

| INTITULE DU MODULE : <i>Cinétique chimique</i> |                               |              |                    |
|------------------------------------------------|-------------------------------|--------------|--------------------|
| HEURES PRESENTIEL                              | VOLUME HORAIRE TRAVAIL ESTIME | CREDITS ECTS | <i>OBLIGATOIRE</i> |
| <b>40</b>                                      | <b>60</b>                     | <b>2</b>     |                    |

**OBJECTIFS GENERAUX DU MODULE :**

Le cours de cinétique chimique vise à donner aux élèves ingénieurs les connaissances nécessaires à la compréhension des phénomènes cinétiques mis en jeu lors d'une transformation chimique dans différents types de réacteurs modèles.

**OBJECTIFS SPECIFIQUES :**

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

- Décrire le fonctionnement des réacteurs idéaux.
- Déterminer une loi de vitesse à partir de résultats expérimentaux obtenus en réacteur idéal.
- Calculer l'énergie d'activation et le facteur pré-exponentiel par utilisation de la loi d'Arrhenius.
- Identifier les différents types de mécanismes réactionnels simples ou complexes.
- Déterminer l'expression de la loi de vitesse d'une réaction complexe (en chaîne ou par stade) à partir de son mécanisme.
- Appréhender les particularités cinétiques des réactions en phase liquide.

**CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT :**
**I. Définition de la vitesse.**

- 1- Vitesses de formation et de consommation.
- 2- Vitesse globale de réaction.

**II. Mesure de la vitesse**

- 1- Classification des réacteurs idéaux.
- 2- Bilans de matière.
  - a) Etude du réacteur fermé.
  - b) Etude du réacteur ouvert parfaitement agité.
  - c) Etudes du réacteur piston.

**III. Lois de vitesse.**

1. Influence des concentrations.
2. Influence de la température

**IV. Théories de vitesse.**

- 1- Equations stœchiométriques et processus élémentaires.
- 2- Classification des processus élémentaires.
- 3- Théorie des collisions.
- 4- Théorie du complexe activé.

**V. Cinétique formelle.**

1. Réactions d'ordre simple.
2. Réactions composées.

**VI. Mécanismes réactionnels.**

- 1- Classification des mécanismes réactionnels.
- 2- Approximation de l'état quasi-stationnaire.
- 3- Mécanisme des réactions radicalaires en chaînes.

- 4- Mécanisme des réactions par stade.
- 5- Etude des réactions unimoléculaires.

#### **VII. Cinétique en phase liquide.**

- 1- Effet cage.
- 2- Formule de Bronsted-Bjerrum.
- 3- Influence du milieu sur les constantes de vitesse.

**EQUIPE PEDAGOGIQUE :**

**Responsable : M. Yves SIMON**

**TYPE D'EVALUATION :**

Un contrôle écrit de 3h en fin de module.

**INFORMATIONS UTILES :**

PRE-REQUIS :     - Bases du calcul différentiel et intégral.  
                      - Premier et deuxième principe de la thermodynamique.

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : Français

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES CONSEILLEES :

Cinétique et Catalyse, Génie des Procédés de l'Ecole de Nancy, G. Scacchi, M. Bouchy, J-F Foucaut, Orfan Zahraa, Lavoisier Tech & Doc, 1996.

**CONTRIBUTION DE L'UE A L'ACQUISITION DES COMPETENCES :**

Cette UE contribue directement à l'acquisition de la compétence n°1.

|                                              |                                            |                          |                    |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------|--------------------|
| INTITULE DU MODULE : <i>Chimie organique</i> |                                            |                          |                    |
| HEURES PRESENTIEL<br><b>40</b>               | VOLUME HORAIRE TRAVAIL ESTIME<br><b>72</b> | CREDITS ECTS<br><b>2</b> | <b>OBLIGATOIRE</b> |

**OBJECTIFS GENERAUX DU MODULE :**

Ce module vise :

- à faire acquérir des connaissances de base en chimie organique (expliquer la géométrie des molécules, connaître la nomenclature internationale, reconnaître les différentes fonctions présentes dans les molécules organiques, leurs propriétés et réactivités).
- à fournir des notions de base essentielles à une compréhension de la réactivité des composés organiques

**OBJECTIFS SPECIFIQUES :**

A l'issue de ce module, l'étudiant devra être capable :

- de prévoir la réactivité des molécules organiques
- de pouvoir concevoir à partir de produits commerciaux des molécules organiques à haute valeur ajoutée
- de prévoir ou d'expliquer également la formation de produits secondaires lors d'une réaction chimique.

**CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT :**
**Contenu :**

1. Structure des molécules organiques.
2. Nomenclature des composés organiques.
3. Isométrie plane et stéréo-isométrie.
4. Intermédiaire réactionnels (nature et stabilité)
5. Réactivités et préparations des fonctions organiques simples.

**Méthodes d'enseignement :**

L'enseignement est réalisé sous forme de cours magistraux et de travaux dirigés (deux groupes de niveau).

**EQUIPE PEDAGOGIQUE :**
**Responsable : Mme Axelle ARRAULT**
**TYPE D'EVALUATION :**

L'évaluation de ce module sera réalisée sous la forme d'un contrôle écrit d'une heure à mi-parcours et d'un contrôle écrit d'une heure à la fin du module.

**INFORMATIONS UTILES :**

PRE-REQUIS : Chimie générale de base

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : Français

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES : -

**CONTRIBUTION DE L'UE A L'ACQUISITION DES COMPETENCES :**

Cette UE contribue directement à l'acquisition des compétences n°1 et 4.

Cette UE contribue indirectement (en tant que ressources) à la compétence n°8.

|                                                        |                                                   |                                 |                    |
|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------|
| <b>INTITULE DU MODULE : <i>Chimie industrielle</i></b> |                                                   |                                 |                    |
| <b>HEURES PRESENTIEL</b><br><i>40</i>                  | <b>VOLUME HORAIRE TRAVAIL ESTIME</b><br><i>66</i> | <b>CREDITS ECTS</b><br><i>2</i> | <b>OBLIGATOIRE</b> |

**OBJECTIFS GENERAUX DU MODULE :**

Apporter une culture de l'industrie de transformation de la matière et de l'énergie

**OBJECTIFS SPECIFIQUES :**

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

- Comprendre les notions de bases de génie des procédés (procédé continu, discontinu, réactions, séparations, recyclages)
- Comprendre et analyser un procédé à partir du schéma
- Savoir écrire et résoudre un bilan de matière et un bilan de chaleur en régime stationnaire/transitoire, pour des systèmes non réactifs/réactifs

**CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT :**
**I- Bilan Matière Energie**

1. Classification des procédés
2. Elaboration des schémas de procédés industriels
3. Bilans de matière sur les procédés unitaires
4. Calculs sur les procédés à plusieurs unités
5. Bilans de matière dans les procédés avec réaction
6. Bilans énergétiques dans les procédés
  - a. Cas des procédés non réactifs
  - b. Cas des procédés réactifs
7. Bilans de matière en conditions transitoires

**II- Les grandes filières de produits et de procédés**

Relatives à la chimie inorganique, pétrolière (raffinage), organique (pétrochimie) et à l'industrie nucléaire et pharmaceutique.

**EQUIPE PEDAGOGIQUE :**

**Responsable : Madame MUHR Laurence**

**TYPE D'EVALUATION :**

1 contrôle (3h) de résolution de bilans sur des exemples industriels réels

1 mémoire bibliographique avec présentation sur un sujet proposé. Celui-ci servira de pré-requis de connaissances pour les élèves de la promotion dans le cadre de leur formation industrielle.

**INFORMATIONS UTILES :**

PRE-REQUIS : Thermodynamique niveau BAC+2

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : FRANÇAIS

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES : -

**CONTRIBUTION DE L'UE A L'ACQUISITION DES COMPETENCES :**

Les EC de cette UE contribuent directement à l'acquisition des compétences n°3 et 6.

Les EC de cette UE contribuent indirectement (en tant que ressources) à la compétence n°9.

| INTITULE DU MODULE : <i>Phénomènes de transferts I</i> |                                |              |                    |
|--------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------|--------------------|
| HEURES PRESENTIEL                                      | VOLUME HORAIRES TRAVAIL ESTIME | CREDITS ECTS | <i>OBLIGATOIRE</i> |
| <i>80</i>                                              | <i>133</i>                     | <i>4</i>     |                    |

**OBJECTIFS GENERAUX DU MODULE :**

Les cours du module phénomènes de transferts I visent à :

- Faire acquérir les connaissances de base en mécanique des fluides dans le contexte applicatif du génie des procédés ainsi que les bases théoriques nécessaires à la compréhension des mécanismes de transfert de chaleur par conduction et convection.
- Appliquer les concepts de base et inculquer la méthodologie permettant le choix et le dimensionnement des pompes.

**OBJECTIFS SPECIFIQUES :**

A la fin de l'étude de chacun des thèmes traités dans le contenu, et pour atteindre les objectifs généraux, l'étudiant devrait être capable de :

- décrire un écoulement avec des outils adéquats et poser dans la mesure du possible un formalisme analytique ;
- comprendre les processus physiques intervenant en conduction et convection et d'appliquer les concepts acquis pour résoudre des problèmes de transfert thermique faisant intervenir des écoulements
- raisonner et justifier la solution proposée dans le contexte de l'ingénieur de procédés.
- distinguer les différents types de pompes et choisir et dimensionner une pompe

**CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT :**
**Mécanique des fluides**

Statique des fluides ; hydrodynamique des fluides parfaits ; équations de conservation; viscosité et frottements ; écoulements laminaires ; notions d'analyse dimensionnelle et de similitudes, lois d'extrapolation ; écoulements turbulents ; frottements à la paroi et perte de charge ; éléments de conduites ; couches limites et sillages ; coefficient de traînée et vitesse terminale de déplacement. Pompes (classification ; fonctionnement ; lois de similitudes ; cavitation ; choix et dimensionnement)

**Pompes**

Classification des pompes ; pompes volumétriques ; pompes centrifuges et hélico-centrifuges ; lois de similitudes ; cavitation ; choix et dimensionnement.

**Transferts de chaleur et de matière**

Introduction : modes de transfert de chaleur.

Transfert de chaleur par conduction : propriétés thermophysiques ; loi de Fourier ; équations de conservation de l'énergie ; conduction en régime permanent en absence et en présence d'une source thermique homogène en coordonnées cartésiennes, cylindriques et sphériques ; analogie électrique ; théorie de l'ailette et dimensionnement d'un système à ailettes ; conduction en régime transitoire (nombres adimensionnels caractéristiques, corps mince, utilisation de la transformée de Laplace et des abaques de Heisler pour corps épais).

Transfert de chaleur par convection forcée : concepts de base ; transport advectif de la chaleur ; équations de conservation ; nombre de Péclet thermique ; loi de Newton et coefficient de transfert de chaleur ; convection forcée ; écoulements externes et internes ; paramètres adimensionnels et corrélations en convection forcée

| EQUIPE PEDAGOGIQUE : | Responsable : Mme Alexandra GIGANTE    |
|----------------------|----------------------------------------|
| Huai Zhi LI          | Mécanique des fluides                  |
| Alexandra GIGANTE    | Pompes                                 |
| Alexandra GIGANTE    | Transferts par conduction et diffusion |

**TYPE D'EVALUATION :**

- Deux évaluations de 1h30 chacune sous forme d'examen écrit en Mécanique des fluides et Pompes (tous documents permis sauf connexion internet)
- Deux évaluation de 1h30 chacune sous forme d'examen écrit en Transfert de chaleur (tous documents permis)

**INFORMATIONS UTILES :**

PRE-REQUIS : -

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : FRANÇAIS

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Nécessaires : photocopiés pour les différents cours enseignés

Conseillées : R. Joulie, Mécanique des fluides appliquée, Ellipse 1998

Frank P. Incropera and David P. DeWitt. "Fundamentals of Heat and Mass Transfer", John Wiley and Sons. 1998.

**CONTRIBUTION DE L'UE A L'ACQUISITION DES COMPETENCES :**

Les EC de cette UE contribuent directement à l'acquisition des compétences n°2 et 4.

| INTITULE DU MODULE : <i>Thermodynamique I</i> |                               |              |                    |
|-----------------------------------------------|-------------------------------|--------------|--------------------|
| HEURES PRESENTIEL                             | VOLUME HORAIRE TRAVAIL ESTIME | CREDITS ECTS | <i>OBLIGATOIRE</i> |
| 40                                            | 66                            | 2            |                    |

#### OBJECTIFS GENERAUX DU MODULE :

Ce module vise à :

- présenter aux étudiants les principes, grandeurs et outils de la thermodynamique essentiels au génie des procédés,
- montrer leur utilisation et applications dans les bilans énergétiques des systèmes, dans la prévision des états stables de la matière, dans la prévision de l'évolution spontanée des systèmes, dans le dimensionnement d'installations énergétiques simples.

#### OBJECTIFS SPECIFIQUES :

A l'issue du module THERMODYNAMIQUE I, l'élève doit être capable :

- d'analyser un problème thermodynamique et poser les équations permettant de le résoudre.
- de résoudre des problèmes impliquant des bilans de matière, d'énergie (1er principe) et d'entropie (second principe) en système fermé et ouvert, en régime permanent et transitoire.
- de comprendre, maîtriser et appliquer les limitations imposées par le second principe de la thermodynamique.
- d'estimer ou calculer les propriétés physico-chimiques et thermodynamiques des corps purs et leurs variations à l'aide du modèle du gaz parfait, d'équations d'état usuelles, de la méthode des états correspondants, de diagrammes d'état ou de corrélations adéquates.

#### CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT :

##### INTRODUCTION

##### I- GENERALITES

##### II- PREMIER PRINCIPE EN SYSTEME FERME ET APPLICATIONS AU GAZ PARFAIT

##### III - SECOND PRINCIPE EN SYSTEME FERME - FONCTION ENTROPIE – ENTROPIE CREE – APPLICATIONS

##### IV – FONCTIONS THERMODYNAMIQUES ET LEURS DIFFERENTIELLES – POTENTIEL CHIMIQUE – REGLE DES PHASES

##### V- PROPRIETES THERMODYNAMIQUES DU CORPS PUR

- V.1- Les fluides réels
  - V.2- Propriétés PVT des fluides réels – facteur de compressibilité – équation d'état cubique et équation d'état du viriel
  - V.3 - Calcul des propriétés thermodynamiques des fluides – grandeurs résiduelles et grandeurs d'écart au gaz parfait
  - V.4 - Calcul des propriétés d'équilibre liquide- vapeur du corps pur – équation de Clapeyron
- diagrammes d'état

##### VI – BILAN DE MATIERE, D'ENERGIE ET D'ENTROPIE EN SYSTEME OUVERT ET REGIME PERMANENT - APPLICATIONS

##### VI – PRINCIPE DES ETATS CORRESPONDANTS et UTILISATIONS PRATIQUES

Méthodes d'enseignement : séances de 3H contenant cours et TD mélangés

**EQUIPE PEDAGOGIQUE :**

**Responsable : M. Roland SOLIMANDO**

**TYPE D'EVALUATION :**

2 contrôles écrits (1,5 H + 3 H)

**INFORMATIONS UTILES :**

PRE-REQUIS : -

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : FRANÇAIS

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Conseillées :

- Fundamentals of engineering thermodynamics, 5th edition, Michael, J. MORAN and Howard N. SHAPIRO.
- Théorie et Applications de la Thermodynamique, Série Schaum, Michael M. ABBOTT et Hendrick C. VAN NESS.

**CONTRIBUTION DE L'UE A L'ACQUISITION DES COMPETENCES :**

Cette UE contribue directement à l'acquisition de la compétence n°1.

|                                                        |                                            |                          |                    |
|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------|--------------------|
| INTITULE DU MODULE : <i>Mathématiques appliquées I</i> |                                            |                          |                    |
| HEURES PRESENTIEL<br><i>80</i>                         | VOLUME HORAIRE TRAVAIL ESTIME<br><i>55</i> | CREDITS ECTS<br><i>4</i> | <i>OBLIGATOIRE</i> |

**OBJECTIFS GENERAUX DU MODULE :**

- niveler "par le haut" les connaissances des étudiants, hétérogènes, du fait de la grande variété des parcours antérieurs ;
- faire acquérir les techniques de calcul analytique formel utiles dans la résolution des problèmes de l'ingénierie avec l'aide d'outils de calcul électroniques.

**OBJECTIFS SPECIFIQUES :**

- comprendre et savoir manipuler les notations et les outils de calcul utilisés par les modules techniques (thermodynamique, mécanique des fluides, transfert, etc.) ;
- conduire efficacement un calcul littéral ;
- mettre "en équations" un problème concret de l'ingénierie et résoudre analytiquement des cas simples.

**CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT :**
**I-Outils de calcul**

- I.1-Résolution des équations polynomiales de degré 3 et 4
- I.2-Calcul vectoriel
- I.3-Calcul matriciel
- I.4-Fonctions de la trigonométrie hyperbolique

**II-Analyse des fonctions d'une variable réelle**

- II.1-Formules de Taylor et développements limités
- II.2-Équations différentielles ordinaires
- II.3-Calcul intégral

**III-Analyse des fonctions de plusieurs variables réelles**

- III.1-Dérivées partielles et différentielle totale
- III.2-Principaux opérateurs différentiels (gradient, divergence, rotationnel, Laplacien)
- III.3-Recherches d'extrema
- III.4-Intégration des différentielles d'ordre 1
- III.5-Intégrales curvilignes de 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> espèces
- III.6-Intégrales multiples

Méthode d'enseignement : les notions sont abordées dans un court exposé théorique, suivi de séances de TD d'application pratique ; cela peut recouvrir plusieurs séances pour un seul chapitre.

**EQUIPE PEDAGOGIQUE :**
**Responsable : M. Vincent LECUYER**
**TYPE D'EVALUATION :**

Contrôle continu (3 contrôles équirépartis dans le module, chacun portant sur l'ensemble des notions abordées depuis le début du module)

**INFORMATIONS UTILES :**

PRE-REQUIS : les connaissances mathématiques "standard" d'un étudiant titulaire d'un BUT scientifique ou équivalent

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : FRANÇAIS

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES : -

**CONTRIBUTION DE L'UE A L'ACQUISITION DES COMPETENCES :**

Cette UE contribue directement à l'acquisition de la compétence n°3.

| INTITULE DU MODULE : <i>Management et économie I</i> |                               |              |                    |
|------------------------------------------------------|-------------------------------|--------------|--------------------|
| HEURES PRESENTIEL                                    | VOLUME HORAIRE TRAVAIL ESTIME | CREDITS ECTS | <i>OBLIGATOIRE</i> |
| <b>136</b>                                           | <b>199</b>                    | <b>6</b>     |                    |

**OBJECTIFS GENERAUX DU MODULE :**

- Apprendre les principes, les outils et les méthodes de base de l'évaluation et de maîtrise des risques.
- Repérer les enjeux humains, sociaux, économiques et juridiques de la Santé et Sécurité au Travail (S&ST) dans l'entreprise.
- Intégrer dans ses pratiques au quotidien et dans ses projets l'évaluation et la maîtrise des risques pour la S&ST.
- Identifier les outils et les méthodes de base de la gestion industrielle : la gestion des stocks de matières et le dimensionnement des approvisionnements.
- Connaître les moyens d'accéder à l'information documentaire scientifique et la gestion de la documentation.
- Maîtriser les outils nécessaires à l'analyse d'un bilan et du résultat d'une entreprise.
- Comprendre les différences dans les comportements des individus à travers des outils de connaissance de soi.
- Reconnaître les principales dimensions et outils de la communication interpersonnelle (verbale et non verbale).
- Identifier le contenu d'un CV et d'une lettre de motivation.
- Décrire et analyser les principales dimensions de la conduite du changement dans une organisation.

**OBJECTIFS SPECIFIQUES :**

- Réaliser une évaluation des risques au poste de travail et mettre en place des stratégies de prévention et de protection.
- Pouvoir travailler en équipe sur les principales méthodologies d'analyse des risques industriels.
- Être capable d'apporter une solution à un problème de gestion des flux en production.
- Réaliser une évaluation des risques industriels et mettre en place des stratégies de prévention et de protection.
- Faire une recherche d'information scientifique via les outils actuels de la gestion de l'information.
- Etre capable d'appréhender une situation financière en s'interrogeant sur la rentabilité et le financement d'un investissement.
- Travailler avec les autres et en équipe composée de personnes ayant des préférences comportementales différentes.
- Pouvoir construire et adapter un dossier de candidature en réponse à une offre de stage ou d'emploi.
- Savoir conduire une analyse et un diagnostic d'une situation de changement organisationnel.

**CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT :**
**Gestion de production**

1. La gestion industrielle : introduction
2. Gestion des Stocks : classement de Pareto, modèle de Wilson, stock de sécurité
3. Planification de la production : PIC, PDP, MRP, ordonnancement, Lean Management
4. Applications sur Excel

**Hygiène-Sécurité-Environnement**

*Cette partie est calquée sur le référentiel BES&ST (Bases Essentielles en Santé et Sécurité au Travail) élaboré par le conseil national pour l'enseignement en santé et sécurité au travail (CNES&ST) constitué entre autres de représentants de la Direction Générale de l'Enseignement Supérieur (DGES) et de la Caisse Nationale de l'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés (CNAM-TS) ; l'ENSIC*

*est depuis 2017 labellisée par le CNES&ST.*

1. Introduction en santé et sécurité au travail.
2. Les enjeux humains, sociaux, économiques et juridiques de la S&ST.
3. Les mécanismes à l'origine d'un accident du travail.
4. Les notions de base en santé et sécurité au travail nous amènent à dessiner un cadre général d'étude appelé « système de travail centré sur l'activité » ; cette prise en compte de l'activité étant essentielle pour corriger, aménager ou concevoir des situations de travail.
5. L'évaluation des risques en entreprise
6. Le risque chimique, les règlements européens REACH et CLP.

#### **Management des hommes et des organisations :**

1. La connaissance de soi : Les attitudes et la personnalité ; l'image de soi ; le système de valeurs.
2. La communication interpersonnelle : Les registres de la communication verbale et non verbale ; les techniques de base de la communication orale ; la prise de parole en public ; l'entretien en face-à-face ; l'animation des réunions.
3. Le dossier de candidature : CV + lettre de motivation.
4. Le manager d'équipe : Rôle et responsabilité ; leadership ; motivation ; conduite de réunion ; conflits ; pouvoir ; négociation.
5. L'organisation et son fonctionnement : Comptabilité et finance ; gestion des ressources humaines ; production ; marketing ; structure, stratégie

#### **Information scientifique et technique**

1. La documentation scientifique : Intérêt, moyen, utilisation
2. Recherche d'information, organisation
3. Comprendre les informations publiées
4. Approfondir le sujet
5. Préciser, diversifier, actualiser les informations
6. La documentation automatisée (serveurs et bases les plus souvent utilisées en chimie)

#### **Analyse financière**

1. Le bilan comptable
2. Le bilan financier
3. Le compte de résultat
4. Les soldes intermédiaires de gestions

Des études de cas, des exercices de simulation et des vidéos illustrent les éléments théoriques et méthodologiques.

| <b>EQUIPE PEDAGOGIQUE :</b>      | <b>Responsable : Mme Véra IVANAJ</b>       |
|----------------------------------|--------------------------------------------|
| Valérie HENRY                    | Gestion de production                      |
| Laurent PERRIN                   | Hygiène-Sécurité-Environnement             |
| Véra IVANAJ<br>Alexandra GIGANTE | Management des hommes et des organisations |
| Elodie MASSON                    | Information scientifique et technique      |
| Valérie HENRY                    | Analyse financière                         |
|                                  |                                            |
| Industriels                      | Journée métiers et carrières               |
| Industriels                      | Journée rencontres industrielles           |

**TYPE D'EVALUATION :**

- Contrôle continu ; étude de cas ; mises en situation ; exposé écrit et oral
- Contrôle écrit surveillé

**INFORMATIONS UTILES :**

PRE-REQUIS : Aucun

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : Français

**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :**

Nécessaires :

- Fascicule « Repères pour le travail à l'usage des ingénieurs, élèves et débutants » conçu pour le compte de l'ANACT (Association Nationale d'Amélioration des Conditions de Travail) par un réseau pédagogique de l'INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité) dont fait partie l'ENSIC.
- Notes documentaires de l'INRS.
- Polycopiés pour tous les cours
- Des études de cas et des vidéos illustrent les éléments méthodologiques

**CONTRIBUTION DE L'UE A L'ACQUISITION DES COMPETENCES :**

Les EC de cette UE contribuent directement à l'acquisition des compétences n°6, 7, 8, 11, 12, 13, 14.

|                                                              |                                      |                                 |                              |
|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| <b>INTITULE DU MODULE : <i>Langues I : Anglais / LV2</i></b> |                                      |                                 | <b>CODE DU MODULE 5IG5LV</b> |
| <b>HEURES PRESENTIEL</b><br><b>80</b>                        | <b>VOLUME HORAIRE TRAVAIL ESTIME</b> | <b>CREDITS ECTS</b><br><b>4</b> | <b>OBLIGATOIRE</b>           |

## **1ère PARTIE : LANGUES ANGLAIS S5**

### **OBJECTIFS GENERAUX DU MODULE :**

- Permettre aux étudiants de devenir plus responsables de leur propre apprentissage
- Développer les compétences langagières pour atteindre/maintenir le niveau B1/B2/C1/C2 cfr : Descriptif CECRL ou CTI 2010
- Développer les compétences professionnelles pour travailler en entreprise ou en laboratoire de recherche (en France ou à l'étranger)
- Développer les compétences du 21e siècle : compétences en apprentissage et innovation, compétences en information, média et technologie, compétences sociales et professionnelles.

