

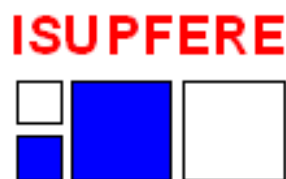
*Génie climatique – efficacité énergétique – sanitaire –  
énergies renouvelables – froid – conditionnement d’air –  
pompes à chaleur*

# Guide du maître d’apprentissage et de l’apprenti

Apprenti ingénieur diplômé du Conservatoire National des Arts  
et Métiers, spécialité énergétique, en convention avec l’Ecole  
Nationale Supérieure des Mines de Paris, l’Université Paris  
Diderot - Paris 7, le lycée Maximilien Perret à Alfortville.

*Titre d’ingénieur de niveau I*

*En partenariat avec Isupfere*



le **cnam**



*Contacts :*

*Suivi administratif 01 43 53 52 43*

*CFA Fnas – Fedene – Snefcca 01 43 53 51 85*

**Afanem**

5, rue du Cardinal Mercier  
75009 PARIS  
Tél. 01 40 82 91 44  
Fax 01 40 82 91 45  
[www.afanem.fr](http://www.afanem.fr)

*Cher Monsieur,*

*Vous avez accepté d'être le maître d'apprentissage de Monsieur .....  
et de l'accompagner au sein de votre entreprise pendant toute la durée de sa  
formation de trois années en alternance de :*

***Ingénieur en énergétique, option fluides et efficacité énergétique***

*Il s'agit d'un diplôme délivré par le Conservatoire National des Arts et Métiers, en convention avec l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, l'Université Diderot Paris 7, le lycée Maximilien Perret à Alfortville, en partenariat avec Isupfere.*

*Pour que vous soyez en mesure de remplir correctement votre mission, nous avons estimé indispensable de vous communiquer :*

- *Dans le « Guide du maître d'apprentissage » les données générales sur
  - *Le contrat d'apprentissage,*
  - *La mission du maître d'apprentissage.**
- *Dans le « Guide du maître d'apprentissage spécifique à la formation d'ingénieur en énergétique »
  - *Les objectifs de la formation d'ingénieur,*
  - *Le fonctionnement de la formation,*
  - *Le programme détaillé des enseignements,*
  - *Le détail des tâches qui devront être effectuées en entreprise et leur évaluation par vos soins,*
  - *Les modalités du stage obligatoire à l'étranger au cours de la formation.**

# Sommaire

LES OBJECTIFS DE LA FORMATION D'INGENIEUR.....	4
LE FONCTIONNEMENT DE LA FORMATION.....	7
LE PROGRAMME DETAILLE DES ENSEIGNEMENTS.....	11
LE DETAIL DES TACHES QUI DEVRONT ETRE EFFECTUEES EN ENTREPRISE ET LEUR EVALUATION PAR VOS SOINS.....	67
LES MODALITES DU STAGE OBLIGATOIRE A L'ETRANGER AU COURS DE LA FORMATION...	85
LES CONTACTS .....	98
ANNEXES.....	100
1. FICHE COORDONNEES	
2. FICHES OBJECTIFS ET EVALUATION	
3. LES METIERS D'ISUPFERE	
4. CALENDRIER DES FORMATIONS POUR CHACUNE DES ANNEES	
5. PLAQUETTE ISUPFERE	

# Les objectifs de la formation d'ingénieur

Les objectifs de formation sont :

- Transmettre les meilleurs savoir-faire techniques existants ou en développement,
- Faire conceptualiser les évolutions techniques en combinant expérience acquise et approfondissement des connaissances scientifiques,
- Habituer à repérer et assimiler les innovations technologiques,
- Accroître les capacités de communication et de gestion des équipes Développer des capacités de synthèse,
- Fournir des méthodes de travail.

ISUPFERE a développé, grâce à ses branches professionnelles et entreprises adhérentes, un mode d'alternance et une pédagogie qui valorise les acquis de l'expérience. L'alternance permet en outre d'insérer très rapidement au travail de nouvelles méthodes techniques et d'organisation, et relève le fonds de savoir scientifique et culturel de base.

## **COMPETENCES ET CAPACITES ATTENDUES**

L'ingénieur est en mesure de :

- Concevoir une installation automatisée de production et de distribution de fluides et d'énergie, en assurer la maîtrise d'œuvre en suivant sa réalisation,
- Maîtriser les coûts et les délais des projets par l'organisation des tâches,
- Réceptionner les installations,
- Conduire une telle installation et en particulier contrôler la qualité des fluides utiles et des effluents tout en respectant l'environnement,
- Faire les choix de priorité d'intervention dans des installations existantes, maîtriser les méthodes d'estimation des coûts, assurer l'expertise et le conseil sur les opérations réalisées pour adapter celles à venir,
- Assurer l'analyse et le contrôle de gestion de surfaces d'activité construites et équipées,
- Animer une équipe de collaborateurs et de sous-traitants,
- Gérer des relations conflictuelles.

## **RECRUTEMENT D'ISUPFERE**

### **1- Stratégie et objectifs**

Exploiter au mieux une alternance entreprise/école pour provoquer des changements dans les attitudes et les pratiques professionnelles des élèves ingénieurs et limiter le temps passé hors de l'entreprise.

### **2- Filières d'admission**

La formation est ouverte à des candidats âgés de moins de 26 ans, et titulaires d'un diplôme de niveau Bac + 2 : DUT, BTS ou L2 dans une filière à dominante industrielle ou technologique. Les filières sont les suivantes :

#### **DUT**

- Génie thermique et énergie
- Génie industriel et maintenance
- Génie électrique et informatique industrielle
- Génie civil
- Mesures physiques

#### **BTS**

- Fluides, énergies, environnement
- Electrotechnique
- Maintenance industrielle

#### **L2**

- Physique
- Science de l'ingénieur

Cette liste n'est pas exhaustive. En cas de candidatures issues d'autres filières, comme les classes préparatoires aux grandes écoles, le jury sera particulièrement attentif à la motivation des candidats.

Le recrutement des élèves ingénieurs en apprentissage est organisé selon la procédure suivante :

- Dossier de candidature

Un dossier de demande d'admission permet de vérifier que le candidat remplit les conditions pour suivre la formation. Ce dossier détaille les résultats scolaires du

candidat pendant les trois années précédentes. Il comprend également une lettre de motivation non seulement pour suivre la formation mais également pour s'engager dans une démarche d'apprentissage. Le dossier de candidature est également complété par une lettre confidentielle signée du directeur du dernier établissement fréquenté par le candidat qui fournit un avis sur sa candidature et un classement relatif du candidat par rapport aux autres élèves de son dernier établissement.

➤ Epreuve d'admissibilité et entretien

Après examen du dossier, les candidats retenus passent cinq épreuves d'admissibilité dont une portant sur la synthèse d'un document à caractère scientifique et technique, une en mathématiques, une en physique générale, une en anglais et une dans une spécialité énergétique.

Après examen de notes obtenues, pour chaque candidat retenu, le responsable de la formation désigne deux rapporteurs : un enseignant et un professionnel. Les rapporteurs interrogent le candidat (à partir des documents faisant partie du dossier de pré-inscription) de façon à cerner : son niveau et sa capacité d'apprendre, son projet professionnel, sa dynamique personnelle et les moyens qu'il se donne de mener à bien une formation par apprentissage.

➤ Jury d'admissibilité

Suivant les résultats de l'entretien et des épreuves d'admissibilité, les deux rapporteurs formulent un avis favorable ou défavorable à l'admissibilité. Le jury statue alors sur la demande du candidat. Une liste principale et un classement sur liste complémentaire sont établis.

➤ Signature d'un contrat d'apprentissage

Les candidats déclarés admissibles recherchent une entreprise pour les accueillir en contrat d'apprentissage soit parmi les offres reçues par l'école soit grâce à leurs recherches personnelles et avec l'appui du CFA Afanem. La qualité et les titres du tuteur maître d'apprentissage (tuteur entreprise) doivent être clairement identifiées et mentionnés. Les responsables de la formation s'assurent des activités qui pourront être proposées à l'apprenti et des conditions de son insertion dans l'entreprise. Le recrutement résulte d'une double acceptation celle de l'entreprise qui va assurer la partie « terrain » de la formation et celle de l'Ecole.

➤ Admission définitive

Quand les conditions mentionnées ci-dessus sont réunies, le jury qui comporte obligatoirement un membre de l'entreprise prononce l'admission définitive.

# Le fonctionnement de la formation

## **Le double tutorat**

Pour atteindre les objectifs de la formation, chaque apprenti en formation est doté dès l'entrée en formation de deux tuteurs.

Le premier tuteur ou maître d'apprentissage est issu de l'entreprise.

Il est lui-même ingénieur et il est le garant de l'efficacité de l'acquisition des compétences en entreprises, il a un rôle de conseil et d'accompagnement pour la réalisation globale du projet de formation, il facilite les relations de l'élève ingénieur avec la hiérarchie et assure un suivi d'ensemble : intégration dans l'entreprise, rythme et conditions de travail, définition des projets et suivi de ceux-ci, rigueur d'organisation et respect des engagements. Son rôle est également celui d'un conseiller méthodologique et technique.

Le second tuteur, issu ou représentant de l'école

L'accompagne durant toutes ses études et intervient dans tous les projets personnels, particulièrement lors de la rédaction des rapports de fin d'année, il est celui qui vérifie que les critères d'appréciation de l'école sont respectés.

Pour mener à bien leur mission et assurer la réussite de la formation en apprentissage, les tuteurs participent à des séances de travail communes. C'est l'occasion pour eux de se familiariser avec les objectifs et le contenu de la formation, le type de projets demandés aux élèves ingénieurs, de connaître leur rôle (encadrement, évaluation).

Les tuteurs jouent un rôle crucial dans le bon déroulement de la formation. Du reste, le rôle du tuteur ne s'arrête pas le lendemain du jury final. La promotion du nouvel ingénieur, la reconnaissance des compétences acquises dépendent souvent de son information auprès des différents niveaux hiérarchiques de l'entreprise.

## **RYTHME DE L'ALTERNANCE**

### Première année I1

L'apprenti effectue d'abord une semaine d'intégration à l'école, puis suit un rythme de trois semaines en entreprise et deux semaines en école.

### Deuxième année I2

Le rythme de trois semaines en entreprise puis deux semaines en école est poursuivi jusqu'à la fin du mois d'avril, puis le rythme passe à un jour par semaine (le vendredi) en école pendant le reste de l'année universitaire.

### Troisième année I3

Le rythme est le suivant :

- Un jour par semaine (le vendredi) pendant douze semaines en école,
- Dix semaines à temps plein en école,
- Le dernier semestre en entreprise (mémoire d'ingénieur) avec un retour en école le vendredi, et une semaine en juin, à temps plein.

## **EXPERIENCE EN ENTREPRISE**

La scolarité est suivie en alternance école/entreprise. Les périodes en entreprise jouent un rôle fondamental dans la formation pour l'acquisition par l'apprenti de méthodes de travail et de compétences professionnelles liées à l'organisation des projets, à la transmission de l'information, au management et aux aspects moins techniques du métier d'ingénieur. Le rôle du maître d'apprentissage en entreprise et du tuteur en école dans cette partie de la formation est d'accompagner l'apprenti dans cette démarche personnelle, le guider et s'appuyer sur l'expérience de l'apprenti pour lui faire conceptualiser ses connaissances. Du point de vue de l'apprenti, cela se traduit par la rédaction de plusieurs rapports et mémoires qui sont autant de jalons dans son parcours d'apprentissage qui le conduiront au métier d'ingénieur. Un livret de suivi géré par l'apprenti assure un lien régulier entre la partie entreprise de la formation et la partie école (objectifs et acquis des séquences, difficultés rencontrées et surmontées, renforcement nécessaires etc.)

### **Première année**

Les apprentis qui viennent d'obtenir leur diplôme à Bac + 2 ne possèdent qu'une connaissance très incomplète de l'entreprise par le biais des stages qu'ils ont

effectués auparavant. Il est crucial pour la réussite de la formation, et pour atteindre le niveau et la vision d'un ingénieur qu'ils acquièrent une connaissance approfondie de l'entreprise et de son fonctionnement.

