



Ecole Nationale Supérieure en Génie  
des Technologies Industrielles

# LIVRET DES COURS

Troisième Année (3A – M2)

La formation est structurée en Unités d'Enseignement (UE) qui correspondent aux domaines thématiques principaux. Les Unités d'Enseignement sont divisées en Unités Pédagogiques (UP). La répartition et l'évaluation des Unités Pédagogiques sont adaptées aux objectifs d'acquisition de compétences de l'Unité d'Enseignement (contrôles écrits individuels, présentations orales, réalisation de projets).

*Article 3.1 du règlement de scolarité*

Les Unités d'Enseignement sont capitalisables. Une fois validées, elles restent acquises à l'étudiant pour une durée de trois ans après la fin de ses études à l'ENSGTI.

*Article 6.1 du règlement de scolarité*

## **Nomenclature**

**UE** : Unité d'Enseignement  
**UP** : Unité Pédagogique

**CM** : Cours Magistraux  
**TD** : Travaux Dirigés  
**TP** : Travaux Pratiques  
**AP** : Apprentissage par Projet

**TC** : Tronc Commun  
**EN** : Spécialité « Energétique »  
**GP** : Spécialité « Génie des Procédés »

**EN EB** : Spécialité « Energétique » - Parcours (3A) « Energétique du Bâtiment »  
**EN EI** : Spécialité « Energétique » - Parcours (3A) « Energétique Industrielle »

**GP PE** : Spécialité « Génie des Procédés » – Parcours (3A) « Procédés pour l'Environnement »  
**GP CPAO** : Spécialité « Génie des Procédés » – Parcours (3A) « Conception des Procédés assistée par Ordinateur »

## NOMENCLATURE DES MODALITÉS D'ÉVALUATION

Nature\_1 (Modalités\_1) x Pondération\_1 + Nature\_2 (Modalités\_2) x Pondération\_2 + ...

### Nature de l'évaluation

CC : Contrôle Continu

Proj : Projet

Sta : Stage

TP : Epreuve de Travaux Pratiques

CoE : Compréhension Ecrite (langues)

CoO : Compréhension Orale (langues)

ExE : Expression Ecrite (langues)

ExO : Expression Orale (langues)

IntO : Interaction Orale (langues)

Cert : Test de certification (langues)

EvaC : Evaluation de compétences

### Modalités de l'évaluation

EE : Epreuve Ecrite (par défaut si aucune information)

EO : Epreuve Orale

EM : Epreuve sur Machine

ES : Epreuve surprise écrite

PA : Participation Active

Sout : Soutenance orale

Rap : Rapport écrit

Prog : Programme informatique

Tr : Travail (dans le cadre d'un stage, d'un projet ou de Travaux Pratiques)

D : Dossier

CR : Compte-Rendu (dans le cadre de TP)

LA : Lecture d'Article

sd : sans document (par défaut si aucune information)

da : documents autorisés (da:précisions sur doc. autorisés)

st : sans objet connecté (téléphone mobile, montre connectée...) (par défaut si aucune information)

ta : objets connectés autorisés

sc : sans calculatrice (par défaut si aucune information)

ca : calculatrice autorisée

### Opérateurs divers

$x/y$  : x ou y

$\max(x, y)$  : Maximum entre plusieurs évaluations

$\text{moyenne}(x)$  : Moyenne entre plusieurs évaluations de même nature et de même coefficient

### Exemples

#### CC (EE, 2h)

Une épreuve écrite de deux heures, sans document, sans calculatrice.

#### CC (EM, 2h, da:tutoriels) x 1/2 + CC (EE, 2h) x 1/2

Une épreuve sur machine de 2h, tutoriels autorisés, coefficient 1/2 et épreuve écrite de deux heures, sans document, sans calculatrice, coefficient 1/2.

#### CC (ES, 15mn) x 1/10 + CC (EE, 2h, da:tous, ca) x 9/10

Une épreuve surprise de 15 minutes sans document, sans calculatrice, coefficient 1/10 et une épreuve écrite de deux heures, tous documents autorisés, calculatrice autorisée, coefficient 9/10.

#### TP(EO, 10mn) x 1/4 + TP(EO, 10mn) x 1/4 + TP(CR) x 1/2

Travaux pratiques évalués par deux interrogations orales, coefficient 1/4 chacune, et un compte-rendu de TP, coefficient 1/2.

#### Proj (PA, Rap, Sout)

Projet évalué par la participation active, un rapport écrit et une soutenance.

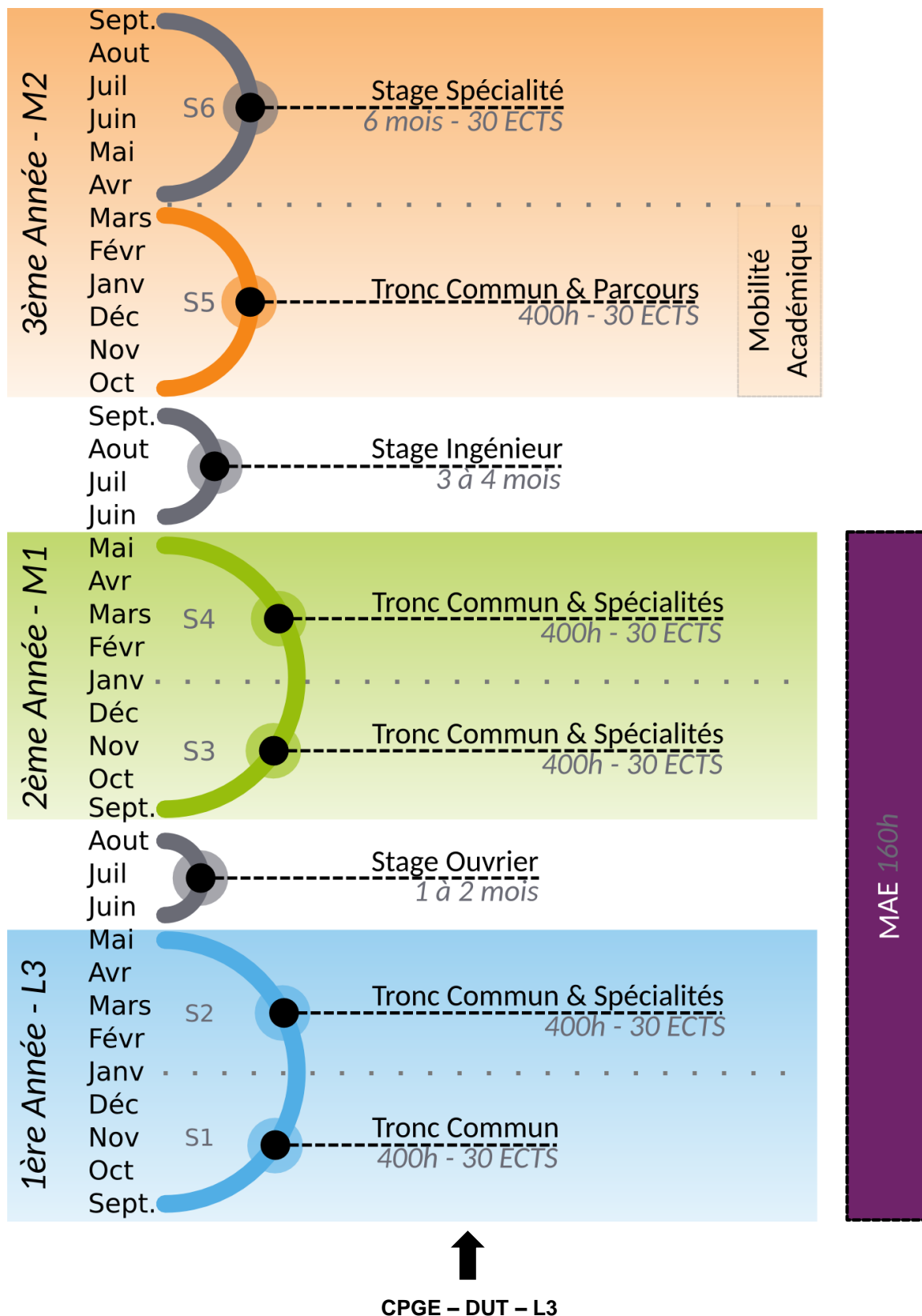
#### Sta (Tr, Rap, Sout)

Stage évalué par le travail, un rapport écrit et une soutenance orale.

#### CoE(PA) x 1/4 + CoO(PA) x 1/4 + ExE(EE, 1h) x 1/4 + Cert(TOEIC) x 1/4

Cas d'une langue vivante : compréhension écrite évaluée par la participation active, Compréhension orale évaluée par la participation active, Expression écrite évaluée par une épreuve écrite d'une heure sans document, Test de certification (TOEIC). Même pondération pour les différentes évaluations.

## CHRONOLOGIE GÉNÉRALE DES ENSEIGNEMENTS A L'ENSGTI



# SEMESTRE 9

## LISTE DES UNITÉS D'ENSEIGNEMENT (UE) DU SEMESTRE

TRONC COMMUN, SPECIALITÉ ou PARCOURS	CODE UE	INTITULÉ UE	ECTS
TC	EC39CE	Culture de l'Ingénieur III	4
TC	EC39PR	Projet	4
TC	EC39SI	Stage ingénieur S9	4
EN EB	EE39BB	Bâtiment	6
EN EB	EE39BE	Équipement technique	6
EN EB	EE39BR	Règlementation	6
EN EI	EE39IC	Technologies de conversion de l'énergie	6
EN EI	EE39IR	Ressources énergétiques et usages	6
EN EI	EE39IU	Utilisation rationnelle de l'énergie	6
GP PE	EP39EG	Mise en œuvre de l'épuration	5
GP PE	EP39EM	Pollution et métrologie	6
GP PE	EP39ET	Procédés de traitement	7
GP CPAO	EP39OC	Conception	6
GP CPAO	EP39OM	Modélisation et Simulation	6
GP CPAO	EP39OS	Conduite et Supervision	6

## UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE) :

### Culture de l'Ingénieur III

ECTS : 4

CODE UE : EC39CE

#### COMPÉTENCES VISÉES PAR L'UE :

- Appliquer les compétences scientifiques dans un environnement professionnel
- Connaître et maîtriser les moyens modernes de communication
- Être capable de s'intégrer dans une organisation, de l'animer et de la faire évoluer : gestion de projets, gestion des ressources humaines, gestion financière, commerciale et/ou juridique
- Connaître les méthodes de base de l'évaluation économique des procédés

#### LISTE DES UNITÉS PÉDAGOGIQUES (UP) CONSTITUANT L'UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE)

CODE UP	INTITULÉ UP
EC39CE1	Gestion de projet
EC39CE2	Communication
EC39CE3	Insertion professionnelle
EC39CE4	Management des ressources humaines
EC39CE5	Evaluation économique des process industriels
EC39CE6	Valorisation du projet étudiant

UE : CULTURE DE L'INGENIEUR III

EC39CE

ECTS : 4

**UP : GESTION DE PROJET**

EC39CE1

Coeff. : 0,167

ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : **RICARDE M.**

CM : 10 h

TD : 10 h

TP : h

AP : h

UP obligatoire

Langue : Français

## INTRODUCTION

Dès leur début de carrière, les ingénieurs intègrent des équipes projet et peuvent rapidement devenir chef de projet. Cet enseignement a pour but de les préparer aux tâches managériales, pour maîtriser les projets sur les aspects qualité, coût et délais.

Cet enseignement s'appuie sur des exemples concrets de projets industriels.

Plateforme pédagogique <https://elearn.univ-pau.fr/>

Logiciel utilisé : MSProject

## COMPÉTENCES VISÉES

Permettre aux élèves

-De comprendre les organisations des projets industriels (client, maître d'œuvre, prestataire, fournisseur, sous-traitant...).

-De faire un planning.

-D'évaluer les risques,

-De construire un plan de management.

-De suivre un projet en termes de qualité, de coût et de délais.

-D'établir l'avancement du travail et les bilans financiers.

## CONTENU

Les étapes principales d'un projet industriel : de la conception à l'exploitation opérationnelle.

Le plan de management projet:

-Objet

-Contrat

-Budget

-Client / fournisseur / sous-traitants

-L'organisation des tâches

-Plan de maîtrise des risques.

-Communication

-Planning

-Pilotage.

Planification avec MSProject.

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(EE, 2h)

## RESSOURCES

Management de la qualité ISO\_10006\_2003



Présentation générale FD\_X50-115  
Management par projets FD\_X50-116  
Gestion des risques FD\_X50-117  
Management des coûts FD\_X50-137  
Management des délais FD\_X50-138

De l'ingénierie d'affaires au management de projet, Henri Georges Minyem, éditions Eyrolles.  
Manager un projet pour la première fois : De l'idée à la réalisation, Alain Asquin, Thierry Picq, éditions Eyrolles.

L'essentiel de la gestion de projet, Roger Aïm, Les Carrés.

Le chef de projet paresseux... mais gagnant !, M Destors, J. Le Bissonnais, Microsoft Press.

## PRÉREQUIS

Connaissance de la qualité

UE : CULTURE DE L'INGENIEUR III

EC39CE

ECTS : 4

**UP : COMMUNICATION**

EC39CE2

Coeff. : 0,167

ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : **NALLET C.**

CM : 12 h

TD : 8 h

TP : h

AP : h

UP obligatoire

Langue : Français

## INTRODUCTION

La capacité à coopérer est l'un des critères de tout métier. Cette capacité nécessite la maîtrise de sa communication.

Ce module vise à transmettre les attitudes, outils et méthodes permettant de piloter sa communication avec efficacité, c'est-à-dire permettant l'atteinte des résultats, la qualité de la relation et le renforcement de son image professionnelle

## COMPÉTENCES VISÉES

- Connaître et maîtriser les fondamentaux de la communication orale et écrite
- Maîtriser la méthodologie relative à la préparation d'une intervention orale
- Connaître les outils permettant d'argumenter et convaincre un auditoire
- Connaître les différents types d'animation d'un groupe de personnes
- Savoir gérer des échanges tendus
- Etablir un plan d'action personnel pour renforcer ses capacités à communiquer et coopérer.