### **OBJECTIFS SPECIFIQUES :**

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

- Identifier leur niveau d'anglais et identifier leurs besoins afin de communiquer en anglais
- S'auto-évaluer
- Utiliser des outils pour gérer leur projet personnel
- Comprendre le contenu essentiel de sujets concrets ou abstraits dans un texte complexe, y compris une discussion technique dans leur spécialité.
- Communiquer avec un degré de spontanéité et d'aisance tel qu'une conversation avec un locuteur natif ne comporte de tension ni pour l'un ni pour l'autre.
- S'exprimer de façon claire et détaillée sur une grande gamme de sujets.
- Rédiger un CV, une lettre de motivation, des emails
- Décrire les différentes phases d'un processus ou d'un système.
- Faire un entretien d'embauche téléphonique
- Rédiger un rapport

### **CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT :**

- Analyser et évaluer leur propre niveau d'anglais à l'entrée de l'ENSIC (B1/B2/C1/C2) et leurs compétences en anglais dans la vie courante et la vie professionnelle
- Définir leurs besoins pour améliorer leur niveau d'anglais et développer leurs compétences en anglais général et professionnel
- Travailler en binôme/équipe sur leurs objectifs, rechercher les documents adéquats adaptés et analyser les résultats atteints
- Utiliser un outil pour encadrer leur travail
- Présentation de CV de types différents (chronologique, fonctionnel...) langage fonctionnel pour rédaction de lettres, e-mails formels, informels. Vocabulaire et termes propres à l'ENSIC.
- Langage fonctionnel pour décrire les différentes phases d'un processus ou un système.
- Téléphone : Etude et acquisition du langage spécifique utilisé lors de conversations téléphoniques, entraînement à l'utilisation du téléphone ; - Jeux de rôles et simulations d'entretiens d'embauches. Simulations enregistrées de conversations, décryptage et analyse.
- Présentation de rapports scientifiques.

| EQUIPE PEDAGOGIQUE : | Responsable :<br>Madame ADRIAN Michelle                                                   | Heures<br>CM | Heures<br>TD | Heures<br>encadrement de<br>projet ou tutorat |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|-----------------------------------------------|
| Emmanuel<br>KASMAREK | Contractuel, ENSIC, UDL                                                                   |              | 40           |                                               |
| Michelle ADRIAN      | French Ministry of Education Accredited teacher<br>(ENSIC, Université de Lorraine, Nancy) |              | 40           |                                               |

#### TYPE D'EVALUATION :

- **Validation (note entre 3-5) :**
  - 1) Rapport de projet personnel et appréciation de l'enseignant,
  - 2) simulation téléphonique,
  - 3) CV
- Test de niveau : compréhension orale, compréhension écrite
- Rattrapage : Test de niveau (CO, CE), simulation téléphonique, CV ou rapport d'un travail personnel

#### INFORMATIONS UTILES :

PRE-REQUIS : Niveau B1 (cfr : Descriptif CTI 2010, ou CECRL)

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : ANGLAIS

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES : -

#### CONTRIBUTION DE L'UE A L'ACQUISITION DES COMPETENCES :

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

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

## 2ème PARTIE : LANGUES : LV2 S5

### OBJECTIFS GENERAUX DU MODULE :

- Consolider et acquérir un niveau A2/B1 cfr : Descriptif CECRL ou CTI 2010
- Allemand : Développer des compétences professionnelles pour travailler en entreprise ou en laboratoire de recherche ou pour un séjour d'études.

### OBJECTIFS SPECIFIQUES :

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

- comprendre des phrases isolées et des expressions fréquemment utilisées en relation avec des domaines immédiats de priorité (par exemple, informations personnelles et familiales simples, achats, environnement proche, travail).
- communiquer lors de tâches simples et habituelles ne demandant qu'un échange d'informations simple et direct sur des sujets familiers et habituels.
- décrire avec des moyens simples leur formation, leur environnement immédiat et évoquer des sujets qui correspondent à des besoins immédiats.

#### Allemand :

- Rédiger un C.V. une lettre de motivation, un e-mail.
- Décrire les différentes phases d'un processus ou un système en génie chimique.
- Développement des compétences interculturelles.

### 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.
- Présentation de CV de types différents (chronologique, thématique, fonctionnel...) langage fonctionnel pour rédaction de lettres, e-mails formels, informels. Vocabulaire et termes propres à l'ENSIC
- Langage fonctionnel pour décrire les différentes phases d'un processus ou un système en génie chimique.

| EQUIPE PEDAGOGIQUE :             | Responsable :                            | Heures CM | Heures TD | Heures encadrement de projet ou tutorat |
|----------------------------------|------------------------------------------|-----------|-----------|-----------------------------------------|
| Sinaï AYALA CEDEÑO<br>(Espagnol) | Contractuelle UDL                        |           | 40        |                                         |
| Claire CUISINIER<br>(Allemand)   | PRAG Allemand UDL UFR ESM<br>IAE de Metz |           | 40        |                                         |

### TYPE D'EVALUATION :

- **Validation : une note de 10/20** : tests de contrôle de connaissance (oral, écrit)
- Test de niveau - compréhension orale et écrit, expression orale et écrit.
- **Rattrapage** : Test de compréhension oral et écrit portant sur les exercices faites en cours.

### INFORMATIONS UTILES :

PRE-REQUIS : Niveau A1/A2 (cfr : Descriptif CTI 2010, ou CECRL)

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : ALLEMAND OU ESPAGNOL

CONTRIBUTION DE L'UE A L'ACQUISITION DES COMPETENCES :

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

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

## SEMESTRE 6

### Formation en entreprise

## Stage assistant-ingénieur

4 mois **OBLIGATOIRE**

CREDITS ECTS : 30

### OBJECTIFS GENERAUX DU MODULE :

Il s'agit d'un stage à caractère professionnalisant **d'une durée minimale de 17 semaines** (soit 4 mois). Ce stage vise à développer les capacités de communication, à consolider les connaissances techniques et la connaissance de l'entreprise.

### OBJECTIFS SPECIFIQUES :

A l'issue du stage, l'élève devra avoir acquis des compétences relatives aux méthodes de travail en entreprise, à l'insertion dans un groupe organisé. Il aura une meilleure perception des responsabilités d'un cadre et de la culture de l'ingénieur.

### CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT :

Le sujet du stage est défini à l'avance et doit être approuvé par la Direction des Etudes.

### EQUIPE PEDAGOGIQUE :

Un tuteur industriel (de l'entreprise) et un tuteur universitaire (un enseignant-chercheur de l'école) sont désignés pour chaque stagiaire.

Responsable pédagogique : Halima ALEM-MARCHAND – Enseignant chercheur

### TYPE D'EVALUATION :

A la fin de son stage, l'élève doit produire un rapport écrit présentant l'objet de son travail ainsi que les résultats obtenus. Il doit par ailleurs présenter oralement son travail au sein de l'entreprise devant un jury constitué du tuteur industriel et du tuteur universitaire. L'évaluation du stage prend en compte l'activité générale, la qualité de la soutenance orale et celle du rapport écrit. L'évaluation du stage est effectuée sur la base d'un référentiel de compétences. Pour chaque compétence sont déterminés 3 niveaux, sur la base de descriptions précises et d'exemples pour chaque niveau, ainsi qu'un niveau requis de référence, selon le type de stage, dans le cadre d'une acquisition progressive des compétences au cours de la formation. Une liste de points d'évaluation est également déterminée pour le rapport final et la soutenance orale. Toute compétence évaluée à un niveau inférieur à celui du niveau de référence requis sera considérée 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 :

#### PRE-REQUIS :

- 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.

### CONTRIBUTION DE L'UE A L'ACQUISITION DES COMPETENCES :

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

### BILAN DES SEMESTRES 5 ET 6

| FITI FISE Semestres 5 et 6 |      | CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES ET MAITRISE 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 |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                            |      | 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 | 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 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Libellé UE                 | ECTS |                                                                             |   | x |   |   |              |   |   |   |   |              |   |   |   |   |                                                                     |   |   |   |   |              |   |   |   |   |                                                                                 |   |   |   |   |              |   |   |   |   |              |   |   |   |   |              |   |   |   |   |               |   |   |   |   |               |   |   |   |   |               |   |   |   |   |               |   |   |   |   |               |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

x

Contribution directe de l'EC à l'acquisition d'un niveau compétence (évaluée)

i

Contribution indirecte de l'EC à l'acquisition d'un niveau de compétence (non évaluée)

## ENSEIGNEMENTS DE SEMESTRE 7

| <b>Semestre 7 – FITI</b>                              | <b>Responsables</b> | <b>CM</b>  | <b>TD</b>  | <b>Tutorats</b> | <b>H<br/>Eleve</b> | <b>ECTS</b> |
|-------------------------------------------------------|---------------------|------------|------------|-----------------|--------------------|-------------|
| Chimie de la matière                                  | L.Muhr              |            |            |                 | 40                 | <b>2</b>    |
| <i>Corrosion</i>                                      | L.Muhr              | 7,5        | 6,5        |                 | 14                 | <b>6</b>    |
| <i>Matériaux</i>                                      | D.Petitjean         | 16         | 10         |                 | 26                 |             |
| Phénomènes de transferts II                           | S.Rode              |            |            |                 | 126                |             |
| <i>Transferts</i>                                     | A.Gigante           | 25         | 27,5       |                 | 52,5               |             |
| <i>Séparations mécaniques</i>                         | S.Rode              | 9          | 10,5       |                 | 19,5               |             |
| <i>Ecoulements en lits fixes et fluidisation</i>      | S.Rode              | 6          | 12         |                 | 18                 |             |
| <i>Echangeurs de chaleur</i>                          | E.Schaer            | 1          | 11         | 3               | 15                 | <b>2</b>    |
| <i>Chaudières</i>                                     | R.Fournet           | 12         | 9          |                 | 21                 |             |
| Thermodynamique II                                    | R.Solimando         | 20         | 19         | 1               | 40                 |             |
| Génie de la réaction chimique I                       | C.Castel            |            |            |                 | 70                 | <b>4</b>    |
| <i>Génie de la réaction chimique</i>                  | C.Castel            | 26,5       | 26,5       | 2               | 55                 | <b>2</b>    |
| <i>Génie de la polymérisation</i>                     | C.Schrauwen         | 10         | 5          |                 | 15                 |             |
| Procédés de séparations I                             | C.Castel            | 20         | 20         |                 | 40                 | <b>2</b>    |
| Maths appliquées II                                   | V.Lecuyer           |            |            |                 | 46                 | <b>2</b>    |
| <i>Mathématiques</i>                                  | V.Lecuyer           | 3          | 6          |                 | 9                  | <b>2</b>    |
| <i>Informatique/VBA</i>                               | V.Lecuyer           | 5          | 20         |                 | 25                 |             |
| <i>Matlab</i>                                         | C.Lemaitre          | 6          | 6          |                 | 12                 |             |
| Management et économie II                             | V.Ivanaj            |            |            |                 | 56                 |             |
| <i>Management des projets innovants</i>               | V.Ivanaj            | 28         | 12         |                 | 40                 | <b>2</b>    |
| <i>Journée métiers &amp; carrières</i>                |                     | 8          |            |                 | 8                  |             |
| <i>Journée Rencontres industrielles</i>               |                     | 8          |            |                 | 8                  |             |
| <i>Forum Horizon Chimie</i>                           |                     |            |            |                 |                    |             |
| Process system Engineering I                          | F.Mutelet           |            |            |                 | 31                 |             |
| <i>CPAO I</i>                                         | A.Latifi            | 1          | 9          |                 | 10                 | <b>5</b>    |
| <i>Instrumentation</i>                                | F. Mutelet          | 4          | 15         | 2               | 21                 |             |
| OPTION                                                |                     |            |            |                 | 54                 |             |
| <i>Cours ouverture (obligatoire)</i>                  |                     | 12         |            |                 | 12                 |             |
| <i>Procédés biotechnologiques (à choix)</i>           | N.Adouani           | 31,5       | 10,5       |                 | 42                 |             |
| <i>Energies (à choix)</i>                             | J.-F. Portha        | 26         | 13         | 3               | 42                 | <b>3</b>    |
| <i>Procédés pour les produits formulés</i>            | T.Roques-Carmes     |            |            |                 | 42                 |             |
| Langues II                                            | M.Adrian            |            | 60         |                 | 60                 |             |
| <b>TOTAL (avec option Energie pour CM-TD-Tutorat)</b> |                     | <b>254</b> | <b>298</b> | <b>11</b>       | <b>563</b>         | <b>30</b>   |

|                                                         |                                                   |                                 |                    |
|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------|
| <b>INTITULE DU MODULE : <i>Chimie de la matière</i></b> |                                                   |                                 |                    |
| <b>HEURES PRESENTIEL</b><br><b>40</b>                   | <b>VOLUME HORAIRE TRAVAIL ESTIME</b><br><b>66</b> | <b>CREDITS ECTS</b><br><b>2</b> | <b>OBLIGATOIRE</b> |

**OBJECTIFS GENERAUX DU MODULE :**

Ce module vise :

- à faire acquérir des connaissances de base sur les matériaux,
- à fournir à l'élève des notions de base essentielles à une compréhension phénoménologique de la -corrosion.

**OBJECTIFS SPECIFIQUES :**

A l'issue de ce module, l'étudiant devra être capable :

- de choisir des matériaux pour les procédés de l'industrie chimique, en prenant en compte leurs propriétés structurales, mécaniques et leur résistance à la corrosion,
- de diagnostiquer un certain nombre de formes de corrosion et de choisir les méthodes d'anticorrosion adaptées,
- d'établir les relations propriétés- structure- composition des métaux et alliages.

**CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT :**
**I- Matériaux**

A. Méthodes courantes d'analyse des matériaux

A.1- Essais mécaniques

A.2 – Analyse de solides métalliques

B. Solidification et transformation à l'état solide des métaux purs

B.1 – Solidification

B.2 – Changement de phase à l'état solide

C. Solidification des systèmes binaires et transformations à l'état solide

C.1 – Solidification

C.2 – Transformations à l'état solide

D. Alliages fer-carbone

D.1 – Description du diagramme

D.2 – Aciers au carbone – Etat normalisé

D.3 – Transformations hors équilibre

E. Aciers alliés

E.1 – Influence des éléments d'alliage

E.2 – Aciers faiblement alliés

E.3 – Aciers fortement alliés

E.4 – Superalliages

**II- Corrosion**

Les différentes formes de corrosion

A. La corrosion uniforme

A.1 - Cinétique électrochimique

A.2 - Limitation par le transport de matière

A.3 - Influence des produits de corrosion

B. Les piles de corrosion

B.1 - Corrosion galvanique

- B.2 - Piles d'aération
- B.3 - Corrosion par piqûres
- C. Méthodes d'anticorrosion
- D. Corrosion par voie sèche
  - D.1 - Corrosion par oxydation
  - D.2 - Corrosion atmosphérique
  - D.3 - Corrosion en présence de phases condensées

Méthodes d'enseignement :

En corrosion, l'enseignement est réalisé sous forme de cours magistraux, de travaux dirigés ainsi que sous forme de démonstrations en laboratoire.

| EQUIPE PEDAGOGIQUE : | Responsable : Mme Laurence MUHR |
|----------------------|---------------------------------|
| Laurence MUHR        | Corrosion                       |
| Dominique PETITJEAN  | Corrosion par voie sèche        |
| Dominique PETITJEAN  | Matériaux                       |

**TYPE D'EVALUATION :**

L'évaluation en corrosion sera réalisée sous la forme d'un contrôle écrit d'une heure et celle en matériaux sous la forme d'un contrôle écrit de deux heures.

**INFORMATIONS UTILES :**

PRE-REQUIS : Chimie générale de base

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : Français

**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :**

Conseillées : Dieter LANDOLT, Corrosion et chimie des surfaces, Traité des matériaux, Vol 12, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 1993.

**CONTRIBUTION DE L'UE A L'ACQUISITION DES COMPETENCES :**

Les EC de cette UE contribuent directement à l'acquisition des compétences n°1 et 2.

| INTITULE DU MODULE : <i>Phénomènes de transferts II</i> |                               |              |             |
|---------------------------------------------------------|-------------------------------|--------------|-------------|
| HEURES PRESENTIEL                                       | VOLUME HORAIRE TRAVAIL ESTIME | CREDITS ECTS | OBLIGATOIRE |
| 126                                                     | 199                           | 6            |             |

**OBJECTIFS GENERAUX DU MODULE :**

Les cours du module phénomènes de transferts II visent à faire acquérir :

- les bases théoriques nécessaires à la compréhension des mécanismes de transferts de matière et de chaleur en présence ou en absence d'un changement de phase ;
- les connaissances sur les différents appareils d'échange de chaleur en présence ou en absence de changement de phase ;
- les connaissances de base pour les écoulements et transferts dans les lits fixes et lits fluidisés (liquide-solide ou gaz-solide) et pour les opérations unitaires de séparation mécanique impliquant un solide et un fluide (gaz ou liquide) ;
- les concepts théoriques et pratiques permettant de comprendre le fonctionnement des chaudières industrielles.

**OBJECTIFS SPECIFIQUES :**

A la fin de l'étude de chacun des thèmes traités et pour atteindre les objectifs généraux, l'étudiant devrait être capable :

- d'appliquer les concepts acquis pour résoudre des problèmes faisant intervenir des processus de transfert en présence ou en absence de changement de phase, en utilisant les lois et/ou corrélations adéquates ;
- de choisir et dimensionner un échangeur de chaleur selon l'application retenue ;
- d'estimer les caractéristiques hydrodynamiques et de transfert d'un écoulement dans un lit fixe et dans un lit fluidisé ;
- de choisir et dimensionner des appareillages de séparation mécanique : filtres, centrifugeuses, essoreuses ;
- de maîtriser le fonctionnement des chaudières industrielles à travers le contrôle et la conduite de la chaufferie et d'aborder la problématique liée au dimensionnement d'une chaufferie vapeur.

**CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT :**
**Transferts de chaleur et de matière**

Transfert de chaleur : convection naturelle ; équations de conservation ; convection avec changement d'état ; condensation ; transferts de chaleur par rayonnement (lois du rayonnement ; corps noir et corps gris ; facteurs de forme).

Transfert de matière : concepts de base ; diffusion ; loi de Fick ; équations de conservation ; diffusion en régime permanent en absence de réaction (en milieu stagnant ; équimolaire) ; diffusion en régime transitoire ; introduction au transfert de matière en présence de réaction chimique ; coefficient de transfert de matière ; nombre de Sherwood ; analogies de transports ; transfert de matière interfacial (notion de coefficient de transfert global)

**Echangeurs de chaleur**

Principaux types et technologie des échangeurs. Dimensionnement des échangeurs tubes et calandre, des échangeurs à plaques, des condenseurs, des rebouilleurs et évaporateurs. Calcul des temps de chauffage et de refroidissement des réacteurs à double enveloppe. Projet de dimensionnement d'un appareil de transfert de chaleur (échangeur, condenseur, évaporateur, réacteur à double enveloppe)

### Séparations Mécaniques

Séparations liquide-solide et gaz-solide : filtration, décantation, centrifugation, essorage, Séparations liquide-solide et gaz-solide : filtration, décantation, centrifugation, essorage, dépoussiérage.

### Ecoulements en lit fixe et fluidisation :

Equation d'Ergun ; fluidisation granulaire idéale ; classification des matériaux pulvérulents ; fluidisation hétérogène gaz-solide.

### Chaudières

Définition et calculs de propriétés physico-chimiques mises en jeu lors d'une combustion: température d'auto-inflammation, délai d'auto-inflammation, point éclair, limites inférieures et supérieures d'inflammabilité, notion de facteur d'air, pouvoir calorifique , index de Wobbe ; approche thermodynamique de la combustion : diagramme de combustion, rendement de combustion (diagrammes d'Ostwald et de Biard) ; Notion de flammes et calcul de la température maximale de combustion; rendement et pertes par les produits de combustion.

Chaudières industrielles : Généralités, éléments de la chaudière et de la chaufferie. Contrôle et conduite de la chaufferie. Contextes réglementaires et adaptation. Utilisation des fluides. Conception générale d'une chaufferie.

| EQUIPE PEDAGOGIQUE :                      | Responsable : Mme Sabine RODE             |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Alexandra GIGANTE                         | Transferts                                |
| Eric SCHAEER / Thibault ROQUES-CARMES     | Echangeurs de chaleur                     |
| Sabine RODE                               | Séparations mécaniques                    |
| Sabine RODE                               | Ecoulements en lits fixes et fluidisation |
| Thierry BEAUSSE (GDF Suez) & René FOURNET | Chaudières                                |

### TYPE D'EVALUATION :

- Deux évaluations de 1h30 sous forme d'examen écrit en Transfert de chaleur et de matière
- Evaluation finale sous forme d'examen écrit de 3h en écoulements en lits fixes et fluidisation
- Evaluation finale sous forme d'examen écrit de 3h pour la partie chaudières
- Evaluation finale sous forme d'examen écrit de 1h30 en séparations mécaniques
- Evaluation sous forme de soutenance d'un projet en Echangeurs de chaleur.

### INFORMATIONS UTILES :

PRE-REQUIS : Phénomènes de Transfert I

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : FRANÇAIS

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Nécessaires : photocopiés distribués

Conseillées : Frank P. Incropera and David P. DeWitt. "Fundamentals of Heat and Mass Transfer", John Wiley and Sons. 1998.

### CONTRIBUTION DE L'UE A L'ACQUISITION DES COMPETENCES :

Les EC de cette UE contribuent directement à l'acquisition des compétences n°1, 2, 3, 4.

Les EC de cette UE contribuent indirectement (en tant que ressources) aux compétences n°9, 11, 14.

| INTITULE DU MODULE : <i>Thermodynamique II</i> |                               |              |             |
|------------------------------------------------|-------------------------------|--------------|-------------|
| HEURES PRESENTIEL                              | VOLUME HORAIRE TRAVAIL ESTIME | CREDITS ECTS | OBLIGATOIRE |
| 40                                             | 75                            | 2            |             |

#### OBJECTIFS GENERAUX DU MODULE :

Ce module vise à :

- Présenter les outils, grandeurs et méthodes utilisées en thermodynamique des équilibres chimiques et des équilibres entre phases, notamment le potentiel chimique et grandeurs associés.
- Montrer leur utilisation et application possibles dans le dimensionnement des procédés de séparation classiques (distillation, cristallisation, extraction, absorption) et des réacteurs chimiques.

#### OBJECTIFS SPECIFIQUES :

A l'issue du module THERMODYNAMIQUE II, l'élève doit être capable :

- De prévoir l'évolution d'un système chimique et/ou thermodynamique et savoir déterminer sa composition à l'équilibre,
- D'appliquer la relation d'équilibres entre phases au cas particulier des équilibres liquide-vapeur, liquide-liquide et liquide-solide,
- D'interpréter et calculer les diagrammes de phases binaires usuels des équilibres correspondants,
- D'estimer ou calculer les propriétés thermodynamiques des solutions multi-constituants à l'aide du modèle du gaz parfait, d'équations d'état, du modèle du liquide idéal et de modèles de coefficients d'activités.

#### CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT :

#### INTRODUCTION

##### I - THERMODYNAMIQUE DES SOLUTIONS

- I.1 Grandeurs molaires des solutions homogènes
- I.2 Potentiel chimique - signification physique et grandeurs associés (activité, fugacité, coefficients d'activité et de fugacité)
- I.3 Grandeurs de mélange et d'excès
- I.4 Potentiel chimique dans les solutions dilués – lois de RAOULT et de HENRY – Applications pratiques
- I.5 Solutions liquides réelles – Approche moléculaire des mélanges – déviations positives et négatives à l'idéalité

##### II - CALCUL DES EQUILIBRES LIQUIDE – VAPEUR

- II.1 Détermination pratique des équilibres liquide-vapeur
- II.2 Diagrammes de phases liquide-vapeur binaires – Cas courants (représentation isobares et isothermes et iso-composition, azéotropes, points critiques des binaires, diagrammes enthalpie-composition)
- II.3 Relations d'équilibre liquide-vapeur et applications - méthode Y-Y et méthode Y-Φ
- II.4 Calculs et estimations des différents termes de la relation d'équilibre : pressions de vapeur, volumes molaires liquides, coefficients de fugacité et coefficients d'activité

##### III- CALCUL DES EQUILIBRES SOLIDE – LIQUIDE – THERMODYNAMIQUE DE LA CRISTALLISATION

- III.1 Diagrammes de phases solide- liquide binaires – Cas courants (eutectique, composés définis et solutions solides)

- III.2 Calcul de la solubilité des composés organiques
- III.3 Solubilités de constituants inorganiques en milieu aqueux
- III.4 Effets thermiques associés

#### IV – SYSTEMES EN REACTION CHIMIQUE

- IV.1 Conditions d'évolution et d'équilibre d'un système chimique – Affinité
- IV.2 Expression analytique de l'affinité – Constante d'équilibre
- IV.3 Etat d'équilibre
- IV.4 calcul pratique de la constante d'équilibre – utilisation de tables thermodynamiques

Méthodes d'enseignement : séances de 3H contenant cours et TD mélangés + séances de préparation du projet + soutenance finale du projet

**EQUIPE PEDAGOGIQUE :**

**Responsable : M. Roland SOLIMANDO**

**TYPE D'EVALUATION :**

1 contrôle écrit (1 H) + 1 projet avec soutenance.

**INFORMATIONS UTILES :**

PRE-REQUIS : cours « THERMODYNAMIQUE I » du semestre 5

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : FRANÇAIS

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Conseillées :

- The properties of gases and liquids, 5th edition, Bruce, E POLING, John, M. PRAUSNITZ and John P. O'CONNELL, Mac Graw Hill
- Théorie et Applications de la Thermodynamique, Série Schaum, Michael M. ABBOTT et Hendrick C. VAN NESS
- Thermodynamique. Applications au génie chimique et à l'industrie pétrolière, 1997, Jean ViDAL, Editions TECHNIP

**CONTRIBUTION DE L'UE A L'ACQUISITION DES COMPETENCES :**

Cette UE contribue directement à l'acquisition des compétences n°1, 2.

| INTITULE DU MODULE : <i>Génie de la réaction chimique I</i> |                               |              |             |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------|--------------|-------------|
| HEURES PRESENTIEL                                           | VOLUME HORAIRE TRAVAIL ESTIME | CREDITS ECTS | OBLIGATOIRE |
| 70                                                          | 133                           | 4            |             |

**OBJECTIFS GENERAUX DU MODULE :**

Ce module vise :

- à faire acquérir des connaissances de base sur les réacteurs homogènes, réacteurs hétérogènes catalytiques et réacteurs de polymérisation ;
- à fournir à l'élève des notions de base essentielles pour le choix et le dimensionnement des réacteurs chimiques (homogènes, catalytiques et de polymérisation).

**OBJECTIFS SPECIFIQUES :**

A l'issue de ce module, l'étudiant devra être capable :

- de proposer dans chaque cas concret (en fonction de la cinétique chimique) le schéma optimal réactionnel et de dimensionner les appareils ;
- de choisir le procédé de polymérisation en fonction du matériau polymère que l'on doit produire ;
- d'analyser le fonctionnement des réacteurs, de diagnostiquer les causes du mauvais fonctionnement (s'il y en a) et d'intervenir pour les éliminer ;
- de proposer des modifications essentielles pour améliorer les procédés existants.

**CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT :**
**I - Réacteurs idéaux homogènes**

- I.1. Réacteurs idéaux (réacteurs fermé et semi-fermé, réacteurs continus piston et parfaitement mélangé, cascade de réacteurs parfaitement mélangés) ;
- I.2. Critères de base pour choisir les réacteurs en fonction de la cinétique des réactions chimiques (réactions de cinétiques simple et multiple, rendements cinétique et réel dans le cas des réactions à cinétiques multiples) ;

**II – Effets de température et bilans thermiques dans les réacteurs chimiques**

- II.1. Effets de température dans le cas des réactions non équilibrées et équilibrées et progression optimale de température dans les réacteurs chimiques ;
- II.2. Bilans thermiques dans les réacteurs chimiques ;
- II.3. Dimensionnement des réacteurs chimiques en tenant simultanément compte des bilans de matière et de chaleur ;
- II.4. Stabilité des réacteurs chimiques (critères de base pour garantir la stabilité thermique des réacteurs fermé, semi-fermé et continus, parfaitement mélangé et piston).

**III – Réacteurs réels homogènes**

- III.1. Macromélange et la fonction de distribution des temps de séjour ;
- III.2. Précocité du mélange ;
- III.3. Micromélange ;
- III.4. Analyse de fonctionnement, modélisation et dimensionnement des réacteurs réels en tenant compte des états de macromélange, précocité du mélange et micromélange.