- Rédaction d'un rapport technique illustrant l'insertion dans l'entreprise

L'insertion dans l'entreprise est un objectif crucial de la première année. L'apprenti doit rédiger un rapport décrivant son insertion et ses missions dans l'entreprise (objectifs, résultats, moyens utilisés) et montrant comment il a utilisé le système d'information de l'entreprise en s'appuyant sur un exemple issu de son activité.

Le premier rendu en février comprendra un listing des missions confiées et pour chacune une fiche synthétique (fournie) énonçant le thème de travail ou la mission, l'ensemble des moyens utilisés et comment ils ont concouru à la résolution du problème. On fera apparaître les directions d'investigation inattendues (découvertes au hasard d'une recherche structurée).

Un rendu final en juin détaillera une ou deux missions réalisées dans leurs aspects techniques, organisationnels et économiques. Cette fois-là, les fiches ne serviront que de synthèse finale, il s'agit de mettre en évidence les questions à résoudre, les hypothèses ou conditions de calcul, les mesures effectuées, les résultats et leur interprétation.

Chaque rapport est accompagné d'une soutenance orale.

### **Deuxième année**

- Dossier de Synthèse technique : apprendre à classer les solutions techniques pour mieux choisir.

La capacité de synthèse est une aptitude qui mérite d'être renforcée chez les techniciens supérieurs qui sont davantage habitués à entrer dans le détail des techniques qu'à les classer de façon synthétique et à repérer les critères de choix. Le sujet est choisi en rapport avec les activités de l'entreprise.

- Réalisation d'un rapport « Méthodes »

Au cours de cette deuxième année en entreprise, l'élève ingénieur voit ses activités se stabiliser. Il doit rédiger un court mémoire exposant les méthodes mises en œuvre en entreprise pour résoudre un problème technique. L'année scolaire s'achève par la présentation orale de ce travail.

### **Troisième année**

- Gestion des équipes : analyser l'importance des facteurs humains dans l'entreprise.

L'élève ingénieur doit apprendre à faire faire, déléguer, animer, responsabiliser, gérer les interfaces, choses qui ne lui sont pas toutes familières. Il peut grâce au cours, théoriser et formaliser ses expériences et doit pour cela rédiger un rapport qui porte soit sur l'analyse d'une pratique de gestion des ressources humaines, soit sur l'étude des fonctions d'encadrement.

- Rapport énergétique

L'élève ingénieur doit rédiger un court rapport portant sur un aspect technique ciblé de son travail.

- Marketing ou Achats ou Commercialisation de solutions techniques : des aspects moins techniques.

Le dossier peut porter au choix sur une des trois matières et développer par exemple les conditions de réalisation d'une étude de marché industriel, les conditions d'une sous-traitance, la préparation d'un contrat multi-services.

- Rédaction d'un mémoire « ingénieur »

Le mémoire ingénieur en entreprise constitue la pièce finale du dispositif de formation. On y trouve un corps technique très important où l'élève peut faire valoir ses progrès conceptuels et sa capacité à présenter son travail de manière valorisante. Le différentiel apporté par la formation sur le plan technique réside essentiellement dans la rigueur apportée à la recherche des solutions et l'audace à établir des passerelles entre les cours techniques et la pratique professionnelle antérieure, incluant bon nombre de « règles de l'art ». On part aussi du constat que les ingénieurs se départagent aussi sur leur capacité à gérer la complexité du projet au sens le plus général (mauvaise définition du client, difficultés à obtenir l'information, interfaces épineuses, délais tendus).

# Le programme détaillé des enseignements

## Contenu détaillé de la première année (600 h)

### 1. Mathématiques (70 heures)

#### Objectifs

**Présenter les mathématiques comme un outil pour comprendre la Physique et les autres cours**

#### Contenus

Rappel d'algèbre et d'analyse

Limites, continuité, dérivée, différentielle

Etude de fonctions, fonctions trigo

Etude de fonctions logarithme et exponentielle

Fonctions réciproques

Intégration par partie, par changement de variables

Intégration de fractions rationnelles

Equations différentielles 1<sup>er</sup> ordre

Equations différentielles 2<sup>ème</sup> ordre

Fonctions de 2 variables, continuité, limites,

Différentielles du premier et second ordre.

Intégrales doubles et triples, intégrales curvilignes

Espace vectoriel, notion de base, indépendance de vecteurs.

Matrices, résolution de systèmes

Diagonalisation de matrices

Suites et séries, convergence.  
Transformées de Laplace  
Transformées de Fourier  
Séries de Fourier

## 2. Electricité (31,5heures)

### Objectifs

**A l'issue de la remise à niveau, les élèves doivent connaître les avantages / inconvénients de l'énergie électrique dans ses diverses applications.**

### Contenus

#### *I – Introduction*

Avantages et inconvénients de l'électricité  
Notations, temporelle, trigonométrique, complexe et Fresnel  
Modélisation, utilité des modèles

#### *II – Rappels de physique et de mécanique*

#### *III – L'électricité*

La charge électrique, La tension électrique, Le courant électrique, La résistance électrique  
Lois des nœuds et des mailles (exercices avec résistances série - parallèle) Théorème de superposition  
L'énergie électrique et la puissance électrique, Définition générale (valeur moyenne: exemple continue, sinus, carré)  
Application à la résistance en continue, en sinusoïdal, en carré (valeur efficace).

Séries de Fourier

Les effets du courant électrique

L'électricité et matériaux

Electromagnétisme

#### *IV – Le condensateur*

Définition

La capacité

#### *V – Le magnétisme*

Magnétisme et matériaux, Les aimants permanents, Circuits magnétiques, Le transformateur, L'inductance et la mutuelle inductance (calcul de puissance en sinus et carré, Fresnel et notation complexe : impédance), L'énergie magnétique.

### 3. Thermodynamique de base (14 heures)

#### Objectifs

Le but est de donner aux candidats une méthode pour aborder les problèmes de Thermodynamique. Dans un premier temps on travaille sur les gaz parfaits, et surtout sur les systèmes fermés. Ce qui prépare au cours de Thermodynamique.

#### Contenus

##### *I – Système international, définitions notations*

Le système international d'unité

Notion de système fermé, ouvert. Convention de signe

Système isolé, homogène, variable d'état, transformations thermodynamiques isochore, isotherme, isobare.

##### *II – Premier principe*

Système fermé décrivant un cycle

Système fermé évoluant entre deux états différents

Cas particuliers évolution isochore, isotherme, isobare

Application aux systèmes fonctionnant en régime permanent

##### *III – Etude thermodynamique des gaz parfaits*

Détente de Joule Gay-Lussac, expression de l'énergie interne d'un gaz parfait

Expression de l'enthalpie d'un gaz parfait

Relation de Mayer, coefficient polytropique

Détente joule Thomson  $h = Cte$

##### *IV – Evolutions particulières*

Compression ou détente isentropique d'un gaz parfait

##### *V – Les cycles à gaz parfait*

Cycle Beau de Rochas ou cycle d'OTTO, Cycle du diesel théorique, Cycle de Sabathe ou cycle mixte, ou cycle du diesel rapide, Cycle de Joule, Cycle de Carnot

## 4. Mécanique (21 heures)

### Objectifs

Concentré sur un type d'application identifié comme majeur pour le public : la résistance des matériaux, l'enseignement vise à redonner des réflexes dans la mise en équation de problèmes mécaniques : bilan de forces, caractéristiques intrinsèques des matériaux, conditions limites. A l'issue de la remise à niveau, les élèves doivent savoir dimensionner une structure sous une sollicitation simple

### Contenus

#### *I - INTRODUCTION A LA RESISTANCE DES MATERIAUX*

Torseurs des efforts extérieurs appliqués

Notion de déformation

Notion de contrainte

#### *II - LES POUTRES : DEFINITIONS ET SOLLICITATIONS*

Hypothèses de la théorie des poutres; principe de la superposition

Torseur des efforts intérieurs

Classement des sollicitations simples

#### *III - TRACTION SIMPLE*

Essais. Limite élastique et module d'Young : loi de Hooke

Diagramme des efforts normaux

Dimensionnement d'un arbre court; cas des changements de section

#### *IV - CISAILLEMENT PUR*

Essais. Limite en cisaillement et module de Coulomb

Diagramme des efforts tranchants

Dimensionnement d'une clavette

#### *V - TORSION*

Principe de Barré de Saint-Venant

Calcul du moment de torsion

Dimensionnement d'un arbre; cas de l'arbre claveté

Dimensionnement d'un ressort

#### *VI - FLEXIONS PURE ET SIMPLE*

Charge ponctuelle/répartie  
Calcul des efforts tranchants et des moments réfléchissants  
Calcul de déformées

#### *VII - PROLONGEMENT*

Notion de flambage  
Notion de fatigue

### **5. Chimie et Génie des procédés (21 heures)**

#### **Objectifs**

**Il s'agit d'une part de donner aux apprentis une culture générale en chimie et génie des procédés, et d'autre part de leur faire découvrir le vocabulaire et les méthodologies de ces disciplines, dans l'optique de leurs interactions futures probables avec des spécialistes de génie chimique.**

#### **Contenus**

##### *Partie Chimie :*

Atomistique, la mole, la réaction chimique, cinétique chimique (ordres 0,1 et 2 + demi vie), pH, Acide/base, nomenclature en chimie organique, Biocarburants et gaz naturel

##### *Partie Génie des Procédés :*

Définition et domaines d'application du génie des procédés.

Un premier exemple de filière : le traitement des eaux urbaines (production d'eau potable et traitement des eaux usées).

Notion de bilans matière sur les procédés.

Capteurs : présentation des technologies fréquemment utilisées en énergétique (et pour les procédés chimiques).

Echangeurs thermiques : technologie et introduction au dimensionnement.

Distillation binaire : présentation de la démarche de dimensionnement (aspects thermodynamique et phénomènes de transfert) et notions sur la technologie des colonnes.

Réacteurs chimiques : lien avec la cinétique chimique, écriture des bilans matière et thermique sur les réacteurs idéaux, notions de dimensionnement et d'optimisation.

Un second exemple de filière : le cycle du combustible nucléaire.

## 6. Bureautique et Algorithmique (45,5 heures)

### *Traitement de textes – WORD*

Principes généraux (gestion des documents longs, mode plan, table des matières et des index, feuilles de styles...)

### *Tableurs et logiciels graphiques – EXCEL (5 séances)*

Principes généraux (cellules, fonctions, formules...)

Les représentations graphiques,

Les outils de l'ingénieur : Solveur, valeur cible, matrices, bases de données.

### *EXCEL : initiation à la programmation en Visual Basic pour Applications-VBA (4 séances)*

Gestionnaires de base de données – ACCESS (2 séances)

Principes généraux (notion de fichiers, création, consultation)

Fonctions diverses (tri, index, sortie...)

## 7. Chaîne de mesure (35 heures)

### **Objectifs**

**L'objet du module est d'introduire les concepts d'électronique analogique et d'électronique numérique nécessaires à la compréhension des fonctionnalités impliquées dans une chaîne de mesure et de régulation.**

### **Contenus**

Ces concepts seront mis en œuvre dans un ensemble progressif de mini projets concernant :

#### *Mesure analogique de température :*

- amplificateur opérationnel et réalisation d'un conditionneur de thermocouple.
- conditions de mesures, incertitudes sur la mesure. C'est à ce niveau que se situent les sources principales d'erreur sur les signaux mesurés.

#### *Réalisation et mise en œuvre d'un système numérique de mesure de la température :*

- représentation des données, codage, conversion analogique numérique.
- régulation de température par traitement numérique de l'erreur à la consigne.

*Régulation de température T.O.R de 2 matériaux chauffés :*

- étude des propriétés thermiques de chaque système (qui diffèrent principalement par leur inertie thermique).
- étude du comportement de la régulation pour chaque matériau à deux puissances de chauffe différentes.
- évaluation des erreurs de mesure.
- analyse des résultats obtenus et des différences observées sur les courbes (amplitude du dépassement à la montée, fréquence d'oscillation autour de la consigne).

## **8. Communication (28 heures)**

### **Objectifs**

**Etre capable de trouver rapidement une information dans un texte, savoir résumer brièvement à l'écrit comme à l'oral des informations nombreuses et parfois mal classées. Apprendre à user d'un vocabulaire précis.**

**Le cours est aussi une introduction à l'enseignement portant sur le changement d'identité (technicien, ingénieur) qui est donné en cursus ingénieur. De ce point de vue, il familiarise avec la question de l'image transmise tant à l'oral qu'à l'écrit.**

### **Contenus**

*Définition de la boucle analyse/synthèse.*

Comment réaliser une analyse approfondie. Méthode de l'analyse, mode de mise au clair.