## CONTENU

1.Les fondamentaux de la communication - CM N°1 et N° 2 : 2 x 2 heures  
enjeux, notion de rencontre réussie, la relation vue comme un système à l'œuvre, la capacité à se mettre en méta, changement 1/changement 2, la courbe du changement, puis les six principaux obstacles à la communication et les techniques pour les surmonter.

-> TD pour formaliser son plan d'action personnel

2.Communication et Décision – CM N°3 : 2 heures

3.Communication et Négociation – CM N°4 : 2 heures

-> TD pour s'approprier les techniques pour porter une décision et négocier

4.Communication et moments collectifs – CM N°5 : 2 heures

Pilotage efficace et participation constructive aux moments collectifs, à partir de la notion de diversité : réunions plénières, réunions de travail, briefings et débriefings + lien avec le pilotage de projets + activation de la créativité

-> TD pour s'entraîner à des pilotages de situations collectives

5.Les écrits professionnels – CM N°6 : 2 heures

Savoir produire des écrits professionnels efficaces, selon une méthodologie pertinente pour tout écrit à enjeu + coups de loupe sur les spécificités de l'outils mail, et de l'outil Powerpoint.

-> TD pour s'entraîner sur des écrits courants

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(EO, 30mn)

## RESSOURCES

Watzlawick Paul Une logique de communication  
Damasio Antonio Spinoza avait raison – Le cerveau des émotions,  
Kourilsky Françoise Du désir au plaisir de changer  
Rosenberg M. T. Les mots sont des fenêtres ou des murs  
Audebert Patrick Bien négocier  
Morel Christian Les décisions absurdes, tomes 1 et 2

## **PRÉREQUIS**

Réflexion personnelle sur les caractéristiques de sa propre communication

UE : CULTURE DE L'INGENIEUR III

EC39CE

ECTS : 4

UP : INSERTION PROFESSIONNELLE

EC39CE3

Coeff. : 0,167

ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : **THIBAUD J-C.**

CM : h

TD : 7 h

TP : h

AP : h

UP obligatoire

Langue : Français

## INTRODUCTION

## COMPÉTENCES VISÉES

Savoir appréhender l'ensemble des outils liés à la recherche d'emploi et se préparer à l'entretien.

## CONTENU

- Le CV 2.0, les outils (JobBoard, CV Vidéo, réseaux sociaux, le buz
- L'entretien de recrutement : entre théâtre et tragédie...

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(PA)

## RESSOURCES

## PRÉREQUIS

UE : CULTURE DE L'INGENIEUR III

EC39CE

ECTS : 4

**UP : MANAGEMENT DES RESSOURCES HUMAINES**

EC39CE4

Coeff. : 0,167

ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : **FALL A.**

CM : 25 h

TD : 7,5 h

TP : h

AP : h

UP obligatoire

Langue : Français

## INTRODUCTION

Ce cours propose une initiation à la gestion des ressources humaines (GRH). Il se donne pour objectif de former les étudiants aux principaux concepts et techniques nécessaires à la prise de décision dans ce domaine.

## COMPÉTENCES VISÉES

- Maîtriser les outils nécessaires à l'élaboration d'une Gestion Prévisionnelle des emplois et compétences (GPEC).
- Connaître les étapes du recrutement et les outils d'optimisation à disposition
- Connaître les différents dispositifs de la formation professionnelle.
- Etre capable d'avoir un regard critique sur le système de rémunération d'une organisation et pouvoir être force de proposition pour son amélioration.
- Maîtriser les outils de l'évaluation du personnel
- Connaître les caractéristiques des équipes et les leviers du management des Hommes
- Etre capable d'analyser une politique RH et de prendre les mesures d'ajustement requis

## CONTENU

Introduction à la GRH

Chapitre 1 : l'administration du personnel

Chapitre 2 : le recrutement – processus et optimisation

Chapitre 3 : la formation professionnelle

Chapitre 4 : les systèmes de rémunération

Chapitre 5 : l'évaluation du personnel

Chapitre 6 : la GPEC

Chapitre 7 : le management des Hommes et des équipes

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(EE, 2h)

## RESSOURCES

- Encyclopédie des Ressources Humaines, sous la direction de José Allouche, Vuibert, 2006
- Fonction RH, Thévenet et ali., Pearson, 3<sup>e</sup> édition, 2012
- Gestion des ressources humaines, de Jean-Marie Peretti, Vuibert, 2007
- Organisation et gestion de l'entreprise, de Richard Soparnot, Dunod, 2006

## PRÉREQUIS

-

UE : CULTURE DE L'INGENIEUR III

EC39CE

ECTS : 4

UP : EVALUATION ECONOMIQUE DES  
PROCESS INDUSTRIELS

EC39CE5

Coeff. : 0,167

ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) :

CM : 4 h

TD : 6 h

TP : h

AP : 6 h

UP obligatoire

Langue : Français

## INTRODUCTION

L'objectif de cet enseignement est de présenter les méthodes d'évaluation des investissements et des coûts opératoires des procédés.

Cet enseignement théorique est complété par des témoignages de partenaires industriels.

## COMPÉTENCES VISÉES

## CONTENU

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

Proj(Rap)

## RESSOURCES

"Manuel d'évaluation économique des procédés" ; A. Chauvel et al - Technip

"Cost Engineering Analysis" ; W.R. Park, D.E. Jackson - John Wiley & Sons

"Plant Design and Economics for Chemical Engineers" ; Peters, Timmerhaus - Mc Graw Hill

## PRÉREQUIS

UE : CULTURE DE L'INGENIEUR III

EC39CE

ECTS : 4

**UP : VALORISATION DU PROJET ETUDIANT**

EC39CE6

Coeff. : 0,168

ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : **NAUDY F., RENEAUME J-M.**

CM : h

TD : h

TP : h

AP : h

UP obligatoire

Langue : Français

## INTRODUCTION

L'UP VPE (Valorisation du Projet Etudiant) vise à promouvoir chez l'étudiant la prise de responsabilité et l'autonomie au travers de son implication forte dans la vie associative, laquelle est considérée comme une excellente préparation à la vie en entreprise.

## COMPÉTENCES VISÉES

Ce projet vise à développer chez l'étudiant les compétences relatives à :

- la communication,
- le management,
- la gestion financière, commerciale et/ou juridique.

## CONTENU

L'élève soumet une « fiche amont » au jury VPE, au second semestre de la première année.

Cette fiche précise :

- le thème général du projet,
- les compétences visées,
- les actions envisagées,
- les indicateurs d'évaluation.

Le jury VPE valide en particulier les actions envisagées en cohérence avec les compétences visées.

Le projet est évalué en troisième année sur la base d'un rapport rédigé par l'élève décrivant :

- les activités,
- les compétences effectivement mises en oeuvre,
- les principaux résultats,
- la charge de travail.

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

Proj(Rap)

## RESSOURCES

## PRÉREQUIS



## UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE) :

### Projet

ECTS : 4

CODE UE : EC39PR

### COMPÉTENCES VISÉES PAR L'UE :

•Démontrer sa capacité à maîtriser simultanément toutes les compétences acquises précédemment : compétences scientifiques, travail en équipe, gestion de projet, anglais technique et communication

### LISTE DES UNITÉS PÉDAGOGIQUES (UP) CONSTITUANT L'UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE)

CODE UP	INTITULÉ UP
EC39PR1	Projet de conception

UE : PROJET		EC39PR	ECTS : 4
UP : PROJET DE CONCEPTION		EC39PR1	Coeff. : 1,000
ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : <b>OLIVIER J.</b>			
CM : h	TD : h	TP : h	AP : 80 h
UP obligatoire		Langue : Français	

## INTRODUCTION

Ce projet, effectué en groupe de 3 à 5 étudiants, consiste à concevoir et dimensionner une installation industrielle.

## COMPÉTENCES VISÉES

Démontrer sa capacité à maîtriser simultanément toutes les compétences scientifiques et en sciences humaines (communication écrite et orale, évaluation économique, anglais ...) acquises pendant sa scolarité à l'ENSGTI ainsi que l'aptitude au travail en équipe et à la gestion de projet.

## CONTENU

- Bilan de matière
- Bilan d'énergie
- Dimensionnement de 4 Opération Unitaires (en génie des procédés) ou 3 systèmes et une étude d'optimisation (en énergétique)
- Etude de sécurité
- Etude de contrôle commande
- Evaluation économique détaillée
- Etude de l'impact environnemental
- Bilan des utilités
- Schéma du procédé ou du système

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

Proj(rap, sout)x1/4 + Proj(rap, sout)x3/4

## RESSOURCES

## PRÉREQUIS

Cours de 1A et 2A de l'ENSGTI

## UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE) :

### Stage ingénieur S9

ECTS : 4

CODE UE : EC39SI

### COMPÉTENCES VISÉES PAR L'UE :

- Appliquer les compétences scientifiques dans un environnement professionnel
- Démontrer sa capacité à communiquer ses résultats sur tous supports.
- Démontrer ses capacités au travail en équipe.
- Démontrer sa connaissance de la gouvernance et de la gestion de l'éthique de l'entreprise.
- Démontrer sa connaissance de la gestion de la sécurité et de la santé au travail (fonctionnement du CHSCT).

### LISTE DES UNITÉS PÉDAGOGIQUES (UP) CONSTITUANT L'UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE)

CODE UP	INTITULÉ UP
EC39SI1	Stage ingénieur ou Projet individuel encadré

UE : STAGE INGENIEUR S9

EC39SI

ECTS : 4

UP : STAGE INGENIEUR OU PROJET  
INDIVIDUEL ENCADRE

EC39SI1

Coeff. : 1,000

ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : **KOUSKSOU T., VAXELAIRE J.**

CM : h

TD : h

TP : h

AP : h

UP obligatoire

Langue : Français

## INTRODUCTION

Stage en entreprise de 6 mois, avec missions d'ingénieur  
ou  
Projet Personnel Encadré

## COMPÉTENCES VISÉES

- Appliquer les compétences scientifiques dans un environnement professionnel
- Démontrer sa capacité à communiquer ses résultats sur tous supports.
- Démontrer ses capacités au travail en équipe.
- Démontrer sa connaissance de la gouvernance et de la gestion de l'éthique de l'entreprise.
- Démontrer sa connaissance de la gestion de la sécurité et de la santé au travail (fonctionnement du CHSCT).

## CONTENU

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

Sta(Tr, Rap, Sout)

## RESSOURCES

## PRÉREQUIS

## UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE) :

### Bâtiment

ECTS : 6

CODE UE : EE39BB

### COMPÉTENCES VISÉES PAR L'UE :

- Maîtriser le vocabulaire technique propre au domaine de la construction
- Comprendre et prédire le comportement thermique des bâtiments
- Évaluer les performances en termes de confort et connaître les technologies de remédiations

### LISTE DES UNITÉS PÉDAGOGIQUES (UP) CONSTITUANT L'UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE)

CODE UP	INTITULÉ UP
EE39BB1	Technologie de la construction
EE39BB2	Simulation thermique dynamique
EE39BB3	Confort

UE : BATIMENT

EE39BB

ECTS : 6

**UP : TECHNOLOGIE DE LA CONSTRUCTION**

EE39BB1

Coeff. : 0,333

ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : **DUCASSOU B.**

CM : 20 h

TD : 14 h

TP : h

AP : h

UP au choix (parcours 3A)

Langue : Français

## INTRODUCTION

L'objectif de ce module est de fournir aux élèves ingénieurs énergéticiens les connaissances et le vocabulaire de base du domaine de la construction.

## COMPÉTENCES VISÉES

A l'issus de ce module, les étudiants doivent :

- Pouvoir identifier les différents corps de métier intervenant dans la construction
- Connaître les différents matériaux et leurs domaines d'utilisation
- Lire et comprendre un plan
- Identifier – sur plan ou sur chantier – les différents points singuliers pouvant avoir un impact sur les performances thermiques.

## CONTENU

- Matériaux de construction et technique constructive associée (6h)
- Technologie de la construction (14h)
- Lecture de plan (6h)
- Points singuliers : ponts thermiques et infiltrations (4h)
- Visites de chantier (si possible, 4h)

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(2h, sd)

## RESSOURCES

## PRÉREQUIS

UE : BATIMENT

EE39BB

ECTS : 6

**UP : SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE**

EE39BB2

Coeff. : 0,333

ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : **GIBOUT S.**

CM : 8 h

TD : 16 h

TP : h

AP : 12 h

UP au choix (parcours 3A)

Langue : Français

## INTRODUCTION

Tout bâtiment est un système subissant les influences externes (i.e. le climat : température, hygrométrie, vent, rayonnement solaire, etc.) et internes (occupants et équipements) qui sont très variables dans le temps.

La simulation thermique dynamique (ou STD) est l'outil indispensable à l'analyse de toutes ces influences et donc la conception de bâtiments performants et parfaitement adaptés à leurs usages.

## COMPÉTENCES VISÉES

A l'issus de ce module, les étudiants doivent :

- Appréhender les lois physiques intervenant dans la STD
- Connaître et comprendre les influences subies par un bâtiment
- Savoir utiliser un logiciel de STD
- Analyser les résultats de STD et identifier les pistes d'amélioration

## CONTENU

Ce module introduit les principes fondamentaux de la STD ainsi que leur mise en application à l'aide du logiciel Pléiade/Comfie. Des séances de TD permettront d'aborder certains thèmes tels que :

- L'isolation (intérieure, extérieure, répartie)
- L'impact des apports solaires
- Le rôle de l'inertie et son impact sur les confort d'été et d'hiver
- La ventilation (naturelle et/ou forcée)
- L'influence des performances des parois vitrées

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

Proj(Rap)

## RESSOURCES

## PRÉREQUIS

UE : BATIMENT

EE39BB

ECTS : 6

UP : CONFORT

EE39BB3

Coeff. : 0,333

ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : HORT C., LARRIEU B., ZALEWSKI L.

