cours, l'élève ingénieur devrait être capable de :

- Proposer une méthode afin d'élaborer des surfaces avec des propriétés spécifiques et de pouvoir discuter des avantages et inconvénients de la méthode
- Proposer une technique de caractérisation adaptée à une modification de surface donnée
- Connaître des méthodes de synthèse et de fonctionnalisation de nanoparticules

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT :

Cet enseignement s'appuiera sur des séances de cours et de travaux dirigés et sur des microprojets relatifs au sujet de cet enseignement. Gustavo Luengo (L'Oréal) transmettra son expérience sur la peau et le cheveu lors d'une séance de 2 heures.

TYPE D'EVALUATION :

Première session :

- Microprojet (soutenance)
- Examen (1h30)

INFORMATIONS UTILES :

PREREQUIS : aucun

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : français

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Conseillées :

1. Physics and Chemistry of Interfaces, Hans-Jürgen Butt, Karlheinz Graf, Michael Kappl; 2003 Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.

CONTRIBUTION DE L'OPTION A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Les enseignements de cette option contribuent directement à l'acquisition de la compétence n°4

INTITULE DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : Aérosols et sécurité		OPTIONNEL
	CREDITS ECTS 1	S8

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

La sécurité des procédés, des biens et des personnes, le traitement des effluents gazeux et l'évaluation des impacts des procédés industriels sur l'environnement constituent des problématiques sociétales très importantes. Par exemple, nous pouvons citer les épisodes de pollutions urbaines aux particules fines, l'exposition aux fumées de soudage ou brouillards d'huile aux postes de travail ou même l'explosion de mélanges hybrides gaz/solides en bioraffineries. Toutes ces thématiques sont liées à la présence d'aérosols et sont sources de questions scientifiques et d'ingénierie.

Afin de réduire le risque à la source et d'améliorer la protection des salariés et de l'environnement (riverains et milieu naturel), il est essentiel de développer de nouveaux outils relatifs à l'étude des procédés et systèmes industriels générant ces aérosols. Les évolutions techniques et scientifiques dans le domaine des aérosols portent donc sur :

- l'acquisition de connaissances pour une meilleure compréhension des processus physiques et chimiques régissant la physique des aérosols, le transfert de matière aux interfaces lors de leur dispersion et leur inflammation,
- la mesure et/ou la visualisation par des méthodes avancées de ces processus à différentes échelles,
- l'étude, l'optimisation, la modélisation d'opérations unitaires et de combinaisons d'opérations (réactions chimiques ou séparations -adsorption, filtration- pour la conception et l'optimisation de procédés propres et sûrs.

Ces cours optionnels donnent aux étudiants de S8 un aperçu de ces enjeux et de ces évolutions.

OBJECTIFS SPECIFIQUES

L'objectif de ce module est de permettre aux élèves-ingénieurs :

- D'évaluer les principaux risques liés aux aérosols (inflammation, auto-inflammation, explosion, inhalation, dispersion et pollution atmosphérique...)
- De connaître les techniques d'analyse et de métrologie des aérosols liquides ou solides, micrométriques ou nanométriques (granulométrie optique, impacteurs, compteur de noyaux de condensation, analyseur de mobilité électrique...) et être capable de choisir la technique de caractérisation adéquate en fonction des besoins exprimés
- De dimensionner des procédés de séparation et de purification des effluents gazeux biphasiques (filtration, colonnes à bulles, lits granulaires...)
- De proposer des équipements de prévention et de protection adaptés aux risques liés à la génération d'aérosols (masques, filtres, ventilation, événements...).

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT :

- La formation s'appuiera sur des séances de cours appliqués réalisés par des enseignants-chercheurs travaillant dans le domaine des aérosols, ainsi que sur une visite des laboratoires de l'équipe de recherche SAFE du LRGP (Sécurité, Aérosols, Filtration, Explosions)
- Des intervenants extérieurs seront sollicités pour transmettre leur expérience aux élèves-ingénieurs (par exemple, INRS, INERIS)
- Des TDs utilisant des outils informatiques spécifiques à l'évaluation quantitative des risques liés à la dispersion atmosphérique et à l'explosion seront utilisés

Equipe pédagogique :

O. DUFAUD (ENSIC)	Explosion des aérosols solide, liquide et hybride
	Notions avancées d'explosion de poussières, interaction turbulence/combustion
	Etudes de dangers : études de cas (utilisation de logiciels dédiés à la dispersion : Aloha, Marplot...)
L. PERRIN (ENSIC)	Auto-inflammation d'aérosols et emballage thermique de stockages
	Visite des installations filtration/explosion d'aérosols LRGP
D. THOMAS (IUT Dpt GCGP Nancy)	Métrologie des aérosols
	Filtration
A. CHARVET (IUT Dpt GCGP Nancy)	Procédés alternatifs de séparation des aérosols
S. CHAZELET (INRS)	Equipements de protection respiratoires
A. VIGNES (INERIS)	Risques liés aux nanoparticules / nanomatériaux

Responsable : O.DUFAUD

TYPE D'EVALUATION :

- Contrôle sur table : Examen final court
- Une session de rattrapage constituée d'un devoir unique regroupant l'ensemble des thèmes traités sera proposé par semestre

INFORMATIONS UTILES :

PREREQUIS : UE Procédés industriels et développement durable – S7

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : français

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

A consulter :

1. Laurent A. (2011). Sécurité des Procédés Chimiques - connaissances de base et méthodes d'analyse de risques, Tec&Doc Lavoisier, 2nd édition, Paris.
2. Eckhoff R. (2003). Dust explosions in the process industries, 3rd edition, Gulf Professional Publishing, Boston.
3. Renoux A., Boulaud D. (1998). Les aérosols : physique et métrologie, Tec&Doc Lavoisier, Paris.

CONTRIBUTION DE L'OPTION A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Les enseignements de cette option contribuent directement à l'acquisition des compétences n°4, 7

Les enseignements de cette option contribuent indirectement (en tant que ressources) à la compétence n°3

INTITULE DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : Matériaux organiques intelligents: concepts et applications industrielles		OPTIONNEL
	CREDITS ECTS 1	S8

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

Ce module a pour objectif :

- D'initier les élèves aux concepts et principes permettant d'élaborer des édifices hautement organisés, et d'étudier leurs applications pour la mise au point de matériaux à haute valeur ajoutée.

OBJECTIFS SPECIFIQUES

A l'issue du module, l'élève devra :

- Maîtriser le contenu de la « boîte à outils » permettant de construire des matériaux à base de super-molécules (interactions faibles, processus de reconnaissance moléculaire, auto-organisation moléculaire...)
- Connaître différents domaines d'application des matériaux issus d'organisations supramoléculaires telles que les gels de faible masse molaire, les cristaux-liquides ainsi que les polymères
- Replacer dans un contexte économique et industriel les avantages et opportunités qu'offrent ces matériaux de spécialité

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

L'enseignement sera dispensé sous forme de cours magistraux, d'interventions d'industriels et de tutorat.

TYPE D'EVALUATION

Evaluation écrite individuelle et présentation, sous forme d'un poster, d'une publication qui sera remise lors de la première séance. Ce travail sera effectué en binôme.

INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS : aucun

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : FRANÇAIS

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Conseillées :

1. La Chimie Supramoléculaire, Concepts et Perspectives, Jean-Marie Lehn, DeBoeck Université.

CONTRIBUTION DE L'OPTION A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Les enseignements de cette option contribuent directement à l'acquisition de la compétence n°4

INTITULE DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : Thermodynamique de solutions avancée		OPTIONNEL
	CREDITS ECTS 1	S8

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

Le cours de thermodynamique des solutions avancée vise à présenter les différentes approches permettant de calculer un diagramme de phases indispensable au dimensionnement d'une unité de séparation (distillation, extraction liquide-liquide, cristallisation).

OBJECTIFS SPECIFIQUES

A l'issue du module, l'élève devra :

- Savoir calculer un diagramme de phases isotherme ou isobare quelconque (déviations positives ou négatives à l'idéalité, azéotropie homogène ou hétérogène, double azéotropie, démixtion liquide-liquide, présence de phases solides) à partir d'une équation d'état ou d'un modèle de coefficients d'activité
- Maîtriser les différents algorithmes de résolution des conditions d'équilibre entre phases
- Savoir choisir un modèle thermodynamique (modèle de coefficients d'activité ou équation d'état) en fonction du problème à traiter
- Maîtriser les différentes règles de mélange et les concepts théoriques sur lesquels reposent les modèles
- Savoir calculer les propriétés d'un système multi-constituants (grandeurs molaires totales, grandeurs d'excès, grandeurs de mélange ...) avec une équation d'état
- Savoir tester la stabilité d'un système multi-constituants afin de discriminer les états stables des états métastables ou instables

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

Cours et travaux dirigés

TYPE D'EVALUATION

Examen écrit (1,5 h), Projet

INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS : procédés de séparation thermique (cours de Jean-Noël JAUBERT)

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : français

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

1. Molecular Thermodynamics of fluid-phase equilibria (J.M. Prausnitz, R.N. Lichtenthaler, E.G. De Azevedo)
2. Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics (J.M. Smith, Hendrick Van Ness, Michael Abbott)
3. Thermodynamics: Fundamentals for Applications (Cambridge Series in Chemical Engineering) (J. P. O'Connell, J. M. Haile)

CONTRIBUTION DE L'OPTION A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Les enseignements de cette option contribuent directement à l'acquisition de la compétence n°4

INTITULE DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : Méthodologie de traitement des déchets industriels		OPTIONNEL
	CREDITS ECTS 1	S8

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

« Le meilleur déchet est celui que l'on ne produit pas !!! » : Vœu pieux puisque dans toute industrie manufacturière la transformation de la matière (physique ou chimique) génère inexorablement des sous-produits (communément appelés déchets) non valorisables directement et dont certains peuvent également représenter un danger.

La gestion des déchets est donc une problématique complexe pour tout site de production et répond globalement à deux exigences :

- la première est d'ordre législatif et environnemental à savoir que l'on ne peut pas rejeter tout et n'importe quoi dans le milieu naturel.
- la seconde est qu'une production pérenne est synonyme de production rentable ; recycler une fraction des déchets et/ ou les valoriser (notons ici qu'il peut s'agir d'une valorisation de la matière ou d'une valorisation énergétique) est donc souhaitable.

Dans ce contexte et pour répondre simultanément aux deux exigences précédentes, il s'agit de mettre en place une véritable **stratégie** de traitement ou plutôt de traitement(s) des déchets.

OBJECTIFS SPECIFIQUES

L'objectif de ce module optionnel est donc de concilier l'ensemble des connaissances acquises en tronc commun dans les domaines de la chimie, physico-chimie, thermodynamique, cinétique, génie de la réaction chimique, opérations unitaires mécaniques et thermiques pour :

- qualifier le déchet tant au niveau de sa composition (espèces en présence) que de sa nature physique (système mono ou polyphasique),
- déterminer la ou les finalités du traitement global,
- imaginer une chaîne d'opérations technologiquement et économiquement viables en réponse aux objectifs.

Au regard de la diversité des concepts impliqués, la vocation de ce module optionnel n'est pas de faire de l'auditeur un spécialiste de chaque technique ou technologie évoquée mais plutôt de lui apporter toutes les informations utiles au développement d'une réflexion constructive basée sur le bon sens et visant à envisager la solution la plus pertinente dans un contexte donné.

Notre seul objectif avoué est de confronter l'élève-ingénieur aux réalités industrielles et de lui permettre de mettre en œuvre ses connaissances pour l'élaboration d'un schéma de procédés cohérent en y associant les contraintes environnementales et économiques

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

Par essence même, ce module optionnel fait appel à un éventail de disciplines très large. Pour chaque déchet, pris dans sa globalité, les stratégies envisageables sont nombreuses, il faut cependant faire des choix. Notre méthodologie pédagogique est en accord avec ce principe, elle relève également de choix. Nous développerons donc notre propos selon les items suivants :

Partie 1 : Définition des objectifs visés au regard de la nature du déchet considéré, stratégie globale de traitement

Les 2 parties suivantes s'intéressent plus particulièrement à la gestion des déchets dont la phase continue est une phase aqueuse

Partie 2 : Traitement de la pollution insoluble : physico-chimie des systèmes polyphasiques et procédés de séparation mécanique associés

Partie 3 : Traitement de la pollution soluble : chimie de la transformation de la pollution soluble, procédés de séparation mécanique à l'échelle sub-colloïdale

Partie 4 : Traitement thermiques des déchets pour une valorisation des produits ou énergétique :

- Caractéristique des déchets en filière traitement thermique - PCS, PCI, Analyses des combustibles et déchets,
- Etude du procédé d'incinération (Équations de la combustion, formation des polluants gazeux, présentation des sous-produits (mâchefers et refiom), intérêt de la valorisation énergétique avec description du cycle vapeur/eau
- Présentation des unités de traitement des fumées
- Présentation des autres voies de traitements thermiques (pyrolyse, méthanisation, gazéification, ...)

TYPE D'EVALUATION

- Etude de cas avec documents (1h30 environ)
- Mini-projet

INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS : Connaissances fondamentales abordées dans toutes unités d'enseignement du tronc commun

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : FRANÇAIS

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

CONTRIBUTION DE L'OPTION A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Les enseignements de cette option contribuent directement à l'acquisition de la compétence n°9

INTITULE DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : Produits pour la santé		OPTIONNEL
	CREDITS ECTS 1	S8

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

La conception de nouveaux médicaments et de produits utilisables dans le domaine de la santé est un enjeu majeur dans nos sociétés modernes. Le développement de nouveaux produits demande un cahier des charges bien précis selon l'application biomédicale envisagée et entraîne de fortes contraintes notamment en termes de biocompatibilité. Les (macro)molécules utilisées sont de plus en plus d'origine naturelle, biosourcées et/ou biodégradables mais elles peuvent également être synthétisées. D'ailleurs, un intérêt se développe pour les produits stimulables dits « intelligents ». Dans ce contexte, il s'agit de familiariser les étudiants avec la conception de produits pour des applications en santé et de leur montrer les dernières avancées et les enjeux dans ce domaine (cahier des charges, stratégie de développement, ...). On s'attachera à étudier les exemples de produits commerciaux mais aussi ceux encore en développement, dans des domaines à forts enjeux (pharmacie, cosmétique, biomatériaux...).

OBJECTIFS SPECIFIQUES

A l'issue de ce module, l'élève-ingénieur devrait être capable de :

- Comprendre et d'expliquer le cahier des charges à respecter pour la conception de produit pour la santé
- Comprendre la démarche utilisée pour concevoir un médicament depuis la synthèse de la molécule jusqu'à sa mise sur le marché.
- Connaître le potentiel d'utilisation des polymères dans le domaine de la santé et notamment leur intérêt pour la conception de biomatériaux

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

Cet enseignement s'appuiera sur des séances de cours incluant une conférencière, et sur un microprojet associé à des séances de présentation du projet/TDs/tutorats (3,5h) et s'achèvera par une soutenance finale devant tous les groupes de projets (2h). Hors conférence, projet et introduction, le cours sera structuré en 2 parties :

Partie 1. De la molécule au médicament (4,5h) : il s'agira d'expliquer comment une molécule synthétisée peut devenir un médicament. Plusieurs étapes et surtout de nombreuses années sont nécessaires à la réalisation de cet objectif : l'étude des cibles biologiques, la synthèse, l'action d'une molécule sur la cible et les études cliniques. Ces différentes étapes seront présentées de manière à donner les bases pour une évolution dans l'industrie pharmaceutique.

Partie 2. Polymères pour des applications biomédicales (6 h) :

a. Introduction générale-notion de biomatériaux - principales contraintes liées à leur cahier des charges, types de polymères utilisés

b. Présentation plus détaillée d'un certain nombre d'exemples de biomatériaux : matériaux pour la chirurgie (vis d'ostéosynthèse, endoprothèses...), polymères pour la galénique et la nanomédecine (systèmes de délivrance de médicaments, diagnostic médical...), hydrogels pour la délivrance de médicaments, la réparation tissulaire et les pansements, biomatériaux pour l'ingénierie tissulaire...

TYPE D'EVALUATION

- Mini-projet : présentation orale

INFORMATIONS UTILES

NOMBRE DE PARTICIPANTS MAXIMAL : 25

PREREQUIS : Connaissances de base en chimie et physico-chimie

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : Français

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Conseillées :

1. Dumitri S., Polysaccharides in medicinal Applications , Ed. Marcel Dekker, 1996, 779 p
2. Li S., Tiwari A., Prabakaran M. and Aryal S., Smart polymer materials for biomedical applications, Ed., Collection, 2010, 405 p
3. Ramakrishna, S., Ramalingam, M., Sampath Kumar T. S. et al., Biomaterials : a nano approach, Ed. CRC Press, 2010, 350 p
4. Kewal J. K. Drug Delivery Systems, Ed. Human Press, 2008, 251 p.