*Qualité en écriture :* le mot, la phrase, la structure du document

Comment se montrer synthétique lors d'un exposé oral, d'une intervention

Se mettre en scène : inspiré des techniques du théâtre, cette partie familiarise avec la notion d'image de soi et la gestuelle.

*Exposé de synthèse sur un livre : une approche à la fois culturelle et de restitution simple.*

## 9. Anglais (59,5heures)

### Objectifs

**A l'issue de la formation, les étudiants devront être plus autonomes afin de pouvoir développer leur sens de communication en anglais.**

### Contenus

*Les bases de communication :*

- Etre capable de se présenter
- Etre capable de présenter la Société pour laquelle ils travaillent
- Expliquer le travail qu'ils font au sein de l'entreprise
- Savoir se débrouiller dans les pays anglophones

*Postuler pour un stage/un travail :*

- savoir faire une lettre /un CV en anglais afin de répondre à une annonce
- être capable de répondre aux questions dans un entretien pour le travail

*Revoir les principaux points de grammaire :*

- les temps de verbe (voie active/voie passive)
- les modaux (la politesse et les nuances)

*Vocabulaire :*

- prépositions de position et de mouvement
- expliquer la logistique de l'entreprise
- être capable d'énoncer et de comprendre les différentes façons de dire les nombres ainsi que les dimensions
- connaître les diverses matières de construction/fabrication etc.

*Emails :*

- savoir écrire et comprendre les emails
- maîtriser les phrases types

*TOEIC :*

- introduction aux diverses sections du test
- développer des techniques pour réussir

## 10. Projet conception (63 heures)

### Objectifs

**Analyser, choisir des systèmes de traitement climatique d'un bâtiment**  
**Evaluer les couts d'installation, et les couts d'exploitation**  
**Analyser, rédiger un dossier d'appel d'offre**

### Contenus

- Technologies mises en œuvre en génie climatique (chauffage, ventilation, climatisation)
- Evaluation des besoins
- Caractéristiques principales et pré dimensionnement des installations
- Evaluation des couts (étude, installation, exploitation)
- Comparaison et choix de variantes techniques
- Rédaction d'un cahier des charges d'appel d'offre

### *Méthodes pédagogiques :*

- Exposés, Polycopiés
- Utilisation de logiciels professionnels
- Visualisation d'installations réelles
- Conduite d'une étude de cas, par petits groupes

### *Modalités d'évaluation :*

- Dossier réalisé sur une étude de cas
- Soutenance orale du dossier réalisé

## 11. Thermodynamique du froid (38,5 heures)

### Objectifs

A partir des outils des deux principes de la thermodynamique appliqués aux systèmes ouverts, être capable :

- d'effectuer les bilans de systèmes énergétiques
- de poser les équations pour une modélisation en régime permanent ou variable

### Contenus

*Les deux principes de la thermodynamique pour des systèmes ouverts*

*Fluides : Diagrammes (T,s), (h,s), (h,LogP). Changements d'état d'un corps pur*

*L'air humide : diagramme et opérations unitaires*

*Cycles thermodynamiques :*

- cycles moteurs à vapeur et à gaz
- cycle inverse de production du froid ou de pompe à chaleur

*Principes du dimensionnement de systèmes frigorifiques et/ou de pompes à chaleur :*

- sélection du compresseur
- évaporateur, condenseur et détendeur
- couplage aux sources extérieures

## 12. Physique appliquée au bâtiment (24,5 heures)

*Transferts de chaleur*

### Objectifs

**Notions de thermique appliquée au bâtiment.**

### Contenus

- Bilans énergétiques, température d'équilibre
- Conduction en régime permanent (plan ou cylindrique), réseaux de résistances, coefficient d'échange global
- Base de rayonnement thermique : introduction aux aspects géométriques et spectraux du rayonnement, corps noir, loi de Stefan, loi de Wien, Formules de rayonnement mutuel entre surfaces noires ou grises pour des géométries simples, linéarisation (introduction d'un coefficient d'échange radiatif)
- Convection : Naturelle/forcée, intérieur/extérieur

*Ondes mécaniques et rayonnement lumineux*

## Objectifs

**Notions de physique sur des phénomènes fondamentaux (ondes sonores, émission de la lumière)**

## Contenus

- Ondes mécaniques : mise en équation (équation de D'Alembert)
- Résolution de l'équation de D'Alembert : application à la corde vibrante (régime libre et forcé)
- Théorie ondulatoire de la lumière : émission d'onde lumineuse par un atome
- Mise en équation du système {noyau-électron} et analyse énergétique du système
- Introduction de la quantification de l'énergie d'un atome : spectre d'émission et d'absorption d'un atome

## 13. Conditionnement d'air (14 heures)

### Objectifs

**A l'issue de ce module les étudiants doivent être capables de :**

- **de comprendre le fonctionnement d'un système de conditionnement d'air, d'en analyser les différents paramètres de fonctionnement et de l'optimiser si nécessaire,**
- **de concevoir une installation en fonction des caractéristiques du local à traiter et des technologies disponibles.**

### Contenus

- Présentation de la composition et grandeurs caractéristiques de l'air humide, détermination des propriétés de l'air humide à partir de la loi des gaz parfaits, présentation des différents diagrammes de l'air humide ainsi que leurs spécificités. Notions de confort
  
- Etude des évolutions unitaires possibles sur l'air humide :
  - mélange,
  - chauffage,
  - rafraichissement,
  - humidification,
  - déshumidification,

- droite de soufflage (à partir des charges sensibles et latentes du local à traiter).

- Présentation des technologies disponibles afin de réaliser ses évolutions ainsi que des contraintes et des limites liées à leurs utilisations.
- Composition d'une centrale de traitement, conception de l'installation en adéquation avec les contraintes du local à traiter (taux de brassage, taux de surpression, température de soufflage et impact sur vitesse d'air dans la zone d'occupation).

## 14.Mécanique des fluides (21 heures)

- Lois fondamentales: le fluide immobile
- Pression, loi de l'Hydrostatique
- Lois fondamentales: le fluide en mouvement
- Vitesse, Accélération, Débit, Conservation de la masse
- Théorèmes généraux pour le fluide parfait:
- Théorème de Bernoulli
- Théorème d'Euler
- Effets de la viscosité, fluides Newtoniens
- Régimes d'écoulement, turbulence
- Ecoulements de fluides compressibles et limitations soniques
- Similitude hydraulique, analyse dimensionnelle, maquettes
- Ecoulements hydrauliques et aérauliques dans les conduites
- Singularités et pertes de charges
- Réseaux de conduits,
- Machines hydrauliques:
- Ventilateurs, Pompes, Compresseurs

## 15.Projet d'intégration (31,5 heures)

### Objectifs

**Le projet d'intégration a pour double objectif :**

- **d'initier les apprentis à leur futur métier et leur présenter les compétences qu'ils vont acquérir pour mener à bien leurs futures missions ;**
- **de faciliter la cohésion du groupe et la communication avec leurs encadrants école.**

**Le projet abordera deux thématiques clés de leur formation que sont l'audit énergétique et les énergies renouvelables.**

## Contenus

Introduction à l'audit énergétique et étude de rapports d'audit : L'objectif est d'identifier les données disponibles, les unités utilisées, les outils et méthodes mis en œuvre dans la réalisation d'un audit et l'ensemble des tâches à programmer.

Visite d'une chaufferie, d'une sous station d'un réseau de chaleur et des installations techniques. Rencontre avec un gestionnaire d'une chaufferie et d'un parc de bâtiments communaux.

Analyse des données issues du bâtiment visité la veille (plan de masse, puissances installées, relevés de consommation) : Mise en œuvre de quelques méthodes simples (benchmarking, signature énergétique)

Energies renouvelables en Savoie

Visite de la plus grande centrale solaire française et visite de l'installation

Visite de L'INES

Visite du centre de recherche (test des cellules photovoltaïques, onduleurs et de leur mise en réseau, bancs d'essais d'équipements énergétiques)

Visite de deux maisons à énergie positive.

Retour sur l'audit, synthèse des visites effectuées et préparation d'un oral.

L'objectif est d'initier les élèves à la synthèse d'informations techniques et de leur faire comprendre les raisons d'être du programme de cours et l'objectif de la formation en 3 ans.

Présentation par les élèves de leur retour d'expérience concernant l'audit énergétique et la recherche dans les énergies renouvelables.

- L'audit énergétique : Pourquoi, comment et quelles compétences ?
- L'innovation dans le bâtiment : choix d'une thématique parmi le photovoltaïque, les bâtiments à énergie positive, la métrologie, les équipements énergétiques : Quelles solutions proposer, comment les comparer ?

## 16. Sport (21 heures par an sur les 3 années)

### Objectifs

L'éducation physique et sportive a pour finalité de former, par la pratique scolaire des activités physiques, sportives et artistiques, un citoyen cultivé, lucide, autonome, physiquement et socialement éduqué.

- D'un point de vue moteur :

Découvrir à travers la pratique de différentes activités physiques et sportives l'adaptation motrice la plus efficace aux vues de ses capacités physiques.

Compétences visées :

- Réaliser une performance motrice maximale mesurable à une échéance donnée
- Se déplacer en s'adaptant à des environnements variés et incertains
- Conduire et maîtriser un affrontement individuel ou collectif
- Réaliser et orienter son activité physique en vue du développement et de l'entretien de soi

- D'un point de vue non moteur :

Renforcer la cohésion de groupe en diversifiant les « types de relation » entre les étudiants en fonction des activités proposées.

\* Compétences visées :

- S'engager lucidement dans la pratique : se préparer à l'effort, connaître ses limites, connaître et maîtriser les risques, se préserver des traumatismes, récupérer, apprécier les effets de l'activité physique sur soi.
- Respecter les règles de vie collective et assumer les différents rôles liés à l'activité : juger, arbitrer, aider, parer, observer, apprécier, entraîner.
- Savoir utiliser différentes démarches pour apprendre à agir efficacement : observer, identifier, analyser, apprécier les effets de l'activité, évaluer la réussite et l'échec, concevoir des projets

## Contenus

- Sports de raquette : (tennis de table ou tennis)
  - Effectuer une lecture anticipée de la trajectoire de la balle pour adopter un placement adéquat et réaliser une frappe efficace.
  - Etre capable de s'improviser partenaire ou adversaire.
  - Etre capable de gérer les tensions « suscitées » par la situation de match.
  
- Escalade :
  - Comprendre les mécanismes d'équilibration élémentaires nécessaires à une progression efficace et efficiente en escalade.
  - Adopter une attitude responsable pour gérer sa sécurité et celle des autres.
  - Etre capable de faire confiance à son assureur (quel que soit celui-ci).
  
- Aviron
  - Etre capable de coordonner ses actions dans le temps et dans l'espace de manière appropriée pour avancer le plus rapidement possible.
  - Gérer par sa posture et ses actions l'équilibre précaire du bateau.
  - Connaître et respecter les règles inhérentes à la circulation marine.
  - Elaborer une communication intra-aviron compréhensible et efficace.
  
- Musculation
  - Adapter sa pratique à un objectif particulier. Travail d'endurance, de volume et de puissance.
  - Réguler sa pratique par rapport aux sensations ressenties.
  - Connaître et appliquer les règles de sécurité.
  - Connaître les principes d'entraînement et de développement en musculation.
  - Etre capable de sécuriser l'espace de pratique.

# Contenu détaillé de la deuxième année (600 h)

## 1. Electricité industrielle (49 heures) – commun FC

L'énergie électrique est omniprésente tant dans l'industrie que dans le monde domestique. En effet l'électricité apporte de nombreux avantages tels que sa simplicité de fabrication, une distribution aisée et de multiples applications et tout ceci avec une grande souplesse d'utilisation.

L'électronique de puissance apporte des degrés supplémentaires en termes de régulation de puissance, d'adaptabilité et possibilités d'utilisation. Cette électronique de puissance est désormais parfaitement intégrée aux appareils électriques, par exemple les variateurs de lumière, les alimentations des téléphones portables mais aussi les variateurs ou démarreurs de moteurs électriques.....

Cependant, l'électricité reste dangereuse et implique une grande rigueur de conception, de réalisation et d'utilisation.