**IV – Génie de la Polymérisation**

- IV.1. Différents types de polymérisation ;
- IV.2. Caractérisation des polymères ;

- IV.3. Procédés industriels de polymérisation ;  
IV.4. Performance et modélisation des réacteurs de polymérisation.

Méthodes d'enseignement :

L'enseignement est réalisé sous forme de cours magistraux, de travaux dirigés ainsi que sous forme de préparation de deux projets.

| EQUIPE PEDAGOGIQUE : | Responsable : M. Christophe CASTEL |
|----------------------|------------------------------------|
| Christophe CASTEL    | Génie de la réaction chimique      |
| Fabrice MUTELET      | Génie de la polymérisation         |
| Sandrine HOPPE       | Génie de la polymérisation         |

#### TYPE D'EVALUATION :

L'évaluation en « Génie de la Réaction Chimique » (représentera la moyenne entre deux contrôles écrits de deux heures et deux projets).

L'évaluation en « Génie de la polymérisation » sera réalisée sous la forme d'un contrôle écrit de deux heures.

#### INFORMATIONS UTILES :

PRE-REQUIS : Thermodynamique chimique, Cinétique chimique, Chimie organique, quelques chapitres du Génie Chimique (agitation, transfert de chaleur et de matière), Mathématiques (calcul numérique, transformée de Laplace).

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : Français

#### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Conseillées :

1. Villiermaux J., Génie de la réaction chimique (seconde édition), TEC & DOC – LAVOISIER, Paris 1993.
2. Levenspiel O., Chemical Reaction Engineering (third edition), John Wiley & Sons, New York 1999.

#### CONTRIBUTION DE L'UE A L'ACQUISITION DES COMPETENCES :

Les EC de cette UE contribuent directement à l'acquisition des compétences n°1, 2.

|                                                             |                                            |                          |                    |
|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------|--------------------|
| <b>INTITULE DU MODULE :</b> <i>Procédés de séparation I</i> |                                            |                          |                    |
| <b>HEURES PRESENTIEL</b><br>40                              | <b>VOLUME HORAIRE TRAVAIL ESTIME</b><br>60 | <b>CREDITS ECTS</b><br>2 | <b>OBLIGATOIRE</b> |

**OBJECTIFS GENERAUX DU MODULE :**

- Faire acquérir les connaissances de base en procédés de séparation isothermes (absorption, extraction liquide-liquide, adsorption, membranes) simples et étagés
- Expliquer les concepts à la base des différentes opérations de séparation
- Rendre l'étudiant apte à choisir et à dimensionner le type de séparateur approprié à une situation donnée

**OBJECTIFS SPECIFIQUES :**

- Connaître les principaux procédés de séparation employés dans l'industrie
- Maîtriser les principes sur lesquels ils reposent ainsi que les concepts et modèles permettant leur analyse
- Appliquer les méthodes de dimensionnement des principaux types de procédés

**CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT :**
**Introduction**

- Classification des opérations, agents de séparation,
- Notion de travail minimal de séparation

**Opérations à étage d'équilibre :**

- Notion d'étage théorique. Dispositifs multi-étagés (courants croisés, contre-courant) : résolutions analytiques et graphiques, notion de débit de solvant minimal
- Efficacité de plateau et transfert de matière
- Echangeur progressif : notions de HUT, NUT
- Méthodologie de dimensionnement d'une installation

**Absorption gaz-liquide et stripping :**

- Applications industrielles
- Eléments de technologie des installations
- Absorption avec régénération de solvant

**Extraction liquide-liquide :**

- Applications industrielles
- Etage théorique simple en extraction (résolution graphique)
- Dimensionnement d'une colonne à contre-courant (courbe opératoire, nombre d'étages théoriques, débit de solvant minimal)

**Adsorption & chromatographie :**

- Types d'adsorbants et principales applications
- Notion de facteur de résolution
- Equation générale (bilan différentiel) et notion de vitesse de propagation de front
- Adsorption en écoulement piston : solution analytique de Rosen
- Différentes approches de résolutions : analytique, transformée de Laplace, numérique

**Séparations par membranes :**

- Typologie des séparations membranaires
- Notion de facteur de séparation idéal
- Perméation gazeuse : applications et méthodologie de dimensionnement d'une installation
- Osmose inverse : notion de pression osmotique et applications industrielles

**EQUIPE PEDAGOGIQUE :****Responsable : M. Christophe CASTEL****TYPE D'EVALUATION :**

2 Examens écrits : 1.5 h + 3 h

**INFORMATIONS UTILES :**

PRE-REQUIS : Notions de bilans matière et de phénomènes de transfert

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : FRANÇAIS

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Nécessaires : Polycopié de cours

Conseillées : Une liste d'ouvrages conseillés est indiquée dans le polycopié de cours.

**CONTRIBUTION DE L'UE A L'ACQUISITION DES COMPETENCES :**

Cette UE contribue directement à l'acquisition de la compétence n°2.

|                                                         |                               |                          |                    |
|---------------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------|
| INTITULE DU MODULE : <i>Mathématiques appliquées II</i> |                               |                          |                    |
| HEURES PRESENTIEL<br><b>46</b>                          | VOLUME HORAIRE TRAVAIL ESTIME | CREDITS ECTS<br><b>2</b> | <b>OBLIGATOIRE</b> |

#### OBJECTIFS GENERAUX DU MODULE :

Mathématiques : apprendre la pratique de la Transformée de Laplace.

Informatique :

- acquérir les bases de la programmation dans un langage structuré (Visual Basic),
- aborder les techniques numériques de résolution de problèmes d'ingénierie.

Matlab : acquérir les bases du logiciel de calcul Matlab

#### OBJECTIFS SPECIFIQUES :

- résoudre un problème différentiel, ordinaire ou partiel, grâce à la transformée de Laplace,
- programmer la résolution numérique de problèmes analytiques simples et visualiser graphiquement et dynamiquement les résultats,
- découvrir l'interface de Matlab, maîtriser les fonctions de base, écrire un script

#### CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT :

##### I-Mathématiques

I.1-Définition et mise en œuvre de la transformée de Laplace

I.2-Application à la résolution de problèmes différentiels ordinaires (EDO) et partiels (EDP)

Méthode d'enseignement : court exposé théorique et nombreux exercices d'entraînement.

##### II-Informatique

II.1-Principales structures syntaxiques de Visual Basic

II.2-Interaction avec un tableur et visualisation dynamique

II.3-Discretisation et résolution numérique de problèmes analytiques continus

Méthode d'enseignement : exclusivement sur ordinateur sur des exemples concrets utilisant systématiquement l'interaction avec un tableur et une visualisation graphique.

##### III-Matlab

III.1-Calcul matriciel

III.2-Utilisation de boucles

III.3-Utilisation de fonctions

III.4-Tracé de graphiques

III.5-Résolution numérique d'équations

III.6-Recherche de minimum

III.7-Calcul d'intégrales

III.8-Résolution numérique d'équations différentielles

III.9-Calcul symbolique

| EQUIPE PEDAGOGIQUE : | Responsable : M. Vincent LÉCUYER |
|----------------------|----------------------------------|
| Vincent LECUYER      | Mathématiques appliquées         |
| Vincent LECUYER      | Informatique, VBA                |
| Cécile LEMAITRE      | MATLAB                           |

**TYPE D'EVALUATION :**

Mathématiques : 1 contrôle d'1 heure

Informatique : 2 contrôles de 3h sur ordinateur

Matlab : 1 contrôle de 30 minutes sur ordinateur

**INFORMATIONS UTILES :**

PRÉ-REQUIS : module Mathématiques Appliquées-I

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : FRANÇAIS

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES : -

**CONTRIBUTION DE L'UE A L'ACQUISITION DES COMPETENCES :**

Cette UE contribue directement à l'acquisition de la compétence n°3.

|                                                                 |                                      |                                 |                    |
|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------|
| <b>INTITULÉ DU MODULE :</b> <i>Process System engineering I</i> |                                      |                                 |                    |
| <b>HEURES PRESENTIEL</b><br><b>31</b>                           | <b>VOLUME HORAIRE TRAVAIL ESTIME</b> | <b>CREDITS ECTS</b><br><b>2</b> | <b>OBLIGATOIRE</b> |

**OBJECTIFS GENERAUX DU MODULE :**

Le cours d'instrumentation vise à :

- Présenter les aspects théoriques et pratiques de la métrologie
- Expliquer l'importance des capteurs dans le pilotage des procédés
- Comprendre les principes physiques, chimiques ou autres des capteurs
- Déterminer les paramètres les plus importants pour une bonne métrologie

Le cours de Conception de Procédés Assistée par Ordinateur (CPAO) vise à :

- Introduire la simulation et les simulateurs de procédés
- Montrer l'organisation des propriétés physico-chimiques dans les simulateurs
- Réaliser des simulations simples à l'aide du logiciel de simulation statique PRO/II

**OBJECTIFS SPECIFIQUES :**

A l'issue de ces cours, et pour atteindre les objectifs fixés, l'étudiant devrait pouvoir :

- Connaître les bases de la métrologie
- Choisir un capteur pour une application donnée
- Choisir le modèle thermodynamique approprié
- Identifier et simuler des opérations unitaires simples

**CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT :**
**I. Métrologie**

1. Introduction à la métrologie
2. Caractéristiques métrologiques des capteurs
3. Projet

Quel(s) est (sont) le(s) capteur(s) approprié(s) pour la mesure d'un paramètre d'un procédé dans une situation donnée ?

Etude bibliographique

Présentation orale de la justification du choix du capteur

Description en deux pages du capteur choisi

**II.CPAO**

1. Généralités sur la simulation et les simulateurs de procédés

Eléments nécessaires pour la simulation de procédés

Logiciels de simulation et leur structure

Interprétation des résultats de simulation

Unités fréquemment utilisées en simulation de procédés

2. Propriétés physico-chimiques dans les simulateurs

Données constantes et données variables avec la température

Modèles thermodynamiques et leur choix

3. Applications sur le logiciel de simulation statique

| EQUIPE PEDAGOGIQUE : |  | Responsable : M. Cornelius SCHRAUWEN |
|----------------------|--|--------------------------------------|
| CPAO I               |  | A.Latifi                             |
| INSTRUMENTATION      |  | F. Mutelet                           |

#### TYPE D'EVALUATION :

Instrumentation : Présentation orale + rédaction de fiches techniques pour la partie instrumentation + contrôle écrit de 1h30

CPAO : Projet

#### INFORMATIONS UTILES :

##### PRE-REQUIS :

CPAO : Thermodynamique - Génie de la réaction chimique - Opérations unitaires

Instrumentation : notions de physique, chimie, physico-chimie

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : Français

##### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Nécessaires :

CPAO : polycopié du cours

Métrologie : polycopié du cours

Conseillées :

- Process flowsheeting (A.W.Westerberg, W.Hutchinson, R.Motard, P.Winter /Cambridge University Press, 1979)

- Process Dynamics (B. Wayne Bequette, Prentice Hall PTR, 1998)

- Systematic methods of chemical process design (L.T.Biegler, I.E.Grossmann, A.W.Westerburg / Prentice Hall PTR, 1997)

- Process design principles : synthesis, analysis, and evaluation ( W.D. Seider, J.D. Seader, D.R. Lewin /John Wiley & Sons, 1998)

- Les capteurs en instrumentation industrielle – Georges ASCH - 6e édition (2006)

#### CONTRIBUTION DE L'UE A L'ACQUISITION DES COMPETENCES :

Les EC de cette UE contribuent directement à l'acquisition des compétences n°3, 6.

|                                                              |                                      |                                 |                    |
|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------|
| <b>INTITULE DU MODULE :</b> <i>Management et économie II</i> |                                      |                                 |                    |
| <b>HEURES PRESENTIEL</b><br><b>56</b>                        | <b>VOLUME HORAIRE TRAVAIL ESTIME</b> | <b>CREDITS ECTS</b><br><b>2</b> | <b>OBLIGATOIRE</b> |

**OBJECTIFS GENERAUX DU MODULE :**

- 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**

1. Le projet : définition, objectifs, acteurs
2. Plan de financement / Stratégie de projet
3. Construction du projet
4. Communication / Financement de projet
5. Evaluation des projets
6. Présentation des projets

**Simulation d'une situation de management d'un projet de création d'entreprise**

| <b>EQUIPE PEDAGOGIQUE :</b> | <b>Responsable : Mme Véra IVANAJ</b> |
|-----------------------------|--------------------------------------|
| Véra IVANAJ                 | Management des projets innovants     |
| Nicolas BASTIEN (Conseil)   | Management des projets innovants     |
| Industriels                 | Journée métiers et carrières         |
| Industriels                 | Journée rencontres industrielles     |

**TYPE D'EVALUATION :**

Evaluation du projet préparé et présenté oralement

**INFORMATIONS UTILES :**

PRE-REQUIS : connaissance de l'entreprise

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : Français

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES : -

Les EC de cette UE contribuent directement à l'acquisition des compétences n°7,11,12,14.

|                                      |                               |                          |                            |
|--------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|----------------------------|
| INTITULE DU MODULE : <i>Option I</i> |                               |                          |                            |
| HEURES PRESENTIEL<br><b>54</b>       | VOLUME HORAIRE TRAVAIL ESTIME | CREDITS ECTS<br><b>5</b> | <b>OBLIGATOIRE A CHOIX</b> |

Cette option comporte deux parties :

- Des enseignements à choisir parmi le programme annuel des cours d'ouverture organisés au sein du Collégium Lorraine INP (24 h)
- Des enseignements optionnels dispensés au sein de l'ENSIC (42 h) : les étudiants ont le choix entre les thèmes « Energies », « Biotechnologies industrielles », et « Procédés pour les Produits Formulés »

## DESCRIPTION DE L'OPTION « Energies »

### OBJECTIFS GENERAUX DU MODULE :

Ce module s'intéresse à la problématique de la transition énergétique dans le contexte des changements climatiques. L'objectif est de transmettre aux étudiants une vision fondée sur des argumentations scientifiques concernant les points suivants : intégration énergétique des procédés, nouvelles énergies décarbonées (solaire, éolien, hydrogène), valorisation énergétique de la biomasse-biocarburants, stockage de l'énergie par voie chimique, physique et thermodynamique, principales technologies de réduction des gaz à effet de serre, contexte géopolitique mondial de l'énergie.

### OBJECTIFS SPECIFIQUES :

A l'issue de ce module, l'élève devra être capable d'argumenter ses choix de voie énergétique sur la base de critères chiffrés, en fonction du contexte et de l'objectif requis.

### CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT :

Cette Unité d'Enseignement (UE) comporte un enseignement d'intégration énergétique des procédés basé sur l'analyse exergétique et l'analyse du pincement. Ces deux méthodes permettent d'identifier les opérations unitaires à améliorer en priorité dans un procédé pour minimiser la création d'entropie et de construire le réseau d'échangeurs de chaleur pour réaliser des économies d'énergie.

Par ailleurs, cette UE contient également un ensemble de conférences, proposées par des ingénieurs issus de sociétés industrielles ou par des chercheurs concernant différentes thématiques en lien avec la transition énergétique (énergies renouvelables, pile à combustible, stockage de l'énergie, technologies de capture et de valorisation des gaz à effet de serre, adaptation moteur-carburant, biomasse...). Les conférenciers industriels sont susceptibles de changer d'une année à l'autre. Un exemple de programme pour l'année universitaire 2020-2021 est fourni pour dans le tableau ci-dessous (les conférenciers industriels étant indiqués en italique).

| EQUIPE PEDAGOGIQUE :                          | Responsable : Jean-François PORTHA                    |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Jean-François PORTHA                          | Analyse exergétique / Analyse du pincement (partie 2) |
| Romain PRIVAT                                 | Analyse du pincement (partie 1)                       |
| François LAPICQUE                             | Pile à combustible                                    |
| René FOURNET                                  | Adaptation moteur carburant                           |
| <i>Laurent GRANDJEAN (EDF)</i>                | Capture et Stockage du CO <sub>2</sub>                |
| <i>Lionel NADAU (ENGIE)</i>                   | Stockage de l'Energie                                 |
| <i>Vincent DE LALEU (EDF)</i>                 | Panorama sur les énergies renouvelables               |
| <i>Lenaïc PLASSIER (AXENS)</i>                | Procédés catalytiques pour la transition énergétique  |
| M.Adrian, E. Kasmarek, C. Castel, J.F. Portha | Soutenances de projet                                 |

**TYPE D'EVALUATION :**

L'évaluation est réalisée en considérant les deux contributions suivantes :

- un contrôle écrit portant sur l'analyse exergetique et l'analyse du pincement d'une durée de 3 heures (coefficient : 2.6 sur 4) ; les documents de cours (uniquement) y sont autorisés ;
- la réalisation d'un projet, réalisé en langue anglaise, évalué sur la base d'un rapport écrit et d'une soutenance orale (coefficient : 1.4 sur 4) ; la thématique de chaque projet est choisie en concertation avec les enseignants et pourra porter sur les sujets traités lors des conférences industrielles.

**INFORMATIONS UTILES :**

PRE-REQUIS : l'Unité d'Enseignement « THERMODYNAMIQUE I » du semestre 5

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : FRANÇAIS

**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :**

Conseillées :

T. J. Kotas, *The Exergy Method of Thermal Plant Analysis*, Krieger Publishing Company, USA, 1985.

J.J. Klemes, P.S. Varbanov, S. R. Wan Alwi, Z.A. Manan, *Process Integration and Intensification, Saving Energy, Water and Resources*, De Gruyter, Germany, 2014.

## DESCRIPTION DE L'OPTION « Biotechnologies-Bioprocédés »

### OBJECTIFS GENERAUX DU MODULE :

Le but de ce module est de permettre aux étudiants d'acquérir les bases en biotechnologies et en bioprocédés. Le cours comporte une première partie sur introductive sur les biomolécules et les cellules vivantes, suivie par une partie sur les cinétiques et les réacteurs biologiques et enfin une partie sur les méthodes analytiques utilisées dans le domaine des bioprocédés.

### OBJECTIFS SPECIFIQUES :

A l'issue de cette option, l'élève ingénieur doit être capable de :

- Identifier, représenter et caractériser les cellules vivantes et les biomolécules qui en découlent et qui interviennent dans les procédés biotechnologiques (ADN, ARN, Protéines, Lipides, Glucides, Enzymes, Anticorps...), ainsi que les méthodes analytiques qui leur sont corrélées.
- 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.

### CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT :

Ce module comporte 27 heures de cours magistraux et 9 heures de travaux dirigés. Des industriels présenteront leurs activités sous formes de 2 conférences d'1.5h chacune. L'élève est évalué par un examen écrit de 3 heures et un devoir maison (DM) à préparer sur la durée du semestre. Chaque évaluation compte pour la moitié de la note globale.

La partie Biomolécules traite de :

- Cellules vivantes, membranes cellulaires, noyaux, lipides, sucres, protéines, protéines membranaires
- Energie de la cellules/métabolisme.
- En dehors de la cellule : Anticorps (notions sur l'immunité ; anticorps monoclonaux)

La partie bioprocédés traite de :

- Cinétiques enzymatiques (Loi de Michaelis - Menten) avec un simple substrat, à deux substrats, avec des inhibiteurs, cinétiques microbiennes (Loi de Monod).
- Bioréacteurs enzymatiques, microbiens : écoulements, réacteurs fermés, continus et semi-continus, bilans de matière.

La partie des Méthodes analytiques traite de :

- Biochimie : Elisa ; PCR ; Westernblot et autres techniques de détection.
- Purification des biomolécules : précipitation, centrifugation, différentes chromatographies (exclusion stérique, interaction hydrophobes, échangeuse d'ions), électrophorèses (capillaire, SDS page...)

| EQUIPE PEDAGOGIQUE : | Responsable : Mme Nouceiba ADOUANI   |
|----------------------|--------------------------------------|
| Carole ARNAL-HERAULT | Biomolécules et méthodes analytiques |
| Cécile NOUVEL        | Méthodes analytiques                 |
| Nouceiba ADOUANI     | Bioprocédés                          |

### TYPE D'EVALUATION :

L'évaluation est réalisée par un examen écrit (3h)

**INFORMATIONS UTILES :**

PRE-REQUIS : -

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : FRANÇAIS

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES : -

**DESCRIPTION DES ENSEIGNEMENTS « Procédés pour les Produits Formulés »****OBJECTIFS GENERAUX DU MODULE :**

Les notions de produits et de propriétés d'usage (recherchées par le consommateur ou le client) sont au cœur des préoccupations d'un très grand nombre de secteurs industriels relevant de la chimie au sens large (peintures, cosmétiques, industries pharmaceutiques, matières plastiques, produits domestiques...). Les formes finales commercialisées par ces différents secteurs d'activités sont soit solides (poudres, comprimés, granules), soit fluides (émulsions, mousses, gels, pâtes...) et présentent une grande complexité, tant du point de vue de leur composition que de leur structure. La résolution rigoureuse des problèmes liés à la conception et à la production d'un produit dont les performances s'expriment en propriétés d'usage passe nécessairement par l'utilisation de concepts spécifiques et par le recours à des outils théoriques s'appuyant à la fois sur la physico-chimie et le génie des procédés.

**OBJECTIFS SPECIFIQUES :**

Les objectifs pédagogiques visés par ce module sont les suivants :

- Donner aux élèves-ingénieurs les bases permettant d'aborder les nombreuses facettes relatives à la conception d'un produit formulé, sur le plan de la physico-chimie des colloïdes et des interfaces, d'une part, et du génie des procédés appliqué aux milieux complexes d'autre part.
- Illustrer, au travers d'exposés réalisés par les élèves, des exemples de conception et de production de quelques produits qui permettent d'aborder les principales opérations de mise en forme utilisées dans l'industrie des produits (extrusion, granulation, compaction, dispersion-mélange).
- Comprendre comment un produit formulé est conçu et évolue en prenant en compte les besoins des consommateurs, les enjeux de santé, ainsi que les impacts sur l'environnement et la société, en intégrant les principes de l'économie circulaire.
- Développer les connaissances relatives aux différents états de la matière mis en jeu en génie des procédés pour les produits en se concentrant sur les solides déformables et les gels.
- Donner les bases de compréhension de méthodes de caractérisation de produits en se focalisant sur la rhéologie.
- Comprendre les bases de l'analyse du cycle de vie (ACV) appliquée aux produits.

**CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT :**

- Introduction : du génie des procédés au génie des produits formulés (12h)

Basé sur une pédagogie interactive et inductive, ce cours en mode projet permet de faire le lien entre le génie des procédés et le génie des produits. Il a pour objectif de mettre en évidence les particularités du génie des produits formulés et d'introduire la notion de propriétés d'usage qui est le concept clef de cette discipline. Les élèves coconstruisent de façon collective le cours, via l'examen de cas particuliers, en faisant des présentations orales à partir de thèmes et documents qui leur sont donnés. La première séance illustre la construction des concepts fondamentaux du génie des produits à partir de ceux du génie des procédés en prenant comme exemple le café (extraction de la caféine, café lyophilisé, en capsules). La seconde séance généralise les concepts construits lors de la séance précédente en les confrontant à des exemples variés de produits couvrant différents secteurs d'application. La troisième séance vise à mettre en évidence la variété de solutions de produits formulés pouvant répondre à un même cahier des charges en se fondant sur

l'exemple des revêtements de surfaces (peintures, vernis, encres...). La dernière séance a pour objectif de mettre en pratique les connaissances acquises via l'identification de produits inconnus et d'observations expérimentales simples sur des aspects de formulation (texture, gels, polymères, micelles) et de procédés (agitation sans mousse, produits visqueux ou non Newtonien).

**- Etude de produits formulés - Ecoconception et circularité (12h)**

Ce cours a pour objectif de comprendre comment un produit formulé (comme un cosmétique, un détergent ou un aliment) est conçu et évolue dans le temps, en lien avec les attentes sociétales (santé, sécurité, qualité, transparence) et les enjeux environnementaux. Grâce à une approche d'apprentissage croisé, les étudiants seront amenés à explorer le rôle des ingrédients clés (comme les additifs, les actifs, ...), à réfléchir à l'écoconception de ces produits, et à analyser comment ceux-ci peuvent s'inscrire dans une démarche d'économie circulaire.

**- Solides déformables et Gel (6h)**

Les solides déformables et les gels sont une catégorie importante des produits formulés. Des types particuliers de produits sous forme de solides déformables et de gels seront étudiés en tenant compte des aspects de procédés, chimie, et physico-chimie. Les notions de structure et d'approche multiéchelle seront particulièrement mises en évidence en tant que clés du contrôle des propriétés d'usage et de conception des procédés de fabrication associés.

**- Rhéologie (6h)**

Le cours de rhéologie permet d'acquérir des notions de base en rhéologie et d'appréhender la rhéologie comme outil de caractérisation des systèmes complexes dans l'industrie. La description des principaux comportements rhéologiques (newtonien, rhéofluidifiant, à seuil, thixotrope) sera présentée à partir d'exemples issus des secteurs cosmétiques, hygiène, industrie des revêtements. L'ambivalence solide-liquide des systèmes formulés et des comportements viscoélastiques sera décrite, en s'intéressant plus particulièrement au cas des gels.

**- Analyse du cycle de vie (3h)**

La partie ACV traite de la définition de l'objet et du champ d'étude, de l'analyse de l'inventaire du cycle de vie, ainsi que de l'évaluation des impacts du cycle de vie, et des interprétations.

**- Travaux pratiques (4h)**

Des séances de travaux pratiques seront effectuées. Elles ont pour objectifs de concevoir et mettre en œuvre de produits formulés en se concentrant sur la fabrication et la caractérisation du produit fini.

| <b>EQUIPE PEDAGOGIQUE :</b>           | <b>Responsable : M. Thibault ROQUES-CARMES</b>                      |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Alain DURAND – Thibault ROQUES-CARMES | Introduction : du génie des procédés au génie des produits formulés |
| Véronique SADTLER                     | Etude de produits formulés - Ecoconception et circularité           |
| Alain DURAND                          | Solides déformables et Gel                                          |
| Cécile LEMAITRE                       | Rhéologie                                                           |
| Jean-François PORTHA                  | Analyse du cycle de vie                                             |
| Thibault ROQUES-CARMES                | Travaux pratiques                                                   |

**TYPE D'EVALUATION :**

L'évaluation est réalisée par deux contrôles écrits (2 \* 1h30). Ces contrôles porteront sur l'ensemble du contenu de l'option.