CONTRIBUTION DE L'OPTION A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Les enseignements de cette option contribuent directement à l'acquisition de la compétence n°4

Les enseignements de cette option contribuent indirectement (en tant que ressources) aux compétences n°1, 6, 11

INTITULE DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT : Procédés industriels de polymérisation et développement durable		OPTIONNEL
	CREDITS ECTS 1	S8

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT

La conception des procédés de polymérisation suit une méthodologie qui est celle du génie des procédés. Cependant, les polymères se différencient des produits habituels de l'industrie chimique par plusieurs spécificités : ce sont des produits à caractéristiques distribuées (masse molaire, composition chimique, ramifications...), l'avancement de la réaction de polymérisation entraîne généralement une variation importante des propriétés physiques du milieu réactionnel (viscosité, diffusivité thermique ...) avec des conséquences sur les performances du réacteur, enfin les propriétés d'application (notamment de mise en forme) dépendent étroitement de la forme de la distribution des caractéristiques des macromolécules (qui elle-même est liée de près au fonctionnement du réacteur et au schéma cinétique).

Par ailleurs, la production et l'utilisation des polymères soulèvent de nombreuses questions liées à leur impact environnemental et à la notion de développement durable. Ces questions sont abordées sur des exemples précis.

Ce module vise à prolonger les concepts de base vus dans le tronc commun de la formation, en associant des interventions d'industriels, des séances de cours et une visite de site industriel.

OBJECTIFS SPECIFIQUES

A l'issue de ce cours, l'étudiant devra connaître et comprendre :

- Le principe de la conception d'un procédé de polymérisation en chaîne et par étapes
- Les principaux liens entre conception du procédé et caractéristiques des polymères obtenus
- Le fonctionnement des réacteurs de polymérisation
- Les enjeux liés au développement durable dans le cycle de vie des polymères

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

Le module alternera des cours et des conférences d'industriels. Les enseignements de ce module seront complétés par la visite d'un site industriel de production de polymères.

TYPE D'EVALUATION

Evaluation individuelle sous forme de QCM portant sur le contenu des séances de cours et des conférences. Mini-projet réalisé en groupe et présenté oralement. Les élèves doivent aborder en groupe la conception d'un procédé de polymérisation et exposer les enjeux liés au développement durable dans le cas du polymère qu'ils ont étudié.

INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS : aucun

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : français

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Conseillées :

1. Génie de la Réaction Chimique, J. Villiermaux, Tec et Doc, Lavoisier, 1993.
2. Cinétique et Catalyse, G. Scacchi, M. Bouchy, JF. Foucault, O. Zahraa, Lavoisier, Tec et Doc, 1996.

CONTRIBUTION DE L'OPTION A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Les enseignements de cette option contribuent directement à l'acquisition des compétences n°4, 9, 13

Les enseignements de cette option contribuent indirectement (en tant que ressources) à la compétence n°14

INTITULE DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT : Les nano-objets polymères : synthèses, caractérisations et applications		OPTIONNEL
	CREDITS ECTS 1	S8

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT

Actuellement, les nano-objets à base de polymères sont largement employés dans différents domaines d'applications comme l'industrie pharmaceutique, agroalimentaire et cosmétique. Les propriétés chimiques et physiques des polymères sont de plus en plus variées, et il est désormais possible d'élaborer des nano-objets intelligents répondant à des stimuli extérieurs comme le pH, la lumière ou la température. De plus, des nouvelles méthodologies plus rapides et plus économiques permettant d'accéder à des nano-objets aux morphologies avancées (sphérique, cylindrique, et vésiculaire) sont en plein développement, ce qui les rend plus attractifs pour une production industrielle. Le principal objectif de ce cours est d'exposer aux élèves ingénieurs les dernières méthodologies développées dans le monde académique en ce qui concerne la formulation de nano-objets polymères. Les procédés transposables ou qui sont potentiellement utilisables à l'échelle industrielle seront privilégiés. Les caractérisations physico-chimiques de ces nano-objets seront exposées en accordant une attention particulière à la diffusion de la lumière et à la microscopie.

OBJECTIFS SPECIFIQUES

A la fin de l'étude de chacun des thèmes traités, les étudiants devront être capables de :

- Connaître les nouveaux procédés d'élaboration des copolymères amphiphiles.
- Connaître les nouvelles technologies d'auto-assemblage des copolymères amphiphiles.
- Connaître les méthodes de caractérisation par diffusion de la lumière et par microscopie.

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

Ce cours s'appuiera sur des séances de cours magistral (12h), travaux dirigés (4h) ainsi qu'une séance pratique (2h) où les techniques de formulation et caractérisation des nano-objets seront employées.

TYPE D'EVALUATION

Projet et soutenance orale par équipe.

INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS : Connaissance de base en chimie des polymères.

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : français.

CONTRIBUTION DE L'OPTION A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Les enseignements de cette option contribuent directement à l'acquisition de la compétence n°1

INTITULE DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT : : Intelligence Artificielle (IA) pour le génie des procédés – Initiation		OPTIONNEL
	CREDITS ECTS 1	S8

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT

L'option « IA pour le génie des procédés – Initiation » vise à :

- Présenter une vue d'ensemble des méthodes de traitement de données massives (« Big Data ») et d'apprentissage automatique (« Intelligence Artificielle », « Machine Learning », « Deep Learning »), supervisé ou non-supervisé.
- Décrire quelques méthodes emblématiques de réduction de dimension, de clustering et de régression, parmi la famille de méthodes d'apprentissage automatique.
- Illustrer l'intérêt de modèles de substitution (« surrogate models », métamodèles) et leurs caractéristiques.
- Proposer une première introduction à l'apprentissage profond (« Deep Learning »).
- Mettre en œuvre ces méthodes sur des cas concrets de Génie des Procédés, en utilisant l'environnement Matlab.

Cette option constitue la suite de l'option de S7, intitulée « IA pour le génie des procédés – Premier contact », sans que cette dernière soit un prérequis. Des rappels synthétiques des notions vues en S7 seront proposés en début de séances.

OBJECTIFS SPECIFIQUES

A la fin de l'option, les étudiants devront être capables de :

- Avoir une compréhension complète des approches d'apprentissage automatique.
- Appliquer quelques méthodes caractéristiques de chaque catégorie de problème, selon l'objectif visé (régression, clustering, réduction de dimensions...), y compris le prétraitement des données disponibles.
- Comprendre les avantages et les points faibles de ces méthodes.
- Avoir une première idée de l'intérêt et des capacités des méthodes d'apprentissage profond.
- Appliquer les principales méthodes dans un environnement logiciel adapté.

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

Les séances sont exclusivement réalisées sur ordinateur en salle informatique, en utilisant les fonctions et toolbox dédiées à l'apprentissage machine dans l'environnement Matlab.

TYPE D'EVALUATION

Contrôle individuel sur machine ou QCM (1h)

INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS : UE Informatique, méthodes numériques et statistiques (S5, EC Méthodes statistiques, EC Informatique pour l'ingénieur des industries chimiques I) et UE Systèmes réactifs et Informatique (S6, EC Informatique pour l'ingénieur des industries chimiques II).

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : français

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

1. Chloé-Agathe Azencott, « Introduction au machine learning », Ed. Dunod, 2018.
2. Stéphane Tufféry, « Big Data, Machine Learning et apprentissage profond », Ed. Technip, 2019.
3. Ian Goodfellow, « L'apprentissage profond », Massot Editions, 2018.
4. Charu C. Aggarwal, « Data mining – the textbook », Ed. Springer, 2015.

Nécessaires : Documents photocopiés ou diapos distribués, fichiers de données distribués via ARCHE.

Conseillées : Voir références bibliographiques.

CONTRIBUTION DE L'OPTION A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Les enseignements de cette option contribuent directement à l'acquisition de la compétence n°3

Les enseignements de cette option contribuent indirectement (en tant que ressources) à la compétence n°4

INTITULE DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : Stratégie : développement durable pour l'industrie		OPTIONNEL
	CREDITS ECTS 1	S8

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

Ce cours vise à :

- Connaître les définitions et les principes du Développement Durable et de la RSE,
- Comprendre l'ensemble des défis apportés par le Développement Durable dans l'industrie,
- Être capable d'analyser et de contribuer à une stratégie d'entreprise,
- Intégrer le Développement Durable comme axe gagnant dans une stratégie d'entreprise, notamment en termes de valeur ajoutée.

OBJECTIFS SPECIFIQUES

A la fin du module, l'étudiant devrait être capable de :

- Connaître les principaux leviers du développement Durable actionnables dans l'industrie,
- Connaître les implications pour chaque fonction de l'entreprise (cas particulier des RH et des Achats),
- Savoir lire le bilan RSE d'une société,
- Intégrer la dimension communication afin de savoir convaincre les parties prenantes et d'éviter le greenwashing,
- S'intégrer dès sa prise de poste dans la démarche RSE de sa société / Mettre en place les fondements RSE dans la création de sa société.

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

La formation s'appuie sur :

- Des cours,
- TD sur des exemples de cas réels,
- Un business case à mener en équipes (TP),
- Une contribution au projet RAISPIR de l'ENSIC.

TYPE D'EVALUATION

Soutenance suite à des travaux de groupes

INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS :

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : français

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Nécessaires : Documents photocopiés distribués

Conseillées :

CONTRIBUTION DE L'OPTION A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Les enseignements de cette option contribuent directement à l'acquisition de la compétence n°9

Les enseignements de cette option contribuent indirectement (en tant que ressources) à la compétence n°14

INTITULE DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : Outils de simulation et de décision pour les énergies et matériaux de la transition		OPTIONNEL
	CREDITS ECTS 1	S8

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

L'option « Outils de simulation et de décision pour les énergies et matériaux de la transition » vise à :

- Comprendre l'évolution des inputs (énergie, matière) et outputs (émissions CO₂eq) en fonction de scénarios socio-économiques à l'aide d'un simulateur à grande échelle de type « stock-flow ».
- Construire et évaluer des alternatives socio-techniques sectorielles.
- Apprendre à optimiser des arbitrages en fonction de choix collectifs et de contraintes physiques.

COMPETENCES RECHERCHEES

- Sensibilisation à la thématique de la transition (enjeux industriels, matériels et socio-économiques).
- Formation à la pensée systémique.
- Gestion des systèmes complexes (modélisation, simulation, optimisation, analyse, prévision).
- Utilisation de simulateurs pour la prospective.

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

Les séances sont ou bien sous forme de cours interactif, ou bien sous format atelier, ou bien sur ordinateur en salle informatique (travail en Matlab). Tout au long de l'U.E., des intervenants enrichiront la discussion, apporteront leur expertise et permettront une discussion contradictoire.

- Séance 1. Transition énergétique et Prospective : un état des lieux. Introduction générale, enjeux climatiques, enjeux de la transition. Présentation de la SNBC (Stratégie Nationale Bas-Carbone) pour la France. Nécessité d'un chiffrage.
- Séance 2. Exploration de STAX. A partir de contraintes sectorielles définies par chaque groupe (interface Matlab/Excel).
- Séances 3-4. Exploration de DyMEMDS. Exploration sectorielle en petits groupes de la version « générateur de modèles » (en Matlab).
- Séances 5-6. Ateliers participatifs. Réflexion collective, ordres de grandeur. Choix de propositions chiffrées de réduction d'émissions partir de la base carbone ADEME et de données diverses. Elaboration de scénarios participatifs à partir des choix exprimés de classement des propositions suivant la méthode des loteries maximales.

TYPE D'EVALUATION

Rendu de rapport sur les travaux exploratoires et ateliers participatifs.

INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS : bases de programmation Matlab

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : français ou anglais

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

1. David J. C. MacKay (2012). *L'énergie durable. Pas que du vent !*, De Boeck.
2. ADEME, *Transition(s) 2050. Choisir maintenant. Agir pour le climat*
3. *Plan Robuste pour l'Economie française*, rapport du Shift Project (2026).

Nécessaires : Documents photocopiés ou diapos distribués, fichiers de données distribués via ARCHE.

Conseillées : Voir références bibliographiques.

CONTRIBUTION DE L'OPTION A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Les enseignements de cette option contribuent directement à l'acquisition de la compétence n°9

INTITULE DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT : Réacteurs et séparations polyphasiques		OBLIGATOIRE
	CREDITS ECTS 4	S8 PARCOURS PROCEDES

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT

Ce cours vise à :

- Approfondir les connaissances en génie catalytique et dans le domaine des réacteurs polyphasiques
- Etre capable d'analyser et de dimensionner un contacteur polyphasique mettant en œuvre une réaction
- Etre capable d'analyser et de dimensionner des procédés de cristallisation et de précipitation, des procédés chromatographiques

OBJECTIFS SPECIFIQUES

A l'issue des enseignements, l'élève devra :

- Savoir développer des modèles originaux de réactions et de réacteurs catalytiques
- Savoir prendre en compte les phénomènes de désactivation des catalyseurs
- Comprendre et mettre en œuvre des procédés avec régénération des catalyseurs
- Connaître et décrire le fonctionnement hydrodynamique des réacteurs à lits fixes et à lits fluidisés.
- Comprendre la modélisation du couplage transfert-réaction dans les systèmes G-S, G-L, G-L-S
- Savoir estimer la vitesse terminale d'une inclusion fluide
- Savoir estimer la perte de charge en conduite d'un écoulement gaz-liquide
- Savoir analyser l'hydrodynamique des écoulements dans les contacteurs gaz-liquide et gaz-liquide-solide, colonne à bulles, réacteur catalytique à lit fixe ruisselant.
- Etre capable de choisir et de dimensionner un réacteur hétérogène
- Etre capable de choisir et de dimensionner une séparation par cristallisation
- Etre capable de choisir et de dimensionner une séparation par chromatographie

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

Génie catalytique : réacteurs catalytiques hétérogène à lit fixe et à lit fluidisé, cinétique catalytique, limitations de transfert, désactivation des catalyseurs.

Absorption avec réaction chimique : choix de l'absorbeur, régime de réaction, facteur d'accélération, critère de Hatta.

Réacteurs polyphasiques : choix du contacteur, hydrodynamique des écoulements diphasiques et triphasiques, limitations de transfert, modèles de réacteurs.

Cristallisation : cinétiques et mécanismes de cristallisation, bilans de population, cristallisoirs industriels, précipitation.

Procédés Chromatographiques : modélisations des transferts, lit mobile simulé, réacteurs chromatographiques.

TYPE D'EVALUATION

Travaux Maison (2) Examens écrits (3)

INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS : Connaissances de base en chimie, en génie chimique et en transferts

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : français

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Nécessaires : Polycopiés de cours en génie chimique

Opérations polyphasiques en génie des procédés, hydrodynamique, transferts, réactions, séparations mécaniques. Paris ; éditions Ellipses, 2^e éd. 2023

Conseillées :

1. Génie de la Réaction Chimique, J. Villermaux, Tech & Doc, Lavoisier, 1993, Paris.

CONTRIBUTION DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Les enseignements de cette UE contribuent directement à l'acquisition des compétences n°2, 4

Les enseignements de cette UE contribuent indirectement (en tant que ressources) aux compétences n°4, 9, 11

INTITULE DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : Procédés durables		OBLIGATOIRE
	CREDITS ECTS 4	S8 PARCOURS PROCEDES

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

L'unité d'enseignement vise à apporter durant les différentes phases de vie d'un procédé des réponses adaptées et motivées en regard des préoccupations d'hygiène, de sécurité, de protection de l'environnement et de développement durable.

OBJECTIFS SPECIFIQUES

A l'issue des enseignements, l'élève devra :

- Etre capable de réaliser une analyse de risques sur un système industriel complexe
- Connaître les réglementations et spécificités du traitement des eaux industrielles
- Etre capable de mettre en œuvre un management environnemental
- Savoir mettre en œuvre une analyse de cycle de vie

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

Analyse de cycle de vie : définition de l'objet et du champ d'étude, analyse de l'inventaire du cycle de vie, évaluation des impacts du cycle de vie, interprétations.

Sécurité des procédés : Méthodologie MOSAR (analyse de risques), sûreté nucléaire.

Environnement : Management environnemental, Normes ISO 1400x, Eco-audit, Traitement des effluents gazeux, Traitement des eaux industrielles.

TYPE D'EVALUATION

Contrôle Continu (QCM de fin de cours), Projet utilisant la méthodologie MOSAR sur des accidents industriels majeurs. Rapport de projet et soutenance orale.

INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS :

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : français

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

CONTRIBUTION DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Les enseignements de cette UE contribuent directement à l'acquisition des compétences n°4, 6, 7, 8, 9, 11

Les enseignements de cette UE contribuent indirectement (en tant que ressources) aux compétences n°3, 10

INTITULE DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : Conception et simulation de procédés		OBLIGATOIRE
	CREDITS ECTS 4	S8 PARCOURS PROCEDES

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

L'unité d'enseignement a pour objectif d'approfondir et de compléter les enseignements généraux liés à la simulation et à la conception de procédés. L'unité d'enseignement vise à :

- Aborder les concepts de base de la thermodynamique énergétique et de l'analyse exergétique
- Décrire les méthodologies utilisées afin d'aborder la séparation de mélanges complexes par distillation
- Présenter les bases de la simulation dynamique des procédés

OBJECTIFS SPECIFIQUES

A la fin de l'étude de chacun des thèmes traités, les étudiants devront être capables de :

- Reconnaître et différencier les principaux types de systèmes énergétiques
- Réaliser un bilan exergétique quelle que soit la complexité du procédé étudié
- Réaliser une analyse pinch
- Construire et interpréter une courbe de résidu de distillation
- Identifier les procédés de distillation envisageables pour la séparation d'un mélange complexe donné
- Envisager l'intégration thermique d'une distillation
- Analyser plusieurs configurations d'une distillation multiconstituant zéotropique
- Passer d'un modèle de procédé en régime permanent à un modèle en régime transitoire
- Simuler un procédé décrit par des systèmes d'équations différentielles ordinaires, algébro-différentiels ou algébro-différentiels partiels.

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

Méthodes d'enseignement : cours et Travaux Dirigés

Contenus :

Thermodynamique énergétique avancée

Modes de fonctionnement des différents éléments d'un cycle moteur ou frigorifique

Machines thermiques, procédés de production de froid, liquéfaction des gaz.

Introduction à l'analyse exergétique et à la thermo-économie.

Analyse et technologie pinch.

Optimisation de l'architecture d'un procédé

Etude de cas (procédés articulant les notions présentées dans les autres éléments constitutifs du module).

Distillation avancée

Construction et interprétation de courbes de résidu

Distillation azéotropique et distillation extractive

Intégration thermique de la distillation

Distillation de mélanges zéotropiques multiconstituants

Simulation dynamique des procédés

Présentation de procédés dont le modèle est décrit par des équations différentielles ordinaires, algébro-différentielles, ou algébro-différentielles ordinaires

Spécification des conditions initiales

Méthodes d'intégration simple et avancée (BDF combinée à la méthode de Newton)

Notion d'index et systèmes d'équations algébro-différentielles d'index élevé

Utilisation du logiciel Dynsim ou gPROMS pour la simulation de procédés (flash, réacteurs, distillation)

TYPE D'EVALUATION

Contrôles écrits (thermodynamique, distillation, simulation dynamique) et rapport écrit (thermodynamique : étude de cas)

INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS : UE Thermodynamique et énergétique, UE Procédés de séparation thermique, UE Process systems engineering et UE Systèmes réactifs et procédés II (EC : procédés de séparation I)

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : français

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Nécessaires :

Documents polycopiés distribués

Séparations thermiques en génie des procédés, distillation, air humide, séchage. Paris ; éditions Ellipses, 2021

Conseillées :

1. Separation Process Engineering: Includes Mass Transfer Analysis: International Edition Broché – Phillip C. Wankat
2. Fundamentals of Engineering Thermodynamics 7th Edition – Wiley – Michael J. Moran, Howard N. Shapiro, Daisie D. Boettner, Margaret B. Bailey
3. The Exergy Method of Thermal Plant Analysis, Krieger Publishing Company, Malabar, Florida, 1985, T.J. Kotas.
4. Product and Process Design Principles: synthesis, analysis and evaluation, 3rd edition, Wiley, 2009 W.D. Seider, J.D. Seader, D.R. Lewin, S. Widagdo

CONTRIBUTION DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Les enseignements de cette UE contribuent directement à l'acquisition des compétences n°3, 4

Les enseignements de cette UE contribuent indirectement (en tant que ressources) aux compétences n°9, 11

INTITULE DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : Produits micro et nanostructurés		OBLIGATOIRE
	CREDITS ECTS 4	S8 PARCOURS PRODUITS

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

Le cours vise à :

- Faire découvrir les produits micro et nano structurés (émulsion, dispersions colloïdales, microparticules).
- Acquérir des connaissances en caractérisation et en analyse du comportement des molécules utilisées dans les produits formulés.
- Comprendre le lien entre les caractéristiques structurales et le comportement des produits, notamment aux interfaces.
- Décrire les principales lois de comportement des micro et nanoparticules et les utiliser dans le processus de conception (formule, procédé, usage) d'un produit à fonction d'usage spécifique.

OBJECTIFS SPECIFIQUES

A l'issue de ce module, l'élève-ingénieur devrait être capable de :

- Analyser une formulation de produits et comprendre en particulier le comportement des molécules tensioactives utilisées dans ces produits.
- Choisir et justifier le choix d'un composé (tensioactif) dans la formule d'un produit.
- Intégrer la transition écologique dans la formulation d'un produit.
- Faire le lien entre les caractéristiques structurales et comportementales des produits, notamment aux interfaces.
- Etudier les procédés pour les systèmes dispersés
- Concevoir des procédés de fabrications de produit à fonction d'usage spécifique contenant des micro ou des nanoparticules.
- Analyser le processus de pollution aux microplastiques et concevoir des stratégies de remplacement des micro et nanoparticules non biodégradables par des systèmes biodégradables dans les produits formulés

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

1. Physico-chimie et formulation des systèmes polyphasiques fluides

- Physico-chimie des interfaces
- Dynamique d'étalement
- Formulation et fabrication de mousses
- Classes, spécificité et comportement des tensioactifs en solution
- Micellisation, adsorption aux interfaces, phases cristal liquides
- Emulsion : définition, concept de formulation, procédés d'élaboration
- Déformulation : analyse de produits formulés
- Reformulation de produits : adaptation des produits à la transition écologique et intégration dans l'économie circulaire
- Conférence par un intervenant issu du monde industriel

2. Procédés pour les systèmes fluides dispersés

- Emulsification assistée mécaniquement, les appareils
- Essai de modélisation des phénomènes spatio- temporels ; exemples de modélisation semi-empirique
- Micro-technologie pour l'émulsification contrôlée, nucléation et croissance : principes et mécanismes de base
- Relation entre la qualité d'un système dispersé et le coût énergétique
- Atomisation : caractérisation des dispersions et dispositifs d'atomisation ; mécanismes et caractéristiques de l'atomisation

3. Procédés pour les systèmes solides dispersés

- Caractérisation des systèmes dispersés : granulométrie, énergies et potentiels de surface
- Description qualitative et quantitative du mouvement brownien, des instabilités physiques et physico-chimiques (DLVO), du mécanisme de libération contrôlée, du mécanisme de filmification
- Etude des Technologies de fabrication de nanoparticules et microparticules
 - Par analyse d'un schéma PID de fabrication batch : émulsification-évaporation de solvant
 - Par analyse descriptive d'autres procédés : procédés sol-gel, diffusion de solvant, atomisation, pyrolyse, atomisation-séchage, polymérisation interfaciale

TYPE D'EVALUATION

1. Physico-chimie et formulation de systèmes polyphasiques fluides : un contrôle écrit en fin de module
2. Procédés pour les systèmes fluides dispersés : mini projet sous forme de devoir à la maison
3. Procédés pour les systèmes solides dispersés : QCM ou rapport d'étude de schémas de procédés ou PID

INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS : niveau L3, connaissance de base en génie chimique et en chimie

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : français

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Conseillées :

1. Physical chemistry of surfaces, *A.W. Adamson*, John Wiley and Sons
2. Fundamentals of Interfacial Engineering, *Robert J. Stokes, D. Fennell Evans*, **Wiley 1996**

CONTRIBUTION DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Les enseignements de cette UE contribuent directement à l'acquisition de la compétence n°4

INTITULE DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT : Introduction au génie des produits		OBLIGATOIRE
	CREDITS ECTS 4	S8 PARCOURS PRODUITS

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT

Le cours d'introduction au génie des produits vise à :

- Comprendre l'organisation de l'industrie chimique et le positionnement de l'industrie des produits formulés
- Mettre en évidence les spécificités de ces industries
- Appréhender les particularités de procédés discontinus
- Présenter et expliciter l'analyse du cycle de vie d'un produit

OBJECTIFS SPECIFIQUES

A l'issue de ce module, l'élève-ingénieur devrait être capable de :

- Aborder les nombreuses facettes relatives au génie des produits
- Choisir et justifier le choix d'un procédé discontinu
- Analyser le cycle de vie d'un produit

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

1. Du génie des procédés au génie des Produits

- Positionnement de la thématique
- Notion de propriété d'usage
- Méthodologies spécifiques
- Propriété intellectuelle
- Eco-conception

2. Procédés discontinus

- Bilans de matière et de chaleur en réacteurs discontinus
- Optimisation du rendement et de la sélectivité
- Stabilité et emballage thermiques en réacteurs discontinus
- Conduite des réactions hétérogènes en réacteur discontinu
- Cristallisation en mode discontinu

3. Analyse du cycle de vie

- Définition de l'objet et du champ d'étude
- Analyse de l'inventaire du cycle de vie
- Evaluation des impacts du cycle de vie, interprétations
- Conférence par un intervenant issu du monde industriel

TYPE D'EVALUATION

1. Du génie des procédés au génie des Produits : Recherches documentaires et exposés en groupes de 3-4 personnes
2. Procédés discontinus : Un contrôle écrit en fin de module
3. Analyse du cycle de vie : QCM

INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS : niveau L3, connaissance de base en génie chimique et en chimie

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : français

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Conseillées :

1. Chemical Product Design (Cambridge Series in Chemical Engineering), E.L. Cussler; Cambridge University Press; 2nd edition
2. Génie De La Réaction Chimique - Conception et Fonctionnement Des Réacteurs , Jacques Villiermaux ; Lavoisier Tech & Doc

CONTRIBUTION DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Les enseignements de cette UE contribuent directement à l'acquisition des compétences n°2, 4, 9, 13

Les enseignements de cette UE contribuent indirectement (en tant que ressources) aux compétences n°10, 14

INTITULE DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : Des molécules aux produits		OBLIGATOIRE
	CREDITS ECTS 4	S8 PARCOURS PRODUITS

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

Le cours d'introduction au génie des produits vise à :

- Aller de la stratégie de conception d'un produit par le choix des molécules et de sa forme (liés au cahier des charges et aux propriétés d'usages ciblées) à son procédé spécifique de fabrication et à la caractérisation du produit fini.
- Mettre en évidence l'importance de la structure chimique des molécules utilisées dans la formulation d'un produit et son lien avec propriétés physiques qui en découlent et au final avec les propriétés d'usages attendues pour ce produit
- Acquérir des notions de base en rhéologie. Appréhender la rhéologie comme outil de caractérisation des systèmes complexes dans l'industrie.
- Mettre en œuvre des fabrications de produits à l'échelle laboratoire, et caractériser les produits élaborés.

OBJECTIFS SPECIFIQUES

A l'issue de ce module, l'élève-ingénieur devrait être capable de :

- dans une démarche d'ingénierie inverse», de développer une stratégie de conception d'un produit par le choix des molécules et de la forme du produit (liés au cahier des charges et aux propriétés d'usages ciblées) jusqu'au procédé spécifique de fabrication
- d'analyser la structure chimique des molécules et faire le lien avec leurs propriétés physico-chimiques avec certaines des propriétés d'usage attendues pour le produit final
- expliquer le comportement de systèmes moléculaires complexes en fonction de leur environnement.
- justifier l'utilisation de certaines fonctionnalités dans la formulation d'un produit
- de concevoir et mettre en œuvre des produits formulés
- de caractériser le produit fini
- maîtriser la rhéologie comme outil de caractérisation des systèmes complexes

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

1. TP-Produits Formulés - 24h : Conception et mise en œuvre de produits formulés- de fabrication et à la caractérisation du produit fini :
 - Synthèse de molécules
 - Elaboration de particules, gels, émulsions, dispersions
 - Etude du phénomène de mouillage
 - Caractérisation des produits (granulométrie, tension interfaciale, rhéologie...)
 - Optimisation du rendement et de la sélectivité
2. Rhéologie (11h)
 - Présentation des concepts et équations de base de la rhéologie
 - Description des principaux comportements rhéologiques (newtonien, rhéofluidifiant, à seuil, thixotrope) à partir d'exemples issus des secteurs cosmétiques, hygiène, industrie des revêtements
 - Description de l'ambivalence solide-liquide des systèmes formulés et des comportements viscoélastiques
 - Ecoulement de fluides rhéologiquement complexes
 - Appareils et méthodes de caractérisation rhéologique
 - Rhéologie systémique
3. Structure des molécules et propriétés d'usages (22,5h)
Cette UE se structure autour de 3 études de cas sur les thématiques suivantes.

- Stabilité/Labilité d'un produit : Principales fonctions- Influence de l'environnement/Prévention
- Stimulation et propriétés déclenchées à la demande : Formation/destruction d'interactions/de liaisons réversibles ou non sous l'action stimulus
- Activité -Toxicité : Notion de site actif/Centre actif en lien avec la structure chimique-Introduction aux principales méthodes d'obtention d'un produit actif.

L'enseignement permet de montrer la complexité des relations structures-propriétés et de sensibiliser en fin de session l'élève-ingénieur à certaines méthodes de prédiction.

TYPE D'EVALUATION

1. TP-Produits Formulés: rapports de TP
2. Rhéologie: Examen Final 1h
3. Structure des molécules et propriétés d'usages : présentations Intermédiaires sur les Etudes de Cas -Examen Final 1,5h. La note moyenne des présentations d'études de cas et celle de l'examen comptent chacun pour la ½ de note de l'élément constitutif

La note Finale est la moyenne pondérée des notes de chaque EC calculée au prorata du temps de présence, à savoir 2/1/2

INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS : Connaissance de base en génie chimique et en chimie

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : français

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Conseillées :

1. Chemical Product Design (Cambridge Series in Chemical Engineering), E.L. Cussler; Cambridge University Press; 2nd edition
2. Product Design and Engineering: Formulation of Gels and Pastes, U. Brockel -W. Meier (Editor), G. Wagner, Wiley
3. Product Design and Engineering, 2 Volume Set, , U. Brockel -W. Meier (Editor), G. Wagner , Wiley
4. Product engineering : molecular structure and properties, J. Wei, Oxford University Press, 2007
5. Comprendre la rhéologie, P. Coussot, J.L. Grossiord, EDP Sciences

CONTRIBUTION DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Les enseignements de cette UE contribuent directement à l'acquisition de la compétence n°4, 8, 11, 13

Les enseignements de cette UE contribuent indirectement (en tant que ressources) aux compétences n°3, 5

INTITULE DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : Introduction aux sciences biologiques		OBLIGATOIRE
	CREDITS ECTS 4	S8 PARCOURS BIOTECHNOLOGIES

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

Le but de ce module est d'acquérir des notions de base en biologie et biochimie ainsi qu'un vocabulaire qui permettra aux étudiants de comprendre leurs collaborateurs biologistes et de faciliter ainsi les collaborations. La cellule, son fonctionnement et ses constituants principaux seront abordés en même temps que leurs fonctions et les utilisations qui peuvent en être faites dans les biotechnologies. Ce dernier point sera juste une introduction aux modules suivants. Enfin seront présentées les techniques de caractérisations structurales, physico-chimiques et de séparation des biomolécules à l'échelle du laboratoire.

OBJECTIFS SPECIFIQUES

A l'issue de ce module l'élève-ingénieur devrait être capable de :

- Connaître les principaux constituants de la cellule et leurs fonctions
- Comprendre le fonctionnement de la cellule, en particulier les principes de base de son métabolisme, de la réplication et de l'enzymologie
- Connaître les principales techniques de caractérisations structurale, biochimique et de séparation des biomolécules

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

1) Biomolécules : Introductions aux sciences biologiques (27h)

Dans un premier temps la cellule et ses composants, membranes, organelles, biomolécules, seront décrits. Le fonctionnement d'une cellule sera abordé afin de comprendre comment la cellule fonctionne : quels sont ses besoins ? Qu'elles sont les réactions biochimiques impliquées ? Quelques exemples de voies métaboliques seront choisis dans la production d'énergie et la synthèse de biomolécules (glycolyse, cycle de Krebs, biosynthèse des biomolécules ...).