### Objectifs

**A l'issue de ces cours, les étudiants devront être capables:**

- Lire des schémas électriques de commande et de puissance utilisés dans le domaine concerné.
- D'énoncer les principaux avantages du triphasé
- De définir les puissances apparentes réactives et actives et les sources de pertes
- De citer les principales applications liées à l'électronique de puissance.
- De citer les différentes structures de convertisseurs d'énergie électrique. D'énoncer leur principe de fonctionnement ainsi que les principales formes d'onde de sortie.
- D'énoncer les 3 principales machines électriques ainsi que leurs modes d'alimentation (avec et sans vitesse variable) et leurs moyens de protection.
- De choisir une machine asynchrone dans un catalogue à partir d'un cahier des charges (couple nominal, couple de démarrage, vitesse nominale), les fusibles et les protections (disjoncteurs) adaptées aux 3 régimes de neutre (schéma de liaisons à la terre, SLT) existants liés à la distribution électrique.
- De brancher et démarrer un moteur asynchrone triphasé en déterminant le sens de rotation.

### Contenus

- I- Introduction*
- II- Rappels*
- III- Effets de l'énergie électrique*
- IV- Fabrication et distribution de l'énergie électrique*
- V- Moteurs et Actionneurs*
- VI- Les semi-conducteurs Dopés*
- VII- Les composants passifs et actifs*
- VIII- Montages pour l'électronique de puissance*
- IX- L'éclairage électrique*
- X- Principes simplifiés de Régulation utilisés en électrotechnique*
- XI- Schémas électriques, matériel de commande et de puissance*
- XII- Appareillages de distribution, de mesure et de protection*
- XIII- habilitation électrique (Severin Rivaille)*

Durant le cours, de nombreux exercices et expériences de cours et notamment

- Analyse d'un dossier de plan, recherche de panne
- Mini projet de synthèse : dimensionnement d'une installation industrielle, réalisation des schémas électriques

Le cours est validé par un devoir sur table sous forme d'un mini projet associé à des questions de cours.

## 2. Electricité pour ENR (14 heures)

Les énergies dites renouvelables se développent et continuerons à le faire inévitablement afin de tenir compte du réchauffement climatique allié à la raréfaction des énergies fossiles. Les énergies renouvelables n'émettent pas directement de CO<sub>2</sub>.

L'énergie renouvelable peut être utilisée directement sous forme de chaleur par exemple pour le chauffage de l'eau sanitaire ou le pompage de l'eau directement par une éolienne.

En général, les énergies renouvelables utiliseront le vecteur électricité pour être transportées avant d'être utilisées. En effet, le transport de l'électricité est aisé et la « noblesse de l'électricité permet une transformation sous une multitude d'autres formes (lumière, mouvement, chaleur, etc.).

D'autre part, grâce à sa souplesse d'utilisation, l'énergie électrique est omniprésente et est devenue indispensable dans notre monde moderne tant industriel que domestique.

### Objectifs

- **Développer les connaissances en matière d'énergies renouvelables électriques dans le nouveau contexte énergétique du XXIème siècle.**
- **Etudier les principales techniques de génération et conversion électrique à partir des principales énergies renouvelables (éolienne, photovoltaïque, hydraulique, ....)**
- **Etudier les aspects de production décentralisée en termes de contraintes sur les réseaux électriques.**
  
- **A l'issue de ce cours, les étudiants devront avoir la capacité à intervenir sur des installations de production décentralisée et maîtriser les principes de génération électrique à partir des principales sources d'énergies renouvelables en maîtrisant les principaux éléments et leurs critères de dimensionnement.**

### Contenus

#### *I - Introduction et rappels*

Besoins du XXIème siècle en énergies renouvelables

Analyse du besoin énergétique mondial, Européen et Français.

Problématique de la production centralisée et du stockage de l'électricité.

#### *II - Les différentes filières d'énergies renouvelables*

Le soleil, la source de nombreuses formes d'énergies disponibles.

Point sur la production d'énergie renouvelable actuelle en France, en Europe et dans le monde.

*IV - Energie hydraulique*

Centrales - Micro-centrales au fil de l'eau et en altitude.

Technologies des turbines (Pelton, Francis, Kaplan)

Turbinage / pompage

*V - Energie éolienne*

Principes Vitesse fixe / vitesse variable

Eoliennes off-shore / on-shore

Interconnexion entre éoliennes, connexion au réseau électrique

*VI - Energie photovoltaïque*

Principes, Technologie des capteurs photovoltaïques.

Connexion au réseau électrique.

*VII – Autres solutions et évolutions possibles*

Solaire thermique

*VIII – Conclusion : Perspectives globales des ENR électriques*

Le cours est validé par un devoir sur table.

### **3. Transferts de chaleur et de masse (42 heures) – commun FC**

#### **Contenus**

Conduction en régime permanent et en régime variable

Méthodes des différences finies

Rayonnement : luminance, émittance,

Propriété des corps réels hypothèses usuelles

Ecriture des échanges par rayonnement entre surfaces Méthode des radiosités, linéarisation

Calcul des facteurs de forme

Analyse des phénomènes dans le milieu semi transparents

Convection forcée et convection naturelle, et avec changement d'état liquide/vapeur

Notion de couche limite

Echangeurs de chaleur : Efficacité, modification d'une efficacité, limites d'emploi du DTLM

Application aux échangeurs non conventionnels

Transfert de masse - analyse dimensionnelle, application aux phénomènes de transfert.

#### 4. Thermique et ENR (66,5 heures)

##### Objectifs

- Donner un savoir faire professionnel concernant le dimensionnement et le calcul des performances des solutions ENR
- Les faire connaître au travers de visites

##### *PAC géothermiques (14 heures)*

##### Objectifs

- Appréhender les différentes méthodes d'exploitation de la ressource géothermale
- Distinguer les différents types d'échangeurs géothermiques peu profonds et comprendre leurs fonctionnements
- Analyser et interpréter un test de réponse thermique
- Dimensionner des échangeurs géothermiques pour des PAC et estimer les performances de telles pompes à chaleur

##### Contenu

Présentation des différentes formes d'utilisation de la géothermie

Les échangeurs géothermiques des pompes à chaleur

Détermination des propriétés thermiques du sol : le test de réponse thermique

Dimensionnement d'une installation de chauffage par géothermie

Evaluation des performances de pompes à chaleur géothermiques

##### *Solaire thermique (14 heures)*

##### Objectifs

**Donner un savoir-faire professionnel concernant le dimensionnement et le calcul des performances des solutions EnR. Pourquoi, où et quand utiliser les systèmes solaires thermiques ? Comment programmer, concevoir, mettre en œuvre et exploiter au mieux une installation intégrée au bâtiment ? Quels pièges éviter ?**

## Contenus

Climatologie solaire : Marc CLAUSSE

- Présentation du flux solaire : intensité, flux direct/diffus, réflexion
- Calcul des composantes du flux solaire : Méthode EUFRAT
  - connaître les repères géométriques permettant le calcul (cordonnées horaires/horizontales)
  - les composantes du flux global
  - calcul du flux incident sur une paroi d'orientation quelconque
  - détermination du flux diffus
- Autres méthodes : logiciel CalSol de l'INES (exemple Marseille et Lille), carte d'ensoleillement et moyens de mesure (pyranomètre)
- Présentation des technologies de capteur : plan non vitré, plan vitré et sous-vide
- Rendement d'un capteur

Solaire thermique "actif"

Essentiellement les systèmes solaires thermiques "actifs" utilisés pour la production collective d'ECS. Les systèmes solaires thermiques pour le chauffage seront succinctement présentés.

- Généralités sur l'énergie solaire, le gisement solaire
- Déroulement d'un projet d'eau chaude solaire collective en construction neuve et dans l'existant.
- Bases techniques, schéma de principe et analyse fonctionnelle, physique du capteur, types de schémas hydrauliques et de régulation, types de montage, normes d'essais, certifications et marques de qualité.

Quelques exercices seront proposés aux élèves au cours de l'exposé initial :

- relevé de masques lointains, sur un diagramme solaire
- relevé de masques proches, sur un diagramme solaire, à partir de mesures par boussole et clinomètre,
- calcul de la température de stagnation de capteurs solaires thermiques.

Un travail dirigé par groupe de deux élèves sera engagé sur la base d'un dossier d'étude de cas. Ce travail aura pour objectifs :

- de pré dimensionner une installation,
- d'établir les bilans énergétiques et économiques prévisionnels pour le projet,
- de dimensionner un vase d'expansion et un échangeur à plaques (SOLO ou SIMSOL)

A l'issue, les élèves présenteront leurs résultats et les justifications de leurs calculs. Type de capteurs. Chaque élève rédigera ensuite un rapport d'étude de

faisabilité, faisant apparaître les principaux choix, les bilans énergétiques et économiques prévisionnels et les conclusions. Ce rapport sera noté.

### *Eolien (14 heures)*

Climatologie du vent  
Cours + projet + visite

### *Biomasse (14 heures)*

#### **Objectifs**

- **Donner un savoir-faire professionnel concernant le dimensionnement et le calcul technico économique d'une installation de valorisation énergétique de biogaz.**

#### **Contenus**

##### 1/ Ressources (1h)

Cette partie décrit les différents types de biomasse (solide, liquide, gazeux), quantités disponibles, leurs caractéristiques (PCI, humidité, densité...) et les modes de valorisation. L'exposé se focalisera essentiellement sur la ressource bois.

##### 2/Technologie chaudière biomasse (3h)

Cette partie vise à présenter les différents éléments constituant une chaudière biomasse : stockage, convoyage, chaudière, combustion solide, traitement de fumées en présentant les aspects de dimensionnement élément par élément en fonction des contraintes (notamment réglementaire).

- Calcul du dimensionnement d'un silo.
- Présentation de quelques exemples de chaufferies biomasse.
- Acteurs/coûts et contraintes
- Exercice de synthèse: avantages/inconvénients

##### 3/ Autres technologies de valorisation de la biomasse sèche (1h)

Présentation de quelques alternatives aux chaudières biomasse (gazéification de la biomasse, cycles organiques, co-combustion en centrales charbon, agro carburants)

##### 4/ Technologies de Méthanisation (3h)

Sources potentielles de production de biogaz, voies d'utilisation, état des lieux en France

Processus biologiques, Paramètres de bon fonctionnement d'un méthaniseur, Potentiel méthanogène de divers déchets, Caractéristiques du biogaz

Présentation de quelques technologies de méthaniseurs

Voies de valorisation du biogaz (cogénération, carburant, réseaux GN),

Valorisation du digestat

Présentation de quelques exemples d'installation

5/ Mini projet : Calcul technico-économique d'un digesteur+cogénération (2h30)

*Photovoltaïque (7 heures)*

## Objectifs

Etre capable de réaliser une étude de pré faisabilité sur un projet solaire PV.

Rendre opérationnel sur des projets photovoltaïques raccordés au réseau (posés ou intégrés au bâti) :

- **Quelles sont les technologies actuellement disponibles ?**
- **Quelles sont les principales contraintes de mise en œuvre ?**
- **Quels sont les coûts à prendre en compte pour évaluer la rentabilité d'un projet ?**
- **Comment pré dimensionner une installation PV ?**

## Contenus

- Petit rappel sur le gisement solaire
- Le marché du solaire PV en France/Europe
- Le contexte réglementaire et normatif
- Présentation des principaux composants
- Présentation des principaux procédés d'implantation du PV sur le Bâti
- Diagramme solaire/masque solaire
- Informations sur le tarif d'achat
- Aides et subventions, fiscalité
- Analyse des prix des matériels au 1er janvier 2011
- Les principaux critères de rentabilité d'un projet PV
- Les chiffres clés et ratios à retenir

Un travail dirigé par groupe de deux élèves sera engagé sur la base d'un dossier d'étude de cas. Ce travail aura pour objectifs :

- Pré dimensionner une installation.
- Etablir un bilan énergétique et environnemental pour le projet.
- Estimer les recettes liées à la vente de l'électricité produite.
- Estimer les coûts d'investissements et frais d'exploitation.

- Déterminer des indicateurs de rentabilité d'un projet (Temps de retour brut, T.R.I).

A l'issue de ce travail, les élèves présenteront leurs résultats. Chaque binôme rédigera ensuite un rapport d'étude de pré faisabilité, faisant apparaître les principaux choix, les bilans énergétiques et économiques et les conclusions. Ce travail sera noté.