CM : 20 h

TD : 12 h

TP : h

AP : h

UP au choix (parcours 3A)

Langue : Français

## INTRODUCTION

Le rôle premier d'un bâtiment est de créer un « espace intérieur » dans le but d'assurer un niveau de confort aux usagers. Dans le domaine du bâtiment, on pensera bien entendu au confort hygrothermique, mais il faut également tenir compte des notions de qualité de l'air intérieur et d'éclairage.

## COMPÉTENCES VISÉES

A l'issus de ce module, les étudiants doivent :

- définir contraintes de confort propres à un usage
- évaluer les performances d'un local par rapport à ces contraintes
- définir les moyens à mettre en œuvre pour atteindre cet objectif

## CONTENU

- Qualité de l'air
- Confort thermique
- Eclairage

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(2h,EE)\*3/4 + CC(1h,EE)\*1/4

## RESSOURCES

## PRÉREQUIS



## UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE) :

### Equipement technique

ECTS : 6

CODE UE : EE39BE

### COMPÉTENCES VISÉES PAR L'UE :

- Connaître et savoir dimensionner les principaux équipements techniques
- Analyser et concevoir les mesures et régulations associées
- Se former à une variété d'installations spécifiques

### LISTE DES UNITÉS PÉDAGOGIQUES (UP) CONSTITUANT L'UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE)

CODE UP	INTITULÉ UP
EE39BE1	Contrôle et Régulation
EE39BE2	Fluidique
EE39BE3	Installations spécifiques

UE : EQUIPEMENT TECHNIQUE

EE39BE

ECTS : 6

**UP : CONTROLE ET REGULATION**

EE39BE1

Coeff. : 0,333

ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : **GAULTIER J.**

CM : 24 h

TD : h

TP : h

AP : h

UP au choix (parcours 3A)

Langue : Français

## INTRODUCTION

Notre société doit répondre à de nouvelles contraintes comme l'amélioration de l'efficacité énergétique, la dépendance des personnes âgées et l'intégration dans nos usages de l'internet et des Smartphones. A cet effet, nous devons apporter de « l'intelligence » dans nos réseaux et bâtiments. C'est la domotique ou l'immotique qui assure cette mission d'intégration de l'intelligence dans les infrastructures. Mais comme tout nouveau marché, une pléiade d'acteurs et de technologies coexistent. Laquelle choisir ? Laquelle est en train de s'imposer ? Quels services rend-elle ? Quand l'utiliser ? Comment la mettre en place ?

## COMPÉTENCES VISÉES

A la suite de ce cours, les élèves doivent être en mesure de savoir à quel moment il peut être judicieux d'utiliser la domotique, quel système domotique privilégier, et de disposer d'un premier niveau de connaissance de mise en œuvre.

## CONTENU

1. Définitions, usages, taille et évolution du marché de la domotique.
2. Connaissance des principales technologies utilisées.
3. Premier pas de programmation avec la mise en œuvre sur une maquette de fonctionnalités basiques (éclairage, chauffage, VMC, etc ...)
4. Approfondissement avec un projet de régulation et de contrôle d'une Centrale de Traitement d'air.

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

EvaC(EE)x5/10 + TP(CR)x3/10 + CC(PA)x2/10

## RESSOURCES

## PRÉREQUIS

**UE : EQUIPEMENT TECHNIQUE**

**EE39BE**

**ECTS : 6**

**UP : FLUIDIQUE**

**EE39BE2**

**Coeff. : 0,333**

**ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : CHARTRAIN N.**

CM : 20 h

TD : 20 h

TP : h

AP : h

UP au choix (parcours 3A)

Langue : Français

## INTRODUCTION

Conception et dimensionnement des installations de ventilation, chauffage, climatisation et plomberie

## COMPÉTENCES VISÉES

A l'issus de ce module, les étudiants doivent :

- Savoir dimensionner une installation complète
- Evaluer et sélectionner les différentes options technologiques
- Rédiger de notes de calculs

## CONTENU

Introduction

Ventilation

- VMC simple/double flux
- Centrale de traitement de l'air
- Extraction et diffusion
- Protection incendie

Chauffage et climatisation

- Rappels RT2012
- Bilans thermique et climatique
- Types d'émetteur
- Réseau de distribution (Pertes de charges, calorifugeage, etc)
- La production de chaleur et de froid
- )Schémas d'installation type

Plomberie – Eau chaude sanitaire

- Définition des besoins
- Types de production
- Schémas d'installation type

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

Proj(Rap)

## RESSOURCES

## PRÉREQUIS

UE : EQUIPEMENT TECHNIQUE

EE39BE

ECTS : 6

UP : INSTALLATIONS SPECIFIQUES

EE39BE3

Coeff. : 0,333

ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : VALLIN R., HAILLOT D., GIBOUT S.

CM : 32 h

TD : 8 h

TP : h

AP : 8 h

UP au choix (parcours 3A)

Langue : Français

## INTRODUCTION

Ce module permet d'aborder différentes technologies sous la forme d'interventions.

## COMPÉTENCES VISÉES

Les étudiants doivent être capable de mobiliser les connaissances acquises lors de chaque intervention sur un cas d'usage concret.

## CONTENU

Exemples d'interventions :

- Solaire photovoltaïque
- Energie éolienne
- ECS solaire
- Les salles propres et la qualité de l'air intérieur

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(0.5h,EE)\*1/3 + CC(0.5h,EE)\*1/3 + Proj(Rap)\*1/3

## RESSOURCES

## PRÉREQUIS

## UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE) :

### Règlementation

ECTS : 6

CODE UE : EE39BR

### COMPÉTENCES VISÉES PAR L'UE :

- Comprendre et appliquer la réglementation thermique (RT)
- Connaître les principaux labels et norme
- Réaliser un audit énergétique et un DPE
- Evaluer l'impact environnemental d'une opération

### LISTE DES UNITÉS PÉDAGOGIQUES (UP) CONSTITUANT L'UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE)

CODE UP	INTITULÉ UP
EE39BR1	Règlementation Thermique
EE39BR2	Normes et Labels
EE39BR3	Audit et DPE

UE : REGLEMENTATION

EE39BR

ECTS : 6

UP : REGLEMENTATION THERMIQUE

EE39BR1

Coeff. : 0,333

ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : LOUVEL R.

CM : 8 h

TD : 16 h

TP : h

AP : h

UP au choix (parcours 3A)

Langue : Français

## INTRODUCTION

L'objectif de ce module est d'identifier les principaux enjeux de la thermique du bâtiment, de connaître les méthodes de calculs réglementaires des consommations énergétiques des bâtiments, d'identifier les principaux enjeux réglementaires des différentes réglementations thermiques (RT)

## COMPÉTENCES VISÉES

Savoir appliquer les méthodes de calcul réglementaire à l'aide d'un logiciel commercial, puis analyser les résultats.

## CONTENU

Présentation et évolution de la réglementation thermiques  
Méthodologie de réalisation d'une étude réglementaire  
Applications sur des cas concrets.

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(1h,EE)\*1/3 + Proj(Rap)\*2/3

## RESSOURCES

## PRÉREQUIS

Transferts thermiques  
Air humide  
Thermodynamique appliquée  
Thermique du bâtiment

UE : REGLEMENTATION

EE39BR

ECTS : 6

UP : NORMES ET LABELS

EE39BR2

Coeff. : 0,333

ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : HAILLOT D., DUMERGUE L.

CM : 8 h

TD : 8 h

TP : h

AP : 4 h

UP au choix (parcours 3A)

Langue : Français

## INTRODUCTION

Comme son nom le suggère, ce module aborde les normes et labels liés à la qualité énergétique et environnementale des bâtiments, ainsi que les méthodes d'audit associées.

## COMPÉTENCES VISÉES

- Connaître les différentes normes et labels du domaine du bâtiment
- Savoir effectuer un audit énergétique et mettre en place une démarche de Diagnostic de Performance Énergétique (DPE)
- Effectuer une analyse de cycle de vie (ACV) ou un bilan carbone

## CONTENU

- Labels HPE et HQE dans le bâtiment
- Audit énergétique et diagnostic de performance énergétique
- Bilan carbone
- Analyse de cycle de vie

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(EE, 1h)x10/48 + CC(EE,2h, da)x8/48 + CC(EE,2h, da)x24/48 + CC(EE,1h)x6/48

## RESSOURCES

## PRÉREQUIS

UE : REGLEMENTATION

EE39BR

ECTS : 6

UP : AUDIT ET DPE

EE39BR3

Coeff. : 0,333

ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : **JARRIER F.**

CM : 24 h

TD : h

TP : h

AP : h

UP au choix (parcours 3A)

Langue : Français

## INTRODUCTION

Ce module aborde les méthodes relatives à l'audit énergétique des bâtiments avec notamment la méthodologie « Diagnostique de Performance Energétique »,

## COMPÉTENCES VISÉES

- Connaître les différents labels et normes énergétiques du domaine du bâtiment ;
- Savoir effectuer un audit énergétique ;
- Mettre en place une démarche de Diagnostique de Performance Energétique ;

## CONTENU

Apprentissage des méthodes par le biais de cas pratiques.

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(PA)

## RESSOURCES

## PRÉREQUIS



## UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE) :

### Technologies de conversion de l'énergie

ECTS : 6

CODE UE : EE39IC

#### COMPÉTENCES VISÉES PAR L'UE :

- Maîtrise de l'ensemble des filières de production de l'énergie
- Connaissance spécifique de la production nucléaire
- Connaissance spécifique des énergies fossiles
- Connaissance spécifique des énergies renouvelables

#### LISTE DES UNITÉS PÉDAGOGIQUES (UP) CONSTITUANT L'UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE)

CODE UP	INTITULÉ UP
EE39IC1	Energie nucléaire
EE39IC2	Energie du carbone
EE39IC3	Renouvelable I : solaire
EE39IC4	Renouvelable II : hydro et éolien
EE39IC5	Renouvelable III : filières en développement

UE : TECHNOLOGIES DE CONVERSION DE L'ENERGIE

EE39IC

ECTS : 6

UP : ENERGIE NUCLEAIRE

EE39IC1

Coeff. : 0,333

ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : **DOUCET S., LABRO X.**

CM : 35 h

TD : 6 h

TP : h

AP : h

UP au choix (parcours 3A)

Langue : Français

## INTRODUCTION

L'objet de ce cours est de présenter aux étudiants le fonctionnement d'un réacteur à eau sous pression, et les paramètres intrinsèques associés, ainsi que les grands principes de la sûreté nucléaire en exploitation.

## COMPÉTENCES VISÉES

- Etre capables de décrire le fonctionnement d'un réacteur.
- Etre capables d'identifier et de maîtriser les paramètres de production.
- Etre initiés aux principes de la sûreté nucléaire.
- Pouvoir analyser un incident nucléaire.

## CONTENU

Risques et sûreté

1. Généralités
2. La radioprotection
3. Sûreté nucléaire
4. Rédaction d'une analyse de sûreté / principes
5. L'impact en fonctionnement normal et incidentiel
6. Cas test

Réacteurs

7. Introduction : la production d'énergie nucléaire
8. Principes de fonctionnement d'un REP
9. Physique nucléaire
10. Interactions Primaire/Secondaire
11. Sûreté
12. Radioprotection
13. Situations accidentelles et accidents graves
14. Three Mile Island
15. Tchernobyl
16. Fukushima

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC (EE, 2h, sd) x 0.5 + CC (EE, 2h, da: cours et notes) x 0.5

## RESSOURCES

## PRÉREQUIS

UE : TECHNOLOGIES DE CONVERSION DE L'ENERGIE

EE39IC

ECTS : 6

UP : ENERGIE DU CARBONE

EE39IC2

Coeff. : 0,167

ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : **FRANQUET E.**

CM : 8 h

TD : 8 h

TP : h

AP : h

UP au choix (parcours 3A)

Langue : Français

## INTRODUCTION

L'objet de ce cours est de présenter aux étudiants les grands moyens de production d'énergie basés sur des ressources fossiles, du pétrole au gaz en passant par le charbon.

## COMPÉTENCES VISÉES

- Etre capables de décrire le fonctionnement et d'opérer une centrale thermique.
- Etre capables d'identifier et de maîtriser les paramètres de production.

## CONTENU

Centrales à chaudières

Centrales à turbine

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC (EE, 1h, sd) x 0.5 + CC (EE, 1h, sd) x 0.5

## RESSOURCES

## PRÉREQUIS

UE : TECHNOLOGIES DE CONVERSION DE L'ENERGIE

EE39IC

ECTS : 6

UP : RENOUELABLE I : SOLAIRE

EE39IC3

Coeff. : 0,167

ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : **GIBOUT S., HAILLOT D., MASSIP G.**

CM : 12 h

TD : 14 h

TP : h

AP : h

UP au choix (parcours 3A)

Langue : Français

## INTRODUCTION

L'objet de ce cours est de présenter aux étudiants les spécificités des énergies renouvelables basées sur le solaire.

## COMPÉTENCES VISÉES

- Etre capables de distinguer les diverses formes de renouvelable solaire.
- Etre capables de développer et opérer des productions solaires.

## CONTENU

La ressource solaire

1. Généralités
2. Rayonnement solaire hors atmosphère
3. Ressource disponible au sol et interaction avec l'atmosphère

Solaire thermique et hélio-thermodynamique

1. Introduction
2. Les différents types de capteur
3. Production de chaleur et/ou d'électricité

Solaire photovoltaïque

1. Rappels d'électricité
2. La conversion photo-électrique
3. Organisation d'une centrale de production (récepteurs, onduleurs...)

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC (EE, 30min, sd) x 0.4 + CC (EE, 30min, sd) x 0.4 + CC (EE, 1h, sd, ca) x 0.2

## RESSOURCES

## PRÉREQUIS

UE : TECHNOLOGIES DE CONVERSION DE L'ENERGIE

EE39IC

ECTS : 6

UP : RENEUVELABLE II : HYDRO ET EOLIEN

EE39IC4

Coeff. : 0,167

ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : **GIBOUT S., CHABANAS C., MORY M.**

CM : 16 h

TD : 8 h

TP : h

AP : h

UP au choix (parcours 3A)

Langue : Français

## INTRODUCTION

L'objet de ce cours est de présenter aux étudiants les spécificités des énergies renouvelables basées sur la ressource marine et hydraulique, et éolienne.