Deux familles de biomolécules seront plus particulièrement abordées, les acides nucléiques et les protéines (enzymes, anticorps), qui sont les acteurs principaux utilisés en transgénèse par exemple ou encore dans les procédés agro-alimentaires. Plusieurs approches seront développées : tout d'abord une approche descriptive ; les structures chimiques seront décrites mais également les structures tridimensionnelles qui sont essentielles dans la compréhension des mécanismes de ces molécules. Pour ce faire les différentes méthodes biophysiques seront également exposées. La seconde approche décrira les fonctions cellulaires importantes dans les biotechnologies. En particulier il sera fait une part importante à la réplication cellulaire en s'appuyant sur des exemples issus des développements actuels en transgénèse et de l'utilisation du génie génétique, et les bases de l'enzymologie seront jetées.

2) Méthodes analytiques à l'échelle du laboratoire (30h)

Dans cette seconde partie nous décrirons les différentes techniques analytiques présentes à l'échelle du laboratoire ; qu'elles soient (a) biophysiques et dédiées à l'analyse structurale (spectroscopie infrarouge, dichroïsme circulaire, RMN, cristallographie, intelligence artificielle et modélisation moléculaire, ...), (b) biochimiques pour la caractérisation des biomolécules (Elisa ; PCR ; westernblot ; ...) ou l'étude des interactions moléculaires ou enfin (c) séparatives pour la purification des biomolécules : précipitation, filtration, centrifugation, différentes chromatographies (phase inverse, exclusion stérique, interaction hydrophobes, échangeuse d'ions, affinité...), électrophorèses (capillaire, SDS page...).

Les aspects éthiques relatifs aux biotechnologies seront abordés et débattus, en lien avec la responsabilité sociétale et le développement durable.

Les méthodes d'enseignement comprennent des cours magistraux et des travaux dirigés, mais également des méthodes nouvelles d'enseignement telles que des cours inversés et jeux de rôles.

TYPE D’EVALUATION

Examens écrits 3h et exposés oraux

INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS : connaissances de base en chimie

LANGUE D’ENSEIGNEMENT : français

CONTRIBUTION DE L’UNITE D’ENSEIGNEMENT A L’ACQUISITION DES COMPETENCES

Les enseignements de cette UE contribuent directement à l’acquisition de la compétence n°1, 4

Les enseignements de cette UE contribuent indirectement (en tant que ressources) aux compétences n°3, 8, 11

INTITULE DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT : Biocatalyseurs et bioréacteurs		OBLIGATOIRE
	CREDITS ECTS 4	S8 PARCOURS BIOTECHNOLOGIES

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT

Le but de ce module est d'acquérir les bases du génie des procédés biologiques. Il s'agira dans un premier temps de maîtriser les fondamentaux des cinétiques enzymatiques et bactériennes et dans un second temps, l'écriture des bilans de matières dans les réacteurs biologiques fermés, continus et semi-continus. Une partie des cours traitera de l'hydrodynamique et des phénomènes de transfert de matière et de chaleur pour les principales technologies de réacteurs utilisées dans la filière. Enfin, le module proposera une initiation à la modélisation de bioprocédés et le dimensionnement des principaux équipements spécifiques mis en œuvre et posera les bases de l'extrapolation d'échelle du laboratoire à l'industrie.

OBJECTIFS SPECIFIQUES

A l'issue de ce module, l'élève ingénieur doit être capable de :

- Représenter des réactions enzymatiques et microbiennes par les lois cinétiques appropriées
- Ecrire des bilans de matière sur différents types de réacteurs biologiques enzymatiques et microbiens et maîtriser la modélisation de réacteurs biologiques
- Représenter l'hydrodynamique des réacteurs biologiques en tenant compte des phénomènes de transferts de chaleur et de matière
- Traiter la complexité de l'extrapolation d'un procédé de l'échelle du laboratoire à celle du pilote puis de l'industrie

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

1. Biocatalyse et bioréacteurs : de l'échelle de la cellule à celle du réacteur et du procédé a) Caractérisation des mécanismes de biocatalyses enzymatique (cinétique michaelienne) et microbienne (loi de Monod). Le cours sera appuyé par des travaux dirigés sous forme d'exercices mais également de tests en ligne afin de favoriser la mémorisation de l'apprentissage. b) Génie des réacteurs enzymatiques et microbiens : écoulements, réacteurs continus, fermés, semi-continus, bilans de matières. Des travaux dirigés de modélisation en salle informatique permettront de familiariser l'élève avec la modélisation en biotechnologies. Des aspects d'instrumentation, de contrôle-commande et de traitement de données seront également abordés.
2. Réacteurs à lits fixes et réacteurs gaz-liquide et gaz-liquide-solide : l'étude de ces réacteurs permettra aux élèves d'étudier l'hydrodynamique d'un réacteur et de comprendre les transferts de matière et de chaleur qui s'y passent, la rhéologie des milieux biologiques et ainsi d'écrire des bilans détaillés.
3. Extrapolation d'échelle : cette partie traitera des problèmes de passage de l'échelle de laboratoire à l'échelle industrielle et permettra à l'étudiant d'avoir un aperçu sur ce savoir-faire.

TYPE D'EVALUATION

- Examen écrit (3h)
- Microprojet avec rapport écrit et soutenance orale (6h de présentiel)

INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS : connaissances du logiciel Matlab.

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : français

CONTRIBUTION DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Les enseignements de cette UE contribuent directement à l'acquisition des compétences n°1, 2,4 et 6.

Les enseignements de cette UE contribuent indirectement (en tant que ressources) aux compétences n°3,7, 9 et 11

INTITULE DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : Bioséparations		OBLIGATOIRE
	CREDITS ECTS 4	S8 PARCOURS PRODUITS

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

Le cours vise à :

- Sensibiliser les élèves ingénieurs aux différentes technologies séparatives employées en production biotechnologique
- Former les élèves à une démarche structurée conduisant à l'analyse des phénomènes mis en jeu dans les procédés de bioséparation
- Donner les connaissances de base nécessaires au calcul des différents procédés de séparation employés en biotechnologie
- Sensibiliser les élèves aux critères de choix d'un équipement et à l'importance d'une démarche globale (chaîne de concentration / purification)
- Mettre en œuvre des bioréactions et une caractérisation adaptée aux protéines à différentes échelles

OBJECTIFS SPECIFIQUES

A la fin du module l'étudiant doit :

- Connaître les principaux procédés employés en bioséparation et les principes sur lesquels ils reposent
- Savoir sélectionner un procédé de séparation en fonction d'un jeu de contraintes (nature du mélange à séparer, performances visées, conditions opératoires)
- Etre capable de dimensionner un procédé pour une application donnée en prenant en compte les spécificités des biomolécules
- Comprendre les interactions entre les différents types de procédés intervenant dans une chaîne de concentration / purification d'une molécule biologique

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

Centrifugation / Filtration : 2 séances de cours (1h30) – 2 séances de TD (1h30)

Procédés membranaires : 5 séances de cours (2h00) – 4 séances de TD (2h00)

Notion de sélectivité, taux de réjection et perméabilité ; différents types de procédés membranaires (microfiltration, ultrafiltration, nanofiltration, osmose inverse, dialyse, pervaporation, contacteurs membranaires) ; matériaux et modules membranaires ; transfert de matière/ loi de flux, polarisation de concentration ; effets osmotiques ; études de cas industriels (concentration batch d'un mélange complexe ; dimensionnement d'une unité d'ultrafiltration de protéines ; traitement d'une solution par osmose inverse ; séparation par dialyse ; dégazage d'un mélange liquide par contacteur).

Procédés chromatographiques : 6 séances de cours (1h30) – 6 séances de TD (1h30)

Différents types d'adsorbants. Différents modes de mise en œuvre (élution, frontale). Bilans de matière généraux. Notion de front d'onde de concentration. Résolutions des équations générales (analytiques et numériques). Procédés cycliques. Application aux biomolécules. Séparation d'énantiomères par Lit Mobile Simulé. Procédés multicolonne séquentiels et continus.

Cristallisation : 2 séances de cours (1h30) – 3 séances de TD (1h30) – 1 examen (1h30)

Mécanismes de nucléation, croissance, aggrégation et brisure. Influence des conditions physico-chimiques et des paramètres de procédé. Conduite de cristallisation discontinue. Bilans de population. Etudes de cas industriels.

Travaux pratiques de Biotechnologie :

1. Caractérisation de protéines inconnues par SDS-Page.
2. Mise en œuvre et analyse d'une cinétique enzymatique
3. Préparation d'une culture cellulaire

4. Utilisation d'une culture cellulaire dans un bioréacteur/Fermenteur pilote

TYPE D'EVALUATION

Examen
TP-biotechnologie: rapports de TP

INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS :

LANGUE D'ENSEIGNEMENT :

CONTRIBUTION DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Les enseignements de cette UE contribuent directement à l'acquisition de la compétence n°4, 5, 8, 11, 13

BILAN DU SEMESTRE 8

[illegible]

Pour les options et les parcours de spécialisation, la contribution à l'acquisition de compétences dépend du choix (le tableau rassemble les contributions de toutes les options et de tous les parcours). Les contributions spécifiques à chaque option et à chaque UE de parcours de spécialisation sont indiquées dans les fiches (voir plus haut).

ENSEIGNEMENTS DU SEMESTRE 9

ORGANISATION GENERALE

<i>Intitulé de l'Unité d'Enseignement et de ses éléments constitutifs</i>	<i>Responsable</i>	<i>H</i>	<i>CM</i>	<i>TD</i>	<i>TP</i>	<i>P</i>	<i>C</i>	<i>Ex</i>	<i>ECTS</i>
Management et économie V	Vera IVANAJ	40	20	20					2
Langue V	E. KASMAREK/M. ADRIAN	48		48					3
<i>Anglais</i>				48					
Projet de recherche et développement	Khalid FERJI								10
Options		19							3
Parcours de spécialisation		Env. 147							12
TOTAL		Env. 254							30

OPTIONS

<i>Intitulé de l'option V</i>	<i>Responsable</i>	<i>H</i>	<i>CM</i>	<i>TD</i>	<i>TP</i>	<i>P</i>	<i>C</i>	<i>Ex</i>	<i>ECTS</i>
Recyclage des plastiques : technologies, enjeux et challenges	Dimitrios MEIMAROGLOU	19	8	8		3			3
Matériaux et nano matériaux pour la catalyse	Halima ALEM-MARCHAND	19	8	8		3			3
Cinétique de combustion des carburants, bio-carburants et e-carburants	Olivier HERBINET	19	8	8		3			3
Résolution numérique des équations de transport	François LESAGE	19	7	7		3		2	3
Génie électrochimique appliqué à l'énergie et la protection de l'environnement	Emmanuel MOUSSET	19	7	7		3		2	3
Verres, Métaux, Céramiques : le monde industriel des très hautes températures	Christian BOUIGEON	19	8	8		3			3
Solutions technologiques pour la capture, le stockage et l'utilisation du CO₂	Bouchra BELAISSAOUI	19	9			8		1,5	3

PARCOURS DE SPECIALISATION : Procédés pour l'énergie et l'environnement

Responsable : Sabine RODE

<i>Intitulé de l'Unité d'Enseignement et de ses éléments constitutifs</i>	<i>Responsable</i>	<i>H</i>	<i>CM</i>	<i>TD</i>	<i>TP</i>	<i>P</i>	<i>C</i>	<i>Ex</i>	<i>ECTS</i>
Génie des procédés et énergie	Olivier HERBINET	60	14	10			33	3	4
<i>Conférences industrielles</i>	Olivier HERBINET						33		
<i>Combustion</i>	Olivier HERBINET		6	6				1,5	
<i>Analyse exergetique</i>	Jean-Noël JAUBERT		8	4				1,5	
Optimisation dynamique et commande avancée	Abderrazak LATIFI	46	30	10		6			4
<i>Optimisation dynamique</i>	Abderrazak LATIFI		20			3			
<i>Commande avancée</i>	Jean-Marc COMMENGE		10	10		3			
Intensification des procédés et innovation	Jean-Marc COMMENGE	33	12	9		9		3	4
<i>Intensification des procédés</i>	Jean-Marc COMMENGE		6	4,5				1,5	
<i>Procédés membranaires</i>	Eric FAVRE		6	4,5				1,5	
<i>Projet d'innovation</i>	Jean-Marc COMMENGE					9			

TOTAL		139							12
--------------	--	------------	--	--	--	--	--	--	-----------

PARCOURS DE SPECIALISATION : Produits innovants : de la chimie aux procédés

Responsable : Cécile NOUVEL

Intitulé de l'unité d'enseignement et de ses éléments constitutifs	Responsable	H	CM	TD	TP	P	C	Ex	ECTS
Produits de spécialité	Alain DURAND	59,5	45	6			3	5,5	4
<i>Copolymères : des procédés aux applications</i>	Anne JONQUIERES		10,5	4,5				1,5	
<i>Formulation matières plastiques</i>	Cécile NOUVEL		9				3	1	
<i>Polymères en solution, aux interfaces et en émulsion</i>	Alain DURAND		25,5	1,5				3	
Propriétés et qualité des produits	Anne JONQUIERES	62,5	36,5	18				8	4
<i>Procédés pour les produits de santé</i>	Laurent MARCHAL-HEUSSLER		8	6				1	
<i>Plan d'expériences</i>	Graciela CARES		6	6				1	
<i>Propriétés thermophysiques des polymères</i>	Anne JONQUIERES		19,5	1,5				4,5	
<i>Cristallisation</i>	Eric SCHAEER		3	4,5				1,5	
Etude de cas - projet de conception de produits innovants	Laurent MARCHAL-HEUSSLER	33	18	3		9		3	4
<i>Projet de conception de produits innovants</i>	Laurent MARCHAL-HEUSSLER		9			9		3	
<i>Procédés de fabrication des solides inorganiques</i>	Mohammed BOUROUKBA		9	3					
TOTAL		155							12

ENSEIGNEMENTS DU SEMESTRE 10

Intitulé de l'unité d'enseignement	Responsable	H	CM	TD	TP	P	C	Ex	ECTS
Stage Ingénieur	Laëtitia CESARI								30
TOTAL									30

INTITULE DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : <i>Management et Economie V</i>		OBLIGATOIRE
	CREDITS ECTS 2	S9

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

Pratiquer une simulation de gestion globale d'entreprise conduisant les élèves à faire des choix stratégiques et opérationnels rapides, en fonction de l'évolution du marché, de la concurrence et d'autres éléments conjoncturels

OBJECTIFS SPECIFIQUES :

Savoir piloter une entreprise fictive en compétition avec d'autres sociétés sur un marché économique simplifié (simulation par ordinateur)

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

1. Estimation d'un marché : potentiel et incidence de la conjuncture
2. Gestion de la production et des ventes
3. Risques financiers et investissements
4. Gestion du personnel
5. Stratégie marketing

Finalisation du projet personnel et professionnel : Journée entreprise

Le format de cette journée (voir fiches modules « management et Economie I » et « management et Economie III ») permet aux élèves de dernière année de finaliser leur projet personnel et professionnel : recherche d'un stage industriel pour le S10, rencontres individualisées avec des professionnels de secteurs industriels ciblés.

Responsable : Cornélius Schrauwen

TYPE D'EVALUATION

Evaluation des résultats de gestion obtenus par le groupe en situation de simulation et présentation orale des résultats obtenus.

INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS : Gestion d'entreprise : comptabilité, finance, marketing, gestion des ressources humaines

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : français

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

CONTRIBUTION DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Les enseignements de cette UE contribuent directement à l'acquisition de la compétence n°12

INTITULE DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : Langues V		OBLIGATOIRE
	CREDITS ECTS 3	S9

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

- Consolider le niveau B2/ C1 (cfr : Descriptif CTI 2010, ou CECRL)
- Développer des compétences professionnelles pour travailler en entreprise ou en laboratoire de recherche dans un contexte international (en France ou à l'étranger).
- Développer les compétences du 21^e siècle : Compétences en apprentissage et innovation, compétences en information, média et technologie, compétences sociales et professionnelles.
- Etude des cas d'école traitant des problématiques environnementales.
- Co-construire des diagnostics et des solutions d'atténuation & d'adaptation à l'épuisement des ressources, de la biodiversité & du Changement Climatique à travers la langue anglaise.