### *Froid solaire (3,5 heures)*

#### **Objectifs**

**Connaître les grands principes de fonctionnement d'installation utilisables pour produire du froid à partir d'énergie solaire.**

#### **Contenus**

- Généralités : nombre d'installation en fonctionnement, gamme de puissance, etc.
- Machines à absorption
  - Principe de fonctionnement : définition d'une machine tri-thermes,  $COP_{3T}$ , etc.
  - Couples utilisés LiBr/H<sub>2</sub>O et H<sub>2</sub>O/NH<sub>3</sub>, domaines d'application
  - Exemples commerciaux
- Machines à adsorption
  - Principe de fonctionnement : cycle intermittent
  - Couples utilisés Zeolithe/H<sub>2</sub>O, AC/NH<sub>3</sub>, etc., domaines d'application
  - Exemples commerciaux
- Machines DEC (dessicant cooling)
  - Principe de fonctionnement : cycle ouvert, définition d'un COP
  - Exemples commerciaux
- Enjeux des couplages avec les panneaux et les émetteurs : stockage, coût etc.

## **5. Régulation et Automatismes (35 heures)**

#### **Objectifs**

**Introduire les fonctions de gestion de l'énergie : régulation, programmation, optimisation, délestage, comptage, aspects réglementaires.**

### *Régulation (21 heures) – commun FC*

Capteurs et actionneurs

Bases et principes de la régulation

Boucle ouverte et boucle fermée

Comportement statique et dynamique des installations, notions de gain, de degré de difficulté de boucle

Modes de réglage : T/R,P,I,D, régulation en cascade.

Technologie des composants de la boucle de régulation

### *TP - Régulation industrielle (7 heures) – commun FC*

Mise en œuvre de boucle sur simulateur

Modèle de Boyds

Identification process.

Commande proportionnelle

Diagramme de Bode

Stabilité.

### *TP - Programmation d'automates (7 heures)*

Analyse fonctionnelle

Grafcet

Schéma - relais

Travaux pratiques sur automates industriels

## **6. Réseaux informatiques et transmission (14 heures)**

### **Objectifs**

**Mettre en évidence les concepts fondamentaux de la transmission de l'information :**

**Ce cours prend en compte les recommandations préconisées dans le domaine des T.I.C pour les ingénieurs ITII non informaticiens.**

**Structuration des notions d'informatiques d'usage courant ou à venir, depuis les notions de système informatique jusqu'à la notion de relation client serveur (partage de ressources, mail, ftp, http, bases de données).**

## Contenus

- Système isolé : administration, protections
- Introduction aux réseaux, les couches OSI :
  - les accès physiques : Ethernet (LAN), accès distants
  - partage de ressources
  - protocole TCP/IP, réseau Internet
  - notion de navigateur et serveur (client/serveur)
  - introduction au langage HTML
  - administration d'un site local, d'un site distant
- Courants porteurs – liaisons haute fréquence (réseaux CPL, Wifi, Bluetooth)

## 7. Anglais Technique (52,5 heures)

### Objectifs

A l'issue de la formation les participants devront être capables de

- lire et comprendre un texte technique en rapport avec la spécialité (par exemple notice d'utilisation de certains matériels, descriptifs,...)
- comprendre et tirer parti d'une communication orale
- communiquer en anglais dans des situations de la vie professionnelle, téléphone...)

### Contenus

Une évaluation individuelle est faite à la fin de chaque année scolaire qui prend en compte la capacité :

- à lire un texte scientifique sans problème (support de cours English for engineering)
- à saisir le sens général des enregistrements
- à pouvoir s'exprimer de façon convenable sur un sujet préparé, répondre à quelques questions

Le cours s'accompagne d'un travail personnel :

- le dictacticiel Tell me more (3 niveaux possibles) est mis à disposition ;
- le CD de préparation au test du TOEIC est prêté

## 8. Mesures et Audit énergétique industriel (28 heures)

### *Mesures en Génie climatique (14 heures)*

- incertitudes de mesurage, incertitude type, incertitude type composée et incertitude élargie, évaluation et détermination.
- erreurs de mesurage,
- cas des compteurs d'énergie thermique,
- cas de mesures dans un conduit aéraulique.

### *Projet audit énergétique (14 heures)*

#### Objectifs

##### **Rendre opérationnel sur des projets de conception ou d'audits.**

- **Pourquoi, où et quand réaliser un audit énergétique ?**
- **Comment définir, vendre, préparer et réaliser un audit énergétique ?**
- **Quelles suites donner à un audit énergétique ?**

#### Contenus

- Généralités sur l'audit énergétique, autres formes de diagnostic (prédiagnostic énergétique, conseil d'orientation énergétique, diagnostic technique d'installation, DPE, audit de fin de contrat)
- Méthodologie, cahiers des charges, périmètre, phasage, données nécessaires, instrumentation et mesures, visites techniques
- Exemples de dysfonctionnements, solutions retenues
- Outils : ratios usuels, signature énergétique, modélisation
- Bases de données pour la modélisation

Un travail dirigé par groupes de deux élèves sera réalisé sur un dossier d'audit énergétique.

- identifier les informations, documentations, mesures et réunions nécessaires,
- établir un modèle énergétique du bâtiment, à partir de la méthode 3CL
- proposer des améliorations de la méthodologie

A l'issue de ce travail, les élèves présenteront leurs résultats. Chaque élève rédigera une note méthodologique et une proposition de prix. Ce travail sera noté.

### *Eau ultra pure et air comprimé ultra propre (7 heures)*

Le cours est organisé sur le site de Val de Reuil avec visite des 2 chaufferies de la production d'air comprimé, de la production et distribution d'eau purifiée centralisée. Visite d'un local technique type dans le bâtiment " grippe".

#### **Objectifs**

**Sensibiliser à la chaine allant de la conception à la maintenance pour obtenir les spécifications requises**

#### **Contenus**

- Conception, exploitation et maintenance des systèmes d'eaux pharmaceutiques
- Utilisation de l'eau dans le domaine pharmaceutique, Physico-chimie de l'eau. Critères de qualité de l'eau. Conception des systèmes de production. Conception des systèmes de distribution. Cas particulier : la vapeur propre. Exploitation et maintenance des systèmes.
- Conception, exploitation et maintenance des gaz pharmaceutiques (focus particulier sur l'air comprimé)
- Utilisation des gaz dans le domaine pharmaceutique. Critères de qualité des gaz. Conception des systèmes. Exploitation et maintenance de ces systèmes.

## **9. Structure de l'enveloppe et Thermique du bâtiment (56 heures)**

#### **Objectifs**

**Rendre opérationnel sur des projets de conception ou d'audit**

### *Structure du bâtiment (21 heures)*

Energie, structures du bâtiment, modes constructifs et urbanisme

#### **Objectifs**

**Pouvoir dialoguer avec tous les acteurs du bâtiment et en particulier les architectes et urbanistes.**

## Contenus

Présentation des principaux modes constructifs dans l'architecture en France (19ème et 20ème siècle) et historique des équipements de production du confort (chauffage, ventilation, climatisation).

Identification des paramètres constructifs influant sur le confort (hiver et été)

Principes de l'architecture bioclimatique et de la climatisation naturelle

Actualité de « l'Habitat Passif » et interaction bâti-équipements (chauffage et ventilation)

Enveloppe et soleil : architecture de verre et d'acier

Dispositifs de protection solaires

Production énergétique associée à l'enveloppe : exemple de réalisations Photovoltaïques

Analyse de réalisations (BedZed, Immeuble BOB Aix la Chapelle)

Travaux dirigés

Identification des gestes de réhabilitation d'un immeuble d'habitation à Paris

Dimensionnement par tableur Excel

Introduction au projet urbain (trames, réseaux, implantation des bâtiments)

*Conception de bâtiment BBC*

## Objectifs

- **Qu'est-ce qu'un "bâtiment à basse consommation d'énergie", un "bâtiment à énergie positive" ?**
- **Comment programmer, concevoir et suivre la réalisation puis l'exploitation de bâtiments à basse consommation d'énergie ?**
- **Comment concevoir des équipements climatiques cohérents avec les choix de structure et d'enveloppe ainsi qu'avec le mode d'utilisation du bâtiment ?**

## Contenus

- Notions de base sur la performance énergétique, les enjeux environnementaux globaux, le contexte réglementaire, les labels de performance énergétique et référentiels de certification (BBC, BEPOS, PASSIVHAUS, MINERGIE), les stratégies de conception, les démarches de management d'opération.
- Approche bioclimatique et conception thermique d'enveloppe, indicateurs de conception, critères de choix des matériaux et composants d'enveloppes, outils de calculs (ponts thermiques, risques de condensation) et de simulation thermique et énergétique.
- Analyse de la valeur et choix de systèmes techniques adaptés aux bâtiments à basse consommation.

- Résumé et points de vigilance pour la conception de bâtiments à basse consommation d'énergie et le suivi des performances dans le temps.

Un travail dirigé par groupes de deux élèves sera réalisé sur un dossier d'expertise de bâtiment tertiaire neuf. Ce travail aura pour objectifs :

- d'identifier les principales caractéristiques (thermiques, énergétiques, d'usage et confort) et indicateurs de performance énergétique du bâtiment étudié,
- de faire une analyse critique des choix de conception,
- de proposer un scénario alternatif, de performance thermique d'enveloppe et d'équipements climatiques, permettant d'assurer le confort et un niveau de performance énergétique de type BBC.

A l'issue du travail dirigé, les élèves présenteront leurs analyses et le scénario proposé. Chaque élève rédigera une note justificative du scénario de performance thermique d'enveloppe et d'équipement proposé. Ce travail sera noté.

#### *Thermique du bâtiment (14 heures)*

- Calcul des déperditions et des consommations
- Ventilation
- Confort thermique
- Eclairage

#### *Qualité de l'air (7 heures)*

- Différents types de filtre
- Solutions conseillées

#### *Dispositifs réglementaires dans les bâtiments neufs (14 heures)*

#### **Objectifs**

- **Faire connaître les dispositifs réglementaires**
- **Faire pratiquer les méthodes et logiciels**

#### **Contenus**

Les origines des textes réglementaires : changement climatique ; Directive "Performance énergétique des bâtiments" ; Lois Grenelle.

Les différents dispositifs applicables dans les bâtiments neufs : RT2005 ; RT2012 ; études de faisabilité sur les approvisionnements en énergie ; DPE construction

Le rôle des différents acteurs en matière de performance énergétique dans une opération de construction

Zoom sur la RT2012 : champs d'application ; exigences

Exemples de cas et sensibilités aux paramètres

TD sur un immeuble collectif

TP sur un immeuble de bureaux  
QCM évaluation des 2 jours

*Dispositifs réglementaires dans les bâtiments existants (14 heures)*

### Objectifs

- **Faire connaître les dispositifs réglementaires**
- **Faire pratiquer les méthodes et logiciels**

### Contenus

Les origines des textes réglementaires : Directive "Performance énergétique des bâtiments existants" ; Lois Grenelle concernant l'existant

Les différents dispositifs applicables dans les bâtiments existants : RTE ; RTex globale ; études de faisabilité sur les approvisionnements en énergie ; DPE vente/location/bâtiments publics

Le rôle des différents acteurs en matière de performance énergétique dans une opération de réhabilitation

Zoom sur les 2 RT dans les bâtiments existants : champs d'application ; exigences

Exemples de cas et sensibilités aux paramètres

TD sur un immeuble collectif

TP sur un immeuble de bureaux

QCM évaluation des 2 jours

## **10. Projet Conditionnement d'air (21 heures)**

### Objectifs

- **Apprendre à concevoir une installation**
- **Comparer et argumenter des solutions différentes du point de vue économique, des consommations des impacts environnementaux et de la maintenance**

### Contenus

Travail sous forme de projet (par un groupe de trois étudiants ; la répartition des tâches est laissée à l'appréciation des étudiants, mais validée par l'enseignant).

Il s'agit ici de dimensionner et d'étudier un système de traitement d'air.

Dans un premier temps il s'agit d'effectuer le dimensionnement des équipements de production adéquats afin d'assurer les conditions de confort.

Dans un second temps, à partir d'un fichier météo (extrait depuis le logiciel Météonorm 6.1) il faut effectuer un bilan annuel des consommations énergétiques de l'installation et comparer des variantes.