## COMPÉTENCES VISÉES

- Etre capables de distinguer les diverses formes de renouvelable marin et éolien.
- Connaître les divers moyens de transformation de l'énergie mécanique.
- Etre capables de développer et opérer des centrales productions.

## CONTENU

Energie lunaire

1. Compromis force-vitesse
2. Hydro-électricité
3. Hydrolienne
4. Energie des vagues
5. Energie thermique des mers
6. Usine marémotrice

Eolien

1. Mesure et représentation statistique de la ressource éolienne
2. Énergie du vent et part récupérable (théorie de Betz)
3. Technologie des aérogéné
4. Principe d'estimation de la production

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC (EE, 1h) x 0.5 + CC (EE, 1h, sd) x 0.35 + CC (EE, 15min, sd) x 0.15

## RESSOURCES

## PRÉREQUIS

UE : TECHNOLOGIES DE CONVERSION DE L'ENERGIE		EE39IC	ECTS : 6
<b>UP : RENOUEVABLE III : FILIERES EN DEVELOPPEMENT</b>		EE39IC5	Coeff. : 0,167
ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : <b>FRANQUET E., BOUTITIE P., PINCEMIN S.</b>			
CM : 12 h	TD : 4 h	TP : h	AP : h
UP au choix (parcours 3A)		Langue : Français	

## INTRODUCTION

L'objet de ce cours est de présenter aux étudiants les spécificités des énergies renouvelables en cours de développement ou de déploiement.

## COMPÉTENCES VISÉES

- Etre capables de distinguer les futurs vecteurs de production renouvelable.
- Connaître les divers aspects technologiques du développement de ces filières.

## CONTENU

### Filière hydrogène

1. Mieux connaître l'hydrogène
2. Stockage d'énergie
3. Piles à combustible
4. Domaines d'application

### Géothermie

1. Contexte
2. Généralités
3. Applications
4. Etudes de cas

### Biomasse

1. Introduction
2. Bio-combustibles
3. Bio-gaz
4. Agro-carburants

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC (EE, 1h, sd) x 0.5 + CC (EE, 30min, sd) x 0.25 + CC (EE, 15min, sd) x 0.25

## RESSOURCES

## PRÉREQUIS

## UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE) :

### Ressources énergétiques et usages

ECTS : 6

CODE UE : EE39IR

#### COMPÉTENCES VISÉES PAR L'UE :

- Maîtrise de la situation globale du monde de l'énergie et des différents acteurs
- Maîtrise des différents aspects socio-économiques et politiques autour de l'énergie
- Maîtrise de la consommation énergétique
- Maîtrise de l'impact d'un projet énergétique

#### LISTE DES UNITÉS PÉDAGOGIQUES (UP) CONSTITUANT L'UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE)

CODE UP	INTITULÉ UP
EE39IR1	Situations géopolitiques et économiques
EE39IR2	Organisation des réseaux
EE39IR3	Bilan carbone et analyse de cycle de vie
EE39IR4	Audit énergétique



UE : RESSOURCES ENERGETIQUES ET USAGES

EE39IR

ECTS : 6

**UP : SITUATIONS GEOPOLITIQUES ET ECONOMIQUES**

EE39IR1

Coeff. : 0,333

ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : **GUELLIL M., LE CACHEUX J., PIRON E.**

CM : 22 h

TD : 8 h

TP : h

AP : h

UP au choix (parcours 3A)

Langue : Français

## INTRODUCTION

L'objet de ce cours est de présenter aux étudiants les éléments de contexte concernant les énergies fossiles et renouvelables, ainsi que le panorama global de consommation énergétique mondial et national, et ses perspectives d'évolution. Les notions économiques associées, et la mise en place d'un développement soutenable, sont aussi abordées.

## COMPÉTENCES VISÉES

Connaître le panorama global des énergies fossiles et renouvelables, notamment en termes de répartition et d'utilisation.

Maîtriser les notions économiques, sociales et sociétales associées

Connaître l'état actuel et futur des besoins énergétiques, et les impacts divers associés (planète, développement économique..).

Connaître la démarche de développement soutenable, et ses articulations politiques et techniques, tant au point de vue mondial que national ou local.

Etre capables d'initier une telle démarche, notamment en activant les différents acteurs industriels, administratifs et politiques.

Savoir analyser, respecter et anticiper les normes et réglementation.

## CONTENU

### Panorama

#### 1. L'énergie et le climat

##### 1.1 éléments de contexte

##### 1.2 financement et réglementation

#### 2. L'agenda 21

### Les énergies fossiles

#### 1 Définition

#### 2 Origine et répartition mondiale

#### 3 Utilisations dans la chaîne industrielle

#### 4 Enjeux

### Les énergies renouvelables

#### 1 Définition

#### 2 Types et technologies

#### 3 Potentiel de développement

#### 4 Enjeux

### Economie de l'énergie

#### 1. L'énergie sous une perspective économique

#### 2. Le bilan actuel et les perspectives futures

#### 3. Le financement du développement soutenable

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC (EE, 15min, sd) x 0.25 + Proj (PA) x 0.25 + CC (PA) x 0.1 + CC (EE, 1h, sd) x 0.15 + CC (EE, 15min, sd) x 0.25

## RESSOURCES

## PRÉREQUIS

UE : RESSOURCES ENERGETIQUES ET USAGES

EE39IR

ECTS : 6

**UP : ORGANISATION DES RESEAUX**

EE39IR2

Coeff. : 0,167

ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : **SERRA S., BERGE S.**

CM : 12 h

TD : h

TP : h

AP : 10 h

UP au choix (parcours 3A)

Langue : Français

## INTRODUCTION

L'objectif de ce cours est de présenter aux étudiants les divers types de réseaux de transport de l'énergie, et les techniques associées ainsi que les méthodes de gestion en production.

## COMPÉTENCES VISÉES

- Etre capables de décrire les divers réseaux énergétiques.
- Maitriser les notions associées à leur utilisation quotidienne.

## CONTENU

1. Les réseaux électriques
  - 1.1 Production de l'électricité
  - 1.2 Transport de l'électricité
  - 1.3 Distribution
  - 1.4 Régimes de concession
2. Les réseaux gaz
  - 2.1 Généralités
  - 2.2 La chaîne gazière
  - 2.3 Le marché GN
3. Les réseaux de chaleur et de froid
  - 3.1 Introduction
  - 3.2 Constituants d'un RDC/RDF

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC (EE, 45min) x 0.2 + CC (EE, 15min, sd) x 0.2 + CC (EE, 1h) x 0.4 + Proj (Rap) x 0.2

## RESSOURCES

## PRÉREQUIS

UE : RESSOURCES ENERGETIQUES ET USAGES

EE39IR

ECTS : 6

**UP : BILAN CARBONE ET ANALYSE DE CYCLE DE VIE**

EE39IR3

Coeff. : 0,167

ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : **HAILLOT D., DUMERGUE L.**

CM : 8 h

TD : 10 h

TP : h

AP : 20 h

UP au choix (parcours 3A)

Langue : Français

## INTRODUCTION

L'objectif de ce cours est de présenter les méthodes d'analyse de cycle de vie, et en particulier celle du bilan carbone telle que définie par l'ADEME.

## COMPÉTENCES VISÉES

- Maîtriser les techniques d'analyse de cycle de vie et de bilan carbone.
- Savoir quantifier la dépendance, notamment en énergies fossiles, d'une activité ou d'un produit.

## CONTENU

1. Présentation générale
2. Sources et facteurs d'émission
3. Méthodologie et réalisation

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

Proj (PA) x 0.5 + Proj (Rap) x 0.5

## RESSOURCES

## PRÉREQUIS

UE : RESSOURCES ENERGETIQUES ET USAGES

EE39IR

ECTS : 6

UP : AUDIT ENERGETIQUE

EE39IR4

Coeff. : 0,333

ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : **BARBE L.**

CM : 30 h

TD : h

TP : h

AP : h

UP au choix (parcours 3A)

Langue : Français

## INTRODUCTION

L'objectif de ce cours est d'aborder les différentes méthodes de réalisation d'un audit énergétique, puis de proposer des sources d'économie en analysant le fonctionnement de certains appareils.

## COMPÉTENCES VISÉES

- Etre capables de réaliser un bilan énergétique électrique.
- Etre capables de réaliser un bilan énergétique thermique.
- Maîtriser les différentes sources d'optimisation énergétique.

## CONTENU

1. Introduction
2. Notions de base
  - a. Ratios
  - b. Tarifications
  - c. Méthodologie
3. Matériels de mesure
4. Gisements d'économie d'énergie
  - a. Chauffage et ECS
  - b. Eclairage, ventilation et traitement de l'air
  - c. Froid et climatisation
5. Utilisation et intégration d'énergies renouvelables

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC (EE, 1h, sd) x 0.5 + CC (EE, 1h, sd) x 0.5

## RESSOURCES

Mémotech Génie Energétique  
Guides techniques ADEME

## PRÉREQUIS

## UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE) :

### Utilisation rationnelle de l'énergie

ECTS : 6

CODE UE : EE39IU

#### COMPÉTENCES VISÉES PAR L'UE :

- Amélioration et optimisation des process énergivores
- Mise en place de démarches efficaces

#### LISTE DES UNITÉS PÉDAGOGIQUES (UP) CONSTITUANT L'UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE)

CODE UP	INTITULÉ UP
EE39IU1	Efficacité énergétique
EE39IU2	Valorisation énergétique
EE39IU3	Physique avancée

UE : RESSOURCES ENERGETIQUES ET USAGES

EE39IU

ECTS : 6

UP : EFFICACITE ENERGETIQUE

EE39IU1

Coeff. : 0,333

ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : RENAUME J.-M., GUELLIL M., MARION B.

CM : 14 h

TD : 16 h

TP : h

AP : 10 h

UP au choix (parcours 3A)

Langue : Français

## INTRODUCTION

L'objectif de ce cours est d'aborder l'efficacité énergétique, dont le but est de produire autant ou plus en consommant moins. Ceci permet d'allier des impératifs de développement industriel et économique à des critères de respect de l'environnement et de diminution des consommations.

## COMPÉTENCES VISÉES

- Connaître et maîtriser les flux d'énergie.
- Savoir conduire des études intégrant les notions d'efficacité.

## CONTENU

1. Les enjeux de l'efficacité énergétique
2. L'efficacité énergétique dans la production d'énergie
  - a. Les combustibles
  - b. La production d'électricité
  - c. La production de chaleur
3. Gestion et management de projets industriels
4. Analyse pinch

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC (PA) x 0.15 + Proj (PA) x 0.35 + Proj (Rap) x 0.5

## RESSOURCES

## PRÉREQUIS

**UE : RESSOURCES ENERGETIQUES ET USAGES**

**EE39IU**

**ECTS : 6**

**UP : VALORISATION ENERGETIQUE**

**EE39IU2**

**Coeff. : 0,167**

**ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : BEDECARRATS J-P., GUELLIL M., JAY F.**

**CM : 14 h**

**TD : h**

**TP : h**

**AP : h**

**UP au choix (parcours 3A)**

**Langue : Français**

## INTRODUCTION

L'idée de stocker de l'énergie pour l'utiliser à la demande reste un des défis importants à relever pour un système énergétique plus sûr et plus performant. L'objectif de ce cours est d'apporter aux étudiants une connaissance des bases et des applications sur le stockage de l'énergie.

## COMPÉTENCES VISÉES

- Maîtriser les mécanismes de stockage de l'énergie.
- Connaître les installations de stockage de l'électricité.
- Connaître les installations de stockage du froid et de la chaleur.
- Connaître les installations de stockage du CO<sub>2</sub>.

## CONTENU

1. Introduction
2. Les besoins énergétiques
3. Technologies de stockage
  - a. Stockage mécanique
  - b. Stockage chimique
  - c. Stockage magnétique
  - d. Stockage thermique
4. L'hydrogène pour stocker de l'énergie
  - a. Caractéristiques de l'hydrogène
  - b. Technologies de stockage
  - c. Production d'hydrogène
5. Comparaison des technologies
6. Capture et stockage du CO<sub>2</sub>

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC (EE,1h, sd) x 0.85 + CC (EE, 30 min, sd) x 0.15

## RESSOURCES

Thermal Energy Storage : Systems and Applications. Ibrahim Dincer, Marc Rosen. Wiley, 2002.  
 Stockage par chaleur latente. Jean-Pierre Dumas. Techniques de l'Ingénieur BE9-7751-22, 2002.  
 Heat and cold storage with PCM. An up to date introduction into basics and applications. Harald Mehling. Luisa F. Cabeza. Series: Heat and Mass Transfer. Springer, 2008.



## PRÉREQUIS

UE : RESSOURCES ENERGETIQUES ET USAGES

EE39IU

ECTS : 6

**UP : PHYSIQUE AVANCEE**

EE39IU3

Coeff. : **0,500**ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : **MANCEAU R., SAVARY N.**

CM : 22 h

TD : 6 h

TP : h

AP : 20 h

UP au choix (parcours 3A)

Langue : Français

## INTRODUCTION

L'objectif de ce cours est d'apporter des éléments théoriques supplémentaires nécessaires à l'analyse de systèmes énergétiques complexes.

## COMPÉTENCES VISÉES

- Etre capables de concevoir un système complet.
- Etre capables d'optimiser un système énergétique.