OBJECTIFS SPECIFIQUES

A l'issue de ce module, les élèves devront être capables de :

- Utiliser la langue de façon efficace et souple dans la vie sociale, professionnelle ou académique.
- Savoir restituer des faits de sources écrites ou orales de façon cohérente et détaillée, en démontrant une solide maîtrise d'un vaste répertoire lexical et sémantique.
- Utiliser les techniques et outils pour utiliser la pensée créative dans le contexte de l'ingénierie chimique.
- Animer une réunion, faire un compte rendu et utiliser le langage spécifique des réunions.
- Prendre des initiatives dans un entretien d'embauche, élargir et développer leurs idées.
- Travailler dans une équipe en anglais et en utilisant les compétences du 21^e siècle et les « soft skills ».

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

Les élèves suivent 2 modules et un cours de « Creativity » (obligatoire : module « meetings » et 1 module au choix parmi plusieurs sujets), ainsi qu'une semaine de session intensive (21h). Ci-après : quelques exemples de modules /ateliers.

- **Module « réunions »** : Etude et acquisition du langage spécifique utilisé lors de réunions, qualité de la communication et observation/ analyse de la participation, comportements, attitudes et réactions lors de réunions. Travail écrit : ordre du jour, compte rendu. Entraînement à l'oral par le biais de jeux de rôles, études de cas, simulations.
- **Module « Science Facts and Science Fictions »** : Ce module est consacré à l'étude de différents domaines scientifiques plus ou moins controversés de nos jours. Les activités comprennent l'examen de documents vidéo, débats en groupe et jeux de rôle.
- **Module Ad it up** : L'objectif du cours est de familiariser les étudiants avec le monde de la publicité à travers l'analyse d'exemples. Le cours abordera les termes et concepts de base tels que les slogans et les phrases d'accroche. Le sujet sera également abordé sous d'autres angles tels que les médias, l'endossement par des célébrités ainsi que la publicité subliminale. Les tendances passées et actuelles seront également discutées lors de débats et les étudiants auront l'occasion de faire preuve de créativité en créant une campagne publicitaire.
- **Module préparation TOEIC ou projet personnel** : Définir leurs besoins pour améliorer leur niveau d'anglais. Travailler en binôme/équipe pour la préparation TOEIC et s'auto-évaluer ou travailler sur un projet personnel
- Entretien d'embauche : Etude et acquisition du langage spécifique utilisé lors d'entretiens d'embauche. Simulation d'entretien d'embauche : filmée et visionnée. Cette mise en situation permettra de s'auto-évaluer et de prendre conscience de ses faiblesses : décryptage langage, posture gestuelle, élocution.
- Session intensive : projets en petits groupes et présentation powerpoint.
- 2 Rapports du travail (un pour chaque module)

TYPE D'EVALUATION

- Validation (note entre 3-5) : 1) 2 Rapports du travail et appréciation de l'enseignant, 2) Entretien professionnelle, 3) présentation du projet de session.
- Rattrapage : Travail personnel avec présentation powerpoint et rapport.

INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS : avoir atteint le niveau B2+

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : ANGLAIS

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

CONTRIBUTION DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Les enseignements de cette UE contribuent directement à l'acquisition de la compétence n°13

INTITULE DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : Projet de recherche et développement (PRD)		OBLIGATOIRE
		CREDITS ECTS 10
		S9

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

Il s'agit d'un stage individuel de type recherche et développement qui peut se dérouler soit dans une entreprise, soit dans un laboratoire universitaire. Le sujet du travail doit être à caractère scientifique ou technologique. D'une durée de 2 mois à la fin du S9, il a lieu en France ou à l'étranger.

L'objectif de ce projet de recherche et développement est d'apporter à l'élève-ingénieur une initiation à la démarche de recherche/développement.

OBJECTIFS SPECIFIQUES

A l'issue du PRD, l'élève devra être capable de :

- Faire une bibliographie détaillée et complète autour d'une thématique de recherche donnée
- S'insérer dans une équipe de Recherche et Développement universitaire ou industrielle
- Rédiger un rapport synthétique du travail effectué
- Avoir un avis scientifique éclairé sur sa thématique de recherche
- Faire preuve d'autonomie vis-à-vis du sujet de recherche qu'on lui confie

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

Chaque année, l'école diffuse au cours du S9 une liste de sujet de PRD proposés par les laboratoires de recherche du site. Les élèves-ingénieurs suivant les parcours « génie des procédés avancé », « génie des procédés pour les produits » et « génie des procédés biotechnologiques » sont invités à faire leur choix parmi ces propositions. Les élèves-ingénieurs peuvent également proposer à la Direction des Etudes des sujets de recherche et de développement se déroulant dans un service dédié en entreprise (dans le cadre d'un stage-ingénieur...).

La liste des sujets attribués est publiée.

TYPE D'EVALUATION

L'évaluation est basée sur un rapport de recherche dont le contenu, la longueur et la date de remise sont à définir avec l'encadrant. Des soutenances orales sont organisées dans la dernière semaine du PRD. Le jury de soutenance est composé d'au moins trois personnes dont un membre extérieur à l'équipe de recherche. La durée de la soutenance orale est de 20 minutes suivie de 20 minutes de questions. La note du jury tient compte du travail fourni (25%), de la démarche mise en œuvre par l'élève pour mener à bien le projet (25%), ainsi que de la qualité du rapport écrit (25%) et de la soutenance orale (25%).

INFORMATIONS UTILES :

PREREQUIS :

- Avoir défini un projet professionnel.
- Connaître les bonnes pratiques permettant de rédiger un rapport.
- Maîtriser l'ensemble des concepts enseignés lors de la formation à l'Ecole.

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : français, sauf si le stage se déroule à l'étranger (dans ce cas l'Anglais est préféré).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

CONTRIBUTION DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Les enseignements de cette UE contribuent directement à l'acquisition des compétences n°2, 3, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 13

INTITULE DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : <i>Recyclage des plastiques : technologies, enjeux et challenges</i>		OPTIONNEL
	CREDITS ECTS 3	S9

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

- Présenter une vue globale de la problématique de recyclage des plastiques.
- Présenter les différentes technologies et solutions vers une économie circulaire des matériaux plastiques et illustrer les principaux facteurs inhibiteurs associés.
- Analyser les différents points de vue autour du débat sur l'interdiction des produits plastiques à l'aide des arguments purement scientifiques.

OBJECTIFS SPECIFIQUES

A l'issue de ce module, l'élève-ingénieur devrait être capable de :

- Savoir quels sont les différentes technologies de recyclage des plastiques
- Savoir quels sont les principales étapes de chaque technologie, ses avantages et ses inconvénients

Être capable de comprendre les dangers, les bénéfices et les alternatives liés à l'utilisation de différents produits plastiques dans la vie quotidienne

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

L'enseignement est dispensé sous la forme de cours généraux et plus spécifiques ainsi que sous la forme d'étude de cas. Une visite dans un centre de recyclage est également envisagée. Les thèmes abordés lors du cours sont les suivants :

- Modèles d'économie circulaire du plastique ; État de l'art sur le cadre juridique
- Procédés de recyclage / revalorisation
- Le rôle des additives
- Collecte et technologies de tri ; labélisation et traçage
- Biopolymères ou « recyclable-by-design » ?
- L'image complète du problème ; information et désinformation ; dangers vs bénéfices

TYPE D'EVALUATION

Évaluation individuelle sous forme de QCM

Possibilité de compléter avec une veille bibliographique sur un sujet (à convenir avec l'équipe enseignante)

INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS : aucun

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : anglais

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

CONTRIBUTION DE L'OPTION A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Les enseignements de cette option contribuent directement à l'acquisition des compétences n°3, 9, 10

INTITULE DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT : <i>Matériaux et nanomatériaux pour la catalyse</i>		OPTIONNEL
	CREDITS ECTS 3	S9

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT

Au cours des dernières années, la catalyse a connu un essor important avec le développement de nouveaux (nano)-matériaux. Ces derniers ont permis d'améliorer l'efficacité de nombreux procédés chimiques allant de la chimie fine jusqu'à l'abattement de liquides ou de gaz.

OBJECTIFS SPECIFIQUES

- Les matériaux et les techniques de caractérisation associées
- Les complexes organométalliques et les nanoparticules utilisés en catalyse homogène ou hétérogène
- Matériaux pour la photocatalyse

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

Les matériaux et les techniques de caractérisation associées.
Les complexes organométalliques et les nanoparticules utilisés en catalyse homogène ou hétérogène

Matériaux pour la photocatalyse

TYPE D'EVALUATION

1^{ère} session : projet + présentation orale
2^{ème} session : examen

INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS : notions de base en catalyse

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : anglais

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

CONTRIBUTION DE L'OPTION A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Les enseignements de cette option contribuent directement à l'acquisition de la compétence n°4

INTITULE DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT : <i>Cinétique de combustion des carburants, bio-carburants et e-carburants</i>		OPTIONNEL
	CREDITS ECTS 3	S9

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT

L'objectif est de proposer une introduction aux techniques expérimentales permettant de réaliser l'étude cinétique des réactions de combustion en phase gazeuse et à la modélisation cinétique détaillée de ces réactions.

OBJECTIFS SPECIFIQUES

Maîtriser la nature des processus élémentaires mis en jeu lors des réactions de combustion pour :

- Comprendre les phénomènes particuliers observés lors de ces réactions (flamme froide, coefficient négatif de température, auto-inflammation)
- Être capable de construire un mécanisme de combustion pour des molécules modèles simples
- Être capable de réaliser l'analyse cinétique d'un modèle pour identifier les principales voies de consommation des réactifs et les réactions les plus sensibles
- Connaître les différentes techniques expérimentales utilisées pour réaliser les études cinétiques pour être capable de choisir la technique la mieux appropriée à un problème posé (mesure de délais d'auto-inflammation, de vitesse de flamme, de profils d'espèces, etc...)

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

Les notions fondamentales seront présentées sous forme de cours magistraux. Des exercices sur des problèmes concrets permettront d'illustrer les notions fondamentales vues en cours. Un exercice consistera en la construction d'un mécanisme cinétique détaillé pour un alcane de petite taille en utilisant des règles de construction systématique. Un logiciel sera utilisé pour réaliser une simulation avec un modèle cinétique détaillé et pour réaliser l'étude cinétique de ce modèle.

TYPE D'EVALUATION

Evaluation individuelle sous forme de QCM et d'exercices.

INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS : connaissances de base en cinétique

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : anglais

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Conseillées :

G. Scacchi, M. Bouchy, J.F. Foucaut, O. Zahraa, Cinétique et catalyse, Lavoisier-Tec & Doc
F. Battin-Leclerc, J. M. Simmie, E. Blurock, Cleaner Combustion, Springer

CONTRIBUTION DE L'OPTION A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Les enseignements de cette option contribuent directement à l'acquisition de la compétence n°3

INTITULE DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : <i>Résolution numérique des équations de transport</i>		OPTIONNEL
	CREDITS ECTS 3	S9

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

L'objectif est de proposer une courte introduction aux techniques de résolution numérique pour les écoulements et transferts, diffusifs et convectifs, couplés. Ce cours doit permettre d'aborder une formation aux outils professionnels (par exemple Ansys Fluent), et de programmer des codes de calcul pour des problèmes simples.

OBJECTIFS SPECIFIQUES

Il s'agit en particulier de :

- Connaître les méthodes et principaux algorithmes pour la résolution numérique des écoulements et transferts couplés
- Savoir implanter ces méthodes dans un code de calcul (dans des cas raisonnablement simples)
- Avoir une démarche critique vis-à-vis des résultats numériques, et savoir discerner en particulier l'influence de la méthode de discrétisation, du maillage, des méthodes numériques de résolution, des réglages de ces méthodes...
- Savoir exploiter les résultats obtenus (post-processing)

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

Les notions fondamentales (discrétisation, algorithmes de résolution, ...) seront présentées sous forme de cours magistraux. Un projet faisant appel à l'intégralité des notions présentées sera distribué dès le début de l'enseignement, et évoluera au fur et à mesure de l'avancement du cours. Les séances d'exercices pourront être soit des exemples simples illustrant des notions vues en cours, soit du suivi de projet.

TYPE D'EVALUATION

Evaluation collective avec le projet

INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS :

- Bonne connaissance d'au moins un langage de programmation
- Bonne connaissance des méthodes numériques classiques
- Bonne connaissance de la physique des écoulements fluides et des transferts

Dans le cursus ENSIC, ceci correspond aux modules « Informatique et méthodes numériques » et « Phénomènes de transfert I et II »

- Les étudiants ayant suivi « Mécanique des Fluides numériques 1 » au S8 ne sont pas autorisés à s'inscrire au présent module, la formation dispensée étant très similaire.

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : anglais

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Obligatoire :

1. E. Saadidjian, « Les bases de la mécanique des fluides et transferts de chaleur et de masse pour l'ingénieur », 2009, Ed. Sapiaientia

Conseillée :

1. H.K. Versteeg et W. Malalasekera, « An introduction to computational fluid dynamics », 1995, Longman Scientific & Technical

CONTRIBUTION DE L'OPTION A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Les enseignements de cette option contribuent directement à l'acquisition des compétences n°2, 3

INTITULE DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT : Génie électrochimique appliqué à l'énergie et la protection de l'environnement		OPTIONNEL
	CREDITS ECTS 3	S9

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT

- Acquérir les connaissances de base en électrochimie théorique et en génie électrochimique
- Avoir une vue synthétique de l'application du génie électrochimique dans les domaines de l'énergie et de la protection de l'environnement

OBJECTIFS SPECIFIQUES

A la fin de la formation l'étudiant devrait :

- Etre familiarisé avec les procédés électrochimiques
- Savoir évaluer les cinétiques de transfert de charge et de transport de matière via la détermination des constantes de transfert de charge et de transport de matière, respectivement.
- Savoir établir des bilans de matière dans les électrolyseurs idéaux.
- Etre capable de dimensionner
 1. Une pile à combustible à membrane ou un électrolyseur d'eau
 2. Une cellule électrochimique pour l'oxydation anodique appliquée au traitement des eaux.

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

Le génie électrochimique connaît un vif d'intérêt tant au niveau de la conversion et du stockage de l'énergie que dans des applications émergentes dans le domaine de la protection de l'environnement. La formation est constituée d'un socle théorique commun :

- i. Rappel de thermodynamique pour les systèmes électrochimiques, potentiels et tensions de cellule, énergie, relation de Nernst, constante d'équilibre et potentiel redox, spontanéité des réactions, notion d'électrodes (anode et cathode), effet Joule, notions de réacteurs électrochimiques et de générateurs,
- ii. Quantité d'électricité, loi de Faraday et courants faradiques ou capacitifs,
- iii. Notion de catalyseur et de cinétique électrochimique, relation de Butler-Volmer et droites de Tafel, transport de matière et transfert de charge, distribution de courant électrique

L'enseignement d'électrochimie général est suivi de la présentation des deux applications visées :

- Energie : dimensionnement de piles et d'électrolyseurs et bilans énergétiques globaux,
- Protection de l'environnement : bilan de matière dans les électrolyseurs idéaux, application de l'électrolyse au traitement de l'eau (matériaux d'électrodes, oxydants formés, paramètres et contrôle de la réaction), application de l'oxydation anodique à la désinfection et au traitement des eaux usées (méthodologie, modèles cinétiques, dimensionnement, équipements mis en œuvre, coûts, aspects d'hygiène et sécurité).

Cette formation, sous forme de TD intégrés dans le cours (Cours/TD), est délivrée par deux chercheurs du CNRS qui développent ces thématiques au sein du Laboratoire Réactions et Génie des Procédés (LRGP).

TYPE D'EVALUATION

Examen final en 2 h par écrit (100%)

INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS : Connaissances en Génie Chimique

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : anglais

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Nécessaires : Documents distribués aux élèves ; bases de données scientifiques

Conseillées :

CONTRIBUTION DE L'OPTION A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Les enseignements de cette option contribuent directement à l'acquisition des compétences n°3, 9

INTITULE DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT : Verres, Métaux, Céramiques : le monde industriel des très hautes températures		OPTIONNEL
	CREDITS ECTS 3	S9

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT

Cet enseignement vise à :

- Appréhender les différences facettes de l'industrie lourde (verre, métaux, céramiques), dont les aspects matières premières et développement durable,
- Comprendre la logique de formulation d'un verre et de continuum de propriétés,
- Comprendre à travers des exemples les interactions entre produits, propriétés, procédés et marchés,
- Appréhender les réactions et les réacteurs chimiques à très hautes températures,
- Connaître les caractéristiques principales de ces produits emblématiques et les applications marché qui en découlent (cas des vitrocéramiques).