Pour chacune des solutions étudiées, il est demandé de :

- poser les hypothèses nécessaires,

- déterminer les quantités d'énergies consommées (électricité et gaz), présenter des ratios pertinents
- quantifier l'impact financier engendré par ces consommations d'énergies,
- calculer la masse de CO2 émise,
- identifier et quantifier les contraintes et coûts de maintenance,

Les fichiers Excel et le code VBA développé sont remis à l'enseignant. Leur structure et présentation doit les rendre exploitables par une tierce personne.

Le travail est finalisé par la rédaction d'un « dossier », sa présentation et forme est libre. Il doit faire apparaître le travail technique et permettre de justifier l'ensemble des hypothèses de travail.

## **11. Projet « Analyse instrumentée d'installation CVC» (21 heures)**

### **Objectifs**

**Proposer une étude transversale « systèmes – bilans thermiques» mettant les élèves devant des installations de Génie Climatique qu'ils doivent prendre en main, puis analyser principalement sous l'aspect de leur cohérence énergétique.**

**Projet dirigé, découpé en séquences d'une journée par plateforme ; l'ampleur des technologies présentes sur les plateformes conduira à une partition des activités, par binômes ou trinômes, avec mutualisation des résultats. L'évaluation se fera sous la forme d'un compte-rendu de l'activité proposée à chaque groupe**

### **Contenus**

Découverte de la plateforme

- Visualisation des équipements de production, de traitement, de distribution
- Etude du rôle des installations

Mesures

- Mesures de débits d'eau, de débits d'air, de puissance des batteries
- Analyse de la qualité des mesures, en termes de validité et des écarts  
Exploitation - maintenance
- Suivi efficace du bon fonctionnement de la CTA et du service attendu ?

## **12. Intégration des solutions bâtiment (21 heures)**

*La cogénération*

## Objectif

Il s'agit de faire le point sur le développement de la cogénération de 1997 à maintenant et sur le deuxième souffle de ce marché avec les possibilités qu'il donne pour la production électrique combinée avec la chaleur ou seule en fonction des données du marché énergétique.

Ce cours s'accompagnera du déroulement d'un cas concret.

## Contenus

- La cogénération
  - Pourquoi s'intéresser à la cogénération?
  - Les différents systèmes de production combinée
    - Les turbines
    - Les moteurs
    - L'outil de gestion rationnelle des grandes villes
  - La cogénération en 2010
    - Panorama de la production électrique
    - Parc Français de cogénération et évolution entre 1990 et 2010
    - Données économiques : coûts de production, vente, investissement, exploitation, rachat de l'électricité
    - Orientations en 2010
    - Les modes de fonctionnement du marché électrique et gazier actuel peuvent-ils permettre de continuer à produire de l'électricité par cogénération.
- La cogénération et la biomasse
- Les technologies courantes : cogénération moteur, moteur Stirling, cycle de Rankine

*Les réseaux de chaleur et de froid*

## Objectif

Les réseaux de chaleur ont eu un grand développement à partir des années 60 et aujourd'hui, ce marché à maturité a un second souffle grâce à l'évolution des technologies et à la poussée initiée par le Grenelle de l'environnement.

Les incitations fiscales et les aides poussent chaque collectivité si petite soit elle à étudier la possibilité de faire un réseau de chaleur. C'est donc un des axes majeurs de développement de la production énergétique locale que chaque ingénieur doit connaître car il le rencontrera au cours de son exercice professionnel.

**Le réseau de froid est basé sur le même raisonnement de production centralisée et de réseau au travers de villes ou quartiers d'affaires. Très développé dans les capitales européennes (Paris, Londres, Barcelone, Lisbonne), il existe aussi implanté dans les quartiers d'affaires ou de hautes technologies (La Défense).**

**A travers la production centralisée d'un hôpital, il s'agit découvrir les possibilités ouvertes par l'extension d'un réseau sur un quartier de recherches et d'enseignements de santé nouvellement créé.**

**Ce cours s'accompagnera d'une visite de site.**

### **Contenus**

Qu'est-ce que les réseaux de chaleur et de froid ?

Pourquoi créer des nouveaux réseaux ?

Les modes contractuels : Affermage, concession, Bail emphytéotique ...

La négociation et la mise en place

Réseau de chaleur et de froid

La construction : le réseau, la centrale, les sous stations

L'exploitation

*Démarche de l'éco quartier :*

### **Objectif :**

**Développement durable, Eco quartier, bâtiment à énergie positive, Zéro CO2 émis, tout solaire** Que se cache derrière ce vocabulaire vendeur dans la réalité. Les premières expériences sont en cours de réalisation et cet exposé permet de faire le point sur le montage de quelques opérations montées et en cours de réalisation

**Ce cours s'accompagnera du déroulement d'un cas concret et/ou d'une visite en fonction des opportunités.**

### **Contenus**

La réalité de la gestion de projet sur une opération d'éco quartier

Présentation du site de Limeil Brévannes et de l'offre commerciale

Production d'énergie : centralisée et décentralisée

Démarche des choix énergétiques

La biomasse : bois déchiquetés, granulés, huile végétale

Le solaire thermique

Le solaire photovoltaïque

La récupération sur l'air extrait

Le dimensionnement d'un quartier à construire  
Les caractéristiques thermiques des bâtiments  
Consommation énergétique réelle et démarche réglementaire  
Retour des premières expériences

### **Visites possibles**

Réseau de chaleur et de froid : Institut Gustave Roussy  
Réseau de chaleur : Bagnolet, une centrale CPCU  
Réseau de froid : centrale des Halles GTH ou Auber, Galeries Lafayette  
Ecoquartier : Limeil Brévannes (2010 maquette et constructions en cours) :  
production tout bois, solaire thermique, solaire photovoltaïque (compensation zéro CO2 émis)  
Nanterre (2010/2011) : production par récupération de chaleur sur égouts combiné avec géothermie et appoint/secours gaz

## **13. Conduite de projet (35 heures) – commun FC**

### **Objectifs**

**Les projets développés actuellement deviennent de plus en plus importants et complexes. Les échecs rencontrés proviennent, pour la plupart du temps, suite à l'enquête CHAOS aux Etats-Unis, de :**

- **mauvaise identification et formalisation des besoins ou spécifications incomplètes,**
- **manque d'implication des utilisateurs et acteurs principaux,**
- **manque ou mauvais déploiement des ressources et mauvais interfaçages entre partenaires,**
- **fonctionnalités non réalisables impliquant une révision des exigences,**
- **manque de support ou soutien,**
- **etc...**

**De plus, 30 à 40% des projets sont stoppés prématurément et 70% ne livrent pas toutes les fonctions requises sans aborder le grand pourcentage de projets qui dérapent en termes de coûts et délais.**

**La qualité d'un projet dépend directement de la qualité du développement de ce projet, des phases de définition jusqu'aux phases d'exploitation en passant par les phases de conception et de réalisation.**

**De nombreuses méthodes existent pour aider au management et à la gestion ou suivi d'un projet, tant pour la gestion des ressources que pour la gestion technique. Ces méthodes contribuent naturellement à la qualité du projet.**

**L'important pour l'ingénieur de projet c'est avant tout d'être sensibilisé à la nécessité d'utiliser des méthodes et ensuite de savoir choisir, parmi les méthodes qui évoluent sans cesse et les nouvelles qui apparaissent, celles qui sont adaptées compte tenu des particularités du projet et , en adéquation avec le besoin.**

**En complément à un enseignement technique dans lequel bien souvent pour chaque problème posé il existe la bonne solution, nous proposons avant tout une réflexion sur la complexité des projets réels et sur l'importance de ce qu'il faut mettre en place pour les mener à bien. En effet, de nos jours, on demande plus de performances dans les projets, alors que parallèlement les coûts et délais sont tirés vers le bas avec plus d'aléas et de risques.**

**L'enseignement ne comportant pas de difficultés techniques, nous nous efforcerons de faire mener de façon interactive, cette réflexion par les étudiants.**

### *Management et Gestion de projet*

C'est la mise en place et la gestion de l'organisation et des ressources nécessaires à la conduite du projet (y compris les ressources humaines).

- Terminologie – Document normatifs,
- Structuration et organisation d'un projet,
- Organigramme des tâches – WBS-PBS-OBS-FBS - planification,
- Plan de management,
- Plan de développement, cycle de vie et phasage d'un projet, revues, jalons,
- Planning PERT, GANTT, potentiel/tâches Outil MS Project,
- Estimation budgétaire et compromis technico-économique (analyse de la valeur),
- Documentation : CdCF-CdC-STB – DD-DJD-DR – DL- RE...
- Plan d'assurance qualité et Plan d'assurance produit,

- Analyse des risques projets et actions préventives et correctives,
- Suivi d'un projet – tableaux de bord ou d'indicateurs : courbe en S - diagramme temps-temps...

### *Ingénierie système et projets*

Un projet a pour but de satisfaire les besoins d'un "client" en lui fournissant un système (système à réaliser). C'est un autre système (système réalisant) qui va réaliser le premier. Ces deux systèmes ont de fortes interactions que nous illustrerons tout au long des exemples traités. L'approche système permet à l'ingénieur, quelle que soit sa spécialité, d'avoir une pratique structurée et globale. Si la première partie du cours s'intéresse plus au management global du projet (c'est à dire sur le système réalisant), celle-ci se concentrera sur le système réalisé, avec de forts accents sur la définition du besoin et la conception.

#### Approche système

Définitions

Systèmes et modèles

Complexité

Décomposition des systèmes

Interfaces

#### Spécification et conception

L'Analyse Fonctionnelle

Les Analyses Fonctionnelles

MISME, FAST, SADT, RESEAU

De l'Analyse Fonctionnelle à la sûreté de fonctionnement

AMDEC et Arbre de défaillance.

Cet enseignement méthodologique profite particulièrement de l'alternance. L'étudiant doit expliciter dans sa vie professionnelle les notions apprises dans le cours. Ceci se traduit par un rapport méthodologique rendu en fin de première année. Une composante méthodologique doit également nécessairement exister dans son rapport de projet ingénieur.

L'évaluation des étudiants consiste en la notation de ce rapport.

## **14. Méthodologie de la prise de décision en matière d'investissements techniques (24,5 heures) – commun FC**

### **Objectifs**

**L'investissement est le moment le plus décisif et créateur de la vie d'une entreprise. Elle y engage et y joue son avenir. C'est aussi le moment où les techniques d'ingénieur ou économiques risquent de faire oublier la composante humaine et organisationnelle. En matière de décision, la science économique proclame que le souci de maximisation du profit doit dicter à toute entreprise le bon choix devant plusieurs investissements possibles.**

**Le but du cours n'est pas de donner aux futurs ingénieurs une méthodologie qui leur permette de déterminer en toutes circonstances le bon choix d'investissement, mais de développer chez eux les connaissances en matière économique et l'esprit critique qui leur permettra d'analyser et d'interpréter les processus de décision.**

### *Les critères de choix d'investissement*

Comparaison entre investissement et prêt

Choix entre variantes à enveloppe d'investissement fixé

### *Les outils issus de la comptabilité*

Principes et usages de la comptabilité générale

Principes et usages de la comptabilité analytique

### *Les outils économiques dans l'entreprise - de la théorie à la pratique*

Etudes de cas : conventions comptables, dépenses effectives

Introduction du temps dans l'analyse  
Interdépendance des investissements  
Décentralisation du choix des investissements  
Prise en compte des risques techniques et des incertitudes  
Stratégie face aux risques

#### *Approche socio technique des investissements*

Préparation d'une décision d'investissement (périmètre de l'étude, diagnostic de la situation initiale, choix de la situation de référence, stratégies alternatives, risques, synthèse)

Etude de cas

### **15. Synthèse Technique (42 heures) – commun FC**

Il s'agit dans un premier temps de préparer un exposé de synthèse, d'une heure environ, par groupe de 3 étudiants, sur un thème défini. Il faut effectuer une recherche documentaire pertinente, rencontrer des spécialistes de la question, analyser les informations recueillies. Le fonds documentaire et les outils de recherche bibliographique de MINES ParisTech sont mis à disposition pour ce travail. Ensuite intervient la synthèse, permettant de faire le point sur le thème étudié.

Dans un second temps, un rapport écrit, qui prend en compte les remarques et compléments formulés à la suite de l'exposé, présente en 15 à 20 pages maximum, la synthèse effectuée.

Des adresses utiles et des contacts sont fournis.