## CONTENU

1. Turbines à gaz
  - a. Différentes familles
  - b. Principes de fonctionnement
  - c. Conception et développement
  - d. Essais moteur et certification
2. Modélisation de la turbulence
  - a. Rappels de CFD
  - b. RANS
  - c. LES, URANS and hybrid RANS, LES

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC (EE, 1.5h, da:tous, ca) x 0.25 + Proj (Rap) x 0.75

## RESSOURCES

## PRÉREQUIS

## UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE) :

### Mise en œuvre de l'épuration

ECTS : 5

CODE UE : EP39EG

### COMPÉTENCES VISÉES PAR L'UE :

- Avoir les notions de base relatives à la conception et la gestion de la mise en œuvre d'un procédé industriel
- Avoir une approche pratique des principaux procédés de traitement des eaux

### LISTE DES UNITÉS PÉDAGOGIQUES (UP) CONSTITUANT L'UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE)

CODE UP	INTITULÉ UP
EP39EG1	Travaux pratiques
EP39EG2	Evaluation du risque industriel
EP39EG3	Etudes de marché de travaux
EP39EG4	Synthèse des procédés

UE : MISE EN ŒUVRE DE L'ÉPURATION

EP39EG

ECTS : 5

UP : TRAVAUX PRATIQUES

EP39EG1

Coeff. : 0,400

ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : **CASAS-MARTINEZ L., VAXELAIRE J.**

CM : h

TD : h

TP : 32 h

AP : h

UP au choix (parcours 3A)

Langue : Français

## INTRODUCTION

Les installations pilotes permettent aux étudiants d'appréhender pratiquement quelques procédés communs de traitement des eaux usées

## COMPÉTENCES VISÉES

Après ce cours, les étudiants doivent avoir des connaissances pour aborder pratiquement les procédés les plus classiques du traitement des eaux usées

## CONTENU

Installation de traitement par boues activées  
Traitement biologique en lit immergé  
Méthanisation  
Coagulation-floculation et décantation

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

TP(CR)

## RESSOURCES

## PRÉREQUIS

Notions de base en traitement et analyse des eaux usées

**UE : MISE EN ŒUVRE DE L'ÉPURATION**

**EP39EG**

**ECTS : 5**

**UP : ÉVALUATION DU RISQUE INDUSTRIEL**

**EP39EG2**

**Coeff. : 0,200**

**ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : BARON T.**

**CM : 24 h**

**TD : h**

**TP : h**

**AP : h**

**UP au choix (parcours 3A)**

**Langue : Français**

## INTRODUCTION

Qu'il s'agisse de la conception d'une nouvelle ligne de production, du dégoulotage ou de la reconversion de lignes existantes, l'ingénieur Procédé est amené à prendre des décisions dans un contexte industriel, financier, social et culturel qu'il ne peut ignorer. Ce cours, effectué par un industriel ayant une grande expérience sur ces sujets, a donc pour objectif de sensibiliser les futurs ingénieurs à la notion de Risque Industriel

## COMPÉTENCES VISÉES

Après ce cours, les étudiants doivent :

- être sensibilisés aux enjeux et aux risques (industriels, financiers, sociétaux...) liés à la conception, au dégoulotage et à la reconversion d'une ligne de production
- connaître les principales étapes d'un projet de conception
- être capable d'évaluer les résultats d'une activité industrielle

## CONTENU

**I – Economie d'une activité industrielle**

- composition des frais variables d'une ligne de production
  - estimation d'une marge sur coût variable
- composition des frais fixes d'une ligne de production
- résultats d'une activité industrielle

**II – Conception et gestion des risques**

- fabrication d'un nouveau produit demandé par le marché : processus de définition et de mise au point de ce produit (R&D, essais industriels, pilotage ...)
- dégoulotage/adaptation d'une ligne existante
- reconversion de lignes de fabrication
- analyse de la valeur des étapes du projet
- gestion des risques : questions préalables à un investissement (aspects marché, industriel, technologie, social...)

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

Proj (Soutx1/3 + Rapx2/3)

## RESSOURCES

## PRÉREQUIS

UE : MISE EN ŒUVRE DE L'ÉPURATION

EP39EG

ECTS : 5

UP : ETUDES DE MARCHÉ DE TRAVAUX

EP39EG3

Coeff. : 0,200

ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : **SALIN D.**

CM : 8 h

TD : h

TP : h

AP : h

UP au choix (parcours 3A)

Langue : Français

## INTRODUCTION

Ce cours a pour vocation de donner aux étudiants le vocabulaire et les bases nécessaires pour comprendre le déroulement d'une opération de travaux.

## COMPÉTENCES VISÉES

Après ce cours, les étudiants doivent :

- Connaître les intervenants dans un marché de travaux
- avoir les connaissances de base du rôle de chacun et de l'enchaînement des phases, de la conception à la réalisation
- être capable de comprendre les différentes formes des marchés et les pièces constituant un marché
- Avoir les bases du déroulement d'un chantier, des documents à préparer, des enjeux administratifs et financiers

## CONTENU

Partie I: Généralités et vocabulaire

La notion de marché

Les intervenants à l'acte de construire :

- Donneur d'ordres
- Conception et contrôle
- Intervenants sur la sécurité
- Entreprise, groupement et sous-traitance

Partie II: La phase de conception

Programme de l'opération

- Etudes préliminaires
- Choix des modalités de passation des contrats

Le rôle de la maîtrise d'œuvre

- Définition de la mission et passation du contrat
- Contenu des études et documents produits

Les autres intervenants

- Coordonnateur SPS
- Contrôleur technique
- OPC

Partie III: La passation des marchés

Règles générales

- Notion de marché, prix forfaitaires ou unitaires
- Forme et déroulement d'un appel d'offres

Règles de passation des marchés privés et publics

Dossier de consultation et réponses des entreprises

Choix des attributaires et conclusions des marchés

Partie IV: La phase chantier

#### Phase préparatoire

- Document à préparer
- Réunion préparatoire
- Planification

#### Phase travaux

- Ordre de service
- Réunion et PV
- Suivi administratif et financier

#### Fin du chantier

- Phase d'essais
- Procédures de réception
- Le décompte général et définitif
- Contentieux

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC (EE, 30min, da, ca)

## RESSOURCES

- CODE DES MARCHES PUBLICS – [www.legifrance.fr](http://www.legifrance.fr)
- Guide de bonnes pratiques en matière de marchés publics -2012 -Circulaire du 14 février 2012
- Guide pratique des conducteurs de chantiers – 2006 – [www.fntp.fr](http://www.fntp.fr)
- 170 séquences pour mener une opération de construction – H. Debaveye et P. Haxaire – 7ème Ed 2010 Edition Le Moniteur

## PRÉREQUIS



UE : MISE EN ŒUVRE DE L'ÉPURATION

EP39EG

ECTS : 5

UP : SYNTHÈSE DES PROCÉDES

EP39EG4

Coeff. : 0,200

ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : **SOCHARD S.**

CM : 6 h

TD : 12 h

TP : h

AP : h

UP au choix (parcours 3A)

Langue : Français

## INTRODUCTION

La synthèse des procédés est une démarche s'appuyant sur l'expérience et le savoir-faire des ingénieurs. Cette démarche qualitative, mettant en œuvre des règles heuristiques, conduit généralement à une bonne définition d'un procédé acceptable, d'un point de vue technique et économique.

## COMPÉTENCES VISÉES

A l'issue de ce cours, les étudiants doivent :

- connaître les principales étapes de la méthode de décision hiérarchisée proposée par Douglas
- connaître, à chaque étape, les principales heuristiques

## CONTENU

En s'appuyant sur le procédé HDA, les principales étapes de la méthode sont illustrées :

- 1.définition des entrées et des sorties du procédé,
- 2.choix des réacteurs et définition de la structure des recyclages,
- 3.définition des systèmes de séparation vapeur puis liquide,
- 4.définition du réseau d'échangeurs de chaleur.

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

Proj (Rap)

## RESSOURCES

Conceptual Design of Chemical Processes ; J.M. Douglas; McGraw-Hill, Inc.; New York, 1988  
Process Design Principles; W.D. Seider, J.D. Seader, D.R. Lewin. J Wiley&Sons 1999  
Analysis, Synthesis and Design of chemical Processes; R. Turton, RC Bailie, W.B. Whiting, J.A. Shaeiwitz. Prentice Hall 1998

## PRÉREQUIS

Opérations unitaires, bilans de matière et de chaleur

## UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE) :

### Pollution et métrologie

ECTS : 6

CODE UE : EP39EM

#### COMPÉTENCES VISÉES PAR L'UE :

- Comprendre les enjeux du management environnemental
- Savoir identifier et mesurer les différents éléments polluants

#### LISTE DES UNITÉS PÉDAGOGIQUES (UP) CONSTITUANT L'UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE)

CODE UP	INTITULÉ UP
EP39EM1	Biologie et microbiologie
EP39EM2	Management de l'environnement - Réglementat°
EP39EM3	Métrologie de l'eau
EP39EM4	Métrologie de l'air

UE : POLLUTION ET METROLOGIE

EP39EM

ECTS : 6

**UP : BIOLOGIE ET MICROBIOLOGIE**

EP39EM1

Coeff. : 0,333

ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : **GUINCHARD M-P., OLIVIER J.**

CM : 20 h

TD : 10 h

TP : h

AP : h

UP au choix (parcours 3A)

Langue : Français

## INTRODUCTION

Le but de ce module est de présenter les bases de la biochimie (macromolécules) et de la biologie cellulaire (procaryotes et eucaryotes) afin de pouvoir aborder le domaine des biotechnologies et leur application dans le domaine du traitement des pollutions.

## COMPÉTENCES VISÉES

A l'issue de ce cours, les étudiants doivent pouvoir :

- connaître les structures et propriétés des principales molécules biologiques
- connaître les principales caractéristiques des microorganismes utilisés à l'échelle industrielle (bactéries, champignons)
- comprendre les principales voies métaboliques utilisées dans l'industrie (fermentation, production d'enzymes ...)
- comprendre les mécanismes biologiques impliqués dans le domaine du traitement des pollutions
- comprendre les mécanismes impliqués dans le domaine de la potabilisation et de l'hygiénisation
- avoir des notions de génétique pour appréhender l'utilisation des OGM (Organismes génétiquement modifiés)

## CONTENU

Partie I : Biochimie

Lipides, glucides, acides aminés, protéines, réactions d'oxydoréduction

Partie II : Cellule et biologie moléculaire

Constituants des cellules Eucaryotes et Procaryotes.

Partie III : Génétique et biotechnologie

ADN, ARN, protéines de synthèses et biotechnologies (OGM).

Partie IV : Métabolisme cellulaire et applications industrielles

Respiration, fermentation, traitement des eaux usées, potabilisation de l'eau...

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

Proj (Sout, Rap)

## RESSOURCES

- G. KARP, "Biologie cellulaire et moléculaire", Ed. De Boeck Université, 1998
- D. VOET, J.G. VOET, "Biochimie", Ed. De Boeck Université, 1998
- K. ARMS, P.S. CAMP « Biologie », Ed. De Boeck Université, 1989
- P. ATKINS, L. JONES, « Chimie », Ed. De Boeck Université, 1998

## PRÉREQUIS

Notions de biologie

UE : POLLUTION ET METROLOGIE		EP39EM	ECTS : 6
<b>UP : MANAGEMENT DE L'ENVIRONNEMENT - REGLEMENTAT°</b>		EP39EM2	Coeff. : 0,167
ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : <b>CAUMETTE G.</b>			
CM : 10 h	TD : 4 h	TP : h	AP : h
UP au choix (parcours 3A)		Langue : Français	

## INTRODUCTION

Ce cours intervient en complément des connaissances acquises pas ailleurs sur les procédés de traitement des eaux, de l'air et des sols. Il s'agit d'appréhender le milieu industriel de part son organisation et son contexte réglementaire en matière d'environnement.

## COMPÉTENCES VISÉES

Après ce cours, les étudiants doivent :

- Connaître la déclinaison de la norme ISO 14001 (management environnemental) dans l'entreprise afin de s'intégrer parfaitement dans une société déjà certifiée ISO 14001 ou afin de participer activement à la mise en place d'un système de management environnemental
- Savoir réaliser une analyse de risques environnementaux liés à une entreprise
- Connaître les principales réglementations environnementales et leur impact sur le dimensionnement ou l'exploitation d'unités industrielles

## CONTENU

Partie I: Système de management de l'environnement : Norme ISO 14001  
Boucle d'amélioration continue traduisant les principales étapes de la mise en œuvre d'un système de management environnemental :

- analyse des impacts
- planification
- réalisation
- contrôle
- amélioration

Partie II: Analyse des risques HSE

- Hygiène : gestion des produits chimiques
- Environnement :
  - Le droit des Installations Classées pour la Protection de l'environnement
  - Prévention et surveillance de la pollution atmosphérique
  - Protection des ressources en eaux et des milieux aquatiques
  - Les déchets
  - Prévention et surveillance des nuisances sonores et des vibrations
- Sécurité : prévention des risques technologiques et sécurité au poste de travail

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC (EE, 2h)

## RESSOURCES

Techniques de l'ingénieur : Environnement (vol G1 à G5)  
Réglementation sur les déchets, eaux, ICPE, air (Collection Recueils de textes réglementaires  
ACFCI, AFNOR)

## PRÉREQUIS

Notions de base en génie chimique

UE : POLLUTION ET METROLOGIE

EP39EM

ECTS : 6

UP : METROLOGIE DE L'EAU

EP39EM3

Coeff. : 0,167

ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : **BOUYSSIERE B.**

CM : 8 h

TD : 8 h

TP : h

AP : h

UP au choix (parcours 3A)

Langue : Français

## INTRODUCTION

L'importance de l'eau dans l'économie humaine nécessite de procéder à des contrôles fréquents de sa qualité. Ce cours présente les méthodes d'analyse incontournables pour diagnostiquer ou contrôler la qualité des eaux naturelles, usées, ou destinées à la consommation et permettre le suivi d'une filière de traitement.

## COMPÉTENCES VISÉES

Après ce cours, les étudiants doivent :

- avoir les connaissances de bases pour mettre en place les prélèvements d'échantillon et les conditions de conservation associées
- être capable de comprendre et d'interpréter une analyse d'eau

## CONTENU

I: Echantillonnage, prélèvement et conservation des échantillons

II : Paramètres classiques de l'analyse physico-chimique des eaux (eaux superficielles, eaux résiduaires, eaux souterraines)

Expression des résultats: unités, présentation des résultats, incertitudes,...