OBJECTIFS SPECIFIQUES

A la fin du module, l'étudiant devrait être capable de :

- Echanger avec des interlocuteurs industriels concevant, produisant et commercialisant ces matériaux,
- Maîtriser les bases des structures de ces matériaux qui sont par ailleurs utilisés dans l'industrie chimique pour la mise en œuvre de réacteurs,
- Connaître les différents aspects du métier de formulateur,
- Connaître les analogies verre/polymère/métal/céramique,
- Appréhender le monde des matières premières et de leurs transformations,
- Connaître les métiers de la transformation verrière (formage, usinage, moulage, ...) et du traitement de surface,
- Être sensibilisé aux exigences clients.

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

La formation s'appuie sur :

- Des cours : structure des produits (présentation d'échantillons), réactions chimiques à haute température (souvent improprement appelées fusion), réacteurs chimiques
- Des exemples de cas réels (marchés, industries),
- Des TD de mise en situation : les étudiants travailleront sur des exercices de détermination de taille de marché, de conception de produits, de développement durable, de formulation, ...
- Une visite de site industriel (industriel lourde) est organisée.

TYPE D'EVALUATION

QCM et exercice analogue à ce qui aura été vu en cours

INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS : aucun

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : anglais (ou français selon les participants)

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Nécessaires : Documents photocopiés distribués

Conseillées :

CONTRIBUTION DE L'OPTION A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Les enseignements de cette option contribuent directement à l'acquisition des compétences n°4 et 7

Les enseignements de cette option contribuent indirectement (en tant que ressources) à la compétence n°14

INTITULE DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : Solutions technologiques pour la capture, le stockage et l'utilisation du CO ₂		OPTIONNEL
	CREDITS ECTS 3	S9

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

Les objectifs généraux de l'unité d'enseignement sont les suivants :

- Connaître les différents aspects technologiques du Carbon Capture Utilization and Storage (CCUS),
- Comprendre les aspects liés à la demande d'énergie, au coût et à l'impact sur l'environnement des options technologiques du CCUS,
- Comprendre les défis liés à leur déploiement industriel.

OBJECTIFS SPECIFIQUES

Les objectifs spécifiques de l'unité d'enseignement sont les suivants :

- Avoir une vue d'ensemble des stratégies de capture, d'utilisation et de stockage du carbone,
- Comprendre le choix stratégique de la technologie de capture en fonction des sources de CO₂ et des voies d'utilisation,
- Être capable de concevoir une unité de capture de CO₂ en utilisant un logiciel de simulation de procédés,
- Savoir analyser l'impact des conditions opératoires sur la performance du procédé (pureté de H₂ et taux de récupération de CO₂) à travers une étude paramétrique,
- Évaluer et discuter les besoins énergétiques de la capture du CO₂ (OPEX)

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

Cours magistraux : (Total 9h)

- Introduction au CCUS
- Prétraitement des fumées de post-combustion
- Capture du dioxyde carbone
- Utilisation du dioxyde de carbone

Travail encadré de dimensionnement (Total 8h) : quatre sessions de suivi de projet de 2h chacune

Soutenance orale du travail de dimensionnement (1h30)

TYPE D'ÉVALUATION

Les étudiants réalisent un travail de dimensionnement d'une unité de capture du CO₂ utilisant un logiciel de simulation de procédés. Le rapport de projet et la soutenance orale réalisés par les étudiants sont évalués par une note chacun.

INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS : bases générales de génie des procédés : phénomènes de transports et transferts, hydrodynamique
Génie des séparations, échangeurs de chaleurs, Conception de procédé assistée par ordinateur.

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : Anglais

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

NECESSAIRES :

CONSEILLEES :

CONTRIBUTION DE L'OPTION A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Les enseignements de cette option contribuent directement à l'acquisition de la compétence n°9

Les enseignements de cette option contribuent indirectement (en tant que ressources) à la compétence n°14

INTITULE DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : Génie des procédés et énergie		OBLIGATOIRE
	CREDITS ECTS 4	S9 PARCOURS PROCEDES

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

Les enseignements visent à :

- Sensibiliser les élèves aux défis technologiques et sociétaux liés à la production énergétique, à travers des conférences effectuées par des intervenants industriels et des visites de sites de production d'énergie.
- Comprendre les principaux phénomènes chimiques mis en jeu dans la combustion pour des applications industrielles (chaudières, moteurs, turbines à gaz, ...). Conséquences de l'apparition de nouveaux carburants (bio et e-carburants) et de nouveaux modes de combustion sur les procédés.
- Comprendre comment réaliser l'analyse exergétique d'un procédé afin d'y réduire les dégradations d'énergie

OBJECTIFS SPECIFIQUES

A la fin du module l'étudiant devrait :

- Comprendre le contexte mondial de production et de demande énergétique
- Connaître les principaux procédés dédiés à la transformation de l'énergie
- Savoir analyser des paramètres de combustion et savoir calculer les principaux paramètres chimiques associés
- Savoir construire des diagrammes de combustion et les appliquer à des cas pratiques
- Être capable d'évaluer l'exergie de fluides purs ou de mélanges à partir de données appropriées
- Être capable d'effectuer des bilans exergétiques sur des systèmes fermés (réactifs ou non-réactifs) et ouvert en régime permanent.

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

Combustion : 4 cours (1h30), 4 séances d'exercices (1h30) ; sensibilisation aux enjeux de la transition énergétique (préservation des ressources, nouveaux types de carburants, nouveaux modes de combustion), définition et détermination de paramètres physico-chimiques impliqués en combustion ; approche thermodynamique de la combustion : les diagrammes de combustion ; indice de Wobbe, rendement de combustion et notion de pertes par les produits de combustion, application à la combustion dans les chaudières et dans les moteurs à combustion interne, cycles thermodynamiques idéaux ; 1h30 examen.

Analyse exergétique : 8h de cours, 4h de TD ; définition de l'exergie ; bilans exergétiques en systèmes fermé et ouvert ; calcul de l'exergie de systèmes multiconstituants par les approches gamma-phi et phi-phi ; analyse exergétique de systèmes réactifs ; applications pratiques aux procédés des industries chimiques, 1h30 examen.

Conférences industrielles et visites : 11 créneaux de 3h (5 créneaux pour Procédés) ; thématiques abordées : contexte mondial de l'énergie, extraction du pétrole et procédés oil & gas, capture et stockage du CO₂, énergie éolienne et hydroélectrique, énergie solaire, biomasse et énergie, énergie nucléaire et gestion des déchets nucléaires, procédés de méthanisation ; Evaluation : QCM final, rédaction de résumés et présence.

TYPE D'EVALUATION

Présence obligatoire aux conférences, QCM final et rédaction de résumés (20%) ; examen combustion (40 %), examen analyse exergétique (40 %)

INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS : connaissances en génie chimique, en cinétique et en thermodynamique

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : anglais pour Combustion et français pour Conférences industrielles et Analyse exergétique

CONTRIBUTION DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Les enseignements de cette UE contribuent directement à l'acquisition des compétences n°4, 8, 9

INTITULE DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT : Optimisation dynamique et commande avancée		OBLIGATOIRE
	CREDITS ECTS 4	S9 PARCOURS PROCEDES

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT

Le cours d'optimisation dynamique de procédés vise à :

- Rappeler les différents types de modèles dynamiques de procédés (différentiels, algébro-différentiels et algébro-différentiels partiels).et les méthodes de résolution couramment utilisées
- Définir et formuler un problème d'optimisation dynamique
- Présenter la méthode de résolution CVP combinée à la méthode des sensibilités
- Utiliser le logiciel gPROMS pour quelques applications

Le cours de commande avancée vise à :

- Découvrir les méthodes d'identification paramétrique afin de déterminer les modèles de fonction de transfert
- Découvrir les méthodes de commande par fonction de transfert pour les systèmes monovariables et dans l'espace d'état pour les systèmes multivariables

OBJECTIFS SPECIFIQUES

A la fin des deux cours, l'étudiant devrait être capable de :

- Simuler un procédé décrit par des équations différentielles ordinaires, algébro-différentiels ou algébro-différentiels partiels
- Formuler un problème d'optimisation dynamique
- Utiliser le logiciel gPROMS pour résoudre les problèmes d'optimisation dynamique, avec et sans contraintes
- Identifier un système monovisible à l'aide d'une fonction de transfert
- Mettre au point une commande par fonction de transfert pour les systèmes monovariables et dans l'espace d'état pour les systèmes multivariables, pour des exemples pris dans le domaine du génie des procédés

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

I.Optimisation dynamique

1. Modèles dynamiques de procédés

- Modèles décrits par des équations différentielles ordinaires (ODE)
- Modèles décrits par des équations algébro-différentielles (DAE)
- Modèles décrits par des équations algébro-différentielles partielles(PDAE) et leur transformation en ODE ou DAE

2. Simulation dynamique

- Spécification des conditions initiales
- Formules d'intégration simple et d'ordre supérieur (BDF combinée à la méthode de Newton, prédiction-correction)
- Notion d'index et systèmes d'équations algébro-différentielles d'index élevé
- Utilisation du logiciel gPROMS pour la simulation de réacteurs batch et fedbatch

3. Optimisation dynamique

- Rappels sur l'optimisation statique
 - Conditions d'optimalité de Karush-Kuhn-Tucker (KKT)
 - Optimisation quadratique successive (SQP)
- Définition et formulation mathématique d'un problème d'optimisation dynamique

- Calcul des gradients à l'aide de la méthode des sensibilités
- Résolution à l'aide de la méthode « paramétrisation de la variable de commande » (CVP)
- Utilisation du logiciel gPROMS pour l'optimisation de réacteurs batch

4. Projet

- Description et modélisation d'un procédé (colonnes de distillation, réacteurs, ...)
- Simulation à l'aide du logiciel gPROMS
- Définition et formulation de problèmes d'optimisation dynamique
- Résolution à l'aide du logiciel gPROMS

II. Commande avancée

- Utilisation de l'environnement Matlab Simulink pour l'étude de systèmes dynamiques linéaires dans l'espace d'état et la synthèse de régulateurs
- Synthèse de régulateurs améliorés
- Commande multivariable en temps continu
- Commande monovariable en temps discret

Projet : mise au point d'une commande monovariable ou multivariable sur un réacteur modèle à l'aide de Matlab.

TYPE D'EVALUATION

Projet optimisation (50 %) ; projet commande avancée (50 %)

INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS : méthodes du Génie Chimique, écriture des bilans, méthodes d'analyse numériques et d'optimisation, Informatique (programmation)

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : anglais

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Nécessaires : Polycopiés

Conseillées :

1. Applied Optimal Control: Optimization, Estimation, and Control, Arthur E. Bryson and Yu-Chi Ho, Taylor & Francis Inc; Revised Edition, (1988)
2. Nonlinear Programming: Theory and Algorithms, Mokhtar S. Bazaraa, Hanif D. Sherali, C. M. Shetty, Wiley; 2nd edition, (1993)
3. Commande des Procédés, Jean-Pierre Corriou, Lavoisier Tec & Doc, 2^{ème} édition (2003)

CONTRIBUTION DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Les enseignements de cette UE contribuent directement à l'acquisition de la compétence n°3

Les enseignements de cette UE contribuent indirectement (en tant que ressources) à la compétence n°11

INTITULE DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : Intensification des procédés et innovation		OBLIGATOIRE
	CREDITS ECTS 4	S9 PARCOURS PROCEDES

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

Le cours d'intensification des procédés et innovation vise à :

- Sensibiliser les élèves aux équipements et technologies permettant l'intensification des procédés
- Former les élèves à une démarche structurée conduisant à l'intensification des procédés et à l'innovation
- Donner les connaissances de base nécessaires au calcul des procédés de séparation membranaires
- Sensibiliser les élèves à l'importance d'une démarche d'innovation et aux méthodologies associées

OBJECTIFS SPECIFIQUES

A la fin du module l'étudiant devrait

- Être capable d'analyser et de proposer des améliorations pour un procédé donné (détermination des phénomènes limitants, mise en place d'une stratégie d'intensification)
- Savoir sélectionner un procédé de séparation membranaire en fonction d'un jeu de contraintes (nature du mélange à séparer, performances visées, conditions opératoires)
- Être capable de dimensionner un procédé à membranes pour une application donnée et confronter ses performances à d'autres technologies (efficacité énergétique, productivité)
- Comprendre l'importance et l'interaction entre les trois piliers de l'innovation : la créativité (génération de nouveautés) ; la valeur (d'estime, d'usage et d'échange) ; la socialisation (maîtrise de la conduite du changement)

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

Intensification des procédés : 4 séances de cours (1h30) – 3 séances de TD (1h30) ; définition de l'intensification ; technologies existantes (réacteur à disque tournant, distillation réactive, etc.) ; intensification par microstructuration ; généralisation du choix de stratégie d'intensification par l'analyse des limitations (transfert, équilibre, risque, saturation, etc.) et identification de technologies permettant de lever ces limitations ; étude de cas industriels sur des procédés de synthèse ou de traitement d'effluents.

Procédés membranaires : 4 séances de cours (1h30) – 3 séances de TD (1h30) ; notion de sélectivité, taux de réjection et perméabilité ; matériaux et modules membranaires ; transfert membranaire, polarisation de concentration ; effets osmotiques ; études de cas industriels (concentration d'une solution macromoléculaire, dessalement d'eau de mer par osmose inverse, intensification des procédés d'absorption gaz-liquide par contacteurs).

Projet d'innovation : Travail sur les différentes facettes de l'innovation et mise en œuvre d'une démarche innovante sur un exemple issu des industries chimiques (en collaboration avec nos partenaires industriels).

TYPE D'EVALUATION

Examen écrit d'intensification et de procédés membranaires (25 %), projet d'innovation (75%).

INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS : connaissances en génie chimique, en cinétique et en thermodynamique

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : anglais

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES : documents de cours

CONTRIBUTION DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Les enseignements de cette UE contribuent directement à l'acquisition des compétences n°2, 4, 6, 9

Les enseignements de cette UE contribuent indirectement (en tant que ressources) aux compétences n°11, 12

INTITULE DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : Produits de spécialité		OBLIGATOIRE
	CREDITS ECTS 4	S9 PARCOURS PRODUITS

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

Le cours vise à :

- Introduire les notions de base sur la copolymérisation radicalaire
- Illustrer les principaux types de copolymères et leurs caractéristiques
- Décrire le calcul des réacteurs de copolymérisation radicalaire
- Initier les élèves à l'industrie de la plasturgie et aux différents procédés de mise en forme des matières plastiques
- Introduire la physico-chimie des polymères en solution, aux interfaces et en émulsion
- Acquérir des connaissances en caractérisation et en analyse du comportement des polymères utilisés dans les produits formulés
- Décrire les principaux polymères hydrosolubles (neutres, chargés et amphiphiles) pour des applications en formulation dans des domaines variés

OBJECTIFS SPECIFIQUES

A l'issue de ce module, l'élève-ingénieur devrait être capable de :

- Comprendre la spécificité et l'intérêt des copolymères par rapport à de simples mélanges d'homopolymères
- Réaliser les calculs cinétiques qui sont des prérequis au dimensionnement des réacteurs de copolymérisation
- Concevoir et mettre en œuvre des réacteurs de copolymérisation radicalaire
- Formuler et mettre en forme des matières plastiques
- Tirer parti des propriétés des polymères en solution, aux interfaces et en émulsion pour des applications en formulation dans des domaines variés
- Comprendre le lien entre les caractéristiques structurales et le comportement des produits, notamment aux interfaces

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

1. Copolymères : des procédés aux applications

- Introduction à la copolymérisation radicalaire
- Cinétique de copolymérisation
- Principaux types de copolymères produits à l'échelle industrielle et leurs caractéristiques
- Modélisation et conception de réacteurs de copolymérisation
- Introduction à la polymérisation radicalaire contrôlée pour la synthèse de copolymères à architecture contrôlée
- Exemples d'applications à l'élaboration de copolymères à architecture contrôlée en privilégiant les applications marquantes développées par les industriels français Arkema et Solvay ces dernières années

2. Formulation et mise en forme des matières plastiques

- Présentation de l'industrie de la plasturgie et des différents procédés de mise en forme des matières plastiques : extrusion, injection, calandrage, thermoformage, rotomoulage, moulage haute pression des thermodurcissables
- Dimensionnement d'un procédé d'extrusion : relation débit et perte de charge en extrusion, calcul de l'auto-échauffement des polymères en cours d'extrusion, relations entre les conditions opératoires du procédé et la structure du produit fini
- Formulation des matières plastiques : concepts et méthodologie, planification d'expériences en formulation, choix des résines de base, charges, additifs, adjuvants.