Un objectif connexe est d'arriver à une présentation multi-critères du problème.

Des séances sont laissées libres à l'emploi du temps ; d'autres sont consacrées à un suivi de l'avancement par les enseignants

A titre d'exemples quelques thèmes :

- Véhicules électriques
- Piles à combustible
- Stratégie de propriété industrielle
- Traitement des déchets hospitaliers
- Transport, distribution et stockage du gaz

- Installations d'air comprimé
- Climatisation embarquée
- Procédés de désulfuration des fumées
- Conception des salles propres

Une grande partie du travail est effectuée en dehors des heures de cours. Les sujets sont choisis en fonction des entreprises d'origine, quelquefois sur demande de ces dernières si le sujet est approprié.

## **16. Maintenance (7 heures) – commun FC**

Définition de la Maintenance et de la terminologie  
Analyse des besoins, rôle de la maintenance

Les phases de la conception du bâtiment à la maintenance

Positionnement de la maintenance et des services

Les appels d'offres, les contrats de moyens et de résultat, les prises en charge de site,

Les systèmes de Gestion Technique du Bâtiment (GTB) et de Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur

Outils informatiques, normes et textes réglementaires : CD REEF, Planification : MS Project ; Gestion Electronique de la Documentation : Autodesk View ...

## **17. Identité de l'ingénieur – première partie (7 heures) – commun FC**

Préparation aux exposés « Méthodes »

## Contenu détaillé de la troisième année (600 h)

### **1. Régulation dans le bâtiment et GTB (6 séances de cours, 4 séances de TP)**

Les différents systèmes en génie climatique et leur régulation standard

Architecture d'un système de GTC : conception et organisation

Différents points, le traitement des points : signalisations et alarmes, mesures Les comptages (impulsionnels, horaires)

Les télécommandes, les télé réglages

L'unité locale : matériel, structure, paramétrage

Le poste central : le superviseur et ses périphériques, son organisation, les fonctions des logiciels du poste central

Choix entre un seul système ou plusieurs communiquant éventuellement entre eux.

TP Régulation bâtiment et TP GTC

### **2. Construction de l'identité professionnelle - De l'identité du technicien à celle de l'ingénieur (14 séances)**

La diminution des niveaux hiérarchiques amène les ingénieurs à des responsabilités opérationnelles plus importantes qu'il y a une dizaine d'années. Ils ont besoin de savoir se positionner dans leurs entreprises avec plus de confiance en eux et plus de compétences managériales.

Il s'agit d'ajouter une ouverture sur le futur aux futurs ingénieurs. Ainsi ils seront amenés à se positionner dans leurs organisations avec une idée qui sera leur guide dans le temps pour plus d'affirmation d'eux-mêmes, de meilleures capacités de négociation et une meilleure valorisation de leur diplôme dans leur carrière professionnelle.

Est soulignée l'idée que chacun est responsable de son identité professionnelle, que c'est utile d'adopter une attitude d'engagement et de la maintenir dans la durée pour pouvoir au mieux négocier avec les responsables hiérarchiques tout en gardant sa motivation personnelle.

Chaque étape professionnelle devrait mener à la réalisation du projet personnel au sein de l'entreprise, afin d'entretenir la motivation dans la durée. Le risque majeur

étant de se « laisser orienter » par ses supérieurs hiérarchiques ce qui, à terme, mène à la perte de sens du professionnel dans son poste, sa hiérarchie et son entreprise.

Outre la rédaction du CV, de lettres de motivation en candidature spontanée ou en réponse à des offres, rédaction d'un projet professionnel et personnel à 5-7 ans pour apporter un élément dynamique qui tienne en haleine l'ingénieur pour les années à venir. Ce projet est la résultante d'une projection sur l'avenir qui prend en compte les spécificités de la personne. Cela lui permet aussi de mieux se présenter, de savoir parler de sa valeur ajoutée pour l'entreprise ou le service.

Les mises en situation sont celles auxquelles il sera confronté en entreprise. Elles permettent aux futurs ingénieurs d'avoir pratiqué et assimilé les techniques d'entretien en face à face ou face à leur équipe ou leur hiérarchie. Ils peuvent ainsi acquérir des outils de base du manager en situation de prise de parole : entretiens, présentation à un client, présentation à un service de l'entreprise ou à une nouvelle équipe.

Dès les premières sessions, des enregistrements vidéo sont faits. Les participants peuvent y développer leur qualité d'écoute et apprendre les techniques de décodage qui leur serviront à mener des échanges constructifs avec leurs interlocuteurs.

### *Sessions 1 et 2 : De l'identité actuelle à l'identité d'ingénieur*

Mise en perspective et objectif visé par les deux modules

Compétences et leur mise en perspective une fois diplômé ingénieur

Réflexion sur les situations à succès ou présentant des difficultés pour identifier les contextes les plus porteurs pour chacun.

### *Session 3 et 4 : A la découverte de sa personnalité*

Questionnaire MBTI

Questionnaire d'identification de la gestion personnelle du risque

Se présenter de façon valorisante et convaincante

Savoir parler de ses forces, de sa valeur ajoutée

*Session 5 et 6 : Les outils traditionnels de présentation de soi*

Le Curriculum vitae et la lettre de motivation (apports génériques et analyse de chaque CV par l'ensemble du groupe afin de découvrir les meilleures façons de valoriser l'expérience)

*Session 7 et 8 : Le projet comme outil de motivation dans la durée*

Définition du cadre du projet professionnel et personnel

Les étapes à prévoir,

La cohérence entre le projet et les acquis

L'alignement entre le projet et la personnalité

*Session 9 et 10 : Les techniques d'entretien*

Entretien d'accueil, de recadrage, de délégation, d'évaluation, d'objectif

Présentation d'un exposé devant un public important

*Session 11 et 12 : Présentation d'un exposé*

Présentation d'un responsable à son équipe lors de la prise de fonction

Présentation de son projet professionnel au responsable du département devant 4 ou 5 interlocuteurs

*Session 13 et 14 : Gérer les situations et les personnalités difficiles*

Gestion des conflits

Les feed back réflexifs et constructifs

Quelques notions de négociation

*Session 15 : Préparer l'avenir*

Bilan des deux modules

Apprentissages majeurs

Points de vigilance

Meilleures pratiques validées par les mises en pratique en entreprise

Conclusion et proposition d'amélioration

### **3. Le management des systèmes d'information (7 séances) dont une journée étude de cas.**

#### **Objectifs :**

**La sensibilisation au rôle stratégique des systèmes d'information dans les organisations.**

**L'acquisition des connaissances de base sur les technologies de l'information et sur les outils d'analyse pour être capable de proposer des solutions en systèmes d'information aux problèmes de l'entreprise, de justifier les investissements et de participer à, voire piloter le développement de ces systèmes.**

**La mise en évidence des diverses composantes dans un projet d'organisation et d'informatique, des facteurs clé de succès et des limites dans le développement et la maintenance des systèmes.**

#### *Séance 1: Panorama des systèmes d'information*

- Evolution des SI d'hier à aujourd'hui
- Matériel
- Langages
- Logiciel
- Grandes tendances actuelles
- L'informatique nomade

#### *Séance 2 : L'informatique dans l'entreprise (1/2)*

- L'imbrication SI / Processus
- L'informatique de gestion
- L'informatique technique
- L'informatique décisionnelle

#### *Séance 3 : L'informatique dans l'entreprise (2/2)*

- L'ingénierie collaborative : Concepts
- Les outils collaboratifs
- GED
- SGDT
- KM
- Web 2.0

#### *Séance 4 : Structurer le système d'information*

- Architecture
- Urbanisation
- Données dimensionnantes

#### *Séance 5 : Piloter les évolutions du SI*

- Les documents de référence (E. Opportunité / E. Préalable / Cahier des Charges / Spécifications)
- Rôles des membres de l'équipe projet (MOA / MOE)
- Suivre le développement d'un outil informatique (MOA vs AMOA)
- Progiciel vs Développements spécifiques
- Tableau de bord et pilotage des évolutions des outils en mode récurrent.

#### *Séance 6 et 7 : Etude de cas*

Mise en pratique des concepts manipulés dans les séances précédentes au travers d'une étude de cas.

## **4. Thermodynamique et machines (12 séances) - commun FC**

### *Machines thermiques (6 séances)*

Opérations de base sur les fluides : échanges de chaleur, compression, détente, mélange

Machines : compresseurs, moteurs, turbines

Cycles moteurs à gaz

Cycles moteur à vapeur

### *Génie énergétique (4 séances)*

Production de chaleur

Eau chaude et vapeur

### *PROJET EXPERTISE D'ENERGETIQUE (4 séances)*

Rendu par groupes ce projet capitalise les cours de thermique, mécanique des fluides et thermodynamique.

**A partir du descriptif d'un système énergétique industriel et d'un relevé de ses paramètres nominaux de fonctionnement :**

interprétation des paramètres par confrontation avec les résultats de calculs issus des cours du module Energétique ;  
calcul de caractéristiques intrinsèques de l'installation (par ex. coef KS d'échangeurs) et d'indicateurs de performances (par ex. ratios « quantités consommées ou rejetées par unité de matière produite ») ;  
ébauche de l'étude du fonctionnement du système dans des conditions autres que nominales.

*Introduction à la combustion (1 séance)*

1/ Présentation générale des phénomènes liés à la combustion (importance de la combustion pour les activités humaines et industrielles, transferts de chaleur et de masse, écoulements turbulents)

2/ Les principaux combustibles et comburants, leurs caractéristiques au regard de la combustion et en terme de « bilan carbone »

3/ Les mécanismes de la combustion (centres et espèces actives, transferts d'énergie, flammes, propagation et entretien de la réaction, catalyse, etc)

4/ Les produits de combustion, leurs effets sur l'environnement (polluants, prévention de la pollution, brûleurs bas-Nox, etc)

5/ Les recherches pour améliorer l'efficacité des combustions et la protection de l'environnement, en particulier limiter les émissions de gaz à effet de serre.

*COGENERATION (2 séances)*

Couplage électrique

Diagnostic de pannes sur alternateur

## 5. Modélisation en Energétique (12 séances)

### *Cours d'introduction à la modélisation (1 séance)*

Introduction : quelques remarques d'ordre général

Aspect dimensionnel, ordres de grandeur, considérations des limites, notion d'échelle, continu et discret, représentation et visualisation

Approche classique et approche systémique

Approche classique (causalité, séparabilité et déterminisme) et approche systémique (corrélations internes et non-linéarités)

Classification des modèles et des niveaux d'abstraction

-Modèle de comportement : utilisabilité (pratique) et modèle de connaissance : généralité (théorie) - Exemples

Exemples de modélisation et outils « modernes » de modélisation

-Thermoptim

- Réseaux de neurones, logique floue, algorithme génétique, fractals, chaos

- Intégration systémique (méthode du pincement)

Quelques outils informatiques de modélisation

Langages de programmation, Bibliothèques, Solveurs, Environnements

Démarche modélisation-simulation : diverses étapes

Quelques techniques mathématiques de base

-Régression par les moindres carrés, série de Taylor, linéarisation

-Equations différentielles linéaires du premier ordre

-exercice : trempe d'un conducteur thermique parfait

-Equations différentielles linéaires du deuxième ordre

-exercice : refroidissement d'une ailette de radiateur

-Equations aux dérivées partielles

Exemple: écoulement de couche limite avec transfert de chaleur

Méthodes de résolution numérique

- Les diverses méthodes : introduction

- Méthode des différences finies en régime permanent et variable

- Application : champ de température dans un four

### *Projets de modélisation en Energétique (5 séances)*

Mise en équation. Résolution numérique.

Projet en transferts thermiques (utilisation du solveur Excel)  
Projet en thermodynamique  
utilisation de ThermoOptim

## **6. Projet "Technologies en Energétique" : Thermodynamique, Thermique, Fluides ou Electrotechnique (9 séances à l'emploi du temps dont 2 séances de soutenances) - commun FC**

Décrire un objet technique ou une technologie rencontré dans son activité professionnelle avec les moyens de la modélisation en Energétique ou Electricité de manière à faire le lien avec les cours de première année.

Mené individuellement avec le soutien d'un des enseignants d'Energétique, le projet fait l'objet d'une soutenance orale et d'un mémoire de 15 pages maximum. Le travail personnel hors emploi du temps est limité à 35 heures. Quelques exemples :

Calcul de coup de bélier dans les réseaux d'eau.