**INFORMATIONS UTILES :**

PRE-REQUIS : - Base de Chimie et Physico-chimie (cours de 1ère année de la formation)

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : FRANÇAIS

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES : -

|                                                               |                                      |                                 |                    |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------|
| <b>INTITULE DU MODULE :</b> <i>Langues II : Anglais / LV2</i> |                                      |                                 |                    |
| <b>HEURES PRESENTIEL</b><br><i>60</i>                         | <b>VOLUME HORAIRE TRAVAIL ESTIME</b> | <b>CREDITS ECTS</b><br><i>3</i> | <b>OBLIGATOIRE</b> |

## **1ère PARTIE : LANGUES ANGLAIS S7**

### **OBJECTIFS GENERAUX DU MODULE :**

- Permettre aux étudiants de devenir plus responsables de leur propre apprentissage
- Préparation au test TOEIC/TOEFL/IELTS. Développer des connaissances et compétences linguistiques pour obtenir un niveau minimum B2. (C1 : TOEIC 945+, TOEFL 95/120, IELTS 7)
- Développer les 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<sup>e</sup> siècle : compétences en apprentissage et innovation, compétences en information, média et technologie, compétences sociales et professionnelles

### **OBJECTIFS SPECIFIQUES :**

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

- Identifier leur niveau d'anglais et identifier les besoins pour atteindre un niveau minimum B2
- Travailler en binôme/équipe sur leurs objectifs et analyser les résultats atteints
- Utiliser un outil pour encadrer leur travail
- Comprendre le contenu essentiel de sujets concrets ou abstraits dans un texte complexe
- Communiquer avec un degré de spontanéité et d'aisance.
- S'exprimer de façon claire et détaillée sur une grande gamme de sujets.
- Présenter un sujet avec power point de manière claire et méthodique et répondre aux questions difficiles
- Analyser une présentation et s'auto-évaluer

### **CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT :**

- Définir leurs besoins pour améliorer leur niveau d'anglais et développer leurs compétences en anglais général et professionnel.
- Travail en binôme/équipe pour la préparation/entraînement au test TOEIC et s'auto-évaluer.
- Créer les activités et exercices d'application pour apprendre et mémoriser le vocabulaire, la grammaire et les expressions.
- 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.
- Rédiger un rapport de travail.

| <b>EQUIPE PEDAGOGIQUE :</b> | <b>Responsable :Mme Michelle ADRIAN</b>                                                | <b>CM</b> | <b>TD</b> | <b>Heures d'encadrement projet</b> |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|------------------------------------|
| Ben ANDREWS                 | Vacataire                                                                              |           | 30        |                                    |
| Michelle ADRIAN             | French Ministry of Education Accredited teacher (ENSIC, Université de Lorraine, Nancy) |           | 30        |                                    |

**TYPE D’EVALUATION :**

- **Validation (note entre 3-5)** : Rapport de projet personnel et appréciation de l’enseignant, présentation powerpoint
- Test de niveau : 1 test blanc TOEIC
- **Rattrapage** : test de niveau ou présentation powerpoint ou un travail personnel

**INFORMATIONS UTILES :**

PRE-REQUIS : Niveau B1 (cf : Descriptif CTI 2010, ou CECRL)

LANGUE D’ENSEIGNEMENT : ANGLAIS

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Nécessaires : manuels TOEIC

Conseillées : sites internet, revues GB, US, journaux.

**CONTRIBUTION DE L’UE A L’ACQUISITION DES COMPETENCES :**

Les EC de cette UE contribuent directement à l’acquisition de la compétence n°13.

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

## 2ème PARTIE : LANGUES : LV2 S7

### OBJECTIFS GENERAUX DU MODULE :

- Acquérir ou consolider un niveau B1/B2 cfr : Descriptif CECRL ou CTI 2010
- Développer des compétences professionnelles pour travailler en entreprise ou en laboratoire de recherche.

### OBJECTIFS SPECIFIQUES :

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

- Comprendre les points essentiels quand un langage clair et standard est utilisé et s'il s'agit de choses familières dans le travail, à l'école, dans les loisirs.
- Se débrouiller dans la plupart des situations rencontrées en voyage dans une région où la langue cible est parlée.
- Produire un discours simple et cohérent sur des sujets familiers et dans leurs domaines d'intérêt.
- Raconter un événement, une expérience ou un rêve, décrire un espoir ou un but et exposer brièvement des raisons ou explications pour un projet ou une idée.
- 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 lettres, e-mails formels, informels. Vocabulaire et termes propres à l'ENSIC
- Langage fonctionnel pour décrire les différentes phases d'un processus ou un système

| EQUIPE PEDAGOGIQUE :          | Responsable :<br>Michelle ADRIAN        | CM | TD | Heures<br>d'encadrement<br>projet |
|-------------------------------|-----------------------------------------|----|----|-----------------------------------|
| Claire CUISINIER (Allemand)   | PRAG Allemand UL<br>UFR ESM IAE de Metz |    | 30 |                                   |
| Sinaï AYALA CEDEÑO (Espagnol) | Contractuelle UL                        |    | 30 |                                   |

### TYPE D'EVALUATION :

- **Validation : Une note 10/20** : tests de contrôle de connaissance (oral, écrit)
- Tests de niveau - compréhension orale et écrit, expression orale et écrit.
- **Rattrapage** : Test de compréhension orale et écrit portant sur les exercices faites en cours ou tests de niveau

### INFORMATIONS UTILES :

PRE-REQUIS : Niveau A2. (cfr : Descriptif CTI 2010, ou CECRL)

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : ALLEMAND OU ESPAGNOL

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

NECESSAIRES :

CONSEILLEES :

**CONTRIBUTION DE L'UE A L'ACQUISITION DES COMPETENCES :**

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

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

## SEMESTRE 8

### Formation en entreprise

## Stage Ingénieur Junior

5 mois OBLIGATOIRE

CREDITS ECTS 30

### OBJECTIFS GENERAUX DU MODULE :

Il s'agit d'un stage à caractère professionnalisant se déroulant en entreprise ou dans un Etablissement Public à Caractère Industriel et Commercial, **d'une durée minimale de 21 semaines** (soit 5 mois). Le stage a lieu en France ou à l'étranger.

Ce stage vise à permettre l'acquisition de connaissances techniques sur les procédés et les matériels.

### OBJECTIFS SPECIFIQUES :

A l'issue du stage, l'élève devra être capable de remplir une mission mettant à profit son rôle d'animateur, de coordinateur et de gestionnaire de production.

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 et d'exprimer les compétences acquises au cours de la formation.

Un tuteur industriel (de l'entreprise) et un tuteur universitaire (un enseignant-chercheur de l'école) sont désignés pour chaque stagiaire.

Responsable pédagogique : Halima ALEM-MARCHAND – Enseignant chercheur

A la fin de son stage, l'élève doit produire un rapport écrit présentant l'objet de son travail ainsi que les résultats obtenus. Il doit par ailleurs présenter oralement son travail au sein de l'entreprise devant un jury constitué du tuteur industriel et du tuteur universitaire. L'évaluation du stage est effectuée sur la base d'un référentiel de compétences. Pour chaque compétence, sont déterminés 3 niveaux, sur la base de descriptions précises et d'exemples pour chaque niveau, ainsi qu'un niveau requis de référence, selon le type de stage, dans le cadre d'une acquisition progressive des compétences au cours de la formation. 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 pour le stage sera considérée comme non-acquise. 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.

### PRE-REQUIS :

- 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.

### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Guide du stage FITI disponible sur l'ENT (rubrique Bureau > Diffusion de Documents > Scolarité ENSIC > Stages)

### CONTRIBUTION DE L'UE A L'ACQUISITION DES COMPETENCES :

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

## BILAN DES SEMESTRES 7 ET 8

[illegible]

X

Contribution directe de l'EC à l'acquisition d'un niveau compétence (évaluée)

i

Contribution indirecte de l'EC à l'acquisition d'un niveau de compétence (non évaluée)

X

Contribution directe mais non systématique à l'acquisition d'un niveau de compétence (dépend du parcours individuel de l'apprenti, pas systématiquement évaluée)

**ENSEIGNEMENTS DU**

**SEMESTRE 9**

**ENSEIGNEMENTS DE SEMESTRE 9**

| <b>Semestre 9 - FITI</b>                                 | <b>Responsables</b>              | <b>CM</b>  | <b>TD</b>    | <b>Tutorats</b> | <b>H Eleve</b> | <b>ECTS</b> |
|----------------------------------------------------------|----------------------------------|------------|--------------|-----------------|----------------|-------------|
| Opérations unitaires                                     | S. Rode                          |            |              |                 | 78.5           | <b>4</b>    |
| <i>Agitation</i>                                         | C. Lemaitre                      | 7,5        | 6            |                 | 13,5           |             |
| <i>Rhéologie</i>                                         | C. Lemaitre                      | 5,5        | 0,5          |                 | 6              |             |
| <i>Cristallisation</i>                                   | H. Muhr                          | 6          | 9            |                 | 15             |             |
| <i>Distillation</i>                                      | S. Rode                          | 8          | 12           |                 | 20             |             |
| <i>Air humide, Séchage</i>                               | S. Rode                          | 10,5       | 10,5         | 3               | 24             |             |
| Sécurité et développement durable                        | L. Muhr                          |            |              |                 | 80             | <b>4</b>    |
| <i>Traitement des effluents gazeux</i>                   | L. Muhr                          | 1,5        | 1,5          |                 | 3              |             |
| <i>Changements climatiques et Energie</i>                | J.-F. Portha                     | 1,5        | 1,5          |                 | 3              |             |
| <i>Traitement des effluents industriels aqueux</i>       | L. Muhr / N. Adouani             | 8          | 9            |                 | 17             |             |
| <i>Energétique</i>                                       | R. Solimando                     | 17         | 21           |                 | 38             |             |
| <i>Sécurité des procédés</i>                             | L. Perrin                        | 9          | 10           |                 | 19             |             |
| Génie de la réaction chimique II                         | C. Castel                        |            |              |                 | 52             | <b>2</b>    |
| <i>Réacteurs hétérogènes</i>                             | G. Mauviel                       | 14         | 13           |                 | 27             |             |
| <i>Systèmes à recyclage</i>                              | E. Schaer                        | 3          | 5.5          |                 | 8,5            |             |
| <i>Intensification. Micro-réacteurs</i>                  | J.-F. Portha                     | 3          | 1,5          |                 | 4,5            |             |
| <i>Réaction / séparation</i>                             | C. Castel                        |            |              | 12              | 12             |             |
| Procédés industriels                                     | L. Muhr                          |            |              |                 | 80             | <b>4</b>    |
| <i>Grands procédés industriels</i>                       | L. Muhr                          | 30         | 16           | 6               | 52             |             |
| <i>Procédés de chimie fine</i>                           | L. Marchal Heussler / V. Sadtler | 13,5       | 1,5          |                 | 15             |             |
| <i>Matériaux polymères et procédés de transformation</i> | G. Hu                            | 6          | 7            |                 | 13             |             |
| Process System Engineering II                            | A. Latifi                        |            |              |                 | 64.5           | <b>3</b>    |
| <i>CPAO</i>                                              | A. Latifi                        | 2          | 12           |                 | 14             |             |
| <i>Commande des Procédés</i>                             | J.-M. Commenge                   | 6          | 10           |                 | 16             |             |
| <i>Dynamique des systèmes</i>                            | J.-M. Commenge                   | 6          | 10,5         |                 | 16,5           |             |
| <i>CPAO - Séparations</i>                                | U. Traegner                      |            | 16           | 2               | 18             |             |
| Management et économie III                               | V. Ivanaj                        |            |              |                 | 97             | <b>4</b>    |
| <i>Gestion d'entreprise</i>                              | V. Ivanaj                        | 20         | 11           |                 | 31             |             |
| <i>Législation sociale</i>                               | M. Rousseau                      | 6          | 3            |                 | 9              |             |
| <i>Conduite de Réunion / Entretien d'embauche</i>        | V. Ivanaj                        | 6          | 6            |                 | 12             |             |
| <i>Marketing et Gestion de projets</i>                   | V. Henry                         | 13         | 2            |                 | 15             |             |
| <i>Entrepreneuriat</i>                                   | L. Marchal Heussler              | 6          |              |                 | 6              |             |
| <i>Journée métiers &amp; carrières</i>                   |                                  | 8          |              |                 | 8              | <b>2</b>    |
| <i>Journée Rencontres industrielles</i>                  |                                  | 8          |              |                 | 8              |             |
| Mathématiques appliquées III                             | V.Lecuyer                        |            |              |                 | 46             |             |
| <i>Statistiques</i>                                      | V.Lécuyer                        | 20         | 26           |                 | 46             |             |
| Projet industriel                                        | R. Solimando                     |            |              | 50              | 50             | <b>3</b>    |
| Langues III                                              | M.Adrian                         |            | 80           |                 | 80             |             |
|                                                          |                                  | <b>237</b> | <b>308.5</b> | <b>75</b>       | <b>628</b>     | <b>30</b>   |

|                                                  |                                             |                          |                    |
|--------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------|--------------------|
| INTITULE DU MODULE : <i>Opérations unitaires</i> |                                             |                          |                    |
| HEURES PRESENTIEL<br><b>78,5</b>                 | VOLUME HORAIRE TRAVAIL ESTIME<br><b>140</b> | CREDITS ECTS<br><b>4</b> | <b>OBLIGATOIRE</b> |

#### OBJECTIFS GENERAUX DU MODULE :

Le module d'opérations unitaires vise à :

- Enseigner les méthodologies utilisées pour caractériser et pour dimensionner un dispositif d'agitation,
- Présenter les concepts de base de la rhéologie des milieux newtoniens et non newtoniens,
- Présenter les méthodologies permettant de dimensionner les opérations de séparation équilibrées impliquant des échanges enthalpiques et des changements de phase : distillation binaire, opérations sur l'air humide, séchage, cristallisation,
- Rendre l'étudiant apte à dimensionner les installations associées aux opérations unitaires précitées.

#### OBJECTIFS SPECIFIQUES :

A la fin de l'étude de chacun des thèmes traités et pour atteindre les objectifs généraux, l'étudiant devra être capable de :

- Choisir un mobile d'agitation et dimensionner une cuve agitée mécaniquement pour une tâche donnée.
- Analyser le comportement rhéologique d'un fluide.
- Déterminer les conditions de fonctionnement limite d'une colonne de distillation binaire (taux de reflux minimal, nombre de plateaux minimal) et choisir des conditions de fonctionnement optimales de cette colonne.
- Choisir et dimensionner des colonnes de distillation et de refroidissement par contact direct.
- Analyser des courbes de séchage et choisir et dimensionner des sécheurs.
- Choisir et dimensionner des appareillages de cristallisation.

#### CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT :

Agitation : 5 séances de cours (1h30), 4 séances de TD (1h30) : mobiles axiaux et radiaux, puissance spécifique, nombre de puissance, débits de circulation et de pompage, temps de mélange, transferts thermiques ; 1h30 examen écrit.

Rhéologie : 4 séances de cours (1h30) : approche phénoménologique, comportements non-newtoniens : rhéofluidification, rhéoépaississement, visco-élasticité, viscoplasticité, thixotropie, applications industrielles ; 0h30 examen écrit

Cristallisation : 9 séances de cours (1h30) : caractérisation des solides divisés, nucléation et croissance cristalline, bilans de population, analyse de fonctionnement et dimensionnement des cristallisoirs industriels, précipitation ; 3h d'examen écrit.

Distillation binaire : 4 séances de cours (2h), 4 séances de TD (3 h) préparées par les élèves : équilibre liquide-vapeur, distillation flash, rectification, équation de Fenske, méthodes de Mac-Cabe et Thiele et de Ponchon-Savarit, distillation discontinu, équation de Rayleigh ; travail maison rendu.

Air humide : 3 séances de cours (1h30), 3 séances de TD (1h30) : température humide, diagrammes psychrométriques, colonnes de refroidissement par contact direct, procédés d'humidification

Séchage : 3 séances de cours (1h30), 3 séances de TD (1h30), 2 séances suivi travail maison (1h30) : mécanismes de séchage, courbes caractéristiques de séchage, calcul de sécheurs industriels,

performances énergétiques, bilan enthalpique, technologies associées, 3h examen écrit (avec air humide).

| EQUIPE PEDAGOGIQUE : | Responsable : Sabine RODE |
|----------------------|---------------------------|
| Cécile LEMAITRE      | Agitation                 |
| Cécile LEMAITRE      | Rhéologie                 |
| H. MUHR              | Cristallisation           |
| Sabine RODE          | Distillation              |
| Sabine RODE          | Air humide, Séchage       |

#### TYPE D'EVALUATION :

Contrôles écrits (voir détails ci-dessus)

#### INFORMATIONS UTILES :

##### PRE-REQUIS :

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

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : FRANÇAIS

##### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Nécessaires : Documents photocopiés distribués

#### CONTRIBUTION DE L'UE A L'ACQUISITION DES COMPETENCES :

Les EC de cette UE contribuent directement à l'acquisition des compétences n°2, 3.

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

|                                                                      |                                                    |                                 |                    |
|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------|
| <b>INTITULE DU MODULE : <i>Sécurité et développement durable</i></b> |                                                    |                                 |                    |
| <b>HEURES PRESENTIEL</b><br><i>80</i>                                | <b>VOLUME HORAIRE TRAVAIL ESTIME</b><br><i>140</i> | <b>CREDITS ECTS</b><br><i>4</i> | <b>OBLIGATOIRE</b> |

**OBJECTIFS GENERAUX DU MODULE :**

Ce module vise à :

- faire acquérir des connaissances permettant de concevoir des procédés intrinsèquement plus propres, plus sobres et plus sûrs.
- faire acquérir des connaissances de base concernant les procédés de traitement des effluents industriels aqueux, gazeux et solides
- apporter une vision générale sur les principales technologies de conversion de l'énergie
- présenter, à l'aide de l'outil thermodynamique, les principaux systèmes énergétiques tels que compresseurs, éjecteurs, tuyères, machines thermiques, machines frigorifiques, installations de cryogénie, pompes à chaleurs

**OBJECTIFS SPECIFIQUES :**

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

- de choisir le procédé de traitement le mieux adapté possible à la nature de l'effluent, en prenant en compte les possibilités de rejet ou de valorisation (recyclage au sein de l'unité considérée, autre forme de valorisation...) et d'évaluer les paramètres opératoires principaux du procédé retenu
- de connaître les dispositions à prendre aux différentes étapes de la conception et lors du fonctionnement d'un procédé afin de le rendre plus propre, plus sobre et plus sûr.
- de participer à la rédaction d'une étude de dangers et d'une étude d'impact
- de choisir et justifier le système énergétique le plus adapté à une utilisation donnée, de modéliser et dimensionner les éléments constitutifs de l'installation retenue ou de proposer des améliorations à l'installation initiale en vue d'augmenter son efficacité et son rendement
- d'appliquer les outils de la thermodynamique au cas particulier des écoulements de fluides compressibles

**CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT :**
**I – Changements climatiques et Energie**

- Définition, contexte historique et politique
- Description des 3 piliers du développement durable
- Equation de Kaya
- Focus sur l'impact environnemental « Changements Climatiques »
- Enjeux énergétiques

**II – Traitement des effluents industriels gazeux**

- Caractérisation des effluents gazeux
- Critères de choix
- Procédés de traitement : par incinération, catalytiques, traitement biologique, par adsorption, par absorption, condensation
- Traitement des Composés Organiques Volatils
- Traitement des gaz acides
- Traitement du CO<sub>2</sub>

**III – Traitement des effluents industriels aqueux**

- Composition et méthodes d'analyse des eaux
- Exemples de procédés de traitement d'eau

C. Gestion globale de l'eau dans l'industrie (intégration des procédés, notion de « rejet zéro »)

D. Aspects législatifs

E. Processus élémentaires du génie physico-chimique

E.1 - Coagulation et floculation

E.2 - Echange d'ions et adsorption

E.3 - Neutralisation - Reminéralisation – Précipitation

E.4 - Procédés membranaires

E.5 – Oxydation

F. Procédés biologiques

#### **IV – Sécurité des procédés**

A. Typologie des risques industriels

B. La réglementation européenne ICPE (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement)

C. Méthodologie Générale d'Analyse de Risques

C.1 APR (Analyse Préliminaire des Risques)

C.2 La méthode HAZOP

D. Phénoménologie des risques industriels

D.1 Les feux et incendies

D.2 Les explosions de gaz, vapeur et poussières

D.3 La dispersion atmosphérique de produits toxiques

D.4 Les emballements thermiques

#### **V – Energétique**

A. Bilans de matière, d'énergie et d'entropie en systèmes ouverts

A.1 Bilans de matière en régime transitoire et stationnaire

A.2 Bilans d'énergie en régime transitoire

A.3 Bilans d'énergie en régime permanent - quand peut-on négliger énergie cinétique et potentielle ?

A.4 Bilans d'entropie en régime transitoire et régime permanent – Transformations réversibles et isentropiques

A.5 Pincements thermiques dans les échangeurs

A.6 Modes de fonctionnement des différents éléments d'un cycle moteur ou frigorifique

B. Écoulement de fluides compressibles

B.1 célérité du son dans un fluide – Nombre de Mach

B.2 Généralités sur les écoulements adiabatiques – enthalpie totale et condition d'arrêt

B.3 écoulements avec frottement visqueux dans une canalisation de section constante (gazoduc) – courbes de Fanno

B.4 Tuyères géométriques – Relation d'Hugoniot – écoulement dans les tuyères convergentes et de Laval

C. Compression des gaz

C.1 Les différents moyens de comprimer un gaz – cas particulier de l'éjecteur

C.2 Compresseurs mono-étagée

C.3 Compresseurs alternatifs – influence du volume mort

C.4 Compresseurs multi-étagés

C.5 Données techniques – critères de choix

D. Les Machines thermiques

D.1 Principes de base

D.2 Centrales à vapeur

D.3 Turbines à gaz et cycles combinés

D.4 Cycle des centrales nucléaires

D.5 Propulseurs aéronautiques

D.6 Cogénération - Cogénération industrielle par turbine à gaz

E. Production de froid : les machines frigorifiques à compression de vapeur – pompes à chaleur

- E.1 Principes de bases
- E.2 Cycle frigorifique à compression mono-étagé
- E.3 Problématique du choix et de l'utilisation des CFC
- E.4 Cycle frigorifique mono-étagé à surchauffe et refroidissement
- E.5 Cycle frigorifique bi-étagé
- E.6 Cycles frigorifiques en cascade
- E.7 Cycle inverse de BRAYTON
- E.8 Cycles de réfrigération à absorption liquide
- E.9 Pompe à chaleur
- F. Liquéfaction des gaz : cycles cryogéniques
  - F.1 Principe de bases – bilan énergétique idéal
  - F.2 Liquéfaction par compression simple
  - F.3 Liquéfaction en cascade
  - F.4 Procédé LINDE
  - F.5 Procédé CLAUDE

| EQUIPE PEDAGOGIQUE :     | Responsable : Mme Laurence MUHR                                                                                              |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Laurence MUHR            | Traitement des effluents gazeux industriels                                                                                  |
| Sophie MOUZON (NOVACARB) | Traitement des effluents gazeux industriels - Les grandes installations de combustion - Traitement des rejets atmosphériques |
| Jean-François PORTHA     | Introduction au développement durable                                                                                        |
| Laurence MUHR            | Traitement des effluents industriels aqueux (Echange d'ions et adsorption – Procédés membranaires – Précipitation)           |
| Nouceiba ADOUANI         | Traitement des effluents industriels aqueux                                                                                  |
| Roland SOLIMANDO         | Energétique                                                                                                                  |
| Laurent PERRIN           | Sécurité des procédés                                                                                                        |

#### TYPE D'EVALUATION :

L'évaluation des cours « Traitement des effluents industriels aqueux et gazeux » sera réalisée sous la forme d'un contrôle écrit d'1 heure.

L'évaluation du cours « Sécurité des procédés » sera réalisée sous la forme d'un contrôle écrit d'1 heure.

L'évaluation du cours « Energétique » sera réalisée sous la forme d'un contrôle écrit de 3 heures.

#### INFORMATIONS UTILES :

PRE-REQUIS : Génie des Séparations

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : FRANÇAIS

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES : Conseillées :

- André LAURENT - Sécurité des procédés, connaissances de base et méthodes d'analyse des risques, 2ème édition, Lavoisier, Ed.Tec & Doc, Collection Génie de Procédés de l'Ecole de Nancy, 2011.
- Degremont – Mémento technique de l'eau – Tomes 1 et 2 – Mai 2005 – Edités par Degremont
- Techniques de l'Ingénieur – G1150 – Les grandes catégories d'usage de l'eau dans l'industrie (partie 4 : quelques cas concrets d'optimisation de la gestion globale de l'eau) - Date de publication : 10 juillet 2006

#### CONTRIBUTION DE L'UE A L'ACQUISITION DES COMPETENCES :

Les EC de cette UE contribuent directement à l'acquisition des compétences n°1, 2, 8, 9.

|                                                              |                               |                          |                    |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------|
| INTITULE DU MODULE : <i>Génie de la réaction chimique II</i> |                               |                          |                    |
| HEURES PRESENTIEL<br><b>52</b>                               | VOLUME HORAIRE TRAVAIL ESTIME | CREDITS ECTS<br><b>2</b> | <b>OBLIGATOIRE</b> |

#### OBJECTIFS GENERAUX DU MODULE :

Ce module vise :

- à faire acquérir des connaissances de base sur les réacteurs hétérogènes catalytiques et non catalytiques, sur les systèmes réactionnels à recyclage, ainsi qu'une introduction à l'intensification.
- à fournir à l'élève des notions de base essentielles pour le choix et le dimensionnement des réacteurs hétérogènes non catalytiques, ainsi que pour la conception globale des procédés réactionnels hétérogènes.

#### OBJECTIFS SPECIFIQUES :

A l'issue de ce module, l'étudiant devra être capable :

- de proposer dans chaque cas concret le schéma optimal réactionnel et de dimensionner les appareils ;
- d'analyser le fonctionnement des réacteurs et des installations, de diagnostiquer les causes du mauvais fonctionnement (s'il y en a) et d'intervenir pour les éliminer ;
- de proposer des modifications essentielles pour améliorer les procédés existants.

#### CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT :

##### I – Réacteurs hétérogènes catalytiques

- I.1. Cinétique des réactions hétérogènes catalytiques ;
- I.2. Fonctionnement et dimensionnement des réacteurs hétérogènes catalytiques (à lit fixe, à lit fluidisé).

##### II - Réacteurs hétérogènes non catalytiques

- II.1. Notions de base sur les processus chimiques hétérogènes.
- II.2. Lois cinétiques des réactions chimiques hétérogènes fluide-solide.
- II.3. Fonctionnement et dimensionnement de différents types de réacteurs hétérogènes fluide-solide (à bande mobile, cuve agitée, four tournant, à lit fluidisé, à entraînement pneumatique).
- II.4. Lois cinétiques des réactions chimiques hétérogènes gaz-liquide.
- II.5. Fonctionnement et dimensionnement des réacteurs hétérogènes gaz-liquide.

##### II – Systèmes réactionnels à recyclage

- II.1. Le réacteur à recyclage : introduction, définition du taux de recyclage.
- II.2. Schémas réactionnels de recyclage de la chaleur.
- II.3. Schémas réactionnels de recyclage simultané de matière et de chaleur.
- II.4. Applications : réactions exothermiques et auto-catalytiques

##### III – Intensification

- III.1. Définitions et principaux leviers d'intensification
- III.2. Analyse en temps caractéristiques
- III.2. Cas des micro-réacteurs

##### IV – Projet Réaction-Séparation

L'objectif de ce projet est de permettre aux étudiant.e.s de travailler par groupes de 3 sur la conception et l'optimisation d'un schéma de procédé complet en utilisant l'ensemble des outils de modélisation et de simulation mis à leur disposition (Matlab, ProII ...). Les enjeux scientifiques sont de comprendre l'organisation et les interactions au sein du procédé des différentes étapes de réaction et de séparation en

particulier. Ce projet est entièrement conduit en anglais en collaboration avec le département des langues. Plusieurs étapes et jalons sont proposés aux étudiant.e.s : une première étape de recherche bibliographique (8 sessions de travail) (domaine d'application, opérations unitaires, schéma réactionnel, cinétiques chimiques ...) ponctuée de différents rendez-vous / bilan est suivie d'une étape de simulation et d'amélioration du schéma de procédé (4 sessions de travail en salle informatique) selon différents critères de pureté, rendement, productivité ou consommation énergétique selon le problème posé. Une présentation finale en anglais présente les principaux résultats du projet et en particulier le schéma de procédé retenu ainsi que les dimensionnements des équipements et les conditions opératoires associées.