3. Polymères en solution, aux interfaces et en émulsion

- Polymères en solution :
- Physico-chimie des polymères neutres et chargés en solution
- Généralités sur les polymères en solution: solubilité, différents régimes de concentration et températures critiques de solubilité
- Thermodynamique des solutions de polymère diluées
- Méthodes de caractérisation des polymères : osmométrie, tonométrie, viscosimétrie, diffusion de la lumière, chromatographie par exclusion stérique et leur couplage dans des systèmes avancés de caractérisation des polymères
- Généralités sur les polymères hydrosolubles pour des applications en formulation dans des domaines variés (cosmétique, pharmacie, chimie fine, etc...)
- Polymères aux interfaces :
- Importance de la notion de polymères aux interfaces dans les produits formulés
- Conformation des polymères aux interfaces
- Aspects cinétiques et thermodynamiques de l'adsorption des macromolécules
- Polymères en émulsion :
- Application des latex dans les produits formulés
- Liens entre la formulation d'un latex et ses propriétés macroscopiques
- Mécanisme d'une réaction de polymérisation en émulsion : cas général et cas limites
- Influence des conditions de réaction sur les propriétés du latex formé
- Copolymérisation en émulsion

TYPE D'EVALUATION

1. Copolymères : des procédés aux applications : un contrôle final écrit de 1h30 en fin de module
2. Formulation et mise en forme des matières plastiques : un contrôle final écrit de 1h30 en fin de module
3. Polymères en solution, aux interfaces et en émulsion : un contrôle écrit en fin de module

INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS : Bases de chimie et physico-chimie des interfaces et macromoléculaire. Connaissances générales en génie chimique. Connaissances élémentaires en chimie des polymères.

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : anglais

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Nécessaires : aucune

Conseillées :

1. Copolymères : des procédés aux applications

1. Principles of Polymer Chemistry, G. Odian, 3^{ème} édition, John Wiley and Sons, 1991, Chapitre 6 "Chain copolymerization", pages 452-531.
2. Polymer Chemistry – An introduction, R.B. Seymour, C.E. Carraher, 6^{ème} édition, Marcel Dekker, 2003, Chapitre 9 "Copolymerization", pages 332-367.

2. Formulation et mise en forme des matières plastiques

1. Matières plastiques - Propriétés, mise en forme et applications industrielles des matériaux polymers, Marc Carrega, Vincent Verney, 3e édition, Dunod,, 2012.
2. Polymer Extrusion, Pierre G. Lafleur Bruno Vergnes, Wiley, First published: 8 May 2014.

3. Polymères en solution, aux interfaces et en émulsion

1. Chimie et physico-chimie des polymères, M. Fontanille et Y. Gnanou, 2^{ème} édition, Dunod, 2010.
2. Initiation à la chimie et à la physico-chimie des polymères, volume 1, Physico-chimie des polymères, édité par le Groupe Français d'études et d'applications des polymères (le GFP).
3. Initiation à la chimie et à la physico-chimie des polymères, volume 5, exercices et travaux dirigés, édité par le Groupe Français d'études et d'applications des polymères (le GFP).

CONTRIBUTION DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Les enseignements de cette UE contribuent directement à l'acquisition de la compétence n°4

Les enseignements de cette UE contribuent indirectement (en tant que ressources) à la compétence n°11

INTITULE DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : Propriétés et qualités des produits		OBLIGATOIRE
	CREDITS ECTS 4	S9 PARCOURS PRODUITS

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

Le cours vise à :

- Appréhender les plans d'expériences et leur utilisation
- Faire découvrir la planification en atelier batch
- Faire le lien entre les propriétés macroscopiques des polymères et les caractéristiques structurales et morphologiques associées
- Introduire les différents types de dégradation possibles pour les polymères et l'impact sur leurs propriétés
- Présenter les méthodes de stabilisation des polymères qui permettent leur mise en forme et applications
- Aborder le phénomène de transport dans les polymères et gels
- Connaître le procédé de cristallisation et le modéliser
- Analyser le processus de mise en forme d'un médicament dans le respect des spécificités de l'industrie pharmaceutique et/ou cosmétique selon la démarche « Quality by Design » (QbD)

OBJECTIFS SPECIFIQUES

A l'issue de ce module, l'élève-ingénieur devrait être capable de :

- Mettre en œuvre un plan d'expérience
- Optimiser la production en atelier batch
- Concevoir et dimensionner un réacteur conduisant au produit souhaité et aborder les relations procédés-structure-propriétés
- Identifier la cause de la dégradation d'un polymère sur la base d'informations collectées sur le terrain
- Définir une stratégie pour la prévention de la dégradation et mettre en œuvre les stabilisants de façon adaptée
- Stabiliser efficacement un polymère pour sa mise en forme ou pendant sa durée de vie
- Comprendre le transport dans les polymères et les gels
- Modéliser par les bilans de population le procédé de cristallisation, agrégation et brisure
- Concevoir et mettre en œuvre des opérations unitaires spécifiques de la fabrication des médicaments et des cosmétiques :
 - o Mélange et granulation
 - o Compaction et enrobage
 - o nano-Emulsification et Microencapsulation
 - o Lyophilisation

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

1. Plan d'expériences

- Introduction : histoire, processus d'acquisition des connaissances, terminologie, modélisation mathématique à priori de la réponse
- Méthodologie des plans d'expériences : définition du problème, construction du modèle, sélection des facteurs et réponses (moyen mnémotechnique)
- Types de Plans : Matrices de criblage, plans factoriels, plans fractionnaires, plans pour surface de réponses
- Interprétation des résultats : Matrices d'Hadamard, signification des coefficients et des interactions, diagramme des effets
- Notion de Statistique : Modélisation, dispersion des coefficients, facteurs et interactions influents
- Mise en situation avec utilisation d'un outil : Excel et Design-Expert®

2. Polymères : propriétés thermophysiques, dégradation et stabilisation

Propriétés thermophysiques des polymères

- Généralités sur les matériaux polymères : structure chimique, morphologie, propriétés
- Température de transition vitreuse et température de fusion : définition, mesure et méthodes d'estimation
- Relation entre structure chimique et transitions thermomécaniques : interprétation à partir de considérations physiques, conséquences en applications et mise en forme des matériaux

Dégradation et stabilisation des polymères

- Conséquences de la dégradation des polymères sur leurs propriétés
- Présentation des différents types de dégradation : physique, mécanique et chimique
- Différents mécanismes de la dégradation chimique : dégradations thermique, thermique oxydante, photo-oxydante, hydrolytique, radiochimique, biodégradation
- Différentes classes de stabilisants : thermiques, photochimiques, fongicides et bactéricides, ignifuges
- Impact des stabilisants sur l'environnement et la santé

3. Transport dans les polymères, libération contrôlée

- Notion de perméabilité et modèle de solution-diffusion
- Méthodes expérimentales de détermination des coefficients de transport
- Mécanismes et modèles de diffusion dans les polymères et gels
- Libération contrôlée de principes actifs (systèmes réservoir / systèmes matriciels) : processus et modélisation des cinétiques de libération
- Procédés d'élaboration, produits et exemples d'applications

4. Cristallisation

- Procédés de cristallisation, agrégation et brisure
- Modélisation par les bilans de population (théorie DLVO)

5. Produits de santé

- Nature et contenu des recommandations ICH et GLP : Validation vs QbD
- Principes, technologies et dimensionnement des opérations unitaires pharmaceutiques (OUPs)
- Apprentissage Par Problème (APP)

TYPE D'ÉVALUATION

Plan d'expériences : contrôle intermédiaire (online-test réalisé pendant la 3ème séance du CM) + contrôle écrit final

Cristallisation : évaluation de 1h30

Polymères : propriétés thermophysiques, dégradation et stabilisation : contrôle écrit en fin de module

Transport dans les polymères, libération contrôlée : Projet suivi d'une soutenance orale

Produits de santé : QCM

INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS : Bases de chimie et physico-chimie macromoléculaire. Connaissances élémentaires en chimie des polymères. Connaissances générales en mécanique des fluides et thermique des milieux continus.

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : anglais

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Nécessaires : aucune

Conseillées :

1. Vieillissement chimique des plastiques : aspects généraux, J. Verdu, Les techniques de l'ingénieur, Traité plastiques et composites, Volume AM 3 151, 2002.
2. Stabilisation des plastiques : aspects généraux, S. Girois, Les techniques de l'ingénieur, Traité plastiques et composites, Volume AM 3 232, 2004.
3. La stabilisation des polymères, J. Ecole, Nathan, Encyclopédie technique pratique, 1991.
Polymers and the environment, G. Scott, RSC Paperbacks, The Royal Society of Chemistry, Cambridge, 1999.

CONTRIBUTION DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT À L'ACQUISITION DES COMPÉTENCES

Les enseignements de cette UE contribuent directement à l'acquisition des compétences n°4, 5, 6, 13

Les enseignements de cette UE contribuent indirectement (en tant que ressources) à la compétence n°3

INTITULE DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT : Etude de cas - projet de conception de produits innovants		OBLIGATOIRE
	CREDITS ECTS 4	S9 PARCOURS PRODUITS

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT

Les objectifs sont :

- Développer la pensée créative et l'appliquer en créant virtuellement un produit innovant
- Construire et exécuter un plan de conception de produit innovant, de l'idée à l'atelier pilote
- Mobiliser les compétences existantes en génie chimique dans un processus de conception de produit chimique de spécialité à fonction d'usage spécifique
- Connaître et adapter un outil d'évaluation de la rentabilité potentielle d'un nouveau produit lors des différentes étapes de la conception
- Intégrer l'impact environnemental et sociétal du projet et du produit dans la démarche de conception

OBJECTIFS SPECIFIQUES

Les objectifs plus spécifiques sont :

- Mobiliser les connaissances et compétences scientifiques, techniques et organisationnelles acquises dans les semestres précédents pour concevoir un produit innovant de l'idée jusqu'à la preuve de concept
- Calculer la rentabilité potentielle du projet et inclure ce critère dans les critères de transition de phases du projet
- Chiffrer l'impact environnemental et sociétal du projet à l'aide d'outils appropriés et inclure ce critère dans les critères de transition de phases du projet
- S'intégrer rapidement et efficacement en tant qu'expert scientifique dans une activité structurée en groupe de projet
- Analyser la propriété intellectuelle relative au produit innovant et de mettre en œuvre une stratégie pour la contourner si nécessaire

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

- Contenu
 - o Les processus innovants, leur organisation, leurs facteurs clé de succès, leur planification
 - o Les relations structure-propriétés des produits dispersés complexes
 - o Les outils de conduite de projets innovants : investissements, coûts, rentabilité, profitabilité
 - o Le fonctionnement humain d'un groupe de projet
- Méthodes d'enseignement
 - o Team working
 - o Etude de cas
 - o Apprentissage par l'expérience
 - o Apprentissage par problèmes

EVALUATION

- Rapport de preuve de concept et présentation orale du projet

INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS : connaissances et compétences en génie chimique niveau M1

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : anglais et/ou français

CONTRIBUTION DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Les enseignements de cette UE contribuent directement à l'acquisition des compétences n°4, 6, 7, 9, 11, 13

INTITULE DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT : <i>Stage Ingénieur</i>		OBLIGATOIRE
	CREDITS ECTS 30	S10

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT

Il s'agit d'un stage à caractère professionnalisant se déroulant obligatoirement en entreprise ou dans un Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial, d'une durée minimale de 5 mois et maximale de 6 mois. Le stage a lieu en France ou à l'étranger. Ce stage est la première expérience significative dans le monde professionnel. Il a pour but d'amener l'élève-ingénieur à être confronté à la réalité du métier d'ingénieur, tant dans ses aspects techniques que dans ses dimensions humaines, organisationnelles et réglementaires.

OBJECTIFS SPECIFIQUES

À l'issue du stage ingénieur, l'élève devra être capable de :

- remplir une mission d'ingénieur par la résolution de problèmes techniques complexes (avec des objectifs fixés en termes de délais, de coût et de qualité),
- faire preuve d'imagination et de créativité ; être proactif et de faire preuve d'autonomie vis-à-vis de la mission qu'il lui a été confiée,
- présenter des conclusions et des propositions concrètes ; apporter une expertise technique et une aide à la décision ; faire passer un message avec force et conviction,
- rédiger un rapport répondant aux attentes académiques et industrielles.

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

Le sujet du stage est défini à l'avance et doit être approuvé par la Direction des Études. Le travail demandé au stagiaire doit correspondre aux métiers auxquels prépare l'école et doit permettre à l'élève-ingénieur de mobiliser les connaissances acquises au cours des 5 semestres précédents de la formation et de poursuivre l'acquisition de compétences. Un tuteur industriel (de l'entreprise) et un tuteur universitaire (un enseignant-chercheur de l'école) sont désignés pour chaque stagiaire.

TYPE D'EVALUATION :

À la fin de son stage, l'élève-ingénieur doit produire un rapport écrit présentant l'objet de son travail ainsi que les résultats obtenus. Il doit par ailleurs présenter oralement son travail devant un jury constitué du tuteur industriel et du tuteur universitaire ainsi que d'un enseignant-chercheur de l'école n'ayant pas suivi le travail. L'évaluation du stage est effectuée sur la base d'un référentiel de compétences. Pour chaque compétence, un niveau requis de référence sera nécessaire pour la validation du stage. Une liste des points d'évaluation est également déterminée pour le rapport final et pour la soutenance orale. Toute compétence évaluée à un niveau inférieur à celui du niveau de référence requis sera considéré comme non-acquise pour ce stage. L'acquisition des compétences par le stagiaire doit être motivée de façon claire et précise dans le rapport de stage et également lors de la soutenance orale. Une auto-évaluation est aussi demandée au stagiaire.

INFORMATIONS UTILES :

PREREQUIS :

- Avoir défini un projet professionnel.
- Savoir rédiger un Curriculum Vitae et une lettre de motivation.
- Maîtriser les atouts qui permettent de réussir un entretien d'embauche.
- Connaître les bonnes pratiques permettant de rédiger un rapport.
- Maîtriser l'ensemble des concepts enseignés lors de la formation à l'Ecole.

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : français, sauf si le stage se déroule à l'étranger (dans ce cas l'Anglais est préféré).

RESSOURCES : offres de stage et fiches pratiques disponibles sur le CAREER CENTER JOBTEASER

CONTRIBUTION DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Cette UE contribue directement à l'acquisition des compétences n°2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14

ENSEIGNEMENTS DES SEMESTRES 9 et 10 - PARCOURS PROCEDIS

(alternance sous contrat de professionnalisation)

TRONC COMMUN :

Responsable : Olivier HERBINET

<i>Intitulé de l'Unité d'Enseignement et de ses éléments constitutifs</i>	<i>Responsable</i>	<i>H</i>	<i>ECTS</i>
Management et économie V	Vera IVANAJ	40	2
Langues V	E. KASMAREK/M. ADRIAN	48	3
Projet Recherche et Développement	Olivier HERBINET	238/ 191,5 ¹	9
Parcours de spécialisation (voir détail dans les tableaux ci-dessous)		75,5/ 122 ¹	8
Génie des procédés discontinus	Olivier HERBINET	66	4
Simulation des réactions discontinues	Olivier HERBINET	18	
Optimisation dynamique de procédés	Abderrazak LATIFI	18	
Cristallisation industrielle	Hervé MUHR	30	
Conception et conduite d'installations multiproduits	Olivier HERBINET	92,5	4
Conduite et conception d'installations multiproduits	Olivier HERBINET	88	
Initiation au management et à la gestion de projet	Laurent MARCHAL-HEUSSLER	4,5	
Stage ingénieur PROCEDIS	Olivier HERBINET		30
TOTAL		560	60

¹ Selon parcours de spécialisation

PARCOURS DE SPECIALISATION : Procédés pour l'énergie et l'environnement

Responsable : Sabine RODE

<i>Intitulé de l'Unité d'Enseignement et de ses éléments constitutifs</i>	<i>Responsable</i>	<i>H</i>	<i>ECTS</i>
Génie des procédés et énergie	Olivier HERBINET	42,5	4
Conférences industrielles	Olivier HERBINET	15,5	
Combustion	Olivier HERBINET	13,5	
Analyse exergétique	Jean Noël JAUBERT	13,5	
Intensification des procédés et innovation	Jean-Marc COMMENGE	33	4
Intensification des procédés	Jean-Marc COMMENGE	12	
Procédés membranaires	Eric FAVRE	12	
Projet d'innovation	Jean-Marc COMMENGE	9	
TOTAL		75,5	8

PARCOURS DE SPECIALISATION : Produits innovants : de la chimie aux procédés

Responsable : Cécile NOUVEL

<i>Intitulé de l'Unité d'Enseignement et de ses éléments constitutifs</i>	<i>Responsable</i>	<i>H</i>	<i>ECTS</i>
Produits de spécialité	Alain DURAND	59,5	4
<i>Copolymères : des procédés aux applications</i>	Anne JONQUIERES	16,5	
<i>Formulation matières plastiques</i>	Sandrine HOPPE	13	
<i>Polymères en solution, aux interfaces et en émulsion</i>	Alain DURAND	30	
Propriétés et qualité des produits	Anne JONQUIERES	62,5	4
<i>Procédés pour les produits de santé</i>	Laurent MARCHAL-HEUSSLER	15	
<i>Plan d'expériences</i>	Graciela CARES	13	
<i>Propriétés thermophysiques des polymères</i>	Anne JONQUIERES	25,5	
<i>Cristallisation</i>	Eric SCHAEER	9	
TOTAL		122	8

Liens vers les fiches détaillées des Unités d'Enseignements**Tronc commun :****Management et économie V****Langues V****Projet Recherche et Développement****Génie des procédés discontinus****Conception et conduite d'installations multiproduits****Stage ingénieur PROCEDIS****PARCOURS DE SPECIALISATION : Procédés pour l'énergie et l'environnement****Génie des procédés et énergie****Intensification des procédés et innovation****PARCOURS DE SPECIALISATION : Produits innovants : de la chimie aux procédés****Produits de spécialité****Propriétés et qualité des produits**

INTITULE DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT : Projet Recherche et Développement (PRD)		OBLIGATOIRE
	CREDITS ECTS 9	S9 ET S10 PARCOURS PROCEDIS

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT

Il s'agit d'un stage individuel de type recherche et développement qui se déroule pendant les périodes à l'école. Le sujet de ce projet doit être à caractère scientifique ou technologique.