Principales analyses à effectuer sur site: température, pH, conductivité, oxygène dissous, turbidité

Les titres de l'eau : TA, TAC, dureté, ...

Les paramètres globaux de pollution : pollution organique, pollution azotée et phosphorée,

III: Etude critique d'un rapport d'analyse

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC (EE, 2h)

## RESSOURCES

Rodier J., Legube B., Merlet N. et coll. "L'analyse de l'eau", 9ème édition, Dunod, 2009

## PRÉREQUIS

Chimie des solutions

UE : POLLUTION ET METROLOGIE

EP39EM

ECTS : 6

UP : METROLOGIE DE L'AIR

EP39EM4

Coeff. : 0,333

ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : **JAMBERT C., SERCA D.**

CM : 12,5 h

TD : 12,5 h

TP : h

AP : h

UP au choix (parcours 3A)

Langue : Français

## INTRODUCTION

Les changements des propriétés réactives et radiatives de l'atmosphère (changement planétaire ou "global change") sont une des préoccupations majeures des sciences de l'environnement pour le XXI<sup>e</sup> siècle. Ce cours présente cette problématique et les moyens métrologiques permettant de les étudier.

## COMPÉTENCES VISÉES

Après ce cours, les étudiants doivent :

- Avoir des connaissances de base en chimie de l'atmosphère permettant de comprendre les différents phénomènes liés aux changements de composition de l'atmosphère: réchauffement climatique, trou de la couche d'ozone, pollution photochimique
- Connaître les impacts et les tendances de la pollution atmosphérique
- Connaître des éléments de la réglementation du milieu atmosphérique
- Connaître les différentes techniques et approches de mesure des composés en trace gazeux de l'atmosphère, les méthodes de calibration
- Avoir des connaissances sur les méthodes de mesure de flux atmosphériques

## CONTENU

### Partie I: Introduction

Le milieu atmosphérique: description physique et chimique (dynamique, principaux composés en traces); les cycles biogéochimiques et leurs perturbations anthropiques; principales sources de composés en trace, naturelles et anthropiques; notions de photochimie, cinétique et catalyse, temps de vie; variabilité des concentrations.

### Partie II: Chimie atmosphérique

Chimie stratosphérique et troposphérique en phase gazeuse; cycles catalytiques de destruction; réactions radicalaires; chimie atmosphérique en phase aqueuse; cas du trou de la couche d'ozone.

### Partie III: Pollution

Illustrations de la pollution à différentes échelles spatiales (du local au planétaire); impacts de la pollution atmosphérique sur la santé, les écosystèmes et les infrastructures; tendances (passées et futures) des émissions et des concentrations de polluants; réglementation, gestion (LAURE, conventions internationales, normes d'émissions) et réseaux de surveillance du milieu atmosphérique

### Partie IV: Métrologie des concentrations atmosphériques

Introduction (expressions de la concentration dans l'atmosphère; corrections de P et T) ; mesures passive/active ; mesure locale, ponctuelle à intégrée ; principes de mesure des polluants gazeux, application aux principaux polluants atmosphériques; Méthodes de calibration et laboratoires de référence.

### Partie V: Métrologie des flux à l'interface sol/atmosphère

Introduction ; modèle de boîte ; mesures de flux à différentes échelles – approches micro-météorologiques ; dépôts atmosphériques.



## MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC (EE, 2h, da : cours uniquement, ca)

## RESSOURCES

- Physique et Chimie de l'Atmosphère : R. Delmas, G. Mégie, V.-H. Peuch, Ed. Belin, Collection Echelles, octobre 2005, ISBN10 : 2-7011-3700-4.
- OMER7-A: Outil nuMERique pédagogique pour l'étude des Sciences de l'Environnement Terrestre- Atmosphère), site Internet (<http://omer7a.obs-mip.fr/>)

## PRÉREQUIS

Notions de base en chimie

## UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE) :

### Procédés de traitement

ECTS : 7

CODE UE : EP39ET

### COMPÉTENCES VISÉES PAR L'UE :

- Connaître et savoir sélectionner les procédés de traitement d'effluents et de déchets gazeux, liquides ou solides
- Savoir dimensionner les principales Opérations Unitaires spécifiques aux différentes filières de traitement envisageables

### LISTE DES UNITÉS PÉDAGOGIQUES (UP) CONSTITUANT L'UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE)

CODE UP	INTITULÉ UP
EP39ET1	Traitement des eaux usées
EP39ET2	Traitement des polluants gazeux
EP39ET3	Traitement des déchets
EP39ET4	Eau potable
EP39ET5	Réacteurs biologiques

UE : PROCÉDES DE TRAITEMENT		EP39ET	ECTS : 7
<b>UP : TRAITEMENT DES EAUX USEES</b>		<b>EP39ET1</b>	<b>Coeff. : 0,286</b>
ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : <b>VAXELAIRE J., SALIN D.</b>			
CM : 18 h	TD : 7 h	TP : h	AP : h
UP au choix (parcours 3A)		Langue : Français	

## INTRODUCTION

Dans un but de protection de l'environnement de nombreux procédés ont été développés pour le traitement des eaux usées. Ce cours présente une revue des principaux procédés utilisés pour l'épuration des eaux urbaines et industrielles. Des éléments de dimensionnement des divers systèmes sont également décrits.

## COMPÉTENCES VISÉES

Après ce cours, les étudiants doivent :

- avoir les connaissances de base relatives au domaine du traitement des eaux usées
- avoir les connaissances de base en ce qui concerne les phénomènes physiques, chimiques et biologiques impliqués dans les procédés classiques de traitement
- être capable de dimensionner et de suivre des installations classiques de traitement des eaux usées

## CONTENU

Partie I: Traitements physico- chimiques

Prétraitements (Dégrillage-Tamissage- Dessablage- dégraissage)

Décantation

Flottation

Filtration sur lit granulaire

Partie II: Traitement biologique

Principes de l'épuration biologique (les différents processus impliqués, élimination du carbone, azote, phosphore)

Les procédés à cultures libres (boues activées, lagunages, bioréacteurs à membranes)

Les procédés à cultures fixés (notion de biofilm, lits immergés, lits bactériens, biodisques,)

Les procédés adaptés aux petites collectivités

Partie III: Retour d'expérience

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

Proj (Rap, Sout)

## RESSOURCES

- DEGREMONT "Memento technique de l'eau", Ed. Degrémont Suez, 10th édition, 2005.
- HENDRICKS D., "Water treatment unit processes, physical and chemical", Ed. Taylor and Francis, 2006.
- HENZE M., HARREMOES P., LA COUR JANSEN J., ARVIN E. "Wastewater treatment", Ed. Springer, 1996.

## PRÉREQUIS

Introduction au génie chimique

UE : PROCÉDES DE TRAITEMENT		EP39ET	ECTS : 7
UP : TRAITEMENT DES POLLUANTS GAZEUX		EP39ET2	Coeff. : 0,143
ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : HORT C., SOCHARD S.			
CM : 13 h	TD : 13 h	TP : h	AP : h
UP au choix (parcours 3A)		Langue : Français	

## INTRODUCTION

Dans l'objectif de protéger notre environnement et notre santé de nombreux procédés ont été développés pour le traitement de l'air. Ce cours présente l'état de l'art des principaux procédés utilisés pour le traitement d'effluents gazeux industriels. Les procédés de traitement de l'air intérieur seront aussi abordés. Des éléments de dimensionnement des divers systèmes sont également décrits.

## COMPÉTENCES VISÉES

Après ce cours, les étudiants doivent :

- avoir les connaissances de base relatives au domaine du traitement de l'air
- avoir les connaissances de base en ce qui concerne les phénomènes physiques, chimiques et biologiques impliqués dans les procédés classiques de traitement
- être capable de dimensionner et de suivre des installations classiques de traitement de l'air

## CONTENU

Partie I: Traitement des effluents gazeux

- Introduction aux traitements de l'air et des effluents gazeux
  - oLes polluants de l'air
  - oApproche globale des traitements de l'air
- Dépoussiérage
- Traitement des gaz acides
- Dénitrification des fumées
- Oxydations thermique et catalytique
- Adsorption
- Absorption
- Stockage géologique de CO<sub>2</sub>

Partie II: Traitements biologiques

- Traitements biologiques
  - oEtat de l'art
  - oBiofiltre
  - oBiolaveur
  - oFiltre percolateur
  - oAutres traitements biologiques (bio-réacteur membranaire...)
  - oAspects de modélisation
  - oMise en œuvre de biofiltres et biolaveurs industriels
- Applications au traitement de l'air intérieur

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC (EE, 2h)

## RESSOURCES

Popescou M., Blanchard J.M., Carré J. – Analyse et traitement physicochimique des rejets atmosphériques industriels, Tec & Doc Lavoisier Paris, 1998, ISBN 2-7430-0247-6

Le Cloirec P. – Les composés organiques volatils (COV) dans l'environnement, Tec & Doc Lavoisier Paris, 1998, ISBN 2-7430-0232-8

Kennes C. and Veiga M.C. – Bioreactors for waste Gas Treatment, Kluwer Academic Publishers 2001

Shareefdeen Z. and Singh A. – Biotechnology for odor and air pollution control , Spinger, 2005

S. Biccocchi - Les polluants et les techniques d'épuration des fumées, Lavoisier Tec & Doc, Paris 1998

## PRÉREQUIS

Introduction au génie chimique, thermodynamique des solutions, modélisation, Techniques séparatives, réacteurs biologiques

UE : PROCÉDES DE TRAITEMENT

EP39ET

ECTS : 7

**UP : TRAITEMENT DES DÉCHETS**

EP39ET3

Coeff. : 0,286

ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : **MARIAS F., MERCADIER J., VAXELAIRE J., BARON T.**

CM : 27 h

TD : h

TP : h

AP : h

UP au choix (parcours 3A)

Langue : Français

## INTRODUCTION

Dans un but de protection de l'environnement de nombreux procédés ont été développés pour le traitement des déchets. Ce cours présente une revue des principaux procédés utilisés pour le traitement des déchets urbains et industriels. Des éléments de dimensionnement des divers systèmes sont également décrits

## COMPÉTENCES VISÉES

Après ce cours, les étudiants doivent :

- avoir les connaissances de base relatives au domaine du traitement des déchets
- avoir les connaissances de base en ce qui concerne les phénomènes physiques, chimiques et biologiques impliqués dans les procédés classiques de traitement
- être capable de dimensionner et de suivre des installations classiques de traitement

## CONTENU

Partie I: Incinération

Introduction à la gestion des déchets

Le procédé d'incinération: stockage, four chaudière, cogénération, traitement de fumées

Partie II: Oxydation Hydrothermale

Oxydation sous critique de déchets organique : présentation de différents procédés

Oxydation dans l'eau supercritique : intérêt et pilotes

Partie III: Traitement des boues

Production de boues et législation

Caractérisation (physique, chimique et biologique)

Options pour l'utilisation des boues biologiques et pour leur élimination

Options de traitement,

-Stabilisation (digestions anaérobie et aérobie, stabilisation chimique, compostage)

-Déshydratation (conditionnement, épaissement, déshydratation mécanique, séchage thermique)

Partie IV: Etude de cas.

Traitement des déchets plastiques

Evolution des plastiques et sources de déchets

Avantages et difficultés du recyclage des plastiques : aspects environnementaux, économiques et sociaux

Différents procédés de traitement : mécanique, incinération avec récupération d'énergie

Analyse du cycle de vie

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC (EE, 2h, sd, ca)x4/5 + Projx1/5

## RESSOURCES

Sludge into biosolids. Processing, disposal and utilization, Ed L. Spinosa and P.A. Vesilind, IWA Publishing, 2001.

Sludge engineering, Ed. F.D. Sanin, W.W. Clarkson, P.A. Vesilind, DEStech Publications, Inc., 2011.

Traiter et valoriser les boues, OTV, 1997.

L'incinération des déchets ménagers, J.Y Legoux et C. Le Douce. Economica, 1995

## PRÉREQUIS

Notions de base de génie des procédés



UE : PROCÉDES DE TRAITEMENT		EP39ET	ECTS : 7
UP : EAU POTABLE		EP39ET4	Coeff. : 0,143
ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : <b>SALIN D.</b>			
CM : 20 h	TD : h	TP : h	AP : h
UP au choix (parcours 3A)		Langue : Français	

## INTRODUCTION

Dans un but sanitaire de nombreux procédés ont été développés pour la production d'eau potable. Ce cours présente une revue des principaux procédés mis en œuvre ainsi que les éléments de base nécessaire à la mise en place des réseaux de distribution de l'eau potable. Des éléments de dimensionnement des divers systèmes sont également décrits.