#### Méthodes d'enseignement :

L'enseignement est réalisé sous forme de cours magistraux, de travaux dirigés ainsi que sous la forme de préparation de deux projets.

| EQUIPE PEDAGOGIQUE :       | Responsable : M. C. CASTEL       |
|----------------------------|----------------------------------|
| G. MAUVIEL                 | Réacteurs hétérogènes            |
| JF PORTHA                  | Systèmes à recyclage             |
| JF PORTHA                  | Intensification. Micro-réacteurs |
| C. CASTEL / D. MEIMAROGLOU | Projet Réaction / Séparation     |

#### TYPE D'EVALUATION :

Contrôles écrits et projets.

#### INFORMATIONS UTILES :

PRE-REQUIS : Thermodynamique chimique, Cinétique chimique, quelques chapitres du Génie Chimique (transfert de chaleur et de matière), Mathématiques (calcul numérique), UE GRC I au S7.

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : Français

#### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Conseillées :

- Villiermaux J., Génie de la réaction chimique (seconde édition), TEC & DOC – LAVOISIER, Paris 1993.
- Levenspiel O., Chemical Reaction Engineering (third edition), John Wiley & Sons, New York 1999.
- Korovessi E., Linninger A.A., Batch Processes, University of Illinois, Chicago 2005.

#### CONTRIBUTION DE L'UE A L'ACQUISITION DES COMPETENCES :

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

|                                                            |                                      |                                 |                    |
|------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------|
| <b>INTITULE DU MODULE : <i>Procédés industriels II</i></b> |                                      |                                 |                    |
| <b>HEURES PRESENTIEL</b><br><b>80</b>                      | <b>VOLUME HORAIRE TRAVAIL ESTIME</b> | <b>CREDITS ECTS</b><br><b>4</b> | <b>OBLIGATOIRE</b> |

**OBJECTIFS GENERAUX DU MODULE :**

- Présenter des procédés industriels correspondant à des secteurs d'activité variés : la chimie minérale, le raffinage du pétrole, la pétrochimie, la chimie fine, le nucléaire.
- Présenter les opérations unitaires mises en jeu en expliquant leur principe et les méthodes qui permettent de les dimensionner
- Expliquer la logique d'enchaînement de ces opérations unitaires.

**OBJECTIFS SPECIFIQUES :**

L'étudiant devra être capable de concevoir un procédé industriel dans sa globalité en incluant tous les types d'opérations unitaires (réaction, séparation, compression...).

L'élément constitutif « matériaux polymères et procédés de transformation » a pour objet de présenter de manière brève les connaissances de base sur les propriétés thermomécaniques des polymères et la prise en compte de celles-ci dans le développement des procédés de mise en forme des polymères.

L'élément constitutif « Chimie fine » a pour objectifs de préparer l'étudiant à analyser les besoins relatifs à l'utilisation d'un produit formulé, à traduire ces besoins en caractéristiques physico-chimiques rhéologiques, et à concevoir une succession d'opérations unitaires qui permettent de conférer au produit les caractéristiques désirées.

**CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT :**
**I – PROCEDES DE CHIMIE FINE**

Ce cours porte sur les produits chimiques à propriétés d'usage spécifique obtenus à partir de dispersions solide/liquide et liquide/liquide. Les systèmes dispersés étudiés présentent des tailles allant du millimètre au nanomètre.

Le cours repose sur une étude cas conçue selon une logique industrielle. Les concepts physico-chimiques, rhéologiques et mécaniques qui déterminent le comportement des systèmes dispersés sont décrits lorsque le besoin a été identifié au cours de l'étude. Les lois de comportement sont alors utilisées pour concevoir les opérations unitaires et leur adaptation à la fabrication du produit attendu. Les méthodes de transposition d'échelle utilisant les nombres adimensionnels et la difficulté à les mettre en œuvre sur ces systèmes sont décrites.

**II – MATERIAUX POLYMERES ET PROCEDES DE TRANSFORMATION**

Ce cours présente les principes de fonctionnement des principaux procédés de mise en forme de polymères ainsi que leurs applications. Les mécanismes de mélange et d'agitation dans une extrudeuse, la théorie de percolation ainsi que leurs applications dans l'élaboration de matériaux polymères (mélanges de polymères et composites à base de polymères) sont abordés.

**III – GRANDS PROCEDES INDUSTRIELS**

Ce cours présente les grands procédés industriels de la chimie minérale, du raffinage du pétrole, de la pétrochimie et du cycle du combustible nucléaire.

L'enseignement est réalisé sous forme de cours, de travaux dirigés, de conférences (3 conférences réalisées par des industriels), d'études de cas (4 séances réalisées sous forme de résolution par problème) et d'une visite d'un site industriel (Centrale nucléaire de Cattenom).

| <b>EQUIPE PEDAGOGIQUE :</b> |  | <b>Responsable : Mme Laurence MUHR</b>                                                                                                                        |
|-----------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Laurence MUHR               |  | Grands procédés industriels                                                                                                                                   |
| Jean-François PORTHA        |  | Résolution par problème : Reformage du méthane à la vapeur                                                                                                    |
| Thibault ROQUES-CARMES      |  | Résolution par problème : La production d'azote                                                                                                               |
| Sabine RODE                 |  | Résolution par problème : La synthèse de l'ammoniac                                                                                                           |
| Marie BASIN (Air Liquide)   |  | Fabrication des gaz de synthèse et de l'hydrogène                                                                                                             |
| Florian HOUZELOT (Novacarb) |  | Introduction au raffinage du Pétrole Brut                                                                                                                     |
| Thibaut NEVEUX (EDF)        |  | Traitement des effluents des centrales nucléaires en fonctionnement (rejets liquides et gazeux + déchets solides des circuits primaire/secondaire/tertiaire). |
| Laurent MARCHAL-HEUSSLER    |  | Procédés de chimie fine                                                                                                                                       |
| Véronique SADTLER           |  | Procédés de chimie fine                                                                                                                                       |
| Guo Hua HU                  |  | Matériaux polymères et procédés de transformation                                                                                                             |

#### TYPE D'EVALUATION :

En ce qui concerne l'élément constitutif « Matériaux polymères et procédés de transformation », l'évaluation est réalisée sous la forme d'un contrôle écrit d'1h30.

En ce qui concerne les grands procédés industriels, l'évaluation est réalisée sous la forme de 2 contrôles écrits d'1h30.

L'évaluation de l'élément constitutif « Chimie fine » est réalisée sous la forme d'un contrôle final écrit de 45 minutes et d'un compte-rendu d'étude de cas.

#### INFORMATIONS UTILES :

PRE-REQUIS : Enseignements de semestre 7

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : FRANÇAIS

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Conseillées :

- Ed. Cussler and G. Moggridge. Chemical Product Design, Cambridge University Press, 2006
- E. Cussler, A. Wagner and L. Marchal-Heussler. Designing Chemical Products requires More Knowledge of Perception, AIChE Journal, Vol.56, n° 2 February 2010

#### CONTRIBUTION DE L'UE A L'ACQUISITION DES COMPETENCES :

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

Les EC de cette UE contribuent indirectement (en tant que ressources) à la compétence n°9.

|                                                           |                               |                          |                    |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------|
| INTITULÉ DU MODULE : <i>Process System Engineering II</i> |                               |                          |                    |
| HEURES PRESENTIEL<br><b>64.5</b>                          | VOLUME HORAIRE TRAVAIL ESTIME | CREDITS ECTS<br><b>3</b> | <b>OBLIGATOIRE</b> |

#### OBJECTIFS GENERAUX DU MODULE :

Le cours de Conception de Procédés Assistée par Ordinateur (CPAO) vise à :

- Présenter des généralités sur la simulation et les simulateurs de procédés
- Montrer l'organisation des propriétés physico-chimiques dans les simulateurs
- Utiliser le logiciel de simulation statique PRO/II pour des applications

Le cours de Dynamique des Systèmes vise à :

- Faire acquérir des connaissances de base sur les types de systèmes et sur leurs caractéristiques dynamiques.
- Décrire les méthodes principales d'identification des systèmes.
- Montrer à l'aide de plusieurs exemples comment les connaissances de base peuvent être appliquées dans la pratique industrielle.

Le cours de Commande des Procédés vise à :

- Familiariser l'étudiant avec l'automatique de base des systèmes monovariables en temps continu.
- Lui expliquer les techniques de régulation et de poursuite basées sur le PID et des techniques améliorées.
- Montrer l'importance et les conséquences dynamiques de la commande sur les procédés.

#### OBJECTIFS SPECIFIQUES :

A l'issue de ces cours, et pour atteindre les objectifs fixés, l'étudiant devrait pouvoir :

- Simuler des unités simples et des procédés complexes
- Choisir et dimensionner des unités
- Etre capable de faire l'analyse dynamique d'un appareil industriel
- Maîtriser le vocabulaire et les concepts de l'automatique de base fondée sur la transformée de Laplace
- Etre capable de concevoir une boucle de rétroaction et de régler un régulateur PID

**I. CPAO II**

1. Généralités sur la simulation et les simulateurs de procédés  
Eléments nécessaires pour la simulation de procédés  
Logiciels de simulation et leur structure  
Interprétation des résultats de simulation  
Unités fréquemment utilisées en simulation de procédés
2. Propriétés physico-chimiques dans les simulateurs  
Données constantes et données variables avec la température  
Modèles thermodynamiques et leur choix
3. Applications sur le logiciel de simulation statique PRO/II  
Consultation des différentes banques de données  
Régression de données  
Calcul des équilibres liquide/vapeur  
Trains de compression/turbine  
Réacteurs chimiques  
Colonnes de distillation  
Intégration thermique
4. Projet de séparation avancée : optimisation d'un schéma de procédé de distillation, choix des modèles, schéma multi-colonnes, conditions opératoires de fonctionnement, efficacité énergétique

**II. Dynamique des Systèmes**

1. Définition et structure des systèmes  
Eléments d'un système et types de systèmes  
Linéarisation des modèles non-linéaires
  2. Identification des systèmes  
Fonction de transfert comme fonction contenant toute l'information sur la dynamique d'un système
  3. Systèmes linéaires  
Systèmes linéaires du premier, deuxième et n-ième ordre  
Systèmes à paramètres distribués
- Signaux d'entrée typiques utilisés à l'identification des systèmes  
Vue générale sur la stabilité des systèmes

**III. Commande des Procédés en temps continu**

1. Modélisation dynamique des procédés  
Représentation d'état  
Fonctions de transfert  
Etude des systèmes linéaires en boucle ouverte
2. Commande linéaire à contre réaction  
Régulateur PID  
Dynamique des procédés commandés par contre réaction
3. Analyse de stabilité  
Analyse dans l'espace d'état  
Analyse de stabilité des systèmes à rétroaction
4. Synthèse des régulateurs par bouclage  
Choix et réglage des régulateurs PID  
Amélioration des PID
5. Analyse fréquentielle  
Diagrammes de Bode et de Nyquist  
Caractérisation d'un système par analyse fréquentielle  
Critère de stabilité de Bode
6. Amélioration des systèmes de commande  
Compensation du retard pur, de réponse inverse  
Commande en cascade, sélective, partagée, par anticipation ("feedforward")

| EQUIPE PEDAGOGIQUE :         | Responsable : M. Abderrazak LATIFI |
|------------------------------|------------------------------------|
| Abderrazak LATIFI            | CPAO                               |
| Jean-Marc COMMENGE           | Dynamique des systèmes             |
| Jean-Marc COMMENGE           | Commande des Procédés              |
| Ulrich TRÄGNER (HS Mannheim) | CPAO - Séparations                 |

CPAO : examen écrit de 2 heures en salles de calcul.

Dynamique des Systèmes : examen écrit de 1h30.

Commande : examen écrit de 1h30.

CPAO - Séparations avancées assistées par ordinateur : projet.

#### INFORMATIONS UTILES :

##### PRE-REQUIS :

CPAO : Thermodynamique - Génie de la réaction chimique - Opérations unitaires

Dynamique des systèmes : Génie Chimique, bilans de matière et d'énergie en régime non-stationnaire

Commande des Procédés : Bilans de matière et d'énergie

##### LANGUE D'ENSEIGNEMENT : Français

CPAO - Séparations avancées assistées par ordinateur : Anglais

##### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

###### Nécessaires :

CPAO : polycopié du cours

Dynamique des Systèmes : polycopié du cours

Commande des Procédés : livre « Commande des procédés », Jean-Pierre Corriou, Lavoisier Tec&Doc, 2<sup>ème</sup> édition (2003)

###### Conseillées :

- Process flowsheeting (A.W.Westerberg, W.Hutchinson, R.Motard, P.Winter /Cambridge University Press, 1979)
- Process Dynamics (B. Wayne Bequette, Prentice Hall PTR, 1998)
- Systematic methods of chemical process design (L.T.Biegler, I.E.Grossmann, A.W.Westerburg / Prentice Hall PTR, 1997)
- Process design principles: synthesis, analysis, and evaluation (W.D. Seider, J.D. Seader, D.R. Lewin /John Wiley & Sons, 1998)

#### CONTRIBUTION DE L'UE A L'ACQUISITION DES COMPETENCES :

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

|                                               |                                            |                          |                    |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------|--------------------|
| INTITULE DU MODULE : <i>Projet Industriel</i> |                                            |                          |                    |
| HEURES PRESENTIEL                             | VOLUME HORAIRE TRAVAIL ESTIME<br><b>50</b> | CREDITS ECTS<br><b>3</b> | <b>OBLIGATOIRE</b> |

**OBJECTIFS GENERAUX DU MODULE :**

Développer les compétences nécessaires pour aborder un problème industriel en équipe.

**OBJECTIFS SPECIFIQUES :**

A l'issue de ce module, l'élève devra être capable d'adopter une démarche qui lui permettra :

- de choisir ou concevoir une opération unitaire de génie chimique
- d'intégrer de nombreux aspects comme le coût ou la sécurité
- de travailler en équipe pour chercher, de façon collective, à atteindre un objectif

**CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT :**

- Le sujet est proposé par un industriel.
- Le travail est réalisé par groupe de 3 ou 4 élèves.
- Chaque groupe est encadré par un tuteur selon son domaine d'expertise.
- Après consultation des élèves ingénieurs, de l'industriel et du responsable du projet, l'approche est définie.
- Après une étude bibliographique, un suivi mensuel est effectué chez l'industriel avec les élèves ingénieurs et le responsable.

**EQUIPE PEDAGOGIQUE :**

**Responsable : Roland SOLIMANDO**

Un tuteur enseignant suit le groupe d'élève en concertation avec le tuteur industriel.

**TYPE D'EVALUATION :**

- Un rapport final confidentiel est fourni à l'industriel.
- Une présentation orale est réalisée par le groupe d'élèves.
- Les élèves ingénieurs du groupe sont évalués par l'industriel en concertation avec le tuteur universitaire référent du projet.

**INFORMATIONS UTILES :**

PRE-REQUIS :

LANGUE D'ENSEIGNEMENT :

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

**CONTRIBUTION DE L'UE A L'ACQUISITION DES COMPETENCES :**

Les EC de cette UE contribuent directement à l'acquisition des compétences n°2,3,4,5,10,13.

Les EC de cette UE contribuent indirectement (en tant que ressources) à la compétence n°9.

|                                                               |                                      |                                 |                    |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------|
| <b>INTITULE DU MODULE :</b> <i>Management et économie III</i> |                                      |                                 |                    |
| <b>HEURES PRESENTIEL</b><br><b>97</b>                         | <b>VOLUME HORAIRE TRAVAIL ESTIME</b> | <b>CREDITS ECTS</b><br><b>4</b> | <b>OBLIGATOIRE</b> |

**OBJECTIFS GENERAUX DU MODULE :**

- 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.
- Acquérir des éléments de connaissance du droit social et faire le point sur les dispositions conventionnelles et la jurisprudence récente.
- Identifier les techniques et les outils de recrutement utilisés par les cabinets et les entreprises.
- Familiariser les élèves avec la situation d'entretien de personnalité et celui d'embauche.
- Connaître et comprendre les concepts fondamentaux liés à la faisabilité de projets.
- Saisir le sens du rôle et de la nature de la faisabilité de projets au sein des organisations.
- Développer des attitudes à la recherche de données pour compléter une faisabilité de projet.
- Savoir analyser et comprendre le fonctionnement des marchés, les spécificités du comportement des consommateurs et la stratégie marketing.
- Développer son potentiel d'entrepreneur

**OBJECTIFS SPECIFIQUES :**

- Savoir piloter une entreprise fictive en compétition avec d'autres sociétés sur un marché économique simplifié (simulation par ordinateur).
- Pouvoir exécuter un contrat de travail en tenant compte de sa nature et des spécificités de la branche d'activité.
- Savoir conduire un entretien de face-à-face dans une optique de sélection professionnelle.
- Préparer son projet professionnel et mieux réussir son insertion dans le monde du travail
- Acquérir les notions fondamentales de la faisabilité de projets, tels les 4 P, le risque, les organisations de tâches, etc.;
- Comparer les différents environnements où les études de faisabilité sont nécessaires ; les différentes mesures de faisabilité de projets.
- Comprendre les aspects pratiques et théoriques de la faisabilité de projets.
- Elaborer une stratégie marketing, comprendre la logique marchande des produits, apprécier la faisabilité commerciale d'un projet commercial, repérer les nouvelles tendances du marketing.
- Découvrir la vie d'un chef d'entreprise
- Connaître les entreprises de la région lorraine et notamment les PME

**CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT :**
**Gestion d'entreprise**

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

*Simulation de gestion d'une entreprise*

**Législation sociale**

1. Contrat de travail : - Nature - Différents types de contrat - Contenu des contrats
2. Exécution du contrat de travail : - Organisation interne - Pouvoir disciplinaire - Représentants du personnel

3. Suspension du contrat, absences, congés...
4. Fin du contrat de travail
5. Dispositions spécifiques à la branche d'activité : Durée du travail, rémunération...

#### **Gestion de projets**

1. Définition de la faisabilité de projets
2. Les bases
3. Les outils essentiels
4. Le canevas

*Méthode d'enseignement : présentations magistrales par le professeur ; discussions de la matière en classe*

#### **Marketing**

1. Analyse du marché : la notion de marché, la demande, la segmentation,
2. L'étude du consommateur : les facteurs explicatifs du comportement, le processus d'achat du consommateur
3. La stratégie marketing : positionnement, ciblage, marketing mix
4. Les nouvelles tendances du marketing

*Méthode d'enseignement : cours, exploitation de vidéos, cas pratiques*

#### **Entretien d'embauche**

1. La préparation de l'entretien
2. Le déroulement de l'entretien
3. Les erreurs à éviter
4. Les tests de recrutement

*Méthode d'enseignement : Simulation d'entretiens d'embauche*

#### **Journée Métiers & Carrières**

#### **Journée Entreprise**

#### **Journée Rencontres Industrielles**

#### **Entrepreneuriat**

| <b>EQUIPE PEDAGOGIQUE :</b>                      | <b>Responsable : Mme Vera IVANAJ</b>    |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Véra IVANAJ/Valérie HENRY                        | <b>Gestion d'entreprise</b>             |
| Marion ROUSSEAU                                  | <b>Législation sociale</b>              |
| Vera IVANAJ (ENSIC)<br>Alexandra GIGANTE (ENSIC) | <b>Entretien d'embauche</b>             |
| Valérie HENRY                                    | <b>Marketing et gestion de projet</b>   |
| Laurent MARCHAL-HEUSSLER                         | <b>Entrepreneuriat</b>                  |
| Industriels                                      | <b>Journée Métiers &amp; Carrières</b>  |
| Industriels                                      | <b>Journée Rencontres Industrielles</b> |

#### **TYPE D'EVALUATION :**

**Gestion d'entreprise** : Evaluation des résultats de gestion obtenus par le groupe en situation de simulation et présentation orale des résultats obtenus.

**Gestion de projets**: test final

**Marketing**: test final

**INFORMATIONS UTILES :****PRE-REQUIS :**

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

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : Français

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

**CONTRIBUTION DE L'UE A L'ACQUISITION DES COMPETENCES :**

Les EC de cette UE contribuent directement à l'acquisition des compétences n°6, 7, 11, 12, 13, 14.

|                                                   |                               |                          |                    |
|---------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------|
| INTITULE DU MODULE : <i>Langues III : Anglais</i> |                               |                          |                    |
| HEURES PRESENTIEL<br><i>80</i>                    | VOLUME HORAIRE TRAVAIL ESTIME | CREDITS ECTS<br><i>4</i> | <i>OBLIGATOIRE</i> |

**OBJECTIFS GENERAUX DU MODULE :**

- Préparation au test TOEIC. Développer des connaissances et compétences linguistiques pour obtenir un niveau B2/C1
- 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<sup>e</sup> siècle : compétences en apprentissage et innovation, compétences en information, média et technologie, compétences sociales et professionnelles

**OBJECTIFS SPECIFIQUES :**

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

- Identifier leur niveau d'anglais et identifier les besoins pour atteindre un niveau minimum B2
- Travailler en binôme/équipe sur leurs objectifs et analyser les résultats atteints
- Utiliser un outil pour encadrer leur travail
- Utiliser la langue de façon efficace et souple dans sa vie sociale, professionnelle ou académique.
- Présenter oralement, en temps limité, un poster scientifique, dans leur futur domaine professionnel
- Animer une réunion, faire un compte rendu et utiliser le langage spécifique des réunions
- Prendre des initiatives dans un entretien, élargir et développer ses idées
- Travailler dans une équipe en anglais et en utilisant les compétences du 21<sup>e</sup> siècle et les « soft skills »

**CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT :**

Travail sur un manuel de TOEIC et ou divers exercices pour l'entraînement à la compréhension et à  
Les élèves ont un choix entre 4 options :1) Préparation TOEIC ou 2) projet en groupe / personnel ou 3) Radio ENSIC ou 4) « Science Facts and Science Fictions »

Tous les élèves suivent :

- **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.
- **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 d'études de cas, simulations.

**Module science :** Travail en petits groupes sur le vocabulaire des domaines de génie chimique avec des documents audios et écrits authentiques de l'industrie présentant des systèmes/ procédés. Analyse de posters utilisés lors de colloques scientifiques, présenter un poster scientifique.

Session Intensive : Projets en petits groupes avec une présentation powerpoint.

- **Atelier : Entretien d'embauche :** Etude et acquisition du langage spécifique utilisé lors d'entretiens d'embauche. Simulation d'entretien d'embauche : filmé et visionné. Une mise en situation permettra de s'auto-évaluer et de prendre conscience de ses faiblesses afin de les travailler : langage, posture gestuelle, élocution.
- Rapport de travail pour les options

| EQUIPE PEDAGOGIQUE : | Responsable : Mme Michelle ADRIAN                                                      | CM | TD | Heures d'encadrement projet |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----|----|-----------------------------|
| Emmanuel KASMAREK    | Contractuel, ENSIC, UDL                                                                |    |    |                             |
| Michelle ADRIAN      | French Ministry of Education Accredited teacher (ENSIC, Université de Lorraine, Nancy) |    |    |                             |

**TYPE D'EVALUATION :**
**Validation (note entre 3-5) :**

- 1) rapport de travail
- 2) la présentation du poster
- 3) la conduite de réunion
- 4) présentation du projet en session

**Rattrapage** : Travail personnel avec une présentation et un rapport écrit ou présenter un poster scientifique

**INFORMATIONS UTILES :**

PRE-REQUIS : Niveau B1/B2 (cf : Descriptif CTI 2010, ou CECRL)

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : ANGLAIS

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Nécessaires : manuels TOEIC

Conseillées :

**CONTRIBUTION DE L'UE A L'ACQUISITION DES COMPETENCES :**

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

|                                                          |                               |                          |                    |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------|
| INTITULE DU MODULE : <i>Mathématiques appliquées III</i> |                               |                          |                    |
| HEURES PRESENTIEL<br><b>46</b>                           | VOLUME HORAIRE TRAVAIL ESTIME | CREDITS ECTS<br><b>2</b> | <b>OBLIGATOIRE</b> |

**OBJECTIFS GENERAUX DU MODULE :**

Méthodes statistiques : apprendre à utiliser les outils statistiques d'aide à la décision

**OBJECTIFS SPECIFIQUES :**

- simulation
- corrélation
- estimation
- tests

**CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT :**

Définition et présentation des outils et techniques nécessaires, mis en œuvre sur ordinateur individuel avec un logiciel-tableur en travaux dirigés.

**I-Monte-Carlo et simulation**

- . résolution de problèmes numériques par la méthode de Monte-Carlo
- . simulation d'une loi discrète
- . simulation d'une loi continue (méthode de Box-Muller pour la loi « normale »)

**I-Corrélation**

- . correction des variations saisonnières
- . choix pertinent d'un modèle
- . application de la méthode des Moindres Carrés à des exemples variés

**II-Estimation**

- . construction d'un échantillon représentatif
- . meilleure estimation ponctuelle d'une moyenne, d'une fréquence, d'une variance
- . risque et intervalles de confiance
- . capabilité d'un procédé

**III-Tests**

- . significativité et p-valeur
- . tests paramétriques : moyenne, fréquence et variance
- . tests non paramétriques : khi-deux, analyse de la variance

|                      |                                  |
|----------------------|----------------------------------|
| EQUIPE PEDAGOGIQUE : | Responsable : M. Vincent LÉCUYER |
| Vincent LÉCUYER      | Statistiques                     |

**TYPE D'ÉVALUATION :**

Sur ordinateur, examen intermédiaire individuel et projet final en binômes (2h chacun)

**INFORMATIONS UTILES :**

PRÉ-REQUIS : module Mathématiques Appliquées II

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : FRANÇAIS

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES : -

**CONTRIBUTION DE L'UE A L'ACQUISITION DES COMPETENCES :**

Cette UE contribue directement à l'acquisition des compétences n°1, 3, 4, 5.

## SEMESTRE 10

### Formation en entreprise

## Stage Ingénieur

**5,5 mois OBLIGATOIRE**
**CREDITS ECTS 30**

### OBJECTIFS GENERAUX DU MODULE :

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 24 semaines** (soit 5.5 mois). Le stage a lieu en France ou à l'étranger. Ce stage a pour but de conforter les compétences scientifiques, techniques et managériales du futur ingénieur en situation professionnelle.

### 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).

### 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 et d'exprimer les compétences acquises au cours de la formation.

### EQUIPE PEDAGOGIQUE :

Un tuteur industriel (de l'entreprise) et un tuteur universitaire (un enseignant-chercheur de l'école) sont désignés pour chaque stagiaire.