Réfrigérant d'arrêt d'une chaufferie de sous marin nucléaire

Séchage et refroidissement d'air comprimé

Pertes thermiques d'un réacteur dont le circuit de chauffage est à l'arrêt

Intérêt des pompes à vitesse variable dans les circuits de versement d'eau en bassin

Dimensionnement d'une bouteille casse pression

Variateurs de vitesse pour moteurs asynchrones

Harmoniques en distribution

Alternateur en Centrale thermique EdF

L'électrotechnique dans les éoliennes

## **7. Acoustique (8 séances) - commun FC**

*Notions de base sur le son et les vibrations.*

Equation de propagation, relation pression et vitesse acoustiques, énergie d'une onde sonore, échelle des décibels, mesure des niveaux sonores, microphones, sonomètres, niveaux équivalents, intensimétrie

### *Effet du bruit sur l'homme.*

Description de l'oreille, courbes iso soniques, critères de gêne, pondérations A, B, C... critères d'exposition, réglementation sur les niveaux sur les lieux de travail, réglementation concernant la certification des équipements et machines.

### *Acoustique de l'environnement.*

Propagation en espace libre, absorption atmosphérique, écrans acoustiques, silencieux, bruits de chocs, isolation vibratoire des machines tournantes, contrôle, du rayonnement des plaques.

### *Acoustique des locaux*

Notions d'acoustique des salles, temps de réverbération, niveau de champ direct et de champ réverbéré, absorption par les matériaux poreux et résonateurs, panneaux perforés, transmission des bruits aériens à travers les cloisons, loi de masse, doubles parois, bruits d'équipement, bruits aérodynamiques, calcul d'une installation de conditionnement d'air

### *Mesures et normes*

Capteurs utilisés en acoustique : microphones, accéléromètres et haut-parleur.  
Instruments de mesures en acoustique : sonomètres, système de mesure sur PC.  
Etalonnage de la chaîne de mesure.  
Etude de quelques normes acoustiques dans le domaine industriel.

Les notions sont systématiquement illustrées par des exemples concrets, puisés dans l'industrie, où l'on montre la mise en œuvre de solutions à des problèmes de bruit.

### ***Bruit des équipements (2 séances)***

Interactions entre aéraulique et acoustique

Génération de bruit, impact du point de fonctionnement du ventilateur

Acoustique des ventilateurs

Réseaux : Atténuation, régénération des conduits

Registres et diffuseurs

Silencieux

## 8. Projet « Rénovation CTA Régulation et GTB » (21 heures)

### Objectifs

**Proposer une étude transversale « système – régulation – GTB », mettant les élèves devant une installation que l'on souhaite améliorer sur le plan énergétique.**

**Projet dirigé, découpé en séquences délimitées par les séances en classe ; à l'intérieur d'une séquence, des groupes pourront être formés pour explorer différentes voies, mutualisées ensuite.**

### Contenus

Analyse de la CTA, plate-forme climatisation :

- Structure, débits, puissances
- Vérification des performances théoriques: adéquation au besoin
- Etat des lieux... Mesures de performances réelles (puissances, débits)

Mise en place d'un récupérateur

- Etude comparative des techniques de récupération, estimation du gain deconsommation, temps de retour, sélection du récupérateur
- Mise en place de variateurs de vitesse pour les ventilateurs : estimation du gain de consommation, temps de retour, sélection du variateur
- Rédaction de l'analyse fonctionnelle
  - Etude du logigramme d'une régulation équivalente
  - Elaboration du synoptique dynamique de la solution « récupérateur »

## 9. Anglais technique (12 séances)

Les élèves passent un test TOEIC interne en milieu de I3. Le niveau requis est 550.

### *OUTILS POUR L'AVANCEMENT DES PROJETS*

Cette partie recouvre un ensemble d'outils utilisés dans l'avancement des projets. A l'issue des enseignements, chaque élève illustre un point particulier du cours, en analysant une pratique de son entreprise. Le sujet est choisi par l'élève et son tuteur entreprise et validé par les enseignants. Ceci donne lieu à une petite soutenance orale de 10 minutes environ.

## 10. Achat et Marketing Achats (6 séances dont 1 séance de soutenance) - commun FC

### Objectifs :

- **Comprendre les interactions concourant à la planification d'un projet**
- **Choisir entre différentes solutions intégrant les paramètres techniques, économiques, humains**
- **Mobiliser ses ressources personnelles, celles de l'entreprise pour atteindre ses objectifs**

### Contenus :

- Comprendre les interactions concourant à la planification d'un projet :  
la fonction achat : objectifs, stratégies et leviers d'action  
le métier de l'acheteur et les interactions liées au processus d'achat  
relations entre les critères d'achat et la concertation interne
- Choisir entre différentes solutions intégrant les paramètres techniques, économiques, humains :  
le marketing achat : terminologie  
des outils d'aide à la prise de décision d'achat  
des aspects opérationnels de l'achat (techniques, financiers, contractuels)
- Mobiliser ses ressources personnelles, celles de l'entreprise pour atteindre ses objectifs :  
la négociation : un processus dans le processus d'achat : définitions et composantes  
liens entre stratégies de négociation et comportements  
relations entre enjeux, objectifs de négociation et clauses contractuelles

### *Evaluation à travers les exposés*

- Qu'est-ce que le cours a apporté ?  
établir des liens entre votre et/ou les pratiques du service / établissement et le cours  
s'approprier des outils, méthodes

## **11. Commercialisation de solutions techniques (5 séances, en I3) - commun FC**

### **Objectif**

**Comprendre et s'approprier les fondamentaux et la spécificité de la démarche de commercialisation d'offre de service notamment de type solution et ingénierie.  
Faire acquérir les éléments clés de l'acte de vente et de la formalisation de proposition commerciale gagnante-gagnante dédiée à une affaire d'externalisation en environnement FM**

### **Contenus :**

La spécificité et fondamentaux du management d'activité de services

La typologie opérationnelle des offres et prestations de services

L'acte commercial en vente de solution

Apports et témoignage : La proposition d'offres multiservices

Réussir sa démarche d'externalisation ... vu du client

Apports et témoignage : Le cycle de vie d'un contrat de service ... vu du prestataire

Apports et témoignage : L'approche de formalisation des accords de services (cf. SLA)

La proposition commerciale et la vente de la valeur en marché d'affaires

Délocalisation (Offshoring) : Tendances, acteurs et pratiques actuelles

Le processus de traitement d'une affaire d'externalisation

L'enseignement se conclut par la présentation par chaque élève d'une expérience d'achat dans son entreprise.

## **12. Gestion de production et logistique (2 séances) - commun FC**

Les nouvelles données de la production

Les innovations en gestion industrielle : Approche "juste à temps", GPAO

Les outils et leur insertion : adéquation avec le contexte industriel, les objectifs de gestion, l'organisation industrielle

*GESTION DES HOMMES DANS L'ENTREPRISE (15 séances)*

### **13. Fonctionnement des organisations (8 séances dont 2 de soutenance, en I3) - commun FC**

Le cours permet aux élèves d'aborder les aspects humains essentiels dans toute activité professionnelle. Plus précisément, deux domaines sont abordés :

- en premier lieu, une réflexion est proposée sur les notions de groupe d'organisation, d'acteur, de pouvoir, d'identité;
- en second lieu, les principales responsabilités d'un responsable d'équipe sont abordées : appréciation, formation, rémunération.

### **14. Management des équipes (2 séances) - commun FC**

Organisation et management

Environnement et problèmes humains posés par la conduite des organisations

Conflits et négociations : concepts et pratiques

Pouvoir, autorité

La question de l'évaluation : recrutement, appréciation

Mobilité et gestion des carrières, formation

La flexibilité dans l'entreprise

A l'issue des enseignements, chaque élève illustre un point particulier du cours, en analysant une pratique de son entreprise. Le sujet est choisi par l'élève évoqué avec son tuteur entreprise et validé par les enseignants. Ceci donne lieu à une soutenance orale de 15 minutes et à un mémoire d'une dizaine de pages. Quelques exemples :

*Organisation d'une équipe ou d'un service*

Mise en œuvre du management participatif dans une PME

Mise en place des Unités Élémentaires de Travail chez Renault

Problèmes liés à la fusion de 2 sociétés

Intégration d'une filiale française dans une société mère

Organisation du travail dans une entreprise à activité saisonnière

Mise en place de procédures d'assurance qualité en PME

Intervention chez les clients en horaires décalés (EdF)

Mise en place de la régionalisation (Telci)

### *Motivation des équipes*

Démotivation d'un groupe de quart sur un site de maintenance  
Le temps partiel en maîtrise d'œuvre bâtiment  
Gestion de la sous traitance

### *Pratique de gestion des carrières*

Projet professionnel personnalisé à GdF  
Méthode HAY à la SNCF  
Entretien individuel chez Renault  
Mise en place de l'intéressement  
Procédures d'embauche  
Direction par objectifs au sein d'une institution hospitalière  
La mobilité dans le groupe Degrémont  
Mise en place de la méthode d'entreprise d'évaluation des emplois M3E au CERUG

### *Droit du travail (5 séances)*

Droit du travail  
Comité hygiène-sécurité

## **15. Statistiques, Fiabilité, Maintenance (10 séances)**

### *Statistiques appliquées (6 séances)*

- Introduction au raisonnement statistique : statistique descriptive ; probabilités  
Variables aléatoires. Lois de distribution usuelles : lois normale, chi-deux, student, Fisher, binomiale, Poisson, exponentielle... Ajustements graphiques et analytiques  
- Estimations : lois de  $X$ ,  $R$ ,  $S$ . Intervalles de confiance. Tests de vérification d'hypothèses  
- Méthodes de sondage : sondage élémentaire ; sondage stratifié ; sondage par grammaires à plusieurs degrés ; méthode des quotas  
- Fiabilité I : Introduction, temps de survie, données de survie, buts, domaines d'application. Familles de méthodes, leurs domaines d'application. Méthodes paramétriques. Liaisons entre  $R(t)$ ,  $F(t)$ ,  $P(t)$ ,  $\overline{F}(t)$ . Modèles statistiques pour la durée de vie : lois exponentielle, Weibull, gamma, lognormale. Méthodes non-paramétriques.

- Fiabilité II : Estimations et tests pour la famille exponentielle. Tests d'ajustement. Tests de comparaison.
- Régression simple et multiple. Analyse de la variance.
- Plans d'expériences I : Plans d'expériences : Relation cause-effet ; modélisation ; orthogonalité.
- Plans d'expériences II : Construction de plans orthogonaux à l'aide des tables de Taguchi. Applications. Conception de nouveaux produits.

*Fiabilité et maintenance (2 séances) - commun FC*

- Calculs de fiabilité (MTBF, MTTM, ....)
- Processus de Markov
- Autres outils fiabilistes – statistiques usuelles – exercices pratiques

## **16. Impact environnemental et développement durable (10 séances)**

Le concept de développement durable et son application à l'énergétique  
 Comment assurer les besoins en énergie sans hypothéquer l'avenir des générations futures'

Impact environnemental et marché du CO2  
 Certificats d'économie d'énergie, certificats d'émission, taxes carbone  
 Analyse cycle de vie

## **17. Sécurité industrielle, normes et réglementations (5 séances)- commun FC**

*Droit de l'environnement (3 séances)*

Bases juridiques, autorités normatives et réglementaires, principes de tarification, contrôle par l'état. Energie. Environnement : survol

*Sécurité Incendie (2 séances)*

## **18. Environnement (9 séances) - commun FC**

### *Effluents gazeux (2 séances)*

Sources d'émissions gazeuses polluantes. Analyses in situ ou prélèvement / Analyse différée. Artefacts d'évolution, réactivité notoire de polluants secondaires. Epuration des gaz industriels

Natures et sources des déchets.

Modes de traitement et de valorisation

### *Liquides (2 séances)*

"Qualités" des eaux usées. Traitements avant rejets dans les eaux naturelles.

Visite de l'usine Marne Aval.

### *Fluides en boucle et optimisation du traitement des eaux industrielles (2 séances)*

### *"Responsable" Energie / Environnement (1 séance)*

### *PROJET PROBATOIRE (6 séances dont 2 de soutenance)*

Durant cette période de préparation du mémoire ingénieur : on demande à l'élève de mener un travail personnel constituant un approfondissement qui est ensuite intégré dans le rapport ingénieur.