## COMPÉTENCES VISÉES

Après ce cours, les étudiants doivent :

- avoir les connaissances de base relatives au domaine de la production et la distribution de l'eau potable
- avoir les connaissances de base en ce qui concerne les phénomènes physiques, chimiques et biologiques impliqués dans les procédés classiques de traitement
- être capable de dimensionner et de suivre des installations classiques

## CONTENU

### Partie I: Production d'eau potable

Généralités : besoins, ressources, réglementations

Traitement des eaux souterraines :

- déferrisation et démnanganisation
- traitement de l'ammoniaque
- autres traitements : arsenic, fluor...
- désinfection par chloration
- traitements complémentaires : neutralisation, équilibre calco-carbonique

Traitement des eaux de surface

- filière classique : prétraitements, floculation, décantation, filtration
- stérilisation : ozonation, UV, chloration
- traitements complémentaires : procédés membranaires, charbon actif

Partie II: Hydraulique et réseaux

Notions d'hydraulique

- rappels sur la notion d'énergie – théorème de Bernouilli
- notions de pertes de charge – ligne piézométrique
- formules de calcul simplifiées

Calcul des réseaux d'eau potable

- Typologie des tuyaux et des pièces d'un réseau
- Conception et dimensionnement d'un réseau de distribution

Stations de pompage

- éléments constitutifs
- dimensionnement
- problèmes particuliers : coup de bélier

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC (EE, 1,5h, da, ca)

## RESSOURCES

- DEGREMONT "Memento technique de l'eau", Ed. Degrémont Suez, 10th édition, 2005.
- Techniques appliquées au traitement de l'eau, Ed ellipses, 2001
- Guide de conception (Canada) – [www.mddep.gouv.qc.ca/eau/guide](http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/guide)

## PRÉREQUIS

Introduction au génie chimique et à la mécanique des fluides

UE : PROCÉDES DE TRAITEMENT

EP39ET

ECTS : 7

**UP : REACTEURS BIOLOGIQUES**

EP39ET5

Coeff. : 0,143

ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : **VAXELAIRE J.**

CM : 8 h

TD : 7 h

TP : h

AP : h

UP au choix (parcours 3A)

Langue : Français

## INTRODUCTION

Les réacteurs biologiques sont au centre de nombreux procédés biologiques impliqués dans l'industrie chimique, la pharmacie, l'agroalimentaire ou encore le traitement des eaux et des déchets. Ce cours présente des éléments d'analyse et de dimensionnement de ce type de réacteurs.

## COMPÉTENCES VISÉES

Après ce cours, les étudiants doivent :

- avoir les connaissances de bases en ce qui concerne les cinétiques réactionnelles enzymatiques et microbiennes
- être capable d'écrire les principaux bilans sur les réacteurs enzymatiques et microbiens
- avoir les connaissances de bases en terme de dimensionnement et suivi des réacteurs biologiques

## CONTENU

Partie I: Cinétiques réactionnelles

Cinétiques de réactions catalysées par des enzymes (cinétique enzymatique simple avec un ou deux substrats, activation et inhibition, technologies impliquant des enzymes immobilisées).  
Cinétiques microbiennes avec production de biomasse, utilisation du substrat et production de métabolites.

Partie II: Dimensionnement de réacteur

Réacteurs enzymatiques idéaux (Réacteurs fermés, piston et parfaitement agités)

Les différentes technologies de réacteurs enzymatiques

Réacteurs microbiens idéaux (Réacteurs fermés, semi-continu, piston et parfaitement agités)

Transfert d'oxygène

Cas des populations microbiennes non pures (mixtes)

Critères de sélection pour le choix d'un réacteur microbien.

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(EE, 2h sd, ca)

## RESSOURCES

BAILEY J.E., OLLIS D.F. "Biochemical engineering fundamentals", Ed. Mac GRAW HILL, 1986  
SCRIBAN R. " Biotechnologie", Technique et Documentation, Ed. LAVOISIER, 1993, Paris

## PRÉREQUIS

Génie de la réaction

## UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE) :

### Conception

ECTS : 6

CODE UE : EP390C

### COMPÉTENCES VISÉES PAR L'UE :

- Avoir des notions d'évaluation économique des procédés et de gestion du risque industriel
- Maîtriser les outils (informatiques, heuristiques, thermodynamiques...) de conception et d'optimisation des procédés

### LISTE DES UNITÉS PÉDAGOGIQUES (UP) CONSTITUANT L'UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE)

CODE UP	INTITULÉ UP
EP390C1	Evaluation du risque industriel
EP390C2	Synthèse des procédés
EP390C3	Optimisation des procédés
EP390C4	Supply Chain Management - Scheduling
EP390C5	Validation de données

<b>UE : CONCEPTION</b>		<b>EP390C</b>	<b>ECTS : 6</b>
<b>UP : EVALUATION DU RISQUE INDUSTRIEL</b>		<b>EP390C1</b>	<b>Coeff. : 0,167</b>
<b>ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : BARON T.</b>			
<b>CM : 24 h</b>	<b>TD : h</b>	<b>TP : h</b>	<b>AP : h</b>
UP au choix (parcours 3A)		Langue : Français	

## INTRODUCTION

Qu'il s'agisse de la conception d'une nouvelle ligne de production, du dégoulotage ou de la reconversion de lignes existantes, l'ingénieur Procédé est amené à prendre des décisions dans un contexte industriel, financier, social et culturel qu'il ne peut ignorer. Ce cours, effectué par un industriel ayant une grande expérience sur ces sujets, a donc pour objectif de sensibiliser les futurs ingénieurs à la notion de Risque Industriel

## COMPÉTENCES VISÉES

Après ce cours, les étudiants doivent :

- être sensibilisés aux enjeux et aux risques (industriels, financiers, sociétaux...) liés à la conception, au dégoulotage et à la reconversion d'une ligne de production
- connaître les principales étapes d'un projet de conception
- être capable d'évaluer les résultats d'une activité industrielle

## CONTENU

I – Economie d'une activité industrielle

- composition des frais variables d'une ligne de production
- estimation d'une marge sur coût variable
- composition des frais fixes d'une ligne de production
- résultats d'une activité industrielle

II – Conception et gestion des risques

- fabrication d'un nouveau produit demandé par le marché : processus de définition et de mise au point de ce produit (R&D, essais industriels, pilotage ...)
- dégoulotage/adaptation d'une ligne existante
- reconversion de lignes de fabrication
- analyse de la valeur des étapes du projet
- gestion des risques : questions préalables à un investissement (aspects marché, industriel, technologie, social...)

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

Proj(Sout)x1/3 + Proj(Rap)x2/3

## RESSOURCES

## PRÉREQUIS



UE : CONCEPTION

EP390C

ECTS : 6

UP : SYNTHÈSE DES PROCÉDES

EP390C2

Coeff. : 0,167

ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : **SOCHARD S.**

CM : 6 h

TD : 12 h

TP : h

AP : h

UP au choix (parcours 3A)

Langue : Français

## INTRODUCTION

La synthèse des procédés est une démarche s'appuyant sur l'expérience et le savoir-faire des ingénieurs. Cette démarche qualitative, mettant en œuvre des règles heuristiques, conduit généralement à une bonne définition d'un procédé acceptable, d'un point de vue technique et économique.

## COMPÉTENCES VISÉES

A l'issue de ce cours, les étudiants doivent :

- connaître les principales étapes de la méthode de décision hiérarchisée proposée par Douglas
- connaître, à chaque étape, les principales heuristiques

## CONTENU

En s'appuyant sur le procédé HDA, les principales étapes de la méthode sont illustrées :

- 1.définition des entrées et des sorties du procédé,
- 2.choix des réacteurs et définition de la structure des recyclages,
- 3.définition des systèmes de séparation vapeur puis liquide,
- 4.définition du réseau d'échangeurs de chaleur.

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

Proj(Rap)

## RESSOURCES

Conceptual Design of Chemical Processes ; J.M. Douglas; McGraw-Hill, Inc.; New York, 1988

## PRÉREQUIS



UE : CONCEPTION

EP390C

ECTS : 6

UP : OPTIMISATION DES PROCÉDES

EP390C3

Coeff. : 0,167

ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : RENAUME J-M.

CM : 4 h

TD : 16 h

TP : h

AP : h

UP au choix (parcours 3A)

Langue : Français

## INTRODUCTION

L'optimisation est désormais un outil quantitatif d'aide à la décision incontournable en Génie des Procédés. Dans ce cours, les étudiants sont amenés, au cours d'un projet, à optimiser les paramètres de fonctionnement et de dimensionnement d'un procédé en régime permanent, dans un environnement de Flowsheeting (ProSim Plus et/ou Pro II).

## COMPÉTENCES VISÉES

- Avoir des connaissances avancées sur les principaux algorithmes (SQP) et les stratégies de résolution (Feasible ou Infeasible Path)
- Être capables de formuler et de résoudre un problème complexe, en utilisant des outils commerciaux : ProSim Plus®, Pro II®

## CONTENU

Au cours de ce projet, les étudiants devront optimiser, en utilisant les logiciels ProSim Plus et/ou Pro II, les paramètres de fonctionnement et de dimensionnement du procédé d'hydrodésalkylation du toluène (HDA) ou du procédé de synthèse du cyclohexane.

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

Proj (Rap, Prog)

## RESSOURCES

Optimization of Chemical Processes T.F. Edgar, D.M. Himmelblau – McGraw Hill International Edition

## PRÉREQUIS

Méthodes d'Optimisation - EC28MI2

UE : CONCEPTION		EP390C	ECTS : 6
UP : SUPPLY CHAIN MANAGEMENT - SCHEDULING		EP390C4	Coeff. : 0,333
ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : LELKES Z.			
CM : 30 h	TD : h	TP : h	AP : h
UP au choix (parcours 3A)		Langue : Anglais	

## INTRODUCTION

L'objectif est de familiariser les étudiants avec le logiciel d'optimisation AIMMS et d'introduire les notions de base en Gestion de la Chaîne Logistique (GCL) et en Ordonnancement (Scheduling) : planning à court terme, flow-shop, job-shop

## COMPÉTENCES VISÉES

A l'issue de ce cours, les étudiants doivent :

- savoir utiliser le logiciel AIMMS
- savoir formuler un problème d'optimisation de la Gestion de la Chaîne Logistique (Supply Chain Management)
- connaître les principales méthodes heuristiques et méta-heuristiques pour les problèmes d'Ordonnancement

## CONTENU

Le cours est structure de la façon suivante:

- Présentation du logiciel AIMMS
- Structure d'un projet sous AIMMS, Algorithmes
- Etude de cas : optimisation GCM de la société SAB Miller
- Programmer, sous AIMMS, un exemple simple d'optimisation GCM
- Optimisation à horizon glissant sous AIMMS
- Flow-shop, job-shop scheduling, heuristiques and meta-heuristiques
- Etude de cas : ordonnancement dans la société Graboplast
- Etudier, sous AIMMS, un exemple simple d'ordonnancement

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(EE)x0.2 + CC(PA)x0.4 + Proj(Rap)x0.4

## RESSOURCES

Johannes Bisschop: AIMMS Optimization Modeling  
 Marcel Roelofs, Johannes Bisschop: AIMMS User's Guide

## PRÉREQUIS

Méthodes d'optimisation (GC2MI2)

UE : CONCEPTION

EP390C

ECTS : 6

UP : VALIDATION DE DONNEES

EP390C5

Coeff. : 0,167

ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : **SOCHARD S.**

CM : 4 h

TD : 6 h

TP : h

AP : h

UP au choix (parcours 3A)

Langue : Français

## INTRODUCTION

Dans un grand nombre de situations un ingénieur de procédé peut être confronté à la question suivante : "Mon expérience ou ma mesure est-elle mauvaise ou est-ce mon équation voire ma théorie qui est inadéquate ?". L'objectif de ce module de cours est d'initier le lecteur à des techniques systématiques qui vont pouvoir apporter des éléments de réponse à cette question.

## COMPÉTENCES VISÉES

A l'issue de ce cours, les étudiants doivent :

- savoir déterminer un jeu cohérent de mesures
- savoir effectuer des diagnostics sur le fonctionnement des capteurs
- avoir une connaissance de base des notions d'observabilité et de redondance

## CONTENU

Le cours est structure de la façon suivante:

- LA PROBLÉMATIQUE
- CALCUL D'UN JEU COHÉRENT DE MESURES
- DIAGNOSTIC SUR LE FONCTIONNEMENT DE CAPTEURS
- VALIDATION SUR DES SYSTÈMES INCOMPLÈTEMENT OBSERVÉS

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

Proj(Rap)

## RESSOURCES

Validation de données et diagnostic ; J. Ragot, D. Maquin, G. Bloch, M. Darouach ; HERMES, Paris 1990.

Ensembles et statistique ; C. Tricot, J.M. Picard ; Mac Graw Hill, Montréal, 1969.

Modélisation et estimation des erreurs de mesure ; M. Neuilly ; Tech. et Doc., Lavoisier, 1993.

Méthodes numériques appliquées ; A. Gourdin, M. Bouhmeurat ; Tech. et Doc., 1983.

## PRÉREQUIS

## UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE) :

### Modélisation et Simulation

ECTS : 6

CODE UE : EP39OM

#### COMPÉTENCES VISÉES PAR L'UE :

- Maîtriser les outils informatiques pour la modélisation et la simulation des procédés
- Savoir modéliser et simuler un problème industriel complexe non nécessairement complètement défini

#### LISTE DES UNITÉS PÉDAGOGIQUES (UP) CONSTITUANT L'UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE)

CODE UP	INTITULÉ UP
EP39OM1	Modélisation des opérations unitaires II
EP39OM2	Modélisat° et simulat° en mécanique des fluides
EP39OM3	Simulat° procédés industriels
EP39OM4	Modélisation thermodynamique

UE : MODELISATION ET SIMULATION		EP39OM	ECTS : 6
UP : MODELISATION DES OPERATIONS UNITAIRES II		EP39OM1	Coeff. : 0,333
ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : <b>MARIAS F.</b>			
CM : 2 h	TD : 22 h	TP : h	AP : h
UP au choix (parcours 3A)		Langue : Français	

## INTRODUCTION

Ce cours a pour objet d'approfondir les compétences et connaissances acquises en deuxième année sur la modélisation des opérations unitaires. Il s'agit ici de modéliser et simuler le fonctionnement d'une colonne à distiller continue (comportant N plateaux théoriques).