Responsable pédagogique : Christophe CASTEL – Enseignant chercheur

### 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 est effectuée sur la base d'un référentiel de compétences. Pour chaque compétence, sont déterminés 3 niveaux, sur la base de descriptions précises et d'exemples pour chaque niveau, ainsi qu'un niveau requis de référence, selon le type de stage, dans le cadre d'une acquisition progressive des compétences au cours de la formation. 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 considérée 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 :

**PRE-REQUIS :** Avoir défini un projet professionnel et maîtriser l'ensemble des concepts enseignés lors de la formation à l'Ecole.

**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :** Guide du stage ingénieur disponible sur l'ENT (rubrique Bureau > Diffusion de Documents > [Scolarité ENSIC](#) > [Stages](#))

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

Contribution directe de l'EC à l'acquisition d'un niveau compétence (évaluée)

Contribution indirecte de l'EC à l'acquisition d'un niveau de compétence (non évaluée)

Contribution directe mais non systématique à l'acquisition d'un niveau de compétence (dépend du parcours individuel de l'apprenti, pas systématiquement évaluée)



ENSIC

# Syllabus du diplôme Ingénieur des industries chimiques

Filière Pharma + en apprentissage

**E.N.S.I.C.**

- \* -

## **ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DES INDUSTRIES CHIMIQUES DE NANCY**

1, rue Grandville  
B.P. 20451  
54001 NANCY CEDEX  
Tél. : (33) 03.72.74.36.00  
Email : ensic-dir@univ-lorraine.fr

### **INFORMATIONS GENERALES**

*Directeur*  
*Directeur-adjoint*  
*Directeur des Etudes du diplôme Ingénieur des Industries Chimiques*  
*Responsables de la filière Pharma +*  
*Correspondant Pédagogique S5 S6*  
*Correspondant Pédagogique S7 S8*

Alain DURAND  
Eric SCHAER  
Jean-François PORTHA  
Laurence MURH, Fabrice MUTELET  
Axelle ARRAULT  
Rainier HREIZ

### **HISTORIQUE**

L'ENSIC a atteint ses 135 ans en 2022. Créé en 1887 à la faveur d'une convention entre la Ville de Nancy et le Ministère de l'Enseignement, l'Institut Chimique de Nancy a été inauguré par le Président Sadi Carnot en 1892. Un demi-siècle plus tard, une réforme audacieuse, dite réforme Travers, instaure le recrutement, toujours actuel, par la voie des concours réservés aux élèves de Mathématiques Spéciales : l'Ecole s'appellera désormais « Ecole Supérieure des Industries Chimiques ». Enfin, début 1948, à la faveur d'un décret portant création des Ecoles Nationales Supérieures d'Ingénieurs, l'Ecole devient « Ecole Nationale Supérieure des Industries Chimiques » et diplôme des Ingénieurs de Procédés, ayant vocation à répondre aux attentes des industriels et de la société.

En 1997, à la filière originelle d'Ingénieur des Industries Chimiques pour laquelle l'Ecole détient une habilitation antérieure à 1936, s'ajoute une nouvelle formation également accréditée par la Commission des Titres d'Ingénieur : « Filière d'Ingénieur des Techniques de l'Industrie ». Cette formation, axée sur le Génie Chimique, s'appuie sur les industriels des branches professionnelles pour former ses ingénieurs par la voie de l'alternance.

L'ENSIC Nancy est une composante d'Université, son établissement de rattachement étant, entre 1971, et 2011 l'Institut National Polytechnique de Lorraine, puis l'Université de Lorraine depuis 2012.

### **DIPLOMES**

L'Ecole est habilitée à délivrer deux diplômes d'Ingénieur :

- Ingénieur des Industries Chimiques
- Ingénieur des Industries Chimiques, Spécialité Génie Chimique en partenariat avec l'UIC

Elle accueille chaque année quelque 140 nouveaux élèves-ingénieurs répartis dans ces deux formations.

Depuis 1992, la filière Pharma + du diplôme Ingénieur des Industries Chimiques est ouverte à des étudiants en pharmacie ayant validé la 5<sup>ème</sup> année (option Industrie). Après avoir validé deux années d'études à l'ENSIC, ils obtiennent le diplôme d'Ingénieur des Industries Chimiques et, en parallèle, le diplôme de pharmacien. Depuis 2018 la filière Pharma + se déroule en apprentissage. Cette formation initiale sous statut apprenti (FISA) est conduite en partenariat avec le CFA Leem Apprentissage.

## **DIPLOME INGENIEUR DES INDUSTRIES CHIMIQUES**

### **Filière Pharma + en apprentissage**

#### **I. OBJECTIFS DE LA FORMATION**

La filière Pharma + a pour objectif de former des pharmaciens-ingénieurs qui possèdent l'ensemble des compétences pour concevoir, valider et faire fonctionner les procédés de l'industrie pharmaceutique. Ainsi, outre les compétences en pharmacie, ceci implique de : maîtriser l'énergie, contrôler la qualité, automatiser, évaluer les coûts, prévenir les risques, préserver l'environnement, conduire un projet, manager une équipe.

#### **II. RECRUTEMENT – ADMISSIONS – FORMATION PREPARATOIRE**

Les apprentis de la filière Pharma + sont recrutés lors d'un processus sélectif impliquant un examen sur dossier et un entretien. Ces admissions (environ 15 places) sont ouvertes à des étudiants de 5<sup>ème</sup> année d'études de pharmacie ayant un minimum de 4 UE validées. Les admissions sont validées par le jury de l'ENSIC. Ces admissions ne deviennent définitives qu'après la signature d'un contrat d'apprentissage.

Une formation préparatoire est ouverte aux étudiants de 4<sup>ème</sup> année d'études de pharmacie ayant le projet d'intégrer l'ENSIC après la fin de leur 5<sup>ème</sup> année. Cette formation préparatoire se déroule durant la 5<sup>ème</sup> année hospitalo-universitaire des études pharmaceutiques à distance, l'étudiant restant inscrit dans sa faculté d'origine. Elle comprend des enseignements de mathématiques, de mécanique des fluides, d'informatique et de thermodynamique. Le volume horaire correspondant en présentiel est de 102 heures. Elle comporte un contrôle continu dont le résultat des évaluations permet l'intégration à l'ENSIC, après validation par le jury de l'ENSIC.

Suivre cette formation complémentaire n'est en rien obligatoire mais est fortement suggéré afin d'assurer la transition et de préparer son entrée en école d'ingénieur. Cette formation, gratuite, n'exige pas d'inscription à l'ENSIC. Elle est validée comme unité de valeur par certaines facultés de pharmacie.

#### **III. ORGANISATION PEDAGOGIQUE ET SYNOPTIQUE DES ETUDES**

La filière Pharma + se déroule sur deux années dont le contenu pédagogique correspond en grande partie à celui des semestres S5 à S8 de la formation sous statut étudiant au diplôme d'Ingénieur des Industries Chimiques. Le programme pédagogique a été élaboré afin d'acquérir de solides connaissances et compétences en génie chimique tout en tenant compte des spécificités du secteur pharmaceutique, permettant ainsi aux diplômés d'acquérir les compétences pour concevoir, développer, optimiser, et conduire une ligne de production de médicaments.

Le contenu de cette formation initiale en 2 ans est structuré en unités d'enseignement (UE) et en éléments constitutifs (EC) de ces unités d'enseignement. Ces UE et EC correspondent à des périodes à l'école, en terrain d'apprentissage ou en séjour international.

La progression durant la formation est caractérisée par : 1) la validation d'acquis de l'apprentissage attestée par l'attribution de crédits ECTS et 2) le développement de compétences de l'ingénieur attesté par la validation de niveaux au sein du référentiel de compétences visées (voir plus loin).

Chaque EC contribue à l'évaluation globale de l'UE dans laquelle il est inclus, selon des modalités de contrôle de connaissances précisées en début d'année universitaire. Les évaluations sont définitives une fois validées par le jury du diplôme. La validation d'une UE conduit à l'attribution de crédits ECTS dont le nombre dépend du volume de travail (en heures de travail par élève) de l'UE en question. Le volume de travail d'un enseignement est estimé avec la règle suivante : 1h de CM ou TD = 1,75h de travail ; 1h de TP = 1,5h de travail ; 1h de tutorat de projet = 10h de travail ; 1 semaine en terrain d'apprentissage = 35h de travail. Une année d'études représente entre 1900 et 2100 heures de travail (avec 25 mois de terrain d'apprentissage) et 1 ECTS entre 24 et 35 heures de travail. La validation d'un semestre correspond à l'obtention de 30 crédits ECTS et implique la validation de toutes les UE de ce semestre. Il n'y a pas de compensation entre différentes UE. L'obtention du diplôme est prononcée par le jury du diplôme et nécessite l'obtention de 120 crédits ECTS ainsi que la validation d'un niveau B2 en anglais et en français langue étrangère. Ce niveau B2 est évalué à la fois en interne (via les UE correspondantes) et en externe par un test reconnu dans le milieu professionnel ou académique.

L'évaluation d'un EC contribue directement à l'acquisition d'une ou plusieurs compétences du référentiel, à un niveau donné. Selon les cas, un EC peut aussi contribuer de façon indirecte à l'acquisition d'une compétence à un niveau donné en tant que « ressource ». Le référentiel de compétences du diplôme comporte 14 compétences avec 5 niveaux (a à e) pour chacune d'elles. Le référentiel de compétences détaillé est donné ci-dessous. L'obtention du diplôme implique, selon les cas, la validation d'un niveau c ou d pour chacune des 14 compétences en fin de formation. S'il le souhaite, un élève peut demander à valider la contribution d'une activité associative aux compétences n°10 et 12 (niveaux à préciser au cas par cas) sous réserve d'acceptation par le jury et de la mise en place d'une procédure d'évaluation ad hoc.

Les enseignements dispensés à l'ENSIC répondent aux besoins spécifiques des entreprises en intégrant notamment les aspects managériaux et linguistiques, le travail en équipe ou encore de nombreux travaux pratiques.

Les alternances entre école et terrain d'apprentissage suivent le calendrier ci-dessous.

- 1<sup>ère</sup> année :        de septembre à novembre : période académique à l'ENSIC,  
                         de décembre à juin : 1 mois à l'ENSIC / 1 mois en entreprise,  
                         en juillet et en août : plein temps en entreprise.
- 2<sup>ème</sup> année :        de septembre à février : 1 mois à l'ENSIC / 1 mois en entreprise,  
                         de mars à août : plein temps en entreprise.

Dans ce qui suit, après le référentiel de compétences du diplôme, le contenu pédagogique de la formation Pharma + est présenté dans l'ordre chronologique des semestres.

Pour chaque semestre, un tableau récapitulatif indique les unités d'enseignement et leur découpage éventuel en éléments constitutifs. Ce tableau précise également la ventilation des heures en cours magistraux (CM), travaux dirigés (TD), travaux pratiques (TP). Le nombre de crédits ECTS affecté aux unités d'enseignements est rappelé. Le bilan des contributions des UE en ECTS et en acquisition de compétences est indiqué à la fin de chaque semestre.

Les fiches syllabus décrivant le contenu pédagogique des différentes unités d'enseignements du semestre sont présentées à la suite de chaque tableau récapitulatif, ceci dans leur ordre d'apparition dans ce tableau. Outre les objectifs généraux et spécifiques de l'unité d'enseignement, le contenu et les méthodes d'enseignement sont décrits. Le type d'évaluation est indiqué pour information, des détails sur les modalités d'évaluation étant donnés dans un document distinct. Des informations utiles, concernant les prérequis et des références bibliographiques sont également fournies. Chaque fiche syllabus comporte la contribution de l'UE en ECTS et en acquisition de compétences.

## Référentiel de compétences du diplôme

| <b>CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES ET MAITRISE DE LEUR MISE EN ŒUVRE</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Compétence n°1</b>                                                              | <b>La connaissance et la compréhension d'un large champ de sciences fondamentales et appliquées et la capacité d'analyse et de synthèse qui leur est associée</b>                                                                                                                                                                               |
| <b>Niveau a</b>                                                                    | Citer et décrire les principes de base en sciences fondamentales et appliquées.                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Niveau b</b>                                                                    | Expliquer et démontrer les fondamentaux en mathématiques, physique, chimie afin d'atteindre les objectifs du programme de formation.                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Niveau c</b>                                                                    | Manipuler et expérimenter les fondamentaux en mathématiques, physique, chimie pour la résolution de problèmes.                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Niveau d</b>                                                                    | Analyser et synthétiser des savoirs et travaux scientifiques, sur la base de connaissances étendues et approfondies en mathématiques, physique, chimie, pour apporter une vision d'ensemble cohérente sur un sujet d'étude afin de le développer.                                                                                               |
| <b>Niveau e</b>                                                                    | Développer des approches originales permettant de contribuer à l'apport de nouvelles connaissances et à l'innovation dans les sciences fondamentales.                                                                                                                                                                                           |
| <b>Compétence n°2</b>                                                              | <b>L'aptitude à mobiliser et intégrer les ressources de plusieurs champs scientifiques et techniques spécifiques.</b>                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Niveau a</b>                                                                    | Identifier les domaines scientifiques dont l'exploration implique l'intégration de plusieurs disciplines fondamentales relevant des sciences physiques et chimiques.                                                                                                                                                                            |
| <b>Niveau b</b>                                                                    | Expliciter les liens entre les phénomènes de transfert, la thermodynamique et la cinétique chimique apparaissant dans les sciences du génie des procédés.                                                                                                                                                                                       |
| <b>Niveau c</b>                                                                    | Mobiliser les méthodologies du génie des procédés pour la description des processus de transport de la matière, de l'énergie, et de la quantité de mouvement. Utiliser ces savoirs pour le dimensionnement des installations de transfert de matière et d'énergie.                                                                              |
| <b>Niveau d</b>                                                                    | Connaître, évaluer et être capable de mettre en œuvre le couplage entre sciences physiques et chimiques dans des milieux complexes, polyphasiques, multi-constituants pour optimiser le fonctionnement des installations.                                                                                                                       |
| <b>Niveau e</b>                                                                    | Développer des méthodes utilisant les acquis de plusieurs champs disciplinaires scientifiques et techniques afin de faire évoluer les frontières du génie des procédés.                                                                                                                                                                         |
| <b>Compétence n°3</b>                                                              | <b>La maîtrise des approches, méthodes et outils de l'ingénieur : identification, modélisation et résolution de problèmes même non familiers et incomplètement définis, l'approche systémique, holistique et interdisciplinaire, l'utilisation des approches numériques et des outils informatiques, l'analyse et la conception de systèmes</b> |
| <b>Niveau a</b>                                                                    | Identifier le socle conceptuel et les méthodologies du génie des procédés et y associer les outils numériques et statistiques adaptés.                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Niveau b</b>                                                                    | Distinguer et décrire des problématiques de dimensionnement et différencier les niveaux de complexité permettant la résolution de problèmes.                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Niveau c</b>                                                                    | Résoudre des problèmes formulés à des niveaux de complexité différents, en employant des méthodes adaptées.                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Niveau d</b>                                                                    | Identifier des problèmes et les formuler au niveau de complexité requis. Analyser des produits et procédés selon les méthodes du génie des procédés en intégrant des aspects socio-écologiques.                                                                                                                                                 |
| <b>Niveau e</b>                                                                    | Évaluer, mettre en équation et solutionner des problèmes non familiers et incomplètement définis. Développer des approches originales et innovantes en se basant sur les principes fondamentaux.                                                                                                                                                |
| <b>Compétence n°4</b>                                                              | <b>La capacité à concevoir, concrétiser, tester et valider des solutions, des méthodes, produits, procédés innovants, en ayant préalablement un questionnement sur les usages</b>                                                                                                                                                               |
| <b>Niveau a</b>                                                                    | Nommer et identifier des produits ou procédés pour une application donnée.                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Niveau b</b>                                                                    | Comparer et sélectionner des produits et procédés pour répondre à un cahier des charges donné.                                                                                                                                                                                                                                                  |

|                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Niveau c</b>                                                                    | Analyser des produits et procédés en choisissant et appliquant des méthodes appropriées et en prenant en compte des aspects liés à leurs usages.                                                                                                                                                                                    |
| <b>Niveau d</b>                                                                    | Concevoir, développer et dimensionner des nouveaux produits et procédés en se basant sur les aspects fondamentaux et en intégrant notamment les aspects liés à la transition socio-écologique.                                                                                                                                      |
| <b>Niveau e</b>                                                                    | Développer et valider des méthodes innovantes de conception de produits et de procédés en intégrant les développements les plus récents du domaine, sur la base d'une analyse critique considérant les aspects technologiques, économiques, environnementaux et sociétaux.                                                          |
| <b>Compétence n°5</b>                                                              | <b>La capacité à effectuer des activités de recherche, fondamentale ou appliquée, à mettre en place des dispositifs expérimentaux ; la capacité à maîtriser les ordres de grandeur en s'appuyant sur des données étayées ; la capacité à restituer un travail de recherche</b>                                                      |
| <b>Niveau a</b>                                                                    | Appliquer un protocole expérimental et donner l'ordre de grandeur des principaux paramètres physico-chimiques.                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Niveau b</b>                                                                    | Utiliser à bon escient des dispositifs expérimentaux existants, identifier le champ paramétrique pouvant être exploré, effectuer les mesures, exploiter et présenter les résultats et incertitudes dans un format scientifique adapté.                                                                                              |
| <b>Niveau c</b>                                                                    | Relier théorie et expérience. Développer une méthodologie expérimentale permettant de valider un modèle ou de régresser certains de ses paramètres et d'en estimer l'incertitude.                                                                                                                                                   |
| <b>Niveau d</b>                                                                    | Organiser un travail de recherche fondamentale ou appliquée : élaborer des modèles, choisir des dispositifs expérimentaux appropriés, établir un plan d'expériences et analyser les résultats. Identifier les phénomènes prépondérants et les impacts majeurs associés pour en déduire l'ordre de grandeur des phénomènes attendus. |
| <b>Niveau e</b>                                                                    | Concevoir une stratégie d'exploration d'un nouveau domaine. Identifier les verrous scientifiques et/ou technologiques et les ressources nécessaires à leur levée. Développer des stratégies expérimentales innovantes. Restituer les avancées sous forme de communications scientifiques.                                           |
| <b>Compétence n°6</b>                                                              | <b>La capacité à trouver l'information pertinente, à l'analyser, l'évaluer et à l'exploiter</b>                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Niveau a</b>                                                                    | Identifier et lister les différents types de ressources bibliographiques et les outils bibliographiques de base.                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Niveau b</b>                                                                    | Sélectionner les publications les plus pertinentes sur un sujet donné en utilisant les outils bibliographiques de base. Les ordonner et les citer correctement comme références bibliographiques.                                                                                                                                   |
| <b>Niveau c</b>                                                                    | Adopter une démarche rigoureuse et raisonnée pour extraire des publications, brevets et ouvrages scientifiques pertinents à partir de différents outils bibliographiques. Identifier et analyser les points clés d'un document scientifique                                                                                         |
| <b>Niveau d</b>                                                                    | Réaliser une étude bibliographique, interpréter les résultats publiés et analyser l'état de l'art sur un sujet précis. Utiliser différents outils bibliographiques et de gestion des références associées. Rédiger un rapport ou une présentation bibliographique synthétique.                                                      |
| <b>Niveau e</b>                                                                    | Réaliser un état de l'art bibliographique le plus complet possible sur une thématique particulière, en mettant en œuvre une expertise et un sens critique associés à des connaissances et une expérience approfondie dans le domaine.                                                                                               |
| <b>L'ADAPTATION AUX EXIGENCES PROPRES DE L'ENTREPRISE ET D'UNE SOCIÉTÉ DURABLE</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Compétence n°7</b>                                                              | <b>La capacité à prendre en compte les enjeux de l'entreprise et à rendre compte de son action : dimension économique, respect des exigences sociales et environnementales, respect de la qualité, compétitivité et productivité, exigences commerciales, intelligence économique</b>                                               |
| <b>Niveau a</b>                                                                    | Lister les règles de QHSE, les indicateurs de performance et les besoins fonctionnels d'un procédé.                                                                                                                                                                                                                                 |

|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Niveau b</b>       | Identifier les exigences QHSE et économiques d'un procédé.                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Niveau c</b>       | Suivre les indicateurs de performance d'un procédé ou d'un produit et vérifier le respect des normes.                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Niveau d</b>       | Faire respecter les règles de QHSE, réaliser une analyse technico-économique d'un procédé ou d'un produit et proposer des axes d'amélioration.                                                                                                                                                             |
| <b>Niveau e</b>       | Prévenir et gérer les risques associés aux procédés ou aux produits, planifier et organiser les activités de contrôle et de maintenance. Piloter les indicateurs de performance et mettre en place des actions d'optimisation.                                                                             |
| <b>Compétence n°8</b> | <b>La capacité à intégrer dans ses conduites les responsabilités éthiques et professionnelles, à prendre en compte les enjeux des relations au travail, de sécurité et de santé au travail et de la diversité</b>                                                                                          |
| <b>Niveau a</b>       | Décrire les principes de responsabilité éthique, de sécurité et santé au travail. Distinguer les notions de Diversité, Egalité, Inclusion et Respect.                                                                                                                                                      |
| <b>Niveau b</b>       | Discuter les principes d'éthique et de responsabilité professionnelle. Appliquer les règles de sécurité et santé au travail et les principes de Diversité, Egalité, Inclusion et Respect.                                                                                                                  |
| <b>Niveau c</b>       | Pratiquer les principes d'éthique et de responsabilité professionnelle. Appliquer les règles de sécurité et santé au travail. Appliquer les principes de Diversité, Egalité, Inclusion et Respect.                                                                                                         |
| <b>Niveau d</b>       | Défendre et organiser les principes d'éthique, de relations au travail, de sécurité et santé au travail, de la diversité dans l'ensemble de ses activités professionnelles, et notamment dans ses pratiques scientifiques et techniques, dans sa communication, son management et ses prises de décisions. |
| <b>Niveau e</b>       | Organiser le changement, faire progresser les principes susmentionnés dans son environnement professionnel.                                                                                                                                                                                                |
| <b>Compétence n°9</b> | <b>La capacité à agir pour la transition énergétique et écologique des entreprises</b>                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Niveau a</b>       | Décrire l'évolution technique de l'industrie ainsi que ses besoins croissants en matière et énergie.                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Niveau b</b>       | Identifier les différentes ressources naturelles exploitées par l'industrie et les caractériser. Appréhender les problèmes liés à leur exploitation. Détailler les besoins en énergie/matière de l'industrie et leurs impacts carbone.                                                                     |
| <b>Niveau c</b>       | Distinguer les différentes pollutions industrielles. Identifier les technologies permettant de réduire les besoins en ressources, ainsi que les nuisances sur l'Environnement et sur la Société. Réaliser une ACV simplifiée.                                                                              |

|                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Niveau d</b>                                                                        | Quantifier et analyser les besoins en ressources et les impacts environnementaux et sociétaux d'un procédé ou d'un produit existant (ACV élargie aux avantages et inconvénients sociétaux). Evaluer, avec l'ensemble des parties prenantes, l'intérêt d'une nouvelle technologie par une approche systémique et prospective.        |
| <b>Niveau e</b>                                                                        | Manager le changement vers des systèmes industriels plus vertueux. Anticiper les besoins et les contraintes socio-écologiques lors du développement de procédés et produits                                                                                                                                                         |
| <b>Compétence n°10</b>                                                                 | <b>La capacité à agir pour l'émergence d'une société durable et la diffusion de la science</b>                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Niveau a</b>                                                                        | Définir les enjeux et besoins de la société, examiner la diversité des relations Homme-Nature et décrire les principes d'une démarche scientifique.                                                                                                                                                                                 |
| <b>Niveau b</b>                                                                        | Décrire les concepts de limites planétaires, de biodiversité, de services éco-systémiques, d'objectifs sociétaux (ODD). Illustrer les principes et apports de la démarche scientifique.                                                                                                                                             |
| <b>Niveau c</b>                                                                        | Examiner les besoins et les enjeux de la société dans le cadre de la transition socio-écologique. Analyser les causes et conséquences du changement climatique et de l'effondrement de la biodiversité. Etablir le lien entre les sciences & technologies et une société durable. Agir en tant qu'ingénieur citoyen & scientifique. |
| <b>Niveau d</b>                                                                        | Co-construire des diagnostics et des solutions d'atténuation & d'adaptation à l'épuisement des ressources, de la biodiversité & du changement climatique. Diffuser ses connaissances et partager son expérience dans une démarche citoyenne.                                                                                        |
| <b>Niveau e</b>                                                                        | Soutenir l'avancement technologique et sociétal au service d'un monde durable. Concevoir l'innovation socialement responsable en intégrant de nouveaux enjeux.                                                                                                                                                                      |
| <b>LA PRISE EN COMPTE DE LA DIMENSION ORGANISATIONNELLE, PERSONNELLE ET CULTURELLE</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Compétence n°11</b>                                                                 | <b>La capacité à s'insérer dans la vie professionnelle, à s'intégrer dans une organisation, à l'animer et à la faire évoluer : exercice de la responsabilité, engagement et leadership, management de projets, capacité à collaborer et à communiquer au sein d'équipes diversifiées et pluridisciplinaires</b>                     |
| <b>Niveau a</b>                                                                        | Décrire les principales fonctions d'une entreprise et distinguer les principaux rôles dans une équipe de travail.                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Niveau b</b>                                                                        | Identifier la stratégie, les valeurs et les missions d'une entreprise et repérer ses modalités de croissance. Contribuer au travail en groupe en assumant sa propre responsabilité. Coordonner son activité avec celles des autres membres de l'équipe.                                                                             |

|                        |                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Niveau c</b>        | Être force de proposition au sein d'une organisation de travail en mobilisant des techniques de communication et de coopération interpersonnelle. Savoir gérer les conflits afin de faciliter la prise de décision.                                                      |
| <b>Niveau d</b>        | Manager des personnes, des projets entrepreneuriaux et d'entreprises. Effectuer des choix d'orientations professionnelles en tenant compte de la vision stratégique de l'entreprise et de ses propres aspirations.                                                       |
| <b>Niveau e</b>        | Animer et gérer des équipes et des projets pluridisciplinaires en anticipant les difficultés et en favorisant les échanges. Initier et accompagner des changements organisationnels et techniques. Concevoir et porter des projets complexes et multipartenaires.        |
| <b>Compétence n°12</b> | <b>La capacité à entreprendre et à innover, dans le cadre de projets personnels ou par l'initiative et l'implication au sein de l'entreprise dans des projets entrepreneuriaux</b>                                                                                       |
| <b>Niveau a</b>        | Citer les principes fondamentaux de fonctionnement d'une entreprise et énumérer ses principales activités.                                                                                                                                                               |
| <b>Niveau b</b>        | Décrire les problématiques liées à la gestion et au management d'une entreprise. Identifier les enjeux majeurs de sa performance socioéconomique.                                                                                                                        |
| <b>Niveau c</b>        | Développer son potentiel entrepreneurial et créatif et l'utiliser pour la construction de son projet personnel et professionnel.                                                                                                                                         |
| <b>Niveau d</b>        | Identifier les principaux outils et méthodes de gestion d'entreprise et les appliquer au management d'un projet entrepreneurial et/ou d'innovation.                                                                                                                      |
| <b>Niveau e</b>        | Concevoir et mettre en œuvre des projets entrepreneuriaux et d'innovation au sein d'une entreprise ou à titre individuel. Proposer des pistes possibles de développement d'affaires.                                                                                     |
| <b>Compétence n°13</b> | <b>La capacité à travailler en contexte international et multiculturel : maîtrise d'une ou plusieurs langues étrangères et ouverture culturelle associée, capacité d'adaptation aux contextes internationaux et de coopération sur des enjeux planétaires collectifs</b> |
| <b>Niveau a</b>        | Comprendre une ou plusieurs langues étrangères, identifier les spécificités culturelles.                                                                                                                                                                                 |
| <b>Niveau b</b>        | Rendre compte de son travail sous forme écrite et orale en utilisant plus d'une langue dont l'anglais, être capable de travailler en contexte international.                                                                                                             |
| <b>Niveau c</b>        | Présenter les résultats d'un travail sous forme écrite et orale, communiquer efficacement avec des spécialistes et non-spécialistes, en utilisant des outils multimédias. Travailler en équipe multiculturelle, en utilisant plus d'une langue, dont l'anglais.          |

|                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Niveau d</b>        | Travailler efficacement dans des contextes nationaux et internationaux, en tant que membre ou leader d'une équipe multidisciplinaire et multiculturelle. Utiliser les outils et techniques de communication adaptés, pour communiquer dans sa langue maternelle, en français et en anglais.      |
| <b>Niveau e</b>        | Communiquer avec les pairs, la communauté scientifique internationale et la société au sujet de son travail ou de son expertise dans sa langue maternelle, en français et en anglais. Anticiper les différences culturelles, et s'y adapter afin de gérer des groupes et projets internationaux. |
| <b>Compétence n°14</b> | <b>La capacité à se connaître, à s'autoévaluer, à gérer ses compétences (notamment dans une perspective de formation tout au long de la vie), à opérer des choix professionnels</b>                                                                                                              |
| <b>Niveau a</b>        | Identifier les besoins fondamentaux des individus au travail et distinguer les dimensions physiques, cognitives et émotionnelles.                                                                                                                                                                |
| <b>Niveau b</b>        | Situer l'importance de la dimension humaine au travail. Identifier les différences de valeur et de culture de travail.                                                                                                                                                                           |
| <b>Niveau c</b>        | Distinguer les différents profils de personnalité, leurs forces et faiblesses, et en tenir compte afin de gérer les relations interpersonnelles. Détecter son profil de personnalité afin d'éclairer ses choix d'orientation.                                                                    |
| <b>Niveau d</b>        | Choisir et argumenter son projet professionnel et personnel en tenant compte de ses compétences techniques et humaines. Considérer la nécessité d'une formation tout au long de la vie.                                                                                                          |
| <b>Niveau e</b>        | Élaborer et structurer son projet de développement personnel et professionnel. Imaginer des évolutions de carrière possibles et se former ou se réorienter en conséquence.                                                                                                                       |