L'objectif de ce projet de recherche et développement est d'apporter à l'élève-ingénieur une initiation à la démarche de recherche/développement.

Le sujet est proposé dès le début de l'année par l'entreprise qui accueille l'élève-ingénieur alternant selon les principaux critères ci-après :

- le sujet proposé doit revêtir un intérêt pour l'entreprise et doit être différent des missions confiées en stage, mais peut toutefois être en lien direct,
- le travail demandé au stagiaire doit correspondre aux métiers auxquels prépare l'école et doit permettre à l'élève-ingénieur de mobiliser les connaissances au cours des deux premières années de la formation (tout comme le projet industriel de fin d'études) et de poursuivre l'acquisition de compétences,
- le projet est réalisé par l'élève lorsqu'il est présent à l'ENSIC : les travaux demandés doivent donc être réalisables avec les moyens disponibles à l'école, par exemple des travaux bibliographiques, ou des travaux assistés par ordinateur sous réserve de la disponibilité des logiciels nécessaires.

OBJECTIFS SPECIFIQUES

A l'issue du PRD, l'élève devra être capable de :

- faire une bibliographie détaillée et complète autour d'une thématique de recherche donnée,
- s'insérer dans une équipe de Recherche et Développement universitaire ou industrielle,
- rédiger un rapport synthétique du travail effectué,
- avoir un avis scientifique éclairé sur sa thématique de recherche,
- faire preuve d'autonomie vis-à-vis du sujet de recherche qu'on lui confie.

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

Le sujet du PRD est défini à l'avance avec le tuteur industriel (de l'entreprise) et doit être approuvé par la Direction des Etudes. Le travail demandé au stagiaire doit correspondre aux métiers auxquels prépare l'école et doit permettre à l'élève-ingénieur de mobiliser les connaissances acquises au cours des deux premières années de la formation et de poursuivre l'acquisition de compétences. Un tuteur industriel (de l'entreprise) et un tuteur universitaire (un enseignant-chercheur de l'école) sont désignés pour chaque stagiaire.

Les objectifs techniques du projet seront fixés au début de l'enseignement et décriront le cahier des charges du programme.

TYPE D'EVALUATION

A la fin de sa formation, l'élève-ingénieur doit produire un rapport écrit présentant l'objet de son travail ainsi que les résultats obtenus. Il doit par ailleurs présenter oralement son travail devant un jury constitué du tuteur industriel et du tuteur universitaire ainsi que d'un enseignant-chercheur de l'école n'ayant pas suivi le travail. L'évaluation du PRD se fait par l'attribution d'une note qui prend en compte les points suivants (chacun noté sur 3 points) :

- la qualité du rapport écrit,
- la qualité de la présentation orale,
- le travail fourni durant le projet

La présentation orale a lieu le même jour que celle du stage ingénieur. Le rapport de PRD est distinct du rapport de stage.

INFORMATIONS UTILES

PRE-REQUIS :

- Connaître les bonnes pratiques permettant de rédiger un rapport.
- Maîtriser l'ensemble des concepts enseignés lors de la formation à l'Ecole.

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : français (anglais accepté)

CONTRIBUTION DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Cette UE contribue directement à l'acquisition des compétences n°2, 3, 5, 6, 7, 8, 11, 13

INTITULE DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : <i>Génie des procédés discontinus</i>		OBLIGATOIRE
	CREDITS ECTS 4	S9 PARCOURS PROCEDIS

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

Les cours de ce module visent à :

- Apprendre à résoudre les bilans matière et chaleur dans un réacteur en utilisant l'outil Matlab
- Introduire les bases nécessaires pour résoudre un problème d'optimisation dynamique ; présenter la méthode de résolution CVP combinée à la méthode des sensibilités
- Exposer les aspects fondamentaux et technologiques de la cristallisation et précipitation industrielles

OBJECTIFS SPECIFIQUES

A l'issue de ce module, l'élève-ingénieur devrait être capable de :

- Simuler des réacteurs chimiques discontinus avec l'objectif de définir les conditions opératoires qui conduisent à la gestion optimale du procédé
- Simuler un procédé décrit par des équations différentielles ordinaires, algèbro-différentiels ou algèbro-différentiels partiels
- Formuler un problème d'optimisation dynamique et utiliser le logiciel gPROMS pour résoudre les problèmes d'optimisation dynamique avec et sans contraintes
- Concevoir, dimensionner et analyser le fonctionnement des appareils de cristallisation et de précipitation

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

Simulation des réactions discontinues

Ecriture et résolution de bilans de matière et de chaleur en présence de réaction chimique dans les réacteurs discontinus; en régime transitoire dans les réacteurs piston avec ou sans dispersion axiale. Bilans de population en mode discontinu. Simulation et optimisation du rendement et de la sélectivité.

Simulation et optimisation dynamique de procédés

- Modèles dynamiques de procédés : modèles décrits par des équations différentielles ordinaires (ODE), algèbro-différentielles (DAE) ou algèbro-différentielles partielles (PDAE) et leur transformation en ODE ou DAE
- Simulation dynamique : spécification des conditions initiales, formules d'intégration simple et d'ordre supérieur (BDF combinée à la méthode de Newton, prédiction-correction), notion d'index et systèmes d'équations algèbro-différentielles d'index élevé, utilisation du logiciel gPROMS pour la simulation de réacteurs batch et fedbatch
- Optimisation dynamique : rappels sur l'optimisation statique (conditions d'optimalité de Karush-Kuhn-Tucker (KKT) et optimisation quadratique successive (SQP)); définition et formulation mathématique d'un problème d'optimisation dynamique ; calcul des gradients à l'aide de la méthode des sensibilités ; résolution à l'aide de la méthode « paramétrisation de la variable de commande » (CVP) ; utilisation du logiciel gPROMS pour l'optimisation de réacteurs batch
- Projet tutoré : description et modélisation d'un procédé (colonnes de distillation, réacteurs, ...) ; définition et formulation de problèmes d'optimisation dynamique ; simulation et résolution à l'aide du logiciel Gproms

Cristallisation et précipitation industrielles

Connaissances de base sur les solutions et détermination des courbes de solubilité ; caractérisation des solides ; cinétiques de cristallisation : nucléation, croissance cristalline, agglomération, brisure, mûrissement et influence des impuretés et du solvant sur la cristallisation; conception et analyse globale des procédés de cristallisation à partir des bilans de matière et thermique ; conception, dimensionnement et analyse de

fonctionnement des appareils de cristallisation basés sur les bilans de populations : procédés continus et discontinus ; précipitation, génie de la réaction chimique appliqué au calcul des précipiteurs ; applications industrielles de la cristallisation : procédés et équipements, cristallisation en bain fondu ; approche industrielle pour la maîtrise de la qualité des solides divisés et optimisation de la chaîne du solide ; aspects fondamentaux et appliqués du polymorphisme des composés moléculaires et pharmaceutiques : approches thermodynamique et structurale, méthodes de caractérisation, exemples et implications pour les procédés industriels.

TYPE D’EVALUATION

Simulation des réactions discontinues : 3h d’examen sous forme de projet tutoré

Simulation et optimisation dynamique de procédés : 3h d’examen sous forme de projet tutoré

Cristallisation et précipitation industrielles : pas d’évaluation

INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS : Phénomènes de transferts II, cinétique chimique, Thermodynamique Chimique, Génie de la réaction chimique, Méthodes du Génie Chimique, Méthodes d’analyse numériques et d’optimisation, Informatique (programmation).

LANGUE D’ENSEIGNEMENT : FRANÇAIS

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Nécessaires : Polycopiés

Conseillées :

1. Applied Optimal Control: Optimization, Estimation, and Control, Arthur E. Bryson and Yu-Chi Ho, Taylor & Francis Inc; Revised Edition, (1988)
2. Nonlinear Programming: Theory and Algorithms, Mokhtar S. Bazaraa, Hanif D. Sherali, C. M. Shetty, Wiley; 2nd edition, (1993)

CONTRIBUTION DE L’UNITE D’ENSEIGNEMENT A L’ACQUISITION DES COMPETENCES

Les enseignements de cette UE contribuent directement à l’acquisition des compétences n°3, 4

INTITULE DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : <i>Conception et conduite d'installations multiproduit</i>		OBLIGATOIRE
	CREDITS ECTS 4	S9 PARCOURS PROCEDIS

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

Les cours de ce module visent à :

- Faire découvrir la planification en atelier batch
- Exposer la méthodologie permettant de concevoir une unité batch à partir de données de laboratoire.
- Fournir et rappeler les notions nécessaires au dimensionnement d'installations discontinues
- Fournir les notions élémentaires liées à la gestion opérationnelle d'une entreprise
- Donner la capacité de s'intégrer rapidement et efficacement en tant qu'expert scientifique dans une activité structurée en groupe de projet

OBJECTIFS SPECIFIQUES

A l'issue de ce module, l'élève-ingénieur devrait être capable de :

- Appliquer la méthodologie de conception d'une unité batch qui consiste à construire, à l'échelle industrielle, une installation discontinue à partir d'un protocole de synthèse chimique réalisée à l'échelle du laboratoire.
- Optimiser la production en atelier batch
- Maîtriser les techniques de dimensionnement des équipements discontinus, semi-continus et continus faisant partie d'un atelier de production discontinu
- Planifier et conduire un projet simple de conception de produit chimique innovant,

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

Conception et conduite d'installations multiproduit dans une unité batch

Définition d'une unité Batch. Différences avec l'unité continue.

Schéma de blocs, analyse et planning des tâches du procédé, détermination de la durée d'un batch.

Méthodologie de conception d'une unité batch à partir de données de laboratoire.

Bilan matière, schéma procédé, technologie des équipements utilisés dans les unités Batch

Structure et fonctionnement des installations discontinues. Dimensionnement des installations discontinues pour un et/ou plusieurs produits en se basant sur le critère "investissement minimal". Gestion d'un parc d'appareils pour composer une installation discontinue.

Initiation au management et à la gestion de projets innovants

Construction d'une réponse à un appel d'offre lancé par l'union Européenne

TYPE D'EVALUATION

Conception d'installations multiproduits et conduite d'une unité batch : Projet tutoré de réalisation d'une unité batch pour la fabrication d'un produit : technologie et dimensionnement des appareils discontinus qui constituent l'unité et ordonnancement des tâches.

Initiation au management et à la gestion de projets innovants : pas d'examen

INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS : Bases générales de Génie des Procédés : Phénomènes de Transports et Transferts, Cinétique Chimique, Génie de la Réaction Chimique. Génie des Séparations, opérations Unitaires Mécaniques.

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : français

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Nécessaires : Polycopiés

CONTRIBUTION DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Les enseignements de cette UE contribuent directement à l'acquisition des compétences n°3, 4

Les enseignements de cette UE contribuent indirectement (en tant que ressources) à la compétence n°11

INTITULE DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : <i>Stage Ingénieur PROCEDIS</i>		OBLIGATOIRE
	CREDITS ECTS 30	S9 ET S10 PARCOURS PROCEDIS

OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

Il s'agit d'un stage à caractère professionnalisant se déroulant obligatoirement en entreprise ou dans un Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial, d'une durée minimale de 33 semaines et de 43 semaines au maximum. Le stage a lieu en France. Ce stage est la première expérience significative dans le monde professionnel. Il a pour but d'amener l'élève-ingénieur à être confronté à la réalité du métier d'ingénieur, tant dans ses aspects techniques que dans ses dimensions humaines, organisationnelles et réglementaires.

OBJECTIFS SPECIFIQUES

A l'issue du stage ingénieur, l'élève devra être capable de :

- Remplir une mission d'ingénieur par la résolution de problèmes techniques complexes (avec des objectifs fixés en termes de délais, de coût et de qualité)
- Faire preuve d'imagination et de créativité ; d'être proactif et de faire preuve d'autonomie vis-à-vis de la mission qu'il lui a été confiée
- Présenter des conclusions et des propositions concrètes ; d'apporter une expertise technique et une aide à la décision ; de faire passer un message avec force et conviction
- Rédiger un rapport répondant aux attentes académiques et industrielles

CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

Le sujet du stage est défini à l'avance et doit être approuvé par la Direction des Etudes. Le travail demandé au stagiaire doit correspondre aux métiers auxquels prépare l'école et doit permettre à l'élève-ingénieur de mobiliser les connaissances acquises au cours des deux premières années de la formation et de poursuivre l'acquisition de compétences. Un tuteur industriel (de l'entreprise) et un tuteur universitaire (un enseignant-chercheur de l'école) sont désignés pour chaque stagiaire.

TYPE D'EVALUATION :

A la fin de son stage, l'élève-ingénieur doit produire un rapport écrit présentant l'objet de son travail ainsi que les résultats obtenus. Il doit par ailleurs présenter oralement son travail devant un jury constitué du tuteur industriel et du tuteur universitaire ainsi que d'un enseignant-chercheur de l'école n'ayant pas suivi le travail. L'évaluation du stage-ingénieur se fait par l'attribution d'une note qui prend en compte les points suivants (chacun noté sur 4 points) :

- la qualité du rapport écrit,
- la qualité de la présentation orale,
- le travail fourni durant le stage,
- l'appréciation du tuteur industriel.

La présentation orale a lieu le même jour que celle du projet recherche & développement (PRD). Le rapport de stage est distinct du rapport de PRD.

INFORMATIONS UTILES :

PREREQUIS :

- Avoir défini un projet professionnel.
- Savoir rédiger un Curriculum Vitae et une lettre de motivation.
- Maîtriser les atouts qui permettent de réussir un entretien d'embauche.

- Connaître les bonnes pratiques permettant de rédiger un rapport.
- Maîtriser l'ensemble des concepts enseignés lors de la formation à l'Ecole.

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : français

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES : Guide du stage ingénieur disponible sur l'ENT

CONTRIBUTION DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT A L'ACQUISITION DES COMPETENCES

Cette UE contribue directement à l'acquisition des compétences n°2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14

BILAN DES SEMESTRES 9 & 10

I2C FISE Semestres 9 & 10		CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES ET MAÎTRISE DE LEUR MISE EN ŒUVRE												L'ADAPTATION AUX EXIGENCES PROPRES DE L'ENTREPRISE ET DE LA SOCIÉTÉ				LA PRISE EN COMPTE DE LA DIMENSION ORGANISATIONNELLE, PERSONNELLE ET CULTURELLE																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
		COMPÉTENCE 1			COMPÉTENCE 2			COMPÉTENCE 3			COMPÉTENCE 4			COMPÉTENCE 5			COMPÉTENCE 6			COMPÉTENCE 7		COMPÉTENCE 8		COMPÉTENCE 9		COMPÉTENCE 10		COMPÉTENCE 11		COMPÉTENCE 12		COMPÉTENCE 13		COMPÉTENCE 14																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Libellé UE	ECTS	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
Projet de recherche et développement	10										x						x																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Management et économie V	2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													</

Pour les options et les parcours de spécialisation, la contribution à l'acquisition de compétences dépend du choix (le tableau rassemble les contributions de toutes les options et de tous les parcours). Les contributions spécifiques à chaque option et à chaque UE de parcours de spécialisation sont indiquées dans les fiches (voir plus haut).