## COMPÉTENCES VISÉES

A l'issue du cours les étudiants doivent savoir

- Ecrire les équations bilans traduisant la conservation de la matière, des espèces et de l'énergie dans la colonne
- Formaliser l'écriture de ces équations sous la forme la plus adaptée pour assurer leur résolution par une méthode de Newton Raphson
- Utiliser le modèle numérique développé dans le cadre de l'unité pédagogique pour intensifier leurs connaissances dans le domaine de la distillation

## CONTENU

Rappels sur les méthodes de résolution de systèmes non linéaires  
 Modélisation de procédés de séparation multiétagés multiconstituants  
 Résolution  
 Conclusion

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

Proj(Rap)

## RESSOURCES

Techniques de l'ingénieur (J1076, J1021, J 2623)  
 Process modeling simulation and control for chemical engineers, W.L. Luyben, Mc Graw-Hill 1990

## PRÉREQUIS

Thermodynamique-Opérations unitaires, Modélisation des opérations unitaires I

UE : MODELISATION ET SIMULATION

EP39OM

ECTS : 6

UP : MODELISAT° ET SIMULAT° EN  
MECANIQUE DES FLUIDES

EP39OM2

Coeff. : 0,333

ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : **MARIAS F.**

CM : 6 h

TD : 18 h

TP : h

AP : h

UP au choix (parcours 3A)

Langue : Français

## INTRODUCTION

La mécanique des fluides numérique est un outil récent de plus en plus utilisé pour la conception de nouvelles opérations unitaires (réaction, séparation, échange de chaleur...) La maîtrise de cet outil est donc un plus pour les étudiants désireux de concevoir et dimensionner de nouveaux procédés

## COMPÉTENCES VISÉES

Après ce cours, les étudiants doivent :

- Connaitre les méthodes numériques utilisées en mécanique des fluides numérique
- Connaitre les principaux modèles permettant de représenter un système physique
- Effectuer une simulation complète (Entrée de la géométrie, maillage, lancement du calcul) avec le logiciel Fluent
- Connaitre l'influence des principaux paramètres permettant d'atteindre la convergence de la simulation (maillage, relaxation, interpolation).
- Analyser et valider la solution obtenue

## CONTENU

- 1) Introduction à la mécanique des fluides numérique
  - Applications de la CFD
  - Stratégie utilisée en CFD
  - Discrétisation volumes finis
  - Exemples
  - Modélisation de la turbulence
- 2) Environnement de simulation Ansys WorkBench
- 3) Etude de Cas

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

Proj(Rap)

## RESSOURCES

An Introduction to Computational Fluid Dynamics : 2nd Edition (H. Henk Kaarle Versteeg, Weeratunge Malalasekera) Pearson Education  
Ansys Fluent User Guide

## PRÉREQUIS

## Notions de mécanique des Fluides. Méthodes numériques

UE : MODELISATION ET SIMULATION

EP390M

ECTS : 6

UP : SIMULAT° PROCÉDES INDUSTRIELS

EP390M3

Coeff. : 0,167

ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : **BODOUIN O.**

CM : 20 h

TD : h

TP : h

AP : h

UP au choix (parcours 3A)

Langue : Français

## INTRODUCTION

L'objectif de ce cours est de confronter les étudiants avec des problèmes relativement complexes de simulation de procédés continus en régime permanent. Ce cours se structurera autour de la simulation d'une unité de traitement de gaz. Plusieurs modèles thermodynamiques seront à utiliser et les étudiants seront amenés à mettre en œuvre différents niveaux de complexité des différentes opérations unitaires présentes dans le procédé. Le simulateur de procédés continus en régime permanent utilisé sera ProSimPlus.

## COMPÉTENCES VISÉES

A l'issue de ce cours, les compétences acquises par les étudiants seront :

- Découpage de courbes de distillation (TBP, ASTM...) et pseudo-constituants
- Sélection de modèles thermodynamiques
- Analyse d'enveloppes de phases et de courbes d'équilibre (condensation rétrograde)
- Méthodologie pour la modélisation d'une unité complexe avec un simulateur de procédés en régime continu (recyclages multiples, spécifications procédés, absorbeurs, colonnes à distiller, opérations unitaires « utilisateur »...)

## CONTENU

Tout au long du cours, les étudiants seront amenés à réfléchir à la modélisation du système matériel, impactée par les différentes opérations unitaires en présence (caractérisation d'une charge avec des courbes de distillation, lavage de gaz acides avec des amines, phénomènes de démixtion liés à la présence d'eau...)

Une méthodologie pour la mise en place d'un fichier de simulation complexe sera présentée, la complexité de la modélisation des opérations unitaires étant introduite au fur et à mesure du projet. Un exemple de module « utilisateur » sera également introduit avec un codage en VBS, ces modules étant utilisés dans l'industrie pour capitaliser un savoir faire propre à l'industriel. Les outils d'analyse, notamment thermodynamiques, disponibles dans le simulateur seront également largement utilisés.

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

Proj(Rap)

## RESSOURCES

## PRÉREQUIS



## Language Visual Basic

UE : MODELISATION ET SIMULATION

EP39OM

ECTS : 6

**UP : MODELISATION THERMODYNAMIQUE**

EP39OM4

Coeff. : 0,167

ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : **CEZAC P.**

CM : 10 h

TD : 10 h

TP : h

AP : h

UP au choix (parcours 3A)

Langue : Français

## INTRODUCTION

La thermodynamique est un outil tout aussi indispensable à l'ingénieur en génie des procédés que difficile à mettre en œuvre sans outil numérique. L'objectif de ce cours est de lever cette difficulté par l'utilisation d'un logiciel de calcul de propriétés et de son couplage avec un langage de programmation simple.

## COMPÉTENCES VISÉES

A l'issue de ce cours, les étudiants doivent maîtriser le calcul des propriétés physico-chimiques à l'aide du logiciel Simulis® Thermodynamics ainsi que leurs intégrations dans des applications de portée plus large comme le dimensionnement d'équipement ou la modélisation d'opération unitaire.

## CONTENU

- Rappels de thermodynamique (potentiel chimique, fugacité, modèles de gE, équations d'état et règles de mélange) et de modélisation (flash)
- Présentation du serveur de propriétés Simulis® Thermodynamics.
- Introduction au langage de programmation VBA
- Calcul de propriétés thermodynamiques et d'équilibre entre phases.
- Calcul d'un flash

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

Rap + Prog

## RESSOURCES

Thermodynamique : application au Génie Chimique et à l'industrie pétrolière, J. Vidal, Ed. Technip, 1997.

Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, Smith et Van Ness, Ed. Mc Graw-Hill, Inc, 1987

Process modelling, simulation, and control for chemical engineers, W.L. Luyben McGraw-Hill, 1990

## PRÉREQUIS

Thermodynamique des solutions, modélisation, notions générale de programmation

## UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE) :

### Conduite et Supervision

ECTS : 6

CODE UE : EP390S

#### COMPÉTENCES VISÉES PAR L'UE :

- Maîtriser les outils de modélisation et simulation dynamique des procédés
- Maîtriser les outils de contrôle avancé

#### LISTE DES UNITÉS PÉDAGOGIQUES (UP) CONSTITUANT L'UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE)

CODE UP	INTITULÉ UP
EP390S1	Procédés batch
EP390S3	Modelling, simulation and optimisation using gPROMS
EP390S4	Contrôle commande - Régulation avancée

UE : CONDUITE ET SUPERVISION

EP390S

ECTS : 6

UP : PROCÉDES BATCH

EP390S1

Coeff. : 0,333

ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : **SERIN J-P., CONTAMINE F., CEZAC P.**

CM : 8 h

TD : h

TP : 16 h

AP : h

UP au choix (parcours 3A)

Langue : Français

## INTRODUCTION

Ce cours a pour objectif de familiariser les étudiants avec la simulation d'un procédé batch. Le couplage de la simulation avec deux exemples pratiques (distillation batch, réacteur batch) leurs permettra de confronter l'approche numérique et les contraintes expérimentales

## COMPÉTENCES VISÉES

A l'issue de ce cours, les étudiants doivent être capable d'utiliser les simulateurs BATCHREACTOR © et BATCHCOLUMN© et de simuler le fonctionnement d'une colonne à distiller et d'un réacteur batch.

## CONTENU

- Rappels de modélisation
- Présentation de batch reactor© et batch column ©
- Application à :

la Simulation dynamique de l'emballement thermique d'un réacteur

la Simulation et optimisation d'une colonne de distillation Acétone / Eau

/ IPA

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

TP(PA)1/3 + TP(PA)1/3 + TP(CR)1/3

## RESSOURCES

Process modeling, simulation, and control for chemical engineers W.L. Luyben McGraw-Hill, 1990

## PRÉREQUIS

Modélisation, distillation, cinétique, thermodynamique des solutions, thermochimie

UE : CONDUITE ET SUPERVISION		EP39OS	ECTS : 6
UP : MODELLING, SIMULATION AND OPTIMISATION USING GPROMS		EP39OS3	Coeff. : 0,333
ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : NAUTA M.			
CM : 32 h	TD : h	TP : h	AP : h
UP au choix (parcours 3A)		Langue : Anglais	

## INTRODUCTION

Formation des étudiants à l'utilisation du logiciel gPROMS pour la modélisation et la simulation de procédés en régime stationnaire et dynamique

## COMPÉTENCES VISÉES

A l'issue de la formation, les étudiants doivent être capables de :

- (a) Convertir un système mathématique composé d'équations intégrales, algébriques, et aux dérivées partielles et ordinaires (IPDAEs) en un modèle gPROMS
- (b) utiliser ce modèle pour simuler le procédé correspondant en régime stationnaire et transitoire
- (c) Mettre en œuvre des procédures de calcul dans gPROMS
- (d) Effectuer des calculs d'optimisation stationnaire et dynamique dans gPROMS
- (e) Ajuster certains des paramètres du modèle en utilisant les résultats des simulations stationnaires et transitoires
- (f) utiliser l'interface gPROMS ModelBuilder pour construire et manipuler les modèles

## CONTENU

Le contenu contient les sujets intimement liés au développement des compétences décrites dans le paragraphe précédent.

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(EM,2h)

## RESSOURCES

gPROMS Introductory Training Course notes

gPROMS Dynamic Optimisation/Parameter Estimation Training Course notes.

## PRÉREQUIS

Modélisation des Opérations Unitaires (I)

<b>UE : CONDUITE ET SUPERVISION</b>		<b>EP390S</b>	<b>ECTS : 6</b>
<b>UP : CONTROLE COMMANDE - REGULATION AVANCEE</b>		<b>EP390S4</b>	<b>Coeff. : 0,333</b>
<b>ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : RICARDE M.</b>			
CM : 10 h	TD : 20 h	TP : h	AP : h
UP au choix (parcours 3A)		Langue : Français	

## INTRODUCTION

Contrôle commande et régulation : la théorie et l'application pour les industries gazières, pétrolières, chimiques, pharmaceutiques et agro-alimentaires.  
Utilisation de simulateur informatique de procédé et de régulation.  
Plateforme pédagogique <https://elearn.univ-pau.fr/>

## COMPÉTENCES VISÉES

Compétences pour comprendre l'architecture des systèmes de contrôle commande (technologie, découpage SSS PCS).

Compétences pour spécifier les fonctions du système en terme de:

- boucles de sécurité,
- séquences de démarrage,
- boucles de régulation.

## CONTENU

Système numérique de contrôle commande :

- architecture API / Supervision,
- gestion des alarmes,
- séquence et grafset,
- introduction à la conduite BATCH.

Boucles de sécurité :

- représentation matricielle ou logigramme,
- Système instrumenté de sécurité SIS
- Niveau d'intégrité de sécurité SIL.

Régulation avancée

- rappel PID
- split-range,
- régulation de rapport,
- régulation cascade,
- régulation prédictive.

Exemples et applications: chaudière, échangeur, colonne de distillation.

Simulateur informatique pour la mise en œuvre des régulations avancées et pour le paramétrage du gain et de l'intégrale.

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(EE, 2h, ca)

## RESSOURCES

Régulation industrielle, Emmanuel Godoy, Collectif Dunod, L'Usine Nouvelle.  
Régulation P.I.D, Daniel Lequesne, Lavoisier.  
Régulation de chaudières (Conférence Framatome).  
Système et instrumentation de sécurité (Yokogawa, Triconex, ICS...).  
RsBatch (Rockwell).  
SIMATIC Safety Matrix (Siemens)

## **PRÉREQUIS**

Connaissances en régulation PID

# SEMESTRE 10

## LISTE DES UNITÉS D'ENSEIGNEMENT (UE) DU SEMESTRE

TRONC COMMUN, SPECIALITÉ ou PARCOURS	CODE UE	INTITULÉ UE	ECTS
TC	EC30SS	Stage long S10	30



## UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE) :

### Stage long S10

ECTS : 30

CODE UE : EC30SS

### COMPÉTENCES VISÉES PAR L'UE :

- Appliquer les compétences scientifiques dans un environnement professionnel.
- Démontrer sa capacité à communiquer ses résultats sur tous supports.
- Démontrer ses capacités à l'autonomie et au travail en équipe.
- Démontrer sa connaissance de la gestion de l'intelligence économique et de l'innovation dans l'entreprise.
- Démontrer sa connaissance de la gestion du développement durable (politique environnementale, ACV, économie circulaire, politique sociale, Handicap...) dans l'entreprise.

### LISTE DES UNITÉS PÉDAGOGIQUES (UP) CONSTITUANT L'UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE)

CODE UP	INTITULÉ UP
EC30SS1	Stage long ou Projet de fin d'études

UE : STAGE LONG S10

EC30SS

ECTS : 30

**UP : STAGE LONG OU PROJET DE FIN  
D'ETUDES**

EC30SS1

Coeff. : 1,000

ENSEIGNANT(E-S) RESPONSABLE(S) : **KOUSKSOU T., VAXELAIRE J.**

CM : h

TD : h

TP : h

AP : h

UP obligatoire

Langue : Français

## INTRODUCTION

Stage en entreprise de 6 mois, avec missions d'ingénieur  
ou  
Projet de Fin d'Études

## COMPÉTENCES VISÉES

- Appliquer les compétences scientifiques dans un environnement professionnel.
- Démontrer sa capacité à communiquer ses résultats sur tous supports.
- Démontrer ses capacités à l'autonomie et au travail en équipe.
- Démontrer sa connaissance de la gestion de l'intelligence économique et de l'innovation dans l'entreprise.
- Démontrer sa connaissance de la gestion du développement durable (politique environnementale, ACV, économie circulaire, politique sociale, Handicap...) dans l'entreprise.

## CONTENU

## MODALITÉS D'ÉVALUATION

Sta(Tr, Rap, Sout)

## RESSOURCES

## PRÉREQUIS