**ENSEIGNEMENTS DU 1<sup>er</sup> SEMESTRE DE FORMATION (S7 FISA)**

| Nature     | Libellé                                                          | Présentiel | HCM        | HTD        | HTP       | CNU | ECTS      |
|------------|------------------------------------------------------------------|------------|------------|------------|-----------|-----|-----------|
| <b>SEM</b> | <b>1er semestre Pharma plus</b>                                  | <b>385</b> | <b>123</b> | <b>234</b> | <b>28</b> |     | <b>30</b> |
| UE         | Systèmes réactifs pour l'industrie pharmaceutique                | 100        | 21         | 51         | 28        |     | 5         |
| EC         | Adsorption et catalyse hétérogène                                |            | 2          | 22         |           | 31  |           |
| EC         | Cinétique chimique homogène                                      |            | 9,5        | 14,5       |           | 31  |           |
| EC         | Génie de la réaction chimique                                    |            | 9,5        | 14,5       |           | 62  |           |
| EC         | TP Systèmes réactifs et procédés I                               |            |            |            | 28        | 62  |           |
| UE         | Thermodynamique et énergétique                                   | 60         | 31,5       | 28,5       |           |     | 3         |
| EC         | Thermodynamique et énergétique                                   |            | 27,5       | 20,5       |           | 62  |           |
| EC         | Bilans en génie des procédés                                     |            | 4          | 8          |           | 62  |           |
| UE         | Phénomènes de transfert I                                        | 48         | 20         | 28         |           |     | 3         |
| EC         | Phénomènes de transferts I                                       |            | 20         | 28         |           | 62  |           |
| UE         | Mathématiques, Informatique, Méthodes numériques et Statistiques | 94         | 30         | 64         |           |     | 6         |
| EC         | Informatique pour l'ingénieur des industries chimiques I         |            | 3          | 22         |           | 62  |           |
| EC         | Méthodes numériques                                              |            | 10,5       | 12,5       |           | 26  |           |
| EC         | Projet modélisation                                              |            |            | 6          |           | 62  |           |
| EC         | Statistiques                                                     |            | 5,5        | 10,5       |           | 62  |           |
| EC         | Mathématiques                                                    |            | 11         | 13         |           | 25  |           |
| UE         | Management dans le contexte de l'entreprise                      | 19         | 8          | 11         |           |     | 2         |
| EC         | Management dans le contexte de l'entreprise                      |            | 8          | 11         |           | 6   |           |
| UE         | Langues I                                                        | 20         |            | 20         |           |     | 2         |
| EC         | Anglais                                                          |            |            | 20         |           | 11  |           |
| CHOI       | LV 2 à choix                                                     | 20         |            | 20         |           |     |           |
| EC         | Anglais soutien                                                  |            |            | 20         |           | 12  |           |
| EC         | Allemand                                                         |            |            | 20         |           | 14  |           |
| EC         | Espagnol                                                         |            |            | 20         |           | 14  |           |
| UE         | Procédés pharmaceutiques                                         | 24         | 12,5       | 11,5       |           |     | 1         |
| EC         | Procédés pharmaceutiques                                         |            | 12,5       | 11,5       |           | 62  |           |
| UE         | Terrain d'apprentissage                                          |            |            |            |           |     | 8         |

| INTITULE DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : Systèmes réactifs pour l'industrie pharmaceutique |                                    |                   | OBLIGATOIRE |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------|-------------|
| HEURES PRESENTIEL<br>100                                                               | VOLUME HORAIRE TOTAL ESTIME<br>168 | CREDITS ECTS<br>5 | S7 FISA     |

#### OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

Le module « systèmes réactifs pour l'industrie pharmaceutique » a pour principaux objectifs :

- D'analyser les procédés industriels en termes de bilans de matière et d'énergie
- De réaliser l'étude expérimentale de la cinétique d'une réaction homogène et en déduire la loi de vitesse
- De mettre en œuvre ce type de réaction dans des réacteurs idéaux (fermé, RPA, piston)
- Connaître les principales approches théoriques permettant de déterminer des constantes de vitesses de processus élémentaires en phase liquide.
- D'acquérir des connaissances de base dans les mécanismes cinétiques mis en jeu dans les réactions de catalyse homogène (acido-basique, enzymatique, de coordination).
- Faire acquérir des connaissances de base dans le domaine de l'adsorption et de la catalyse hétérogène
- De présenter et expliciter les mécanismes mis en jeu dans les interactions de surface entre des phases solides, liquides et gaz

#### OBJECTIFS SPECIFIQUES

A l'issue de ce module, l'étudiant devra être capable de :

- Formuler des bilans de matière et d'énergie
- Choisir et dimensionner un réacteur approprié à une transformation chimique homogène donnée
- Connaître et identifier le mode de fonctionnement d'un réacteur (avec ou sans réactions chimiques, type d'écoulement, régime transitoire/permanent, mode d'introduction et d'évacuation des flux de matière et d'énergie)
- Optimiser les conversions, rendements ou sélectivités
- Identifier les conditions de stabilité des réacteurs exothermiques
- Mesurer la vitesse d'une réaction dans un réacteur idéal et déterminer la loi de vitesse
- Connaître les principales théories cinétiques permettant de calculer des constantes de vitesses pour des réactions mettant en jeu des espèces ioniques ou des molécules polaires.
- Exploiter un mécanisme détaillé en catalyse homogène pour en déduire des informations cinétique (loi de vitesse, stœchiométries, relations entre les vitesses de formation et de consommation des produits et réactifs).
- Identifier la présence de phénomènes interfaciaux dans les procédés de transformation et de formulation de la matière
- Mettre en œuvre et interpréter des isothermes de sorption gaz-solide et liquide-solide. Application à la caractérisation de propriétés physico-chimique de solide. Faire prendre conscience du rôle de l'adsorption dans la galénique.
- Définir un catalyseur et connaître ses propriétés
- Connaître les principaux modèles de cinétique catalytique hétérogène
- Connaître, identifier et prendre en compte les différentes étapes de limitations d'une réaction catalytique hétérogène

#### CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

- I. Cinétique chimique homogène
  1. Définition générale et mesure de la vitesse dans différents types de réacteurs
  2. Lois de vitesse (ordres, énergies d'activation)
  3. Théories de vitesse et estimation des constantes de vitesse en phase liquide
  4. Mécanismes réactionnels en catalyse homogène
- II. Génie de la réaction chimique
  1. Bilans de matière en réacteurs idéaux
  2. Optimisation de la conversion
  3. Optimisation du rendement et de la sélectivité
  4. Bilans énergétiques et stabilité des réacteurs exothermiques
- III. Adsorption et catalyse hétérogène
  1. Définition des deux types d'adsorption

2. Interprétation et modélisation des phénomènes d'adsorption
3. Application à la mesure de propriétés physico-chimiques des solides
4. Définition et caractéristiques structurales des catalyseurs
5. Etapes d'une réaction catalytique
6. Modes d'expression des vitesses d'une réaction catalytique
7. Modélisation des réactions catalytiques

#### Description des méthodes d'enseignement

Les cours sont complétés par des séances de TD organisées par ¼ de promotion pour le GRC et la catalyse. Pour la partie cinétique, les séances dévolues aux TD correspondent à des séances d'apprentissage par problème et permettent d'aborder certaines parties du cours sous forme de travaux dirigés. Dans ce cas, les séances sont organisées par ½ promotion.

Les séances de TP durent 4h et abordent les points suivants :

- Catalyse enzymatique
- Cinétique en phase liquide : effet de solvant
- Réaction ionique en phase liquide : détermination de l'ordre courant
- Réaction ionique en phase liquide : détermination de l'énergie d'activation
- Réacteur fermé adiabatique
- Comparaison des réacteurs : fermé, parfaitement agité et piston
- BET
- Photocatalyse

#### TYPE D'ÉVALUATION

Partie cours : L'évaluation mise en œuvre dans le cadre de cette unité d'enseignement a pour but de vérifier les connaissances et les compétences acquises par l'élève dans le domaine du génie de la réaction chimique, de la cinétique homogène et de la catalyse appliqués aux procédés industriels. Un contrôle de 1h30 est réalisé à la fin de chaque unité constitutive, soit 3 contrôles au total (cinétique, GRC, catalyse). Le rattrapage est réalisé dans les mêmes conditions.

Partie TP : Evaluation des travaux pratiques à partir de comptes rendus sous forme de rapports écrits ou de posters.

Cette évaluation écrite a pour but principal de mesurer la capacité d'un élève à réaliser un travail pratique ayant pour but l'étude cinétique d'une réaction ou du fonctionnement d'un réacteur en utilisant les connaissances acquises en cours ou en début de TP et d'apprécier sa capacité à rédiger un document scientifique mettant en évidence les résultats majeurs obtenus.

#### Part dans l'évaluation finale :

|                   |                                                                                          |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Contrôle commun : | Coefficients suivants pour les différentes matières :                                    |
|                   | Cinétique homogène : coefficient 1,5 ; Génie de la réaction chimique : coefficient 1,5 ; |
|                   | Catalyse : coefficient 1.                                                                |
| TP :              | Coefficient 1                                                                            |

#### INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS : enseignement de chimie physique, mathématiques, niveau école préparatoire

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : français

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

#### Conseillées :

- Livre de Cinétique et Catalyse, G. Scacchi, M. Bouchy, J.F. Foucaut, O. Zahraa, R. Fournet, Tec et Doc, Lavoisier, 2011.
- Livre de Génie de la Réaction Chimique, J. Villiermaux, Tec et Doc, Lavoisier, 1993.
- Physical chemistry of surfaces - A.W. Adamson - John Wiley and Sons

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

Les enseignements de cette UE contribuent directement à l'acquisition des compétences n°1, 4, 5, 8, 11 et 13.

| INTITULE DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : Thermodynamique et énergétique |                                    |                   | OBLIGATOIRE |
|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------|-------------|
| HEURES PRESENTIEL<br>60                                             | VOLUME HORAIRE TOTAL ESTIME<br>105 | CREDITS ECTS<br>3 | S7 FISA     |

#### OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

L'EC Bilans en génie des procédés est un cours introductif qui vise à :

- Présenter les bases du génie des procédés
- Présenter les principes généraux des schémas de procédés
- Proposer une méthodologie pour la réalisation de bilans de matière et d'énergie
- Sensibiliser grâce à des bilans de matière (bilan carbone) à l'impact environnemental des procédés

L'EC Thermodynamique et énergétique vise, plus largement, à :

- Détailler et clarifier les principes de la thermodynamique et mettre en évidence l'utilité de grandeurs fondamentales comme l'énergie interne, l'enthalpie, l'entropie, l'énergie de Gibbs ou l'énergie de Helmholtz
- Apprendre à estimer les propriétés d'un corps pur (pression de vapeur, température d'ébullition, grandeurs de changement d'état, capacités calorifiques, enthalpie, entropie, ...) en utilisant une équation d'état, un diagramme ou une corrélation
- Expliquer le fonctionnement d'une machine thermique ou frigorifique

#### OBJECTIFS SPECIFIQUES

A l'issue de cette unité d'enseignement, l'étudiant devrait être capable de :

- Comprendre les notions de bases de génie des procédés (procédé continu, discontinu, réactions, séparations, recyclages)
- Comprendre et analyser un procédé à partir du schéma
- Savoir écrire et résoudre un bilan de matière et un bilan de chaleur en régime stationnaire/transitoire, pour des systèmes non réactifs/réactifs
- Effectuer un bilan d'énergie et/ou d'entropie sur un système quelconque (ouvert, fermé, en régime permanent ou transitoire)
- Estimer les propriétés d'un corps pur, à l'état solide, à l'état liquide, à l'état vapeur ou en équilibre diphasique
- Manipuler les principales équations d'état utilisées dans les industries chimiques
- Connaître les caractéristiques des différents éléments apparaissant dans les cycles thermodynamiques de base (vanne, turbine, compresseur, échangeur, pompe)

#### CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

##### I. EC : Bilans en génie des procédés

1. Classification des procédés
2. Elaboration des schémas de procédés industriels
3. Bilans de matière sur les procédés unitaires
4. Calculs sur les procédés à plusieurs unités
5. Bilans de matière dans les procédés avec réaction
6. Bilans énergétiques dans les procédés
  - a. Cas des procédés non réactifs
  - b. Cas des procédés réactifs
7. Bilans de matière en conditions transitoires

La réalisation d'un bilan carbone d'un four à chaux permet d'introduire quelques notions concernant l'ACV (exemple de l'utilisation de la chaux).

Cet EC comporte 4h de cours et 7h de TD. Pendant les TD, les étudiants travaillent par groupes de 4 à 5. Les enseignants circulent pour aider et guider les étudiants. Un corrigé détaillé est distribué aux étudiants en fin de séance.

##### II. EC : Thermodynamique et énergétique

1. Introduction à l'étude des systèmes thermodynamiques
2. Le premier principe en système fermé et en système ouvert, en régime permanent et en régime transitoire
3. Le second principe en système fermé et en système ouvert, en régime permanent et en régime transitoire
4. Formalisme en thermodynamique :

- 4.1. Les variations des fonctions d'état (VFE)
- 4.2. Notions de bilan douanier
- 4.3. Fonctions caractéristiques
- 4.4. Le potentiel chimique
5. Le gaz parfait pur
6. Notion de fluide incompressible et indilatable
7. L'équilibre liquide-vapeur du corps pur
8. Introduction à la thermodynamique énergétique
  - 8.1. Compression, détente, chauffage et refroidissement des fluides
  - 8.2. Machines thermiques et machines frigorifiques simples
9. Les équations d'état des fluides réels purs
  - 9.1. Présentation des équations d'état explicites en  $v$  et en  $P$
  - 9.2. Calcul des propriétés des fluides à partir d'une équation d'état et du  $c_p$  du gaz parfait
  - 9.3. Résolution des conditions d'équilibre entre phases à partir d'une équation d'état explicite en  $P$
10. Réaction chimique

#### TYPE D'EVALUATION

- I. EC : Bilans en génie des procédés
  - Un contrôle écrit de 1h.
- II. EC : Thermodynamique et énergétique
  - Un contrôle final de 1h30 ou 2 h.
  - Deux contrôles intermédiaires de 30 à 45 minutes chacun.

#### INFORMATIONS UTILES

##### PREREQUIS :

- Thermodynamique niveau BAC+2
- Outils mathématiques : calcul différentiel, calcul intégral et fonctions de plusieurs variables.

##### LANGUE D'ENSEIGNEMENT : français

##### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

##### Conseillées :

1. Ghasem, Henda, Bilans matière et énergétique pour l'ingénierie chimique, Principes et applications pratiques, Ed. De Boeck, 2012
2. J. M. Smith, Hendrick C Van Ness, Michael Abbott. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*. The McGraw-Hill Chemical Engineering Series.
3. Bruce E. Poling, John M. Prausnitz, and John P. O'Connell. *The Properties of Gases and Liquids*. The McGraw-Hill Chemical Engineering Series.
4. Richard E. Sonntag, Gordon J. Van Wylen, Pierre Desrochers. *Thermodynamique appliquée*. Edition : Erpi.

#### 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, 3.

Les enseignements de cette UE contribuent indirectement (en tant que ressources) aux compétences n°1, 9.

| INTITULE DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : Phénomènes de transfert I |                                   |                   | OBLIGATOIRE |
|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------|-------------|
| HEURES PRESENTIEL<br>48                                        | VOLUME HORAIRE TOTAL ESTIME<br>84 | CREDITS ECTS<br>3 | S7 FISA     |

#### OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

Le cours de mécanique des fluides vise à :

- Consolider des concepts de base en physique associés aux formalismes mathématiques
- Faire acquérir des connaissances en mécanique des fluides dans le contexte applicatif du génie des procédés
- Préparer l'étudiant à posséder une base solide pour aborder tous types d'écoulements pendant et après son cursus à l'ENSIC

#### OBJECTIFS SPECIFIQUES

A la fin de l'étude de chacun des thèmes traités l'étudiant devrait être capable de :

- Décrire un écoulement avec des outils adéquats et poser dans la mesure du possible un formalisme analytique
- Proposer une stratégie pour rechercher une solution sous différentes formes
- Raisonner et justifier la solution proposée dans le contexte de l'ingénieur de procédés

#### CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

##### Description des différentes parties de cours (CM)

1. Introduction. Statique des fluides. Surfaces isobares et capteurs de pression.
2. Champs de vitesses, trajectoires et lignes de courant. Approche eulérienne et lagrangienne. Bilans différentiels pour les fluides incompressibles. Equations de conservation, d'Euler et de Bernoulli.
3. Théorème de Reynolds et les bilans intégraux de matière, quantité de mouvement et énergie.
4. Applications des bilans fondamentaux (accidents de conduite, mesure des débits, ...).
5. Viscosité newtonienne et frottements. Les équations de Navier-Stokes. Notion des comportements non-newtoniens.
6. Notion d'analyse dimensionnelle. Théorème de Buckingham. Adimensionnalisation de Navier-Stokes et mise en évidence des similitudes. Nombres adimensionnels. Maquettes et lois d'échelle.
7. Ecoulements laminaires, de Poiseuille, de Stokes, ruisselant. Solutions analytiques.
8. Notion de turbulence. Les principales caractéristiques. Fluctuations et différentes échelles.
9. Contraintes tangentielles turbulentes. Turbulence en conduite. Frottements à la paroi et perte de charge.
10. Eléments de conduites. Singularités, vannes manuelles et asservies, débitmètres, pompes.
11. Couches limites et sillages.
12. Coefficients de frottement et de traînée. Vitesse terminale de déplacement.
13. Notions des écoulements diphasiques. Sensibilisation aux écoulements de fluides complexes.

##### Organisation des séances de TD en accord avec l'avancement des cours magistraux avec 4 groupes d'élèves

- TD 1 : Phénomènes moléculaires. Hydrostatique. Pression interne et de pesanteur.  
 TD 2 : Hydrodynamique des fluides parfaits.  
 TD 3 : Application de l'équation de Bernoulli.  
 TD 4 : Principe de l'analyse dimensionnelle.  
 TD 5 : Application à la théorie des maquettes.  
 TD 6 : Ecoulements laminaires.  
 TD 7 : Ecoulements turbulents.  
 TD 8 : Eléments sur les circuits.  
 TD 9 : Vieillessement de conduites et de pompes.  
 TD 10 : Fonctionnement de pompes et de ventilateurs.  
 TD 11 : Ecoulements extérieurs et couches limites.

**TYPE D'EVALUATION**

Evaluation de deux partiels de 1h30 sous forme d'examen écrit avec tous documents autorisés

**INFORMATIONS UTILES**

PREREQUIS : concepts de base en physique

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : français

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Nécessaires : polycopié et recueil d'exercices fournis

Conseillées :

1. Hydrodynamique physique (E. Guyon, J-P. Hulin et A. Petit, EDP Sciences 2001)
2. Transport phenomena (R. Byron Bird, Warren E. Stewart and E.N. Lightfoot, John Wiley & Sons, Inc. 2002).

**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°2.

Les enseignements de cette UE contribuent indirectement (en tant que ressources) à la compétence n°1.

| INTITULE DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : Mathématiques, Informatique, Méthodes numériques et Statistiques |                                    |                   | OBLIGATOIRE |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------|-------------|
| HEURES PRESENTIEL<br>94                                                                               | VOLUME HORAIRE TOTAL ESTIME<br>214 | CREDITS ECTS<br>6 | S7 FISA     |

#### OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

L'enseignement de mathématiques vise à :

- Compléter la formation de base en mathématiques pour les élèves qui n'ont pas suivi les classes préparatoires aux grandes écoles avant d'intégrer l'ENSIC.
- Permettre aux étudiants d'aborder sereinement les enseignements de mécanique des fluides, de transfert de chaleur/matière, de thermodynamique et de méthodes numériques de l'ENSIC.

L'objectif des enseignements d'informatique et de méthodes numériques est de permettre aux étudiants de résoudre un problème d'ingénierie par le calcul numérique. Ceci implique :

- L'apprentissage des bases de l'algorithmique,
- La familiarisation de l'étudiant avec des langages lui permettant de programmer la résolution de problèmes numériques ou de traitement de données,
- L'enseignement des techniques de base de programmation, en particulier l'usage du débogueur,
- La connaissance des méthodes numériques disponibles pour obtenir la solution numérique d'un problème physique.

L'objectif du Projet Modélisation est en priorité de fixer les notions vues durant le cours d'informatique et mathématiques appliquées, par la pratique. De façon secondaire :

- Si le sujet s'y prête, les étudiants seront initiés à une ou plusieurs étapes de la démarche de modélisation en sciences physiques (création d'un modèle, paramétrage, simulation, validation du modèle etc.).
- Ce projet permet également aux étudiants de découvrir le travail de groupe et la gestion de projets.
- Enfin, il s'agit aussi d'améliorer la capacité des étudiants à présenter et valoriser leur travail.

Le cours de Méthodes Statistiques vise à :

- Expliquer les principaux concepts statistiques et les principales lois de probabilité liées au travail d'un ingénieur en génie des procédés,
- Faire comprendre les tests d'hypothèse et les intervalles de confiance,
- Introduire les plans d'expérience, les modes de calcul associés et leur interprétation.

#### OBJECTIFS SPECIFIQUES

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

- Savoir étudier une fonction (dérivation, limites...) et calculer une intégrale.
- Reconnaître et résoudre une équation différentielle,
- Maîtriser les bases du calcul matriciel,
- Comprendre et maîtriser les opérateurs vectoriels.

A l'issue du cours d'informatique, l'étudiant devrait être capable de :

- Concevoir des algorithmes simples,
- Réaliser un code de calcul adapté aux besoins d'ingénierie,
- Ecrire un code de calcul dans un langage de programmation donné,
- Comprendre et utiliser des sous-programmes existants.

Les objectifs spécifiques du Projet Modélisation sont :

- Découvrir la gestion d'un projet à plusieurs : notions d'étapes, gestion du temps,
- Concevoir un programme informatique de moyenne ampleur,
- Etre capable de proposer une démarche et des traitements personnalisés du sujet (faire montre de créativité),
- Rédiger un rapport,
- Exposer oralement un travail,
- Défendre et critiquer les choix effectués en termes de conception et réalisation du programme,
- Si le sujet s'y prête : analyser les résultats du calcul, discuter les ordres de grandeur, la qualité d'un modèle, d'une méthode numérique, etc.

A l'issue du cours de méthodes numériques, l'étudiant devrait être capable de :

- Analyser un problème physique et en déduire la classe de méthodes numériques requises pour sa résolution,
- Transformer un problème physique pour en obtenir une solution numérique,
- Savoir quelles méthodes numériques sont nécessaires et disponibles pour résoudre un problème physique donné,
- Opérer un choix parmi les méthodes disponibles en fonction des objectifs retenus : rapidité, robustesse, précision.

A la fin du cours de méthodes statistiques, l'étudiant devrait :

- Savoir mettre en œuvre les tests d'hypothèse et estimer des intervalles de confiance,
- Mettre en œuvre les plans d'expérience en vue d'obtenir un modèle statistique significatif.

## CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

### I. Mathématiques

- Cours et Travaux Dirigés
- Rappels de notions de base : 2h cours, 2h de TD : rappels sur les notions de continuité, limites, dérivation, nombres complexes et développements limités. Plusieurs études de fonctions reprenant l'ensemble des notions précédentes seront abordées en TD.
- Intégration : 1h cours, 1h de TD : calcul sur les intégrales.
- Equations différentielles linéaires : 3h cours, 3h de TD : méthodes analytiques de résolution des équations différentielles du 1er ordre, du 2nd ordre avec ou sans second membre, à coefficients constants ou non.
- Calcul matriciel : 2h cours, 2h TD : opérations élémentaires sur les matrices, valeurs propres, vecteurs propres, diagonalisation, méthode du pivot de Gauss, déterminants.
- Opérateurs vectoriels : 3h cours, 3h de TD : systèmes de coordonnées, opérations de base sur les vecteurs, définition des opérateurs, théorème de Green-Ostrogradski, intégrales multiples.
- Notions sur méthode de résolution des équations aux dérivées partielles par séparation des variables, exemples rencontrés en Génie des Procédés, résolution numérique.

### II. Informatique

- 3 h de cours magistral sur les bases de l'algorithmique et de la programmation procédurale.
- 20 h de travaux dirigés de programmation dans un langage de programmation donné. Le cours et les TD précédents devront avoir été assimilés à chaque séance. Les premiers TD seront essentiellement dédiés à l'apprentissage du langage et les suivants, à la programmation de méthodes numériques, dont les algorithmes seront issus du cours et des TD de méthodes numériques

### III. Méthodes numériques

1. Interpolation et approximation
2. Intégration numérique
3. Résolution d'équations par des méthodes itératives
4. Opérations numériques sur les matrices
5. Résolution des systèmes d'équations algébriques
6. Intégration numérique des équations différentielles ordinaires
7. Intégration numérique des équations aux dérivées partielles

Chaque chapitre sera traité en 1h30 de cours et 1h30 de TD.

IV. Le projet Modélisation sera réalisé en groupe de 2 ou 3 élèves, sauf cas exceptionnels décidés par l'équipe d'encadrement. Les objectifs techniques du projet seront fixés au début de l'enseignement, et décriront le cahier des charges du programme. Chaque groupe se verra attribuer un encadrant. Les étudiants seront ensuite libres de leurs choix au sein des différentes parties du projet :

- Une première partie sera dédiée à la conception de la structure du programme et si le sujet s'y prête, à la mise en œuvre d'une ou plusieurs étapes de la démarche de modélisation (établissement du modèle, paramétrage, calculs d'ordres de grandeur etc.).
- Une deuxième partie consistera à programmer la structure définie dans la partie 1 en dans le langage vu en TD d'informatique. Les résultats obtenus feront l'objet d'une analyse critique.
- Dans la troisième partie, les étudiants présenteront leur projet à l'écrit (par le biais d'un rapport) et oralement.
- Des rapports intermédiaires (environ deux) seront rédigés en cours de projet et présentés lors de réunions avec l'encadrant.

### V. Méthodes Statistiques

- Lois de probabilité, normale,  $\chi^2$ , Student, Fisher-Snedecor
- Tests d'hypothèse
- Estimation et intervalles de confiance
- Régression linéaire et multi-linéaire
- Plans d'expérience, analyse de la variance

**TYPE D'EVALUATION**

- Examen écrit de mathématiques (2h)
- 1 contrôle écrit en informatique de 45 ou 50 minutes à mi-parcours.
- Des interrogations courtes pourront avoir lieu pendant les TD pour contrôler l'apprentissage du cours.
- 1 contrôle écrit final en informatique de 2 h (TD)
- 1 contrôle écrit final en méthodes numériques (2h)
- Pour le projet Modélisation, l'évaluation est réalisée, d'une part, par l'encadrant au cours des validations d'étape et des rencontres, mais également par un rapport écrit et une soutenance orale finale. L'évaluation porte sur la qualité de la conception et de la programmation, ainsi que sur la gestion du projet et les apports personnels.
- Méthodes Statistiques : Examen final d'une heure comptant pour 50%.

**INFORMATIONS UTILES**PREREQUIS :

- Pour les mathématiques : Formation complémentaire de mathématiques suivie en E-learning.
- Pour les méthodes numériques : connaissances mathématiques telles que l'intégration de fonctions, l'algèbre linéaire, l'intégration des équations différentielles, les équations aux dérivées partielles.
- Pour le projet Modélisation : cours d'informatique et méthodes numériques
- Pour les méthodes statistiques : Opérations matricielles. Usage d'une calculatrice programmable.

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : français (ou anglais pour les volontaires)

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :Nécessaires :

Utilisation d'une calculatrice programmable en méthodes numériques et en méthodes statistiques.

Livre « Méthodes numériques et d'optimisation », Jean-Pierre Corriou, Lavoisier Tec&Doc, 2010. (Disponible en prêt de longue durée à la médiathèque).

Polycopiés de cours

Conseillées :

G. Evans, J. Blackledge, P. Yardley, Analytic methods for Partial Differential Equations, Springer, 2001.

E. Saadjan, Les bases de la mécanique des fluides et transferts de chaleur et de masse pour l'ingénieur, Sapiaientia, 2009.

**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, 3, 11.

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

| INTITULE DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT : Management dans le contexte de l'entreprise |                                   |                   | OBLIGATOIRE |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------|-------------|
| HEURES PRESENTIEL<br>19                                                          | VOLUME HORAIRE TOTAL ESTIME<br>33 | CREDITS ECTS<br>2 | S7 FISA     |

#### OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT

- Expliquer les différences dans les comportements des individus, fondées sur la théorie des types psychologiques de Carl Jung, à travers l'utilisation de l'Inventaire Typologique de Myers et Briggs (MBTI).
- Décrire et analyser les principes de management stratégique et opérationnel d'une organisation.

#### OBJECTIFS SPECIFIQUES

- Maîtriser les variables de son développement personnel et professionnel à travers notamment la gestion des points forts et des points faibles
- Etre capable de travailler avec les autres et en équipe composée de personnes ayant des préférences comportementales différentes
- Conduire une analyse et un diagnostic organisationnel d'une entreprise dans son secteur d'activité

#### CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

##### Management des hommes et des organisations

1. La connaissance de soi et des autres au service du management
2. Les attitudes et la personnalité ; l'image de soi ; le système de valeurs.
3. L'organisation et son fonctionnement : stratégies génériques, diagnostics interne, externe, analyse concurrentielle.

#### TYPE D'EVALUATION

Mises en situation ; Etude de cas ; Rapport écrit et exposé oral

#### INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS : Aucun

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : français

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Nécessaires :

1. Polycopiés pour tous les cours
2. Des études de cas et des vidéos illustrent les éléments méthodologiques d'analyse des risques

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

Les enseignements de cette UE contribuent directement à l'acquisition des compétences n°11, 14.

| INTITULE DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : Langues I |                                   |                   | OBLIGATOIRE |
|------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------|-------------|
| HEURES PRESENTIEL<br>40                        | VOLUME HORAIRE TOTAL ESTIME<br>70 | CREDITS ECTS<br>2 | S7 FISA     |

### LV1 : Anglais

#### OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

- Permettre aux étudiants de devenir plus responsables de leur propre apprentissage.
- Développer les compétences langagières pour atteindre/maintenir le niveau B1/B2/C1/C2 cfr : Descriptif CECRL ou CTI 2010.
- Développer les 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<sup>e</sup> siècle : compétences en apprentissage et innovation, compétences en information, média et technologie, compétences sociales et professionnelles.

#### OBJECTIFS SPECIFIQUES

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

- Identifier leur niveau d'anglais et identifier leurs besoins afin de communiquer en anglais.
- S'auto-évaluer.
- Utiliser des outils pour gérer leur projet personnel.
- Comprendre le contenu essentiel de sujets concrets ou abstraits dans un texte complexe, y compris une discussion technique dans leur spécialité.
- Communiquer avec un degré de spontanéité et d'aisance tel qu'une conversation avec un locuteur natif ne comporte de tension ni pour l'un ni pour l'autre.
- S'exprimer de façon claire et détaillée sur une grande gamme de sujets.
- Rédiger des emails.

#### CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

- Analyser et évaluer leur propre niveau d'anglais à l'entrée de l'ENSIC (B1/B2/C1/C2) et leurs compétences en anglais dans la vie courante et la vie professionnelle .
- Définir leurs besoins pour améliorer leur niveau d'anglais et développer leurs compétences générales et professionnelles en anglais.
- Travailler en binôme/équipe sur leurs objectifs, rechercher les documents adéquats adaptés et analyser les résultats atteints.
- Utiliser un outil pour encadrer leur travail.
- Présentation de rapports scientifiques.
- Langage fonctionnel pour rédaction de e-mails formels, informels.

#### TYPE D'EVALUATION

**Validation (note entre 3-5)** : 1) Rapport de projet personnel et appréciation de l'enseignant  
Rattrapage : Travail personnel

#### INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS : niveau minimum : B1 (cfr : Descriptif CTI 2010, ou CECRL)

LANGUES D'ENSEIGNEMENT : anglais

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Nécessaires :

**OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT**

- Consolider et acquérir un niveau de compétence solide et une bonne maîtrise de la langue allemande ou espagnole dans les quatre aptitudes : compréhension et expression orales et écrites. Niveau A2/B1/B2 cfr : Descriptif CECRL ou CTI 2010
- Développer les compétences professionnelles.

**OBJECTIFS SPECIFIQUES**

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

- Comprendre des phrases isolées et des expressions fréquemment utilisées en relation avec des domaines immédiats de priorité (par exemple, informations personnelles et familiales simples, achats, environnement proche, travail).
- Communiquer lors de tâches simples et habituelles ne demandant qu'un échange d'informations simple et direct sur des sujets familiers et habituels.
- Décrire avec des moyens simples sa formation, son environnement immédiat et évoquer des sujets qui correspondent à des besoins immédiats.
- Approfondir ses connaissances pour maîtriser les champs lexicaux, sémantiques et grammaticaux,
- Comprendre et restituer dans ses grandes lignes tout document écrit et oral authentique portant sur divers domaines : vie sociale, culturelle, professionnelle, économique.

**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.

**TYPE D'EVALUATION**

- **Validation : Une note 10/20** : divers tests de contrôle continu (oral, écrit)
- **Rattrapage** : test oral où écrit

**INFORMATIONS UTILES**

PREREQUIS : niveau minimum : A1 (en LV2) (cfr : Descriptif CTI 2010, ou CECRL)

LANGUES D'ENSEIGNEMENT : allemand / espagnol

REFERENCES 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'UNITE D'ENSEIGNEMENT : Procédés pharmaceutiques |                                   |                   | OBLIGATOIRE |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------|-------------|
| HEURES PRESENTIEL<br>24                                       | VOLUME HORAIRE TOTAL ESTIME<br>42 | CREDITS ECTS<br>1 | S7 FISA     |

#### OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT

Présenter des procédés de production des processus primaires de l'industrie pharmaceutique.

#### OBJECTIFS SPECIFIQUES

A l'issue de ce module, l'étudiant devrait être capable de :

- Traduire et interpréter la partie expérimentale / synthèse d'un brevet sur un principe actif.
- Développer à partir de ce brevet le Schéma de Principe (Block Diagram) et une ébauche du Schéma de Procédé (Process Flow Sheet)
- Ecrire et résoudre des bilans matière et thermiques simplifiés

#### CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

- Cours : généralités sur le développement chimique ; principaux réactifs et solvants ; étude d'un procédé industriel abouti, de l'étape Recherche à l'étape Production commerciale.
- Travaux commentés sur divers brevets, interprétation, schémas de principe et schémas de procédés.
- Présentation des paramètres des procédés soit chimiques, soit par fermentation
- Travaux dirigés : bilan matière, bilan thermique, viscosité, mélangeage

#### TYPE D'EVALUATION

Contrôle écrit

#### INFORMATIONS UTILES

PRE-REQUIS :

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : FRANÇAIS ; TEXTES DE BREVETS POTENTIELLEMENT EN ANGLAIS.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Nécessaires : Chimie Industrielle (Perrin & Scharff), T. I. ; Merck Index.

Conseillées : accès à Espacenet et SciFi Scholar

#### 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.

## Bilan du semestre 7

| I2C PP+ FISA Semestre 7 |      | CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES ET MAITRISE<br>DE LEUR MISE EN ŒUVRE |   |   |              |   |   |              |   |   |              |   |   | L'ADAPTATION AUX EXIGENCES PROPRES DE L'ENTREPRISE ET<br>DE LA SOCIÉTÉ |   |   |              |   |   |              |   | LA PRISE EN COMPTE DE LA DIMENSION<br>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 | x                                                                              | b | d | x            | b | d | x            | b | d | x            | b | d | x                                                                      | b | d | x            | b | d | x            | b | d                                                                                  | x | b            | d | x             | b | d             | x | b | d             | x | b | d             | x | b | d             | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d | x | b | d |

x

Contribution directe de l'EC à l'acquisition d'un niveau compétence (évaluée)

i

Contribution indirecte de l'EC à l'acquisition d'un niveau de compétence (non évaluée)

## ENSEIGNEMENTS DU 2<sup>ème</sup> SEMESTRE DE FORMATION (S8 FISA)

| Nature     | Libellé                                                   | Présentiel | HCM         | HTD          | HTP       | CNU | ECTS |
|------------|-----------------------------------------------------------|------------|-------------|--------------|-----------|-----|------|
| <b>SEM</b> | <b>2ème semestre Pharma +</b>                             | <b>255</b> | <b>58,5</b> | <b>164,5</b> | <b>32</b> |     |      |
| UE         | Terrain d'apprentissage                                   |            |             |              |           |     | 12   |
| UE         | Systèmes réactifs et Procédés II                          | 60         | 22          | 38           |           |     | 4    |
| EC         | Génie des réactions hétérogènes                           |            | 8           | 16           |           | 62  |      |
| EC         | Procédés de séparations I                                 |            | 14          | 22           |           | 62  |      |
| UE         | Systèmes réactifs et informatique                         | 30         |             | 30           |           |     | 4    |
| EC         | Projet Systèmes réactifs                                  |            |             | 6            |           | 62  |      |
| EC         | Informatique pour l'ingénieur des industries chimiques II |            |             | 24           |           | 62  |      |
| UE         | Phénomènes de transfert II                                | 88         | 18,5        | 37,5         | 32        |     | 5    |
| EC         | Transfert de matière et de chaleur                        |            | 17,5        | 31           |           | 62  |      |
| EC         | Echangeur de chaleur                                      |            | 1           | 6,5          |           | 62  |      |
| EC         | TP Phénomènes de transferts II                            |            |             |              | 32        | 62  |      |
| UE         | Finance de l'entreprise                                   | 17         | 8           | 9            |           | 6   | 2    |
| EC         | Finance de l'entreprise                                   |            | 8           | 9            |           | 6   |      |
| UE         | Langues II                                                | 20         |             | 20           |           |     | 2    |
| EC         | Anglais                                                   |            |             | 20           |           | 11  |      |
| CHOI       | LV 2 à choix                                              | 20         |             | 20           |           |     |      |
| EC         | Anglais soutien                                           |            |             | 20           |           | 11  |      |
| EC         | Allemand                                                  |            |             | 20           |           | 12  |      |
| EC         | Espagnol                                                  |            |             | 20           |           | 14  |      |
| UE         | L'eau dans l'industrie pharmaceutique                     | 20         | 10          | 10           |           |     | 1    |
| EC         | L'eau dans l'industrie pharmaceutique                     |            | 10          | 10           |           | 62  |      |

| INTITULE DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : <b>Systèmes réactifs et procédés II</b> |                                    |                   | OBLIGATOIRE |
|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------|-------------|
| HEURES PRESENTIEL<br>60                                                      | VOLUME HORAIRE TOTAL ESTIME<br>105 | CREDITS ECTS<br>4 | S8 FISA     |

#### OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

Le module Systèmes Réactifs et Procédés II vise à :

- Faire comprendre les processus couplés de transport et de réactions observés dans les réactions catalytiques et hétérogènes
- Expliquer les concepts permettant de décrire ces phénomènes
- Choisir et dimensionner des réacteurs pour la mise en œuvre de réactions catalytiques et hétérogènes
- Faire acquérir les connaissances de base en procédés de séparation isothermes (absorption, extraction liquide-liquide, adsorption, membranes) simples et étagés
- Expliquer les concepts à la base des différentes opérations de séparation
- Rendre l'étudiant apte à choisir et à dimensionner le type de séparateur approprié à une situation donnée

#### OBJECTIFS SPECIFIQUES

A l'issue de ce module, l'étudiant devra être capable de :

- Connaître, identifier et prendre en compte les différents processus de transport d'une réaction hétérogène gaz-solide ou fluide-fluide,
- Appliquer les concepts permettant le dimensionnement des réacteurs hétérogènes et catalytiques
- Connaître les principaux procédés de séparation employés dans l'industrie
- Maîtriser les principes sur lesquels ils reposent ainsi que les concepts et modèles permettant leur analyse
- Appliquer les méthodes de dimensionnement des principaux types de procédés

#### CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

##### Description des différentes parties de cours

#### 1. Génie des Réactions Hétérogènes

- 1.1. Présentation des principaux réacteurs industriels hétérogènes,
- 1.2. Mise en œuvre des réactions catalytiques gaz-solide hétérogènes,
  - 1.2.1. Couplage transport & réaction
  - 1.2.2. Notions de limitations diffusionnelles externe et interne
  - 1.2.3. Calcul des facteurs d'efficacité des catalyseurs
- 1.3. Mise en œuvre des réactions non catalytiques gaz-solide, Modèle à cœur rétrécissant,
- 1.4. Mise en œuvre des réactions gaz-liquide, Critère de Hatta & Facteur d'accélération.

#### 2. Génie des Séparations

- 2.1. Introduction
  - Classification des opérations, agents de séparation,
  - Notion de travail minimal de séparation
- 2.2. Opérations à étage d'équilibre :
  - Notion d'étage théorique
  - Dispositifs multi-étagés (courants croisés, contre-courant) : résolution analytique et graphique,
  - notion de débit de solvant minimal
  - Efficacité de plateau et transfert de matière
  - Echangeur progressif
  - Méthodologie de dimensionnement d'une installation
- 2.3. Absorption gaz-liquide et stripping :
  - Applications industrielles
  - Eléments de technologie des installations
  - Absorption avec régénération de solvant
- 2.4. Extraction liquide-liquide :

- Applications industrielles
- Etage théorique simple en extraction (résolution graphique)
- Dimensionnement d'une colonne à contre-courant (courbe opératoire, nombre d'étages théoriques, débit de solvant minimal)
- Notions sur l'extraction par solvant supercritique

#### 2.5. Adsorption & chromatographie :

- Types d'adsorbants et principales applications
- Notion de facteur de résolution
- Equation générale (bilan différentiel) et notion de vitesse de propagation de front
- Adsorption en écoulement piston : solution analytique de Rosen

#### 2.6. Séparations par membranes :

- Typologie des séparations membranaires
- Notion de facteur de séparation idéal
- Perméation gazeuse : applications et méthodologie de dimensionnement d'une installation
- Osmose inverse : notion de pression osmotique et applications industrielles

#### Description des méthodes d'enseignement :

Les cours sont complétés par des séances de TD. Chaque séance de cours est complétée par (au moins !) une séance de TD, organisée par quart de promotion.

Les séances de TP relatives à ces enseignements interviennent au Semestre 7 et sont présentées dans la fiche module "Procédés industriels et développement durable".

#### **TYPE D'EVALUATION**

Trois examens écrits, l'un portant sur le Génie des Réactions Hétérogènes (2h), et deux autres sur le Génie des Séparations (2 x 1h30).

L'évaluation mise en œuvre visera à vérifier l'acquisition des connaissances de base dans les différents domaines, et les compétences acquises par la mise en application des concepts sur un problème réel. A travers ce cas réel, l'étudiant devra prévoir les performances d'un réacteur hétérogène puis de procédés de séparation.

#### **INFORMATIONS UTILES**

PREREQUIS :

- Unité d'Enseignement " Systèmes réactifs et procédés I"
- Notions de bilans matière et de phénomènes de transfert

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : français

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Nécessaires :

- Polycopiés de cours
- Une liste d'ouvrages conseillés est indiquée dans le polycopié 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.

Les enseignements de cette UE contribuent indirectement (en tant que ressources) à la compétence n°9.

| INTITULE DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : <b>Systèmes Réactifs et Informatique</b> |                                           |                          | OBLIGATOIRE |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------|-------------|
| HEURES PRESENTIEL<br><b>30</b>                                                | VOLUME HORAIRE TOTAL ESTIME<br><b>102</b> | CREDITS ECTS<br><b>4</b> | S8 FISA     |

#### OBJECTIFS GENERAUX DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

Le projet Systèmes Réactifs vise à rendre l'étudiant apte à dimensionner un réacteur industriel complexe en utilisant conjointement des compétences de Cinétique, GRC, Méthodes Numériques et Informatique. Si la plupart de ces enseignements sont réalisés au semestre précédent (S5), il est néanmoins nécessaire d'introduire de nouveaux logiciels informatiques (Matlab et VBA) qui sont devenus des outils standards pour l'ingénieur en génie des procédés.

#### OBJECTIFS SPECIFIQUES

A l'issue de cet U.E., l'étudiant devra être capable de :

- Ecrire un code de calcul en VBA et Matlab
- Comprendre et utiliser des sous-programmes existants (en VBA et Matlab)
- Utiliser MS-Excel pour un traitement de données complexes (nécessitant une programmation)
- Analyser un mécanisme cinétique chimique détaillé et en déduire les informations cinétiques pertinentes pour le dimensionnement du réacteur
- Mettre en œuvre des méthodes d'optimisation pour la détermination des constantes de vitesses
- Modéliser le réacteur industriel par la formulation de bilans couplés matière/énergie
- Concevoir un programme informatique complexe permettant de simuler le réacteur industriel par la résolution numérique du modèle
- Analyser et critiquer les hypothèses simplificatrices proposées dans le projet
- Travailler en groupe et rédiger un rapport scientifique pluridisciplinaire

#### CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

Outils informatiques :

- 8 séances de TD (2h) d'utilisation et de programmation Matlab : concepts, calcul matriciel, intégration, intégration de systèmes différentiels, tracé de fonctions, interpolation
- 7 séances de TD (2h) d'utilisation et de programmation de MS-Excel (VBA) : apprentissage du langage, traitement complexe de données, interfaces graphiques, bases de programmation événementielle

Projet Systèmes Réactifs :

Le projet s'effectue par groupe de 4 élèves. Le déroulement du projet s'effectue en 2 parties :

- La première partie concerne l'étude du schéma réactionnel complexe à partir duquel les élèves doivent déduire un certain nombre d'informations cinétiques (stœchiométries et lois de vitesses). A l'aide de pseudo-expériences correspondant à un réacteur théorique (fourni aux élèves) et en réalisant un programme informatique Matlab, ils effectuent une procédure d'optimisation numérique visant à déterminer les constantes de vitesses des stœchiométries obtenues précédemment.
- Dans la deuxième partie, les étudiants modélisent et simulent un réacteur industriel qui met en œuvre le schéma réactionnel étudié dans la première partie.

Tout au long du projet, les élèves peuvent discuter des problèmes rencontrés auprès de trois enseignants référents et spécialistes d'un des domaines abordés (cinétique, GRC, informatique). Ces discussions sont encadrées au cours de 3 séances de suivi.

#### TYPE D'EVALUATION

Les compétences en VBA et Matlab sont évaluées par le biais d'un examen de 2h.

L'évaluation du projet s'effectue à partir de trois compte-rendus intermédiaires et d'un rapport final, ainsi qu'à travers une soutenance orale au cours de laquelle les élèves d'une même équipe doivent exposer à tour de rôle et de manière synthétique le travail réalisé (20 min) et répondre aux questions de trois enseignants (10 min par enseignant). La note finale du projet est calculée comme la moyenne de 5 notes correspondant aux 3 CR (10% chacun), au rapport final (50%) et à la soutenance orale (20%).

La note finale de l'UE est constituée par la moyenne des 2 Eléments Constitutifs : Outils informatiques (2 ECTS) et Projet Systèmes Réactifs (2 ECTS).

La session de rattrapage du projet Systèmes Réactifs est constituée par un nouveau sujet fourni aux étudiants à l'issue du jury du semestre 6. Ce projet fait l'objet d'un unique rapport rendu à l'équipe enseignante 6 semaines plus tard et suivi d'une soutenance orale.

La session de rattrapage de l'EC Outils Informatiques est constituée par un examen de 2h.

#### INFORMATIONS UTILES

PREREQUIS : Enseignement du S5 sur les systèmes réactifs, l'informatique et les mathématiques appliquées.

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : français

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Nécessaires :

1. Cinétique et Catalyse, G. Scacchi, M. Bouchy, J.F. Foucaut, O. Zahraa, R. Fournet Tec et Doc, Lavoisier, 2011.
2. Méthodes Numériques et d'Optimisation : théorie et pratique pour l'ingénieur, J.P. Corriou, Tec et Doc, Lavoisier, 2010.

Conseillées :

1. Génie de la Réaction Chimique, J. Villiermaux, Tec et Doc, Lavoisier, 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°2, 3, 4, 11.

| INTITULE DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : Phénomènes de transfert II |                                    |                   | OBLIGATOIRE |
|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------|-------------|
| HEURES PRESENTIEL<br>88                                         | VOLUME HORAIRE TOTAL ESTIME<br>183 | CREDITS ECTS<br>5 | S8 FISA     |

#### OBJECTIFS GENERAUX L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

Le cours de transfert de chaleur et de matière vise à :

- Apprendre à faire un bilan d'énergie dans un processus physique et dans une installation industrielle en tenant compte des transferts de chaleur par convection, conduction et rayonnement
- Apprendre à faire un bilan sur chaque espèce chimique dans une installation industrielle en tenant compte des transferts diffusifs et convectifs
- Détailler et comprendre les transferts radiatifs
- Détailler et comprendre l'analogie entre le transfert de chaleur et le transfert de matière
- Détailler le fonctionnement et le dimensionnement d'un échangeur de chaleur

#### OBJECTIFS SPECIFIQUES :

A l'issue de ce module l'étudiant devrait être capable de :

- Faire un bilan thermique et massique dans une installation industrielle en se focalisant sur les phénomènes importants et en négligeant les phénomènes secondaires.
- Choisir et dimensionner un échangeur de chaleur industriel.

#### CONTENU ET METHODES D'ENSEIGNEMENT :

1. Transfert de chaleur par diffusion, loi de Fourier, exemples de diffusion de chaleur uni-dimensionnelle, diffusion en régime transitoire, méthodes numériques de résolution de l'équation de la diffusion. 6 h de cours, 6 h de TD, 1h d'évaluation
2. Convection forcée détermination des coefficients de transfert thermique dans les écoulements internes et externes en régime laminaire ou turbulent. Convection naturelle, nombres de Grashof et de Rayleigh, stabilité hydrodynamique, nombre de Rayleigh critique dans certains cas simples. Convection mixte. 7.5 h de cours, 9 h de TD et 1h d'évaluation
3. Transferts radiatifs, notion de corps noir, loi de Planck. Calcul du facteur de forme entre deux corps. Notion de corps gris. Calculs radiatifs dans les milieux absorbants. 1.5 h de cours, 1.5 h de TD
4. Transfert de matière par diffusion, loi de Fick, diffusion en régime permanent et transitoire. Diffusion dans les solides. 6h de cours, 6 h de TD, 1h d'évaluation
5. Description et fonctionnement des échangeurs de chaleur, 1h de cours, 3h de TD, 5h de projet

#### TYPE D'EVALUATION :

L'évaluation du cours de Transfert de chaleur et de matière se fait par des examens tout le long du semestre (3\*1 h d'évaluation), contrôle continu. Le projet échangeurs compte pour ¼ de la note finale. Les travaux pratiques comptent pour ¼ de la note finale.

#### INFORMATIONS UTILES :

PREREQUIS : cours de mécanique des fluides S5

LANGUE D'ENSEIGNEMENT : français ou anglais

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Nécessaires :

1. Les bases de la mécanique des fluides et des transferts de chaleur et de masse pour l'ingénieur, E. Saadjan, Editions Sapientia, 2009.
2. Transport Phenomena, equations and numerical solution, E. Saadjan, John Wiley, 2000

#### CONTRIBUTION DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT A L'ACQUISITION DES COMPÉTENCES

Les enseignements de cette UE contribuent directement à l'acquisition des compétences n°1, 2, 4, 5, 8, 11 et 13.

Les enseignements de cette UE contribuent indirectement (en tant que ressources) aux compétences n°3, 9, 14.